

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-029 改 07
提出年月日	2023年5月29日

工事計画に係る補足説明資料

(竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書)

2023年5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。

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

1. 強度計算の方針に関する補足説明資料
  - 1.1 風力係数
  - 1.2 強度計算時の施設の代表性
  - 1.3 構造強度評価における評価対象部位の選定
2. 竜巻防護対策設備の強度計算に関する補足説明資料
  - 2.1 シャックルの許容限界について
  - 2.2 飛来物のオフセット衝突の影響について
  - 2.3 金網の設計裕度の考え方
  - 2.4 ワイヤロープの変形を考慮したネットシステムのたわみについて
  - 2.5 ワイヤロープの初期張力について
  - 2.6 補助金網の影響について
3. 竜巻防護対策設備等の衝突解析に関する補足説明資料
  - 3.1 衝突解析の解析手法の保守性
4. 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算に関する補足説明資料
  - 4.1 設計飛来物の衝突による衝撃荷重の算定について
  - 4.2 鉄筋コンクリートの衝突解析モデルにおける破断限界の設定について
  - 4.3 タービン建物屋根スラブの貫通及び裏面剥離評価について
  - 4.4 鉄筋コンクリート部材の貫通及び裏面剥離評価について
  - 4.5 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルに対する対応方針について
  - 4.6 1号機原子炉建物の解析モデルにおける地盤ばねの設定について
5. 排気筒の強度計算に関する補足説明資料
  - 5.1 設計飛来物の衝突想定箇所について
  - 5.2 腐食代の考慮について
6. 排気管及びベント管の強度計算に関する補足説明資料
  - 6.1 非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備排気管の許容応力

: 今回提出範囲

## I. はじめに

### 1. 概要

本補足説明資料は、以下の説明書についての内容を補足するためのものである。

本補足説明資料と添付書類との関係を表 1 に示す。

- ・ VI-3-別添 1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書」

表 1 補足説明資料と添付書類との関連 (1/6)

竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料	該当添付書類
1. 強度計算の方針に関する補足説明資料	
1.1 風力係数	VI-3-別添 1-7 「原子炉補機海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」 VI-3-別添 1-8 「海水ストレーナの強度計算書」 VI-3-別添 1-9 「配管及び弁の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-2 「消音器の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-3 「排気管及びベント管の強度計算書」 <b>VI-3-別添 1-13-6 「取水槽ガントリクレーンの強度計算書」</b>
1.2 強度計算時の施設の代表性	VI-3-別添 1-7 「原子炉補機海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」 VI-3-別添 1-8 「海水ストレーナの強度計算書」 VI-3-別添 1-9 「配管及び弁の強度計算書」 VI-3-別添 1-11 「空調換気設備の強度計算書」 VI-3-別添 1-12 「非常用発電装置の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-2 「消音器の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-3 「排気管及びベント管の強度計算書」
1.3 構造強度評価における評価対象部位の選定	VI-3-別添 1-7 「原子炉補機海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機海水ポンプの強度計算書」 VI-3-別添 1-8 「海水ストレーナの強度計算書」 VI-3-別添 1-9 「配管及び弁の強度計算書」 VI-3-別添 1-11 「空調換気設備の強度計算書」 VI-3-別添 1-12 「非常用発電装置の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-2 「消音器の強度計算書」 VI-3-別添 1-13-3 「排気管及びベント管の強度計算書」 <b>VI-3-別添 1-13-6 「取水槽ガントリクレーンの強度計算書」</b>

表 1 補足説明資料と添付書類との関連 (2/6)

<p>竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料</p>	<p>該当添付書類</p>							
<p>2. 竜巻防護対策設備の強度計算に関する補足説明資料</p> <table border="1" data-bbox="456 1391 798 2033"> <tr> <td data-bbox="456 1391 507 2033">2.1 シャックルの許容限界について</td> <td data-bbox="456 206 798 1391" rowspan="6"> <p>VI-3-別添 1-3 竜巻防護ネットの強度計算書</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="507 1391 558 2033">2.2 飛来物のオフセット衝突の影響について</td> </tr> <tr> <td data-bbox="558 1391 609 2033">2.3 金網の設計裕度の考え方</td> </tr> <tr> <td data-bbox="609 1391 703 2033">2.4 ワイヤロープの変形を考慮したネットシステムのたわみについて</td> </tr> <tr> <td data-bbox="703 1391 754 2033">2.5 ワイヤロープの初期張力について</td> </tr> <tr> <td data-bbox="754 1391 798 2033">2.6 補助金網の影響について</td> </tr> </table>	2.1 シャックルの許容限界について	<p>VI-3-別添 1-3 竜巻防護ネットの強度計算書</p>	2.2 飛来物のオフセット衝突の影響について	2.3 金網の設計裕度の考え方	2.4 ワイヤロープの変形を考慮したネットシステムのたわみについて	2.5 ワイヤロープの初期張力について	2.6 補助金網の影響について	
2.1 シャックルの許容限界について	<p>VI-3-別添 1-3 竜巻防護ネットの強度計算書</p>							
2.2 飛来物のオフセット衝突の影響について								
2.3 金網の設計裕度の考え方								
2.4 ワイヤロープの変形を考慮したネットシステムのたわみについて								
2.5 ワイヤロープの初期張力について								
2.6 補助金網の影響について								

表 1 補足説明資料と添付書類との関連 (3/6)

竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料	該当添付書類
<p>3. 竜巻防護対策設備の衝突解析に関する補足説明資料</p> <p>3.1 衝突解析の解析手法の保守性</p>	<p>VI-3-別添 1-4 竜巻防護鋼板の強度計算書</p> <p>VI-3-別添 1-5 架構の強度計算書</p> <p>VI-3-別添 1-6 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書</p> <p>VI-3-別添 1-10 排気筒の強度計算書</p> <p>VI-3-別添 1-13-4 1号機排気筒の強度計算書</p>

表 1 補足説明資料と添付書類との関連(4/6)

竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料	該当添付書類
<p>4. 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算に関する補足説明資料</p> <p>4.1 設計飛来物の衝突による衝撃荷重の算定について</p> <p>4.2 鉄筋コンクリートの衝突解析モデルにおける破断限界の設定について</p> <p>4.3 タービン建物屋根スラブの貫通及び裏面剥離評価について</p> <p>4.4 鉄筋コンクリート部材の貫通及び裏面剥離評価について</p> <p>4.5 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルに対する対応方針について</p> <p>4.6 1号機原子炉建物の解析モデルにおける地盤ばねの設定について</p>	<p>VI-3-別添 1-6 「竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」</p> <p>VI-3-別添 1-13-1 「建物の強度計算書」</p>

表 1 補足説明資料と添付書類との関連 (5/6)

竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料	該当添付書類
5. 排気筒の強度計算に関する補足説明資料	
5.1 設計飛来物の衝突想定箇所について	VI-3-別添 1-10 排気筒の強度計算書
5.2 腐食代の考慮について	VI-3-別添 1-13-4 1号機排気筒の強度計算書



表 1 補足説明資料と添付書類との関連 (6/6)

<p>竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書の補足説明資料</p>	<p>該当添付書類</p>
<p>6. 排気管及びびべント管の強度計算に関する補足説明資料</p> <p>6.1 非常用ディーゼル発電設備及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備排気管の許容応力</p>	<p>VI-3-別添1-13-3「排気管及びびべント管の強度計算書」</p>

