

2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

(中略)

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第十一条 使用前検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

第1項について

第2棟は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

第2項について

第2棟は、当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計とする。

2.14.2.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

(1) 地震に対する第2棟の設計上の考慮（別紙-1 参照）

① 建屋

第2棟は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、耐震性評価を行う。

なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は、鉄筋コンクリート造の地上2階、地下1階、平面寸法35.0m（EW方向）×28.0m（NS方向）、地上高さ17.3mの建物である。基礎は直接基礎で、人工岩盤を介して富岡層に支持させる。

建屋に加わる地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。

② 設備

i) 設備に係る耐震設計方針

第2棟の設備に係る耐震設計は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に基づくとともに、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に耐震性評価を行う。また、耐震B+クラスの各設備は、剛構造（固有周期：0.05s以下）とする。

なお、コンクリートセルの開口部については、コンクリートセルと同等のSクラスの耐震性を有する設計とする（別紙-6，別紙-7）。

ii) クレーンの重量及び耐震上の考慮について

第2棟には、定格荷重(20t, 5t)の計2基のクレーンの配置を計画している。定格荷重20tは、「クレーン機器重量約16t, 吊荷荷重20t」、定格荷重5tは、「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷荷重5t」となる。

建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認した。

iii) 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラックの耐震設計の考え方について

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとする。

(2) 地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する第2棟の設計上の考慮

第2棟は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

① 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けない設計とする。

② 豪雨

豪雨に対しては、屋根面の排水等、適切な排水を行う設計とする。

③ 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重（積雪量：30cm, 単位荷重20N/m²/cm）に耐えられる構造とすることにより、積雪に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

④ 落雷（別紙-2参照）

第2棟建屋に避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

⑤ 台風（強風・高潮）

台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力（基準風速：30m/s）に対して耐えられる構造とすることにより、強風（台風等）に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。

高潮は、T.P.+約40mの場所に設置することにより、影響を受けない設計とする。

⑥ 竜巻（飛来物含む）（別紙-3 参照）

竜巻による影響がないように設計する。竜巻注意報が発生した場合、竜巻による設備損傷の恐れを考慮して、運転員が手動により第2棟制御室から設備を停止できる設計とする。

⑦ 凍結

第2棟は鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講じることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑧ 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑨ 高温

第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑩ 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

⑪ 地滑り（別紙-4 参照）

第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする。

⑫ 火山の影響

火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。また、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消する。火山灰の降灰により送電線が切断され、外部電源の喪失が発生した場合は、非常用電源設備から給電し、監視設備等の機能を確保する設計とする。

⑬ 溢水

建屋外部における溢水源としては、換気設備のチラーとして使用する屋上階の冷温水配管、地面を浸透した雨水の地下階への流入が挙げられる。外部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、屋上階の冷温水配管からの溢水は、屋上の雨水排水設備により排水される設計とする。また、地面を浸透した雨水は、地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とする。

建屋内部における溢水源としては、浄水タンク、浄水配管、消火配管が挙げられる。内部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、浄水タンクは地下階の非管理区域（換気空調設備室(2)）に設置する設計とする。また、浄水配管、

消火配管は、コンクリートセル上部に設置しない設計とする。

⑭ その他

- ・ 森林火災（別紙-5 参照）

第2棟は、周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とする。

(中略)

コンクリートセル付帯設備の耐震性評価について

1. 概要

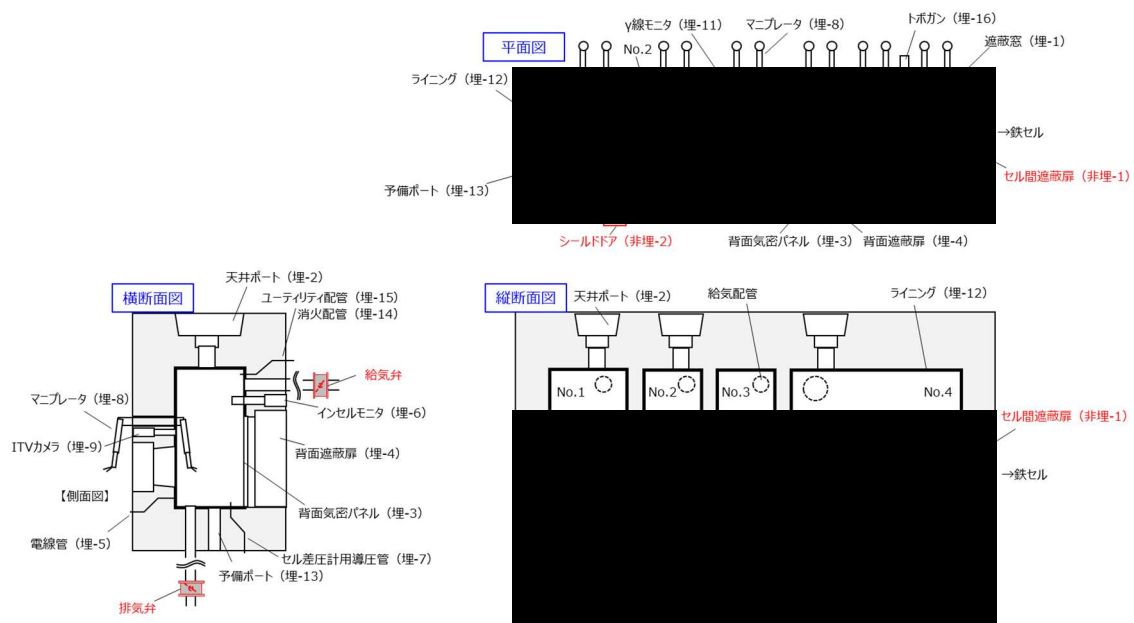
コンクリートセルの付帯設備について、コンクリートセルと同等のSクラスの耐震性を有する設計とする。

