

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会 委員コメント一覧

目次（項目）

3	自然現象に対する考慮（火山）	1 頁
6	自然現象に対する考慮（その他）	2 頁
8	耐震性能	3 頁
11	全般	7 頁

項目 3: 自然現象に対する考慮(火山)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
3-15	降下火砕物による堆積荷重について、湿潤状態の荷重はどのような根拠で設定したのか。	四電	降下火砕物に雨水等の水分が含まれた状態を考慮し、施設にかかる積載荷重を最大2, 205N / m ² と設定しており、設定した積載荷重に対し、施設の安全性に影響を及ぼさないことを確認している。	H27 4/21	奈良 林

項目 6: 自然現象に対する考慮(その他)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
6-5	あらゆる自然災害についてよく検討する必要があるが、台風についてはどのように考えているのか。台風については、新規制基準で規定されていないのか。	四電	新規制基準においては、風による影響を設計上考慮している。竜巻による風速 100m/s の風に対して、風荷重や気圧差による荷重といったものを考慮しても設備の健全性が維持されることを確認しており、大型台風による風もこの設計の中で考慮できていると考えている。	H27 4/21	奈良 林
				H27 4/21	森

項目 8:耐震性能

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
8-91	<p>斜面は切り取った時が一番変形が大きくなるので、その際の解析を地震力や豪雨の情報もあわせて整理し、資料として残して欲しい。</p>	四電	<p>安定性評価における背後斜面を切り取った際の応力状態等を資料として整理する。 (別紙参照)</p>	H27 3/26	岸田
8-100	<p>斜面のすべり安全率の評価基準値を1.2に設定しているが、安全目標の観点からこの数値はどのレベルと言えるのか。確率的にどの程度に相当するかは重要なので数値があるのであれば資料に残して欲しい。</p>	四電	<p>電力中央研究所の報告書において、すべり安全率が1.5(基礎地盤)または1.2(周辺斜面)となる地盤が、実際に破壊に至る(すべり安全率が1.0を下回る)年破壊確率は、$10^{-10} \sim 10^{-5}$程度と推計されている。 (別紙参照)</p>	H27 3/26	森

8-102	<p>平板載荷試験では、強度ではなく変形を議論するものであるが、審査ガイドでは、変形を表すことで強度のことを議論していいようになっているのか。重要施設の基礎地盤の安定性について、支持力の確認は極限支持力ではなく、許容支持力で行うべき。</p>	国	<p>審査ガイドでは、変形を表すことで強度のことを議論することにはなっていません。審査ガイドでは、基礎地盤の安定性評価においては、建物及び構築物が設置される地盤について、①基礎地盤のすべり、②基礎の支持力及び③基礎底面の傾斜の観点から照査されていることを確認するとされております。</p> <p>このうち①基礎地盤のすべりについて、審査ガイドでは「動的解析の結果に基づき、基礎地盤の内部及び基礎底面を通るすべり面が仮定され、そのすべり安全率によって総合的に判断されていること」また、「動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.5以上であること」とされております。</p> <p>これに対して事業者は、岩盤せん断試験や室内試験で得られたせん断強度に対してすべり面の安全率が1.5以上であることを確認したとしています。</p> <p>また、②基礎の支持力について、審査ガイドでは、「原位置試験の結果等に基づいて設定されていることを確認する。」とされております。</p> <p>これに対して事業者は、平板載荷試験の最大載荷時において岩盤が弾性範囲にあることから最大載荷重を評価基準値とし、②の基礎の支持力については、「地震時の最大接地圧が基礎地盤の評価基準値を下回る」ことを判断基準として、その確認を行ったとしています。</p>	H27 3/26	岸田
			H27 4/21		
8-102		四電	<p>審査ガイドに従い、原位置試験の結果に基づき、基礎の支持力に対する評価基準値を設定している。</p> <p>支持力の確認においては、原位置試験(平板載荷試験)により、岩盤が弾性的挙動を示す範囲であることを確認した値を評価基準値(許容支持力)として設定し、地震時に施設基礎底面の地盤に伝わる最大接地圧が評価基準値以下であることを確認している。</p>	H27 3/26	岸田
			H27 4/21		
8-103	<p>敷地内岩盤の性状で液状化は起きないとの説明だが、地下水位も含めて整理して欲しい。</p>	四電	<p>耐震重要施設等は切土により造成されており、表土や崖錐堆積物は存在せず、風化を受けていない新鮮・堅硬な岩盤で構成され、切土後はアスファルトやコンクリート構造物、排水設備等を設けており、降水の岩盤内部への浸透は抑制されている。</p> <p>なお、3号建設時、周辺斜面に地下水排水トンネル及びこれに通じる地下水排水ボーリングを設置しているが、地下水排水トンネル坑口からの湧水量は極めて少なく、かつ地下水排水トンネル内は一部に滲み出し・適水程度が認められる以外はほぼ乾燥状態にあり、降雨時においても湧水はほとんど認められないことを確認している。</p> <p>(別紙参照)</p>	H27 3/26	岸田

8-104	引張が発生している主要な部分の応力状態を時刻歴で示して欲しい。また、表面保護や押さえ効果で破壊に達していないと思うがそうした評価を整理して資料として残して欲しい。	四電	基礎地盤及び周辺斜面に関して、引張応力が発生している主要な部分の応力図(時刻断面)を別紙に示す。 周辺斜面の耐震安定性解析条件としては、表面保護工やアンカー等の対策工を考慮することなく、所要の安全率を確保している。 しかし、現状としては、表面保護として擁壁、法枠等が施工されており、雨水等の浸透防止、表面の剥落防止となっているとともに、定期巡視(1回/6か月)及び定期点検(1回/年)において定期的な目視点検、変状調査を実施し、有意な変位・変状がないことを確認している。 また、解析上発生している斜面表層部の引張領域には、ロックアンカーを施工して、引張の発生を抑制しており、さらに緊張力アンカーについては、緊張力管理を実施し、継続的に安全性の確保を図っている。 (別紙参照)	H27 3/26	岸田
8-107	岩盤分類の表と詳細データ集の間を整理したものが欲しい。	四電	敷地内の岩盤をどう分類しているかについては、資料1-1の6頁に名称(CH,CM,CL,D級)と特徴を記載しているが、詳細な分類表を別紙に示す。 (別紙参照)	H27 3/26	奈良林
8-110	集中豪雨のときは地盤がやわらかくなるなど、すべりに対して自然災害をどう考慮しているか。	四電	基礎地盤・周辺斜面の評価条件としては、集中豪雨などの降雨を考慮しても地下水位が低いことを確認しているが、安全側の解析となるよう地下水位を岩盤上部に設定して評価している。 (別紙参照)	H27 3/26	奈良林
8-111	地盤や周辺斜面の安定性評価において、どのようなデータや文献を用いたのかは資料に整理しておいて欲しい。	四電	安定性評価に用いた各種データや文献等について整理を進め、評価条件(根拠)が不明確にならないよう留意する。 (別紙参照)	H27 3/26	岸田

8-115	1999年の台湾地震では、最大変位量(Dmax)が二十数メートルとの知見も得られているようであるが、変位量のばらつきについてどのように考慮しているのか。	四電	断層全体を均質なモデルではなく、アスペリティをモデルに組み込んで他の領域と異なる設定をしている点で、ばらつきを考慮している。また、1999年の台湾地震ではアスペリティのごく一部で二十メートルを上回るすべり量が得られているが、アスペリティの平均すべり量としては7.2mである。敷地前面海域の断層群で設定した平均すべり量はそれ以上に設定していることから、ばらつきを考慮した安全側の評価になっていると考える。	H27 4/21	森
8-116	アスペリティ内のばらつきを考慮した場合とそうでない場合について、評価結果と観測結果との比較などで検証しているのか。	四電	地震学会などの研究動向を見ると、スーパーアスペリティ(一般に仮定されるアスペリティよりもサイズが小さく、アスペリティ内部の不均質を表現するもの)を考慮した評価をしている事例もあるが、アスペリティ全体がもつエネルギーが大きく変わることはないため、評価点がスーパーアスペリティの極近傍にある場合を除き、その影響が大きく出ることはないと考えている。敷地前面海域の断層群による地震の評価においては、そのような検討はしていないが、平成19年の新潟県中越沖地震における応力降下量等、様々な不確かさを考慮しており、全体としてばらつきを考慮した安全側の評価になっていると考える。	H27 4/21	森
8-117	壇他のスケーリング則による評価結果と長大断層の観測記録との比較において、鉛直方向では、施設にとって重要な短周期側で、評価結果を上回る観測記録が見られるが、どのように考えているのか。	四電	大きい観測記録が得られているのはひとつだけであり、この地点の地盤条件がはっきりしていないが、おそらく伊方発電所の地盤よりもやわらかいのではないかと推測している。また、観測記録は逆断層の上盤側で得られたものであることもあり、地震動が大きくなっているのではないかと考えている。 伊方発電所周辺で想定される地震のタイプは横ずれ断層であり、さらに地盤条件も異なることから、伊方発電所で考慮が必要な知見ではないと考える。	H27 4/21	森
8-118	例えばコジャエリ地震について、モデルの開発者本人(壇他)は評価結果と観測結果とを比較・検証していないのか。	四電	壇他では、コジャエリ地震ではないが、鳥取県西部地震(比較的短い断層として50km)と、デナリ地震(比較的長い断層として400km)について検証されており、いずれも評価結果と観測結果は整合的であることが確認されている。	H27 4/21	森

項目 11:全般

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
11-65	炉心の冷却手段として用いている設備や、使用済燃料ピットへの給水手段等について、多様性の確保等により安全性を高めていることを、もっと一般の方々にわかりやすく説明したほうがよい。	四電	炉心の冷却手段の一つである蒸気発生器への給水手段として、電動補助給水ポンプ、タービン動補助給水ポンプに加え、自主設置として蒸気発生器代替注水ポンプも設置している。津波に対しては水密扉を設置し、竜巻に対しては防護壁を設置するなど、自然災害に対しても安全系設備の健全性が維持できるように設計している。使用済燃料ピットについては、ピット自体および燃料取替用水タンクからピットへの給水ラインは耐震Sクラスであり、更にポンプ車等を用いた別の給水手段も確保している。 今後とも、地域の方々に当社が取り組んでいる安全対策をよりわかりやすく説明するよう努めていく。	H27 4/21	奈良 林
11-66	新しい緊急時対策所は1号に近いが、3号機の申請において、1, 2号機は運転している前提か否か。	四電	伊方3号機の申請時点においては、3号機は運転しており、1, 2号機は運転していない条件としている。その条件で、3号機に重大事故が発生した場合でも、緊急時対策所(EL.32m)における対策要員の被ばく量は、評価基準値である一週間で約 100mSv を超えないことを確認している。運転していない1, 2号機の燃料は、使用済燃料ピットに保管しているが、仮に使用済燃料ピット内の冷却水がなくなった場合でも、被ばく量は今回の評価に影響を及ぼさないことを確認していることから、同時被災時にも緊急時対策所(EL.32m)における対応が可能であると考えている。	H27 4/21	森
11-67	同時被災というのは、1, 2号機が運転していて重大事故が起きたという意味なのか。そうではなく、3号機を運転していて重大事故が起きて、そこから更に影響を受けるということか。	四電	3号は運転しており、1, 2号は運転していないという前提での評価となっているが、3号機に重大事故が発生した時に、仮に何らかの原因で1, 2号機の使用済燃料ピット内の冷却水がなくなった場合でも、被ばく量は今回の評価に影響を及ぼさないことを確認していることから、緊急時対策所(EL.32m)における対応が可能であると考えている。	H27 4/21	森

