

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-016-01
提出年月日	2022年9月1日

VI-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針

2022年9月

中国電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 評価対象設備	2
2.4 記号の説明	14
2.5 計算精度と数値の丸め方	19
3. 評価部位	23
4. 固有周期	25
5. 構造強度評価	25
5.1 構造強度評価方法	25
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	25
5.3 設計用地震力	29
5.4 計算方法	29
6. 機能維持評価	31
6.1 火災受信機盤	31
6.2 ボンベラック	32
6.3 選択弁	32
6.4 制御盤（全域ガス消火設備）	32

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 11 条，第 52 条及びそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」にて適合することを要求している「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（令和 2 年 3 月 31 日原子力規制委員会制定）」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合する設計とするため，VI-1-1-8「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「VI-1-1-8」という。）に示す火災感知設備及び消火設備が，火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

火災防護設備の計算結果は，VI-2-別添 1-2-2「火災受信機盤の耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-3-1「ボンベラックの耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-3-2「選択弁の耐震性についての計算書」及びVI-2-別添 1-3-3「制御盤の耐震性についての計算書」に示すとともに，動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果をVI-2-別添 1-4「火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

応力評価は、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、機能維持評価は、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

耐震評価フローを図2-1 に示す。

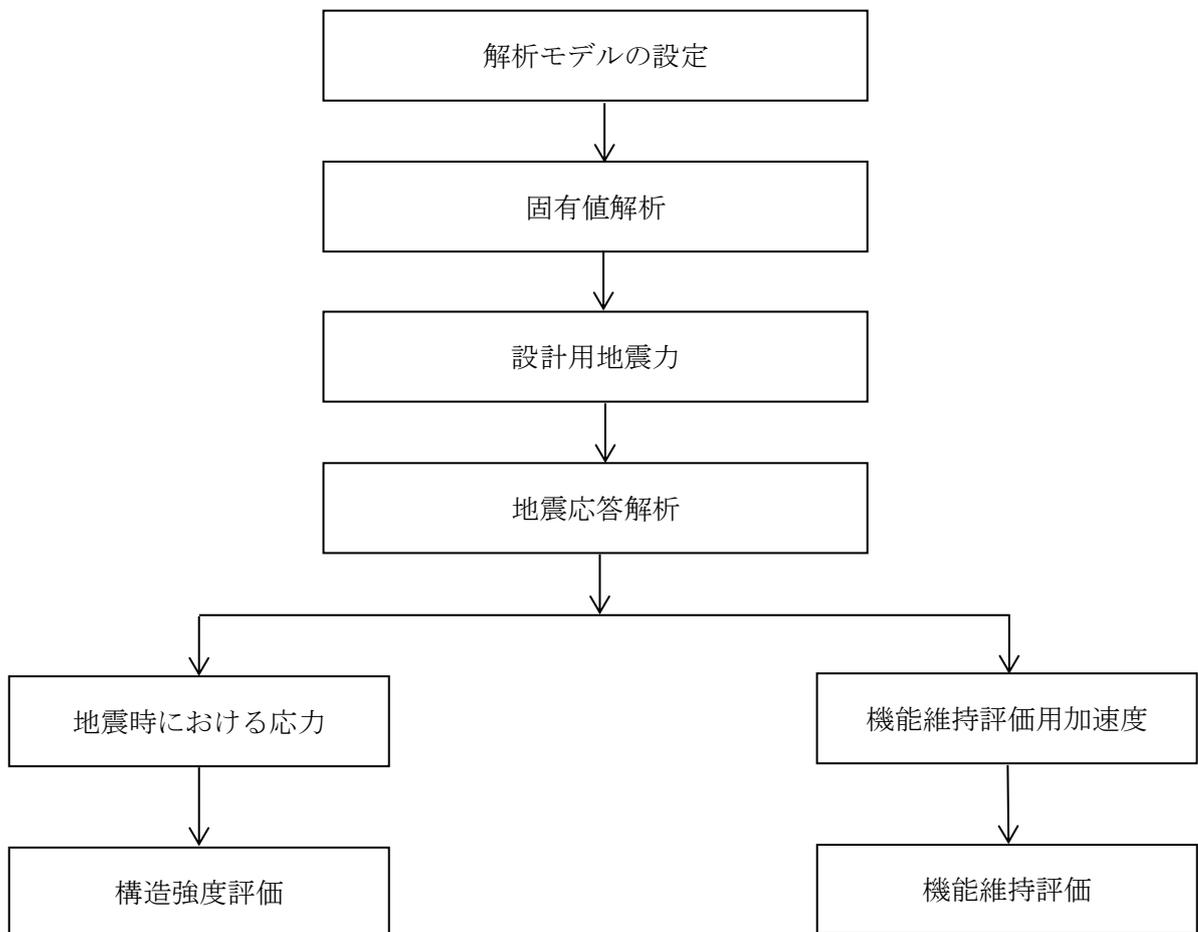


図 2-1 耐震評価フロー

2.2 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-8のうち「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災受信機盤及び「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうちボンベラック、選択弁及び制御盤（全域ガス消火設備）を対象とする。

火災感知設備の構造計画を表2-1に、消火設備の構造計画を表2-2から表2-4に示す。

表 2-1 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (1/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤①	火災受信機盤①は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-2