コンクリートセル付帯設備は「コンクリートセルに埋め込まれている設備（以下「埋設設備」という。）」、「コンクリートセルに埋め込まれていない設備（以下「非埋設設備」という。）」の2つに分類され、このうち、取付ボルトによって躯体に固定される非埋設設備について、耐震性評価を示す。

なお、一般的な使用施設のコンクリートセルに設置される設備と比較して、第2棟において特有な設備は存在しないことを確認している。

2. コンクリートセル付帯設備

コンクリートセル付帯設備を図2.14.2.6-1に示す。埋設設備を黒字で示し、非埋設設備を赤字で示す。



* 括弧内の番号は表 2.14.2.6-1、表 2.14.2.6-2 に対応したものである。

図2.14.2.6-1 コンクリートセル付帯設備

2.1 コンクリートセル付帯設備の分類

コンクリートセル付帯設備の分類を検討した結果、第2棟に特有な設備は存在しないことを確認した。埋設設備及び非埋設設備に分類した結果を表2.14.2.6-1及び表2.14.2.6-2に示す。

表2.14.2.6-1 埋設設備

No.	名称	安全機能			開口寸法 (mm)	主要材質	用途
		閉込	遮へい	臨界			
埋-1	遮へい窓	○	○	—	W1360×H1360 6基	ガラス・鉄・ステンレス・アクリル	オペレーションエリアからセル内を観察するための、遮へい機能付きの窓である。
埋-2	天井ポート（天井ハッチ含む）	○	○	—	W2250×D1570 × 3基	ステンレス（鉄、ポリエチレン）	天井ポートは、セルとキャスク等を接続させ、試料の搬入や廃棄物の搬出を行うためのものである。
埋-3	背面気密パネル	○	—	—	W800×H2000 4基	ステンレス	背面遮へい扉に気密性能が無いため、扉の内側に気密性能を持たせたパネルである。また、セル内のメンテナンスを考慮して大型のPVCバッグポートを備えている。
埋-4	背面遮へい扉	—	○	—	W1430× ×H2140 4基	鉄・ポリエチレン	背面遮へい扉は、セル内のメンテナンス等により作業者が気密パネルへのアクセス又はセル内に立ち入る際に使用する扉である。
埋-5	電線管 （気密ボックス含む）	○	○	—	φ53.5	鉄・ステンレス・樹脂	電線管は、オペレーションエリア側からセル内に、機器の電源供給や信号を送受信するための電線を通す配管である。
埋-6	インセルモニタ	○	○	—	φ195 4基	鉄・コンクリート	セル内線量の把握及び背面遮へい扉を開ける際のインターロック機能の一つである。

No.	名称	安全機能			開口寸法 (mm)	主要材質	用途
		閉込	遮へい	臨界			
埋-7	セル差圧計用導圧管	○	○	—	φ 14.3×2本	ステンレス	セル内の差圧を測定するためのものである。
埋-8	マニプレータ	○	○	—	φ 279.4 12基	ステンレス・鉄・鉛	マニプレータは、セル内の放射性物質等を遠隔で取扱う設備である。
埋-9	ITVカメラ	○	○	—	φ 250 4基	ステンレス・鉛・ポリエチレン	セル内の観察、監視を行うためのカメラである。
埋-10	遮へいプラグ (予備的措置)	○	○	—	φ 400 1基	ステンレス・鉄・コンクリート	将来設置機器のための予備的措置である。
埋-11	γ線モニタ (コンジット管)	○	○	—	φ 28 (25A. Soh20) 1基	ステンレス	セル内の試料のγ線計測を行い組成等を調べるものである。
埋-12	ライニング	○	—	—	—	ステンレス	ライニングはセル内のコンクリート壁6面を完全にステンレス鋼板にて覆うことで気密性と除染性を持たせるものである。
埋-13	予備ポート (予備的措置)	○	○	—	φ 480 1基	ステンレス・鉄・ポリエチレン	将来設置機器のための予備的措置である。

No.	名称	安全機能			開口寸法 (mm)	主要材質	用途
		閉込	遮へい	臨界			
埋-14	消火配管 (逆止弁まで)	○	○	—	φ 22.2	ステンレス	火災発生時にセル内を消火する設備である。
埋-15	ユーティリティ配管	○	○	—	φ 22.2	ステンレス	セル内へ水, 圧空, 試薬等を導入するためのものである。
埋-16	トボガン	○	○	—	φ 165.2 1基	ステンレス	セル内に資材を投入するため, 気密性能を持たせた配管である。

