

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 21 R <u>2</u>
提出年月日	令和 <u>4</u> 年 <u>1</u> 月 <u>20</u> 日

設工認に係る補足説明資料

地震応答計算書に関する 隣接建屋の影響に対する影響評価について

1. 文章中の下線部は、R 1 から R 2 への変更箇所を示す。
2. 本資料（R 2）は、令和 3 年 10 月 12 日に提示した「地震応答解析における材料物性のばらつきに伴う影響確認について R 3」に対し、ヒアリングにおける主な指摘事項である、固有周期の記載とフロー図の明確化を踏まえた記載の見直しを反映させ、並びに記載内容の適正化を図ったものである。

目 次

1. 概要	1
2. 影響評価方針	1
3. 影響評価内容	2
3.1 隣接建屋の影響を考慮した地震力の算定	2
3.2 評価用地震力と隣接影響地震力の比較	4
4. 影響評価結果	8

別紙 1 安全冷却水 B 冷却塔における隣接建屋の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果

後次回以降申請を実施する機器・配管系については、各申請回次に影響評価結果を提示する。

■：商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、再処理施設及び MOX 燃料加工施設に対する、第 1 回設工認申請（令和 2 年 1 2 月 2 4 日申請）のうち、以下の添付書類に示す耐震計算書の評価結果を補足説明するものである。

・再処理施設 添付書類「IV-2-1-3-2-1（1）安全冷却水 B 冷却塔（ ）の耐震計算書」

当社事業所は再処理施設、廃棄物管理施設の建物・構築物が互いに隣接して配置される構成となっており、建物・構築物の地震時の挙動は、実現象として隣接する建物・構築物（以下、「隣接建屋」という。）の影響を受けることから、厳密には建屋単独の場合とは異なる挙動を示すことが想定される。

ここでは、補足説明資料「耐震建物 06 地震応答解析の基本方針に関する隣接建屋の影響に関する検討」に示した建物・構築物が互いに隣接する配置となっていることを踏まえた地震時の挙動について検討した地震力を用いて、設備の耐震計算書の評価結果に対して影響を与えないことを示す。

2. 影響評価方針

添付書類「IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」（以下、「耐震計算書」という。）に示している設備の耐震評価の結果の算出に用いた地震力（以下、「評価用地震力」という。）は、複数ある基準地震動 S_s 若しくは弾性設計用地震動 S_d の建屋応答から添付書類「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した設計用床応答曲線 (FRS) 又は最大床応答加速度 (ZPA) を用いている。

これに対する隣接建屋の影響評価の方法としては、耐震計算書に示している評価結果に影響を与えないことの確認として、評価用地震力と隣接建屋の影響を考慮した地震力の比較により確認を行う。

なお、影響評価のうち時刻歴解析を用いて評価している設備については、該当設備の申請に合わせて説明する予定であり次回以降に詳細を説明する。

3. 影響評価内容

3.1 隣接建屋の影響を考慮した地震力の算定

隣接建屋の影響を考慮した地震力（以下、「隣接影響地震力」という。）の算定については、実際の建屋配置状況に則した配置の解析モデル（以下、「隣接モデル」という。）と各建屋を単独のモデルとした解析モデル（以下、「単独モデル」という。）を用いた、以下の方法により作成する。

