

自然現象等（竜巻）の工認審査における論点の説明スケジュールについて

【竜巻に関する論点（候補）】

- ①飛来物評価の手法・モデルについての整理
- ②隣接事業所，国道を考慮した飛来物の抽出方針
- ③防護対策を行う防護対象施設
- ④緊対所建屋への飛来物衝突評価方針
- ⑤タービン建屋への飛来物衝突評価方針
- ⑥使用済燃料乾式貯蔵建屋への飛来物衝突評価方針
- ⑦コンクリートの裏面剥離の対応方針
- ⑧BOP開放時の屋内設備（クレーン等）への影響の整理
- ⑨複数枚の扉による貫通評価手法
- ⑩可搬型重大事故等対処施設の固縛設計方針

No.	説明予定	説明のポイント
①	(2/15 説明)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フジタモデルを用いる飛散解析手法</li> <li>ランキン渦モデルによる飛散解析手法との差異</li> <li>フジタモデル採用における保守性の確保</li> </ul>
②	(2/15 説明)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両を想定した理由</li> <li>・車両の飛散条件をフジタモデルで決定する理由</li> <li>(鋼製材を竜巻ガイドから引用したこととの差異)</li> </ul>
③	3/5 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SA設備の防護方針と防護対策が必要となる設備</li> </ul>
④	3/5 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防護対象（「緊対所」の機能を有するもの）</li> <li>・防護力を期待する外殻の考え方</li> <li>・飛来物（車両）のモデルの考え方</li> </ul>
⑤	3/5 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防護力を期待する外殻の考え方</li> <li>・飛来物（車両）のモデルの考え方</li> </ul>
⑥	3/5 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防護力を期待する外殻の考え方</li> <li>・飛来物（コンテナ）のモデルの考え方</li> </ul>
⑦	(2/22 説明) 3/5 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏面剥離が想定される部位</li> <li>・防護方針（剥離発生防止，設備側で防護の使い分け）</li> </ul>
⑧	3/12 の週	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他条文の方針との関係</li> <li>・クレーン等に作用する荷重の検討</li> <li>・物品の飛散防止への配慮</li> </ul>
⑨	本日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギーによる貫通評価の考え方</li> <li>・BRL式による吸収エネルギー評価の保守性</li> </ul>
⑩	本日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3つの観点（最大移動距離時の荷重，不均一な引張荷重，装置の一部故障）に対する設計の成立性</li> </ul>

## 固縛装置の設計における余長の考え方

両側の余長分を移動（中立位置からの移動量の2倍）する竜巻風速場の検討

### 【検討結果】

東海第二発電所の固縛装置に対する余長の考え方の方針を示す。

#### ① 固縛装置の余長について

固縛装置に設ける余長は、屋外SA設備の加振試験により得られる移動量を制限しないように設定することを基本とする。

具体的には、図-1 に示すとおり、加振試験の移動量を拘束しないように設定した連結材長に対して、竜巻の風荷重が屋外SA設備に作用し、側面方向（最大見付面積の直角方向）に移動したケースでの水平移動量を、設計余長として定義して、竜巻による固縛装置の評価をしている。

