

試験研究用原子炉施設耐震性安全性評価妥当性確認WG（第1回）  
 ～施設・構造SWG（第1回）における主なコメントの整理（案）  
 －京都大学原子炉実験所研究用原子炉（KUR）－

平成21年12月18日

確認の主なポイント		コメント	WG等における回答
O. 共通事項		<p>【WG(第1回)】 『地震動の超過確率』(資料 1-5-1 P.7) は、本WGの評価に含めるのか。</p>	<p>→【事務局】京都大学からは最終報告により報告される予定になっている。WGでは本ポイントに追加し、「参照」程度の確認と考えている。 なお、このほかにも重要と思われる内容については、ポイントに追加する予定である。</p>
1. 地質・地質構造 ① 陸域	中央構造線断層帯	<p>【地質・地震動 SWG(第1回)】 中央構造線断層帯の紀淡海峡－鳴門海峡の活動時期はわかっているのか。 なお、紀淡海峡－鳴門海峡と金剛山地東縁－和泉山脈南縁は違う活動することはわかっている。</p> <p>現状で、さまざまな不確かさを考慮するのであれば、紀淡海峡と紀伊半島を分ける形で、断層長さを評価して問題ないと判断する。</p>	<p>→【京都大学】地震調査研究推進本部・長期評価において違うものとして示されているが、その信頼性という意味では、かなり幅のある活動時期になっている。 →【事務局】地震調査研究推進本部より平成21年7月に発出された「全国地震動予測図」においても、紀淡海峡－鳴門海峡は金剛山地東縁－和泉山脈南縁と別に記載されている。</p>
	上町断層帯	<p>【地質・地震動 SWG(第1回)】 現状での断層に係るデータも満足ではなく、千里丘陵にあたる北端では活断層でない可能性もあるとされている。 したがって、最大規模の断層を考えるしかない現状において、本中間報告では、桜川撓曲、住之江撓曲の分岐している断層を加え評価にしており、十分な不確かさも含めた評価になっていると判断する。</p>	
② 海域	大阪湾断層帯	<p>【地質・地震動 SWG(第1回)】 説明資料の大阪湾中の活断層で、空港近傍に引かれた線は何によるものか。</p>	<p>→【京都大学】浸食及び堆積によって形成されたものとの説があり、表層からの探査ではこれによる段差を検出していると考えている。</p>
③ 地下構造		<p>【地質・地震動 SWG(第1回)】 微動アレイ探査より得られた地下構造と、ボーリング調査で行ったPS検層結果との比較はなされているか。</p>	<p>→【京都大学】微動アレイ探査結果は空間自己相関法(SPAC 法)で解析し、基盤岩深度の深度はボーリング調査から得られた深度よりも3倍程度の深く推定され、また、周波数－波数法(F-K 法)で解析を行った場合においても、地質不規則構造による散乱が影響し、適切な深度評価はなされないと判断した。 一方、単点微動探査の H/V スペクトルのピーク周期から深度を推定した場合は、ボーリング調査結果と概ね整合する。 したがって、基盤岩深度が平行成層となる</p>

確認の主なポイント	コメント	WG等における回答
③ 地下構造 (続き)		海岸線付近において実施された微動アレイ探査によるSPAC法及びF-K法から得られた深度は、ボーリング調査結果並びにH/Vスペクトルからの推定深度は概ね一致し、海岸線から山側については、ボーリング調査結果、H/Vスペクトルからの結果により、コンター図を作成している。
2. 基準地震動 Ss	<p>【応答スペクトル法(全般)】 【WG(第1回)】 応答スペクトルに基づいた地震動評価法には、Noda et al.(2002)を用いており、その選定理由としては、『地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できる』ことをあげているが、実際に地震観測記録を用いて諸特性を考慮したのか。</p>	<p>→【京都大学】地盤のせん断波速度の違いについて、耐専スペクトルでは <math>V_s=700\text{m/s}</math> の地盤と想定され、本サイトでの解放基盤は <math>V_s=2000\text{m/s}</math> 程度の地盤となっている。耐専スペクトルの妥当性を、サイトでの地震観測記録で検討することは、非常に重要なことと考えているが、残念ながら、耐専スペクトルの妥当性を評価出来るような観測記録が得られていない。 本検討では、地盤構造の違い等の地域性を考慮に入れ検討を行ったとご理解下さい。 →【京都大学・地質・地震動 SWG(第1回)】兵庫県南部地震での建物内で強震記録により、耐専スペクトルの有効性について示す予定である。</p>