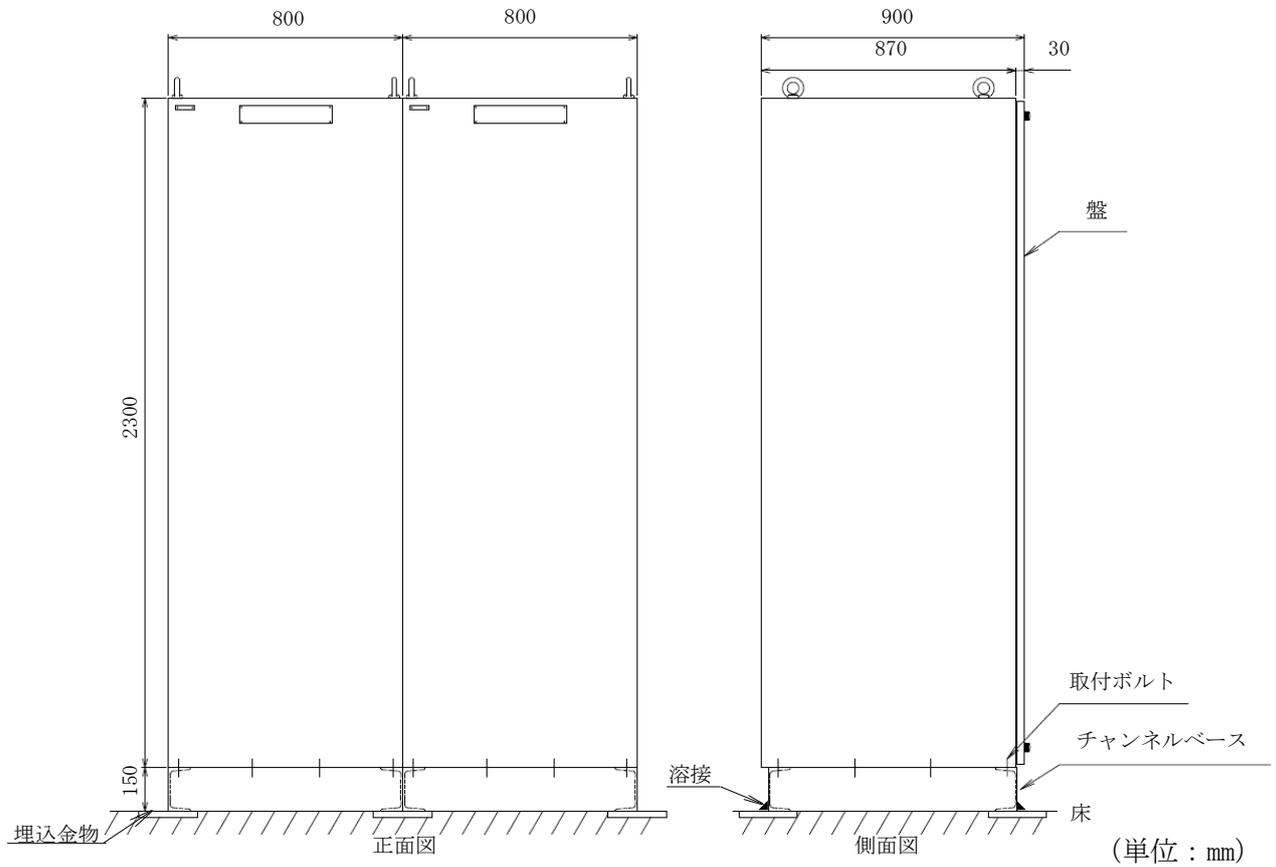


図 2-2 火災受信機盤①の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (2/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤②	火災受信機盤②は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎架台に固定され、基礎架台は基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-3

