

東海第二発電所 耐震設計の論点に係る整理表

平成28年11月17日
日本原子力発電株式会社

I. 耐震設計に係る主な論点

分類	整理 No.	変更項目	適用実績・審査実績	適用実績・審査実績との共通事項	新規もしくはサイトマターの論点 ^{※1}	備考	審査可能時期
共通	A	評価対象の網羅性	先行PWR及びBWR(柏崎6,7号)	方針は先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・別表第二及び耐震重要度分類の区分に照らし、過去の工認及び最新プラントの建設工認の評価実績を踏まえて、評価対象施設、評価部位、評価項目の網羅性を確認した結果を整理	— (ただしプラント型式の相違等による施設の違いあり)	○ 別紙1	3月中旬
	B	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針	先行PWR及びBWR(柏崎6,7号)	方針は先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・水平2方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことに伴う、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに係る影響評価方針を整理	— (ただしプラント型式の相違等による施設の違いあり)	○	3月中旬
	C	耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響(影響検討対象施設の抽出プロセス・抽出結果)	先行PWR及びBWR(柏崎6,7号)	方針は先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・耐震重要施設の安全機能への波及的影響検討のうち、敷地全体を俯瞰した調査・検討等の結果及び波及的影響を及ぼす可能性のある施設、設備の選定結果を整理	プラントにより配置や施設が異なるため、東海第二発電所における抽出過程および抽出結果を説明する。	△	1月上旬
	D	重大事故等による荷重と地震動の組合せの設定の考え方	先行PWR及びBWR(柏崎6,7号)	方針は先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・重大事故等対処施設に必要な耐震設計条件に適用する荷重条件と地震動の組合せを明確にし、重大事故等対処施設の耐震設計におけるその考え方の妥当性を整理	事故収束シナリオ及び設定の考え方は、柏崎6,7号炉と同様であるが、東海第二発電所としての温度・圧力等に基づく荷重条件とSs及びSdとの組合せの考え方を説明する。	△	12月上旬
共通 / 個別	G	既工認からの解析評価条件の変更	—	評価対象施設に適用した評価手法・評価条件について、既工認からの変更点を確認した結果を整理 詳細については、「II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点」参照	詳細については、「II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点」参照	—	—

