

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。	【6/24コメント回答】 ・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。 ・誘発上下動を考慮する $S_s-1H-NS$ 方向の $-\sigma$ 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。
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。	【今回コメント回答】 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、補足説明資料に示す。
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。	【今回コメント回答】 遮蔽体の撤去について、工事の方法及び既工認の耐震設計に影響を与えないことを別紙に示す。
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。	【今回コメント回答】 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を別紙に示す。
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。	【6/24コメント回答】 許可時の S_s-2 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。 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。

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。	【6/24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。 風荷重について影響が軽微である場合は、添付資料にてその内容が分かる箇所を確認すること。	【今回コメント回答】 風荷重を考慮していないことについて、理由を補足説明資料に示す。 また、風荷重の添付資料への記載については、記載を充実する方向で検討いたします。
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。	【6/24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。	【今回コメント回答】 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、補足説明資料に示す。

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 $V_{t=0.52km/s}$ 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。	【今回コメント回答】 ボーリング孔のPS検層実施箇所の平面図・断面図を補足説明資料に示す。
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 -1σ 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。	【6/24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。	【今回コメント回答】 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図を別紙に示す。
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。	【6/24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 -1σ 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。	【今回コメント回答】 時刻歴和よりも組合せ係数法を適用した方が安全側の設定となっていることについて、補足説明資料にて示す。
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。	【今回コメント回答】 積雪荷重が積載荷重を下回るため、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮されることを確認している。詳細は補足説明資料に示す。
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要素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。	【今回コメント回答】 解析モデルの境界条件等の詳細を補足説明資料に示す。

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 α を取り込んでいる場合には、引張軸力の制限($0.2N/mm^2$)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。	【6/24コメント回答】 今回発生する最大引張力は $0.47N/mm$ であり、割増し係数 α 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。

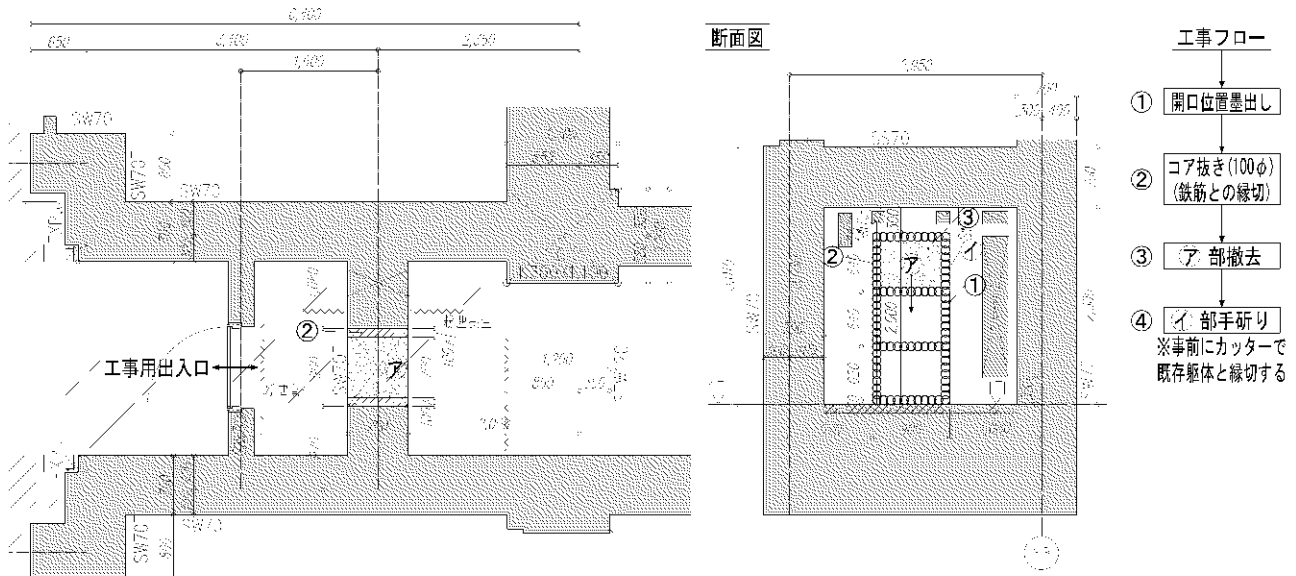
緊急時対策棟（指揮所）の遮へい体の撤去方法と
耐震評価への影響について

1. 概要

緊急時対策棟（指揮所）においては、一部遮へい体の撤去を実施する。遮へい体撤去工事の工事の方法と撤去による指揮所の耐震評価への影響を確認するものである。

2. 工事の方法

遮へい体撤去工事の手順（予定）を第 1 図に示す。遮へい体の撤去においては、撤去躯体周りの縁切りを実施したのち、遮へい体部分の撤去を実施する。



3. 指揮所の耐震評価への影響

指揮所の耐震評価への影響について、(1),(2),(3)の観点で確認を実施した。

(1) 建屋の剛性への影響について

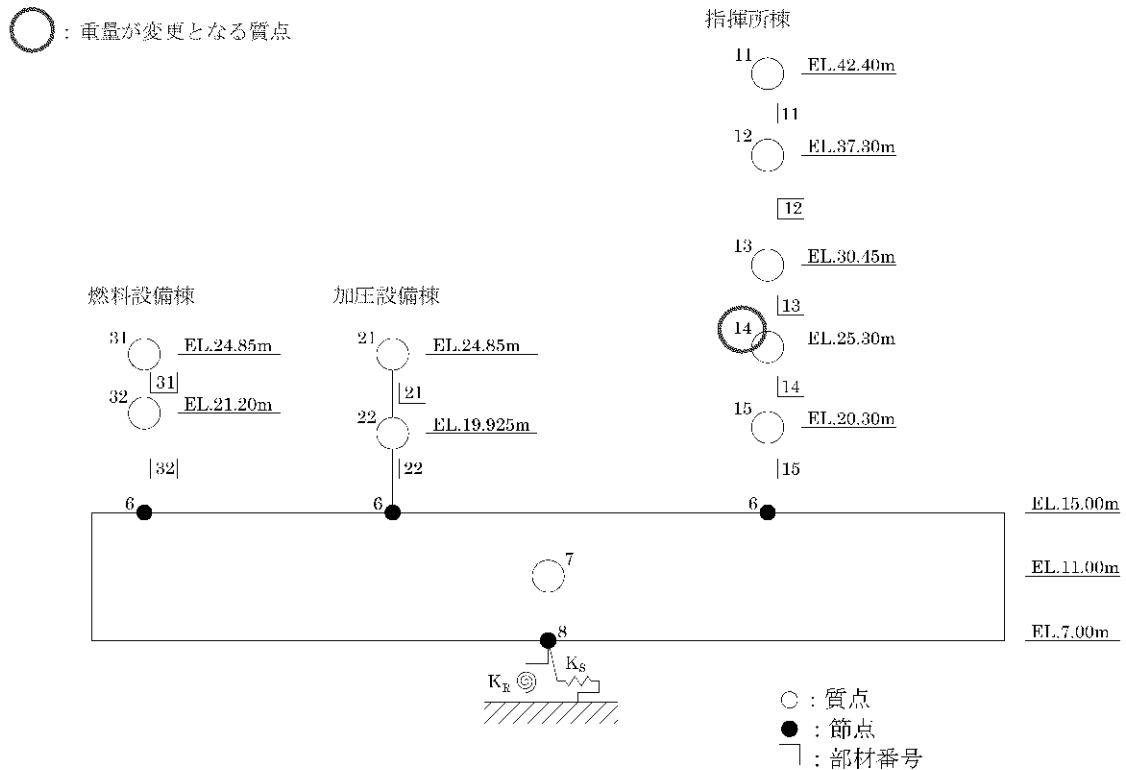
今回撤去範囲については、既評価において剛性を評価する際に考慮した壁ではなく、せん断断面積、断面二次モーメントへの影響はないため剛性への影響はない。

(2) 撤去工事中の周辺躯体への影響について

既評価において考慮している周辺躯体とは縁切りをした後に撤去を実施するため、影響はない。

(3) 質点重量の変更について

指揮所の地震応答解析モデルを第2図に、質点重量の変更内容と変動率について第1表に示す。重量の変更は軽微であり、指揮所の耐震評価に影響はない。



第2図 地震応答解析モデル

第1表 質点重量の変更内容と変動率

部位	質点番号	高さ EL. (m)	質点重量(kN)		重量の変動率(%) (②/①)
			指揮所 評価時 (①)	撤去による 減重量 (②)	
	14	25.30	6.50×10^4	$\blacktriangle 0.0031 \times 10^4$	$\blacktriangle 0.05\%$

緊急時対策棟（連絡通路、指揮所、休憩所）における
耐震壁、シール材の気密性の維持について

1. 概要

緊急時対策所（緊急時対策棟内）については、居住性の確保に関する機能が要求されており、十分な気密性を維持する設計とすることが要求されている。このうち、耐震壁、シール材について設計上の位置付けを整理するものである。