1. 強度計算の方針に関する補足説明資料

## 1.1 風力係数について

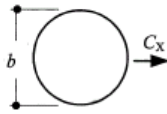
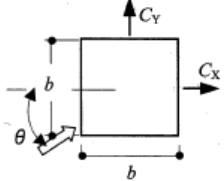
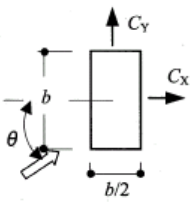
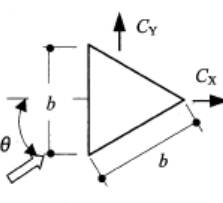
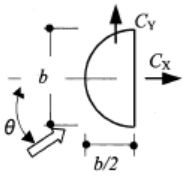
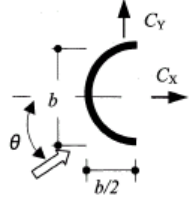
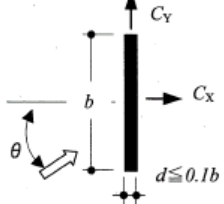
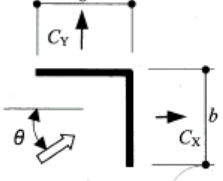
## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書」のVI-3-別添 1-7「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」、VI-3-別添 1-8「海水ストレーナの強度計算書」、VI-3-別添 1-9「配管及び弁の強度計算書」、VI-3-別添 1-13-2「消音器の強度計算書」、VI-3-別添 1-13-3「排気管及びベント管の強度計算書」及びVI-3-別添 1-13-6「取水槽ガントリクレーンの強度計算書」に用いられる風力係数Cについて、設定根拠を示すものである。

2. 風力係数の設定根拠

風力係数は、評価対象部位の形状に応じて、「建築物荷重指針・同解説(2004)」(日本建築学会)の値を準用する。また、取水槽ガントリクレーンにおいては、クレーン構造規格第9条(風荷重)に基づき設定する。

表 2-1 部材の風力係数\*

			
$C_X$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$
1.2	0 2.1 0	0 2.4 0	0 2.1 0
	45 1.6 1.6	45 1.6 0.7	30 2.1 -0.2
		90 0 0.8	60 0.7 1.1
			
$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$	$\theta(^{\circ})$ $C_X$ $C_Y$
0 1.2 0	0 1.1 0	0 2.0 0	0 1.9 2.2
45 0.8 0.8	45 0.8 0.7	45 1.8 0.1	45 2.3 2.3
90 0.6 0.5	90 0.9 0.5	90 0 0.1	90 2.2 1.9
135 -1.7 0.6	135 -2.3 0.6		135 -1.9 -0.6
180 -2.3 0	180 -2.5 0		180 -2.0 0.3
			225 -1.4 -1.4

注記\* : 「建築物荷重指針・同解説(2004)」(日本建築学会)より抜粋

(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

a. 原子炉補機海水ポンプ

(a) ポンプ部

- ・原動機取付ボルト
- ・ポンプ取付ボルト
- ・基礎ボルト

原動機台は円形断面を有する部材であるため、 $C=1.2$ を適用する。

なお、受圧面積は原動機フレーム、原動機台、端子箱、通風ダクト及び空気冷却器に対する各々の風力係数を考慮した竜巻による水平荷重を包含するような投影面積を設定する。原子炉補機海水ポンプのポンプ部の評価における受圧面を図2-1に示す。

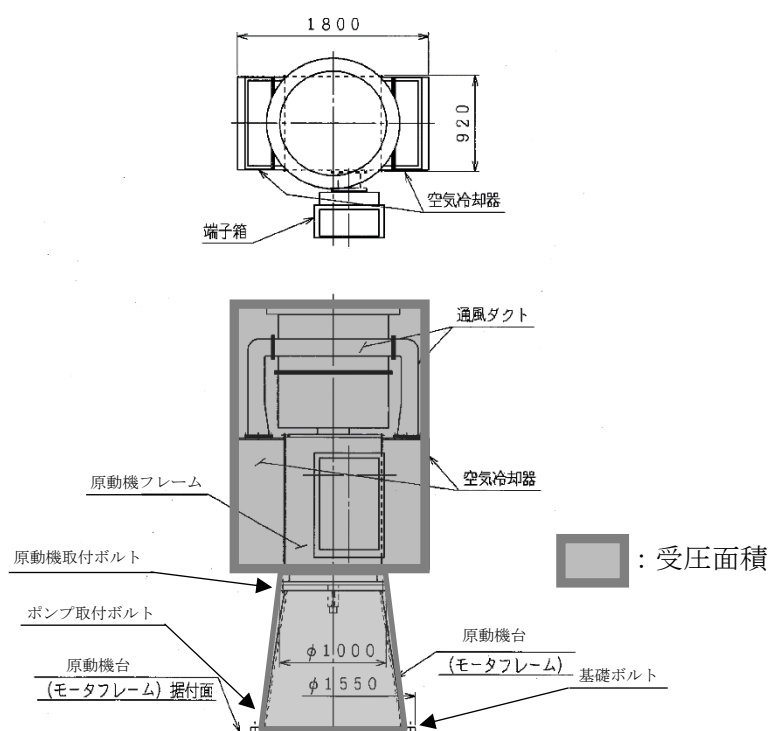


図2-1 原子炉補機海水ポンプの受圧面

(b) 原動機部

- ・原動機フレーム (図2-2 参照)
- ・通風ダクト取付ボルト (図2-3 参照)

原動機部は、円形断面及び四角形 (長方形) 断面を有する部材であるため、 $C=1.2$  (円形断面)、 $2.4$  (長方形断面) を適用する。原動機フレームを図2-2、通風ダクト取付ボルトの評価における受圧面を図2-3に示す。

なお、図2-2について、原動機部の投影面積を受圧面積とする。

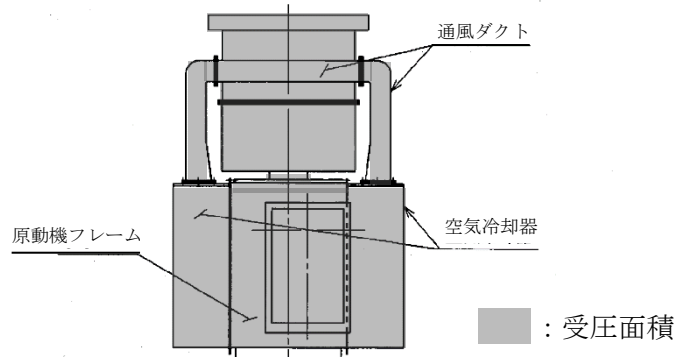


図 2-2 原動機フレームの評価における受圧面

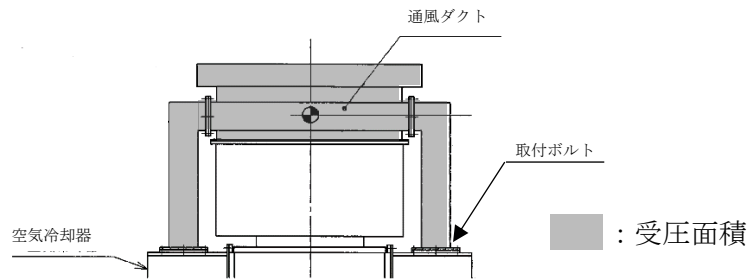


図 2-3 通風ダクト取付ボルトの評価における受圧面

- ・ 空気冷却器取付ボルト (図 2-4 参照)
  - ・ 端子箱取付ボルト (図 2-5 参照)
- 四角形 (正方形) 断面を有する部材であるため、 $C=2.1$  を適用する。

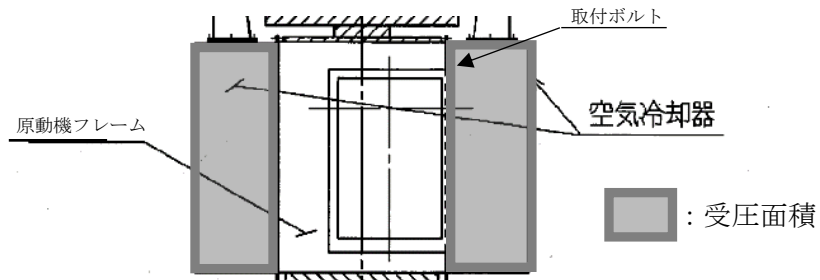


図 2-4 空気冷却器取付ボルトの評価における受圧面

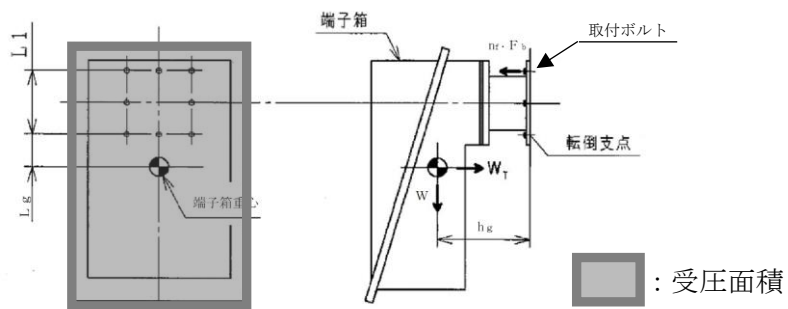


図 2-5 端子箱取付ボルトの評価における受圧面

b. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

(a) ポンプ部

- ・原動機取付ボルト
- ・ポンプ取付ボルト
- ・基礎ボルト

原動機台は円形断面を有する部材であるため、 $C=1.2$ を適用する。

なお、受圧面積は原動機フレーム、原動機台、端子箱及びエンドカバーに対する各々の風力係数を考慮した竜巻による水平荷重を包含するような投影面積を設定する。高圧炉心スプレイ補機海水ポンプのポンプ部評価における受圧面を図2-6に示す。

