

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-018-01改02
提出年月日	2023年3月7日

VI-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

S2 補 VI-2-別添 3-1 R0

2023年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	1
2.1 評価対象設備	1
2.2 評価方針	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	33
3.1 荷重及び荷重の組合せ	33
3.2 許容限界	33
4. 耐震評価方法	42
4.1 車両型設備	42
4.2 ポンベ設備	66
4.3 可搬型空気浄化設備	78
4.4 その他設備	89
4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	92
5. 適用規格・基準等	92

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54条及び第76条並びにそれらの「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」に適合する設計とするため、VI-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」(以下「VI-1-1-7」という。)の別添2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」(以下「VI-1-1-7-別添2」という。)にて設定する耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動 S_s による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。

なお、可搬型重大事故等対処設備への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び第50条の対象ではない。

可搬型重大事故等対処設備の加振試験等に使用する保管場所の入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に、車両型設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書」に、ポンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震性についての計算書」に、可搬型空気浄化設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-5「可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書」に、その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備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については、VI-2-別添 3-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、構造強度評価、転倒評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないこと、及び車両型設備の支持機能及び移動機能が損なわれないことを確認する。

また、波及的影響評価を実施し、当該設備がすべり及び傾くことによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能を維持できる設計とすることを踏まえ、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が必要な設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて評価を実施する。影響評価方法は「4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備を対象とし、表2-1に示す。また、評価を要しない可

搬型重大事故等対処設備についても併せて示す。

VI-1-1-7-別添2にて設定している対象設備の構造計画を表2-2に示す。

2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとに定める構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価並びに水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価部位は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、表2-3に示すとおり設定する。

(1) 車両型設備

a. 構造強度評価

車両型設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトが、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。ここで、車両型設備に求められる主たる機能を担うポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトを直接支持構造物、この直接支持構造物を支持するコンテナの取付ボルトを間接支持構造物とする。

その評価方法は、「4.1(2) 構造強度評価」に示すとおり、加振試験にて得られる応答加速度を用いて、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては、実機における車両型設備の応答の不確実さを考慮し、加振試験で測定された評価部位頂部の応答加速度を用いる。

b. 転倒評価

車両型設備の転倒評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(b) 転倒」にて設定している評価方針に基づき、ポンプ、発電機、内燃機関等の機器を積載している車両型設備全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は「4.1(3) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しないことを確認する。

c. 機能維持評価

車両型設備の支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能維持評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、車両部は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により

積載物の支持機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により、ポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

それらの評価方法は「4.1(4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

d. 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(1)b. (d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、車両型設備はサスペンションのようなばね構造を有するため設備に生じる地震荷重により傾きが生じること、またタイヤが固定されていないためすべりを生じることから、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。具体的には、各設備のすべり及び傾きによる設備頂部の変位量が、VI-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書」にて設定する離隔距離未満であることにより確認する。

その評価方法は、「4.1(5) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験により確認した車両型設備頂部の変位量を基に評価を行う。

(2) ボンベ設備

a. 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック及びこれを床又は壁に固定する溶接部が、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。また、これを満足することで、転倒しないことを確認する。

その評価方法は、「4.2(2) 構造強度評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有周期及び地震による荷重を用いて、ボンベラック及びこれを床又は壁に固定する溶接部の評価を行う。

b. 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (c) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック、これを床又は壁に固定する溶接部が、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ことで、波及的影響を及ぼさないことを確認する。

(3) 可搬型空気浄化設備

a. 構造強度評価

可搬型空気浄化設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力及び風荷重に対し、固縛装置、送風機及び原動機の取付ボルトが、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。また、これを満足することで、転倒しないことを確認する。

その評価方法は、「4.3(2) 構造強度評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有周期及び地震による荷重を用いて固縛装置等の評価を行う。

b. 機能維持評価

可搬型空気浄化設備の機能維持評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、送風機及び原動機は、基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的及び電氣的機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は、「4.3(3) 機能維持評価」に示すとおり、固有値解析により算出した固有周期及び、保管場所の地表面の最大応答加速度を用いて評価を行う。

c. 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力及び風荷重に対し、可搬型空気浄化フィルタユニット及び可搬型空気浄化送風機を地面に固縛する固縛装置が、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ことで、波及的影響を及ぼさないことを確認する。

(4) その他設備

その他設備のうち筐体内に保管する設備（プラントパラメータ監視装置、酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有線式通信設備）及び筐体を筐体保管設備と定義し、それ以外の設備及び設備を保管するラック等を筐体保管設備以外と定義する。

筐体保管設備については、筐体が壁付の盤と同等の構造であるため、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、筐体取付ボルト及び基礎ボルトの健全性を確認するとともに、筐体内に保管する設備は加振試験により健全性を確認する。一方で、筐体保管設備以外については、保管状態を模擬した加振試験により健全性を確認する。

a. 構造強度評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、スリング等が支持機能を喪失しないことを、「b. 転倒評価」、「c. 機能維持評価」及び「d. 波及的影響評価」により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、設備を収納する筐体を壁に固定する基礎ボルト及び筐体取付ボルトが、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。

b. 転倒評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の転倒評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(b) 転倒」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.4(3) 転倒評価」に示すとおり、加振試験によりスリング等が健全であることを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、構造強度評価により筐体が転倒しないことを確認する。

c. 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.4(4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

d. 波及的影響評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、床、壁、架台等に固定するスリング等が健全であることを加振試験により確認することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その他設備に使用しているスリング等は、基準地震動 S_s による地震力に対し、対象設備の重心高さを考慮してスリング等の設置位置を設定するとともに、保管場所における設

置床又は地表面の最大応答加速度によりスリング等が受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。スリング等の支持機能については、保管状態を模擬した加振試験により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、構造強度評価により筐体が波及的影響を及ぼさないことを確認する。

以上を踏まえ、以降では、可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界について、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し、車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4. 耐震評価方法」に示す。

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (1/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
車両型設備	ホイールローダ	重心が低く、地震により転倒せず、機能喪失しない。
	大量送水車	別添 3-3
	移動式代替熱交換設備	別添 3-3
	可搬式窒素供給装置	別添 3-3
	大型送水ポンプ車 (原子炉補機冷却系用)	別添 3-3
	大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	別添 3-3
	高圧発電機車 (タイプ I)	別添 3-3
	高圧発電機車 (タイプ II)	別添 3-3
	タンクローリ (タイプ I)	別添 3-3
	タンクローリ (タイプ II)	別添 3-3
	緊急時対策所用発電機	別添 3-3
	第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	別添 3-3
ポンベ設備	逃がし安全弁用窒素ガスポンベ	別添 3-4
	中央制御室待避室正圧化装置 (空気ポンベ)	別添 3-4
	空気ポンベ加圧設備 (空気ポンベ)	別添 3-4
可搬型空気浄化設備	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	別添 3-5
	緊急時対策所空気浄化送風機	別添 3-5

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (2/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
その他設備	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	別添 3-6
	大量送水車入口ライン取水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車入口ライン取水用 10m 吸水管	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車入口ライン取水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 50m, 10m, 5m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 20m, 5m, 2m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型ストレーナ	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型スプレイノズル	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車入口ライン取 水用 20m, 5m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 50m, 5m, 2m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 15m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 10m, 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	移動式代替熱交換設備入口ライ ン戻り用 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (3/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
その他設備	移動式代替熱交換設備出口ライン供給用 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 2m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	放水砲	重心が低く、地震により転倒せず、機能喪失しない。
	放射性物質吸着材	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	シルトフェンス	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	小型船舶	別添 3-6
	泡消火薬剤容器	航空機燃料火災時に使用するものであり、耐震性は要求されない。
	タンクローリ給油用 20m, 7m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	タンクローリ送油用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	タンクローリ給油用 7m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型計測器	別添 3-6
	プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	別添 3-6
	酸素濃度計	別添 3-6
	二酸化炭素濃度計	別添 3-6
	LEDライト (三脚タイプ)	別添 3-6
	可搬式モニタリングポスト	別添 3-6
データ表示装置 (可搬式モニタリングポスト用)	別添 3-6	
可搬式ダスト・よう素サンプラ	別添 3-6	

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (4/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
その他設備	NaI シンチレーションサーベイメータ	別添 3-6
	GM汚染サーベイメータ	別添 3-6
	可搬式気象観測装置	別添 3-6
	データ表示装置 (可搬式気象観測装置用)	別添 3-6
	電離箱サーベイメータ	別添 3-6
	α・β線サーベイメータ	別添 3-6
	窒素ガスボンベ連結管～窒素ガスボンベ連結管接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気供給装置連結管	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管～空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口～フレキシブルチューブ接続口 (上流側)	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備用 1.5m フレキシブルチューブ	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	フレキシブルチューブ接続口 (下流側)～建物加圧空気配管接続口 (上流側)	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備用 2.3m フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	緊急時対策所空気浄化装置用 2.5m, 1.5m 可搬型ダクト	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式エリア放射線モニタ	別添 3-6
	可搬ケーブル	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	有線式通信設備	別添 3-6
	無線通信設備 (携帯型)	別添 3-6
	衛星電話設備 (携帯型)	別添 3-6

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (1/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>屋内の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7 の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、原子炉建物、廃棄物処理建物、制御室建物、緊急時対策所に保管する設計とする。</p> <p>屋外の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7 の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアに保管する設計とする。</p>			
車両型設備	サスペンションを有し、地震に対する影響を軽減できる構造であるとともに、早期の重大事故等への対処を考慮し、自走、牽引等にて移動できる構造とし、車両、ポンプ、発電機、内燃機関等により構成する。	ポンプ、発電機、内燃機関等は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。ポンプ、発電機、内燃機関等を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-1
ポンベ設備	(ボンベラック)		図 2-2 図 2-3
	ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにポンベを固定板及びポンベ押さえボルトによって固定する構造である。	ボンベラックは、壁又は床面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。	
	(ボンベカードル)		図 2-4
	ボンベカードルは、溶接及びボルトにて組み立てたフレームにポンベ (30 本) を固定する構造である。	ボンベカードルのフレームは、取付ボルトにて取付架台に設置する。取付架台は、溶接にて埋込金物に固定する。	

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (2/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬型空気浄化設備	(緊急時対策所空気浄化フィルタユニット)		図 2-5
	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及びこれを支持する固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) により構成する。	緊急時対策所空気浄化フィルタユニットは機器本体と設置用フレームの間を固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) にて固縛する。	
	(緊急時対策所空気浄化送風機)		図 2-6
	緊急時対策所空気浄化送風機 (原動機及び送風機) 及びこれを支持する固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) により構成する。	緊急時対策所空気浄化送風機は機器本体と設置用フレームの間を固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) にて固縛する。 原動機は送風機に原動機取付ボルトで固定し, 送風機は送風機取付ボルトで緊急時対策所空気浄化送風機に固定する。	

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (3/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	支持構造
その他設備	(収納箱拘束保管：GM汚染サーベイメータの例)		図 2-7
	GM汚染サーベイメータ及びこれを収納する収納箱で構成する。	緩衝材を内装した収納箱にGM汚染サーベイメータを収納し、スリングを用いて固縛する。スリングは床にボルトで固定する。	
	(コンテナ内拘束保管：可搬式モニタリングポストの例)		図 2-8
	可搬式モニタリングポスト及びこれを収納するコンテナで構成する。	可搬式モニタリングポストは、コンテナ内にその保管箱をスリングで固縛する。スリングは、コンテナにボルトで固定する。コンテナは、地表面にボルトで固定して保管する。	
	(架台拘束保管：小型船舶の例)		図 2-9
小型船舶及び専用架台で構成する。	小型船舶はスリングで専用架台に固縛し、スリングは地表面にボルトで固定する。専用架台は地表面にボルトで固定する。		
(本体拘束保管：主蒸気逃がし安全弁用蓄電池の例)		図 2-10	
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池で構成する。	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池は、固定金具に取付ボルトで固定し、固定金具は床に基礎ボルトで固定する。		

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (4/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	支持構造
その他設備	(ラック固縛保管：有線式通信設備の例)		図 2-11
	有線式通信設備及びそれを収納するラックで構成する。	有線式通信設備は、ラックにラッシングベルトで固縛し、ラックはチャンネルベースにラック取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、床に基礎ボルトで固定する。	
	(筐体固縛保管：プラントパラメータ監視装置の例)		図 2-12
	プラントパラメータ監視装置及びそれを収納する筐体で構成する。	プラントパラメータ監視装置は、筐体にラッシングベルトで固縛し、筐体はチャンネルベースに筐体取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、壁面に基礎ボルトで固定する。	

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (1/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
タンクローリ (タイプⅠ)	車両型 設備	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	タンクローリは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり、十分な強度を有した設計である。保管状態は、タンクが空の状態であり、地震時に考慮すべき荷重は、タンクの転倒モーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに掛かることからタンク取付ボルトを評価対象とする。また、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっていることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため、評価対象はポンプの取付ボルトとする。
タンクローリ (タイプⅡ)	車両型 設備	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	タンクローリは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり、十分な強度を有した設計である。保管状態は、タンクが空の状態であり、地震時に考慮すべき荷重は、タンクの転倒モーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに掛かることからタンク取付ボルトを評価対象とする。また、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっていることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため、評価対象はポンプの取付ボルトとする。

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (2/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大量送水車	車両型 設備	ポンプ取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び発電機は、J E A G 4 6 0 1-1991 において構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であり、発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び発電機と同等の構造とみなすことができるため評価対象は、ポンプ及び発電機取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (3/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
高圧発電機車 (タイプ I)	車両型 設備	発電機取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関については、非常用電源設備として J E A G 4 6 0 1-1991において発電機等は剛構造であり構造強度評価対象は基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトを対象とする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (4/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
高圧発電機車 (タイプⅡ)	車両型 設備	発電機取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関については、非常用電源設備として J E A G 4 6 0 1-1991において発電機等は剛構造であり構造強度評価対象は基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトを対象とする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (5/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
移動式代替熱交換設備	車両型設備	熱交換器取付ボルト ポンプ取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>熱交換器は十分な強度を有して設計しているため、地震時に考慮すべき荷重は、熱交換器の転倒モーメントであり、当該モーメントは熱交換器取付ボルトに掛かることから熱交換器取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>ポンプは、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため評価対象は、ポンプ取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (6/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大型送水ポンプ車 (原子炉補機冷却系用)	車両型設備	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び内燃機関は, J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプ及び内燃機関は, 構造強度評価対象が取付ボルト, 基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプ及び内燃機関は, 内圧に耐える肉厚構造の設計となっており, 剛構造であることから, 当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため, 評価対象はポンプ及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については, 間接支持構造物の主たる支持構造物であり, 支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム, コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (7/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水 設備用)	車両型 設備	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び内燃機関は, J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプ及び内燃機関は, 構造強度評価対象が取付ボルト, 基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプ及び内燃機関は, 内圧に耐える肉厚構造の設計となっており, 剛構造であることから, 当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため, 評価対象はポンプ及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については, 間接支持構造物の主たる支持構造物であり, 支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム, コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (8/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
可搬式窒素供給装置	車両型設備	窒素ガス発生装置取付ボルト 空気圧縮機取付ボルト 昇圧機取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機は十分な強度を有して設計しているため，地震時に考慮すべき荷重は，窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機の転倒モーメントであり，当該モーメントは窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機取付ボルトに掛かることから窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>発電機は，J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造の発電機は，構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。剛構造であり，発電機は，重量の大きな固定子，回転子を支持するケーシングからなる剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されている発電機と同等の構造とみなすことができるため評価対象は，発電機取付ボルトとする。</p> <p>車両部については，間接支持構造物の主たる支持構造物であり，支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム，コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (9/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
緊急時対策所用 発電機	車両型 設備	発電機／内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関は、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造の発電機及び内燃機関は、構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されている発電機及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (10/12)

設備名称	設備	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
第1 ベントフィルタ出口水素濃度	車両型設備	分析計ラック取付ボルト サンプルポンプラック取付ボルト チラーユニット取付ボルト 制御盤取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>分析計ラック，サンプルポンプラック，チラーユニット及び制御盤は十分な強度を有して設計しているため，地震時に考慮すべき荷重は，各分析計ラック，サンプルポンプラック，チラーユニット及び制御盤の転倒モーメントであり，当該モーメントは分析計ラック，サンプルポンプラック，チラーユニット及び制御盤取付ボルトに掛かることから分析計ラック，サンプルポンプラック，チラーユニット及び制御盤取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>車両部については，間接支持構造物の主たる支持構造物であり，支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム，コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (11/12)

設備名称	設備	評価部位	選定理由
逃がし安全弁用窒素ガスボンベ	ボンベ設備	ボンベラック 溶接部	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを壁に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。
中央制御室待避室 正圧化装置（空気ボンベ）	ボンベ設備	ボンベラック 溶接部	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床又は壁に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。
空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）	ボンベ設備 （ボンベカードル）	フレーム 取付架台 取付ボルト	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベカードル及びボンベカードルを据え付ける取付架台及び取付ボルトを評価対象とする。

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (12/12)

設備名称	設備	評価部位	選定理由
緊急時対策所空気 浄化フィルタユニ ット	可搬型空気浄化設備	固縛装置	緊急時対策所空気浄化フィルタユニットは、固有値解析により、剛構造であること及び十分な強度を有することを確認した上で、支持構造物である固縛装置を評価対象とする。
緊急時対策所空気 浄化送風機	可搬型空気浄化設備	固縛装置 送風機取付ボルト 原動機取付ボルト	緊急時対策所空気浄化送風機は、固有値解析により、剛構造であること及び十分な強度を有することを確認した上で、支持構造物である固縛装置、送風機取付ボルト及び原動機取付ボルトを評価対象とする。
筐体保管設備 (プラントパラメ ータ監視装置、酸素 濃度計、二酸化炭素 濃度計、有線式通信 設備)	その他設備	基礎ボルト 筐体取付ボルト	筐体保管設備は、構造が同等な盤の振動試験により、剛構造であることを確認した上で、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」に基づき、筐体を壁に固定している支持構造物である基礎ボルト及び筐体取付ボルトを評価対象とする。

