本資料のうち，枠囲みの内容は，
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-106　改 11
提出年月日	平成 30 年 8 月 29 日

Ⅴ-2-別添 3-4　可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震性についての計算書

NT2 補③ Ⅴ-2-別添 3-4 R1

目次

1.　概要 ･･ 1
2.　一般事項 ･･ 1
2.1　配置概要 ･･･ 1
2.2　構造計画 ･･･ 3
3.　ボンベ設備の耐震評価 ･･････････････････････････････････････ 7
3.1.1　評価方針 ･･･ 7
3.1.1　応力評価 ･･･ 7
3.1.2　転倒評価及び波及的影響評価 ･･････････････････････････ 7
4.　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ ････････････････････････････ 9
4.1　評価方針 ･･･ 9
4.2　適用基準 ･･･ 10
4.3　記号の説明 ･･･ 10
4.4　評価部位 ･･･ 11
4.5　固有周期 ･･･ 12
4.5.1　固有値解析方法 ･････････････････････････････････････ 12
4.5.2　解析モデル及び諸元 ･･････････････････････････････････ 12
4.5.3　固有値解析結果 ･････････････････････････････････････ 15
4.6　応力評価 ･･･ 16
4.6.1　応力評価方法（溶接部） ･･････････････････････････････ 16
4.6.2　荷重の組合せ及び許容応力 ････････････････････････････ 16
4.6.3　設計用地震力 ･･ 20
4.6.4　計算方法 ･･･ 21
4.6.5　計算条件 ･･･ 24
4.6.6　応力の評価 ･･･ 25
4.6.7　応力評価結果 ･･ 26
5.　中央制御室待避室空気ボンベユニット ････････････････････････ 31
5.1　評価方針 ･･･ 31
5.2　適用基準 ･･･ 32
5.3　記号の説明 ･･･ 32
5.4　評価部位 ･･･ 33
5.5　固有周期 ･･･ 34
5.5.1　固有値解析方法 ･････････････････････････････････････ 34
5.5.2　解析モデル及び諸元 ･･････････････････････････････････ 34
5.5.3　固有値解析結果 ･････････････････････････････････････ 37
5.6　応力評価 ･･･ 38
5.6.1　応力評価方法（溶接部） ･･････････････････････････････ 44

NT2 補③ V-2-別添 3-4 R1

5.6.2　荷重の組合せ及び許容応力 ･･････ 38
5.6.3　設計用地震力 ･･････ 42
5.6.4　計算方法 ･･････ 43
5.6.5　計算条件 ･･････ 48
5.6.6　応力の評価 ･･････ 49
5.6.7　応力評価結果 ･･････ 50
6.　第二弁操作室空気ボンベユニット ･･････ 55
6.1　評価方針 ･･････ 55
6.2　適用基準 ･･････ 56
6.3　記号の説明 ･･････ 56
6.4　評価部位 ･･････ 57
6.5　固有周期 ･･････ 58
6.5.1　固有値解析方法 ･･････ 58
6.5.2　解析モデル及び諸元 ･･････ 58
6.5.3　固有値解析結果 ･･････ 61
6.6　応力評価 ･･････ 62
6.6.1　応力評価方法（溶接部） ･･････ 62
6.6.2　荷重の組合せ及び許容応力 ･･････ 62
6.6.3　設計用地震力 ･･････ 66
6.6.4　計算方法 ･･････ 67
6.6.5　計算条件 ･･････ 72
6.6.6　応力の評価 ･･････ 73
6.6.7　応力評価結果 ･･････ 74
7.　緊急時対策所加圧設備 ･･････ 78
7.1　評価方針 ･･････ 78
7.2　適用基準 ･･････ 78
7.3　記号の説明 ･･････ 78
7.4　評価部位 ･･････ 78
7.5　固有周期 ･･････ 79
7.5.1　固有値解析方法 ･･････ 79
7.5.2　解析モデル及び諸元 ･･････ 79
7.5.3　固有値解析結果 ･･････ 83
7.6　応力評価 ･･････ 84
7.6.1　応力評価方法 ･･････ 84
7.6.2　荷重の組合せ及び許容応力 ･･････ 84
7.6.3　設計用地震力 ･･････ 86
7.6.4　応力評価結果 ･･････ 87

1.　概要

本計算書は，添付書類「Ｖ-2-別添 3-1　可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」（以下「別添 3-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備が，地震後において，基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対し，十分な構造強度を有するとともに，転倒しないこと及び他設備に波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は，応力評価，転倒評価及び波及的影響評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

ボンベ設備は，別添 3-1 の「2.1　評価対象設備」のうち，構造計画に示すとおり，原子炉建屋原子炉棟，原子炉建屋付属棟及び緊急時対策所建屋に保管する。これらの保管場所を図 2-1 に示す。

図 2-1　ボンベ設備の保管場所位置図

2.2　構造計画

ボンベ設備の構造は，別添 3-1 の「2.1　評価対象設備」に示す構造計画としており，ボンベ設備の構造概要を表 2-1 に，ボンベ設備の構造計画を表 2-2 から表 2-4 に示す。

表2-1　ボンベ設備の構造

設備名称	計画の概要		表番号
	主体構造	支持構造	
【床置形】 ・非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベＡ系 ・非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベＢ系 ・非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベＡ系 ・非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベＢ系 ・中央制御室待避室 空気ボンベユニット ・第二弁操作室 空気ボンベユニット	ボンベ設備は，ボンベ（窒素ボンベ及び空気ボンベ）及びボンベラック等により構成する。	ボンベは容器として十分な強度を有する構造とし，取付ボルトによりボンベラックに固定し，ボンベラックは床の後打ちアンカープレートに溶接し据え付ける。	表2-2
【壁掛床置形】 ・中央制御室待避室 空気ボンベユニット ・第二弁操作室 空気ボンベユニット	ボンベ設備は，空気ボンベ及びボンベラック等により構成する。	ボンベは容器として十分な強度を有する構造とし，取付ボルトによりボンベラックに固定し，ボンベラックは壁の後打ちアンカープレートに据え付ける。	表2-3
【カードル形】 緊急時対策所加圧設備	緊急時対策所加圧設備は，空気ボンベ及びボンベカードルフレーム等により構成する。	ボンベは容器として十分な強度を有する構造とし，取付ボルトによりボンベカードルフレームに固定し，カードルフレームを床の後打ちアンカープレートに溶接し据え付ける。	表2-4

表 2-2　構造計画

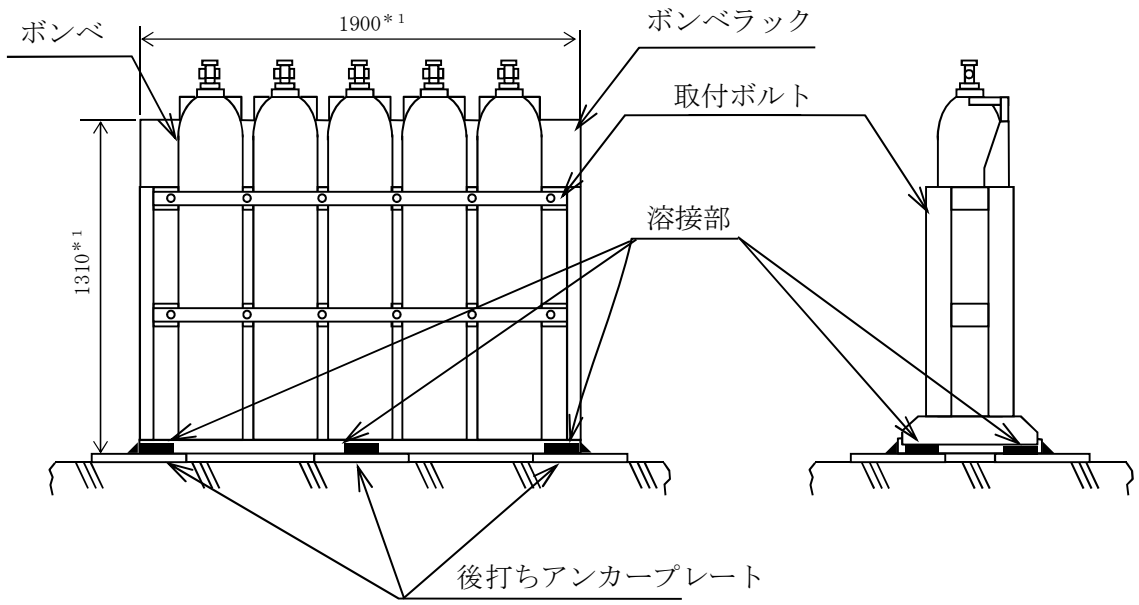
計画の概要		概略構造図（床置形）
基礎・支持構造	主体構造	
ボンベ設備は，床の埋込金物又は後打ちアンカープレートに溶接し固定する。	ボンベ	 注記　*1：最大の非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ（本設）の外形寸法を示す。 （単位：mm）

表 2-3　構造計画

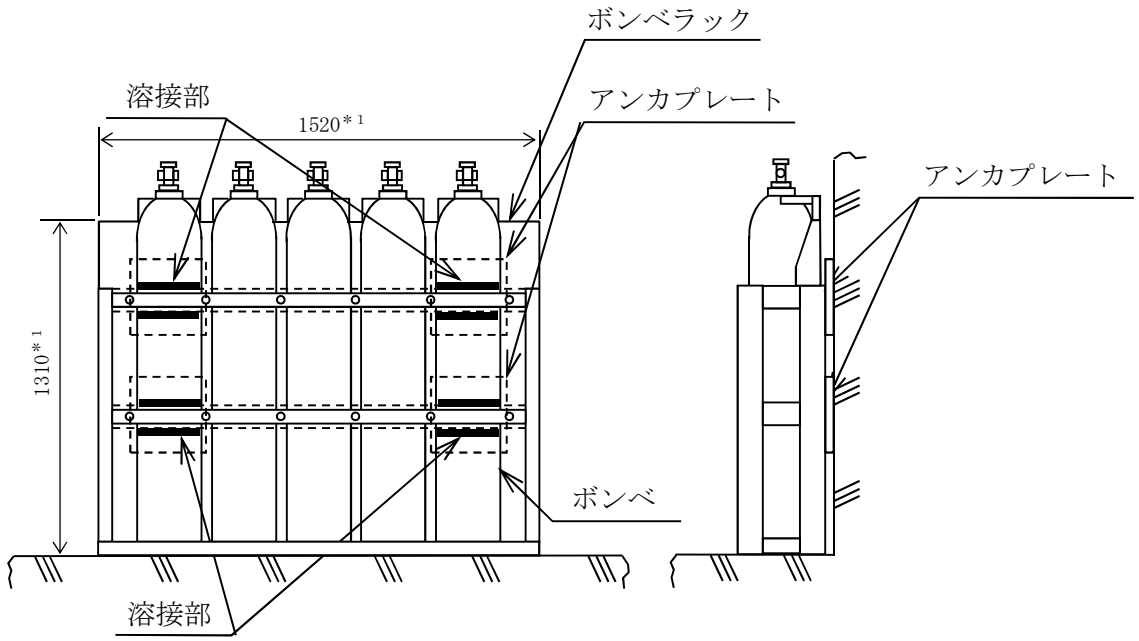
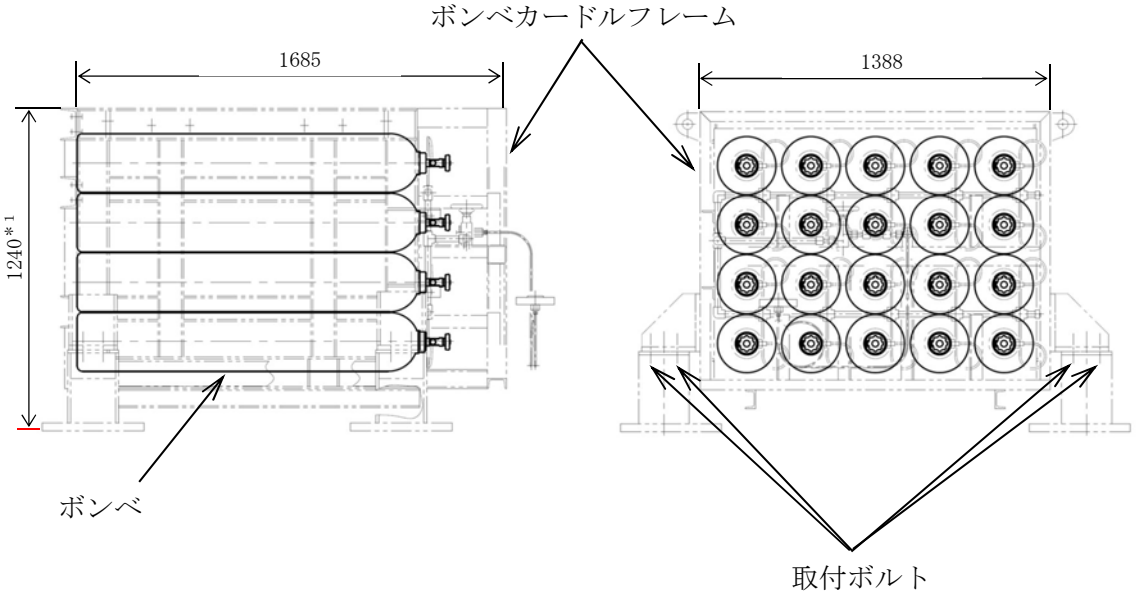
計画の概要		概略構造図（壁掛床置形）
基礎・支持構造	主体構造	
ボンベ設備は，壁に施工する後打ちアンカープレートに溶接し固定する。	ボンベ	 （単位：mm） 注記　＊1：最大の中央制御室待避室空気ボンベユニットの外形寸法を示す。