① 内陸地殻内地震の想定と地震動評価	震源のモデル化を含む解析手法、パラメータの設定や不確かさの考慮について	<p>【応答スペクトルに基づく地震動評価】 【地質・地震動 SWG(第1回)】 震源近傍における破壊伝播効果(NFRD効果)及び内陸地震に対する補正は行われているのか。</p> <p>【地質・地震動 SWG(第2回)】 兵庫県南部地震の観測記録より算定した解放基盤表面における応答スペクトルと耐専スペクトルとの比から、内陸補正(0.6)を考慮する妥当性を説明しているが、原子炉建屋における固有周期帯(0.2~0.3s)では、保守的な評価にはなっていないように思われる。</p> <p>→【京都大学】中央構造線断層帯、上町断層帯及び生駒断層帯は、内陸補正(0.6)を考慮している。 NFRD効果については、断層からの距離を考慮し、中央構造線断層帯のみ考慮している。 また、兵庫県南部地震での強震記録を基に、応答スペクトル法での補正の是非について示す予定である。</p> <p>→【京都大学】KUCA建屋における基礎部分での観測記録であるため、建物の影響、はぎとり・逆解析の影響等が関係していると考えている。 耐専スペクトルの設定に際しては、少し高周波領域の振幅が卓越する海洋プレート間地震が基とされ、内陸地殻内地震に対しては補正を考慮することで適用できるとされている。厳密に言えば、耐専スペクトルはどの程度まで震源特性を表しているかという議論まで遡る。 兵庫県南部地震は高周波領域の振幅を多くは含まず、震源モデルからも平均的な震源動であった。そのため、応答スペクトルの短周期帯においても、もう少し小さな結果となることを想定していたが、解放基盤表面での観測記録でもなかったため、結果として、提示した資料の通りとなった。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG等における回答
<p>① 内陸地殻内地震の想定と地震動評価(続き)</p>	<p>震源のモデル化を含む解析手法、パラメータの設定や不確かさの考慮について(続き)</p>	<p>→【京都大学】耐専スペクトルとの違いという意味で、短周期帯は兵庫県南部地震の特徴を表していると考えている。 また、0.2sあたりの周期帯は、ご指摘の通り、耐専スペクトルとの地盤構造の違いによるものと考えている。 したがって、今回は、耐専スペクトルの補正としては、地盤構造の差を評価しきれいなく、また、建物の影響もあると考えている。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】既往の中間報告書では、中央構造線断層帯の地震評価における、周期 0.2～0.3s の速度応答スペクトルは、耐専スペクトル(Ss-1)(補正有り)では、約 30kine であるのに対し、断層モデルによる評価(Ss-2)では、約 70～80kine で、2 倍以上の差となっている。 したがって、耐専スペクトルの内陸補正を考慮しない地震動とした場合においても、断層モデルによって策定された地震動が、大きくなると想定する。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p>
	<p>中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)</p>	<p>【断層モデルに基づく地震動評価】 【地質・地震動 SWG(第1回)】 本中間報告での基本モデルは、断層面の傾斜角を高角(80°)として設定しているに対して、地震調査研究推進本部及び中央防災会議での強震動予測時に用いた傾斜角はもう少し低角となっており、異なる評価となっている。 (高角の断層面を基本モデルとする場合、本WGでも何らかの判断を要すると考えるが、明確な説明が得られていない。) また、新潟県中越沖地震を踏まえ、短周期レベルの地震動を 1.5 倍(応力降下量: 強震動レシピ×1.5 倍)する不確かさの考慮についても、傾斜角との組合せに関して適切な組合せとなっていないのではないか。