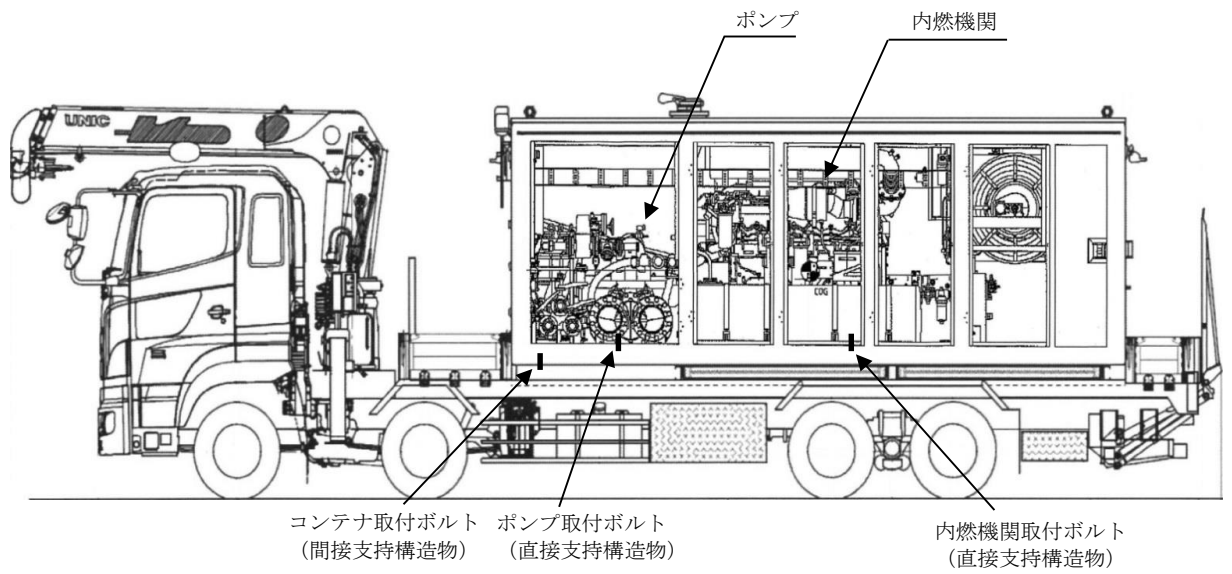
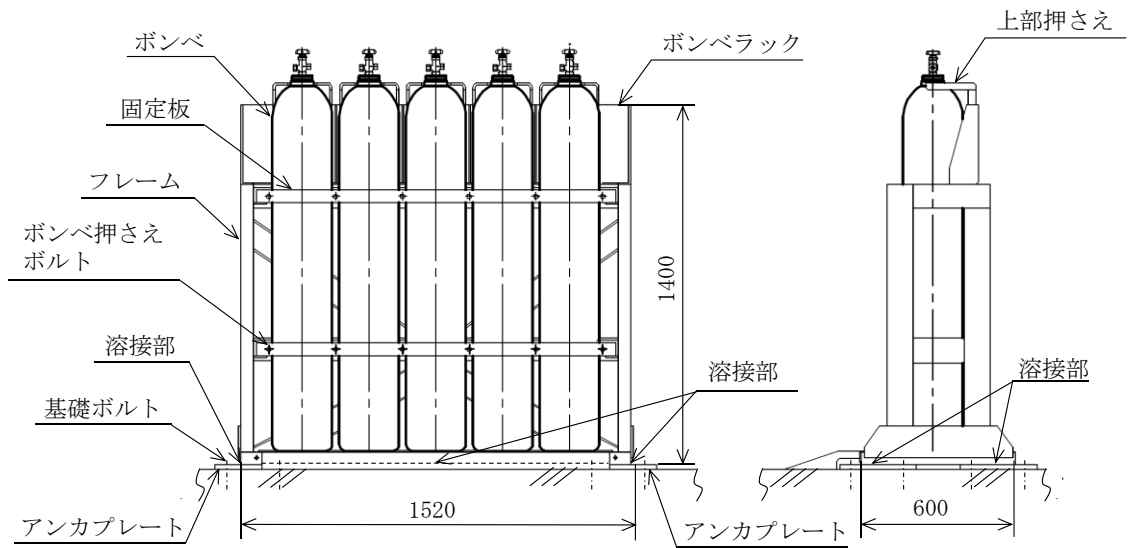


図 2-1 車両型設備



(単位：mm)

図 2-2 ポンベ設備 (床固定型)

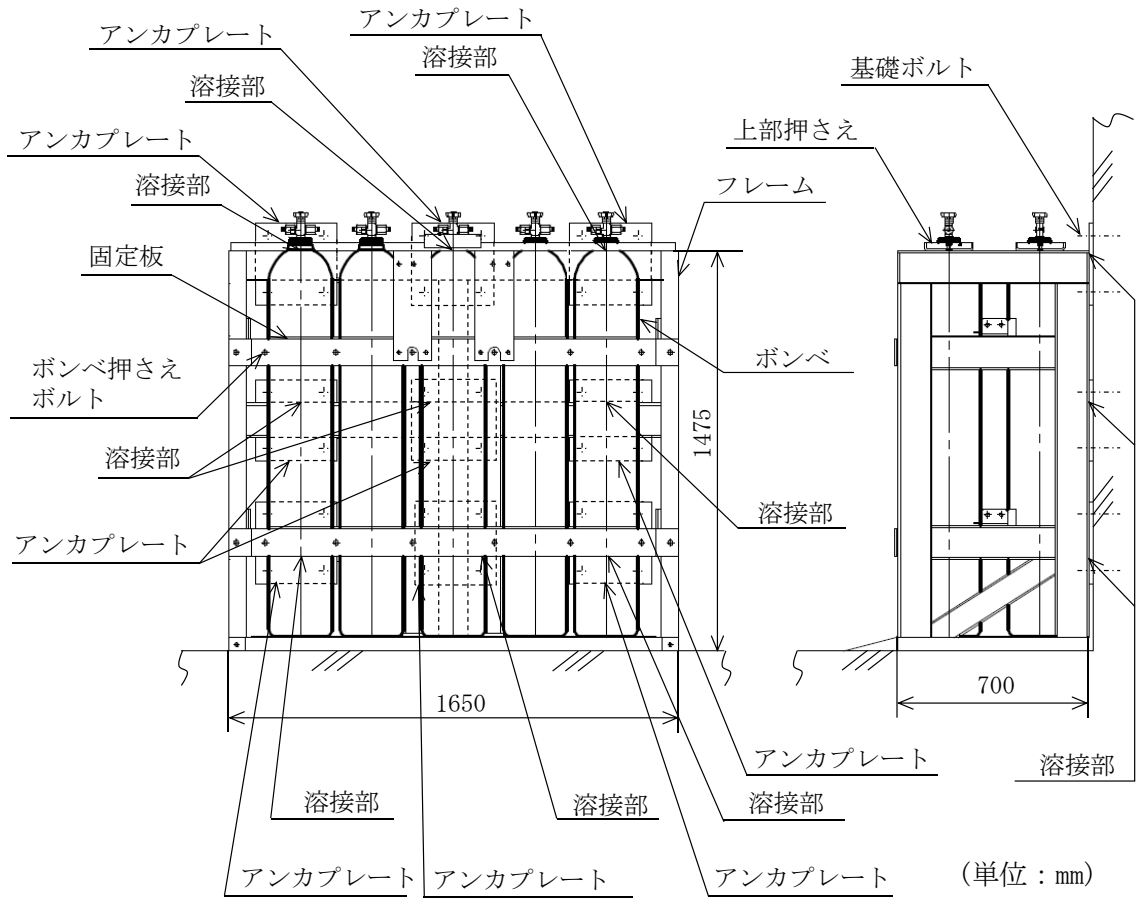


図 2-3 ボンベ設備 (壁固定型)

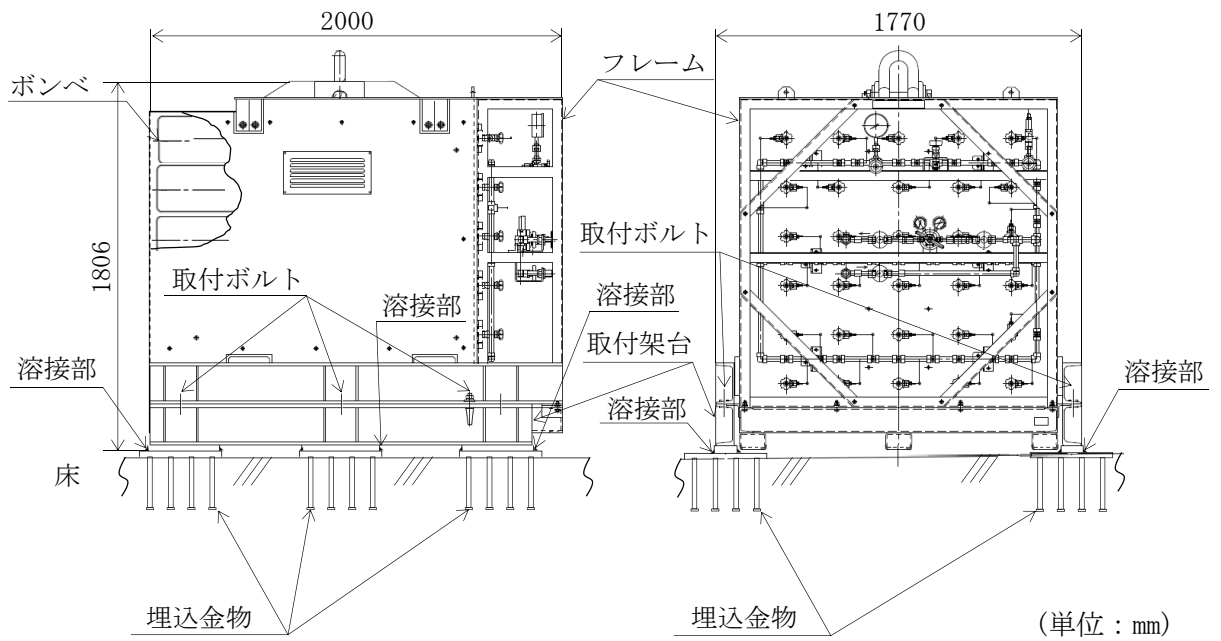


図 2-4 ボンベ設備 (ボンベカードル)

