

現在までの検討を踏まえた論点の整理と 今後の検討の進め方について（案）

1. 趣 旨

現在まで、耐震指針検討分科会及び3つのワーキンググループにおいては、当初設定した23項目を中心に耐震設計のあり方について幅広い全般的な検討を行ってきた。

今後、一定の期間内に当面の耐震指針の見直しの作業をとりまとめていくとすれば、見直しの考え方を再確認し、それを踏まえて、現在までの幅広い検討内容を

(1) 当面の指針の見直しの検討対象とするもの、(2) 長期的な課題などの対象とするもの、に分けて今後の検討を進めていくことが必要であると考えられる。

本資料は、このような考え方に立ち、事務局が今後の検討の出発点としての論点の整理を原案としてとりまとめたものである。

2. 耐震指針の見直しの考え方

(1) 高度化

平成7年1月に発生した兵庫県南部地震後に原子力安全委員会に設置された耐震安全検討会での検討において、現行の耐震指針の妥当性が確認されているが、現在の状況に安住することなく、耐震設計において常に最新の知見を反映するなど耐震安全性に対する信頼性を一層向上させていく必要があるとされている。今回の見直しはこれを受け最新の知見を反映するなどの耐震指針の高度化を図ることを目的とする。

(2) 性能規定化

耐震指針は、設置許可時の基本設計の妥当性を確認するための基本的考え方を性能規定として定めるようにすることが必要である。なお、詳細な設計方法・条件等の仕様について、新知見を逐次反映できるようにするため、行政庁による技術基準、民間規格等に委ねることも考えられる。

(3) 合理化・明確化

耐震指針で規定する内容について科学技術的な観点から合理化するとともに、より分かり易いものとして明確化を図ることが必要である。

3. 論点の整理

(1) 上記1. に述べた通り、これまでの耐震指針検討分科会及び3つのワーキンググループにおける議論を踏まえ、今後、耐震指針の骨格（案）の起草作業を行っていくためには、各委員から頂いた幅広い意見等を整理する必要がある、（A）当面の指針において規定する見直しの検討対象とすることが適切と考えられる事項と、（B）今後の長期的な課題などの取扱いの検討対象とすることが適切と考えられる事項を考慮事項等として分け、別紙のとおり整理した。

(2) 別紙の作成に当たっては、事務局において、（A）については、現在までの検討内容等に加え、耐震指針のあり方として、検討の対象の一つとなり得ると考えられる事項や内容の全体的な理解のために追記しておくことが適切と考えられる事項を含めて整理した。また、（B）については、その内容や取扱い方について、今後の長期的な課題として位置づけることが適切と考えられるもの、あるいは後続規制の段階で何らかの対応が取られることが適切と考えられるものなどの観点から整理を行ったが、これらの内容については、必要に応じ、今回の指針の見直しとあわせて見解等の形式で取りまとめることも考えられる。

