

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-027-5 改3
提出年月日	2020年 5月 14日

資料5 スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路の耐震安全性評価

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

 : 今回説明範囲

1. スクリーン室の耐震評価	1-1
2. スクリーン室(6号機設備)の耐震評価	追而
3. 取水路の耐震評価	3-1
4. 取水路(6号機設備)の耐震評価	追而
5. 補機冷却用海水取水路の耐震評価	5-1

参考資料

(参考資料1) 浮上り評価について	参考 1-1
(参考資料2) 耐震ジョイントの健全性評価について	参考 2-1
(参考資料3) 軸力の変動が部材の非線形特性に与える影響について	参考 3-1
(参考資料4) 材料非線形解析の部材係数について	参考 4-1
(参考資料5) 液状化検討対象層を踏まえた支持機能への影響について	参考 5-1
(参考資料6) 静的地震力に対する耐震評価	参考 6-1

スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路の耐震安全性評価
に関する参考資料

目 次

(参考資料 1) 浮上り評価について	参考 1-1
(参考資料 2) 耐震ジョイントの健全性評価について	参考 2-1
(参考資料 3) 軸力の変動が部材の非線形特性に与える影響について	参考 3-1
(参考資料 4) 材料非線形解析の部材係数について	参考 4-1
(参考資料 5) 液状化検討対象層を踏まえた支持機能への影響について	参考 5-1
(参考資料 6) 静的地震力に対する耐震評価	参考 6-1

: 今回説明範囲

(参考資料 5) 液状化検討対象層を踏まえた支持性能の影響検討について

1. 概要

屋外重要土木構造物については、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮するため、液状化検討対象層を抽出して保守的な液状化パラメータを設定した上で、有効応力解析による耐震評価を実施している。有効応力解析には、サイクリックモビリティ及び地震後の残留変位を適切に考慮でき、かつ新潟県中越沖地震による地盤の変状等の再現性、適用性が確認された解析コードFLIPを用いている。

屋外重要土木構造物の耐震評価の結果、基準地震動 S_s による地震力に対して、構造部材の健全性及び基礎地盤の支持性能が確保出来ることを確認しているものの、一部の構造物の下方には、液状化検討対象層が分布していることから、これらの地層が地盤の支持性能に与える影響について検討する。

2. 検討内容

2.1 検討方法

本検討では、構造物下方に液状化検討対象層が分布する施設を抽出し、その基礎形式や地震応答解析後の過剰間隙水圧分布の確認結果から、支持性能の評価断面を選定する。選定した評価断面について、液状化検討対象層の過剰間隙水圧比の上昇を踏まえ、保守的な仮定に基づいた支持性能の評価を行う。検討フローを図 2-1 に示す。

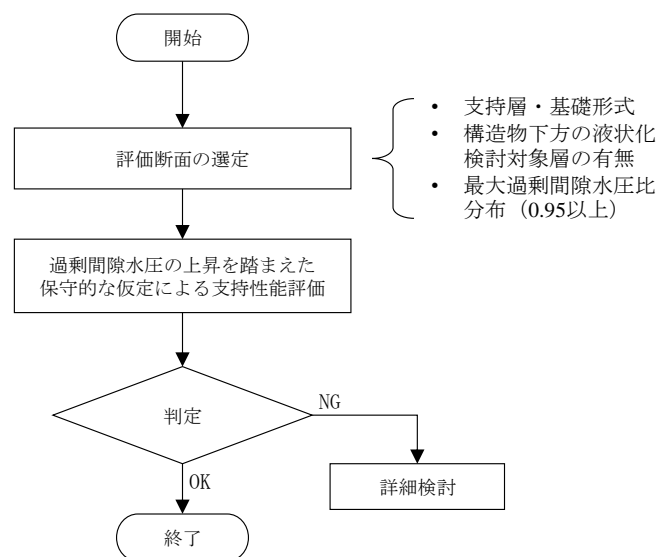


図 2-1 液状化検討対象層を踏まえた支持性能の検討フロー

2.2 評価断面の選定

屋外重要土木構造物について、支持層、基礎形式及び構造物下方における液状化検討対象層の有無を整理した一覧を、表 2-1 に示す。

同表から、屋外重要土木構造物のうち、杭や鋼管矢板を介して岩盤に支持する基礎を除いた、古安田層に直接支持される施設で、構造物下方に液状化検討対象層が分布している施設としては、7号機のスクリーン室、取水路（漸縮部、一般部）、6号機取水路（漸縮部、一般部）の5断面が抽出される。6、7号機のスクリーン室、取水路及び補機冷却用海水取水路の平面配置図を図 2-2～図 2-3 に示す。

次に、前述の5断面について有効応力解析による地震応答解析において液状化パラメーターを設定する解析ケース①～③のうち、構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査値最大となる解析ケースにおける過剰間隙水圧比分布を整理する。

