

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電19 R0
提出年月日	令和3年6月9日

設工認に係る補足説明資料

耐震設計の基本方針に関する

機電設備の耐震計算書の作成について

目 次

1. 概要	1
2. 作成方針	1
3. 機電設備耐震計算書のパターンと構成について	2
4. 耐震計算書記載注意事項	3
5. 先行発電プラントにおける記載項目との違いについて	4
6. 耐震計算書の各項目の注意事項	6

添付資料－1 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書

(Aパターンの耐震計算書記載例)

添付資料－2 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書

(Bパターンの耐震計算書記載例)

添付資料－3 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書

(Cパターンの耐震計算書記載例)

添付資料－4 計算書作成の基本方針において地震応答解析が説明されている設備

(Dパターンの耐震計算書記載例)

添付資料－5 標準支持間隔の記載例

(Eパターンの耐震計算書記載例)

添付資料－6 機能維持評価のみを確認する設備

(Fパターンの耐震計算書記載例)

別添 鉛直方向と水平方向の固有周期の関係について

：後次回申請において提示

：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、廃棄物管理施設、MOX 燃料加工施設の設計基準対象施設及び再処理施設、MOX 燃料加工施設の重大事故等対処施設（以下、「再処理事業所」という。）に対する機電設備の耐震計算書作成方針を補足説明するものである。

ここでは、再処理事業所の耐震性に関する計算書（以下、「耐震計算書」という。）を地震応答解析や応力評価手法等による分類を行い、それぞれの分類において耐震計算書の構成・記載程度について整理することで、耐震計算書間の記載項目の整合を図る耐震計算書作成の手引きとするものである。

なお、本資料は耐震計算書に対する記載方針や記載例を示しているもので、設備や評価手法の独自性を踏まえて異なる場合においても、本紙と異なる記載を妨げるものではない。

第1回申請においては、計算書を構成する基本的な項目に対する注意事項及び申請対象設備に対する耐震計算書記載例を示し、その他の設備の記載例については後次回申請時に示す。

2. 作成方針

耐震計算書の作成方針として、全体の方針にあたる各基本方針と耐震計算書で記載内容の重複を避けるため、基本方針において共通的な内容を示している項目に対しては耐震計算書に基本方針を引用することを示す。

耐震計算書作成において記載内容を引用する基本方針の添付書類及び引用する項目を第2.-1表に示す。

第2.-1表 第1回申請設備の耐震計算書において引用する基本方針

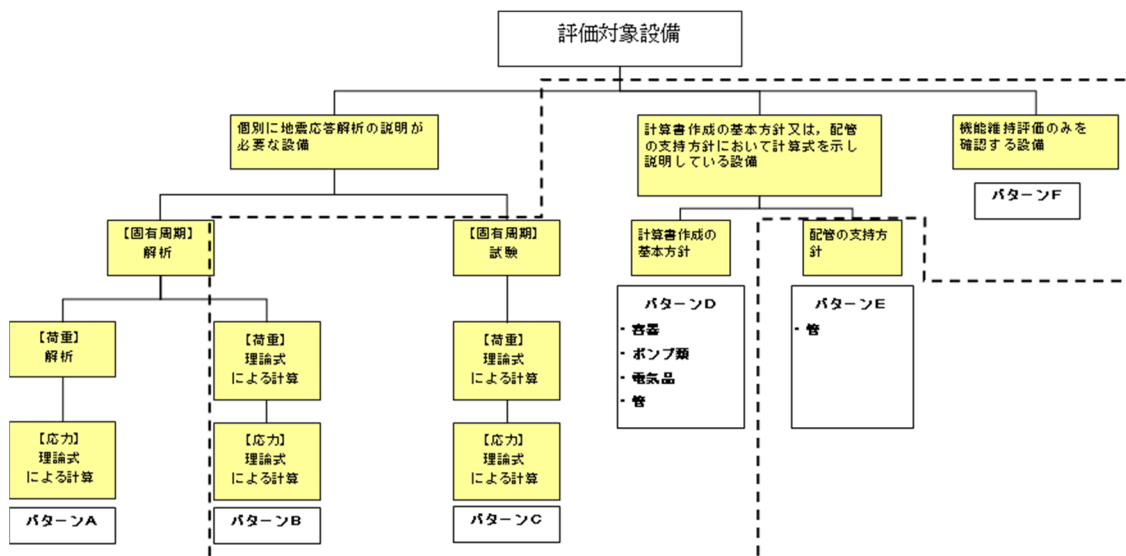
添付書類	添付書類を引用する項目
耐震設計の基本方針	耐震評価に関する全体方針，適用規格
機能維持の基本方針	荷重の組合せ，許容限界
機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針 配管系の耐震性に関する計算書作成の基本方針	数値の丸め方，計算精度
配管の耐震支持方針	計算方法

また、耐震計算書は、補足説明資料 耐震機電07「機器、配管系の類型化に対する分類の考え方について」における耐震計算書の提出方法により、基本方針上に計算式を示している設備、耐震計算書内に個別に計算式を示している設備、耐震計算以外の方法で耐震健全性を示す設備それぞれで提出方法が異なるため、耐震計算書は各々の構成に基づき申請する。それぞれの耐震計算書において示す構成、内容、用語等を統一的な記載にすることを目的に、本資料を耐震計算書の作成の手引きとして活用する。なお、以降に示す内容において“代表設備”，“代表以外の設備”といった記載の代表とは類型化による分類ごとの代表を示すものである。

3. 機電設備耐震計算書のパターンと構成について

第3.-1図に機電設備耐震計算書のパターンとパターンごとの構成を示す。

なお、本資料では最も記載程度の多いパターンAを代表とした記載内容とし、第1回申請においては、安全冷却水B冷却塔の具体例を示す。



パターン	A 添付資料-1 参照	B 添付資料-2 参照	C 添付資料-3 参照	D 添付資料-4 参照	E 添付資料-5 参照	F 添付資料-6参照
該当設備 (例)	安全冷却水B冷却塔				標準支持間隔	
計算書 構成 (目次)	1. 概要 2. 構造の説明 3. 評価方針 3.1 評価条件 3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3.3 計算方法 4. 計算結果 4.1 ○○○冷却塔 5. 動的機能維持評価※ 5.1 機能維持の概要 5.2 構造 5.3 機能維持計算方法 5.4 機能維持評価方法 5.5 機能維持評価結果				1. 概要 2. 直管部の支持間隔 2.1 解析モデル 2.2 解析方法 2.3 解析条件 2.4 解析結果	

