

# 次期耐震設計規定策定準備作業会

## 作業報告書

(社) 日本電気協会

耐震設計分科会

次期耐震設計規定策定準備作業会

2009年2月

## 目 次

1 .	はじめに	1
2 .	発足と作業の経過	2
3 .	作業会での検討内容	2
4 .	次期耐震設計規定に対する提案	3
4.1	性能評価型規定の提案	4
4.2	性能評価型規定の具体像	4
4.3	基準値と限界値に基づく算定による 性能評価の考え方	6
4.4	対象とする建物・構築物等の 限界状態の把握	8
5 .	付録資料	10
5.1	次期耐震設計規定策定準備作業会（仮称）の 設置について（設置趣意書）	
6 .	添付資料	
6.1	作業会の構成メンバー	13
6.2	作業会の議事録	14
6.3	作業会への提出資料	20

## 1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、我が国においては建築・土木構造物に損壊を生じさせた地震、もしくは損壊は生じなかったものの計測機器によって大きな加速度ピークを有する地動が観測される地震が高い頻度で発生している<sup>1)</sup>。

2005年8月の宮城県沖の地震、2007年3月の能登半島地震、同年7月の新潟県中越沖地震等の原子力発電所施設近傍を震源とする地震によって施設には設計時に設定された地震荷重（いわゆる設計地震荷重）を上まわる荷重が励起されたと判断される事象が得られている事実の一方、これらの施設には設計荷重を上まわる荷重が生じることにより想起される損傷は確認されていない状況にある。これは、構造物に於ける設計行為が、基本的には、「設計荷重（広くは、設計外乱）」に対して「必要な性能」を最低限の要求として確保する行為と捉えられることから、「設計荷重」に対して「設計で満たすべき条件（設計クライテリア）」が満たされていれば設計行為は成立し、設計された構造物が荷重に対してどの程度の大きさの余裕度（いわゆる設計マージン）を有する構造物であるかを保証する行為を伴っていないからである。換言すれば、設計行為とは、設計クライテリアを満たすことであり、設計クライテリアに対して、仮にその数値が1.01であったとしても、どの程度の余裕度を有する構造物を設計したかの確認が行われていない現状である。これが為に、昨今の大きな地震において原子力発電所諸施設が設計荷重を上まわる地震外力を受けた事実に対して、少なくとも構造的に当該施設の安全性を明確な表現にて発信できていない

この点を問題意識に据え、（社）日本電気協会に設けられた耐震設計分科会（分科会長：柴田碧）は次期耐震設計規定策定準備作業会（以下、作業会と略記）を設置し、中・長期的な視点に立って今後の「原子力発電所耐震設計技術指針／規程：JEAG/JEAC 4601」の方向性について検討を開始することとした。

---

<sup>1</sup> 2008年6月の岩手・宮城内陸地震の際、防災科学技術研究所所管の一関西観測点（IWTH25）の地表において上下動3866cm/s<sup>2</sup>、三成分を合成した地動4022 cm/s<sup>2</sup>の大きさの最大加速度が得られた。

## 2. 発足と作業の経過

2007年8月の耐震設計分科会において耐震設計分科会幹事会より作業会設置の提案がなされ、設置の承認が得られた。設置承認にともない、作業期間を2008年度末までの1年半を目途として作業を開始することとし、作業会メンバーの構成をスタートした。作業会の構成メンバーを添付資料6.1に示す。メンバーは、今回の検討対象としては原子力発電所施設の建築構造物に絞りこむこととし、主には耐震設計分科会の建物・構築物検討会の委員より構成し、地震・地震動検討会と機器・配管系検討会より Liaison Member を兼ねて両検討会よりの委員参加を依頼した。他に、本作業会の検討方針に大局的見地からの助言をしていただくメンバーとして Advisory Member を依頼した。

作業会の開催日時・場所等の経緯を含め、作業会（第1回～第6回）の議事要旨を添付資料6.2にまとめる。

## 3. 作業会での検討内容

作業会メンバーより資料を提出し、それを議論の話題提供として作業を進めることとした。作業会における検討事項・内容の概要を示す資料として作業会への提出資料を下記にまとめる。

### 第1回（平成19年11月13日）

- ・ 資料-1：次期耐震設計規定策定準備作業会（仮称）の活動方針、内容について（久保）

### 第2回（平成19年12月13日）

- ・ 資料-1：BWR型原子炉建屋の耐震設計の概要（貫井）
- ・ 資料-2：改良型BWRの概要（貫井）
- ・ 資料-3：ORTHODOXなLRFD（メモ）（久保）

### 第3回（平成20年2月4日）

- ・ 資料-1：PWR型原子炉建屋の耐震設計の概要（伏見）
- ・ 資料-2：参考資料（伏見）
- ・ 資料-3：新JEAG/JEACの策定作業への提案について（久保）
- ・ 資料-4：改良BWR型原子炉建屋の設計について（藪内）

