

島根原子力発電所第 2 号機 審査資料	
資料番号	NS2-添3-014-01 改 01
提出年月日	2022 年 10 月 24 日

VI-3-別添 2-1-1 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機  
海水ポンプの強度計算の方針

2022 年 10 月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	2
2.1 評価対象施設	2
3. 構造強度設計	3
3.1 構造強度の設計方針	3
3.2 機能維持の方針	3
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	7
4.1 荷重及び荷重の組合せ	7
4.2 許容限界	10
5. 強度評価方法	12
5.1 評価条件	12
5.2 評価対象部位	12
5.3 強度評価方法	13
6. 適用規格・基準等	19

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される重大事故等対処設備に配慮する設計とするため、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4.1 構造物への荷重を考慮する施設」にて設定している原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下「海水ポンプ」という。）が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」に示す適用規格・基準等を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、海水ポンプの具体的な計算の方法及び結果は、VI-3-別添 2-3「原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」に示す。

## 2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせべき他の荷重による組合せ荷重により発生する応力が、「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「5. 強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格・基準等」で示す適用規格・基準等を用いて確認する。

### 2.1 評価対象施設

本資料における評価対象施設は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」に設定している構造物への荷重を考慮する施設のうち、海水ポンプを強度評価の対象施設とする。

### 3. 構造強度設計

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するように、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「5. 機能設計」で設定している海水ポンプが有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

また、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、海水ポンプの構造強度を保持するように構造設計と評価方針を設定する。

#### 3.1 構造強度の設計方針

海水ポンプは、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、取水槽海水ポンプエリアの基礎部に固定し、海水ポンプの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

#### 3.2 機能維持の方針

VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重条件を適切に考慮して、構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

##### (1) 原子炉補機海水ポンプ

###### a. 構造設計

原子炉補機海水ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、原動機を取り付け、原動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

原子炉補機海水ポンプは、ポンプベースに固定する。原動機は、原動機台と結合する。原動機台は、ポンプベースに固定し、基礎部に据え付ける。端子箱等のポンプの機能維持に必要な付属品は、原動機にボルトで結合する。原動機の形状は、円筒形を基本とした適切な強度を有する鋼製のフレームに端子箱等が付加された形態とする。

想定する降下火砕物及び積雪（以下「降下火砕物等」という。）の堆積による鉛直荷重は、原動機の上部カバーに作用し、原動機フレーム及び原動機台を介して基礎部に伝達する構造とする。また、風（台風）による水平荷重は、原動機フレーム及び原動機台に作用し、原動機台を介して基礎部に伝達する構造とする。

更に、ポンプスラスト荷重は軸受を介し、全て原動機フレーム及び原動機台に作用する。

原子炉補機海水ポンプの構造計画を表 3-1 に示す。

b. 評価方針

原子炉補機海水ポンプは、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、原子炉補機海水ポンプを構成する上部カバー、原動機フレーム及び原動機台が、おおむね弾性状態に留まることを「5. 強度評価方法」に示す計算により確認する。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、VI-3-別添2-3「原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」に示す。

表 3-1 原子炉補機海水ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
【位置】			
原子炉補機海水ポンプは、取水槽の取水槽海水ポンプエリアに設置する設計とする。			
原子炉補機海水ポンプ	原動機及び原動機に結合されたポンプで構成する。	基礎部に基礎ボルトで固定する。	

(2) 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

a. 構造設計

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、原動機を取り付け、原動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、ポンプベースに固定する。原動機は、原動機台と結合する。原動機台は、ポンプベースに固定し、基礎部に据え付ける。端子箱等のポンプの機能維持に必要な付属品は、原動機にボルトで結合する。原動機の形状は、円筒形を基本とした適切な強度を有する鋼製のフレームに端子箱が付加された形態とする。

