

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-028-10-18 改2
提出年月日	2020年4月7日

## 剛な設備の固有周期の算出について

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

## 目次

1. はじめに	1
2. 代表設備	1
3. 算出方針	1
4. 固有周期の算出	2
4.1 燃料プール冷却浄化系ポンプ	2
4.1.1 固有周期の計算方法	2
4.1.2 固有周期の算出	5
4.2 非常用ガス処理系排風機	7
4.2.1 固有周期の計算方法	7
4.2.2 固有周期の算出	9

1. はじめに

耐震計算書において、横軸ポンプ、ファンについては、全体的に一つの剛体と見なせるため固有周期は十分に小さく計算は省略している。本資料では、これらの代表設備について固有周期の算出を行い、固有周期が十分に小さく剛であることの確認を行った。

2. 代表設備

代表設備として、以下の設備の固有周期を算出した。

- ・燃料プール冷却浄化系ポンプ（横軸ポンプ）
- ・非常用ガス処理系排風機（ファン）

3. 算出方針

原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）に準拠し、固有周期の算出を行った。

#### 4. 固有周期の算出

##### 4.1 燃料プール冷却浄化系ポンプ

##### 4.1.1 固有周期の計算方法

燃料プール冷却浄化系ポンプ（図 4-1-1）の固有周期は、ポンプ本体、ロータの 2 質点にてモデル化し、算出を行う（図 4-1-2 及び図 4-1-3 参照）。

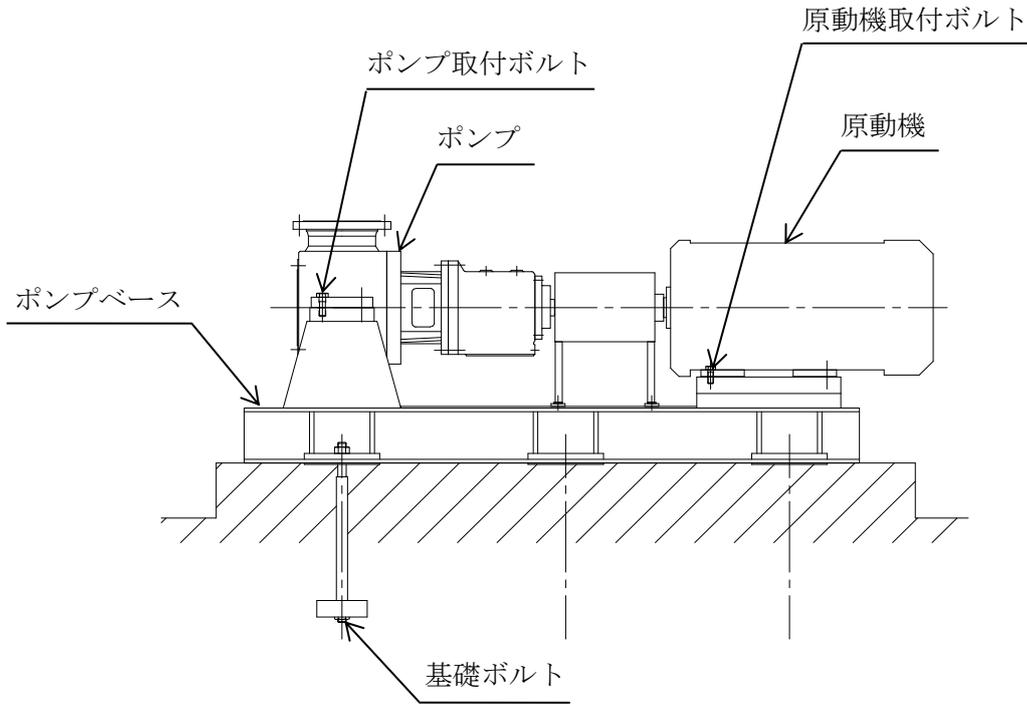


図 4-1-1 燃料プール冷却浄化系ポンプ外形図

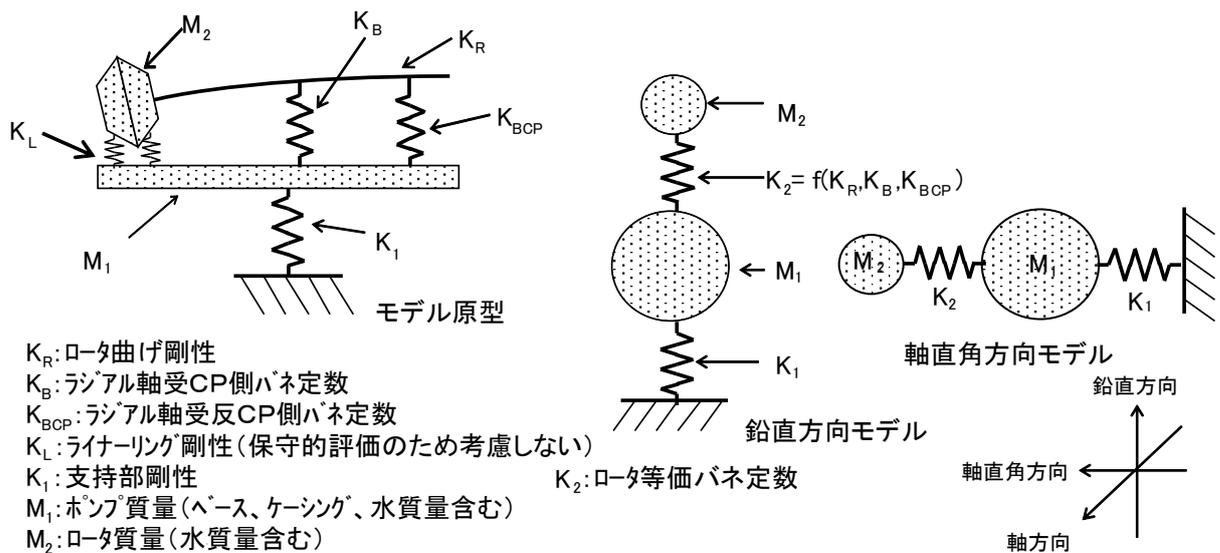


図 4-1-2 計算モデル (鉛直方向, 軸直角方向)

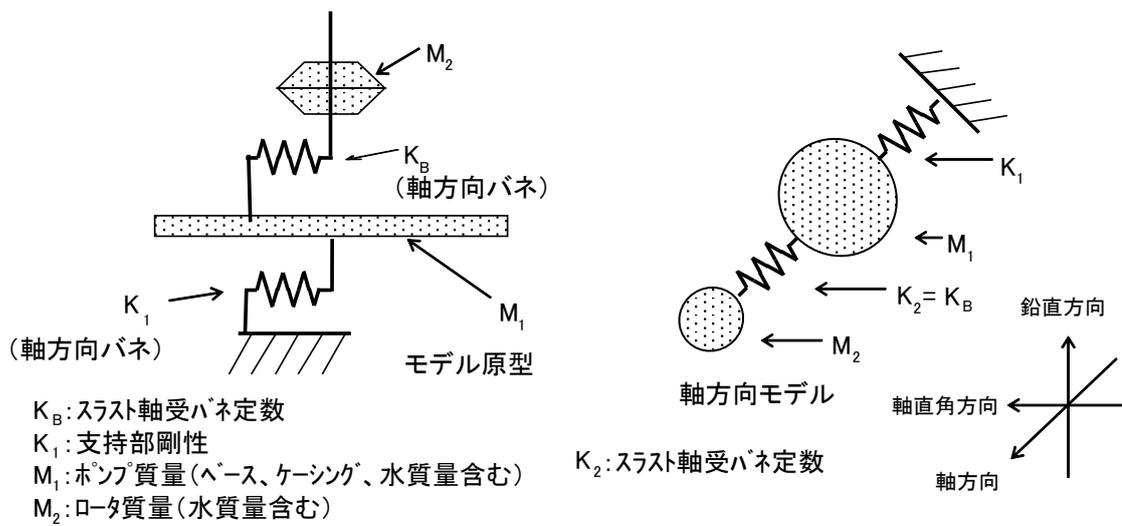


図 4-1-3 計算モデル (軸方向)

