

平成30年4月24日
日本原子力発電(株)

火山、竜巻への配慮が必要な施設の強度計算における評価対象部位について

1. はじめに

「火山への配慮が必要な施設の強度計算」及び「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算」における、海水ストレーナ（残留熱除去系海水系ストレーナ、ディーゼル発電機用海水ストレーナ）及びディーゼル発電機吸気フィルタの評価対象部位について、選定理由及び評価内容を整理する。

2. 評価対象部位の選定理由及び評価内容

評価対象部位の選定理由及び評価内容を以下に示す。(以下「JEAG4601(原子力発電所耐震設計技術指針)」については「JEAG」と記す)

(1) 海水ストレーナ

風荷重は水平方向より作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものと考え、JEAGの横形ポンプの評価※を準用している。

海水ストレーナの概略図を図1に、JEAGのポンプモデル図を図2に示す。

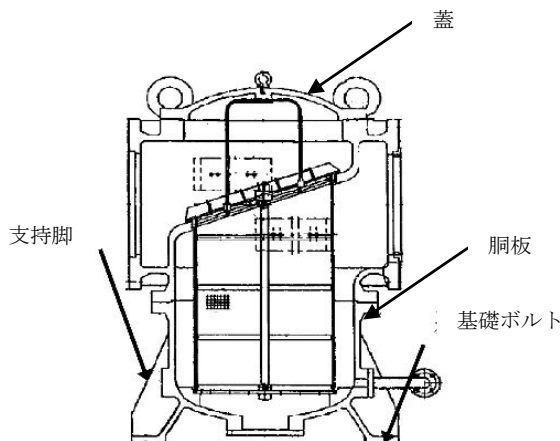


図1 海水ストレーナ概略図

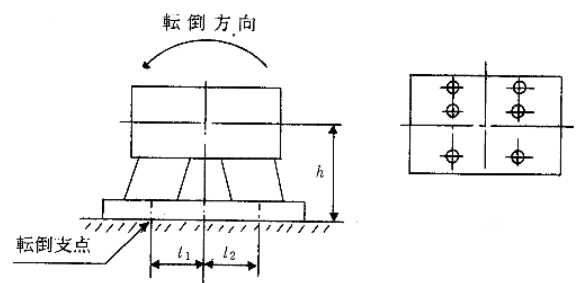


図2 横形ポンプモデル図 (JEAG)

※: JEAGの横形ポンプの「(i)固有周期の計算」の項において「横軸ポンプは、構造的に1個の大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトにて固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせる」としており、横形ポンプの強度評価は基礎ボルトのみの評価である。

海水ストレーナの構造についても、一般的な横形ポンプ同様支持脚が鋳物一体成型であり、構造的に1個の大きなブロック状で全体的に一つの剛体とみなせることから、風荷重の計算においてはJEAGの横形ポンプの評価を準用し、基礎ボルトの評価としている。

(補足)

引張応力の式は以下で表される。

$$F = \frac{W_w \cdot h - m \cdot g \cdot L_H}{n \cdot L_1}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

F : 引張力
W_w : 風圧力による荷重
h : 基礎～ストレーナ重心高さ
m : 質量
g : 重力加速度 (g=9.80665)
L_H : 重心からの水平距離
n_f : 引張力を受ける箇所数
L₁ : 支点間水平距離
σ_t : 引張応力
A : 断面積

支持脚が高い場合は重心高さhが大きくなり、転倒モーメント (W_w・h) が大きくなるが、安定モーメント (m・g・L_H) は変わらないため、発生応力は支持脚が低い場合に比べ、より大きくなる傾向となる。

支持脚が低い場合は重心位置が低くなり、転倒モーメントを安定モーメントが打ち消す作用が大きいため、支持脚、胴板に作用する応力は小さい傾向となることから、断面積の小さい基礎ボルトを評価対象部位として選定している。

残留熱除去系海水系ストレーナに竜巻の風荷重が作用した場合を例とし、支持脚に発生する引張応力について以下に示す。

表1 支持脚に発生する引張応力

条件	対象部位	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
風荷重 (100m/s)	残留熱除去系海水系ストレーナの支持脚	1.46	185	0.008

表2 基礎ボルトに発生する引張応力

条件	対象部位	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
風荷重 (100m/s)	残留熱除去系海水系ストレーナの基礎ボルト	25	173	0.145

以上より、支持脚に対し基礎ボルトの応力比が大きくなることも踏まえ、海水ストレーナは基礎ボルトのみの評価を行っている。

海水ストレーナの評価対象部位の選定理由及び評価内容を表3に示す。

表3 海水ストレーナの評価対象部位の選定理由及び評価内容

部位	考慮する荷重及び選定理由 ^{※1}		評価内容
	降下火砕物等荷重（鉛直）	風荷重（水平）	
支持脚	○ 降下火砕物等荷重に対する断面積が小さい箇所として選定。	— JEAG（横形ポンプ）において対象外。	降下火砕物等による鉛直荷重により発生する圧縮応力を算出。
胴板	— 降下火砕物等荷重に対する断面積が支持脚より大きいいため対象外。	— JEAG（横形ポンプ）において対象外。	—
蓋	○ 降下火砕物等荷重による曲げ応力が発生するため選定。	— JEAG（横形ポンプ）において対象外。	降下火砕物等による鉛直荷重により発生する曲げ応力を算出。
基礎ボルト	— 降下火砕物等荷重による応力は基礎ボルトに発生しないため対象外。 （図3参照）	○ JEAG（横形ポンプ）を準用し選定。	風荷重による水平荷重 ^{※2} により発生する引張、せん断応力を算出。

