

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-14 改 10
提出年月日	平成 29 年 8 月 31 日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

平成 29 年 8 月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第4条：地震による損傷の防止

目 次

第1部

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等
 - 1.5 手順等

第2部

1. 耐震設計の基本方針
 - 1.1 基本方針
 - 1.2 適用規格
2. 耐震設計上の重要度分類
 - 2.1 重要度分類の基本方針
 - 2.2 耐震重要度分類
3. 設計用地震力
 - 3.1 地震力の算定法
 - 3.2 設計用地震力
4. 荷重の組合せと許容限界
 - 4.1 基本方針
5. 地震応答解析の方針
 - 5.1 建物・構築物
 - 5.2 機器・配管系
 - 5.3 屋外重要土木構造物
 - 5.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物
6. 設計用減衰定数
7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
9. 構造計画と配置計画

(別 添)

- 別添－1 設計用地震力
- 別添－2 動的機能維持の評価
- 別添－3 弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価
- 別添－4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別添－5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
- 別添－6 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添－7 主要建屋の構造概要について

(別 紙)

- 別紙－1 既工認との手法の相違点の整理について（設置変更許可申請段階での整理）
- 別紙－2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- 別紙－3 応力解析における弾塑性解析の適用
- 別紙－4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 別紙－5 機器・配管系における手法の変更点について（添付資料 8 の抜粋）
- 別紙－6 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙－7 水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について
- 別紙－8 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について
- 別紙－9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について
- (別紙－10 液状化影響の検討方針について)
- 別紙－11 屋外二重管の基礎構造の設計方針について

() は、今後提出予定の資料

東海第二発電所

設計用地震力
(耐震)

設計用地震力

1. 静的地震力

静的地震力は、以下の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

種 別	耐震クラス	地震層せん断力係数 及び水平震度 ^(注1)	鉛直震度 ^(注2)
建物・構築物	S	$3.0 C_i$	$1.0 C_v$ (0.240)
	B	$1.5 C_i$	—
	C	$1.0 C_i$	—
機器・配管系	S	$3.6 C_i$	$1.2 C_v$ (0.288)
	B	$1.8 C_i$	—
	C	$1.2 C_i$	—
土木構造物	C	$1.0 C_i$	—

(注1) C_i : 標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R_t : 振動特性係数 0.8

A_i : C_i の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 0.2

(注2) C_v : 震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定とする。また次式より求めた値を表に記載した。

$$C_v = 0.3 \cdot R_v$$

R_v : 振動特性係数 0.8

2. 動的地震力

動的地震力は、以下の入力地震動に基づき算定する。

種 別		耐震クラス	入力地震動 ^(注1)	
			水 平	鉛 直
建物・構築物		S	弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d
			基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
		B	弾性設計用地震動 $S_d \times \frac{1}{2}$ ^(注2)	弾性設計用地震動 $S_d \times \frac{1}{2}$ ^(注2)
津波防護施設 浸水防止設備 津波監視設備		S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s
機器・配管系		S	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d
			設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s
		B	設計用床応答曲線 $S_d \times \frac{1}{2}$ ^(注2)	設計用床応答曲線 $S_d \times \frac{1}{2}$ ^(注2)
土木 構築物	屋外重要 土木 構築物	C	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s

(注1) 設計用床応答曲線は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

(注2) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

3. 設計用地震力

設計用地震力について、下表に整理した。なお、動的地震力は、地震力算定に用いる地震動を記載した。

種別	耐震クラス	水平	鉛直	摘要
建物・ (注1) 構築物	S	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	静的震度 $1.0C_v$	荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は、組合せ係数法による。
		弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	
	B	地震層せん断力係数 $1.5C_i$	—	静的地震力とする。
		弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$ (注2)	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$ (注2)	水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は組合せ係数法による。
	C	地震層せん断力係数 $1.0C_i$	—	静的地震力とする。
津波防護施設 浸水防止設備 津波監視設備	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	荷重の組合せは、組合せ係数法又は二乗和平方根 (SRSS) 法による。

種 別	耐震 クラス	水 平	鉛 直	摘 要
機器・ 配管系	S	静的震度 $3.6C_i$	静的震度 $1.2C_v$	(注3) (注4) 荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根 (SRSS) 法による。
		設計用床応答 曲線 S_d 又は 弾性設計用 地震動 S_d	設計用床応答 曲線 S_d 又は 弾性設計用 地震動 S_d	
		設計用床応答 曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答 曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	(注4) 荷重の組合せは、二乗和平方根 (SRSS) 法による。
	B	静的震度 $1.8C_i$	—	(注4) (注5) 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は、二乗和平方根 (SRSS) 法による。
		弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$ (注2)	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$ (注2)	
	C	静的震度 $1.2C_i$	—	静的地震力とする。
土木 構造物	C	静的震度 $1.0C_i$	—	静的地震力とする。
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	動的地震力とする。 鉛直地震力は、水平地震力と同時に作用するものとする。
	C	静的震度 $1.0C_i$	—	静的地震力とする。

(注1) 建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、施設の耐震重要度分類に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認する。必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数はSクラス、Bクラス及びCクラスともに1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は1.0以上とする。