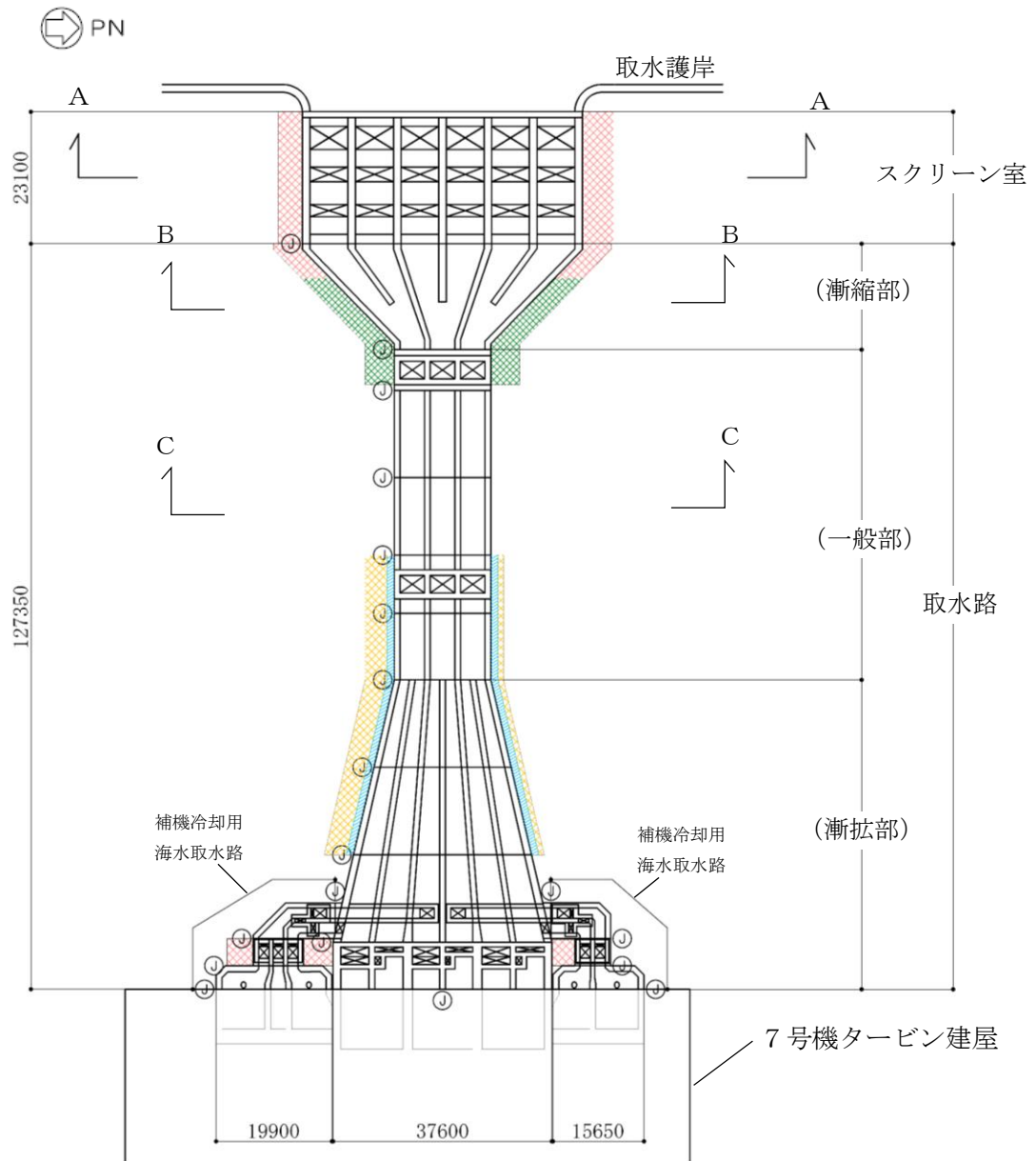
各断面の最大過剰間隙水圧比分布及び地震終了時の過剰間隙水圧比分布を、図 2-4～図 2-9 に示す。

地震時全時刻における最大過剰間隙水圧比については、7号機のスクリーン室、取水路（漸縮部）及び6号機の取水路（漸縮部）では、構造物下方の液状化検討対象層で過剰間隙水圧比が0.95を超える要素が認められるものの、地震終了時の過剰間隙水圧比分布では、過剰間隙水圧比が0.95を超える要素は認められず、これらの地層はサイクリックモビリティを示していると考えられる。なお、7号機の取水路（一般部）及び6号機取水路（一般部）においては、地震時全時刻における最大過剰間隙水圧比分布及び地震終了時の過剰間隙水圧比分布の何れにおいても構造物下方の液状化検討対象層で水圧比が0.95を超える要素は認められないことを確認している。

以上のことから、液状化検討対象層を踏まえた地震時の支持性能の評価断面として、構造物下方の液状化検討対象層で水圧比が0.95を超える要素の範囲が比較的大きい7号機のスクリーン室、6号機の取水路（漸縮部）を選定する。

表 2-1 屋外重要土木構造物の支持層，基礎形式及び構造物下方における液状化検討対象層の有無 整理表

号機	屋外重要土木構造物		支持層	基礎形式	構造物下方における 液状化検討対象層の有無	備考
7号機	海水貯留堰		古安田層，西山層	鋼管矢板基礎	—	—
	スクリーン室		古安田層	直接基礎	有り	A-A断面
	取水路	漸縮部	古安田層	直接基礎	有り	B-B断面
		一般部	古安田層	直接基礎	有り	C-C断面
		漸拡部	古安田層，西山層 マンメイドロック	直接基礎	無し	—
	補機冷却用海水取水路		マンメイドロック	直接基礎	無し	—
	軽油タンク基礎		西山層	杭基礎	—	—
	燃料移送系配管ダクト		西山層	杭基礎	—	—
第一ガスタービン発電機基礎 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎		西山層	杭基礎	—	—	
6号機	海水貯留堰		古安田層，西山層	鋼管矢板基礎	—	—
	スクリーン室		古安田層	直接基礎	無し	—
	取水路	漸縮部	古安田層	直接基礎	有り	D-D断面
		一般部	古安田層	直接基礎	有り	E-E断面
		漸拡部	古安田層 マンメイドロック	直接基礎	無し	—

