

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

TK-1-2189 改0

平成30年10月9日

日本原子力発電㈱

耐震関係資料の修正案について



表 4-1 考慮する潮位変動範囲

	観測地点「茨城港日立港区」の潮位		考慮する潮位変動範囲 (①+②)
	①朔望平均潮位	②潮位のばらつき	
水位上昇側	満潮位 T. P. +0.61m	0.18m	+0.79m
水位下降側	干潮位 T. P. -0.81m	0.16m	-0.97m

## (2) 敷地に遡上する津波

設計又は評価に用いる入力津波の設定においては、潮位変動として、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位 T. P. +0.61mm を考慮して設定する。朔望平均潮位は基準津波と同様に、敷地周辺の観測地点「茨城港日立港区」(茨城県茨城港湾事務所日立港区事業所所管)における2006年1月～2010年12月の潮位観測記録に基づき評価する。表4-2に考慮する潮位変動範囲を示す。

潮汐以外の要因による潮位変動については、添付書類「V-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護設備への影響評価」の「3. 入力津波による津波防護設備への影響評価」による。

表 4-2 考慮する潮位変動範囲

	観測地点「茨城港日立港区」の潮位		考慮する潮位変動範囲 (①+②)
	①朔望平均潮位	②潮位のばらつき	
水位上昇側	満潮位 T. P. +0.61m	考慮しない	+0.61m

## 4.1.2 地殻変動

## (1) 基準津波

地震による地殻変動についても、安全側の評価を実施する。基準津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を考慮する。

茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による広域的な地殻変動については、基準津波の波源モデルを踏まえて、Mansinha and Smylie(1971)の方法により算定しており、敷地地盤の地殻変動量は、0.31mの沈降となる。広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動については、発電所敷地内にある基準点によるGPS測量及び国土地理院(2017)の観測記録を踏まえて設定しており、発電所周辺の地殻変動量は0.2m程度の沈降となる。なお、2011年東北地方太平洋沖地震に伴い地殻の沈降が生じたが、余効変動により回復傾向が続いている。発電所周辺の電子基準点(日立)において、地震前と比較すると2017年6月で約0.2mの沈降であり、余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動として設定した0.2mの沈降と整合して

いる。

以上より、上昇側の水位変動に対して安全機能への影響を評価する際には、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.31mの沈降と広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を加算した0.51mの沈降を考慮する。下降側の水位変動に対して安全機能への影響を評価する際には、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量と広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量は考慮しない。表4-3に評価に考慮する地殻変動量を示す。

表4-3 評価に考慮する地殻変動量

	茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量	広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量	評価に考慮する変動量
水位上昇側	考慮する (0.31mの沈降)	考慮する (0.2mの沈降)	考慮する (0.51mの沈降)
水位下降側	考慮しない	考慮しない	考慮しない

## (2) 敷地に遡上する津波

地震による地殻変動については、敷地に遡上する津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を考慮する。

茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による広域的な地殻変動については、敷地に遡上する津波の波源モデルを踏まえて、Mansinha and Smylie(1971)の方法により算定しており、敷地地盤の地殻変動量は、0.46mの沈降となる。広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動については基準津波と同様に、発電所敷地内にある基準点によるGPS測量及び国土地理院(2017)の観測記録を踏まえて設定しており、発電所周辺の地殻変動量は0.2m程度の沈降となる。

以上より、上昇側の水位変動に対して安全機能への影響を評価する際には、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.46mの沈降と広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を加算した0.66mの沈降を考慮する。表4-4に評価に考慮する地殻変動量を示す。

表 4-4 評価に考慮する地殻変動量

	茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量	広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量	評価に考慮する変動量
水位上昇側	考慮する (0.46m の沈降)	考慮する (0.2m の沈降)	考慮する (0.66m の沈降)

## 4.2 遡上波による入力津波

## (1) 基準津波

遡上波については、設計又は評価に用いる入力津波高さとして、潮位、地殻変動等を考慮する。

防潮堤は、敷地を取り囲む形で広がりをもって設置することから、海岸線に正対する側を敷地前面東側とし、敷地の南北方向は敷地側面北側及び敷地側面南側として、3つに区分する。それぞれの区分毎に防潮堤沿いの複数の位置における水位を比較し、最も水位が高くなる位置において、それぞれの区分毎に入力津波を設定する。入力津波高さは、敷地前面東側及び敷地側面北側においては、「防波堤なし、基準地震動  $S_s$  による地盤沈下なし」の組合せで最高水位となり、敷地前面東側で T.P. +17.9m、敷地側面北側で T.P. +12.2m となる。敷地側面南側においては、「防波堤なし、基準地震動  $S_s$  による地盤沈下あり」の組合せで最高水位となり、敷地側面南側で T.P. +16.8m となる。

表 4-5 に遡上解析結果の一覧、図 4-1 に防潮堤前面における時刻歴波形を示す。

表 4-5 遡上解析結果一覧

	防波堤なし		防波堤あり	
	基準地震動 $S_s$ による地盤沈下なし	基準地震動 $S_s$ による地盤沈下あり	基準地震動 $S_s$ による地盤沈下なし	基準地震動 $S_s$ による地盤沈下あり
敷地側面北側	T.P. +12.2m*	T.P. +12.0m	T.P. +11.9m	T.P. +11.7m
敷地前面東側	T.P. +17.9m*	T.P. +16.8m	T.P. +17.3m	T.P. +17.1m
敷地側面南側	T.P. +15.6m	T.P. +16.8m*	T.P. +15.6m	T.P. +16.3m

\* それぞれの入力津波設定位置における最高水位を示す。

入力津波高さの設定に当たっては、防潮堤ルート変更による影響についても考慮し、防潮堤ルート変更前後の津波高さの差分を考慮して入力津波を設定する。具体的には、防潮堤ルート変更前後の津波高さを比較し、津波高さが高い方を入力津波高さとして設定することにより、設置変更許可において設定した入力津波高さを下回らないように設定する。

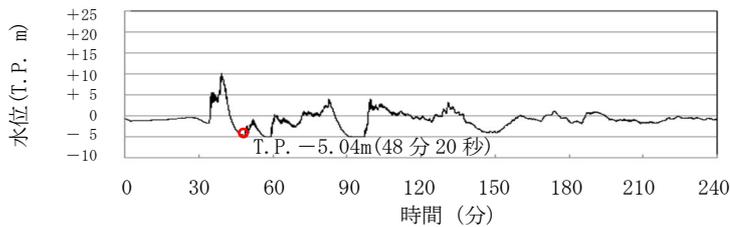
表 4-6 に防潮堤ルート変更による影響を考慮した防潮堤前面の入力津波高さを示す。

表 4-6 防潮堤ルート変更による影響を考慮した防潮堤前面の入力津波高さ

	①遡上解析結果 (防潮堤ルート 変更後)	遡上解析結果 (防潮堤ルート 変更前)	②その他	設計又は評価に 用いる入力津波 高さ (①+②)
敷地側面北側	T. P. +12. 2m	T. P. +15. 4m	3. 2m*	T. P. +15. 4m
敷地前面東側	T. P. +17. 9m	T. P. +17. 9m	—	T. P. +17. 9m
敷地側面南側	T. P. +16. 8m	T. P. +16. 8m	—	T. P. +16. 8m

\* 防潮堤ルート変更後の津波高さが防潮堤ルート変更前の津波高さより低いため、防潮堤ルート変更前後の津波高さの差分を加えて、設置変更許可において設定した入力津波高さを下回らないように入力津波高さを設定する。

$$[T.P. -5.04m]^{*2} - [0.2m]^{*3} = [T.P. -5.24m] > [T.P. -5.3m]$$



(取水ピット 下降側) ※4

- ※1 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m, 津波波源モデルの活動による地殻変動量(沈降)0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。
- ※2 朔望平均干潮位-0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。
- ※3 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)を示す。
- ※4 取水口前面に貯留堰を設置するため, 引き波時における非常用海水ポンプの取水性については貯留堰天端高さ及び貯留堰の有効貯水容量に依存し, 防潮堤設置ルートには依存しないことから, 取水ピットにおける下降側水位については防潮堤設置ルート変更前のモデルによる管路解析結果をもとに設定した入力津波を示す。

図4-5 経路からの津波の時刻歴波形(2/2)

入力津波高さの設定に当たっては, 防潮堤ルート変更による影響についても考慮し, 防潮堤ルート変更前後の津波高さの差分を考慮して入力津波を設定する。具体的には, 防潮堤ルート変更前後の津波高さを比較し, 津波高さが高い方を入力津波高さとして設定することにより, 設置変更許可において設定した入力津波高さを下回らないように設定する。

表4-9に防潮堤ルート変更による影響を考慮した経路からの津波による入力津波高さを示す。

表4-9 防潮堤ルート変更による影響を考慮した経路からの津波による入力津波高さ

		①管路解析結果 (防潮堤ルート変更後)	管路解析結果 (防潮堤ルート変更前)	②その他	設計又は評価 に用いる入力 津波高さ (①+②)
水位 上昇側	取水ピット	T.P. +19.2m	T.P. +19.2m	—	T.P. +19.2m
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +27.4m	T.P. +19.1m	—	T.P. +27.4m
	SA用海水ピット	T.P. +8.9m	T.P. +8.9m	—	T.P. +8.9m
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +9.3m	T.P. +9.3m	—	T.P. +9.3m
水位 下降側	取水ピット	T.P. -5.3m	T.P. -5.3m	—	T.P. -5.3m

R7  
V-1-1-1-2-2-3  
補②  
NT2

表3-24 基準津波に対する各経路からの流入評価結果 (2/2)

流入経路	流入箇所	入力津波 高さ	津波荷重 水位*1	裕度	評価
海水引込 み管	海水系 ・ SA用海水ピット開口部	T.P. +8.9m	T.P. +12.0m	3.1m	入力津波高さに対して、津波荷重水位の裕度が参照する裕度*2以上であるため、津波の流入はない。
緊急用海 水取水管	海水系 ・ 緊急用海水ポンプピット点検用開口部 ・ 緊急用海水ポンプグラントドレン排出口 ・ 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口 ・ 緊急用海水ポンプ減圧配管基礎フランジ貫通部 ・ 緊急用海水ポンプ据付面	T.P. +9.3m	T.P. +12.0m	2.7m	入力津波高さに対して、津波荷重水位の裕度が参照する裕度*2以上であるため、津波の流入はない。
構内排水路 (敷地前面 東側)	・ 集水枘等	T.P. +17.9m	T.P. +20.0m	2.1m	入力津波高さに対して、津波荷重水位の裕度が参照する裕度*2以上であるため、津波の流入はない。
構内排水路 (敷地側面 北側)	・ 集水枘等	T.P. +15.4m	T.P. +20.0m*3	4.6m	入力津波高さに対して、津波荷重水位の裕度が参照する裕度*2以上であるため、津波の流入はない。

\*1 津波の到達及び流入の防止に当たり許容可能な津波高さ。

\*2 高潮ハザードの再現期間100年に対する期待値T.P. +1.44mと朔望平均満潮位T.P. +0.61m及び潮位のばらつき0.18mの合計である0.79mとの差である0.65mを参照する裕度とする。

\*3 敷地側面北側の津波荷重水位はT.P. +18.0mであるが、構内排水路逆流防止設備については、津波荷重水位をT.P. +20.0mとして設計する。

## (3) 性能目標

## a. 津波・構内監視カメラ

津波・構内監視カメラは、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、波力及び漂流物の影響を受けない位置にカメラ本体を設置するとともに、昼夜問わず敷地への津波の襲来状況を監視可能な仕様とし、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

津波・構内監視カメラは、風及び積雪を考慮した荷重に対し、監視機能が保持できる設計とするために、カメラ本体を鋼製の架台上にボルトで固定する設計とし、津波の影響を受けない位置に設置し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

## b. 潮位計

潮位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、漂流物の影響を受けにくい位置に潮位計を設置し、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水口入口近傍の北側と南側にそれぞれ 1 個ずつ計 2 個の潮位計を多重化して設置する。また、取水口付近の上昇側の水位変動を測定可能な能力を有するとともに、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

## c. 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、漂流物の影響を受けにくい位置に水位計を設置し、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水ピットの北側と南側にそれぞれ 1 個ずつ計 2 個の水位計を多重化して設置する。また、取水ピットの下降側の水位変動を測定可能な能力を有するとともに、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

## (3) 性能目標

## a. 津波・構内監視カメラ

津波・構内監視カメラは、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、波力及び漂流物の影響を受けない位置にカメラ本体を設置するとともに、昼夜問わず敷地への津波の襲来状況を監視可能な仕様とし、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

津波・構内監視カメラは、風及び積雪を考慮した荷重に対し、監視機能が保持できる設計とするために、カメラ本体を鋼製の架台上にボルトで固定する設計とし、津波の影響を受けない位置に設置し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

## b. 潮位計

潮位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、漂流物の影響を受けにくい位置に潮位計を設置し、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水口入口近傍の北側と南側にそれぞれ 1 個ずつ計 2 個の潮位計を多重化して設置する。また、取水口付近の上昇側の水位変動を測定可能な能力を有するとともに、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

## c. 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、漂流物の影響を受けにくい位置に水位計を設置し、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水ピットの北側と南側にそれぞれ 1 個ずつ計 2 個の水位計を多重化して設置する。また、取水ピットの下降側の水位変動を測定可能な能力を有するとともに、波力及び漂流物の影響を受けない位置への電路の設置及び所内常設直流電源設備から受電する構成とすることにより、中央制御室及び緊急時対策所での監視機能を保持することを機能設計上の性能目標とする。

る。

a. 基準津波

津波・構内監視カメラは、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波及び漂流物の影響を受けない場所として、防潮堤内側の原子炉建屋の屋上及び津波高さを上回る防潮堤の上部にカメラ本体を設置し、昼夜問わず監視可能な設計とする。また、カメラ本体からの映像信号を電路又は無線により中央制御室に設置する中央制御室津波・構内監視カメラ制御盤及び中央制御室監視モニタ並びに緊急時対策所に設置する緊急時対策所津波・構内監視カメラ制御盤及び緊急時対策所監視モニタに伝送し、中央制御室及び緊急時対策所にて監視可能な設計とする。電路については、波力や漂流物の影響を受けない箇所に設置し、電源は津波の影響を受けない建屋に設置する非常用所内電気設備及び所内常設直流電源設備から給電する設計とする。

b. 敷地に遡上する津波

津波・構内監視カメラは、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波及び漂流物の影響を受けない場所として、防潮堤の内側に遡上する津波が到達しない原子炉建屋の屋上にカメラ本体を設置し、昼夜問わず監視可能な設計とする。また、カメラ本体からの映像信号を電路又は無線により中央制御室に設置する中央制御室津波・構内監視カメラ制御盤及び中央制御室監視モニタ並びに緊急時対策所に設置する緊急時対策所津波・構内監視カメラ制御盤及び緊急時対策所監視モニタに伝送し、中央制御室及び緊急時対策所にて監視可能な設計とする。電路については、波力や漂流物の影響を受けない箇所に設置し、電源は津波の影響を受けない建屋に設置する非常用所内電気設備及び所内常設直流電源設備から給電する設計とする。なお、津波・構内監視カメラのうち、防潮堤の上部に設置するカメラ本体については、防潮堤を越える津波により機能喪失が想定されるため、津波の監視については原子炉建屋の屋上のカメラ本体により、敷地に遡上する津波に対する重大事故等への対処に必要なエリアの監視を行う。

(2) 潮位計

潮位計は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 津波監視設備 (3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

a. 基準津波

潮位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、取水口前面の想定される津波高さに余裕を考慮した高さ T.P. +17.9m に耐えうる設計とするとともに、漂流物の影響を受けにくい取水口入口近傍の取水構造物の壁面に設置する。このため、漂流物の影響はないと考えられるが、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水口入口近傍の北側と南側にそれぞれ1個ずつ計2個の潮位計を多重化して設置する。

潮位計は、朔望平均潮位を考慮した上昇側の津波高さを計測できるように T.P. -5.0m ~ T.P. +20.0m の潮位を圧力式の検出器を用いて正確な測定が可能な設計とする。また、検出器で測定した潮位の信号を電路又は無線により中央制御室に設置する中央制御室潮

位監視制御盤及び緊急時対策所に設置する緊急時対策所潮位監視制御盤に伝送し、中央制御室及び緊急時対策所にて監視可能な設計とする。電路については、波力や漂流物の影響を受けない箇所に設置し、電源は津波の影響を受けない建屋に設置する非常用所内電気設備及び所内常設直流電源設備から給電する設計とする。

b. 敷地に遡上する津波

潮位計は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、取水口前面の想定される津波高さ T.P. +24.0m に耐えうる設計とするとともに、漂流物の影響を受けにくい取水口入口近傍の取水構造物の壁面に設置する。このため、漂流物の影響はないと考えられるが、漂流物の衝突に対する防止策・緩和策として取水口入口近傍の北側と南側にそれぞれ 1 個ずつ計 2 個の潮位計を多重化して設置する。

潮位計の計測範囲は T.P. -5.0m~T.P. +20.0m であり、敷地に遡上する津波に対して、計測範囲を一時的に超えるが、敷地に遡上する津波の津波荷重水位に耐えることができる設計としているため、その後の計測が可能である。また、検出器で測定した潮位の信号を電路により中央制御室に設置する中央制御室潮位監視制御盤及び緊急時対策所に設置する緊急時対策所潮位監視制御盤に伝送し、中央制御室及び緊急時対策所にて監視可能な設計とする。電路については、波力や漂流物の影響を受けない箇所に設置し、電源は津波の影響を受けない建屋に設置する非常用所内電気設備及び所内常設直流電源設備から

むね弾性状態にとどまるように、降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(d) 1次止水機構，2次止水機構

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため，境界部に設置する1次止水機構及び2次止水機構が有意な漏えいを生じない変位追従性があることを確認する評価方針としていることを踏まえ，1次止水機構はメーカー規格，振動試験及び漏水試験により，2次止水機構はメーカー規格及び漏水試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

また，地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，1次止水機構が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。敷地に遡上する津波に対する許容限界は，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(e) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため，境界部に設置するシートジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

b. 鉄筋コンクリート防潮壁

(a) 鉄筋コンクリート防潮壁，地中連続壁基礎，フーチング

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鉄筋コンクリートが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。敷地に遡上する津波に対する許容限界は，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(b) 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，十分な支持機能を有

むね弾性状態にとどまるように、降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(d) 1次止水機構，2次止水機構

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため，境界部に設置する1次止水機構及び2次止水機構が有意な漏えいを生じない変位追従性があることを確認する評価方針としていることを踏まえ，1次止水機構はメーカー規格，振動試験及び漏水試験により，2次止水機構はメーカー規格及び漏水試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

また，地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，1次止水機構が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。敷地に遡上する津波に対する許容限界は，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(e) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため，境界部に設置するシートジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

b. 鉄筋コンクリート防潮壁

(a) 鉄筋コンクリート防潮壁，地中連続壁基礎，フーチング

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鉄筋コンクリートが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。敷地に遡上する津波に対する許容限界は，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏点又は耐力以下の範囲で短期許容応力度として設定する。

(b) 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突及び積雪を考慮した荷重に対し，十分な支持機能を有

## 7.2 評価方針

出口側集水橋の強度評価は、添付書類「~~V-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針~~」の「~~4.1 荷重及び荷重の組合せ~~」及び「~~4.2 許容限界~~」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「8. 強度評価方法」に示す方法により、「9. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「10. 評価結果」より、出口側集水橋の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水橋の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時(以下「重畳時」という。)について行う。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

### 7.2.1 杭間部

出口側集水橋（杭間部）の強度評価は、設計基準対象施設として表 7-1 の出口側集水橋（杭間部）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価を行う。

表 7-1 出口側集水橋（杭間部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水橋（杭間部）の全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	出口側集水橋（杭間部）の全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

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により、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

出口側集水橋の強度評価フローを図 7-2 に示す。

8.2 評価対象断面及び部位

~~構内排水路逆流防止設備の評価対象断面及び評価対象部位は、添付書類「V-3-別添3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」の「3.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。~~

8.2.1 杭間部

出口側集水枡の評価対象部位は、枡本体の底版と前背面壁、及び枡を支持する鋼管杭、支持力とする。評価対象断面は、集水枡及び集水枡を接続する排水管を含む断面のうち、入力津波高さが高く、地震時の地盤変位が大きい排水系統 I-2 の断面とする。評価対象断面位置図を図 8-1 に、評価対象断面図を図 8-2 に示す。

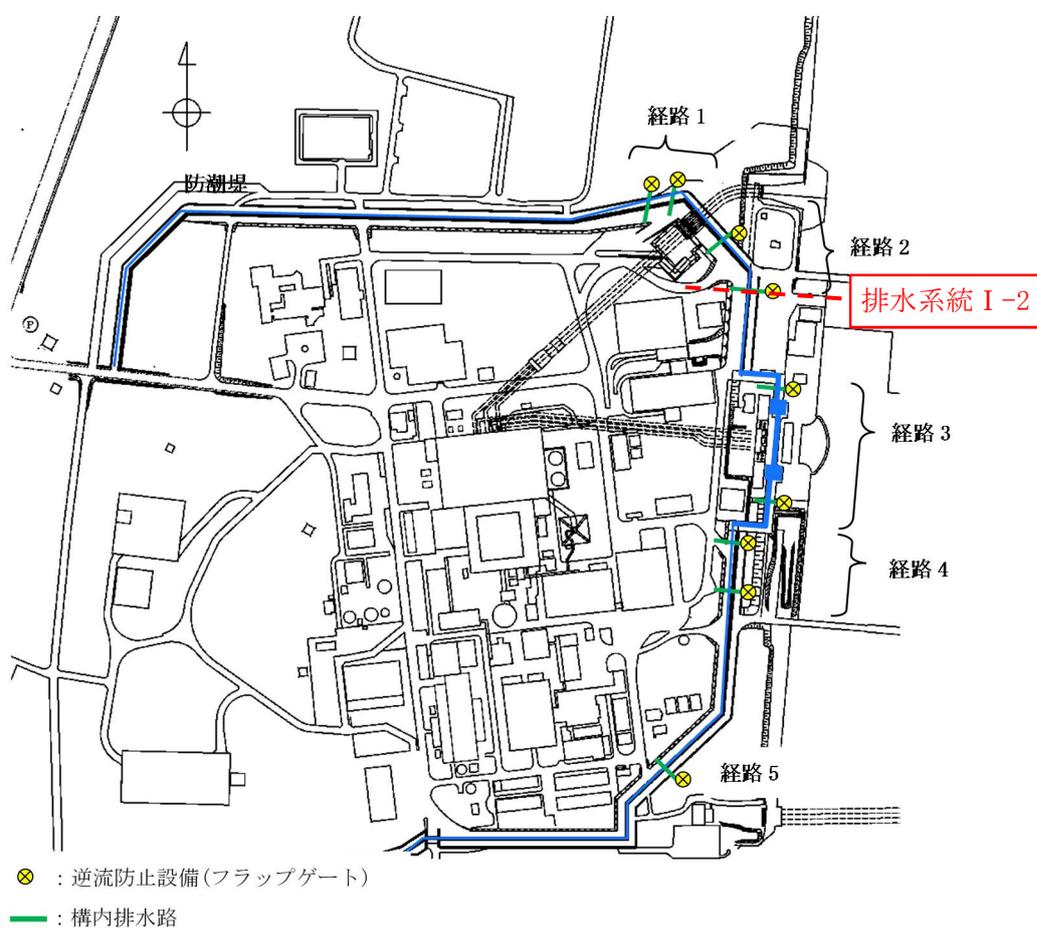


図 8-1 評価対象断面位置図

8.3 荷重及び荷重の組合せ

~~強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付資料「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき設定する。~~

8.3.1 荷重

出口側集水枡の強度評価には、以下の荷重を用いる。

- (1) 固定荷重(G)  
固定荷重として、躯体自重及び土圧を考慮する。
- (2) 積載荷重(P)  
積載荷重として、構内排水路逆流防止設備の荷重を考慮する。
- (3) 遡上津波荷重( $P_t$ )  
堤外側の集水枡に作用する遡上津波荷重を考慮する。
- (4) 余震荷重( $K_{S_d}$ )  
余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d-D1$ による地震力及び動水圧を考慮する。
- (5) 衝突荷重( $P_c$ )  
構内排水路逆流防止設備は、津波の遡上時には考慮しない。
- (6) 風荷重( $P_k$ )  
構造物全体が地表面以深にあり、風荷重は考慮しない。
- (7) 積雪荷重( $P_s$ )  
構内排水路逆流防止設備は、津波の遡上時には海面下にあり、積雪荷重は考慮しない。

8.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-2 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分する。

表 8-2 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_t$
重畳時	$G + P + P_t + K_{S_d}$

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- $P_t$  : 遡上津波荷重
- $K_{S_d}$  : 余震荷重

8.5 ~~評価方法~~

~~構内排水路逆流防止設備の耐震評価は、添付書類「V-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。~~

8.5.1 津波時

(1) 出口側集水枡（杭間部）

集水枡の壁と底版、及び枡を支持する鋼管杭を2次元フレーム解析モデルで表現する。このモデルに地盤バネを接続したモデルで応答変位法による2次元静的フレーム解析を行い、津波時の集水枡の各部材及び鋼管杭の構造健全性及び支持性能を確認する。

(a) 鋼管杭

イ. 解析方法

鋼管杭と集水枡の底版及び壁部材をモデル化した静的フレーム解析を行い、津波時の鋼管杭基礎の構造健全性を確認する。

ロ. 解析モデル及び諸元

(イ) 解析モデル

解析モデルは鋼管杭を2次元梁要素でモデル化する。また集水枡は、底版及び縦断面に垂直な側壁を2次元梁要素でモデル化し、縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。この時、付与する地盤バネは上限値を有するバイリニア型とする。図8-5にモデル概念図を示す。

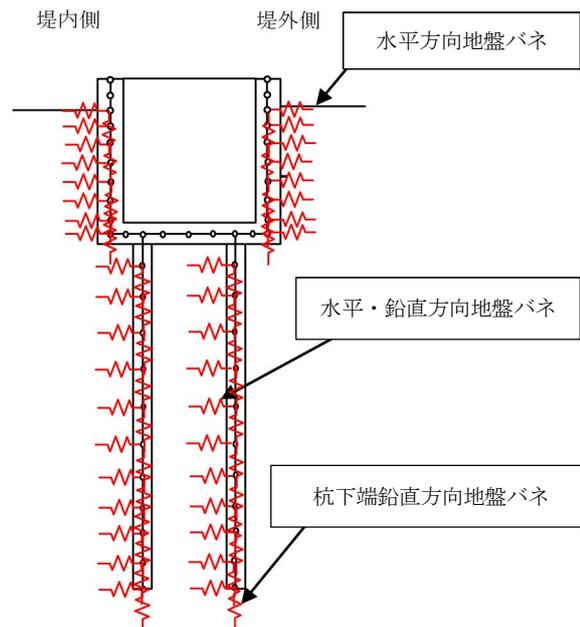


図 8-5 フレーム解析モデル概念図

## 2.4 適用基準

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）
- 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ~~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 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

## 2.4 適用基準

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）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・ ~~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 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009（日本電気協会）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年11月）
- ・ 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター，2014年3月）
- ・ 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成元年2月版）

## 2.4 適用基準

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)
- ・ 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会，平成 24 年 3 月)
- ・ 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会，平成 14 年 3 月)
- ~~・ 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 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 (日本電気協会)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年 11 月)
- ・ トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会，2016 年制定)
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン (沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター，2014 年 3 月)
- ・ 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成元年 2 月版，日本港湾協会)

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (2) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会 平成24年3月）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会 平成14年3月）
- ~~(4) 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）~~
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- (5) 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程  
J E A C 4 6 1 6 -2009（日本電気協会）
- (6) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年11月）
- (7) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター 2014年3月）

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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)
- (2) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会 平成 24 年 3 月)
- (3) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会 平成 14 年 3 月)
- ~~(4) 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)~~
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (5) 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程  
J E A C 4 6 1 6 -2009 (日本電気協会)
- (6) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010 年 11 月)
- (7) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン (沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター 2014 年 3 月)

## 7.3 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (2) 道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）（日本道路協会，平成22年3月）
- (3) 道路橋示方書（I共通編・IV下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (4) 道路橋示方書（I共通編・IV下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- (5) 道路橋示方書（I共通編・V耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (6) 新しい高性能鋼材の利用技術照査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成21年11月）
- ~~(7) 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)~~
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（日本電気協会）

## 7.3 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (2) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- (4) 道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）（日本道路協会，平成22年3月）
- (5) 新しい高性能鋼材の利用技術照査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成21年11月）
- ~~(6) 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）~~
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ~~・原子力発電所屋外重要主木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（主木学会，2005年）~~
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成19年7月）

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ~~・原子力発電所屋外重要土木建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 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）

## 2.4 適用基準

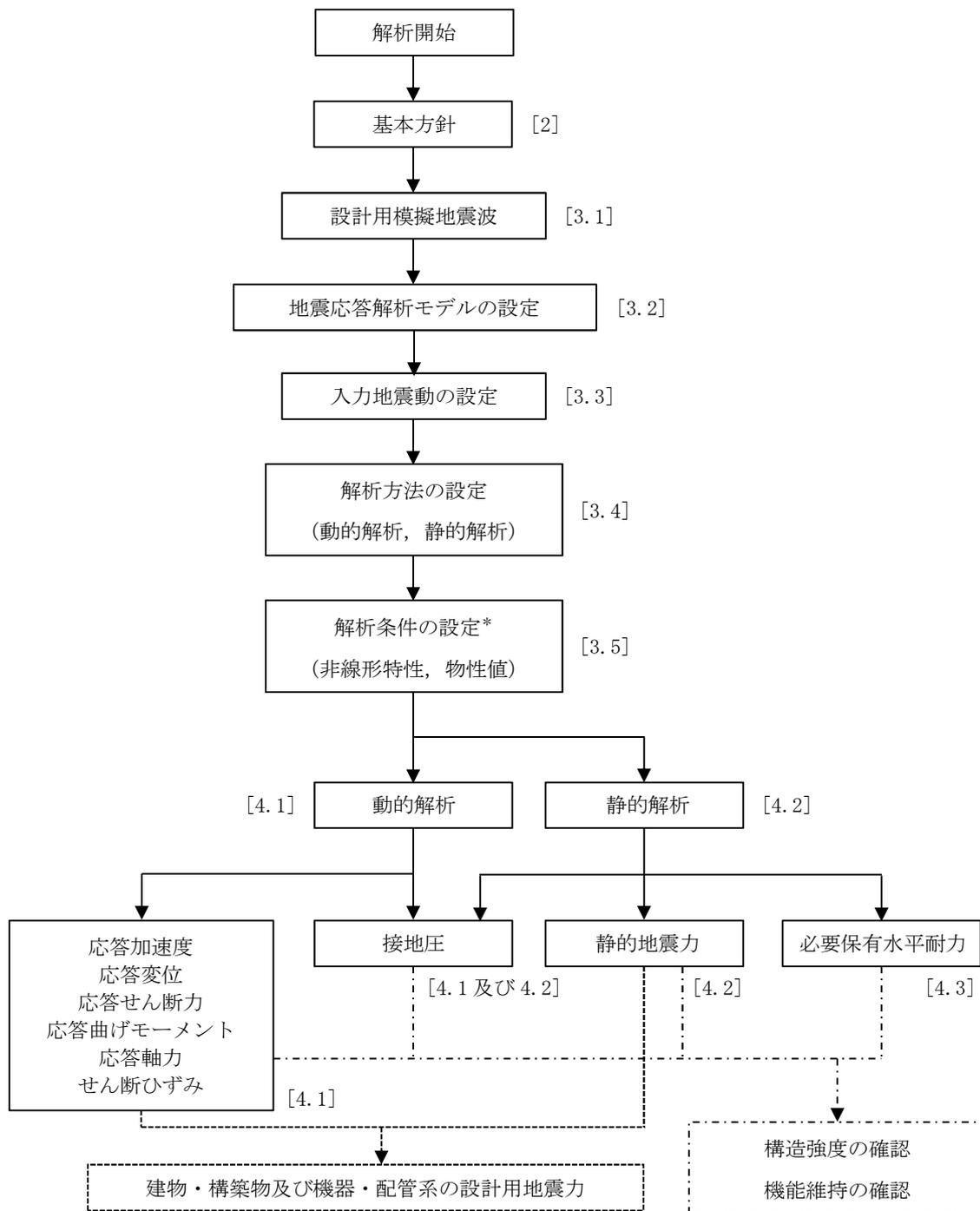
適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ~~・原子力発電所屋外重要土木建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 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・~~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 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成19年7月）
- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成27年12月一部改訂）

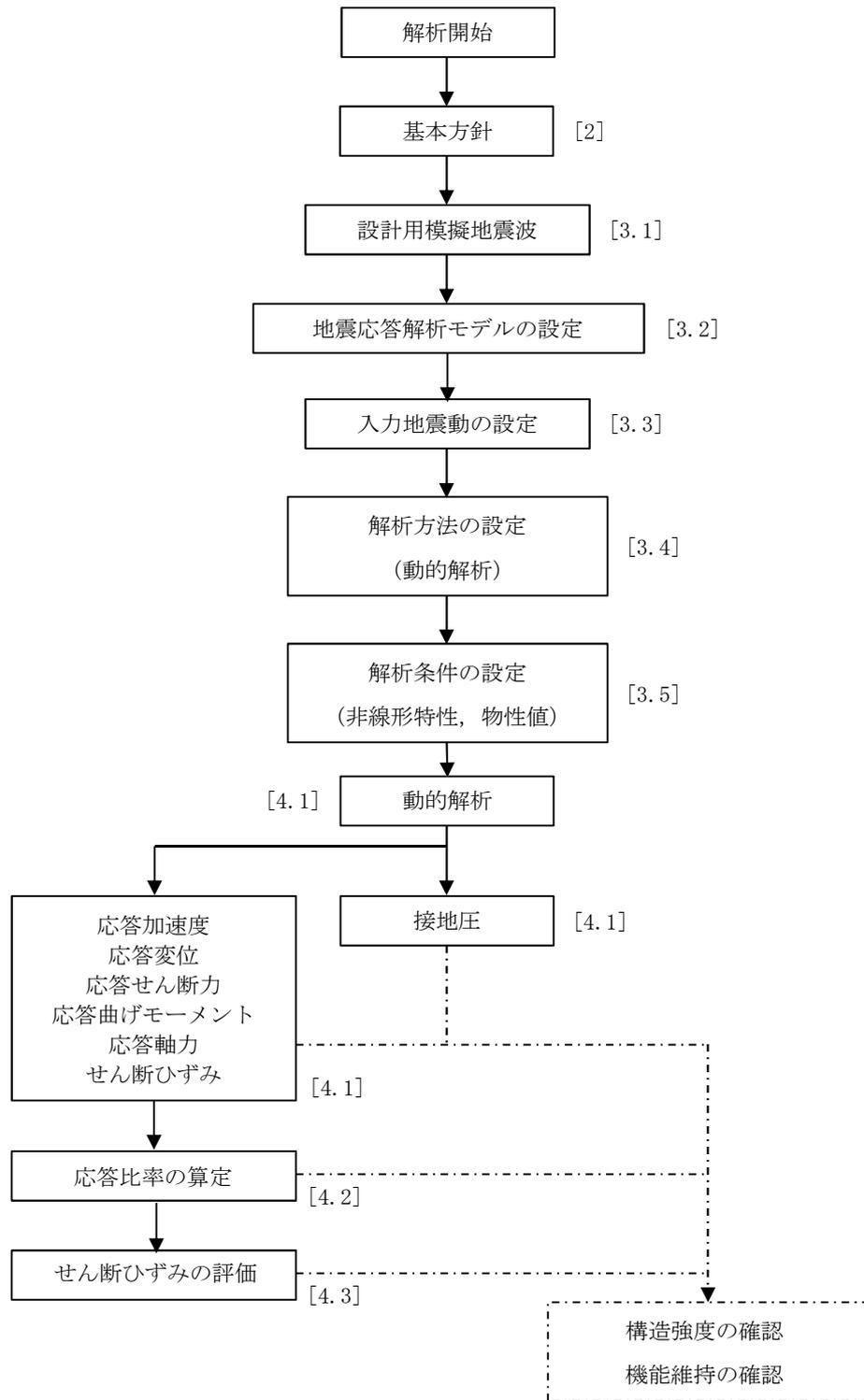


- 添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」
- 添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- 添付書類「V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」
- 添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計算書」
- 添付書類「V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」
- 添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」にて評価

注 : [ ]内は、本資料における章番号を示す。

注記 \* : 材料物性のばらつきを考慮する。

図 2-4 原子炉建屋の地震応答解析フロー



添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書 別紙」  
 添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書 別紙2」  
 添付書類「V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書 別紙2」  
 添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計算書 別紙2」  
 添付書類「V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書 別紙2」  
 添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書 別紙2」にて評価

注 : [ ]内は、本資料における章番号を示す。

図 2-1 補強反映モデルの地震応答解析フロー

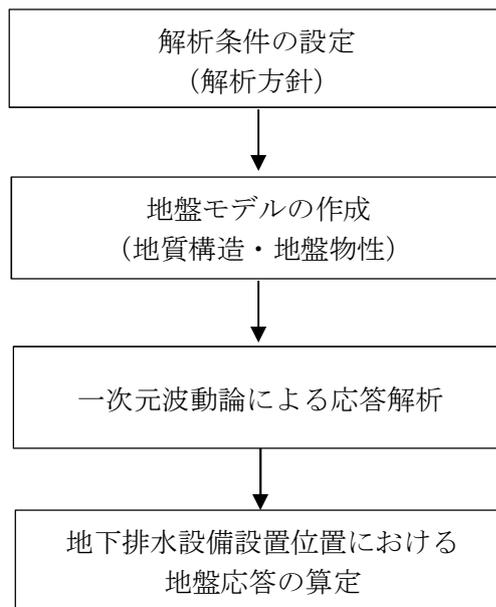
### 2.3 解析方針

地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-12 に地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フローを示す。

