VI-2-2 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する 説明書 VI-2-2-18 取水槽の地震応答計算書

1.	概要
2.	基本方針 ····································
2	.1 位置
2	.2 構造概要
2	.3 解析方針 ····································
2	.4 適用規格・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	解析方法 ····································
3	.1 地震時荷重算出断面 ········· ······ ···················
3	.2 解析方法
	3.2.1 構造部材
	3.2.2 地盤
	3.2.3 減衰定数 ······ 13
	3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
3	.3 荷重及び荷重の組合せ・・・・・・17
	3.3.1 耐震評価上考慮する状態
	3.3.2 荷重 ······ 17
	3.3.3 荷重の組合せ ・・・・・ 18
3	.4 入力地震動
3	.5 解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72
	3.5.1 解析モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72
	3.5.2 使用材料及び材料の物性値
	3.5.3 地盤の物性値・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 75
	3.5.4 地下水位 ····································
4.	解析結果 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
4	.1 A-A断面の解析結果・・・・・
4	.2 B-B断面の解析結果 ······124
4	.3 C-C断面の解析結果 ······ 170
4	.4 D-D断面の解析結果 ······ 183

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する取水槽の地震応答解析 について説明するものである。

本地震応答解析は、取水槽が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために 用いる応答値を抽出するものである。

取水槽は,面部材として加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を有する箱型構造物で あることから,2次元地震応答解析により地震時荷重を算定し,その荷重を3次元構造解 析モデルに作用させて耐震評価を実施するものである。地震応答解析により抽出する応答 値は,基礎地盤に発生する接地圧並びに3次元構造解析モデルに作用させる地震時土圧及 び慣性力である。また,機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認す るために用いる応答値の抽出を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

取水槽の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 取水槽 位置図

2.2 構造概要

取水槽の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3~図 2-6 に示す。

取水槽は、原子炉補機海水ポンプ等を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物で あり、十分な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。

取水槽は、地下2階構造となっており、上部は除じん機エリア、海水ポンプエリア、ス トレーナエリアの3エリアに分かれている。下部は水路となっており、除じん機エリアの 下部は6連のボックスカルバート構造、海水ポンプエリアの下部は3連のボックスカルバ ート構造となっている。また、上部は各エリアが隔壁により仕切られ、各エリアによって 開口部の存在や中床版の設置レベルが異なる等、複雑な構造となっている。



図 2-2 取水槽 平面図



図 2-3 取水槽 断面図(A-A断面)







2.3 解析方針

取水槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動Ss及び弾性 設計用地震動Sdに対して地震応答解析を実施する。

図 2-7 に取水槽の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 地震時荷重算出断面」に示す断面 において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による2次元有 限要素法を用いた時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考 慮する。

2次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は,機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成及 び浸水防護施設の設計震度設定に用い,地震時土圧,慣性力及び基礎地盤の接地圧は, 取水槽の耐震評価に用いる。



2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会,2005 年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)
- ·松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日松江市規則第234号)

- 3. 解析方法
- 3.1 地震時荷重算出断面

取水槽の地震時荷重算出断面位置図を図 3-1 に示す。地震時荷重算出断面は、東西 方向では妻壁や隔壁の配置が異なることによる剛性差を考慮して、除じん機エリア(A --A断面)、海水ポンプエリア(B-B断面)及びストレーナエリア(C-C断面)を通 る断面とし、南北方向ではD-D断面とする。

東西方向(B-B断面)及び南北方向(D-D断面)の地震時荷重算出断面図を図3 -2及び図3-3に示す。なお、加振方向に平行に配置された耐震上見込むことができる 面部材の配置から、東西方向(A-A断面,B-B断面及びC-C断面)が弱軸方向と なり、南北方向(D-D断面)が強軸方向となる。よって、構造物の耐震評価に用いる 応答値の抽出は、弱軸方向に対して実施し、機器・配管系及び浸水防護施設の耐震評価 に用いる応答値の抽出は、弱軸方向及び強軸方向に対して実施する。



図 3-1 取水槽 地震時荷重算出断面位置図



図 3-2 取水槽 地震時荷重算出断面図 (B-B断面)



図 3-3 取水槽 地震時荷重算出断面図 (D-D断面)

3.2 解析方法

取水槽の地震応答解析は、VI-2-1-6 「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋 外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用い て、基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに基づき設定した水平地震動と鉛直地震 動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。取水槽周辺 は地盤改良されていることから、解析方法は全応力解析とする。

構造部材については、中床版、底版及び地震時荷重算出断面に垂直な壁部材は線形は り要素、断面に平行な壁部材は、平面応力要素とし、構造物の奥行方向の長さと各部材 の奥行方向の長さの比率や3次元構造解析モデルとの変位を整合させるためのヤング 係数の調整を行い、3次元構造解析モデルと等価な剛性となるようモデル化する。また、 地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については,解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については, Ⅵ-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素および平面応力要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため,表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

取水槽は,岩盤上に設置され,周辺は南側を除く三方を改良地盤に囲まれその外 側は埋戻土が分布しており,主たる荷重は埋戻土の土圧となることから,埋戻土の 初期せん断係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差 o を用いて設定した解析ケース②及び③を実施 することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

	地盤物性			
解析ケース	埋戻土	岩盤		
	(G ₀ :初期せん断弾性係数)	(G _d :動せん断弾性係数)		
ケース①	亚坎库	亚坎库		
(基本ケース)	平均恒	平均恒		
ケース2	平均值+1 σ	平均值		
ケース③	平均值-1σ	平均值		

表 3-1 解析ケース

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰 を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα, βを表 3-2 に示す。

- $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$
- [C] :減衰係数マトリックス
- [M] :質量マトリックス
- [K] :剛性マトリックス
- α , β :係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

地震時荷重算出断面	α	β
A-A断面	0.646	2. 579×10^{-4}
B-B断面	0.669	2. 128×10^{-4}
C-C断面	0.705	$1.395 imes 10^{-4}$
D-D断面	0.598	1.430×10^{-3}

- 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定
- (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動Ssに対し、解析ケース①(基本ケース) を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支 持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5以上となるすべての照査項目に対して、最も 厳しい地震動を用いて、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価に おける解析ケースを表 3-3に示す。

		ケース①	ケース②	ケース③		
御井下を、一つ				地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき	
	丹午10110 - 八		基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し	
				た解析ケース	た解析ケース	
地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ		
		+ + *	0			
地電	S s – D	-+*	0	「其潍地雲動S。(6	油)に位相反転な考	
		+-*	0	■ ^{虚 単 地} 晨 動 3 s (0 慮 し た 地 震 動 (6 波)) を加えた全 12 波に	
		*	0	対し、ケース①(基本ケース)を実施し 曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及びま		
	S s - F 1	++*	0	 磁地盤の支持力照査の各照査項目ごとに 照査値が 0.5 を超える照査項目に対し て、最も厳しい(許容限界に対する裕度 が最も小さい)地震動を用いてケース(2) 及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれま 0.5 以下の場合は、照査値が最も厳しく なる地震動を用いてケース②及び③を実施する。 かる。 	の各照査項目ごとに	
動	S s - F 2	++*	0		ネる照査項目に対し — 容限界に対する裕度	
位	S s - N 1	++*	0		動を用いてケース②	
相)		-+*	0		の照査値がいずれも	
	S s - N 2	++*	0		ケース②及び③を実	
	(NS)	-+*	0			
	S s - N 2	++*	0			
	(EW)	-+*	0			

表 3-3 耐震計価における解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相 を反転させたケースを示す。 (2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として 解析ケース①に加え、表 3-4 に示す解析ケース②及び③を実施する。機器・配管系 の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4(1) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

			ケース①	ケース②	ケース③
	御作をう			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	脾切り一入		基本ケース	(+1 σ)を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
	地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
	Ss-D	++*	0	0	0
地震動	S s - F 1	++*	0	0	0
	S s - F 2	++*	0	0	0
(位相)	S s - N 1	++*	0	0	0
	S s - N 2 (N S)	++*	0	0	0
	S s - N 2 (EW)	++*	0	0	0

(基準地震動 S s)

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

表	3 - 4	(2)	機器・	配管系の応答加速度抽出のための解析ケース	ζ
---	-------	-----	-----	----------------------	---

			ケース①	ケース②	ケース③
	解析ケーフ			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	所平10177 八		基本ケース	(+1σ)を考慮し	(-1 σ) を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
	地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
	Sd-D	++*	0	0	0
地震動(位相)	S d - F 1	++*	0	0	0
	S d - F 2	++*	0	0	0
	S d - N 1	++*	0	0	0
	S d - N 2 (N S)	++*	0	0	0
	S d - N 2 (EW)	++*	0	0	0
	S d - 1	++*	0	0	0

(弾性設計用地震動 S d)

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

取水槽の地震応答解析において, 地震以外に考慮する状態を以下に示す。

- (1)運転時の状態 発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の条件下におかれている状態。ただし、 運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。
- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件 積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。
- (4)重大事故等時の状態重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。
- 3.3.2 荷重

取水槽の地震応答解析において,考慮する荷重を以下に示す。

- (1) 固定荷重(G)固定荷重として, 躯体目重, 機器・配管荷重及び浸水防護施設荷重を考慮する。
- (2) 積載荷重(P)積載荷重として,水圧及び積雪荷重Psを考慮する。
- (3)積雪荷重(Ps)
 積雪荷重として,発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数
 0.35を考慮し35.0 cmとする。積雪荷重については,松江市建築基準法施行細則により,積雪量1 cmごとに 20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。
- (4) 地震荷重(Ss)

基準地震動Ssによる荷重を考慮する。

(5) 地震荷重(Sd)弾性設計用地震動Sdによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (Ss)	G + P + S s
地震時 (Sd) *	G + P + S d

注記* 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G:固定荷重

P:積載荷重

Ss:地震荷重(基準地震動Ss)

Sd:地震荷重(弾性設計用地震動Sd)

3.4 入力地震動

人力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動Ss及び 弾性設計用地震動Sdを一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価した ものを用いる。なお,入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは,VI-2-1-3 地盤の 支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」 を用いる。

図 3-4 に入力地震動算定の概念図を,図 3-5~図 3-56 に入力地震動の加速度時刻 歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には,解析コード「mic roSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要について は、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。







図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-D)





図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: S s - D)







図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-F1)







図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Ss-F1)





図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-F2)







図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Ss-F2)





図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-N1)





図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分:Ss-N1)





図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-N2(NS))





図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Ss-N2(NS))





図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Ss-N2(EW))





図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Ss-N2(EW))





図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-D)





図 3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-D)




図 3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-F1)



(a) 加速度時刻歷波形



図 3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-F1)





図 3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-F2)







図 3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-F2)





図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-N1)





図 3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-N1)





図 3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-N2(NS))





図 3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-N2(NS))





図 3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-N2(EW))





図 3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-N2(EW))





図 3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,水平成分: Sd-1)





図 3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (東西方向,鉛直成分: Sd-1)





図 3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: S s - D)





図 3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: S s - D)



(a) 加速度時刻歷波形



図 3-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Ss-F1)







図 3-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Ss-F1)





図 3-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Ss-F2)







図 3-36 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Ss-F2)





図 3-37 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Ss-N1)





図 3-38 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Ss-N1)





図 3-39 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Ss-N2(NS))





図 3-40 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Ss-N2(NS))





図 3-41 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Ss-N2(EW))





図 3-42 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Ss-N2(EW))





図 3-43 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-D)





図 3-44 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-D)



(a) 加速度時刻歷波形



図 3-45 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-F1)







図 3-46 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-F1)





図 3-47 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-F2)







図 3-48 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-F2)





図 3-49 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-N1)





図 3-50 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-N1)





図 3-51 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-N2(NS))





図 3-52 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-N2(NS))





図 3-53 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-N2(EW))





図 3-54 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,鉛直成分: Sd-N2(EW))


(a) 加速度時刻歷波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-55 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (南北方向,水平成分: Sd-1)





- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデル

取水槽の地震応答解析モデルを図 3-57~図 3-60 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は,側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう,構造物と 側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には,エネルギーの逸散効果を考慮するため,粘性境界 を設ける。

(3) 構造物のモデル化

等価な剛性を有する2次元等価剛性モデルを作成して実施することとし,構造部 材については,線形はり要素及び平面応力要素によりモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性 を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。なお、MMR及び改良地盤は周辺岩盤 と同様とし、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

D-D断面の解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物は、等価剛 性として線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。また、防波壁(多重鋼管杭式 擁壁)は、線形はり要素でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物等」との接合面における接触,剥離及びすべりを考慮す るため,これらの接合面にジョイント要素を設定する。

(7) 水位条件

取水槽の内水位は, 朔望平均満潮位 EL 0.46m とする。









図 3-60 取水槽 地震応答解析モデル図 (D-D断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

	材料	仕様
コンクリート	底版, 側壁, 中床版 隔壁, 導流壁, 妻壁	設計基準強度 23.5N/mm ²
	隔壁,中床版	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345

表 3-6 使用材料

表 3-7 材料の物性値

材料		材料諸元		
鉄筋コンカリート	単	24.0		
	ヤング係数	設計基	23.5 N/mm^2	2. 475×10^4
コンクリート	(N/mm^2)	準強度	24. ON/mm^2	2. 500×10^4
	ポアソン比			0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、 VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地地下水位は, VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。 設計地下水位の一覧を表 3-8 に,設計地下水位を図 3-61,図 3-62 に示す。

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
	A-A断面	
市水井	B-B断面	4 50
山文 小 竹曽	C-C断面	4. 50
	D-D断面	

表 3-8 設計用地下水位の一覧



図 3-61 設計用地下水位(B-B断面)



図 3-62 設計用地下水位(D-D断面)

4. 解析結果

4.1 A-A断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-1~図4-12に示す。また, 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース②及び③のすべての基準地震 動Ssに対する最大加速度分布図を図4-13~図4-24に示す。これらに加え,解析ケ ース①~③のすべての弾性設計用地震動Sdに対する最大加速度分布図を図4-25~図 4-45に示す。



(a) S s - D (++) 水平



図 4-1 最大応答加速度分布図(1/45)(解析ケース①)



(a) S s - D (-+) 水平









図 4-3 最大応答加速度分布図(3/45)(解析ケース①)





図 4-4 最大応答加速度分布図(4/45)(解析ケース①)





図 4-5 最大応答加速度分布図(5/45)(解析ケース①)









構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)

図 4-7 最大応答加速度分布図(7/45)(解析ケース①)





図 4-8 最大応答加速度分布図(8/45)(解析ケース①)







図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/45) (解析ケース①)







1485	840	951	841	894	748	1036
\blacksquare	Ħ	Ħ	目	Ħ	Ē	Ħ
\square		E	E	B		\square
705	634	643	550	536	565	670
		H		H	\square	
H	=	H	Ħ	H		Ħ
573	566	579	576	570	568	560
H	_	H	H	H	H	Ц
\mathbf{H}	-	H	H	H	$\left \cdot \right $	H
	4	H	H	H	H	
402	466	HEAF	HEOF			1102
483	400	005	005	520	548	1193

(a) S s - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



図 4-11 最大応答加速度分布図(11/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (-+) $\pi \Psi$













図 4-14 最大応答加速度分布図(14/45)(解析ケース②)











図 4-16 最大応答加速度分布図(16/45)(解析ケース②)



(a) S s - N 2 (NS) (++) $\pi \Psi$















(a) S s - D (++) 水平







図 4-20 最大応答加速度分布図(20/45)(解析ケース③)