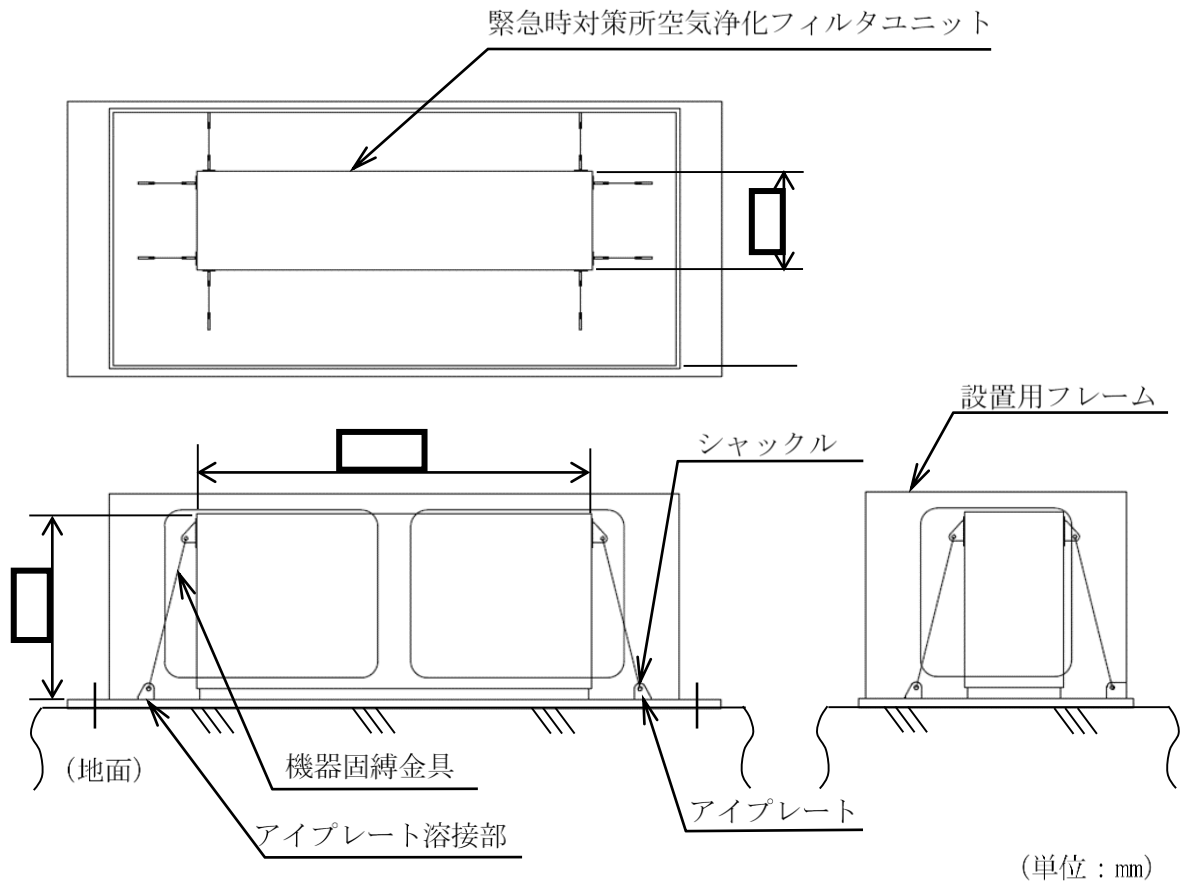


図 2-5 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

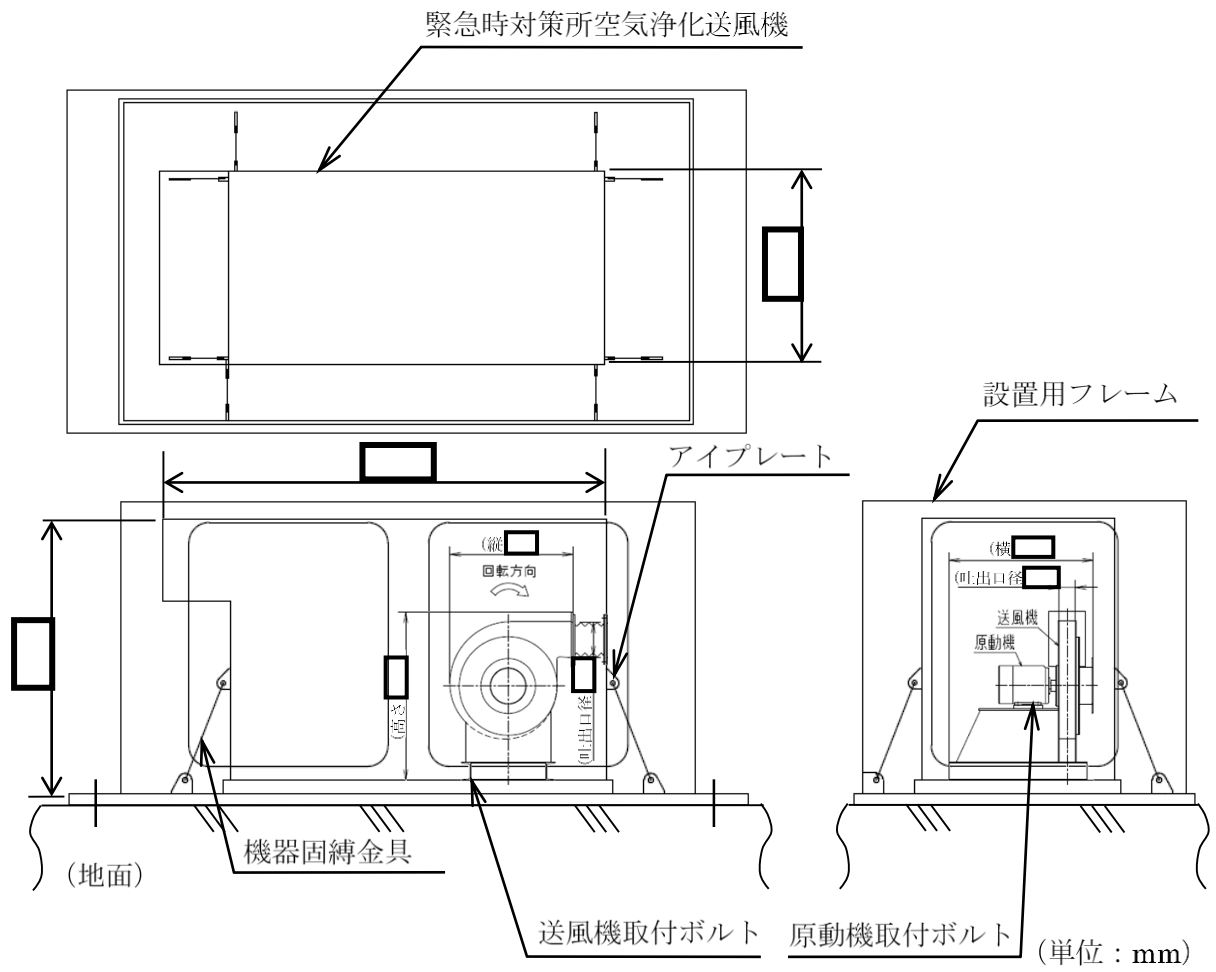


図 2-6 緊急時対策所空気浄化送風機

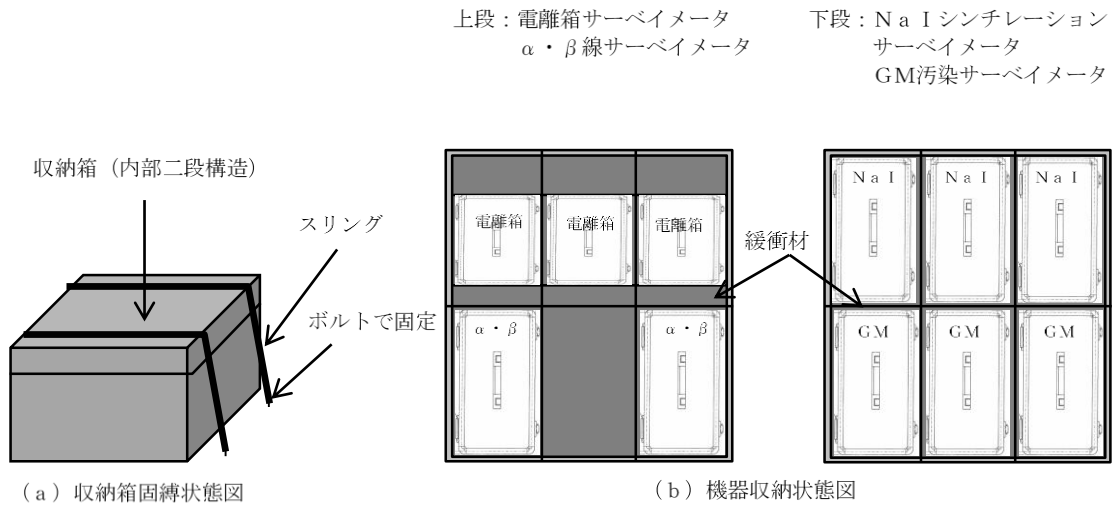


図 2-7 その他設備（収納箱拘束保管）

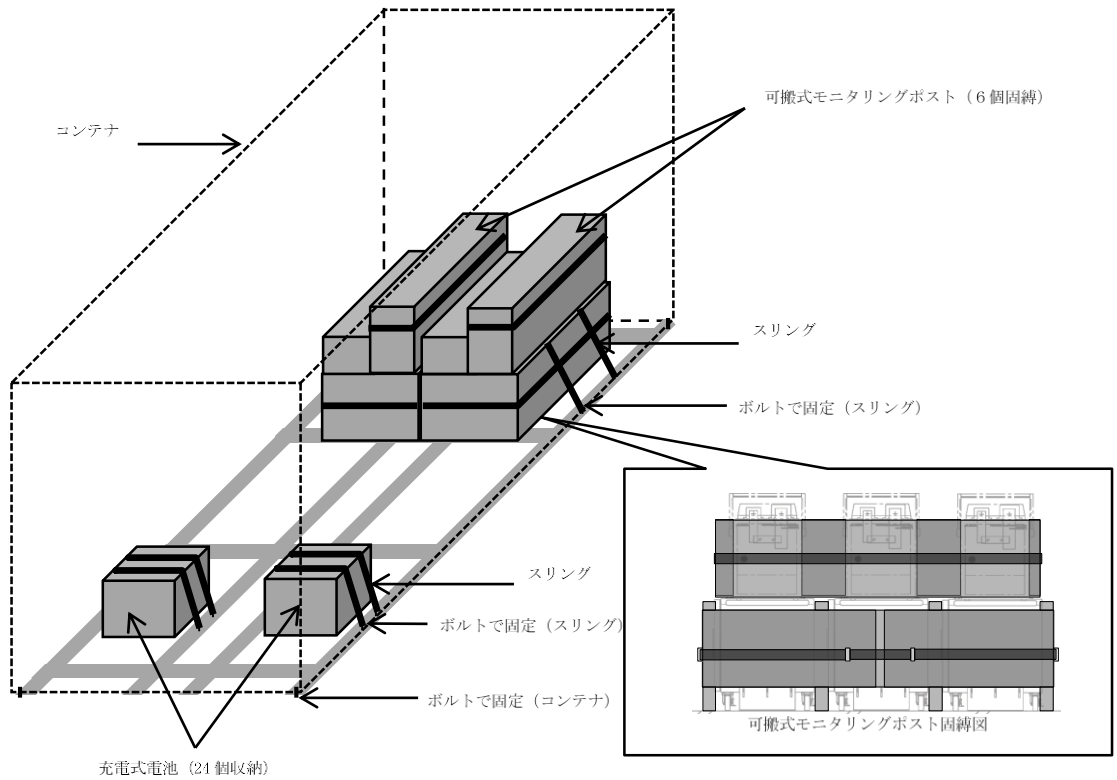


図 2-8 その他設備（コンテナ内拘束保管）

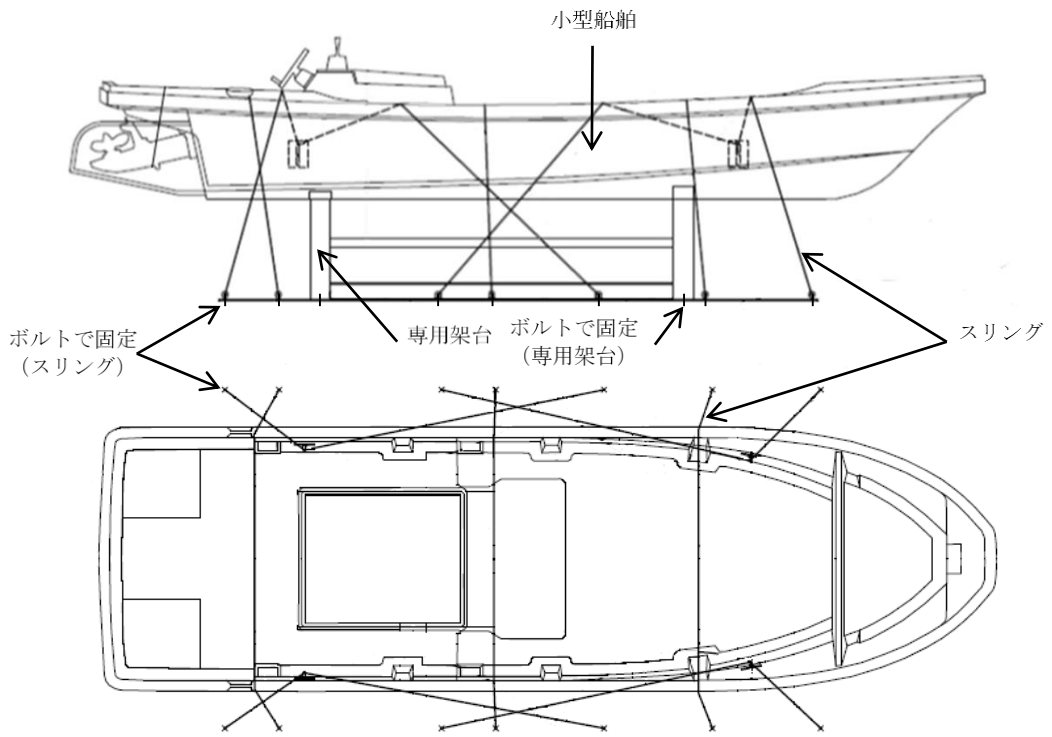


図 2-9 その他設備 (架台拘束保管)

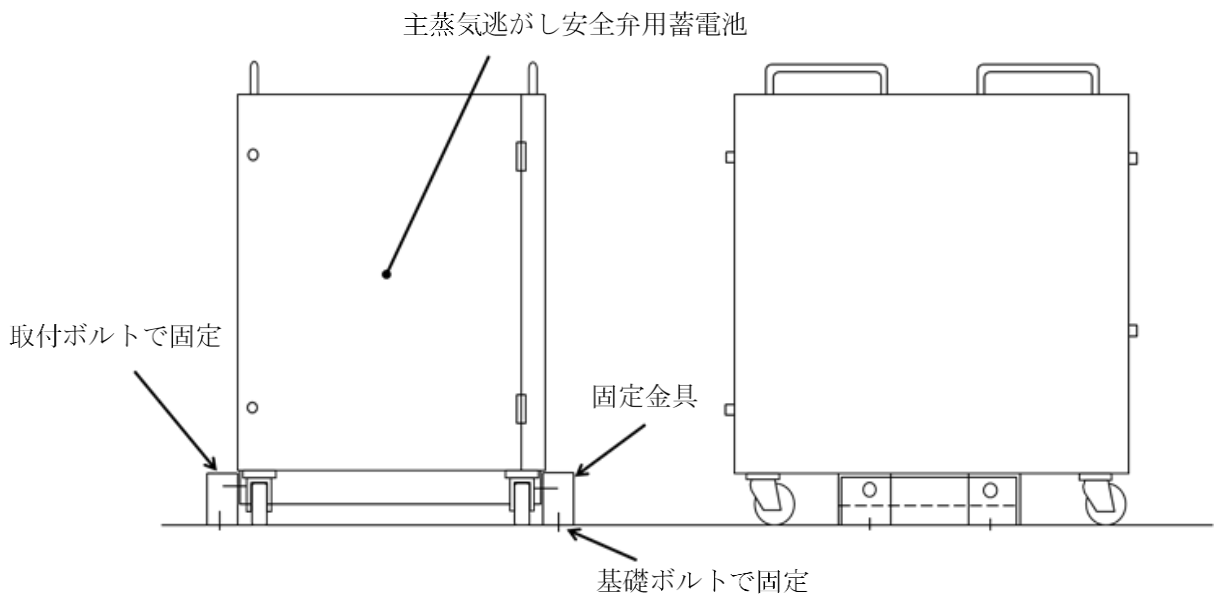


図 2-10 その他設備 (本体拘束保管)

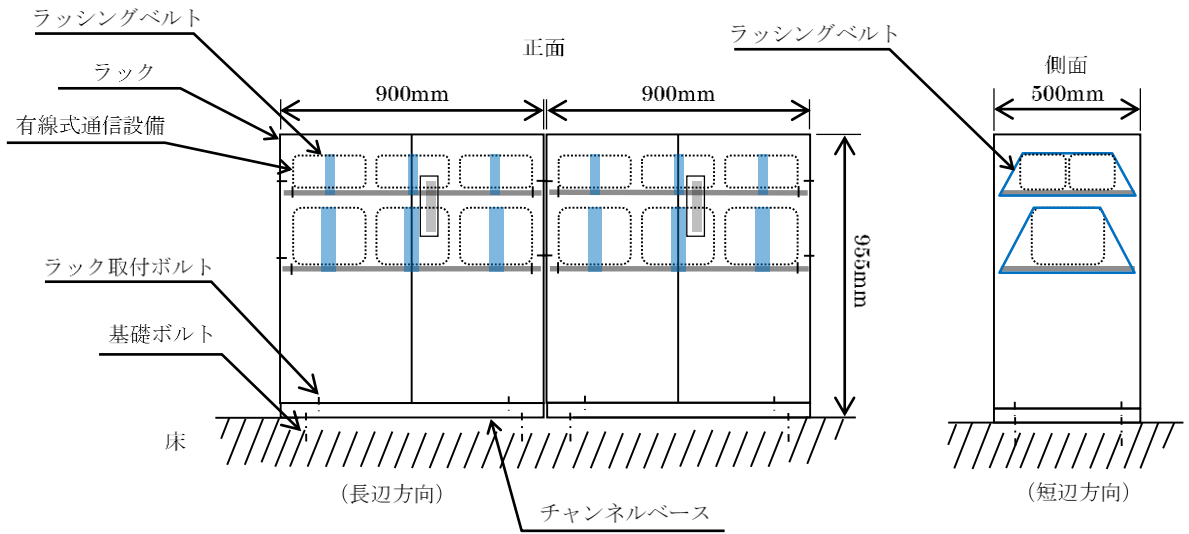


図 2-11 その他設備 (ラック固縛保管)

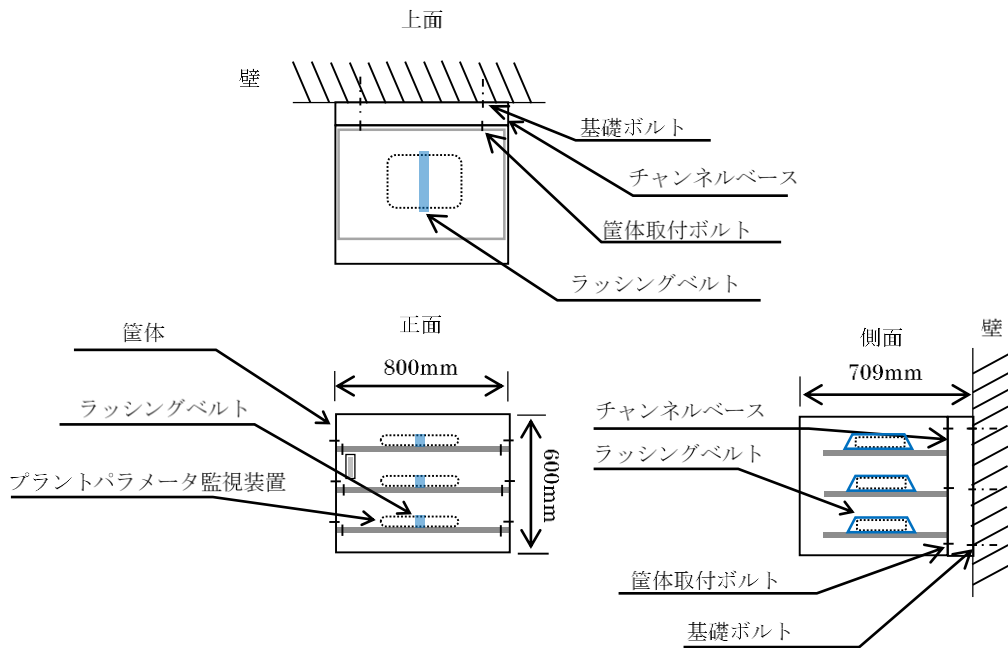


図 2-12 その他設備 (筐体固縛保管)

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

可搬型重大事故等対処設備のうち、屋外に保管している設備の自然現象の考慮については、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に設定する荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重及び荷重の組合せは、重大事故等起因の荷重は発生しないため、VI-1-1-7-別添2の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の図3-1耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フローに基づき設定する。

積雪については、除雪にて対応することで無視できる。

風荷重について、車両型設備は、風を一面に受ける構造と違い、風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また、車両型設備には内燃機関や発電機等の重量物が積載され重量が大きいことから、風荷重については無視できる。車両型設備以外の可搬型重大事故等対処設備について、建物、構築物及び屋外設置の機器に比べ、風による受圧面積が相対的に小さいものについては、風荷重を無視するが、無視できないものについては、風荷重を考慮する。

3.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標のとおり、評価部位ごとに設定する。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、設備ごとの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-1～表3-5のとおりとする。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価部位の損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに定める。

直接支持構造物の評価については、J E A G 4 6 0 1・補-1984に規定されているその他の支持構造物の評価に従った評価を実施する。また、車両型設備の間接支持構造物としてのボルトの評価については、直接支持構造物の評価に準じた評価を行う。

(1) 車両型設備

a. 構造強度評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水を送水する機能を有するポンプ、必要な負荷へ給電するために発電する機能を有する発電機、これらの駆動源となる内燃機関等の機器を車両に取付ボルトで固定し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、駆動機能等を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

b. 転倒評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水を送水する機能を有するポンプ、必要な負荷へ給電するために発電する機能を有する発電機、これらの駆動源となる内燃機関等を車両に取付ボルトで固定し、車両型設備全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)b. 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

c. 機能維持評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、車両に積載しているポンプ等の炉心等へ冷却水を送水する機能、必要な負荷へ給電するために発電する機能、これらの駆動源となる内燃機関等の動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、車両積載物から受ける荷重を支持する機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できる設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)c. 機能維持評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

d. 波及的影響評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面に固定せずに保管し、車両型設備全体が安定性を有し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、支持機能等を維持可能な構造強度を有し、当該設備のすべり及び傾きにより、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう離隔距離を確保し、保管する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)d. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、他の設備との接触、衝突等の相互干渉による破損等を引き起こし、機能喪失する等の波及的影響を及ぼさないよう、車両型設備の加振試験にて確認した車両型設備の最大変位量を基に設定した離隔距離を、許容限界として設定する。

また、離隔距離に関しては、実際の設備配置の運用上の管理値として必要であるため、保安規定に離隔距離を基に必要な設備間隔を定め、管理を行う。

(2) ポンベ設備

a. 構造強度評価

ポンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所の壁又は床に溶接で固定して保管する。

主要な構造部材は、窒素又は空気供給機能を維持可能かつ転倒しないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2(2)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

b. 波及的影響評価

ポンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所の壁又は床に溶接で固定することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2(2)b. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ 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) 可搬型空気浄化設備

a. 構造強度評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機を固縛装置にて固縛し、主要な構造部材が換気機能を保持可能かつ転倒しないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)a. 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすること。

(b) 計算により算出する荷重が荷重試験で確認した許容荷重以下とすること。

b. 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所を換気する送風機及びその駆動源となる原動機の動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)b. 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、保管場所の地表面の最大応答加速度がVI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下とすることを許容限界として設定する。

c. 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面に保管し、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機を固縛装置にて固縛して設置することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)c. 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。
- (b) 計算により算出する荷重が荷重試験で確認した許容荷重以下とすること。

(4) その他設備

a. 構造強度評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、設備を固縛するスリング等が支持機能を喪失しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) 筐体保管設備以外
 - 「b. 転倒評価」、 「c. 機能維持評価」及び「d. 波及的影響評価」に示す許容限界以下とすること。
- (b) 筐体保管設備
 - VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

b. 転倒評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、機器本体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)b. 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) 筐体保管設備以外

保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であること。

(b) 筐体保管設備

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

c. 機能維持評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する機能、必要な負荷へ給電するための給電機能等の支持機能、動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)c. 機能維持評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験により支持機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

d. 波及的影響評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動S_sによる地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、機器本体が安定性を有し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)d. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) 筐体保管設備以外

保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等の支持機能が維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であること。

(b) 筐体保管設備

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

表 3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界 (1/2)

設備名称	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
車両設備	D + S s	支持部の取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A S の許容応力以下とする。
ボンベ設備	D + S s	ボンベラック (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A S の許容応力以下とする。
		フレーム (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	
		取付架台 (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	
		溶接部 (表 3-4)	せん断	部材の降伏	
		取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	

表 3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界 (2/2)

設備名称	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
可搬型空気 浄化設備	$D + S_s + W_w$	固縛装置 (表 3-5)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A Sの許容応力以下とする。
	$D + S_s$	送風機及び原動機の取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	
	$D + S_s + W_w$	シャックル	引張荷重	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に準じて, 許容応力状態IV _A Sに応じた許容応力と等価な荷重とする。
その他設備	$D + S_s$	基礎ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A Sの許容応力以下とする。
		筐体取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	

表 3-2 取付ボルト及び基礎ボルトの許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2, *4	
			一次応力	
			引張*3	せん断*3
取付ボルト	D + S _s	IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *
基礎ボルト				

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

*2: JEAG 4601・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。その際の許容引張応力 f_{ts}は, JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3133に基づき, f_{ts}=Min[1.4・f_{to}-1.6・τ_b, f_{to}]とする。ここで, f_{to}は1.5・f_t*とする。

なお, f_{ts}は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をいい, f_{to}は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

*4: 当該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又は他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 ボンベラック, フレーム及び取付架台の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			組合せ
ボンベラック	D + S _s	IVAS	1.5・f _t *
フレーム			
取付架台			

