

基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド

平成25年6月
原子力規制委員会

目 次

I. 基準地震動	
1. 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 用語の定義	1
2. 基本方針	2
3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	2
3.1 策定方針	2
3.2 検討用地震の選定	3
3.2.1 地震の分類	3
3.2.2 震源として想定する断層の形状等の評価	3
3.2.3 震源特性パラメータの設定	3
3.3 地震動評価	4
3.3.1 応答スペクトルに基づく地震動評価	4
3.3.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価	4
3.3.3 不確かさの考慮	6
4. 震源を特定せず策定する地震動	7
4.1 策定方針	7
4.2 地震動評価	7
4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集	7
4.2.2 応答スペクトル（地震動レベル）の設定と妥当性確認	9
5. 基準地震動	9
5.1 策定方針	9
5.2 基準地震動の策定	9
6. 超過確率	9
6.1 評価方針	9
6.2 基準地震動の超過確率	10
6.2.1 地震ハザード評価関連情報の収集・分析	10
6.2.2 震源モデルの設定	10
6.2.3 地震動評価モデルの設定	10
6.2.4 ロジックツリーの作成	10
6.2.5 地震ハザード評価	11
6.2.6 基準地震動の超過確率の参照	11
7. 入力地震動	11
7.1 評価方針	11
7.2 入力地震動の評価	11
7.2.1 地盤モデル（物理・力学特性等）の設定	11
7.2.2 入力地震動の評価	12
8. 留意事項	12

II. 耐震設計方針

1. 総則	13
1.1 目的	13
1.2 適用範囲	14
2. 基本方針	14
2.1 基本方針の概要	14
2.2 審査範囲及び事項	14
3. 耐震重要度分類	16
3.1 Sクラスの施設	16
3.2 Bクラスの施設	16
3.3 Cクラスの施設	16
4. 弾性設計用地震動	16
5. 地震力の算定法	16
5.1 地震応答解析による地震力	16
5.1.1 基準地震動による地震力	16
5.1.2 弾性設計用地震動による地震力	16
5.1.3 地震応答解析	17
5.2 静的地震力	17
5.2.1 建物・構築物	17
5.2.2 機器・配管系	17
6. 荷重の組合せと許容限界	17
6.1 建物・構築物	17
6.1.1 Sクラスの建物・構築物	17
6.1.2 Bクラスの建物・構築物	18
6.1.3 Cクラスの建物・構築物	18
6.2 機器・配管系	18
6.2.1 Sクラスの機器・配管系	18
6.2.2 Bクラスの機器・配管系	18
6.2.3 Cクラスの機器・配管系	18
6.3 津波防護施設、浸水防止設備等	18
6.3.1 Sクラスの建物・構築物	18
6.3.2 Sクラスの設備	19
6.3.3 地震と津波の組合せ	19
7. 設計における留意事項	19
7.1 波及的影響	19
III. 附則	19

I. 基準地震動

1. 総則

1.1 目的

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の耐震設計方針に関わる審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））の趣旨を十分踏まえ、基準地震動の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。

