

機器、配管系の耐震評価類型化の基本ロジック（耐震機電 07）

- 機器、配管系に対する耐震評価は、設工認 添付書類の基本方針上に、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987に基づき設定した計算式や耐震設計上の重要度等を示した上で行っている。
- 基本方針上に示している既設工認時における計算式については、再処理事業所の設備の振動モードを表現するために設備の支持条件及び形状に伴うパラメータ等構造の違いを踏まえて設定しており、これらに基づいた評価を行う。
- 基本方針の適用範囲としては、各施設の耐震重要度に応じたSクラス、Bクラス及びCクラス設備に加え、上位クラス設備への波及的影響を見込む下位クラス設備に対して、設計基準の基本方針に示す設計方針及び評価方針を適用している。また、重大事故等対処設備のうち、常設の設備については設計基準に適用する評価手法を用いて評価を行い、可搬型等の加振試験により耐震健全性を示す設備については重大事故の基本方針に基づき評価を行う。
- 耐震設計上における今回の類型化対応としては、Sクラス設備及び波及的影響を見込む下位クラス設備[※]に対して、基本方針上の設備形状による計算式を活用し分類を行った上で、その分類ごとに耐震計算書の作成を行う。
※Bクラス及びCクラス設備については、基本方針に評価方針を示した上で事業者管理にて対応。
- ここでは、計算式による分類及び説明内容に対する類型化内容、類型化を活用した耐震計算書の構成、代表設備の選定方法について示す。

〔計算式による分類〕

- 計算式を示す基本方針の記載内容として、計算式を示している設備と示していない設備の2種類があり、それぞれの基本方針に対する分類内容を以下に示す。
＜計算式を示している設備の分類＞
 - ・ 機器の計算書作成の基本方針（定型式による評価）
 - ・ 配管の耐震支持方針（配管標準支持間隔による評価）

- ・ダクトの耐震支持方針（ダクト標準支持間隔による評価）
 - ・配管系の耐震性に関する計算書作成の基本方針（配管多質点系はりモデルによる評価）
- ⇒これらの設備については、既設工認時から設備形状ごとの計算式により分類し、基本方針上に示していることからその分類を活用する。

<計算式を示していない設備の分類>

- ・機器の耐震支持方針（個別の耐震計算書に計算式を示している設備）

⇒本設備は、FEM解析による設備が該当し、評価に用いる計算式は定型式による評価と同様に設備形状に基づいて設定していることから、形状が類似している設備の計算式が共通となっている。そのため、計算式の共通部分について分類する。
 - ・重大事故評価における計算書作成の基本方針（計算以外の方法により耐震性を確認する設備）

⇒本設備は、可搬型等の重大事故等対処設備が該当し、耐震健全性の確認として計算式ではなく加振試験を用いる手法として分類する。
- 水平2方向影響評価は、水平1方向の評価手法に対して、評価条件である地震力を水平2方向と鉛直方向の3方向地震力の組み合わせに変更して評価を行っているため、分類としては前述の基本方針に基づく分類と同様となる。

[説明内容に対する類型化]

- 耐震計算書に対する説明は、設備形状ごとの計算式を活用した分類に対して行う。説明に当たっては、合理的かつ効果的な説明となる様、説明内容に主眼を置いた類型化を行った上で実施する。
- 説明内容に対する類型化として、定型式を用いて評価する設備に対して行う。定型式はJEAG4601-1987の計算式を基に設備形状ごとに設定しており、式の中には形状に伴う計算式の共通部分と共通以外の部分があるため、共通部分の計算式を纏めることで分類を行う。
- その他の設備に対する説明は、設備形状ごとの計算式を活用した分類単位で行う。

[耐震計算書の構成及び代表設備選定のロジック]

- 計算式及び説明内容に対する類型化を踏まえた耐震計算書は、代表設備と代表に包含される設備を識別した構成とし、代表設備は耐震計算書一式を提出

し、代表に包含される設備は代表設備との共通部分と呼び込む構成で提出する。

- 代表設備の選定方法としては、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」に示す以下の①～④の観点による各評価項目に対する対象設備を示した上で、合理的かつ効果的な説明となる代表設備を選定する。

- ① 事業許可との整合性

- ⇒一関東の鉛直地震動に対する影響評価、直下地盤モデルを用いた影響評価及び重大事故評価が対象であり、一関東と直下地盤は設計基準、重大事故の全設備が対象となるため、重大事故等対処設備から代表設備を選定。

