

項目	内容	資料提出可能時期	11月	12月	1月	2月	3月	
共通	・液状化を考慮した防潮堤の耐震評価の見直し	11月中旬	▼					
設置許可基準規則（設計基準対象施設）	3条 地盤	38条にまとめて記載	—					
	4条 耐震設計	・波及的影響の追加検討	11月中旬	▼				
	5条 耐津波設計	40条にまとめて記載	—					
	6条 外部事象	・緊急時対策所の耐荷重評価（風、雪、火山灰）の変更	アクセスルートの審査後、2週間程度で資料提出		▼			
		・アクセスルートの森林火災評価の変更						
		・緊急時対策所のCO2・O2・有毒ガス評価の変更						
		・影響評価の表の修正						
	7条 不法な侵入等防止	・特になし	—					
	8条 内部火災	・火災防護計画の記載修正。図・表の記載修正	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	9条 内部溢水	・防護対象設備の表を修正	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	10条 誤操作防止	・特になし	—					
	11条 安全避難通路等	・5号炉原子炉建屋内緊急時対策所の安全避難通路を記載	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	12条 安全施設	・共用設備の記載を変更	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	14条 SBO対策設備	・蓄電池の供給先表の変更	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	16条 燃料貯蔵取扱施設	・特になし	—					
	17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	・特になし	—					
	24条 安全保護回路	・特になし	—					
	26条 制御室	59条にまとめて記載	—					
	31条 監視設備	・モニタリングポスト、気象観測設備の伝送先変更	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	33条 保安電源	・津波遡上解析の図を修正	耐津波設計の審査後、1週間程度で資料提出		▼			
34条 緊急時対策所	61条にまとめて記載	—						
35条 通信設備	62条にまとめて記載	—						
37条 有効性評価	・停止号炉の使用済燃料プール注水の評価の見直し	アクセスルートの審査後、2週間程度で資料提出		▼				
	シーケンス選定		—					
	PRA		—					
	格納容器限界温度圧力		—					
	解析コード		—					
38条 重大事故等対処施設の地盤	・5号炉原子炉建屋の基礎地盤評価	11月下旬		▼				
	・液状化による地盤沈下量の検討	11月中旬	▼					
	・荒浜側防潮堤を期待しない場合の津波遡上解析、取水路応答解析	11月下旬		▼				
39条 重大事故等対処設備の耐震設計	・緊急時対策所の耐震成立性	12月中旬		▼				

項目		内容	資料提出可能時期	11月	12月	1月	2月	3月	
設置許可基準規則（重大事故等対処施設）	40条	重大事故等対処設備の耐津波設計	<ul style="list-style-type: none"> ・38条の津波遡上解析に対し、潮位のばらつき等を考慮した津波遡上解析 ・荒浜側地上部から大湊側への流入がないことの確認 ・荒浜側から大湊側への浸水経路がないことの確認 ・取水性（砂移動、漂流評価）への影響評価 ・入力津波への影響評価 ・防潮堤を考慮しない場合の漂流物調査 ・漂流物影響評価（荒浜側から大湊側への漂流解析） ・漂流物による荒浜側敷地内の影響有無確認 ・5号緊急時対策所の内郭防護としての建屋内浸水評価等 	12月上旬		▼			
	41条	火災による損傷の防止	<ul style="list-style-type: none"> ・移設先内部のケーブル火災等に対する方針として、感知・消火設備の記載変更。火災区域図の見直し 	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	43条	共通事項	<ul style="list-style-type: none"> ・機器名称等の反映 ・外部事象に対する影響評価の表の修正 ・火災防護について、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の配置及び独立性の記載変更 ・内部溢水について、防護対象施設の変更 	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	44条	未臨界にする設備	<ul style="list-style-type: none"> ・アクセスルート図等の変更 ・タイムチャート等、技術的能力の反映 	アクセスルートの審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	45条	高圧時冷却設備							
	46条	減圧設備							
	47条	低圧時冷却設備							
	48条	最終ヒートシンク							
	49条	CV冷却設備							
	50条	CV過圧破損防止設備							
	51条	溶融炉心冷却設備							
	52条	水素爆発によるCV破損防止							
	53条	水素爆発による原子炉建屋等損壊防止							
	54条	使用済燃料プール冷却設備							
	55条	発電所外への拡散防止設備							
	56条	水の供給設備							
	57条	電源設備	<ul style="list-style-type: none"> ・給油方針変更、緊急時対策所の名称変更 ・荒浜側から洞道を通っての大湊側への浸水に伴う影響の検討 ・アクセスルート図等の変更 ・タイムチャート（技術的能力1.13の反映） 	アクセスルートの審査後、2週間程度で資料提出		▼			
				耐津波設計の審査で説明					
				アクセスルートの審査後、2週間程度で資料提出		▼			
	58条	計装設備	<ul style="list-style-type: none"> ・SPDS表示装置、可搬型計測器等の設置・保管場所変更 	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼			
59条	中央制御室	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ視野内設計基準対象施設の図、通信連絡設備の図、防護具の配備場所等の変更 	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼				
60条	監視測定設備	<ul style="list-style-type: none"> ・緊対所の位置、データの伝送先、配置図等の変更 	緊急時対策所の審査後、2週間程度で資料提出		▼				