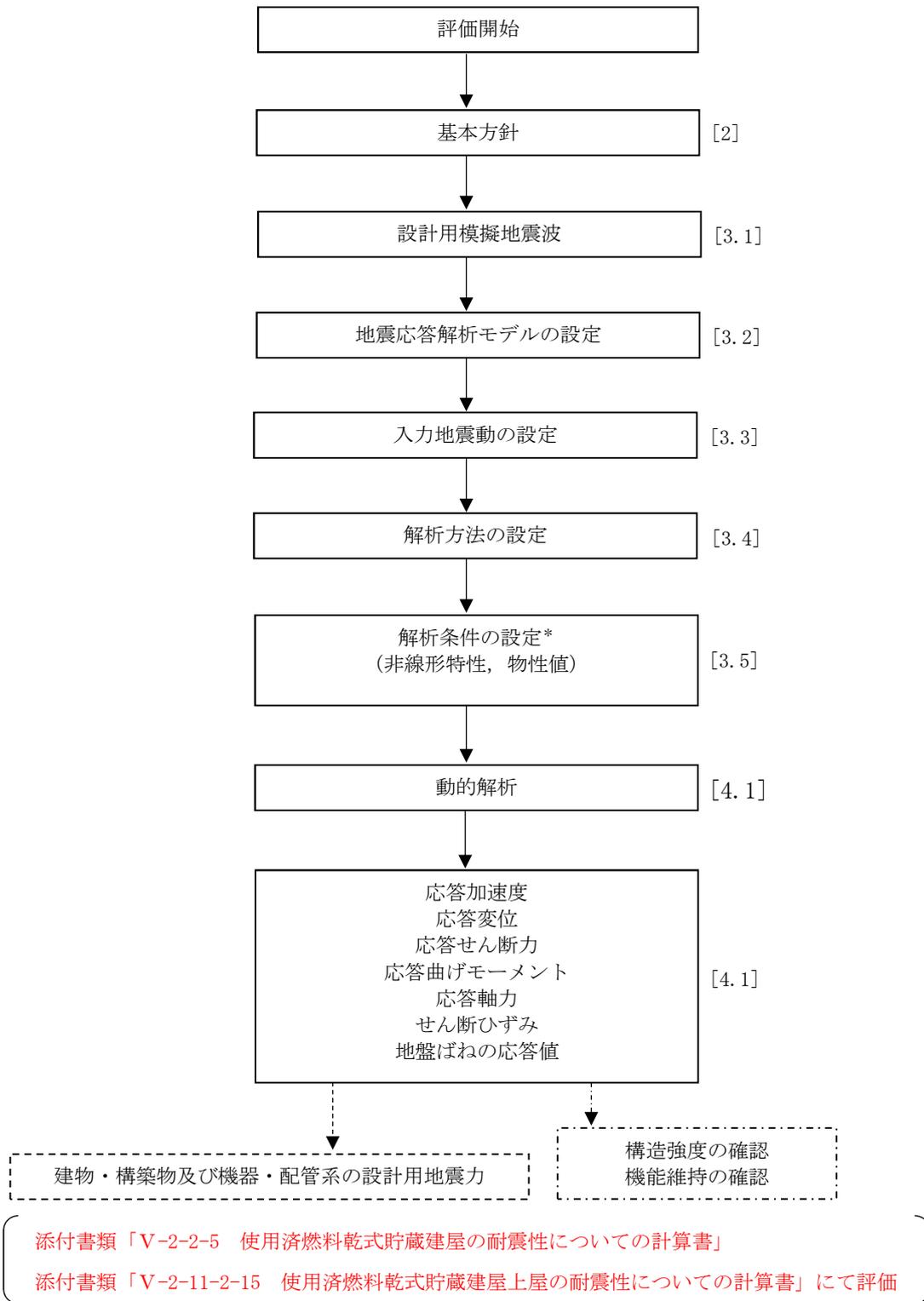
地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地盤モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 地盤応答」を評価する。地盤モデルには、地盤物性のばらつきを考慮し、地盤応答として最大応答加速度を算出する。地下水位は、原子炉建屋と同様に EL. 2.0m とする。

地下排水設備の評価において、地盤応答の加速度を用いた評価を行う場合は、保守的に評価する観点から地盤改良は考慮しない。排水シャフト及び集水ピットの地盤応答の変位を用いた評価においては、地盤改良が変位を抑制することを目的としていることから、地盤改良を考慮する。地盤改良を考慮した地盤応答については、添付書類「V-2-2-2-7 原子炉建屋地下排水設備排水シャフトの耐震性についての計算書 別紙 改良地盤を考慮した地盤応答」に示す。



添付書類「V-2-2-2-2 原子炉建屋地下排水ポンプの耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-3 管の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-4 原子炉建屋地下排水設備集水ピット水位の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-5 原子炉建屋地下排水設備排水ポンプ制御盤の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-6 原子炉建屋地下排水設備地下排水上屋の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-8 原子炉建屋地下排水設備集水ピットの耐震性についての計算書」にて評価

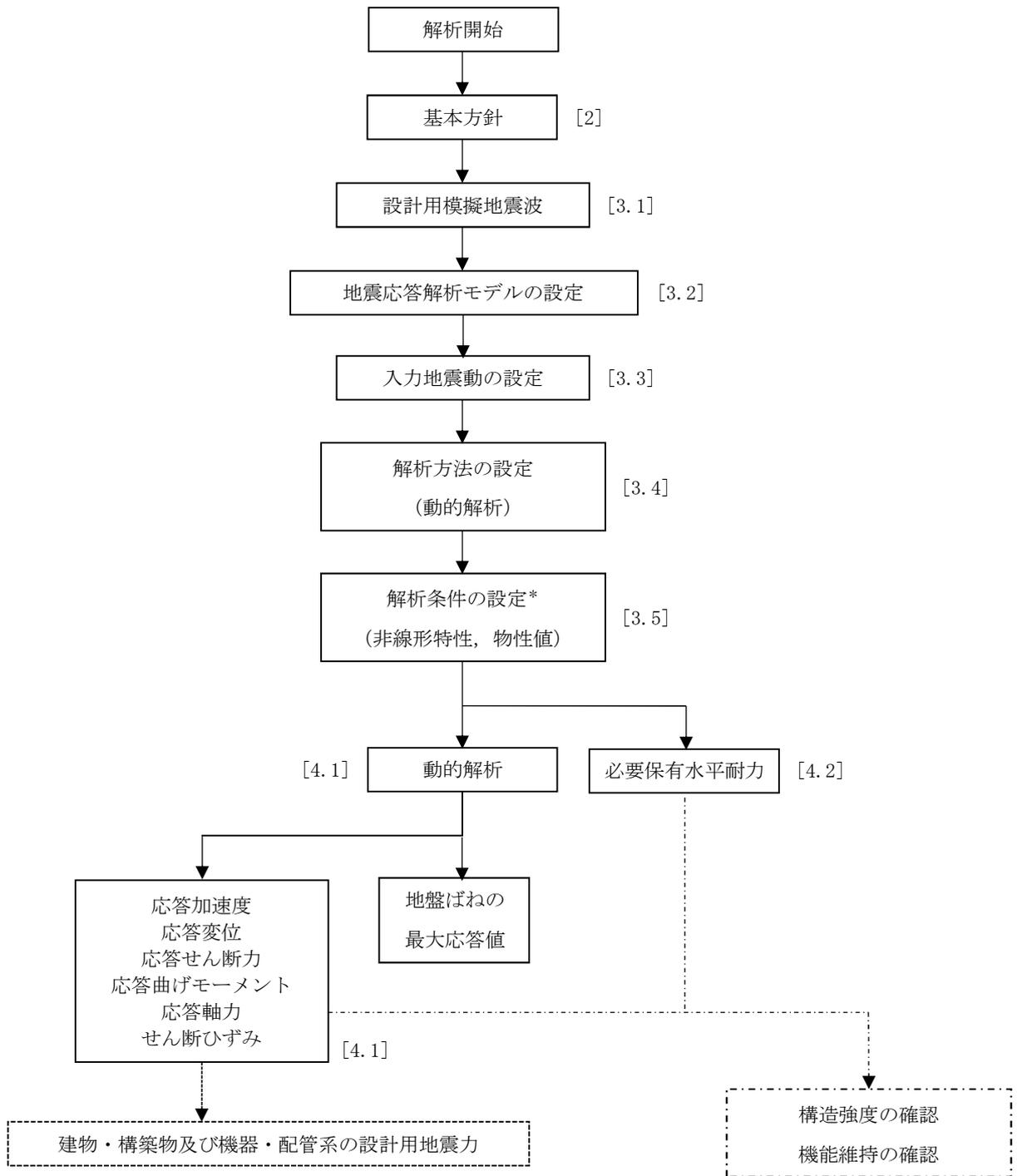
図 2-12 地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フロー



注 : [ ]内は, 本資料における章番号を示す。

注記 \* : 材料物性のばらつきを考慮する。

図 2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析フロー

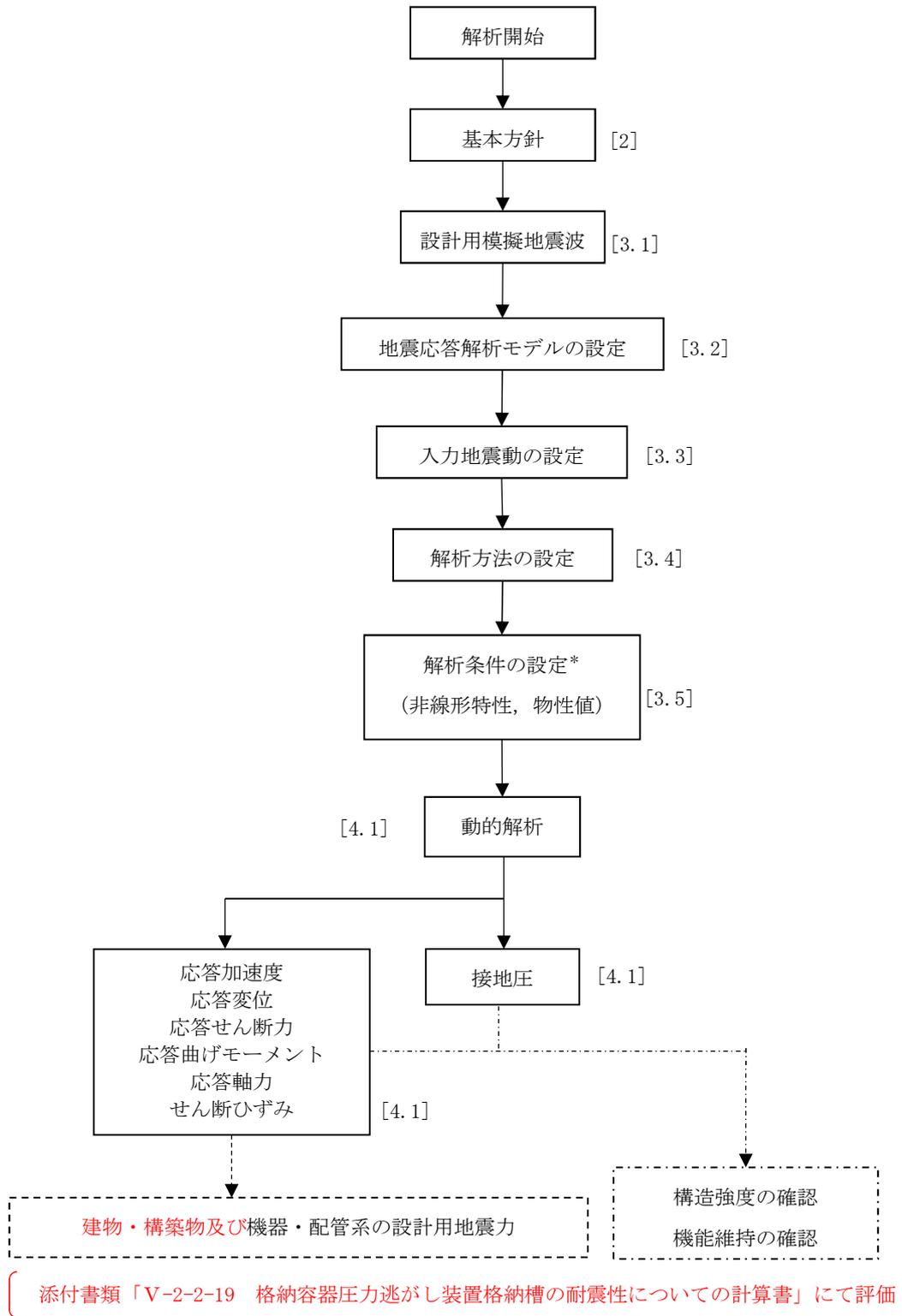


〔 添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」にて評価 〕

注 : [ ]内は, 本資料における章番号を示す。

注記 \* : 材料物性のばらつきを考慮する。

図 2-5 緊急時対策所建屋の地震応答解析フロー



注 : [ ]内は、本資料における章番号を示す。

注記 \* : 材料物性のばらつきを考慮する。

図2-4 格納槽の地震応答解析フロー

### 3.2.1 水平方向

#### (1) 解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとして、NS 方向及び EW 方向についてそれぞれ設定する。水平方向の地震応答解析モデルを図 3-9 に、解析モデルの諸元を表 3-2 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「GRIMP 2 ver. 2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・GRIMP 2」に示す。

また、建屋埋込み部分の側面地盤ばねのばね定数については、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて N o v a k の方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解析コード「NVK 4 6 3 ver. 1.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要・NVK 4 6 3」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。初期地盤の物性値を表 3-3 に、ひずみ依存特性を図 3-10～図 3-13 に、基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に対する地盤定数を表 3-4～表 3-19 に示す。また、地盤ばねの定数化の概要を図 3-14 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-20～表 3-35 に示す。

### 3.2.2 鉛直方向

#### (1) 解析モデル

鉛直方向（UD 方向）の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性及び屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3-15 に、解析モデルの諸元を表 3-36 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（鉛直ばね）は、振動アドミッタンス理論により得られる動的地盤ばねを、水平方向と同様に近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「GRIMP 2 ver. 2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・GRIMP 2」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。初期地盤の物性値を表 3-3 に、ひずみ依存特性を図 3-10～図 3-13 に、地盤定数を表 3-4～表 3-19 に示す。また、鉛直地盤ばねの定数化の概要を図 3-16 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-37～表 3-52 に示す。

### 3.2.1 水平方向

#### (1) 解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとして、NS 方向及び EW 方向についてそれぞれ設定する。水平方向の地震応答解析モデルを図 3-1 に、解析モデルの諸元を表 3-2 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「GRIMP 2 ver. 2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・GRIMP 2」に示す。

また、建屋埋込み部分の側面地盤ばねのばね定数については、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて N o v a k の方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解析コード「NVK 4 6 3 ver. 1.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要・NVK 4 6 3」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。初期地盤の物性値を表 3-3 に、ひずみ依存特性を図 3-2～図 3-5 に、基準地震動  $S_{e-D1}$  に対する地盤定数を表 3-4 に示す。また、地盤ばねの定数化の概要を図 3-6 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-5 に示す。

#### (3) 復元力特性

地震応答解析では、一部の上部構造物においてその応答が構造要素の弾性限度を超えることが予想されるため、復元力特性を設定する。ただし、重量増分に伴うせん断及び曲げスケルトンへの影響は軽微であるため、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の 3.5.1 項で示した復元力特性と同様の値を用いる。

### 3.2.2 鉛直方向

#### (1) 解析モデル

鉛直方向（UD 方向）の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性及び屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3-7 に、解析モデルの諸元を表 3-6 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（鉛直ばね）は、振動アドミッタンス理論により得られる動的地盤ばねを、水平方向と同様に近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「GRIMP 2 ver.2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・GRIMP 2」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。初期地盤の物性値を表 3-3 に、ひずみ依存特性を図 3-2～図 3-5 に、地盤定数は表 3-4 に示す。また、鉛直地盤ばねの定数化の概要を図 3-8 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-7 に示す。

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_0$ に対する地表面レベルでの地盤の応答を評価する。地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。

地震応答解析では地盤物性のばらつきを考慮し、地盤物性のばらつきは、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」と同じとする。地盤物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースと初期地盤の物性値を表 3-1 に示す。また、**地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする**。初期地盤の物性値及びひずみ依存特性は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定し、これらは添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-1～図 3-4 に示す。

水平方向及び鉛直方向の地震応答解析に用いる地層区分及び基本ケースの地盤物性を表 3-2～表 3-9 に示す。

### 3.5 解析方法

#### 3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向（NS 方向）について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-6 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、曲げ及びせん断剛性を考慮した剛基礎を有する多質点系モデルとする。地震応答解析モデルを図 3-3 に、地震応答解析モデルの諸元を表 3-7 に示す。

建物・構築物の鉄筋コンクリート耐震壁については、せん断剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分のせん断剛性を考慮し、曲げ剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分に加え、フランジ部分の曲げ剛性を考慮する。また、鉄筋コンクリートフレーム部については、等価なせん断剛性を考慮する。

水平方向モデルへの入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤レベルで定義される基準地震動  $S_0$  に対するケーソン下端位置及び側面地盤ばねレベルでの応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」により、ケーソン以深の地盤の成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「G R I M P 2 ver. 2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・G R I M P 2」に示す。

また、建屋埋め込み部分の側面地盤ばねのばね定数については、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づいて N o v a k の方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解析コード「N V K 4 6 3 ver. 1.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要・N V K 4 6 3」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は、初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論により求めた等価地盤物性とする。基準地震動  $S_0$  に対する地盤定数を表 3-8～表 3-15 に、地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に、地盤ばね定数及び減衰定数を表 3-16～表 3-23 に示す。

復元力特性は、耐震壁のせん断及び曲げ剛性については、建屋の NS 方向に層を単位として、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づいて設定する。

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。

### 2.3 解析方針

原子炉建屋の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-4 に原子炉建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、材料物性のばらつきを考慮し、せん断ひずみ及び接地圧を含む各種応答値を「4.2 静的解析」においては静的地震力及び接地圧を「4.3 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。

地下水位は建設時から、原子炉建屋地下排水設備により、原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることを踏まえ、既工事計画認可申請書 第 1 回申請 添付書類「Ⅲ-5 原子炉建屋の強度計算書」(47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可)を参考に、EL.2.0 m とする。

原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した地震応答解析については、「別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析」に示す。

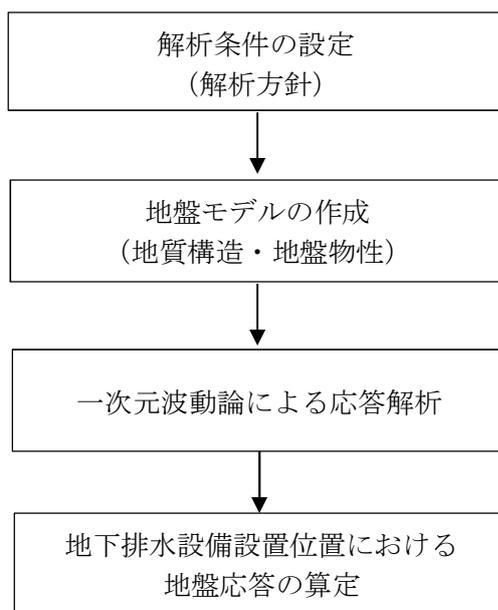
### 2.3 解析方針

地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-12 に地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地盤モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 地盤応答」を評価する。地盤モデルには、地盤物性のばらつきを考慮し、地盤応答として最大応答加速度を算出する。地下水位は、原子炉建屋と同様に EL. 2.0m とする。

地下排水設備の評価において、地盤応答の加速度を用いた評価を行う場合は、保守的に評価する観点から地盤改良は考慮しない。排水シャフト及び集水ピットの地盤応答の変位を用いた評価においては、地盤改良が変位を抑制することを目的としていることから、地盤改良を考慮する。地盤改良を考慮した地盤応答については、添付書類「V-2-2-2-7 原子炉建屋地下排水設備排水シャフトの耐震性についての計算書 別紙 改良地盤を考慮した地盤応答」に示す。



添付書類「V-2-2-2-2 原子炉建屋地下排水ポンプの耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-3 管の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-4 原子炉建屋地下排水設備集水ピット水位の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-5 原子炉建屋地下排水設備排水ポンプ制御盤の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-6 原子炉建屋地下排水設備地下排水上屋の耐震性についての計算書」  
 添付書類「V-2-2-2-8 原子炉建屋地下排水設備集水ピットの耐震性についての計算書」にて評価

図 2-12 地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フロー

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

#### 3.2.1 荷重

##### (1) 固定荷重 (DL) 及び積載荷重 (LL)

応力解析において考慮する固定荷重及び積載荷重を表 3-1 及び表 3-2 に示す。また、原子炉建屋地下排水設備により、地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることから、床スラブ底面には浮力を考慮しない。

表 3-1 固定荷重

部位	固定荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
屋根スラブ	3.43
床スラブ	2.35
壁	3.53

表 3-2 積載荷重

部位	積載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
屋根スラブ	1.96 <sup>*1</sup>
床スラブ	1.96 <sup>*2</sup>

注記 \*1：ポンプ点検時荷重

\*2：機器荷重を含む

##### (2) 積雪荷重 (S)

積雪荷重は、表 3-3 のとおり設定する。

表 3-3 積雪荷重

部位	荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
屋根スラブ	地震時	210 N/m <sup>2</sup>

##### (3) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

地震力は、基準地震動 S<sub>s</sub> に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性のばらつきを考慮して設定する。

地震荷重は、地表面の水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度より算定される震度とする。

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

### 4.2.1 荷重

#### (1) 固定荷重 (DL) 及び積載荷重 (LL)

応力解析において考慮する固定荷重及び積載荷重を表 4-1 及び表 4-2 に示す。また、集水ピットの下端は砂質泥岩内に埋め込まれていることから、底版底面には浮力を考慮しない。

表 4-1 固定荷重

部位	固定荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
頂版	9.80
底版	7.35
壁	6.00
排水シャフト	2.01

表 4-2 積載荷重

部位	積載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
底版	27.0*

注記 \* : 常水位 2.75 m 及びポンプ重量 10 kN を考慮

#### (2) 地震荷重 (Ss)

鉛直地震力は、基準地震動  $S_s$  に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性のばらつきを考慮して設定する。

地震荷重は、建屋基礎下の鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

#### 3.2.1 荷重

##### (1) 固定荷重 (DL)

固定荷重として、集水管管体の自重を考慮する。また、集水管周辺に地下水が存在する場合、集水管内部にも流入し、管内の水圧と浮力が相殺するため、いずれも考慮しない。

##### (2) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

地震力は、基準地震動 S<sub>s</sub> に対する地盤応答より算定される動的地震力を考慮して設定する。

地震荷重は、集水管位置の地盤に発生する水平方向及び鉛直方向の最大応力度を考慮する。地盤物性のばらつきによる荷重増分として、1.5 倍の地震時土圧を考慮する。この荷重増分は、添付書類「V-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答」の解析における地盤物性のばらつきによる変位応答の変動が最大で約 1.3 倍であることを踏まえ保守的に設定した。

#### 3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	DL+S <sub>s</sub>

DL : 固定荷重

S<sub>s</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重

### 2.3 解析方針

主排気筒の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。図2-4に主排気筒の地震応答解析の実施フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 入力地震動」において設定した入力地震動及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては各種応答値を、「4.2 静的解析」においては静的地震力を算出する。また、地下水位は地表面に設定する。

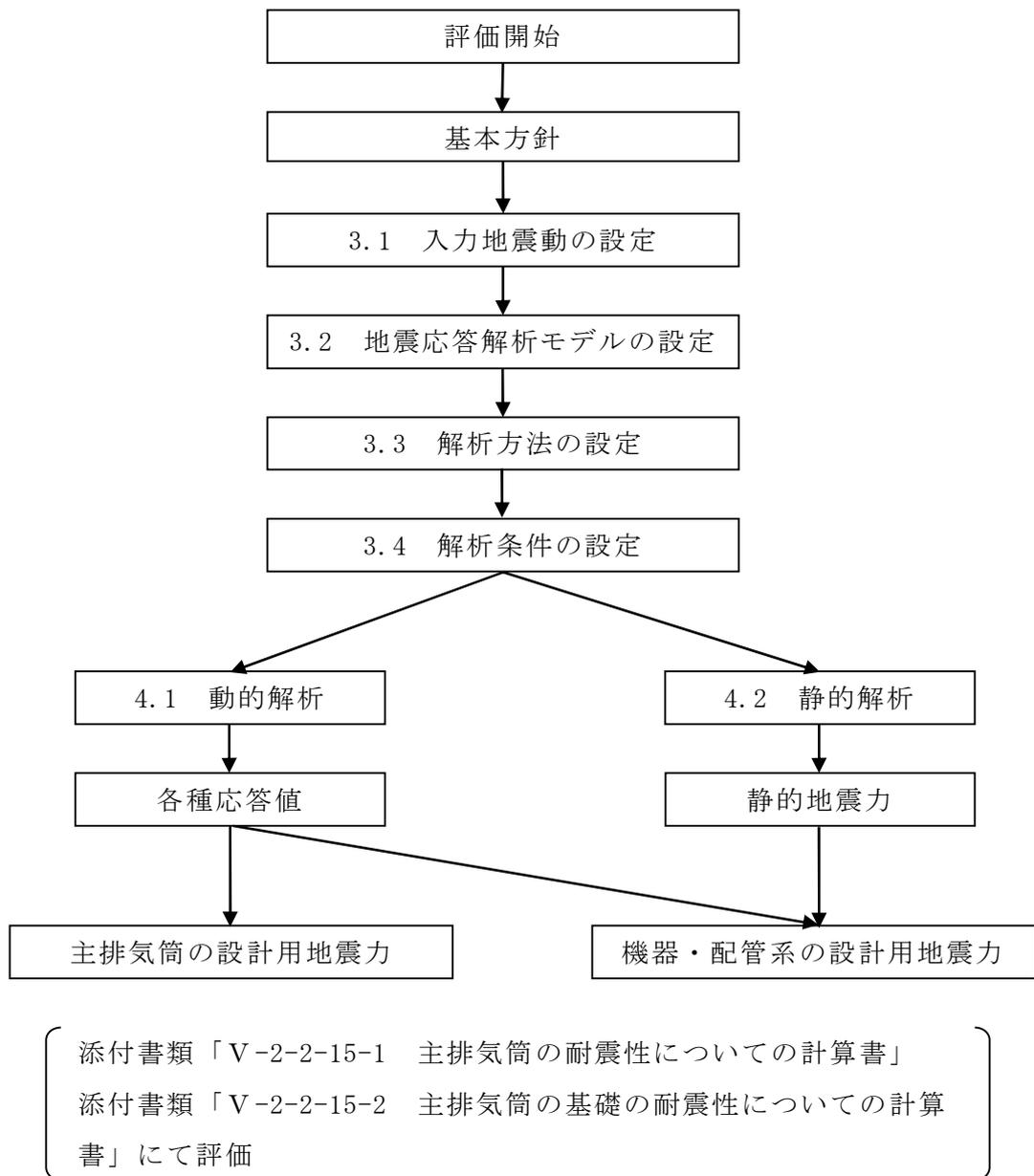


図2-4 地震応答解析の実施フロー

### 3.2 荷重及び荷重の組み合わせ

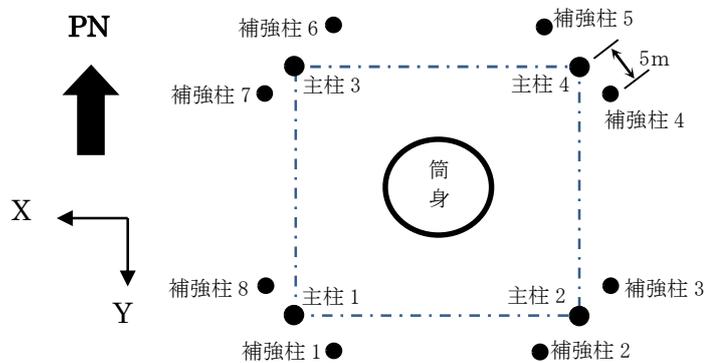
#### 3.2.1 荷重

##### (1) 基礎に考慮する固定荷重

主排気筒の基礎の評価に考慮する固定荷重Gを表3-1に示す。なお、鉛直力、水平力は主柱及び補強柱、筒身位置に作用させる。ここで、主排気筒は、基礎下端から支持地盤までの範囲を地盤改良するため、基礎及び改良地盤は一体となることから、基礎の浮力は考慮しない。

表3-1 基礎に考慮する固定荷重

荷重名称	作用位置	鉛直力	水平力	
		N (kN)	Q <sub>x</sub> (kN)	Q <sub>y</sub> (kN)
固定荷重 G	主柱 1	1700	340	340
	主柱 2	1700	-340	340
	主柱 3	1700	340	-340
	主柱 4	1700	-340	-340
	補強柱 1	1105	102	170
	補強柱 2	1105	-102	170
	補強柱 3	1105	-170	102
	補強柱 4	1105	-170	-102
	補強柱 5	1105	-102	-170
	補強柱 6	1105	102	-170
	補強柱 7	1105	170	-102
	補強柱 8	1105	170	102
	筒身	4600	0	0
	上部構造からの総計	20240		0
基礎	24kN/m <sup>3</sup> の自重		0	



筒身、主柱及び補強柱の配置図

### 2.3 解析方針

非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。図 2-5 に非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答解析の実施フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 入力地震動」において設定した入力地震動及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては各種応答値を、「4.2 静的解析」においては静的地震力を算出する。また、地下水位は地表面に設定する。

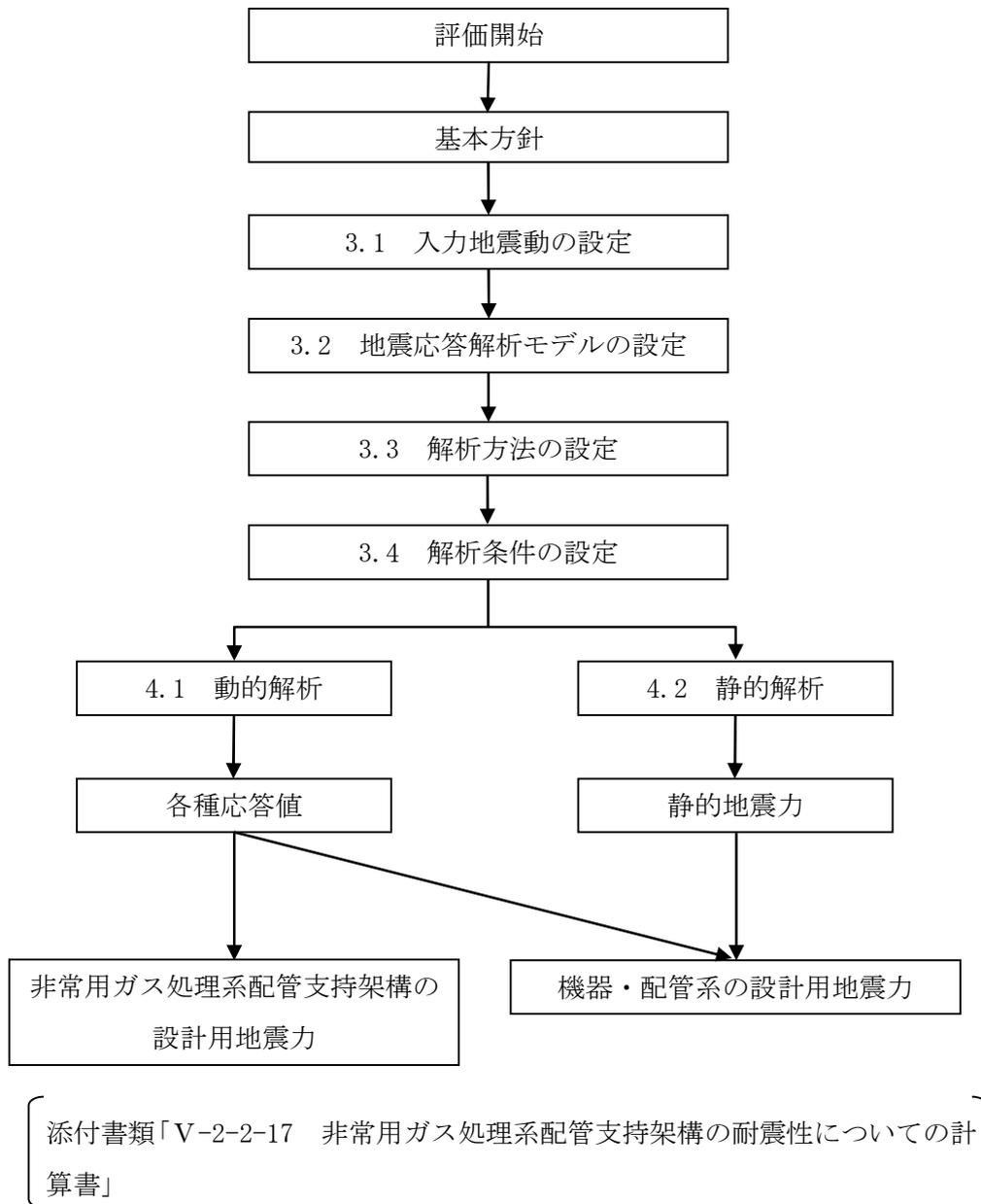


図 2-5 地震応答解析の実施フロー

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 3.2.1 荷重

##### (1) 固定荷重

自重の他に、歩廊等の付属設備の重量を考慮する。ここで、非常用ガス処理系配管支持架構は、基礎スラブ下端から支持地盤までの範囲を地盤改良するため、基礎スラブ及び改良地盤は一体となることから、基礎の浮力は考慮しない。

##### (2) 積載荷重

非常用ガス処理系配管支持架構には積載物はない。また、非常用ガス処理系配管支持架構上部に作業員が常駐することもない。

よって地震荷重との組み合わせには積載荷重は考慮しない。

##### (3) 積雪荷重

非常用ガス処理系配管支持架構付帯の歩廊及び最上部の鉄骨上に、雪が積るとし、積雪荷重を考慮する。

##### (4) 風荷重

以下に示す荷重を風荷重としてNS方向及びEW方向それぞれに対して考慮する。

平12建告第1454号第三号イに規定される算出法に基づいた風方向荷重  
建築基準法施行令第87条に規定される算出法に基づいた暴風によって、構造耐力上主要な部位に損傷を生じないことを確認する。

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 荷重

#### (1) 通常荷重（死荷重 (D)、活荷重 (L)、常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>))

原子炉格納容器底部コンクリートマットに作用する通常荷重として次のものを考慮する。

##### a. 死荷重 (D)、活荷重 (L)

死荷重及び活荷重は、既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類「Ⅲ-3-3-14 原子炉格納容器底部コンクリートマット強度計算書」に基づき表 4-1 のとおり設定する。

また、原子炉建屋地下排水設備により、地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることから、原子炉建屋基礎盤底面には浮力を考慮しない。

表 4-1 死荷重 (D) 及び活荷重 (L)

部位	通常荷重 (kN)
O/W	397800* <sup>1</sup>
I/W	392300* <sup>1</sup>
S/W	309900* <sup>1</sup>
PCV	□
RPV 基礎	□
サプレッションプール水静水圧	□
基礎盤上	171904* <sup>3</sup>
基礎盤自重	561020* <sup>4</sup>

注記 \*1：既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類「Ⅲ-3-3-14 原子炉格納容器底部コンクリートマット強度計算書」に基づき設定。

\*2：添付書類「V-2-9-2-11 サプレッション・チェンバ底部ライナ部の耐震性についての計算書」の最高水位より設定。

\*3：添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の地震応答解析モデルに基づき設定。

\*4：単位体積重量  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$  として設定。

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 荷重

- (1) 通常荷重（死荷重 (D)、活荷重 (L)、常時土圧荷重 ( $E_0$ ))

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の基礎スラブに作用する通常荷重として次のものを考慮する。

- a. 死荷重 (D)、活荷重 (L)

死荷重および活荷重は、既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類「Ⅲ-3-3-14 原子炉格納容器底部コンクリートマット強度計算書」に基づき表 4-1 のとおり設定する。

また、原子炉建屋地下排水設備により、地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることから、原子炉建屋基礎盤底面には浮力を考慮しない。

表 4-1 死荷重及び活荷重 (D, L)

部位	通常荷重 (kN)
O/W	397800 <sup>*1</sup>
I/W	392300 <sup>*1</sup>
S/W	309900 <sup>*1</sup>
PCV	□
RPV 基礎	□
サプレッションプール水静水圧	□
基礎盤上	171904 <sup>*3</sup>
基礎盤自重	561020 <sup>*4</sup>

注記 \*1：既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類Ⅲ-3-3-14「原子炉格納容器底部コンクリートマット強度計算書」に基づき設定。

\*2：添付書類「V-2-9-2-11 サプレッション・チェンバ底部ライナ部の耐震性についての計算書」の最高水位より設定。

\*3：添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の地震応答解析モデルに基づき設定。

\*4：単位体積重量  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$  として設定。

### 3. 評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

タービン建屋の評価対象部位は、耐震壁とし、以下の方針に基づき検討を行う。

S<sub>s</sub>地震時に対する評価は、建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、材料物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが、「J E A G 4 6 0 1-1987」に基づき設定した許容限界を超えないことにより、タービン建屋が倒壊しないことを確認する。

地下水位は、原子炉建屋と同様に EL. 2.0m とする。地下水位を地表面としてタービン建屋近傍の液状化を想定した場合でも原子炉建屋への影響がないことを確認している。

また、地盤物性のばらつきを考慮した、タービン建屋の最大応答変位と隣接する原子炉建屋の最大応答変位の絶対値和（以下「最大相対変位」という。）と建屋間のクリアランスの大小関係により隣接する原子炉建屋への衝突の有無を確認する。

更に最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所については、S<sub>s</sub>地震時の地盤物性のばらつきを考慮したタービン建屋の時刻歴応答変位と地盤物性のばらつきを考慮した原子炉建屋の時刻歴応答変位による相対変位（以下「時刻歴相対変位」という。）が、建屋間のクリアランスを超えないことを確認する。

#### 3.2 入力地震動

タービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、一次元波動論に基づき、添付書類「V-2-1-2 基準地震動 S<sub>s</sub> 及び弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の策定概要」に示す解放基盤レベルで定義される基準地震動 S<sub>s</sub> に対する、地盤条件を考慮したケーソン下端位置及び側面地盤ばねレベルでの地盤応答として評価する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver. 2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場合のケーソン下端位置における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図 3-1 及び図 3-2 に示す。

