

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 27 RO
提出年月日	令和 3 年 6 月 16 日

設工認に係る補足説明資料
耐震計算書に関する
竜巻防護対策設備の水平 2 方向地震力による
影響について

目 次

1.	概要	1
2.	検討内容	1
2.1	影響評価部位の抽出	1
2.2	影響評価	4
3.	検討結果	4
4.	まとめ	4
・別紙 1	安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 2	安全冷却水 A 冷却塔 飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 3	第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 4	第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 5	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 6	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネットの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 7	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（主排気筒周り）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 8	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（分離建屋屋外）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 9	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（精製建屋屋外）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	
・別紙 10	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	

1. 概要

本資料は、添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び添付書類「IV-1-1-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせにより、竜巻防護対策設備が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 検討内容

水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価には、基準地震動 S_s を用いる。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価に用いる基準地震動 S_s は、複数の基準地震動 S_s における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

2.1 影響評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

竜巻防護対策設備の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2) 応答特性の整理

(1) にて整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は、荷重の組み合わせによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理を行う。

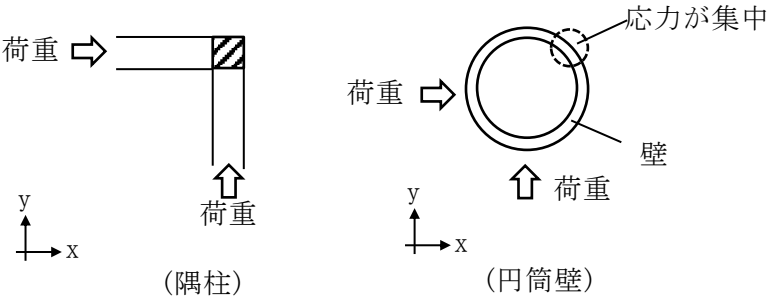
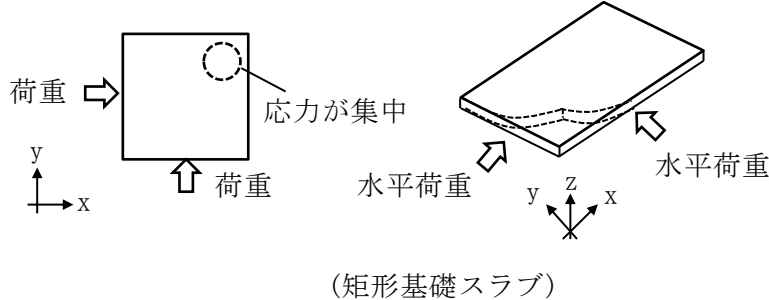
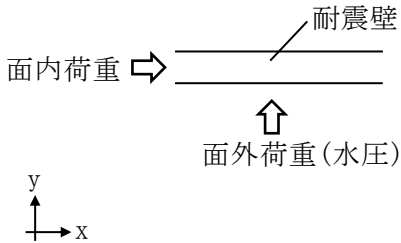
(3) 荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出

(1) にて整理した耐震評価上の構成部位のうち、第2-1表に示す荷重の組み合わせによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される部位を抽出する。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

(1) にて整理した耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、第2-2表に示す3次元的な応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される部位を抽出する。

第2-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される応答特性
(荷重の組み合わせによる応答特性)

荷重の組み合わせによる 応答特性	影響想定部位
<p>① -1</p> <p>直交する水平 2方向の荷重 が、応力として 集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>荷重 ⇨ (隅柱) ↑ 荷重</p> <p>荷重 ⇨ (円筒壁) ↑ 荷重</p> <p>応力が集中</p> <p>壁</p> <p>① -1</p>  <p>荷重 ⇨ (矩形基礎スラブ) ↑ 荷重</p> <p>水平荷重</p> <p>水平荷重</p> <p>応力が集中</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向の 荷重が作用</p>	<p>水圧を負担するプール等 (例)</p>  <p>面内荷重 ⇨ 耐震壁 ↑ 面外荷重(水圧)</p>

