

震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価

8月27日に開催された保安院殿の委託事業の委員会（発電炉部会 PSA分科会 地震ハザード評価WG）にオブザーバー参加させていただいて、以下のようなコメントがあったので取り扱いについてお伺いしたい点

1. 対象領域について全国一律としてよいか。
又、火山性の地震が多数含まれている点は問題ではないか。
2. 地盤モデルにおいて、アスペリティの深さの重み付けについて一律でよいのか。
3. 地盤モデルにおいて、地震発生後も地表に変位が出ない位置でアスペリティを決めているが、発生後に地表に出てもよい位置でアスペリティの位置を決めるべきではないか。
4. 会議後、入倉先生より地震・地震動WGで説明するならば、今回の資料を大幅にトーンダウンするように指示をいただいた。

一つの知見として紹介する

課題	岩盤立地を要求事項としないこと
議論の要点	<p>岩盤は、一般的に重量構造物を支持するのに十分な耐力。</p> <p>岩盤における地震動特性は比較的、解明容易。</p> <p>原子炉施設の第四紀層地盤立地に関する研究が進展。</p>
見解	<p>原子力発電所の立地多様化を目的として実施された「高耐震構造立地技術確証試験 第四紀層地盤立地技術方式に関する調査 (NUPEC)」、「原子力発電所の立地多様化技術 (土木学会)」により一定の条件を満たす第四紀洪積層の密な砂・れき・堆積層であれば第四紀層地盤立地は十分成立性があると判断。</p> <p>地震動の評価技術も岩盤から第四紀層地盤への増幅を考慮した解析を実施することで評価可能。</p>
今後の検討方向	<p>従来、岩盤支持に求められていた地震時の支持力、滑り、沈下に対する安全機能を整理し、同機能を要求する。</p>
参考	<p>「再処理施設安全審査指針」、「金属製乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵施設のための安全審査指針」には岩盤立地は要求されていない。</p>

課題	耐震重要度分類と安全重要度分類との関係
議論の要点	安全重要度分類を基本とした、耐震設計上の重要度分類を再検討
見解	<p>安全重要度分類と耐震重要度分類の対応関係を比較検討した。その結果、安全重要度分類に対し、実設計に導入している耐震クラス設定及びクラス別設計地震力は、対象設備に要求される他の機能にも配慮し同格若しくはそれ以上のグレードが設定されており、地震時の安全性を確保する観点からは両分類の整合は問題無いと判断できる。従って、安全重要度分類と耐震重要度分類は、その目的、特性上の相違があっても、特に地震時の安全性を損なうような設計となる可能性はなく、現行の耐震重要度分類は、共通要因として生じる地震時の安全性を確保する上で、有効であると判断される。</p>
今後の検討方向	安全上の機能に着目し安全重要度分類から共通要因事象を考慮した耐震重要度分類を検討する。詳細はJEAGにて検討する。
参考	

課題	松田式(1975)の妥当性
議論の要点	<p>松田式(1975)は古い</p> <p>M-L 関係式の最近の知見である、松田式(1998)、武村(1998)、Wells and Coppersmith(1994)との関係</p>
見解	<p>松田式(1975)は、測地学的なデータも活用して活断層長さLを決めているため、その活断層長さLは震源断層に対応すると考えられる。</p> <p>松田式(1975)は、武村(1998)、Wells and Coppersmith(1994)における同様な関係式との比較検討を実施した結果、日本国内あるいは世界中の地殻内地震に基づき導き出されている震源断層の長さ地震規模の関係と良く整合している。</p> <p>一方、最近の知見である松田式(1998)は、1回の地震で地表に表れる地震断層の長さとの関係を求めて折り、両方で断層長さの評価は異なっている。</p> <p>現行の地質調査法に従って評価された活断層は、地下の震源断層が繰り返し活動した結果を地表から確認しているもので、震源断層に対応する。</p> <p>よって、第一義的にLからMを求める場合は、松田式(1975)で支障ないと判断。</p>
今後の検討方向	<p>地表地震断層と地殻内の震源断層との関連や、地表に断層が現れるメカニズムの解明や、過去の地震と活断層との関連について検討する必要がある。</p>
参考	<p>活断層が敷地に近い場合は、別途、断層モデルによる地震動評価等の検討が必要。</p>

