

VI-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象施設	2
2.1.1 耐震B, Cクラス機器	2
2.1.2 溢水防護に係る施設	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	6
3.1 荷重及び荷重の組合せ	6
3.1.1 荷重の種類	6
3.1.2 荷重の組合せ	6
3.2 許容限界	7
3.2.1 耐震B, Cクラス機器	7
3.2.2 溢水防護に係る施設	7
4. 耐震評価方法	8
4.1 地震応答解析	8
4.1.1 入力地震動	10
4.1.2 解析方法及び解析モデル	10
4.1.3 設計用減衰定数	11
4.2 耐震評価	13
4.2.1 耐震評価方法	13
4.3 機能維持評価	14
4.3.1 動的機能の維持	14
4.3.2 電氣的機能の維持	14
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	15
5. 適用基準	15

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）」第12条及び第54条並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちVI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて耐震性を有することから溢水源として設定しないとした耐震B，Cクラス機器（以下「耐震B，Cクラス機器」という。）及び耐震Cクラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）が、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び50条の対象ではない。

耐震B，Cクラス機器の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添2-2「溢水源としない耐震B，Cクラス機器の耐震計算書」に、溢水防護に係る施設のうち循環水系隔離システム，タービン補機冷却海水系隔離システム（以下「漏えい検出器」という。），復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添2-4「循環水系隔離システムの耐震性についての計算書」，VI-2-別添2-5「復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書」，VI-2-別添2-6「タービン補機冷却海水系隔離システムの耐震性についての計算書」及びVI-2-別添2-7「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の耐震性についての計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果は、VI-2-別添2-3「溢水防護に係る施設の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

また、基準地震動 S_s による地震力に対し、止水性の維持を期待する床ドレンライン浸水防止治具、貫通部止水処置の耐震性については、評価対象が同一であるVI-2-10-2-4-1「床ドレンライン浸水防止治具の耐震性についての計算書」及びVI-2-10-2-4-2「貫通部止水処置の耐震性についての計算書」に示す。

なお、主要設備リストに記載する浸水防護に係る浸水防護施設となる閉止板、水密扉、水密扉付止水堰及び止水堰の基本方針書を、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示し、その耐震性についての計算書をVI-2-10-2-2-1「取水槽閉止板の耐震性についての計算書」，VI-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」，VI-2-10-2-3-2「水密扉付止水堰の耐震性についての計算書」及びVI-2-10-2-3-3「止水堰の耐震性についての計算書」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動 S_s による地震力と組み合わせべき他の荷重による組合せ荷重による応力又は荷重（以下「応力等」という。）が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用基準」で示す適用規格を用いて確認する。

耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設は，基準地震動 S_s による地震力に対して，その機能を維持又は保持できる設計とすることを踏まえ，水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて実施する。影響評価方法は「4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象施設

評価対象施設は，耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設（VI-2-10-2「浸水防護の耐震性に関する説明書」で評価する浸水防護施設を除く。以下同じ。）を対象とする。

2.1.1 耐震B，Cクラス機器

VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて溢水源となり得る流体を内包する機器のうち，基準地震動 S_s による地震力に対して溢水源として想定しない耐震性B，Cクラス機器を評価対象施設とする。

評価対象施設のポンプ，熱交換器等，配管，弁及び支持構造物の構造は，VI-2-1-14「計算書作成の方法」にて示す各構造を踏まえ，応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有する構造とする。

2.1.2 溢水防護に係る施設

溢水防護に関する施設の構造計画を表2-1，表2-2，表2-3に示す。

表 2-1 構造計画（漏えい検出器）

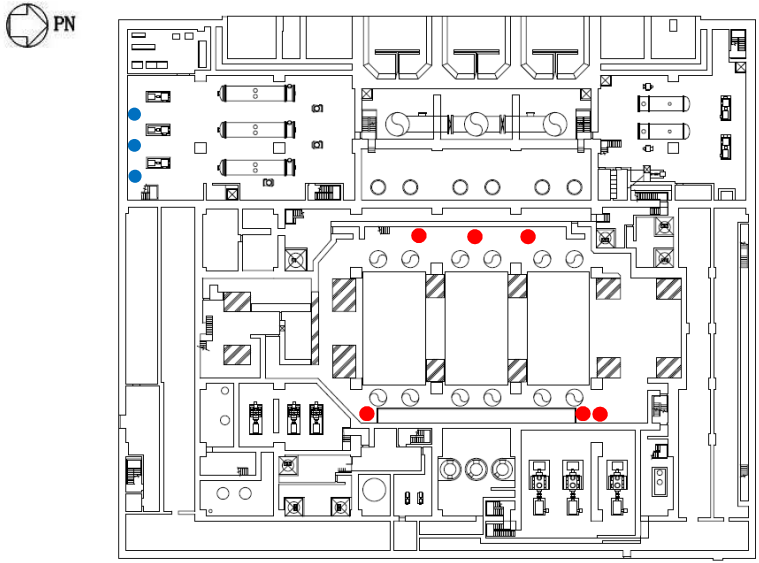
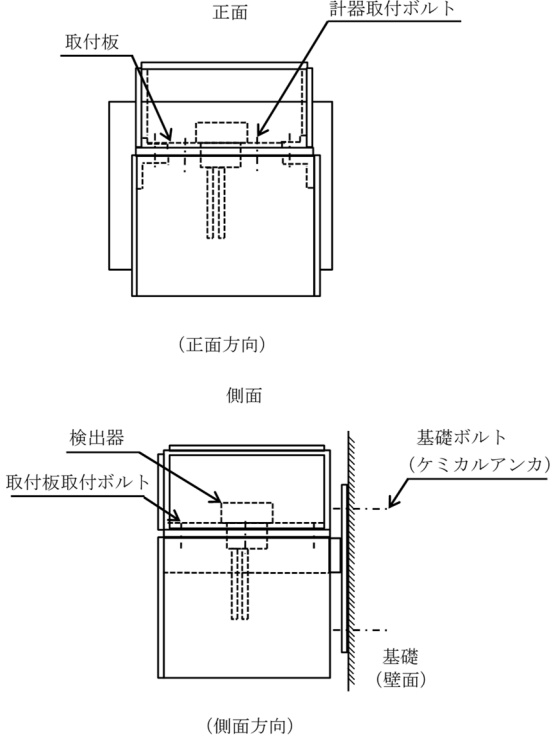
配置図		
		
<p>●：循環水系隔離システム漏えい検出器</p> <p>●：タービン補機冷却海水系隔離システム漏えい検出器</p>		
<p>タービン建屋 T. M. S. L. -5100mm</p>		
計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
電極式水位検出器	<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	

表 2-2 構造計画（復水器水室出入口弁）

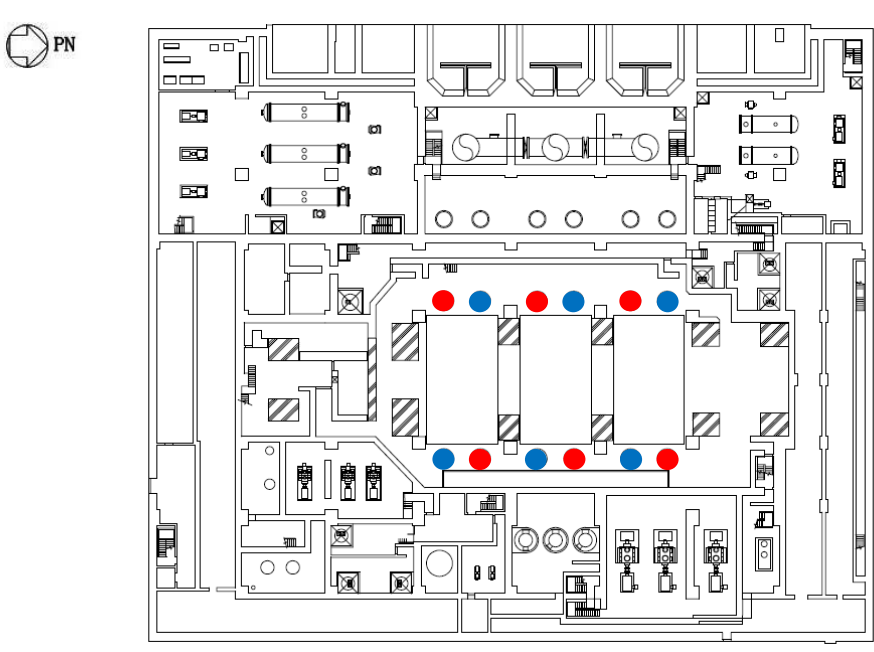
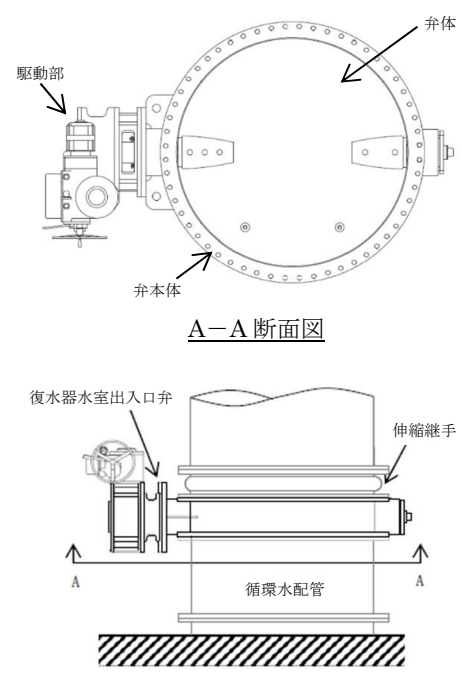
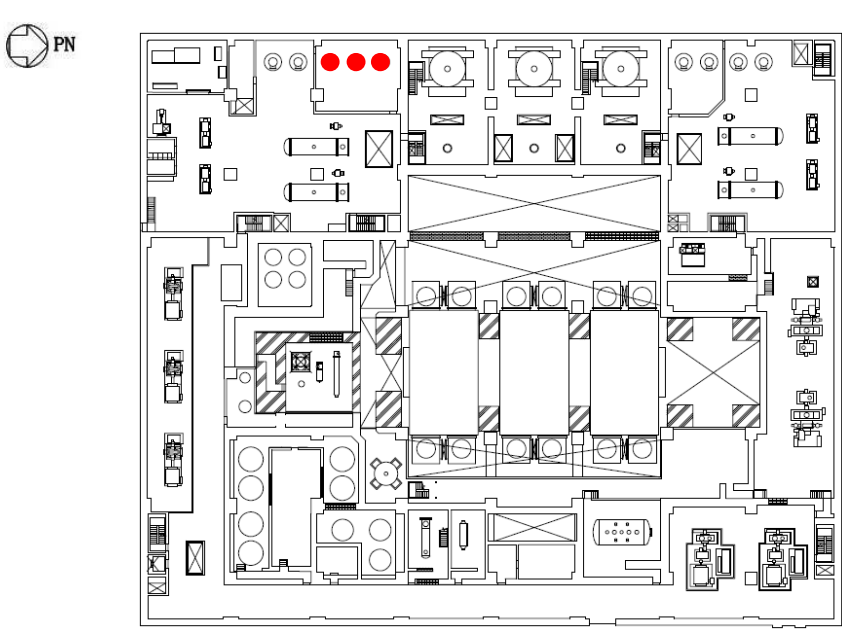
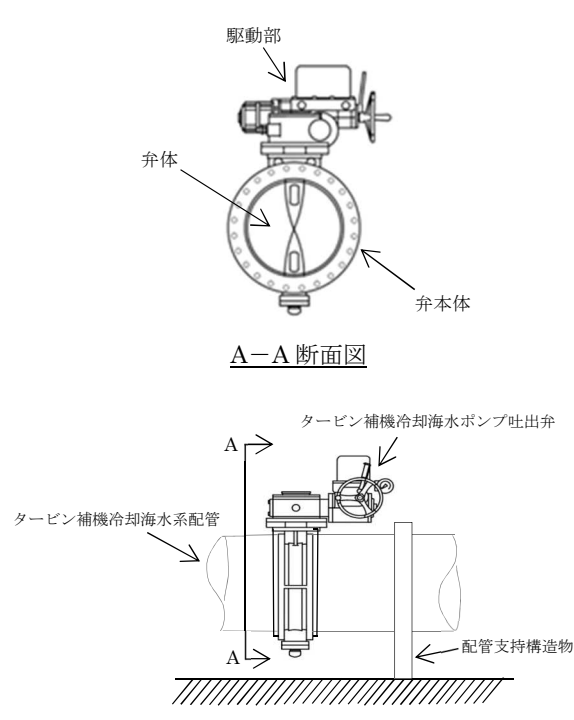
配置図			
			
<p>●：復水器水室入口弁 ●：復水器水室出口弁</p>			
<p>タービン建屋 T. M. S. L. -5100mm</p>			
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体，弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管にて固定する。	

表 2-3 構造計画 (タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁)

配置図			
 <p style="text-align: right;">●: タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁</p> <p style="text-align: center;">タービン建屋 T. M. S. L. 4900mm</p>			
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体, 弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	タービン補機冷却海水系配管に固定される。配管については, 床面に支持構造物にて固定する。	 <p style="text-align: center;">A-A 断面図</p> <p style="text-align: center;">弁設置位置図</p>

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを，「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に，許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

3.1.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は，溢水起因の荷重と組合せない*ため，以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重 (D)

死荷重は，持続的に生じる荷重であり，自重とする。

(2) 内圧荷重 (P_D)

内圧荷重は，当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(3) 機械的荷重 (M_D)

当該設備に設計上定められた機械的荷重

(4) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は，基準地震動S_sにより定まる地震力とする。

3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは，溢水起因の荷重と組合せない*ため，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す機器・配管系の荷重の組合せを踏まえて設定する。

注記*：地震起因により発生する溢水は，地震後に作用するため，地震荷重と組合せない。なお，VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて溢水源として設定する想定破損による溢水及び消火水の放水による溢水の荷重は，地震起因による溢水と重畳しない。

3.2 許容限界

3.2.1 耐震B, Cクラス機器

耐震B, Cクラス機器の許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性を有し、機器の破損により溢水源とならない設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を準用する。

3.2.2 溢水防護に係る施設

溢水防護に係る施設の許容限界は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び設計方針を踏まえて、評価部位ごとに、地震時及び地震後に機能維持が可能となるように設定する。

溢水防護に係る施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の損傷モードを踏まえ評価項目を選定し定める。

(1) 漏えい検出器

漏えい検出器の許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震後の循環水系配管及びタービン補機冷却海水系配管の漏えいを検出する機能の維持を考慮して、主要な構造部材が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、漏えい検出器を固定する基礎ボルトは、「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示している「その他の支持構造物」の許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を準用する。

評価部位ごとの許容限界を表3-1に示す。

表3-1 評価部位ごとの許容限界

施設名称	荷重の 組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等 の状態	限界状態	
漏えい検出器	$D + S_s$	基礎ボルト	引張り せん断	部材が弾性域 にとどまらず 塑性域に入る 状態	許容応力状態 $IV_A S$ の許容 応力以下とする。

(2) 復水器水室出入口弁

復水器水室出入口弁の許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震後の閉止する機能の維持を考慮して弁本体及び弁を支持する管が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態Ⅲ_ASの許容限界を準用する。

(3) タービン補機海水冷却ポンプ吐出弁

タービン補機海水冷却ポンプ吐出弁の許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震後の閉止する機能の維持を考慮して弁本体及び弁を支持する管、支持構造物が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態Ⅲ_ASの許容限界を準用する。

4. 耐震評価方法

耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は、「4.1 地震応答解析」，「4.2 耐震評価」及び「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

耐震B，Cクラス機器の地震応答解析は、「4.1.1 入力地震動」に示す入力地震動，「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

図4-1に耐震B，Cクラス機器の地震応答解析の手順を示す。

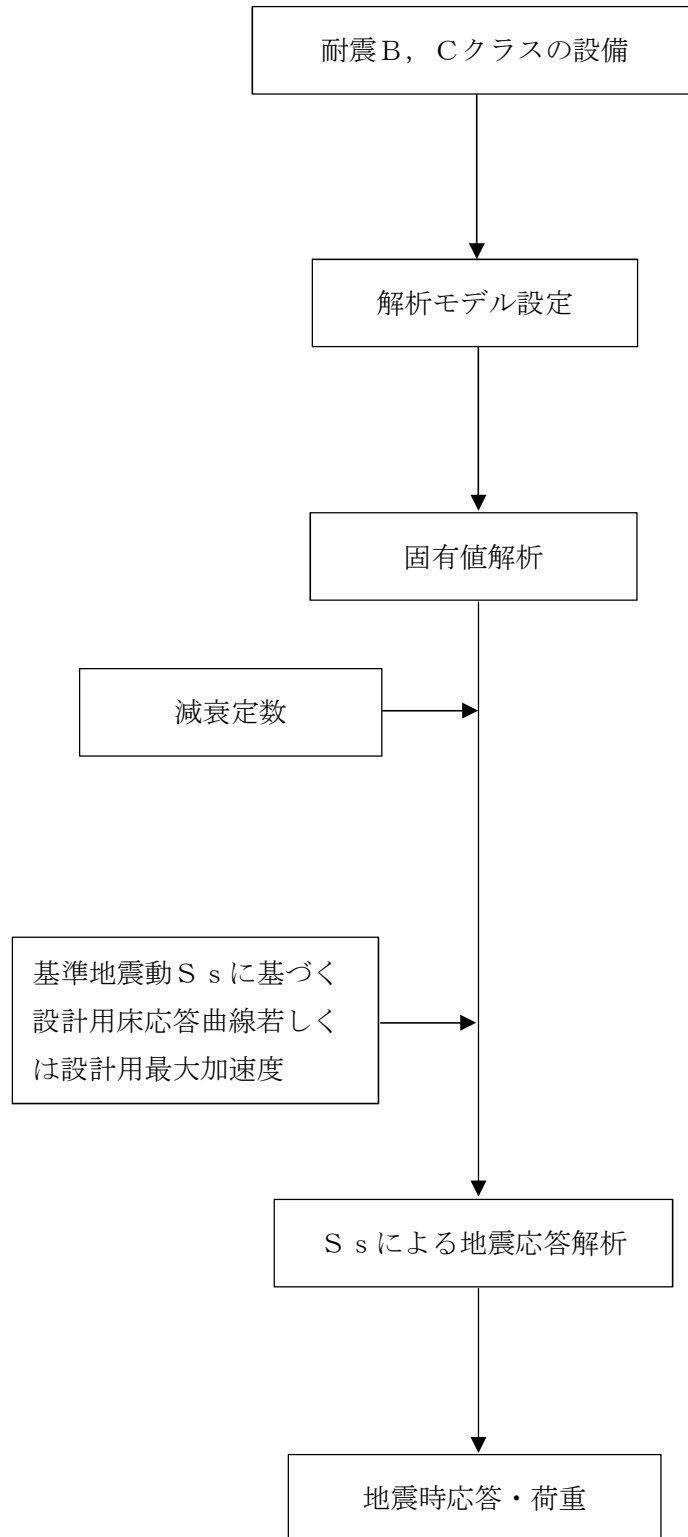


図4-1 耐震B, Cクラス機器の地震応答解析の手順

4.1.1 入力地震動

耐震B、Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析に用いる入力地震動は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

4.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等、各種物性値は、適切な規格・基準、あるいは実験等の結果に基づき設定する。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう1質点系、多質点系モデル等に置換し、定式化された評価式を用いた解析法（一般機器等）又は、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法により応答を求める。

剛性の高い機器は、その機器の設置床面の設計用最大床加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算出する。

配管系については、多質点系モデルに置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法により応答を求める。

なお、動的解析に用いる地震力は材料物性のばらつき等を適切に考慮する。

(1) 解析方法

- ・定式化された評価式を用いた解析法（一般機器等）
- ・スペクトルモーダル解析法

(2) 解析モデル

代表的な機器・配管系の解析モデルを以下に示す。耐震評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

a. 一般機器

ポンプ、熱交換器等の一般の機器は、機器本体及び支持構造物の剛性をそれぞれ考慮し、原則として重心位置に質量を集中させた1質点系にモデル化する。

b. 配管

配管は3次元多質点はりモデルに置換する。

4.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性が確認された値を用いる。具体的には表4-1に示す値を用いる。

表4-1 減衰定数

(1) 機器・配管系

対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 ^{*1}
ボルト及びリベット構造物	2.0	2.0 ^{*1}
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	1.0 ^{*1}
配管系	0.5~3.0 ^{*2, *3}	0.5~3.0 ^{*1, *2, *3}

注記*1 : 既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値。

*2 : 既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が確認されている値。

*3 : 具体的な適用条件を「(2) 配管系の設計用減衰定数」に示す。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究 (H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (H7~H10)」

(2) 配管系の減衰定数

配管区分		減衰定数* ¹ (%)	
		保温材無	保温材有* ²
I	スナッパ及び架構レストレイント支持主体の配管系で、その支持具（スナッパ又は架構レストレイント）の数が4個以上* ⁴ のもの	2.0	3.0* ³
II	スナッパ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、その支持具（アンカ及びUボルトを除く）数が4個以上* ⁴ で、配管区分Iに属さないもの	1.0	2.0* ³
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上* ⁴ のもの	2.0* ³	3.0* ³
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	0.5	1.5* ³

注記*¹：水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

*²：金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

*³：J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版で規定されている配管系の設計用減衰定数に、既往の研究等において妥当性が確認された値を反映

*⁴：支持具の種類及び数は、アンカからアンカまでの独立した振動系について算定する。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究（H12～H13）」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（H7～H10）」

4.2 耐震評価

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により発生応力を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界内にあることを確認する。評価手法は、定式化された評価式を用いた解析法又はスペクトルモーダル解析法により、J E A G 4 6 0 1 -1987に基づき実施することを基本とする。

4.2.1 耐震評価方法

VI-2-別添2-2「溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書」、VI-2-別添2-4「循環水系隔離システムの耐震性についての計算書」、VI-2-別添2-5「復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添2-6「タービン補機冷却海水系隔離システムの耐震性についての計算書」及びVI-2-別添2-7「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の耐震性についての計算書」の評価方法について示す。

(1) 耐震B, Cクラス機器

評価対象の耐震B, Cクラス機器については、VI-2-1-14「計算書作成の方法」にて示す評価方法及び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）に準拠した、評価方法により評価を行う。

なお、評価式が示されない機器については、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）に準拠した評価方法及び機械工学便覧に示される一般式を用いた評価を行う。

(2) 漏えい検出器

評価対象の漏えい検出器については、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンスの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(3) 復水器水室出入口弁, タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁

評価対象の復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁については、VI-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」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

4.3 機能維持評価

耐震B，Cクラス機器の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の方針は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

溢水防護に係る施設の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の動的機能の維持，電氣的機能の維持及び止水性の維持に係る耐震計算の方針は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」，「4.1 動的機能維持」及び「4.2 電氣的機能維持」を準用する。

4.3.1 動的機能の維持

地震後に動的機能が要求される機器については，VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちVI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標を踏まえ，VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した機能維持評価用加速度が，機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(1) 復水器水室出入口弁

復水器水室出入口弁は，地震後においても，基準地震動 S_s による地震力に対して，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には，同型式の弁の加振試験において，動的機能の健全性を確認した弁の加速度を適用する。

(2) タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁

タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は，地震後においても，基準地震動 S_s による地震力に対して，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には，同型式の弁の加振試験において，動的機能の健全性を確認した弁の加速度を適用する。

4.3.2 電氣的機能の維持

地震後に電氣的機能が要求される機器については，VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちVI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標を踏まえ，VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した評価用加速度が，機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(1) 漏えい検出器

漏えい検出器は，地震後においても，基準地震動 S_s による地震力に対して，設計用最大応答加速度から求めた評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には，同型式の検出器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検出器の加速度を適用する。

4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

耐震B，Cクラス機器及び溢水防護に係る施設については，基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認している。

今回，新たに水平2方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから，これら設備についても水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影響を評価する。

影響評価については，VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法に基づき行う。

5. 適用基準

適用する規格，指針等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 (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 JEAG 4601・補-1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 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年追補版を含む)) JSME S NC 1-2005/2007 (日本機械学会)
- (5) 機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)

VI-2-別添 2-2 溢水源としない耐震B, Cクラス機器
の耐震計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	1
2.3 評価方針	1
2.4 適用基準	1
3. 評価部位	2
4. 地震応答解析及び構造強度評価	3
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	3
4.1.1 地震応答解析方法	3
4.1.2 構造強度評価方法	5
4.2 荷重及び荷重の組合せ	5
4.2.1 荷重の種類	5
4.2.2 荷重の組合せ	5
4.3 許容限界	6
4.4 計算方法	10
4.5 計算条件	11
5. 評価結果	17

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水源となり得る流体を内包する機器のうち溢水源として設定しない機器（以下「耐震B、Cクラス機器」という。）が、基準地震動 S_s による地震力に対して、十分な耐震性を有することを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

耐震B、Cクラス機器は、設計基準対象施設においてはBクラス施設又はC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. 一般事項

2.1 配置概要

耐震B、Cクラス機器は、原子炉建屋、タービン建屋及びコントロール建屋に設置する。各機器の具体的な設置建屋及び設置高さは、表4-1に示し、設置建屋及び設置高さに応じた評価を行う。

2.2 構造計画

耐震B、Cクラス機器のうち熱交換器等（以下「容器類」という。）、ポンプ（以下「ポンプ類」という。）、配管、弁及び支持構造物の構造は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」を適用できる構造である。

2.3 評価方針

耐震B、Cクラス機器の応力評価は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、耐震B、Cクラス機器の評価部位に作用する応力が許容限界内にあることを、本図書の「4. 地震応答解析及び構造強度評価」に示す方法により計算し、「5. 評価結果」にて確認する。

耐震B、Cクラス機器の容器類、ポンプ類、配管、弁及び支持構造物については、VI-2-1-14「計算書作成の方法」にて示している構造と同様であることから、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器、許容応力状態 $IV_A S$ の荷重の組合せを踏まえて、VI-2-1-14「計算書作成の方法」等の評価式及び解析方法を用いて評価する。

2.4 適用基準

適用する規格、指針等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 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 JEAG 4 6 0 1・補-1984（日本電気協会）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 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年追補版を含む)) JSME S NC 1-2005/2007（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）
- (5) 機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ （日本機械学会）

(6) 機械工学便覧 基礎編 α2 (日本機械学会)

3. 評価部位

耐震B, Cクラス機器の評価部位は, 容器類及びポンプ類については, VI-2-1-14「計算書作成の方法」等により, 胴板, 脚, 台座及びボルトを評価部位とする。

配管, 弁及び支持構造物については, VI-2-1-14「計算書作成の方法」により配管, 弁及び支持構造物を評価部位とする。

評価結果は, 算出応力と許容応力を踏まえ, 評価上厳しい箇所の結果について記載する。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

4.1.1 地震応答解析方法

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

耐震B、Cクラス機器の地震応答解析は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い実施する。

表4-1に各機器の設計震度を示す。

表4-1 耐震B、Cクラス容器類及びポンプ類の設計震度(1/2)

評価対象設備	設置建屋及び設置高さ (基準床レベル) T.M.S.L. (m)	設計震度		固有周期(s)	
		水平 方向	鉛直 方向	水平 方向	鉛直 方向
制御棒駆動水ポンプ (A), (B)	原子炉建屋 -8.2	0.89	1.02	0.05 以下	0.05 以下
制御棒駆動水加熱器	原子炉建屋 -8.2	0.89	1.02	0.05 以下	0.05 以下
サクシオンフィルタ (A), (B)	原子炉建屋 -8.2	0.89	1.02	0.05 以下	0.05 以下
充填水ヘッダーアキ ュムレータ	原子炉建屋 -8.2~-1.7	1.02	1.02	0.05 以下	0.05 以下
制御棒駆動水フィル タ(A), (B)	原子炉建屋 -8.2	0.89	1.02	0.05 以下	0.05 以下
サプレッションプー ル浄化系ポンプ	原子炉建屋 -8.2	0.89	1.02	0.05 以下	0.05 以下
燃料プール冷却浄化 系ポンプ(A), (B)	原子炉建屋 18.1	1.13	1.09	0.05 以下	0.05 以下
燃料プール冷却浄化 系熱交換器(A), (B)	原子炉建屋 18.1	1.13	1.09	0.05 以下	0.05 以下
D/G(C)/Z冷却コイル (A)~(D)	原子炉建屋 31.7	1.37	1.16	0.05 以下	0.05 以下
ASD(A), (B)/Z冷却コ イル(A)~(C)	原子炉建屋 38.2	1.62	1.20	0.05 以下	0.05 以下
ASD(A), (B)送風機室 加熱コイル	原子炉建屋 38.2	1.62	1.20	0.05 以下	0.05 以下
タービン補機冷却海 水系ポンプ(A)~(C)	タービン建屋 4.9	解析値	解析値	0.051	0.05 以下

表 4-1 耐震B, Cクラス容器類及びポンプ類の設計震度(2/2)

評価対象設備	設置建屋及び設置高さ (基準床レベル) T. M. S. L. (m)	設計震度		固有周期(s)	
		水平 方向	鉛直 方向	水平 方向	鉛直 方向
C/B 常用電気品区域 冷却コイル(A)～(C)	コントロール建屋 1.0	1.34	1.01	0.05 以下	0.05 以下
C/B 計測制御電源盤 区域(C)冷却コイル (A), (B)	コントロール建屋 1.0	1.34	1.01	0.05 以下	0.05 以下

4.1.2 構造強度評価方法

耐震B，Cクラス機器の応力評価は，VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「4.2 耐震評価」にて設定している評価方針を踏まえ，応力評価を実施する。

耐震B，Cクラス機器の応力評価は，本図書の「3. 評価部位」に示す評価部位に対し，「4.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ，「4.4 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは，VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重 (D)

死荷重は，持続的に生じる荷重であり，自重とする。

(2) 内圧荷重 (P_D)

内圧荷重は，当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(3) 機械的荷重 (M_D)

当該設備に設計上定められた機械的荷重

(4) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は，基準地震動S_sにより定まる地震力とする。

4.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは，各機器の評価部位ごとに設定する。荷重の組合せを表 4-2，表 4-3 及び表 4-4 に示す。なお，ポンプ類の評価部位はボルトのみのため，ポンプ類の荷重の組合せは表 4-4 による。

表 4-2 容器類の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
IV _A S	D + P _D + M _D + S _s	胴板

表 4-3 配管の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
IV _A S	D + P _D + M _D + S _s	配管, 弁

表 4-4 支持構造物の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
IV _A S	D + P _D + M _D + S _s	脚, 台座, 支持構造物, ボルト等

4.3 許容限界

耐震B, Cクラス機器の評価の許容限界は, VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って, 本図書の「3. 評価部位」にて設定している評価部位ごとに, 許容応力状態IV_ASの許容応力を用いる。

各機器の評価部位ごとの許容限界を表 4-5, 表 4-6 及び表 4-7 に, 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件を表 4-8 に示す。

表 4-5 容器類の許容限界

区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1			
				一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+ 二次応力	一次+二次+ ピーク応力
容器類	B, C	D + P _D + M _D + S _s	IV _A S	0.6 · S _u	左欄の 1.5 倍 の値	*2 S _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2 · S _y 以下であれば, 疲労解析は不要。	

注記*1 : 座屈に対する評価が必要な場合には, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2 : 2 · S_y を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。S_mは 2/3 · S_y と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-6 配管の許容限界

区分	耐震 重要度 分類	荷重の 組合せ	許容応 力状態	許容限界			
				一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力を 含む)	一次+ 二次応力	一次+二次+ ピーク応力
配管	B, C	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	*1 $0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍 の値	*2 S _s 地震動のみによる疲労解析 を行い、疲労累積係数が 1.0 以下 であること。ただし、地震動のみ による一次+二次応力の変動値 が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解 析は不要。	

注記*1: 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ_ASの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

*2 : $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5) (ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-7 支持構造物の許容限界

耐震 重要度 分類	荷重の 組合せ	許容 応力 状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (ボルト等)		形式試験 による場合
			一次応力					一次+二次応力					一次応力		許容 荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん 断	曲げ	支圧	座屈*5	引張	せん断	
B, C	D + P _D + M _D + S _s	IV _A S	1.5 · f _t *	1.5 · f _s *	1.5 · f _c *	1.5 · f _b *	1.5 · f _p *	3 · f _t	*6 3 · f _s	*7 3 · f _b	*8 1.5 · f _p *	*7, *8 1.5 · f _b , 1.5 · f _s 又は 1.5 · f _c	1.5 · f _t *	1.5 · f _s *	T _L · 0.6 · $\frac{S y d}{S y t}$
								(S _s 地震動のみによる 応力振幅について 評価する。)							

注記*1 : 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

*2 : 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。

*3 : 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては, 耐圧部と同じ許容応力とする。

*4 : コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のゆらぎ等を考慮して, III_AS の許容応力を一次引張応力に対しては f_t, 一次せん断応力に対しては f_s として, また, IV_AS → III_AS として応力評価を行う。

*5 : 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあっては, クラスMC 容器の座屈に対する評価式による。

*6 : すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5 · f_s とする。

*7 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f_b とする。

*8 : 自重, 熱膨張等により常時作用する荷重に, 地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

表 4-8 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件

評価対象設備	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
制御棒駆動水ポンプ(A), (B)	基礎ボルト	SS400	50	211	394
制御棒駆動水加熱器	胴板	SUS304	75	183	466
	脚	SS400	50	211	394
	基礎ボルト	SS400	50	211	394
サクシオンフィルタ(A), (B)	胴板	SUS304	66	188	479
	スカート	SUS304	50	198	504
	基礎ボルト	SS400	50	211	394
充填水ヘッダー アキュムレータ	台座	SUS304	50	198	504
	Uバンド固定ボルト	SS400	50	211	394
制御棒駆動水フィルタ(A), (B)	胴板	SUS304TP	66	188	479
	スカート	SUS304TP	50	198	504
	基礎ボルト	SS400	50	211	394
サプレッションプール浄化系ポンプ	原動機取付ボルト		66		
燃料プール冷却浄化系ポンプ(A), (B)	原動機取付ボルト		66		
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A), (B)	胴板	SGV410	70	210	380
	脚	SS400	50	241	394
	基礎ボルト	SS400	50	231	394
D/G(C)/Z 冷却コイル(A)～(D)	取付ボルト	SS400	70	204	383
ASD(A), (B)/Z 冷却コイル(A)～(C)	取付ボルト	SS400	70	204	383
ASD(A), (B)送風機室加熱コイル	取付ボルト	SS400	85	199	377
タービン補機冷却海水系ポンプ(A)～(C)	原動機取付ボルト	SUS304	50	198	504
C/B 常用電気品区域冷却コイル(A)～(C)	取付ボルト	SS400	70	204	383
C/B 計測制御電源盤区域(C)冷却コイル(A), (B)	取付ボルト	SS400	70	204	383

4.4 計算方法

- (1) 溢水防護として要求する機能を踏まえ、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「3.2 許容限界」より、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性が確保され溢水に至らないことを確認するために、許容応力状態IVASで、許容限界を満足することを確認する。なお、配管については、地震起因による耐震B、Cクラス配管から溢水が発生する損傷モードを考慮し、既往の試験や研究等の知見を踏まえ、疲労に着目した評価手法及び評価基準値を適用し、配管のバウンダリ機能が確保されていることを確認する。

また、支持装置については、添付書類「VI-2-1-12 配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき、使用される支持装置の定格荷重以下となることを確認する。

- (2) 減衰定数については、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す値を適用する。
- (3) 評価に用いる解析コード及びその適用機器並びに使用目的を以下に記す。

耐震B、Cクラス機器の容器類及びポンプ類の固有値解析及び応力評価に用いる「MSC NASTRAN」の検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」の「MSC NASTRAN」に示す。配管、弁及び支持構造物の固有値解析等に用いる「HISAP」、 $NSAFE$ 、 $MSAP$ 、 $ISAP-IV$ 及び $SOLVER$ の検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」の「HISAP」、 $NSAFE$ 、 $MSAP$ 、 $ISAP-IV$ 及び $SOLVER$ に示す。

応力評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」等の評価方法により評価を行う。

4.5 計算条件

三次元はりモデル解析により応力計算を行った配管について、解析モデル図を図4-1に示し、配管諸元の一覧表を表4-9に示す。
なお、図4-1及び表4-9は、表5-2で評価結果を示す純水補給水系を代表で示す。

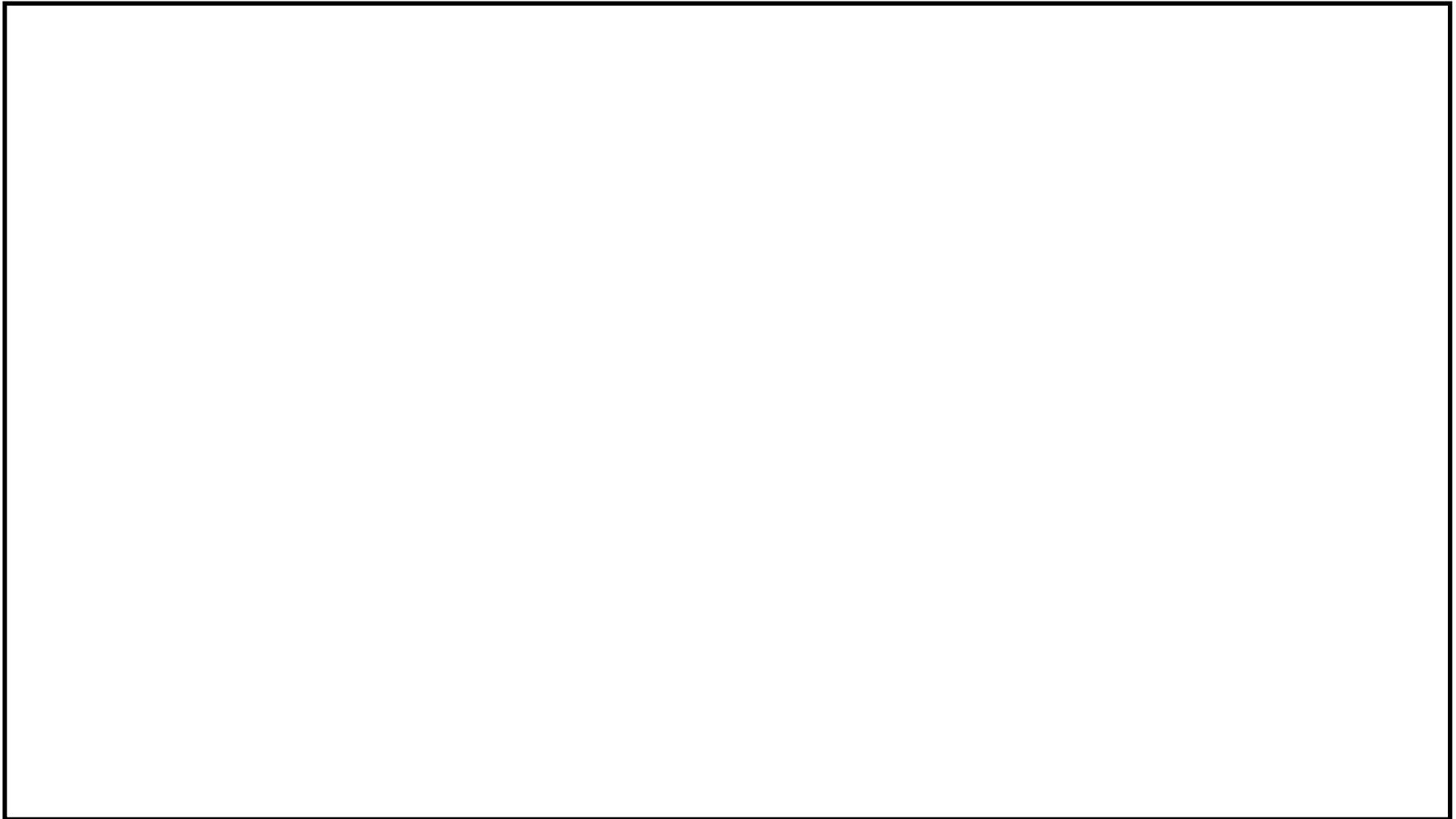


図4-1 解析モデル図 (1/5)

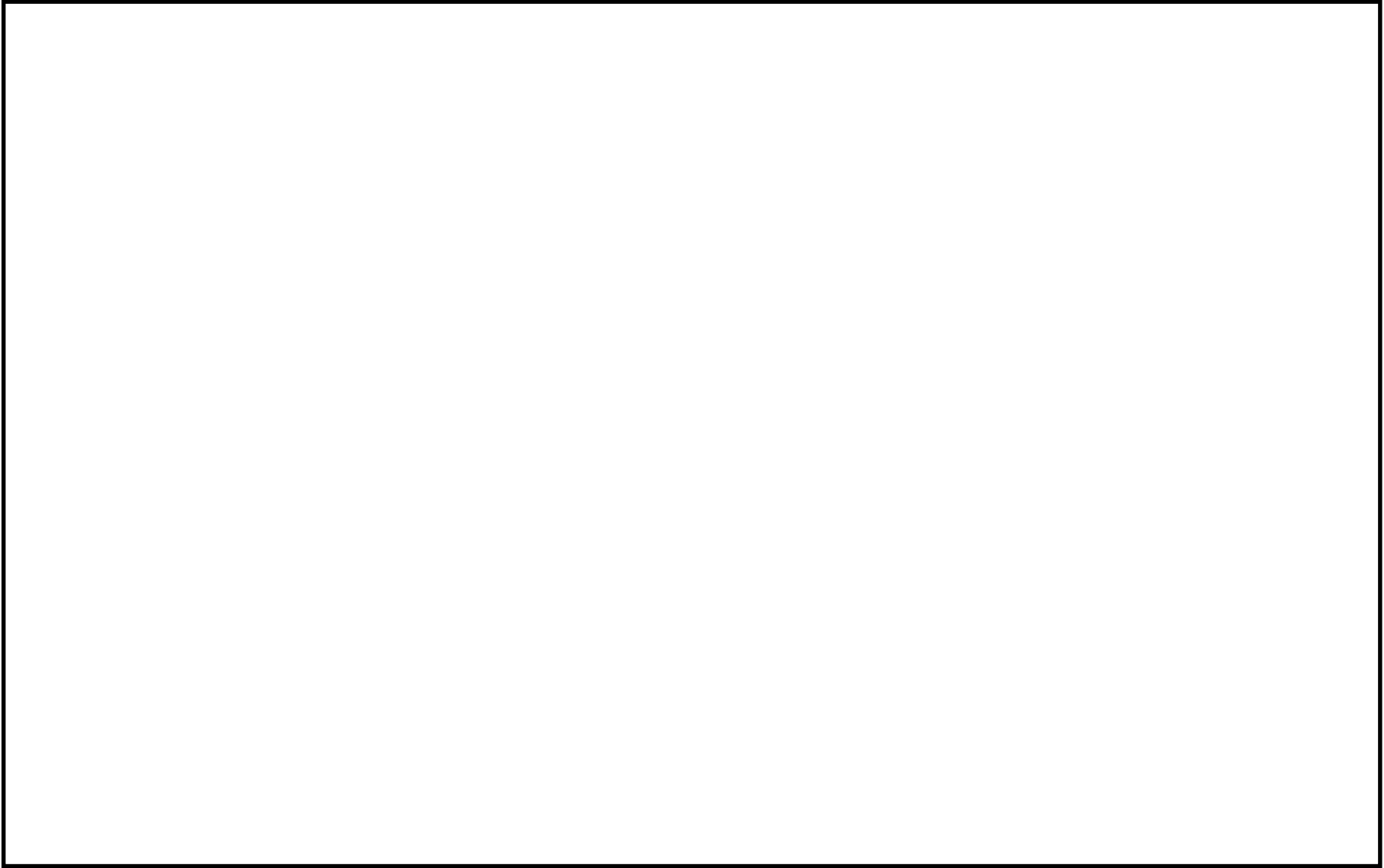


図 4-1 解析モデル図 (2/5)

