

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉

原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性 【コメント回答】

平成28年 4月 4日

東京電力ホールディングス株式会社

※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。

TEPCO

No.	H28.3.4 第336回審査会合 コメント	回答（回答方針）	ページ
1	基礎地盤のすべり評価のうち奥行きを考慮したすべり評価（以降、「疑似三次元解析」と称す）について、近傍の地すべり規模との比較などの奥行き方向のすべり範囲設定も含めた評価の妥当性について説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 二次元解析と疑似三次元解析を比較し、いずれも十分な保守性を有する評価方法であることを確認した。 奥行き方向のすべり範囲について、建屋設置による地盤への影響検討や近傍の地すべり規模との比較を行うとともに、すべり範囲を拡大した検討を行い、すべり範囲設定の妥当性を確認した。 さらに、疑似三次元解析において、保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない場合についても評価を実施し、すべり安全率が1.5を上回ることを確認した。 	P.2
2	基礎の傾斜について、基本設計段階の目安値である1/2000を上回る結果となっていることから、基礎地盤の評価だけではなく、設備側の評価も加えた総合評価が必要であるため、その設計方針を明確にすること。	「原子炉設置変更許可申請書 添付資料8 耐震設計」に、基準地震動 S_s による基礎の傾斜に対して安全機能を保持できる設計とすることを記載する。	—
3	物性値について、補足説明資料との結びつきがわかるように資料を明確化すること。	大湊側のF系・V系断層、及び荒浜側の西山層、V系断層に関して、低圧部と高圧部の使い分けがわかるよう補足資料を修正した。	P.22
4	地下水位の設定について、実際の地下水位との違いを示すこと。	建屋部の地下水位低下方法について確認し、解析における地下水位の設定が保守的な設定であることを確認した。	P.34

No.	H28.3.4 第336回審査会合 コメント	回 答
1	<p>基礎地盤のすべり評価のうち奥行きを考慮したすべり評価（以降、「疑似三次元解析」と称す）について、近傍の地すべり規模との比較などの奥行き方向のすべり範囲設定も含めた評価の妥当性について説明すること。</p>	<ul style="list-style-type: none">• 二次元解析と疑似三次元解析を比較し、いずれも十分な保守性を有する評価方法であることを確認した。• 奥行き方向のすべり範囲について、建屋設置による地盤への影響検討や近傍の地すべり規模との比較を行うとともに、すべり範囲を拡大した検討を行い、すべり範囲設定の妥当性を確認した。• さらに、疑似三次元解析において、保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない場合についても評価を実施し、すべり安全率が1.5を上回ることを確認した。

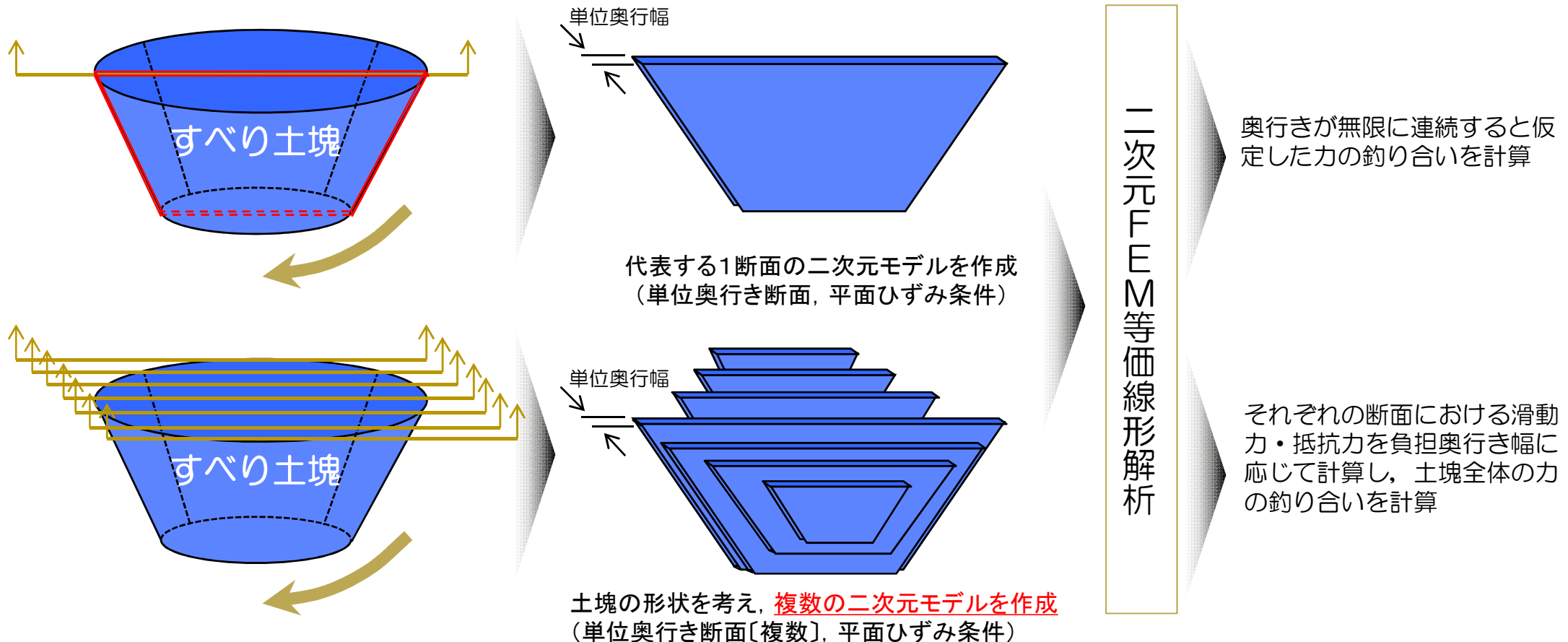
1. 奥行きを考慮した基礎地盤のすべり評価〔疑似三次元解析〕について

1. 1 評価方法について

1. 2 評価の妥当性について

評価方法概要

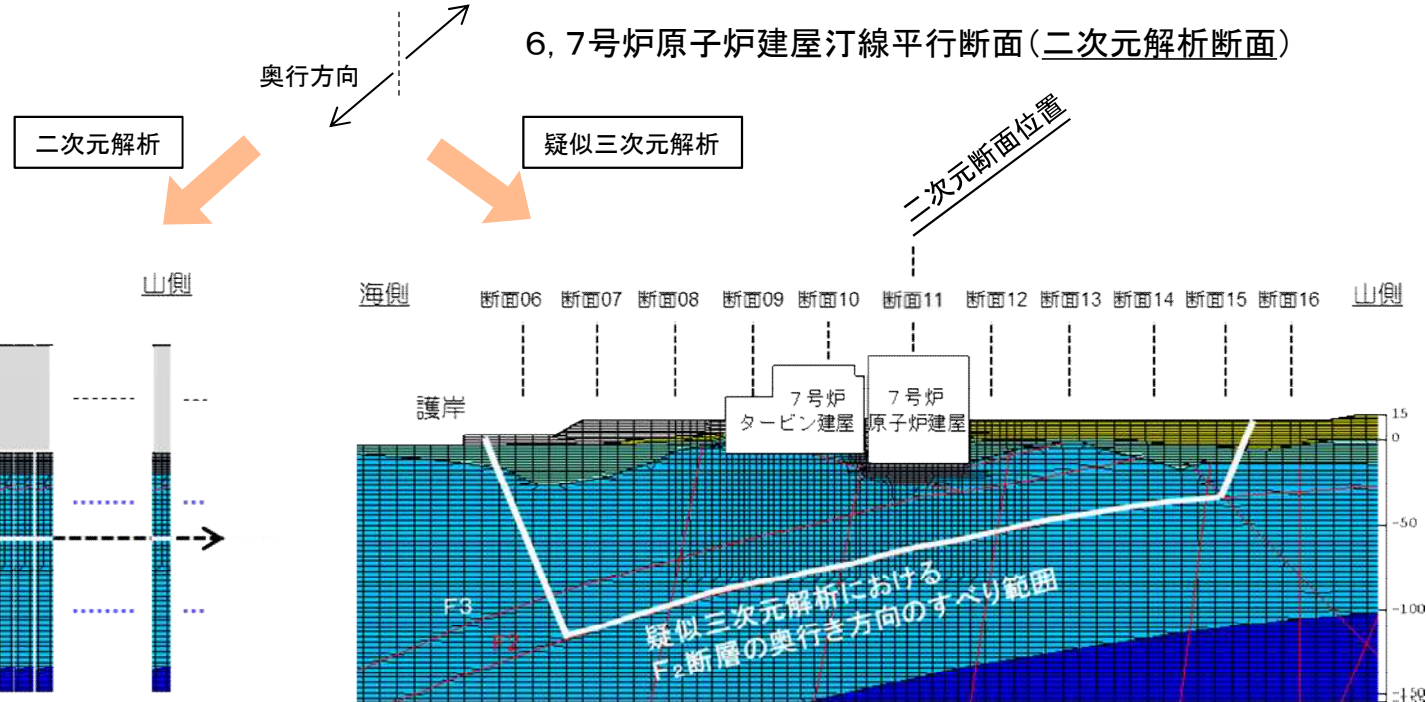
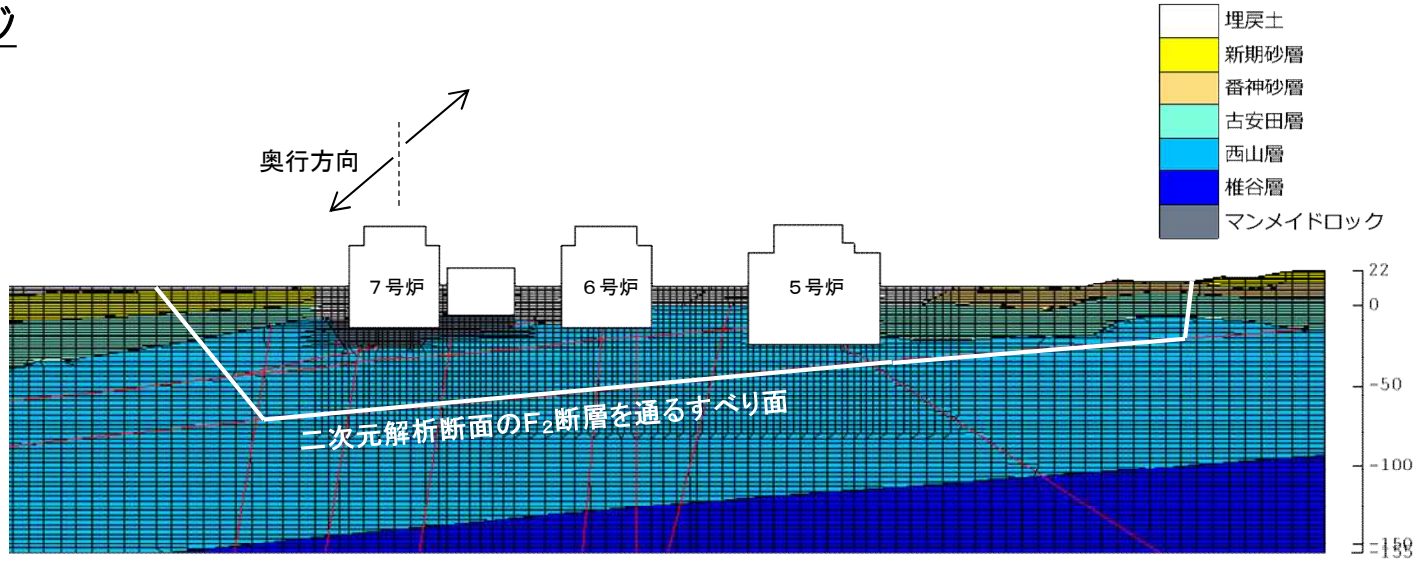
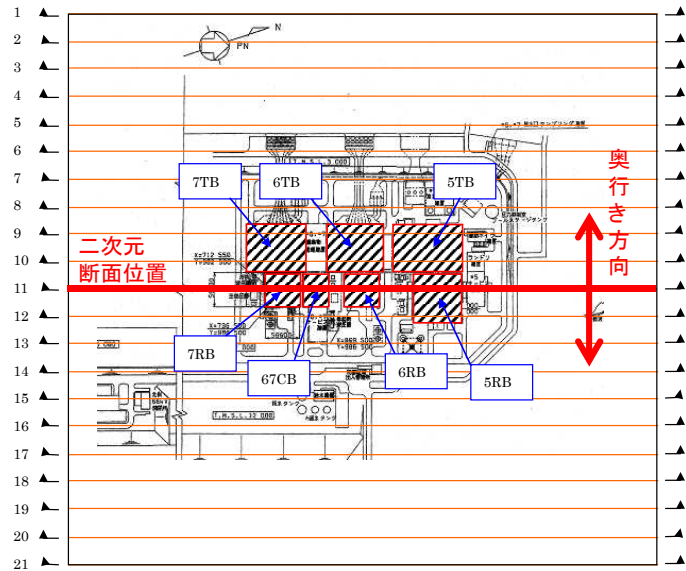
- 基礎地盤のすべり安定性は、地震時に土塊に作用する滑動力と地盤の持つ抵抗力の釣り合いを評価するものである。すべり安全率は、滑動力と抵抗力の比であり、滑動力が抵抗力を上回るとすべり安全率が1を下回る。
- 二次元解析の場合、代表する1断面から単位奥行き幅の二次元モデルを作成し、平面ひずみ条件で解析することから、奥行き方向に無限に連続し、かつ変化しない土塊に対して評価していると考えられることができる。
- しかしながら、現実のすべり土塊は有限かつ奥行き方向にも変化していることから、二次元解析を複数断面行い、すべり土塊の形状をある程度考慮して力の釣り合いを考えたものが疑似三次元解析であり、基本的な考え方や条件は、二次元解析と同様の方法である。