項目		内容	資料提出可能時期	11月	12月	1月	2月	3月
61条	緊急時対策所	・5号原子炉建屋内に緊急時対策所を整備 (プロセス計算機移設の影響確認含む)	12月上旬		▼			
		・参考評価として提示するSFP水抜け時の被ばく評価変更(説明方針も再整理要)	緊急時対策所の審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
62条	通信連絡設備	・緊急時対策所の位置, 設置場所及び保管場所の変更 ・アクセスルート図の変更 ・緊急時対策所配置図, 電源設計等の変更	緊急時対策所の審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
技術的能力審査基準	1.0	アクセスルート	・5号炉原子炉建屋内緊急時対策所への変更に伴う5号炉原子炉建屋周辺及び山側のアクセスルートの地震時の影響評価	12月上旬		▼		
			・津波遡上解析結果を踏まえた荒浜側アクセスルートの影響評価	12月上旬				
			・5号炉原子炉建屋内緊急時対策所への変更に伴う停止号炉の使用済燃料プールの想定検討	12月上旬				
			・アクセスルートの森林火災評価の変更	12月上旬				
			・緊急時対策所の設置の考え方の変更	緊急時対策所の審査で説明				
		その他	・体制図, 資機材の配備場所, 停止号炉の考え方等の変更	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼		
	1.1	未臨界にする手順	・特になし	—				
	1.2	高圧時冷却手順	・緊急時対策要員のタイムチャートの前提を変える必要がないか検討	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼		
	1.3	減圧手順						
	1.4	低圧時冷却手順						
	1.5	最終ヒートシンク手順						
	1.6	CV冷却手順						
	1.7	CV過圧破損防止手順						
	1.8	溶融炉心冷却手順						
1.9	水素爆発によるCV破損防止手順							
1.10	水素爆発による原子炉建屋損壊防止手順							
1.11	使用済燃料プール冷却手順							
1.12	発電所外への拡散防止手順							
1.13	水の供給手順							
1.14	電源確保手順	・緊急時対策要員のタイムチャートの前提を変える必要がないか検討			アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼	
		・給油対象機器の変更	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
1.15	事故時計装に関する手順	・特になし	—					
1.16	制御室居住性等手順	・特になし	—					
1.17	監視測定手順	・モニタリング設備の保管場所図, 小型船舶の運搬ルート図, タイムチャート等の変更	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
1.18	緊急時対策所の居住性等手順等	・5号炉原子炉建屋内緊急時対策所への移動アクセスルート, 手順タイムチャートの検討 ・空調設備等の運転手順の検討	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
1.19	通信連絡手順	62条と同じ	—					
2.0	大規模損壊	・アクセスルート図の変更 ・緊対要員確保の考え方等の変更 ・事故想定検討	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼			
その他	—	・1~4号炉使用済燃料プールの冷却方針	アクセスルートの審査後, 2週間程度で資料提出		▼			

※12条は, 別途, 区分分離の記載の追加が必要。

地盤の液状化を考慮した荒浜側防潮堤の構造物評価の見通し

1. はじめに

荒浜側防潮堤は、平成 23 年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、新規制基準の施行前に設計・施工に着手した。設計では、当時の基準地震動 S_s および標高 15m の津波高さに対して、既往の設計手法である限界状態設計法（塑性化を許容し、施設が破壊に至らない状態を維持）を採用していた。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の審査において、道路橋示方書・同解説（2002）や建築基礎構造設計指針（2001）では地盤の液状化の評価対象とならない中期更新世の地層や深度 20m 以深の地層についても、液状化の評価対象として取り扱うことに方針を変更した。

このような経緯を踏まえ、「柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 液状化影響の検討方針について（H28.9.8 第 398 回審査会合、資料 1-1）」の検討方針に基づき、地震応答解析（有効応力解析）による評価を実施した。評価の結果、荒浜側防潮堤は、液状化現象の影響が最も大きいと考えられる断面において、基準地震動 S_s に対し鋼管杭の支持性能が不足する見通しを得た。

このため、6 号及び 7 号炉の安全性を可能な限り早期に確保するために、3 号炉原子炉建屋内緊急時対策所ならびに荒浜側防潮堤を今回の申請から取り下げ、5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所の設置を申請範囲に加えることとする。

荒浜側防潮堤については、相応の対策が必要となることが想定されることから、現在実施している追加の地盤調査によるデータの拡充、解析・評価の精緻化、周辺の既設設備（取水路、放水路、諸建屋等）の配置を踏まえた施工性等について、前出の液状化の検討方針を踏襲し、十分な保守性を確保した上で、合理的かつ効果的な耐震強化対策（地盤改良等）について検討を進めていく。

