

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0137
提出年月日	平成29年1月30日

## 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

屋外重要土木構造物の耐震評価について  
(指摘事項に対する回答)

平成29年1月

東京電力ホールディングス株式会社

## 1. 対象構造物の網羅性について

6号及び7号炉の建屋外に設置されている上位クラス施設の一覧を第1-1～3表に示す。ここで、「上位クラス施設」は、Sクラス施設等と重要SA施設を指す。（「地震による損傷の防止について（補足説明資料）」のうち「Ⅱ下位クラス施設の波及的影響の検討について」、ヒアリング資料：KK67-0100 改33，平成29年1月25日より）

第1-1～3表に示す通り，柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉における屋外重要土木構造物としては，以下が挙げられる。

- ・海水貯留堰
- ・スクリーン室
- ・取水路
- ・補機冷却用海水取水路
- ・軽油タンク基礎
- ・燃料移送系配管ダクト

また，上位クラス施設のうち建屋外のSクラス施設としては，以下が挙げられる。

- ・非常用ディーゼル発電設備軽油タンク
- ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
- ・非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管
- ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ出口逆止弁
- ・海水貯留堰
- ・非常用ガス処理系配管
- ・津波監視カメラ

上記に示す建屋外のSクラス施設とその間接支持構造物の一覧を第1-4表に示す。非常用ディーゼル発電設備に係る4施設は，軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトに間接支持されており，軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトは屋外重要土木構造物に分類される。

非常用ガス処理系配管は各原子炉建屋に，津波監視カメラは7号炉排気筒に間接支持されており，原子炉建屋及び排気筒は建物・構築物に分類される。

以上のことから，原子炉建屋周辺にある屋外のSクラスの機器・配管を間接支持する構造物を含め，屋外重要土木構造物を適切に抽出している。

第 1-1 表 6 号炉建屋外上位クラス施設のうち S クラス施設  
(ヒアリング資料 : KK67-0100 改 33, 平成 29 年 1 月 25 日に加筆)

第 4-1-1 表 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉 建屋外上位クラス施設一覧表

整理番号	建屋外上位クラス施設	区分	整理番号	建屋外上位クラス施設	区分
KE-0001	非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク	S 77A SA 施設	KE-0031	代替格納容器圧力逃がし装置 凝縮タンク	SA 施設
KE-0002	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	S 77A	KE-0032	代替格納容器圧力逃がし装置 ラプチャブリスク	SA 施設
KE-0003	非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管	S 77A	KE-0033	代替格納容器圧力逃がし装置配管	SA 施設
KE-0004	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ出口逆止弁	S 77A	KE-0034	代替格納容器圧力逃がし装置基礎	SA 施設間接支持構造 物
KE-0005	格納容器圧力逃がし装置 フィルタ装置	SA 施設	KE-0035	無線連絡設備	SA 施設
KE-0006	格納容器圧力逃がし装置 上り兼フィルタ	SA 施設			
KE-0007	格納容器圧力逃がし装置 ドレンポンプ設備	SA 施設			
KE-0008	格納容器圧力逃がし装置 ドレンタンク	SA 施設			
KE-0009	格納容器圧力逃がし装置 ラプチャブリスク	SA 施設			
KE-0010	復水供給水系配管	SA 施設			
KE-0011	燃料プール希薄浄化系配管	SA 施設			
KE-0012	格納容器圧力逃がし装置配管	SA 施設			
KE-0013	格納容器圧力逃がし装置放射線モニタ盤	SA 施設			
KE-0014	原子炉建屋	S 77A 施設及び SA 施設間接支持構造 物			
KE-0015	タービン建屋	S 77A 施設及び SA 施設間接支持構造 物			
KE-0016	排気筒	S 77A 施設間接支持構造 物			
KE-0017	格納容器圧力逃がし装置基礎	SA 施設間接支持構造 物			
KE-0018	復水貯留槽	S 77A 屋外重要土木構造物 SA 施設			
KE-0019	スクリーン室	屋外重要土木構造物 SA 施設			
KE-0020	取水路	屋外重要土木構造物 SA 施設			
KE-0021	補機冷却用復水取水路	屋外重要土木構造物 SA 施設			
KE-0022	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物 (S 77A 施設及び SA 施設間接支持構造 物)			
KE-0023	燃料移送系配管ダクト	屋外重要土木構造物 (S 77A 施設間接支持 構造物)			
KE-0024	原子炉建屋冷却水系配管	SA 施設			
KE-0025	非常用ガス処理系配管	S 77A SA 施設			
KE-0026	代替格納容器圧力逃がし装置 フィルタ装置	SA 施設			
KE-0027	代替格納容器圧力逃がし装置 上り兼フィルタ	SA 施設			
KE-0028	代替格納容器圧力逃がし装置空 調	SA 施設			
KE-0029	代替格納容器圧力逃がし装置 ドレンポンプ設備	SA 施設			
KE-0030	代替格納容器圧力逃がし装置 ドレンタンク	SA 施設			

  : S クラス施設  
  : 屋外重要土木構造物

第1-2表 7号炉建屋外上位クラス施設のうちSクラス施設  
(ヒアリング資料：KK67-0100 改33, 平成29年1月25日に加筆)