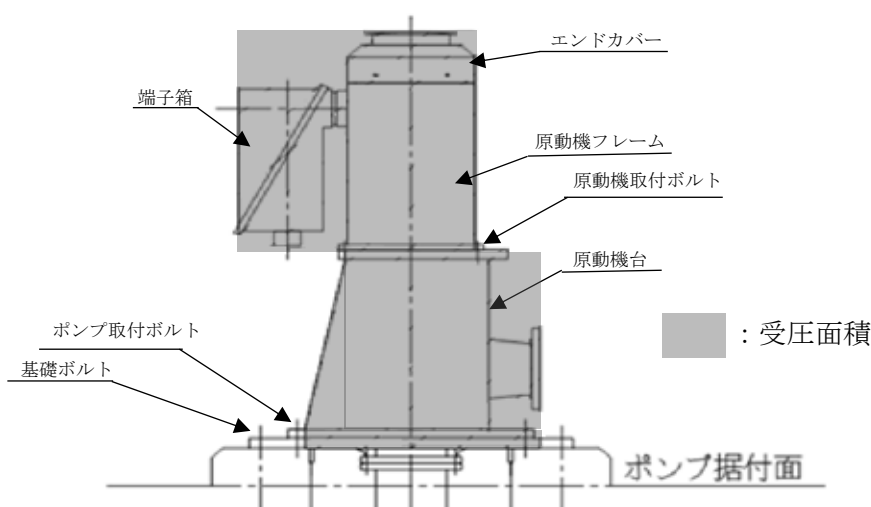


図2-6 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの受圧面

(b) 原動機部

- ・原動機フレーム (図2-7 参照)
- ・端子箱取付ボルト (図2-8 参照)
- ・エンドカバー取付ボルト (図2-9 参照)

原動機部は、円形断面又は四角形(長方形)断面を有する部材であるため、 $C=1.2$ (円形断面)、 $C=2.4$ (長方形断面)を適用する。

なお、原動機フレームの受圧面積は原動機フレーム、端子箱及びエンドカバーの円形断面及び四角形断面に対する各々の風力係数を考慮した竜巻による水平荷重を包含するような投影面積を設定する。原動機部、端子箱取付ボルト及びエンドカバー取付ボルトの評価における受圧面を図2-7～図2-9に示す。



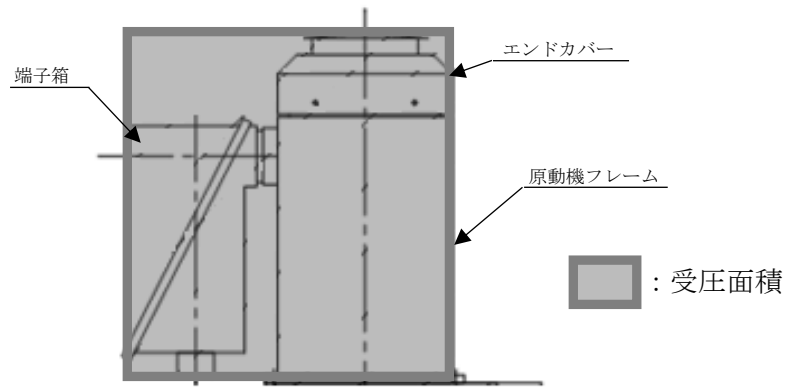


図 2-7 原動機フレームの評価における受圧面

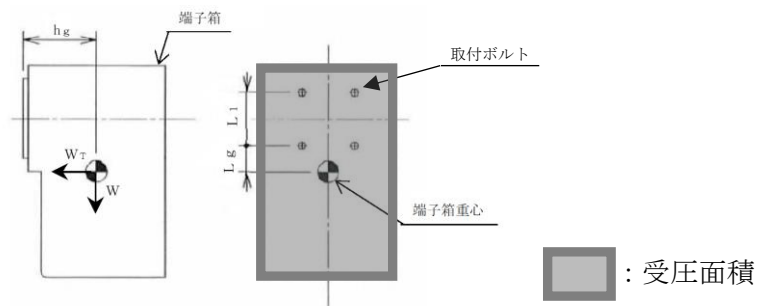


図 2-8 端子箱取付ボルトの評価における受圧面

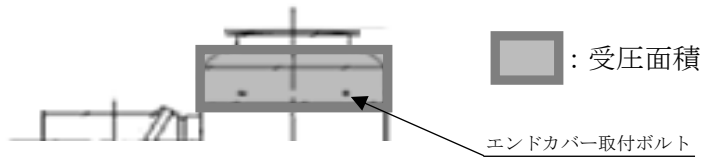


図 2-9 エンドカバー取付ボルトの評価における受圧面

(2) 海水ストレーナ

- ・基礎ボルト (図 2-10 参照)

海水ストレーナは形状が複雑であるため、表 2-1 の最大の  $C=2.4$  を適用する。

なお、受圧面積は海水ストレーナに対する各々の風力係数を考慮した竜巻による水平荷重を包含するような投影面積を設定する。海水ストレーナの受圧面を図 2-10 に示す。

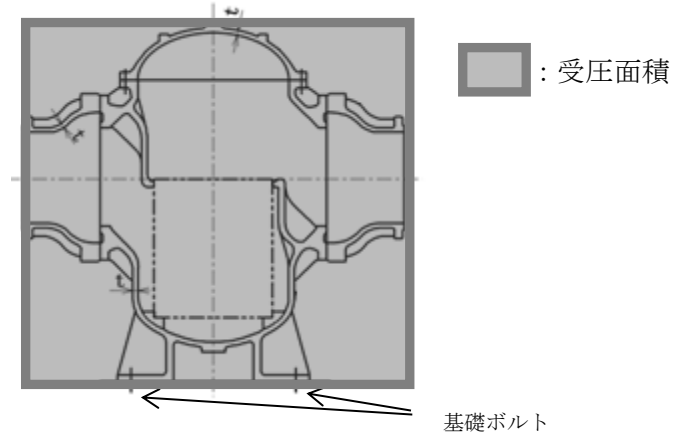


図 2-10 海水ストレーナの受圧面

(3) 配管及び弁

- ・原子炉補機海水系配管及び弁
- ・高圧炉心スプレィ補機海水系配管及び弁

配管及び弁は、円形断面を有する部材であるため、 $C=1.2$  を適用する。

(4) 消音器

- ・基礎ボルト (図2-11参照)
- ・結合ボルト (図2-12参照)

消音器は、円形断面を有する部材であるため、 $C=1.2$  を適用する。

なお、受圧面積は消音器に対する各々の風力係数を考慮した竜巻による水平荷重を包含するような投影面積を設定する。消音器の評価における受圧面を図2-11及び図 2-12に示す。

