

7-2-5. 入力地震動算定用地盤モデルの  
1次元地盤モデルと2次元地盤モデルの比較

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 1次元地盤モデルと2次元地盤モデルの比較 .....	2
2.1 解析モデル .....	2
2.2 地震応答解析結果 .....	6
3. まとめ .....	8

別紙 建屋の埋め込みが機器・配管系へ与える影響に関する検討

## 1. 概 要

緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の地震応答解析モデルに入力する地震動は、炉心位置における EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を EL. -215.00m まで引き戻した上で、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置(EL.7.00m)で評価したものをを用いている。

本資料は、EL. -215.00m から基礎底面位置(EL.7.00m)の地盤の地震応答解析について、1次元波動論による地震応答解析モデル（以下「1次元地盤モデル」という。）により評価した基礎底面位置の地震動と、周辺地盤の地質・速度構造を考慮した2次元動的 FEM（以下「2次元地盤モデル」という。）により評価した基礎底面位置の地震動との比較を行い、1次元地盤モデルを用いて算定した入力地震動の妥当性を確認するものである。

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 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」

## 2. 1次元地盤モデルと2次元地盤モデルの比較

### 2.1 解析モデル

1次元地盤モデルは、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動策定に用いるモデルとし、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟直下の地盤条件に基づきモデル化する。1次元地盤モデルを第2-1図示す。

2次元地盤モデルは、設置変更許可申請書（添付資料六）における緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤の安定性評価に用いた解析モデルを基に作成し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟を通る直交2断面のうち $Y_M$ 断面とする。2次元地盤モデルを第2-2図に示す。

1次元地盤モデルと2次元地盤モデルの比較を第2-1表に示す。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎には、厚さ約5mのマンメイドロックが設置されるが、第2-2表に示すとおり、マンメイドロックのせん断剛性は、周辺岩盤のせん断剛性よりも大きく、また、その分布が局所的であることから、水平成層を仮定する1次元地盤モデルでは、マンメイドロック部のせん断剛性は、マンメイドロックを設置する前の地山のせん断剛性を用いる。

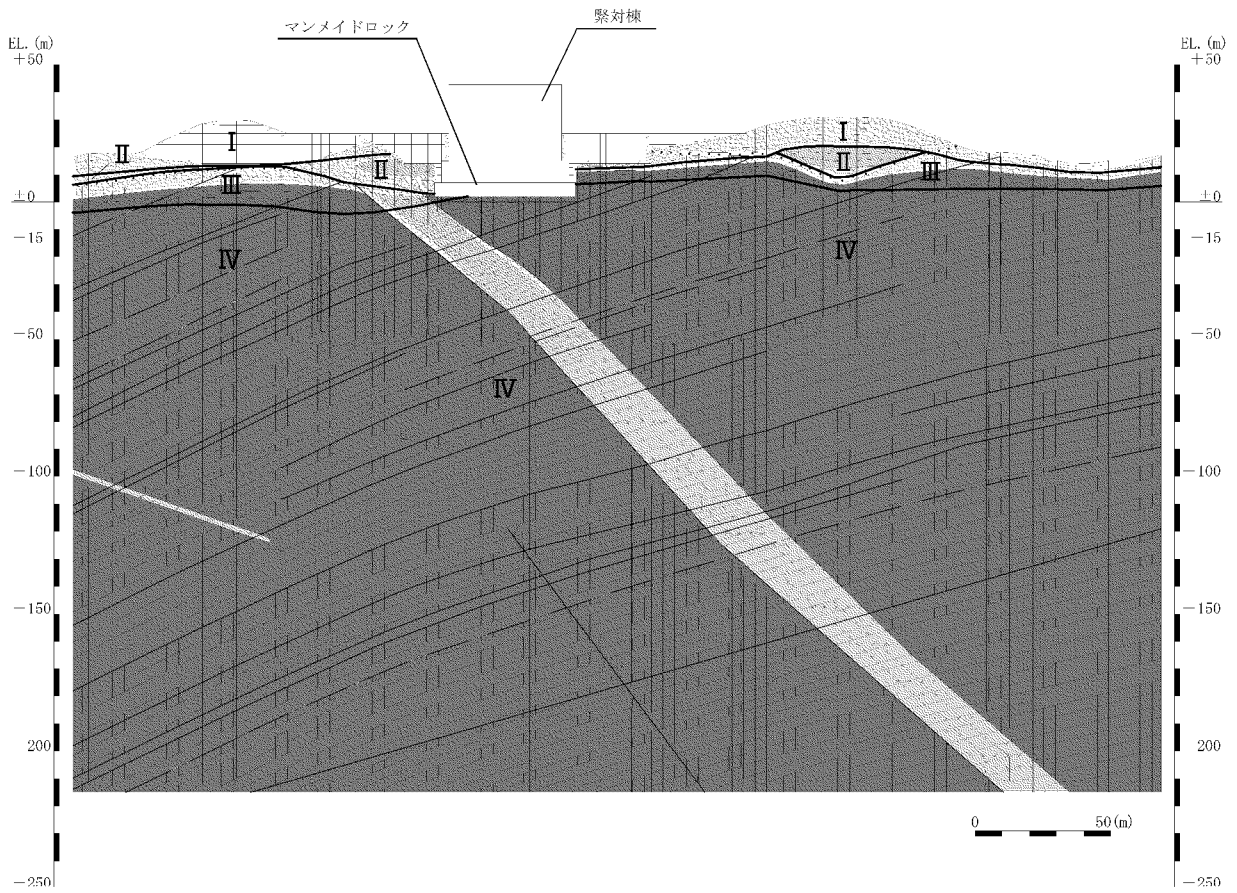
速度層 区分	V <sub>S</sub> (km/s)	V <sub>P</sub> (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m	埋戻土	—	—
EL. 19.62m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 16.86m EL. 15.27m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 11.92m EL. 10.02m	砂岩	Ⓒ	III
EL. 7.00m EL. 6.40m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	
EL. 5.74m EL. 4.92m	頁岩	Ⓒ	
EL. -215.00m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	IV

地表面

基礎底面

第2-1図 1次元地盤モデル（緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟）



Y<sub>M</sub>断面

地質及び岩級の凡例

	埋戻土		④・③級
	玄武岩		④級
	凝灰岩		③級
	八ノ久保砂礫層		②級
	珩岩		①級
	頁岩		断層
	砂岩		シーム



(注) モデル中の数字は速度層区分を示す。各速度層の  $V_s$ 、 $V_p$  は第 2-1 図と同様。

第 2-2 図 2次元地盤モデル (緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟)

第2-1表 1次元地盤モデルと2次元地盤モデルの比較

		1次元地盤モデル	2次元地盤モデル
解析手法		一次元波動論	周波数応答解析
解析 モデル	地盤モデル	建屋直下の1次元の地質・速度構造を水平成層として仮定	地質図及び速度構造図を基に要素分割
	下端標高	EL. -215.00m	同 左
	建屋モデル	建屋はモデル化しない	同 左 <sup>(注)</sup>
入力 地震動	策定方法	基準地震動 Ss を炉心位置における解放基盤表面より1次元波動論により引き戻した地震動	同 左
	入力方法	水平・鉛直個別加振	水平・鉛直同時加振
地震動取出位置		EL.7.00m	同左（緊対棟直下）

(注) 建屋はモデル化しないが、基礎底面位置に建屋重量を考慮する。

第2-2表 マンメイドロックと周辺地盤のせん断剛性の比較

		せん断剛性 (kN/m <sup>2</sup> )	備 考
マンメイドロック		8.58×10 <sup>6</sup>	設計基準強度：18.0N/mm <sup>2</sup>
周辺 岩盤	I速度層 (Vs=0.26km/s)	0.15×10 <sup>6</sup>	砂岩◎（密度2.27g/cm <sup>3</sup> ）の場合
	II速度層 (Vs=0.84km/s)	1.73×10 <sup>6</sup>	玄武岩ⓑ（密度2.45g/cm <sup>3</sup> ）の場合
	III速度層 (Vs=0.75km/s)	1.32×10 <sup>6</sup>	砂岩・頁岩Ⓐⓑ（密度2.35g/cm <sup>3</sup> ）の場合
	IV速度層 (Vs=1.62km/s)	6.17×10 <sup>6</sup>	砂岩・頁岩Ⓐⓑ（密度2.35g/cm <sup>3</sup> ）の場合

## 2.2 地震応答解析結果

1次元地盤モデル及び2次元地盤モデルの建屋基礎底面位置(EL.7.00m)における加速度応答スペクトルの比較を第2-3図に示す。入力地震動は、応答スペクトルに基づく地震動である基準地震動  $S_s-1$  とした。また、1次元地盤モデルの水平方向については、1次元波動論により求めた建屋基礎底面位置の地震動に、切欠き力となる補正水平力を考慮した加速度応答スペクトルを用いている。

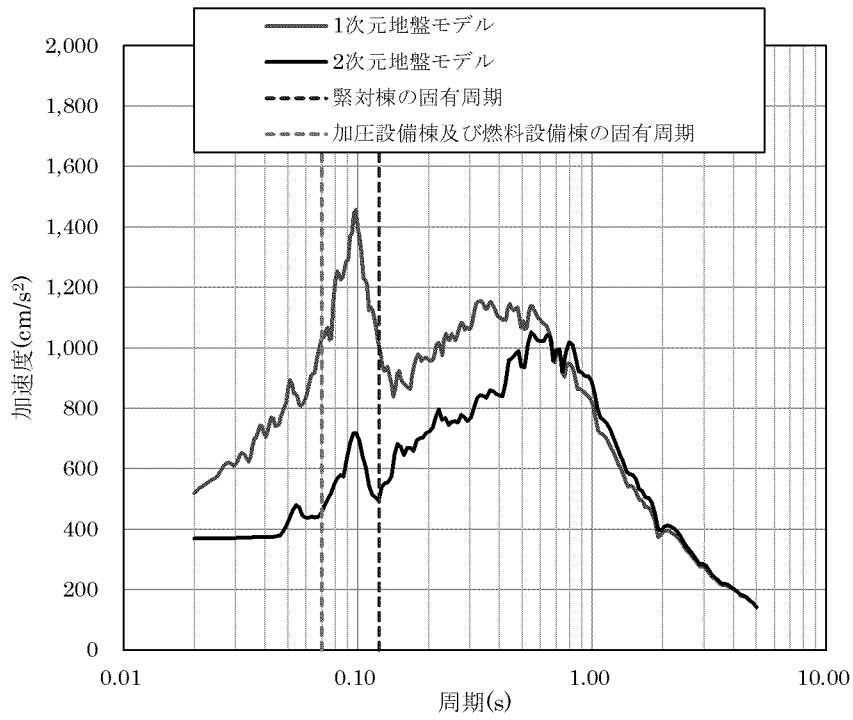
水平方向について、0.65秒程度以下の周期帯では、2次元地盤モデルの加速度応答スペクトルは、1次元地盤モデルの加速度応答スペクトルに包絡されており、その他の周期帯では概ね同等である。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の固有周期付近では、1次元地盤モデルの応答加速度が、2次元地盤モデルの応答加速度を上回っている。

鉛直方向について、0.03秒～0.06秒及び0.15秒～0.35秒程度の周期帯では、2次元地盤モデルの加速度応答スペクトルは、1次元地盤モデルの加速度応答スペクトルに概ね包絡されており、その他の周期帯では概ね同等である。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の固有周期付近では、1次元地盤モデルの応答加速度は、2次元地盤モデルの応答加速度と同等である。

以上より、1次元地盤モデルを用いた緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動は、2次元地盤モデルを用いた入力地震動よりも保守的であり、妥当であると判断される。

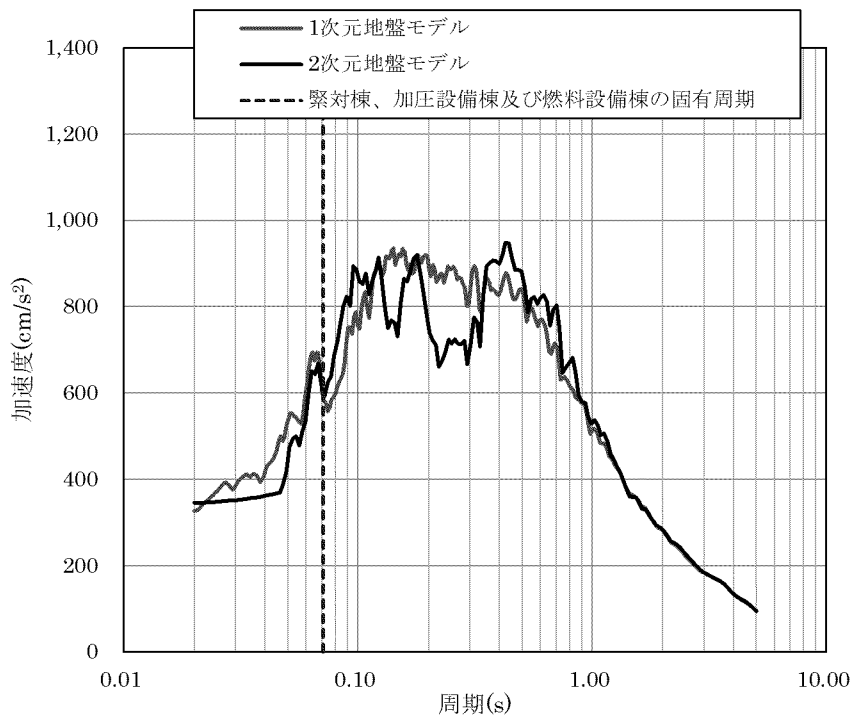


(h = 0.05)



(a) 水平方向

(h = 0.05)



(b) 鉛直方向

第 2-3 図 1次元地盤モデル及び2次元地盤モデルの加速度応答スペクトルの比較  
(Y<sub>M</sub>断面、S<sub>s</sub>-1)

### 3. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルの入力地震動の妥当性確認を目的に、1次元地盤モデル及び2次元地盤モデルを用いて、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟底面位置における地盤応答の比較を行った。

その結果、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の固有周期付近の地盤の応答加速度について、水平方向は、1次元地盤モデルの応答加速度が、周辺地盤の地質・速度構造をより詳細にモデル化した2次元地盤モデルの応答加速度を上回っていることを確認した。鉛直方向は、1次元地盤モデルの応答加速度が、2次元地盤モデルの応答加速度と同等であることを確認した。

以上より、1次元地盤モデルを用いた緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動は、2次元地盤モデルを用いた入力地震動よりも保守的であり、妥当であると判断される。

7-2-5-別紙. 建屋の埋め込みが機器・配管系へ  
与える影響に関する検討

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 - 1
1.1 検討概要 .....	別 - 1
1.2 検討方針 .....	別 - 3
2. 建屋の埋め込みによる影響検討方法 .....	別 - 5
2.1 入力地震動 .....	別 - 5
2.2 2次元地盤 FEM モデル .....	別 - 9
2.3 解析方法 .....	別 - 15
3. 機器・配管系への影響確認 .....	別 - 16
4. まとめ .....	別 - 20

## 1. 概 要

### 1.1 検討概要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）について、建屋の埋め込みが機器・配管系へ与える影響について説明するものである。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、同一基礎版上に設置された建物であり、埋込深さは約 18m である。一方で、添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す建屋の地震応答解析モデルについては、建屋の埋め込みを考慮していない。

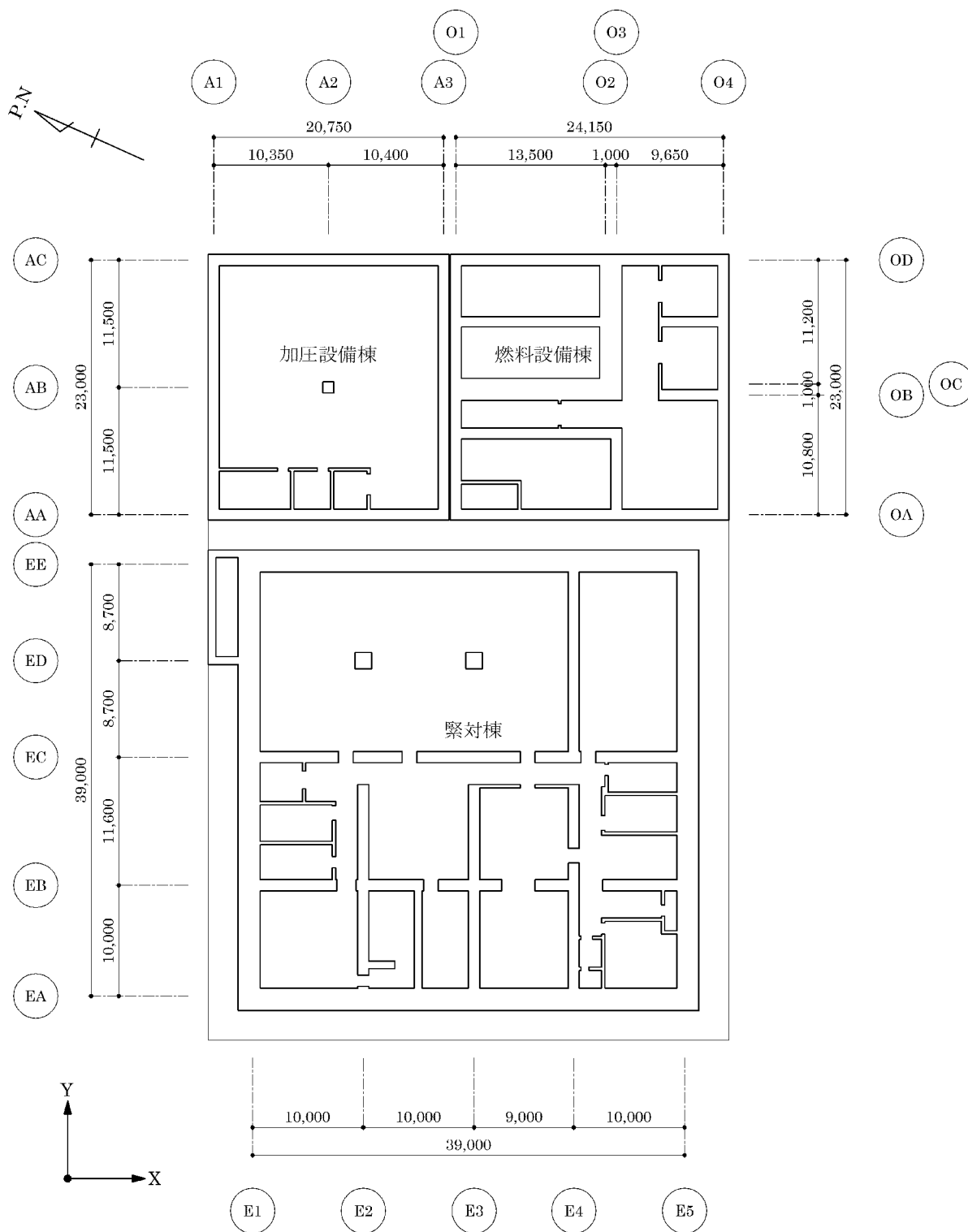
そこで、本資料では、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルについて、建屋の埋め込みを考慮したモデルを別途作成し、建屋の埋め込みが、機器・配管系へ与える影響について検討を行う。

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 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図を第 1-1 図に示す。

(mm)



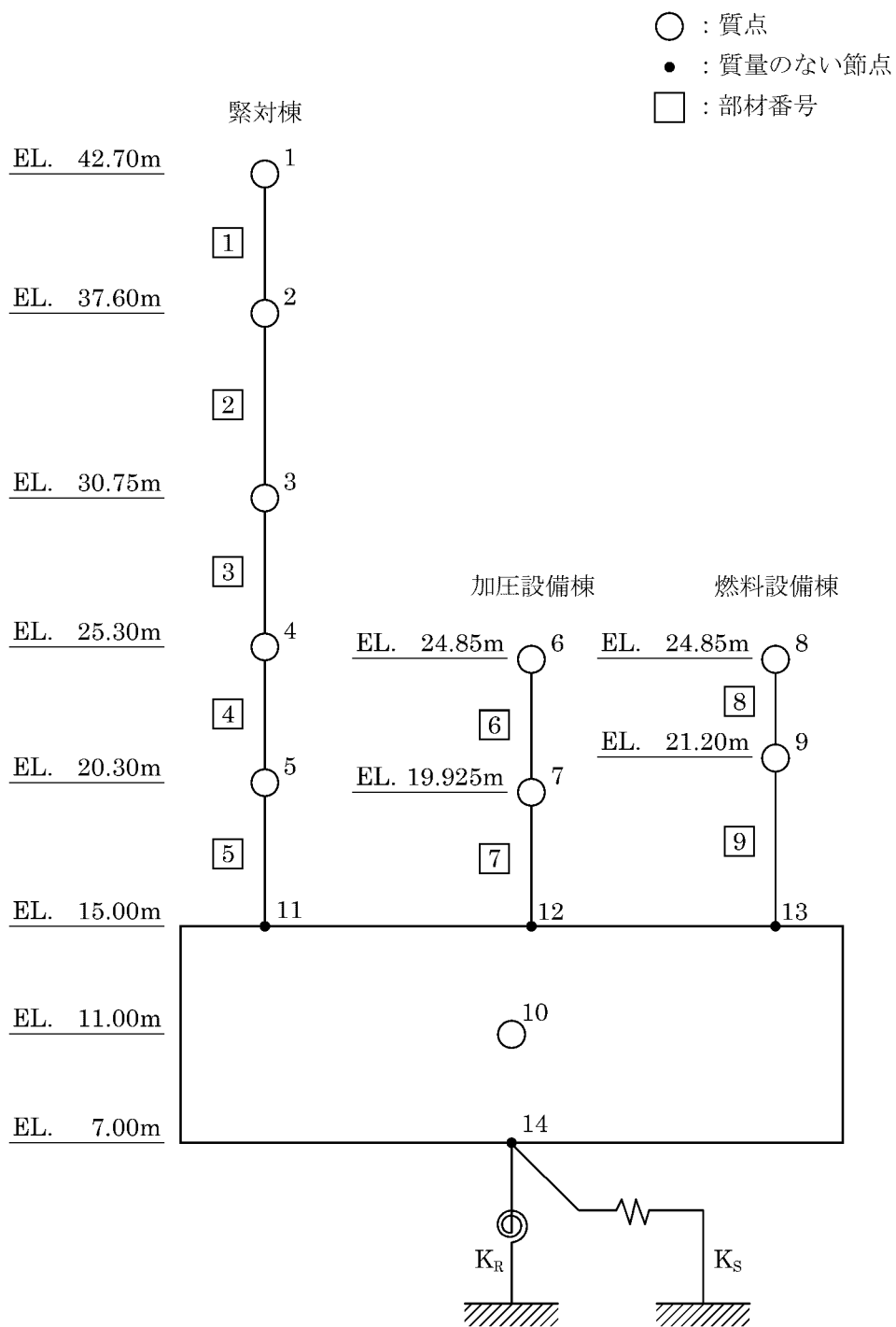
第 1-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)

## 1.2 検討方針

建屋の埋め込みを考慮するため、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の質点系モデルを、周囲の地盤を模擬した 2 次元 FEM モデルに組み込むことで、建屋と地盤の相互作用を考慮した地震応答解析モデル（以下「2 次元地盤 FEM モデル」という。）を作成し、地震応答解析を行う。

添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」の地震応答解析モデル（以下「SR モデル」という。）を第 1-2 図に示す。

2 次元地盤 FEM モデルの解析結果と SR モデルの解析結果とを比較し、SR モデルによる各層の加速度応答スペクトルが、2 次元地盤 FEM モデルによる各層の加速度応答スペクトルに対して、同等又は保守的であることを確認することで、機器・配管系の有する耐震性への影響がないことを示す。



第 1-2 図 地震応答解析モデル (水平方向)