基準地震動の策定に係る審査のフローを図-1 に示す。

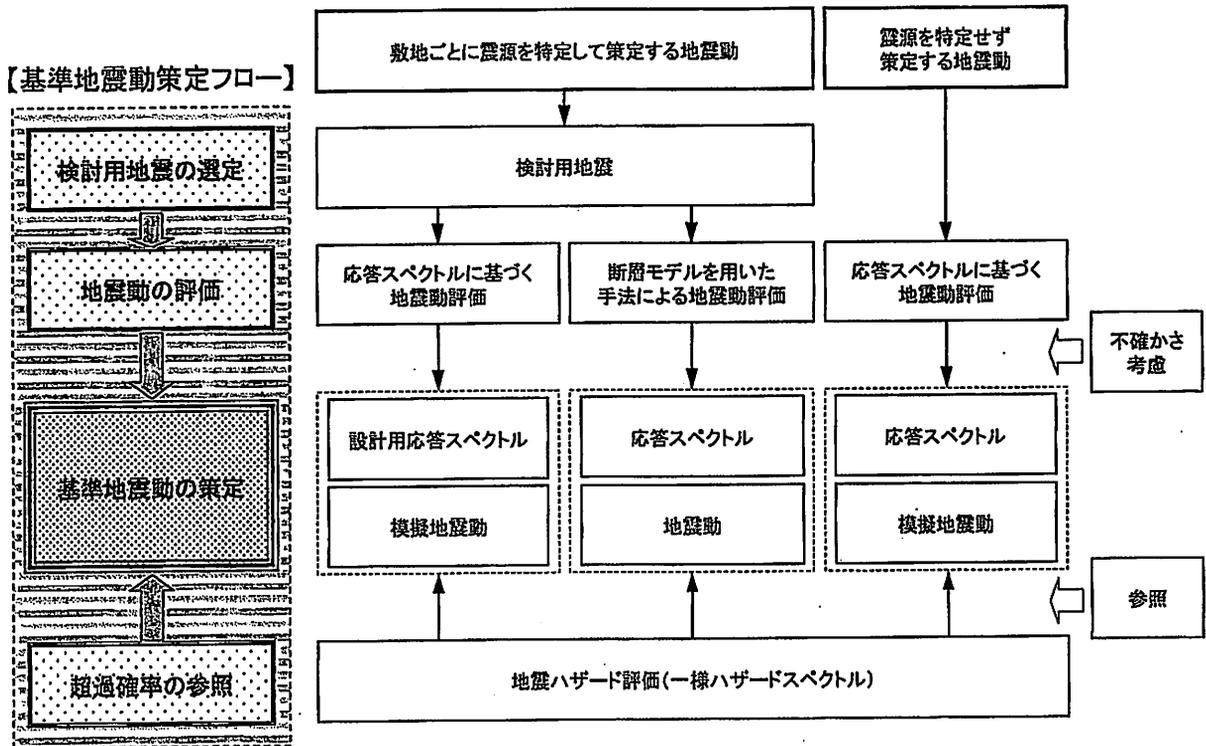


図-1 基準地震動の策定に係る審査フロー

1.2 適用範囲

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設に適用される。なお、本ガイドの基本的な考え方は、原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものである。

1.3 用語の定義

本ガイドにおける用語の定義及び用法については、原則として新規制基準における用語の定義及び用法にしたがうこととし、さらに以下によるものとする。

- (1) 「解放基盤表面」とは、基準地震動（「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成18年9月19日 原子力安全委員会決定」における基準地震動 S_s の規定と同様。）を策定するために基盤面上の表層や構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拵がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう「基盤」とは、概ねせん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものをいう。
- (2) 「地震基盤」とは、せん断波速度 $V_s=3000\text{m/s}$ 程度以上の地層をいう。
- (3) 「内陸地殻内地震」とは、陸のプレートの上部地殻地震発生層に生じる地震をいい、海岸のやや沖合で起こるものを含む。
- (4) 「プレート間地震」とは、相接する二つのプレートの境界面で発生する地震をいう。
- (5) 「海洋プレート内地震」とは、沈み込む（沈み込んだ）海洋プレート内部で発生する地震をいい、海溝軸付近ないしそのやや沖合で発生する「沈み込む海洋プレート内の地震（アウターライズ地震）」と、海溝軸付近から陸側で発生する「沈み込んだ海洋プレート内の地震（スラブ内地震）」の2種類に分けられる。
- (6) 「震源を特定せず策定する地震動」とは、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての敷地（対象サイト）において共通的に考慮すべき地震動であると意味付けた地震動をいう。

2. 基本方針

基準地震動の策定における基本方針は以下の通りである。

- (1) 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、それぞれ解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定されていること。
- (2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮して、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価により、それぞれ解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定されていること。不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること。
- (3) 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して、敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されていること。
- (4) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を相補的に考慮することによって、敷地で発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動として策定されていること。

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

3.1 策定方針

- (1) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定においては、検討用地震ごとに「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に基づき策定されている必要がある。なお、地震動評価に当たっては、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式、地震波の伝播経路等に応じた諸特性（その地域における特性を含む。）が十分に考慮されている必要がある。
- (2) 震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法が重視されている必要がある。

3.2 検討用地震の選定

3.2.1 地震の分類

- (1) 内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、活断層の性質や地震発生状況を精査し、中・小・微小地震の分布、応力場、地震発生様式（プレートの形状・運動・相互作用を含む。）に関する既往の研究成果等を総合的に検討して、検討用地震が複数選定されていることを確認する。
- (2) 施設の構造に免震構造を採用する等、やや長周期の地震応答が卓越する施設等がある場合は、必要に応じてやや長周期の地震動が卓越するような地震が検討用地震として適切に選定されていることを確認する。

3.2.2 震源として想定する断層の形状等の評価

- (1) 内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、各種の調査及び観測等により震源として想定する断層の形状等の評価が適切に行われていることを確認する。
- (2) 検討用地震による地震動を断層モデル等により詳細に評価した結果、断層の位置、長さ等の震源特性パラメータの設定やその不確かさ等の評価においてより詳細な情報が必要となった場合、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の追加調査の実施を求めるとともに、追加調査の後、それらの詳細な情報が十分に得られていることを確認する。

3.2.3 震源特性パラメータの設定

- (1) 内陸地殻内地震の起震断層、活動区間及びプレート間地震の震源領域に対応する震源特性パラメータに関して、既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査の結果を踏まえ適切に設定されていることを確認する。
- (2) 震源モデルの長さ又は面積、あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。
- (3) プレート間地震及び海洋プレート内地震の規模の設定においては、敷地周辺において過去に発生した地震の規模、すべり量、震源領域の広がり等に関する地形・地質学的、地震学的及び測地学的な直接・間接的な情報が可能な限り活用されていることを確認する。国内のみならず世界で起きた大規模な地震を踏まえ、地震の発生機構やテクトニクスの背景の類似性を考慮した上で震源領域が設定されていることを確認する。特に、スラブ内地震についてはアスペリティの応力降下量（短周期レベル）が適切に設