※ 動的機能維持が必要な場合に記載

[- - -]: 後次回申請において提示

第3.-1図 機電設備耐震計算書の各パターンと計算書の構成

第3.-1図は各耐震計算書の「概要」から「評価結果」に至るまでの基本的な章構成と、各項目の主な記載内容を示している。パターンにはA～Fの種類があり、各耐震計算書はおおむねこれらのパターンに当てはまるような計算書の記載構成とする。設備の特性上、特殊な評価が必要な場合でパターンに分類することができなくても本資料の目的を踏まえ、記載方針の共通化を図る。

4. 耐震計算書記載注意事項

耐震計算書は、類型化による代表設備と代表以外の設備に対する説明方法を踏まえた構成とする。

以降は、耐震計算書における記載項目や耐震計算書作成上の注意事項についてまとめたものであり、具体的な記載例を添付資料に示す。

4.1 耐震計算書の全般的な注意事項

(1) 評価手法について

- ・既設工認の評価手法から変更がある場合は、その内容について補足説明資料 耐震機電13「既設工認からの変更点について」に記載する。既往研究の評価手法を引用する場合は、参照する研究名称等を記載する。なお、先行発電プラントの工認で適用実績がある評価手法を用いる場合においても、当社として初めての適用となる場合は内容を省略せずに記載する。
- ・評価手法が既設工認の記載事項から変更がない場合は、引用する基本方針を記載し詳細な記載は省略する。

(2) 評価対象（機器及び部位）、評価内容について

- ・評価を省略する場合は、補足説明資料 耐震建物01「耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について」にその理由を記載する（変更がない、他で包含されているなど）。
- ・評価に当たり必要となる記号及び数値を記載する。

(3) 基本方針の引用について

- ・基本方針を引用する項目は、基本方針を引用することを示すこととし、基本方針において記載している項目を耐震計算書には記載しない（以降に示す項目についても同様に基本方針に記載されている項目は耐震計算書に記載しない）。ただし、基本方針において記載されていない項目がある場合はその内容を当該項に記載する。

5. 先行発電プラントにおける記載項目との違いについて

先行発電プラントでは対象設備に対する個々の計算書において、全ての記載項目に対して説明内容を記載している。

一方、再処理施設における耐震計算書の記載項目としては、類型化を活用した耐震計算書とすることにより、代表設備に対する耐震計算書では概要、構造の説明、評価方針や応力計算方法などの項目に対し共通となる内容を記載し、代表以外の設備に対する計算書は、設備固有の情報及び評価結果のみを示す構成とすることから、耐震計算書は先行発電プラントのものに対し、記載する項目は基本的には同じであるが、構成は異なる。

先行発電プラントにおいて耐震計算書にて示している項目に対し、再処理施設の耐震計算書に示さない項目について、その理由や代替の提示方法について以下に示す。

- ・基本方針を引用することにより、耐震計算書との重複記載を行わない項目
適用基準、計算精度と数値の丸め方、評価部位、地震応答解析及び構造強度評価方法、荷重の組合せ及び許容応力、引用文献
- ・他の示し方により、耐震計算書の項目として記載しない項目
固有周期は計算書の項目として示すのではなく、「計算結果」の項の中に入れて記載する。なお、基本方針に示す定型式を用いた機器では、鉛直方向剛性が水平方向に比べて高いことから、耐震計算書に示す固有周期は支配的となる固有周期として、水平方向の固有周期を示し、各基本方針に示す定型式の代表に対する鉛直方向の固有周期と水平方向の固有周期の関係について本資料の別添にて示す。

次項に先行発電プラントの耐震計算書における記載項目に対し、他の示し方をもって耐震計算書の記載項目に展開している具体例を示す。

5.1 「一般事項」について

先行発電プラントにおける「一般事項」では、配置概要（波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備のみ記載）、構造計画、評価方針、適用基準、記号の説明、計算精度と数値の丸め方を記載し、耐震計算書における全体ストーリーを説明することを目的としている。

再処理施設における耐震計算書では、適用基準、計算精度と数値の丸め方について、それぞれを記載している基本方針を引用し、その旨を「評価方針」に記載している。

また、評価方針、記号の説明は同等の内容を「評価方針」に記載している。

なお、配置概要（波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備のみ記載）、構造計画については、設備固有の内容であることから、「評価結果」の中の解析モデルの項に設備の構造図と合わせて記載しており、先行発電プラントにて記載のある項目に対し、他の示し方として耐震計算書の項目に展開している。

5.2 「評価部位」について

先行発電プラントにて記載のある「評価部位」については、耐震評価を行う部位を明確にすることを目的としており、構造計画で示した部位に対し、評価対象を選定している理由及び複数の評価対象に対して代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価の上代表として記載するなど）の概要を記載している。

再処理施設における耐震計算書では、「評価結果」の中の解析モデルの項目に耐震評価に用いる解析モデルについて説明することとし構造の説明、モデル化の考え方、評価部位について記載している。

5.3 「固有周期」について

先行発電プラントにて記載のある固有値の求め方及び固有値を記載することを目的としており、解析モデルを用いて固有値を算出する場合において、固有値解析方法（適用するモデル）、解析モデル及び諸元、固有値解析結果を記載している。

再処理施設における耐震計算書では、固有周期が設備固有の構造及び解析モデルによるものであることにより、設備固有の内容として「評価結果」の中の解析モデルの項に記載する。

解析モデルでは、耐震評価に用いる解析モデルについて説明することとし、適用するモデル（3次元 FEMモデル等）、解析モデル図及びモデル諸元について記載する。

なお、解析モデルの諸元、物性値及び固有値解析結果は評価結果のうち機器要目に記載する。

5.4 「地震応答解析及び構造強度評価」について

先行発電プラントにて記載のある「地震応答解析及び構造強度評価」については地震応答解析、構造強度評価の方法及びそれらに使用する情報を記載することを目的に地震応答解析及び構造強度評価方法、荷重の組合せ及び許容応力状態、許容応力、使用材料の許容応力、設計用地震力、解析モデル及び諸元、固有周期、計算方法（応力）、計算条件（応力）、応力の評価を記載している。

また、地震応答解析、構造強度評価は各々詳細展開されており、地震応答解析では、地震応答解析方法、設計用地震力、解析モデル諸元、計算方法、応答解析結果を記載している。