</p> <p>→【京都大学】本断層は、横ずれ断層と評価されている。また、断層南縁では直線状に明瞭な地表トレースが記されるが、低角(43°)では明瞭な地形として残らないと考え、傾斜角は高角と設定した。</p> <p>→【京都大学】傾斜角と不確かさを同時に考慮することにより、基準地震動は大きくなることが想定されるが、地震動だけの問題ではなく、施設の健全性を含めた総合的な問題と考えている。 (基準地震動の評価に際しては、地震調査研究推進本部での強震動予測時に用いたパラメータを基本モデル(傾斜角及びアスペリティの配置)とし、この基本モデルに不確かさ(強震動レシピ×1.5 倍等)を考慮したモデルとあわせ再評価を行う。)</p>

確認の主なポイント		コメント	WG 等における回答
① 内陸地殻内地震の想定と地震動評価(続き)	中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)(続き)	【地質・地震動 SWG(第1回)】 傾斜角については、横ずれ断層であるため高角となるとは言えない。 現状の応力場から考えると、新たに断層が出来る場合には、高角の断層面となることも考えられるが、既に弱線として地殻内にあるとすれば、その弱い部分に応力集中が発生し、それに沿って滑りが生じることも考えられる。このような考え方をもち、地震調査研究推進本部・中央防災会議の断層モデルが設定されてきたと想定する。	
	上町断層帯	【地質・地震動 SWG(第1回)】 基準地震動評価においては、十分な不確かさを設定しているため、断層評価としても妥当と判断する。	
② プレート間地震の想定と地震動評価	震源のモデル化を含む解析手法、パラメータの設定や不確かさの考慮について	【応答スペクトルに基づく地震動評価】 【地質・地震動 SWG(第1回)】 スペクトルの補正は行われているのか。  中間報告の内容で特に問題無いと判断する。	→【京都大学】プレート間地震の補正は行っていない。なお、プレート内地震(M7.4)については、確認する。
③ 震源を特定せず策定する地震動		【地質・地震動 SWG(第1回)】 地震調査研究推進本部より平成 21 年 7 月に発出された「全国地震動予測図」において、本サイトでの最大マグニチュードは変更された経緯はあるか。 中間報告の内容で特に問題無いと判断する。(中央構造線断層帯の断層評価が優位となると思われるため)。	→【藤原委員】最大マグニチュードは 6.8 で、変更されていない。
④ 基準地震動 Ss の算定結果	解放基盤表面の策定	【地質・地震動 SWG(第1回)】 中間報告の内容で特に問題無いと判断する。	
	基準地震動 Ss の策定結果	【地質・地震動 SWG(第1回)】 中央構造線断層帯による断層パラメータを見直し、基準地震動の再評価を行うべきである。 【地質・地震動 SWG(第2回)】 中央構造線断層帯の震源モデルの考え方を見直し、基本モデルに関しては妥当なものと判断する。 アスペリティ位置の不確かさを考慮し、大きなアスペリティを敷地直下に配置したモデル(Case3)については、設定されているアスペリティと破壊開始点の位置は、水平動が一番大きくなるようになっているようであるが、逆に、上下動については一番小さくなるような幾何学的位置関係にある。 したがって、上下方向の地震動に関する考え方を説明すること。	→【京都大学】拝承。  →【京都大学・川辺】アスペリティ位置の不確かさを考慮するモデルについては、ケーススタディを行い、水平動が最も大きくなるように、アスペリティと破壊開始点の位置を決定している。 また、上下動の大きさはアスペリティ配置によって調整出来、敷地西側に大きなアスペリティを配置するようなモデルが大きくなることを把握している。 したがって、大きなアスペリティを敷地直下に配置したモデル(Case3)及び西側に配置したモデル(Case4)の両方を基準地震動と

確認の主なポイント	コメント	WG 等における回答