2. 基本方針

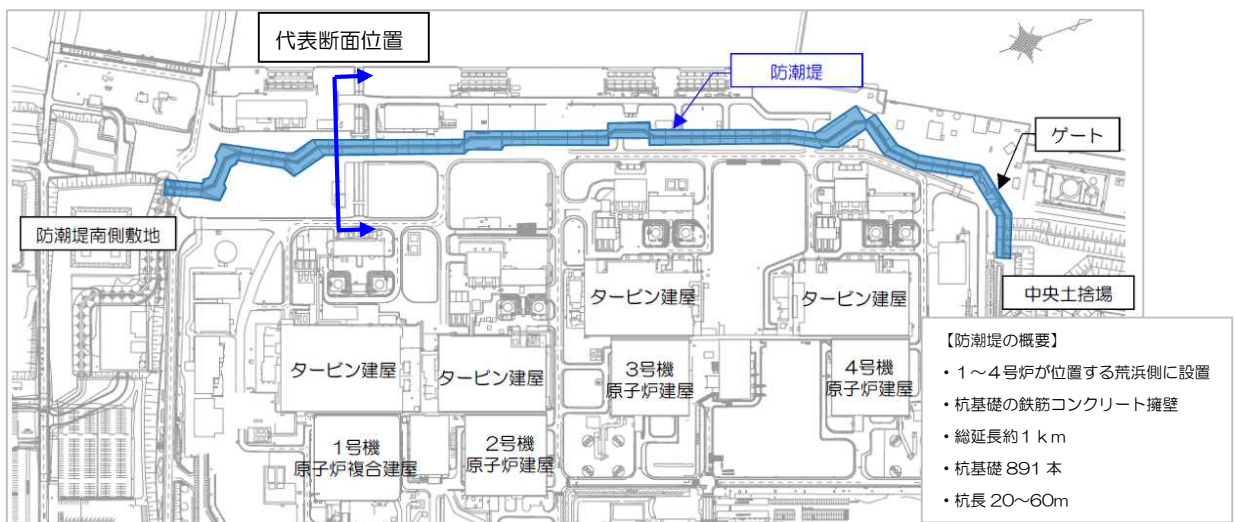
2.1 構造概要

荒浜側防潮堤は、鉄筋コンクリート構造の躯体と、それを支持する鋼管杭からなり、総延長は約 1km にわたる。

鉄筋コンクリート構造の躯体は、躯体厚さが 1～3m であり、長手方向にブロック分割されている。津波の敷地への流入を防止する観点から、ブロック間には止水板を設置している。

鋼管杭は、直径 1200mm、厚さ 25 mm で、汀線直交方向に複数の杭を配置し、鉄筋コンクリート構造の躯体を支持し、西山層に岩着している。

荒浜側防潮堤の概要を第 1 図に示す。

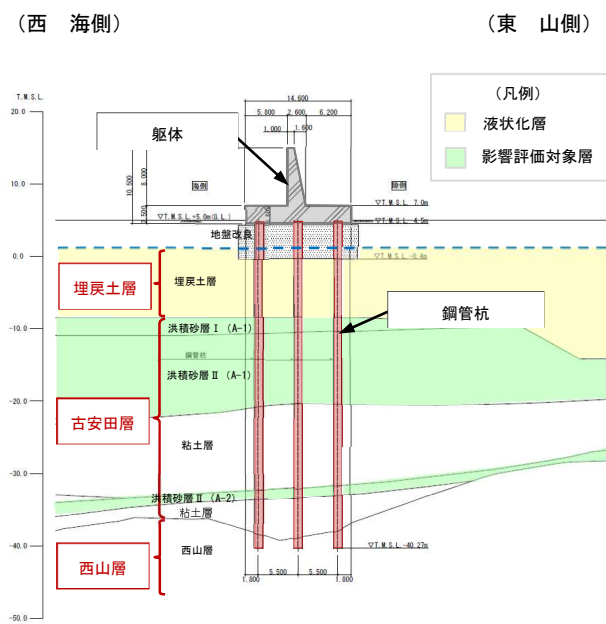


第 1 図 荒浜側防潮堤の概要

2.2 構造評価

液状化現象の影響が最も大きいと考えられる断面として、第1図に示す1号炉西側(海側)の断面を選定し、二次元有限要素法解析(有効応力解析)を実施する。代表断面の概要を第2図に示す。

断面選定の考え方は、「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 液状化影響の検討方針について(H28.9.8 第398回審査会合, 資料1-1)」に示したとおりである。



第2図 代表断面の概要

※安田層下部層の MIS10～MIS7 と MIS6 の境界付近の堆積物については、本資料では『古安田層』と仮称する。

3. 評価条件

3.1 解析方法

地震応答解析は、液状化層および影響評価対象層の液状化の影響を考慮する必要があるため、解析コード「FLIP Ver.7.2.3_5」を使用する。

3.2 二次元解析モデル

地震応答解析モデルを第3図に示す。

a. 解析領域

解析領域は、側面境界及び底面境界が、構造物の応答に影響しないよう、構造物と側面境界及び底面境界との距離を十分に広く設定する。

b. 境界条件

解析領域の側面及び底面には、エネルギーの逸散効果を評価するため、粘性境界を設ける。

c. 構造物のモデル化

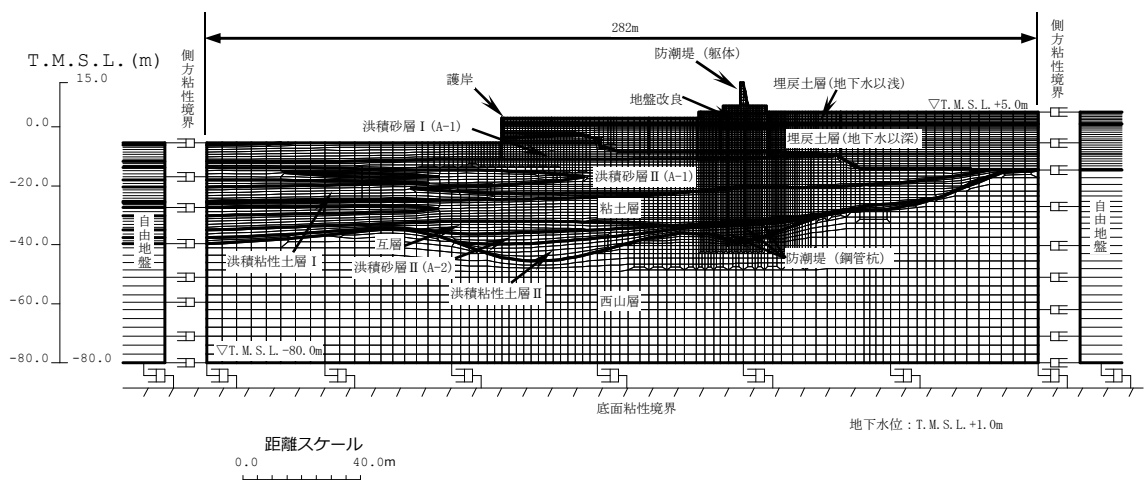
鉄筋コンクリート構造の躯体は平面ひずみ要素で、鋼管杭は非線形はり要素でモデル化する。

d. 地盤のモデル化

地盤は、地質区分に基づき、平面ひずみ要素でモデル化する。

e. 水位条件

荒浜側防潮堤周辺の地下水位は、地震荷重に伴う液状化による変形を保守的に考慮するために、朔望平均満潮位 (T.M.S.L.+0.49m) に余裕を考慮した T.M.S.L.+1.00m とする。