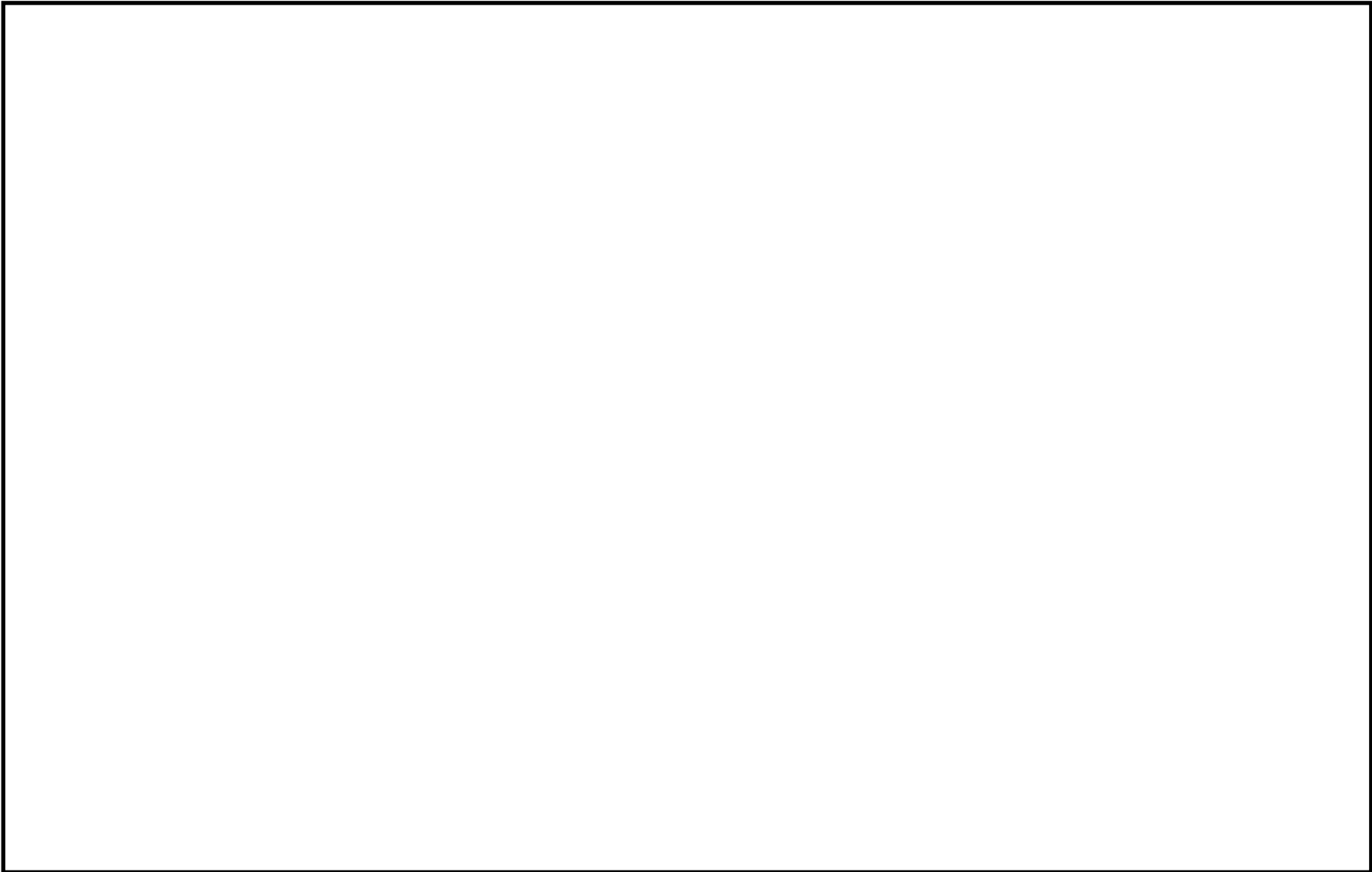


図 4-1 解析モデル図 (3/5)

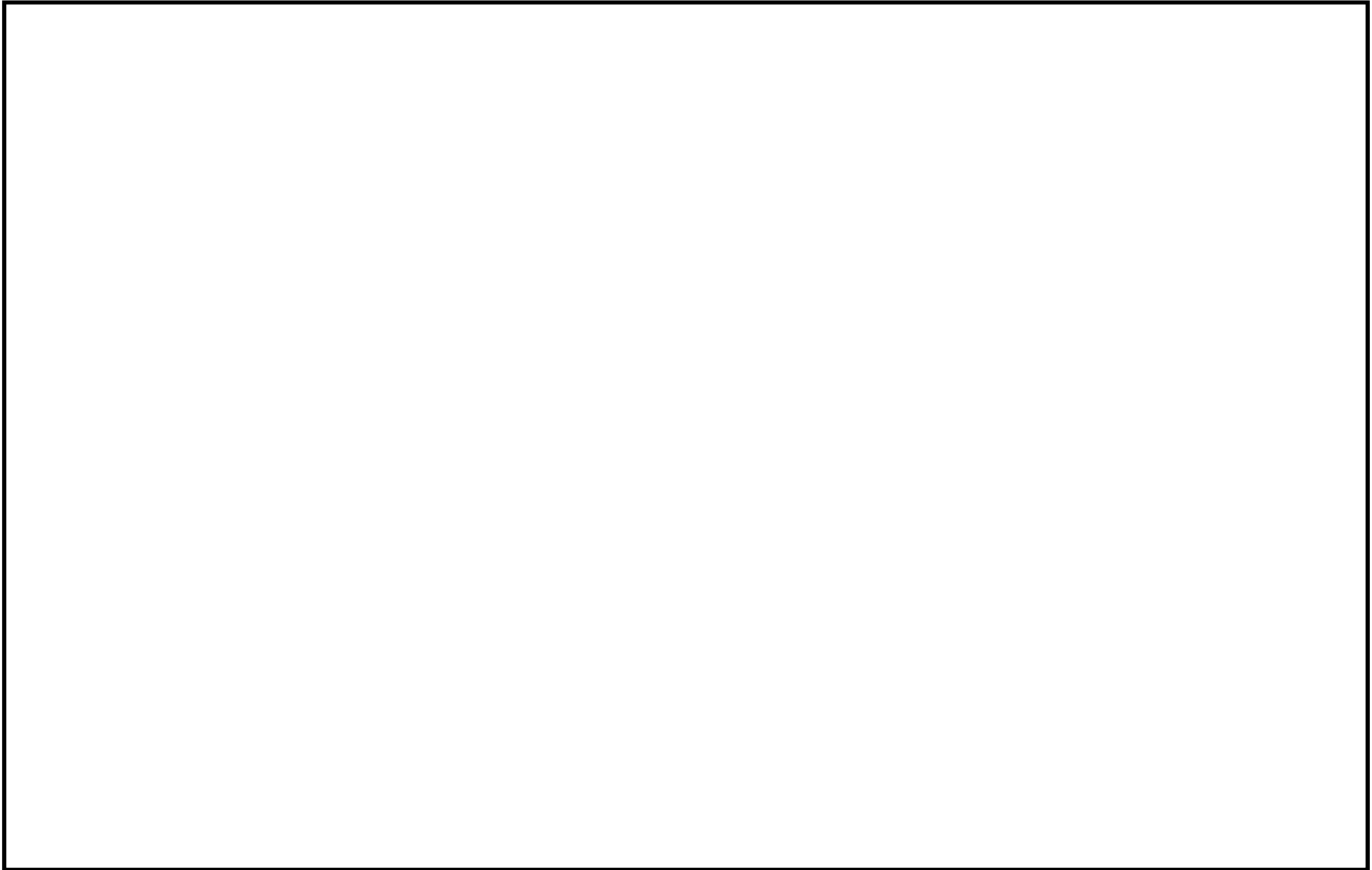


図 4-1 解析モデル図 (4/5)

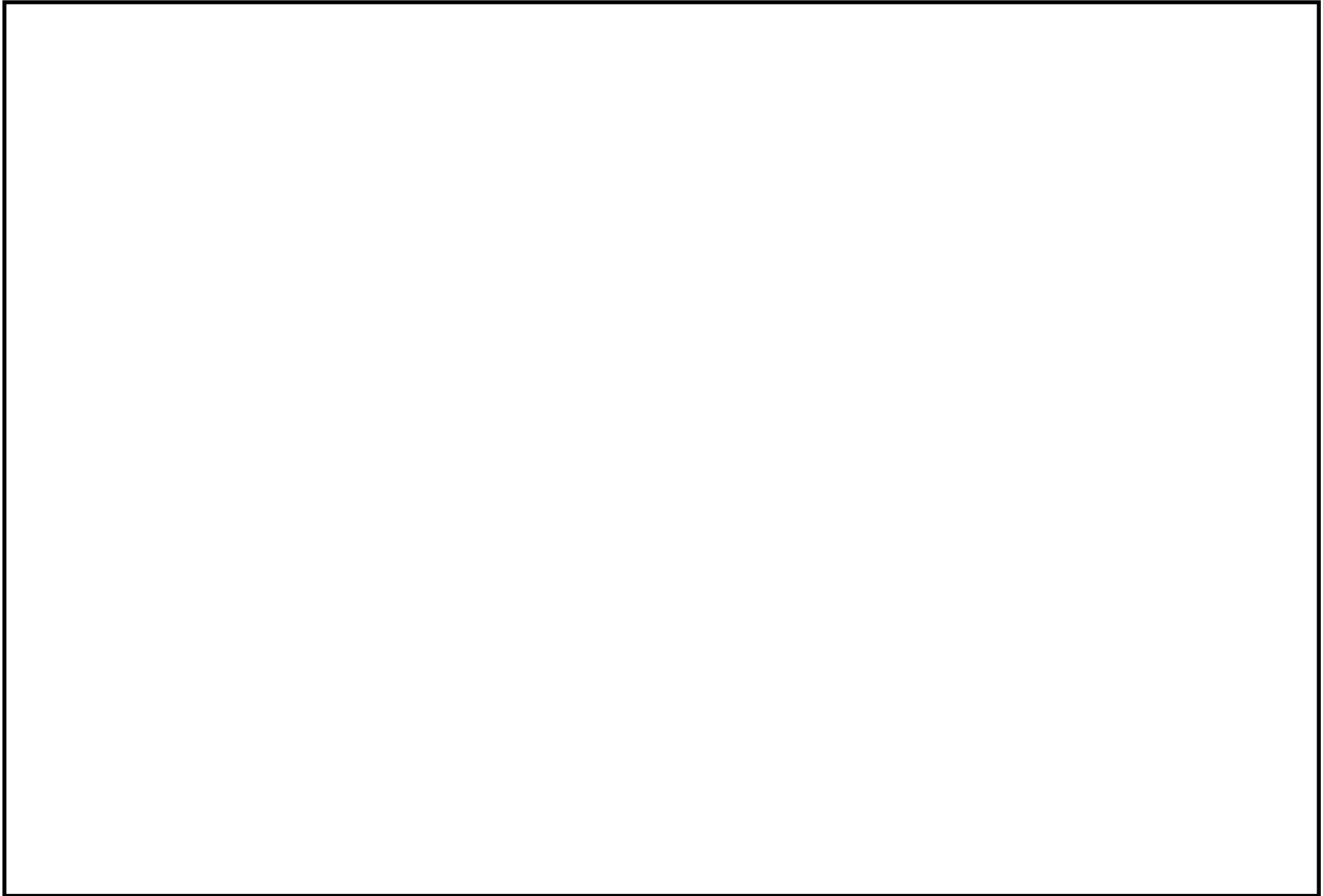


表 4-9 配管諸元

鳥瞰図 KMUWP-244

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	1 ~ 42 44 ~ 54 56 57 59 62 ~ 65 67 69 71 ~ 75 76 102 104 216 300 601 605 651 652 800 ~ 807	1.37	66	60.5	3.9	SUS304TP	C	191720
2	63 87 103 110 ~ 113 118 ~ 126 131 ~ 133 137 ~ 139 150 220	1.37	66	27.2	2.9	SUS304TP	C	191720
3	55 61 78 79 83 ~ 85	1.37	70	60.5	3.9	SUS304TP	C	191400
4	79 80 82 83	1.37	70	42.7	3.6	SUS304TP	C	191400
5	68 88 ~ 94 96 ~ 98 100 106 ~ 109 653 654	大気圧	70	60.5	3.9	SUS304TP	C	191400
6	115 ~ 117 128 ~ 130	大気圧	66	27.2	3.9	STPT370	C	200360

5. 評価結果

表 5-1 及び表 5-2 に示す通り、耐震 B, C クラス機器が基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有することを確認した。
 なお、表 5-1 及び表 5-2 においては、算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい箇所の結果について記載する。

表 5-1 基準地震動 S_s に対する容器類及びポンプ類の応力評価結果(1/2)

区分	評価対象設備	耐震 重要度 分類	設置 建屋	設置高さ(基 準床レベル)	評価対象 部位	応力の 種類	算出 応力	許容 応力
				T. M. S. L. (m)			(MPa)	(MPa)
17 容器類・ ポンプ類	制御棒駆動水ポンプ(A), (B)	B	原子炉建屋	-8.2	基礎ボルト	引張	110	190*
						せん断	22	146
	制御棒駆動水加熱器	B	原子炉建屋	-8.2	基礎ボルト	引張	91	190*
						せん断	14	146
	サクシオンフィルタ(A), (B)	B	原子炉建屋	-8.2	胴板	一次一般膜	52	287
	充填水ヘッダーアキュムレータ	B	原子炉建屋	-8.2~-1.7	台座	組合せ	155	205
	制御棒駆動水フィルタ(A), (B)	B	原子炉建屋	-8.2	胴板	一次一般膜	91	287
	サプレッションプール浄化系ポンプ	B	原子炉建屋	-8.2	原動機取付ボルト	引張	22	185*
						せん断	15	142
	燃料プール冷却浄化系ポンプ(A), (B)	B	原子炉建屋	18.1	原動機取付ボルト	引張	27	185*
せん断						18	142	
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A), (B)	B	原子炉建屋	18.1	胴板	一次+二次	591 (0.61)	420 (1.0)	
D/G(C)/Z 冷却コイル(A)~(D)	C	原子炉建屋	31.7	取付ボルト	引張	8	184*	
					せん断	7	141	

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

表 5-1 基準地震動 S s に対する容器類及びポンプ類の応力評価結果(2/2)

区分	評価対象設備	耐震 重要度 分類	設置 建屋	設置高さ(基 準床レベル)	評価対象 部位	応力の 種類	算出 応力	許容 応力
				T. M. S. L. (m)			(MPa)	(MPa)
容器類・ ポンプ類	ASD(A), (B)/Z 冷却コイル(A)～(C)	C	原子炉建屋	38.2	取付ボルト	引張	9	184*
						せん断	6	141
	ASD(A), (B)送風機室加熱コイル	C	原子炉建屋	38.2	取付ボルト	引張	4	179*
						せん断	3	138
	タービン補機冷却海水系ポンプ(A)～(C)	C	タービン建屋	4.9	原動機取付ボルト	引張	33	184*
						せん断	19	142
	C/B 常用電気品区域冷却コイル(A)～(C)	C	コントロール建屋	1.0	取付ボルト	引張	11	184*
						せん断	9	141
	C/B 計測制御電源盤区域(C)冷却コイル(A), (B)	C	コントロール建屋	1.0	取付ボルト	引張	9	184*
						せん断	8	141

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

表 5-2 基準地震動 S_s に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果(1/2)

区分	評価対象系統	設置 建屋	設置高さ (基準床レベル)	耐震 重要度 分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出 応力	許容 応力
			T. M. S. L. (m)				(MPa)	(MPa)
配管・弁及び支持構造物	純水補給水系	原子炉 建屋	23.5~38.2	C	配管本体	一次+二次	500 (0.6910)	376 (1.0)
					支持構造物	せん断	41	118
	制御棒駆動系	原子炉 建屋	-8.2~-1.7	B	配管本体	一次+二次	603 (0.6290)	366 (1.0)
					支持構造物	組合せ	70	118
	原子炉冷却材 浄化系	原子炉 建屋	-8.2~18.1	B	配管本体	一次+二次	199	398
					支持構造物	組合せ	20	114
	給水系	原子炉 建屋	12.3~18.1	B	配管本体	一次+二次	330	436
					支持構造物	荷重*	123 kN*	354 kN*
	消火系	原子炉 建屋	12.3~38.2	C	配管本体	一次+二次	296	378
					支持構造物	引張圧縮	42	154
	燃料プール冷 却浄化系	原子炉 建屋	18.1~23.5	C	配管本体	一次+二次	123	398
					支持構造物	組合せ	30	281
	非放射性ドレ ン移送系	原子炉 建屋	-1.7~12.3	C	配管本体	一次+二次	280	378
					支持構造物	組合せ	66	154
	復水補給水系	原子炉 建屋	-1.7~4.8	B	配管本体	一次+二次	316	398
					支持構造物	組合せ	105	135
原子炉補機冷 却水系	原子炉 建屋	4.8~18.1	C	配管本体	一次+二次	404 (0.8965)	394 (1.0)	
				支持構造物	曲げ	236	484	

注記*：支持装置の評価は定格荷重≧発生荷重を満たしていることを確認しているため、応力の種類は荷重とし、単位はkNとする。

表 5-2 基準地震動 S_s に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果 (2/2)

区分	評価対象系統	設置 建屋	設置高さ (基準床レベル)	耐震 重要度 分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出 応力	許容 応力
			T. M. S. L. (m)				(MPa)	(MPa)
配管・弁及び支持構造物	放射性ドレン 移送系	原子炉 建屋	-8.2 ~ 4.8	B	配管本体	一次+二次	386	398
					支持構造物	引張	12	201
	サプレッション プール浄化 系	原子炉 建屋	-8.2 ~ 23.5	B	配管本体	一次+二次	329	376
					支持構造物	組合せ	59	118
	換気空調補機 常用冷却水系	原子炉 建屋	23.5~38.2	C	配管本体	一次+二次	362	370
					支持構造物	組合せ	68	122
	原子炉補機冷 却水系	タービ ン建屋	-1.1 ~ 4.9	C	配管本体	一次+二次	35	398
					支持構造物	せん断	2	155
	タービン補機 冷却水系	タービ ン建屋	-1.1 ~ 12.3	C	配管本体	一次+二次	404	458
					支持構造物	組合せ	82	267
	消火系	タービ ン建屋	12.3 ~ 20.4	C	配管本体	一次+二次	93	376
					支持構造物	組合せ	51	204
	非放射性 ドレン移送系	タービ ン建屋	-7.9 ~ 20.4	C	配管本体	一次+二次	431	462
					支持構造物	せん断	83	118
	雑用水系	タービ ン建屋	-7.9 ~ 20.4	C	配管本体	一次+二次	265	378
					支持構造物	組合せ	66	154
鉄イオン注入 系	タービ ン建屋	-5.1~4.9	C	配管本体	一次+二次	235	430	
				支持構造物	せん断	22	161	
タービン補機 冷却海水系	タービ ン建屋	-5.1 ~ 20.4	C	配管本体	一次+二次	464	490	
				支持構造物	組合せ	239	274	

注：コントロール建屋については、7号機「V-2-別添 2-2 溢水源としない耐震 B、C クラス機器の耐震計算書」を参照。

VI-2-別添 2-3 溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の
の組合せに関する影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の算出	4
2.3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への 影響の検討結果	4
2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	4
2.3.5 まとめ	5

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器について、基準地震動 S_s による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、耐震性を有することを確認しているため、動的地震動の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 影響評価

2.1 基本方針

溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

溢水防護に関する設備及び耐震B、Cクラス機器のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持及び波及的影響を確認する設備を評価対象とする。(図2-1①)

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向及び鉛直方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。(図2-1②)

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討において、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。(図2-1③)

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。(図 2-1④)

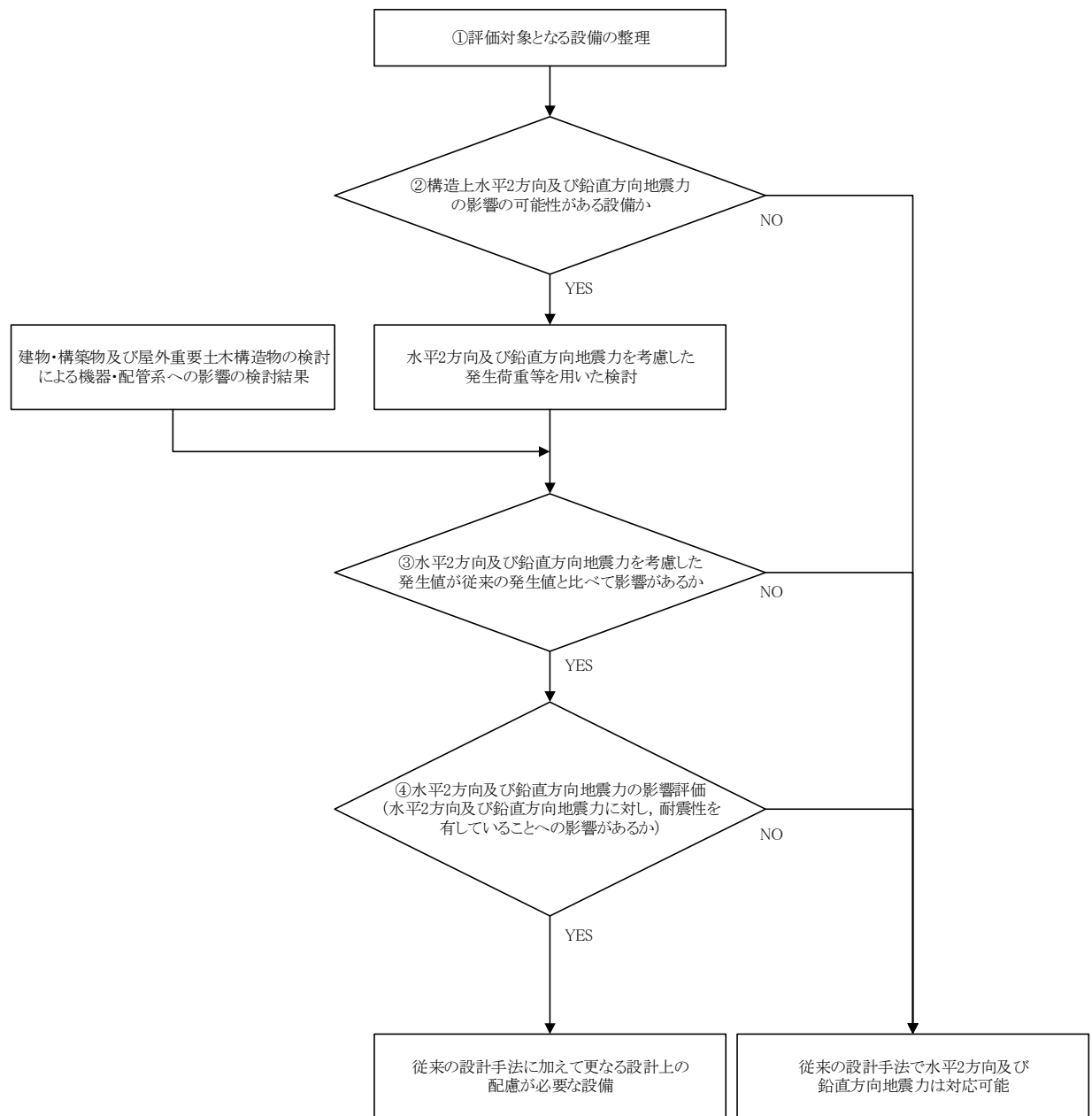


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の算出

溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器の評価対象設備を表2-1に示す。VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位及び応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。抽出結果を表2-2に示す。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力/発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出する。抽出結果を表2-2に示す。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)において影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値を比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を表2-2に示す。

2.3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討において、溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表2-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して、設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表2-3

に示す。

2.3.5 まとめ

溢水防護に関する施設及び耐震B，Cクラス機器について，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも溢水防護に関する施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため，従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表 2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (1/2)

(1) 構造強度評価対象設備

設備名称	評価対象部位
制御棒駆動水ポンプ(A), (B)	基礎ボルト
制御棒駆動水加熱器	基礎ボルト
サクシオンフィルタ(A), (B)	胴板
充填水ヘッダーアキュムレータ	台座
制御棒駆動水フィルタ(A), (B)	胴板
サプレッションプール浄化系ポンプ	原動機取付ボルト
燃料プール冷却浄化系ポンプ(A), (B)	原動機取付ボルト
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A), (B)	胴板
D/G(C)/Z 冷却コイル(A)～(D)	取付ボルト
ASD(A), (B)/Z 冷却コイル(A)～(C)	取付ボルト
ASD(A), (B)送風機室加熱コイル	取付ボルト
タービン補機冷却海水系ポンプ(A)～(C)	原動機取付ボルト
C/B 常用電機品区域冷却コイル(A)～(C)	取付ボルト
C/B 計測制御電源盤区域(C)冷却コイル(A), (B)	取付ボルト
配管 (純水補給水系)	配管本体
配管 (制御棒駆動系)	配管本体
配管 (原子炉冷却材浄化系)	配管本体
配管 (給水系)	配管本体
配管 (消火系)	配管本体
配管 (燃料プール冷却浄化系)	配管本体
配管 (非放射性ドレン移送系)	配管本体
配管 (復水補給水系)	配管本体
配管 (原子炉補機冷却水系)	配管本体
配管 (放射性ドレン移送系)	配管本体
配管 (サプレッションプール浄化系)	配管本体
配管 (換気空調補機常用冷却水系)	配管本体
配管 (タービン補機冷却水系)	配管本体
配管 (雑用水系)	配管本体
配管 (鉄イオン注入系)	配管本体
配管 (タービン補機冷却海水系)	配管本体
循環水系隔離システム	基礎ボルト
タービン補機冷却海水系隔離システム	基礎ボルト

表 2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/2)

(2) 機能維持評価対象設備

設備名称	評価対象部位
循環水系隔離システム	漏えい検出器
タービン補機冷却海水系隔離システム	漏えい検出器
復水器水室入口弁	弁
復水器水室出口弁	弁
タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁	弁

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
制御棒駆動水ポンプ (A), (B)	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても一方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
制御棒駆動水加熱器	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても一方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

注記*：ボルトについては、VI-2-別添 2-2「溢水源としない耐震 B、C クラス機器の耐震計算書」の表 5-1 及び表 5-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増 分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
サクシオン フィルタ (A), (B)	△ (胴板) 一次一般膜応力	×	－	プロセス配管に接続する構造であり、胴板は円筒形状である。評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。
充填水ヘッダー アキュムレータ	△ (台座) 一次応力 (組合せ)	×	－	水平 2 方向を考慮した評価を実施している。
制御棒駆動水 フィルタ (A), (B)	△ (胴板) 一次一般膜応力	×	－	プロセス配管に接続する構造であり、胴板は円筒形状である。評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。
サプレッション プール 浄化系ポンプ	△ (原動機取付ボルト) 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても一方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

注記*：ボルトについては、VI-2-別添 2-2「溢水源としない耐震 B、C クラス機器の耐震計算書」の表 5-1 及び表 5-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増 分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
燃料プール冷却 浄化系 ポンプ (A), (B)	△ (原動機取付ボルト) 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせただけであっても一方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
燃料プール冷却 浄化系 熱交換器 (A), (B)	△ (胴板) 一次+二次応力	×	－	水平 2 方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
D/G(C)/Z 冷却コイル (A)～(D)	△ (取付ボルト) 一次応力 (せん断*)	×	－	評価対象のボルトは壁掛けのボルトであり、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。
ASD(A), (B)/Z 冷却コイル (A)～(C)	○ (取付ボルト) 一次応力 (引張*)	×	○	評価結果は表 2-3 参照

注記*：ボルトについては、VI-2-別添 2-2「溢水源としない耐震 B、C クラス機器の耐震計算書」の表 5-1 及び表 5-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (4/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
ASD(A), (B) 送風機室 加熱コイル	○ (取付ボルト) 一次応力 (引張*)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
タービン補機 冷却海水系 ポンプ(A)～(C)	△ (原動機取付ボルト) 一次応力 (引張*)	○	－	評価対象のボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平 2 方向入力の影響は軽微である。水平 2 方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられることから、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は軽微である。
C/B 常用電気品区 域冷却コイル(A) ～(C)	△ (取付ボルト) 一次応力 (せん断*)	×	－	評価対象のボルトは壁掛けのボルトであり、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。
C/B 計測制御電源 盤区域(C)冷却コ イル(A), (B)	△ (取付ボルト) 一次応力 (せん断*)	×	－	評価対象のボルトは壁掛けのボルトであり、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。

注記*：ボルトについては、VI-2-別添 2-2「溢水源としない耐震 B、C クラス機器の耐震計算書」の表 5-1 及び表 5-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (5/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分 の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (純水補給水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (制御棒駆動系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (原子炉冷却材浄 化系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (6/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分 の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (給水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (消火系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (燃料プール冷却 浄化系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (7/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分 の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (非放射性ドレン 移送系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (復水補給水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (原子炉補機冷却 水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (8/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (放射性ドレン移送系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (サプレッション プール浄化系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (換気空調補機常 用冷却水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (9/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分 の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (タービン補機冷 却水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (雑用水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
配管 (鉄イオン注入 系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (10/11)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (タービン補機冷 却海水系)	△ (配管本体) 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
循環水系 隔離システム	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
	△ (基礎ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。
タービン補機 冷却海水系 隔離システム	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
	△ (基礎ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (11/11)

(2)機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
循環水系 隔離システム	△	×	－	各水平方向で共振点はなく出力変動を生じないため、水平 2 方向でも共振することなく出力変動が生じない。
タービン補機 冷却海水系 隔離システム	△	×	－	各水平方向で共振点はなく出力変動を生じないため、水平 2 方向でも共振することなく出力変動が生じない。
復水器水室入口弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認済加速度以下であることを確認している。
復水器水室出口弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認済加速度以下であることを確認している。
タービン補機 冷却海水ポンプ 吐出弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認済加速度以下であることを確認している。

表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(1) 構造強度評価

(単位:MPa)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
	評価部位	応力分類	1 方向入力発生値*1	2 方向想定発生値*2	許容値	判定
ASD(A), (B)/Z 冷却コイル(A)～(C)	取付ボルト	一次応力 (引張)	9	13	184	○
ASD(A), (B)送風機室加熱 コイル	取付ボルト	一次応力 (引張)	4	6	179	○
循環水系 隔離システム	基礎ボルト	一次応力 (引張)	3	5	152	○
タービン補機 冷却海水系 隔離システム	基礎ボルト	一次応力 (引張)	3	5	168	○

注記*1 : 基準地震動 S_s による地震力において発生する応力値を記載している。

*2 : 「1 方向入力発生値」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

VI-2-別添 2-4 循環水系隔離システム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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
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	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	17
5.6.1 ボルトの応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19

1. 概要

循環水系隔離システムは耐震Cクラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）であり、溢水防護に係わる施設の評価においては、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に基づき、機能を維持できることを確認する。

溢水防護に係る施設は基準地震動 S_s による機能が要求されることから、本計算書はVI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及びVI-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、循環水系隔離システムのうち、漏えい検出器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。

漏えい検出器は、設計基準対象施設においてはC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

漏えい検出器の構造計画を表 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>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより架台に固定される。</p> <p>架台は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電極式水位検出器</p>	<p>【漏えい検出器】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-111)</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-112)</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-113)</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-114)</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-115)</th> <th>漏えい検出器 (N71-LE-116)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>304</td> <td>304</td> <td>304</td> <td>304</td> <td>304</td> <td>304</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>358</td> <td>358</td> <td>358</td> <td>358</td> <td>358</td> <td>358</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	漏えい検出器 (N71-LE-111)	漏えい検出器 (N71-LE-112)	漏えい検出器 (N71-LE-113)	漏えい検出器 (N71-LE-114)	漏えい検出器 (N71-LE-115)	漏えい検出器 (N71-LE-116)	たて	304	304	304	304	304	304	横	300	300	300	300	300	300	高さ	358	358	358	358	358	358
機器名称	漏えい検出器 (N71-LE-111)	漏えい検出器 (N71-LE-112)	漏えい検出器 (N71-LE-113)	漏えい検出器 (N71-LE-114)	漏えい検出器 (N71-LE-115)	漏えい検出器 (N71-LE-116)																								
たて	304	304	304	304	304	304																								
横	300	300	300	300	300	300																								
高さ	358	358	358	358	358	358																								

2.2 評価方針

漏えい検出器の応力評価は、VI-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」にて示す漏えい検出器の部位を踏まえ「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、漏えい検出器の機能維持評価は、VI-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。

漏えい検出器の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

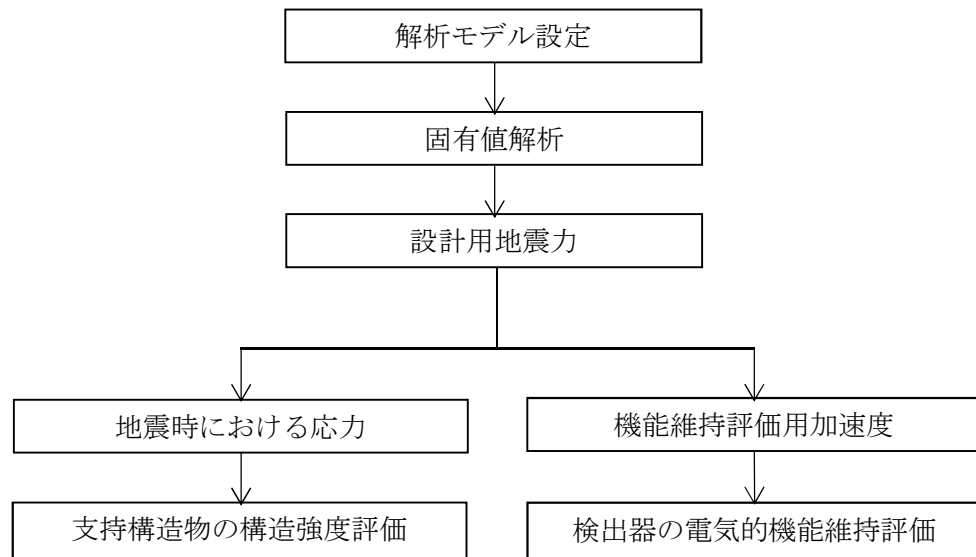


図 2-1 漏えい検出器の耐震評価フロー

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。)

2.4 記号の説明

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-3121.1(1)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）	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）	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
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
l_1	重心と下側ボルト間の距離	mm
l_a	側面（左右）ボルト間の距離	mm
l_b	上下ボルト間の距離	mm
m	漏えい検出器の質量	kg
n	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（側面方向転倒）	—
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（正面方向転倒）	—
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	N
Q_{b2}	鉛直方向地震により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
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

記号	記号の説明	単位
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	—

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
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}
力	N	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

漏えい検出器の耐震評価は、「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部について実施する。漏えい検出器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

漏えい検出器の固有値解析方法を以下に示す。

(1) 漏えい検出器は、「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。

4.2 解析モデル及び諸元

漏えい検出器の解析モデルを図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【漏えい検出器 (N71-LE-111) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-112) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-113) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-114) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-115) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-116) 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) 漏えい検出器の計器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 漏えい検出器の計器，検出器上部カバー，正面及び側面保護板の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に設定するものとする。
- (3) 拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。なお，基礎ボルト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，「NSAFE」を使用し，固有値を求める。

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。

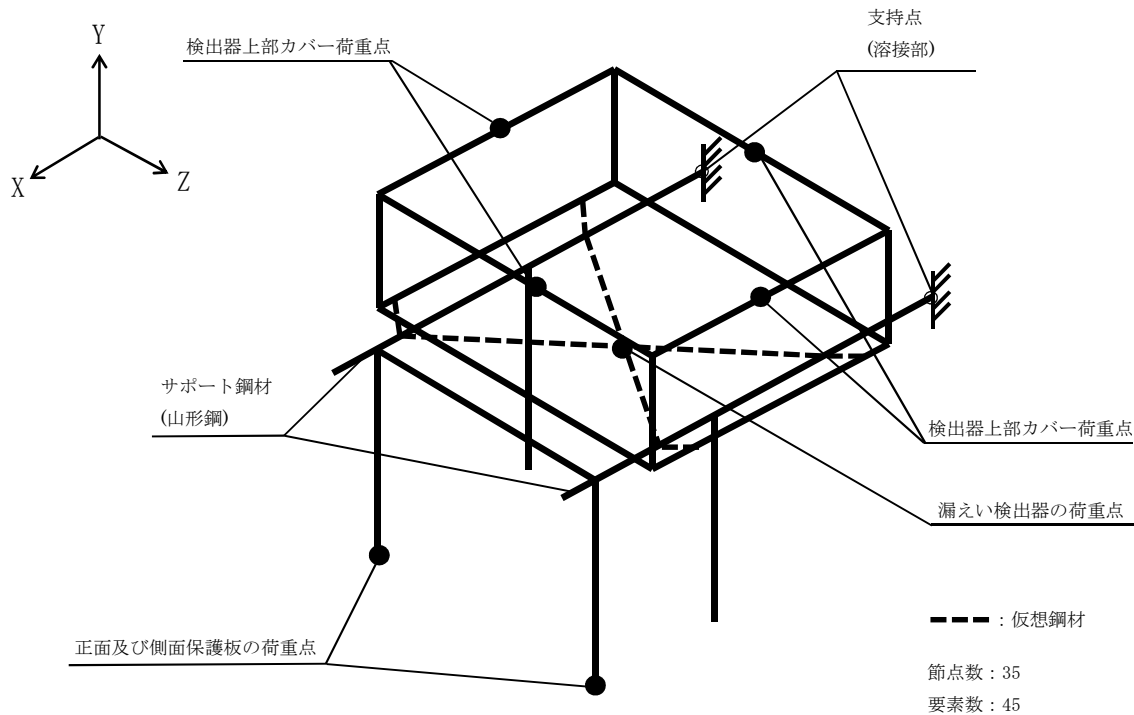


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-2 固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	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	
N71-LE-111	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
N71-LE-112	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
N71-LE-113	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
N71-LE-114	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
N71-LE-115	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
N71-LE-116	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、漏えい検出器に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 漏えい検出器は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。

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

漏えい検出器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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

漏えい検出器の許容応力は、VI-2-別添 2-1 「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」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

漏えい検出器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 5-3 に示す。

表 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	漏えい検出器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

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 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
IV _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 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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	50	211	394	—

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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	
		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
漏えい検出器 (N71-LE-111)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12
漏えい検出器 (N71-LE-112)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12
漏えい検出器 (N71-LE-113)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12
漏えい検出器 (N71-LE-114)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12
漏えい検出器 (N71-LE-115)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12
漏えい検出器 (N71-LE-116)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 25	C _V =1. 12

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

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

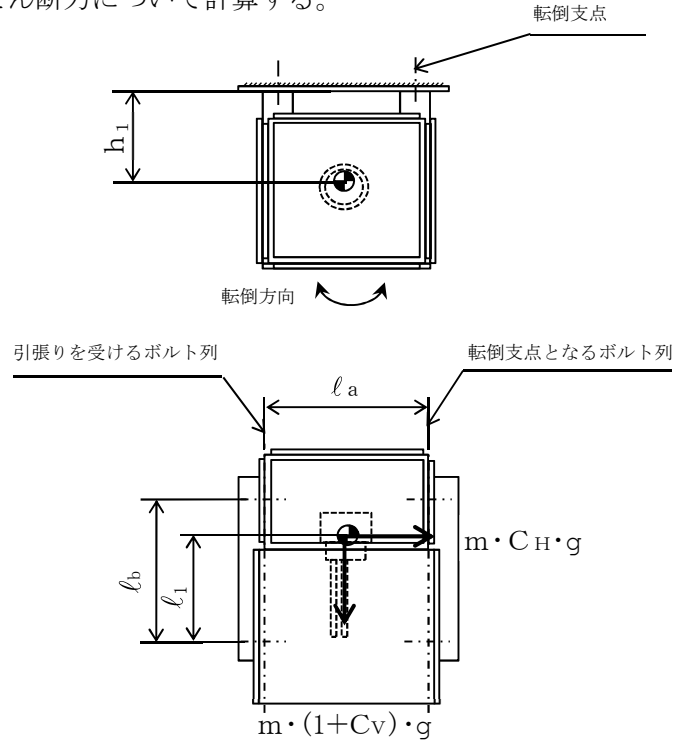


図 5-1 計算モデル（壁掛型 正面方向転倒の場合）

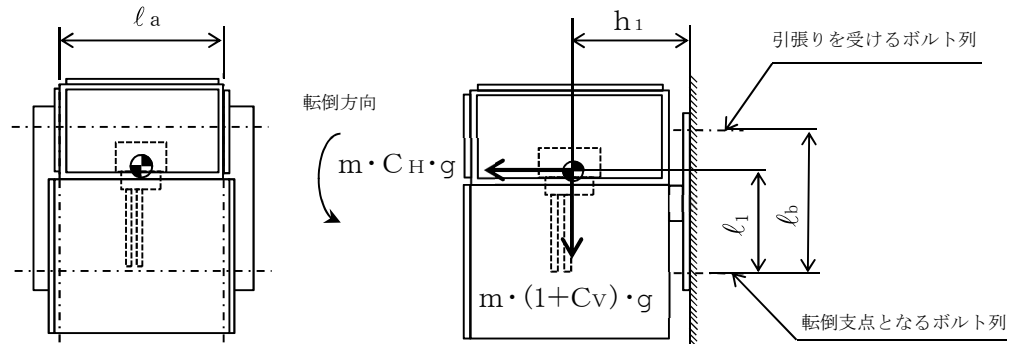


図 5-2 計算モデル（壁掛型 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_1}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_1}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_1 + (1 + C_V) \cdot h_1}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【漏えい検出器 (N71-LE-111) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-112) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-113) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-114) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-115) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (N71-LE-116) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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。

	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 電気的機能維持評価方法

漏えい検出器の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

漏えい検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 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	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-111)	水平	
	鉛直	
漏えい検出器 (N71-LE-112)	水平	
	鉛直	
漏えい検出器 (N71-LE-113)	水平	
	鉛直	
漏えい検出器 (N71-LE-114)	水平	
	鉛直	
漏えい検出器 (N71-LE-115)	水平	
	鉛直	
漏えい検出器 (N71-LE-116)	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

漏えい検出器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次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

K6 ① VI-2-別添 2-4 R0

【漏えい検出器 (N71-LE-111) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-111)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-111)	水平方向	1.04	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="checkbox"/>

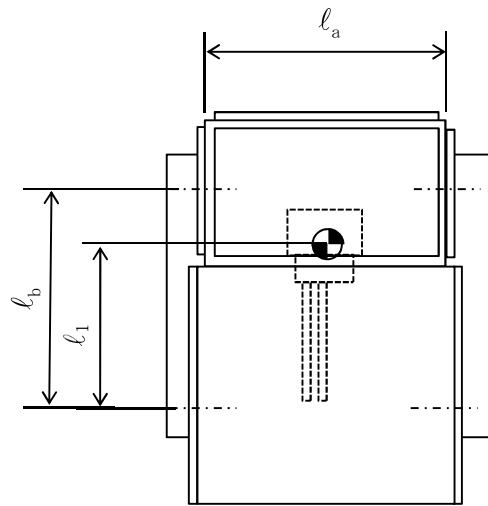
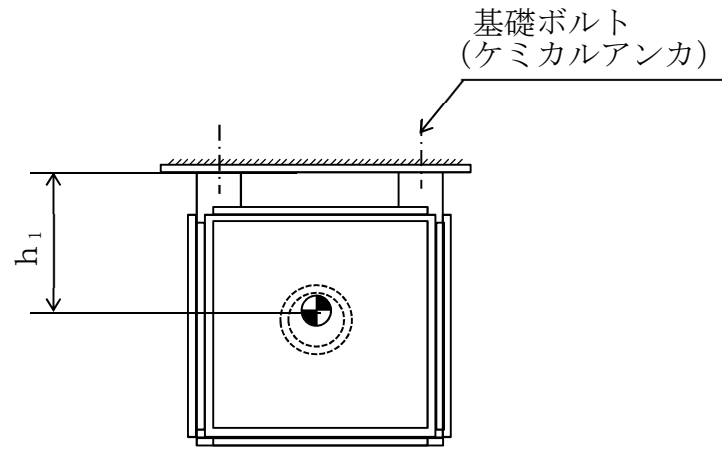
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