### 3. 評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

サービス建屋の評価対象部位は、EL. 8.2 m より上部の柱・梁のフレーム及び耐震壁とし、以下の方針に基づき検討を行う。

S<sub>s</sub>地震時に対する評価は、建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、材料物性のばらつきを考慮した層間変形角が、「技術基準解説書」により設定した 1/120 以下であることを確認することにより、サービス建屋が倒壊しないことを確認する。

地下水位は、原子炉建屋と同様に EL. 2.0m とする。地下水位を地表面としてサービス建屋近傍の液状化を想定した場合でも原子炉建屋への影響がないことを確認している。

また、地盤物性のばらつきを考慮した、サービス建屋の最大応答変位と隣接する原子炉建屋の最大応答変位の絶対値和（以下「最大相対変位」という。）と建屋間のクリアランスの大小関係により、隣接する原子炉建屋への衝突の有無を確認する。

#### 3.2 入力地震動

サービス建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、一次元波動論に基づき、添付書類「V-2-1-2 基準地震動 S<sub>s</sub> 及び弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の策定概要」に示す解放基盤レベルで定義される基準地震動 S<sub>s</sub> に対する、地盤条件を考慮した建屋基礎スラブ底面レベルでの地盤の応答として評価する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver. 2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場合の基礎スラブ底面位置における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図 3-1 及び図 3-2 に示す。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく原子炉建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した地震応答解析について示す。

### 2.3 解析方針

原子炉建屋の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-4 に原子炉建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、材料物性のばらつきを考慮し、せん断ひずみ及び接地圧を含む各種応答値を「4.2 静的解析」においては静的地震力及び接地圧を「4.3 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。

地下水位は建設時から、原子炉建屋地下排水設備により、原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることを踏まえ、既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類「Ⅲ-5 原子炉建屋の強度計算書」(47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可)を参考に、EL.2.0 m とする。

原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した地震応答解析については、「別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析」に示す。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価により行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

原子炉建屋は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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の間接支持構造物」に分類される。ただし、原子炉建屋のうち、使用済燃料プール、中央制御室遮蔽及び二次格納施設となる原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。また、原子炉建屋を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の二次遮蔽に該当し、その二次遮蔽は、重大事故等対処施設において、「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、原子炉建屋の「Sクラスの施設の間接支持構造物」及び「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の間接支持構造物」としての分類に応じた耐震評価を示す。なお、「Sクラスの施設」及び「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」としての分類に応じた耐震評価は、使用済燃料プールの評価については、添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」にて、中央制御室遮蔽の評価については、添付書類「V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」にて、原子炉棟については、添付書類「V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」にて、二次遮蔽については、添付書類「V-2-8-4-1 二次遮蔽の耐震性についての計算書」にて実施する。

### 2.3 評価方針

原子炉建屋は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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の間接支持構造物」に分類される。ただし、原子炉建屋のうち、使用済燃料プール、中央制御室遮蔽及び二次格納施設となる原子炉棟は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。また、原子炉建屋を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の二次遮蔽に該当し、その二次遮蔽は、重大事故等対処施設において、「常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉建屋の設計基準対象施設としての評価においては、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討(原子炉建屋)」に示す。

原子炉建屋の評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価において、せん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を行うことで、原子炉建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、原子炉建屋は使用済燃料プールにおいて、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられること、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では要素内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないとされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。詳細については、添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書 別紙 1 鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料プール）」に示す。

原子炉建屋の評価フローを図 2-4 に示す。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、使用済燃料プールの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価により行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

使用済燃料プールは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

### 2.3 評価方針

使用済燃料プールは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。

使用済燃料プールの設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙 2 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討（使用済燃料プール）」に示す。

使用済燃料プールの評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、応力解析による評価において断面の評価を行うことで、使用済燃料プールの地震時の構造強度の確認を行う。なお、使用済燃料プールの地震時の構造強度の確認には、地震応答解析による評価においてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価が必要であるが、使用済燃料プールが原子炉建屋の一部であることを踏まえ、使用済燃料プールを含む原子炉建屋全体としての評価結果を添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。評価に当たっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価を行う。ここで、使用済燃料プールでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられる（別紙 1「鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料プール）」参照）こと、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

使用済燃料プールの評価フローを図 2-6 に示す。

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第38条において設置することが要求されている中央制御室について、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

### 2.3 評価方針

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類される。

中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む壁、床スラブ及び天井スラブで構成されており、設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行う。

中央制御室遮蔽の評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。機能維持の確認において、建物・構築物の構造強度の許容限界であるせん断ひずみを用いて算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ること必要な気密性を維持する設計とする（別紙1「中央制御室の気密性に関する計算書」参照）。それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙2 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討（中央制御室遮蔽）」に示す。

評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。ただし、耐震壁については、常時荷重が設計時と同一であること、また、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力及び静的地震力がいずれも『既工事計画認可申請書第1回 資料Ⅲ-1-4「原子炉建屋の地震応答計算書」(47公第12076号 昭和48年4月9日認可)』の設計用地震力よりも小さいことから、新たな $S_d$ 地震時に対する評価は行わない。

なお、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、中央制御室遮蔽が原子炉建屋の一部であることを踏まえ、中央制御室遮蔽を含む原子炉建屋全体としての評価結果を添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価を行う。ここで、中央制御室遮蔽では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室遮蔽の評価フローを図2-6に示す。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉格納容器底部（以下「原子炉格納容器底部コンクリートマット」という。）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づき行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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」並びに「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の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

### 2.3 評価方針

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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」並びに「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の間接支持構造物」に分類される。

原子炉格納容器底部コンクリートマットの設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙2 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討（原子炉格納容器底部コンクリートマット）」に示す。

原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて考慮すべき荷重は、通常荷重、運転時荷重、事故時荷重及び地震荷重等種類が多く、性質を異にしている。また、これらの荷重はその発生確率、他の荷重発生との同時性等が各々異なっている。

従って、以下の4つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅲ及びⅣの地震時に関する荷重の組合せについて評価を行う。

- (1) 荷重状態Ⅰ：通常運転時の状態
- (2) 荷重状態Ⅱ：逃がし安全弁作動時、試験時または積雪時の状態
- (3) 荷重状態Ⅲ：荷重状態Ⅰ、荷重状態Ⅱ及び荷重状態Ⅳ以外の状態
- (4) 荷重状態Ⅳ：格納容器の安全設計上想定される異常な状態が生じている状態

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉格納容器底部コンクリートマットの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。なお、接地圧は、原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに原子炉棟基礎及び付属棟基礎を一体として扱い、原子炉建屋基礎盤全体として評価する。機能維持の確認においては、支持機能を確認する。評価にあたっては、 $S_d$ 地震時及び $S_s$ 地震時に対する評価で、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による地盤物性のばらつきを考慮する。なお、気密性の確認については、添付書類「V-2-9-2-11 サプレッション・チェンバ底部ライナ部の耐震性についての計算書」にて実施するが、ライナプレートの変形が原子炉格納容器底部コンクリートマットの変形に追従する形で制限されていることから、原子炉格納容器底部コンクリートマットの構造強度を確認する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、上記の荷重状態ⅠからⅣに以下の荷重状態Ⅴを加えた5つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅲ～Ⅴにおける地震時の評価に関する荷重の組合せに対する評価を行う。

- (5) 荷重状態Ⅴ：発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、または重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる状態

ここで、原子炉格納容器底部コンクリートマットにおける荷重状態Ⅲ～Ⅴでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なる。コンクリートの温度が

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋のうち二次格納施設となる原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

原子炉棟は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉棟を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の二次遮蔽に該当し、その二次遮蔽は、重大事故等対処施設において、「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

### 2.3 評価方針

原子炉棟は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉棟を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の二次遮蔽に該当し、その二次遮蔽は、重大事故等対処施設において、「常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉棟の設計基準対象施設としての地震時の評価は、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。ただし、耐震壁については、常時荷重が設計時と同一であること、また、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力及び静的地震力がいずれも『既工事計画認可申請書第1回 資料Ⅲ-1-4 「原子炉建屋の地震応答計算書」（47公第12076号 昭和48年4月9日認可）』の設計用地震力よりも小さいことから、 $S_d$ 地震時に対する評価は行わない。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙2 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討（原子炉建屋原子炉棟）」に示す。

原子炉棟の評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉棟の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては、地盤物性のばらつきを考慮する。なお、保有水平耐力の評価については、原子炉棟が原子炉建屋の一部であることを踏まえ、原子炉棟を含む原子炉建屋全体としての評価結果を添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力に対する評価を行う。ここで、原子炉棟では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

原子炉棟の評価フローを図2-6に示す。

## 1. 概要

原子炉建屋基礎盤は、原子炉格納容器の底部に該当する部分（以下「原子炉格納容器底部コンクリートマット」という。）、二次格納施設にあたる原子炉建屋原子炉棟のうち、原子炉格納容器底部コンクリートマット以外の基礎（以下「原子炉棟基礎」という。）及び原子炉建屋付属棟の基礎（以下「付属棟基礎」という。）で構成される。

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋基礎盤のうち、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

なお、原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価については、添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」にて実施する。

原子炉棟基礎及び付属棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

### 2.3 評価方針

原子炉棟基礎及び付属棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「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の間接支持構造物」に分類される。

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

また、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響について、「別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した検討（原子炉建屋基礎盤）」に示す。

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による地盤物性のばらつきを考慮する。なお、接地圧の評価においては、原子炉格納容器底部コンクリートマットを含めた原子炉建屋基礎盤に対する評価を実施する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_d$ 地震時及び $S_s$ 地震時に対する評価を行うこととする。ここで、原子炉棟基礎及び付属棟基礎では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

更に、原子炉格納容器底部コンクリートマットは設計基準対象施設においては「Sクラス施設」に、重大事故等対処施設においては「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」に分類され、それぞれの分類に応じた耐震評価を実施している。原子炉棟基礎及び付属棟基礎について、原子炉棟基礎が原子炉格納容器底部コンクリートマットに接続し、付属棟基礎が原子炉棟基礎に接続し、基礎全体として一体となっていることから、原子炉格納容器底部コンクリートマットのそれぞれの分類に応じた耐震評価における荷重の組合せに対しても間接支持構造物としての機能を有していることを確認する。なお、原子炉格納容器底部コンクリートマットは、添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計についての計算書」に示すとおり、荷重状態Ⅲ～Ⅴに対する評価を実施しているが、原子炉棟基礎及び付属棟基礎に求められる機能が支持機能であり、許容限界が終局耐力であることを踏まえ、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の機能維持に対して支配的となる $S_s$ 地震時に対する評価を行うことから、本評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価フローを図2-4に示す。

表 3-1-9 3次元FEMモデルを用いた精査

耐震評価部位	対象 建物・構築物	3次元モデルを用いた 精査方法	3次元モデルを用いた精査結果
梁	一般部 非常用ガス処理系 配管支持架構	②-2 (加振方向以外の方向に 励起される振動が発生)	水平2方向及び鉛直方向地震力による左記の対 象に有する耐震性への影響は想定されなため 抽出しない。
		②-1 (面内方向の荷重に加え 面外慣性力の影響が大き)	同上
壁	一般部 原子炉建屋 (燃料取替フロア)	②-2 (加振方向以外の方向に 励起される振動が発生)	同上
		局所的な応答	原子炉建屋の燃料取替フロアの壁では、面外方 向に応答が増幅する傾向が確認されたものの、 保守的な静的解析モデルを用いた評価により面 外慣性力によって生じる応力が、許容値を超え ないことを確認した。よって、水平2方向及び 鉛直方向地震力による耐震性への影響は想定さ れないため抽出しない。
耐震評価 部位全般	原子炉建屋	同上	使用済燃料プールのウエル壁では、鉛直地震力 による東西方向の応答増幅の傾向が確認され たものの、水平2方向及び鉛直方向地震力に よる応力に比べて増幅率を考慮しても、許容値 を超えないことを確認した。よって、水平2方 向及び鉛直方向地震力による耐震性への影響は 想定されなため抽出しない。

注：上線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

### 3. 評価

#### 3.1 基礎の健全性評価

原子炉格納容器底部コンクリートマットの健全性は、「CCV規格」に基づき評価する。また、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の健全性は、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととし、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会，2005）（以下「RC-N規準」という。）に基づき評価する。

##### 3.1.1 基礎の耐震評価

基礎の耐震評価において、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、安全上適切と認められる規格及び基準等に基づき断面の評価を行う。断面の評価は、既設であることを踏まえ、設計配筋に対して発生する応力が許容限界以下であることを確認する。原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震評価については、添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」に示す通りであり、荷重状態Ⅲ～Ⅴの各荷重時（荷重状態Ⅴの異常時を除く）において基礎は十分な強度を有する。また、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の耐震性については、添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」に示すとおり、 $S_s$ 地震時及び $S_d$ 地震時において基礎は十分な強度を有する。

基礎の応力解析による評価フローを図3-1に示す。

##### 3.1.2 基礎の強度評価

基礎の強度評価においては、荷重状態Ⅴの異常時について、想定される事故時荷重は重大事故等時の内圧（465 kPa）であり、添付書類「V-3-9-1-1-7 原子炉格納容器底部コンクリートマットの強度計算書」に示すとおり、それを上回る評価条件（200℃，内圧620 kPa）において要求される強度が十分であることを確認していることから、基礎は十分な強度を有する。

## 1. 概要

添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2. 地震応答解析の方針」に基づき、緊急時対策所建屋の杭の耐震設計について、地盤の有効応力の変化に伴う影響を検討するため、有効応力解析を実施する。

## 2. 地震応答解析方法

緊急時対策所建屋の有効応力の変化を考慮した地震応答解析（以下「地震応答解析」という。）は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。

地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver.7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム(解析コード)の概要 FLIP」に示す。

## 2.4 適用規格・基準等

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社) 日本電気協会)  
(以下「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」という。)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社) 日本機械学会, 2003)  
(以下「CCV規格」という。)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001) (以下「基礎指針」という。)

## 2.4 適用規格・基準等

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)  
(以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005)  
(以下「R C - N 規準」という。)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所・日本建築行政会議, 2015)  
(以下「技術基準解説書」という。)
- ・ 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001) (以下「基礎指針」という。)

## 1. 概要

原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答増幅の影響についての検討を行う。

添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書 別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析」に示した地震応答解析結果の応答比率を用いて、原子炉建屋基礎盤の応力解析による評価結果への影響を検討する。

## 2. 検討方針

原子炉建屋基礎盤を対象として、設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した応答比率と応力評価結果より影響検討を行う。

原子炉建屋基礎盤は、原子炉格納容器の周囲の壁（以下「シェル壁 (S/W)」という。）、原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の外壁（以下「内部ボックス壁 (I/W)」という。）及び原子炉建屋附属棟（以下「附属棟」という。）の外壁（以下「外部ボックス壁 (O/W)」という。）からの基礎への地震時せん断力及び軸力を地震荷重として考慮することから、原子炉建屋基礎盤上層（要素番号(10), EL. -4.0 m～EL. 2.0 m）の最大応答せん断力及び軸力の各方向の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表 2-1 に要素番号(10)の最大応答せん断力及び軸力の各方向の応答比率と割増係数を示す。

### 3.5 解析方法

#### 3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向（NS 方向）について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-6 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、曲げ及びせん断剛性を考慮した剛基礎を有する多質点系モデルとする。地震応答解析モデルを図 3-3 に、地震応答解析モデルの諸元を表 3-7 に示す。

建物・構築物の鉄筋コンクリート耐震壁については、せん断剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分のせん断剛性を考慮し、曲げ剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分に加え、フランジ部分の曲げ剛性を考慮する。また、鉄筋コンクリートフレーム部については、等価なせん断剛性を考慮する。

水平方向モデルへの入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤レベルで定義される基準地震動  $S_0$  に対するケーソン下端位置及び側面地盤ばねレベルでの応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」により、ケーソン以深の地盤の成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「G R I M P 2 ver. 2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・G R I M P 2」に示す。

また、建屋埋め込み部分の側面地盤ばねのばね定数については、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づいて N o v a k の方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解析コード「N V K 4 6 3 ver. 1.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要・N V K 4 6 3」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は、初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論により求めた等価地盤物性とする。基準地震動  $S_0$  に対する地盤定数を表 3-8～表 3-15 に、地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に、地盤ばね定数及び減衰定数を表 3-16～表 3-23 に示す。

復元力特性は、耐震壁のせん断及び曲げ剛性については、建屋の NS 方向に層を単位として、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づいて設定する。

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。

### 3.4 解析モデル及び諸元

#### 3.4.1 モデル化の基本方針

##### (1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

基礎盤については、EL. -9.0 m～EL. -4.0 mをモデル化する。上部構造については、EL. -4.0 m～EL. 14.0 mをモデル化し、剛性を考慮する。解析モデルを図3-1に示す。

##### (2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、基礎盤については、異常時(1)では厚さ方向に5層に等分割した積層シェル要素、異常時(2)～(4)ではシェル要素とする。また、基礎盤より立ち上がっている耐震壁については、はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は1948、要素数は2180である。

##### (3) 境界条件

3次元FEMモデルの基礎底面に、振動アドミタンス理論に基づく静的地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。

#### 3.4.2 解析諸元

コンクリートの物性値を表3-8に示す。なお、重大事故等対処施設としての評価温度 $T_{SA}$ を考慮する場合のコンクリートのヤング係数は、表3-3に示した重大事故等対処施設としての評価に用いる温度を考慮した定常伝熱解析により得られた基礎盤の温度分布による要素ごとの平均温度に基づいて低減し与える。コンクリート剛性の低減率については「構造材料の耐火性ガイドブック2017（日本建築学会）」（以下「耐火ガイド2017」という。）に基づき、表3-9のとおり設定する。

定常伝熱解析では、基礎盤を3次元ソリッド要素でモデル化し、表3-3に示す各部の表面温度を入力し、基礎盤の温度分布状態を把握する。

定常伝熱解析により得られた基礎盤の温度分布を図3-2に、設定した要素ごとの剛性を図3-3に示す。

なお、定常伝熱解析には、解析コード「MSC NASTRAN ver. 2016.1.1」を用い、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

比較用の解析コード「Soil Plus」における解析モデルは、3次元FEM地盤-建屋モデル（以下「3DFEMモデル」という。）とする。

3DFEMモデルの概念図を図3-8に、解析モデルを図3-9に示す。建屋は梁要素、基礎版は板要素、地盤はソリッド要素でモデル化する。基礎版節点と地盤節点をジョイント要素で連結し、浮上りを考慮する。

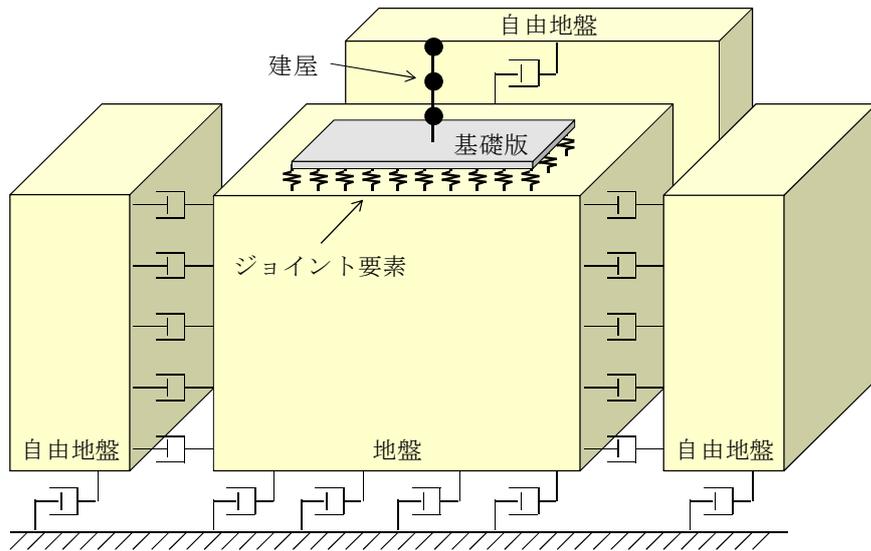


図3-8 3DFEMモデルの概念

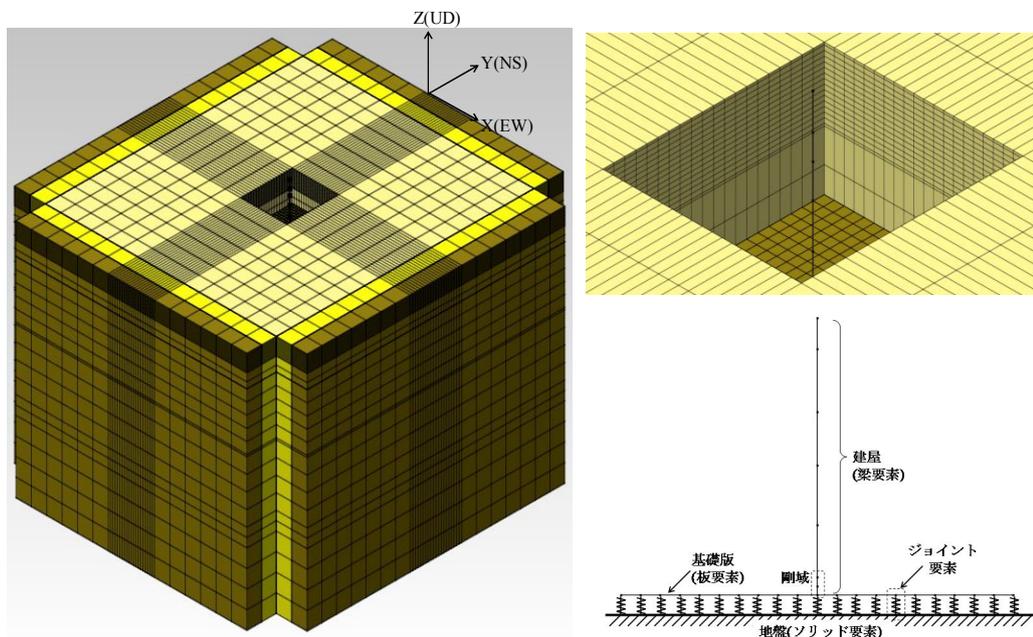


図3-9 解析モデル（3DFEMモデル）

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

S A用海水ピットの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver.7.3.0\_2」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、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

く標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線 $+1\sigma$ 」（以下「 $+1\sigma$ 」という。）とする解析ケース（解析ケース②，⑥）及び「回帰曲線 $-1\sigma$ 」（以下「 $-1\sigma$ 」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を（ $-1\sigma$ ）にて設定することを基本とする（解析ケース①，②，③）。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④）。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース⑤，⑥）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース（①～⑥）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。

有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を用いる。

### 3.2.3 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

### 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

耐震評価においては、全ての基準地震動 $S_s$ に対し、①の解析ケース（基本ケース）を実施する。

また、全ての基準地震動 $S_s$ に対し基本として実施した①の解析ケースにおいて、各照査値が最も厳しい地震動を用い、②～⑥の解析ケースを実施する。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、屋外二重管基礎が基準地震動 $S_e$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

屋外二重管基礎に要求される機能の維持を確認するに当たっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価、改良地盤の安定性評価及び支持性能評価、基礎地盤の支持性能評価により行う。なお、改良地盤は、地盤改良体（セメント改良）により構成され、屋外二重管本体周りの新設の改良地盤（以下「地盤改良体①」という。）及び地盤改良体基礎構造部における下方の新設の改良地盤（以下「地盤改良体②」という。）を示す。

## 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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(①～⑥)を設定する。

表3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②、⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を(-1 $\sigma$ )にて設定することを基本とする(解析ケース①、②、③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤、⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①～⑥)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。

有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力 $\sim$ せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル(H-Dモデル)を用いる。

3.2 横断面方向応力の評価方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、液状化強度特性を(-1σ)にて設定することを基本とする（解析ケース①、②、③）。

3.2 横断面方向の評価方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、液状化強度特性を(-1σ)にて設定することを基本とする（解析ケース①、②、③）。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備（以下「電源装置置場」という。）が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

電源装置置場に要求される機能の維持を確認するにあたっては、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。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高压電源装置用カルバート（カルバート部）（以下「カルバート」という。）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、カルバート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、耐震設計に用いる応答値は、この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

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。

## 2.2 構造概要

カルバートは2つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下「**軽油カルバート**」という。）は、延長5.0 m、幅5.5 m、高さ7.5 mの鉄筋コンクリート造である。

電源ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下「**水電気カルバート**」という。）は、延長約35 m、幅13.9 m、高さ6.7 mの鉄筋コンクリート造である。

カルバートの平面図を図2-2、断面図を図2-3に示す。

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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、地盤と構造物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て行う。構造部材については、線形はり要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 耐震評価における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高压電源装置用カルバート（トンネル部）（以下「トンネル」という。）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、トンネル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、耐震設計に用いる応答値は、この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

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。

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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、地盤と構造物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て行う。部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

NT2 補② V-2-2-22-3 R2

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）（以下「立坑」という。）が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

立坑に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析及び静的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。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高压電源装置用カルバート（立坑部）（以下「立坑」という。）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、立坑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、耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力、地盤応力、加速度応答及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

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。

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動  $S_s$  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て行う。構造部材については、線形はり要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」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、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差  $\sigma$  を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

NT2 補② V-2-2-22-4 R2

### 2.3 評価方針

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」により「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価の検討フローを図 2-6 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線 $+1\sigma$ 」(以下「 $+1\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線 $-1\sigma$ 」(以下「 $-1\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を $(-1\sigma)$ にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①～⑥)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。

表 3-14 地盤ばねケース

ケース名	地盤ばねのばね定数及び 反力上限値	備考
地盤ばね3	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面加速度最大時刻における地盤物性により設定	地盤抵抗が 大きいケース
地盤ばね4	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面変位最大時刻における地盤物性により設定	地盤抵抗が 小さいケース
地盤ばね5	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応力解析から せん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定	

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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(①～⑥)を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」(以下「+1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1σ」(以下「-1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、液状化強度特性を(-1σ)にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①～⑥)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。

有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル(H-Dモデル)を用いる。

NT2 補③ V-2-2-38-2 R1

### 2.3 評価方針

防潮堤（鋼製防護壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼製防護壁の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により評価し、「4. 評価結果」より、鋼製防護壁の評価対象部位に作用する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

鋼製防護壁に関する評価項目を表 2-2 に、鋼製防護壁耐津波評価フローを図 2-10 に示す。

鋼製防護壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

鋼製防護壁は、上部構造（鋼製防護壁）と下部構造（地中連続壁基礎）が鋼製防護壁アンカーによって剛結され、上部構造からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込み力として基礎上部の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動するため、上部構造と下部構造を一体とした 3次元モデルで強度評価を行う。地中連続壁基礎をはり要素、鋼製防護壁を格子状の梁要素でモデル化する。

鋼製防護壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-2 の鋼製防護壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

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する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d - D1$  を 1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

(b) 構造物のモデル化

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(c) 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは、「道路橋示方書（I 共通編・IV下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）」に準拠し，地盤のバネ定数と反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

重畳時の検討では，表3-17に示した解析ケースのうち，地表面最大加速度，地表面最大変位及び最大せん断ひずみが発生する各解析ケースに着目し，地表面の最大加速度発生時刻，地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ発生時刻それぞれにおける地盤の平均有効主応力 $\sigma_m'$ 及びせん断ひずみ $\gamma$ の深度分布に基づき，地盤反力係数及び反力上限値を設定する。3次元静的フレーム解析で考慮する地盤バネの解析ケースを表3-18に示す。

表3-17 3次元静的フレーム解析における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

\*上記のケースより，地表面加速度最大ケース，地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して地盤バネを設定する。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて，せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②，⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し，原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて，液状化強度特性を(-1 $\sigma$ )にて設定することを基本とする(解析ケース①，②，③)。

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上でばらつき等を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）と

する解析ケース（解析ケース②，⑥）及び「回帰曲線 $-1\sigma$ 」（以下「 $-1\sigma$ 」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し，原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて，液状化強度特性を（ $-1\sigma$ ）にて設定することを基本とする（解析ケース①，②，③）。

また，構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として，敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④）。さらに，構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース⑤，⑥）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース（①～⑥）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。

有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を用いる。

### 3.2.3 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

### 3.2.4 地震応答解析における解析ケースの選定

耐震評価においては，全ての基準地震動 $S_s$ に対し，①の解析ケース（基本ケース）を実施する。

また，全ての基準地震動 $S_s$ に対し基本として実施した①の解析ケースにおいて，各照査値が最も厳しい地震動を用い，②～⑥の解析ケースを実施する。

### 2.3 評価方針

防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、添付書類「V-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により評価し、「4. 評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位に作用する応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁に関する評価項目を表2-1に、鉄筋コンクリート防潮壁の耐津波評価フローを図2-5に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

鉄筋コンクリート防潮壁は、上部構造と下部構造を一体とした3次元モデルで強度評価を行う。地中連続壁基礎をはり要素、鉄筋コンクリート及びフーチングを平面ひずみ要素でモデル化する。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として表2-1の鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

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する。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材での発生変位量が許容限界以下であることを確認する。

重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d-D1$ を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

(b) 構造物のモデル化

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(c) 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは、「道路橋示方書（IV 下部構造編）・同解説（平成14年3月）」に準拠し、地盤のバネ定数と反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

重畳時の検討では、表3-14に示した解析ケースのうち、地表面最大加速度、地表面最大変位及び最大せん断ひずみが発生する各解析ケースに着目し、地表面の最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ発生時刻それぞれにおける地盤の平均有効主応力 $\sigma_m'$ 及びせん断ひずみ $\gamma$ の深度分布に基づき、地盤反力係数及び反力上限値を設定する。3次元静的フレーム解析で考慮する地盤バネの解析ケースを表3-15に示す。

表 3-14 3次元静的フレーム解析における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

\*上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して地盤バネを設定する。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②、⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を(-1 $\sigma$ )にて設定することを基本とする(解析ケース①、②、③)。

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver.7.3.0\_2」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、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(+1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

緊急用海水ポンプピットの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素を用いる。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(+1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び非線形ばね要素によりモデル化する。なお、非線形ばね要素は貯留堰取付護岸を構成するタイ材のモデル化に用いるものとする。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び非線形ばね要素によりモデル化する。なお、非線形ばね要素は貯留堰取付護岸を構成するタイ材のモデル化に用いるものとする。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（+1σ）	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（-1σ）	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（+1σ）
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（-1σ）	原地盤に基づく液状化強度特性（-1σ）	原地盤に基づく液状化強度特性（-1σ）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 2.3 評価方針

貯留堰は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設である浸水防護施設及び非常用取水設備である屋外重要土木構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

貯留堰の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、貯留堰の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

貯留堰の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の貯留堰の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ゴムの変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の強度評価の検討フローを図 2-5 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線 $+1\sigma$ 」（以下「 $+1\sigma$ 」という。）とする解析ケース（解析ケース②，⑥）及び「回帰曲線 $-1\sigma$ 」（以下「 $-1\sigma$ 」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を（ $-1\sigma$ ）にて設定することを基本とする（解析ケース①，②，③）。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④）。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース⑤，⑥）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース（①～⑥）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。

1次元有効応力解析結果から、地表面加速度最大ケース，地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定し，表 3-19 に示す地盤ばねを考慮する。

表 3-19 地盤ばねケース（重畳時）

ケース名	地盤反力係数	地盤反力度の上限値	備考
地盤ばね 3	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応答解析から地表面最大加速度発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が大きいケース
地盤ばね 4	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応答解析から地表面最大変位発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が小さいケース
地盤ばね 5	S <sub>a</sub> 波による1次元有効応答解析から最大せん断ひずみ発生時刻における地盤物性により設定		

### 3.2 解析方法

地震応答計算は、添付書類「V-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。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

A-A断面について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、D-D断面について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液

3.2 解析方法

地震応答計算は、添付書類「V-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。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver.

7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

南北方向断面について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、東西方向断面について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

東西方向断面（西側）について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、南北方向断面（南側）について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付資料「V-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。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。鋼管杭は、線形梁要素によりモデル化する。地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形梁要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 2.3 評価方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フローを図 2-6 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

3.5.2 重畳時

(1) 鋼管杭

a. 解析方法

重畳時も津波時同様，2次元静的フレームモデルを用いて解析する。地盤バネは「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）」に準拠し，地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。杭側面に水平方向地盤バネ及び鉛直方向地盤バネ，杭下端に鉛直方向地盤バネを設定する。

b. 解析モデル及び諸元

(a) 解析モデル

重畳時の検討で実施する1次元有効応力解析は，地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「V-5-10 計算機プログラム(解析コード)の概要・FLIP」に示す。

重畳時の地盤バネは地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため，表3-13に示す解析ケース(①～⑥)において $S_d-D1$ 波による1次元有効応力解析を実施する。

表3-13 2次元静的フレームモデルの地盤バネ設定における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

\*上記のケースより，地表面加速度最大ケース，地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して照査する。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて，せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ という。))とする解析ケース(解析ケース②，⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1

σ」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、液状化強度特性を(-1σ)にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①~⑥)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。

1次元有効応力解析結果から、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定し、表3-14に示す地盤バネを考慮する。

表 3-14 地盤バネケース

ケース名	地盤バネの バネ定数	地盤バネの 反力上限値	備考
地盤バネ3	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面加速度最大時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 大きいケース
地盤バネ4	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面変位最大時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 小さいケース
地盤バネ5	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から せん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定		

イ. 地盤

地盤は、FLIPにおけるマルチスプリング要素によりモデル化する。

ロ. 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

防潮扉2基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材は、線形梁要素によりモデル化する。地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-2-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形梁要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 2.3 評価方針

防潮扉 2 基礎の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、防潮扉 2 基礎の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

防潮扉 2 基礎の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波荷重に伴う荷重作用時と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

防潮扉 2 基礎における強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の防潮扉 2 基礎の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する発生応力が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

防潮扉 2 基礎の強度評価フローを図 2-3 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線 $+1\sigma$ 」(以下「 $+1\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線 $-1\sigma$ 」(以下「 $-1\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液化強度特性を( $-1\sigma$ )にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①~⑥)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。

1次元有効応力解析結果から、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定し、表 3-12 に示す地盤バネを考慮する。

表 3-12 地盤バネケース

ケース名	地盤バネの バネ定数	地盤バネの 反力上限値	備考
地盤バネ 3	S <sub>w</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面最大加速度発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 大きいケース
地盤バネ 4	S <sub>w</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面最大変位発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 小さいケース
地盤バネ 5	S <sub>w</sub> 波による1次元有効応力解析から 最大せん断ひずみ発生時刻における地盤物性により設定		

重畳時の検討で実施する1次元有効応力解析は、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

(イ) 地盤

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力~せん断ひずみ関係を考慮する。

(ロ) 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

## 7. 出口側集水枡の耐震評価

### 7.1 出口側集水枡の構造概要

集水枡は、底版と4面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。支持形式の違いにより、鋼管杭を介するもの（以下「集水枡（杭間部）」という。）と鉄筋コンクリート防潮壁の底版と一体化させるもの（以下「集水枡（RC防潮壁部）」という。）に区分される。堤内側で接続する集水枡（以下「入口側集水枡」という。）と堤外側で接続する集水枡（以下「出口側集水枡」という。）があり、構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡に設置する。

出口側集水枡に要求される機能維持の確認として、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を行う。

出口側集水枡の構造図を図7-1に示す。

8.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

8.2.1 杭間部

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-2-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

(1) 構造部材

鋼管杭は、線形梁要素によりモデル化する。集水枡の底版及び縦断面に垂直な側壁を線形梁要素によりモデル化し、縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素によりモデル化する。

(2) 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため、表8-1に示す解析ケース（①～⑥）を設定する。

表 8-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」(以下「+1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1σ」(以下「-1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の

## 7. 出口側集水枡の強度評価

### 7.1 出口側集水枡の構造概要

集水枡は、底版と4面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。支持形式の違いにより、鋼管杭を介するもの（以下「集水枡（杭間部）」という。）と鉄筋コンクリート防潮壁の底版と一体化させるもの（以下「集水枡（RC防潮壁部）」という。）に区分される。堤内側で接続する集水枡（以下「入口側集水枡」という。）と堤外側で接続する集水枡（以下「出口側集水枡」という。）があり、構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡に設置する。

出口側集水枡に要求される機能維持の確認として、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を行う。

出口側集水枡の構造図を図7-1に示す。

7.2 評価方針

出口側集水橋の強度評価は、添付書類「~~V-3-別添3-1~~ 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「~~4.1~~ 荷重及び荷重の組合せ」及び「~~4.2~~ 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「8. 強度評価方法」に示す方法により、「9. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「10. 評価結果」より、出口側集水橋の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水橋の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時(以下「重畳時」という。)について行う。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

7.2.1 杭間部

出口側集水橋（杭間部）の強度評価は、設計基準対象施設として表 7-1 の出口側集水橋（杭間部）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価を行う。

表 7-1 出口側集水橋（杭間部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水橋（杭間部）の全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	出口側集水橋（杭間部）の全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

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により、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

出口側集水橋の強度評価フローを図 7-2 に示す。

8.5.2 重畳時

(1) 出口側集水枡（杭間部）

重畳時においては出口側集水枡の静的解析に必要な余震時の設計震度、地盤変位、地盤剛性及び反力上限値を1次元有効応力解析により算出する。算出した設計震度及び地盤変位、地盤剛性及び反力上限値を集水枡と鋼管杭をモデル化した2次元フレーム解析モデルに考慮する。応答変位法による2次元静的フレーム解析を行い、重畳時における出口側集水枡の各部材及び鋼管杭の構造健全性及び支持性能を確認する。

a. 1次元有効応力解析

イ. 解析方法

重畳時の検討で実施する1次元有効応力解析は、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

重畳時の地盤バネは地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため、表8-11に示す解析ケース（①～⑥）において $S_d-D1$ 波による1次元有効応力解析を実施する。

表8-11 2次元静的フレームモデルの地盤バネ設定における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 $\sigma$ )
液状化強度特性	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 $\sigma$ )	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

\*上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して照査する。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1 $\sigma$ 」(以下「+1 $\sigma$ 」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1 $\sigma$ 」(以下「-1 $\sigma$ 」

という。)とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 $\sigma$ を用いて、液状化強度特性を $(-1\sigma)$ にて設定することを基本とする（解析ケース①, ②, ③）。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④）。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース⑤, ⑥）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース（①～⑥）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。

1次元有効応力解析結果から、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定し、表 8-12 に示す地盤バネを考慮する。

