

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 27 R2
提出年月日	令和 4 年 11 月 29 日

設工認に係る補足説明資料

設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する補足

1. 文章中の下線部は、R1 から R2 への変更箇所を示す
2. R2 の主な変更内容としては、11 月 18 日に提示した「耐震機電 00-01」に示す設計プロセスを踏まえた補足事項を反映したものである。
修正は、主に添付—1 にて設計プロセスの内容ごとに、妥当性を確認する際の確認方法を示したものである。

目次

1. 概要	1
2. 計算式及び設備固有事項の設定について.....	2
2.1 計算式の設定に関する補足説明について.....	2
2.2 設備固有の設定事項について.....	2

添付ー1	有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算に対する説明
添付ー2	定式化された計算式による評価を行う機器の耐震計算に対する説明
添付ー3	有限要素モデル等を用いて評価を行う配管の耐震計算に対する説明

[- - - -]:後次回で示す範囲

■ :商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、再処理施設及びMOX燃料加工施設(以下「当社施設」という。)に対する第1回設工認申請のうち、以下に示す添付書類における耐震評価上の補足事項について示すものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」
- ・再処理施設 添付書類「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」
- ・再処理施設 添付書類「IV-2 再処理施設の耐震性に関する計算書」
- ・再処理施設 添付書類「IV-4-2 火災防護設備の耐震性に関する計算書」

第1回申請設備は、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器及び標準支持間隔法を用いている配管である。有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算は、添付書類「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」に基づき実施しており、当該添付書類において評価条件、計算式、許容限界等を示している。

これら評価条件、計算式、許容限界等の耐震設計における耐震設計プロセスにおいては、評価の妥当性を確保するために、適切に設定しており、本資料では、耐震設計プロセスごとの確認方法について示す。

そのうち計算式は、添付書類「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」JEAGの式の他、JEAGや材料力学の式を組み合わせる設備形状に応じた式を設定している。

また、評価条件、許容限界等は、原則として設備の種類や構造に応じて基本方針に示す値を適用している。設備固有の事項により基本方針に比べて保守的な設定とする場合等は、設備固有の設定である旨を耐震計算書に記載した上で、本補足説明資料で詳細について説明する。

配管系のうち標準支持間隔法を用いている配管の耐震計算は、添付書類「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に基づき実施している。標準支持間隔法を用いている配管系は設計方針であることから、当該設備に対する耐震計算上の補足事項については補足説明資料「耐震機電16 配管系の評価手法(定ピッチスパン法)について」に示す。

本資料では、計算式の設定に関する補足説明や設備固有の設定事項等、計算式や耐震計算書に対する補足事項について示す。

本資料で示す内容については、再処理施設及びMOX燃料加工施設に対して適用するものとし、廃棄物管理施設については別途整理するものとする。

また、本資料は第1回申請範囲を対象とした説明内容を示しており、後次回申請範囲の機器配管系については当該申請時において記載を拡充していく。

2. 耐震設計プロセスの条件及び設備固有事項の設定について
耐震設計プロセスの条件及び耐震計算書の記載に関する補足事項として、基本方針に示している耐震設計プロセスごとの確認方法の設定に関する補足説明、設備固有の設定事項の考え方を以下に示す。

2.1 耐震設計プロセスの条件設定に関する補足説明について

耐震設計プロセスの条件は、添付書類「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」において設定している。

これら、耐震設計プロセスに基づいた、耐震計算の条件とその適用元及び計算式は、「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」において設定している。

耐震設計プロセスの条件設定における当社の確認方法について、添付書類「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の耐震設計プロセスの項目ごとに補足する。

また、計算式のうち、回転機器の回転数等により生じるモーメントの算出方法などの計算式に用いる技術的根拠についても補足する。

有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算に対する説明を添付-1に示す。

2.2 設備固有の設定事項について

各設備の耐震評価においては、基本方針に考慮すべき荷重、減衰定数、許容限界等を設定している。

これら設備の耐震評価においては基本方針に基づき評価を行っている設備の他、基本方針よりも保守的に評価条件を設定している設備がある。また、基本方針の方針に基づき、試験等で許容限界を求め、その許容限界を耐震計算書に示している設備がある。

設備固有の設定事項について以下に示す。

(1) 安全冷却水B冷却塔

耐震設計プロセスについて、安全冷却水B冷却塔を代表とし、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震設計プロセスの条件設定の具体的内容を示す。

この際、減衰定数について、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に記載の減衰定数よりも保守的な減衰定数を適用しているため、その適用性について補足する。

詳細な設定内容及び妥当性を別紙-1に示す。

なお、火災感知器については、火災等による損傷の防止に用いる設備であるが、耐震性の確認における耐震設計プロセス及び設備固有の設定事項が電気盤等と同様であることから、本項で合わせて示す。

(2) 火災感知器(第1回申請範囲)

火災感知器を含む電気盤等の電氣的機能維持評価について、添付書類

「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、実証試験等により得られた電氣的機能確認済加速度を用いて評価する。

ここで、電氣的機能維持は機能を確認する部品のサイズ、構造が多様であり設備ごとの確認結果を用いていることから、電氣的機能確認済加速度を取得した試験内容について補足する。

詳細な試験内容を別紙-2に示す。

以上

添付－1

有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の
耐震計算に対する説明方法

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針</p>	

- 耐震設計プロセスにおいて、設備の仕様表、構造図、耐震設計の基本方針、鋼構造設計基準等の文献に基づいて、設計条件を設定しており、その妥当性について説明を行う。
- 本設備に適用する各計算式については、JEAG4601、機械工学便覧及び鋼構造設計規準等に示されている計算式を基に設定しており、各計算式に対する根拠について説明を行う。