④ 基準地震動 Ss の算定結果(続き)	<p>基準地震動 Ss の策定結果(続き)</p> <p>西側に配置したモデル(Case4)における上下動については、かなり大きいものになっている。</p> <p>上下動に関しては、最も大きくなる配置等の検討は行ってないが、この程度の上下動(Case4)を設定していることで、安全側の評価になっていると判断した旨を、最終報告書等に明記すること。</p> <p>資料に記載されている速度応答スペクトル(上下方向)で、長周期帯において速度応答が極端に小さくなるケース(Case3)もあるため、地震動評価において、上下方向が過少評価となっていないことを、最終報告書等に明記すること。</p>	<p>することで、水平・上下動共に考慮された保守的な評価になっていると判断している。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p>
	<p>地震動の超過確率</p> <p>【地質・地震動 SWG(第2回)】</p> <p>超過確率を計算するためのハザード評価において、中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)における地震発生確率の考え方を説明すること。</p> <p>地震発生確率をゼロにはしていないか。</p> <p>影響の大きな主な活断層等について、どのようなロジックツリーを使用したか、関連する内容を最終報告書等に明記すること。</p>	<p>→【京都大学】地震調査研究推進本部において、地震発生確率の平均値と最大値が公表されているため、その両方をミックスする形で評価している。</p> <p>最大の方については、平均よりも確率を下げているが、両方を考慮する形になっている。</p> <p>→【京都大学】ゼロにはしていない。ゼロの場合から、徐々に上げ、さまざまな設定を行っているが、厳しめの値を設定している。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p>
3. 原子炉建屋への入力地震動	<p>解放基盤表面で定義された基準地震動を、表層地盤までのモデルで一次元波動論による等価線形解析法により引き上げ、入力地震動を評価</p> <p>【地質・地震動 SWG(第1回)】</p> <p>地下構造モデルに関して、地層毎に細かく地盤定数(P 波速度、S 波速度及び密度)がゾーニングされているが、地盤の動的変形特性をどういった根拠で設定したか。</p> <p>等価線形解析結果における最大せん断ひずみとは、時刻歴の異なる時点での最大値が発生したひずみをプロットしたもののか。</p> <p>【地質・地震動 SWG(第2回)】</p> <p>資料(P.11)表中の「非線形特性・設定モデル」の欄において、表層部分で設定されていない箇所については、解析上、設定を要しない部分か。</p> <p>資料(P.12,13)の図は、3軸動的変形試験結果を示したもののか。</p>	<p>→【京都大学】三軸圧縮試験を実施しているが、全ての層については実施していない。一番近傍の値として設定している。</p> <p>また、地盤の動的変形特性については設定の根拠を整理し説明する。</p> <p>→【京都大学】そのとおりである。地盤の等価物性値(有効歪みでのせん断剛性 G と減衰定数h)は収斂計算により求め、有効歪みは最大歪みの 0.65 倍としている。</p> <p>→【京都大学】表層部・3層については、建屋基礎下端以浅にあたり、地震波作成においては使用していない部分である。</p> <p>また、最下部にある R1、R2 及び R3 は花崗岩を示し、弾性体としているため非線形特性は設定していない。</p> <p>→【京都大学】実験値を示している。</p> <p>なお、土の非線形モデルは、双曲線型 Ramberg-Osgood(RO)モデルに基づきモデル化している。</p> <p>したがって、実験値のある部分も、双曲線に沿う形で補正している。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG等における回答
<p>3. 原子炉建屋への入力地震動(続き)</p> <p>解放基盤表面で定義された基準地震動を、表層地盤までのモデルで次元波動論による等価線形解析法により引き上げ、入力地震動を評価(続き)</p>	<p>プロットしている点は、実験値を平滑化したものか。</p> <p>ROモデルでモデル化した曲線を、図中に追記し、最終報告書等に反映させること。</p>	<p>→【京都大学】その通りである。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p>