2. 耐震壁について

連絡通路の耐震壁の評価は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。気密性を維持することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことによる確認により行う。第 1 表に地震応答解析による評価の許容限界を示す。第 1 表の通り、最大せん断ひずみを弾性範囲に収めることで気密性を維持する。

第 1 表 地震応答解析による評価の許容限界

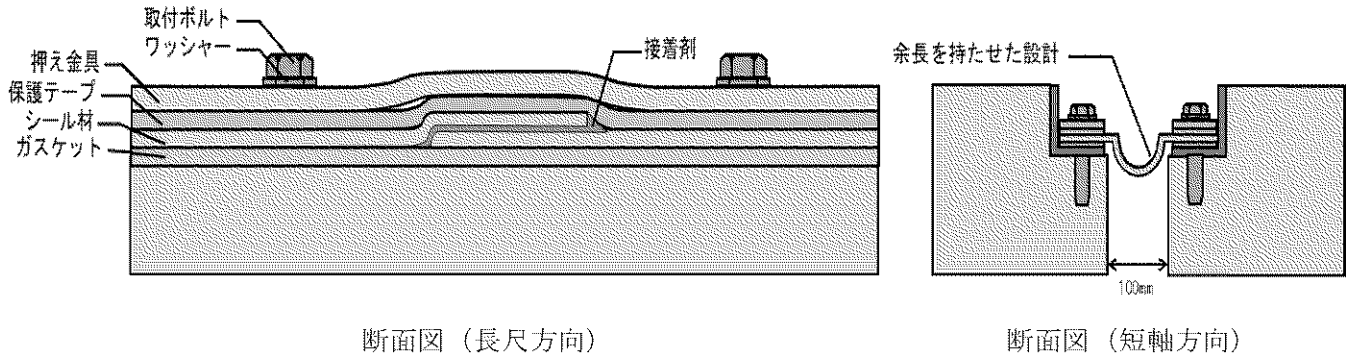
要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
気密性	建屋内への放射性物質の進入を防止するために気密性を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)

(注1) 耐震壁のせん断ひずみが、せん断スケルトンカーブにおける第 1 折点のせん断ひずみ以下であることを「弾性範囲」とする。

(注2) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが弾性範囲であることを確認することで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

3. シール材について

シール材圧着部及びシール材同士の接合部に関しては、現地施工時、接着剤等を用いて適切に接合させ、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ない。シール部の断面図を第1図に示す。



第1図 シール部断面図

地震荷重と風荷重、
積載荷重と積雪荷重の比較

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 地震荷重と風荷重の比較	2
2.1 風荷重の評価条件	2
2.2 荷重の比較	4
3. 積載荷重と積雪荷重の比較	8
4. まとめ	9

1. 概 要

添付資料9-9「機能維持の基本方針」において、風荷重については、コンクリート構造物などの自重が大きい施設を除いて、地震力と組み合わせることとしている。本資料は、緊急時対策棟（連絡通路）（以下「連絡通路」という。）について、鉄筋コンクリート構造物に対する地震荷重と風荷重との比較を行い、風荷重の影響が軽微であることを確認することで、自重が大きい鉄筋コンクリート構造物については風荷重と地震荷重との組合せを考慮する必要がないことを説明するものである。

また、添付資料9-9「機能維持の基本方針」において、積雪荷重については、積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物など常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力と組み合わせることとしている。本資料は、連絡通路について、積雪荷重が積載荷重に包絡されることを確認することで、積雪荷重と地震荷重との組合せは、積載荷重と地震荷重との組合せで考慮されることを説明するものである。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」

2. 地震荷重と風荷重の比較

2.1 風荷重の評価条件

連絡通路の風荷重の評価条件である速度圧を第 2-1 表に示す。

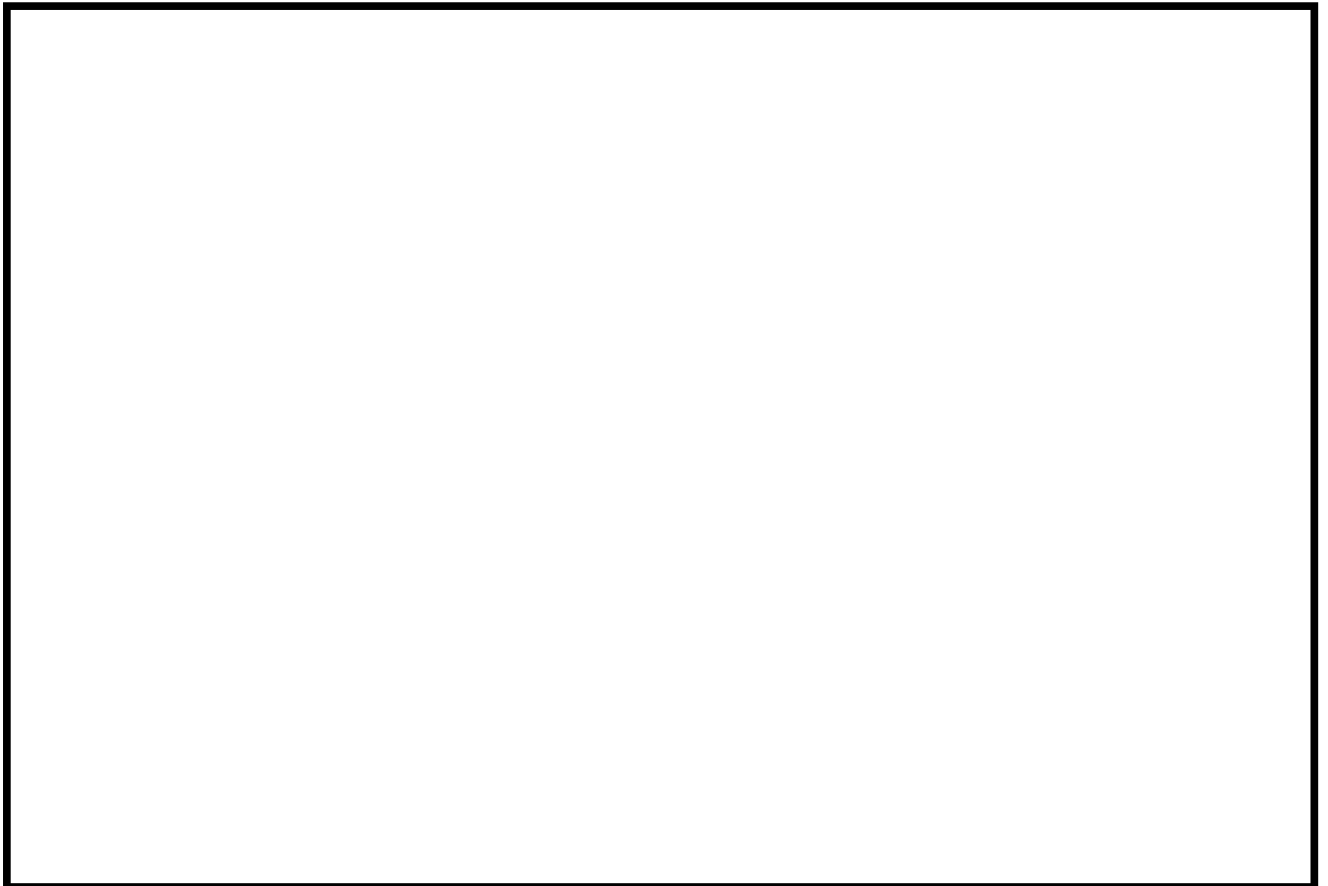
また、連絡通路の概略平面図及び概略断面図を第 2-1 図及び第 2-2 図に示す。

第 2-1 表 評価条件

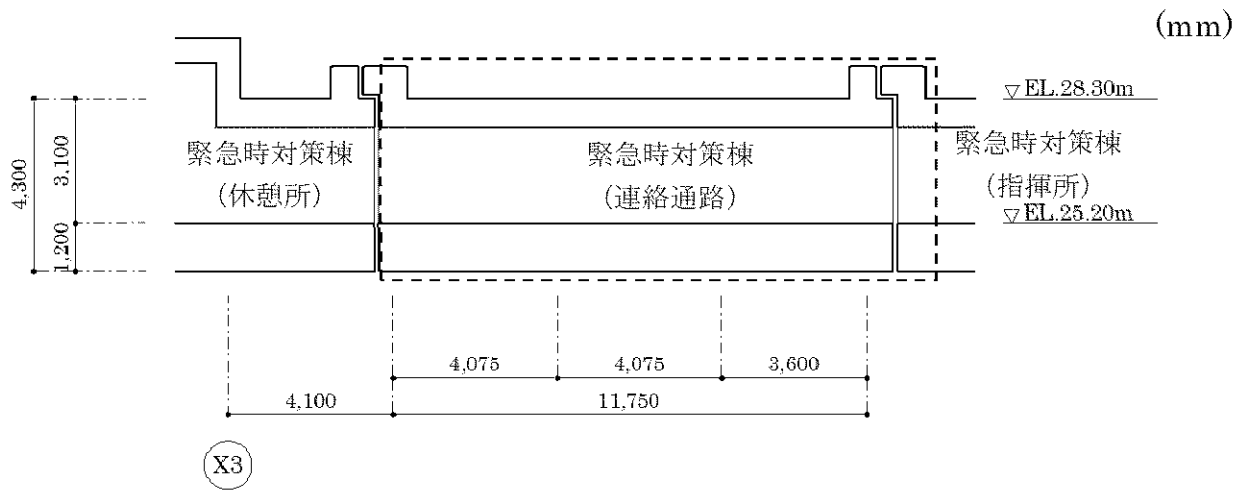
	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_G (m)	α	ガスト影響 係数 G	速度圧 q (N/m^2)
連絡通路	36	3.8	350	0.15	1.0	628

