

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の 杭構造形式及び設置ルートの変更について

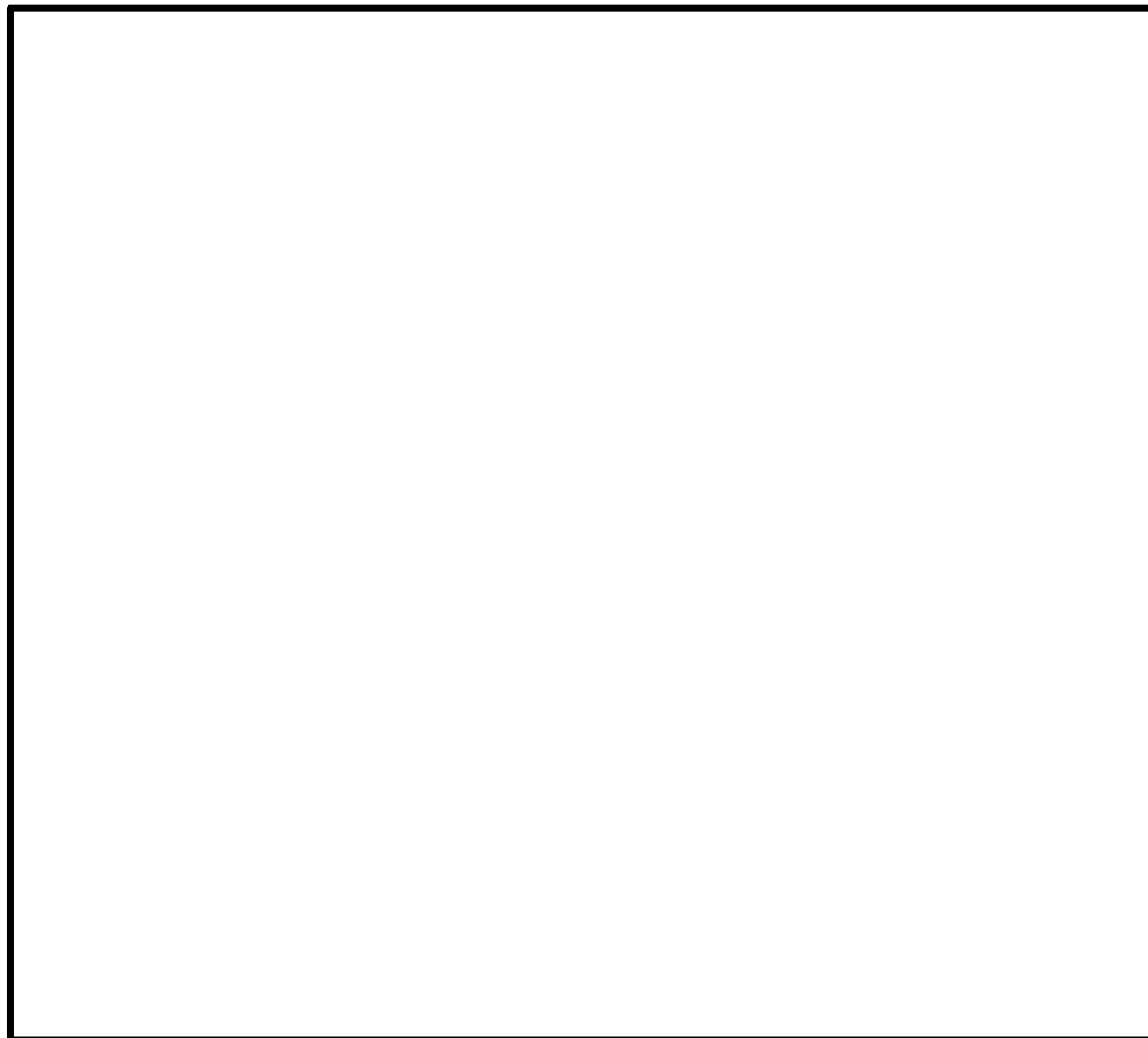
平成29年7月13日
日本原子力発電株式会社

- ## 杭構造形式及び 設置ルートの変更



(2) 津波防護対象施設

- 設置許可基準規則5条及び40条の対象となる「津波防護施設」を以下に示す。



津波防護施設の平面配置

設計基準対象施設
原子炉建屋
タービン建屋
取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)
非常用海水系配管(屋外二重管)
非常用ガス処理系排気筒(排気筒)
使用済燃料乾式貯蔵建屋
軽油貯蔵タンク

重大事故等対処施設
原子炉建屋
取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)
非常用海水系配管(屋外二重管)
SA用海水ピット取水塔
海水引込み管
SA用海水ピット
緊急用海水取水管
緊急用海水ポンプピット
格納容器圧力逃がし装置格納槽
常設低圧代替注水系格納槽
接続口
常設代替高圧電源装置置場
軽油貯蔵タンク
可搬型設備保管場所
緊急時対策所

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設
原子炉建屋
取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)
非常用海水系配管(屋外二重管)
軽油貯蔵タンク

