

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	KK67-0104
提出年月日	平成28年6月9日

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉
地震による損傷の防止について（指摘事項に対する回答）

—屋外重要土木構造物の耐震評価における評価対象断面の選定について—

平成28年6月9日
東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

目次

1. 本日も回答内容
2. 評価対象断面選定の基本方針
3. スクリーン室, 取水路, 補機冷却用海水取水路
 3. 1 全体概要
 3. 2 既工認における断面選定について
 3. 3 今回工認における断面選定の考え方
 3. 4 スクリーン室・取水路漸縮部の断面選定
 3. 5 取水路一般部の断面選定
 3. 6 取水路漸拡部の断面選定
 3. 7 補機冷却用海水取水路の断面選定
 3. 8 液状化の影響を考慮した断面選定
 3. 9 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定
 3. 10 スクリーン室, 取水路, 補機冷却用海水取水路の断面選定 (まとめ)
4. 軽油タンク基礎
 4. 1 軽油タンク基礎の概要
 4. 2 既工認における断面選定
 4. 3 今回工認における断面選定
 4. 4 液状化の影響を考慮した断面選定
 4. 5 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定
5. 燃料移送系配管ダクト
 5. 1 燃料移送系配管ダクトの概要
 5. 2 今回工認における断面選定
 5. 3 液状化の影響を考慮した断面選定
 5. 4 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定

1. 本日も回答内容

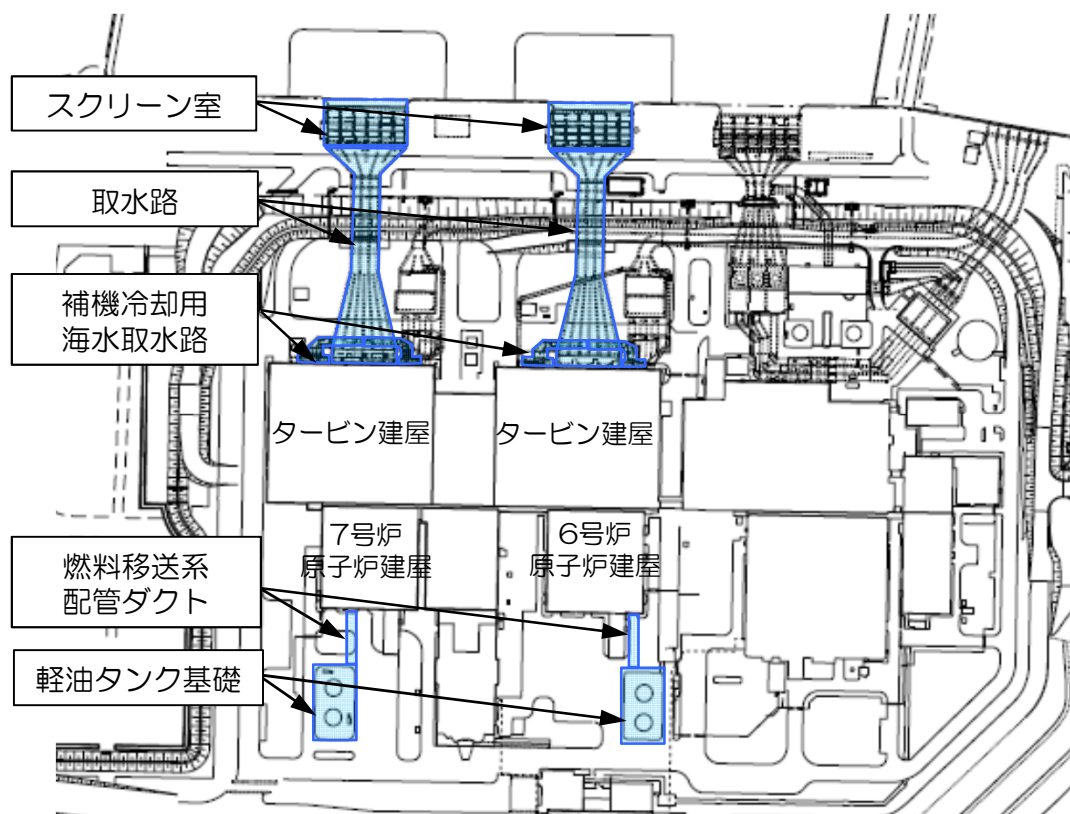
分類	No.	指摘事項	指摘日
屋外重要土木構造物	1	土木構造物の設計対象断面の網羅性・代表性について断面設定根拠を含めて整理し説明すること。	H28.2.23 ヒアリング
屋外重要土木構造物	2	取水路の評価対象断面の選定根拠については、補機冷却用海水取水路・スクリーン室の妻壁および拡幅断面部等を含めて、耐震安全性上の網羅性及び代表性を整理し説明すること。	H28.3.1 ヒアリング

2. 評価対象断面選定の基本方針

2. 評価対象断面選定の基本方針

屋外重要土木構造物は、非常時における海水の通水機能もしくは耐震安全上重要な機器・配管系（Sクラス施設）の間接支持機能を求められる土木構造物でスクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路および海水貯留堰※、Sクラス施設の間接支持構造物である軽油タンク基礎、燃料移送系配管ダクトがある。

※海水貯留堰は津波防護施設としても位置付けられ、耐津波の観点も踏まえ断面選定を行うため、今回説明対象からは除く。

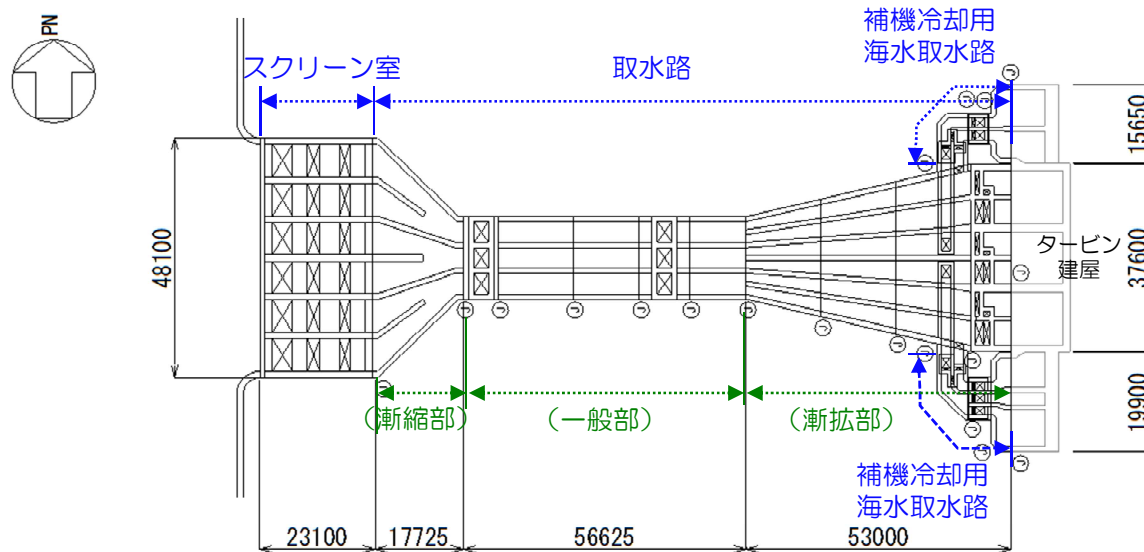


屋外重要土木構造物は、基本的に地中に埋設された構造物であり、位置に応じて複数の断面形状を示すことから、構造物の形状および地盤条件等を考慮し、評価対象とする断面を選定する。

屋外重要土木構造物配置図

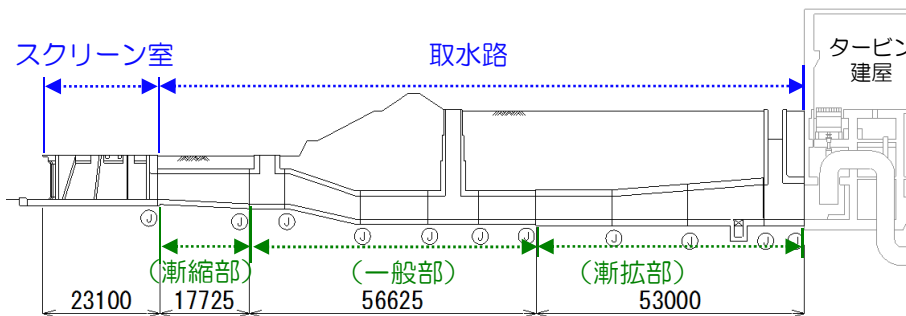
3. スクリーン室, 取水路, 補機冷却用海水取水路

3. 1 全体概要



- スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路は6,7号機で構造がほぼ同じであることから，本編では代表例として7号機の図面を示す。
- 6号機の概要については，参考を示す。

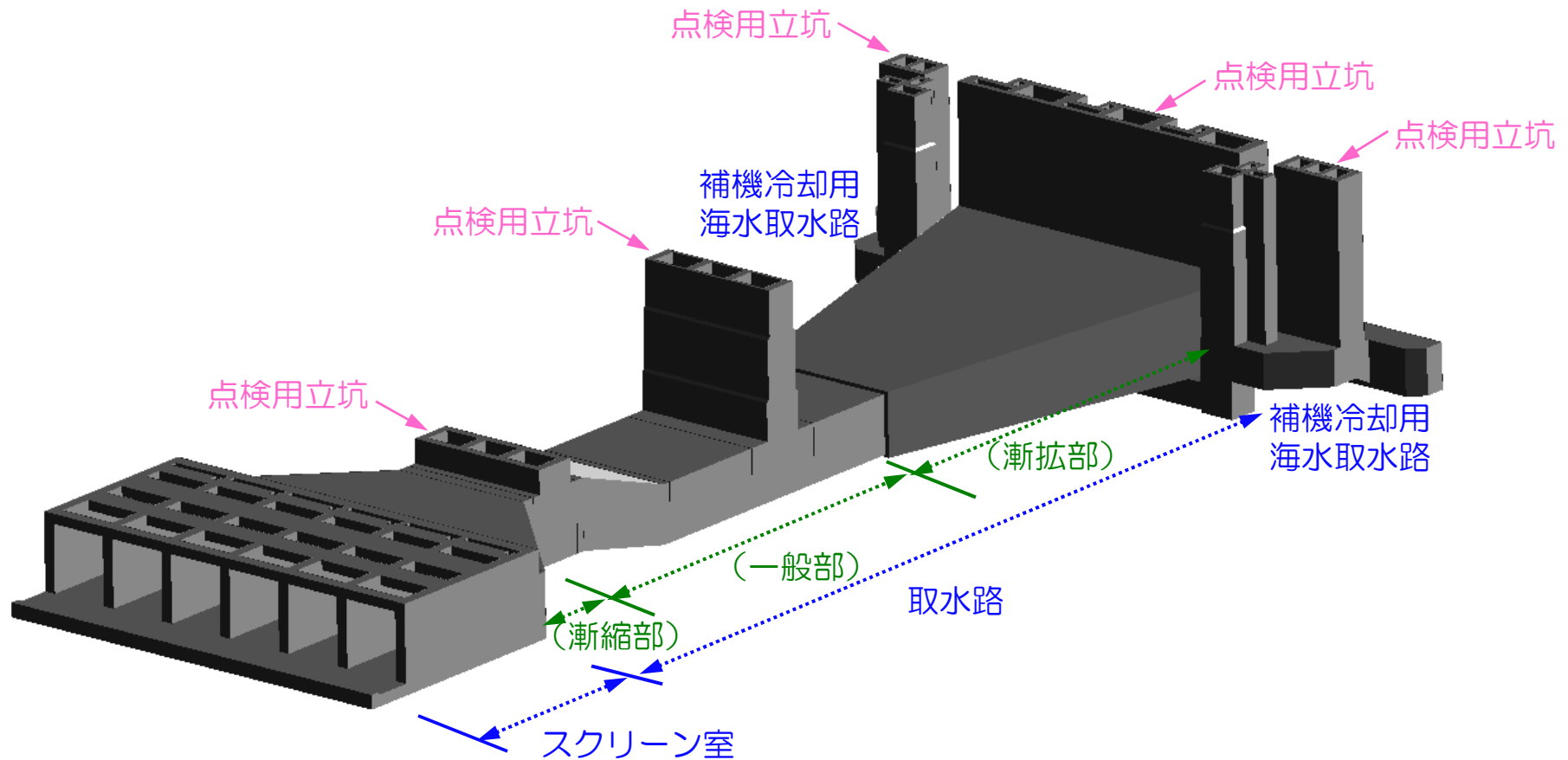
Ⓧ：耐震ジョイント



Ⓧ：耐震ジョイント

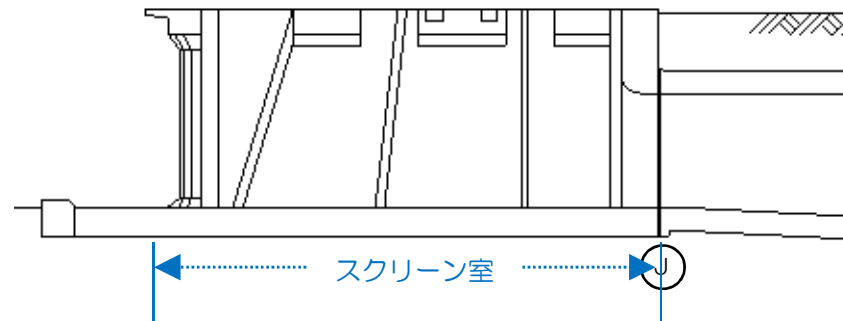
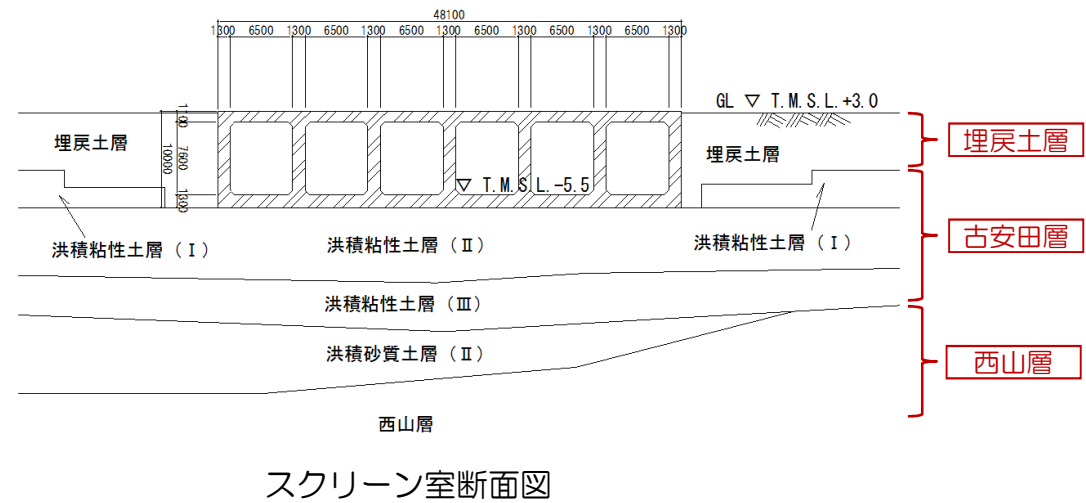
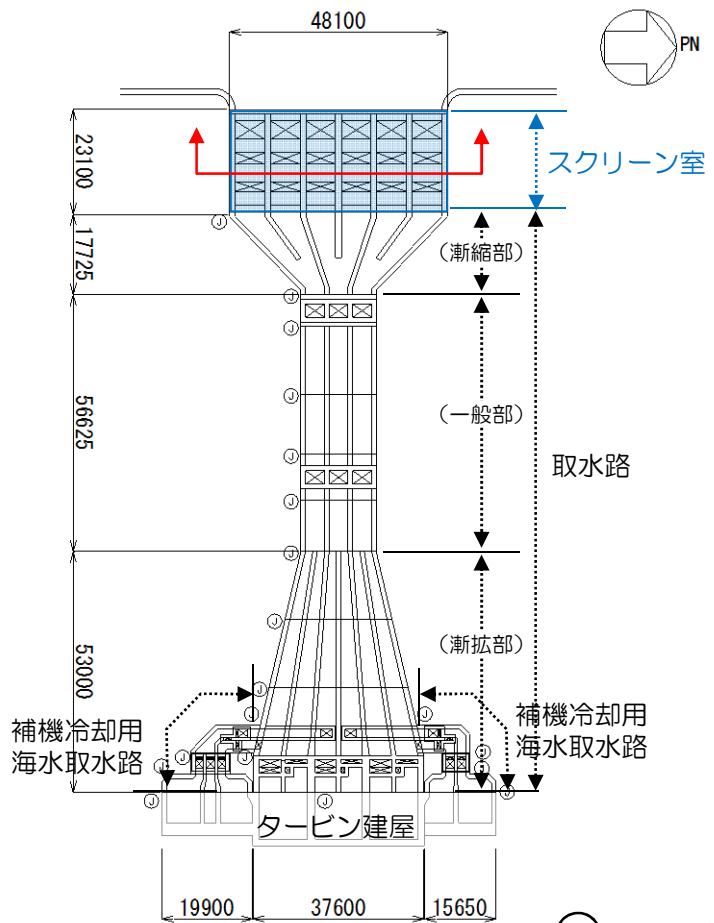
- スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路のうち取水路については，海側から大きく漸縮部，一般部，漸拡部に分けられる。
- スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路は，軸方向（通水方向）における構造の変化等を考慮してブロック分割し，その間に耐震ジョイントが設置されている。

3. 1 全体概要



- 取水路および補機冷却用海水取水路の一部には、水路上部に点検用立坑が接続されている。
- 点検用立坑が接続される断面については、立坑を介して従来設計における評価対象断面に直交する動土圧および動水圧による荷重が作用するため、「3. 9 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定」において代表断面選定の考え方を説明する。

3. 1 全体概要（スクリーン室）



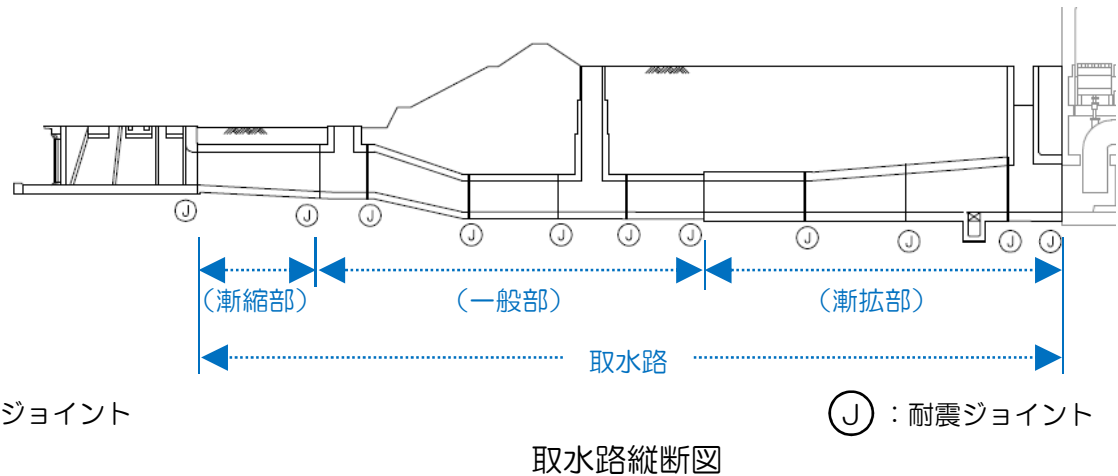
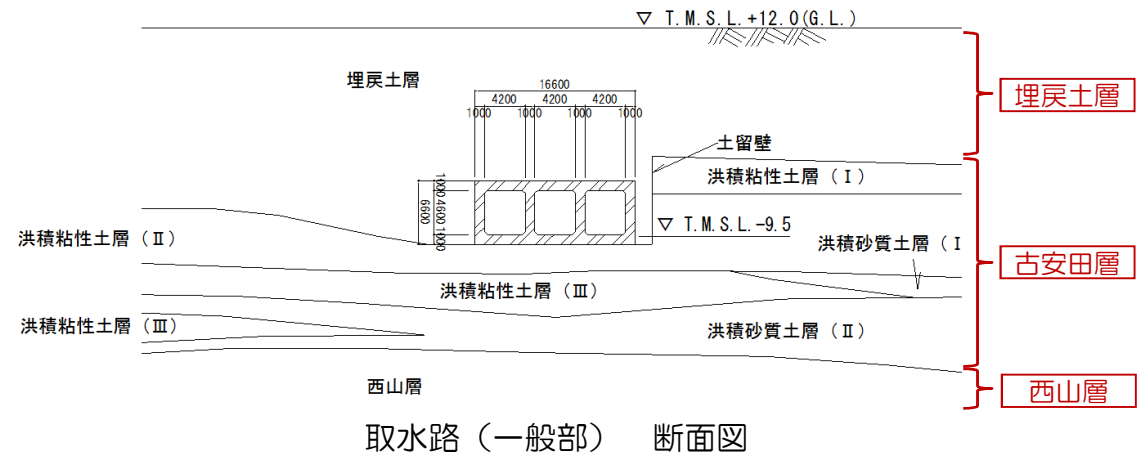
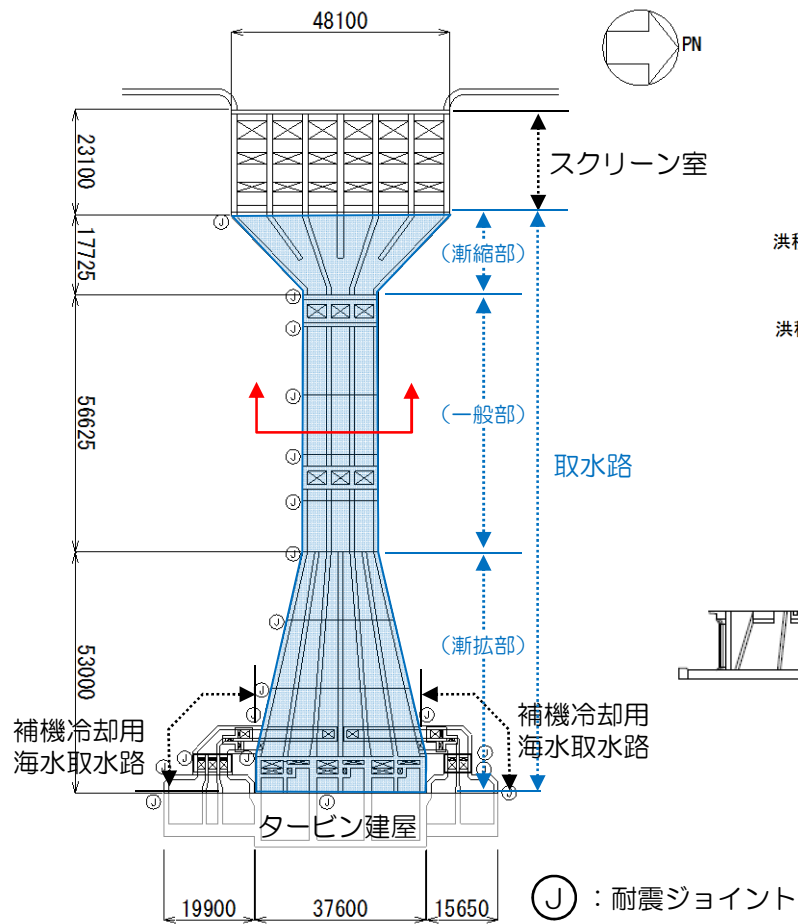
Ⓧ：耐震ジョイント

