

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-40-7_改0
提出年月日	2021年3月11日

補足-600-40-7 剛な設備の固有周期の算出について

## 1. はじめに

耐震設計においては、横軸ポンプについて、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、横軸ポンプの代表設備に対して固有周期の算出を行い、固有周期は十分に小さく、剛体であることの確認を行った。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-5-3-1 高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-5-4-1 直流駆動低圧注水系ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-6-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-6-2-1 復水移送ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-4-3-4-1 代替循環冷却ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-1-4 非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-3-2 ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」

## 2. 代表設備

代表設備として以下の設備の固有周期の算出を行った。

- ・直流駆動低圧注水系ポンプ

## 3. 算出方針

原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4601-1991 追補版）に準拠し固有周期の算出を行った。

#### 4. 直流駆動低圧注水ポンプの固有周期の算出

##### 4.1 固有周期の計算方法

直流駆動低圧注水系ポンプ（図 1-1）の固有周期は、ポンプケーシング、ロータの 2 質点にて算出を行う（図 1-2 及び図 1-3 参照）。

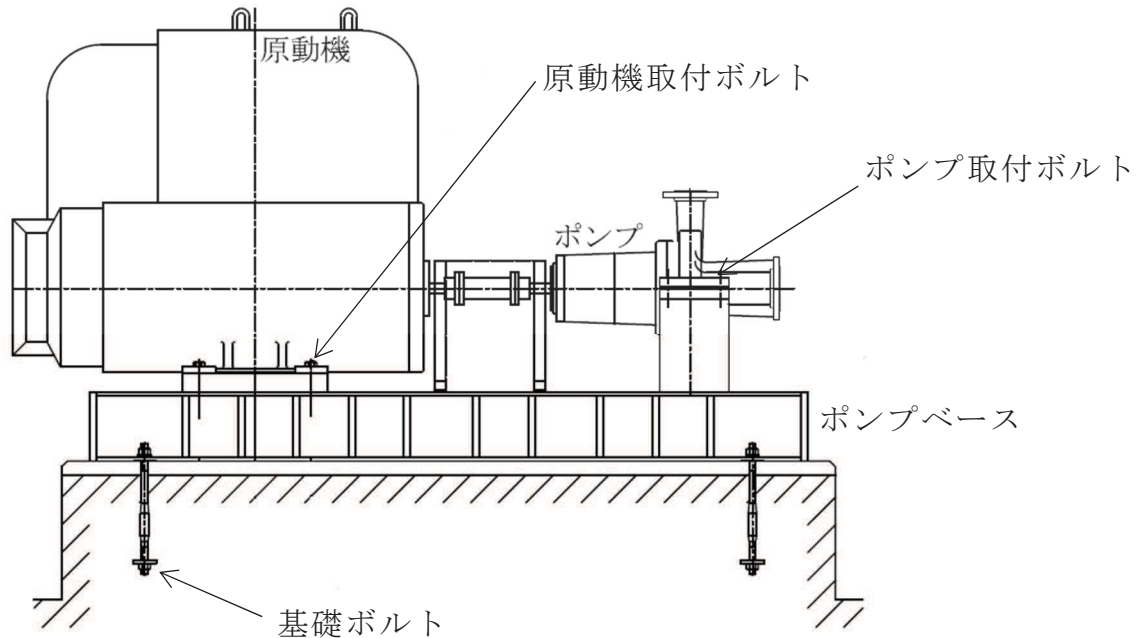
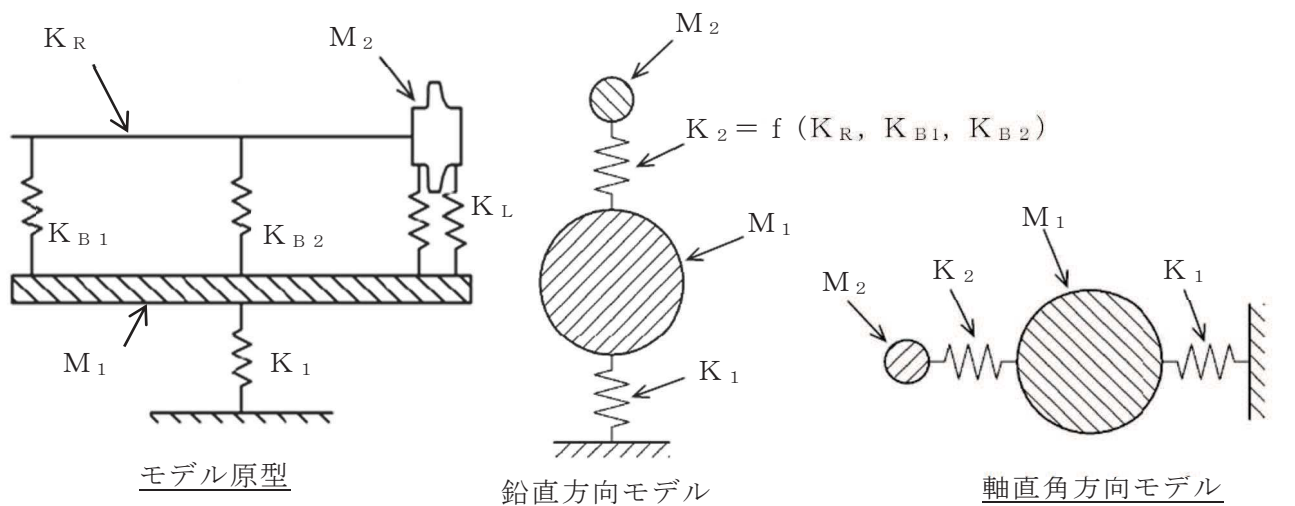


