

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-76
提出年月日	2022年8月18日

弁の応答加速度と駆動部の動作機能確認済加速度の比較の  
考え方について

2022年8月

中国電力株式会社

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 弁の $A_T$ 及び $A_{T1}$ の設定 .....	1
3. $A_T$ 超過弁の機能維持評価用加速度の考え方（発生加速度の設定）について.....	3
4. $A_T$ 超過弁の動作機能確認済加速度 $A_{T1}$ の考え方（許容加速度の設定）について.....	4
5. まとめ.....	4

## 1. はじめに

島根 2 号機では、機能確認済加速度  $A_T$  との比較による動的機能維持評価の結果、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度  $A_T$  を超える弁（以下「 $A_T$  超過弁」という。）について、弁駆動部の動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  を用いた詳細評価を実施する。

$A_T$  超過弁の詳細評価においては、水平及び鉛直方向それぞれに対して弁駆動部の動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  を設定し、水平及び鉛直方向それぞれの機能維持評価用加速度と比較することを基本とすることから、その考え方を本資料にて示す。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法」

## 2. 弁の $A_T$ 及び $A_{T1}$ の設定

原子力発電所耐震設計技術指針（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）における弁の地震時機能維持評価では、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度  $A_T$  との比較による機能維持評価及び  $A_T$  超過弁における動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  との比較及び構造強度評価による詳細評価が示されている。

弁を含む原子力発電所における安全上重要な系統に属する動的機器は、想定される地震動に対する構造健全性に加えて、動的機能維持が要求されることから、既往の動的機能維持確認試験によって、機能確認済加速度  $A_T$  や動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  が設定されている。

弁の  $A_T$  及び  $A_{T1}$  の設定方法を以下に示す。

### (1) 機能確認済加速度 $A_T$ の設定

「動的機器の地震時機能維持に関する研究」（昭和 55 年度上期～昭和 57 年度下期）において、動的機器を対象に試験又は解析による地震時の動的機能維持確認を実施し、本結果に基づく一般的解析手法の開発及び評価基準の確立を図った。

弁においては加振試験から得られた弁最弱部の発生応力の余裕度評価により、水平地震動に対する機能確認済加速度  $A_T$  を設定し、J E A G 4 6 0 1 に本成果が反映された。

その後、鉛直方向地震力についても水平地震動と同様に動的地震力を導入した場合の検討が進められ、「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」（平成 10 年 11 月～平成 13 年 9 月）において、動的機器の鉛直地震動に対する機能維持確認試験を実施し、鉛直方向に関する機器・配管系の耐震設計手法を確立するための検討を実施した。

弁においては鉛直方向、水平＋鉛直方向の加振試験を実施することで、水平・鉛直地震動に対する機能確認済加速度  $A_T$  を設定し、「原子力発電所耐震設計技術規定」（以下「J E A C 4 6 0 1」という。）に本成果が反映された。

<原子力発電所耐震設計技術規定(J E A C 4 6 0 1 -2015)  $A_T$ の記載抜粋>

- ・一般弁 : 水平  $6.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ , 鉛直  $6.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$   
(グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁)
- ・主蒸気隔離弁 : 水平  $10.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ , 鉛直  $6.2 \times 9.8 \text{m/s}^2$
- ・主蒸気逃がし安全弁 : 水平  $9.6 \times 9.8 \text{m/s}^2$ , 鉛直  $6.1 \times 9.8 \text{m/s}^2$

## (2) 動作機能確認済加速度 $A_{T1}$ の設定

動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  は, 既往試験等により駆動部の動作機能維持が確認されている弁駆動部の応答加速度と定義する。

$A_{T1}$  は J E A C 4 6 0 1 に規定されていないため, 電力共通研究\*1~\*4(以下「電共研」という。)の加振試験の知見を適用する(詳細については, NS2-補-027-04「動的機能維持の詳細評価について」を参照)。

電共研の加振試験では, 水平2方向及び鉛直方向に対してそれぞれ1方向加振を行い, 動作機能確認済加速度を設定した。

注記\*1: 電動弁駆動部の動作機能確認済加速度向上に関する研究(2013年2月~2016年12月)

\*2: 空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度向上に関する研究(2017年3月~2021年3月)

\*3: 主蒸気逃がし安全弁の機能維持確認済加速度向上に関する研究(2012年12月~2016年3月)

\*4: 主蒸気隔離弁の機能維持確認済加速度向上に関する研究(2017年2月~2021年3月)

3.  $A_T$  超過弁の機能維持評価用加速度の考え方（発生加速度の設定）について

島根 2 号機では、 $A_T$  超過弁に対して、水平 2 方向及び鉛直方向それぞれの動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  と機能維持評価用加速度を比較することを基本とする。