注記*1: f_t*は, JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値(JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし, S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG 4601・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 3-4 溶接部の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			せん断
溶接部	D + S _s	IVAS	1.5・f _s *

注記*1: f_s*は, JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値(JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.3)。ただし, S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2: J E A G 4 6 0 1・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 3-5 固縛装置の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2	
			一次応力	
			引張*3	せん断*3
固縛装置	D + S _s + W _w	I V A S	1.5・f _t *	1.5・f _s *

注記*1: f_t*, f_s*は, J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値(J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, S_y及び0.7 S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2: J E A G 4 6 0 1・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。その際の許容引張応力 f_{ts} は, J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133に基づき, $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ とする。ここで, f_{to}は1.5・f_t*とする。
 なお, f_{ts}は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をいい, f_{to}は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ポンベ設備」、「4.3 可搬型空気浄化設備」及び「4.4 その他設備」のそれぞれに示す「固有値解析」、「加振試験」、「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

4.1 車両型設備

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

車両型設備の耐震評価フローを図4-1に示す。また、各車両型設備の保管場所を表4-1に示す。

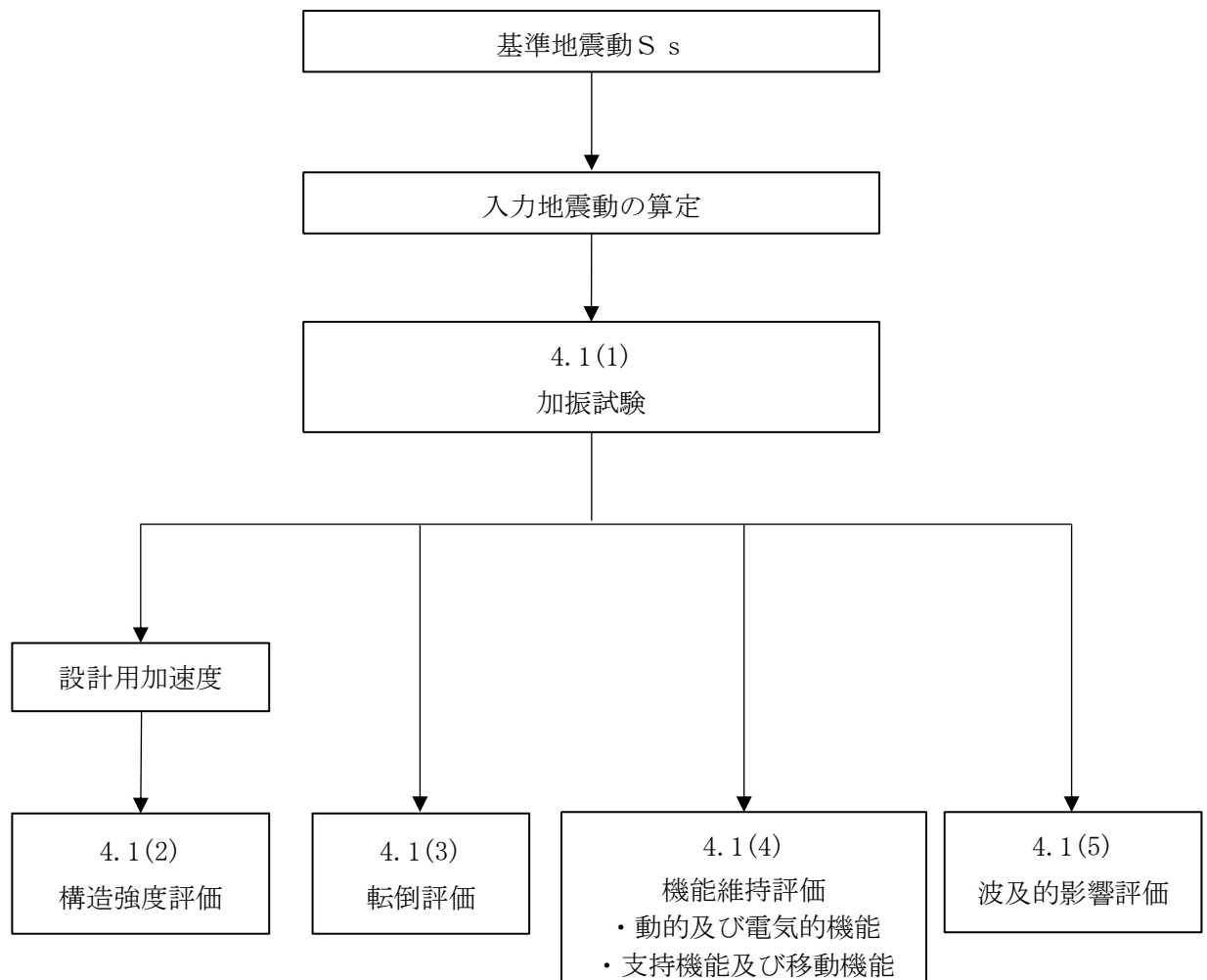


図4-1 車両型設備の耐震評価フロー

表 4-1 各車両型設備の保管場所

設備名称	保管場所
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大量送水車	第 1 保管エリア 第 2 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
高圧発電機車 (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
移動式代替熱交換設備	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	第 4 保管エリア
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア
緊急時対策所用発電機	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア

(1) 加振試験

a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できること並びに当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 構造強度評価

a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 直接支持構造物の計算式」に従って、評価部位について、J E A G 4 6 0 1-1987 に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両型設備の応答の不確実さを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、構造強度評価を行う。

構造強度評価に使用する記号を表 4-2 に、計算モデル例を図 4-2～図 4-10 に示す。

また、各設備の評価部位と計算モデル例との関係を表 4-3 に示す。

転倒方向は、図 4-2～図 4-10 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

なお、式 4.9～式 4.12 及び式 4.14～式 4.22 については、垂直ボルトの発生応力を計算する際には、斜めボルトも垂直ボルトとして扱い、斜めボルトの発生応力を計算する際には、垂直ボルトも斜めボルトとして扱うとともに、取付角度は全てのボルトで同様であるものとして計算する。

表 4-2 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_P	回転体振動による加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心位置までの高さ	mm
L	重心位置と取付ボルト間の水平方向距離	mm
ℓ_i	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離（ i は転倒支点から距離の長い順に番号取りをする。）	mm
m	機器の保管時質量	kg
M_P	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N_i	引張力又はせん断力の作用する取付ボルトの本数	—
n	取付ボルトの総本数	—
θ_i	設備に対する取付ボルトの角度	$^\circ$
σ_b	取付ボルトの最大引張応力	MPa
σ_1	タンクローリの垂直ボルトに働く引張応力	MPa
σ_2	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力	MPa
σ_3	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトの最大せん断応力	MPa
τ_1	タンクローリの垂直ボルトに働くせん断応力	MPa
τ_2	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力	MPa
τ_3	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力	MPa

表 4-3 各設備の評価部位と計算モデル例

設備名称	評価部位	図
タンクローリ (タイプⅠ)	タンク取付ボルト	図 4-8～図 4-10
	ポンプ取付ボルト	図 4-4, 図 4-5
タンクローリ (タイプⅡ)	タンク取付ボルト	図 4-8～図 4-10
	ポンプ取付ボルト	図 4-4, 図 4-5
大量送水車	ポンプ取付ボルト	図 4-6, 図 4-7
	発電機取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
高圧発電機車 (タイプⅠ)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
高圧発電機車 (タイプⅡ)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	ポンプ取付ボルト	
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	内燃機関取付ボルト	
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	ポンプ取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	内燃機関取付ボルト	
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	空気圧縮機取付ボルト	
	昇圧機取付ボルト	
	発電機取付ボルト	
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	分析計ラック取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	サンプルポンプラック取付ボルト	
	チラーユニット取付ボルト	
	制御盤取付ボルト	

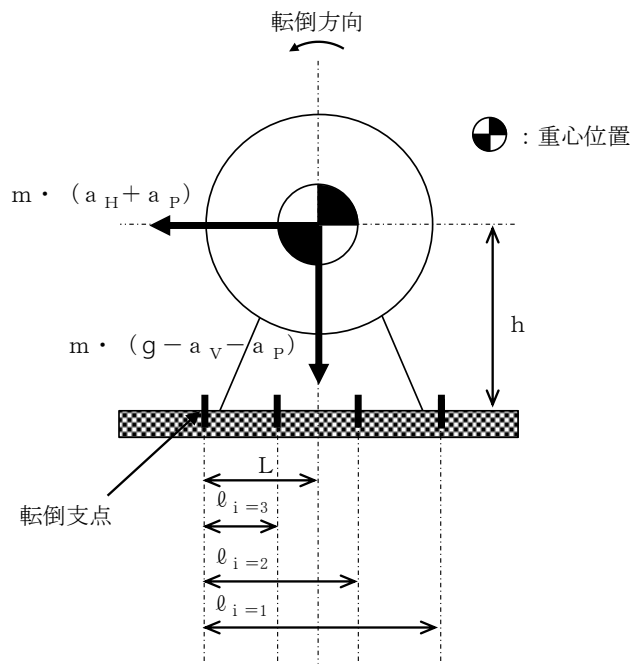


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_V - a_P \geq 0$ の場合))

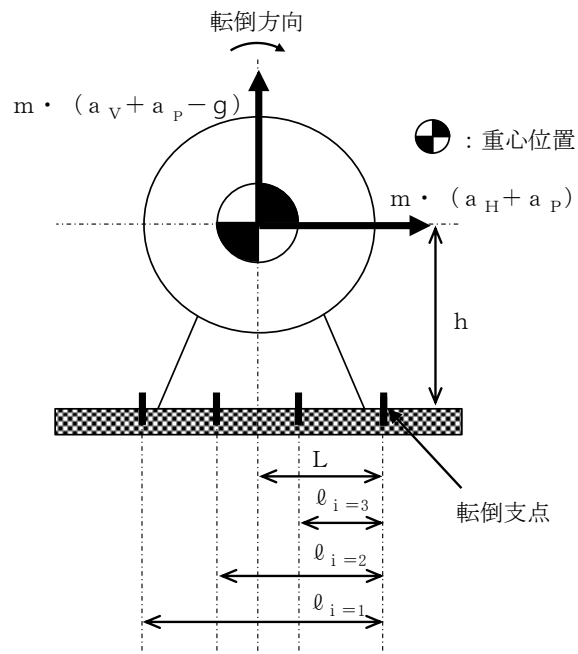


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_V - a_P < 0$ の場合))

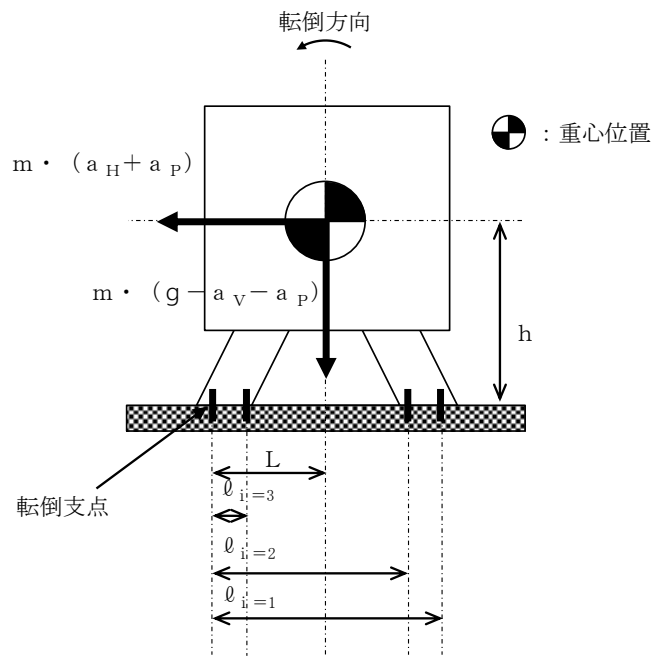


図 4-3 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 ($g - a_V - a_P$) ≥ 0 の場合)

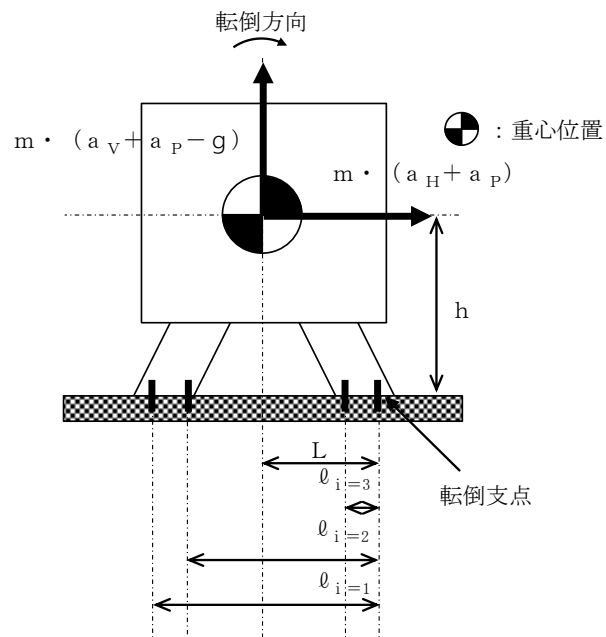


図 4-3 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 ($g - a_V - a_P$) < 0 の場合)

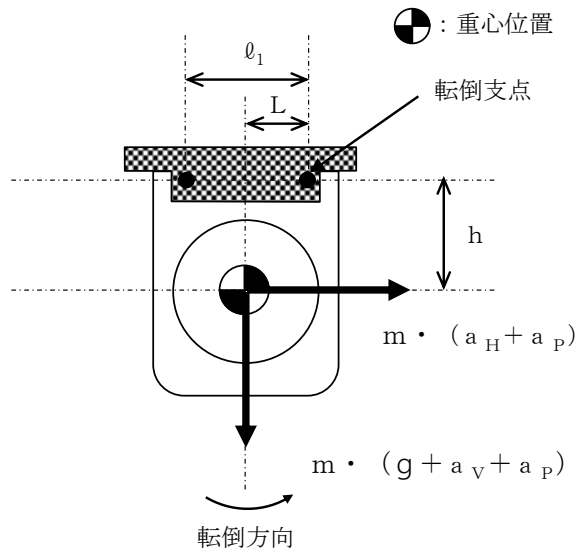


図 4-4 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 軸直角方向転倒)

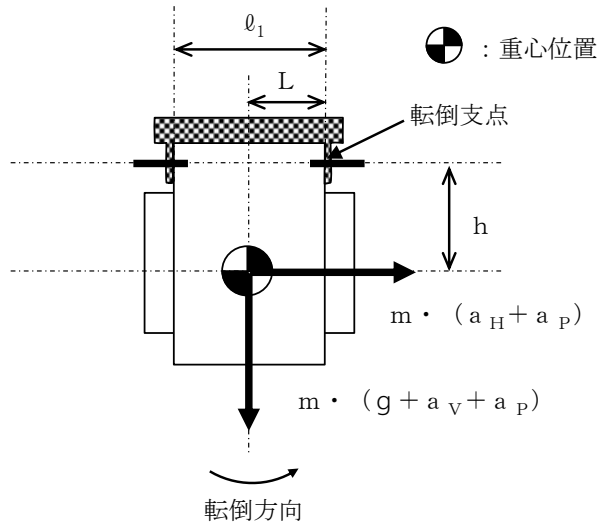


図 4-5 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 軸方向転倒)

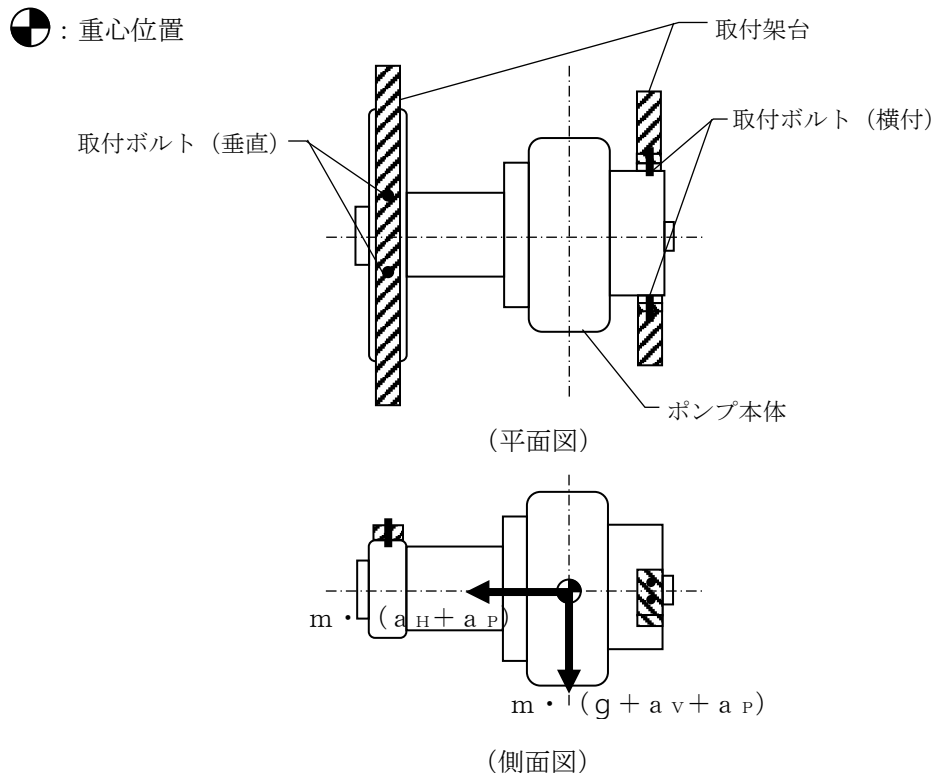


図 4-6 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 大量送水車ポンプ取付ボルト (横付))