※1 凡例

- : 先行電力と同様であり大きな論点はないと考えるもの
- △: 基本的な考え方は先行電力と同様であるが、一部相違点があるもの
- : 先行実績がないもの

II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点

分類	整理 No.	変更項目	適用実績・審査実績	適用実績・審査実績との共通事項	新規もしくはサイトマターの論点 ^{※1}	備考	審査可能時期	
建物・構築物	5	基礎側面回転パネの採用	PWR (高浜1,2,3,4号) BWR (柏崎6,7号)	—	—	—	別紙2	—
		入力地震動の算定	BWR (柏崎6,7号)	柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・解放基盤表面で設定された基準地震動に対する地盤の応答を一次元波動論により算定し、建屋の埋め込み効果を考慮する。	—	○		12月下旬
	6	弾塑性解析モデルへの弾塑性解析の適用	BWR (柏崎6,7号)	柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・(弾性範囲を超過する)鉄筋コンクリート部材の応力解析において、材料(コンクリート、鉄筋)の非線形特性を考慮した弾塑性解析を採用する。	—	○		4月下旬
		原子炉建屋屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の採用	PWR (川内1,2号タービン建屋、伊方3号タービン建屋) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・原子炉建屋の屋根トラスの地震応答解析及び部材応力評価において、材料(鉄骨)の非線形特性を考慮した3次元FEMモデルによる弾塑性解析を採用する。	—	○		2月下旬
屋外重要土木構造物	7	時刻歴応答解析	PWR (川内1,2号, 高浜1,2,3,4号, 伊方3号) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・現実的な挙動特性を考慮するため、地震応答解析にFEMモデルによる非線形解析手法を適用(時刻歴応答解析) ・鉛直地震動について静的入力から動的入力に変更(水平・上下同時入力) ・評価基準値は、限界状態設計法も考慮	—	○		3月下旬
		減衰定数の変更	BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・地震応答解析手法の変更に伴い、減衰定数にも非線形特性を適用(履歴減衰, レーリー減衰)	—	○		3月下旬
機器・配管系	12	クレーン類のギャップ非線形モデルの採用	原子炉建屋クレーン 他BWR (大間)	先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・車輪部に滑り、浮上り、衝突を模擬した要素(ギャップ, 減衰, ばね)による3次元非線形はりモデルを適用する。	—	○		1月下旬
	14	時刻歴解析の適用	PWR (川内1,2号, 高浜3,4号, 伊方3号)	先行電力と同様であり、以下のとおり ・スペクトルモーダル解析を実施している設備について、時刻歴解析を適用する。	適用設備として、過去の耐震評価にて耐震裕度小さい中性子計測案内管及び低圧炉心スプレイ配管について適用を計画している。	△		3月中旬
	15	ポンプ等の応答解析モデルの精緻化	PWR (川内1,2号, 高浜3,4号, 伊方3号, 玄海3,4号) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・最新工認実績及び最新知見(JEAG4601等)を踏まえ、応答解析モデル質点位置の変更及びばね定数算出方法の変更を行う。	—	○		1月下旬
		容器等の応力解析へのFEMモデルの適用	他BWR (大間)	先行電力と同様であり、以下のとおり ・既工認で公式等による応力評価を実施している設備について、今回工認では容器等の一部設備に対してFEMモデルによる応力解析を実施する。	—	○		1月下旬
		クレーン類, 配管系の減衰定数の変更	PWR (川内1,2号, 高浜3,4号, 伊方3号) 他BWR (大間, 柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・振動試験結果を踏まえ、クレーン類及び配管系について、JEAG4601-2008に規定されている減衰定数に変更する。	—	○		1月下旬
16	解析コードの変更	他BWR (原電以外)	東海第二発電所で適用する解析コードは、適用実績・審査実績を有するものに変更する。	—	○		1月下旬	
共通	17	地震応答解析モデルの追加及び鉛直方向の減衰定数の考慮	PWR (川内1,2号, 高浜3,4号, 伊方3号) 他BWR (大間, 柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・鉛直方向への動的地震力の適用に伴い、鉛直方向に柔な設備については鉛直方向の減衰定数を新たに考慮しており、鉛直方向の解析モデルを追加する。	—	○		1月下旬
		水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法の変更	PWR (川内1,2号, 高浜3,4号, 伊方3号) 他BWR (大間, 柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6,7号炉と同様であり、以下のとおり ・鉛直方向への動的地震力の適用に伴い、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法を、絶対値和法から組合せ係数法やSRSS法に一部変更する。	—	○		1月下旬

※1 凡例

- : 先行電力と同様であり大きな論点はないと考えるもの
- △: 基本的な考え方は先行電力と同様であるが、一部相違点があるもの
- : 先行実績がないもの

Ⅲ. その他

分類	整理 No.	変更項目	適用実績・審査実績	適用実績・審査実績との共通事項	新規もしくはサイトマターの論点 ^{※1}	備考	審査可能時期
共通	a	地盤の液状化	PWR (高浜1,2,3,4号) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・柏崎と同様に、液状化、非液状化の判定及び支持性能に関する区分として、液状化層、非液状化層、サイクリックモビリティ層に整理する。これらの地震時挙動について、液状化検討対象の地層に適切な液状化強度を設定し、有効応力解析 (FLIP) により、構造物の機能維持評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施 ・構造物の機能維持に影響を与える液状化層について液状化対策を実施する方針	—	○ 別紙3	3月上旬
	b	保管場所・アクセスルート(斜面他)	PWR (川内1,2号, 高浜1,2,3,4号, 伊方3号) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・保管場所の沈下及び斜面評価、並びにアクセスルートの段差及び斜面崩壊を考慮した仮復旧評価を説明する。	—	○	4月下旬
	c	耐津波設計	PWR (川内1,2号, 高浜1,2,3,4号, 伊方3号) BWR (柏崎6,7号)	先行電力及び柏崎6, 7号炉と同様であり、以下のとおり ・外郭防護及び内郭防護の考え方、漂流物選定等の設定方針については、入力津波高さが敷地高さを超える先行サイトと同様の方針としている。	・防潮堤の構造等については、東海第二固有のものとして説明する。	△	別紙4
個別	e	原子炉建屋の地震応答解析のうちマンメイドロックの扱い(東海第二)	BWR (柏崎6,7号)	マンメイドロックを岩盤と見做してモデル化する。	—	○ 別紙2	—