	<p>逐次非線形解析</p> <p>【地質・地震動 SWG(第1回)】 等価線形解析が適用できるせん断歪みの上限は 0.1~1%とされており、その適用範囲を超えていると思われる。逐次非線形解析等により、入力地震動の評価を確認すべきである。</p> <p>【地質・地震動 SWG(第2回)】 使用した解析コードを最終報告書等に明記にすること。</p> <p>等価線形解析ではせん断ひずみが 2%位となった部分が、逐次非線形解析では抑えられた結果となっている。</p> <p>また、この部分以外は、解析方法に係らず整合した結果となっていると思われるが、その理由等を説明すること。</p> <p>等価線形解析結果と逐次非線形解析結果との相違点は、最大せん断ひずみの部分だけで、これ以外に、大きな違いはないと思われる。</p> <p>それぞれの解析における合致点・相違点等を整理し、等価線形解析の適用性を考察し、その内容を最終報告書等に明記すること。</p> <p>中間報告書では、地盤-建物連成モデルでの動的地盤バネについても、等価線形解析を用いて設定しているため、その妥当性の説明についても、上記を用いてはどうか。</p> <p>口頭説明されたような設定されたせん断波速度 <math>V_s</math> による顕著なインピーダンス差によって解析結果に違いが出てきているのか、根拠となるデータ等を示して説</p>	<p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】拝承。 等価線形解析は DYNEQ、逐次非線形解析は YUSAYUSA を使用している。</p> <p>→【京都大学】等価線形解析における分布図は、一番大きな振幅のところで、各層に生じている最大ひずみを描いている。したがって、大きなひずみが発生している層とその下部層付近では、見かけ上、一番強くコントラストが表れている。</p> <p>一方、逐次非線形解析の場合、時々刻々変化するため、見かけ上、その継続時間中に断続的に強いコントラストが表れるわけではなく、一瞬強くなっても、ある時間を過ぎると弱くなってしまう。</p> <p>等価線形解析の場合、コントラストが強くなると、更に、そこにひずみが集中するため、見かけ上のひずみを、より大きくするような循環が起き、大きなひずみを算出するものと判断している。</p> <p>→【京都大学】拝承。 一般的な見解として、解析方法の違いについては、せん断ひずみが小さい場合は、分布系を含めた解析結果に大差は認められない。しかし、あるレベル以上のひずみになると、等価線形解析のインピーダンス等の問題で、集中的なひずみが算出され顕著な差となっていると、この資料(P.17,18)により説明出来ると考えている。</p> <p>→【京都大学】拝承。 既に、逐次非線形解析でのひずみ分布より、等価 S 波速度に換算したバネモデルによって計算済みである(バックグラウンド)。 最終報告書には、安全側の観点から逐次非線形解析を採用し、それを反映した内容で報告する予定である。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG 等における回答
<p>3. 原子炉建屋への 入力地震動(続き)</p>	<p>逐次非線形解析(続き)</p> <p>逐次非線形解析の 解析結果</p>	<p>WG 等における回答</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】1次元で、水平だけである。</p> <p>→【京都大学】拝承。 本資料は、水平動における等価線形解析の妥当性という観点で作成したものである。「地盤の安定性」に係る定量的な検討は行っていない。「地盤の安定性」については、「地震随伴事象」に該当する内容であると認識している。(資料のこの部分については、解析方法の比較検討を限定とする文章に修正する(報告書にも明記)。)</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】保有水平耐力の考え方によれば、重要度係数1.5を考慮した必要保有水平耐力程度の入力動と想定出来る。</p>