スクリーン室縦断面図

Ⓧ：耐震ジョイント

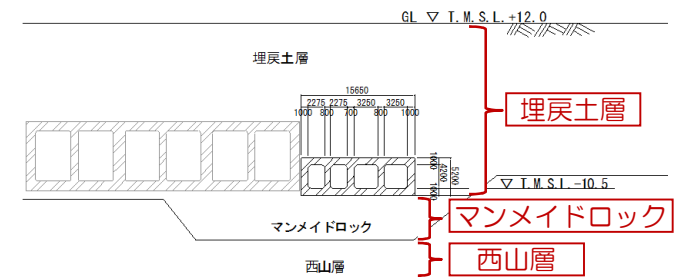
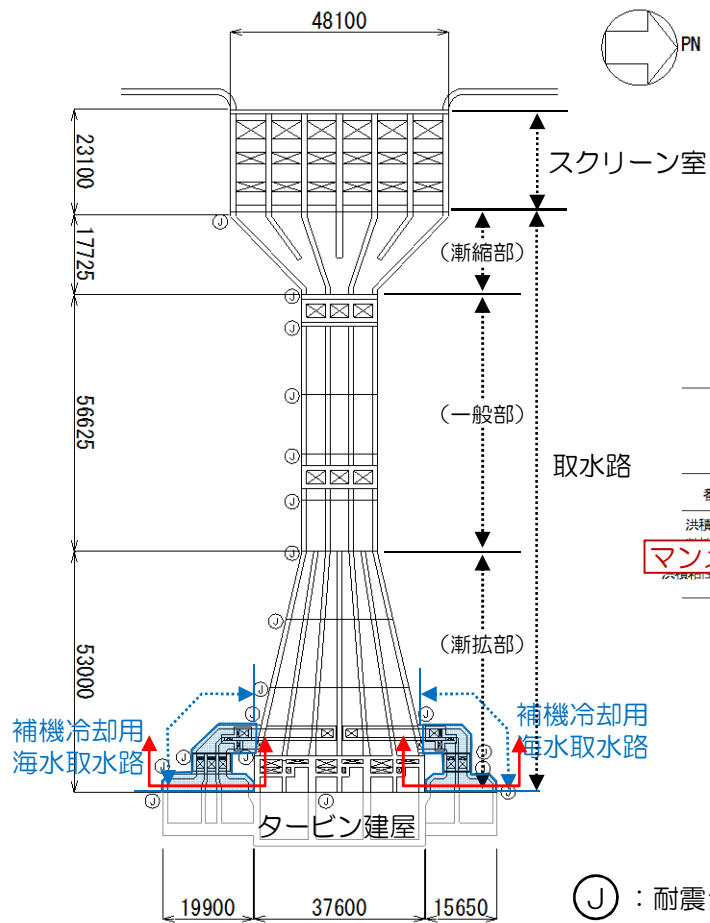
- スクリーン室は、除塵設備を収容するための土被りがない6連のラーメン構造であり、断面の幅および高さは取水方向に一樣であり、取水方向に概ね規則的に開口部が存在する。
- スクリーン室は、全長に渡り一体のブロックとして構築されており、取水路との間には、耐震ジョイントが設置されている。

3. 1 全体概要（取水路）

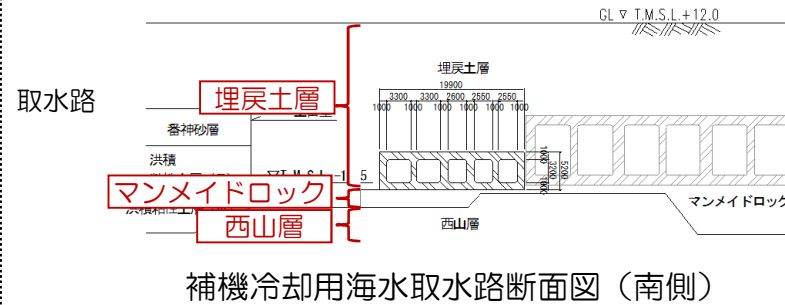


- 取水路漸縮部は、6連ラーメン構造から3連ラーメン構造に幅が縮小する構造で、土被り厚は2.5mである。一般部は、3連のラーメン構造で、土被り厚は2.5~19m程度である。漸拡部は、6連ラーメン構造の幅が拡大する構造で、土被り厚は13~16m程度である。

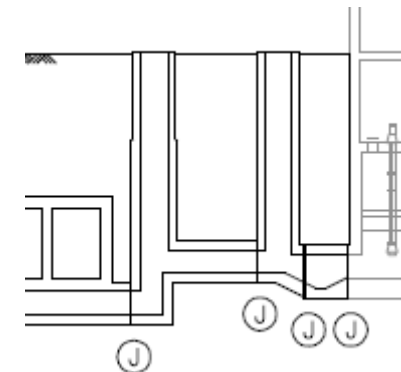
3. 1 全体概要（補機冷却用海水取水路）



補機冷却用海水取水路断面図（北側）



補機冷却用海水取水路断面図（南側）



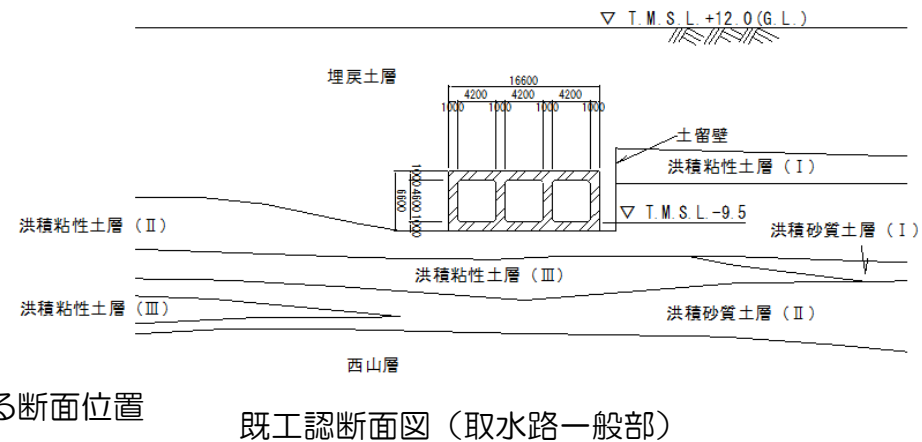
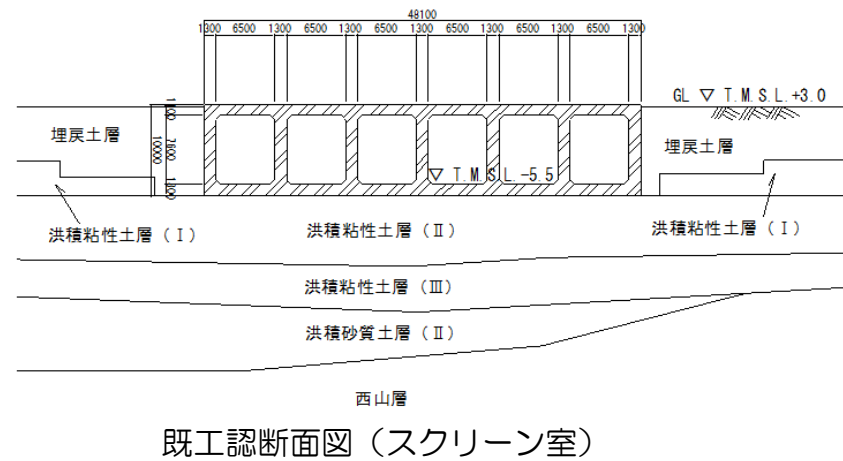
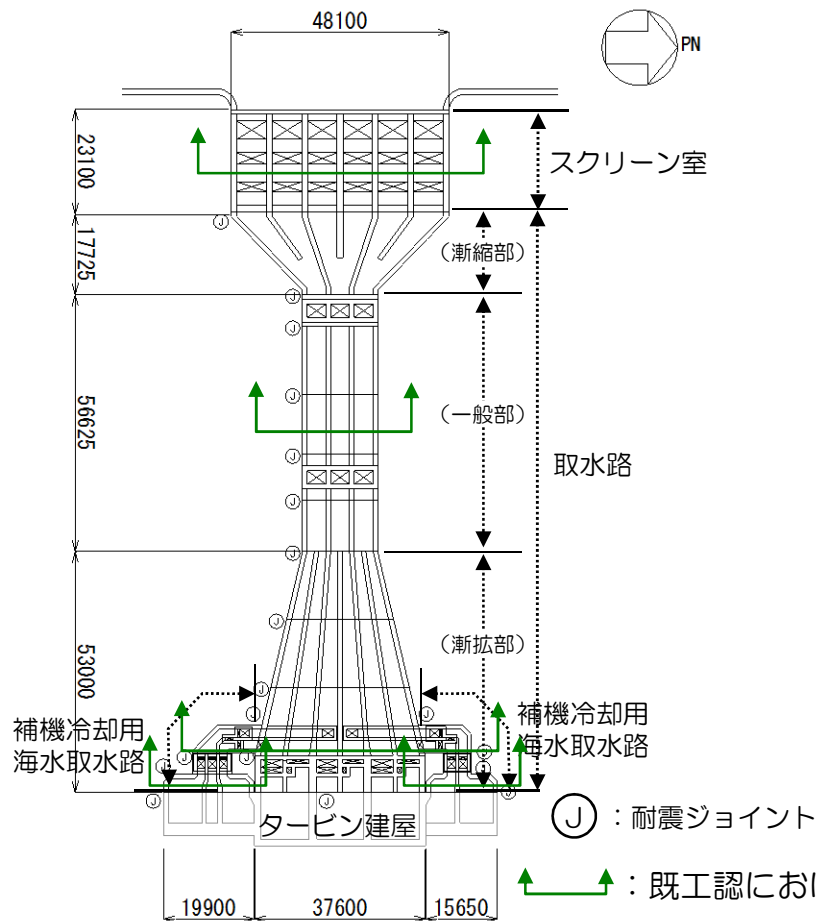
補機冷却用海水取水路縦断面図（南側）

Ⓧ：耐震ジョイント

Ⓧ：耐震ジョイント

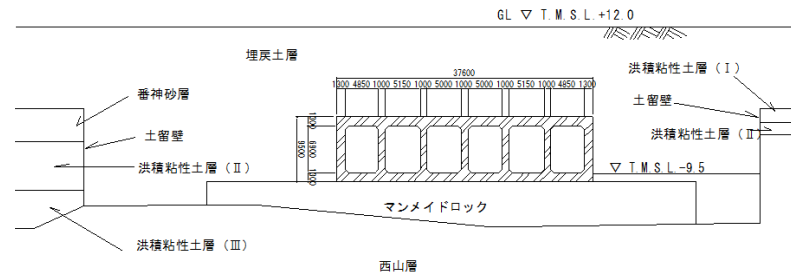
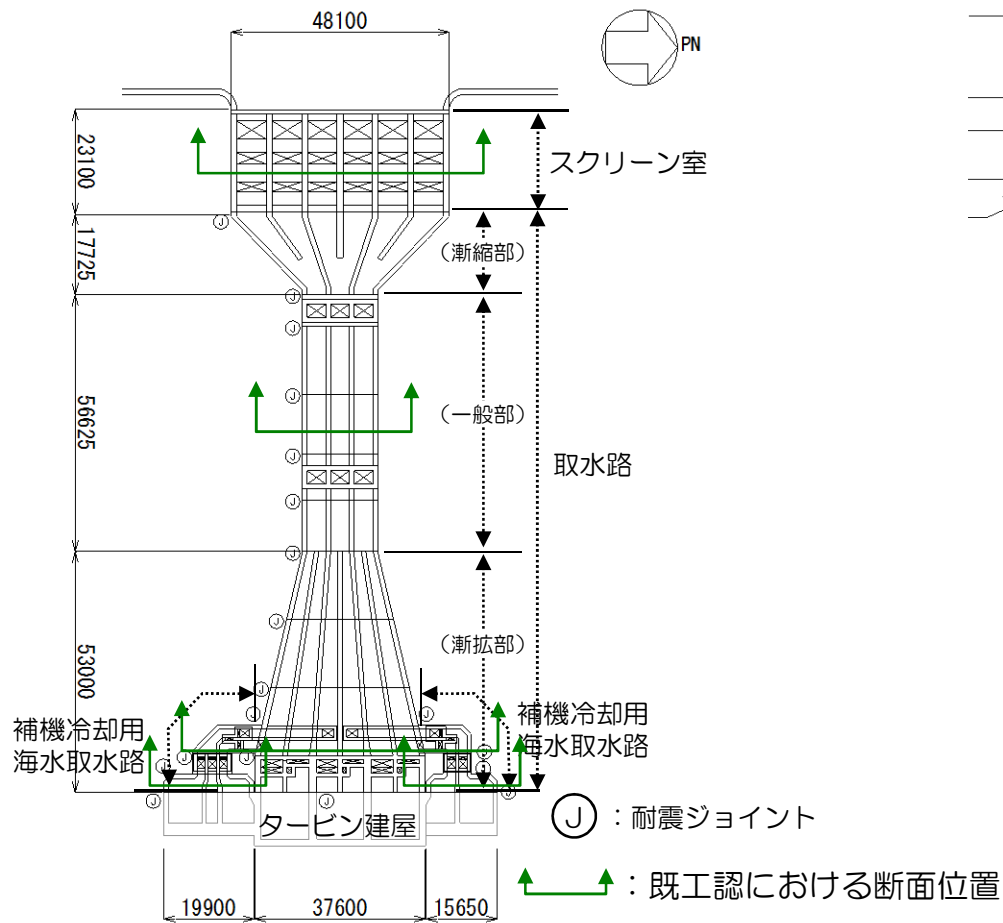
- 補機冷却用海水取水路は、取水路漸拡部からそれぞれ北側，南側に分岐した水路である。
- 北側は2連のラーメン構造から4連のラーメン構造に，南側は2連のラーメン構造から5連のラーメン構造に幅が拡大する構造で，土被り厚は約18mである。

3. 2 既工認における断面選定

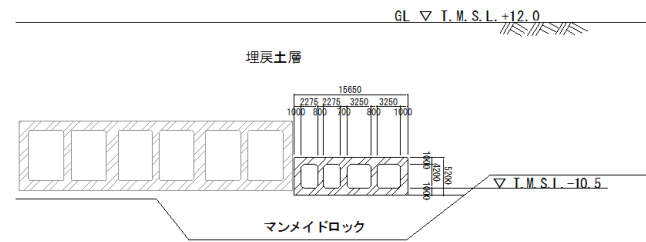


- 既工認においては、スクリーン室、取水路一般部、取水路漸拡部、補機冷却用海水取水路の北側および南側の計5断面を以下の理由より評価対象断面として選定している。
- スクリーン室および取水路漸縮部の代表として開口の影響を考慮し、スクリーン室の取水方向全長（約22m）で等価となるモデル化を行い設計用地震動 S_2-D にて耐震評価を実施している。
- 取水路一般部は、概ね一様な3連ラーメン構造となることから、土被り厚の大きい断面から代表断面を選定し、設計用地震動 S_2-D にて耐震評価を実施している。

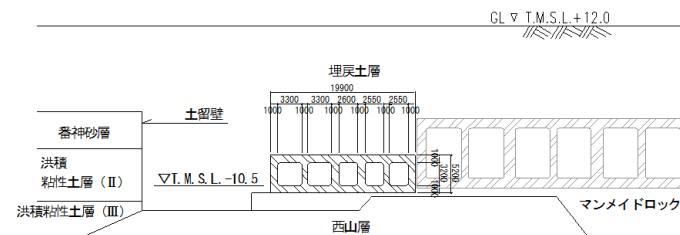
3. 2 既工認における断面選定



既工認断面図（取水路漸拡部）



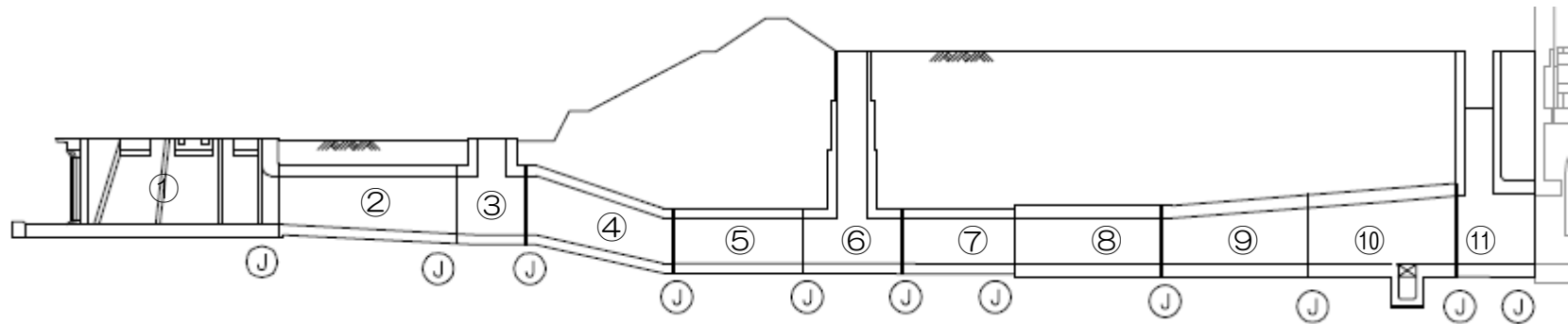
既工認断面図（補機冷却用海水取水路北側）



既工認断面図（補機冷却用海水取水路南側）

- 取水路漸拡部は、6連ラーメン構造の幅が拡大する構造となることから、構造の幅が最も大きくなるタービン建屋側の断面を選定し、設計用地震動 S_2-D にて耐震評価を実施している。
- 補機冷却用海水取水路については、北側、南側に分岐したそれぞれの水路で構造の幅が最も大きくなる北側4連ラーメン構造部および南側5連ラーメン構造部断面を選定し、設計用地震動 S_2-D にて耐震評価を実施している。

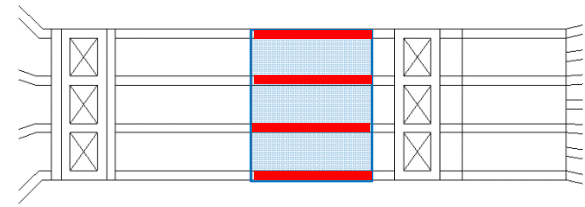
3. 3 今回工認における断面選定の考え方



ブロック番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
設備区分	スクリーン室	取水路 (漸縮部)	取水路 (一般部)			取水路 (漸拡部)						
幅 (m)	48.1	48.1~16.6	立坑	16.6	16.6	立坑	16.6	17.3~24.0	24.0~30.9	30.9~37.6	立坑	
高さ (m)	10.0	7.0~8.0		8.0~6.6	6.6		6.6	7.2	7.2~8.3	8.3~9.5		
壁面積率	0.19	0.20		0.24	0.24		0.24	0.37	0.28	0.23		
頂版開口	有	無		無	無		無	無	無	無		無
機器荷重	有	無		無	無		無	無	無	無		無
土被り厚 (m)	0	2.5		2.5~15.2	15.2~19.2		15.9	15.6	15.6~14.5	14.5~13.3		

