

# 川内1号機 緊急時対策棟接続工事設工認に係る確認事項に関する回答

資料(2)

※ 今回コメント回答分を青で示す。

No.	対象資料	ページ	事実確認事項	回答
1	添付資料9全般	—	連絡通路を跨ぐ機器、配管系の申請設備について、連絡通路内の支持する箇所(位置)、設計に用いるFRS及び建屋間相対変位の設定等について説明すること。また、添付資料9-13-1(地震応答解析を見ると、 $S_s-1H-NS$ 方向( $-\sigma$ )地震動のケースでは、誘発上下動モデルを用いて、連絡通路基礎版が浮き上がる場合の検討を実施しているが、誘発上下動が連絡通路内の申請設備に与える(床応答スベクトルへの)影響について説明すること。	<p>【今回コメント回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本申請では換気設備の配管(非常用空気浄化配管及び空気加圧配管)が申請対象であるため、当該配管の支持する箇所、設計に用いるFRS及び建屋間相対変位の設定等について、別紙1に示す。</li> <li>・誘発上下動を考慮する<math>S_s-1H-NS</math>方向の<math>-\sigma</math>のケースについて、鉛直(V)方向のFRS(拡幅なし)を作成し、基本ケースのFRS(拡幅あり)と比較したものを、別紙2に示す。</li> </ul>
2	添付資料9全般	—	連絡通路について、設置許可時と本設工認申請における設計上の差異(重量、剛性、地盤条件、地下水位の設定等)について説明すること。また、差異がある場合は設置許可時における基礎地盤安定性評価等に影響を与えないことを説明すること。	連絡通路について、設置許可時との設計上の差異を整理し、影響がないことを説明する予定としております。
3	添付資料9全般	—	連絡通路の地盤支持性能について、極限支持力度の設定の根拠及び考え方について説明すること。	連絡通路の耐震評価で用いる極限支持力度の設定根拠について、補足説明資料を用いて説明する予定としております。
4	添付資料9全般	—	指揮所の遮へい体の撤去について、工事の方法を詳細に説明するとともに、既工認(新緊対棟)の耐震設計に影響を与えないことを説明すること。	遮蔽体の撤去について、資料を準備中であり、工事の方法、既工認への影響(建屋の剛性、質点重量の減割合)を説明する予定としております。
5	添付資料9全般	—	緊対棟の気密性の維持について、耐震壁及びシール材の設計上の位置づけ(役割)を整理して示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震壁: 基準地震動<math>S_s1</math>に対して弾性範囲に収める設計としており、気密性を維持する設計としている。</li> <li>・シール材: シール材圧着部及びシール材同士の接合部に関しては、接着剤等を用いて適切に整形、圧着しており、気密性を高める設計としている。また、シール材は余長(間隙100mmに対して、シール材長さ200mm程度)を設けているため、相対変位に対して気密性を損なうおそれはありません。</li> </ul>
6	添付資料9全般	—	連絡通路の地震応答解析に用いる $S_s-2$ の入力地震動について、地盤の減衰の考え方が許可時との整合性の観点から適切であることを確認する必要があるため、許可時におけるばらつきの考え方と、工認段階における地盤物性値のばらつきの変動幅の考え方について整理して説明すること。	<p>【今回コメント回答】</p> <p>許可時の<math>S_s-2</math>策定においては、2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録を抽出し、同地点の地盤物性を用いてはざとり解析による評価を実施し、更に余裕を考慮して策定しております。</p> <p>一方、設工認における地盤物性のばらつきは連絡通路地点の地盤条件を基に設定しているため、両評価の不整合は生じておりません。</p>