想定する降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、原動機上部のキャップに作用し、原動機フレーム及び原動機台を介して基礎部に伝達する構造とする。また、風（台風）による水平荷重は、原動機フレーム及び原動機台に作用し、原動機台を介して基礎部に伝達する構造とする。更に、ポンプスラスト荷重は軸受を介し、全て原動機フレーム及び原動機台に作用する。

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの構造計画を表 3-2 に示す。

b. 評価方針

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプを構成するキャップ、原動機フレーム及び原動機台が、おおむね弾性状態に留まることを「5. 強度評価方法」に示す計算により確認する。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、VI-3-別添 2-3 「原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」に示す。

表 3-2 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、取水槽の取水槽海水ポンプエリアに設置する設計とする。</p>			
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	原動機及び原動機に結合されたポンプで構成する。	基礎部に基礎ボルトで固定する。	<p>(a) 上面図</p> <p>キャップ</p> <p>端子箱</p> <p>原動機台</p> <p>基礎ボルト</p> <p>原動機フレーム</p> <p>A部</p> <p>A部詳細 (内部)</p> <p>ポンプベース</p> <p>(b) 側面図</p>



#### 4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

評価対象施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

##### 4.1 荷重及び荷重の組合せ

強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」を踏まえ、以下のとおり設定する。

###### (1) 荷重の種類

###### a. 常時作用する荷重( $F_d$ )

常時作用する荷重は、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している常時作用する荷重に従って、持続的に生じる荷重である自重とする。

###### b. 降下火砕物による荷重( $F_a$ )

降下火砕物による荷重は、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」に示す降下火砕物の特性及び「2.1.3(2)a. 荷重の種類」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、湿潤密度  $1.5\text{g}/\text{cm}^3$  の降下火砕物が  $56\text{cm}$  堆積した場合の荷重として堆積量  $1\text{cm}$  ごとに  $147.1\text{N}/\text{m}^2$  の降下火砕物による荷重が作用することを考慮し設定する。

###### c. 積雪荷重( $F_s$ )

積雪深は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4. 組合せ」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、松江地方气象台での観察記録（1941年～2018年）により設定した設計基準積雪量  $100\text{cm}$  に平均的な積雪荷重\*を与えるための係数  $0.35$  を考慮し  $35\text{cm}$  とする。積雪荷重については、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量  $1\text{cm}$  ごとに  $20\text{N}/\text{m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮し算出する。

注記 \*：建築物の構造関係技術基準解説書

###### d. 風荷重( $W$ )

風速は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1(4) 自然現象の組合せの方針」に示す組み合わせる風速を踏まえて、建築基準法施行令に基づく平成12年建設省告示第1454号に定められた松江市の基準風速である  $30\text{m}/\text{s}$  とする。

e. 運転時の状態で作用する荷重(P)

運転時の状態で作用する荷重は、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している運転時の状態で作用する荷重に従って、ポンプスラスト荷重等の運転時荷重とする。

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重，積雪荷重及び風荷重の組合せ

降下火砕物による荷重，積雪荷重及び風荷重については、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)b. 荷重の組合せ」を踏まえて、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

ただし、海水ポンプは動的機器であるため、運転時の状態で作用する荷重を考慮する。

上記を踏まえ、海水ポンプの強度評価における荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造等を考慮し設定する。対象施設の荷重の組合せを考慮した結果を表4-1に示す。

表4-1 荷重の組合せ

考慮する荷重 の組合せ	荷重			
	常時作用する 荷重(F <sub>d</sub> )	降下火砕物等 の堆積による 荷重(F <sub>v</sub> )	ポンプスラスト 荷重(P)	風荷重 (W)
ケース1	○	○	○	○