図 1-1 直流駆動低圧注水系ポンプ外形図



$K_R$  : ロータ曲げ剛性  
 $K_{B1}$  : 軸受C P側バネ定数  
 $K_{B2}$  : 軸受反C P側バネ定数  
 $K_L$  : ライナーリング剛性  
 (保守的評価のため考慮しない)

$K_1$  : 支持部剛性  
 $K_2$  : ロータ等価バネ  
 $M_1$  : ポンプケーシング質量  
 $M_2$  : ロータ質量(水質量含む)

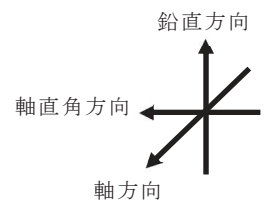


図 1-2 計算モデル (軸直角方向, 鉛直方向)

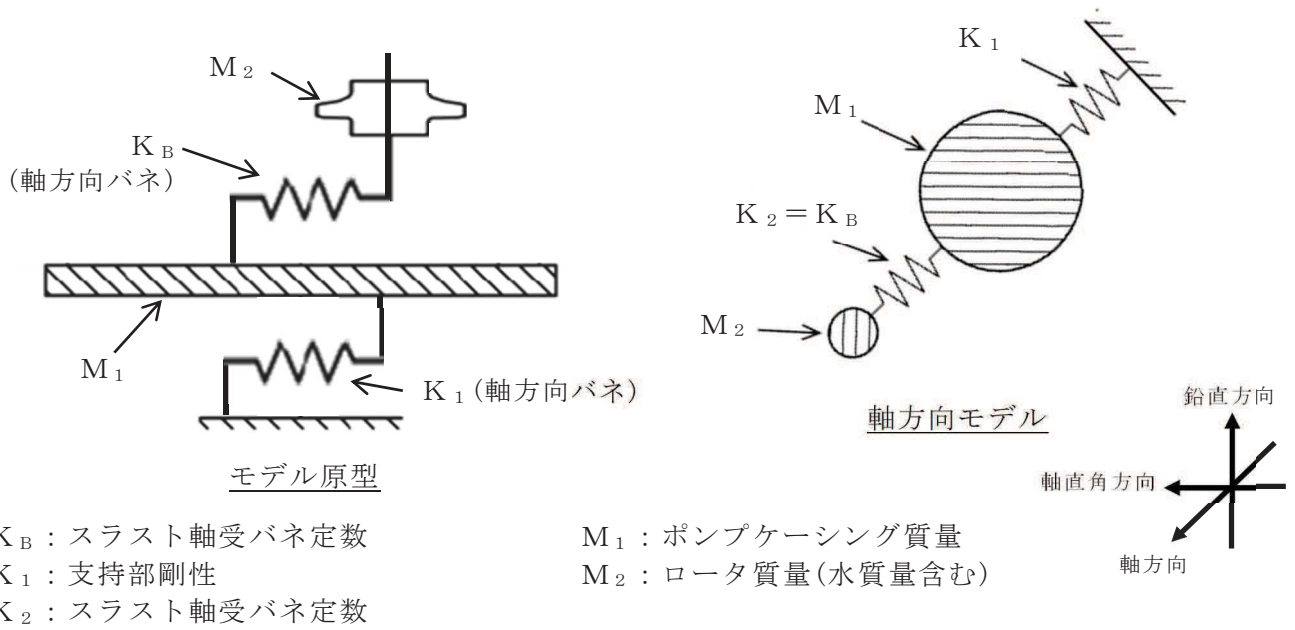


図 1-3 計算モデル (軸方向)

ポンプ全体系の固有値は下記式にて求める。

$$f_{1,2} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+e}{2} \mp \sqrt{\left(\frac{a-e}{2}\right)^2 + b \times e}}$$

ここで

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

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

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

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{K_R} + \frac{1}{K_{B1} + K_{B2}}} + K_L \quad (\text{軸直角方向、鉛直方向})$$

$$K_2 = K_B \quad (\text{軸方向})$$

ただし、 $K_L$ は図 1-2 に記載のとおり保守的な設定とするため  $K_L=0$  とする。

よって、ポンプ全体系の固有周期は以下の通りとなる。

$$T_{1,2P} = \frac{1}{f_{1,2}}$$

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通りとなる。

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

#### 4.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 1-1～3 に示す。

表 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 <sub>1</sub>	ポンプケーシング質量		kg