※1 凡例

- : 先行電力と同様であり大きな論点はないと考えるもの
- △: 基本的な考え方は先行電力と同様であるが、一部相違点があるもの
- : 先行実績がないもの

東海第二発電所

耐震設計の論点に係る整理表

別紙

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

-
- 別紙1 既工認と今回工認の手法の相違点の整理方針について
 - 別紙2 原子炉建屋の設計に用いる地震応答解析モデルについて
 - 別紙3 防潮堤(盛土区間)の液状化対策について
 - 別紙4 耐津波設計について(防波堤の有無による影響評価)

別紙1 既工認と今回工認の手法の相違点の整理方針について



◆設置変更許可審査段階におけるプラントの耐震成立性確認を目的として、今後申請する補正工認(以下「今回工認」という。)で採用する予定の評価手法のうち、既工認と相違があり、他プラント既工認で採用実績のないものを網羅的に整理する。

○対象設備・施設

- ・耐震Sクラス設備, 耐震Sクラス設備に波及的影響を及ぼすおそれのある設備及び耐震Sクラス設備を支持する施設

○整理方針

- ・既工認と今回工認の手法等の差異を整理するとともに、他プラント既工認における採用実績の有無を整理し、採用実績のないものを、適用例のない手法として整理する。

【先行プラントと同様の方針】

- ・東海第二発電所は、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)」等の規格基準制定前に建設されたプラントであることを踏まえ、既工認と今回工認の手法に相違がなくても、規格基準に沿った手法で耐震評価がされているか確認する。抽出された設備が、他プラント既工認で適用実績がない場合は、適用例のない手法として整理する。

【東海第二の特徴を踏まえた方針】

- ・上記方針に基づく既工認と今回工認の手法の相違点の整理フローを図1に示す。

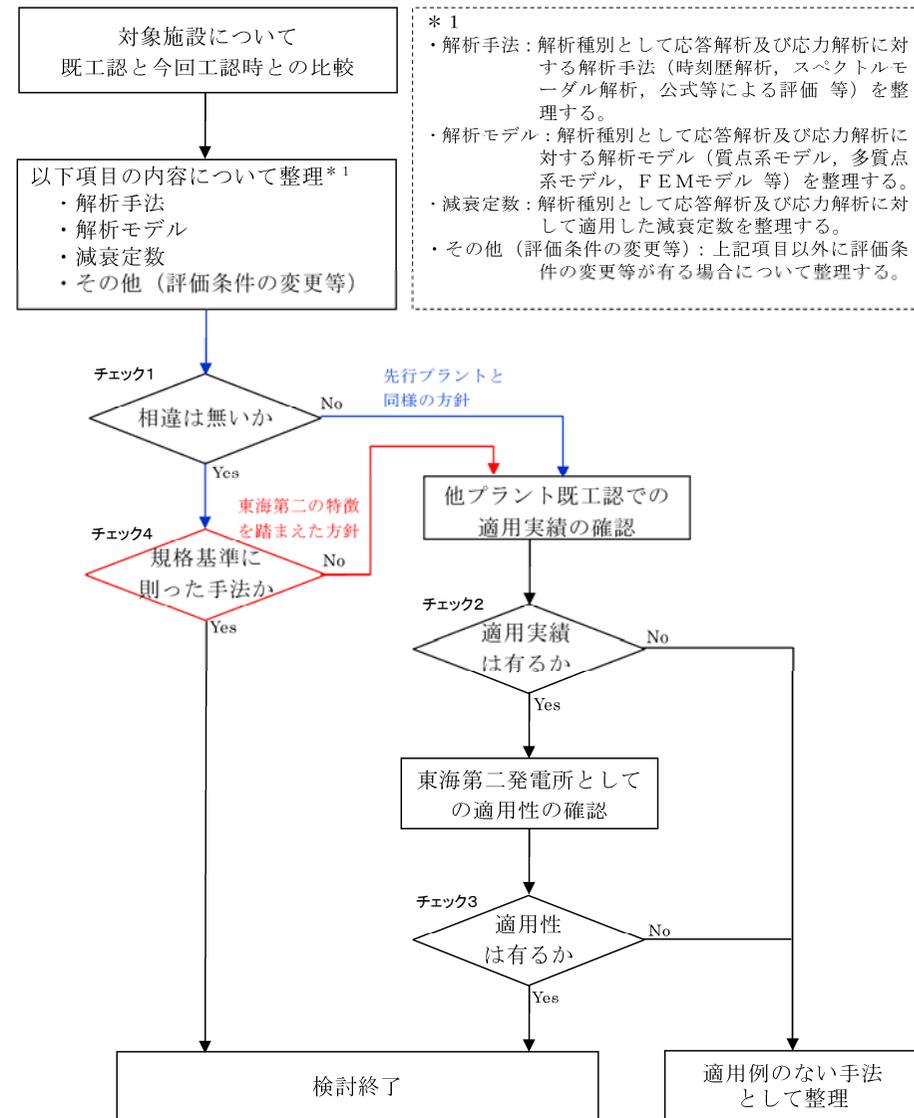
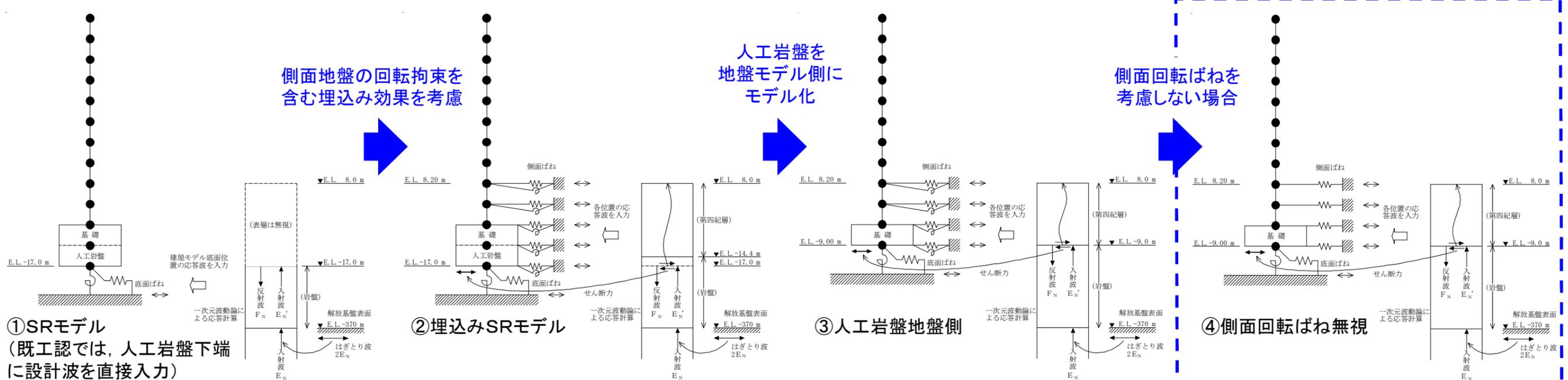