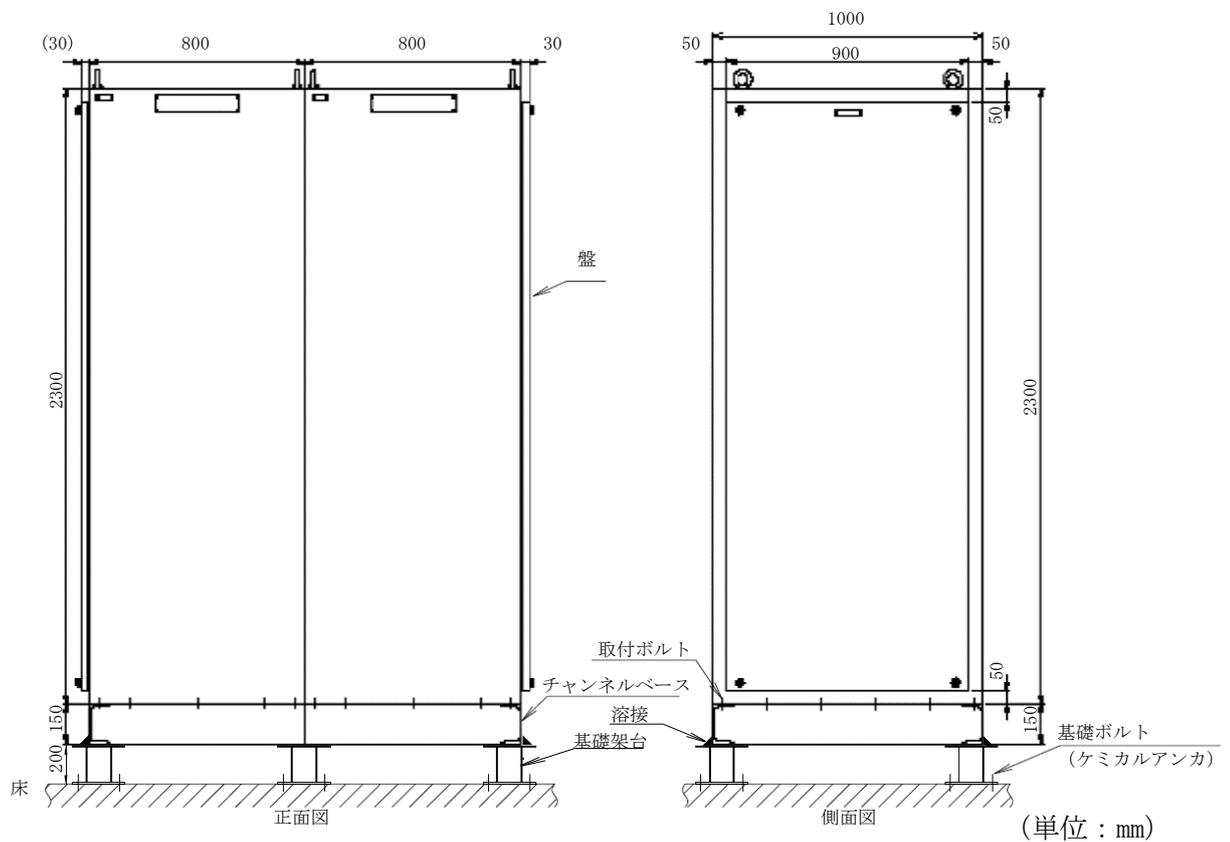
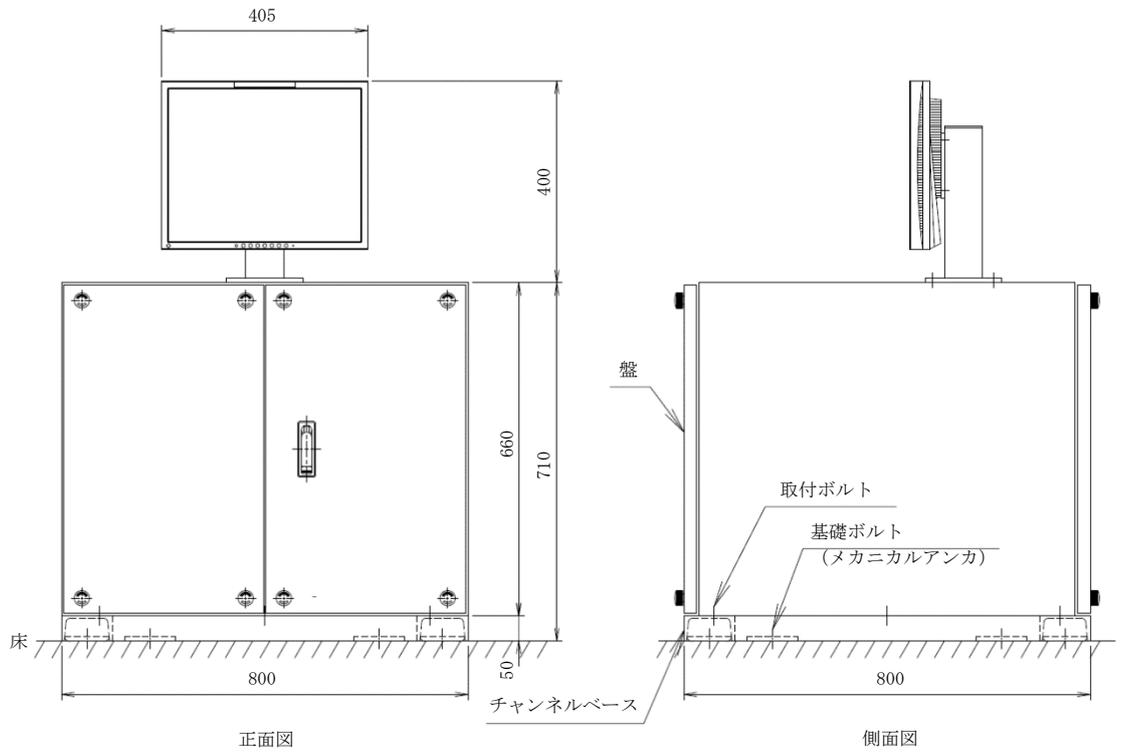


図 2-3 火災受信機盤②の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (3/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤③	火災受信機盤③は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-4

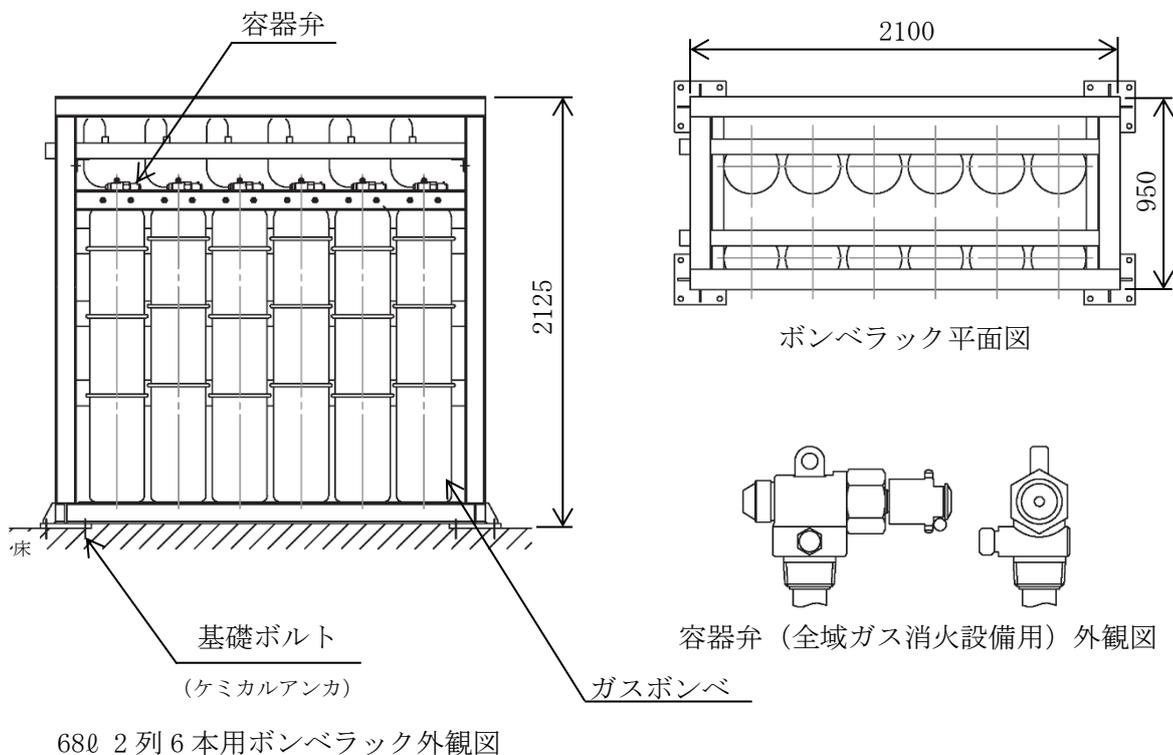


(単位：mm)

