

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	O2-他-F-19-0044_改6
提出年月日	2021年10月21日

女川原子力発電所第2号機 主な説明事項に係る対応状況について

2021年10月21日
東北電力株式会社

主な説明事項に係る対応状況(1/2)

■ 対応状況①

➤ 第876回審査会合(令和2年7月14日)にて示した主な説明事項に係る対応状況について以下に示す。

(1)設置変更許可審査時からの設計変更内容

No.	説明項目	説明状況
1-1	漂流物防護工の追加	第993, 1007回審査会合にて説明済

(2)詳細設計申送り事項

No.	説明項目	説明状況
2-1	地下水位の設定, 耐震評価における断面選定 ・地下水位低下設備の設計方針 ・地下水位の設定 ・耐震評価における断面選定の考え方	第952, 979, 988, 1003回審査会合にて説明済 (第988回審査会合にて説明済) (第952, 979, 1003回審査会合にて説明済) (第979, 1003回審査会合にて説明済)
2-2	竜巻防護ネットの構造評価	第993回審査会合にて説明済
2-3	サプレッションチェンバの耐震評価	第988回審査会合にて説明済
2-4	3.11地震等の影響を踏まえた建屋の耐震評価	第970, 997回審査会合にて説明
2-5	津波漂流物の衝突荷重	第970, 988回審査会合にて説明済
2-6	建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価	第979, 1003回審査会合にて説明済, 資料●-2にて説明
2-7	後施工せん断補強筋(CCb工法)の適用性	第1003回審査会合にて説明済
2-8	防潮堤の詳細設計結果	第993回審査会合にて説明済
2-9	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	第993回審査会合にて説明済

(3)新たな規制要求(バックフィット)への対応事項

No.	説明項目	説明状況
3-1	安全系電源盤に対する高エネルギーアーク(HEAF)火災対策	第993回審査会合にて説明済

主な説明事項に係る対応状況(2/2)

■ 対応状況②

➤ 審査の中で論点として整理された項目に係る対応状況について以下に示す。

(4) 設置変更許可審査時からの変更等があり、説明が必要な項目

No.	説明項目	説明状況
4-1	使用済燃料貯蔵ラックの設計用減衰定数	第988, 1007回審査会合にて説明済
4-2	制御棒挿入性評価	第993, 1003回審査会合にて説明済
4-3	メカニカルスナッパの耐震評価	第979, 997回審査会合にて説明済

■ 対応状況③

➤ 耐震評価に関し、既工認からの相違点として追加で説明が必要な項目に関する対応状況について説明する。

(5) 耐震評価に関し、説明が必要な項目

No.	説明項目	概要	説明資料
5-1	原子炉建屋屋根トラスの耐震評価	原子炉建屋屋根トラスについて、耐震裕度向上の観点から、接合部の補強及びサブトラスと母屋の補強を実施することとし、補強の結果、基準地震動 S_s による地震力に対して、短期許容応力度内となる設計とした。	3ページ参照
5-2	弁の動的機能維持に係る詳細評価	弁の動的機能維持評価において、JEAG4601等に基づく機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較による評価で動的機能の健全性が確認できない一部の弁について、既往の研究成果(加振試験結果)を適用した詳細検討を行う。	4~10ページ参照

