

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-360 (改4)
提出年月日	平成30年3月7日

東海第二発電所  
耐震性に関する説明書に係る補足説明資料  
(機電分耐震計算書の補足について)

平成30年3月  
日本原子力発電株式会社

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における拡張マージンの考慮  
について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について

下線：ご提出資料

## 目 次

1. はじめに
2. 設計用床応答曲線の作成方法
3. 設計用床応答曲線の適用方法
  - 3.1 設計用床応答曲線の適用について
  - 3.2 耐震計算に用いる耐震評価条件の保守的な設定について

添付 1 機器・配管系評価における剛柔判定を行う固有周期及び動的解析において考慮する振動数について

別紙 1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針の計算結果フォーマット

下線：ご提出資料

## 機器・配管系評価における剛柔判定を行う固有周期について

## 1. 剛柔判定を行う固有周期の考え方

機器・配管系の耐震設計では、基準地震動  $S_s$ 、弾性設計用地震動  $S_d$  に対して動的解析を行い水平及び鉛直方向の動的地震力を定める。その機器・配管系が柔構造と判断される場合には、動的解析により地震力を算定し、剛構造と判断される場合には、機器・配管系の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度(1.2ZPA)とした静的解析により地震力を算定する。

ここで、剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲の概要を図 1 に示す。剛柔判定の固有周期は、地震動による応答増幅が大きくなる建物・構築物の卓越周期から(十分)離隔した位置に設定し、動的解析の適用要否の決定に用いている。なお、この考え方は、J E A G 4601-1970 に示されている。

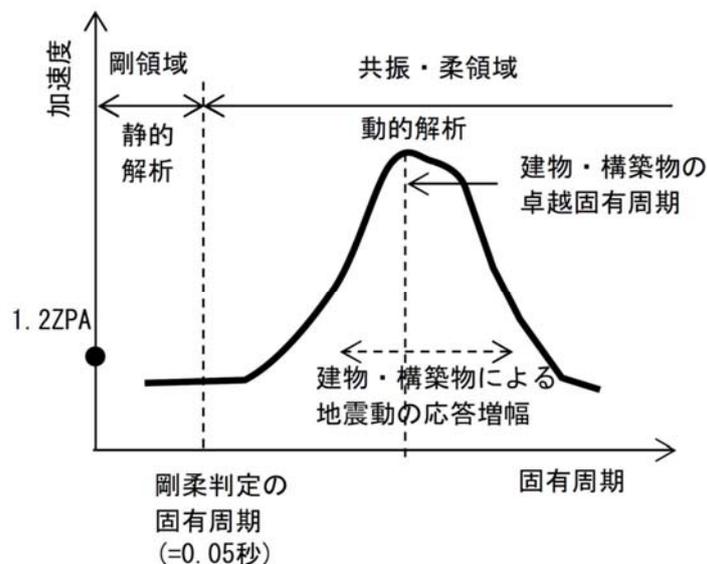


図 1 剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲 (概要図)

## 2. 剛柔判定を行う固有周期

J E A G 4601-1987 の抜粋を図 2 に示す。機器・配管系の剛柔判定については、J E A G 4601-1987 に例示されているとおり、機器・配管系の 1 次固有周期が 0.05 秒以下の場合は剛、0.05 秒を超える場合は柔とする。この方針は、既工認と同じである。

機器・配管系の耐震設計では、剛柔判定の固有周期 0.05 秒を超える場合は地震応答を動的解析により行い、0.05 秒以下の地震応答は動的解析を行うのに代えて静的解析を行う。

### 6.4.3 動的地震力の概要

機器・配管系の耐震設計に用いる動的地震力は、重要性の高い As クラス機器の地震力を基本に定めるものである。本項では、その概要を示し、地震力算定の詳細は「6.5 地震応答解析」に述べることとする。

#### (1) As 及び A クラス機器

A クラス機器に関しては、基準地震動  $S_1$  に対し動的解析（地盤-建屋-機器連成の解析あるいは据付位置における設計用床応答スペクトルを用いた解析等）により算定される水平地震力を適用する。A クラス機器の中で特に重要な As クラス機器に関しては、さらに基準地震動  $S_2$  に対し動的解析によって得られる水平地震力をも適用する。ただし、その機器が剛構造と判断される場合（例えば機器の 1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合）には、その機器の据付位置における建物の応答加速度を基に定まる震度により地震力を算定する。なお、As、A クラスの機器については鉛直地震力をも考慮し、基準地震動の最大加速度を 1/2 とした鉛直震度（高さ方向については一定とする）より求まる鉛直地震力を水平地震力と同時に不利な方向で組合せる。