定されていることを確認する。

- (4) 長大な活断層については、断層の長さ、地震発生層の厚さ、断層傾斜角、1回の地震の断層変位、断層間相互作用（活断層の連動）等に関する最新の研究成果を十分考慮して、地震規模や震源断層モデルが設定されていることを確認する。
- (5) 孤立した長さの短い活断層については、地震発生層の厚さ、地震発生機構、断層破壊過程、スケーリング則等に関する最新の研究成果を十分に考慮して、地震規模や震源断層モデルが設定されていることを確認する。

3.3 地震動評価

3.3.1 応答スペクトルに基づく地震動評価

- (1) 検討用地震ごとに適切な手法を用いて応答スペクトルが評価され、それらを基に設定された応答スペクトルに対して、地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的变化等の地震動特性が適切に設定され、地震動評価が行われていることを確認する。

① 経験式（距離減衰式）の選定

- 1) 応答スペクトルに基づく地震動評価において、用いられている地震記録の地震規模、震源距離等から、適用条件、適用範囲について検討した上で、経験式（距離減衰式）が適切に選定されていることを確認する。
- 2) 参照する距離減衰式に応じて適切なパラメータを設定する必要があり、併せて震源断層の拡がりや不均質性、断層破壊の伝播や震源メカニズムの影響が適切に考慮されていることを確認する。

② 地震波伝播特性（サイト特性）の評価

- 1) 水平及び鉛直地震動の応答スペクトルは、参照する距離減衰式の特徴を踏まえ、敷地周辺の地下構造に基づく地震波の伝播特性（サイト特性）の影響を考慮して適切に評価されていることを確認する。
- 2) 敷地における地震観測記録が存在する場合には、それらを収集・整理・解析し、地震の発生様式や地域性を考慮して地震波の伝播特性の影響を評価し、応答スペクトルに反映させていることを確認する。

3.3.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価

- (1) 検討用地震ごとに適切な手法を用いて震源特性パラメータが設定され、地震動評価が行われていることを確認する。
- (2) 観測記録がある場合には、記録の精度や想定する震源断層の特徴を踏まえ、要素地震としての適性について慎重に検討した上で、経験的グリーン関数法による地震動評価が行われていることを確認する。
- (3) 統計的グリーン関数法及びハイブリッド法（理論的手法と統計的あるいは経験的グリーン関数法を組み合わせたものをいう。以下同じ。）による地震動評価においては、地質・地質構造等の調査結果に基づき、各々の手法に応じて地震波の伝播特性が適切に評価されていることを確認する。
- (4) 経験的グリーン関数法、統計的グリーン関数法、ハイブリッド法以外の手法を用いる場合には、その手法の妥当性が示されていることを確認する。

① 震源モデルの設定

- 1) 震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」等の最新の研究成果を考慮し設

定されていることを確認する。

- 2) アスペリティの位置が活断層調査等によって設定できる場合は、その根拠が示されていることを確認する。根拠がない場合は、敷地への影響を考慮して安全側に設定されている必要がある。なお、アスペリティの応力降下量（短周期レベル）については、新潟県中越沖地震を踏まえて設定されていることを確認する。

② 経験的グリーン関数法による地震動評価

- 1) 経験的グリーン関数法を適用する場合には、観測記録の得られた地点と解放基盤表面との相違を適切に評価する必要がある。また、経験的グリーン関数法に用いる要素地震については、地震の規模、震源位置、震源深さ、メカニズム等の各種パラメータの設定が妥当であることを確認する。

③ 統計的グリーン関数法及びハイブリッド法による地震動評価

- 1) 統計的グリーン関数法やハイブリッド法による地震動評価においては、震源から評価地点までの地震波の伝播特性、地震基盤からの増幅特性が地盤調査結果等に基づき評価されていることを確認する。
- 2) ハイブリッド法を用いる場合の長周期側と短周期側の接続周期は、それぞれの手法の精度や用いた地下構造モデルを考慮して適切に設定されていることを確認する。また、地下構造モデルは地震観測記録等によってその妥当性が検討されていることを確認する。