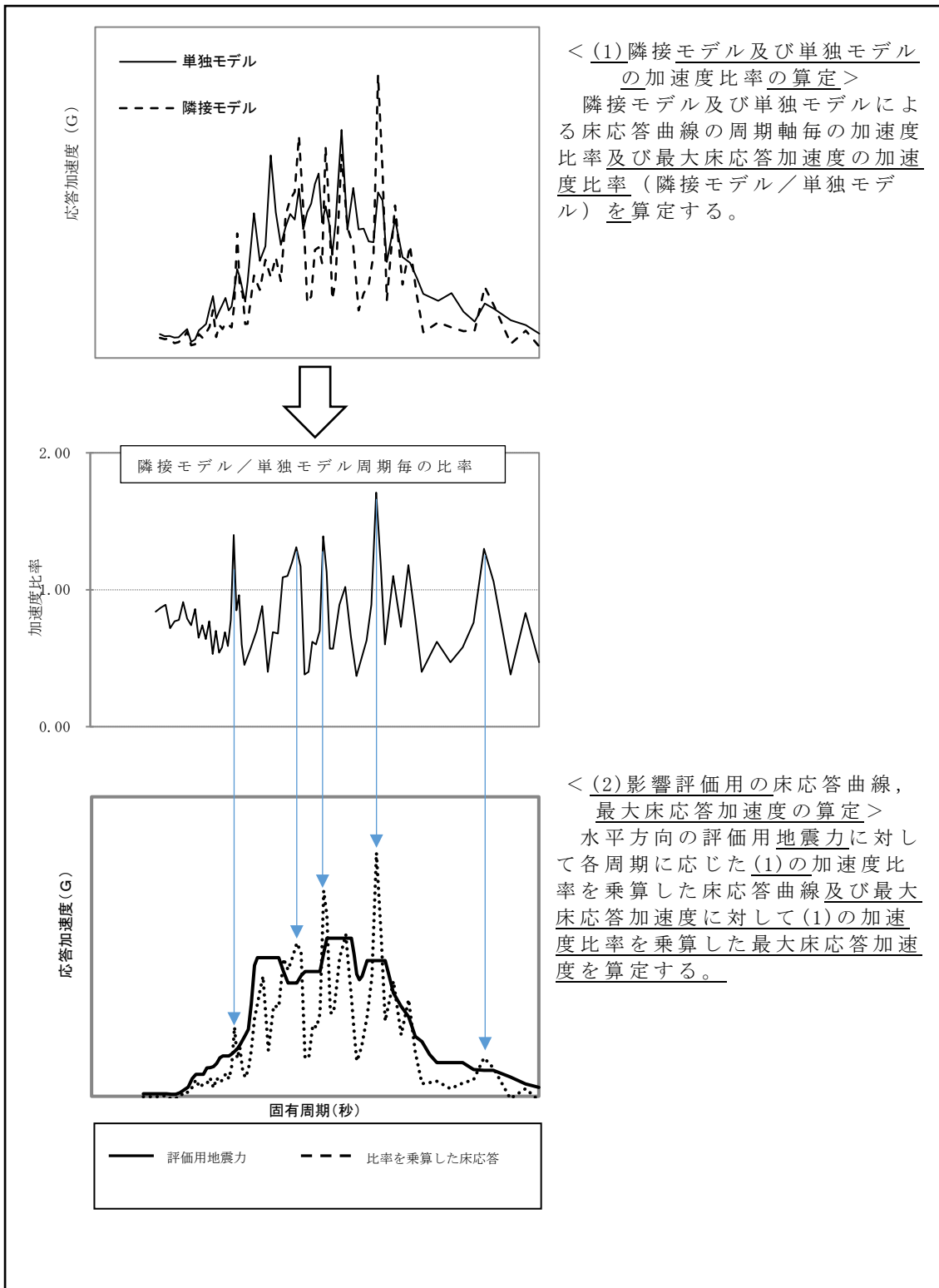
(1) 隣接モデル及び単独モデルによる地震応答解析の結果から各床応答曲線を作成し、周期毎に加速度の比較を行い加速度比率の算定を行う。