第4-1-2表 柏崎刈羽原子力発電所7号炉 建屋外上位クラス施設一覧表

整理番号	建屋外上位クラス施設	区分	整理番号	建屋外上位クラス施設	区分
K7-0001	非常用ディーゼル発電設備 駆動タンク	S 77A SA 施設	K7-0001	代替格納容器圧力逃がし装置 乗積タンク	SA 施設
K7-0002	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	S 77A	K7-0002	代替格納容器圧力逃がし装置 ラプチャディスタ	SA 施設
K7-0003	非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管	S 77A	K7-0003	代替格納容器圧力逃がし装置配管	SA 施設
K7-0004	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ出口止弁	S 77A	K7-0004	代替格納容器圧力逃がし装置基礎	SA 施設 間接支持構造物
K7-0005	格納容器圧力逃がし装置 フィルタ装置	SA 施設	K7-0005	無降速給設備	SA 施設
K7-0006	格納容器圧力逃がし装置 よう素フィルタ	SA 施設			
K7-0007	格納容器圧力逃がし装置 ドレンポンプ設備	SA 施設			
K7-0008	格納容器圧力逃がし装置 ドレンタンク	SA 施設			
K7-0009	格納容器圧力逃がし装置 ラプチャディスタ	SA 施設			
K7-0010	炉水補給水系配管	SA 施設			
K7-0011	燃料プール冷却浄化系配管	SA 施設			
K7-0012	格納容器圧力逃がし装置配管	SA 施設			
K7-0013	格納容器圧力逃がし装置放射線モニタ盤	SA 施設			
K7-0014	原子炉建屋	S 77A施設及UF SA 施設 間接支持構造物			
K7-0015	タービン建屋	S 77A施設及UF SA 施設 間接支持構造物			
K7-0016	換気筒	S 77A施設間接支持構造物			
K7-0017	格納容器圧力逃がし装置基礎	SA 施設間接支持構造物			
K7-0018	炉水貯留槽	S 77A 屋外重要土木構造物 SA 施設			
K7-0019	スタリーン室	屋外重要土木構造物 SA 施設			
K7-0020	放水路	屋外重要土木構造物 SA 施設			
K7-0021	補機冷却用炉水取水路	屋外重要土木構造物 SA 施設			
K7-0022	駆動タンク基礎	屋外重要土木構造物 (S 77A施設及UF SA 施設間接支持構造物)			
K7-0023	燃料移送系配管ダクト	屋外重要土木構造物 (S 77A施設間接支持構造物)			
K7-0024	原子炉補機冷却水系配管	SA 施設			
K7-0025	非常用ガス処理系配管	S 77A SA 施設			
K7-0026	代替格納容器圧力逃がし装置 フィルタ装置	SA 施設			
K7-0027	代替格納容器圧力逃がし装置 よう素フィルタ	SA 施設			
K7-0028	代替格納容器圧力逃がし装置真空 断	SA 施設			
K7-0029	代替格納容器圧力逃がし装置 ドレンポンプ設備	SA 施設			
K7-0030	代替格納容器圧力逃がし装置 ドレンタンク	SA 施設			

  : Sクラス施設  
  : 屋外重要土木構造物

第 1-3 表 6 号及び 7 号炉建屋外上位クラス施設のうち S クラス施設  
 (ヒアリング資料 : KK67-0100 改 33, 平成 29 年 1 月 25 日に加筆)

第 4-1-3 表 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉  
 建屋外上位クラス施設一覧表

整理番号	建屋外上位クラス施設	区分
共-0001	第一ガスタービン発電機	SA 施設
共-0002	第一ガスタービン発電機用燃料タンク	SA 施設
共-0003	第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	SA 施設
共-0004	第一ガスタービン発電機用燃料移送配管	SA 施設
共-0005	第一ガスタービン発電機制御盤	SA 施設
共-0006	津波監視カメラ	S 炉 SA 施設
共-0007	コントロール棟壁	S 炉 SA 施設及び SA 施設間接支持構造物
共-0008	直撃熱処理棟壁	SA 施設間接支持構造物
共-0009	第一ガスタービン発電機基礎	SA 施設間接支持構造物
共-0010	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎	SA 施設間接支持構造物
共-0011	S 号炉原子炉建屋内緊急時対策用 (S 号炉原子炉棟壁)	SA 施設間接支持構造物 SA 施設
共-0012	S 号炉原子炉建屋内緊急時対策用 気線連絡設備	SA 施設

 : S クラス施設

第 1-4 表 原子炉建屋周辺の S クラス施設と間接支持構造物

	建屋外の S クラス施設	間接支持構造物	
		施設名	分類
6 号炉	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管	軽油タンク基礎 燃料移送系配管ダクト	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ出口逆止弁	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	海水貯留堰	—	—
	非常用ガス処理系配管	排気筒	建物・構築物
7 号炉	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管	軽油タンク基礎 燃料移送系配管ダクト	屋外重要土木構造物
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ出口逆止弁	軽油タンク基礎	屋外重要土木構造物
	海水貯留堰	—	—
	非常用ガス処理系配管	排気筒	建物・構築物
共用	津波監視カメラ	7 号炉排気筒	建物・構築物