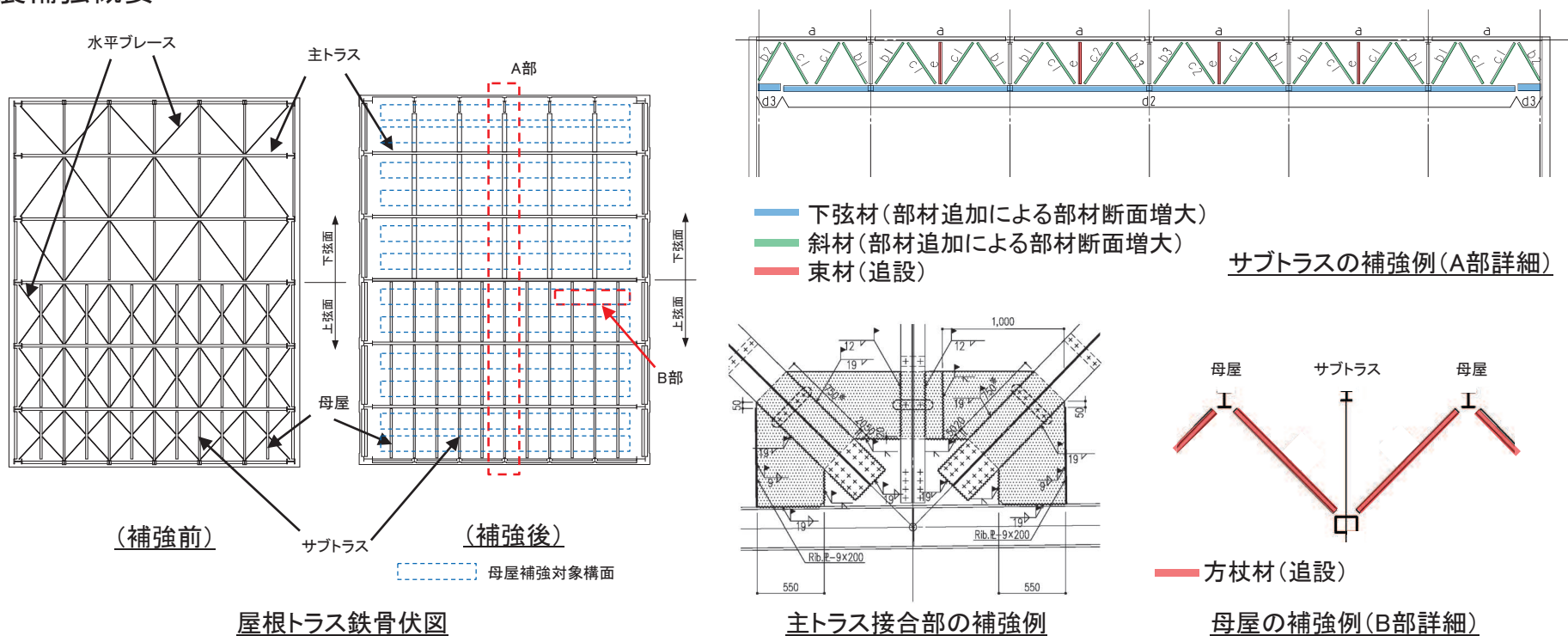
【5-1】原子炉建屋屋根トラスの耐震評価

1. 概要

- 原子炉建屋屋根トラスは、耐震裕度向上の観点から、接合部の補強及びサブトラスと母屋の補強を実施することとした。
- 補強の結果、基準地震動 S_s による地震力に対して、短期許容応力度内となる設計とした。
- なお、補強に合わせて、建設時に仮設材として設置していた上下弦面の水平ブレースは撤去*することとした。

注記*：設置許可段階では、を設置許可基準規則第十六条への適合の観点から、原子炉建屋屋根トラスについては、建設時に仮設材として設置していた水平ブレースも含めて、基準地震動に対する発生応力が終局耐力を超えず使用済燃料プール内に落下しない設計とする方針としていたが、補強に合わせて上下弦面の水平ブレース撤去する方針とした。

2. 耐震補強概要



3. 説明図書

- 添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の耐震性についての計算書」
- 補足説明資料「補足-610-4 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(1) 動的機能維持評価の全体概要

- 今回工認における動的機能維持評価では、JEAG4601等*1、2に基づく機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較による評価方法を適用し、この評価方法(基本評価)で動的機能の健全性が確認できない一部の設備(ポンプ、電動機、弁等)については、下図の動的機能維持評価検討フローに従い、詳細評価を実施している。また、動的機能維持の詳細評価を実施した全ての設備に対して動的機能の健全性を確認している。
- ここで、弁の動的機能維持に係る詳細評価については、複数のPWRプラントで実績を有しているものの、女川2号機で適用する弁駆動部の動作機能確認済加速度は、これまでに適用実績がない加振試験結果を適用していることから、次頁以降、それらの評価内容について説明する。

注記*1: 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991 追補版)