<p>4. 施設の耐震 安全性評価</p>	<p>【施設・構造 SWG(第1回)】 試験研究用原子炉施設も、基本的には発電用原子炉施設と同様の考え方で耐震設計が行われてきたと考える。 したがって、今回の妥当性確認等に資するため、既設発電用原子炉施設の耐震補強工事における考え方、補強方法等を調査しては如何か。</p> <p>【施設・構造 SWG(第1回)】 設計当時の外力と許容応力度のバランスもあるが、今回は、当時の設計外力よりも大きな地震動により、耐震安全性の確認を行っている。 耐震安全性が確保されている理由について、明快な説明は出来ないか。</p>	<p>→【事務局】拝承。</p> <p>→【京都大学】拝承。 原子炉建屋は、建築基準法の1.5倍の外力で弾性設計されているが、そのほかに、遮蔽効果を期待し、壁が厚くなっている。このため、耐震的な余裕があると考えている。今回の応答値と、設計当時の地震力を比べ説明する。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG等における回答
4. 施設の耐震 安全性評価 (続き)	現地調査において、機器、配管等は、基本的に、相当なマージンを持って設計されているところがある一方で、詳細な図面等が不足する部分もあった。そのため、上記のコメント回答が分かり易く示されると、理解しやすい。	→【京都大学】設計当時は、さまざまな方面からの検討はされていない。 機器に関しても、マニュアル的なものがあったわけではなく、プロポーショナル的な内容で設計が行われたものと考えている。
① 建物・構築物 原子炉建屋	<p>地震応答解析モデル 地盤-建物連成モデル</p> <p>【施設・構造 SWG(第1回)】 シェル状の構造は、同一変位にならないため、質点系に置き換える場合は、設定した仮定条件等、質点系モデルの妥当性について説明が必要である。 屋根版のところは理解出来るが、その下の部分は、同一変位とはならないと思う。円筒の壁変形も考慮すべきではないか。 円筒部に作用する力は、まず、梁に伝わり、その梁から作用力方向の側面壁に伝わる。それからその壁のひび割れ等の検討となるが、屋根版を剛とするのであれば、梁の曲げモーメント等によって伝搬するのではなく、屋根版の平面剛性によって、側面側に伝搬しなければならない。 そのようになるには、平面として剛でないと成立せず、この建屋のように、直径に比べて、高さが低い場合は、この原理は成立しなく、壁自身が面外曲げを受ける可能性もある。剛床仮定で解いたという程、剛な屋根版とも思えない。 次回、梁の曲げモーメント分布等を平面的に示した形で、ご提示頂きたい。 また、厚い壁にひび割れが入る程のせん断力を伝達するためには、あの程度の梁断面で足りると思えない。</p> <p>（壁のリテーニングウォールというが、キャンチレバーの壁のモーメントと、たがとしての梁の変形と、建屋全体としてせん断変形とが組み合わされ、建屋は振動している。）</p> <p>先に、全てをフレキシブルとし、構造物の地震時挙動を説明する必要がある。 シェル構造であるから、直ちに、質点系に置換され、適切な置換方法であるか確認が出来ない。 もし、剛床仮定を考慮せずに解析したモデルから、質点に置換する場合は、解析結果における各節点の変位について、その変位差の程度、及びその対応を説明するべきである。</p> <p>せん断モデル</p> <p>せん断モデルでモデル化しているが、プッシュオーバー解析において、壁の曲げ変形等は、考慮されているか。</p>	<p>→【京都大学】プッシュオーバー解析時に、屋根版等の剛性を考慮した解析結果により、各ノードの水平変位が、概ね、同一変位となっていることを確認している。</p> <p>→【京都大学】屋根版と、その下部には梁がある。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】拝承。</p> <p>→【京都大学】プッシュオーバー解析では、全ての変形が考慮され水平変位が算出されている。そのため、曲げ変形も考慮され、それをせん断モデルに置き換えた。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG 等における回答