第2-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される応答特性
(3次元的な応答特性)

3次元的な応答特性		影響想定部位
②-1	面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい	<p>大スパンや吹き抜け部に設置された部位 (例)</p> <p>耐震壁 面内荷重 面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>面内荷重 面外慣性力 (トラス)</p>
②-2	加振方向以外の方向に励起される振動	<p>塔状構造物などを含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p> <p>荷重 耐震構造部材 (壁)</p> <p>(鉄骨架構)</p> <p>(床・屋根)</p> <p>面内荷重 柱 ブレース (ブレース)</p>

2.2 影響評価

竜巻防護対策設備における水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価を実施する。影響評価に当たっては、従来の設計手法の各部位の解析モデルに対して、基準地震動 S_s の各方向地震成分より個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいた評価を実施する。

*: REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

3. 検討結果

竜巻防護対策設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価結果は、別紙に示す。

4. まとめ

竜巻防護対策設備において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響を受ける可能性がある耐震評価部位を抽出し、その部位における従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる設計に対して影響を確認した。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる応力は、水平1方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対し、増加する傾向にあるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる応力が許容値を満足することを確認した。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせについては、竜巻防護対策設備が有する耐震性への影響がないことを確認した。

別紙

設工認に係る補足説明資料【竜巻防護対策設備の水平2方向地震力による影響について】

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
別紙-1	安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	6/16	0	
別紙-2	安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-3	第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-4	第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-5	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-6	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-7	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（主排気筒周り）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-8	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（分離建屋屋外）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-9	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（精製建屋屋外）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			
別紙-10	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果			