11-68	水密扉等、当初申請時に自主設置扱いであったが、補正時には許認可対象になっているものについては、国の規定のなかで検査されるものなのか。今後どのような検査を受けるのか。	四電	当初より、安全性をより向上させるといった観点で自主設置していた、例えば水密扉については、審査時のコメント等を踏まえ、基準津波高さが上昇したこともあり、許認可対象となった。許認可対象となった設備は今後国の審査を経て、最終的には使用前検査を受けることとなる。使用前検査後も、定期的に検査を実施し、国の確認を受けることとなると考えている。	H27 4/21	吉川
11-69	自主設置設備の検査の在り方についてはどう考えているのか。更なる安全性の確保の観点からも、点検をしっかりとってほしい。	四電	自主設置設備についても、保全の内容や頻度について社内規定に定め、定期的に点検を実施することにより、設備の健全性を確保する。	H27 4/21	吉川
				H27 4/21	望月
11-70	屋外の空調設備、加圧設備の準備作業を2人で実施するのは非常に重労働であるという印象を受けたが、厳しい環境条件下においても現状の体制で問題ないか。	四電	空調設備・加圧設備については、作業範囲を限定できるよう恒設化を進めた設計をしており、作業内容についても特に重労働ではない。また、作業は所定の時間内に十分な余裕をもって完了していることから、厳しい環境下でも現状の体制で問題はないと考えている。	H27 4/22	渡邊
				H27 4/22	岸田
11-71	屋外設備の準備作業において、時間内には完了していたが、接続箇所について漏れがないことをチェックしている様子が見られなかった。実際の手順として漏れがないかどうかの確認はしないのか。漏れがあった場合はどのような	四電	フランジ接続部等については、空気浄化ファン起動後に漏れがないことを外観点検により確認していたが、点検漏れがないよう、作業手順書に明記し、確実にチェックする。また、漏れがあった場合はフランジ接続部の増し締めを行う。 なお、ファン起動時は緊対所室内で給気風量および室内圧力(正圧)を監視し、空調機能が正常であることを確認している。	H27 4/22	渡邊

	な作業となるのか。				
11-72	可搬型エリアモニタの設置場所に対して、新基準上の要求はあるのか。設置時間の観点からは、屋外保管が有利であると考えるが、屋内に保管している理由は何か。	四電	可搬型モニタは、新規基準の要求上、重大事故等において構造物の倒壊や溢水などの波及的影響を受けない屋内保管をする必要がある。 このため、緊急時対策所(EL.32m)に保管することとした。	H27 4/22	吉川
11-73	可搬型エリアモニタについては、容易に運搬できるよう、改善すればいいのではないか。	四電	可搬型モニタについて、今回の訓練では運搬の距離が近いいため、支柱に計測部、制御部を取り付けた状態で運搬したが、計測部、制御部は簡易に取り外すことができる構造となっており、分割してより容易に運搬することもできる。	H27 4/22	吉川
11-74	緊急時対策所用発電機の接続作業について、3相間の抵抗を確認した後、スイッチを「ON」していたが、もし抵抗が規定値外であった場合にはどうするのか、といった臨機応変の対応はどのように	四電	ご指摘を踏まえ、トラブルシューティングも考慮した訓練の実施について検討する。	H27 4/22	吉川

	考慮しているか。				
11-75	各班からの口頭報告等の情報を正確に記録するため、ボイスレコーダーやデジタルカメラを準備しておく活用すべきではないか。	四電	社内TV会議システム接続後に録音・録画可能のため、今後活用することとする。 なお、デジタルカメラについては従来より活用している。	H27 4/22	森
11-76	停電時においても、確実な指示、報告ができるよう、電池式の拡声器を準備しておくべきではないか。	四電	電池式拡声器および電池式マイクセットを配備する。	H27 4/22	森
11-77	指示、報告箇所が明確になるよう、例えば「運転班より報告します」とか、冒頭に発信箇所を付けたほうがよいのではないか。	四電	報告箇所を明確にするよう、今後の訓練において周知・徹底する。	H27 4/22	森

11-78	電源復旧前、室内が暗い状況において、ヘッドライトを用いて文書の確認等を行っていたが、一定の明るさの中で作業が実施できるよう、乾電池式等の照明器具を拡充すべきではないか。	四電	電池式の照明器具(ランタン等)を配備する。	H27 4/22	森
				H27 4/22	奈良林
11-79	テレビカメラの映像が遮断されることのないよう、カメラの設置をもう少し高い位置に移設してはどうか。	四電	運用上、許容できる範囲と考えているが、移設の可否を含めて検討を実施する。	H27 4/22	森
11-80	電源復旧までパソコンによる情報収集ができていなかったが、初動から情報収集ができるよう、通信・電源関係について改善すべきではないか。	四電	初動における情報(プラントデータ)の収集は、運転班が安全パラメータ表示システム(SPDS)等により確認・収集し、適宜本部内に報告できる体制となっている。 なお、電池式の照明器具を配備することにより、電源復旧までの情報収集に支障を来さない環境を整備する。	H27 4/22	奈良林
11-81	本日は天候に恵まれたが、実際はもっと条件が悪いことも考えられるため、厳しい環境条件下での訓練を計画し、継続的に実施していくべきではないか。	四電	今後の訓練において厳しい環境条件を検討・計画するとともに、継続的に実施する。	H27 4/22	岸田

11-82	準備作業に必要な工具類を収納している倉庫については、地震等の影響により扉が開かない可能性もあることから、要員が移動する際、バール等の工具を携帯するとか、最悪の状況を想定した準備を行っておくべきではないか。	四電	ご指摘を踏まえ、現場に配備しているコンテナ扉への対応として、事務所等にバール等の工具を確保することについて検討する。	H27 4/22	岸田
11-83	旧原子力安全委員会が策定した「安全審査指針」のうち、原子炉立地審査指針については、現在、どのような取扱いとなっているのか。新規制基準への取り込みや見直し、廃止等はされているのか。新規制基準への取り込みや廃止がされているのであれば、既設の発電所に対する考え方はどのようになっているのか。	国	東京電力福島第一原子力発電所事故において、従来の立地審査指針で想定していた事故の規模を上回る事故が発生したことを踏まえ、放射性物質の異常な水準の放出を防止するという観点から、重大事故等対策の有効性を確認することとしたところであり、現行の審査基準においては、当該指針をその中に位置づけてはいない。	H27 7/1	吉川

※安全目標に関する質問については、『原子力安全専門部会として国に確認すべき事項』の確認項目とし、国に対して説明を求めることとする。

別紙

**伊方発電所 3号機
原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の
安定性評価について
コメント回答**

**平成27年7月22日
四国電力株式会社**

コメント概要

平成27年3月26日

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

8-91

斜面は切り取った時が一番変形が大きくなるので、その際の解析を地震力や豪雨の情報もあわせて整理し、資料として残して欲しい。

8-103

敷地内岩盤の性状で液状化は起きないとの説明だが、地下水位も含めて整理して欲しい。

8-110

集中豪雨のときは地盤がやわらかくなるなど、すべりに対して自然災害をどう考慮しているか。

回答方針

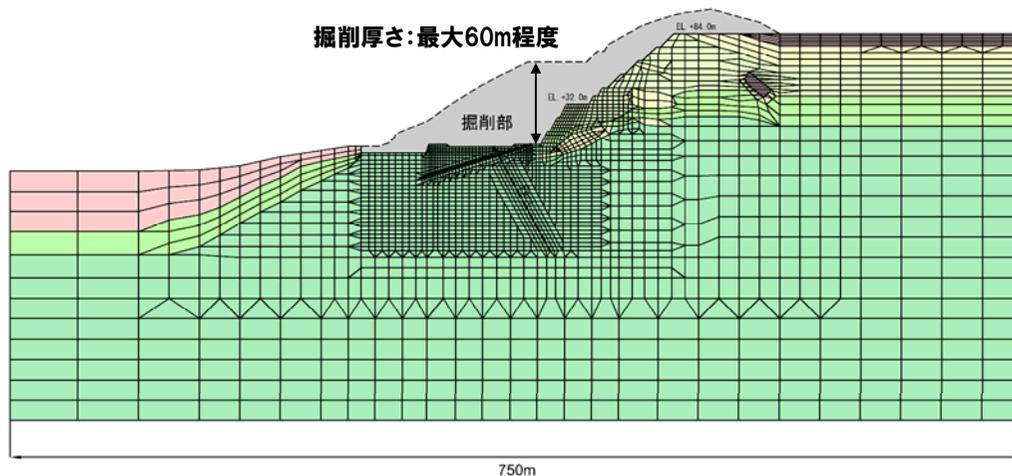
○まず、安定性評価における背後斜面を切り取った際の応力状態等を整理し(1.)、次に、関連する地下水位の情報について整理する(2.)。

1. 常時解析における掘削STEP時の応力状態と考察

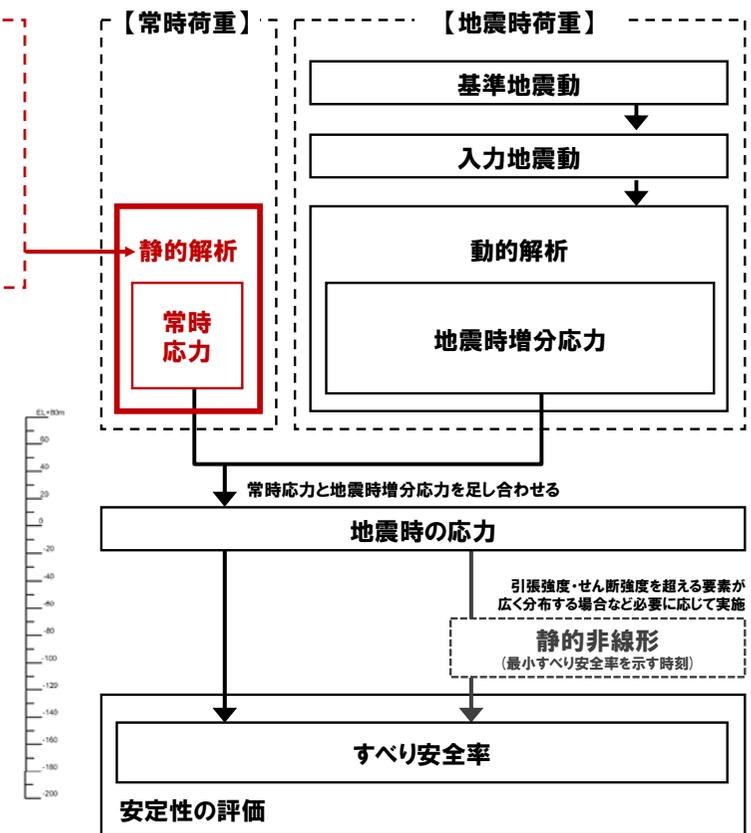
2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

1. 常時解析における掘削STEP時の応力状態と考察

- (1) 地震時の応力は、常時応力と地震時増分応力の和で表される。
 - (2) 常時応力を算出するための静的解析は、①自重STEP → ②掘削STEP → ③構築STEPに大別される。
 - (3) 地盤の安定性評価は、発電所が供用されている状態（すなわち原子炉建屋等が構築された後の応力状態）を想定して行うものであり、むしろ常時応力は③構築STEPの応力を参照する。
 - (4) したがって、斜面が切り取られた直後の応力状態（②掘削STEP）での安定性評価は実施していないが、次頁に示すとおり、②掘削STEPにおいても特異な変形や応力集中は認められず、局所安全係数についても顕著な引張等は発生していないことがわかる。
- なお、

