

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外竜巻 05 R <u>3</u>
提出年月日	令和 3 年 <u>8</u> 月 <u>18</u> 日

設工認に係る補足説明資料

竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書に関する
構造強度評価における評価対象部位の選定について

文中の 線部は R2 から R3 への差替え箇所を示す。

目次

1.	概要	1
2.	<u>評価対象部位の選定方法について</u>	<u>1</u>
3.	<u>荷重の組合せについて</u>	<u>1</u>
4.	<u>評価対象部位の選定結果</u>	<u>4</u>
5.	<u>参考文献</u>	<u>4</u>

■ : 商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、再処理施設の設計基準対象施設に対する第1回申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下の添付資料に示す竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針を補足説明するものである。

・再処理施設 添付書類「V-別添1-2 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書」

本資料では、竜巻防護対策設備、設計荷重（竜巻）の構造強度評価における評価対象部位の選定方法を示す。

本資料で示す評価対象部位の選定方法については、後次回申請の再処理施設の竜巻防護対策設備に対しても適用されるものである。

2. 評価対象部位の選定方法について

竜巻防護対象設備の評価対象部位は、設備の構造考慮し、水平方向の荷重である風荷重が作用する部位を選定する。

選定した部位に対し、考慮すべき荷重を組合せ、強度評価を行う。

荷重の組合せについては3項の通りとする。

3. 荷重の組合せについて

評価対象施設の強度評価にて考慮する荷重は、添付書類「V-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定しており、それらを「(1) 荷重の種類」に示す。また、評価対象施設の強度評価にて考慮する荷重の組み合わせの考え方は、添付書類「V-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて定めており、それらを「(2) 荷重の組合せ」に示す。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重は、添付書類「V-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて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及び積載荷重とする。

b. 運転時荷重

運転時の状態で作用する荷重として、配管等にかかる内圧等の運転時荷重とする。

c. 積雪荷重

積雪荷重は、添付書類「VI-1-1-1-1-1 再処理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(3)b. 竜巻荷重と積雪荷重の組合せ」に示すとおり、六ヶ所村統計書における観測記録上の極値190cmに、「建築基準法施行令」第八十二条に定める建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せを適用して、平均的な積雪荷

重を与えるための係数0.35を考慮した荷重とする。

d. 設計竜巻による荷重

竜巻による荷重は、添付書類「V-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の設計竜巻による荷重を踏まえて、以下の算定式及び第3-1表の荷重とする。

- ・ 竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{max})

$$\Delta P_{max} = \rho \times V_{Rm}^2$$

ρ : 空気密度 (1.22 (kg/m³))

- ・ 竜巻の最大接線風速 (V_{Rm})

$$V_{Rm} = V_D - V_T$$

- ・ 竜巻の移動速度 (V_T)

$$V_T = 0.15 \times V_D$$

V_D (m/s) : 設計竜巻の最大風速

第3-1表 設計竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧低下量 ΔP_{max} (N/m ²)
100	15	85	8900

(a) 風荷重

風荷重は、竜巻の最大風速による荷重である。竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として設定されるが、鉛直方向の風圧力に対して脆弱と考えられる竜巻の影響を考慮する施設が存在する場合には、鉛直方向の最大風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。

風圧力による荷重は、施設の形状により変化するため、施設の部位ごとに異なる。そのため、各施設及び評価対象部位に対して厳しくなる方向からの風を想定し、施設の部位ごとに荷重を設定する。

ガスト影響係数(G)は設計竜巻の風速が最大瞬間風速をベースとしていること等から、施設の形状によらず「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定)(以下「竜巻ガイド」という。)を参照して、 $G=1.0$ とする。空気密度(ρ)は「建築物荷重指針・同解説(2015改定)」より $\rho=1.22$ kg/m³とする。

設計用速度圧(q)については施設の形状に影響を受けないため、 $q=6100$ N/m²と設定する。

(b) 気圧差による荷重

外気と隔離されている区画の境界部など、気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護対象施設を収納する建屋の壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる施設等の内外の気圧差による荷重が発生する。閉じた施設（通気がない施設）については、この圧力差により閉じた施設の隔壁に対して、外向きに作用する圧力が生じるとみなし、設定することを基本とする。