④ 震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価

- 1) 震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価においては、地表に変位を伴う断層全体（地表地震断層から震源断層までの断層全体）を考慮した上で、震源モデルの形状及び位置の妥当性、敷地及びそこに設置する施設との位置関係、並びに震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討されていることを確認する。
- 2) これらの検討結果を踏まえた評価手法の適用性に留意の上、各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の科学的・技術的知見を踏まえた上で、さらに十分な余裕を考慮して地震動が評価されていることを確認する。特に、評価地点近傍に存在する強震動生成領域（アスペリティ）での応力降下量などの強震動の生成強度に関するパラメータ、強震動生成領域同士の破壊開始時間のずれや破壊進行パターンの設定において、不確かさを考慮し、破壊シナリオが適切に考慮されていることを確認する。
- 3) なお、震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の科学的・技術的知見を取り込んだ手法により、地表に変位を伴う国内外被害地震の震源極近傍の地震動記録に対して適切な再現解析を行い、震源モデルに基づく短周期地震動、長周期地震動及び永久変位を十分に説明できていることを確認する。この場合、特に永久変位・変形についても実現象を適切に再現できていることを確認する。さらに、浅部における断層のずれの進展の不均質性が地震動評価へ及ぼす影響を検討するとともに、浅部における断層のずれの不確かさが十分に評価されていることを確認する。
- 4) 震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価においては、破壊伝播効果が地震動へ与える影響について、十分に精査されていることを確認する。また、水平動成分に加えて上下動成分の評価が適切に行われていることを確認する。

⑤ 地下構造モデルの設定

- 1) 「広域地下構造調査（概査）」と「敷地近傍地下構造調査（精査）」を組み合わせた

調査により、地震動評価のための地下構造データが適切に取得されていることを確認するとともに、取得された概査データと精査データがそれぞれ相矛盾していないことを確認する。

- 2) 地震動評価において、震源領域から地震基盤までの地震波の伝播特性に影響を与える「地殻・上部マントル構造」、地震基盤から解放基盤までの「広域地下構造」、解放基盤から地表面までの「浅部地下構造」を考慮して、地震波速度及び減衰定数等の地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。特に、検討用地震としてプレート間地震及び海洋プレート内地震が選定された場合には、海域や海洋プレートを含む海域地下構造モデル、並びに伝播経路の幾何減衰及びQ値(内部減衰・散乱減衰)が適切に考慮されていることを確認する。
- 3) 地下構造モデルの設定においては、地下構造(深部・浅部地下構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、地層の傾斜、断層、褶曲構造等の地質構造を評価するとともに、地震発生層の上端深さ、地震基盤・解放基盤の位置や形状、地下構造の三次元不整形性、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性が適切に評価されていることを確認する。
- 4) 地震基盤までの三次元地下構造モデルの設定に当たっては、地震観測記録(鉛直アレイ地震動観測や水平アレイ地震動観測記録)、微動アレイ探査、重力探査、深層ポーリング、二次元あるいは三次元の適切な物理探査(反射法・屈折法地震探査)等のデータに基づき、ジョイントインバージョン解析手法など客観的・合理的な手段によってモデルが評価されていることを確認する。なお、地下構造の評価の過程において、地下構造が水平成層構造と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討されていることを確認する。
- 5) 特に、敷地及び敷地近傍においては鉛直アレイ地震動観測や水平アレイ地震動観測記録、及び物理探査データ等を追加して三次元地下構造モデルを詳細化するとともに、地震観測記録のシミュレーションによってモデルを修正するなど高精度化が図られていることを確認する。この場合、適切な地震観測記録がない場合も含めて、作成された三次元地下構造モデルの精度が地震動評価へ与える影響について、適切に検討されていることを確認する(信頼性の高い地震動評価が目的であるため、地下構造モデルの精度に囚われすぎないことに留意する。)

3.3.3 不確かさの考慮

- (1) 応答スペクトルに基づく地震動の評価過程に伴う不確かさについて、適切な手法を用いて考慮されていることを確認する。地震動評価においては、用いる距離減衰式の特徴や適用性、地盤特性が考慮されている必要がある。
 - (2) 断層モデルを用いた手法による地震動の評価過程に伴う不確かさについて、適切な手法を用いて考慮されていることを確認する。併せて、震源特性パラメータの不確かさについて、その設定の考え方が明確にされていることを確認する。
- ① 支配的な震源特性パラメータ等の分析
- 1) 震源モデルの不確かさ(震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方、解釈の違いによる不確かさ)を考慮する場合には、敷地における地震動評価に大きな影響を与えられとされる支配的なパラメータについて分析し、その結果を地震動評価に反映させることが必要である。特に、

アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要であり、震源モデルの不確かさとして適切に評価されていることを確認する。

② 必要に応じた不確かさの組み合わせによる適切な考慮

- 1) 地震動の評価過程に伴う不確かさについては、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮されていることを確認する。
- 2) 地震動評価においては、震源特性（震源モデル）、伝播特性（地殻・上部マントル構造）、サイト特性（深部・浅部地下構造）における各種の不確かさが含まれるため、これらの不確かさを偶然的な不確かさと認識論的不確かさに分類して、分析が適切になされていることを確認する。