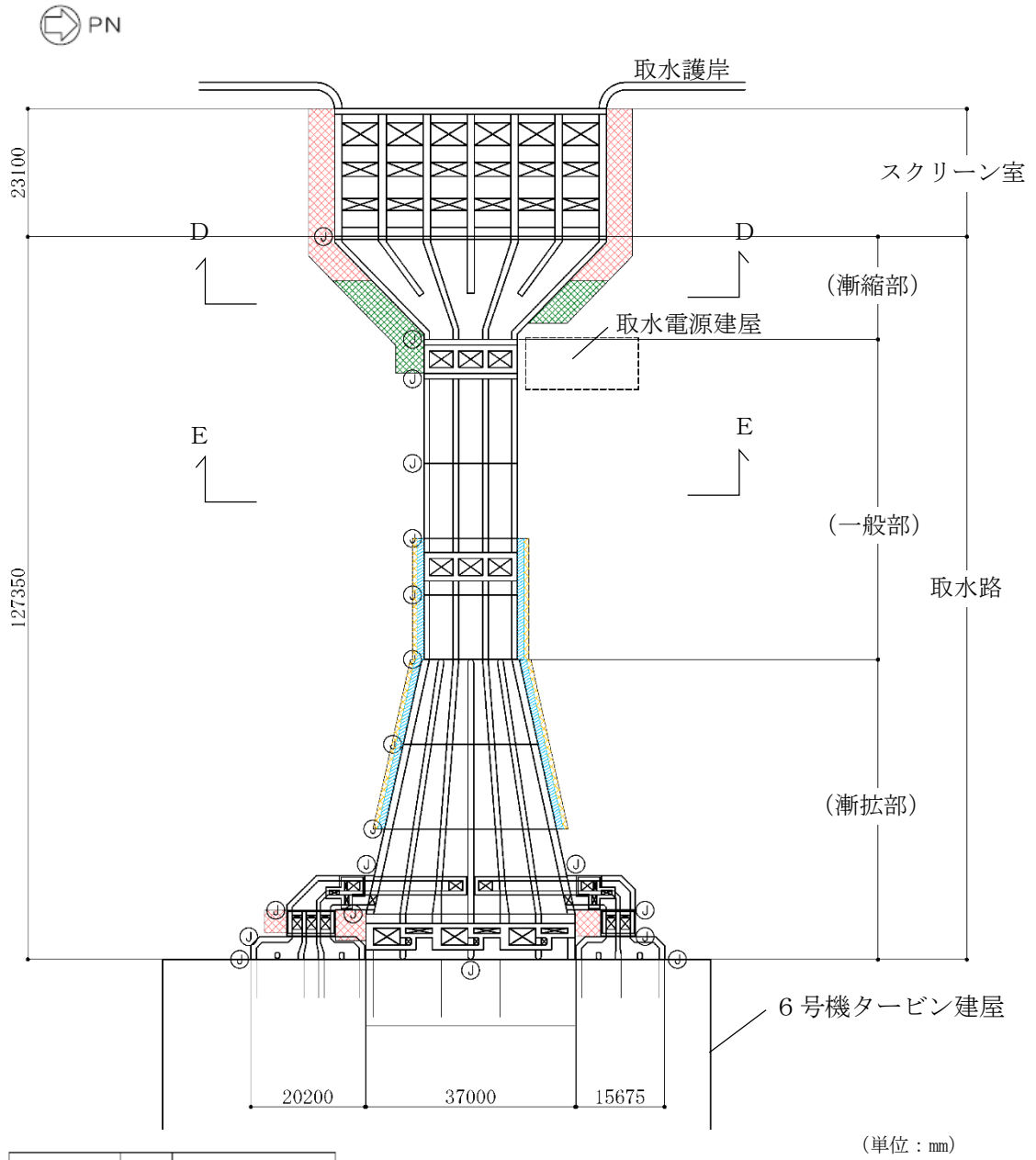


(単位：mm)