部分的に閉じた施設（通気がある施設等）については、施設の構造健全性を評価する上で厳しくなるよう作用する荷重を設定する。

気圧差による荷重は、施設の形状により変化するため、施設の部位ごとに異なる。そのため、各施設の部位ごとに荷重を算出する。

最大気圧低下量(ΔP_{max})は空気密度及び最大接線風速から、 $\Delta P_{max} = 8900N/m^2$ とする。

(c) 飛来物の衝撃荷重

竜巻による荷重は、添付書類「V-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の設計竜巻による荷重を踏まえて、設計飛来物の寸法、質量及び飛来速度を第3-2表に示す。

第3-2表 設計飛来物の諸元

飛来物の種類	鋼製材
寸法 (m)	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	135
最大水平速度 (m/s)	51
最大鉛直速度 (m/s)	34

(2) 荷重の組合せ

評価対象施設の設計に用いる設計竜巻荷重は、気圧差による荷重(W_P)を考慮した複合荷重 W_{T1} 並びに設計竜巻の風圧力による荷重(W_W)、気圧差による荷重(W_P)及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重 W_{T2} を以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

評価対象施設には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。各施設の設計竜巻による荷重の組み合わせについては、施設の設置状況及び構造を踏まえ適切な組み合わせを設定する。

4. 評価対象部位の選定結果

2項及び3項に基づいて選定した構造強度評価対象部位の選定結果を別紙にて示す。

5. 参考文献

- ・原子力発電所の竜巻影響評価ガイド 平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061911 号 原子力規制委員会決定
- ・建築物荷重指針・同解説（2015 改定）日本建築学会
- ・建築基準法施行令
- ・青森県建築基準法施行細則（昭和 36 年 2 月 9 日青森県規則第 20 号）

別紙

外竜巻03 【竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書に関する構造強度評価における評価対象部位の選定について】

資料No.	別紙				備考
	名称	提出日	Rev		
別紙-1	安全冷却水B冷却塔の構造強度評価対象部位選定結果	8/18	0		
別紙-2					
別紙-3					
別紙-4					
別紙-5					
別紙-6					
別紙-7					
別紙-8					
別紙-9					
別紙-10					
別紙-11					
別紙-12					
別紙-13					
別紙-14					
別紙-15					

令和3年8月18日 R0

別紙-1

安全冷却水B冷却塔の構造強度評価対象部位
選定結果

目 次

1. 概要	1
2. 評価対象設備について	1
3. 荷重の組合せについて	4
4. 評価対象部位の選定について	4
4.1 荷重の組合せ	4
5. 評価対象部位の選定結果	5
5.1 支持架構	5
5.2 冷却塔装置内機器	5
5.3 配管	11
6. 評価対象部位の選定結果一覧	11
7. 参考文献	11

