

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-74 改 01
提出年月日	2023年4月21日

大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書に関する
補足説明資料

2023年4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. 加振試験の概要.....	3
3. 加振試験結果.....	9
4. 構造強度評価.....	9
5. まとめ.....	10

1. 概要

島根 2 号機の溢水防護に係る施設である大型タンク遮断弁は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に従い、溢水量低減を目的として、基準地震動 S_s に対して十分に動的機能を維持していることを確認する必要がある。

ここで、一般弁の動的機能維持評価については、JEAG4601-1991 及び NS2-補-027-04「動的機能維持の詳細評価について（新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について）」に基づき実施しているが、島根 2 号機の大型タンク遮断弁のうち、空気作動ボール弁の駆動部と弁本体構造の組合せは、JEAG4601 に規定されている機種、形式とは異なるため、機能確認済加速度 A_t を設定することを目的として、100A の空気作動ボール弁を用いて加振試験を実施し動的機能の健全性を確認する。なお、本資料が関連する図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-別添 2-5 大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書

1.1 検討対象

島根 2 号機では、動的機能維持評価の対象設備（耐震 S クラス設備ならびに重大事故等対処設備）として抽出される設備ではないが、地震発生時の内部・外部溢水事象において、大型タンク内の保有水が建物内に持ち込まれないように各大型タンクに接続する配管に隔離弁を設置しており、隔離弁として口径が 100A 及び 150A の空気作動ボール弁が使用されている。これらの弁は、地震後に「開」⇒「閉」となる必要があることから、動的機能維持評価を実施する。

大型タンク遮断弁のうち、動的機能維持評価対象空気作動ボール弁の仕様を表 1-1 に示す。

100A 及び 150A の空気作動ボール弁の構造図を図 1-1 に示す。ボール弁の本体構造は、貫通穴を持つ球状弁体を軸回転して開閉を行う弁構造となっている。

ピストン型の空気作動弁駆動部の構造図を図 1-2 に示す。駆動部型式は、シリンダの内部にばね機構を内蔵したピストン型を採用している。弁棒への駆動力伝達方式は、回転型でありピストンからの推力をラックアンドピニオン機構*により弁棒の回転運動に変換して弁体を回転させる。

注記*：板状又は棒状の歯車と円筒歯車を組み合わせることにより、回転運動を直線運動に、又は直線運動を回転運動に変換する機構

表 1-1 動的機能維持評価対象空気作動ボール弁

弁番号	系統略称	形式	口径	呼び圧力	耐震クラス
AV273-2A/B	FP	空気作動ボール弁	100	JIS10K	C(S_s *)
AV273-1A/B	FP	空気作動ボール弁	150	JIS10K	C(S_s *)