目 次

ページ

1. 概要	1
2. 計算条件	2
2.1 解析モデルの詳細設定	2
2.2 解析モデルの入力条件	2
2.2.1 寸法	2
2.2.2 拘束条件	2
2.2.3 温度	2
2.2.4 圧力	3
2.2.5 比重	3
2.2.6 断面特性	3
2.2.7 材料特性	3
2.2.8 質量	3
2.3 設計用地震力	3
2.3.1 設計用地震力	3
2.3.2 減衰定数	4
2.4 荷重の組合せ	4
2.4.1 機械的荷重	4
2.4.2 積雪荷重, 風荷重	4

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<ul style="list-style-type: none"> 2.5 許容限界 4 <ul style="list-style-type: none"> 2.5.1 構造強度評価における許容限界..... 4 2.5.2 機能維持評価における許容限界..... 4 3. 計算式 6 <ul style="list-style-type: none"> 3.1 構造強度評価 7 <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 記号の説明..... 7 3.1.2 各部位の計算式..... 9 3.1.3 評価 14 3.2 動的機能維持評価..... 15 <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 機能確認済加速度による評価..... 15 3.2.2 機能確認済加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討..... 15 3.2.3 機能確認済加速度を超える設備に対する詳細検討..... 17 3.3 電氣的機能維持評価..... 19 	

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>1. 概要</p> <p>本資料は、有限要素モデルを用いて評価を行う機器の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、構造強度の確認及び動的機能、電気的機能等が維持できることを確認するための各計算条件の引用元と耐震計算式を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する計算条件については、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「2. 耐震設計のプロセス」に示す。</p> <p>また、本資料の「2. 計算条件」及び「3. 計算式」により、各機器の耐震健全性を確認し、耐震計算書では、評価に用いた計算条件及び計算結果を示す。</p>	