表 8-12 地盤バネケース

ケース名	地盤バネの バネ定数	地盤バネの 反力上限値	備考
地盤バネ 3	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面最大加速度発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 大きいケース
地盤バネ 4	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から 地表面最大変位発生時刻における地盤物性により設定		地盤抵抗が 小さいケース
地盤バネ 5	S <sub>d</sub> 波による1次元有効応力解析から 最大せん断ひずみ発生時刻における地盤物性により設定		

(イ) 地盤

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(ロ) 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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 (①～⑥) を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮 (+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮 (-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮 (+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性 (-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性 (-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性 (-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」(以下「+1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1σ」(以下「-1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、液状化強度特性を(-1σ)にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①～⑥)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。

有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル(H-Dモデル)を用いる。

NT2 補① V-2-2-6 R2

### 3.2 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.2.1 構造部材の健全性に対する許容限界

##### (1) 曲げに対する許容限界

###### a. 躯体（鉄筋コンクリート部材）

躯体の曲げ軸力に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、圧縮縁コンクリートひずみ 1.0 %に対応する曲率（以下「限界曲率」という。）を許容限界とし、照査用曲率が限界曲率以下であることを確認する。

土木学会マニュアルでは、曲げ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いる。

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の剥落が発生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。

###### b. 鋼管杭

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規定 J E A C 4 6 1 6 -2009 に基づき、鋼管杭の終局曲率を許容限界として設定する。

##### (2) せん断に対する許容限界

###### a. 躯体（鉄筋コンクリート部材）

躯体のせん断に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づき、(a) 棒部材式及び (b) ディープビーム式で求まるせん断耐力のうち、いずれか大きい方を許容限界として設定する。ただし、後施工せん断補強筋を設置した部材については、後施工せん断補強筋が負担するせん断耐力を見込めるため、その分を適切にせん断耐力に反映する。

###### b. 鋼管杭

鋼管杭のせん断に対する許容限界は、乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規定 J E A C 4 6 1 6 -2009 に基づき、せん断耐力を許容限界として設定する。

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備（以下「電源装置置場」という。）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、電源装置置場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、耐震設計に用いる応答値は、この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

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。

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

電源装置置場の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）（以下「カルバート」という。）が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

カルバートに要求される機能の維持を確認するにあたっては、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。

## 2.2 構造概要

カルバートは2つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下「**軽油カルバート**」という。）は、延長5.0 m、幅5.5 m、高さ7.5 mの鉄筋コンクリート造である。

電源ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下「**水電気カルバート**」という。）は、延長約35 m、幅13.9 m、高さ6.7 mの鉄筋コンクリート造である。

カルバートの平面図を図2-2に、断面図を図2-3に示す。

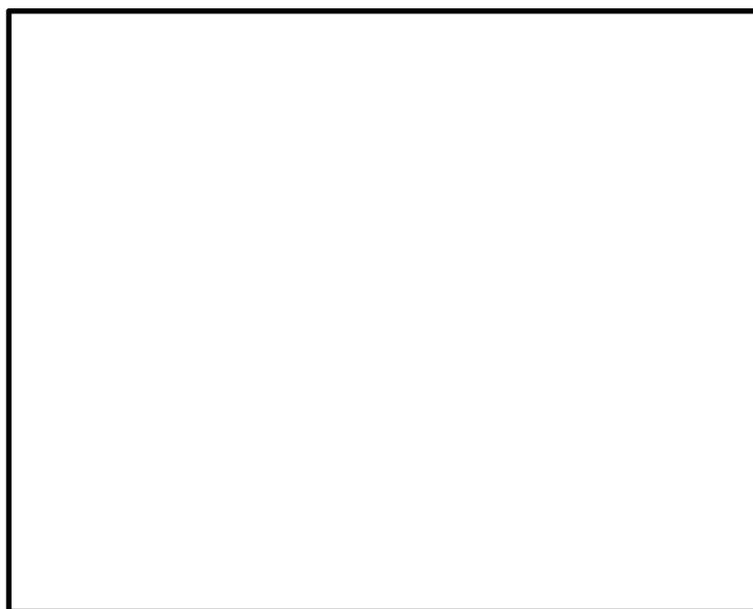


図 2-2 カルバートの平面図



図 2-3 カルバートの断面図

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）（以下「トンネル」という。）が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

トンネルに要求される機能の維持を確認するにあたっては、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。

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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時刻歴非線形解析にて行う。部材については、はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム(解析コード)の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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(①～⑥)を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」(以下「+1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース②, ⑥)及び「回帰曲線-1σ」(以下「-1σ」という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

代替淡水貯槽の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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時刻歴非線形解析にて行う。構造部材については、線形はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム(解析コード)の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

質点と質点をつなぐ剛トラス要素（線形）としてモデル化し、質点と地盤間をトラス要素でつなぐことにより代替淡水貯槽の形状を考慮する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動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時刻歴非線形解析にて行う。構造部材については、線形はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

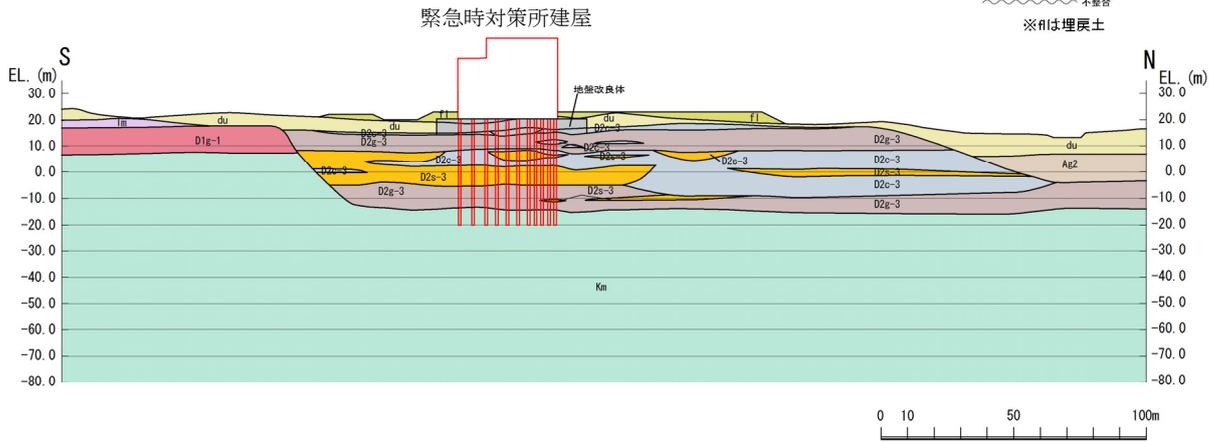
地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下「+1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下「-1σ」という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した

地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相		
第 四 紀	完	砂丘砂層	du	砂	
			Ag2	砂礫	
	新 世	沖積層	a1	Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更 新 世	段丘堆積物	D2c-3		シルト
			D2s-3		砂
			D2g-3		砂礫
			D2c-2		シルト
			D2g-2		砂礫
D2s-2				シルト	
紀 世	D1	l m		ローム	
		D1c-1		シルト	
		D1g-1		砂礫	
第三紀	久米層	Km	砂質泥岩		

不整合  
※flは埋戻土

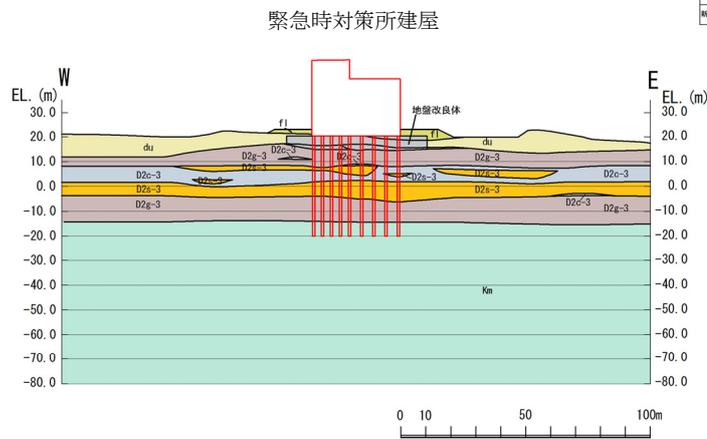


(a) 緊急時対策所周辺断面 (NS方向 ①-①'断面)

地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相		
第 四 紀	完	砂丘砂層	du	砂	
			Ag2	砂礫	
	新 世	沖積層	a1	Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更 新 世	段丘堆積物	D2c-3		シルト
			D2s-3		砂
			D2g-3		砂礫
			D2c-2		シルト
			D2g-2		砂礫
D2s-2				シルト	
紀 世	D1	l m		ローム	
		D1c-1		シルト	
		D1g-1		砂礫	
第三紀	久米層	Km	砂質泥岩		

不整合  
※flは埋戻土



(b) 緊急時対策所周辺断面 (EW方向 ②-②'断面)

図 3-2 地質断面図

### 3.3 耐震評価における地下水位設定方針

#### (1) 建物・構築物の耐震評価における地下水位設定方針

建物・構築物の耐震評価においては、敷地における将来の防潮堤設置による地下水位上昇の可能性を踏まえ、地下水位を地表面に設定する。ただし、原子炉建屋の地下水位については、原子炉建屋地下排水設備を設置することにより、地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持しているため、地下水位は原子炉建屋の基礎盤底面レベルより低い位置に設定する。

#### (2) 土木構造物（津波防護施設等を含む）の耐震評価における地下水位設定方針

土木構造物（津波防護施設等を含む）の耐震評価においては、敷地における将来の防潮堤設置による地下水位上昇の可能性を踏まえ、地下水位を地表面に設定する。

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-3 に入力地震動算定の概念図を、図 3-4 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「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、添付書類「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示す。

~~なお、基準地震動  $S_s$  のうち断層モデル波については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及びEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。~~

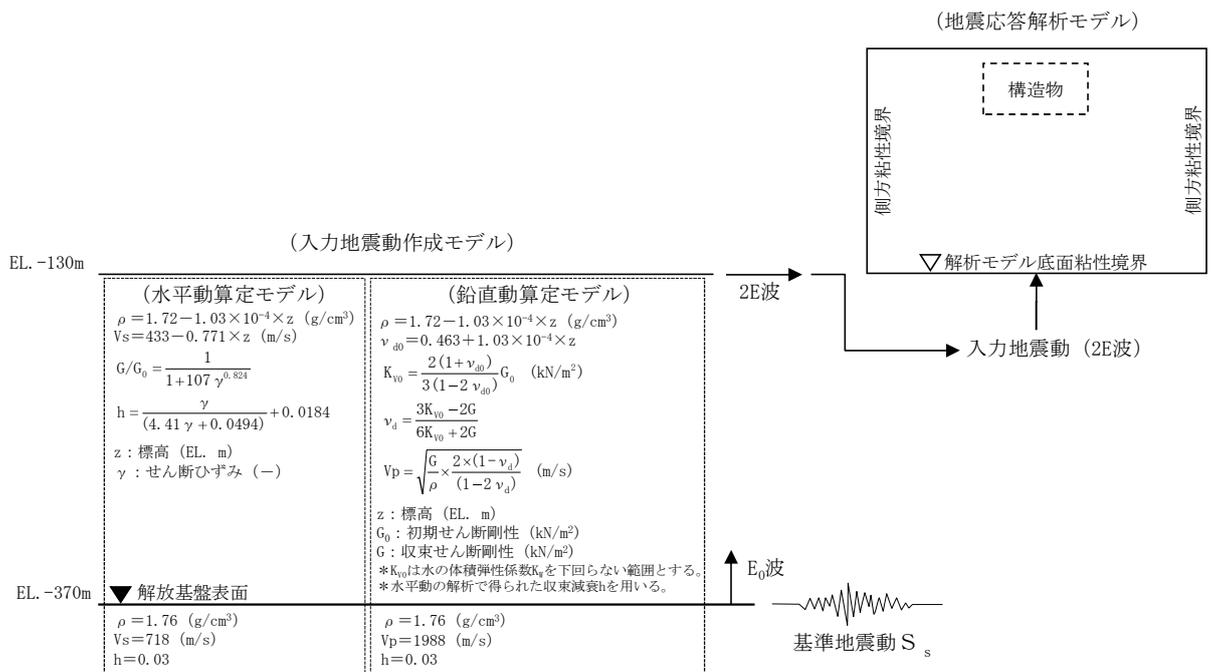


図 3-3 入力地震動算定の概念図

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-3 に入力地震動算定の概念図を、図 3-4 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「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、添付書類「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示す。

~~なお、基準地震動  $S_s$  のうち断層モデル波については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及びEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。~~

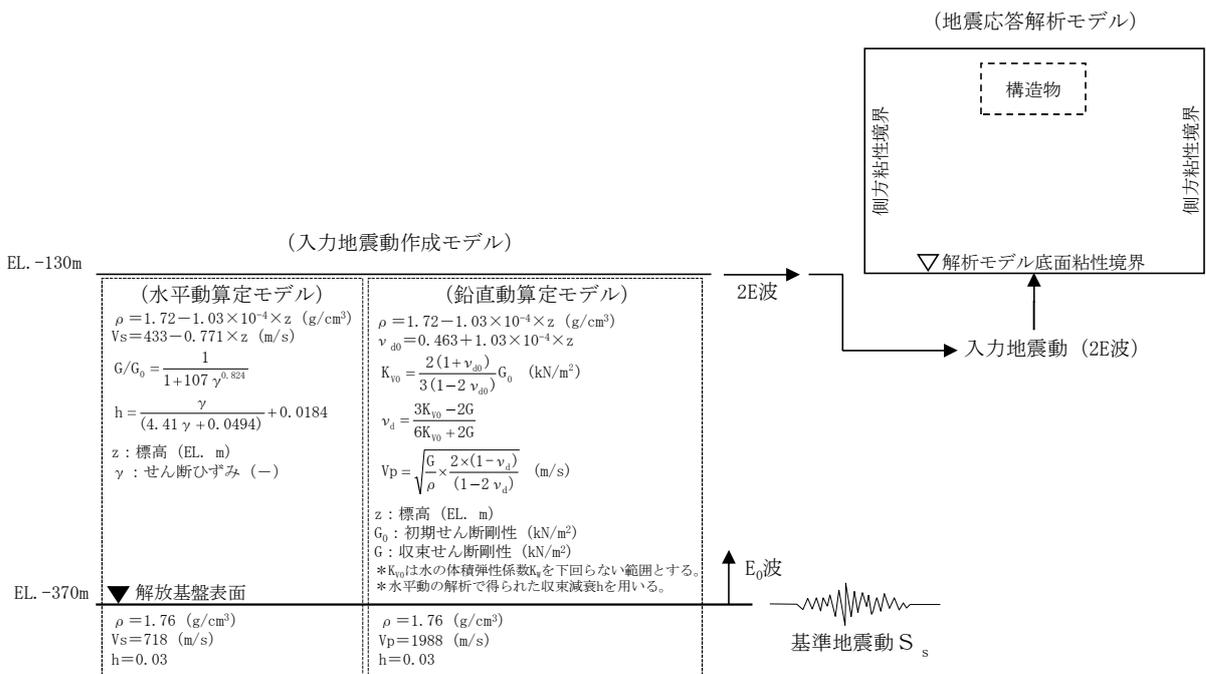


図 3-3 入力地震動算定の概念図

NT2 補② V-2-2-28 R2

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-3 に入力地震動算定の概念図を、図 3-4 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「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、添付書類「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示す。

~~なお、基準地震動  $S_s$  のうち断層モデル波については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及びEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。~~

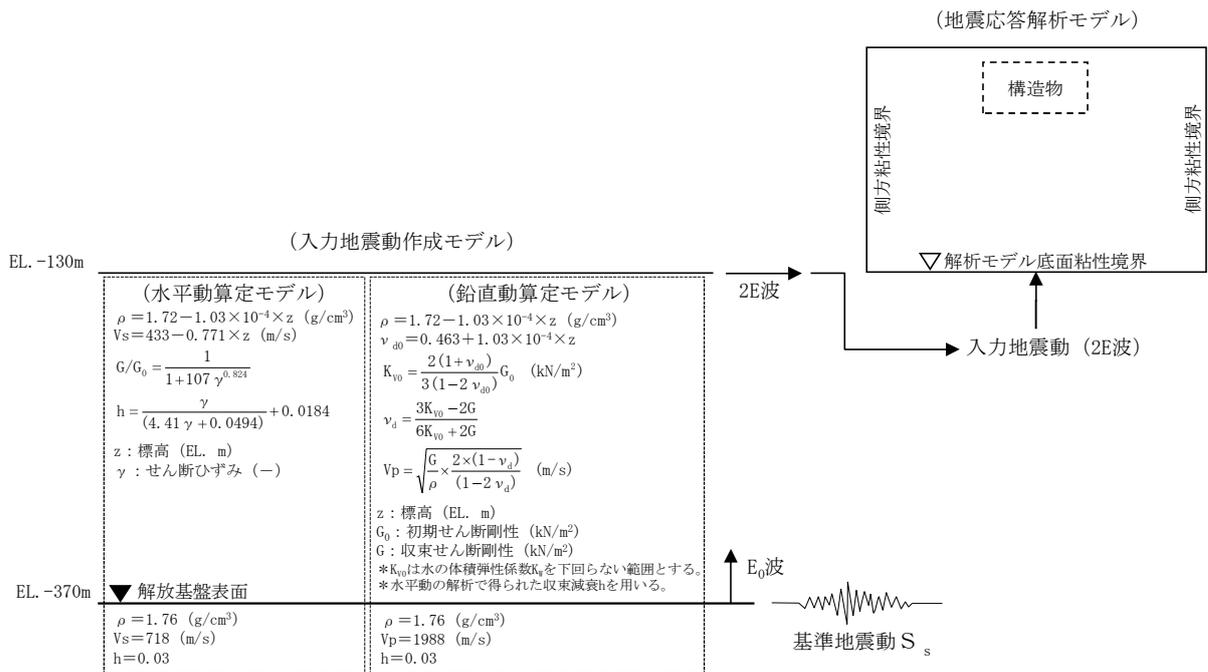


図 3-3 入力地震動算定の概念図

NT2 補② V-2-2-30 R2

### 2.3 評価方針

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価は、添付書類「V-2-2-20 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSA設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。人工岩盤（コンクリート）の支持性能評価については、人工岩盤（コンクリート）に生じる接地圧が支圧強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価フローを図 2-3 に示す。

ここで、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

2.3 評価方針

常設低圧代替注水系ポンプ室は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震性評価は、添付書類「V-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びS A施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、常設低圧代替注水系ポンプ室は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 常設低圧代替注水系ポンプ室の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
S A 施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.3 評価方針

代替淡水貯槽は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

代替淡水貯槽の耐震性評価は、添付書類「V-2-2-28 代替淡水貯槽の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSA施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

代替淡水貯槽の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、代替淡水貯槽は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 代替淡水貯槽の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

## 2.3 評価方針

SA用海水ピットは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

SA用海水ピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-32 SA用海水ピットの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

SA用海水ピットの耐震評価フローを図2-4に示す。

ここで、SA用海水ピットは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表2-1 SA用海水ピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

### 2.3 評価方針

緊急用海水ポンプピットは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の**間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、**常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

緊急用海水ポンプピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-34 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、**設計基準対象施設及び**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及びSA設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

緊急用海水ポンプピットの耐震評価フローを図 2-5 に示す。

ここで、緊急用海水ポンプピットは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 緊急用海水ポンプピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	<b>基礎地盤の支持性能</b>	<b>基礎地盤</b>	<b>接地圧が許容限界以下であることを確認</b>	<b>極限支持力*</b>

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

立坑水平断面については、立坑側壁及び中壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。静的フレーム解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」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、添付書類「V-5-45 計算機プログラム（解析コード）の概要・TDAP Ⅲ」に示す。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の和）の全時刻の最大値である。水平断面の評価概念図を図2-10に示す。

構造部材の曲げモーメント、軸力、せん断力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_{s2}$ ）は、2次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

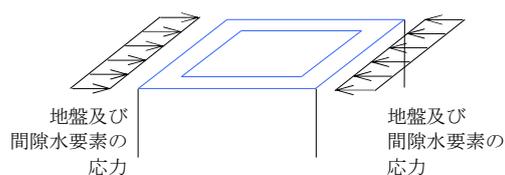


図 2-10 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

## 2.3.4 版の耐震評価

## (1) 頂版及び中床版に対する耐震評価

頂版及び中床版については，開口部を模擬したシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。シェル要素を用いた応力解析には，解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」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，添付書類「V-5-45 計算機プログラム（解析コード）の概要・TDAP Ⅲ」に示す。

慣性力については，2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し，重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を頂版及び中床版上下面側それぞれに格子状に配置すると共に，鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の頂版及び中床版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

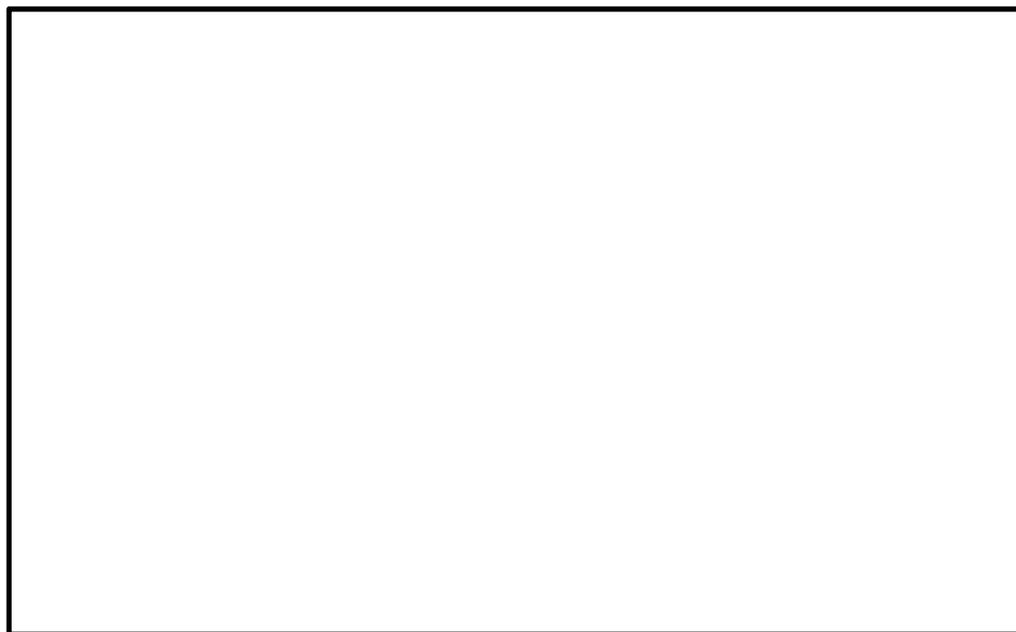


図 2-12 頂版及び中床版平面図

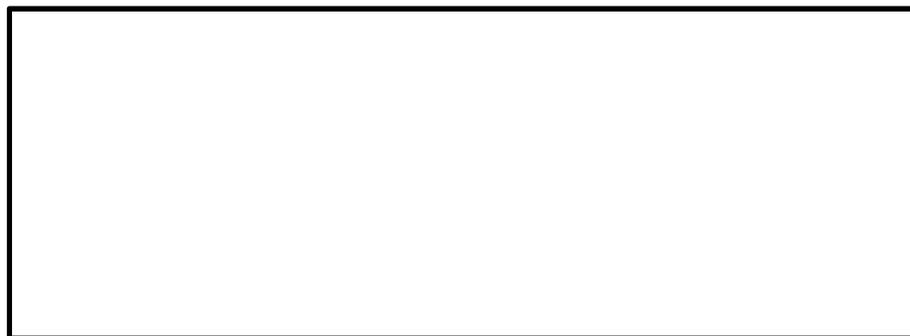


図 2-13 頂版及び中床版シェル要素を用いた応力解析概念図

## (2) 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁及び中壁の中心間距離をスパンとしたシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。境界条件は単純支持とする。シェル要素を用いた応力解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」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、添付書類「V-5-45 計算機プログラム（解析コード）の概要・TDAP Ⅲ」に示す。

設計荷重は2次元有効応力解析において、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（ $\sigma_{y'}$ ）及び間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の底版幅方向合力が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力分布を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を底版上下面側それぞれに格子状に配置すると共に、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

立坑水平断面については、立坑側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。静的フレーム解析には、解析コード「FRAME ver. 5.0.4」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-40 計算機プログラム(解析コード)の概要・FRAME (面内)」に示す。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の和）の時刻歴最大値である。水平断面の評価概念図を図2-9に示す。

構造部材の曲げモーメント、軸力、せん断力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_{s2}$ ）は、2次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

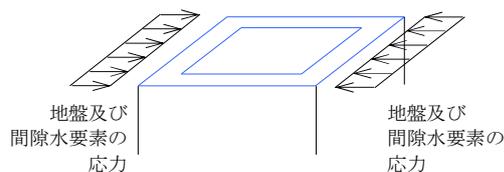


図 2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

### 2.3.4 版の耐震評価

#### (1) 頂版及び中床版に対する耐震評価

頂版及び中床版については、開口部を模擬したシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。シェル要素を用いた応力解析には、解析コード「TDAP III ver. 3.08」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-45 計算機プログラム(解析コード)の概要・TDAP III」に示す。慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を頂版及び中床版上下面側それぞれに格子状に配置するとともに、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の頂版及び中床版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。



図 2-11 頂版及び中床版平面図

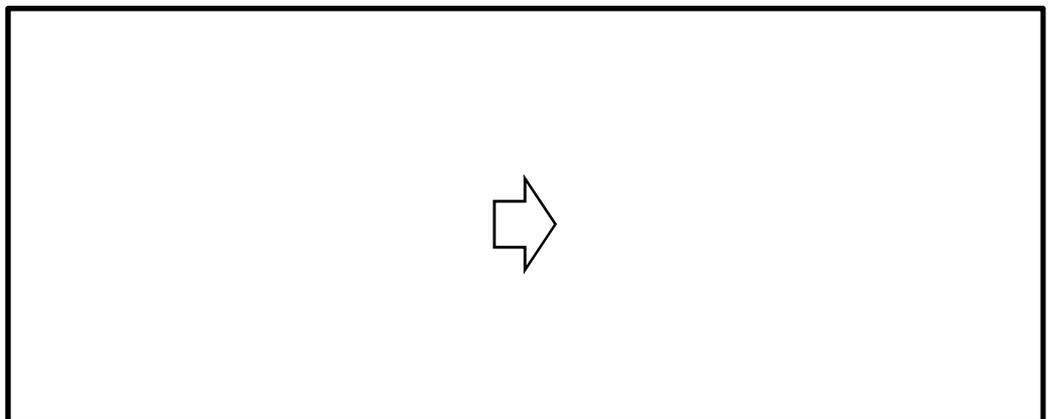


図 2-12 頂版及び中床版シェル要素を用いた応力解析概念図

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

立坑水平断面については、立坑側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。静的フレーム解析には、解析コード

「FRAME ver. 5.0.4」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-40 計算機プログラム(解析コード)の概要・FRAME (面内)」に示す。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の和）の時刻歴最大値である。水平断面の評価概念図を図2-9に示す。

構造部材の曲げモーメント、軸力、せん断力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_{s2}$ ）は、2次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

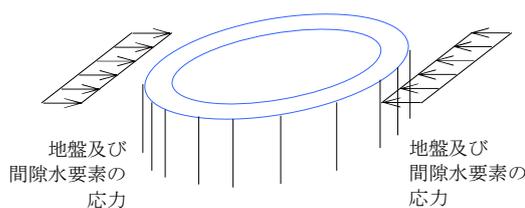


図 2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

## 2.3.4 版の耐震評価

### (1) 頂版に対する耐震評価

頂版については、開口部を模擬したシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。シェル要素を用いた応力解析には、解析コード「TDAP III ver. 3.08」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-45 計算機プログラム(解析コード)の概要・TDAP III」に示す。慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を頂版及び中床版上下面側それぞれに格子状に配置するとともに、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の頂版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

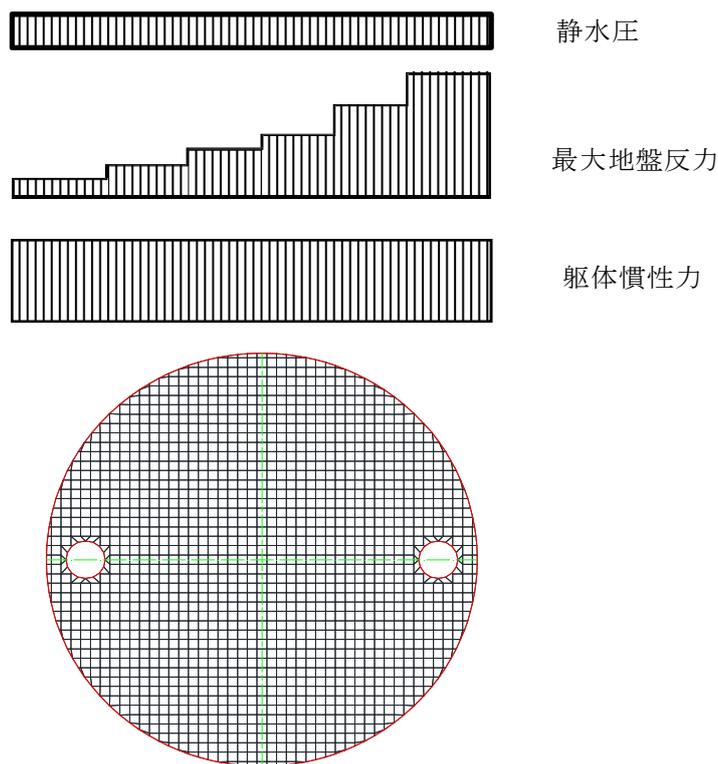


図 2-11 頂版のシェル要素を用いた応力解析概念図

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

緊急用海水ポンプピットの水平断面については、側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、構造物側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ））の全時刻の最大値である。水平断面の評価概念図を図2-10に示す。静的フレーム解析については、解析コード「FREMING Ver. 14.1B」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、添付書類「V-5-41 計算機プログラム（解析コード）の概要・FREMING」に示す。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力）から算定した発生応力度及び発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_s$ ）は、2次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

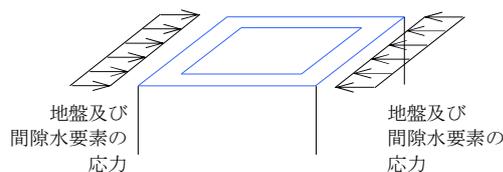


図 2-10 水平断面の評価概念図

### 2.3.4 版部材の耐震評価

#### (1) 頂版及び中床版に対する耐震評価

頂版及び中床版については、開口部を模擬したシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を頂版及び中床版上下面側それぞれに格子状に配置すると共に、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。静的線形シェル解析については、解析コード「MSC Nastran Ver. 2018.0.1」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、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

緊急用海水ポンプピットの頂版及び中床版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。



図 2-12 頂版及び中床版平面図

## (2) 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁及び中壁の中心間距離をスパンとしたシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。境界条件は単純支持とする。静的線形シェル解析については、解析コード「MSC Nastran Ver. 2018.0.1」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、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

設計荷重は2次元有効応力解析において、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（ $\sigma_y'$ ）及び間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の底版幅方向合力が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力分布を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

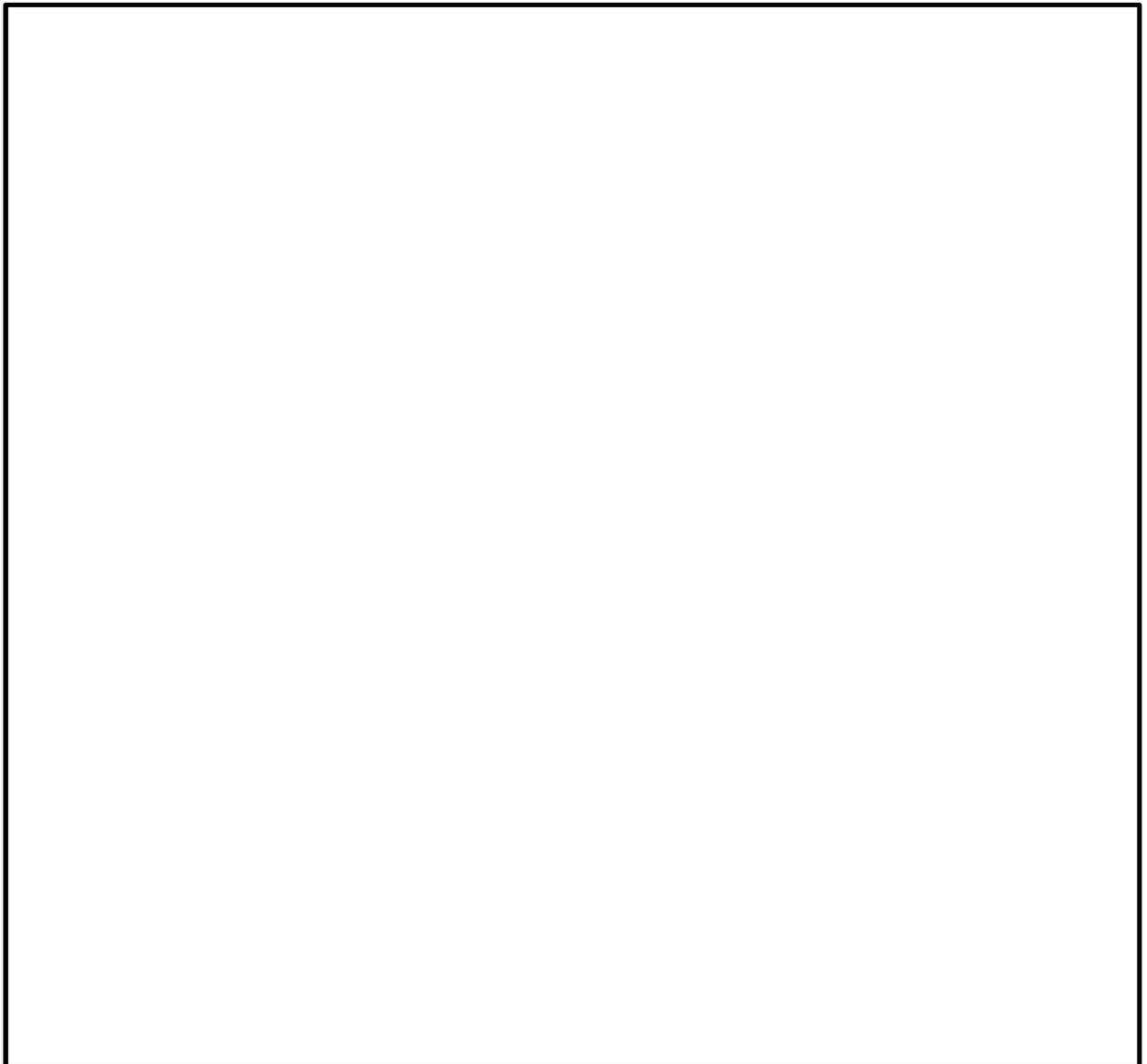
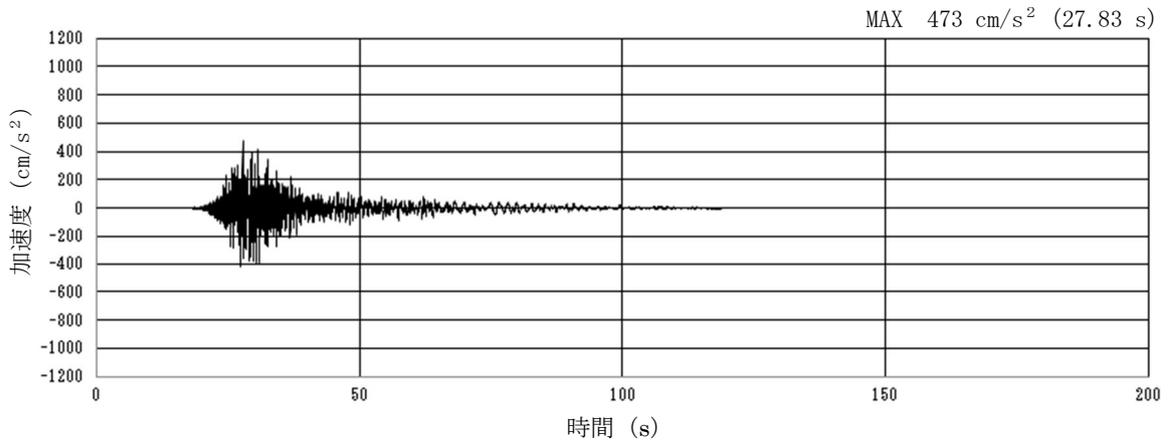
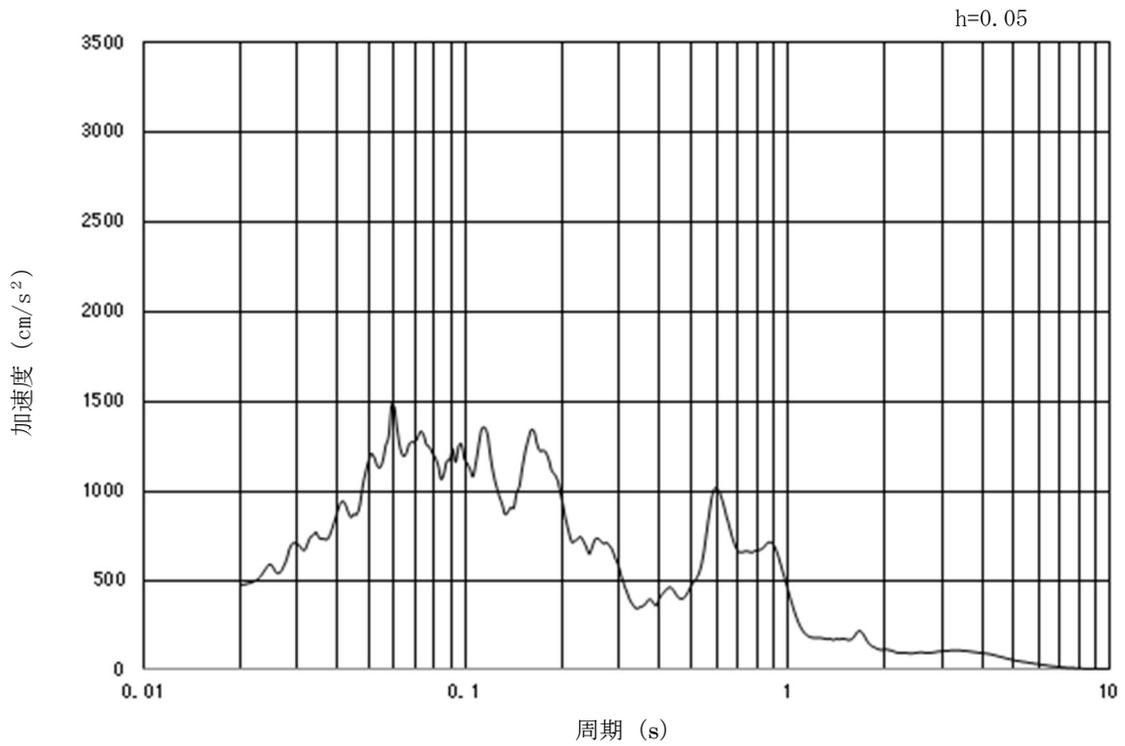