注：○は考慮する荷重を示す。

(3) 荷重の算定方法

「4.1(1) 荷重の種類」で設定している荷重のうち、「4.1(2)a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ」で設定している自然現象の荷重の鉛直荷重及び水平荷重の算出式及び算出方法を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
A	m <sup>2</sup>	風の受圧面積（風向に垂直な面を投影した面積）
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E <sub>r</sub>	—	建設省告示第 1 4 5 4 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F <sub>a</sub>	N/m <sup>2</sup>	湿潤状態の降下火砕物による荷重
F <sub>d</sub>	N	常時作用する荷重
F <sub>s</sub>	N/m <sup>2</sup>	積雪荷重
F <sub>v</sub>	N/m <sup>2</sup>	降下火砕物の荷重と積雪による荷重の和
G	—	ガスト影響係数
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度（=9.80665）
H	m	全高
H <sub>a</sub>	m	降下火砕物の層厚
H <sub>s</sub>	cm	積雪深
q	N/m <sup>2</sup>	設計用速度圧
P	kg	ポンプスラスト荷重
V <sub>D</sub>	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z <sub>b</sub>	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
Z <sub>G</sub>	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
ρ <sub>1</sub>	kg/m <sup>3</sup>	降下火砕物の湿潤密度
ρ <sub>2</sub>	N/(m <sup>2</sup> ・cm)	建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重

b. 鉛直荷重

鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物及び積雪を考慮する。

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_a = \rho_1 \cdot g \cdot H_a$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = \rho_2 \cdot H_s$$

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_v = F_a + F_s$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

$\rho_1$ (kg/m <sup>3</sup> )	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$H_a$ (m)	$\rho_2$ (N/(m <sup>2</sup> ・cm))	$H_s$ (cm)
1500	9.80665	0.56	20	35

以上を踏まえ、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、8938N/m<sup>2</sup>とする。

c. 水平荷重

水平荷重については、風を考慮する。風速を建築基準法施行令の基準風速に基づき 30m/s に設定し、風荷重を算出する。

風荷重の算出式は建築基準法施行令第 87 条に基づき、以下のとおりである。

$$W = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合})$$

$$E_r = 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合})$$

4.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の

「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、評価対象部位ごとの許容限界を表 4-4 に示す。

## (1) 上部カバー，キャップ，原動機台及び原動機フレーム

構造強度評価においては，降下火砕物等の堆積による鉛直荷重，風（台風）による水平荷重及びその他の荷重に対し，海水ポンプを構成する上部カバー，キャップ，原動機台及び原動機フレームが，おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ，原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に準じて許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sの許容応力を許容限界として設定する。許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける海水ポンプの許容限界を表 4-5 に示す。

表 4-4 許容限界

施設名称	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力の状態	限界状態	
海水ポンプ	$F_d + F_v + P + W$	原動機台	圧縮，曲げ	部材が弾性域に留まらず，塑性域に入る状態	J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> Sの許容応力以下とする。
	$F_d + F_v + P + W$	原動機フレーム	圧縮，曲げ		
	$F_d + F_v$	上部カバー，キャップ	曲げ		

表 4-5 海水ポンプの許容限界

許容応力状態	許容限界	
	一次応力	
	圧縮	曲げ
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$

## 5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示すとおり、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・定式化された評価式を用いて算出

風荷重による影響を考慮する施設については、建築基準法施行令等に基づき風荷重を考慮し、設備の受圧面に対して等分布荷重として扱って良いことから、海水ポンプの評価上高さの1/2に集中荷重として作用するものとしており、これはJ E A G 4 6 0 1耐震評価における1質点系モデルと等価なものであり、地震荷重を風荷重と置き換えJ E A G 4 6 0 1に基づき評価を行う。

風荷重を考慮した、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重が作用する場合に強度評価を行う施設の強度評価方法として、海水ポンプの強度評価方法を以下に示す。

### 5.1 評価条件

海水ポンプの強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 風荷重による影響が大きな原動機フレーム及び原動機台の強度計算モデルは、1質点系モデルとして評価を行う。なお、1質点系モデルの強度計算において、海水ポンプの評価上高さの1/2に集中荷重として作用するものとする。計算モデル図を図5-1に示す。
- (2) 鉛直荷重によって一様な応力が発生する上部カバー及びキャップは、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。計算モデル図を図5-2に示す。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 5.2 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表5-1に示す。

