

地震荷重と風荷重の組合せの影響評価について

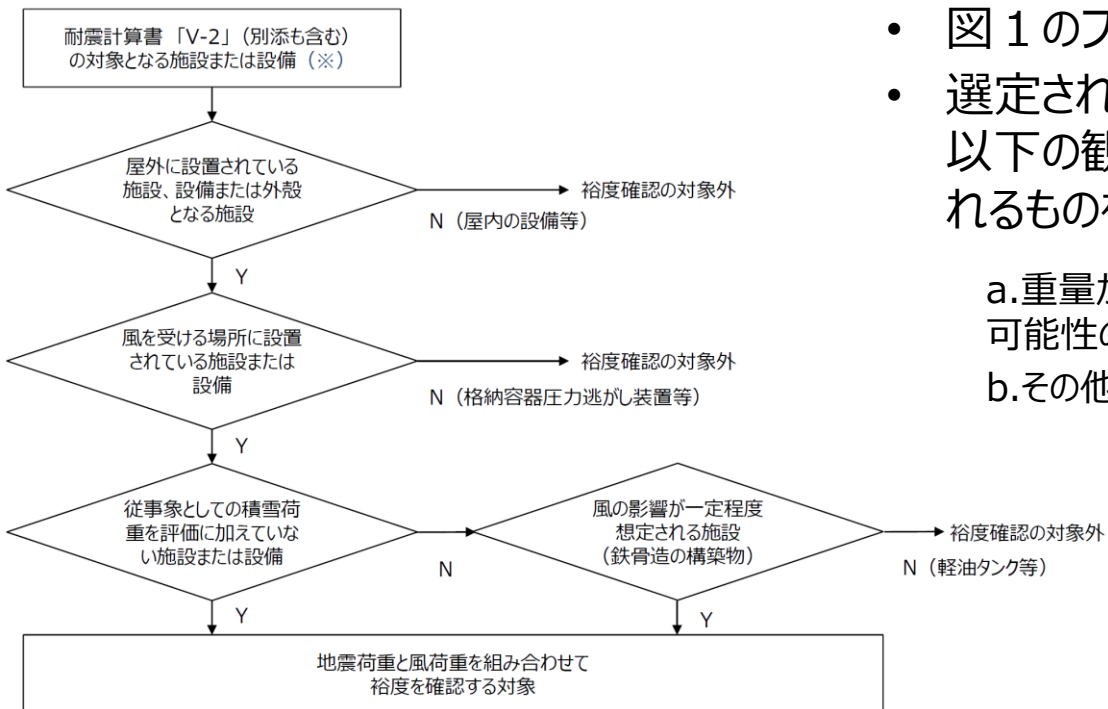
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

NO	コメント内容	回答	ページ番号	備考
①	<p>平均的な風速（4.1m/s）による風荷重，積雪荷重及び地震荷重を組み合わせた場合の年超過確率が10^{-6}に相当するとしているが，主荷重と副荷重の組合せにおける発生頻度と継続時間を考慮した考え方を踏まえ，積雪荷重の影響を受けない主排気筒について，地震荷重と組み合わせる必要のある風荷重を適切に設定すること。</p>	<p>想定される地震とその際に生じうる外部事象に対し一定の裕度を有していることを確認するため，ベース負荷として用いている冬季の平均風速よりも大きい値として，風荷重16m/s（柏崎市の観測記録の既往最大）とした場合の地震荷重と風荷重の組合せの影響を確認する。</p>	3～4	
②	<p>風荷重と地震荷重とを組み合わせた場合でも，主排気筒の各部材の耐震性に問題がないことを説明すること。 また，風荷重の影響が大きい主排気筒のような施設が他にあれば，同様に説明すること。</p>	<p>設置場所，構造等を考慮し，地震荷重と風荷重の組合せ影響対象設備を抽出した上で，それら設備が地震荷重と風荷重を組み合わせに対して，一定の裕度を有していること確認した。</p>	5～7	