表 2-4　構造計画

計画の概要		概略構造図（カードル形）
基礎・支持構造	主体構造	
ボンベカードルフレームは支持架構に取付ボルトにより固定され、ボンベカードルフレーム及び支持架構を取付ボルトにより床に据え付ける。	ボンベ	 （単位：mm）

3. ボンベ設備の耐震評価

3.1　評価方針

ボンベ設備の評価方針を以下に示し，耐震評価フローを図3-1に示す。

3.1.1　応力評価

ボンベ設備は，別添 3-1 の「2.2.2　ボンベ設備」に示す応力評価の方針に従い，各ボンベ設備ごとに示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるアンカープレートの溶接部（ボンベ設備（床置形及び壁掛床置形)），取付ボルト及びカードルフレーム（ボンベ設備（カードル形)）について実施する。

ボンベ設備の応力評価は，各ボンベ設備ごとに示すに示す応力評価の方法に基づき，ボンベ設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

3.1.2　転倒評価及び波及的影響評価

ボンベ設備は，別添3-1の「2.2.2　ボンベ設備」に示す転倒評価及び波及的影響評価の方針に従い評価を実施する。

ボンベ設備の転倒評価及び波及的影響評価は，基準地震動S_sによる地震力に対し，ボンベを収容するボンベラックを後打ちアンカープレートに固定する溶接部，カードルを床面に固定する取付ボルト及びカードルフレームが，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留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ことで，転倒しないこと及び転倒による他設備への波及的影響がないことを確認する。

具体的には，各設備ごとに設定する評価部位において，算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを計算にて求め，求めた応力が許容応力以下であることを確認することで実施する。

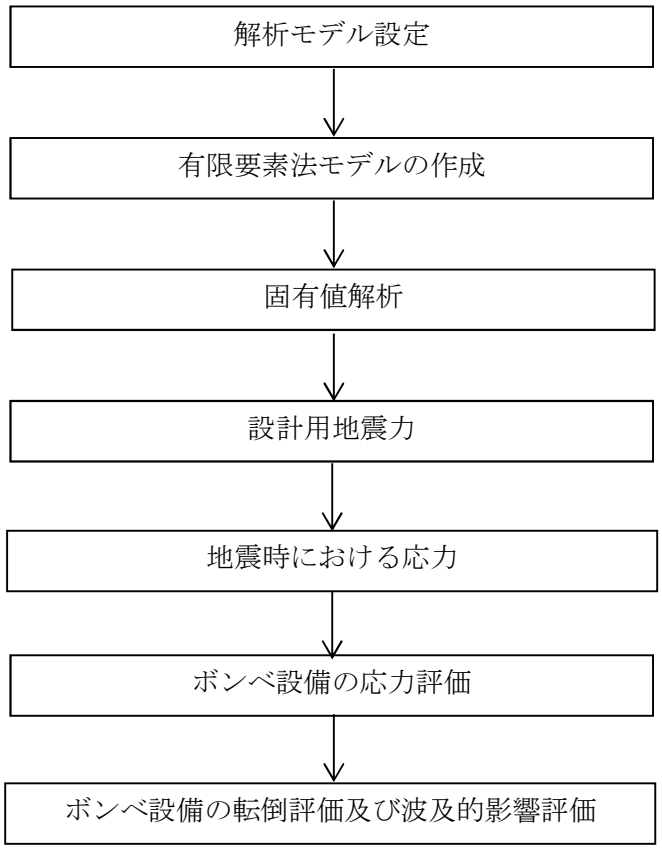


図 3-1　ボンベ設備の耐震評価フロー

4.　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ

4.1　評価方針

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備を含む。以下同じ。）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」の「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの部位を踏まえ「4.4　評価部位」にて設定する箇所において，「4.5　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等が許容限界内に収まることを，「4.6　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「4.6.7　評価結果」に示す。

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震評価フローを図 3-1 に示す。

4.2　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984，ＪＥＡＧ４６０１－1987及びＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版）（日本電気協会　電気技術基準調査委員会　昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6月）

(2)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007）（日本機械学会2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

4.3　記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A_{HW}	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積	mm^2
A_{VW}	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
F *	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa
F_{HW}	溶接部に作用する水平方向せん断力	N
F_{VW}	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	N
f_s *	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
ℓ_2	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
m	ボンベユニット質量	kg
n_{VW}	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	－
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
τ_W	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{W1}	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ_{W2}	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
S	溶接部の脚長	mm
Lw	溶接長（１か所当たり）	mm

注記　＊：「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007）（日本機械学会　2007年9月）をいう。

4.4　評価部位

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震評価は,「4.6　応力評価」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの評価部位については，表 2-2 の概略構造図に示す。

4.5　固有周期

4.5.1　固有値解析方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは，4.5.2　解析モデル及び諸元に示す3次元シェル及びはりモデルとして考える。

4.5.2　解析モデル及び諸元

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの解析モデルを図4-1及び図4-2に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表4-1及び表4-2に示す。

(1)　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの質量は，ボンベ及びボンベラックに密度として与える。

(2)　拘束条件は，ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。

(3)　解析コードは，「ＡＢＡＱＵＳ」を使用し固有値を求める。なお，評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ｖ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

図 4-1　解析モデル（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット）

図4-2　解析モデル（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)）

表4-1　機器諸元（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット）

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	750
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	66
縦弾性係数（架台）	E	MPa	198720
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	198720
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	200360
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	32109
節点数	－	個	33678

表4-2　機器諸元（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備））

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	720
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	66
縦弾性係数（架台）	E	MPa	198720
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	198720
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	200360
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	30075
節点数	－	個	31552

4.5.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

1 次モードは，水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-3　固有値解析結果（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット）

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.045	水平

表 4-4　固有値解析結果（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備））

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.044	水平

4.6　応力評価

(1)　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。

(2)　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは，床に設置されたアンカプレートに溶接で固定する。

(3)　地震力は非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

4.6.2　荷重の組合せ及び許容応力

(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 及び表 4-6 に示す。

(2)　許容応力

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの許容応力を表 4-7 に示す。

(3)　使用材料の許容応力評価条件

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの使用材料の許容応力評価条件を表 4-8 に示す。

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備）の使用材料の許容応力評価条件を表 4-9 に示す。

表 4-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	制御用空気設備	非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット	－	－*	$D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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 4-6　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	制御用空気設備	非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備）	－	－*	$D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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 4-7　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2
	一次応力
	組合せ
$\mathrm{IV_A S}$	$1.5 \cdot f_t$*

注記　＊1：f_t*は，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy（RT）を1.2･Sy及び1.2･Sy（RT）と読み替えて算出した値（ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3133)。ただし，Sy及び0.7･Suのいずれか小さい方の値とする。

＊2：ＪＥＡＧ４６０１・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 4-8　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット）

評価部材	材料	温度条件 （℃）		Ｓｙ （MPa）	Ｓｕ （MPa）	Ｓｙ（ＲＴ） （MPa）
溶接部 （アンカープレート）	SS400 （16mm＜厚さ*≦40mm）	周囲環境温度	66	225	385	－

注記　＊：母材寸法を示す。

表 4-9　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット（予備））

評価部材	材料	温度条件 （℃）		Ｓｙ （MPa）	Ｓｕ （MPa）	Ｓｙ（ＲＴ） （MPa）
溶接部 （アンカープレート）	SS400 （16mm 以下*）	周囲環境温度	66	234	385	－

注記 ＊：母材寸法を示す。

4.6.3　設計用地震力

基準地震動Ｓ$_s$による地震力は，添付書類「Ｖ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-10　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 （ｓ）	基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
[redacted] EL.　20.3*	0.045	C_H=1.34	C_V=1.01

注記　＊：基準床レベルを示す。

表 4-11　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 （ｓ）	基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
[redacted] EL 20.3*	0.044	C_H=1.34	C_V=1.01