1. 概要

本資料は、安全冷却水 B 冷却塔について、設計荷重（竜巻）の構造強度評価における評価対象部位の選定方法を示す。

また、本資料は、第 1 回申請（令和 2 年 12 月 24 日申請）のうち、以下に示す添付資料の補足説明に該当するものである。

- ・再処理施設 添付書類「V-別添 1-2 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書」

2. 評価対象設備について

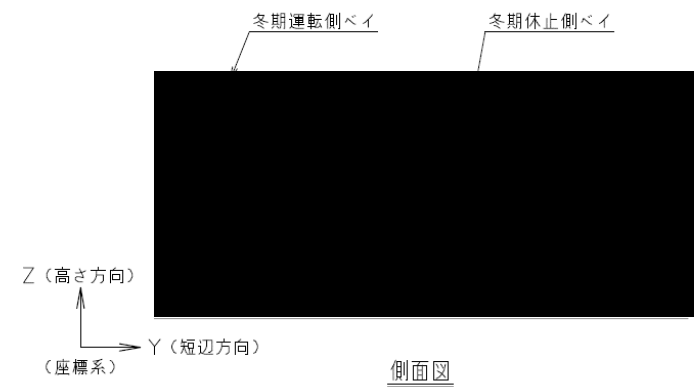
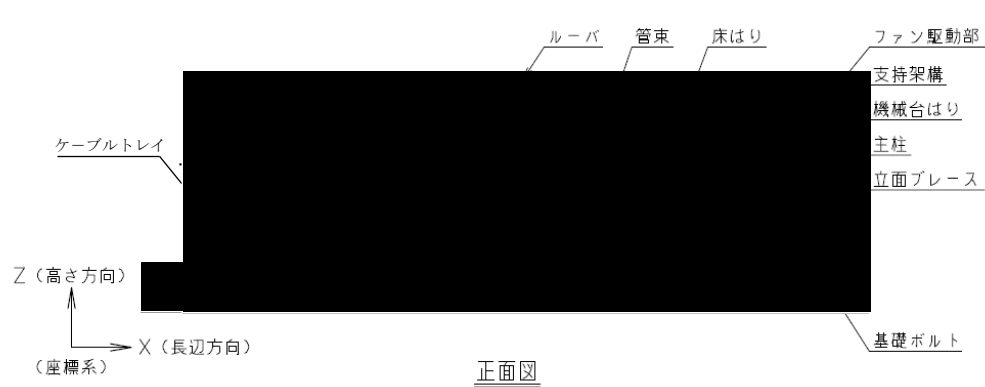
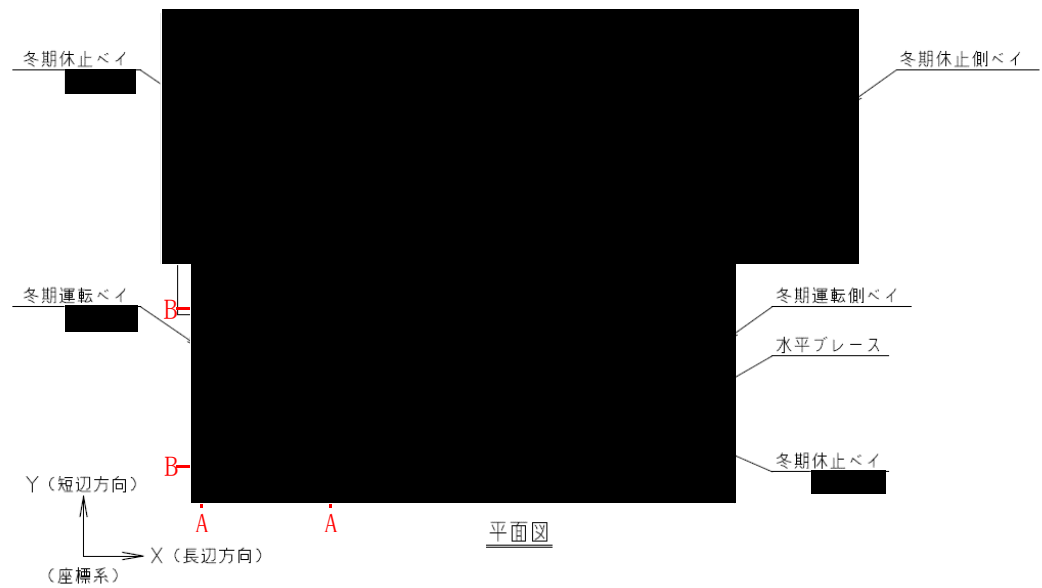
2.1 安全冷却水 B 冷却塔

(1) 安全冷却水 B 冷却塔の機能について



安全冷却水 B 冷却塔は、再処理施設内の各施設で発生する熱を大気に放熱する設備であり、崩壊熱により溶液が沸騰するおそれのある機器の崩壊熱を除去するための冷却能力を有しており、その安全機能の維持に必要な設備として、支持架構、ファン駆動部、管束及び配管により構成される。