*2: 電力共通研究「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年度～平成13年度)」

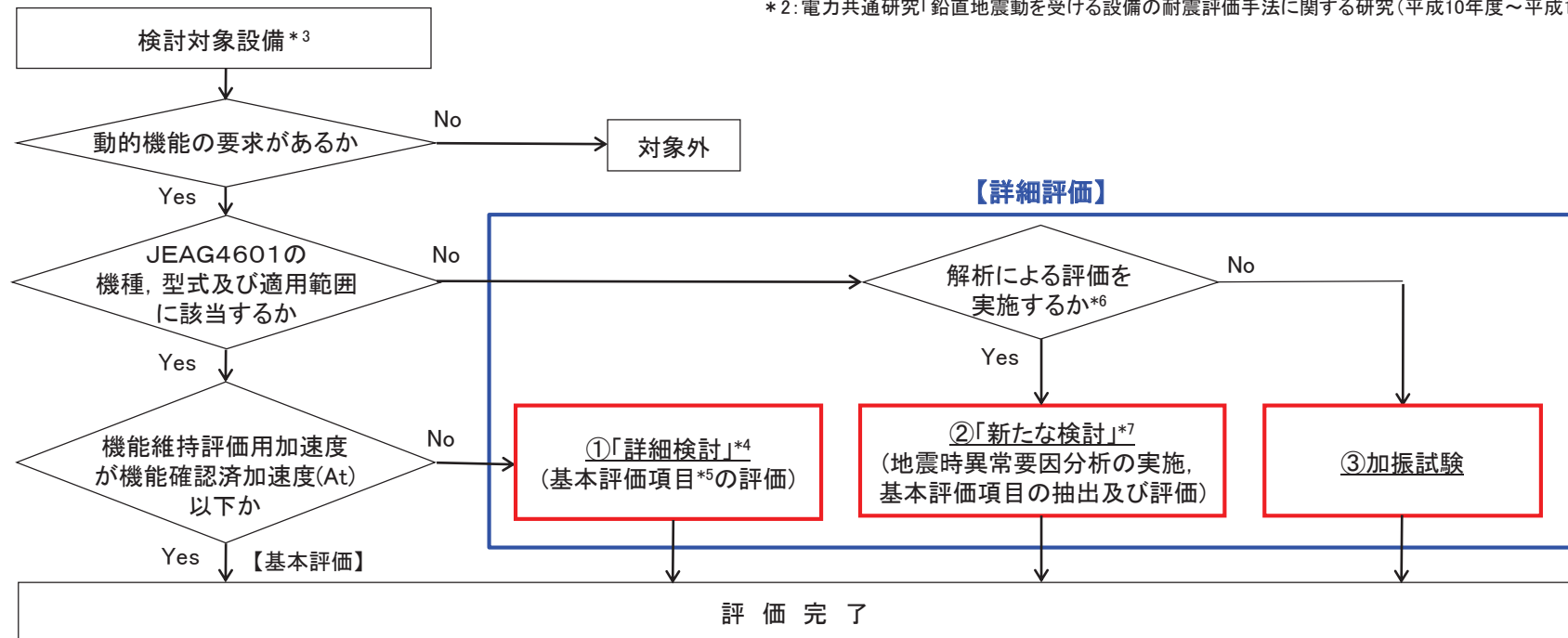


図5-2-1 動的機能維持評価検討フロー

注記*3: 耐震Sクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)のうち動的機能が必要な設備

*4: JEAG4601及び原子力発電耐震設計特別調査委員会報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書(昭和62年2月)」を踏まえた検討

*5: 地震時に発生する可能性のある異常事象を抽出し、その要因分析を行い、機能維持の評価項目として選定したもの

*6: 構造強度評価等の解析実施が困難な場合は「No」とする

*7: 上記*4に加えて、電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究(平成25年3月)」を踏まえた検討

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(2) 弁の動的機能維持評価に係る詳細検討

- 今回工認における動的機能維持評価対象弁は、図5-2-1動的機能維持評価検討フローに従い評価を行い、機能維持評価用加速度が機能維持確認済加速度(A_T)を超える弁については、弁の動的機能維持に係る詳細評価として、①「詳細検討」を行う。
- 表5-2-1に示す対象弁のうち、主蒸気隔離弁、主蒸気逃がし安全弁、グローブ弁及びゲート弁については、弁駆動部(モータ等)を有しており解析のみによる評価が困難であることから、JEAG4601の考え方にに基づき、機能維持評価用加速度と弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})の比較による評価及び弁の構造上の弱部に対する構造強度評価を実施することによって動的機能維持を確認する(別紙1参照)。また、逆止弁については、モータ等の弁駆動部を有していないことから開閉状態維持の確認及び構造強度評価による机上検討で動的機能維持を確認する。
- 弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})については、既往の研究成果*1~4(以下「既往研究」という)を適用する。