1. 奥行きを考慮した基礎地盤のすべり評価〔疑似三次元解析〕について

1. 1 評価方法について【参考】

大湊側 基礎地盤評価への適用イメージ



二次元解析における奥行き方向のすべり面のイメージ

疑似三次元解析における奥行き方向のすべり面のイメージ

評価方法の条件設定，モデル化に関する整理

- 二次元解析と疑似三次元解析における条件設定やモデル化等について，実現象との対応を整理した。なお，解析における設定やモデル化により，すべり安全率が常に保守的に評価される項目を「保守的」，どちらに変動するか不明な項目を「不確かさ」と表記した。

影響項目	実現象(実地盤, 実構造物)	二次元解析	疑似三次元解析
① 地盤物性の設定	物性のばらつきはあるものの，地盤全体としては平均値を示す	保守的 保守的にすべての地盤及び断層の強度を「平均値-1σ」に低減したケースを実施	保守的 二次元解析と同じ
② 断層のモデル化	実際の断層形状は，滑らかではなく不陸がある	保守的 保守的に断層形状が滑らかであると仮定してモデル化	保守的 二次元解析と同じ
③ 地盤の非線形モデル (等価線形化法)	地盤や断層のせん断剛性は，ひずみに依存して低下する非線形性を示す	保守的 せん断剛性の低下を等価線形化法により考慮しているが，あくまでも弾性体としてモデル化しており， <u>実際の発生応力より大きめの値を示す傾向あり</u>	保守的 二次元解析と同じ
④ 建屋モデル化 (P.7-8)	建屋は，箱型で断面方向及び奥行き方向に有限な形状 例)原子炉建屋: 約60m×60m	不確かさ 断面方向には建屋形状を考慮しているが，奥行き方向には建屋が無限に続く状態を仮定	不確かさ低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより， <u>建屋の奥行き方向の形状を考慮</u>
⑤ 奥行き方向の地質変化 (P.9)	地質・地質構造(地層境界や断層形状)は奥行き方向にも変化	不確かさ 断面方向には地質変化を考慮しているものの，奥行き方向には無限かつ変化しない状態を仮定	不確かさ低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより， <u>奥行き方向の地質状況を考慮</u>
⑥ すべり面形状 (P.10)	すべり面は地表面に抜けるため，断面方向及び奥行き方向に有限な形状	保守的 すべり面が奥行き方向に無限に続く状態を仮定。奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない	不確かさ低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより， <u>奥行き方向の有限なすべり面形状を考慮</u> 保守的 保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない

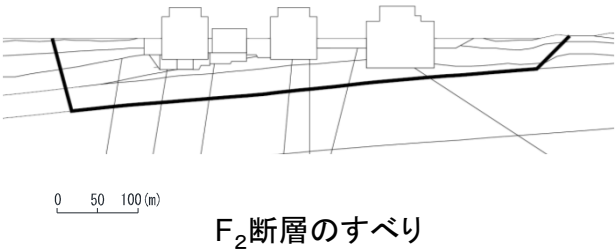
④ 建屋のモデル化について

影響項目	実現象(実地盤, 実構造物)	二次元解析	疑似三次元解析
④ 建屋モデル化	建屋は、箱型で断面方向及び奥行方向に有限な形状 例)原子炉建屋:約60m×60m	不確かさ 断面方向には建屋形状を考慮しているものの、奥行方向には建屋が無限に続く状態を仮定	不確かさ低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより、建屋の奥行き方向の形状を考慮

- 一般的に、建屋の有無がすべり安全率の変動に影響を与える因子としては、建屋（剛性、形状、重量）の地震時慣性力や振動特性、地盤の剛性や強度、すべり面の形状などが挙げられ、これらの条件の組合せで、すべり安全率は変動すると考えられる（例えば、建屋があることで地震時慣性力は増加するが、直下の地盤は拘束が増して地盤の強度も増加するため、そのバランスですべり安全率は変動する）。
- したがって、奥行き方向に建屋が無限に続く状態を仮定する二次元解析のすべり安全率が、実現象に対して保守的かどうかは不確かであり、上記の条件などに依存すると考えられる。
- 疑似三次元解析は、建屋の形状をある程度考慮していることから、二次元解析の不確かさを低減した評価であるといえる。

④ 建屋のモデル化について

- 具体的な例として、6, 7号炉原子炉建屋汀線平行断面において、建屋の有無の影響をF₂断層を通るすべりに対するすべり安全率で比較検討した。その結果、本モデルにおいては、建屋の有無の影響は小さいことを確認した。

評価対象断面 及び地震動	すべり線形状のパターン	すべり安全率 〔平均-1σ強度〕	
		建屋あり	建屋なし
6, 7号炉原子炉建屋 汀線平行断面 【Ss-3(正,逆)】		1.30	1.37

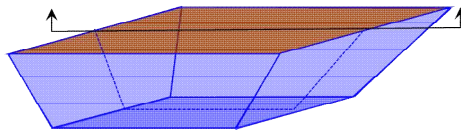
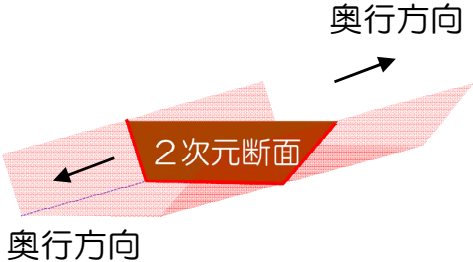
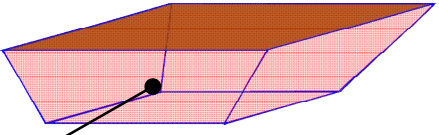
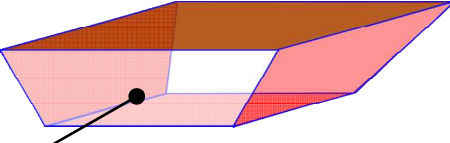
※ 基準地震動Ss-3の(正,逆)は、鉛直反転を示す。

⑤ 奥行き方向の地質変化について

影響項目	実現象(実地盤, 実構造物)	二次元解析	疑似三次元解析
⑤ 奥行き方向の地質変化	地質・地質構造(地層境界や断層形状)は奥行き方向にも変化	<p>不確かさ 断面方向には地質変化を考慮しているものの、奥行き方向には無限かつ変化しない状態を仮定</p>	<p>不確かさ低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより、奥行き方向の地質状況を考慮</p>

- 地層境界や断層等の地質・地質構造は奥行き方向に変化していることから、その状況に応じてすべり安全率は変動するのに対して、二次元解析では奥行き方向に無限かつ変化しない状況を評価しているため、実現象に対してすべり安全率が保守的かどうかは不確かであり、地質・地質構造の状況に依存する。
- 疑似三次元解析は、奥行き方向の断層等の地質変化を考慮していることから、二次元解析の不確かさを低減した評価であるといえる。

⑥ すべり面形状について

影響項目	実現象	二次元解析	疑似三次元解析	
⑥ すべり面形状	すべり面は地表面に抜けるため、断面方向及び奥行方向に有限な形状	保守的 すべり面が奥行き方向に無限に続く状態を仮定。奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない	不確かさを低減 奥行き方向に複数の断面を設定することにより、奥行き方向の有限なすべり面形状を考慮	保守的 保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を考慮しない検討を実施
	(二次元断面位置)  すべり土塊は有限	 奥行き方向	 奥行き方向のすべり面を考慮	 保守的に奥行き方向のすべり面の抵抗を0と設定

- すべり面は必ず地表面に抜けるため、断面方向及び奥行き方向に有限な形状であるのに対して、二次元解析はすべり面が奥行き方向に無限に続くと仮定しており、奥行き方向の地表面に抜けるすべり面を考慮しない分、保守的な評価であるといえる。
- 疑似三次元解析は、二次元解析を複数断面行うことにより、土塊の三次元的な形状がある程度考慮されているため、不確かさを低減した評価と考えられる。なお、疑似三次元解析の検討にあたっては、後述のとおり、二次元解析で考慮されない奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗を保守的にまったく考えない場合についても検討した。

まとめ

- 代表する1断面から二次元モデルを作成し、単位奥行き断面を平面ひずみ条件で解析する二次元解析に対して、疑似三次元解析は、二次元解析を複数断面行い、奥行き方向の地質変化やすべり土塊の形状をある程度考慮してすべり土塊の力の釣り合いを評価する方法であり、基本的な考え方や条件は、二次元解析と同様である。
- 二次元解析と疑似三次元解析における条件設定やモデル化等について、実現象との対応を整理した結果、いずれも十分な保守性を有する評価方法であり、疑似三次元解析は二次元解析に対して不確かさを低減した評価方法であると整理される。

1. 奥行きを考慮した基礎地盤のすべり評価〔疑似三次元解析〕について

1. 1 評価方法について

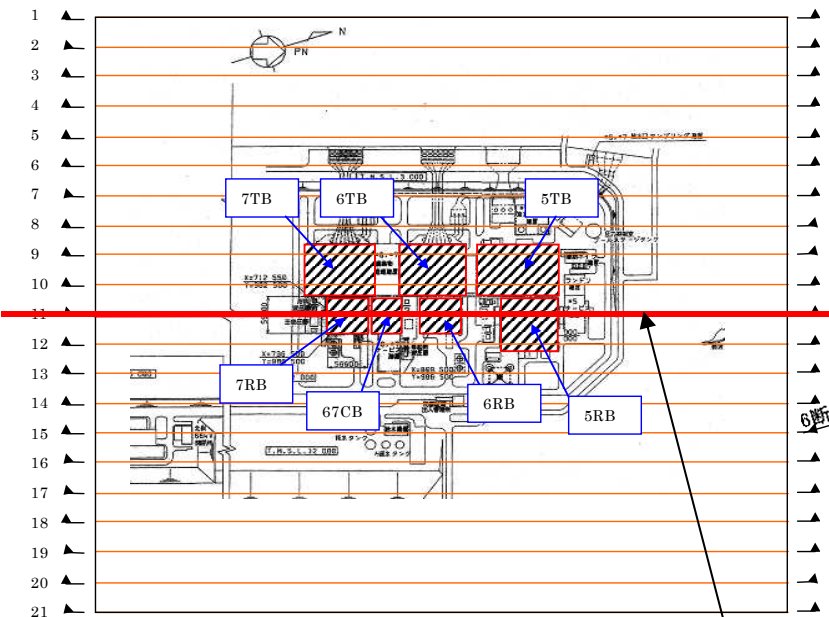
1. 2 評価の妥当性について

1. 奥行きを考慮した基礎地盤のすべり評価〔疑似三次元解析〕について

1. 2 評価の妥当性について

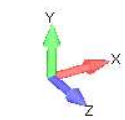
評価概要

- 強度のばらつきを考慮した評価の結果、すべり安全率が1.5を下回ることから、奥行き方向の地質やすべり面の形状をある程度考慮した疑似三次元解析を実施した。
- 疑似三次元解析では、複数の二次元断面を作成し、それぞれ解析を実施して地震時応力を算定した。
- 評価は二次元解析ですべり安全率が最小となったケースを対象に実施し、解析用地盤物性値や境界条件等の解析条件は、二次元解析に準じて設定した。