第3図 地震応答解析モデル

3.3 使用材料及び材料の物性値

3.3.1 構造物の物性値

使用材料を第1表に、材料の物性値を第2表に示す。

第1表 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 24N/mm ²
主鉄筋	SD490
せん断補強筋	SD345
鋼管杭	SKK490

第2表 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	24 ^{*1}	25 ^{*2}	0.2 ^{*2}
鉄筋		200 ^{*2}	0.3 ^{*2}
鋼管杭	77	200	0.3

※1 鉄筋コンクリートとしての単位体積重量

※2 「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)」に基づき設定する

3.3.2 地盤の物性値

地盤の物性値は、「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 液状化影響の検討方針について (H28.9.8 第398回審査会合, 資料1-1)」の検討方針に基づき設定する。

液状化の評価対象として取り扱う埋戻土層, 洪積砂層Ⅰ(A-1), 洪積砂層Ⅱ(A-1)及び洪積砂層Ⅱ(A-2)の有効応力解析に用いる液状化パラメータは, 地盤のバラツキ等を考慮した上で, 液状化試験結果(繰返しねじりせん断試験結果)より保守的に設定する。

解析に用いる物性値を第3表に示す。また, 試験結果等から設定した解析上の液状化強度曲線を第4図に, 液状化パラメータを第4表に示す。

上記の液状化強度特性を設定する土層の液状化強度特性以外の物性及び液状化評価の対象とならない土層の物性値については, 既工認物性を適用する。

第3表 解析用物性値

(1) 埋戻土層

	必要とする物性値			物性値
	名称	記号	単位	
物理的性質	単位体積重量	ρ	t/m ³	2.00
	間隙率	n	—	0.41
力学的性質	液状化強度曲線 (液状化パラメータ)	—	—	第4図参照
	せん断弾性係数	G _{ma}	kN/m ²	5.11E+04
	内部摩擦角	ϕ	°	41.1
	粘着力	C	kN/m ²	0.0
	履歴減衰上限値	h _{max}	—	0.367

(2) 洪積砂層 I (A-1)

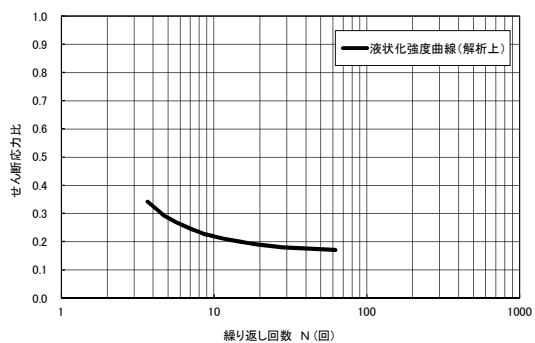
	必要とする物性値			物性値
	名称	記号	単位	
物理的性質	単位体積重量	ρ	t/m ³	1.95
	間隙率	n	—	0.40
力学的性質	液状化強度曲線 (液状化パラメータ)	—	—	第4図参照
	せん断弾性係数	G _{ma}	kN/m ²	1.53E+05
	内部摩擦角	ϕ	°	40.8
	粘着力	C	kN/m ²	0.0
	履歴減衰上限値	h _{max}	—	0.212

(3) 洪積砂層 II (A-1)

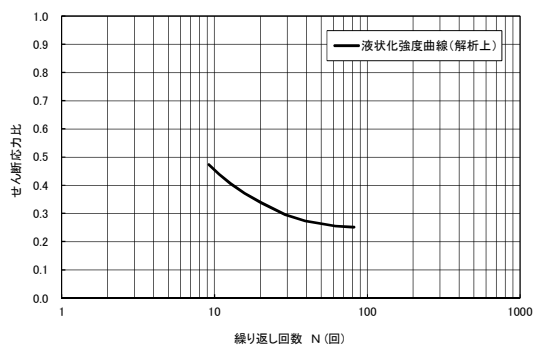
	必要とする物性値			物性値
	名称	記号	単位	
物理的性質	単位体積重量	ρ	t/m ³	1.90
	間隙率	n	—	0.44
力学的性質	液状化強度曲線 (液状化パラメータ)	—	—	第4図参照
	せん断弾性係数	G _{ma}	kN/m ²	1.49E+05
	内部摩擦角	ϕ	°	42.2
	粘着力	C	kN/m ²	0.0
	履歴減衰上限値	h _{max}	—	0.210

(4) 洪積砂層 II (A-2)