(a) S s - N 1 (++) 水平



図 4-22 最大応答加速度分布図(22/45)(解析ケース③)

	1562	913	948	852	805	740	939
E	\rightarrow 1956		Ħ	Ħ	Ē	Ħ	Ħ
F			Ħ	H			Ħ
E	620	597	581	575	573	564	630
Н							
Ħ			H	H	Ħ	H	H
Н	555	542	560	565	564	573	540
П					Ц		
Ľ		_	H	H		H	H
Н		H	H	H	Η	H	\rightarrow
Н		Η	H	H	H	H	H
			E .		Ľ	Ľ	Ľ
Н	532	517	477	451	453	482	483

(a) $S s - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$



1507	865	970	864	868	761	1026
	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ
R	H	Ħ	Ħ	H	Ħ	\exists
646	633	627	625	628	591	579
	_	_	-		\square	
		Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	\exists
640	644	627	571	570	586	567
H	H	H	H	H	H	\vdash
H	Η	H	H	H	H	H
H	4	H	H	\square	H	H
			H	-	H_{1}	
669	476	511	500	526	551	573

(a) S s - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



図 4-24 最大応答加速度分布図(24/45)(解析ケース③)

1056	616	566	497	524	559	782
		569	500		579	
<u>49</u> 5 1806	430	418	427	437	447	$=$ \exists 700
H	H	H	H		H	Н
Ħ	H	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ
741	392	409	410	417	477	572
\square						
\square	H	H	H	H	H	Ц
H	H	H	H	\neg	H	\mapsto
H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	Ħ	H	H	H
384	381	378	377	377	379	382

(a) Sd-D(++) 水平



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



678	615	529	467	459	509	677
Ē	Ē	538				Ħ
1 133			- 415		- 460	
100	110		110	- 111	100	403
E	B				B	B
421	414	390	432	468	447	405
-	-	-			_	\mathbf{H}
-	H	H	-	-	-	H
	Ĩ					
-	H	H	-	4	$\left \right $	H
246	944	240	220	9.47	050	957
240	244	240	239	247	203	257

242	217	206	227	274	281	237
236	207	204	228 227	263	267	263 ₂₆₈
335	201	197	221	254	257	232
	-				-	
217	181	171	188	216	222	223

(b) Sd-F1(++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



794	613	587	529	550	489	594
Ħ	Ħ	Ħ	Ē	Ħ	Ħ	604
Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ
485	473	479	468	474	468	463
H	Η	Η	-	Η	-	
R	A	F	F		F	R
454	511	483	464	418	379	374
H	H	H	H	Ĺ	H	H
H	H	H	H	H	H	К
	H	H	H			H
			1 007			
313	304	302	307	306	298	299

(a) Sd-F2(++) 水平

	308	264	263	260	256	246	267
E	313			260			
					-		
	282	250	256	255	247	237	261
		-	-		-	-	
			-	-	-		
	267	239	246	247	239	230	256
H		-		-	-	-	
ļ		-		-	-		316
ł		-	-	ſ	-	-	
l					-		
ł	238	204	212	212	209	223	243

(b) Sd-F2(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)


644	512	550	512	487	486	551
Ħ	Ē	Ħ	Ē	Ħ	F	Ħ
\square		H	B		H	H
430	422	424	417	411	408	410
H		H	H	H	H	Н
Ħ	H	H	H	H	H	718
407	402	400	402	400	383	356
		H			H	
H	H	H	Н	H	H	H
H	H	H	Н	H	H	H
Н	H	Ħ	H	H	H	Ħ
312	295	294	287	293	296	295

(a) Sd-N1(++) 水平

	215	183	154	159	181	180	163
		-		159	-		
	223	175	149	158	166	171	155
		-		-	-	-	
	225	169	145	156	158	160	148
	225						
	220	-					-
ł	217	142	130	135	138	130	195

(b) Sd-N1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)



499	399	412	394	358	339	514
296^{549}	285	290	284	291	294	522 301
323	286	304	282	288	290	281
		-	-	-	-	
272	264	263	260	260	258	259

(a) Sd-N2(NS)(++) 水平

250	264	302	312	312	315	312	
254 ₂₅₅	253	287	299	298	308	309	
247	247	274	286	291	300	302	
						-	
228	220	232	245	258	260	266	
(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直							

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



596	442	506	474	435	413	595
- 220	206	207	- 214	- 201	- 226	$\stackrel{+}{\rightarrow}_{210758}$
320	- 300	- 307	514	321	- 330	
	-		-	-		H H
336	332	324	308	292	282	296
-	-	-	-	-	-	+
H L	-	-		-	-	Í
\rightarrow	-]	-	-		-
				-	-	Ę
260	253	250	246	258	268	276

(a) Sd-N2(EW) (++) 水平

-	313	349	320	310	331	296	309
				-	-		
	312	334	313	294	302	272	290
		-	-	-	-		325
Ē	299	322	302	282	277	260	274
E	351		-		-	-	
		-		-	-		
		-	-	-	-	-	
Ē	266	273	258	240	239	241	251

(b) Sd-N2(EW) (++) 鉛直

構造スケール	応答値スケール	0 1500 (cm/s²)



1041	742	644	624	708	687	911
1805		Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	F
Ħ	Ħ	Ħ		Ħ	Ħ	Ħ
3570	547	562	560	540	517	512
_	_	_	_	-	Η	\square
R					R	R
582	535	567	566	529	472	895
H	4	4	_	4	H	\vdash
H	H	Η	-	H	H	H
						\Box
H	H	H	4	H	H	H
	264	250	252	- 251		256
1 517	304	598	592	166	304	300

(a) S d - 1 (++) 水平

_	328	311	311	295	309	299	290
			-	-		299	
H	318	311 ₃₁₁	300	283	289	287	282
H			-	-	-		
H	318	298	291	272	275	270	367
Í		-	-	-	-		
ł		-	-	-	-		
	400		0.01				071
	422	259	261	239	229	230	271

(b) Sd-1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)



1063	587	537	490	536	586	714
Ħ	Ē	Ē		Ē	Ē	1144
\square	F				H	E
445	413	406	422	441	464	492
H	H	Н	H	Н	H	H
Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ
387	390	412	417	448	475	572
H	H	H	H	H	H	H
Н	H	H	Н	H	H	H
\Box					Π	
H	H	H		H	H	
-	070	074	070	- 070	074	
380	376	374	372	372	374	405

(a) Sd-D(++) 水平



(b) S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



677	603	517	465	463	509	673
431	408	533 409	415	441	460	486
414	414	390	432	467	448	411
						-
246	244	239	240	248	254	259

238	214	208	229	274	280	244
235	204	206	230 229	264	268	268
			-		-	306
236	198	200	222	254	259	237
			_	-	-	
				-		
-			-	-	-	
217	179	172	189	217	223	226

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

構造スケール <u>0</u>2(m) 応答値スケール <u>0</u>1500 (cm/s²)



802	623	596	544	547	519	609
481	464	481	485	485	462	455
460	492	485	460	428	386	374
		-	-			
322	312	307	307	303	295	298



(b) Sd-F2(++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



642	481	540	521	492	491	562
$_{429695}$	420	422	413	405	408	458
Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	Ħ	H TTO
401	401	397	395	393	382	$-7^{417/52}$
4	H	H	H	H	H	4
Н	H	H	Н	H	H	
		F	R			Ą
H	Η	H	H	H	H	H
304	299	292	286	292	296	298

	213	184	159	163	179	180	162
		-		-	-	-	
	224	174	152	157	164	175	159
	226	168	148	155	156	159	148
F	226			-	-	-	
ŀ			-	-	-	-	-
						-	-
	216	143	132	137	138	133	193

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)



	506	415	417	385	351	337	525
	421545	280	285	281	284	289	334
		-	-	-		-	
ļ	314	297	296	281	285	285	271
ł		-	-	-		-	
ł			-	-			
$\left \right $		-	-	-	-	-	
Ē	273	263	261	260	257	256	257

(a) Sd-N2(NS)(++) 水平

	255	270	309	323	319	319	316
-							
	252	254	294	308	303	313	311
		-	-		-		
	247	249	280	293	295	304	304
ł			-				
						-	
			-				
ł	324 227	223	236	248	261	264	268
	(b)	S d -	N 2 (N	IS) (-	++) 🛔	鉛直	

構造スケール ^{0 2(m)} 図 4-36 最大応答加速度分布図(36/45)(解析ケース②)

114

601	436	514	463	434	416	563
						Ē
- 222	200	- 207	- 214	- 210	- 222	4
_ 333	- 309	- 307	314	519	_	
339	333	321	306	293	278	283
-				-	-	\mathbf{H}
4		-	-			Ľ
\rightarrow 663		-	-	-	-	R.
1			-		-	\nearrow 988
263	257	252	245	253	264	274

(a) Sd-N2(EW)(++) 水平

	311		347	330	314	330	298	309
	311		-					314
Ē	309		336	318	301	302	270	288
F			-			ł		
Ē	296		323	307	288	276	267	277
$\left \right $			-	ł	-			ł
								ł
			-	-			ł	
E	256		274	261	248	241	243	249
		(b)	S d	-N2 (EW)	(++)	鉛直	

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



1062	698	652	595	683	677	839
1106	720 545	559	598 553	534	508	530 ⁸⁸³
534	561	571	556	531	471	466
556	362	353	348	349	354	358

(a) S d - 1 (++) 水平

_ 330	329	320	297	316	305	290
		-				
318	315	307	283	296	289	285
482			-	-	-	
311	302	297	271	281	277	289
		-		-		
		-	-			
			-			
467	266	260	239	233	234	261371

(b) Sd-1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u>2(m) 応答値スケール <u>0</u>1500 (cm/s²)



1086	607	543	495	524	558	775
	622	571	507		568	
503	429	431	433	446	452	700
						E
422	395	412	421	427	477	915
					H	К
H	H	H	-	4	H	\rightarrow
Ц	Ľ	<u>L</u>	<u> </u>			Ц
669		- 201	270	- 270	- 201	
\ 008	384	381	379	379	381	385







674	620	541	472	454	514	694
Ħ	Ħ	543				Ē
E	H					B
435	422	409	418	443	461	495
H	H	-	-		-	\mathbb{H}
						Ħ
422	414	391	434	474	438	397
H	H	_		4		
H	H	H	-	-	4	H
F	H	H	-	-	H	H
K	H	H		4	4	H
7 246	243	239	240	245	250	255

(a) Sd-F1 (++) 水平

	238	214	208	225	268	277	256
		-	-	225			
	234	207	204	224	258	264	236
		-	-	-	-		
Ē	237	201	197	218	250	253	240
ľ	055		-	-	-	-	
	255	-		-	-		
					-	-	1
ŀ	219	182	176	187	212	221	222

(b) Sd-F1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u>2(m) 応答値スケール <u>0</u>1500 (cm/s²)



803	624	604	535	548	471	620
Ħ	Ħ	Ħ		Ħ	Ħ	₿ 631
F	H	Ħ	H	Ħ	Ħ	Ħ
483	497	483	467	459	478478	479
4	_	-	_	H	H	
Ħ					Ħ	Ħ
465	519	484	473	417	368	375
	4	_	_	H	-	
\square	Н	H	H	H	H	Н
H			Ĭ	đ	H	Ŭ
H	4	4	H	H	H	
H_{aaa}	H_{aaa}	H_{aaa}	H_{aaa}	H	H_{aaa}	H
308	299	296	303	304	296	300

(a) Sd-F2(++) 水平

	305	264	267	260	257	244	269
Ē		-		261	-		
	280	249	258	256	248	236	261
ł		-	-	-	-		
	267	239	248	247	240	228	256
ŀ		-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		300
		-	-	-	-		
t	240	205	213	212	209	222	243

(b) Sd-F2(++) 鉛直

0 2(m) 構造スケール ____ 応答値スケール ____



620	553	549	496	471	472	537
Ē.				Ē		Ē
1221		420	410			
7433	424	430	419	409	404	
						711
419	403	404	412	408	383	352
Ц		-			H	
Н	H	H	H	H	H	H
					Ę	
H	H	4	H	H	H	H
313	294	296	287	294	293	288

(a) Sd-N1(++) 水平

	237	171	157	165	173	170	159
						170	1
	227	173	151	159	161	164	151
		-		-	-		
	227	167	147	158	154	156	166
					_		-
		-		-	-		
		-		-	-	-	194
ł	216	144	128	139	136	126	174

(b) Sd-N1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)



	490	395	403	403	360	345	493
		-			-		Ē
	347	298	297	298	292	295	298
H		-	-	-	-		
Ĭ	383	306	309	308	289	292	431
H		-	-		-	-	H
F		-	-				F
H			-	-	-		
Ē	269	266	261	255	261	260	259

(a) Sd-N2(NS)(++) 水平

252	258	301	312	310	315	316
	-		-	-		-
258295	247	285	298	293	306	310
	-	-	-	-		
245	242	271	284	284	298	303
-	-	-	-	-		-
226	219	231	242	255	258	263
(b)	S d -	N2 (N	1S) (-	++) 🖞	鉛直	

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-43 最大応答加速度分布図(43/45)(解析ケース③)

)2	446	505	460	427	401	628
						Ħ
	-		-	-		
8	302	299	307	313	336	$7^{345'}$
	-	-	-	-	-	H
						B
6	317	311	297	287	278	306
	-	4	-			H
	-	-	-	-	-	H
		1	-	-	+	H
956	1	1		H I	H	H
3	249	248	249	260	269	276
	92 8 3 956	2 446 8 302 6 317 249	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

(a) Sd-N2(EW)(++) 水平

-	320	346	313	313	321	303	313
						077	315
F	308	330	303	297	296	277	297
			-				
E	296	316	294	283	271	257	283
ŀ		-	-	-	-		
Ē		-	-	-	-		
ł		_	-		-		
ł	273	269	256	236	236	242	256

(b) Sd-N2(EW)(++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)



1009	839	672	635	729	708	768
$\overrightarrow{780}$	563	556	558	549	532	526
É						
⊣ 899	562	542	559	522	480	598
						819
7 375	374	368	360	353	353	355

(a) S d - 1 (++) 水平

_	323	325	297	294	307	312	309
	371 ₃₈₁	305	290	281	289	292	322 293
	305	300	284	272	274	277	286
-		-	-	-	-		
-	319	261	262	240	231	235	274

(b) Sd-1(++) 鉛直

構造スケール <u>0</u> 2(m) 応答値スケール <u>0</u> 1500 (cm/s²)



4.2 B-B断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-46~図4-57に示す。また, 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース②及び③のすべての基準地震 動Ssに対する最大加速度分布図を図4-58~図4-69に示す。これらに加え,解析ケ ース①~③のすべての弾性設計用地震動Sdに対する最大加速度分布図を図4-70~図 4-90に示す。





125



(a) S s-D (-+) 水平





(a) S s-D (+-) 水平









(a) S s-F 1 (++) 水平







S2 補 VI-2-2-18 R0





(a) Ss-N1 (++) 水平



131



(a) Ss-N1 (-+) 水平







S2 補 VI-2-2-18 R0

133



(a) Ss-N2(NS) (-+) 水平





(a) $S s - N 2 (EW) (++) \pi \Psi$





(a) S s - N 2 (EW) (-+) $\pi \Psi$







(a) S s - D (++) 水平



図 4-58 最大応答加速度分布図(13/45)(解析ケース②)