ポンプ全体系の固有値は下記式にて求める。

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+e}{2} - \sqrt{\left(\frac{a-e}{2}\right)^2 + b \cdot e}}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+e}{2} + \sqrt{\left(\frac{a-e}{2}\right)^2 + b \cdot e}}$$

ここで

$$a = \frac{K_1 + K_2}{M_1}$$

$$b = \frac{K_2}{M_1}$$

$$e = \frac{K_2}{M_2}$$

$$K_2 = 1 / \left( \frac{1}{K_R} + \frac{1}{K_B + K_{BCP}} \right)$$

よって、ポンプ全体系の固有周期は以下のとおりとなる。

$$T_{1P} = \frac{1}{f_1}$$

$$T_{2P} = \frac{1}{f_2}$$

原動機全体系の固有値は下記式にて求める。

$$f_{1M} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{1M}}{M_{1M}}}$$

よって、原動機全体系の固有周期は以下のとおりとなる。

$$T_M = \frac{1}{f_{1M}}$$

#### 4.1.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 4-1 に示す。

表 4-1(1) 軸直角方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
$M_1$	ポンプ質量 (ベース, ケーシング, 水質量含む)		kg
$M_{1M}$	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
$M_2$	ポンプロータ質量		kg
$K_R$	ロータ曲げ剛性		N/m
$K_{BCP}$	ラジアル軸受 C P 側ばね定数		N/m
$K_B$	ラジアル軸受反 C P 側ばね定数		N/m
$K_2$	ロータ等価ばね定数		N/m
$K_1$	ポンプ支持部ばね定数		N/m
$K_{1M}$	原動機支持部ばね定数		N/m
$f_1$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_2$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_{1M}$	原動機全体系固有値		Hz
$T_{1P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{2P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{1M}$	原動機全体系固有周期		s

表 4-1(2) 軸方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
$M_1$	ポンプ質量 (ベース, ケーシング, 水質量含む)		kg
$M_{1M}$	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
$M_2$	ポンプロータ質量		kg
$K_2$	スラスト軸受ばね定数		N/m
$K_1$	ポンプ支持部ばね定数		N/m
$K_{1M}$	原動機支持部ばね定数		N/m
$f_1$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_2$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_{1M}$	原動機全体系固有値		Hz
$T_{1P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{2P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{1M}$	原動機全体系固有周期		s

表 4-1(3) 鉛直方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
$M_1$	ポンプ質量 (ベース, ケーシング, 水質量含む)		kg
$M_{1M}$	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
$M_2$	ポンプロータ質量		kg
$K_R$	ロータ曲げ剛性		N/m
$K_{BCP}$	ラジアル軸受CP側ばね定数		N/m
$K_B$	ラジアル軸受反CP側ばね定数		N/m
$K_2$	ロータ等価ばね定数		N/m
$K_1$	ポンプ支持部ばね定数		N/m
$K_{1M}$	原動機支持部ばね定数		N/m
$f_1$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_2$	ポンプ全体系固有値		Hz
$f_{1M}$	原動機全体系固有値		Hz
$T_{1P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{2P}$	ポンプ全体系固有周期		s
$T_{1M}$	原動機全体系固有周期		s