① 建物・構築物 原子炉建屋 (続き)	復元力特性	<p>【施設・構造 SWG(第1回)】 Tri-Linear 型の復元力特性において、第1 勾配と第3 勾配の設定方法について明確にすること。 第3 勾配は、漸増増分解析の結果ではなく、予備応答解析の結果を用いた理由を明確に記載すること。</p>
	水平方向: スウェイ・ロッキングモデル スウェイ・ロッキングばねの考慮	<p>【WG(第1回)】 表層部地盤(せん断波速度 <math>V_s=200\text{m/s}</math> ~<math>300\text{m/s}</math> 程度)が非線形領域に入った場合、建屋スウェイ・ロッキング(SR)モデルのばね定数の評価方法については、単純にせん断波速度から算定しているのか、非線形になったあるはずみレベルでばね定数を算定しているか。</p>
		<p>【施設・構造 SWG(第1回)】 周辺地盤の地震時挙動は、建物振動と連動すると想定される。 この検討は、構造体だけか、周辺の地盤も考慮されているか、検討に用いる質量等を含め、どのようなロジックになっているのか。</p>
	鉛直方向: FEM 立体モデル、 地盤鉛直方向・軸 ばね考慮	<p>→【京都大学】モデル化の質点については、基礎部分と上部構造で集約している。 地震時には、土も振動するため、周辺地盤も引きずられた形の慣性力で、土から入力されるものとしている。 また、インピーダンスについては、容積法で計算する際に、周辺地盤も連動し振動するという情報も含まれる形になっている。</p>
	建屋減衰:RC 3%	<p>【施設・構造 SWG(第1回)】 原子力建屋の復元力特性は、Tri-Linear 型でモデル化されているが、減衰(3%)は、どの部分で考慮されるのか。 3%という数値は、JEA 1987 版で定められた数値か。常識的に設定された値か。特段、安全側とか、保守的とかということはないか。</p>

確認の主なポイント	コメント	WG 等における回答	
① 建物・構築物 原子炉建屋 (続き)	コンクリート強度: 設計基準強度	【WG(第1回)】 建屋の耐力評価時に用いたコンクリート強度をどのように設定したか。	→【京都大学】設計基準強度で評価を行っている。なお、実際には 10 年程度の間隔で、健全性調査(コンクリートの強度試験及びひび割れ調査、並びに、鉄筋等の発錆状況の調査)を実施し、設計基準強度(18N/mm <sup>2</sup> )を上回ることを確認している。
	動的地盤ばねの設定: 軸対称 FEM 解析 モデルにより算定		
	評価基準: 耐震壁の最大応 答せん断ひずみ		
	評価基準: 許容支持力	【施設・構造 SWG(第1回)】 基礎地盤の反力を評価する場合、プールの形状等を考慮しているか。 (接続部分等の形状が連続的でないため)	→【京都大学】基礎反力は、プールの形状等を考慮し算定している。 床版はある弾性剛性を考慮し、また、プール部分も剛性があるため、地震時応力は、変則的な数値になっている。また、基礎梁等を含めた基礎部分は、剛床仮定が成立しないため、その影響が考慮された地盤反力になっている。
原子炉建屋 屋根版	地震応答解析モデル	【施設・構造 SWG(第1回)】 原子炉建屋(円筒部)側は、剛床仮定を考慮しているため、屋根版のモデル化も、円形状を保つよう設定されているのか。  地震時(水平方向)に円筒部が円形を保てるのは、屋根版があるためとしている。一方、屋根版の解析時には、屋根版の周囲についても、剛床仮定を考慮している。これは、仮定条件の使い回しとなっており、証明になってない。	→【京都大学】屋根版の水平方向モデルについては、剛床仮定を考慮しているが、応答値が有意となる上下方向については、屋根版と壁は、同一変位の仮定とはせず、応答解析を行っている。 したがって、上下方向の地震力によって、壁が膨らむような変形が発生している。  →【京都大学】拝承。
	水平・鉛直方向: FEM 立体モデル、 鉛直方向は地盤 鉛直ばね及び建 屋軸剛性考慮		
	評価基準: 鉄筋を考慮した許 容応力度の確認	【施設・構造 SWG(第1回)】 常時荷重時と地震荷重時の応力状態の推移状況を把握する必要がある(地震時応力は、常時荷重時を挟み、正負繰返の応力となる)。 断面検討用の応力は、法線方向と円周方向の、上下、水平両方向の地震動を同時に作用させたものか。	→【京都大学】それぞれ位相を考慮せず、両方の応答値の最大値を採用している。

