

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の 詳細設計結果について

2021年7月29日
東北電力株式会社

1. 詳細設計申送り事項及び今回工認での対応
2. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の要求機能
3. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の詳細設計
4. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の加振試験及び機能確認試験
5. まとめ

1. 詳細設計申送り事項及び今回工認での対応

- 第876回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合（2020年7月14日）において示した主な説明事項のうち「詳細設計申送り事項No.2-9 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置」について説明する。

(1) 詳細設計申送り事項

No.	項目	概要
2-9	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	設置許可段階において説明した扉方式を採用するなど詳細設計方針に変更はないものの、加振試験等の詳細設計の結果について説明する。

(2) 今回工認での対応

項目	設置変更許可での検討内容	工事計画認可での対応内容
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	基準地震動 S_s により原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の機能が損なわれるおそれのないことを加振試験により確認する方針	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置について詳細設計を行い、その成立性を確認するため、加振試験等を実施

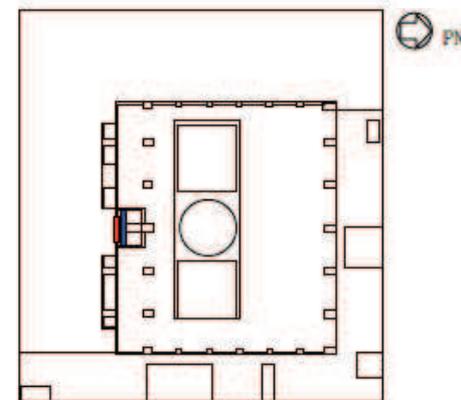
2. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の要求機能

➤ 概要

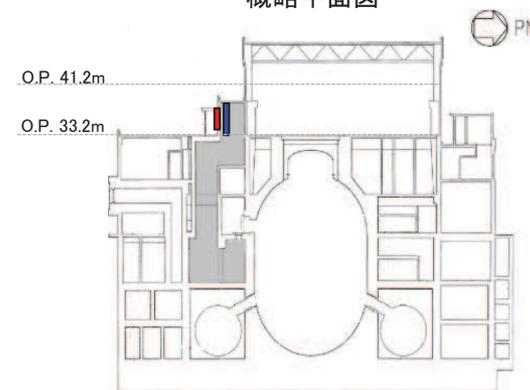
- 重大事故等対処設備である原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置(以下「BOP閉止装置」という。)は、重大事故等時、原子炉建屋ブローアウトパネルが開放し、原子炉建屋ブローアウトパネル開口部を閉止する必要がある場合に、この開口部を容易かつ確実に閉止することを目的に設置する。
- BOP閉止装置は、原子炉建屋原子炉棟外壁に1枚設置されている原子炉建屋ブローアウトパネルの開口部を閉止するため、1式設置する。

➤ BOP閉止装置の要求機能

- BOP閉止装置は、容易かつ確実に閉止操作する機能が必要であり、閉止後は原子炉建屋原子炉棟の壁の一部となることから、二次格納施設のバウンダリとして原子炉建屋原子炉棟を負圧に維持できる気密性を保持することが必要である。また、これらの機能は、基準地震動Ssにより損なわれないようにする必要はある。
- BOP閉止装置は、現場において人力による操作が可能なものとする必要がある。



原子炉建屋原子炉棟地上3階
概略平面図



原子炉建屋原子炉棟断面図

- : 原子炉建屋ブローアウトパネル(1枚)
- : BOP閉止装置(1式)

図1 BOP閉止装置配置図

3. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の詳細設計

➤ BOP閉止装置の詳細設計方針

- BOP閉止装置は、1式(24台)の扉方式とし、装置取付架台を介して原子炉建屋原子炉棟内に設置する。
- BOP閉止装置は、中央制御室から容易かつ確実に閉止操作できるように設計する。
- 閉止後においては、パッキンに扉を機械的に押し付けることによって、気密性を保持するように設計する。
- これらの機能は基準地震動Ssにより損なわれない設計とする。
- 現場にて人力により操作できるように設計する。
- 上記については設置許可段階に説明した設計方針から変更はない。