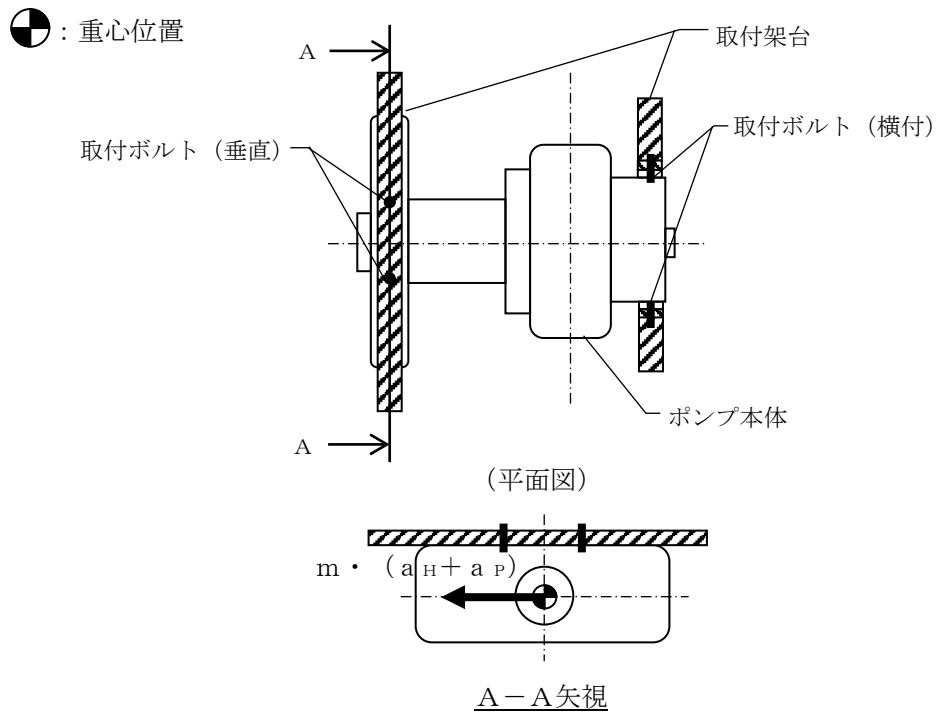


図 4-7 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 大量送水車ポンプ取付ボルト (垂直))

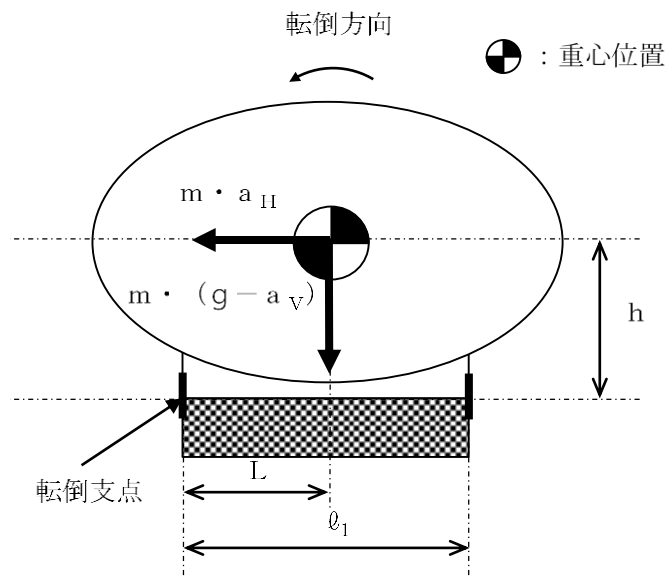


図 4-8 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_V) \geq 0$ の場合)

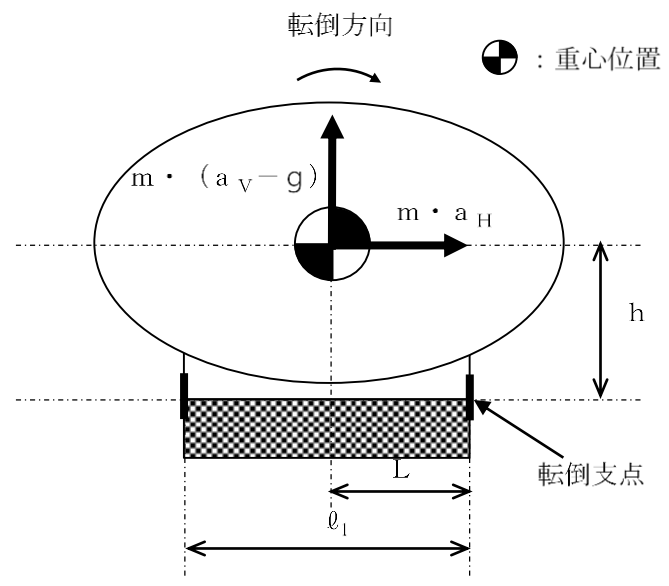


図 4-8 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_V) < 0$ の場合)

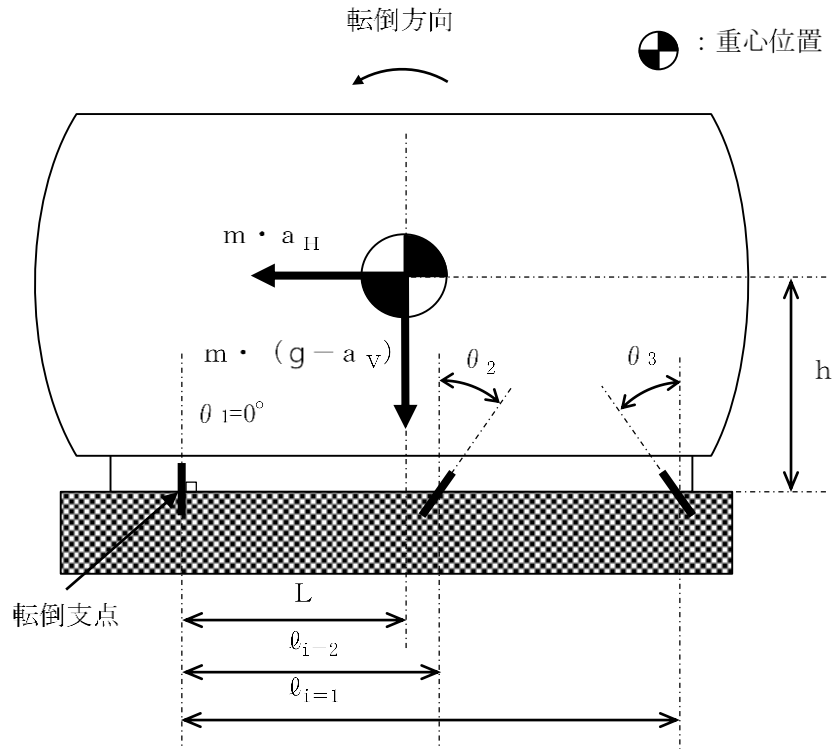


図 4-9 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

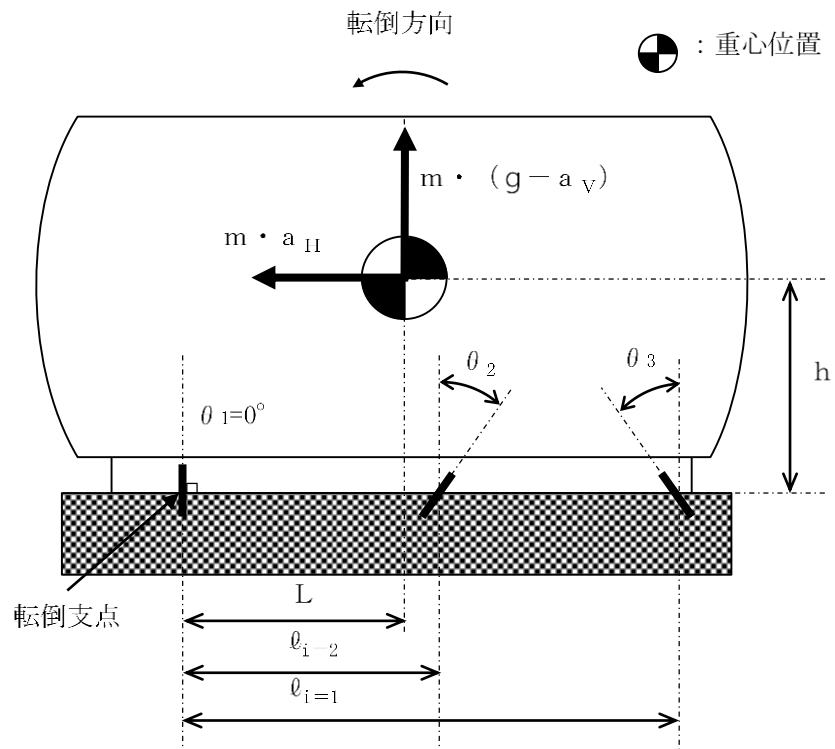


図 4-9 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -2 ($g - a_v < 0$ の場合))

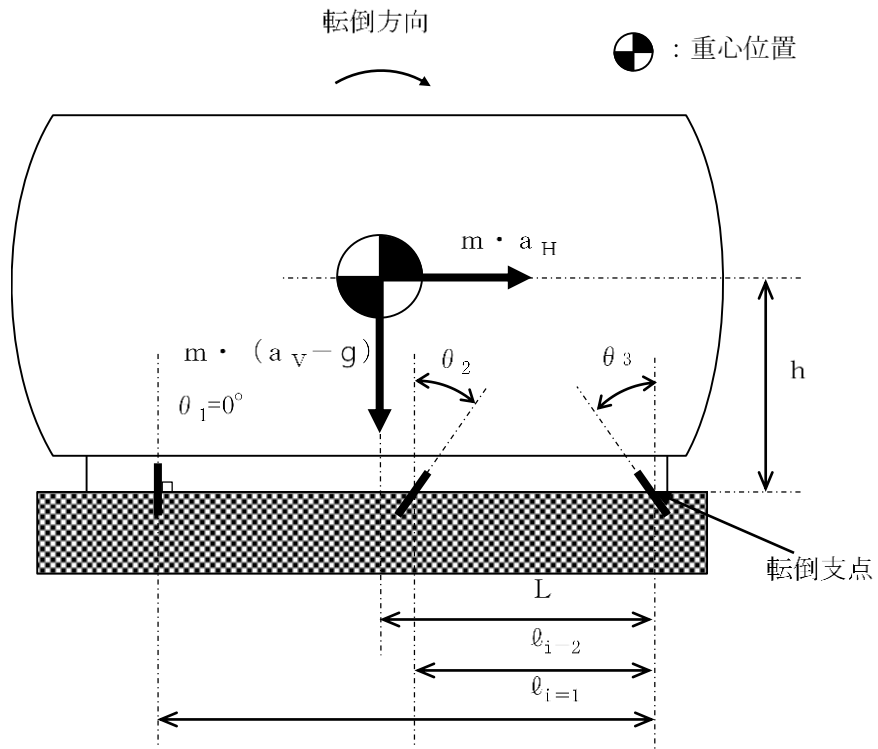


図 4-10 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) -1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

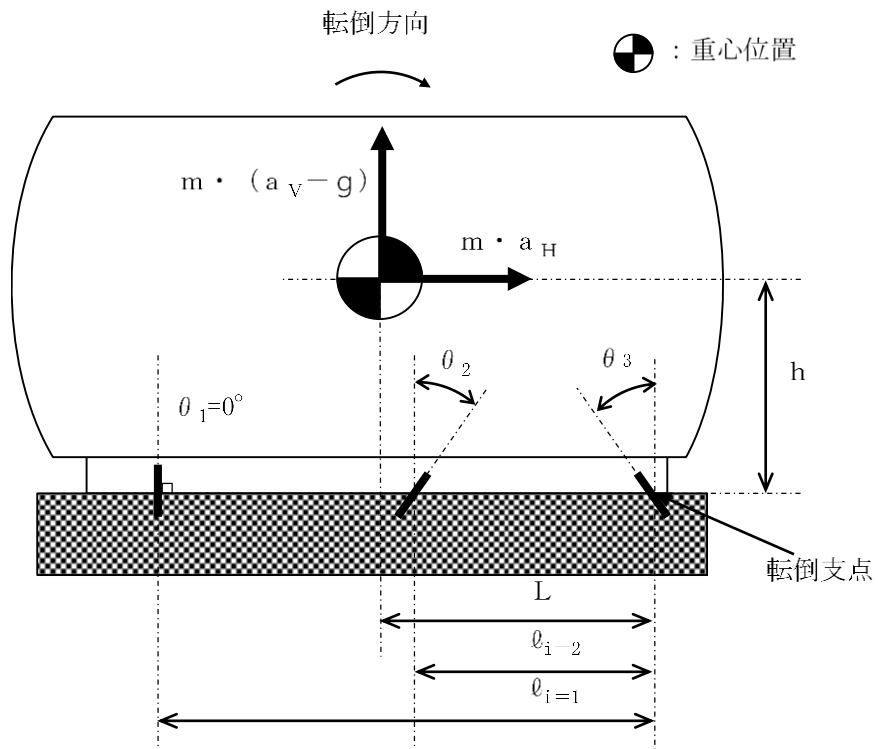


図 4-10 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) -2 ($g - a_v < 0$ の場合))

(a) 直接支持構造物の計算式

イ. 図 4-2 及び図 4-3 の場合の引張応力

なお, 図 4-3 の場合のボルトについては, 回転体回転により働くモーメントは作用しない。

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.1)$$

ロ. 図 4-2 及び図 4-3 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots (4.2)$$

ハ. 図 4-4 の場合のせん断応力

(イ) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots (4.3)$$

(ロ) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.4)$$

ニ. 図 4-5 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots (4.5)$$

ホ. 図 4-5 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.6)$$

へ. 図 4-6 の場合のせん断応力

取付ボルト（垂直）は考慮しないものとし，水平方向及び鉛直方向の荷重により取付ボルト（横付）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.7)$$

ト. 図 4-7 の場合のせん断応力

取付ボルト（横付）は考慮しないものとし，水平方向の荷重により取付ボルト（垂直）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.8)$$

チ. 図 4-8 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \dots\dots\dots (4.9)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \cos \theta_i \dots\dots\dots (4.10)$$

リ. 図 4-8 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.11)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \tau_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \sin \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.12)$$

ヌ. 図 4-9 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = 0 \text{ (転倒支点のため, 引張応力は発生しない)} \dots\dots\dots (4.13)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_i \dots (4.14)$$

ル. 図 4-9 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots (4.15)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \tau_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_i \dots (4.16)$$

ヲ. 図 4-10 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.17)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_2 + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_2 \dots (4.18)$$

(ハ) 斜めボルト (転倒支点) の引張応力

$$\sigma_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_3 \dots (4.19)$$

ワ. 図 4-10 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.20)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_v) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_2 + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_2 \dots\dots (4.21)$$

(ハ) 斜めボルト（転倒支点）のせん断応力

$$\tau_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_3 \dots\dots\dots (4.22)$$

b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、「(a) 間接支持構造物の計算式」に従って、評価部位について、J E A G 4 6 0 1-1987 に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両型設備の応答の不確かさを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、構造強度評価を行う。

構造強度評価に使用する記号を表 4-4 に、計算モデル例を図 4-11～図 4-14 に示す。

また、各設備の評価部位と計算モデル例との関係を表 4-5 に示す。

転倒方向は、図 4-11～図 4-14 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

表 4-4 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心位置までの高さ	mm
L	重心位置と取付ボルト間の水平方向距離	mm
ℓ_i	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離（ i は転倒支点から距離の長い順に番号取りをする。）	mm
m	機器の保管時質量	kg
M_P	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N_i	引張力又はせん断力の作用する取付ボルトの本数	—
n	取付ボルトの総本数	—
σ_b	取付ボルトの最大引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトの最大せん断応力	MPa

表 4-5 各設備の評価部位と計算モデル例

設備名称	評価部位	図
大量送水車	コンテナ取付ボルト	図 4-13, 図 4-14
高圧発電機車（タイプ I）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
高圧発電機車（タイプ II）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
移動式代替熱交換設備	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
可搬式窒素供給装置	コンテナ取付ボルト	図 4-13, 図 4-14
緊急時対策所用発電機	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	コンテナ取付ボルト	図 4-11～図 4-14

