

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| 島根原子力発電所第2号機 審査資料 |              |
| 資料番号              | NS2-補-027-14 |
| 提出年月日             | 2022年12月6日   |

弾性設計用地震動  $S_d - 1$  及び基準地震動  $S_1$  による  
機器・配管系の耐震評価結果の比較

2022年12月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

|                 |   |
|-----------------|---|
| 1. 概要.....      | 1 |
| 2. 検討方針.....    | 1 |
| 3. 代表設備の選定..... | 1 |
| 4. 検討結果.....    | 2 |
| 5. まとめ.....     | 4 |

## 1. 概要

本資料は、基準地震動 $S_1$ の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した地震動として設定する弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ について、説明性向上の観点から、建設時工認と今回工認における評価手法の違いを踏まえた基準地震動 $S_1$ と弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ の評価結果の比較検討を行うものである。

関連資料は以下の通り。

- ・添付書類VI-2-1-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の策定概要」
- ・NS2-補-023-16「弾性設計用地震動 $S_d$ の設定について」

## 2. 検討方針

原子炉建物に設置される代表設備について、建設時工認における基準地震動 $S_1$ の耐震評価結果と今回工認における弾性設計用地震動 $S_d$ の耐震評価結果の比較を実施する。

なお、今回工認においては、弾性設計用地震動 $S_d$ の評価として弾性設計用地震動 $S_d$ 全波の応答を包絡し、地盤物性の不確かさを考慮した設計用条件を用いており、弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ 単独の評価結果はないことから、弾性設計用地震動 $S_d$ 全波による評価結果を示す。

## 3. 代表設備の選定

主要な施設のうち固有周期における基準地震動 $S_1$ と弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ の応答スペクトル（水平方向）比が最大となる制御棒の挿入性を代表設備として選定する。

また、建設時工認では $A_s$ 及び $A$ クラスの設備について、基準地震動 $S_1$ による地震と静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、許容応力状態Ⅲ $A_s$ を適用して耐震評価を行っていた。この結果と今回工認の弾性設計用地震動 $S_d$ による評価結果を比較するため、設計震度が静的地震力ではなく基準地震動 $S_1$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ で決まっており、かつ建設時から改造を行っていない設備から代表設備を選定した。

選定した代表設備及び選定理由を表1に示す。

なお、代表設備に含まれない主な設備として配管が挙げられるが、基準地震動の見直しに伴い改造及び耐震補強を実施しており、建設時工認と今回工認の耐震評価結果を比較できないことから、代表として選定しない。

表 1 選定した代表設備

| No. | 設備名称               | 選定理由  |
|-----|--------------------|---|
| 1   | 制御棒の挿入性<br>(燃料集合体) | 主要な施設のうち、固有周期における基準地震動 $S_1$ と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の応答スペクトル（水平方向）比が最大（1.08）となる設備として選定<br><br>(NS2-補-023-16「弾性設計用地震動 $S_d$ の設定について」参照) |
| 2   | 原子炉補機冷却ポンプ         | 設計震度が動的震度によって決まる設備のうち建設時から改造を行っていない設備として選定  |

#### 4. 検討結果

##### (1) 制御棒の挿入性

基準地震動  $S_1$  と弾性設計用地震動  $S_d$  における制御棒の挿入性（燃料集合体）の評価結果の比較を表 2 に示す。

基準地震動  $S_1$  と弾性設計用地震動  $S_d - 1$ （基本ケース）の相対変位は NS 方向では弾性設計用地震動  $S_d - 1$  の値が大きく、EW 方向では同程度である。また、制御棒挿入性の評価に用いる設計用荷重（相対変位）は建設時よりも今回工認の方が大きな値となる。

基準地震動  $S_1$  と弾性設計用地震動  $S_d - 1$ （基本ケース）による燃料集合体の応答に差異が生じた要因として、原子炉建物応答解析モデル、原子炉建物—大型機器連成解析モデルの差異が挙げられる。

今回工認における設計用荷重が建設時よりも大きな値となる要因として、今回工認において  $S_d$  全波の応答を包絡し、地盤物性の不確かさを考慮して設計用荷重を設定していることが挙げられる。

表 2 制御棒の挿入性（燃料集合体）評価結果の比較

|                | 各方向相対変位 (mm)       |                    | 設計用荷重（相対変位）(mm)    | 確認済相対変位 (mm) |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
|                | NS 方向              | EW 方向              |                    |              |
| 建設時 ( $S_1$ )  | 16.9               | 27.8               | 27.8               | 40           |
| 今回工認 ( $S_d$ ) | 21.9* <sup>1</sup> | 27.6* <sup>1</sup> | 33.9* <sup>2</sup> | 40           |