表5-2-1 弁の動的機能維持評価

評価方法の分類		対象弁	
基本評価	機能維持評価用加速度と機能確認済加速度(A_T)の比較による評価(JEAG4601の適用範囲にあり、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度(A_T)以下である弁)	特殊弁	詳細評価以外の弁
		一般弁	詳細評価以外の弁
詳細評価	①「詳細検討」(JEAG4601の適用範囲にあり、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)	特殊弁	主蒸気隔離弁、主蒸気逃がし安全弁
	②「新たな検討」(構造、作動原理等がJEAG4601の適用範囲外)	一般弁	グローブ弁、ゲート弁、逆止弁
	③加振試験(構造、作動原理等がJEAG4601の適用範囲外)		該当なし
			説明対象

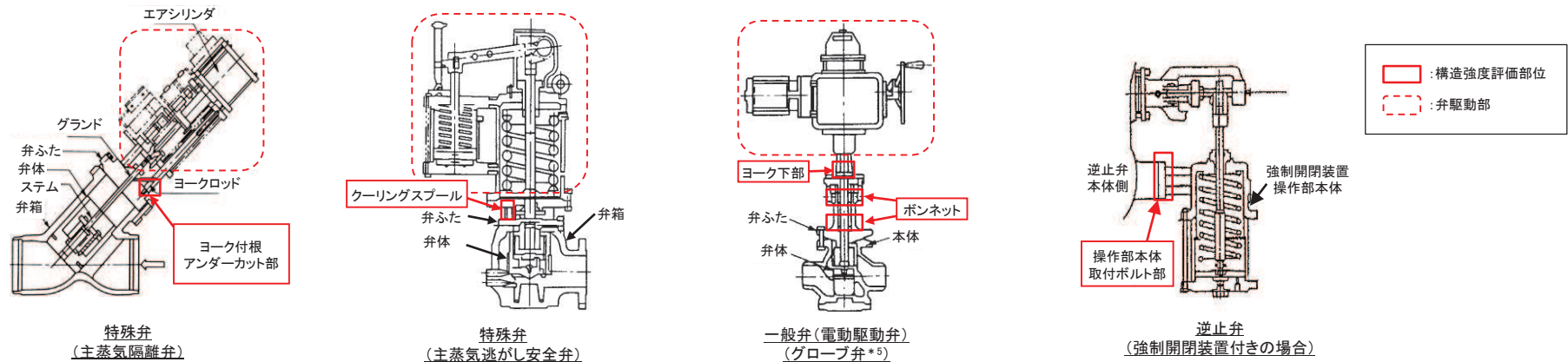


図5-2-2 詳細検討する弁型式の構造概要と構造強度評価部位

注記 *1: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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)」

*5: ゲート弁については構造上の弱部がグローブ弁と類似していることからグローブ弁を代表に示す。

*1: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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: 電力共通研究「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)」

*5: ゲート弁については構造上の弱部がグローブ弁と類似していることからグローブ弁を代表に示す。

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(3) 共振振動台による弁駆動部の加振試験(1/2)

a. 共振振動台の概要*1

- 弁の動的機能維持評価に用いるJEAG4601の機能確認済加速度(A_T)は、既往の加振試験結果に基づいて策定されているが、機能確認済加速度(A_T)の元となった加振試験は試験装置の加振能力により制約されたものである。
- このため、(一財)電力中央研究所においては、原子力機器・建屋の耐震限界性能評価に資する共振振動台(最大加速度 $20 \times 9.8\text{m/s}^2$)の開発が行われ、この共振振動台を活用し、既往研究において電動弁駆動部、空気作動弁駆動部、主蒸気逃がし安全弁及び主蒸気隔離弁を対象として大加速度の加振試験を実施している。
- 共振振動台は、大型振動台と共振振動台で構成され、大型振動台に発生する振動を共振振動台に設置されたバネにより応答増幅し、共振振動数における正弦波加振において大加速度を実現する。以下に共振振動台の外観及び仕様を示す。