## 2. 地盤改良及び地盤物性値について

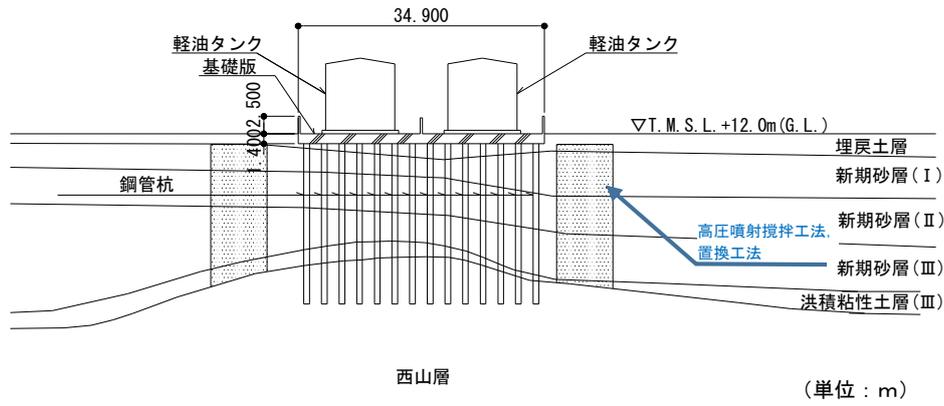
### 2.1 土木構造物で実施している地盤改良工法について

工事計画認可段階において耐震評価を実施する土木構造物と各土木構造物で実施している地盤改良工法について第 2-1 表に、各地盤改良工法の施工例を第 2-1 図に示す。

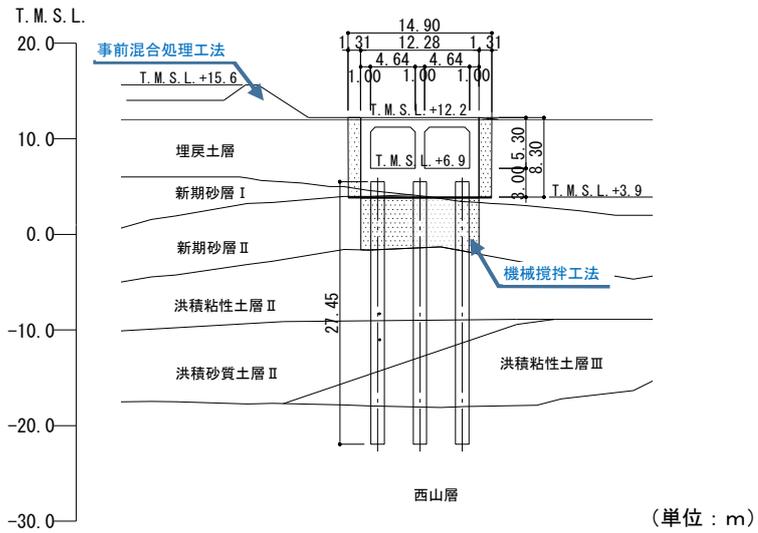
土木構造物で実施している地盤改良工法は、置換工法、高圧噴射攪拌工法、機械攪拌工法及び事前混合処理工法である。

第 2-1 表 地盤改良工法について

構造物名称	地盤改良 (○:実施)	地盤改良工法	備考
海水貯留堰	—	—	
スクリーン室	—	—	
取水路	—	—	
補機冷却用海水取水路	—	—	
軽油タンク基礎	○	置換工法, 高圧噴射攪拌工法	
燃料移送系配管ダクト	○	置換工法, 高圧噴射攪拌工法	
第一ガスタービン発電機基礎	○	機械攪拌工法, 事前混合処理工法	
第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎	○	機械攪拌工法, 事前混合処理工法	
取水護岸	○	高圧噴射攪拌工法	波及的影響を考慮する構造物
燃料移送ポンプエリア竜巻防護壁	○	置換工法, 高圧噴射攪拌工法	波及的影響を考慮する構造物



(7号炉軽油タンク基礎断面図)

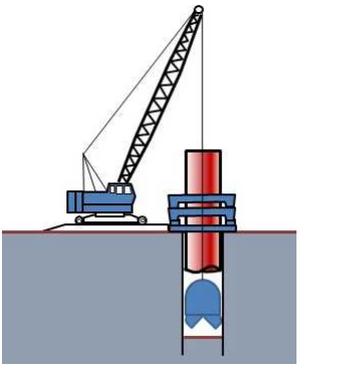
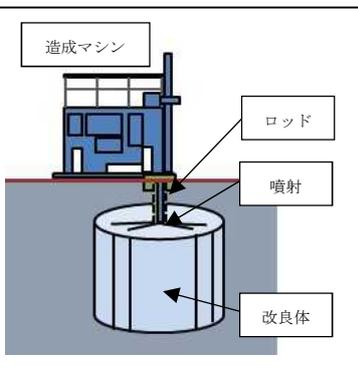
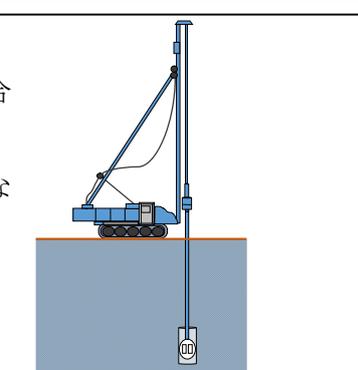