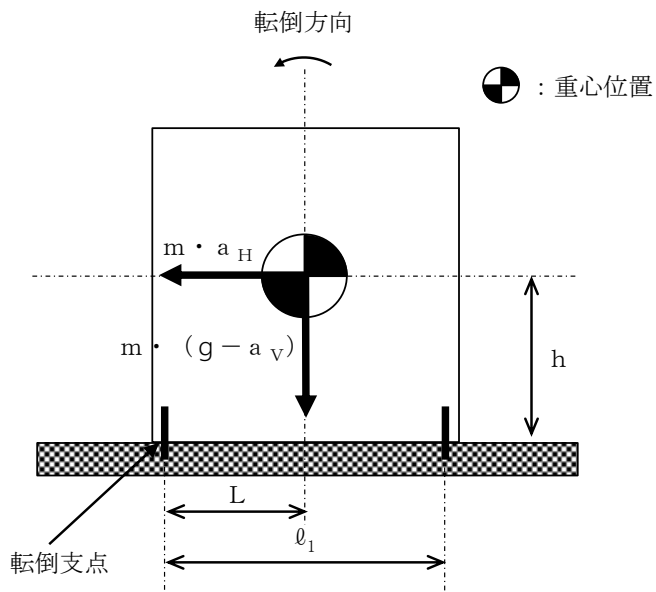


図 4-11 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

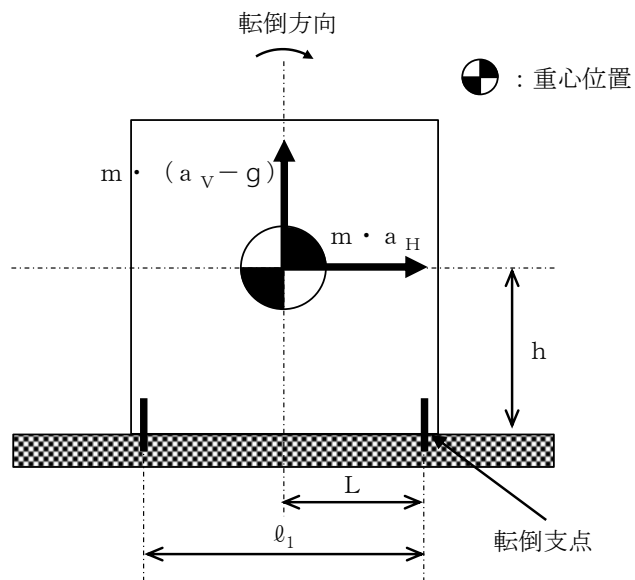


図 4-11 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

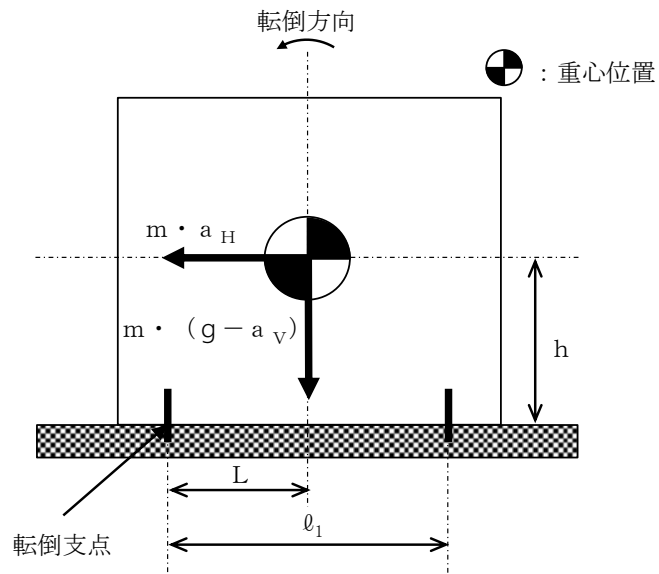


図 4-12 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

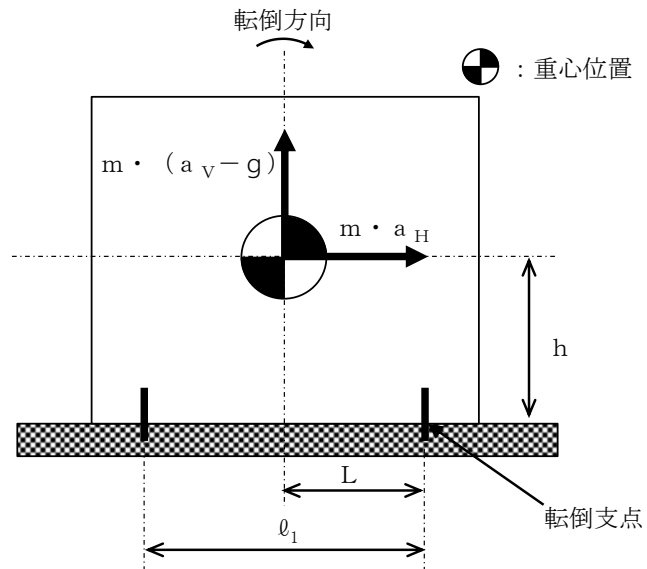


図 4-12 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

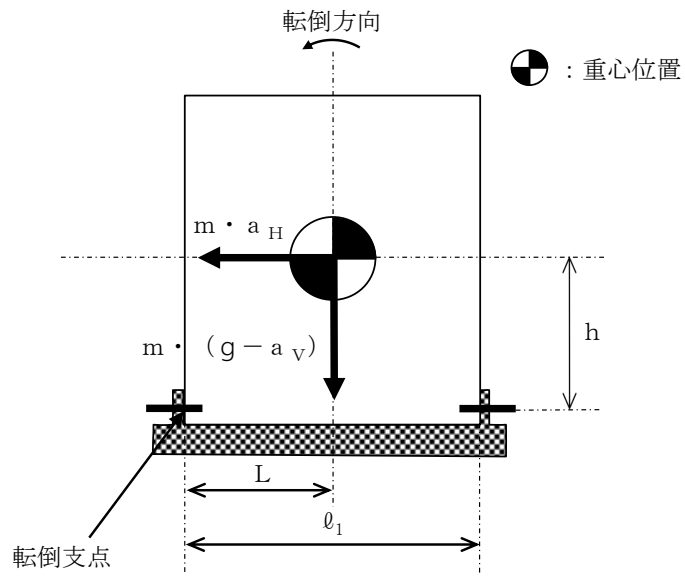


図 4-13 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$) の場合)

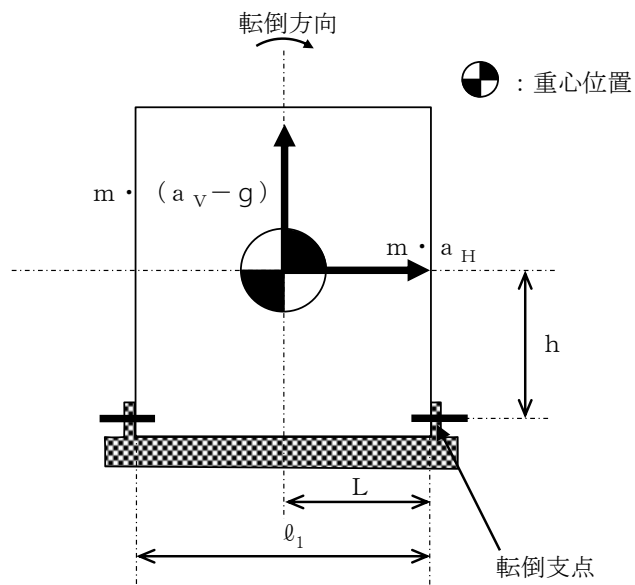


図 4-13 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$) の場合)

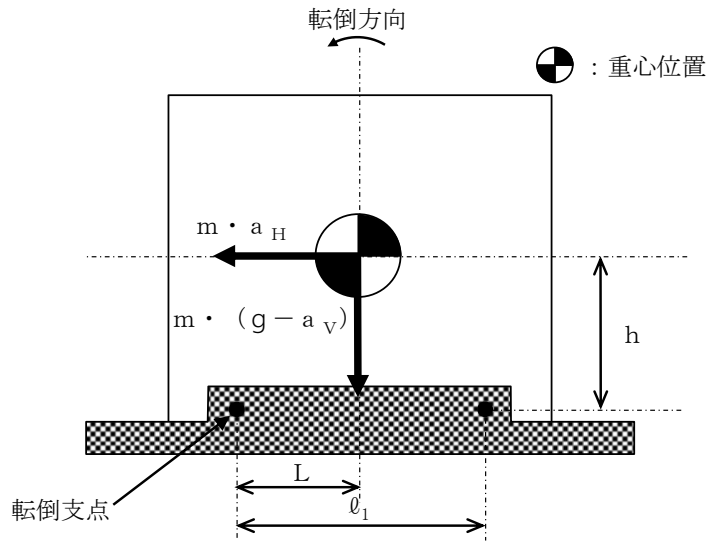


図 4-14 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 $(g - a_v) \geq 0$ の場合)

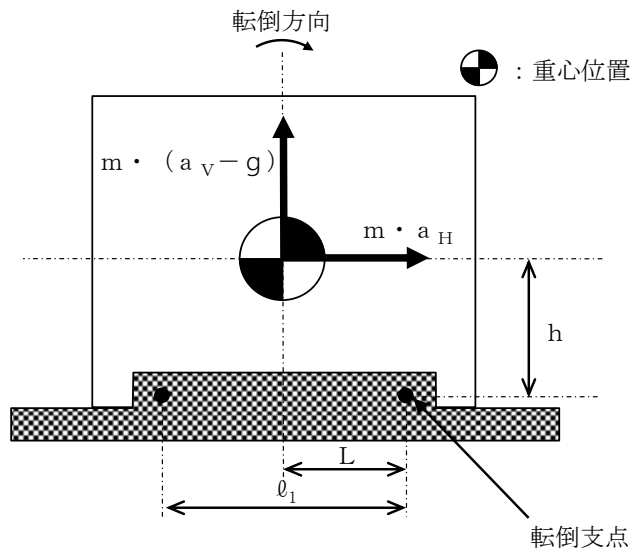


図 4-14 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 $(g - a_v) < 0$ の場合)

(a) 間接支持構造物の計算式

イ. 図 4-11 及び図 4-12 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.23)$$

ロ. 図 4-11 及び図 4-12 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.24)$$

ハ. 図 4-13 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.25)$$

ニ. 図 4-13 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.26)$$

ホ. 図 4-14 の場合のせん断応力

(イ) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{a_H^2 + (g - a_V)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.27)$$

(ロ) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.28)$$

(3) 転倒評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。

転倒評価は、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持されていることを確認する。加振試験については、J E A G 4 6 0 1-1991に基づき実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、地震力による浮上りを考慮しても、加振試験により、ポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(5) 波及的影響評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、加振試験にて確認した車両型設備の最大変位量が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備との離隔距離未満であることにより確認する。

地震時における各設備のすべり量の算出については「a. すべり量」に、地震時における各設備の傾きによる変位量の算出については「b. 傾きによる変位量」に、最大変位量の算出については「c. 最大変位量」に示す。

a. すべり量

すべり量については、加振試験の結果を基に設定する。

加振試験によるすべり量については、各設備の加振試験により確認したすべり量を使用する。

b. 傾きによる変位量

傾きによる変位量については、各設備の加振試験により確認した傾き角を用いて算出する。

また、波及的影響として評価すべき傾きによる変位量を表した図を図 4-15 に示し、使用する記号を表 4-6 に示す。

傾きによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots (4.29)$$

表 4-6 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
h	mm	設備高さ
X	mm	傾きによる変位量
θ	°	傾き角

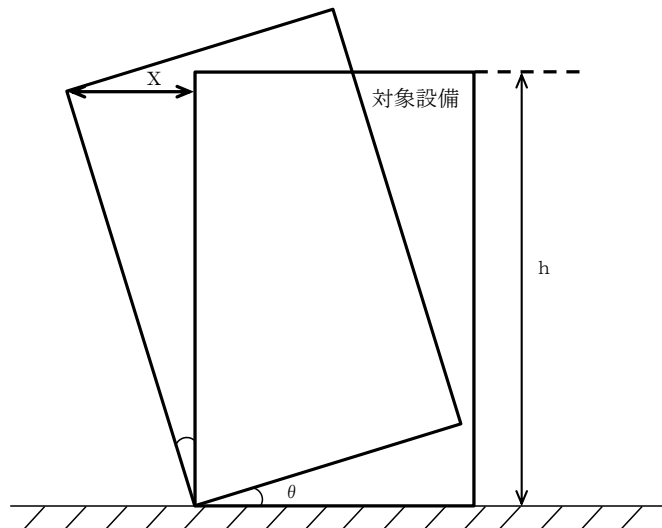


図 4-15 傾きによる変位量の算出図

c. 最大変位量

「a. すべり量」にて設定したすべり量と、「b. 傾きによる変位量」により算出される傾きによる変位量を加算した値を最大変位量と定義し、最大変位量が「3.2 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

なお、第3保管エリアの車両は個別の台座の上に駐車されており、台座からの転落を考慮する必要がある。一方で、隣接する設備は無いため、走行軸直角方向の傾きによる変位量は考慮しないこととし、すべり量を最大変位量、車両側面から台座端部までの距離を許容限界として設定する。

4.2 ボンベ設備

ボンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価及び波及的影響評価を実施する。

ボンベ設備の耐震評価フローを図 4-16 に示す。

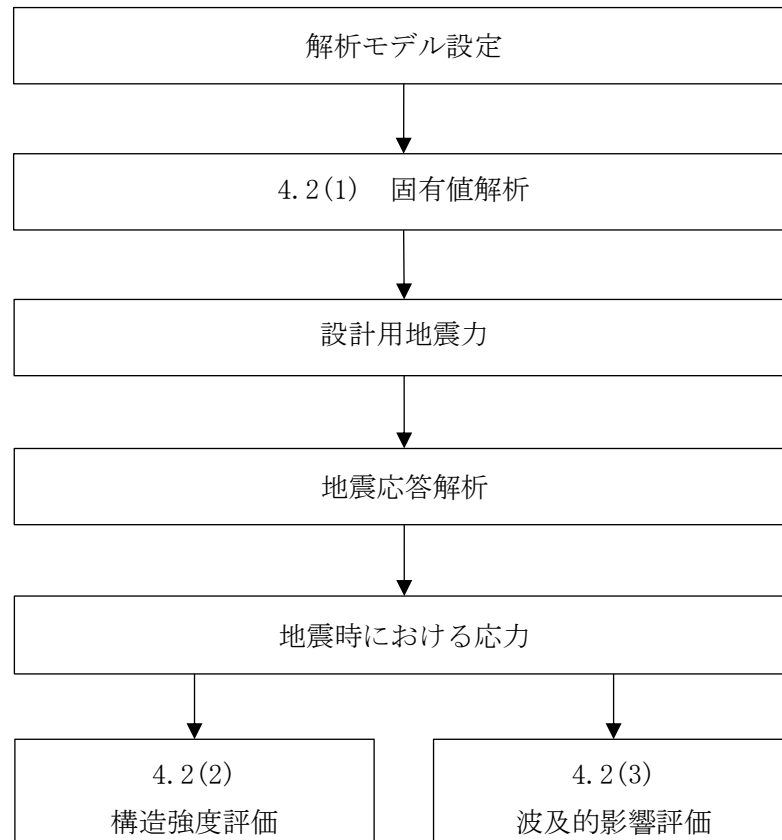


図 4-16 ボンベ設備の耐震評価フロー

(1) 固有値解析

a. 基本方針

ボンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、固有値解析の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルを用いて、固有値解析を行う。

b. 解析方法及び解析モデル

- (a) ボンベラック及びボンベカードルを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を実施する。
- (b) ボンベラックは溶接により壁面又は床面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。また、ボンベカードルの取付架台は溶接により床面に設定した埋

込金物に固定していることから、溶接部を完全拘束とする。

- (c) ボンベカードルに収納，固定される配管，弁類及び遮光パネルの質量は，各々組込む位置に相当する各接点に付加する。
- (d) ボンベカードルのフレームは，床に設置した取付架台に取付ボルトにて固定されるため，フレームと取付架台は取付ボルト位置で**固定**条件を設定する。
- (e) ボンベ本体は，基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラック又はボンベカードルに，ボルト等にて固定され収納されている。ここで，ボンベ本体は高圧ガス適用品であり，一般的な圧力容器に比べ，高い耐圧強度を有することから，はるかに剛性が高いものであるが，解析上，断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (f) 各ボンベからヘッダー又は配管への接続管は，接続を容易にするため可とう性を持つ形状としていること，地震時にはボンベとヘッダー又は配管の相対変位は微小であることから，地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (g) 解析コードは，「ABAQUS」を使用する。
なお，解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，VI-5-16「計算機プログラム（解析コード）の概要・ABAQUS」に示す。
- (h) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(2) 構造強度評価

ボンベ設備は，「2.2 評価方針」で設定した評価部位について，評価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。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は，VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. ボンベ設備の計算式

(a) ボンベラック（壁固定型）

構造強度評価に使用する記号を表 4-7 に，計算モデル例を図 4-17 及び図 4-18 に示す。

また，転倒方向は，図 4-17 及び図 4-18 における左右方向及び前後方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

表 4-7 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_w	溶接部の有効断面積 (1箇所当たり)	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_w	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力	N
F_{w1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力	N
F_{w2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力 (左右方向転倒)	N
F_{w3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力 (前後方向転倒)	N
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_{w1}	溶接長 (1箇所当たり)	mm
l_1	重心と下側溶接部間の距離	mm
l_2	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離	mm
l_3	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離	mm
m	ポンベ設備の質量	kg
n	溶接箇所数	—
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箇所数	—
S	溶接部の脚長	mm
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
σ_x	シェル要素のX方向応力	MPa
σ_y	シェル要素のY方向応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_w	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

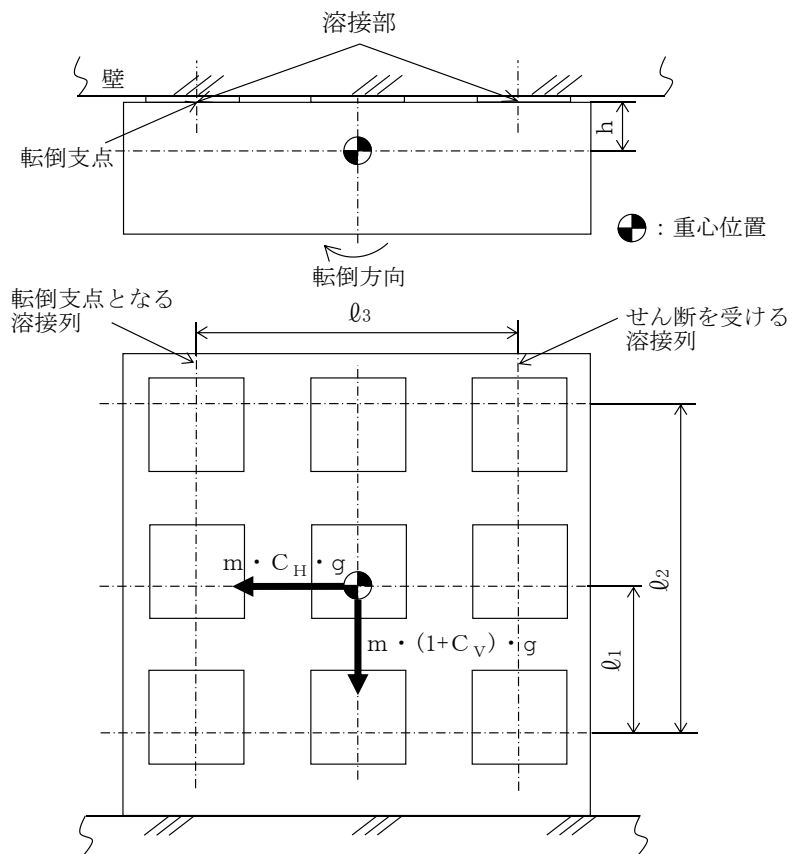


図 4-17 計算モデル例 (左右方向転倒)