M <sub>1M</sub>	原動機質量（ベース質量含む）		kg
M <sub>2</sub>	ポンプロータ質量		kg
K <sub>R</sub>	ロータ曲げ剛性		N/m
K <sub>B1</sub>	ラジアル軸受 C P 側ばね定数		N/m
K <sub>B2</sub>	ラジアル軸受反 C P 側ばね定数		N/m
K <sub>2</sub>	ロータ等価ばね定数		N/m
K <sub>1</sub>	ポンプ支持部ばね定数		N/m
K <sub>1M</sub>	原動機支持部ばね定数		N/m
f <sub>1</sub>	ポンプ全体系固有値		Hz
f <sub>2</sub>	ポンプ全体系固有値		Hz
f <sub>1M</sub>	原動機全体系固有値		Hz
T <sub>1P</sub>	ポンプ全体系固有周期		s
T <sub>2P</sub>	ポンプ全体系固有周期		s
T <sub>1M</sub>	原動機全体系固有周期		s

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-2 鉛直方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
$M_1$	ポンプケーシング質量		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
$K_{B1}$	ラジアル軸受C P側ばね定数		N/m
$K_{B2}$	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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-3 軸方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
$M_1$	ポンプケーシング質量		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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5. まとめ

直流駆動低圧注水系ポンプについて、固有周期の算出を行い、固有周期は十分に小さく(0.05s 以下)、剛体であることを確認した。そのため、他の横軸ポンプについても同様に、固有周期は十分に小さく剛体であると判断し、固有周期の計算は省略する。