図 2 J E A G 4601-1987（抜粋）

### 3. 実機に対する適用性

J E A G 4601-1987 の記載は、水平方向の動的解析への適用として剛柔判定の固有周期 0.05 秒の考え方を示したものである。新規基準においては、鉛直方向についても水平方向と同様に動的な扱いとするため、鉛直方向も含め剛柔判定の固有周期 0.05 秒が地震力算定に適用可能であることを検討した。本検討に際して参照した J E A G 4601-1970 の抜粋を図 3 に示す。J E A G 4601-1970 に示す建物・構築物の卓越固有周期の 1/2 を剛柔判定の固有周期とするとの考え方が示されており、原子力発電所の建物・構築物の卓越周期は一般に、0.1~0.5 秒(2~10Hz)であることを考慮して、0.05 秒を剛柔判定の固有周期とすれば十分であると記載されている。

東海第二発電所の原子炉建屋地震応答解析モデルに基づく、水平方向及び鉛直方向における固有周期(基準地震動  $S_s-D1$  の例)を表 1 及び表 2 並びに図 4~図 6 に示す。原子炉建屋の卓越固有周期は水平及び鉛直方向とも 0.2 秒以上であり、剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、原子炉建屋の卓越固有周期に対して十分な離隔(卓越固有周期の 1/2 以下)をもって設定されている。

上記の検討結果より、既工認と同じ剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、建屋の卓越固有周期に対して十分な離隔をもっており、東海第二発電所の水平及び鉛直方向の地震力算定に適用可能であることを確認した。

原子力発電所の場合について一般的にみると、地盤の卓越振動数、構築物の固有振動数をあわせ考えて、2~10 Hz が取付け点の卓越振動数域すなわち床応答曲線が持ち上げる領域と考えられる。したがって動特性がまったく不明な場合には一応これより共振領域としては 1~20 Hz を考えれば一応十分であろう。

そこで固有振動数の評価に当たって重要なことは、対象となっている機械系が固有振動数解析を必要とする範囲にあるか否かを判定することである。明らかに 20 Hz よりはるかに高い固有振動数を有すると推定される対象につき、多くの計算を行なう必要はない。その推定は在来の経験であってもよし、対象物あるいはそれと類似な機器についての試験の結果であってもよい。この試験もたとえば簡単に木槌でたたいてみるといったことであってもよいのである。ときには、これによって支持金具の不完全さなどを見出すことができる。

図 3 J E A G 4601-1970 (抜粋)

表 1 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（水平方向）

次数	N S 方向		E W 方向	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	0.409	2.44	0.411	2.43
2 次	0.202	4.96	0.202	4.96

表 2 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（鉛直方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	0.274	3.65