- ② 既設工認からの変更点

- ⇒既設工認から評価条件を変更した設備が対象。

- ③ 新規制基準における追加要求事項

- ⇒全設備に対して行う水平2方向影響評価が対象。

- ④ その他先行発電プラントの審査実績

- ⇒鉛直方向の動的地震力考慮による設備の浮き上がり等の影響等、それぞれの設備に対して必要となる評価項目が該当した設備が対象であり、類型化による分類ごとに評価項目が多数該当するものから代表設備を選定。

- 分割申請における耐震計算書の管理方法として、類型化による分類ごとの管理表に代表設備を示した上で設工認添付書類として提出することで、類型化による分類と耐震計算書の構成に対する関係性を示すため、これらの具体的内容について説明を行う。

- なお、類型化分類を用いて計算結果を示す設工認添付書類、補足説明資料毎の説明内容一覧について添付ー1に示す。

以上

類型化分類を用いて計算結果を示す資料に対する説明内容一覧

本表では、類型化分類を用いて示す計算結果（設工認添付書類、補足説明資料）の提出方法のうち、個別の計算書に計算式を示している設備を一例で示す。代表設備については、補足説明資料07「機器、配管系の類型化に対する分類の考え方」に示す方法に基づいて選定し、各設備の計算書の説明に合わせて説明を行う。なお、表中における縦軸と横軸に対する考え方は以下の通り。
 「縦軸」類型化を行った基本方針上における計算式による分類の耐震計算書構成イメージ
 「横軸」設工認添付書類、補足説明資料上において評価結果を示す項目及び資料名称

・各影響評価結果については、建物側から提示される建屋応答を用いるため、建屋応答の添付先に応じて添付書類別添若しくは補足説明資料に添付予定。
 ・現状の記載は建物側の扱いに合わせた記載としている。