注記*：溢水量低減を目的として、基準地震動 S_s に対する評価を実施する。

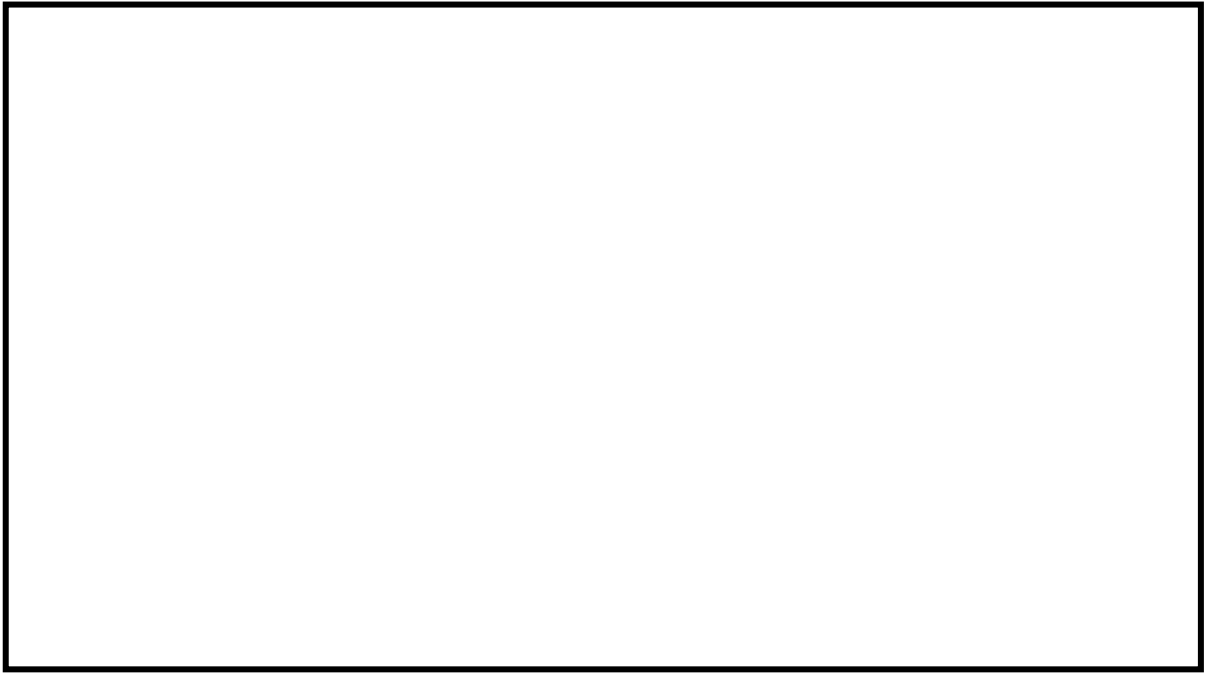


図 1-1 100A と 150A の空気作動ボール弁の構造図

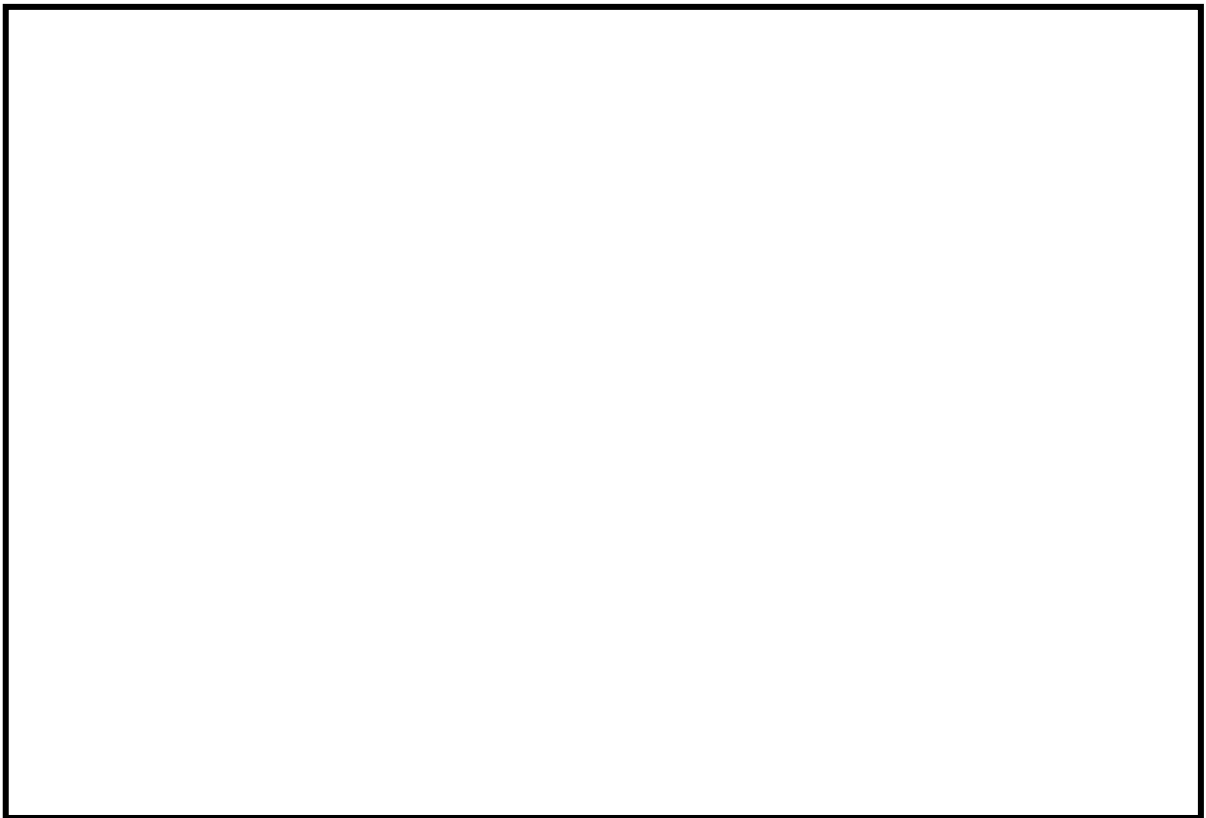


図 1-2 ピストン型の空気作動弁駆動部の構造図

1.2 検討内容

空気作動ボール弁の動的機能維持評価は、JEAG4601の規定を参考に、作動試験、弁座漏えい試験、グラウンド部漏えい試験および構造強度評価を実施した。

加振試験前後に、駆動部の作動機能・信号検出機能の確認としての作動確認、弁本体の耐圧・耐漏えい性の確認としての漏えい試験および流体を保持する弁箱・弁ふた、弁体を作動させる駆動部および両者を結合し駆動部を支持する部分（ヨークおよび弁ふた上部）の構造強度評価を実施する。

加振試験は駆動部、本体、付属品を含めた100Aの空気作動ボール弁を代表として供試体とするが、100Aおよび150Aの作動原理および構造は相似であるため、150Aの作動機能、信号検出機能、耐圧漏えい機能、グラウンド部のシール機能については、100Aの加振試験により確認され、150Aの最弱部の構造強度評価により動的機能維持が可能な加速度の適用性が評価できる。