確認の主なポイント	コメント	WG 等における回答
② 機器・配管系	<p>【WG(第1回)】            評価結果には、余裕度の少ない箇所がある。            地震動の応答スペクトルから、上下方向のサポート周りが厳しい状況にあると想定される。            原因として、上下方向のサポートを普通に設計した場合の固有周波数の領域(7～10Hz 位)と、床応答(上下方向)が、ある周波数帯において共振し、ピークの値となる場合が想定されるが、如何か(床応答の程度が不明ため)。</p>	<p>→【京都大学】新耐震指針は上下方向の地震動についても、適切に考慮するよう規定され、建屋屋根版については大きな応力を発生している。            機器・配管系の詳細については、施設・構造 SWG 時に資料を提示し、説明する予定としている。</p> <p>〔従前は、静的な解析で水平方向の1/2程度であったが、現状は、動的な解析時も、上下方向と水平方向の地震動が同時に作用するような検討を要し、屋根版は固有振動数の関係で、評価基準値に対して余裕の少ない結果となっている。配管サポートに関しても、上下方向の地震動による影響はあると想定している。〕</p>
床応答スペクトル		
水平・鉛直方向地震力の組合せ方法		
地震応答解析法及び応力評価手法		
減衰定数		
評価基準値		
生体遮へい体	1質点系モデルにより地震応答解析	
	応力評価	
制御棒及び制御棒駆動装置、	<p>【WG(第1回)】            地震時における制御棒の挿入性については、地震時変形をどのように考えているのか。</p>	<p>→【京都大学】制御棒(長さ: 6.6m程度)は、炉頂部と燃料層部での2点でピン支持的な固定となっている。            制御棒自体の固有振動数は約3Hz程度で、原子炉建屋の固有振動数(3～4Hz)に近く、制御棒の応答値は大きくなり、静的な力として考えた場合は、大きな変形となるが、応力的には弾性限界内にある。            また、制御棒は20galの加速度を感知し、0.6秒で落下する機構となっているため、地震動により最大振幅となる前に、制御棒は落下するようになっている。            なお、計算上では、塑性変形して残留変形が残らないことは確認しているが、今後、静的な実験等により変形に対して検討をしていきたい。</p>

確認の主なポイント		コメント	WG 等における回答
制御棒及び 制御棒駆動装置 (続き)	梁モデルによる許 容応力度設計		
	応力評価		
一次冷却水系 配管	梁モデルによる許 容応力度設計		
	応力評価		
5. 地震随伴事象		<p>【地質・地震動 SWG(第2回)】 敷地後方にある池の使用目的、深さ等について調査し、地盤の安定性に係る確認を最終報告書等に明記すること。 資料(P.23)中の周辺斜面に関する回答において、「杭基礎を持つ施設等が建設されている」等と、人工構造物が検討に付加されるような記載ぶりになっている。地盤の安定性について、適切な説明内容となるよう、最終報告書等に記載すること。 地震動が大きいため、液状化に対する確認内容を最終報告書等に明記すること。</p>	<p>→【京都大学】拝承。  →【京都大学】拝承。  →【京都大学】拝承。 液状化検討における有効応力解析等は実施していないが、入力地震動の検討時に、地表までを含めた形で基準地震動を入力し、発生するひずみレベルを確認している。その結果から、液状化の発生が危惧される20m 以浅では、0.1～0.2%程度のひずみレベルとなっており、液状化の発生はないと判断している。</p>

WG(第1回) : 試験研究用原子炉施設耐震性安全性評価妥当性確認ワーキンググループ(第1回) (平成21年7月15日)  
地質・地震動 SWG(第1回) : 地質・地震動サブワーキンググループ(第1回) (平成21年7月31日)  
地質・地震動 SWG(第2回) : 地質・地震動サブワーキンググループ(第2回) (平成21年10月14日)  
施設・構造 SWG(第1回) : 施設・構造サブワーキンググループ(第1回) (平成21年11月27日)