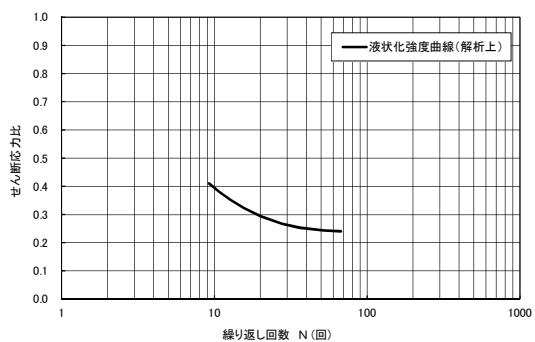
	必要とする物性値			物性値
	名称	記号	単位	
物理的性質	単位体積重量	ρ	t/m ³	1.89
	間隙率	n	—	0.45
力学的性質	液状化強度曲線 (液状化パラメータ)	—	—	第4図参照
	せん断弾性係数	G _{ma}	kN/m ²	2.06E+05
	内部摩擦角	ϕ	°	42.4
	粘着力	C	kN/m ²	0.0
	履歴減衰上限値	h _{max}	—	0.173



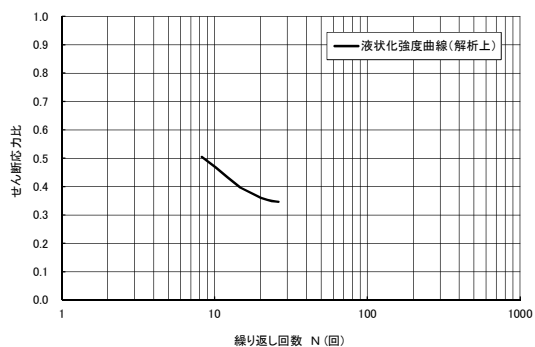
(1) 埋戻土層



(2) 洪積砂層 I (A-1)



(3) 洪積砂層 II (A-1)



(4) 洪積砂層 II (A-2)

第 4 図 液状化強度曲線

第 4 表 液状化パラメータ

液状化パラメータ	$\phi_p(^{\circ})$	w_1	p_1	p_2	c_1	S_1
埋戻土層	28.0	2.500	0.500	0.800	2.160	0.005
洪積砂層 I (A-1)	34.0	9.600	0.500	0.550	2.530	0.005
洪積砂層 II (A-1)	32.0	7.050	0.500	0.650	2.340	0.005
洪積砂層 II (A-2)	34.0	8.100	0.500	0.550	3.820	0.005

4. 評価結果

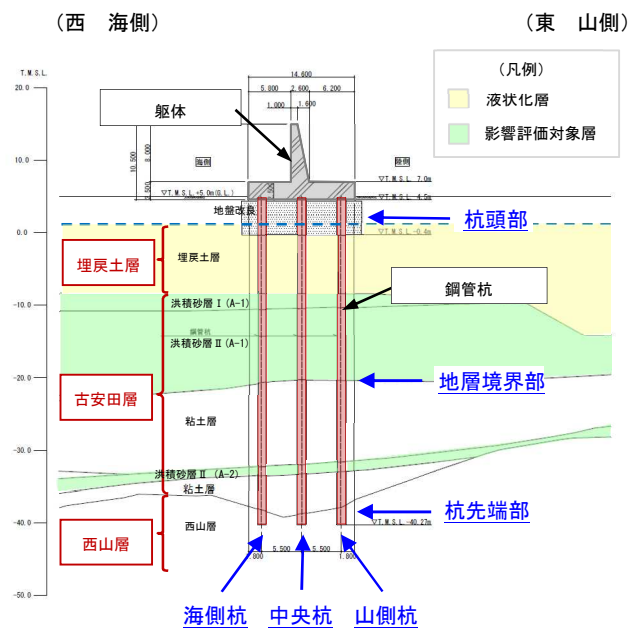
液状化の影響を大きく受けると考えられる鋼管杭の曲げに対する照査を実施する。照査位置は、第5図に示すとおり、杭頭部、地層境界部（液状化の評価対象層と非液状化層との境界）ならびに杭先端部（古安田層と西山層との境界）を選定する。

また、検討を実施する地震動は、基準地震動 S_s のうち、加速度が大きい S_s-1 と、継続時間が長い S_s-7 とする。

照査結果を第5表に示す。

鋼管杭の曲率について、浅部の杭頭部、ならびに、地表からの深さが約 25m の地層境界部において、終局曲率を超える結果が得られた。

※終局曲率：「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 JEAC4616-2009, 日本電気協会原子力規格委員会, 2009年12月」による曲率



第5図 照査位置図（鋼管杭）

第5表 照査結果（終局曲率に対する応答値（曲率）の比）

(1) 基準地震動 Ss-1

	海側杭	中央杭	山側杭	判定
杭頭部	<u>1.17</u>	0.66	0.83	<u>終局曲率を超える</u>
地層境界部	0.36	0.29	0.51	終局曲率を下回る
杭先端部	0.12	0.07	0.09	終局曲率を下回る

(2) 基準地震動 Ss-7

	海側杭	中央杭	山側杭	判定
杭頭部	<u>4.12</u>	<u>3.42</u>	<u>4.35</u>	<u>終局曲率を超える</u>
地層境界部	<u>3.19</u>	<u>3.15</u>	<u>3.38</u>	<u>終局曲率を超える</u>
杭先端部	0.06	0.04	0.05	終局曲率を下回る