No.	対象資料	ページ	事実確認事項	回答
7	添付資料9 -9(1)-4-3-		「第2-1表 クラス別施設」において、緊急時対策所(緊急時対策棟内)の間接支持構造物が記載されていないが、どのような整理か。緊急時対策棟が間接支持構造物ではないのか。	【今回コメント回答】 技術基準46条において、緊急時対策所を施設する要求があり、緊急時対策所は第2-1表の主要設備として記載しております。 これについては、設置許可時から同様の整理であり、すでに認可を受けている指揮所工認でも、緊急時対策所(指揮所)は主要設備として記載している。(緊急時対策棟(指揮所)を間接支持構造物には設定しておりません) 今回の連絡通路工認では、休憩所も含めて緊急時対策所を拡張し、改めて設定するものであり、指揮所工認から考え方に変更はありません。
8	添付資料9 -9(1)-9-5-	—	「(2)検討対象の施設・設備」で建屋・構造物の風荷重を「なし」とする理由を説明すること。	地震荷重と風荷重の比較を行い、風荷重の影響が軽微であることを確認しており、組合せを考慮する必要がないことを補足説明資料を用いて説明する予定としております。
9	添付資料9 -9(1)-10-2-		「2. 1建物・構造物(1)緊急時対策棟(連絡通路)」の中で『基礎版は、堅硬な岩盤に直接設置し・・・』との記載があるが、連絡通路が設置されている地盤(砂岩のCL級岩盤)は堅硬な岩盤なのか、川内原子力発電所における堅硬な岩盤の定義を含めて説明すること。	【今回コメント回答】 ここでは、接地圧に対する十分な支持力を有する、との意味で「堅硬な岩盤」との表現を用いています。特に定義しているものではありません。
10	添付資料9 -9(1)-13-1-9-等		「3. 1. 1(入力地震動の)算定方針」において、『・・・、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基板底面位置で算定する。』と記載があるが、連絡通路の基礎(底面から下の地盤・地質図をみるとCM級岩盤の中にCL級岩盤が複雑に入り込んでいることや、緊急時対策所を挟んで北側に盛土(10~20m程度)が広がっていることから、水平成層を前提とした1次元波動論から設定する地震波が安全側となるのか否かを2次元FEM解析(NS方向断面)等で確認し、説明すること。なお、「3. 1. 4入力地震動の算定方針」についても同様。	1次元波動論による地震波について、以下のいずれかの手法により妥当性を検討する。 ①地盤物性を変更したケースで1次元波動論による解析を実施し、工認で示した地震動と比較する。 ②既工認の検討結果を利用した検討+上記1次元解析
11	添付資料9 -9(1)-13-1-30-		「第3-3表 地盤定数」の根拠について説明すること。あわせて、この表に記載の地盤定数は、許可時に設定した(砂岩)CL級をベースに設定していると考えられるが、ヤング係数の設定根拠についても説明すること。	連絡通路の耐震評価で用いる解析用物性値の設定根拠について、補足説明資料を用いて説明する予定としております。

No.	対象資料	ページ	事実確認事項	回答
12	添付資料9 -9(1)-13-1-37-		「3. 4. 2 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース」では、『…、ボーリング穴で実施したPS検層による地盤のせん断速度 $V_{\tau} = 0.52\text{km/s}$ を基本とし、…』と記載があるが、このボーリング孔がどれくらい反映されているのか説明すること。	ボーリング孔の反映箇所を速度層断面図に示した補足説明資料を用いて説明する予定としております。
13	添付資料9 -9(1)-13-1-38-		第3-9表において、解析ケース「 $S_s-1H$ (NS方向)」において、地盤物性のばらつき $-1\sigma$ の時に、誘発上下動モデルで検討しているが、その理由について、説明すること。	【今回コメント回答】 左記のケースについては、SRモデルでの解析において、接地率が65%を下回るため、誘発上下動モデルを用いて検討しております。その他のケースについては、接地率が65%を上回るため、誘発上下動モデルを用いておりません。
14	添付資料9 -9(1)-13-1-54-		「4. 1. 2 地震応答解析結果」において、『誘発上下動モデルを用いる場合の接地圧は、鉛直方向入力における軸力と水平方向入力における誘発上下動による軸力を時刻歴上で、その最大軸力を考慮して算出する。』と記載があるが、(水平方向の)誘発上下動による軸力の時刻歴及び、鉛直方向の軸力の時刻歴について拡大図等を用いて比較して説明すること。	誘発上下動モデルでの軸力の時刻歴と鉛直方向モデルでの軸力の時刻歴の図をそれぞれ比較した補足説明資料にて説明する予定としております。
15	添付資料9 -9(1)-13-1-74-		「第4-15表 浮上がりの検討(基準地震動 $S_s$ )」で基本ケースの接地率は示されているが、誘発上下動モデルの接地率を示すこと。	【今回コメント回答】 誘発上下動モデルを用いたケース( $S_s-1H$ (NS方向)、地盤物性のばらつき $-1\sigma$ )の接地率は64.0%である。
16	添付資料9 -9(1)-13-2-16-		「b. $S_s$ 地震荷重 $K_s$ 」において、『水平方向地震荷重と鉛直方向地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて…』と記載があるが、連絡通路において、組合せ係数法を適用することが安全側の設定となるのか(例えば、連絡通路は平屋で壁が多く剛性が高いので、水平地震荷重のピークと鉛直地震荷重のピークが同時に作用する可能性はないのか)、定量的に説明すること。	接地圧、縁応力度について、時刻歴和が組合せ係数法を用いて算出したものと比較しており、補足説明資料にて説明する予定としております。
17	添付資料9 -9(1)-13-2-20-		「また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される」と記載があるが、具体的にどのような意味か説明すること。	地震荷重と積雪荷重の比較を行い、積雪荷重の影響が軽微であることを確認しており、組合せを考慮する必要がないことを補足説明資料を用いて説明する予定としております。
18	添付資料9 -9(1)-13-3-23-		「4. 4. 1 解析モデル」に関して、連絡通路基礎版と耐震壁のシェル様相の接合部の境界条件(剛域の考慮/非考慮、モデル化等)について説明すること。	基礎版についてはシェル要素でモデル化しており、地盤ばねと上部構造との接合部をそれぞれ剛域として評価しております。 応力解析モデルの層分解図と合わせて補足説明資料を用いて説明する予定としております。