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2. 計算条件</p> <p>有限要素モデル等を用いて評価を行う機器について、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3. 耐震設計プロセスの詳細」に示す耐震計算の条件とその引用元を以下に示す。</p> <p>耐震計算に当たっては、機器ごとにこれらの計算条件を設定し、耐震計算書では、各機器の構造及び解析モデル、計算条件となる機器要目を示す。</p> <p>2.1 解析モデルの詳細設定</p> <p>解析モデルの設定に当たっては、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、本体の構造に応じて、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、はり要素又はシェル要素等を用いた有限要素モデルに置換する。</p> <p>また、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、機器ごとに解析の目的に応じた適切な解析プログラムを適用し、固有周期の算出を行う。</p> <p>2.2 解析モデルの入力条件</p> <p>2.2.1 寸法</p> <p>寸法は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(1) 寸法」に基づき、仕様表又は構造図等に記載の値を用いて、重心位置や各部材の断面特性を設定する。</p> <p>2.2.2 拘束条件</p> <p>拘束条件は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(2) 拘束条件」に基づき、設定する。具体的には、固定式設備又は移動式設備それぞれの特徴を踏まえて設定することとし、固定式設備については、ボルトの設置状況等の設備の拘束方法を踏まえて設定し、移動式設備については、移動することを踏まえて設定する。</p> <p>2.2.3 温度</p> <p>温度は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(3) 温度」に基づき、仕様表に記載の最高使用温度又は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設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」の「1.3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」に記載の環境温度を踏まえて、設定する。</p>	<p>解析モデルの詳細設定について、以下のとおりモデル化を行ったものに対して妥当性確認を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 解析モデルは、機器の構造により選定する。質量を重心位置に集中して評価できる機器は質点系モデルに置換し、構造が複雑で重量がモデル全体に分布する機器は、有限要素モデルに置換する。 有限要素モデルの解析に当たっては、汎用解析コードを用いる。 解析コードの使用に当たっては、既設工認又は先行プラント実績の有無を確認し、実績が無いプログラムを用いる場合は、汎用解析コードとのクロスチェック等により、検証を行う。 <p>解析モデルの入力条件について、以下のとおり設定を行ったものに対して妥当性確認を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 寸法については仕様表、構造図等との照合により、部材の接合部や付加荷重が加わる箇所に節点を設定し、実構造が模擬できていることの確認を行う。 寸法のうち、板厚については、腐食を考慮する部材は腐食後の板厚を設定することで安全側に設定されていることの確認を行う。 拘束条件については、仕様表、構造図等との照合により、壁、床との取り合い条件としてボルト固定又は溶接により、実機の拘束点ごとに拘束条件が設定されていることの確認を行う。 温度については、流体を内包する評価部位は仕様表の最高使用温度を設定し、材料特性及び許容限界は温度に応じて設定されていることの確認を行う。 温度条件のうち、流体を内包しない評価部位又は支持部を介して取り付く部位は、環境温度条件を設定されていることの確認を行う。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.2.4 圧力 圧力は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(4) 圧力」に基づき、耐震計算上厳しくなる高圧条件として、仕様表に記載の最高使用圧力を踏まえて設定する。</p> <p>2.2.5 比重 内包流体の比重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(5) 比重」に基づき、構造図等から内包流体の種類、温度及び圧力を踏まえて設定する。</p> <p>2.2.6 断面特性 断面特性は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(6) 断面特性」に基づき、「2.2.1 寸法」の各部材の寸法を踏まえて算定する。</p> <p>2.2.7 材料特性 材料特性は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(7) 材料特性」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」とおり、各材料について、「2.2.3 温度」の温度条件に応じた物性値により設定する。</p> <p>2.2.8 質量 質量は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(8) 質量」に基づき、構造図等から設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力については、仕様表により、評価対象機器ごとの最高使用圧力が解析モデルに適切に設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・比重（または密度）については、構造図等により、<u>内包流体が想定される最大位置まで内包している状態を解析モデルに適切に設定されていることの確認</u>を行う。 ・断面特性については、「2.2.1 寸法」で妥当性を確認した寸法より、断面積、断面2次モーメント、断面係数、有効せん断断面積を機械工学便覧等の材料力学の式に基づいて算定しており、その値が実構造の方向を考慮して解析モデルに適切に設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・材料特性については、「2.2.3 温度」より、部材ごとの最高使用温度に対応したヤング率の値が解析モデルに適切に設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・設定に当たっては、基本方針に定める温度ごとの値を線形補間して、設備ごとの材料特性を設定する。 ・材料特性のうち、ポアソン比については、一般的な鋼構造材として、鋼構造設計基準に設定されている鋼・鋳鋼・鍛鋼の値が解析モデルに適切に設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・ただし、再処理施設に用いる特殊材料については、<u>鋼構造設計基準以外の文献に定める値から非安全側とならない値を設定する。</u> ・質量については、構造図等との照合により、機器毎の値が解析モデルに適切に設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・質量のうち、自重については、内包流体が想定される最大位置まで内包している状態の自重を設定されていること<u>の確認</u>を行う。 ・質量のうち、自重については、腐食を考慮する部材は腐食前の自重を設定することで安全側に設定されていること<u>の確認</u>を行う。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.3 設計用地震力</p> <p>2.3.1 設計用地震力</p> <p>設計用地震力は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に基づき、以下の地震力を適用する。</p> <p>静的地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙に示す設備据付位置に応じた静的震度を用いる。</p> <p>動的地震力は、以下のとおり設計用床応答曲線、最大床応答加速度又は時刻歴応答波形を用いる。剛でない機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の基準地震動 S_s の設計用床応答曲線又は弾性設計用地震動 S_d の設計用床応答曲線を用いる。剛な機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の最大床応答加速度を用いる。</p> <p>また、屋外構築物に設置する機器は、機器の剛性に応じて「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。</p> <p>衝突・すべり等の非線形挙動を模擬する場合は、各建物・構築物の「地震応答計算書」の時刻歴応答波形を用いる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地震力について、構造図等により、評価対象の据付位置（複数の階層に跨る場合は全てを包絡した据付位置）の確認を行う。 壁に据付けられる機器については、支持点が中間位置である機器については、上下階の大きい加速度を適用していることの確認を行う。 床応答加速度を算出するエレベーション間に存在する中間階の床に設置される機器は、上下階の大きい加速度を適用していることの確認を行う。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.3.2 減衰定数 減衰定数は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.2 減衰定数」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の第3-1表 2. 機器・配管系に示す機器・配管系の減衰定数を踏まえ、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。</p> <p>2.4 荷重の組合せ 荷重の組合せは、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4 荷重の組合せの設定」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)に示される耐震重要度に応じた荷重の組合せを設定する。 考慮する荷重については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき設定する。</p> <p>2.4.1 機械的荷重 機械的荷重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.1 機械的荷重」に基づき、構造図等から設定する。 また、回転機器等の振動による荷重については、振動の加速度を踏まえて算出する。</p> <p>2.4.2 積雪荷重、風荷重 積雪荷重、風荷重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.2 積雪荷重、風荷重」に基づき設定することとし、屋外に設置される機器について、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき、機器の設置位置及び形状に応じて荷重条件として考慮する。</p> <p>2.5 許容限界 2.5.1 構造強度評価における許容限界 構造強度評価における許容限界は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)に示すとおり、耐震重要度や設備の構造を踏まえて設定する。 なお、設備の構造から、容器、ポンプ及び支持構造物で許容応力が異なることに留意し、部位に応じた適切な許容限界を設定する。</p> <p>2.5.2 機能維持評価における許容限界 機能維持の確認は、機器設置位置に生じる加速度と機能確認済加速度との比較を行う場合と、機能確認済加速度との比較による確認で妥当性の確認をできない場合に、動的機能を維持できる部位の健全性を確認するために詳細評価を行うこととしており、それぞれ以下のとおり許容限界を設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>減衰定数について、設備の構造に応じた適切な値を設定していることの確認を行う。</u> ・ <u>荷重の組合せについて、設備の構造及び設置位置に応じて適切な値を設定していることの確認を行う。</u> ・ <u>機械的荷重については、構造図等により、設備の振動に寄与する機器の出力に応じて適切に設定されていることの確認を行う。</u> ・ <u>積雪荷重、風荷重については、構造図等により、設備の形状に応じた受圧面積に応じた値が適切に設定されていることの確認を行う。</u> ・ <u>許容限界については、「2.2.3 温度」より、部材ごとの最高使用温度に対応した許容限界が適切に設定されていることの確認を行う。</u> ・ <u>許容限界のうち、構造強度評価における許容限界の設定に当たっては、基本方針に定める温度ごとの値を線形補間して、設備ごとに許容限界を設定する。</u> ・ <u>また、「2.2.3 温度」より、40℃未満の機器については、基本方針に記載する下限値である40℃の値が許容限界として設定されていることの確認を行う。</u> ・ <u>許容限界のうち、機能維持評価における許容限界の設定に当たっては、設備の構造に応じて基本方針に定める機能確認済加速度の値が許容限界として設定されていることの確認を行う。</u> ・ <u>また、基本方針の機能確認済加速度ではなく、試験等により得られた機能確認済加速度を設定している機器は、その試験方法が妥当性を確認されている事を確認の上、許容限界として設定されていることの確認を行う。</u>