4. 震源を特定せず策定する地震動

4.1 策定方針

- (1) 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されている必要がある。
- (2) 応答スペクトルの設定においては、解放基盤表面までの地震波の伝播特性が反映されている必要がある。また、敷地及び敷地周辺の地下構造（深部・浅部地盤構造）が地震波の伝播特性に与える影響が適切に評価されている必要がある。
- (3) 地震動の策定においては、設定された応答スペクトルに対して、地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性が適切に評価されている必要がある。
- (4) なお、「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動の妥当性については、最新の科学的・技術的知見を踏まえて個別に確認する。その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等、各種の不確かさを考慮した評価が適切に行われている必要がある。

4.2 地震動評価

4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

〔解説〕

- (1) 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も

規模も推定できない地震 (Mw6.5 未満の地震)) であり、震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする。

(2) 「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震 (震源の規模が推定できない地震 (Mw6.5 以上の地震)) であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられる。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。

- ① 孤立した長さの短い活断層による地震
- ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
- ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震

(3) 震源を特定せず策定する地震動の評価において、収集対象となる内陸地殻内の地震の例を表-1 に示す。

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

4.2.2 応答スペクトル（地震動レベル）の設定と妥当性確認

- (1) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル（地震動レベル）は、解放基盤表面までの地震波の伝播特性が反映され、敷地の地盤物性が加味されるとともに、個々の観測記録の特徴（周期特性）を踏まえるなど、適切に設定されていることを確認する。

〔解説〕

- (1) 設定された応答スペクトル（地震動レベル）の妥当性の確認として、例えば原子力安全基盤機構による「震源を特定しにくい地震による地震動：2005」、「震源を特定せず策定する地震動：2009」等に基づく地震動の超過確率別スペクトルを参照する。併せて、旧原子力安全委員会による「仮想震源を用いた面的地震動評価」に基づき地震動の妥当性が検討されていることを確認することが望ましい。

5. 基準地震動

5.1 策定方針

- (1) 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果を踏まえて、基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさを考慮して適切に策定されている必要がある。
- (2) 基準地震動の策定に当たっては、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式、地震波の伝播経路等に応じた諸特性（その地域における特性を含む。）が十分に考慮されている必要がある。
- (3) 施設の構造に免震構造を採用する等、やや長周期の地震応答が卓越する施設等がある場合は、その周波数特性に着目して地震動評価を実施し、必要に応じて他の施設とは別に基準地震動が策定されている必要がある。

5.2 基準地震動の策定

- (1) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように作成する必要があり、その際の振幅包絡線は、地震動の継続時間に留意して設定されていることを確認する。
- (2) 断層モデルを用いた手法による基準地震動は、施設に与える影響の観点から地震動の諸特性（周波数特性、継続時間、位相特性等）を考慮して、別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から策定されていることを確認する。なお、応答スペクトルに基づく基準地震動が全周期帯にわたって断層モデルを用いた基準地震動を有意に上回る場合には、応答スペクトルに基づく基準地震動で代表させることができる。
- (3) 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、設定された応答スペクトルに対して、地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性が適切に考慮されていることを確認する。
- (4) 基準地震動は、最新の知見や震源近傍等で得られた観測記録によってその妥当性が確認されていることを確認する。

6. 超過確率

6.1 評価方針

- (1) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを確認する。
- (2) 超過確率を参照する際には、基準地震動の応答スペクトルと地震ハザード解析による一様ハザードスペクトルを比較するとともに、当該結果の妥当性を確認する。

【解説】

- (1) 地震ハザード解析による一様ハザードスペクトルの算定においては、例えば日本原子力学会による「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」や地震調査研究推進本部による「確率論的地震動予測地図」、原子力安全基盤機構による「震源を特定しにくい地震による地震動：2005」、「震源を特定せず策定する地震動：2009」等に示される手法を適宜参考にして評価する。

6.2 基準地震動の超過確率

6.2.1 地震ハザード評価関連情報の収集・分析

- (1) 基準地震動の策定に係る情報に加えて、広範な地震ハザード評価関連情報（地震発生頻度に係る情報等）を対象として、評価対象サイトに影響を与え得る地震の発生様式（活断層データ及び過去の地震データ等）に関する情報が収集されていることを確認する。
- (2) 各種のモデル化では、専門家の意見の相違をロジックツリーとして表すために、複数の専門家の情報が収集されていることを確認する。

6.2.2 震源モデルの設定

- (1) 対象サイトに将来影響を及ぼす可能性のある地震を対象に、地震発生様式を踏まえた適切な領域の範囲を設定し、対象とする地震の震源モデルが適切に設定されていることを確認する。
- (2) 対象とする地震の震源モデルの設定に当たっては、概略検討により震源モデルの不確実さに係る震源別寄与度を把握し、寄与度の高い震源モデルについて詳細検討が行われていることを確認する。
- (3) 震源モデルに関するパラメータの選定においては、地震発生確率の算出に必要なパラメータ、並びにそれらのパラメータに関する不確実さ要因（断層の位置、長さ、幅、走向、傾斜角、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点、破壊伝播速度等）を偶然的な不確実さと認識論的不確実さに分類して、分析が適切になされていることを確認する。