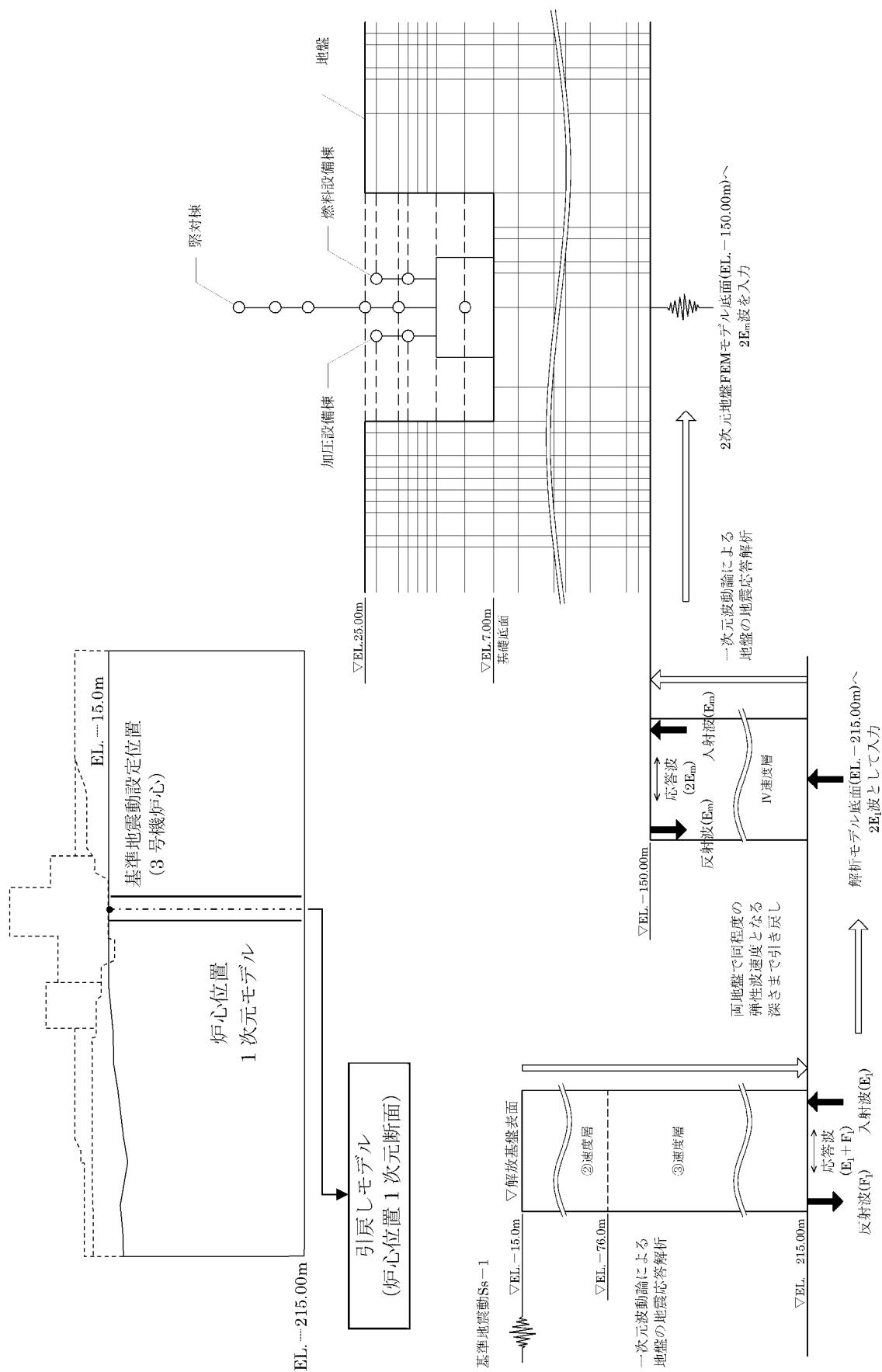


## 2. 建屋の埋め込みによる影響検討方法

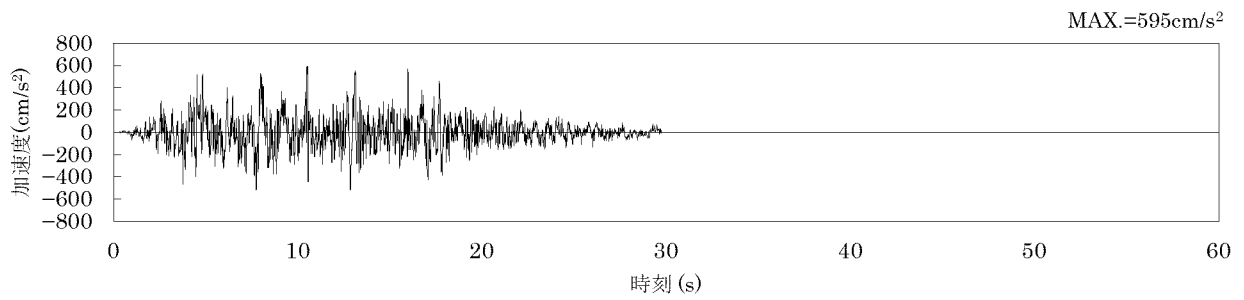
### 2.1 入力地震動

入力地震動は、EL.−15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動 Ss−1 を基に、1次元波動論により EL.−215.00m までの地震動の引戻しを行う。基準地震動 Ss の引戻しは、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の直下と 3 号機の炉心基礎直下での速度構造の違いを考慮し、引き戻す標高を設定している。さらに、EL.−215.00m まで引き戻した地震動を、2次元地盤 FEM モデル底面である EL.−150.00m まで、1次元波動論による地盤の地震応答解析により引き上げ、2次元地盤 FEM モデル底面に入力する。

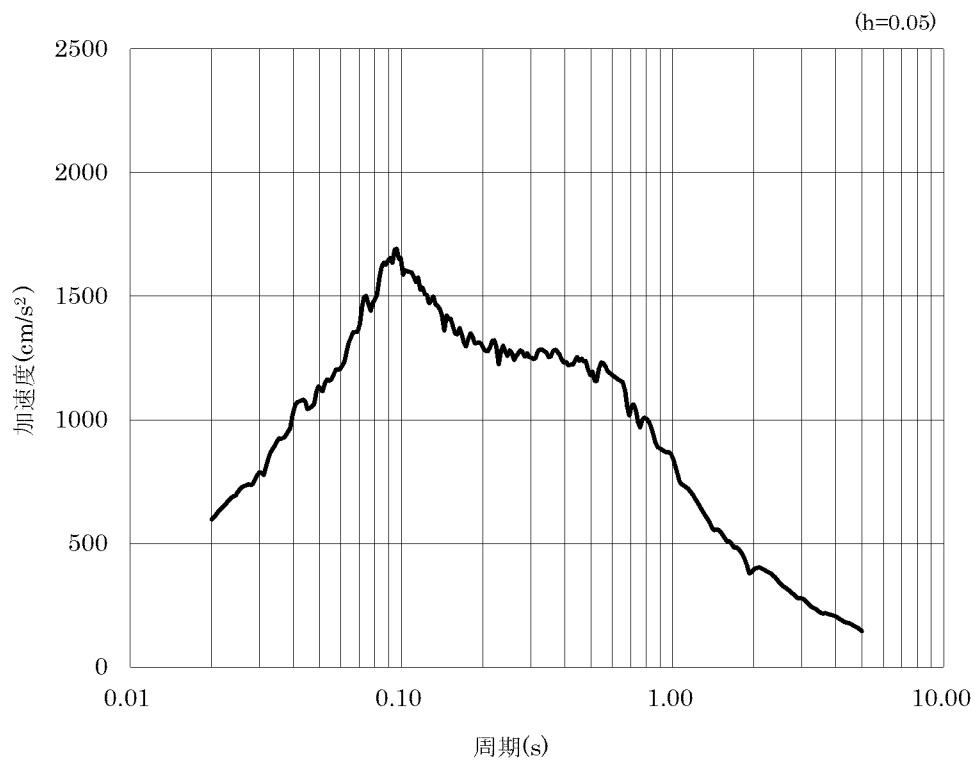
入力地震動算定の考え方を第 2−1 図に示す。また、1次元波動論により算定した 2次元地盤 FEM モデル底面位置(EL.−150.00m)における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 2−2 図及び第 2−3 図に示す。



第2-1 図 入力地震動算定の考え方

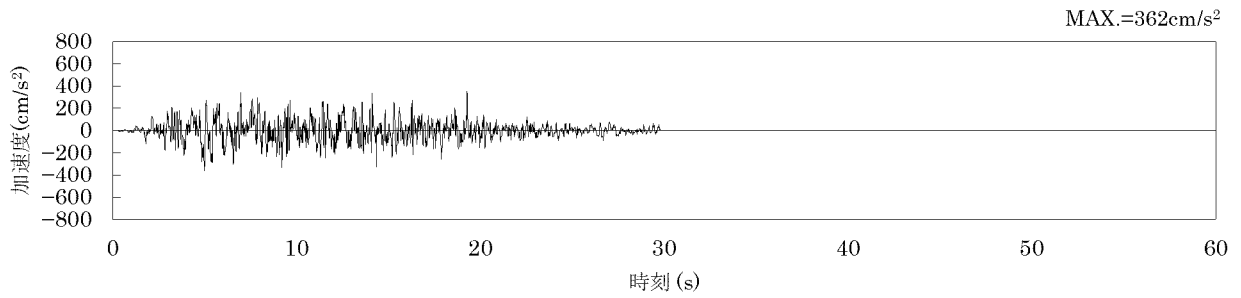


(a) 加速度時刻歴波形(EL.-150.00m)

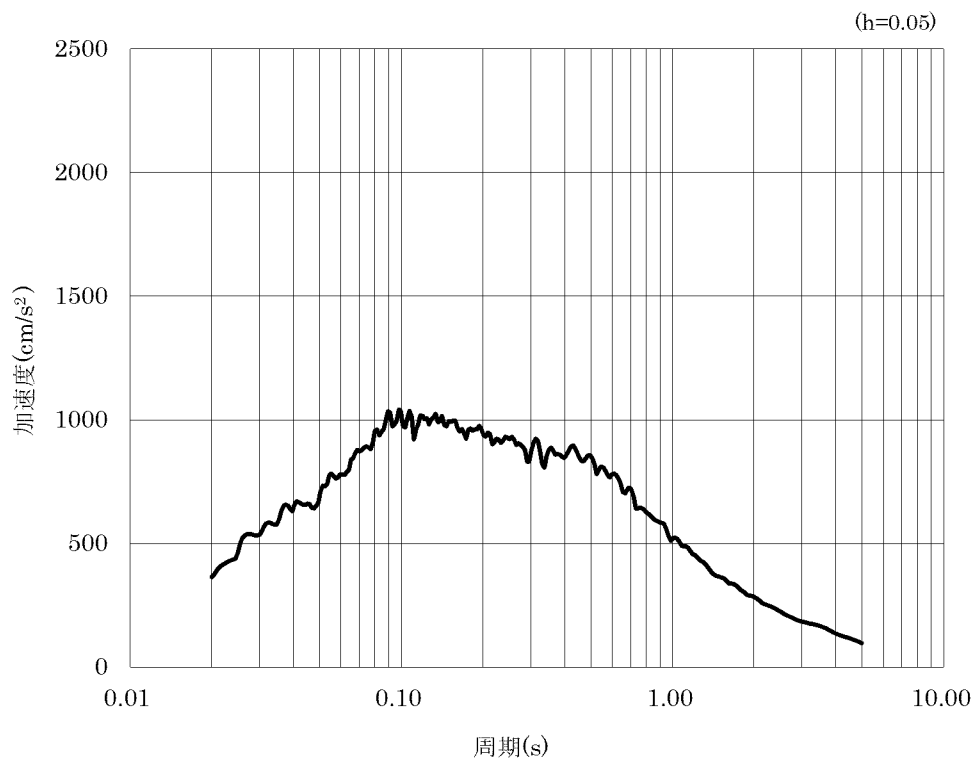


(b) 加速度応答スペクトル(EL.-150.00m)

第2-2図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 $S_s-1H$ )



(a) 加速度時刻歴波形(EL.-150.00m)



(b) 加速度応答スペクトル(EL.-150.00m)

第 2-3 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、 $S_s-1v$ )

## 2.2 2次元地盤 FEM モデル

### 2.2.1 建 屋

地震応答解析に用いる建屋の解析モデルは、並列多質点系軸曲げせん断棒モデルとする。解析モデルの諸元は、SR モデルの諸元と同じであり、周囲の地盤と接続することで、建屋と地盤の相互作用を考慮する。地中部の各質点及び節点には、剛梁要素を設け、地盤の節点と接続する。

### 2.2.2 地 盤

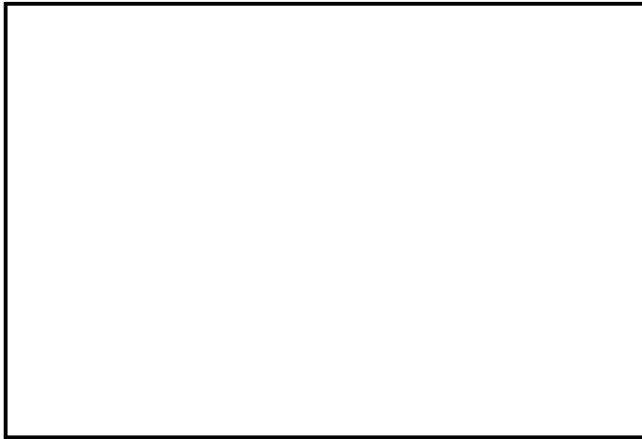
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の設置位置における速度層断面を第 2-4 図に示す。2次元地盤 FEM モデルは、第 2-4 図に示す B<sub>1</sub> 断面及び B<sub>2</sub> 断面についてモデル化する。

2次元地盤 FEM モデルを第 2-5 図及び第 2-6 図に示す。地盤モデルは、地盤の岩盤分類及び速度層区分に基づき平面ひずみ要素でモデル化する。解析領域は、側面境界及び底面境界が、建屋の応答に影響しないよう、建屋と側面及び底面の境界との距離を十分に広く設定する。

地震応答解析に用いる地盤定数を第 2-1 表に示す。

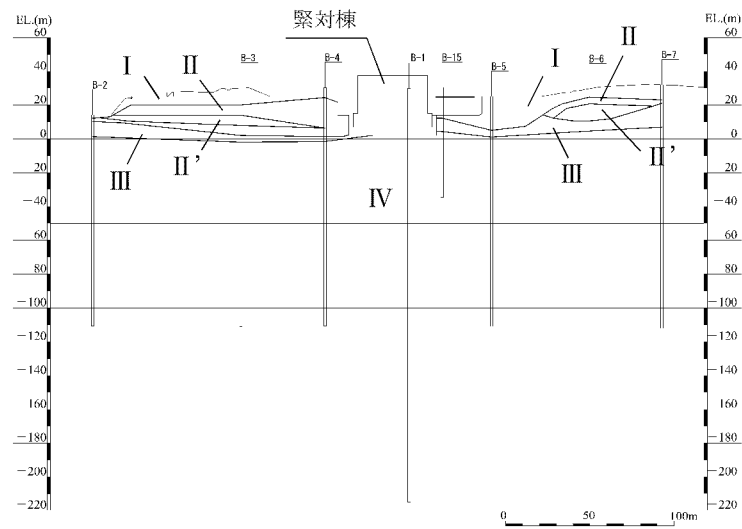
解析領域の側面には等変位境界、底面には粘性境界を設けることで、エネルギー逸散効果を評価する。

地盤モデルの境界条件概念図を第 2-7 図に示す。

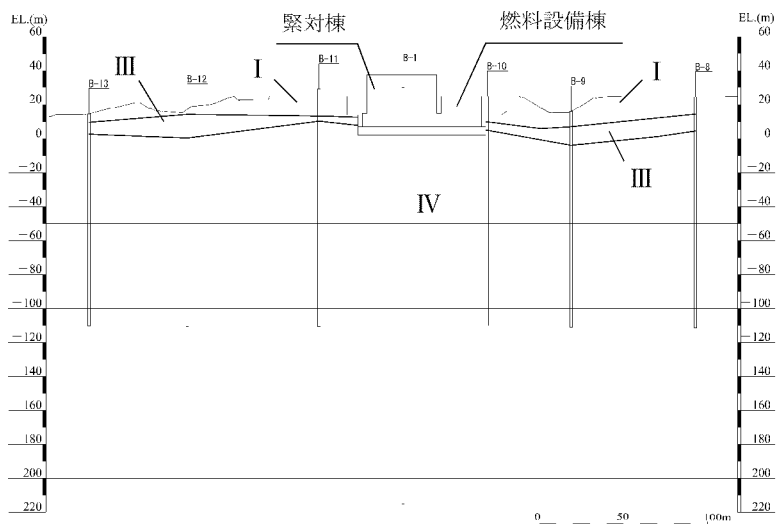


速度層 区分	Vs (注) (km/s)	Vp (注) (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
II'	2.32	4.46
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

(注) VsはS波速度、VpはP波速度を示す。

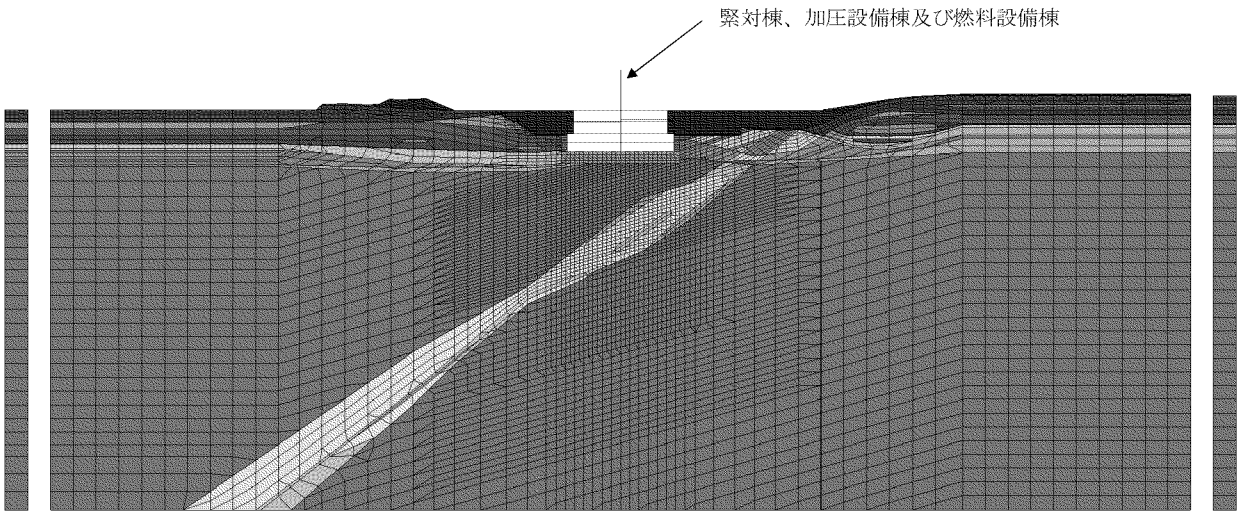


(a) B<sub>1</sub>断面

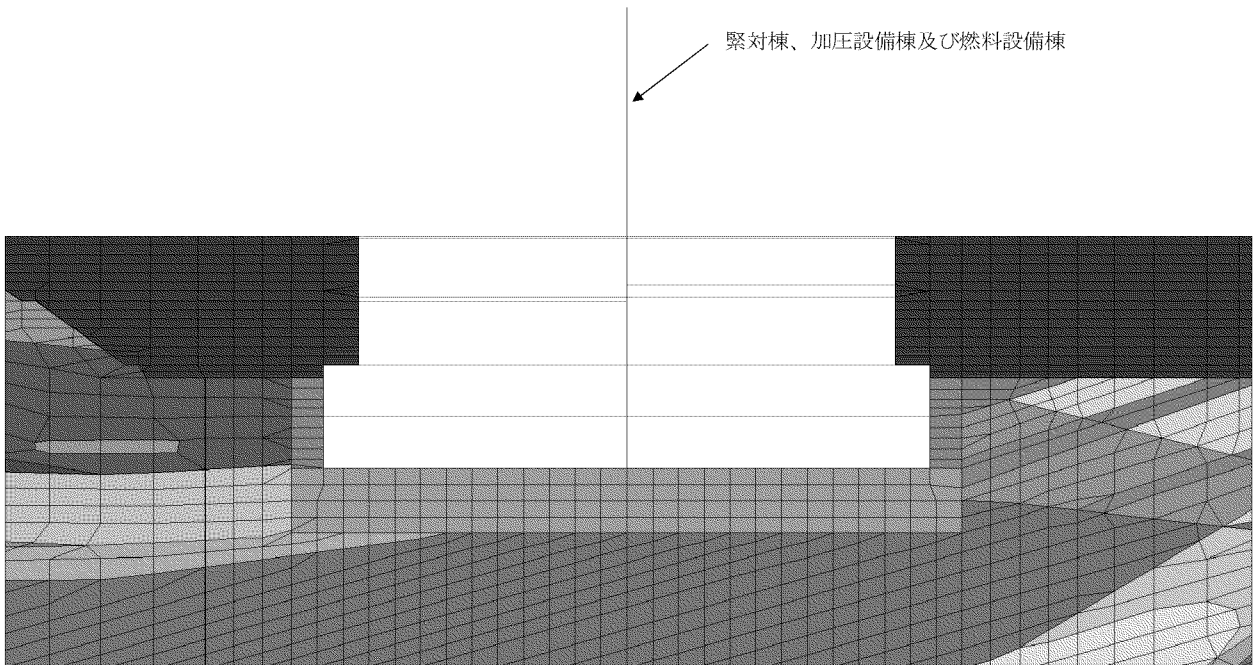


(b) B<sub>2</sub>断面

第2-4図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟設置位置の速度層断面図

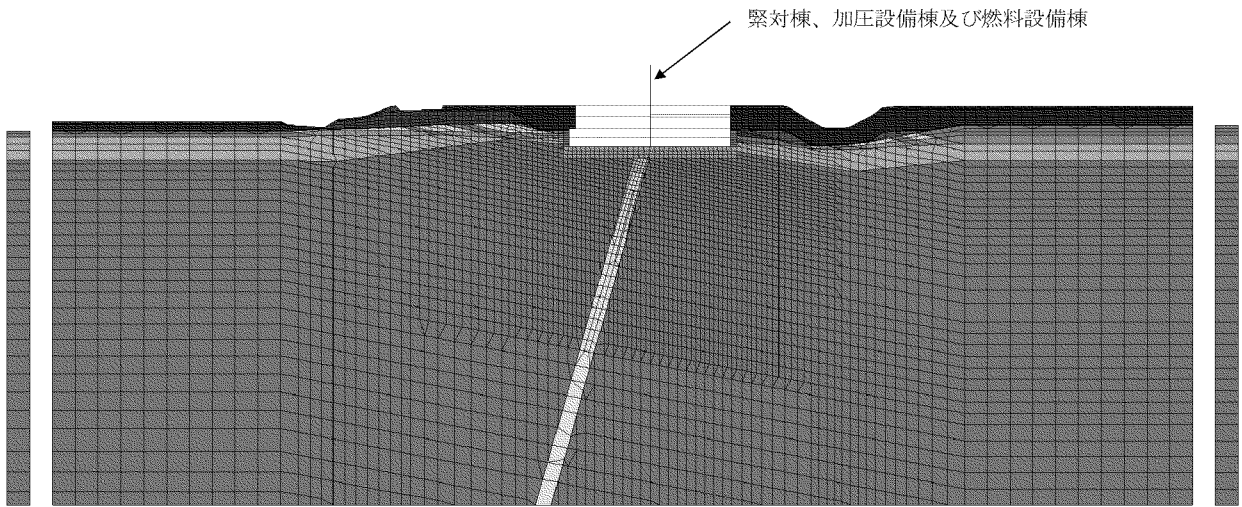


(a) B<sub>1</sub>断面

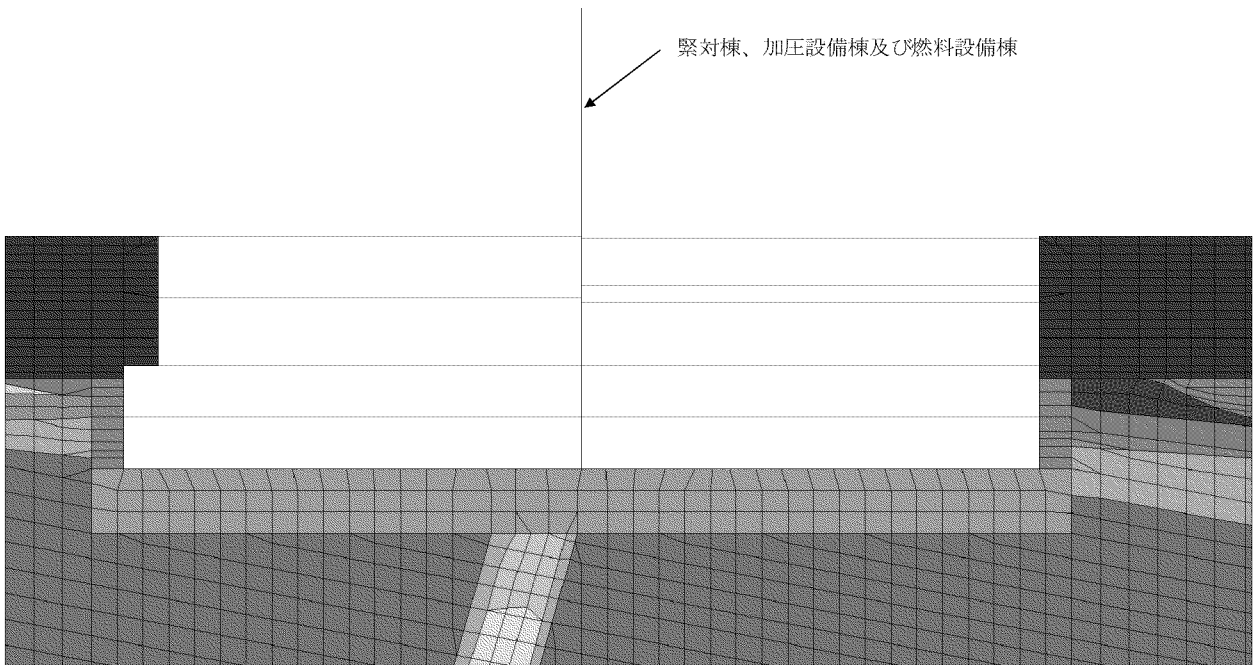


(b) 建屋周辺拡大図

第2-5図 2次元地盤FEMモデル (B<sub>1</sub>断面)