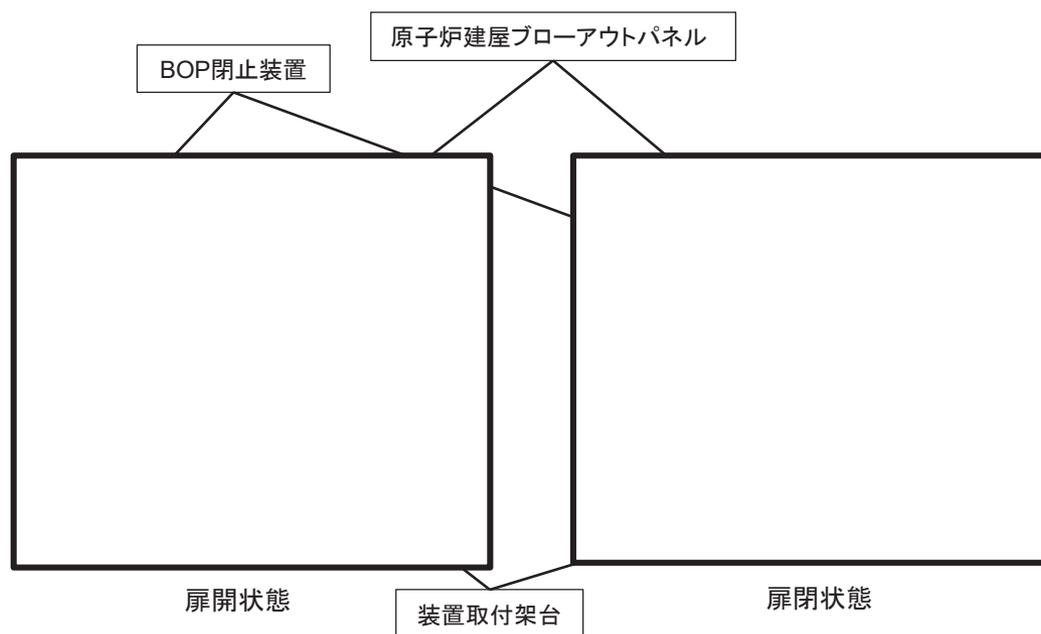


図2 BOP閉止装置概要図

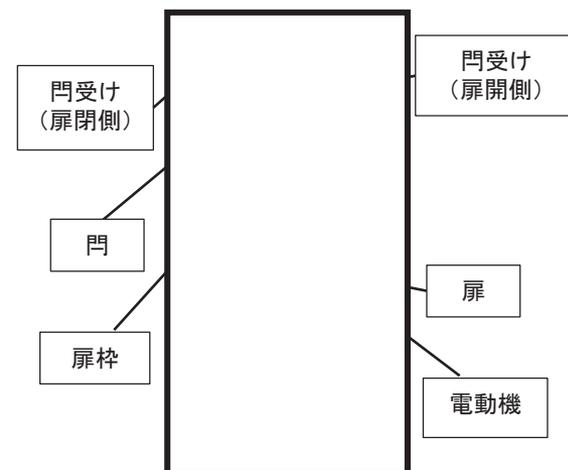


図3 BOP閉止装置構造図

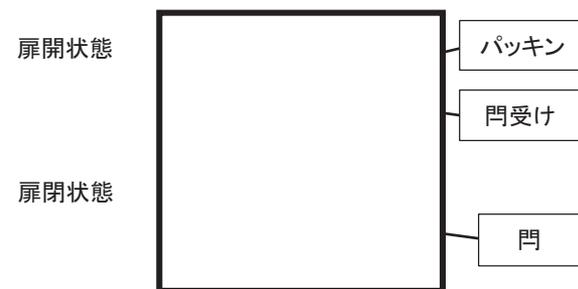


図4 門部詳細図

3. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の詳細設計

➤ BOP閉止装置の詳細設計

- BOP閉止装置は、電動にて開閉できる設計とする。この際、電動機の回転をチェーンを介して丁番の軸の回転動作に変換することで扉本体の開閉が可能な設計とする。
- 扉は、通常運転中、開状態で常時閂により固定する設計とする。
- リミットスイッチにより扉の開閉状態を中央制御室にて確認できる設計とする。
- 扉は、閉止動作の際、扉をパッキンに押し付け、その状態を閂と閂受け(扉閉側)で保持することにより、全閉状態において高い気密性を確保する設計とする。
- 扉は、扉閉状態で地震により扉が開方向に移動し扉の気密性能に影響を与えないよう、閂により扉の面外方向の動きを拘束する設計とする。
- BOP閉止装置は、現場にて手動操作できるよう、人力にて開閉操作可能な設計とする。

これらの詳細設計の成立性を確認するため、実機大モックアップを製作し、加振試験等を実施した。

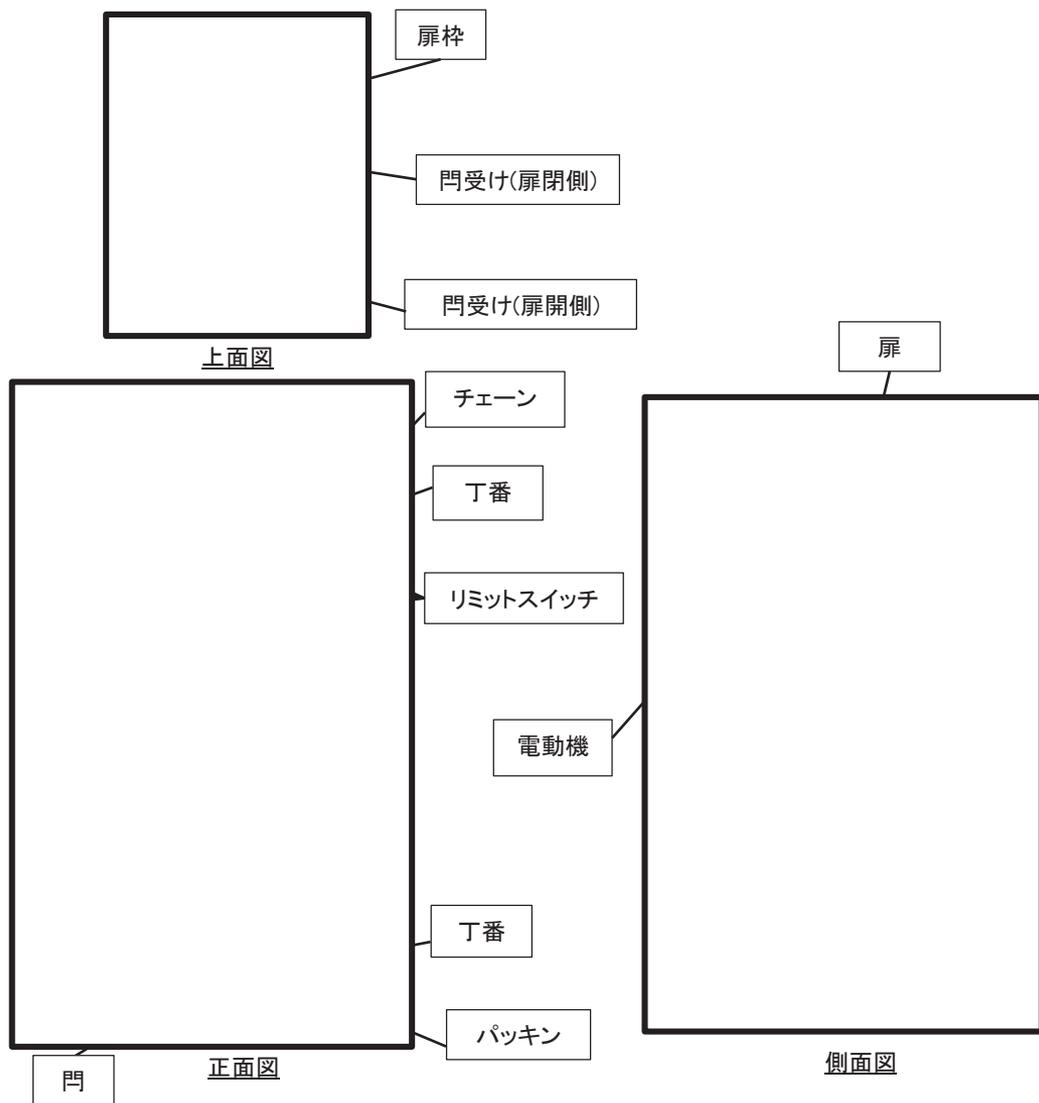


図5 BOP閉止装置構造図(24台のうちの1台を示す)

4. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の加振試験及び機能確認試験

- BOP閉止装置の詳細設計の成立性を確認するため、実機大モックアップ装置を用いて加振試験及び加振後に以下の機能を確認するための機能確認試験を実施する。
- 容易かつ確実に閉止操作する機能(手動操作を含む)
 - 閉止後に原子炉建屋原子炉棟を負圧に維持できる気密性を保持する機能

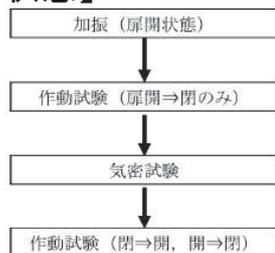
(1) 試験方法

- 加振試験 : 模擬地震波による加振を行う。
- 加振後の作動確認試験: BOP閉止装置が開放状態又は閉止状態において、作動確認及び外観目視点検を実施する。
- 加振後の気密性能試験: BOP閉止装置が閉止状態において、気密性を確保していることを確認する。

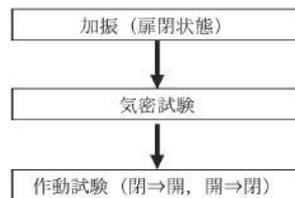
(2) 試験概要

a. 入力加振波: 基準地震動 S_s を包絡する模擬地震波(X, Y, Zの三方向)

b. 試験手順: 【扉開状態】



【扉閉状態】



c. 気密性能試験

排風機により試験容器内の空気を排出することにより試験台前後に圧力差を生じさせ試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。

$$q = Q/A$$

q : 通気量($\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$)