(2) 評価用地震力の水平方向の床応答曲線に対して、(1)の加速度比率を周期毎に乗じて影響評価用の床応答曲線を作成。

※(1)の地震力の作成にあたっては、建物・構築物の隣接建屋の影響検討により選定した Sd-A により作成する。

なお、剛な設備においては、評価用地震力の最大床応答加速度に隣接モデル及び単独モデルの最大床応答加速度から得られた加速度比率を乗じて算定を行う。

作成例について第3-1図に示す。



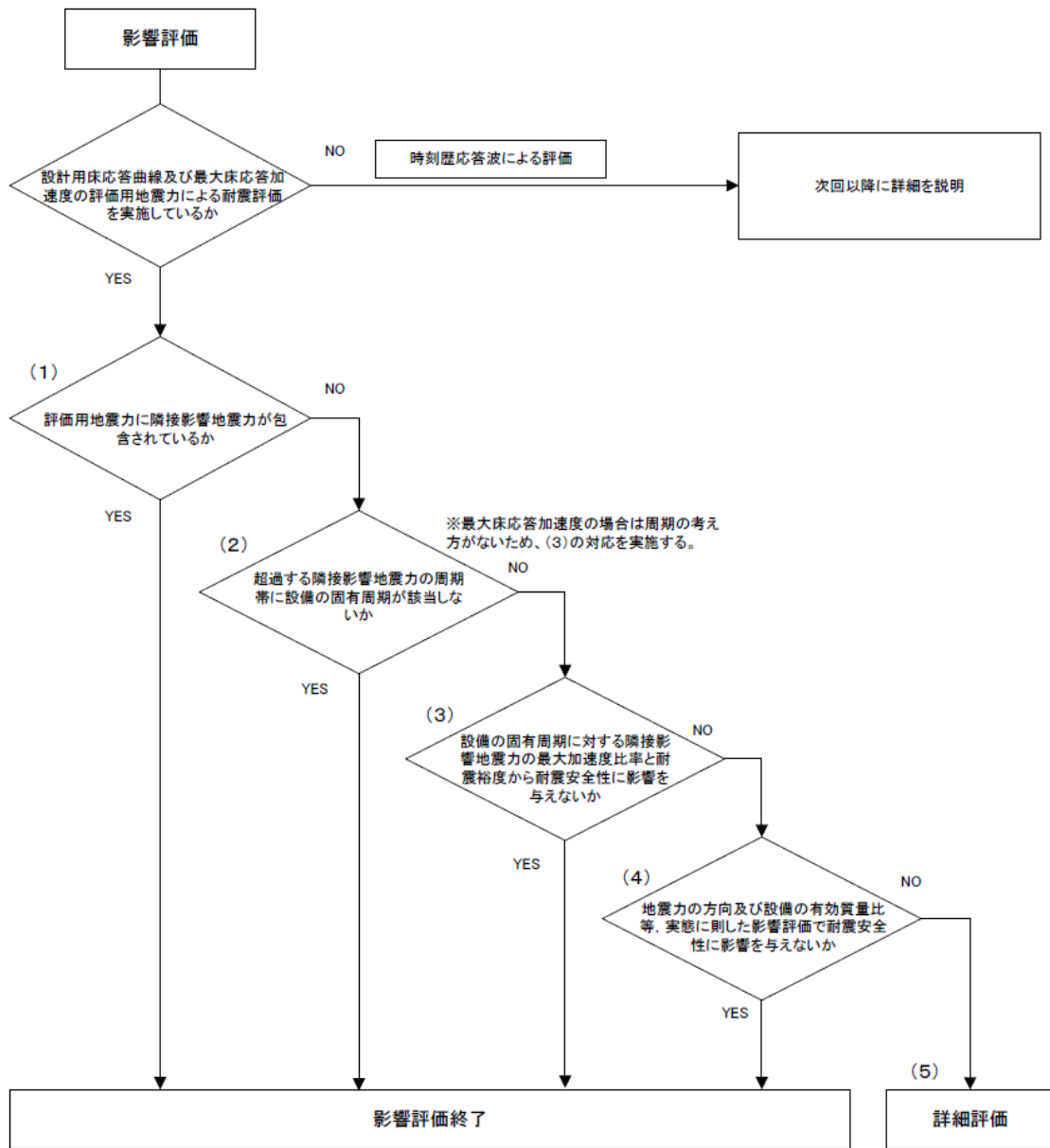
第3-1図 比率乗算床応答曲線の作成方法例

3.2 評価用地震力と隣接影響地震力の比較による影響評価

評価用地震力と隣接影響地震力の比較による評価内容としては、評価用地震力と隣接影響地震力の重ね合わせを行い、隣接影響地震力が評価用地震力に対して超過する場合は、超過する周期帯（以下、「超過周期帯」という。）に固有周期を有する設備を特定し、加速度比と耐震計算書の評価結果の応力比を用いて耐震安全性に影響がないことの影響評価を行う。

剛な設備においては、評価用地震力と隣接影響地震力の最大床応答加速度の1.2倍による比較を行い、超過する場合には加速度比と耐震計算書の評価結果の耐震裕度を用いて耐震安全性に影響がないことを確認する。