2. 加振試験の概要

2.1 試験方法

加振試験方法は、振動特性把握試験を実施し固有振動数を求め、基準加速度(鉛直, 水平 6.0 G)の正弦波による加振試験を実施した。また、加振試験に加え、試験前後の性能比較および試験後に分解点検による目視検査を実施することで健全性を確認する。

2.2 試験装置

加振試験の振動試験装置外観を図2-1、加振台仕様を表2-1に示す。



図 2-1 振動試験装置外観

表 2-1 加振台仕様

寸法	1200mm×1200mm
最大積載質量	1000kg
加振力(正弦波)	176kN
運転周波数帯域	1～2000Hz

2.3 試験体

加振試験は駆動部, 本体, 付属品を含めた 100A の空気作動ボール弁を代表として試験体とする。図 2-2 及び表 2-2 に試験体の外形図及び仕様を示す。

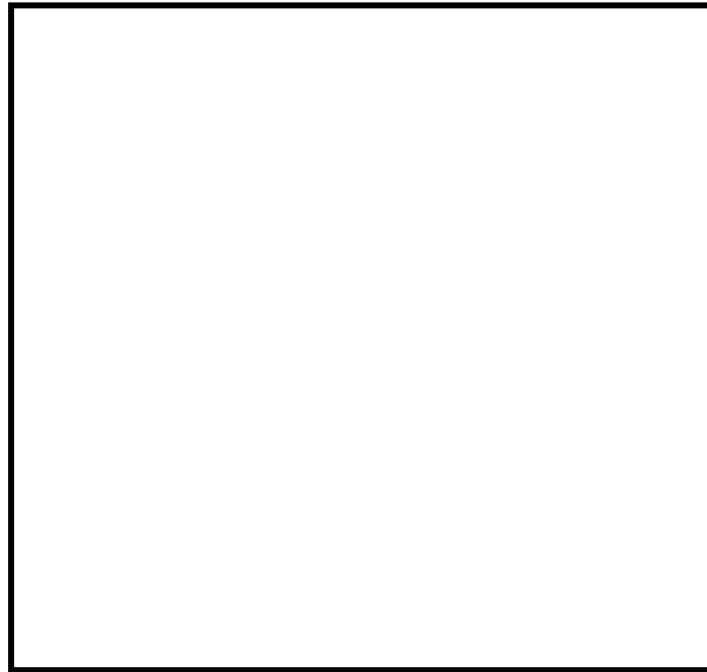


図 2-2 試験体外形図(100A)