(注2) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

(注3) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

(注4) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

(注5) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

東海第二発電所

動的機能維持の評価 (耐震)

動的機能維持の評価

動的機能維持に関する評価は、以下に示す機能確認済加速度等との比較により実施する。

動的機能維持評価の手順を第 2-1 図に示す。

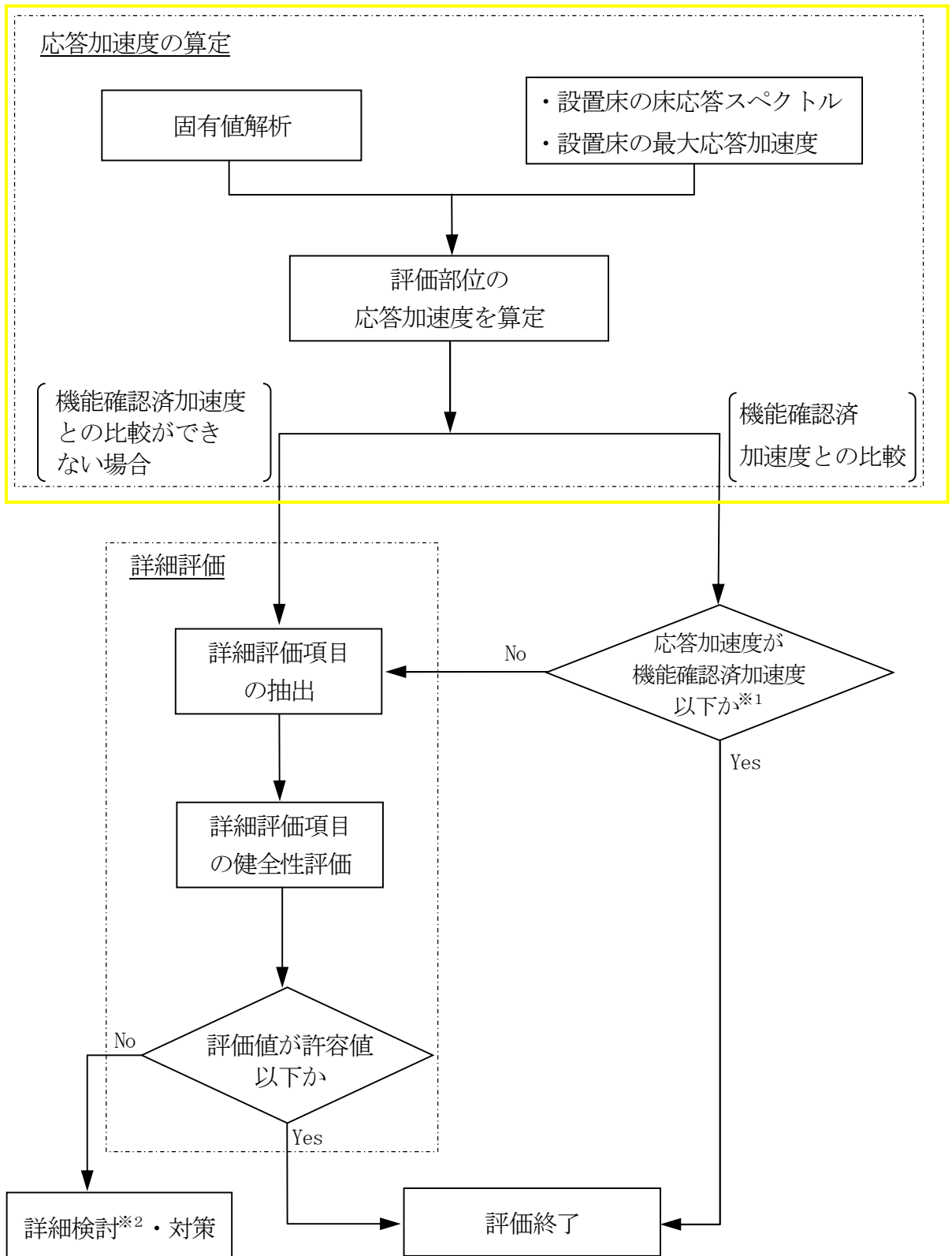
1. 機能確認済加速度との比較

基準地震動 S_s による評価対象機器の応答加速度を求め、その加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、機能確認済加速度とは、立形ポンプ、横型ポンプ及びポンプ駆動用タービン等、機種毎に試験あるいは解析により動的機能維持が確認された加速度である。

制御棒の地震時挿入性の評価については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め、地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

2. 詳細評価

機能維持確認済加速度の設定されていない機器、基準地震動 S_s による応答加速度が機能確認済加速度を上回る機器については、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1991 追補版」等を参考に、動的機能維持を確認する上で評価が必要となる項目を抽出し、対象部位ごとの構造強度評価又は動的機能維持評価を行い、発生値が評価基準値を満足していることを確認する。



^{*1} 制御棒の地震時挿入性の評価については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め、地震応答解析から求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

^{*2} 解析、試験等による検討。

第2-1図 動的機能維持の評価手順

東海第二発電所

機器・配管系における手法の変更点について
(耐震)