防潮堤設置ルートの変更に伴い、今後可搬型設備の予備機置場を選定する。

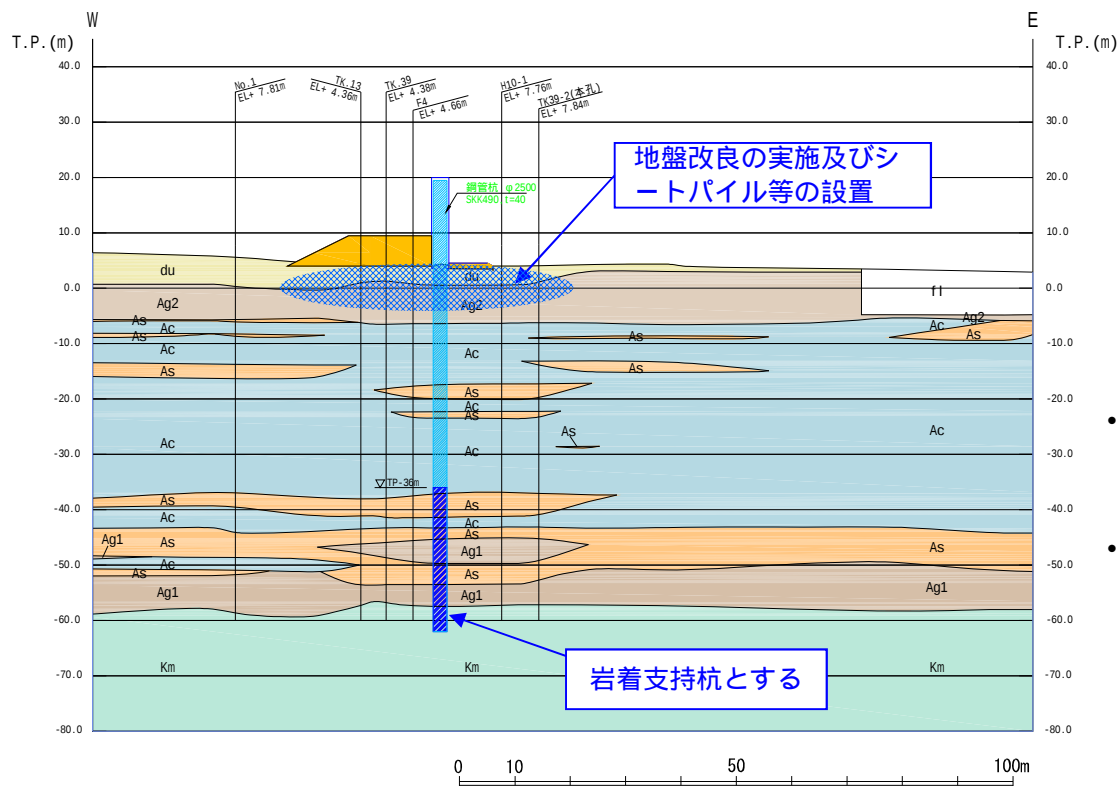
(3) 杭構造形式の変更(摩擦杭から岩着支持杭への変更)

東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを**岩着支持杭に変更**する。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、**地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う**。

なお、地盤改良範囲等については、保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
光 新 世	砂丘層		du	砂
			Ag2	砂礫
	沖積低地 堆積層	Ac	粘土	敷地全体に広く分布する。
		As	砂	敷地全体に広く分布する。
		Ag1	砂礫	久慈川が遡食した凹状の谷を埋めて分布する。
四 更 新 世	低位段丘 堆積層	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
		D2s-3	砂	
		D2g-3	砂礫	
	中位段丘 堆積層	D2c-2	シルト	敷地の南西部に分布し、いわゆる埋没段丘面を構成する。
		D2g-2	砂礫	
		In	ローム	
		D1c-1	シルト	
第三紀 鮮新世	久米層	D1g-1	砂礫	敷地の基盤岩である。
		Km	砂質泥岩	

【変更理由】

- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

(4) 表層地盤改良及びシートパイル等の設置検討方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

ボイリングは、津波時の防潮堤前面と背面の水位差によって、堤内側に上向きの水圧が生じ、この浸透圧が堤内側の有効重量を超えるようになると発生する。したがって、シートパイル等による対策を行うこととし、堤内側の土の重量とシートパイル等の先端位置に作用する水圧との比から必要根入れ深さを評価する。

□ 地盤改良工法の選定

地盤改良は、剛性の急変部が生じないよう配慮し、浸透固化工法も選定対象とする。

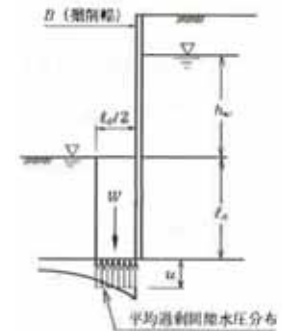
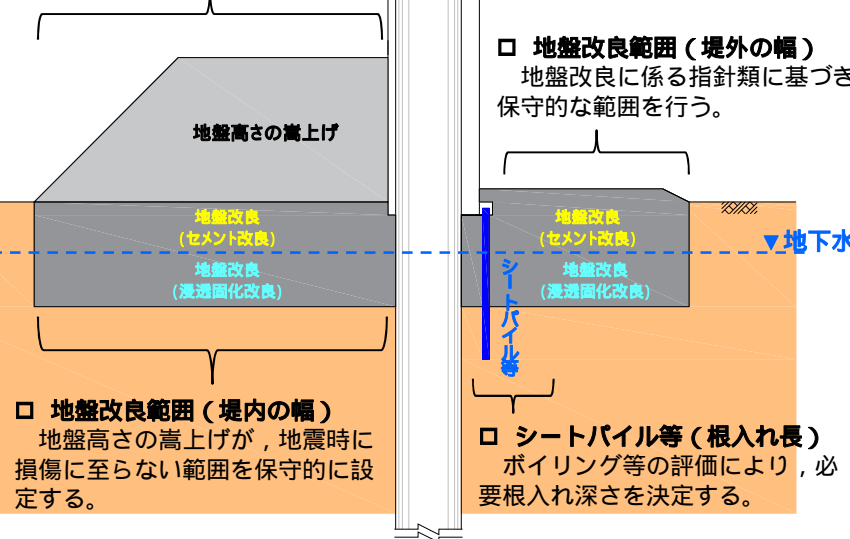
浸透固化工法は、地下水位以深での実施が必要となることから、地下水位以浅はセメント固化改良とするなど使い分けを行う。

□ 地盤改良範囲（深さ方向）

液状化の可能性を考慮した有効応力解析結果に基づき、過剰間隙水圧比が高い範囲や杭体に生じる断面力を考慮し、深さ方向の改良範囲を保守的に設定する。

□ 地盤高さの嵩上げ部

内部のすべりに対してせん断強度が不足する場合は、セメントによる改良を行う。



ボイリングの検討

$$F_s = \frac{w}{u}$$

u : シートパイル等先端位置に作用する平均過剰間隙水圧
 w : 土の有効重量

表層地盤改良範囲の設定に係る検討方針フローは、参考資料4参照。

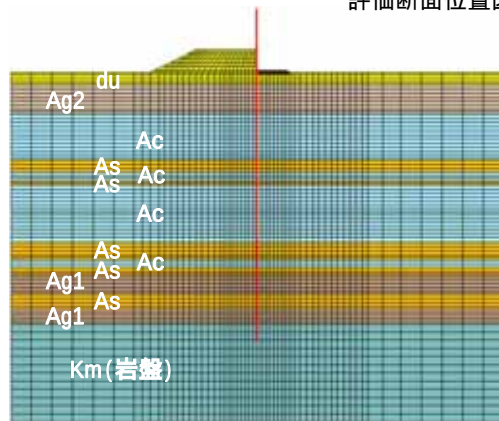
(5) - 1 有効応力解析による構造成立性確認 (敷地内の地盤調査データに基づく杭の構造成立性確認)