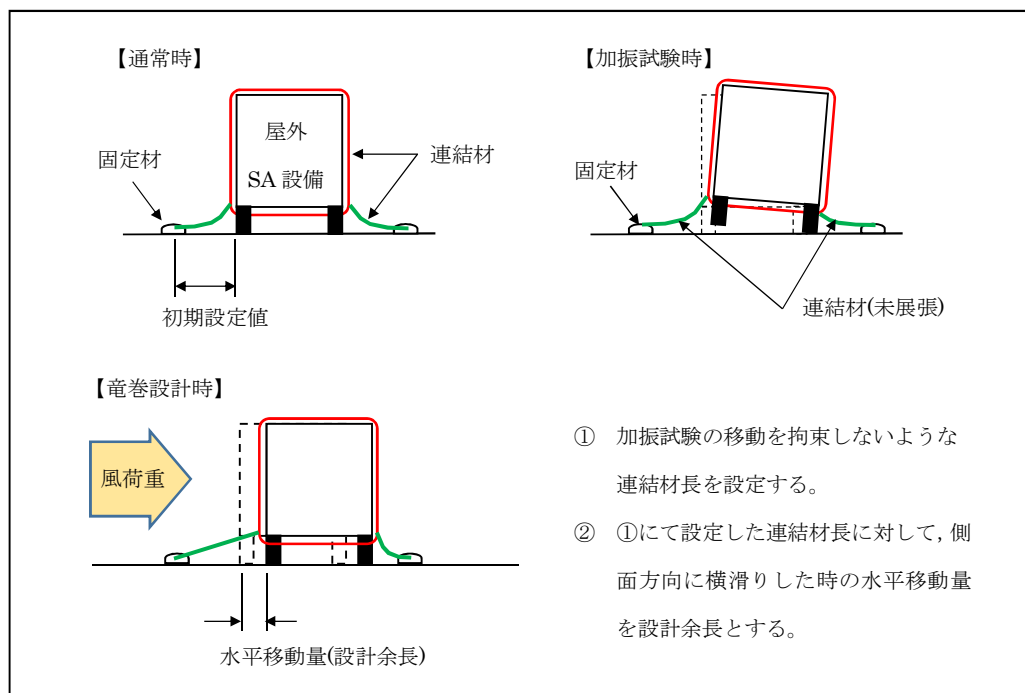


図-1 余長の定義

次に、固縛装置を設置した屋外S A設備に竜巻が襲来した場合の例を図-2に示す。

図-2に示すとおり、屋外S A設備は、ある任意の位置にある屋外S A設備が受ける風速が路面との摩擦力を超える風荷重になると滑り出す。その後、滑りによる移動量が設計余長を超えることで、連結材が展張し、固縛装置が作動する。竜巻の特性を考えると、横滑りして固縛装置が作動後は、風荷重は竜巻の進行により、風向を変えながらも、固縛装置は展張し続けるため屋外S A設備に静荷重として持続的に作用し、竜巻が通過するまで、固縛装置には荷重が作用し続けると考えられる。このとき屋外S A設備には竜巻の進行方向への荷重が掛かり続けると共に上下方向の風荷重によって進行方向と直角方向にも移動するが、実際はロープの展張によって拘束されているため円弧を描くように環状に移動することになる。