炉内構造物への極限解析による評価の適用について

1. 概要

既工認においては、炉内構造物として公式等を用いた評価を行っていたが、今回工認では、機能限界を踏まえた許容限界をより現実的に示す観点で、JEAG4601、JSME 設計・建設規格で定められた極限解析による評価（以下「極限解析」という。）を採用する。極限解析については、規格基準に基づく手法であり、また新規制工認における高浜 1，2 号炉で適用実績のある手法である。

第 8-1 表 極限解析の規格基準における扱い

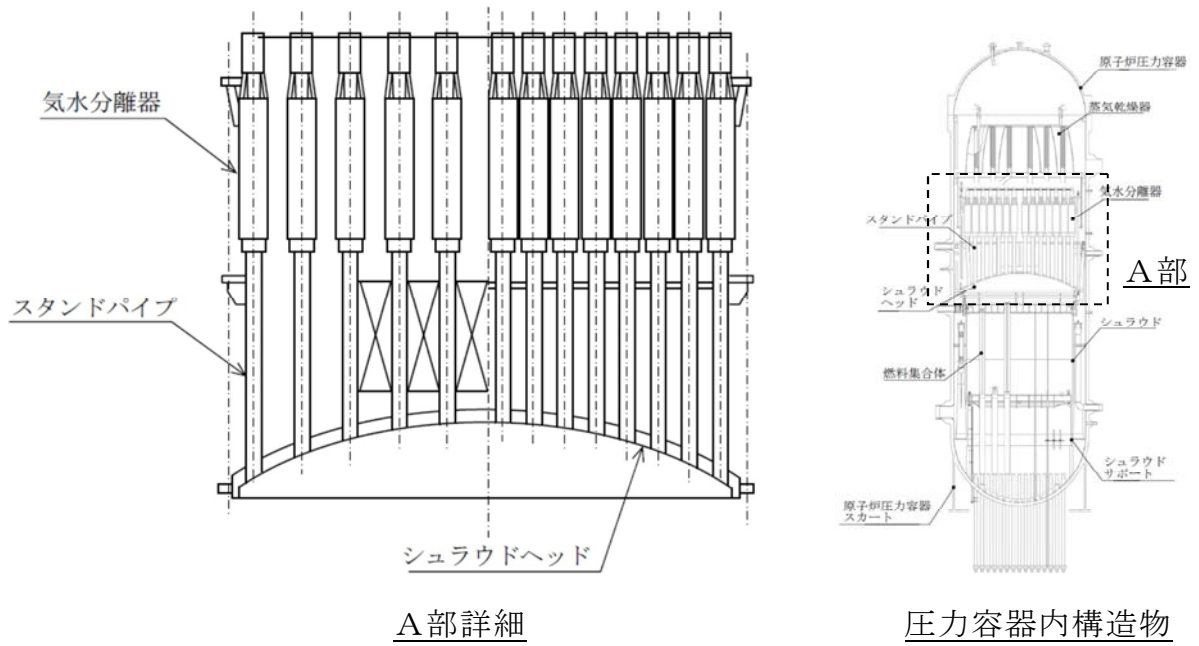
規格基準	適用範囲	備考
JEAG4601	炉心支持構造物 炉内構造物	具体的な手法は JSME に記載（JEAG では告示 501 号を読み込み）
JSME S NC1-2005/2007	炉心支持構造物 炉内構造物	

2. 炉内構造物への極限解析の適用

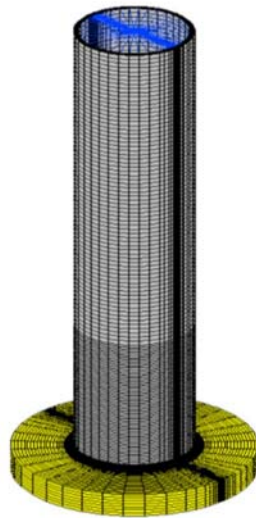
(1) 極限解析による評価

炉内構造物である気水分離器及びスタンドパイプについて極限解析を適用する。炉内構造物の構造概要図を第 8-1 図に示すとともに極限解析に用いる解析モデル図を第 8-2 図に示す。第 8-1 図に示すとおり、パイプ形状の気水分離器及びスタンドパイプが、シュラウドヘッド上部に取り付けられている。気水分離器及びスタンドパイプの解析モデルのモデル化に当たっては、地震時における外荷重が適切に模擬できるように 3 次元 F E M にてモデル化を行

う。



第 8-1 図 炉内構造物（気水分離器及びスタンドパイプ）構造概要図



第 8-2 図 極限解析に用いる解析モデル概要図

(2) 極限解析に対する試験による確認

気水分離器及びスタンドパイプにおける今回工認の申請は、極限解析を用いてスタンドパイプ部の有する耐力が地震荷重以上であることを確認することで、地震時における健全性を評価する。極限解析は、これまでの工認での適用例としてPWRの炉内構造物での適用実績は有るが、東海第二発電所の気水分離器及びスタンドパイプへの適用性を確認する観点から、縮尺の試験体を用いた試験を行う。