表2. 14. 2. 6-2 非埋設設備

No.	名称	安全機能			開口寸法 (mm)	主要材質	用途
		閉込	遮へい	臨界			
非埋-1	セル間遮へい扉 (セルNo. 4-鉄セル間)	○	○	—	W1470× ×H2767 1基	鉄・ポリエチレン	セル間遮へい扉は, 鉄セルへ試料等を移送する際に用いる扉である。
非埋-2	シールドドア	○	○	—	ポート径: φ 340 遮へい体: W900 × ×H1000	鉄・鉛	試料等の放射性物質の移送を行うため, サイドローディングキャスクをセルに接続するための設備である。

2. 14. 2. 6-5

3. 非埋設設備の耐震性評価

コンクリートセル付帯設備を分類し、非埋設設備に分類した設備に対して、耐震Sクラスの耐震性を有していることを確認する。

3.1 セル間遮へい扉

(1) 評価項目

セル間遮へい扉に対して、表 2.14.2.6-3 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。

表 2.14.2.6-3 セル間遮へい扉の設計用地震力

耐震クラス	動的地震力		静的地震力
	機能維持	弾性範囲	
S	Ss900	Sd450 ^{※1}	水平：3.6Ci ^{※1} 鉛直：1.2Cv ^{※1}

※1 Ss900 に包絡されるため省略する。

(2) 評価対象

セル間遮へい扉の構造は、コンクリートセル内の遮へい壁に厚さ■■■■のセル間遮へい扉を昇降させるレールが取り付けられており、レール上をセル間遮へい扉がセル間遮へい扉昇降機構によって、昇降することで開閉する機構となっている。セル間遮へい扉のレールは6本のボルトで固定されている。

セル間遮へい扉の外形図を図2.14.2.6-2に示す。評価対象はセル間遮へい扉のレール取付ボルト及びレール架台取付ボルトとし、仕様を表2.14.2.6-4に示す。

表 2.14.2.6-4 評価対象の仕様

評価設備	設備重量	評価部位	材料	呼び径
セル間遮へい扉	■■■■	レール取付 ボルト	SUS304	M12
		レール架台取付 ボルト		

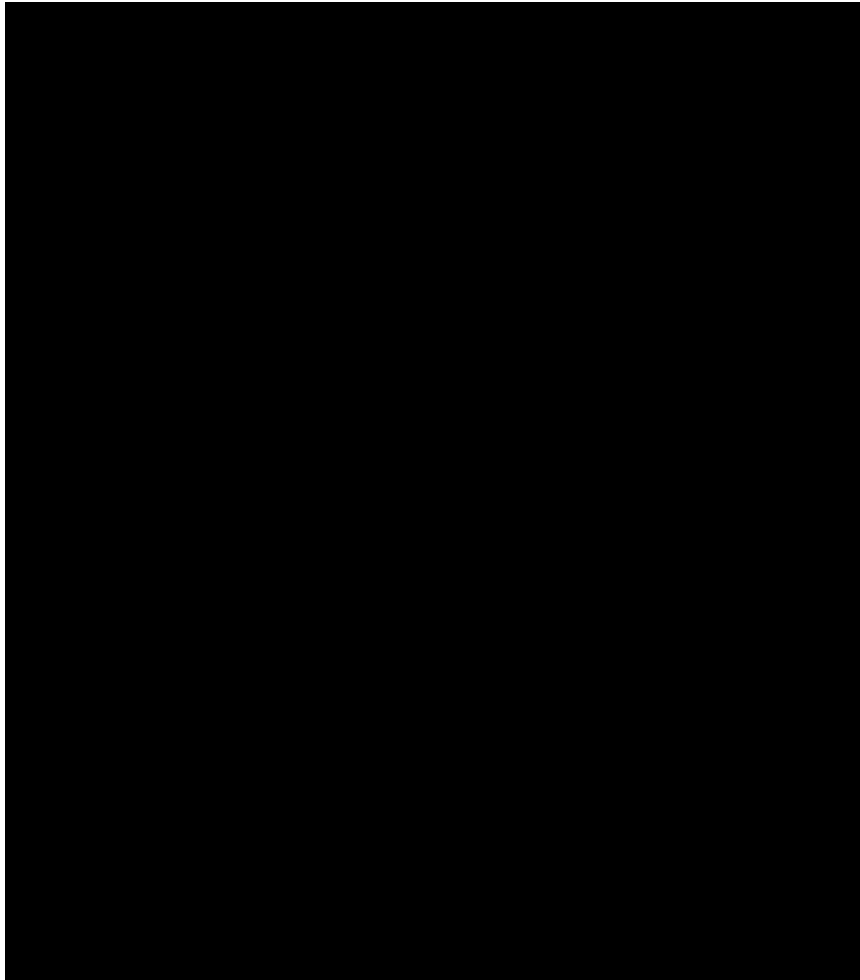


図 2.14.2.6-2 セル間遮へい扉の外形図

(3) 計算条件

セル間遮へい扉は1階に設置されているため、1階におけるSs900の設計用震度で評価する。Ss900の階別設計用震度を表2.14.2.6-5に示す。また、供用状態はDsとし、最高使用温度は60℃の条件で計算を行う。