課題	活断層の評価期間
議論の要点	<p>指針制定後、多数のトレンチ調査等が実施され活断層に関する知見が集積。</p> <p>S1については、設計用地震の位置付け、重要度分類との関係で要検討。</p>
見解	<p>国内の多数のトレンチ調査結果によっても、再来期間が5万年を超える活断層は存在しないことから、S2として考慮する活断層の評価期間を5万年としていることは妥当と判断。</p> <p>同トレンチ調査結果から、S1として考慮する活断層～S2として考慮する活断層の区分（1万年、活動度A級）について、厳密に境界を設定することは困難であっても、工学的には妥当と判断。</p> <p>これらについて、トレンチ調査結果に基づく活断層の再来期間の分布状況等を考慮した確率的検討によっても妥当であることを確認。</p>
今後の検討方向	<p>5万年について変更する必要はないと認識。</p> <p>S1（A級、1万年）については、指針での設計用地震動に関する記述方針にもよるが、指針では規定せずJEAGに移行する案もある。</p>
参考	

課題	荷重の組合せの考え方
議論の要点	地震荷重と組み合わせる事象の整理
見解	<p>地震荷重との組合せの基本的な考え方は以下のように基本的に現行と同じ。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と地震荷重を組合せ、それらの組合せ荷重によって施設に発生する応力や変形等の評価を行う。 2) 地震の従属事象として、地震とそれによって引き起こされるプラント状態との同時性を考慮する。また、地震とは独立な事象として、地震の発生いかんにかかわらず生ずる荷重と地震荷重との同時性についてはそれらの事象の発生頻度、当該事象による荷重の継続時間及び継時的変化を考慮して確率的に判断する。なお、他の荷重の組合せで代表できる場合は当該荷重との組合せ評価を省略することができる。
今後の検討方向	上記基本的な考え方を審査指針に記載し、具体的な荷重の組合せはJEAGにて行う。
参考	

課題	静的地震力の取扱い（一般建物の耐震設計との整合性）
議論の要点	静的地震力を適用することの可否
見解	<p>最低規定としての地震力を与えるものとして静的地震力を用いる。</p> <p>また、地震被害との関連が明確な従来の静的地震力を、耐震設計の簡便性、建築基準法での取扱い*を考慮し、継続して適用する。</p> <p>耐震重要度分類に応じた係数及び必要保有水平耐力については従来との連続性を考慮して同じとする。</p> <p>*：建築基準法改定において、設計者が構造設計方法を選択できるようになったが、現行の層せん断力による1次設計も認めている。</p>
今後の検討方向	静的地震力を用いることを審査指針に記載する。
参考	

2/29 耐震設計指針
 (株) 北村工務 島村
 (当) 補佐 松岡 名倉
 松野 真野

revision 1 (15.5.20)

耐震設計審査指針の改定方針案 (素案)
 (現行指針との対比)

耐震設計審査指針項目	現行指針の内容	改定方針案の内容	備考
1. はしがき			
2. 適用範囲			
3. 基本方針	①十分な耐震性 ②剛構造 ③岩盤立地	①十分な耐震性	・解析・設計レベル(免震・制振を含む)の向上。 ・非岩盤立地に係る技術の進歩。
4. 耐震設計上の重要度分類	(1) 機能上の分類 ①Aクラス (一部Asクラス) ②Bクラス ③Cクラス (2) クラス別施設 ①Aクラスの施設 (一部Asクラスの施設) ②Bクラスの施設 ③Cクラスの施設	地震時の安全確保上の要求機能上の分類 Asクラスを対象とするカテゴリーとし、Asクラス以外のものはNonカテゴリーとする。	・地震時の安全確保上の要求機能により分類の定義を再整理する。また、施設別重要度分類を示すのではなく、地震時の安全確保のための要求機能を明確にする。 ・Asを除くAクラス(ECCS等)の取り扱いについて留意。
5. 耐震設計評価方法	(1) 方針 ①Aクラス : 設計用最強地震及び静的地震力 Asクラス : 設計用限界地震 ②Bクラス : 静的地震力 ③Cクラス : 静的地震力	(1) 方針 ①Asクラス 静的地震力 動的地震力(基準地震動S2相当)	・耐震安全上重要な設備は動的地震力(従前の「設計用限界地震」及び「直下地震」による基準地震動S ₂ に相当)に対して安全機能が確保されることを要求する。
	(2) 地震力の算定法 ①設計用最強地震及び設計用限界地震による地震力 水平地震力(基準地震動の評価法による) 鉛直地震力(基準地震動の最大加速度振幅の1/2) ②静的地震力 Aクラス: 3.0Ci + 震度0.3の鉛直地震力 Bクラス: 1.5Ci Cクラス: 1.0Ci	(2) 地震力の算定法 ①動的地震力 水平地震力(基準地震動の評価法による) 鉛直地震力(基準地震動の評価法による) ②静的地震力 3.0Ci + 震度0.3の鉛直地震力	・動的地震力のうち鉛直地震力は、これまで蓄積された観測データ等に基づき適切に設定された上下地震動による。
	(3) 基準地震動の評価方法 基準地震動は、解放基盤表面における地震動に基づき評価。	(3) 基準地震動の評価法 基準地震動は、水平方向及び上下方向の地震動として、標準応答スペクトルまたは断層モデルによる地震動解析に基づき設定する。	・標準応答スペクトルの設定手法として耐専スペクトルが提案されている。 ・断層モデルによる地震動評価法を整理。