図 2-4 火災受信機盤③の概要図

表 2-2 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (1/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (68ℓ 2列6本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。 ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-5

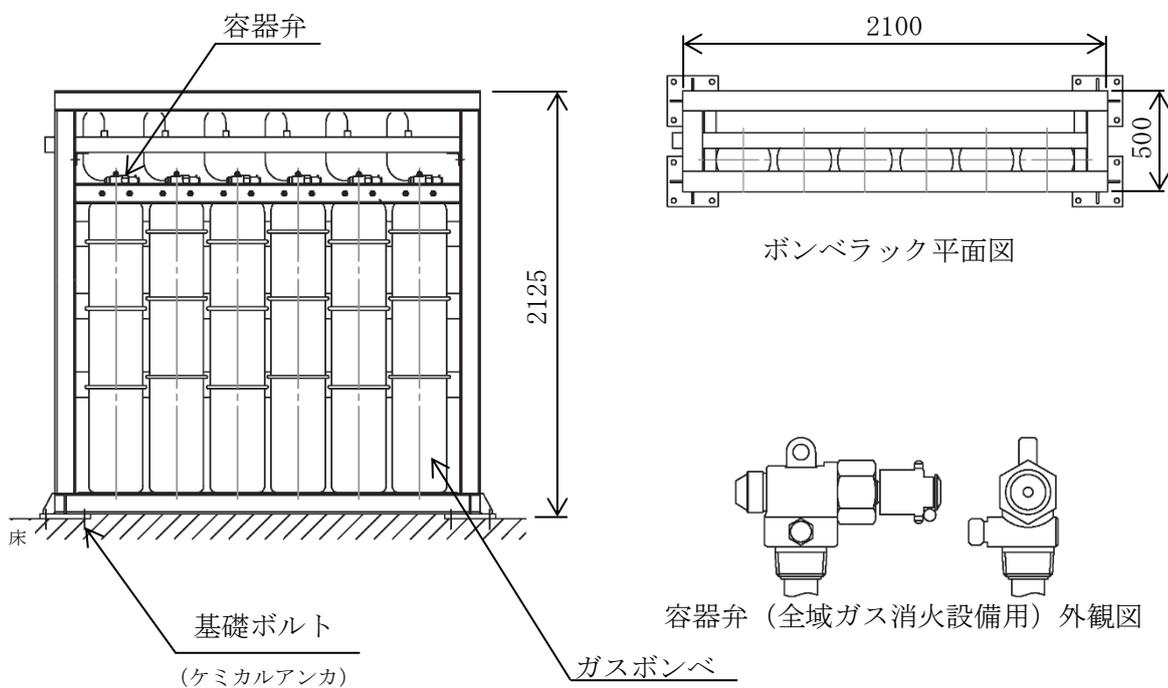


(単位：mm)

図 2-5 ボンベラック (68ℓ 2列6本用) の概要図

表 2-2 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (2/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (68ℓ 1列6本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。 ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-6



68ℓ 1列6本用ボンベラック外観図

(単位：mm)

図 2-6 ボンベラック (68ℓ 1列6本用) の概要図

表 2-2 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (3/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (240 壁掛 5 本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて壁に設置する。なお、容器弁の形状が全域ガス消火設備用とケーブルトレイ消火用で異なるが、ガスボンベ及びボンベラックは同じ構造である。	ガスボンベ 及び容器弁 (壁掛形)	図 2-7