No.	対象資料	ページ	事実確認事項	回答
19	添付資料9 -9(1)-13-3-31-等		「(2)面外せん断力に対する断面の評価方法」について、「第5表(1/2、2/2)を見ると、壁・屋根・基礎版とも面外せん断補強鉄筋を使用していないことから、許容せん断力を求める際に、割増し係数 $\alpha$ を取り込んでいる場合には、引張軸力の制限(0.2N/mm <sup>2</sup> )が必要となるが、この点を考慮しているのかどうか説明すること。	【今回コメント回答】 今回発生する最大引張力は0.47N/mm <sup>2</sup> であり、割増し係数 $\alpha$ を考慮しております。
20	添付資料9 -9(1)-13-3-2-等		建屋の形状及び寸法の変更について、有意な影響はないことを説明すること(添付資料9-13-4の耐震計算書についても同様)	地震応答解析において、休憩所の形状・寸法の変更及び重量増減を考慮した地震応答解析結果及び耐震計算結果を示し、休憩所の既評価に有意な影響を及ぼさないことを、補足説明資料を用いて説明する予定としております。
21	添付資料9 -9(1)-13-4-2-		固定荷重及び積載荷重並びに地震荷重の増減について、有意な影響はないことを説明すること。	応力解析において、休憩所の形状・寸法の変更及び重量増減を考慮した地震応答解析結果及び耐震計算結果を示し、休憩所の既評価に有意な影響を及ぼさないことを、補足説明資料を用いて説明する予定としております。

主配管（非常用空気浄化配管及び空気加圧配管）のサポート支持位置、FRS 及び建屋間相対変位について

1. 概要

本申請における申請対象の主配管（非常用空気浄化配管及び空気加圧配管）（以下「主配管」という。）のサポート支持位置、主配管の設計に用いる FRS 及び建屋間相対変位について説明する。