表5-2-2 共振振動台の仕様

項目	大型振動台	共振振動台
振動テーブル	5m×5m	2m×2m
加振方向	水平1軸正弦波	水平1軸正弦波
駆動方式	電気・油圧サーボ方式	大型振動台直結
搭載質量	定格:60,000kg	定格:10,000kg
最大加速度	$2.0 \times 9.8\text{m/s}^2$	$20 \times 9.8\text{m/s}^2$
加振振動数	0.5~40Hz	10Hz

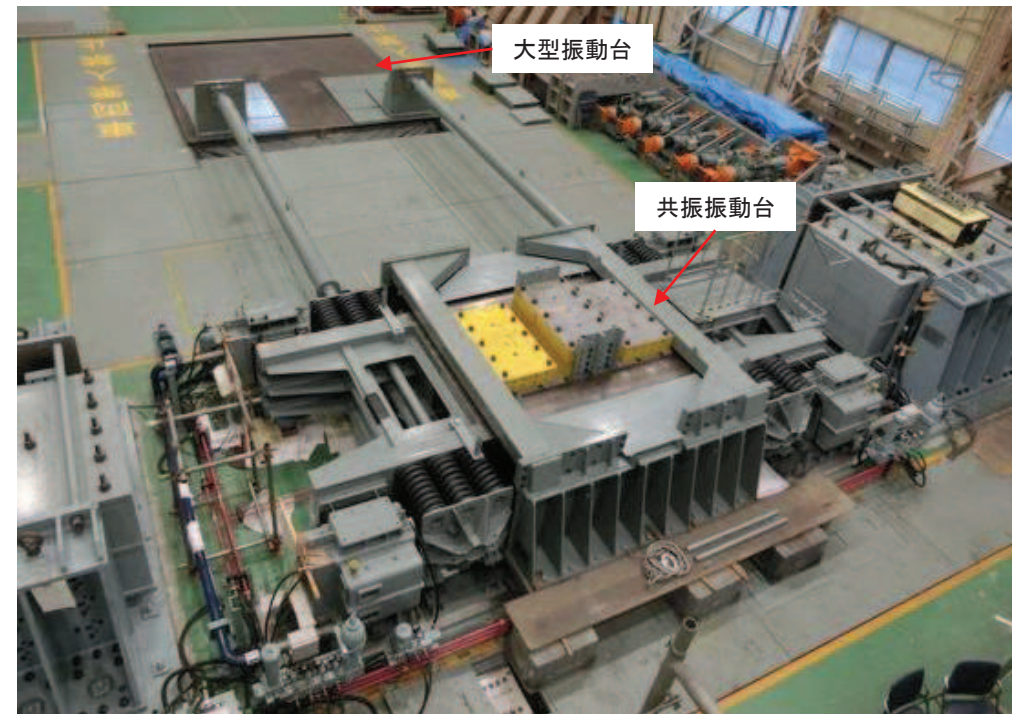


図5-2-3 共振振動台の外観

注記*1: M. Sakai, et al., "Development of High Acceleration Shaking Table System Using Resonance Vibration", PVP2016-63752, American Society of Mechanical Engineers, 2016

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(3) 共振振動台による弁駆動部の加振試験(2/2)

b. 既往研究とJEAG4601との同等性

- ▶ 既往研究で用いた試験体及び試験方法とJEAG4601に規定する機能確認済加速度(A_T)の設定根拠となった加振試験(耐特委報告書*1)で用いた試験体及び試験方法との同等性を確認する。本資料では、主蒸気隔離弁を例として、同等性の確認結果を示す。

注記*1: 原子力発電耐震設計特別調査委員会報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書(昭和62年2月)」

(i) 試験体の同等性

- 既往研究では、女川2号機も含めたBWRプラントに設置している主蒸気隔離弁を調査し、作動原理(駆動方式)や構造等の類似性を確認した上で試験体を選定している。
- 既往研究の試験体と耐特委の試験体を比較した結果は表5-2-3に示すとおり、同等であることを確認した。