- 前回審査会合（2020.3.26）で説明したとおり，地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理している。また，地震を主事象とし雪を従事象とする組合せにおいては，ベース負荷として新潟市の冬季の平均風速（4.1m/s）を考慮して設計している。
- このうち，積雪荷重が生じにくい形状の施設や除雪等に期待できる施設等については， 10^{-2} ／年規模の積雪荷重の組合せを考慮していない。これらの施設等に関しては，従事象としての積雪荷重を設計には加えていないものの，想定される地震とその際に生じうる外部事象に対し一定の裕度を有していることを確認するため，風荷重を大きくした場合の影響を確認する。
- なお，本評価では，外部事象防護対象施設に加え，外部事象防護対象施設以外の設計基準対象施設及び重大事故等対処設備も必要に応じて同様の評価を実施する。

- 設計基準となる風速は、保守的な値となるよう、新潟県各地の観測記録を比較し、その中でも大きい風速が観測される傾向がある新潟市の観測記録に基づき定めているが、地震荷重と組み合わせる風速については、ベース負荷として用いている冬季の平均風速よりも大きい値として、柏崎市の観測記録の既往最大である16m/s（10分間平均値、地上高10m、統計期間1979年～2012年）を用いる。
- なお、地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理しているが、本評価で用いる風速値は統計的には10分間平均値の年超過確率 2×10^{-2} / 年に相当する値となる。また、裕度確認においては、建築基準法及び建設省告示を参考に、高さに応じたガスト影響係数を乗じることで、突発的な風荷重についても考慮することとする。



(※耐震計算書対象に加え、補足説明資料で説明している施設等も念のため確認する。)

図1 地震荷重と風荷重を組み合わせる対象選定フロー

- 図1のフローに沿って、対象となる施設等を選定
- 選定された対象のについて評価を実施。そのうち以下の観点で特に風の影響を受けやすいと考えられるものを例示として、記載。

- a.重量が軽く耐震性能の裕度に対して風の影響が大きくなる可能性のある鉄骨造施設
- b.その他，屋外で風の影響を受けると推定される施設等

表1 地震荷重と風荷重を組み合わせる対象の例

カテゴリー	施設等	観点
外部事象防護対象施設	(該当施設等なし)	—
上記以外の設計基準対象施設	主排気筒 (7号機)	a.
	火災感知器	b.
	衛星無線通信装置用アンテナ	b.
重大事故等対処設備	第一ガスタービン発電機	b.

- 7号機主排気筒については、主排気筒のモデル化における保守性を実状に合わせた解析モデルへと見直すことで、基準地震動Ss及び風荷重（16m/s）の組合せを考慮した場合であっても、最も厳しい部材において裕度を有することを確認した。（表2）
- Ss-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討では、建屋応答の不確かさを含めた各入力地震動の代表として、全周期帯の応答が大きく、耐震評価への影響も大きい基準地震動Ss-1を用いた基本ケースを選定し、地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響を確認することを目的とする。
- Ss-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討では、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における断面算定結果が最も厳しくなる検討ケースを対象に、地震荷重と風荷重を重畳させた場合においても一定の裕度を有することを確認することを目的とする。

表2 7号機主排気筒における基準地震動Ss及び風速16m/sを重畳させた場合の影響検討結果（抜粋）

ケース	最大検定値(断面算定結果)			
	主柱材	斜材	水平材	筒身
Ss-1(基本ケース)	0.61 (OK)	0.74 (OK)	0.17 (OK)	0.76 (OK)
Ss-2(回転ばね低減ケース)	0.95 (OK)	0.69 (OK)	0.25 (OK)	0.81 (OK)

注：V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」の補足説明資料より抜粋

- 機電系設備については、以下の方法のうち、適切な手段を選択し確認を行うこととする。
 - 方法①：耐震計算書の最小裕度部材について、地震＋風荷重の評価を行う。
 - 方法②：「耐震計算書（地震荷重）の評価結果（裕度）」と「地震荷重（ $m \cdot C_H \cdot g$ ）と風荷重（ W ）の比」の比較を行う。
 - 方法③：「加振試験FRSの裕度」と「風荷重（ W ）」の比較を行う。
- 表2に示すとおり、機器・配管系の設備の一部は地震荷重に加え16m/sの風荷重を考慮しても、裕度の範囲に含まれることが確認された。