### 第4回（平成20年4月1日）

- ・ 追補資料：耐震診断基準の概要（北山）

- ・ 資料-1：日本建築学会鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針・同解説(案)(前田)
- ・ 資料-2：改良 BWR 型原子炉建屋の設計について(藪内)

#### 第5回(平成20年6月2日)

- ・ 資料-1-1：原子力発電所の耐震安全性評価法の紹介(大宮)
- ・ 資料-1-2：「連載講座 軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門 第6回 地震 PSA、蛭沢勝三」、日本原子力学会誌、Vol.48、No.9(2006) pp. 52-59:(大宮)
- ・ 資料-2-1：鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界(鹿島・兼近)
- ・ 資料-2-2：「建物・構造物の復元力特性の評価法に関する調査報告書」原子力発電耐震設計特別調査委員会調査報告書 Vol.11 昭和62年3月、日本建築学会大会学術梗概集のうち関連分(鹿島・兼近)

#### 第6回(平成20年8月28日)

- ・ 資料-1：次期耐震設計規定策定準備作業会報告書(案)(久保)

検討作業は下記の四項目の整理を経て、提案に及んだ。

耐震設計に設定されるクライテリアと設計された建物・構築物の耐震性能のギャップ

JEAG<sup>2</sup>による既設 BWR 型・PWR 型原子力発電所の設計の方針概要  
一般建築物の耐震性能評価の考え方

原子力発電所施設を対象とした地震 PSA の考え方

#### 4. 次期耐震設計規定に対する提案

作業会での検討を経て、以下の4点の取りまとめ事項の整理に至った。

- ・ 性能評価型規定の提案
- ・ 性能評価型規定の具体像
- ・ 基準値と限界値に基づく算定による性能評価の考え方
- ・ 設計対象(建物・構築物等)の限界状態の把握

以下に、各項について整理内容を記す。

##### 4.1. 性能評価型規定の提案

<sup>2</sup> 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987、(社)日本電気協会、896 pages、昭和62年8月。

設計規定の方向性を検討の目標にすえていたが、既往の設計事例紹介に基づき原子力発電所諸施設の耐震設計を Review したところ、施設を構成する鉄筋コンクリート造壁等の耐震構造要素の設計は、耐震設計に当たっての外力である地震力によって配筋等の構造要素の設計が決定される他に、遮蔽機能、機器等の支持機能などの他の設計要因によって構造要素の部材寸法、断面配筋等の設計が決定される場合が多々あることが確認された。

この実態を考えると、施設に確保すべき耐震性能を規定し（その帰結として、施設を構築する構造部材に確保すべき耐震性能を規定する）、その性能を確保する耐震設計（その為に、施設を構築する構造部材の耐震設計を行う）を次の規定の姿とするのではなく、方法を問わず、何らかの方法によって設計がなされた建屋・構築物について耐震性能を評価する規定の整備を方策として取り上げるのが適切であり、実現可能性のある方策であると提案する。

#### 4.2. 性能評価型規定の具体像

一般建築物を対象とする性能評価型の規定として、いわゆる「耐震診断基準」<sup>3)</sup>と「耐震性能評価指針（案）」<sup>4)</sup>が提案されている。

耐震診断基準は建築物を構成する部材にそれぞれ強度性能と靱性性能（変形性能）を定め、得られた各強度性能値と各靱性性能値をグループにまとめて、両値の積によって構造耐震指標（ $I_s$  値）を算出する。構造物の耐震性能を定量化して表現する  $I_s$  値は、概念としては、地震時に損壊に至るまでに構造物が吸収し得るエネルギーと対応し、 $I_s$  値は地震入力時に構造物が損壊に至る地震地動の入力レベルを数値化した値と捉えることができる。

性能評価指針（案）は、[ 基準地震動の強さ ] に対する [ 限界地震動の強さ ] の比を保有耐震性能指標と定義し、数値比によって定量的に耐震性能を評価する。ここで、基準地震動とは耐震設計で想定する地震動であり、原子力発電所施設においては耐震設計審査指針で定められる基準地震動  $S_s$  がこれに該当し、限界地震動とは応答が設定する限界状態に達する状態となるとき地震動である。両地震動のスペクトル特性

<sup>3)</sup> 2001 年改定版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説、(財)日本建築防災協会、300 pages、平成 13 年 1 月。

<sup>4)</sup> 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説、(社)日本建築学会、400 pages、2004 年 1 月。

が同一であるとする、保有耐震性能指標は、設計用入力は何倍の入力地動が加えられるとすると設計された構造物の応答が限界状態時の応答を生じるかの係数値を表す。

耐震診断による評価は静的な評価で、性能評価指針（案）による評価は動的な評価となる。それぞれに評価法としての提案があり、またそれぞれに原子力発電所施設への適用を考える場合に問題点がある。耐震診断による評価法については、