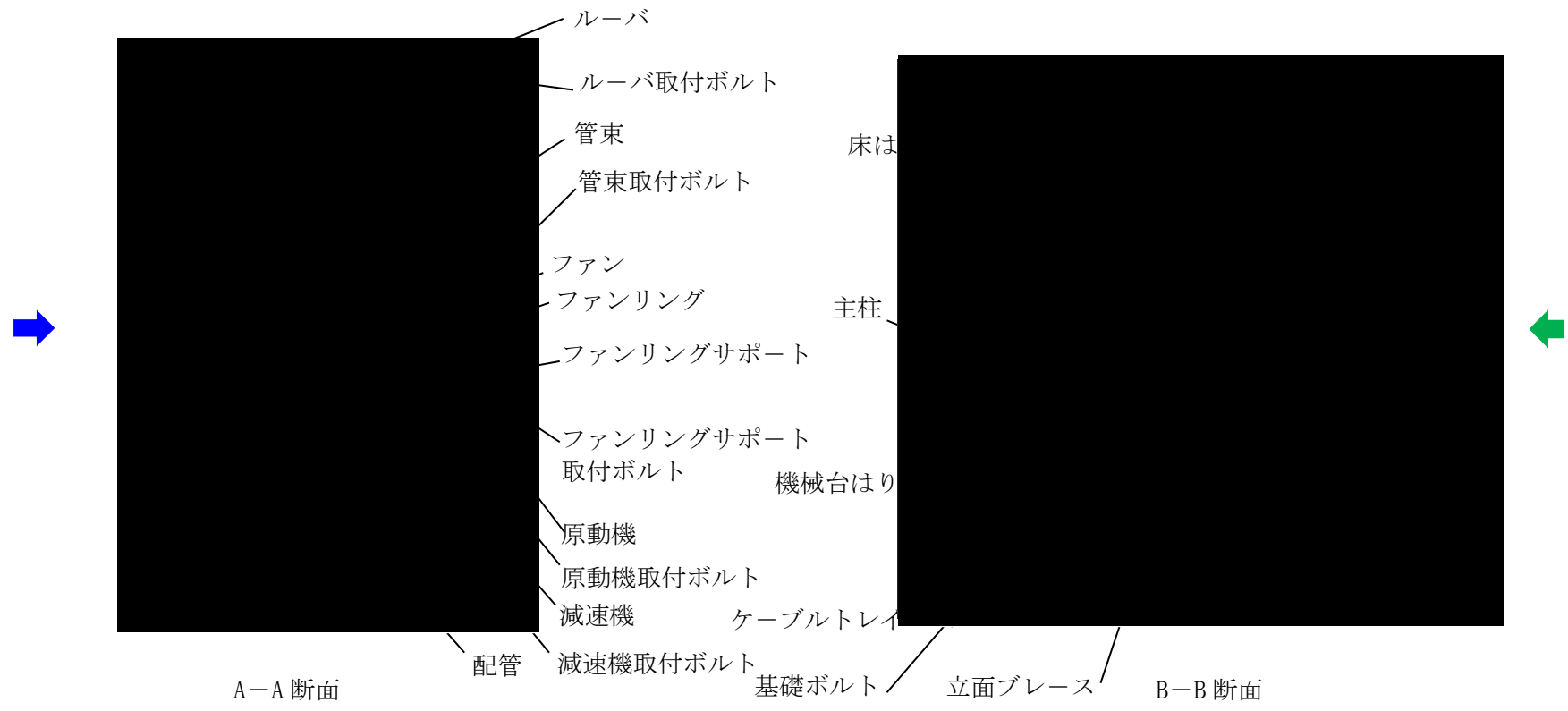
(2) 安全冷却水 B 冷却塔の構造について

安全冷却水 B 冷却塔の概要図を第 2-1 図に示す。また、第 2-1 図に示した A-A, B-B 断面について第 2-2 図に示す。



第2-1図 安全冷却水 B 冷却塔 概要図

-  竜巻風の作用方向 (NS 方向)
-  竜巻風の作用方向 (EW 方向)



第 2 - 2 図 安全冷却水 B 冷却塔 断面概要図

3. 荷重の組合せについて

本文第3項に基づき設定した評価対象施設における評価項目ごとの荷重の組み合わせを第4-1表に示す。

4. 評価対象部位の選定について

安全冷却水B冷却塔の評価対象部位は「竜巻影響評価ガイド」に従い、水平方向の荷重である竜巻風が作用する部位より選定する。

選定した部位に対しては組み合わせ荷重を入力し強度評価を行う。

冷却塔を構成する部位と機能を第4-1表に示す。

第4-1表 評価対象部位の選定結果

部位	機能	評価対象部位
ルーバ	[Redacted]	×
管束	[Redacted]	○
ファン駆動部	[Redacted]	○
支持架構	[Redacted]	○
遮熱板	[Redacted]	×
配管	[Redacted]	○