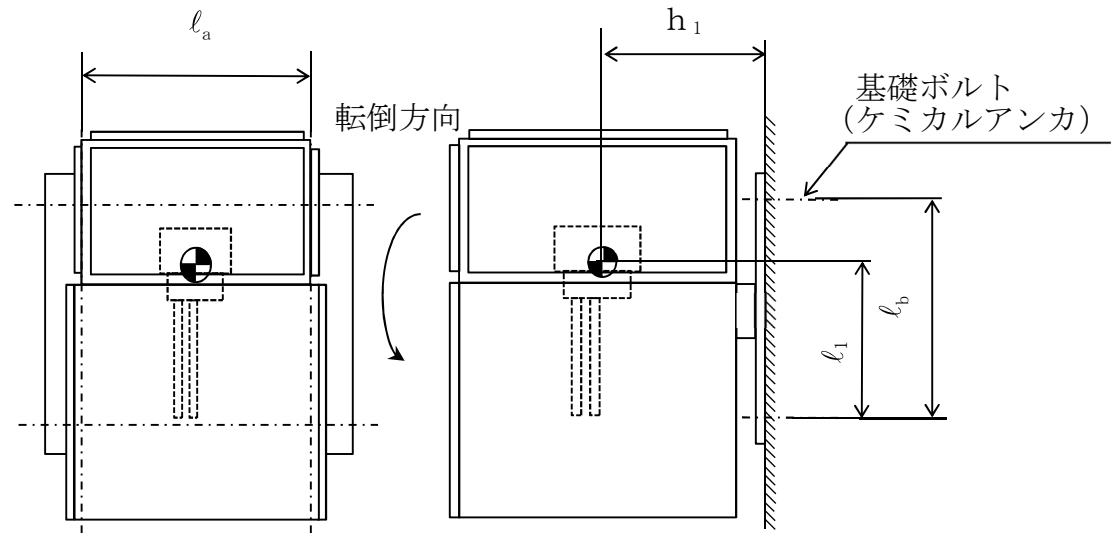
1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



(正面方向)



(側面方向)

K6 ① VI-2-別添 2-4 R0

【漏えい検出器 (N71-LE-112) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-112)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113. 1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b =3	f _{ts} =152*
		せん断	—	—	τ _b =2	f _{sb} =117

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-112)	水平方向	1.04	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="checkbox"/>

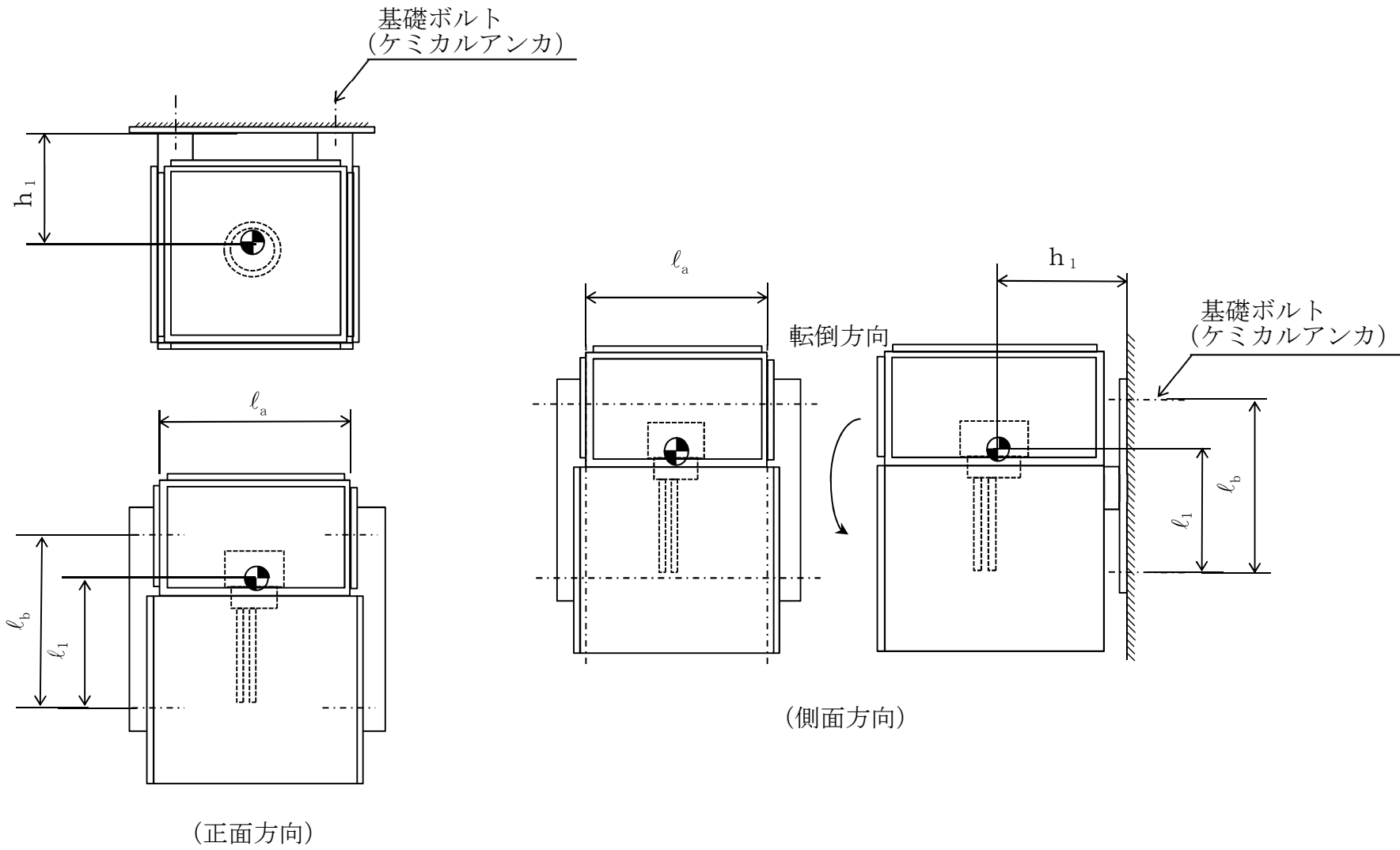
注記* : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



K6 ① VI-2-別添 2-4 R0

【漏えい検出器 (N71-LE-113) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-113)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-113)	水平方向	1.04	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="checkbox"/>

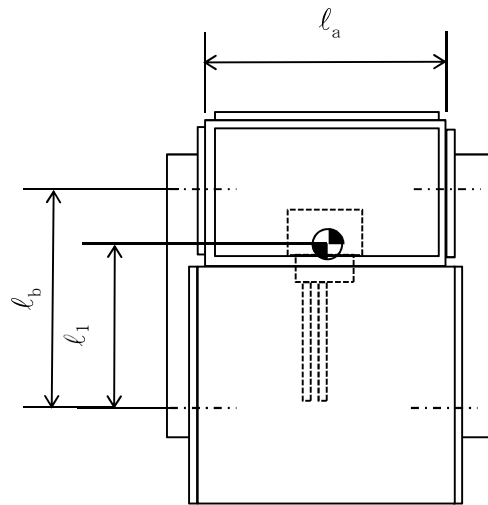
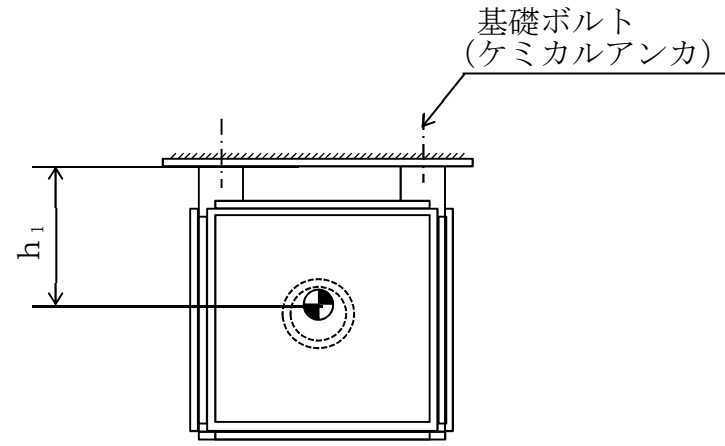
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

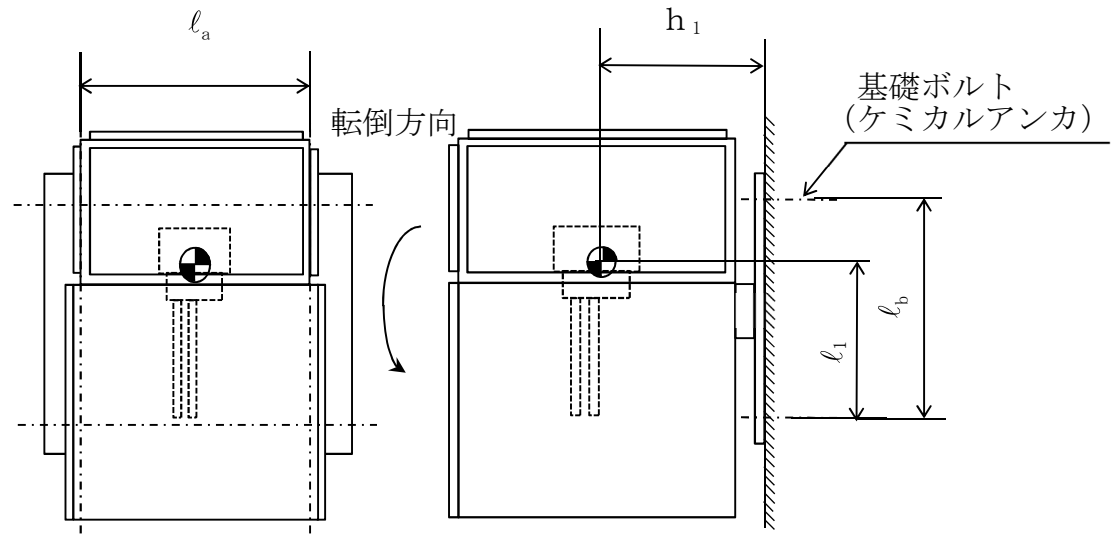
1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



(正面方向)



(側面方向)

K6 ① VI-2-別添 2-4 R0

【漏えい検出器 (N71-LE-114) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-114)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113. 1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-114)	水平方向	1.04	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="text"/>

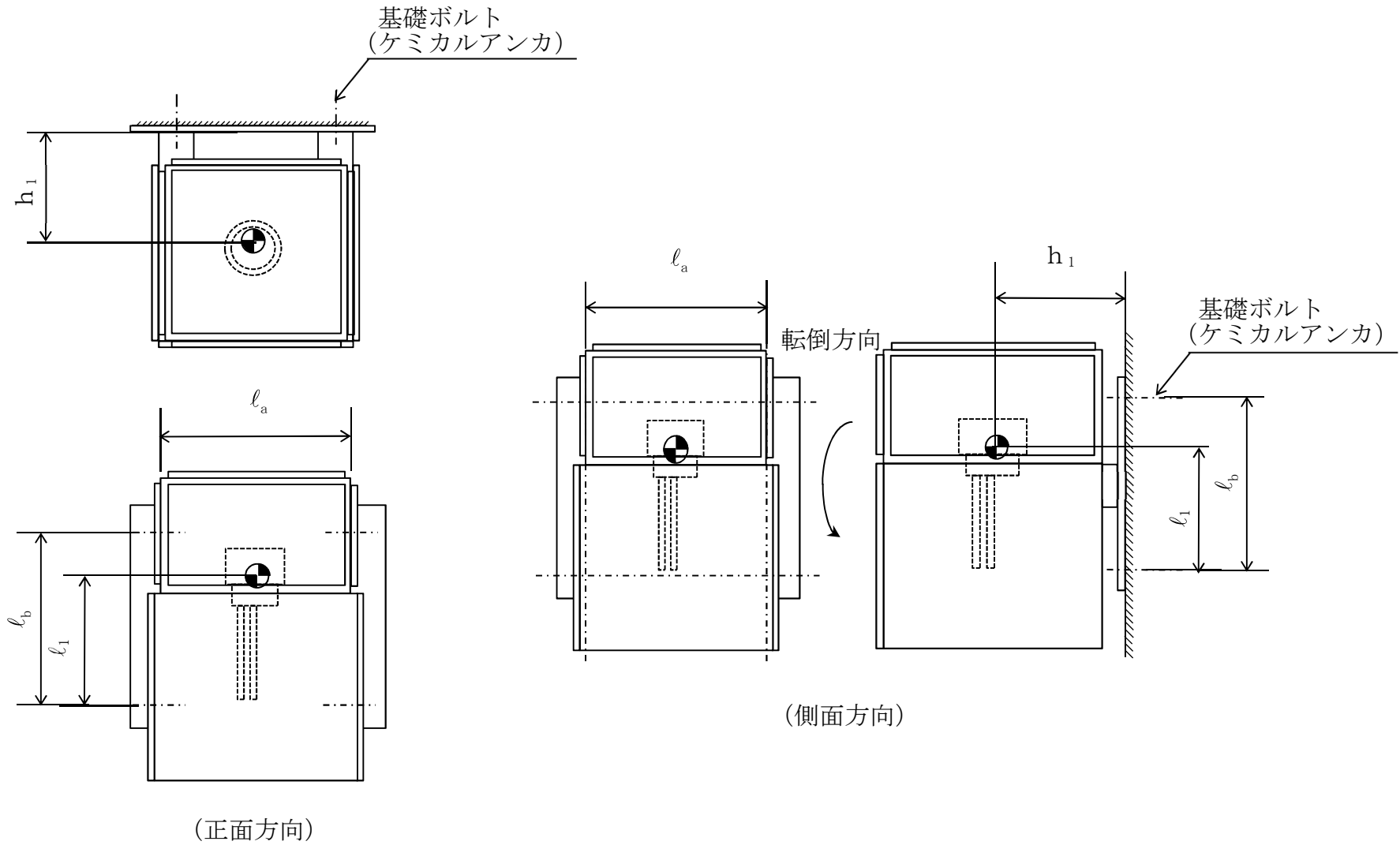
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



【漏えい検出器 (N71-LE-115) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-115)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113. 1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-115)	水平方向	1.04	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="text"/>

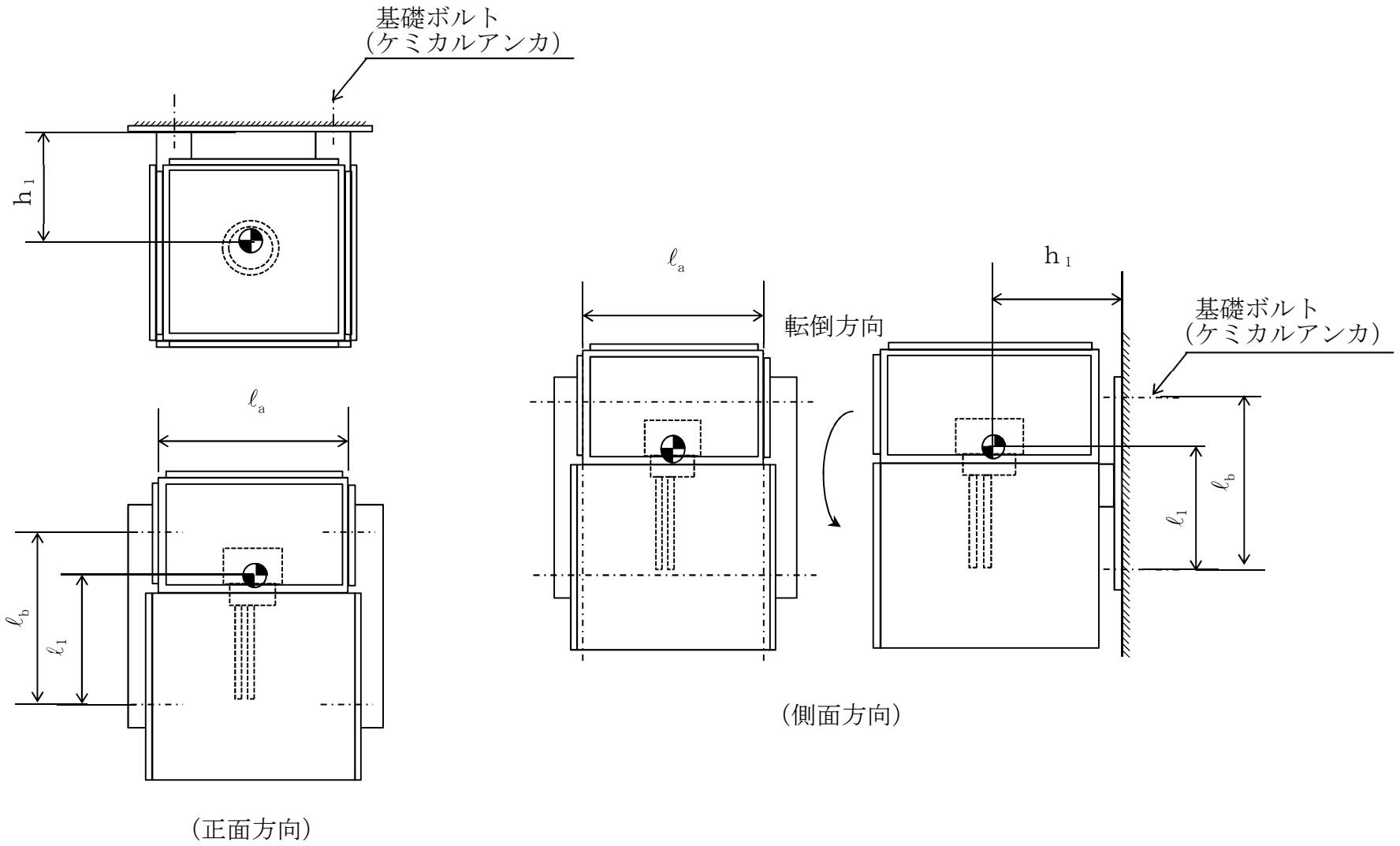
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



K6 ① VI-2-別添 2-4 R0

【漏えい検出器 (N71-LE-116) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (N71-LE-116)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113. 1	4	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (N71-LE-116)	水平方向	1.04	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="checkbox"/>

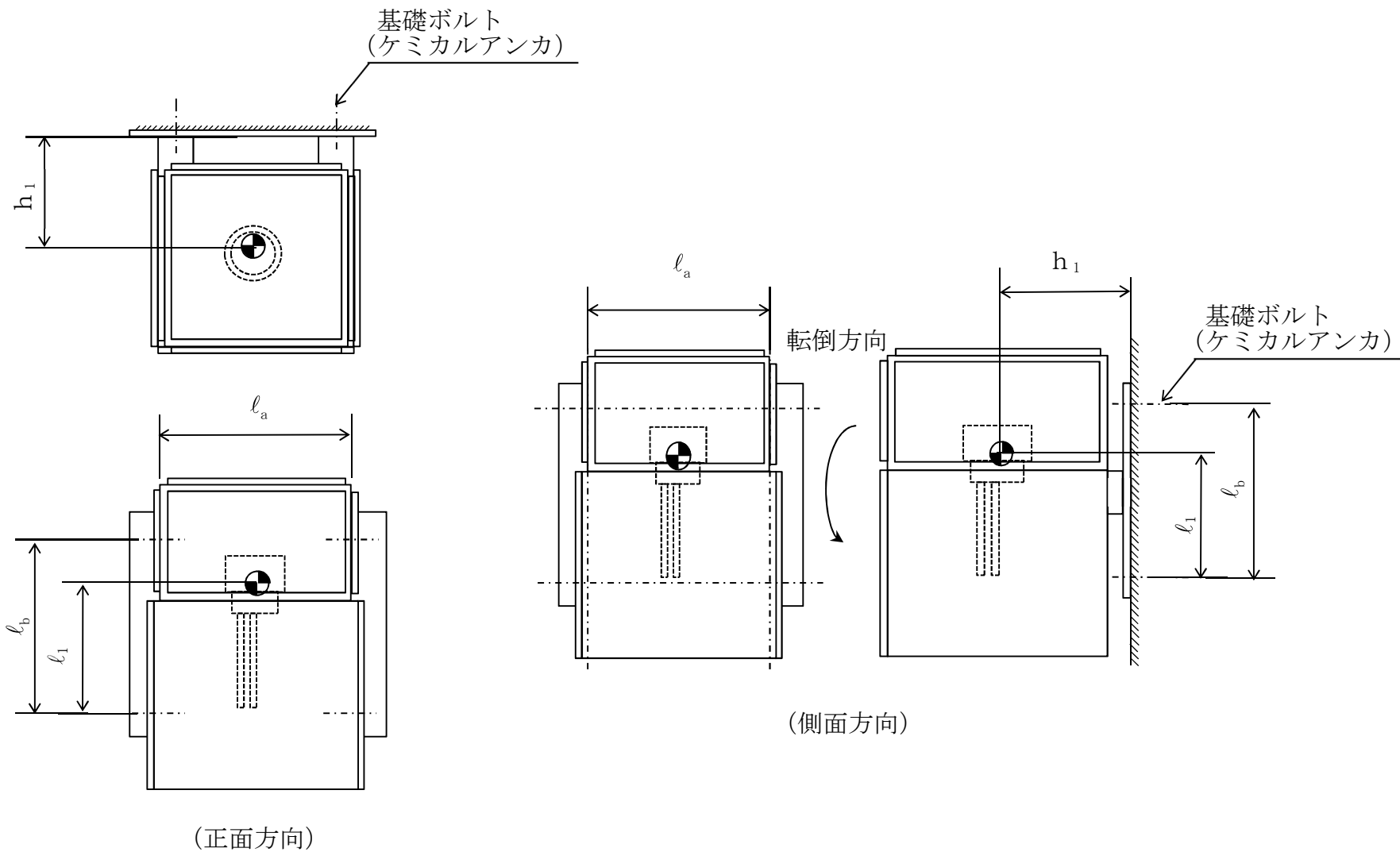
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



VI-2-別添2-5 復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

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
2.3	構造計画	6
3.	計算条件	7
3.1	計算方法	7
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3	設計条件	9
3.4	材料及び許容応力	15
3.5	設計用地震力	16
4.	解析結果及び評価	17
4.1	固有周期及び設計震度	17
4.2	評価結果	22
4.2.1	管の応力評価結果	22
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	24
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本資料は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に従い、溢水量低減を目的として、復水器水室入口弁及び出口弁が基準地震動 S_s に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

復水器水室出入口弁は、設計基準対象施設においてはC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及び動的機能維持評価を示す。

なお、復水器水室出入口弁は、循環水配管に設置される弁であり、配管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-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。）に基づき評価を実施する。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

概略系統図に示す配管の評価対象部位のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を記載する。また、全12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

対象配管の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持構造物の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

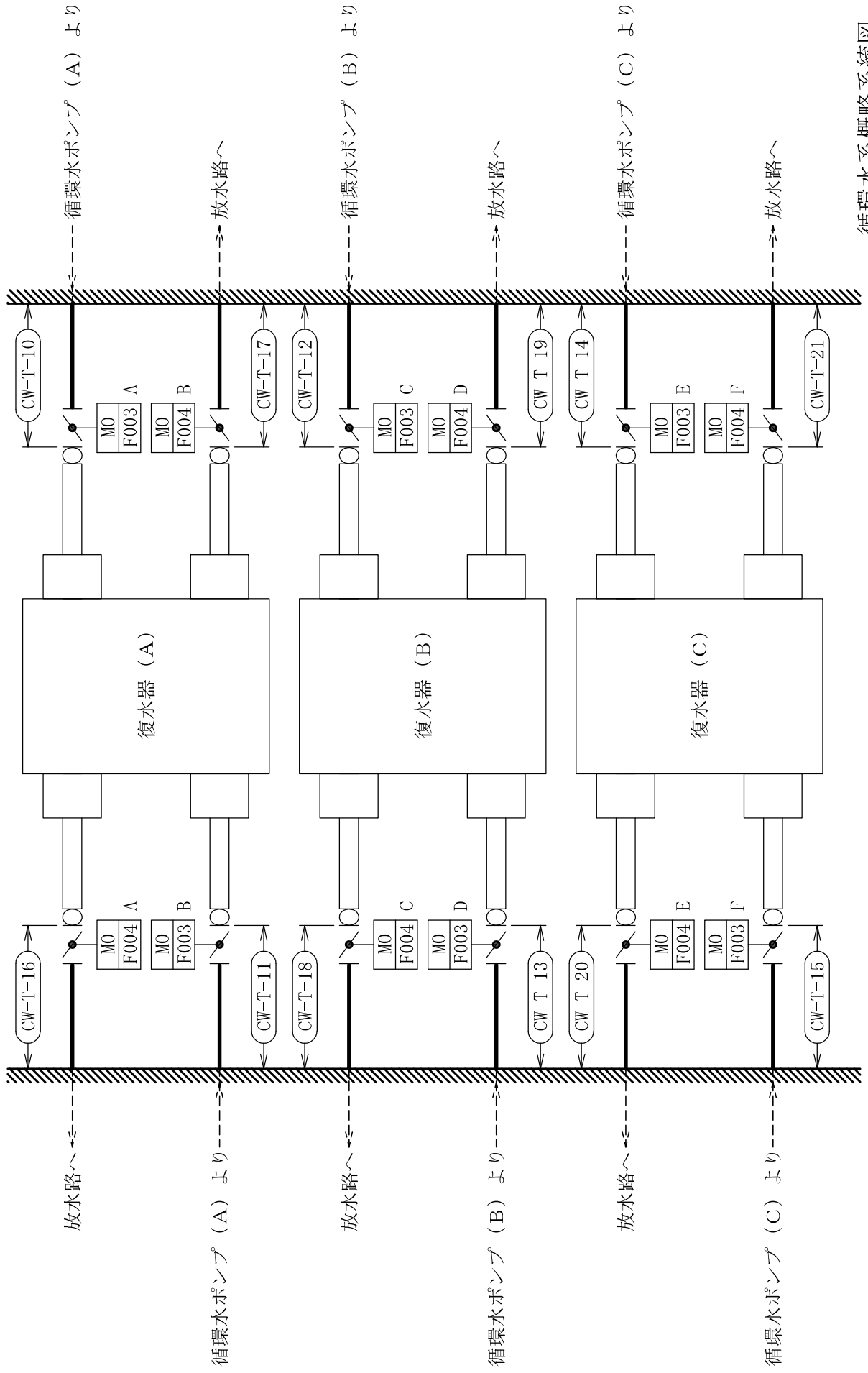
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
— (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
○○-○-○○	鳥瞰図番号

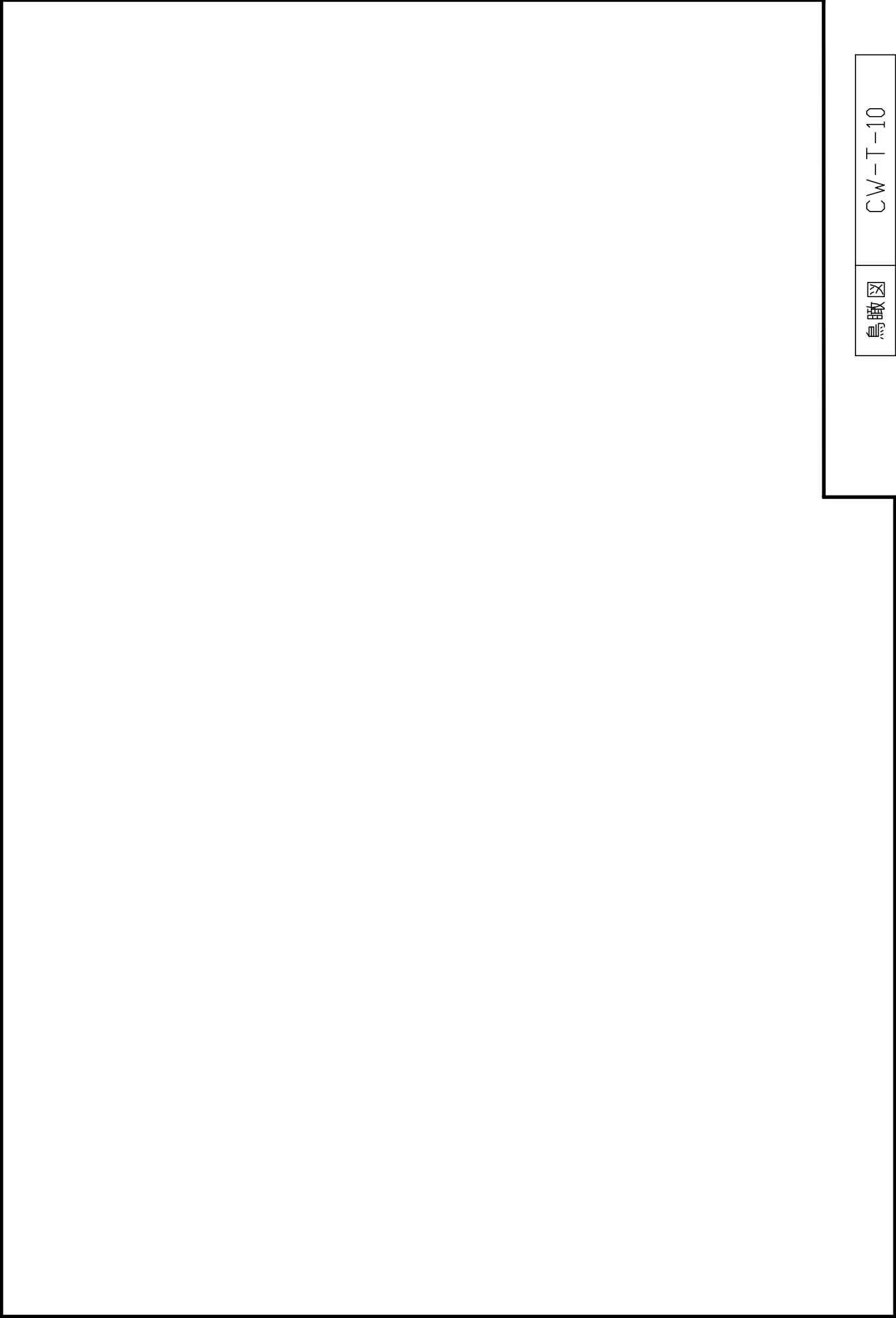


循環水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
—	設計及び工事の計算書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
●	質点



鳥瞰図

CW-T-10

2.3 構造計画

復水器水室出入口弁は、止め弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。
止め弁の構造計画を下表に示す。

構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
復水器水室出入口弁	止め弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成される。	循環水配管に設置され、配管に支持される。	

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、「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。

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		
—	—	循環水系	DB	—	— ^{*4}	C	<table border="1"> <tr> <td>I L + S s</td> </tr> <tr> <td>II L + S s</td> </tr> </table>	I L + S s	II L + S s	III ^ S
I L + S s										
II L + S s										

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。

*4：クラス3相当として評価する。

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 CW-T-10

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)
1	0.53	40	2626.0	13.0	SS400	C	201667

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 CW-T-10

管名称	対 応 す る 評 価 点			
1	1N	2	3	4

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 CW-T-10

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)
1N	2151	2	9168	3	9313	4	5836	9	1320

鳥 瞰 図 CW-T-10
弁部の質量を下表に示す。

N71-F003A

評価点	質量(kg)
5	10063
6	330
7	613
8	2995

鳥 瞰 図 CW-T-10

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)
N71-F003A	4～5	2690.0	32.0	285
N71-F003A	5～6	2690.0	32.0	1480
N71-F003A	6～7	520.0	95.0	213
N71-F003A	7～8	681.0	3.7	681
N71-F003A	5～9	2690.0	32.0	285

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CW-T-10

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
1N	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}

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
SS400	40	—	245	—	—

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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高(m)	減衰定数(%)
CW-T-10	タービン建屋	T. M. S. L. -5.1	0.5

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CW-T-10

モード	適用する地震動等 固有周期 (s)	S d 及び静的震度			S 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	0.135	—	—	—	3.38	3.38	4.95
2次	0.132	—	—	—	3.38	3.38	4.95
3次	0.034	—	—	—	—	—	—
動的震度*2		—	—	—	0.96	0.96	0.90
静的震度*3		—	—	—	—	—	—

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 d 又は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。
 *3：3.6C_i及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

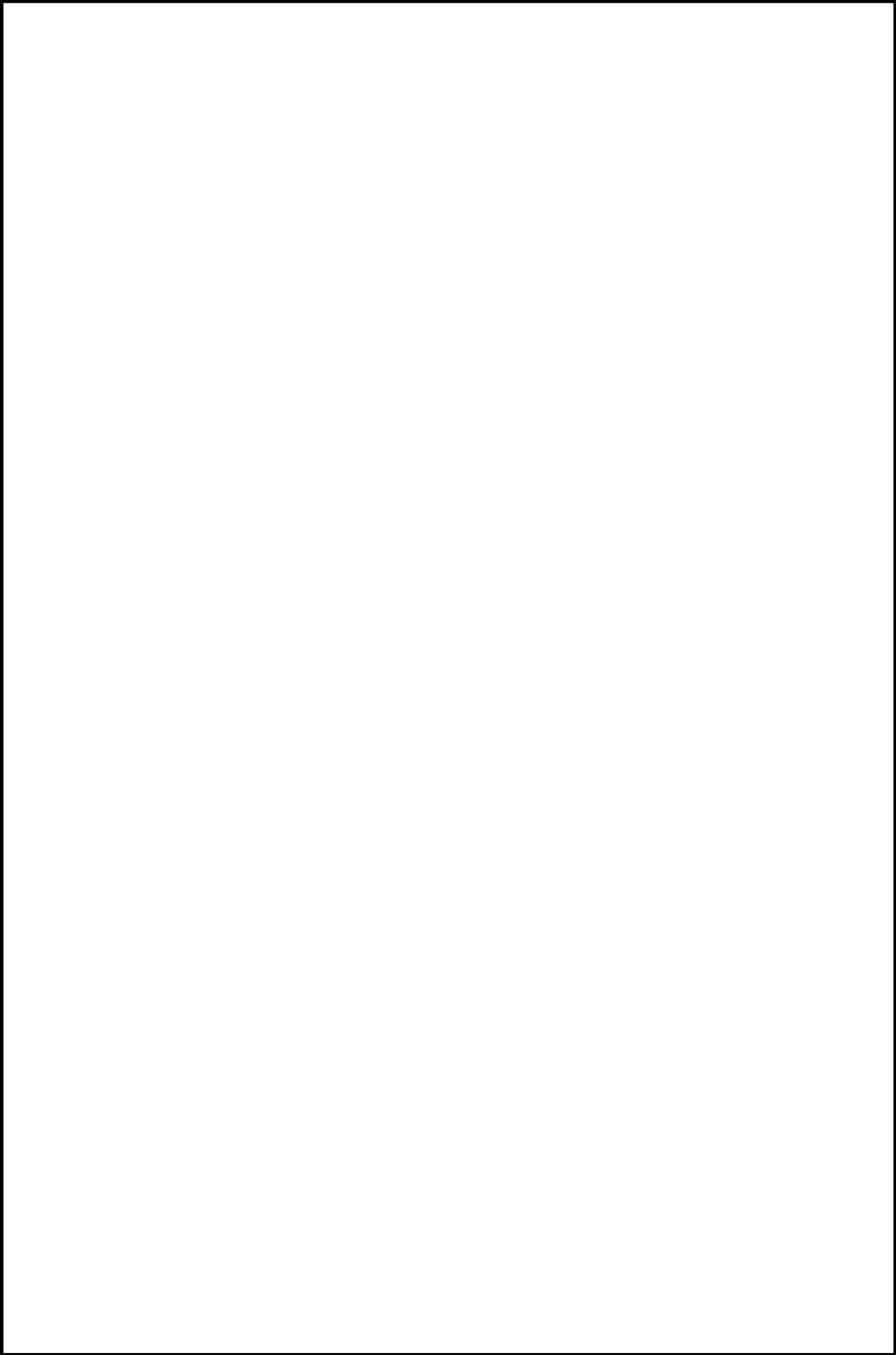
鳥瞰図 CW-T-10

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.135	1.376	0.140	1.099
2次	0.132	1.124	0.000	1.408

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。

代表的振動モード図

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。



K6 ① VI-2-別添2-5 R0



鳥瞰図

CW-T-10

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 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $S_y^{*1,2}$	計算応力 $S_n (S_s)$	許容応力 $2S_y$		疲労累積係数 $U S_s$
CW-T-10	III \wedge S	1N	$S_{prm} (S_s)$	106	245	—	—	—
CW-T-10	III \wedge S	1N	$S_n (S_s)$	—	—	150	490	—

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、 S_y と $1.2S_h$ のうち大きい方の値とする。

*2: S_s 地震動に対し許容応力状態III \wedge Sの評価を行う。

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)
—	—	—	—	—	—	—

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				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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又は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* ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		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	計算応力	許容応力
N71-F003A	止め弁	β (Ss)	5.8	2.3	6.0	6.0	—	—

注記*：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

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	CW-T-10	1N	106	245	2.31	○	1N	150	490	3.26	○	—	—	—		
2	CW-T-11	1N	106	245	2.31	—	1N	150	490	3.26	—	—	—	—		
3	CW-T-12	1N	106	245	2.31	—	1N	150	490	3.26	—	—	—	—		
4	CW-T-13	1N	106	245	2.31	—	1N	150	490	3.26	—	—	—	—		
5	CW-T-14	1N	106	245	2.31	—	1N	150	490	3.26	—	—	—	—		
6	CW-T-15	1N	106	245	2.31	—	1N	150	490	3.26	—	—	—	—		
7	CW-T-16	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		
8	CW-T-17	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		
9	CW-T-18	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		
10	CW-T-19	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		
11	CW-T-20	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		
12	CW-T-21	9N	91	245	2.69	—	9N	148	490	3.31	—	—	—	—		

VI-2-別添 2-6 タービン補機冷却海水系隔離システムの
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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
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	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	17
5.6.1 ボルトの応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19

1. 概要

タービン補機冷却海水系隔離システムは耐震Cクラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）であり、溢水防護に係わる施設の評価においては、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に基づき、機能を維持できることを確認する。

溢水防護に係る施設は基準地震動 S_s による機能が要求されることから、本計算書はVI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及びVI-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、タービン補機冷却海水系隔離システムのうち、漏えい検出器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。

漏えい検出器は、設計基準対象施設においてはC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

漏えい検出器の構造計画を表 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>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより架台に固定される。</p> <p>架台は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電極式水位検出器</p>	<p>【漏えい検出器】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>漏えい検出器 (P42-LE-031)</th> <th>漏えい検出器 (P42-LE-032)</th> <th>漏えい検出器 (P42-LE-033)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>304</td> <td>304</td> <td>304</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>358</td> <td>358</td> <td>358</td> </tr> </tbody> </table> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	漏えい検出器 (P42-LE-031)	漏えい検出器 (P42-LE-032)	漏えい検出器 (P42-LE-033)	たて	304	304	304	横	300	300	300	高さ	358	358	358
機器名称	漏えい検出器 (P42-LE-031)	漏えい検出器 (P42-LE-032)	漏えい検出器 (P42-LE-033)															
たて	304	304	304															
横	300	300	300															
高さ	358	358	358															

2.2 評価方針

漏えい検出器の応力評価は、VI-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」にて示す漏えい検出器の部位を踏まえ「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、漏えい検出器の機能維持評価は、VI-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。

漏えい検出器の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

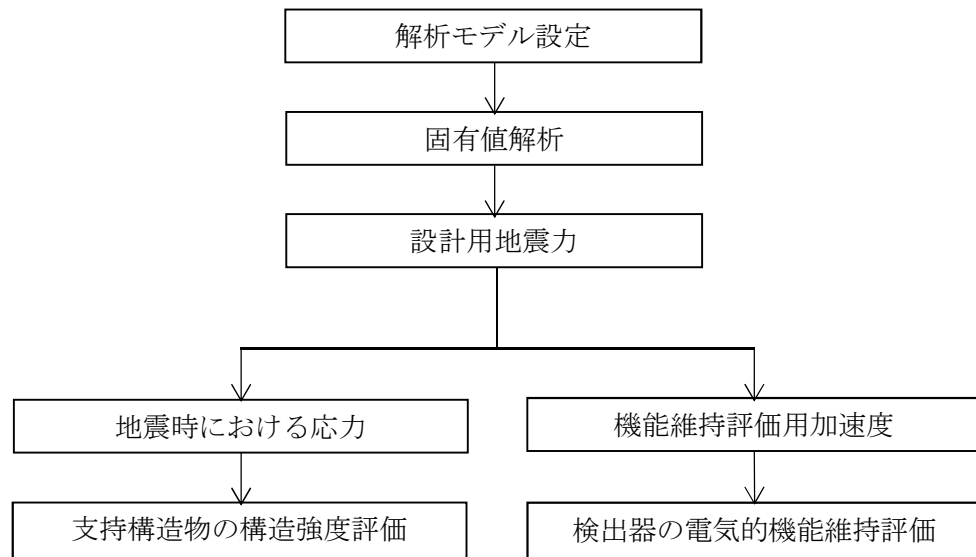


図 2-1 漏えい検出器の耐震評価フロー

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。)

2.4 記号の説明

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-3121.1(1)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）	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）	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
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
l_1	重心と下側ボルト間の距離	mm
l_a	側面（左右）ボルト間の距離	mm
l_b	上下ボルト間の距離	mm
m	漏えい検出器の質量	kg
n	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（側面方向転倒）	—
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（正面方向転倒）	—
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	N
Q_{b2}	鉛直方向地震により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
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

記号	記号の説明	単位
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	—

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
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
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}
力	N	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。

3. 評価部位

漏えい検出器の耐震評価は、「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部について実施する。漏えい検出器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

漏えい検出器の固有値解析方法を以下に示す。

(1) 漏えい検出器は、「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。

4.2 解析モデル及び諸元

漏えい検出器の解析モデルを図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【漏えい検出器 (P42-LE-031) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (P42-LE-032) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (P42-LE-033) 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) 漏えい検出器の計器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 漏えい検出器の計器、検出器上部カバー、正面及び側面保護板の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト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、「NSAFE」を使用し、固有値を求める。

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。

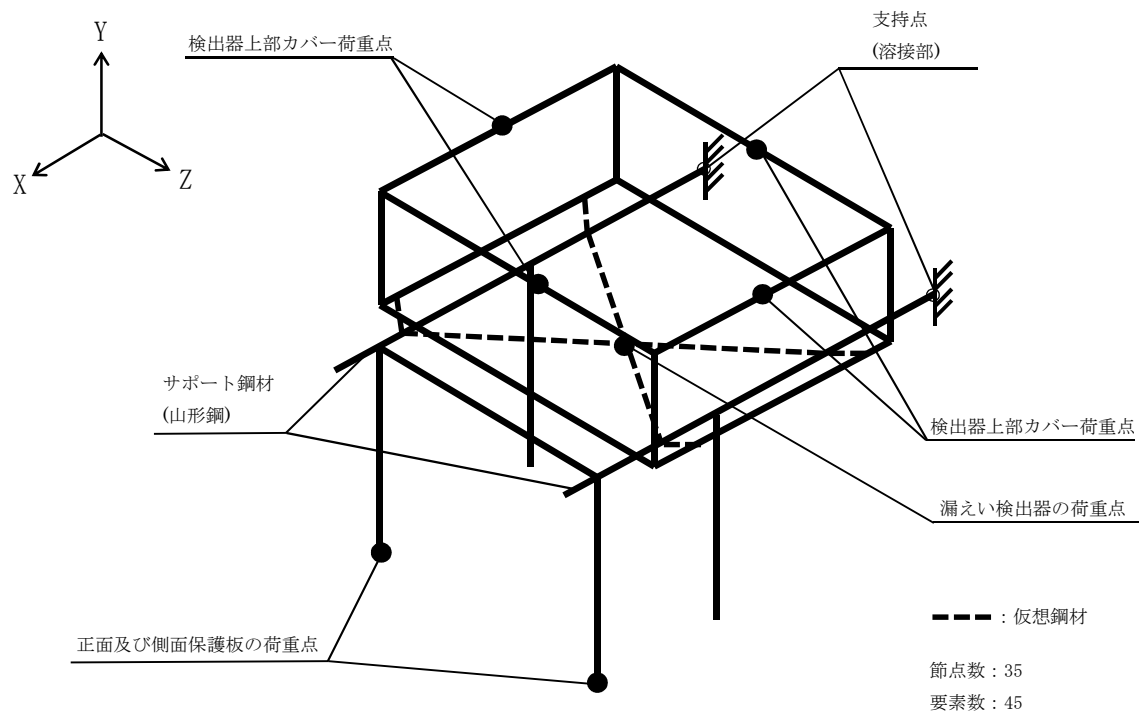


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-2 固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	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	
P42-LE-031	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
P42-LE-032	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
P42-LE-033	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、漏えい検出器に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 漏えい検出器は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。