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>(1) 動的機能維持評価</p> <p>動的機能確認済加速度は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能確認済加速度」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機能確認済加速度を機器の構造に応じて設定する。</p> <p>健全性を詳細評価により確認する場合は、それぞれ以下のとおり許容限界を用いる。</p> <p>a. JEAG4601 に評価方法が示されている機種</p> <p>JEAG4601に示される評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。</p> <p>b. JEAG4601 に示されている機種とは異なる構造であり、既往の研究等を参考に異常要因分析に基づき評価を行う機種</p> <p>異常要因分析に基づき設定した評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。</p> <p>(2) 電氣的機能維持評価</p> <p>電氣的機能確認済加速度は、加振試験を踏まえて機器ごとに設定した値を用いる。</p> <p>(3) 閉じ込め機能維持評価</p> <p>閉じ込め機能維持評価については、閉じ込め機能維持が要求される機器の申請に合わせて、次回以降に詳細を説明する。</p> <p>(4) 臨界防止機能維持評価</p> <p>臨界防止機能維持評価については、臨界防止機能維持が要求される機器の申請に合わせて、次回以降に詳細を説明する。</p> <p>なお、計算条件は上記のとおり設定するが、より保守的な計算条件を適用している場合は、その旨を耐震計算書に示す。</p> <p>3. 計算式</p> <p>「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「4. 計算式の設定」に基づき、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の評価項目及び部位に応じた計算式を以下に示す。</p> <p>評価結果として、本項にて設定した計算式による算出値が、「2.5 許容限界」の許容限界を満足していることで耐震健全性を確認する。</p> <p>また、耐震計算書では、機器の評価項目及び部位ごとに適用した計算式を示す。</p>	<p>・機能確認済加速度との比較ではなく、詳細評価により機能維持を確認する場合は、<u>異常要因分析に基づき設定した機能維持に必要な部位について、評価を実施していることで妥当性確認を行う。</u></p> <p>・計算式の設定に当たり、第1回申請における計算式の設定方法は以下に示す4通りであり、文献等を参考に設定する②と④の計算式の一例について説明する。</p> <p>①JEAG4601 の計算式をそのまま設定する計算式</p> <p>②JEAG4601 の計算式を参考に設定する計算式</p> <p>③機械工学便覧に示されている材料力学の計算式をそのまま設定する計算式</p> <p>④機械工学便覧以外の材料力学の式を基に設定する計算式</p>

(5) 組合せ応力

組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s_t} + \sigma_{s_b})^2 + 3\tau_s^2} \dots\dots\dots (3.1.2.1-5)$$

【②JEAG4601 の計算式を参考に設定する計算式】

JEAG の式において使用している各応力は、運転時重量による圧縮応力 σ_{s1} 、長手方向地震による曲げ、圧縮応力 σ_{s2} 及びせん断応力 τ_{s2} である。

圧縮応力及び曲げ応力を合計した $(\sigma_{s1} + \sigma_{s2})$ は軸方向応力の合計である $(\sigma_t + \sigma_b)$ と同じであり、 τ_{s2} は τ と同じであることから、圧縮応力と引張応力と荷重の作用方向に違いはあるが計算方法は同じである。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$$

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 抜粋

④ 組合せ応力

長手方向地震が作用する場合

$$\sigma_{s1} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_{s2}^2} \dots\dots\dots (6.6.3-358)$$

3.1.2.4 取付ボルトの応力

支持架構により支持する剛な設備の取付ボルトに生じる引張応力 σ_b 及びせん断応力 τ_b は、次式により算出する。

また、回転機器の取付ボルトの応力計算に際しては、回転機器等の振動による震度及び回転によるモーメントを考慮する。なお、風荷重については、設置位置及び設備形状により必要に応じて考慮する。

(1) 自立形

a. 引張応力

引張応力は、次式で表される。

(a) 角形配置の場合

取付ボルトに対する引張力は、取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとする。

なお、自重より鉛直方向設計震度が大きい場合は、水平力によるモーメントが生じないため、浮上り力である上方向に作用する力が引張力として作用する。

イ. 取付ボルトが4本の場合

$$\sigma_b = \frac{g \left\{ m(C_H + C_P) - \frac{mL}{2}(1 - C_V - C_P) \right\} + M_p + W_w h}{n_t A_b L} \dots\dots\dots (3.1.2.4-1)$$

ここで、

$$M_p = \left(\frac{60}{2\pi N} \right) \times 10^6 P_m \dots\dots\dots (3.1.2.4-2)$$

ロ. 取付ボルトが2本の場合

取付ボルトに対する引張応力のうち、2本の取付ボルトと平行な方向の引張応力は、取付ボルトが4本の場合の算出式を用いる。

2本の取付ボルトと直交する方向の引張応力は、次式により算出する。

$$\sigma_b = \frac{-\frac{mL}{2}(1 - C_V - C_P) + M_p}{n_t A_b L} \dots\dots\dots (3.1.2.4-3)$$