注記　＊：基準床レベルを示す。

4.6.4　計算方法

溶接部の応力は，地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力について計算する。

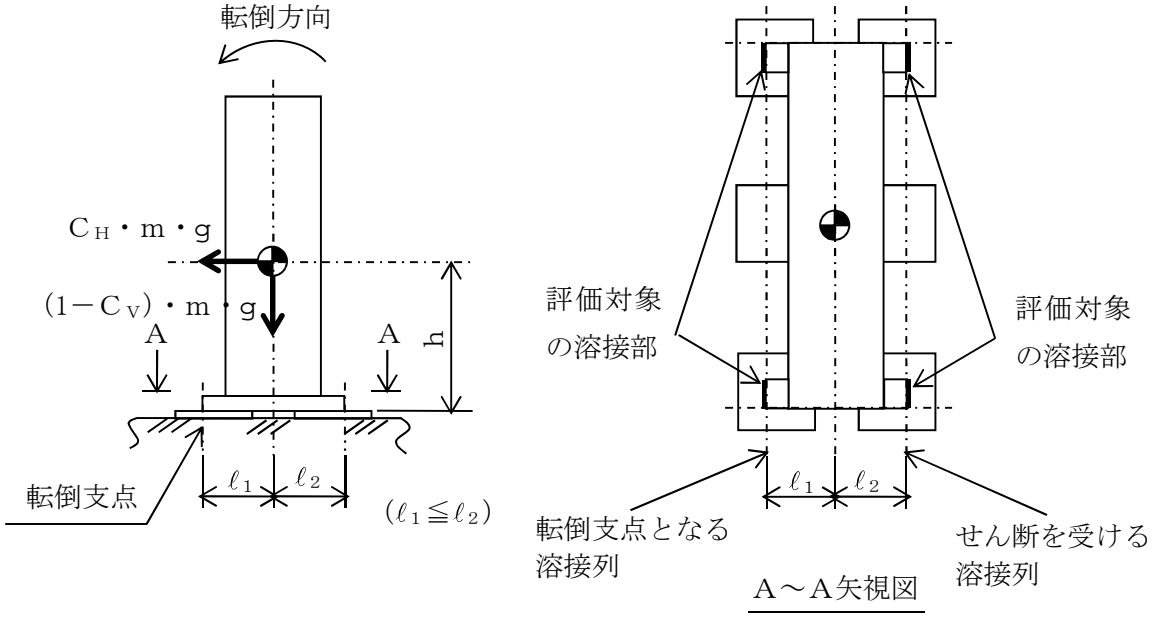


図 4-3　計算モデル

（短辺方向転倒－1　（1－C_V）≧0 の場合）

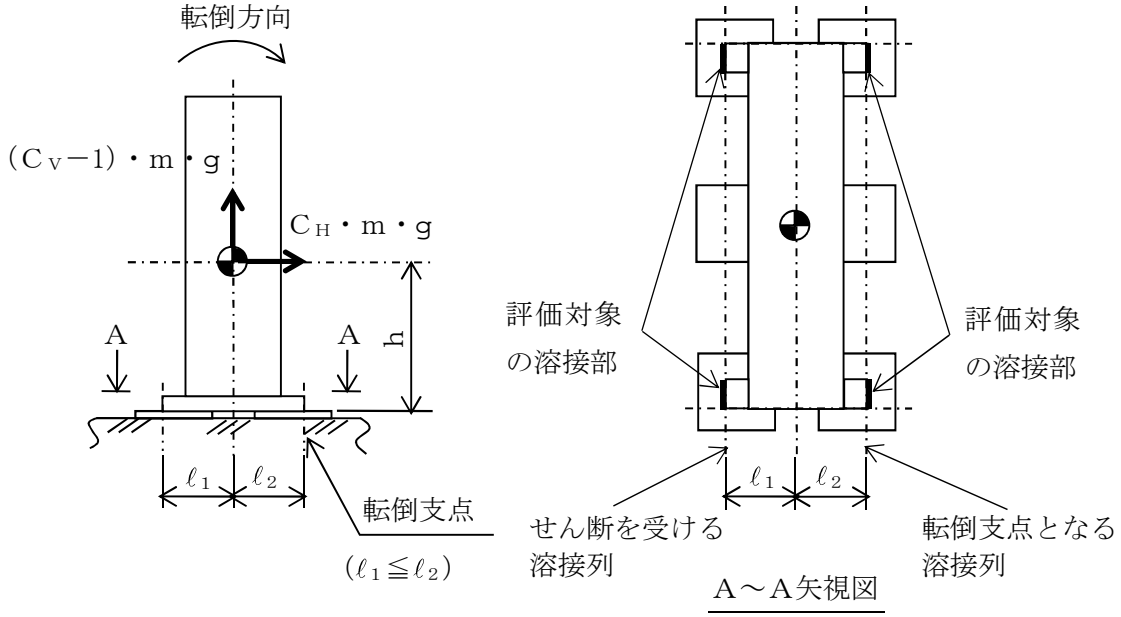


図 4-4　計算モデル

（短辺方向転倒－2　（1－C_V）＜0 の場合）

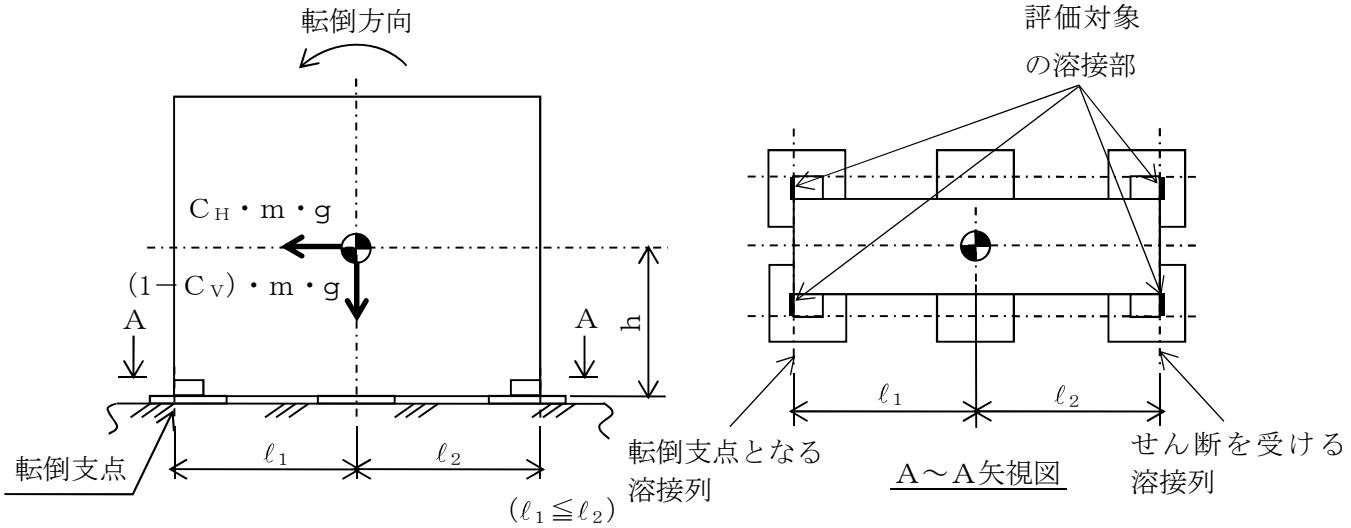


図 4-5　計算モデル

（長辺方向転倒－1　（1－C_V）≧0 の場合）

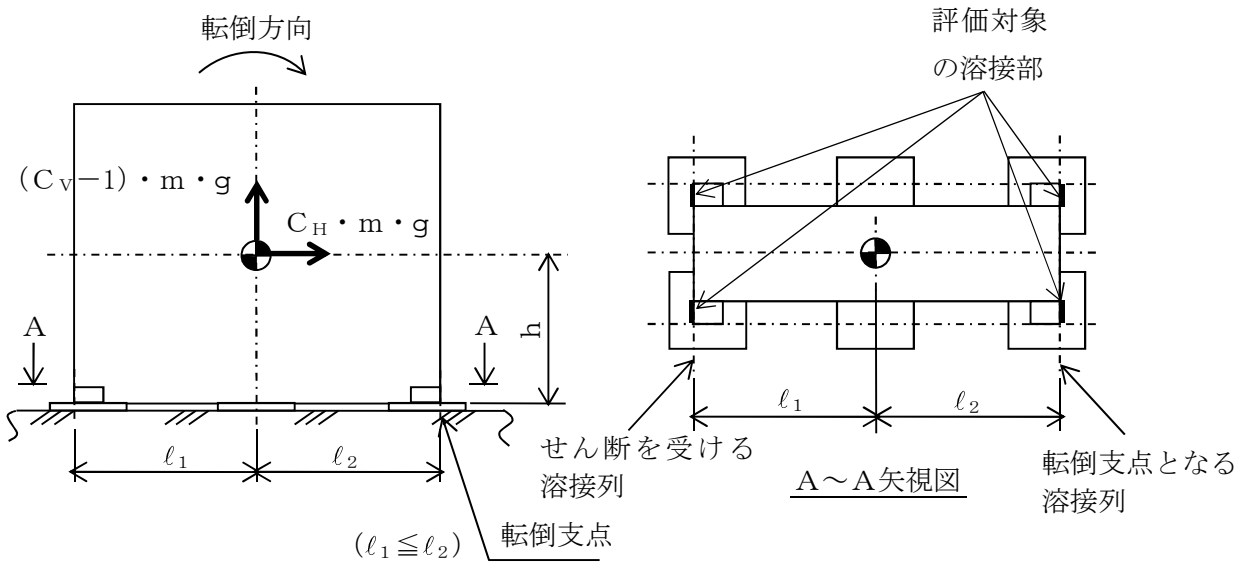


図 4-6　計算モデル

（長辺方向転倒－2　（1－C_V）＜0 の場合）

(1)　水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力（F_{HW}）

$$F_{HW}=C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots \quad (4.6.4.1)$$

水平方向せん応力（τ_{W1}）

$$\tau_{W1}=\frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \cdots\cdots \quad (4.6.4.2)$$

(2)　鉛直せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として，図4-3から図4-6で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力（F_{VW}）

計算モデル図4-3及び4-4の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_1}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (4.6.4.3)$$

計算モデル図4-5及び4-6の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_2}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (4.6.4.4)$$

鉛直方向せん断応力（τ_{W2}）

$$\tau_{W2}=\frac{F_{VW}}{A_{VW}} \quad \cdots\cdots \quad (4.6.4.5)$$

(3)　溶接部の応力

τ_W＝Max{水平方向せん断応力(τ_{W1})，鉛直方向せん断応力(τ_{W2})}　……　(4.6.4.6)

せん断を受ける溶接部の有効断面積

$A_{VW}=(S/\sqrt{2}) \times L_W$　……　(4.6.4.7)

4.6.5　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.6.6　応力の評価

4.6.4.1項で求めた溶接部のせん断応力τ_wは許容せん断応力 f_s 以下であること。

	基準地震動S_sによる 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_s	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

4.6.7　応力評価結果

4.6.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	水平方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット	－	[redacted] EL. 20.3*1	0.045	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	66

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	A_{vw}* (mm²)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	750	664	275	325	424.3	225	385	121

部材	n_{vw}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	－	2	－	短辺

＊：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw＝ (S/√2) ×Lw

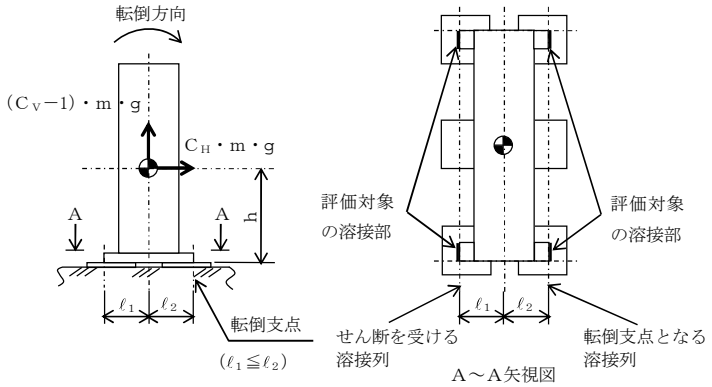
S ：脚長

Lw：溶接長（1か所当たり）

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F_{vw}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	－	5.473×10^3



1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力

（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	τ_w＝13	f_s＝70

すべて許容応力以下である。

【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット (予備)	－	[redacted] EL 20.3*1	0.044	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	66

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット (予備)

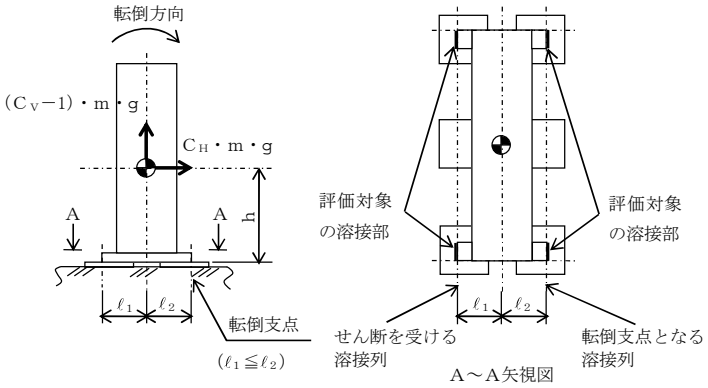
部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	A_{VW}* (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	720	667	275	325	424.3	234	385	121

部材	n_{VW}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	－	2	－	短辺

＊：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw＝ (S/√2) ×Lw

S ：脚長

Lw：溶接長 (1か所当たり)



1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F_{VW}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	－	5.278×10^3

1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力　　（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	τ_w＝13	f_s＝70

すべて許容応力以下である。

5. 中央制御室待避室空気ボンベユニット

5.1　評価方針

中央制御室待避室空気ボンベユニットの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す中央制御室待避室空気ボンベユニットの部位を踏まえ「5.4　評価部位」にて設定する箇所において，「5.5　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等が許容限界内に収まることを，「5.6　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.6.7　応力評価結果」に示す。

中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価フローについては図 3-1 に示す。

5.2　適用基準

適用基準については，非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2　適用基準」に示す。

5.3　記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A_{HW}	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（全箇所当たり）	mm^2
A_{VW}	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
A_W	溶接部の有効断面積（1箇所当たり）（壁掛床置形）	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
F *	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa
F_{HW}	溶接部に作用する水平方向せん断力	N
F_{VW}	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	N
F_{W1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力（壁掛床置形）	N
F_{W2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(水平方向転倒)(壁掛床置形)	N
F_{W3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(鉛直方向転倒)(壁掛床置形)	N
F_W	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力（壁掛床置形）	N
f_s *	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
ℓ_2	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
ℓ_3	重心と下側溶接部間の距離（壁掛床置形）	mm
ℓ_4	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離（壁掛床置形）	mm
ℓ_5	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離（壁掛床置形）	mm
m	ボンベユニット質量	kg
n	溶接個所数（壁掛床置形）	－
n_{VW}	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	－
n_{VW1}	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接個所数（壁掛床置形）	－
n_{HW1}	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接個所数（壁掛床置形）	－
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

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
τ_{w}	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w1}	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ_{w2}	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（壁掛床置形）	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力（壁掛床置形）	MPa
S	溶接部の脚長	mm
Lw	溶接長（１か所当たり）	mm

注記　＊:「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。)）ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007)（日本機械学会　2007 年 9 月）をいう。

5.4　評価部位

中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価は，「5.6　応力評価」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価部位については，表 2-2 及び表 2-3 の概略構造図に示す。