性能評価量が、構造物が損壊に至るまで消費するエネルギーに相当する量であり、非線形系における性能評価量として、その物理的な意味付けをとらえることが可能である。

性能評価の基準値となる原子力発電所施設の設計に定められる設計目標値に対応する目標構造耐震指標（耐震診断における必要構造耐震指標：Iso 値相当）を定める必要がある。

原子力発電所施設の耐震設計で対象となる弱非線形の領域における  $I_s$  値の算定精度について検証の要がある。

等の課題点があげられる。

原子力発電所施設を対象とする性能評価型の規定として、電力共通研究により実施された地震 PSA の考え方に基づいた耐震安全性評価法<sup>5)</sup>が提案されている。この評価法では、応答（地震入力による応答）と限界（構造物の性能としての応答の限界）の両者を確率事象として分布する量とし、それぞれの中央値を算出し、[限界の中央値]に対する設計時地震入力による[応答の中央値]の比を耐震安全性指標  $M$  として耐震安全性を評価することとしている。

原子力発電所施設の地震 PSA の考え方に基づいた耐震安全性評価法として、(社)日本原子力学会の標準<sup>6)</sup>に例示されるフラジリティ評価がある。この評価法は、安全性評価に確立の概念を直接的に用いることにより、前述の電力共通研究による提案<sup>5)</sup>をさらに一般化した方法であり、地震動強さを関数とした損傷確率（地震動が入力した時に生じる応答値が限界値を超える条件付き確率）から作成されるフラジリティ曲線によって構造物の耐震性が評価される。例えば、損傷確率が 50%となる

<sup>5)</sup> 水野、島、成川、他：原子炉建屋の耐震安全性評価法（その 1～その 10）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B、構造、（社）日本建築学会、pp. 1629-1648、1994 年 9 月。

<sup>6)</sup> 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、（社）日本原子力学会、2007 年 9 月。

地震動の強さと基準地震動の強さの比によって耐震性能評価指針（案）<sup>41</sup>で提案されている保有耐震性能指標を算定することができる。

本作業部会としては、原子力発電所施設の耐震安全性が基準地震動  $S_s$  による動的解析の結果に基づいて確認される過程を鑑み、日本建築学会による性能評価指針（案）もしくは地震 PSA の考え方に基づいた耐震安全性評価の枠組みによる評価法の開発を、実現可能性の観点から提案する（前者は地震荷重比により耐震設計の余裕度を評価し、後者は地震応答比により評価している）。

#### 4.3. 基準値と限界値に基づく算定による性能評価の考え方

地震応答の基準値（基準地震動による応答）と限界値（構造物の性能としての限界値）の比により耐震性能を評価する。その際に、次の二つの提案がなされる。

応答値が限界値となるよう基準地震動を係数倍する。応答の限界値を励起する係数倍基準地震動と基準地震動のレベル比（係数）により耐震性能を算定する。

限界値に対する応答値の比により耐震性を算定する。

日本建築学会鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）は、上記 の評価である。すなわち、あと更にどの位大きな荷重が作用したとすると、設計された構造物の応答は設計時のクライテリアに達するかを算定する。設計用荷重の何倍の荷重に対して応答が設計目標値を超えることがないかの数値が性能評価値となる。概念として捉えられ易い量であろう。この評価法が内包する特徴・課題点は：

評価の指標としては、荷重耐力係数設計法（LRFD）における荷重係数として捉えることができる。

非線形系に対しては、厳密には逆応答を計算する際に多数回の繰り返し計算を必要とする。

設計用荷重、ここでは基準地震動  $S_s$ 、を係数倍することの現象的な意味合いについての合意形成を必要とする。耐震設計審査指針で規定される基準地震動  $S_s$  を係数倍することは、現象論的にはどのような事象として対応させるかの共通認識を確立することが必要となる。物理現象として、波形の振幅のみ



を係数倍することは、設計での考え方として荷重を係数倍することは寛容できるが、自然事象としての意味付けを与えることは困難であろう。

対象が複数の構造要素からなるシステム（建物構造物系）であることから、係数倍された荷重によってシステムの動特性がシステムに生じる損傷の進展に応じて変動する。評価の対象となる損傷事象は、システムの自由度（建物構造物系の運動を記述する変数の数）と同数あり得る。損傷事象として基礎浮きあがりと壁せん断破壊の2つが想定されるシステムを例示する。荷重を係数倍し、基礎浮きあがりが先行して生じると、その時点でシステムの動特性が変動し、以降の損傷評価（この例示では、壁のせん断破壊の評価）では新しく条件を変えてシステムの動特性を用いることが必要となる。評価対象建物構造物の限界事象（以下、Critical Path）が2以上の複数となる場合、第2番目以降に生じる損傷評価にあたっては対象とするシステムの動特性等を新たに再構築することが必要となる。