再処理施設における耐震計算書では、地震応答解析方法及び設計用地震力については、基本方針にて示していることから、「評価方針」において引用する基本方針を記載する。

計算方法については、再処理施設における耐震計算書にも同様な項目がある。

なお、解析モデル諸元、応答解析結果については「評価結果」に記載している。

6. 耐震計算書の各項目の注意事項

6.1 「概要」について

「概要」は、評価の前提条件となる基本方針及び評価対象設備の耐震評価内容について説明することを目的としている。

- ・各計算書に記載する「概要」では、類型化を活用した計算書の示し方として、代表設備と代表以外の設備に対して共通の基本方針と計算書の概要を示す。
- ・代表以外の設備の計算書には、代表設備における添付書類番号及び資料名称を記載し、代表設備との関連性を示す。

6.2 「構造の説明」について

「構造の説明」では、評価対象設備について、類型化における代表設備及び代表以外の設備の共通となる構造の概要を記載する。

6.3 「評価方針」について

「評価方針」では、設備の耐震性に対する評価の条件や計算方法など、耐震評価結果を示すにあたっての評価方針として、以下の項目について記載する。

・評価方針

評価方針では、耐震評価において実施する項目を簡潔に記載する。

・評価条件

評価条件では、耐震評価に用いる設計用地震力について、引用する基本方針の資料名称を記載したうえで、基本方針に基づくことを記載する。なお、評価に適用する温度条件は、内部流体等の温度条件を用いる場合と設置場所における環境の温度を用いる場合があり、設備の評価部位及び設置状況に応じた評価温度とする。

・荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力では、荷重の組合せ及び許容応力について、引用する基本方針の資料名称を記載したうえで、基本方針に基づくことを記載する。個別の設備に応じて考慮する場合は、その内容について記載する。

・計算方法（記号の説明を含む）

計算方法では、耐震評価における計算方法として、記号の説明、荷重や応力の計算方法を記載する。

なお、パターンによって計算式の示し方が異なるため、それぞれのパターンに応じて記載内容を適宜修正する。

6.4 「評価結果」について

「評価結果」では、設備ごとの耐震評価結果における条件及び結果として以下の内容について記載する。

- ・構造では、構造の説明において示していない、代表設備と代表以外の設備で異なる設備固有の構造に対する説明及び、各設備の以下の内容について記載する。
- 概要図又は構造図により、主体構造から支持構造物、据付部（ボルト、溶接部）に至るまでの構造について記載し、耐震評価を行う部位について記載する。
- 据付ボルトが後施工の場合は、概要図又は構造図にアンカの種類（メカニカルアンカ、ケミカルアンカ）を記載し、支持部が溶接の場合は溶接であることが分かるように溶接線を記載する。
- ・波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備に対しては、各設備の配置概要を説明する。
- ・解析モデルでは、設備固有の構造に対するモデル化の考え方、解析モデル、解析モデル諸元について記載する。

なお、モード図については、卓越する振動モードの特定が必要となる場合に解析モデルと合わせて記載する。

- ・設計条件では、評価対象設備の耐震評価における設計条件、設備要目について示すことを目的とし以下の内容について記載する。
 - 設計条件には、耐震重要度分類、設計用地震動、温度圧力条件、固有周期の算出結果について記載する。
 - 設備要目には、構造寸法、材料、重量、断面特性等について記載する。
- ・結論では、評価部位に対する算出応力及び許容応力について記載する。

評価目的（「設計規準評価」や「重大事故評価」など）及び、評価目的に対応する結論（「構造強度を有していることを確認した」や「波及的影響を及ぼさないことを確認した」など）について記載する。

6.5 「機能維持評価」について

「機能維持評価方法」について説明することを目的としている。

機能維持評価について詳細評価を行う場合は、機能維持評価の項を作成し、構造強度と同じ構成として概要、構造の説明、計算方法及び評価結果までを計算書に記載する。その他の評価方法を用いた場合の記載内容の詳細については後次回申請時に示す。

機能維持評価方法の説明が必要な場合の記載は添付資料-1 を参考とする。

6.6 「加振試験」について

「加振試験」の方法及び条件について説明することを目的としている。記載内容の詳細については後次回申請時に示す。

個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Aパターンの耐震計算書記載例)

IV○○○○

○○冷却塔の耐震計算書

目 次

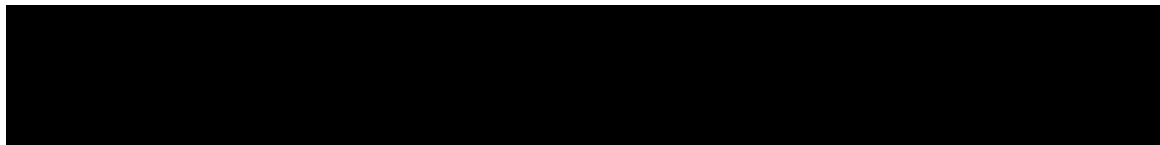
1. 概要	1
2. 構造の説明	1
3. 評価方針	1
3.1 評価条件	1
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	2
3.3 計算方法	3
4. 計算結果	9
4.1 ○○○冷却塔	9
5. ○○○冷却塔動的機能維持評価	18
5.1 機能維持評価の概要	18
5.2 機能維持評価の構造の説明	18
5.3 機能維持評価方針	18
5.4 機能維持評価結果	21

1. 概要

本資料は、添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、〇〇〇冷却塔の耐震性についての計算方法と計算結果を示すものである。

代表以外の設備の場合は、代表設備が示される添付書類名称を記載する。

2. 構造の説明



3. 評価方針

冷却塔の耐震評価では、解析により固有周期を求め、解析モデルを用いた地震応答解析を行ったのち応力評価を行う。

3.1 評価条件

評価条件は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」に従い、評価に用いる条件を「4. 計算結果」にて示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ

荷重の組合せは、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」に基づき設定する。

本設備は屋外に配置される設備であることから、下記に示す積雪及び風荷重を考慮する。

(1) 積雪荷重

屋上のルーバ及び歩廊上に積雪荷重を考慮する。

(2) 風荷重

風荷重は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」に基づく。

風圧力による荷重は、建築基準法施行令第87条および平成12年建設省告示第1454号に従い、地表面粗度区分Ⅱ，地方の区分に応じて定められた風速34m/s及び建屋形状を考慮して算出した風力係数Cを用いて算出する。

$$W_w = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_0^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G_f$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/Z_G)^\alpha \quad (H > Z_b \text{ より})$$