6.2.3 地震動評価モデルの設定

- (1) 対象サイト周辺地域の震源特性や地震動伝播特性を考慮して、特定位置で特定規模の地震が発生した場合に、評価対象サイトで生じる地震動強さの確率分布を評価するためのモデルが適切に設定されていることを確認する。
- (2) 震源と評価サイトの距離に応じた応答スペクトル法（距離減衰式）による地震動評価と断層モデルによる地震動評価を使い分け、それらのパラメータに関する不確実さ要因を偶然的な不確実さと認識論的不確実さに分類して、分析が適切になされていることを確認する。

6.2.4 ロジックツリーの作成

- (1) 不確実さ要因の分析結果に基づき、地震ハザードに大きな影響を及ぼす認識論的不確実さ（知識及び認識の不足による不確実さ）を選定してロジックツリーを作成し、ロジックツリーの分岐として考慮すべき項目が適切に設定されていることを確認する。また、ロジックツリーにおける各分岐で設定した重みの設定根拠を確認する。
- (2) 選定した要因を対象として技術的な難易度を判断し、作業手順の異なる3段階の専門家活用水準のいずれかを選択し明示されていることを確認する。それぞれの専門家活用水準における作成手順に従い、ロジックツリーが作成されていることを確認する。

6.2.5 地震ハザード評価

- (1) 作成したロジックツリーを用いて地震ハザード曲線群を算出し、信頼度別ハザード曲線（フラクタイルハザード曲線）や平均ハザード曲線の妥当性を検討するとともに、それらを踏まえて一様ハザードスペクトルが適切に算定されていることを確認する。
- (2) 地震ハザード曲線の内訳を把握するとともに、地震ハザードに大きな影響を及ぼす地震を確認する。

6.2.6 基準地震動の超過確率の参照

- (1) 策定された基準地震動の応答スペクトルと地震ハザード解析による一様ハザードスペクトルを比較し、地震動の超過確率を適切に参照していることを確認する。参照にあたっては、地震動の超過確率のレベルを確認すると共に、地震ハザードに大きな影響を及ぼす地震と検討用地震との対応も確認する。
- (2) 基準地震動の超過確率と検討用地震との対応において、地震ハザード曲線の地震別内訳に検討用地震が明示されているかを分析し、その超過確率が示されていることを確認する。

7. 入力地震動

7.1 評価方針

- (1) 基準地震動に基づき入力地震動を評価するに当たっては、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮されている必要がある。
- (2) 入力地震動の評価に当たって地震波の伝播特性を考慮する際には、敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査の結果に基づき、地盤の物理・力学特性等を適切に設定されている必要があり、その妥当性が敷地における観測記録や最新の知見に基づいて検証されている必要がある。

7.2 入力地震動の評価

7.2.1 地盤モデル（物理・力学特性等）の設定

- (1) 地盤モデルの設定に当たっては、解放基盤面の位置や不整形性も含めた三次元地盤構造、及び各層の材料物性（弾性波速度、単位体積重量、動的地盤剛性、減衰定数等）の設定が適切であることを確認する。
- (2) 三次元地盤構造は、敷地における複数箇所のボーリングデータや物理検層データ、原位試験データ、地震観測記録等を基に十分な範囲と深度の情報に基づいて設定されていることを確認する（詳細は「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」を参照のこと。）。
- (3) なお、地盤構造の評価の過程において、十分な調査により地盤構造が水平成層構造と認められる可能性がある場合には、多方向から到来する複数の地震観測記録を用いた

波動伝播解析によりその妥当性が検証されていることを確認する。

7.2.2 入力地震動の評価

- (1) 入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動から、敷地の三次元地盤構造を考慮した入力地震動作成用地盤モデルを用いた地震応答解析により、適切に求められていることを確認する。なお、地盤構造が水平成層構造と認められる場合には、一次元地盤構造に基づき入力地震動の評価が可能である。
- (2) 入力地震動の評価において、建物・構築物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形等が必要に応じて考慮されていることを確認する。
- (3) なお、解放基盤表面より深部の地下構造が不整形性等を呈する場合、必要に応じて震源まで戻って入力地震動の評価が行われる必要がある。

8. 留意事項

基準地震動の策定及び超過確率の算定に係る全プロセス（評価条件、評価経過及び評価結果）を確認する。

II. 耐震設計方針

1. 総則

1.1 目的

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の耐震設計方針に関わる審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））の趣旨を十分踏まえ、耐震設計方針の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。

耐震設計方針に係る審査は、主に、基本方針、耐震重要度分類、弾性設計用地震動、地震力の算定法、荷重の組合せと許容限界、設計における留意事項に関する方針や考え方の妥当性を確認する。審査のフローを図-2 に示す。