計算手順において、多数回の地震応答解析を実施することが必要となる。

電力共通研究による耐震安全性評価法は、上記の評価である。すなわち、第1番目の Critical Condition に対する安全性評価には耐震性能評価指針（案）による考え方をを用い、以降の Critical Conditions に対する安全性評価には日本建築防災協会による耐震診断基準による考え方をを用いる等、設計地震入力による応答が設計目標値（クライテリア）に対して幾つの余裕度となっているかを数値で算定する。この評価法が内包する特徴・課題点は：

評価の指標としては、荷重耐力係数設計法（LRFD）の耐力低減係数の逆数としてとらえられる。

入力地震動は基準地震動  $S_s$  としてユニークにとらえられる（一つの強さレベルである）。

限界値に対する応答値の余裕度となり、非線形系の場合には、広くとらえられる外力に対する余裕度を値の大きさとして下まわる。

Critical Path（考えるべき損傷に対応する限界事象）が複数であっても、地震応答を計算するシステムの動特性は一つになる。

応答（変形）による安全性評価の概念、特に計算される数値の解釈ならびに

理解が現段階では社会的な Assessment を得るにあたって合意形成の段階を経る必要がある。事例を挙げると、耐震安全性指標  $M$  が 2.0 であった場合、それは必ずしも 2 倍の大きさの地震動に対する安全性を言うものではないことと理解を得ることが要せられる。

計算過程では、基準地震動  $S_s$  に対する応答計算 1 回を行えば、算定に必要な情報が得られる。

ここで挙げられた課題： Critical Path が複数の場合； 応答（変形）による安全性評価の捉え方については、更なる検討を残すが：

a) Critical Path（考えるべき損傷に対応する限界事象）が複数の場合

異種の評価法を組み合わせる（Hybrid な評価法を考える）ことが提案される。

すなわち、第 1 番目の Critical Condition に対する安全性評価には耐震性能評価指針（案）による考え方を採用し、以降の Critical Conditions に対する安全性評価には日本建築防災協会による耐震診断基準による考え方を採用する等。

b) 応答（変形）による安全性評価の捉え方

限界値に対する基準地震動による応答値の比による算定過程では、応答値としてとる物理量としては、“応力”、“変形”、ならびに“非線形復元力特性カーブに囲まれた面積”が評価量となる。応答として考える量として、第一・第二の“応力”・“変形”の他に、評価量として第三の“変形と力の組み合わせによる復元力特性カーブに囲まれた面積”を設定する。この第三の評価量は、日本建築防災協会による耐震診断基準における評価量である構造物が損壊に至るまでに系で消費されるエネルギーに対応する（静的な荷重に対して、ないしは動的な荷重の場合は衝撃荷重に対しての消費エネルギーに対応する）。

#### 4.4. 対象とする建物・構築物等の限界状態の把握

耐震設計審査指針の改定に於いて設計用外力として基準地震動  $S_s$  が新たに算定される。設計の過程では、外力と設計クライテリアは常に対として取られるべき組み合わせである。耐震設計審査指針に於いて新しく基準地震動  $S_s$  が定められたことに対応し、建物・構築物に設ける設計クライテリアを見直すことが必要である。例示すれ

ば、現行 JEAG では鉄筋コンクリート造耐震壁の設計限界値は  $=2.0 \times 10^{-3}$  の値として規定されているが、これには何種かの係数が乗じられている。既往の実験データベースなどを再構築、再検討して設計で要件とされる性能を発揮する限界値を、その平均ならびにばらつき（数値としては、変動係数等）で再評価し、設計対象物の損壊状態と直結する限界値を把握し、クライテリア設定につなげることが必要である。

## 5 . 付録資料

### 次期耐震設計規定策定準備作業会（仮称）の設置について （設置趣意書）

2007年8月8日

日本電気協会

耐震設計分科会

#### 1 . はじめに

1995年兵庫県南部地震以後、2000年10月鳥取県西部地震、2003年9月十勝沖地震、2004年10月新潟県中越地震等の被害地震が発生している。これら一連の地震のうち、2005年8月宮城県沖の地震、2007年3月能登半島地震および過日の2007年7月新潟県中越沖地震では原子力施設に設計用地震力を上まわる地震力が施設に入力したと判断され、施設がシャットダウンに至っている。

地震入力を受けた原子力施設は、最大級の地震力を受けた場合に耐震設計時に設定されている“安全機能を維持する”とする設計目標は、基本的には保持されたものと判断されるが、設計用地震力を上まわる入力を受けた場合の建物構造物、機器等の施設の地震時応答を改めて耐震解析を行って耐震安全性を確認する手順を行うなどの作業が行われている。

#### 2 . 作業会のミッション

原子力施設の耐震設計は、耐震設計審査指針に基づいて設定される入力地震に対し、それによる応答（応力ならびに変形）が設計目標クライテリアを満たすよう設計ならびに確認の行為が行われる。設定される外力に対して目標値を満たすとする設計行為としては一般的な行為であるが、原子力施設においては、一般建築物と異なる点として、目標クライテリアとして構造強度性能に加え、機能維持をはかる性能が多くの施設要素に設定されていること、システムとして総合的な評価が必要とされる度合いが高いこと等があげられる。