既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果を以下に示す (地盤改良無し)。

評価の結果, 基準地震動 Ss (Ss-D1) に対して防潮堤周辺地盤の過剰間隙水圧比は95%を下回ることから, 液状化の発生は認められない。また, 岩着支持杭の地震時の構造成立性を確認した。

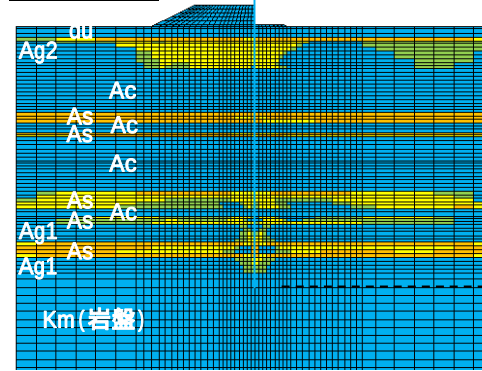


評価断面位置図



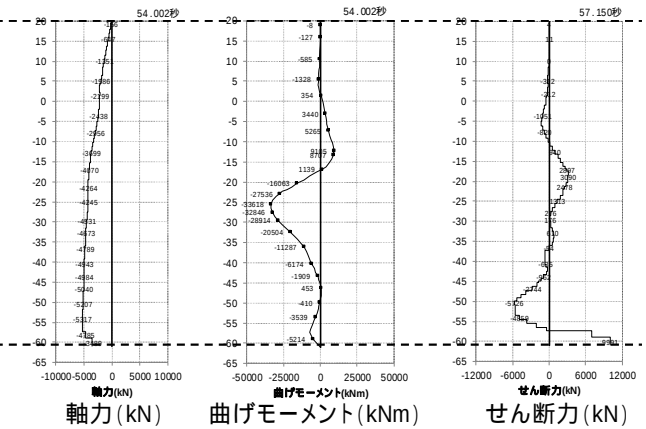
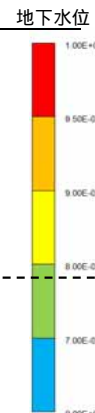
地層モデル図

地震波: Ss-D1



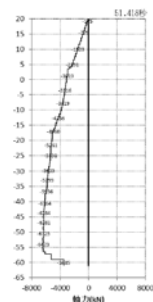
過剰間隙水圧比コンター図

過剰間隙水圧比



【杭の曲げ軸力が最小安全率となる時刻の杭の曲げモーメント図と軸力図】

【杭のせん断力が最小安全率となる時刻の杭のせん断力分布図】



軸力 (kN)

【杭の軸力が最大となる時刻の軸力図】

評価項目	応答値	許容限界	判定
杭の曲げ軸力	199N/mm ²	278N/mm ²	OK
杭のせん断力	33N/mm ²	158N/mm ²	OK
杭の支持力 (地震時)	5,101kN	【岩盤のみの支持力】 28,936kN	OK
杭の座屈	6,423kN	83,326kN	OK

鋼管杭の仕様

- ・材質: SKK490
- ・杭径: φ2,500mm
- ・肉厚: t=40mm

既往の地盤調査データに基づく有効応力解析結果より, 岩着支持杭の基本的な成立性を確認した。

(5) - 2 有効応力解析による構造成立性確認(「豊浦標準砂」の液状化強度特性を仮定した杭の構造成立性確認)

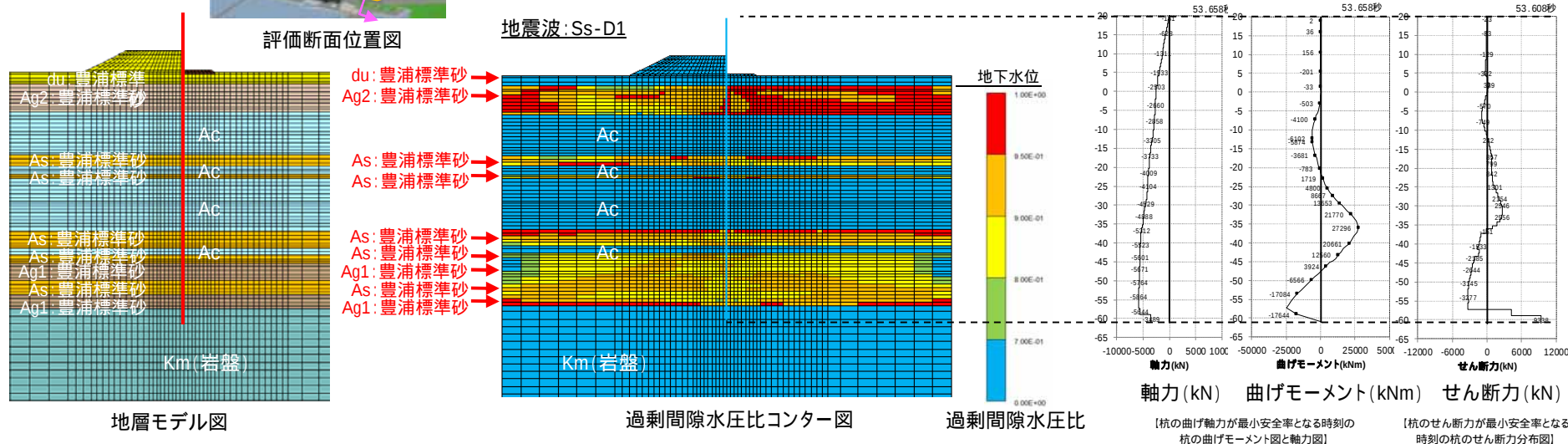
既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果では、液状化検討対象層の過剰間隙水圧比が95%以下であったことから液状化しないことを確認している。しかし、保守的に全ての砂層・礫層を「豊浦標準砂」の液状化強度特性と仮定することにより、強制的に液状化する条件を与え、その条件下でも岩着支持杭が成立することを確認した。