5. まとめ

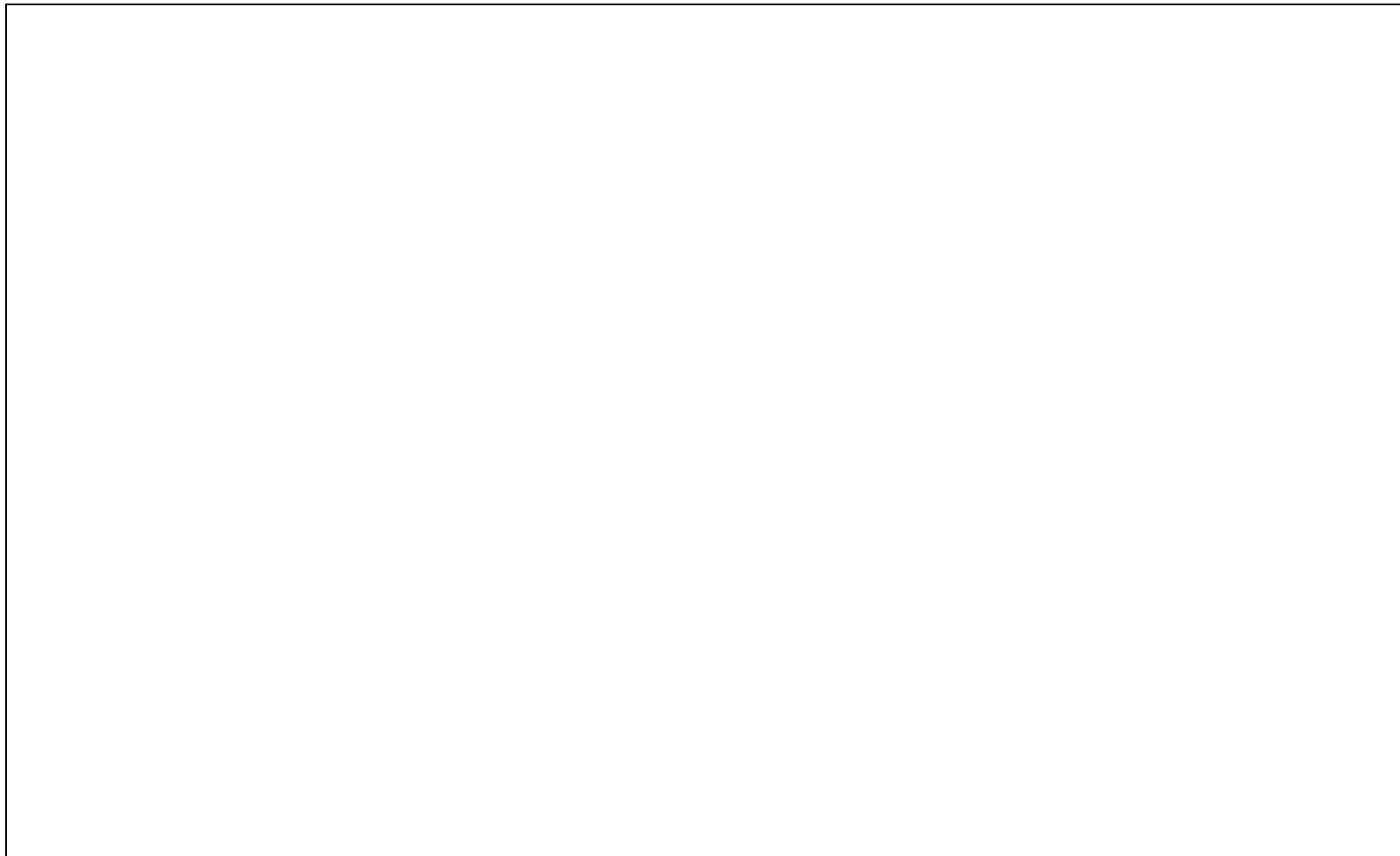
荒浜側防潮堤について、「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 液状化影響の検討方針について（H28.9.8 第398回審査会合，資料1-1）」の検討方針に基づき，地震応答解析（有効応力解析）による評価を実施した。評価の結果，液状化現象の影響が最も大きいと考えられる断面において，基準地震動 Ss に対し鋼管杭の支持性能が不足する見通しであり，地盤改良等の相応の対策が必要となる。

前出の検討方針において示したとおり，液状化の評価対象範囲が広範囲で，かつ液状化試験の数量が少ないことから，試験の代表性，網羅性等の観点から，データ拡充を目的とした追加調査を実施する。