固縛装置の設計においては、固縛装置に風荷重が持続的に作用した場合に加えて、固縛装置の余長が展張する（設計余長分の水平移動をした）時の衝撃荷重も評価する。

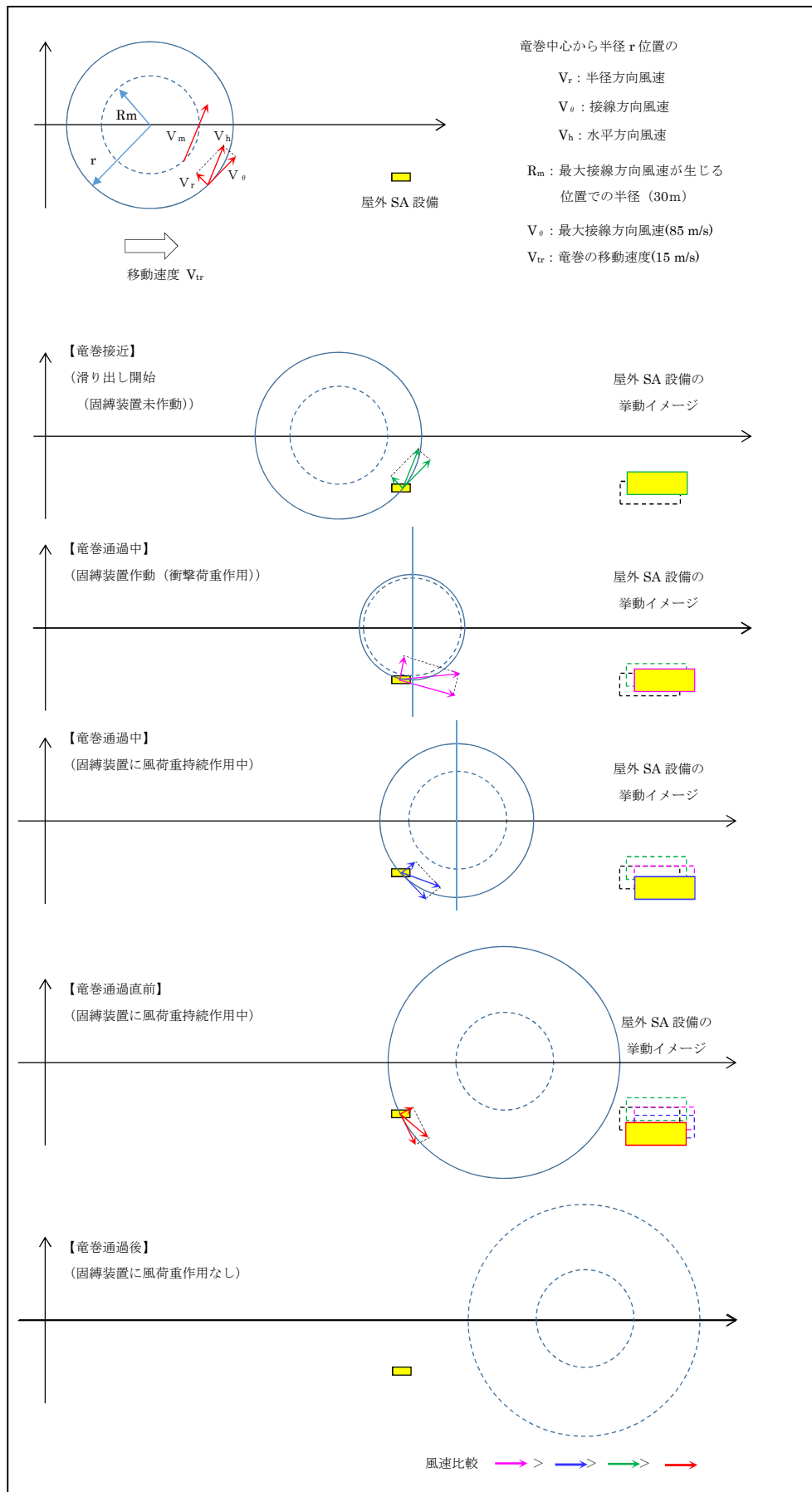


図-2 固縛装置の作動状況

② 両側余長分を移動するケースについて

設計余長 2 倍分の移動をする場合としては、固縛装置が一度作動（連結材が展張）した後に、屋外 S A 設備の環状移動が停止し、水平風速の風向が真逆（正から負に 180° 反転）方向になる竜巻風速場になることが条件となる。