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

漏えい検出器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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

漏えい検出器の許容応力は、VI-2-別添 2-1 「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」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

漏えい検出器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 5-3 に示す。

表 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	漏えい検出器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

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 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
IV _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 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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	—

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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	
		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
漏えい検出器 (P42-LE-031)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12
漏えい検出器 (P42-LE-032)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12
漏えい検出器 (P42-LE-033)	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12

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

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

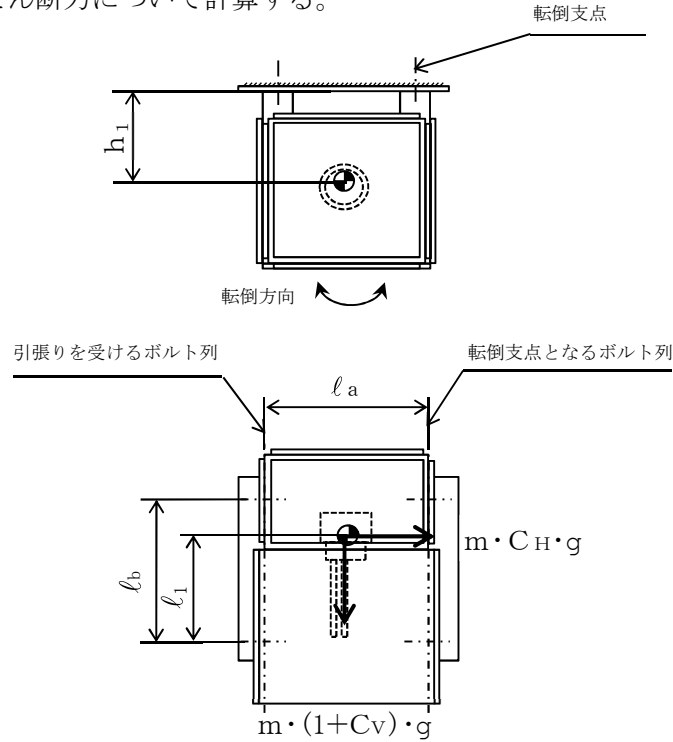


図 5-1 計算モデル（壁掛型 正面方向転倒の場合）

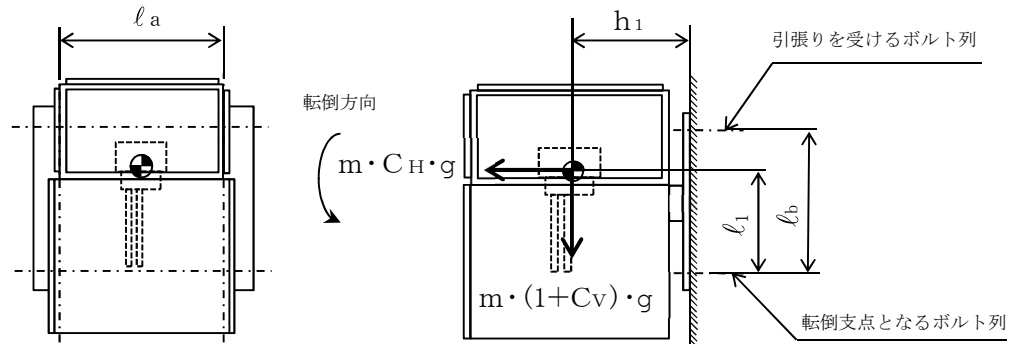


図 5-2 計算モデル（壁掛型 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_1}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_1}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_1 + (1 + C_V) \cdot h_1}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【漏えい検出器 (P42-LE-031) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (P42-LE-032) の耐震性についての計算結果】、【漏えい検出器 (P42-LE-033) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

漏えい検出器の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

漏えい検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
漏えい検出器 (P42-LE-031)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
漏えい検出器 (P42-LE-032)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
漏えい検出器 (P42-LE-033)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

漏えい検出器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次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

K6 ① VI-2-別添 2-6 R0

【漏えい検出器 (P42-LE-031) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (P42-LE-031)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113. 1	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	280	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b =3	f _{ts} =168*
		せん断	—	—	τ _b =2	f _{sb} =129

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (P42-LE-031)	水平方向	1.04	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="text"/>

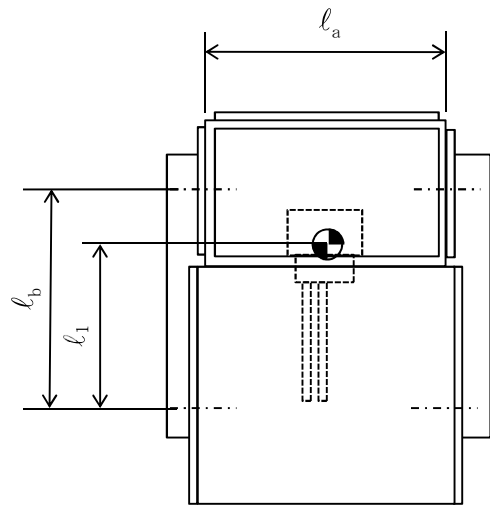
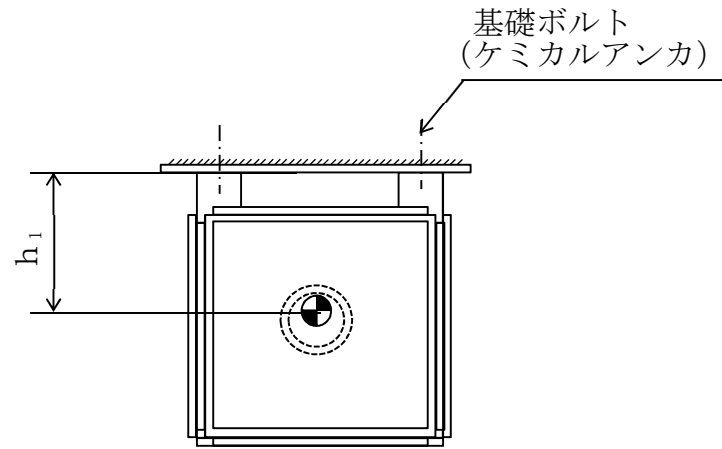
注記* : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

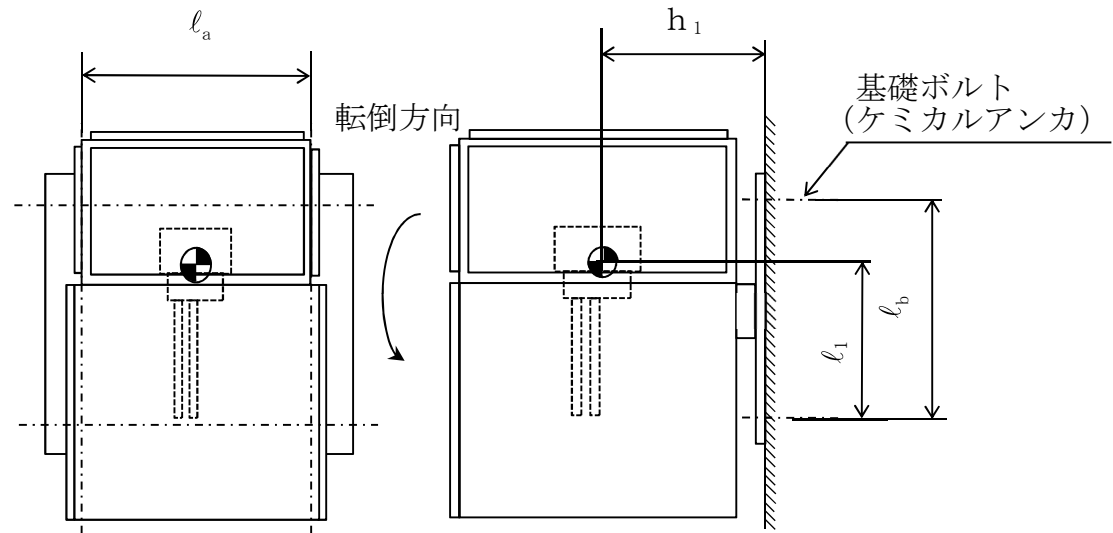
1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	202000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



(正面方向)



(側面方向)

【漏えい検出器 (P42-LE-032) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (P42-LE-032)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113.1	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	280	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (P42-LE-032)	水平方向	1.04	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="checkbox"/>

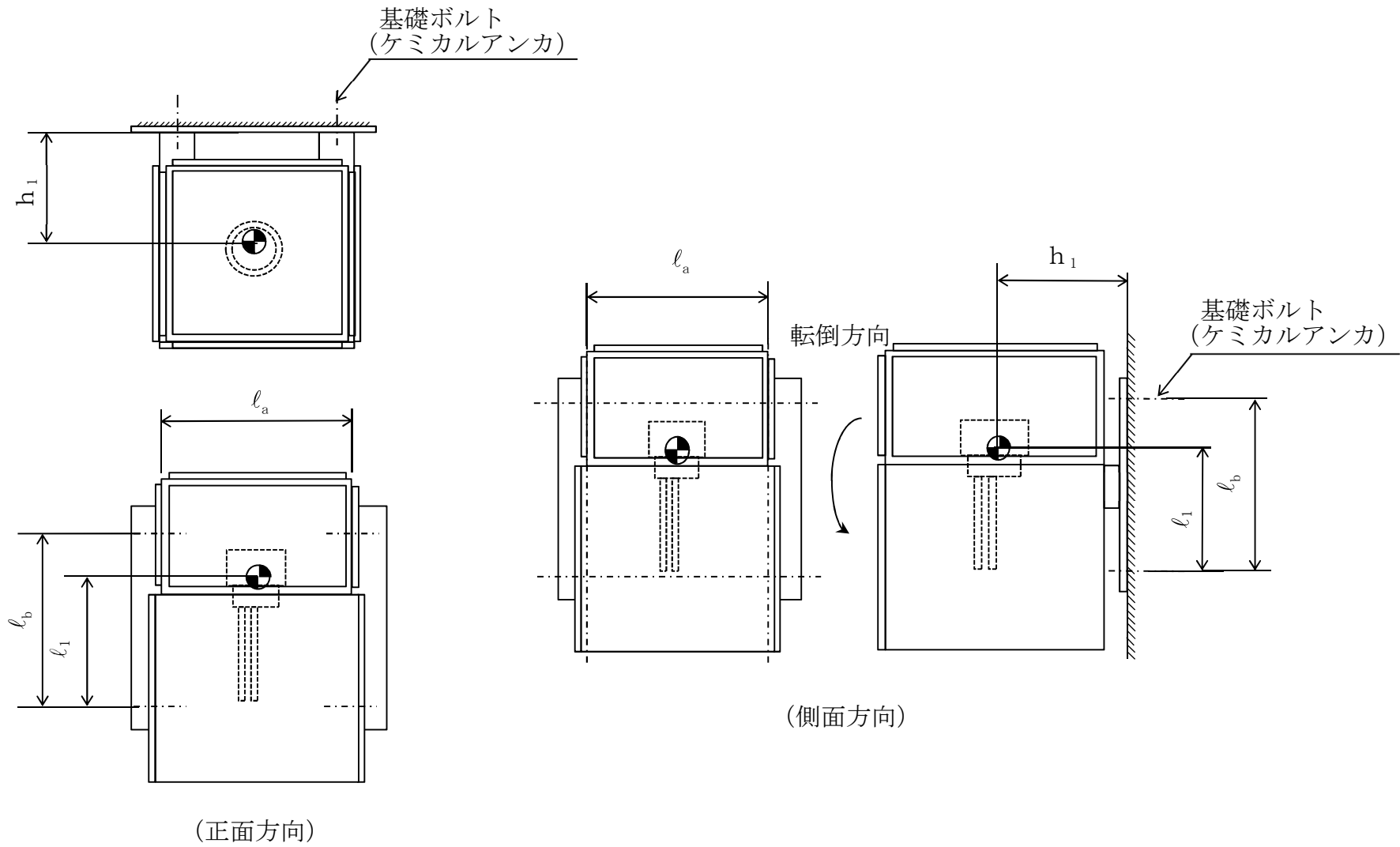
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	202000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



【漏えい検出器 (P42-LE-033) 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		周囲環境温度 (°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	
漏えい検出器 (P42-LE-033)	C	タービン建屋 T. M. S. L. -5. 100 (T. M. S. L. -1. 100*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =1.12	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検出器

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	139	12 (M12)	113.1	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	l ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	147	250	250	2	2	—	280	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 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
基礎ボルト	—	<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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
漏えい検出器 (P42-LE-033)	水平方向	1.04	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.94	<input type="text"/>

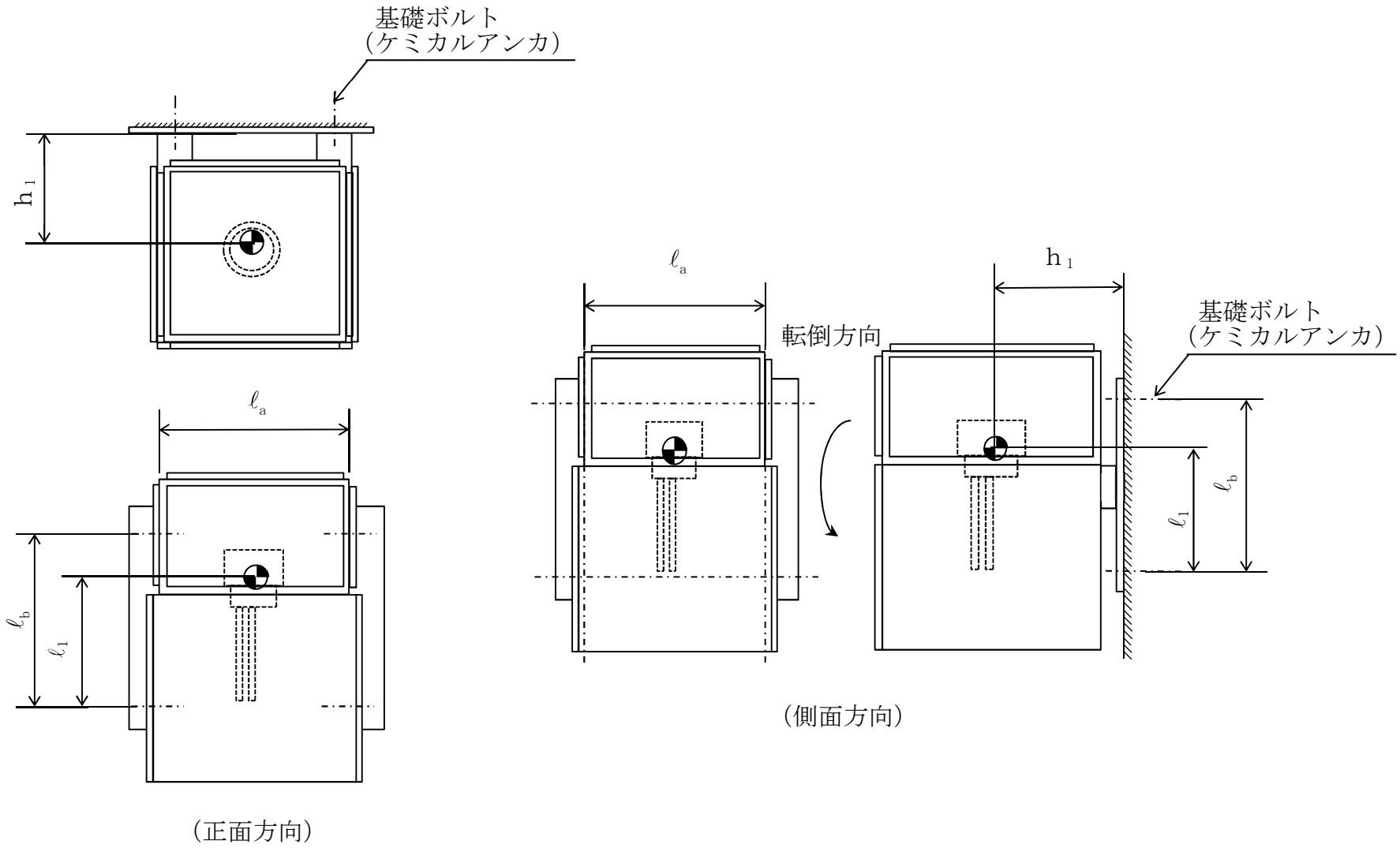
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	202000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	45
節点数	—	個	35



VI-2-別添2-7 タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の
耐震性についての計算書

設計基準対象施設

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
2.3	構造計画	10
3.	計算条件	11
3.1	計算方法	11
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3	設計条件	13
3.4	材料及び許容応力	19
3.5	設計用地震力	20
4.	解析結果及び評価	21
4.1	固有周期及び設計震度	21
4.2	評価結果	27
4.2.1	管の応力評価結果	27
4.2.2	支持構造物評価結果	28
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	29
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	30

1. 概要

本資料は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に従い、溢水量低減を目的として、タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁が基準地震動 S_s に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は、設計基準対象施設においてはC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及び動的機能維持評価を示す。

なお、タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は、タービン補機冷却海水系配管に設置される弁であり、配管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-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。）に基づき評価を実施する。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

概略系統図に示す配管の評価対象部位のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を記載する。また、全3弁をひとつの配管系として解析モデルを作成し、各応力区分における許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる部位を代表として計算条件及び評価結果を記載する。

(2) 支持構造物

対象配管の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持構造物の評価結果を代表として記載する。


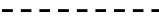
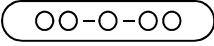
(3) 弁

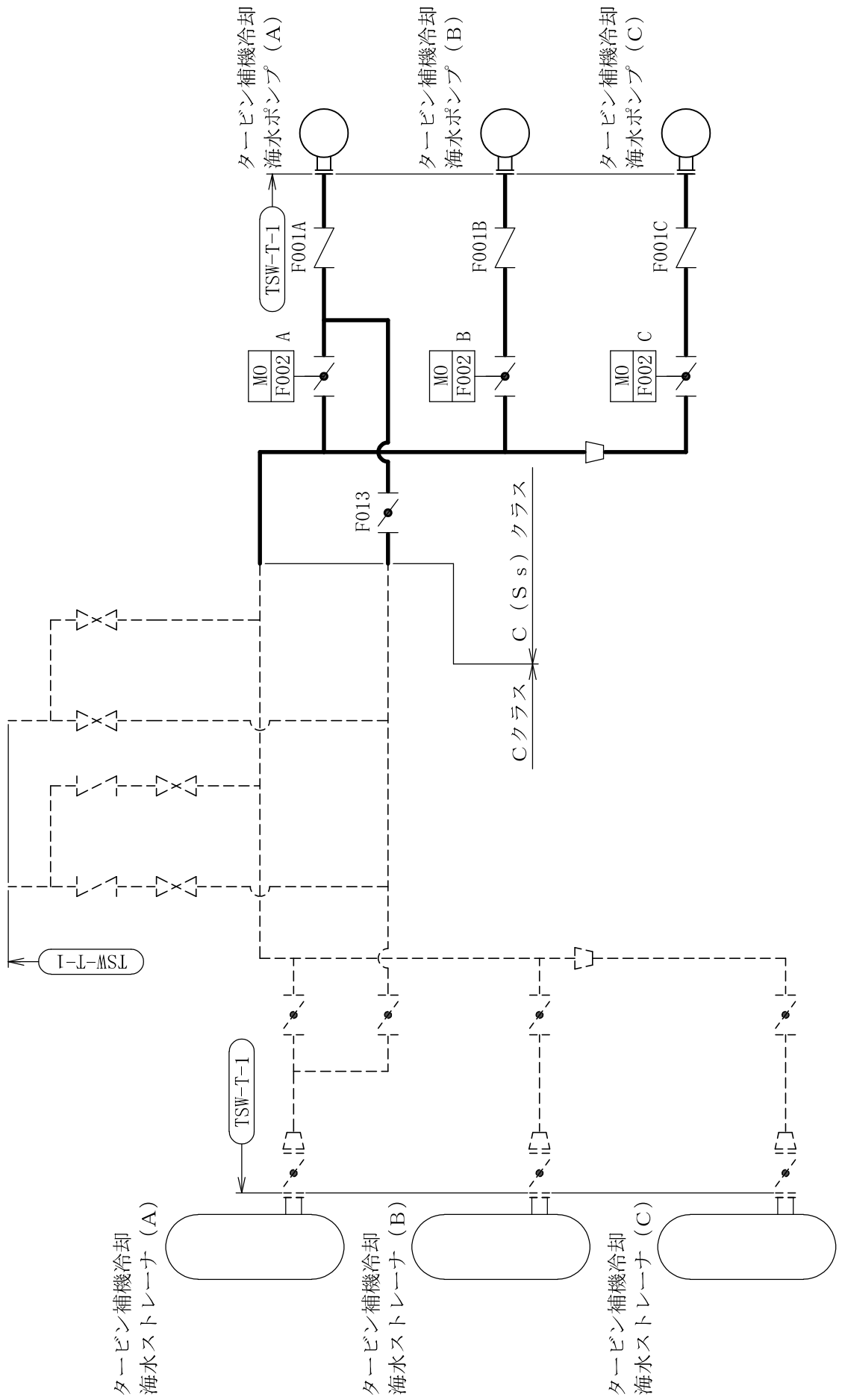
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


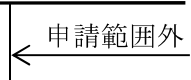

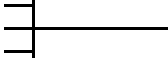
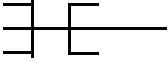
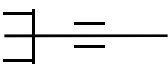
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号



タービン補機冷却海水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	設計及び工事の計算書記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	質点
	レストレイント
	スナップ
	リジットハンガ

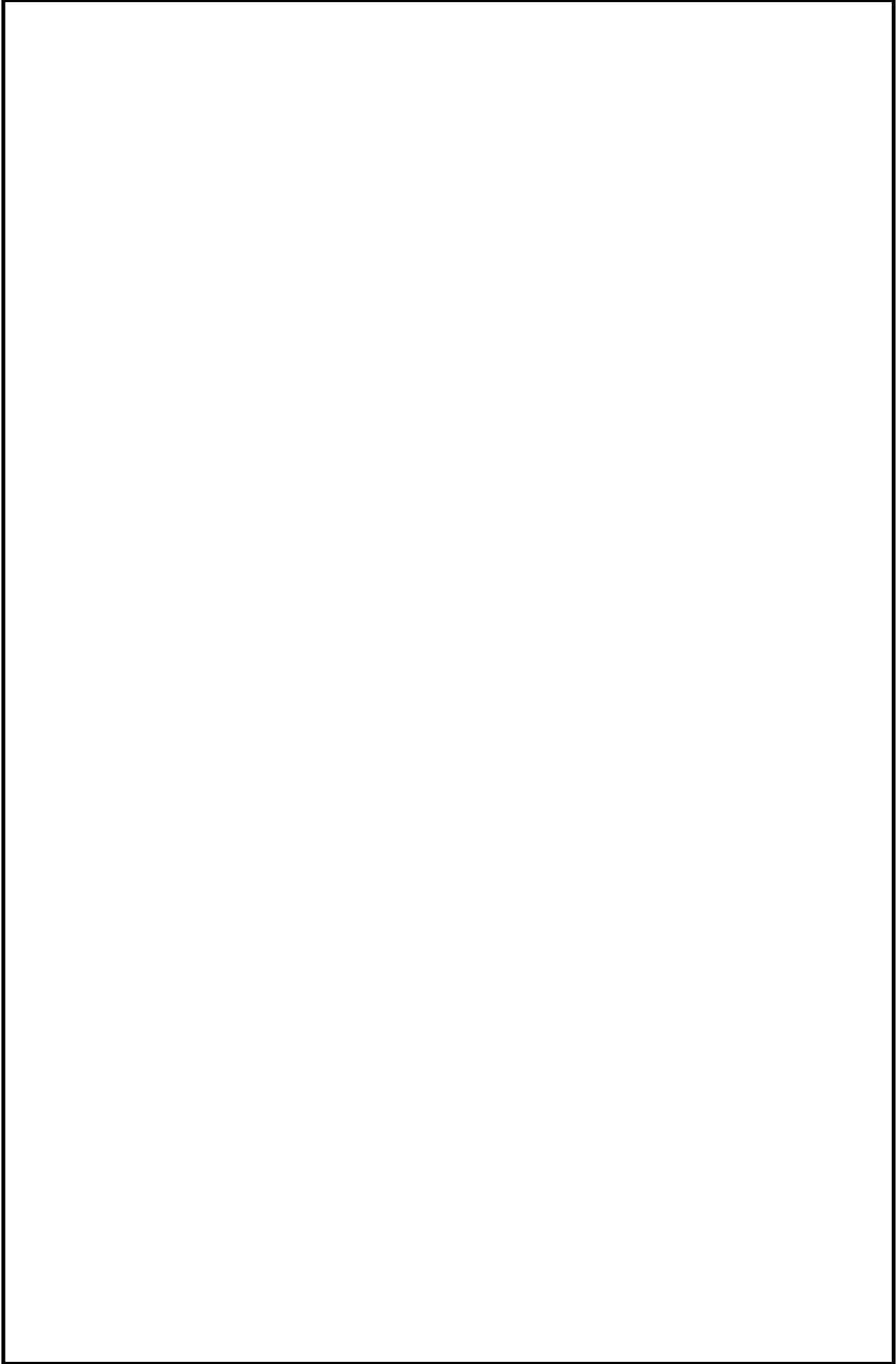
K6 ① VI-2-別添2-7 R0



鳥瞰図

TSW-T-1-1/5

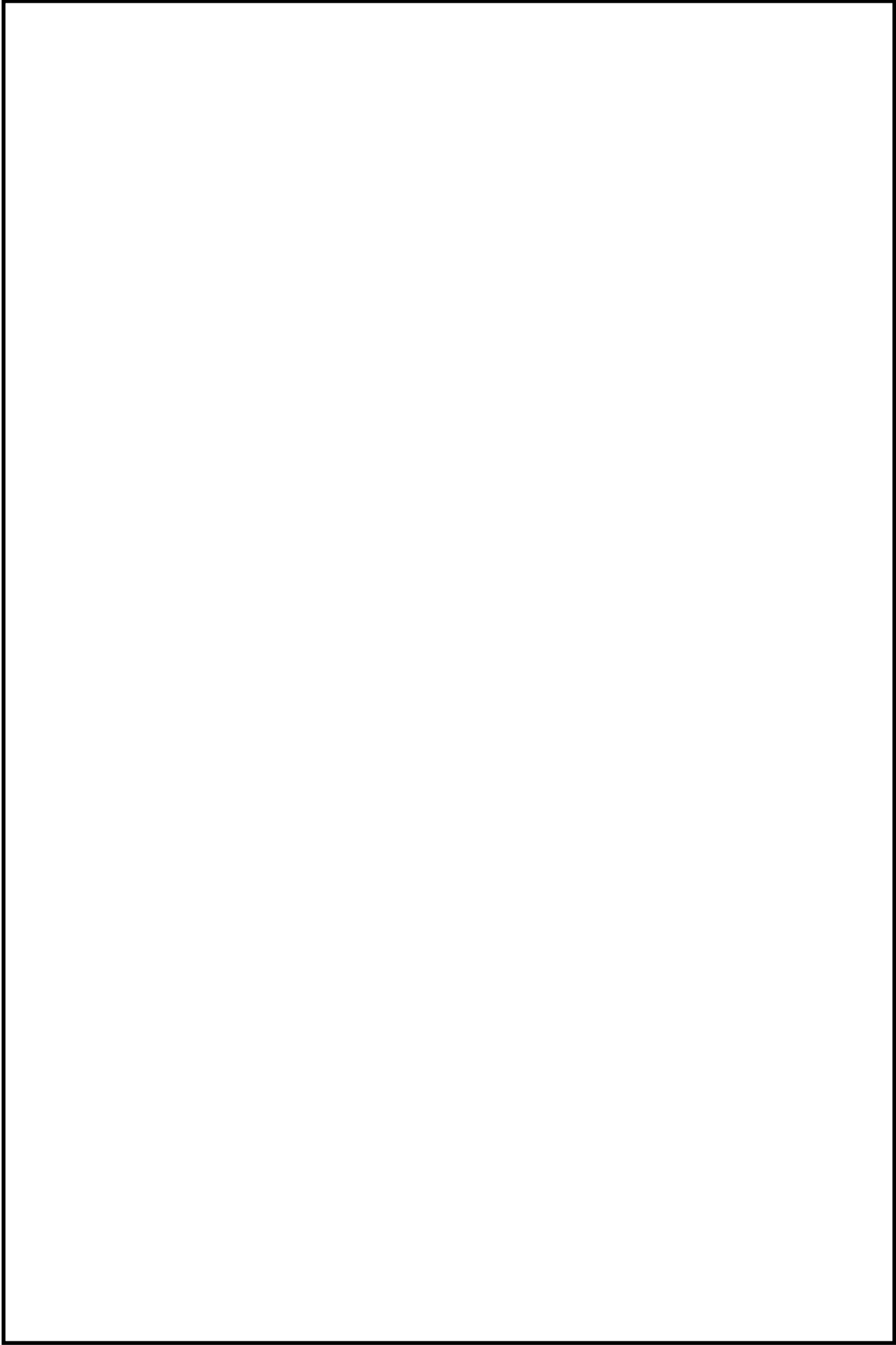
K6 ① VI-2-別添2-7 R0



鳥瞰図

TSW-T-1-2/5

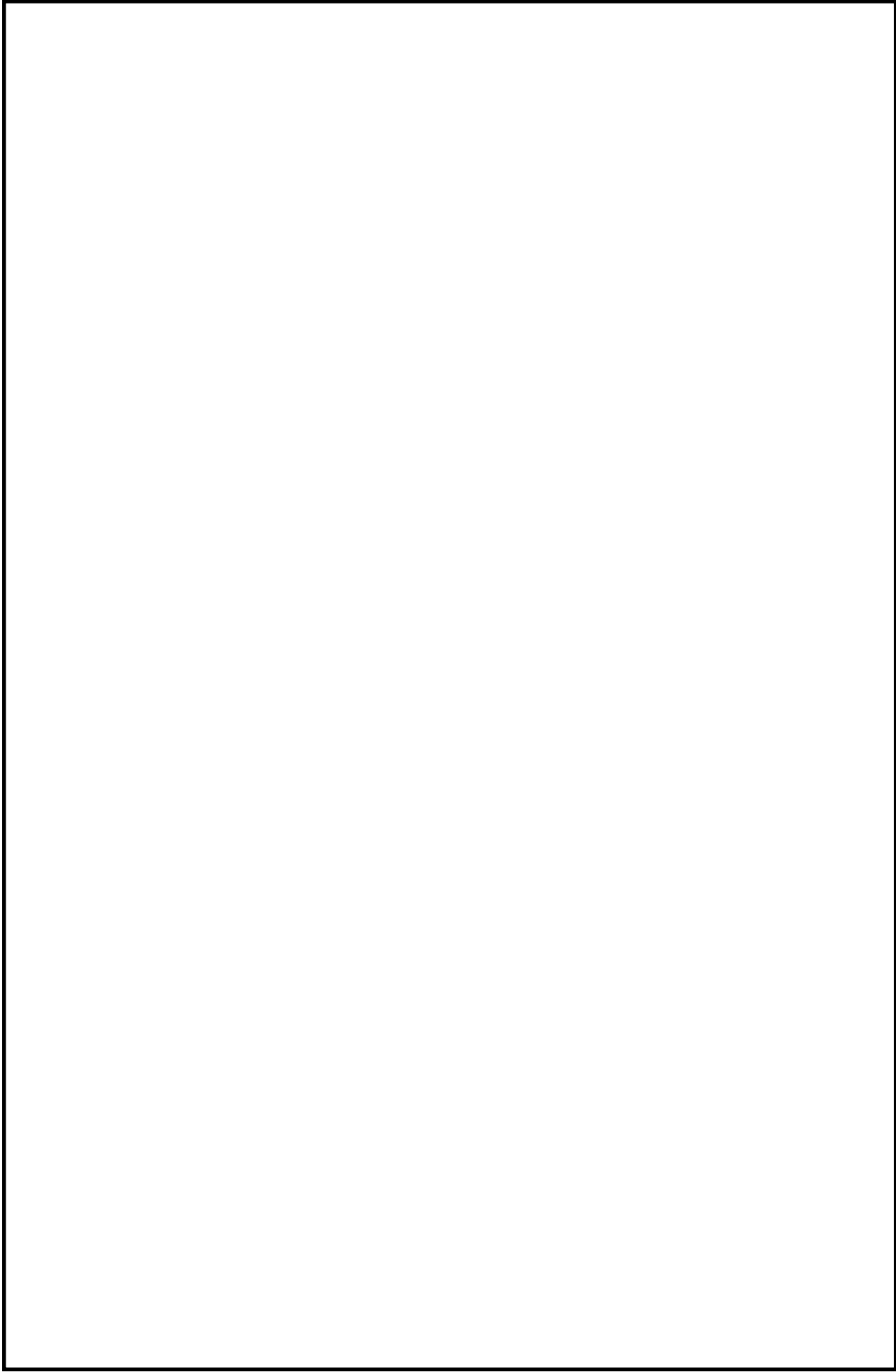
K6 ① VI-2-別添2-7 R0



鳥瞰図

TSW-T-1-3/5

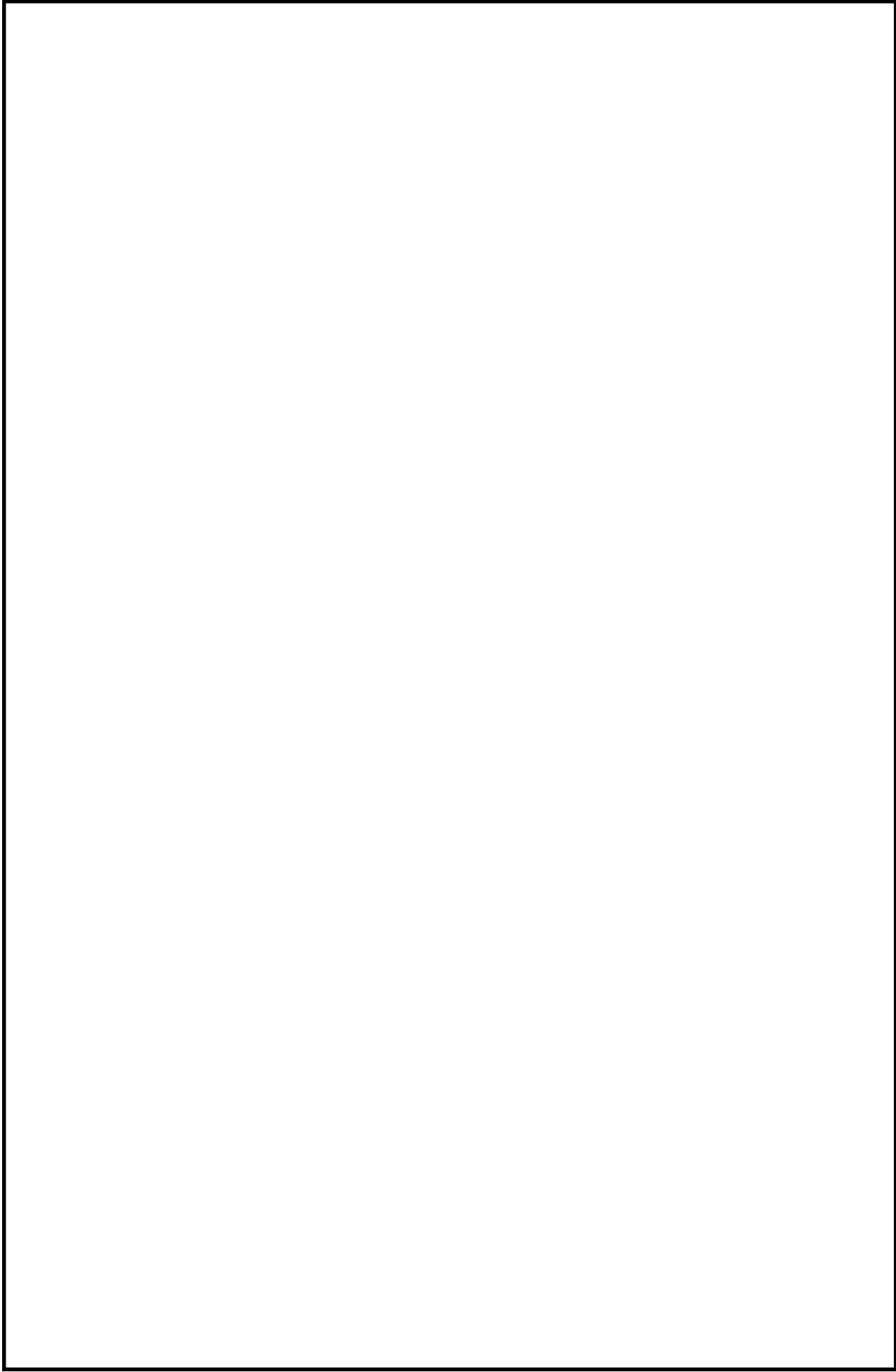
K6 ① VI-2-別添2-7 R0



鳥瞰図

TSW-T-1-4/5

K6 ① VI-2-別添2-7 R0



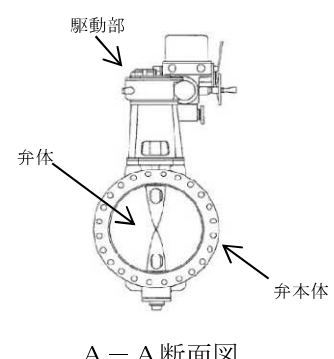
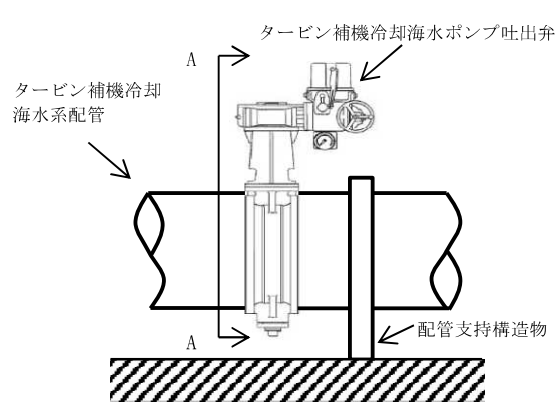
鳥瞰図

TSW-T-1-5/5

2.3 構造計画

タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は、止め弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。止め弁の構造計画を下表に示す。

構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁	止め弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成される。	タービン補機冷却海水系配管に設置され、配管にて支持される。配管については、支持構造物にて支持される。	 <p style="text-align: center;">A-A断面図</p>  <p style="text-align: center;">弁設置位置図</p>

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、「H I S A P」及び「N S A F E」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。

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
—	—	タービン補機 冷却海水系	D B	—	— ^{*4}	C	I L + S s II L + S s	III A S

注記*1：D Bは設計基準対象施設，S A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。

*4：クラス3相当として評価する。

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 TSW-T-1

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)
1	0.64	40	863.6	9.5	SM400A	C	201667
2	0.64	40	609.6	9.5	SM400A	C	201667

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 TSW-T-1

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	1642 165S 166S 167 182 183 184 1841 1842 185 186Z 187Z 1871 188 1881 204
2	205 206 2061 207 208 2081 209 210 211 216 217 218Z 219 221 222Z 223N 167 168 173 141 175 176Z 177 179 180Z 181N 188 1882 189 190 191 196 197 198Z 199 201 202Z 203N 1302 131S 132S 1321 133 134 1341 135 135Z 136 137 139 140 141

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 TSW-T-1

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)
164Z	307	165S	328	166S	565	167	747	182	521
183	566	184	566	1841	358	1842	257	185	336
186Z	250	187Z	230	1871	699	188	802	1881	715
204	369	205	234	206	136	2061	274	207	284
208	252	2081	209	209	252	210	273	211	126
216	306	217	315	218Z	113	219	104	221	127
222Z	151	223N	235	168	191	173	211	141	379
175	221	176Z	112	177	103	179	128	180Z	151
181N	235	1882	337	189	283	190	273	191	126
196	306	197	315	198Z	113	199	104	201	127
202Z	151	203N	235	1302	157	131S	242	132S	159
1321	163	133	223	134	223	1341	152	135	122
135Z	201	136	130	137	83	139	126	140	137

鳥 瞰 図 TSW-T-1

弁部の質量を下表に示す。

P42-F002C		P42-F001C		P42-F002A		P42-F001A	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
211	137	219	1293	168	137	177	1293
212	275	221	1293	169	275	179	1293
213	231			170	231		
216	137			173	137		

P42-F002B		P42-F001B		P42-F013	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
191	137	199	1293	137	402
192	275	201	1293	139	402
193	231				
196	137				

鳥 瞰 図 TSW-T-1

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)
P42-F002C	211～212	650.0	17.5	150
P42-F002C	212～213	203.0	1.6	964
P42-F002C	212～216	650.0	17.5	150
P42-F001C	219～221	609.6	152.4	1295
P42-F002A	168～169	650.0	17.5	150
P42-F002A	169～170	203.0	1.6	964
P42-F002A	169～173	650.0	17.5	150
P42-F001A	177～179	609.6	152.4	1295
P42-F002B	191～192	650.0	17.5	150
P42-F002B	192～193	203.0	1.6	964
P42-F002B	192～196	650.0	17.5	150
P42-F001B	199～201	609.6	152.4	1295
P42-F013	137～139	609.6	152.4	300

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 TSW-T-1

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
1642						
1842						
185						
206						
217						
223N						
175						
181N						
197						
203N						
1302						

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
SM400A	40	—	245	—	—

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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高(m)	減衰定数(%)
TSW-T-1	タービン建屋	T. M. S. L. 4.9	2.0

4. 解析結果及び評価
4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 TSW-T-1

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	0.639	—	—	—	2.90	2.90	1.67
2次	0.270	—	—	—	4.49	4.49	3.97
3次	0.256	—	—	—	4.49	4.49	3.96
4次	0.196	—	—	—	4.62	4.62	3.26
5次	0.190	—	—	—	4.59	4.59	3.26
6次	0.173	—	—	—	4.35	4.35	2.78
7次	0.119	—	—	—	2.50	2.50	2.98
8次	0.114	—	—	—	2.47	2.47	2.99
46次	0.050	—	—	—	1.62	1.62	1.04
47次	0.049	—	—	—	—	—	—
動的震度*2		—	—	—	1.06	1.06	0.90
静的震度*3		—	—	—	—	—	—

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 d 又は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。
*3：3.6C_i及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