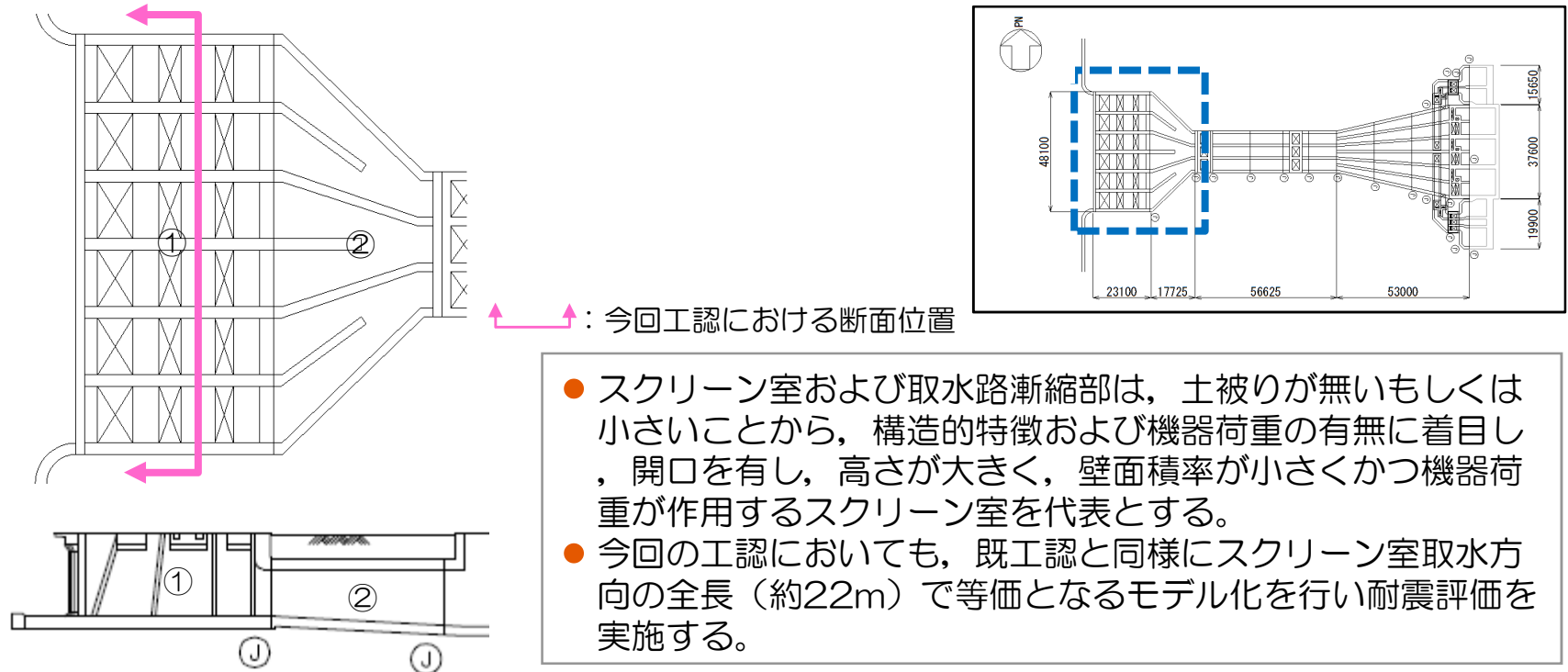
※ここで壁面積率とは、横断面のせん断変形が鉛直部材の壁厚に依存することを考慮して、構造物各ブロックの全体平面積（青色部分）に対する鉛直部材の平面積（赤色部分）と定義する

- 今回工認においては、構造物の構造的特徴（幅、高さ、壁面積率※、頂版開口の有無）や地盤条件等を考慮し、耐震上厳しいと想定される断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



壁面積率（例：ブロック⑤）

3. 4 スクリーン室・取水路漸縮部の断面選定

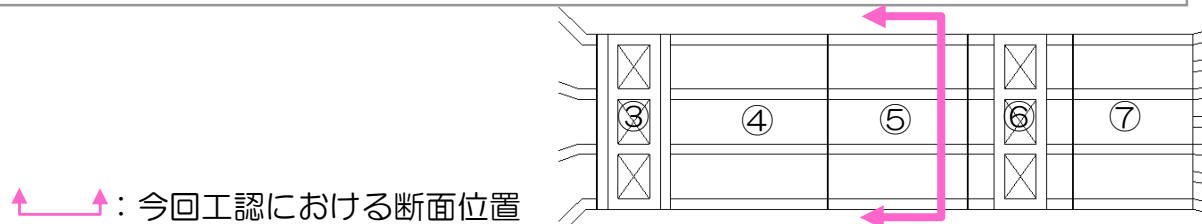
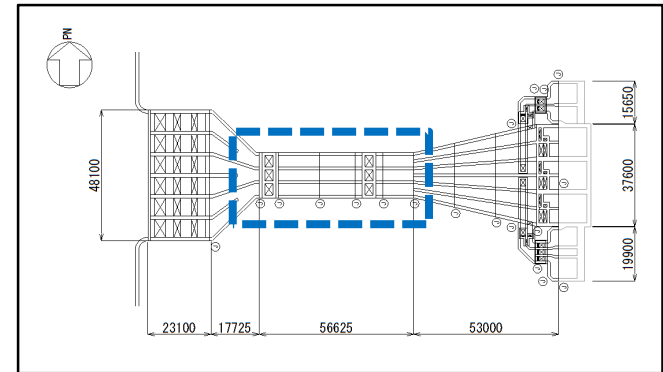


ブロック番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
設備区分	スクリーン室	取水路 (漸縮部)	取水路 (一般部)				取水路 (漸拡部)					
幅 (m)	48.1	48.1~16.6	立坑	16.6	16.6	立坑	16.6	17.3~24.0	24.0~30.9	30.9~37.6	立坑	
高さ (m)	10.0	7.0~8.0		8.0~6.6	6.6		6.6	7.2	7.2~8.3	8.3~9.5		
壁面積率	0.19	0.20		0.24	0.24		0.24	0.37	0.28	0.23		
頂版開口	有	無		無	無		無	無	無	無		無
機器荷重	有	無		無	無		無	無	無	無		無
土被り厚 (m)	0	2.5		2.5~15.2	15.2~19.2		15.9	15.6	15.6~14.5	14.5~13.3		

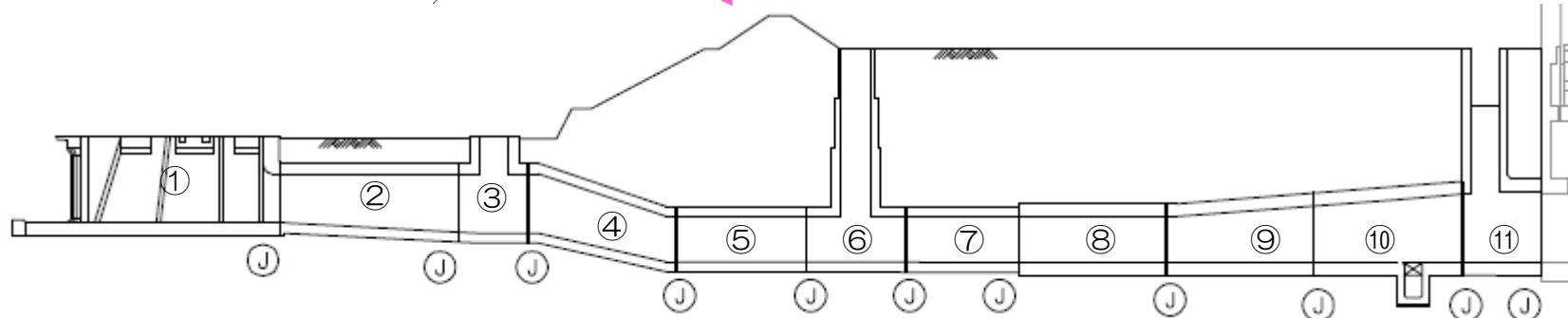
3. 5 取水路一般部の断面選定

- 取水路一般部※は、いずれのブロックも壁面積率は同じであることから、土被り厚に着目し、土被り厚が最も大きいブロック⑤の断面を代表として選定する。

※点検用立坑が接続したブロックを除く



↑↑ : 今回工認における断面位置

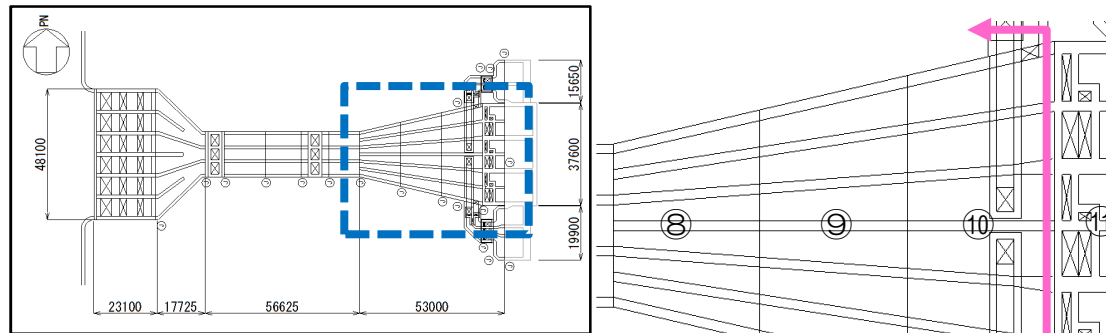


ブロック番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
設備区分	スクリーン室	取水路 (漸縮部)	取水路 (一般部)				取水路 (漸拡部)					
幅 (m)	48.1	48.1~16.6	立坑	16.6	16.6	立坑	16.6	17.3~24.0	24.0~30.9	30.9~37.6	立坑	
高さ (m)	10.0	7.0~8.0		8.0~6.6	6.6		6.6	7.2	7.2~8.3	8.3~9.5		
壁面積率	0.19	0.20		0.24	0.24		0.24	0.37	0.28	0.23		
頂版開口	有	無		無	無		無	無	無	無		無
機器荷重	有	無		無	無		無	無	無	無		無
土被り厚 (m)	0	2.5		2.5~15.2	15.2~19.2		15.9	15.6	15.6~14.5	14.5~13.3		

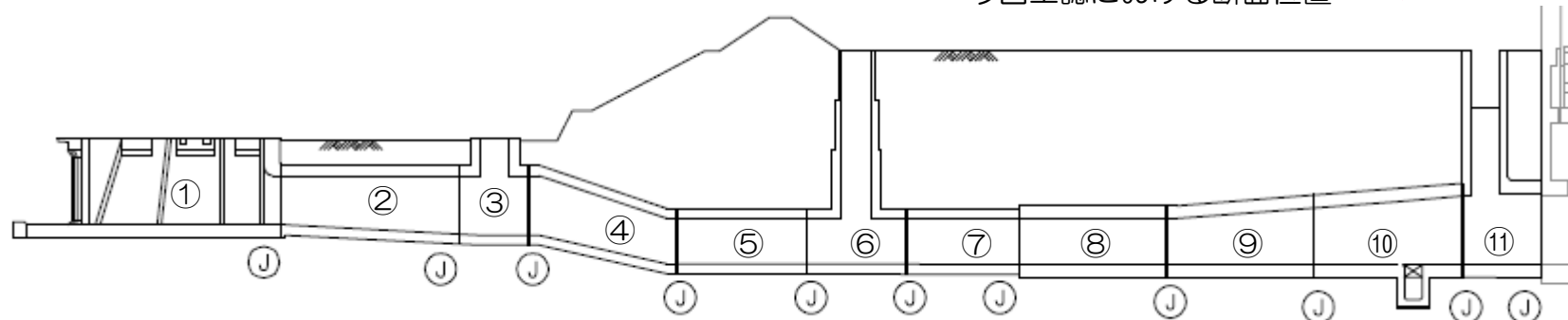
3. 6 取水路漸拡部の断面選定

- 取水路漸拡部※は、いずれのブロックも土被り厚は同程度であることから、構造的特徴に着目し、幅および高さが最も大きく、壁面積率の最も小さいブロック⑩のタービン建屋側断面を代表として選定する。

※点検用立坑が接続したブロックを除く

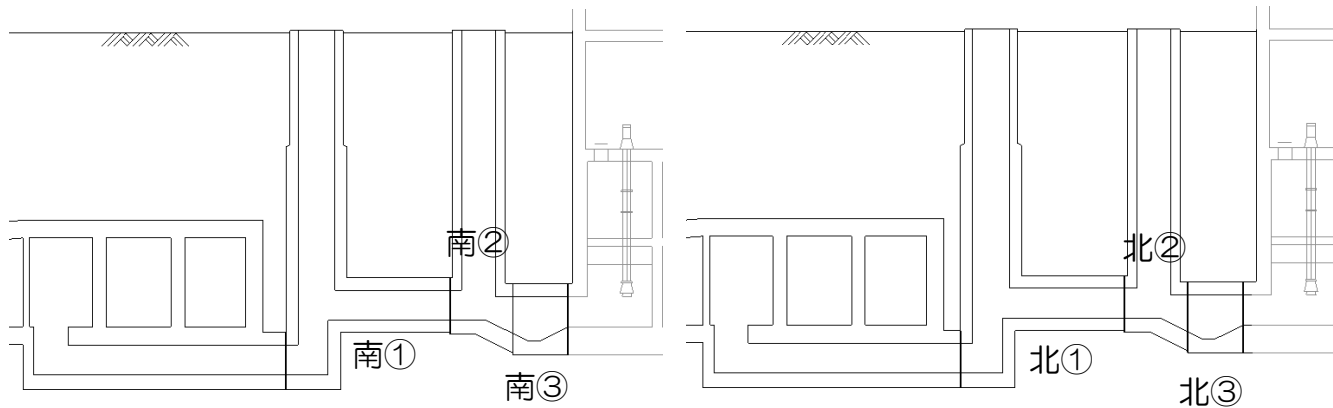
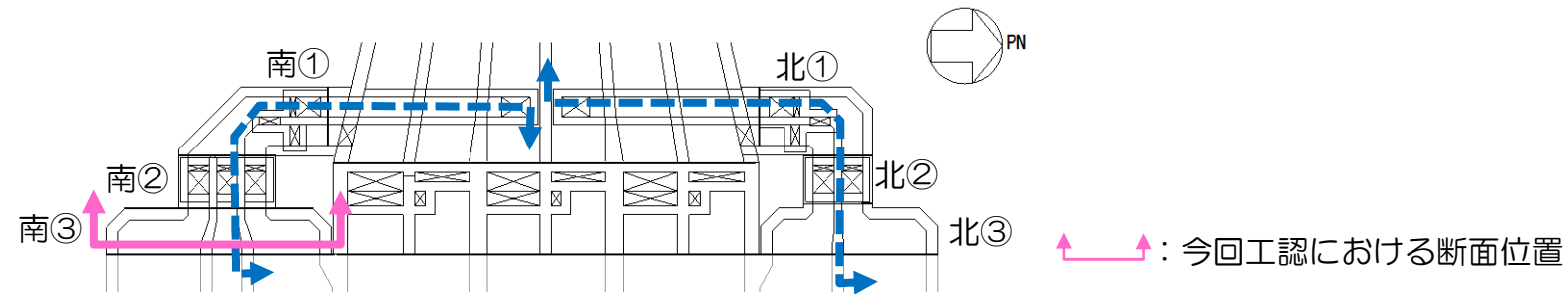


↑↑ : 今回工認における断面位置



ブロック番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
設備区分	スクリーン室	取水路 (漸縮部)	取水路 (一般部)				取水路 (漸拡部)					
幅 (m)	48.1	48.1~16.6	立坑	16.6	16.6	立坑	16.6	17.3~24.0	24.0~30.9	30.9~37.6	立坑	
高さ (m)	10.0	7.0~8.0		8.0~6.6	6.6		6.6	7.2	7.2~8.3	8.3~9.5		
壁面積率	0.19	0.20		0.24	0.24		0.24	0.37	0.28	0.23		
頂版開口	有	無		無	無		無	無	無	無		無
機器荷重	有	無		無	無		無	無	無	無		無
土被り厚 (m)	0	2.5		2.5~15.2	15.2~19.2		15.9	15.6	15.6~14.5	14.5~13.3		

3. 7 補機冷却用海水取水路の断面選定



補機冷却用海水取水路（南側）

ブロック番号	南①	南②	南③
設備区分	補機冷却用海水取水路（南側）		
幅 (m)			19.9
高さ (m)			5.2
壁面積率			0.35
頂版開口	立坑	立坑	無
機器荷重			無
土被り厚 (m)			18.3

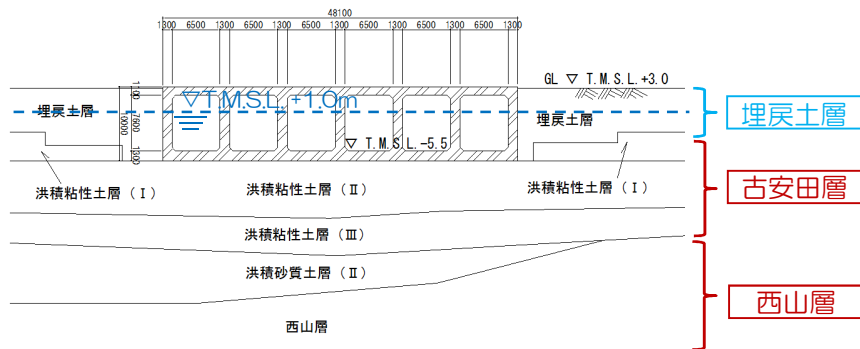
補機冷却用海水取水路（北側）

ブロック番号	北①	北②	北③
設備区分	補機冷却用海水取水路（北側）		
幅 (m)			15.7
高さ (m)			5.2
壁面積率			0.42
頂版開口	立坑	立坑	無
機器荷重			無
土被り厚 (m)			18.3

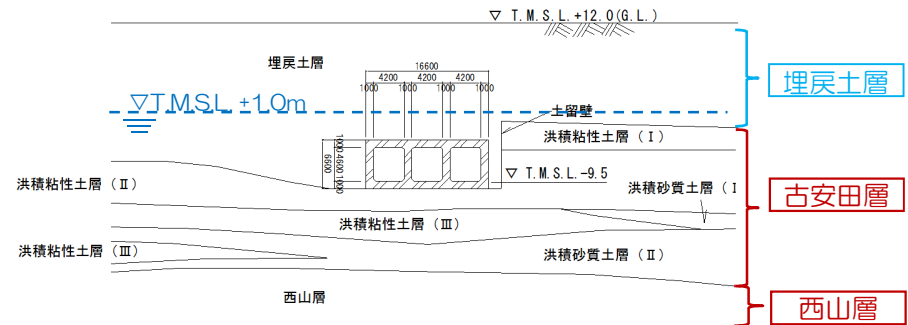
- 補機冷却用海水取水路※は、いずれのブロックも土被り厚は同じであることから、構造的特徴に着目し幅が大きく、壁面積率が小さいブロック南③のタービン建屋側断面を代表として選定する。

※点検用立坑が接続したブロックを除く

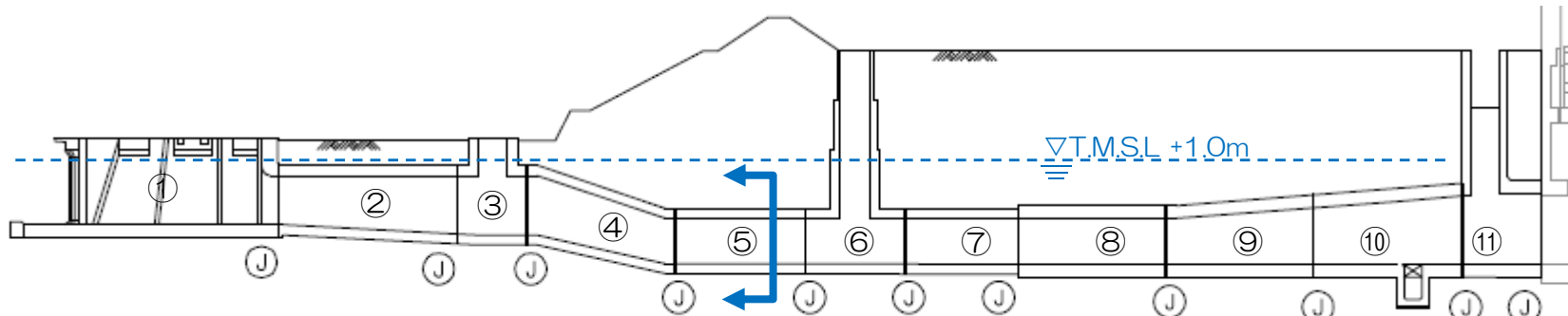
3. 8 液状化の影響を考慮した断面選定



スクリーン室断面図



取水路一般部 断面図

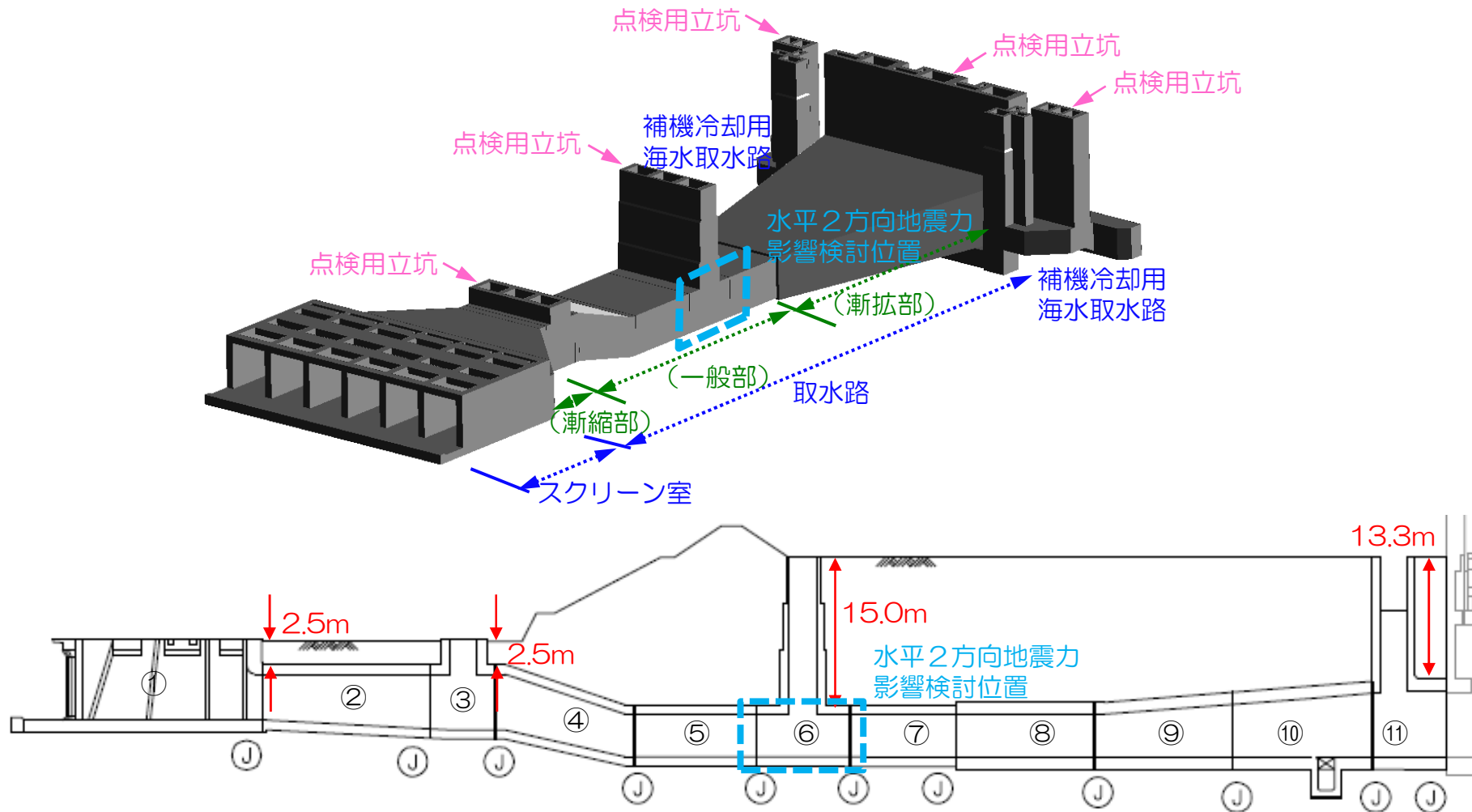


ブロック番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
設備区分	スクリーン室	取水路 (漸縮部)			取水路 (一般部)					取水路 (漸拡部)	
地下水位から構造物 下端までの埋戻土層 厚 (m)	7.8	7.5~8.4	立坑	8.5~11.4	11.4	立坑	11.4	11.7~11.8	11.8	11.8	立坑