(注) 川内原子力発電所敷地状況より、地表面粗度区分はⅡとする。

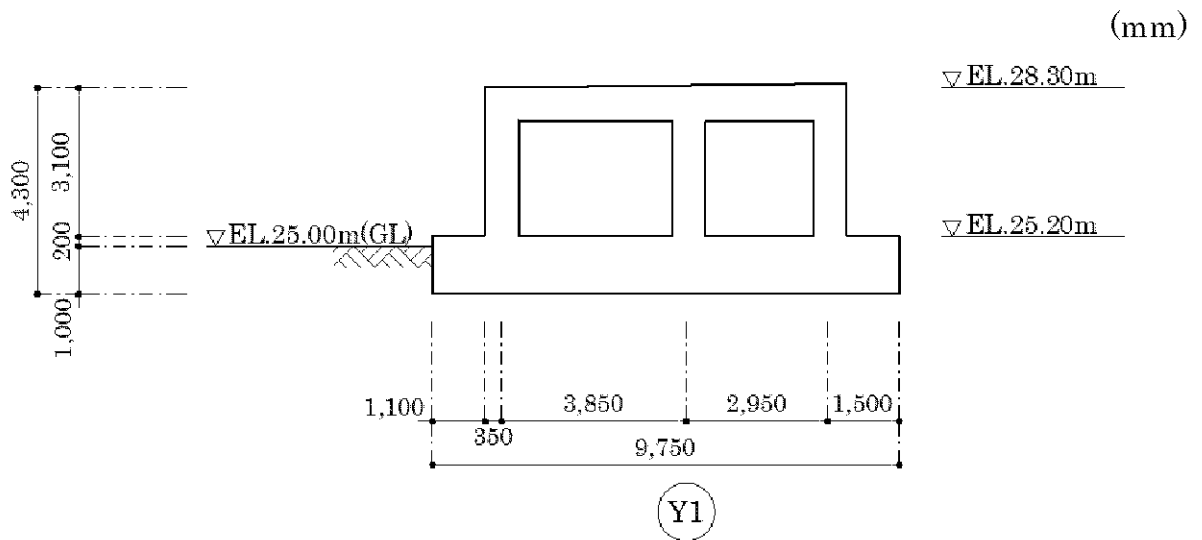
Z_G 、 α ：地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1454 号に掲げる数値
地震と組み合わせる場合のガスト影響係数は 1.0 とする。



第 2-1 図 連絡通路の概略平面図



(a) A-A 断面



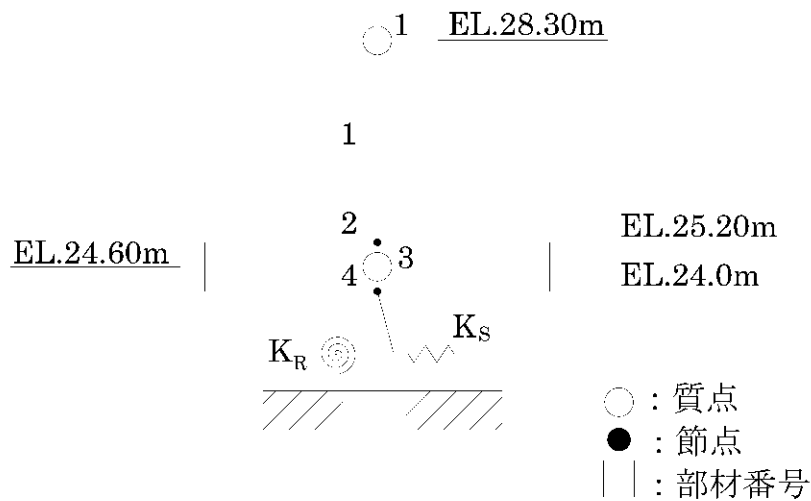
(b) B-B 断面

第 2-2 図 連絡通路の概略断面図

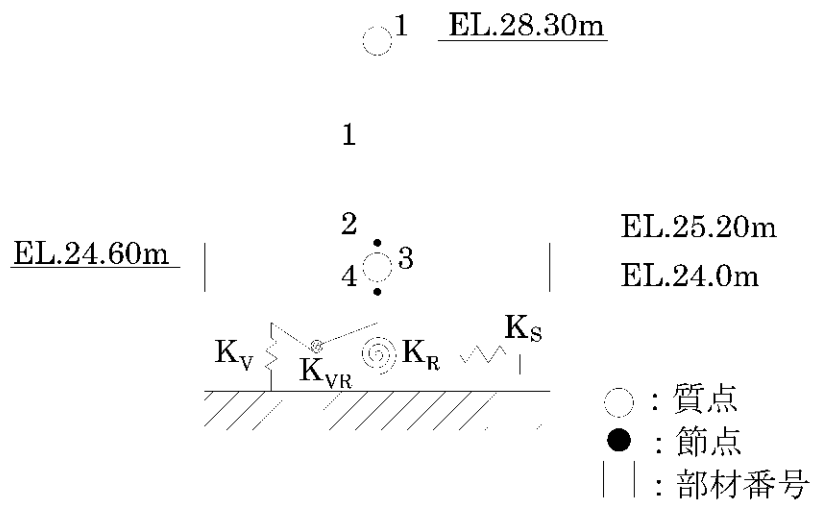
2.2 荷重の比較

風荷重による層せん断力について、第2-1表に示す速度圧に基づき算出する。ここで、風荷重による層せん断力は、風荷重により発生する建屋の地震応答解析モデルにおける部材の層せん断力である。また、地震荷重による層せん断力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より得られた最大応答せん断力である。

連絡通路の地震応答解析モデルを第2-3図及び第2-4図に示す。また、連絡通路の風荷重による層せん断力を第2-2表、風荷重による層せん断力と地震荷重による層せん断力の比較を第2-3表に示す。



第2-3図 連絡通路の地震応答解析モデル（水平方向、SRモデル）



第 2-4 図 連絡通路の地震応答解析モデル（水平方向、誘発上下動モデル）

第 2-2 表 連絡通路の風荷重による層せん断力

(a) NS 方向

部材 番号	高さ (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m ²)	速度圧 q (N/m ²)	風荷重による 層せん断力 $\Sigma q \cdot C \cdot A$ (kN)
1	EL.28.30~ EL.25.20	風上	0.80	43.2	628	33
		風下	-0.40	43.2		

(b) SN 方向

部材 番号	高さ (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m ²)	速度圧 q (N/m ²)	風荷重による 層せん断力 $\Sigma q \cdot C \cdot A$ (kN)
1	EL.28.30~ EL.25.20	風上	0.80	43.2	628	33
		風下	-0.40	43.2		

(c) EW 方向

部材 番号	高さ (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m ²)	速度圧 q (N/m ²)	風荷重による 層せん断力 $\Sigma q \cdot C \cdot A$ (kN)
1	EL.28.30~ EL.25.20	風上	0.80	32.5	628	25
		風下	-0.40	32.5		

(d) WE 方向

部材 番号	高さ (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m ²)	速度圧 q (N/m ²)	風荷重による 層せん断力 $\Sigma q \cdot C \cdot A$ (kN)
1	EL.28.30~ EL.25.20	風上	0.80	32.5	628	25
		風下	-0.40	32.5		

第2-3表 連絡通路の層せん断力の比較

(a) NS方向

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① ($\times 10^3\text{kN}$)	地震荷重による 層せん断力 ② ($\times 10^3\text{kN}$)	層せん断力比 ②/①
1	0.033	3.50	106.1

(b) SN方向

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① ($\times 10^3\text{kN}$)	地震荷重による 層せん断力 ② ($\times 10^3\text{kN}$)	層せん断力比 ②/①
1	0.033	3.50	106.1

(c) EW方向

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① ($\times 10^3\text{kN}$)	地震荷重による 層せん断力 ② ($\times 10^3\text{kN}$)	層せん断力比 ②/①
1	0.025	3.45	138.0

(d) WE方向

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① ($\times 10^3\text{kN}$)	地震荷重による 層せん断力 ② ($\times 10^3\text{kN}$)	層せん断力比 ②/①
1	0.025	3.45	138.0

3. 積載荷重と積雪荷重の比較

連絡通路について、積載荷重と積雪荷重の比較を第3-1表に示す。

第3-1表 積載荷重及び積雪荷重の比較

	地震荷重と組み合わせる積雪荷重 ① ^(注) (N/m ²)	地震荷重と組み合わせる積載荷重 ② (N/m ²)	荷重比 ②/①
連絡通路	210	800	3.81

