【公開版】

2022年11月16日
日本原燃株式会社

機器の耐震計算に関する基本方針と計算書の記載について

Ⅳ-1-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針

本資料は耐震計算のプロセスと各プロセスの**耐震計算上の基本的な設定方針**を明確にするものである。耐震計算の手法として，構造が複雑でない機器等に対する質点系モデルを用いた定式化された計算式モデル評価，構造が複雑な機器等に対する有限要素モデルを用いた有限要素法による評価及びモデル共通の項目について設定条件などの考え方を示す。

3. 耐震計算プロセスの詳細（構造強度，機能維持，臨界（変位等））
3.1 解析モデルの設定
3.1.1 解析モデルの選定：選定の考え方（質点系モデル又は有限要素モデルから選定）
3.1.2 解析モデルの設定条件【モデル共通】
寸法，拘束条件（壁，床との取合い条件等），温度，圧力，比重（内包流体），断面特性（断面積，有効せん断断面積等），材料特性及び質量の設定の考え方を示す

3.2 固有周期の算出
質点系モデル：容器やポンプの様な一般的な構造の機器は，質点系モデルを設定し，定式化された計算式により固有周期の算出を行うため，機器の構造に応じた固有周期算出の考え方を示す
有限要素モデル：複雑な構造の機器は，有限要素モデルを設定し，解析プログラムによる固有周期算出を行うため，機器の構造に応じた固有周期算出の考え方を示す
上記のうち質点系モデルは，構造に応じた固有周期算出の計算式の設定を行うため，固有周期算出式設定の考え方を示す

3.3 設計用地震力の設定（Ⅳ-1-1-5 2.2項 機器・配管系）
3.3.1 設計用地震力：重要度分類及び据付レベルに応じて設定する考え方を示す
共通：静的震度適用の考え方を示す
剛ではない機器：有限要素モデルを用いた機器の固有周期は，主に0.05sを上回ることから，床応答スペクトルを適用する考え方を示す
剛な機器：質点系モデルを用いた機器の固有周期は，主に0.05s以下であることから，最大床応答加速度の1.2倍を適用する考え方を示す
3.3.2 減衰定数【モデル共通】：設備の種類，構造ごとに設定する考え方を示す

3.4 荷重の組合せの設定【モデル共通】（Ⅳ-1-1-8 第3.1-1表の荷重組合せ）
重要度分類に応じて，地震力とそれ以外の荷重を組み合わせる考え方を示す
3.4.1 自重，機械的荷重，圧力条件：設定の考え方を示す
3.4.2 積雪荷重，風荷重：設定の考え方を示す

3.5 許容限界の設定【モデル共通】
3.5.1 許容応力：設定の考え方を示す
3.5.2 機能確認済加速度：設定の考え方を示す

4. 計算式の設定
・質点系モデル：JEAG式と材料力学式を参考として定式化された計算式を用いた応力の計算式を設定する考え方を示す
・有限要素モデル：解析により得られた荷重を用いた応力の算出に当たり，JEAG式と材料力学式を参考として計算式を設定する考え方，解析により応力が直接算出される場合の応力を組合せる計算式を設定する考え方を示す
・モデル共通：変位を算出する計算式を設定する考え方を示す

評価結果として，本項の計算式による算出値が，「3.5」の許容限界を満足していることで耐震健全性を示す

Ⅳ-1-2-1-1 定式化された計算式による評価を行う機器の耐震計算方針
（後次回）

Ⅳ-1-2-1-2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算方針

耐震計算に用いる**各条件の引用元と計算式**を示す。
ただし，設備固有の事項で耐震計算書に示すことが適切な場合を除く。

2. 計算条件（構造強度，機能維持，臨界（変位等））
2.1 解析モデルの詳細設定
構造に応じて，はり要素又はシェル要素モデルの選定，解析プログラムの選定

2.2 解析モデルの入力条件
2.2.1 寸法：仕様表，構造図等
2.2.2 拘束条件：仕様表，構造図等
2.2.3 温度条件：仕様表（最高使用温度），「Ⅵ-1-1-4 1.3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」（環境温度）
2.2.4 圧力：仕様表（最高使用圧力）
2.2.5 内包流体の比重：構造図等
2.2.6 断面特性：寸法より計算
2.2.7 材料特性：「Ⅳ-1-1-8 第3.1項 構造強度上の制限」
2.2.8 質量：構造図等

2.3 設計用地震力
2.3.1 設計用地震力
共通：静的震度 「Ⅳ-1-1-6 別紙（施設ごとの設計用応答曲線）」
剛ではない機器：床応答スペクトル 「Ⅳ-1-1-6 別紙（施設ごとの設計用応答曲線）」
剛な機器：最大床応答加速度 「Ⅳ-1-1-6 別紙（施設ごとの設計用応答曲線）」
2.3.2 減衰定数：「Ⅳ-1-1-5 3項 2. 機器・配管系」

2.4 荷重の組合せ
2.4.1 自重，機械的荷重：構造図等より
2.4.2 その他付加荷重である積雪荷重，風荷重：「Ⅳ-1-1-8 第3.1-3表 地震力と積雪荷重及び風荷重の組み合わせ」

2.5 許容限界
2.5.1 許容応力・許容荷重：「Ⅳ-1-1-8 第3.1-1表（2）機器・配管系」
2.5.2 機能確認済加速度：「Ⅳ-1-1-8 第4-1表 動的機能確認済加速度」
また，電気的機能確認済み加速度及び閉じ込め機能確認済み加速度は，設備ごとに設定した値を耐震計算書に示す

3. 計算式
評価項目及び部位に応じた計算式：構造ごとの計算式を示す。適用した計算式を耐震計算書に示す。

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，「2.6」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
※質点系モデルにおける固有周期の算出式については，機器の構造に応じ，JEAGや材料力学式を用いて設定する

（調整中）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
安全冷却水B冷却塔の耐震計算書

耐震計算条件の設定結果及び計算結果を示す。

○ 解析モデル
・構造概要（構造図）：他の添付書類にある場合は呼び込み，ない場合は記載，補強した設備は補強概要を示す
・解析モデル：有限要素モデルの場合は解析モデル，解析モデル作成における条件（寸法，モデル節点，拘束条件）の設定結果
・使用する解析プログラムを示す

○ 設計条件の表
・固有周期：算出結果を示す
・減衰定数：設備に応じた減衰定数を示す
・設計用地震力：固有周期，据付位置に対応する地震力として，最大床応答加速度を用いる場合は値を示し，床応答スペクトル曲線を用いる場合は，「Ⅳ-1-1-6 別紙」を呼び込む
・温度条件：計算及び許容限界に用いた温度を示す
・圧力：計算に用いた圧力を示す（評価上必要な場合）
・比重：内包流体の比重を示す（評価上必要な場合）

○ 機器要目表
・寸法：解析又は計算に用いる寸法を示す
・質量：解析又は計算に用いる質量を示す
・断面特性：ボルトの断面積等の断面特性を示す
・材料特性：部位ごとの材料特性を示す
・荷重：自重，機械的荷重，その他荷重として考慮する積雪荷重，風荷重を示す

○ 結論の表
・適用した計算式
・許容限界：部材，材料ごとの許容応力，許容荷重等を示す
Ⅳ-1-1-8 機能維持の基本方針に記載のない値は，加振試験等の根拠となる内容を記載
・算出応力・加速度：荷重の組合せにより算出した応力又は加速度を示す
・評価結果：評価結果を表に結論として示す