なお、豊浦標準砂とは、粒径が均一で細粒分含有率が小さく液状化し易い性質があり、土質実験等で多用されるものである。



評価断面位置図

全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価

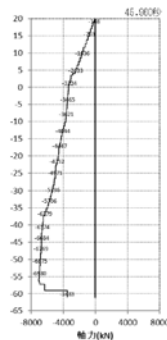


地層モデル図

過剰間隙水圧比カウンター図

過剰間隙水圧比

軸力 (kN) 曲げモーメント (kNm) せん断力 (kN)
【杭の曲げ軸力が最小安全率となる時刻の杭の曲げモーメント図と軸力図】 【杭のせん断力が最小安全率となる時刻の杭のせん断力分布図】



軸力 (kN)

【杭の軸力が最大となる時刻の軸力図】

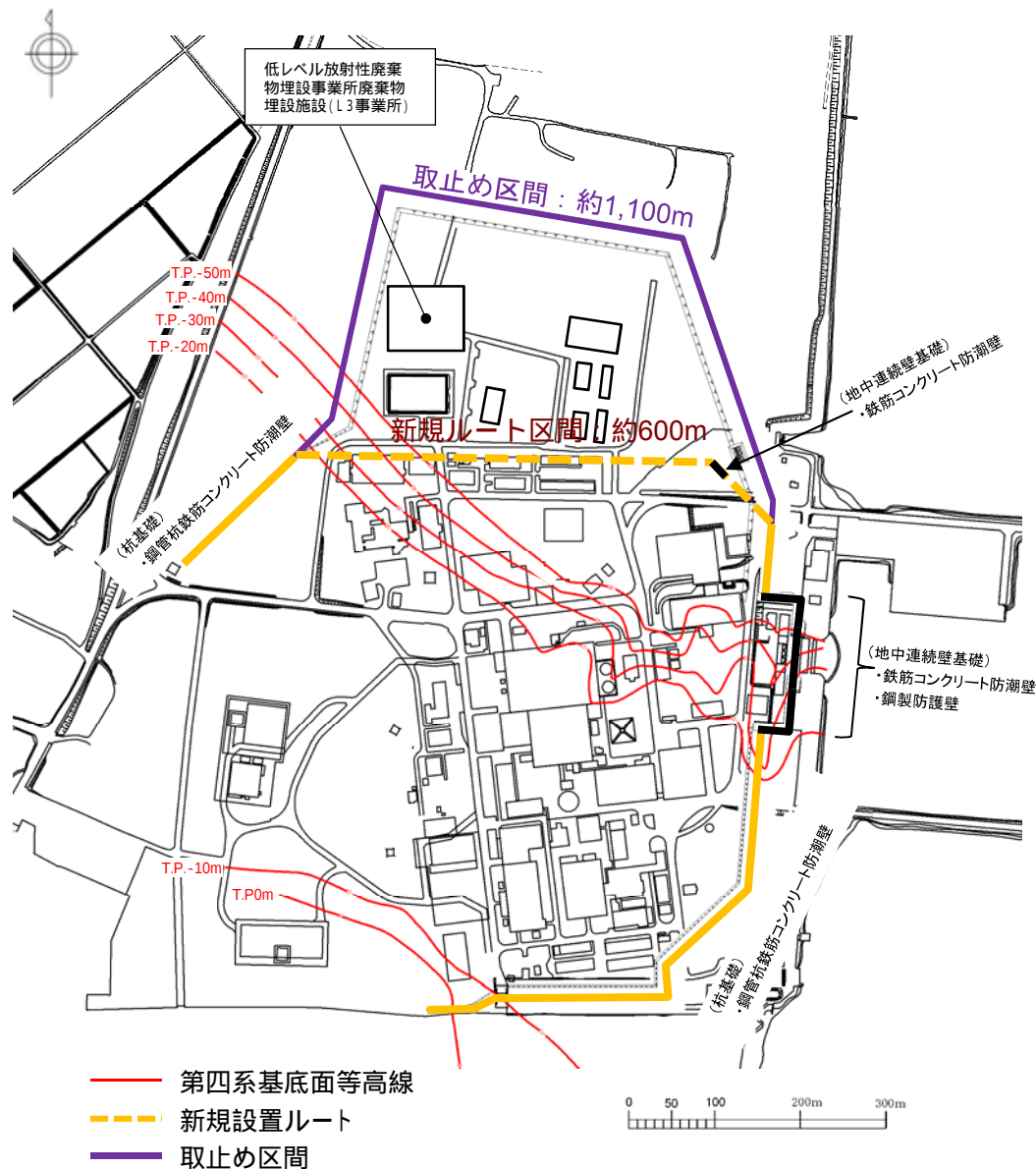
評価項目	応答値	許容限界	判定
杭の曲げ軸力	167N/mm ²	278N/mm ²	OK
杭のせん断力	31N/mm ²	158N/mm ²	OK
杭の支持力 (地震時)	5,660kN	【岩盤のみの支持力】 28,936kN	OK
杭の座屈	6,980kN	83,326kN	OK

鋼管杭の仕様

- ・材質：SKK490
- ・杭径：φ2,500mm
- ・肉厚：t=40mm

全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価においても、岩着支持杭は成立することを確認した。

(6) 設置ルートの変更について



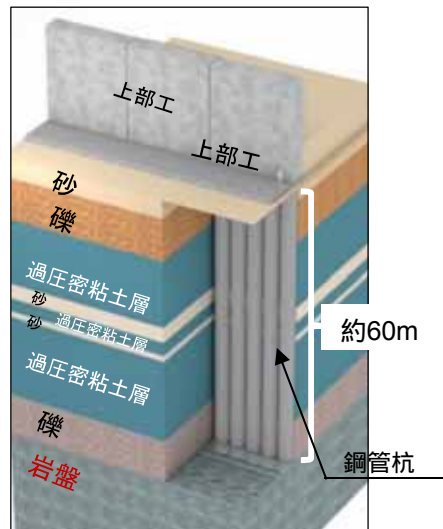
【変更理由】

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周辺の表層地盤については、地震時における地盤の変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。
- 地盤改良等の実施に当たっては、「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物埋設施設 (L3事業所)」及び他事業所施設の地下水流況に影響を及ぼす可能性を考慮し、防潮堤のルートを変更する。