屋根トラス部が卓越するモード除く

1次モード  
 固有周期 : 0.409 (s)  
 固有振動数 : 2.44 (Hz)  
 刺激係数 : 1.916

2次モード  
 固有周期 : 0.202 (s)  
 固有振動数 : 4.96 (Hz)  
 刺激係数 : 1.154

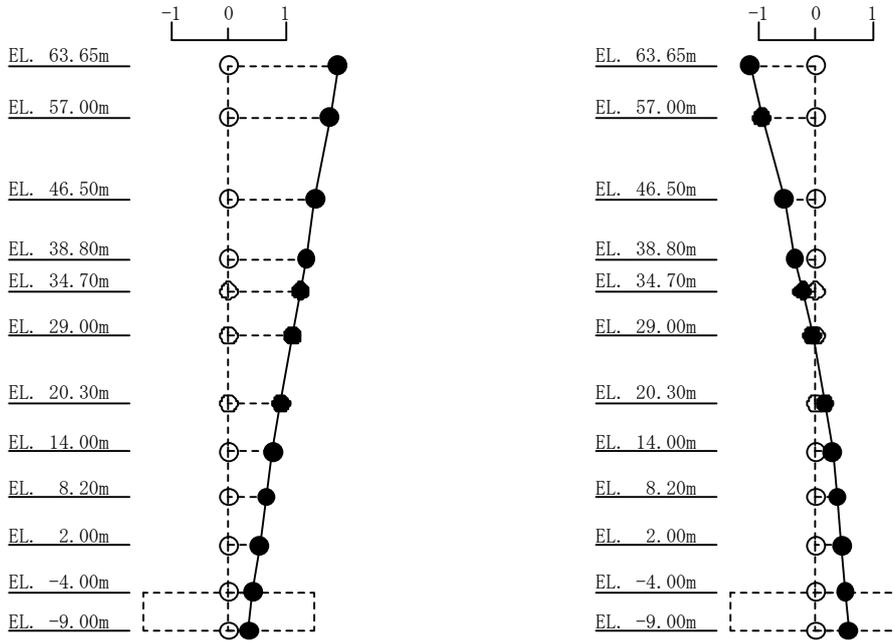


図4 刺激関数図 (S<sub>s</sub>-D1, NS方向)

1次モード  
 固有周期 : 0.411 (s)  
 固有振動数 : 2.43 (Hz)  
 刺激係数 : 1.941

2次モード  
 固有周期 : 0.202 (s)  
 固有振動数 : 4.96 (Hz)  
 刺激係数 : 1.213

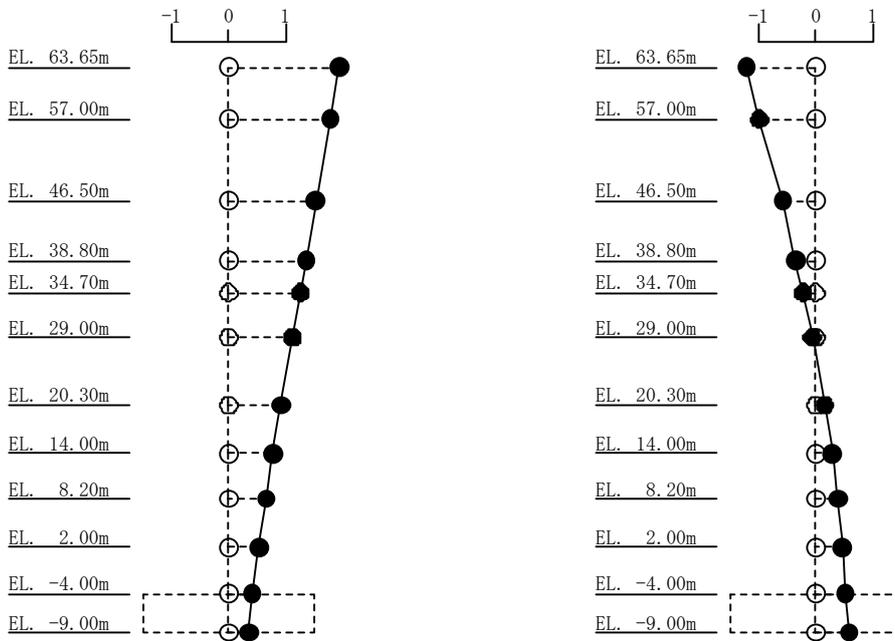


図5 刺激関数図 (S<sub>s</sub>-D1, EW方向)

1次モード  
 固有周期 : 0.274 (s)  
 固有振動数 : 3.65 (Hz)  
 刺激係数 : 1.596

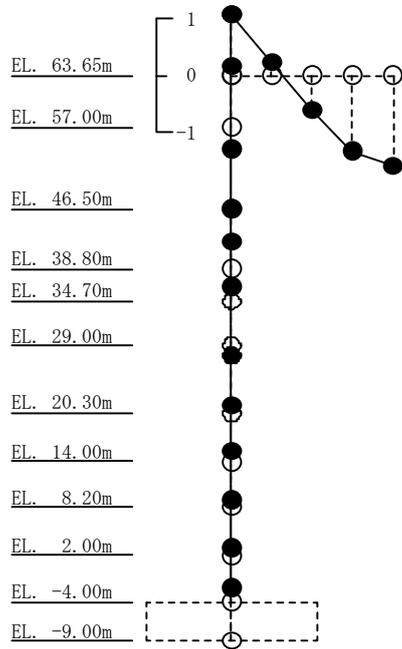


図6 刺激関数図 ( $S_s - D 1$ , UD 方向)