既設/新設	凡例	地盤改良工法
新設地盤改良体		高圧噴射
		無筋コンクリート
		置換(地中連続壁)
		機械攪拌

注記* : ①は耐震ジョイント

図 2-2 7号機 スクリーン室，取水路及び補機冷却用海水取水路の平面配置図

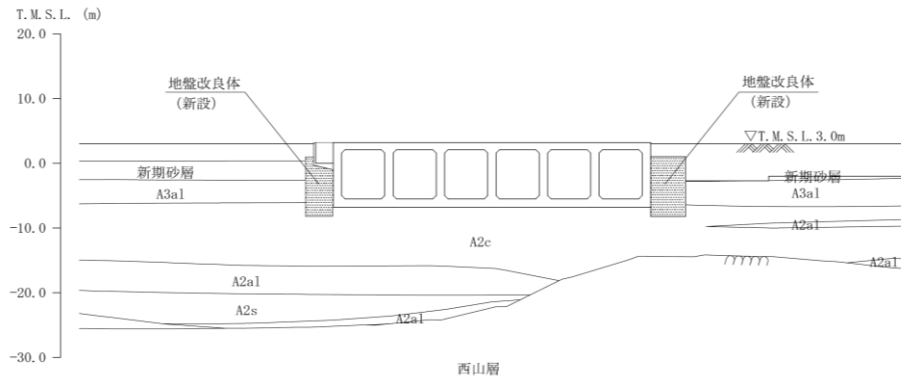


既設/新設	凡例	地盤改良工法
新設地盤改良体		高圧噴射
		無筋コンクリート
		置換(地中連続壁)
		機械掘削

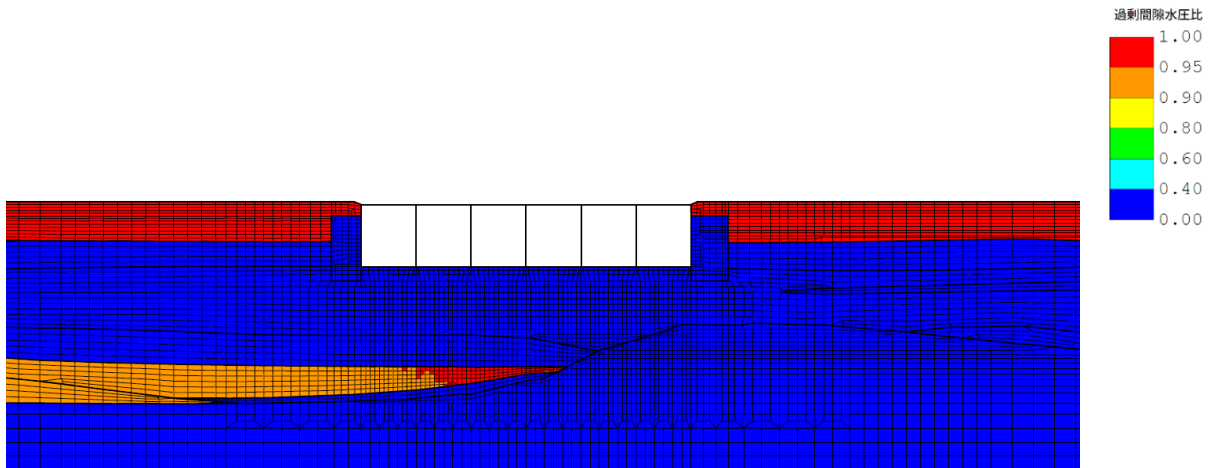
注記*: ①は耐震ジョイント

図 2-3 6号機 スクリーン室及び取水路の平面配置図

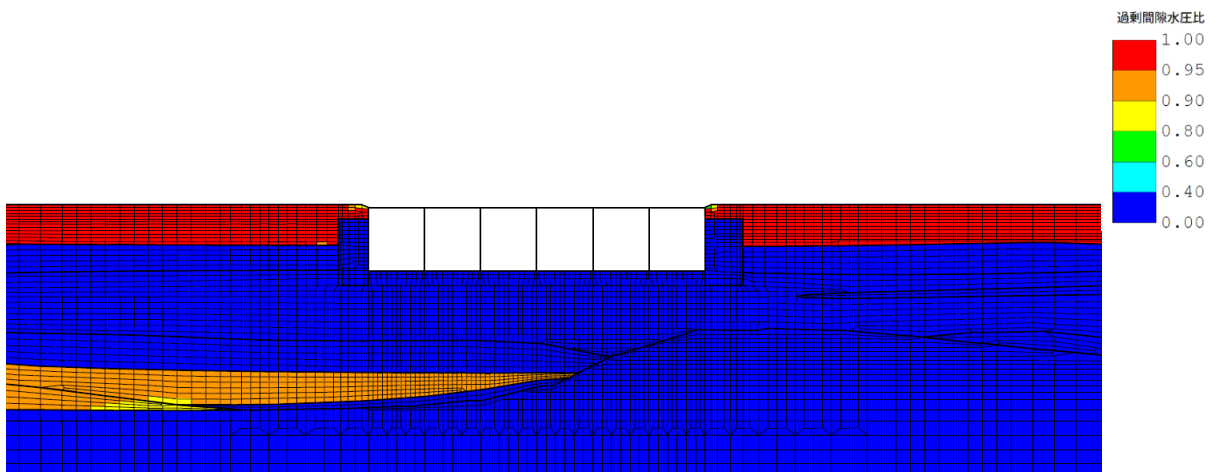
- (1) 7号機スクリーン室
- 曲げ軸力照査値最大



(a) 評価断面図



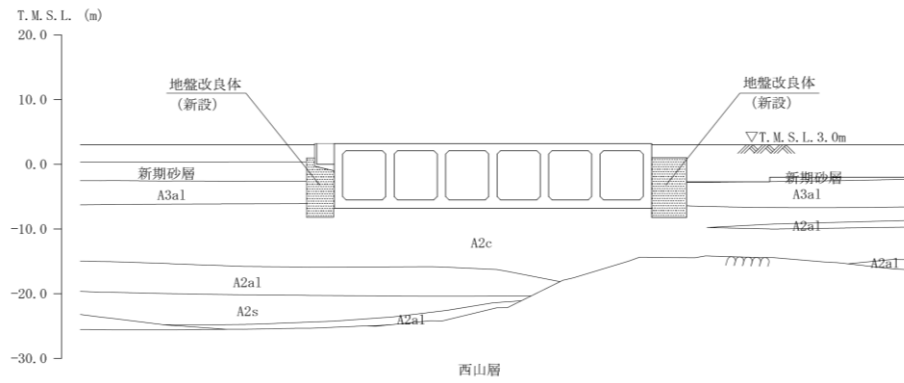
(b) 最大過剰間隙水圧比分布



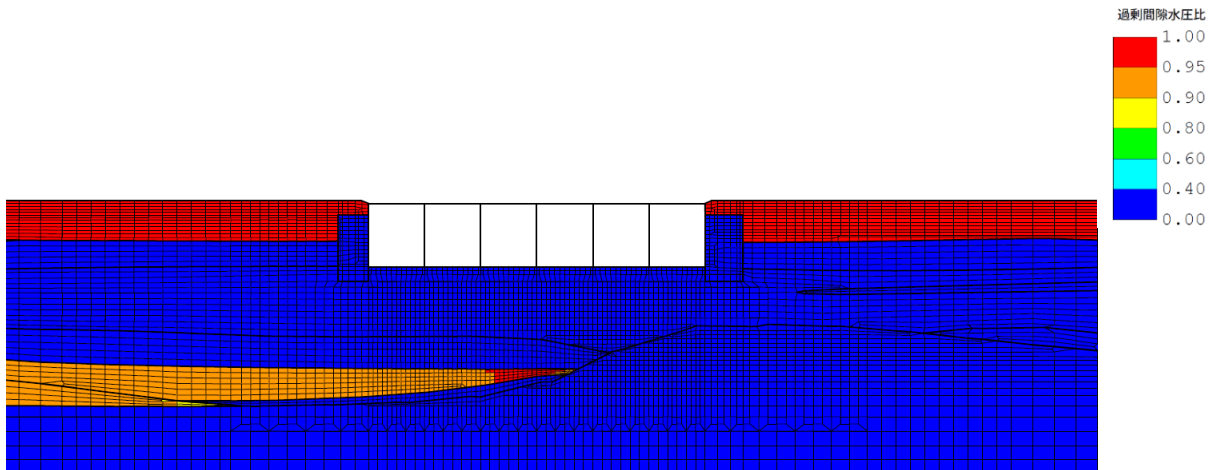
(c) 地震終了時の過剰間隙水圧比分布

図 2-4 7号機スクリーン室 (A-A断面) の過剰間隙水圧比分布図
(曲げ軸力照査値最大: 解析ケース①, Ss-3-)