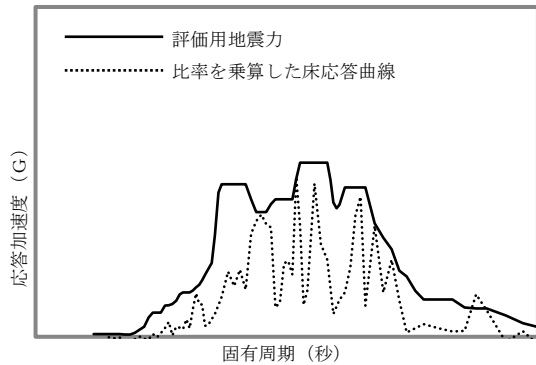
隣接建屋の影響を考慮した影響評価対応フローを第3-2図に示し、影響評価における対応内容の例を第3-3図に示す。



第 3 - 2 図 隣接建屋の影響を考慮した影響評価対応フロー

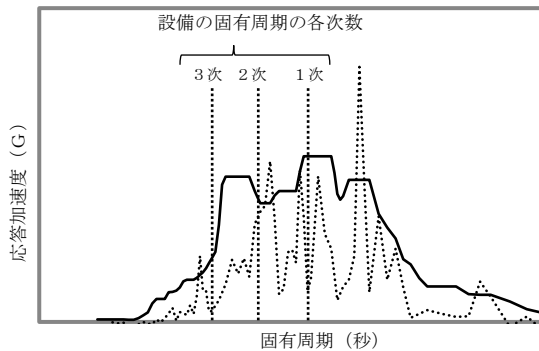
- (1) 評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせを行い包含されていることの確認を行う。
「影響確認（１）：評価用地震力との重ね合わせ及び比較による影響確認」
- (2) 超過周期帯に設備の固有周期が該当しないことの確認として、設備の固有周期の各次数が超過周期帯に合致しないことの確認を行う。
「影響確認（２）：超過周期帯と設備の固有周期を踏まえた影響確認」
- (3) 設備の固有周期の各次数で超過周期帯に合致する次数における最大加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ算出された応力比が1.00以下であることの影響確認を行う。
「影響確認（３）：設備の固有周期の各次数における最大加速度比率を用いた影響確認」
- (4) 耐震評価における水平、鉛直方向の地震力に各方向の最大加速度比率を用いた影響確認等、実態に則した影響確認で応力比が1.00以下であることの確認を行う。
「影響確認（４）：地震力の方向等、耐震評価内容に応じた影響確認」
- (5) 耐震設計の基本方針に基づいた詳細評価を行い、評価結果が許容限界以下であることを影響評価する。
「影響確認（５）：詳細評価」

< (1) 評価用地震力との重ね合わせ及び比較による影響確認の例 >



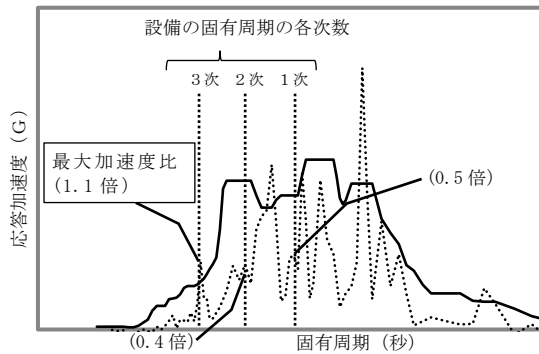
評価用地震力の全周期で隣接影響地震力が包絡されていることの確認を行う。包絡される場合は設備の耐震安全に影響を与えない。