機能維持評価用加速度の設定の妥当性について以下に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向の加速度の合成について、水平 2 方向及び鉛直方向の加速度の非同時性を考慮して、米国 Regulatory Guide 1.92\* の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)を適用する場合、合成加速度 $\alpha$ は以下となる。

$$\begin{aligned} \cdot \text{合成加速度} : \quad \alpha &= \sqrt{\alpha_x^2 + 0.4^2 \times \alpha_y^2 + 0.4^2 \times \alpha_z^2} \quad (\text{組合せ係数法}) \quad \dots \textcircled{1} \\ & \quad (\text{係数は}\alpha_x : 1.0, \alpha_y, \alpha_z : 0.4 \text{ とする。}) \end{aligned}$$

組合せ係数法に対して、水平 2 方向及び鉛直方向の加速度の非同時性を考慮せず、絶対値和を適用した場合、合成加速度 $\alpha$ は以下となる。

$$\cdot \text{合成加速度} : \quad \alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2} \quad (\text{絶対値和}) \quad \dots \textcircled{2}$$

ここで、合成加速度 $\alpha$ が最大となる条件 ( $\alpha_x = \alpha_y = \alpha_z$ ) を仮定すると、各軸方向の加速度 ( $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ ) に対して、①は約 1.15 倍(= $\sqrt{1.32}$ )、②は約 1.74 倍(= $\sqrt{3}$ )の加速度となり、水平 2 方向及び鉛直方向の加速度の合成として、組合せ係数法(①)と比べて、絶対値和(②)の適用は、過度に安全側な設定であることがわかる。

機能維持評価用加速度の設定において、水平方向加速度は従来から 2 方向のベクトル和 ( $\sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}$ ) で算出しており、水平 2 方向の合成加速度 $\alpha_H$ が最大となる条件 ( $\alpha_x = \alpha_y$ ) を仮定すると、各軸方向の加速度 ( $\alpha_x, \alpha_y$ ) に対して最大 1.42(= $\sqrt{2}$ )倍の加速度となる。

また、島根 2 号機では、 $A_T$  超過弁は全て直立する向きに設置されていること及び弁は構造上、水平方向に弱軸を有することから、応答加速度は鉛直方向加速度 $\alpha_V$ よりも水平方向加速度 $\alpha_H$ の方が高くなる傾向にある。

以上のことから、組合せ係数法による合成加速度 $\alpha$  (①) よりも、水平 2 方向加速度のベクトル和した加速度 $\alpha_H$ の方が大きく、機能維持評価用加速度は安全側に設定されていることがわかる。

注記\* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

#### 4. $A_T$ 超過弁の動作機能確認済加速度 $A_{T1}$ の考え方（許容加速度の設定）について

電共研の加振試験では、試験体の形状や駆動方向等を考慮した主要な3軸方向に加振し、駆動部の動作機能維持確認を行っている。

加振方向の設定にあたっては、評価断面の剛性を考慮して弱軸方向を設定し、弱軸方向への加振による構造強度及び動作機能の確認を行っていることから、他の方向への加振に対して安全側の評価となっている。

以上のことから、加振試験に基づき機能維持が確認された領域は、図1に示すとおり、水平方向の動作機能確認済加速度  $A_{TH}$  及び鉛直方向の動作機能確認済加速度  $A_{TV}$  を半径とした球形状の範囲を有すると考えられる。

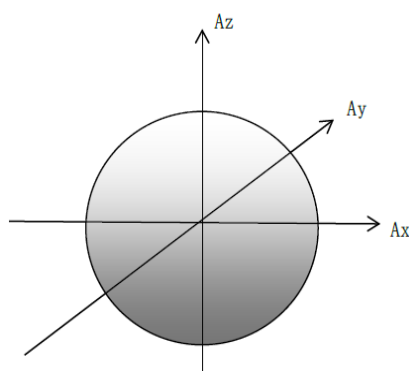


図1 動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  の範囲

#### 5. まとめ

3項より、機能維持評価用加速度は、非同時性を考慮して組合せ係数法を適用した合成加速度  $\alpha$  よりも、従来の水平方向加速度  $\alpha_H$  の方が大きく、安全側に設定されている。

また、4項より、電共研の加振試験では、評価断面の剛性を考慮して弱軸方向を設定し、弱軸方向への加振による構造強度及び動作機能の確認を行っていることから、加振試験に基づき機能維持が確認された領域は、水平方向の動作機能確認済加速度  $A_{TH}$  及び鉛直方向の動作機能確認済加速度  $A_{TV}$  を半径とした球状の範囲を有すると考えられ、発生加速度が本領域以内であれば動的機能は損なわれないものと考えられる。

以上のことから、機能維持評価用加速度の水平方向加速度  $\alpha_H$  及び鉛直方向加速度  $\alpha_V$  のそれぞれに対して比較を行う従来の評価手法は妥当であると考えられる。

上記を踏まえて、島根2号機では、 $A_T$  超過弁についても、水平及び鉛直方向それぞれに対して弁駆動部の動作機能確認済加速度  $A_{T1}$  を設定し、機能維持評価用加速度も水平2方向及び鉛直方向それぞれ算出して比較することを基本とする。

ただし、弁駆動部の動作機能確認済加速度として適用する加速度が20G等の大加振により取得されたものであることを踏まえ、水平2方向及び鉛直地震動を合成した加速度による評価も実施し、評価において一定の余裕を有することを確認する。