(注) 建築基準法の多雪区域における積雪荷重及び地震荷重の組合せを適用して建築基準法施行細則（鹿児島県）に定められた薩摩川内市の垂直積雪量 30cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮して算出。

4. まとめ

本資料では、連絡通路について、地震荷重と風荷重を比較した結果、風荷重の影響が軽微であることから、自重が大きいコンクリート構造物については風荷重と地震荷重との組合せを考慮する必要はないことを確認した。

また、連絡通路について、積雪荷重が積載荷重を下回るため、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ことを確認した。

緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析における
軸力の比較について

1. 概要

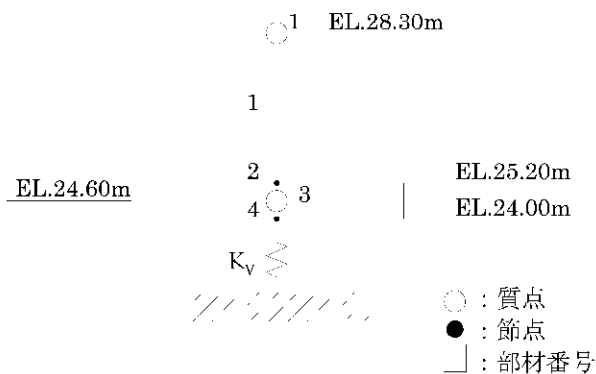
緊急時対策棟（連絡通路）における地震応答解析においては、解析ケースにより SR モデル、誘発上下動モデル、鉛直方向モデルを用いている。

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について時刻歴上で合成し、その最大軸力を考慮して誘発上下動モデルを用いる場合の接地圧を算出しているが、各軸力の時刻歴について比較を実施するものである。

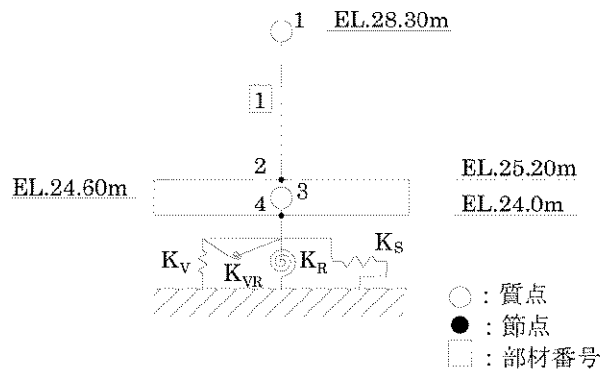
2. 比較結果

地震応答解析モデル（鉛直方向）を第 1 図、誘発上下動モデルを第 2 図に、各モデルを用いた評価により算出される軸力を第 3 図及び第 4 図に示す。

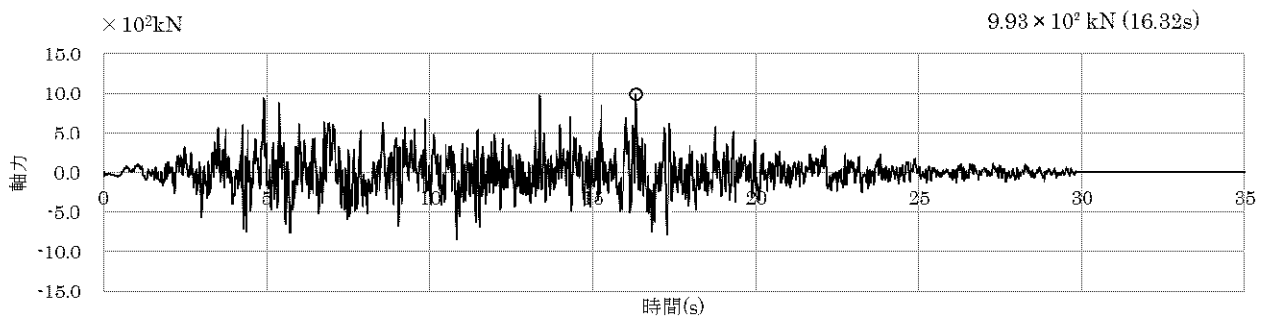
各モデルにより算出される軸力について、最大軸力が発生する時間は異なっていることを確認した。なお、第 4 図に示す通り、誘発上下動モデルによる軸力は小さく、鉛直方向入力における軸力と水平方向入力における誘発上下動による軸力を時刻歴上で合成しても、最大軸力は第 3 図の地震応答解析モデル（鉛直方向）による軸力の最大値 $9.93 \times 10^2 \text{kN}$ (16.32s) となる。



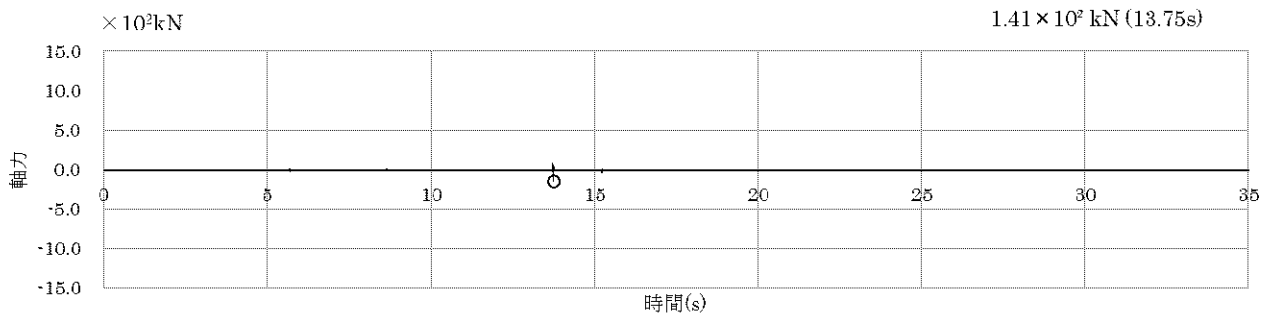
第 1 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）



第 2 図 誘発上下動モデル



第 3 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）の軸力（時刻歴）



第 4 図 誘発上下動モデルの軸力（時刻歴）

建物・構築物の耐震評価における
組合せ係数法の適用

目 次

	頁
1. 概 要	1
1.1 検討概要	1
1.2 評価対象部位及び検討方針	3
2. 検討結果	8
2.1 基礎地盤の検討	8
2.2 上部構造の検討	11
3. まとめ	16

1. 概 要

1.1 検討概要

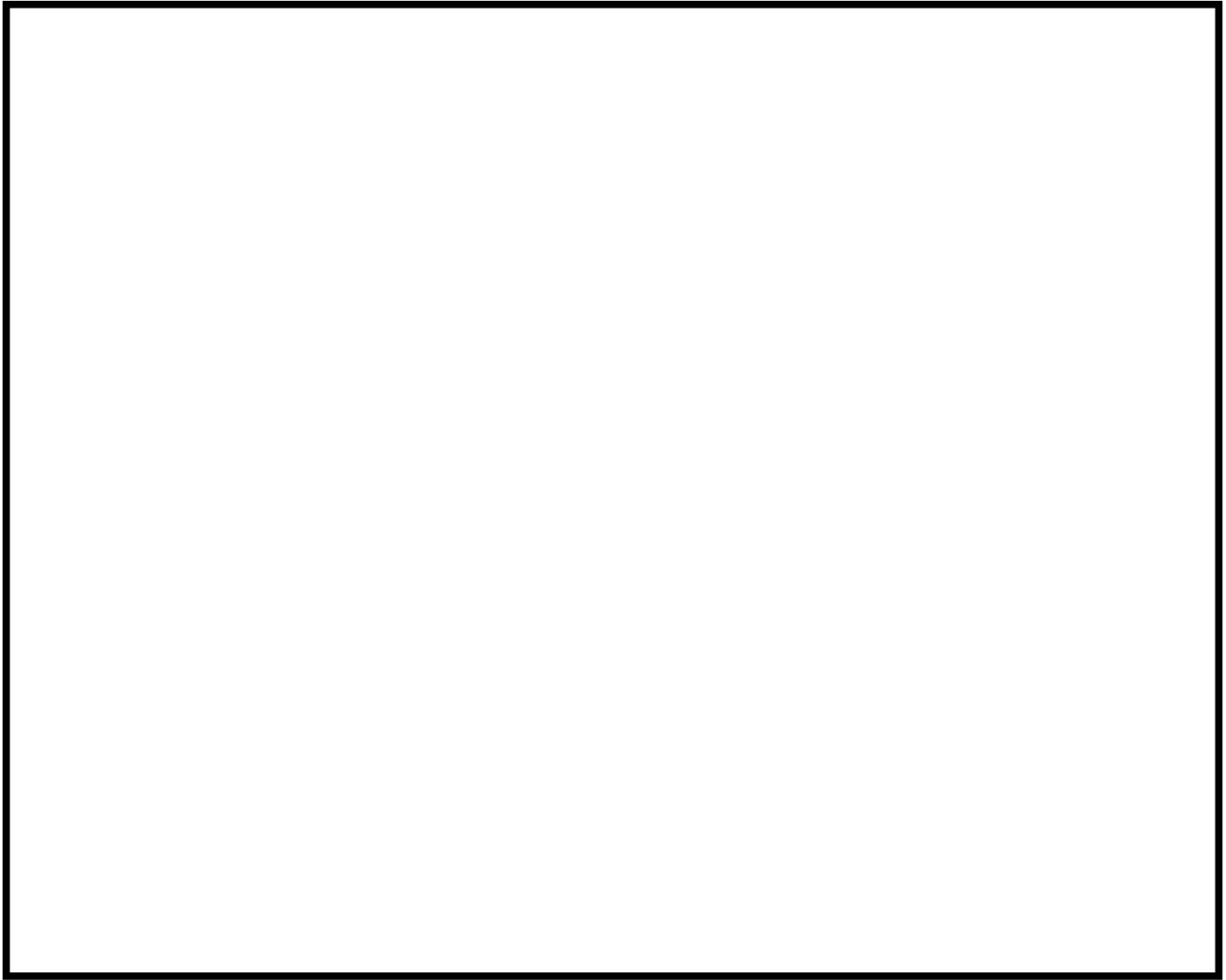
本資料は、川内原子力発電所の緊急時対策棟（連絡通路）（以下「連絡通路」という。）の耐震評価における組合せ係数法の適用性について説明するものである。

