

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 26 R <u>1</u>
提出年月日	令和 3 年 <u>10</u> 月 <u>1</u> 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地震応答解析における
材料物性のばらつきに伴う影響評価について

目 次

1. 概要	1
2. 検討内容	1
3. 検討結果	1
4. まとめ	1

- ・別紙1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・別紙2 安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果


- ・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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

- ・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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果

: 後次回申請において提示

1. 概要

本資料は、再処理施設の計基準対象施設に対する耐震計算書のうち、竜巻防護対策設備の評価結果を補足説明するものである。

ここでは、補足説明資料「耐震建物 11 地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討」に示す建物・構築物の材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析の結果が、設工認の耐震計算書の評価結果に対して影響がないことを示す。

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

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-4-2 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」

2. 検討内容

竜巻防護対策設備の耐震評価において考慮すべき建物・構築物の材料物性のばらつきについて整理する。

建物・構築物の材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきについては、地盤物性の変動により入力地震動の特性が変化することから、竜巻防護対策設備については、地盤物性のばらつきを考慮した評価を行う。

なお、建物・構築物の剛性のばらつきについては、竜巻防護対策設備は鉄骨構造物であり、鉄骨部材は品質管理された規格品であることから、剛性及び耐力のばらつきによる耐震性への影響は軽微であることから、基本的には考慮不要であるが、鉄骨構造物の耐震性向上のために適用している座屈拘束ブレースについては、その耐力のばらつきによる耐震性への影響は相対的に大きいと推測されることから、影響検討を行う。

竜巻防護対策設備の地盤物性のばらつきを考慮した評価にあたっては、補足説明資料「耐震建物 08 地盤の支持性能に係る基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について」に示す物性値を用いる。座屈拘束ブレースの耐力のばらつきとして、中心鋼材の降伏点のばらつきを考慮する。地盤物性のばらつき及び座屈拘束ブレースの耐力のばらつきを考慮して地震応答解析及び各部材の応力解析等を実施し、応力比が 1.0 以下であることを確認する。

3. 検討結果

2. の検討内容に基づいて影響検討した結果については、別紙にて示す。

4. まとめ

竜巻防護対策設備に対し、建物・構築物の材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきおよび座屈拘束ブレースの耐力のばらつきを考慮した影響検討を実施した。

検討の結果、建物・構築物の材料物性のばらつきを考慮しても、耐震性を満足することを確認した。

別紙

設工認に係る補足説明資料【竜巻防護対策設備の地震応答解析における材料物性のばらつきに伴う影響評価について】

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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果	10/1	1	
別紙-2	安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する影響検討結果			

令和3年10月1日 R1

別紙 1

安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの
地盤物性のばらつきを考慮した耐震性に関する
影響検討結果

目 次

1. 評価方針	1
2. 評価方法	<u>1</u>
3. 検討結果	<u>3</u>
3.1 飛来物防護ネットの耐震評価（座屈拘束ブレース以外）	<u>3</u>
3.2 座屈拘束ブレースの耐震評価	<u>4</u>
4. 考察及びまとめ	<u>7</u>

1. 評価方針

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。）において、建物・構築物の材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきを考慮した評価結果については、「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」（補正書）に示す。

本検討においては、座屈拘束ブレースの耐力のばらつきとして、中心鋼材の降伏点のばらつきを考慮した地震応答解析及び各部材の応力解析等を実施し、座屈拘束ブレースの耐力のばらつきによる影響を確認するとともに、ばらつきを考慮しても許容値を満足することを確認する。具体的には、ノミナル値（ 225N/mm^2 ）に対する公差幅（ 20 N/mm^2 ）を考慮する。

2. 評価方法

評価対象部位は「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」と同様に支持架構及び座屈拘束ブレースとする。第2-1表に解析評価モデル及び手法を示す。

第2-1表 飛来物防護ネットの応力解析モデル及び手法

項目	内容	詳細	備考
解析手法		地震荷重及びその他考慮すべき荷重を三次元フレームモデルに入力し、応力解析を実施	—
解析コード		midas iGen	—
モデル	材料物性	・縦弾性係数：205000MPa ・ポアソン比：0.3	鋼構造設計規 準に基づき設 定
	要素種別	梁要素	—
	境界条件	基礎下端	—
	地盤物性	地盤物性ばらつき考慮	—
	座屈拘束ブ レースの耐 力	降伏点のバラつきを考慮して、降伏点上限値、中間 値、下限値の3ケースでモデル化。	—
荷重の組合せ		$D + 0.35Ls + Ss + WL$ D：固定荷重 Ls：積雪荷重 Ss：地震荷重 WL：風荷重	別紙1-1 補説23 3.3.2参照
荷重の 設定	固定荷重	支持架構（耐火被覆重量を含む）、防護ネット、防護 板、取付金物等	別紙1-1 補説23 3.3.1参照
	積雪荷重	飛来物防護ネット上部の積雪荷重を考慮する。なお、 係数は0.35とする。	別紙1-1 補説23 3.3.1参照
	地震荷重	（1）水平地震荷重 質点系モデルによる水平2方向それぞれの地震応答 解析により得られた荷重を水平2方向に入力する。 （2）鉛直地震荷重 質点系モデルによる地震応答解析により得られた鉛 直方向荷重を入力する。	別紙1-1 補説23 3.4参照
	風荷重	風荷重を節点荷重として入力	別紙1-1 補説23 3.3.1参照
評価方法		柱、梁等の地震荷重及びその他考慮すべき荷重によ る発生応力が柱の許容応力を超えないことを確認。 座屈拘束ブレースは塑性ひずみが許容限界以内であ ることを確認。	—