(第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎 NS 断面図)

第 2-1 図 各地盤改良の施工例

## 2.2 地盤改良工法の仕様について

土木構造物で実施している地盤改良工法の仕様を第 2-2 図に示す。

<p><b>【置換工法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 原地盤を開削し、セメントミルクを投入することで、改良体（<math>\phi 3.0\text{m}</math>）を造成</li><li>・ 地上構造物及び埋設構造物がなく、開削が可能な箇所にて採用</li></ul>	
<p><b>【高圧噴射攪拌工法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 高圧でセメントミルクを吐出し、原地盤を切削・攪拌することで、改良体（<math>\phi 3.2, 3.5, 4.5\text{m}</math>）を造成</li><li>・ 地上構造物及び埋設構造物等がある、開削が困難な箇所にて採用</li></ul>	
<p><b>【機械攪拌工法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 原地盤中にセメントスラリーを供給し、攪拌混合することで、改良体（<math>\phi 2.0\text{m}</math>）を造成</li><li>・ 地上構造物及び埋設構造物がなく、貫入が可能な箇所にて採用</li></ul>	
<p><b>【事前混合処理工法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 原地発生土にセメントを添加・混合し盛土材に処理した後、施工位置にて盛土を実施</li><li>・ セメント改良土を用いた盛土箇所にて採用</li></ul>	

第 2-2 図 地盤改良工法の仕様

### 2.3 地盤物性値設定の整理結果

土木構造物の耐震評価で使用する地層区分ごとの地盤物性値を，設置許可にて設定済みの物性値，既工認にて設定済みの物性値及び今回工認にて新規に設定する物性値に整理した結果を第 2-2 表に示す。

なお，各地盤物性値の設定根拠については，工事計画認可段階で説明する。

第 2-2 表 地盤物性値設定の整理結果

地層区分		設置許可にて設定済みの地盤物性値	既工認にて設定済みの地盤物性値	今回工認にて新規に設定する地盤物性値
埋戻土層 (地下水以浅)		無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
埋戻土層 (地下水以深)		無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
古 安 田 層 ※	洪積粘性土層 I	無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
	洪積粘性土層 II	無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
	洪積粘性土層 III	無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
	洪積砂質土層 I	無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
	洪積砂質土層 II	無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
新期砂層 I		無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
新期砂層 II		無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
新期砂層 III		無し	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外) 液状化特性
西山層 (T.M.S.L.-33m 以浅)		動的変形特性	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
西山層 (T.M.S.L.-33m 以深)		動的変形特性	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
マンメイドロック		動的変形特性	動的変形特性	動的変形特性 (既工認物性以外)
地盤改良 (置換, 高圧噴射)		無し	無し	動的変形特性
地盤改良 (機械攪拌)		無し	無し	動的変形特性
地盤改良 (事前混合処理)		無し	無し	動的変形特性

※ 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. 軽油タンク基礎について

#### 3.1 軽油タンク基礎の照査方針

軽油タンク基礎の耐震性評価にあたっては、以下に示す規格、基準等に基づき、第 3-1 表に示す構造健全性の照査を実施する方針としている。

- ・ 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）
- ・ 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 14 年 3 月）
- ・ 港湾の施設の技術上の基準・同解説（(社) 日本港湾協会，2007 年版）
- ・ 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