(a) Ss-F1 (++) 水平





(a) Ss-F2 (++) 水平





(a) Ss-N1 (++) 水平





(a) $S s - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$



図 4-62 最大応答加速度分布図(17/45)(解析ケース②)


(a) Ss-N2(EW) (++) 水平



図 4-63 最大応答加速度分布図(18/45)(解析ケース②)



(a) S s - D (++) 水平





(a) S s-F 1 (++) 水平





(a) Ss-F2 (++) 水平





(a) S s - N 1 (++) 水平





(a) Ss-N2(NS) (++) 水平





(a) S s - N 2 (EW) (++) $\pi \Xi$







(a) S d - D (++) 水平





(a) Sd-F1 (++) 水平







(a) Sd-F2 (++) 水平



図 4-72 最大応答加速度分布図(27/45)(解析ケース①)



(a) Sd-N1 (++) 水平







(a) $S d - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$





(a) $S d - N 2 (EW) (++) \pi \Psi$





(a) S d - 1 (++) 水平





(a) S d - D (++) 水平





(a) Sd-F1 (++) 水平



図 4-78 最大応答加速度分布図(33/45)(解析ケース②)



(a) Sd-F2(++) 水平





(a) Sd-N1 (++) 水平



(b) Sd−N1 (++) 鉛直
構造スケール ⁰ ^{2(m)} 応答値スケール ⁰ ^{1500 (cm/s²)}

図 4-80 最大応答加速度分布図(35/45)(解析ケース②)



(a) S d - N 2 (NS) (++) $\pi \Psi$



図 4-81 最大応答加速度分布図(36/45)(解析ケース②)



(a) $S d - N 2 (EW) (++) \pi \Psi$





(a) S d-1 (++) 水平





(a) S d - D (++) 水平





(a) Sd-F1 (++) 水平





(a) Sd-F2(++) 水平





(a) Sd-N1(++) 水平



図 4-87 最大応答加速度分布図(42/45)(解析ケース③)



(a) $S d - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$





(a) $S d - N 2 (EW) (++) \pi \Psi$





(a) S d - 1 (++) 水平



図 4-90 最大応答加速度分布図(45/45)(解析ケース③)

4.3 C-C断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-91~図4-102に示す。



(a) S s - D (++) 水平



(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-91 最大応答加速度分布図(1/12)(解析ケース①)



(a) S s - D (-+) 水平



(b) S s - D (-+) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-92 最大応答加速度分布図(2/12)(解析ケース①)



(a) S s - D (+-) 水平



(b) S s - D (+-) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-93 最大応答加速度分布図(3/12)(解析ケース①)



(a) S s - D (--) 水平



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-94 最大応答加速度分布図(4/12)(解析ケース①)



(a) Ss-F1 (++) 水平





(a) S s - F 2 (++) 水平





(a) Ss-N1 (++) 水平




(a) Ss-N1 (-+) 水平





(a) $S s - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$





図 4-99 最大応答加速度分布図(9/12)(解析ケース①)



(a) $S s - N 2 (N S) (-+) \pi \overline{\Psi}$





図 4-100 最大応答加速度分布図(10/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (++) 水平



図 4-101 最大応答加速度分布図(11/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (-+) $\pi \overline{\Psi}$





図 4-102 最大応答加速度分布図(12/12) (解析ケース①)

4.4 D-D断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-103~図4-114に示す。ま た,機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース②及び③のすべての基準 地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-115~図4-126に示す。これらに加え, 解析ケース①~③のすべての弾性設計用地震動Sdに対する最大加速度分布図を図4-127~図4-147に示す。



(a) S s - D (++) % \mp



図 4-103 最大応答加速度分布図(1/45)(解析ケース①)



(a) Ss-D (-+) 水平



図 4-104 最大応答加速度分布図(2/45)(解析ケース①)



(a) S s - D (+-) 水平



Door Les

図 4-105 最大応答加速度分布図(3/45)(解析ケース①)



(a) S s - D (--) 水平



図 4-106 最大応答加速度分布図(4/45)(解析ケース①)



(a) S s - F 1 (++) 水平



図 4-107 最大応答加速度分布図(5/45)(解析ケース①)



(a) S s - F 2 (++) 水平



図 4-108 最大応答加速度分布図(6/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++)



 (b) S s - N 1 (++) 鉛直
 構造スケール ⁰ ^{2(m)} 応答値スケール ⁰ ^{1200 (cm/s²)}

図 4-109 最大応答加速度分布図(7/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 1 (-+) 水平



 (b) S s - N 1 (-+) 鉛直
 構造スケール ⁰ ^{2(m)} 応答値スケール ⁰ ^{1200 (cm/s²)}

図 4-110 最大応答加速度分布図(8/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 2 (N S) (++) $\pi \Psi$



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-111 最大応答加速度分布図(9/45)(解析ケース①)



(b) Ss−N2 (NS) (−+) 鉛直
 構造スケール ⁰ ^{2(m)}
 応答値スケール ⁰ ^{1200 (cm/s²)}

図 4-112 最大応答加速度分布図(10/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



図 4-113 最大応答加速度分布図(11/45)(解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (- +) $\pi \Psi$





図 4-114 最大応答加速度分布図(12/45)(解析ケース①)



(a) S s - D (++) 水平



図 4-115 最大応答加速度分布図(13/45)(解析ケース②)



(a) S s - F 1 (++) 水平



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-116 最大応答加速度分布図(14/45)(解析ケース②)



(a) S s - F 2 (++) 水平





図 4-117 最大応答加速度分布図(15/45)(解析ケース②)



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

 構造スケール
 0
 2 (m)
 応答値スケール
 0
 1200 (cm/s²)

 図 4-118
 最大応答加速度分布図(16/45)(解析ケース②)





図 4-119 最大応答加速度分布図(17/45)(解析ケース②)





(a) S s - D (++) 水平



図 4-121 最大応答加速度分布図(19/45)(解析ケース③)



(a) S s - F 1 (++) 水平



図 4-122 最大応答加速度分布図(20/45)(解析ケース③)



(a) S s - F 2 (++) 水平



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-123 最大応答加速度分布図(21/45)(解析ケース③)



(a) S s - N 1 (++) $\pi \Psi$





図 4-124 最大応答加速度分布図(22/45)(解析ケース③)



(a) S s - N 2 (NS) (++) $\pi \Psi$



図 4-125 最大応答加速度分布図(23/45)(解析ケース③)



(a) S s - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



(b) S s - N 2 (EW) (++) 鉛直



図 4-126 最大応答加速度分布図(24/45)(解析ケース③)



(a) S d - D (++) 水平



(b) S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-127 最大応答加速度分布図(25/45)(解析ケース①)



(b) Sd-F1(++) 鉛直

 構造スケール
 0
 2(m)
 応答値スケール
 0
 1200 (cm/s²)

 図 4-128
 最大応答加速度分布図(26/45)(解析ケース①)



(a) Sd-F2(++) 水平



(b) Sd-F2(++) 鉛直
 構造スケール ⁰ ^{2(m)}
 応答値スケール ⁰ ^{1200 (cm/s²)}

図 4-129 最大応答加速度分布図(27/45)(解析ケース①)



(b) Sd-N1(++) 鉛直

 構造スケール
 0
 2(m)
 応答値スケール
 0
 1200 (cm/s²)

 図 4-130
 最大応答加速度分布図(28/45)(解析ケース①)



(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直 の 1200 (cm/s²) 応答値スケール 1200 (cm/s²)

図 4-131 最大応答加速度分布図(29/45)(解析ケース①)

6 2(m) 構造スケール ↓↓↓



(a) S d - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$





図 4-132 最大応答加速度分布図(30/45)(解析ケース①)


(b) Sd-1 (++) 鉛直

 構造スケール
 0
 2(m)
 応答値スケール
 0
 1200 (cm/s²)

 図 4-133
 最大応答加速度分布図(31/45)(解析ケース①)



(a) S d - D (++) 水平



図 4-134 最大応答加速度分布図(32/45)(解析ケース②)



(a) S d - F 1 (++) $\wedge \Psi$



(b) Sd-F1(++) 鉛直

応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-135 最大応答加速度分布図(33/45)(解析ケース②)



(a) Sd-F2(++) 水平



(b) Sd-F2(++) 鉛直



0 1200 (cm/s²) 応答値スケール ____

図 4-136 最大応答加速度分布図(34/45)(解析ケース②)



(a) S d - N 1 (++) $\pi \Psi$



(b) Sd-N1(++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-137 最大応答加速度分布図(35/45)(解析ケース②)



(a) $S d - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$



(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直
 構造スケール^{02(m)}
 応答値スケール^{01200 (cm/s²)}

図 4-138 最大応答加速度分布図(36/45)(解析ケース②)



(a) S d - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$





図 4-139 最大応答加速度分布図(37/45)(解析ケース②)



(a) S d - 1 (++) 水平



図 4-140 最大応答加速度分布図(38/45)(解析ケース②)



(a) S d - D (++) $\wedge \Psi$



図 4-141 最大応答加速度分布図(39/45)(解析ケース③)



(a) S d - F 1 (++) $\wedge \Psi$



(b) Sd-F1 (++) 鉛直

図 4-142 最大応答加速度分布図(40/45)(解析ケース③)



(b) Sd-F2(++) 鉛直 構造スケール $\overset{0 2(m)}{-2}$ 応答値スケール $\overset{0 1200(cm/s^2)}{-2}$

図 4-143 最大応答加速度分布図(41/45)(解析ケース③)



(a) S d - N 1 (++) $\pi \Psi$



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 1200 (cm/s²)

図 4-144 最大応答加速度分布図(42/45)(解析ケース③)



(a) $S d - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$



構造スケール 0_2(m) 応答値スケール 0_1200 (cm/s²)

図 4-145 最大応答加速度分布図(43/45)(解析ケース③)



(a) S d - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



(b) Sd-N2(EW)(++) 鉛直 構造スケール $\overset{0.2(m)}{-1}$ 応答値スケール $\overset{0.1200(cm/s^2)}{-1}$

図 4-146 最大応答加速度分布図(44/45)(解析ケース③)



(a) S d-1 (++) 水平



構造スケール 0 2(m)

応答値スケール ⁰ 1200 (cm/s²)

図 4-147 最大応答加速度分布図(45/45)(解析ケース③)

Ⅵ-2-2-20 屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の地震応

答計算書

1.	概要 •••••••••••••••••••••
2.	基本方針 •••••••••••••••••••
2	1 位置
2	2 構造概要 ····································
2	3 解析方針 ····································
2	4 適用規格・基準等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	解析方法 ••••••••••••••••••
3	1 評価対象断面 ····································
3	2 解析方法 ····································
	3.2.1 構造部材 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.2.2 地盤
	3.2.3 减衰定数
	3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	3 荷重及び荷重の組合せ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.3.1 耐震評価上考慮する状態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.3.2 荷重 ···································
3	4 入力地震動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	5 解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
-	3.5.1 解析モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.5.2 使用材料及び材料の物性値・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.5.3 地盤の物性値・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.5.4 地下水位 ····································
4.	ᅂがままして、2000年 解析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する屋外配管ダクト (タービン建物〜排気筒)の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は,屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)が耐震性に関する技術 基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際,耐 震評価に用いる応答値は,この地震応答解析により構造物に発生する変形,断面力及び 基礎地盤に発生する接地圧とする。また,機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適 合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒) 位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の平面図を図 2-2 に,断面図を図 2-3~ 図 2-5 に示す。

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)は、非常用ガス処理系配管・弁を間接支持 する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長約 20m,幅 6.7m,高さ 3.1mの地中構 造物であり、マンメイドロック(以下「MMR」という。)を介して十分な支持機能を有 するC_M級岩盤に支持される。

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の一部は,屋外配管ダクト(タービン建物~ 放水槽)の一部と一体構造(以下「一体化部」という。)となっており,タービン建物及 び排気筒の接合部には構造目地が設置されている。



屋外配管ダクト



図 2-3 屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒) 断面図(A-A断面)



図 2-4 屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒) 断面図(B-B断面)



2.3 解析方針

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方 針」に基づき、基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに対して地震応答解析を実施する。

図 2-6 に屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の地震応答解析フローを示す。 地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面に おいて、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による2次元有 限要素法を用いた時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に 考慮する。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸 元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施 する。

地震応答解析による応答加速度は,機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成 に用いる。また,変形,断面力及び基礎地盤の接地圧は,屋外配管ダクト(タービン 建物~排気筒)の耐震評価に用いる。



2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)

- 3. 解析方法
- 3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。 構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する応答加速度抽出 断面は,弱軸方向である図 3-1 のA-A断面とする。なお,一体化部の複雑な構造を 精緻に評価するため,A-A断面における耐震評価に加え,B-B断面及びC-C断 面に対して,3次元構造解析モデルを用いた耐震評価を別途実施することとする。 構造物の評価対象断面図を図 3-2 に示す。



評価対象断面位置図



屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答 解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデ ルを踏まえて実施する。

地震応答解析は,構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用 いて,基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに基づき設定した水平地震動と鉛直 地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。屋外 配管ダクト(タービン建物~排気筒)周辺の地下水位は,構造物底版より低いことか ら,解析方法は全応力解析とする。

構造部材については,非線形はり要素を用いることとし,構造部材の非線形特性に ついては,ファイバーモデルで考慮する。また,地盤については,地盤のひずみ依存 性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については,解析コード「SLAP」を使用する。なお,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化 する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形 特性を考慮する材料非線形モデルであり(図3-3参照)、図3-4に示すコンク リートの応力-ひずみ関係及び図3-5に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮す る。



図 3-3 ファイバーモデルの概念図



(コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)より引用) 図 3-4 構造部材の非線形特性(コンクリートの応力-ひずみ関係)



(コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)より引用) 図 3-5 構造部材の非線形特性(鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため,表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)は、MMR上に設置され、北側に埋 戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土からの土圧となることから、埋戻土の初期せ ん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差σを用いて設定した解析ケース②及び③を実施 することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に 示す。

	地盤物性			
解析ケース	埋戻土	岩盤		
	(G ₀ :初期せん断弾性係数)	(G _d :動せん断弾性係数)		
ケース①	亚齿荷	亚齿庙		
(基本ケース)	十均恒	十均恒		
ケース2	平均值+1 σ	平均值		
ケース③	平均值-1σ	平均值		

表 3-1 解析ケース

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、 質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減 衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα, βを表 3-2 に示す。

- $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$
- [C] :減衰係数マトリックス
- [M] : 質量マトリックス
- [K] :剛性マトリックス
- α , β :係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A断面	0.000	4. 229×10^{-4}

- 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定
 - (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動Ssに対し、解析ケース①(基本ケース)を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照杳項目ごとに照杳値が0.5以上となるすべての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-3に示す。

		ケース①	ケース2	ケース③	
御井下を、一つ				地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	周年10117 一一八		基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
地盤物性			平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
		++*	0		
地會	Ss-D	-+*	0	甘淮地雲動ら。 (6	油)に位相反転な考
		+-*	0	■ 差単地震動 S S (0 慮した地震動 (6 波	していた。 した。 した。 した。 した。 した。 した。 した。 し
		*	0	 に対し、ケース①(基本ケース)を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目になった。 	
	S s - F 1	++*	0		
動	S s - F 2	++*	0	 とに照査値か 0.5 を超える照査項目に※ して,最も厳しい(許容限界に対する権度が最も小さい)地震動を用いてケース ②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合は,照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。 	超える照査項目に対 許容限界に対する裕
位	S s - N 1	++*	0		≿震動を用いてケース
相)		-+*	0		。 照査値がいずれも
	S s - N 2	++*	0		照査値が取ら厳しく ケース②及び③を実
	(NS)	-+*	0		
	S s - N 2	+ + *	0		
	(EW)	-+*	0		