表 2-2 試験体仕様(100A)

項目	仕様
弁番号	AV56-2A/B
駆動方式	空気作動式
弁型式	ボール弁
呼び圧力	JIS10K
呼び径	100A
最高使用圧力	0.98 MPa
最高使用温度	40℃
材質	SCPH2
内部流体	水(ろ過水)
耐震クラス	C
全体質量	
駆動部質量	
流路中心軸からの 重心位置	
面間距離	

2.4 振動特性把握試験

試験体に加速度計を取付け、振動特性把握試験を実施し、試験体の固有振動数（あるいは加振振動数範囲に固有振動数がないこと）を確認する。

加振条件は、振動数 5～33Hz の範囲で増加，減少させ，加振方向を 1 軸 3 方向 (X 軸，Y 軸，Z 軸) とし，加速度は 0.1G とする。計測センサー取付位置を図 2-3 に示す。

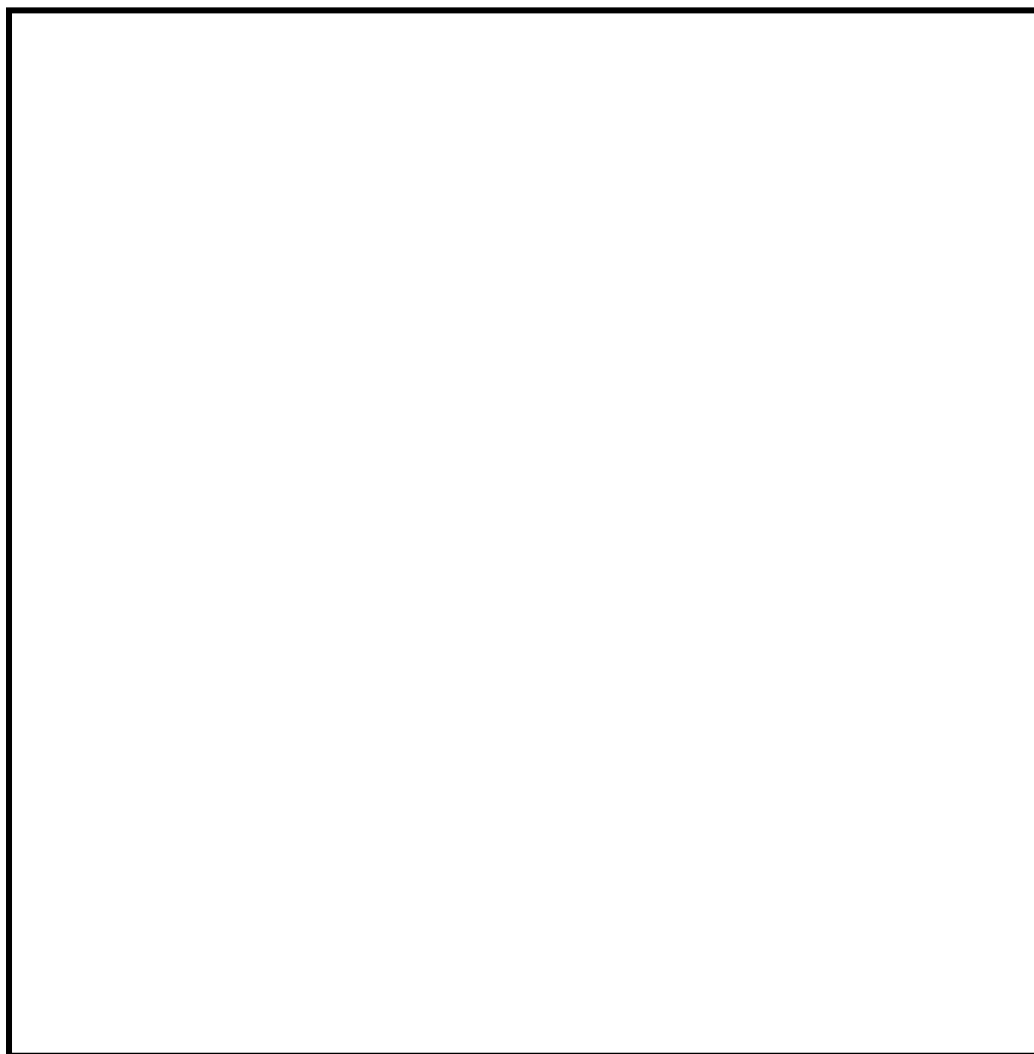


図 2-3 計測センサー取付位置

2.5 加振試験

振動特性把握試験を実施し、Z 方向については 33Hz 以上に固有振動数があるため 33Hz にて加振を実施した。X 方向，Y 方向については 33Hz 以下に固有振動数があるため，固有振動数での加振を実施した。試験により得られた周波数応答関数を図 2-4-1～図 2-4-3 に，各軸方向の固有周期を表 2-3 に示す。

加振時間は，島根 2 号機の等価繰返し回数 150 回を満たす時間以上とするため 15 秒以上とし加振波は正弦波とした。加振試験における試験条件を表 2-4 に示す。