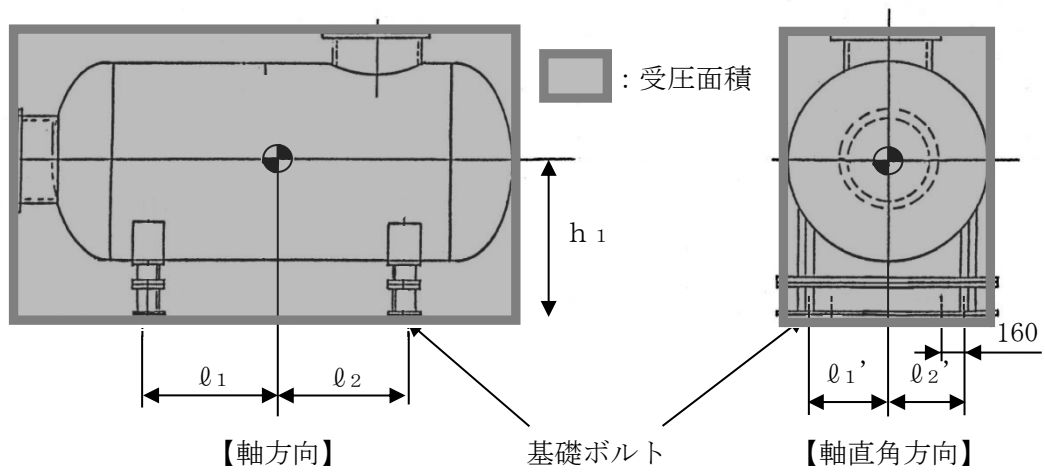


図2-11 消音器の基礎ボルト評価における受圧面

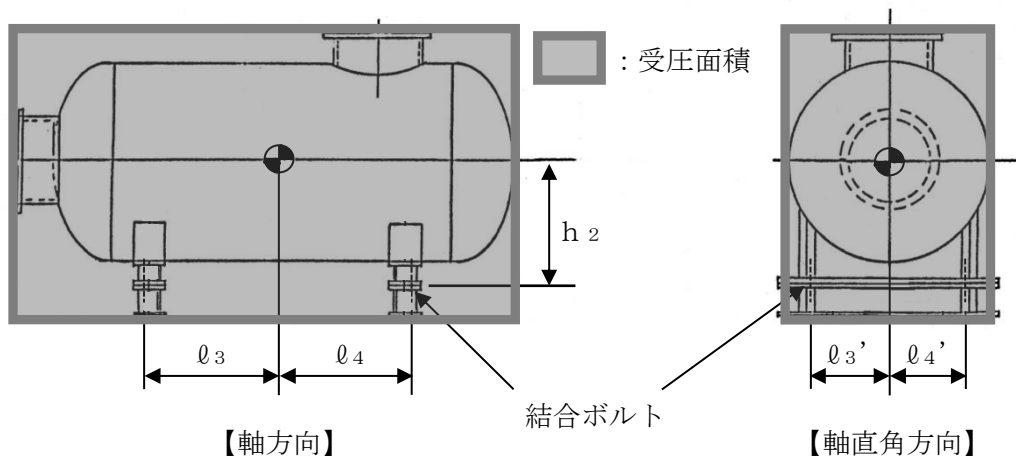


図2-12 消音器の結合ボルト評価における受圧面

(5) 排気管及びベント管

- ・排気管
- ・ベント管

排気管及びベント管は、円形断面を有する部材であるため、 $C=1.2$ を適用する。

(8) 取水槽ガントリクレーン

取水槽ガントリクレーンの主要な部位に適用する風力係数を表 2-2 に示す。取水槽ガントリクレーンの評価における受圧面を図 2-13 に示す。

表 2-2 取水槽ガントリクレーンの各部位に適用する風力係数

部位	面積 A[m <sup>2</sup> ]	風力計数 C
トロリ	10.5	1.2
東側ガーダ	21	1.4
西側ガーダ	36.6	1.3
ホイストレール	14.8	1.8
南側脚	18.5	1.4
北側脚	18.5	1.4

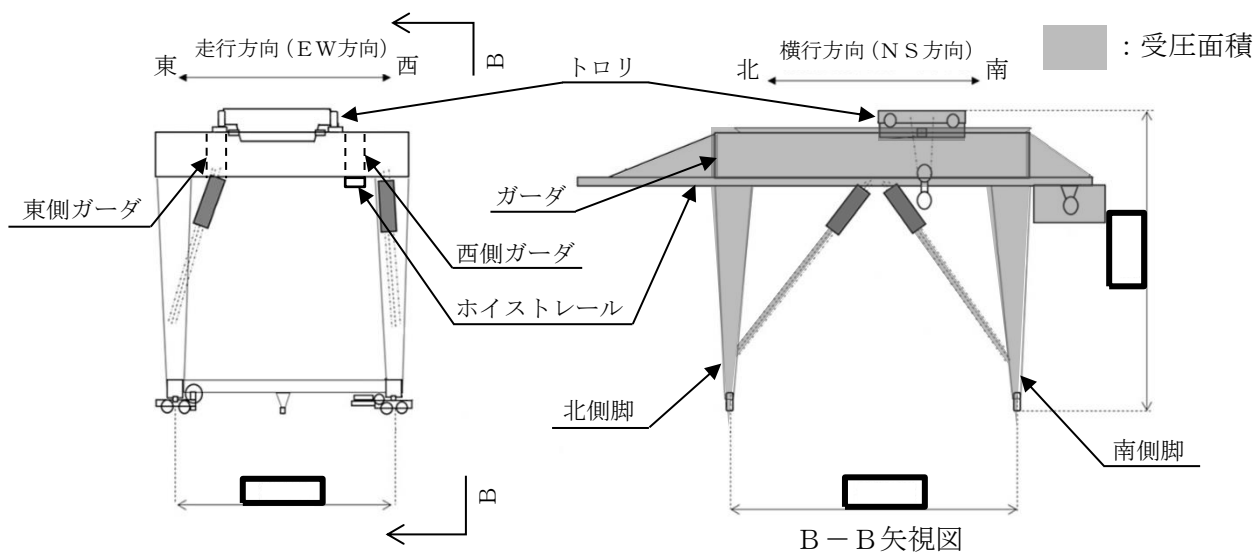


図 2-13 取水槽ガントリクレーンの評価における受圧面

(クレーン構造規格抜粋)

(風荷重)

第九条 前条第五号の風荷重の値は、次の式により計算して得た値とする。ただし、厚生労働省労働基準局長が認めた場合には、この限りでない。

$$W = q C A$$

この式において、W、q、C及びAは、それぞれ次の値を表すものとする。

W 風荷重 (単位 ニュートン)

q 速度圧 (単位 ニュートン毎平方メートル)

C 風力係数

A 受圧面積 (単位 平方メートル)

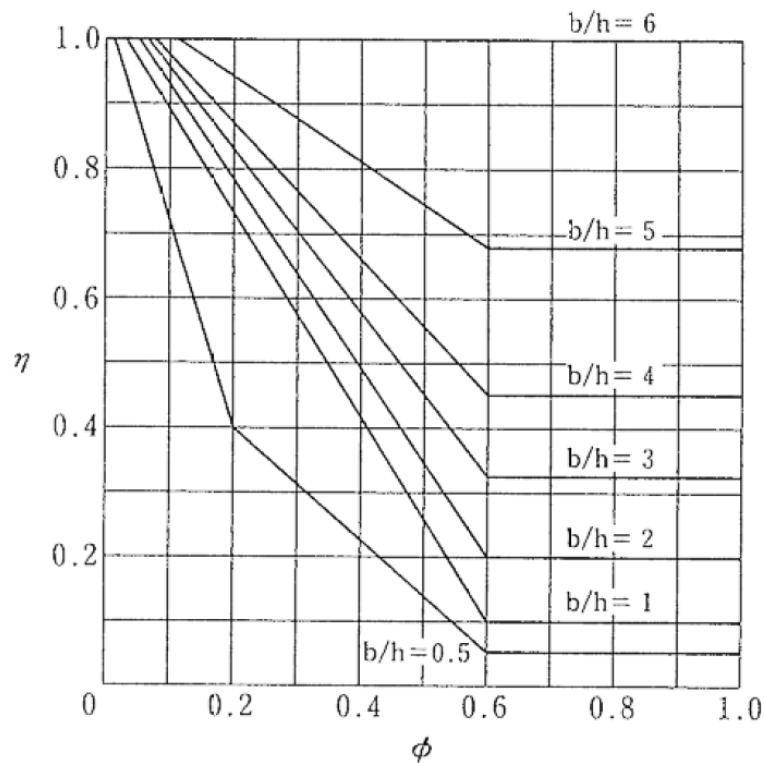
2 前項の速度圧の値は、次の表の上欄に掲げるクレーンの状態に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げる式により計算して得た値とする。