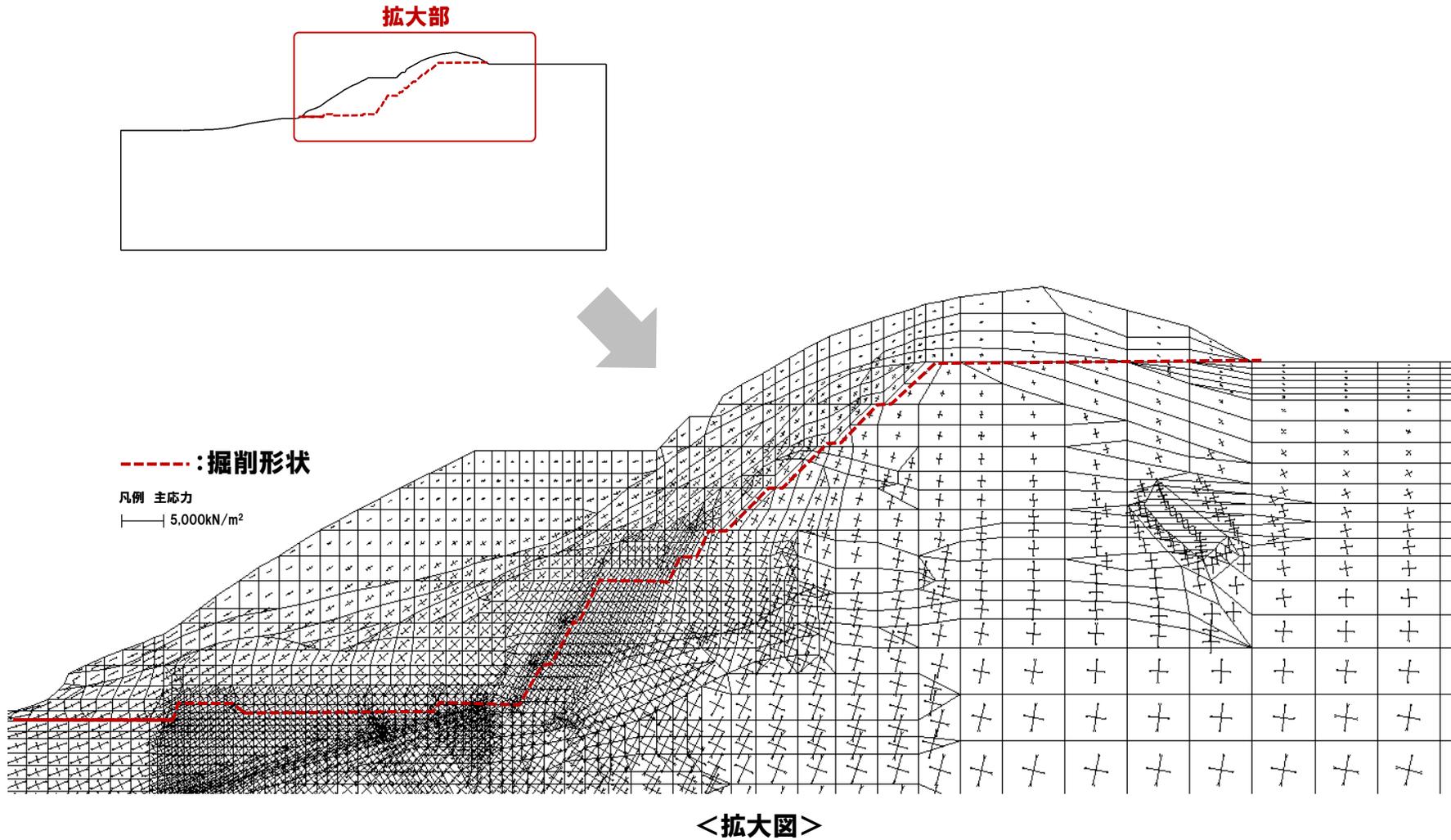


【安定性評価の全体フロー】



1. 常時解析における掘削STEP時の応力状態と考察

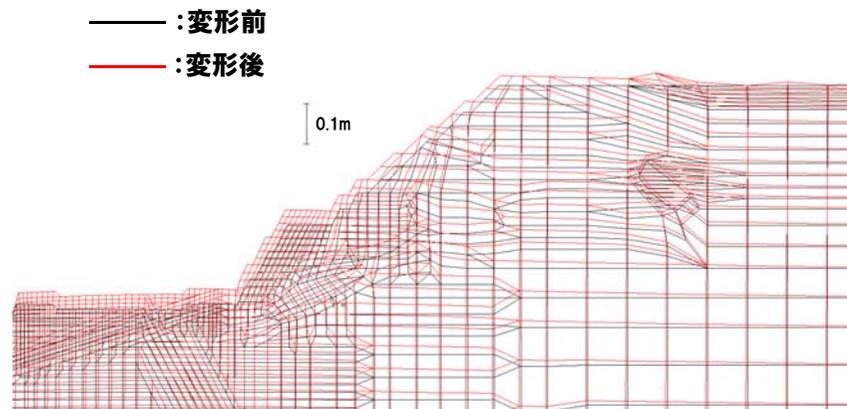
①自重STEP時の応力状態【主応力ベクトル図】



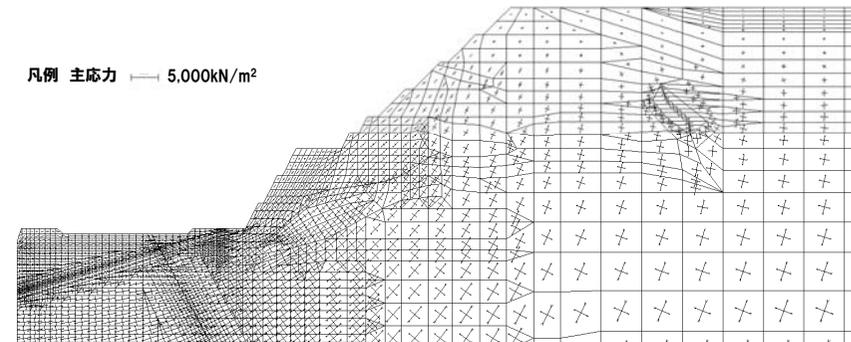
1. 常時解析における掘削STEP時の応力状態と考察

② 掘削STEP時の応力状態【変形図，主応力ベクトル図，局所安全係数図】

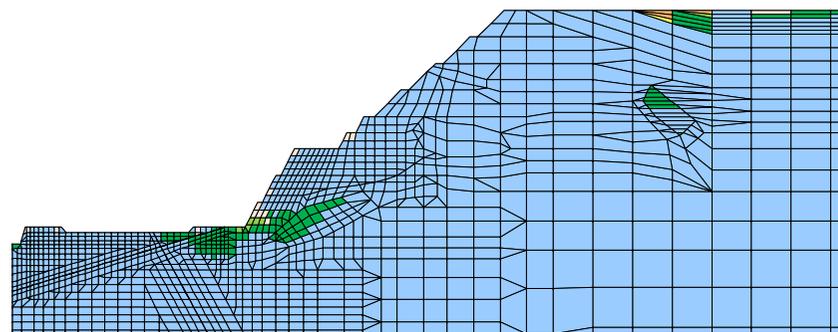
- 特異な変形や応力状態は見られない。
- 要素の局所安全係数についても問題はない。
- 斜面表層付近で引張応力が発生しているが、ごく一部の領域であり、問題はない。



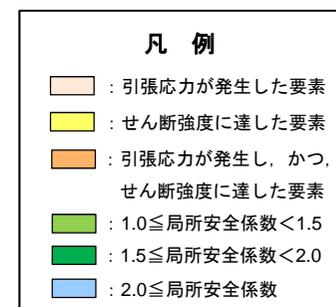
変形図



主応力ベクトル図



局所安全係数図





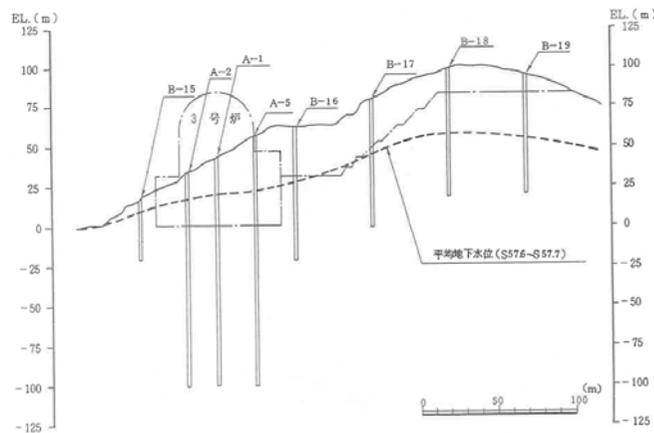
余 白



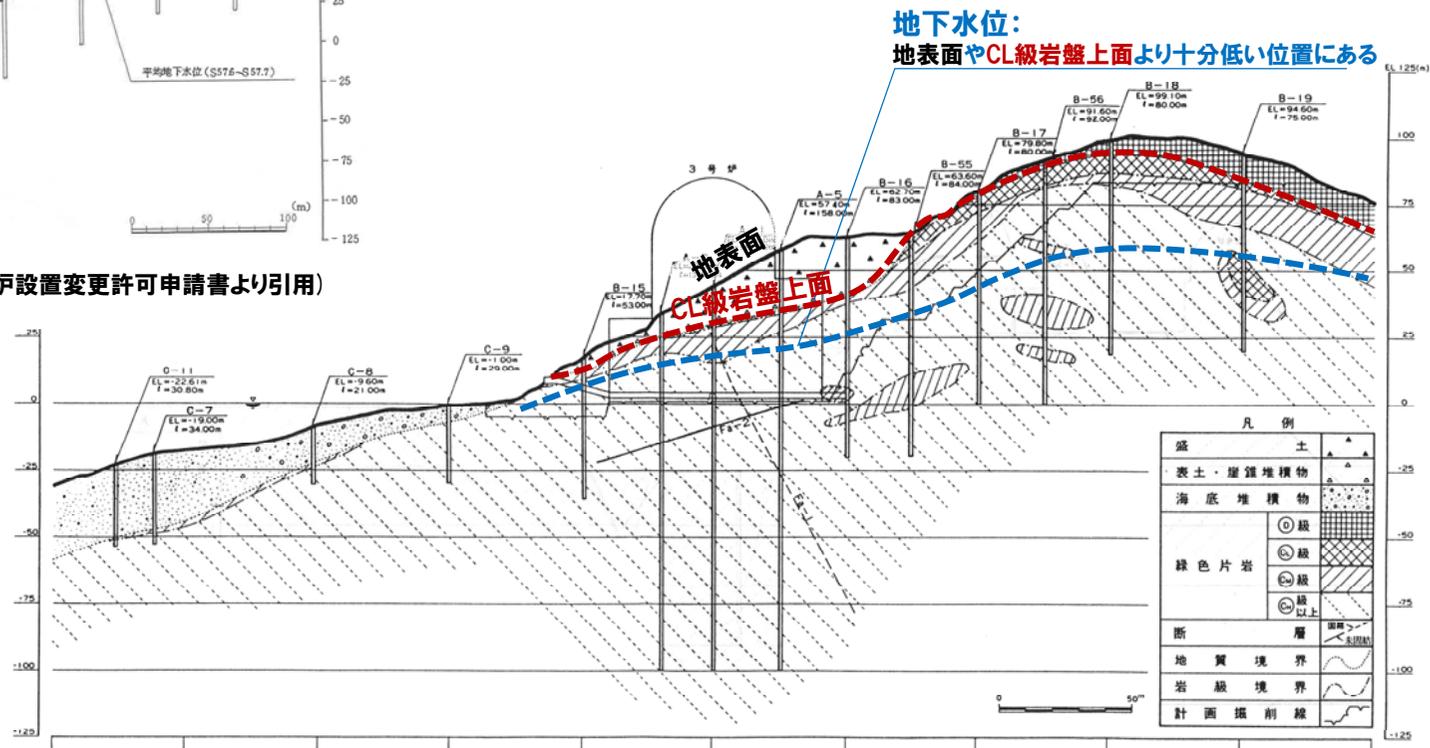
2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

○続いて、地下水位と斜面安定の関係性について、情報を整理する。

- (1) まず、建設前（掘削前の地山状態）においては、Bor孔を利用して地下水位を測定しており、地下水位は地表面やCL級岩盤上面より十分下方に位置していることを確認している。
- (2) しかし、常時解析①自重解析を行うにあたっては、調査結果より十分上方のCL級岩盤上面に地下水位を設定している。



