

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）  
 ～地質・地震動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10月14日

確認の主なポイント	コメント	WG等における回答
0. 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	<p>中央構造線断層帯</p> <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>・【地質・地震動 SWG(第1回)】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>上町断層帯</p> <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>	<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。</p> <p>→【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>
② 海域	<p>大阪湾断層帯</p> <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</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)			<p>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。</p>
2. 基準地震動 Ss		<p>【応答スペクトル法(全般)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・【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。</li> </ul>	<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。</p> <p>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。</p> <p>→【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	<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</p>	<p>【応答スペクトルに基づく地震動評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・【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。</li> </ul>	<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。</p> <p>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。</p> <p>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>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】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・【地質・地震動 SWG(第1回)】本中間報告での基本モデルは、断層面の傾斜角を広角(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。</li> </ul> <p>(広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思うが、明確な説明が得られていない。)</p> <p>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、傾斜角は広角と設定した。</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のが想定されるが、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。</p> <p>(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ーを基本モデル(傾斜角及びアスピリティの配置)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、広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。  ・【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。	→【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。 ・【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。(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。	→【京都大学】拝承。
	地震動の超過確率		
3. 原子炉建屋への入力地震動	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	・【地質・地震動 SWG(第1回)】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。 ・【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実施すべきである。	→【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。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。  →【京都大学】拝承。

確認の主なポイント		コメント	WG 等における回答
	入力地震動(続き)	・【地質・地震動 SWG(第1回)】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。	→【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。
4. 施設の耐震 安全性評価 ① 建物・構築物 原子炉建屋	地震応答解析モデル 水平方向: SR モデル、底面水平ばね及び回転ばねのみ考慮、  鉛直方向: FEM 立体モデル、地盤鉛直方向・軸ばね考慮 建屋減衰:RC 3% コンクリート強度:設計基準強度  基礎底面地盤ばねに基礎浮上りによる幾何学的非線形性考慮 評価基準: 耐震壁の最大応答せん断ひずみ	【地盤-建物連成モデル】  ・【WG(第1回)】表層部地盤(せん断波速度 $V_s=200\text{m/s}\sim 300\text{m/s}$ 程度)が非線形領域に入った場合、建屋SR(スウェイ・ロッキング)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ひずみレベルでばね定数を算定しているか。  ・【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】基準地震動の地盤増幅については、等価線形解析により地盤の非線形性(せん断剛性低下率 $G/G_0\sim$ せん断歪み $\gamma$ の関係、減衰定数 $h\sim$ せん断歪み $\gamma$ の関係)を適切に考慮したもとなっている。また、建屋と地盤の相互作用を考慮した応答解析に用いる動的地盤ばね(複素ばね)は、容積法によって、建屋と地盤との境界部での地盤ばねの力と変形の関係から求め、地盤パラメータは、等価線形化解析に用いた地盤パラメータとしている。基礎底部付近での非線形化された地盤の影響は、地震応答解析モデルの動的地盤ばねによって反映されており、地盤の等価減衰定数は非常に大きな値(水平:40%程度、回転:23%程度)となっている。  →【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( $18\text{N/mm}^2$ )を上回ることを確認している。
原子炉建屋 屋根版	地震応答解析モデル 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		

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		<ul style="list-style-type: none"> <li>・【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)ある周波数帯において共振し、ピークの値となる場合がある場合があるが、如何か(床応答の程度が不明ため)。</li> </ul>	<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。</p> <p>機器・配管系の詳細については、施設・構造サブワーキンググループ時に資料を提示し、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>
生体遮へい体			
制御棒及び制御棒駆動装置、		<ul style="list-style-type: none"> <li>・【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。</li> </ul>	<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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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>
一次冷却水系配管	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		
5. 地震随件事象			