平面図

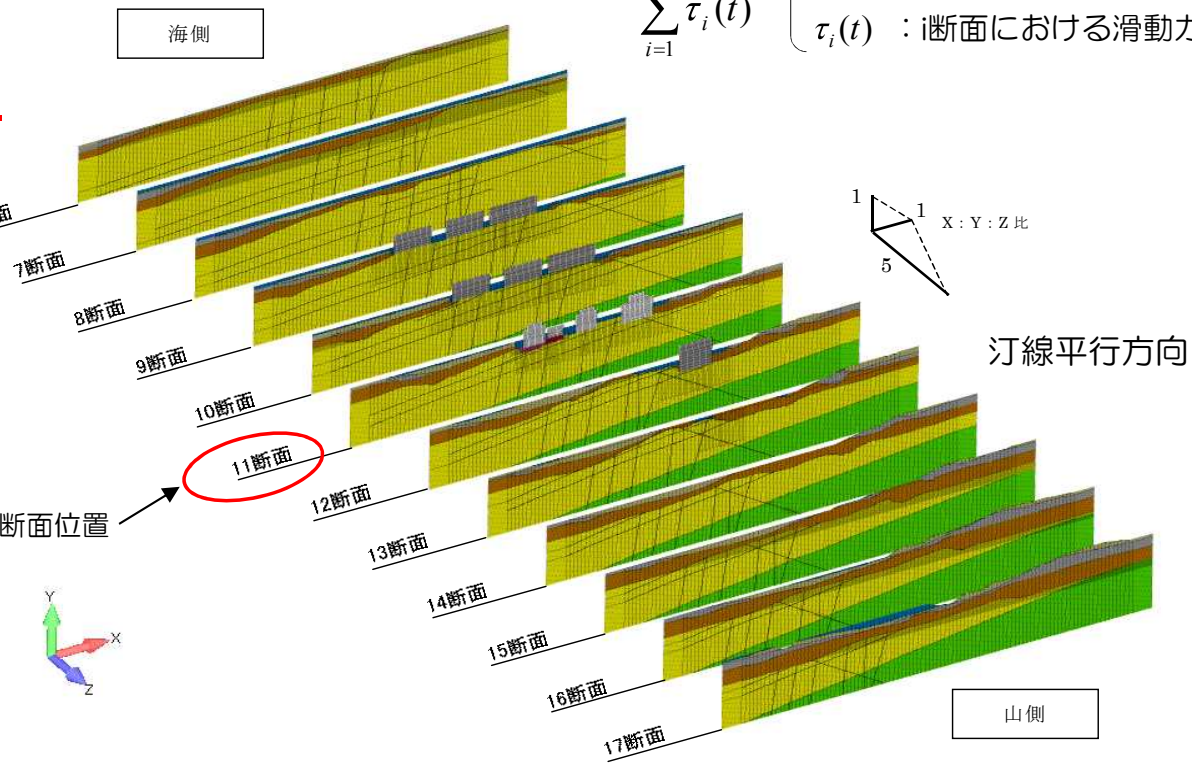
二次元解析断面位置



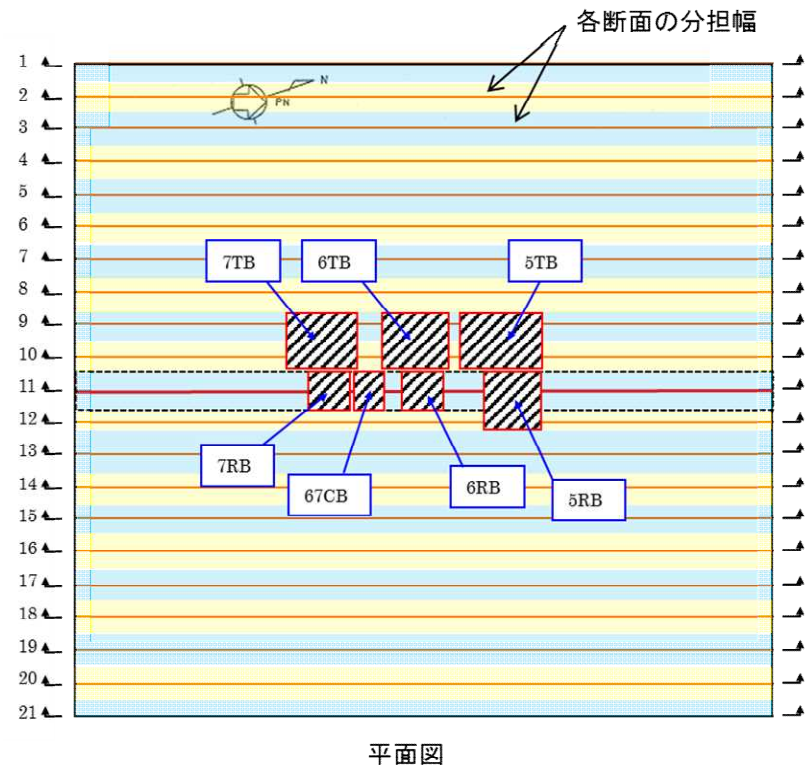
すべり安全率の計算方法

$$Fs(t) = \frac{\sum_{i=1}^n R_i(t)}{\sum_{i=1}^n \tau_i(t)}$$

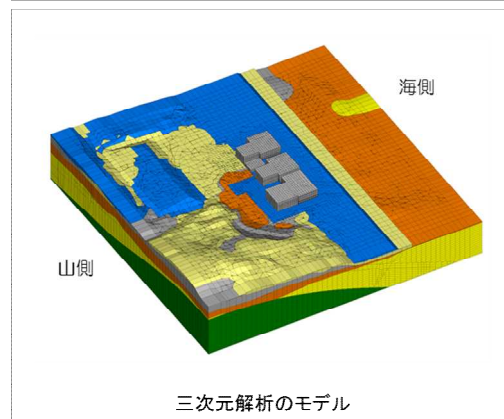
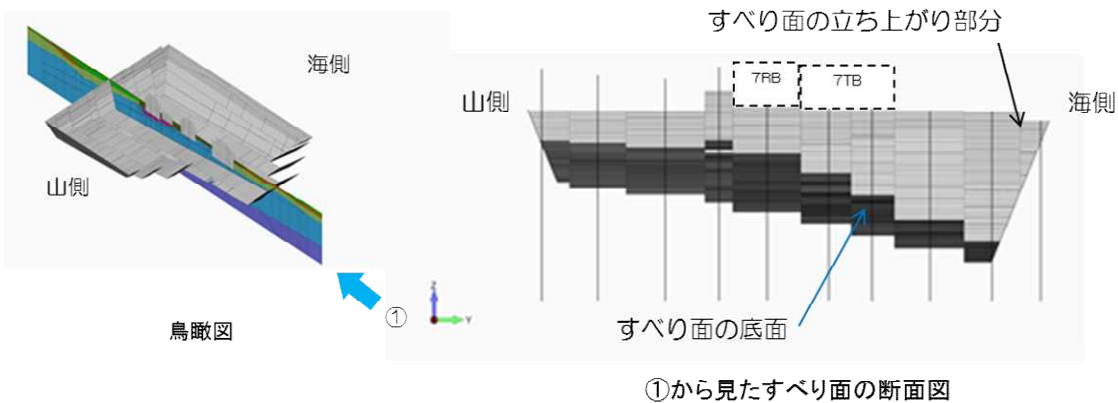
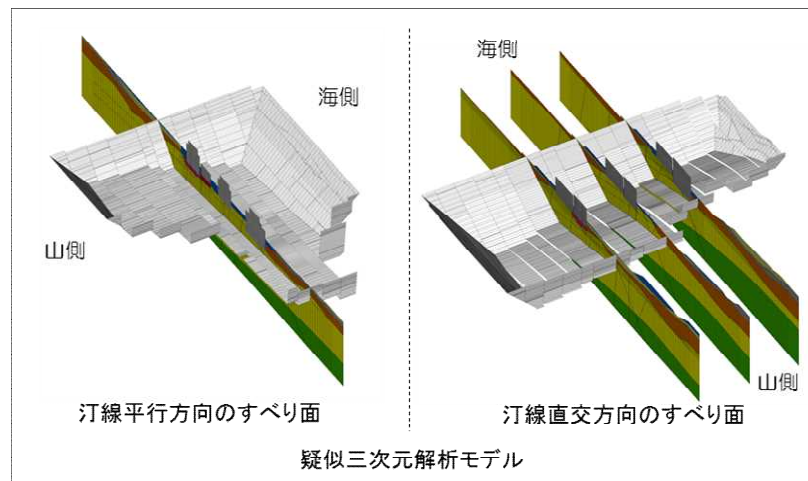
$Fs(t)$: 全体の安全率
 $R_i(t)$: i断面における抵抗力
 $\tau_i(t)$: i断面における滑動力



奥行き方向の断面設定について



- 各断面の間隔及び負担幅は、基本的に50mとした。なお、原子炉建屋を通る断面の分担幅は建屋の幅となるよう、断面の間隔を調整した。
- 奥行き方向の複数断面設定における断面の間隔や負担幅の設定は、建屋形状や地質変化の状況に応じて適切に設定する必要がある。大湊側においては、断層を含む地質に局所的な変化は認められないことから、断面の間隔を基本的に50mと設定した。また、疑似三次元解析と三次元解析のすべり安全率を比較し、すべり安全率は同程度であることから、今回の断面設定が妥当な設定であることを確認した。



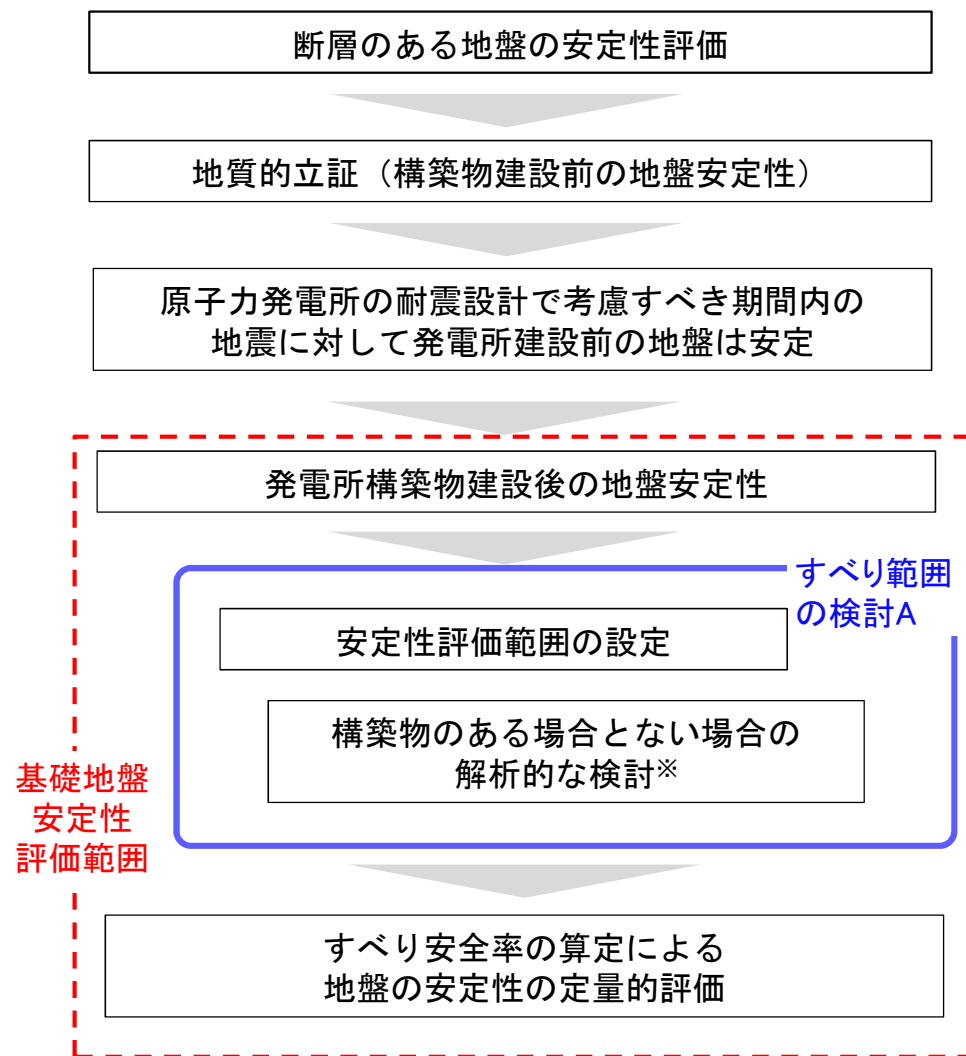
すべり安全率の比較

	疑似三次元解析	三次元解析
汀線平行方向	3.3	3.3
汀線直交方向	3.5	3.3

奥行き方向のすべり範囲の検討

- 建屋等の構築物が設置される以前の断層のある地盤の安定性については、地質・地質構造の評価（断層の活動性評価）において確認している。
- 基礎地盤の地震時安定性は、建屋等の構築物が設置されたことによる力学的変化に対して、解析的な検討により基礎地盤の安定性を評価するものであることから、以下の観点で奥行き方向のすべり範囲の検討を実施した。
 - A) 構築物のある場合とない場合の動的解析を行い、両者の応力変動を比較することにより、構築物の影響を受ける範囲を検討する。*
 - B) 敷地内及び敷地近傍における過去の地すべり規模を考慮してすべり範囲を検討する。

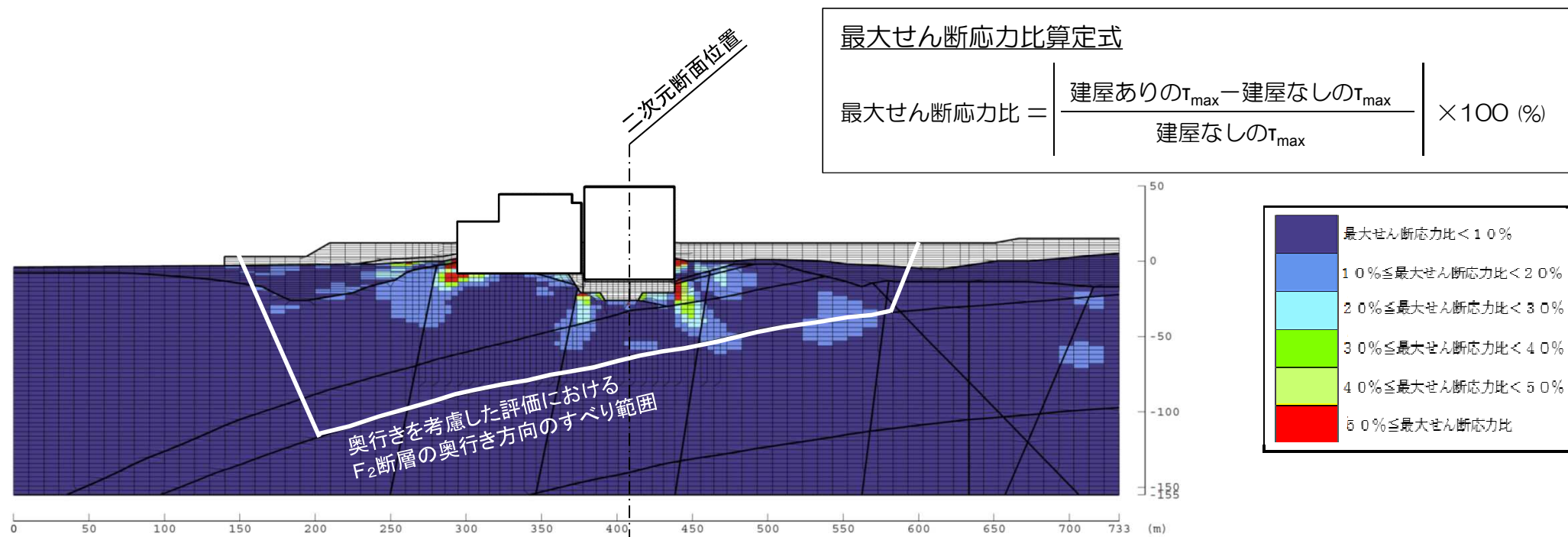
※ 土木学会原子力土木委員会: 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>, 2009年2月



基礎地盤の安定性評価における安定性評価範囲の設定に関する基本的な流れ

奥行き方向のすべり範囲の検討 A) 地震時応力に基づく検討

- 建屋のある場合とない場合の動的解析を行い、両者の解析によって得られる応力変動「最大せん断応力比」を指標として比較することにより、建屋の影響を受ける範囲を検討した。*
- 建屋の影響範囲とみなせる応力が変動する領域に対して、奥行き方向のすべり範囲を広く設定していることから、範囲設定は妥当であると判断できる。また、そのすべり範囲は「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008」で示されている建屋幅の2.5倍を満足している。なお、山側の一部に最大せん断応力比が若干大きい領域があるが、この領域はF系断層とV系断層の交差点付近であり、複数の断層の影響で応力の変動が若干大きくなったと推測される。