< (2) 超過周期帯と設備の固有周期を踏まえた影響確認の例 >



評価用地震力を超過する周期帯に設備の各モードにおける固有周期が該当しないことを確認する。

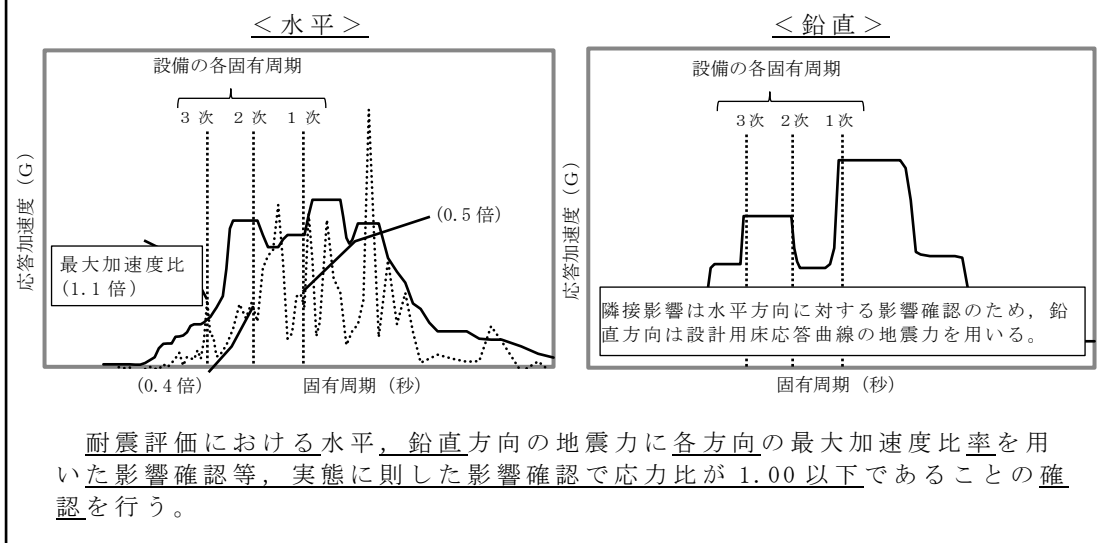
< (3) 設備の固有周期の各次数における最大加速度比率を用いた影響確認の例 >



設備の固有周期の各次数で超過周期帯に合致する次数における最大加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ算出された応力比が1.00以下であることを確認する。

第3-3図 隣接建屋における対応内容の例 (1 / 2)

< (4) 地震力の方向等, 耐震評価内容に応じた影響確認の例 >



※本例は機器の影響確認方法の一例として示すものであって, 具体的な対応は対象設備の評価内容に応じた影響確認を行う。

第 3-3 図 隣接建屋における対応内容の例 (2 / 2)

4. 影響評価結果

影響評価方針に基づく評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせ及び比較による設備の耐震安全性に影響を与えないことを確認した結果を別紙に示す。

別紙

設工認に係る補足説明資料 地震応答計算書に関する補足説明 隣接建屋の影響に対する耐震評価について

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
別紙-1	再処理施設 安全冷却水B冷却塔における隣接建屋の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	1/20	2	
別紙-2				
別紙-3				
別紙-4				
別紙-5				
別紙-6				
別紙-7				
別紙-8				
別紙-9				
別紙-10				
別紙-11				
別紙-12				
別紙-13				
別紙-14				
別紙-15				

別紙 1

再処理施設 安全冷却水 B 冷却塔における
隣接建屋の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果

目 次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-1
2. 検討内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-1
3. 検討結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-1
4. まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-12

参考資料 安全冷却水B冷却塔支持架構および支持架構搭載機器の固有周期
について

1. 概要

本資料は、再処理施設の安全冷却水B冷却塔に対し、隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析の結果について示す。

ここでは、安全冷却水B冷却塔の耐震計算書の結果に対し、隣接建屋の影響を考慮した地震動による設備の耐震安全性への影響について示す。

なお、影響検討としては、比率乗算床応答曲線(FRS)及び比率乗算最大床応答加速度(ZPA)（以下、「隣接影響地震力」という。）を用いて隣接建屋の影響を確認した結果を示す。

なお、安全冷却水B冷却塔において考慮すべき隣接建屋及び隣接建屋を踏まえた地震時の挙動について検討した地震力については「耐震建物06地震応答解析の基本方針に関する隣接建屋の影響に関する検討」に示す。

2. 検討内容

安全冷却水B冷却塔において、本文記載の「2.影響確認方針」及び「3.影響確認内容」に示す隣接建屋の影響確認対応フローに従い、耐震安全性に影響を与えないことを確認する。

なお、安全冷却水B冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器の固有周期については「参考資料 安全冷却水B冷却塔支持架構及び支持架構搭載機器の固有周期について」に示す。

3. 検討結果

(1) 評価用地震力との重ね合わせ及び比較による影響確認『影響確認(1)』

① 剛ではない設備の影響確認について

本文に記載のフローに基づき安全冷却水B冷却塔のうち剛ではない支持架構については、評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせを行い、隣接影響地震力が評価用地震力の全周期で包絡されているか確認した。