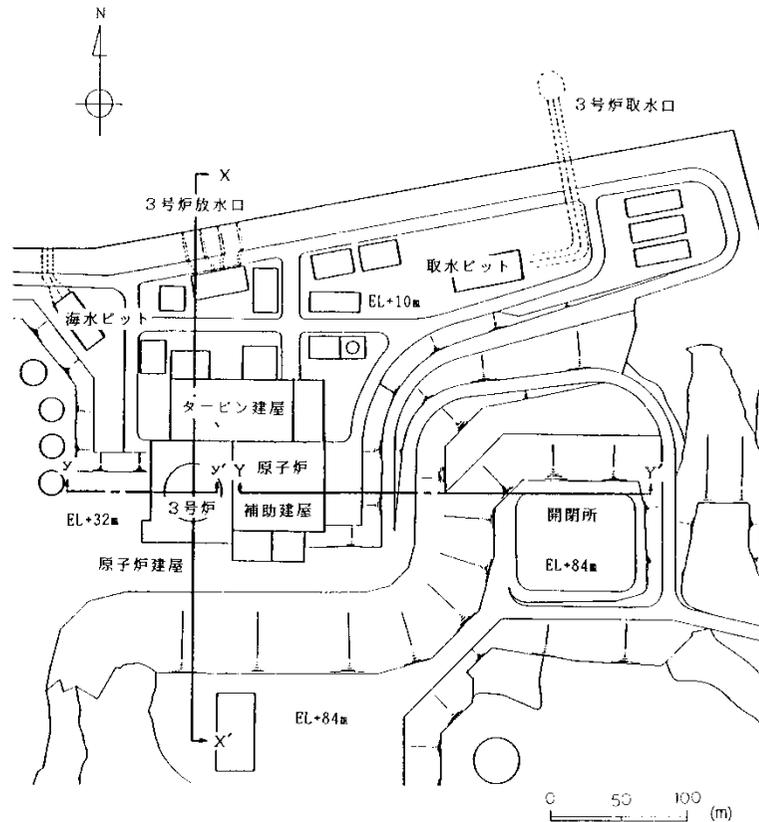
地下水位調査結果 (3号炉設置変更許可申請書より引用)



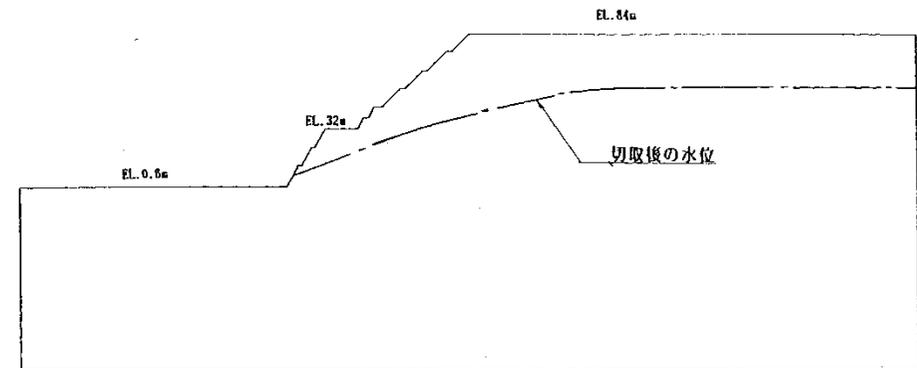
地質鉛直断面図 (3号炉設置変更許可申請書より引用・加筆)

2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

(3) 次に、斜面掘削後の形状に対しては、浸透流解析を実施し、下図のとおり地下水位線を想定している。



敷地レイアウト及び解析断面位置図



斜面掘削後の地下水位 (X-X' 断面)

2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

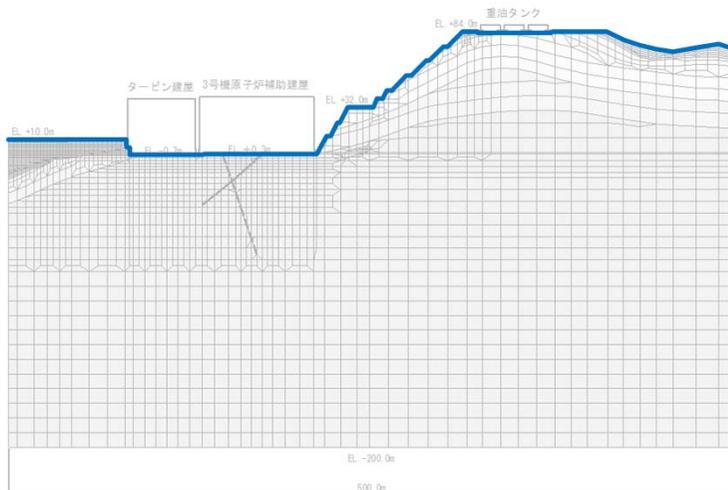
(4)しかし、解析（常時解析の②掘削STEP以降～動的解析）を行うにあたっては、安全側に以下のとおり地下水位を地表面またはCL級岩盤上面に設定することとしている。

対象箇所	設定地下水位位置
斜面部	CL級岩盤上面
建屋部	基礎底面
その他	地表面

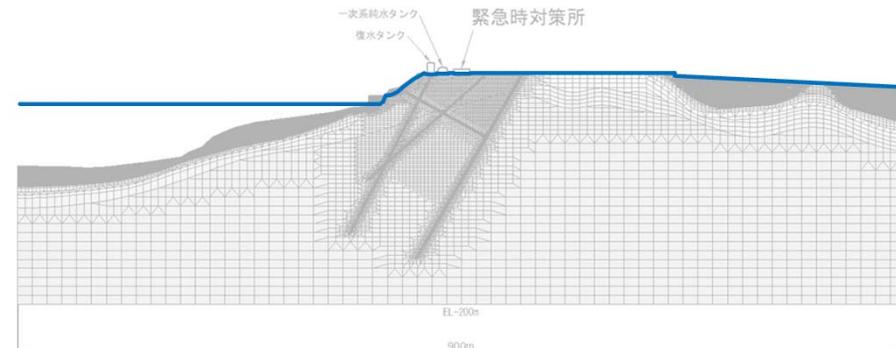
※ 3号炉建設時における地下水位調査結果より、地下水位はCL級岩盤上端より深い位置にあることを確認しており、地下水位はCL級岩盤上端に設定。



X-X' 断面（原子炉建屋基礎地盤・周辺斜面）



D-D' 断面（重油タンク基礎地盤）

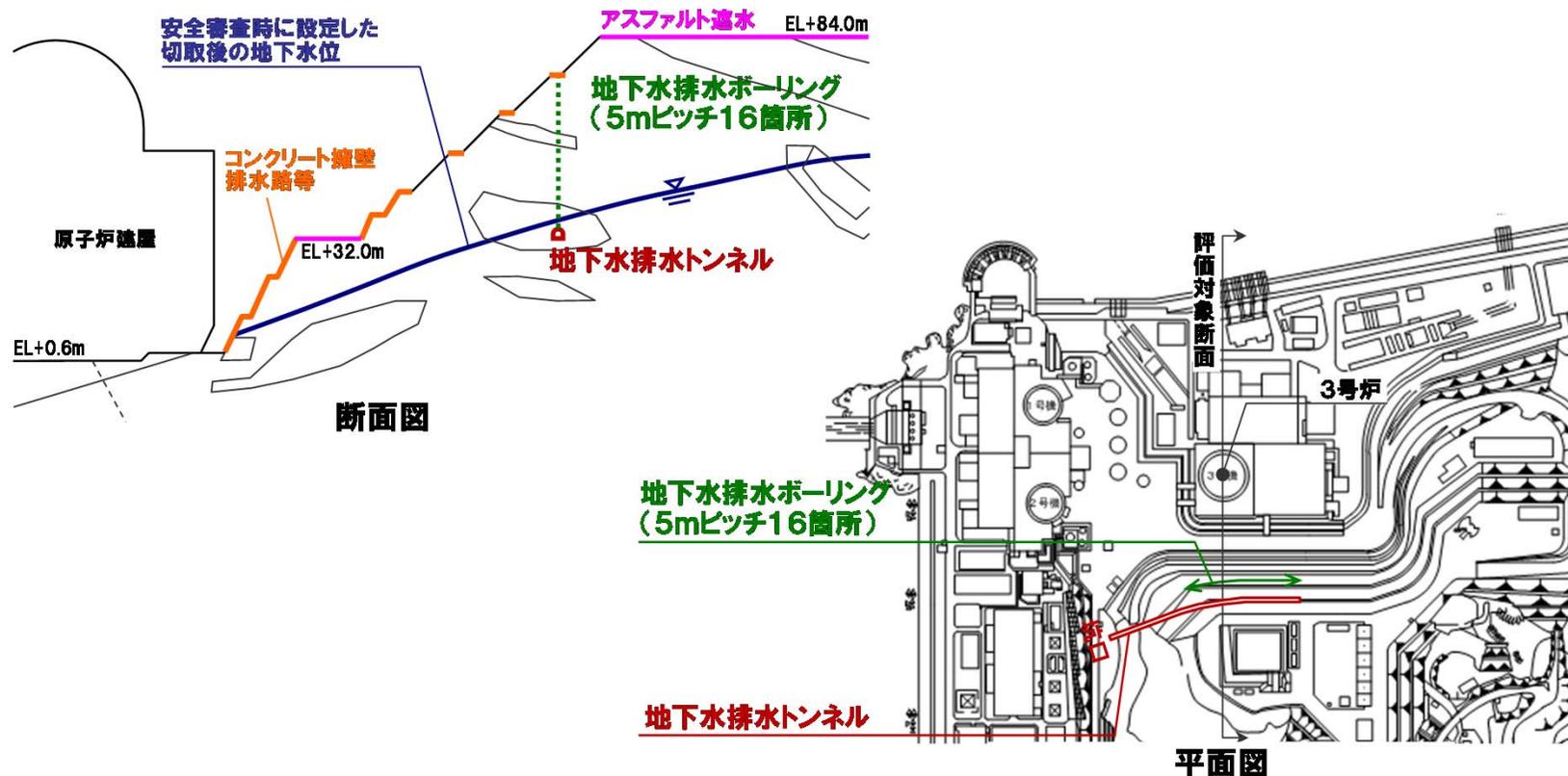


A-A' 断面（緊急時対策所基礎地盤）

2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

(5) なお、(3)で想定した地下水位線の妥当性については、以下のとおり現地実証による確認ができています。

- 原子炉建屋背後斜面は切土により造成されており、表土や崖錐堆積物は存在せず、風化を受けていない新鮮・堅硬な岩盤で構成されている。
- また、切土後はアスファルト遮水やコンクリート擁壁、排水設備等を設けており、降水の斜面内部への浸透は抑制されている。
- また、3号炉増設時、当該斜面には地下水排水トンネル及びこれに通じる地下水排水ボーリングを設置している。現在、地下水排水トンネル坑口からの湧水量は極めて少なく、かつ地下水排水トンネル内は一部にしみ出し・適水程度が認められる以外はほぼ乾燥状態にあり、降雨時においても湧水はほとんど認められない。
- 以上より、斜面内の地下水位は少なくとも地下水排水トンネルより下方にあると考えられることから、安全審査時に設定した掘削後の地下水位線は十分安全側であると評価できる。



2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

(前頁の続き)