表 3-3 耐震評価における解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位 相を反転させたケースを示す。 (2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮と して解析ケース①に加え、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。機器・ 配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4(1) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

(金牛地成初63)					
			ケース①	ケース②	ケース③
	御折を一つ			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	所初クース		基本ケース	(+1 σ)を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
	地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
	Ss-D	++*	0	0	0
地震動	S s - F 1	++*	0	0	0
	S s - F 2	++*	0	0	0
(位相)	S s - N 1	++*	0	0	0
	$\begin{array}{c} S \\ \hline S \\ \hline (NS) \end{array}$	++*	0	0	0
	S s - N 2 (EW)	++*	0	0	0

(基準地震動 S s)

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

表	3 - 4	(2)	機器・	配管系の応答加速度抽出のための解析ケース	ζ
---	-------	-----	-----	----------------------	---

		ケース①	ケース②	ケース③	
	御たた。フ			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	所がクース		基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1 σ) を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
	地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
	Sd-D	++*	0	0	0
地震動(位相)	S d - F 1	++*	0	0	0
	S d - F 2	++*	0	0	0
	S d - N 1	++*	0	0	0
	S d — N 2 (NS)	++*	0	0	0
	S d - N 2 (EW)	++*	0	0	0
	S d - 1	++*	0	0	0

(弾性設計用地震動 S d)

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

屋外配管ダクト(タービン建物〜排気筒)の地震応答解析において、地震以外 に考慮する状態を以下に示す。

- (1) 運転時の状態
 発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。
- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件埋設構造物であるため,積雪及び風の影響は考慮しない。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。
- 3.3.2 荷重

屋外配管ダクト(タービン建物〜排気筒)の地震応答解析において、考慮する 荷重を以下に示す。

- (1) 固定荷重(G)固定荷重として, 躯体自重, 機器・配管荷重を考慮する
- (2) 積載荷重(P)積載荷重として,土圧を考慮する
- (3) 地震荷重(Ss)基準地震動Ssによる荷重を考慮する。
- (4) 地震荷重(Sd)弾性設計用地震動Sdによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (Ss)	G + P + S s
地震時 (Sd) *	G + P + S d

注記*:機器・配管系の耐震設計に用いる。

G:固定荷重

P:積載荷重

S s : 地震荷重(基準地震動 S s)

Sd:地震荷重(弾性設計用地震動Sd)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動Ss及 び弾性設計用地震動Sdを一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価し たものを用いる。なお,入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは,VI-2-1-3「地 盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデ ル」を用いる。

図 3-6 に入力地震動算定の概念図を、図 3-7~図 3-32 に入力地震動の加速度時 刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「S HAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5 「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。






図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: S s - D)





図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: S s - D)





図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-F1)





図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-F1)







図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-F2)





図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-F2)





図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: S s - N 1)





図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(鉛直成分: S s - N 1)





図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-N2, NS方向)





図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-N2, NS方向)





図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-N2, EW方向)





図 3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-N2, EW方向)





図 3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-D)





図 3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Sd-D)





図 3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-F1)







図 3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(鉛直成分: Sd-F1)





図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-F2)





図 3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Sd-F2)





図 3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-N1)





図 3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Sd-N1)





図 3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-N2, NS方向)





図 3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Sd-N2, NS方向)





図 3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-N2, EW方向)





図 3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Sd-N2, EW方向)





図 3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Sd-1)





図 3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(鉛直成分: Sd-1)

- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)の地震応答解析モデルを図 3-33 に 示す。

- (1) 解析領域 解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物 と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。
- (2) 境界条件 解析領域の側方及び底面には,エネルギーの逸散効果を考慮するため,粘性境界 を設ける。
- (3) 構造物のモデル化
 鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。
 機器・配管荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。
- (4) 地盤のモデル化 岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形 性を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。なお、MMRは周辺岩盤と同様 に、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。
- (5) 隣接構造物のモデル化 解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物は、等価剛性として線 形の平面ひずみ要素でモデル化する。
- (6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」との接合面における接触・剥離及びすべりを考慮す るため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。







3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様	
コンクリート	設計基準強度 20.6N/mm ²	
鉄筋	SD345	

表 3-7 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量	24.0
	(kN/m^3)	
コンクリート	ヤング係数	2. 330×10^4
	(N/mm^2)	
	ポアソン比	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に,設計地下水位を図 3-34 に示す。

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
屋外配管ダクト(タービン建物~ 排気筒)	A-A断面	4.9

表 3-8 設計地下水位の一覧



4. 解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-1~図4-12に示す。また, 解析ケース①において,照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大と なる地震動について,解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-13及び図4-14 に示す。さらに,機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース②及び③の すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-15~図4-26に示す。これ らに加え,解析ケース①~③のすべての弾性設計用地震動Sdに対する最大加速度分布 図を図4-27~図4-47に示す。





(b) S s - D (++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-1 最大応答加速度分布図(1/47)(解析ケース①)





(b) S s - D (-+) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-2 最大応答加速度分布図(2/47)(解析ケース①)





(b) S s - D (+-) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-3 最大応答加速度分布図(3/47)(解析ケース①)





(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図(4/47)(解析ケース①)





(b) Ss-F1 (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-5 最大応答加速度分布図(5/47)(解析ケース①)




(b) S s-F 2 (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/47) (解析ケース①)





(b) Ss-N1(++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/47) (解析ケース①)





(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/47) (解析ケース①)



(a)
$$S s - N 2 (N S) (++) \pi \Psi$$



(b) S s - N 2 (N S) (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/47) (解析ケース①)



(a)
$$S s - N 2$$
 (NS) (-+) $\pi \overline{\Psi}$



(b) S s - N 2 (N S) (-+) 鉛直



図 4-10 最大応答加速度分布図(10/47)(解析ケース①)



(a) S s - N 2 (EW) (++) 水平



(b) S s - N 2 (EW) (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-11 最大応答加速度分布図(11/47)(解析ケース①)



(a)
$$S = N 2 (EW) (-+) \times \Psi$$



(b) S s - N 2 (EW) (-+) 鉛直



図 4-12 最大応答加速度分布図(12/47)(解析ケース①)





(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (13/47) (解析ケース②)





(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (14/47) (解析ケース③)





(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (15/47) (解析ケース②)





(b) S s-F 1 (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-16 最大応答加速度分布図(16/47)(解析ケース②)





(b) S s-F 2 (++) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (17/47) (解析ケース②)





(b) S s - N 1 (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-18 最大応答加速度分布図(18/47)(解析ケース②)



(a) S s - N 2 (N S) (++) $\pi \Psi$



(b) Ss-N2(NS)(++) 鉛直



図 4-19 最大応答加速度分布図(19/47)(解析ケース②)



(a) S s - N 2 (EW) (++) 水平



(b) S s - N 2 (EW) (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-20 最大応答加速度分布図(20/47)(解析ケース②)





(b) S s - D (++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-21 最大応答加速度分布図(21/47)(解析ケース③)





(b) S s-F 1 (++) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (22/47) (解析ケース③)





(b) S s-F 2 (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/47) (解析ケース③)





(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/47) (解析ケース③)



(a)
$$S s - N 2$$
 (NS) (++) $\pi \Psi$



(b) S s - N 2 (N S) (++) 鉛直



図 4-25 最大応答加速度分布図(25/47)(解析ケース③)



(a)
$$S = N 2 (EW) (++) \times \Psi$$



(b) S s - N 2 (EW) (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-26 最大応答加速度分布図(26/47)(解析ケース③)





(b) S d - D (++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-27 最大応答加速度分布図(27/47)(解析ケース①)





(b) Sd-F1(++) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (28/47) (解析ケース①)





(b) Sd-F2(++) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (29/47) (解析ケース①)





(b) Sd-N1(++) 鉛直

図 4-30 最大応答加速度分布図 (30/47) (解析ケース①)



(a) Sd-N2(NS)(++) 水平



(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-31 最大応答加速度分布図(31/47)(解析ケース①)



(a) S d - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



(b) Sd-N2(EW)(++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-32 最大応答加速度分布図(32/47)(解析ケース①)





(b) S d - 1 (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-33 最大応答加速度分布図(33/47)(解析ケース①)





(b) S d - D (++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 」
 広答値スケール
 」

図 4-34 最大応答加速度分布図(34/47)(解析ケース②)





(b) Sd-F1 (++) 鉛直

図 4-35 最大応答加速度分布図 (35/47) (解析ケース②)





(b) Sd-F2(++) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (36/47) (解析ケース②)





(b) Sd-N1(++) 鉛直

図 4-37 最大応答加速度分布図 (37/47) (解析ケース②)



(a) Sd-N2(NS)(++) 水平



(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 L
 広答値スケール
 L

図 4-38 最大応答加速度分布図(38/47)(解析ケース②)



(a) S d - N 2 (EW) (++) $\pi \Psi$



(b) Sd-N2(EW) (++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-39 最大応答加速度分布図 (39/47) (解析ケース②)





(b) S d - 1 (++) 鉛直

図 4-40 最大応答加速度分布図(40/47)(解析ケース②)



(a) S d - D (++) 水平



(b) Sd-D(++) 鉛直

 0
 1(m)
 0
 1000(cm/s²)

 構造スケール
 」
 広答値スケール
 」

図 4-41 最大応答加速度分布図(41/47)(解析ケース③)




(b) Sd-F1 (++) 鉛直

図 4-42 最大応答加速度分布図(42/47)(解析ケース③)





(b) Sd-F2(++) 鉛直

図 4-43 最大応答加速度分布図 (43/47) (解析ケース③)





(b) Sd-N1(++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-44 最大応答加速度分布図(44/47)(解析ケース③)



(a) Sd-N2(NS)(++) 水平



(b) Sd-N2(NS)(++) 鉛直

0 1(m) 0 1000(cm/s²) 構造スケール └─└─┘ 応答値スケール └─└─┘

図 4-45 最大応答加速度分布図(45/47)(解析ケース③)



(a) Sd-N2(EW) (++) 水平



(b) Sd-N2(EW)(++) 鉛直



図 4-46 最大応答加速度分布図(46/47)(解析ケース③)





(b) S d - 1 (++) 鉛直

図 4-47 最大応答加速度分布図 (47/47) (解析ケース③)

VI-2-2-30 第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書

1	. 概	Ŧ 王 王 王 王 王 ・・	
2	. 基	本方	권······ 2
	2.1	位置	2
	2.2	構造	概要 ····· 3
	2.3	解材	·方針 ····· 6
	2.4	適月	規格・基準等
3	. 解	驿 析方	去 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
	3.1	評佰	対象断面
	3.2	解材	·方法 ···································
	3.	2.1	構造部材
	3.	2.2	地盤 ······14
	3.	2.3	減衰定数
	3.	2.4	地震応答解析の解析ケースの選定
	3.3	荷重	及び荷重の組合せ 18
	3.	3.1	耐震評価上考慮する状態
	3.	3.2	荷重 ····· 18
	3.	3.3	荷重の組合せ ・・・・・・・・・ 19
	3.4	入力	地震動
	3.5	解材	モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
	3.	5.1	解析モデル ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.	5.2	使用材料及び材料の物性値 40
	3.	5.3	地盤の物性値
	3.	5.4	地下水位 ······· 41
4	. 解	 術結	果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	4.1	A -	A断面の解析結果 ······ 43
	4.2	В-	B断面の解析結果 ······ 70
	4.3	С-	C断面の解析結果 ······ 97

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する第1ベントフィル タ格納槽の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は,第1ベントフィルタ格納槽が耐震性に関する技術基準へ適合する ことを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際,耐震評価に用いる 応答値は,この地震応答解析により構造物に発生する変形,断面力及び基礎地盤に発生 する接地圧とする。また,機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確 認するために用いる応答値の抽出を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図2-1に示す。



図 2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2,断面図を図2-3~図2-5に示す。 第1ベントフィルタ格納槽は,第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅 24.6m (EW方向)×13.4m (NS方向),高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中(一部地 上部を含む)構造物であり、マンメイドロック(以下「MMR」という。)を介して十分 な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。



図 2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図



図 2-3 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A断面)



図2-4 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B断面)



図 2-5 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C断面)

2.3 解析方針

第1ベントフィルタ格納槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基 準地震動Ssに対して地震応答解析を実施する。

図 2-6 に第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面に おいて、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴応 答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸 元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施 する。

地震応答解析による応答加速度は,機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成 に用いる。また,変形,断面力及び基礎地盤の接地圧は,第1ベントフィルタ格納槽 の耐震評価に用いる。



図 2-6 第1ベントフィルタ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)
- ·松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日松江市規則第234号)

- 3. 解析方法
- 3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は、図 3-1のA-A断面及びB-B断面とする。また、機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は図 3-1のA-A断面, B-B断面及びC-C断面とする。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響確認については、図3-1のC-C断 面の妻壁に対して実施することとし、評価結果は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」にて示す。

評価対象断面図を図 3-2~図 3-4 に示す。



図 3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図



図 3-2 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図(A-A断面)



図 3-3 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図(B-B断面)





図 3-4 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (C-C断面)

3.2 解析方法

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方 針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて 実施する。

地震応答解析は,構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて,基準地震動Ssに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。第1ベントフィルタ格納槽は,周辺をMMRで囲まれていることから,解析手法は全応力解析とする。

構造部材については,非線形はり要素を用いることとし,構造部材の非線形特性に ついては,ファイバーモデルで考慮する。また,地盤については,地盤のひずみ依存 性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については,解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については, Ⅵ-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化 する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形 特性を考慮する材料非線形モデルであり(図 3-5 参照)、図 3-6 に示すコンク リートの応力-ひずみ関係及び図 3-7 に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮す る。



図 3-5 ファイバーモデルの概念図



(コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)より引用) 図 3-6 構造部材の非線形特性(コンクリートの応力-ひずみ関係)



(コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)より引用) 図 3-7 構造部材の非線形特性(鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため,表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

第1ベントフィルタ格納槽は、周辺をMMRに囲まれているが、構造物側方の MMRを保守的に埋戻土としてモデル化するため、主たる荷重は埋戻土の土圧と なることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差σを用いて設定した解析ケース②及び③を実施 することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に 示す。

	地盤物性			
解析ケース	埋戻土	岩盤		
	(G ₀ :初期せん断弾性係数)	(G _d :動せん断弾性係数)		
ケース①	亚均位	亚坎佐		
(基本ケース)	平均恒	平均恒		
ケース2	平均值+1 σ	平均值		
ケース③	平均值-1σ	平均值		

表 3-1 解析ケース

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、 質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減 衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα, βを表 3-2 に示す。

- $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$
- [C] :減衰係数マトリックス
- [M] : 質量マトリックス
- [K] : 剛性マトリックス
- α , β :係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A断面	1.598	$1.536 imes 10^{-4}$
B-B断面	1.648	4. 156×10^{-4}
C-C断面	5. 165×10^{-2}	2.799 $\times 10^{-4}$

- 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定
 - (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動Ssに対し、解析ケース①(基本ケース)を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、 最も厳しい地震動を用いて、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3に示す。