4. 今後の検討の進め方

耐震指針検討分科会において、論点整理のあり方について検討いただく。

なお、必要に応じ個別の事項についてさらにワーキンググループで検討作業を行うことも考えられる。

今後の検討のための論点の整理（案）

耐震設計審査指針項目	A. 指針において規定する見直しの内容	B. 考慮事項等	備 考
		<p>(耐震設計審査指針の高度化の基本方針(案)を作成するにあたっての前提)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高度化 ・性能規定化 ・合理化・明確化 ・耐震設計の基本的な考え方を記載 <p>詳細な設計方法・条件等については民間規格で規定するものとする。</p>	<p>参照される民間規格は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術的妥当性を有するものであること。 ・本指針で要求する性能との項目上の対応、必要な技術的事項について具体的な手法が示されていること。
1. はしがき			
2. 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・陸上の発電用原子炉施設に適用。これ以外の原子炉施設にも基本的な考え方は参考となる。 ・本指針に適合しない場合があっても、その理由が妥当であればこれを排除するものではない。 		
3. 基本方針	<p>(地震時安全確保の考え方)</p> <p>基本目標：原子炉施設は、敷地周辺の特性からみて寿命中に一度ならず発生する地震動を経験しても事故を起こさないように設計、建設、運転及び保守を行わなければならないのは当然のことであるが、敷地周辺の事情でさまる地震動の大きさと頻度の関係を踏まえて、地震学的見地から見て施設の寿命中には極めて稀には起きるかもしれない地震動を基準地震動とし、この発生を仮定しても安全防護施設を含めて必要な安全機能は損なわれず、周辺の公衆に放射線災害を与えないように設計されること。</p> <p>(耐震安全性評価に伴う満足されるべき性能)</p> <p>目標：基本目標の達成の観点から、安全機能を有する構築物、系統及び機器の地震荷重に対する応答及び耐性の特徴も考慮に入れた安全上の重要度に応じた耐震設計上の区分のあり方、これらの区分ごとの設計評価に使用する設計用地震力の選定のあり方、また、これらの構築物、系統及び機器が対応する設計用地震力に対して耐震性を有することを確認する方法を規定。</p> <p>(新立地方式等への適用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現行指針の剛構造・岩盤支持規定は削除。 ・ 第四紀層地盤立地、免震、制振構造の適用も可能。 <p>(地震時随件事象への配慮)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎地盤、周辺斜面及び津波等の検討を行い、施設の安全確保に支障がないことの確認を行う。 	<p>目標Ⅱ：施設の設計裕度により、左記の基本目標の基準地震動を超える地震動が発生する可能性を考慮してもそれによる公衆の放射線災害のリスクが小さいこと。</p> <p>目標Ⅱ：詳細設計終了後又は建設完了時の適切な時期に、確率論的地震安全評価などにより耐震安全性評価を行い、耐震設計の適切さを自主的に確認する。これは、民間規格として制定される実施手順書によって品質の保証されたものとする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強非線形時の水平・上下組合せ ・ 強非線形時の地盤応答

耐震設計審査指針項目	A. 指針において規定する見直しの内容	B. 考慮事項等	備 考
4. 耐震設計上の重要度分類及び耐震設計評価法	<p>・原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能の重要度分類は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下、重要度指針)において、その有する安全機能の重要度に応じて、それぞれクラス1～3に分類している。</p> <p>・耐震設計上の重要度分類及び耐震設計評価にあたっては、重要度指針との関係、地震動の設定の考え方等を考慮すれば、以下の案が考えられる。</p> <p>(案1)</p> <p>(基本的な考え方)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度指針による安全機能の重要度と耐震指針で定める耐震重要度とは同じ考え方 <p>(分類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2を耐震クラス2、重要度指針のクラス3を耐震クラス3とし、3種類の耐震クラスを設定する。 <p>(評価法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震クラス1の構築物、系統、機器については設計用水平・上下方向地震動による地震応答解析から求める設計用地震荷重と、同時に作用する他の荷重を組合せて施設に生じる応力・変形等を算定し、要求される安全機能の健全性が損なわれないことの確認を行う。 耐震クラス2に対応する設計用水平・上下方向地震動としては、耐震クラス1に適用される設計用地震動の周期ごとの振幅をα倍とした地震動とする。地震力の算定、荷重の組合せと応力等の算定、許容状態との比較と安全機能の確認についてはクラス1と同様とする。なお、上下方向には静的地震力も適用する。 耐震クラス3は一般施設と同等以上の耐震性を有するものとする。 <p>(案2)</p> <p>(基本的な考え方)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度指針の規定に準じつつも、クラス2に分類される構築物、系統及び機器は、その安全機能が失われることにより発生する放射性物質の外部放出によって立地指針にいう公衆の放射線災害の発生に至る可能性が極めて小さいので、これらの耐震設計の水準をクラス3のそれと別にする必要はないとする考え方 <p>(分類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2、3を耐震クラス2として2種類の耐震クラスを設定する。 <p>(評価法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震クラス1の構築物、系統、機器については設計用水平・上下方向地震動による地震応答解析から求める設計用地震荷重と、同時に作用する他の荷重を組合せて施設に生じる応力・変形等を算定し、要求される安全機能の健全性が損なわれないことの確認を行う。 耐震クラス2は、設計用応答スペクトルを地震力スペクトルを見なし、それを1/3にしたものを用いて弾性設計する。(上下方向地震力は考慮しない) 		<ul style="list-style-type: none"> 静的地震力の取り扱い