4.1 荷重の組合せ

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

第4-1表 評価対象施設の評価項目ごとの荷重の組合せ

評価対象施設の種類	施設名称	評価項目	荷重の種類					
			風圧力による荷重	気圧差による荷重	飛来物による衝撃荷重	積雪荷重	常時作用している荷重	運転時荷重
屋外の竜巻防護対象施設	安全冷却水B冷却塔	構造強度						
	配管	構造強度						

○：考慮する荷重を示す。

注1：

注2：

注3：

5. 評価対象部位の選定結果

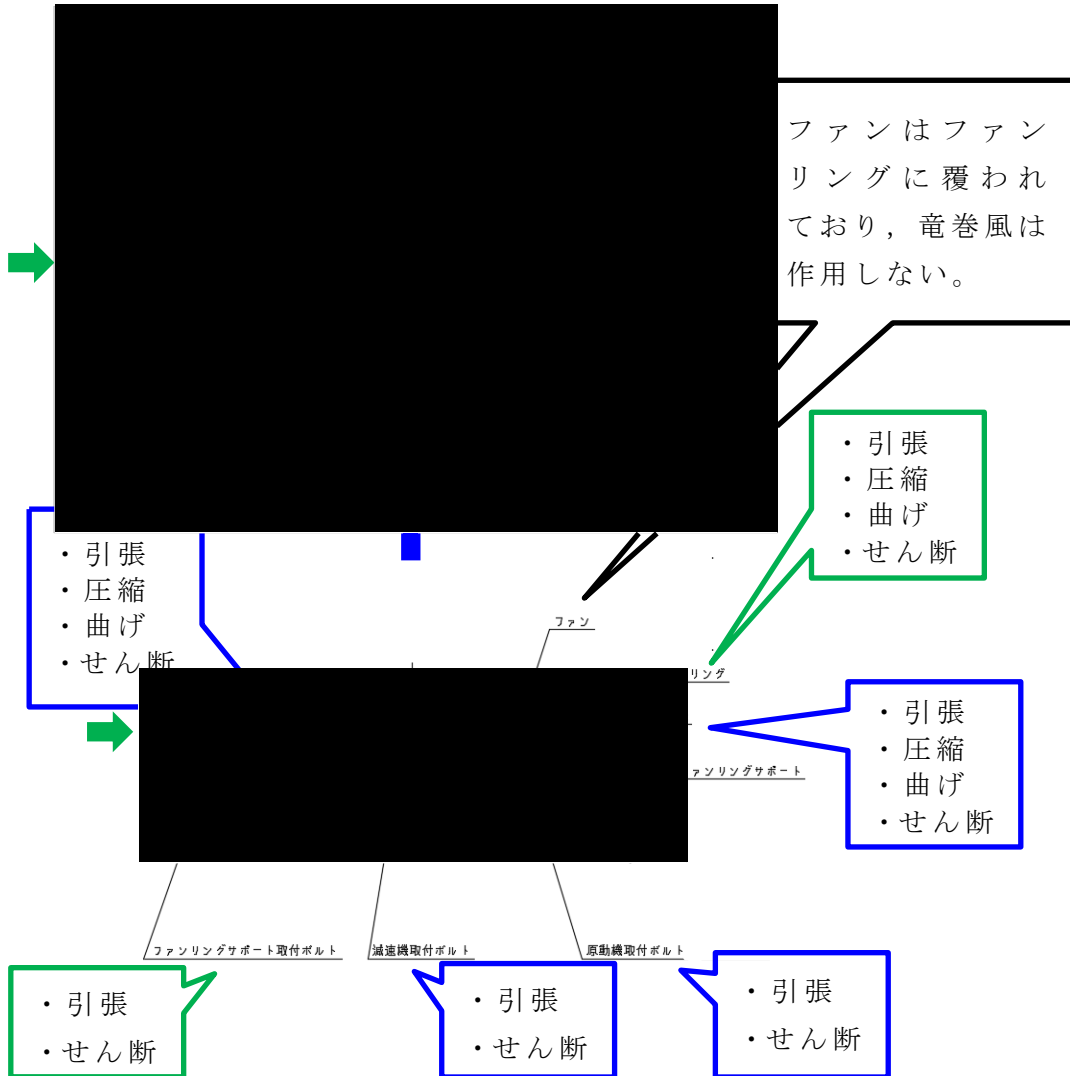
5.1 支持架構

5.2 冷却塔装置内機器

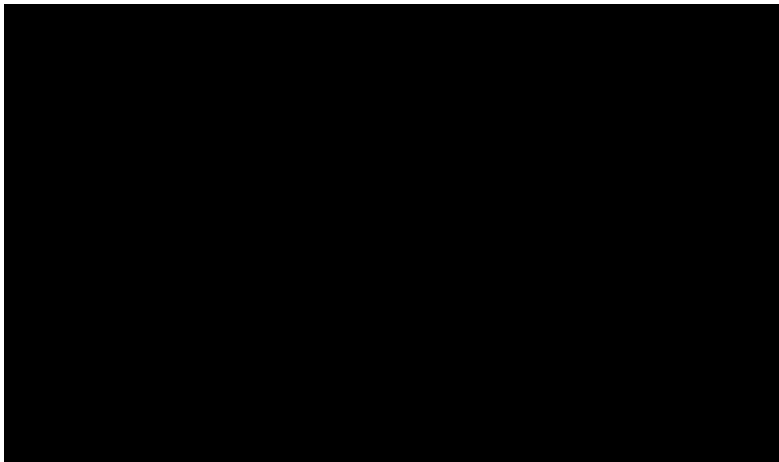
(1) ファン駆動部