【④機械工学便覧以外の材料力学の式を基に設定する計算式】

左記の計算式は、材料力学の式を基に回転機器の回転数及び出力より生じるモーメントを算出しているものである。

計算式に用いる技術的根拠として、回転により生じるモーメントを算出するには、回転機器の回転数に 2π を乗じ時間単位換算(60)で除して回転速度を算出し、回転機器の出力を除することによりモーメントを算出している。

M_p ：ファン駆動部の回転により作用するモーメント

$$M_p = \left(\frac{60}{2\pi N} \right) \times 10^6 P_m$$

ここで、 N : 回転機器の回転数

P_m : 回転機器の出力

別紙

耐震機電27 【設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する補足】

資料No.	別紙		備考	
	名称	提出日	Rev	
別紙-1	耐震設計プロセスの条件設定における個別の説明事項について(安全冷却水B冷却塔)	11/29	1	旧 別紙-6 (6)支持構造設備(FEM)の評価条件等の設定の考え方について
別紙-2	耐震設計プロセスの条件設定における個別の説明事項について			定式化された計算式を用いて評価を行う機器の評価条件等の設定の考え方について 後次回で示す範囲

別紙 - 1

耐震設計プロセスの条件設定における 個別の説明事項について (安全冷却水 B 冷却塔)

- 本資料は、第1回設工認申請対象である安全冷却水 B 冷却塔を代表とし、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震設計プロセスの条件設定の考え方を示す。
- 併せて、安全冷却水 B 冷却塔個別の説明事項について示す。
- 本分類における内容を含めた表紙や目次の構成については、本分類以外の分類に対する説明方法やヒアリング結果等を踏まえて反映したものを最終版として次回提出する。

目次

1. 概要 1
2. 冷却塔の耐震評価に用いる減衰定数について 1

1. 概要

耐震設計プロセスの条件設定の具体的内容について、安全冷却水 B 冷却塔（以下、「冷却塔」という。）を代表とし、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器に対する考え方を第 1.-1 表に示す。

また、安全冷却水 B 冷却塔の評価においては、屋外に設置されている機器及び構築物は補強等の工事が容易ではないことから、従来から可能な範囲で設計余裕を見込んだ評価を行い、機器及び構築物を設計することとしているため、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に示す減衰定数よりも保守的な値を設定し、評価を実施している。

本資料は、冷却塔に用いる減衰定数の保守性について示すものである。

2. 冷却塔の耐震評価に用いる減衰定数について

冷却塔の耐震設計プロセスの条件設定のうち、減衰定数については、設計に保守性を持たせた設計として、個別機器に対する条件を設定している。本設定の考え方を第 1.-1 表 減衰定数についての項目に示す。

IV-1-3-4

有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針

第1回申請における説明対象設備を以下に示す。

- ・安全冷却水 B 冷却塔（本体）
- ・安全冷却水 B 冷却塔に搭載される機器
（ファン，管束，ルーバ，遮熱板，伝熱管，
火災感知器）

第1回申請では，有限要素モデルのうちはりモデル及びはりモデルに置換した機器上に設置される機器の質点系モデルについて示す。

目 次

ページ

1. 概要	1
2. 計算条件	2
2.1 解析モデルの詳細設定	2
2.2 解析モデルの入力条件	2
2.2.1 寸法	2
2.2.2 拘束条件	2
2.2.3 温度	2
2.2.4 圧力	3
2.2.5 比重	3
2.2.6 断面特性	3
2.2.7 材料特性	3
2.2.8 質量	3
2.3 設計用地震力	3
2.3.1 設計用地震力	3
2.3.2 減衰定数	4
2.4 荷重の組合せ	4
2.4.1 機械的荷重	4
2.4.2 積雪荷重, 風荷重	4

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<ul style="list-style-type: none"> 2.5 許容限界 4 <ul style="list-style-type: none"> 2.5.1 構造強度評価における許容限界 4 2.5.2 機能維持評価における許容限界 4 3. 計算式 6 <ul style="list-style-type: none"> 3.1 構造強度評価 7 <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 記号の説明 7 3.1.2 各部位の計算式 9 3.1.3 評価 14 3.2 動的機能維持評価 15 <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 機能確認済加速度による評価 15 3.2.2 機能確認済加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討 15 3.2.3 機能確認済加速度を超える設備に対する詳細検討 17 3.3 電氣的機能維持評価 19 	

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>1. 概要</p> <p>本資料は、有限要素モデルを用いて評価を行う機器の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、構造強度の確認及び動的機能、電気的機能等が維持できることを確認するための各計算条件の引用元と耐震計算式を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する計算条件については、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「2. 耐震設計のプロセス」に示す。</p> <p>また、本資料の「2. 計算条件」及び「3. 計算式」により、各機器の耐震健全性を確認し、耐震計算書では、評価に用いた計算条件及び計算結果を示す。</p>	