耐震設計審査指針項目	A. 指針において規定する見直しの内容	B. 考慮事項等	備 考
	<p>(案3) (※) (基本的な考え方)</p> <ul style="list-style-type: none"> 限界的な地震動に対して機能維持すべき「特に重要な安全機能」を有する施設のみを規定すればよいとする考え方 <p>(分類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 「特に重要な安全機能」を有する施設を安全クラス、それ以外の施設をノンクラスとする。 <p>(評価法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全クラスの施設は、動的地震力(水平・上下)に対して安全機能が確保されることを要求する。水平地震力と上下地震力とは適切に組合せる。 ノンクラスの施設の地震力は、指針では規定しない。 <p>(案4) (基本的な考え方)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震設計上の特有の観点も反映すべきであり、重要度指針と全く一致させる必要はないとする考え方 <p>(分類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行通りのAsクラス、Aクラス、Bクラス、Cクラスの4クラス <p>(評価法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 水平方向地震力は現行通りとし、Asクラス及びAクラスは、動的及び静的地震力、Bクラス及びCクラスは静的地震力(Bクラスのうち強振の恐れのあるものは影響検討)を適用する。 上下方向地震力は、Asクラス及びAクラスは、動的及び静的地震力、Bクラス及びCクラスは静的地震力(Bクラスのうち強振の恐れのあるものは影響検討)を適用する。 <ul style="list-style-type: none"> 以下のような耐震設計特有の事項については、重要度指針の記載に係わらず、別に定める。 <ol style="list-style-type: none"> 異常の発生防止機能と影響緩和機能との区別はしない。 重要度指針でいう「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系以外の関連系」のうち、系統及び機器を収納・支持する機能(構築物、系統及び機器の支持構造物)については、当該関連系統・機器の耐震設計に用いられる設計用地震動に対して、安全機能(支持機能)を損なわないことの確認を行うものとする。 建物・構築物、系統及び機器間の相互影響については、上位の耐震クラスに適用される設計用地震動に対して、それぞれ要求される安全機能が損なわれないことの確認を行う。 クラスの異なる系統及び機器が構造的に連続している場合には、その地震時挙動が上位の耐震機能に影響を与える範囲まで、上位のクラスの重要度をもつものとする。 		<ul style="list-style-type: none"> ノンクラスの細区分は民間規格で行う。 ノンクラスの方針について、性能規定化を踏まえた記載を行う。 耐震設計上重要な設備の耐震重要度分類には、地震PSAの知見も参照する。(各施設の条件付き損傷確率)
<p>5. 設計用地震・地震動の設定 (1) 設計用地震の設定</p>	<p>(設計用地震の設定)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震設計では、敷地周辺の地震発生域を調べ、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震動を対象とするので、これらをもたらず設計用地震を設定す 		

耐震設計審査指針項目	A. 指針において規定する見直しの内容	B. 考慮事項等	備 考
	<p>る必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> プレート境界地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震に区分し、これらの地震の想定は歴史地震資料、活断層調査、地震地体構造を用いて行う。 設計用地震動としては、歴史地震資料、活断層調査、地震地体構造に基づく「震源を予め特定できる地震」と、これらに加え、「震源を予め特定できない地震」とを考慮する必要がある。 <p>(歴史地震資料)</p> <ul style="list-style-type: none"> 古文書等に基づく過去の被害地震をデータベース化した各種の歴史地震カタログを、最新の地震考古学の知見と併せて活用することが重要である。 <p>(活断層調査)</p> <ul style="list-style-type: none"> 「地質・地盤に関する安全審査の手引き」に従い、入念な調査を行う必要がある。 <p>(地震地体構造)</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震地体構造的検討については、地質学、地震学等の最新知見を反映した多くのマップ等が提案されているので、歴史地震資料、活断層調査を補うために参照する。 地震地体構造の今後の取り扱いについては、設計用地震動の設定における「震源を特定できる地震」の位置や規模の想定を、「過去の地震」及び「活断層による地震」に基づき行う際に、関連知見の不足やデータベースの不十分さを補うために参照する関連研究成果の一つとして位置づける。 <p>(「震源を予め特定できない地震」)</p> <ul style="list-style-type: none"> 地表付近での活断層の痕跡や過去の地震発生の履歴がなく、「地質・地盤に関する安全審査の手引き」による調査でも発見できない、陸域の浅い地殻内で発生する地震、震源を予め特定できない地震を考慮する必要がある。この種の地震の規模、発生場所、発生頻度等に関する地震学・地震工学の最新知見、観測記録や統計・確率モデル等を反映し、地震諸元を設定することが重要である。 		<ul style="list-style-type: none"> スラブ内地震は地域性、伝播経路の影響、地震発生機構等を考慮して地震動を評価できるよう長期的に検討。 現行の「地質・地盤に関する安全審査の手引き」の内容を指針の一部とする。 セグメンテーションのルールを一般化することは困難であり、原則として個別断層(群)毎に評価。 <p>地震調査研究推進本部は「震源を予め特定しにくい地震(地表に痕跡を残さない地震)」を以下のように定義している。 グループ3：海溝型地震として扱おうとしているプレート境界で発生する地震の内大地震以外の地震 グループ4：沈み込むプレート内の地震 グループ5：陸域のプレート内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震 ここでいう「震源を事前に特定できない地震」はグループ5に属する。</p>
(2) 設計用地震動の作り方	<p>(設計用地震動とその定義位置及びその種類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計用地震動は、水平動及び上下動について規定する。 設計用地震動は、その特性を表す応答スペクトルと、それにフィッティングさせた時刻歴波形で規定する。 設計用地震動設定位置については、以下の案が考えられる。 <p>(案1)</p> <p>現行どおり、解放基盤表面(概ね第三紀層及びそれ以前の堅牢な岩盤であって著しい風化を受けていない基盤面上の表層や構造物がないものと仮定した上で、基盤面に著しい高低差がなく相当な広がりがある基盤表面)で設定する。</p> <p>(案2)</p> <p>国際的に通用する地震基盤で設定する。</p> <p>(案3)</p> <p>工学的基盤面で設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計用地震動の数については、以下の案が考えられる。 <p>(案1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動の持つ意味と基準地震動を越える地震が万一発生した場合の安全性(安全裕度)を明確化する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震基盤データの充実