Q : 通過した空気量(m^3/h)

(20°C , 1013hPa 換算値)

A : 試験体の内のり面積(m^2)

JIS A 1516「建具の気密性試験方法」に準拠

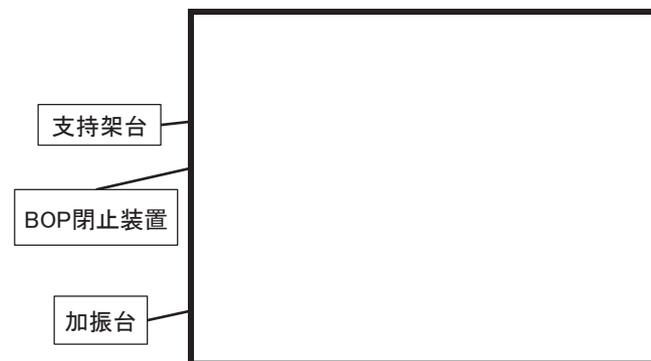


図6 加振試験体概要図(扉閉状態)

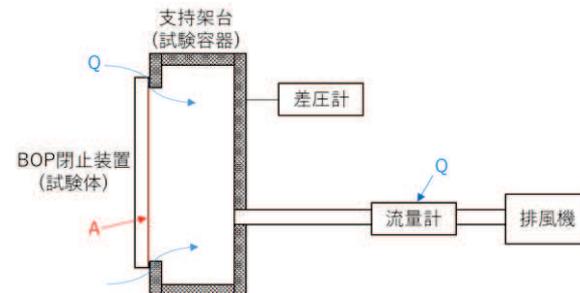


図7 気密性能試験概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の加振試験及び機能確認試験

(3) 試験結果

➤ 加振後の作動確認試験

扉開状態及び扉閉状態にて模擬地震波で加振後、扉及び門の作動を確認した結果、作動性に問題はなく、作動時間は性能目標を満足していることを確認した。手動操作についても、問題なく作動することを確認した。また、外観目視点検を実施し、設備に損傷はなく健全であることを確認した。

表1 BOP閉止装置加振後の扉の作動確認試験結果

加振条件	扉の初期状態	電動(作動時間)				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		性能目標	結果	性能目標	結果	
Ss	開	□秒以内*1	□秒	□秒以内*1	□秒	異常なし*2
	閉		□秒		□秒	

注記*1: 門引抜きから、扉が開閉動作を行い、門が挿入されるまでの時間

*2: 手動操作は開放→閉止について実施した。

表2 BOP閉止装置加振後の門の作動確認試験結果

加振条件	扉の初期状態	門位置	電動(作動時間)				手動	
			引抜き時		挿入時		引抜き時	挿入時
			性能目標	結果	性能目標	結果		
Ss	開	扉開側	□秒以内	□秒	□秒以内	□秒	異常なし	
		扉閉側		□秒		□秒		
	閉	扉開側		□秒		□秒		
		扉閉側		□秒		□秒		

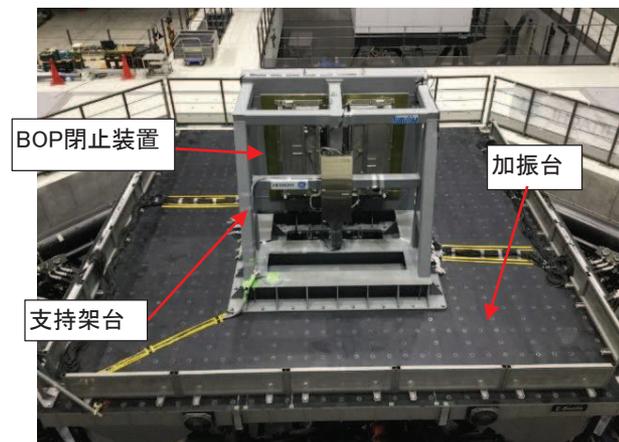


図8 BOP閉止装置加振試験状況

4. 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の加振試験及び機能確認試験

➤ 加振後の気密性能試験

扉開状態及び扉閉状態にて模擬地震波で加振後、気密性能試験により通気量を確認した結果、原子炉建屋原子炉棟の負圧を達成可能な気密性能を保持していることを確認した。

表3 BOP閉止装置加振試験時の気密性能試験結果

扉の初期状態	判定基準 ($\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$)	63Pa時の通気量 ($\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$)	備考
閉	<input type="text"/> 以下	<input type="text"/>	扉閉状態の加振試験後に気密性能試験を実施*

注記* : 扉閉状態の加振後に実施した気密試験結果が、扉開状態の加振試験後に実施した気密試験結果よりも通気量が多い結果となったため、扉閉の試験結果のみの記載。

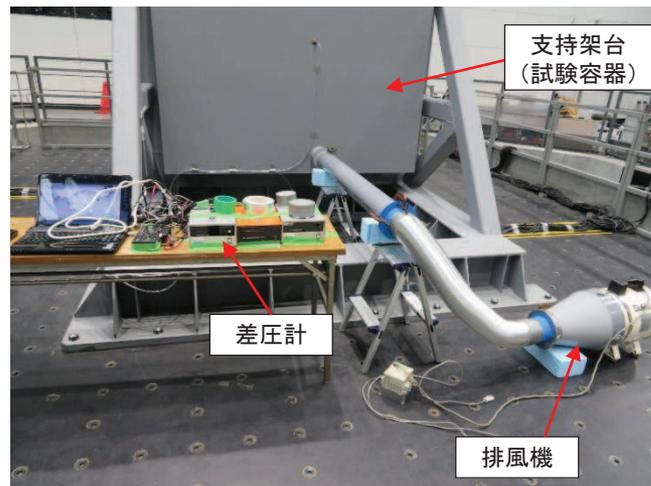


図9 BOP閉止装置気密性能試験状況

5. まとめ

➤ 詳細設計結果について

- BOP閉止装置は、扉本体は丁番を軸として、チェーンを介して電動機により開閉する構造とし、容易かつ確実に閉止操作できる設計とする。
- BOP閉止装置は、扉閉止後において、原子炉建屋原子炉棟内を負圧に維持できる気密性を保持できるように、扉閉状態では扉は機械的にパッキンが設置されている枠板側に押し付けられる設計とする。
- BOP閉止装置の機能は、基準地震動 S_s により損なわれない設計とする。
- BOP閉止装置は、現場にて人力により操作できる設計とする。
- BOP閉止装置の詳細設計の成立性を確認するため、実機大モックアップ装置を用いて加振試験及び機能確認試験を実施し、基準地震動 S_s に対してBOP閉止装置の要求機能が損なわれないことを確認した。