表5-1 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力の状態
原動機台	圧縮，曲げ
原動機フレーム	圧縮，曲げ
上部カバー，キャップ	曲げ

### 5.3 強度評価方法

#### (1) 記号の説明

海水ポンプの強度評価に用いる記号を表 5-2 に示す。

表 5-2 海水ポンプの強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A <sub>1</sub>	m <sup>2</sup>	風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A <sub>11</sub>	m <sup>2</sup>	原動機台の評価に考慮する風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A <sub>12</sub>	m <sup>2</sup>	原動機フレームの評価に考慮する風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A <sub>2</sub>	m <sup>2</sup>	降下火砕物等の堆積面積
a	mm	上部カバー，キャップ外径
B <sub>1</sub>	mm	原動機台外径
B <sub>2</sub>	mm	原動機台内径
B <sub>3</sub>	mm	原動機フレーム外径
B <sub>4</sub>	mm	原動機フレーム内径
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E <sub>r</sub>	—	建設省告示第 1 4 5 4 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	J S M E SSB-3121.1 により規定される値
F <sub>d</sub>	N	自重による軸方向荷重
F <sub>d1</sub>	N	原動機台自重及び原動機自重による軸方向荷重
F <sub>d2</sub>	N	原動機自重による軸方向荷重
F <sub>p</sub>	N	ポンプスラスト荷重による軸方向荷重
F <sub>v</sub>	N	降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
F <sub>v'</sub>	N/m <sup>2</sup>	単位面積当たりの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
f <sub>b</sub>	MPa	J S M E SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
f <sub>c</sub>	MPa	J S M E SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容圧縮応力
G	—	ガスト影響係数
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度（=9.80665）
H	m	ポンプ高さ（全高）
H <sub>s1</sub>	N	原動機台に作用する原動機台自重，原動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重
H <sub>s2</sub>	N	原動機フレームに作用する原動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

表 5-2 海水ポンプの強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
$h_1$	mm	原動機台取付面から風荷重作用点までの高さ
$h_2$	mm	原動機取付面から風荷重作用点までの高さ
$M$	N・mm	原動機台に作用するモーメント
$M'$	N・mm	原動機フレームに作用するモーメント
$M_{11}$	N・mm	風（台風）による水平荷重により原動機台に作用するモーメント
$M_{12}$	N・mm	風（台風）による水平荷重により原動機フレームに作用するモーメント
$M_{21}$	N・mm	鉛直荷重により原動機台に作用するモーメント
$M_{22}$	N・mm	鉛直荷重により原動機フレームに作用するモーメント
$m_1$	kg	原動機台の質量
$m_2$	kg	原動機の質量
$P$	kg	ポンプスラスト荷重
$p$	N/m <sup>2</sup>	上部カバー、キャップ評価時の等分布荷重
$q$	N/m <sup>2</sup>	設計用速度圧
$S_1$	mm <sup>2</sup>	原動機台の断面積
$S_2$	mm <sup>2</sup>	原動機フレームの断面積
$S_u$	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
$S_y$	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
$t$	mm	上部カバー、キャップ厚さ
$V_D$	m/s	基準風速
$W$	N	風荷重
$W_1$	N	原動機台評価に対する風（台風）による水平荷重
$W_2$	N	原動機フレーム評価に対する風（台風）による水平荷重
$Z_1$	mm <sup>3</sup>	原動機台の断面係数
$Z_2$	mm <sup>3</sup>	原動機フレームの断面係数
$Z_b$	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
$Z_G$	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
$\alpha$	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
$\pi$	—	円周率