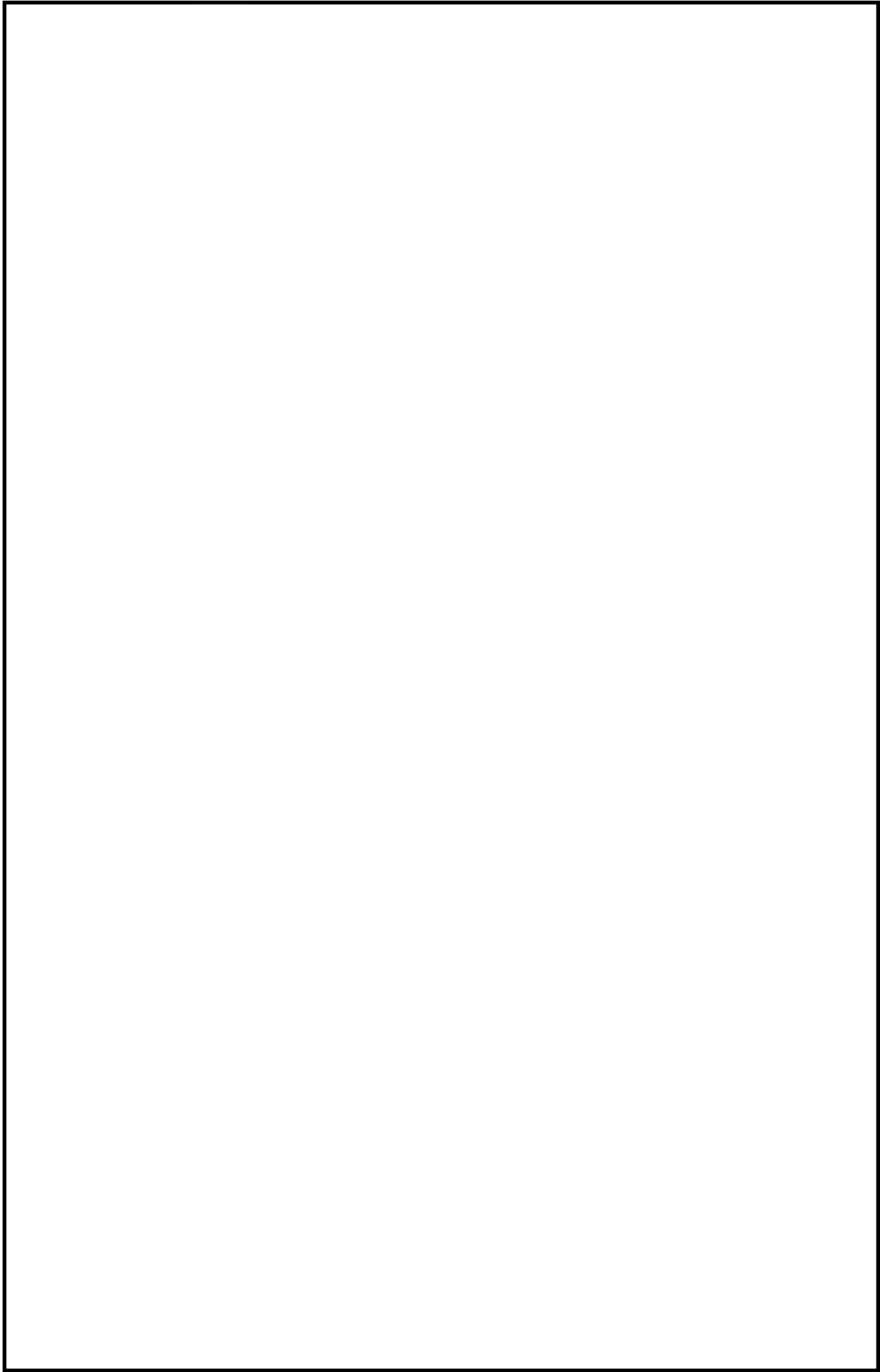
鳥瞰図 TSW-T-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.639	0.101	0.002	0.003
2次	0.270	0.002	0.054	0.013
3次	0.256	0.133	0.003	0.008
4次	0.196	0.005	0.017	0.056
5次	0.190	0.006	0.000	0.002
6次	0.173	0.001	0.060	0.004
7次	0.119	0.033	0.009	0.006
8次	0.114	0.199	0.222	0.211
46次	0.050	0.522	0.269	0.055

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。

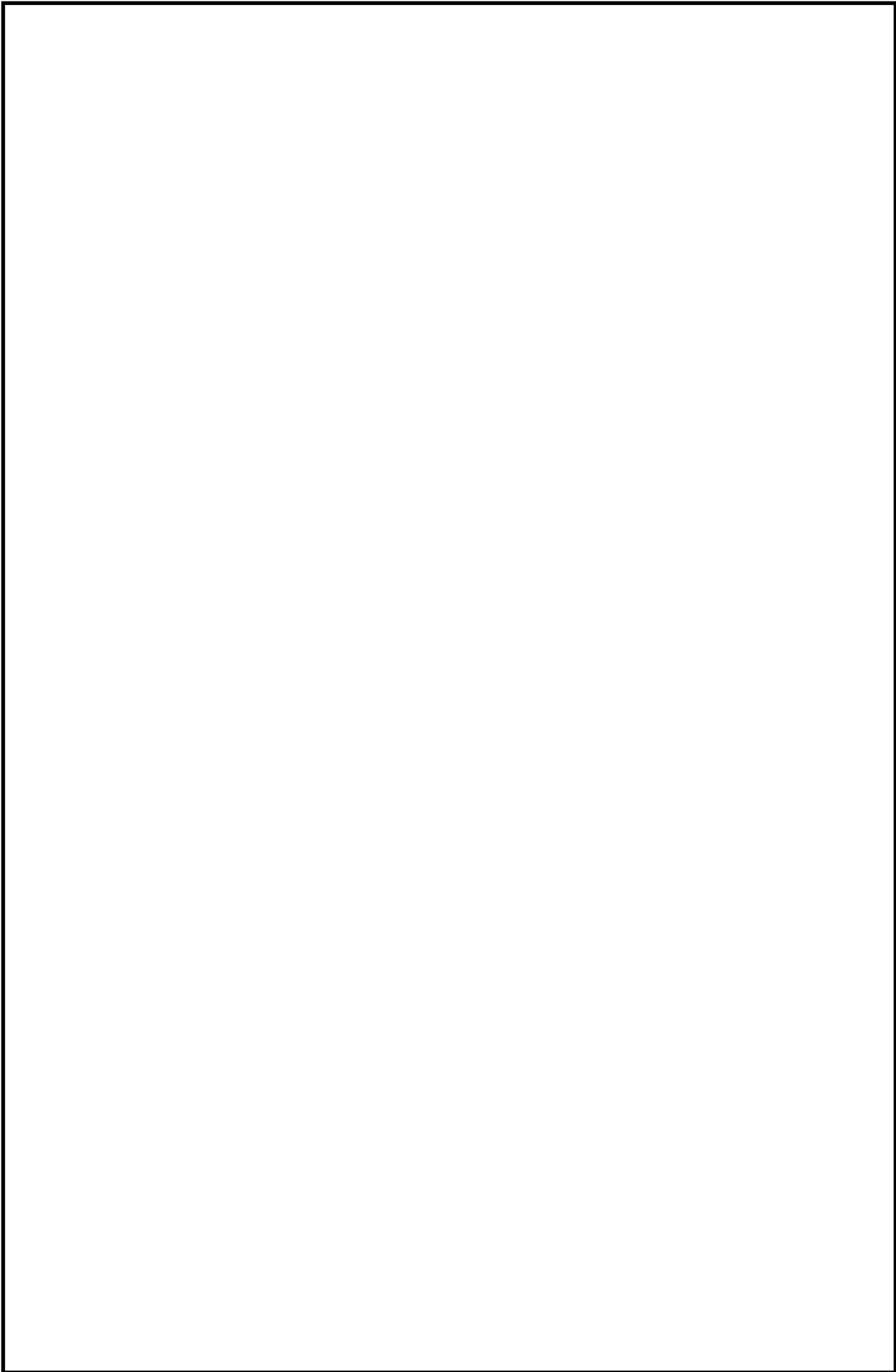
代表的振動モード図

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。



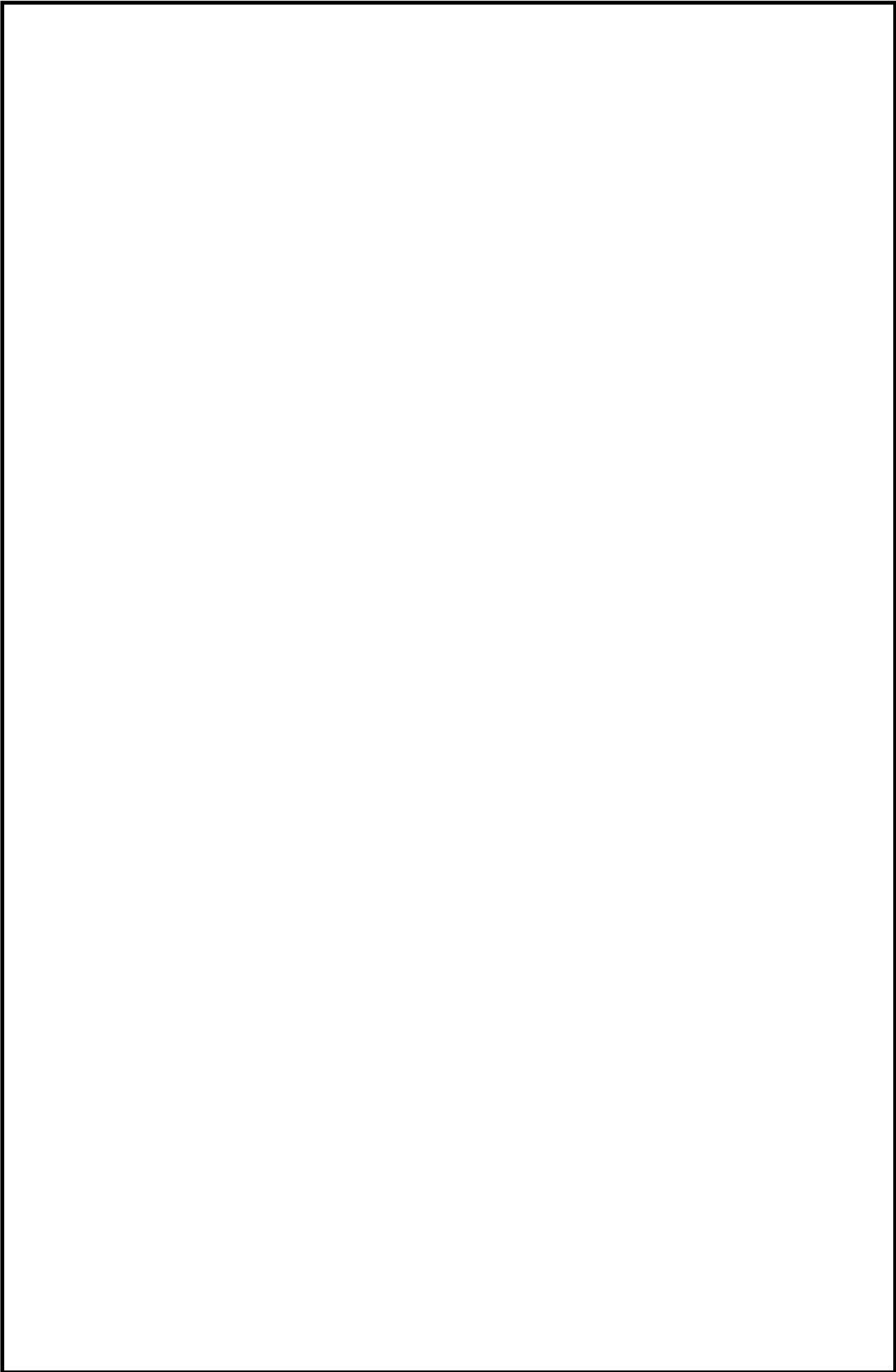
鳥瞰図

T SW-T-1



鳥瞰図

T SW-T-1



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 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $S_y^{*1,2}$	計算応力 $S_n (S_s)$	許容応力 $2S_y$		疲労累積係数 $U S_s$
TSW-T-1	III \wedge S	167	$S_{prm} (S_s)$	165	245	—	—	—
TSW-T-1	III \wedge S	188	$S_n (S_s)$	—	—	248	490	—

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、 S_y と $1.2S_h$ のうち大きい方の値とする。

*2: S_s 地震動に対し許容応力状態III \wedge Sの評価を行う。

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)
SNM-TSW-T044	メカニカルスナッパ	SMS-10A-100	VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		66	100

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-TSW-T033	レストレイント	架構	STKR400	50	0	157	103	—	—	—	組合せ	129	135

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又は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* ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		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	計算応力	許容応力
P42-F002A	止め弁	β (Ss)	2.3	0.9	6.0	6.0	—	—
P42-F002B	止め弁	β (Ss)	3.1	0.9	6.0	6.0	—	—

注記*：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

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	TSW-T-1	167	165	245	1.48	○	188	248	490	1.97	○	—	—	—

VI-2-別添 3 可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象設備	2
2.2 評価方針	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	9
3.1 荷重及び荷重の組合せ	9
3.2 許容限界	9
4. 耐震評価方法	14
4.1 ボンベ設備	14
4.2 その他設備	19
4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	20
5. 適用規格・基準等	20

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(以下「技術基準規則」という。)」第54条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」(以下「VI-1-1-7」という。)の別添2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」(以下「VI-1-1-7-別添2」という。)にて設定する耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

なお、可搬型重大事故等対処設備への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び第50条の対象ではない。

可搬型重大事故等対処設備の加振試験等に使用する保管場所の入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に、車両型設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」に、ポンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震計算書」に、その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-5「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果については、VI-2-別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

7号機設備、6,7号機共用の可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」による。

2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、構造強度評価、転倒評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないことを確認する。

また、波及的影響評価を実施し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能を維持できる設計とすることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価が必要な設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて評価を実施する。影響評価方法は「4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定しているボンベ設備及びその他設備を対象とし、表2-1に示す。また、評価を要しない可搬型重大事故等対処設備についてもあわせて示す。

VI-1-1-7-別添2にて設定している対象設備の構造計画を表2-2に示す。

2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定しているボンベ設備及びその他設備の分類ごとに定める構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価並びに水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価部位は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、表2-3に示すとおり設定する。

(1) ボンベ設備

a. 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(1)b. (a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック、これを床又は壁に固定する溶接部が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。

その評価方法は、「4.1(2) 構造強度評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有周期及び地震による荷重を用いて、ボンベラック、これを床又は壁に固定する溶接部の評価を行う。

b. 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(1)b. (c) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック、これを床又は壁に固定する溶接部が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認することで、波及的影響を及ぼさないことを確認する。

(2) その他設備

a. 転倒評価

その他設備の転倒評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (b) 転倒」にて設定している評価方針に基づき、その他設備は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するための基礎ボルト等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.2(2) 転倒評価」に示すとおり、加振試験により基礎ボルト等が健全であることを確認する。

b. 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、その他設備は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びに基礎ボルト等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.2(3) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

c. 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、その他設備は、基準地震動 S_s による地震力に

対し、床に固定する基礎ボルト等が健全であることを加振試験により確認することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その他設備に使用している基礎ボルト等は、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度により基礎ボルト等が受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。基礎ボルト等の支持機能については、保管状態を模擬した加振試験により確認する。

以上を踏まえ、以降では、可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界について、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し、ポンベ設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4. 耐震評価方法」に示す。

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
ポンベ設備	高圧窒素ガスポンベ	VI-2-別添 3-4
	遠隔空気駆動弁操作ポンベ	VI-2-別添 3-4
その他設備	可搬型計測器	VI-2-別添 3-5
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	VI-2-別添 3-5
	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	VI-2-別添 3-5
	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7 号機共用）	VI-2-別添 3-5
	代替給水設備 可搬型代替注水ポンプ 屋内用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備 高圧窒素ガスポンベ～高圧窒素ガスポンベ接続口 (A) 及び高圧窒素ガスポンベ接続口 (B)	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	遠隔空気駆動弁操作設備	地震による転倒に対し、機能喪失しない。

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>屋内の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、原子炉建屋及びコントロール建屋に保管する設計とする。</p> <p>屋外の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、大湊側高台保管場所に保管する設計とする。</p>			
ポンベ設備	ポンベ設備は、ポンベ（窒素ポンベ）、ポンベラック等により構成する。	ポンベは容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルトによりポンベラックに固定し、ポンベラックを溶接により床又は壁に据え付ける。	図2-1 図2-2
その他設備	（収納箱拘束保管：可搬型計測器の例）		図2-3
	可搬型計測器及びこれを収納する収納箱で構成する。	可搬型計測器を収納した収納箱は、床に基礎ボルトで固定する。	
その他設備	（本体拘束保管：逃がし安全弁用可搬型蓄電池の例）		図2-4
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池で構成する。	逃がし安全弁用可搬型蓄電池は、床に基礎ボルトで固定する。	

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位

設備名称	設備	ボンベラック 支持構造	評価部位		選定理由
			直接支持構造物	間接支持構造物	
高圧窒素 ガスボンベ	ボンベ 設備	溶接	ボンベラック 溶接部	—	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床及び壁に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。
遠隔空気駆動弁 操作用ボンベ	ボンベ 設備	溶接	ボンベラック 溶接部	—	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。

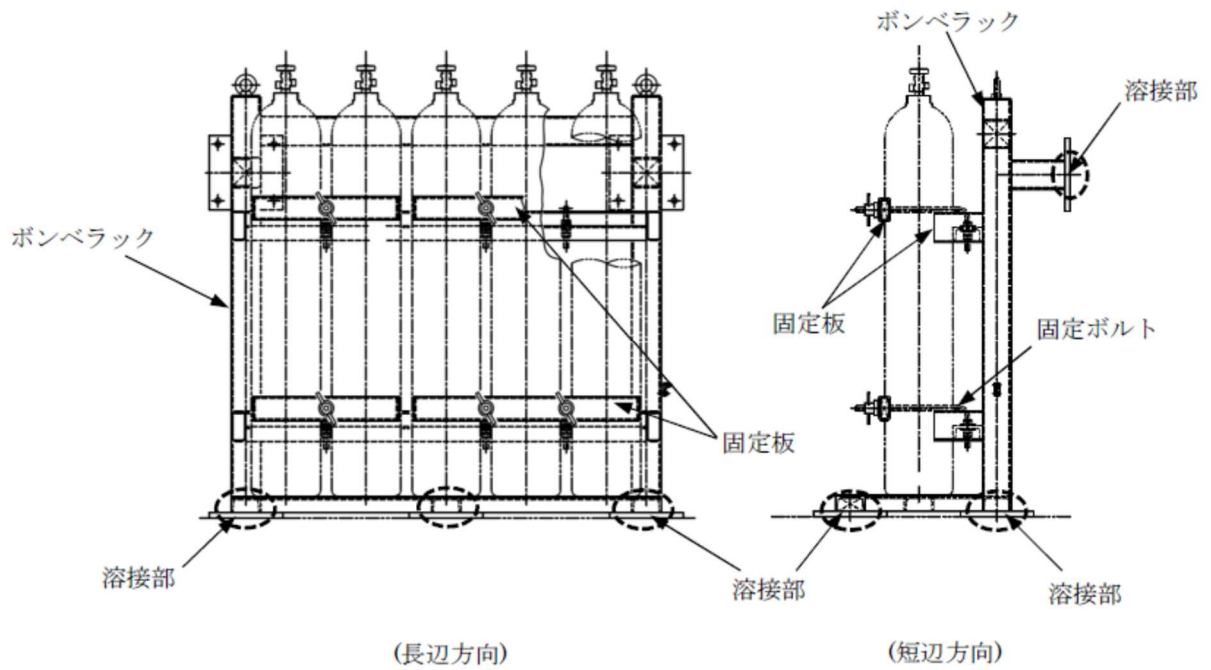


図2-1 ポンペ設備（床及び壁固定型）

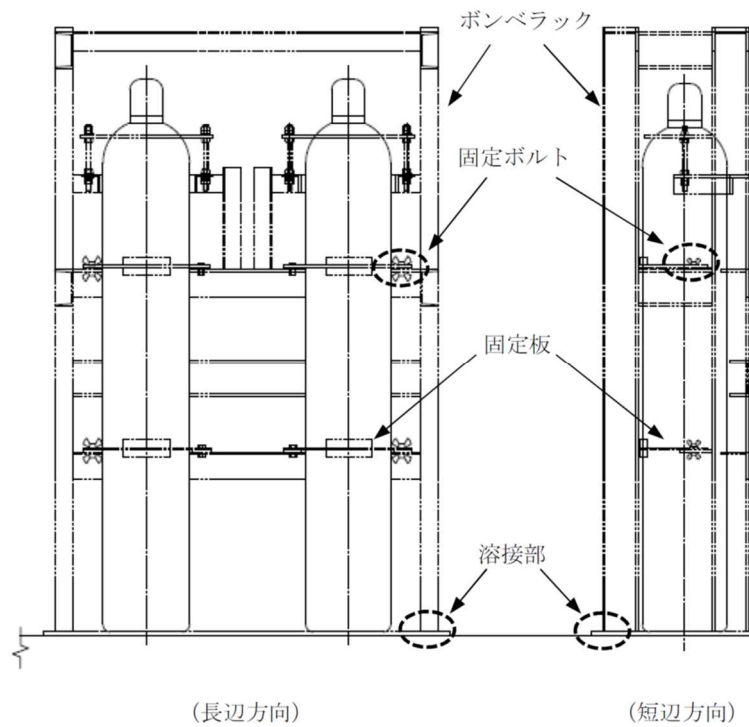


図2-2 ポンペ設備（床固定型）

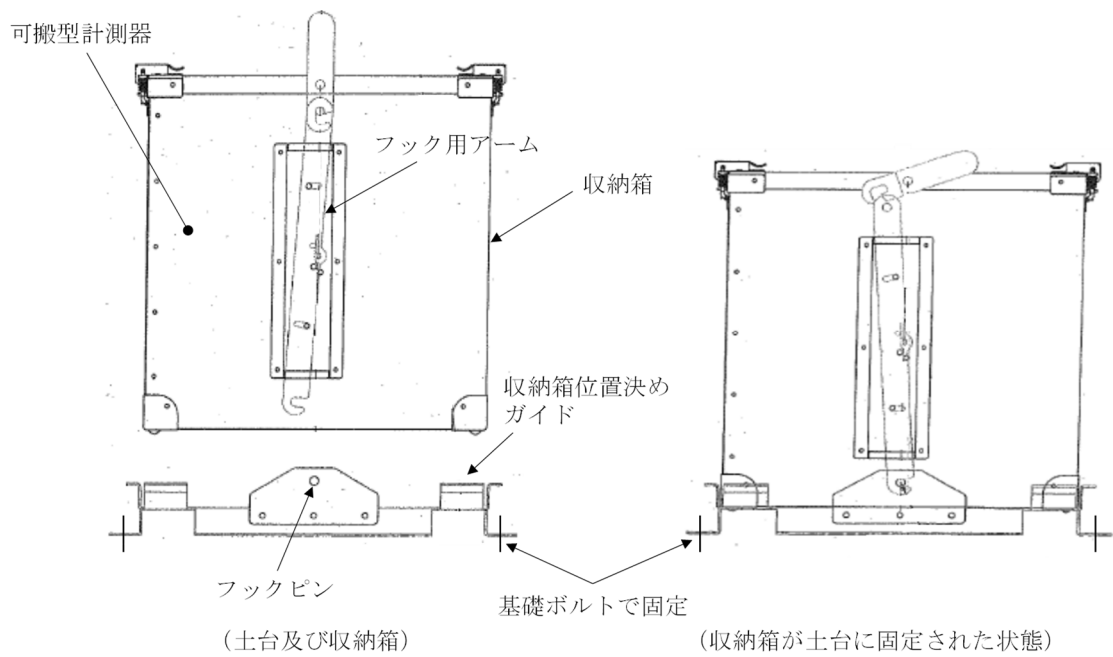


図2-3 その他設備 (収納箱拘束保管)

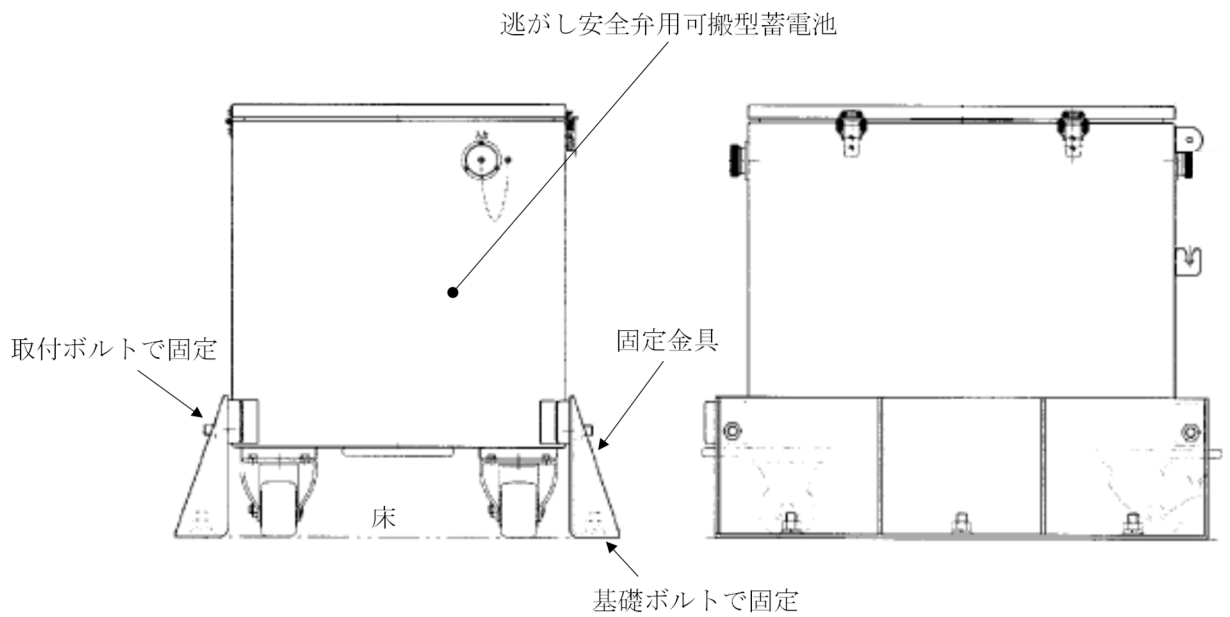


図2-4 その他設備 (本体拘束保管)

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、重大事故等起因の荷重は発生しないため、VI-1-1-7-別添2の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し設定する。

3.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標のとおり、評価部位ごとに設定する。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、設備ごとの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-1～表3-3のとおりとする。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価部位の損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに定める。

直接支持構造物の評価については、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984に規定されているその他の支持構造物の評価に従った評価を実施する。

(1) ボンベ設備

a. 構造強度評価

ボンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建屋内の保管場所の床又は壁に溶接で固定して保管する。

主要な構造部材は、窒素供給機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2(1)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

b. 波及的影響評価

ボンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建屋内の保管場所の床又は壁に溶接で固定して保管する。

主要な構造部材は、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2(1)b. 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(2) その他設備

a. 転倒評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内に保管し、基礎ボルトで固定する等により保管することで、機器本体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(2)a. 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

b. 機能維持評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内に保管し、基礎ボルトで固定する等により、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する機能、必要な負荷へ給電するための給電機能等の支持機能、動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(2)b. 機能維持評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験により支持機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

c. 波及的影響評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内に保管し、基礎ボルトで固定する等により、機器本体が安定性を有し、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する機能、必要な負荷へ給電するための給電機能等の機能を維持可能な構造強度を有することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(2)c. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験にて基礎ボルト等の支持機能が維持できることを許容限界として設定する。

表3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
ポンベ設備	D + S s	ボンベラック (表3-2)	組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984を適用し，許容応力状態 IV _A S の許容応力以下とする。
		溶接部 (表3-3)	せん断	部材の降伏	

表3-2 ボンベラックの許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			組合せ
ボンベラック	D + S _s	IV _A S	1.5 · f _t *

注記*1 : f_t*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_y及びS_y (R T)を1.2 · S_y及び1.2 · S_y (R T)と読み替えて算出した値 (J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし、S_y及び0.7 · S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2 : J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 3-3 溶接部の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			せん断
溶接部	D + S _s	IV _A S	1.5 · f _s *

注記*1 : f_s*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_y及びS_y (R T)を1.2 · S_y及び1.2 · S_y (R T)と読み替えて算出した値 (J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし、S_y及び0.7 · S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2 : J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、ポンベ設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 ポンベ設備」及び「4.2 その他設備」のそれぞれに示す「固有値解析」、「加振試験」、「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

4.1 ポンベ設備

ポンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価及び波及的影響評価を実施する。

ポンベ設備の耐震評価フローを図 4-1 に示す。

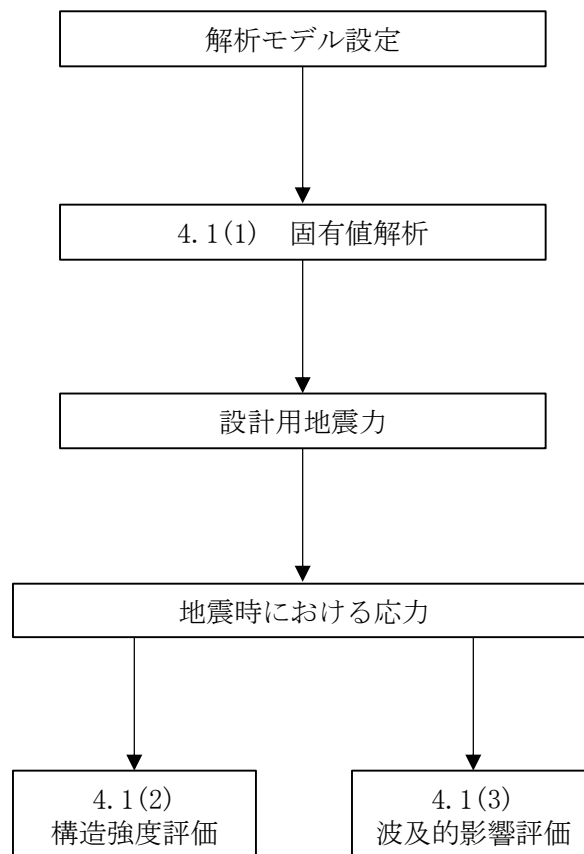


図 4-1 ポンベ設備の耐震評価フロー

(1) 固有値解析

a. 基本方針

ポンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、固有値解析の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 解析方法及び解析モデル（高圧窒素ガスポンベ）」及び「c. 解析方法及び解析モデル（遠隔空気駆動弁操作用ポンベ）」に示す解析方法及び解析モデルを

用いて、固有値解析を行う。

b. 解析方法及び解析モデル（高圧窒素ガスポンペ）

- (a) ボンベラックを構成する鋼材をはり要素（形鋼等）としてモデル化した有限要素モデルによる固有値解析を実施する。
- (b) 拘束条件として、ボンベラックは、溶接により X, Y, Z の 3 方向を固定として設定する。
- (c) ポンペ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラックに、固定ボルト及び固定板にて固定され収納されている。
- (d) ボンベラックに収納・固定されるポンペ及び配管・弁等の機器重量は、各々組込む位置に相当する各質点に付加する。
- (e) 各ポンペからヘッダーへの連絡管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはポンペとヘッダーの相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (f) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用する。なお、解析コードの検証、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。
- (g) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

c. 解析方法及び解析モデル（遠隔空気駆動弁操作用ポンペ）

- (a) ボンベラックを構成する鋼材をはり要素（形鋼等）としてモデル化した有限要素モデルによる固有値解析を実施する。
- (b) 拘束条件として、ボンベラックは、溶接により X, Y, Z の 3 方向を固定として設定する。
- (c) ポンペ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラックに、固定ボルト及び固定板にて固定され収納されている。ここで、ポンペ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (d) 各ポンペから配管への連絡管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはポンペと配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (e) 解析コードは、「NAPF」を使用する。なお、解析コードの検証、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。
- (f) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

(2) 構造強度評価

ポンペ設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

a. 設計用地震力

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

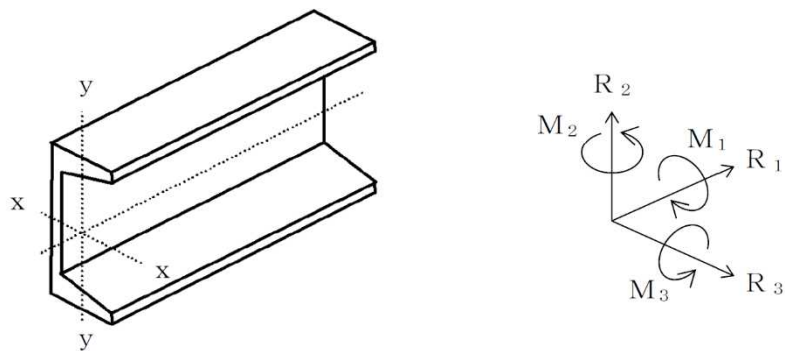
する。

b. ポンベ設備の計算式

構造強度評価に使用する記号を表 4-1 に、計算モデル例を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

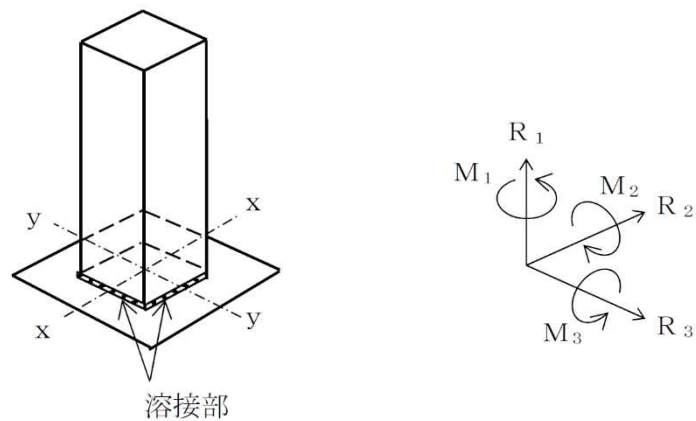
表 4-1 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
σ_a	MPa	はり要素の軸応力
σ_b	MPa	はり要素の曲げ応力
τ	MPa	はり要素のせん断応力
σ	MPa	はり要素の組合せ応力
τ_w	MPa	溶接部に生じるせん断応力
S	N	溶接部に作用するせん断力
M_1	N・mm	R_1 軸廻りのモーメント
M_2	N・mm	R_2 軸廻りのモーメント
A_w	mm ²	溶接部の有効断面積
Z_w	mm ³	溶接部の断面係数
R_2	N	R_2 軸方向の発生力
R_3	N	R_3 軸方向の発生力



M : モーメント
R : 発生力

図 4-2 計算モデル例 (ボンベラック (はり要素))



溶接部

図 4-3 計算モデル例 (溶接部)

イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち、はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.1)$$

ロ. 溶接部

解析により得られた、溶接部に作用するせん断力及び曲げモーメントから、溶接部のせん断応力を以下のとおり計算する。

$$\tau_w = \frac{S}{A_w} + \frac{M_1}{Z_w} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、せん断力 S は、

$$S = \sqrt{R_2^2 + R_3^2} \dots\dots\dots (4.3)$$

(3) 波及的影響評価

ボンベ設備は、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ラックを耐震性を有する建屋内の保管場所の床又は壁に溶接で固定して保管し、主要な構造部材が窒素供給機能を維持可能な構造強度を有することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.2 その他設備

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

その他設備の耐震評価フローを図 4-8 に示す。

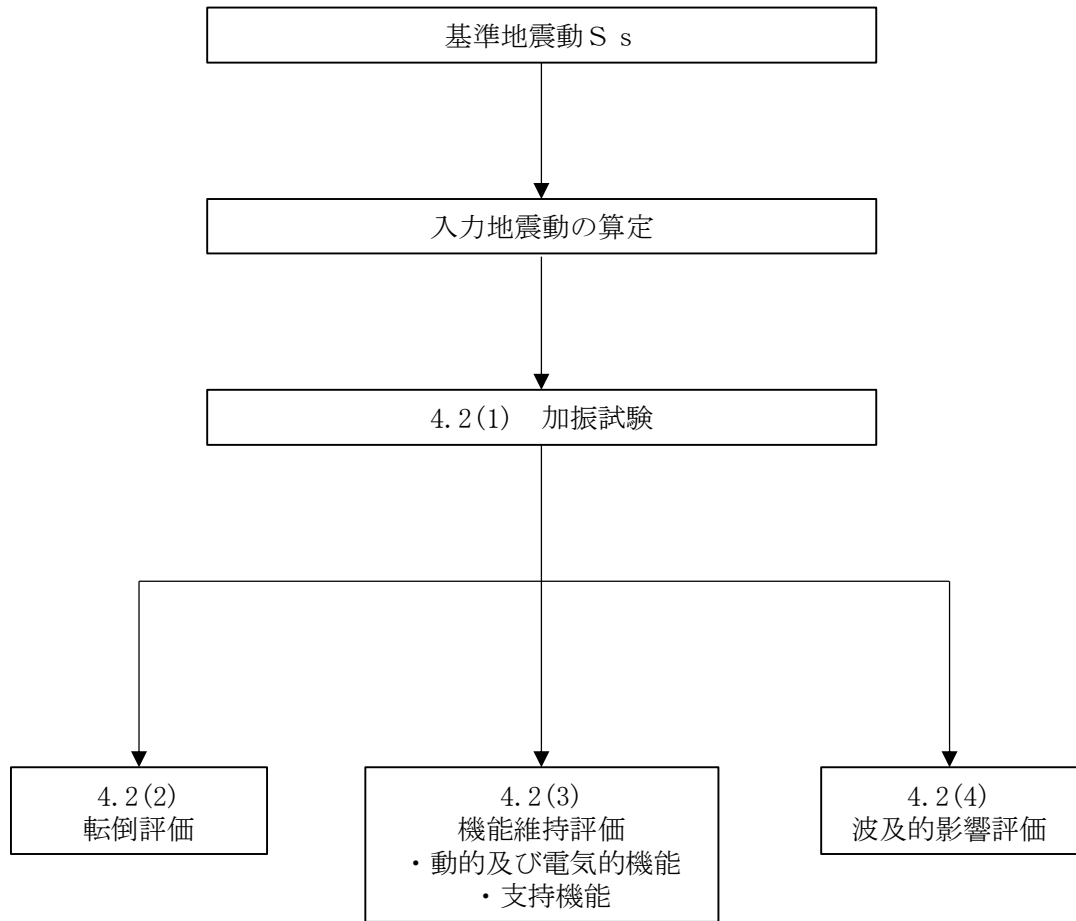


図 4-8 その他設備の耐震評価フロー

(1) 加振試験

a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、支持機能、動的及び電気的機能が維持できること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2) 転倒評価」、「(3) 機能維持評価」及び「(4) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 転倒評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.2(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。

転倒評価は、当該設備保管場所の設置床での最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(3) 機能維持評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.2(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機能、動的及び電氣的機能が維持されることを確認する。加振試験については、J E A G 4 6 0 1 - 1991 に基づき実施する。

機能維持評価は、当該設備保管場所の設置床での最大応答加速度が、加振試験により計測、給電等の機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(4) 波及的影響評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.2(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

波及的影響評価は、当該設備保管場所の設置床の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するための基礎ボルト等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せが可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、VI-2-別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 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。

- (1) 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)
- (2) 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)
- (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 ((社) 日本電気協会)
- (4) 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)

VI-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における
入力地震動

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備の保管場所に保管する可搬型重大事故等対処設備について、その加振試験等に際して必要となる入力地震動を求めるために行う、基準地震動 S_s を基にした各保管場所の地盤の地震応答解析について説明するものである。

なお、原子炉建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所については、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

7号機設備、6,7号機共用の可搬型重大事故等対処設備保管場所の地震応答解析は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」による。

VI-2-別添 3-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の
耐震計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、加振試験、構造強度評価、転倒評価及び機能維持評価並びに波及的影響評価により行う。

7号機設備、6,7号機共用の可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」による。

VI-2-別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の
耐震計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 配置	1
2.2 構造概要	1
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	6
3. 固有値解析	7
3.1 基本方針	7
3.2 解析方法	7
3.2.1 高圧窒素ガスポンベ	7
3.2.2 遠隔空気駆動弁操作用ポンベ	8
3.3 解析モデル及び諸元	9
3.4 固有値解析結果	14
4. 構造強度評価	15
4.1 基本方針	15
4.2 評価部位	15
4.3 荷重及び荷重の組合せ	16
4.4 許容限界	16
4.5 設計用地震力	17
4.6 評価方法	18
5. 波及的影響評価	21
5.1 基本方針	21
6. 評価条件	21
7. 評価結果	24
7.1 構造強度評価結果	24
7.2 波及的影響評価結果	24

1. 概要

本資料は、VI-2-別添3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添3-1」という。）に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な構造強度を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、固有値解析、構造強度評価及び波及的影響評価により行う。

7号機設備、6,7号機共用の可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちその他ポンベ設備の耐震計算書」による。

2. 基本方針

別添3-1の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、ポンベ設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 配置

ポンベ設備は、別添3-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、原子炉建屋（T.M.S.L. 4.8m, T.M.S.L. 18.1m, T.M.S.L. 31.7m）に保管する。

2.2 構造概要

ポンベ設備の構造は、別添3-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ポンベ設備の構造計画を表2-1に、ポンベ設備の概略構造図を図2-1～図2-3に示す。

表 2-1 ポンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		概略 構造図
	主体構造	基礎・支持構造	
高圧窒素ガス ポンベ	窒素ポンベ及びポンベの支持 構造物であるポンベラックに より構成する。	窒素ポンベは、容器として十 分な強度を有する構造とし、 固定ボルトによりポンベラッ クに固定し、ポンベラックを 溶接により床及び壁に据え付 ける。	図2-1 図2-2
遠隔空気駆動弁 操作ポンベ	窒素ポンベ及びポンベの支持 構造物であるポンベラックに より構成する。	窒素ポンベは、容器として十 分な強度を有する構造とし、 固定ボルトによりポンベラッ クに固定し、ポンベラックを 溶接により床に据え付ける。	図2-3