耐震設計審査指針項目	A. 指針において規定する見直しの内容	B. 考慮事項等	備 考
	<p>現行どおり、2種類 (案2) 1種類 (応答スペクトルの作成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計用地震動の応答スペクトルは次の点を考慮して作成する。 <ul style="list-style-type: none"> (1) 距離減衰式による地震動 設計用地震動は、データベースに基づく震源特性を反映した距離減衰式を用いた応答スペクトルに基づいて評価する必要がある。 (2) 断層モデルによる地震動 震源が近い場合には、断層モデルを用いた地震動特性評価を行うこと、その際、必要な周波数特性を考慮する等の知見に基づくこと。 (3) 「震源を予め特定できない地震」による地震動 過去の地表地震断層を伴わない地震の観測記録のデータベースに基づいた地震動としての評価と断層モデルにより得られた地震動算定結果による年発生頻度の概念を導入した確率論的評価が必要である。 <p>(時刻歴波形の作成)(※)</p> <ul style="list-style-type: none"> 時刻歴波形の継続時間及び包絡関数については、現行と同じ。 	<ul style="list-style-type: none"> 「震源を予め特定できる地震」による地震動の想定に当たっては、敷地における地震動とその超過確率の関係による確率論的評価手法について今後とも検討が必要。 	
6. 荷重の組合せ (※)	<ul style="list-style-type: none"> 地震荷重と他の荷重との組合せは現行と同じ。 		
7. 許容限界 (※)	<ul style="list-style-type: none"> 許容限界の考え方は基本的には現行と同じ。 建物、構築物、系統及び機器に要求される安全機能の性質は多様であるので、設計上の制限は、その安全機能の性質に応じた合理的なもの(応力・応力度、歪、変形など)を用いる。 動的安全機能の評価については、原則として試験・実験に基づく評価法を用いる。 支持機能、重要な安全機能への二次的影響、基礎地盤や周辺斜面の安定性など、特別な安全機能の評価については、当該安全機能の性質を考慮し、目的に応じた合理的な制限状態(変形の発生、破断、支持機能維持など)を用いる。 解析モデル及び解析手法については、試験等により実証・確認された十分信頼性が高いものを用いる。 		<ul style="list-style-type: none"> 照査項目の整理
その他		<p>(構造信頼性の確率論的評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全目標を入力として構造物、機器、設備の強さと基準地震動とを決定する方法を規定した学・協会規格が整備された場合には、これを活用することが考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 安全目標の設定と地震ハザード曲線の精度向上が不可欠。

注) 「(※)」については、事務局で補足した部分を示す。

(10/29)

局長

(案の1)

耐震クラス1 (動的S)
上下動的

耐震クラス2 (動的S×1)
上下動的

耐震クラス3

(案の2)

耐震クラス1 (動的S)
上下動的

耐震クラス2 (動的S×1)
上下動的

(案の3) (1)

耐震クラス2 (動的S)
上下動的

(案の4)

A_S
(動的S₂)
上下動的

A
(動的S₁)
上下動的

B
静

C
静

動的
クラス1
クラス2
クラス3