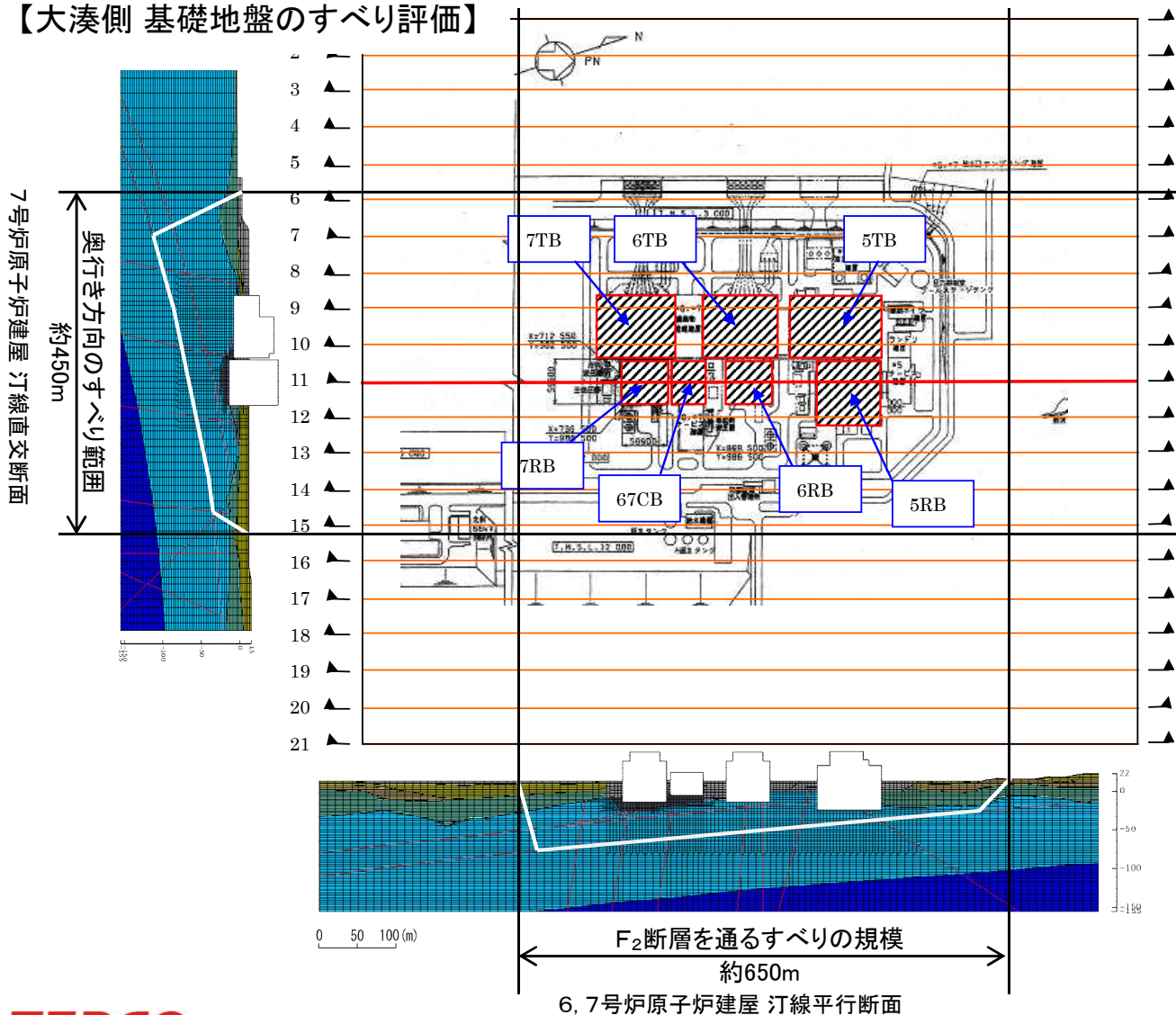
最大せん断応力比分布と奥行き方向のすべり範囲
(7号炉原子炉建屋汀線直交断面)

※ 土木学会原子力土木委員会:原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>, 2009年2月

奥行き方向のすべり範囲の検討 B) 地すべり規模との比較

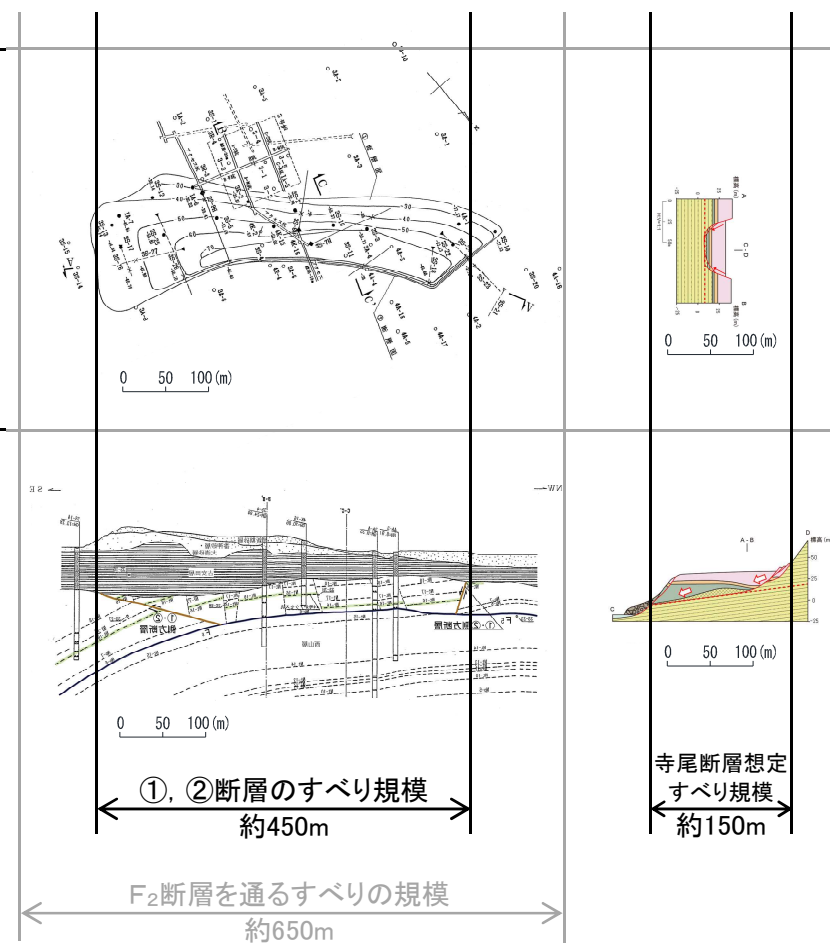
- 敷地内及び近傍の地すべり断層として、①，②断層と寺尾断層を抽出し、基礎地盤のすべり評価におけるすべり範囲と比較した。
- 既往の地すべり規模と比較して、評価したすべり範囲は十分に大きいことから、すべり範囲の設定は妥当であると判断できる。

【大湊側 基礎地盤のすべり評価】



【荒浜側 ①, ②断層】

【寺尾断層】
(想定)



1. 奥行きを考慮した基礎地盤のすべり評価〔疑似三次元解析〕について

1. 2 評価の妥当性について

評価結果

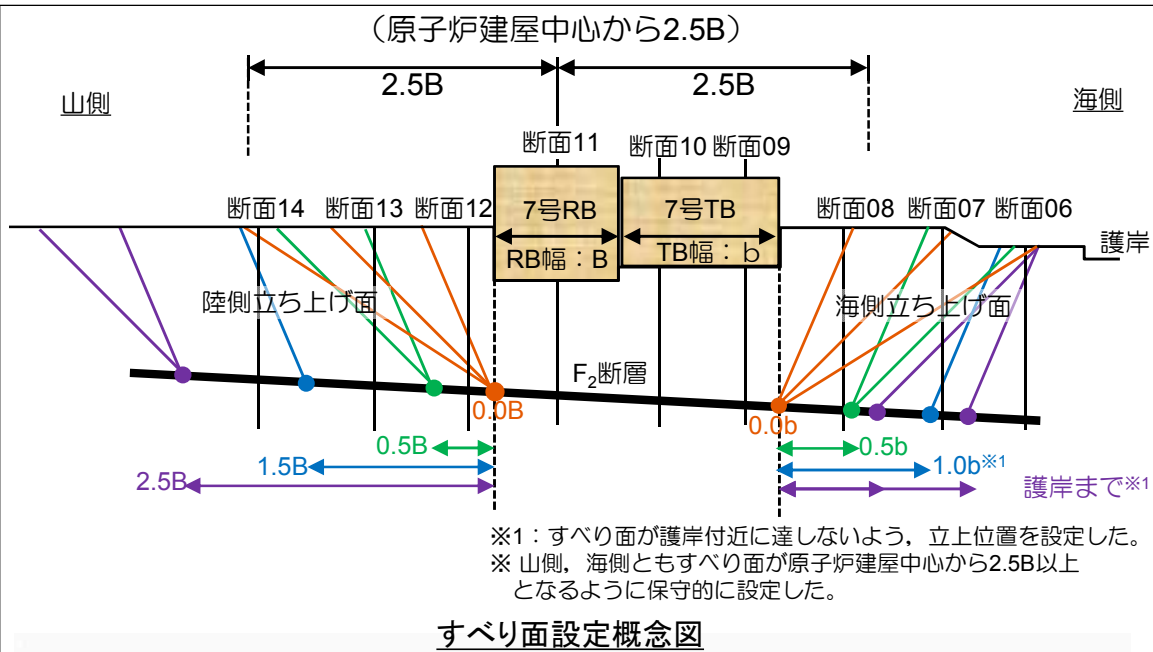
■ 疑似三次元解析のすべり安全率は2.7であり、評価基準値1.5以上であることを確認した。

評価の手順

①側面の立上角度を67.5度に設定し、建屋側面の立上位置を建屋側面(山側)から0.0B, 0.5B, 1.5B, 2.5Bとしたケースについて検討を行った。なお、海側はすべり面の範囲を護岸付近までとし、立上位置を設定した。

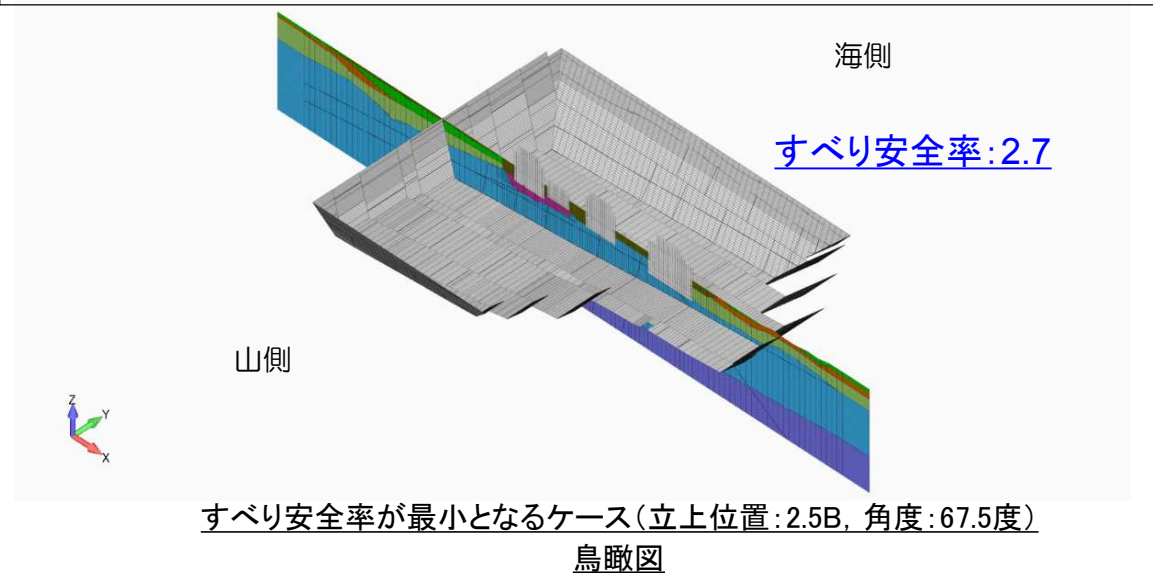
②立上角度を45度に設定し、建屋側面の立上位置を0.0Bと①で最小すべり安全率となる2.5Bの検討を行った。なお、参考として、建屋側面の立上位置0.5Bの算定も行った。