## 4.2 非常用ガス処理系排風機

### 4.2.1 固有周期の計算方法

非常用ガス処理系排風機（図 4-2-1）の固有周期は、ケーシング系及び軸系のそれぞれについて算出を行う。

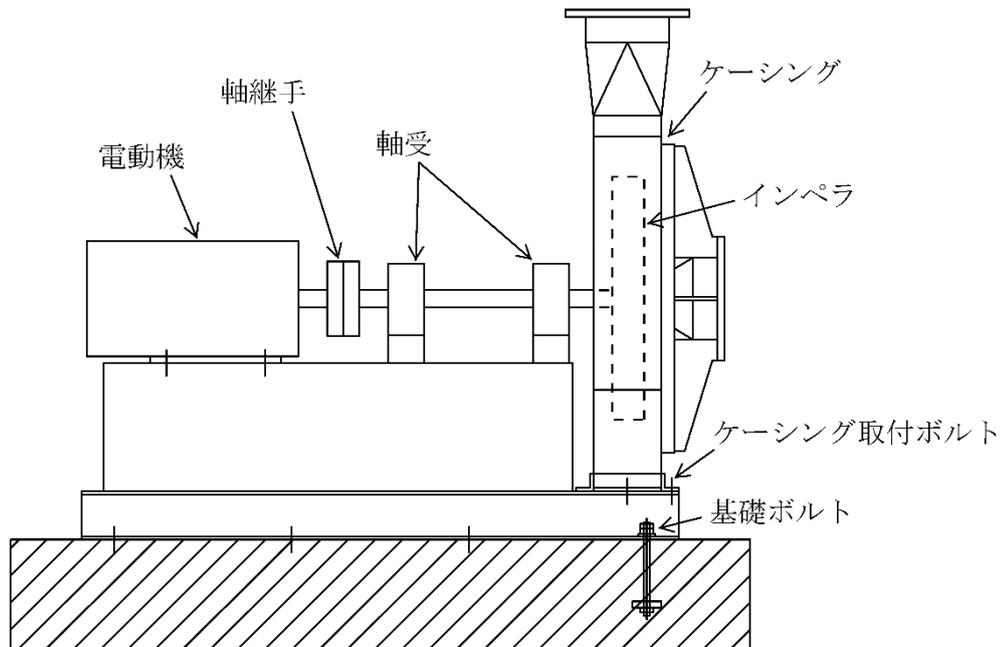


図 4-2-1 概略構造図

#### (1) ケーシング系

ケーシング系の固有周期は、ケーシング全体を剛体として1質点でモデル化し、算出を行う（図 4-2-2 参照）。

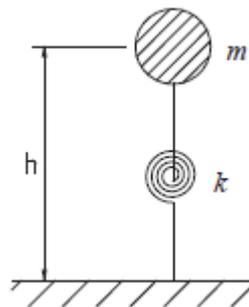


図 4-2-2 ケーシング系モデル

ケーシング系の固有値は下記式にて求める。

$$\text{軸・軸直角方向} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\theta} \cdot 1000}{m \cdot h^2}}$$

$$\text{鉛直方向} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_v \cdot 1000}{m}}$$

ケーシング系の固有値は以下のとおりとなる。

$$T = \frac{1}{f}$$

なお、固定部回転剛性は、下記に示す各部剛性の直列ばねとして算出する。

- ・ケーシングフランジの剛性
- ・ベース上フランジの剛性
- ・ベース下フランジの剛性
- ・ケーシング取付ボルトの剛性
- ・基礎ボルトの剛性
- ・ケーシングと共通架台の接続部の剛性(軸方向のみ考慮)

## (2) 軸系

軸系は、ファン軸、電動機及び共通架台をそれぞれビーム要素で解析モデルを作成し、算出を行う(図4-2-3参照)。なお、軸受のばね剛性はラジアル荷重と荷重-変位曲線から求めた変位量から、共通架台固定部及び電動機固定部の剛性はケーシング系と同様の考え方により算出する。