2. サポート支持位置について

主配管のサポート支持位置は図 1 に示す通りである。

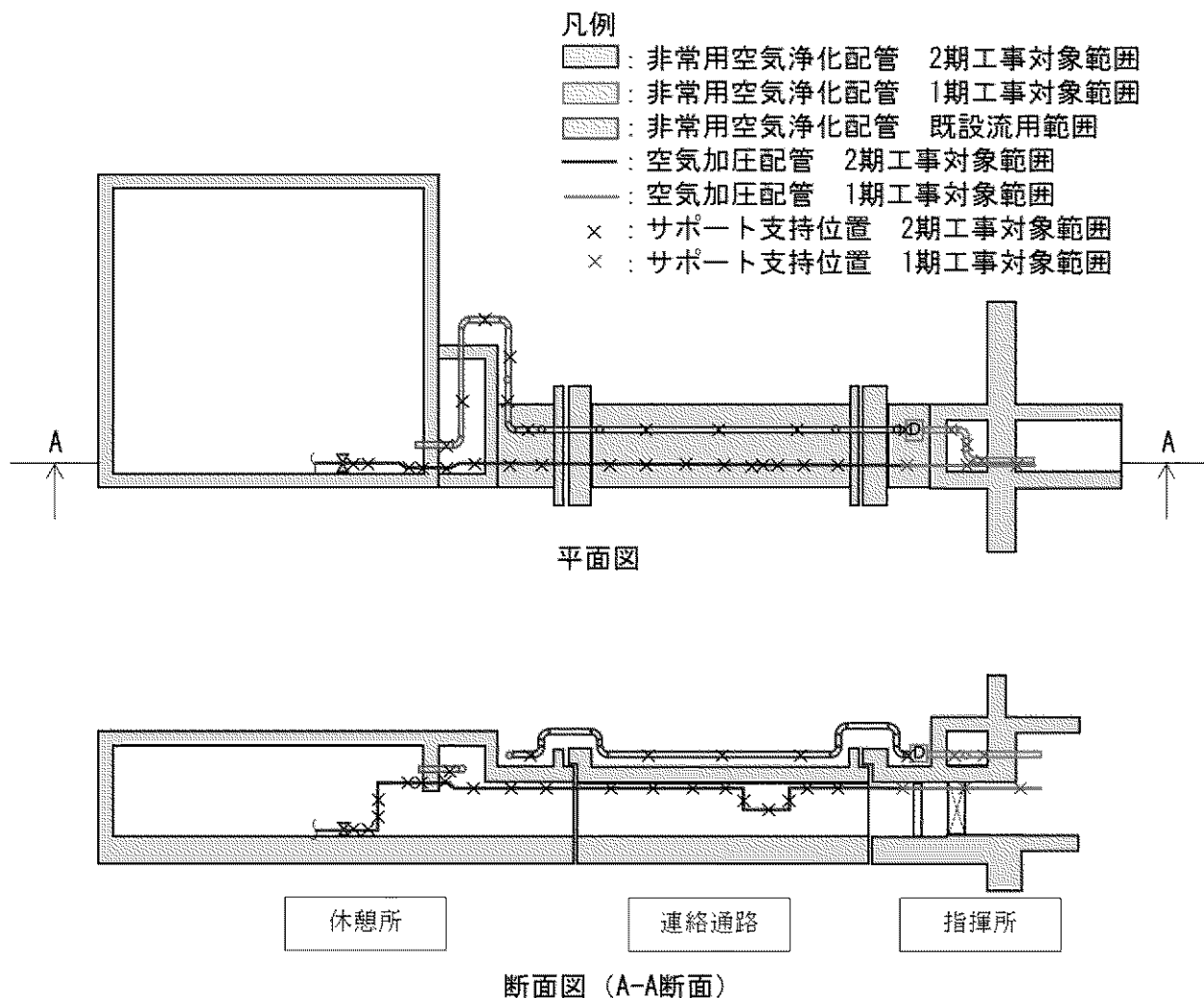


図 1 主配管のサポート支持位置

### 3. 設計に用いる FRS について

本申請の設計に用いる FRS について、以下に示す。

- |                                   |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| —— X方向及びY方向の包絡曲線                  | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向X(Ss-1) | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向Y(Ss-1) |
| ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向X(Ss-1) | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向X(Ss-2) | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向Y(Ss-2) |
| ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向Y(Ss-1) | ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向Y(Ss-1) | —— V方向の包絡曲線                       |
| ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向X(Ss-2) | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向V(Ss-1) | ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向V(Ss-1) |
| ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向Y(Ss-2) | ----- 連絡通路 EL.28.3m 地震入力方向V(Ss-2) | ----- 連絡通路 EL.24.6m 地震入力方向V(Ss-2) |