ファン駆動部構造図を第5-1図に示す。ファン駆動部下部の状況を第5-2図に示す。

- ➡ 竜巻風の作用方向 (NS 方向) ➡ 荷重伝達経路 (NS 方向)
- ➡ 竜巻風の作用方向 (EW 方向) ➡ 荷重伝達経路 (EW 方向)



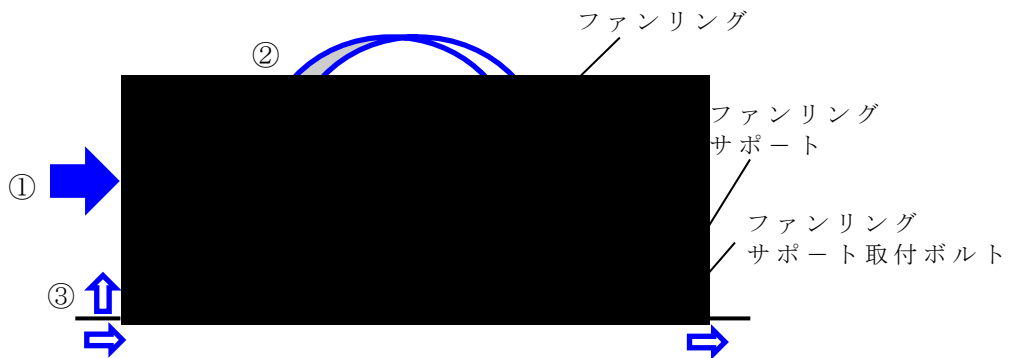
第5-1図 ファン駆動部構造図



第5-2図 ファン駆動部下部の状況

(a) ファンリング, ファンリングサポート

ファンリング及びファンリングサポートの評価対象部位の選定について、第5-3図に示す。



第5-3図 ファンリング, ファンリングサポート概略図

- ① [Redacted]
- ② [Redacted]
- ③ [Redacted]
- [Redacted]
- ④ [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