No.	計算式による分類	計算結果を示す資料に対する説明内容														
		提出資料	設工認 添付書類 IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書				設工認 添付書類 IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書 別添				補足説明資料					
		評価項目 (機能維持, 地震時臨界安全, コッキング 評価を含む)	波及影響評価	重大事故評価	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価	一関東の鉛直地震動に関する影響評価	材料物性のばらつきによる影響評価	直下地震モデルによる影響評価	液状化による影響評価	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響	鉛直方向の動的地震力考慮による設備の浮き上がり等の影響	剛な設備の固有周期	影響評価（一関東, ばらつき, 地盤直下, 液状化）の結果を示す項目に対する補足説明資料	隣接建屋に対する影響確認		
		(例) 資料番号等再処理施設	設計基準構造強度評価 (機能維持, 地震時臨界安全, コッキング 評価を含む)	IV-2-1-3 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書 機器・配管系	IV-2-1-4 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価結果	IV-別添-3-1 重大事故等対処施設等の耐震性に関する計算書 IV-別添-3-2 基準地震動を1.2倍した地震力に対する計算書 IV-別添-3-3 可搬型重大事故等対処設備等の耐震性に関する計算書	IV-2-2-1 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	IV-2-1-別添 一関東評価用地震動 (鉛直) による影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書	IV-2-1-別添 地震応答解析における材料物性のばらつきに伴う影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書	IV-2-1-別添 直下地震モデルを用いた影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書	IV-2-1-別添 液状化による影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書	耐震機電10 水平2方向の組合せに関する設備の抽出及び考え方について	耐震機電01 鉛直方向の動的地震力考慮による設備の浮き上がり等の影響について	耐震機電17 剛な設備の固有周期の算出について	(第1回) 影響評価 (一関東, ばらつき, 地盤直下, 液状化) の結果を示す項目に対する補足説明資料 (後次回) 影響評価 (液状化) に対する補足説明資料	(後次回) 隣接建屋影響を考慮した地震応答による機器・配管系への影響確認結果について
1	個別の計算書に計算式を示している設備 (FEM解析による設備)	対象範囲	・構造強度評価, 機能維持, 地震時臨界安全, コッキング 評価を行う設備	・波及的影響を及ぼすおそれのある設備	・設計基準と兼用しない重大事故対象設備 (設計基準と兼用する設備は, 設計基準構造強度評価の計算書にて1.2sによる評価結果を示す)	・全設備 (類型化の57分類) のうち, 水平2方向影響が有する評価部位を有する12分類の設備	・全設備	・全設備	・全設備	・全設備	・全設備	・全設備	・全設備	・全設備のうち, 固有周期算出過程を示していない設備	・全設備	・全設備
		計算結果の添付方法	・設備ごとの耐震計算書	・設備ごとの耐震計算書	・設備ごとの耐震計算書	・影響有無の抽出結果 ・影響有の代表設備に対する影響評価結果一覧表	・設計用床応答曲線との加速度比較結果	・設計用床応答曲線との加速度比較結果 ・超過周期帯に固有周期を有する設備ごとの影響評価結果一覧表	—	—	・設備ごとの固有周期算出結果	—	—	・設備ごとの固有周期算出結果	—	・設計用床応答曲線との加速度比較結果 ・超過周期帯に固有周期を有する設備ごとの影響評価結果一覧表
		計算書の書類構成	・各設備の全評価部位に対する評価結果を示す。 ・機能維持, 地震時臨界安全, コッキング が該当する場合は耐震計算書の中で別紙として添付する。	・各設備の全評価部位に対する評価結果を示す。	・各設備の全評価部位に対する評価結果を示す。	・影響が有る分類ごとの代表設備について評価結果を示す。 ・代表設備は設計基準に対する評価において応力比が最大となる評価部位について示す。 (上記以外の評価結果は事業者管理)	・設計用床応答曲線と比較し, 超過周期帯に固有周期を有する設備の有無を検討した結果を添付。 ・上記の検討結果から, 超過周期帯に固有周期を有する設備が無く, 構造強度評価に対する影響が無いことを示す。	・設計用床応答曲線と比較し, 超過周期帯に固有周期を有する設備の有無を検討した結果及び該当設備に対する評価結果を添付。 ・評価結果は, 応力比が最大となる評価部位について示す。	・類型化分類である57分類に対し, 水平2方向の影響が類似する形状ごとに整理し, 影響有無を検討した結果を示す。 ・影響有りの設備に対する評価結果は, 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果にて示す。	・鉛直1Gを超過した場合に影響を受ける設備について, 設備の取り合い点の状況ごとに検討した結果を示す。 ・影響に対する評価結果は, 設計基準構造強度評価の耐震計算書にて示す。	・添付書類の計算書上で固有周期を算出せず, 「剛」と見なししている設備の固有周期を算出し, 「剛」であることの妥当性を示す。	・設計用床応答曲線と比較し, 超過周期帯に固有周期を有する設備の有無について確認した結果を示す。 ・影響有りの設備に対する評価結果は, 各影響評価結果にて示す。	・設計用床応答曲線と比較し, 超過周期帯に固有周期を有する設備に対する評価結果を添付。 ・検討結果は, 応力比が最大となる評価部位について示す。			
		代表	【共通事項】 ・概要 ・評価方針 ・荷重の組合せ及び許容応力 ・応力計算方法 【設備固有事項】 ・構造の説明 ・解析モデル ・計算結果	【共通事項】 ・概要 ・評価方針 ・荷重の組合せ及び許容応力 ・応力計算方法 【設備固有事項】 ・構造の説明 ・解析モデル ・計算結果	【共通事項】 ・概要 ・評価方針 ・荷重の組合せ及び許容応力 ・応力計算方法 ・概要 ・評価設備 (部位) の抽出 ・建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出 ・評価部位の抽出結果 ・影響評価結果	・概要 ・評価方針 ・簡易評価 ・詳細評価* ・荷重の組合せ及び許容応力* ・応力計算方法* ・影響検討結果	・概要 ・評価方針 ・簡易評価 ・詳細評価* ・荷重の組合せ及び許容応力* ・応力計算方法* ・影響検討結果	—	—	・概要 ・確認方法 ・確認結果	—	—	・概要 ・確認方法 ・確認結果	—	・概要 ・評価方針 ・簡易評価 ・詳細評価* ・荷重の組合せ及び許容応力* ・応力計算方法* ・影響検討結果	
		代表以外	【共通事項】 ・項目のみ記載。内容は代表設備の耐震計算書呼び込み。 【設備固有事項】 ・構造の説明 ・解析モデル ・計算結果	【共通事項】 ・項目のみ記載し, 内容は代表設備の耐震計算書呼び込み。 【設備固有事項】 ・構造の説明 ・解析モデル ・計算結果	【共通事項】 ・項目のみ記載し, 内容は代表設備の耐震計算書呼び込み。 【設備固有事項】 ・構造の説明 ・解析モデル ・計算結果	※詳細評価を行う場合のみ記載する項目 代表以外の設備に対する評価結果は事業者管理	※詳細評価を行う場合のみ記載する項目	—	—	—	—	—	—	—	—	※詳細評価を行う場合のみ記載する項目