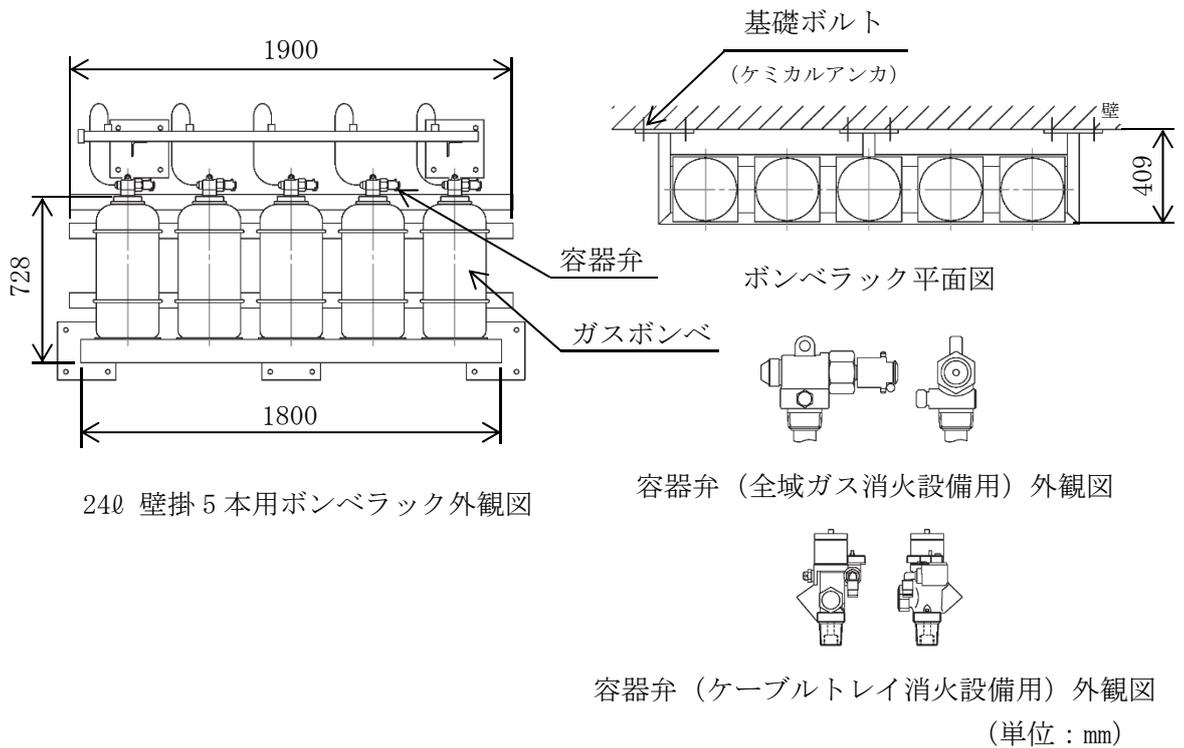
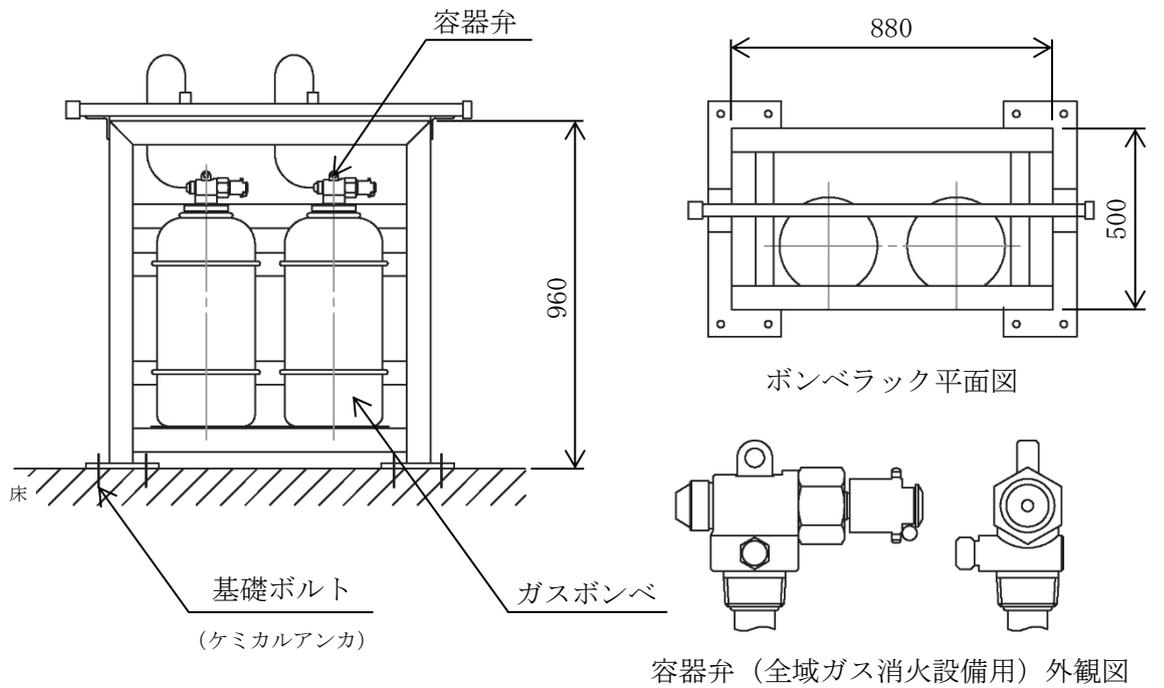


図 2-7 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の概要図

表 2-2 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (4/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (240 1列2本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-8



240 1列2本用ボンベラック外観図

(単位 : mm)

図 2-8 ボンベラック (240 1列2本用) の概要図

表 2-2 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (5/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (68ℓ 2列5本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎及び壁に設置する。	ガスボンベ及び容器弁 (壁支持を含む直立形)	図 2-9