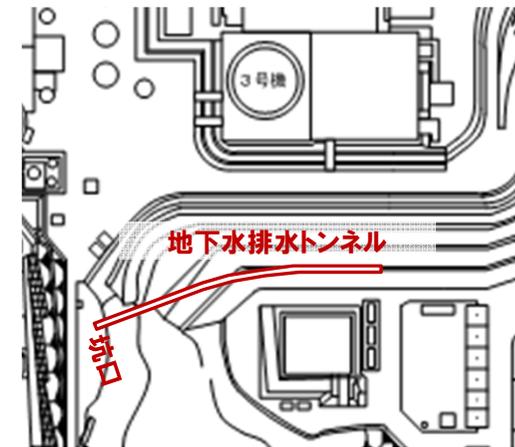
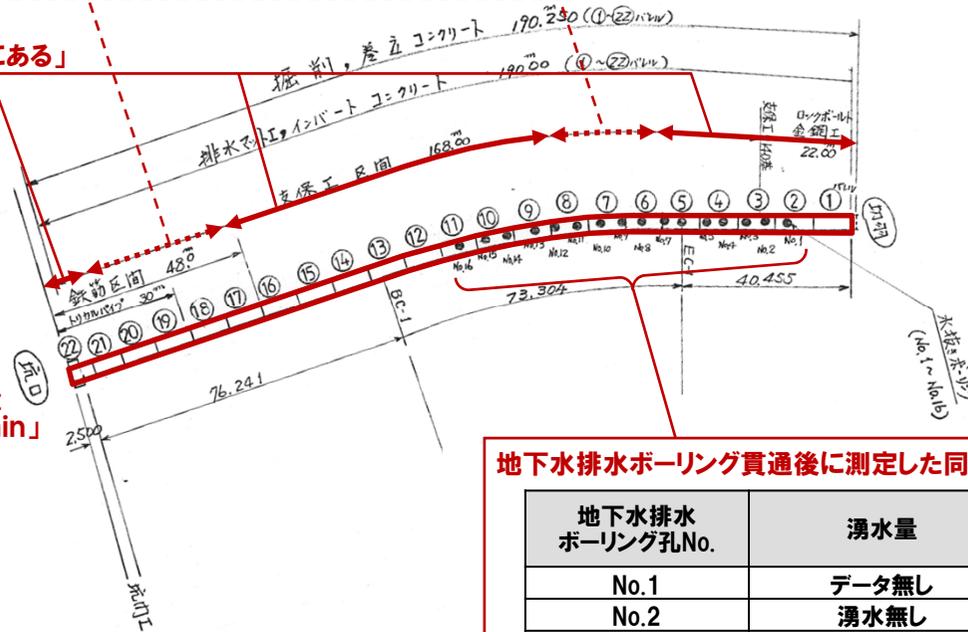
3号炉増設時工事資料より抜粋・加筆

○ 地下水排水トンネルの湧水状況調査結果によると、地下水排水トンネルは、ほぼ乾燥状態にある。

「滲み出し～適水程度の湧水が認められる」

「乾燥状態にある」

「恒常湧水量
1～10L/min」



地下水排水ボーリング貫通後に測定した同孔から地下水排水トンネルへの湧水量

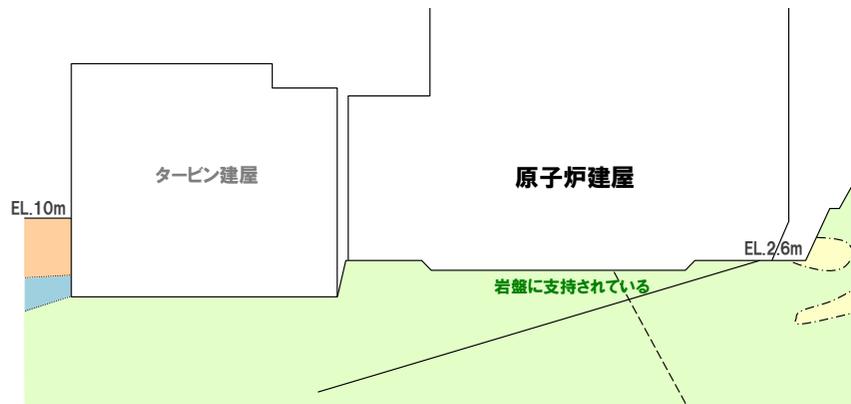
地下水排水ボーリング孔No.	湧水量	地下水排水ボーリング孔No.	湧水量
No.1	データ無し	No.9	500cc/min
No.2	湧水無し	No.10	にじむ程度
No.3	100cc/min	No.11	データ無し
No.4	150cc/min	No.12	データ無し
No.5	100cc/min以下	No.13	500cc/min
No.6	にじむ程度	No.14	700cc/min
No.7	湿る程度	No.15	湧水無し
No.8	100cc/min	No.16	100cc/min

測定期間：昭和63年8月9日～24日

2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

(6) 次に、液状化と地下水位との関係性については以下のとおりである。

- ・前提として、原子炉建屋等の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、新鮮かつ堅硬な岩盤（塩基性片岩）に支持されていることから、液状化しやすい砂質土を含め、粘性土、礫等の土質材料には支持されていない。
- ・したがって、液状化含め、不等沈下、揺すり込み沈下等の影響が生じることはないと評価できる。

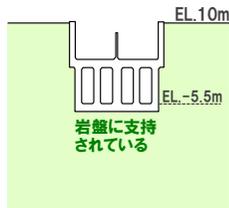


原子炉建屋の接地状況

海水取水路



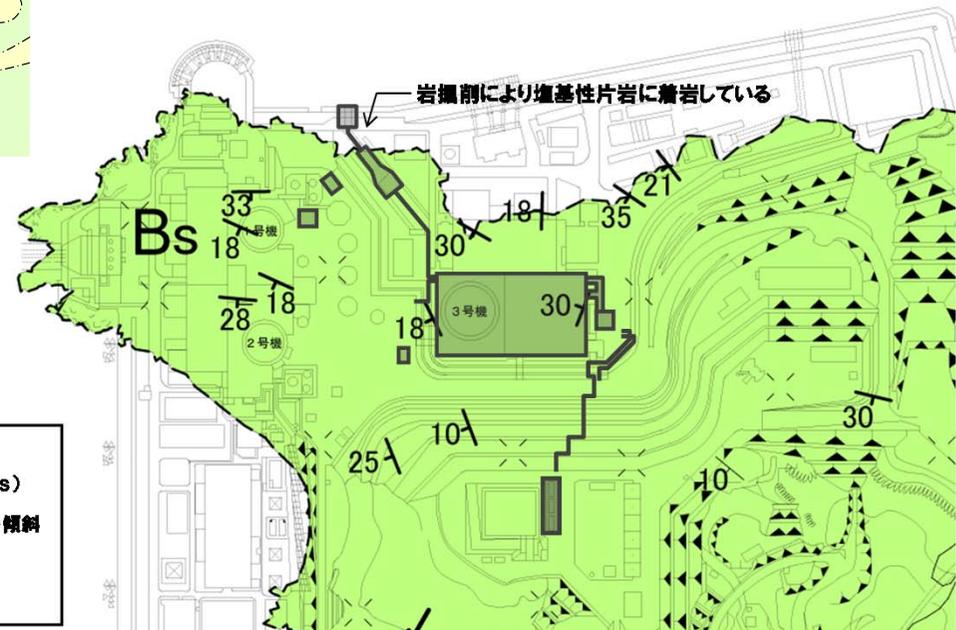
海水ピット



非常用取水設備の接地状況

凡例	
盛土	土
表土・産廃堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級
断層	軟弱帯
	軟弱帯
地質境界	
岩盤境界	

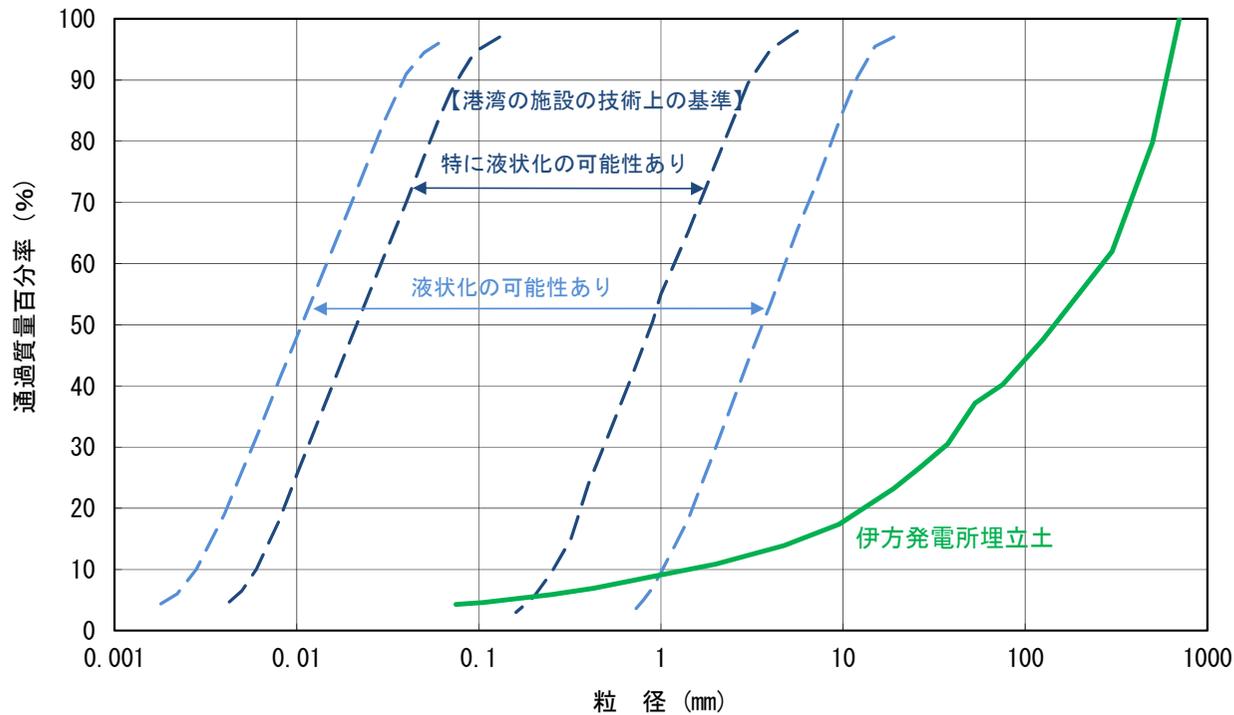
凡例	
	塩基性片岩(Bs)
	片理面の走向・傾斜
	地層境界
	向斜軸



2. 地下水位に関連する情報の整理とその考察

(7) また、原子炉建屋等の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設以外の施設の基礎地盤についても、堅硬な塩基性片岩の地山を切り取って埋め立てた岩石主体の地盤で構成されており、現場粒度試験の結果から岩石質材料（地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類方法（JGS0051）」）に分類される。

下図のとおり、伊方発電所の埋立土は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」に示されている液状化の可能性を規定している粒度分布から大きく外れており、液状化は生じないと判断される。