③さらに立上角度を33度(建屋側面の立上位置0.0Bから護岸付近までの角度)に設定して、建屋側面の立上位置を0.0Bの検討を行った。



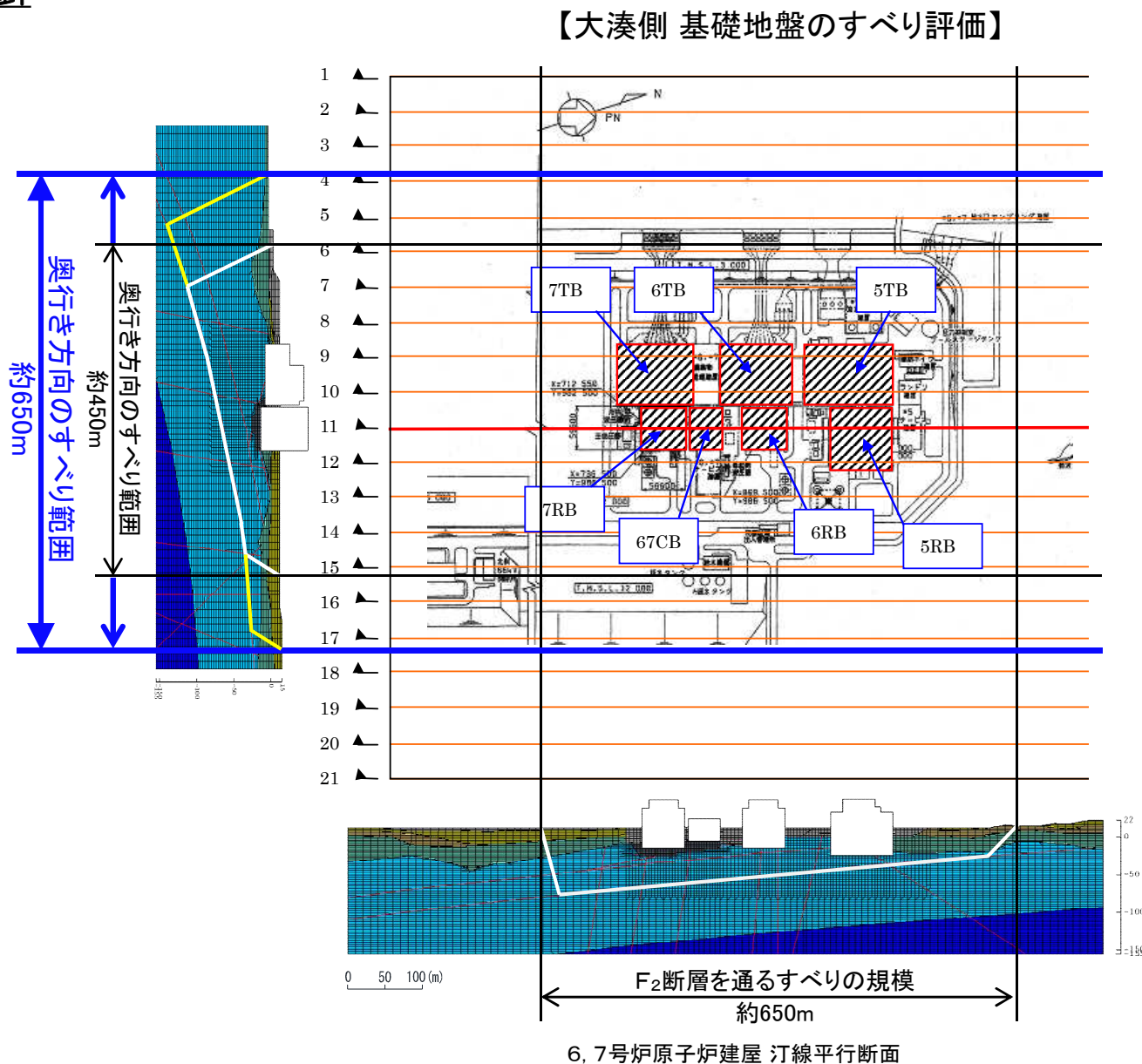
すべり安全率一覧

		Ss-3			
側面の立上位置 側面の立上角度	山側側面の立上位置	0.0B	0.5B	1.5B	2.5B
		67.5度	3.3	2.9	2.8
45度		3.1	(3.0)	—	2.7
33度		3.3	すべり面が護岸より海側へ及ぶため実施せず		



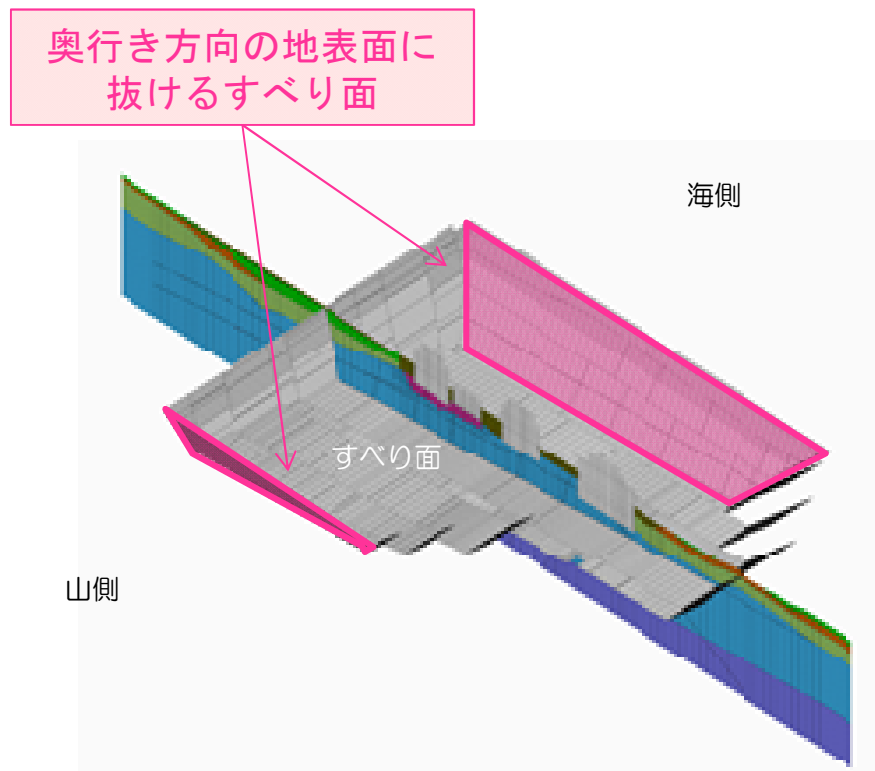
奥行き方向のすべり範囲拡大の検討：検討方針

- 奥行き方向のすべり範囲の不確かさを考慮し、すべり安全率が最も小さいケース（山側立上位置 $2.5B$ 、立上角度 67.5 度）に対して、さらにすべり範囲を拡大した検討を実施した。
- 奥行き方向のすべり範囲は、汀線平行断面の F_2 断層を通るすべりの規模と同程度となるよう、海側、山側にそれぞれ $100m$ 拡大し、約 $650m$ とした。
- なお、設定したすべり範囲は、敷地内及び近傍の地すべり断層の規模より十分に広く、大湊側の敷地を概ね包含していることから、十分な範囲を設定していると判断できる。



奥行き方向のすべり範囲拡大の検討：検討結果

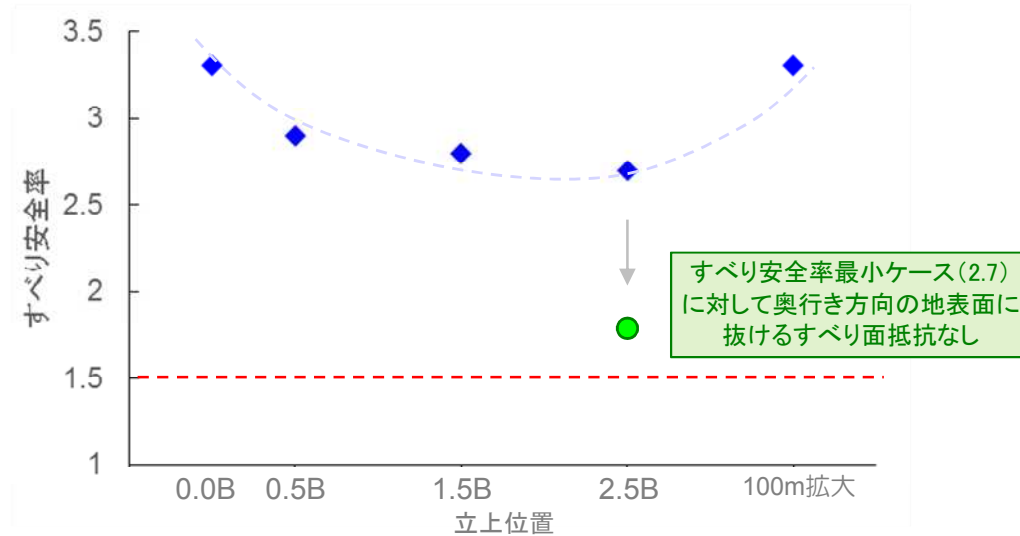
- 評価の結果、奥行き方向にすべり範囲を拡大したケースのすべり安全率は3.3であり、すべり安全率の最小値は変わらないことから、これまでの検討範囲が妥当であることを確認した。
- さらに、すべり安全率が最小となるケース（山側立上位置2.5B、立上角度67.5度）に対して、保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面の抵抗をまったく考慮しない場合でも、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。



すべり安全率が最小となるケース(立上位置:2.5B, 角度:67.5度)

鳥瞰図

		Ss-3					
山側側面の 立上位置 側面の 立上角度	0.0B	0.5B	1.5B	2.5B	奥行拡大 約650m	すべり安全率最小 ケースに対して 奥行き方向の地表面 に抜けるすべり 面抵抗なし	
	67.5度	3.3	2.9	2.8	2.7		3.3



- 二次元解析と疑似三次元解析における条件設定やモデル化等について、実現象との対応を整理した結果、いずれも十分な保守性を有する評価方法であり、疑似三次元解析は二次元解析に対して不確かさを低減した評価方法であると整理される。
- 奥行き方向のすべり範囲について、建屋設置による地盤への影響検討や近傍の地すべり規模との比較を行うとともに、すべり範囲を拡大した検討を行い、すべり範囲設定の妥当性を確認した。
- さらに、疑似三次元解析において、保守的に奥行き方向の地表面に抜けるすべり面を考慮しない場合についても評価を実施し、すべり安全率が1.5を上回ることを確認した。

3. 解析用物性値に関する補足

No.	H28.3.4 第336回審査会合 コメント	回 答
3	物性値について、補足説明資料との結びつきがわかるように資料を明確化すること。	大湊側のF系・V系断層、及び荒浜側の西山層、V系断層に関して、低圧部と高圧部の使い分けがわかるよう補足資料を修正した。

3. 解析用物性値に関する補足

大湊側 F系・V系断層（初期接線弾性係数 E_0 ；高压部・低压部）

物性値		地層区分	断層部			
			F系断層		V系断層	L系断層
			粘土部	破碎部		
物理特性		ρ_t (g/cm ³)	1.92 層厚の重み付き平均=1.75	1.73 層厚の重み付き平均=1.75	1.78	1.82
変形特性	静的 変形特性	E_0 (N/mm ²)	62.4+80.5・P	低压部：48.8+923・P 高压部：224+131・P	低压部：141+389・P 高压部：296+78.0・P	165+148・P
		ν	0.46	0.46	0.46	0.46
	動的 変形特性	G_0 (N/mm ²)	337 層厚の重み付き平均=340	340 層厚の重み付き平均=340	394	230
		ν_d	0.47 層厚の重み付き平均=0.43	0.42 層厚の重み付き平均=0.43	0.44	0.47
		$G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+7.45\gamma^{1.14})$ 層厚の重み付き平均= $1/(1+9.69\gamma^{1.04})$	$1/(1+9.79\gamma^{1.03})$ 層厚の重み付き平均= $1/(1+9.69\gamma^{1.04})$	$1/(1+4.75\gamma^{0.68})$	$1/(1+4.86\gamma^{0.73})$
		$h \sim \gamma$ (%)	$41.0\gamma^{0.62}$ 層厚の重み付き平均= $36.0\gamma^{0.44}$	$35.0\gamma^{0.42}$ 層厚の重み付き平均= $36.0\gamma^{0.44}$	$18.0\gamma^{0.28+0.1}$	$17.0\gamma^{0.31}$
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	0.286+0.191・P 粘土部と破碎部の強度の低い方を用いる。	0.279+0.242・P 粘土部と破碎部の強度の低い方を用いる。	0.504+0.359・P	0.486+0.481・P
		ϕ_u (°)	0	0	0	0
		σ_t (N/mm ²)	—	—	—	—
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	0.219+0.251・P 粘土部と破碎部の強度の低い方を用いる。	0.278+0.181・P 粘土部と破碎部の強度の低い方を用いる。	0.485+0.293・P	0.497+0.353・P