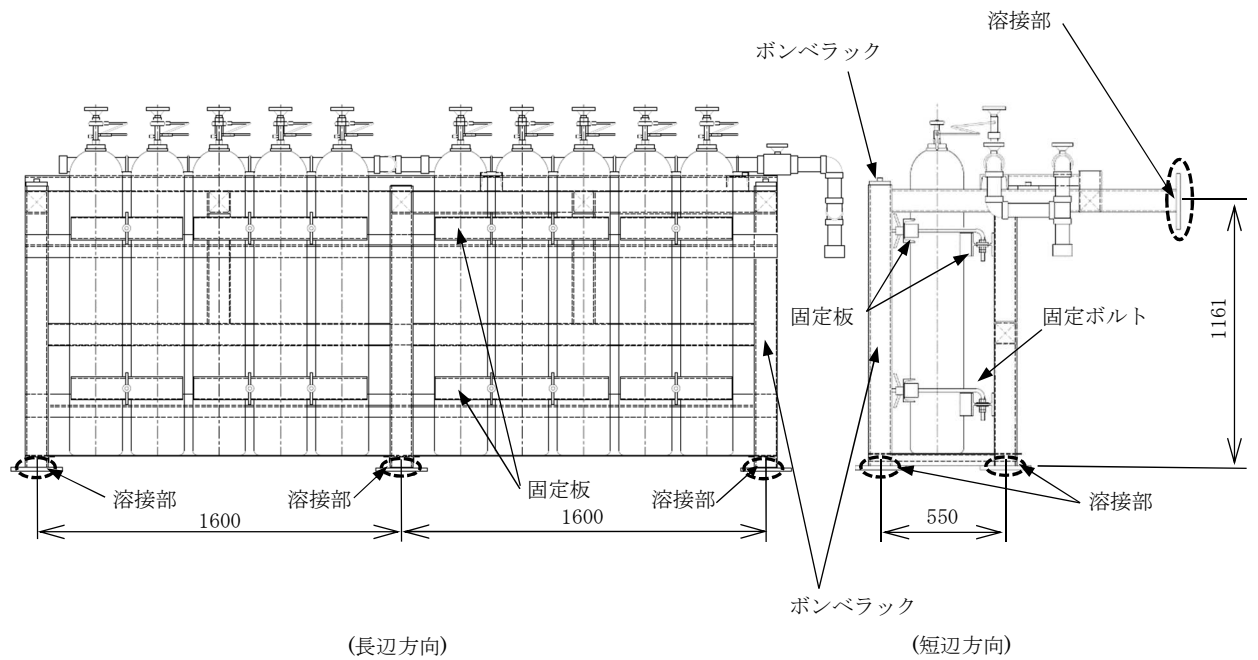


図2-1 高圧窒素ガスポンベ（10個組）の概略構造図（単位：mm）

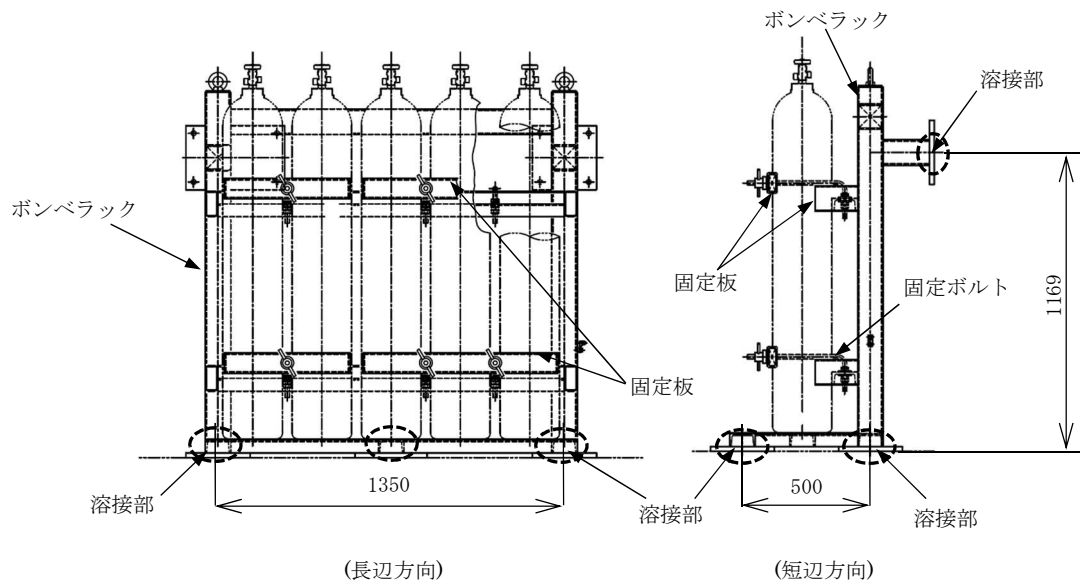


図2-2 高圧窒素ガスポンベ（5個組）の概略構造図（単位：mm）

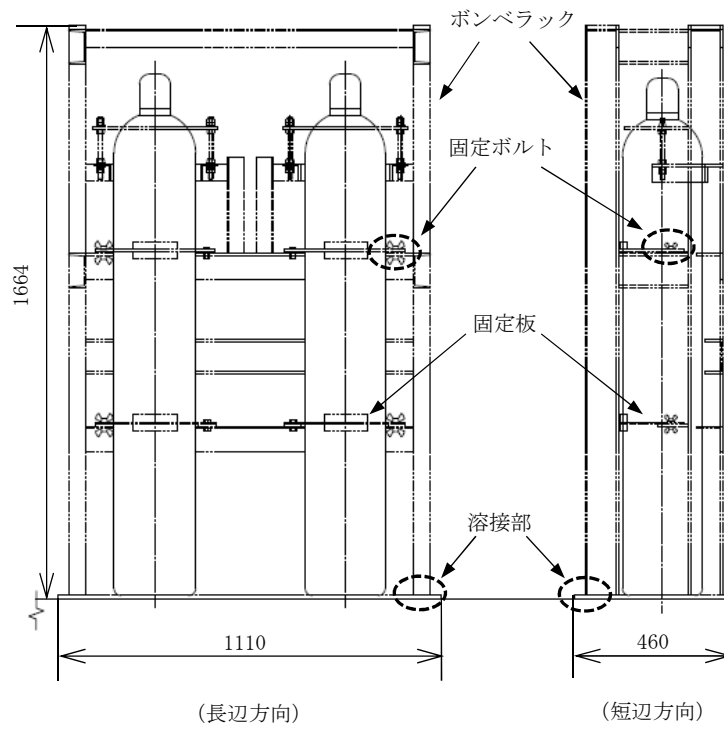


図2-3 遠隔空気駆動弁操作ポンベの概略構造図 (単位: mm)

2.3 評価方針

ポンベ設備の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを図 2-4 に示す。

(1) 構造強度評価

ポンベ設備は、別添 3-1 の「2.2(1) ポンベ設備」にて設定した構造強度評価の方針に従い、構造強度評価を実施する。

ポンベ設備の構造強度評価は、「3. 固有値解析」にて得られた固有周期を用い、「4. 構造強度評価」に示す方法により、ポンベ設備の評価部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す評価部位のうち直接支持構造物としてのポンベラック、溶接部の構造強度評価については、J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に規定されているその他の支持構造物の評価に従い実施する。

(2) 波及的影響評価

ポンベ設備は、別添 3-1 の「2.2(1) ポンベ設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

ポンベ設備の波及的影響評価は、「5. 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「2.3(1) 構造強度評価」により確認する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

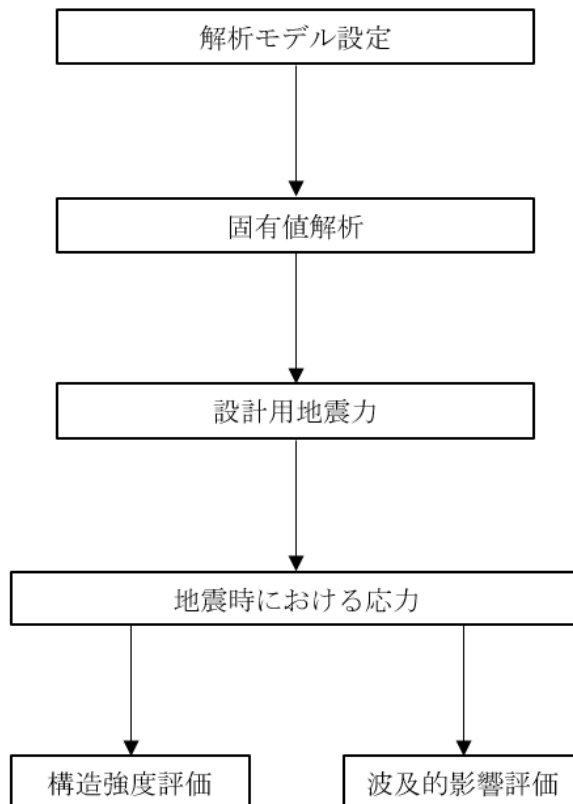


図 2-4 ポンベ設備の耐震評価フロー

2.4 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。

- (1) 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)
- (2) 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)
- (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 ((社) 日本電気協会)
- (4) 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)

3. 固有値解析

3.1 基本方針

別添 3-1 の「4.1(1) 固有値解析」にて設定した基本方針に従い、固有値解析を実施する。
固有値解析は、以下の「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて、「3.4 固有値解析結果」においてポンベ設備の固有周期を求める。

3.2 解析方法

3.2.1 高圧窒素ガスポンベ

- (1) ポンベラックを構成する鋼材をはり要素（形鋼等）としてモデル化した有限要素モデルによる固有値解析を実施する。
- (2) 拘束条件として、ポンベラックは、溶接により X, Y, Z の 3 方向を固定として設定する。
- (3) ポンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたポンベラックに、固定ボルト及び固定板にて固定され収納されている。
- (4) ポンベラックに収納・固定されるポンベ及び配管・弁等の機器重量は、各々組込む位置に相当する各質点に付加する。
- (5) 各ポンベからヘッダーへの連絡管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としており、地震時にはポンベとヘッダーの相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (6) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用する。なお、解析コードの検証、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。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.2.2 遠隔空気駆動弁操作ポンベ

- (1) ポンベラックを構成する鋼材をはり要素（形鋼等）としてモデル化した有限要素モデルによる固有値解析を実施する。
- (2) 拘束条件として、ポンベラックは、溶接により X, Y, Z の 3 方向を固定として設定する。
- (3) ポンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたポンベラックに、固定ボルト及び固定板にて固定され収納されている。ここで、ポンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (4) 各ポンベから配管への連絡管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはポンベと配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (5) 解析コードは、「NAPF」を使用する。なお、解析コードの検証、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。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.3 解析モデル及び諸元

(1) 高圧窒素ガスポンペ

高圧窒素ガスポンペは、ボンベラックにポンペを立て掛け、固定ボルト及び固定板で固定し、ボンベラックは、溶接により床及び壁に据え付ける。

ポンペは、固定ボルトにて切欠きを設けた固定板を締め込むことで、短辺方向、長辺方向及び上下方向に拘束している。

高圧窒素ガスポンペの解析モデルは、ボンベラックを構成する鋼材をはり要素として、以下のとおりモデル化した有限要素モデルである。

解析モデルを図 3-1 及び図 3-2 に、解析モデルの諸元を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

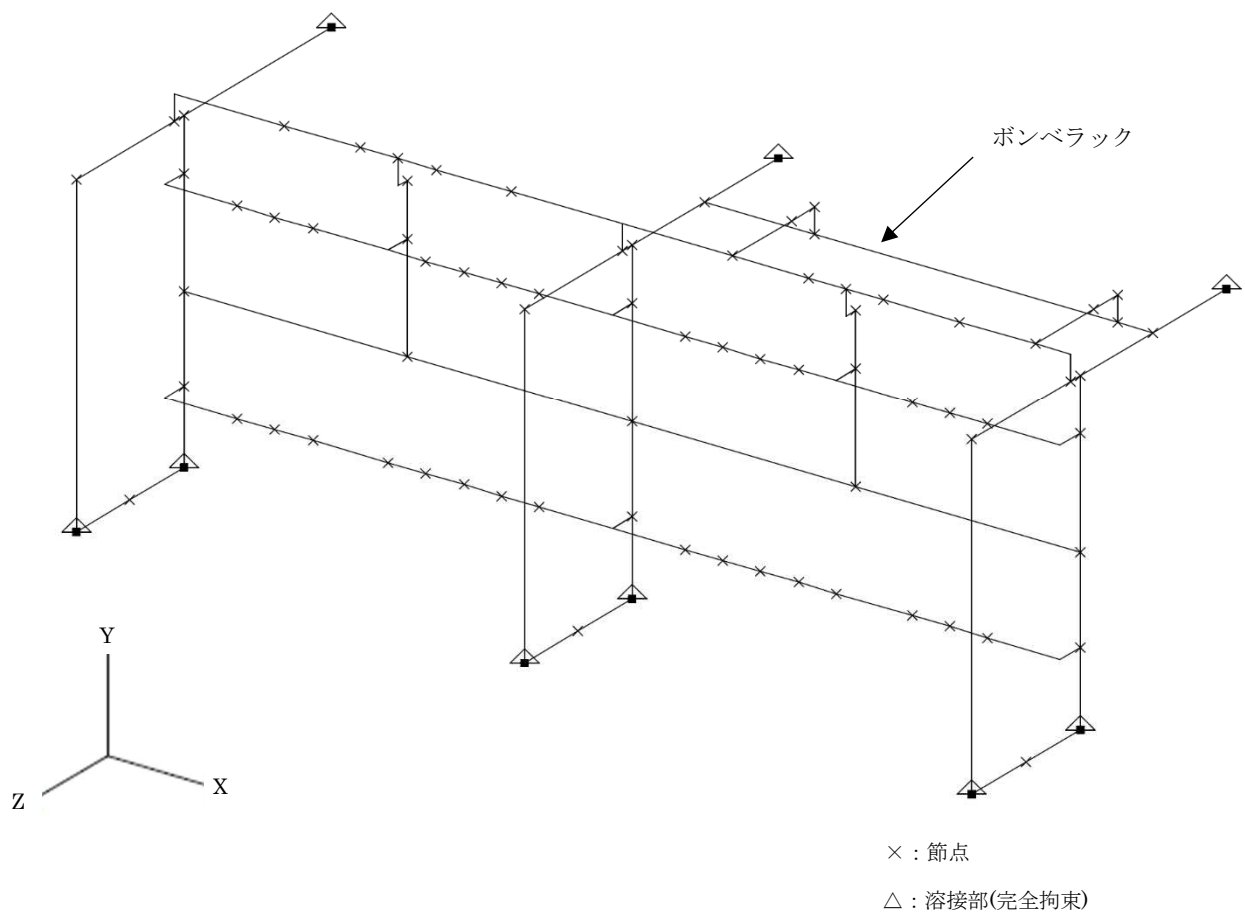


図 3-1 解析モデル (高圧窒素ガスボンベ (10 個組))

表 3-1 解析モデル (高圧窒素ガスボンベ (10 個組)) の諸元

項目	記号	単位	入力値
材料 (ボンベラック)	—	—	SS400 /STKR400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (ボンベラック)	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
質量	m	kg	1750
ボンベ数	—	本	10
要素数	—	個	100
節点数	—	個	85

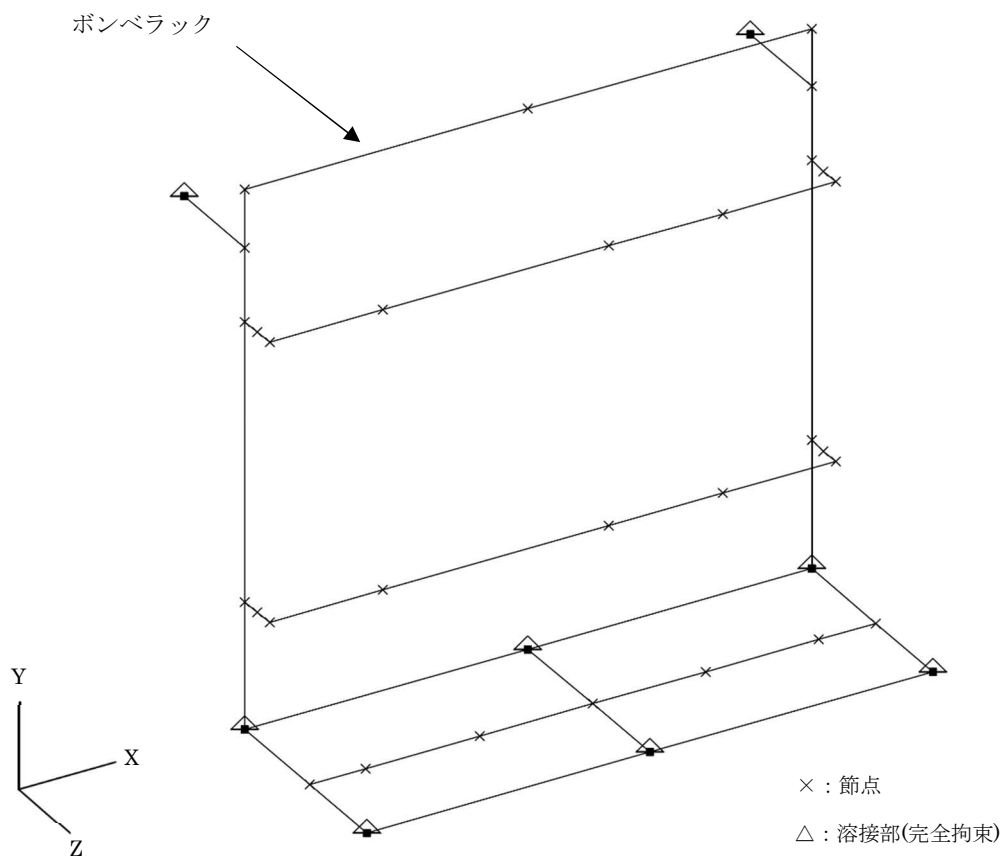


図 3-2 解析モデル (高圧窒素ガスポンペ (5 個組))

表 3-2 解析モデル (高圧窒素ガスポンペ (5 個組)) の諸元

項目	記号	単位	入力値
材料 (ボンベラック)	—	—	SS400 /STKR400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (ボンベラック)	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
質量	m	kg	620
ポンペ数	—	本	5
要素数	—	個	44
節点数	—	個	38

(2) 遠隔空気駆動弁操作ポンベ

遠隔空気駆動弁操作ポンベは、ポンベラックにポンベを立て掛け、固定ボルト及び固定板で固定し、ポンベラックは、溶接により床に据え付ける。

ポンベ背面の固定板は、ポンベラックに溶接で固定し、ポンベ背面の固定板とポンベ前面の固定板を固定ボルトで締結することにより、ポンベをポンベラック短辺方向に拘束している。ここで、ポンベラックには切欠きを設けているため、ポンベをポンベラック長辺方向に拘束している。また、ポンベ上部押さえにより、ポンベをポンベラック上下方向に拘束している。

遠隔空気駆動弁操作ポンベの解析モデルは、ポンベラックを構成する鋼材をはり要素として、以下のとおりモデル化した有限要素モデルである。

解析モデルを図 3-3 に、解析モデルの諸元を表 3-3 に示す。

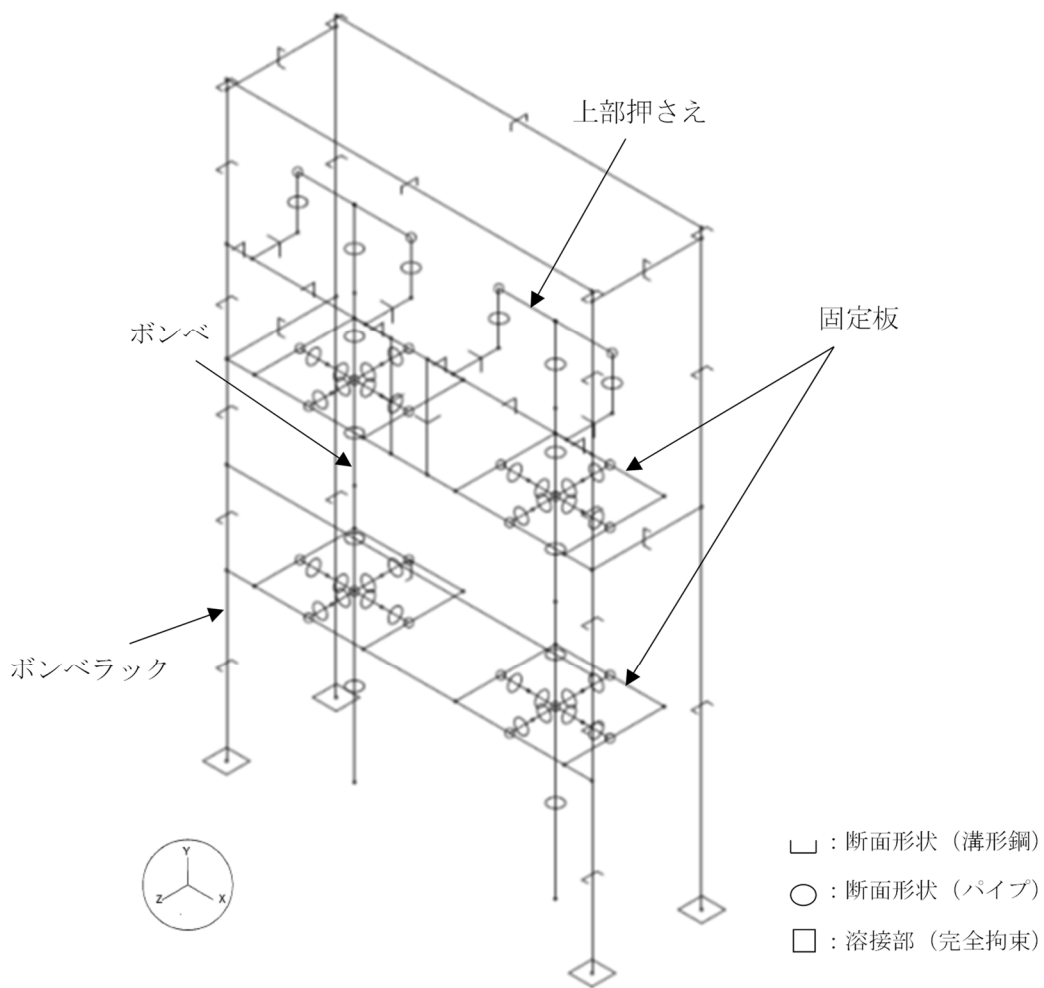


図 3-3 解析モデル (遠隔空気駆動弁操作ポンベ)

表 3-3 解析モデル (遠隔空気駆動弁操作ポンベ) の諸元

項目	記号	単位	入力値
材料 (ポンベ)	—	—	マンガン鋼
材料 (ポンベラック)	—	—	SS400
材料 (固定板)	—	—	SS400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (ポンベ)	E	MPa	2.01×10^5
縦弾性係数 (ポンベラック)	E	MPa	2.02×10^5
縦弾性係数 (固定板)	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
質量	m	kg	253
ポンベ数	—	本	2
要素数	—	個	127
節点数	—	個	100

3.4 固有値解析結果

ポンベ設備の固有値解析結果を表 3-4 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-4 固有値解析結果

設備名称	ポンベラック 支持構造	モード	卓越方向	固有周期(s)
高圧窒素ガスポンベ (10 個組)	溶接	1 次	鉛直	0.019
高圧窒素ガスポンベ (5 個組)	溶接	1 次	鉛直	0.022
遠隔空気駆動弁操作用ポンベ	溶接	1 次	水平	0.049

4. 構造強度評価

4.1 基本方針

ポンベ設備の構造強度評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、構造強度評価を実施する。

ポンベ設備の構造強度評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.4 許容限界」に示す許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

ポンベ設備の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価部位に従って設定する。評価部位を表 4-1 に示す。

表 4-1 ポンベ設備の評価部位

設備名称	ボンベラック 支持構造	評価部位	図
高圧窒素ガスポンベ	溶接	ボンベラック	図 2-1
		溶接部	図 2-2
遠隔空気駆動弁操作用ポンベ	溶接	ボンベラック	図 2-3
		溶接部	

4.3 荷重及び荷重の組合せ

ポンベ設備の構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 3-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

ポンベ設備の構造強度評価に用いる荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

設備名称	評価部位	荷重の組合せ
ポンベ設備	ボンベラック	D + S _s
	溶接部	

4.4 許容限界

ポンベ設備の許容限界は、「4.2 評価部位」にて設定した評価部位の破断延性限界を考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV_AS の許容応力とする。

評価部位の許容限界を表 4-3～表 4-4 に示す。

表 4-3 ボンベラックの許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			組合せ
ボンベラック	D + S _s	IV _A S	1.5 · f _t *

注記*1 : f_t*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中 S_y 及び S_y (R T) を 1.2 · S_y 及び 1.2 · S_y (R T) と読み替えて算出した値 (J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし、S_y 及び 0.7 · S_u のいずれか小さい方の値とする。

*2 : J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 4-4 溶接部の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			せん断
溶接部	D + S _s	IV _A S	1.5 · f _s *

注記*1 : f_s*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中 S_y 及び S_y (R T) を 1.2 · S_y 及び 1.2 · S_y (R T) と読み替えて算出した値 (J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし、S_y 及び 0.7 · S_u のいずれか小さい方の値とする。

*2 : J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

4.5 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-5～表 4-7 に示す。

表 4-5 設計用地震力（高压窒素ガスポンベ（10 個組））

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	基準地震動 S_s	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T. M. S. L. 31.7 (T. M. S. L. 38.2*)	0.019	1.62	1.20

注記*：基準床レベルを示す。

表 4-6 設計用地震力（高压窒素ガスポンベ（5 個組））

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	基準地震動 S_s	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T. M. S. L. 31.7 (T. M. S. L. 38.2*)	0.022	1.62	1.20

注記*：基準床レベルを示す。

表 4-7 設計用地震力（遠隔空気駆動弁操作用ポンベ）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	基準地震動 S_s	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T. M. S. L. 4.8 T. M. S. L. 18.1*	0.049	1.13	1.09

注記*：基準床レベルを示す。

4.6 評価方法

ポンベ設備の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(2) 構造強度評価」で設定した計算式に従って、評価部位の発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

(1) 評価に使用する記号及び計算モデルの説明

構造強度評価に使用する記号を表4-8に、計算モデル例を図4-1及び図4-2に示す。

表 4-8 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
σ_a	MPa	はり要素の軸応力
σ_b	MPa	はり要素の曲げ応力
τ	MPa	はり要素のせん断応力
σ	MPa	はり要素の組合せ応力
τ_w	MPa	溶接部に生じるせん断応力
S	N	溶接部に作用するせん断力
M_1	N・mm	R_1 軸廻りのモーメント
M_2	N・mm	R_2 軸廻りのモーメント
A_w	mm ²	溶接部の有効断面積
Z_w	mm ³	溶接部の断面係数
R_2	N	R_2 軸方向の発生力
R_3	N	R_3 軸方向の発生力

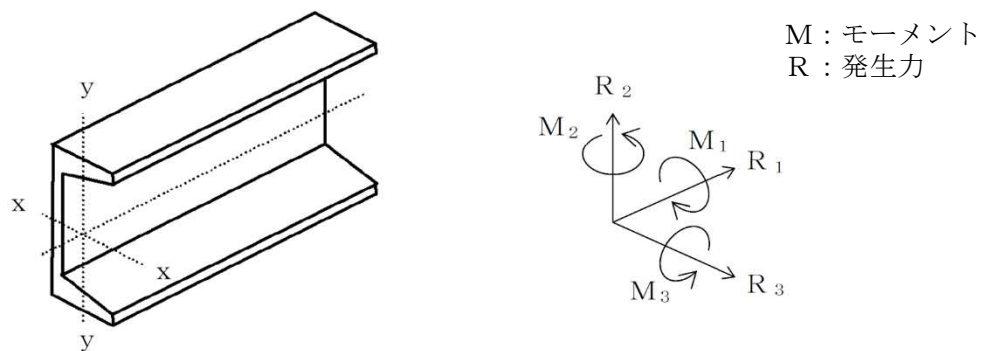


図 4-1 計算モデル例 (ボンベラック (はり要素))

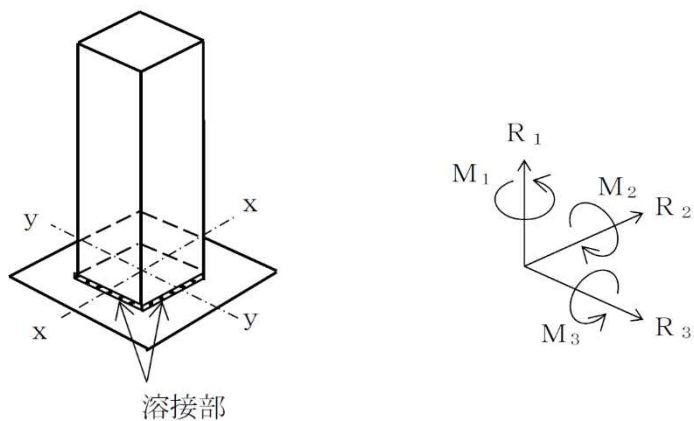


図 4-2 計算モデル例 (溶接部)

(a) 計算式

イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.1)$$

ロ. 溶接部

解析により得られた, 溶接部に作用するせん断力及び曲げモーメントから, 溶接部のせん断応力を以下のとおり計算する。

$$\tau_w = \frac{S}{A_w} + \frac{M_1}{Z_w} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで, せん断力 S は,

$$S = \sqrt{R_2^2 + R_3^2} \dots\dots\dots (4.3)$$

5. 波及的影響評価

5.1 基本方針

ポンベ設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

ポンベ設備の波及的影響評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.4 許容限界」に示す許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6. 評価条件

「4. 構造強度評価」及び「5. 波及的影響評価」に用いる評価条件を表 6-1～表 6-4 に示す。

表 6-1 高圧窒素ガスポンベ (10 個組) の評価条件

記号	単位	評価部位
		溶接部
S	N	6777
M ₁	N・mm	56370
A _w	mm ²	1273
Z _w	mm ³	47820

表 6-2 高圧窒素ガスポンベ (5 個組) の評価条件

記号	単位	評価部位
		溶接部
S	N	2771
M ₁	N・mm	154200
A _w	mm ²	1096
Z _w	mm ³	45390

表 6-3 遠隔空気駆動弁操作ポンベの評価条件

記号	単位	評価部位
		溶接部
S	N	322
M ₂	N・mm	31040
A _w	mm ²	524
Z _w	mm ³	5440

表 6-4 使用材料の許容応力評価条件

設備名称	ボンベラック 支持構造	評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
高圧窒素ガスボンベ (10 個組)	溶接	ボンベラック	STKR400	周囲環境温度	40	245	400
		溶接部	SS400 (16 < t ≤ 40)	周囲環境温度	40	235	400
			STKR400	周囲環境温度	40	245	400
高圧窒素ガスボンベ (5 個組)	溶接	ボンベラック	SS400 (t ≤ 16)	周囲環境温度	40	245	400
		溶接部	SS400 (16 < t ≤ 40)	周囲環境温度	40	235	400
			STKR400	周囲環境温度	40	245	400
遠隔空気駆動弁操作ボンベ	溶接	ボンベラック	SS400 (t ≤ 16)	周囲環境温度	40	245	400
		溶接部	SS400 (t ≤ 16)	周囲環境温度	40	245	400

7. 評価結果

ポンベ設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

構造強度評価及び波及的影響評価の結果、発生値は許容応力を満足しており、基準地震動 S_s による地震力に対して評価部位の健全性が維持されるとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より、ポンベ設備は地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を維持するとともに当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

7.1 構造強度評価結果

ポンベ設備の構造強度評価結果を表 7-1 に示す。

また、ボンベラックの最大応力発生箇所を図 7-1～図 7-3 に示す。

7.2 波及的影響評価結果

ポンベ設備の波及的影響評価結果を表 7-1 に示す。

表 7-1 構造強度評価及び波及的影響評価結果

(単位：MPa)

設備名称	ボンベラック 支持構造	評価部位	応力分類	発生値	許容応力	評価 結果
高圧窒素ガスボ ンベ (10個組)	溶接	ボンベラック	組合せ	38	280	○
		溶接部	せん断	7	161	○
高圧窒素ガスボ ンベ (5個組)	溶接	ボンベラック	組合せ	46	280	○
		溶接部	せん断	6	161	○
遠隔空気駆動弁操 作用ボンベ	溶接	ボンベラック	組合せ	142	280	○
		溶接部	せん断	7	161	○

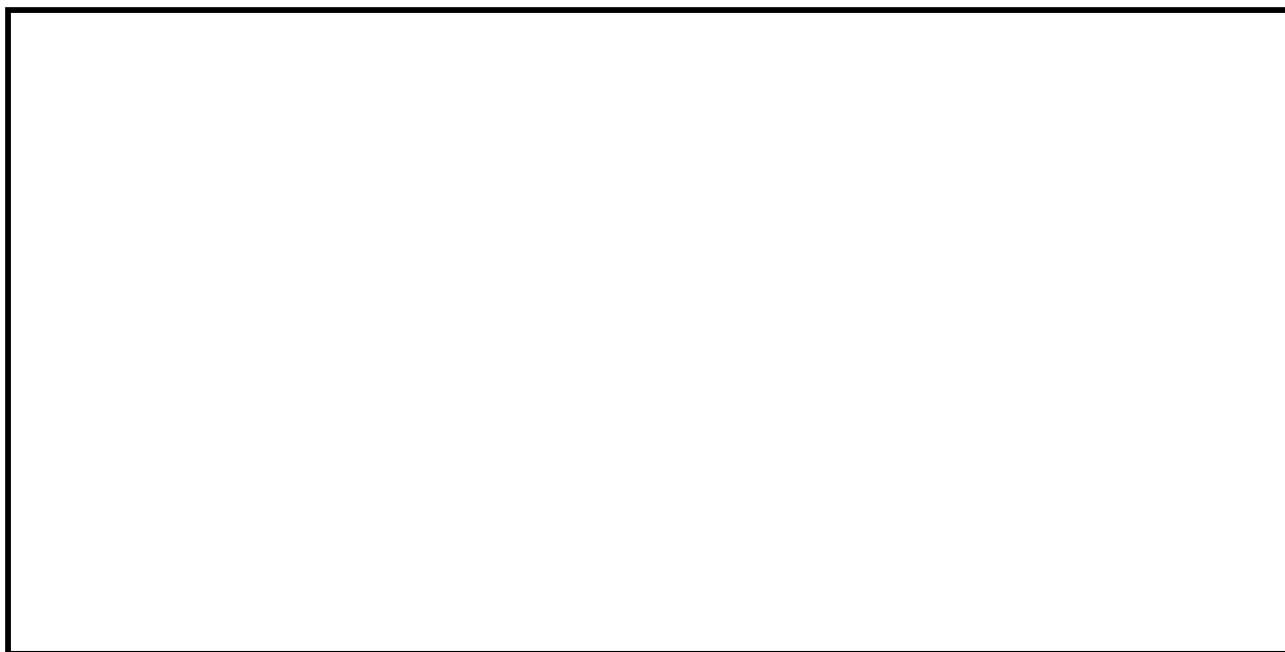


図7-1 高圧窒素ガスポンベ（10個組）の最大応力発生箇所



図7-2 高圧窒素ガスポンベ（5個組）の最大応力発生箇所

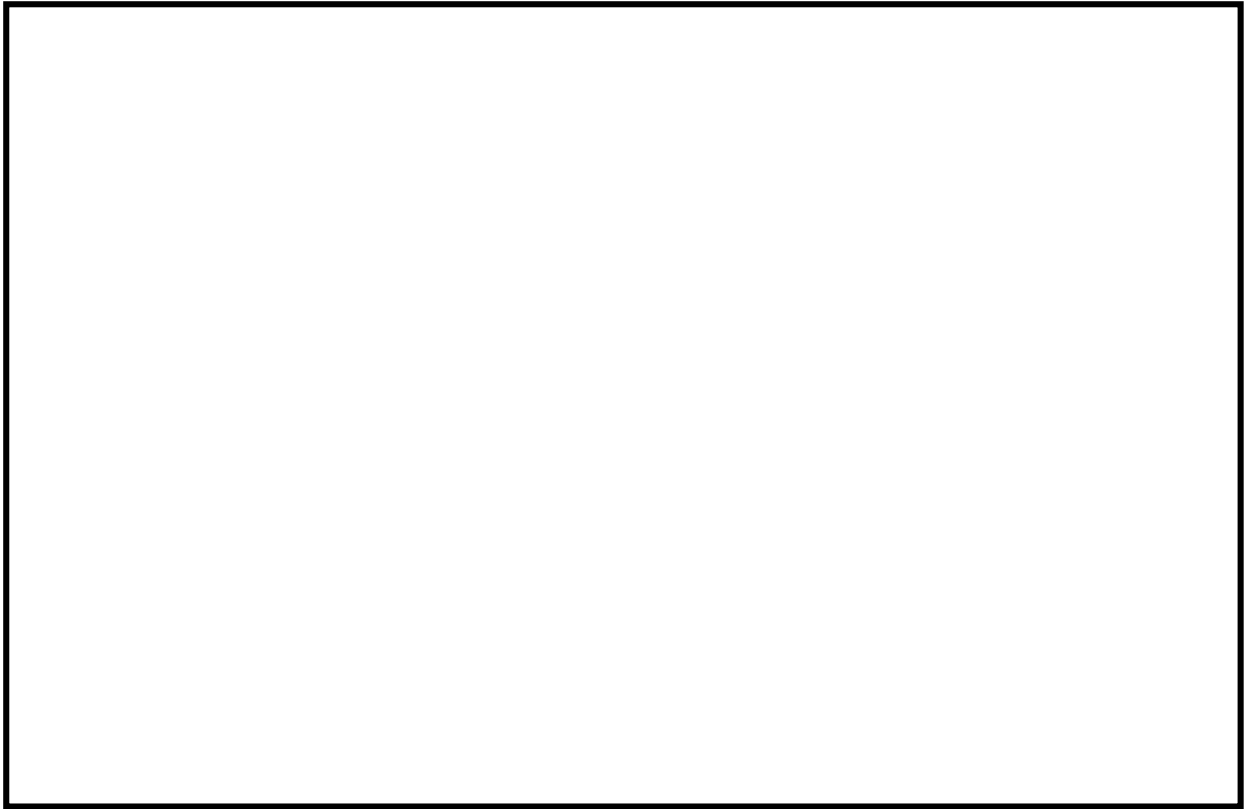


図 7-3 遠隔空気駆動弁操作ポンベの最大応力発生箇所

VI-2-別添 3-5 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の
耐震計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 配置	1
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	8
3. 加振試験	9
3.1 基本方針	9
3.2 入力地震動	9
3.3 試験方法	9
3.4 試験結果	9
4. 転倒評価	11
4.1 基本方針	11
4.2 評価部位	11
4.3 許容限界	11
4.4 評価方法	11
5. 機能維持評価	12
5.1 基本方針	12
5.2 評価部位	12
5.3 許容限界	12
5.4 評価方法	12
6. 波及の影響評価	14
6.1 基本方針	14
6.2 評価部位	14
6.3 許容限界	14
6.4 評価方法	14
7. 評価条件	15
7.1 転倒評価	15
7.2 機能維持評価	15
7.3 波及の影響評価	15
8. 評価結果	16
8.1 転倒評価	16
8.2 機能維持評価	16
8.3 波及の影響評価	16

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添 3-1」という。）に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な機能維持を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、加振試験、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価により行う。なお、加振試験結果に基づき行う転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価により、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材に該当する基礎ボルト等が支持機能を喪失しないことを確認する。

7号機設備、6,7号機共用の可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 3-5「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」による。

2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、その他設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 配置

その他設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、表 2-1 に示す保管場所に保管する。

表 2-1 設備リスト

設備名称	保管場所	保管状態
可搬型計測器	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	収納箱拘束保管
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	本体拘束保管
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	収納箱拘束保管
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7号機共用）	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	収納箱拘束保管

2.2 構造概要

その他設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す収納箱拘束保管及び本体拘束保管の構造計画としており、その他設備の代表の構造計画を表 2-2 及び表 2-3 に、保管状態図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

表2-2 その他設備の構造計画（収納箱拘束保管）

設備名称	計画の概要 (可搬型計測器の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬型計測器*	可搬型計測器及びこれを収納する収納箱で構成する。	可搬型計測器を収納した収納箱は、床に基礎ボルトで固定する。	図2-1

注記*：その他の設備は、表2-1参照。

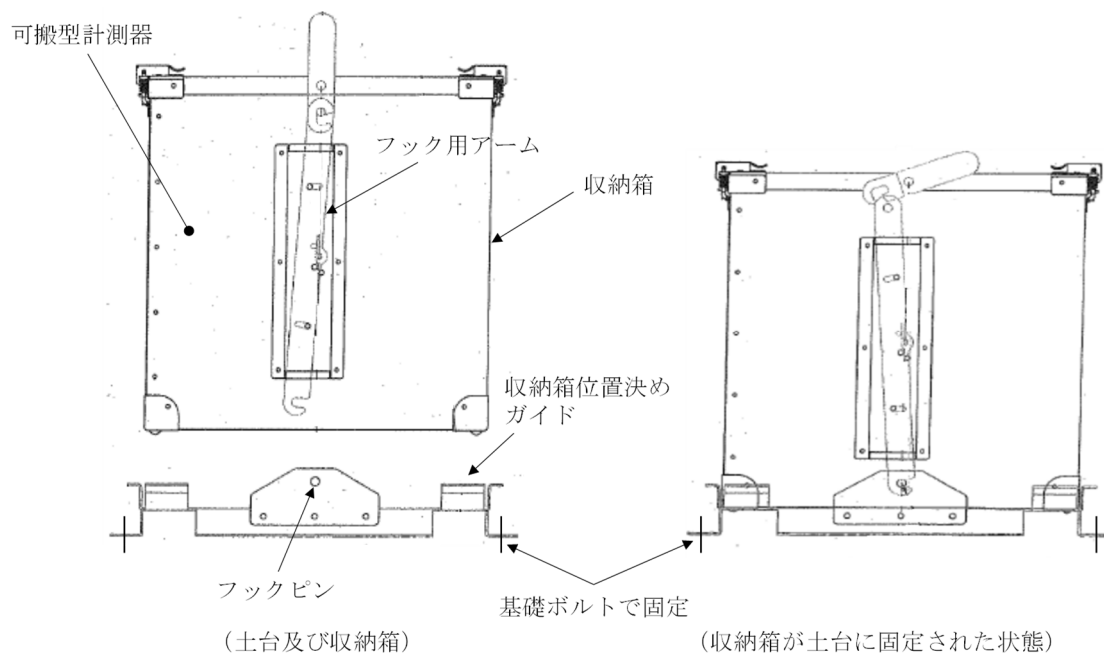


図2-1 可搬型計測器の保管状態図

表2-3 その他設備の構造計画（本体拘束保管）

設備名称	計画の概要 (逃がし安全弁用可搬型蓄電池の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	逃がし安全弁用可搬型蓄電池で構成する。	逃がし安全弁用可搬型蓄電池は、床に基礎ボルトで固定する。	図2-2

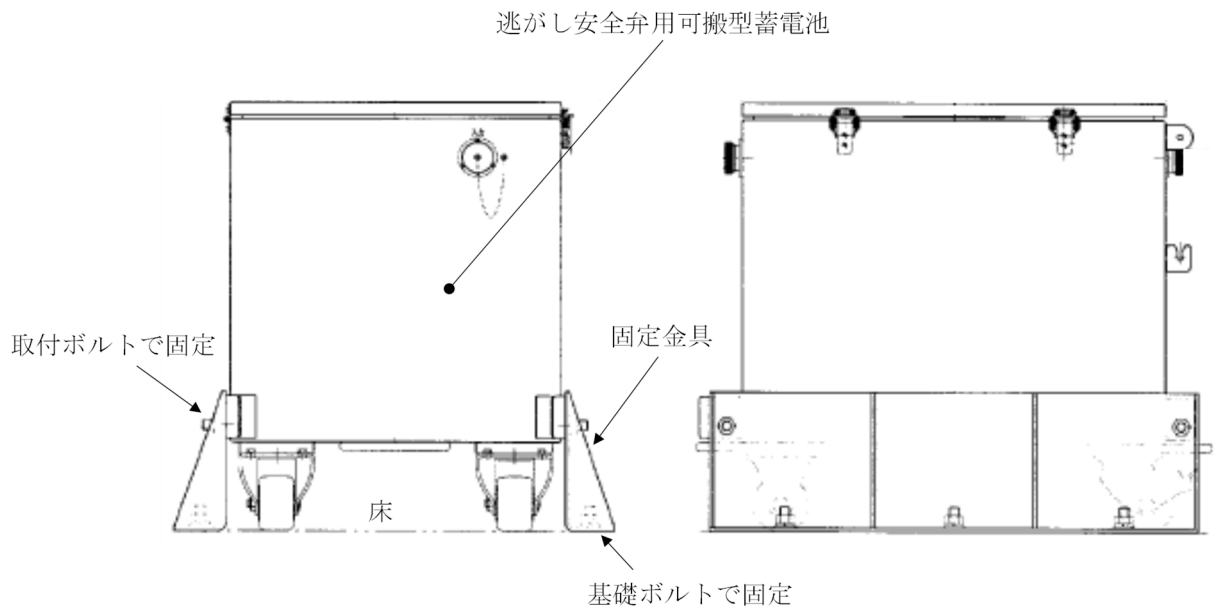


図2-2 逃がし安全弁用可搬型蓄電池の保管状態図

2.3 評価方針

その他設備の評価方針を以下に示し、評価方法の一覧を表 2-4 に、耐震評価フローを図 2-3 に示す。

(1) 転倒評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(2) その他設備」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、試験後に転倒していないことを確認し、保管場所における設置床の最大応答加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

(2) 機能維持評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(2) その他設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電氣的機能並びに支持機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「5. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、保管場所における設置床の最大応答加速度と、試験後に計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

(3) 波及的影響評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(2) その他設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、保管場所における設置床の最大応答加速度と、基礎ボルト等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