本作業会では、原子炉施設の設計時に設計された施設の性能が予め把握できる設計体系の構築をはかることを作業目標（ミッション）にすえる。このような設計体系が構築されることにより、過大な設計荷重が作用した際の施設の安全性を、今までよりも的確に、効率を高く確認、検証を行うことが可能となる。

本作業会では、現時点でのNPPの耐震問題を鑑み、時間を限って作業を進めることとする。その為に、下記の方針を設定する。

- (1) 設計対象として、建築構造物を対象とする。建築構造物については、先ずRC造の構造物を取り扱い、必要に応じてS造の部分を取りこむ。
- (2) 主な設計荷重として、地震荷重を対象とする。ただし、本作業部会では地震荷重設定に関しては、基本的には深く踏み込まない。

具体的には、現在の耐震設計で用いられている許容応力度設計体系における安全率の考え方、安全率のとり方を検討し、現設計体系における安全率を整理し、安全機能と構造機能の二面性能を要求性能とする複合システムとして捉えられる原子力施設に性能を規定する耐震設計法を適用する際の問題点をあげて整理する。基本的には、原子力施設に要求される遮蔽機能、構造安全機能（施設自身の安全機能）、構造支持機能（他施設に及ぼす施設の構造性能）等をそれぞれに目標性能にすえる性能を規定する合理的な構造設計体系の構築をはかる。

本作業会の最終成果物については、目標としては本協会の耐震設計技術指針 / 技術規程（JEAG/JEAC 4601-20XX）に反映させることとするが、まずは下記工程に示されるよう短時間の審議によって技術指針 / 技術規程への反映の実施可能性（Feasibility）を模索することより始める。

### 3. 作業会の工程

作業会の工程を下記の三つに分割する。

- (1) 新しい耐震基準構築の実現可能性を検討し、可能と結論された場合に新基準の骨格（Framework）を提案する。
- (2) RC 造建築構築物に加え、他構造の建築構造物ならびに機器系構造物を含めた新基準の骨格を構築する。
- (3) 第二ステップの作業を受けて、新基準を構築、提案する。今時点においては、新しい耐震設計技術指針（Guidelines）構築を目標にすえ、技術規程（Code）については技術指針策定後の検討事項とする。

作業工程としては、上記の(1)項を本年（2007年）9月より2008年度末（2009年3月末）とし、作業の進捗状況によって(2)項を含めた作業を実施する。新しい基準の骨格が提案され、その時点において必要性が認められる場合に、次のステップに作業段階を進める。第二のステップの作業工程は、2009年度から同10年度の2ヶ年を予定し、その後にJEAG化をはかる。

### 4. 作業会の構成メンバー（案）

第一段階の作業会の構成メンバーは、以下の構成とする。

- 主査： 久保 哲夫（東大：耐震設計分科会、建物構築物検討会）
- 幹事： 貫井 泰（東電：耐震設計分科会（予定）、建物構築物検討会）
- 委員： 北山 和宏（首都大東京：耐震設計分科会、建物構築物検討会）
- ”： 3名（電力関係：うち1名は幹事）
- ”： 3名（設計、建設関係：うち1名は幹事）
- ”： 1名（地震・地震動検討会：若手で、Liaison メンバー役の方）
- ”： 2名（機器・配管系検討会：若手で、Liaison メンバー役の方）

アドバイザーメンバー

前田 匡樹（東北大）

久野 通也(中部電力：耐震設計分科会、地震・地震動検討会)

植田 正弘(原電：耐震設計分科会、機器・配管系検討会)

なお、構成メンバーは作業の進捗によって補充する（耐震設計分科会総括検討会、もしくは同代表幹事会による承認事項とするようお願いしたい）。

## 6 . 添付資料

### 6.1 作業会構成メンバー

主査	久保 哲夫	東京大学大学院工学系研究科
幹事	貫井 泰	東京電力技術研究所
委員	阿部 琢志	日本原子力発電開発計画室（平成 20 年 6 月まで）
	川里 健	日本原子力発電開発計画室（平成 20 年 7 月より）
	大宮 幸男	竹中工務店技術研究所
	北山 和宏	首都大学東京大学院都市環境科学研究科
	熊谷 重也	大林組原子力本部技術部
	田中 英朗	東京電力原子力設備管理部
	伏見 実	関西電力土木建築室
	藪内 彰夫	鹿島建設原子力部
	今村 晃	東京電力技術研究所
	渡部 哲巳	中部電力発電本部土木建築部 （地震・地震動検討会）
	伊神 和忠	三菱重工業原子力事業本部 （機器・配管系検討会）
	鈴木 智	日立GEニュークリアーエナジー原子力計画部 （機器・配管系検討会）