- 液状化の影響を考慮した検討は、構造物側方地盤の液状化層厚（地下水位から構造物下端までの埋戻土層厚）および近接構造物の設置状況を踏まえて代表断面を選定する。
- 取水路および補機冷却用海水取水路は、スクリーン室と比較して構造物側方地盤の液状化層厚が大きい。取水路と補機冷却用海水取水路とを比較した場合、補機冷却用海水取水路の周辺には取水路漸拡部、タービン建屋が設置されており変形抑制効果が期待できることから、取水路で土被り厚の最も大きい⑤ブロックを選定する。

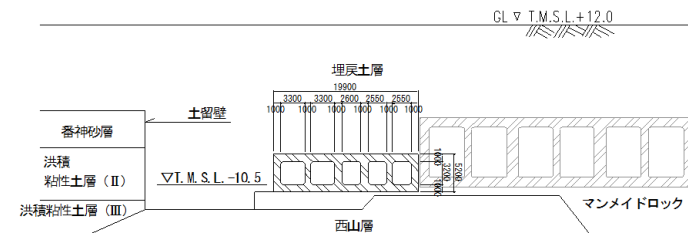
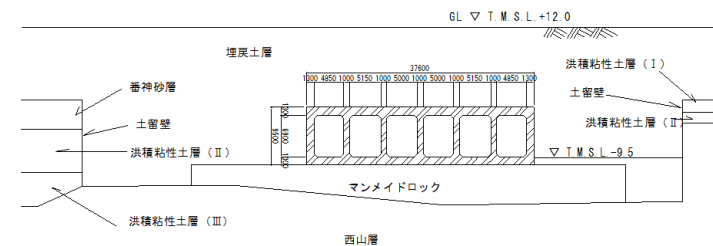
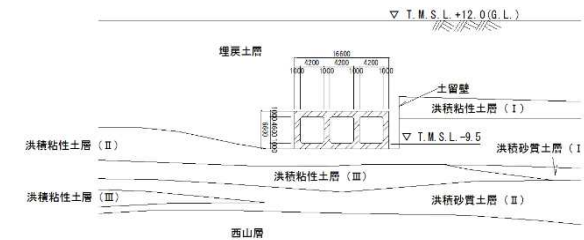
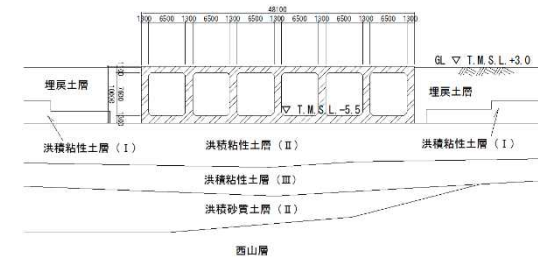
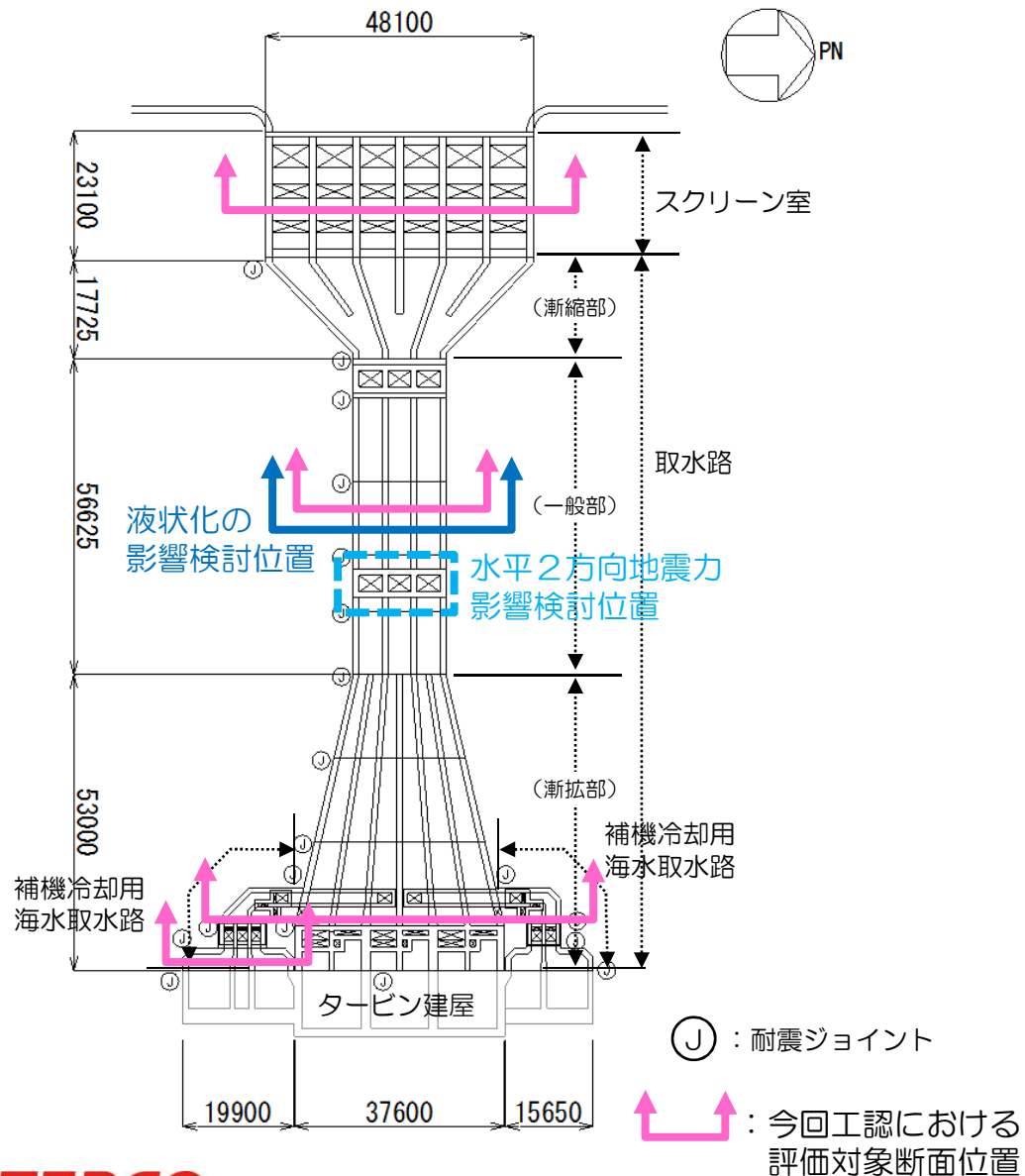
3. 9 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定

H28.3.1 ヒアリングにて
ご説明済みの内容



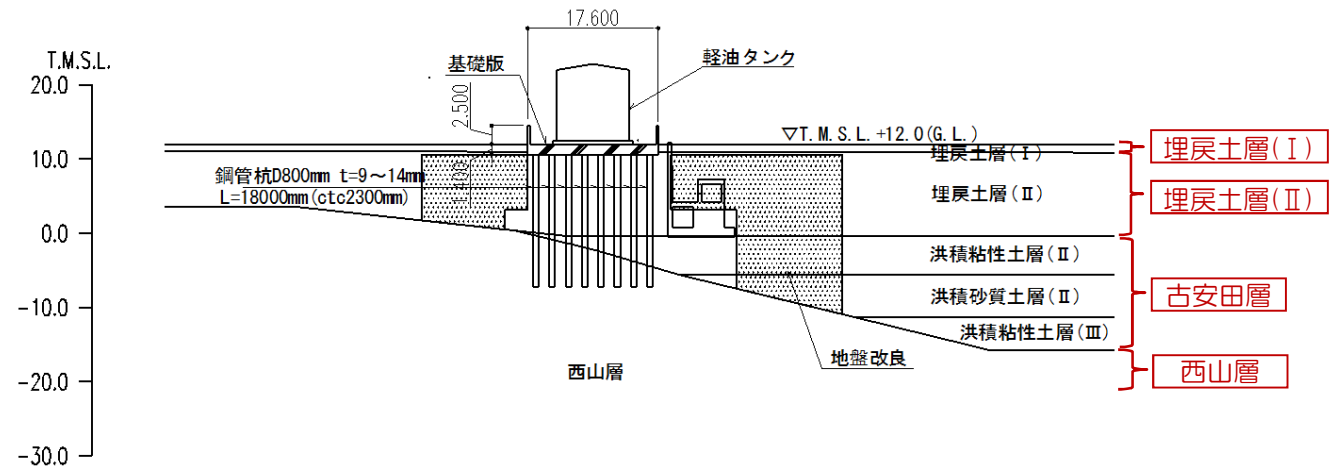
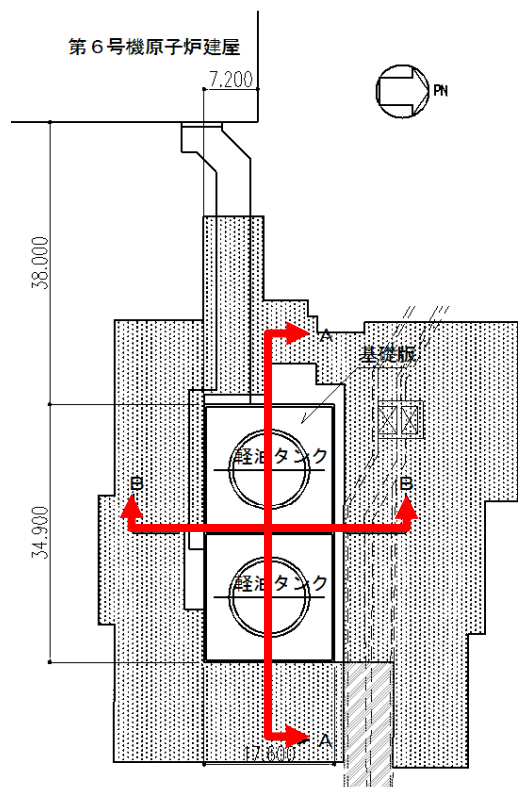
- 水平2方向入力の影響評価の検討断面は、従来設計手法における評価対象断面に直交する荷重として支配的な動土圧および動水圧が作用するスクリーン室妻壁部、取水路並びに補機冷却系海水取水路立坑接続部のうち、土被り厚さおよび近接構造物の変形抑制効果を考慮し、取水路中央の立坑部を選定する。

3. 10 スクリーン室, 取水路, 補機冷却用海水取水路の断面選定 (まとめ)

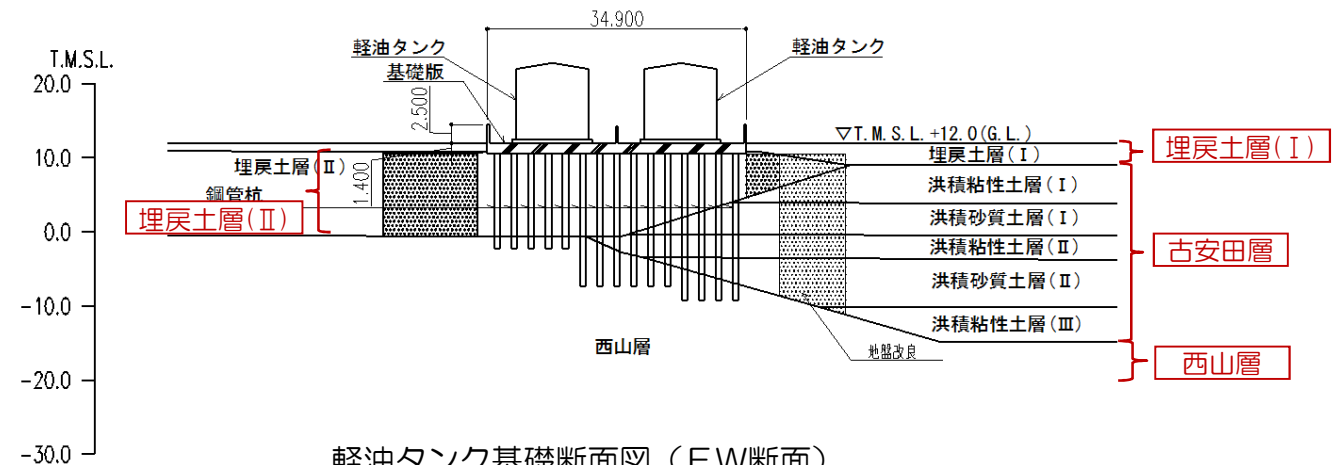


4. 軽油タンク基礎

4. 1 軽油タンク基礎の概要（6号機）



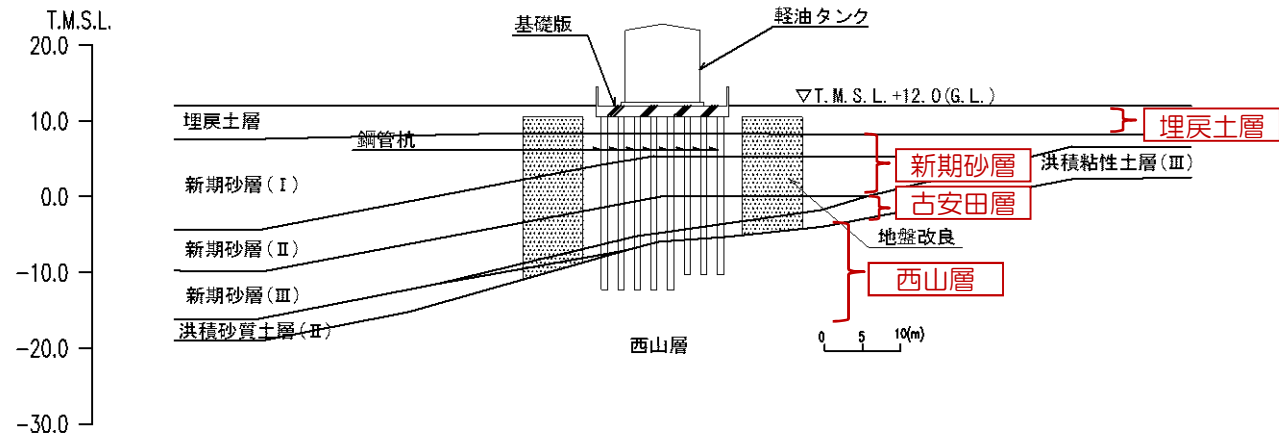
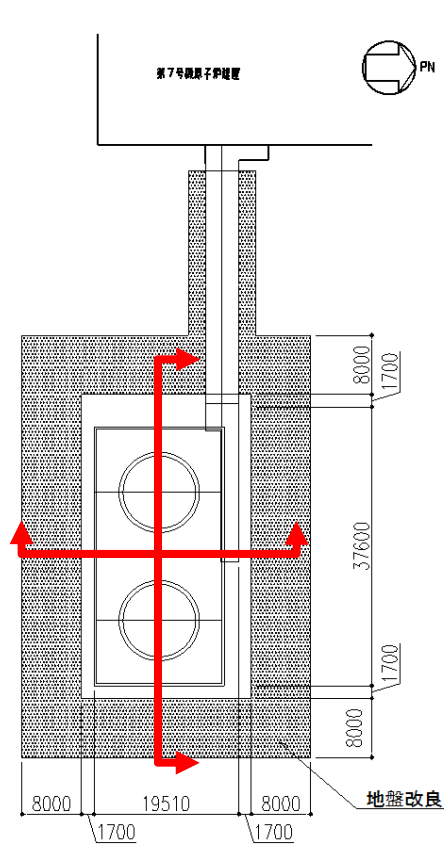
軽油タンク基礎断面図（NS断面）



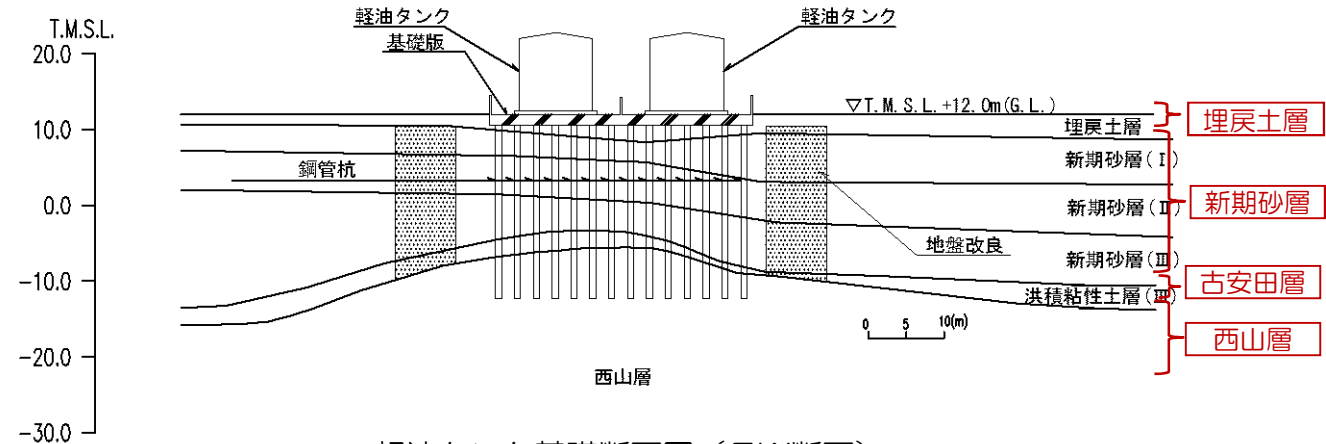
軽油タンク基礎断面図（EW断面）

- 6号機の軽油タンク基礎は、Sクラス設備である軽油タンクの間接支持機能を求められる構造物であり、鉄筋コンクリート造の基礎版と杭を介して基盤岩盤（西山層）に支持する構造である。
- また、基礎版および杭の地震時における変形抑制対策として周辺の地盤改良を実施している。

4. 1 軽油タンク基礎の概要（7号機）



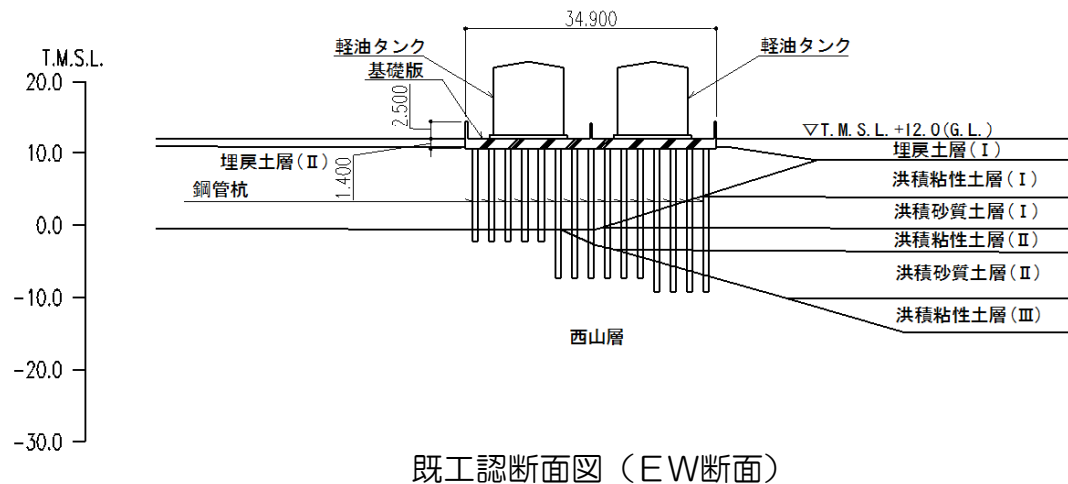
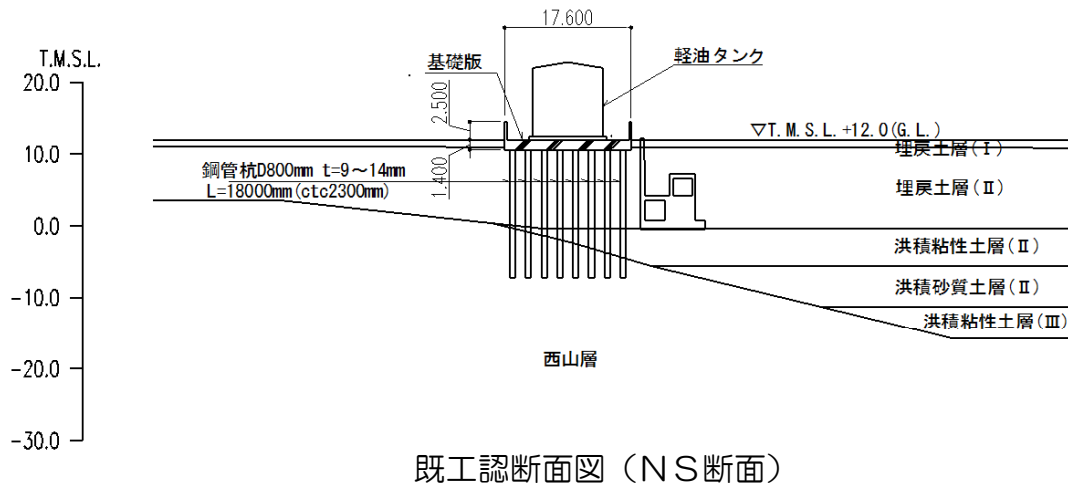
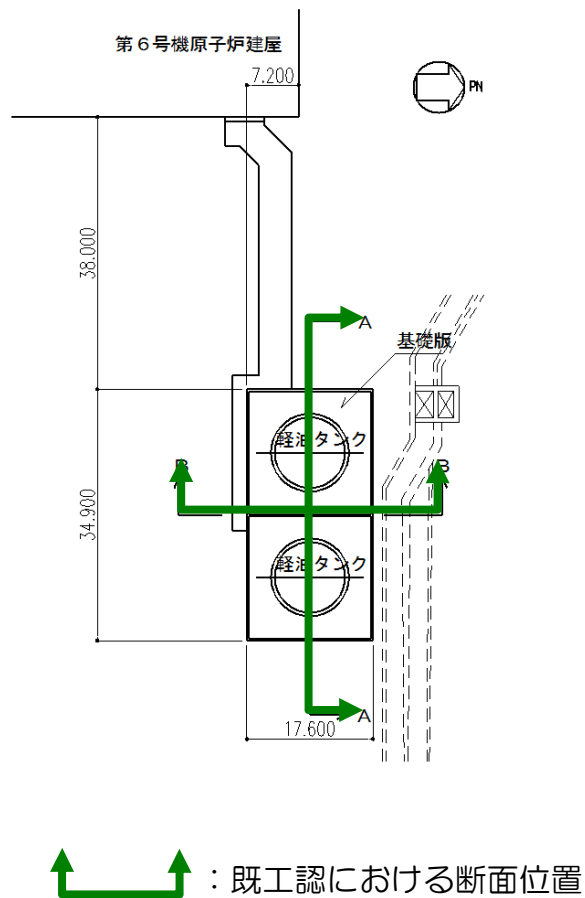
軽油タンク基礎断面図（NS断面）