(a) B<sub>2</sub>断面




























(b) 建屋周辺拡大図

第2-6図 2次元地盤FEMモデル (B<sub>2</sub>断面)



第 2-1 表 地盤定数(1/2)

岩種	岩級	速度層	せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	凡例 <sup>(注)</sup>	
砂岩	㉔	I	0.26	22.3	0.46	$1.53 \times 10^5$		
		III	0.75	22.3	0.44	$1.28 \times 10^6$		
		IV	1.62	22.3	0.35	$5.96 \times 10^6$		
頁岩	㉔	I	0.26	20.2	0.46	$1.39 \times 10^5$		
		III	0.75	20.2	0.44	$1.16 \times 10^6$		
		IV	1.62	20.2	0.35	$5.41 \times 10^6$		
砂・頁岩	㉕㉖	III	0.75	23.0	0.44	$1.32 \times 10^6$		
		IV	1.62	23.0	0.35	$6.17 \times 10^6$		
玄武岩	㉗	II'	2.32	27.7	0.31	$1.52 \times 10^7$		
	㉘	I	0.26	24.0	0.46	$1.66 \times 10^5$		
		II	0.84	24.0	0.40	$1.73 \times 10^6$		
		II'	2.32	24.0	0.31	$1.32 \times 10^7$		
	㉙	I	0.26	19.7	0.46	$1.36 \times 10^5$		
		II	0.84	19.7	0.40	$1.42 \times 10^6$		
		II'	2.32	19.7	0.31	$1.08 \times 10^7$		
		III	0.75	19.7	0.44	$1.13 \times 10^6$		
	玢岩	㉚	IV	1.62	26.5	0.35	$7.09 \times 10^6$	
			㉛	III	0.75	26.3	0.44	$1.51 \times 10^6$
IV		1.62		26.3	0.35	$7.03 \times 10^6$		
㉜		I	0.26	20.8	0.46	$1.43 \times 10^5$		
		III	0.75	20.8	0.44	$1.19 \times 10^6$		
		IV	1.62	20.8	0.35	$5.56 \times 10^6$		
凝灰岩	㉝	I	0.26	18.6	0.46	$1.28 \times 10^5$		
		II	0.84	18.6	0.40	$1.34 \times 10^6$		
八ノ久保 砂礫層	-	I	0.26	19.6	0.46	$1.35 \times 10^5$		
		III	0.75	19.6	0.44	$1.13 \times 10^6$		

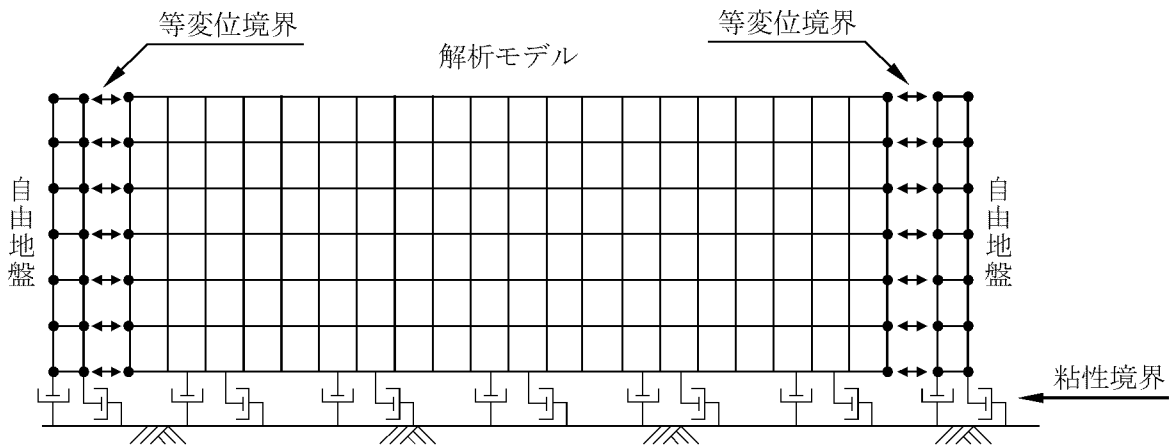
(注) 第 2-5 図及び第 2-6 図に対応する凡例を示す。

第 2-1 表 地盤定数(2/2)

岩種		せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	凡例 <sup>(注2)</sup>
埋戻土 <sup>(注1)</sup>	EL.25.00~ 14.00m	0.09	19.5	0.45	$1.69 \times 10^4$	■
	EL.14.00~ 4.00m	0.15	19.5	0.45	$4.23 \times 10^4$	■
マンメイド ロック	18N/mm <sup>2</sup>	1.95	23.5	0.20	$9.17 \times 10^6$	■

(注1) 埋戻土は、ひずみ依存特性を考慮する。

(注2) 第 2-5 図及び第 2-6 図に対応する凡例を示す。



第 2-7 図 地盤モデルの境界条件概念図

## 2.3 解析方法

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、動的解析により各層床の加速度時刻歴波形を算出し、加速度応答スペクトルを作成する。

入力地震動については、「2.1 入力地震動」に基づき、EL. -150.00m における基準地震動 Ss-1 を用い、水平方向及び鉛直方向の同時加振を行う。

動的解析には、解析コード「SoilPlus」を用いる。

### 3. 機器・配管系への影響確認

2次元地盤 FEM 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曲線（以下、「2次元地盤 FEM モデル床応答曲線」という。）と、機器・配管系の評価に使用している SR 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曲線を周期方向に±10%拡幅した設計用床応答曲線（以下、「設計用床応答曲線」という。）を比較することで、建屋内に設置する機器・配管系への影響について確認する。

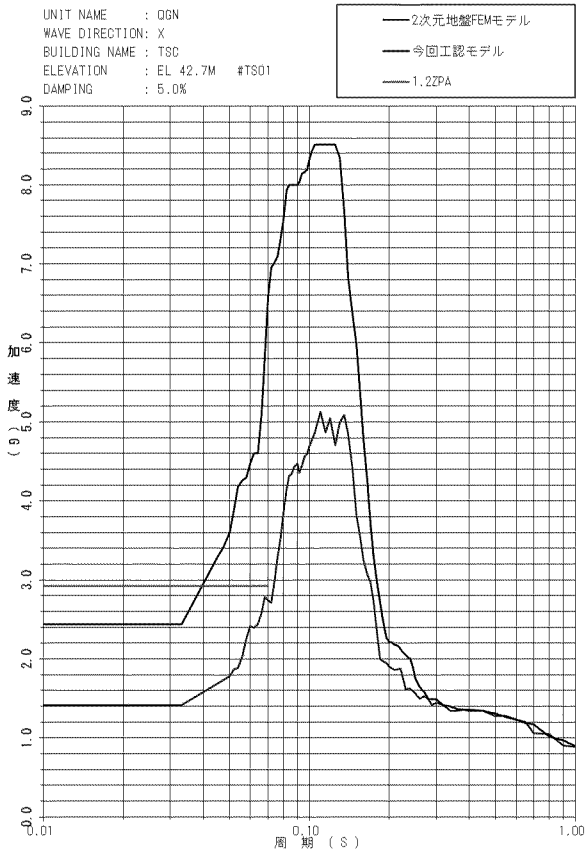
2次元地盤 FEM モデル床応答曲線と設計用床応答曲線の比較を第3-1図～第3-5図に示す。

2次元地盤 FEM モデル床応答曲線は設計用床応答曲線に概ね包絡されている。ここで、下記に示す質点の周期帯においては、2次元地盤 FEM モデル床応答曲線は設計用床応答曲線を一部超える応答が認められる。

- ・ EL.42.70m、37.60m、30.75m (X 方向) : 周期 0.4、0.55～0.65、0.8(s)付近
- ・ EL.25.30m、EL.11.00m (X 方向) : 周期 0.3～0.65、0.8(s)付近
- ・ EL.42.70m、EL.37.60m (Y 方向) : 周期 0.35～0.65(s)付近
- ・ EL.30.75m、EL.25.30m (Y 方向) : 周期 0.32～0.65、0.8(s)付近
- ・ EL.11.00m (Y 方向) : 周期 0.26～0.7、0.8(s)付近

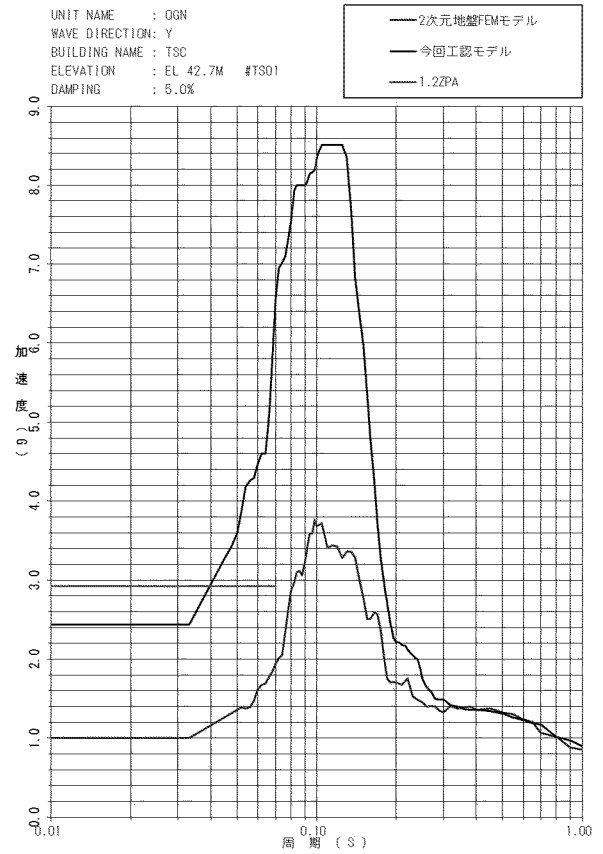
但し、機器・配管系は基本的に剛設計であり、長周期帯の影響は軽微であることから、機器・配管系への影響がないことを確認した。

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



X 方向

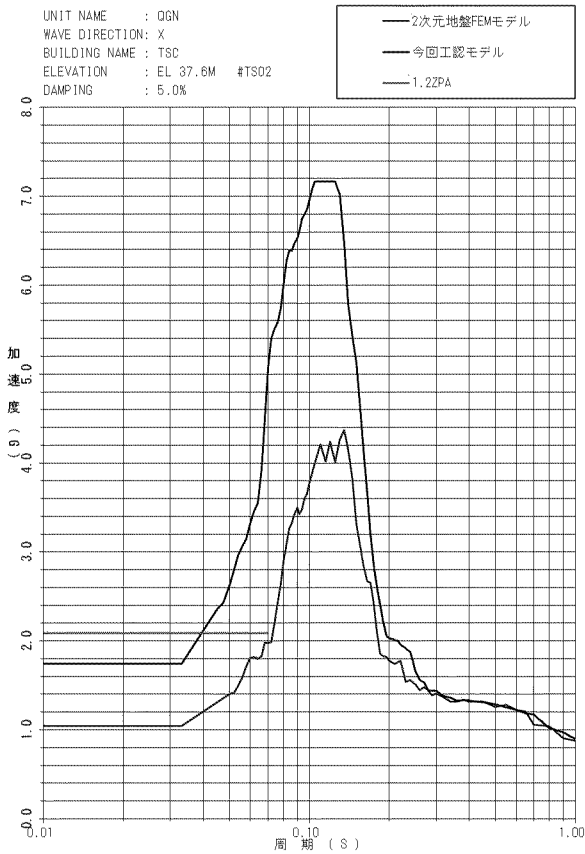
FLOOR RESPONSE SPECTRUM



Y 方向

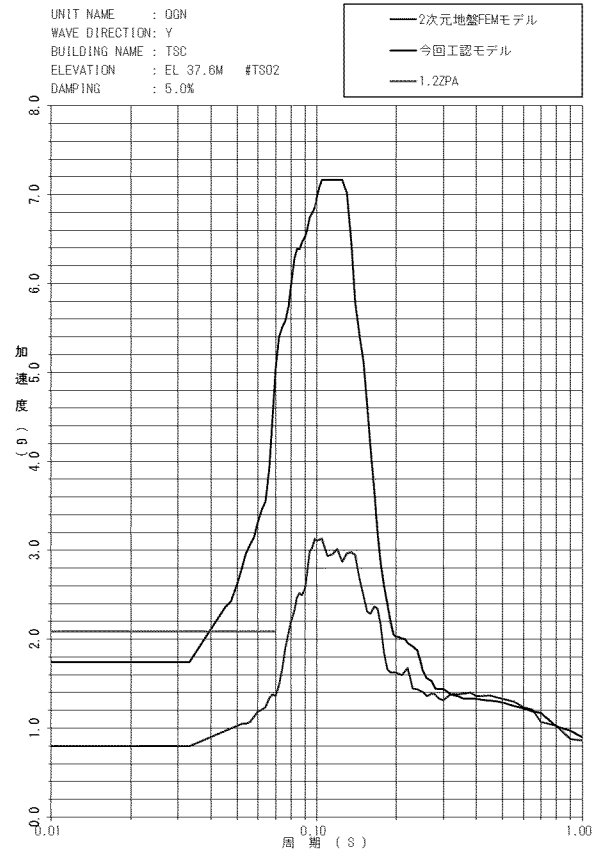
第 3-1 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.42.70m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



X 方向

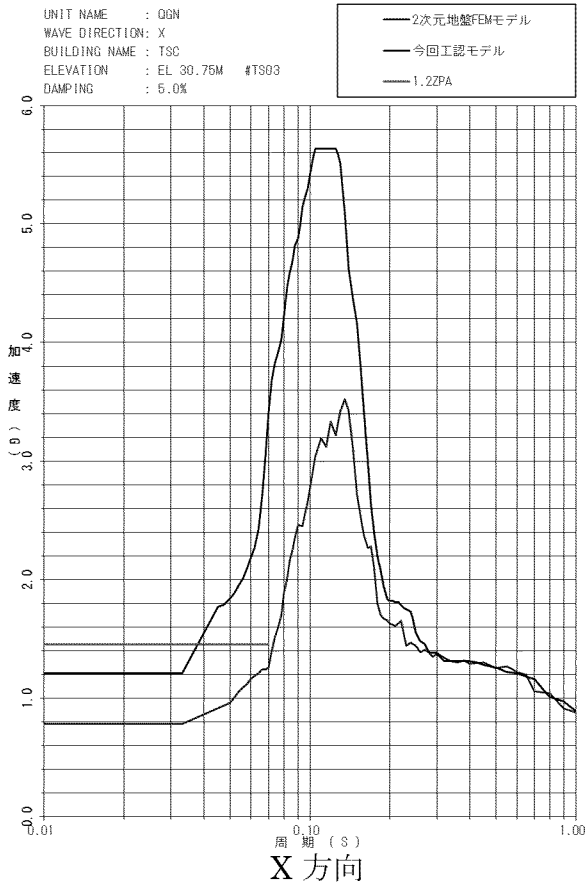
FLOOR RESPONSE SPECTRUM



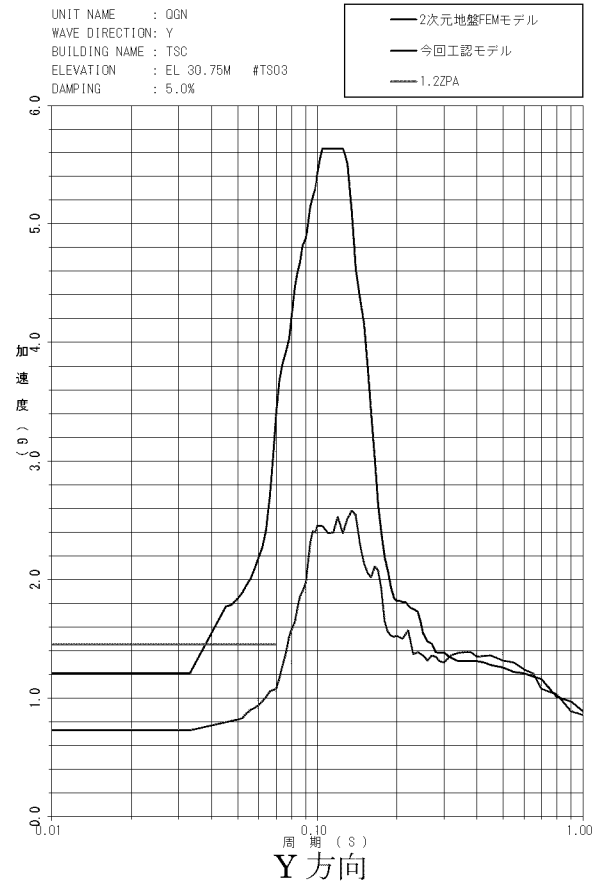
Y 方向

第 3-2 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.37.60m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

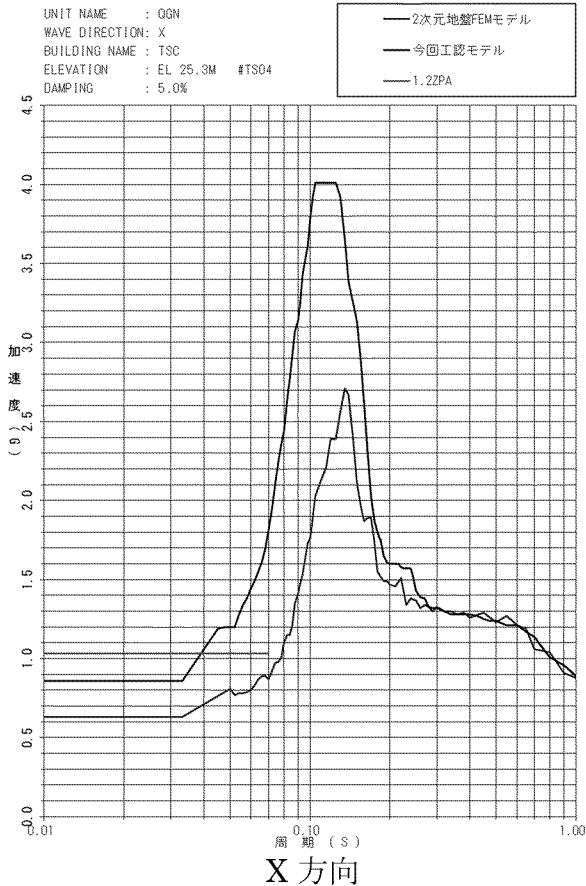


FLOOR RESPONSE SPECTRUM

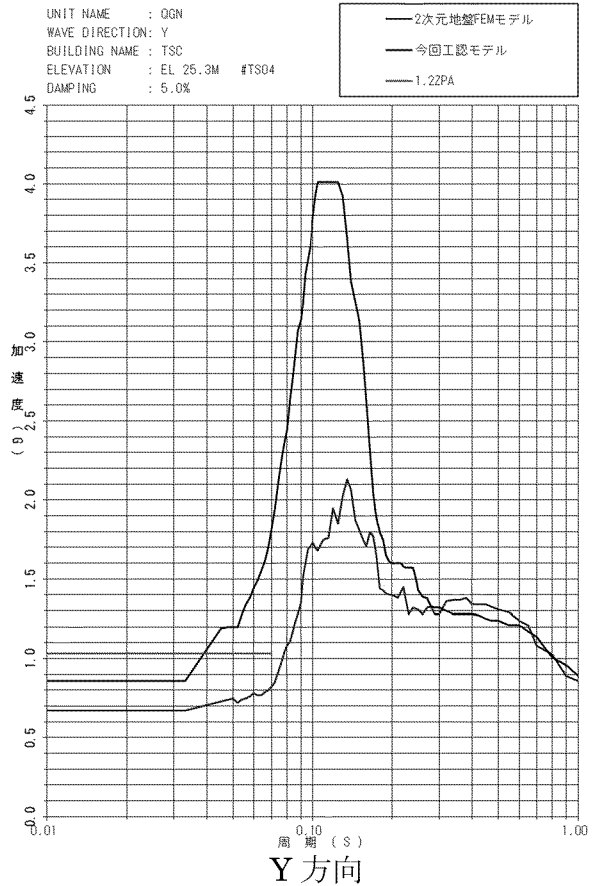


第 3-3 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.30.75m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

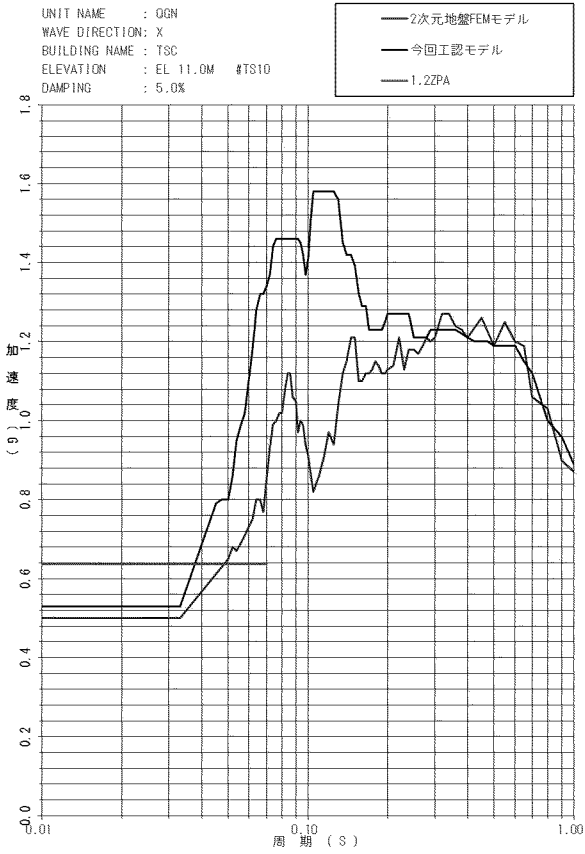


FLOOR RESPONSE SPECTRUM



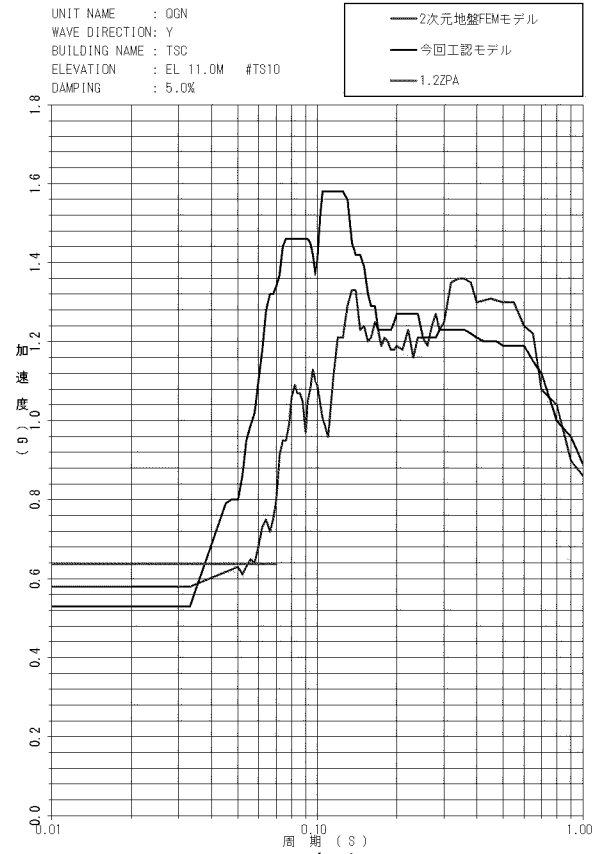
第 3-4 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.25.30m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



X 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



Y 方向

第 3-5 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.11.00m)

#### 4. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、建屋の埋め込みを考慮した2次元地盤FEMモデルを作成し、地震応答解析を行った。

機器・配管系への影響について、2次元地盤FEMモデル床応答曲線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。長周期帯の一部において設計用床応答曲線を一部上回る周期帯が認められるが、機器・配管系は基本的に剛設計であり、長周期帯の影響は軽微であることから、機器・配管系への影響がないことを確認した。

以上より、建屋の埋め込みの考慮により、機器・配管系の有する耐震性への影響がないことを確認した。



7-2-6. 地盤の地震応答解析における  
水平成層の成立性

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 入力地震動の算定方法 .....	2
3. 地盤条件の確認 .....	3
3.1 速度構造の確認 .....	3
3.2 地盤のモデル化 .....	5
4. まとめ .....	8