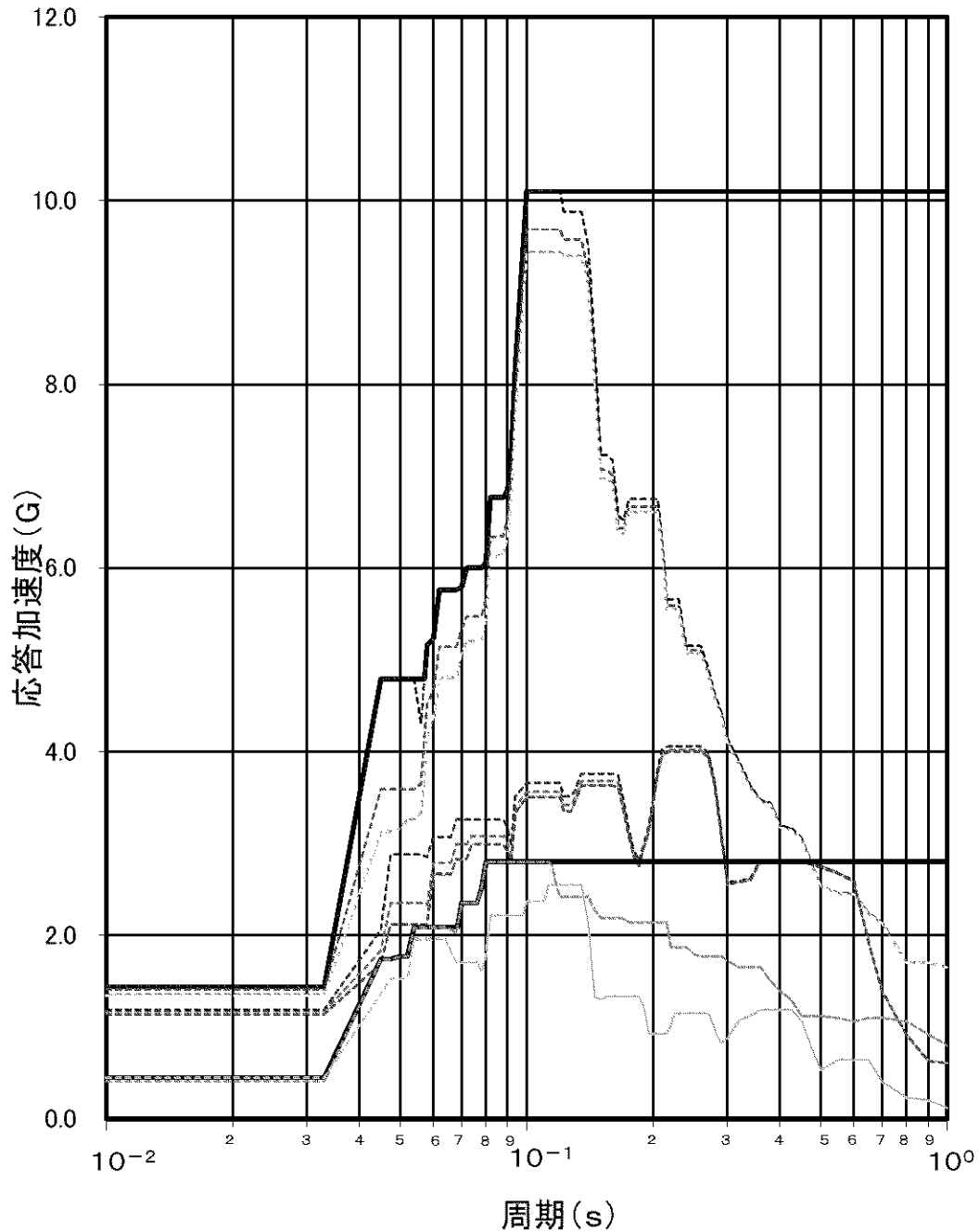


図 2 (1/2) 連絡通路 (設計に用いる EL.の FRS 及びその包絡曲線)

- X方向及びY方向の包絡曲線
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向X(Ss-1)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向X(Ss-1)
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向Y(Ss-1)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向Y(Ss-1)
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向Y(Ss-2)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向Y(Ss-2)
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向X(Ss-2)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向X(Ss-2)
- V方向の包絡曲線
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向V(Ss-1)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向V(Ss-1)
- 休憩所 EL.24.6m 地震入力方向V(Ss-2)
- 休憩所 EL.29.8m 地震入力方向V(Ss-2)