軽油タンク基礎断面図（EW断面）

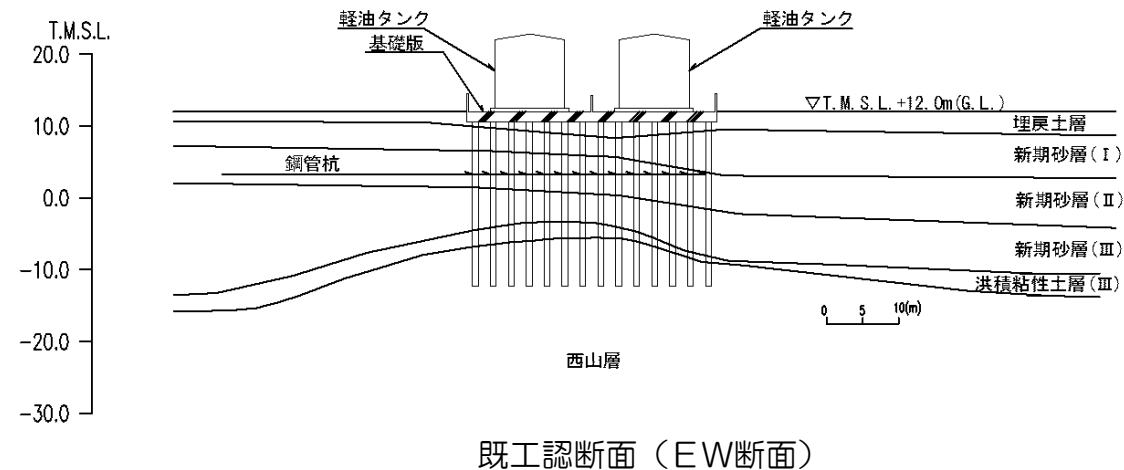
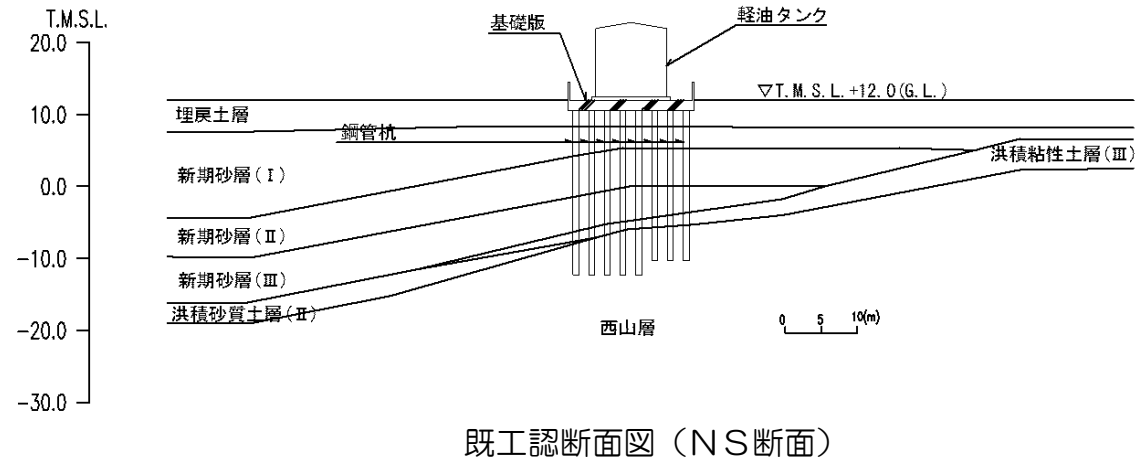
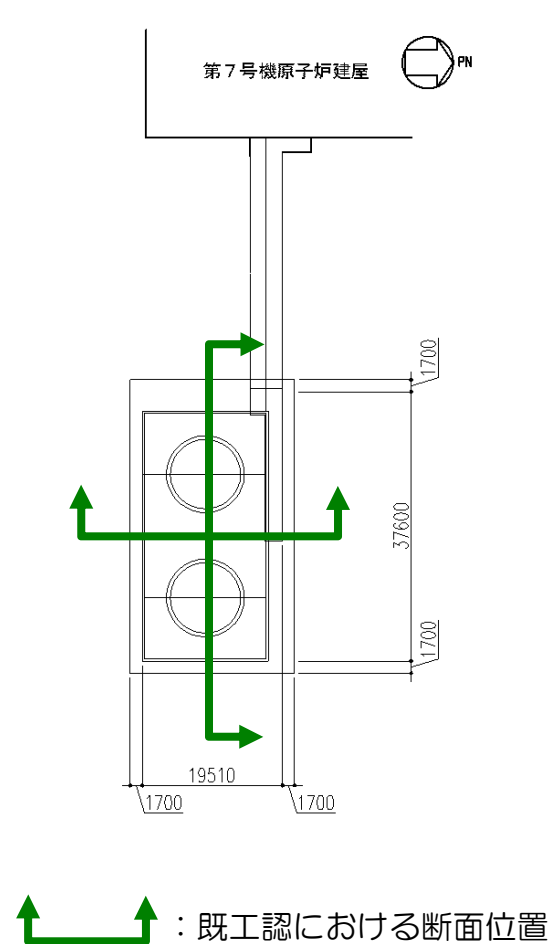
- 7号機の軽油タンク基礎は、Sクラス設備である軽油タンクの間接支持機能を求められる構造物であり、鉄筋コンクリート造の基礎版と杭を介して基盤岩盤（西山層）に支持する構造である。
- また、基礎版および杭の地震時における変形抑制対策として周辺の地盤改良を実施している。

4. 2 既工認における断面選定（6号機）



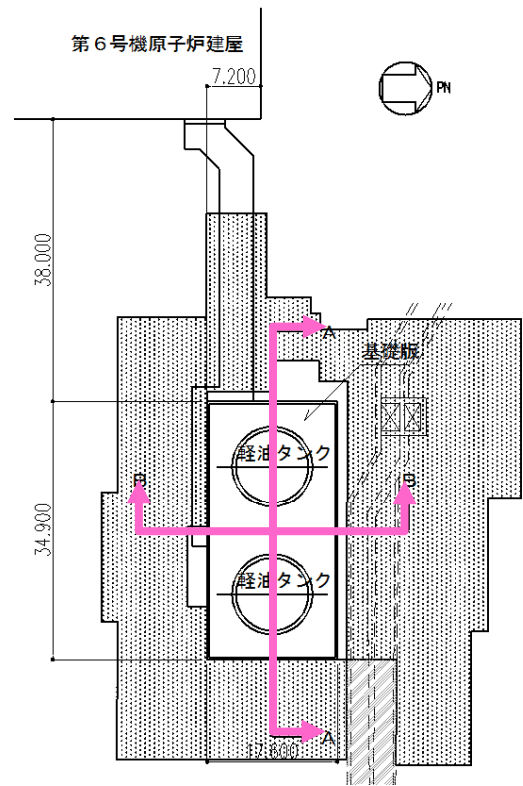
- 6号機の既工認においては、軽油タンク基礎が基礎版構造であることから、基礎版の長手方向および短手方向となるNS，EWの2断面を評価対象断面として選定している。

4. 2 既工認における断面選定（7号機）

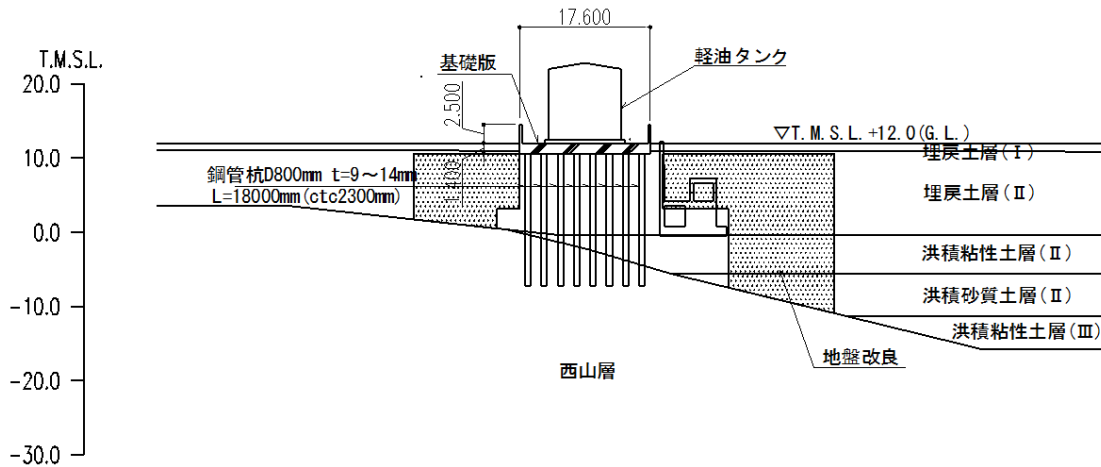


- 7号機の既工認においては、軽油タンク基礎が基礎版構造であることから、基礎版の長手方向および短手方向となるNS，EWの2断面を評価対象断面として選定している。

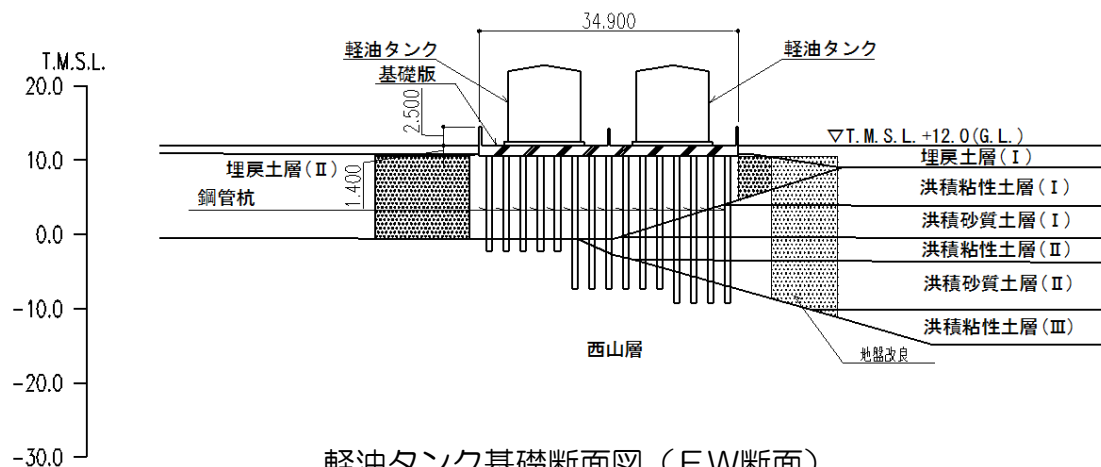
4. 3 今回工認における断面選定（6号機）



↑ ↑ : 今回工認における断面位置



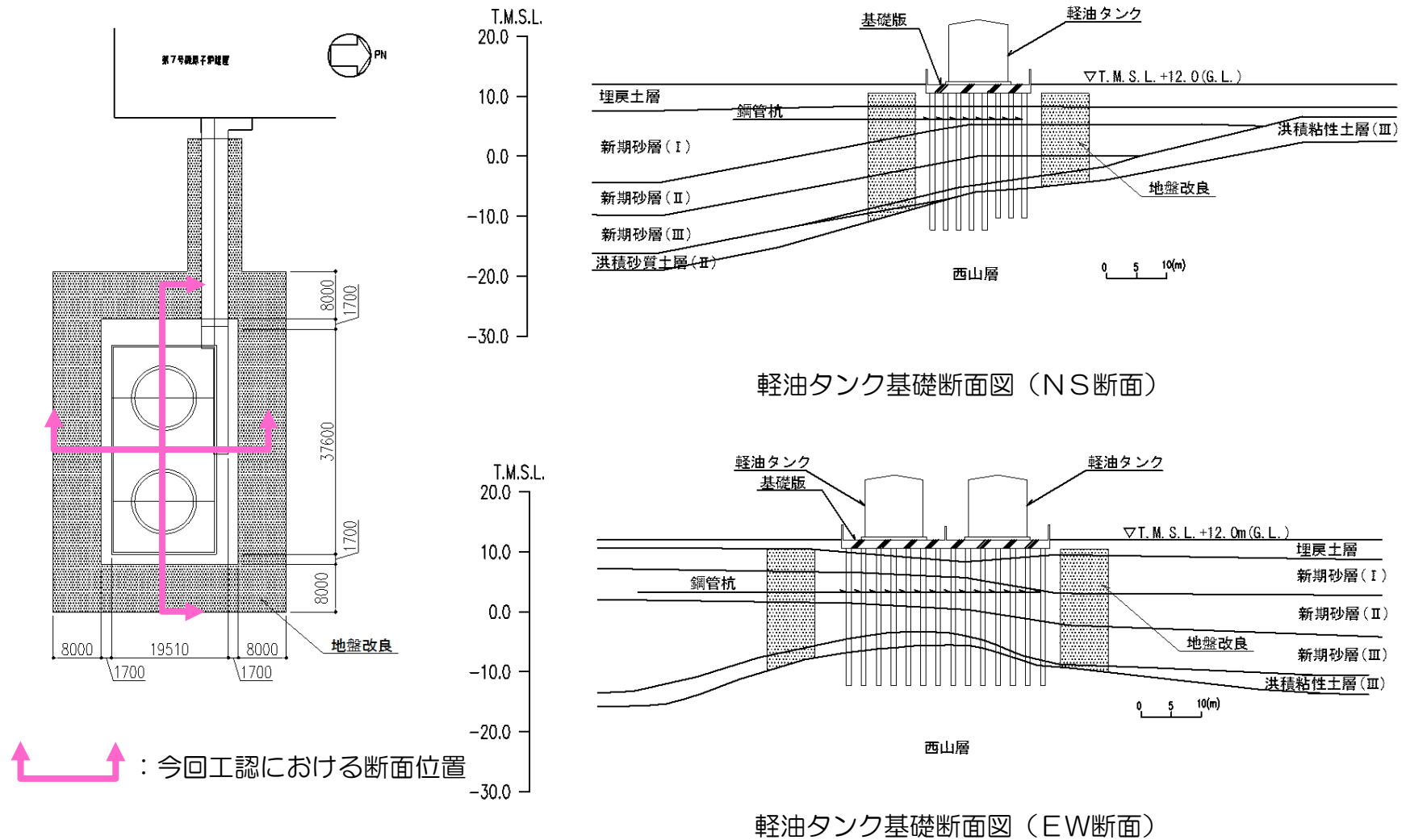
軽油タンク基礎断面図（NS断面）



軽油タンク基礎断面図（EW断面）

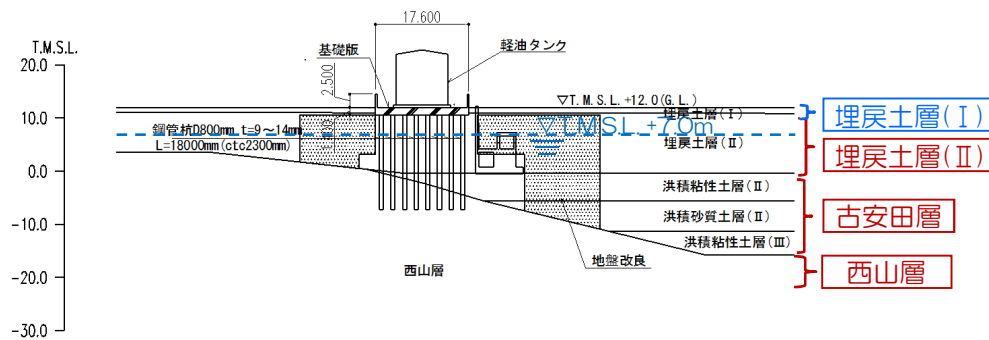
- 今回工認では、既工認と同様にNS，EW断面の2断面を代表断面として選定する。

4. 3 今回工認における断面選定（7号機）

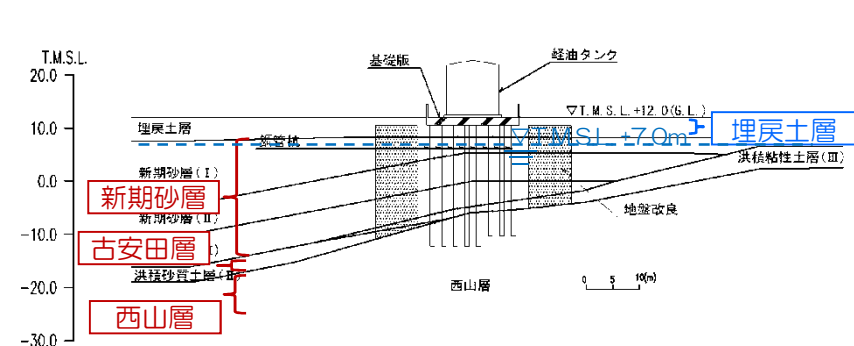


- 今回工認では、既工認と同様にNS，EW断面の2断面を代表断面として選定する。

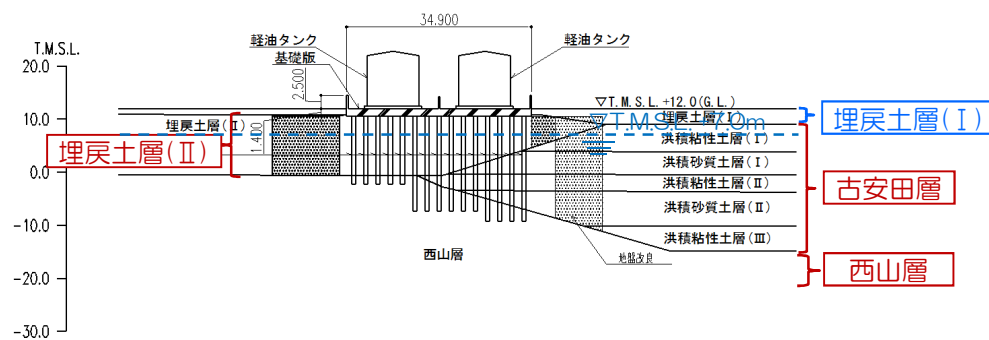
4. 4 液状化の影響を考慮した断面選定



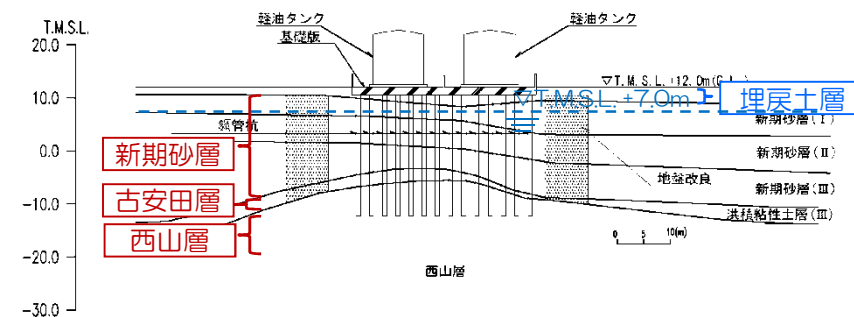
6号機軽油タンク基礎断面図 (NS断面)



7号機軽油タンク基礎断面図 (NS断面)



6号機軽油タンク基礎断面図 (EW断面)

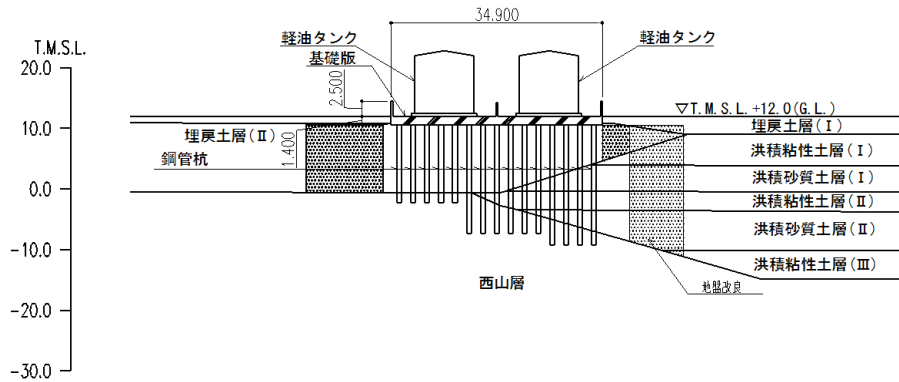


7号機軽油タンク基礎断面図 (EW断面)