W_w : 短期風荷重 (N)

q : 速度圧 (N/m²)

C : 風力係数

A : 風向に垂直な面に投影した面積

E' : 速度圧の高さ方向の分布を示す係数 (平12建告第1454号による)

E_r : 平均風速の高さ方向の分布係数

G_f : ガスト影響係数 ($G_f = 1.0$)

V_0 : その地方における基準風速 (平12建告第1454号により, 34 [m/s])

H : 建築物の高さと軒の高さとの平均 (m)

Z_b : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ($Z_b = 5$ [m])

Z_G : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ($Z_G = 350$ [m])

α : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ($\alpha = 0.15$)

3.2.2 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」に基づく。

3.3 計算方法

3.3.1 記号の説明

記号	表 示 内 容	単 位
A	支持架構部材の全断面積	mm ²
A _b	原動機，管束等の取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _{ab}	支持架構柱脚部基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _P	ファン駆動部の振動による震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _o	伝熱管の外径	mm
E	支持架構部材の縦弾性係数	MPa
F	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値 ただし，「S _y 」及び「S _y (RT)」を「1.2S _y 」及び「1.2S _y (RT)」と読み替える	MPa
F _a	支持架構柱脚部(1ヶ所当り)に作用する最大引抜き力	N
1.5f _t '	支持架構部材の許容引張応力	MPa
1.5f _s '	支持架構部材の許容せん断応力	MPa
1.5f _c '	支持架構部材の許容圧縮応力	MPa
1.5f _b '	支持架構部材の許容曲げ応力	MPa
1.5f _t '*	支持架構部材の許容引張応力 ただし，「S _y 」及び「S _y (RT)」を「1.2S _y 」及び「1.2S _y (RT)」と読み替える	MPa
1.5f _s '*	支持架構部材の許容せん断応力 ただし，「S _y 」及び「S _y (RT)」を「1.2S _y 」及び「1.2S _y (RT)」と読み替える	MPa
1.5f _c '*	支持架構部材の許容圧縮応力 ただし，「S _y 」及び「S _y (RT)」を「1.2S _y 」及び「1.2S _y (RT)」と読み替える	MPa
1.5f _b '*	支持架構部材の許容曲げ応力 ただし，「S _y 」及び「S _y (RT)」を「1.2S _y 」及び「1.2S _y (RT)」と読み替える	MPa

記号	表 示 内 容	単 位
$1.5f_{t0}$	ボルトの許容引張応力	MPa
$1.5f_{s0}$	ボルトの許容せん断応力	MPa
$1.5f_{t0}^*$	ボルトの許容引張応力 ただし、「 S_y 」及び「 $S_y(RT)$ 」を「 $1.2S_y$ 」及び「 $1.2S_y(RT)$ 」と読み替える	MPa
$1.5f_{s0}^*$	ボルトの許容せん断応力 ただし、「 S_y 」及び「 $S_y(RT)$ 」を「 $1.2S_y$ 」及び「 $1.2S_y(RT)$ 」と読み替える	MPa
$1.5f$	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	MPa
$1.5f^*$	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 ただし、「 S_y 」及び「 $S_y(RT)$ 」を「 $1.2S_y$ 」及び「 $1.2S_y(RT)$ 」と読み替える	MPa
h	取付ボルトから重心までの高さ	mm
i_1	応力係数で「JSME S NC1」PPC-3810に規定する値又は、1.33のいずれか大きい方の値	—
i_2	応力係数で「JSME S NC1」PPC-3810に規定する値又は、1.0のいずれか大きい方の値	—
i_x, i_y	支持架構部材のx軸(強軸), y軸(弱軸)廻りの断面二次半径	mm
L	取付ボルト間の距離	—
ℓ	取付ボルト間の中心から、各取付ボルトまでの距離	—
ℓ_k	支持架構部材の座屈長さ	mm
M_a	伝熱管の自重により生じるモーメント	N・mm
M_b	伝熱管の地震により生じるモーメント	N・mm
M_c	地震動による相対変位により、伝熱管に生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_p	ファン駆動部の回転により作用するモーメント	N・mm
M_b^*	地震動の慣性力により伝熱管に生じるモーメントの全振幅	N・mm
N	原動機の回転数	rpm
n	取付ボルトの全本数	—
n_a	柱脚部1ヶ所当たりの基礎ボルトの本数	—
n_t	引張力の作用する取付ボルトの評価本数	—

記号	表 示 内 容	単 位
P	伝熱管の最高使用圧力	MPa
P_m	原動機の実出力	kW
Q_a	柱脚部(1ヶ所当たり)に作用する最大せん断力	N
S	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S_a	伝熱管の許容応力	MPa
S_y	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S_u	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_n	伝熱管の一次+二次応力の変動値	MPa
t	伝熱管の肉厚	mm
m	原動機, 管束等の質量	kg
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
W_H	原動機, 管束等に作用する風荷重	N
Z_f	伝熱管(内管)の断面係数	mm ³
Z_x, Z_y	支持架構部材の x 軸 (強軸), y 軸 (弱軸) 廻りの断面係数	mm ³
σ_b	支持架構部材に生じる曲げ応力	MPa
σ_c	支持架構部材に生じる圧縮応力	MPa
σ_f	伝熱管の一次応力	MPa
σ_o	取付ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_t	支持架構部材に生じる引張応力	MPa
σ_{ao}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$t \sigma_b$	支持架構部材に生じる引張側曲げ応力	MPa
$c \sigma_b$	支持架構部材に生じる圧縮側曲げ応力	MPa
τ	支持架構部材に生じるせん断応力	MPa
τ_b	取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{ao}	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

注: 「JSME S NC1」とは, 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(日本機械学会)
(2005年版(2007年追補版を含む))をいう。

なお, 「JSME S NC1」に値の記載がない場合は, 別途定められた適切な規格・基準
等を準用する。

3.3.2 伝熱管の応力

[Redacted]

(1) 一次応力

[Redacted] (3.3-1)

(2) 一次+二次応力

[Redacted] (3.3-2)