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2. 計算条件</p> <p>有限要素モデル等を用いて評価を行う機器について、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3. 耐震設計プロセスの詳細」に示す耐震計算の条件とその引用元を以下に示す。</p> <p>耐震計算に当たっては、機器ごとにこれらの計算条件を設定し、耐震計算書では、各機器の構造及び解析モデル、計算条件となる機器要目を示す。</p> <p>2.1 解析モデルの詳細設定</p> <p>解析モデルの設定に当たっては、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、本体の構造に応じて、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、はり要素又はシェル要素等を用いた有限要素モデルに置換する。</p> <p>また、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、機器ごとに解析の目的に応じた適切な解析プログラムを適用し、固有周期の算出を行う。</p> <p>2.2 解析モデルの入力条件</p> <p>2.2.1 寸法</p> <p>寸法は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(1) 寸法」に基づき、仕様表又は構造図等に記載の値を用いて、重心位置や各部材の断面特性を設定する。</p> <p>2.2.2 拘束条件</p> <p>拘束条件は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(2) 拘束条件」に基づき、設定する。具体的には、固定式設備又は移動式設備それぞれの特徴を踏まえて設定することとし、固定式設備については、ボルトの設置状況等の設備の拘束方法を踏まえて設定し、移動式設備については、移動することを踏まえて設定する。</p> <p>2.2.3 温度</p> <p>温度は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(3) 温度」に基づき、仕様表に記載の最高使用温度又は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設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」の「1.3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」に記載の環境温度を踏まえて、設定する。</p>	<p>安全冷却水B冷却塔の本体及び搭載機器に対する解析モデルの詳細設定及び解析モデルの入力条件について、以下の通り設定している。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 本体の解析モデルは、主に柱、はり、管等の柱状の部材により構成する構造であるため、はりモデルとして設定している。 • 搭載機器の解析モデルは、剛体の本体を支持構造物で支持する構造であることから、質点系モデルに置換している。 <p>• 本体及び搭載機器の寸法は、本資料の添付-1 に示す方法により設定している。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 本体の拘束条件は、基礎にボルトで固定される固定式の設備であり、固定部の拘束条件は複数の柱で構成される構造であることから、XXXXXXXXXXとして設定している。 • 搭載機器の拘束条件は、本体にボルトで固定される固定式の設備であり、固定部の拘束条件は、変形方向に対して複数のボルトで固定されていることから、固定として設定している。 <ul style="list-style-type: none"> • 本体の温度は、流体を内包する伝熱管は仕様表の最高使用温度を設定し、流体を内包しない支持架構、支持架構搭載機器の取付ボルト、基礎ボルトについては環境温度を設定している。 • 搭載機器の温度は、流体を内包する伝熱管は仕様表の最高使用温度を設定している。また、流体を内包しない原動機等の取付ボルト、基礎ボルトは環境温度を設定している。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.2.4 圧力 圧力は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(4) 圧力」に基づき、耐震計算上厳しくなる高圧条件として、仕様表に記載の最高使用圧力を踏まえて設定する。</p> <p>2.2.5 比重 内包流体の比重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(5) 比重」に基づき、構造図等から内包流体の種類、温度及び圧力を踏まえて設定する。</p> <p>2.2.6 断面特性 断面特性は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(6) 断面特性」に基づき、「2.2.1 寸法」の各部材の寸法を踏まえて算定する。</p> <p>2.2.7 材料特性 材料特性は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(7) 材料特性」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」のとおり、各材料について、「2.2.3 温度」の温度条件に応じた物性値により設定する。</p> <p>2.2.8 質量 質量は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(8) 質量」に基づき、構造図等から設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本体及び搭載機器の圧力は、本資料の添付-1 に示す方法により設定している。 ・ 本体は流体を内包していないため、比重は設定しない。 ・ 搭載機器の比重は、流体を内包する設備を対象に設定するため。伝熱管は本資料の添付-1 に示す方法により設定している。 ・ 本体及び搭載機器の断面特性は、本資料の添付-1 に示す方法により設定している。 ・ 本体及び搭載機器の材料特性は、本資料の添付-1 に示す方法により設定している。 ・ 本体及び搭載機器の質量は、本資料の添付-1 に示す方法により設定している。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.3 設計用地震力</p> <p>2.3.1 設計用地震力</p> <p>設計用地震力は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に基づき、以下の地震力を適用する。</p> <p>静的地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙に示す設備据付位置に応じた静的震度を用いる。</p> <p>動的地震力は、以下のとおり設計用床応答曲線、最大床応答加速度又は時刻歴応答波形を用いる。剛でない機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の基準地震動 S_s の設計用床応答曲線又は弾性設計用地震動 S_d の設計用床応答曲線を用いる。剛な機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の最大床応答加速度を用いる。</p> <p>また、屋外構築物に設置する機器は、機器の剛性に応じて「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。</p> <p>衝突・すべり等の非線形挙動を模擬する場合は、各建物・構築物の「地震応答計算書」の時刻歴応答波形を用いる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 本体の設計用地震力は、固有周期の算出結果により、評価対象の固有周期が剛構造ではないことから、据付レベル、減衰定数、方向 (NS、EW、UD) に対応した床応答スペクトルを設定している。 • 搭載機器の設計用地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、本体の床応答解析により得られた最大床応答加速度を設定している。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針

2.3.2 減衰定数

減衰定数は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.2 減衰定数」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の第3-1表 2. 機器・配管系に示す機器・配管系の減衰定数を踏まえ、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明