令和 3 年 6 月 16 日 R O

別紙 1

安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価
結果

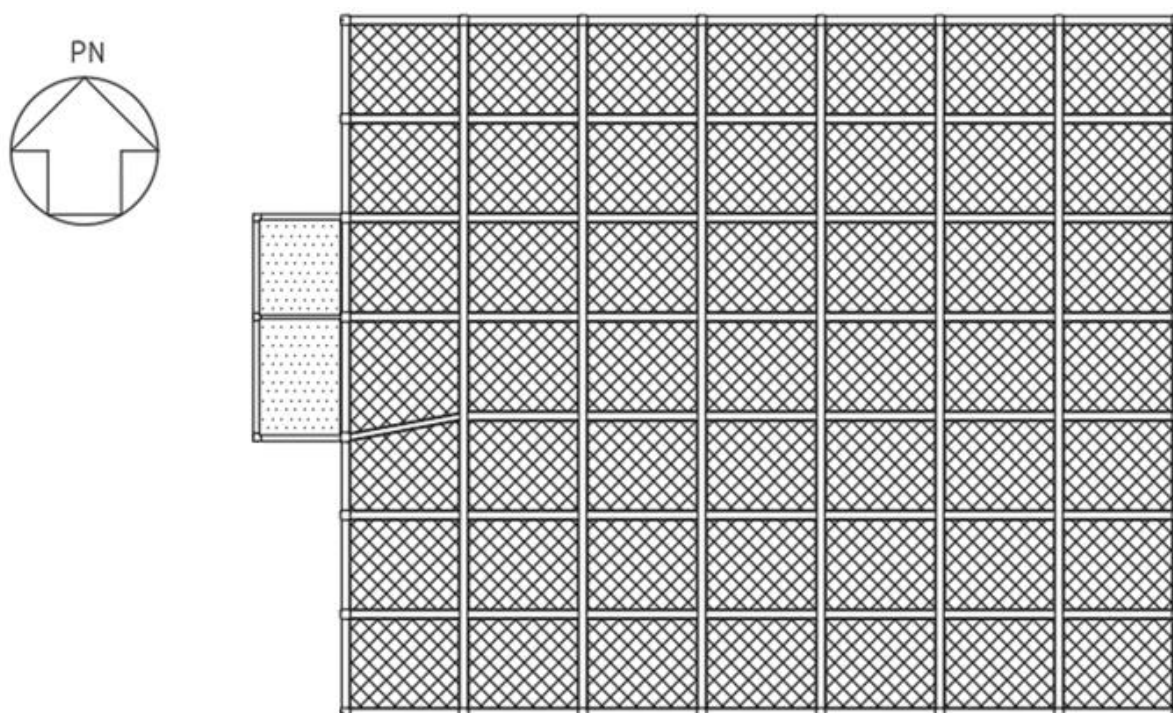
目 次

1. 概要	1
2. 検討内容	3
2.1 影響評価部位の抽出	3
2.2 影響評価部位の抽出結果	6
3. 検討結果	7
4. 考察及びまとめ	8

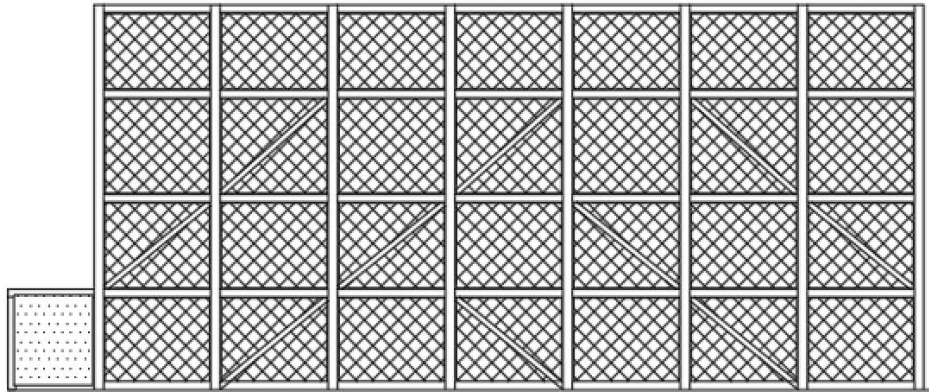
1. 概要

再処理施設の屋外に設置している設備である第1回申請対象設備の安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット(以下、「飛来物防護ネット」という。)について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせにより、竜巻防護対策設備が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を示す。

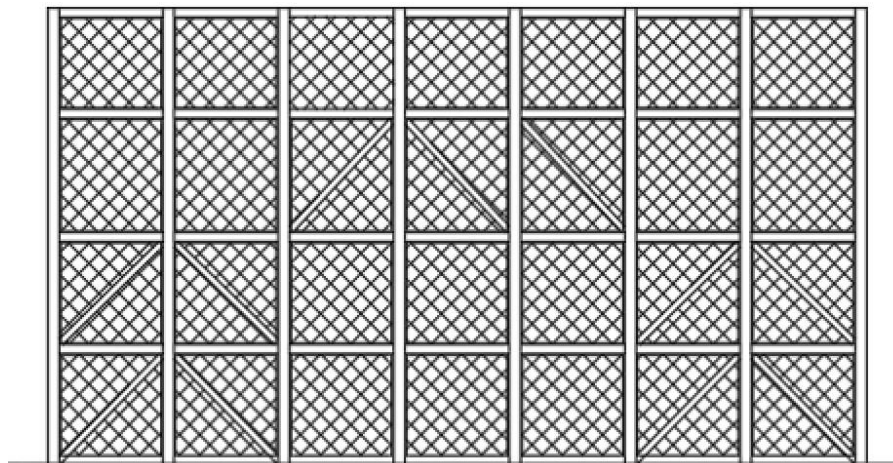
飛来物防護ネットの屋根面平面図を第1-1図に、側面図を第1-2図に示す。本構築物の主体構造は鉄骨造であり、本構築物の主要構造は、鉄骨造の柱のはり及びブレース等である。



第1-1図 飛来物防護ネットの屋根面平面図 (T.M.S.L. +75.60m)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