5.5　固有周期

5.5.1　固有値解析方法

中央制御室待避室空気ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　中央制御室待避室空気ボンベユニットは，5.5.2　解析モデル及び諸元に示す三次元シェル及びはりモデルとして考える。

5.5.2　解析モデル及び諸元

中央制御室待避室空気ボンベユニットの解析モデルを図 5-1 及び図 5-2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

(1)　中央制御室待避室空気ボンベユニットの質量は，ボンベ及びボンベラックに密度として与える。

(2)　拘束条件は，ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。

(3)　解析コードは，「ＡＢＡＱＵＳ」を使用し固有値を求める。なお，評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ｖ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

図 5-1　解析モデル（中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形））

図5-2　解析モデル（中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)）

表5-1　機器諸元（中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形））

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	700
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	66
縦弾性係数（架台）	E	MPa	198720
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	198720
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	200360
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	28433
節点数	－	個	29834

表5-2　機器諸元（中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形））

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	650
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	66
縦弾性係数（架台）	E	MPa	198720
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	198720
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	200360
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	23807
節点数	－	個	24950

5.5.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 5-3 及び表 5-4 に示す。

1 次モードは，水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 5-3　固有値解析結果（中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形））

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.042	水平

表 5-4　固有値解析結果（中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形））

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.042	水平

5.6　応力評価

(1)　中央制御室待避室空気ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。

(2)　中央制御室待避室空気ボンベユニットは，床または壁に設置されたアンカプレートに溶接で固定する。

(3)　地震力は中央制御室待避室空気ボンベユニットに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.6.1　荷重の組合せ及び許容応力

(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室待避室空気ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 及び表 5-6 に示す。

(2)　許容応力

中央制御室待避室空気ボンベユニットの許容応力を表 5-7 に示す。

(3)　使用材料の許容応力評価条件

中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形）及び中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形）の使用材料の許容応力評価条件を表 5-8 に示す。

表 5-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形）	－	－*	$D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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 5-6　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形）	－	－*	$D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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 5-7　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2
	一次応力
	組合せ
$\mathrm{IV_A S}$	$1.5 \cdot f_t$*

注記　＊1：f_t*は，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy（RT）を1.2･Sy及び1.2･Sy（RT）と読み替えて算出した値（ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3133)。ただし，Sy及び0.7･Suのいずれか小さい方の値とする。

＊2：ＪＥＡＧ４６０１・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 5-8　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
溶接部 （アンカープレート）	SS400 （16mm 以下*）	周囲環境温度	66	234	385	－

注記　＊母材寸法を示す。

5.6.3　設計用地震力

基準地震動Ｓ$_s$による地震力は，添付書類「Ｖ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-9 及び表 5-10 に示す。

表 5-9　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形））

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 （ｓ）	基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
[redacted] EL.　29.0*	0.042	C_H=1.55	C_V=1.17

注記　＊：基準床レベルを示す。

表 5-10　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 （ｓ）	基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
[redacted] EL.　29.0*	0.042	C_H=1.55	C_V=1.17

注記　＊：基準床レベルを示す。

5.6.4　計算方法

溶接部の応力は，地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力について計算する。

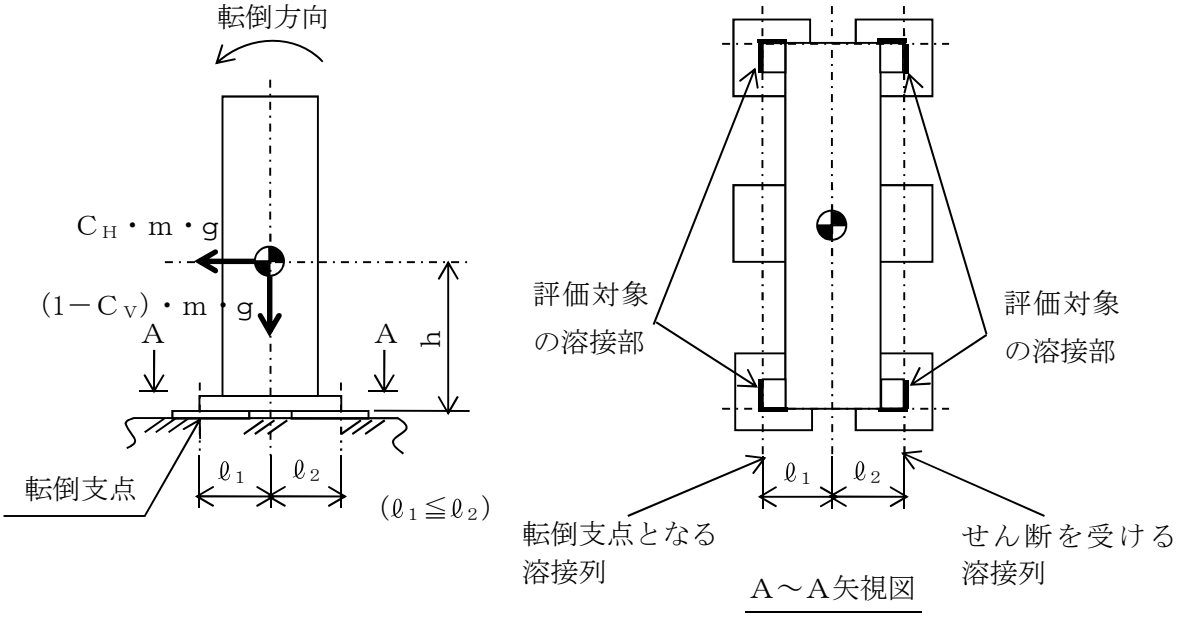


図 5-3　計算モデル

（床置形　短辺方向転倒－1　（$1-C_V$）≧0 の場合）

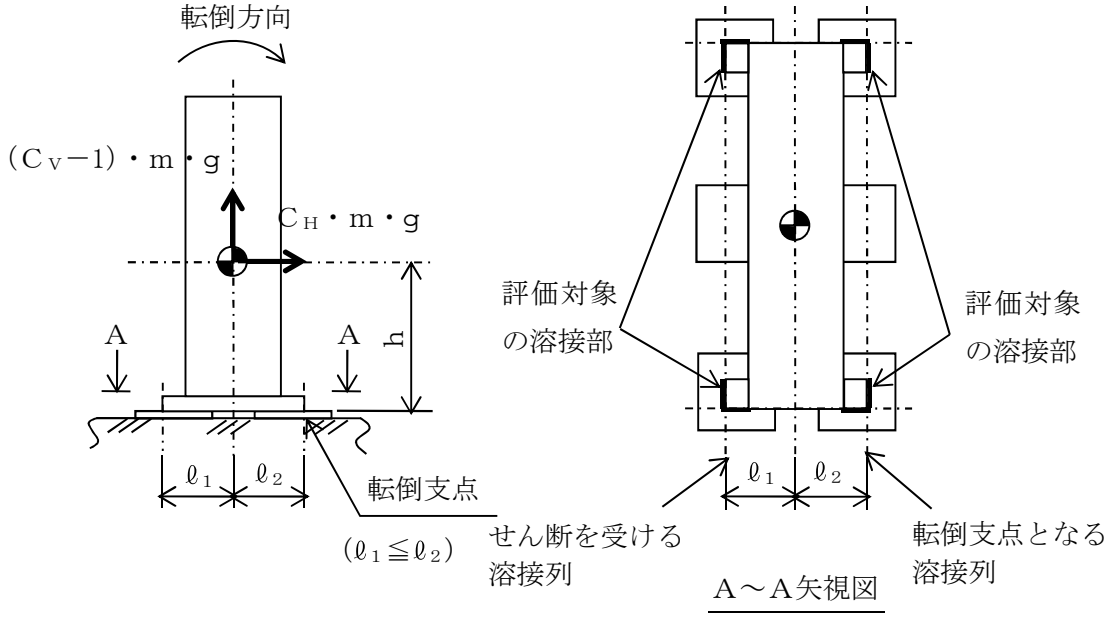


図 5-4　計算モデル

（床置形　短辺方向転倒－2　（$1-C_V$）＜0 の場合）

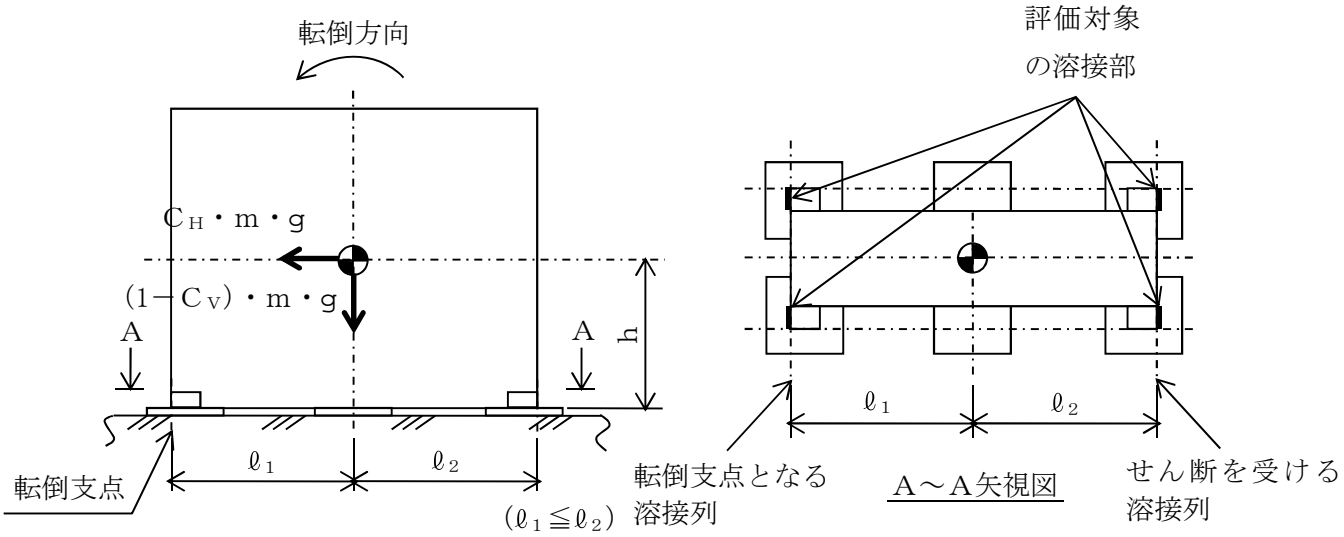


図 5-5　計算モデル

（床置形　長辺方向転倒－1　（1－C_V）≧0 の場合）

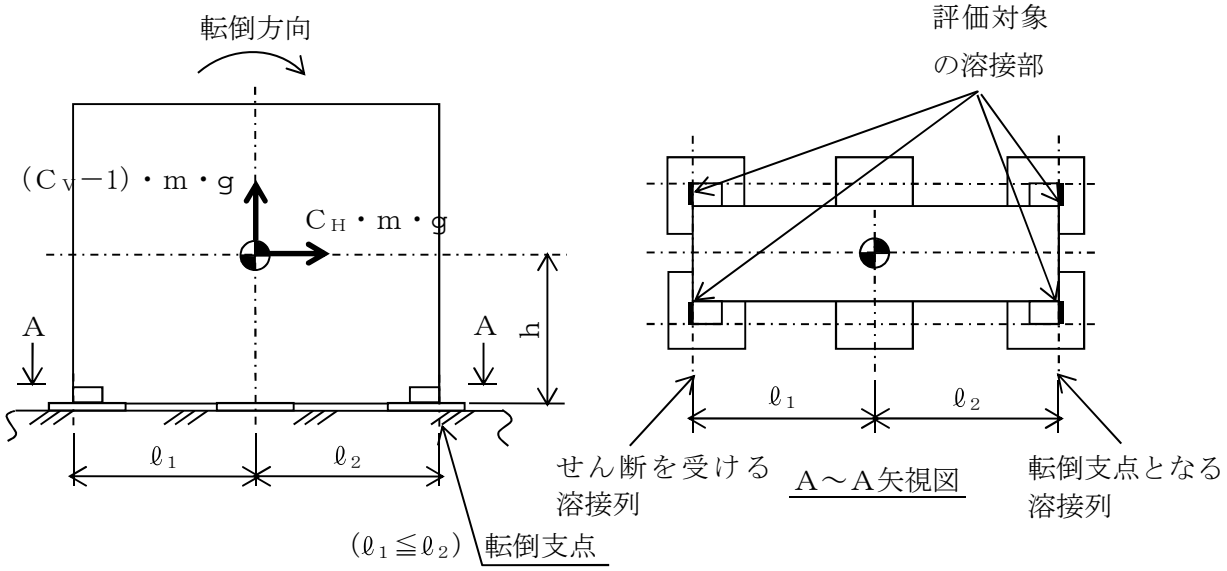


図 5-6　計算モデル

（床置形　長辺方向転倒－2　（1－C_V）＜0 の場合）

(1)　水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力（F_{HW}）

$$F_{HW}=C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.1)$$

水平方向せん応力（τ_{W1}）

$$\tau_{W1}=\frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.2)$$

(2)　鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として，図5-3から図5-6で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力（F_{VW}）