図 2-4-1 周波数応答関数 水平 X 方向

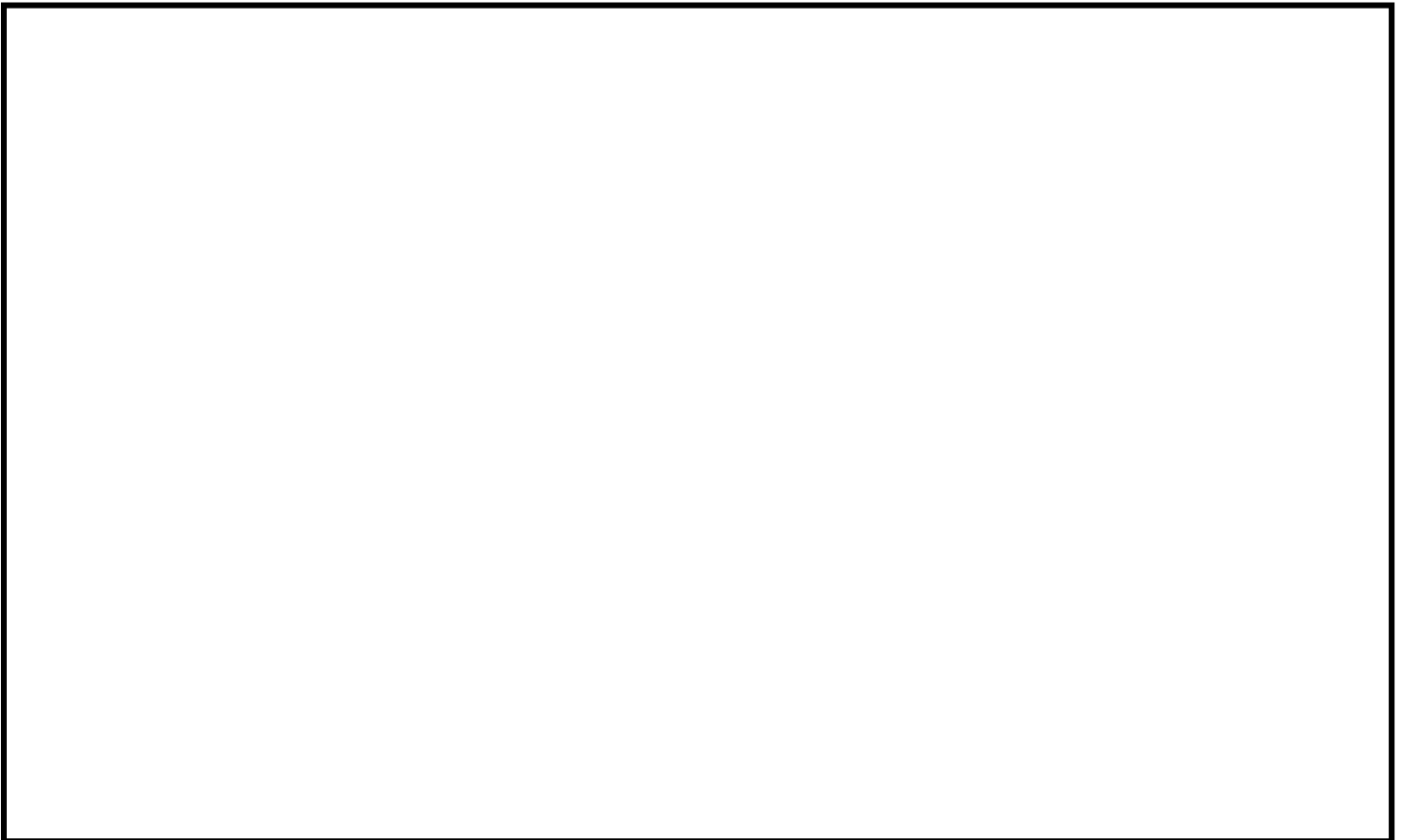


図 2-4-2 周波数応答関数 水平 Y 方向

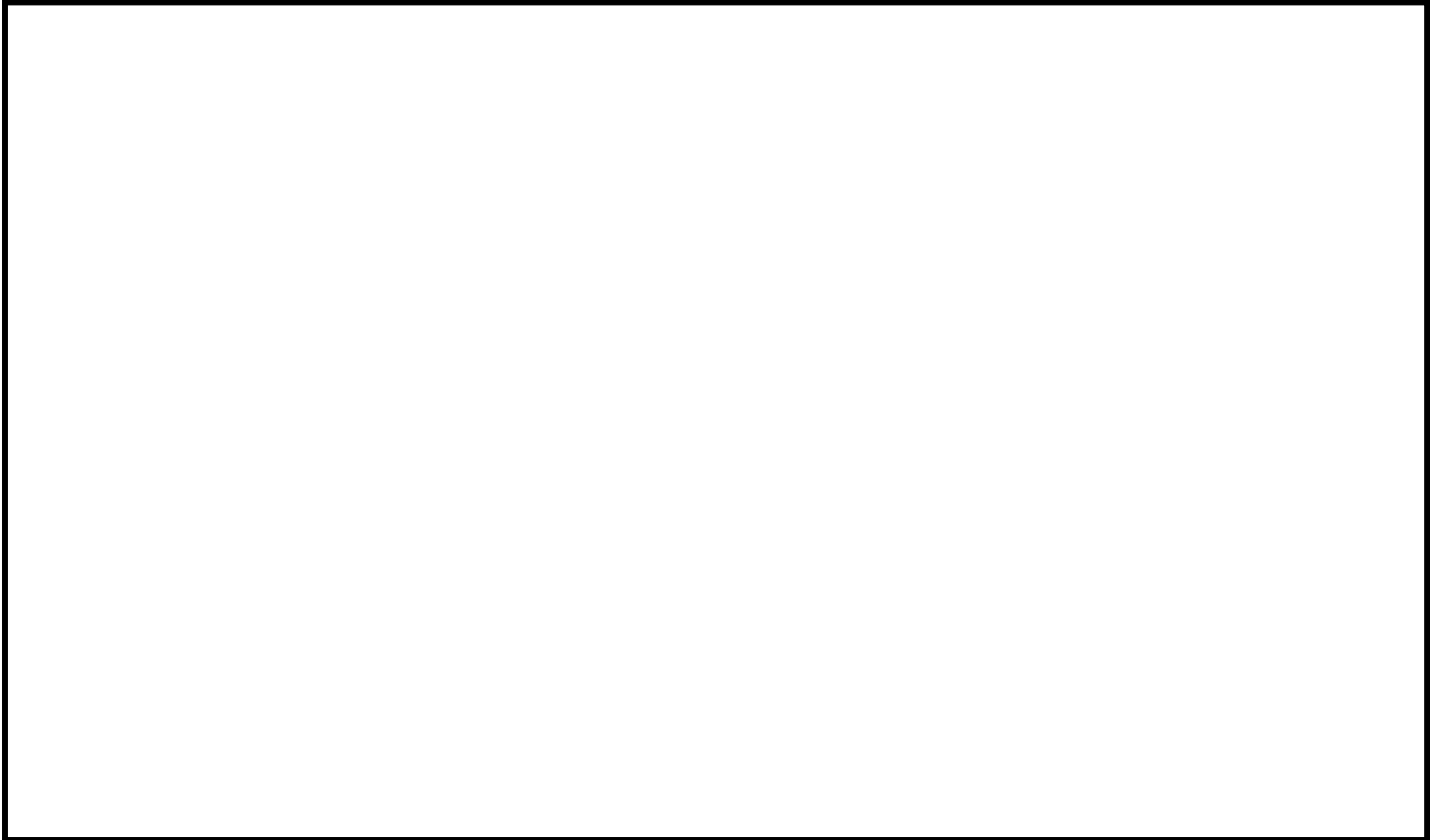


図 2-4-3 周波数応答関数 鉛直 Z 方向

表 2-3 各軸方向の固有周期

方向	固有周期(s)	固有振動数(Hz)
X		
Y		
Z		

表 2-4 加振試験における試験条件

項目	試験条件
加振地震波	正弦波
加振方向	水平 2 方向, 鉛直 1 方向の単軸加振
加振加速度	$6.0 \times 9.80665 \text{m/s}^2$
加振時間	15 秒以上
取付状態	加振台上に設置されたフランジ (治具) にボルトにて取付

3. 試験結果

加振試験中および加振後に、表 3-1 の項目について確認し、異常のないことをもって、本試験における機能確認済加速度を $6.0 \times 9.80665 \text{ m/s}^2$ とした。(表 3-2 に機能確認済加速度と試験時の最大加速度の比較を示す。)

表 3-1 加振試験後の確認結果

確認項目	確認結果
加振台の最大応答加速度が機能確認済加速度以上であること	加振台の最大応答加速度が機能確認済加速度以上であることを確認した。