図 2-14 底版に対するシェル要素用いた応力解析概念図



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 (9) 南北方向断面の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  
(鉛直方向 :  $S_s - 1 2$ )

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

取水構造物の地震応答解析モデルを図 3-9 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

南北方向断面（取水路断面及び取水ピット断面）について、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。東西方向断面について、鉄筋コンクリート部材は線形はり要素によりモデル化する。鋼管杭は、いずれの断面においても非線形はり要素によりモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

また、南北方向断面（取水路断面）及び南北方向断面（取水ピット断面）は近接しており、周辺地質構造は概ね同等であることから、南北方向断面（取水ピット断面）の地盤モデルを共通で用いる。

なお、東西方向断面の地震応答解析モデルについては、耐震評価用（躯体、鋼管杭）と機器・配管系に対する加速度応答抽出用で、それぞれ個別の解析モデルを設定している。鋼管杭の耐震評価用解析モデル（図 3-9 (3)）は、周辺地盤を含めた鋼管杭の耐震性向上を目的として、構造物の背面に地盤改良体（セメント改良）を考慮した解析モデルである。躯体の耐震評価用解析モデル（図 3-9 (4)）は、構造物の背面に計画している地盤改良体（セメント改良）を考慮しない解析モデルである。機器・配管系に対する加速度応答抽出用解析モデル（図 3-9 (5)）は、構造物の背面に分布する埋戻土（f 1 層）を原地盤（第四系）に置換した解析モデルである。

### 3.2 解析方法

地震応答計算は、添付書類「V-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。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

A-A断面について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、D-D断面について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下、(+1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下、(-1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-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

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート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

A-A断面においては、当該構造物は地中に完全埋設されているため、積雪荷重や風荷重は考慮しない。D-D断面においては、当該構造物の地表面に現れている部位に対し、積雪荷重を考慮する。

##### (4) 重大事故時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート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、躯体自重を考慮する。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧及び水圧による荷重を考慮する。

##### (3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

##### (4) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を  $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$  として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は  $600 \text{ N/m}^2$  であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である  $0.21 \text{ kN/m}^2$  を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。ただし、A-A断面については、地中に埋設され地表面に構造物が現れないことから考慮しない。

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデルを図 3-5 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

構造物は、線形はり要素によりモデル化する。なお、D-D断面の妻壁は平面ひずみ要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

## 2.3 評価方針

SA用海水ピットは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

SA用海水ピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-32 SA用海水ピットの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

SA用海水ピットの耐震評価フローを図2-4に示す。

ここで、SA用海水ピットは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表2-1 SA用海水ピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (1/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
津波防護施設	防潮堤（鋼製防護壁）	基準津波	遡上波	T. P. +20m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）	基準津波	遡上波	T. P. +20m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））	基準津波	遡上波	T. P. +20m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）	基準津波	遡上波	T. P. +20m (敷地前面東側)	—
			遡上波	T. P. +18m (敷地側面北側，敷地側面南側)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	防潮扉	基準津波	遡上波	T. P. +20m (防潮扉 1)	—
			遡上波	T. P. +18m (防潮扉 2)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	放水路ゲート	基準津波	経路からの津波	T. P. +30.0m	—
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +39.0m	—

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (2/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
津波防護施設	構内排水路逆流防止設備	基準津波	遡上波	T. P. +20m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	貯留堰	基準津波	遡上波	T. P. +22m	—
		敷地に遡上する津波	—	—	—
浸水防止設備	取水路点検用開口部 浸水防止蓋	基準津波	経路からの津波	T. P. +22.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +26.0m	2.0m/s
	海水ポンプグランド ドレン排出口逆止弁	基準津波	経路からの津波	T. P. +22.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +26.0m	2.0m/s
	取水ピット空気抜き 配管逆止弁	基準津波	経路からの津波	T. P. +22.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +26.0m	2.0m/s
	海水ポンプ室ケーブ ル点検口浸水防止蓋	基準津波	津波による 溢水	8.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	—	—	—
	S A用海水ピット開 口部浸水防止蓋	基準津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
	緊急用海水ポンプピ ット点検用開口部浸 水防止蓋	基準津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (3/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
浸水防止設備	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	基準津波	津波による溢水	0.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	基準津波	津波による溢水	0.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	緊急用海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁	基準津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
	緊急用海水ポンプ室床 dren 排出口逆止弁	基準津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +12.0m	2.0m/s
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	基準津波	経路からの津波	T. P. +30.0m	15.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +39.0m	13.0m/s
	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ	基準津波	津波による溢水	0.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	基準津波	津波による溢水	0.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (4/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
浸水防止設備	常設低圧代替注水系可搬型ポンプ用水密ハッチ	基準津波	津波による溢水	0.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	基準津波	津波による溢水	5.5m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	6.5m (浸水深)	—
	原子炉建屋原子炉棟水密扉	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	原子炉建屋付属棟東側水密扉	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	原子炉建屋付属棟西側水密扉	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	原子炉建屋付属棟南側水密扉	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (5/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
浸水防止設備	原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—
	防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	基準津波	遡上波	T. P. +20m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24m	—
	海水ポンプ室貫通部止水処置	基準津波	津波による溢水	5.6m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	—	—	—
	原子炉建屋境界貫通部止水処置*1	基準津波	津波による溢水	12.2m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	13.2m (浸水深)	—
	原子炉建屋境界貫通部止水処置*2	基準津波	—	—	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	1.2m (浸水深)	—

\* 1 地下部の貫通部止水処置

\* 2 1階（地上部）の貫通部止水処置

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の  
設計に用いる津波のパラメータ (6/6)

設備分類	設備名称	設計上考慮する津波	津波の種類	津波荷重水位	流速
浸水防止設備	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置	基準津波	津波による溢水	5.5m (浸水深)	—
		敷地に遡上する津波	遡上波+津波による溢水	6.5m (浸水深)	—
津波監視設備	取水ピット水位計	基準津波	経路からの津波	T. P. +22.0m	2.0m/s
		敷地に遡上する津波	経路からの津波	T. P. +26.0m	2.0m/s
	潮位計	基準津波	遡上波	T. P. +20.0m	—
		敷地に遡上する津波	遡上波	T. P. +24.0m	—

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

なお、敷地に遡上する津波においては、別流路の緊急用海水ポンプを使用し必要な取水量を確保することから、その際は非常用海水ポンプの引き波時の運転継続に必要な取水量を期待しない。したがって、敷地に遡上する津波に対する貯留堰の強度評価は行わない。

#### (1) 荷重

貯留堰の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

##### a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、構造物及び海水の自重を考慮する。

##### b. 遡上津波荷重 ( $P_t$ )

遡上津波荷重として、越流時の津波波力（静水圧差）を適用する。

##### c. 衝突荷重 ( $P_c$ )

衝突荷重として、表 3-2 に示す 0.69t 車両の FEMA (2012) \*式による漂流物荷重を考慮する。

注記 \* : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-2 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759

##### d. 余震荷重 ( $K_{sd}$ )

余震荷重として、構造物中心位置で実施した 1 次元有効応力解析の地表面最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、躯体慣性力や動水圧を考慮する。

なお、動水圧については、弾性設計用地震動  $S_d - D1$  を入力地震動とした、1 次元有効応力解析の地表面加速度に基づき設定した水平震度、及び Westergaard の式を用いて設定する。

## 3. 強度評価方法

## 3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 (1) 強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$k_h$	-	水平震度
$k_v$	-	鉛直震度
$p_1$	$kN/m^2$	貯留堰外側の底面における波圧強度
$p_2$	$kN/m^2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度
$p_3$	$kN/m^2$	貯留堰内側の底面における波圧強度
$H$	m	貯留堰高さ
$\eta$	m	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ
$h_1$	m	貯留堰外側の底面における水深
$h_2$	m	貯留堰外側の天端面における水深
$h_3$	m	貯留堰内側の底面における水深
$P_c$	kN	衝突荷重
$P_d$	$kN/m^2$	動水圧
$P_t$	$kN/m^2$	遡上津波荷重
$v$	m/s	貯留堰位置での津波最大流速
$W_c$	kN	漂流物の重量
$y$	m	動水圧の作用高さ
$\gamma_w$	$kN/m^3$	海水の単位体積重量
$\rho$	$kg/m^3$	海水の密度
$G$	kN	固定荷重
$K_{Sd}$	kN	余震荷重
$\sigma$	$N/mm^2$	曲げモーメント及び軸力による応力
$\sigma_{sa}$	$N/mm^2$	短期許容曲げ応力度
$M$	$N\cdot mm$	最大曲げモーメント

## 4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を以下に示す。

## (1) 津波時

表 4-1 強度評価に用いる条件（津波時，断面①，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	—	—
$k_v$	鉛直震度	—	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	759	kN
$P_d$	動水圧合力	—	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	6.8	kN
$y$	動水圧の作用高さ	—	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	—	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-2 強度評価に用いる条件（津波時，断面②，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	—	—
$k_v$	鉛直震度	—	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	759	kN
$P_d$	動水圧合力	—	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	6.8	kN
$y$	動水圧の作用高さ	—	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	—	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-3 強度評価に用いる条件（津波時，断面①，鋼管矢板端部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	—	—
$k_v$	鉛直震度	—	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	759	kN
$P_d$	動水圧合力	—	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	117.1	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	6.8	kN
$y$	動水圧の作用高さ	—	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	—	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-4 強度評価に用いる条件（津波時，断面②，鋼管矢板端部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	—	—
$k_v$	鉛直震度	—	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	759	kN
$P_d$	動水圧合力	—	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	117.1	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	6.8	kN
$y$	動水圧の作用高さ	—	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	—	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

## (2) 重畳時

表 4-5 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね 3，断面①，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.27	—
$k_v$	鉛直震度	0.05	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	73.1	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	10.6	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	1.9	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-6 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね 3，断面②，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.21	—
$k_v$	鉛直震度	0.07	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	56.9	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	8.2	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	2.7	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-7 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね 4，断面①，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.04	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	13.5	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	1.9	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	1.5	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-8 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね 4，断面②，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.03	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	13.5	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	1.9	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	1.2	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-9 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね 5，断面①，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.01	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	13.5	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	1.9	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	0.4	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-10 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね5，断面②，鋼管矢板一般部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.02	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	13.5	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	88.9	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	1.9	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	0.8	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-11 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね4，断面①，鋼管矢板端部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.04	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	17.8	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	117.1	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	738	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	2.1	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	1.7	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

表 4-12 強度評価に用いる条件（重畳時，地盤ばね4，断面②，鋼管矢板端部）

記号	定義	数値	単位
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$k_h$	水平震度	0.05	—
$k_v$	鉛直震度	0.03	—
$p_1$	貯留堰外側の底面における波圧強度	114.0	$kN/m^2$
$p_2$	貯留堰外側の天端面における波圧強度	88.9	$kN/m^2$
$p_3$	貯留堰内側の底面における波圧強度	25.1	$kN/m^2$
$H$	貯留堰高さ	2.49	m
$\eta$	貯留堰外側の貯留堰天端面からの津波高さ	8.80	m
$h_1$	貯留堰外側の底面における水深	11.29	m
$h_2$	貯留堰外側の天端面における水深	8.80	m
$h_3$	貯留堰内側の底面における水深	2.49	m
$P_c$	衝突荷重	—	kN
$P_d$	動水圧合力	17.8	$kN/m$
$P_t$	遡上津波荷重	117.1	$kN/m^2$
$v$	貯留堰位置での津波最大流速	11.0	$m/s$
$W_c$	漂流物の重量	—	kN
$y$	動水圧の作用高さ	1.19	m
$\gamma_w$	海水の単位体積重量	10.1	$kN/m^3$
$\rho$	海水の密度	1030	$kg/m^3$
$G$	固定荷重	1107	kN
$K_{Sd}$	余震荷重（水平方向慣性力）	2.1	$kN/m^2$
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	1.3	$kN/m^2$
$\sigma_{sa}$	短期許容曲げ応力度	382.5	$N/mm^2$
$Z$	断面係数	0.11832	$mm^3$
$A$	有効断面積	0.246	$mm^2$
$\tau_a$	短期許容せん断応力度	217.5	$N/mm^2$
$\kappa$	せん断応力の分布係数（パイプ型断面の場合）	2.0	—
	せん断応力の分布係数（矩形断面の場合）	1.5	—
	せん断応力の分布係数（溶接部の場合）	1.0	—

## 4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

浸水防護施設の強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

## 4.1 荷重及び荷重の組合せ

## (1) 荷重の種類

## a. 常時作用する荷重 (D, G, P)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重又は固定荷重、積載荷重、土圧及び海中部に対する静水圧（浮力含む。）とする。

b. 津波荷重 ( $P_t$ ,  $P_h$ )

津波荷重は、施設ごとに設置位置における津波の浸入形態に応じて、以下のとおり、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重又は浸水津波荷重として算定する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータを表4.1-1に示す。

(a) 遡上津波荷重 ( $P_t$ )

遡上津波荷重は、遡上波により波圧として作用する荷重であり、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成27年12月一部改訂）」等を参考に、各施設の設置位置等における遡上波の高さから、津波波圧算定式として朝倉式を適用する場合は、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の1/2倍を浸水深として、浸水深の3倍で作用する水圧として算定する。

ただし、貯留堰については、設置位置における設置高さを考慮し、静水圧差を用いて設定する。なお、防潮堤の設計における津波荷重については、防潮堤近傍の地盤の沈下を考慮した浸水深を用いて算出する。

(b) 突き上げ津波荷重 ( $P_t$ )

突き上げ津波荷重は、床面に設置されている施設に対して、経路からの津波が鉛直上向き方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの津波高さ及び流速を用いて算定する。

(c) 浸水津波荷重 ( $P_h$ )

浸水津波荷重は、経路からの津波による浸水又は津波による溢水により冠水した場合に静水圧として作用する荷重であり、各施設の設置位置における施設の設置高さ及び浸水深さを考慮して、静水圧として算定する。また、閉塞部における浸水津波荷重については余震の鉛直方向成分の影響を考慮する。

c. 余震荷重 ( $K_{sd}$ )

余震荷重は、弾性設計用地震動  $S_d-D1$  に伴う地震力（動水圧含む。）として算定する。

d. 衝突荷重 ( $P_c$ )

防潮堤の外側の衝突荷重は、漂流物として、調査の結果から最も質量が大きい総トン数5t（排水トン数15t）の漁船を考慮するとともに、浸水防護施設まで到達する可能性のあるものとして0.08tの流木及び0.69tの車両を想定し、敷地前面海域及び防潮堤近傍の津波の流速を考慮して算定する。衝突荷重の算定に当たっては、漂流物の種類、位

変更前	変更後
<p>1.2 急傾斜地の崩壊の防止</p> <p>急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律に基づき指定された急傾斜地崩壊危険区域でない地域に設備を施設する。</p>	<p>が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物及び土木建造物の地盤の接地圧に対する支持力の許容限界について、自重や運転時の荷重等と基準地震動<math>S_s</math>による地震力との組合せにより算定される接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。</p> <p>また、上記の設計基準対象施設にあつては、自重や運転時の荷重等と弾性設計用地震動<math>S_d</math>による地震力又は静的地震力との組合せにより算定される接地圧について、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。</p> <p>屋外重要土木建造物、津波防護施設及び浸水防止設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物の地盤においては、自重や運転時の荷重等と基準地震動<math>S_s</math>による地震力との組合せにより算定される接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。</p> <p>設計基準対象施設のうち、Bクラス及びCクラスの施設の地盤、若しくは、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物、機器・配管系及び土木建造物の地盤においては、自重や運転時の荷重等と、静的地震力及び動的地震力（Bクラスの共振影響検討に係るもの又はBクラスの施設の機能を代替する常設重大事故防止設備の共振影響検討に係るもの）との組合せにより算定される接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。</p> <p>1.2 急傾斜地の崩壊の防止</p> <p>急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律に基づき指定された急傾斜地崩壊危険区域でない地域に設備を施設する。</p>
<p>2. 自然現象</p> <p>2.1 地震による損傷の防止</p> <p>2.1.1 耐震設計</p> <p>(1) 耐震設計の基本方針</p> <p>耐震設計は、以下の項目に従って行う。</p> <p>a. 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震（設置（変更）許可を受けた基準地震動（以下「基準地震動」という。）による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>b. 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、Sクラス、Bクラス又はCクラスに分類（以下、「耐震重要度</p>	<p>2. 自然現象</p> <p>2.1 地震による損傷の防止</p> <p>2.1.1 耐震設計</p> <p>(1) 耐震設計の基本方針</p> <p>耐震設計は、以下の項目に従って行う。</p> <p>a. 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震（設置（変更）許可を受けた基準地震動<math>S_s</math>（以下「基準地震動<math>S_s</math>」という。）による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備又は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（特定重大事故等対処施設を除く。）は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>b. 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度</p>

変 更 前	変 更 後
<p>分類」という。)し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられる設計とする。</p> <p>c. 建物・構築物とは、建物、構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）の総称とする。</p> <p>また、屋外重要土木構造物とは、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能、若しくは非常用における海水の通水機能を求められる土木構造物をいう。</p> <p>d. Sクラスの施設（f.に記載のものを除く。）は、基準地震動による地震力に対してその安全機能が保持できる設計とする。</p> <p>建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有する設計とする。</p> <p>機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持する設計とし、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさない、また、動的機器等については、基準地震動による応答に対してその設備に要求される機能を保持する設計とする。</p> <p>また、設置（変更）許可を受けた弾性設計用地震動（以下「弾性設計用地震動」という。）による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。</p>	<p>分類」という。)し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられる設計とする。</p> <p>重大事故等対処施設については、施設の各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえて、常設耐震重要重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）、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（特定重大事故等対処施設を除く。）及び可搬型重大事故等対処設備に分類する。</p> <p>重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）は、代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力に十分に耐えることができる設計とする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設と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の両方に属する重大事故等対処施設については、基準地震動<math>S_s</math>による地震力を適用するものとする。</p> <p>なお、特定重大事故等対処施設に該当する施設は本申請の対象外である。</p> <p>c. 建物・構築物とは、建物、構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）の総称とする。</p> <p>また、屋外重要土木構造物とは、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能、若しくは非常用における海水の通水機能を求められる土木構造物をいう。</p> <p>d. Sクラスの施設（f.に記載のものを除く。）は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対してその安全機能が保持できる設計とする。</p> <p>建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有する設計とする。</p> <p>機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持する設計とし、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさない、また、動的機器等については、基準地震動<math>S_s</math>による応答に対してその設備に要求される機能を保持する設計とする。なお、動的機能が要求される機器については、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行い、既往の研究等で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認する。</p> <p>また、設置（変更）許可を受けた弾性設計用地震動<math>S_d</math>（以下「弾性設計用地震動<math>S_d</math>」という。）による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。</p> <p>建物・構築物については、発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。</p> <p>機器・配管系については、応答が全体的におおむね弾性状態に留まる設計とする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備又は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（特定重大事故等対処施設を除く。）は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>

変更前	変更後
<p>e. Sクラスの施設 (f.に記載のものを除く。)について、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。</p> <p>f. 屋外重要土木構造物は、基準地震動による地震力に対して、構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できる設計とする。</p> <p>g. Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。</p> <p>Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。</p>	<p>建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有する設計とする。</p> <p>機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持する設計とし、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさない、また、動的機器等については、基準地震動<math>S_s</math>による応答に対して、その設備に要求される機能を保持する設計とする。なお、動的機能が要求される機器については、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行い、既往の研究等で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認する。</p> <p>e. Sクラスの施設 (f.に記載のものを除く。)について、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。</p> <p>また、基準地震動<math>S_s</math>及び弾性設計用地震動<math>S_d</math>による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備又は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ついては、基準地震動<math>S_s</math>及び弾性設計用地震動<math>S_d</math>による地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。</p> <p>f. 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対して、構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できる設計とする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備又は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の土木構造物は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>g. Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動<math>S_d</math>に2分の1を乗じたものとする。当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。</p> <p>Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設は、上記に示す、代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。</p> <p>h. 耐震重要施設及び常設耐震重要重大事故防止設備又は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が、それ以外の発電所内にある施設（資機材等含む。）の波及的影響によって、その安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわない設計とする。</p> <p>i. 可搬型重大事故等対処設備については、地震による周辺斜面の崩壊等の影響を受けないように「5.1.5 環境条件等」に基づく設計とする。</p> <p>j. 緊急時対策所建屋の耐震設計の基本方針については、「(6) 緊急時対策所建屋」に示す。</p>

変更前	変更後
	<p>k. 耐震重要施設については、地盤変状が生じた場合においても、その安全機能が損なわれないよう、適切な対策を講ずる設計とする。</p> <p>常設耐震重要重大事故防止設備又は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ついては、地盤変状が生じた場合においても、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、適切な対策を講ずる設計とする。</p> <p>また、杭基礎構造部は、その周辺地盤を強制的に液状化させることを仮定した場合においても、支持機能及び構造健全性が確保される設計とする。</p>
<p>(2) 耐震重要度分類</p> <p>a. 耐震重要度分類</p> <p>設計基準対象施設の耐震重要度を以下のとおり分類する。</p> <p>(a) Sクラスの施設</p> <p>地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいものであり、次の施設を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系</li> <li>・使用済燃料を貯蔵するための施設</li> <li>・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設</li> <li>・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設</li> <li>・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設</li> </ul> <p>(b) Bクラスの施設</p> <p>安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設であり、次の施設を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設</li> <li>・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 </li></ul>	<p>(2) 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備分類</p> <p>a. 耐震重要度分類</p> <p>設計基準対象施設の耐震重要度を以下のとおり分類する。</p> <p>(a) Sクラスの施設</p> <p>地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいものであり、次の施設を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系</li> <li>・使用済燃料を貯蔵するための施設</li> <li>・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設</li> <li>・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設</li> <li>・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設</li> <li>・津波防護施設及び浸水防止設備</li> <li>・津波監視設備</li> </ul> <p>(b) Bクラスの施設</p> <p>安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設であり、次の施設を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設</li> <li>・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 </li></ul>

については、基準地震動 $S_s$ による地震力を適用するものとする。なお、特定重大事故等対処施設に該当する施設は本申請の対象外である。

- (3) 設計基準対象施設における建物・構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

常設耐震重要重大事故防止設備又は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ついては、基準地震動 $S_s$ による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

また、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設については、代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

耐震重要施設については、地盤変状が生じた場合においても、その安全機能が損なわれないよう、適切な対策を講ずる設計とする。

常設耐震重要重大事故防止設備又は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ついては、地盤変状が生じた場合においても、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、適切な対策を講ずる設計とする。

また、杭基礎構造部は、その周辺地盤を強制的に液状化させることを仮定した場合においても、支持機能及び構造健全性が確保される設計とする。

これらの地盤の評価については、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す。

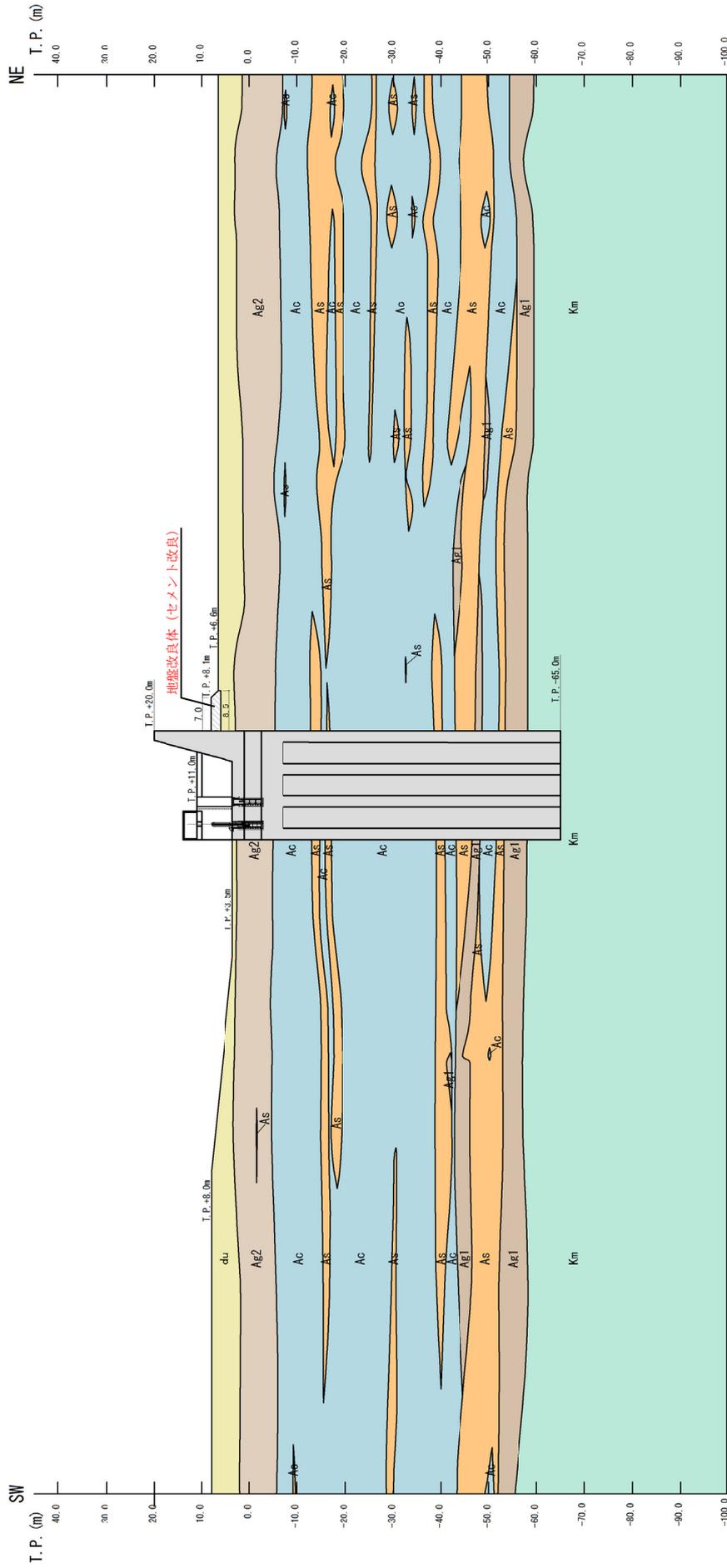
- (4) Sクラスの施設（(6)に記載のものを除く。）について、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

Sクラスの施設及び常設耐震重要重大事故防止設備又は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ついては、基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

- (5) Sクラスの施設（(6)に記載のものを除く。）は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対してその安全機能が保持できる設計とする。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有するように、機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できるように設計する。動的機器等については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、当該機器に要求される機能を維持する設計とする。このうち、動的機能が要求される機器については、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行い、既往の研究等で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えないことを確認する。

また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐える設計とする。

常設耐震重要重大事故防止設備又は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は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損



注記 : 地盤改良体の寸法は m を示す。

図 3-2 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の評価対象断面図 (防潮壁横断面方向: ①-①断面)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地震応答解析モデルを図 3-5 に示す。

##### (1) 解析領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

##### (2) 境界条件

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

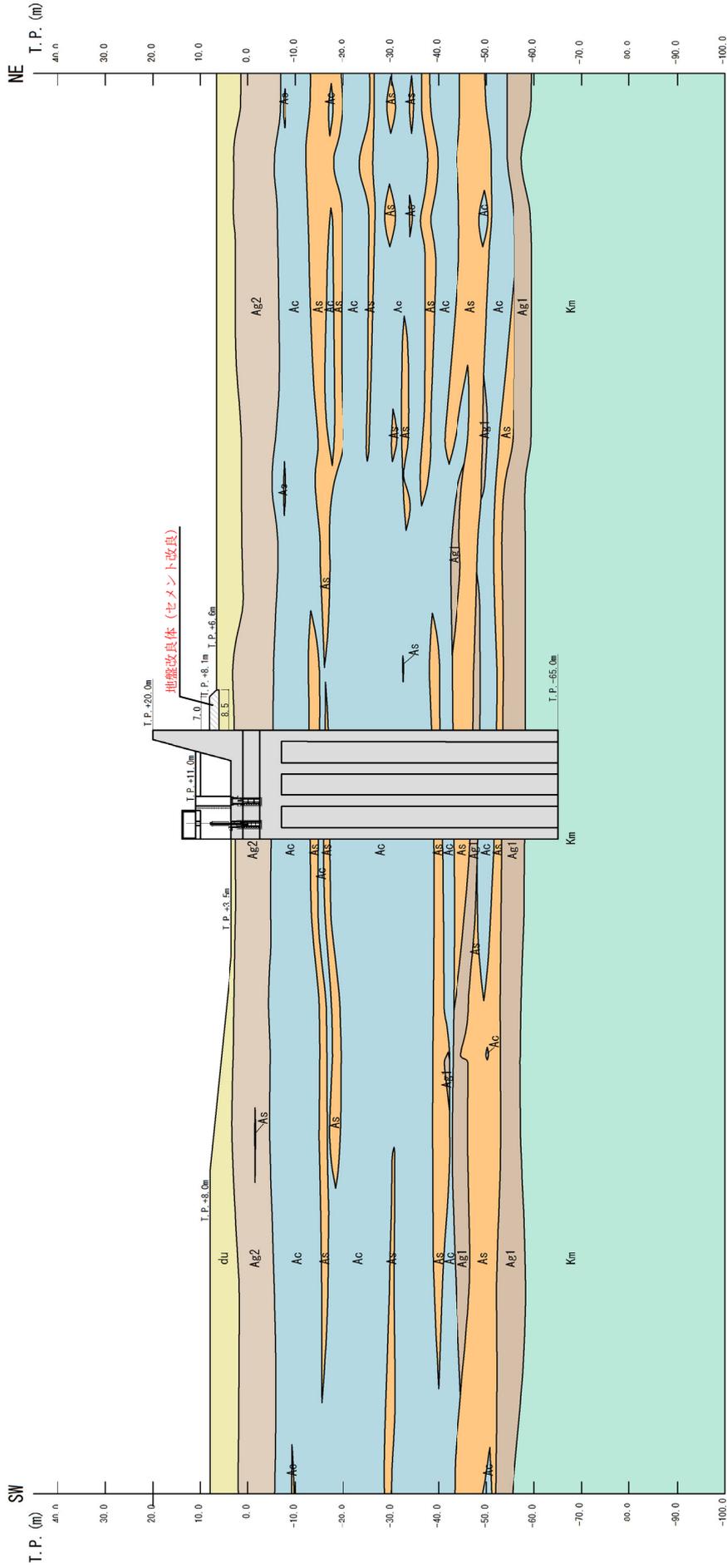
防潮壁（放水路エリア）の構造部材は、線形はり要素及び線形平面要素によりモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



図 3-5 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地震応答解析モデル  
（防潮壁横断方向：①－①断面）



注記 : 地盤改良体 (セメント改良) の寸法は m を示す。

図 3-2 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の評価対象断面図 (防潮壁横断面方向: ①-①断面)

### 3.2 解析方法

地震応答計算は、添付書類「V-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。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver.

7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

南北方向断面について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、東西方向断面について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下、(+1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下、(-1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液

### 3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動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て行う。構造部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

東西方向断面（西側）について、構造部材は線形はり要素によりモデル化する。また、南北方向断面（南側）について、構造部材は線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

#### 3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1σ」（以下、(+1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1σ」（以下、(-1σ)という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-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

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎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、風荷重は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧（内側及び外側）及び水圧（地下水）による荷重並びに積雪荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30cmの積雪を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-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

可搬型設備用軽油タンク基礎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、風荷重は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

可搬型設備用軽油タンク基礎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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧（内側及び外側）及び水圧（地下水）による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30cmの積雪を考慮する。

#### 3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-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

常設低圧代替注水系配管カルバート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、風荷重及び積雪荷重は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

常設低圧代替注水系配管カルバート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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  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 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P + K_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

### 2.3 評価方針

電源装置置場は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

電源装置置場の耐震評価は、添付書類「V-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

電源装置置場の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、電源装置置場は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 電源装置置場の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

### 2.3 評価方針

カルバートは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

カルバートの耐震評価は、添付書類「V-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

カルバートの耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、カルバートは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 カルバートの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.3 評価方針

トンネルは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

トンネルの耐震評価は、添付書類「V-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

トンネルの耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、トンネルは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 トンネルの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

### 2.3 評価方針

立坑は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

立坑の耐震評価は、添付書類「V-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

立坑の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

ここで、立坑は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 立坑の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	<del>基礎地盤の支持性能</del>	<del>基礎地盤</del>	<del>接地圧が許容限界以下であることを確認</del>	<del>極限支持力*</del>

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.3 評価方針

常設低圧代替注水系ポンプ室は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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。

常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震性評価は、添付書類「V-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びS A施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、常設低圧代替注水系ポンプ室は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 常設低圧代替注水系ポンプ室の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
S A 施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.3 評価方針

代替淡水貯槽は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

代替淡水貯槽の耐震性評価は、添付書類「V-2-2-28 代替淡水貯槽の地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び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及びSA施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

代替淡水貯槽の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、代替淡水貯槽は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 代替淡水貯槽の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.3 評価方針

緊急用海水ポンプピットは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の**間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては、**常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

緊急用海水ポンプピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-34 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、**設計基準対象施設及び**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及びSA設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

緊急用海水ポンプピットの耐震評価フローを図 2-5 に示す。

ここで、緊急用海水ポンプピットは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 緊急用海水ポンプピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	<b>基礎地盤の支持性能</b>	<b>基礎地盤</b>	<b>接地圧が許容限界以下であることを確認</b>	<b>極限支持力*</b>

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。

#### 4. 評価結果

##### 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

地盤剛性のばらつきを考慮した最大応答せん断ひずみは、 $1.41 \times 10^{-3}$  (要素番号 (52), 地盤 +  $\sigma$  相当,  $S_s - 31$ ) であり, 許容限界 ( $4.00 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。地盤物性のばらつきを考慮した要素番号 (52) の  $Q-\gamma$  関係と最大応答値を図 4-1 示す。

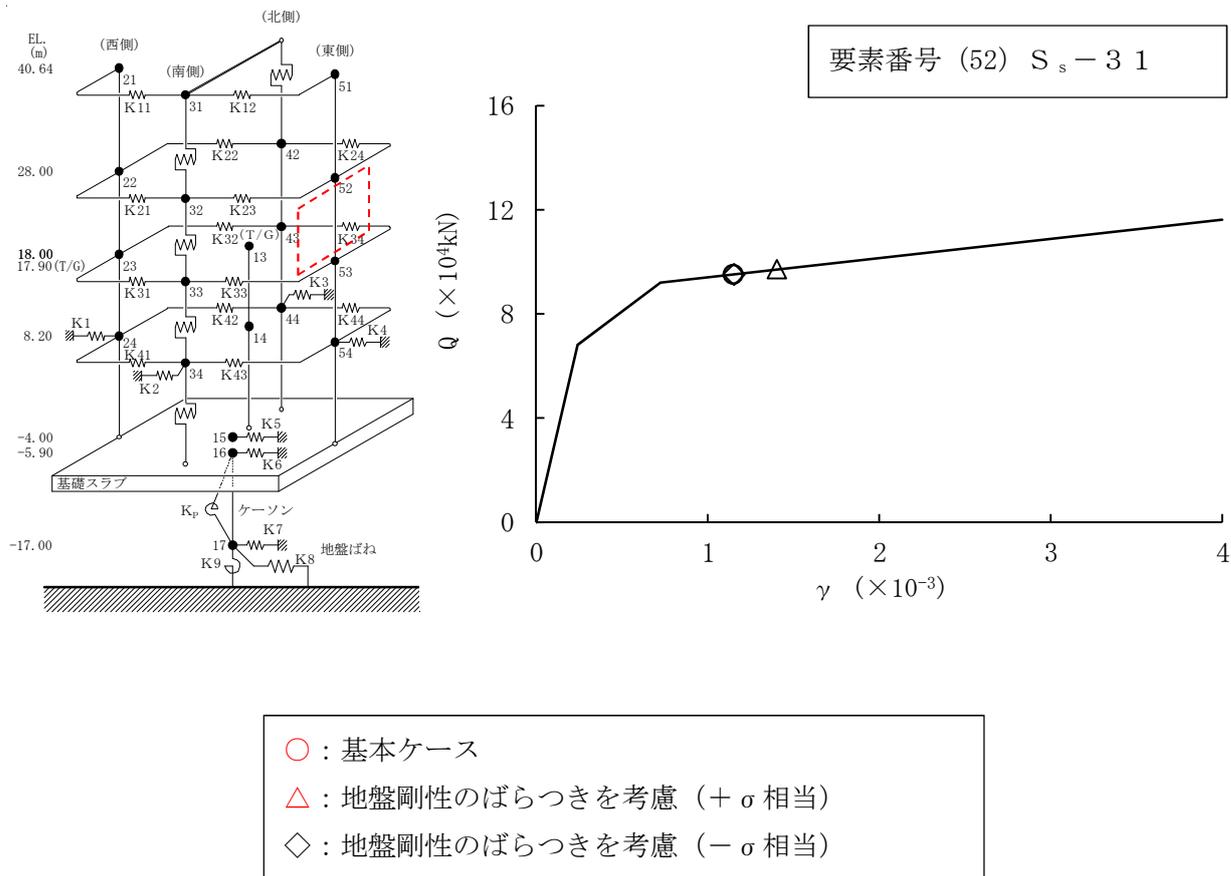


図 4-1  $Q-\gamma$  関係と最大応答値

3.4 評価方法

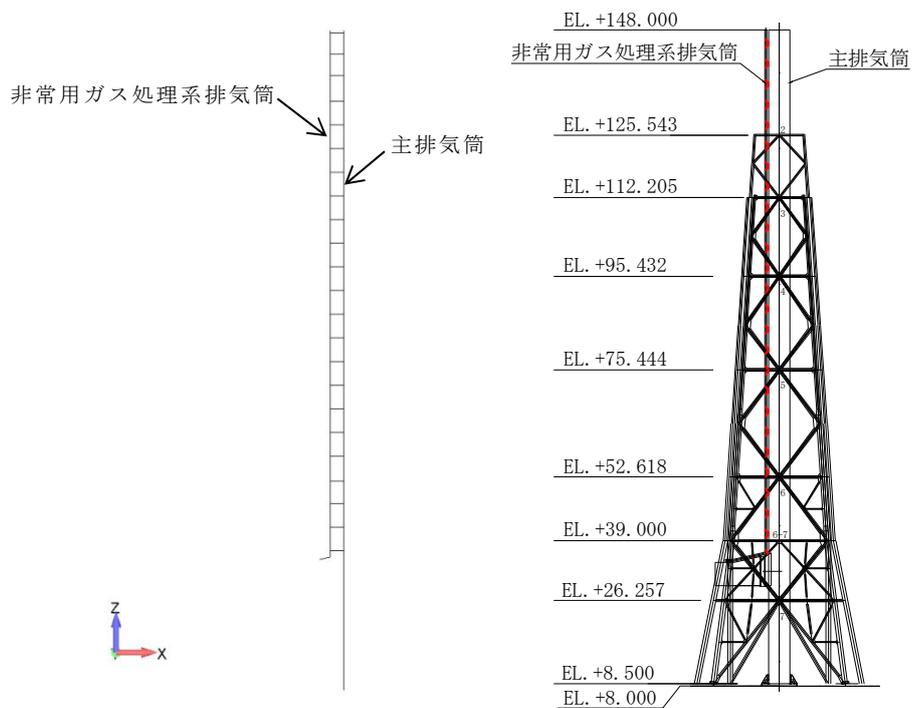
3.4.1 応力評価方法

非常用ガス処理系排気筒の断面の評価に用いる応力は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析から求める。また、この解析より得られるサポート位置反力を用いて、サポートの検討を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