計算モデル図5-3及び5-4の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_1}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.3)$$

計算モデル図5-5及び5-6の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_2}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.4)$$

鉛直方向せん断応力（τ_{W2}）

$$\tau_{W2}=\frac{F_{VW}}{A_{VW}} \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.5)$$

(3)　溶接部の応力

τ_W＝Max{水平方向せん断応力(τ_{W1}),鉛直方向せん断応力(τ_{W2})}　……　(5.6.4.6)

せん断を受ける溶接部の有効断面積A_{HW}，A_{VW}

$$A_{VW}=(S/\sqrt{2}) \times Lw \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.7)$$

$$A_{VW}=(S/\sqrt{2}) \times Lw \quad \cdots\cdots \quad (5.6.4.7)$$

5.6.4.1.2　中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形）　溶接部の応力

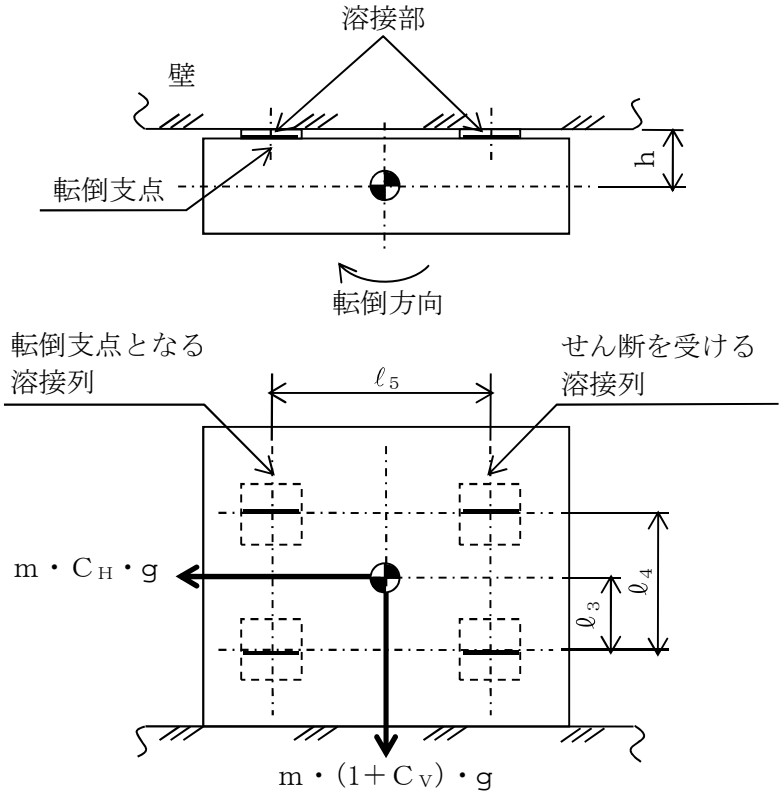


図 5-7　計算モデル
（壁掛床置形　水平方向転倒の場合）

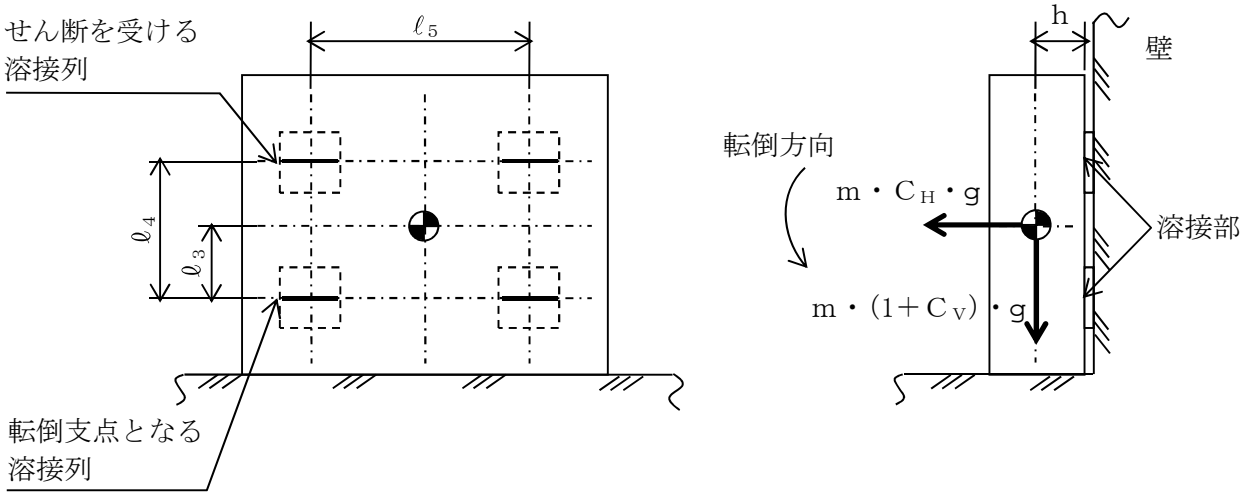


図 5-8　計算モデル
（壁掛床置形　鉛直方向転倒の場合）

(1)　ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力（F_{W1}）

$$F_{W1}=\sqrt{(m\cdot C_H\cdot g)^2+(m\cdot(1+C_V)\cdot g)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.8)$$

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（τ_{W3}）

$$\tau_{W3}=\frac{F_{W1}}{n\cdot A_W} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.9)$$

(2)　ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として，図5-7及び図5-8で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図5-7に示す水平方向転倒の場合のせん断力（F_{W2}）

$$F_{W2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{VW1}\cdot \ell_4}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{HW1}\cdot \ell_5} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.10)$$

計算モデル図5-8に示す鉛直方向転倒の場合のせん断力（F_{W3}）

$$F_{W3}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_3\cdot g}{n_{VW1}\cdot \ell_4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.11)$$

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_W=Max(F_{W2},\ F_{W3}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.12)$$

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力（τ_{W4}）

$$\tau_{W4}=\frac{F_W}{A_W} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.13)$$

(3)　溶接部の応力

τ_W＝Max{ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（τ_{W3}）

，ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力（τ_{W4}）}

$\cdots\cdots\cdots\cdots$ (5.6.4.14)

せん断を受ける溶接部の有効断面積

$$A_W=(S/\sqrt{2})\times L_W \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.15)$$

5.6.5　計算条件

5.6.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6.6　応力の評価

5.6.4.1項で求めた溶接部のせん断応力 τ_w は許容せん断応力 f_s 以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_s	$\dfrac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.7　応力評価結果

5.6.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室待避室空気ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形）の耐震性についての計算結果】

1　重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機　器　名　称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形）	—	[redacted] EL 29.0*1	0.042	—	—	C_H=1.55	C_V=1.17	66

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1　中央制御室待避室空気ボンベユニット（床置形）

部　　材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	A_{vw}* (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
溶接部（アンカープレート）	700	672	275	325	424.3	234	385	121

部　　材	n_{vw}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部（アンカープレート）	—	2	—	短辺

＊：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw＝（S/√2）×Lw

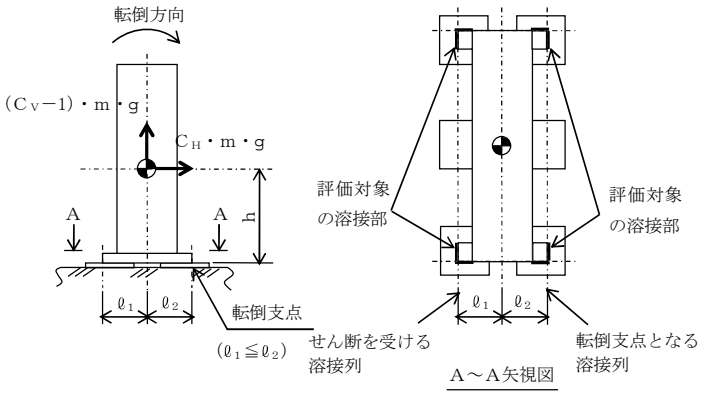
S　：脚長

Lw：溶接長（1か所当たり）

1.3 計算数値

1.3.1　溶接部に作用する力　　（単位：N）

部　　材	F_{vw}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部（アンカープレート）	—	6.275×10^3



1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力

（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	τ_w＝15	f_s＝70

すべて許容応力以下である。

【中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)	－	[redacted] EL 29.0*1	0.042	－	－	C_H=1.55	C_V=1.17	66

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 中央制御室待避室空気ボンベユニット（壁掛床置形）

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	A_W* (mm²)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
溶接部(アンカープレート)	650	182	294	595	1040	763.7	234	385	121

部材	n_{VW1}		n_{HW1}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部(アンカープレート)	－	2	－	2	－	鉛直方向

＊：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Aw＝（S/√2）×Lw

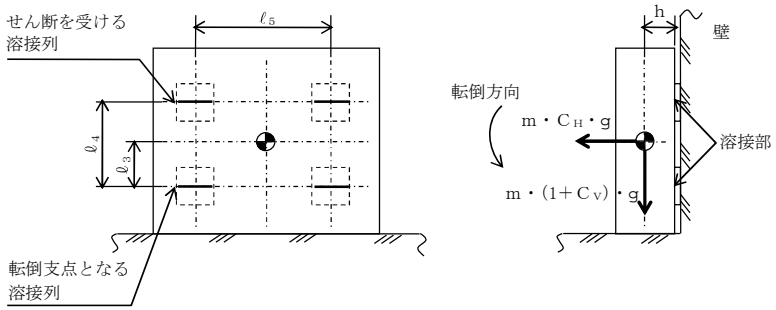
S ：脚長

Lw：溶接長（1か所当たり）

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 （単位：N）

部材	F_W	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部(アンカープレート)	－	4.557×10^3



1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力　　（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	τ_w＝6	f_s＝70

すべて許容応力以下である。

6.　第二弁操作室空気ボンベユニット

6.1　評価方針

第二弁操作室空気ボンベユニットの応力評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針 3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2 構造計画」にて示す第二弁操作室空気ボンベユニットの部位を踏まえ「6.4　評価部位」にて設定する箇所において，「6.5　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等が許容限界内に収まることを,「6.6　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.6.7　応力評価結果」に示す。

第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価フローを図 3-1 に示す。

NT2 補③V-2-別添 3-4 R1

6.2　適用基準

適用基準については，非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2　適用基準」に示す。

6.3　記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A_{HW}	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（全箇所当たり）	mm^2
A_{VW}	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
A_W	溶接部の有効断面積（1箇所当たり）（壁掛床置形）	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
F*	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa
F_{HW}	溶接部に作用する水平方向せん断力	N
F_{VW}	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	N
F_{W1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力（壁掛床置形）	N
F_{W2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(水平方向転倒)(壁掛床置形)	N
F_{W3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(鉛直方向転倒)(壁掛床置形)	N
F_W	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力（壁掛床置形）	N
f_s*	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
ℓ_2	重心と溶接部間の水平方向距離	mm
ℓ_3	重心と下側溶接部間の距離（壁掛床置形）	mm
ℓ_4	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離（壁掛床置形）	mm
ℓ_5	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離（壁掛床置形）	mm
m	ボンベユニット質量	kg
n	溶接個所数（壁掛床置形）	－
n_{VW}	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	－
n_{VW1}	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接個所数（壁掛床置形）	－
n_{HW1}	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接個所数（壁掛床置形）	－
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

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
τ_{w}	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w1}	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ_{w2}	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に生じるせん断応力（壁掛床置形）	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に生じるせん断応力（壁掛床置形）	MPa
S	溶接部の脚長	mm
Lw	溶接長（１か所当たり）	mm

注記　＊:「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。)）ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007)（日本機械学会　2007 年 9 月）をいう。