(3) 許容応力 S_a

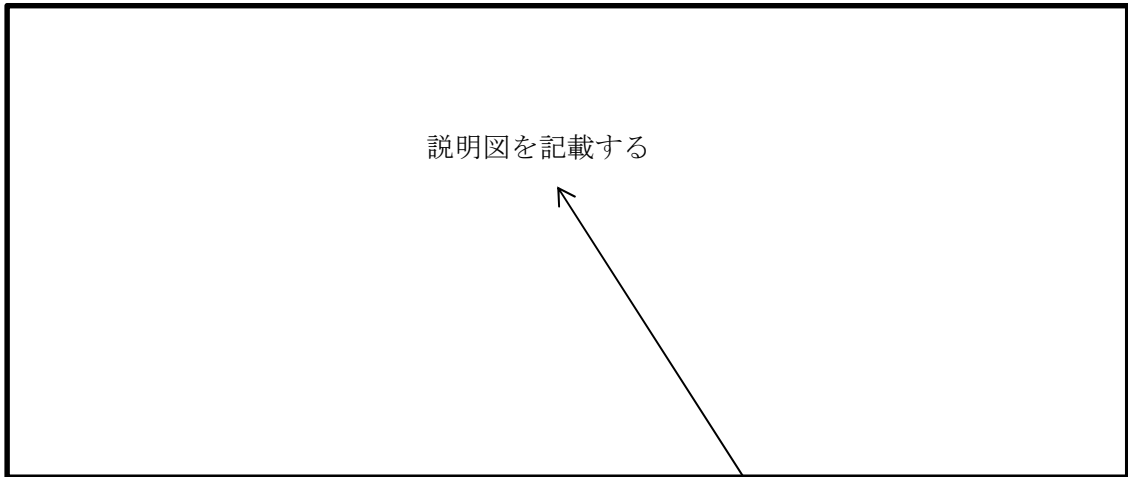
一次応力及び一次+二次応力の許容応力は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」における配管系の許容応力を用いる。

3.3.3 取付ボルトの応力

[Redacted]

[Redacted] 取付ボルト評価説明
図を第3.3-1図に示す。

[Redacted]



第3.3-1図 取付ボルト評価説明図

ここでは評価に用いる寸法関係のイメージ図を示す。

(1) せん断応力

[Redacted]

(原動機, 減速機)

[Redacted] (3.3-3)

(ファンリングサポート, 管束, ルーバ)

[Redacted] (3.3-4)

(2) 引張応力

[Redacted]

(原動機, 減速機)

[Redacted] (3.3-5)

[Redacted] (3.3-6)

(ファンリングサポート, 管束, ルーバ)

[Redacted] (3.3-7)

(3) 許容引張応力

[Redacted]

[Redacted] (3.3-8)

[Redacted] (3.3-9)

3.3.4 支持架構部材の応力



(1) 圧縮力と曲げモーメント

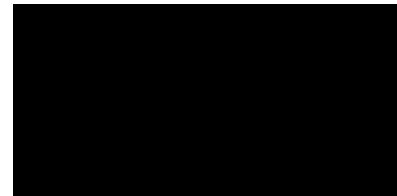


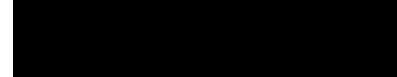
 (3.3-10)

 (3.3-11)

(2) 引張力と曲げモーメント



 (3.3-12)

 (3.3-13)

3.3.5 基礎ボルトの応力

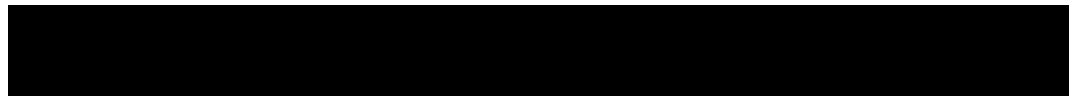


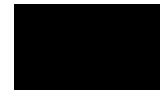
(1) 基礎ボルトの引張応力



..... (3.3-14)

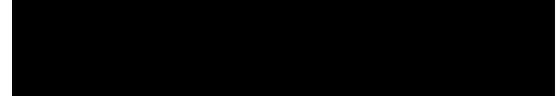
(2) 基礎ボルトのせん断応力

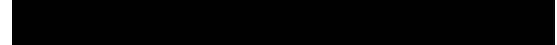


 (3.3-15)

(3) 許容引張応力



 (3.3-16)

 (3.3-17)

代表以外の設備は 4.2 項以降の内容を示し、3 項までの内容については代表設備の計算書を引用することにより記載を省略する。

4. 評価結果

4.1 ○○○冷却塔

4.1.1 解析モデル

(1) 構造

○○○冷却塔の構造について以下に示す。第4.1-1図に概要図を示す。

ファン駆動部 :

第4.1-2図にファン駆動部構造図を示す。

管束 :

第4.1-3図に管束構造図を示す。

ルーバ :

第4.1-4図にルーバの構造図を示す。

支持架構 :

概要図を記載する

第4.1-1図 冷却塔概要図

構造図を記載する

第 4.1-2 図 ファン駆動部構造図



第 4.1-3 図 管束構造図



第 4.1-4 図 ルーバ構造図

(2) 解析モデル

〇〇〇冷却塔のモデル化の考え方は、以下のとおりとする。

1)



2)

なお、解析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「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3)