連絡通路の耐震評価において、水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した評価結果と、水平方向及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた評価結果との比較を行うことで、組合せ係数法の適用性を確認する。

連絡通路の概略平面図を第1-1図に示す。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料9-13-2「緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書」



第 1-1 図 連絡通路の概略平面図

1.2 評価対象部位及び検討方針

1.2.1 評価対象部位

連絡通路の耐震評価に考慮する荷重の組合せにおいては、以下に示す組合せ係数法を適用し、水平方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、評価を行っている。

- ① $1.0 \times$ 水平地震力による荷重 $+ 0.4 \times$ 鉛直地震力による荷重
- ② $0.4 \times$ 水平地震力による荷重 $+ 1.0 \times$ 鉛直地震力による荷重

耐震評価に組合せ係数法を用いている評価対象部位を第 1-1 表に示す。基礎地盤については、地震応答解析による評価において、接地圧の評価を行っており、その他の部位については、応力解析による評価において、断面の評価を行っている。

第 1-1 表 耐震評価に組合せ係数法を用いている評価対象部位

建物・構築物	評価対象部位	評価方法	地震動
連絡通路	壁、床及び屋根	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	基礎地盤	地震応答解析による評価 (接地圧の評価)	基準地震動 S_s
	基礎版	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s

1.2.2 検討方針

連絡通路の耐震評価において、水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合の評価結果が、水平方向及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果と同等又は保守的であることを確認する。

ここで、建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画に係る補足説明資料 11-4「建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用」（以下「新規制基準工認」という。）において、基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 並びに弾性設計用地震動 S_d-1 及び S_d-2 に対する評価を行い、建物・構築物の耐震評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認している。

但し、添付資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」において算定した連絡通路の接地率が小さく、浮き上がりによる非線形性の影響が大きいことから、新規制基準工認における建物・構築物と異なる地震応答特性となることが考えられる。したがって、本資料では、連絡通路の組合せ係数法の適用性を検討する。

組合せ係数法を用いて評価している部位は、大きく「基礎地盤」、「基礎」及び「上部構造物」に分類される。

基礎地盤（接地圧）の検討は、組合せ係数法を適用した場合の接地圧が時々刻々重ね合わせた場合の接地圧と同等又は保守的であることを確認する。同等又は保守的と言えない場合は、時々刻々重ね合わせた場合の接地圧を用いて、接地圧評価への影響検討を行う。

基礎の検討は、基礎への地震荷重の入力と関連が深い接地圧の検討において、組合せ係数法を適用した場合の接地圧が時々刻々重ね合わせた場合の接地圧を下回る場合について、検討を行う。検討においては、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し、組合せ係数法を適用して算出した接地圧が時々刻々重ね合わせた場合の接地圧と同等又は保守的であることを確認する。同等又は保守的と言えない場合は、時々刻々重ね合わせた場合の接地圧を用いて、基礎の応力解析による評価への影響検討を行う。

上部構造物の検討は、壁の縁応力度に対する検討を行うこととし、基準地震動 S_s を包絡し、組合せ係数法を適用して算出した縁応力度が、時々刻々重ね合わせた場合の縁応力度と同等又は保守的であることを確認する。

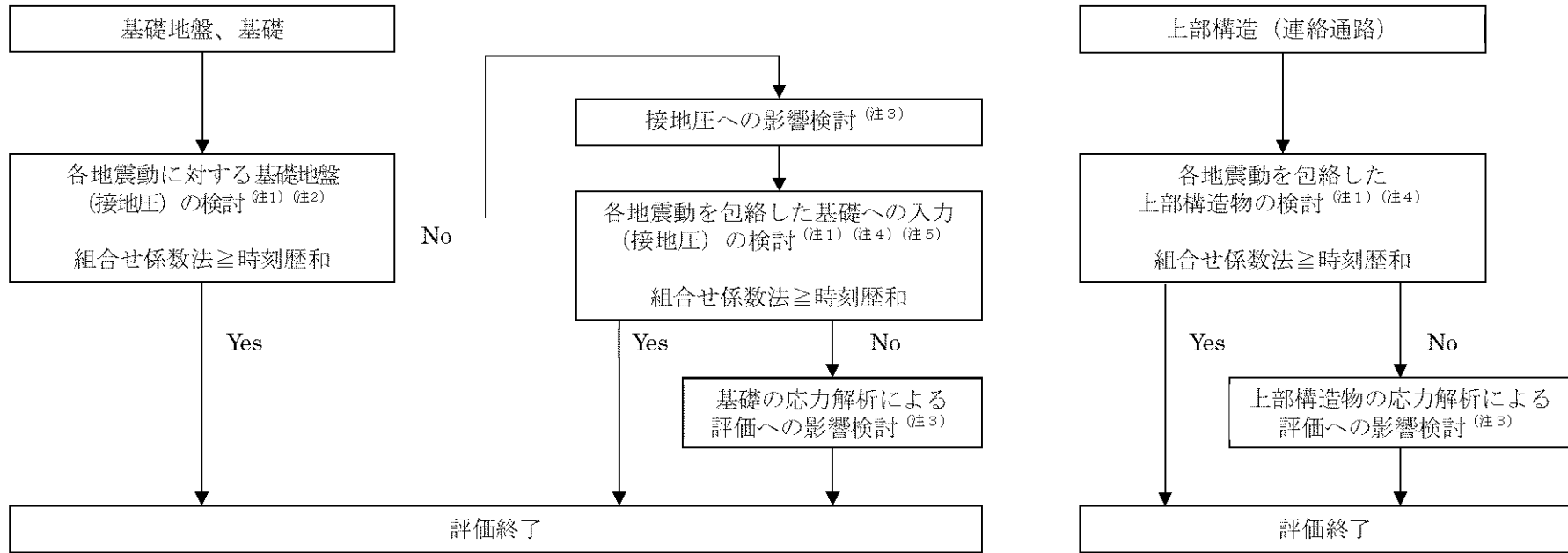
同等又は保守的と言えない場合は、時々刻々重ね合わせた場合の縁応力度を用いて、壁の応力解析による評価への影響検討を行う。

組合せ係数法を適用した場合の評価結果と、水平方向及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果との比較は、添付資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」に示す基本ケースの結果を用いる。

接地圧評価への影響検討並びに基礎及び上部構造物の応力解析による評価への影響検討を行う場合は、地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した応力評価結果に、上述の基本ケースの結果を用いて算出した割増係数を乗じて影響検討を行う。