別紙 1 1次元地盤モデルにおけるマンメイドロックの影響に関する検討

別紙 2 入力地震動の算定における **SHAKE** の適用性

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の地盤の地震応答解析について、地盤の水平成層の成立性を示すものである。さらに、水平成層の成立性を示すことにより、基礎底面における入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を適用することの妥当性を確認するものである。

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 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」

## 2. 入力地震動の算定方法

添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」において、入力地震動は、添付資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の入力地震動の設定方針に基づき、EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を EL. -215.00m まで引き戻した上で、一次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置(EL.7.00m)で算定している。

入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を行っていることから、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤が水平成層と見做せることが前提条件となる。

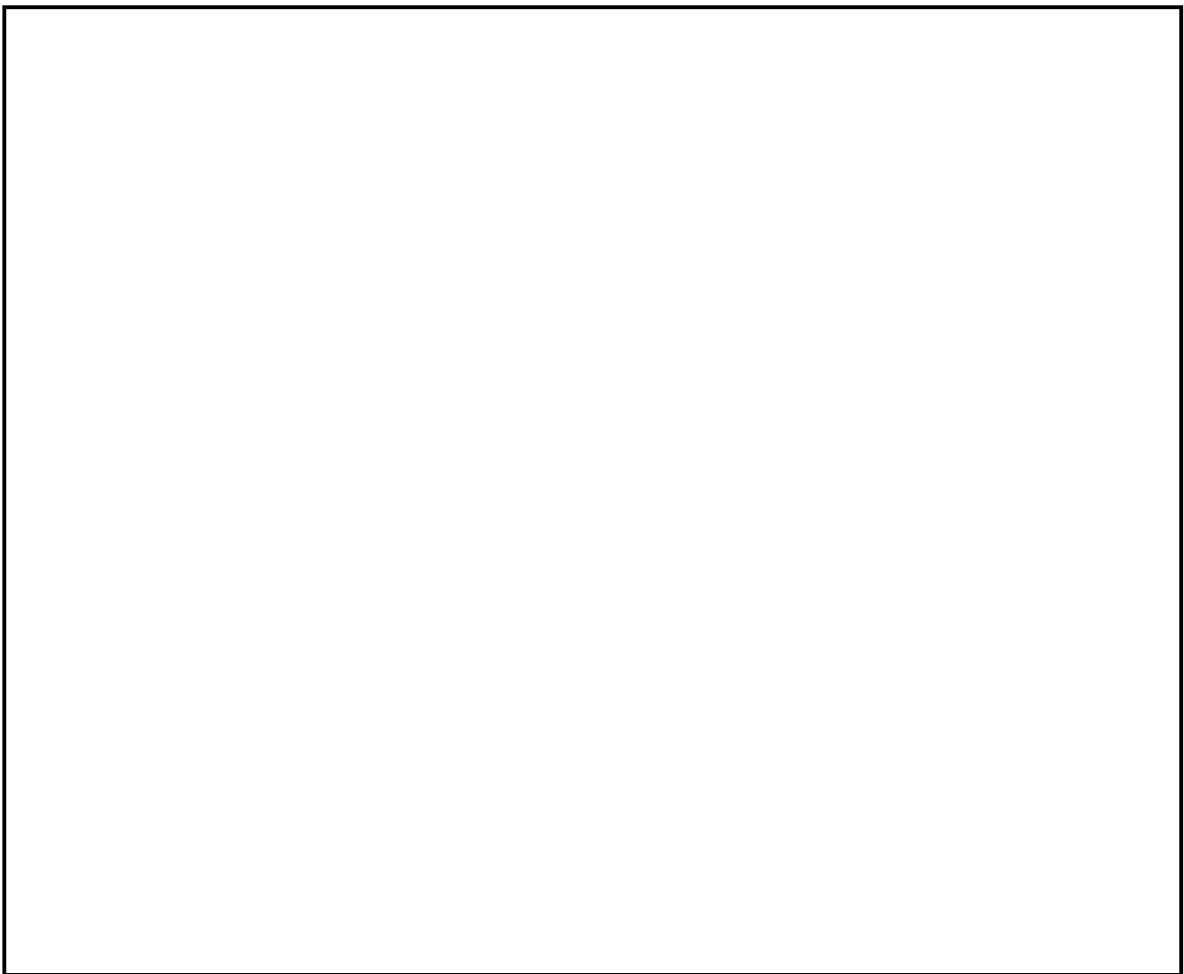
したがって、本資料では、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地盤条件を確認し、水平成層の成立性を示すことで、入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を適用することの妥当性を確認する。

### 3. 地盤条件の確認

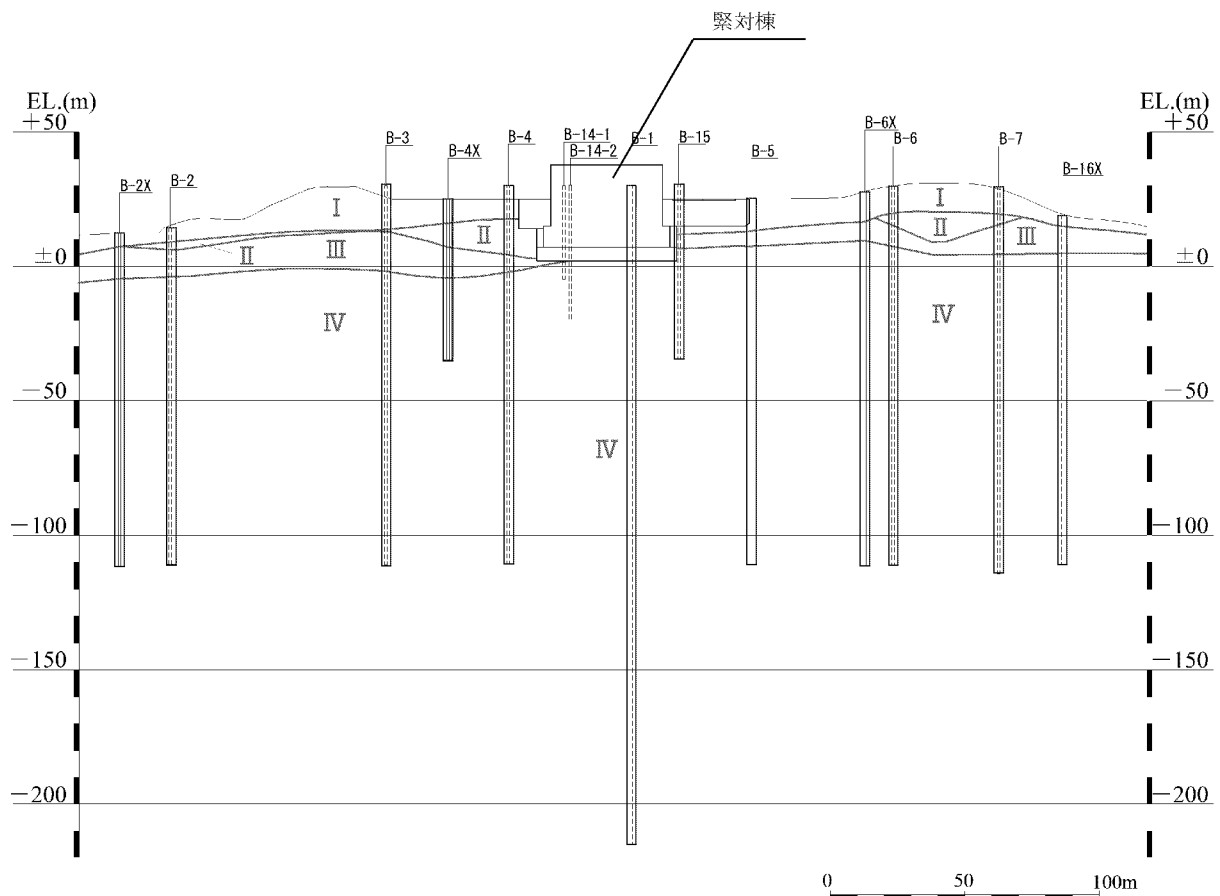
#### 3.1 速度構造の確認

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤について、速度構造を確認する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の配置図及び断面図を第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。第 3-2 図の  $Y_M$  断面は、地質調査時の建屋直交断面を投影した断面であり、設置変更許可申請書（添付資料六）における緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤の安定性評価に用いた断面と同様である。

第 3-2 図では、PS 検層結果及び地質構造に基づき、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の基礎地盤の速度構造を I～IV の速度層に区分している。基礎地盤の速度構造は、概ね地表から I 速度層、II 速度層、III 速度層及び IV 速度層の順に構成されており、II 速度層及び III 速度層は互層になっている。また、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、IV 速度層 ( $V_s=1.62\text{km/s}$ ) の硬質な岩盤上に設置されている。



第 3-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の配置図



- [凡例]
- : ボーリング孔 (投影)
  - : PS 検層実施孔
  - : 速度層境界線
  - I ~ IV : 速度層区分

速度層区分	Vs(km/s) (注1)		Vp(km/s) (注2)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
I	0.26	0.05	0.92	0.25
II	0.84	0.24	2.06	0.66
III	0.75	0.16	2.22	0.28
IV	1.62	0.08	3.36	0.11

(注1) Vs : S波速度

(注2) Vp : P波速度

第3-2図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の断面図 (Y<sub>M</sub>断面)

### 3.2 地盤のモデル化

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動の算定に用いた一次元応答解析用地盤モデルを第 3-3 図に示す。また、解析に用いた弾性波速度を第 3-1 表に示す。

一次元応答解析用地盤モデルは、第 3-2 図に示した緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備周辺の速度層区分に基づき、第 3-3 図のようにモデル化を行っている。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介してⅣ速度層に設置しているが、一次元応答解析用地盤モデルにおいては、基礎直下の MMR は岩盤の置き換えとするため、物性として周辺の地盤物性であるⅢ速度層を採用している。

また、入力地震動の算定においては、地表から基礎底面以浅の反射波の影響を考慮するため E+F 波を採用しており、基礎底面以浅の地盤も適切にモデル化する必要がある。第 3-2 図より、基礎底面以浅の地盤は、主にⅠ速度層、Ⅱ速度層及びⅢ速度層により構成されており、Ⅱ速度層及びⅢ速度層は互層になっている。但し、Ⅱ速度層及びⅢ速度層は、第 3-2 図に示すように、弾性波速度に顕著な差が認められないことから、概ね水平成層が成立すると判断できる。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤について、地盤の速度構造は概ね水平成層と判断できるため、入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を適用することは妥当である。

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m			地表面
	埋戻土	—	—
EL. 19.62m			
EL. 16.86m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 15.27m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 11.92m	砂岩	Ⓒ	
EL. 10.02m			
EL. 7.00m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	III
EL. 6.40m			
EL. 5.74m	頁岩	Ⓒ	
EL. 4.92m			
	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	IV
EL. -215.00m			基礎底面

第 3-3 図 一次元応答解析用地盤モデル



第 3-1 表 弾性波速度 (EL.-215.00m から基礎底面までの 1 次元応答解析)

区分	$V_s$ <sup>(注1)</sup> (km/s)	$V_p$ <sup>(注2)</sup> (km/s)	備考
埋戻土	0.03 <sup>(注3)</sup>	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 <sup>(注3)</sup>	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 <sup>(注3)</sup>	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 <sup>(注3)</sup>	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 <sup>(注3)</sup>	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 <sup>(注3)</sup>	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I 速度層 <sup>(注4)</sup>	0.26	0.92	—
Ⅲ速度層 <sup>(注4)</sup>	0.75	2.22	—
Ⅳ速度層 <sup>(注4)</sup>	1.62	3.36	—

(注 1)  $V_s$  : S 波速度

(注 2)  $V_p$  : P 波速度

(注 3) 埋戻土はひずみ依存特性を考慮する。埋戻土の  $V_s$  は、初期せん断弾性係数を用いて算出し、初期せん断弾性係数は、平均主応力との関係式より算出する。

(注 4) 設置変更許可申請書 (添付資料六) に記載した値であり、I 速度層は①速度層、Ⅲ速度層は③速度層、Ⅳ速度層は④速度層に該当する。

#### 4. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地盤条件を確認した結果、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎地盤について、速度構造は概ね水平成層と判断できることを示した。また、基礎地盤の速度構造が概ね水平成層と判断できることから、入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を適用することの妥当性を確認した。

7-2-6-別紙 1. 1次元地盤モデルにおける  
マンメイドロックの影響に関する検討

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 1 - 1
1.1 検討概要 .....	別 1 - 1
1.2 検討方針 .....	別 1 - 2
2. MMR の影響確認 .....	別 1 - 4
2.1 解析モデル .....	別 1 - 4
2.2 解析結果 .....	別 1 - 7
3. ま と め .....	別 1 - 9

## 1. 概 要

### 1.1 検討概要

緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の地震応答解析モデルに入力する地震動の算定において、基礎底面直下の地盤条件については、ボーリング調査の結果を基に、現状地盤の地盤物性を設定しているが、実際には一部の範囲において、マンメイドロック（以下「MMR」という。）に置き換えることとなっている。

本資料は、基礎底面直下の MMR の物性を考慮した地盤モデルを用いて、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置における地震動を算定し、添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示した基礎底面位置における基準地震動  $S_s$ （以下「今回工認の入力地震動」という。）と比較することで、MMR が基礎底面位置の地震動に及ぼす影響及び今回工認の入力地震動の妥当性について確認するものである。

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 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」

## 1.2 検討方針

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動は、炉心位置における EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を EL. -215.00m まで引き戻した上で、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置 (EL.7.00m) で評価したものをを用いている。

今回工認の入力地震動の算定に用いた 1次元応答解析用地盤モデル（以下「工認地盤モデル」という。）を第1-1図に示す。基礎底面位置直下は、Ⅲ速度層及びⅣ速度層により構成されているが、EL.2.00m～EL.7.00m の範囲については、実際には MMR に置き換えられることとなっている。

そこで、EL.2.00m～EL.7.00m のⅢ速度層及びⅣ速度層の地盤物性を MMR の物性に置き換えた 1次元応答解析用地盤モデル（以下「MMR 考慮モデル」という。）を作成し、1次元波動論による地盤の地震応答解析により基礎底面位置の地震動を算定する。検討に用いる地震動は、応答スペクトルに基づく地震動である基準地震動  $S_s-1$  とする。

基礎底面直下の MMR を考慮した地震動と今回工認の入力地震動とを比較することで、MMR が基礎底面位置の地震動に及ぼす影響及び今回工認の入力地震動の妥当性を確認する。

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m	埋戻土	—	—
EL. 19.62m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 16.86m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 15.27m	砂岩	Ⓒ	
EL. 11.92m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	III
EL. 10.02m			
EL. 7.00m	頁岩	Ⓒ	IV
EL. 6.40m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	
EL. 5.74m			
EL. 4.92m			
EL. 2.00m			
EL. -215.00m			

地表面

基礎底面

MMR 範囲

第 1-1 図 工認地盤モデル

## 2. MMR の影響確認

### 2.1 解析モデル

解析モデルは、第 1-1 図に示した工認地盤モデルを基に、EL.2.00m～EL.7.00m の MMR 範囲について、Ⅲ速度層及びⅣ速度層の地盤物性を MMR の物性に置き換えたモデルとする。

MMR 考慮モデルを第 2-1 図、解析に用いた弾性波速度を第 2-1 表、MMR の物性値を第 2-2 表に示す。



[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m			地表面
	埋戻土	—	—
EL. 19.62m			
EL. 16.86m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 15.27m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 11.92m	砂岩	Ⓒ	III
EL. 10.02m			
EL. 7.00m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	基礎底面
	MMR	—	—
EL. 2.00m			
	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	IV
EL. -215.00m			

第 2-1 図 MMR 考慮モデル

第 2-1 表 弾性波速度

区分	Vs <sup>(注1)</sup> (km/s)	Vp <sup>(注2)</sup> (km/s)	備考
埋戻土	0.03 <sup>(注3)</sup>	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 <sup>(注3)</sup>	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 <sup>(注3)</sup>	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 <sup>(注3)</sup>	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 <sup>(注3)</sup>	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 <sup>(注3)</sup>	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I 速度層 <sup>(注4)</sup>	0.26	0.92	—
Ⅲ速度層 <sup>(注4)</sup>	0.75	2.22	—
MMR	1.95 <sup>(注5)</sup>	3.19 <sup>(注5)</sup>	EL.7.00m～EL.2.00m
Ⅳ速度層 <sup>(注4)</sup>	1.62	3.36	—

(注 1) Vs : S 波速度

(注 2) Vp : P 波速度

(注 3) 埋戻土はひずみ依存特性を考慮する。埋戻土の Vs は、初期せん断弾性係数を用いて算出し、初期せん断弾性係数は、平均主応力との関係式より算出する。

(注 4) 設置変更許可申請書（添付資料六）に記載した値であり、I 速度層は①速度層、Ⅲ速度層は③速度層、Ⅳ速度層は④速度層に該当する。

(注 5) 第 2-2 表に示す MMR の物性値より算出した値

第 2-2 表 MMR の物性値

部位	設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	密度 ρ (g/cm <sup>3</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
MMR	18.0	2.40	9.17×10 <sup>3</sup>	0.20

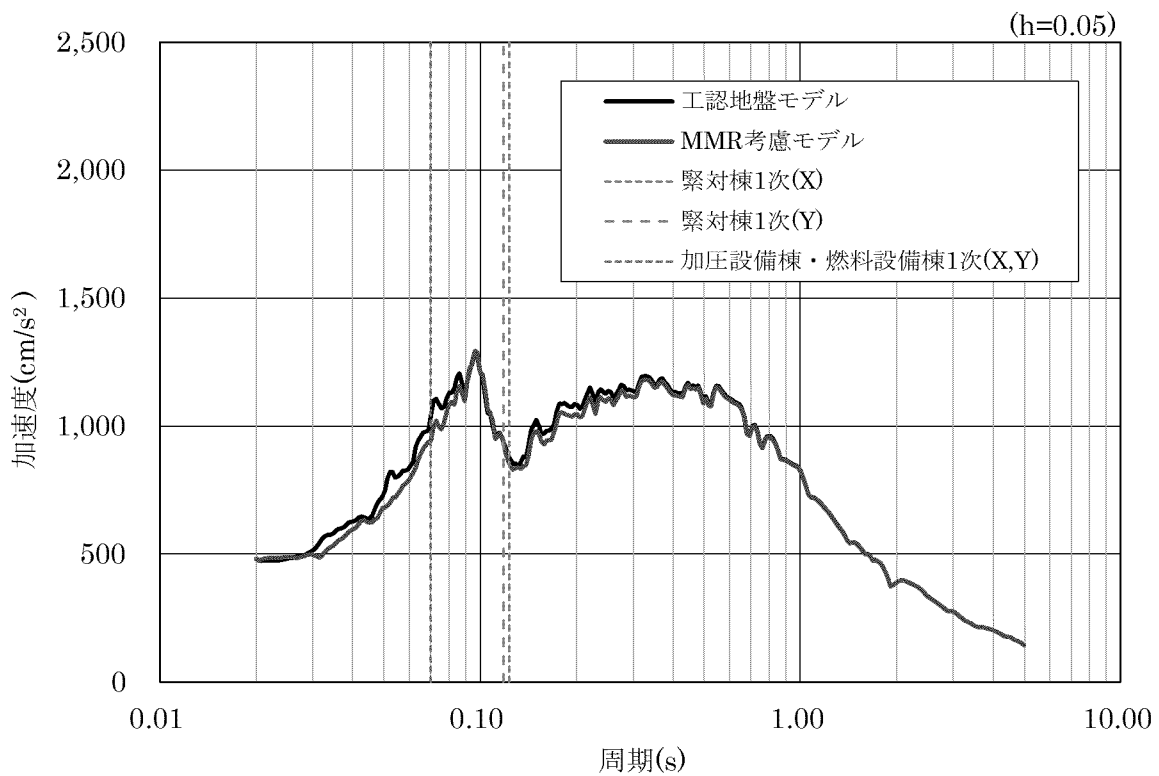
## 2.2 解析結果

基準地震動 S<sub>s</sub>-1 の基礎底面位置における加速度応答スペクトルの比較を第 2-2 図及び第 2-3 図に示す。

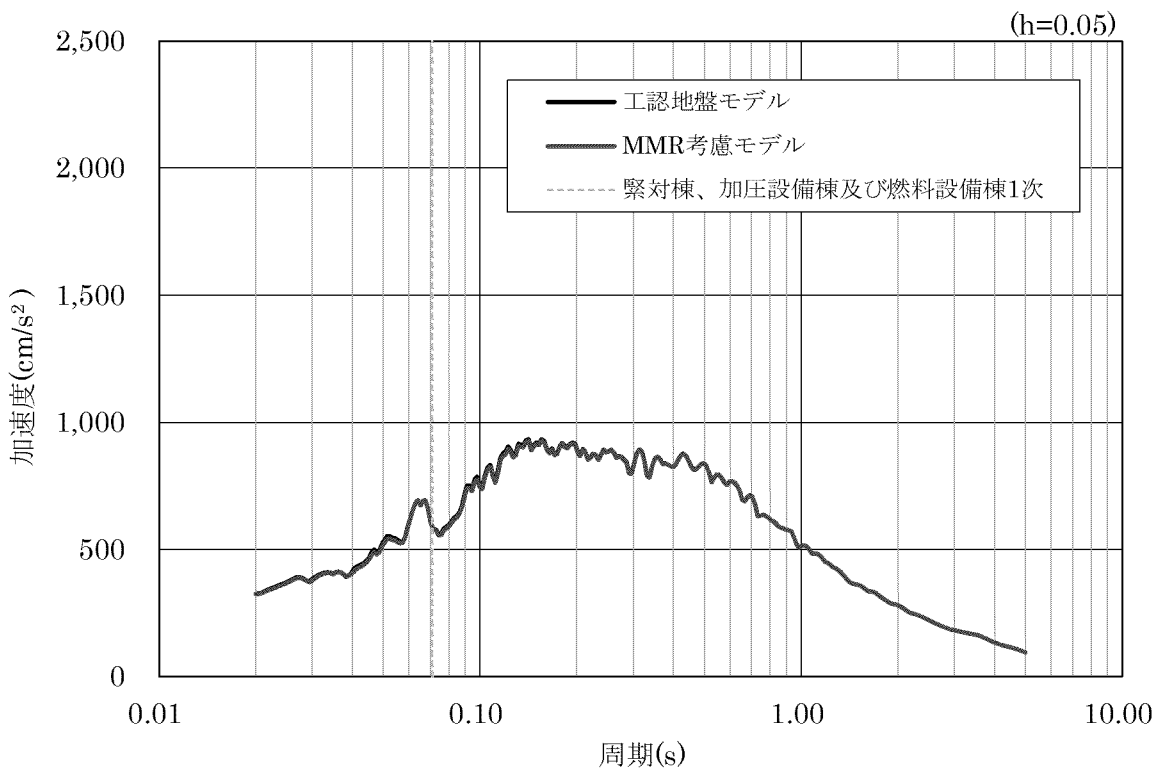
水平方向について、0.03 秒～0.09 秒及び 0.15 秒～0.3 秒程度の周期帯において、MMR 考慮モデルによる加速度応答スペクトルが、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルに包絡されており、今回工認の入力地震動の方が保守的となっている。その他の周期帯においては、MMR 考慮モデルによる加速度応答スペクトルは、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルと概ね同等となっている。

鉛直方向について、全ての周期帯において、MMR 考慮モデルによる加速度応答スペクトルは、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルと概ね同等となっている。

以上より、入力地震動算定における MMR の影響は軽微であり、今回工認の入力地震動は、MMR を考慮した場合の地震動に比べて、保守的又は概ね同等となっていることを確認した。



第 2-2 図 基礎底面位置における加速度応答スペクトルの比較（水平方向）



第 2-3 図 基礎底面位置における加速度応答スペクトルの比較（鉛直方向）

### 3. まとめ

基礎底面直下の MMR の物性を考慮した地盤モデルを用いて、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置における地震動を算定し、今回工認の入力地震動と比較することで、MMR が基礎底面位置の地震動に及ぼす影響及び今回工認の入力地震動の妥当性について確認を行った。

その結果、入力地震動算定における MMR の影響は軽微であり、今回工認の入力地震動は、MMR を考慮した場合の地震動に比べて、保守的又は概ね同等となっていることを確認した。

7-2-6-別紙2. 入力地震動の算定における  
SHAKEの適用性

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 2 - 1
2. SHAKE の適用条件 .....	別 2 - 3
3. 地盤のせん断ひずみの確認 .....	別 2 - 4
3.1 解析条件 .....	別 2 - 4
3.2 SHAKE による最大せん断ひずみの確認 .....	別 2 - 7
4. 適用性の検討 .....	別 2 - 8
4.1 検討方針 .....	別 2 - 8
4.2 検討方法 .....	別 2 - 8
4.3 検討結果 .....	別 2 - 10
5. まとめ .....	別 2 - 13

## 1. 概 要

緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の地震応答解析に用いる入力地震動は、炉心位置における EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を EL. -215.00m まで引き戻した上で、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置で算定している。基礎底面位置における入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いている。