参考資料

参考1 設置許可段階における説明事項

参考1-1 BOP閉止装置の要求機能に対する基本設計方針

参考2 BOP閉止装置に関する補足

参考2-1 BOP閉止装置について

参考2-2 加振試験についての補足

参考2-3 加振試験結果及び機能確認試験結果についての補足

参考2-4 先行電力との設備比較について

BOP閉止装置の要求機能に対する基本設計方針

- 設置許可段階ではBOP閉止装置の要求機能に対する基本設計方針を整理した。
 詳細設計段階での変更点はないものの、加振試験による設備成立性の確認を実施した。

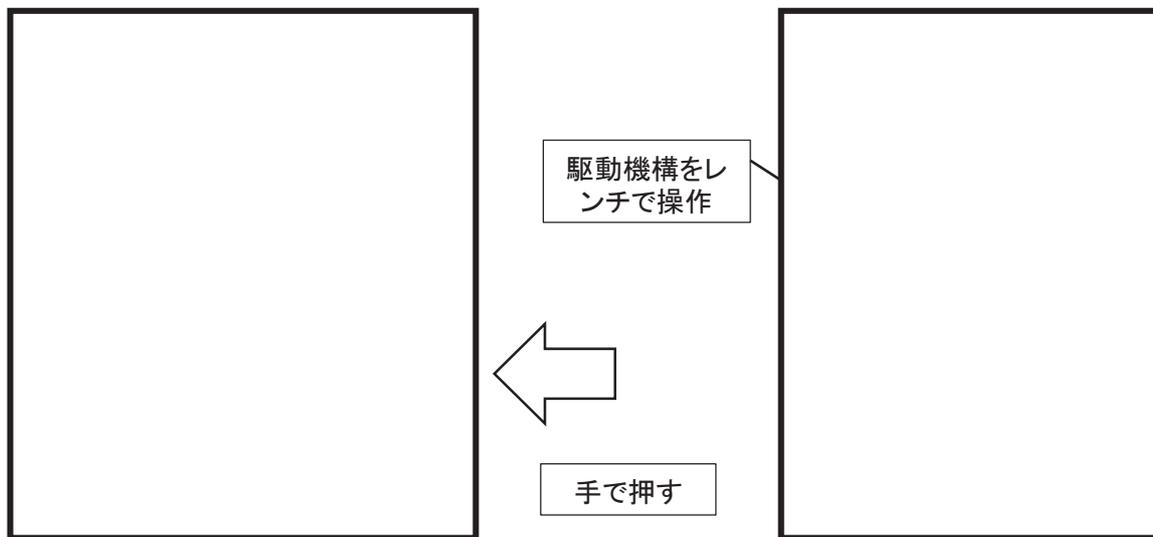
参考表1-1 BOP閉止装置の要求機能に対する設計方針

要求機能	基本設計方針 (適合方針)	詳細設計段階での追加検討事項
閉止機能	<ul style="list-style-type: none"> 閉止状態において、非常用ガス処理系運転時に原子炉建屋原子炉棟を負圧とするために必要な気密性を確保可能な設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室にて、開閉状態が確認可能な設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの遠隔操作により閉止可能な設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
	<ul style="list-style-type: none"> 現場において人力により閉止可能な設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ssに対して閉止機能が維持可能な設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
二次格納施設の バウンダリ機能	<ul style="list-style-type: none"> 閉止後において、閉止状態を保持し、原子炉建屋原子炉棟を負圧に維持できる気密性を保持できる設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし
	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ssにより損なわれない設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更なし

原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の概要

➤ BOP閉止装置

- BOP閉止装置は、扉、扉枠、扉を駆動する電動機、扉を開状態又は閉状態で固定する門等から構成し、通常運転中は、扉は開放した状態となっている。原子炉建屋ブローアウトパネルが開放された状態で炉心損傷した場合には、門及び扉を作動させ、原子炉建屋ブローアウトパネル開口部を閉止する。
- 扉は、地震による扉閉方向の移動を制限するために、常時門により固定している。このため、開放状態にある扉の閉止操作は、門による扉固定の解除、扉の移動、門による扉閉状態での扉固定の一連の動作を、中央制御室からの遠隔操作により実施する。
- BOP閉止装置は、現場にて人力により門及び扉の操作が可能な設計とする。



【手動操作概要】

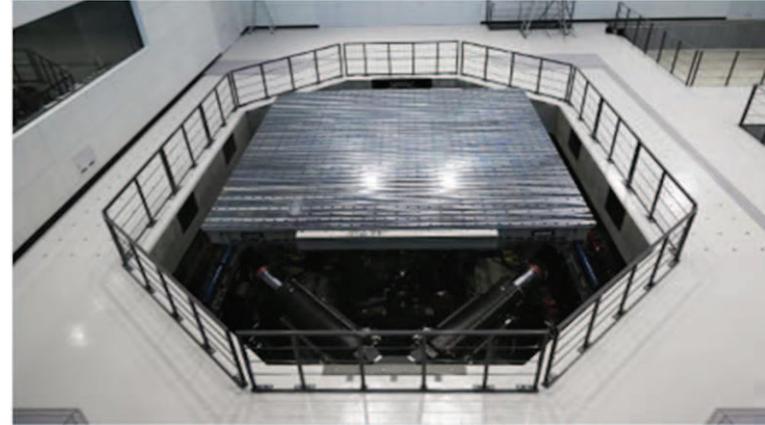
- BOP閉止装置は、現場にて人力により操作できるように、BOP閉止装置の門に設置される駆動機構にレンチを設置可能な設計とし、扉を人力により開閉することで、手動操作できる設計とする。

参考図2-1 BOP閉止装置の手動操作概念図

加振装置(三次元振動台)の概要

➤ 加振試験場: 清水建設株式会社 技術研究所 先端地震防災研究棟

- 振動台の上に試験体を設置し、水平方向と鉛直方向を同時に加振。
- 女川原子力発電所第2号機は目標とする最大加速度が先行プラントと比較して大きく、それを満足する振動台を選定したことから、清水建設株式会社 技術研究所 先端地震防災研究棟の試験装置を用いて加振試験を実施した。