検討フローを第 1-2 図に示す。

連絡通路の基本ケースに用いる地震応答解析モデルを第 1-3 図に示す。



(注1) 基本ケースによる検討

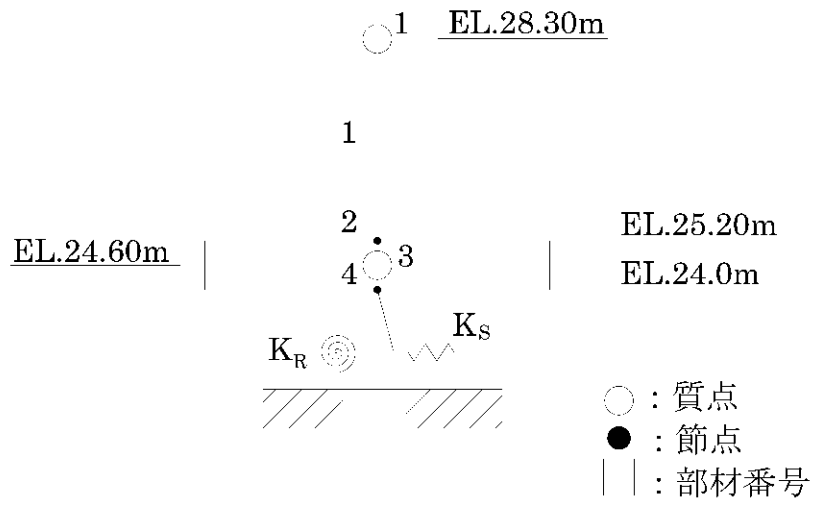
(注2) 基準地震動 S_s 各波に対する検討

(注3) 材料物性のばらつき等を考慮した検討

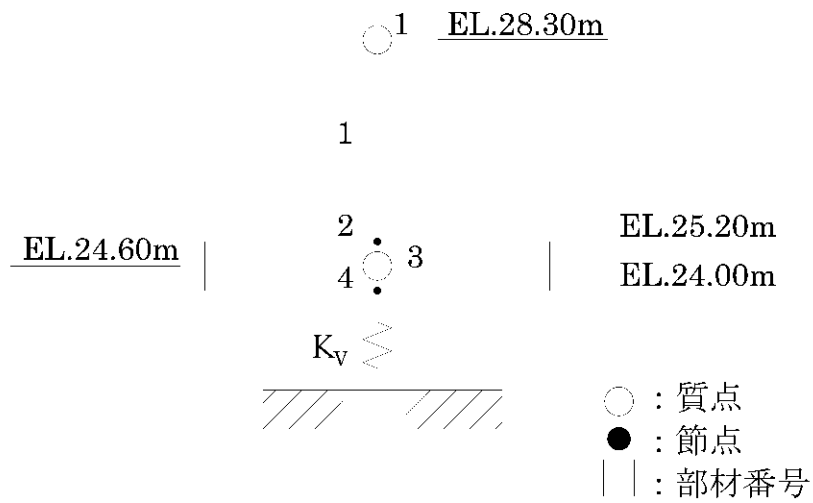
(注4) 基準地震動 S_s 各波を包絡した検討

(注5) 基礎へ入力される地震荷重は、接地圧との関連が深いため、基礎への入力の検討は、接地圧による検討を行う。

第1-2図 検討フロー



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 1-3 図 連絡通路の地震応答解析モデル

2. 検討結果

2.1 基礎地盤の検討

2.1.1 検討内容

連絡通路について、組合せ係数法による最大接地圧と時刻歴和による接地圧の最大値とを比較して、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値と同等又は保守的であることを確認する。

組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値と同等又は保守的と言えない場合には、接地圧への影響検討として、材料物性のばらつき等を考慮した組合せ係数法による最大接地圧に、最大接地圧の比による割増し係数を乗じた値が許容限界を超えないことを確認する。

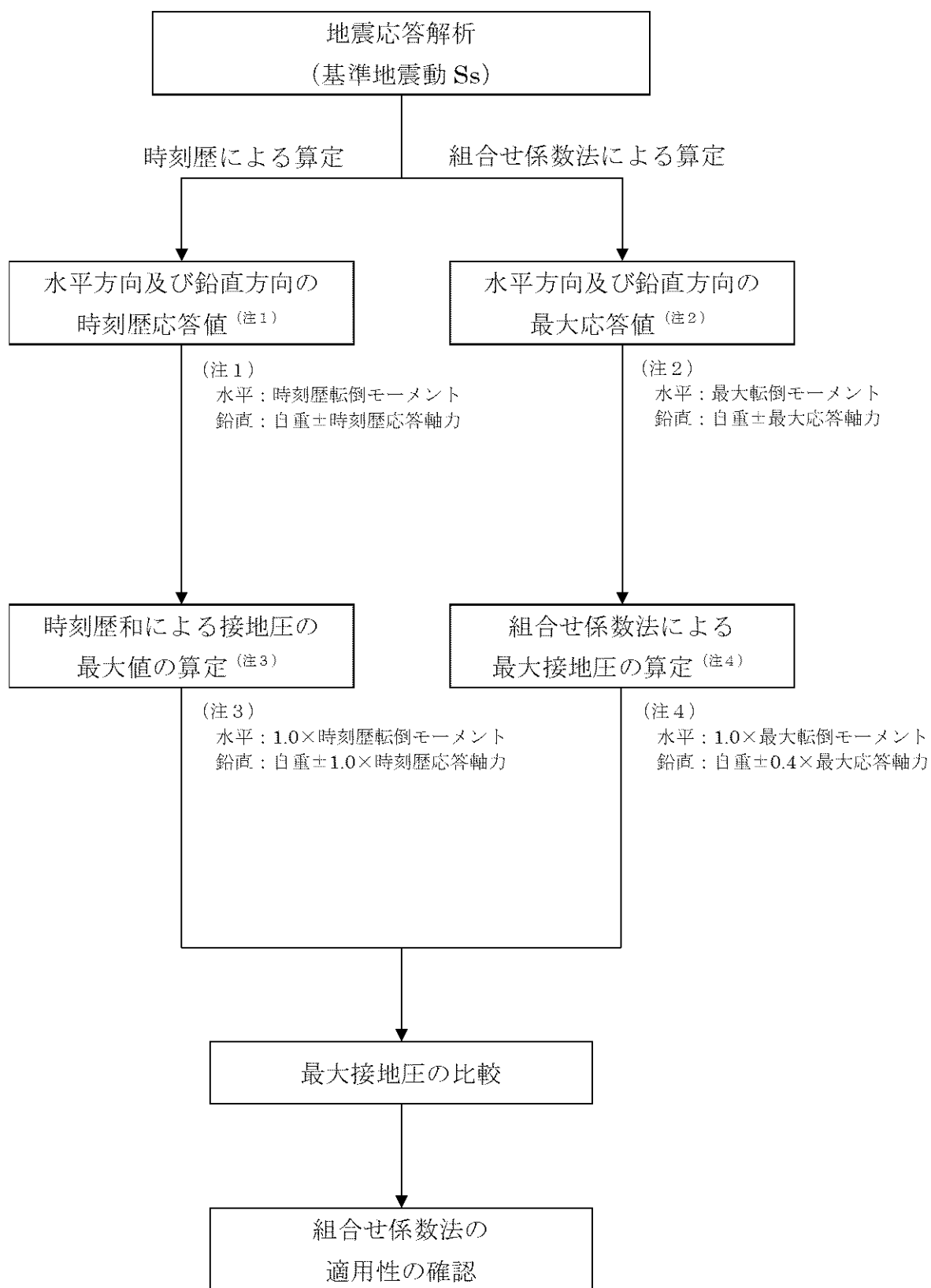
以上より、接地圧の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討に用いる地震動は、基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 とする。

組合せ係数法による最大接地圧は、自重、最大転倒モーメント及び最大応答軸力に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力から算定する。

これに対して、時刻歴和による接地圧の最大値は、自重、時刻歴転倒モーメント及び時刻歴応答軸力から、時刻ごとに算定した接地圧の最大値とする。

基礎地盤の検討フローを第 2-1 図に示す。



第2-1図 基礎地盤の検討フロー

2.1.2 検討結果

連絡通路について、組合せ係数法による最大接地圧 (①)、時刻歴和による接地圧の最大値 (②) 及び最大接地圧の比 (①/②) を第 2-1 表に示す。

検討の結果、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値に比べて保守的な値となっていることから、接地圧の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

第 2-1 表 最大接地圧の比較^(注)

(a) 基準地震動 Ss-1

	NS 方向		EW 方向	
	+鉛直方向	-鉛直方向	+鉛直方向	-鉛直方向
①組合せ係数法による最大接地圧(N/mm ²)	0.200		0.152	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm ²)	0.181	0.183	0.147	0.144
最大接地圧の比 (①/②)	1.10	1.09	1.03	1.06

(b) 基準地震動 Ss-2

	NS 方向		EW 方向	
	+鉛直方向	-鉛直方向	+鉛直方向	-鉛直方向
①組合せ係数法による最大接地圧(N/mm ²)	0.155		0.137	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm ²)	0.148	0.148	0.130	0.127
最大接地圧の比 (①/②)	1.05	1.05	1.05	1.08