評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせ結果を第3-1図及び第3-2図に示す。

そのため、支持架構については本文に記載のフローに基づき、「超過周期帯と設備の固有周期の確認について『影響確認(2)』にて影響確認を行う。確認した結果を3.(2)項に示す。

② 剛な設備の影響確認について

安全冷却水B冷却塔のうち剛な支持架構搭載機器については、評価用地震力と隣接影響地震力の最大床応答加速度(ZPA)の1.2倍による比較を行い確認した。

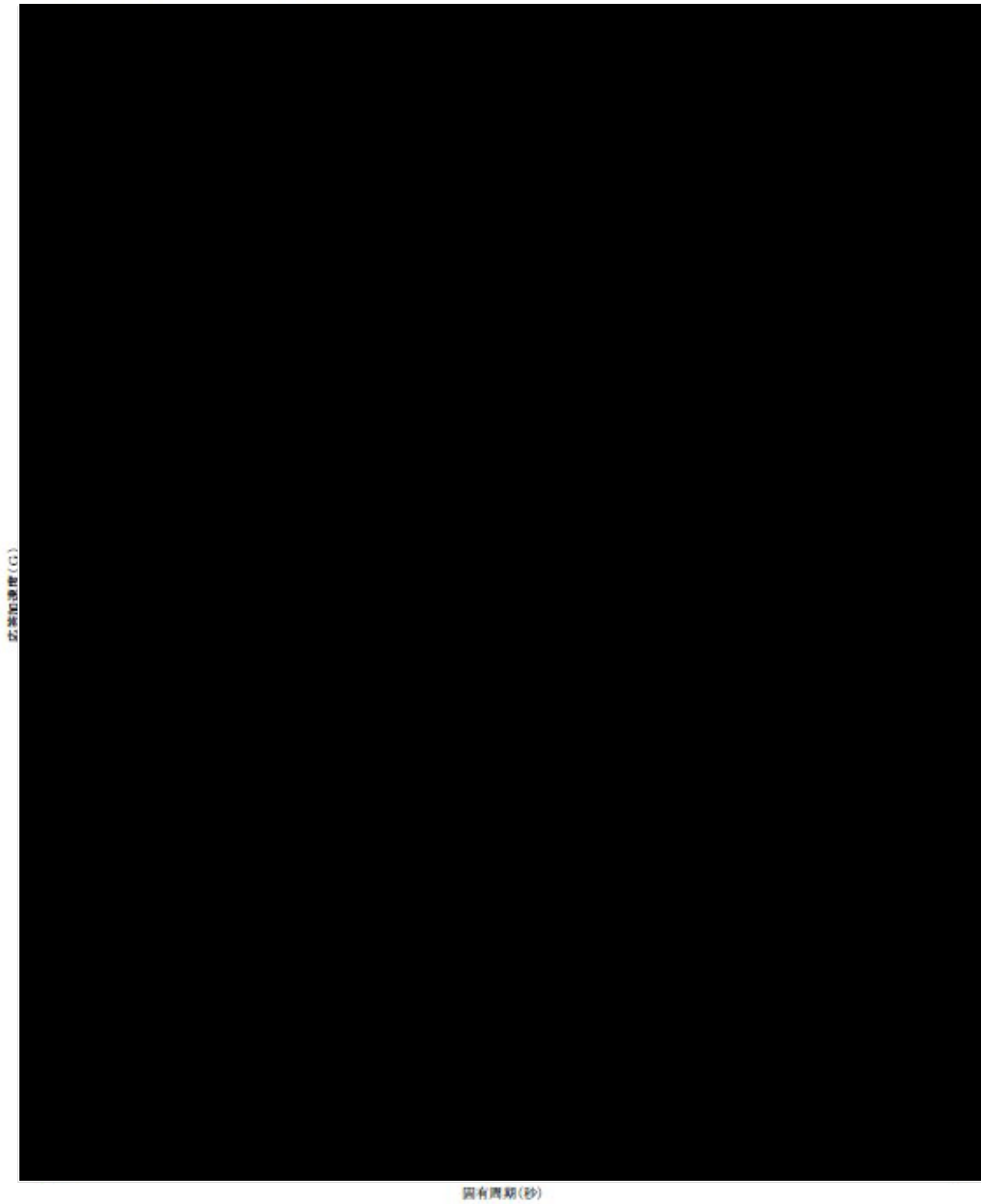
評価用地震力と隣接影響地震力の最大床応答加速度(ZPA)の1.2倍した加速度との比較結果を第3-1表及び第3-2表に示す。