伊方発電所埋立土の粒度分布

コメント概要

平成27年3月26日

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

8-104

引張が発生している主要な部分の応力状態を時刻歴で示して欲しい。

また、表面保護や押さえ効果で破壊に達していないと思うがそうした評価を整理して資料として残して欲しい。

回答方針

○まず、引張が発生している主要な部分の応力状態を時刻歴で整理し(1.)、次に、表面保護や押さえ効果に関する情報について整理する(2.)。

1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

2. 表面保護や押さえ効果に関する整理

1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

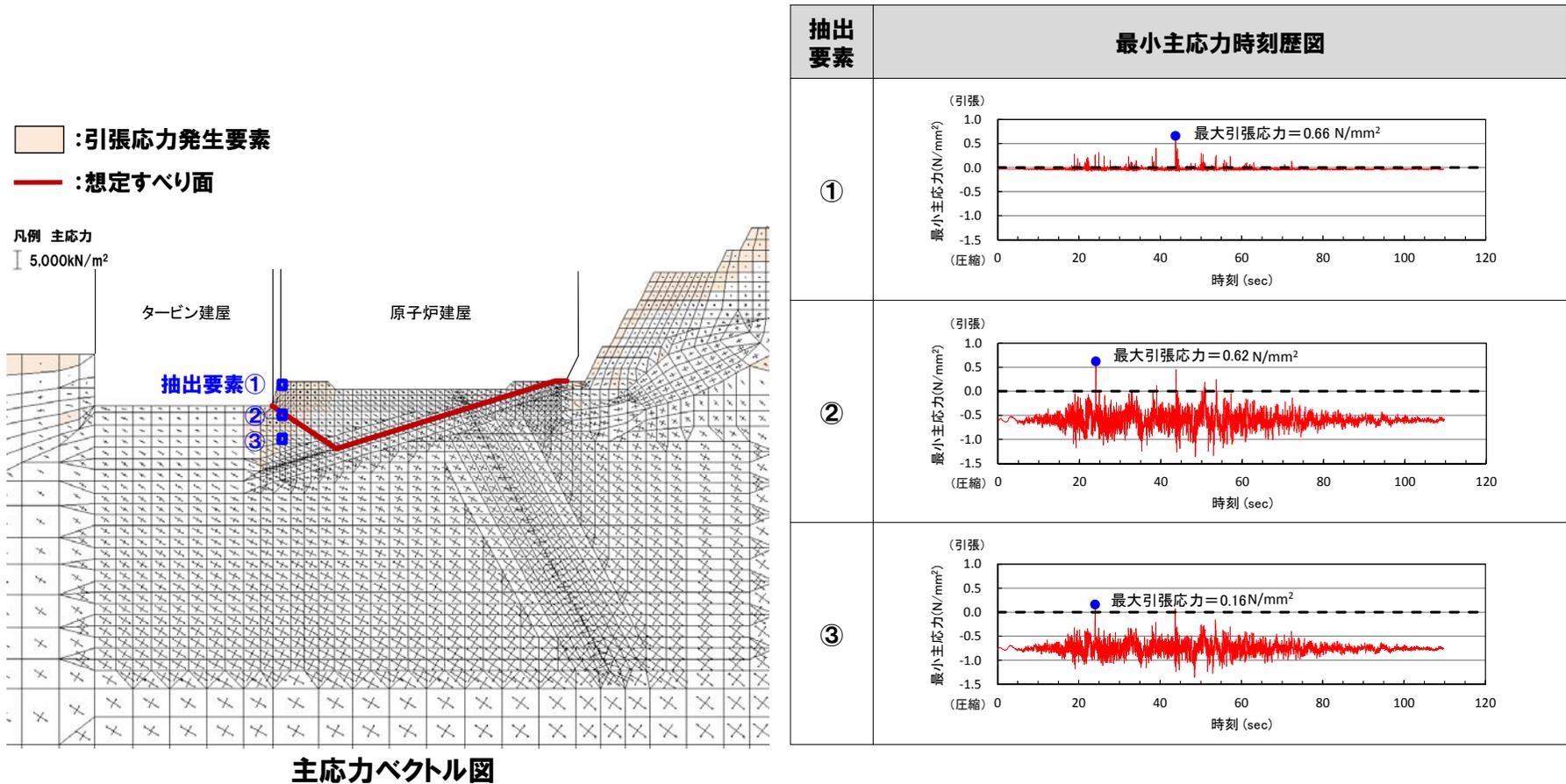
○引張が発生している要素に着目し、すべり安全率最小時刻における応力状態を次頁以降に示す。

	最小主応力時刻歴図	局所安全係数時刻歴図
基礎地盤	図-1	図-2
周辺斜面	図-3	図-4

1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

図-1 基礎地盤の最小主応力時刻歴図

○引張応力は、ごく短時間で発生しているため、地盤の安定性に問題はない。



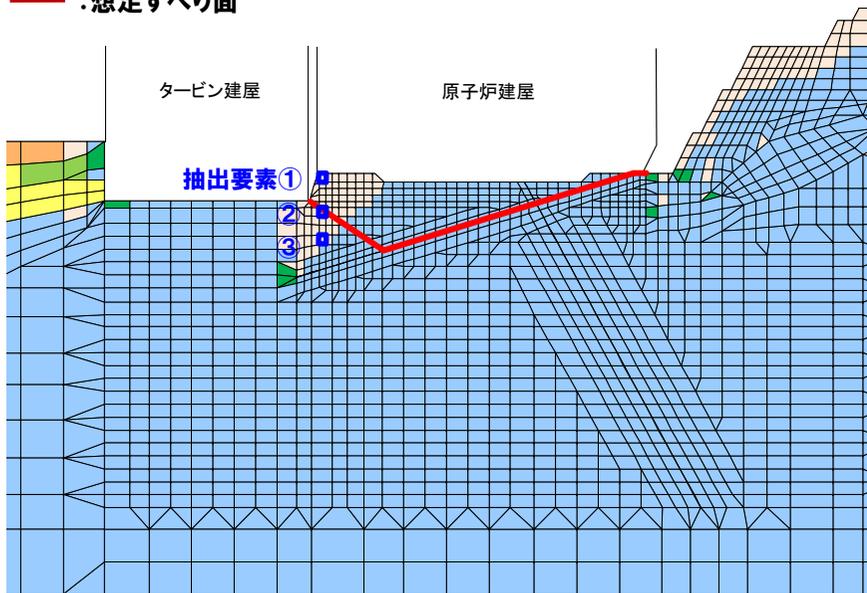
1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

図-2 基礎地盤の局所安全係数時刻歴図

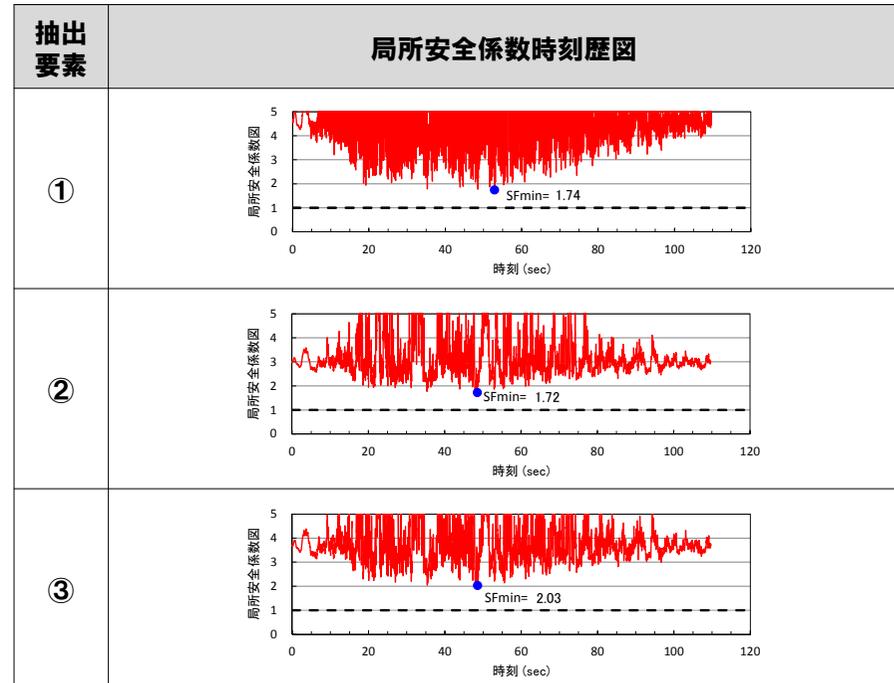
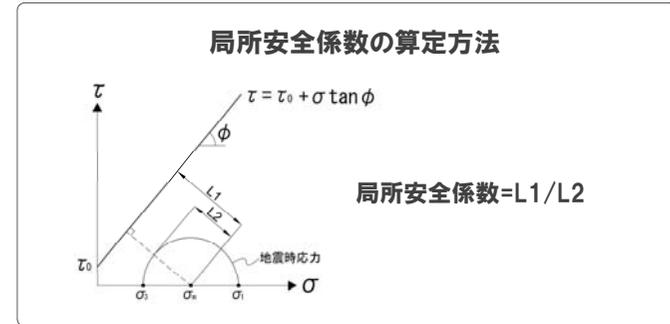
○せん断破壊も発生していない。

- 凡例
- : 引張応力が発生した要素
 - : せん断強度に達した要素
 - : 引張応力が発生し、かつ、せん断強度に達した要素
 - : 1.0 ≤ 局所安全係数 < 1.5
 - : 1.5 ≤ 局所安全係数 < 2.0
 - : 2.0 ≤ 局所安全係数