第 3-1 表 軽油タンク基礎の評価項目

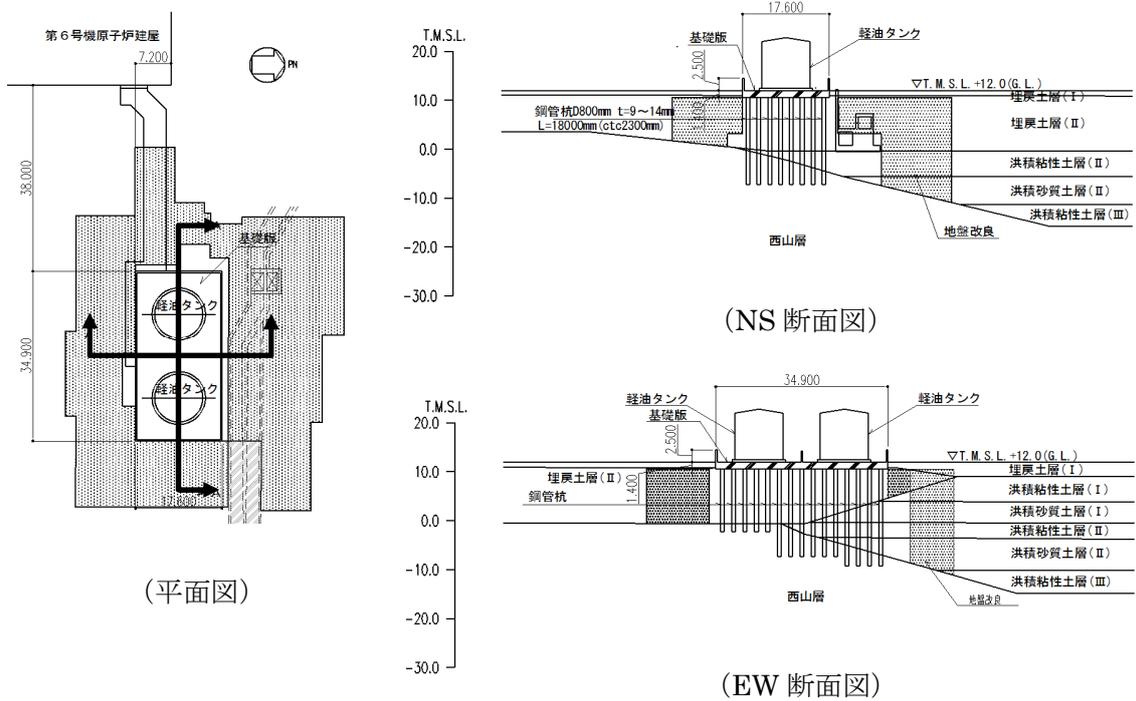
評価方針	評価項目	地震力	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	基準地震動 Ss	鉄筋コンクリート（躯体）	発生応力等が許容限界を超えないことを確認	終局曲げ耐力，終局せん断耐力
		基準地震動 Ss	鋼管杭	発生応力等が許容限界を超えないことを確認	終局曲げ強度，終局せん断強度
	基礎地盤の支持性能	基準地震動 Ss	基礎地盤	最大鉛直力が許容限界を超えないことを確認	極限支持力

### 3.2 軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクト周辺の地盤改良の概要

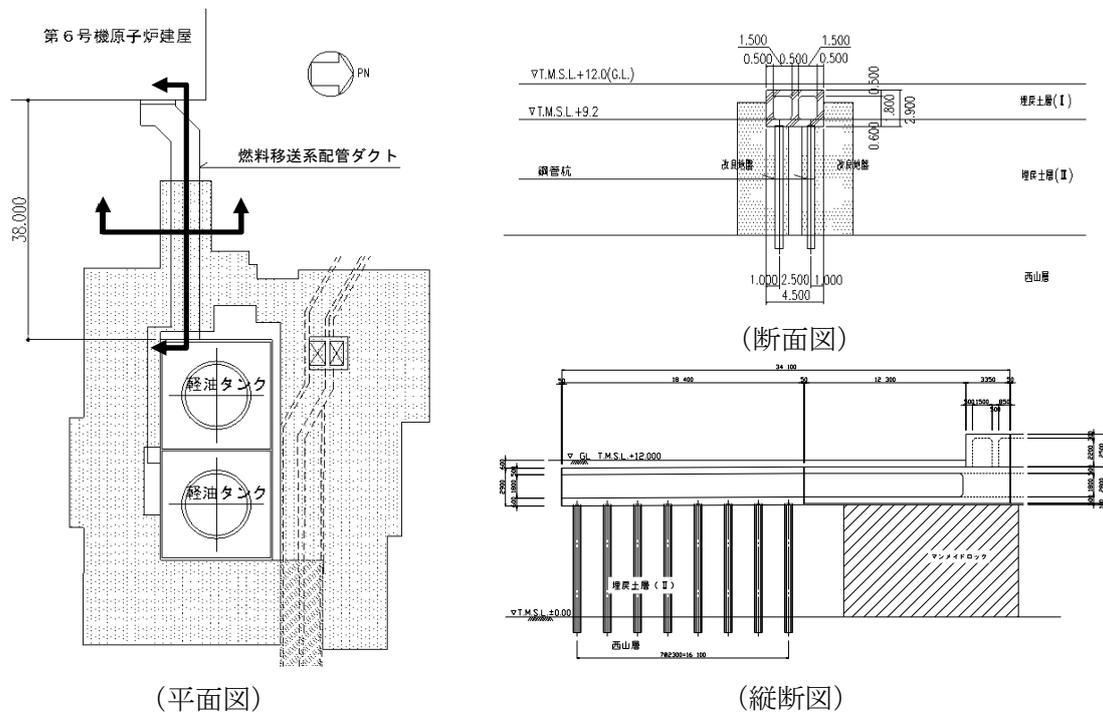
6号及び7号炉軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトの周辺には、地震時における変形抑制対策として地盤改良を実施している。

軽油タンク基礎周辺の地盤改良は、基礎を囲む平面配置とし、改良の対象層は、埋戻土層及び新期砂層としている。燃料移送系配管ダクト周辺の地盤改良は、ダクトの直下及び周辺に配置し、改良の対象層は、埋戻土層及び新期砂層としている。地盤改良体の配置について、6/7号炉軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクト周辺の地盤改良範囲を第3-1～4図に示す。