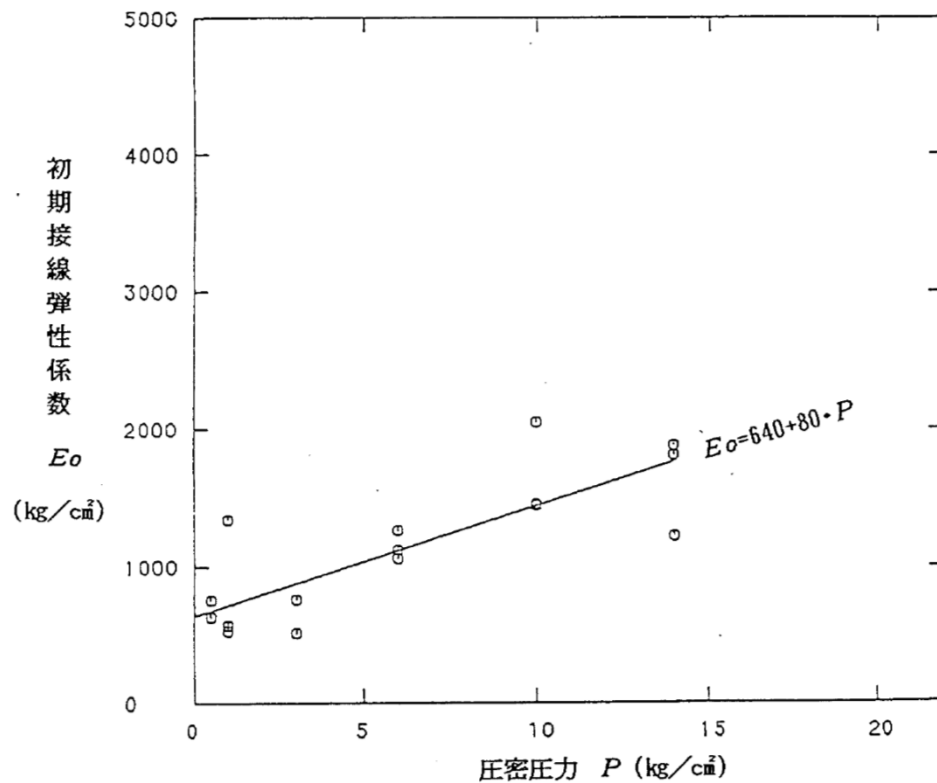
注：Pは、平均有効拘束圧(N/mm²)を示す。

注： γ は、せん断歪み(%)を示す。

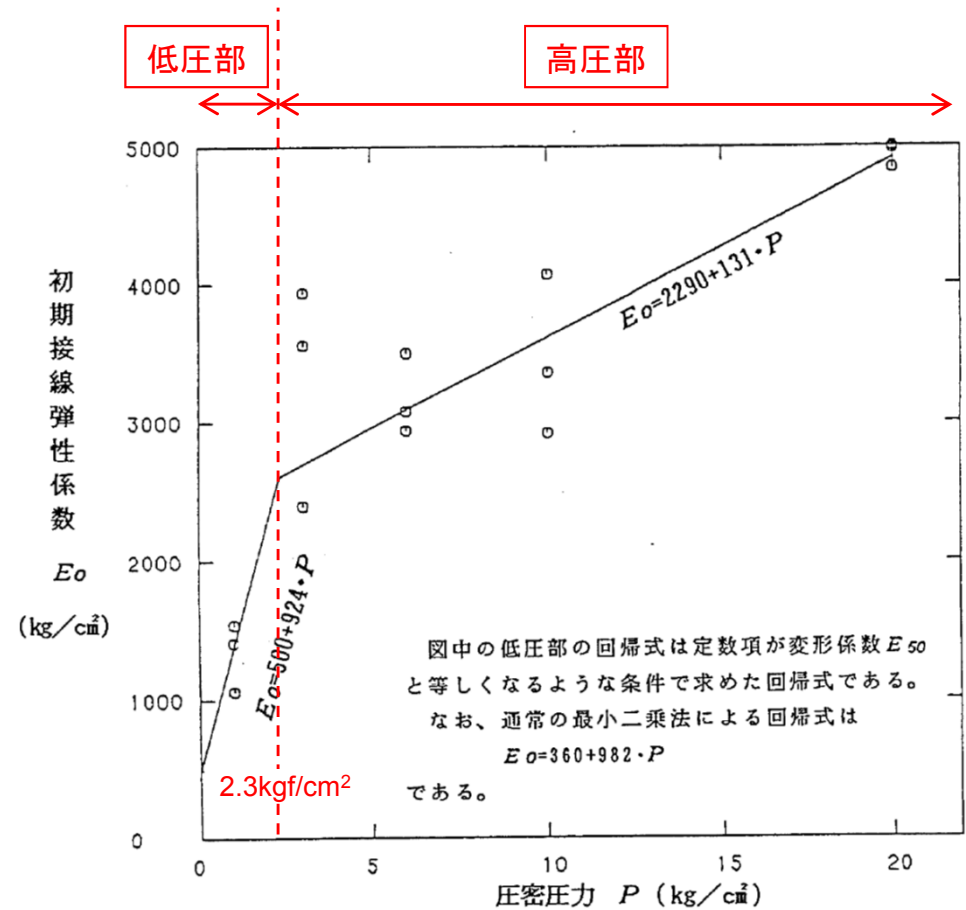
3. 解析用物性値に関する補足

大湊側 F系断層（初期接線弾性係数 E_0 ；高压部・低压部）

- F系断層（粘土部及び破碎部）の初期接線弾性係数は， F_3 断層（粘土部及び破碎部）の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。



F_3 断層（粘土部）の初期接線弾性係数

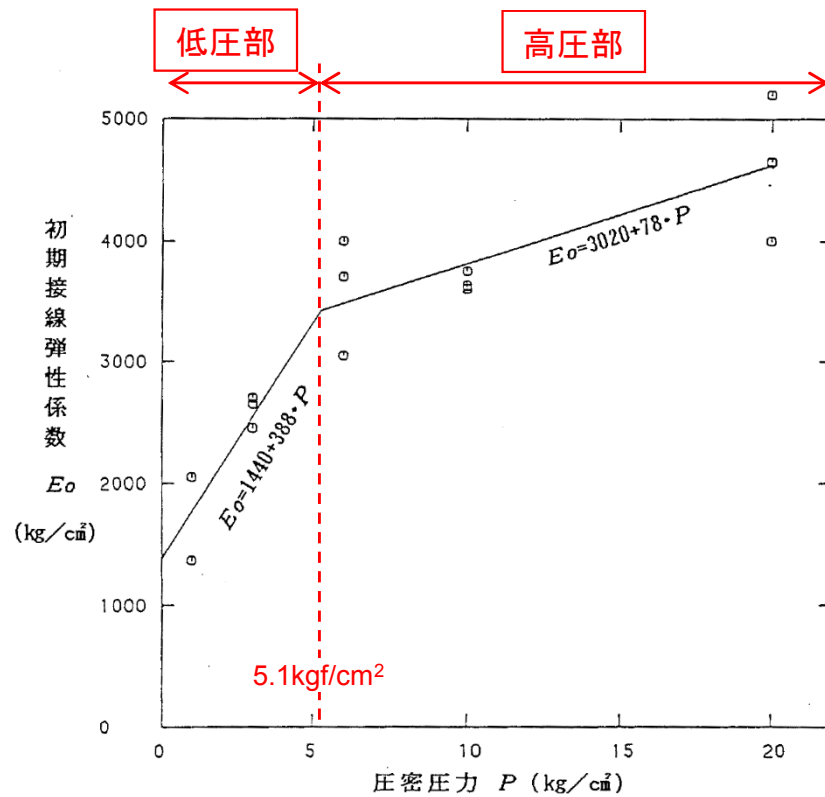


F_3 断層（破碎部）の初期接線弾性係数

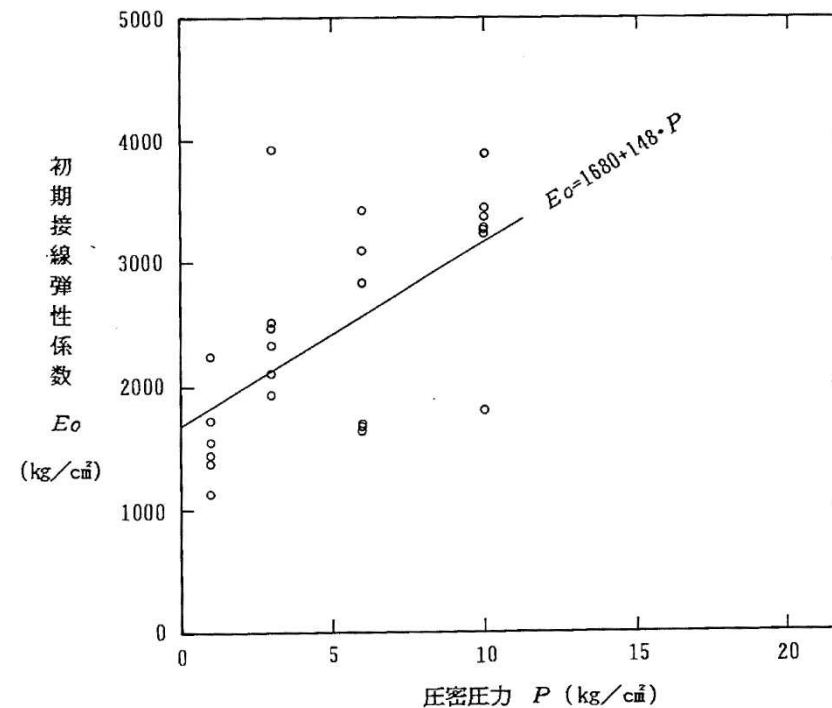
3. 解析用物性値に関する補足

大湊側 V系断層（初期接線弾性係数 E_0 ；高压部・低压部）

- V系断層の初期接線弾性係数は， V_2 断層（破碎部）の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。
- L系断層の初期接線弾性係数は， $L_1 \cdot L_2$ 断層（破碎部）の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。



V_2 断層（破碎部）の初期接線弾性係数



$L_1 \cdot L_2$ 断層（破碎部）の初期接線弾性係数

3. 解析用物性値に関する補足

荒浜側 西山層（ピーク強度；高圧部・低圧部）

物性値		地層区分		西山層（泥岩）	西山層 （へき開含有帯）	灰爪層	古安田層
		物理特性	ρ_t (g/cm ³)	1.58-0.00076·Z	1.61	1.71	1.75
変形特性	静的 変形特性	E_0 (N/mm ²)	381-2.07·Z	193+178·P	255+434·P	19.6+140·P	
		ν	0.46	0.43	0.49	0.46	
	動的 変形特性	G_0 (N/mm ²)	251-2.10·Z	332	395	161	
		ν_d	0.463+0.00017·Z	0.44	0.46	0.48	
		$G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+2.65\gamma^{1.37})$	$1/(1+2.97\gamma^{0.95})$	$1/(1+3.03\gamma^{0.852})$	$1/(1+3.71\gamma^{0.97})$	
		$h \sim \gamma$ (%)	$27.4\gamma^{1.00}+0.7$	$23.0\gamma^{0.93}+2.3$	$8.49\gamma^{0.323}$	$26.4\gamma^{0.75}+1.2$	
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	低圧部： $\tau_R=0.58-0.0011\cdot Z$ 高圧部： $C_u=0.83-0.0056\cdot Z$	0.42+0.31·P	0.98+0.66·P	0.076+0.69·P	
		ϕ_u (°)	低圧部：0 高圧部： $6.5+0.021\cdot Z$	0	0	0	
		σ_t (N/mm ²)	0.48	—	—	—	
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	0.49-0.0016·Z	0.42+0.22·P	0.62+0.72·P	0.065+0.41·P	

注：Zは、T.M.S.L. (m)を示す。

注：Pは、平均有効拘束圧(N/mm²)を示す。

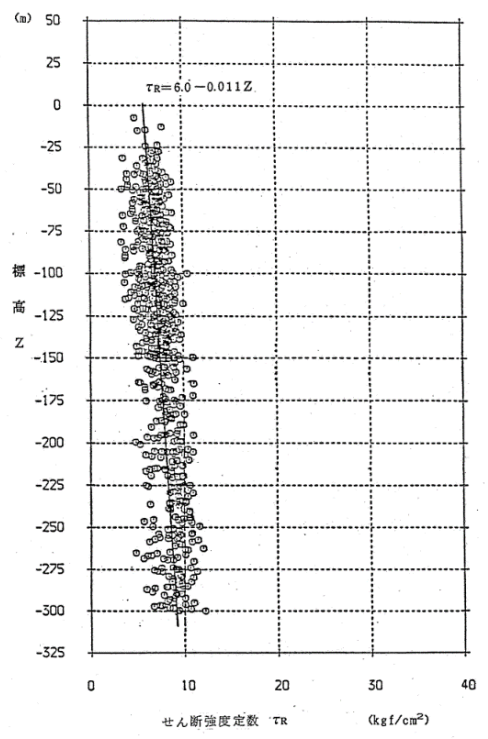
注：γは、せん断歪み(%)を示す。

注：西山層（泥岩）の σ_t （引張強度）は、平均強度を用いた
すべり安全率評価では、保守的に強度を考慮しない。

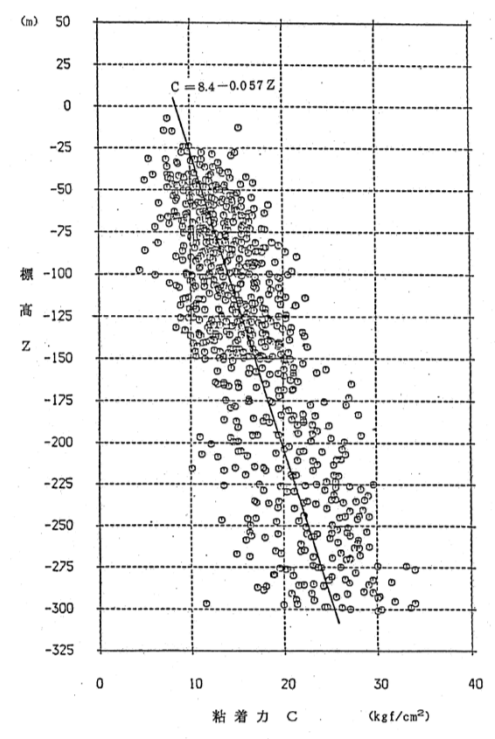
3. 解析用物性値に関する補足

荒浜側 西山層（ピーク強度Cu；高圧部・低圧部）

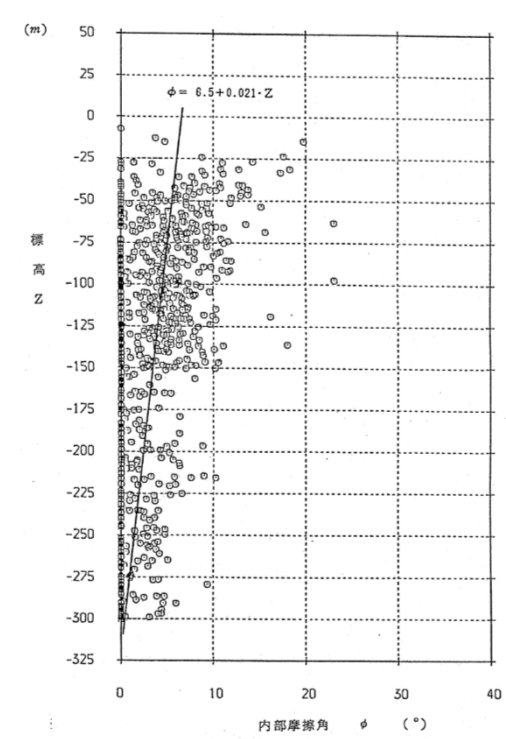
■ 西山層（泥岩）の強度特性は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験（UU条件）に基づき設定した。