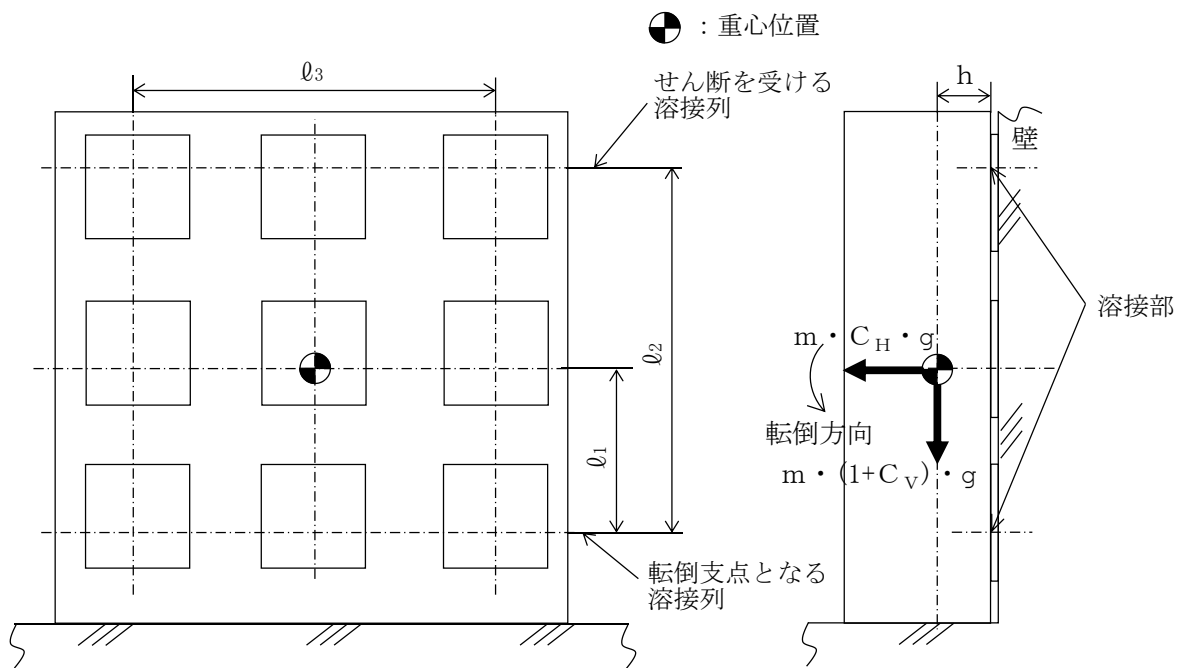


図 4-18 計算モデル例 (前後方向転倒)

イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.30)$$

ロ. ボンベラック (シエル要素)

ボンベラックのうち, シエル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.31)$$

ハ. 溶接部

溶接部の応力を以下のとおり計算する。

- ・ ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベラック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。

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断力 (F_{w1})

$$F_{w1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_v) \cdot g)^2} \dots\dots\dots (4.32)$$

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力 (τ_{w1})

$$\tau_{w3} = \frac{F_{w1}}{n \cdot A_w} \dots\dots\dots (4.33)$$

- ・ ボンベラック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 4-17 及び図 4-18 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 4-17 に示す左右方向転倒の場合のせん断力 (F_{w2})

$$F_{w2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{hw1} \cdot \ell_3} \dots\dots\dots (4.34)$$

計算モデル図 4-18 に示す前後方向転倒の場合のせん断力 (F_{w3})

$$F_{w3} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_2} \dots\dots\dots (4.35)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_w = \text{Max} (F_{w2}, F_{w3}) \quad \dots\dots\dots (4.36)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力 (τ_{w2})

$$\tau_{w4} = \frac{F_w}{A_w} \quad \dots\dots\dots (4.37)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、

$$A_w = (S / \sqrt{2}) \times L_w \quad \dots\dots\dots (4.38)$$

・溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max} (\tau_{w3}, \tau_{w4}) \quad \dots\dots\dots (4.39)$$

(b) ボンベラック (床固定型)

構造強度評価に使用する記号を表 4-8 に、計算モデル例を図 4-19~図 4-22 に示す。

また、転倒方向は、図 4-19~図 4-22 における短辺方向及び長辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方 (許容値/発生値の小さい方をいう。) を記載する。

表 4-8 構造強度評価に使用する記号

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
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
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
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_W	溶接長（1箇所当たり）	mm
ϱ_1	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
ϱ_2	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
m	ボンベ設備の質量	kg
n	溶接箇所数	—
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	溶接部の脚長	mm
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	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

注記*： $\varrho_1 \leq \varrho_2$

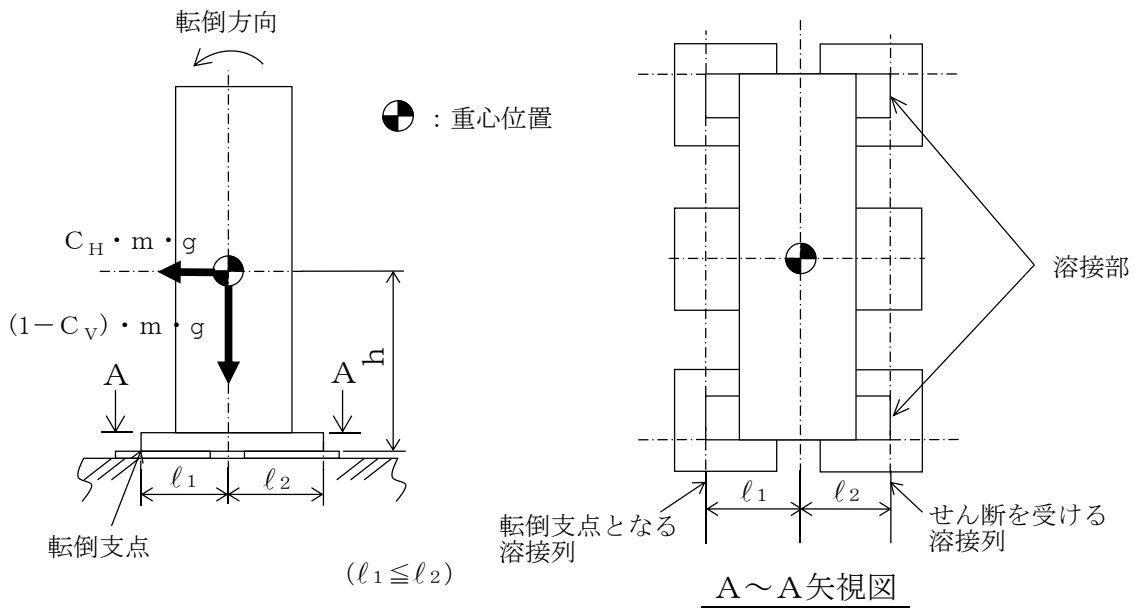


図 4-19 計算モデル例
(短辺方向転倒-1 ($1 - C_V \geq 0$ の場合))

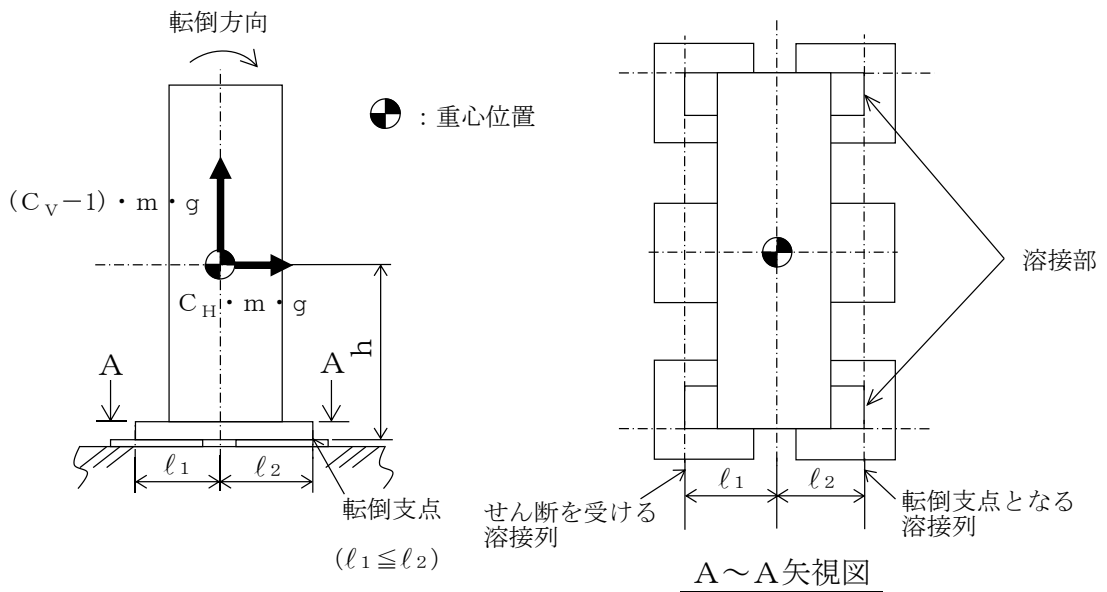
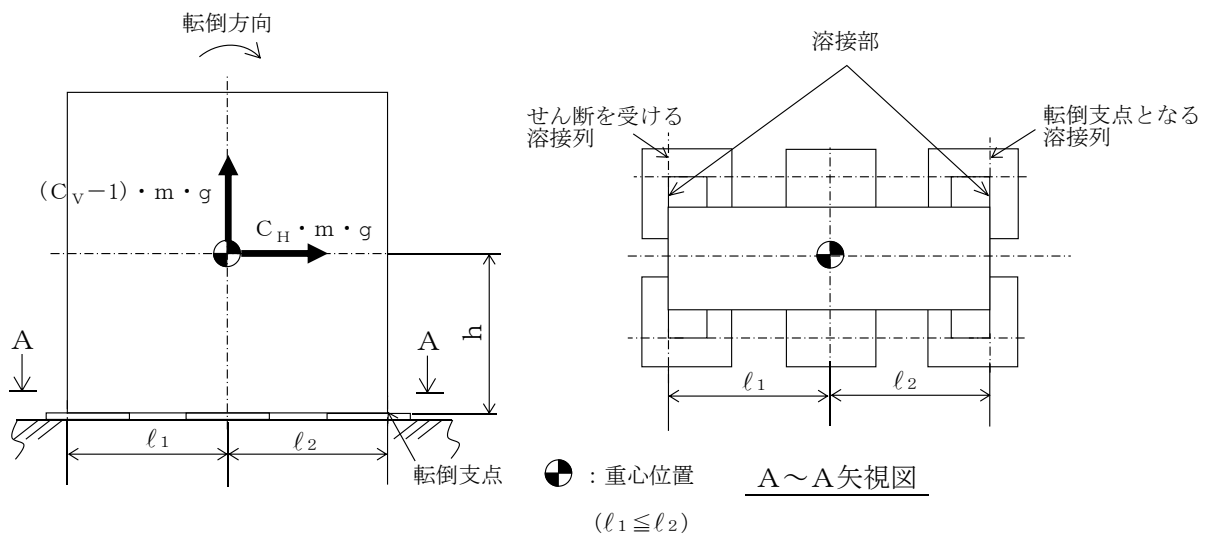
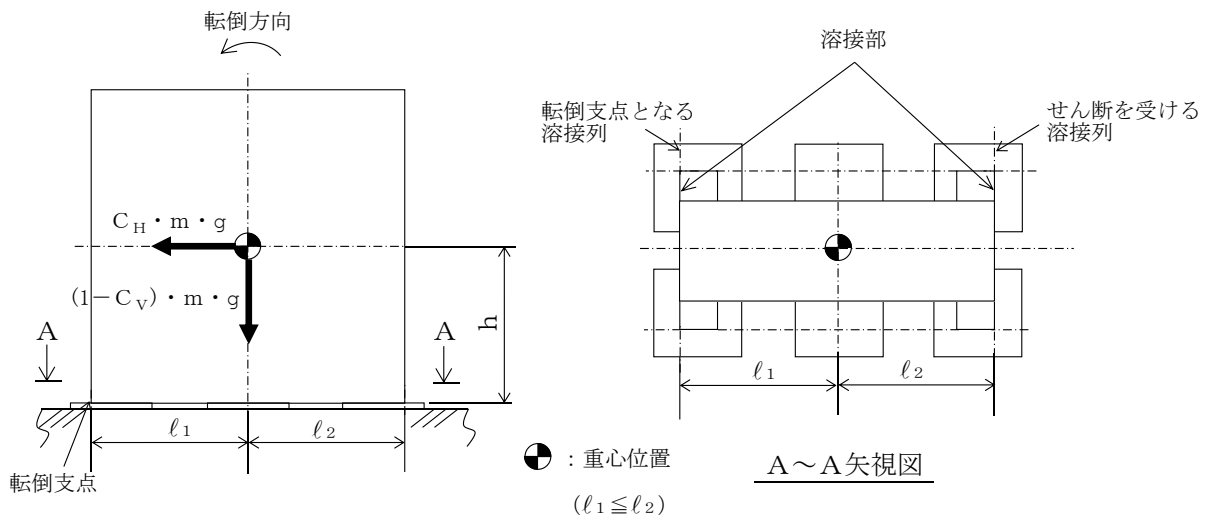


図 4-20 計算モデル例
(短辺方向転倒-2 ($1 - C_V < 0$ の場合))



イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.40)$$

ロ. ボンベラック (シェル要素)

ボンベラックのうち, シェル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.41)$$

ハ. 溶接部

溶接部の応力を以下のとおり計算する。

・ 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})

$$F_{HW} = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (4.42)$$

水平方向せん断応力 (τ_{w1})

$$\tau_{w1} = \frac{F_{HW}}{n \cdot A_{HW}} \dots\dots\dots (4.43)$$

・ 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 4-19~4-22 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。

図 4-19 及び図 4-21 の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h - m \cdot (1 - C_v) \cdot g \cdot \ell_1}{n_{vw} \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (4.44)$$

図 4-20 及び図 4-22 の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h - m \cdot (1 - C_v) \cdot g \cdot \ell_2}{n_{vw} \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (4.45)$$

鉛直方向せん断応力 (τ_{w2})

$$\tau_{w2} = \frac{F_w}{A_{vw}} \dots\dots\dots (4.46)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_{HW} 、 A_{vw} は、

$$A_{HW} = (S/\sqrt{2}) \times L_w \dots\dots\dots (4.47)$$

$$A_{vw} = (S/\sqrt{2}) \times L_w \dots\dots\dots (4.48)$$

・溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max}(\tau_{w1}, \tau_{w2}) \dots\dots\dots (4.49)$$

(c) ボンベカードル

構造強度評価に使用する記号を表 4-9 に示す。取付ボルトの応力は、解析結果で得られた反力から理論式により引張応力及びせん断応力を計算する。

表 4-9 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm ²
d	取付ボルトの呼び径	mm
F_{bp}	取付ボルトに作用する引張力	N
Q_{bp}	取付ボルトに作用するせん断力	MPa
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_{bp}	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
σ_x	シェル要素の X 方向応力	MPa
σ_y	シェル要素の Y 方向応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_{bp}	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

イ. フレーム (はり要素)

フレームのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.50)$$

ロ. フレーム (シェル要素) 及び取付架台の応力

フレーム及び取付架台のシェル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.51)$$

ハ. 取付ボルトの応力

取付ボルトの応力を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bp} = \frac{F_{bp}}{A_b} \dots\dots\dots (4.52)$$

ここで, 取付ボルトの軸断面積 A_b は,

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.53)$$

せん断応力

$$\tau_{bp} = \frac{Q_{bp}}{A_b} \dots\dots\dots (4.54)$$

(3) 波及的影響評価

ポンベ設備は, 「2.2 評価方針」で設定した評価部位について, 評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで, 当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.3 可搬型空気浄化設備

可搬型空気浄化設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の評価フローを図4-23に示す。

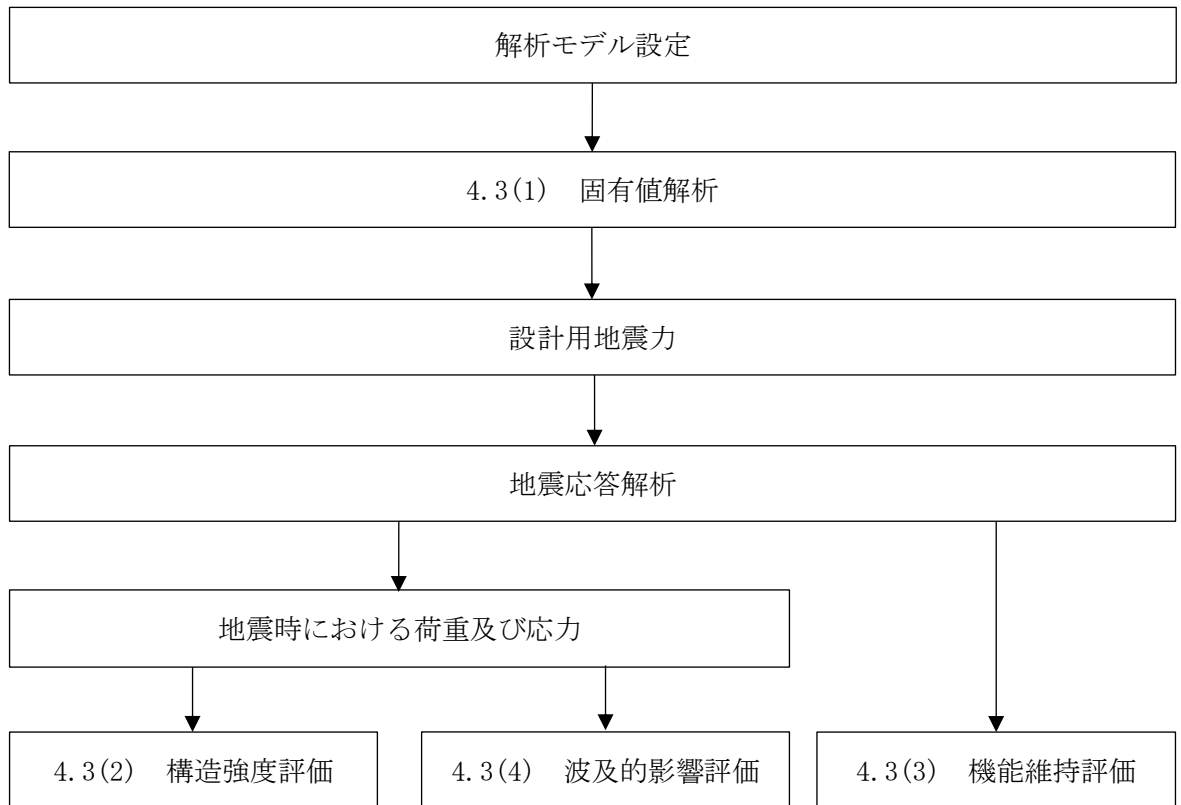


図4-23 可搬型空気浄化設備の評価フロー

(1) 固有値解析

可搬型空気浄化設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるようモデル化し、固有振動数を算出する。

- (a) 固有振動数及び荷重を求めるため、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機をはり要素及びシェル要素によりモデル化し、3次元FEM解析を行う。
- (b) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5-26「計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。
- (c) 拘束条件として、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機は設置用フレームと機器固縛金具を介して、アイプレートで固定することにより、アイプレート部を3方向（X，Y，Z）固定として設定する。
- (d) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機の転倒方向は、図4-24及び図4-25における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (e) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (f) 解析モデルの固有値解析により、固有振動数を計算する。