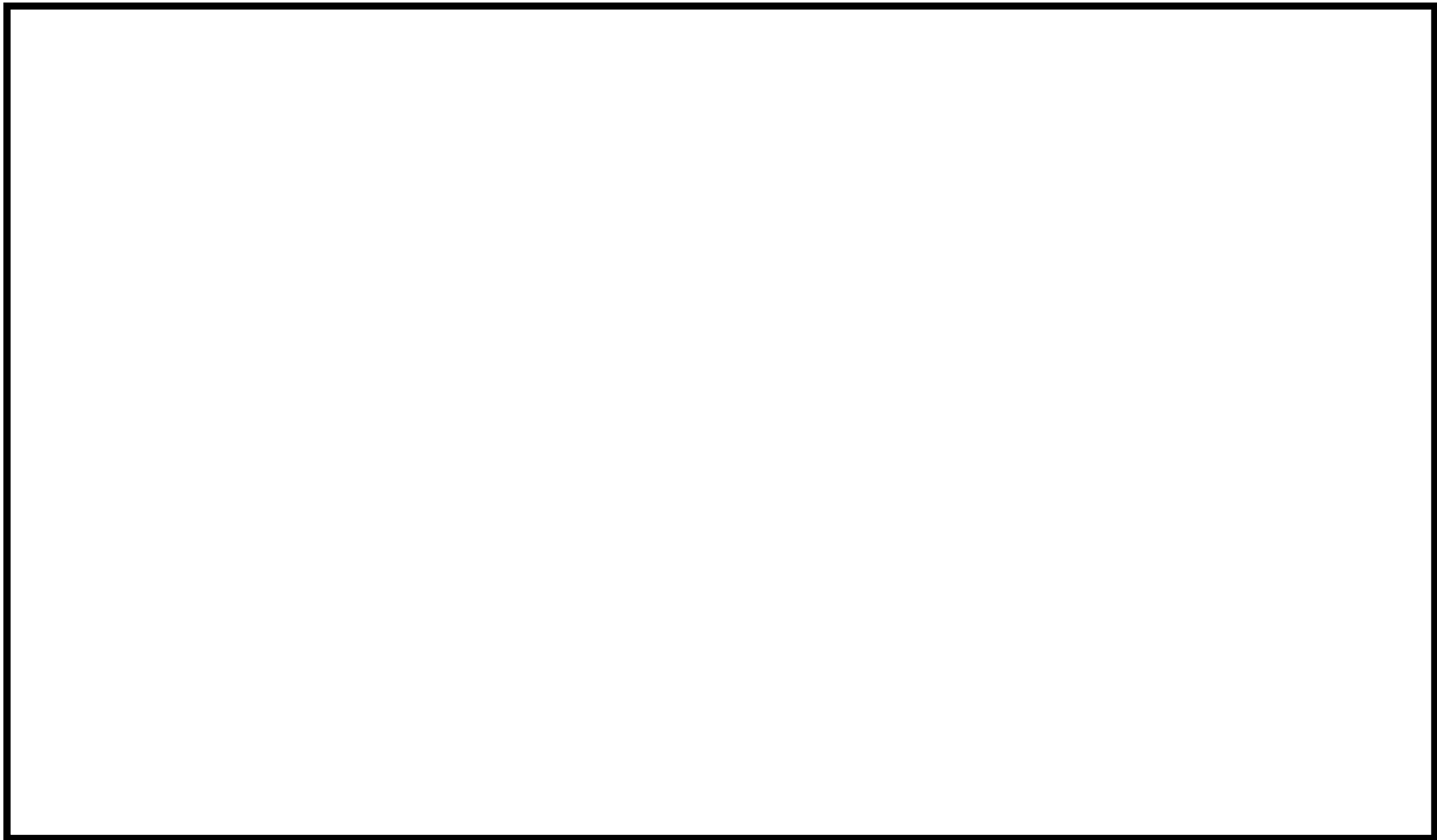
また，解析モデルや手法についても，柏崎刈羽原子力発電所への適用性を含めて，より精緻な検討を実施する。

このような観点も踏まえ，前出の液状化の検討方針を踏襲し，十分な保守性を確保した上で，合理的かつ効果的な耐震強化対策（地盤改良等）について検討を進めていく。

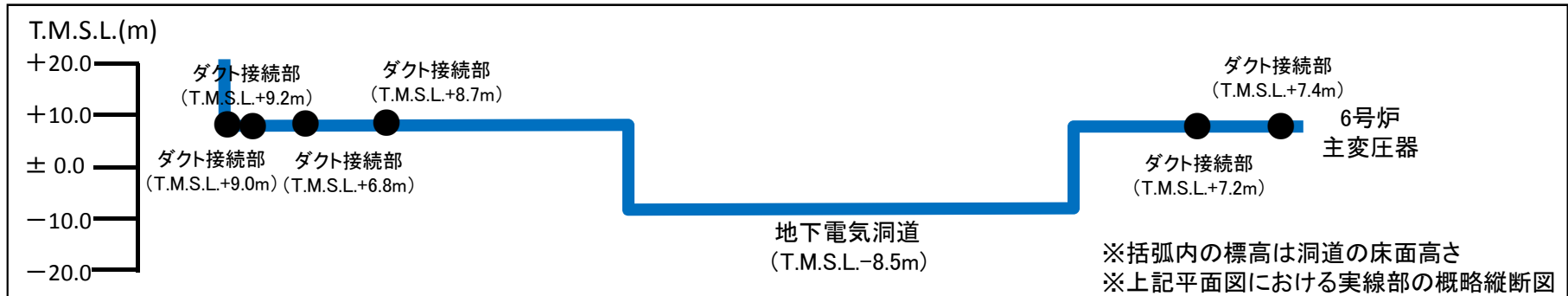
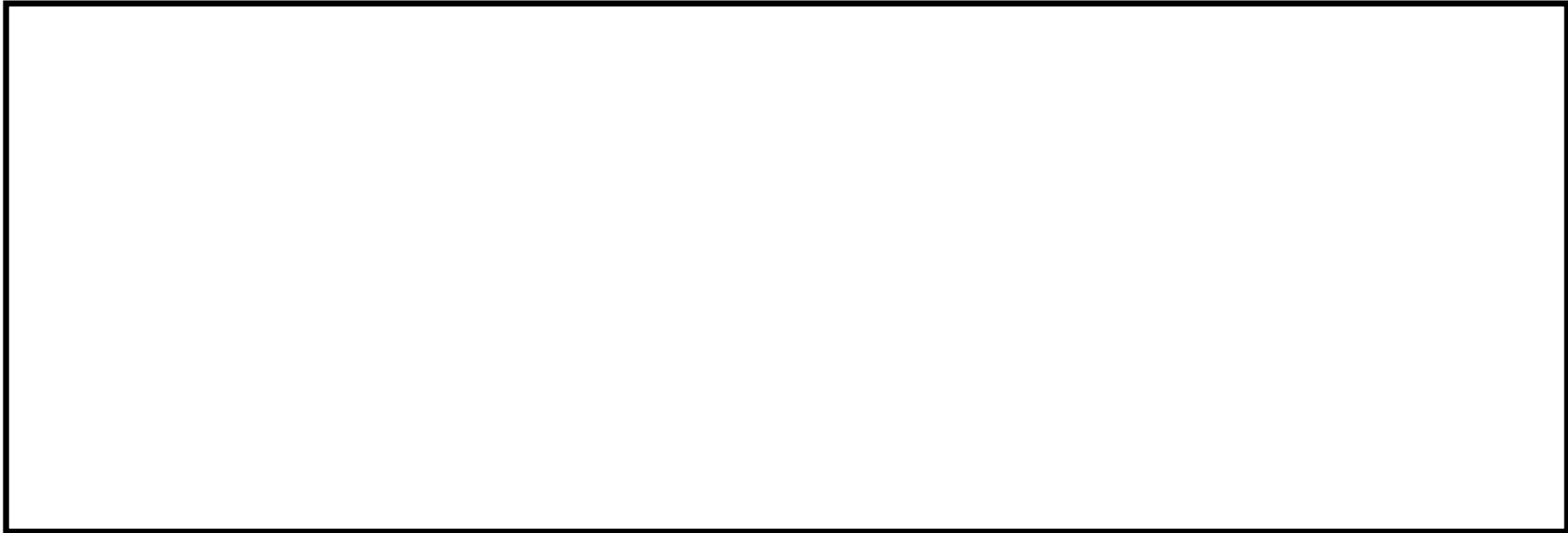
以上