(注) 基本ケースによる検討結果を示す。

2.2 上部構造の検討

2.2.1 検討内容

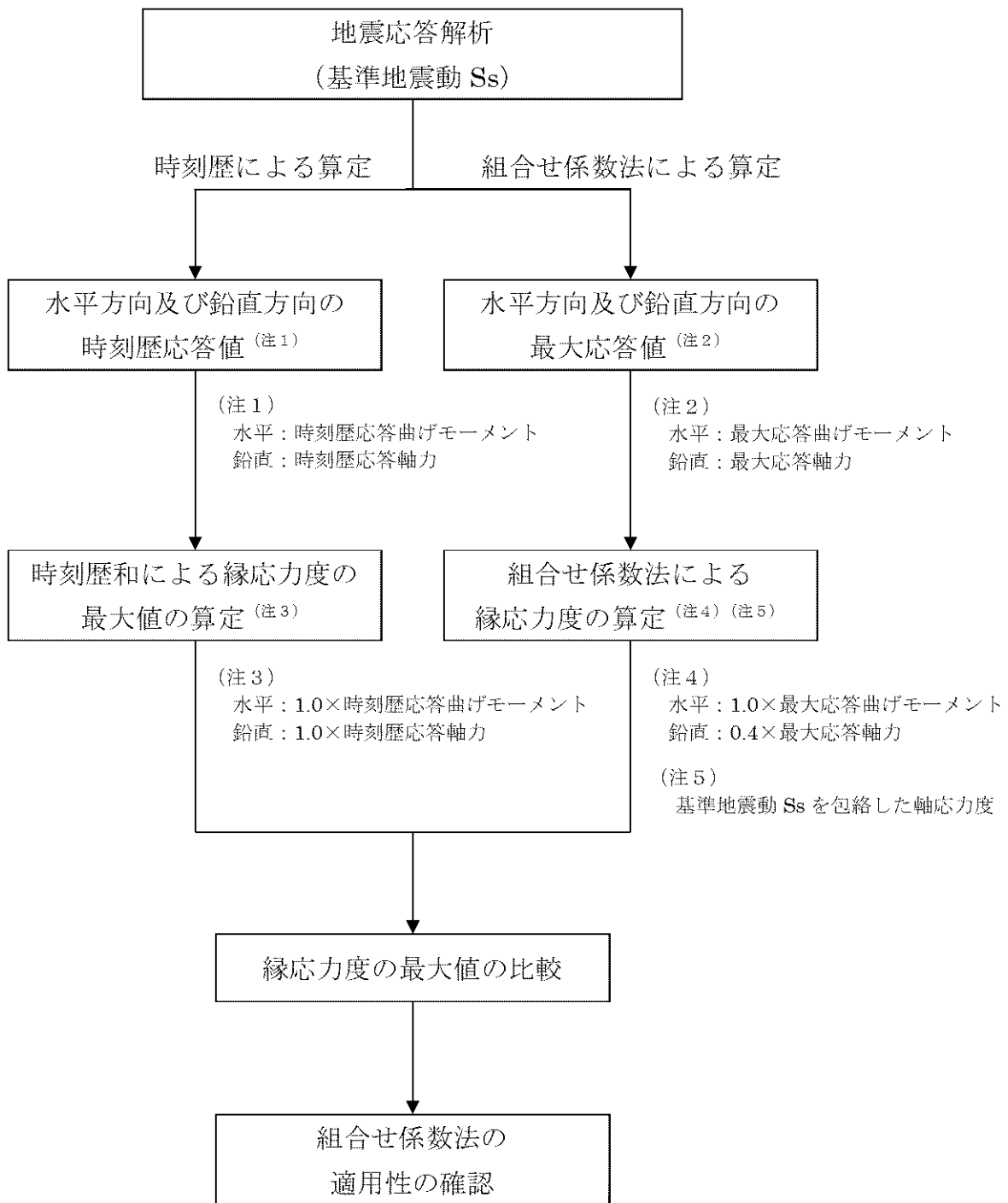
連絡通路の壁について、組合せ係数法による縁応力度と時刻歴和による縁応力度の最大値とを比較し、組合せ係数法による縁応力度が時刻歴和による縁応力度の最大値と同等又は保守的であることを確認することにより、上部構造の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討に用いる地震動は、基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 とする。

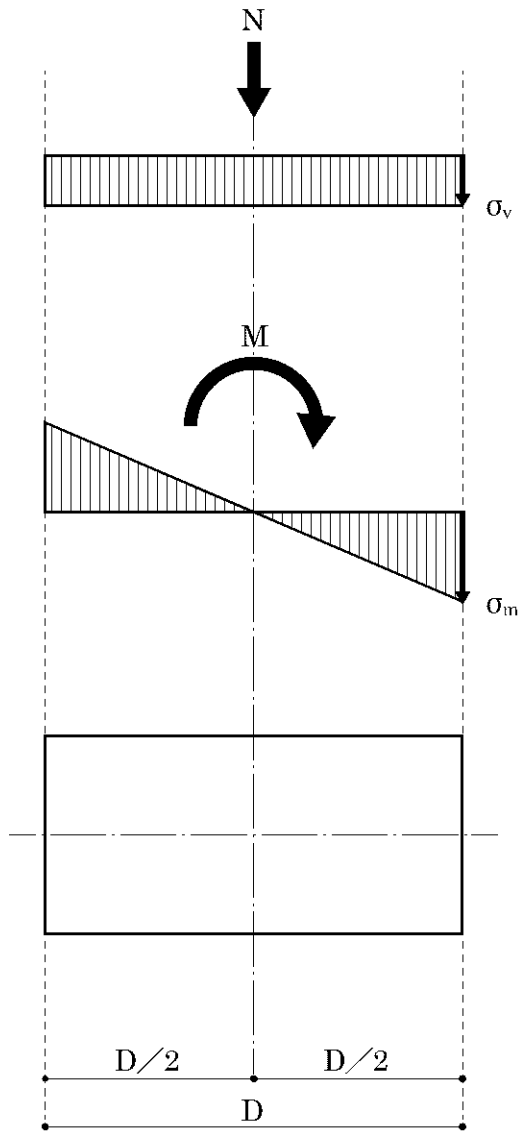
壁の縁応力度は、最大応答曲げモーメント及び最大応答軸力に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力から算定している。

これに対して、時刻歴和による縁応力度の最大値は、選定した地震動を用い、時刻ごとに、時刻歴応答曲げモーメントから算定した縁応力度と時刻歴応答軸力から算定した軸応力度の和の最大値とする。

上部構造の検討フローを第 2-2 図に、軸力による軸応力度及び曲げモーメントによる縁応力度の算定方法を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 上部構造の検討フロー



軸力 N による軸応力度 σ_v 及び曲げモーメント M による縁応力度 σ_m は、以下のとおり算定される。

$$\sigma_v = \frac{N}{A_i}$$

ここで、

σ_v : 鉛直地震動による軸応力度
(N/mm^2)

N : 応答軸力(N)

A_i : i 層の断面積(mm^2)

$$\sigma_m = \frac{M}{Z_i}$$

ここで、

σ_m : 水平地震動による縁応力度
(N/mm^2)

M : 応答曲げモーメント
($\text{N} \cdot \text{mm}$)

Z_i : i 層の断面係数(mm^3)

$$Z_i = \frac{I_i}{(D/2)}$$

I_i : i 層の断面 2 次モーメント(mm^4)

D : 建屋幅(mm)

第 2-3 図 軸力による軸応力度及び曲げモーメントによる縁応力度の算定方法

2.2.2 検討結果

連絡通路について、地震動ごとに組合せ係数法を適用して算出した縁応力度 (①)、基準地震動 S_s による応答値を包絡し、組合せ係数法を適用して算出した縁応力度 (②)、時刻歴和による縁応力度の最大値 (③)、縁応力度の最大値の比 (①/③及び②/③) を第 2-2 表に示す。

検討の結果、組合せ係数法による縁応力度の最大値が、時刻歴和による縁応力度の最大値に比べて保守的な値となっていることから、上部構造の応力解析による評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

第2-2表 最大縁応力度の比較 (壁) (注)

(a) 基準地震動 Ss-1

方向	部材 番号	組合せ係数法 における縁応力度 (N/mm ²)		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm ²)	縁応力度の 最大値の比 (①/③)	縁応力度の 最大値の比 (②/③)
		① Ss-1	② Ss 包絡			
NS	1	1.13	1.13	1.12	1.01	1.01
EW	1	0.260	0.261	0.250	1.04	1.04

(b) 基準地震動 Ss-2

方向	部材 番号	組合せ係数法 における縁応力度 (N/mm ²)		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm ²)	縁応力度の 最大値の比 (①/③)	縁応力度の 最大値の比 (②/③)
		① Ss-2	② Ss 包絡			
NS	1	0.933	1.13	0.919	1.02	1.23
EW	1	0.216	0.261	0.204	1.06	1.28

(注) 基本ケースによる検討結果を示す。

3. まとめ

連絡通路の耐震評価における組合せ係数法の適用性を確認する目的で、水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合と、水平方向及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合との評価結果の比較を行い、以下の結果が得られた。

(1) 基礎地盤の検討結果

組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値に比べて保守的な値となっていることから、接地圧の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

(2) 上部構造物の検討結果

組合せ係数法による縁応力度の最大値が、時刻歴和による縁応力度の最大値に比べて保守的な値となっていることから、上部構造物の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

以上の結果より、連絡通路の耐震評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

応力解析モデルの鳥瞰図
及び層分解図

目 次

	頁
1. 概 要	別 1 - 1
2. 解析モデル概要	別 1 - 2
3. 解析モデルの鳥瞰図及び層分解図	別 1 - 3
4. まとめ	別 1 - 5

1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（連絡通路）（以下「連絡通路」という。）の応力解析に用いる解析モデルについて示すものである。