シール部からの漏えいが基準値以下であること	耐圧漏えい試験において、シール部からの漏えいが無いことを確認した。
加振前後に作動試験を実施し、機器の健全性および動作に異常のないこと	弁単体試験において、加振試験前後で機器の健全性および動作に異常が無いことを確認した。
加振試験後の開放点検において、外観目視上の損傷がないこと	加振試験後の開放点検において、弁内部に弁機能に悪影響を及ぼすような傷、破損が無いことを確認した。

表 3-2 機能確認済加速度と試験時の最大加速度の比較

方向	機能確認済加速度	試験時最大加速度
X	$6.0 \times 9.80665 \text{ m/s}^2$	
Y	$6.0 \times 9.80665 \text{ m/s}^2$	
Z	$6.0 \times 9.80665 \text{ m/s}^2$	

4. 構造強度評価

加振試験は駆動部、本体、付属品を含めた 100A の空気作動ボール弁を代表として供試体とするが、100A および 150A の作動原理および構造は相似であるため、150A の作動機能、信号検出機能、耐圧漏えい機能、グランド部のシール機能については、100A の加振試験により確認され、150A の最弱部の構造強度評価により動的機能維持が可能な加速度の適用性が評価できる。

対象弁の耐震設計上の最弱部である駆動部のヨークにおいて、目標とする基準加速度(水平・鉛直 $6.0 \times 9.80665 \text{ m/s}^2$)により発生する応力をベクトル和により合成した応力が許容値を下回ることを確認した。空気作動ボール弁の最弱部構造強度評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 空気作動ボール弁の最弱部構造強度評価結果

口径	評価部位	評価用加速度 (m/s^2)	水平方向 (MPa)	鉛直方向 (MPa)	合計* (MPa)	許容値(1.5Sy) (MPa)
100A	ヨーク下部	6.0×9.80665				323
150A	ヨーク下部					

注記*：水平方向の応力と鉛直方向の応力をベクトル和により合成した値

5. まとめ

項目 3, 4 に示す 100A の空気作動ボール弁を用いた加振試験及び 100A, 150A の空気作動ボール弁を用いた最弱部の構造強度評価の結果から、島根 2 号機の空気作動ボール弁の動的機能維持評価において、機能確認済加速度を水平・鉛直 $6.0 \times 9.80665 \text{m/s}^2$ として適用することが可能である。