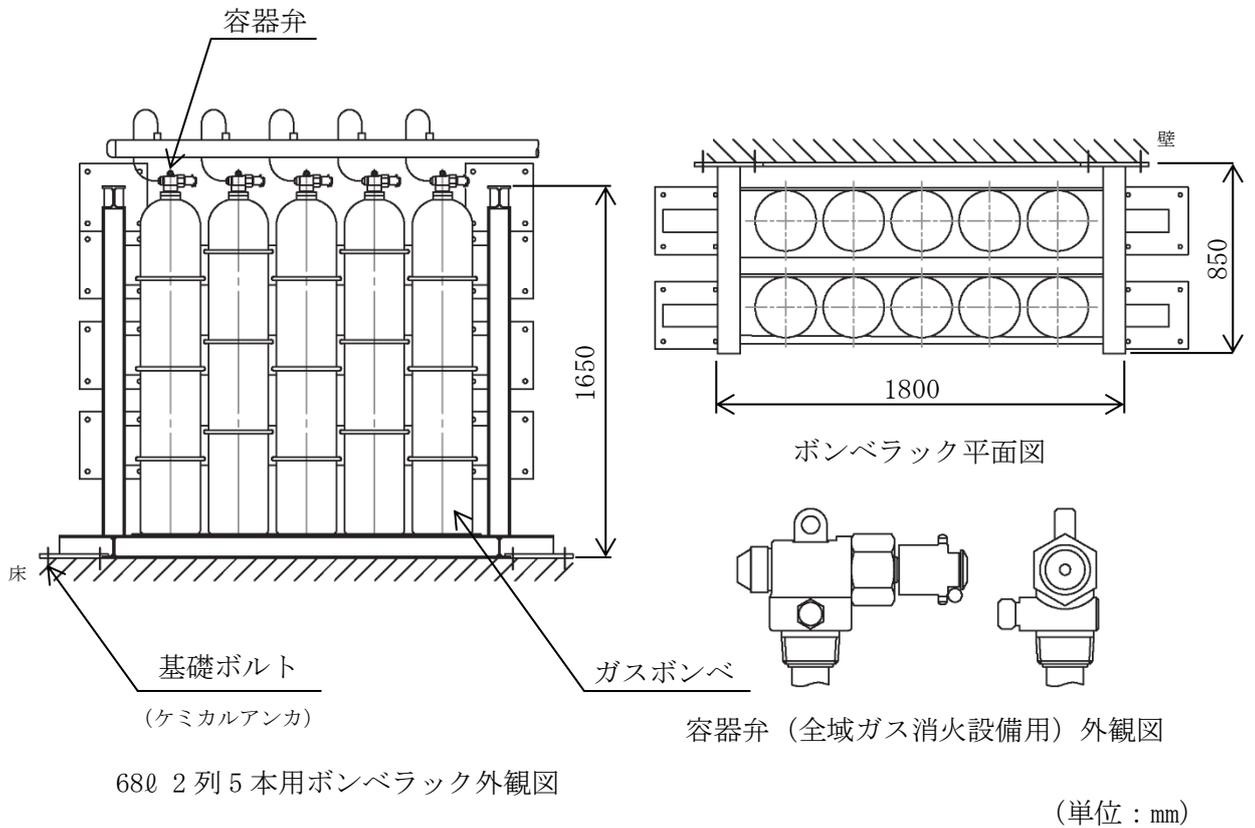
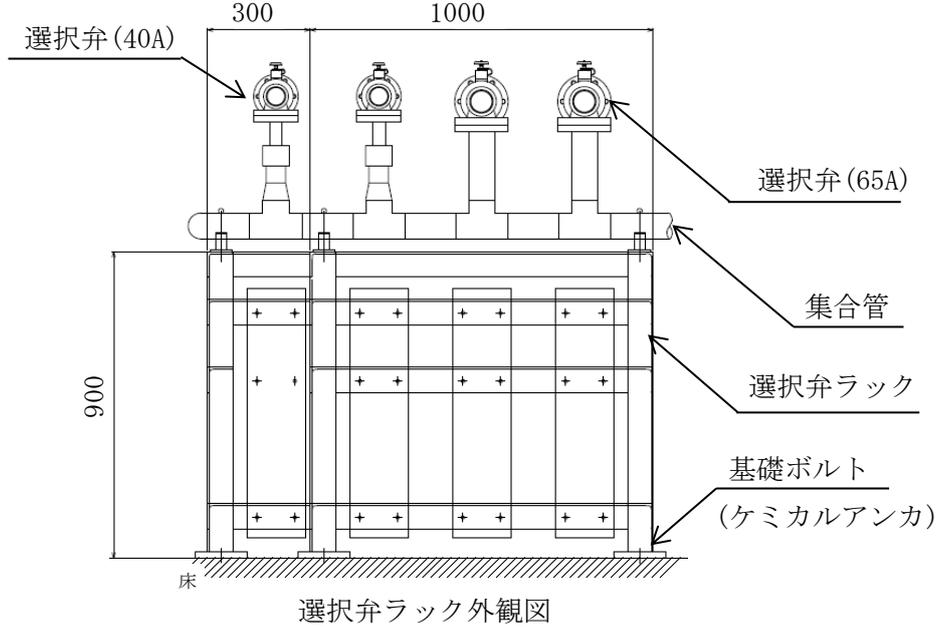
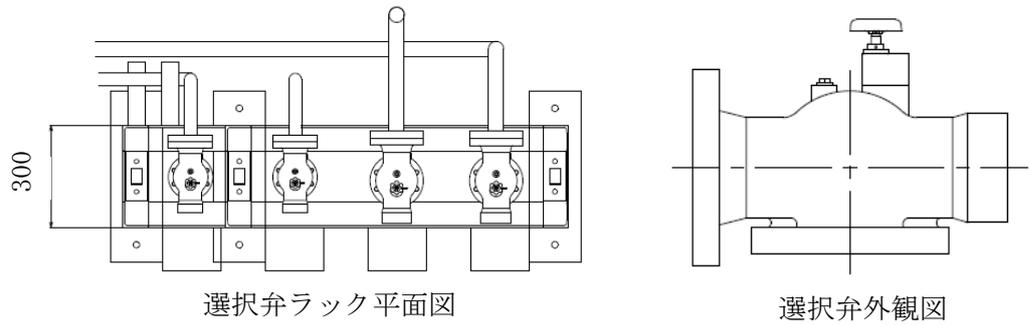


図 2-9 ボンベラック (68ℓ 2列5本用) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうち選択弁の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
選択弁	選択弁は、集合管に取り付けて固定する。 集合管は、選択弁ラックに固定し、選択弁ラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	選択弁、 集合管及び 選択弁ラック (直立形)	図 2-10