そのため、本文フローに基づき「設備の固有周期の各次数における最大加速度比率を用いた影響確認『影響確認(3)』にて影響確認を行う。確認した結果を3.(3)項で示す。

設計用床応答曲線

建屋名： 安全冷却塔B冷却塔基礎
地震波名： SsD / SsDRC
方向： H
床レベル： (M)
減衰定数： (%)



第 3 - 1 図 基準地震動 Ss における評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせ結果

設計用床応答曲線

建屋名： 安全冷却塔B冷却塔基礎
地震波名： SdD / SdDRC
方向： H
床レベル： (M)
減衰定数： (%)



第 3 - 2 図 弾性設計用地震動 Sd における評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせ結果

第 3 - 1 表 基準地震動 S_s における最大床応答加速度 (ZPA) の比較結果

	EL (m)	方向	a. 評価用地震力 (ZPA×1.2)	b. 隣接影響地震力 (ZPA×1.2)	加速度 比率 (b/a)
冬期運 転側 ベ イ	■■■■	EW	■■■■	■■■■	■■■■
		NS			
	■■■■	EW			
		NS			
	■■■■	EW			
		NS			
	■■■■	EW			
		NS			
冬期休 止側 ベ イ	■■■■	EW			
		NS			
	■■■■	EW			
		NS			

第 3 - 2 表 弾性設計用地震動 Sd における最大床応答加速度 (ZPA) の比較結果

	EL (m)	方向	a. 評価用地震力 (ZPA × 1.2)	b. 隣接影響地震力 (ZPA × 1.2)	加速度 比率 (b/a)
冬期 運転 側 ベイ	■	EW	■	■	■
		NS			
	■	EW			
		NS			
	■	EW			
		NS			
	■	EW			
		NS			
冬期 休止 側 ベイ	■	EW	■	■	■
		NS			
	■	EW			
		NS			

(2) 超過周期帯と設備の固有周期を踏まえた影響確認『影響確認(2)』

超過周期帯と支持架構の耐震計算書に示す各次数の固有周期が合致するか確認した。

確認した結果、評価用地震力に対する超過周期帯と、支持架構の冬期運転側ベイ及び冬期休止ベイの固有周期が合致することを確認した。

そのため、支持架構のうち冬期運転側ベイについては本文に記載のフローに基づき、「最大加速度比率を用いた詳細評価について『影響確認(3)』」にて影響確認を行う。確認した結果を次項に示す。

(3) 設備の固有周期の各次数における最大加速度比率を用いた影響確認『影響確認(3)』

① 剛ではない設備の影響確認について

上記3.(2)項に示すとおり、評価用地震力に対する超過周期帯と支持架構の固有周期が合致することから、その超過周期帯の最大加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ、算出された応力比を用いて影響確認を行い、算出した応力比が1.00以下であるか確認した。

支持架構の固有周期と合致した超過周期帯における最大加速度比率を、評価用地震力(基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d)により算出した最大応力比に乘じ、算出した結果を第3-3表及び第3-4表に示す。

第3-3表及び第3-4表に示すとおり、双方の確認結果において応力比は1.00以下であることから、支持架構については影響がないことを確認した。

② 剛な設備の影響確認について

最大加速度比率を、評価用地震力(基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d)により算出した最大応力比に乘じ、算出された応力比を用いて影響確認を行い、算出した応力比が1.00以下であるか確認した。

加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ、算出した結果を第3-3表、第3-4表に示す。

第3-3表及び第3-4表に示すとおり、双方の確認結果において、応力比は1.00以下であることから、支持架構搭載機器については影響がないことを確認した。

第3-3表 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書における応力比確認結果（基準地震動 S_s）※1

< 冬期運転側ベイ >

機器名称	評価部位		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	一次固有 周期 (s)	a. 応力比	b. 加速度 比率	影響確認 方法	応力比 確認結果 (a×b)
ルーバ	ルーバ取付ボルト								(3) ②
配管	配管	EL. XXXXXXXXXX							(3) ②
		EL. XXXXXXXXXX							(3) ②
管束	管束取付ボルト								(3) ②
伝熱管	伝熱管								(3) ②
遮熱板	遮熱板取付ボルト								(3) ②
ファン 駆動部	原動機	ファンリング サポート取付 ボルト							(3) ②
	減速機								(3) ②
	ファン リング		(3) ②						
支持架構	基礎ボルト		(3) ①						