表5-2-3 試験体の同等性(主蒸気隔離弁)

項目	既往研究(今回適用)	耐特委(JEAG4601)	比較結果
駆動方式	空気及びスプリング駆動	空気及びスプリング駆動	作動原理, 基本構造は同等。 加振台の制限により耐特委よりも小さい径を使用した ¹ が、構造最弱部であるヨークロッド付け根の強度はほぼ同等。 以上より、動的機能を確認する観点で同等の試験体である。
弁型式	Y型グローブ弁	Y型グローブ弁	
呼び径	500A	650A	
最高使用圧力	8.62MPa[gage]	8.62MPa[gage]	
材質(弁箱)	JIS SCPH2	ASME SA215 Gr.WCB (JIS SCPH2同等)	
弁高さ	約2,810mm	約3,400mm	
質量	約4,100kg	約6,000kg	

(ii) 試験方法の同等性

- 既往研究及び耐特委ともに試験方法としては、加振前試験、加振試験及び加振後試験を実施し、各試験段階で作動試験や弁座漏えい確認等を行っている。
- 既往研究の試験方法と耐特委の試験方法を比較した結果は表5-2-4に示すとおり、同等であることを確認した。

表5-2-4 試験方法の同等性(主蒸気隔離弁)

項目	既往研究(今回適用)	耐特委(JEAG4601)	比較結果
加振前試験	弁座漏えい試験	漏えいなし	同等である。
	作動試験	規定時間を満足	
加振試験	加振方法	連続正弦波加振	既往研究では耐特委よりも高い加速度で加振している。その他の試験内容は同等である。
	加振加速度(駆動部応答)	15G	
	加振中作動試験	規定時間を満足	
加振後試験	弁座漏えい試験	漏えいなし	同等である。

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(4) 弁の詳細検討による動的機能維持評価結果(まとめ)

- 機能維持評価用加速度が機能維持確認済加速度(A_T)を超える弁については、弁の動的機能維持に係る詳細評価として①「詳細検討」を行った。
- 弁の動的機能維持に係る詳細検討では、JEAG4601の考え方にに基づき、以下の通り、機能維持評価用加速度と弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})の比較による評価及び弁の構造上の弱部に対する構造強度評価にて、いずれの対象弁も動的機能が維持されることを確認した。
 - 機能維持評価用加速度と弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})の比較による評価の結果、詳細検討を実施した全ての対象弁について、機能維持評価用加速度が下表に示す各弁型式の駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})以下であることを確認した(各弁型式の試験計測データ等は別紙2参照)。
 - 弁の構造上の弱部に対する構造強度評価の結果、詳細検討を実施した全ての対象弁について、JEAG4601に基づき設定した構造上の弱部の発生応力が許容値以下であることを確認した。

表5-2-5 既往研究より確認した弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})

弁型式	基本評価		詳細検討	
	JEAG4601等に基づく 機能確認済加速度(A_T) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		既往研究による駆動部の 動作機能確認済加速度(A_{T1}) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
主蒸気隔離弁	10.0	6.2	15.0	15.0
主蒸気逃がし安全弁	9.6	6.1	20.0	20.0
一般弁(グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁)のうち電動弁	6.0	6.0	20.0	20.0
一般弁のうち空気作動グローブ弁	6.0	6.0	20.0	20.0
一般弁のうち空気作動バタフライ弁	6.0	6.0	15.0	20.0

