

平成 30 年 6 月 22 日
日本原子力発電（株）

竜巻，火山の構造強度評価における評価対象部位の選定について

1. 概要

竜巻，火山の構造強度評価における評価対象部位の選定について説明する。

2. 評価対象部位の選定について

構造強度評価における評価対象部位の選定については，以下を考慮し選定している。

・竜巻

屋外の機器は①，屋内の機器は②の選定を基本とし，その他は機器形状等に応じて選定している。

- ①設計竜巻荷重により，荷重作用点から離れており，大きなモーメントを受ける部位（基礎ボルト等）
- ②気圧差により荷重を受ける主要部位
- ③規格式により，対象が定められている部位
- ④その他

・火山

①，②の選定を基本とし，その他は機器形状等に応じて選定している。

- ①風荷重により，荷重作用点から離れており，大きなモーメントを受ける部位（基礎ボルト等）
- ②降下火砕物等により荷重を受ける主要部位
- ③規格式により，対象が定められている部位
- ④その他

表 1，表 2 に構造強度評価対象選定一覧を示す。

表1 機器の構造強度評価対象選定について(竜巻)

計算書名	施設名称	評価対象部位	応力の種類	選定理由	(1)	(2)	(3)	(4)	備考	
V-3-別添1-1-2 残留熱除去系海水系ポンプの強度計算書	残留熱除去系海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・原動機取付ボルト ・原動機台取付ボルト ・据付面基礎ボルト ・一次側端子箱取付ボルト ・上部軸受ブラケット取付ボルト ・上部軸受タンクカバー取付ボルト 	引張 せん断 組合せ	<p>ポンプ部について、原動機部等に作用する設計竜巻による荷重は、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、基礎面及び原動機部を固定しているボルトに作用する。荷重を受ける各部位のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じることになる。</p> <p>このことから、以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原動機取付ボルト ・原動機台取付ボルト ・据付面基礎ボルト 	○					
		原動機フレーム	曲げ	<p>原動機部について、原動機部等に作用する設計竜巻による荷重は、原動機フレーム及び付属品に作用し、原動機フレーム及び付属品を介して、付属品の取付部を固定するボルトに作用する。</p> <p>このことから、以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一次側端子箱取付ボルト ・上部軸受ブラケット取付ボルト ・上部軸受タンクカバー取付ボルト ・原動機フレーム 				○	設計竜巻による風荷重に対し、ポンプの主要部材である原動機について、曲げ応力に対する健全性を確認	
V-3-別添1-1-3 残留熱除去系海水系ストレーナの強度計算書	残留熱除去系海水系ストレーナ	基礎ボルト	引張 せん断 組合せ	設計竜巻による荷重は、胴板及び胴板一体の支持脚を介して基礎ボルトに作用する。設計竜巻による荷重により発生する応力は、支持断面積の小さい箇所が厳しくなることから、支持断面積の小さい残留熱除去系海水系ストレーナの基礎ボルトを評価対象部位として選定する。	○					
V-3-別添1-1-4 排気筒の強度計算書	排気筒	<ul style="list-style-type: none"> ・筒身 ・鉄塔 	組合せ(圧縮+曲げ) せん断	排気筒の応力解析による評価対象部位は、設計竜巻による荷重を受ける排気筒の筒身、筒身を支持する鉄塔主要部材(主柱材、斜材、水平材、補助柱材、補助斜材、補助水平材、鉄塔脚部)及び脚部とする。	○					
V-3-別添1-1-5 換気空調設備の強度計算書	角ダクト及び丸ダクト	ダクト鋼板(本体)	曲げ 座屈	気圧差による荷重は、ダクト本体の薄肉鋼板部に作用する。このことから、ダクト鋼板(本体)を評価対象部位として選定する。		○				
	隔離弁	<ul style="list-style-type: none"> ・弁箱 ・弁体 ・弁棒 	周方向応力 曲げ せん断	気圧差による荷重は、隔離弁本体の耐圧部に作用する。このことから、耐圧部を評価対象部位として選定する。		○				
	中央制御室排気ファン	ケーシング	一次一般膜	外気と繋がっている換気空調設備における気圧差による荷重は、ファンのケーシングに作用する。このことから、ケーシングを評価対象部位として設定する。		○				
	ディーゼル発電機室ルーフトファン	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎ボルト ・吐出フード取付ボルト 	引張 せん断 組合せ	屋外に設置する換気空調設備におけるファンに作用する設計竜巻による荷重は、吐出フード及びケーシングに作用し、吐出フード取付ボルト、基礎ボルトに伝達されるが、荷重を受ける各部位のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じることになる。このことから、吐出フード取付ボルト及び基礎ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。	○					
	中央制御室換気系冷凍機	取付ボルト	引張 せん断 組合せ	屋外に設置する換気空調設備における冷凍機に作用する設計竜巻による荷重は、ケーシングを介し、冷凍機を固定している取付ボルトに作用する。荷重を受ける各部位のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じることになる。このことから、取付ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。	○					
V-3-別添1-1-6 ディーゼル発電機用海水ポンプの強度計算書	ディーゼル発電機用海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・原動機取付ボルト ・原動機台取付ボルト ・据付面基礎ボルト ・主回路用端子箱取付ボルト ・スペースヒータ用取付ボルト ・エンドカバー取付ボルト 	引張 せん断 組合せ	<p>ポンプ部について、原動機部等に作用する設計竜巻による荷重は、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、基礎面及び原動機部を固定しているボルトに作用する。荷重を受ける各部位のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じることになる。</p> <p>このことから、以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原動機取付ボルト ・原動機台取付ボルト ・据付面基礎ボルト 	○					
		原動機フレーム	曲げ	<p>原動機部について、原動機部等に作用する設計竜巻による荷重は、原動機フレーム及び付属品に作用し、原動機フレーム及び付属品を介して、付属品の取付部を固定するボルトに作用する。</p> <p>このことから、以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主回路用端子箱取付ボルト ・スペースヒータ用取付ボルト ・エンドカバー取付ボルト ・原動機フレーム 				○	設計竜巻による風荷重に対し、ポンプの主要部材である原動機について、曲げ応力に対する健全性を確認	