防潮堤区間	変更前	変更後
(杭基礎) ・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	約2.0km	約1.5km
(地中連続壁基礎) ・鉄筋コンクリート防潮壁 ・鋼製防護壁	約0.2km	約0.2km
合計	約2.2km	約1.7km

注) 防潮堤設置ルート位置の詳細は、今後、現地で干渉物等の状況を考慮し、多少の変更が生じる可能性あり。

(7) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応について



【概要】

防潮堤のうち、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部工を上部工の天端から連続する鋼製杭で、十分な支持性能を有する岩盤に支持する設計とし、地震時の慣性力、土圧、地震後の繰返しの津波波力、漂流物衝突力、余震に対して構造健全性を保持する構造とする。

【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応】

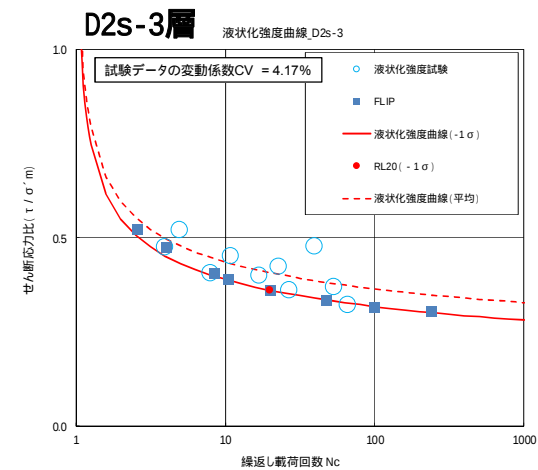
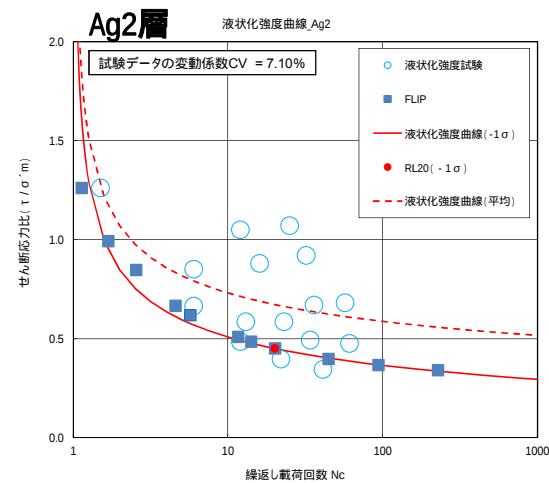
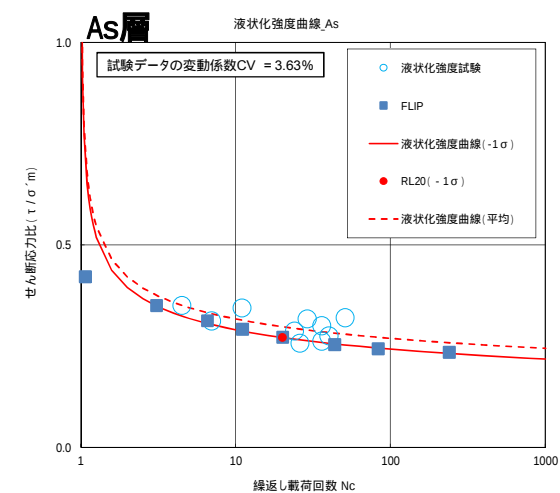
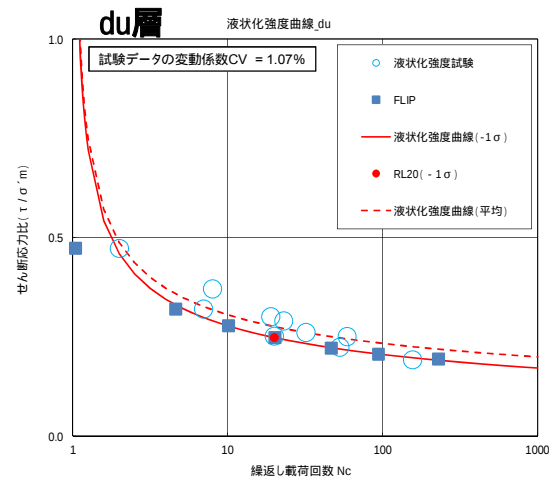
設置許可基準規則第3条の要求事項	要求事項に対する対応
十分に支持することができる地盤 (基準地震動に対する支持性能の確保)	・保守的に支持層である岩盤のみで支持力を確保できることを確認
変形した場合においても安全機能が損なわれるおそれがない地盤 (変形：液状化、揺すり込み沈下等)	・液状化の可能性を考慮した有効応力解析を実施 ・周辺地盤の変形を想定した表層面付近の地盤改良の実施 ・施工ブロック間、異種構造物間へ止水ジョイントを設置
変位が生じるおそれがない地盤	・敷地内に断層が存在しないことを確認

参考資料1

(有効応力解析に用いる保守的な液状化強度特性の設定)

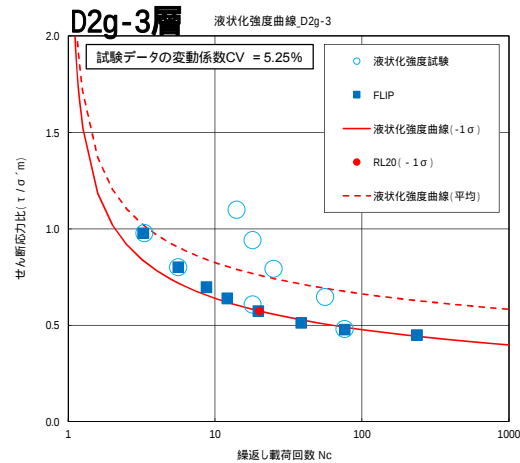
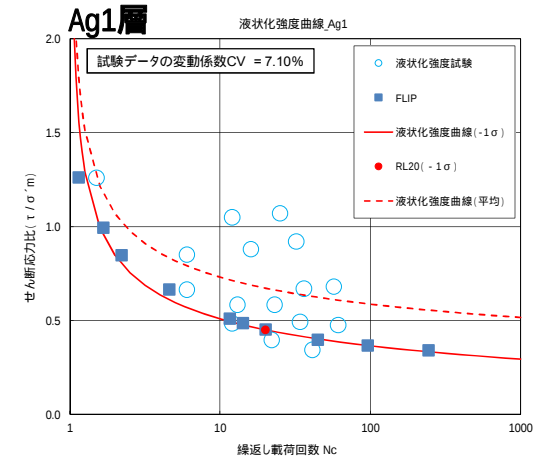
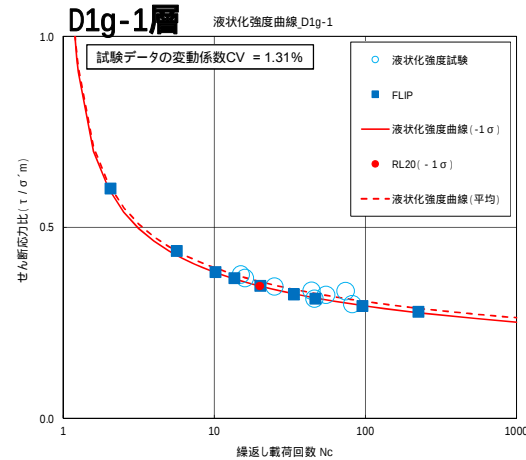
【参考】有効応力解析に用いる保守的な液状化強度特性の設定