本資料は、基礎底面位置における入力地震動の算定に用いる「SHAKE」の適用性を確認するものである。

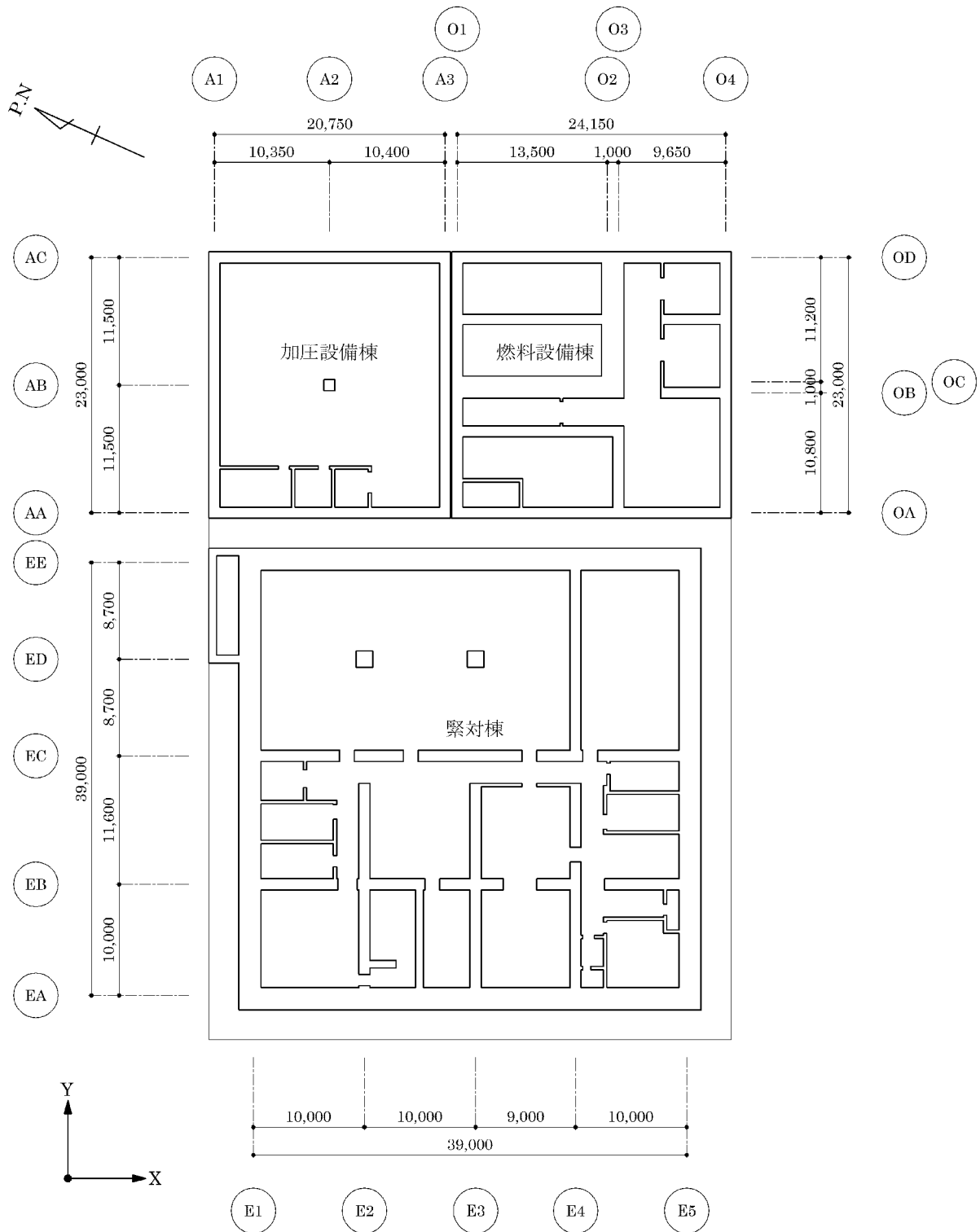
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図を第 1-1 図に示す。



(mm)



第1-1図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図（地下2階）

## 2. SHAKE の適用条件

地盤の応答解析に用いる「SHAKE」は、1次元重複反射理論に基づく等価線形解析手法のプログラムであり、周波数ごとの伝達関数を算出し、応答時刻歴波形を算出するものである。また、「SHAKE」は、日本国内の原子力施設の工認申請において多くの利用実績がある。

添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」では、地盤の地震応答解析により、基礎底面位置における入力地震動を算定している。地盤の地震応答解析には、「SHAKE」を用いており、表層付近の埋戻土のひずみ依存性を考慮した等価線形解析を行っている。

ここで、等価線形解析手法の適用条件については、一般に、せん断ひずみが 1% 程度以下であることとされていることから、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟における地盤の地震応答解析により算定したせん断ひずみが 1% 程度以下となることを確認する。せん断ひずみが 1% 程度を超える場合には、地盤の地震応答解析により得られた地震動の妥当性を検討し、入力地震動に用いることの可否を判断する。

### 3. 地盤のせん断ひずみの確認

#### 3.1 解析条件

添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」で行った地盤の地震応答解析について、1次元応答解析用地盤モデルを第 3-1 図、弾性波速度を第 3-1 表に示す。

また、表層付近の埋戻土に考慮したひずみ依存特性を第 3-2 図に示す。

ここで、第 3-2 図に示す埋戻土のひずみ依存特性については、せん断ひずみ 1.0%までの動的変形試験結果に対する近似式であるため、せん断ひずみ 1.0%を超える値については、試験結果を外挿したものとなる。

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m			地表面
	埋戻土	—	—
EL. 19.62m			
EL. 16.86m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 15.27m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 11.92m	砂岩	Ⓒ	
EL. 10.02m			
EL. 7.00m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	III
EL. 6.40m			
EL. 5.74m	頁岩	Ⓒ	
EL. 4.92m			
	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	IV
EL. -215.00m			
			基礎底面

第3-1図 1次元応答解析用地盤モデル

第3-1表 弾性波速度 (EL.-215.00m から基礎底面までの1次元応答解析)

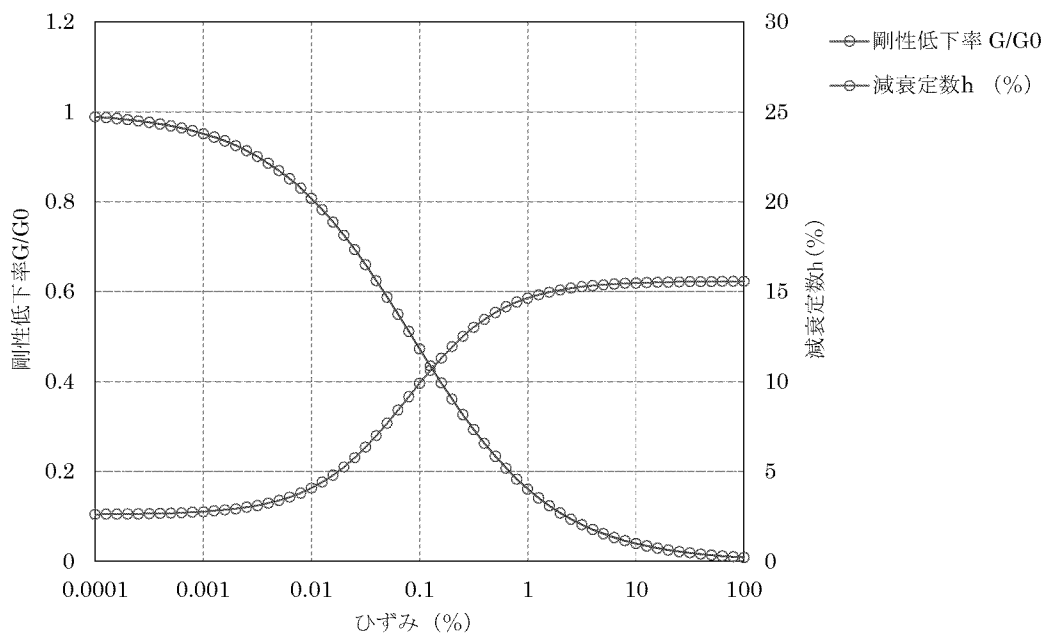
区分	Vs <sup>(注1)</sup> (km/s)	Vp <sup>(注2)</sup> (km/s)	備考
埋戻土	0.03 <sup>(注3)</sup>	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 <sup>(注3)</sup>	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 <sup>(注3)</sup>	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 <sup>(注3)</sup>	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 <sup>(注3)</sup>	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 <sup>(注3)</sup>	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I速度層 <sup>(注4)</sup>	0.26	0.92	—
III速度層 <sup>(注4)</sup>	0.75	2.22	—
IV速度層 <sup>(注4)</sup>	1.62	3.36	—

(注1) Vs : S波速度

(注2) Vp : P波速度

(注3) 埋戻土はひずみ依存特性を考慮する。埋戻土のVsは、初期せん断弾性係数を用いて算出し、初期せん断弾性係数は、平均主応力との関係式より算出する。

(注4) 設置変更許可申請書(添付資料六)に記載した値であり、I速度層は①速度層、III速度層は③速度層、IV速度層は④速度層に該当する。



第3-2図 埋戻土のひずみ依存特性

### 3.2 SHAKE による最大せん断ひずみの確認

「SHAKE」を用いた地盤の地震応答解析より算定した地盤のせん断ひずみの最大値を第 3-2 表に示す。

第 3-2 表に示した通り、表層の埋戻土において、せん断ひずみが最大で 2.26% (Ss-1H) となっており、「SHAKE」の適用範囲の目安である 1%を超えることを確認した。したがって、次章において、地盤の地震応答解析により得られた応答時刻歴波形の妥当性を確認し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルへの入力地震動に用いることの妥当性を確認する。

第 3-2 表 せん断ひずみの最大値

地震動	せん断ひずみの最大値 (%)			
	埋戻土 (注)	I 速度層	III 速度層	IV 速度層
Ss-1H	2.26	0.08	0.01	0.02
Ss-2X	0.36	0.03	0.01	0.01
Ss-2Y	0.38	0.04	0.01	0.01
Ss-3X	1.06	0.05	0.01	0.01
Ss-3Y	1.34	0.07	0.01	0.01
Ss-4H	2.20	0.06	0.02	0.02
Ss-5NS	1.05	0.07	0.01	0.01
Ss-5EW	0.95	0.06	0.01	0.01

(注) 第 3-1 表に示す埋戻土の最大せん断ひずみを、層厚により重み付け平均した値を示す。

## 4. 適用性の検討

### 4.1 検討方針

「3.2 SHAKE による最大せん断ひずみの確認」に示したとおり、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟における地盤の地震応答解析より、埋戻土のせん断ひずみが、「SHAKE」の適用範囲の目安である 1%を超える結果となった。

そこで、本章では、埋戻土のひずみ依存特性に着目して比較検討を行う。

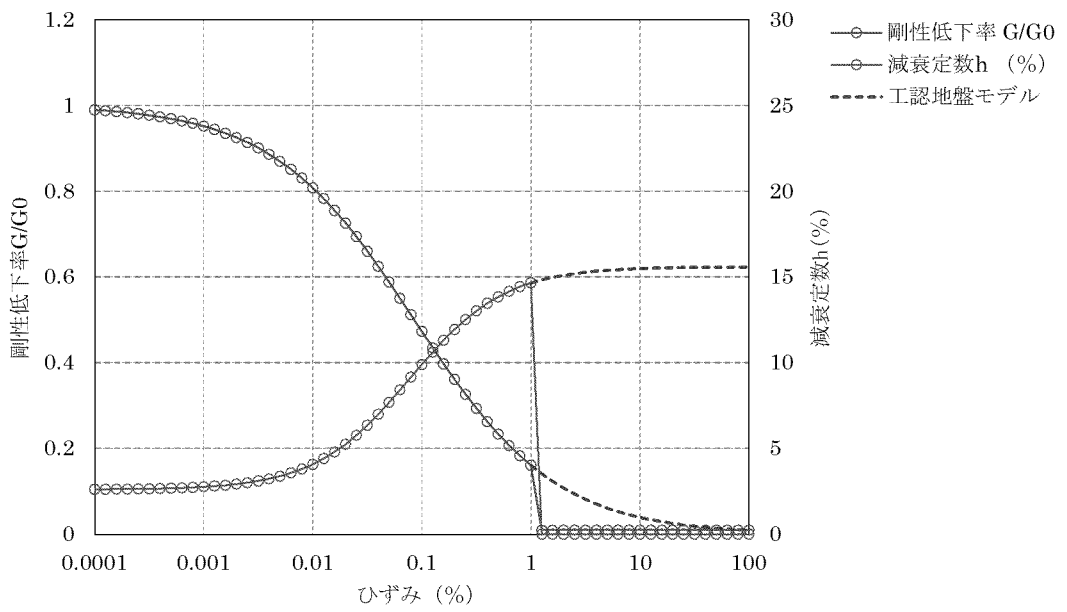
具体的には、埋戻土について、せん断ひずみ 1%以降のひずみ依存特性が試験結果の外挿したものであることから、せん断ひずみ 1%以降の埋戻土のひずみ依存特性を変動させた地盤モデル（以下「比較検討モデル」という。）を作成し、地盤の地震応答解析を行う。比較検討モデルによる地震応答解析結果と添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」で用いた地盤モデル（以下「工認地盤モデル」という。）による地震応答解析結果との比較により、「SHAKE」による等価線形解析の妥当性を確認する。

### 4.2 検討方法

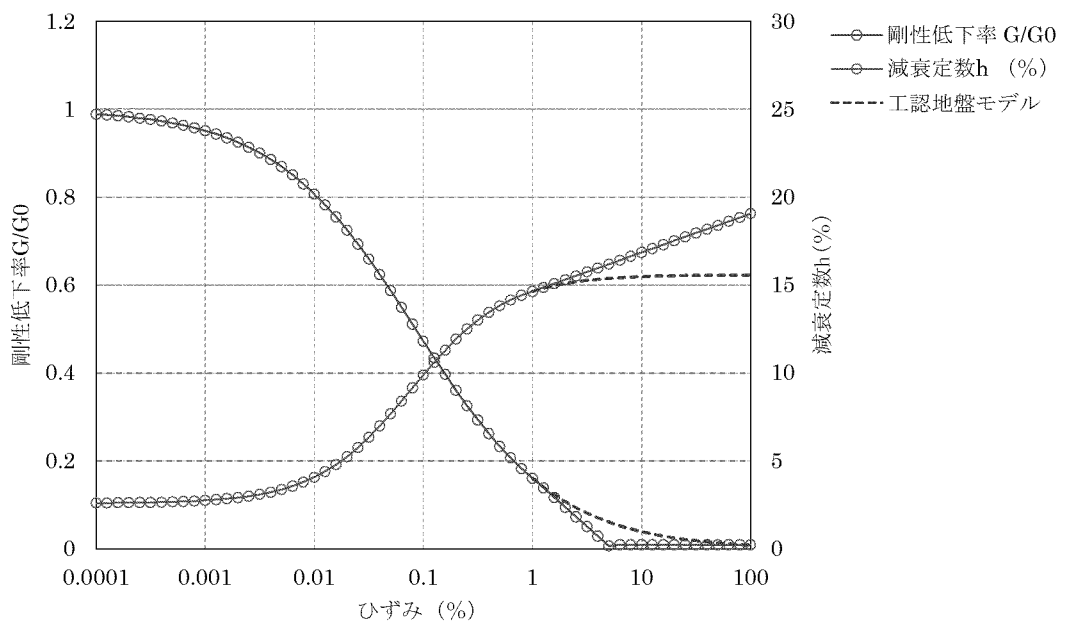
比較検討モデルによる地盤の地震応答解析を行い、基礎底面位置における加速度応答スペクトルを算出する。基礎底面位置において、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルと比較検討モデルによる加速度応答スペクトルとの比較を行い、顕著な差が見られないことを確認することで、入力地震動の算定における「SHAKE」の適用性及び工認地盤モデルにより算定した入力地震動の妥当性を確認する。

比較検討モデルは、せん断ひずみ 1%以降における埋戻土のせん断剛性低下率( $G/G_0$ )及び減衰定数( $h$ )を変動パラメータとし、第 4-1 図に示す 2 ケースとする。ここで、比較検討モデル①は、せん断ひずみ 1%以降のせん断剛性低下率( $G/G_0$ )及び減衰定数( $h$ )を極めて小さな値としたモデルである。比較検討モデル②は、せん断ひずみ 1%以降のせん断剛性低下率( $G/G_0$ )及び減衰定数( $h$ )の傾きを一定とすることで、線形的にせん断剛性低下率( $G/G_0$ )を減少かつ減衰定数( $h$ )を増加させるモデルである。

比較検討に用いる地震動は、工認地盤モデルにおいて埋戻土のせん断ひずみが特に大きな値となった基準地震動  $S_s-1H$  及び  $S_s-4H$  とする。



(a) 比較検討モデル①



(b) 比較検討モデル②

第 4-1 図 比較検討モデルにおける埋戻土のひずみ依存特性



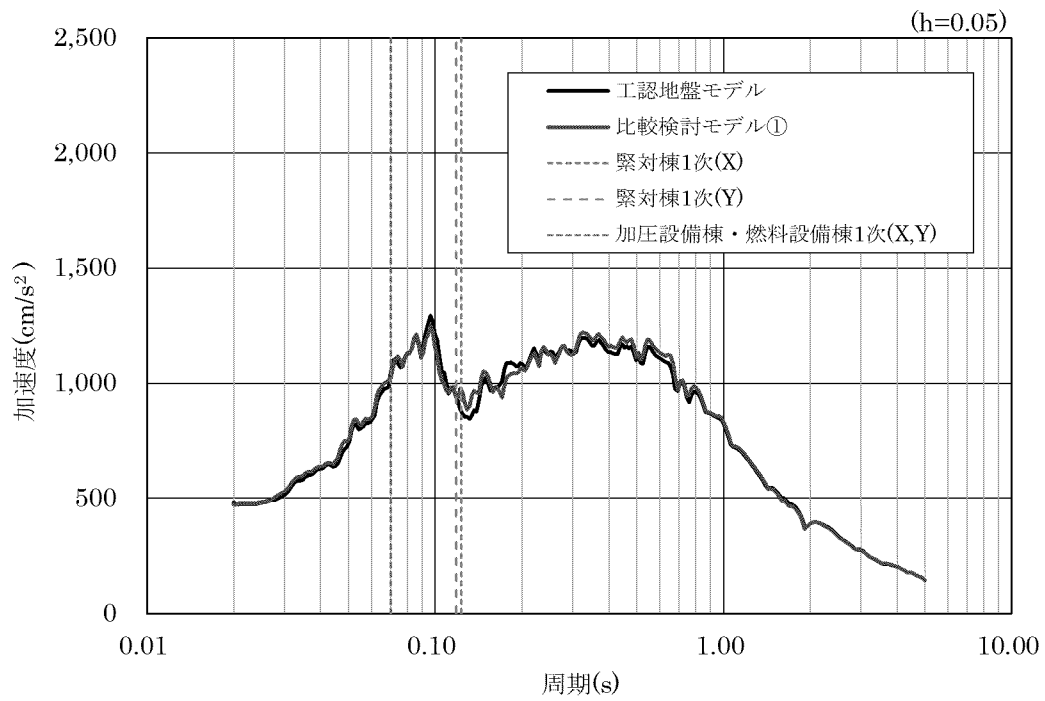
### 4.3 検討結果

基礎底面位置における工認地盤モデルの加速度応答スペクトルと比較検討モデルによる加速度応答スペクトルとの比較を第 4-2 図及び第 4-3 図に示す。

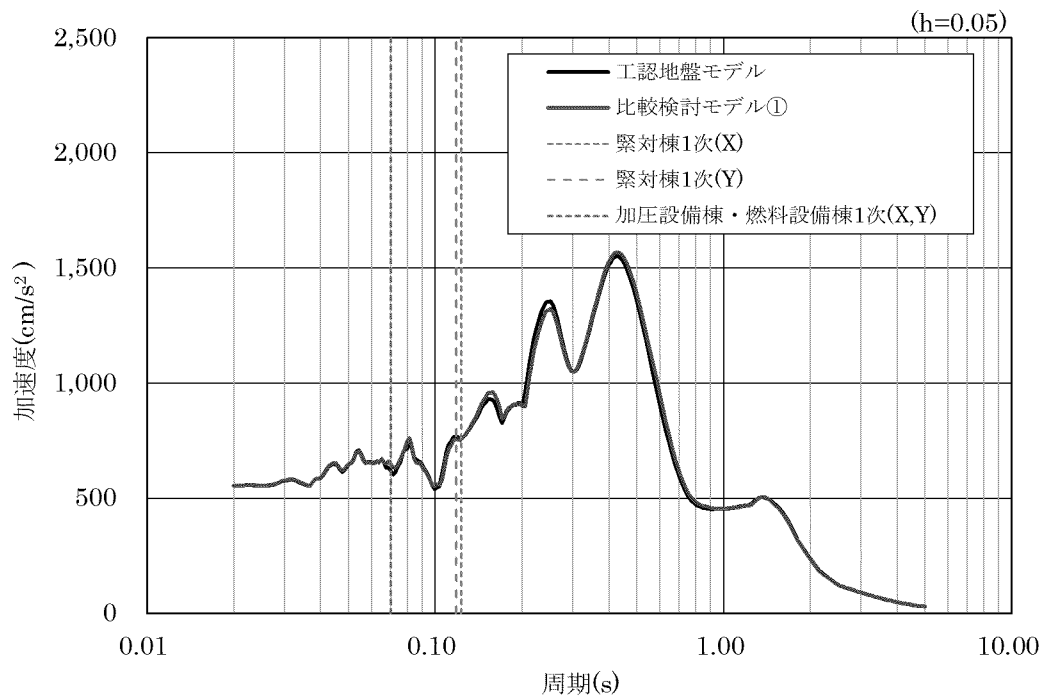
工認地盤モデルと比較検討モデル①とを比較した結果、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の 1 次モード付近の周期においては、比較検討モデル①の応答が若干大きい結果となっている。ここで、比較検討モデル①は、せん断ひずみ 1% 以降のせん断剛性及び減衰定数を極めて小さい値、すなわち、せん断ひずみ 1% で破壊するものとしてモデル化しているが、現実的には、本モデルほどのせん断剛性及び減衰の低下は考え難く、保守的な結果が算定されているものと考えられる。したがって、比較検討モデル①の検討条件の保守性を踏まえると、工認地盤モデル及び比較検討モデル①の応答には有意な差は無い。

また、工認地盤モデルと比較検討モデル②とを比較した結果、加速度応答スペクトルに顕著な差は見られない。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析において、「SHAKE」を用いた等価線形解析により、工認地盤モデルで算定した入力地震動を用いることは妥当である。