表2.14.2.6-5 Ss900の階別設計用震度

階層	水平設計用震度 ^{※2}		鉛直設計用震度 ^{※2}
	EW 方向 C _H	NS 方向 C _H	UD 方向 C _V
2 階	1.74	1.74	0.91
1 階	1.26	1.26	0.90
地下 1 階	0.84	0.84	0.89

※2 Ss900に対する建屋の床応答加速度の1.2倍を考慮している。

(3-1) レール取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

記号	記載内容	値	単位
τ	レール取付ボルトにかかるせん断応力		MPa
Q	レール取付ボルトにかかるせん断荷重		N
A	レール取付ボルトの軸断面積	113.1	mm ²
n	レール取付ボルトの全本数	6	本
m	セル間遮へい扉の重量	■	kg
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
C _H	水平方向の設計用震度	1.26	—
C _V	鉛直方向の設計用震度	0.90	—
f _s	許容せん断応力		MPa
F	設計・建設規格SSB-3133に定める値		MPa

ii) レール取付ボルトにかかる引張応力の計算

レール取付ボルトは、図2.14.2.6-2に示すとおり、同数のレール取付ボルトが対向して配置されているため、引張応力は相殺される。

iii) レール取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール取付ボルトについて、地震力によりレール取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、6本のレール取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール取付ボルトのせん断応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」（以下「JEAC4601」という。）等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、レール取付ボルトのせん断応力 τ は■MPaとなった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、「発電用原子力設備規格（JSME S NC1-2005/2007 追補版）」（以下「JSME S NC1」という。）に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール取付ボルトの許容せん断応力の計算式を以下に示す。

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール取付ボルトの許容せん断応力 f_s は142MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.6-6に示す。評価結果から、レール取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-6 レール取付ボルトの評価結果

評価設備	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
セル間遮へい扉	Ss900 $\left(\begin{array}{l} C_H=1.26 \\ C_H=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$	レール取付ボルト	せん断	■	142

(3-2) レール架台取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

記号	記載内容	値	単位
τ	レール架台取付ボルトにかかるせん断応力	/	MPa
Q	レール架台取付ボルトにかかるせん断荷重	/	N
A	レール架台取付ボルトの軸断面積	113.1	mm ²
n	レール架台取付ボルトの全本数	24	本
m	セル間遮へい扉の重量	■	kg
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
C_H	水平方向の設計用震度	1.26	—
C_V	鉛直方向の設計用震度	0.90	—
f_s	許容せん断応力	/	MPa
F	設計・建設規格SSB-3133に定める値	/	MPa

ii) レール架台取付ボルトにかかる引張応力の計算

レール架台取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張応力 σ_{1V} 及びレール架台取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張応力 σ_{1H} は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。一方、レール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力 σ_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

レール架台取付ボルトに作用する引張応力 σ_3 は、ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張応力及びレール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力を組合せるものとする。

レール架台取付ボルトの引張応力は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\sigma_{1V} = \frac{\{m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

$$\sigma_{1H} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{m \cdot g \cdot C_H}{n}$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_{1V}^2 + \sigma_{1H}^2} + \sigma_2$$

結果として、レール架台取付ボルトに作用する引張力 σ_3 は ■ MPa となった。

iii) レール架台取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール架台取付ボルトについて、地震力によりレール架台取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、24本のレール架台取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール架台取付ボルトのせん断応力は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、レール架台取付ボルトのせん断応力 τ は ■ MPa となった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t は 184MPa、許容せん断応力 f_s は 142MPa となった。

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.6-7に示す。評価結果から、レール架台取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-7 レール架台取付ボルトの評価結果

評価設備	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
セル間遮へい扉	Ss900 $C_H=1.26$ $C_H=1.26$ $C_V=0.90$	レール架台 取付 ボルト	引張	■	184
			せん断	■	142

3.2 シールドドア

(1) 評価項目

シールドドアに対して、表 2.14.2.6-3 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。

(2) 評価対象

シールドドアの構造は、厚さ■の遮へい体がベース板に固定されており、ベース板がコンクリートセルに取付ボルトで固定されている。キャスク取り付け時にシールドドアの遮へい体を昇降させることで、開閉する機構となっている。