			ケース①	ケース②	ケース③
	解析ケーフ			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
	用牛切1 / /		基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
地盤物性			平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
		++*	0		
	Ss-D	-+*	0	其淮地雲動ら。(6	油)に位相反転を考
		+-*	0	■ 基準地震動SS (6 次) に位相反転を考 慮した地震動(6 波)を加えた全 12 波	
		*	0	↓ に対し、ケース①(基本ケース)を実施 し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及	
地震	S s - F 1 + *		0	- び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ご レに昭本値が0.5を招える昭本項目に対	
辰 動	S s - F 2	++*	0	して,最も厳しい (語名限量項目に対 許容限界に対する裕
位	S s - N 1 S s - N 2	++*	0	 ぼが最も小さい)地震動を用いてケース ②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5以下の場合は,照査値が最も厳しく なる地震動を用いてケース②及び③を実 	∖震動を用いてケース 。
相)		-+*	0		照査値がいずれも
		++*	0		照 <u>1</u> 値が取り取し、 ケース②及び③を実
	(NS)	-+*	0	施する。	
	S s - N 2	++*	0		
	(EW)	-+*	0		

表 3-3 耐震計価における解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位 相を反転させたケースを示す。 (2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース 機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮と して解析ケース①に加え、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。機器・ 配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

			ケース①	ケース2	ケース③
	破折ケーフ			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
声がケース			基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
地盤物性			平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
地震動(位相)	Ss-D	++*	0	0	0
	S s - F 1	++*	0	0	0
	S s - F 2	++*	0	0	0
	S s - N 1	++*	0	0	0
	S s - N 2 (N S)	++*	0	0	0
	S s - N 2 (EW)	++*	0	0	0

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析において,地震以外に考慮する状態 を以下に示す。

- (1) 運転時の状態
 発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。
- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。
- 3.3.2 荷重

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析において,考慮する荷重を以下に示 す。

- (1) 固定荷重(G) 固定荷重として, 躯体自重, 機器・配管荷重を考慮する。
- (2) 積載荷重(P)積載荷重として、土圧及び積雪荷重Psを考慮する。
- (3) 積雪荷重(Ps)
 積雪荷重として,発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測 された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数
 0.35を考慮し35.0 cmとする。積雪荷重については,松江市建築基準法施行細則により,積雪量1 cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。
- (4) 地震荷重(Ss)

基準地震動 Ssによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ	
地震時 (Ss)	G + P + S s	

G:固定荷重

P:積載荷重

S s : 地震荷重(基準地震動 S s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動Ssを 一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものを用いる。なお,入 力地震動の設定に用いる地下構造モデルは,VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方 針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-8 に入力地震動算定の概念図を,図 3-9~図 3-24 に入力地震動の加速度時刻 歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には,解析コード「SH AKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥 当性確認の概要については,VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示 す。



図 3-8 入力地震動算定の概念図
































































- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデル

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析モデルを図 3-25~図 3-27 に示す。 (1) 解析領域

解析領域は,側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう,構造物 と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件 解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界

を設ける。

(3) 構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面において,鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素 によりモデル化する。

C-C断面において,鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また,埋戻土は,地盤の非線形 性を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。なお,MMRは周辺岩盤と同等と し,線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉 建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる補助消火水槽は,等価 剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また,低圧原子炉代替注水ポ ンプ格納槽については,耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するため に用いる応答値を抽出する必要があることから,非線形はり要素及び平面応力要 素でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」の接合面における接触,剥離及びすべりを考慮する ため,これらの接合面にジョイント要素を設定する。



図 3-25 第1ベントフィルタ格納槽 地震応答解析モデル図 (A-A断面)





図 3-26 第1ベントフィルタ格納槽 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



図 3-27 第1ベントフィルタ格納槽 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様	
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²	
鉄筋	SD345	

表 3-7 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量	24.0
	(kN/m^3)	
コンクリート	ヤング係数	2. 50×10 ⁴
	(N/mm^2)	
	ポアソン比	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に、設計地下水位を図 3-28~図 3-30 に示す。

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
第1ベントフィルタ	A-A断面	
格納槽	B-B断面	15.0
	C-C断面	

表 3-8 設計地下水位の一覧



図 3-28 設計地下水位 (A-A断面)



図 3-29 設計地下水位 (B-B断面)



図 3-30 設計地下水位 (C-C断面)

- 4. 解析結果
- 4.1 A-A断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)につい て、すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-1~図4-12に示す。 また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及 び③の最大加速度分布図を図4-13及び図4-14に示す。これらに加え、機器・配管 系の応答加速度抽出のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-15~図4 -26に示す。



図 4-1 最大応答加速度分布図(1/26)(解析ケース①)



図 4-2 最大応答加速度分布図(2/26)(解析ケース①)



図 4-3 最大応答加速度分布図(3/26)(解析ケース①)



図 4-4 最大応答加速度分布図(4/26)(解析ケース①)



図 4-5 最大応答加速度分布図(5/26)(解析ケース①)



図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/26) (解析ケース①)



図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/26) (解析ケース①)



図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/26) (解析ケース①)



図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/26) (解析ケース①)



図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/26) (解析ケース①)



図 4-11 最大応答加速度分布図(11/26)(解析ケース①)



図 4-12 最大応答加速度分布図(12/26)(解析ケース①)



図 4-13 最大応答加速度分布図(13/26)(解析ケース②)



図 4-14 最大応答加速度分布図(14/26)(解析ケース③)



図 4-15 最大応答加速度分布図(15/26)(解析ケース②)



図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/26) (解析ケース②)



図 4-17 最大応答加速度分布図(17/26)(解析ケース②)



図 4-18 最大応答加速度分布図(18/26)(解析ケース②)



図 4-19 最大応答加速度分布図(19/26)(解析ケース②)



図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/26) (解析ケース②)



図 4-21 最大応答加速度分布図(21/26)(解析ケース③)


図 4-22 最大応答加速度分布図(22/26)(解析ケース③)



図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/26) (解析ケース③)



図 4-24 最大応答加速度分布図(24/26)(解析ケース③)



図 4-25 最大応答加速度分布図(25/26)(解析ケース③)



図 4-26 最大応答加速度分布図 (26/26) (解析ケース③)

4.2 B-B断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)につい て、すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-27~図4-38に示す。 また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及 び③の最大加速度分布図を図4-39及び図4-40に示す。これらに加え、機器・配管 系の応答加速度抽出のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-41~図4 -52に示す。





図 4-27 最大応答加速度分布図 (1/26) (解析ケース①)



図 4-28 最大応答加速度分布図 (2/26) (解析ケース①)





図 4-29 最大応答加速度分布図(3/26)(解析ケース①)



図 4-30 最大応答加速度分布図(4/26)(解析ケース①)



図 4-31 最大応答加速度分布図 (5/26) (解析ケース①)





図 4-32 最大応答加速度分布図(6/26)(解析ケース①)





図 4-33 最大応答加速度分布図 (7/26) (解析ケース①)





図 4-34 最大応答加速度分布図 (8/26) (解析ケース①)





図 4-35 最大応答加速度分布図 (9/26) (解析ケース①)





図 4-36 最大応答加速度分布図(10/26)(解析ケース①)





図 4-37 最大応答加速度分布図 (11/26) (解析ケース①)





図 4-38 最大応答加速度分布図(12/26)(解析ケース①)



図 4-39 最大応答加速度分布図(13/26)(解析ケース②)



図 4-40 最大応答加速度分布図(14/26)(解析ケース③)





図 4-41 最大応答加速度分布図(15/26)(解析ケース②)





図 4-42 最大応答加速度分布図(16/26)(解析ケース②)



図 4-43 最大応答加速度分布図(17/26)(解析ケース②)





図 4-44 最大応答加速度分布図(18/26)(解析ケース②)





図 4-45 最大応答加速度分布図(19/26)(解析ケース②)



図 4-46 最大応答加速度分布図(20/26)(解析ケース②)





図 4-47 最大応答加速度分布図 (21/26) (解析ケース③)





図 4-48 最大応答加速度分布図(22/26)(解析ケース③)





図 4-49 最大応答加速度分布図(23/26)(解析ケース③)



図 4-50 最大応答加速度分布図(24/26)(解析ケース③)





図 4-51 最大応答加速度分布図(25/26)(解析ケース③)





図 4-52 最大応答加速度分布図(26/26)(解析ケース③)

4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として, 解析ケース①(基本ケース)について,すべての基準地震動Ssに対する最大加速度 分布図を図4-53~図4-64に示す。また,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの 評価において,最も厳しくなる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大加速度分 布図を図4-65及び図4-66に示す。これらに加え,機器・配管系の応答加速度抽出 のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-67~図4-78に示す。



構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-53 最大応答加速度分布図(1/26)(解析ケース①)



図 4-54 最大応答加速度分布図 (2/26) (解析ケース①)



構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-55 最大応答加速度分布図(3/26)(解析ケース①)


構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-56 最大応答加速度分布図(4/26)(解析ケース①)



構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & 2 \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & -2 \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-57 最大応答加速度分布図(5/26) (解析ケース①)



構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-58 最大応答加速度分布図(6/26)(解析ケース①)



構造スケール $0_{2}(m)$ 応答値スケール $0_{4000}(cm/s^2)$

図 4-59 最大応答加速度分布図 (7/26) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (-+) 水平



(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-60 最大応答加速度分布図(8/26)(解析ケース①)





(b) S s - N 2 (NS) (++) 鉛直 構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-61 最大応答加速度分布図 (9/26) (解析ケース①)



(a) $S s - N 2 (N S) (-+) \pi \Psi$



(b) S s - N 2 (NS) (-+) 鉛直 構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-62 最大応答加速度分布図(10/26)(解析ケース①)



構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-63 最大応答加速度分布図(11/26)(解析ケース①)



(a) Ss-N2(EW) (-+) 水平



(b) S s - N 2 (EW) (-+) 鉛直 構造スケール $\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ - & - \end{pmatrix}$ 応答値スケール $\begin{pmatrix} 0 & 4000 \\ - & - \end{pmatrix}$ (cm/s²)

図 4-64 最大応答加速度分布図(12/26)(解析ケース①)



(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ ⁴⁰⁰⁰ (cm/s²)
 図 4-65 最大応答加速度分布図 (13/26) (解析ケース②)



(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-66 最大応答加速度分布図 (14/26) (解析ケース③)



図 4-67 最大応答加速度分布図(15/26)(解析ケース②)



図 4-68 最大応答加速度分布図(16/26)(解析ケース②)



図 4-69 最大応答加速度分布図(17/26)(解析ケース②)



図 4-70 最大応答加速度分布図 (18/26) (解析ケース②)



図 4-71 最大応答加速度分布図 (19/26) (解析ケース②)



(a) $S s - N 2 (EW) (++) x \mp$



図 4-72 最大応答加速度分布図 (20/26) (解析ケース②)



図 4-73 最大応答加速度分布図(21/26)(解析ケース③)



図 4-74 最大応答加速度分布図 (22/26) (解析ケース③)



図 4-75 最大応答加速度分布図 (23/26) (解析ケース③)



図 4-76 最大応答加速度分布図 (24/26) (解析ケース③)





図 4-77 最大応答加速度分布図(25/26)(解析ケース③)



図 4-78 最大応答加速度分布図 (26/26) (解析ケース③)

VI-2-2-31 第1ベントフィルタ格納槽の耐震性についての

計算書

1.	概要	Į 1
2.	基本	5方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2	.1 (位置 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2	.2 柞	構造概要 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2	.3 💈	評価方針 •••••••••••••••••••
2	.4 ì	適用規格・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	耐震	ミ評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	.1	評価対象断面 ·················11
3	.2 1	使用材料及び材料の物性値・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
3	.3	許容限界 ····································
	3.3.	 構造部材の健全性に対する許容限界・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.3.	.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
3	.4	評価方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
	3.4.	.1 構造部材の健全性評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
	3.4.	.2 基礎地盤の支持性能評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19
4.	耐震	評価結果 ····································
4	.1 柞	構造部材の健全性に対する評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・20
4	.2 2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・23

1. 概要

本資料は、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、第1ベントフィルタ格納槽が基準地震動Ssに対して十分な構造 強度を有していることを確認するものである。

第1ベントフィルタ格納槽に要求される機能維持の確認は,地震応答解析に基づく構 造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2に、断面図を図2-3~図2-5に、概略 配筋図を図2-6及び図2-7示す。

第1ベントフィルタ格納槽は,第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅 24.6m(EW方向)×13.4m(NS方向),高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中(一部地 上部を含む)構造物であり,マンメイドロック(以下「MMR」という。)を介して十分 な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。



図 2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図



図 2-3 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A断面)



図2-4 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B断面)



図 2-5 第1ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C断面)



図 2-6 第1ベントフィルタ格納槽 概略配筋図 (A-A断面)



図 2-7 第1ベントフィルタ格納槽 概略配筋図 (B-B断面)

2.3 評価方針

第1ベントフィルタ格納槽は,常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩 和設備が設置される重大事故等対処施設に分類される。

第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価フローを図2-8に示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計 算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、重大事故等対処施設の評価とし て、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行 う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度 を有することを確認し、これにより常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故 緩和設備を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震応 答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対して は構造部材の照査用ひずみが許容限界を下回ることを確認する。せん断破壊に対して は照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震 応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき,基礎地盤に発生する接地圧 が許容限界を下回ることを確認する。



図 2-8 第1ベントフィルタ格納槽 地震応答解析フロー

		-			
評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
	構造部材の 健全性	鉄筋コンク リート部材	照査用ひずみ	曲げ・軸力	限界ひずみ*
			及び照査用せ		
			ん断力が許容	せん断力	せん断耐力*
# * # # # # * +			限界を下回る		
構 道 強 度 を 有 す			ことを確認		
$\Im \subset C$		基礎地盤	発生する接地		
	基礎地盤の		圧が許容限界	岩盤の極限支持力*	
	支持性能		を下回ること		
			を確認		

表 2-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価項目

注記*:妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)

- 3. 耐震評価
- 3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設 計における評価対象断面は、図 3-1のA-A断面及びB-B断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。



図 3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図


図 3-2 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図(A-A断面)



図 3-3 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1,材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様	
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²	
鉄筋	SD345	

表 3-2 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0
	ヤング係数 (N/mm ²)	2. 50×10^4
	ポアソン比	0.2

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

- 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界
 - (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は,原子力発電所屋外重要土 木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会,2005年)(以下「土木学 会マニュアル」という。)に基づき,限界ひずみ(圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%)とする。

土木学会マニュアルでは、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外 重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の 結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定 性が確保できるとして設定されたものである。

- (2) せん断破壊に対する許容限界 構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づき、棒 部材式又はディープビーム式で求まるせん断耐力とする。
- 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は, VI-2-1-3「地盤の支持性能に 係る基本方針」に基づき, 岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	C _M 級岩盤	9.8

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

3.4 評価方法

第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価は、地震応答解析により算定した照査用応答 値が、「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して,地震応答解析 により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確 認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひ ずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-4 に, せん断破壊に対する照査値最大時の 断面力図を図 3-5 に示す。





(圧縮を正で示す。)



図 3-4(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形 (A-A断面,解析ケース③, Ss-N1 (-+))



(圧縮を正で示す。)



図 3-4(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
 (B-B断面,解析ケース①,Ss-N1(++))



数値:評価位置における断面力 (a)曲げモーメント (kN・m)



数値:評価位置における断面力

(b)軸力(kN)(+:引張,-:圧縮)



数値:評価位置における断面力 (c)せん断力 (kN)

図 3-5(1) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (A-A断面, 解析ケース③, Ss-N1(-+), t=7.52s)



数値:評価位置における断面力 (a)曲げモーメント (kN・m)