< 冬期休止側ベイ >

機器名称	評価部位		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	一次固有 周期 (s)	a. 応力比	b. 加速度 比率	影響確認 方法	応力比 確認結果 (a×b)
支持架構	基礎ボルト							(3) ①	

※1 本表は、安全冷却水B冷却塔の耐震計算書に示す設備の最大となる応力比に対する影響確認結果である。

第3-4表 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書における応力比確認結果（弾性設計用地震動 Sd）※1

< 冬期運転側ベイ >

機器名称	評価部位		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	一次固有 周期 (s)	a. 応力比	b. 加速度 比率	影響確認 方法	応力比 確認結果 (a×b)
ルーバ	ルーバ取付ボルト								
配管	配管	EL. XXXXXXXXXX							
		EL. XXXXXXXXXX							
管束	管束取付ボルト								
伝熱管	伝熱管								
遮熱板	遮熱板取付ボルト								
ファン 駆動部	原動機	ファンリング サポート取付 ボルト							
	減速機								
	ファン リング								
支持架構	基礎ボルト							(3) ①	

< 冬期休止側ベイ >

機器名称	評価部位		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	一次固有 周期 (s)	a. 応力比	b. 加速度 比率	影響確認 方法	応力比 確認結果 (a×b)
支持架構	基礎ボルト								
									(3) ①

※1 本表は、安全冷却水B冷却塔の耐震計算書に示す設備の最大となる応力比に対する影響確認結果である。

4. まとめ

安全冷却水 B 冷却塔のうち剛ではない支持架構については、評価用地震力と隣接影響地震力との重ね合わせ結果において、超過周期帯と支持架構のうち冬期運転側ベイの固有周期が合致することから、その超過周期帯における最大加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ算出した結果、応力比が 1.00 以下であることを確認した。

また、安全冷却水 B 冷却塔のうち剛性の高い支持架構搭載機器については、加速度比率を、耐震計算書に示す最大応力比に乘じ算出した結果、応力比が 1.00 以下であることを確認した。

以上のことから、隣接建屋の影響を考慮しても耐震安全性に影響を与えないことを確認した。

参考資料

安全冷却水 B 冷却塔支持架構及び
支持架構搭載機器の固有周期について

1. 支持架構及び支持架構搭載機器の固有周期について
安全冷却水B冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器の固有周期を，以下の第1-1表及び第1-2表に示す。

第 1 - 1 表 安全冷却水 B 冷却塔 冬期運転ベイの固有周期一覧

添付書類番号 名称	評価部位		E.L	次数	固有周期	
IV-2-1-2-1-1(1) 安全冷却水 B 冷却塔 () の 耐震計算書	支持架構	二				
						支持架構 搭載機器
	減速機 * 1	— * 2				
	遮熱板					
	ファンリング					
	管束/伝熱管					
	ルーバ					
IV-1-11-1 別紙 各施設の配管標 準支持間隔 安全冷却水 B 冷却塔の直管部 標準支持間隔	配管					

注記 * 1：固有周期の算出を行わず、剛な設備と判定を行っている設備。
 * 2「—」の固有周期については補足説明資料「耐震機電 17：剛な設備の固有周期の算出について」に示す。

参考-2

第 1 - 2 表 安全冷却水 B 冷却塔 冬期休止ベイの固有周期一覧

添付書類番号 名称	評価部位		E.L	次数	固有周期	
IV-2-1-2-1-1(1) 安全冷却水 B 冷却塔 () の 耐震計算書	支持架構	二				
						支持架構 搭載機器
	減速機 * 1	— * 2				
	遮熱板					
	ファンリング					
	管束/伝熱管					
	ルーバ					
IV-1-11-1 別紙 各施設の配管標 準支持間隔 安全冷却水 B 冷却塔の直管部 標準支持間隔	配管					

注記 * 1 : 固有周期の算出を行わず、剛な設備と判定を行っている設備。

* 2 : 「—」の固有周期については補足説明資料「耐震機電 17 : 剛な設備の固有周期の算出について」に示す。