シールドドアの外形図を図 2.14.2.6-3 に示す。評価対象はシールドドアの取付ボルトとし、仕様を表 2.14.2.6-8 に示す。

表 2.14.2.6-8 評価対象の仕様

評価設備	設備重量	評価部位	ボルト材料	ボルト呼び径
シールドドア	■	シールドドア取付 ボルト	SS400	M20

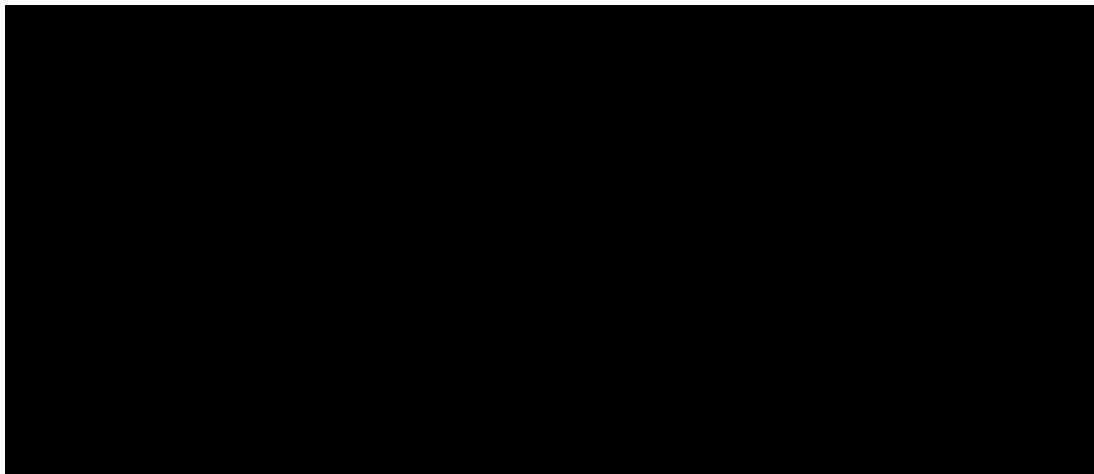


図 2.14.2.6-3 シールドドアの外形図

(3) 計算条件

シールドドアは1階に設置されているため、1階におけるSs900の設計用震度を採用する。Ss900の階別設計用震度を表2.14.2.6-5に示す。また、供用状態はD_sとし、最高使用温度は60℃の条件で計算を行う。

(4) 耐震計算

i) 記号の説明及び数値

記号	記載内容	値	単位
σ_{1V}	シールドドア取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張応力	/	MPa
σ_{1H}	シールドドア取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張応力	/	MPa
σ_2	シールドドア取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力	/	MPa
σ_3	シールドドア取付ボルトに作用する引張応力	/	MPa
m	シールドドアの重量	■	kg
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
C _v	鉛直方向の設計用震度	0.90	—
h	シールドドアの重心高さ	176.5	mm
L _{1P}	転倒支点から最も離れたシールドドア取付ボルトまでの距離（鉛直方向）	/	mm
n _{f1j}	転倒支点から L _{1j} の距離にあるシールドドア取付ボルトの本数	/	本
L _{1j}	転倒支点から j 番目のシールドドア取付ボルトまでの距離（鉛直方向）	/	mm
C _H	水平方向の設計用震度	1.26	—
L _{2K}	転倒支点から最も離れたシールドドア取付ボルトまでの距離（水平方向）	/	mm
n _{f2k}	転倒支点から L _{2j} の距離にあるシールドドア取付ボルトの本数	/	本
L _{2j}	転倒支点から j 番目のシールドドア取付ボルトまでの距離（鉛直方向）	/	mm
n	シールドドア取付ボルトの全本数	4	本
τ	シールドドア取付ボルトにかかるせん断応力	/	MPa
Q	シールドドア取付ボルトにかかるせん断力	/	N
A	シールドドア取付ボルトの軸断面積	314.2	mm ²

f_t	許容引張応力		MPa
f_s	許容せん断応力		MPa
F	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値		MPa

ii) シールドドア取付ボルトにかかる引張応力 σ の計算

シールドドア取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張応力 σ_{1V} 及びシールドドア取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張応力 σ_{1H} は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。一方、シールドドア取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力 σ_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

シールドドア取付ボルトに作用する引張応力 σ_3 は、シールドドア取付ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張応力及びシールドドア取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力を合わせるものとする。

シールドドア取付ボルトの引張応力は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\sigma_{1V} = \frac{\{m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

$$\sigma_{1H} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{m \cdot g \cdot C_H}{n}$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_{1V}^2 + \sigma_{1H}^2} + \sigma_2$$

結果として、シールドドア取付ボルトに作用する引張力 σ_3 は ■MPa となった。

iii) シールドドア取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

シールドドア取付ボルトについて、地震力によりシールドドア取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。シールドドアに作用するせん断荷重は、4本のボルトに均等に荷重が作用するものとする。

シールドドア取付ボルトのせん断応力は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、シールドドア取付ボルトのせん断応力 τ は ■MPa となった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

シールドドア取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、シールドドア取付ボルトの許容引張応力 f_t は156MPa、許容せん断応力 f_s は120MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.6-9に示す。評価結果から、シールドドア取付ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-9 シールドドア取付ボルトの評価結果

評価対象	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
シールドドア	Ss900 $C_H=1.26$ $C_H=1.26$ $C_V=0.90$	シールドドア取付ボルト	引張	■	156
			せん断	■	120

4. アンカー部評価

JEAG4601に基づき、セル間遮へい扉及びシールドドアの各取付ボルトに対して、アンカー部評価を行った結果を表2.14.2.6-10に示す。結果として、すべての取付ボルトに対してコンクリートのコーン状破壊が発生しないことを確認した。

表 2.14.2.6-10 アンカー部評価結果

評価設備	評価部位	基礎ボルト 1本あたりの 引張荷重 p(N)	基礎ボルト1 本あたりの許 容引張荷重 p _a (N)	基礎ボルト1 本あたりのせん 断荷重 q(N)	基礎ボルト1 本あたりの許 容せん断荷重 q _a (N)	引張荷重 とせん断 荷重の組 合せ※ ⁴
セル間 遮へい 扉	レール 取付ボ ルト	—※ ³	11797	7826	28233	0.1
セル間 遮へい 扉	レール 架台取 付ボル ト	1607	11797	1957	28233	0.1
シール ドドア	シール ドドア取 付ボルト	13616	29562	13862	82684	0.3