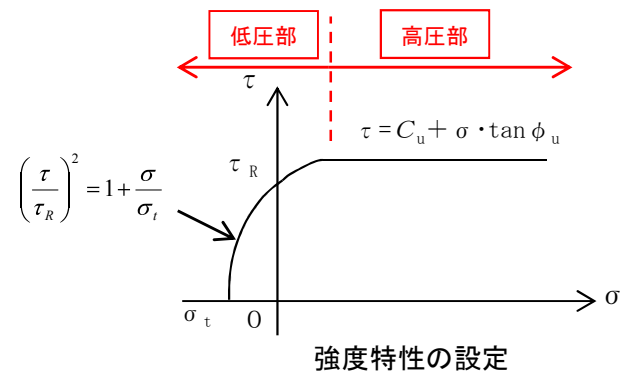
西山層（泥岩）のせん断強度〔低圧部〕



西山層（泥岩）の粘着力〔高圧部〕



西山層（泥岩）の内部摩擦角〔高圧部〕



強度特性の設定

注) 上図に基づき、各深度におけるせん断強度τR（低圧部），粘着力Cu（高圧部），内部摩擦角φ（高圧部）を設定している。各深度の強度特性は、左図に基づき設定される。

3. 解析用物性値に関する補足

荒浜側 V系断層（ピーク・残留強度；高压部・低压部）

物性値		地層区分	断層部			
			F ₅ 断層	V系断層, α・β断層 [※]	①・②断層	
物理特性	ρ_t (g/cm ³)	粘土部：1.95, 破砕部：1.58 層厚の重み付き平均=1.77			1.58	1.59
		静的 変形特性	E_0 (N/mm ²)	粘土部：96.1+147・P 破砕部：135+159・P	135+159・P	118+135・P
変形特性	動的 変形特性		ν	0.46	0.46	0.44
		G_0 (N/mm ²)	粘土部：108, 破砕部：228 層厚の重み付き平均=147	228	158	
		ν_d	粘土部：0.49, 破砕部：0.45 層厚の重み付き平均=0.47	0.45	0.45	
		$G/G_0 \sim \gamma$	$0.00134 G_1 \cdot G_2 / (G_1 + G_2)$ 粘土部： $G_1 = 1100 / (1 + 2.94 \gamma^{0.99})$ 破砕部： $G_2 = 2320 / (1 + 2.80 \gamma^{0.77})$	$1 / (1 + 2.80 \gamma^{0.77})$	$1 / (1 + 2.68 \gamma^{0.75})$	
		$h \sim \gamma$ (%)	$(h_1 G_2 + h_2 G_1) / (G_1 + G_2)$ 粘土部： $h_1 = 21.3 \gamma^{0.96} + 2.8$ 破砕部： $h_2 = 12.7 \gamma^{0.57} + 1.8$	$12.7 \gamma^{0.57} + 1.8$	$11.0 \gamma^{0.55} + 2.0$	
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	$0.40 + 0.06 \cdot P$	低压部：0.32+0.61・P 高压部：0.73+0.18・P	$0.41 + 0.19 \cdot P$	
		ϕ_u (°)	0	0	0	
		σ_t (N/mm ²)	—	—	—	
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	$0.23 + 0.24 \cdot P$	低压部：0.31+0.61・P 高压部：0.54+0.19・P	$0.40 + 0.18 \cdot P$	

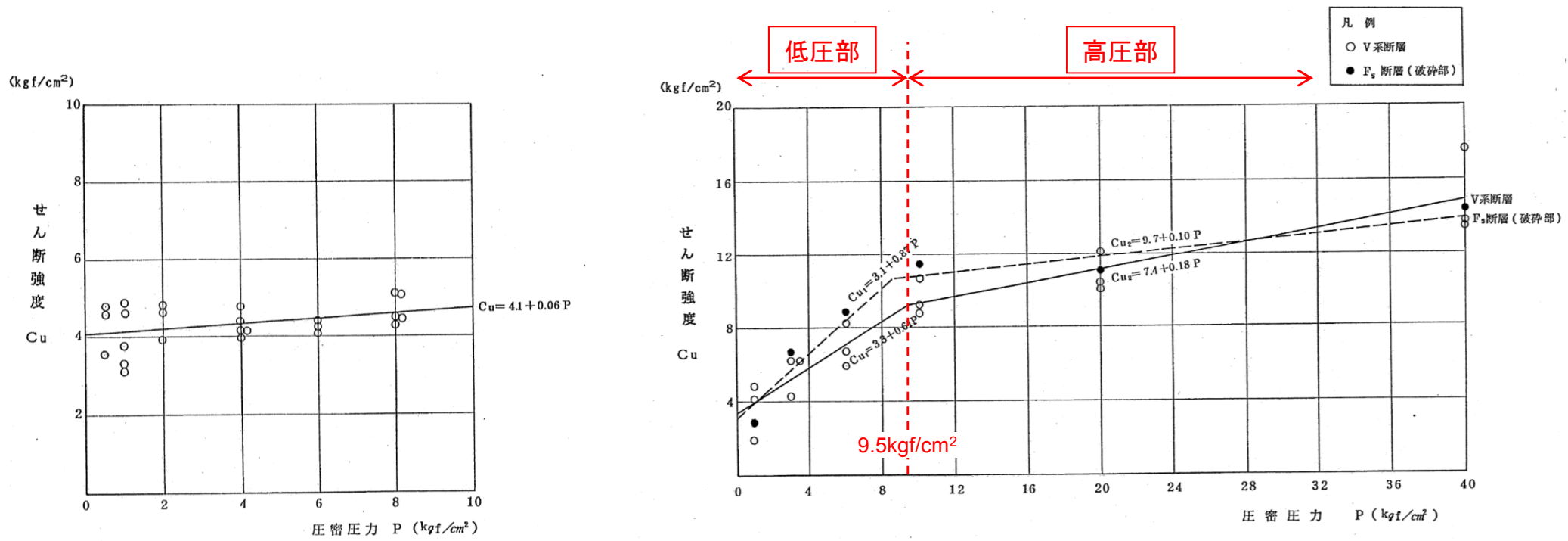
注：Pは、平均有効拘束圧(N/mm²)を示す。
注：γは、せん断歪み(%)を示す。

※ α・β断層は、同じ高角度のV系断層の物性値を用いた。

3. 解析用物性値に関する補足

荒浜側 V系断層 (ピーク強度Cu; 高压部・低压部)

- F₅断層のせん断強度は, F₅断層 (粘土部) の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定した。
- V系断層のせん断強度は, 3V-1断層の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定した。



F₅断層 (粘土部) のせん断強度

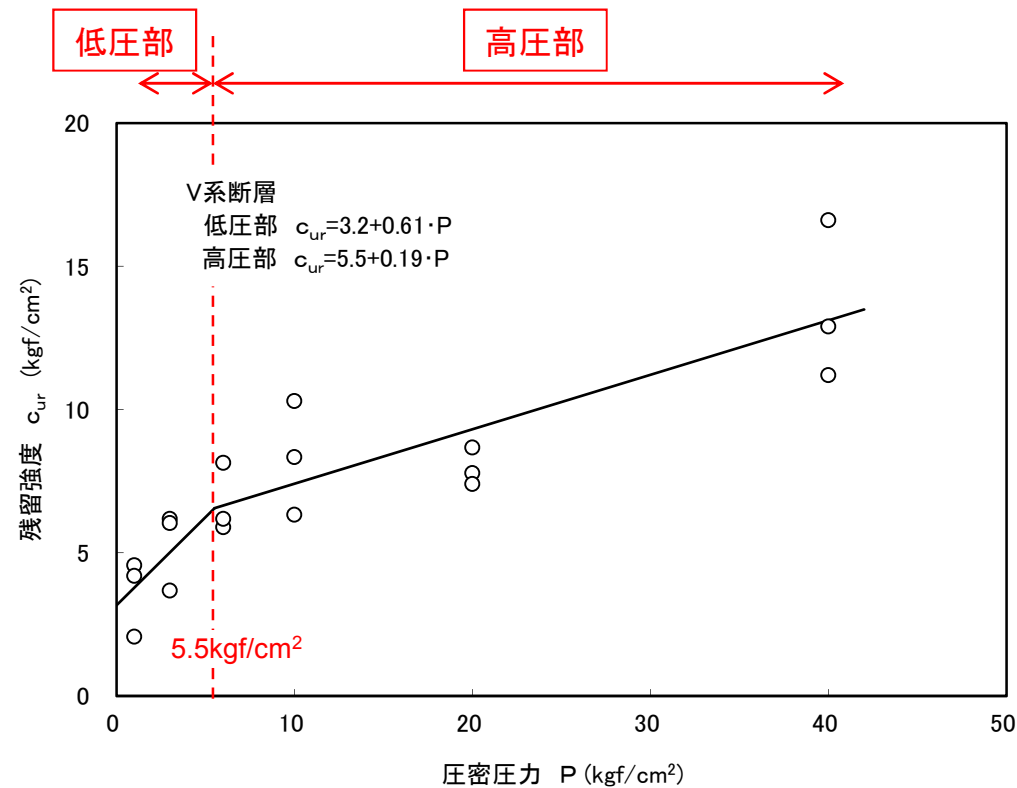
F₅断層 (破碎部), 3V-1断層のせん断強度

※ F₅断層のせん断強度は, 解析で対象とする圧密圧力の範囲では, 粘土部の強度が破碎部の強度を下回るため粘土部の強度を用いる。

3. 解析用物性値に関する補足

荒浜側 V系断層（残留強度Cur；高压部・低压部）

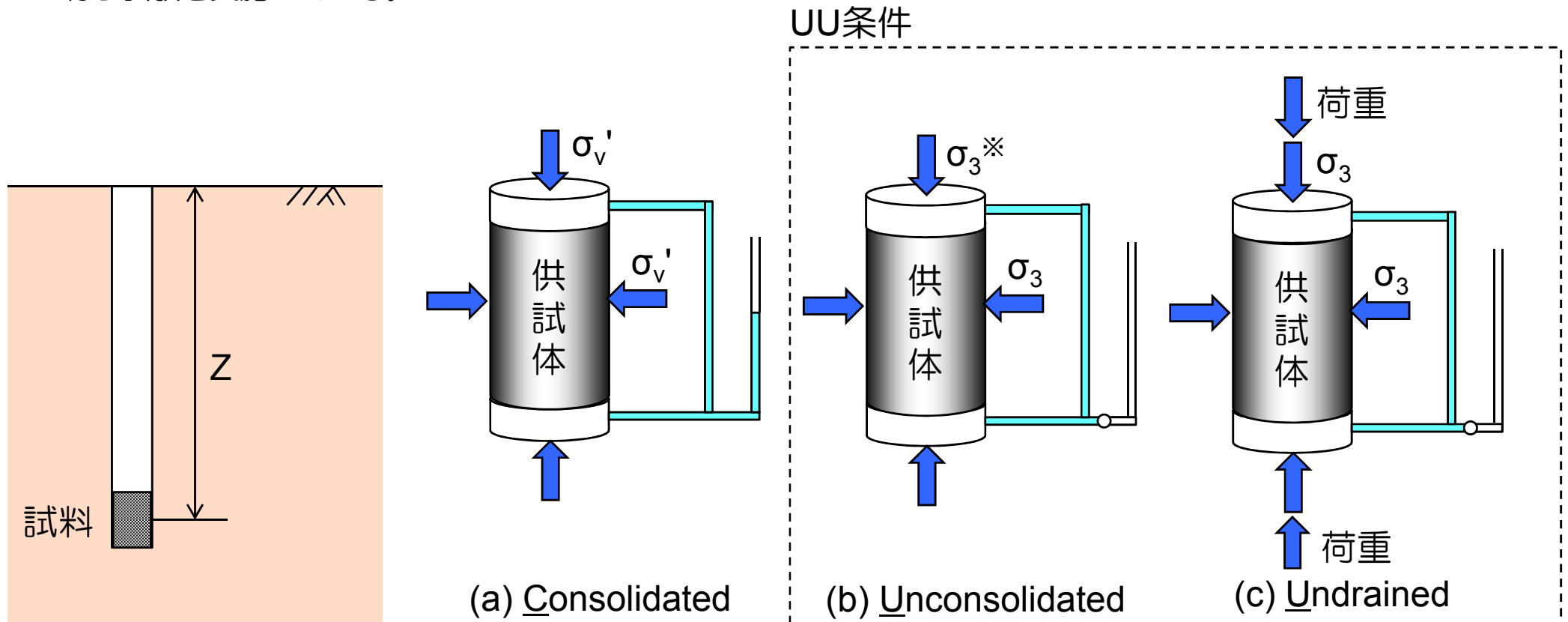
- V系断層の残留強度は，3V-1断層の試掘坑内のブロック試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。



3 V - 1 断層の残留強度

三軸圧縮試験（CU条件）の考え方（1）

- ボーリングにより深部から採取した試料は、 $\sigma_v' = \gamma Z$ （ σ_v' ：有効土被り圧、 γ ：単位体積重量、 Z ：深度）の分だけ応力解放されていることから、その深度における応力状態まで戻した状態でUU試験を行えば、試料採取深度における力学特性を得ることができると考えられる。
- 上記の概念に基づき、柏崎刈羽原子力発電所6，7号炉の調査では、ボーリングにより採取した供試体を、採取深度における有効土被り圧で圧密し（CUU試験のC状態）、その後、非排水状態でせん断（CUU試験のUU状態）を行う試験を実施している。