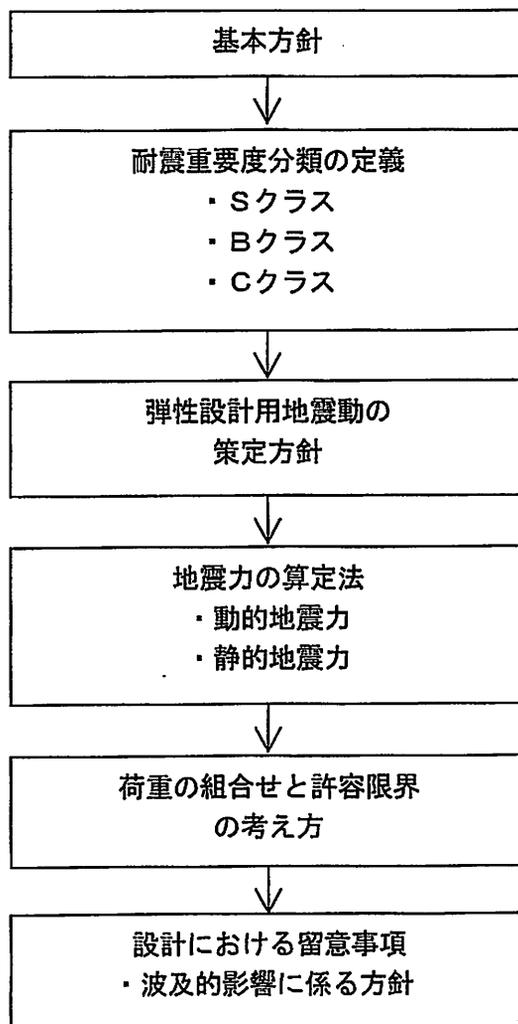


図-2 審査フロー

1.2 適用範囲

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設に適用される。なお、本ガイドの基本的な考え方は、原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものである。

2. 基本方針

2.1 基本方針の概要

原子炉施設の耐震設計の基本方針については、『耐震重要施設（設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの。）は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。』である。この基本方針に関して、設置許可に係る審査において、以下の要求事項を満たした設計方針であることを確認する。

- ・原子炉施設の耐震重要度分類を、地震により発生するおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失及びそれに続く公衆への放射線による影響を防止する観点から、Sクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、それぞれ重要度のクラスに応じた耐震設計を行うこと。
- ・Sクラスの各施設は、基準地震動による地震力に対してその安全機能が保持できること。また、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。
- ・Bクラスの各施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと。
- ・Cクラスの各施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。
- ・上記において、耐震重要施設が、下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。

2.2 審査範囲及び事項

設置許可に係る審査においては、基本設計段階における審査として、主に、耐震重要度分類、弾性設計用地震動の妥当性について確認する。地震力の算定法、荷重の組合せと許容限界、設計における留意事項については、方針、考え方を確認し、その詳細を後段規制（工事計画認可）において確認することとする。地震に対する設計方針に係る審査の範囲を表-2に示す。

それぞれの審査事項ごとの審査内容は以下のとおりである。

(1) 耐震重要度分類

- ・重要な安全機能を有する施設はSクラス、これと比べて影響が小さいものはBクラス、これら以外の一般産業施設、公共施設と同等の安全性が要求される施設はCクラスと適切に分類されていることを確認する。

(2) 弾性設計用地震動

- ・弾性設計用地震動が、「地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐える」ように工学的判断に基づいて設定されていることを確認する。また、具体的な設定値及び設定根拠を確認する。

(3) 地震力の算定法

- ・基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、地震応答解析を行って水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定することを確認する。
- ・建物・構築物の水平方向静的地震力は、地震層せん断力係数に施設の重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定する方針であることを確認する。また、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとして確認する。機器・配管系の静的地震力はこれらの水平震度及び鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求めることを確認する。

(4) 荷重の組合せと許容限界

- ・建物・構築物、機器・配管系の各々について、耐震重要度分類毎に地震と組合せるべき荷重及び対応する許容限界についての考え方が適切であることを確認する。

(5) 設計における留意事項

- ・耐震重要施設が下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計となっていることを確認する。

表-2 耐震設計方針に係る審査の範囲

大項目	中項目	審査事項	審査段階・範囲*1	確認内容
(1)耐震重要度分類	①Sクラスの施設	耐震重要度分類の定義	◎	分類の方針の妥当性
	②Bクラスの施設			
	③Cクラスの施設			
(2)弾性設計用地震動	—	弾性設計用地震動の策定方針	◎	策定方針の妥当性
(3)地震力の算定法	①動的地震力*2	動的地震力の算定方針	○	算定方針の妥当性
	②静的地震力*2	静的地震力の算定方針	○	算定方針の妥当性
(4)荷重の組合せと許容限界	①荷重の組合せ*2	荷重の組合せの考え方	○	設定方針の妥当性
	②許容限界*2	許容限界の考え方	○	設定方針の妥当性
(5)設計における留意事項	①波及的影響*2	波及的影響に係る設計方針	○	設計方針の妥当性