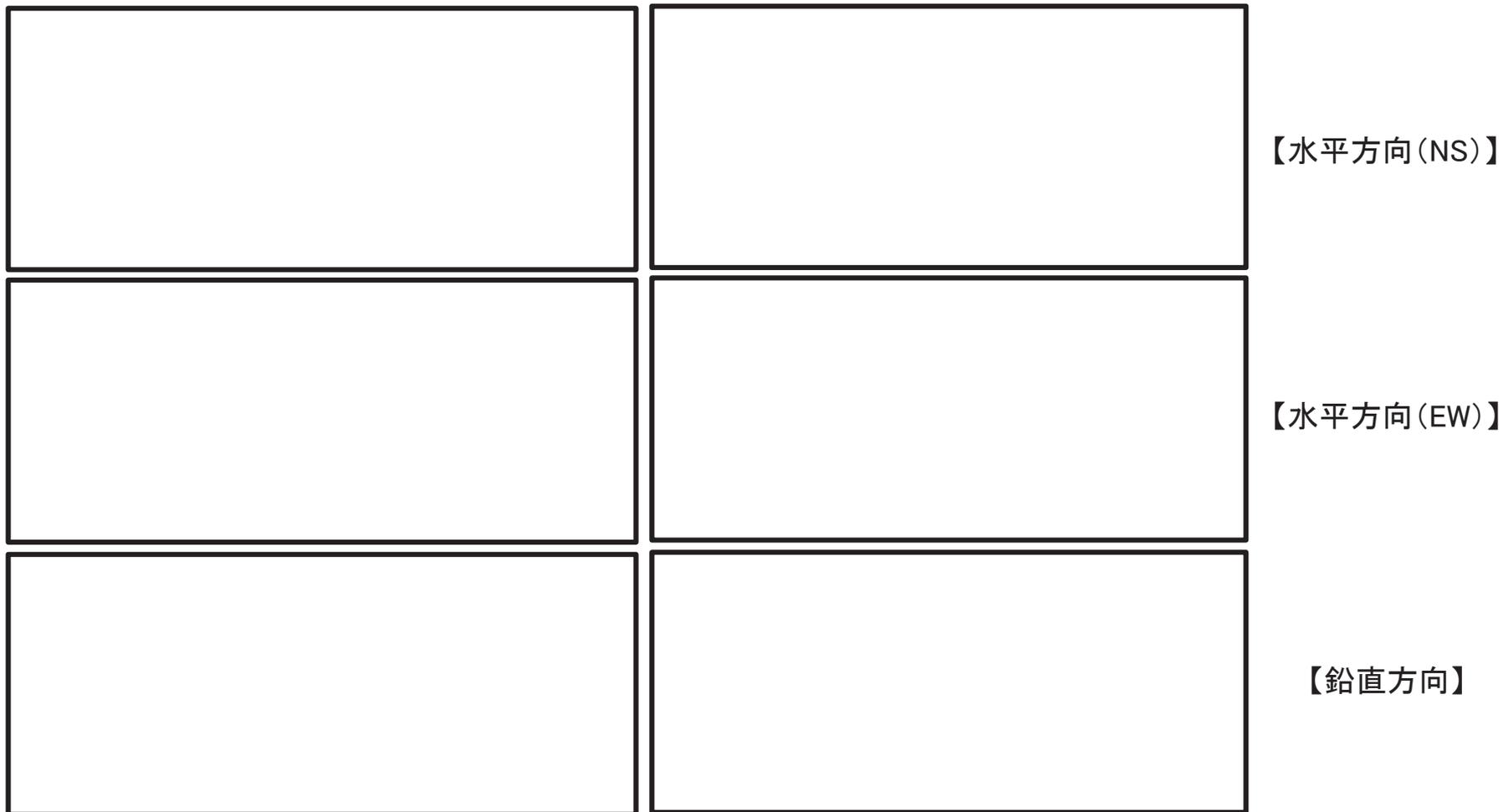
参考図2-2 三次元振動台の概要図

参考表2-1 三次元振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
振動台寸法	7 m × 7 m		
最大積載質量	70 t		
加振方向	X方向	Y方向	Z方向
最大加速度	2700 cm/s ²	2700 cm/s ²	2200 cm/s ²
最大速度	200 cm/s	200 cm/s	100 cm/s
最大変位	80 cm	80 cm	40 cm

加振波について

- 基準地震動 S_s を包絡する模擬地震波について
 - 応答スペクトルはBOP閉止装置の設置高さより上方の原子炉建屋O.P.41.2mの床応答スペクトルを目標に設定
 - 基準地震動 S_s 7波及び建屋影響評価で考慮するばらつきケースを包絡
 - 加振目標の包絡スペクトルは減衰定数1.0%で設定



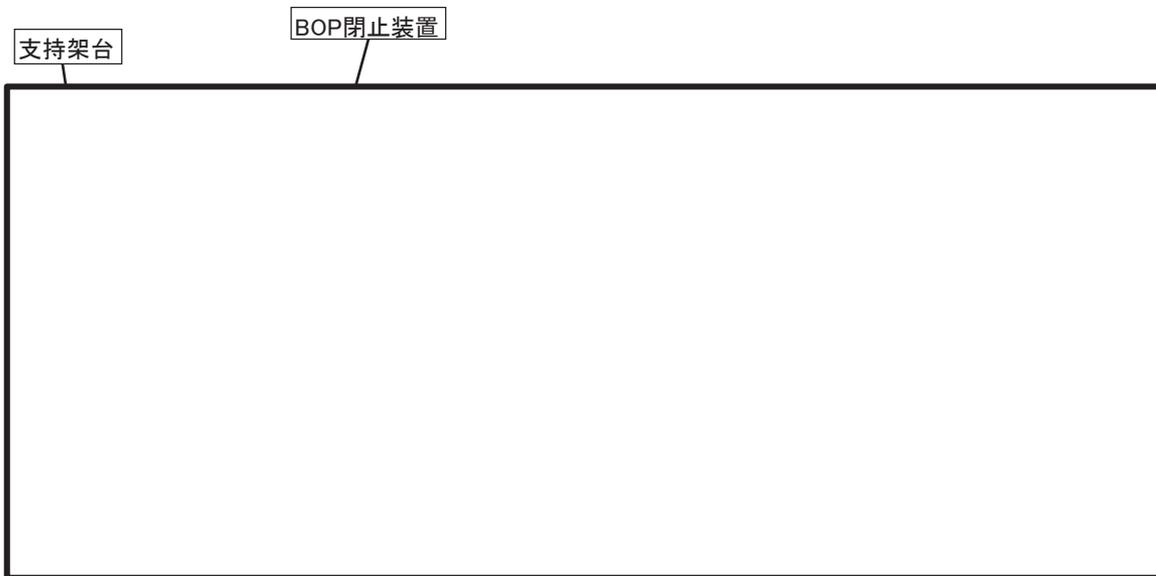
参考図2-3 模擬地震波の時刻歴波形

参考図2-4 入力波の応答スペクトル

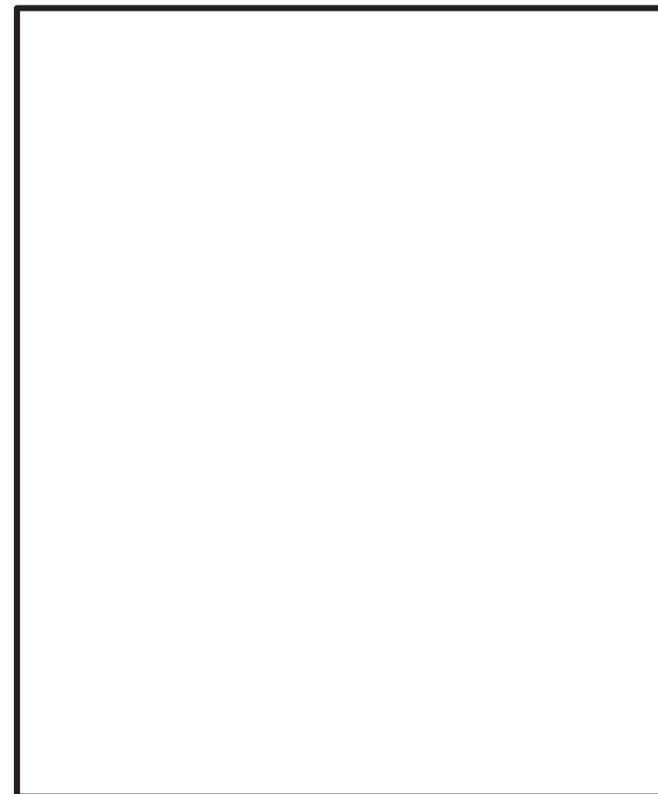
加振試験体について

➤ 加振試験体の考え方について

- BOP閉止装置は、実機では装置取付架台を介して1式(24台)設置している。BOP閉止装置24台と装置取付架台から構成される全体構造の固有周期は0.05s以下であり、全体構造が剛構造であることを解析により確認している。加振試験体については、全体構造におけるBOP閉止装置の振動特性とBOP閉止装置1台の振動特性に差異はないため、1式(2台)で構成する試験体とした。