第 1 - 2 図 飛来物防護ネットの側面図

2. 検討内容

2.1 影響評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

竜巻防護対策設備の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第2-1表に示す。

(2) 応答特性の整理

竜巻防護対策設備における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組み合わせによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第2-2表及び第2-3表に示す。

(3) 荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出

第2-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、本文第2-1表 荷重の組み合わせによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第2-3表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」として、安全冷却水B冷却塔飛来物防護ネットの基礎スラブを抽出した。

また応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」は、抽出されなかった。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第2-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、本文第2-1表 荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、3次元的な応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3-5表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい可能性がある部位」は、抽出されなかった。

また、応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する可能性がある部位」は、抽出されなかった。

第2-1表 飛来物防護ネットにおける耐震評価上の構成部位の整理

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット
		鉄骨造
柱	一般部	○
	地下部	—
	隅部	○
はり	一般部	○
	地下部	—
	鉄骨トラス	○
壁	一般部	—
	地下部	—
床屋根	一般部	—

凡例 ○：対象の構造部材有り，—：対象の部材なし

第2-2表 飛来物防護ネットにおける水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる

影響の確認が必要な部位の抽出

(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット
		鉄骨造
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	○ (①-1)
はり	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	—
	地下部	—
床屋根	一般部	—

凡例 ○：評価必要 —：評価不要

2-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

第2-3表 飛来物防護ネットにおける水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
影響の確認が必要な部位の抽出
(3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット
		鉄骨造
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	—
はり	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	—
	地下部	—
床屋根	一般部	—

凡例 ○：荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み
—：荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出無し

2.2 影響評価部位の抽出結果

飛来物防護ネットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響が想定されるとして抽出した部位を第2-4表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」のうち、安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの柱について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価を行う。

第2-4表 飛来物防護ネットにおける水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる

影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物
①-1	柱	隅部	安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット

3. 評価結果

Ss 地震時を対象として、直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中する部位である飛来物防護ネットの柱について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価を実施する。

ここで、安全冷却水 B 冷却塔飛来物防護ネットは、矩形形状を有しており、平面上の 2 軸において応答軸が明確である。このような設備では、水平 2 方向の地震力を想定した場合、平面上の 2 軸の対角方向に振動するモードは生じ難く、各応答軸の応答に分解可能である。このため本評価は、基準地震動 Ss の 1 方向水平地震成分と鉛直地震の組み合わせにより計算した結果を用いて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせに対し影響評価を行う。地震荷重の組み合わせの方法は、米国 REGULATORY GUIDE 1.92「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参照し、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づくものとする。

飛来物防護ネットの 1 方向水平地震と鉛直地震の組み合わせにおける、柱の応力度比は 0.63 である。なお、その直交方向の水平地震と鉛直地震の組み合わせにおける、柱の応力度比は 0.63 を下回る。

REGULATORY GUIDE 1.92 の荷重組み合わせによると、直交方向の水平地震荷重に 0.4 の係数を乗じるが、保守側に、1 方向水平地震と鉛直地震の組み合わせにおける応力度比 0.63 に 1.4 を乗じて、2 方向水平地震力が作用する場合の応力度を計算する。第 3-1 表に評価結果を示す。計算の結果、許容応力度比は 1.00 以下となる。

第 3-1 表 飛来物防護ネットにおける水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる

影響評価結果

部材	応力度	1 方向水平地震と鉛直地震の組み合わせによる応力度比 (-)	2 方向水平地震の組合せを考慮した応力度比 (-)	許容 応力度比 (-)
		A	1.4A	
柱	組合せ (圧縮+曲げ)	0.63	0.882	1.00

4. 考察及びまとめ

飛来物防護ネットに対し，水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせにより，耐震性に及ぼす影響について評価を実施した。評価の結果，許容応力度比は1.00以下となることを確認した。

以上より，水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせを考慮した場合でも，飛来物防護ネットの耐震健全性への影響がないことを確認した。