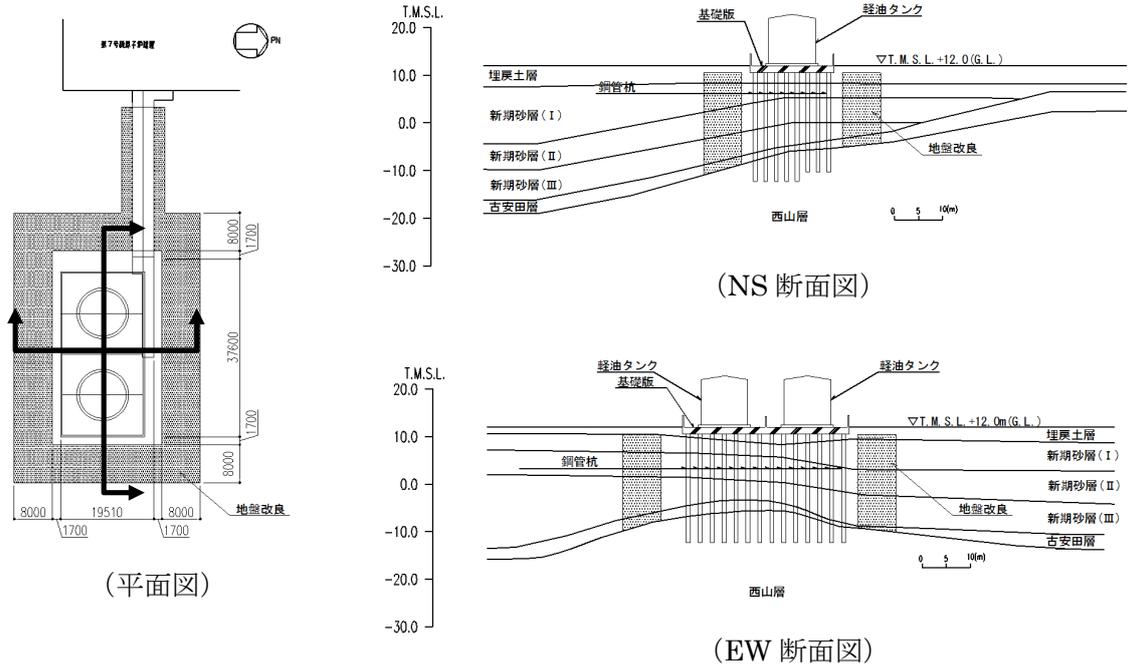
構造物の耐震性評価にあたっては、周辺地盤の液状化の影響を考慮するため、有効応力解析（FLIP）を実施する。評価にあたっては、地盤改良の形状・範囲・物性等について、適切にモデル化する。