応力解析にあたって、主排気筒筒身の剛性による影響を考慮するため、非常用ガス処理系排気筒及び主排気筒筒身を3次元の梁要素にてモデル化する。梁要素には、表3-5に示す物性値を与える。解析モデルは、主排気筒の脚部で完全固定されるとの境界条件を与える。非常用ガス処理系排気筒の応力解析モデルを図3-1に示す。

表 3-5 非常用ガス処理系排気筒の解析モデルに与える物性値

諸元	物性値
ヤング係数(非常用ガス処理系排気筒)	191000 N/mm <sup>2</sup>
ヤング係数(主排気筒筒身)	202000 N/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.3



(a) 解析モデル図

(b) 構造概要図 (参照用)

図 3-1 非常用ガス処理系排気筒の応力解析モデル

NT2 補③ V-2-7-2-5 R0

#### 4. 評価結果

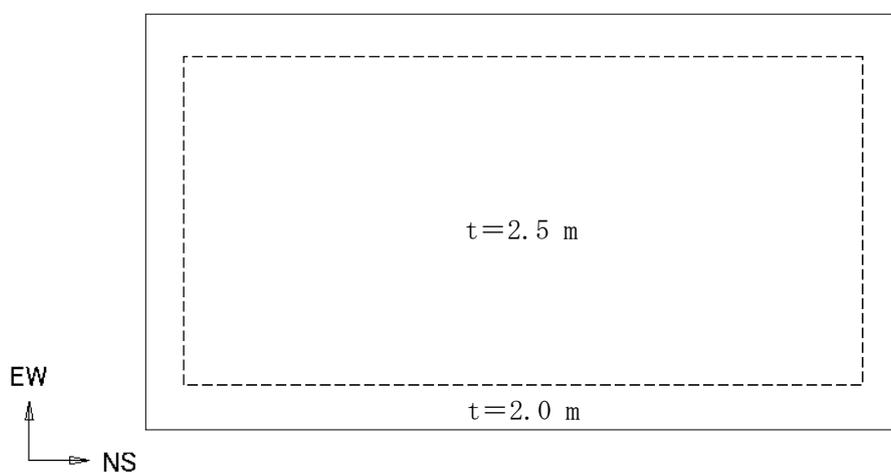
##### 4.1 基礎スラブの評価結果

「3.4.2 基礎スラブの断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの厚さを図 4-1 に、配筋一覧を表 4-1 に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 4-2 及び図 4-3 に、評価結果を表 4-2 に示す。

S<sub>0</sub>地震時において、軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認した。



注 破線は基礎スラブ厚さの切り替え線（建屋外壁位置）

図 4-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの厚さ

表 4-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの配筋一覧

領域	標高 EL. (m)	断面厚 (m)	方向	位置	設計配筋
建屋外周部	5.8~7.8	2.0	NS	上端	D38@250
				下端	D38@250
			EW	上端	D38@250
				下端	D38@250
建屋中央部	5.8~8.3	2.5	NS	上端	D38@250
				下端	D38@250
			EW	上端	D38@250
				下端	D38@250

b. 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する耐震評価結果

SA用海水ピット取水塔の水平鉄筋については、直交する2断面の2次元有効応力解析（海水引込み管方向、海水引込み管直角方向）による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量（ $A_{s1}$ ）と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要主鉄筋量（ $A_{s2}$ ）をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

①-①断面、②-②断面それぞれで地震時最大地盤反力が生じる階層、解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量と実配筋量との比率を表4-11に示す。

表4-10 (1) 鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する鉄筋量  
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 $A_{s1}$ のみを考慮)

断面	解析ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート許容せん断応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリート許容せん断力 V <sub>ca</sub> (kN)	せん断補強筋が負担するせん断力 V <sub>s-req</sub> (kN)	必要せん断補強鉄筋		実配筋量 A <sub>s1</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	比率 A <sub>s1</sub> /A <sub>s1</sub> '
									A <sub>w-req</sub> (mm <sup>2</sup> /組)	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> /m)		
②-②断面	④ S <sub>s</sub> -D1	上部	2722	2659	5539	0.825	5282	-2560	0	0	7600	0.00
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	下部	5616	2659	5539	0.825	5282	334	34	227	10590	0.03

注記 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース  
評価位置は次頁に示す。

表4-10 (2) 側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで  
算定する曲げ軸力に対する鉄筋量  
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 $A_{s2}$ のみを考慮)

断面	解析ケース	評価位置	断面性状			鉄筋種別	発生断面力		短期許容応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	必要鉄筋量 A <sub>s2</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	実配筋量 A <sub>s2</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	比率 A <sub>s2</sub> /A <sub>s2</sub> '
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
②-②断面	⑤ S <sub>s</sub> -D1	上部	2659	1500	1300	SD390	2114	536	309	6052	7600	0.80
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	下部	2659	1500	1300	SD390	1482	316	309	4243	10590	0.41

注記 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース  
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース  
評価位置は次頁に示す。

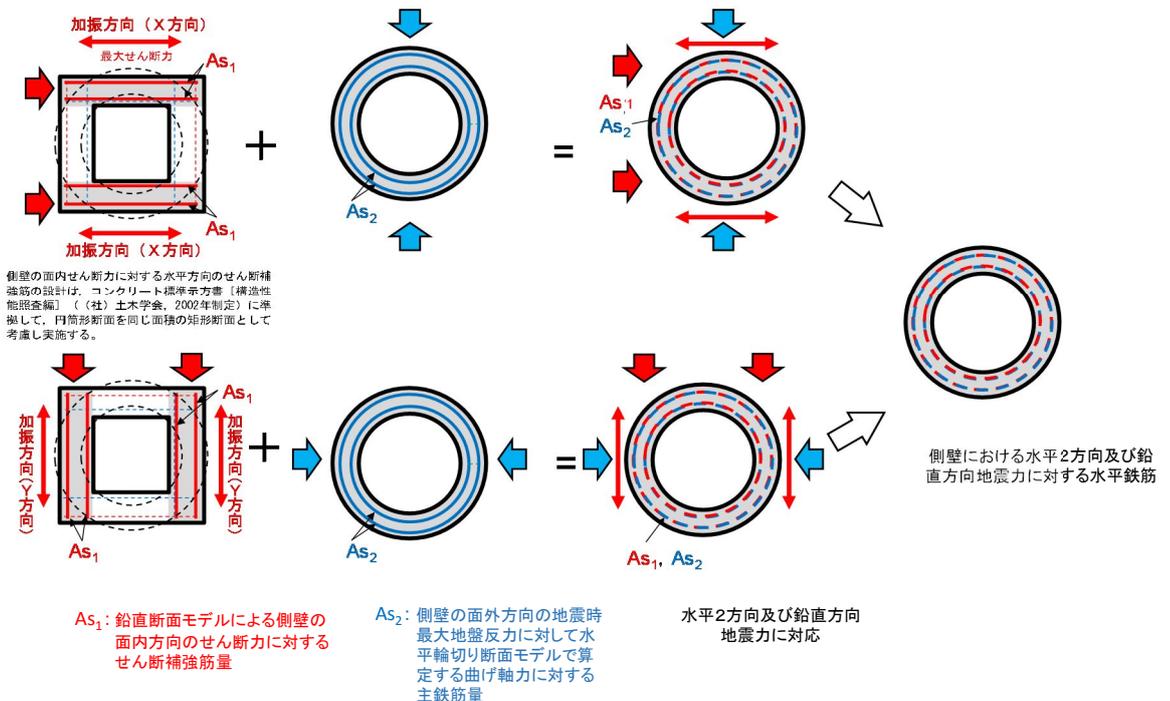
c. せん断補強筋量と主鉄筋量の足し合わせ

立坑の水平鉄筋については、直交する2断面の2次元有効応力解析による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量 ( $A_{s1}$ ) と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要主鉄筋量 ( $A_{s2}$ ) を足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを表4-11により確認した。

せん断補強筋量 ( $A_{s1}$ ) と主鉄筋量 ( $A_{s2}$ ) の足し合わせによる水平鉄筋の設計イメージを下図に示す。

表 4-11  $A_{s1}$ の必要鉄筋量と  $A_{s2}$ の必要鉄筋量を足し合わせた合計必要鉄筋量と実配筋量との比率

方向	評価位置	鉛直断面のせん断力に対する必要鉄筋量 $A_{s1}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	水平断面の曲げに対する必要鉄筋量 $A_{s2}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	① 合計必要鉄筋量 $A_{s1} + A_{s2}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	② 実配筋量 $A_s$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	比率 ①/②
②-②断面	上部	0	6052	6052	15200	0.40
①-①断面	下部	227	4243	4470	21179	0.22



NT2 補② V-2-10-4-2 R2

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

SA用海水ピット取水塔の水平断面については、側壁を線形はり要素によりモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき照査を行う。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、SA用海水ピット取水塔側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ））の時刻歴最大値である。水平断面の評価概念図を図2-9に示す。

水平断面については、地震応答解析結果より、各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して2次元静的フレーム解析を実施し、発生応力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面に対する耐震評価は、2次元静的フレーム解析により実施する。2次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-39 計算機プログラム（解析コード）の概要・Engineer's Studio」に示す。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）による発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_{s2}$ ）は、2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

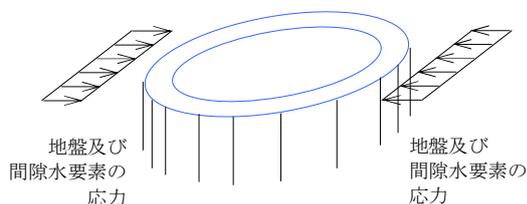


図2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

### 3.2 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### (1) 構造部材の健全性に対する許容限界

SA用海水ピットは、許容応力度法による照査を行う。

表 3-1 にコンクリート及び鉄筋の許容限界を示す。

表 3-1 構造部材の健全性に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	
コンクリート* <sup>1</sup> ( $f'_{ck}=40$ N/mm <sup>2</sup> )	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	21.0	
	短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.825* <sup>3</sup>	
鉄筋	SD490* <sup>2</sup>	短期許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (曲げ軸力)	435
		短期許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (せん断力)	300
	SD345* <sup>1</sup>	短期許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	294

注記 \*1：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)

\*2：道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 (日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

\*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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)」に基づき設定する。

#### (2) 基礎地盤の支持性能における許容限界

極限支持力は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 (日本道路協会, 平成 24 年 3 月) により設定する。

表 3-2 に極限支持力度を示す。

表 3-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	許容限界
極限支持力度 $q_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	6025

表 4-3 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V <sub>a</sub> (kN/m)	照査値 V/V <sub>a</sub>
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
④	S <sub>s</sub> -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150(1段)	70166	177104	0.40
④	S <sub>s</sub> -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150(2段)	97349	339559	0.29

注記 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース  
評価位置は下図に示す。

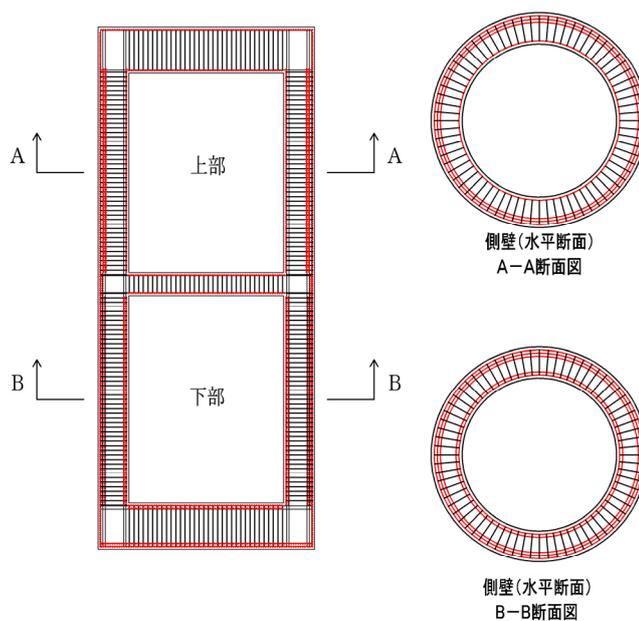
@：鉄筋の配置間隔

表 4-3 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V <sub>a</sub> (kN)	照査値 V/V <sub>a</sub>
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
④	S <sub>s</sub> -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150(1段)	63607	177104	0.36
④	S <sub>s</sub> -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150(2段)	90682	339559	0.27

注記 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース  
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔



(2) 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する耐震評価結果

SA用海水ピットの水平鉄筋については、直交する2断面の2次元有効応力解析（①-①断面方向，②-②断面方向）による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量（ $A_{s1}$ ）と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要主鉄筋量（ $A_{s2}$ ）をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

①-①断面方向，②-②断面方向それぞれで地震時最大地盤反力が生じる階層，解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量と実配筋量との比率を表4-8に示す。

表4-8 (1) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果（ $A_{s1}$ ）  
鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する鉄筋量  
（側壁の面内方向の鉄筋のうち， $A_{s1}$ のみを考慮）

断面	解析ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート許容せん断応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリート許容せん断力 V <sub>ca</sub> (kN)	せん断補強筋が負担するせん断力 V <sub>s-req</sub> (kN)	必要せん断補強鉄筋		実配筋量 A <sub>s1</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	比率 A <sub>s1</sub> /A <sub>s1</sub> '
									A <sub>w-req</sub> (mm <sup>2</sup> /組)	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> /m)		
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	上部	70166	3545	11521	0.825	14649	55517	2771	4618	4870	0.95
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	下部	97349	3545	11521	0.825	14649	82700	4128	6880	7671	0.90

注記：評価位置は次頁に示す。

④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

表4-8 (2) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果（ $A_{s2}$ ）  
側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで  
算定する曲げ軸力に対する鉄筋量  
（側壁の面内方向の鉄筋のうち， $A_{s2}$ のみを考慮）

断面	解析ケース	評価位置	断面性状			鉄筋種別	発生断面力		短期許容応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	必要鉄筋量 A <sub>s2</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	実配筋量 A <sub>s2</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	比率 A <sub>s2</sub> /A <sub>s2</sub> '
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	上部	1000	2000	1800	SD490	5581	492	435	8197	8643	0.95
①-①断面	④ S <sub>s</sub> -D1	下部	1000	2000	1800	SD490	11820	1885	435	17360	19356	0.90

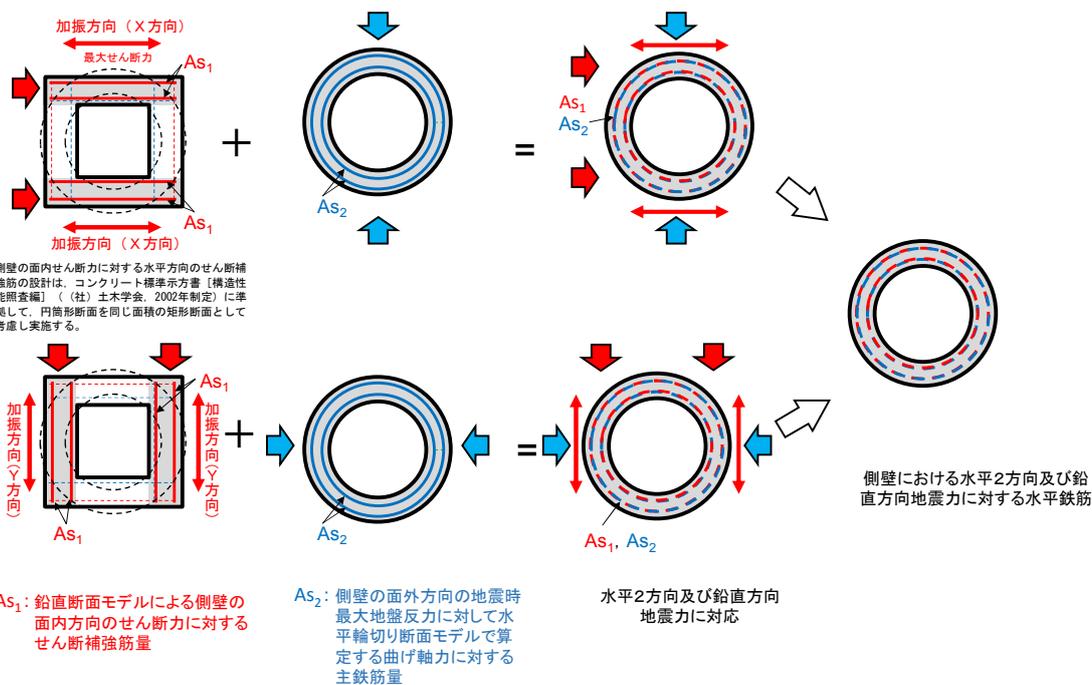
注記：評価位置は次頁に示す。

④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

NT2 補② V-2-2-33 R2

表 4-9  $A_{s1}$  の必要鉄筋量と  $A_{s2}$  の必要鉄筋量を足し合わせた必要合計鉄筋量と  
実配筋量との比率

方向	評価位置	鉛直断面のせん断力に対する必要鉄筋量 $A_{s1}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	水平断面の曲げに対する必要鉄筋量 $A_{s2}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	① 合計必要鉄筋量 $A_{s1} + A_{s2}$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	② 実配筋量 $A_s$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	比率 ①/②
①-① 断面	上部	4618	8197	12815	13513	0.95
①-① 断面	下部	6880	17360	24240	27027	0.90



NT2 補② V-2-2-33 R2

### 2.3.3 水平断面に対する耐震評価

#### (1) 水平断面の設計

SA用海水ピットの水平断面については、側壁を線形はり要素によりモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき照査を行う。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、SA用海水ピット側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）と間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の時刻歴最大値である。水平断面の評価概念図を図2-9に示す。

水平断面については、地震応答解析結果より、各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して2次元静的フレーム解析を実施し、発生応力が許容限界以下であることを確認する。2次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver.6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-39 計算機プログラム（解析コード）の概要・Engineer's Studio」に示す。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋（ $A_{s2}$ ）は、2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する配筋である。

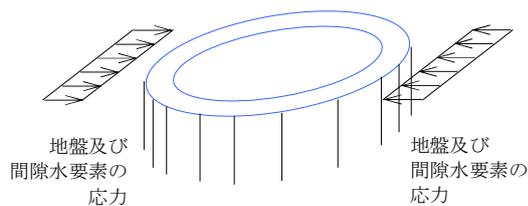


図2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

表 2-3 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_m$	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力	N/mm <sup>2</sup>
P <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張荷重	N
A <sub>b</sub>	固定ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
S <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N
$\sigma_{bm}$	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	積雪面積	m <sup>2</sup>
w <sub>s</sub>	積雪量 1 cm 毎の積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>
d <sub>s</sub>	垂直積雪量	cm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
$\gamma$	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	—
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数	—
B <sub>o</sub>	蓋の幅	mm
L <sub>o</sub>	蓋の長さ	mm
q <sub>1</sub>	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>1</sub>	端部桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>1</sub>	端部桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w1</sub>	端部桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>2</sub>	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>2</sub>	中間桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>2</sub>	中間桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w2</sub>	中間桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>3</sub>	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
q <sub>4</sub>	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>4</sub>	補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w4</sub>	補助桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
n	固定ボルトの本数	本

表 5-4 許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			一次応力		
			曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	90	165
		中間桁	150	90	165
	補助桁		150	90	165
	スキンプレート		150	—	—
	固定ボルト		—	90	—

注記 \* : 主桁, 縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) (ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)」に基づき算出する。

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため, 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は, 添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

表 5-5 設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		水平方向 K <sub>H</sub>	
基準地震動 S <sub>s</sub>	緊急用海水 ポンプピット EL. 8.0*2 <del>(EL. 8.0*2)</del>	水平方向 K <sub>H</sub>	1.93
		鉛直方向 K <sub>V</sub>	0.65

注記 \*1 : 「4. 固有周期」より, 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため, 設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2 : 基準床レベルを示す。

5.6 計算条件

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-6 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	蓋の幅 $B_o$ (mm)	蓋の長さ $L_o$ (mm)
SUS304	$5.350 \times 10^3$	$2.740 \times 10^3$	$6.720 \times 10^3$

支間 $L$ (mm)	積雪質量 $m_s$ (kg)	積雪量 1 cm 毎の 積雪荷重 $w_s$ (N/mm <sup>3</sup> )	垂直積雪量 $d_s$ (cm)
$2.730 \times 10^3$	<del>3.943</del> $1.160 \times 10^{32}$	<del>2.02</del> $1 \times 10^{-6}$	30

積雪面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )
18.41	SUS304	30	$5.39582 \times 10^2$

固定ボルトの本数 $n$ (本)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 $a$ (mm)	主桁間隔 $b$ (mm)
30	9.80665	685	480

端部桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の受圧幅 $b_1$ (mm)	端部桁負担荷重 $w_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )
$5.05 \times 10^{-3}$	<del>2402</del> $26 \times 10^2$	1.21	$6.387 \times 10^5$

端部桁の端部ウェブ断面積 $A_{w\#1}$ (mm <sup>2</sup> )	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁負担荷重 $w_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁の断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )
$3.096 \times 10^3$	$5.05 \times 10^{-3}$	2.42	$6.387 \times 10^5$

NT2 補② V-2-10-2-5-5 R5

表 5-6 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (2/2)

中間桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w2}$ ( $\text{mm}^2$ )	補助桁に作用する単 位面積あたりの荷重 $q_4$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	補助桁の断面係数 $Z_4$ ( $\text{mm}^3$ )	スキンプレートの評 価に用いる辺長比 (b/a)による係数 k
$3.096 \times 10^3$	$5.05 \times 10^{-3}$	<del>1.7312</del> $\times 10^5$	43.98

スキンプレートに作 用する単位面積あた りの荷重 $q_3$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	スキンプレート の板厚 t (mm)	スキンプレートの評 価に用いる応力の補 正係数 $\gamma$ (-)
$5.05 \times 10^{-3}$	12	0.8

NT2 補② V-2-10-2-5-5 R5

表 2-3 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_m$	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力	N/mm <sup>2</sup>
P <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張荷重	N
A <sub>b</sub>	固定ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
S <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N
$\sigma_{bm}$	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	積雪面積	m <sup>2</sup>
w <sub>s</sub>	積雪量 1 cm 毎の積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>
d <sub>s</sub>	垂直積雪量	cm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
$\gamma$	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	—
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数	—
B <sub>o</sub>	蓋の幅	mm
L <sub>o</sub>	蓋の長さ	mm
q <sub>1</sub>	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>1</sub>	端部桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>1</sub>	端部桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w1</sub>	端部桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>2</sub>	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>2</sub>	中間桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>2</sub>	中間桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w2</sub>	中間桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>3</sub>	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>3</sub>	補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w3</sub>	補助桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>4</sub>	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
n	固定ボルトの本数	本

表 5-4 許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			1次応力		
			曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	90	165
		中間桁	150	90	165
	補助桁		150	90	165
	スキンプレート		150	—	—
	固定ボルト		—	90	—

注記 \*：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき算出する。

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-8 に示す。

表 5-8 設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		水平方向 K <sub>H</sub>	鉛直方向 K <sub>V</sub>
基準地震動 S <sub>s</sub>	緊急用海水 ポンプピット EL. 8.0*2 <del>(EL. 8.0*2)</del>	水平方向 K <sub>H</sub>	1.93
		鉛直方向 K <sub>V</sub>	0.65

注記 \*1：「4. 固有周期」より，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2：基準床レベルを示す。

NT2 補② V-2-10-2-5-6 R3

5.6 計算条件

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表5-6に示す。

表5-6 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	蓋の幅 $B_o$ (mm)	蓋の長さ $L_o$ (mm)
SUS304	$4.30 \times 10^2$	$1.370 \times 10^3$	$1.370 \times 10^3$

支間 $L$ (mm)	積雪質量 $m_s$ (kg)	積雪量 1 cm毎の 積雪荷重 $w_s$ (N/mm <sup>3</sup> )	垂直積雪量 $d_s$ (cm)
$1.360 \times 10^3$	<del>40.19</del> $1.183 \times 10^2$	<del>2.0</del> $\times 10^{-6}$	30

積雪面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )
1.877	SUS304	30	$5.39582 \times 10^2$

固定ボルトの本数 $n$ (本)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 $a$ (mm)	主桁間隔 $b$ (mm)
8	9.80665	<del>4</del> 441	450

端部桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の端部ウェブ断面積 $A_{w1}$ (mm <sup>2</sup> )	端部桁の受圧幅 $b_1$ (mm)	端部桁負担荷重 $w_1$ (N/mm <sup>2</sup> )
<del>4.056</del> $\times 10^{-3}$	<del>0.7</del> $7.74 \times 10^2$	<del>225.25</del> $\times 102$	<del>0.9112</del>

端部桁の断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	中間桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁負担荷重 $w_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁の断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )
$1.421 \times 10^5$	<del>4.056</del> $\times 10^{-3}$	<del>1.823</del>	<del>1.7256</del> $\times 10^5$

NT2 補② V-2-10-2-5-6 R3

表 5-6 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (2/2)

中間桁の端部ウェブ 断面積 $A_{W2}$ ( $\text{mm}^2$ )	補助桁に作用する単 位面積あたりの荷重 $q_3$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	補助桁の断面係数 $Z_{34}$ ( $\text{mm}^3$ )	補助桁の端部ウェブ 断面積 $A_{W34}$ ( $\text{mm}^2$ )
<del>0</del> $7.74 \times 10^2$	<del>4.056</del> $4.056 \times 10^{-3}$	<del>3.962</del> $3.962 \times 10^{46}$	$8.160 \times 10^2$

スキンプレート の板厚 $t$ ( $\text{mm}$ )	スキンプレートの評 価に用いる辺長比 ( $b/a$ )による係数 $k$	スキンプレートに作 用する単位面積あた りの荷重 $q_4$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	スキンプレートの評 価に用いる応力の補 正係数 $\gamma$ (-)
10	<del>31.655</del> $31.655 \times 10^{-3}$	<del>54.05</del> $54.05 \times 10^{-3}$	0.8

NT2 補② V-2-10-2-5-6 R3

表 2-3 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_m$	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力	N/mm <sup>2</sup>
P <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張荷重	N
A <sub>b</sub>	固定ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
S <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N
$\sigma_{bm}$	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	積雪面積	m <sup>2</sup>
w <sub>s</sub>	積雪量 1cm ごとの積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>
d <sub>s</sub>	垂直積雪量	<del>cm</del>
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキムプレートの板厚	mm
$\gamma$	スキムプレートの評価に用いる応力の補正係数	—
k	スキムプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数	—
q <sub>1</sub>	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>1</sub>	端部桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>1</sub>	端部桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w1</sub>	端部桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>2</sub>	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>2</sub>	中間桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>2</sub>	中間桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w2</sub>	中間桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>3</sub>	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>3</sub>	補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w3</sub>	補助桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>4</sub>	スキムプレートに作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
n	固定ボルトの本数	本

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	解析モデルの断面 二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )	解析モデルの単位 長さ当たりの質量 m (kg/mm)	解析モデルの長さ L (mm)
1.93 × 10 <sup>5</sup>	2.901 × 10 <sup>9</sup>	1.952-55 × 10 <sup>-3</sup>	2740

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は、0.05 s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	112
固有周期 (s)	0.009

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表5-8に示す。

表5-8 設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> -D1	緊急用海水 ポンプピット EL. 8.0*2 <del>(EL. 8.0*2)</del>
		鉛直方向K <sub>VSD</sub>	0.28

注記 \*1: 「4. 固有周期」より、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2: 基準床レベルを示す。

5.6 計算条件

(1) 強度評価に用いる緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件を表 5-9 に示す。

表 5-9 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	蓋の幅 $B_o$ (mm)	蓋の長さ $L_o$ (mm)
SUS304	$5.350 \times 10^3$	$2.740 \times 10^3$	$6.720 \times 10^3$
支間 $L$ (mm)	積雪質量 $m_s$ (kg)	積雪量 1 cm 毎の 積雪荷重 $w_s$ (N/mm <sup>3</sup> )	垂直積雪量 $d_s$ (cm)
$2.730 \times 10^3$	<del>3.943</del> $1.160 \times 10^{32}$	<del>2.02</del> $\times 10^{-6}$	30
積雪面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )
18.41	SUS304	30	$5.39582 \times 10^2$
固定ボルトの本数 $n$ (本)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 $a$ (mm)	主桁間隔 $b$ (mm)
30	9.80665	685	480
<del>端部桁に作用する単位面積当たりの荷重</del> <del><math>q_1</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	端部桁の受圧幅 $b_1$ (mm)	<del>端部桁負担荷重</del> <del><math>w_1</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	端部桁の断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )
<del><math>5.05 \times 10^{-3}</math></del>	<del>2402.26</del> $\times 10^2$	<del>1.21</del>	$6.387 \times 10^5$
端部桁の端部ウェブ断面積 $A_{w1}$ (mm <sup>2</sup> )	<del>中間桁に作用する単位面積当たりの荷重</del> <del><math>q_2</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	<del>中間桁負担荷重</del> <del><math>w_2</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	中間桁の断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )
$3.096 \times 10^3$	<del>5.05</del> $\times 10^{-3}$	<del>2.42</del>	$6.387 \times 10^5$

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-5 R2

表 5-9 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件 (2/2)

中間桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w2}$ (mm <sup>2</sup> )	<del>補助桁に作用する単位面積あたりの荷重</del> <del><math>q_3</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	補助桁の断面係数 $Z_3$ (mm <sup>3</sup> )	スキンプレートの評価に用いる辺長比(b/a)による係数 k (-)
3.096×10 <sup>3</sup>	<del>5.05×10<sup>-3</sup></del>	1.7312 <del>、160</del> ×105	43.98

<del>スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重</del> <del><math>q_4</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	スキンプレートの板厚 t (mm)	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数 $\gamma$ (-)	海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
<del>5.05×10<sup>-3</sup></del>	12	0.8	1030

海水の単位体積 質量 $W_0$ (N/mm <sup>3</sup> )
1.01×10 <sup>-5</sup>

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-5 R2

- (2) 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件  
 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件を表 5-10 に示す。

表 5-10 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件

対象の津波	津波荷重水位 $h_1$ (T.P. +m)	端部桁負担荷重 $w_1$ (N/mm)	端部桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_1$ (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	8.2	1.43	$5.94 \times 10^{-3}$
敷地に遡上する津波	9.2	3.84	$1.60 \times 10^{-2}$

対象の津波	中間桁負担荷重 $w_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_3$ (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	2.85	$5.94 \times 10^{-3}$	$5.94 \times 10^{-3}$
敷地に遡上する津波	7.69	$1.60 \times 10^{-2}$	$1.60 \times 10^{-2}$

対象の津波	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重 $q_4$ (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	$5.94 \times 10^{-3}$
敷地に遡上する津波	$1.60 \times 10^{-2}$

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-5 R2

6. 評価結果

(1) 基準津波と余震による重畳時

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-1 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 重畳時における評価部位の応力評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
浸水防止 蓋	主桁	端部桁	曲げ	3	150
			せん断	1	90
			組合せ*	4	165
		中間桁	曲げ	5	150
			せん断	32	90
			組合せ*	87	165
	補助桁	曲げ	1	150	
		せん断	1	90	
		組合せ*	2	165	
	スキンプレート	曲げ	4	150	
固定ボルト			せん断	3	90

注記 \* : 曲げとせん断の組合せ応力

表 2-3 緊急用海水ポンプ室人員開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_m$	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力	N/mm <sup>2</sup>
P <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張荷重	N
A <sub>b</sub>	固定ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
S <sub>b</sub>	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N
$\sigma_{bm}$	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	積雪面積	m <sup>2</sup>
w <sub>s</sub>	積雪量 1cm ごとの積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>
d <sub>s</sub>	垂直積雪量	cm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキムプレートの板厚	mm
$\gamma$	スキムプレートの評価に用いる応力の補正係数	—
k	スキムプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数	—
q <sub>1</sub>	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>1</sub>	端部桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>1</sub>	端部桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w1</sub>	端部桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>2</sub>	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
w <sub>2</sub>	中間桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>2</sub>	中間桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w2</sub>	中間桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>3</sub>	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
Z <sub>3</sub>	補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w3</sub>	補助桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>4</sub>	スキムプレートに作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
n	固定ボルトの本数	本

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-6 R1

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	解析モデルの断面 二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )	解析モデルの単位 長さ当たりの質量 m (kg/mm)	解析モデルの長さ L (mm)
1.93×10 <sup>5</sup>	8.403×10 <sup>7</sup>	0.31387	1370

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は、0.05 s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	190 <del>189</del>
固有周期 (s)	0.005

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表5-8に示す。

表5-8 設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		水平方向 $K_{HSd}$	0.78
弾性設計用地震動 $S_d - D1$	緊急用海水 ポンプピット EL. 8.0*2 <del>(EL. 8.0*2)</del>	鉛直方向 $K_{VSd}$	0.28

注記 \*1: 「4. 固有周期」より、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2: 基準床レベルを示す。

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-6 R1

5.6 計算条件

(1) 強度評価に用いる緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件を表 5-9 に示す。

表 5-9 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	蓋の幅 $B_o$ (mm)	蓋の長さ $L_o$ (mm)
SUS304	$4.30 \times 10^2$	$1.370 \times 10^3$	$1.370 \times 10^3$
支間 $L$ (mm)	積雪質量 $m_s$ (kg)	積雪量 1 cm 毎の 積雪荷重 $w_s$ (N/mm <sup>3</sup> )	垂直積雪量 $d_s$ (cm)
$1.360 \times 10^3$	<del>40.19</del> <del><math>1.83 \times 10^2</math></del>	<del>2.0</del> $\times 10^{-6}$	30
積雪面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )
1.877	SUS304	30	$5.39582 \times 10^2$
固定ボルトの本数 $n$ (本)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 $a$ (mm)	主桁間隔 $b$ (mm)
8	9.80665	<del>4</del> 41	450
<del>端部桁に作用する単位面積当たりの荷重</del> <del><math>q_1</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	端部桁の端部ウェブ断面積 $A_{w1}$ (mm <sup>2</sup> )	端部桁の受圧幅 $b_1$ (mm)	<del>端部桁負担荷重</del> <del><math>w_1</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>
<del><math>4.06 \times 10^{-3}</math></del>	<del>0</del> $7.74 \times 10^2$	<del>225</del> <del><math>25 \times 10^2</math></del>	<del>0.0112</del>
端部桁の断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	<del>中間桁に作用する単位面積当たりの荷重</del> <del><math>q_2</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	<del>中間桁負担荷重</del> <del><math>w_2</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	中間桁の断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )
$1.421 \times 10^5$	<del><math>4.06 \times 10^{-3}</math></del>	<del>1.83</del>	$1.7256 \times 10^5$

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-6 R1

表 5-9 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く  
計算条件 (2/2)

中間桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w2}$ (mm <sup>2</sup> )	<del>補助桁に作用する単位面積あたりの荷重</del> <del><math>\frac{q_2}{A_{w2}}</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	補助桁の断面係数 $Z_3$ (mm <sup>3</sup> )	補助桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w3}$ (mm <sup>2</sup> )
0.774×10 <sup>2</sup>	<del>4.06×10<sup>-3</sup></del>	3.962×10 <sup>45</sup>	8.160×10 <sup>2</sup>

スキンプレートの板厚 t (mm)	スキンプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数 k	<del>スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重</del> <del><math>\frac{q_4}{A_{sk}}</math></del> <del>(N/mm<sup>2</sup>)</del>	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数 $\gamma$ (-)
10	<del>31.655.05×10<sup>-3</sup></del>	<del>5.05×10<sup>-3</sup></del>	0.8

海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	海水の単位体積質量 $W_0$ (N/mm <sup>3</sup> )
1030	1.01×10 <sup>-5</sup>

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-6 R1

(2) 強度評価に用いる緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件を表 5-10 に示す。

表 5-10 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の津波荷重に関わる計算条件

対象の津波	津波荷重水位 h (T. P. +m)	端部桁負担荷重 w <sub>1</sub> (N/mm)	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 q <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	8.2	1.16	5.16×10 <sup>-3</sup>
敷地に遡上する津波	9.2	1.16	5.16×10 <sup>-3</sup>

対象の津波	中間桁負担荷重 w <sub>2</sub> (N/mm)	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 q <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 q <sub>3</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	2.32	5.16×10 <sup>-3</sup>	5.16×10 <sup>-3</sup>
敷地に遡上する津波	2.32	5.16×10 <sup>-3</sup>	5.16×10 <sup>-3</sup>