※1：火山の評価は降下火砕物等荷重及び風荷重を考慮し、竜巻の評価は風荷重を考慮する。

※2：JEAGでは鉛直荷重は転倒抗力としているが、保守的に転倒モーメントとして降下火砕物等の荷重を鉛直荷重として加えている。

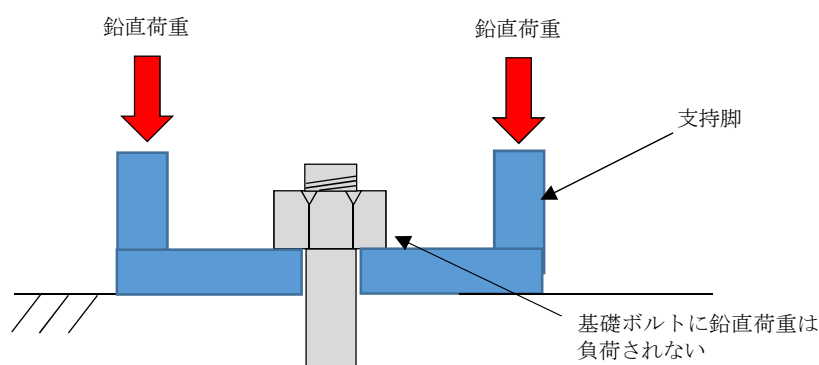


図3 基礎ボルト部拡大図

(2) ディーゼル発電機吸気フィルタ

風荷重は水平方向より作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものと考え、JEAGの評価を準用している。

ディーゼル発電機吸気フィルタの構造は、4脚支持たて置き円筒型容器であり、風荷重の計算においてはJEAGの4脚支持たて置き円筒型容器の評価を準用している。

ディーゼル発電機吸気フィルタの概略図を図4に、JEAGの4脚支持たて置き円筒型容器モデル図を図5に示す。

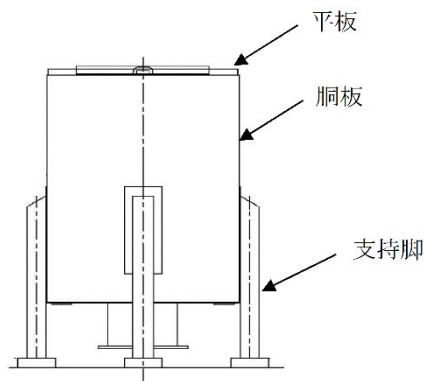


図4 ディーゼル発電機吸気フィルタ概略図

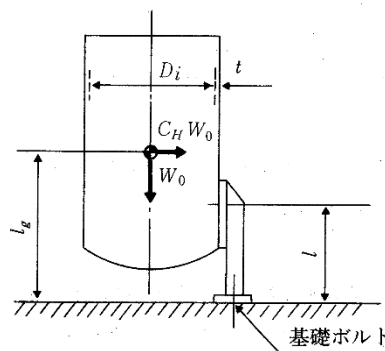


図5 4脚支持たて置き円筒型容器モデル図 (JEAG)

ディーゼル発電機吸気フィルタの評価対象部位の選定理由及び評価内容を表4に示す。

表4 ディーゼル発電機吸気フィルタの評価対象部位の選定理由及び評価内容

部位	考慮する荷重及び選定理由※		評価内容
	降下火砕物等荷重 (鉛直)	風荷重 (水平)	
支持脚	○ 風荷重の評価に降下火砕物等荷重を考慮。	○ JEAG (4脚支持たて置き円筒型容器) を準用し選定。	JEAG (4脚支持たて置き円筒型容器) の式に降下火砕物等による鉛直荷重を組合せ、組合せ応力、座屈評価を実施。
胴板	○ 風荷重の評価に降下火砕物等荷重を考慮。	○ JEAG (4脚支持たて置き円筒型容器) を準用し選定。	JEAG (4脚支持たて置き円筒型容器) の式に降下火砕物等による鉛直荷重を組合せ、一次一般膜、一次、一次+二次応力評価を実施。
平板	○ 降下火砕物等荷重による曲げ応力が発生するため選定	— 風荷重による応力は発生しない。	降下火砕物等による鉛直荷重により発生する曲げ応力を算出。
基礎ボルト	— 基礎ボルトはないため対象外。	— 基礎ボルトはないため対象外。	—

※：火山の評価は降下火砕物等荷重及び風荷重を考慮し、竜巻の評価は風荷重を考慮する。

3. 接続配管の扱い

風荷重を受けた場合、海水ストレーナ及びディーゼル発電機吸気フィルタの接続配管についても機器本体に発生する応力は伝達されるが、応力を分担することで機器本体の発生応力は小さくなるため、保守的に配管はないものとして評価を行う。なお、接続配管は10インチ以上の炭素鋼配管であり、十分な強度を有している。

以上