耐震設計審査指針項目	現行指針の内容	改定方針案の内容	備考
	<p>①基準地震動はS1及びS2の2種類の地震動</p> <p>(i) 基準地震動S1をもたらす地震 ・「過去の地震」 ・「活動度の高い活断層による地震」</p> <p>(ii) 基準地震動S2をもたらす地震 ・「活断層による地震」 ・「地震地体構造上の地震」</p> <p>②基準地震動S2には直下地震によるものを含む M 6.5、X 10 km</p> <p>③模擬地震波の評価条件</p> <p>(i) 地震動の最大振幅 (ii) 地震動の周波数特性 (iii) 地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化</p>	<p>①基準地震動は1種類(従前のS2相当)の地震動</p> <p>(i) 震源を特定できる地震による地震動 a. 「過去の地震」 b. 「活断層による地震」 ・5万年以降活動した活断層による地震 c. 「地震地体構造上の地震」</p> <p>(ii) 「震源を予め特定できない地震」[※]による地震動 最低限考慮すべき地震動として応答スペクトルで定める。</p> <p>②模擬地震波の評価条件 同左</p>	<p>・活断層の評価法(松田式、5万年、活動度、セグメンテーション)</p> <p>・最新知見を反映した地震地体構造の評価方法を検討。</p> <p>・スラブ内地震の発生に関する地域性や規模等を検討。</p> <p>・過去の地震、活断層による地震、地震地体構造上の地震から想定される地震動について確率論的見地から検討。</p> <p>・震源を予め特定できないとされる地震による震源近傍の地震動の観測記録に基づき設定。</p> <p>・地震動について確率論的見地から検討。</p> <p>注)「震源を予め特定できない地震」とは、陸域のプレート内で発生する地震のうち地表に痕跡を残さない地震。</p>
6. 荷重の組合せと許容限界	<p>(1) 建物・構築物</p> <p>①Asクラス 「S1/静的地震力」－「許容応力度」 「S2」－「終局耐力に対し妥当な安全余裕」</p> <p>②Aクラス 「S1/静的地震力」－「許容応力度」</p> <p>③B、Cクラス 「静的地震力」－「許容応力度」</p>	<p>(1) 建物・構築物</p> <p>①Asクラス 「静的地震力」－「許容応力度」 「S2」－「終局耐力に対し妥当な安全余裕」</p>	
	<p>(2) 機器・配管</p> <p>①Asクラス 「S1/静的地震力/事故時等荷重」－「降伏応力」 「S2/事故時等荷重」－「機能維持」</p> <p>②Aクラス 「S1/静的地震力/事故時等荷重」－「降伏応力」</p> <p>③B、Cクラス 「静的地震力/過渡変化時等荷重」－「降伏応力」</p>	<p>(2) 機器・配管</p> <p>①Asクラス 「静的地震力/事故時等荷重」－「降伏応力」 「S2/事故時等荷重」－「機能維持」 「S2地震動」－「動的機器の安全機能維持」</p>	
地震随件事象(新規追加項目)			<p>・新規追加項目として次項について検討 支持地盤の安定性評価 背後斜面の安定性評価 津波に対する安全性評価</p>