### Advisory Member

	前田 匡樹	東北大学大学院工学研究科
	久野 通也	中部電力発電本部土木建築部
	植田 正弘	日本原子力発電発電管理室

事務局 糸田川 龍雄 電気協会技術部

## 6.2 作業会の議事録

### 第1回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1. 開催日時：平成19年11月13日（火）14:30～15:30

2. 開催場所：日本電気協会 4階A会議室

3. 出席者：（順不同、敬称略）

委員：久保主査（東京大学）、貫井幹事（東京電力）、伏見（関西電力）、阿部（日本原子力発電）、渡部（中部）、鈴木（日立）、伊神（三菱重工）、藪内（鹿島）、大宮（竹中）、清水（大林）

アドバイザーメンバー：久野（中部）、植田（日本原子力発電）

事務局：糸田川、荒木（日本電気協会）

4. 配付資料

次期耐震設計規定策定準備作業会（仮称）の活動方針、内容について（久保先生）

5. 議事

(1). 主査ご挨拶

中越沖地震での柏崎原子力の事態発生を契機に、次期耐震設計を考える作業会を設置することにした。ここでは、原子炉施設の設計時に設計された施設の性能が予め把握できる設計体系の構築をはかることを目標とし、まずRC造の構築物を取り扱う。といっても対象が原子力発電所なので、機器関係の人の参加もお願いした。

フィジビリティスタディを1年半程度で行い、その後2年でJEAG化を行う。ただし見極めは早めについたら、スケジュールありきではなく、困難なことがわかった時点で撤退したい。

委員は10人強で、集中的に行いたい。若手の参加もOKで、アドバイザーメンバーの方は3回に1回程度の参加をお願いしたい。

(2). 委員紹介

(3). 活動方針、内容について

配付資料に基づき、作業に当たってももの考え方が主査から紹介された。これに対して、以下の意見が委員より出された。

- ・ 現実的には解析モデルの解析限界などが問題となり、余裕度を何で計るかは難しい。考え方をかえるなり、手法をかえるなり、クライテリアを変えるなりが必要となると思われる。
- ・ 各設計過程で求められる安全裕度が1であっても、設計者はどの程度の安全裕度を確保すべきかについては考えているはずである。ただ、これが定量化されていないことに問題がある。
- ・ 今の柏崎は、R r Lで説明できないために、一般の人の理解を得られなくなっている。
- ・ 原子力発電所の設計で申請書には書いてなくても、申請各社なりにばらつきの考え方、裕度の取り方など考え方はある。

当面配付資料に書かれた作業を行うことになり、今回はBWR原子炉建屋主要構造の現行の設計過程を事例紹介することになった。

(4). 次回の予定

今回は12月12日（水）、13日（木）、14日（金）のいずれかの日の17:30より行う。

【以上】



## 第2回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1. 開催日時：平成19年12月13日(木)17:30～20:30

2. 開催場所：日本電気協会 4階A会議室

3. 出席者：(順不同、敬称略)

委員：久保主査(東京大学)、貫井幹事(東京電力)、北山教授(首都大)、伏見(関西電力)、阿部、奥谷(日本原子力発電)、渡部(中部)、鈴木(日立)、伊神(三菱重工)、藪内彰夫、藪内耕一(鹿島)、大宮、乗物(竹中)、清水(大林)

アドバイザーメンバー：前田教授(東北大)

事務局：糸田川、荒木(日本電気協会)

4. 配付資料

資料-1：BWR型原子炉建屋の耐震設計の概要(東京電力)

資料-2：改良型BWRの概要(東京電力)

資料-3：ORTHODOXなLRFD(メモ)(久保教授)

5. 議事

(1). BWR型原子炉建屋の耐震設計の概要(資料-1.2)

改良BWR型原子炉建屋では、耐震壁といえども遮蔽要求や土圧、温度応力などで壁厚・配筋が決定されている場合が多く、地震力だけで決まっていない。また、柏崎サイトの場合地震力は、静的地震力が動的地震力上回っており、それにそれを上回るように設計用地震力を決めているが、そこには明確な理由がないようである。こうした設計過程を経ているために、耐震設計全体がわかりづらくなっていることが確認された。

(2). ORTHODOXなLRFDについて(資料-3)

ORTHODOXなLRFDを設計法としてすぐBWR型原子炉建屋に適用することは難しいかもしれないが、評価法としてなら採用できる可能性があることが確認された。

(3). 次回の予定

次回はPWRのPCCV有りのタイプで現行の設計過程を事例紹介することになった。  
次回は2月4日(月)14時、7日(木)17時半のいずれかで行う。

【以上】

### 第3回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1. 開催日時：平成20年2月4日(月)14:00～16:30

2. 開催場所：日本電気協会 4階A会議室

3. 出席者：(順不同、敬称略)

委員：久保主査(東京大学) 貫井幹事(東京電力) 北山教授(首都大) 伏見、秋田(関西電力) 渡部(中部) 鈴木(日立) 原口(三菱重工) 藪内(鹿島) 大宮、乗物(竹中) 清水、熊谷(大林)

アドバイザーメンバー：前田教授(東北大) 植田(日本原子力発電)