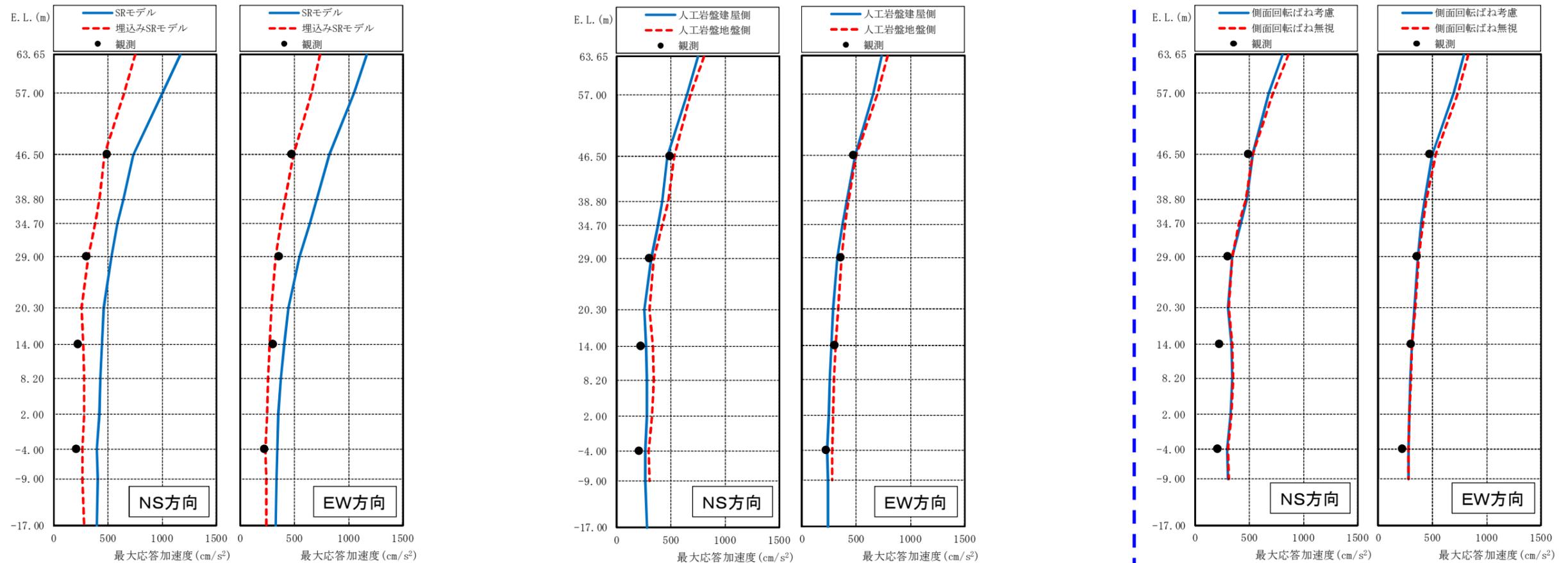
図1 既工認と今回工認の手法の相違点の整理フロー

【概要】 今回工認の地震応答解析モデルを検討するにあたり、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震時の観測記録を用いたシミュレーション解析を行い、人工岩盤のモデル化の影響と建屋と側面地盤との相互作用の影響評価を行い、これらの工認上の扱いを検討した。

地震応答解析の概要



最大応答加速度分布



①と②を比較した結果、側面地盤の埋込み効果を考慮した埋込みSRモデルとした場合、より実情に近い建屋の振動性状を評価できることを確認した。

②と③を比較した結果、人工岩盤を岩盤として地盤モデル側にモデル化の方が、応答を保守側に評価することを確認した。

③と④を比較した結果、側面回転ばねを考慮しないモデルとする方が、応答を保守側に評価することを確認した。

【結論】 今回工認に用いる地震応答解析モデルは、④の人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化し、側面回転ばねを考慮しない埋込みSRモデルとする。

別紙3 防潮堤(盛土区間)の液状化対策について



- ◆発電所の敷地全体を取り囲むよう防潮堤を構築する計画であり、敷地前面海側(東側)の区間は高さT.P.+20m, それ以外の区間はT.P.+18mである。また、全長は約2kmである。
- ◆防潮堤は、その設置場所の条件等から、構造形式を「盛土構造」、「鋼製防護壁」、「鉄筋コンクリート造」、「鋼管杭+被覆コンクリート造」の4種の構造で計画しており、「盛土構造」区間を除き、岩着する計画である。
- ◆敷地は、沖積層及び洪積層に覆われていることから、「盛土構造」の防潮堤を直接設置する地盤については、有効応力解析(FLIP)による変形量評価に基づき、防潮堤の機能維持に必要な液状化対策を実施する予定である。この液状化対策としては、セメントまたは薬液による「固化工法」を検討している。
- ◆現在、先行審査の状況を踏まえ、土質データの拡充を実施するとともに、これらのデータに基づき「固化工法」の適用性や改良範囲等を検討中である。対策の詳細については、これらの検討結果に基づき説明予定である。
- ◆耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設(常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を内包する施設)等のうち、耐震設計において地盤の液状化による影響が懸念される施設については、有効応力解析(FLIP)による耐震設計を実施する。



防潮堤設置イメージ

別紙3 参考 防潮堤の構造形式



- ◆設計基準対象設備の津波防護対象設備の設置された敷地に、基準津波の遡上波が地上部から到達、流入することを防止するため、敷地全体を取り囲む形で防潮堤を設置する。
- ◆敷地区分及びエリア区分毎の防潮堤の構造形式を整理すると以下のとおり。