【説明図書】

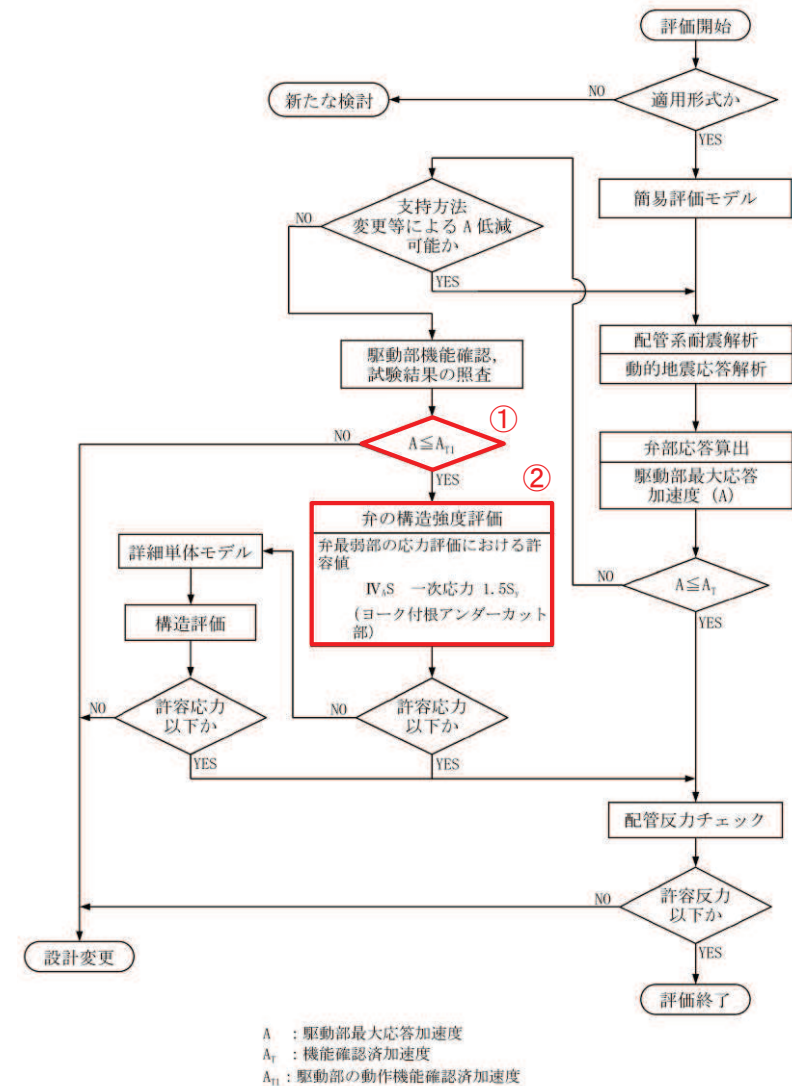
- 添付書類「VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書(主蒸気系)」他
- 補足説明資料「補足-600-14-1 動的機能維持の詳細評価について(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について)」

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価

(別紙1) JEAG4601における弁の動的機能維持評価の考え方及び今回工認における検討手順

- JEAG4601における弁の動的機能維持評価に係る評価手順としては、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度(A_T)との比較による評価が基本となることが示されている。
- 一方、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度(A_T)を超える場合の対処方法として、以下の内容が示されている。

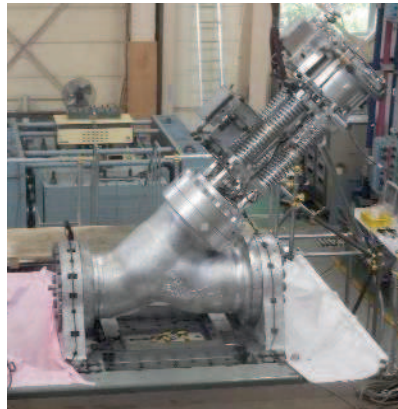
- ① 作動機能に関し、弁駆動装置は解析的な評価が困難であるため、駆動装置単体の機能確認済加速度(A_{T1})を許容値とする。
 - ② 弁の要求機能のうち構造強度評価、漏えいに関しては、弁最弱部の強度評価に含めて検討できる。
- 今回工認においては、上記の内容に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度(A_T)を超える弁に対する詳細検討として、機能維持評価用加速度と弁駆動部の動作機能確認済加速度(A_{T1})の比較による評価及び構造強度評価を行い、動的機能が確保されることを確認する。
- JEAG4601の考え方に基づく弁の詳細検討手順(主蒸気隔離弁の例)を別紙5-2-1図に示す。