数値:評価位置における断面力 (b)軸力(kN)(+:引張,-:圧縮)



数値:評価位置における断面力(c)せん断力 (kN)

図 3-5(2) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (B-B断面,解析ケース②, Ss-D(--),t=34.28s) 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下 であることを確認する。

- 4. 耐震評価結果
- 4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1に, せん断破壊に対す る各評価位置での最大照査値を表 4-2に示す。

第1ベントフィルタ格納槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(A-A断面)

解析	生きま	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照查值
ケース	地展到	b 3	ε _R	εd/εR
3	S s - N 1 (-+)	$507~\mu$	$10000~\mu$	0.06

注記*:照査用ひずみ ϵ_d =発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-1(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(B-B断面)

解析	世堂朝	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照査値
ケース	地長期	Ł d	٤R	ε _d /ε _R
1	S s - N 1 (++)	$256~\mu$	$10000~\mu$	0.03

注記*:照査用ひずみ ϵ_{d} = 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_{a}

	11		この阿阪茲に対	93取八派五恒		
評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V _d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照査値 V _d /V _{yd}
頂版	2	1)	S s - D $(+-)$	714	1833	0.39
側壁	7	3	S s - N 1 (-+)	1579	2051	0.77
床版	9	1)	S s - N 1 (++)	666	1236	0.54
隔壁	11	1)	S s - N 1 (++)	710	1648	0.44
底版	13	1	S = N 1 (-+)	1371	2771	0.50

表 4-2(1) せん断破壊に対する最大照査値(A-A断面)

注記*1:評価位置は図4-1に示す。

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a

評価位置	<u>-</u> * 1 <u>-</u>	解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V _d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照查値 V _d /V _{yd}
頂版	1		S s - D $(+-)$	623	1885	0.34
側壁	4	2	S s - D ()	933	2589	0.37
床版	9	2	S s - D ()	769	1701	0.46
隔壁	11	2	S s - D ()	837	3192	0.27
底版	16	(1)	S s - D $(-+)$	723	4728	0.16

表 4-2(2) せん断破壊に対する最大照査値(B-B断面)

注記*1:評価位置は図4-1に示す。

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a







B-B断面

図 4-1 評価位置

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。また,最大接地圧分布図を 図 4-2 に示す。

第1ベントフィルタ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が,極限支持力を下回ることを確認した。

表 4-3(1) 基礎地盤の支持性能に対する照査結果(A-A断面)

解析	生き	最大接地圧	極限支持力	照查值
ケース	地展勤	R_{d} (N/mm ²)	R $_{\rm u}$ (N/mm ²)	R_{d}/R_{u}
1	S s - D (+-)	1.04	9.8	0.11

表 4-3(2) 基礎地盤の支持性能に対する照査結果(B-B断面)

解析	山雪乱	最大接地圧	極限支持力	照査値
ケース	地長勤	$ m R_{d}~(N/mm^{2})$	R $_{\rm u}$ (N/mm ²)	R_{d}/R_{u}
1	S s - D (++)	0.94	9.8	0.10



(B-B断面, 解析ケース①, Ss-D(++))

VI-2-2-32 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書

1.	概要 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	1
2.	基本方針 ·····	2
	2.1 位置	2
	2.2 構造概要 ·····	3
	2.3 解析方針 ·····	6
	2.4 適用規格·基準等 ···································	8
3.	解析方法 ·····	9
	3.1 評価対象断面 ······	9
	3.2 解析方法 ····································	12
	3.2.1 構造部材	12
	3.2.2 地盤	14
	3.2.3 減衰定数 ····································	15
	3.2.4 地震応答解析のケースの選定 ······	16
	3.3 荷重及び荷重の組合せ ····································	18
	3.3.1 耐震評価上考慮する状態	18
	3.3.2 荷重 ······	18
	3.3.3 荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
	3.4 入力地震動	20
	3.5 解析モデル及び諸元::::::::::::::::::::::::::::::::	37
	3.5.1 解析モデル ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
	3.5.2 使用材料及び材料の物性値 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
	3.5.3 地盤の物性値・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
	3.5.4 地下水位	41
4.	解析結果 ····································	43
	4.1 A-A断面の解析結果 ····································	43
	4.2 B-B断面の解析結果 ······	70
	4.3 C-C断面の解析結果 ····································	97

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する低圧原子炉代替注 水ポンプ格納槽の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は,低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が耐震性に関する技術基準へ適 合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際,耐震評価に 用いる応答値は,この地震応答解析により構造物に発生する変形,断面力及び基礎地盤 に発生する接地圧とする。また,機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合するこ とを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2, 断面図を図 2-3~図 2-5 に示 す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替 注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m(EW 方向)×13.4m(NS 方向)、高さ約 21.2mの鉄 筋コンクリート造の地中(一部地上部を含む)構造物であり、マンメイドロック(以下 「MMR」という。)を介して十分な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。





図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A断面)



図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B断面)



2.3 解析方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動Ssに対して地震応答解析を実施する。

図 2-6 に低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面に おいて、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非 線形解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸 元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施 する。

地震応答解析による応答加速度は,機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成 に用いる。また,変形,断面力及び基礎地盤の接地圧は,低圧原子炉代替注水ポンプ 格納槽の耐震評価に用いる。



図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)
- ·松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日松江市規則第234号)

- 3. 解析方法
- 3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の 耐震設計における評価対象断面は、図 3-1のA-A断面及びB-B断面とする。ま た、機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は図 3-1のA-A断面, B-B断面及 びC-C断面とする。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響確認については、図 3-1のC-C断 面の妻壁に対して実施することとし、評価結果は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」にて示す。

評価対象断面図を図 3-2~図 3-4 に示す。





図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A断面)



図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面)





図 3-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (C-C断面)

3.2 解析方法

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏ま えて実施する。

地震応答解析は,構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて,基準地震動Ssに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は,周辺をMMRで囲まれていることから,解析手法は全応力解析とする。

構造部材については,非線形はり要素を用いることとし,構造部材の非線形特性に ついては,ファイバーモデルで考慮する。また,地盤については,地盤のひずみ依存 性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については,解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については, Ⅵ-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化 する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形 特性を考慮する材料非線形モデルであり(図 3-5 参照)、図 3-6 に示すコンク リートの応力-ひずみ関係及び図 3-7 に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮す る。



図 3-5 ファイバーモデルの概念図



(コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)より引用) 図 3-6 構造部材の非線形特性(コンクリートの応力-ひずみ関係)



(コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)より引用) 図 3-7 構造部材の非線形特性(鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため,表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

A-A断面及びB-B断面は、周辺をMMRで囲まれており、主たる荷重はM MRのせん断変形である。MMRは周辺岩盤と同様の物性値を設定することか ら、岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

C-C断面は、周辺をMMRに囲まれているが、構造物側方のMMRを保守的 に埋戻土としてモデル化するため、主たる荷重は埋戻土の土圧となることから、 埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数及び動せん断弾性係数の標準偏差σを用いて設定した解析 ケース②及び③を実施することにより,地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考 慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に 示す。

		地盤物性		
计色纸面		埋戻土	岩盤	
入 家 西 田	所知りクレン	(G₀:初期せん断	(G _d :動せん断	
		弾性係数)	弾性係数)	
	ケース①	亚均荷	亚均储	
A-A断面	(基本ケース)	十均恒	十万世	
B-B断面	ケース2	平均值	平均值+1σ	
	ケース③	平均值	平均值-1σ	
	ケース①	可也应	可也应	
C-C断面	(基本ケース)	平均恒	平均恒	
	ケース2	平均值+1 σ	平均值	
	ケース③	平均值-1σ	平均值	

表 3-1 解析ケース

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、 質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減 衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα, βを表 3-2 に示す。

- $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$
- [C] :減衰係数マトリックス
- [M] : 質量マトリックス
- [K] : 剛性マトリックス
- α , β :係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A断面	1.569	5.723 $\times 10^{-4}$
B-B断面	1.540	5.880 $ imes 10^{-4}$
C-C断面	5. 165×10^{-2}	2.799 $\times 10^{-4}$

- 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定
 - (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動Ssに対し、解析ケース①(基本ケース)を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、 最も厳しい地震動を用いて、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3に示す。

		ケース①	ケース②	ケース③		
解析ケース			基本ケース	地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき	
				(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し	
				た解析ケース	た解析ケース	
地盤物性			平均值	平均值+1σ	平均值-1σ	
地震動(位相)	Ss-D	++*	0			
		-+*	0	 基準地震動Ss(6波)に位相反転を考慮した地震動(6波)を加えた全12波に対し、ケース①(基本ケース)を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい(許容限界に対する裕度が最も小さい)地震動を用いてケース ②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 		
		+-*	0			
		*	0			
	S s - F 1	++*	0			
	S s - F 2	++*	0			
	S s - N 1	++*	0			
		-+*	0			
	S s - N 2	++*	0	- 0.0以下の場合は、原査値が取り厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実	照査値が取ら厳しく ケース②及び③を実	
	(NS)	-+*	0	施する。		
	S s - N 2	++*	0			
	(EW)	-+*	0			

表 3-3 耐震評価における解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位 相を反転させたケースを示す。 (2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース 機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮と して解析ケース①に加え、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。機器・ 配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4に示す。

		ケース①	ケース2	ケース③	
解析ケース				地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき
			基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し
				た解析ケース	た解析ケース
地盤物性			平均值	平均值+1σ	平均值-1σ
地震動(位相)	Ss-D	++*	0	0	0
	S s - F 1	++*	0	0	0
	S s - F 2	++*	0	0	0
	S s – N 1	++*	0	0	0
	S s - N 2 (N S)	++*	0	0	0
	S s - N 2 (EW)	++*	0	0	0

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析において、地震以外に考慮す る状態を以下に示す。

- (1) 運転時の状態
 発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。
- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。
- 3.3.2 荷重

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析において,考慮する荷重を以 下に示す。

- (1) 固定荷重(G)固定荷重として, 躯体自重, 機器・配管荷重を考慮する。
- (2) 積載荷重(P)
 積載荷重として、土圧、水圧及び積雪荷重Psを考慮する。
- (3) 積雪荷重(Ps)
 積雪荷重として,発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測 された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数
 0.35を考慮し35.0 cmとする。積雪荷重については,松江市建築基準法施行細則により,積雪量1 cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。
- (4) 地震荷重(Ss)

基準地震動 Ssによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ	
地震時 (Ss)	G + P + S s	

G:固定荷重

P:積載荷重

S s : 地震荷重(基準地震動 S s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動Ssを 一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものを用いる。なお,入 力地震動の設定に用いる地下構造モデルは,VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方 針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-8 に入力地震動算定の概念図を,図 3-9~図 3-24 に入力地震動の加速度時刻 歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には,解析コード「SH AKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥 当性確認の概要については,VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示 す。



図 3-8 入力地震動算定の概念図



図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: S s-D)




























































- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデル

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析モデルを図 3-25~図 3-27 に 示す。

- (1) 解析領域 解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物 と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。
- (2) 境界条件 解析領域の側方及び底面には,エネルギーの逸散効果を考慮するため,粘性境界 を設ける。
- (3) 構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面において,鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素 によりモデル化する。

C-C断面において,鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また,埋戻土は,地盤の非線形 性を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。なお,MMRは周辺岩盤と同等と し,線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉 建物は,等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる補助消火水槽は,等価 剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また,第1ベントフィルタ格 納槽については,耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用い る応答値を抽出する必要があることから,非線形はり要素及び平面応力要素でモ デル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」の接合面における接触,剥離及びすべりを考慮する ため,これらの接合面にジョイント要素を設定する。

(7) 水位条件

低圧原子炉代替注水槽の内水位は, EL 11.2m とする。

R0



図 3-25 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (A-A断面)



図 3-26 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



図 3-27 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様	
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²	
鉄筋	SD345	

表 3-7 材料の物性値

材料	項目	材料諸元	
鉄筋コンクリート	単位体積重量	24_0	
	(kN/m^3)	24.0	
コンクリート	ヤング係数	2.50×10 ⁴	
	(N/mm^2)		
	ポアソン比	0.2	

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に、設計地下水位を図 3-28~図 3-30 に示す。

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
低圧原子炉代替注水	A-A断面	
ポンプ格納槽	B-B断面	15.0
	C-C断面	

表 3-8 設計地下水位の一覧



図 3-28 設計地下水位 (A-A断面)



図 3-29 設計地下水位 (B-B断面)





- 4. 解析結果
- 4.1 A-A断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)につい て、すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-1~図4-12に示す。 また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及 び③の最大加速度分布図を図4-13及び図4-14に示す。これらに加え、機器・配管 系の応答加速度抽出のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-15~図4 -26に示す。



S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0





S2 補 VI-2-2-32 R0





S2 補 VI-2-2-32 R0





52













S2 補 VI-2-2-32 R0






S2 補 VI-2-2-32 R0



61







S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0



S2 補 VI-2-2-32 R0



図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/26) (解析ケース③)





4.2 B-B断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)につい て、すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-27~図4-38に示す。 また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及 び③の最大加速度分布図を図4-39及び図4-40に示す。これらに加え、機器・配管 系の応答加速度抽出のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-41~図4 -52に示す。



図 4-27 最大応答加速度分布図(1/26)(解析ケース①)



図 4-28 最大応答加速度分布図(2/26)(解析ケース①)



図 4-29 最大応答加速度分布図(3/26)(解析ケース①)



図 4-30 最大応答加速度分布図(4/26)(解析ケース①)



図 4-31 最大応答加速度分布図(5/26)(解析ケース①)



図 4-32 最大応答加速度分布図(6/26)(解析ケース①)



図 4-33 最大応答加速度分布図 (7/26) (解析ケース①)



図 4-34 最大応答加速度分布図 (8/26) (解析ケース①)



図 4-35 最大応答加速度分布図 (9/26) (解析ケース①)



図 4-36 最大応答加速度分布図(10/26)(解析ケース①)



図 4-37 最大応答加速度分布図(11/26)(解析ケース①)



図 4-38 最大応答加速度分布図(12/26)(解析ケース①)



図 4-39 最大応答加速度分布図(13/26)(解析ケース②)



図 4-40 最大応答加速度分布図(14/26)(解析ケース③)



図 4-41 最大応答加速度分布図(15/26)(解析ケース②)



図 4-42 最大応答加速度分布図(16/26)(解析ケース②)



図 4-43 最大応答加速度分布図(17/26)(解析ケース②)



図 4-44 最大応答加速度分布図(18/26)(解析ケース②)



図 4-45 最大応答加速度分布図(19/26)(解析ケース②)



図 4-46 最大応答加速度分布図(20/26)(解析ケース②)



図 4-47 最大応答加速度分布図(21/26)(解析ケース③)



図 4-48 最大応答加速度分布図(22/26)(解析ケース③)



図 4-49 最大応答加速度分布図(23/26)(解析ケース③)


図 4-50 最大応答加速度分布図(24/26)(解析ケース③)



図 4-51 最大応答加速度分布図(25/26)(解析ケース③)



図 4-52 最大応答加速度分布図(26/26)(解析ケース③)

4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として, 解析ケース①(基本ケース)について,すべての基準地震動Ssに対する最大加速度 分布図を図4-53~図4-64に示す。また,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの 評価において,最も厳しくなる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大加速度分 布図を図4-65及び図4-66に示す。これらに加え,機器・配管系の応答加速度抽出 のための解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-67~図4-78に示す。



S2 補 VI-2-2-32 R0



図 4-54 最大応答加速度分布図(2/26)(解析ケース①)