対象の津波	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重 q <sub>4</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	5.16×10 <sup>-3</sup>
敷地に遡上する津波	5.16×10 <sup>-3</sup>

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-6 R1

6. 評価結果

(1) 基準津波と余震による重畳時

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-1 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 重畳時における評価部位の応力評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
浸水防 止蓋	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
			組合せ*	3	165
		中間桁	曲げ	4	150
			せん断	2	90
			組合せ*	65	165
	補助桁	曲げ	1	150	
		せん断	1	90	
		組合せ*	2	165	
スキンプレート			曲げ	3	150
固定ボルト			せん断	1	150

注記 \* : 曲げとせん断の組合せ応力

### 2.3 評価方針

貯留堰は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設である浸水防護施設及び非常用取水設備である屋外重要土木構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

貯留堰の地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮して設定する。

津波防護施設への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を仮定する。

津波防護施設への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

貯留堰の耐震評価は、「3. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として表 2-1 の貯留堰の評価項目に示すとおり、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、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ゴムの変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

ここで、貯留堰は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

### 2.3 評価方針

貯留堰は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設である浸水防護施設及び非常用取水設備である屋外重要土木構造物に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

貯留堰の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、貯留堰の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下、「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下、「重畳時」という。）について行う。

貯留堰の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の貯留堰の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ゴムの変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の強度評価の検討フローを図 2-5 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

表 2-3 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号 (3/3)

記号	記号の説明	単位
$q_1$	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	$N/mm^2$
$w_1$	端部桁負担荷重	$N/mm^2$
$Z_1$	端部桁の断面係数	$mm^3$
$A_{w1}$	端部桁の端部ウェブ断面積	$mm^2$
$q_2$	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	$N/mm^2$
$w_2$	中間桁負担荷重	$N/mm^2$
$Z_2$	中間桁の断面係数	$mm^3$
$A_{w2}$	中間桁の端部ウェブ断面積	$mm^2$
$q_3$	端桁に作用する単位面積あたりの荷重	$N/mm^2$
$w_3$	端桁負担荷重	$N/mm^2$
$Z_3$	端桁の断面係数	$mm^3$
$A_{w3}$	端桁の端部ウェブ断面積	$mm^2$
$q_4$	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	$N/mm^2$
$Z_4$	補助桁の断面係数	$mm^3$
$A_{w4}$	補助桁の端部ウェブ断面積	$mm^2$
$q_5$	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重	$N/mm^2$
$n$	固定ボルトの本数	本

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有周期の計算方法

###### (1) 解析モデル

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

###### (2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

##### 4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	解析モデルの断面 二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )	解析モデルの単位 長さ当たりの質量 m (kg/mm)	解析モデルの長さ L (mm)
2.06 × 10 <sup>5</sup>	<del>1.2291</del> .409 × 10 <sup>8</sup>	0.67348	1320

##### 4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は、0.05 s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	<del>175</del> 187
固有周期 (s)	0.0056

5.6 計算条件

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-6 S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	蓋の幅 $B_o$ (mm)	蓋の長さ $L_o$ (mm)
SM400	$8.89 \times 10^2$	$1.96 \times 10^3$	$1.320 \times 10^3$

支間 $L$ (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )
$1.240 \times 10^3$	SUS316L	36	$8.76264 \times 10^2$

固定ボルトの本数 $n$ (本)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 $a$ (mm)	主桁間隔 $b$ (mm)
9	9.80665	<del>645380</del>	<del>380645</del>

端部桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の受圧幅 $b_1$ (mm)	端部桁負担荷重 $w_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )
$3.77 \times 10^{-3}$	<del>1900</del> <del>190</del> <del>10<sup>3</sup></del>	0.716	$1.245 \times 10^5$

端部桁の端部ウェブ断面積 $A_{w1}$ (mm <sup>2</sup> )	中間桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁の受圧幅 $b_2$ (mm)	中間桁負担荷重 $w_2$ (N/mm <sup>2</sup> )
$9.000 \times 10^2$	$3.77 \times 10^{-3}$	380	1.433

中間桁の断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	中間桁の端部ウェブ断面積 $A_{w2}$ (mm <sup>2</sup> )	端部桁に作用する単位面積当たりの荷重 $q_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	端部桁の受圧幅 $b_3$ (mm)
$1.388 \times 10^5$	$8.640 \times 10^{22}$	$3.77 \times 10^{-3}$	645

NT2 補② V-2-10-2-5-3 R4

表 5-6 S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件 (2/2)

端桁の断面係数 $Z_3$ ( $\text{mm}^3$ )	端桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w3}$ ( $\text{mm}^2$ )	補助桁に作用する単 位面積あたりの荷重 $q_4$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	補助桁の断面係数 $Z_4$ ( $\text{mm}^3$ )
$2.0235 \times 10^5$	$1.482 \times 10^{53}$	$3.77 \times 10^{-3}$	$2.0543.542 \times 10^4$

補助桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w4}$ ( $\text{mm}^2$ )	スキンプレートの評 価に用いる辺長比 (b/a)による係数 $k$ (-)	スキンプレートに作用 する単位面積 あたりの荷重 $q_5$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	スキンプレートの 板厚 $t$ ( $\text{mm}$ )
$2.790 \times 10^2$	47.8204	$3.77 \times 10^{-3}$	13

スキンプレートの評 価に用いる応力の補 正係数 $\gamma$ (-)	ブラケットの材質	ブラケット幅 $b_{bu}$ ( $\text{mm}$ )	ブラケット長さ $L_{bu}$ ( $\text{mm}$ )
0.8	SUS316L	140	145

ブラケットの板厚 $t_{bu}$ ( $\text{mm}$ )	ブラケットの ピン穴部断面積 $A_{bu}$ ( $\text{mm}^2$ )	ピンの材質	ピンの軸受幅 $b_p$ ( $\text{mm}$ )
22	$96.600 \times 10^{42}$	SUS316L	50

ピンの支持間隔 $L_p$ ( $\text{mm}$ )	ピンの断面積 $A_p$ ( $\text{mm}^2$ )
86	$2.827 \times 10^3$

NT2 補② V-2-10-2-5-3 R4

6. 評価結果

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。評価結果から、S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は、許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 6-1 耐震評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
浸水防止蓋	主桁	端部桁	曲げ	2	180
			せん断	<del>21</del>	105
			組合せ*1	<del>43</del>	198
		中間桁	曲げ	2	180
			せん断	1	105
			組合せ*1	3	198
		端部桁	曲げ	1	180
			せん断	2	105
			組合せ*1	4	198
	補助桁	曲げ	1	180	
		せん断	1	105	
		組合せ*1	2	198	
	スキンプレート		曲げ	2	180
固定ボルト			引張	1	135
			せん断	3	75
			組合せ*2	6	148
ヒンジ	ブラケット	曲げ	1	135	
		せん断	1	75	
		組合せ*1	2	148	
	ピン	曲げ	<del>12</del>	135	
		せん断	1	75	
		組合せ*1	<del>23</del>	148	

注記 \*1：曲げとせん断の組合せ応力

\*2：引張とせん断の組合せ応力

2.5 記号の説明

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm <sup>2</sup>
I	解析モデルの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
m	解析モデルの単位長さ当たりの質量	kg/mm
L	解析モデルの長さ	mm

表 2-3 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号 (1/3)

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$\sigma_v$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_u$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_a$	許容圧縮・引張・曲げ応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_a$	許容せん断応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm <sup>2</sup>
$K_{Hsd}$	弾性設計用地震動 $S_d$ による水平方向の設計震度	—
$K_{Vsd}$	弾性設計用地震動 $S_d$ による鉛直方向の設計震度	—
$W_0$	海水の密度	kg/m <sup>3</sup>
h	津波荷重水位 (T.P. +)	m
q	津波時静水圧	N/mm <sup>2</sup>
$I_{Hsd}$	余震による水平方向地震荷重	N
$I_{Hsd}$	余震による鉛直方向地震荷重	N
$m_D$	蓋の質量	kg
$m_s$	積雪荷重による質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm <sup>2</sup>
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	N・mm
B	荷重の作用幅	mm
L	支間	mm

注記 \* : F は安全率

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-3 R2

表 2-3 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号 (3/3)

記号	記号の説明	単位
$C_D$	抗力係数	—
$\rho$	海水の密度	kg/m <sup>3</sup>
$U$	緊急用海水ポンプピットにおける津波の最大流速 (鉛直方向)	m/s
$q_1$	端部桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
$w_1$	端部桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
$Z_1$	端部桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_{w1}$	端部桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$q_2$	中間桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
$w_2$	中間桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
$Z_2$	中間桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_{w2}$	中間桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$q_3$	端桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
$w_3$	端桁負担荷重	N/mm <sup>2</sup>
$Z_3$	端桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_{w3}$	端桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$q_4$	補助桁に作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
$Z_4$	補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_{w4}$	補助桁の端部ウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
$q_5$	スキンプレートに作用する単位面積あたりの荷重	N/mm <sup>2</sup>
$n$	固定ボルトの本数	本

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	解析モデルの断面 二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )	解析モデルの単位 長さ当たりの質量 m (kg/mm)	解析モデルの長さ L (mm)
2.06 × 10 <sup>5</sup>	1.4091.229 × 10 <sup>8</sup>	0.67348	1320

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は、0.05 s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	187.75
固有周期 (s)	0.0056

## 5.5 計算方法

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度評価は、津波荷重や余震荷重による各部材の発生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

### 5.5.1 荷重の設定

荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。以下の荷重条件にて応力計算を実施する。

#### (1) 固定荷重 (D)

蓋の自重は突き上げ津波荷重を緩和する方向に作用することから、考慮しない。ただし、余震による水平地震力を求めるに当たって、固定荷重として蓋の自重を考慮する。

#### (2) 突き上げ津波荷重 (P<sub>t</sub>)

突き上げ津波荷重は、蓋に下側から作用するものとする。

#### (3) 余震荷重 (S<sub>d</sub>)

余震荷重 S<sub>d</sub>は、蓋の設置位置における水平方向の地震荷重を考慮する。

### 5.5.2 応力計算

#### (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は、荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。浸水防止蓋を構成するスキンプレート、主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成28年3月）」に規定される計算式を用いる。

$$\text{(曲げモーメント (主桁：端部桁, 中間桁)) } M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$$

$$\text{(曲げモーメント (主桁：端桁)) } M = \frac{w \cdot (a_2^2 - 4a_1^2)}{8}$$

$$\text{(曲げモーメント (補助桁)) } M = \frac{w \cdot a^3}{12}$$

$$\text{(せん断力 (主桁：端部桁, 中間桁)) } S = \frac{w \cdot B}{2}$$

$$\text{(せん断力 (主桁：端桁)) } S = \frac{w \cdot B}{2}$$

$$\text{(せん断力 (補助桁)) } S = \frac{w \cdot a^2}{4}$$

5.6 計算条件

(1) 強度評価に用いるSA用海水ピット開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件を表5-9に示す。

表5-9 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件 (1/2)

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 m <sub>D</sub> (kg)	蓋の幅 B <sub>o</sub> (mm)	蓋の長さ L <sub>o</sub> (mm)
SM400	8.890×10 <sup>2</sup>	1.96×10 <sup>3</sup>	1.320×10 <sup>3</sup>

支間 L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )
<del>1.240</del> 1.320×10 <sup>3</sup>	SUS316L	36	8.76264×10 <sup>2</sup>

固定ボルトの本数 n (本)	重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )	補助桁間隔 a (mm)	主桁間隔 b (mm)
9	9.80665	<del>645</del> 380	<del>380</del> 645

端部桁の受圧幅 b <sub>1</sub> (mm)	端部桁の断面係数 Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	端部桁の端部ウェブ 断面積 A <sub>w1</sub> (mm <sup>2</sup> )	中間桁の受圧幅 b <sub>2</sub> (mm)
<del>1900</del> 190×10 <sup>3</sup>	1.2457×10 <sup>5</sup>	9.000×10 <sup>3</sup> <sup>32</sup>	380

中間桁の断面係数 Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	中間桁の端部ウェブ 断面積 A <sub>w2</sub> (mm <sup>2</sup> )	<del>端部に作用する単位 面積あたりの荷重 σ<sub>s</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</del>	端部桁の受圧幅 b <sub>3</sub> (mm)
1.388×10 <sup>5</sup>	8.640×10 <sup>3</sup> <sup>32</sup>	<del>3.77×10<sup>3</sup></del>	645

NT2 補② V-3-別添3-2-4-3 R2

表 5-9 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件 (2/2)

端桁の断面係数 $Z_3$ (mm <sup>3</sup> )	端桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w3}$ (mm <sup>2</sup> )	<del>補助桁に作用する単位面積あたりの荷重</del> <del><math>\frac{F}{A}</math></del> <del><math>=(N/mm^2)</math></del>	補助桁の断面係数 $Z_{w4}$ (mm <sup>3</sup> )
2.0235 × 10 <sup>5</sup>	1.482 × 10 <sup>63</sup>	<del>3.77 × 10<sup>63</sup></del>	2.0543-542 × 10 <sup>64</sup>

補助桁の端部ウェブ 断面積 $A_{w4}$ (mm <sup>2</sup> )	スキンプレートの評価に用いる辺長比 (b/a)による係数 k (-)	スキンプレートの板厚 t (mm)	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数 γ (-)
2.790 × 10 <sup>2</sup>	47.01	13	0.8

ブラケットの材質	ブラケット幅 $b_{bu}$ (mm)	ブラケット長さ $L_{bu}$ (mm)	ブラケットの板厚 $t_{bu}$ (mm)
SUS316L	140	145	22

ブラケットのピン穴 部断面積 $A_{bu}$ (mm <sup>2</sup> )	ピンの材質	ピンの軸受幅 $b_p$ (mm)	ピンの支持間隔 $L_p$ (mm)
<del>96.600 × 10<sup>42</sup></del>	SUS316L	50	86

ピンの断面積 $A_p$ (mm <sup>2</sup> )	抗力係数 $C_D$	海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	海水の単位体積 質量 $W_0$ (N/mm <sup>3</sup> )
2.827 × 10 <sup>3</sup>	2.01	1030	1.01 × 10 <sup>-45</sup>

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-3 R2

(2) 強度評価に用いるSA用海水ピット開口部浸水防止蓋の津波荷重に関する計算条件  
SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の津波荷重に関する計算条件を表5-10に示す。

表5-10 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の津波荷重にかかわる計算条件

対象の津波	津波荷重水位 h (T.P. +m)	SA用海水ピットに おける津波の最大流 速（鉛直方向） U (m/s)	端部桁負担 <del>過</del> 荷重 w <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	12.0	2.0	23.8 <del>0.716</del>
敷地に遡上する津波	12.0	2.0	23.8 <del>0.716</del>

対象の津波	端部桁に作用する単位 面積あたりの荷重 q <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁負担荷重 w <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	中間桁に作用する単 位面積あたりの荷重 q <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>	47.6 <del>63.7</del>	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>
敷地に遡上する津波	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>	47.6 <del>63.7</del>	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>

対象の津波	端桁に作用する単位面 積あたりの荷重 q <sub>3</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	端桁負担荷重 w <sub>3</sub> (N/mm)	補助桁に作用する単位 面積あたりの荷重 q <sub>4</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	0.125	80.8	0.125
敷地に遡上する津波	0.125	80.8	0.125

対象の津波	スキンプレートに 作用する単位面積 当たりの荷重 q <sub>5</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基準津波	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>
敷地に遡上する津波	0.125 <del>3.77×10<sup>-3</sup></del>

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-3 R2

6. 評価結果

(1) 基準津波と余震による重畳時

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-1 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 重畳時における評価部位の応力評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
浸水防止 蓋	主桁	端部桁	曲げ	<del>3738</del>	180
			せん断	16	105
			組合せ*1	<del>4748</del>	198
		中間桁	曲げ	<del>6668</del>	180
			せん断	<del>3233</del>	105
			組合せ*1	<del>8789</del>	198
		端部桁	曲げ	<del>3233</del>	180
			せん断	<del>5354</del>	105
			組合せ*1	<del>98100</del>	198
	補助桁	曲げ	<del>2829</del>	180	
		せん断	17	105	
		組合せ*1	<del>4142</del>	198	
	スキンプレート		曲げ	<del>4142</del>	180
固定ボルト			引張	<del>5354</del>	135
			せん断	2	75
			組合せ*2	<del>5455</del>	148
ヒンジ	ブラケット	曲げ	<del>1314</del>	135	
		せん断	<del>3031</del>	75	
		組合せ*1	<del>5456</del>	148	
	ピン	曲げ	<del>5758</del>	135	
		せん断	<del>1415</del>	75	
		組合せ*1	64	148	

注記 \*1：曲げとせん断の組合せ応力

\*2：引張とせん断の組合せ応力

NT2 補② V-3-別添 3-2-4-3 R2

(2) 敷地に遡上する津波と余震による重畳時

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-2 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-2 重畳時における評価部位の応力評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
浸水防 止蓋	主桁	端部桁	曲げ	<del>3738</del>	228
			せん断	16	133
			組合せ*1	<del>4748</del>	228
		中間桁	曲げ	<del>6668</del>	228
			せん断	<del>3233</del>	133
			組合せ*1	<del>8789</del>	228
		端部桁	曲げ	<del>3233</del>	228
			せん断	<del>5354</del>	133
			組合せ*1	<del>98100</del>	228
	補助桁	曲げ	<del>2829</del>	228	
		せん断	17	133	
		組合せ*1	<del>4142</del>	228	
	スキンプレート		曲げ	<del>4142</del>	228
	固定ボルト			引張	<del>5354</del>
せん断				2	95
組合せ*2				<del>5455</del>	171
ヒンジ	ブラケット	曲げ	<del>1314</del>	171	
		せん断	<del>3021</del>	95	
		組合せ*1	<del>5456</del>	171	
	ピン	曲げ	<del>5758</del>	171	
		せん断	<del>1415</del>	95	
		組合せ*1	64	171	

注記 \*1：曲げとせん断の組合せ応力

\*2：引張とせん断の組合せ応力

(1) 止水ゴムの変形性評価

止水ゴムの変形性評価結果を表 5-29 に示す。

貯留堰鋼管矢板と貯留堰取付護岸が離れる側に相対変位した場合の最大相対変位が許容限界以下であることを確認した。

表 5-29 止水ゴムの変形性評価結果

	変位 (cm)					
	$\delta x(+, -)$		$\delta y(+, -)$		$\delta z(+, -)$	
	+	-	+	-	+	-
解析値	46.7	21.2	25.9	3.6	25.9	4.2
裕度	-	-	26.1	-	-	-
(※2) 設計用値	47.0	22.0	(※1) 52.0	4.0	26.0	5.0 <del>0.0</del>
オフセット距離 (cm)	(※3) 13.0		-		-	-
各成分の変位量 (cm)	(※4) 35.0		56.0		26.0	
合成変位量 (cm) (設計変位)	71.0					
許容限界 (cm)	105.0					

※1：変形時に止水ゴムと鋼材が干渉しないために必要な裕度 (26.1cm) を考慮したY方向の初期離隔とする。

※2：設計用値は必要な裕度を考慮したうえで、解析値をcm単位で切り上げた値とする。

※3： $\delta x(+, -)$ について、合計変位量が大きい本震時の+方向と-方向の値から中間地点を求め、法線方向の止水ゴム設置位置 (オフセット距離) を決定する。

- ・中間地点： $(47\text{cm}+22\text{cm}) / 2 = 34.5\text{cm}$
- ・オフセット距離： $47\text{cm}-34.5\text{cm} = 12.5\text{cm} \rightarrow 13\text{cm}$  (+方向)

※4：+方向へのオフセット距離13cmと-方向の設計用値22cmの和、及び+方向の設計用値47cmと+方向へのオフセット距離13cmの差を比較して、より大きい値が保守側となる。

NT2 補② V-2-10-4-4-1 R2

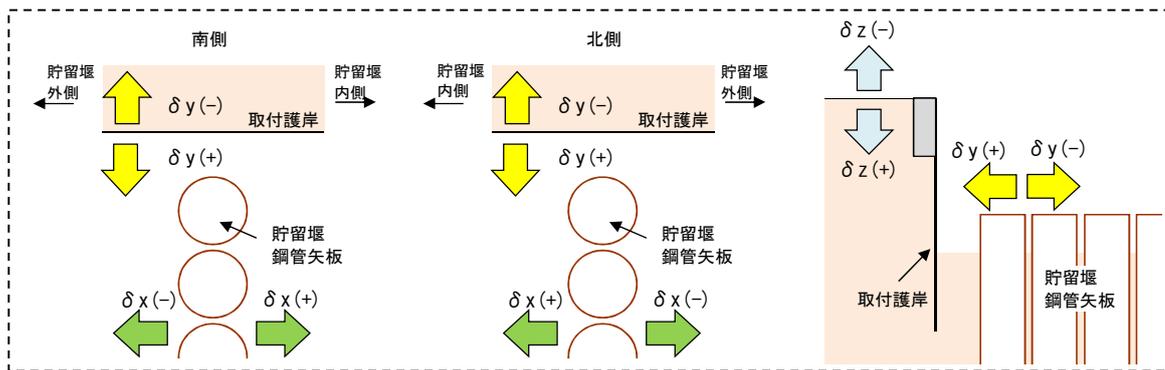


図 5-2 変位方向の定義 (再掲)

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する代替淡水貯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、代替淡水貯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、耐震設計に用いる応答値は、この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

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。

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表

	設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
	耐震クラス <del>*4</del>	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
非常用取水設備	取水構造物	有*2	資料*3 V-2-2-7	常設／防止	—	資料*3 V-2-2-7
	S A用海水ピット	—	資料*3 V-2-2-33	常設／防止 常設／緩和	—	資料*3 V-2-2-33
	緊急用海水ポンプピット	—	資料*3 V-2-2-35	常設／防止 常設／緩和	—	資料*3 V-2-2-35
	S A用海水ピット取水塔	—	資料 V-2-10-4-2	常設／防止	—	資料 V-2-10-4-2
	海水引込み管	—	資料 V-2-10-4-3	常設／防止 常設／緩和	—	資料 V-2-10-4-3
	貯留堰	—	資料 V-2-10-4-4	常設 <del>耐震</del> ／防止 常設／緩和	—	資料 V-2-10-4-4
	緊急用海水取水管	—	資料 V-2-10-4-5	常設／防止 常設／緩和	—	資料 V-2-10-4-5

注記 \*1: ~~「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備~~、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故

防止設備, 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2: 質点系モデルにて動的解析を実施。

\*3: 耐震評価は, V-2-2「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」に記載する。

~~\*4: 設計基準対象施設であり, かつ重大事故等対処設備である設備については, ( )内に当該設備及び耐震クラスを記載する。~~

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 $S_s$	耐震壁*2	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 $S_s$	耐震壁*2	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$

注記 \*1:「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

\*2: 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

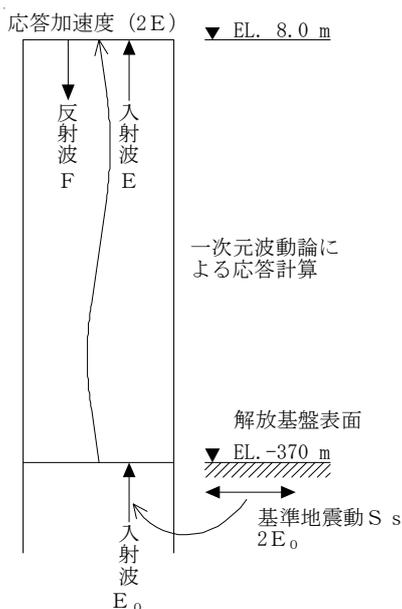


図 3-5 地盤応答の概念図 (水平方向)

表 3-10 (1/3) 地盤の最大応答加速度(基本ケース, 水平方向)

(cm/s<sup>2</sup>)

標高	方向	S <sub>s</sub> -D 1	S <sub>s</sub> -1 1	S <sub>s</sub> -1 2	S <sub>s</sub> -1 3	S <sub>s</sub> -1 4	S <sub>s</sub> -2 1	S <sub>s</sub> -2 2	S <sub>s</sub> -3 1
地表面 EL. 8.0 m	NS	689	524	559	547	373	886	817	738
	EW		455	330	352	311	635	681	
建屋 基礎下 EL. -9.0 m	NS	408	302	295	300	246	452	344	444
	EW		269	254	260	215	268	307	

表 3-10 (2/3) 地盤の最大応答加速度(+σ相当, 水平方向)

(cm/s<sup>2</sup>)

標高	方向	S <sub>s</sub> -D 1	S <sub>s</sub> -2 1	S <sub>s</sub> -2 2	S <sub>s</sub> -3 1
地表面 EL. 8.0 m	NS	715	946	931	717
	EW		693	777	
建屋 基礎下 EL. -9.0 m	NS	431	504	420	495
	EW		330	362	

表 3-10 (3/3) 地盤の最大応答加速度(-σ相当, 水平方向)

(cm/s<sup>2</sup>)

標高	方向	S <sub>s</sub> -D 1	S <sub>s</sub> -2 1	S <sub>s</sub> -2 2	S <sub>s</sub> -3 1
地表面 EL. 8.0 m	NS	646	767	692	760
	EW		523	595	
建屋 基礎下 EL. -9.0 m	NS	382	348	316	310
	EW		245	263	

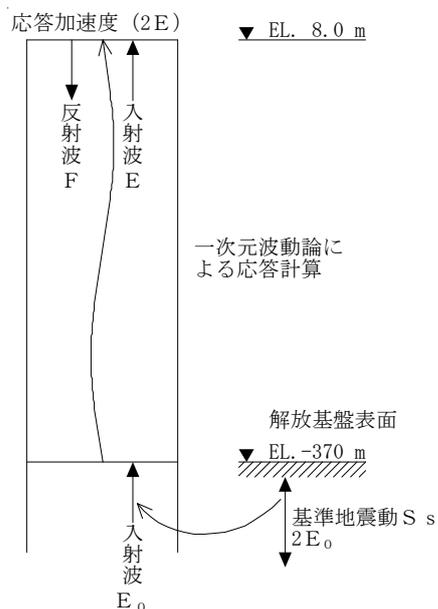


図 3-8 地盤応答の概念図 (UD 方向)

表 3-11 (1/3) 地盤の最大応答加速度(基本ケース, UD 方向)

標高	方向	$S_s-D1$	$S_s-11$	$S_s-12$	$S_s-13$	$S_s-14$	$S_s-21$	$S_s-22$	$S_s-31$
地表面 EL. 8.0 m	UD	676	664	691	724	493	823	786	326
建屋基礎下 EL. -9.0 m	UD	381	363	377	361	303	452	470	186

(cm/s<sup>2</sup>)

表 3-11 (2/3) 地盤の最大応答加速度(+σ相当, UD 方向)

標高	方向	$S_s-D1$	$S_s-21$	$S_s-22$	$S_s-31$
地表面 EL. 8.0 m	UD	705	865	893	345
建屋基礎下 EL. -9.0 m	UD	372	474	499	198

(cm/s<sup>2</sup>)

表 3-11 (3/3) 地盤の最大応答加速度(-σ相当, UD 方向)

標高	方向	$S_s-D1$	$S_s-21$	$S_s-22$	$S_s-31$
地表面 EL. 8.0 m	UD	624	803	689	329
建屋基礎下 EL. -9.0 m	UD	376	402	427	163

(cm/s<sup>2</sup>)

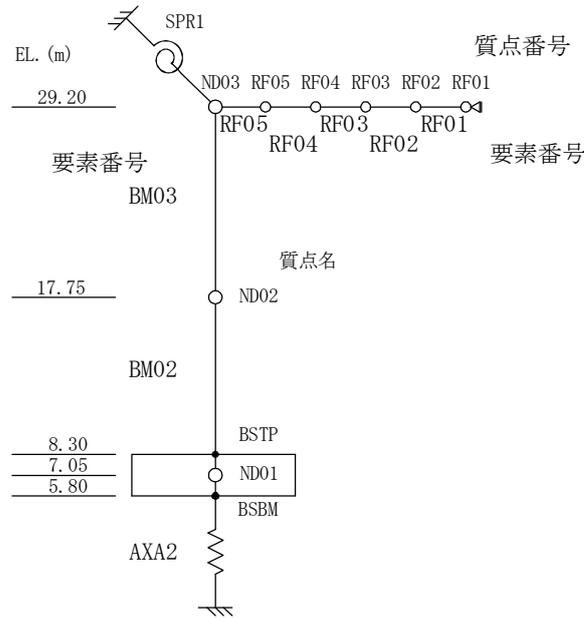


図 3-9 地震応答解析モデル (UD 方向)

表 3-37 地震応答解析モデル諸元 (UD 方向)

外壁部					屋根トラス部									
標高 EL. (m)	質点 番号	重量 (kN)	要素 番号	軸断面積 (m <sup>2</sup> )	標高 EL. (m)	スパン方向 (m)	質点 番号	重量 (kN)	要素 番号	せん断 断面積 (×10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> )	断面 2 次 モーメント (m <sup>4</sup> )			
29.20	ND03	3140	—	—	29.20	12.125	RF01	240	—	—	—			
			BM03	9.42					RF01	1.82	0.190			
17.75	ND02	5320	BM02	15.46					9.700	RF02	480	RF02	2.58	0.190
			—	—					7.275	RF03	480	RF03	2.58	0.190
7.05	ND01	21210	—	—					4.850	RF04	480	RF04	3.43	0.190
			—	—					2.425	RF05	480	RF05	3.43	0.190
			—	—					0.000	ND03	—	—	—	—

注 : トラス端部回転拘束ばね  
 $SPR1 = 1.69 \times 10^7$  (kN・m/rad)

- $N_b$  :  $=0.22 \cdot (1+g_1) \cdot b \cdot D \cdot F_c$  (N)  
 $N$  : 軸力 (N)  
 $a_g$  : 主筋全断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $b$  : 断面幅 (=1000 mm)  
 $D$  : 断面せい (mm)  
 $\sigma_y$  : 主筋降伏強度 (=390×1.1 N/mm<sup>2</sup>=429 N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (=23.5 N/mm<sup>2</sup>)  
 $g_1$  : 引張筋重心と圧縮筋重心との距離の全せいに対する比

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「技術基準解説書」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に計算した終局せん断耐力を超えないことを確認する。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.068 \cdot p_t^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{\sigma_{wy} \cdot p_w} + 0.1 \cdot \sigma_0 \right\} b \cdot j$$

- ここで、 $Q_{su}$  : 終局せん断耐力 (N)  
 $b$  : 幅 (=1000 mm)  
 $d$  : 有効せい (mm)  
 $j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)  
 $p_t$  : 引張鉄筋比 (%)  
 $p_w$  : せん断補強鉄筋比 (小数)  
 $\sigma_{wy}$  : せん断補強鉄筋の降伏強度 (=345×1.1 N/mm<sup>2</sup> =379.5 N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_0$  : 全断面積に対する平均軸方向応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (=23.5 N/mm<sup>2</sup>)  
 $M/Q$  : 強度算定断面におけるモーメント  $M$  とせん断力  $Q$  の比 (mm)  
 (ただし、 $1 \leq M/(Q \cdot d) \leq 3$ )

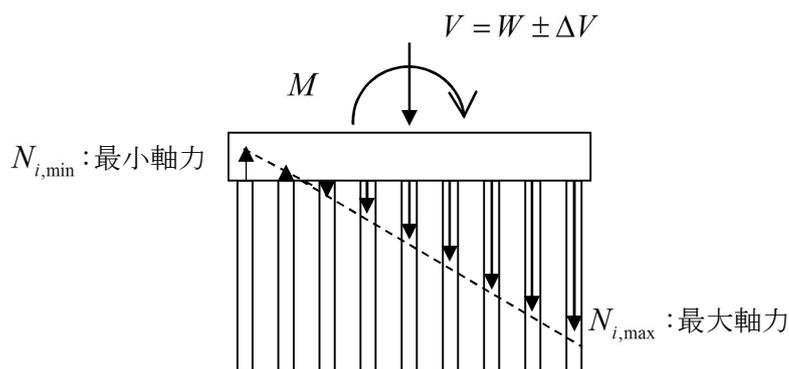
3次元FEMモデルを用いた応力の算定において、FEM要素に応力集中等が見られる場合については、「RC-N規準」に基づき、応力の再配分等を考慮して、ある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

なお、断面の評価には、解析コード「SCARC ver.2014」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-38 計算機プログラム(解析コード)の概要・SCARC」に示す。

(2) 杭1本に作用する軸力

杭の軸力算定モデルを図3-4に示す。杭の軸力は、基礎スラブを剛体、基礎スラブ下の杭反力分布を三角形分布と仮定し、使用済燃料乾式貯蔵建屋の転倒モーメントを軸力に換算して、鉛直地震力による軸力及び建屋総重量から求まる軸力を組み合わせて算定する。得られた杭の軸力が、極限支持力及び残留引抜き抵抗力を超えないことを確認する。

極限支持力及び残留引抜き抵抗力は、鉛直載荷試験及び引抜き試験から得られた試験結果に基づき設定し、表3-20に示す。



$$N_i = \frac{V}{n} + \frac{M}{\sum_j X_j^2} \cdot X_i$$

ここで、

- $N_i$  : i 番目の杭の軸力 (N)
- $V$  : 建屋基礎版底面における軸力  $V = W \pm \Delta V$  (N)
- $W$  : 建屋総重量 (N)
- $\Delta V$  : 鉛直方向応答解析で得られる鉛直地盤ばね反力 (N)
- $M$  : 建屋基礎版底面における転倒モーメント (地盤回転ばね反力) (N・mm)
- $n$  : 杭本数 (本)
- $X_i$  : i 番目の杭の杭群図心線からの距離 (mm)

図3-4 杭の軸力算定モデル

表3-20 杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力

極限支持力	残留引抜き抵抗力
2740 kN/本	840 kN/本

$$M_p = M_{p0} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot N}{2N_y}\right)$$

$$M_{p0} = 4r^2 \cdot t \cdot \sigma_y$$

$$N_y = 2\pi \cdot r \cdot t \cdot \sigma_y$$

$$\phi_y' = \frac{M_p}{E_s \cdot I_e}$$

ここで、

- $M_p$  : 杭断面に作用する軸力  $N$  を考慮した全塑性モーメント (N・mm)
- $M_{p0}$  : 軸力 0 の時の全塑性モーメント (N・mm)
- $N$  : 軸力 (N)
- $N_y$  : 降伏圧縮限界耐力 (N)
- $r$  : 杭の半径 (板厚中心線の半径) (mm)
- $t$  : 腐食しろを除いた杭体の厚さ (mm)
- $\sigma_y$  : 鋼材の降伏応力度で、JIS 適合品を用いるため、設計基準強度  $F$  の 1.1 倍以下に基づく数値 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\phi_y'$  : 全塑性モーメントに至る時の曲率 (1/mm)
- $E_s \cdot I_e$  : 杭体の弾性時曲げ剛性 (N・mm<sup>2</sup>)

終局曲率  $\phi_u$  は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき次式により算定する。

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{max}}{r \left[ 1 + \sin\left(\frac{\pi N}{2N_y}\right) \right]}$$

$$\varepsilon_{max} = 0.22 \frac{t}{r}$$

ここで、 $\phi_u$  : 軸力  $N$  を考慮した終局曲率 (1/mm)

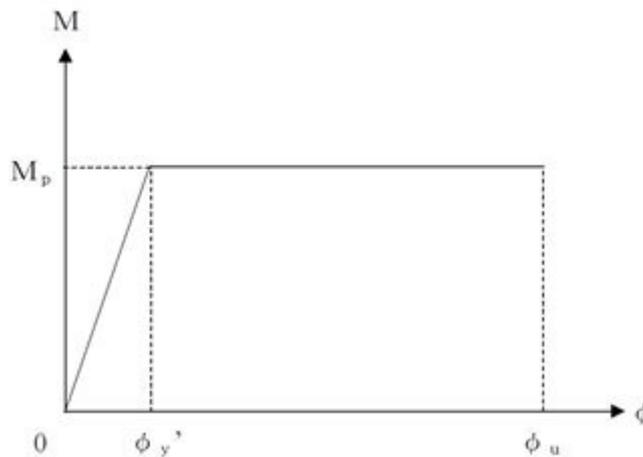


図 3-6 杭の  $M - \phi$  関係

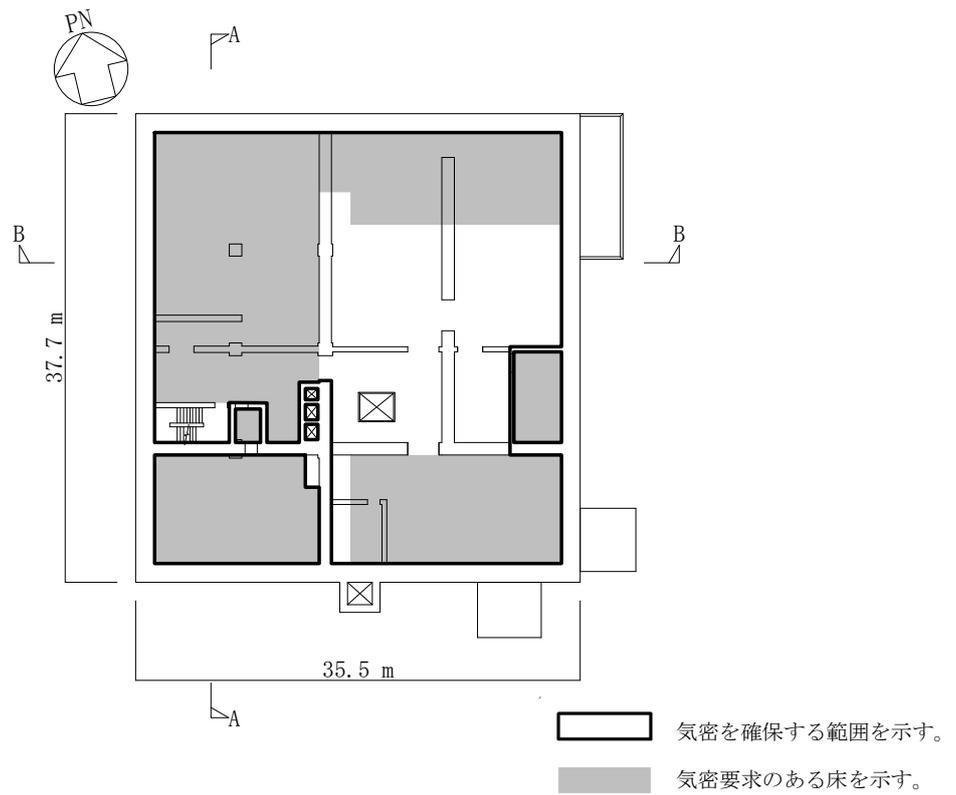


図 2-6 (3/7) 気密性を確保する範囲 (3 階平面図 : EL. 37.0 m)