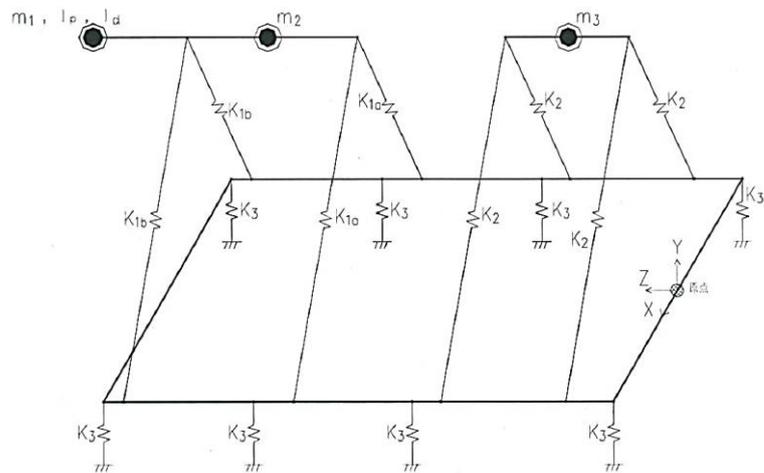


図4-2-3 軸系モデル

#### 4.2.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 4-2 及び表 4-3, 図 4-2-4 に示す。

表 4-2(1) ケーシング系 軸直角方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
h	ケーシング重心高さ		mm
$k_{\theta}$	固定部回転剛性		N・mm/rad
f	ケーシング系固有値		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

表 4-2(2) ケーシング系 軸方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
h	ケーシング重心高さ		mm
$k_{\theta}$	固定部回転剛性		N・mm/rad
f	ケーシング系固有値		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

表 4-2(3) ケーシング系 鉛直方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
$k_v$	固定部剛性		N/mm
f	ケーシング系固有値		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

表 4-3 軸系 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
f	軸系固有値		Hz
T	軸系固有周期		s

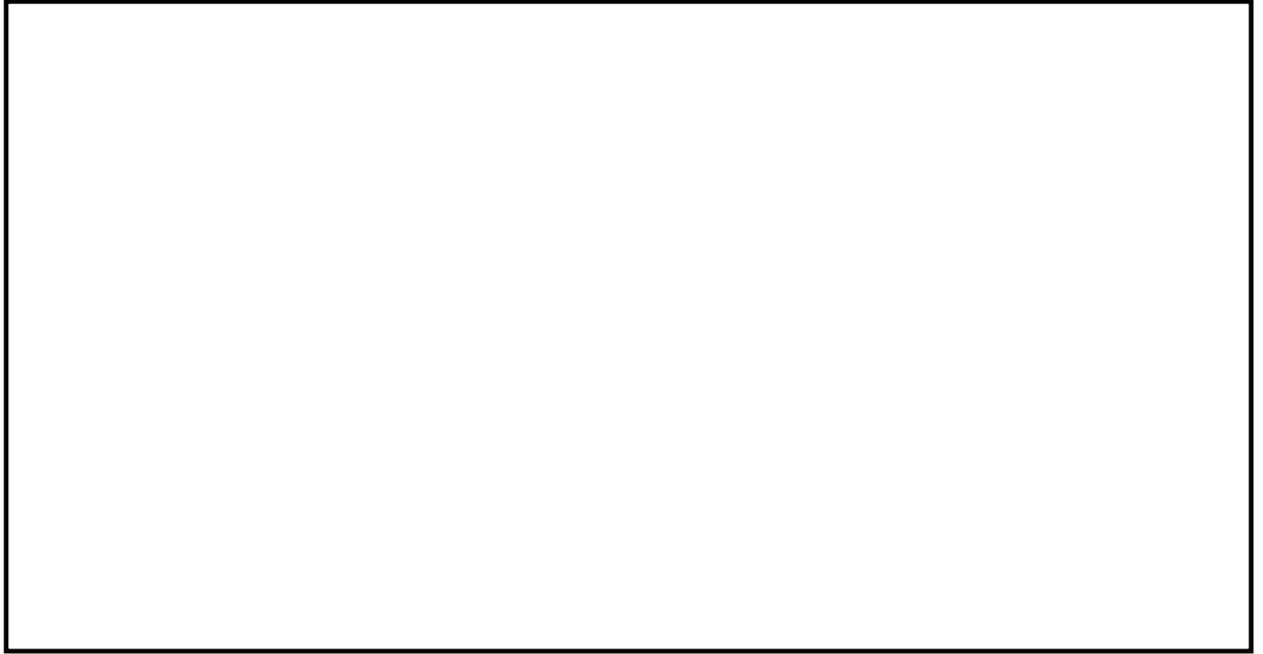


図 4-2-4 軸系 計算結果 (振動モード図)