クレーンの状態	式
作動時	$83\sqrt[4]{h}$
停止時	$980\sqrt[4]{h}$
備考 この表において、hは、クレーンの風を受ける面の地上からの高さ(単位 メートル) (高さが16メートル未満の場合には、16) を表すものとする。	

3 第一項の風力係数は、クレーンの風を受ける面に関して風洞試験を行って得た値又は次の表の上欄に掲げるクレーンの風を受ける面の区分に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げる値とする。

クレーンの風を受ける面の区分		値
平面トラス（鋼管製の平面トラスを除く。）により構成される面	$W_1$ が0.1未満のもの	2.0
	$W_1$ が0.1以上0.3未満のもの	1.8
	$W_1$ が0.3以上0.9未満のもの	1.6
	$W_1$ が0.9以上のもの	2.0
平板より構成される面	$W_2$ が5未満のもの	1.2
	$W_2$ が5以上10未満のもの	1.3
	$W_2$ が10以上15未満のもの	1.4
	$W_2$ が15以上25未満のもの	1.6
	$W_2$ が25以上50未満のもの	1.7
	$W_2$ が50以上100未満のもの	1.8
円筒の面及び鋼管製の平面トラスにより構成される面	$W_3$ が3未満のもの	1.2
	$W_3$ が3以上のもの	0.7
備考 この表において $W_1$ 、 $W_2$ 及び $W_3$ は、それぞれ次の値を表すものとする。		
$W_1$ 充実率（クレーンの風を受ける面の見付面積を当該風を受ける面の面積で除して得た値）		
$W_2$ クレーンの風を受ける面の長手方向の長さを当該風を受ける面の幅で除して得た値		
$W_3$ 円筒又は鋼管の外径（単位 メートル）にクレーンの停止時における前項に規定する速度圧の値（単位 ニュートン毎平方メートル）の平方根を乗じて得た値		

4 第一項の受圧面積は、クレーンの風を受ける面の風の方向に直角な面に対する投影面積（以下この項において「投影面積」という。）とする。この場合において、クレーンの風を受ける面が風の方向に対して二面以上重なっているときは、風の方向に対して第一の面の投影面積に、風の方向に対して第二以降の面（以下この項において「第二以降の面」という。）のうち風の方向に対して前方にある面と重なっている部分の投影面積に次の図に示す低減率を乗じて得た面積及び第二以降の面のうち風の方向に対して前方にある面と重なっていない部分の投影面積を加えた面積とする。



備考 この図において、 $b$ 、 $h$ 、 $\phi$ 及び $\eta$ は、それぞれ次の値を表すものとする。

- $b$  相対するクレーンの風を受ける面に係るけたの間隔
- $h$  相対するクレーンの風を受ける面に係るけたのうち風の方向に対して前方にあるけたの高さ
- $\phi$  相対するクレーンの風を受ける面に係るけたのうち風の方向に対して前方にあるけたのクレーンの風を受ける面に係る充実率（平面トラスにより構成される面については前項の表の備考において規定する $W_1$ とし、平板により構成される面及び円筒の面については1とする。）
- $\eta$  低減率

### 1.3 構造強度評価における評価対象部位の選定



## 1. 概要

本資料は機器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ものである。

## 2. 評価対象部位の選定

構造強度評価における評価対象部位の選定については、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設計竜巻による荷重により、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気圧差による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 2-1 に構造強度評価対象選定一覧を示す。

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧(1/7)

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
VI-3-別添 1-7 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	原子炉補機海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機取付ボルト</li> <li>・ポンプ取付ボルト</li> <li>・基礎ボルト</li> <li>・端子箱取付ボルト</li> <li>・通風ダクト取付ボルト</li> <li>・空気冷却器取付ボルト</li> </ul>	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する。このため、ポンプ部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、荷重作用点から離れていることから転倒モーメントが大きくなる。さらに支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じるため、以下の部位を評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機取付ボルト</li> <li>・ポンプ取付ボルト</li> <li>・基礎ボルト</li> </ul>	○	-	-	-	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機フレーム</li> </ul>	引張	<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する。このため、付属品を固定する以下の部位を評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機フレーム</li> <li>・端子箱取付ボルト</li> <li>・通風ダクト取付ボルト</li> <li>・空気冷却器取付ボルト</li> </ul>	-	-	-	○	設計竜巻による風荷重に対する、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

注記\*：①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧 (2/7)

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
VI-3-別添 1-7 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	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機取付ボルト</li> <li>・ポンプ取付ボルト</li> <li>・基礎ボルト</li> <li>・端子箱取付ボルト</li> <li>・エンドカバー取付ボルト</li> </ul>	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部に作用する。このため、ポンプ部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、荷重作用点から離れていることから転倒モーメントが大きく作用し、さらに支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じるため、以下の部位を評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機取付ボルト</li> <li>・ポンプ取付ボルト</li> <li>・基礎ボルト</li> </ul> <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する。このため、付属品を固定する以下の部位を評価対象部位として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機フレーム</li> <li>・端子箱取付ボルト</li> <li>・エンドカバー取付ボルト</li> </ul>	○	-	-	-	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
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・原動機フレーム</li> </ul>	引張			-	-	-	○
VI-3-別添 1-8 海水ストレーナの強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水ストレーナ</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎ボルト</li> </ul>	引張 せん断 組合せ	<p>設計竜巻による荷重は、胴及び支持脚を介して、基礎ボルトに作用する。海水ストレーナの転倒により、海水ストレーナの海中の固形物を除去する機能に与える影響を考慮し、転倒を防止するための主要な支持部材のうち、荷重作用点から離れていることから転倒モーメントが大きく作用し、さらに胴及び支持脚と比較し断面積が小さく、発生応力が大きくなる基礎ボルトを評価対象部位として選定する。</p>	-	-	-	○	

注記\* : ①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧 (3/7)

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
VI-3-別添 1-9 配管及びび弁の強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補機海水系配管及びび弁</li> <li>高圧炉心スプレイ補機海水系配管及びび弁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管</li> </ul>	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、弁の厚さは配管の厚さに比べ厚く、弁の評価は、配管の評価に包絡されるため、配管の評価のみ実施する。サポート (配管支持構造物) については、建物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り、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とから、配管本体を評価対象部位として選定する。	-	-	-	○	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>非常用ディーゼル発電設備 (燃料移送系) 配管及びび弁 (屋外), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 (燃料移送系) 配管及びび弁</li> <li>非常用ガス処理系配管及びび弁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管</li> </ul>	周方向応力	設計竜巻の気圧差による荷重は配管本体に作用する。このことから、配管本体を評価対象部位として選定する。	-	○	-	-	

注記\* : ①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧 (4/7)

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
VI-3-別添 1-11 空調換気設備の 強度計算書	・ダンパ	・外板 ・羽根 ・シャフト	曲げ せん断	設計竜巻の気圧差による荷重は、外板及び羽根に作用し、羽根を介してシャフトに作用する。このことから、外板、羽根及びシャフトを評価対象部位として選定する。	-	○	-	-	
	・角ダクト及び丸ダクト	・ダクト鋼板	曲げ 座屈	設計竜巻の気圧差による荷重は、ダクト本体のダクト鋼板に作用する。このことから、ダクト鋼板を評価対象部位として選定する。	-	○	-	-	
	・隔離弁	・弁箱 ・弁体 ・弁棒	周方向応力 曲げ せん断	設計竜巻の気圧差による荷重は、隔離弁の耐圧部に作用する。このことから、耐圧部である弁箱、弁体、弁棒を評価対象部位として選定する。	-	○	-	-	
	・送風機	・ケーシング	周方向応力	設計竜巻の気圧差による荷重は、送風機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。	-	○	-	-	
	・処理装置	・ケーシング	曲げ	設計竜巻の気圧差による荷重は、処理装置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。	-	○	-	-	
VI-3-別添 1-12 非常用発電装置 の強度計算書	・非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ ・高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ	・ケーシング	外圧	設計竜巻の気圧差による荷重は、燃料移送ポンプの耐圧部に作用することから、耐圧部であるケーシングを評価対象部位として選定する。	-	○	-	-	