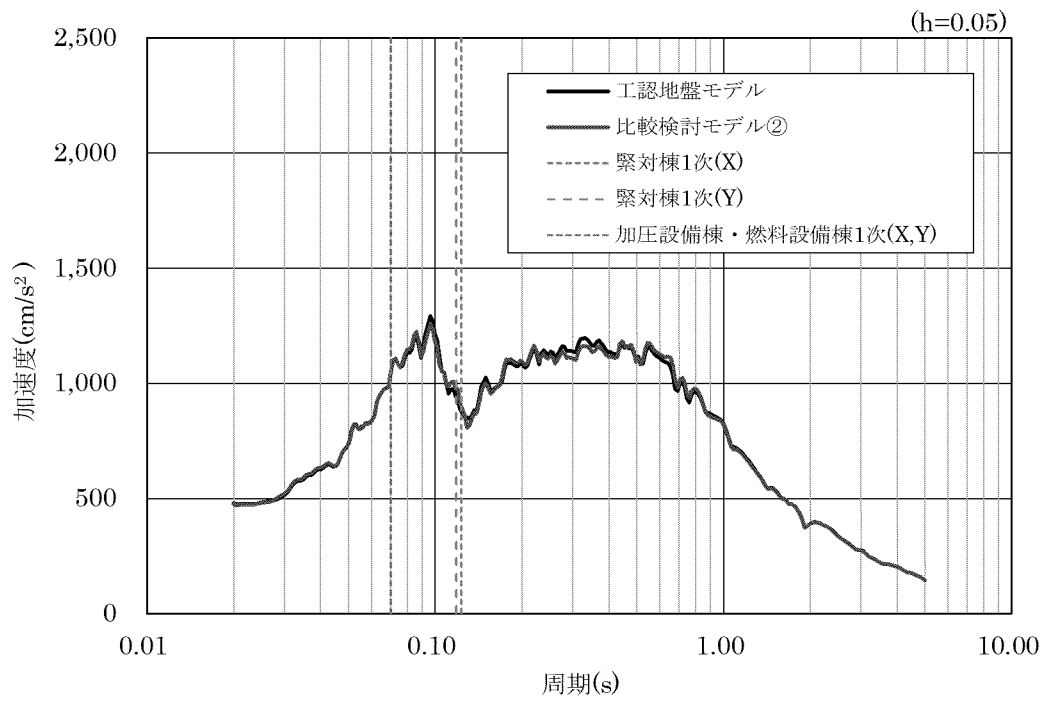


(a) 基準地震動  $S_s-1_H$

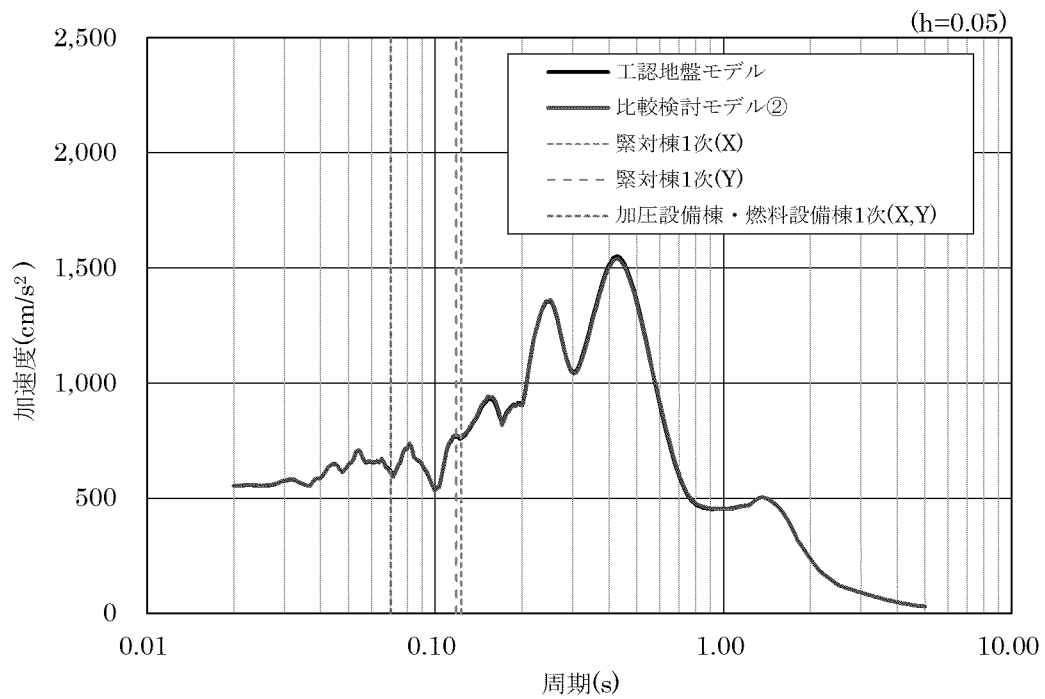


(b) 基準地震動  $S_s-4_H$

第 4-2 図 加速度応答スペクトルの比較結果 (比較検討モデル①)



(a) 基準地震動  $S_s-1_H$



(b) 基準地震動  $S_s-4_H$

第 4-3 図 加速度応答スペクトルの比較結果 (比較検討モデル②)

## 5. まとめ

工認地盤モデルによる地盤の地震応答解析結果より、埋戻土において、「SHAKE」の適用範囲の目安である 1%を超えるせん断ひずみが生じていることを確認した。

そこで、埋戻土のひずみ依存特性を変動させた比較検討モデルを作成し、地盤の地震応答解析を行い、基礎底面位置における加速度応答スペクトルの比較を行った。比較の結果、工認地盤モデル及び比較検討モデルの加速度応答スペクトルには顕著な差が見られないことを確認した。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析における「SHAKE」の適用性を確認した。

### 7-3-1. 応力解析モデル及び解析手法の概要

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 応力解析モデル及び解析手法 .....	2
別紙 1 応力解析モデルの鳥瞰図及び層分解図	
別紙 2 耐震重要度分類 C クラス施設としての耐震評価について	

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の応力解析モデル及び解析手法の概要を示すものである。

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 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

## 2. 応力解析モデル及び解析手法

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟並びに緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎（以下「基礎版」という。）の応力解析モデル及び解析手法の概要を第2-1表に示す。また、令和元年6月3日付け原規規発第1906035号にて認可された工事計画の添付資料11-16-2「緊急時対策棟（指揮所）の耐震計算書」（以下「川内新規制基準工認」という。）における川内1号機緊急時対策棟（指揮所）（以下「指揮所棟」という。）、加圧設備棟及び燃料設備棟の応力解析モデル及び解析手法並びに平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された玄海3号機の工事計画の添付資料3-17-13-2「代替緊急時対策所の耐震計算書」（以下「玄海新規制基準工認」という。）における玄海3号機代替緊急時対策所の応力解析モデル及び解析手法を、併せて示す。



第2-1表 応力解析モデル及び解析手法の概要(1/3)

項目	今回工認		参考（川内新規制基準工認）		参考（玄海新規制基準工認）		備考	
	玄海3号機 緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版		川内1号機 指揮所棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版		玄海3号機 代替緊急時対策所			
解析手法	3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析 (静的解析)		同左		同左			
解析コード	MSC-NASTRAN Ver.2013.1.1		NX-NASTRAN Ver.10.2		MSC-NASTRAN Ver.2008 r1			
モデル化	モデル化 範囲	建屋全体（加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版を含む）に ついて、壁、床、屋根、基礎版、柱及びはりをモデル化		同左		壁及び基礎版：壁、基礎版及び屋根スラブ 屋根スラブ：壁及び屋根スラブ		
	材料物性	コンクリートのヤング係数 緊対棟部分： EL.15.00m より上部 : E=24.4kN/mm <sup>2</sup>  加圧設備棟部分： E=24.4kN/mm <sup>2</sup>  燃料設備棟部分： EL.15.00m より上部 : E=24.4kN/mm <sup>2</sup> EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm <sup>2</sup>  基礎版部分： E=22.7kN/mm <sup>2</sup>  コンクリートのポアソン比 ν=0.2		コンクリートのヤング係数 指揮所棟部分： EL.15.00m より上部 : E=25.9kN/mm <sup>2</sup> EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm <sup>2</sup>  加圧設備棟部分： E=24.4kN/mm <sup>2</sup>  燃料設備棟部分： EL.15.00m より上部 : E=24.4kN/mm <sup>2</sup> EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm <sup>2</sup>  基礎版部分： E=22.7kN/mm <sup>2</sup>  コンクリートのポアソン比 ν=0.2		コンクリートのヤング係数： E=24.4kN/mm <sup>2</sup>  コンクリートのポアソン比： ν=0.2		①
	使用要素	壁、床及び屋根：シェル要素 柱及びはり：はり要素 基礎版：ソリッド要素（一部の基礎版はシェル要素）		同左		壁、基礎版及び屋根スラブ：シェル要素		
	境界条件	基礎版下端に3方向の地盤ばねを考慮 基礎版下端の地盤ばねは、浮上り考慮		同左		壁及び基礎版： 基礎版下端に3方向の地盤ばねを考慮 基礎版下端の地盤ばねは、浮上り考慮  屋根スラブ： 壁の脚部を固定		

【表の備考欄に対応】

①：原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）及び鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、1999 改定）に基づき設定。

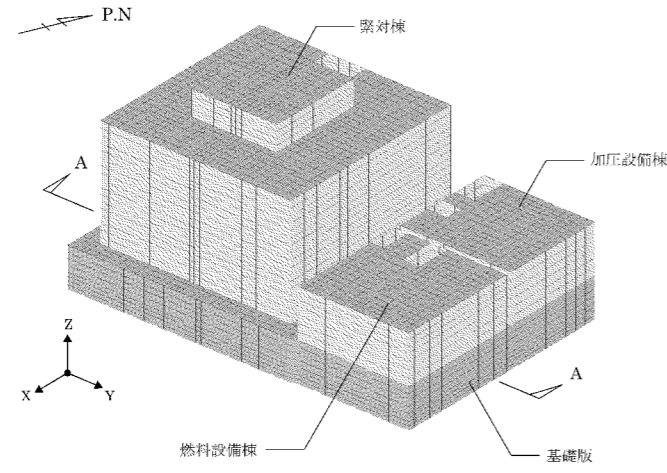
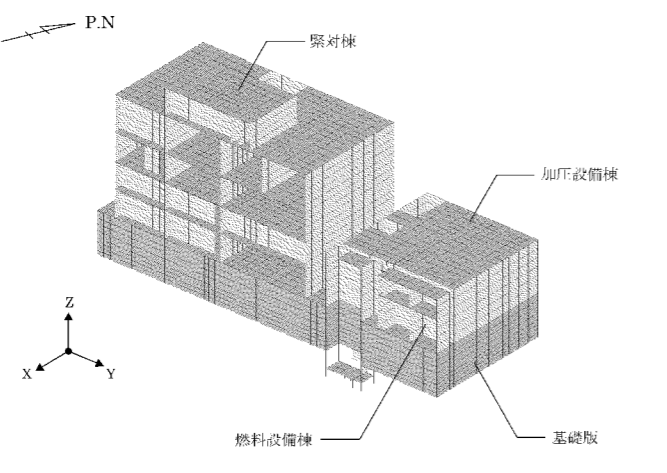
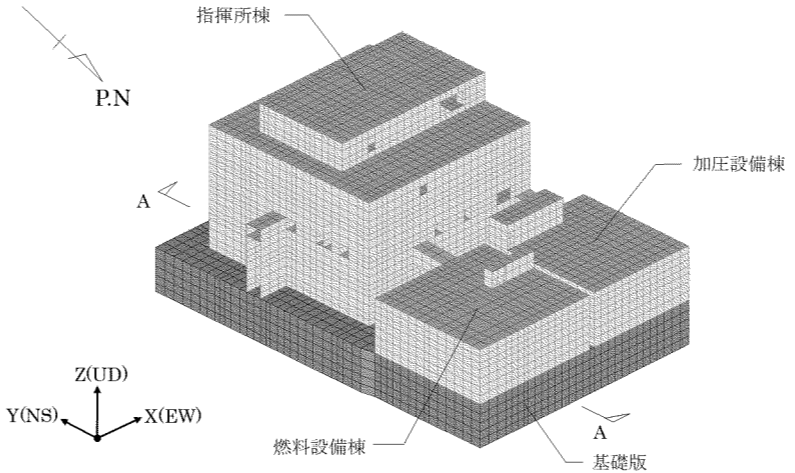
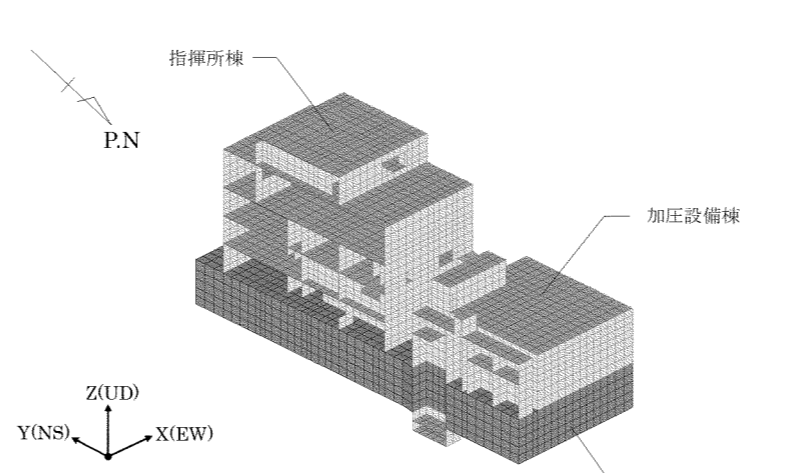
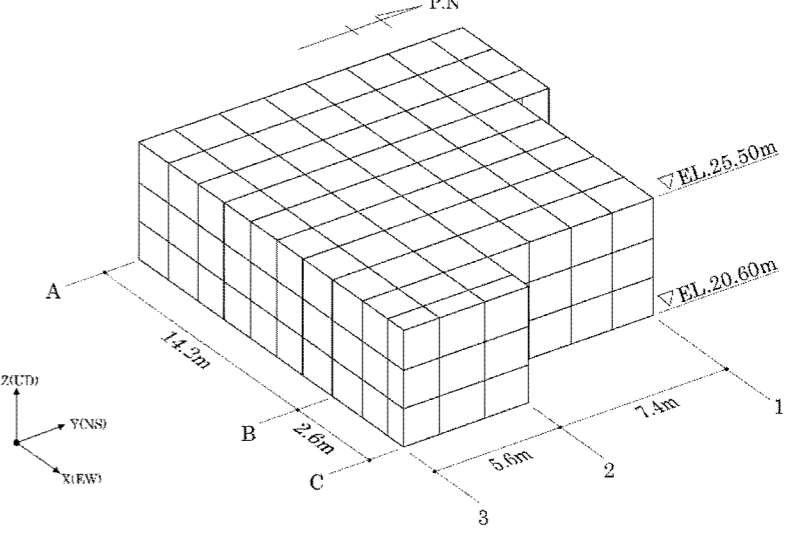
第2-1表 応力解析モデル及び解析手法の概要(2/3)

項目		今回工認	参考（川内新規制基準工認）	参考（玄海新規制基準工認）	備考	
		玄海3号機 緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版	川内1号機 指揮所棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版	玄海3号機 代替緊急時対策所		
荷重の組合せ		D+L+E <sub>0</sub> +K+Es D：固定荷重 L：積載荷重 E <sub>0</sub> ：常時土圧荷重 K：地震荷重 Es：地震時増分土圧荷重	同左	D+L+K D：固定荷重 L：積載荷重 K：地震荷重		
荷重 の 設定	固定荷重 積載荷重	モデル化範囲に対する固定荷重及び積載荷重を考慮	同左	同左		
	常時 土圧荷重	壁に作用する土圧を考慮	同左	—		
	地震 荷重	慣性力	各層の固定荷重及び積載荷重に対する慣性力を考慮	同左	同左	
		増分 土圧	地震時の増分土圧荷重を考慮 (JEAG4601-1991 追補版による加力側及び支持側増分土 圧の包絡値)	同左	—	
評価内容		常時： 発生応力が長期許容応力度に基づく許容値を超えないこ とを確認  Ss 地震時： 緊対棟及び基礎版： 発生応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこ とを確認  加圧設備棟及び燃料設備棟： 発生応力が終局強度に基づく許容値を超えないことを確 認	同左 (但し、「緊対棟」は「指揮所棟」に読み替える)	Ss 地震時： 発生応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこ とを確認	① ② ③	

【表の備考欄に対応】

- ①：長期許容応力度に基づく許容値、短期許容応力度に基づく許容値及び終局強度に基づく許容値は、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）に基づき算出。
- ②：今回工認及び川内新規制基準工認のうち、緊対棟（指揮所棟）及び基礎版については、施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。
- ③：今回工認及び川内新規制基準工認のうち、加圧設備棟及び燃料設備棟は、Ss 地震時において、発生応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認することで、発生応力が終局強度に基づく許容値を超えないことを確認している。

第2-1表 応力解析モデル及び解析手法の概要(3/3)

項目	今回工認 玄海3号機 緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版	参考（川内新規制基準工認） 川内1号機 指揮所棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版	参考（玄海新規制基準工認） 玄海3号機 代替緊急時対策所	備考
解析モデル	 <p>(a) 全体</p>  <p>(b) A-A断面</p>	 <p>(a) 全体</p>  <p>(b) A-A断面</p>	 <p>(a) 鳥瞰図</p>	<p>① ② ③</p>

【表の備考欄に対応】

- ①：今回工認及び川内新規制基準工認では、緊対棟（指揮所棟）、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版の建屋全体をモデル化し、共通の解析モデルを用いて応力解析を行っている。
- ②：玄海3号機代替緊急時対策所について、屋根の応力解析は、壁及び屋根をモデル化し、壁脚を固定としたモデルにより行っている。また、壁及び基礎版の応力解析は、壁、基礎版及び屋根をモデル化し、基礎底面に地盤ばねを設けたモデルにより行っている。
- ③：今回工認において、応力解析モデル（3次元 FEM モデル）でモデル化している壁は、応答解析モデル（質点系モデル）で剛性を評価している壁と一致している。

7-3-1-別紙 1. 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 - 6

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」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。

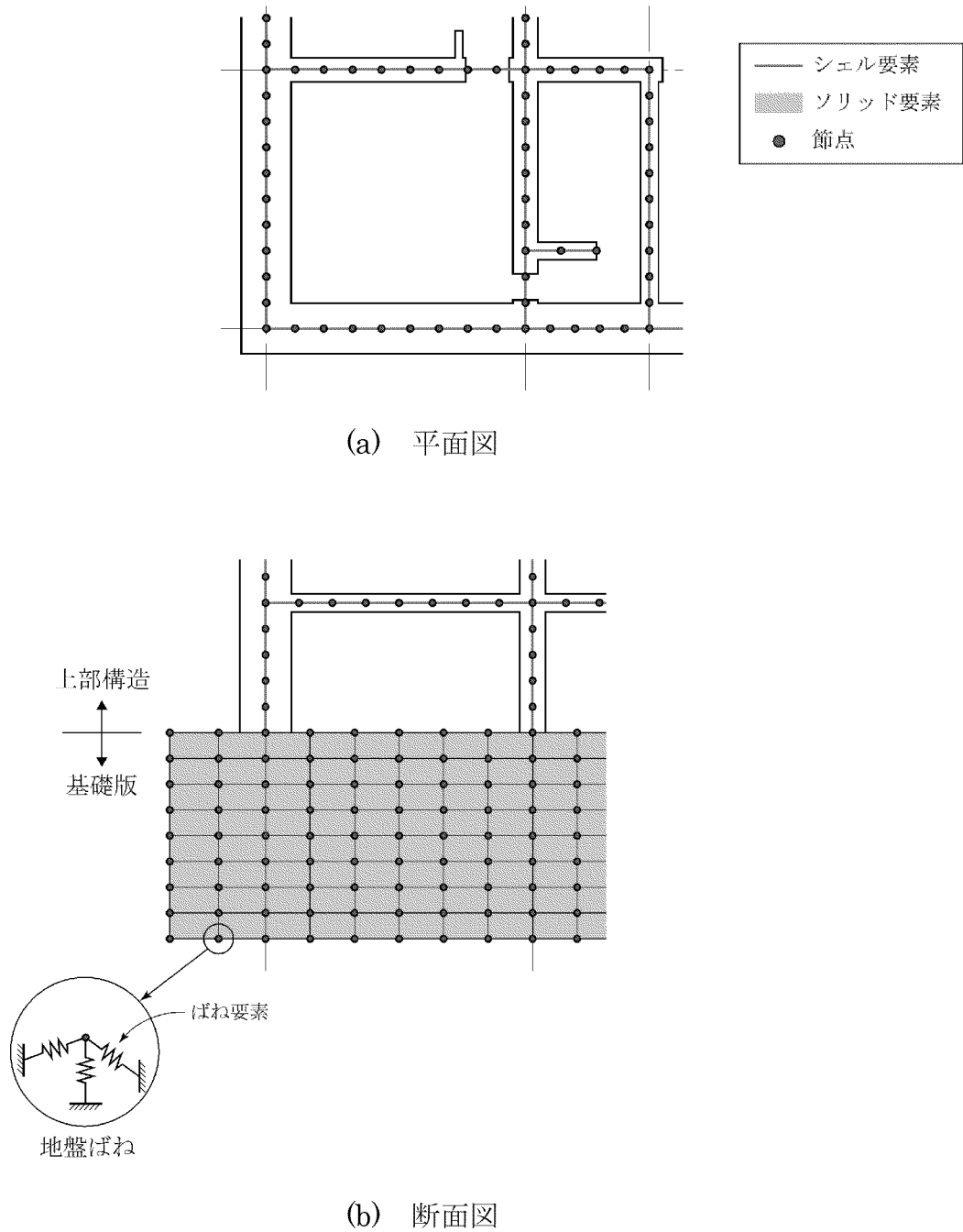
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

## 2. 解析モデル概要

建屋を構成するスラブ及び壁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、基礎版はソリッド要素でモデル化し、地盤と接する節点に水平及び鉛直の地盤ばねを配置する。

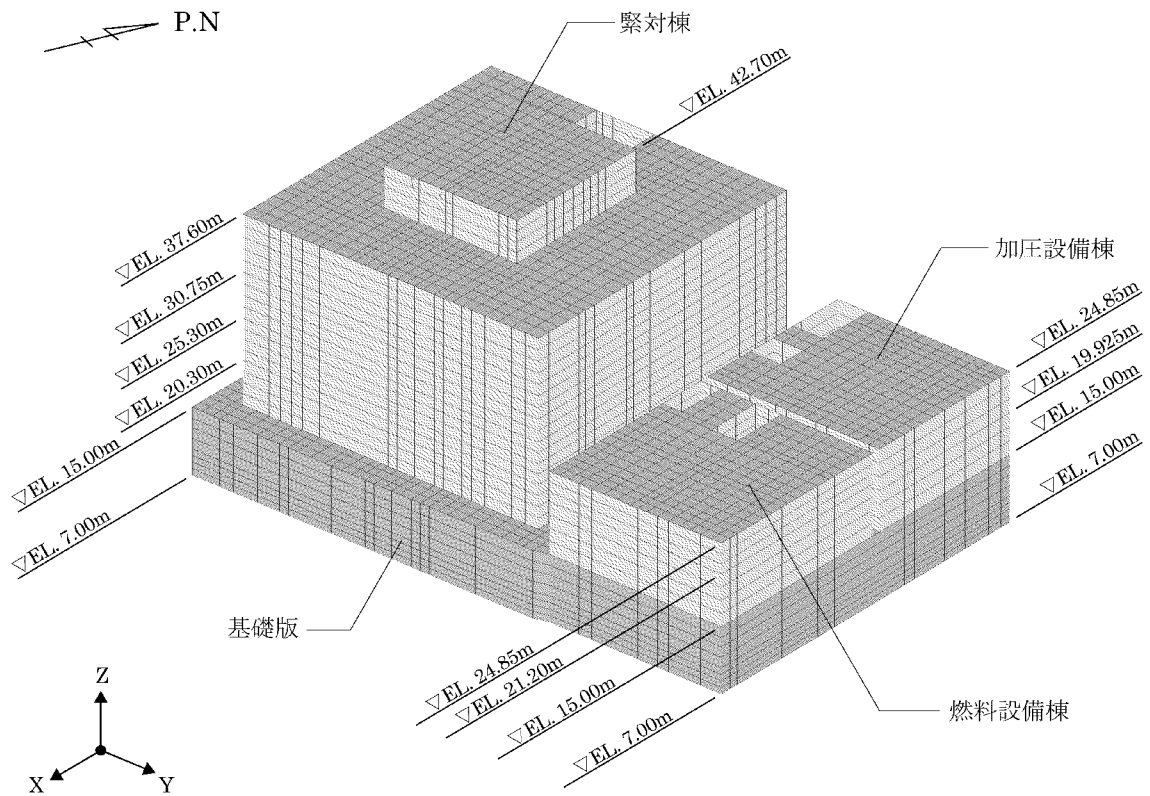
応力解析に用いる解析モデルの概念図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 応力解析に用いる解析モデルの概念図