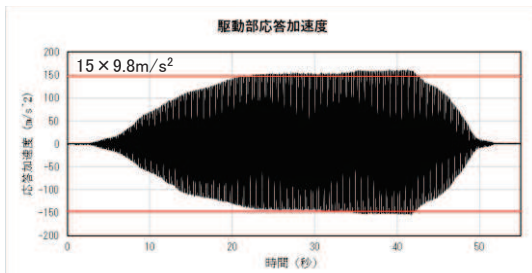
別紙5-2-1図 JEAG4601の考え方に基づく弁の詳細検討手順
(主蒸気隔離弁の例)

【5-2】弁の動的機能維持に係る詳細評価 (別紙2) 既往研究における弁駆動部の加振試験結果

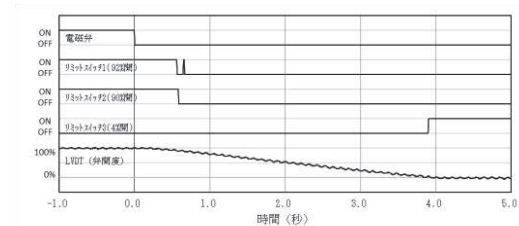
【主蒸気隔離弁】



別紙5-2-2図 主蒸気隔離弁試験体



別紙5-2-3図 駆動部応答加速度波形 (Y方向15×9.8m/s²加振時)



別紙5-2-4図 加振中の作動信号 (Y方向15×9.8m/s²加振時)

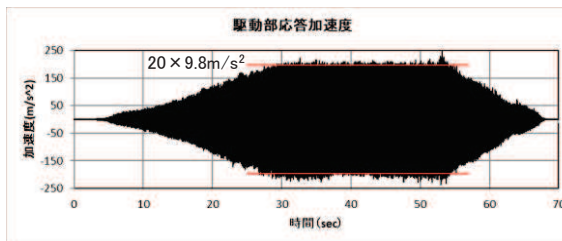
別紙5-2-1表 加振試験で計測された駆動部の最大加速度

最大応答加速度 (×9.8m/s ²)		
X方向	Y方向	Z方向
18.6	16.5	18.8

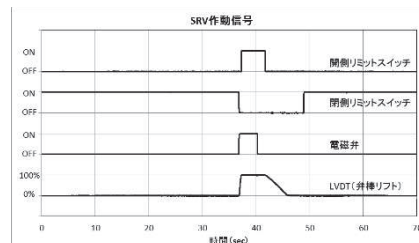
【主蒸気逃がし安全弁】



別紙5-2-5図 主蒸気逃がし安全弁試験体



別紙5-2-6図 駆動部応答加速度波形 (Y方向20×9.8m/s²加振時)



別紙5-2-7図 加振中の作動信号 (Y方向20×9.8m/s²加振時)

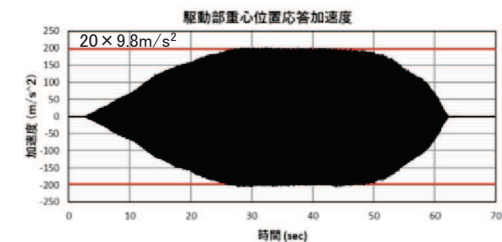
別紙5-2-2表 加振試験で計測された駆動部の最大加速度

最大応答加速度 (×9.8m/s ²)		
X方向	Y方向	Z方向
20.0	20.0	20.0

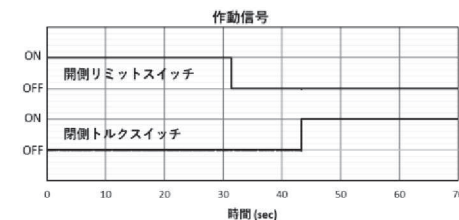
【電動弁】



別紙5-2-8図 電動弁駆動部試験体 (型式:SMB-4)



別紙5-2-9図 駆動部応答加速度波形 (X方向20×9.8m/s²加振時)



別紙5-2-10図 加振中の作動信号 (X方向20×9.8m/s²加振時)

別紙5-2-3表 加振試験で計測された駆動部の最大加速度

型式	最大応答加速度 (×9.8m/s ²)		
	X方向	Y方向	Z方向
SB-00D	21.9	21.4	20.9
SMB-0	20.9	21.6	22.0
SMB-2	21.5	21.3	23.4
SMB-4	22.7	21.3	23.4
SMB-0/HB-3	23.9	23.4	22.7