6.4　評価部位

第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価は，「6.6.1　応力評価方法（溶接部)」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価部位については，表 2-2 及び表 2-3 の概略構造図に示す。

6.5　固有周期

6.5.1　固有値解析方法

第二弁操作室空気ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　第二弁操作室空気ボンベユニットは,6.5.2　解析モデル及び諸元に示す3次元シェル及びはりモデルとして考える。

6.5.2　解析モデル及び諸元

第二弁操作室空気ボンベユニットの解析モデルを図6-1及び図6-2に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表6-1及び表6-2に示す。

(1)　第二弁操作室空気ボンベユニットの質量は，ボンベ及びボンベラックに密度として与える。

(2)　拘束条件は，ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。

(3)　解析コードは,「ＡＢＡＱＵＳ」を使用し，固有値を求める。なお，評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ｖ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

図 6-1　解析モデル（第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形））

図6-2　解析モデル（第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)）

表6-1　機器諸元（第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形））

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	592
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	50
縦弾性係数（架台）	E	MPa	200000
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	200000
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	24964
節点数	－	個	26185

表6-2　機器諸元（第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)）

項目	記号	単位	入力値
材質（架台）	－	－	SS400
材質（ボンベ）	－	－	STH12
材質（押えバー）	－	－	STKR400
質量	m	kg	552
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	50
縦弾性係数（架台）	E	MPa	200000
縦弾性係数（ボンベ）	E	MPa	200000
縦弾性係数（押えバー）	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	20776
節点数	－	個	21782

6.5.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 6-3 及び表 6-4 に示す。

1 次モードは，水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 6-3　固有値解析結果（第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形））

モード	固有周期（s）	卓越方向
1 次	0.042	水平

表 6-4　固有値解析結果（第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)）

モード	固有周期（s）	卓越方向
1 次	0.042	水平

6.6　応力評価

(1)　第二弁操作室空気ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。

(2)　第二弁操作室空気ボンベユニットは，床または壁に設置されたアンカプレートに溶接で固定する。

(3)　地震力は第二弁操作室空気ボンベユニットに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

6.6.2　荷重の組合せ及び許容応力

(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態

第二弁操作室空気ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 6-5 及び表 6-6 に示す。

(2)　許容応力

第二弁操作室空気ボンベユニットの許容応力を表 6-7 に示す。

(3)　使用材料の許容応力評価条件

第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）及び第二弁操作室空気ボンベユニット（壁掛床置形）の使用材料の許容応力評価条件を表 6-8 に示す。

表 6-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）	－	－*1	$D+S_s$*2	$Ⅳ_AS$

注記　＊1：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。

＊2：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 6-6　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	第二弁操作室空気ボンベユニット（壁掛床置形）	－	－*1	$D+S_s$*2	$Ⅳ_AS$

注記　＊1：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。

＊2：「$D+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 6-7　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界＊1，＊2，＊3
	一次応力
	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ$_s$＊

注記　＊1：f_s*は，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１　SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy（RT）を1.2･Sy及び1.2･Sy（RT）と読み替えて算出した値（ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１　SSB-3133)。ただし，Sy及び0.7･Suのいずれか小さい方の値とする。

＊2：ＪＥＡＧ４６０１・補－1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 6-8　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
溶接部（アンカープレート）	SS400（16mm 以下*）	周囲環境温度	50	241	394	－

注記　＊：母材寸法を示す。

6.6.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，添付書類「Ｖ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 6-9 及び表 6-10 に示す。

表 6-9　設計用地震力（重大事故等対処設備）

設備名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）	[redacted] EL. 14.0*1	0.042	0.05 以下*2	C_H＝1.13	C_V＝0.99

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は水平方向より小さくなる，算出を省略した。

表 6-10　設計用地震力（重大事故等対処設備）

設備名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
第二弁操作室空気ボンベユニット（壁掛床置形）	[redacted] EL. 20.3*1	0.042	0.05 以下*2	C_H＝1.34	C_V＝1.01

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は水平方向より小さくなる，算出を省略した。

6.6.4　計算方法

溶接部の応力は，地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力について計算する。

a.　第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）

(1)　水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力（F_{HW}）

$$F_{HW}=C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.1)$$

水平方向せん応力（τ_{W1}）

$$\tau_{W1}=\frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.2)$$

(2)　鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として，図6-3から図6-6で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力（F_{VW}）

計算モデル図6-3及び6-4の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_1}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.3)$$

計算モデル図6-5及び図6-6の場合のせん断力

$$F_{VW}=\frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1-C_V) \cdot \ell_2}{n_{VW} \cdot (\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.4)$$

鉛直方向せん断応力（τ_{W2}）

$$\tau_{W2}=\frac{F_{VW}}{A_{VW}} \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.5)$$

(3)　溶接部の応力

τ_W＝Max{水平方向せん断応力（τ_{W1}），鉛直方向せん断応力（τ_{W2}）}　・・・　(6.6.4.6)