竜巻風速場モデルにおいて、竜巻中心の風向は正負が逆転する無風状態となるため、竜巻中心が屋外 S A 設備を通過するケースの風速分布を検討した。

竜巻風速場モデルをフジタモデルとした場合の関係式を図-3 に、風速分布を図-4 に示す。

なお、竜巻中心以外の風速場では、①のとおり、滑り出し後に固縛装置が作動し、竜巻が通過し終えるまで余長が展張した状態で環状に移動する。

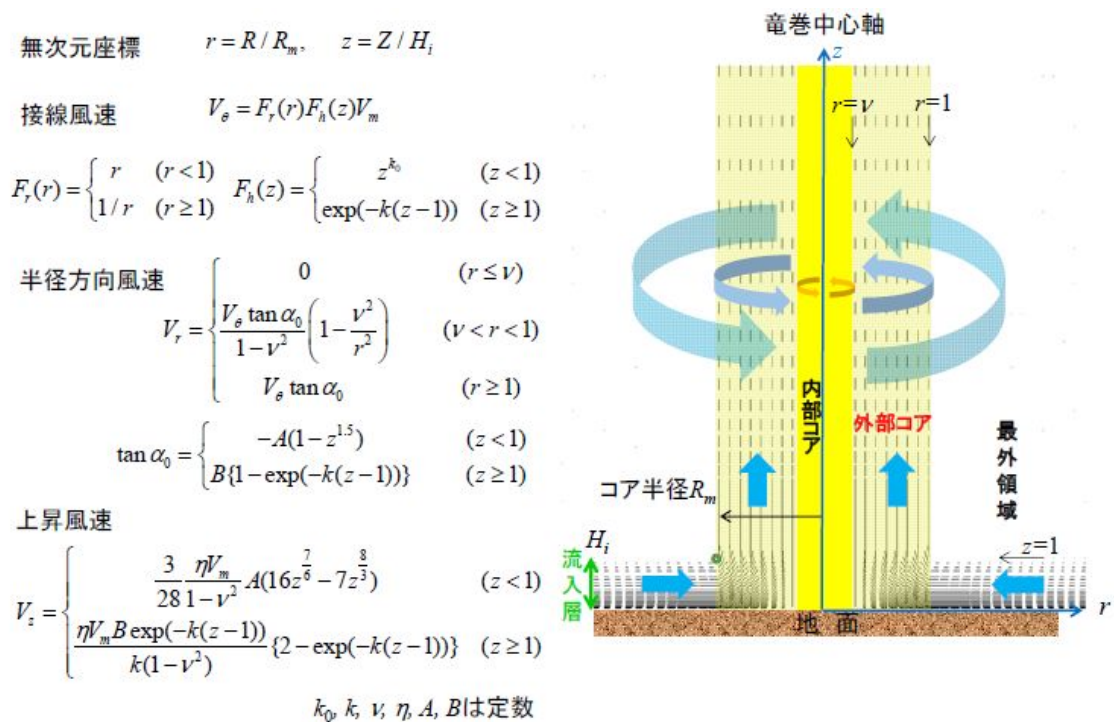


図-3 フジタモデルでの竜巻の風速の関係式

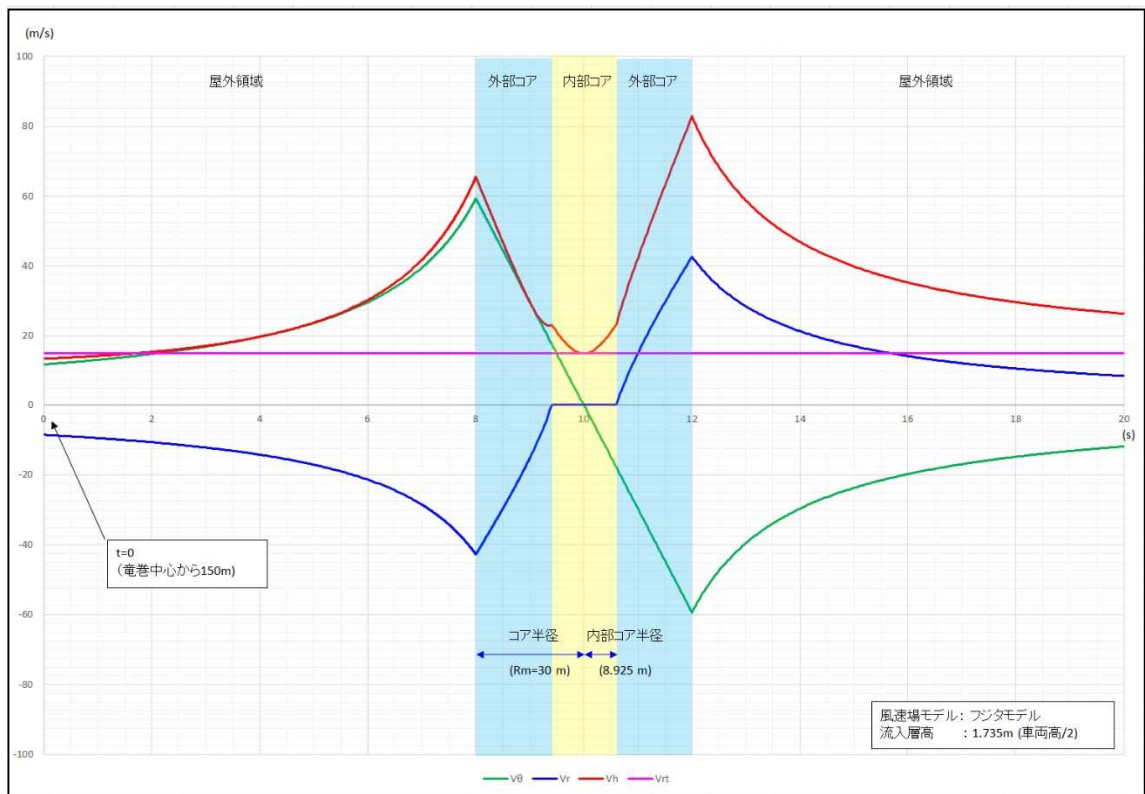


図-4 屋外S A設備に設計竜巻の中心が通過するときの風速分布図

図-4 に示すとおり，屋外S A設備に設計竜巻が通過するケースを検討したところ，竜巻中心においても無風状態とはならず，滑り出し以後には風荷重を受ける状態が持続されることがわかる。したがって，①のように環状の移動する挙動が起こること考えられるため，固縛装置が一度作動した後に，真逆方向に余長 2 倍分の移動をするケースは考慮しない。

屋外 SA 設備に対する設計竜巻の風荷重の方向を変えた場合の検討

【検討結果】

風荷重の方向を変えた評価を検討するにあたり，風荷重が屋外 SA 設備の側面に直角方向に作用するケースを図-1 に，斜め（設備の対角線を設定（見かけの見付面積が最大のため））に対して直角方向に作用するケースを図-2 に示す。

- ① 屋外 SA 設備の側面に対し，直角方向に風荷重が作用した場合  
（正面方向も同様であるが，代表箇所として側面に対してのモデルを示す。）
- ② 屋外 SA 設備に対角線に対し，直角方向（斜め方向）に風荷重が作用した場合  
（方向は，対角線に対し直角方向だが作用箇所は設備の外面に沿って作用する）

①のケースについては，風荷重  $W_{w①}$  は，図-1 に示すとおりである。

②のケースについては，斜め方向の風荷重  $W_{w②}$  を，側面及び正面方向に直角に作用する荷重（ $W_{w②(x)}$ 及び  $W_{w②(y)}$ ）に分解して計算し，それらの荷重を合成することで求める．風荷重は図-2 に示すとおりである。