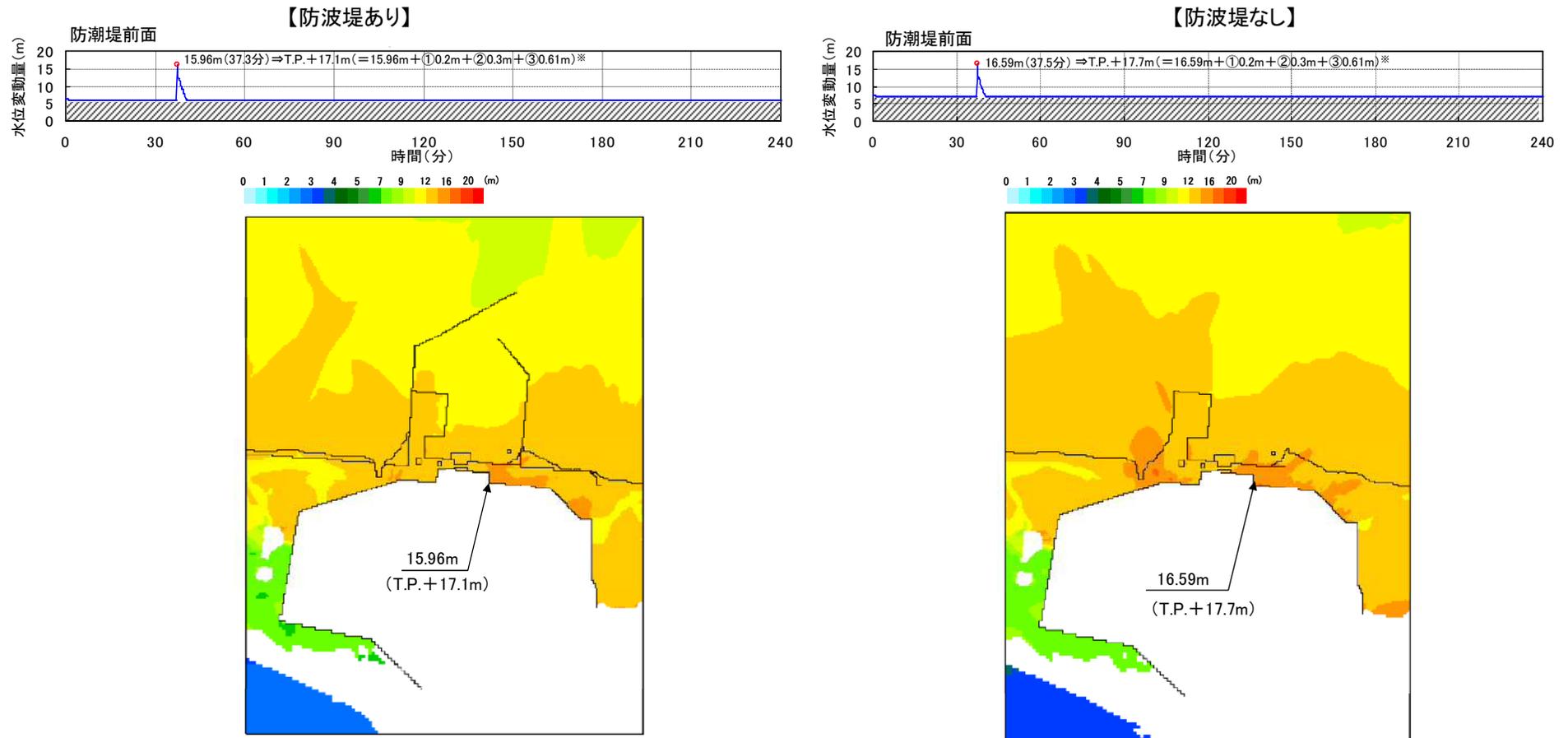
敷地区分	エリア区分	構造形式	天端高さ (T. P. +m)	構造形式概要
敷地前面 東側	a. 海水ポンプエリア	鋼製防護壁	20.0	<p>【鋼製防護壁】</p>
	b. 敷地周辺エリア (放水路横断部)	鉄筋コンクリート造		
敷地側面 北側	c. 敷地周辺エリア (放水路横断部以外)	盛土構造	18.0	
敷地側面 南側			d. 敷地南側狭隘部エリア	
<div style="border: 2px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>				<p>【鉄筋コンクリート造】</p>
				<p>【盛土構造】</p>
				<p>【鋼管杭+被覆コンクリート造】</p>

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

別紙4 耐津波設計について(防波堤の有無による影響評価)



- ◆防波堤は、基準地震動 S_s や基準津波の襲来時に機能(形状)を維持することは困難と考えられるため、防波堤の有無による水位への影響を評価している。その結果、防波堤がない条件の方が水位が約60cmが上昇する(下図参照)。
- ◆このため、耐津波設計における入力津波の設定に当たっては、防波堤がない条件を基本とし、津波防護施設等に反映する計画である。
- ◆また、防波堤破損に伴う取水性への影響等について確認する計画である。



※:補足
 ①0.2m : 2011年東北地方太平洋沖地震による地盤沈降量
 ②0.3m : 津波波源モデルの活動による地盤沈降量
 ③0.61m: 朔望平均満潮位
 なお、施設設計においては、上記以外に潮位のばらつき、計算のばらつき、高潮の重量等の不確かさを考慮する。

防波堤の有無による防潮堤前面における上昇側水位変動量の比較