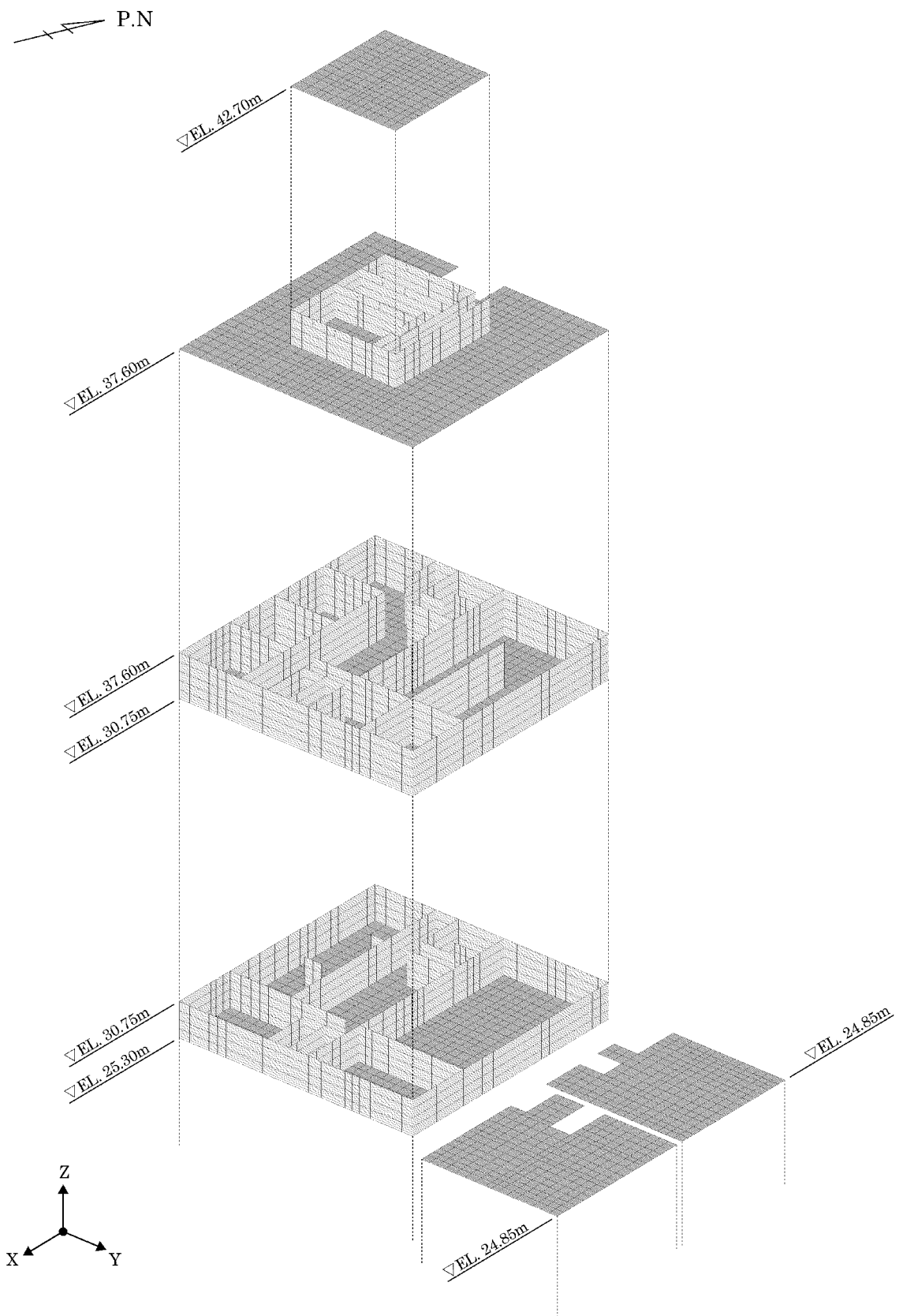
### 3. 解析モデルの鳥瞰図及び層分解図

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、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。

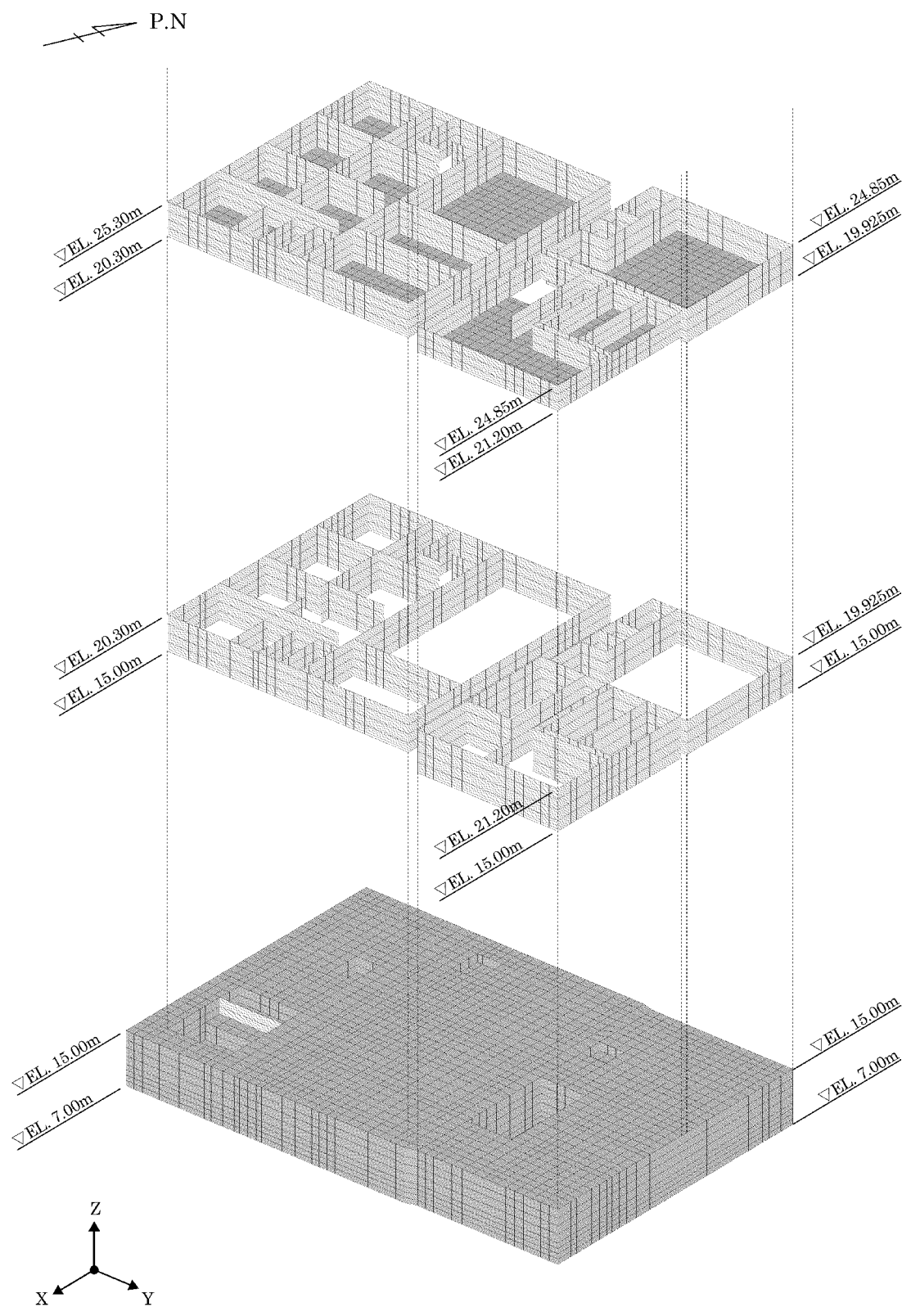


第3-1図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の解析モデル（鳥瞰図）





第 3-2 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の解析モデル（層分解図）（1/2）



第 3-2 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の解析モデル（層分解図）（2/2）

#### 4. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の応力解析に用いる解析モデル図について示した。

7-3-1-別紙 2. 耐震重要度分類 C クラス施設  
としての耐震評価について

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 2 - 1
2. 包絡性について .....	別 2 - 2
3. ま と め .....	別 2 - 7

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）の耐震評価について、耐震重要度分類 C クラスの施設及び C クラス施設の間接支持構造物としての評価が、重大事故等対処施設としての評価に包絡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 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」

## 2. 包絡性について

重大事故等対処施設の評価として、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、地震応答解析による評価及び応力解析による評価を行っている。

地震応答解析による評価の許容限界を第 2-1 表、応力解析による評価の許容限界を第 2-2 表及び第 2-3 表に示す。

地震応答解析による評価の許容限界は、耐震壁のせん断ひずみ、地盤の接地圧及び保有水平耐力について、それぞれ、弾性範囲、短期許容支持応力度、必要保有水平耐力としている。また、応力解析による評価の許容限界は、短期許容応力度としている。これらの許容限界は、Cクラス施設及びCクラス施設の間接支持構造物としての評価である静的地震力に対する評価における許容限界と同じである。

Cクラス施設及びCクラス施設の間接支持構造物としての評価における静的地震力と基準地震動  $S_s$  による地震力との比較を第 2-4 表及び第 2-5 表に示す。Cクラス施設及びCクラス施設の間接支持構造物としての評価における静的地震力は、基準地震動  $S_s$  による地震力に包絡される。

以上より、Cクラス施設及びCクラス施設の間接支持構造物としての評価が、重大事故等対処施設としての評価に包絡されることを確認した。

第2-1表 地震応答解析による評価の許容限界<sup>(※)</sup>

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)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保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)
		基準地震動 Ss	基礎地盤 (注3)	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容支持力度 9.13N/mm <sup>2</sup> (注1)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 4.56N/mm <sup>2</sup>
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽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)
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 Ss	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2)(注4)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能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) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注2) 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3) 基礎地盤の支持性能の評価は、資料12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア(加圧設備)及び緊急時対策棟屋外地下エリア(燃料設備)の基礎の耐震計算書」に示す。

(注4) 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 Ss 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。

(※) 添付資料12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」第3-1表の再掲



第2-2表 応力解析による評価の許容限界（緊対棟）<sup>(※)</sup>

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 床 屋根	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>
気密性	建屋内への放射性物質の侵入を防止するために気密性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力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	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注2)</sup>
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	床	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>

(注1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(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、Ss 地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、許容限界を短期許容応力度に基づく許容値とすることで、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。

(※) 添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」第4-11表の再掲

第2-3表 応力解析による評価の許容限界（基礎版）<sup>(※)</sup>

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	— (常時に対する検討)	基礎版	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	基礎版	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注)</sup>

(注) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(※) 添付資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」第4-3表の再掲

第2-4表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (せん断力)

(単位 :  $\times 10^3\text{kN}$ )

部位	部材 番号	方向 <sup>(注)</sup>	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	1	X	4.86	44.7
		Y	4.82	40.8
	2	X	24.3	201
		Y	24.4	199
	3	X	42.5	330
		Y	42.6	327
	4	X	54.0	398
		Y	54.0	396
	5	X	61.6	430
		Y	61.6	435

(注) 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義している。

第2-5表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (軸力)

(単位 :  $\times 10^3\text{kN}$ )

部位	部材 番号	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	1	3.86	13.5
	2	23.8	78.3
	3	48.3	153
	4	70.6	213
	5	92.4	263

### 3. まとめ

緊対棟の耐震評価について、Cクラス施設及びCクラス施設の間接支持構造物としての評価が重大事故等対処施設としての評価に包絡されることを示した。

## 7-3-2. FEM モデルを用いた応力解析による 評価における断面の評価対象部位の選定

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 緊対棟の断面の評価対象部位の選定 .....	3
3. 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の断面の評価対象部位の選定 .....	45
4. 燃料設備棟の断面の評価対象部位の選定 .....	54
5. 加圧設備棟の断面の評価対象部位の選定 .....	77

## 1. 概 要

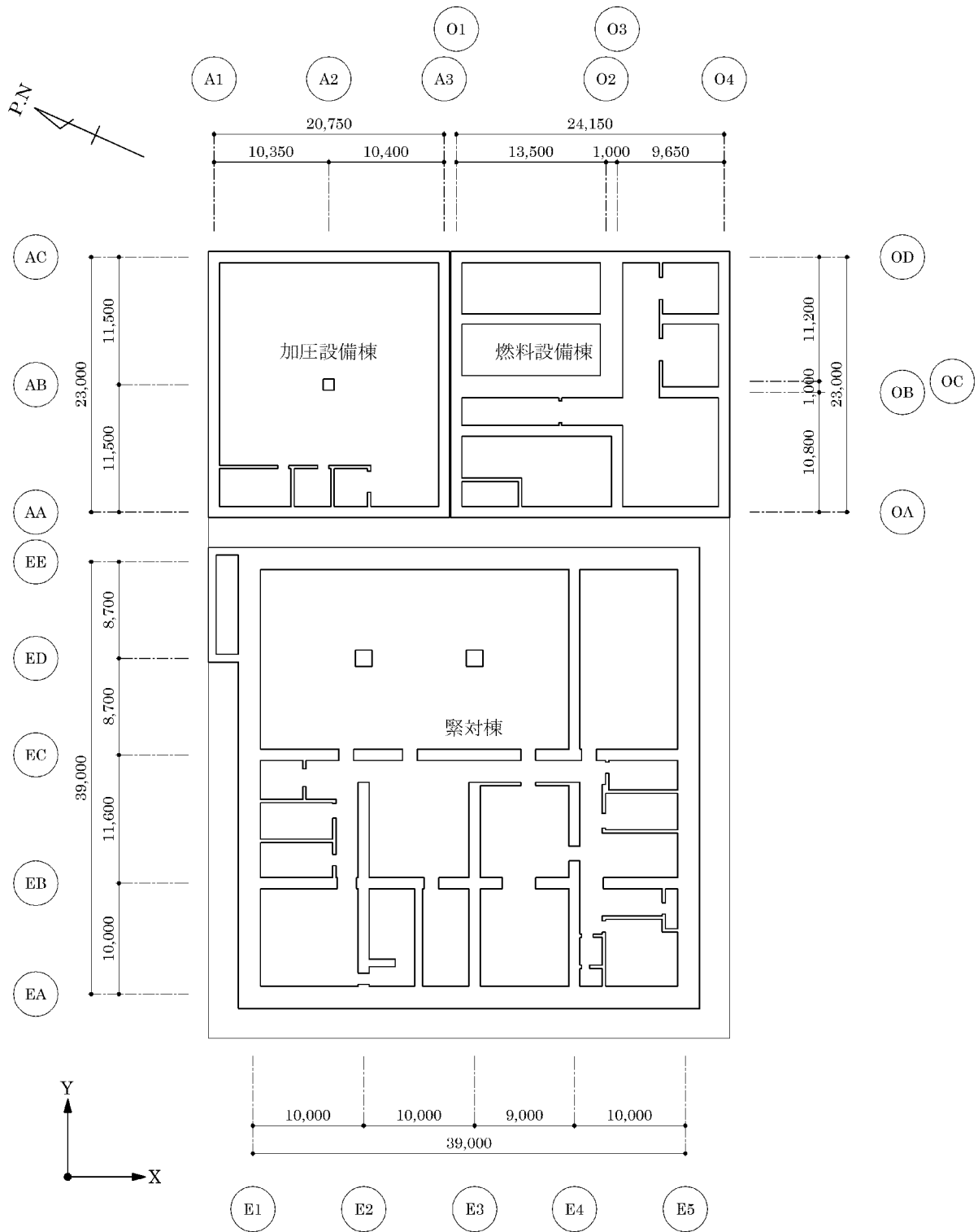
本資料は、FEM モデルを用いた応力解析による評価における断面の評価対象部位の選定に関し、耐震計算書における断面の評価対象要素の選定結果について示すものである。

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 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

ここで、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図を第 1-1 図に示す。

(mm)



第 1-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)



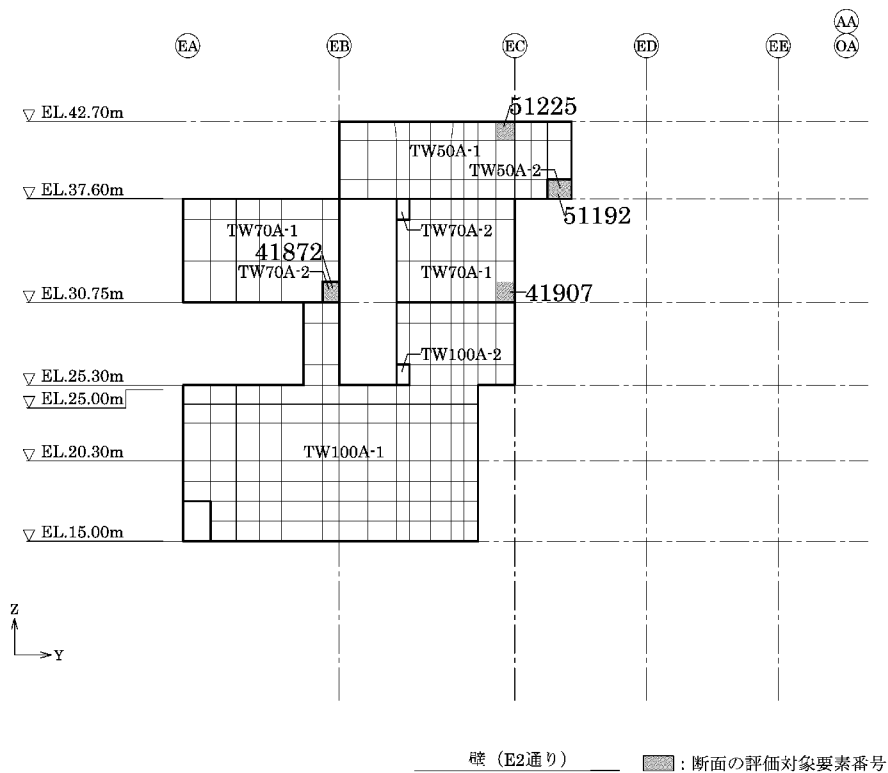
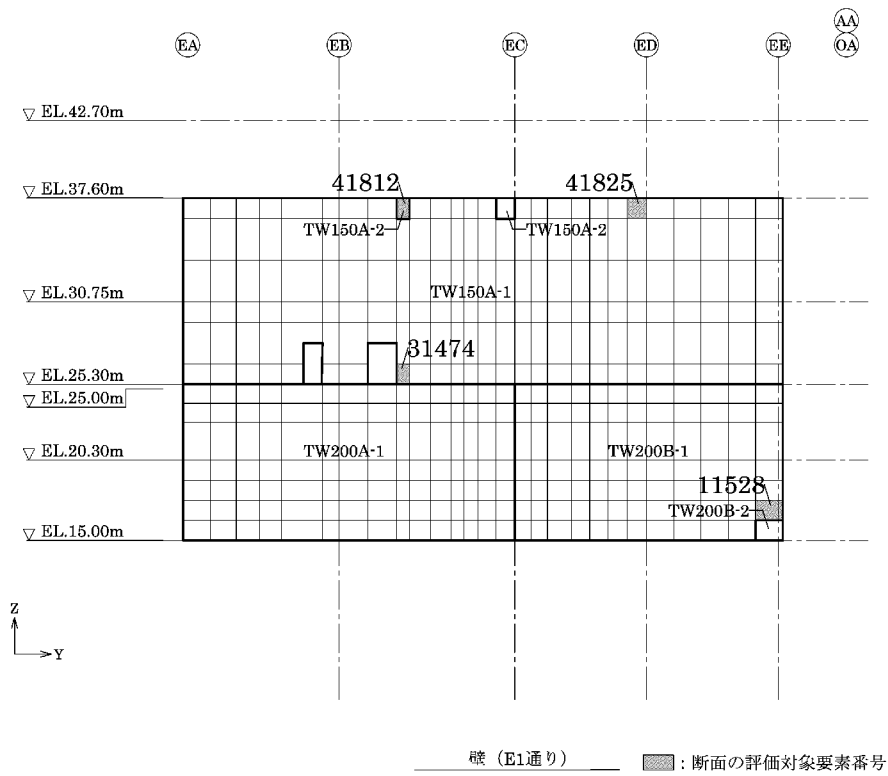
2. 緊対棟の断面の評価対象部位の選定

緊対棟の荷重の組合せケースを第 2-1 表、分類領域及び断面の評価対象要素番号を第 2-1 図、分類領域ごとの配筋を第 2-2 表に示す。

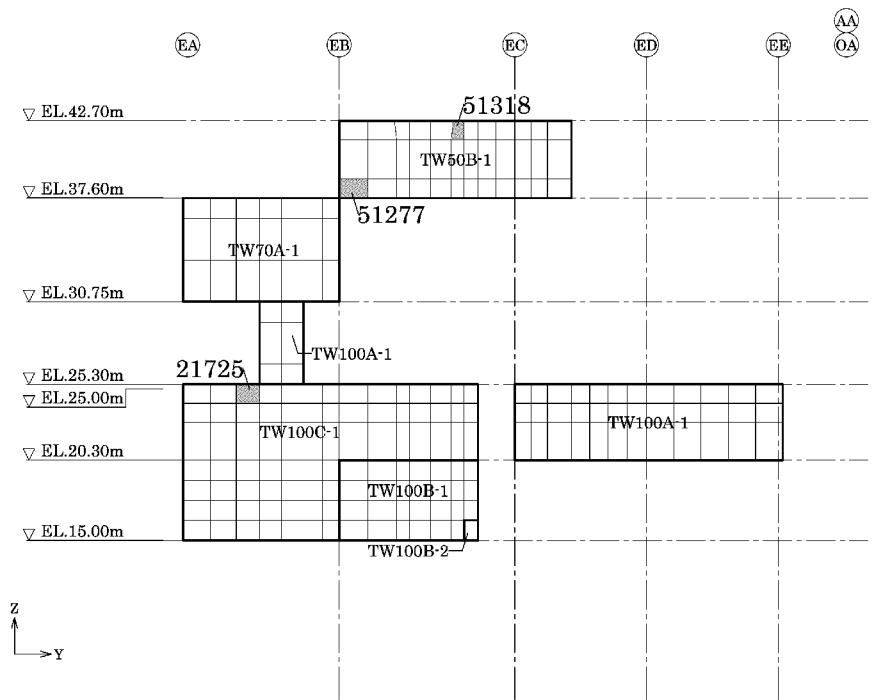
各評価項目の検定値一覧を第 2-3 表、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 2-2 図に示す。

第 2-1 表 荷重の組合せケース

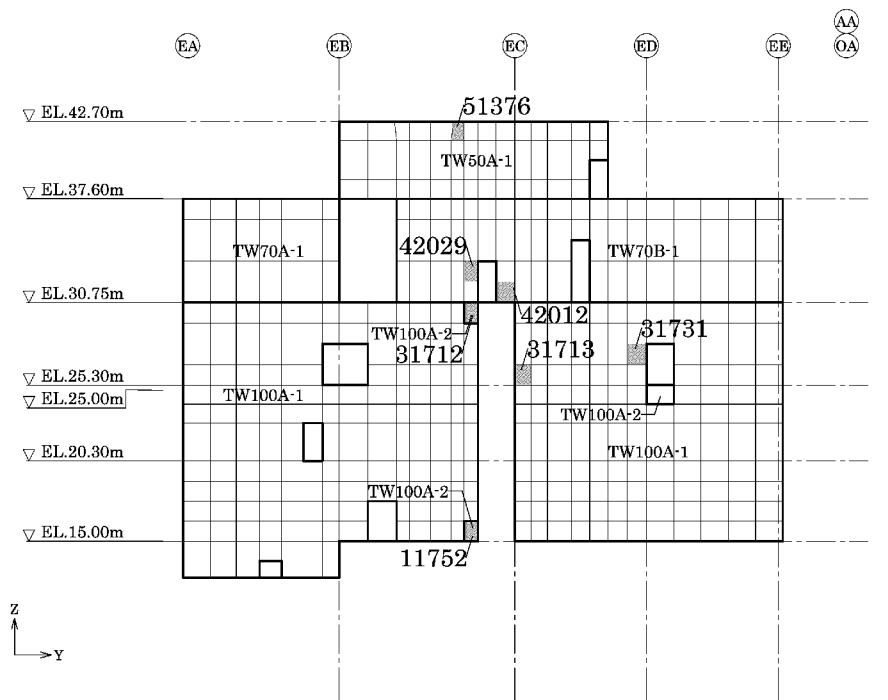
	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	3	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	4	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	5	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	11	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	12	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	13	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
常時	17	$D + L + E_0$



第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(1/13)

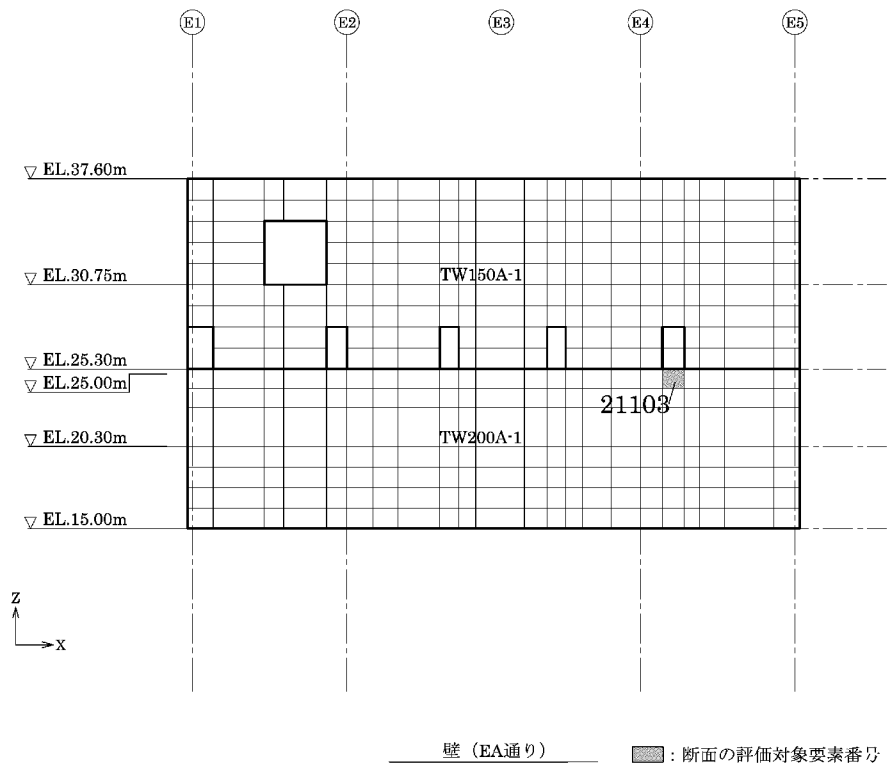
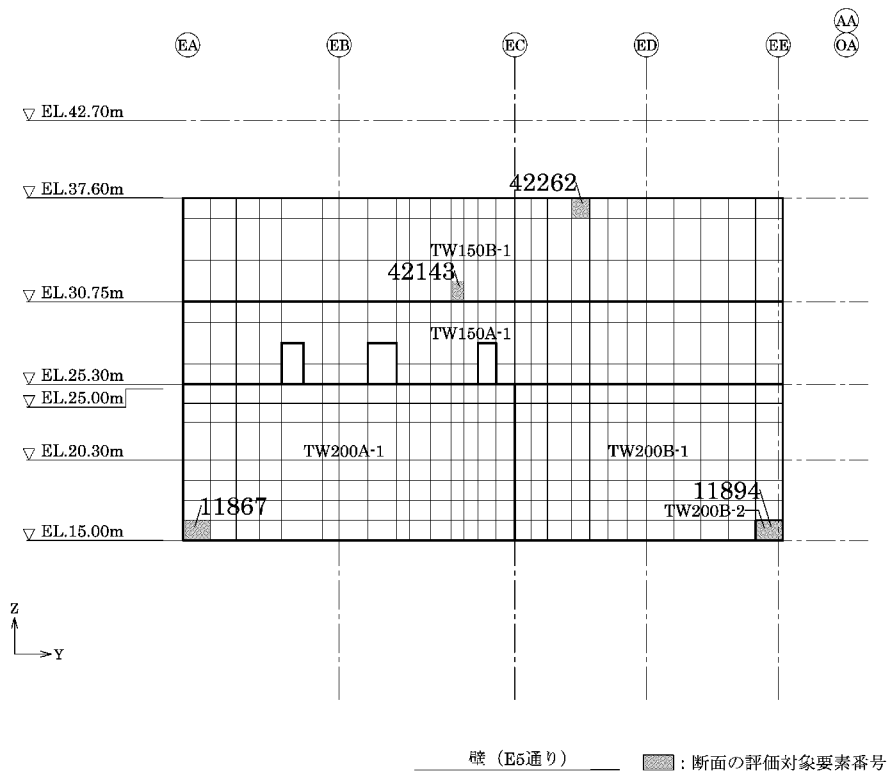