計算書名	施設名称	評価対象部位	応力の種類	選定理由	①	②	③	④	備考
V-3-別添1-1-7 ディーゼル発電機海水ストレーナの強度計算書	ディーゼル発電機海水ストレーナ	基礎ボルト	引張 せん断 組合せ	設計竜巻による荷重は、胴板及び胴板一体の支持脚を介して基礎ボルトに作用する。設計竜巻による荷重により発生する応力は、支持断面積の小さい箇所が厳しくなることから、支持断面積の小さいディーゼル発電機用海水ストレーナの基礎ボルトを評価対象部位として選定する。	○				
V-3-別添1-1-8 ディーゼル発電機吸気口の強度計算書	ディーゼル発電機吸気口	胴板	一次一般膜 一次 一次+二次	設計竜巻による荷重は、ディーゼル発電機吸気口の胴板に作用し、支持脚に伝達される。このことから、胴板、支持脚及び支持脚基礎溶接部を評価対象部位として設定する。			○		
		支持脚	組合せ 座屈				○		
		支持脚基礎溶接部	引張 せん断 組合せ		○				
V-3-別添1-1-9 配管および弁の強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室換気系冷凍機廻りの配管及び弁 残留熱除去系海水系ポンプ廻りの配管及び弁 ディーゼル発電機用海水ポンプ廻りの配管及び弁 非常用ガス処理系排気配管 	配管	一次(膜+曲げ)	設計竜巻による荷重は、配管本体に作用する。なお、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく、配管の評価に包絡されるため配管の評価のみを実施する。サポート(配管支持構造物)については、建屋内外にかかわらず地震に対して耐荷重設計がなされており、配管本体に竜巻による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、竜巻による荷重に対するサポートの設計は耐震設計に包絡される。このことから、配管本体を評価対象部位として選定する。				○	支持点(サポート)は耐荷重設計がなされているため、配管本体を評価対象部位としている
V-3-別添1-1-10-2(波及的影響) 消音器の強度計算書	ディーゼル発電機排気消音器	<ul style="list-style-type: none"> 基礎ボルト 取付ボルト 	引張 せん断 組合せ	設計竜巻による荷重は、ディーゼル発電機排気消音器本体に作用し、支持脚を介して取付ボルト又は基礎ボルトに作用する。排気消音器の転倒により、ディーゼル発電機の排気機能を閉塞させる波及的影響を考慮し、本体を支持するための主要な支持部材であり、支持断面積が小さく、発生する応力箇所が厳しくなる取付ボルト、基礎ボルトを評価対象部位として設定する。	○				
V-3-別添1-1-10-3(波及的影響) 排気管、放出管およびベント管の強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機付属排気配管 非常用ディーゼル発電機付属ベント配管 残留熱除去系海水配管(放出側) ディーゼル発電機海水配管(放出側) 	配管	一次(膜+曲げ)	設計竜巻による荷重は、配管本体及びサポート(配管支持構造物)に作用する。サポート(配管支持構造物)については、建屋内外にかかわらず地震に対して耐荷重設計がなされており、配管本体に竜巻による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、竜巻による荷重に対するサポート(配管支持構造物)の設計は耐震設計に包絡される。このことから、配管本体を評価対象部位として選定する。				○	支持点(サポート)は耐荷重設計がなされているため、配管本体を評価対象部位としている