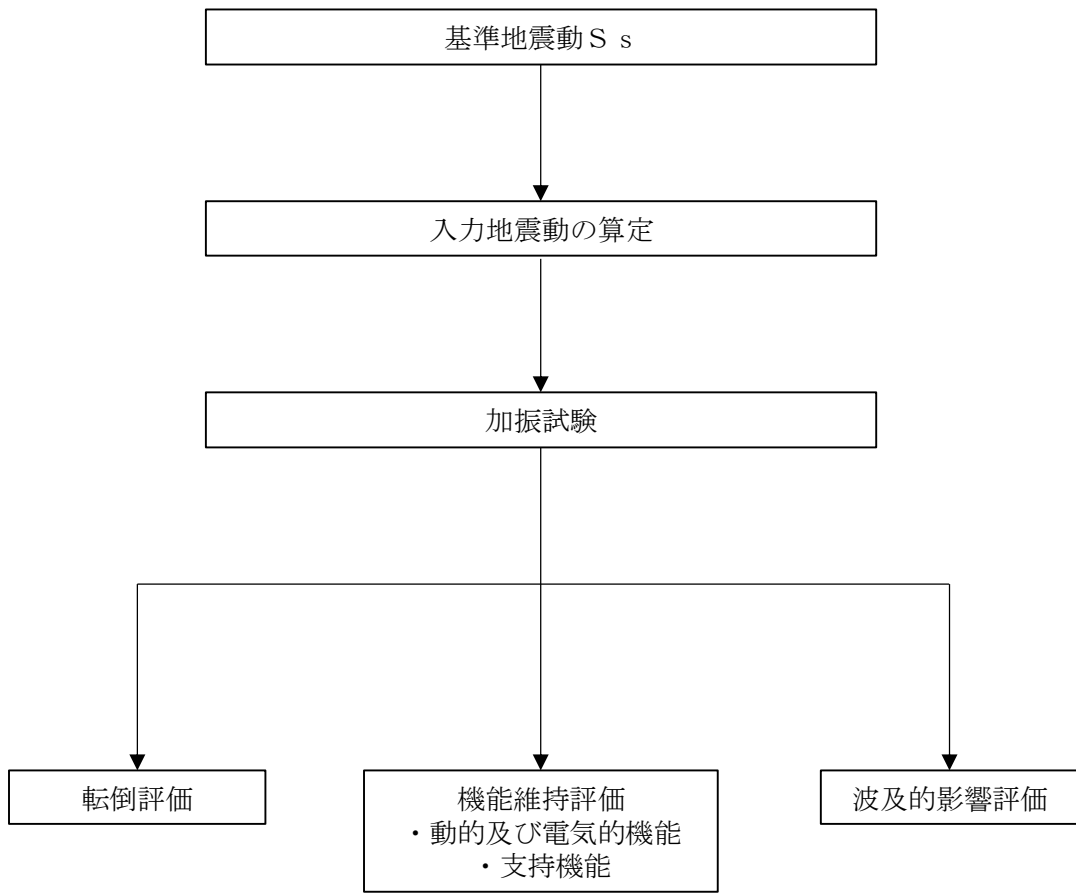


図 2-3 その他設備の耐震評価フロー

表 2-4 その他設備の評価方法

設備名称	保管状態	転倒評価	機能維持評価	波及的影響評価	加振方向
可搬型計測器	収納箱拘束保管	加振試験	加振試験	加振試験	「水平（前後方向）＋鉛直」及び 「水平（左右方向）＋鉛直」
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	本体拘束保管	加振試験	加振試験	加振試験	「水平（前後方向）＋鉛直」及び 「水平（左右方向）＋鉛直」
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	収納箱拘束保管	加振試験	加振試験	加振試験	「水平（前後方向）＋鉛直」及び 「水平（左右方向）＋鉛直」
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6,7号機共用）	収納箱拘束保管	加振試験	加振試験	加振試験	「水平（前後方向）＋水平（左右方向）＋鉛直」

2.4 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。

- (1) 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)
- (2) 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)

3. 加振試験

3.1 基本方針

別添 3-1 の「4.2(1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。
加振試験は、以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.3 試験方法」に示す方法により、「4. 転倒評価」、「5. 機能維持評価」及び「6. 波及的影響評価」に用いる加振台の最大加速度を求める。

3.2 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線をおおむね上回るよう作成したランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、全ての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有周期帯において上回り、かつ周期全体としておおむね上回るように設定する。

3.3 試験方法

その他設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い基礎ボルト等が健全であり加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度を確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

- ・加振波：「3.2 入力地震動」にて設定したランダム波
- ・加振方向：「水平（前後方向）＋鉛直」及び「水平（左右方向）＋鉛直」又は「水平（前後方向）＋水平（左右方向）＋鉛直」

加振波の最大加速度と加振台の制限加速度の関係上、2軸加振及び3軸加振の使い分けを行うこととし、各対象設備の加振方向については、表 2-4 に示す。

3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 加振試験結果

設備名称	保管場所	保管状態	転倒の有無	加振台の最大加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
				水平	鉛直
可搬型計測器	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	収納箱拘束保管	無	2. 15	1. 43
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	本体拘束保管	無	2. 15	1. 43
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	収納箱拘束保管	無	2. 15	1. 43
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機) (6, 7 号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	収納箱拘束保管	無	1. 98	1. 37

4. 転倒評価

4.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位が、「4.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

転倒評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、地震後に転倒していないことが要求されるその他設備全体とする。

4.3 許容限界

許容限界は、「4.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により基礎ボルト等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

4.4 評価方法

その他設備の転倒評価は、別添 3-1 の「4.2(2) 転倒評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

5. 機能維持評価

5.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価部位

機能維持評価の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて、地震後に計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びに基礎ボルト等の支持機能を維持できることが要求される機器全体とする。

5.3 許容限界

許容限界は、「5.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

その他設備の機能維持評価は、別添 3-1 の「4.2(3) 機能維持評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、表 5-1 に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

表 5-1 その他設備の機能維持確認項目

設備名称	機能維持確認項目
可搬型計測器	電力供給ができ、出力を計測できること
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	主蒸気逃がし安全弁用電磁弁への給電が可能なこと
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	発信・着信ができ通話が可能なこと
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7 号機共用）	

6. 波及的影響評価

6.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位が、「6.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価部位

波及的影響評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、その他設備全体とする。

6.3 許容限界

許容限界は、「6.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により基礎ボルト等の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

6.4 評価方法

その他設備の波及的影響評価は、別添 3-1 の「4.2(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて基礎ボルト等の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

7. 評価条件

7.1 転倒評価

その他設備の転倒評価は、「4. 転倒評価」に示す評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により基礎ボルト等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、転倒しないことを確認するために個別に設定する評価条件はない。

比較対象となる保管場所における設置床の最大応答加速度は、評価結果と併せて表 8-1 に示す。

7.2 機能維持評価

その他設備の機能維持評価は、「5. 機能維持評価」に示す評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びに基礎ボルト等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、機能維持を確認するために個別に設定する評価条件はない。

比較対象となる保管場所における設置床の最大応答加速度は、評価結果と併せて表 8-1 に示す。

7.3 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す評価方法に従い、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により基礎ボルト等の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、波及的影響を確認するために個別に設定する評価条件はない。

比較対象となる保管場所における設置床の最大応答加速度は、評価結果と併せて表 8-1 に示す。

8. 評価結果

その他設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

転倒評価の結果、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であり、転倒しないことを確認した。また、加振試験後に基礎ボルト等が健全であることを確認した。

機能維持評価の結果、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であり、基準地震動 S_s による地震力に対し、機能が維持されることを確認した。

波及的影響評価の結果、保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験により基礎ボルト等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であり、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より、その他設備は地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を維持するとともに波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

8.1 転倒評価

その他設備の転倒評価結果を表 8-1 に示す。

8.2 機能維持評価

その他設備の機能維持評価結果を表 8-1 に示す。

8.3 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価結果を表 8-1 に示す。

表 8-1 転倒評価, 機能維持評価及び波及的影響評価結果

(×9.8m/s²)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度* ¹	加振台の 最大加速度* ²	転倒 評価結果	機能維持 評価結果* ³	波及的影響 評価結果
可搬型計測器	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	水平	1. 37	2. 15	○	○	○
		鉛直	0. 93	1. 43	○	○	○
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	水平	0. 84	2. 15	○	○	○
		鉛直	0. 84	1. 43	○	○	○
携帯型音声呼出電話設備 (携 帯型音声呼出電話機)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	水平	1. 37	2. 15	○	○	○
		鉛直	0. 93	1. 43	○	○	○
携帯型音声呼出電話設備 (携 帯型音声呼出電話機) (6, 7号 機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	水平	1. 08	1. 98	○	○	○
		鉛直	0. 94	1. 37	○	○	○

注記*1 : 地震応答解析により求めた設置床の最大応答加速度。

*2 : 加振試験により計測された加振台の最大加速度。

*3 : 加振試験後の動的及び電氣的機能並びに支持機能の確認を含む。

VI-2-別添 3-6 可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向
地震力の組合せに関する影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価方法	1
4. 評価結果	3
4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	3
4.2 建物・構築物及び屋外重要土木建造物の検討による機器・配管系への 影響の検討結果	4
4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
4.4 まとめ	4

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対する機能を保持できることを確認した可搬型重大事故等対処設備に対し、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる地震力が与える影響について説明するものである。なお、耐震設計上の重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 2 において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を要求されていないが、確認を行うものである。

7 号機設備、6, 7 号機共用の可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる地震力が与える影響に関する説明は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の設計及び工事の計画の V-2-別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」による。

2. 基本方針

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針を踏まえて、可搬型重大事故等対処設備としての構造上及び保管方法の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

3. 評価方法

VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを評価対象設備として抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

影響評価フローを図 3-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

可搬型重大事故等対処設備のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。(図 3-1①)

(2) 構造上及び保管方法の特徴による抽出

可搬型重大事故等対処設備としての構造上及び保管方法の特徴から、水平 2 方向の地震力が重畳する観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上及び保管方法の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が 1 割程度以下となる設備を分類しているが、水平 1 方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が 1.1 未満の設備については、個別に検討を行うこととする。(図 3-1②)

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。(図3-1③)

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。(図3-1④)

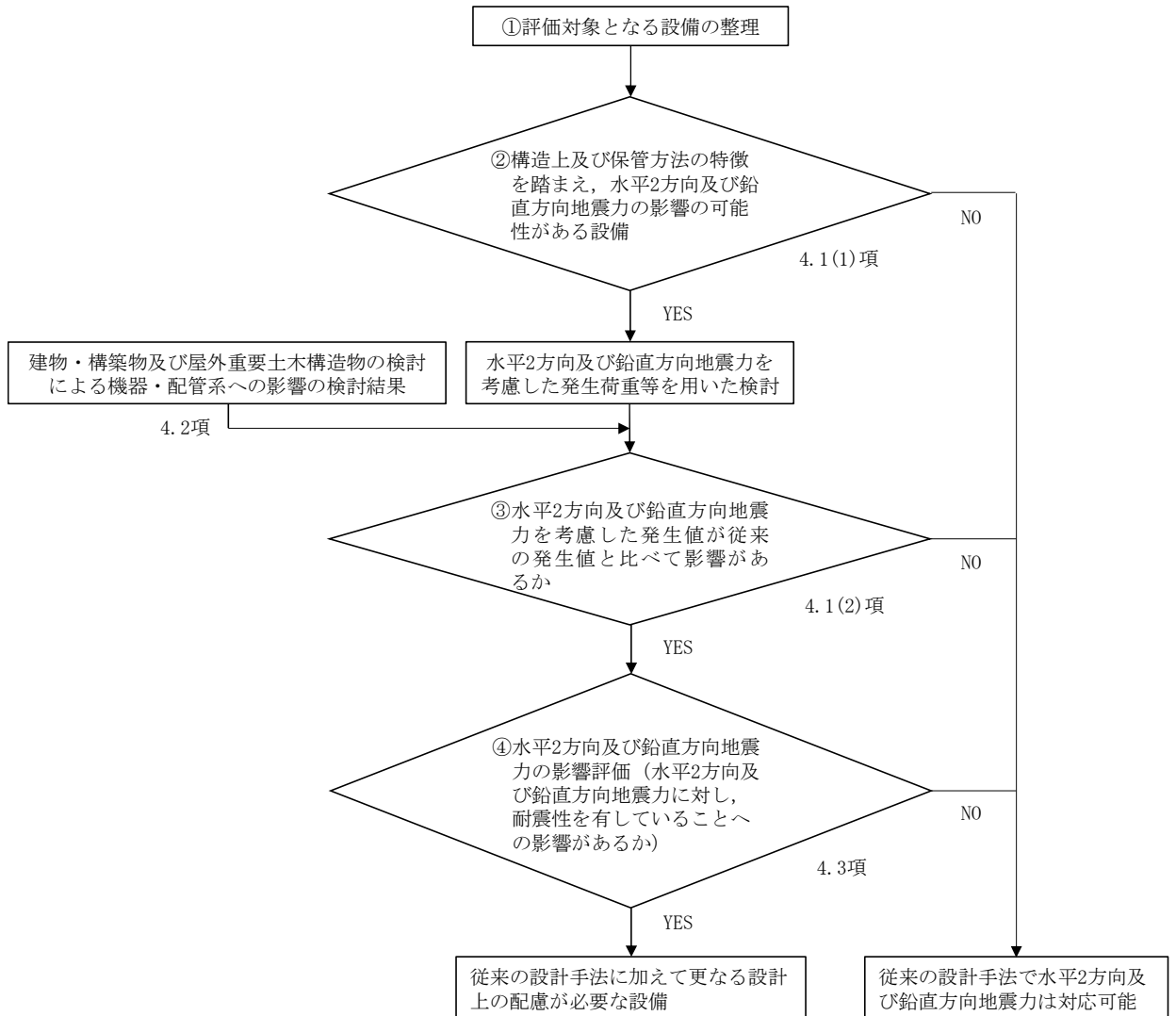


図3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

4. 評価結果

4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を表4-1に示す。VI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の「3.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位及び応力分類に対し、構造上及び保管方法の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出した。抽出結果を表4-2に示す。

なお、評価対象設備の抽出に当たって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

a. 構造強度評価対象設備

構造強度評価対象設備において、耐震性への影響が軽微と分類した設備はなし。

b. 機能維持評価対象設備

(a) 収納箱

収納箱に保管している設備は、収納箱内で緩衝材によって保護されており、X、Yの2方向入力に対して、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向の入力の影響は軽微である。

(b) その他

水平2方向及び鉛直方向地震力を同時に入力した加振試験結果に基づき機能維持評価を行い、健全性を確認していることから、水平2方向入力の影響は考慮済みである。

(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)にて影響の可能性がある設備について、水平 2 方向の地震力が各方向 1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を表 4-2 に示す。

なお、評価対象設備の抽出に当たって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

a. 構造強度評価対象設備

(a) ボンベ設備

ボンベ設備は、矩形構造の架構設備であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

b. 機能維持評価対象設備

(a) その他設備（本体拘束保管）

その他設備（本体拘束保管）は、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

4.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討において、可搬型重大事故等対処設備への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

4.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表 4-2 において、水平 2 方向の地震力による影響の可能性があると抽出された設備はないため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を行う設備はない。

4.4 まとめ

可搬型重大事故等対処設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来の設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、設備が有する耐震性に影響のないことを確認したため、従来の設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表 4-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備

別添番号	設備名称	構造強度 評価	機能維持 評価	部位*
別添 3-4	高圧窒素ガスボンベ	○	—	各部位
	遠隔空気駆動弁操作用ボンベ	○	—	各部位
別添 3-5	可搬型計測器	—	○	各部位
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	—	○	各部位
	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	—	○	各部位
	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7 号機共用）	—	○	各部位

注記*：部位については、別添 3-4 及び別添 3-5 に示す耐震評価部位のとおり。

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（1/3）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
高圧窒素ガスポンベ	○	△	4.1 項(2)a. 「(a) ポンベ設備」の理由（ポンベ設備は、矩形構造の架構設備であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。
遠隔空気駆動弁操作ポンベ	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（2/3）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

(2) 機能維持評価（1/2）

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力 に対する水平 2 方向及び鉛直 方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
可搬型計測器	△	—	4.1 項(1)b. 「(a) 収納箱」の理由（収納箱に保管している設備は、収納箱内で緩衝材によって保護されており、X, Y の 2 方向入力に対して、応答増加は生じないものと考えられることから、水平 2 方向の入力の影響は軽微である。）による。
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	△	—	
携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7 号機共用）	△	—	4.1 項(1)b. 「(b) その他」の理由（水平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に入力した加振試験結果に基づき機能維持評価を行い、健全性を確認していることから、水平 2 方向入力の影響は考慮済みである。）による。

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（3/3）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

(2) 機能維持評価 (2/2)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	○	△	4.1 項(2)b. 「(a) その他設備（本体拘束保管）」の理由（その他設備（本体拘束保管）は、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。

VI-2-別添 4 地震荷重と風荷重の組合せの影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価方針	1
3.1 組み合わせる風速の条件について	1
3.2 対象となる施設の選定について	1
4. 評価結果	3
4.1 評価結果について	3
4.2 まとめ	4

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す自然現象に関する組合せの方針を踏まえて、屋外に設置されており風の影響を受けやすいと考えられる施設に対する地震荷重と風荷重を組み合わせた場合の影響について説明するものである。なお、自然現象の組合せは、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に示すとおり、地震荷重と積雪荷重を組み合わせることとしている。しかしながら、一部の施設においては、形状等により積雪荷重を考慮していないことから、これらの施設について、地震荷重と風荷重を組み合わせた場合の影響について確認を行うものである。

2. 基本方針

地震荷重と風荷重の組合せの影響評価は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.1 構造強度」を踏まえて、屋外に設置されており風の影響を受けやすいと考えられる施設を対象とする。その上で積雪荷重が生じにくい形状の施設、又は除雪等の緩和措置に期待できる施設として、従荷重にあたる年超過確率 10^{-2} /年規模の積雪荷重の組合せを考慮していない施設を選定し、これらの施設が主荷重として想定する地震とその際に生じうる外部事象に対し一定の裕度を有していることを確認するため、従荷重として適切と考えられる風速による風荷重を組み合わせた場合の影響を確認する。

3. 評価方針

3.1 組み合わせる風速の条件について

柏崎刈羽原子力発電所の設計基準風速は、保守的な値となるよう、新潟県各地の観測記録を比較し、その中でも大きい風速が観測される傾向がある新潟市の観測記録に基づき定めているが、地震荷重と組み合わせる風速については、柏崎市の観測記録の既往最大である 16m/s（10 分間平均値，地上高 10m）を用いる。また、風荷重の算出においては、建築基準法及び建設省告示に基づき、高さに応じたガスト影響係数を乗じることで、突発的な風荷重についても考慮することとする。

3.2 対象となる施設の選定について

地震荷重と風荷重を組み合わせる対象施設の選定フローを図 3-1 に示す。

選定された対象施設のうち以下の観点で特に風の影響を受けやすいと考えられるものについて影響評価を行う。

- a. 積雪荷重を考慮せず、風の影響が大きくなる可能性のある鉄骨造施設
 - b. その他、屋外で風の影響を受けると推定される施設
- 特に風の影響を受けやすいと推定される施設を表 3-1 に示す。

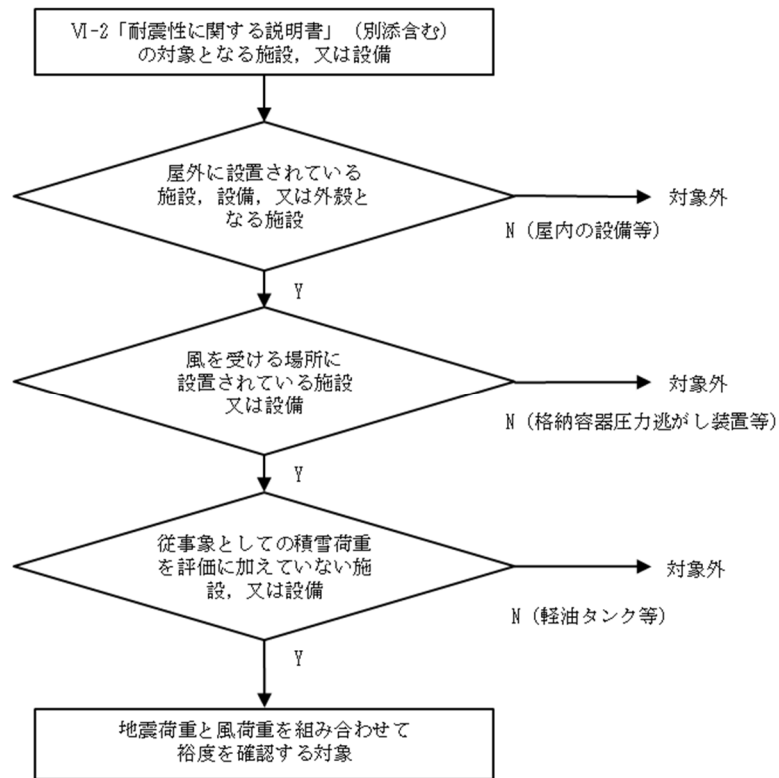


図 3-1 地震荷重と風荷重を組み合わせる対象施設の選定フロー

表 3-1 対象施設のうち、特に風の影響を受けやすいと推定される施設

施設	観点
主排気筒	a
火災感知器 (熱感知カメラ)	b
衛星無線通信装置用アンテナ*	b
第一ガスタービン発電機 (発電機車, 制御車) *	b

注記* : 衛星無線通信装置用アンテナ, 第一ガスタービン発電機 (発電機車, 制御車) に関する説明は, 令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画の V-2-別添 4 「地震荷重と風荷重の組合せの影響評価結果」による。

4. 評価結果

4.1 評価結果について

(1) 主排気筒

対象とした施設のうち、主排気筒については、主排気筒のモデル化における保守性を、実状に合わせた解析モデルへと見直すことで、基準地震動 S_s 及び風荷重 (16m/s) の組合せを考慮した場合であっても、すべての部材において、検定値が 1.0 を下回っていることより、許容限界を超えないことを確認した。主要部材の確認結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 主排気筒における基準地震動 S_s 及び風速 16m/s を重畳させた場合の影響確認結果

ケース	最大検定値 (断面算定結果)			
	主柱材	斜材	水平材	筒身
Ss-1 (基本ケース)	0.60	0.73	0.19	0.80
Ss-2 (回転ばね低減ケース)	0.95	0.70	0.27	0.87

(2) 機器・配管系の設備

機器・配管系の設備については、以下の方法のうち、適切な手段を選択し確認を行う。

方法①：耐震計算書の最小裕度部材について、地震荷重と風荷重を組み合わせた評価を行う。

方法②：「耐震計算書 (地震荷重) の評価結果 (裕度)」と「地震荷重と風荷重の比」の比較を行う。

方法③：「加振試験における設計用床応答曲線に対する加振波の床応答曲線の裕度」と「風荷重」の比較を行う。

表 4-2 に示すとおり、機器・配管系の設備も地震荷重に加え 16m/s の風荷重を考慮しても、裕度の範囲に含まれることを確認した。

表 4-2 地震荷重と風荷重を組み合わせた際の裕度の確認結果

工認図書番号	施設	確認方法	基準地震動 S_s の評価			基準地震動 S_s + 風荷重 (16m/s) の評価			確認結果
			評価値	判定値	裕度	評価値	判定値	裕度	
VI-2-別添 1-2	火災感知器 (熱感知カメラ)	①	29 MPa	154 MPa	5.3	35 MPa	154 MPa	4.4	現設計の裕度に包絡されることを確認

4.2 まとめ

地震を主荷重とし風を従荷重とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理しているが、地震とその他自然現象の組合せのうち、積雪荷重の影響を受けにくい施設について、設計の裕度を確認するため柏崎市の観測記録の既往最大である 16m/s の風荷重と地震荷重を組み合わせた確認の方針を検討し評価を行った。その結果、評価を行ったいずれの施設においても、一定の裕度を有していることを確認した。

計算機プログラム（解析コード）の概要

目 次

1. はじめに	1
別紙1 MakeFRS	2
別紙2 Seismic Analysis System (SAS)	5
別紙3 VIANA	8
別紙4 NOVAK	11
別紙5 SHAKE	14
別紙6 ADMITHF	27
別紙7 NUPP4	30
別紙8 TDAPⅢ	37
別紙9 MSC NASTRAN	42
別紙10 KSHAKE	64
別紙11 Soil Plus	67
別紙12 FLIP	70
別紙13 SLOK	73
別紙14 NuPIAS	75
別紙15 KANSAS2	80
別紙16 FRAME	83
別紙17 NAPISOS	86
別紙18 SHAKE	89
別紙19 FURST	92
別紙20 PRIME	95
別紙21 ANSYS	98
別紙22 ASHSD	103
別紙23 STAX	106
別紙24 PIPE	110
別紙25 ASHSD2	113
別紙26 ABAQUS	115
別紙27 NX NASTRAN	122
別紙28 SOLVER	129
別紙29 MSAP (配管)	132
別紙30 ISAP	136
別紙31 f a p p a s e	140
別紙32 SAP-Ⅳ	143

別紙 33	S A P - V	.....	146
別紙 34	K S A P	.....	148
別紙 37	E n g i n e e r ' s S t u d i o	.....	151
別紙 38	S u p e r B u i l d / S S 3	.....	154
別紙 39	N A P F	.....	156
別紙 40	H I S A P	.....	159
別紙 41	N S A F E	.....	162

1. はじめに

本資料は、添付書類VI-2「耐震性に関する説明書」において使用した計算機プログラム（解析コード）について説明するものである。

「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードの使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

別紙1 MakeFRS

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-1-7	設計用床応答曲線の作成方針	Ver. 1.0.0.2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	M a k e F R S
使用目的	設計用床応答曲線の作成
開発機関	東電設計株式会社, 川崎重工業株式会社
開発時期	2014 年
使用したバージョン	Ver. 1. 0. 0. 2
コードの概要	<p>本解析コードは、耐震設計に使用する設計用床応答曲線を作成することを目的としており、加速度応答時刻歴から応答スペクトルを計算する機能、複数の応答スペクトルの包絡値を求める機能、応答スペクトルの拡幅を行う機能を有する。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・別解析コードMSC NASTRANによる応答スペクトルと本解析コードで作成した応答スペクトルを比較し、一致していることを確認している。 ・拡幅機能については、手計算により±10%拡幅した算出値と、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認している。 ・包絡機能については、手計算により包絡した応答スペクトルと、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されている

	<p>ものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で使用する機能は応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期ごとに算定し、別解析コードMSC NASTRANと本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。 ・設計用床応答曲線を作成する際、入力とする加速度応答時刻歴の時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。 ・周期軸方向の拡幅率（±10%）、加速度応答時刻歴の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1 -1987に従っており、妥当性に問題ない。 ・今回の設計及び工事計画認可申請における応答スペクトル、加速度応答時刻歴に対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

別紙2 Seismic Analysis System (SAS)

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-1-7	設計用床応答曲線の作成方針	Ver.6.1.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S e i s m i c A n a l y s i s S y s t e m (S A S)
使用目的	設計用床応答曲線の作成
開発機関	日立GEニュークリア・エナジー株式会社
開発時期	2009年
使用したバージョン	Ver. 6.1.0
コードの概要	<p>本解析コードは、耐震設計に使用する条件を作成することを目的に、地震波時刻歴データの波形書式の変換機能、地震波時刻歴データから応答スペクトルを計算する機能、応答分布図や振動モード図の作成機能等、耐震解析プログラムを統合したシステムである。このうち応答スペクトル作成機能を、建屋床応答時刻歴から設計用床応答曲線を作成するために使用する。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・別解析コードD Y N A 2 Eによる応答スペクトルと本解析コードで作成した応答スペクトルを比較し、一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で使用する機能は応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に

	<p>対する 1 自由度系の最大応答加速度を固有周期ごとに算定し、別解析コード D Y N A 2 E と本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・設計用床応答曲線を作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。・周期軸方向の拡幅率（±10%）、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔は J E A G 4 6 0 1 -1987 に従っており、妥当性に問題はない。・今回の設計及び工事計画認可申請における応答スペクトル、時刻歴データに対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

別紙3 V I A N A

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-1-7	設計用床応答曲線の作成方針	Ver. 1.0

2. 解析コードの概要

項目	コード名
	V I A N A
使用目的	設計用床応答曲線の作成
開発機関	株式会社東芝
開発時期	1983 年
使用したバージョン	Ver. 1.0
コードの概要	<p>本解析コードは、加速度時刻歴から応答スペクトルを作成するプログラムであり、建屋床応答時刻歴から設計用床応答曲線を作成することを目的とする。一定の固有周期及び減衰定数を有する 1 質点系の与えられた加速度時刻歴に対する最大応答加速度を計算し、周期と減衰定数が同一の系で計算された複数の応答スペクトルの包絡値を求め、また応答スペクトルの拡幅を行う。本解析コードは、設計用床応答曲線を作成するために開発したハウスコードである。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理論解と本解析コードで作成した応答スペクトルと比較し、一致していることを確認した。 ・拡幅機能については、±10%拡幅した算出値と、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認した。 ・包絡機能については、包絡した応答スペクトルの最大値と、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認した。 ・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で使用する解析機能は、理論モデルをそのままコード化したものであり、

	<p>妥当性は確認されている。</p> <ul style="list-style-type: none">・設計用床応答曲線を作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。・10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔は J E A G 4 6 0 1 -1987 に従っており、妥当性は確認されている。・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。
--	--

別紙4 NOVAK

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-1	原子炉建屋の地震応答計算書	Ver. 1.3.2
VI-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	Ver. 1.3.2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	NOVAK
使用目的	側面地盤ばね算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1984年
使用したバージョン	Ver. 1.3.2
コードの概要	本解析コードは、Novak の論文*に基づき、水平動、鉛直動及び回転動に対する建屋側面地盤の複素ばね剛性を振動数領域で算出するプログラムである。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは、原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析における水平方向の地震応答解析モデル（質点系地盤連成モデル）の建屋埋込部分の側面地盤ばねの評価に使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> Novak の論文*に記載されている水平、鉛直及び回転ばねと同一地盤定数を用いた本解析コードによる解析結果を比較し、両者が一致することを確認している。 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適

	用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	-------------------------------

注記* : Novak, M, et al. : ” Dynamic Soil Reactions for Plane Strain Case” ,
The Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, 1978, pp.953-
959

別紙5 SHAKE

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-1	原子炉建屋の地震応答計算書	Ver. 1.4 Ver. 1.5.1 Ver. 1.6.4 Ver. 1.6.7
VI-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	Ver. 1.6.4 Ver. 1.6.8
VI-2-2-別添 1-2-1	地下水排水設備設置位置の地盤応答	Ver. 1.6.11

2. 解析コードの概要

2.1 SHAKE Ver. 1.4

項目 \ コード名	SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.4
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>本解析コードは、原子炉建屋の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dに対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

注記*：最新耐震構造解析 柴田明德著 231 頁, 232 頁 森北出版株式会社 第 3 版

2.2 SHAKE Ver. 1.5.1

項目	コード名 SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.5.1
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>本解析コードは、原子炉建屋の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dに対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

注記＊：最新耐震構造解析 柴田明德著 231 頁, 232 頁 森北出版株式会社 第 3 版

2.3 SHAKE Ver. 1.6.4

項目	コード名 SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.6.4
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>本解析コードは、原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dに対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

注記＊：最新耐震構造解析 柴田明德著 231 頁, 232 頁 森北出版株式会社 第 3 版

2.4 SHAKE Ver. 1.6.7

項目	コード名 SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.6.7
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>本解析コードは、原子炉建屋の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dに対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

注記＊：最新耐震構造解析 柴田明德著 231 頁, 232 頁 森北出版株式会社 第 3 版

2.5 SHAKE Ver. 1.6.8

項目 \ コード名	SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.6.8
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本解析コードは、タービン建屋の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dに対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

注記＊：最新耐震構造解析 柴田明德著 231頁, 232頁 森北出版株式会社 第3版

2.6 SHAKE Ver. 1.6.11

項目 \ コード名	SHAKE
使用目的	地盤の地震応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971年
使用したバージョン	Ver. 1.6.11
コード概要	<p>・本解析コードは、米国カルフォルニア大学から発表されたSHAKE（最新公開版はSHAKE-91）（以下「SHAKE-91」という。）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数や時刻歴波形を算出するプログラムである。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本解析コードは、地盤の地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*の理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・同じ理論解に基づくSHAKE-91を用いた解析解と本解析コードの解析解のベンチマークを行った結果、おおむね一致していること確認した。

	<ul style="list-style-type: none">・今回の設計及び工事計画認可申請で行う 1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

注記*：最新耐震構造解析 柴田明德著 231頁，232頁 森北出版株式会社 第3版

別紙6 ADMITTF

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-1	原子炉建屋の地震応答計算書	Ver. 1.3.1
VI-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	Ver. 1.3.1

2. 解析コードの概要

項目	コード名 A D M I T H F
使用目的	底面地盤ばね算定
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1982年
使用したバージョン	Ver. 1.3.1
コードの概要	<p>本解析コードは、振動アドミッタンス理論により、矩形基礎の水平動、鉛直動及び回転動に対する地盤の複素ばね剛性を半無限地盤に対する点加振解から、振動数領域で計算するプログラムである。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本解析コードは、原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの算定に用いている。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる解析結果と日本建築学会の文献*に記載されている結果（理論解）とを比較し、解析解と理論解がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。

	る。
--	----

注記*：日本建築学会，入門・建物と地盤との動的相互作用，pp. 337-350，1996

別紙7 NUPP4

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-1	原子炉建屋の地震応答計算書	Ver. 1.4.7 Ver. 1.4.9
VI-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	Ver. 1.4.9
VI-2-2-別添 1-2-6	サブドレンシャフトの耐震性についての計算書	Ver. 1.4.11

2. 解析コードの概要

2.1 N U P P 4 Ver. 1. 4. 7

項目 \ コード名	N U P P 4
使用目的	固有値解析及び地震応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1. 4. 7
コードの概要	<p>本コードは、原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによるプログラムである。</p> <p>静荷重（節点荷重）、スペクトルモーダル解析及び動荷重（節点加振力、地震入力）を扱うことができる。</p> <p>地震応答解析は、線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うほか、線形解析を周波数領域で行うことが可能である。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>本解析コードは、原子炉建屋の基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既工事計画において実績のある別コード（D Y N A 2 E）を用いて、同一諸元による固有値解析及び時刻歴応答解析を実施し、本解析コードとD Y N A 2 Eの解析結果がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	---

2.2 NUPP4 Ver. 1.4.9

項目	コード名 NUPP4
使用目的	固有値解析及び地震応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1.4.9
コードの概要	<p>本コードは、原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによるプログラムである。</p> <p>静荷重（節点荷重）、スペクトルモーダル解析及び動荷重（節点加振力、地震入力）を扱うことができる。</p> <p>地震応答解析は、線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うほか、線形解析を周波数領域で行うことが可能である。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>本解析コードは、原子炉建屋及びタービン建屋の基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既工事計画において実績のある別コード（DYN A 2 E）を用いて、同一諸元による固有値解析及び時刻歴応答解析を実施し、本解析コードとDYN A 2 Eの解析結果がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	---

2.3 NUPP4 Ver. 1.4.11

項目	コード名 NUPP4
使用目的	はりー地盤ばねモデルによる時刻歴応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1.4.11
コード概要	<p>原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによる解析計算機コードである。</p> <p>静荷重（節点荷重）及び動荷重（節点加振力，地震入力）を，扱うことができる。</p> <p>地震応答解析は，線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うほか，線形解析を周波数領域で行うことが可能である。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>本解析コードは，サブドレンシャフトの応答解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは，後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について，動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・固有値解析，弾性地震応答解析については，一般産業

	<p>界において使用実績のあるD Y N A 2 E *¹を用いて、同一諸元による解析を行い、本解析コードによる解析結果とほぼ一致することを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・弾塑性地震応答解析については、既設工事認可申請時に確認されている（財）原子力発電技術機構の報告書*²による解析結果とおおむね一致することを確認している。 ・本設計及び工事の計画における用途及び適用は範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

注記*1 : D Y N A 2 E : 販売元 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社

*2 : 質点系モデル解析コード SANLUM の保守に関する報告書 平成 10 年 3 月
（財）原子力発電技術機構 原子力安全解析所

別紙 8 T D A P III

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-4	原子炉本体の基礎の地震応答計算書	Ver. 3.08
VI-2-2-18	軽油タンク基礎の耐震性についての計算書	Ver. 3.11
VI-2-2-別添 2-2	隣接建屋による影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書	Ver. 3.08
VI-2-3-1	炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書	Ver. 3.08

2. 解析コードの概要

2.1 T D A P III Ver. 3.08

項目 \ コード名	T D A P III
使用目的	固有値解析，弾塑性応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.08
コードの概要	<p>本解析コードは，2次元，3次元及び軸対称問題に対応可能で，静荷重，動荷重の取り扱いができる構造解析の汎用解析コードである。</p> <p>土木・建築分野に特化した要素群，材料非線形モデルを数多くサポートしていることが特徴で，日本国内では，建設部門を中心として，官公庁，大学，民間問わず，多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一本棒の曲げせん断型モデルについて，本解析コード及び別解析コードMSC NASTRAN Ver. 2007R1を用いて得られた固有値解析結果及び応答解析結果を比較して検討し，本解析コードによる解析結果が妥当であることを確認している。 本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 検証内容のとおり，固有値解析及び応答解析について検証していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・誘発上下動を考慮する場合の地震応答解析については、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008（（社）日本電気協会）」を参考に、水平加振により励起される上下応答を評価するために、基礎浮き上がりの評価法、鉛直モデルの諸元及び接地率に応じて変化する回転・鉛直連成ばねについて考慮している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

2.2 T D A P III Ver. 3.11

項目 \ コード名	T D A P III
使用目的	静的応力解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994 年
使用したバージョン	Ver. 3.11
コードの概要	<p>T D A P IIIは、2次元、3次元及び軸対称問題に対応可能で、静荷重、動荷重の取り扱いができる構造解析の汎用解析コードである。</p> <p>土木・建築分野に特化した要素群，材料非線形モデルを数多くサポートしていることが特徴で，日本国内では，建設部門を中心として，官公庁，大学，民間問わず，多くの利用実績がある。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マニュアルに記載された例題の提示解と本解析コードによる解析解との比較を実施し，解析解が提示解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本設計及び工事計画認可申請における静的応力解析の使用目的に対し，使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認し

	ている。
--	------

別紙9 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-6	タービン建屋の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-2-14	格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
VI-2-3-3-2-2	原子炉圧力容器スタビライザの応力計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-3-3-2-3	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームの応力計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-4-2-1	使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-4-2-5	使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-4-2-6	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-5-3-1-2	残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2012. 1. 0
VI-2-5-3-1-3	残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-5-3-1-4	残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-5-4-1-1	高圧炉心注水系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2012. 1. 0
VI-2-5-4-1-2	高圧炉心注水系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-5-4-1-3	高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1

使用添付書類		バージョン
VI-2-5-4-2-3	原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-5-4-2-4	原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-5-5-1-2	復水貯蔵槽の耐震性についての計算書	Ver. 2012. 1. 0
VI-2-5-6-1-3	原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2012. 1. 0
VI-2-6-5-1	起動領域モニタの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-6-5-2	出力領域モニタの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-6-7-22	フィルタ装置スクラバ水 pH の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-26	静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-7-2-1	主排気筒の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-8-1	放射線管理施設の耐震計算結果	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-8-2-1-1	格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-8-2-1-2	格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-8-2-1-3	フィルタ装置出口放射線モニタの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-9-2-1	原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-9-2-4	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付) の耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-9-2-5	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付) の耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-9-2-8	下部ドライウェル機器搬入用ハッチの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1

使用添付書類		バージョン
VI-2-9-2-11	下部ドライウェル所員用エアロックの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-9-3-4	原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-9-4-2	ダイヤフラムフロアの耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-9-4-3	ベント管の耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-9-4-5-3-1	静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-9-4-8-1	下部ドライウェルアクセストンネルの耐震性についての計算書	Ver. 2019 Feature Pack 1
VI-2-9-5-5	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-11-2-5	燃料取替機の耐震性についての計算書	Ver. 2020 SP1
VI-2-11-2-8	耐火隔壁の耐震性についての計算書	Ver. 2008. 0. 0
VI-2-別添 1-4	ボンベラックの耐震計算書	Ver. 2005r2
VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書	Ver. 2006r1

2. 解析コードの概要

2.1 MSC NASTRAN Ver.2013.1.1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法による応力解析（弾性） 3次元有限要素法（シェルモデル）による応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver.2013.1.1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にははり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法による応力解析を行い、解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木、建築等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。• 検証の体系と本設計及び工事の計画において使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認している。• 検証の内容のとおり、応力解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	---

2.2 MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法による応力解析（弾性）
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2016.1.1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>本解析コードは、格納容器圧力逃がし装置基礎の3次元有限要素法による応力解析に使用している。</p> <p>【検証（Verification）】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法による応力解析を行い、解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョン

	<p>は、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 検証の体系と本設計及び工事の計画で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認している。・ 検証の体系と本設計及び工事の計画における構造に対し使用する要素、3次元有限要素法の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。・ 検証の内容のとおり、応力解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	--

2.3 MSC NASTRAN Ver.2019 Feature Pack 1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析及び応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver.2019 Feature Pack 1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。 ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</p> <p>【妥当性確認（Validation）】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。 ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。</p>

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

2.4 MSC NASTRAN Ver. 2018.2.1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2018.2.1
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築及び土木等などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の設計及び工事計画認可申請で使用するはり要素を用いた固有値解析結果に本コードが適用できることを確認している。
--	--

2.5 MSC NASTRAN Ver. 2005r2

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析，応力解析 3次元有限要素法（はりモデル，シェルモデル）による固有値解析，応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2005r2
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた3次元有限要素法（はりモデル）による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認されている。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることが確認されている。 <p>【妥当性確認（Validation）】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分確認されている。

	<ul style="list-style-type: none">・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。・開発機関が提示する使用マニュアルより，今回の設計及び工事計画認可申請で使用する有限要素法による応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。・検証した機能・範囲と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する機能・範囲が同等であることから，検証結果をもって，解析機能の妥当性も確認できる。・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

2.6 MSC NASTRAN Ver. 2012.1.0

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法による応力解析（弾性） はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2012.1.0
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <p>(1) 3次元有限要素法による応力解析（弾性）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・等分布面荷重を作用させた平板の最大変位について、本解析コードで応力解析を行った解析解と、S.Timoshenkoの理論式による理論解を比較し、解析解と理論解がおおむね一致していることを確認した。 ・材料力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法による応力解析を行い、解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認した。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>(2) はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた

解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。

- ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。

(1) 3次元有限要素法による応力解析 (弾性)

- ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。
- ・応力解析に対して、一般産業界において、全世界40ヶ国、約4,000件の多数のプロジェクトの解析で使用実績のあるMIDASを用いた解析解と、本解析コードによる解析解を比較したベンチマーキングを行った結果、双方の解がおおむね一致していることを確認した。
- ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。
- ・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。
- ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。
- ・検証の内容のとおり、応力解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。

(2) はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析

- ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。
- ・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。

	<ul style="list-style-type: none">・ 今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。・ 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。・ 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。
--	--

2.7 MSC NASTRAN Ver.2020 SP1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver.2020 SP1
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にははり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，3次元有限要素法（はり要素）による固有値算出，応力解析を行い，解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・地震応答解析について，開発機関から提示された解析例について解析を行い開発機関提示の解析解と一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・検証の体系と本設計及び工事の計画における構造に対し使用する要素、3次元有限要素法の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の設計及び工事計画認可申請で使用するはり要素を用いた固有値解析結果に本コードが適用できることを確認している。 ・検証の内容のとおり、固有値解析、地震応答解析及び応力解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	--

2.8 MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析及び応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008.0.0
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にははり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、自動車、航空機、土木、造船、海洋油田、工業設備、化学技術、光学、政府調査等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。• 検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認している。
--	---

2.9 MSC NASTRAN Ver. 2006r1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2006r1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にははり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

別紙 10 K S H A K E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-13	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書	Ver. 2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	K S H A K E
使用目的	入力地震動算定
開発機関	清水建設株式会社
開発時期	1983 年
使用したバージョン	Ver. 2
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カリフォルニア大学から発表された S H A K E を基本に開発したプログラムで、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数及び時刻歴応答波形を計算するプログラムである。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本解析コードは、格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析における入力地震動算定において、基準地震動 S_s に対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いて評価した弾性地盤の増幅特性が理論解と一致することを確認している。 ・既工事計画において実績のある別コード による解析結果と一致することを確認している。 ・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・検証の内容のとおり、地盤の応答解析について検証し

	ていることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	---------------------------------------