参考図2-5 試験体の鳥瞰図



参考図2-6 装置取付架台(実機) 構造図

試験体の加速度計設置位置

項目	記号	測定点	備考
加速度	A1-1 A2-1	振動台	・ 振動台上加速度を計測 ・ 振動台上の応答の確認が目的
	A1-2 A2-2	支持架台	・ 支持架台上加速度を計測 ・ ターゲットスペクトル以上で加振試験が実施されたことの確認が目的
	A3 A4	支持架台	・ 支持架台上加速度を計測 ・ 支持架台による上部の応答増幅の確認が目的 ・ 支持架台の振動特性確認を兼ねる
	A5 A6	駆動装置	・ 駆動装置単体の機能維持確認済加速度の取得が目的 ・ 駆動装置の振動特性確認も兼ねる
	A7～A14	扉	・ 扉の振動特性、地震応答の確認が目的
	A15	支持架台	・ 支持架台(駆動装置上の梁中央)の振動特性の確認が目的

参考図2-7 BOP閉止装置加振試験加速度計の設置位置(振動台・支持架台, BOP閉止装置)

加振試験結果(固有振動数)

➤ BOP閉止装置の固有振動数

BOP閉止装置及び支持架台の固有振動数を確認するため、扉が開状態と閉状態時に、各方向(X, Y, Z方向)単独で、程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波(加振レベル 2.0m/s^2 程度)で加振し、BOP閉止装置及び支持架台の固有振動数を確認した。BOP閉止装置及び支持架台の固有振動数確認結果として、扉開状態及び扉閉状態では、面外方向、面内方向及び鉛直方向ともに明確な振動数ピークは確認されず、扉及び支持架台の固有振動数はと評価した。扉の固有振動数を参考図2-9に示す。



Y方向加振時の面外方向応答



X方向加振時の面外方向応答



X方向加振時の面内方向応答



Y方向加振時の面内方向応答

Z方向加振時の鉛直方向応答
ランダム波に対する扉の応答(扉:開)Z方向加振時の鉛直方向応答
ランダム波に対する扉の応答(扉:閉)

参考図2-8 BOP閉止装置(扉:A7)の固有振動数

加振試験結果(加振試験の妥当性)(1/3)

- BOP閉止装置の上部及び下部の最大加速度は、 S_s 包絡条件を超えており、必要な加振がされていることを確認した。加振レベル S_s の加速度結果を以下に示す。妥当性については、BOP閉止装置(扉)と支持架台は剛構造であり、支持架台の上下に位置する点で計測した最大応答加速度(ZPA)が閉止装置(扉)への加振入力とみなせるため、その値(計測ZPA)と目標応答加速度(S_s 包絡条件)を比較し、計測したZPAが S_s 包絡条件を上回っている事をもって確認している。
- また加振時の応答スペクトルが設計応答スペクトルを概ね超えていることを確認した。短周期側では設計応答スペクトルを包絡していない僅かな周期帯があるが、BOP閉止装置は固有振動数が[]上の剛構造であり、以下に示す最大加速度が S_s 包絡条件を上回っていることから問題ない。
- 応答スペクトルの測定結果を参考図2-10から参考図2-17に示す。

参考表2-2 扉開状態の加速度評価

方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A3(扉上部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.71	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A1-2(扉下部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.55	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A4(扉上部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.71	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A2-2(扉下部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.55	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○

参考表2-3 扉閉状態の加速度評価

方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A3(扉上部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.71	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A1-2(扉下部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.55	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A4(扉上部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.71	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○
方向	S_s 包絡条件 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	A2-2(扉下部)		判定結果
		計測結果($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		
X	2.55	[]		○
Y		[]		○
Z		[]		○

加振試験結果(加振試験の妥当性)(2/3)

応答スペクトル(X方向)

応答スペクトル(Y方向)

応答スペクトル(Z方向)



参考図2-9 扉開 上部(A3)測定結果



参考図2-10 扉開 下部(A1-2)測定結果



参考図2-11 扉開 上部(A4)測定結果



参考図2-12 扉開 下部(A2-2)測定結果

加振試験結果(加振試験の妥当性)(3/3)

応答スペクトル(X方向)

応答スペクトル(Y方向)

応答スペクトル(Z方向)



参考図2-13 扉閉 上部(A3)測定結果



参考図2-14 扉閉 下部(A1-2)測定結果



参考図2-15 扉閉 上部(A4)測定結果



参考図2-16 扉閉 下部(A2-2)測定結果

加振試験後の気密性能試験について(1/2)

➤ 加振後の気密性能試験

JIS A 1516「建具の気密性試験方法」に準拠して実施する。排風機により試験容器内の空気を排出することにより試験台前後に圧力差を生じさせ試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。

➤ 試験手順

試験手順は、JIS A 1516「建具の気密性試験方法」に準じて、負圧での圧力差 と上げ、
 と下げていく(保持時間1分)。通気方向は1方向(負圧)とする。

試験により得られた試験体を通過した空気量 Q (m^3/h)を、標準状態($20^\circ C$, $1013hPa$)に換算し、扉の内側のり面積(m^2)で除すことにより、単位面積当たり、1時間当たりの通気量($m^3/(h \cdot m^2)$)として算出する。圧力差に応じた通気量の推移を確認する。

$$q = Q/A$$

q : 通気量($m^3/(h \cdot m^2)$)

Q : 通過した空気量(m^3/h)

($20^\circ C$, $1013hPa$ 換算値)

A : 試験体の内側のり面積(m^2)