- 液状化強度試験結果に基づき，保守側に設定したFLIPの液状化強度特性を以下に示す。



【参考】有効応力解析に用いる保守的な液状化強度特性の設定

- 液状化強度試験結果に基づき，保守側に設定したFLIPの液状化強度特性を以下に示す。



参考資料2

(非常に保守的な液状化影響評価のために仮定する
豊浦標準砂の液状化強度特性について)

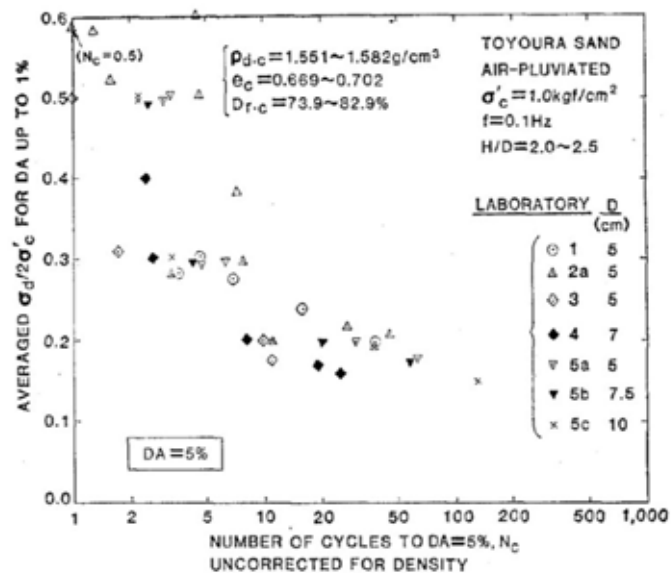
【参考】 豊浦標準砂の液状化強度特性

■ 豊浦標準砂の保守的な液状化強度特性

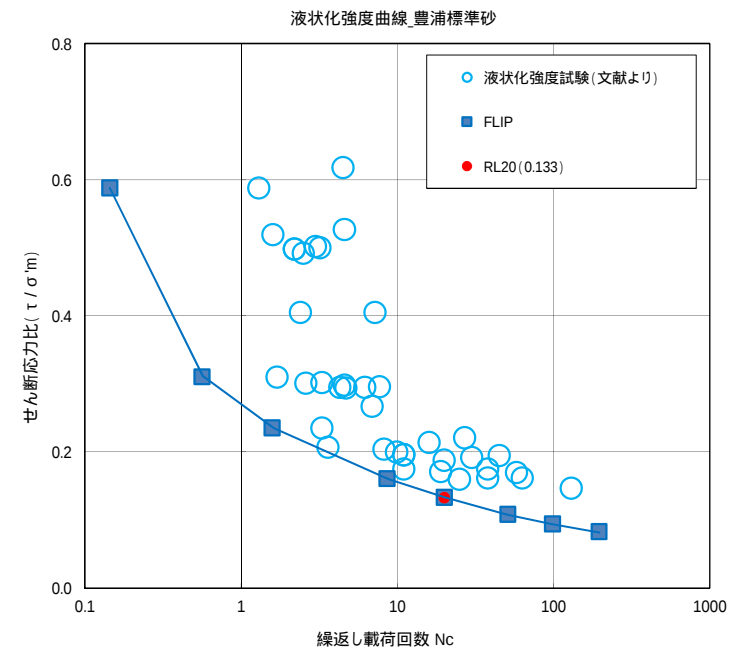
文献 から引用した相対密度73.9～82.9%の豊浦標準砂の液状化強度試験データに対し、それらを全て包含し、より一層保守側となるFLIPの液状化強度特性を設定する。

CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM

[Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. (1986)]

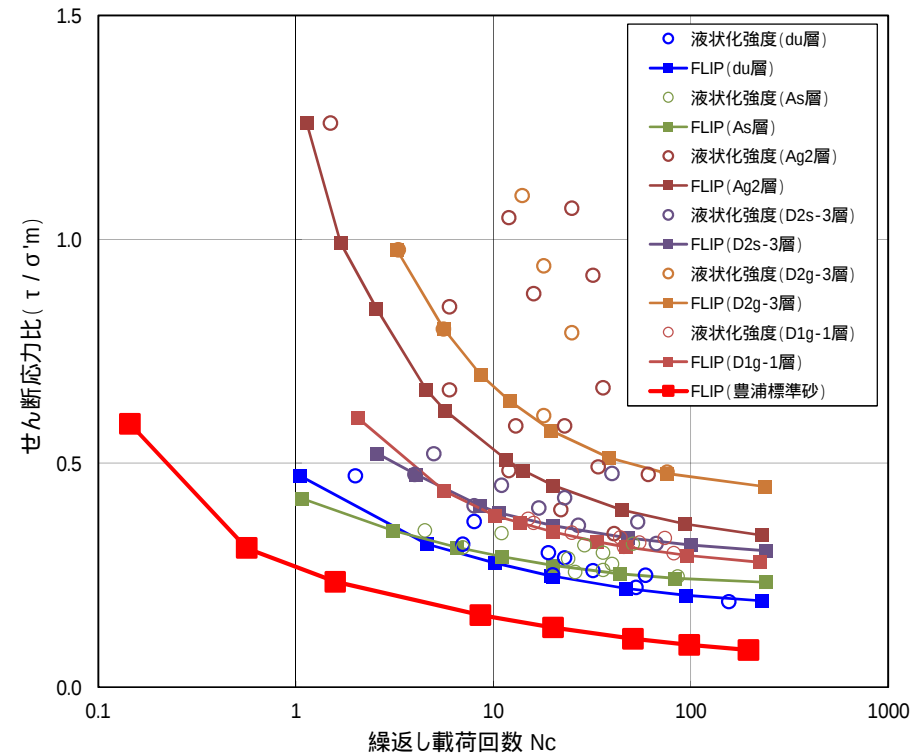


豊浦標準砂の液状化強度試験データ(文献 からの引用)