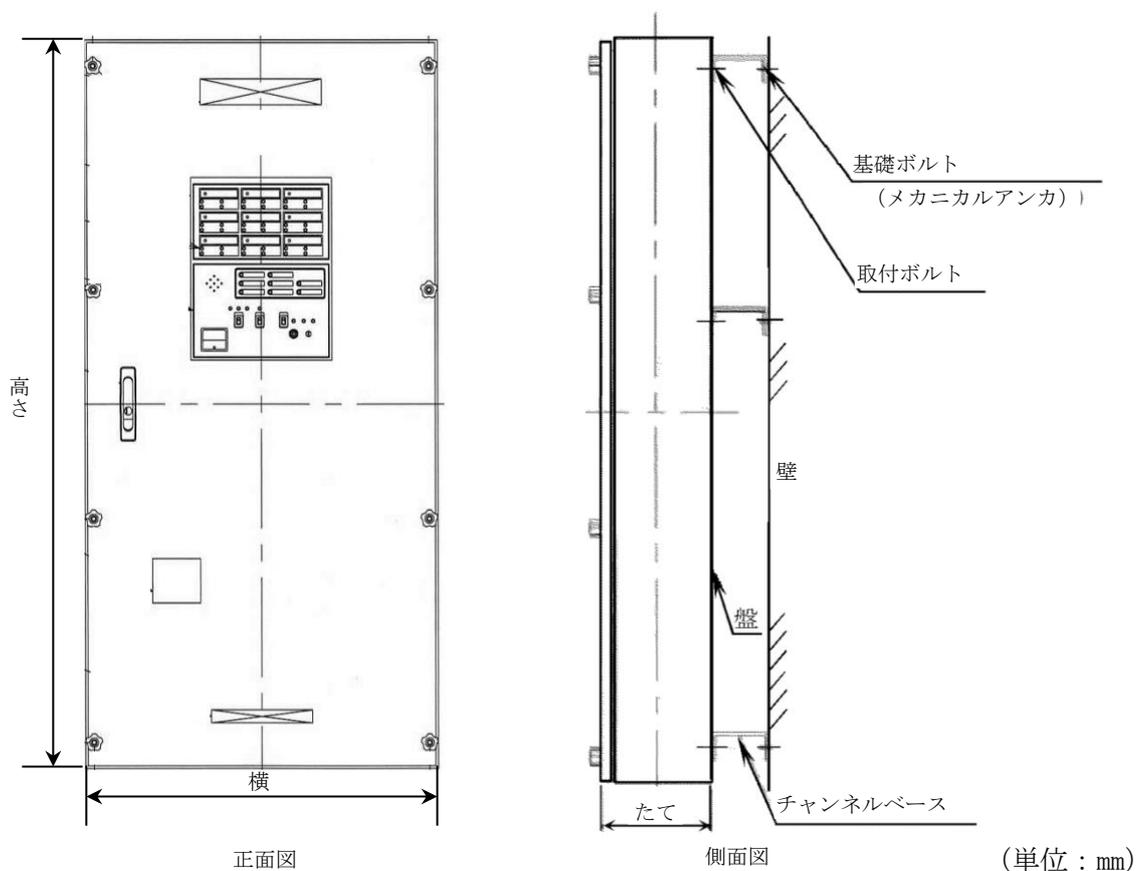


(単位：mm)

図 2-10 選択弁の概要図

表 2-4 火災防護設備のうち制御盤（全域ガス消火設備）の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
制御盤 (全域ガス消火設備)	制御盤（全域ガス消火設備）は、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて壁に設置する。	壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)	図 2-11



機器名称	制御盤（全域ガス消火設備） 自動 3 回線	制御盤（全域ガス消火設備） 自動 9 回線
たて	200	200
横	550	700
高さ	950	1400

図 2-11 制御盤（全域ガス消火設備）の概要図*

注記*：制御盤（全域ガス消火設備）のうち自動 9 回線の制御盤（全域ガス消火設備）を代表に記載する。

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005 年度版（2007 年追補版を含む））（以下「設計・建設規格」という。）
- ・鋼構造設計基準 一許容応力度設計法一（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・日本産業規格（J I S）

2.4 記号の説明

表 2-5 火災受信機盤の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) *1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) *1, *3	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) *1, *3	mm
m_i	盤の質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) *1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値*1	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} ,

S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3: $l_{1i} \leq l_{2i}$

表2-6 ボンベラックの応力評価に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	ボンベラック部材の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _{s x}	ボンベラック部材のせん断断面積 (x 方向)	mm ²
A _{s y}	ボンベラック部材のせん断断面積 (y 方向)	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _o	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F _x	ボンベラック部材のせん断力 (x 方向)	N
F _y	ボンベラック部材のせん断力 (y 方向)	N
F _{s b}	基礎ボルトのせん断力	N
F _{t m}	ボンベラック部材の軸力	N
F _{t b}	基礎ボルトの引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f _{t m}	ボンベラック部材の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
J	ボンベラック部材のねじり定数	mm ⁴
M _x	ボンベラック部材の曲げモーメント (x 方向)	N・mm
M _y	ボンベラック部材の曲げモーメント (y 方向)	N・mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T	ボンベラック部材のねじりモーメント	N・mm
t	ボンベラック部材の最大板厚	mm
Z _x	ボンベラック部材の断面係数 (x 方向)	mm ³
Z _y	ボンベラック部材の断面係数 (y 方向)	mm ³
σ _b	ボンベラック部材に生じる曲げ応力	MPa
σ _f	ボンベラック部材に生じる組合せ応力	MPa
σ _{f a}	ボンベラック部材に生じる軸応力と曲げ応力の和	MPa
σ _t	ボンベラック部材に生じる軸応力	MPa
σ _{t b}	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	ボンベラック部材に生じるせん断応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

表2-7 選択弁の応力評価に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	選択弁ラック部材の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _{s x}	選択弁ラック部材のせん断断面積 (x 方向)	mm ²
A _{s y}	選択弁ラック部材のせん断断面積 (y 方向)	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _o	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F _x	選択弁ラック部材のせん断力 (x 方向)	N
F _y	選択弁ラック部材のせん断力 (y 方向)	N
F _{s b}	基礎ボルトのせん断力	N
F _{t m}	選択弁ラック部材の軸力	N
F _{t b}	基礎ボルトの引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	選択弁ラック部材の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
J	選択弁ラック部材のねじり定数	mm ⁴
M _x	選択弁ラック部材の曲げモーメント (x 方向)	N・mm
M _y	選択弁ラック部材の曲げモーメント (y 方向)	N・mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
T	選択弁ラック部材のねじりモーメント	N・mm
t	選択弁ラック部材の最大板厚	mm
Z _x	選択弁ラック部材の断面係数 (x 方向)	mm ³
Z _y	選択弁ラック部材の断面係数 (y 方向)	mm ³
σ _b	選択弁ラック部材に生じる曲げ応力	MPa
σ _f	選択弁ラック部材に生じる組合せ応力	MPa
σ _{f a}	選択弁ラック部材に生じる軸応力と曲げ応力の和	MPa
σ _t	選択弁ラック部材に生じる軸応力	MPa
σ _{t b}	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	選択弁ラック部材に生じるせん断応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