せん断を受ける溶接部の有効断面積A_{HW}，A_{VW}

$$A_{HW}=A_{VW}=(S/\sqrt{2}) \times L_W \quad \cdots\cdots \quad (6.6.4.7)$$

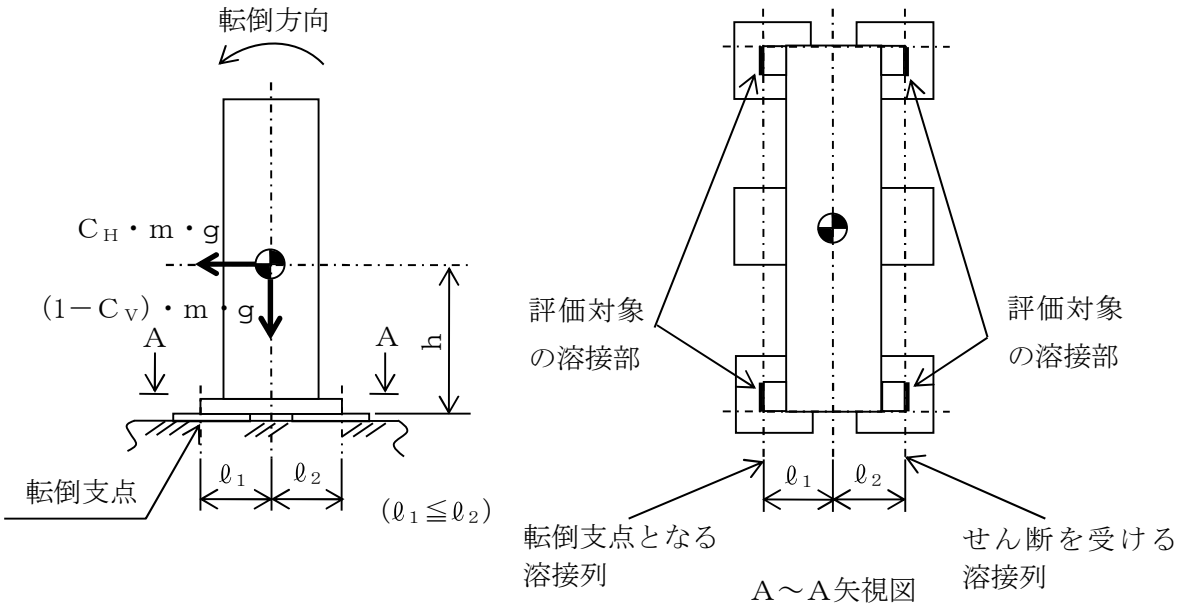


図 6-3　計算モデル

（床置形　短辺方向転倒－1　（1－C_V）≧0 の場合）

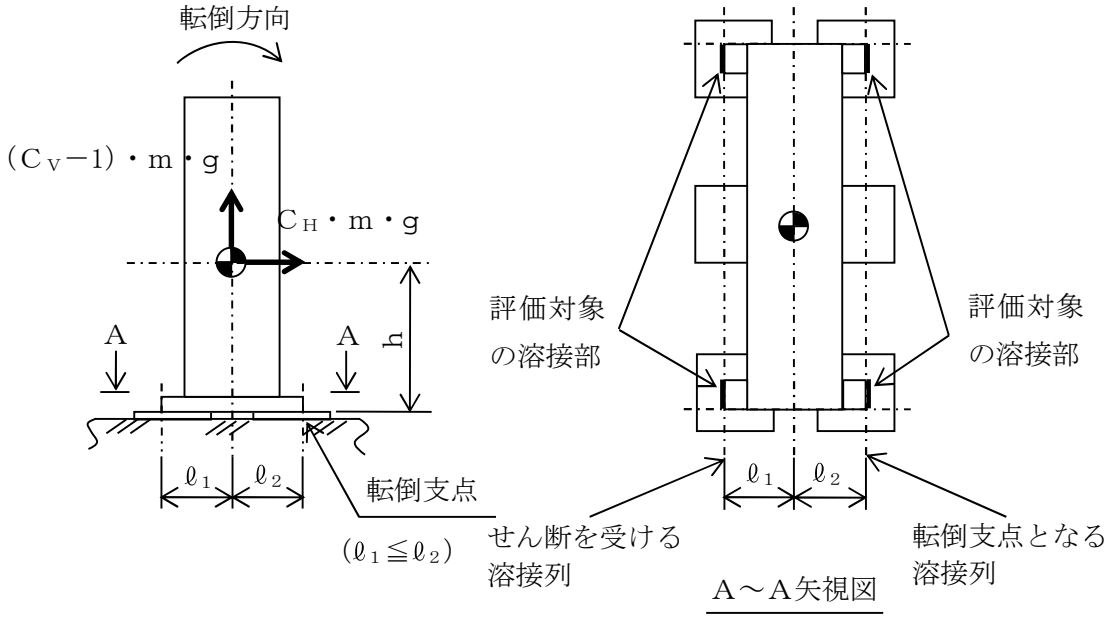


図 6-4　計算モデル

（床置形　短辺方向転倒－2　（1－C_V）＜0 の場合）

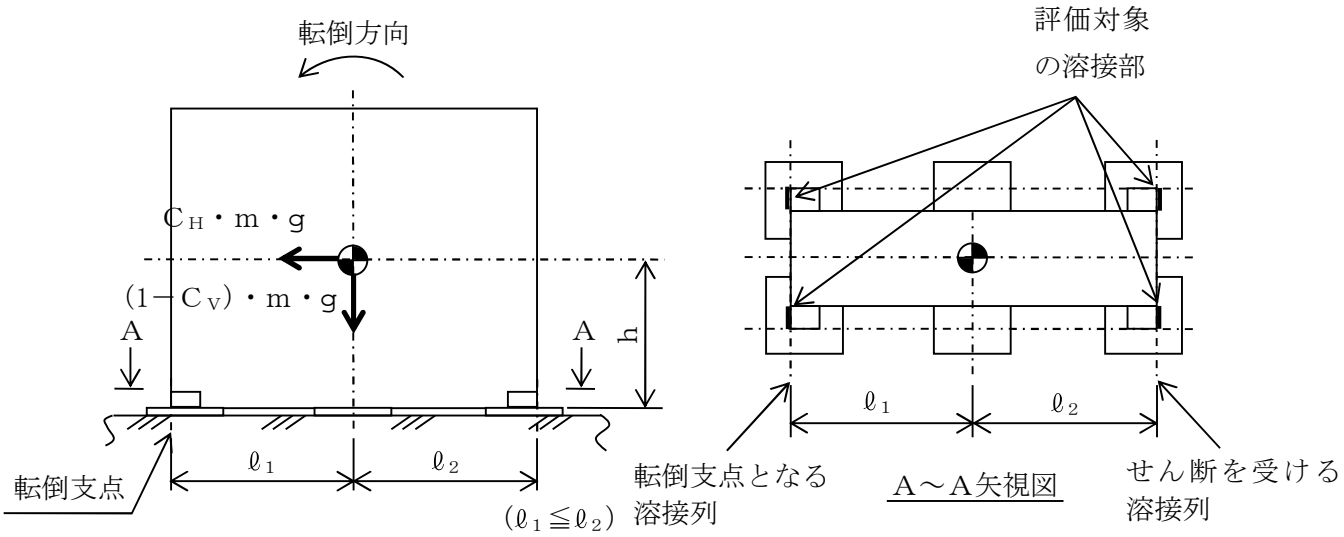


図 6-5　計算モデル

（床置形　長辺方向転倒－1　（1－C_V）≧0 の場合）

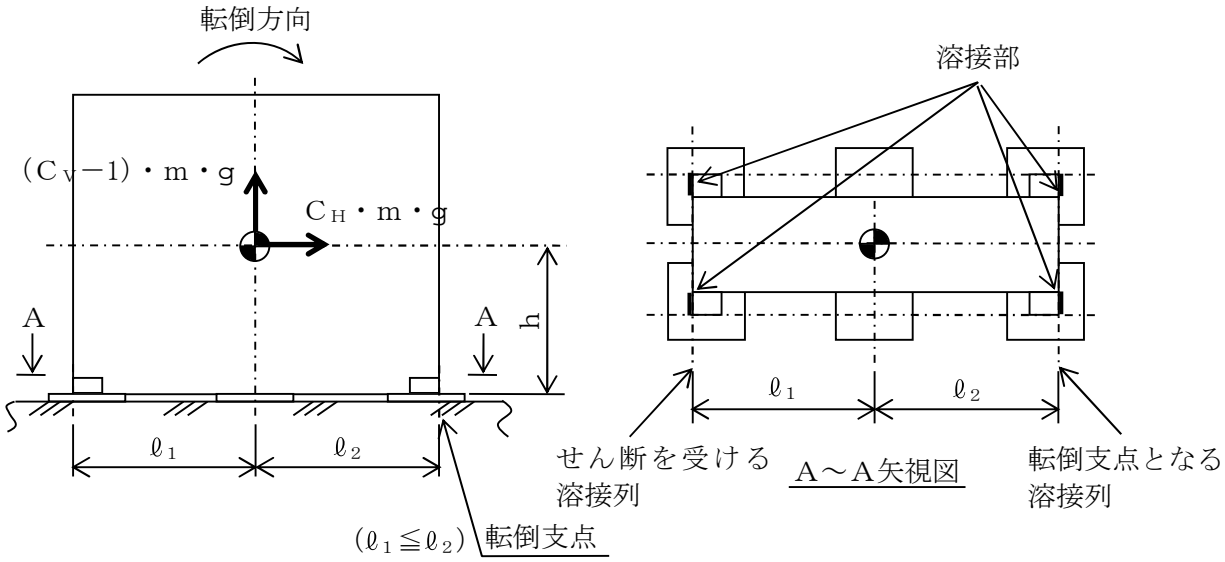


図 6-6　計算モデル

（床置形　長辺方向転倒－2　（1－C_V）＜0 の場合）

b.　第二弁操作室空気ボンベユニット（壁掛床置形）

(1)　ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力（F_{W1}）

$$F_{W1}=\sqrt{(m\cdot C_H\cdot g)^2+(m\cdot(1+C_V)\cdot g)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6.6.4.8)$$

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（τ_{W3}）

$$\tau_{W3}=\frac{F_{W1}}{n\cdot A_W} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6.6.4.9)$$

(2)　ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として，図6-7及び図6-8で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図6-7に示す水平方向転倒の場合のせん断力（F_{W2}）

$$F_{W2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{VW1}\cdot \ell_4}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{HW1}\cdot \ell_5} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6.6.4.10)$$

計算モデル図6-8に示す鉛直方向転倒の場合のせん断力（F_{W3}）

$$F_{W3}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_3\cdot g}{n_{VW1}\cdot \ell_4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6.6.4.11)$$

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_W=Max(F_{W2},\ F_{W3}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.4.12)$$

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力（τ_{W4}）

$$\tau_{W4}=\frac{F_W}{A_W} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6.7.4.13)$$

(3)　溶接部の応力

τ_W=Max{ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（τ_{W3}），
ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力（τ_{W4}）}
$\cdots\cdots\cdots\cdots$ (6.6.4.14)

せん断を受ける溶接部の有効断面積

$A_W=(S/\sqrt{2})\times L_W$ $\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$ (6.6.4.15)

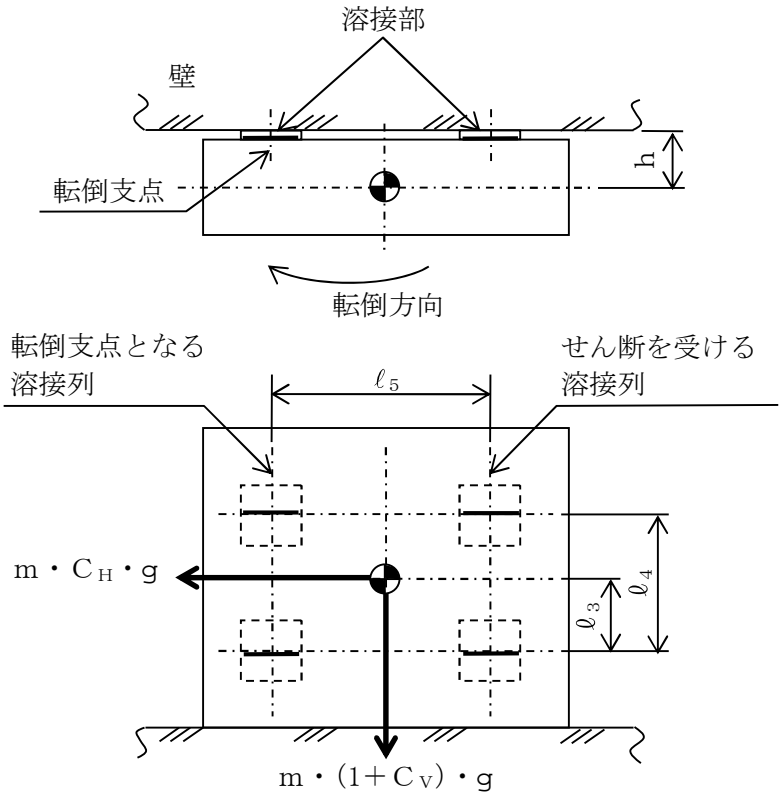


図 6-7　計算モデル
（壁掛床置形　水平方向転倒の場合）

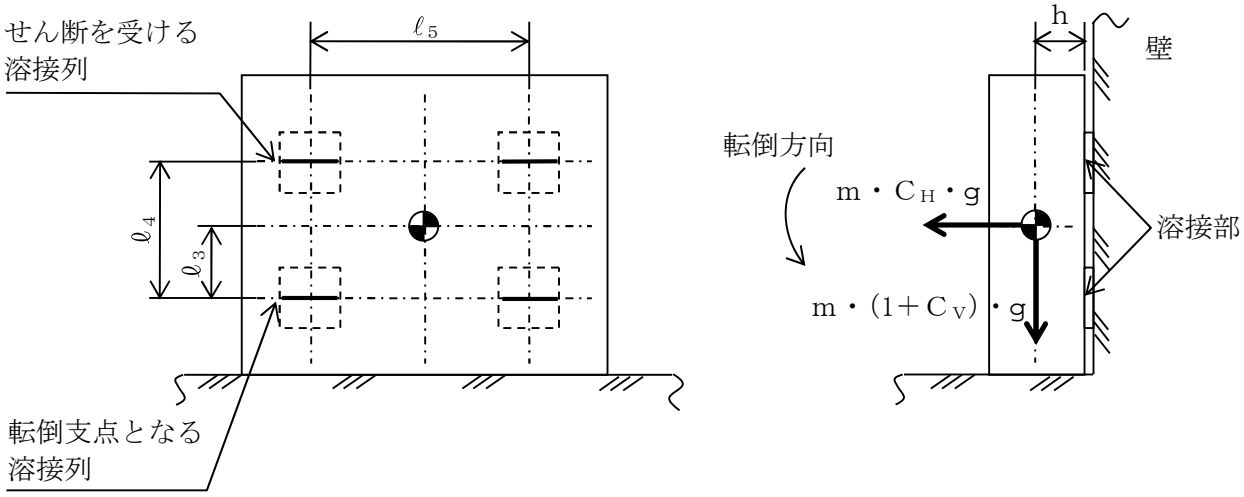


図 6-8　計算モデル
（壁掛床置形　鉛直方向転倒の場合）

6.6.5　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

6.6.6　応力の評価

6.5.4項で求めた溶接部のせん断応力 τ_w は許容せん断応力 f_s 以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_s	$\dfrac{F^{*}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6.6.7　応力評価結果

6.6.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

第二弁操作室空気ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の応力評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

【第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）	—	[redacted] EL. 14.0*1	0.040	—	—	C_H=1.13	C_V=0.99	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 第二弁操作室空気ボンベユニット（床置形）

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	A_{vw}*1 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
溶接部（アンカープレート）	592	672	275	325	424.3	241	394	124

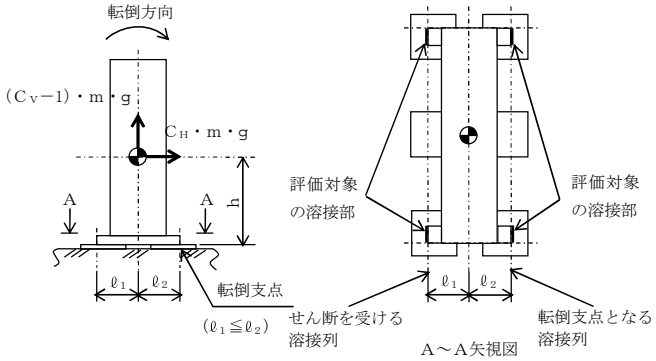
部材	n_{vw}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部（アンカープレート）	—	2	—	短辺

＊1：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw＝（S/√2）×Lw
S ：脚長
Lw：溶接長（1か所当たり）

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 （単位：N）

部材	F_{vw}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部（アンカープレート）	—	3.660×10^3



1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力

（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	$\tau_w=9$	$f_s=71$

すべて許容応力以下である。

【第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
第二弁操作室空気ボンベユニット (壁掛床置形)	—	[redacted] EL 20.3*1	0.040	—	—	C_H=1.34	C_V=1.01	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 第二弁操作室空気ボンベユニット（壁掛床置形）

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	A_W*1 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)*
溶接部 (アンカープレート)	552	182	294	595	780	763.7	241	394	124

部材	n_{VW1}		n_{HW1}		転倒方向	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	—	2	—	2	—	鉛直方向

＊1：せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw＝ (S/√2) ×Lw

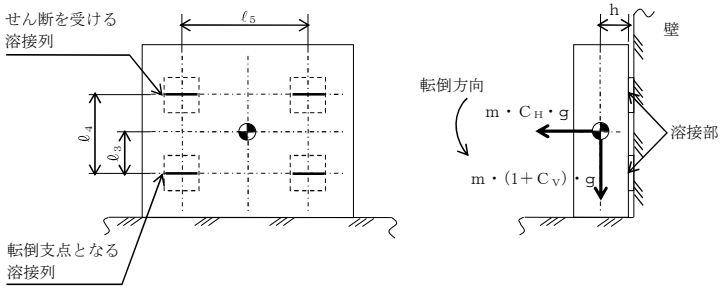
S ：脚長

Lw：溶接長（1か所当たり）

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F_W	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部 (アンカープレート)	—	3.456×10^3



1.4 結　　論

1.4.1　溶接部の応力

（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
溶接部 （アンカープレート）	SS400	せん断	$\tau_w=5$	$f_s=71$

すべて許容応力以下である。

7　緊急時対策所加圧設備

7.1　評価方針

緊急時対策所加圧設備の応力評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針 3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す緊急時対策所加圧設備の部位を踏まえ「7.4　評価部位」にて設定する箇所において，「7.5　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等が許容限界内に収まることを，「7.6　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.6.7　評価結果」に示す。

緊急時対策所加圧設備の耐震評価フローについては図 3-1 に示す。

7.2　適用基準

適用基準については，非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2　適用基準」に示す。

7.3　記号の説明

記　号	単　位	定　　義
σ_a	MPa	はり要素の軸応力
σ_b	MPa	はり要素の曲げ応力
τ	MPa	はり要素のせん断応力
F_{bt}	N	取付ボルトの引張力
F_{bs}	N	取付ボルトのせん断力
A_b	mm^2	取付ボルトの断面積

7.4　評価部位

緊急時対策所加圧設備の耐震評価は，「7.6.1　応力評価」に示す条件に基づき，取付ボルト及びボンベカードルフレームについて実施する。緊急時対策所加圧設備の耐震評価部位については，表 2-4 の概略構造図に示す。

7.5　固有周期

7.5.1　固有値解析方法

緊急時対策所加圧設備の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ボンベカードルフレームを構成する鋼材をはり要素としてモデル化した多質点モデルによる固有値解析を実施する。