注記\*：①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧 (5/7)

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
VI-3-別添 1-13-2 消音器の強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気消音器 (非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイスディーゼル発電設備ディーゼル機関の付属施設)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎ボルト</li> <li>結合ボルト</li> </ul>	引張 せん断 組合せ	設計竜巻による荷重は、排気消音器に作用し、結合ボルトを介して基礎ボルトに作用する。排気消音器の転倒により、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイスディーゼル発電設備ディーゼル機関の排気機能に影響を与える波及的影響を考慮し、転倒を防止するための主要な支持部材のうち、荷重作用点から離れていることから転倒モーメントが大きく作用し、さらに支持断面積が小さいことから、発生する応力が厳しくなる結合ボルト及び基礎ボルトを評価対象部位として選定する。	○	-	-	-	

注記\*：①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧 (6/7)

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
VI-3-別添 1-13-3 排気管及びベン ト管の強度計算 書	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気管 (非常用 ディーゼル発 電設備ディー ゼル機関及び 高圧炉心スプ レイ系ディー ゼル発電設備 ディーゼル機 関の付属施設)</li> <li>ベント管 (非常 用ディーゼル 発電設備及び 高圧炉心スプ レイ系ディー ゼル発電設備 ディーゼル燃 料貯蔵タンク、 ディーゼル燃 料ディーゼル 及び潤滑油サ ンプタンクの 付属施設)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管</li> </ul>	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、建物内外に関わらず地震に対して耐荷重設計がなされており、配管本体に竜巻の風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。	-	-	-	○	

注記\* : ①設計竜巻による荷重により、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

表 2-1 構造強度評価対象選定一覧(7/7)

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
VI-3-別添1-13-6 取水槽ガントリ クレーンの強度 計算書	取水槽ガントリ クレーン	<ul style="list-style-type: none"> <li>短冊</li> <li>上部ブラケット</li> <li>下部ブラケット</li> <li>ピン</li> </ul>	せん断 曲げ 組合せ	設計竜巻による荷重は、取水槽ガントリクレーン本体に作用し、クレーン側逸走防止装置である上部ブラケット、下部ブラケット及び短冊を介して、基礎側逸走防止装置であるピン及び基礎ボルトに作用する。逸走を防止するための主要な部材のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じるため、短冊、上部ブラケット、下部ブラケット、ピン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。	-	-	-	○	
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ						
	クレーン側ブラケット 基礎側ブラケット 架台	<ul style="list-style-type: none"> <li>クレーン側ブラケット</li> <li>基礎側ブラケット</li> <li>架台</li> </ul>	せん断 曲げ 組合せ	設計竜巻による荷重は、取水槽ガントリクレーン本体に作用し、クレーン側転倒防止装置であるクレーン側ブラケットを介して、基礎側転倒防止装置である基礎側ブラケット、架台、架台取付ボルト及び基礎ボルトに作用する。転倒を防止するための主要な部材のうち、支持断面積の小さな部位に大きな応力が生じるため、クレーン側ブラケット、基礎側ブラケット、架台、架台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。	○	-	-	-	
			引張						

注記\*：①設計竜巻による荷重により、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



### 3. 取水槽ガントリクレーンの評価対象部位の選定について

#### 3.1 概要

本資料は、添付書類VI-3-別添 1-13-6「取水槽ガントリクレーンの強度計算書」において、設計竜巻による荷重によって外部事象防護対象施設等に及ぼす波及的影響を考慮し、取水槽ガントリクレーンの逸走防止装置及び転倒防止装置を評価対象とした考え方を説明するものである。

#### 3.2 取水槽ガントリクレーンと評価対象施設との位置関係

取水槽ガントリクレーンは、取水槽海水ポンプエリアの北側と取水槽循環水ポンプエリアの南側に敷設する走行レール上に設置する。取水槽ガントリクレーンの位置図を図3-1に、取水槽ガントリクレーンと取水槽の位置関係を図3-2にそれぞれ示す。

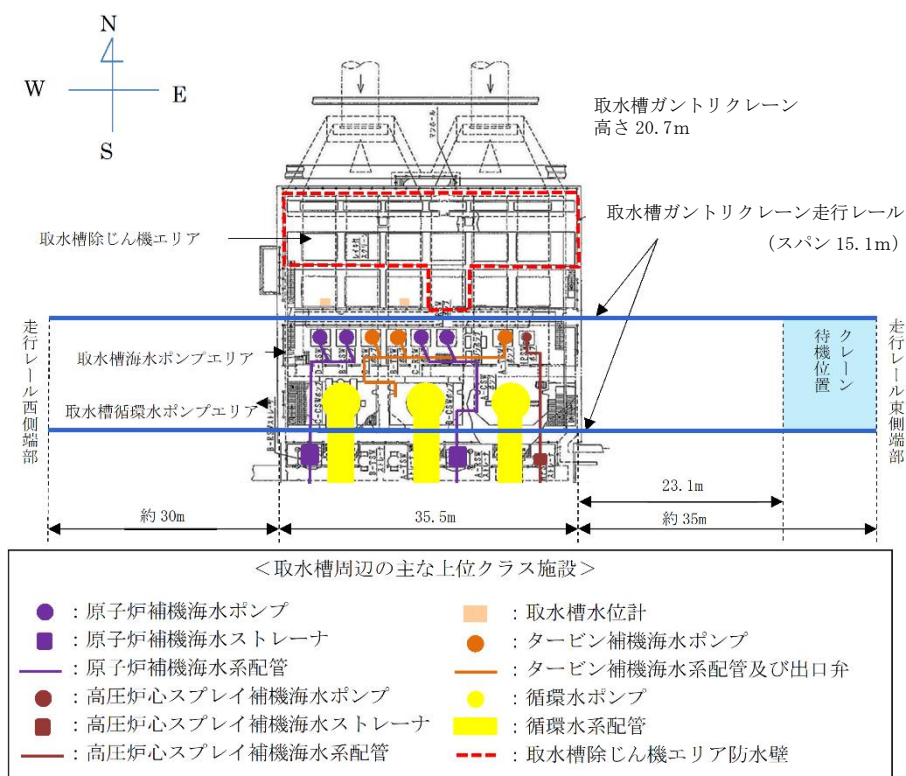
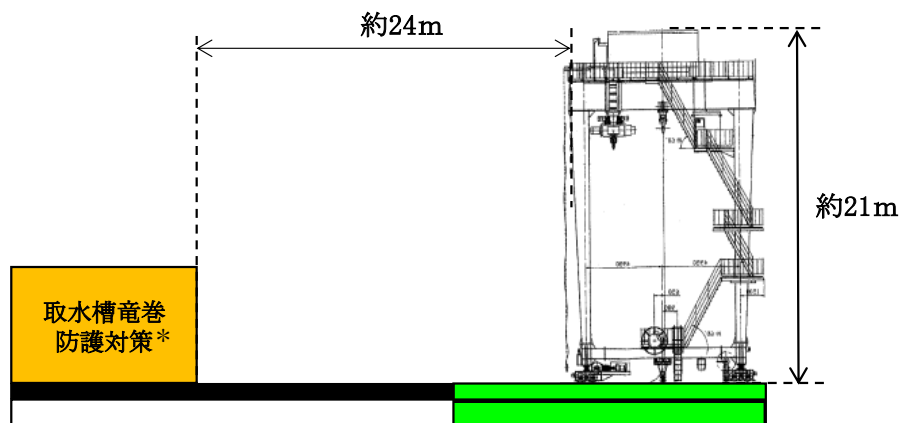