表 2-8 制御盤（全域ガス消火設備）の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1本当たり）* ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形）* ¹	mm
m_i	盤の質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fvi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形）* ¹	—
n_{fHi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形）* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , l_{3i} , n_i , n_{fvi} , n_{fHi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3 : $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-9から表2-12に示すとおりである。

表2-9 火災受信機盤の表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

表 2-10 ボンベラックの表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位* ¹
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* ²	四捨五入	小数点以下第 1 位* ³
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ⁵		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
機能維持評価用加速度		×9.8m/s ²	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s ²	—	—	小数点以下第 2 位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

表 2-11 選択弁の表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位* ¹
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* ²	四捨五入	小数点以下第 1 位* ³
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ⁵		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
機能維持評価用加速度		×9.8m/s ²	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s ²	—	—	小数点以下第 2 位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

表 2-12 制御盤（全域ガス消火設備）の表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

火災防護設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、以下について評価を実施する。

(1) 火災受信機盤

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

火災受信機盤は、耐震性を有する廃棄物処理建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(2) ボンベラック

a. ボンベラック及び基礎ボルト

ボンベラックは、耐震性を有する原子炉建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ボンベラックは、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ボンベラックの構成品であるボンベラック部材及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(3) 選択弁

a. 選択弁ラック及び基礎ボルト

選択弁ラックは、耐震性を有する原子炉建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

選択弁は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、選択弁の構成品である選択弁ラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(4) 制御盤（全域ガス消火設備）

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

制御盤（全域ガス消火設備）は、耐震性を有する原子炉建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

制御盤（全域ガス消火設備）は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、制御盤（全域ガス消火設備）を固定する制御盤（全域ガス消火設備）の基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

4. 固有周期

火災感知設備及び消火設備の固有周期は、振動試験、3次元多質点系はりモデル又は、はり・シェルモデルによる解析により求める。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 火災受信機盤

火災受信機盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

5.1.2 ボンベラック

- (1) ボンベラックについては、3次元多質点系はりモデル又は、はり・シェルモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。
- (2) ガスボンベは、ボンベラックに固定され、ボンベラックは、基礎ボルトにより建物躯体である壁若しくは床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合には剛構造として最大応答加速度の1.2倍の加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合には柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.1.3 選択弁

- (1) 選択弁ラックについては、3次元多質点系はりモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。
- (2) 選択弁は、集合管に固定され、選択弁ラックは、基礎ボルトにより建物躯体である床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合には剛構造として最大応答加速度の1.2倍の加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合には柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.1.4 制御盤（全域ガス消火設備）

制御盤（全域ガス消火設備）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の種類

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重を用いる。

5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器、配管系の荷重の組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重の組合せを表5-1に示す。

5.2.3 許容応力

許容限界は、VI-1-1-8の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標に従い、評価対象部位ごとに設定する。

各評価項目の許容限界を表5-2から表5-5に示す。

5.2.4 ボルト許容引張応力

ボルトの許容引張応力 f_{ts} を次式に示す。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \cdots \cdots \cdots (5.2.4.1)$$

許容引張応力 f_{to} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$

表 5-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設分類	機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
DB	火災受信機盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S
	ボンベラック	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S
	選択弁	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S
	制御盤 (全域ガス消 火設備)	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 火災受信機盤の許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 ボンベラックの許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (部材)	許容限界*1, *2 (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 選択弁の許容限界

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (部材)		許容限界 ^{*1, *2} (基礎ボルト)	
	一次応力		一次応力	
	組合せ		引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-5 制御盤（全域ガス消火設備）の許容限界

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3 設計用地震力

地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づく地震力又はそれを上回る地震力を設定する。

5.4 計算方法

5.4.1 火災受信機盤の計算方法

火災受信機盤の計算方法は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

5.4.2 ボンベラックの計算方法

ボンベラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表2-2に示すとおり、容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定し、ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ボンベラック及び基礎ボルト、それぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) ボンベラックの構造強度評価

a. ボンベラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めたボンベラック部材の軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりボンベラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_t = \frac{F_{tm}}{A} \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_y} + \frac{M_y}{Z_x} \dots\dots\dots (5.4.2.2)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{F_x}{A_{sx}} + \frac{F_y}{A_{sy}} + \frac{T \cdot t}{J} \dots\dots\dots (5.4.2.3)$$

ボンベラックの組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.2.4)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \sigma_t + \sigma_b \dots\dots\dots (5.4.2.5)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.2.6)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.2.7)$$

5.4.3 選択弁ラックの計算方法

選択弁ラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表2-3に示すとおり、選択弁を取り付けた集合管を選択弁ラックに固定し、選択弁ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、選択弁ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) 選択弁ラックの構造強度評価

a. 選択弁ラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めた選択弁ラック部材の軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式により選択弁ラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_t = \frac{F_{tm}}{A} \dots\dots\dots (5.4.3.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_y} + \frac{M_y}{Z_x} \dots\dots\dots (5.4.3.2)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{F_x}{A_{sx}} + \frac{F_y}{A_{sy}} + \frac{T \cdot t}{J} \dots\dots\dots (5.4.3.3)$$

選択弁ラックの組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.3.4)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \sigma_t + \sigma_b \dots\dots\dots (5.4.3.5)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.3.6)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.3.7)$$

5.4.4 制御盤（全域ガス消火設備）の計算方法

制御盤（全域ガス消火設備）の計算方法は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

6. 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、機能維持評価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及び電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.1 火災受信機盤

火災受信機盤は、機能維持評価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電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.2 ボンベラック

ボンベラックのうち容器弁は、機能維持評価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を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.3 選択弁

選択弁は、機能維持評価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を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度又は配管の応答解析により定まる選択弁の応答加速度のいずれか大きい値を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.4 制御盤（全域ガス消火設備）

制御盤（全域ガス消火設備）は、機能維持評価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電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。