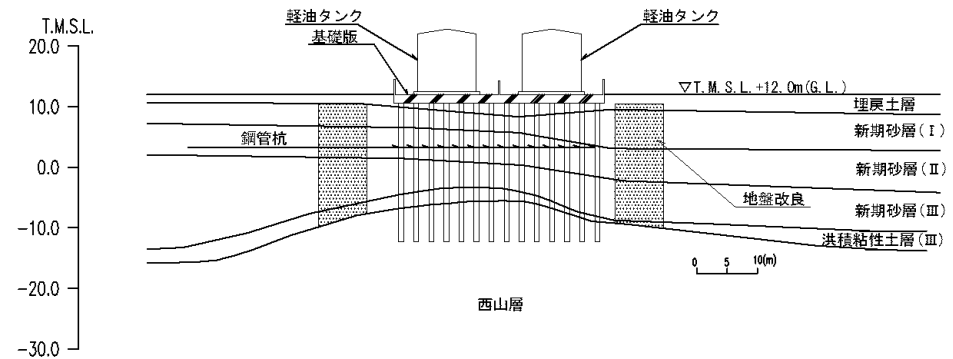
- 軽油タンク基礎の周辺には、地下水位以下に液状化対象層となる埋戻土層(I)は存在しないことから、液状化の影響評価は実施しない。
※埋戻土層(II)は、建設時に掘削した西山層(泥岩)を埋め戻したものである。

4. 5 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定

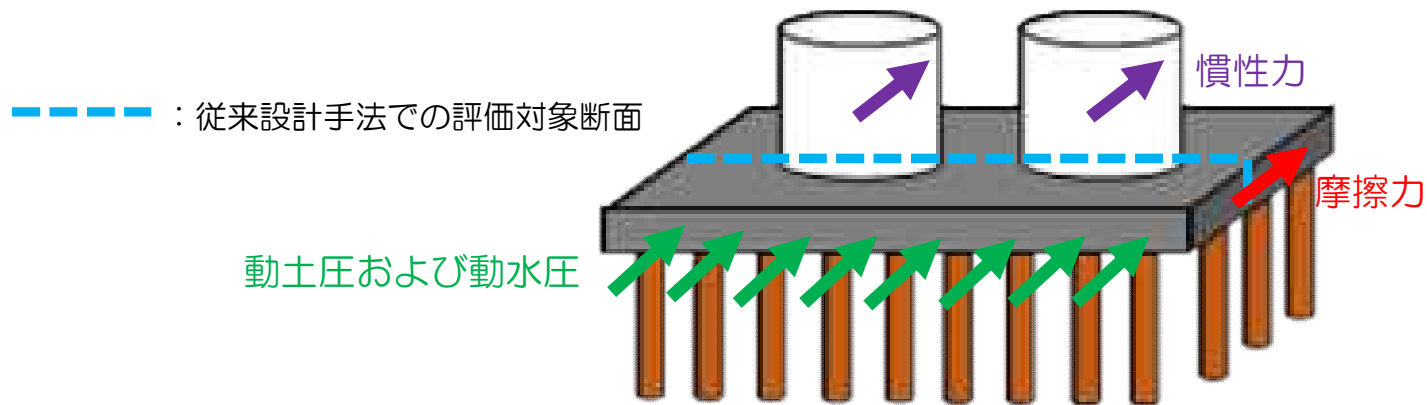
H28.3.1 ヒアリングにて
ご説明済みの内容



6号機軽油タンク基礎断面図 (EW断面)



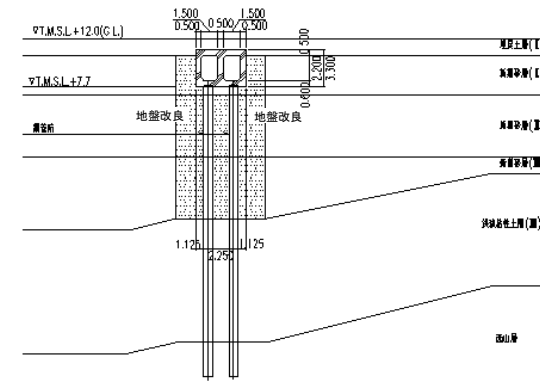
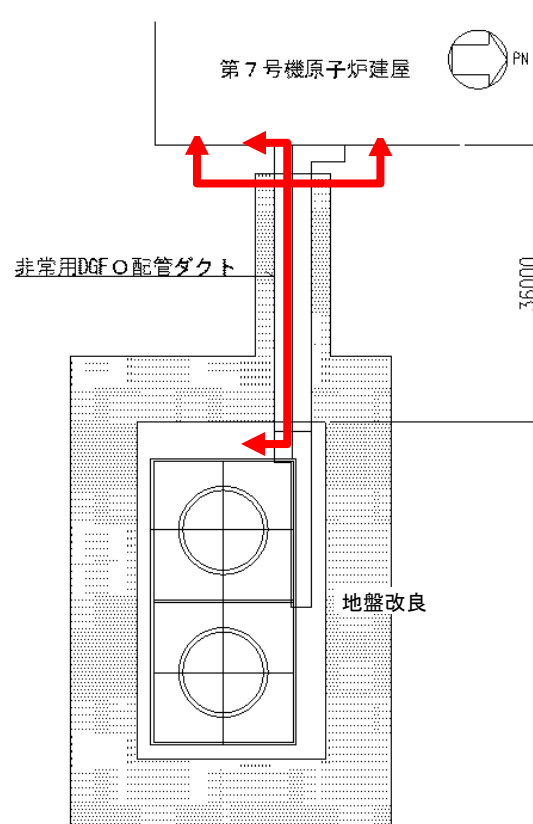
7号機軽油タンク基礎断面図 (EW断面)



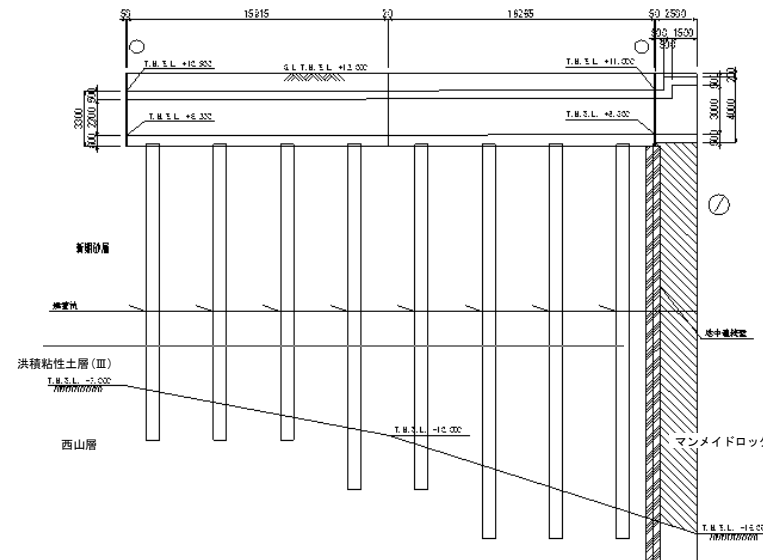
- 軽油タンク基礎については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する主な荷重として動土圧および動水圧による荷重並びに軽油タンクの重量に起因する慣性力が作用するため、水平2方向および鉛直方向地震力の組合せの評価を実施する。

5. 燃料移送系配管ダクト

5. 1 燃料移送系配管ダクトの概要（7号機）



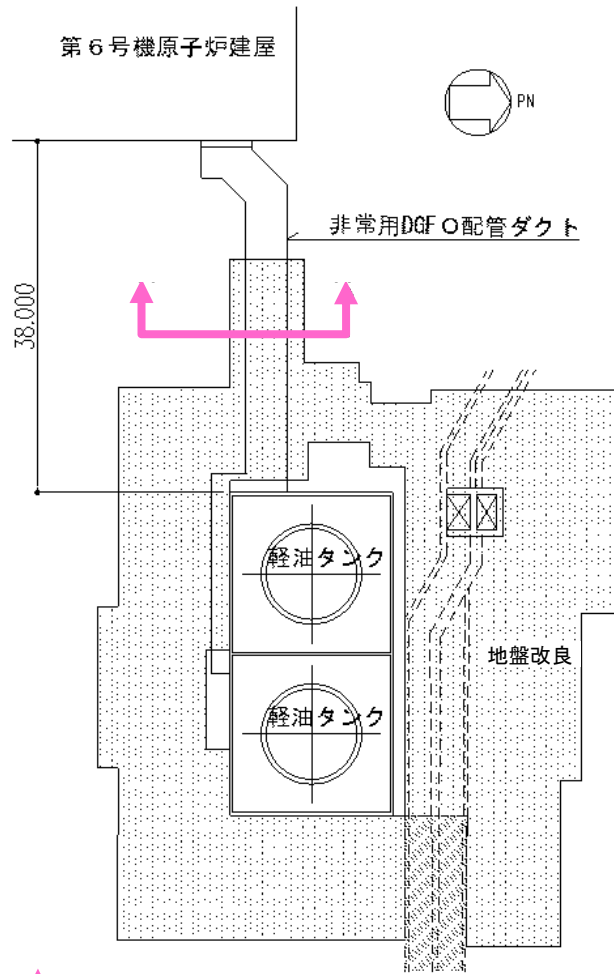
燃料移送系配管ダクト断面図



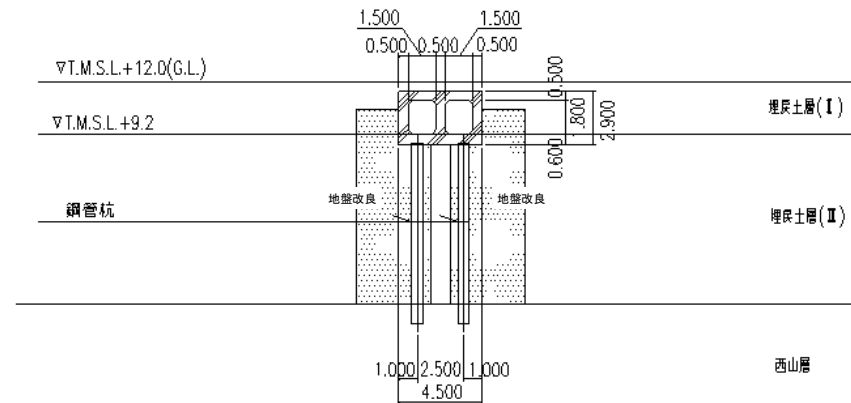
燃料移送系配管ダクト縦断面図

- 7号機の燃料移送系配管ダクトは、Sクラス設備である燃料移送系配管の間接支持機能を求められる構造物であり、鉄筋コンクリート造のダクトと杭を介して、基盤岩盤（西山層）に支持する構造である。
- また、ダクトおよび杭の地震時における変形抑制対策として、周辺の地盤改良を実施している。

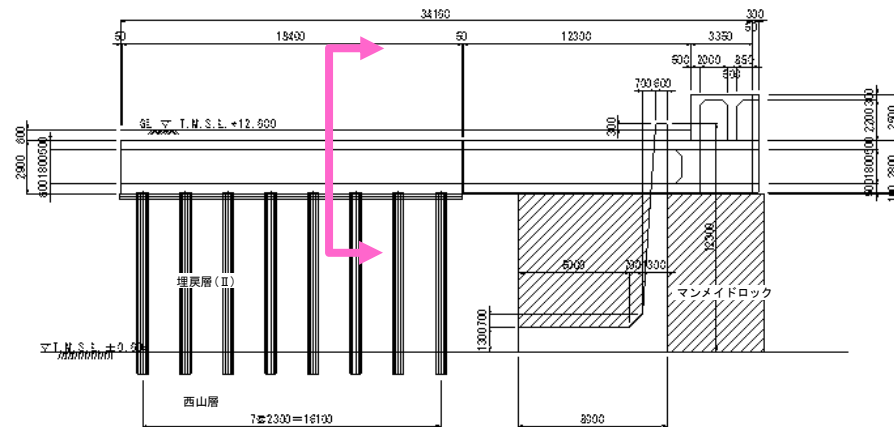
5. 2 今回工認における断面選定（6号機）



↑↑ : 今回工認における断面位置



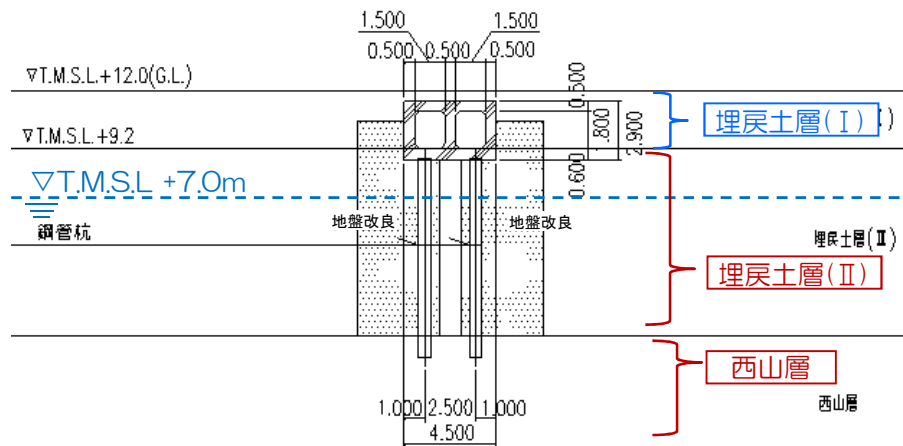
燃料移送系配管ダクト断面図



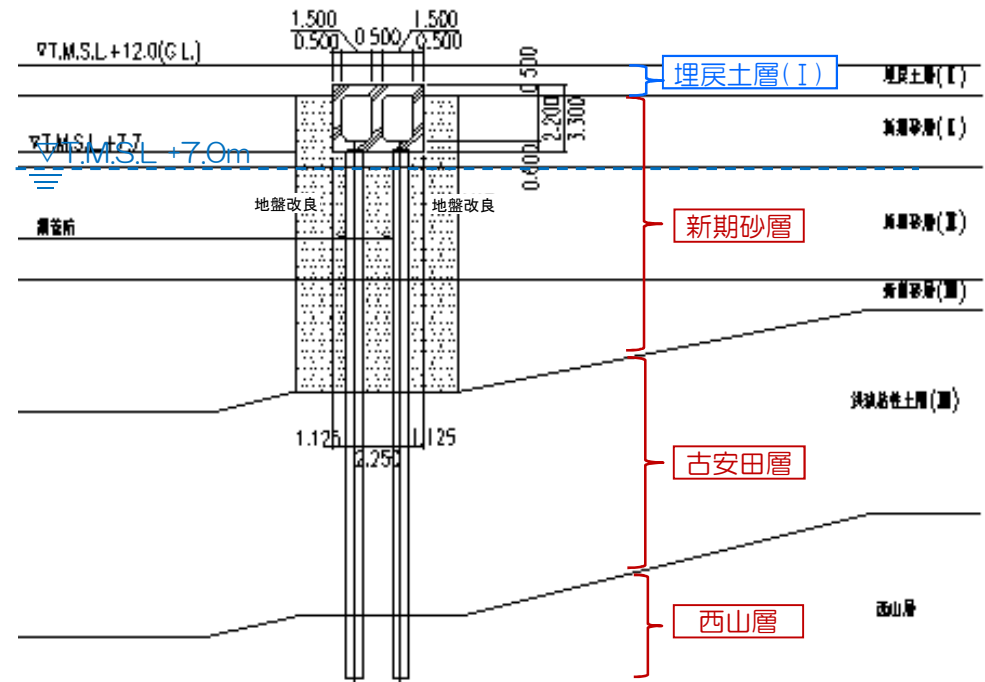
燃料移送系配管ダクト縦断面図

- 6号機の燃料移送系配管ダクトは、軸方向に一様なダクト形状となることから、支持構造に着目し、杭基礎部とマンメイドロックに直接設置するダクトのうち、より曲げ変形が大きくなると考えられる杭基礎部を代表断面として選定する。

5. 3 液状化の影響を考慮した断面選定



6号機燃料移送系配管ダクト断面図

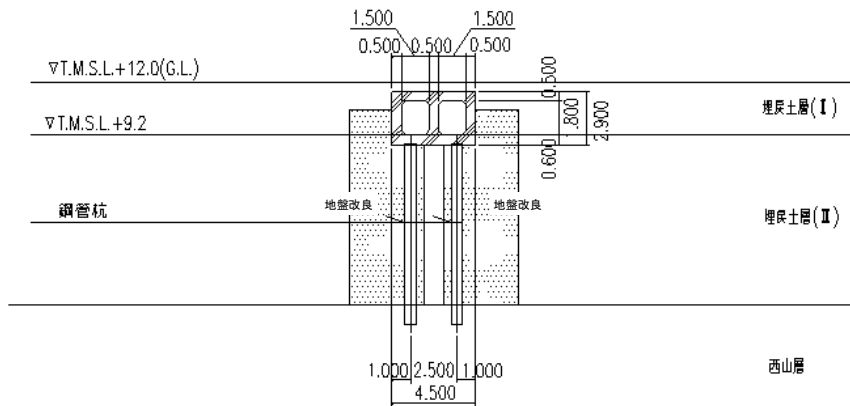


7号機燃料移送系配管ダクト断面図

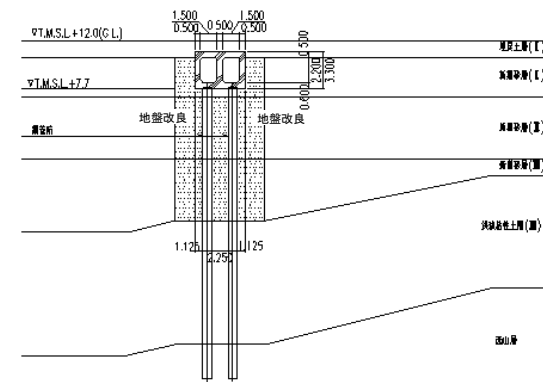
- 燃料移送系配管ダクト周辺には、地下水位以下に液状化対象層となる埋戻土層(I)は存在しないことから、液状化の影響評価は実施しない。
※埋戻土層(II)は、建設時に掘削した西山層(泥岩)を埋め戻したものである。

5. 4 水平2方向地震力の影響を考慮した断面選定

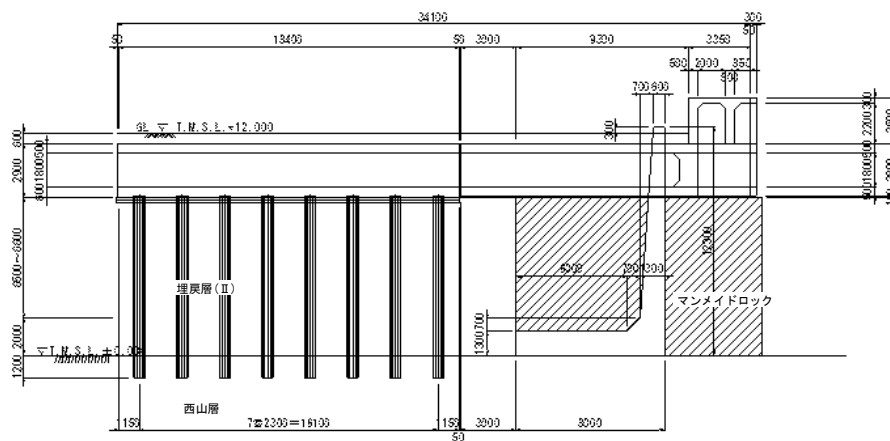
H28.3.1 ヒアリングにて
ご説明済みの内容



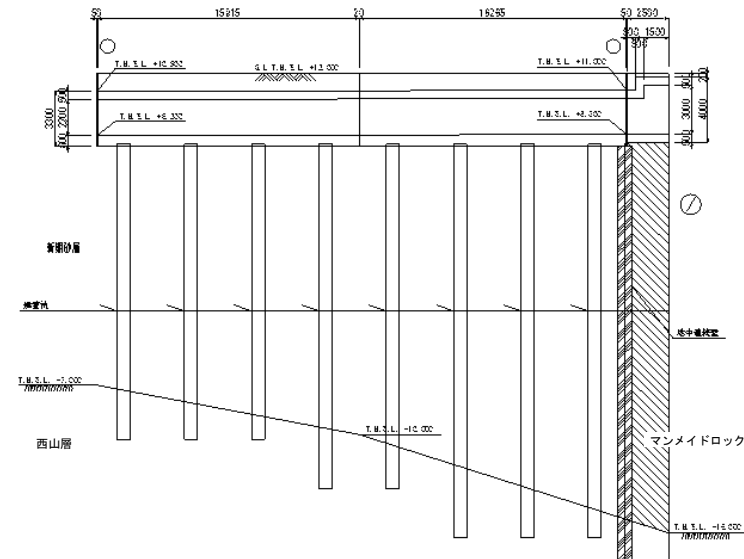
6号機燃料移送系配管ダクト断面図



7号機燃料移送系配管ダクト断面図



6号機燃料移送系配管ダクト縦断面図

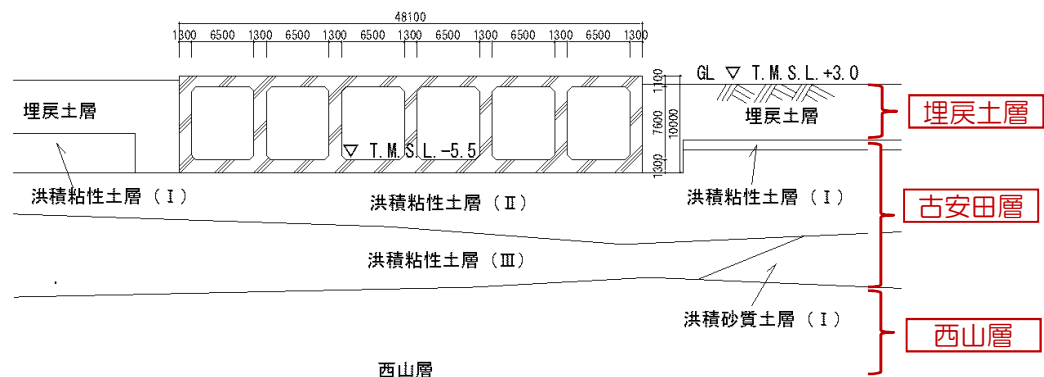
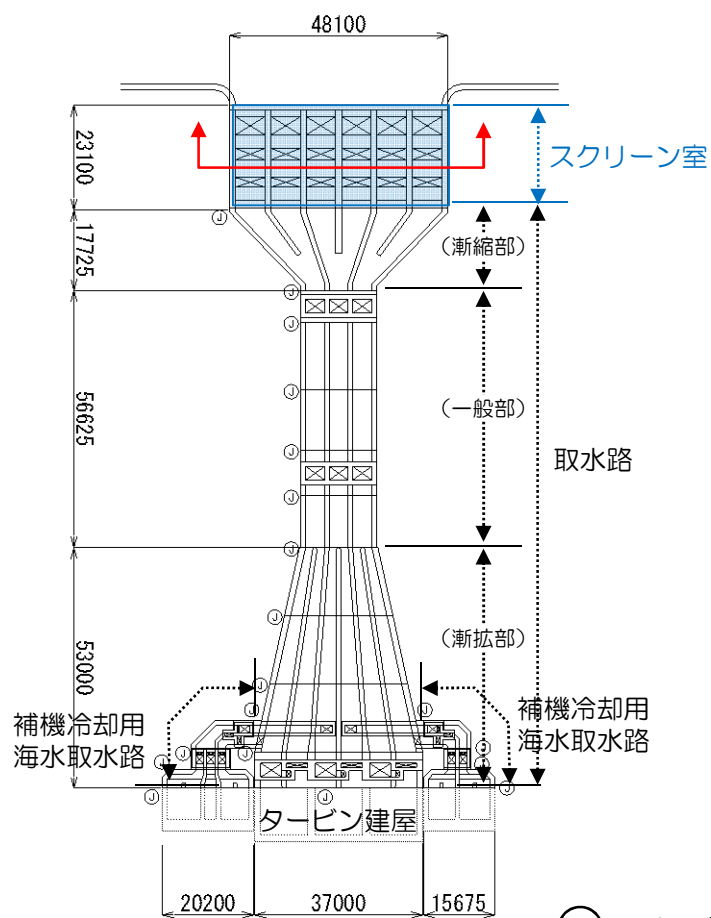