図3-1 取水槽ガントリクレーンの位置図

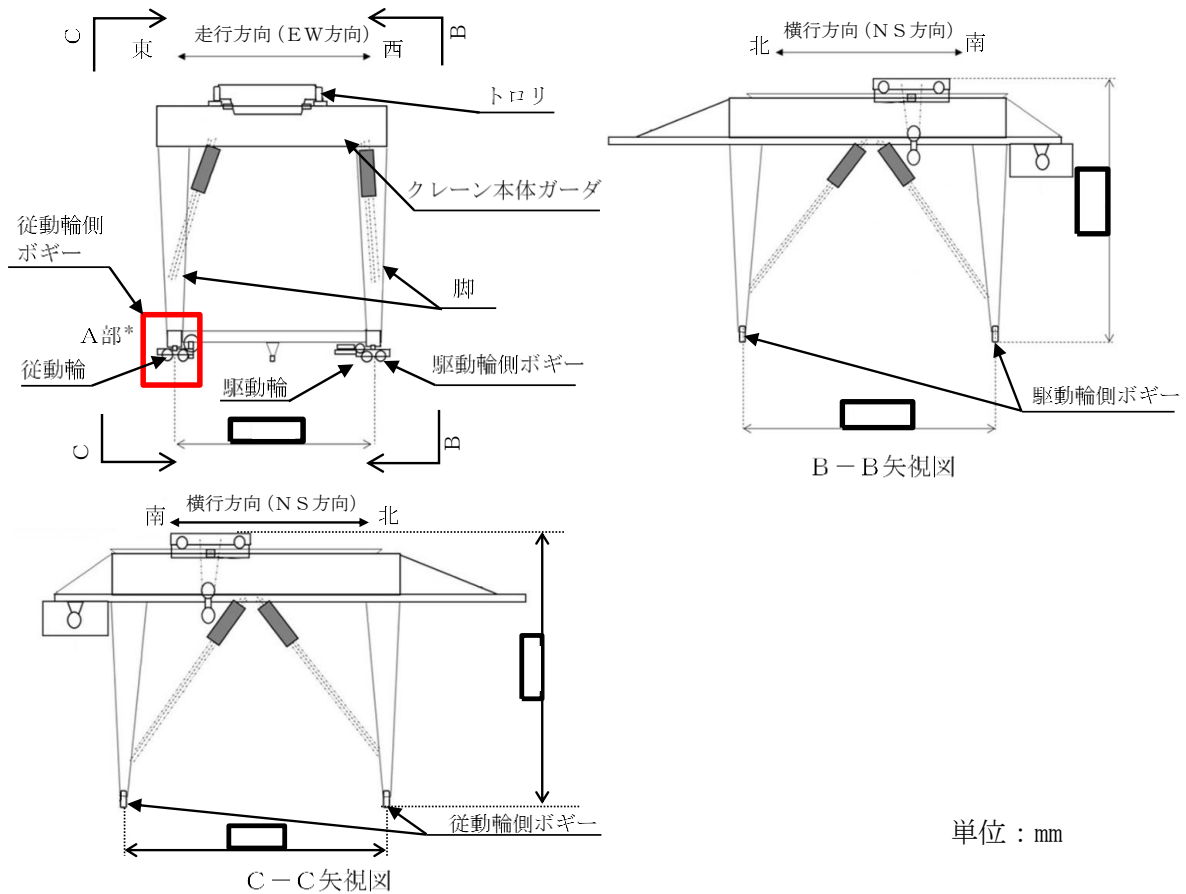


注記\* : 当該設備の下部に外部事象防護対象施設を設置

図3-2 取水槽ガントリクレーンと取水槽の位置関係

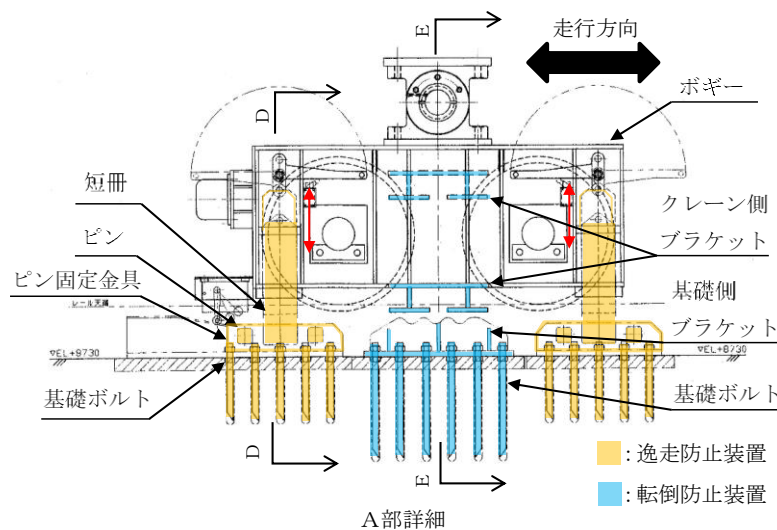
### 3.3 取水槽ガントリクレーンの構造

取水槽ガントリクレーンの構造概要を図 3-3 に示す。取水槽ガントリクレーンは鋼製の脚、クレーン本体ガーダ、トロリ等で構成され、係留位置において各従動輪側ボギーに 4 基ずつ計 8 基設置されている逸走防止装置及び各従動輪側ボギー・駆動輪側ボギーに 2 基ずつ計 8 基設置されている転倒防止装置にて固定する構造である。



注記\*：2 基の従動輪側ボギーのうち、北側の従動輪側ボギーを代表として詳細を示す。

図 3-3 取水槽ガントリクレーンの構造概要 (1/2)



### 3.4 取水槽ガントリクレーンの評価対象部位の選定について

#### 3.4.1 評価方針

設計竜巻による荷重に対する取水槽ガントリクレーンの波及的影響評価について、竜巻の襲来が予想される場合、クレーン作業の中止及び取水槽ガントリクレーンの係留についての運用手順を定めることとしていることから、取水槽ガントリクレーンが係留位置にて逸走防止装置及び転倒防止装置により係留されている状態での評価を実施する。

評価は、クレーン構造規格の安定度に関する規定を踏まえ、設計竜巻による荷重によって取水槽ガントリクレーンに発生する転倒モーメントと、取水槽ガントリクレーンの自重による安定モーメントを比較し、転倒の可能性が考えられる場合には、取水槽ガントリクレーンを係留位置に固定するための主要な部材が構造強度を有することを確認することにより、取水槽ガントリクレーンが転倒または逸走し外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼさないことを確認する。なお、トロリについては、設計竜巻による荷重により転倒しないことを確認している。

また、取水槽ガントリクレーンを係留位置に固定できることを確認することにより、図3-2に示すように取水槽ガントリクレーンと評価対象施設との離隔が確保されるため、飛来物の衝突等による取水槽ガントリクレーン本体（トロリ、ガーダ、脚部）の局所的な損傷が発生することを想定した場合でも、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない。

評価における設計竜巻による荷重の負荷方向については、取水槽ガントリクレーンと評価対象施設である取水槽海水ポンプエリア等に設置されている外部事象防護対象施設との位置関係より、取水槽ガントリクレーン走行方向（東西方向）に対して、東側から荷重が負荷されることを考慮する。

#### 3.4.2 逸走の可能性の確認

以下のとおり取水槽ガントリクレーンの最大静止摩擦力を算出し、取水槽ガントリクレーンに作用する設計竜巻による荷重と比較した。

【取水槽ガントリクレーンの最大静止摩擦力】

$$W_R = \mu \cdot m \cdot g \cdot \frac{4}{8}$$
$$= 2.705 \times 10^5 [\text{N}]$$

ここで、

$W_R$  : 取水槽ガントリクレーンの最大静止摩擦力

$\mu$  : 最大静止摩擦係数 (0.3)

$m$  : 取水槽ガントリクレーンの質量

$g$  : 重力加速度

設計竜巻による風圧力による荷重 $W_w$ は、 $1.169 \times 10^6 [\text{N}]$ であり、 $W_w > W_R$ のため、取水槽ガントリクレーンは逸走する可能性がある。

### 3.4.3 転倒の可能性の確認

#### (1) 取水槽ガントリクレーンの転倒可能性について

以下のとおり取水槽ガントリクレーンに作用する転倒モーメント及び安定モーメントを算出した。

【設計竜巻による荷重により取水槽ガントリクレーンに発生する転倒モーメント】

$$\begin{aligned}M_t &= W_w \cdot H_g \\ &= 1.551 \times 10^{10} \text{ [N} \cdot \text{mm]}\end{aligned}$$