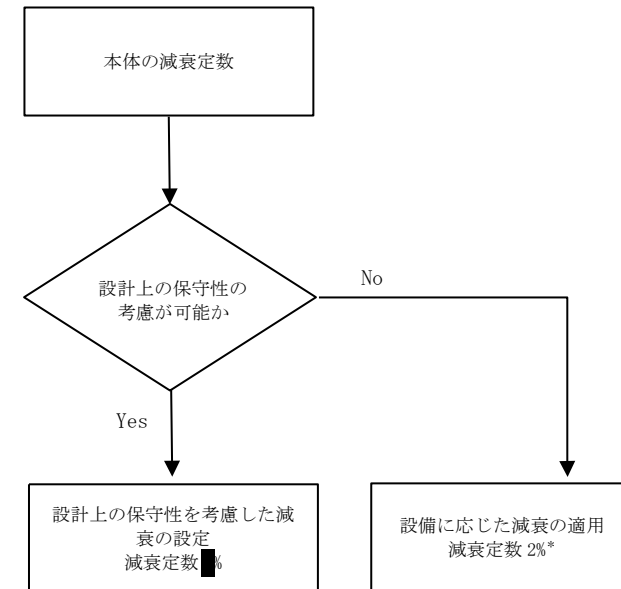
- ・本体の減衰定数について、本体はボルト及びリベット構造であるが、設計に保守性を持たせた設計として、ボルト及びリベット構造の2%ではなく、■%を設定している。
- ・搭載機器の減衰定数は、原動機等は溶接構造の■%、伝熱管は配管系の0.5%を設定している。

・本体の耐震評価に用いる減衰定数について

本体に用いる減衰定数については、第1-1図に示すフローのとおり、設計に保守性を持たせるため、減衰定数■%を設定している。設備の応答低減が必要となった場合には、減衰定数を設備に応じた値に見直しを行い、再評価を実施することとしている。その際、基本方針では「対象設備に応じた値の適用を基本とする」としており、その方針に基づく冷却塔は第1-2図に示す『ボルト及びリベット構造物』に該当するため、減衰定数2%まで値の見直しを行い設計することとする。

<減衰定数■%の保守性について>

第1-3図に示すとおり、冷却塔の評価に用いる減衰定数■%と設備に応じた減衰定数2%における応答加速度を比較したところ、応答加速度の周期帯における変動や応答加速度の逆転などの応答性状に差はなく、■%の応答加速度が2%を包絡していることを確認した上で、保守的な■%を設定している。



*ボルト及びリベット構造物：2%

第1-1図 冷却塔の減衰定数設定フロー

2. 機器・配管系

対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 ^{*1}
ボルト及びリベット構造物	2.0	2.0 ^{*1}
ポンプ・ファン等の 機械装置	1.0	1.0 ^{*1}
空調用ダクト	2.5	2.5 ^{*1}
電気盤	4.0	1.0 ^{*1}
クレーン	1.0～2.0 ^{*3}	1.0～2.0 ^{*1}
燃料取扱装置	1.0～2.0 ^{*3}	1.0～1.5(2.0) ^{*1*2}
配管系	0.5～3.0 ^{*3*4}	0.5～3.0 ^{*1*3*4}
液体の揺動	0.5	—

注記 *1：既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値
 *2：() 外は、燃料取扱装置のトリ位置が端部にある場合、
 () 内は、燃料取扱装置のトリ位置が中央部にある場合
 *3：既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が確認されている値
 *4：具体的な適用条件を「第3-2表 配管系の設計用減衰定数」に示す。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価の研究(H12～H13)」
 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7～H10)」



第 2-1 図 減衰定数 5% と 2% の応答性状の比較

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>2.4 荷重の組合せ</p> <p>荷重の組合せは、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4 荷重の組合せの設定」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)に示される耐震重要度に応じた荷重の組合せを設定する。</p> <p>考慮する荷重については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき設定する。</p> <p>2.4.1 機械的荷重</p> <p>機械的荷重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.1 機械的荷重」に基づき、構造図等から設定する。</p> <p>また、回転機器等の振動による荷重については、振動の加速度を踏まえて算出する。</p> <p>2.4.2 積雪荷重、風荷重</p> <p>積雪荷重、風荷重は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.2 積雪荷重、風荷重」に基づき設定することとし、屋外に設置される機器について、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき、機器の設置位置及び形状に応じて荷重条件として考慮する。</p> <p>2.5 許容限界</p> <p>2.5.1 構造強度評価における許容限界</p> <p>構造強度評価における許容限界は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)に示すとおり、耐震重要度や設備の構造を踏まえて設定する。</p> <p>なお、設備の構造から、容器、ポンプ及び支持構造物で許容応力が異なることに留意し、部位に応じた適切な許容限界を設定する。</p> <p>2.5.2 機能維持評価における許容限界</p> <p>機能維持の確認は、機器設置位置に生じる加速度と機能確認済加速度との比較を行う場合と、機能確認済加速度との比較による確認で妥当性の確認をできない場合に、動的機能を維持できる部位の健全性を確認するために詳細評価を行うこととしており、それぞれ以下のとおり許容限界を設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本体及び搭載機器における荷重の組合せは、本資料の添付-1に示す方法により設定している。 ・ 本体に対する機械的荷重の設定はない。 ・ 搭載機器の機械的荷重は、回転機器である原動機等の回転体の出力に応じた振動・モーメントによる荷重を設定している。 ・ 本体及び搭載機器の積雪荷重、風荷重は、屋外に配置される設備であるため、積雪荷重及び風荷重を設定している。 ・ 本体及び搭載機器の構造強度評価における許容限界については、本資料の添付-1に示す方法により設定している。 ・ 搭載機器の機能維持評価における許容限界は、本資料の添付-1に示す方法により設定している。なお、本体は構造強度評価を行っており、機能維持評価は対象外である。