図 4-55 最大応答加速度分布図 (3/26) (解析ケース①)



図 4-56 最大応答加速度分布図(4/26)(解析ケース①)



図 4-57 最大応答加速度分布図 (5/26) (解析ケース①)



図 4-58 最大応答加速度分布図 (6/26) (解析ケース①)



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ² ^(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-59 最大応答加速度分布図 (7/26) (解析ケース①)



図 4-60 最大応答加速度分布図 (8/26) (解析ケース①)



図 4-61 最大応答加速度分布図 (9/26) (解析ケース①)



構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-62 最大応答加速度分布図 (10/26) (解析ケース①)



図 4-63 最大応答加速度分布図(11/26)(解析ケース①)



S2 補 VI-2-2-32 R0



図 4-65 最大応答加速度分布図(13/26)(解析ケース②) 110



111



構造スケール ⁰ ² (m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-67 最大応答加速度分布図 (15/26) (解析ケース②)



(b) Ss-F1 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-68 最大応答加速度分布図 (16/26) (解析ケース②)



S2 補 VI-2-2-32 R0

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-69 最大応答加速度分布図 (17/26) (解析ケース②)



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ² ^(m) 応答値スケール ⁰ ⁴⁰⁰⁰ ^(cm/s²) 図 4−70 最大応答加速度分布図 (18/26) (解析ケース②)





S2 補 VI-2-2-32 R0



図 4-72 最大応答加速度分布図 (20/26) (解析ケース②)



構造スケール ⁰ ² (m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-73 最大応答加速度分布図 (21/26) (解析ケース③)



(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-74 最大応答加速度分布図 (22/26) (解析ケース③)



構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-75 最大応答加速度分布図 (23/26) (解析ケース③)



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-76 最大応答加速度分布図 (24/26) (解析ケース③)



構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-77 最大応答加速度分布図 (25/26) (解析ケース③)



構造スケール ⁰ ²(m) 応答値スケール ⁰ 4000 (cm/s²)
 図 4-78 最大応答加速度分布図 (26/26) (解析ケース③)

Ⅵ-2-2-33 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性について

の計算書

1.	概	要		• • • • •	••••			••••	••••	••••	 				•••	 •••		 • 1
2.	基	本方針		• • • • •	••••			••••	••••	••••	 		• • •			 •••	• • •	 · 2
2	. 1	位置		• • • • •	••••			••••	••••	••••	 		• • •			 •••	• • •	 · 2
2	. 2	構造構	既要・・	• • • • •	••••			••••	••••	••••	 		• • •			 •••	• • •	 • 3
2	. 3	評価フ	ち針・・		• • • • • •			••••	••••		 		• • •			 •••		 • 7
2	. 4	適用規	見格・	基準等	争・・・			••••	••••	••••	 		•••	•••	•••	 •••	• • •	 10
3.	耐	震評価		• • • • •				••••	••••	••••	 	• • •	• • •		•••	 •••		 11
3	. 1	評価対	计象断问	面・・・	• • • • • •			••••	••••	••••	 	•••	•••	•••	•••	 •••	• • •	 11
3	. 2	使用桐	才料及了	び材料	斗の物	性値	• • •	••••	••••	••••	 		•••	• • •	•••	 •••	• • •	 13
3	. 3	許容隆	艮界・・	••••	• • • • • •			••••	••••	••••	 	•••	•••	•••	•••	 •••	• • •	 14
	3.	3.1 柞	 費造部	材の倭	書全性	に対	する	許容	限界	•••	 	• • •	• • •		•••	 •••		 14
	3.	3.2 ∄	ま礎地!	盤のす	支持性	能に	対す	る許	容限	界·	 	•••	•••	•••	•••	 •••	• • •	 15
3	. 4	評価フ	5法・・	• • • • •	••••			••••	••••	••••	 	• • •	• • •		•••	 •••		 16
	3.	4.1 柞	 黄造部	材の倭	書全性	評価		••••	••••	••••	 				•••	 •••		 16
	3.	4.2 ∄	ま礎地!	盤のす	支持性	能評	価・	••••	••••	••••	 		•••	•••	•••	 •••	• • •	 20
4.	耐	震評価	結果・	• • • • •	••••			••••	••••	••••	 				•••	 •••		 21
4	. 1	構造音	邪材の作	建全性	主に対	する	評価	結果	••••	••••	 				•••	 •••		 21
4	. 2	貯水樹	幾能に対	対する	5評価	結果		••••	• • • • •	• • • •	 					 •••		 24
4	. 3	基礎地	也盤の	支持性	生能に	対す	る評	価結	果··		 	•••	•••		•••	 •••		 26

1. 概要

本資料は、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、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が基準地震動Ssに対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽に要求される機能維持の確認は,地震応答解析に基 づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。また,低圧原子炉 代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽については,貯水機能に対す る評価を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3~図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6 及び図 2-7 示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は,一部に低圧原子炉代替注水槽を有し,低圧原子 炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW 方向)×13.4m (NS 方向),高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中(一部地上部を含む)構造物であり,マンメイドロック(以 下「MMR」という。)を介して十分な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。





図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A断面)



図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B断面)


図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C断面)



図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (A-A断面)



2.3 評価方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は,常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大 事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類され,一部に低圧原子炉代替注 水槽を有している。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価フローを図 2-8 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき,重大事故等対処施設 の評価として,表 2-1に示すとおり,構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能 評価を行う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで, 構造強度を有することを確認し,これにより常設耐震重要重大事故防止設備及び常設 重大事故緩和設備を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の 地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に 対しては構造部材の照査用ひずみが許容限界を下回ることを確認する。せん断破壊に 対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、基礎地盤に発生する 接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽は,常設耐震 重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備であり,貯水機能を維持することが 要求されるため,構造部材の貯水機能に対する評価を併せて実施する。



図 2-8 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析フロー

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許名	
			照査用ひずみ		限界ひずみ*
	株 半 並 せ の		及び照査用せ	曲げ・軸力	
	伸迫即的の	以 加 ユ ン ク	ん断力が許容		
携進改産な方子	健主性	リート即約	限界を下回る	せん断力	せん断耐力*
博垣畑皮を有り			ことを確認		
	基礎地盤の		発生する接地	岩盤の極限支持力*	
		基礎地盤	圧が許容限界		
	支持性能		を下回ること		
			を確認		
		斜体力入力	照査用ひずみ	11 - 28 - L-L - L	
貯水機能を維持 すること			及び照査用せ	曲げ・軸力	限界ひずみ*
	貯水機能	以加ニシノ	ん断力が許容		
		シート自内	限界を下回る	せん断力	せん断耐力*
			ことを確認		

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価項目

注記*:妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)

- 3. 耐震評価
- 3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の 耐震設計における評価対象断面は、図 3-1のA-A断面及びB-B断面とする。 評価対象断面図を図 3-2及び図 3-3 に示す。



図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図



図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A断面)



図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1,材料の物性値を表 3-2 に示す。

表	3 - 1	. 使丿	用材料

材料	仕様		
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²		
鉄筋	SD345		

表 3-2 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0
	ヤング係数 (N/mm ²)	2. 50×10^4
	ポアソン比	0.2

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は,原子力発電所屋外重要土 木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会,2005年)(以下「土木学 会マニュアル」という。)に基づき,限界ひずみ(圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%)とする。

土木学会マニュアルでは、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外 重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の 結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定 性が確保できるとして設定されたものである。

低圧原子炉代替注水槽における貯水機能を維持することの確認については、コ ンクリート標準示方書に基づき、主筋ひずみ及びコンクリート圧縮ひずみについ て、部材降伏に相当するひずみ(主筋ひずみ1725µ、コンクリート圧縮ひずみ 2000µ)とする。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-3 に示す。

確認項目		許容限界
構造強度を有すること		圧縮縁コンクリートひずみ:1.0%(10000μ)
時水燃むな維持すること	ひずみ	主筋ひずみ(SD345):1725μ
灯小(筬肥と雁行りること)	0.99	コンクリート圧縮ひずみ:2000μ

表 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は,土木学会マニュアルに基づき,棒 部材式又はディープビーム式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は, VI-2-1-3「地盤の支持性能に 係る基本方針」に基づき,岩盤の極限支持力とする。 基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)	
極限支持力	C _M 級岩盤	9.8	

3.4 評価方法

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価は、地震応答解析により算定した照査 用応答値が、「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して,地震応答解析 により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確 認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひ ずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-4 に, せん断破壊に対する照査値最大時の 断面力図を図 3-5 に示す。



(圧縮を正で示す。)



図 3-4(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形 (A-A断面,解析ケース①, Ss-D(-+))





図 3-4(3) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみ(主筋)の 時刻歴波形(B-B断面,解析ケース①, Ss-D(--))



数値:評価位置における断面力 (a)曲げモーメント (kN・m)



数値:評価位置における断面力

(b)軸力(kN)(+:引張,-:圧縮)



数値:評価位置における断面力

(c)せん断力 (kN)

図 3-5(1) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (A-A断面, 解析ケース②, Ss-D(++), t=10.08s)



数値:評価位置における断面力 (a)曲げモーメント (kN・m)





(b)軸力(kN)(+:引張,-:圧縮)



数値:評価位置における断面力(c)せん断力 (kN)

図 3-5(2) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (B-B断面, 解析ケース①, Ss-D(++), t=10.08s) 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下 であることを確認する。

- 4. 耐震評価結果
- 4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に, せん断破壊に対す る各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以 下であることを確認した。

表 4-1(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(A-A断面)

解析	生産	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照查值
ケース	地展到	b 3	ε _R	εd/εR
1	S s - D (-+)	368μ	$10000~\mu$	0.04

注記*:照査用ひずみ ϵ_d =発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-1(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(B-B断面)

解析	生きま	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照査値
ケース	地展到	Ł d	٤R	ε _d /ε _R
3	S s - D (++)	$337~\mu$	$10000~\mu$	0.04

注記*:照査用ひずみ ϵ_{d} = 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_{a}

	-1		二代 月 (《 二 八)			
評価位置	<u></u> *1 	解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V _d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照査値 V _d /V _{yd}
頂版	4	2	S s - D (++)	689	1554	0.45
側壁	10	3	S s - D (++)	1059	2782	0.39
床版	11	1)	S s - D (-+)	385	1318	0.30
底版	12	1)	S s $-$ N 1 (-+)	941	3418	0.28

表 4-2(1) せん断破壊に対する最大照査値(A-A断面)

注記*1:評価位置は図 4-1 に示す。

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a

評価位置	프 * 1 <u>-</u>	解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V _d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照査値 V _d /V _{yd}
頂版	1	1)	S s - D (++)	558	1596	0.35
側壁	3	1)	S s - D (+-)	672	2431	0.28
底版	4	3	S s - D (++)	1027	3915	0.27

表 4-2(2) せん断破壊に対する最大照査値(B-B断面)

注記*1:評価位置は図 4-1 に示す。

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a







<u>B-B断面</u>

図 4-1 評価位置

4.2 貯水機能に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-3 に, せん断破壊に対す る各評価位置での最大照査値を表 4-4 に示す。

低圧原子炉代替注水槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が,貯水機能に対する許 容限界以下であることを確認した。

表 4-3(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(コンクリート)

解析	生きま	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照查值
ケース	地辰期	Ł d	ε _R	εd/εR
3	S s - D (++)	$337~\mu$	$2000~\mu$	0.17

注記*:照査用ひずみ ϵ_d = 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-3(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(主筋)

解析	世堂朝	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照査値
ケース	地辰勤	٤ d	٤ _R	ε _d /ε _R
1)	S s - D ()	505μ	$1725~\mu$	0.30

注記*:照査用ひずみ ϵ_d =発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a

評価位置	<u>冒</u> *1	解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V _d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照査値 V _d /V _{yd}		
頂版	1	1)	S s - D (++)	558	1596	0.35		
側壁	3	1)	S s - D (+-)	672	2431	0.28		
底版	4	3	S s - D (++)	1027	3915	0.27		

表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値

注記*1:評価位置は図4-1におけるB-B断面

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a

4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-5 に示す。また,最大接地圧分布図を 図 4-2 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が,極限支持力 を下回ることを確認した。

表 4-5(1) 基礎地盤の支持性能に対する照査結果(A-A断面)

解析	生き	最大接地圧	極限支持力	照査値 R d/R u			
ケース	地長勤	R_{d} (N/mm ²)	R $_{\rm u}$ (N/mm ²)				
2	S s - D (++)	1.53	9.8	0.16			

表 4-5(2) 基礎地盤の支持性能に対する照査結果(B-B断面)

解析	山雪乱	最大接地圧	極限支持力	照査値 R _d /R _u			
ケース	地長期	R_{d} (N/mm ²)	R $_{\rm u}$ (N/mm ²)				
1	$\begin{array}{c} S \ s - D \\ () \end{array}$	1.26	9.8	0.13			



(B-B断面, 解析ケース①, S s - D (--))

VI-2-2-37 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク ~ガスタービン発電機)の地震応答計算書

1.	概要 ···	•••••	••••			• • •		• • •	••••	•••			•••		•••	•••		• •	••	•••	· 1
2.	基本方針	+	••••			• • • •		• • •	• • • •	•••					•••			• •	••		· 2
2	.1 位置		•••••			• • •				•••			•••		•••	•••				•••	· 2
2	.2 構造	概要 ···	••••			• • •			• • • •	•••					•••			••			• 3
2	.3 解析	方針 ・・・	••••			••••			••••	•••	• • •		•••		•••	•••			••	•••	• 5
2	.4 適用	規格・差	基準等			• • •				•••					•••			••			• 7
3.	解析方法	£	•••••						• • • •	•••					•••	•••					• 8
3	.1 評価:	対象断面	ā · · · ·			•••				•••			•••		•••					• • •	• 8
3	.2 解析	方法 ・・・								••••					•••						10
	3.2.1	構造部を	† • • • •			•••			• • • •	••••					•••						10
	3.2.2	地盤 …																			12
	3.2.3	 減衰定数	£			••••															13
	3. 2. 4	地震広答	を解析の	り解析	ーケー	-ス(の選	定・							•••						14
3	3 荷重	及び荷重	「の組合	今日・				····													16
0	331 i	入 0 内 4 耐震評句	市上老虐	」 雪 す ス	计计	£															16
	3 3 9 7	荷香	ц~у <i>т</i>		••••••																16
	2 2 2 2	両重 荷重の幻	1 A H																		17
9	1 7 1	<u>明里の</u> が 地震動																			10
ა ე		地辰町・	レッドラセー	_														•••			10
3		セナルダ	てい宿フ	τ		••••	• • • •	•••	••••	••••		•••	•••	••••	•••	•••	•••	•••	••	•••	31
	3.5.1	孵灯セフ 仕□±±±			••••			• • •		•••	• • •	• • •	• • •	••••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	31
	3.5.2	使用材料	*皮び雨	才科の)物怕	E個		• • •	• • • •	•••		•••	•••	••••	•••	•••	• • •	•••	••	•••	33
	3.5.3	地盤の物	勿性値			•••		• • •	• • • •	•••	• • •		•••	••••	•••	•••		• •	••	•••	33
	3.5.4	地下水位	Γ			•••		• • •	• • • •	•••	• • •		•••		•••	•••		• •	•••	•••	34
4.	解析結果	÷	••••	• • • • •	• • • •	•••	• • • •	•••	• • • •	• • •	• • •	•••	•••		•••	•••		•••	••		35