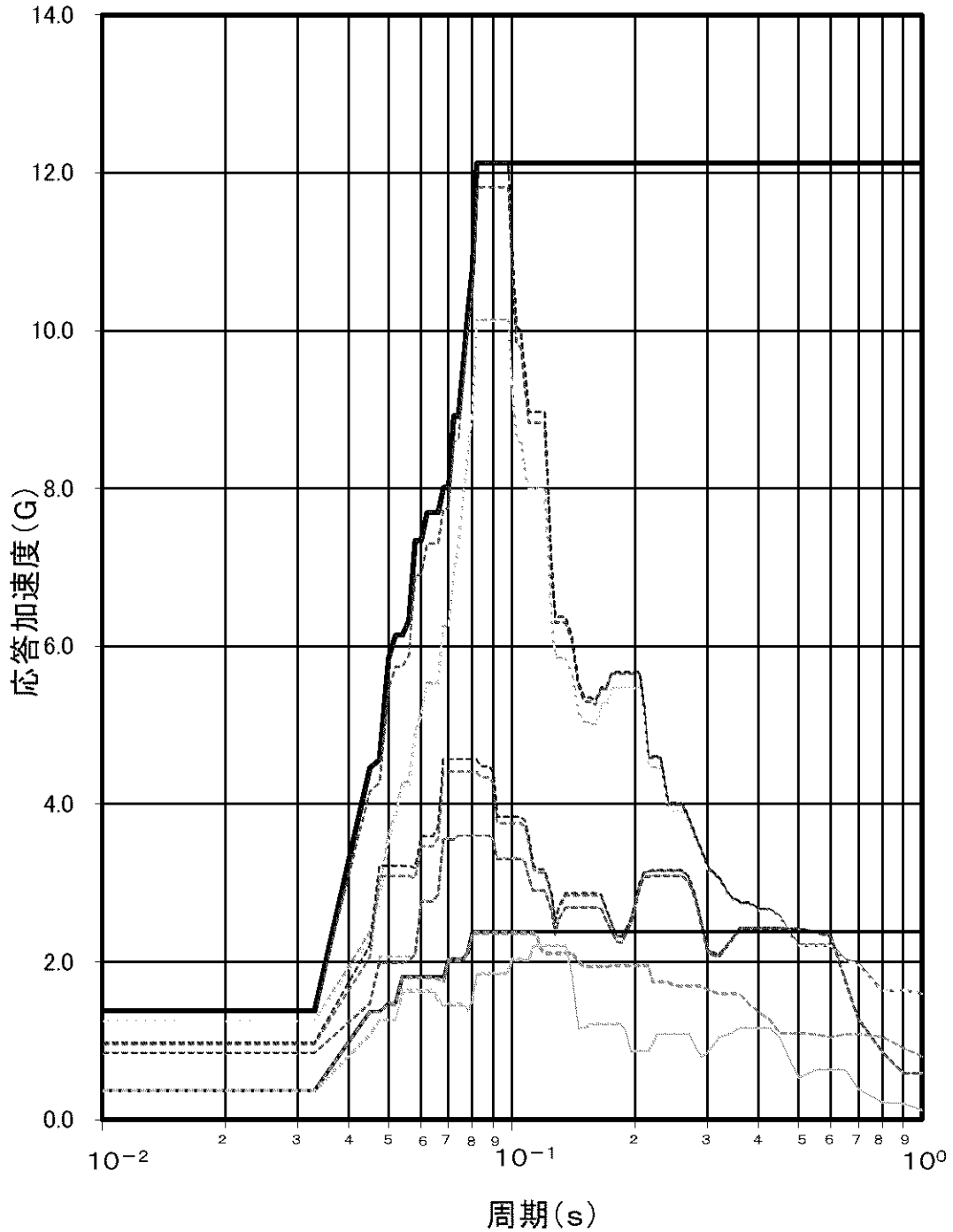


図 2 (2/2) 休憩所 (設計に用いる EL.の FRS 及びその包絡曲線)

#### 4. 設計に用いる建屋間相対変位について

本申請の設計に用いる建屋間相対変位を表 1<sup>\*</sup>に示す。本申請の主配管は、最も高い位置で EL.28.3m に敷設されるため、表 1 に示す EL.28.3m の相対変位を用いる。

※表 1 は、添付資料 9-12 表 4-3-1 の再掲である。

表 1 (1/2) 建屋間相対変位 (単位: mm)