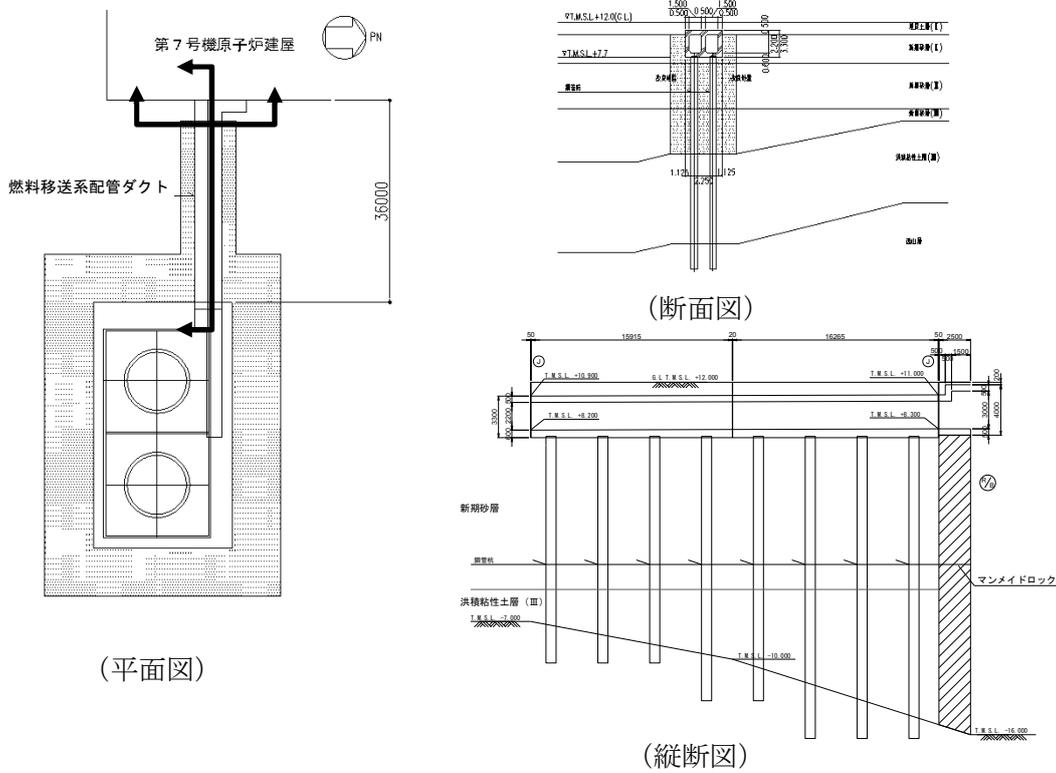
第3-1図 6号炉軽油タンク基礎地盤改良範囲図



第3-2図 6号炉燃料移送系配管ダクト地盤改良範囲図



第 3-3 図 7 号炉軽油タンク基礎地盤改良範囲図



第 3-4 図 7 号炉燃料移送系配管ダクト地盤改良範囲図

### 3.3 地盤改良体のモデル化

地盤改良体については，施工完了後，ボーリングを実施し，コア観察による改良状況の確認及びPS 検層により，所定の品質を満足することを確認している。

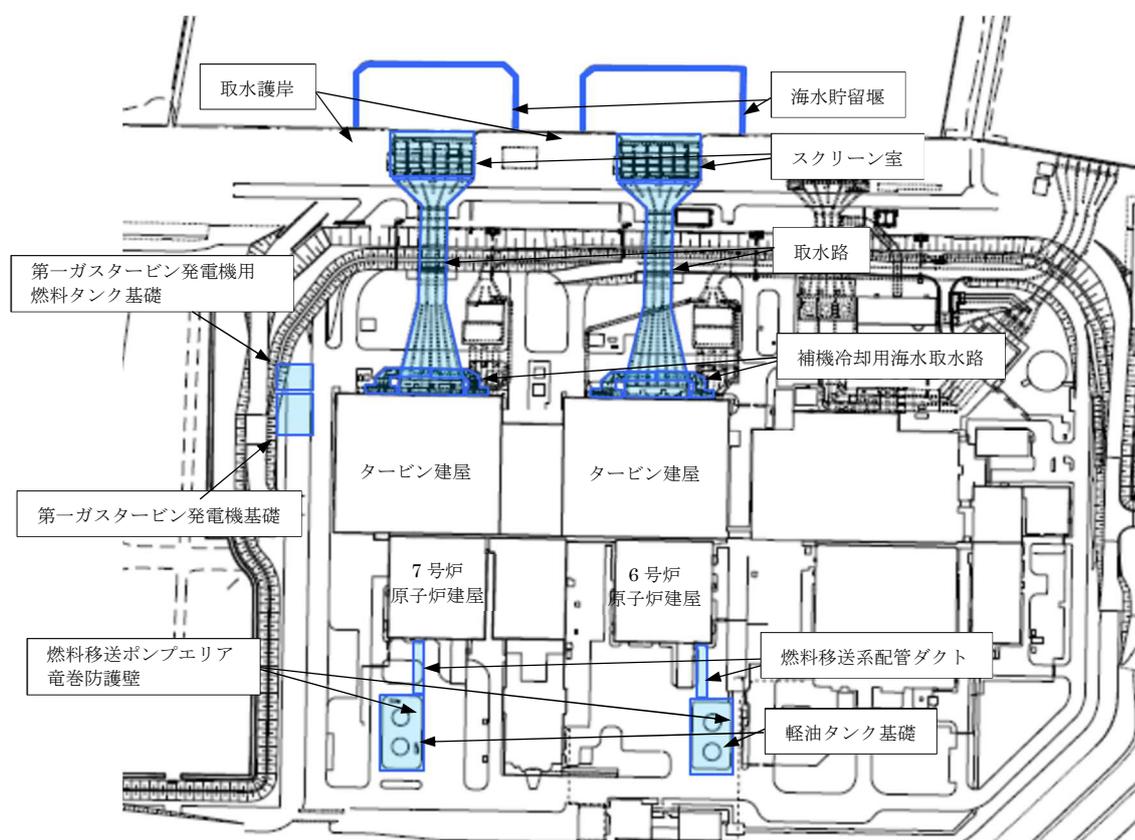
解析モデルの作成にあたっては，改良体底面と西山層の境界面及び改良体側面と地盤の境界面での剥離・すべりを考慮できるようにジョイント要素を配置する。また，改良体による変形抑制効果を確保する観点から，改良体内部に連続したすべり線が発生しないことを確認する。

#### 4. 隣接構造物のモデル化について

本方針は、屋外重要土木構造物（軽油タンク基礎、燃料移送系配管ダクト、海水貯留堰<sup>※</sup>、スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路）と、それに準じた検討を実施する方針としている。波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物（取水護岸、燃料移送ポンプエリア竜巻防護壁）、ならびに、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間接支持構造物のうち第一ガスタービン発電機基礎及び第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎を対象とする。