— : 想定すべり面



局所安全係数図

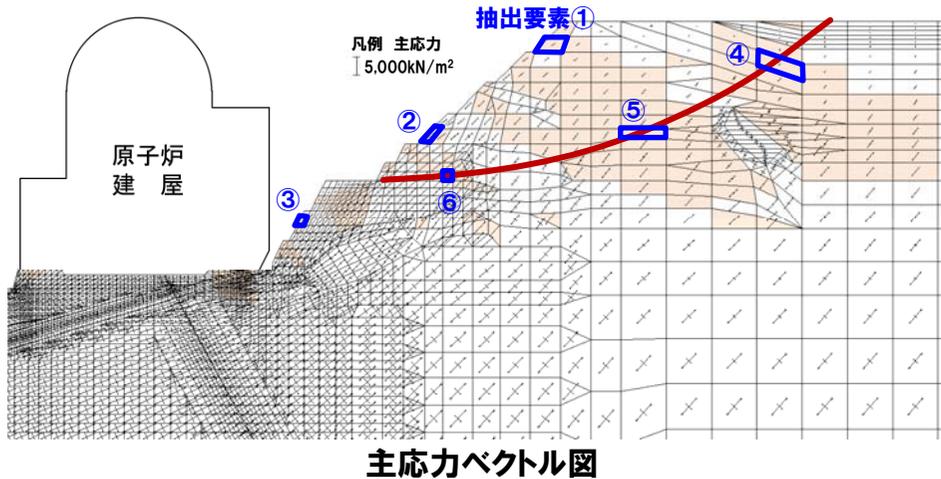


1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

図-3 周辺斜面の最小主応力時刻歴図

○引張応力は、ごく短時間で発生しているため、地盤の安定性に問題はない。

□ : 引張応力発生要素
 — : 想定すべり面



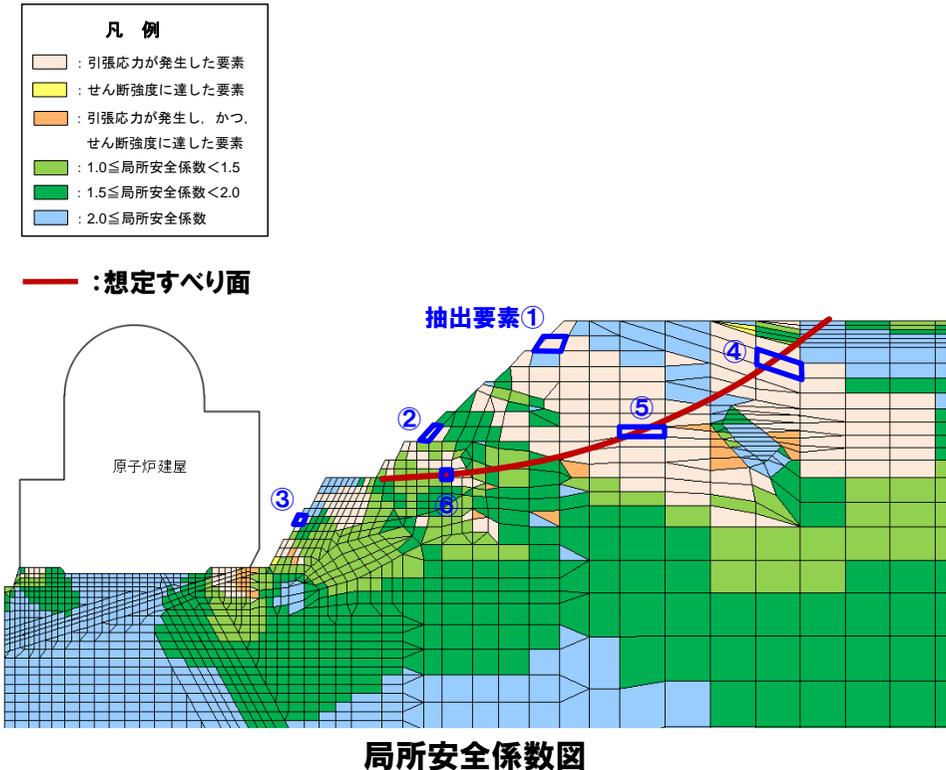
抽出要素	最小主応力時刻歴図
①	
②	
③	
④	
⑤	
⑥	



1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

図-4 周辺斜面の局所安全係数時刻歴図

○せん断破壊も発生していない。



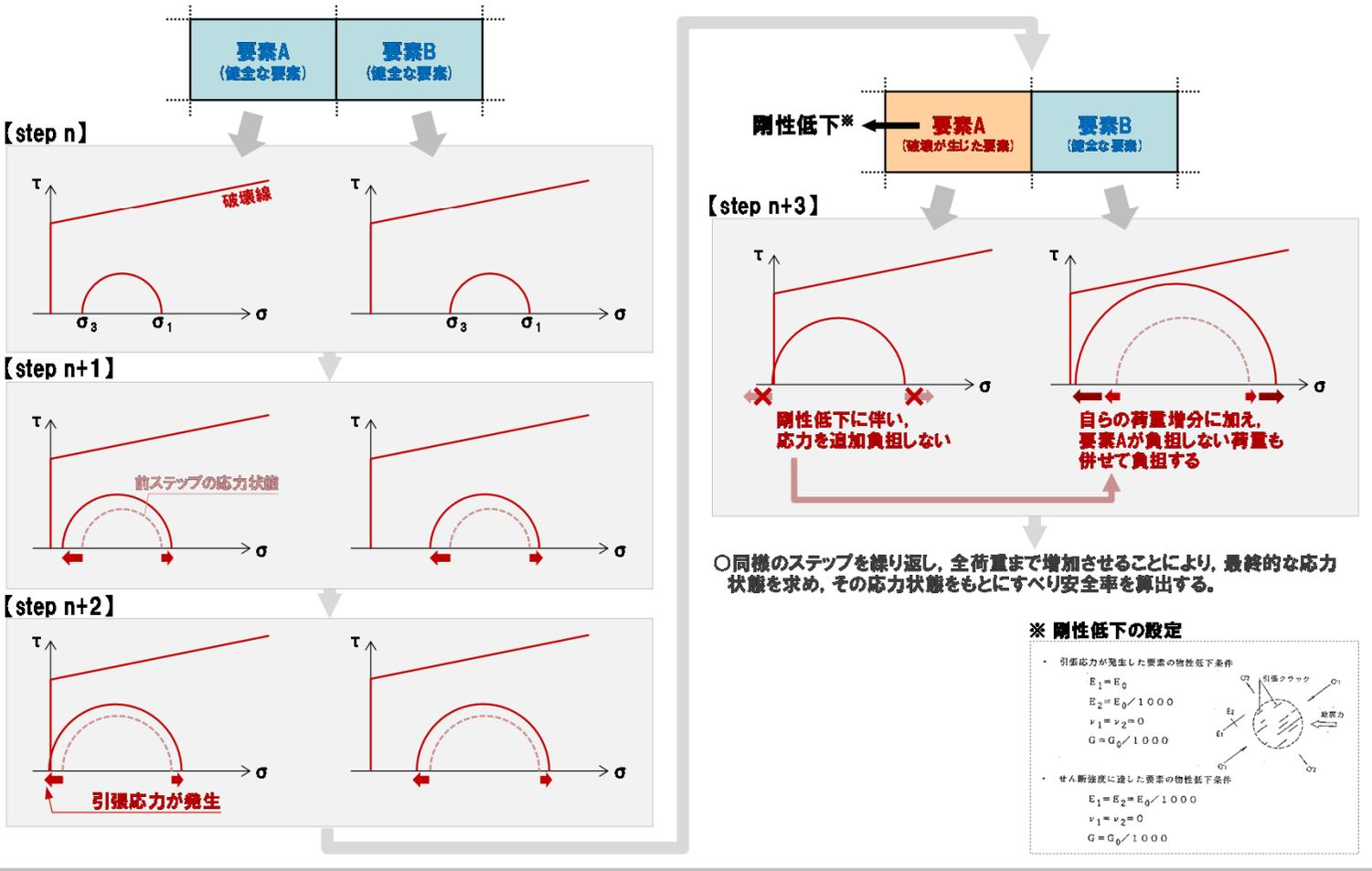
抽出要素	局所安全係数時刻歴波形
①	
②	
③	
④	
⑤	
⑥	



1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

- 以上より、引張が発生する要素は一部に限られ、かつ引張応力が発生するのはごく短時間で発生しているため、地盤の安定性に問題は無い。
- しかし、伊方発電所では、念のため、破壊の進展を考慮した安定性評価として、最小すべり安全率を示す時刻の慣性力を切り出し、静的非線形解析も実施している。

○静的非線形解析は、荷重増分法により実施し、各荷重段階で、引張応力が発生した要素及びせん断強度に達した要素の弾性係数・せん断弾性係数を低下させ、全荷重段階まで増加させることにより、最終的な応力状態を求める。



1. 引張が発生している主要な部分の応力状態

- 静的非線形解析の結果、基礎地盤（原子炉建屋：X-X' 断面）の最小すべり安全率は1.83から2.11に、周辺斜面（原子炉建屋：X-X' 断面）の最小すべり安全率は1.37から1.30に、それぞれ若干の増減がみられたものの、評価基準値（基礎地盤：1.5、周辺斜面：1.2）を上回ることを確認している。

【原子炉建屋】

	基準地震動	【等価線形】 最小すべり安全率 (再掲)	【静的非線形】 最小すべり安全率
基礎地盤	Ss-1 (-,-)	1.83	2.11
周辺斜面	Ss-1 (+,-)	1.37	1.30

コメント概要

平成27年3月26日

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

8-107

岩盤分類の表と詳細データ集の間を整理したものが欲しい。

岩盤分類の詳細について

○下図赤枠に示した岩盤分類について、より詳細に説明する。

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会資料(平成27年3月26日)再掲・加筆

3. 解析用物性値

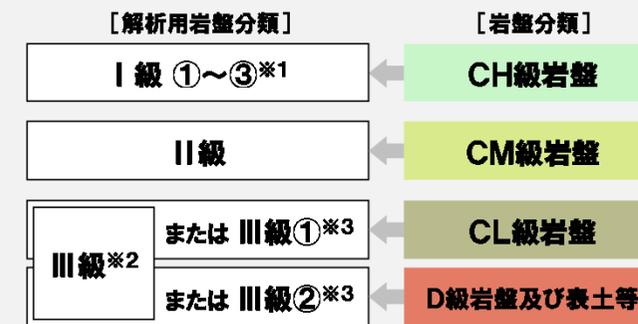
解析用岩盤分類について

○解析用岩盤分類を実施するにあたってはまず、田中(土木技術者のための地質学入門、山海堂、1964)の分類法を基本的な考え方とし、これを参考に地質調査結果に基づきCH級、CM級、CL級及びD級岩盤の4段階に岩盤分類を行った。

名称	特徴
CH	造岩鉱物及び粒子は、石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は、比較的堅硬である。
CM	造岩鉱物及び粒子は、石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。
CL	造岩鉱物及び粒子は、風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。
D	造岩鉱物及び粒子は、風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。

○同一の岩盤分類においても、風化の程度、割れ目の状態等によって強度特性、変形特性及び動的特性に幅があることから、工学的分類として以下のとおり解析用岩盤分類に整理し、これら分類に応じた解析用物性値を、調査結果や試験結果をもとに設定した。

【岩盤】



【断層】

【解析用岩盤分類】 = 【岩盤分類】

軟質無 肉眼観察、物理試験、針貫入試験の結果として断層内物質が岩石相当の物性を有して粘土状の軟質部を介しないと判断できる断層

軟質含

上記以外の断層

※1 工学的観点から動的特性に応じて分類 (①Vs=2.7km/s ②Vs=2.3km/s ③Vs=1.7km/s)

※2 III級：表土の物性を適用

※3 III級①, ②：評価対象の基礎地盤・斜面に対して、地震時安定性に直接影響する範囲にCL級岩盤並びにD級岩盤及び表土等が分布する場合は、より精緻な物性値として各々CL級岩盤の物性並びに非線形性を考慮した表土の物性を適用

岩盤分類の詳細について

○田中(土木技術者のための地質学入門, 山海堂, 1964)による電研式岩盤分類の詳細は下表のとおり。

名称	特 徴
A	極めて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C _H	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C _M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C _L	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目によって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

ダム地質調査(社)土木学会, 第2版, 1986)より引用

コメント概要

平成27年3月26日

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

8-100

斜面のすべり安全率の評価基準値を1.2に設定しているが、安全目標の観点からこの数値はどのレベルと言えるのか。確率的にどの程度に相当するかは重要なので数値があるのであれば資料に残して欲しい。

評価基準値に係る確率論的知見について

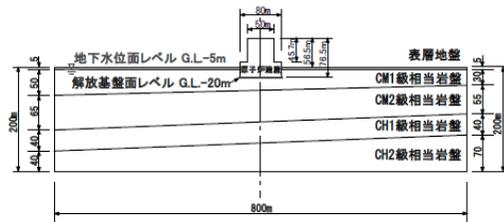
○「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の耐震安定性評価基準値の確率論的考察」(電力中央研究所, 2005)によれば, すべり安全率が1.5 (基礎地盤) または1.2 (周辺斜面) となる地盤が, 実際に破壊に至る (すべり安全率が1.0を下回る) **年破壊確率**は, $10^{-10} \sim \times 10^{-5}$ 程度と推計されている。

(1) 基準地震動に対してすべり安全率が1.5 (基礎地盤) または1.2 (周辺斜面) となるよう調整*した地盤モデル (図-1) において, 基準地震動発生時にすべり安全率が1.0を下回る確率を算出する。基準地震動発生時にすべり安全率が1.0を下回る確率は, 地盤物性値のばらつき (表-1) をラテン方格サンプリングで考慮し, 確率密度関数から算出した (図-2)。

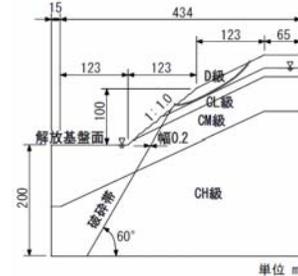
* 解析モデルは固定とし, 基準地震動の振幅を係数倍して調整

⇒ **基準地震動発生時にすべり安全率が1.0を下回る確率は基礎地盤で $2.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-3}$ 程度, 周辺斜面で $2.0 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-2}$ 程度となった。**

硬岩基礎地盤モデルH-1 (不整形, 層順連続)



硬岩斜面モデルK-1 (片斜面, 弱層あり)



硬岩基礎地盤モデルH-2 (不整形, 層順不連続)



硬岩斜面モデルK-2 (山地形, 弱層なし)

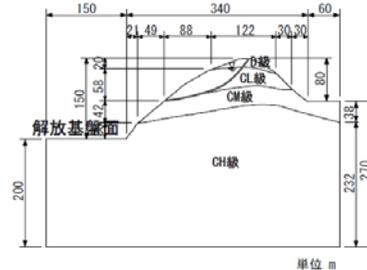


図-1 解析モデル (左段:基礎地盤, 右段:周辺斜面)
(電力中央研究所 (2005) より引用・加筆)

表-1 解析に用いた地盤物性値のばらつき (変動係数)
(電力中央研究所 (2005) より引用・加筆)

地盤物性	硬岩	軟岩
密度 ρ	10%	5%
せん断強度 τ	45%	30%
せん断弾性係数 G	45%	30%
ポアソン比 ν	10%	5%

伊藤・北原 (1985a, 1985b), 伊藤・新 (1988) を参考に設定

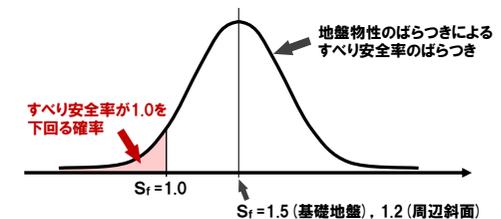
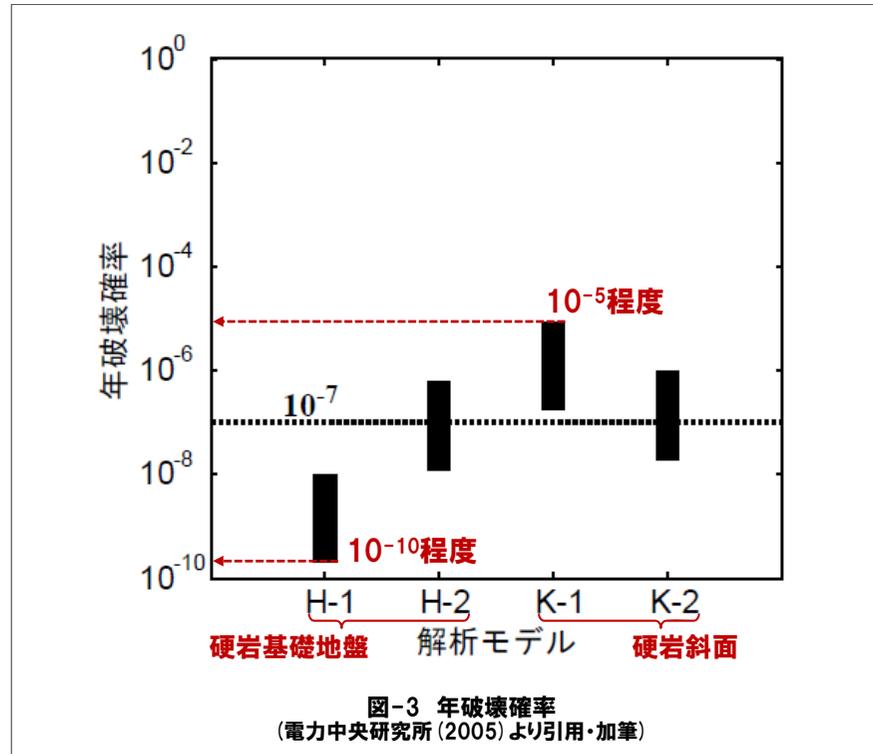