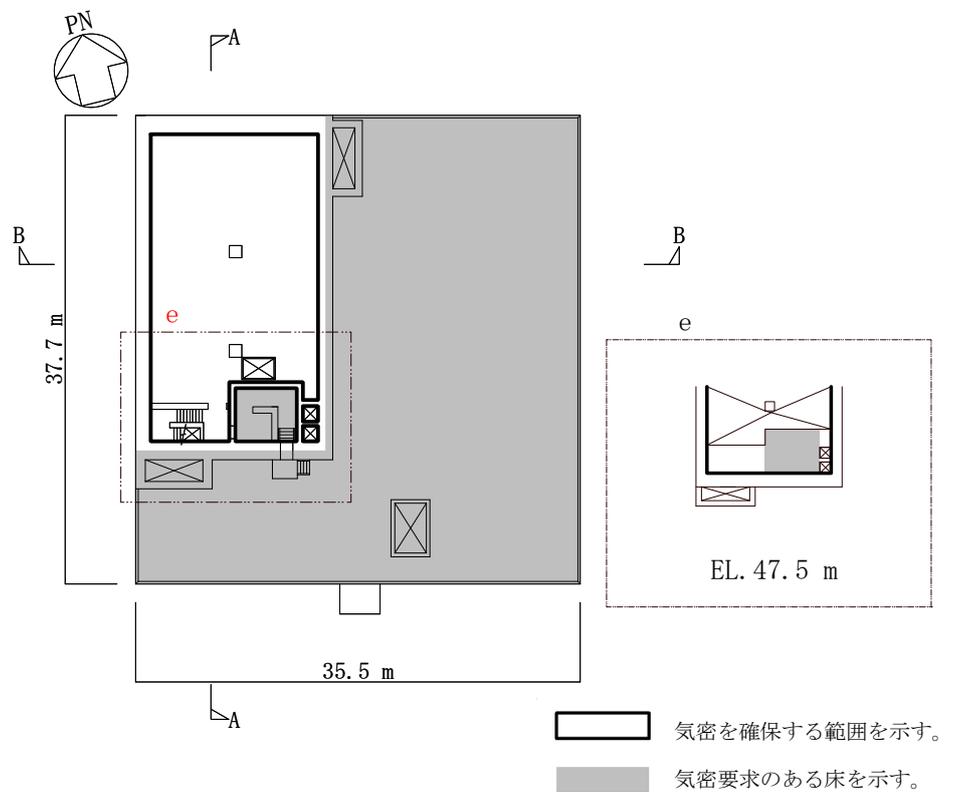


図 2-6 (4/7) 気密性を確保する範囲 (4 階平面図 : EL. 43.5 m)

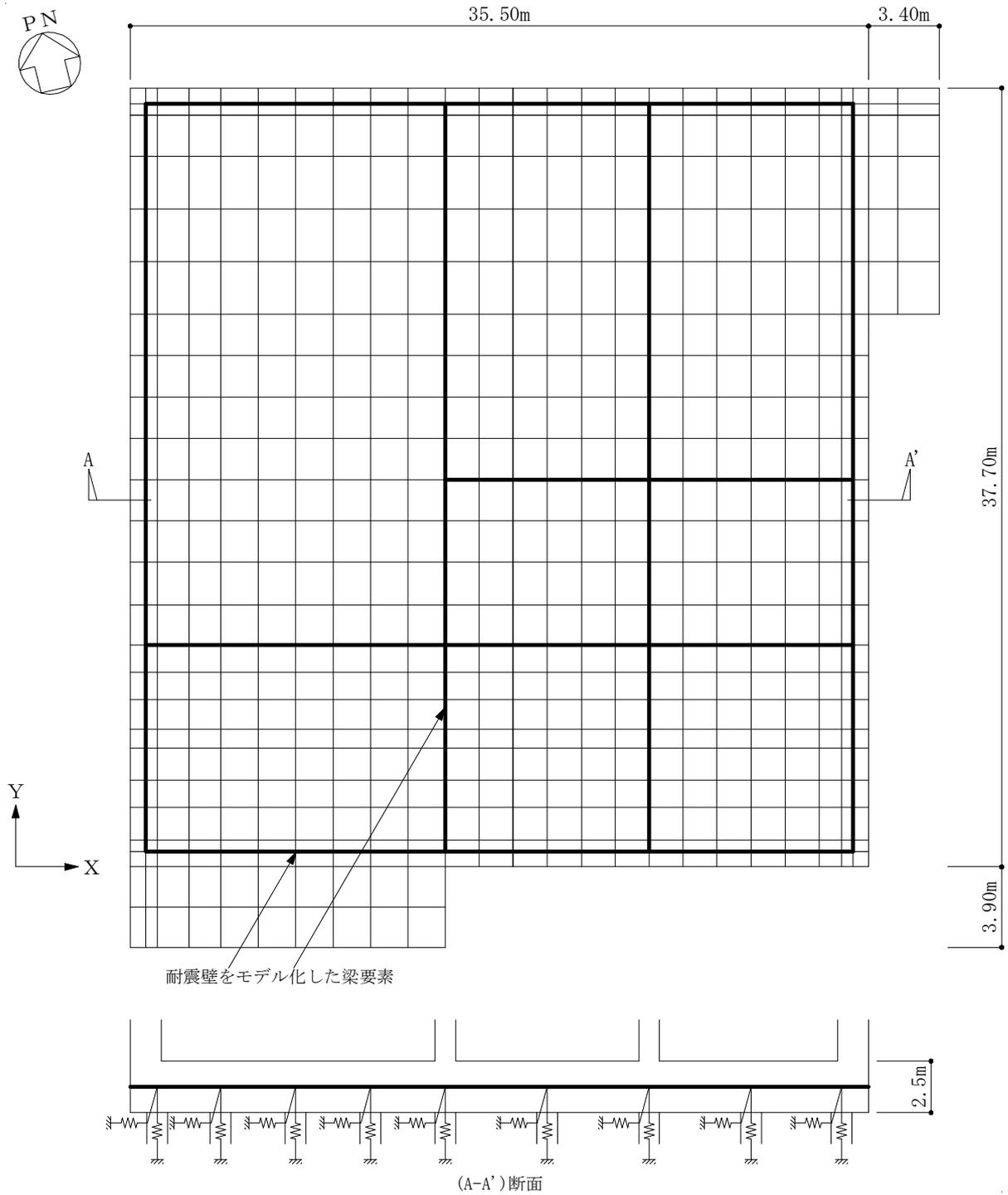


図 4-4 解析モデル

表 4-15 コンクリートの物性値

諸元		物性値
設計基準強度	$F_c$	$30.0 \text{ N/mm}^2$
ヤング係数	$E_c$	$2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
ポアソン比	$\nu$	0.2

(2) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の基礎スラブに作用する応力は、「4.2.1 荷重」に示す各荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

(3) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-16 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 - 2008 ((社) 日本電気協会, 2008 年)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。

表 4-16 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
$S_s$ 地震時	1-1	$G+E+P+S+1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	1-2	$G+E+P+S+1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	1-3	$G+E+P+S-1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	1-4	$G+E+P+S-1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	1-5	$G+E+P+S+1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	1-6	$G+E+P+S+1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	1-7	$G+E+P+S-1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	1-8	$G+E+P+S-1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	1-9	$G+E+P+S+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	1-10	$G+E+P+S-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	1-11	$G+E+P+S+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	1-12	$G+E+P+S-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	1-13	$G+E+P+S+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	1-14	$G+E+P+S-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	1-15	$G+E+P+S+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	1-16	$G+E+P+S-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$

注 :  $K_{SEW}$ は東向きを,  $K_{SNS}$ は北向きを,  $K_{SUD}$ は上向きをそれぞれ正とする。

表 5-3 評価結果

評価項目				要素 番号	荷重の 組合せ ケース	解析 結果	許容値	備考
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	部材厚 2.5 m	10708	1-3	0.448	1.00	引張鉄筋
		必要鉄筋量/配筋量	部材厚 2.2 m	11924	1-3	0.380	1.00	引張鉄筋
		必要鉄筋量/配筋量	部材厚 5.7 m	12411	1-2	0.308	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	部材厚 2.5 m	10417	1-2	0.440	1.00	引張鉄筋
		必要鉄筋量/配筋量	部材厚 2.2 m	12020	1-5	0.399	1.00	引張鉄筋
		必要鉄筋量/配筋量	部材厚 5.7 m	12417	1-2	0.439	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 2.5 m	10819	1-1	0.990	3.10	せん断補強筋
		面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 2.2 m	11720	1-1	0.762	3.10	せん断補強筋
		面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 5.7 m	12319	1-1	0.637	1.18	コンクリート
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 2.5 m	10819	1-1	0.930	3.10	せん断補強筋
		面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 2.2 m	11819	1-1	0.690	3.10	せん断補強筋
		面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	部材厚 5.7 m	12219	1-1	0.517	1.18	コンクリート

### 3.4.2 杭に対する評価

杭の断面の評価は、解析により得られた曲げモーメント及びせん断力に対して行う。

場所打ち鋼管コンクリート杭に対する評価は、杭に生じる曲げモーメントが、杭軸力を考慮した場所打ち鋼管コンクリート杭の終局曲げモーメント以下であること、また、杭に生じるせん断力が、場所打ち鋼管コンクリート杭の短期許容せん断力以下であることを確認する。

杭軸力を考慮した場所打ち鋼管コンクリート杭の終局曲げモーメントは、「SRC規準」に従い下式により算定する。

$$\begin{aligned}
 N_u &= {}_cN_u + {}_sN_u \\
 M_u &= {}_cM_u + {}_sM_u \\
 {}_cN_u &= (\theta_n - \sin \theta_n \cdot \cos \theta_n) {}_cD_j^2 \cdot {}_c\sigma_{cB}/4 \\
 {}_cM_u &= \sin^3 \theta_n \cdot {}_cD_j^3 \cdot {}_c\sigma_{cB}/12 \\
 {}_sN_u &= \{ (\beta_1 \cdot \theta_n + \beta_2(\theta_n - \pi)) (1 - {}_st / {}_sD) \} {}_sD \cdot {}_st \cdot {}_s\sigma_y \\
 {}_sM_u &= (\beta_1 + \beta_2) \sin \theta_n \cdot (1 - {}_st / {}_sD)^2 / 2 \cdot {}_sD^2 \cdot {}_st \cdot {}_s\sigma_y
 \end{aligned}$$

ここで、

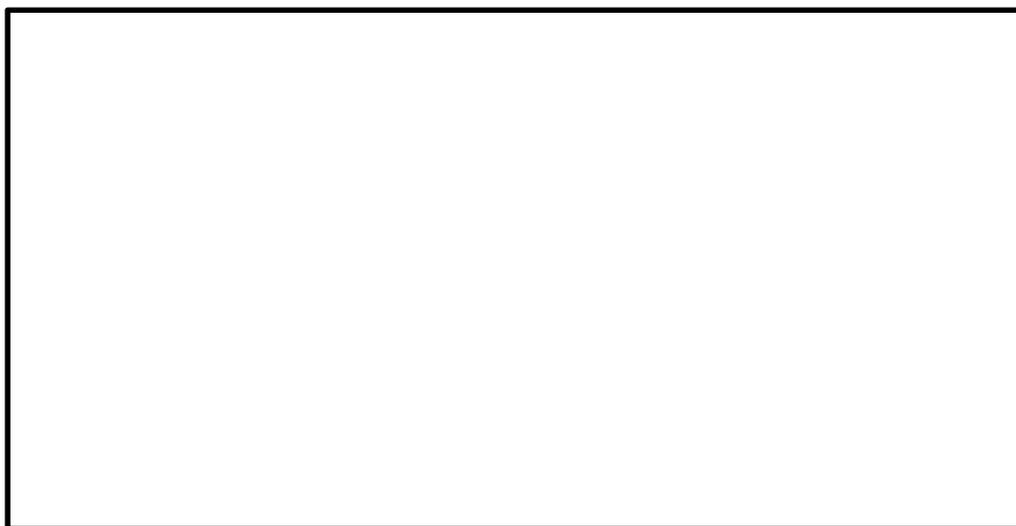
$$\begin{aligned}
 \theta_n &= \cos^{-1} (1 - 2x_{n1}) \\
 x_{n1} &= x_n / {}_cD_j \\
 {}_c\sigma_{cB} &= {}_c r_u \cdot F_c + 1.56 {}_st \cdot {}_s\sigma_y / ({}_sD - 2 {}_st) \\
 \beta_1 &= 0.89, \quad \beta_2 = 1.08 \\
 {}_c r_u &= 0.85
 \end{aligned}$$

- $N_u$  : 部材の終局圧縮耐力 (N)
- ${}_cN_u$  : コンクリート部分の終局圧縮耐力 (N)
- ${}_sN_u$  : 鋼管部分の終局圧縮耐力 (N)
- $M_u$  : 部材の終局曲げ耐力 (N・mm)
- ${}_cM_u$  : 充填コンクリート部分の終局曲げ耐力 (N・mm)
- ${}_sM_u$  : 鋼管部分の終局曲げ耐力 (N・mm)
- $\theta_n$  : 円形断面において中立軸位置を定める角 (°)
- ${}_cD_j$  : 充填コンクリート部分の径 (mm)
- ${}_c\sigma_{cB}$  : 円形鋼管の拘束効果を考慮した充填コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- ${}_st$  : 鋼管の厚さ (mm)
- ${}_sD$  : 鋼管の径 (mm)
- ${}_s\sigma_y$  : 鋼管の降伏応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

表 3-6 雰囲気温度（通常運転時）

荷重	通常運転時 (°C)
ドライウエル	66
原子炉ウエル	66
使用済燃料プール（水温）	52
蒸気乾燥器・ 気水分離器ピット	10 (40) *

注記 \*：蒸気乾燥器・気水分離器ピット内は  
原子炉建屋内の雰囲気温度と同一。  
カッコ内は夏季の温度を示す。



(a) 通常運転時（冬季）



(b) 通常運転時（夏季）

図 3-2 雰囲気温度

表 5-3 (1/3) 評価結果 (床スラブ①, 弾性設計用地震動  $S_d$ )

方 向		EW 方向	NS 方向
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		500 × 1000	
有効せい d (mm)		400	
配 筋	上 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
	下 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
発生曲げモーメント M (kN・m)		21.1	41.8
許容値 $M_A$ (kN・m)		173	173
検定値 $M/M_A$		0.13	0.25
発生せん断力 Q (kN)		69.4	78.6
せん断スパン比による割増係数 $\alpha$		2.00	1.72
許容値 $Q_A$ (kN)		742	638
検定値 $Q/Q_A$		0.10	0.13
判 定		可	可

表 5-5 (1/3) 評価結果 (床スラブ①, 基準地震動  $S_s$ )

方 向		EW 方向	NS 方向
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		500 × 1000	
有効せい d (mm)		400	
配 筋	上 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
	下 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
発生曲げモーメント M (kN・m)		25.8	50.9
許容値 $M_A$ (kN・m)		173	173
検定値 $M/M_A$		0.15	0.30
発生せん断力 Q (kN)		84.6	95.7
せん断スパン比による割増係数 $\alpha$		2.00	1.72
許容値 $Q_A$ (kN)		742	638
検定値 $Q/Q_A$		0.12	0.15
判 定		可	可

b. 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

原子炉建屋基礎盤に作用する常時土圧荷重は、J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版に基づき、下式を用いて算出した常時土圧により、地下外壁を介して作用する荷重及び基礎盤側面に直接作用する荷重である。地下外壁を介して作用する荷重は、各階床で支持された連続梁モデルとして評価する。

表 4-2 (1/2) に常時土圧を、表 4-2 (2/2) に常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>) を示す。

$$p_0 = K_0 \gamma z$$

ここで、

p<sub>0</sub> : 深さ z(m)における単位面積当たりの静止土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

K<sub>0</sub> : 静止土圧係数 (0.5)

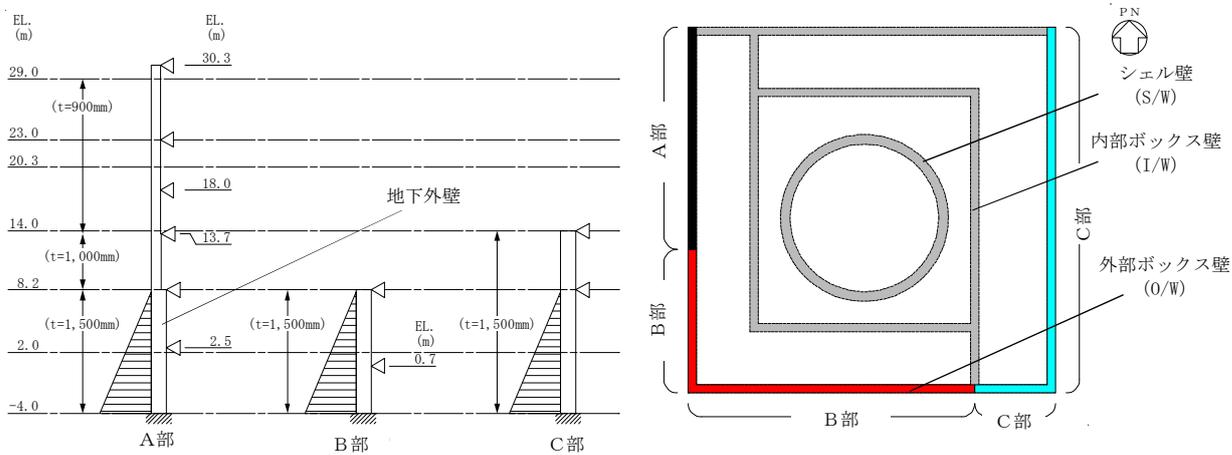
γ : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

表 4-2 (1/2) 常時土圧

EL. (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	設計用常時土圧 (kN/m <sup>2</sup> )
8.0	20.6	0.0
-4.0	20.6	123.6
-9.0	20.6	175.0

表 4-2 (2/2) 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

	NS 方向		EW 方向	
	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)
A部	—	—	1104	1273
B部	984	761	984	761
C部	1298	2397	1298	2397



◁: 床スラブ位置(支持点)

の配置概念図]

b. 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

原子炉建屋基礎盤に作用する常時土圧荷重は、J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版に基づき、下式を用いて算出した常時土圧により、地下外壁を介して作用する荷重及び基礎盤側面に直接作用する荷重である。地下外壁を介して作用する荷重は、各階床で支持された連続梁モデルとして評価する。

表 4-2 (1/2) に常時土圧を、表 4-2 (2/2) に常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>) を示す。

$$p_0 = K_0 \gamma z$$

ここで、

p<sub>0</sub> : 深さ z(m)における単位面積当たりの静止土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

K<sub>0</sub> : 静止土圧係数 (0.5)

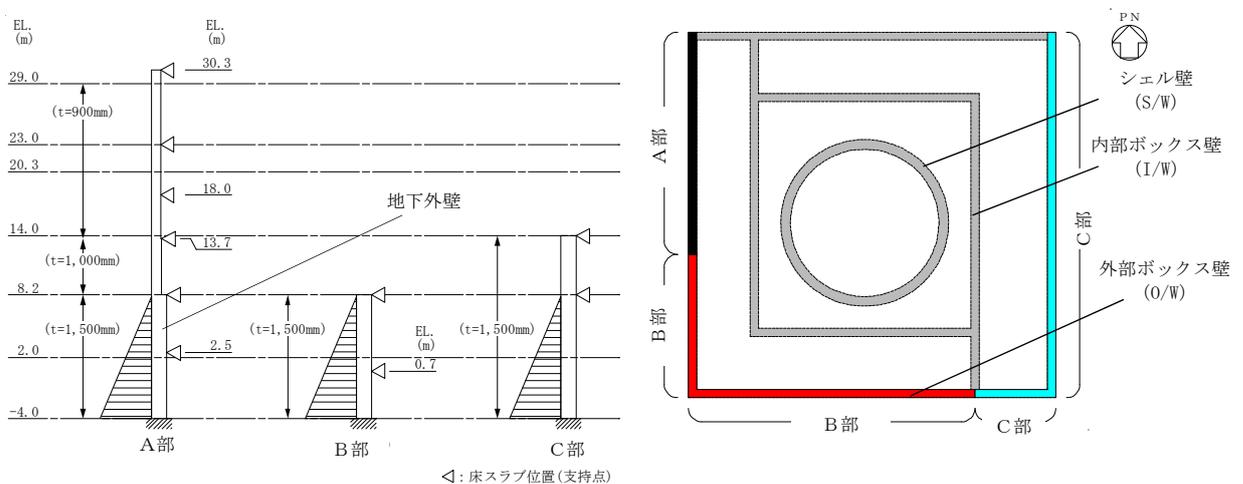
γ : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

表 4-2 (1/2) 常時土圧

EL. (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	設計用常時土圧 (kN/m <sup>2</sup> )
8.0	20.6	0.0
-4.0	20.6	123.6
-9.0	20.6	175.0

表 4-2 (2/2) 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

	NS 方向		EW 方向	
	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)
A部	—	—	1104	1273
B部	984	761	984	761
C部	1298	2397	1298	2397



◁: 床スラブ位置(支持点)

の配置概念図]

### 3.5 解析方法

#### 3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向（EW 方向）について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-7 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、剛基礎を有する多質点系のせん断ばねモデルとし、地震応答解析モデルの諸元を設定する。地震応答解析モデルを図 3-3 に、地震応答解析モデルの諸元を表 3-8 に示す。

せん断剛性及び復元力特性は、3次元FEMによる荷重増分解析に基づき設定する。

地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、三次元薄層要素法に基づいて振動数依存の実部と虚部を評価したうえで、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」による近似法によって、水平及び回転ばねを定数化する。地盤ばねの評価には解析コード「SuperFLUSH/3D ver. 3.0A01」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-60 計算機プログラム（解析コード）の概要・SuperFLUSH/3D」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は、初期地盤の物性値とひずみの依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。基準地震動 $S_0$ に対する地盤定数を表 3-9～表 3-16 に、地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-17 に示す。

地震応答解析は、上記の復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と杭と地盤の相互作用を評価した建屋－杭－地盤連成モデルとする。

4.2 原子炉建屋への影響の評価結果

サービス建屋の原子炉建屋への影響評価は、「3.5 解析方法」に示すサービス建屋の地震応答解析モデルによる解析結果と添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における地震応答解析結果から、建屋間の相対変位を確認する。

建屋間の相対変位は、「3.6 評価方法」に基づき、サービス建屋質点高さにおけるサービス建屋と原子炉建屋の最大応答変位を確認する。

基準地震動  $S_s$  に対する基本ケースによるサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-2 に示す。基本ケースの最大相対変位は、 $S_s-31$  のサービス建屋質点レベル EL. 22.00 m で 49.5 mm であり、許容限界を超えない。

基準地震動  $S_s$  に対する地盤物性のばらつきを考慮したサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-3 に示す。地盤物性のばらつきを考慮した最大相対変位は、 $S_s-31$  のサービス建屋質点レベル EL. 22.00 m で 49.7 mm であり、許容限界を超えないことから、サービス建屋と原子炉建屋は接触しないことを確認した。従って、サービス建屋の衝突による原子炉建屋への波及的影響評価は不要となる。

表 4-2  との最大相対変位 (基本ケース)

質点番号		EL. (m)		最大相対変位 (mm)							
				$S_s-D1$	$S_s-11$	$S_s-12$	$S_s-13$	$S_s-14$	$S_s-21$	$S_s-22$	$S_s-31$
1	22.00	*	22.00	45.1	16.0	14.8	14.8	14.1	24.8	39.1	49.5
3	14.00	8	14.00	17.0	6.4	5.7	5.8	5.0	9.6	14.3	18.9

注記 \* : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00 m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

表 4-3 との最大相対変位

(a) 地盤+ $\sigma$ 相当

<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>		<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>		最大相対変位 (mm)			
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S <sub>s</sub> -D 1	S <sub>s</sub> -2 1	S <sub>s</sub> -2 2	S <sub>s</sub> -3 1
1	22.00	*	22.00	45.5	24.9	41.1	49.4
3	14.00	8	14.00	16.5	9.7	14.3	18.7

注記 \* : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00 m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

(b) 地盤- $\sigma$ 相当

<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>		<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>		最大相対変位 (mm)			
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S <sub>s</sub> -D 1	S <sub>s</sub> -2 1	S <sub>s</sub> -2 2	S <sub>s</sub> -3 1
1	22.00	*	22.00	44.3	24.8	36.1	49.7
3	14.00	8	14.00	17.2	9.5	13.7	19.4

注記 \* : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

#### 4.5.2 断面の評価方法

断面の評価は、「S規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントによる応力度が表 4-8 に示した鋼材の許容応力度に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限応力度を超えないことを確認する。

- ・ 圧縮力と曲げモーメント

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{f_t} \leq 1$$

$f_c$  : 許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_b$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  : 平均圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$c\sigma_b$  : 圧縮曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$t\sigma_b$  : 引張曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

- ・ 引張力と曲げモーメント

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{f_t} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{f_b} \leq 1$$

$\sigma_t$  : 平均引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

- ・ せん断力

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1$$

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_s$  : 許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

a. 原子炉建屋の燃料取替フロアの壁の面外応答増幅による影響検討

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価として、面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響の可能性のある原子炉建屋の燃料取替フロア (EL. 46.50 m) の壁に対して、弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施した。弾性設計用地震動  $S_d-D1$  を入力した方向と直交する水平方向には、弾性設計用地震動  $S_d-D1$  の水平成分の設計用応答スペクトルに適合し、位相の異なる地震動を入力した。

3 次元 FEM モデルによる燃料取替フロアの壁の最大応答加速度の分布から面外慣性力の影響を把握した上で、燃料取替フロアの壁を部分的に抽出した保守的な静的解析モデルを用いて、面外慣性力による面外応力に対して断面評価を行い、面外慣性力の影響検討を実施した。評価結果を記載する部位は、面外慣性力によって生じる曲げモーメント及び面外せん断力が最大となる部位とする。

静的解析モデルは、スパン端部の柱を境界条件として、単位幅の両端固定梁に置き換える。解析モデルを図 3-1-1 に示す。荷重としては、弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  による面外慣性力を等分布荷重として考慮する。弾性設計用地震動  $S_d$  に対する評価は、 $S_d-D1$  による面外方向の最大応答加速度を用いて静的震度に換算し保守的に評価した。静的震度を算定する際には、地震波による影響及び地盤のばらつきによる影響を考慮している。基準地震動  $S_s$  に対する評価は、弾性設計用地震動  $S_d$  の面外慣性力を、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度比で係数倍して定めた。

断面算定結果を表 3-1-6 に示す。弾性設計用地震動  $S_d$  に対する評価において、曲げモーメントに対する検定値が 0.540、せん断力に対する検定値が 0.207 となり、短期許容応力度を超えないことを確認した。

基準地震動  $S_s$  に対する評価において、曲げモーメントに対する検定値が 0.945、せん断力に対する検定値が 0.363 となり、短期許容応力度を超えないことを確認した。

面外慣性力として、最大応答加速度を用いていることや応答補正比率を乗じていること、解析モデルとして保守的なモデルを用いていることより、保守的な検討をしているため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、原子炉建屋の壁が有する耐震性への影響はない。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

b. 使用済燃料プールのウェル壁の応答増幅による影響検討

東北地方太平洋沖地震の地震観測記録では、オペフロにおけるEW方向の床応答加速度スペクトルの10 Hz付近が増幅することが確認されていることから、地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響について検討する。なお、建屋全体の3次元FEMモデルを用いた検討より、鉛直地震力によりウェル壁が東西方向に開閉する振動モードにより10 Hz付近が増幅することを確認している。

検討は、10 Hz付近の増幅の影響が大きいウェル壁を対象とし、まず、建屋全体の3次元FEMモデルを用いた地震応答解析により、ウェル壁に発生するEW方向単独入力時の応力と鉛直方向単独入力時の応力を比較し応答増幅率を算出する。次に、水平2方向及び鉛直方向地震力による評価結果に応答増幅率を乗じて検定比が1.0以下となる事を確認する。

評価結果を記載する要素の位置を図3-1-2に、応答増幅率を表3-1-7に、影響検討結果を表3-1-8に示す。

評価の結果、地震観測記録に見られるEW方向の応答増幅を考慮した場合にも、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力、曲げモーメントに対する評価における発生値が各許容値を超えないことを確認した。

以上より、使用済燃料プールのウェル壁の耐震性への影響はない。よって水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。



(a) 応答増幅率を記載する要素の位置



(b) 応力解析結果を記載する要素の位置

図3-1-2 評価結果を記載する要素の位置

b. 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

原子炉建屋基礎盤に作用する常時土圧荷重は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づき下式を用いて算出した常時土圧により、地下外壁を介して作用する荷重及び基礎盤側面に直接作用する荷重である。地下外壁を介して作用する荷重は、各階床で支持された連続梁モデルとして評価する。

表 3-2 (1/2) に常時土圧を、表 3-2 (2/2) に常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>) を示す。

$$p_0 = K_0 \gamma z$$

ここで、

p<sub>0</sub> : 深さ z(m)における単位面積当たりの静止土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

K<sub>0</sub> : 静止土圧係数 (0.5)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

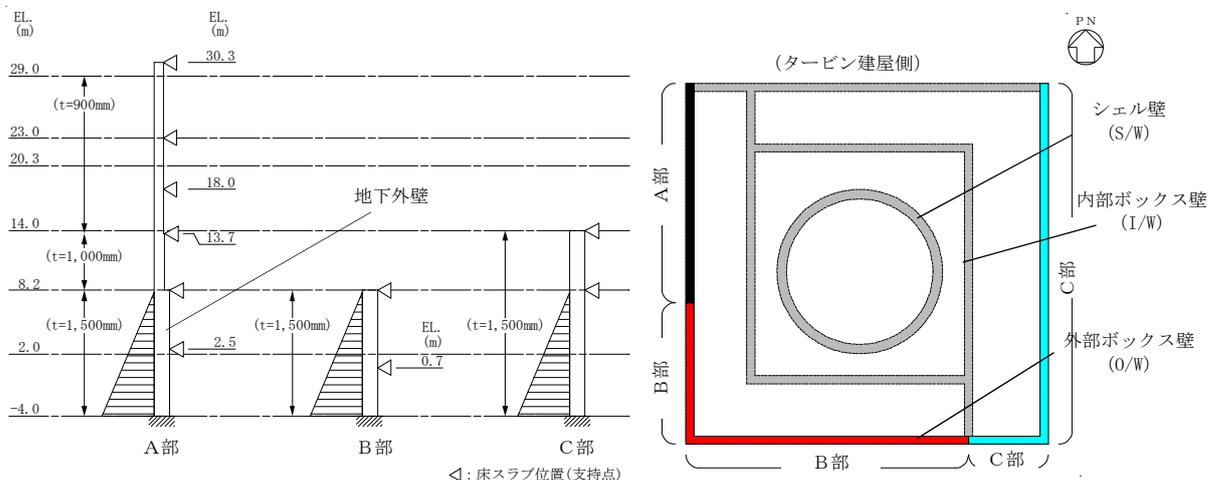
z : 地表面から土圧を求めようとする位置までの深さ (m)

表 3-2 (1/2) 常時土圧

EL. (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	設計用常時土圧 (kN/m <sup>2</sup> )
8.0	20.6	0.0
-4.0	20.6	123.6
-9.0	20.6	175.0

表 3-2 (2/2) 常時土圧荷重 (E<sub>0</sub>)

部位	NS 方向		EW 方向	
	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	水平力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)
A部	—	—	1104	1273
B部	984	761	984	761
C部	1298	2397	1298	2397



◁: 床スラブ位置(支持点)

の配置概念図]

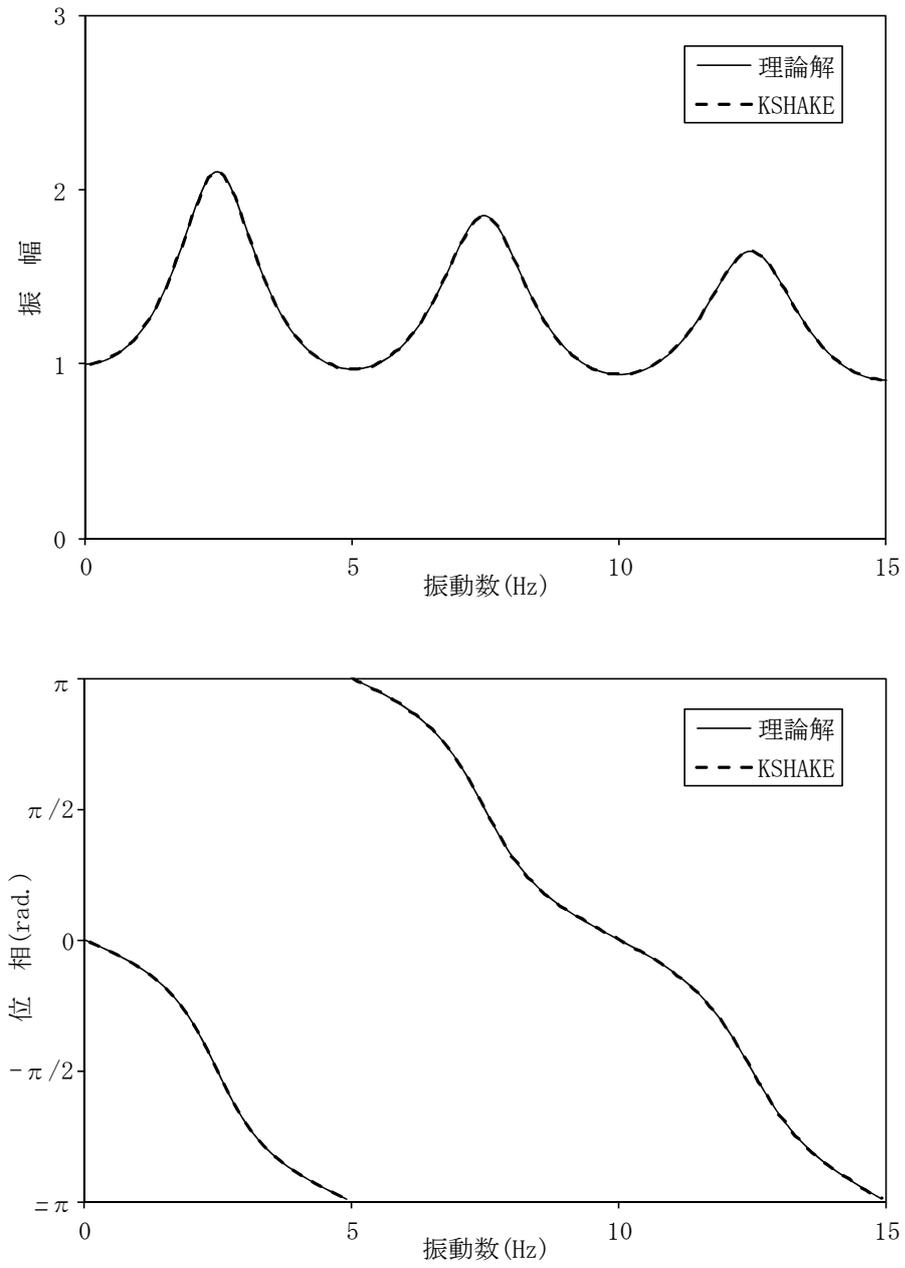


図3-4 理論解との伝達関数の比較

### 3.3.2 ひずみエネルギー比例型減衰

建屋の減衰は、各次の振動モードにおける部材のひずみエネルギーに比例するものとして以下の式から設定する。

$$h_i = \frac{\sum_k h_0^j E_i^j}{\sum_k E_i^j} \quad (3.3-4)$$

ただし、

$$E_i^j = \frac{1}{2} \{ \phi_i^j \}^T [k^j] \{ \phi_i^j \}$$

ここで、

- $h_0^j$  : j部材の減衰定数
- $[k^j]$  : j部材の剛性マトリクス
- $\{ \phi_i^j \}$  : i次の振動モードにおけるj部材の材端変位ベクトル

### 3.3.3 直接積分法

直接積分法はニューマークの $\beta$ 法を用いる。nステップの変位 $\{u_n\}$ 、速度 $\{\dot{u}_n\}$ 及び加速度 $\{\ddot{u}_n\}$ が既知の場合、次の(n+1)ステップの変位及び速度は $\beta$ 及び $\gamma$ をパラメータとして、以下の式で表される。

$$\{\dot{u}_{(n+1)}\} = \{\dot{u}_n\} + \left[ (1 - \gamma) \{\ddot{u}_n\} + \gamma \{\ddot{u}_{(n+1)}\} \right] \Delta t \quad (3.3-5)$$

$$\{u_{(n+1)}\} = \{u_n\} + \Delta t \{\dot{u}_n\} + \frac{\Delta t^2}{2} \{\ddot{u}_n\} + \beta \Delta t^2 (\{\ddot{u}_{(n+1)}\} - \{\ddot{u}_n\}) \quad (3.3-6)$$

(3.3-5)式及び(3.3-6)式を(3.3-1)式に代入し、 $\{\dot{u}_{(n+1)}\}$ 及び $\{\ddot{u}_{(n+1)}\}$ を消去すると、変位増分に対する次のような関係が得られる。

$$[\bar{K}] (\{u_{(n+1)}\} - \{u_n\}) = \{\bar{f}\} \quad (3.3-7)$$

ただし、

$$[\bar{K}] = [K] + \frac{1}{\beta \Delta t^2} [M] + \frac{\gamma}{\beta \Delta t} [C]$$

$$\{\bar{f}\} = \{f_{(n+1)}\} - \{f_n\} + [M] \left( \frac{1}{\beta \Delta t} \{\dot{u}_n\} + \frac{1}{2\beta} \{\ddot{u}_n\} \right) + [C] \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \{\dot{u}_n\} + \left( \frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \Delta t \{\ddot{u}_n\} \right\}$$

(3.3-7)式から、(n+1)ステップの変位が得られ、速度及び加速度を得ることができる。