表3 地震荷重と風荷重を組み合わせた際の裕度の確認結果

施設等	確認方法	基準地震動 S_s の評価			基準地震動 S_s + 風荷重 (16m/s) の評価			確認結果
		評価値	判定値	裕度	評価値	判定値	裕度	
火災感知器	①	28 MPa	154MPa	5.5	35MPa	154 MPa	4.4	現設計の裕度に包絡されることを確認
衛星無線通信装置用アンテナ	②	21 MPa	193MPa	9.1	26.6MPa	193 MPa	7.2	現設計の裕度に包絡されることを確認
第一ガスタービン発電機（発電機車）	③	100%	158%	58%*	102%	158%	56%	現設計の裕度に包絡されることを確認
第一ガスタービン発電機（制御車）	③	100%	145%	45%*	104%	145%	41%	現設計の裕度に包絡されることを確認

- ✓ 地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理してきているが、地震とその他自然現象の組合せのうち、積雪荷重の影響を受けにくい施設等について、設計の裕度を確認するため柏崎市の観測記録の既往最大である16m/sの風荷重と地震荷重を組み合わせた確認の方針を検討し確認を行った。対象となり評価を行ったいずれの施設等においても、一定の裕度を有していることが確認された。今後、残りの施設等についても確認を実施する。
- ✓ なお、地震荷重と組み合わせる風速16m/sは年超過確率で 2×10^{-2} ／年に相当する風速であるが、継続時間を考慮すると組み合わせた際の掛け合わせた結果は、 4×10^{-11} ／年となる。

【組合せの統計的考察】

- ・地震 (Ss) の年超過確率： 1×10^{-4} ／年
- ・風 (16m/s) の年超過確率： 2×10^{-2} ／年
- ・風の継続時間：10分 $\div 2 \times 10^{-5}$ 年

これらを掛け合わせると、 4×10^{-11} ／年となる。

【参考】対象施設の選定結果及び裕度評価結果について

工認図書番号	工認図書名称	確認手法	確認結果
V-2-2-7	主排気筒の地震応答計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-2-8	主排気筒の耐震性についての計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-6(3)	メッシュ型アンテナの耐震性についての計算書（安全パラメータ表示システム（SPDS）（6,7号機共用）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-9(1)	アンテナの耐震性についての計算書（衛星電話設備（常設）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-10(1)	アンテナの耐震性についての計算書（衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-11(1)	アンテナの耐震性についての計算書（衛星電話設備（常設）（6,7号機共用）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-12(1)	アンテナの耐震性についての計算書（無線連絡設備（常設）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-13(1)	アンテナの耐震性についての計算書（無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-14(1)	アンテナの耐震性についての計算書（無線連絡設備（常設）（6,7号機共用）の耐震性についての計算書）	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-15(1)	衛星無線通信装置用アンテナの耐震性についての計算書	②	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-7-2-1	主排気筒の耐震性についての計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-8-2-1-3	フィルタ装置出口放射線モニタの耐震性についての計算書	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-8-4-7	配管遮蔽の耐震性についての計算書（格納容器圧力逃がし装置）		(確認中)
V-2-10-1-2-2-1	第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書	③	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-10-1-2-2-2	第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	②	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-10-1-4-1	緊急用断路器の耐震性についての計算書	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-別添1-2	火災感知器の耐震計算書	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-別添3-3	可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書	③	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-別添3-5	可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書	③	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	個別評価	(確認中)
V-2-2-6	タービン建屋の耐震性についての計算書	個別評価	(確認中)
V-2-2-11	廃棄物処理建屋の地震応答計算書	個別評価	(確認中)
V-2-2-12	廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書	個別評価	(確認中)
KK7補足-024-3	下位クラス施設の波及的影響の検討について 5号機主排気筒の波及的影響について	個別評価	(確認中)
KK7補足-024-3	下位クラス施設の波及的影響の検討について 5号機タービン建屋の波及的影響について	個別評価	(確認中)