FLIPによる豊浦標準砂の保守的な液状化強度特性

FLIPで設定するより一層保守側の液状化強度特性を以下に示す。

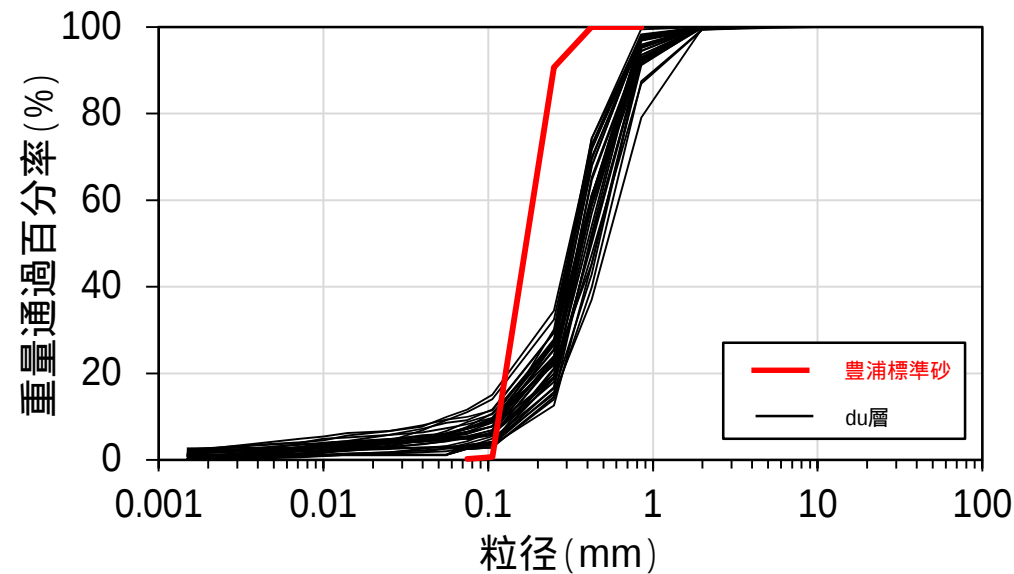


東海第二発電所の原地盤の液状化強度試験データとその全てを包含するFLIPの液状化強度特性(豊浦標準砂)

FLIPを用いてより一層保守側の液状化影響評価を行うため、東海第二発電所の全地層の液状化強度試験データを非常に保守側に包含する液状化強度特性(豊浦標準砂)をFLIPに仮定した有効応力解析も行い、耐震評価を実施する。