床面高さ(m)	変位方向 (注)	緊急時対策棟 (指揮所) ～緊急時対策棟 (連絡通路)
		Ss
EL.28.3	NS	4.6
	EW	4.1
	UD	0.5
EL.25.3	NS	3.6
	EW	3.4
	UD	0.5
EL.24.6	NS	3.4
	EW	3.2
	UD	0.5

(注) NS は南北方向、EW は東西方向、UD は鉛直方向を示す。

表 1 (2/2) 建屋間相対変位 (単位: mm)

床面高さ(m)	変位方向 (注)	緊急時対策棟 (連絡通路) ～緊急時対策棟 (休憩所)
		Ss
EL.28.3	NS	2.0
	EW	1.7
	UD	0.3
EL.24.6	NS	1.3
	EW	1.2
	UD	0.2

(注) NS は南北方向、EW は東西方向、UD は鉛直方向を示す。



## 地盤物性ばらつきを考慮した誘発上下動の機器・配管系評価への影響

## 1. 概要

川内原子力発電所 1 号機の機器・配管の評価に用いている設計用床応答曲線は、それぞれコンクリート物性を設計基準強度、地盤物性を標準地盤としたモデルの建屋応答解析による加速度応答時刻歴から求めた床応答スペクトルを建屋固有周期のシフトを考慮し、周期方向に $\pm 10\%$ の拡幅を行っている。今回、基準地震動  $S_s$  のうち、 $S_s-1H$  の NS 方向における地盤物性ばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮した「地盤  $V_s (-1\sigma)$ 」においては、誘発上下動を考慮する必要があることから、ここでは従来設計に対して、検討したケースの影響を確認する観点から、「地盤  $V_s (-1\sigma)$ 」の誘発上下動を考慮するケースについて、鉛直方向 (V 方向) の床応答曲線を作成し、 $\pm 10\%$  拡幅した設計用床応答曲線に対する検討ケースの床応答曲線の比較を行い、機器・配管系の評価への影響について建屋床応答の観点から検討するものである。

## 2. 検討内容

緊急時対策棟 (連絡通路) について、地盤物性ばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮したケースについて床応答曲線を作成し、機器評価に用いている質点の設計用床応答曲線と比較したものを第 1 図に示す。

特徴的な応答は次の通り。

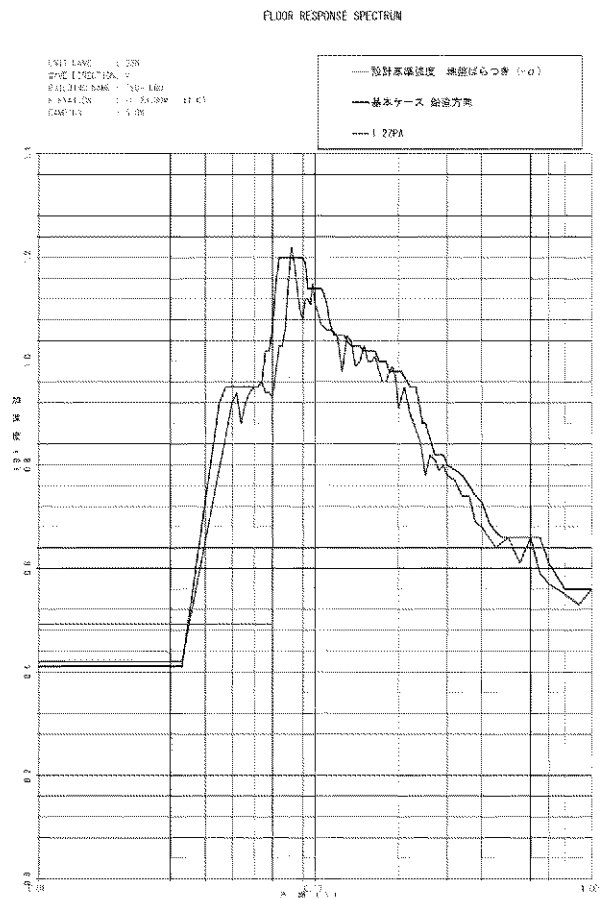
- 28.3m の質点に、鉛直方向で周期 0.082 秒付近、0.098 秒付近、0.14 秒～0.19 秒付近に設計用床応答曲線を上回る応答が認められる。
- 24.6m の質点に、鉛直方向で周期 0.06 秒付近、0.082 秒付近、0.098 秒付近、0.14 秒～0.19 秒付近に設計用床応答曲線を上回る応答が認められる。