隣接構造物としてモデル化する構造物は、基準地震動  $S_s$  に対する耐震性が確認された構造物とする。

※ 海水貯留堰は、非常用取水設備 兼 津波防護施設

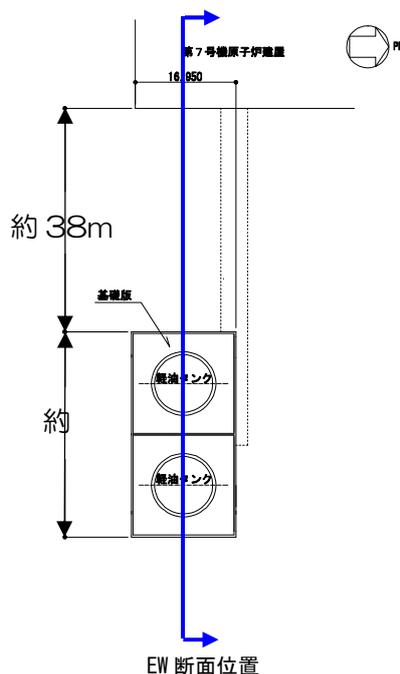


第 4-1 図 屋外重要土木構造物等の配置図（大湊側）

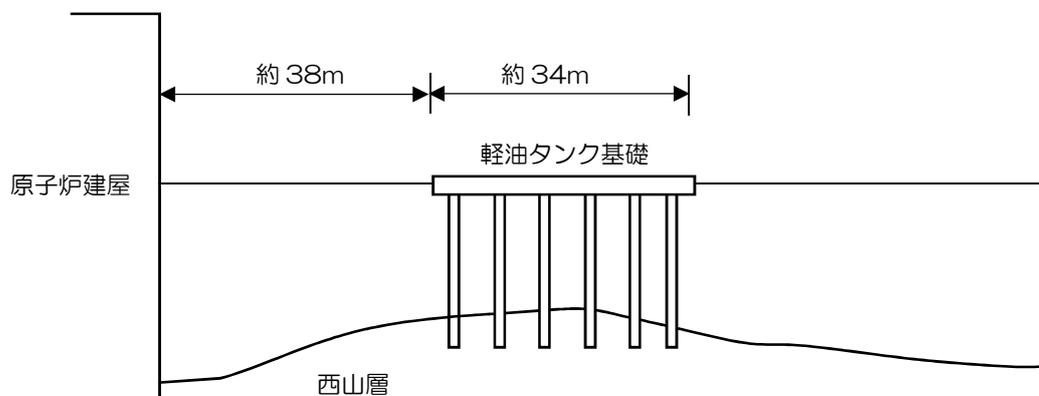
(例1) 7号炉軽油タンク基礎 EW断面

7号炉軽油タンク基礎は、構造物幅が約35mであるのに対して、隣接構造物にあたる7号炉原子炉建屋からの離隔が38mと近接している。7号炉原子炉建屋は基準地震動Ssに対する耐震性が確認されていることから、7号炉軽油タンク基礎EW断面においては、原子炉建屋をモデル化する方針とする。

7号炉軽油タンク基礎周辺の平面図を第4-2図に、EW断面におけるモデル化の概念図を第4-3図に示す。



第4-2図 7号炉軽油タンク基礎周辺の平面図



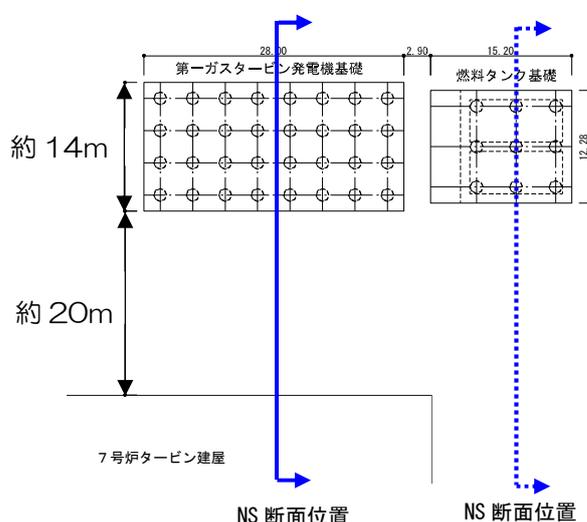
第4-3図 7号炉軽油タンク基礎のモデル化概念図

(例2) 第一ガスタービン発電機基礎 NS断面

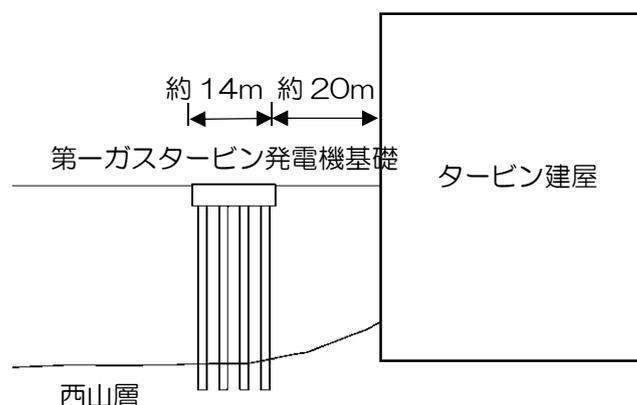
第一ガスタービン発電機基礎は、構造物幅が約14mであるのに対して、隣接構造物にあたる7号炉タービン建屋からの離隔が約20mと近接している。7号炉タービン建屋は基準地震動Ssに対する耐震性が確認されていることから、第一ガスタービン発電機基礎NS断面においては、タービン建屋をモデル化する方針とする。

第一ガスタービン発電機基礎周辺の平面図を第4-4図に、NS断面におけるモデル化の概念図を第4-5図に示す。

燃料タンク基礎NS断面は、タービン建屋に近接しているものの、燃料タンク基礎幅の延長上に位置していないことから、タービン建屋をモデル化しない方針とする。



第4-4図 第一ガスタービン発電機基礎周辺の平面図



第4-5図 第一ガスタービン発電機基礎のモデル化概念図