表 5-2 海水ポンプの強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
$\sigma_{b1}$	MPa	原動機台に生じる曲げ応力
$\sigma_{b2}$	MPa	原動機フレームに生じる曲げ応力
$\sigma_{b'}$	MPa	上部カバー、キャップに生じる曲げ応力
$\sigma_{c1}$	MPa	原動機台に生じる圧縮応力
$\sigma_{c2}$	MPa	原動機フレームに生じる圧縮応力

(2) 計算モデル

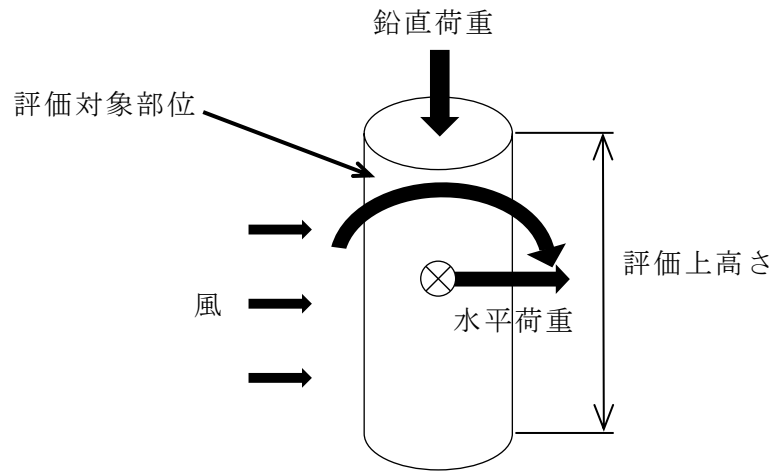


図 5-1 1 質点系モデル図 (原動機台, 原動機フレーム)

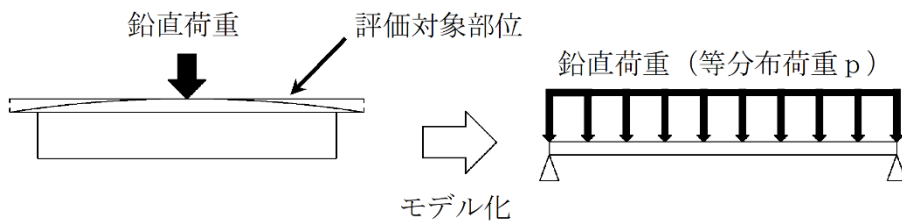


図 5-2 等分布荷重モデル図 (上部カバー及びキャップ)

(3) 強度評価方法

a. 鉛直荷重

(a) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

(b) 自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

イ. 原動機台に作用する原動機台自重，原動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

$$H_{s1} = F_{d1} + F_p$$

ここで，

$$F_{d1} = (m_1 + m_2) \cdot g$$

$$F_p = P \cdot g$$

ロ. 原動機フレームに作用する原動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

$$H_{s2} = F_{d2} + F_p$$

ここで，

$$F_{d2} = m_2 \cdot g$$

$$F_p = P \cdot g$$

b. 水平荷重

(a) 風（台風）による水平荷重

風（台風）による水平荷重は，4.1(3)c. に示す式に従い，算出する。全高Hが5m以下であるため，Hが $Z_b$ 以下の場合の式を用いる。

c. 応力評価

(a) 原動機台に生じる応力

イ. 曲げ応力

原動機台に生じる曲げ応力 $\sigma_{b1}$ は次式により算出される。なお，鉛直荷重により作用するモーメントの算出においては，保守的に原動機台の外周部に荷重の作用点を設定し算出する。