表2 機器の構造強度評価対象選定について(火山)

計算書名	施設名称	評価対象部位	応力の種類	選定理由	①	②	③		備考	
V-3-別添2-1-1 残留熱除去系海水系ポンプの強度計算書	残留熱除去系海水ポンプ	原動機台	圧縮	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積する原動機上部を介して支持している原動機フレーム及び原動機台下部に作用する。また、風荷重は、原動機フレームを介して原動機台に固定されている原動機フレーム及び据付面基礎ボルトに作用する。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て原動機フレーム、原動機台に作用する。このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては原動機台及び原動機フレームを、風荷重に対しては原動機フレーム及び据付面基礎ボルトを評価対象部位とする。		○			風荷重に対し、ポンプの主要部材である原動機について、曲げ応力に対する健全性を確認	
		原動機フレーム	圧縮			○				
		原動機フレーム	曲げ					○		
		据付面基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		○					
V-3-別添2-1-2 残留熱除去系海水系ストレナの強度計算書	残留熱除去系海水系ストレナ	蓋	曲げ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積するストレナ上部の蓋、蓋等のストレナ上部を介して鋳物一体成型の胴板及び支持脚に作用する。このことから、降下火砕物が堆積する蓋及び蓋等のストレナ上部を介して荷重が作用する胴板及び支持脚のうち、断面積が小さいため発生応力が大きくなる支持脚を降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対する評価対象部位として選定する。また、風荷重により発生する応力は、支持断面積の小さい箇所が厳しくなることから、支持断面積の小さい残留熱除去系海水系ストレナの基礎ボルトを評価対象部位として選定する。		○				
		支持脚	圧縮			○				
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		○					
V-3-別添2-1-3 ディーゼル発電機用海水ポンプの強度計算書	ディーゼル発電機用海水ポンプ	原動機台	圧縮	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積する原動機上部を介して支持している原動機フレーム及び原動機台下部に作用する。また、風荷重は、原動機フレームを介して原動機台に固定されている原動機フレーム及び据付面基礎ボルトに作用する。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て原動機フレーム、原動機台に作用する。このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては原動機台及び原動機フレームを、風荷重に対しては原動機フレーム及び据付面基礎ボルトを評価対象部位とする。		○			風荷重に対し、ポンプの主要部材である原動機について、曲げ応力に対する健全性を確認	
		原動機フレーム	圧縮			○				
		原動機フレーム	曲げ					○		
		据付面基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		○					
V-3-別添2-1-4 ディーゼル発電機海水ストレナの強度計算書	ディーゼル発電機海水ストレナ	蓋	曲げ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積するストレナ上部の蓋、蓋等のストレナ上部を介して鋳物一体成型の胴板及び支持脚に作用する。風荷重については、胴板及び胴板一体の支持脚を介して基礎ボルトに作用する。このことから、降下火砕物が堆積する蓋及び蓋等のストレナ上部を介して荷重が作用する胴板及び支持脚のうち、断面積が小さいため発生応力が大きくなる支持脚を降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対する評価対象部位として選定する。また、風荷重により発生する応力は、支持断面積の小さい箇所が厳しくなることから、支持断面積の小さいディーゼル発電機用海水ストレナの基礎ボルトを評価対象部位として選定する。		○				
		支持脚	圧縮			○				
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		○					
V-3-別添2-1-5 ディーゼル発電機吸気口の強度計算書	ディーゼル発電機吸気口	平板	曲げ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、降下火砕物が堆積する平板、平板に接続する胴板、及び支持脚に作用する。また、風荷重は、胴及び支持脚に作用する。このことから、平板、胴板、支持脚及び支持脚基礎溶接部を評価対象部位として設定する。		○				
		胴板	一次一般膜 一次 一次+二次					○		
		支持脚	組合せ 座屈					○		
		支持脚基礎溶接部	引張 せん断 組合せ		○					
V-3-別添2-1-7 ディーゼル発電機室ルーフェントファンの強度計算書	ディーゼル発電機室ルーフェントファン	吐出フード天板	曲げ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積する吐出フード上部を介して支持している吐出フード及びケーシングに作用する。また、風荷重は吐出フード及びケーシングを介してケーシングに固定されている吐出フード取付ボルト及び基礎ボルトに作用する。このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては吐出フード天板及びケーシングを、また、風荷重により発生する応力は、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じることから、支持断面積の小さい吐出フード取付ボルト及び基礎ボルトを評価対象部位として選定する。		○				
		ケーシング	圧縮			○				
		吐出フード取付ボルト、基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		○					