JIS A 1516「建具の気密性試験方法」に準拠

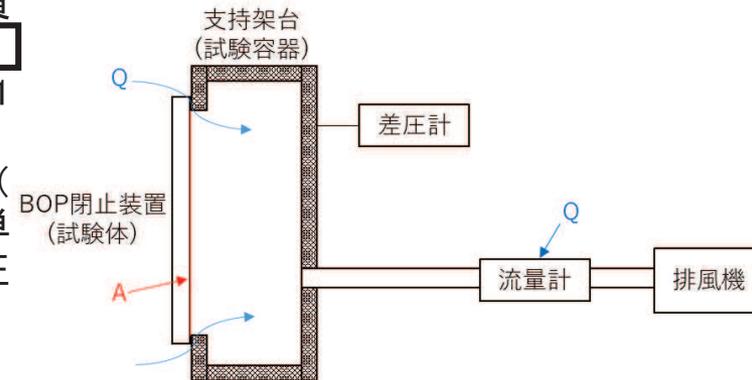
➤ 判定基準

通気量: $m^3/(h \cdot m^2)$ 以下*2(差圧63Pa *1時)

注記*1: 非常用ガス処理系の運転により維持される、原子炉建屋原子炉棟内の負圧値を示す。

*2: 閉止装置単体の判定基準(設計目標)としては、JIS A 4706で示されるA4等級以上とする。

また、原子炉建屋原子炉棟全体としての気密性能は確保できることを確認する。



参考図2-17 気密性能試験概要図

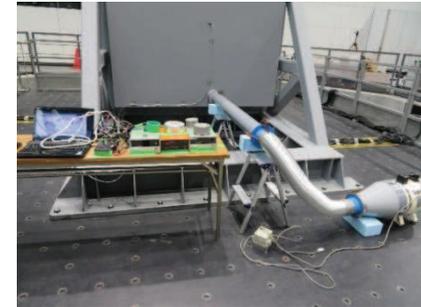
加振試験後の気密性能試験について(2/2)

➤ 試験結果

気密性能試験の試験結果を以下に示す。試験結果より、原子炉建屋原子炉棟の負圧を達成可能な気密性能を確保していることを確認した。

参考表2-4 BOP閉止装置の気密性能試験結果

試験条件		通気量 [m ³ /(h·m ²)] (63Pa時)	備考
扉	加振		
開	初期状態		扉を閉止して試験実施
開	Ss		加振後に扉を閉止し試験
閉			扉閉状態での加振後の状態で試験



参考図2-18 BOP閉止装置気密性能試験状況

<原子炉建屋原子炉棟としての負圧達成について>

本装置を設置した場合の原子炉建屋原子炉棟の推定インリーク量を算出し、非常用ガス処理系の定格容量が推定インリーク量を上回ることを確認することで、負圧達成可否を評価した。

【BOP閉止装置設置時の原子炉建屋原子炉棟の推定インリーク量】

BOP閉止装置設置時の原子炉建屋原子炉棟の推定インリーク量は(1)と(2)より算出

(1) 既設原子炉建屋原子炉棟の推定インリーク量 *
約2130m³/h(63Pa時のインリーク量)

(2) BOP閉止装置一式(24台)設置時の推定インリーク量

× 24台 × = @63Pa

: BOP閉止装置一台あたりの内のり面積

24台 : BOP閉止装置台数

: 通気量(気密性能試験結果)

以上より、

2130m³/h + =

【非常用ガス処理系定格容量】

2500m³/h@63Pa

注記 * : 既設原子炉建屋原子炉棟の推定インリーク量については定期検査時の原子炉建屋原子炉棟気密性能検査時の記録のなかで、最もインリーク量が多かったものを採用

評価の結果、非常用ガス処理系定格容量(2500m³/h)は、推定インリーク量 を十分に上回るため、非常用ガス処理系にて63Pa以上の負圧達成可能である。

加振試験後の作動確認試験について(1/2)

➤ 加振後の作動確認試験

【電動作動確認】

扉開状態及び扉閉状態にて模擬地震波で加振した後、BOP閉止装置の門引抜きから扉閉閉、門挿入の一連の作動が可能であることを確認する。また、BOP閉止装置の門が引抜き、挿入できることを確認する。併せて、開閉時間についても測定を実施する。

動作	測定時間
連動動作(扉閉)	操作盤の自動閉スイッチを押してから、門が引抜かれ、扉が閉止動作を行い、門が挿入され、操作盤の動作完了を示すランプが点灯するまでの時間
連動動作(扉開)	操作盤の自動開スイッチを押してから、門が引抜かれ、扉が開放動作を行い、門が挿入され、操作盤の動作完了を示すランプが点灯するまでの時間
門引抜き	操作盤の門引抜きのスイッチを押してから門が引抜かれ、操作盤の動作完了を示すランプが点灯するまでの時間
門挿入	操作盤の門挿入のスイッチを押してから門が挿入され、操作盤の動作完了を示すランプが点灯するまでの時間

【手動作動確認】

BOP閉止装置の扉が開放状態での加振後、手動操作により門を引抜き、扉閉止、門を挿入できることを確認する。

➤ 判定基準

【電動作動確認】

○扉：電動駆動により開閉できること。

確認事項	判定基準
扉の閉止	全閉位置であること
開閉時間	<input type="text"/> 秒以内

○門：門駆動用電動機により門が引抜き、または挿入できること。

確認事項	判定基準
門の位置	門が挿入又は引抜き位置であること。
作動時間	<input type="text"/> 秒以内

【手動作動確認】

手動操作により、門を引抜き、扉の閉止又は開放、門を挿入の一連の動作ができること。

加振試験後の作動確認試験について(2/2)

➤ 試験結果

作動確認試験の試験結果を以下に示す。試験結果より、加振後においても、動作性に問題ないことを確認した。

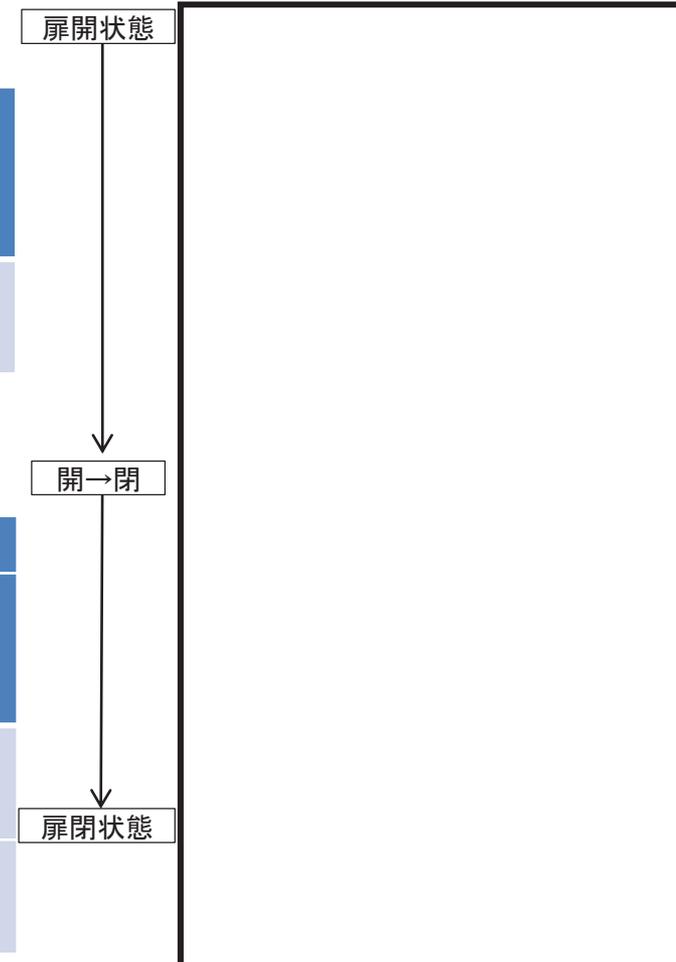
参考表2-5 BOP閉止装置加振後の扉の作動確認試験結果

加振条件	扉の初期状態	電動(作動時間)				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		性能目標	結果	性能目標	結果	
Ss	開	□秒以内	□秒	□秒以内	□秒	異常なし*
	閉		□秒		□秒	