7号機燃料移送系配管ダクト縦断面図

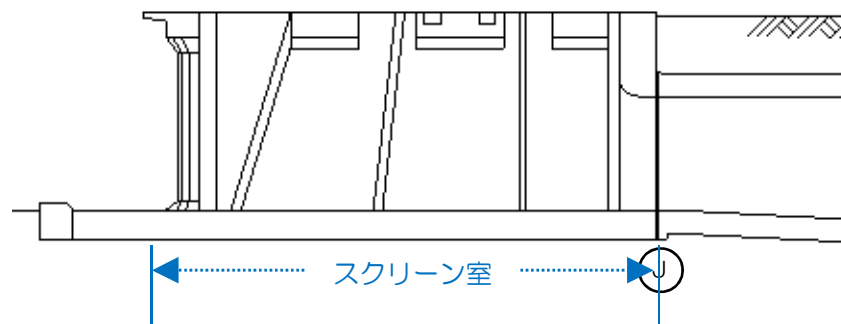
- 燃料移送系配管ダクトは、同一断面が連続する線状構造物であるため、その構造上の特徴として、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する動土圧および動水圧は作用せず影響は小さいことから、水平2方向および鉛直方向地震力の組合せの評価は実施しない。

以降 参考資料

6号機 スクリーン室の概要



スクリーン室断面図



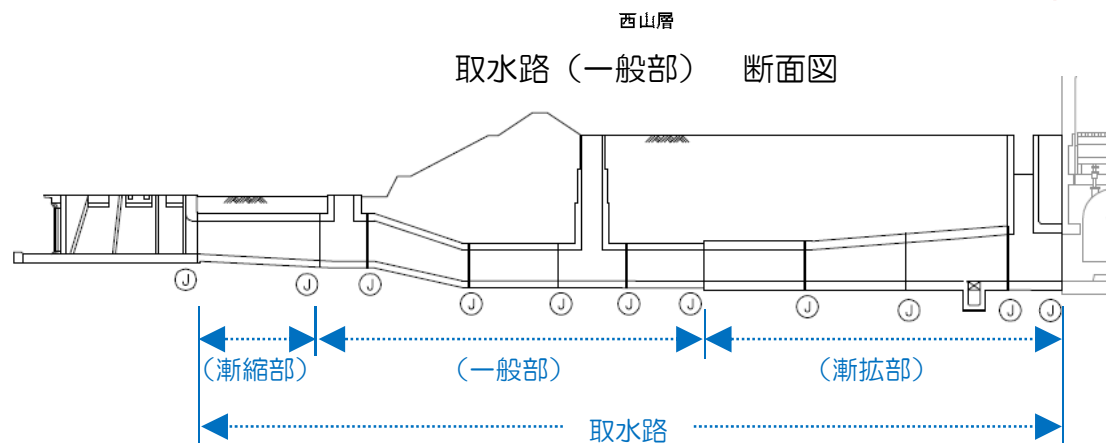
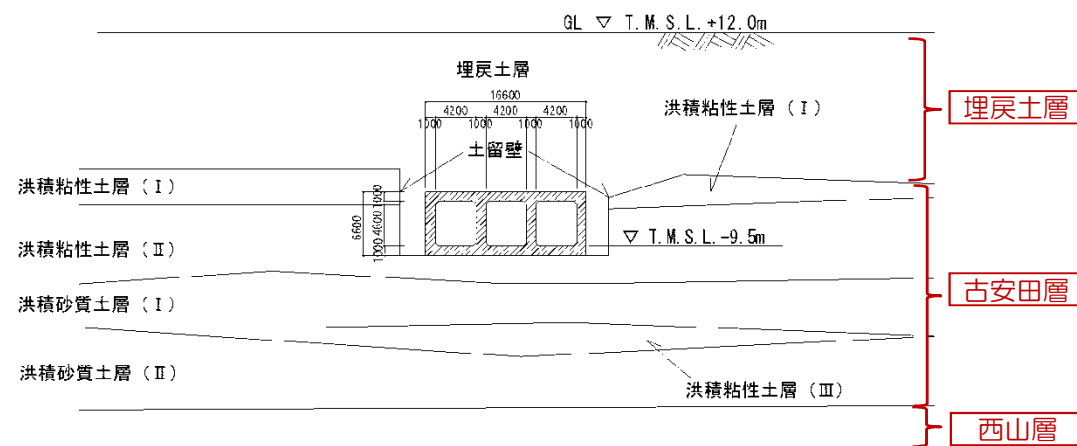
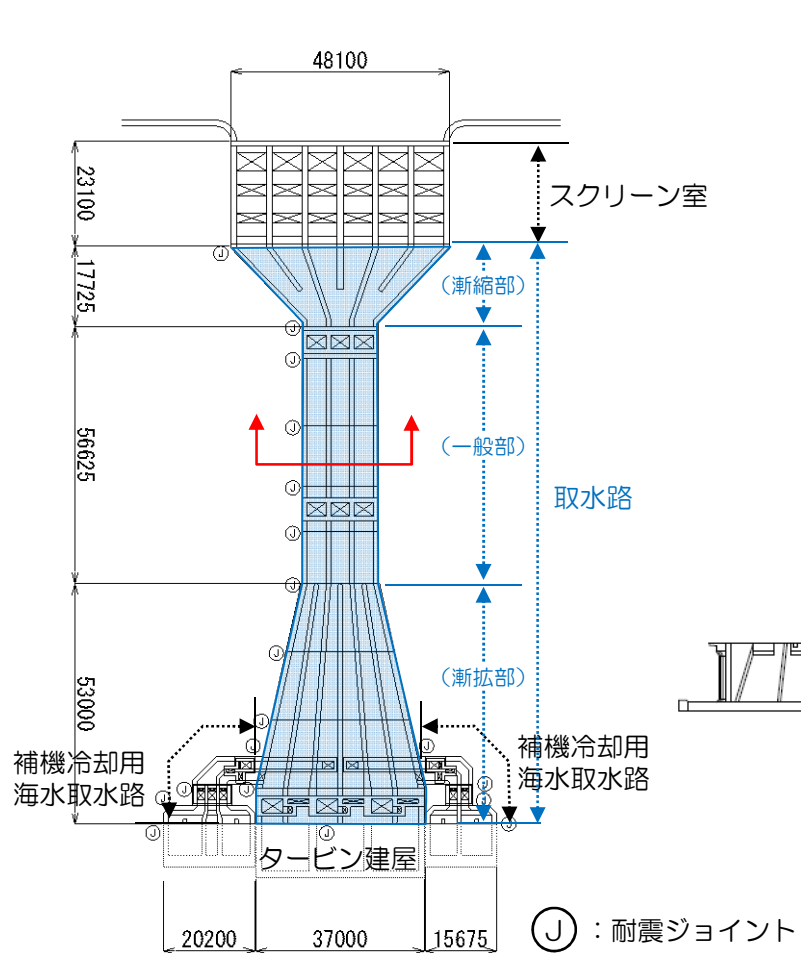
スクリーン室縦断面図

Ⓧ：耐震ジョイント

Ⓧ：耐震ジョイント

- スクリーン室は、除塵設備を收容するための土被りがない6連のラーメン構造であり、断面の幅および高さは取水方向に一樣であり、取水方向に概ね規則的に開口部が存在する。
- スクリーン室は、全長に渡り一体のブロックとして構築されており、取水路との間には、耐震ジョイントが設置されている。

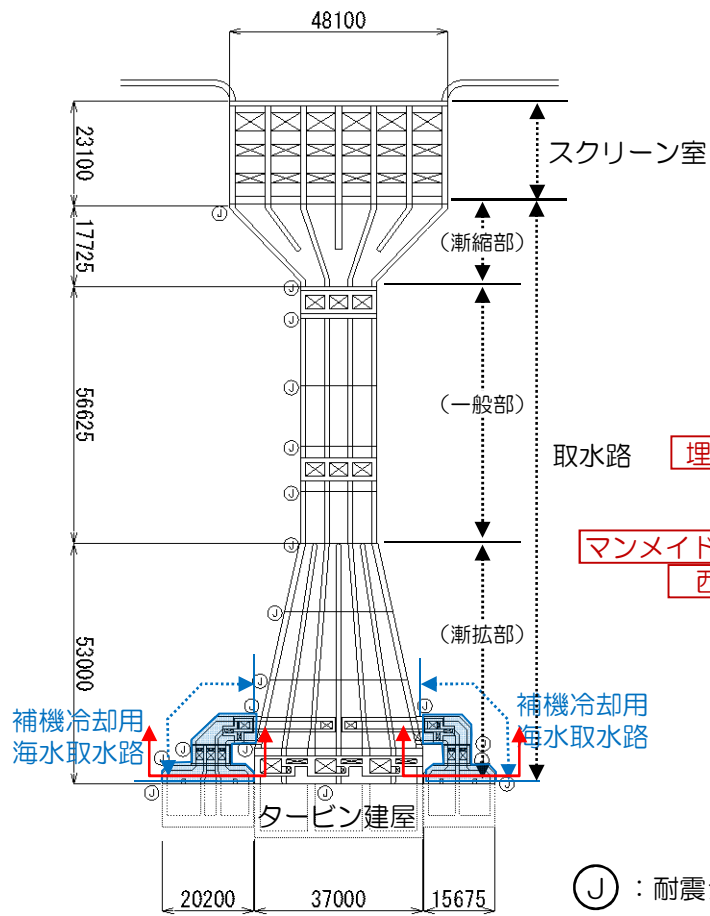
6号機 取水路の概要



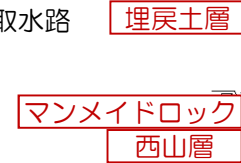
取水路縦断面図

- 取水路漸縮部は、6連ラーメン構造から3連ラーメン構造に幅が縮小する構造で、土被り厚は2.5mである。一般部は、3連のラーメン構造で、土被り厚は2.5~19m程度である。漸拡部は、6連ラーメン構造の幅が拡大する構造で、土被り厚は13~16m程度である。

6号機 補機冷却用海水取水路の概要

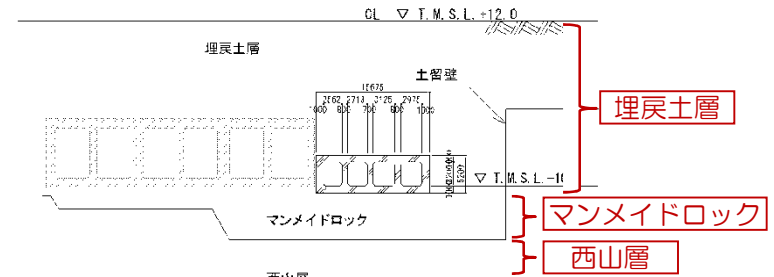


取水路

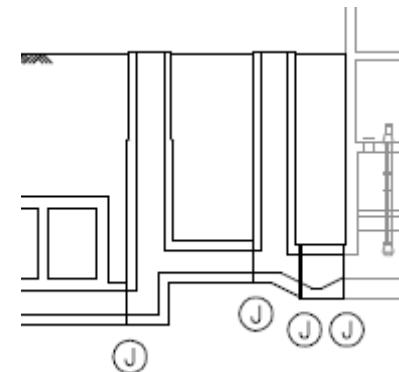


補機冷却用海水取水路断面図（北側）

Ⓧ：耐震ジョイント



補機冷却用海水取水路断面図（南側）



補機冷却用海水取水路

補機冷却用海水取水路縦断面図（南側）

- 補機冷却用海水取水路は、取水路漸拡部からそれぞれ北側，南側に分岐した水路である。
- 北側は2連のラーメン構造から4連のラーメン構造に，南側は2連のラーメン構造から5連のラーメン構造に幅が拡大する構造で，土被り厚は約18mである。

地盤改良について

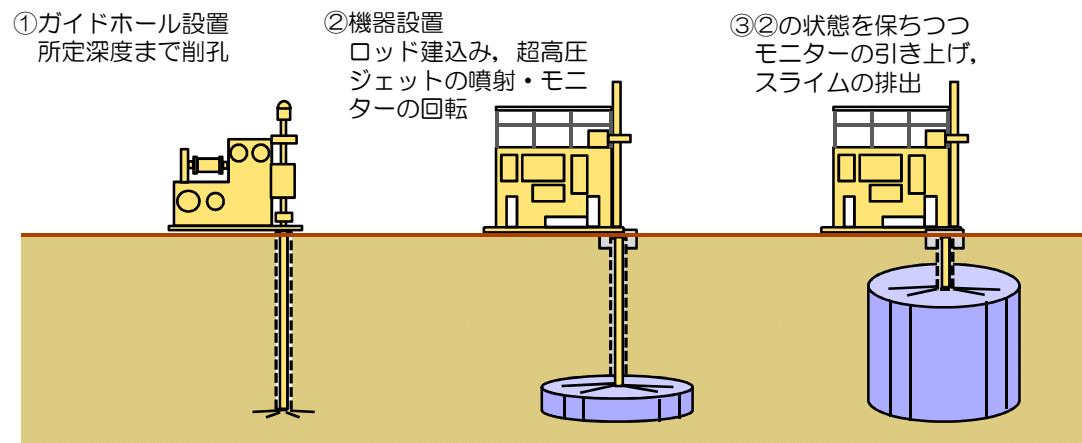
- 6, 7号機軽油タンク基礎および燃料移送系配管ダクトでは、地震時における変形抑制対策として、周辺の地盤改良を実施している。
- 地盤改良は全周回転掘削機を用いた掘削による置き換え工法を基本としているが、地中埋設物があり掘削が出来ない場合等は高圧噴射攪拌工法による地盤改良を実施している。

(高圧噴射攪拌工法)

■標準施工仕様 (例：7号機軽油タンク基礎)

項目		単位	Superjet-Midi	Superjet
超高圧ジェット	噴射圧力	MPa	30	
	固化材量	kl/分	0.2×2方向=0.4	0.3×2方向=0.6
圧縮空気	圧縮空気圧力	MPa	0.7~1.05	
施工仕様	標準造成時間	分/m	12	16
	プレジェット造成時間		6	8

■施工手順



液状化試験結果

【埋戻土層（1号炉非常用取水路周辺）】

試料番号		#1-0-1				#1-0-2				
深度 G.L.- (m)		3.50~4.50				4.50~5.50				
土質材料		埋戻土層				埋戻土層				
供試体 No.		1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.710				2.720				
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)		50				100				
せん断応力比 τ_d/σ'_c		0.25	0.30	0.20	0.35	0.26	0.21	0.24	0.29	
繰返回数	せん断 面振幅 ひずみ	$\gamma_{DA}=1.5\%$	7.5	5.5	103	3.5	4.5	54	29	5.5
		$\gamma_{DA}=2.0\%$	8.5	7	106	5	5	56	32	6.5
		$\gamma_{DA}=3.0\%$	10	9	111	7.5	6	59	36	8
		$\gamma_{DA}=7.5\%$	16	15	119	27	8	64	46	12
		$\gamma_{DA}=15\%$	21	23	127	109	10	68	54	15
間隙水圧比 95% N_{u95}		15	16	116	35	9	64	45	14	

■ : 最大過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を越えるもの）
太字 : 次ページに例示する試験結果

液状化試験結果

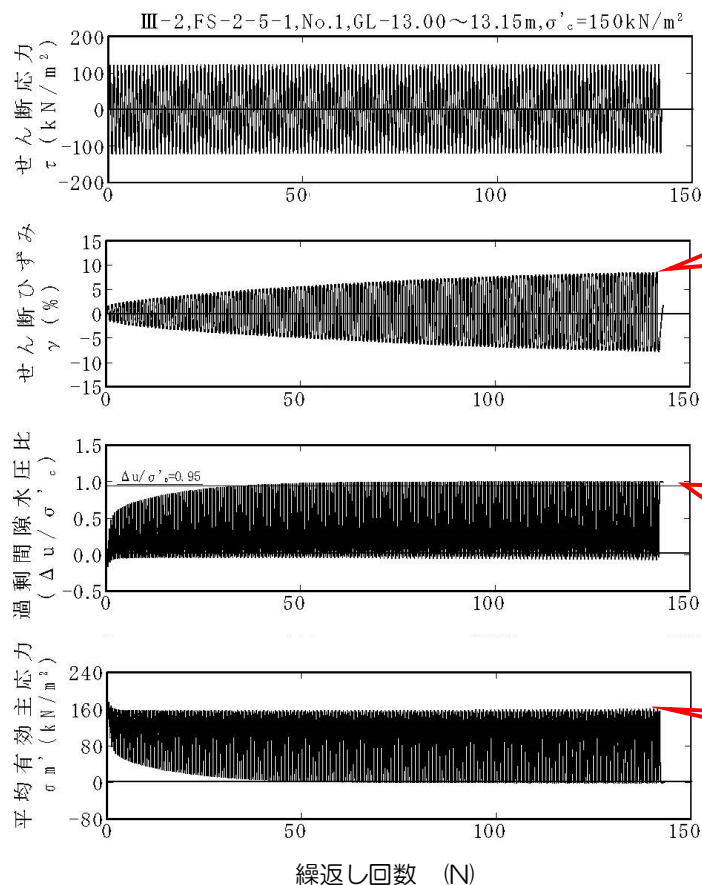
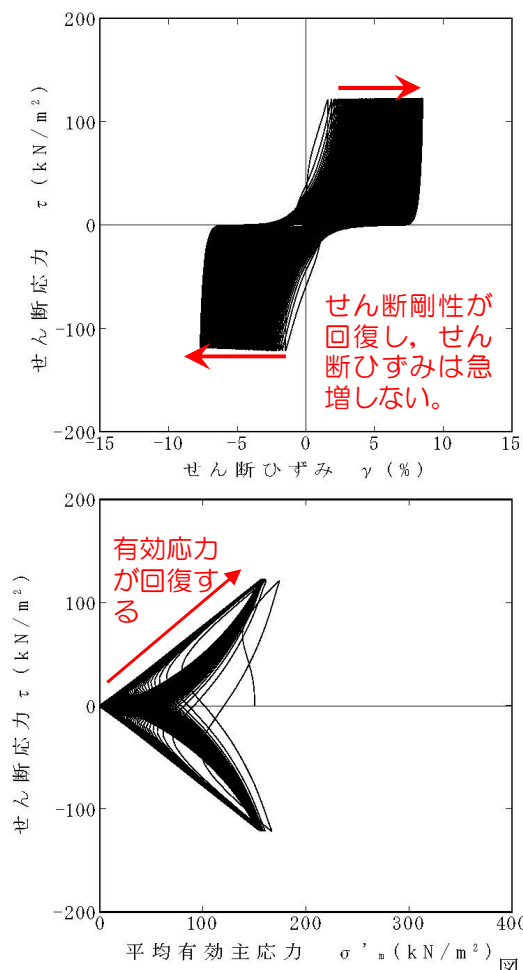
【新期砂層（4号炉取水路周辺）】

試料番号		#4-3-1				#4-3-2				#4-3-3				
深度 G.L.- (m)		13.04~13.51				13.00~13.68				14.96~15.43				
土質材料		新期砂層				新期砂層				新期砂層				
供試体 No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.719				2.780				2.685				
圧密圧力 σ_c' (kN/m ²)		150				150				150				
せん断応力比 τ_d/σ_c'		0.81	0.70	0.62	0.49	0.81	0.91	0.72	0.54	0.60	0.81	0.70	1.02	
繰返し回数	せん断振幅 せん断ひずみ	$\gamma_{DA}=1.5\%$	0.5	0.6	0.7	2	0.5	0.3	0.6	0.9	0.8	0.3	0.7	0.3
		$\gamma_{DA}=2.0\%$	0.6	0.8	0.9	3.5	0.7	0.4	0.8	1.5	1.5	0.5	0.9	0.4
		$\gamma_{DA}=3.0\%$	0.9	2	2	8.5	1	0.6	2	4	5	0.7	3	0.5
		$\gamma_{DA}=7.5\%$	15	19	18	50	24	9	24	21	32	9	22	8
		$\gamma_{DA}=15\%$	76	96	53	146	112	91	77	65	94	43	60	77
	間隙水圧比 95% N_{u95}	28	28	30	40	38	44	34	24	38	25	28	39	