【参考】 豊浦標準砂とdu層の粒度分布比較

- 豊浦標準砂とdu層の粒度分布 について比較した結果を以下に示す。



豊浦標準砂の粒度については、文献「豊浦砂の粒度分布〔土木学会第64回年次学術講演会(平成21年9月)〕」よりデータを引用している。

粒径加積曲線による比較

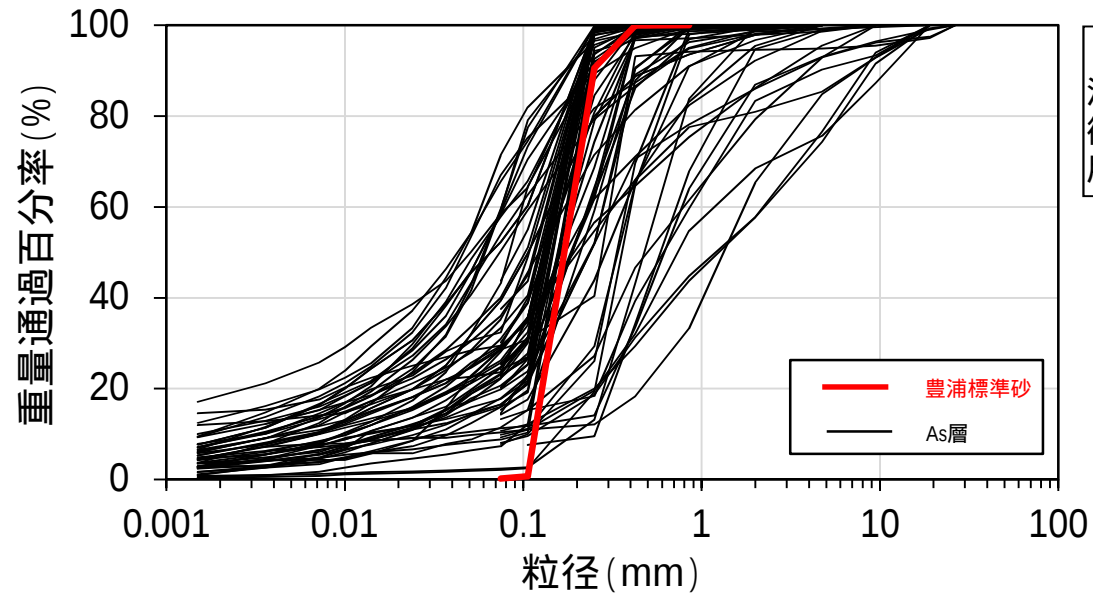
平均粒径と細粒分含有率

	平均粒径(mm)	細粒分含有率(%)
豊浦標準砂	0.202	0.24
du層	0.384	5.2

豊浦標準砂とdu層の粒度分布について比較した結果、豊浦標準砂は細粒分含有率が低く、均質な粒径であることから、より液状化し易い砂であると言える。

【参考】 豊浦標準砂とAs層の粒度分布比較

- 豊浦標準砂とAs層の粒度分布 について比較した結果を以下に示す。



豊浦標準砂の粒度については、文献「豊浦砂の粒度分布(土木学会第64回年次学術講演会(平成21年9月))」よりデータを引用している。

粒径加積曲線による比較

平均粒径と細粒分含有率

	平均粒径(mm)	細粒分含有率(%)
豊浦標準砂	0.202	0.24
As層	0.201	2.1 ~ 71.5

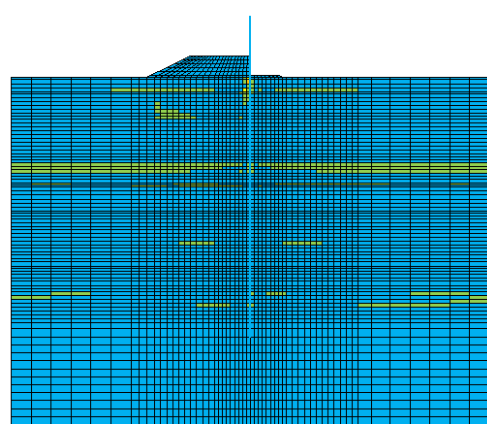
豊浦標準砂とAs層の粒度分布について比較した結果、豊浦標準砂は細粒分含有率が低く、均質な粒径であることから、より液状化し易い砂であると言える。

参考資料3

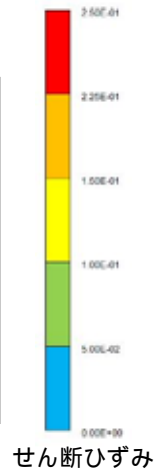
(有効応力解析結果 最大せん断ひずみ, 変形量)

【参考】有効応力解析結果(最大せん断ひずみと変形量)

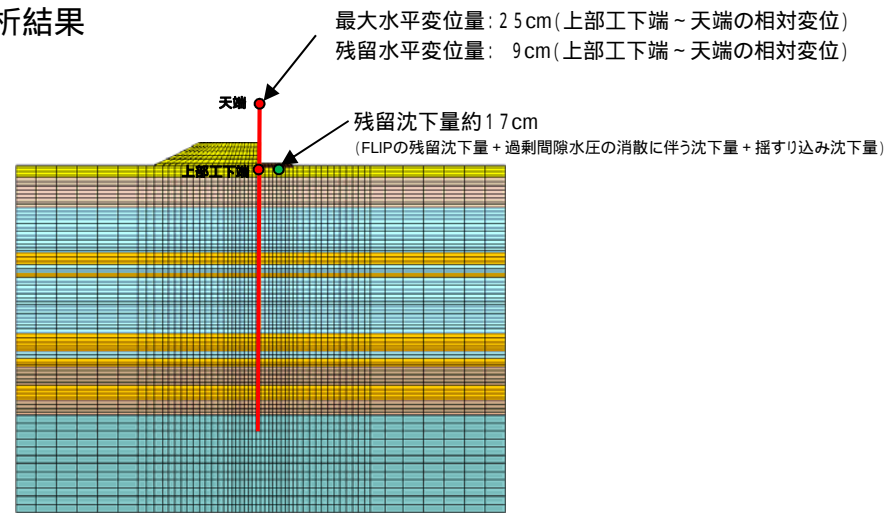
■ 原地盤の - 1 σ 保守側の液状化強度特性を用いた有効応力解析結果



最大せん断ひずみコンター図

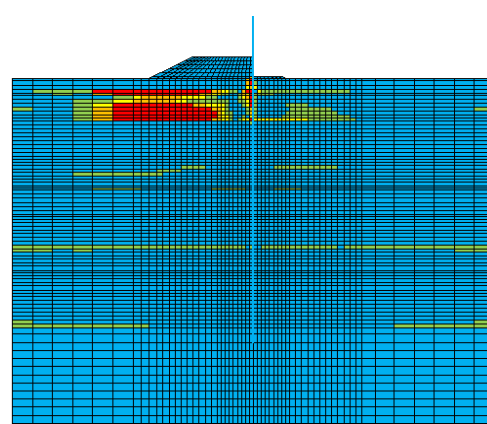


せん断ひずみ

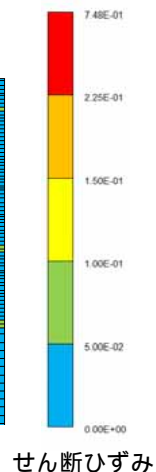


変形量表示図

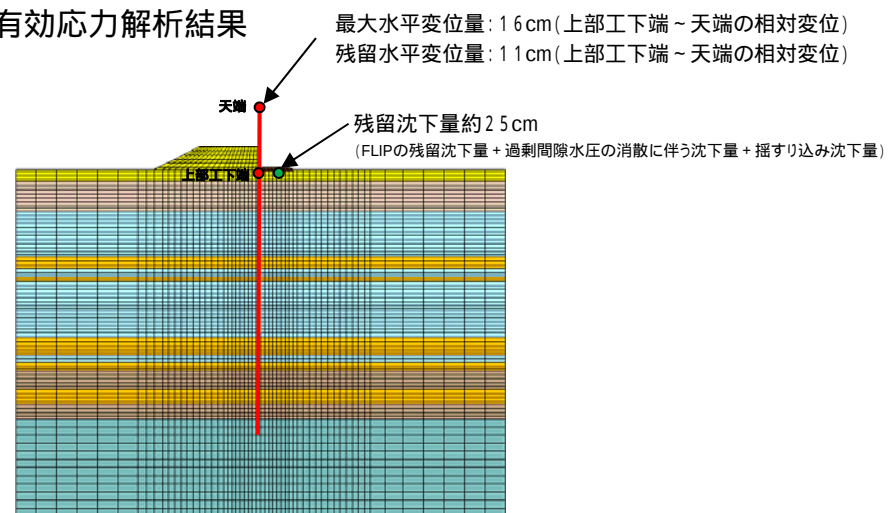
■ より一層保守的に「豊浦標準砂」の液状化強度特性を仮定した有効応力解析結果



最大せん断ひずみコンター図



せん断ひずみ



変形量表示図

参考資料4

(表層地盤改良範囲の設定に係る検討方針)

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更
 【参考】 表層地盤改良範囲の設定に係る検討方針