3. 検討結果

3.1 飛来物防護ネットの耐震評価（座屈拘束ブレース以外）

部材応力の検定結果を第3-1表～第3-3表に示す。座屈拘束ブレースの降伏点のばらつきの影響は軽微である。

評価の結果、最大検定値は、ばらつき上限値で柱に発生する「0.87」が最大であり、許容応力度1.0以下を満足することを確認した。

第3-1表 鉄骨部材の評価結果

鉄骨部材	ばらつき 下限値	中間値	ばらつき 上限値
柱	0.84	0.86	0.87
大はり	0.82	0.83	0.85
小はり	0.85	0.84	0.83
トラス柱	0.69	0.71	0.72
鉛直ブレース	0.68	0.70	0.70
水平ブレース	0.27	0.29	0.30

3.2 座屈拘束ブレースの耐震評価

(1) 最大軸ひずみ

座屈拘束ブレースの最大軸ひずみの評価結果を第3-2表に示す。座屈拘束ブレースの降伏点のばらつきの影響は軽微（約2%）である。

評価の結果、最大軸ひずみは、最大1.61%であり、許容値3.0%以下を満足することを確認した。

第3-2表 最大発生軸ひずみ (%)

ばらつき 下限値	中間値	ばらつき 上限値	許容値
1.57	1.60	1.61	3.0

(2) 疲労評価

座屈拘束ブレースの疲労評価結果を第3-3表、第3-4表に示す。疲労評価結果はひずみの時刻歴の影響を受けるため、最大軸ひずみよりも影響は大きいものの、約8%であり影響は軽微である。

評価の結果、疲労係数総和は、最大0.207であり、許容値1.0以下を満足することを確認した。

第3-3表 疲労評価結果 地震波 S_S-A(H)

	ひずみ振幅 (0.1% - 0.3%)		ひずみ振幅 (0.3% - 0.5%)		ひずみ振幅 (0.5% - 1.0%)		ひずみ振幅 (1.0% - 1.8%) (注1) (1.0% - 1.9%) (注2)		疲労係数総和
	許容繰返回数 N : 5537 回		許容繰返回数 N : 1952 回		許容繰返回数 N : 474 回		許容繰返回数 N 142 回 (注1) (128 回) (注2)		
	繰返し数 n	疲労係数 n/N	繰返し 数 n	疲労係数 n/N	繰返し 数 n	疲労係数 n/N	繰返し数 n	疲労係数 n/N	
ばらつき 下限値	155	0.0280	95	0.0487	33	0.0696	3	0.0234	0.170
中間値	146	0.0264	88	0.0451	47	0.0992	3	0.0211	0.192
ばらつき 上限値	134	0.0242	81	0.0415	60	0.1266	2	0.0141	0.207

(注1) 中間値, バラツキ上限値のケース

(注2) ばらつき下限値のケース

第3-4表 疲労評価結果 地震波 S_S-C1(H) σ 地盤

	ひずみ振幅 (0.1% - 0.3%)		ひずみ振幅 (0.3% - 0.5%)		ひずみ振幅 (0.5% - 1.0%)		ひずみ振幅 (1.0% - 2.5%)		疲労係数総和
	許容繰返回数 N : 5537 回		許容繰返回数 N : 1952 回		許容繰返回数 N : 474 回		許容繰返回数 N : 73 回		
	繰返し数 n	疲労係数 n/N	繰返し 数 n	疲労係数 n/N	繰返し 数 n	疲労係数 n/N	繰返し 数 n	疲労係数 n/N	
ばらつき 下限値	8	0.0014	5	0.0026	1	0.0021	1	0.0137	0.020
中間値	10	0.0018	4	0.0020	1	0.0021	1	0.0137	0.020
ばらつき 上限値	9	0.0016	6	0.0031	1	0.0021	1	0.0137	0.021

4. 考察及びまとめ

飛来物防護ネットの耐震設計として、地盤物性のばらつき及び座屈拘束ブレースのばらつきを考慮した解析を実施し、座屈拘束ブレースのばらつきによる影響は軽微であることを確認した。

座屈拘束ブレース以外の部材の検定値は柱で発生する「0.87」が最大であり、許容値 1.0 以下を満足した。座屈拘束ブレースの最大ひずみは 1.61% であり、許容値 3.0% を満足した。座屈拘束ブレースのひずみの累積係数は 0.207 であり、許容値 1.0 以下を満足した

以上より、飛来物防護ネットは地盤物性のばらつき及び座屈拘束ブレースのばらつきを考慮した評価において、耐震性を満足することを確認した。