事務局：糸田川(日本電気協会)

4. 配付資料

資料-1：PWR型原子炉建屋の耐震設計の概要(関西電力)

資料-2：参考資料(関西電力)

資料-3：新JEAG/JEACの策定作業への提案について(久保教授)

資料-4：改良BWR型原子炉建屋の設計について(鹿島)

5. 議事

(1) PWR型原子炉建屋の耐震設計の概要(資料-1.2)

PWR型原子炉建屋PCCVの設計方法の紹介があった。PCCVの上部は「事故時+S1地震」の弾性設計で決まっているが、主要部でS2が支配荷重となっている部位はない。また、安全解析の計算コードなど様々なところにマージンが含まれており、最終的に安全余裕がどの程度あるかの検討は行われていないことが確認された。

(2) 新JEAG/JEACの策定作業への提案について(資料-3)

作業会の方向として、設計法(設計プロセス)の提案ではなく、設計された後の構築物の耐震性能を評価するプロセスの提案とすることが提案され、了承された。

耐震性能を評価するにあたって、最初の発生する破壊事象を、次のステップへの破壊事象の検討にどのように引き継いでいくかが問題となる旨の提起があった。具体的問題としては、基礎浮き上がりが議論された。

(3) 改良BWR型原子炉建屋の設計について(資料-4)

原子炉建屋の建屋寸法と主要耐震要素のサイズ決定要因について、整理している途中の経過報告があった。

(4) 次回の予定

今回は北山先生、前田先生から「日本建築防災協会 耐震診断基準」、「日本建築学会耐震性能評価指針」についてご紹介いただき、新JEAG/JEACに展開する際の参考とする。

今回は4月1日(火)14時より電気協会B会議室。

【以上】

## 第4回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1. 開催日時：平成20年4月1日(火)14:00～17:00

2. 開催場所：日本電気協会 4階A会議室

3. 出席者：(順不同、敬称略)

委員：久保主査(東京大学) 貫井幹事(東京電力) 北山教授(首都大) 阿部、奥谷(日本原子力発電) 渡部(中部) 鈴木(日立) 伊神(三菱重工) 藪内彰夫、藪内耕一(鹿島) 大宮、乗物(竹中) 熊谷(大林)

アドバイザーメンバー：前田教授(東北大) 久野(中部)

事務局：糸田川(日本電気協会)

4. 配付資料

- ・ 資料-1：日本建築学会鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針・同解説(案)
- ・ 資料-2：改良BWR型原子炉建屋の設計について(鹿島)

5. 議事

(1). 日本建築防災協会 耐震診断基準

北山先生から、「日本建築防災協会 耐震診断基準」のご紹介があった。

原子力への展観を考えると、連層壁の扱い、塑性変形能力(F値)の扱い、外力分布の扱いが問題になるが、原則としてこれまでの延長上に位置づけられる。

本手法は周波数の考えが入っていないのが欠点で、これまで原子力は弱塑性の限られた範囲で考えればよかったが、 $S_s$ が大きくなったり、PSAの地震動を考えたりするには、キャパシテイスpekトル的なものがほしい。

(2). AIJ 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針・同解説(案)(資料-1)

前田先生より「AIJ 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針」のご紹介があった。修復限界をどのように決めるかの課題はあるが、経営的判断で決める方法もあり、そのためのデータもそろっている。

本手法は変形を評価することが容易で、原子力へも  $S_a - S_d$  曲線はそれなりに適用できる。

(3). 改良BWR型原子炉建屋の設計について(資料-2)

原子炉建屋の建屋寸法と主要耐震要素のサイズ決定要因について、整理した結果について報告があった。

(4). 次回の予定

今回は6月2日(月)15時より電気協会B会議室。

テーマは鉄筋コンクリート構造の限界に関する実験データ(電共研やNUPECなど)があればこれを議題することとし、次回案内を行う前に幹事と主査で相談する。

【以上】

## 第 5 回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1．開催日時：平成 20 年 6 月 2 日（月）15:00～17:30

2．開催場所：日本電気協会 4 階 A 会議室

3．出席者：（順不同、敬称略）

委員：久保主査（東京大学）、貫井幹事、田中、今村（東京電力）、北山教授（首都大）、阿部、奥谷（日本原子力発電）、渡部（中部）、伏見（関西）、鈴木（日立）、伊神（三菱重工）、兼近、藪内彰夫、藪内耕一（鹿島）、大宮、乗物（竹中）、清水、熊谷（大林）  
アドバイザーメンバー：前田教授（東北大）、植田（日本原子力発電）

4．配付資料

- ・ 資料-1-1：原子力発電所の耐震安全性評価法の紹介（竹中）
- ・ 資料-1-2：「軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門 第6回」日本原子力学会誌 Vol.48
- ・ 資料-2-1：鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界（鹿島）
- ・ 資料-2-2：「建物・構造物の復元力特性の評価法に関する調査報告書」原子力発電耐震設計特別調査委員会調査報告書 Vol.11 昭和 62 年 3 月、日本建築学会大会学術梗概集のうち関連分