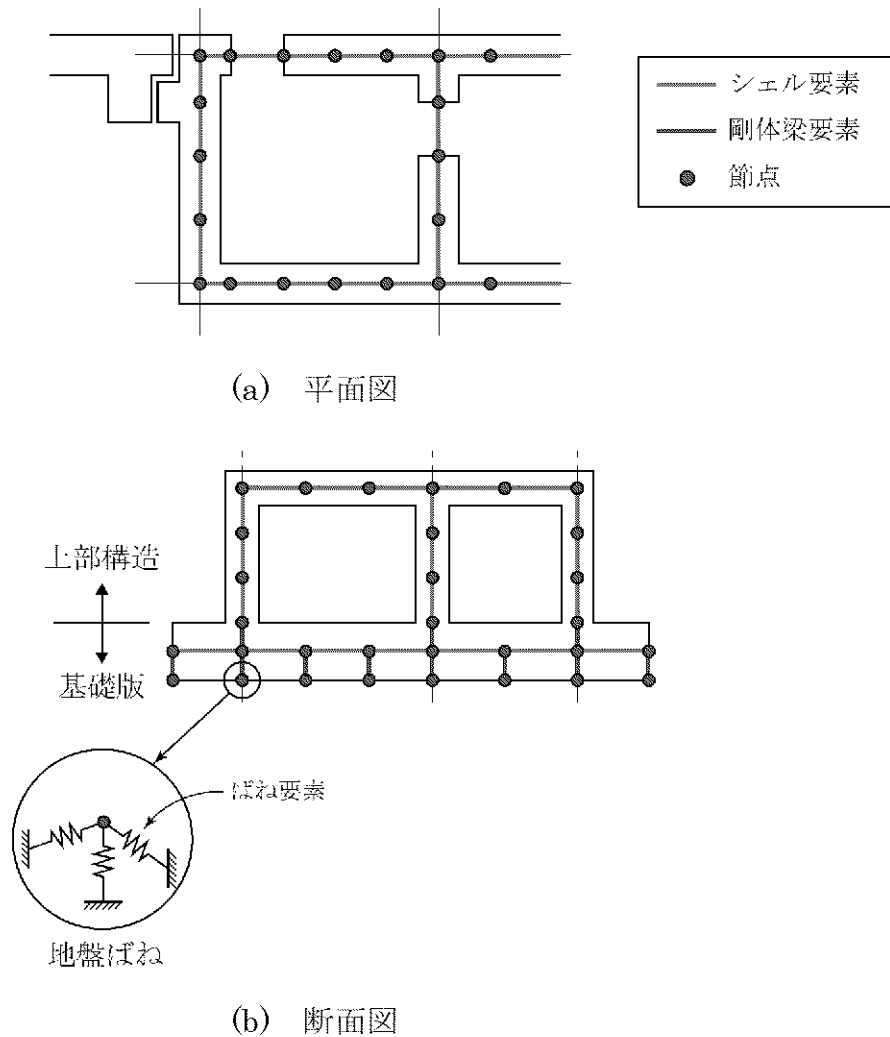
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料 9-13-2 「緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書」

2. 解析モデル概要

建屋を構成するスラブ、壁及び基礎版はシェル要素でモデル化し、シェル要素は構造芯である部材厚中心に配置する。また、基礎版厚の中心に配置した基礎版シェル要素及び上部構造のシェル要素並びに基礎版シェル要素及び地盤ばねを模擬したばね要素はいずれも剛体梁要素で接続する。

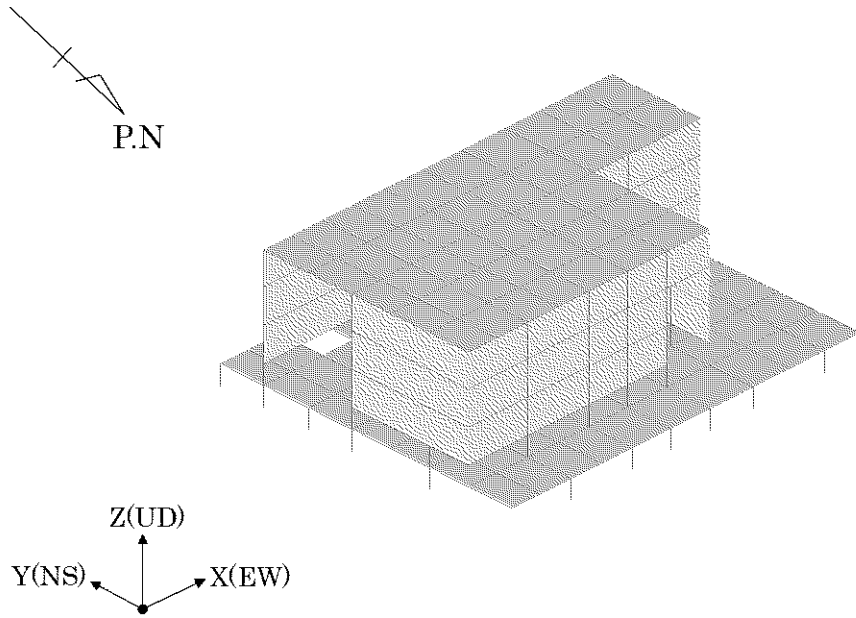
応力解析に用いる解析モデルの概念図を第2-1図に示す。



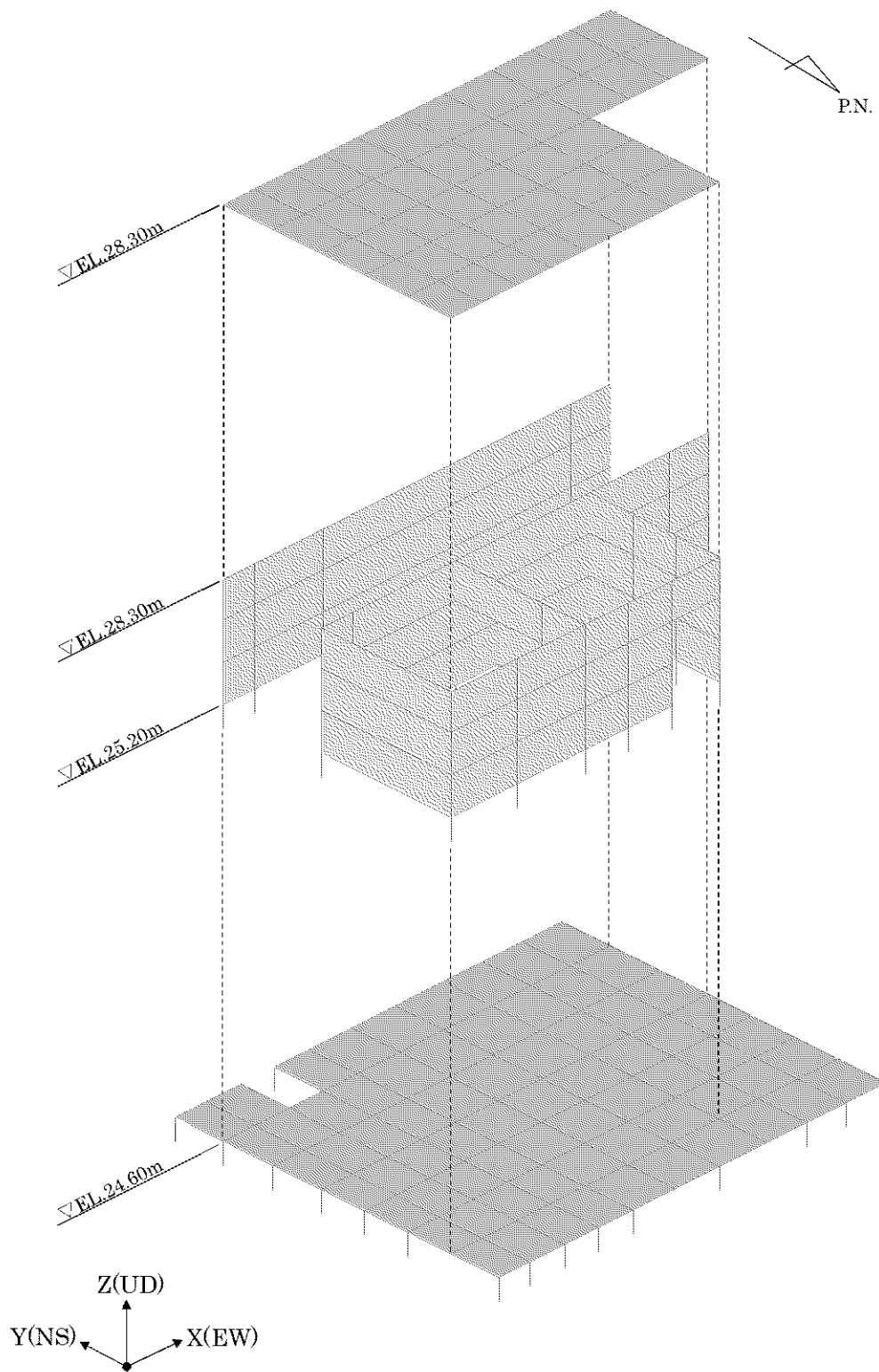
第2-1図 応力解析に用いる解析モデルの概念図

3. 解析モデルの鳥瞰図及び層分解図

連絡通路について、解析モデルの鳥瞰図及び層分解図を第3-1図及び第3-2図に示す。



第3-1図 連絡通路の解析モデル（鳥瞰図）



第 3-2 図 連絡通路の解析モデル (層分解図)

4. まとめ

連絡通路の応力解析に用いる解析モデル図について示した。