※3 ボルトが対向して配置されているため、引張応力は相殺される。

※4 $(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2$ で計算され、1以下であればコーン状破壊は発生しない。

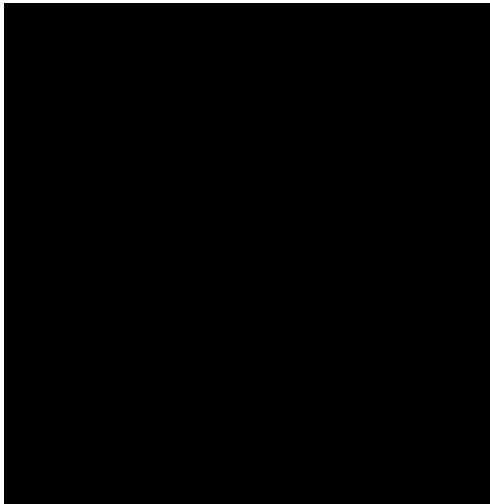
5. コンクリートセル付帯設備の耐震性

以上のことから、コンクリートセル付帯設備についてSクラスに対する耐震性を有することを確認した。

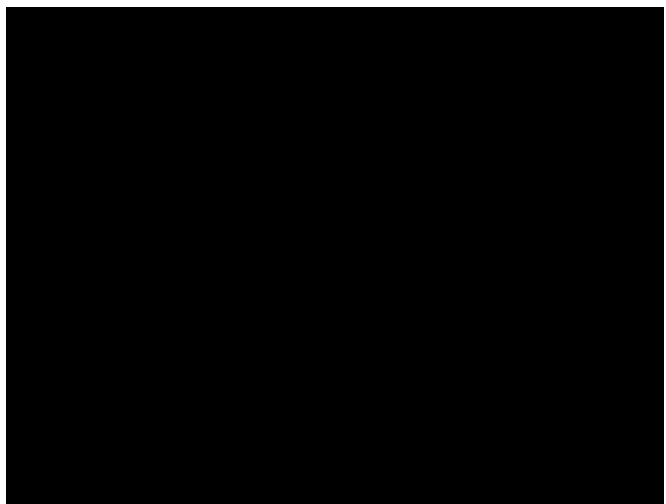
各付帯設備の概略構造図について

各付帯設備の概略構造図を以下に示す。

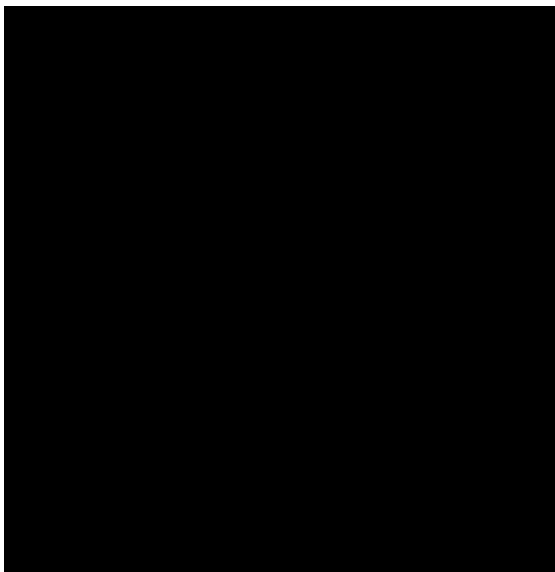
埋-1 遮蔽窓



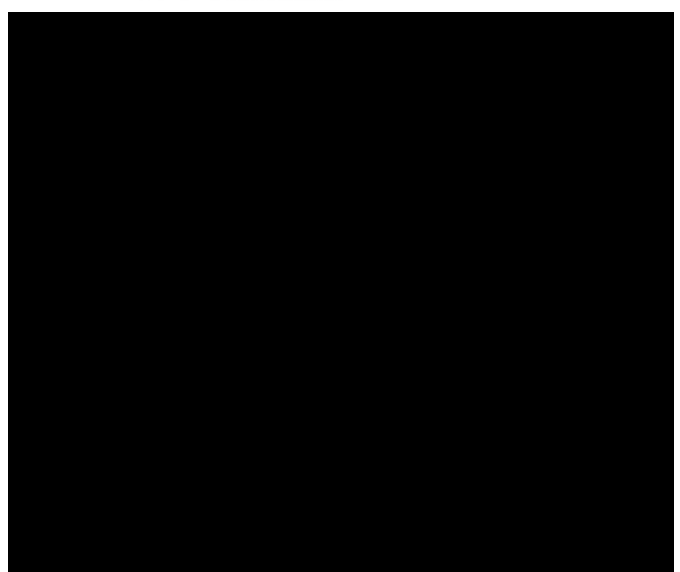
埋-2 天井ポート