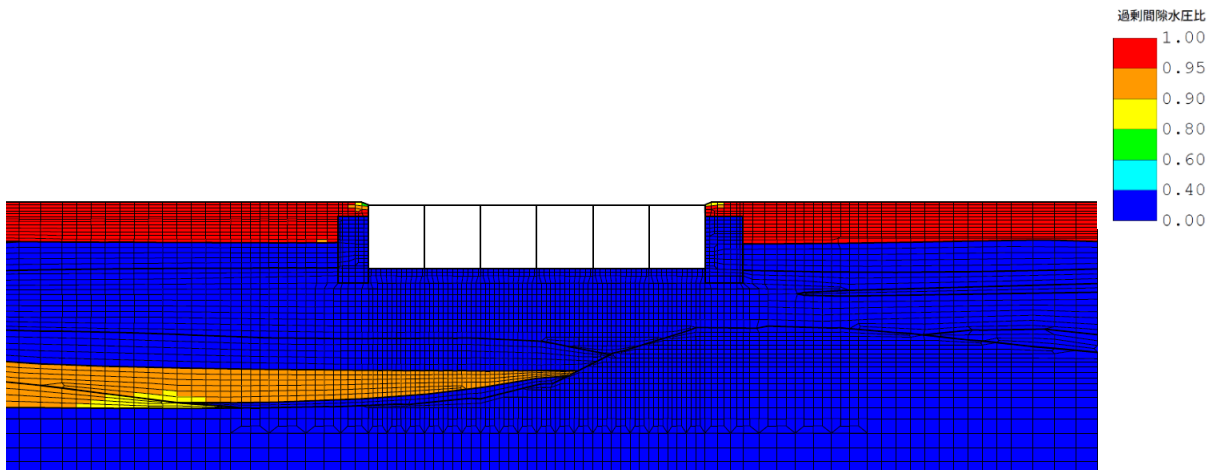
- せん断力照査値最大



(a) 評価断面図



(b) 最大過剰間隙水圧比分布

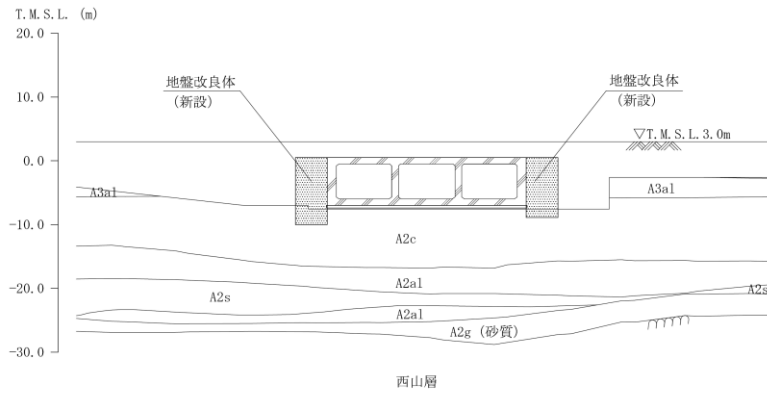


(c) 地震終了時の過剰間隙水圧比分布

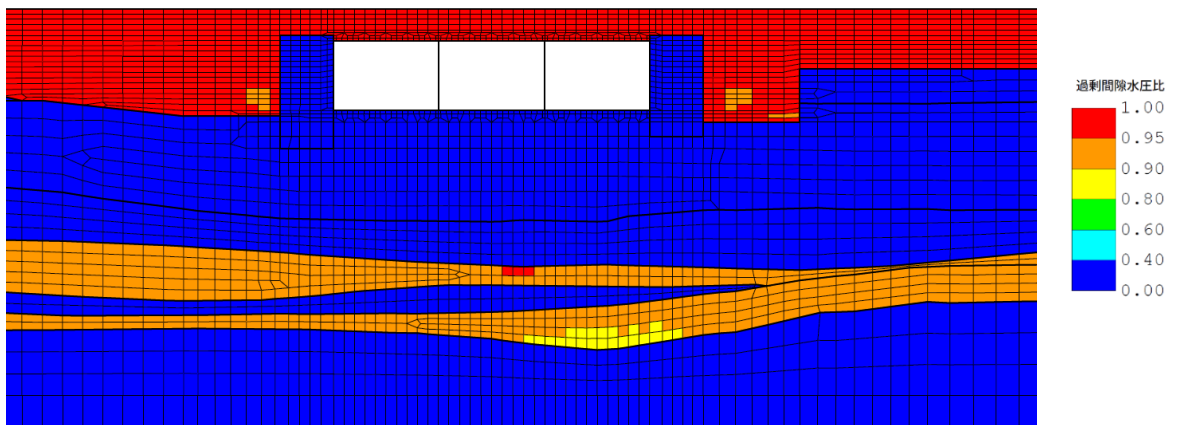
図 2-5 7号機スクリーン室 (A-A断面) の過剰間隙水圧比分布図
(せん断力照査値最大: 解析ケース③, Ss-3++)

(2) 7号機取水路（漸縮部）

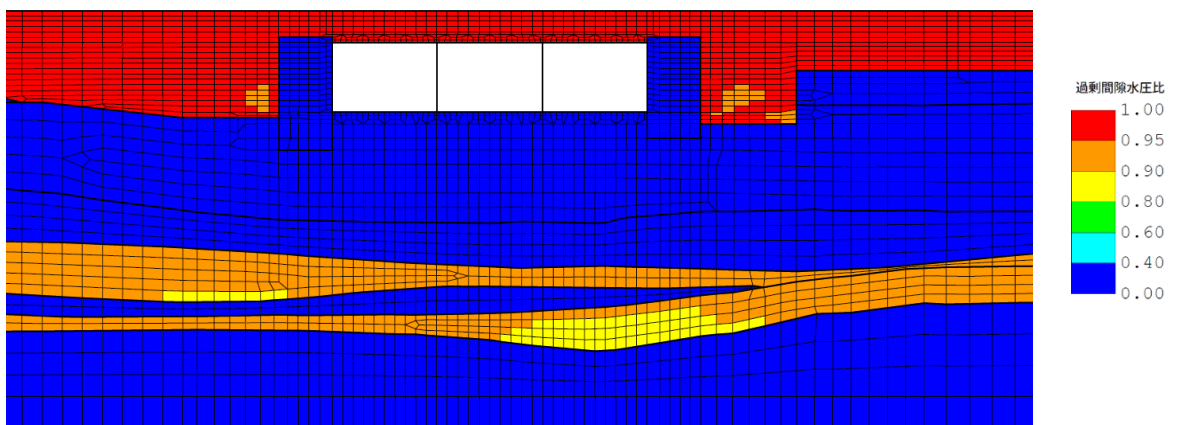
- ・ 曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大