支持架構の解析モデルを第4.1-5図、モデル諸元を第4.1-1表に、また、伝熱管の解析モデルを第4.1-6図、モデル諸元を第4.1-2表に示す。

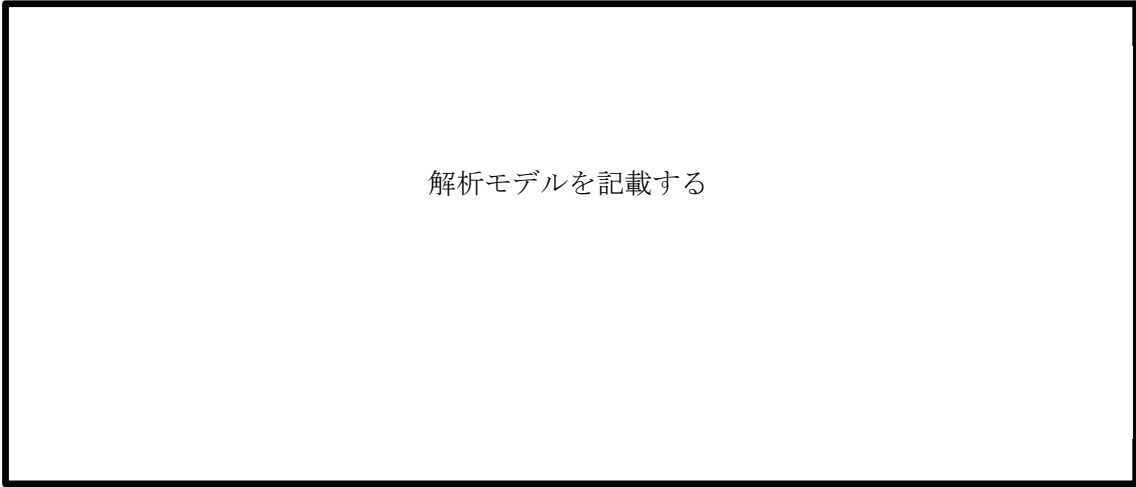


解析モデルを記載する

第 4.1-5 図 〇〇解析モデル

第 4.1-1 表 支持架構のモデル諸元

要素数	
節点数	



第 4.1-6 図 伝熱管解析モデル

第 4.1-2 表 伝熱管のモデル諸元

要素数	
節点数	

4.1.2 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	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 及び静的震度					基準地震動 S _s			振動による震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	比重
				動的			静的		EW (G)	NS (G)	UD (G)				
				EW (G)	NS (G)	UD (G)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度							
○○○冷却塔	支持架構	据付場所 ¹⁾ T. M. S. L.		2)					3)			—	—		—
	ファン駆動部	原動機	—				○-○-○-○ 第○表				C _p =	—		—	
		減速機	据付場所 ¹⁾ T. M. S. L.	—					C _p =						
		ファンリング						—							
	管束/伝熱管	据付場所 ¹⁾ T. M. S. L.									—				
ルーバ	据付場所 ¹⁾ T. M. S. L.										—	—		—	

- 注記 1) : 基準床レベルを示す。
 2) : 弾性設計用地震動 S_d に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。
 3) : 基準地震動 S_s に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

第 4.1.1-1 表 支持架構の固有周期

次数	固有周期 (s)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

0.05 s までの固有周期を記載し、記載する固有周期は最大でも 10 個までとする。

4.1.2 機器要目

(1) 伝熱管

D_o (mm)	t (mm)	Z_f (mm ³)	i_1 (-)	i_2 (-)

(2) 支持架構搭載機器

部 材	材 料	m (kg)	h (mm)	取付ボルト 配置	L (mm)	D (mm)	A_b (mm ²)	n (-)	n_t (-)	F (MPa)	F^* (MPa)	M_p (N・mm)
原 動 機 取 付 ボ ル ト												
減 速 機 取 付 ボ ル ト												
ファンリング サ ポ ー ト 取 付 ボ ル ト												
管 束 取 付 ボ ル ト												
ル ー バ 取 付 ボ ル ト												

(3) 支持架構

部 材	材 料	運転重量 (ton)	A (mm ²)	Z (mm ³)		i (mm)		l_k (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
				Z_x	Z_y	i_x	i_y				
主 柱 (H〇〇)											
床 はり (H〇〇)											
2F 機械台はり (H〇〇)											
立面ブレース (H〇〇)											
水平ブレース (H〇〇)											

(4) 支持架構柱脚部

部 材	材 料	A_{ab} (mm ²)	n_a (-)	F (MPa)	F^* (MPa)
基礎ボルト					

4.1.3 結論

(単位：MPa)

部 材	応 力	S d 又は 3.6Ci			S s		
		算出応力 ¹⁾	許容応力	応力比	算出応力	許容応力	応力比
伝 熱 管	一次	$\sigma_f =$ —	$S_a =$	—	$\sigma_f =$	$S_a =$	
	一次+二次	$S_n =$ —	$S_a =$	—	$S_n =$	$S_a =$	
支持架構造搭載機器	原 動 機 取 付 ボ ル ト	引 張	$\sigma_o =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_o =$	$f_{ts}^* =$
		せん断	$\tau_b =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_b =$	$f_{so}^* =$
	減 速 機 取 付 ボ ル ト	引 張	$\sigma_o =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_o =$	$f_{ts}^* =$
		せん断	$\tau_b =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_b =$	$f_{so}^* =$
	ファンリングサポート 取 付 ボ ル ト	引 張	$\sigma_o =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_o =$	$f_{ts}^* =$
		せん断	$\tau_b =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_b =$	$f_{so}^* =$
	管 束 取 付 ボ ル ト	引 張	$\sigma_o =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_o =$	$f_{ts}^* =$
		せん断	$\tau_b =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_b =$	$f_{so}^* =$
	ル ー バ 取 付 ボ ル ト	引 張	$\sigma_o =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_o =$	$f_{ts}^* =$
		せん断	$\tau_b =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_b =$	$f_{so}^* =$
	支 持 架 構	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t' =$	—	$\sigma_t =$	$f_t'^* =$
		圧 縮	$\sigma_c =$ —	$f_c' =$	—	$\sigma_c =$	$f_c'^* =$
曲 げ		$\sigma_b =$ —	$f_b' =$	—	$\sigma_b =$	$f_b'^* =$	
せん断		$\tau =$ —	$f_s' =$	—	$\tau =$	$f_s'^* =$	
組合せ (引張+曲げ)		(応力比) —	(許容値)	—	(応力比)	(許容値)	
組合せ (圧縮+曲げ)		(応力比) —	(許容値)	—	(応力比)	(許容値)	
基 礎 ボ ル ト	引 張	$\sigma_{ao} =$ —	$f_{ts} =$	—	$\sigma_{ao} =$	$f_{ts}^* =$	
	せん断	$\tau_{ao} =$ —	$f_{so} =$	—	$\tau_{ao} =$	$f_{so}^* =$	

注記 1) S s による算出応力が S d 又は 3.6Ci の許容応力以下である場合は記載を省略する。

設計基準評価対象設備である○○○冷却塔は、設計用地震力に対する評価が許容値を満足することを確認した。

S s による算出応力が S d 又は 3.6Ci の許容応力以下の場合は「—」を記載し、を下回る場合に記載することとし、許容応力が上回る場合は、「—」を記載する。