ここで、

$M_t$  : 取水槽ガントリクレーンに作用する転倒モーメント

$W_w$  : 設計竜巻による風圧力による荷重

$H_g$  : 重心高さ

【自重による安定モーメント】

$$\begin{aligned}M_s &= m \cdot g \cdot L \\ &= 7.964 \times 10^9 \text{ [N} \cdot \text{mm]}\end{aligned}$$

ここで、

$M_s$  : 自重による安定モーメント

$m$  : 取水槽ガントリクレーンの質量

$g$  : 重力加速度

$L$  : 転倒支点から重心までの水平方向距離（走行方向断面）

取水槽ガントリクレーンは係留位置にて逸走防止装置及び転倒防止装置にて固定され、設計竜巻による荷重に対して取水槽ガントリクレーンの転倒及び逸走を防止する構造としているが、上記のとおり、 $M_t > M_s$ のため、取水槽ガントリクレーンが転倒する可能性がある。

#### (2) トロリの転倒可能性について（参考）

以下のとおり転倒モーメント及び安定モーメントを算出した。

【設計竜巻によりトロリに発生する転倒モーメント】

$$\begin{aligned}M_{t'} &= W_1 \cdot h_{1'} \\ &= 9.741 \times 10^7 \text{ [N} \cdot \text{mm]}\end{aligned}$$

ここで、

$M_{t'}$  : トロリに作用する転倒モーメント

$W_1$  : トロリに発生する風荷重（トロリ走行方向断面）

$h_{1'}$  : トロリ設置面からの重心高さ

【自重による安定モーメント】

$$M_{s'} = m_T \cdot g \cdot L_T$$

$$=2.718 \times 10^8 [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

ここで、

$M_s'$  : 安定モーメント

$m_T$  : トロリ質量

$g$  : 重力加速度

$L_T$  : トロリの車輪間の水平方向距離 (取水槽ガントリクレーン走行方向)

上記のとおり、 $M_t' < M_s'$  のため、トロリが転倒する可能性はない。

#### 3.4.4 評価対象部位の選定

3.4.2, 3.4.3 項より、取水槽ガントリクレーンは停留位置にて逸走防止装置及び転倒防止装置にて固定され、設計竜巻による荷重に対して取水槽ガントリクレーンの転倒及び逸走を防止する構造としているが、 $W_w > W_R$  及び  $M_t > M_s$  のため、逸走及び転倒する可能性がある。このとき、逸走防止装置及び転倒防止装置に大きな荷重がかかることで、逸走防止装置及び転倒防止装置が損傷し、取水槽ガントリクレーンが逸走及び転倒し、外部事象防護対象施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与える可能性があるため、逸走防止装置及び転倒防止装置を評価対象部位とし、竜巻時及び竜巻後においても、機械的な波及的影響を及ぼさないことを確認する。

逸走防止装置及び転倒防止装置の構造強度評価は、取水槽ガントリクレーンの逸走及び転倒の可能性の確認結果を踏まえ、逸走防止装置及び転倒防止装置に生じる荷重を算定し、支持断面積が小さく、大きな応力が発生すると考えられる以下の部位についての構造強度を評価する。

(逸走防止装置)

- ・ クレーン側逸走防止装置 (短冊, 上部ブラケット, 下部ブラケット)
- ・ 基礎側逸走防止装置 (ピン, 基礎ボルト)

(転倒防止装置)

- ・ クレーン側転倒防止装置 (クレーン側ブラケット)
- ・ 基礎側転倒防止装置 (基礎側ブラケット, 架台, 架台取付ボルト, 基礎ボルト)

逸走防止装置及び転倒防止装置の評価対象部位を図3-4及び図3-5にそれぞれ示す。

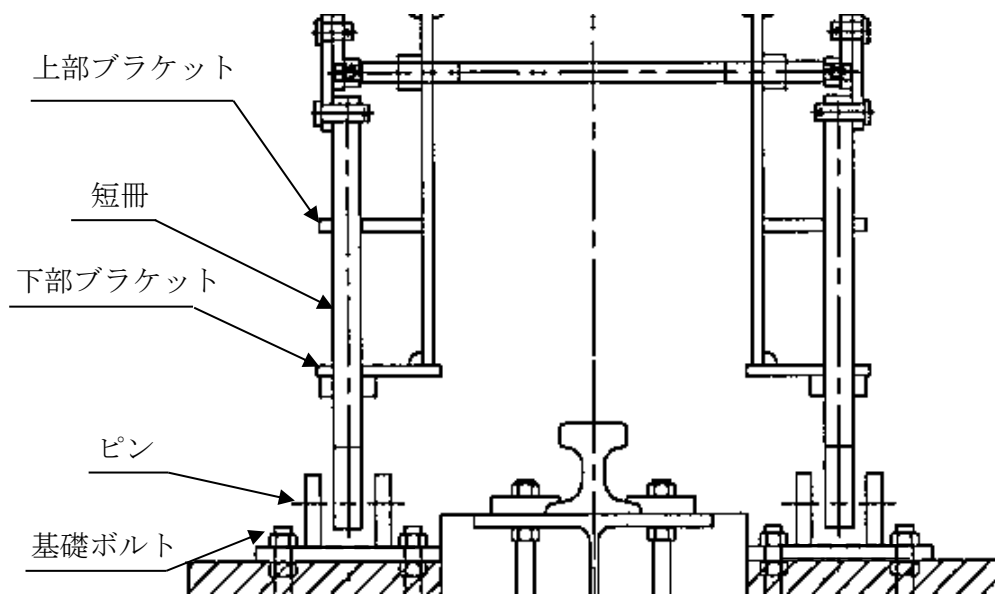


図 3-4 逸走防止装置の構造強度評価における評価対象部位

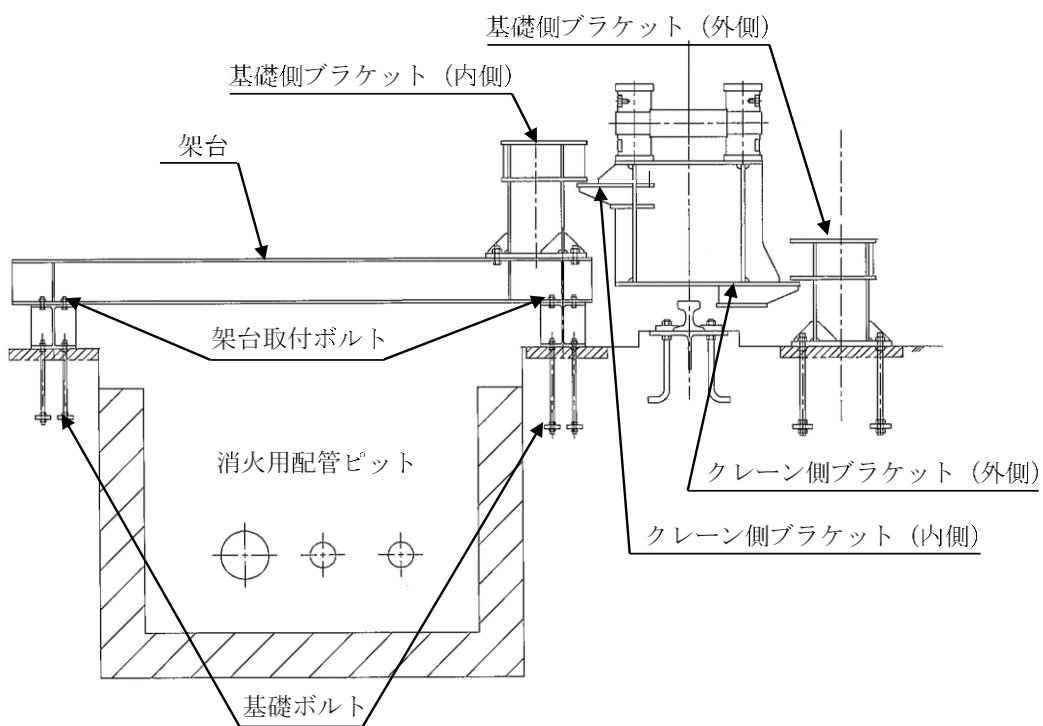


図 3-5 転倒防止装置の構造強度評価における評価対象部位