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>(1) 動的機能維持評価</p> <p>動的機能確認済加速度は、「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能確認済加速度」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機能確認済加速度を機器の構造に応じて設定する。</p> <p>健全性を詳細評価により確認する場合は、それぞれ以下のとおり許容限界を用いる。</p> <p>a. JEAG4601に評価方法が示されている機種 JEAG4601に示される評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。</p> <p>b. JEAG4601に示されている機種とは異なる構造であり、既往の研究等を参考に異常要因分析に基づき評価を行う機種 異常要因分析に基づき設定した評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。</p> <p>(2) 電氣的機能維持評価 電氣的機能確認済加速度は、加振試験を踏まえて機器ごとに設定した値を用いる。</p> <p>(3) 閉じ込め機能維持評価 閉じ込め機能維持評価については、閉じ込め機能維持が要求される機器の申請に合わせて、次回以降に詳細を説明する。</p> <p>(4) 臨界防止機能維持評価 臨界防止機能維持評価については、臨界防止機能維持が要求される機器の申請に合わせて、次回以降に詳細を説明する。</p> <p>なお、計算条件は上記のとおり設定するが、より保守的な計算条件を適用している場合は、その旨を耐震計算書に示す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 本体に搭載される機器のうち、基本方針の機能確認済加速度との比較ではなく、詳細評価により機能維持を確認する原動機等は、異常要因分析に基づき機能維持に必要な部位に対する許容限界を設定している。 電氣的機能維持評価における火災防護設備の許容限界である機能確認済加速度は、メーカー等において確認している加振試験に基づく値を用いている。 <p>機能維持評価に用いた機能確認済加速度を取得した加振試験の概要（加振方法、入力波、加振振動数等）と機能確認済加速度を取得した加振試験の体系を踏まえた設定方法について次頁以降に示す。</p>

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験No*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2 (×9.8m/s ²)	判定基準
火災感知器	IV-4-2 -1-1	赤外線式炎感知器 【A】	地震後の電 氣的維持	水平単独2方 向及び鉛直 単独	1. 振動特性試験 5～33Hzの振動数領域を含む正 弦波を入力し、応答波形から共 振周波数が33Hz以上であるこ とを確認。 2. 正弦波加振試験 33Hzにおける加振試験を行い、 機能が維持されることを確認。	【A】 水平：8.00 鉛直：6.00	加振後に正 常に動作す ること。
	IV-4-2 -1-1	サーモカメラ 【A】	地震後の電 氣的維持	水平単独2方 向及び鉛直 単独	1. 振動特性試験 5～33Hzの振動数領域を含む正 弦波を入力し、応答波形から共 振周波数が33Hz以上であるこ とを確認。 2. 正弦波加振試験 33Hzにおける加振試験を行い、 機能が維持されることを確認。	【A】 水平：8.00 鉛直：5.00	加振後に正 常に動作す ること。

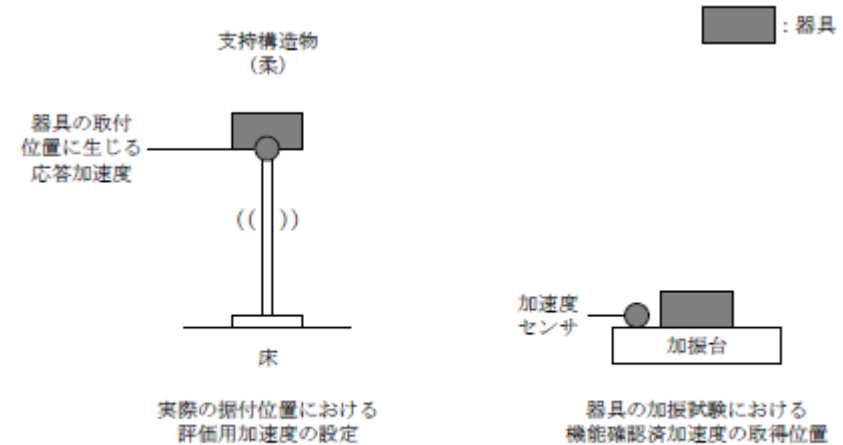
注記 *1：加振試験Noは、表3-1のNoとの紐付けを示す。

*2：記載の数値については、加振試験報告書等の記録に基づいている。

機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、機能維持評価を要する器具を取り付ける支持構造物（ポール、スタクション等）の構造と、加振試験の体系を踏まえ、以下の表 3-1 の考え方にに基づき設定する。

第3-1表 機能維持評価用加速度の設定について

No		支持構造物の加振試験有無	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度	図解番号	具体例
A	支持構造物が柔な設備	無	器具の取付位置に生じる応答加速度	器具単体の加振試験により確認した加速度	図3-1	火災感知器



第3-1図 支持構造物が柔な設備かつ器具単体の加振試験を実施した場合

IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針	設計プロセスの条件設定及び計算式の設定に関する説明
<p>3. 計算式</p> <p>「IV-1-2-2 機器の耐震計算に関する基本方針」の「4. 計算式の設定」に基づき、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の評価項目及び部位に応じた計算式を以下に示す。</p> <p>評価結果として、本項にて設定した計算式による算出値が、「2.5 許容限界」の許容限界を満足していることで耐震健全性を確認する。</p> <p>また、耐震計算書では、機器の評価項目及び部位ごとに適用した計算式を示す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・計算式については、本資料の添付-1に示す通り設定しており、本体及び搭載機器に特化した設定は無いため、以降の説明は割愛する。