注記\*1：弾性設計用地震動  $S_d - 1$  の基本ケースの応答を示す。

\*2：弾性設計用地震動  $S_d$  全波の応答を包絡し、地盤物性の不確かさを考慮した設計用荷重（相対変位）を示す。

(2) 原子炉補機冷却ポンプ

基準地震動  $S_1$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  における原子炉補機冷却ポンプ設置位置（原子炉建物 EL 15.3m）の床応答の最大加速度及び設計震度の比較を表 3，評価結果の比較を表 4 に示す。

基準地震動  $S_1$  と弾性設計用地震動  $S_d - 1$ （基本ケース）による床応答の最大加速度を比較すると基準地震動  $S_1$  の方が 1~2 割程度大きいですが，設計震度は建設時工認よりも今回工認の方が大きな値となる。算出応力は基礎ボルト及びポンプ取付ボルトのせん断応力を除いて今回工認の方が大きな値となる。

床応答の最大加速度は基準地震動の方が大きいですが，設計震度は建設時工認よりも今回工認の値が大きい要因としては，建設時工認では水平方向の設計震度として各方向の最大加速度を 1.2 倍した値，鉛直方向の設計震度として静的震度 0.29 を設定している一方で，今回工認では弾性設計用地震動  $S_d$  全波の応答を包絡し，地盤物性の不確かさを考慮した設計用震度及び静的震度を上回る設計震度を設定していることによる。

設計震度の比に対して相対的に今回工認の算出応力は小さい傾向があるが，この要因としては，表 4 に参考で示す通り，評価に適用する機器の質量として建設時工認では計画値，今回工認では実質量に基づく耐震計算を行っていることが挙げられる。また，水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せについて建設時工認では絶対値和，今回工認では SRSS 法を適用していることが挙げられる。

表 3 最大加速度及び設計震度の比較（原子炉補機冷却ポンプ）

|                    | 各方向最大加速度 ( $m/s^2$ ) *1 |        |        | 設計震度 ( $\times 9.8m/s^2$ ) |        |
|--------------------|-------------------------|--------|--------|----------------------------|--------|
|                    | NS 方向                   | EW 方向  | 鉛直方向   | 水平方向                       | 鉛直方向   |
| 建設時工認<br>( $S_1$ ) | 5.07                    | 5.90   | -      | 0.73*3                     | 0.29*4 |
| 今回工認<br>( $S_d$ )  | 4.52*2                  | 4.82*2 | 4.22*2 | 1.56*5                     | 0.75*5 |

注記\*1：原子炉補機冷却ポンプ設置位置（原子炉建物 EL 15.3m）における値

\*2：弾性設計用地震動  $S_d - 1$  の基本ケースの応答を示す。

\*3：各方向の最大加速度の 1.2 倍

\*4：静的震度

\*5：弾性設計用地震動  $S_d$  全波の応答を包絡し，地盤物性の不確かさを考慮した設計用震度（水平方向：設計用震度 II，鉛直方向：設計用震度 I）及び静的震度を上回る値として設定した設計震度を示す。

表 4 原子炉補機冷却ポンプ評価結果の比較

| 部材           | 応力分類 | 建設時工認 (S <sub>1</sub> )                   |   |                            | 今回工認 (S <sub>d</sub> ) |               |                            |
|--------------|------|---|---|----------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
|              |      | 算出応力<br>(kg/mm <sup>2</sup> (MPa<br>換算値)) | 許容応力<br>(kg/mm <sup>2</sup> (MPa<br>換算値)) | (参考)<br>運転時<br>質量*<br>(kg) | 算出応<br>力(MPa)          | 許容応<br>力(MPa) | (参考)<br>運転時<br>質量*<br>(kg) |
| 基礎ボルト        | 引張   | 1.9(19)                                   | 47.9(469)                                 |                            | 21                     | 469           |                            |
|              | せん断  | 1.5(15)                                   | 36.8(360)                                 |                            | 14                     | 361           |                            |
| ポンプ取付<br>ボルト | 引張   | 1.0(10)                                   | 45.3(444)                                 |                            | 12                     | 444           |                            |
|              | せん断  | 1.6(16)                                   | 34.8(341)                                 |                            | 11                     | 342           |                            |
| 原動機取付<br>ボルト | 引張   | 0.5(5)                                    | 16.6(162)                                 |                            | 10                     | 172           |                            |
|              | せん断  | 0.6(6)                                    | 12.8(125)                                 |                            | 11                     | 132           |                            |

注記\*：建設時工認では計画値，今回工認では実質量を評価に適用

## 5. まとめ

原子炉建物に設置される代表設備について，建設時工認における基準地震動 S<sub>1</sub> の耐震評価結果と今回工認における弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の耐震評価結果の比較を実施した結果，設計条件については今回工認が上回っており，今回工認の条件が一定の安全性を有することが確認された。また，評価結果については今回工認の方が算出応力が小さい場合もあるが，これは実機条件（運転時質量等）の反映や妥当性が確認された手法（SRSS 法等）の適用によるものである。