(a) 評価断面図



(b) 最大過剰間隙水圧比分布

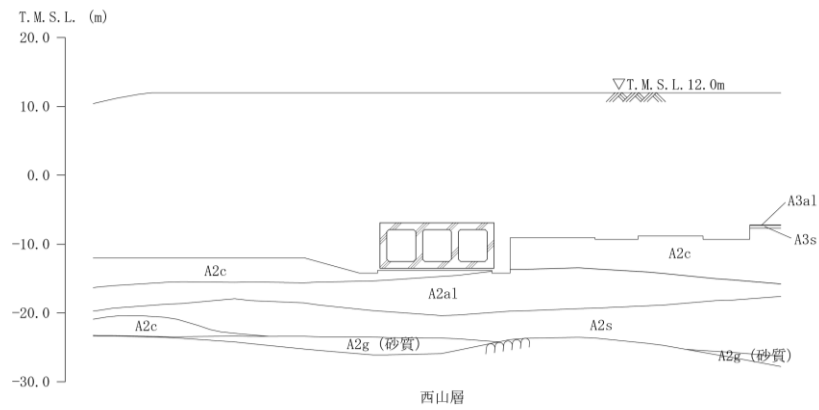


(c) 地震終了時の過剰間隙水圧比分布

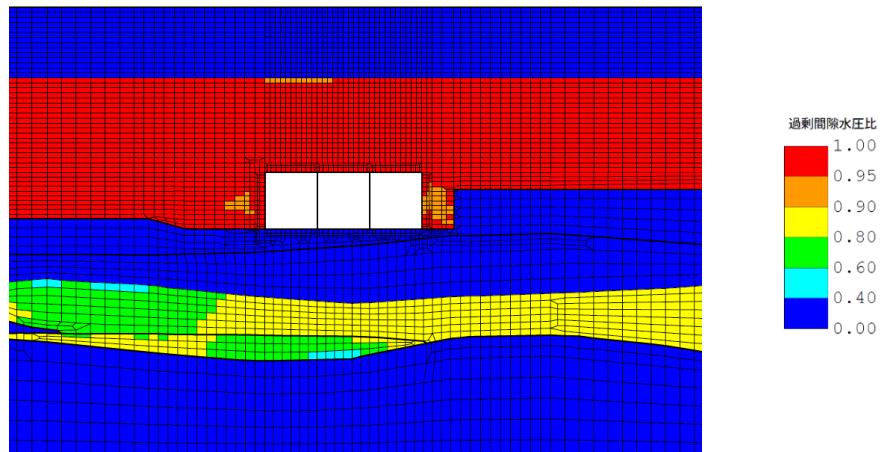
図 2-6 7号機取水路（漸縮部）（B-B断面）の過剰間隙水圧比分布図
（曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大：解析ケース③，Ss-3+-）

(3) 7号機取水路（一般部）

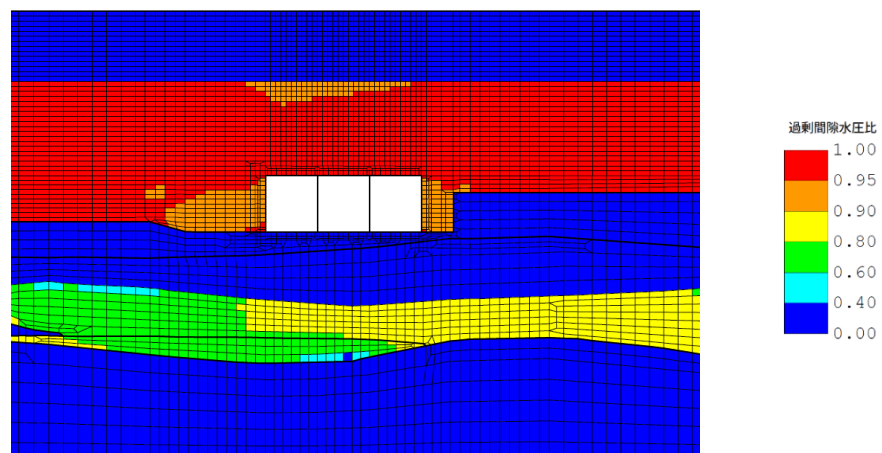
- ・ 曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大



(a) 評価断面図



(b) 最大過剰間隙水圧比分布

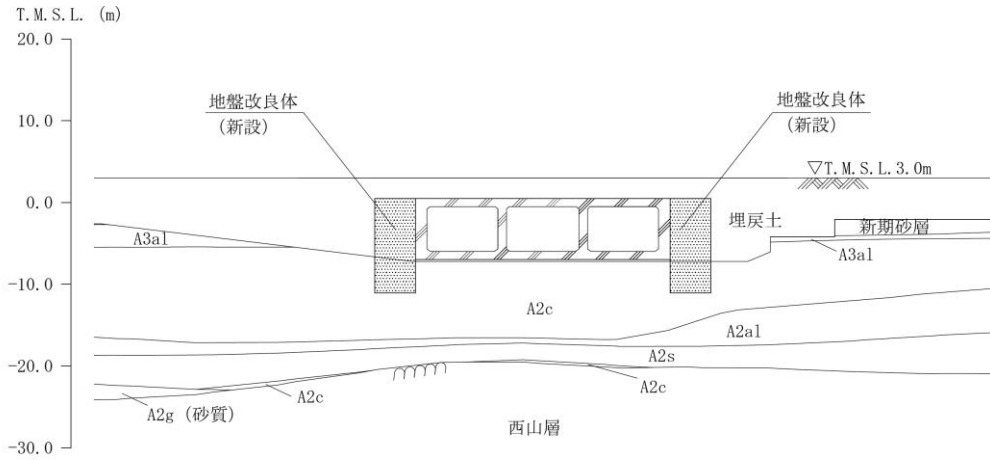


(c) 地震終了時の過剰間隙水圧比分布

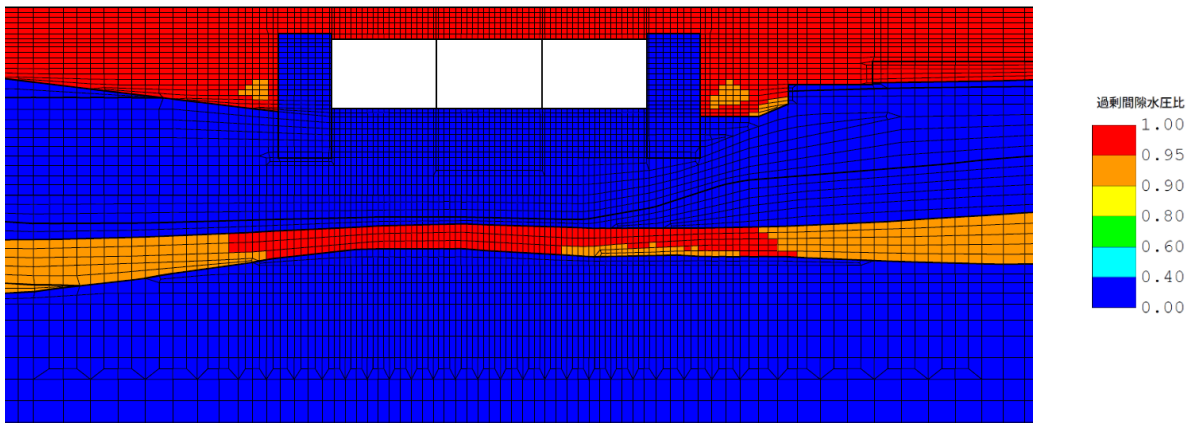
図 2-7 7号機取水路（一般部）(C-C断面)の過剰間隙水圧比分布図
(曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大：解析ケース②，Ss-1ー)