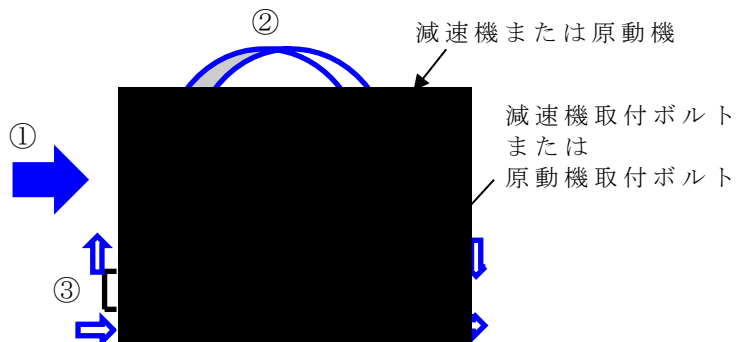
許容荷重を第5-1表に示す。

第5-1表 ファンリング, ファンリングサポートの許容荷重

	応力の種類	許容荷重
取付ボルト	引張	[Redacted] kN
ファンリング サポート	引張	[Redacted] kN

(b)減速機，原動機

減速機及び原動機の評価対象部位の選定について，第5-4図に示す。



第5-4図 減速機，原動機概略図

- ① [Redacted]
- ② [Redacted]
- ③ [Redacted]
- ④ [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

許容荷重を第5-2表，第5-3表に示す。

第5-2表 減速機の許容荷重

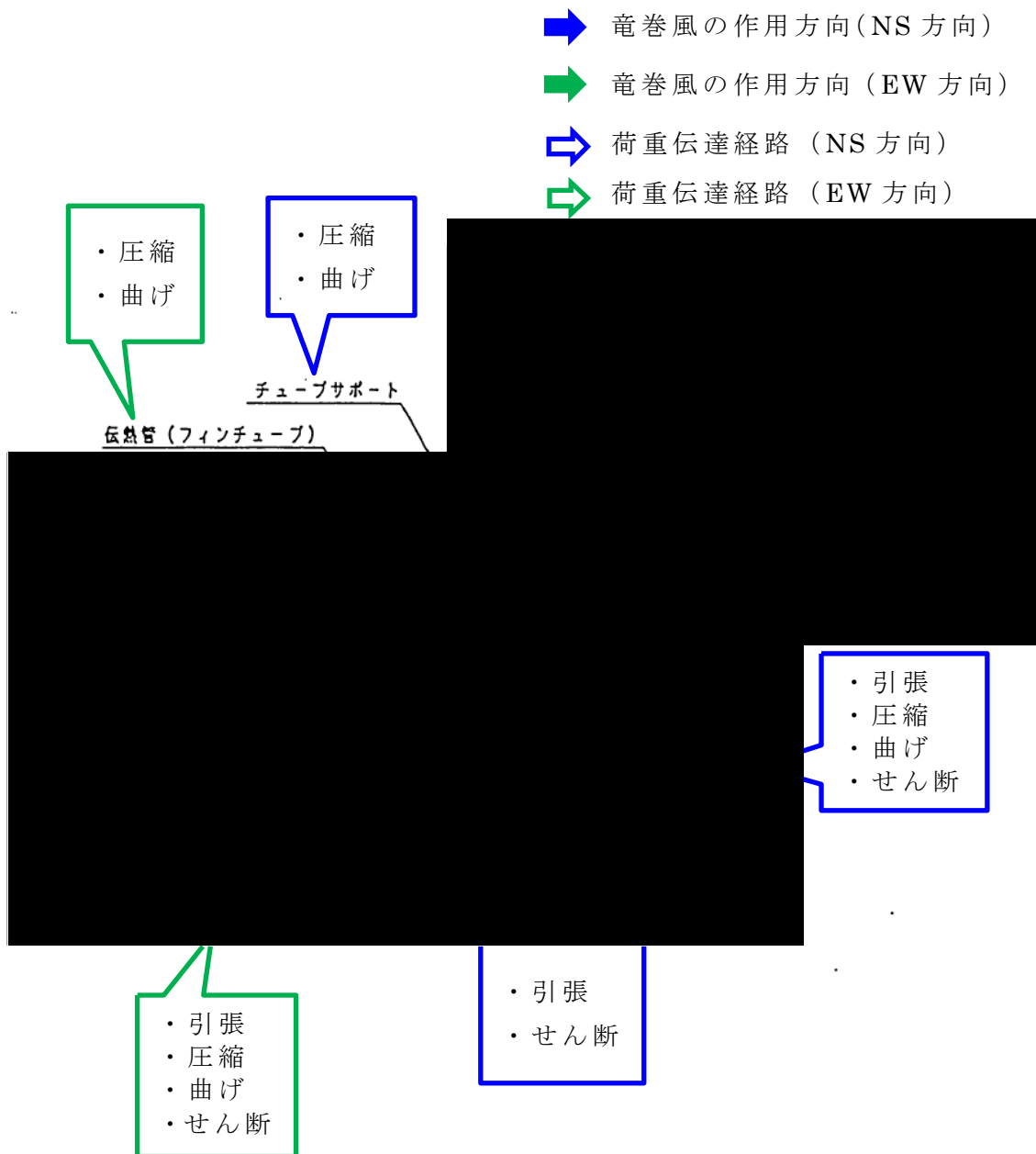
	応力の種類	許容荷重
減速機取付ボルト	引張	■ kN
減速機	曲げ	■ kN