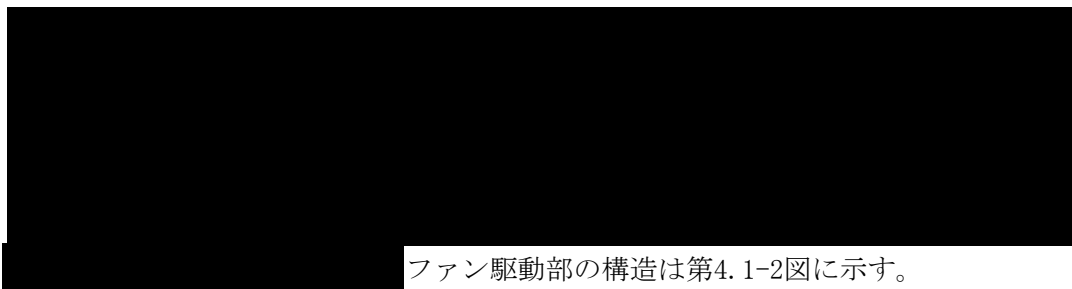
5. ○○○冷却塔動的機能維持評価

5.1 機能維持評価の概要

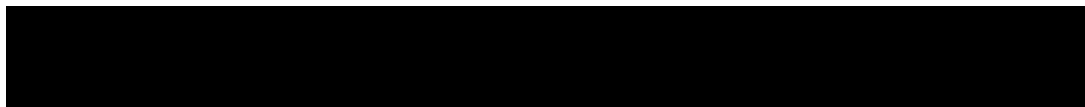
添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、ファン駆動部の動的機能維持に関する耐震性評価を行う。

なお、○○○冷却塔ファン駆動部の仕様はJEAG4601-1991追補版に定める適用機種種の適用範囲外であることから、耐震性評価はファン駆動部の動的機能を維持するために必要な評価項目を行う。

5.2 機能維持評価の構造の説明



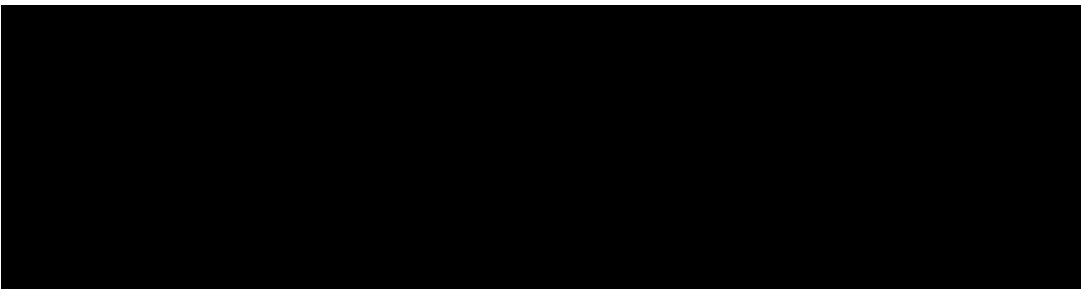
5.3 機能維持評価の評価方針



5.3.1 評価条件

各評価は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき評価項目に応じた評価を行い、添付書類「○○ ○○○の設計用床応答曲線」に基づくファン駆動部据付位置の時刻歴応答波を入力として評価を行う。

5.3.2 荷重の組合せ及び許容応力



機能維持評価において各部位の評価に用いる許容値を以下に示す。

(1) ファン軸応力

ファン軸の組合せ応力（最大せん断応力）が、下記の許容せん断応力以下であること。

耐震クラス	許容応力状態	許容せん断応力
○		

なお、F値は以下による。 $F = \min(S_y, 0.7S_u)$

(2) 軸受



(3) チップクリアランスの評価



5.3.3 計算方法

(1) 記号の説明

記号	表 示 内 容	単 位
d	ファン軸径	mm
C _{B1}	下部軸受の減衰係数	N・s/mm
C _{B2}	上部軸受の減衰係数	N・s/mm
F _{Ba}	軸方向の最大荷重	N
F _{Br}	軸受部ラジアル方向の最大荷重	N
f _{si}	荷重係数(衝撃荷重として1.5とする)	—
I _p	ファン等価円板の極慣性モーメント	N・mm・s ²
K _M	減速機取付部の並進ばね定数	N/mm
K _θ	減速機取付部の回転ばね定数	N・mm/rad
K _{Xb1} , K _{Yb1}	下部軸受のばね定数	N/mm
K _{Xb2} , K _{Yb2}	上部軸受のばね定数	N/mm
M _F	ファン等価円板の質量	kg
M _{b f}	地震力によりファン軸に生じる曲げモーメント	N・mm
m ₁	回転軸の質量（下部軸受）	kg
m ₂	回転軸の質量（上部軸受）	kg
M _{tf}	ファン回転によるねじりモーメント	N・mm

記号	表示内容	単位
P_0	軸受の静等価荷重	N
P_1	ファン及びカップリング等の自重	N
P_2	ファン軸の鉛直地震力により作用する軸力	N
P_3	ファン回転によるスラスト荷重	N
Q_f	地震力によるファン軸に生じるせん断力	N
Y_0	静スラスト係数	—
σ_{bf}	地震力によるファン軸外縁の曲げ応力	MPa
σ_{mf}	軸力による圧縮応力	MPa
τ_{sf}	地震力によるファン軸のせん断応力	MPa
τ_{tf}	ファン軸の回転による軸外縁のせん断応力	MPa
τ_{max}	ファン軸の組合せ応力	MPa
ω	ファン軸の角速度	rad/s

(2) ファン軸応力の計算方法

1) 地震力による軸外縁曲げ応力

_____ (5.3.4-1)

2) 軸力による圧縮応力

_____ (5.3.4-2)

3) ファン軸の回転による軸外縁のせん断応力

_____ (5.3.4-3)

4) 地震力によるせん断応力

_____ (5.3.4-4)

5) 組合せ応力(最大せん断応力)

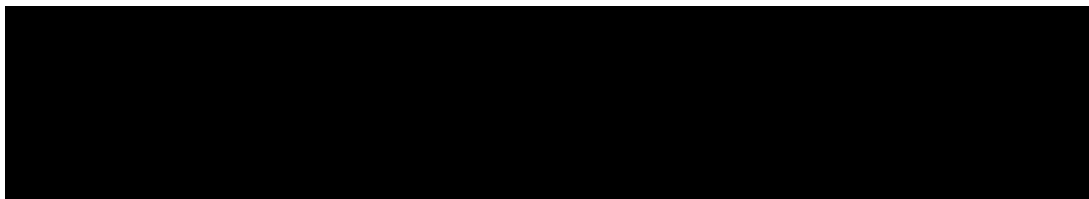
_____ (5.3.4-5)