※1 ◎審査で妥当性を確認

○審査で方針等を確認（設計の詳細は工事計画認可で確認）

※2 施設・設備毎の具体的な設計方針、検討方針については、工事計画認可において確認

3. 耐震重要度分類

耐震重要度分類の定義が下記を踏まえ妥当であることを確認する。また、施設の具体的な耐震重要度分類の妥当性について確認する。

3.1 Sクラスの施設

- ・地震により発生する可能性のある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設
- ・自ら放射性物質を内蔵している施設
- ・当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設
- ・これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、環境への放射線による影響を軽減するために必要な機能を持つ施設
- ・これらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設
- ・地震に伴って発生する可能性のある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設

3.2 Bクラスの施設

- ・安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスと比べ小さい施設

3.3 Cクラスの施設

- ・Sクラス施設及びBクラス施設以外の一般産業施設、公共施設と同等の安全性が要求される施設

4. 弾性設計用地震動

弾性設計用地震動の策定方針が下記を踏まえ妥当であることを確認する。なお、基準地震動については、本ガイドの「I. 基準地震動」にて妥当性を確認する。

- ・弾性設計用地震動の具体的な設定値及び設定根拠。
- ・弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないような値で工学的判断に基づいて設定すること（「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成18年9月19日 原子力安全委員会決定」における弾性設計用地震動Sdの規定と同様）

5. 地震力の算定法

動的地震力及び静的地震力の各々の算定方針が、下記を踏まえ妥当であることを確認する。

5.1 地震応答解析による地震力

5.1.1 基準地震動による地震力

- ・基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定すること。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形について必要に応じて考慮すること。

5.1.2 弾性設計用地震動による地震力

- ・弾性設計用地震動による地震力は、弾性設計用地震動を用いて水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定すること。なお、建物・構築

物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形について必要に応じて考慮すること。

- ・Bクラス施設について、「共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと」の検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。

5.1.3 地震応答解析

基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力の算定

- ・対象とする施設の形状、構造特性等（建屋の床柔性、クレーン類の上下特性等）を考慮したモデル化すること。
- ・地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、十分な調査に基づく適切な解析条件を設定すること。
- ・建物・構築物の設置位置等で評価される入力地震動については、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮すること。また、敷地における観測記録に基づくとともに、最新の科学的・技術的知見を踏まえて、その妥当性が示されていること。

5.2 静的地震力

5.2.1 建物・構築物

- ・水平地震力は、地震層せん断力係数に、次に示す施設の重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定すること。

Sクラス 3.0、Bクラス 1.5、Cクラス 1.0

- ・建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回ることを確認すること。
- ・Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

5.2.2 機器・配管系

- ・各耐震クラスの地震力は、上記5.2.1に示す地震層せん断力係数に施設の重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記5.2.1の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求めること。
- ・水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用すること。

6. 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界の考え方が、下記を踏まえ妥当であることを確認する。

なお、本項記載の荷重の組合せと許容限界の規定以外の場合であっても、その妥当性が試験等により確認されていれば、これらの適用を妨げない。

6.1 建物・構築物

6.1.1 Sクラスの建物・構築物

(1) 基準地震動との組合せと許容限界

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること

(2) 弾性設計用地震動との組合せと許容限界

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。
- 6.1.2 Bクラスの建物・構築物
- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組合せに、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること
- 6.1.3 Cクラスの建物・構築物
- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること
- 6.2 機器・配管系
- 6.2.1 Sクラスの機器・配管系
- (1) 基準地震動との組合せと許容限界
- ・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基準地震動による地震力を組合せた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。
 - ・上記により求まる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼすことがないこと
 - ・動的機能等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持すること。具体的には、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とすること
- (2) 弾性設計用地震動との組合せと許容限界
- ・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、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組合せた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。
- 6.2.2 Bクラスの機器・配管系
- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること
- 6.2.3 Cクラスの機器・配管系
- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること
- 6.3 津波防護施設、浸水防止設備等
- 6.3.1 Sクラスの建物・構築物
- ・津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能）を保持すること

6.3.2 Sクラスの設備

- ・津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち設備は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、その設備に要求される機能（浸水防止機能、津波監視機能）を保持すること

6.3.3 地震と津波の組合せ

- ・上記 6.3.1 及び 6.3.2 の荷重の組合せに関しては、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること

7. 設計における留意事項

波及的影響に係る設計方針が下記を踏まえ妥当であることを確認する。

7.1 波及的影響

耐震重要施設が、下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用すること。

少なくとも、次に示す事項について、耐震重要施設の安全機能への影響が無いことを確認すること。

- ・設置地盤、地震応答性状の相違等に起因する相対変位、不等沈下による影響
- ・耐震重要施設と下位クラスの施設との接続部における相互影響
- ・建屋内における下位クラスの施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響
- ・建屋外における下位クラスの施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響

Ⅲ. 附則

この規定は、平成 25 年 7 月 8 日より施行する。

本ガイドに記載されている手法等以外の手法等であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その手法等を用いることは妨げない。

また、本ガイドは、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するよう見直していくものとする。