(4) 6号機取水路（漸縮部）

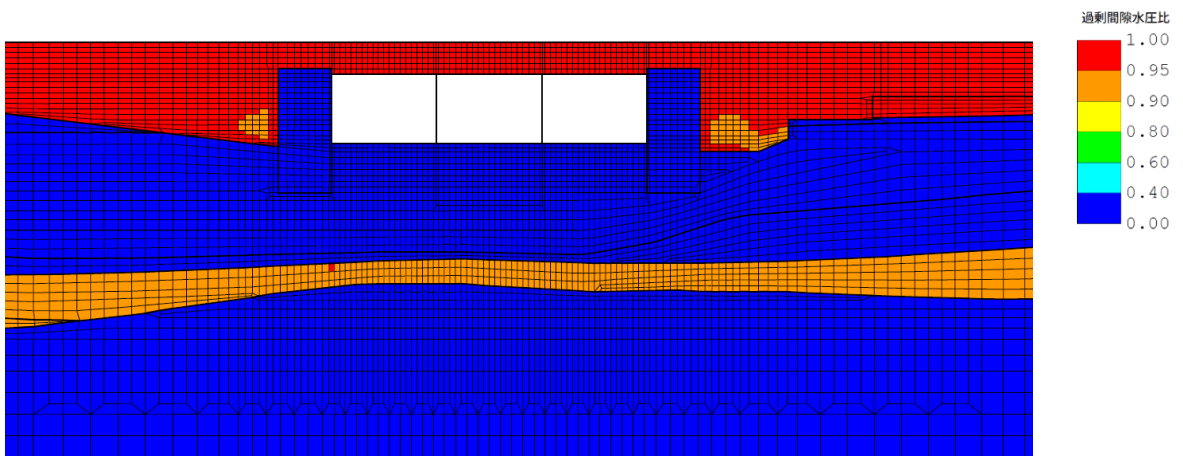
- ・ 曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大



(a) 評価断面図



最大過剰間隙水圧比分布

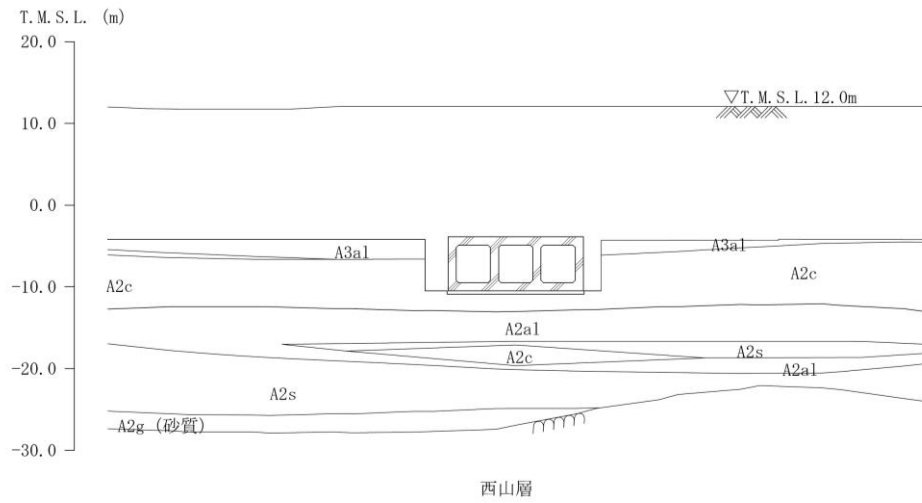


地震終了時の過剰間隙水圧比分布

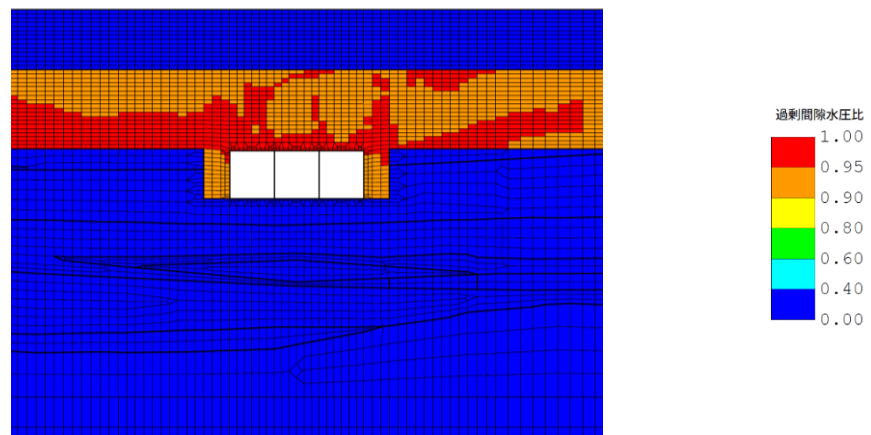
図 2-8 6号機取水路（漸縮部）（D-D断面）の過剰間隙水圧比分布図
（曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大：解析ケース③，Ss-3-1）

(5) 6号機取水路（一般部）

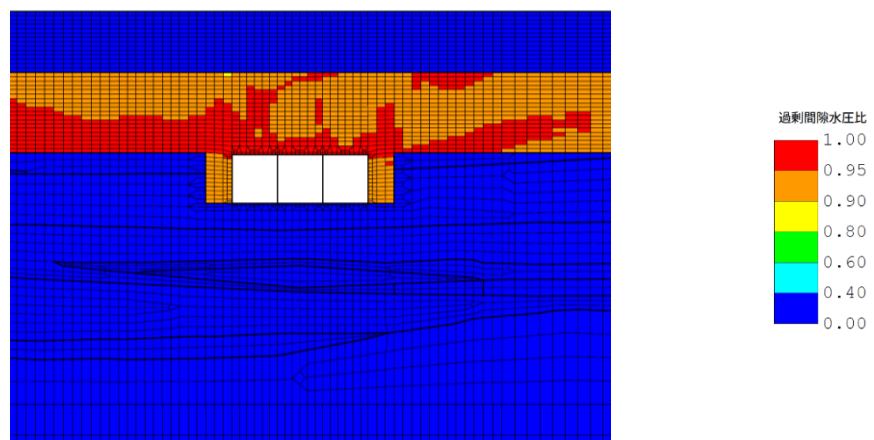
- ・ 曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大