■ : 最大過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を越えるもの）
太字 : 次ページに例示する試験結果

【新期砂層（4号炉取水路周辺）】

$\sigma'_c=150\text{kN/m}^2, \tau_d/\sigma'_c=0.81$



せん断ひずみが緩やかに上昇する。

過剰間隙水圧比 ($\Delta u/\sigma'_e$) が、上昇と下降を繰り返し、上昇時に1に近づく (0.95に達する)。

有効応力が回復する。

中空ねじり試験結果（4号炉取水路周辺 新期砂層 の例）

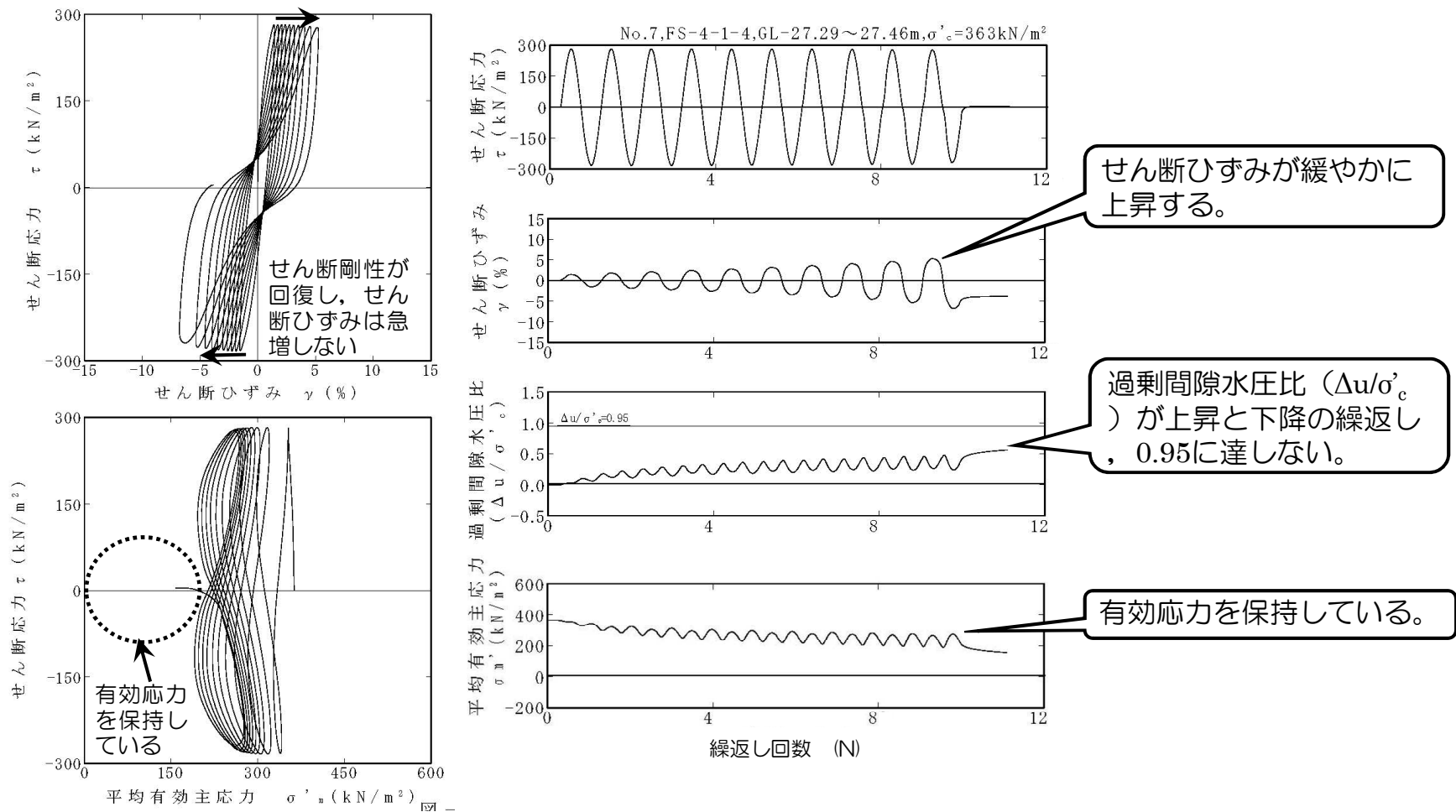
液状化試験結果

【洪積砂質土層 I（6号炉取水路周辺）】

試料番号		#6-1-1				#6-1-2				#6-1-3				
深度 G.L.- (m)		27.68~28.16				26.95~27.63				26.88~27.48				
土質材料		洪積砂質土層 I				洪積砂質土層 I				洪積砂質土層 I				
供試体 No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.649				2.677				2.669				
圧密圧力 σ_c' (kN/m ²)		363				363				363				
せん断応力比 τ_d/σ_c'		0.51	0.60	0.78	0.64	0.51	0.61	0.78	0.68	0.51	0.46	0.35	0.64	
繰返し回数	せん断振幅 せん断ひずみ	$\gamma_{DA}=1.5\%$	8.5	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	42	<i>200</i>	0.9
		$\gamma_{DA}=2.0\%$	18	5.5	0.7	0.9	6	1	0.7	0.7	0.7	<i>200</i>	-	3.5
		$\gamma_{DA}=3.0\%$	30	26	1.5	2	35	12	1	1	1	-	-	15
		$\gamma_{DA}=7.5\%$	54	71	5	7	121	46	7	6	8.5	-	-	45
		$\gamma_{DA}=15\%$	-	-	-	-	127	53	-	-	12	-	-	-
	間隙水圧比 95% N_{u95}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

 : 最大過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を越えるもの）
太字：次ページに例示する試験結果

【洪積砂質土層 I（6号炉取水路周辺）】 $\sigma'_c=363\text{kN/m}^2$, $\tau_d/\sigma'_c=0.78$



中空ねじり試験結果（6号炉取水路周辺 洪積砂質土層 I の例）

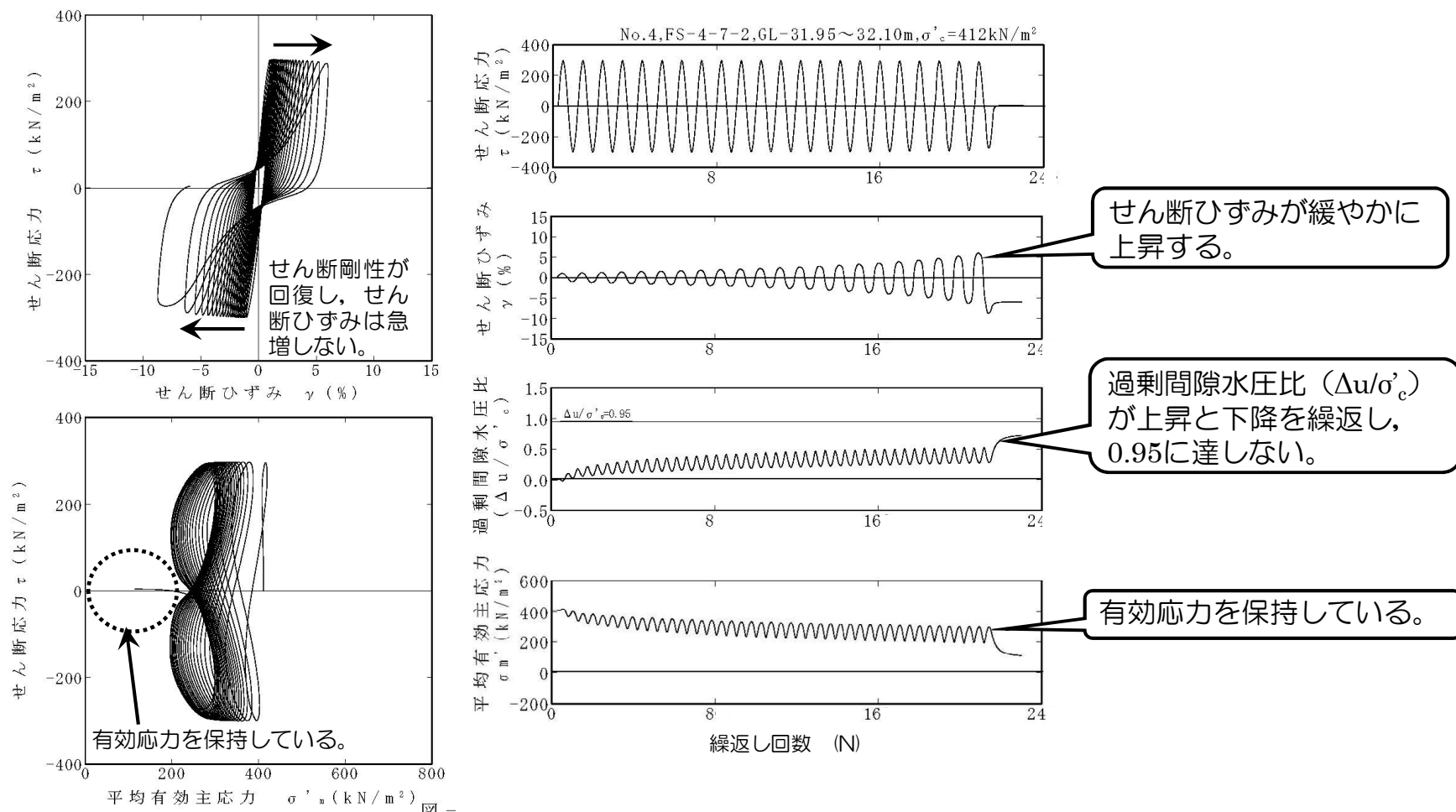
液状化試験結果

【洪積砂質土層Ⅱ（6号炉取水路周辺）】

試料番号		#6-2-1				#6-2-2				#6-2-3				
深度 G.L.- (m)		31.65~34.75				32.10~32.95				32.95~33.55				
土質材料		洪積砂質土層Ⅱ				洪積砂質土層Ⅱ				洪積砂質土層Ⅱ				
供試体 No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.664				2.646				2.672				
圧密圧力 σ_c' (kN/m ²)		412				412				412				
せん断応力比 τ_d/σ_c'		0.59	0.52	0.79	0.72	0.51	0.58	0.69	0.64	0.57	0.53	0.70	0.65	
繰返回数	せん断ひずみ 面振幅	$\gamma_{DA}=1.5\%$	1.5	6.5	0.3	0.7	5.5	0.8	0.6	1	1	2	0.7	0.9
		$\gamma_{DA}=2.0\%$	5	11	0.5	1	24	1.5	0.9	5.5	4	6	1	2
		$\gamma_{DA}=3.0\%$	13	19	1	5	61	7	2.5	17	14	15	3.5	5
		$\gamma_{DA}=7.5\%$	36	38	2	17	111	25	8.5	38	37	34	9.5	16
		$\gamma_{DA}=15\%$	-	-	-	-	116	30	-	-	43	43	11	-
間隙水圧比 95% N_{U95}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

■ : 最大過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を越えるもの）
太字 : 次ページに例示する試験結果

【洪積砂質土層Ⅱ（6号炉取水路周辺）】 $\sigma'_c=412\text{kN/m}^2$, $\tau_d/\sigma'_c=0.72$



中空ねじり試験結果（6号炉取水路周辺 洪積砂質土層Ⅱ の例）

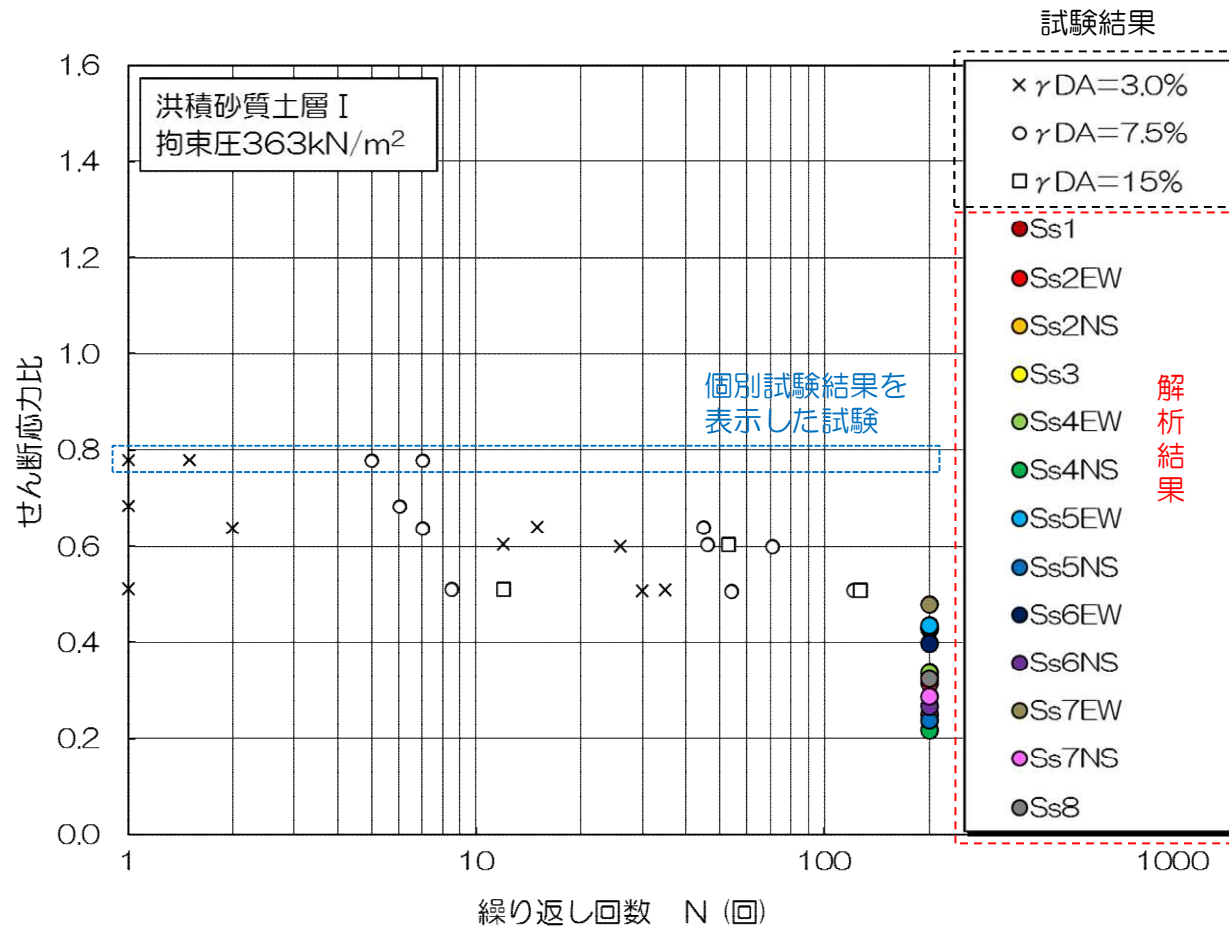
【まとめ】

- 液状化試験の試験結果から、以下の表のように液状化判定の対象層と非液状化層に分類される。
- 新期砂層および古安田層中の砂層は、比較的N値が高く、液状化試験結果は繰返し軟化を示している。このことは、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（(社)日本道路協会、H24.3）において、一般にN値が高く、続成作用を受けている洪積層などは、液状化に対する抵抗が高いため、一般には液状化の可能性は低く、原則として液状化の判定の対象としていないことと整合している。
- 液状化層である埋戻土について、基準地震動Ssに対する液状化の可能性を評価する。

対象層	埋戻土層	洪積砂層Ⅰ（1号） 洪積砂層Ⅱ（1号） 新期砂層（4号）	洪積砂層Ⅰ（4号） 洪積砂層Ⅱ（4号） 洪積砂質土層Ⅰ（6号） 洪積砂質土層Ⅱ（6号）
液状化試験の状況	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を上回る）。 有効応力がゼロになる。 ひずみが急激に上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づく（0.95を上回る）。 有効応力が減少するが、回復する。 ひずみが緩やかに上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が0.95を上回らない。 有効応力を保持している。 ひずみが緩やかに上昇する。
現象の整理	試験の結果は、液状化である。	試験結果は、繰返し軟化（サイクリックモビリティ）である。	試験の結果、有効応力を保持している。
液状化評価	Ssによる液状化判定の対象層	非液状化層	

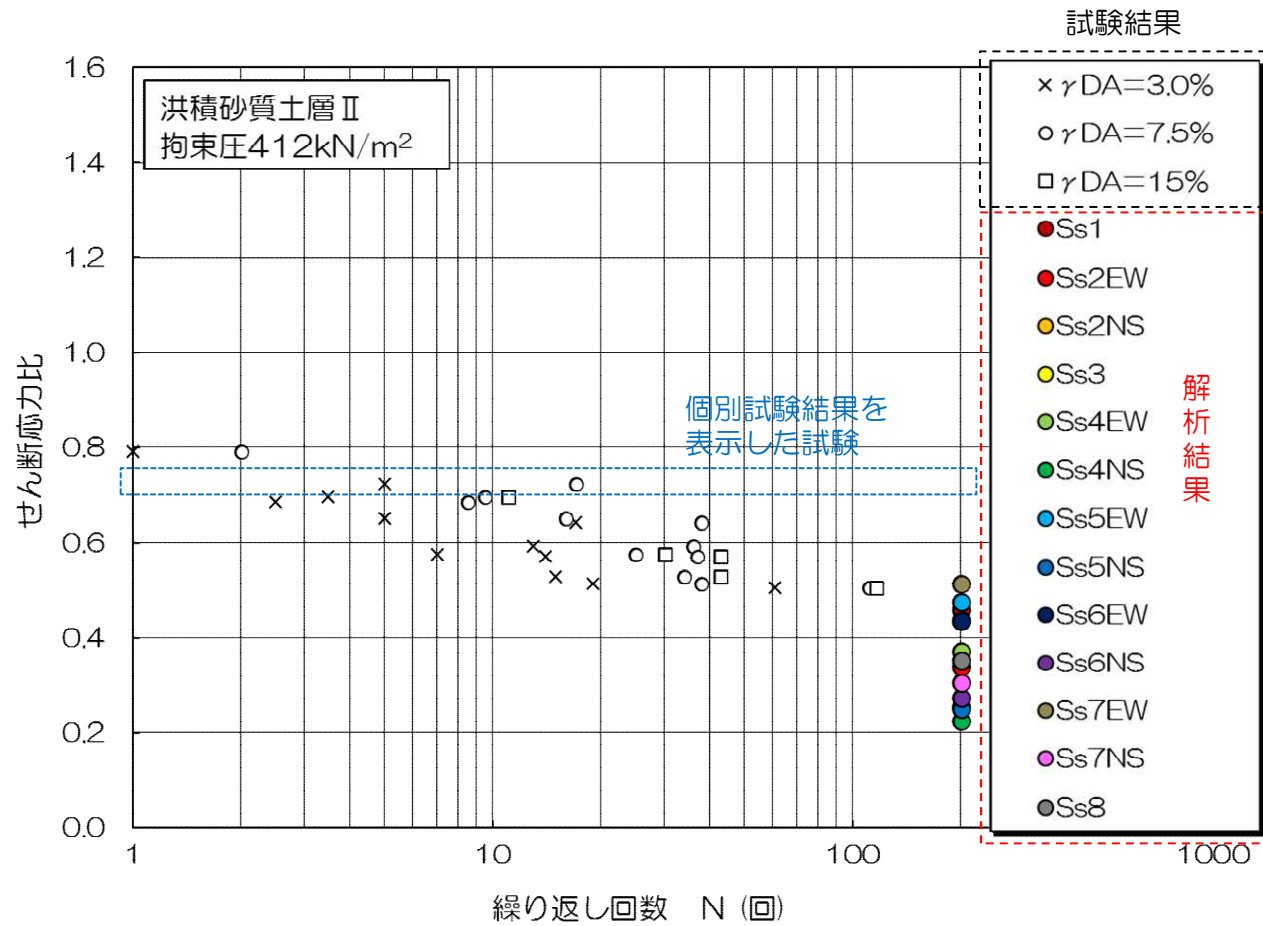
【比較評価：洪積砂質土層 I（6号炉取水路周辺）】

- 試験条件は、基準地震動Ss相当のせん断応力比および繰返し回数となっている。



【比較評価：洪積砂質土層Ⅱ（6号炉取水路周辺）】

- 試験条件は、基準地震動Ss相当のせん断応力比および繰返し回数となっている。



【まとめ】

対象層	埋戻土層	洪積砂層Ⅰ（1号） 洪積砂層Ⅱ（1号） 新期砂層（4号）	洪積砂層Ⅰ（4号） 洪積砂層Ⅱ（4号） 洪積砂質土層Ⅰ（6号） 洪積砂質土層Ⅱ（6号）
液状化試験の状況	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を上回る）。 有効応力がゼロになる。 ひずみが急激に上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰り返し、上昇時に1.0に近づく（0.95を上回る）。 有効応力が減少するが、回復する。 ひずみが緩やかに上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> 過剰間隙水圧比が0.95を上回らない。 有効応力を保持している。 ひずみが緩やかに上昇する。
現象の整理	試験の結果は、液状化である。	試験結果は、繰り返し軟化（サイクリックモビリティ）である。	試験の結果、有効応力を保持している。
液状化評価	Ssによる液状化判定の対象層	非液状化層	
F _L 法による液状化判定	液状化層	—	
構造物評価の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地下水位以下の埋戻土層については、液状化層として評価し、液状化が構造物に与える影響を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新期砂層及び古安田層中の砂層については、非液状化層として、構造物評価を実施する。 	