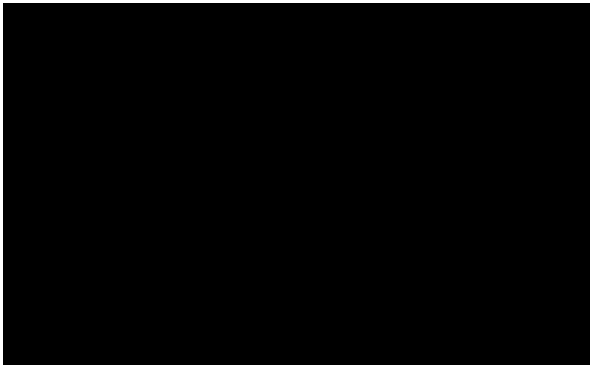
埋-3 背面気密パネル



埋-4 背面遮蔽扉



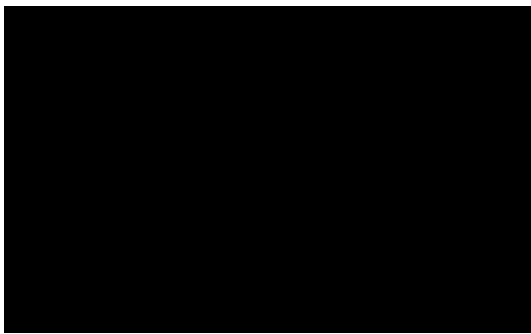
埋-5 電線管 (コンジット管)



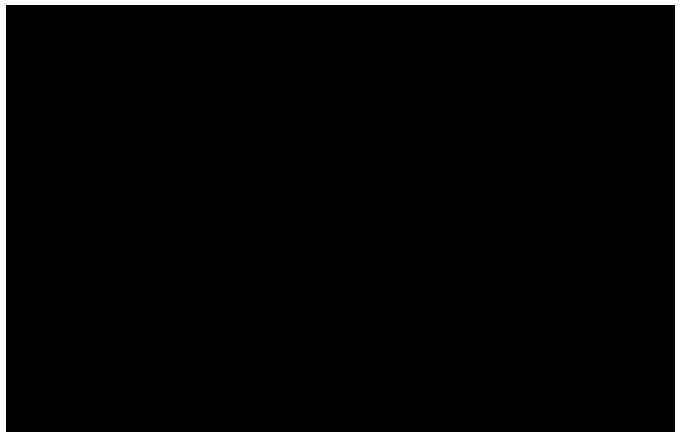
埋-6 インセルモニタ



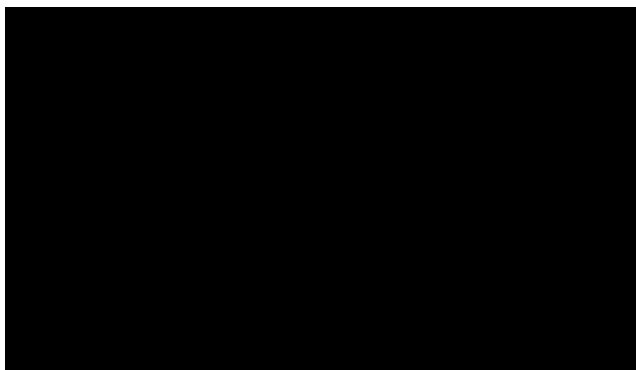
埋-7 セル差圧計用導圧管



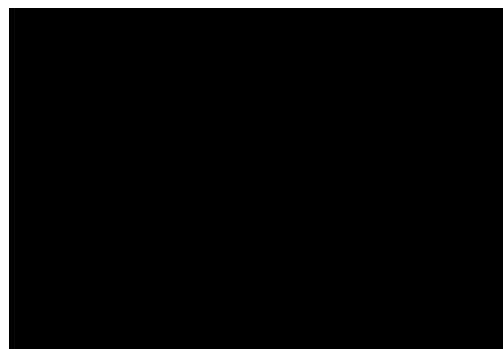
埋-8 マニプレータ



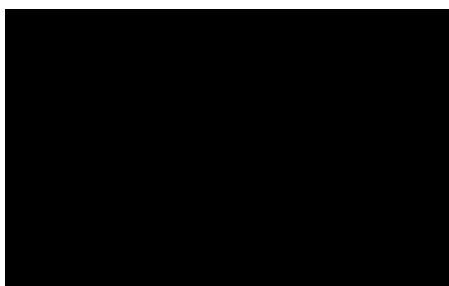
埋-9 ITVカメラ



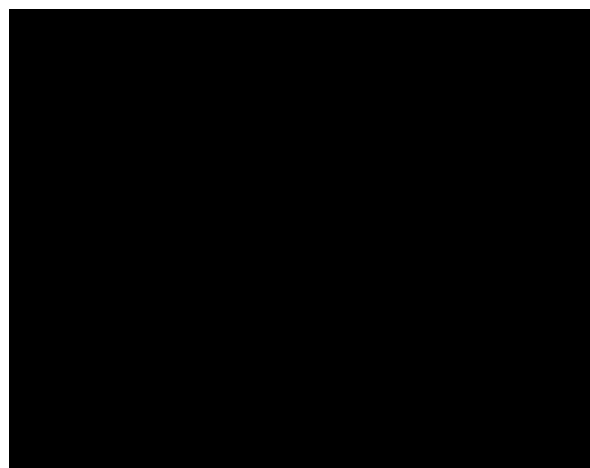
埋-10 遮蔽プラグ (予備的措置)