斜め方向に作用する風荷重  $W_{w②}$  は，①のケースの風荷重  $W_{w①}$  に包絡される。

以上により，屋外 SA 設備に作用する荷重は ①ケースの風荷重が最大となることから，①のように，各受圧面に対して直角方向に作用した風荷重を用いて評価する。

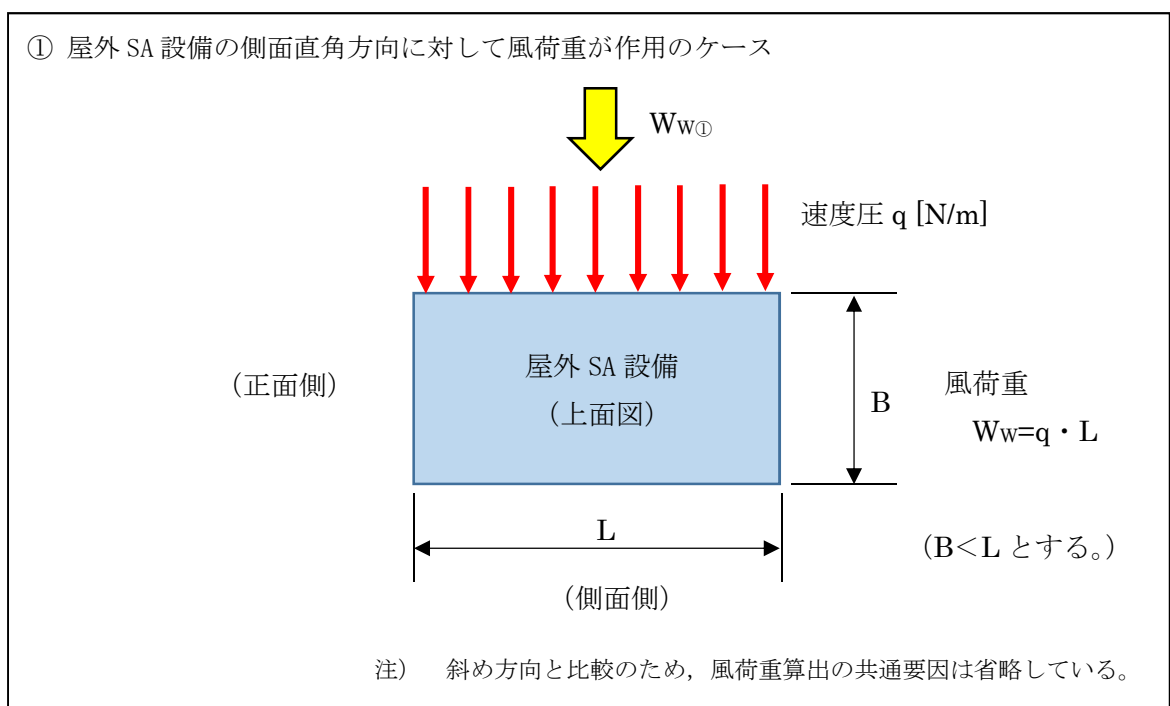
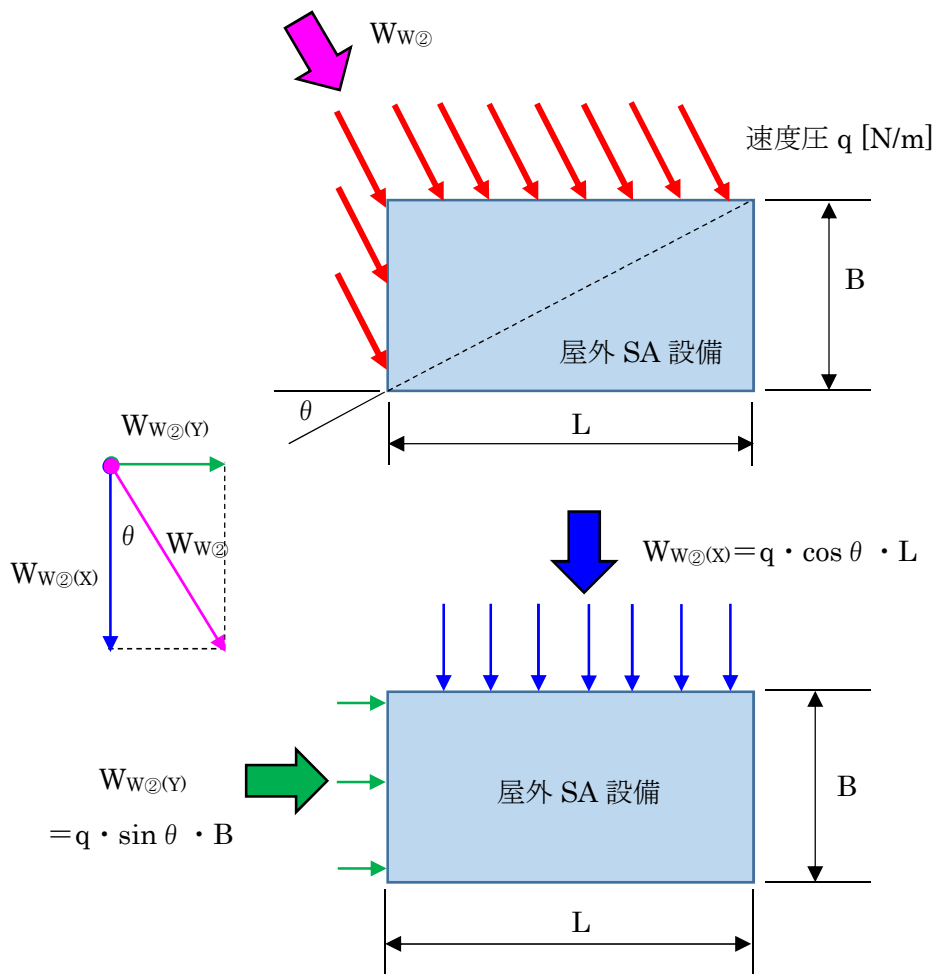