5．議事

(1)．原子力発電所の耐震安全性評価法の紹介

資料-1-1 に基づき大宮さんから、耐震安全性評価法の紹介があった。

フラジリティ評価（耐力評価）の指標として、 $I_s$  値、保有耐震性能指標などがあり、地震ハザードを考慮した損傷確率評価として、地震 PSA などがある。

評価法は目的が大切で、地震 PSA は出来上がっているものに対して安全を評価するのに適している。

安全余裕を「入力何倍か」で評価する方法はわかりやすいが、機器などの評価への適応性については検討の余地が大きい。

(2)．鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界について

兼近さんから、鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界を決めるにあたって根拠となったデータの紹介があった。

許容限界を決めるにあたってのデータはあるが復元力特性を決めるためのデータがない、ばらつきと余裕度を分けて考える必要がある、負圧維持機能・漏洩防止機能・遮蔽機能などについては余裕がありそうだ との指摘があった。

(3)．次回の予定

次回は 8 月 28 日（木）15 時より電気協会会議室。

テーマは本作業会の報告書素案について。

【以上】

## 第6回 次期耐震設計規定策定準備作業会 議事録メモ

1. 開催日時：平成20年8月28日(木)15:00～17:00

2. 開催場所：日本電気協会 4階C会議室

3. 出席者：(順不同、敬称略)

委員：久保主査(東京大学) 貫井幹事、今村(東京電力)、北山教授(首都大)、奥谷(日本原子力発電)、渡部(中部)、秋田(関西)、鈴木(日立)、伊神(三菱重工)、藪内彰夫、藪内耕一(鹿島)、大宮(竹中)、清水、熊谷(大林)  
アドバイザーメンバー：前田教授(東北大)

4. 配付資料

- 資料-1：次期耐震設計規定準備作業会作業報告(案)(久保教授)

5. 議事

(1). 次期耐震設計規定準備作業会報告(案)の紹介

資料-1に基づき久保教授より、報告書(案)の紹介があった。

報告書の中で提案の中心となる「耐震性能評価規定」は、建物全体の性能を意味するがプラントとしての性能評価までは含んでいない。また、「耐震性能評価規定」は、現行の設計体系を補完する位置づけで提案しており、例えば事業者のアカウンタビリティに資すると考えられる。従って、いわゆるPSAのハザードとは一線画しており、入力とクライテリアを対応させようとする点で厳密な評価を求めていることになる。

上記のような耐震性能評価規定の性格を明確にするため、報告書(案)の一部修文する。

添付資料にこれまでの作業会で議論のもととした資料を添付するため、ページ数が多いものはその表紙を、それ以外のものは全文を幹事が集める。また、その資料の提供者名をあわせて整理する。

(2). 今後の予定

作業会は今回をもって最終とする。

報告書(案)への質問・コメントは9月末までそれぞれ主査もしくは幹事に連絡する。

本報告書は、最終的には電気協会耐震設計分科会に報告する予定である。

【以上】

### 6.3 作業会への提出資料

以下に、作業会に提出された資料を一覧する。

委員会 開催回	資料番号	資料名	提出 委員	備考
第1回	資料-1	次期耐震設計規定策定準備作業会(仮称)の活動方針、内容について	久保	
第2回	資料-1	BWR 型原子炉建屋の耐震設計の概要	貫井	注*
	資料-2	改良型 BWR の概要	貫井	注*
	資料-3	ORTHODOX な LRFD(メモ)	久保	
第3回	資料-1	PWR 型原子炉建屋の耐震設計の概要	伏見	注*
	資料-2	参考資料	伏見	注*
	資料-3	新 JEAG/JEAC の策定作業への提案について	久保	
	資料-4	改良 BWR 型原子炉建屋の設計について	藪内	
第4回	追補資料	耐震診断基準の概要	北山	
	資料-1	日本建築学会鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針・同解説(案)	前田	
	資料-2	改良 BWR 型原子炉建屋の設計について	藪内	
第5回	資料-1-1	原子力発電所の耐震安全性評価法の紹介	大宮	
	資料-1-2	「連載講座 軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門 第6回 地震 PSA、蛭沢勝三」、日本原子力学会誌、Vol.48、No.9(2006)、pp. 52-59	大宮	出展明記で、省略。
	資料-2-1	鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界	兼近 (鹿島)	
	資料-2-2	「建物・構造物の復元力特性の評価法に関する調査報告書」原子力発電耐震設計特別調査委員会調査報告書 Vol.11 昭和 62 年 3 月、日本建築学会大会学術梗概集のうち関連分	兼近 (鹿島)	注*
第6回	資料-1	次期耐震設計規定策定準備作業会報告書(案)	久保	資料内容は最終報告書に反映されることより省略。

注\* 資料の表紙のみ輯録。