(3) 軸受荷重の計算方法

_____ (5.3.4-6)

_____ (5.3.4-7)

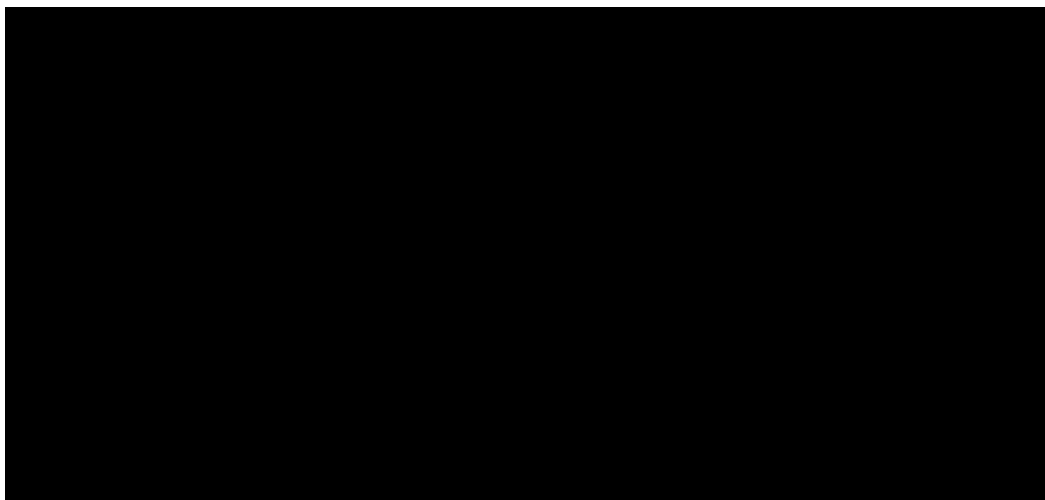
(4) 地震時チップクリアランスの計算方法



5.4 動的機能維持評価結果

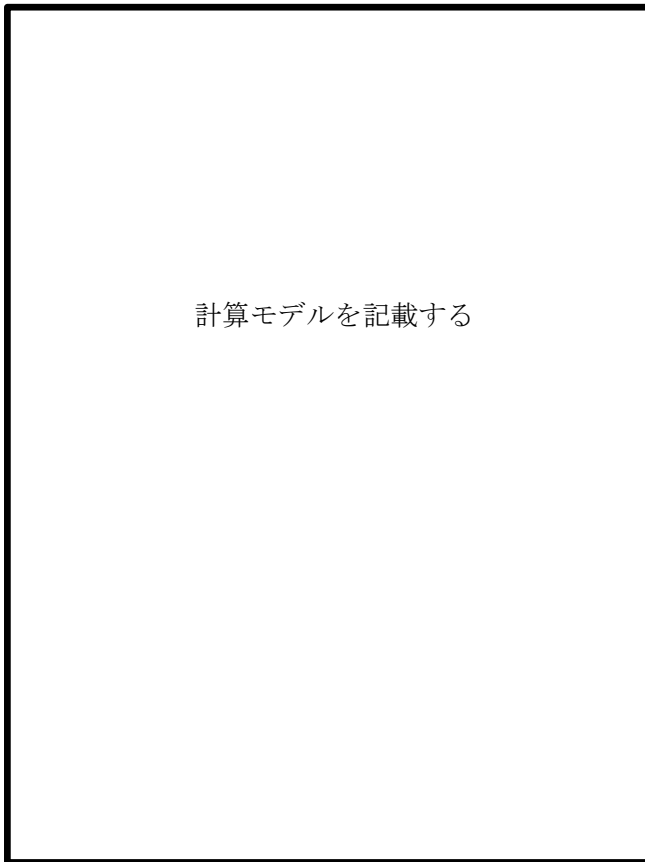
5.4.1 解析モデル

ファン軸のモデル化の考え方は以下のとおりとする。



- ・計算は、解析コード「〇〇」を使用する。なお、解析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「IV〇〇〇 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

ファン軸解析モデルを第5.4-1図に、ファン軸解析モデル諸元を第5.4-1表に示す。



計算モデルを記載する

質 量

$$M_{R1} = \text{kg}$$

$$M_{R2} = \text{kg}$$

$$M_F = \text{kg}$$

総角運動量

$$\omega I_P = \text{N} \cdot \text{mm} \cdot \text{s}$$

軸受部の減衰係数

$$C_{B1} = C_{B2} = \text{N} \cdot \text{s}/\text{mm}$$

軸受部のばね定数

$$K_{B1} = \text{N}/\text{mm}$$

$$K_{B2} = \text{N}/\text{mm}$$

減速機取付部のばね定数

$$K_M = \text{N}/\text{mm}$$

$$K_\theta = \text{N} \cdot \text{mm}/\text{rad}$$

ファン軸の縦弾性係数

$$E = \text{MPa}$$

第 5.4-1 図 ○○○冷却塔 ファン軸解析モデル図

第 5.4-1 表 ○○○冷却塔 ファン軸解析モデル諸元

要素数	
節点数	

5.4.2 結論

固有値解析結果について、第5.4-1表に、評価結果について第5.4-2表に示す。

第5.4-1表 ○○○冷却塔 固有値解析結果

		固有周期 (s) (固有振動数 (Hz))	備 考
原 動 機		—	JEAG4601-1991 追補版において、十分に剛であることが示されている。
減 速 機	本 体	—	
	ファン軸	停止時	
		回転時	
ファンリング			

第5.4-2表 ○○○冷却塔 評価結果

		S s		
ファン軸		発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
軸 受	上部軸受	発生荷重 (N)	許容荷重 (N)	荷重比
	下部軸受			
チップクリアランス		ファン軸先端の 最大変位 (mm)	許容値 (mm)	応力比

標準支持間隔の記載例
(Eパターンの耐震計算書記載例)

〇〇〇建屋の配管標準支持間隔

建屋（施設）ごとに作成する。

1. 概要

本資料は、**〇〇〇建屋**の全ての配管のうち耐震Sクラスの支持間隔を、添付書類「IV-1-1-1 1-1 配管の耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した結果をまとめたものである。

第 2.3-〇表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	床面レベル (m)
1	EL. 〇〇. 〇〇m ~ 〇〇. 〇〇m
2	EL. 〇〇. 〇〇m ~ 〇〇. 〇〇m
3	EL. 〇〇. 〇〇m ~ 〇〇. 〇〇m

床面レベルの最大から最小を記載する

新 R 〇 〇 〇 〇 IV 〇 〇 〇