柏崎刈羽原子力発電所 全体平面図



アクセスルート平面図



電気洞道縦断面図（上：平面図、下：縦断面図）

【凡例】

津波防護対象設備を内包する建屋・区画に対する
溢水防護区画(地下ダクト以外)

津波防護対象設備を内包する建屋・区画に対する
溢水防護区画(地下ダクト)

地下ケーブルダクト

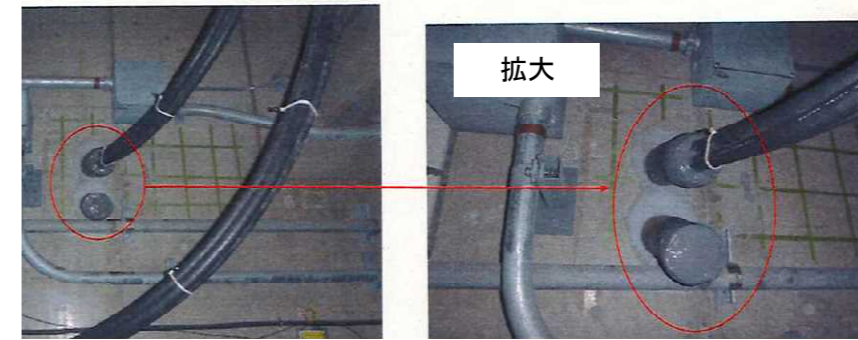
止水措置実施箇所

溢水防護区画と地下ケーブルダクトの境界貫通部において止水措置を行う
設計としている

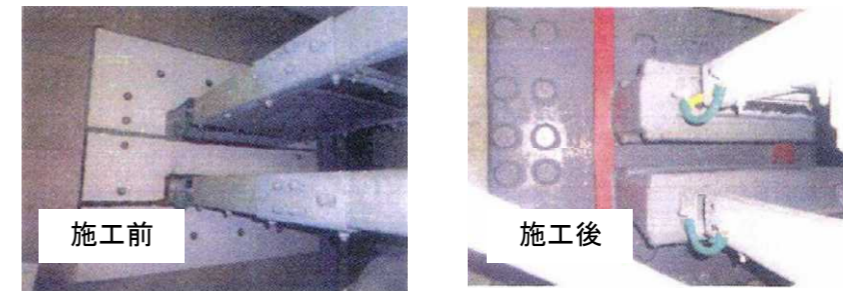
※5号炉についても緊急時対策所の詳細が確定次第、精査を行い、必要
な止水措置があれば追加で実施

○止水対策施工例

■電源ケーブル貫通部



■ケーブルトレイ貫通部



5号炉原子炉建屋内緊急時対策所の地震応答解析モデルについて

1. はじめに

本資料は、緊急時対策所が設置される5号炉原子炉建屋の地震応答解析モデルについて示すものである。

2. 地震応答解析モデル

地震応答解析に用いるモデルは、建屋を質点系とし地盤を等価なばねで評価した建屋—地盤連成モデルとする。

建屋は、曲げ変形とせん断変形をする質点系としてモデル化し、建屋側方の地盤は水平ばねで、また、建屋底面下の地盤は水平ばね及び回転ばねで置換する。地下部分側面の地盤水平ばねは、各質点の支配深さに従って地盤を水平に分割し、波動論により評価する。なお、表層部分については、基準地震動 S_s による地盤の応答レベルを踏まえ、ばね評価を行わないこととする。

また、基礎スラブ底面における地盤の水平及び回転ばねは、それ以深の地盤を等価な半無限地盤とみなして、波動論により評価する。

復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。埋込みを考慮した水平モデルであるため、モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に負荷することにより、地盤の切り欠き効果を考慮する。

地震応答解析におけるモデル化方針を表1に示す。

表1 地震応答解析におけるモデル化方針

項目	既工認	今回工認	6,7号炉原子炉建屋
解析モデル	格子型モデル	埋込SRモデル	同左
建屋の弾塑性特性	非考慮	考慮	同左
耐震要素(耐震壁)のモデル化	外壁など主要な壁のみモデル化	左記に加え、考慮可能な壁(補助壁)を追加でモデル化	同左
建屋コンクリート剛性	設計基準強度(240kgf/cm ²)に基づく剛性を使用	コンクリート実強度に基づく剛性を使用	同左
表層地盤の取り扱い	埋込効果の考慮	埋込効果の無視	同左
建屋側面回転バネ	非考慮	非考慮	考慮