(a) 評価断面図



(b) 最大過剰間隙水圧比分布



(c) 地震終了時の過剰間隙水圧比分布

図 2-9 6号機取水路（一般部）（C-C断面）の過剰間隙水圧比分布図
（曲げ軸力照査及びせん断力照査値最大：解析ケース③，Ss-8++）

3. 地震時の過剰間隙水圧の上昇を踏まえた支持性能評価

3.1 評価方法

前述「2. 評価断面の選定」に示したとおり、構造物下方に分布する液状化検討対象層（A2s 層及び A2g 層（砂質））の一部において地震に伴い過剰間隙水圧比が一時的に 0.95 を超えることから、これらが基礎地盤の支持性能に与える影響について検討する。

スクリーン室，取水路及び補機冷却用海水取水路の基礎地盤の支持性能の許容限界は，道路橋示方書・同解説（I 共通編・IV 下部構造編）（日本道路協会，平成 14 年 3 月）（以下「道路橋示方書」という。）の直接基礎の算定式に基づく極限支持力より設定している。この極限支持力算定式は，Terzaghi の支持力理論に基づく算定式であり，図 3-1 に示す概念図のとおり，構造物直下のくさび形状を呈する主働領域 I，地表面側の受働領域 II 及びこれらの遷移領域 III におけるすべり面を考慮し，力の釣合い条件から支持力を算定するものである。

そこで，本検討では，図 3-2 に示すとおり，保守的な仮定として，受働領域 II 及び遷移領域 III のすべり面の抵抗力は考慮せず，主働領域 I のうち，過剰間隙水圧比が一時的に 0.95 を超える地盤要素がある液状化検討対象層よりも上側の地層におけるすべり面の抵抗力のみを考慮した場合でも支持性能が確保されることを確認する。

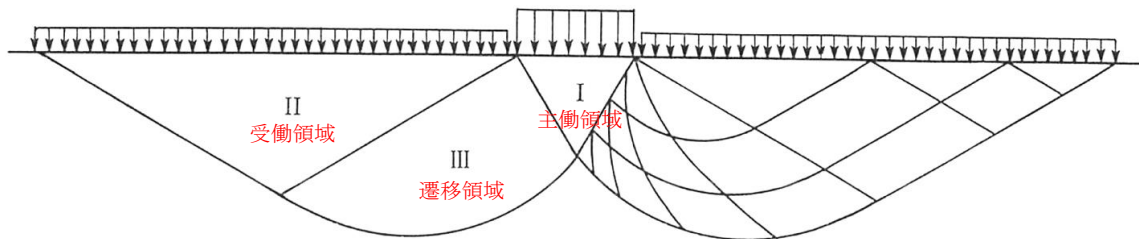


図 3-1 Terzaghi の支持力理論 概念図
(引用：土質力学，石原研而，丸善に一部加筆)

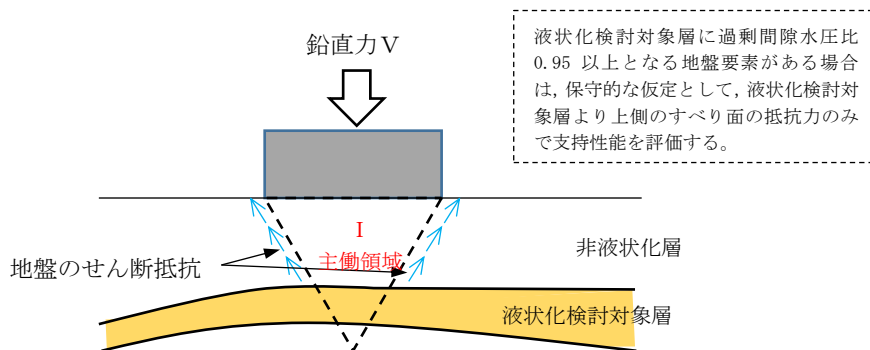


図 3-2 影響検討 概念図

3.2 評価結果

前述「3.1 評価方法」に示した方法により、7号機スクリーン室及び6号機取水路（漸縮部）について、液状化検討対象層（A2s層及びA2g層（砂質））の過剰間隙水圧の上昇を踏まえた支持性能評価を実施した。評価結果を表3-1に示す。

なお、鉛直力については、各構造物において、地震応答解析を実施した全ての解析ケース及び地震動のうち、最大となる値を用いる。

同表に示すとおり、7号機スクリーン室及び6号機取水路（漸縮部）のいずれについても、保守的な仮定として、受働領域Ⅱ及び遷移領域Ⅲのすべり面の抵抗力は考慮せず主働領域Ⅰのうち、過剰間隙水圧比が一時的に0.95を超える地盤要素がある液状化検討対象層よりも上側の地層におけるすべり面の抵抗力のみを考慮した場合でも地震時の支持性能が確保されることを確認した。

表 3-1 地震時の過剰間隙水圧の上昇を踏まえた支持性能評価結果

評価断面	最大鉛直力 R_a (kN)	支持力 R_u (kN)	照査値 R_a/R_u
7号機 スクリーン室	2530	2990	0.85
6号機 取水路（漸縮部）	2200	2960	0.75

4. まとめ

スクリーン室，取水路及び補機冷却用海水取水路のうち，当工事計画認可において液状化検討対象層として扱う A2s 層及び A2g 層（砂質）が構造物下方に分布する構造物について，地震時及び地震終了時の過剰間隙水圧比を確認した結果，一部の構造物において，A2s 層及び A2g 層（砂質）の過剰間隙水圧比が地震に伴い一時的に 0.95 を超えるものの，地震終了時には概ね 0.95 以下となることから，これらの地層はサイクリックモビリティを示していることを確認した。

また，構造物下方に分布する液状化検討対象層の過剰間隙水圧比が地震に伴い一時的に 0.95 を超える構造物に対して，保守的な仮定をした支持性能評価を実施した場合においても，十分な支持性能が確保されることを確認した。