第5-3表 原動機の許容荷重

	応力の種類	許容荷重
原動機取付ボルト	引張	■ kN
原動機	曲げ	■ kN

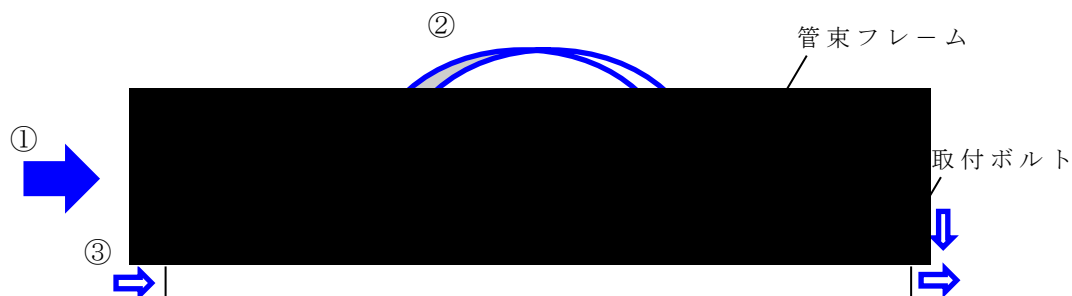
(2) 管束

管束構造図を第5-6図に示す。



第5-6図 管束構造図

管束の評価対象部位の選定について、第5-7図に示す。



第5-7図 管束概略図

- ① [Redacted]
- ② [Redacted]
- ③ [Redacted]
- ④ [Redacted]

許容荷重を第5-5表に示す。

第5-5表 管束の許容荷重

	応力の種類	許容荷重
取付ボルト	せん断	[Redacted] kN
管束フレーム	せん断	[Redacted] kN

以上より、管束の評価対象部位の選定理由を第5-6表に示す。

表5-6表 管束の評価対象部位の選定

部位	評価対象部位の選定
管束フレーム	[Redacted]
チューブサポート	[Redacted]
伝熱管	[Redacted]
ヘッダー	[Redacted]
取付ボルト	

5.3 配管

配管に竜巻による風荷重及び気圧差が生じるため、評価対象とする。

6. 評価対象部位の選定結果一覧

安全冷却水 B 冷却塔評価対象部位の選定一覧を第 6-1 表に示す。

第 6-1 表 安全冷却水 B 冷却塔評価対象部位の選定

機器	部位	応力の種類
支持架構	主柱	引張 圧縮
	床はり，機械台はり	せん断 曲げ
	水平ブレース，立面ブレース	組合せ（引張+曲げ） 組合せ（圧縮+曲げ）
	基礎ボルト	引張 せん断
ファン駆動部	ファンリング取付ボルト	引張 せん断
	減速機取付ボルト	引張 せん断
	原動機取付ボルト	引張 せん断
	ケーブルトレイ	一次応力 （曲げ応力を含む）
管束	取付ボルト	引張 せん断
配管	—	一次応力 （曲げ応力を含む）

7. 参考文献

- ・原子力発電所の竜巻影響評価ガイド 平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061911 号 原子力規制委員会決定
- ・建築物荷重指針・同解説（2015 改定）日本建築学会
- ・建築基準法施行令
- ・青森県建築基準法施行細則（昭和 36 年 2 月 9 日青森県規則第 20 号）