図-2 検討方法の概念
(電力中央研究所 (2005) を基に作成)

(2) 基準地震動JEAG4601・補-1984に基づき、**基準地震動の発生確率を $1.0 \times 10^{-5} \sim 5.0 \times 10^{-4}$ と設定。**

(3) 以上より、**すべり安全率が1.5 (基礎地盤) または1.2 (周辺斜面) の地盤が、実際に破壊に至る (すべり安全率が1.0を下回る) 確率 (年破壊確率) は、次式に基づき $10^{-10} \sim 10^{-5}$ 程度と求まる (図-3)。**

$$\text{年破壊確率} = (1) \text{ 基準地震動発生時にすべり安全率が1.0を下回る確率} \times (2) \text{ 基準地震動の発生確率}$$



「地盤物性のパラツキの評価法 (その2) 物性のパラツキが地盤の安定性に及ぼす影響」伊藤洋・北原義浩, 電力中央研究所, 1985
「地盤物性のパラツキの評価法 (その1) 地盤物性のばらつきの実態とその表示法」伊藤洋・北原義浩, 電力中央研究所, 1985
「地盤物性値のばらつきとその影響評価-原子力発電所基礎地盤および周辺斜面の安定性-」伊藤洋・新孝一, 電力中央研究所, 1988

○なお、伊方発電所固有の考察として、上記一般論と比較して、①基準地震動の発生確率が小さいこと ($10^{-4} \sim 10^{-7}$ 程度)、②必要すべり安全率に比べて一定程度の裕度があること (基礎地盤1.8, 周辺斜面1.3) から、年破壊確率はさらに小さくなる可能性がある。

コメント概要

平成27年3月26日

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

8-111

地盤や周辺斜面の安定性評価において、どのようなデータや文献を用いたのかは資料に整理しておいて欲しい。

評価に用いたデータ等の整理について

- 評価に必要となるデータについては、「詳細データ集」として整理し、規制委へ提出・説明を行っている（規制委HPで公開：第206回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合（平成27年3月13日）資料2-2）。
<http://www.nsr.go.jp/data/000100016.pdf>
- 例えば、**解析用物性値の設定根拠**としては、岩種別及び項目別に「設定値」、「設定根拠（試験方法等）」、「試験の結果」をパッケージとして体系的に整理し、追跡可能性を確保している。

資料2-2

伊方発電所 3号炉
原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の
安定性評価について
詳細データ集

平成27年3月13日
 四国電力株式会社



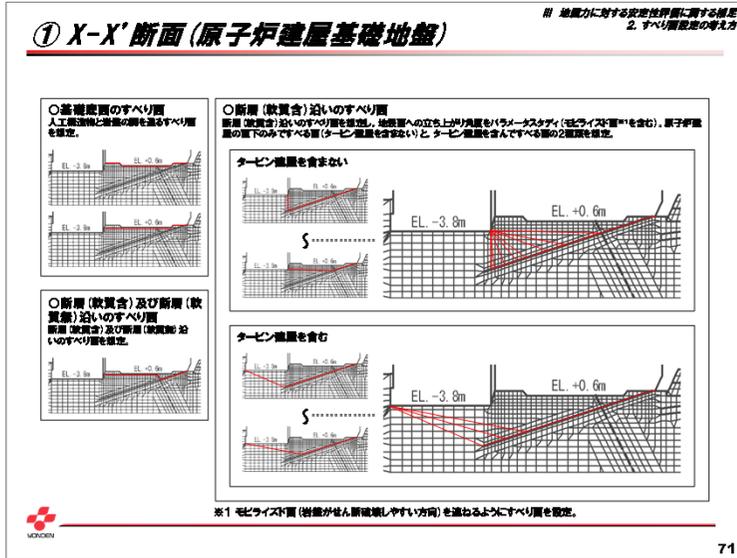
目次

I 地質の概要に関する補足	2
1. 岩盤分類の考え方	2
II 解析用物性値の設定根拠	5
1. 解析用物性値	5
2. 物理特性	8
3. 強度特性	12
4. 静的変形特性	29
5. 動的変形特性	40
6. 支持力の評価基準値	64
III 地震力に対する安定性評価に関する補足	66
(解析条件)	
1. すべり安全率算定時の強度の考え方	66
2. すべり面設定の考え方	68
3. 地下水位の設定に関する補足	76
(解析結果)	
4. 要素ごとの局所安全係数	80
5. 計算結果一覧	86
(その他の補足)	
6. 進行性破壊等についての検討（静的非線形解析）	94
7. 断層等の非岩盤物性における強度のばらつきに関する検討	97
8. 原子炉建屋基礎地盤の断面過定に関する補足	103
VI 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価に関する補足	114
1. 基準津波以外の場合の地殻変動に関する検討	114

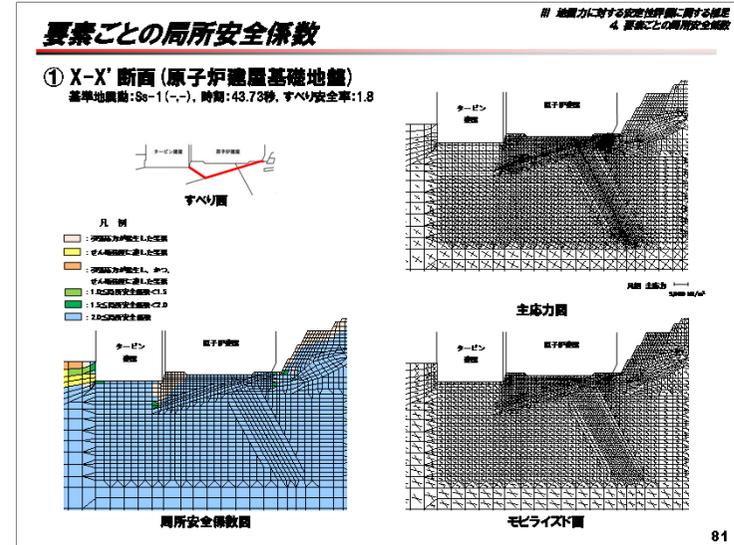
評価に用いたデータ等の整理について

○その他、探索すべり面の一覧，局所安全係数図，全計算結果の一覧等を整理している。

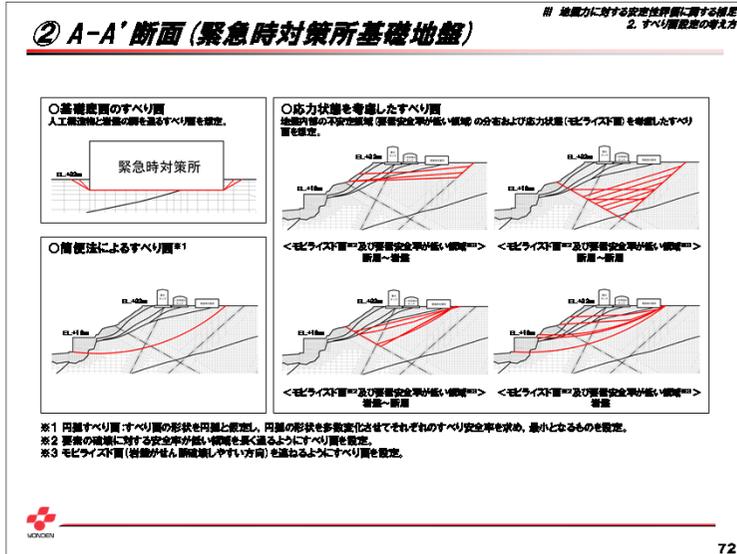
【探索すべり面の一覧】



【局所安全係数図】



【全計算結果の一覧】



③ 最大相対変位・最大傾斜一覧表

用 地震力に対する安定性評価に関する標準
5. 計算結果一覧

基準地盤間	原子炉建屋 (X-X' 断面) (L=76.4)		重油タンク (D-D' 断面) (L=90.2m)		緊急時対策所 (A-A' 断面) (L=16.8m)		
	最大相対変位 発生時刻 (秒)	最大傾斜	最大相対変位 発生時刻 (秒)	最大傾斜	最大相対変位 発生時刻 (秒)	最大傾斜	
Se-1	(+, +)	0.25cm [31.74]	1/29,000	0.09cm [24.9]	1/54,000	0.03cm [36.45]	1/58,000
	(-, +)	0.18cm [31.60]	1/41,000	0.14cm [31.73]	1/35,000	0.03cm [43.73]	1/54,000
	(+, -)	0.18cm [31.60]	1/41,000	0.14cm [31.73]	1/35,000	0.03cm [43.73]	1/54,000
	(-, -)	0.25cm [31.74]	1/29,000	0.09cm [24.9]	1/54,000	0.03cm [36.45]	1/58,000
Se-2-1		0.12cm [37.25]	1/63,000	0.10cm [36.02]	1/51,000	0.02cm [37.99]	1/81,000
Se-2-2		0.11cm [39.01]	1/71,000	0.07cm [39.89]	1/70,000	0.01cm [39.84]	1/114,000
Se-2-3		0.08cm [110.00]	1/85,000	0.07cm [39.89]	1/76,000	0.02cm [110.07]	1/105,000
Se-2-4		0.15cm [37.26]	1/50,000	0.07cm [36.22]	1/87,000	0.02cm [37.99]	1/79,000
Se-2-5		0.09cm [39.16]	1/83,000	0.06cm [12.65]	1/79,000	0.02cm [12.63]	1/87,000
Se-2-6		0.10cm [117.32]	1/76,000	0.07cm [140.10]	1/72,000	0.01cm [140.74]	1/120,000
Se-2-7		0.08cm [12.48]	1/96,000	0.06cm [39.13]	1/96,000	0.01cm [12.63]	1/110,000
Se-2-8		0.07cm [11.24]	1/115,000	0.07cm [39.63]	1/70,000	0.02cm [11.18]	1/77,000
Se-3-1	(+, +)	0.09cm [7.51]	1/84,000	0.11cm [7.63]	1/47,000	0.02cm [7.46]	1/81,000
	(-, +)	0.10cm [7.51]	1/75,000	0.09cm [7.57]	1/63,000	0.02cm [7.46]	1/80,000
Se-3-2NS	(+, +)	0.13cm [24.76]	1/56,000	0.09cm [24.9]	1/64,000	0.02cm [24.72]	1/83,000
	(-, +)	0.09cm [23.78]	1/87,000	0.10cm [24.9]	1/52,000	0.02cm [23.72]	1/76,000
Se-3-2EW	(+, +)	0.11cm [24.63]	1/67,000	0.09cm [23.99]	1/61,000	0.03cm [24.66]	1/64,000
	(-, +)	0.11cm [23.63]	1/70,000	0.09cm [24.44]	1/64,000	0.02cm [24.73]	1/81,000

※ 基準地盤間の (+, +) は水位変動なし, (-, +) は水位変動, (+, -) は水位変動かつ傾斜変位, (-, -) は水位変動かつ傾斜変位を示す。

72