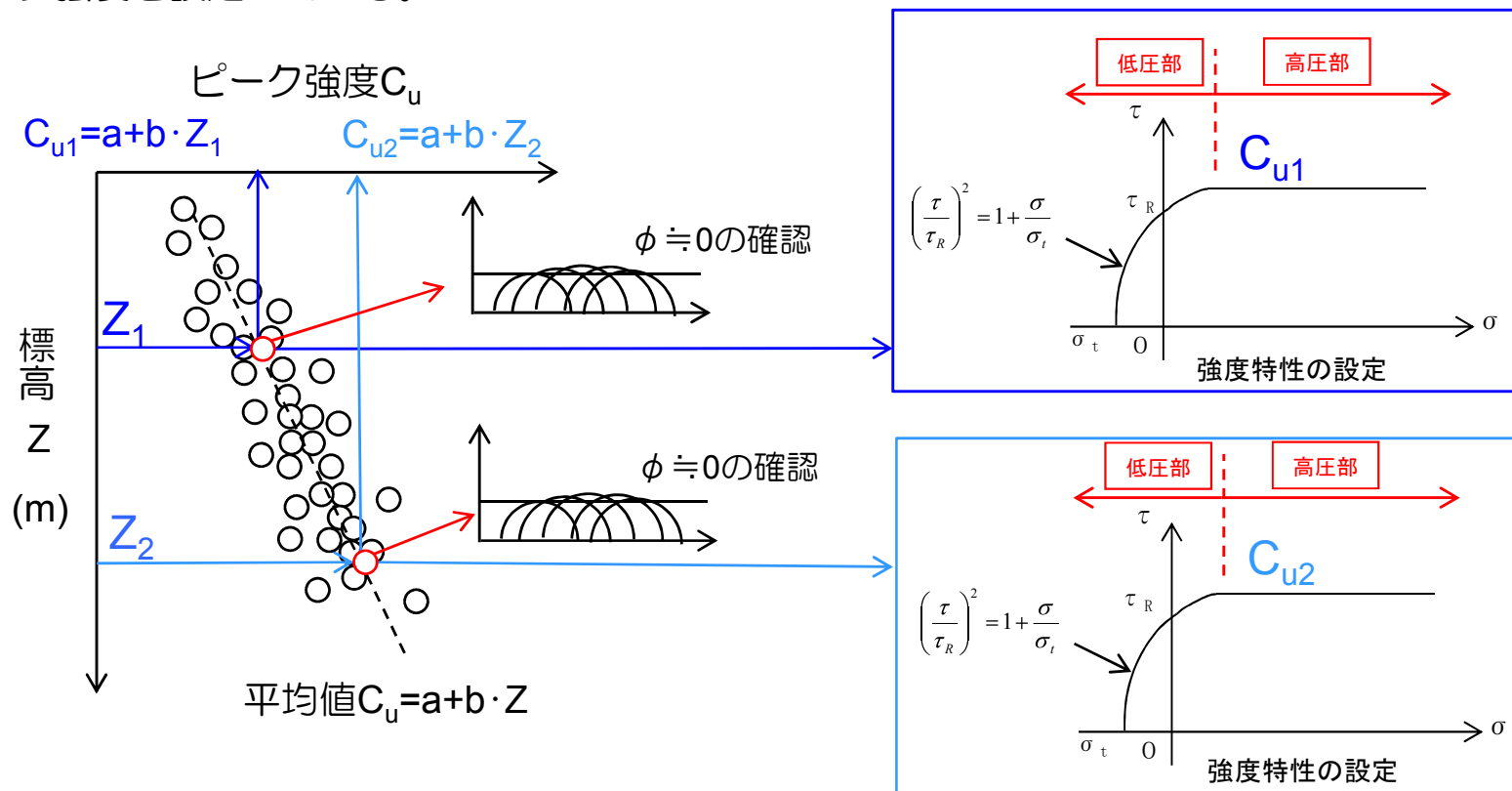


三軸圧縮試験（CUU条件）の試験方法 ※ $\sigma_3 = \sigma_v'$ の時，CU条件となる。

三軸圧縮試験（CU条件）の考え方（2）

- ① ボーリングコアを所定の深度ピッチで採取する。
- ② 採取深度における有効上載圧 σ_v' で等方圧密する（排水状態）。
- ③ 地震時のせん断応力変化を考慮して、所定の側圧 σ_3 を決める（非排水状態）。
- ④ せん断試験を実施する（非排水状態）。
- ⑤ 試験結果は、所定の深度ピッチ毎にモール・クーロンの破壊包絡線として整理する。

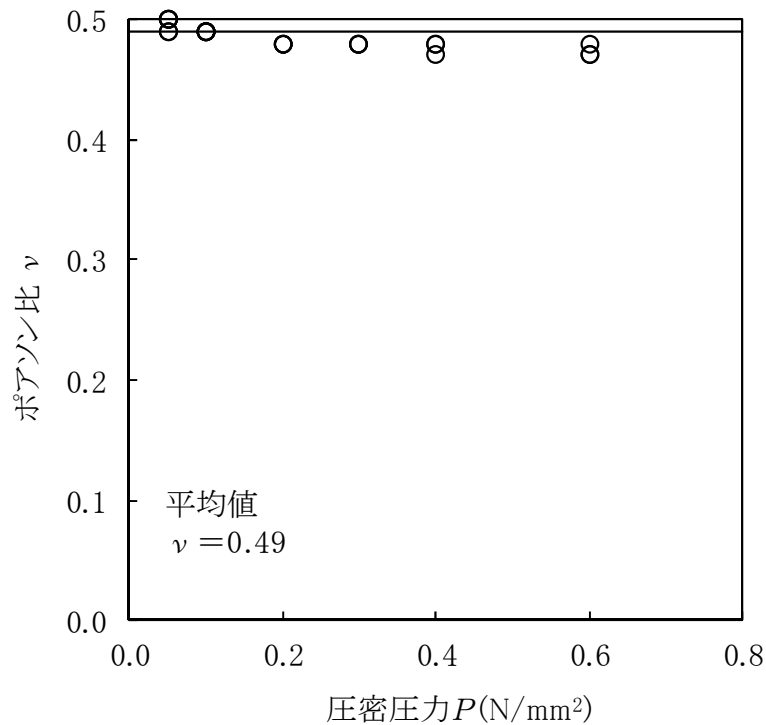
以上の結果を用いて解析用物性値として適用するが、飽和した堆積性軟岩を対象とした三軸圧縮試験（CUU条件）では、せん断抵抗角 ϕ はほぼゼロであることから、拘束圧 σ_3 が有効土被り圧 σ_v' 相当の試験結果（つまりCU条件）からピーク強度を設定している。



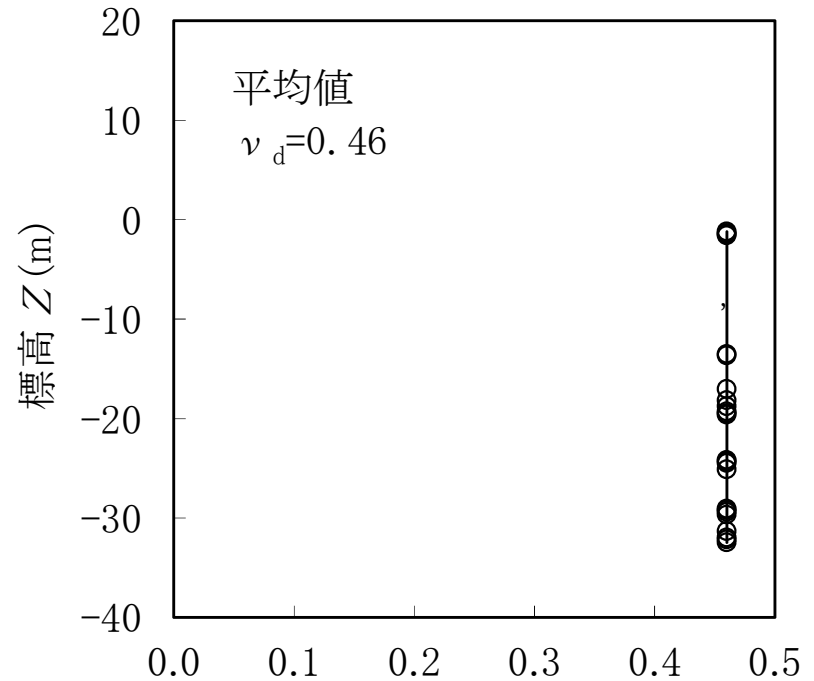
荒浜側 灰爪層のポアソン比について

- 灰爪層のポアソン比は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。
- 灰爪層の動ポアソン比 ν_d は、PS検層によるS波速度 V_s 、P波速度 V_p に基づき式(1)により設定した。

$$\nu_d = 1/2 \cdot \{(V_p/V_s)^2 - 2\} / \{(V_p/V_s)^2 - 1\} \quad \dots (1)$$



灰爪層のポアソン比

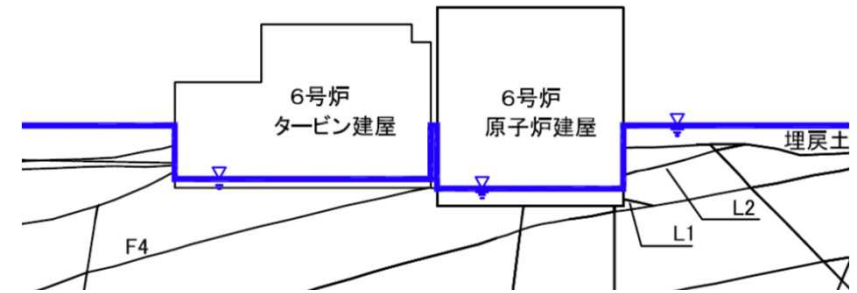


灰爪層の動ポアソン比

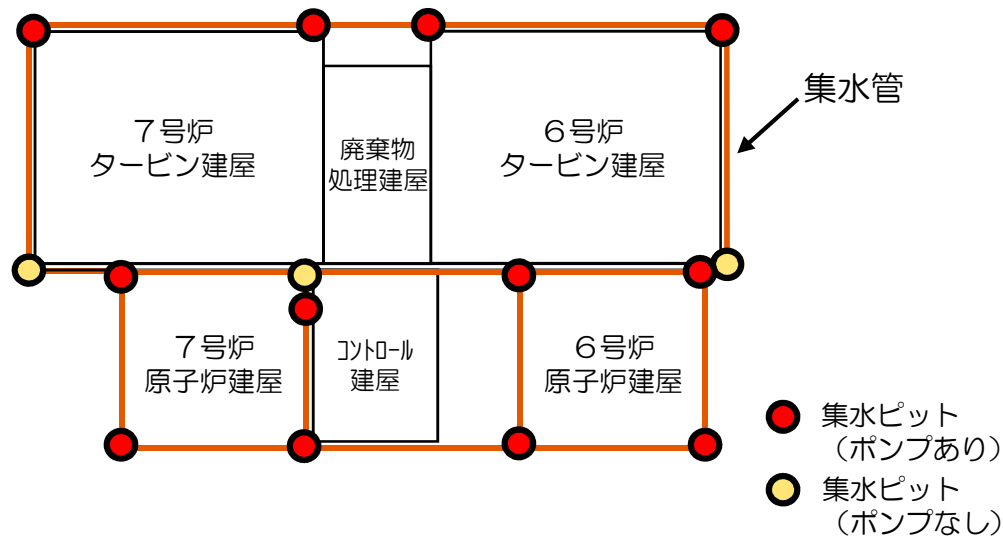
No.	H28.3.4 第336回審査会合 コメント	回 答
4	地下水位の設定について、実際の地下水位との違いを示すこと。	建屋部の地下水位低下方法について確認し、解析における地下水位の設定が保守的な設定であることを確認した。

4. 建屋部の地下水位設定について

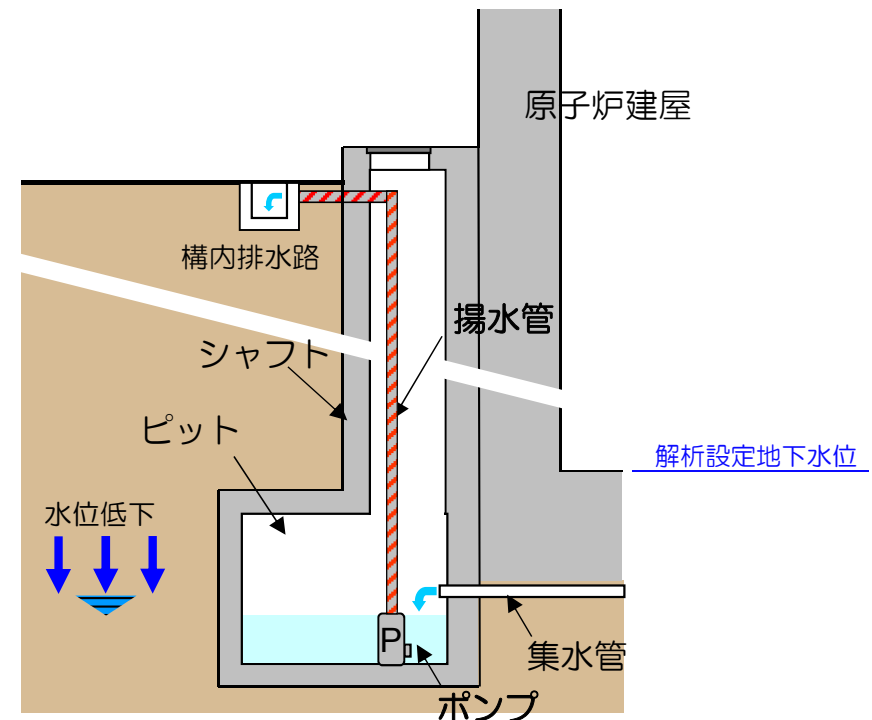
- 建屋部は、建屋底版の下部に集水管を設置して地下水位を低下させている。
- 集水した地下水は集水ピットに貯留され、ポンプにより排水することで集水管より低い水位で管理されている。
- 上記より、解析における建屋底版上端の地下水位設定は保守的な設定であるといえる。



解析における地下水位設定(6号炉の例)



集水管, 集水ピット配置図(6, 7号炉の例)



集水ピット構造図