注記*: 手動操作は開放→閉止について実施した。

参考表2-6 BOP閉止装置加振後の門の作動確認試験結果

加振条件	扉の初期状態	門位置	電動(作動時間)				手動	
			引抜き時		挿入時		引抜き時	挿入時
			性能目標	結果	性能目標	結果		
Ss	開	扉開側	□秒以内	□秒	□秒以内	□秒	異常なし	
		扉閉側		□秒		□秒		
	閉	扉開側		□秒		□秒		
		扉閉側		□秒		□秒		

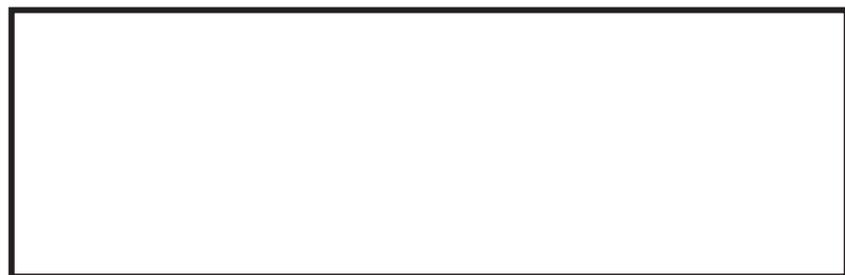


参考図2-19 BOP閉止装置閉止時概要図

電動機の単品加振試験について(1/2)

- BOP閉止装置 電動機の仕様変更について
 - BOP閉止装置に使用する扉駆動用電動機及び門駆動用電動機について、温度耐性の向上を目的として加振試験体から仕様を変更している。
 - 仕様の変更による影響を確認するために、各電動機の単品加振試験及びそれらを組み込んだBOP閉止装置の実機大モックアップによる動作試験を実施した。

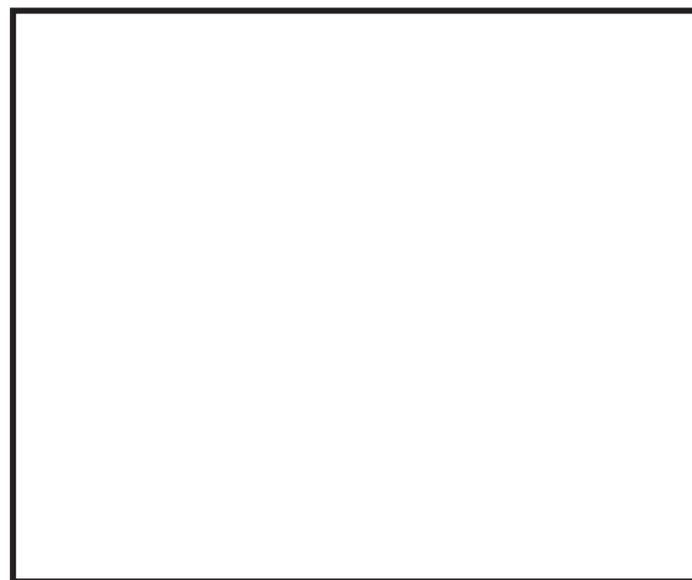
- BOP閉止装置 電動機の加振試験について
 - 加振試験場:IMV株式会社 東京テストラボ 上野原サイト 高度試験センター
 - 加振波
基準地震動S_s包絡波(BOP閉止装置の実機大モックアップ加振試験において、各電動機近傍で計測された加速度波形を加振波として使用)
 - 測定点:加速度計の設置位置を以下に示す。



扉駆動用電動機

門駆動用電動機

参考図2-20 加速度計設置位置



扉駆動用電動機

門駆動用電動機

参考図2-21 模擬地震波の時刻歴波形

電動機の単品加振試験について(2/2)

- 加振後の作動確認試験
加振後に、電動機を実機大モックアップに組み込み、実機大モックアップ時と同様に電動作動確認及び手動作動確認を実施する。

➤ 判定基準

【電動作動確認】

○扉：電動駆動により開閉できること。

確認事項	判定基準
扉の閉止	全閉位置であること
開閉時間	<input type="text"/> 秒以内

○門：門駆動用電動機により門が引抜き、または挿入できること。

確認事項	判定基準
門の位置	門が挿入又は引抜き位置であること。
作動時間	<input type="text"/> 秒以内

【手動作動確認】

手動操作により、門を引抜き、扉の閉止又は開放、門を挿入の一連の動作ができること。

➤ 試験結果

試験結果を以下に示す。

参考表2-7 加振後の扉の動作試験結果(電動機仕様変更後)

加振条件	電動(作動時間)				手動
	開放→閉止		閉止→開放		
	性能目標	結果	性能目標	結果	
Ss	<input type="text"/> 秒以内	<input type="text"/> 秒	<input type="text"/> 秒以内	<input type="text"/> 秒	異常なし*

注記*: 手動操作は開放→閉止について実施した。

参考表2-8 加振後の門の動作試験結果(電動機仕様変更後)

加振条件	電動(作動時間)				手動	
	引抜き時		挿入時		引抜き時	挿入時
	性能目標	結果	性能目標	結果		
Ss	<input type="text"/> 秒以内	<input type="text"/> 秒	<input type="text"/> 秒以内	<input type="text"/> 秒	異常なし	

先行電力との設備比較について

- BOP閉止装置について、東海第二発電所、柏崎刈羽原子力発電所第7号機及び女川原子力発電所第2号機の設備比較を以下に示す。

参考表2-9 BOP閉止装置の設備比較

項目	東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	女川原子力発電所 第2号機
方式	スライド扉方式		扉方式
台数	2台		1式(24台)
作動方式	電動(手動)		電動(手動)

(1) 方式について

- 先行プラントでは、屋外にスライド扉方式のBOP閉止装置を設置。
- 女川原子力発電所第2号機では、原子炉建屋原子炉棟の構造上、原子炉建屋原子炉棟内に設置する必要があるため、原子炉建屋ブローアウトパネルへの蒸気流路上に扉方式のBOP閉止装置を設置。

(2) 台数について

- 先行プラントは複数枚あるブローアウトパネルに対し、それぞれにBOP閉止装置を1台ずつ設置。
- 女川原子力発電所第2号機の原子炉建屋ブローアウトパネルの枚数は1枚であるが、BOP閉止装置は複数台の扉の組合せにより構成するものとして、1式(24台)設置。