上記の通り一部の周期帯で設計用床応答曲線を超える応答が認められるが、地盤物性ばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮したケースは設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。

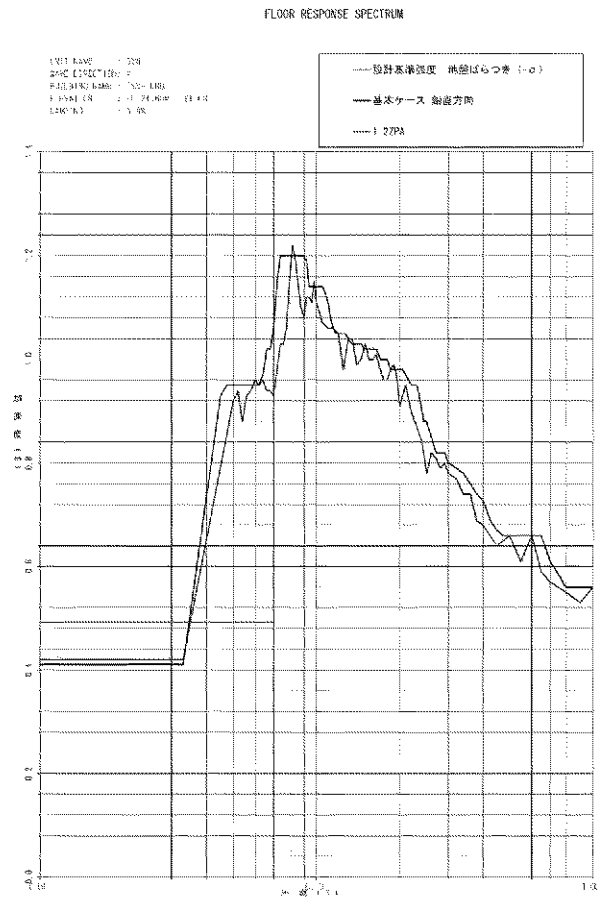
## 3. 検討結果

基準地震動  $S_s$  のうち、 $S_s-1H$  の NS 方向における地盤物性ばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮した検討ケースでは、周期方向に 10% の拡幅した設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。一部の周期帯において設計用床応答曲線を上回る応答が認められるが、耐震設計において考慮が必要な応答ではないと判断される。

従って、緊急時対策棟 (連絡通路) の地震応答解析モデルについて、地盤物性をばらつきとして評価した各ケースでは、現状の耐震設計で考慮されている範囲内であることを確認した。



TT01 EL. 28.3M V方向



TT03 EL. 24.6M V方向

【TT01 EL. 28.3M 及び TT03 EL. 24.6M 床応答スペクトルの説明】

	周期 (秒)	説明
TT01 (EL. 28.3M)	0.082、 0.098、0.14、 0.16、0.19	一部の周期帯の狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、応答増幅が狭い周期範囲に限られることや、応答の増分が小さいことから耐震設計において考慮が必要な応答ではない。
TT03 (EL. 24.6M)	0.06、0.082、 0.098、0.14、 0.16、0.19	一部の周期帯の狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、応答増幅が狭い周期範囲に限られることや、応答の増分が小さいことから耐震設計において考慮が必要な応答ではない。

第 1 図 地盤物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 TT01 (EL. 28.3M) 及び TT03 (EL. 24.6M) の V 方向

#### 4. まとめ

基準地震動  $S_s$  のうち、 $S_s-1H$  の NS 方向における地盤物性ばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮した誘発上下動を考慮する場合の影響評価として、「地盤  $V_s (-1\sigma)$ 」の誘発上下動を考慮するケースについて、地震応答解析を実施し、以下の事項を確認した。

##### 4.1 機器・配管系の評価への影響について

機器・配管系の評価への影響については、周期方向に $\pm 10\%$ の拡幅した設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。なお、一部の周期帯において設計用床応答曲線を上回る応答が認められたが、応答増幅が狭い周期範囲に限られることや応答の増分が小さいことを考慮すると有意な影響でないと判断される。また、現状行っている設計上の配慮の範囲内であることから影響がないことを確認した。