7.5.2　解析モデル及び諸元

緊急時対策所加圧設備の解析モデルを図 7-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，外形図を図 7-2 に，機器諸元を表 7-1 に示す。

(1)　ボンベカードルフレームに収納・固定される空気ボンベ及び配管・弁等の機器重量は，各々組込む位置に相当する各質点に付加する。

(2)　拘束条件として，建屋躯体との取合い点を固定端部とし完全拘束として設定する。

(3)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が図表記載温度の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。ただし，付録材料図表 Part5 で比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4)　解析コードは，「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ｖ-5-49　計算機プログラム（解析コード）の概要　・ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

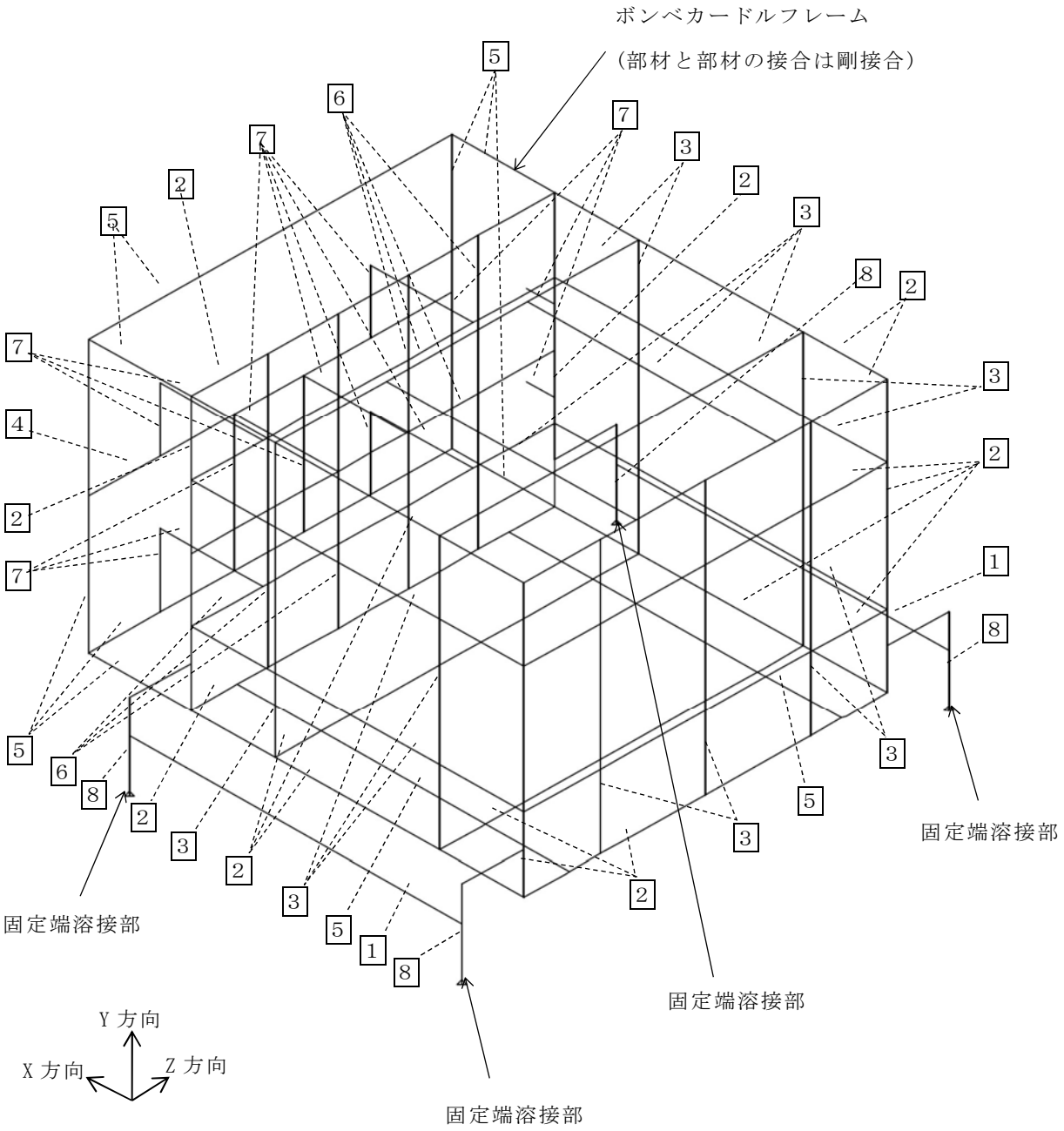
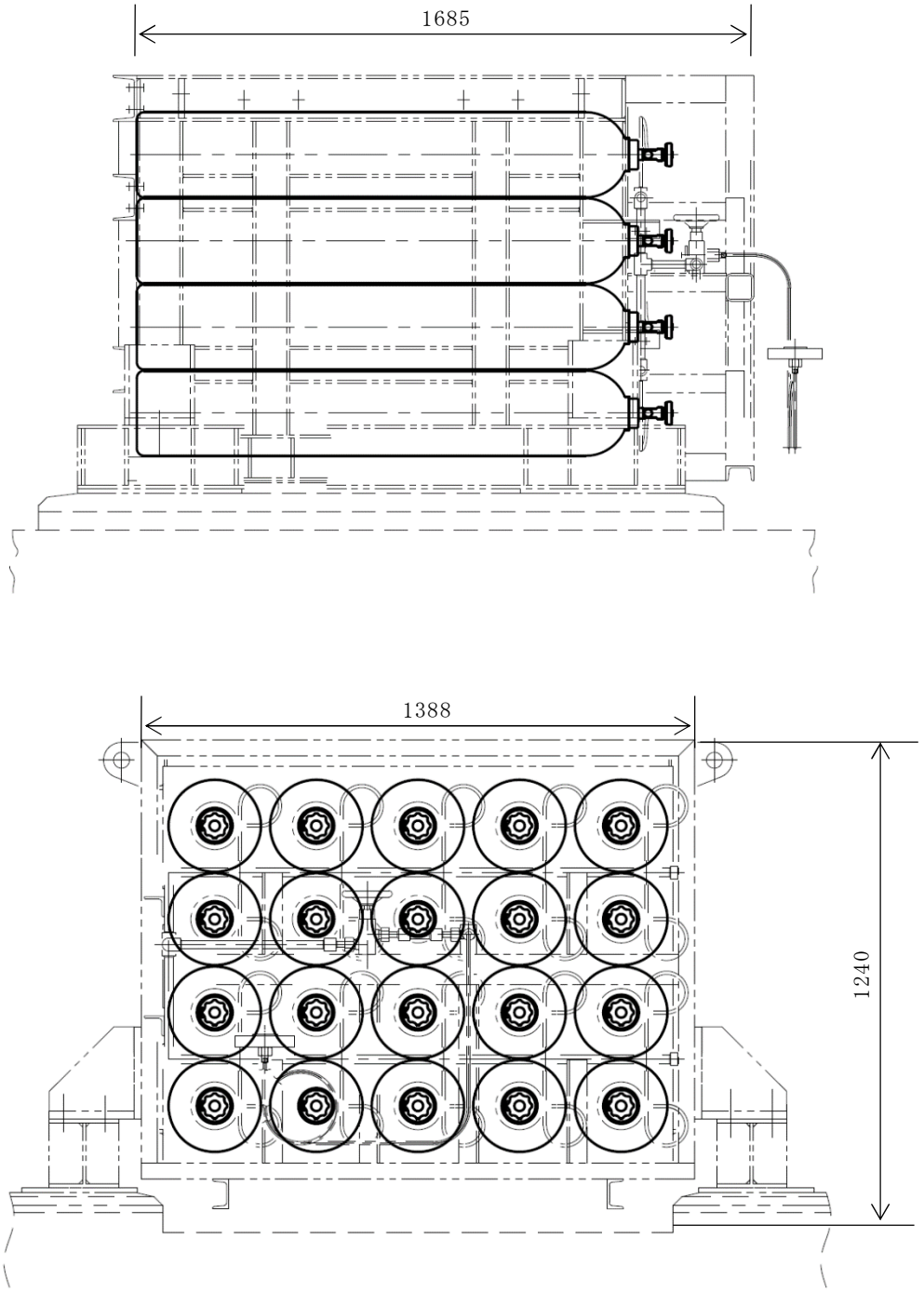


図 7-1　解析モデル（緊急時対策所加圧設備）



（単位：mm）

図 7-2　外形図（緊急時対策所加圧設備）

表 7-1　機器諸元

項　目	記　号	単　位	入力値
材　質（ボンベカードル）	－	－	SS400／STKR400
材　質（取付ボルト）	－	－	SNB7
質量(ボンベ)	m	kg	70
質量(フレーム)	m	kg	1000
温度条件(雰囲気温度)	T	℃	50
縦弾性係数*	E	MPa	2.01×10^{5}
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	312
節点数	－	個	233

注　＊：部位はボンベカードルフレーム

7.5.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 7-2 に示す。

1 次モードは，水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 7-2　固有値解析結果（緊急時対策所加圧設備(ボンベカードル)）

モード	固有周期（S）	卓越方向
1 次	0.045	水平

7.6 応力評価

7.6.1 応力評価方法

(1) 緊急時対策所加圧設備は，ボンベカードルフレームを床にボルトで取付ける。

(2) 地震力は緊急時対策所加圧設備に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

7.6.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所加圧設備の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 7-3 に示す。

(2) 許容応力

緊急時対策所加圧設備の許容応力を表 7-4 及び表 7-5 に示す。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所加圧設備の使用材料の許容応力評価条件を表 7-6 に示す。

表 7-3 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分	機器名称	評価対象部位	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
緊急時対策所	緊急時対策所加圧設備	ボンベカードルフレーム	－	－*1	D＋S_s	IV_AS
		取付ボルト	－	－*1	D＋S_s	IV_AS

注記 ＊1：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 7-4　フレームの許容応力

許容応力状態	許容限界*1，*2
	一次応力
	組合せ
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5f_t$*

注記　＊1：f_t*は，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy（RT）を1.2･Sy及び1.2･Sy（RT）と読み替えて算出した値（ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1-2005/2007 SSB-3133)。ただし，Sy及び0.7･Suのいずれか小さい方の値とする。

＊2：ＪＥＡＧ４６０１・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 7-5　取付ボルトの許容応力

許容応力状態	許容限界*1，*2	
	一次応力	
	引張*3	せん断*3
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*

注記　＊1：f_t*，f_s*：ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 SSB-3121.1(1)a 本文中 Sy 及び Sy（RT）を 1.2･Sy 及び 1.2･Sy（RT）と読み替えて算出した値（ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 SSB-3133）。ただし，Sy 及び 0.7･Su のいずれか小さい方の値とする。

＊2：ＪＥＡＧ４６０１・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

＊3：ボルトにせん断力が作用する場合，組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 SSB-3133 に基づき，Min(1.4･(1.5･f_t*)－1.6･τ_{b3}，1.5･f_t*)とする。

表 7-6　ボンベ設備の許容応力評価条件

設備名称	材質	評価温度（℃）		Sy（MPa）	Su（MPa）	F*（MPa）
ボンベカードルフレーム	SS400（t≦16mm）	雰囲気温度	50	241	394	276
ボンベカードルフレーム	STKR400	雰囲気温度	50	234	394	276
取付ボルト	SNB7（t≦63mm）	雰囲気温度	50	715	838	586

7.6.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を，表 7-7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，添付書類「Ｖ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 7-7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
緊急時対策所建屋 空気ボンベ室 EL. 23.3*1	0.045	0.05 以下*2	C_H＝1.43	C_V＝1.27

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は水平方向より小さくなる，算出を省略した。

7.6.4　応力評価結果

ボンベ設備の基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対する評価結果を表 7-8 に示す。

緊急時対策所加圧設備のカードル及び取付ボルトの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

表 7-8　基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対する評価結果

機器名称	部材（材料）	応力	発生値 (MPa)	許容応力 (MPa)
緊急時対策所加圧設備（ボンベカードル）	ボンベカードルフレーム(SS400)	組合せ応力	99	276
	ボンベカードルフレーム(STKR400)	組合せ応力	30	276
	取付ボルト	引張応力	75	440*
		せん断応力	39	338

すべて許容応力以下である。

注記　＊：Min(1.4･(1.5･f_t*)－1.6･τ_{b3}，1.5･f_t*)より算出