埋-11 γ 線モニタ (コンジット管)



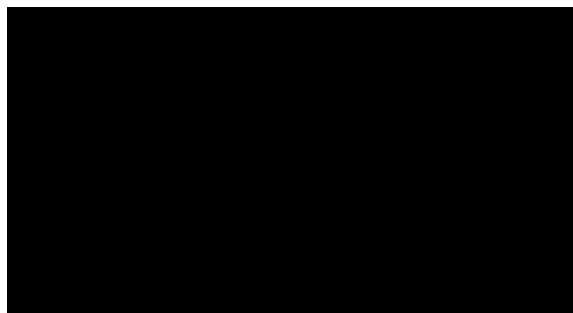
埋-12 ライニング



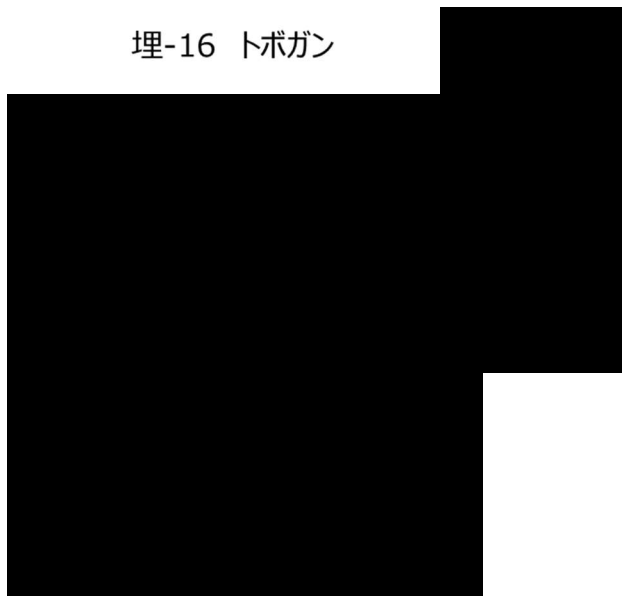
埋-13 予備ポート
(予備的措施)



埋-14 消火配管 (逆止弁まで) ,
埋-15 ユーティリティ配管



埋-16 トボガン



コンクリートセル給排気弁の耐震性評価について

1. 概要

コンクリートセルの給排気弁は、コンクリートセルの静的閉じ込めを担保するために耐震Sクラスとして設計している。コンクリートセルの給排気弁の耐震性の確認は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（以下「JEAG4601」という。）に基づき、機能維持確認済加速度とSs900の設計用加速度との比較で行ったため、その詳細を示す。

2. 給排気弁の主仕様

給排気弁の主な仕様を表2.14.2.7-1に示す。

表 2.14.2.7-1 給排気弁の主な仕様

名称	安全機能			配管呼び径	主要材質	用途
	閉込	遮へい	臨界			
給排気弁	○	—	—	125A 150A 250A	ステンレス	停電時にFC（フェールクローズ）になり、セル内を静的閉じ込めするものである。

3. 耐震性評価

(1) 評価対象

コンクリートセルの閉じ込め機能を担保するため、コンクリートセルの給排気弁（ともにバタフライ弁）を耐震Sクラスとするため、当該弁の耐震性評価を行う。

(2) 動的機能維持評価

JEAG4601に基づき、耐震性の評価方法として1800A以下のバタフライ弁は機能維持確認済加速度との比較評価を行うと記載されており、コンクリートセルの給排気弁は1800A以下であるため、給排気弁が設置される位置におけるSs900の設計用加速度（表2.14.2.7-2の2階における設計用加速度）と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。

なお、JEAG4601に基づき、Ss900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を超過する場合は、構造強度評価を実施する。

表2. 14. 2. 7-2 Ss900の階別設計用加速度

($\times 9.80665\text{m/s}^2$)

階層	水平設計用加速度 ^{※1}		鉛直設計用加速度 ^{※1}
	EW 方向 C_H	NS 方向 C_H	UD 方向 C_V
2 階	1.74	1.74	0.91
1 階	1.26	1.26	0.90
地下 1 階	0.84	0.84	0.89

※1 Ss900に対する建屋の床応答加速度の1.2倍を考慮している。

i) JEAG4601に基づく弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度

JEAG4601に基づき、弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度を表2. 14. 2. 7-3に示す。

表 2. 14. 2. 7-3 弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度

($\times 9.80665\text{m/s}^2$)

設備名称	形式	方向	機能維持確認済加速度
給排気弁	バタフライ弁	水平	6.0
		鉛直	6.0

ii) 評価結果

Ss900の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果を表2. 14. 2. 7-4に示す。評価結果より、評価対象のバタフライ弁についてSs900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

なお、Ss900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を下回るため、JEAG4601に基づき構造強度は担保されている。

表 2. 14. 2. 7-4 Ss900 の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果

設備名称	Ss900の設計用加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$)		機能維持確認済加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$)	
	水平	鉛直	水平	鉛直
給排気弁	1.74	0.91	6.0	6.0