別紙 11 S o i l P l u s

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-13	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書	2017 Revision 1 Build2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S o i l P l u s
使用目的	固有値解析及び地震応答解析 底面地盤ばねの算定
開発機関	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
開発時期	2005 年
使用したバージョン	2017 Revision1 Build2
コードの概要	<p>本解析コードは、2次元及び3次元の静的・浸透・動的問題を取り扱うことができる総合的な汎用計算機プログラムである。土木・建築分野に特化した要素群，構造部材の非線形モデルを多数準備し，有限要素法のモデル化を容易にしている。</p> <p>解析対象としては，地盤と構造物の連成モデルの地震応答解析に用いられることが多く，橋梁，地下トンネル，上下水道施設，原子力発電所施設，起振実験や静的加力実験等の数値シミュレーション等の解析にも多くの実績がある。</p> <p>また，本解析コードは，直接積分法・モード重ね合わせ法による線形地震応答解析，複素地震応答解析，直接積分法による非線形地震応答解析の機能を持つプログラムである。S o i l P l u s の主な特徴は以下のとおりである。</p> <p>①常時応力解析及び地震応答解析の連続解析が可能である。</p> <p>②地震応答解析では，一般的な運動方程式に基づく地震応答解析に加え，地盤の非線形特性を地盤－構造物の連成モデルにおいて考慮することが可能である。</p> <p>③地盤要素の非線形モデルとして，修正 H-D モデル，修正 GHE モデル及び修正 R-0 モデル，鉄筋コンクリート部材については部材軸力の依存性を考慮した M-φ 関係に基づく非線形構造モデル等が適用可能である。</p> <p>④はり要素，シェル要素及びソリッド要素等を用いた応力解析が可能である。</p>

<p style="text-align: center;"> 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) </p>	<p>本解析コードは、格納容器圧力逃がし装置基礎の固有値解析、地震応答解析及び底面地盤ばねの算定に使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画で使用する有限要素法による地震応答解析の検証として、先行工事計画認可申請で実績ある他解析コード (T D A P III) と地震応答解析結果が一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本設計及び工事の計画で使用する有限要素法による地震応答解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・本設計及び工事の計画で行う有限要素法による地震応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。
--	--

別紙 12 F L I P

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-17	軽油タンク基礎の地震応答計算書	Ver. 7.4.1
VI-2-2-23	軽油タンク基礎（7号機設備）の地震応答計算書	Ver. 7.4.1
VI-2-10-3-1-8	補機冷却用海水取水路の耐震性についての計算書	Ver. 7.4.1

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	F L I P
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析（有効応力法）
開発機関	F L I P コンソーシアム
開発時期	1988年
使用したバージョン	Ver. 7. 4. 1
コードの概要	<p>F L I P (Finite element analysis of Liquefaction Program) は、1988年に運輸省港湾技術研究所（現：港湾空港技術研究所）において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく、2次元地震応答解析プログラムである。主な特徴は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・有限要素法に基づくプログラムである。 ・平面ひずみ状態を解析対象とする。 ・地盤の有効応力の変化を考慮した地震応答解析を行い、部材の断面力や変形量を計算する。 ・土の応力-ひずみモデルとして多重せん断モデルを採用している。 ・有効応力の変化は有効応力法により考慮する。そのために必要な過剰間隙水圧算定モデルとして井合モデルを用いている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マニュアルに記載された例題の提示解と本解析コードによる解析解との比較を実施し、解析解が提示解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。• 本設計及び工事計画認可申請における2次元有限要素法による地震応答解析（有効応力法）の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

別紙 13 S L O K

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-17	軽油タンク基礎の地震応答計算書	Ver. 2.0
VI-2-10-3-1-8	補機冷却用海水取水路の耐震性についての計算書	Ver. 2.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S L O K
使用目的	1次元地震応答解析（入力地震動算定）
開発機関	東電設計株式会社
開発時期	1985年
使用したバージョン	Ver. 2.0
コードの概要	<p>S L O K（1次元波動伝播解析コード）は、東電設計株式会社によって開発された1次元重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行う解析コードであり、地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形化法により考慮している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる一層のモデル地盤に対する地震応答解析結果と、1次元重複反射理論に基づく理論解が一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本設計及び工事計画認可申請における1次元地震応答解析（入力地震動算定）の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

別紙 14 N u P I A S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-別添 1-2-3	管の耐震性についての計算書	Ver. 6. 1. 3c
VI-2-4-3-2-1	管の耐震性についての計算書	Ver. 7. 2. 0
VI-2-9-4-7-1-2	管の耐震性についての計算書	Ver. 7. 2. 0
VI-2-別添 1-6	消火配管の耐震計算書	Ver. 6. 1. 3c Ver. 7. 2. 0

2. 解析コードの概要

2.1 NuPIAS Ver. 6.1.3c

項目 \ コード名	NuPIAS
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による管の固有値解析，応力解析
開発機関	東電設計株式会社，川崎重工業株式会社
開発時期	2000年
使用したバージョン	Ver. 6.1.3c
コードの概要	<p>本解析コードは，配管の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは，汎用構造解析コードSAP-Vをメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元，2次元あるいは3次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配管系応力解析プログラム *1の計算データと本解析コードによる計算結果を比較し，よく合致していることを確認している。 ・応力評価プログラムについては，メインプログラムの出力結果（軸力，モーメント）から，適用技術基準（JSME*2，JEAG*3等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては，インターフェイスチェックシートを用いて，単位，桁数，符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可

	<p>申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で行うはりモデルによる管の応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。
--	--

注記*1:



*2：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*3：原子力発電所耐震設計技術指針

2.2 NuPIAS Ver. 7.2.0

項目	コード名 NuPIAS
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による管の固有値解析，応力解析
開発機関	東電設計株式会社，川崎重工業株式会社
開発時期	2000年
使用したバージョン	Ver. 7.2.0
コードの概要	<p>本解析コードは，配管の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは，汎用構造解析コードSAP-Vをメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元，2次元あるいは3次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配管系応力解析プログラム *1の計算データと本解析コードによる計算結果を比較し，よく合致していることを確認している。 ・応力評価プログラムについては，メインプログラムの出力結果（軸力，モーメント）から，適用技術基準（JSME*2，JEAG*3等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては，インターフェイスチェックシートを用いて，単位，桁数，符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で行うはりモデルによる管の応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。
--	--

注記*1



*2：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*3：原子力発電所耐震設計技術指針

別紙 15 KANSAS 2

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-別添 1-2-6	サブドレンシャフトの耐震性についての計算書	Ver. 6.01

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	K A N S A S 2
使用目的	はりモデルによる静的応力解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	2004 年
使用したバージョン	Ver. 6. 01
コードの概要	<p>K A N S A S 2（以下「本解析コード」という。）は、鹿島建設株式会社により開発された 3 次元応力解析（FEM 要素含む）の計算機コードである。</p> <p>本解析コードは、微小変位理論による変位法を用いて、3 次元骨組（FEM 要素含む）の断面力・変位を算出するための構造解析プログラムである。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>本解析コードは、サブドレンシャフトの応力解析に使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・はり要素を用いた応力解析について、本解析コードによる解析結果と文献（「4. 引用文献」参照）による

	<p>一般構造力学による理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

別紙 16 F R A M E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-別添 1-2-8	集水管の耐震性についての計算書	Ver. 5.0.4
VI-2-2-別添 1-2-9	サブドレン管の耐震性についての計算書	Ver. 5.0.4

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	F R A M E
使用目的	2次元骨組構造解析
開発機関	株式会社フォーラムエイト
開発時期	1998年
使用したバージョン	Ver. 5.0.4
コードの概要	<p>本解析コードは、株式会社フォーラムエイトで開発された平面骨組構造解析の汎用市販コードである。</p> <p>本解析コードは微小変位理論に基づく変位法を用いて、2次元平面骨組モデルの断面力・変位・反力を算出するための構造解析プログラムである。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>F R A M E は汎用市販コードであり、集水管及びサブドレン管の断面力算出に使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いて静的解析を行った解析結果と、構造力学公式集に記載の理論式による理論解を比較し、両者がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・円形断面の検討用平面骨組モデルを対象に、本解析コードによる構造解析結果と、汎用コード「T-FRAME」による構造解析結果の比較を行い、解析結果が一致する

	<p>ことを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

別紙 17 N A P I S O S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-別添 2-1	隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書	Ver. 2.0

2. 解析コードの概要

項目	コード名 N A P I S O S
使用目的	固有値解析及び地震応答解析
開発機関	電力中央研究所，株式会社竹中工務店
開発時期	1996年（使用開始時期）
使用したバージョン	Ver. 2.0
コードの概要	<p>本コードは，地盤をソリッド要素で，建屋を非線形積層シェル要素や非線形ビーム要素でモデル化することにより，原子力発電所建屋の地盤建屋連成系3次元非線形地震応答解析が可能である。</p> <p>また，建屋基礎と地盤モデル間に，ジョイント要素を設置することにより，基礎浮上り性状を評価することができる。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは，隣接建屋による影響を考慮した地盤 (F E M) - 建屋 (多質点) を連成した地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理論解との比較。 ・他コードとの比較。 ・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証の内容のとおり，地盤 (F E M) - 建屋 (多質点) を連成した地震応答について検証していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョン

	<p>は、他プラントの既工事計画において使用されている ものと同じであることを確認している。</p>
--	--

別紙 18 S H A K E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-別添 2-1	隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書	Ver. 1.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	SHAKE
使用目的	入力地震動算定，収束地盤物性算定
開発機関	株式会社竹中工務店
開発時期	1999 年
使用したバージョン	Ver. 1.0
コードの概要	<p>本解析コードは，重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行うことが可能であり，地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮することができる。</p> <p>本解析コードの主な特徴として，以下の①～③を挙げるることができる。</p> <p>①一次元重複反射理論に基づくプログラムである。</p> <p>②地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮できる。</p> <p>③鉛直動は，S 波速度 V_s を P 波速度 V_p として定義することで対応が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは，隣接建屋による影響を考慮した地震応答解析において，弾性設計用地震動 S_d に対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理論解との比較。 ・他コードとの比較。 ・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョン

	<p>は、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 検証の内容のとおり、入力地震動算定について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	---

別紙 19 F U R S T

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-1	炉心の耐震計算結果	Ver. 5

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	F U R S T
使用目的	弾性解析による被覆管応力解析
開発機関	ゼネラル・エレクトリック社
開発時期	1978 年
使用したバージョン	Ver. 5
コードの概要	<p>本解析コードは、ゼネラル・エレクトリック社により開発された被覆管応力解析コードである。</p> <p>本解析コードは、燃料被覆管温度、燃料棒内圧、炉心条件、燃料棒寸法及び許容応力の統計的分布を考慮し、被覆管の支持格子間及び支持格子接触部の応力評価をモンテカルロ法により統計的に実施する。地震時には、通常運転時及び過渡時に被覆管に発生する応力の他に、水平及び鉛直地震加速度により被覆管に発生する応力を考慮する。</p> <p>本解析コードは、高燃焼度 8×8 燃料、9×9 燃料及び MOX 燃料の設計・許認可に適用された実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・被覆管の応力計算式 (厚肉円筒) がコードに正しく組み込まれていることを、本解析コードによる解析結果が別法計算による解析結果と一致していることにより確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・コード検討会等規制機関による確認*1,*2,*3 が実施さ

	れていることを確認している。
--	----------------

注記*1：沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について（平成10年2月 株式会社日立製作所 HLR-033 訂1）

*2：沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について（平成10年1月 株式会社東芝 TLR-045 改訂1）

*3：原子炉安全基準専門部会報告書，発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について（昭和63年5月12日 原子力安全委員会了承）

別紙 20 P R I M E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-1	炉心の耐震計算結果	Ver. 1

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	P R I M E
使用目的	燃料棒の熱的挙動及び機械的挙動の評価
開発機関	ゼネラル・エレクトリック社，株式会社東芝，株式会社日立製作所（メーカ共同開発）
開発時期	1985 年
使用したバージョン	Ver. 1
コードの概要	<p>本解析コードは，ゼネラル・エレクトリック社，株式会社東芝及び株式会社日立製作所で共同開発された燃料棒熱・機械設計コードである。</p> <p>本解析コードは，出力履歴に対応したペレット-被覆管のギャップ幅変化とガスの熱伝導率をもとにペレットと被覆管のギャップ熱伝達係数を求め，燃料棒の熱的挙動を評価すると同時に，軸対称有限要素法（FEM）により，ペレットと被覆管の相互作用等の機械的挙動を評価する。</p> <p>本解析コードは，高燃焼度 8×8 燃料，9×9 燃料及び MOX 燃料の設計・許認可に適用された実績がある。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハルデン炉の試験燃料データ，商業炉燃料棒の照射後試験データ等に基づいてペレット中心温度，核分裂生成ガス放出率，燃料棒内圧及び被覆管直径変化を対象とした計算値と測定値の比較*1,*2 が実施され，コードに組み込まれた個々の解析モデルが正しく機能していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されている

	<p>ものと同じであることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハルデン炉の試験燃料データ等との比較における計算値と測定値のばらつきがコード予測の不確かさとして考慮^{*1,*2}されていることを確認している。 ・コード検討会等規制機関による確認^{*1,*2,*3}が実施されていることを確認している。
--	--

注記*1：沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について（平成 10 年 2 月 株式会社日立製作所 HLR-033 訂 1）

*2：沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について（平成 10 年 1 月 株式会社東芝 TLR-045 改訂 1）

*3：原子炉安全基準専門部会報告書，発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について（昭和 63 年 5 月 12 日 原子力安全委員会了承）

別紙 21 A N S Y S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-1	炉心の耐震計算結果	Ver. 17.2
VI-2-5-3-1-3	残留熱除去系ストレナーの耐震性についての計算書	Ver. 19.0
VI-2-5-4-1-2	高圧炉心注水系ストレナーの耐震性についての計算書	Ver. 19.0

2. 解析コードの概要

2.1 ANSYS Ver. 17.2

項目 \ コード名	ANSYS
使用目的	有限要素法による下部端栓溶接部応力評価
開発機関	アンシス
開発時期	1970年
使用したバージョン	Ver. 17.2
コードの概要	<p>本解析コードは、スワンソン・アナリシス・システムズ(現、アンシス)により開発された有限要素法による計算機プログラムである。</p> <p>本解析コードは、広範囲にわたる多目的な有限要素法による計算機プログラムであり、伝熱、構造、流体、電磁界及びマルチフィジックス解析を実施するものである。</p> <p>本解析コードは、アメリカ合衆国連邦規則集 10CFR Part50 Appendix-B 並びに 10CFR Part21 の法規要求、ISO9001 及び ASME NQA-1 の要求事項を満たす品質保証システムの基で開発され、安全系システム、構造及び機器に関する構造解析コードとしての機能が維持され、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。また、9×9燃料(B型)の下部端栓溶接部の応力評価にも利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、開発元のリリースノートの例題集において、多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較により両者が一致することで検証されている。 ・本解析コード配布時に同梱された ANSYS Mechanical APDL Verification Testing Packageを入力とした解析により、上記例題集の検証を再現できることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発元から提示された必要要件を満足していることを確認している。

【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。

- ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。
- ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものを検証し、その妥当性を確認していることから、本解析の結果に影響はない。
- ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。
- ・本解析コードは、原子力分野では、原子炉設置（変更）許可申請書における応力解析等、これまで多くの構造解析に対し使用実績があり、9×9燃料（B型）の原子炉設置（変更）許可申請書や燃料体設計認可申請書における下部端栓溶接部の応力評価に対し使用実績があることを確認している。
- ・本解析コードは既認可の下部端栓溶接部応力解析において使用実績のあるMARCと同等な解析条件（有限要素モデル、ペレットやジルカロイ被覆管の物性値、荷重条件及び境界モデル）を設定可能なこと、MARCと本解析コードとで同等な解析結果となることを確認している。

2.2 ANSYS Ver. 19.0

項目	コード名 ANSYS
使用目的	3次元有限要素法（ソリッド要素）によるストレナナ淵部の応力解析
開発機関	アンシス
開発時期	1970年
使用したバージョン	Ver. 19.0
コードの概要	<p>本解析コードは、スワンソン・アナリシス・システムズ(現、アンシス)により開発された有限要素法による計算機プログラムである。</p> <p>本解析コードは、広範囲にわたる多目的な有限要素法による計算機プログラムであり、伝熱、構造、流体、電磁界及びマルチフィジックス解析を実施するものである。</p> <p>本解析コードは、アメリカ合衆国連邦規則集 10CFR Part50 Appendix-B 並びに 10CFR Part21 の法規要求、ISO9001 及び ASME NQA-1 の要求事項を満たす品質保証システムの基で開発され、安全系システム、構造及び機器に関する構造解析コードとしての機能が維持され、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、開発元のリリースノートの例題集において、多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較により両者が一致することで検証されている。 ・本解析コード配布時に同梱された ANSYS Mechanical APDL Verification Testing Packageを入力とした解析により、上記例題集の検証を再現できることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発元から提示された必要要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p>

	<p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものを検証し，その妥当性を確認していることから，本解析の結果に影響はない。 ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，機械，建築，土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは，原子力分野では，原子炉設置（変更）許可申請書における応力解析等，これまで多くの構造解析に対し使用実績があり，残留熱除去系ストレナ並びに高圧炉心注入系ストレナの原子炉設置（変更）許可申請書におけるストレナ淵部（リム）の応力解析に対し使用実績があることを確認している。
--	--

別紙 22 A S H S D

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-3	炉心支持構造物の応力計算書	Ver. 6. 1. 2
VI-2-3-3-1-2	原子炉圧力容器の耐震計算結果	Ver. 6. 1. 2
VI-2-3-3-1-3	原子炉圧力容器本体の応力計算書	Ver. 6. 1. 2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	A S H S D
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1982年
使用したバージョン	Ver. 6. 1. 2
コードの概要	<p>本解析コードは、原子炉圧力容器、シュラウドサポート等の構造解析用プログラムのシステムであって、有限要素法に基づいて計算する計算機プログラムである。</p> <p>軸対称構造物に作用する非軸対称荷重による応力解析を行うことができる。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・集中荷重を受ける円筒の弾性解析等の代表的な検証用モデルに対し、本解析コードで計算される解析解が理論解と一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本解析コードのマニュアルにより、本設計及び工事の計画で使用する応力計算（軸対称構造物に対する非軸

	対称荷重による応力の算出)に、本解析コードが適用できることを確認している。
--	---------------------------------------

別紙 23 S T A X

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-3	炉心支持構造物の応力計算書	Ver. 10.1.1
VI-2-3-3-1-2	原子炉圧力容器の耐震計算結果	Ver. 10.1.1
VI-2-3-3-1-3	原子炉圧力容器本体の応力計算書	Ver. 10.1.1
VI-2-3-3-2-1	原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算結果	Ver. 0
VI-2-5-1	原子炉冷却系統施設の耐震計算結果	Ver. 0

2. 解析コードの概要

2.1 S T A X Ver. 10. 1. 1

項目 \ コード名	S T A X
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1976年
使用したバージョン	Ver. 10. 1. 1
コードの概要	<p>本解析コードは、原子炉圧力容器、シュラウドサポート等の構造解析用プログラムのシステムであって、有限要素法に基づいて計算する計算機プログラムである。</p> <p>軸対称構造物に作用する軸対称荷重による応力解析を行うことができる。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の弾性解析等の代表的な検証用モデルに対し、本解析コードで計算される解析解が理論解と一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本解析コードのマニュアルにより、本設計及び工事の

	<p>計画で使用する応力計算（軸対称構造物に対する軸対称荷重による応力の算出）に，本解析コードが適用できることを確認している。</p>
--	---

2.2 S T A X Ver. 0

項目 \ コード名	S T A X
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1976年
使用したバージョン	Ver. 0
コードの概要	<p>本解析コードは、原子炉圧力容器、シュラウドサポート等の構造解析用プログラムのシステムであって、有限要素法に基づいて計算する計算機プログラムである。</p> <p>軸対称構造物に作用する軸対称荷重による応力解析を行うことができる。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の弾性解析等の代表的な検証用モデルに対し、本解析コードで計算される解析解が理論解と一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本解析コードのマニュアルにより、本設計及び工事の計画で使用する応力計算（軸対称構造物に対する軸対称荷重による応力の算出）に、本解析コードが適用できることを確認している。

別紙 24 P I P E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-3-1-3	原子炉圧力容器本体の応力計算書	Ver. 6. 1. 0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	P I P E
使用目的	シェル理論及びはり理論による応力計算
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1973 年
使用したバージョン	Ver. 6. 1. 0
コードの概要	<p>本解析コードは、内圧、外圧及び外荷重のかかる円筒殻又は球殻の構造不連続による効果を含まない一次応力をシェル理論及びはり理論により求める計算機プログラムである。</p> <p>円筒殻、球殻及びノズル等に内圧及び外圧によって生じる一次一般膜応力並びに外荷重によって生じる一次一般膜応力及び一次膜＋一次曲げ応力を求めるのに適用する。</p> <p>本解析コードは、原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の弾性解析等の代表的な検証用モデルに対し、本解析コードで計算される解析解が理論解と一致していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本解析コードのマニュアルにより、本設計及び工事の計画で使用する応力計算（円筒殻、球殻及びノズル等

	<p>に内圧及び外圧によって生じる一次一般膜応力並びに外荷重によって生じる一次一般膜応力及び一次膜＋一次曲げ応力の算出)に，本解析コードが適用できることを確認している。</p>
--	--

別紙 25 A S H S D 2

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-3-2-1	原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算結果	Ver.0

2. 解析コードの概要

項目	コード名
	A S H S D 2
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1982年
使用したバージョン	Ver. 0
コードの概要	<p>本解析コードは、原子炉圧力容器、シュラウドサポート等の構造解析用プログラムのシステムであって、有限要素法に基づいて計算する計算機プログラムである。</p> <p>軸対称構造物に作用する非軸対称荷重による応力解析を行うことができる。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・集中荷重を受ける円筒の弾性解析等の代表的な検証用モデルに対し、本解析コードで計算される解析解が理論解と一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本解析コードのマニュアルにより、本設計及び工事の計画で使用する応力計算（軸対称構造物に対する非軸対称荷重による応力の算出）に、本解析コードが適用できることを確認している。

別紙 26 A B A Q U S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-2-1	使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書	Ver. 6.14-3
VI-2-9-2-1	原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書	Ver. 6.14-3
VI-2-9-3-4	原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書	Ver. 6.14-3
VI-2-9-4-7-1-1	ドレンタンクの耐震性についての計算書	Ver. 2017
VI-2-9-5-3	遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書	Ver. 2017
VI-2-11-2-2-2	非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震性についての計算書	Ver. 2017
VI-2-11-2-4	原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書	Ver. 6.11-1

2. 解析コードの概要

2.1 ABAQUS Ver. 6.14-3

項目 \ コード名	ABAQUS
使用目的	3次元有限要素法による応力解析（弾塑性）
開発機関	ダッソー・システムズ株式会社
開発時期	1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社）
使用したバージョン	Ver. 6.14-3
コードの概要	<p>本解析コードは、米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS 社）で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>本解析コードは，使用済燃料貯蔵プール，原子炉格納容器コンクリート部及び原子炉建屋基礎スラブの3次元有限要素法による応力解析に使用している。</p> <p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・面外集中荷重を受ける鉄筋コンクリート造平板の実験についてシミュレーション解析を行い，実験結果の荷重－変位関係と解析結果の比較をすることにより，本解析コードの当該解析機能の妥当性を確認している。 ・基礎浮上りに関する例題解析を実施し，解析結果と理論モデルによる理論解が一致することを確認している。

	<ul style="list-style-type: none"> ・既往知見におけるプレストレストコンクリート製格納容器の耐圧実証試験及びシミュレーション解析の荷重－変位関係により，本解析コードの当該解析機能の妥当性を確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本設計及び工事の計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，本設計及び工事の計画において使用する3次元有限要素法（積層シェル要素）による応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証内容のとおり，鉄筋コンクリートの応力解析について検証しており，本設計及び工事の計画において適正な材料構成則を設定していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。
--	---

2.2 A B A Q U S Ver. 2017

項目 \ コード名	A B A Q U S
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析，地震応答解析 3次元有限要素法（シェル及びはり要素）による固有値解析，応力解析
開発機関	ダッソー・システムズ株式会社
開発時期	1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社）
使用したバージョン	Ver. 2017
コードの概要	<p>本解析コードは，米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS 社) で開発され，ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回使用する適用要素（シェル及びはり要素）について，解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・最新バージョンへの改訂において，計算結果に大きな影響を与える不具合に伴う改訂が行われていないことを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

	<p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本評価における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

2.3 A B A Q U S Ver. 6. 11-1

項目	コード名 A B A Q U S
使用目的	3次元有限要素法（シェル要素，はり要素）による固有値解析及び応力解析 はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析
開発機関	ダッソー・システムズ株式会社
開発時期	1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社）
使用したバージョン	Ver. 6. 11-1
コードの概要	<p>本解析コードは，米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS 社）で開発され，ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる地震応答計算結果と振動試験結果を比較して，検証*が実施され，本解析コードが検証されたものであることを確認した。 ・今回使用する適用要素（シェル要素及びはり要素）について，解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

	<p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは，既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，今回の設計及び工事計画認可申請で使用するはりモデルによる固有値解析及び地震応答解析，3次元有限要素法（シェル要素，はり要素）による固有値解析及び応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

注記*：独立行政法人 原子力安全基盤機構「平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査」動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書

別紙 27 NX NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-2-3	使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-4-2-4	使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域) の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-6-1	計測制御系統施設の耐震計算結果	Ver. 5mpl
VI-2-6-5-21	ドライウエル雰囲気温度の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-6-5-22	サプレッションチェンバ気体温度の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-6-5-23	サプレッションチェンバプール水温度の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-6-5-26	格納容器内水素濃度 (SA) の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-6-5-30	格納容器下部水位の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-8-1	放射線管理施設の耐震計算結果	Ver. 5mpl
VI-2-9-5-4	遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-10-2-4-3	取水槽水位計の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-11-2-2-3	竜巻防護鋼製フードの耐震性についての計算書	Ver. 7.1
VI-2-11-2-2-4	換気空調系ダクト防護壁の耐震性についての計算書	Ver. 7.1 Ver. 9.0
VI-2-11-2-2-5	原子炉補機冷却海水系配管防護壁の耐震性についての計算書	Ver. 7.1
VI-2-11-2-2-7	竜巻防護ネットの耐震性についての計算書	Ver. 7.1
VI-2-11-2-3	中央制御室天井照明の耐震性についての計算書	Ver. 5mpl
VI-2-別添 1-4	ボンベラックの耐震計算書	Ver. 5mpl
VI-2-別添 3-4	可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震計算書	Ver. 5mpl

2. 解析コードの概要

2.1 NX NASTRAN Ver. 5mpl

項目 \ コード名	NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析，応力解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年（The MacNeal-Schwendler Corporation） 2005年（Siemens PLM Software Inc.）
使用したバージョン	Ver. 5mpl
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として The MacNeal-Schwendler Corporation により開発され，Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり，MSC NASTRAN と同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・固有値解析 <p>3次元骨組構造物について，質点および質量の無い弾性メンバーからなる等価な解析モデルを設定し，解析結果が公開文献*により求めた理論解（以下「理論解」という。）及び別コード（SOLVER）による解析結果と NX NASTRAN による解析結果とが同等であることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・応力解析 <p>固有値解析で作成した二層ラーメン構造の解析モデルを使用して自重及び水平 1G を考慮した応力解析を行</p>

	<p>い、計算された部材応力と支点反力について別コード（SOLVER）による解析結果とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認している。</p> <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。・理論解とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認していることから、今回の解析に適用することは妥当である。・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。
--	--

注記*：「振動及び応答解析入門」（川井忠彦，藤谷義信共著 179頁 培風館）

2.2 NX NASTRAN Ver. 7.1

項目	コード名 NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（シェル及びはり要素）による固有値解析，応力解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年（The MacNeal-Schwendler Corporation） 2005年（Siemens PLM Software Inc.）
使用したバージョン	Ver. 7.1
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として The MacNeal-Schwendler Corporation により開発され，Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり，MSC NASTRAN と同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について，3次元有限要素法（シェル及びはり要素）による固有値解析及び応力解析を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の設計及び工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法(シェル及びはり要素)による固有値解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性を確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う3次元有限要素法(シェル及びはり要素)による固有値解析及び応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。
--	--

2.3 NX NASTRAN Ver.9.0

項目	コード名 NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（シェル及びはり要素）による固有値解析，応力解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年（The MacNeal-Schwendler Corporation） 2005年（Siemens PLM Software Inc.）
使用したバージョン	Ver.9.0
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として The MacNeal-Schwendler Corporation により開発され，Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり，MSC NASTRAN と同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について，3次元有限要素法（シェル及びはり要素）による固有値解析及び応力解析を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性

	<p>がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の設計及び工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法(シェル及びはり要素)による固有値解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証の体系と今回の設計及び工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性を確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で行う3次元有限要素法(シェル及びはり要素)による固有値解析及び応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。
--	--

別紙 28 SOLVER

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-2-3	使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) の耐震性 についての計算書	Rev 02.05
VI-2-4-2-4	使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域) の 耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-5-2-1-2	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-5-6-1-6	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-6-3-2-1-1	水圧制御ユニットの耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-6-3-2-1-2	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-6-6-1-1	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-6-6-2-1	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-9-4-5-1-2	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-9-4-5-4-1	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-9-4-7-1-2	管の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-9-5-2	管の耐震性についての計算書 (格納容器圧力逃 がし装置)	Rev 02.05
VI-2-10-2-4-3	取水槽水位計の耐震性についての計算書	Rev 02.05
VI-2-別添 1-6	消火配管の耐震計算書	Rev 02.05
VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震 B, C クラス機器の耐震計 算書	Rev 02.05

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S O L V E R
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析
開発機関	株式会社東芝
開発時期	1988年
使用したバージョン	Rev 02.05
コードの概要	<p>本解析コードは，構造物の静的及び動的解析のメインプログラムである「S A P」を基に作られている。「S A P」は，米カリフォルニア大学にて開発された計算機プログラムである。</p> <p>任意の3次元形状に対し，有限要素法により静的解析，動的解析を行い，反力・モーメント・応力，固有振動数・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>本解析コードは，原子力の配管設計において，多くの実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードと世界的に使用実績及びクライアント数の多い配管解析プログラムの一つである解析コード <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>による解析結果を比較し，結果が合致することを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョン

	<p>は、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 今回の設計及び工事計画認可申請で行うはりモデルの固有値解析，地震応答解析及び応力解析の使用目的に照らして，用途及び適用範囲が上述の妥当性確認範囲であることを確認している。・ 開発機関が提示するマニュアルにより，今回の設計及び工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。
--	--

別紙 29 M S A P (配管)

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-3-1-3 VI-2-別添 2-2	管の耐震性についての計算書 溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書	□

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	M S A P (配管)
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析，構造解析及び応力算出
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	[REDACTED]
使用したバージョン	[REDACTED]
コードの概要	<p>強度及び耐震計算で使用している解析コードM S A P (配管) は， [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] である。</p> <p>対話方式による入力及び構造解析の出力データを基に規格基準の算出式に従った評価が可能である。 [REDACTED] [REDACTED]</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> • [REDACTED] について，開発元より発行されている例題集の中で，モデル要素ごとに静的及び動的解析の例題に対して，解析結果と理論モデルによる理論解または他の計算プログラムでの計算結果とおおむね一致していることを確認している。また，サンプルモデルに対する固有値解析結果が，手計算と一致していることを確認している。 • 対話方式により入力されたデータはインプットファイルとして出力され，入力データと一致していることを確認している。 • 入力データが正しく構造解析に受け渡されていること，構造解析データが正しく規格計算に受け渡されていることをそれぞれ確認している。 • 構造解析結果として出力されたデータを規格基準に従い，発生応力，疲労累積係数を算出しており，その過

	<p>はりモデルを用いてモデル化している。</p> <ul style="list-style-type: none">・今回の設計及び工事計画認可申請で行う3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析，構造解析，応力算出の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。
--	--

別紙 30 I S A P

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-3-2-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-1	原子炉冷却系統施設の耐震計算結果	ISAP-IV
VI-2-5-2-1-2	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-3-1-3	残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-3-1-4	残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-3-1-5	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-1-2	高圧炉心注水系ストレーナの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-1-3	高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-1-4	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-2-3	原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-2-4	原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-2-5	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-3-2	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-4-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-4-5-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-5-1-3	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-6-1-6	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-5-6-2-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-6-4-1-3	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-6-6-1-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-7-1	放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果	ISAP-IV
VI-2-9-4-4-1-1	ドライウェルスプレイ管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-4-1-2	サプレッションチェンバスプレイ管の耐震性についての計算書	ISAP-IV

VI-2-9-4-4-2-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-4-3-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-5-1-2	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-5-2-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-5-4-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-6-1-1	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-9-4-7-1-2	管の耐震性についての計算書	ISAP-IV
VI-2-別添 1-6	消火配管の耐震計算書	ISAP-IV
VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震B，Cクラス機器の耐震計算書	ISAP-IV

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	I S A P
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1988 年
使用したバージョン	ISAP-IV
コードの概要	<p>本解析コードは，汎用構造解析コード「S A P - V」を基につくられている。「S A P」は，米カリフォルニア大学にて開発された計算機プログラムである。</p> <p>任意の3次元形状に対して，有限要素法により静的解析，動的解析を行い，反力・モーメント・応力，固有周期・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>本解析コードは，原子力の配管設計において，多くの実績を有している。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードと世界的に使用実績及びクライアント数の多い配管解析プログラムの一つである解析コード による解析結果を比較し，結果が合致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されている

	<p>ものと同じであることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none">• 今回の設計及び工事計画認可申請で行うはり要素の固有値解析, 地震応答解析及び応力解析の使用目的に照らして, 用途及び適用範囲が上述の妥当性確認範囲であることを確認している。• 開発機関が提示するマニュアルにより, 今回の設計及び工事計画認可申請で使用する 3次元有限要素法(はり要素)による固有値解析, 地震応答解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。
--	--

別紙 31 f a p p a s e

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-7-2-1	主排気筒の耐震性についての計算書	Ver. 1.63
VI-2-9-3-1	原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書	Ver. 1.63

2. 解析コードの概要

項目	コード名 f a p p a s e
使用目的	応力解析，固有値解析及び地震応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	2002 年
使用したバージョン	Ver. 1.63
コードの概要	<p>本解析コードは，超高層建物の非線形地震応答解析用として開発されたインハウスコードである。</p> <p>材料非線形モデルを数多くサポートしており超高層建物や免震建物の非線形地震応答解析による建築構造解析に利用実績があり，固有値解析，動的解析及び静的解析による応力等の算定が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは，主排気筒及び原子炉建屋屋根トラスの応力解析，固有値解析及び地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの計算機能が適正であることは，後述する妥当性確認の中で確認している。</p> <p>本解析コードの運用環境について動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</p> <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本解析コードを用いて，以下の内容を確認している。 <ol style="list-style-type: none"> ①各部別内部粘性型減衰を用いた地震応答解析を別途検証済解析コード「NUPP4」による等価なダッシュポットを用いた解析と比較し，同一の解析結果

	<p>が得られること。</p> <p>②既往論文に示される1層1スパンX型ブレース（筋違）架構の載荷実験のシミュレーション解析を，本解析コードを用いて同様に実施し，既往論文におけるシミュレーション解析とおおむね一致すること。</p> <ul style="list-style-type: none">・今回の設計及び工事計画認可申請における用途並びに適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であること。
--	---

別紙 32 S A P - IV

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-8-3-1-1-1	管の耐震性についての計算書	Ver. 1.00

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S A P - IV
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析及び応力解析
開発機関	新日本空調株式会社
開発時期	1973年（米国カリフォルニア大学） 2004年（新日本空調株式会社）
使用したバージョン	Ver. 1.00
コードの概要	<p>本解析コードは、カリフォルニア大学が開発した SAP-IV をベースに、インターフェースの追加を目的として新日本空調株式会社がカスタマイズした計算機プログラムである。任意形状の3次元モデル（主にはり要素及びシェル要素）に対して、有限要素法を用いて静的解析及び動的解析を行うもので、主として、機器の固有値計算並びに自重、運転時荷重及び地震力による応力計算等に用いる。</p> <p>本解析コードは、機械工学，土木工学，航空工学等の分野において，多くの実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・入力されたデータはインプットデータとして解析結果とともに出力され，入力データと一致することを確認している。 ・片持ちばりの自重による固定端モーメント及び自由端たわみ，固有振動数を本解析コードの静的解析結果及び固有値解析結果と理論解を比較して検討し，解析解と理論解が一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，機械工学，土木工学，航空工学等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は

	<p>十分に確認されている。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。• 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。• 本設計及び工事の計画で行うはりモデルの固有値解析及び静的解析という解析の使用目的に照らして，用途及び適用範囲が上述の妥当性確認範囲であることを確認している。• 開発機関が提示するマニュアルにより本設計及び工事の計画で使用する３次元有限要素法（はり要素）による固有値解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。
--	--

別紙 33 S A P - V

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-8-4-7	配管遮蔽の耐震性についての計算書	ADAMS-V

2. 解析コードの概要

項目	コード名 S A P - V
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
開発機関	株式会社 I H I
開発時期	1993年
使用したバージョン	ADAMS-V
コードの概要	<p>本解析コードは、米国カリフォルニア大学が開発した S A P - IV をベースに南カリフォルニア大学が一部機能を追加し開発された S A P - V に対して、任意の 3次元形状に対して、有限要素法により静的解析を行い、反力、モーメント、応力等の算出が可能である。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。 ・ 検証モデルに対し、汎用構造解析プログラムである「N A S T R A N」及び理論解と計算結果を比較し、一致することを確認している。</p> <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。 ・ 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・ 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</p>

別紙 34 K S A P

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-9-1	原子炉格納施設の耐震計算結果	VERSION 6.3

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	K S A P
使用目的	<p>3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析</p> <p>3次元有限要素法（シェル要素）による固有値解析</p>
開発機関	川崎重工業株式会社
開発時期	1984年
使用したバージョン	VERSION 6.3
コードの概要	<p>本解析コードは，配管の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは，汎用構造解析コードSAP-Vをメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムからなる。</p> <p>任意の1次元，2次元あるいは3次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードと世界的に使用実績及びクライアント数の多い配管解析プログラムの一つである解析コード <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> による解析結果を比較し，結果が合致することを確認している。 ・応力評価プログラムについては，メインプログラムの出力結果（軸力，モーメント）から，適用技術基準（JSME*¹，JEAG*²等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては，インターフェイスチェックシートを用いて，単位，桁数，符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示

	<p>された要件を満足していることを確認している。</p> <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・原子力の分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の内容により，今回の設計及び工事計画認可申請で行う固有値解析，地震応答解析及び応力解析の使用目的に照らして今回の解析に使用することが妥当であることを確認している。
--	--

注記*1：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*2：原子力発電所耐震設計技術指針

別紙 37 Engineer's Studio

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-10-3-1-8	補機冷却用海水取水路の耐震性についての計算書	Ver. 8.0.1

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	Engineer's Studio
使用目的	3次元有限要素法による静的解析
開発機関	株式会社フォーラムエイト
開発時期	2009年
使用したバージョン	Ver. 8.0.1
コードの概要	<p>Engineer's Studioは、株式会社フォーラムエイトによって開発された3次元有限要素法解析を行う解析コードである。主な特徴は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土木及び建築構造物の部材を、1本の棒に見立てたはり要素や平面的に連続した平板要素でモデル化して構造物の応答解析を行い、断面力及びひずみの算出を行う。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる非線形平板要素を用いた解析結果と実験結果がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードによる杭頭ばね要素を用いた解析結果と理論解がおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・本設計及び工事計画認可申請における3次元有限要素法による静的解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内

	であることを確認している。
--	---------------

別紙 38 Super Build / SS3

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-11-2-2-1	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の耐震性についての計算書	Ver. 1.1.1.49

2. 解析コードの概要

項目	コード名 Super Build / SS3
使用目的	静的応力解析
開発機関	ユニオンシステム株式会社
開発時期	2008 年
使用したバージョン	Ver. 1. 1. 1. 49
コードの概要	<p>本解析コードは、建築基準法に基づき、RC 造、S 造、SRC 造、CFT 造及びこれらが混合する構造物について、許容応力度計算から保有水平耐力計算までを一貫して行う構造計算ソフトウェア（プログラム）である。</p>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いた立体フレームモデルの応力解析結果が、先行審査にて使用実績のある類似解析コード（T D A P Ⅲ）による解析結果とおおむね一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足することを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本設計及び工事計画認可申請における静的応力解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

別紙 39 N A P F

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-別添 1-4	ボンベラックの耐震計算書	ver. NAPFS-201 9-A-02
VI-2-別添 1-5	選択弁の耐震計算書	ver. NAPFS-201 9-A-02
VI-2-別添 3-4	可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震計算書	ver. NAPFS-201 9-A-02

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	N A P F
使用目的	<p>3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析 配管支持構造物の強度評価</p> <p>3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析及び応力解析</p>
開発機関	日本発条株式会社
開発時期	1980年
使用したバージョン	ver. NAPFS-2019-A-02
コードの概要	<p>本解析コードは、骨組構造の静的構造解析を行うことを目的として、配管系等の支持構造物の設計用に開発された計算機プログラムである。</p> <div style="border: 2px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
<p>検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）</p>	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学の数式を用いた結果と本解析コードの結果を比較した。なお、モデルは材料力学上の計算結果と容易に比較可能なものとして片持ちはりに自重による分布荷重が作用するものとした。 <p>この結果、本解析コードの結果が良好に一致していることを確認した。</p> <p>他の解析コード（）及びMSC NASTRANの解析結果と本解析コードの解析結果を比較し、良好に一致していることを確認している。</p> <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており、十分な実績があるため信頼性がある。

	<ul style="list-style-type: none">・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。・検証の内容により、今回の設計及び工事計画認可申請で行う固有値解析及び応力解析の使用目的に照らして今回の解析に使用することが妥当であることを確認している。
--	--

別紙 40 H I S A P

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書	Ver. 52
VI-2-別添 2-5	復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書	Ver. 52
VI-2-別添 2-7	タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の耐震性についての計算書	Ver. 52

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	H I S A P
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による管の固有値解析及び応力解析
開発機関	株式会社日立製作所
開発時期	1978年
使用したバージョン	Ver. 52
コードの概要	<p>本解析コードは、配管の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは、汎用構造解析コードSAP-Vをメインプログラムとし、応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元、2次元あるいは3次元形状に対し、静的解析、動的解析を行うことが可能で、反力・モーメント・応力、固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メインプログラムであるSAP-Vについては、構造解析用解析コード（MSC NASTRAN Ver. 2005）を用いて、代表的な配管検証用モデルに対する計算及び比較を行い、結果が一致していることを確認している。 ・応力評価プログラムについては、メインプログラムの出力結果（軸力、モーメント）から、適用技術基準（JSME*¹、JEAG*²等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては、インターフェイスチェックシートを用いて、単位、桁数、符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子力の分野における使用実績を有しており、妥当性は

	<p>十分に確認されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・今回の設計及び工認計画認可申請で行うはりモデルによる管の固有値解析，応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。
--	--

注記*1：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*2：原子力発電所耐震設計技術指針

別紙 41 N S A F E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書	Ver. 5
VI-2-別添 2-4	循環水系隔離システムの耐震性についての計算書	Ver. 5
VI-2-別添 2-6	タービン補機冷却海水系隔離システムの耐震性についての計算書	Ver. 5
VI-2-別添 2-7	タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の耐震性についての計算書	Ver. 5

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	NSAFE
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による支持構造物の固有値解析及び応力解析
開発機関	株式会社日立プラントコンストラクション
開発時期	1982年
使用したバージョン	Ver. 5
コードの概要	<p>本解析コードは、支持構造物の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは、汎用構造解析コードSAP-Vをメインプログラムとし、応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元、2次元あるいは3次元形状に対し、静的解析、動的解析を行うことが可能で、反力・モーメント・応力、固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メインプログラムであるSAP-Vについては、代表的な支持構造物検証用モデルを対象とした応力解析において、解析解が材料力学に基づく計算手法を用いた理論解と一致していることを確認している。 ・応力評価プログラムについては、メインプログラムの出力結果（軸力、モーメント）から、適用技術基準（JSME*¹、JEAG*²等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては、インターフェイスチェックシートを用いて、単位、桁数、符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子力の分野における使用実績を有しており、妥当性

	<p>は十分に確認されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・今回の設計及び工事計画認可申請で行うはりモデルによる支持構造物の応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。
--	---

注記*1：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*2：原子力発電所耐震設計技術指針