図-1 屋外 SA 設備の側面直角方向に風荷重が作用したモデル図

② 屋外 SA 設備の斜め面（設備対角線方向）直角方向に対して風荷重作用のケース



斜め方向に作用する風荷重は、

$$W_{W2} = \sqrt{W_{W2(x)}^2 + W_{W2(y)}^2} = \sqrt{(q \cdot \cos \theta \cdot L)^2 + (q \cdot \sin \theta \cdot B)^2}$$

$$= q \sqrt{(\cos \theta \cdot L)^2 + (\sin \theta \cdot B)^2} = q \cdot L \sqrt{\left(\frac{B}{L}\right)^2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta}$$

このとき、 $B < L$ であることから、 $B/L < 1$ であり、 $W_{W2}$ は、

$$W_{W2} = q \cdot L \sqrt{\left(\frac{B}{L}\right)^2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta} < q \cdot L \sqrt{\sin^2 \theta + \cos^2 \theta} = q \cdot L$$

よって、

$$W_{W2} < q \cdot L = W_{W1}$$

図-2 屋外 SA 設備の斜め面直角方向に風荷重が作用したモデル図



固縛（連結材）の故障（一本損傷）した場合についての検討

【検討結果】

東海第二発電所の固縛装置は、図-1に示すような連結材（高強度繊維ロープ）で構成しており、通常時は展張していないことも考え、保管時において故障する設備ではないと考えている。

また、固縛装置の設計においては、十分な裕度を有するように設計しており、固縛装置が1箇所損傷したと仮定しても、許容限界を満足できることを確認している。

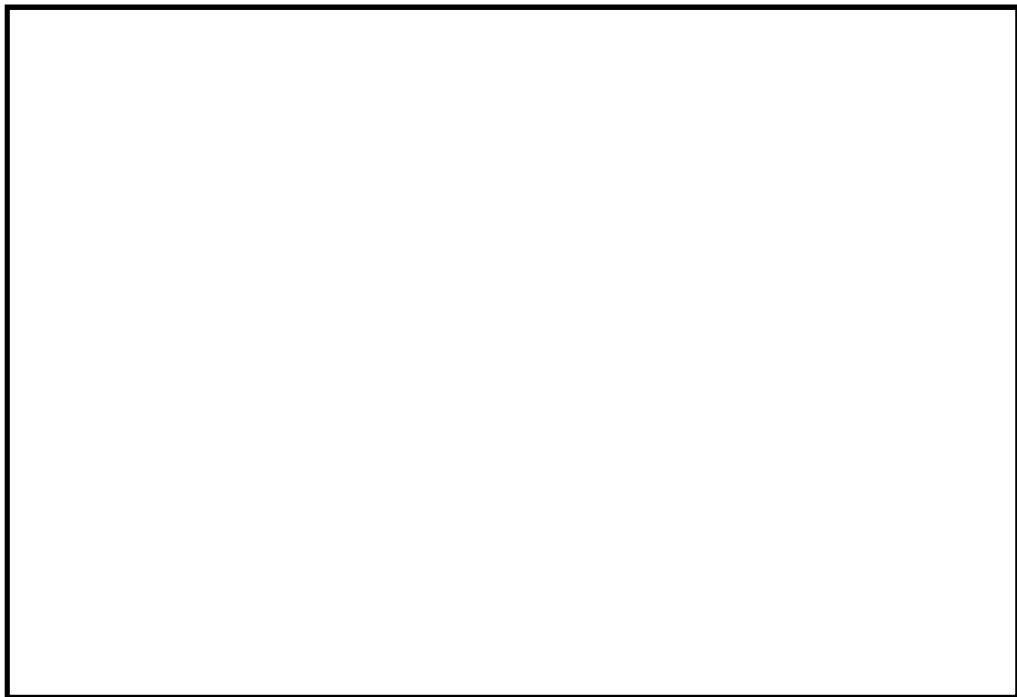


図-1 東海第二発電所の屋外 SA 設備の固縛装置（加振試験時）

以 上