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の地震応答解析について説 明するものである。

本地震応答解析は,屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービ ン発電機)が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を 抽出するものである。その際,耐震評価に用いる応答値は,この地震応答解析により構 造物に発生する変形,断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また,機器・配管 系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行 う。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の位置 図を図 2-1 に示す。



図 2-1 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の平面 図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)は,ガ スタービン発電機用燃料移送配管・弁を間接支持する延長約55.5m,幅2.8m,高さ1.8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり,マンメイドロック(以下「MMR」とい う。)を介して十分な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。



図 2-2 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 平面図



図 2-3 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 断面図 (A-A断面)



屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動Ssに対して地震応答解析を 実施する。

図 2-5 に屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電 機)の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面に おいて、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴応 答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸 元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施 する。

地震応答解析による応答加速度は,機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成 に用いる。また,変形,断面力及び基礎地盤の接地圧は,屋外配管ダクト(ガスター ビン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の耐震評価に用いる。



図 2-5 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 地震応答解析フロー

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)
- ·松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日松江市規則第234号)

- 3. 解析方法
- 3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の評価 対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・ 配管系に対する応答加速度抽出断面は,図 3-1 のA-A断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。



図 3-1 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 評価対象断面位置図



3.2 解析方法

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の地震 応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造 物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は,構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて,基準地震動Ssに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)周辺の地下水位は,構造物基礎下端より十分に低いことから,解析手法は全応力解析とする。

構造部材については,非線形はり要素を用いることとし,構造部材の非線形特性に ついては,ファイバーモデルで考慮する。また,地盤については,地盤のひずみ依存 性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については,解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については, Ⅵ-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化 する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形 特性を考慮する材料非線形モデルであり(図 3-3 参照)、図 3-4 に示すコンク リートの応力-ひずみ関係及び図 3-5 に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮す る。



図 3-3 ファイバーモデルの概念図



(コンクリート標準示方書[設計編](土木学会,2017年制定)より引用) 図 3-4 構造部材の非線形特性(コンクリートの応力-ひずみ関係)



(コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)より引用) 図 3-5 構造部材の非線形特性(鉄筋の応力-ひずみ関係)
3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため,表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) は、MMR上に設置され、側面に埋戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土の土圧と なることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差σを用いて設定した解析ケース②及び③を実施 することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に 示す。

	地盤物性		
解析ケース	埋戻土	岩盤	
	(G ₀ :初期せん断弾性係数)	(G _d :動せん断弾性係数)	
ケース①	亚均储	亚坎荷	
(基本ケース)	平均恒	平均恒	
ケース②	平均值+1 σ	平均值	
ケース③	平均值-1σ	平均值	

表 3-1 解析ケース

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、 質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減 衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα, βを表 3-2 に示す。

- $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$
- [C] :減衰係数マトリックス
- [M] : 質量マトリックス
- [K] : 剛性マトリックス
- α , β :係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A断面	1.594	7.211 $\times 10^{-5}$

- 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定
 - (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動Ssに対し、解析ケース①(基本ケース)を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、 最も厳しい地震動を用いて、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3に示す。

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	
			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき	
		基本ケース	(+1σ)を考慮し	(-1σ)を考慮し	
			た解析ケース	た解析ケース	
地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ	
		$++*^{1}$	0		
Ss-D	$-+*^{1}$	<u>*</u> 2	 基準地震動Ss(6波)に位相反転を考 慮した地震動(1波)を加えた全7波に 		
	$+-*^{1}$	0			
		*1	*2	 対し、ケース①(基 し、曲げ・軸力系の) 	☆ケース)を実施 → 破壊、せん断破壊及
地震	S s - F 1	$+ + *^{1}$	0	び基礎地盤の支持力照査の各照査項 とに照査値が 0.5 を超える照査項目 して,最も厳しい(許容限界に対す)	
動	S s - F 2	$+ + *^{1}$	0		
① 位 Ⅱ S s − N 1 □	$++*^{1}$	0	 度が最も小さい)地震動を用いてケーン ②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 		
	$-+*^{1}$	<u>*</u> 2			
	S s - N 2	$++*^{1}$	0	0.5以下の場合は、原金値が最も厳し なる地震動を用いてケース②及び③を	
	(NS)	$-+*^{1}$	<u>*</u> 2	施する。	
	S s - N 2	$++*^{1}$	0		
	(EW)	$-+*^{1}$	* 2		

表 3-3 耐震評価における解析ケース

注記*1:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位 相を反転させたケースを示す。

*2:解析モデルが左右対称であり、水平動の位相反転による解析結果への影響はない。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース 機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮と して解析ケース①に加え、表 3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。機器・ 配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4に示す。

解析ケース		ケース①	ケース2	ケース③	
			地盤物性のばらつき	地盤物性のばらつき	
		基本ケース	(+1 σ) を考慮し	(-1σ)を考慮し	
			た解析ケース	た解析ケース	
地盤物性		平均值	平均值+1σ	平均值-1σ	
	Ss-D	++*	0	0	0
地震動	S s - F 1	++*	0	0	0
	S s - F 2	++*	0	0	0
(位 相)	S s - N 1	++*	0	0	0
	S s - N 2 (N S)	++*	0	0	0
	S s - N 2 (EW)	++*	0	0	0

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

注記*:地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表す。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の 地震応答解析において,地震以外に考慮する状態を以下に示す。

- (1) 運転時の状態
 発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。
- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。
- 3.3.2 荷重

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の 地震応答解析において,考慮する荷重を以下に示す。

- (1) 固定荷重(G) 固定荷重として, 躯体自重, 機器・配管荷重を考慮する。なお, 固定荷重には ダクト蓋の重量を含むこととする。
- (2) 積載荷重(P)
 積載荷重として,積雪荷重Psを考慮する。
- (3) 積雪荷重(Ps)

積雪荷重として,発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測 された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35を考慮し35.0 cmとする。積雪荷重については,松江市建築基準法施行細則に より,積雪量1 cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 地震荷重(Ss)

基準地震動 Ssによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (Ss)	G + P + S s

G:固定荷重

P:積載荷重

S s : 地震荷重(基準地震動 S s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構 造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動 S s を 一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものを用いる。なお、入 力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方 針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-6 に入力地震動算定の概念図を,図 3-7~図 3-18 に入力地震動の加速度時 刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には,解析コード「S HAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び 妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示 す。

ここで、断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss-F1及びF2について は,評価対象断面の方位を考慮し角度補正を行う。



入力地震動算定の概念図





図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: S s - D)





図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-D)





図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-F1)





図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-F1)





図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-F2)





図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-F2)





図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: S s - N 1)





図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(鉛直成分: S s - N 1)





図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-N2, NS方向)





図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: Ss-N2, NS方向)





図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平成分: Ss-N2, EW方向)





図 3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直成分: S s-N2, EW方向)

- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の 地震応答解析モデルを図 3-19 に示す。

- (1) 解析領域 解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物 と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。
- (2) 境界条件 解析領域の側方及び底面には,エネルギーの逸散効果を考慮するため,粘性境界 を設ける。
- (3) 構造物のモデル化鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。
- (4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形 性を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。なお、MMRは周辺岩盤と同等と し、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

構造物の側方地盤は,保守的に埋戻土が水平方向に連続するとしてモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

解析モデル範囲において隣接構造物となるガスタービン発電機建物は,地表面 付近の岩盤上に設置され,屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ ガスタービン発電機) へ与える応答の影響は小さいことからモデル化しない。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」の接合面における接触,剥離及びすべりを考慮する ため,これらの接合面にジョイント要素を設定する。



図 3-19 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 地震応答解析モデル図(A-A断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様	
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²	
鉄筋	SD345	

表 3-7 材料の物性値

材料	項目	材料諸元	
鉄筋コンクリート	単位体積重量		
	(kN/m^3)	24.0	
コンクリート	ヤング係数	$2 = 50 \times 10^4$	
	(N/mm^2)	2. 30×10-	
	ポアソン比	0.2	

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に、設計地下水位を図 3-20 に示す。

なお,屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電 機)については,地下水位が構造物基礎下端より十分低いため,地下水を考慮し ない。

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)			
屋外配管ダクト(ガスタービン発 電機用軽油タンク〜ガスタービ ン発電機)	A-A断面	基礎下端以深のため考慮し ない			

表 3-8 設計地下水位の一覧



4. 解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として,解析ケース①(基本ケース)について, すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-1~図4-7に示す。また, 解析ケース①において,照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大と なる地震動について,解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-8及び図4-9に 示す。これらに加え,機器・配管系に対する応答加速度抽出として,解析ケース②及び ③について,すべての基準地震動Ssに対する最大加速度分布図を図4-10~図4-21 に示す。



図 4-1 最大応答加速度分布図(1/21)(解析ケース①)



図 4-2 最大応答加速度分布図(2/21)(解析ケース①)



図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/21) (解析ケース①)



図 4-4 最大応答加速度分布図(4/21)(解析ケース①)



図 4-5 最大応答加速度分布図(5/21)(解析ケース①)



図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/21) (解析ケース①)



図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/21) (解析ケース①)



図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/21) (解析ケース②)



図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/21) (解析ケース③)



図 4-10 最大応答加速度分布図(10/21)(解析ケース②)



図 4-11 最大応答加速度分布図(11/21)(解析ケース②)



図 4-12 最大応答加速度分布図(12/21)(解析ケース②)


図 4-13 最大応答加速度分布図(13/21)(解析ケース②)



図 4-14 最大応答加速度分布図(14/21)(解析ケース②)



図 4-15 最大応答加速度分布図(15/21)(解析ケース②)



図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/21) (解析ケース③)



図 4-17 最大応答加速度分布図(17/21)(解析ケース③)



図 4-18 最大応答加速度分布図(18/21)(解析ケース③)



図 4-19 最大応答加速度分布図(19/21)(解析ケース③)



図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/21) (解析ケース③)



図 4-21 最大応答加速度分布図 (21/21) (解析ケース③)

VI-2-2-38 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク ~ガスタービン発電機)の耐震性についての計算書

1.	概要 ····································
2.	基本方針 ·····2
2	.1 位置
2	.2 構造概要 ····································
2	.3 評価方針 ···············5
2	.4 適用規格・基準等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8
3.	耐震評価 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
3	.1 評価対象断面 ····································
3	.2 使用材料及び材料の物性値 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
3	.3 許容限界 ····································
	3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界
	3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
3	.4 評価方法 ····································
	3.4.1 構造部材の健全性評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
	3.4.2 基礎地盤の支持性能評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
4.	耐震評価結果
4	 構造部材の健全性に対する評価結果 ·······················
4	.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

1. 概要

本資料は、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、屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービ ン発電機)が基準地震動Ssに対して十分な構造強度を有していることを確認するもの である。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)に要求される機能維持の確認は、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の位置 図を図 2-1 に示す。



図 2-1 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の平面 図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 示す。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)は、ガ スタービン発電機用燃料移送配管・弁を間接支持する延長約55.5m,幅2.8m,高さ1.8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、マンメイドロック(以下「MMR」とい う。)を介して十分な支持性能を有するC_M級岩盤に支持される。



図 2-2 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 平面図



図 2-3 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 断面図 (A-A断面)



断面図 (B-B断面)



(単位:mm)

図 2-5 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 概略配筋図(A-A断面)

2.3 評価方針

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)は,常 設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処 施設に分類される。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の耐震 評価フローを図 2-6 に示す。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)は、VI-2-2-37「屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき,重大事故等対処施設 の評価として,表 2-1に示すとおり,構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能 評価を行う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで, 構造強度を有することを確認し,これにより常設耐震重要重大事故防止設備及び常設 重大事故緩和設備を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-37「屋外配管ダクト(ガスタービン発電 機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の地震応答計算書」より得られた地震応答解 析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の照査用ひずみが許容限 界を下回ることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回 ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-2-37「屋外配管ダクト(ガスタービン発 電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の地震応答計算書」より得られた地震応答 解析の結果に基づき,基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認す る。



図 2-6 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 地震応答解析フロー

表 2-1 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
	構造部材の 健全性	鉄 筋 コ ン ク リ ー ト 部 材	照査用ひずみ	曲げ・軸力 せん断力	限界ひずみ*
			及び照査用せ		
			ん断力が許容		
排光設定させた			限界を下回る		せん断耐力*
博 道 独 皮 を 有 う			ことを確認		
$\supset \ \subset \ \subset$			発生する接地		
	基礎地盤の	圧が許容限界	山蚬の佐四七生も*		
	支持性能	峚 碇 ၢ և 盔	を下回ること	石盛の極限	又行力
			を確認		

評価項目

注記*:妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格·基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会,2002年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)

- 3. 耐震評価
- 3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の評価 対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は,図 3-1のA-A断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。



図 3-1 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機) 評価対象断面位置図



3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1,材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様		
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²		
鉄筋	SD345		

表 3-2 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	第コンクリート 単位体積重量 (kN/m ³)	
	ヤング係数 (N/mm ²)	2. 50×10^4
	ポアソン比	0.2

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

- 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界
 - (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は,原子力発電所屋外重要土 木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会,2005年)(以下「土木学 会マニュアル」という。)に基づき,限界ひずみ(圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%)とする。

土木学会マニュアルでは、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外 重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の 結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定 性が確保できるとして設定されたものである。

- (2) せん断破壊に対する許容限界 構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づき、棒 部材式又はディープビーム式で求まるせん断耐力とする。
- 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に 係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-3 に示す。

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	C _M 級岩盤	9.8

表 3-3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

3.4 評価方法

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の耐震 評価は、地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」に示す許容 限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して,地震応答解析 により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確 認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひ ずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-3 に、せん断破壊に対する照査値最大時の 断面力図を図 3-4 に示す。



(圧縮を正で示す。)



図 3-3 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
 (A-A断面,解析ケース③,Ss-D(+-))



数値:評価位置における断面力 (a)曲げモーメント (kN・m)



数値:評価位置における断面力 (b)軸力(kN)(+:引張,-:圧縮)



数値:評価位置における断面力(c)せん断力 (kN)

図 3-4 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (A-A断面, 解析ケース③, Ss-D(+-), t=8.57s) 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

- 4. 耐震評価結果
- 4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に, せん断破壊に対す る各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の照査 用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値(A-A断面)

解析	生きま	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照查值
ケース	地展到	b 3	ε _R	εd/εR
3	S s - D $(+-)$	160μ	$10000~\mu$	0.02

注記*:照査用ひずみ ϵ_d = 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-2 せん断破壊に対する	5最大照查值	(A –	· A断面)
-----------------	--------	------	--------

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力* ² V d (kN)	せん断耐力 V _{yd} (kN)	照査値 V d / V y d
側壁	2	3	S s - D $(+-)$	55	1061	0.06
底版	3	1	S s - D $(+-)$	52	1081	0.05

注記*1:評価位置は図 4-1 に示す。

*2:照査用せん断力V_d=発生せん断力V×構造解析係数γ_a



A-A断面

図 4-1 評価位置

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。また,最大接地圧分布図を 図 4-2 に示す。

屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)の基礎 地盤に発生する最大接地圧が,極限支持力を下回ることを確認した。

表 4-3 基礎地盤の支持性能に対する照査結果(A-A断面)

解析	地電動	最大接地圧	極限支持力	照查値
ケース	地長勤	R_{d} (N/mm ²)	R $_{\rm u}$ (N/mm ²)	R_{d}/R_{u}
1	S s - D (++)	0.11	9.8	0.02



(A-A断面, 解析ケース①, S s-D (++))