(2) 構造強度評価

可搬型空気浄化設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認する。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」又はVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. 可搬型空気浄化設備の計算式

構造強度評価に使用する記号を表4-10に、計算モデル例を図4-24～図4-26に示す。

表 4-10 構造強度評価に使用する記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
A_b	機器固縛金具ボルト部の断面積	mm^2
A_{b1}	送風機取付ボルト断面積	mm^2
A_{b2}	原動機取付ボルト断面積	mm^2
A_L	シャックルの許容荷重	N
A_s	機器固縛金具及びアイプレートの最小断面積	mm^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
B_s	アイプレート溶接部断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	機器固縛金具ボルトの呼び径	mm
d_1	送風機取付ボルトの呼び径	mm
d_2	原動機取付ボルトの呼び径	mm
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	機器固縛金具取付高さ	mm
H	機器の重心高さ	mm
H_1	送風機の重心高さ	mm
H_2	原動機の重心高さ	mm
ℓ_1	送風機のボルト間距離	mm
ℓ_2	送風機の転倒支点から重心までの距離	mm
ℓ_3	原動機のボルト間距離	mm
ℓ_4	原動機の転倒支点から重心までの距離	mm
L_w	荷重点からアイプレート固定部までの距離	mm
L_1	転倒支点から重心までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_2	転倒支点から固縛位置までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_3	転倒支点から重心までの距離 (長辺方向転倒)	mm
L_4	転倒支点から固縛位置までの距離 (長辺方向転倒)	mm
m	機器の質量	kg
m_1	送風機の質量	kg
m_2	原動機の質量	kg
n_1	送風機取付ボルト評価部位本数	—
n_2	原動機取付ボルト評価部位本数	—

表 4-10 構造強度評価に使用する記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
N_1	送風機取付ボルト評価部位総本数	—
N_2	原動機取付ボルト評価部位総本数	—
$S_{y d}$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_{y t}$	試験温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
T_L	設計・建設規格 SSB-3210に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重	N
T_s	固縛材に発生する張力	N
T_{s1}	固縛材に発生する張力 (短辺方向転倒)	N
T_{s2}	固縛材に発生する張力 (長辺方向転倒)	N
W_w	風による水平荷重	N
Z_H	荷重の作用する固縛材の数	—
Z	アイプレート溶接部の断面係数	mm^3
σ_b	機器固縛金具ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じる引張応力	MPa
σ_1	アイプレート溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_2	アイプレート溶接部に生じる曲げ応力	MPa
τ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じるせん断応力	MPa
τ_1	アイプレート溶接部に生じるせん断応力	MPa
τ_w	アイプレート溶接部に生じる組合せ応力	MPa
θ	水平方向の機器固縛金具張角	°

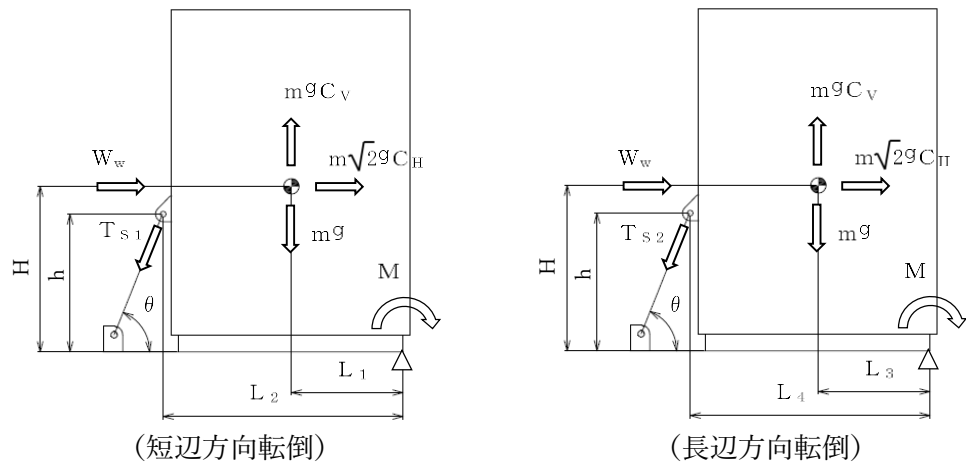


図 4-24 計算モデル (緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの機器固縛金具)

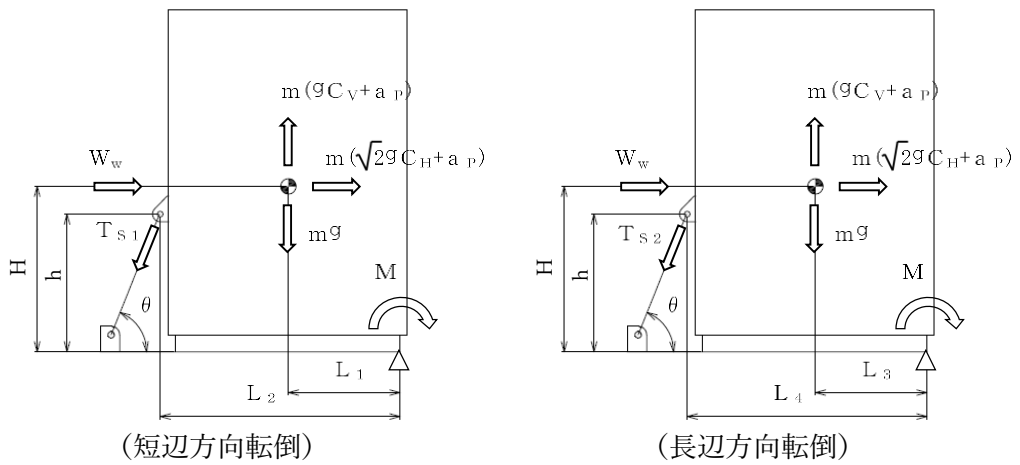


図 4-25 計算モデル (緊急時対策所空気浄化送風機の機器固縛金具)

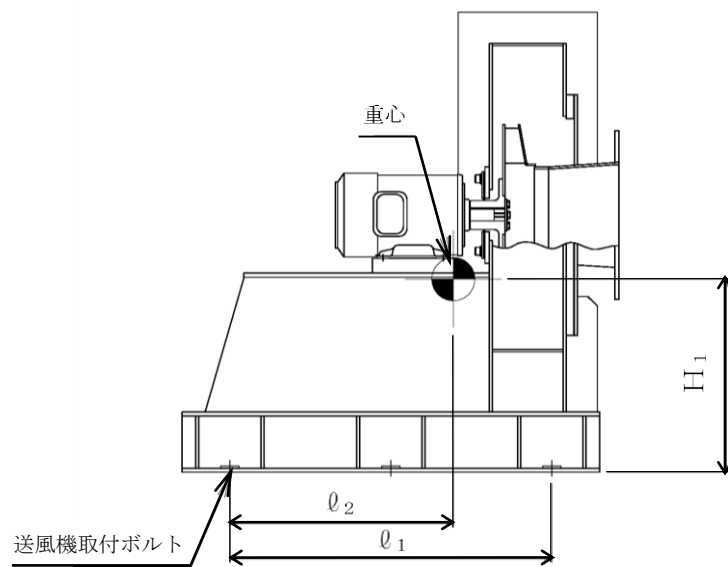


図 4-26 計算モデル(送風機取付ボルト)

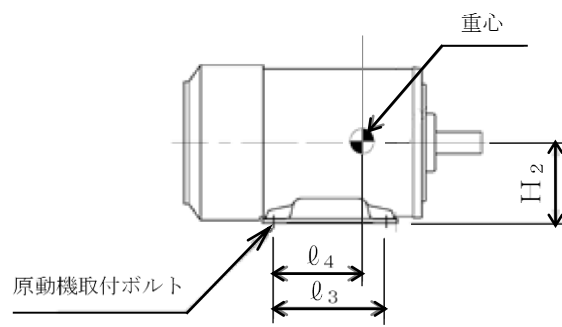


図 4-27 計算モデル(原動機取付ボルト)

(a) 機器固縛金具

イ. 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{S1} 及び T_{S2} を以下のとおり計算する。

$$T_{S1} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H (h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.55)$$

$$T_{S2} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H (h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.56)$$

評価には T_{S1} と T_{S2} を比較し数値が大きいものを T_S として使用する。

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b を以下のとおり計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_S}{A_b} \quad \dots (4.57)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.58)$$

また、機器固縛金具部の最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_S}{A_s} \quad \dots (4.59)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_S}{A_s} \quad \dots (4.60)$$

ロ. 緊急時対策所空気浄化送風機

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{s1} 及び T_{s2} を以下のとおり計算する。

$$T_{s1} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P)}{z_H(h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.61)$$

$$T_{s2} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P)}{z_H(h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.62)$$

評価には T_{s1} と T_{s2} を比較し数値が大きいものを T_s として使用する。

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b を以下のとおり計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_s}{A_b} \quad \dots (4.63)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.64)$$

また、機器固縛金具部の最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.65)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.66)$$

(b) アイプレート及びアイプレート溶接部

イ. アイプレート

アイプレートの最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (4.67)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (4.68)$$

ロ. アイプレート溶接部

アイプレート（溶接部）のせん断面積 B_s より、引張応力 σ_1 及びせん断応力 τ_1 を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (4.69)$$

せん断応力

$$\tau_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (4.70)$$

アイプレート（溶接部）の荷重点からアイプレート固定部までの距離 L_w 及びアイプレート（溶接部）の断面係数 Z より、曲げ応力 σ_2 を以下のとおり計算する。

曲げ応力

$$\sigma_2 = \frac{T_s \cdot L_w}{Z} \dots\dots\dots (4.71)$$

アイプレート（溶接部）に生じる組合せ応力 τ_w を以下のとおり計算する。

$$\tau_w = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (4.72)$$

(c) 送風機取付ボルトの計算方法

地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、送風機取付ボルト(1本当たり)に生じる引張応力 σ_{b1} 及びせん断応力 τ_{b1} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P) \cdot H_1 - m_1 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P) \cdot \ell_2}{n_1 \cdot A_{b1} \cdot \ell_1} \quad \dots (4.73)$$

ここで、送風機取付ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots (4.74)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P)}{N_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots (4.75)$$

(d) 原動機取付ボルトの計算方法

地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、原動機取付ボルト(1本当たり)に生じる引張応力 σ_{b2} 及びせん断応力 τ_{b2} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P) \cdot H_2 - m_2 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P) \cdot \ell_4}{n_2 \cdot A_{b2} \cdot \ell_3} \quad \dots (4.76)$$

ここで、原動機取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots (4.77)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P)}{N_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots (4.78)$$

(e) シャックルの計算方法

シャックルの許容荷重 A_L は以下のとおり算出され、シャックルに掛かる荷重より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

許容荷重

$$A_L = \frac{0.6 \cdot T_L \cdot 0.9 \cdot S_{y d}}{S_{y t}} \dots\dots\dots (4.79)$$

(3) 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的及び電気的機能を保持できることを、可搬型空気浄化設備の固有振動数から応答加速度を求め、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(4) 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.4 その他設備

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

その他設備の耐震評価フローを図 4-28 及び図 4-29 に示す。

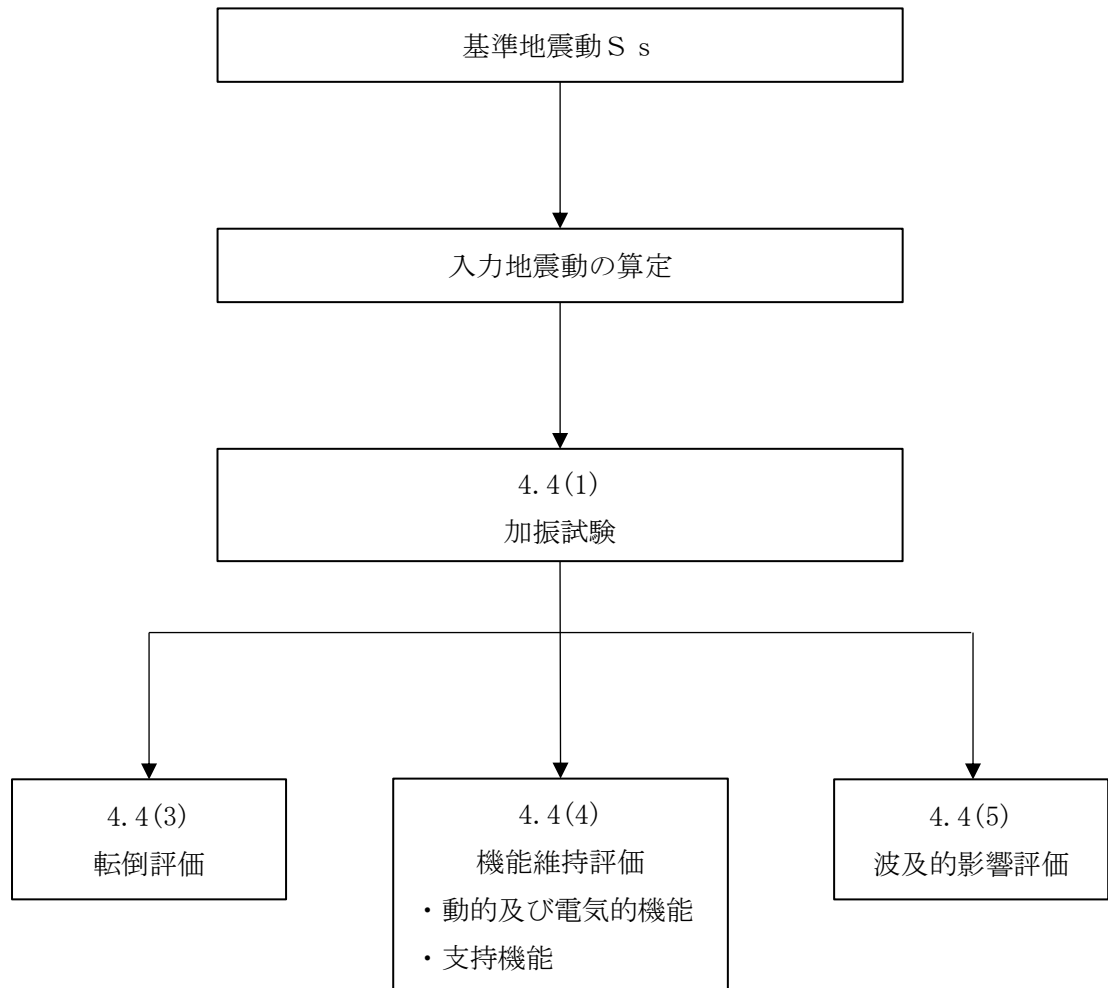


図 4-28 その他設備（筐体保管設備以外）の耐震評価フロー

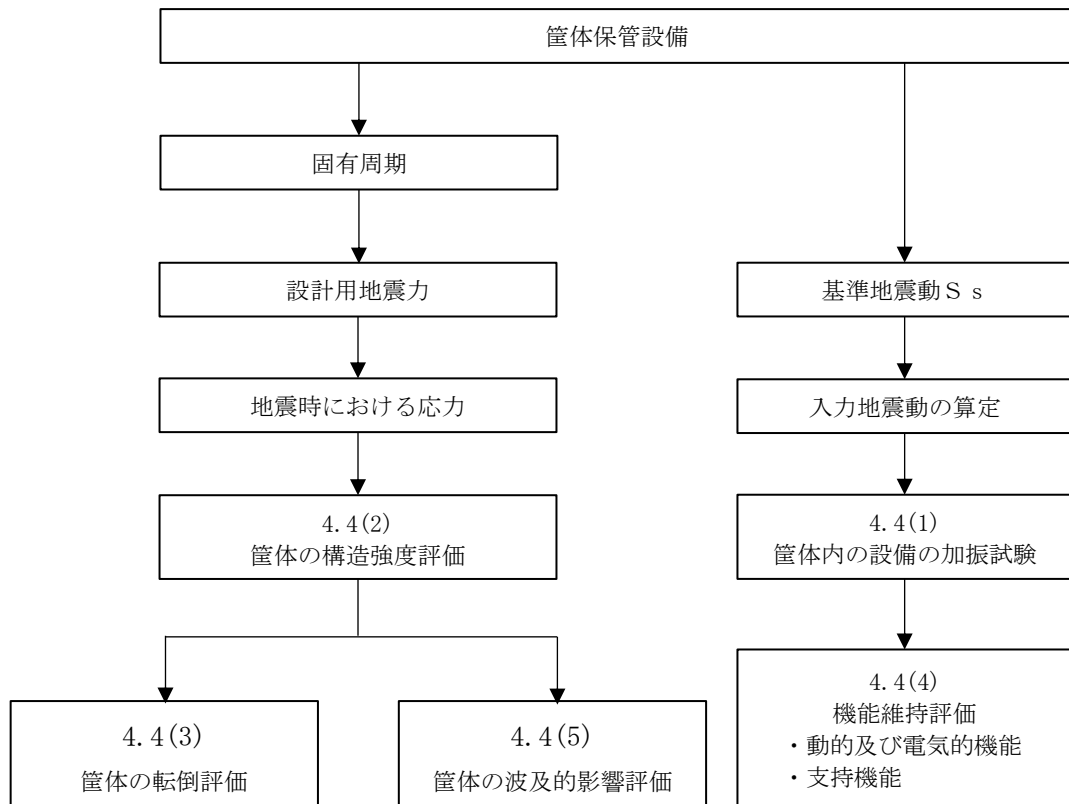


図 4-29 その他設備（筐体保管設備）の耐震評価フロー

(1) 加振試験

a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、支持機能、動的及び電氣的機能が維持できると及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2) 構造強度評価」、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-7「設計用スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 構造強度評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」を満足することを確認することで、スリング等が支持機能を喪失しないことを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価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。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及び VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. 筐体の計算式

筐体の構造強度評価は、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。

(3) 転倒評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。

転倒評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、筐体が転倒しないことを確認する。

(4) 機能維持評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、試験後に支持機能、動的及び電氣的機能が維持されることを確認する。加振試験については、J E A G 4 6 0 1 -1991 に基づき実施する。

機能維持評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加速度が、加振試験により計測、給電等の機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(5) 波及的影響評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

波及的影響評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せが可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、VI-2-1-8「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方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、VI-2-別添 3-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 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。

- (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 J E A G 4 6 0 1・補-1984((社) 日本電気協会)
- (2) 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)
- (3) 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)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)