(イ) 風（台風）による水平荷重により原動機台に作用するモーメント $M_{11}$

$$M_{11} = W_1 \cdot h_1$$

(ロ) 鉛直荷重により原動機台に作用するモーメント $M_{21}$

$$M_{21} = \frac{(F_v + H_{s1}) \cdot B_1}{2}$$

(ハ) 原動機台に作用するモーメントM

$$M = M_{11} + M_{21}$$

## (二) 曲げ応力

$$\sigma_{b1} = \frac{M}{Z_1}$$

ここで、

$$Z_1 = \frac{\pi}{32} \cdot \left( \frac{B_1^4 - B_2^4}{B_1} \right)$$

## ロ. 圧縮応力

原動機台に生じる圧縮応力  $\sigma_{c1}$  は次式より算出される。

$$\sigma_{c1} = \frac{F_v + H_{s1}}{S_1}$$

ここで、

$$S_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (B_1^2 - B_2^2)$$

原動機台の断面図を図 5-3 に示す。

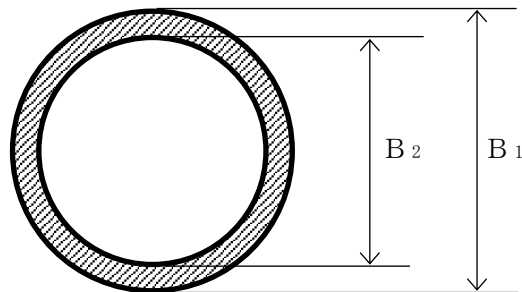


図 5-3 原動機台の断面図

## (b) 原動機フレームに生じる応力

## イ. 曲げ応力

原動機フレームに生じる曲げ応力  $\sigma_{b2}$  は次式により算出される。なお、鉛直荷重により作用するモーメントの算出においては、保守的に原動機フレームの外周部に荷重の作用点を設定し算出する。

## (イ) 風（台風）による水平荷重により原動機フレームに作用するモーメント

$M_{12}$

$$M_{12} = W_2 \cdot h_2$$

(ロ) 鉛直荷重により原動機フレームに作用するモーメント $M_{22}$

$$M_{22} = \frac{(F_v + H_{s2}) \cdot B_3}{2}$$

(ハ) 原動機フレームに作用するモーメント $M'$

$$M' = M_{12} + M_{22}$$

(ニ) 曲げ応力

$$\sigma_{b2} = \frac{M'}{Z_2}$$

ここで,

$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot \left( \frac{B_3^4 - B_4^4}{B_3} \right)$$

ロ. 圧縮応力

原動機フレームに生じる圧縮応力 $\sigma_{c2}$ は次式より算出される。

$$\sigma_{c2} = \frac{F_v + H_{s2}}{S_2}$$

ここで,

$$S_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (B_3^2 - B_4^2)$$

原動機フレームの断面図を図 5-4 に示す。

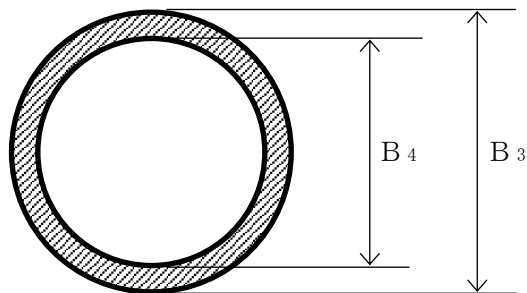


図 5-4 原動機フレームの断面図

(d) 上部カバー，キャップに生じる応力

イ. 曲げ応力

上部カバー，キャップの天板に生じる曲げ応力  $\sigma_b'$  は次式により算出される。

$$\sigma_b' = 1.24 \cdot \frac{p \cdot (a/2)^2}{t^2}$$

## 6. 適用規格・基準等

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」においては，降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に係る適用規格・基準等を示している。

これらのうち，海水ポンプの強度評価に用いる規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 松江市建築基準法施行細則（平成 17 年 3 月 31 日 松江市規則第 234 号）
- (3) 建築物荷重指針・同解説（（社）日本建築学会，2004 年改定）
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984（（社）日本電気協会）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（（社）日本電気協会）
- (6) 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（（社）日本電気協会）
- (7) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））（J S M E S N C 1-2005/2007）（（社）日本機械学会）
- (8) 新版機械工学便覧（（社）日本機械学会，1987 年）