壁 (E3通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

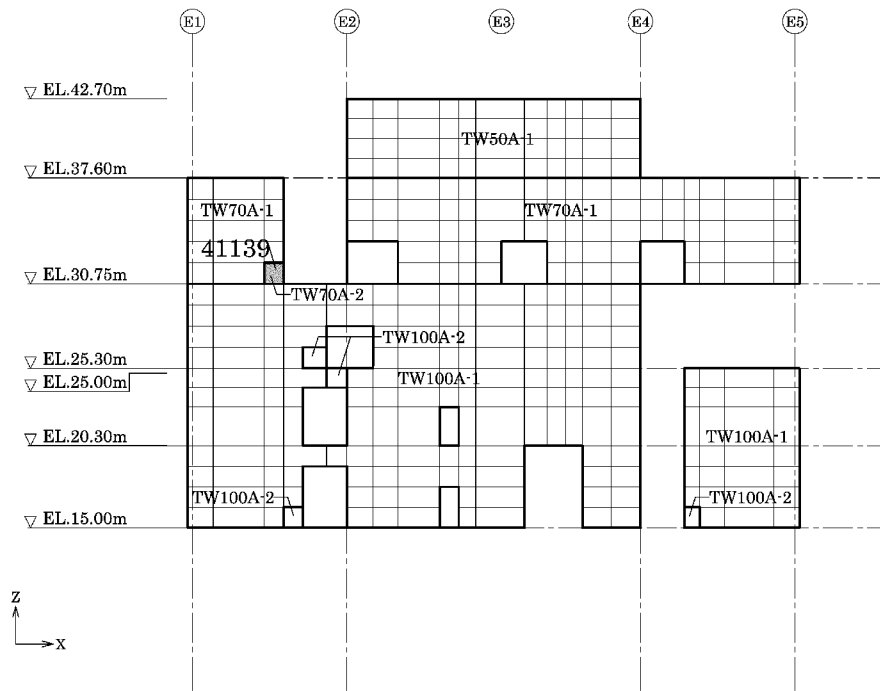


壁 (E4通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

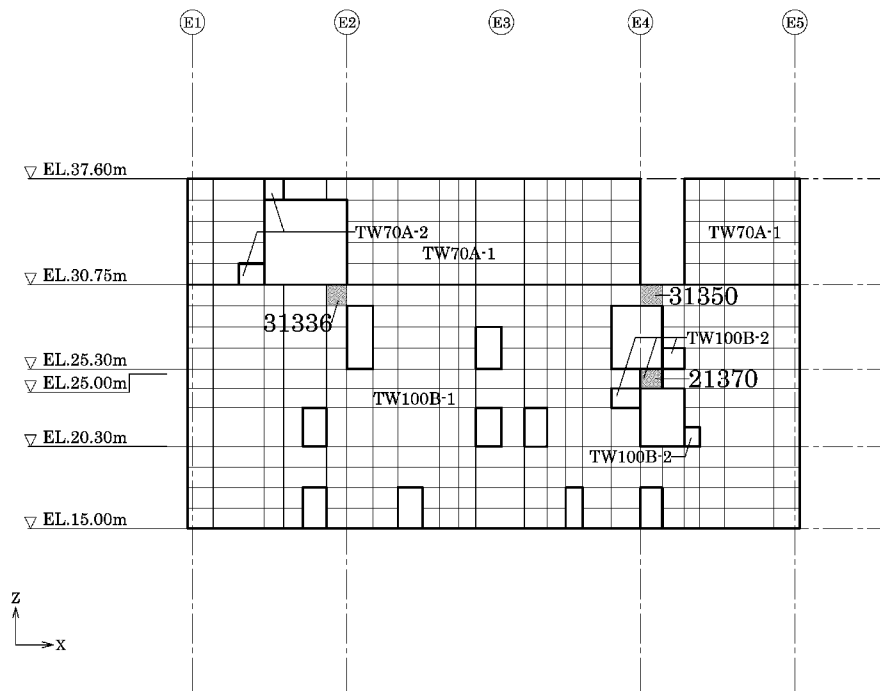
第2-1図 断面の評価対象要素番号(2/13)



第2-1図 断面の評価対象要素番号(3/13)

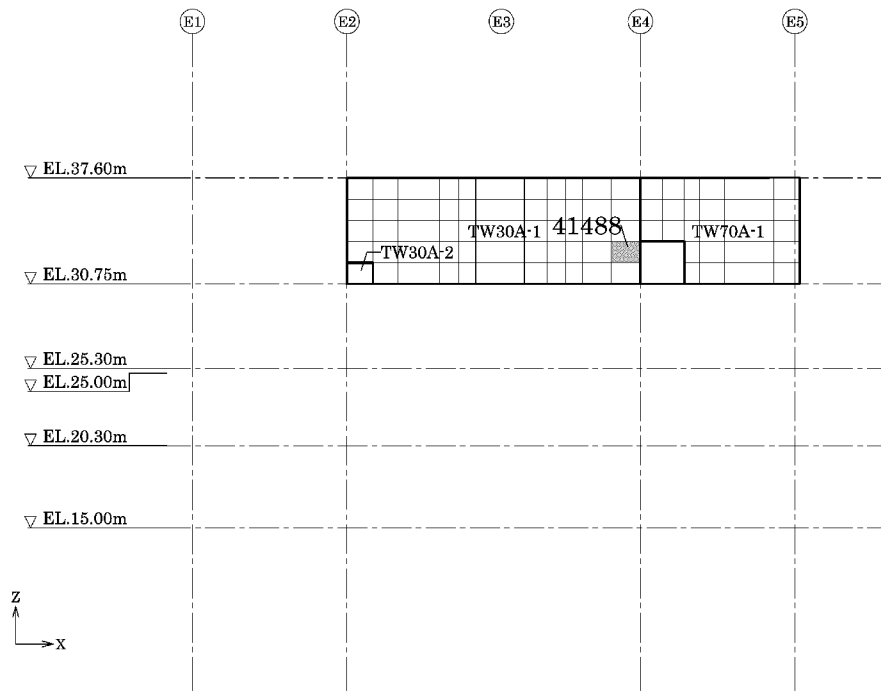


壁 (EB通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

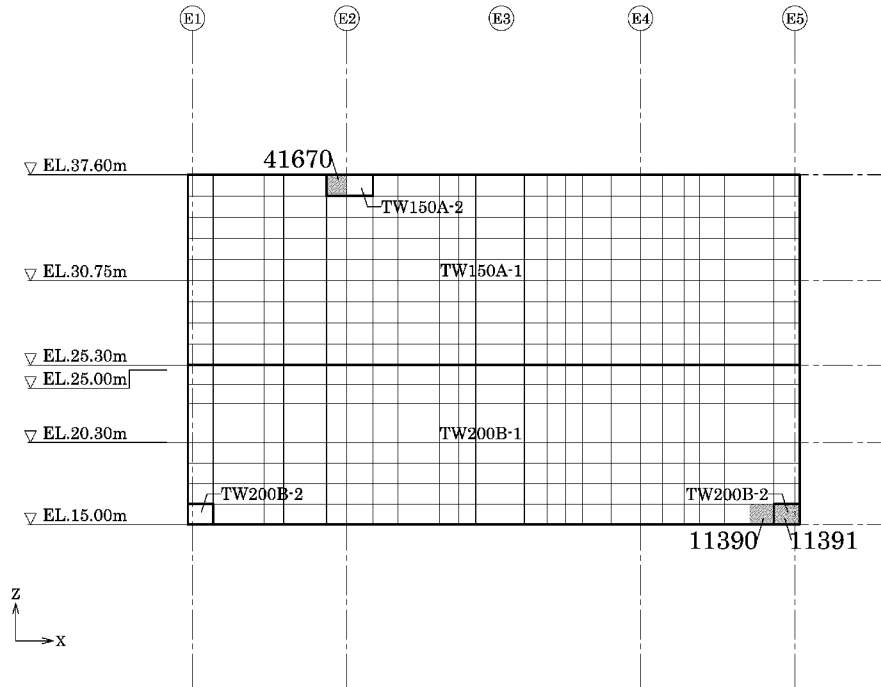


壁 (EC通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(4/13)

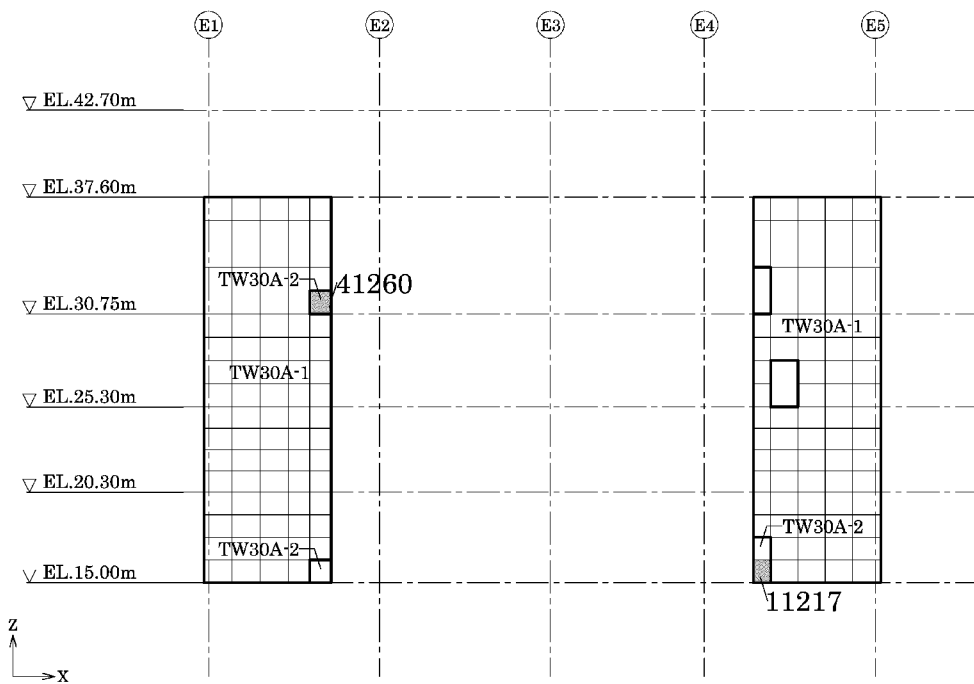


壁 (ED通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

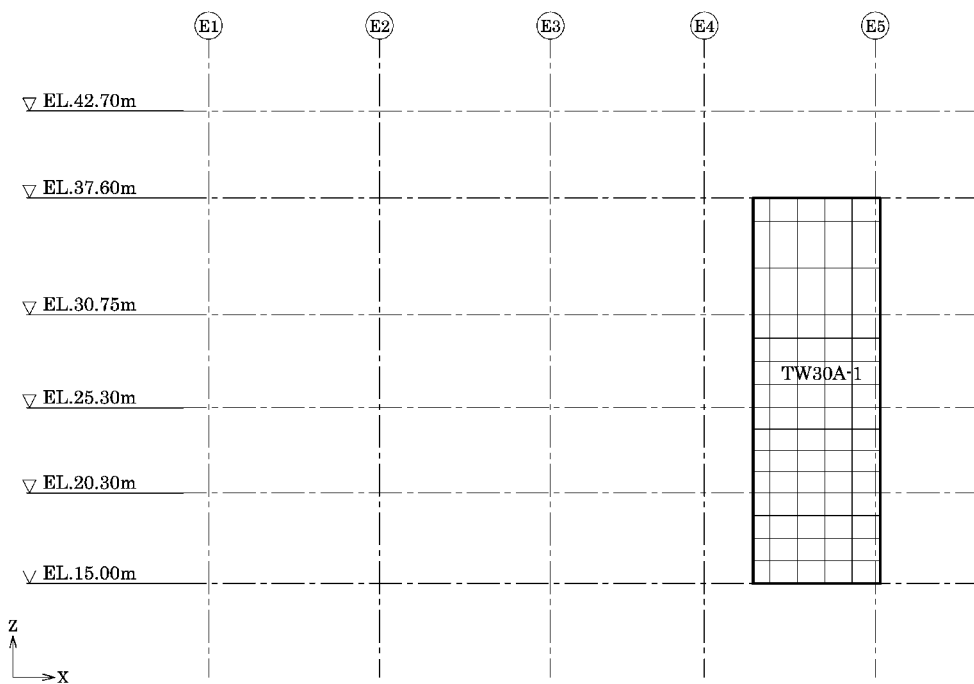


壁 (EE通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(5/13)

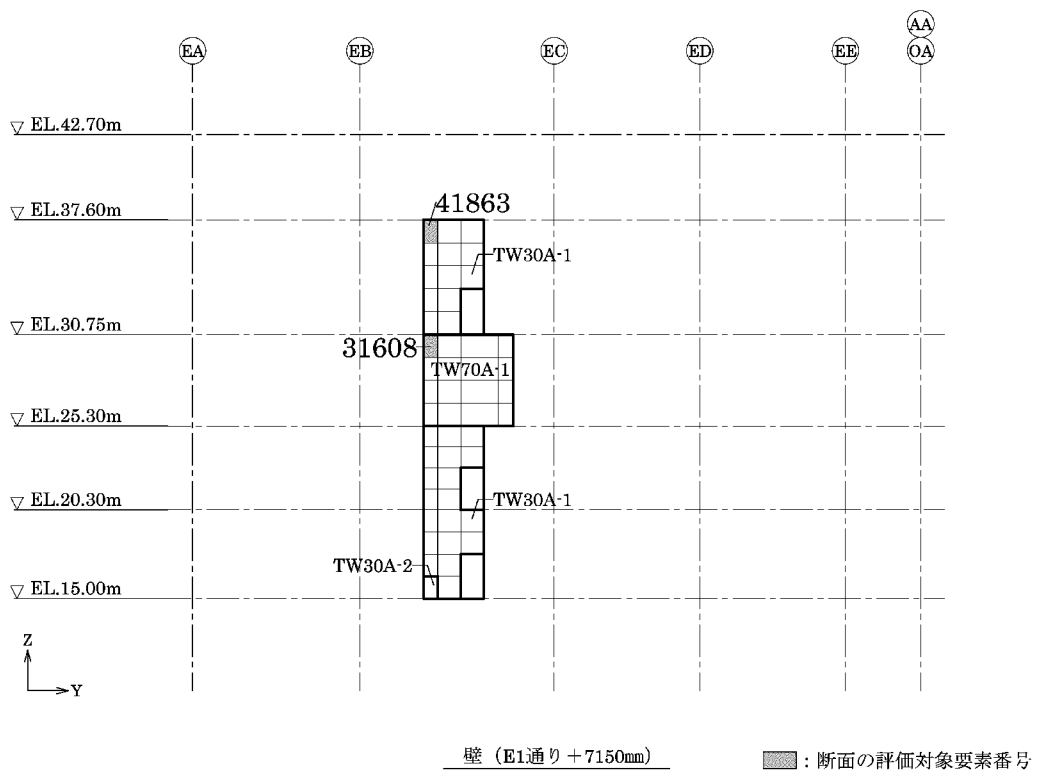
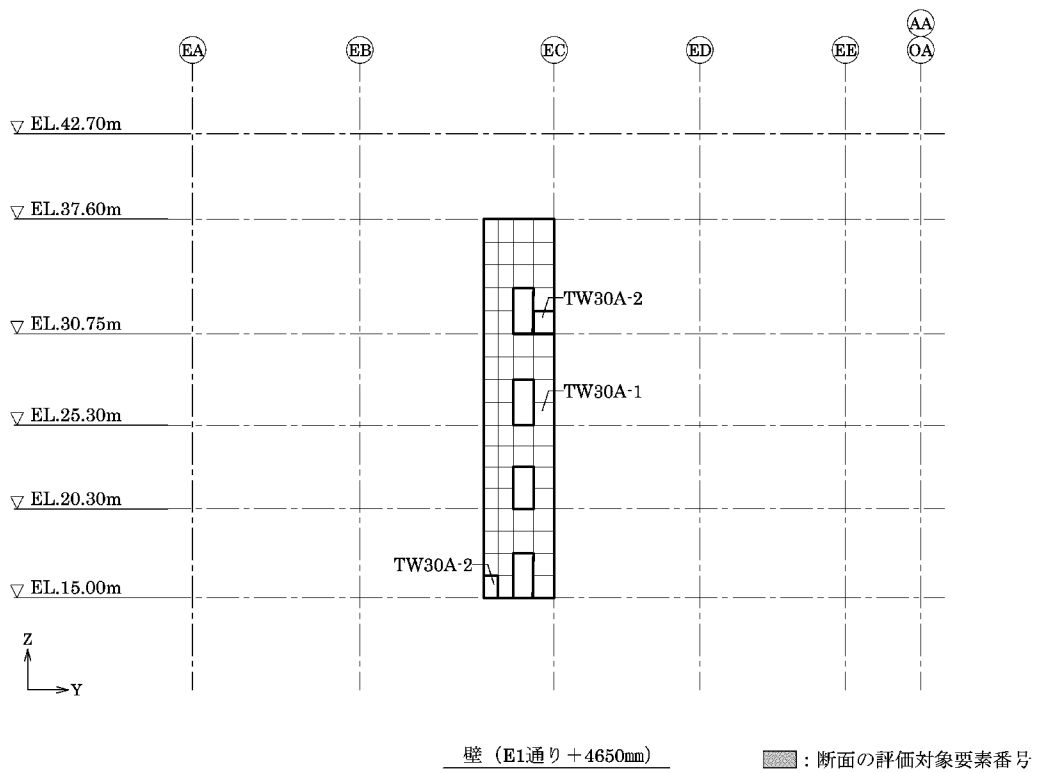


壁 (EB通り+3800mm、EB通り+4650mm)    ■ : 断面の評価対象要素番号



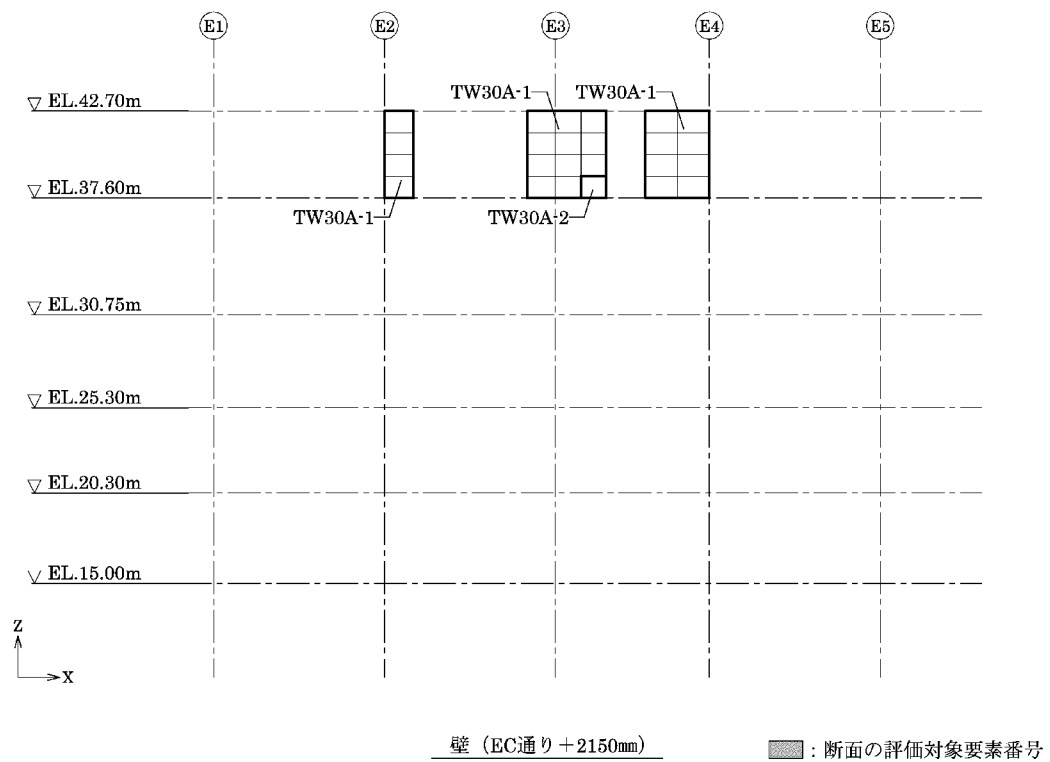
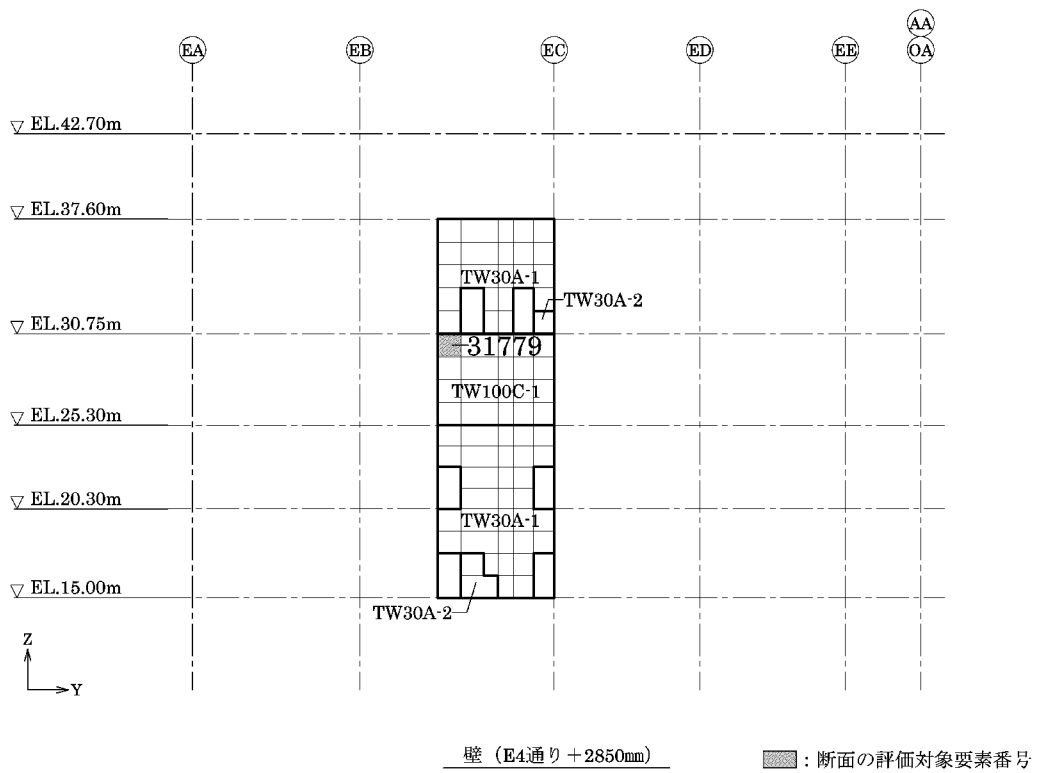
壁 (EB通り+8250mm)    ■ : 断面の評価対象要素番号

第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(6/13)

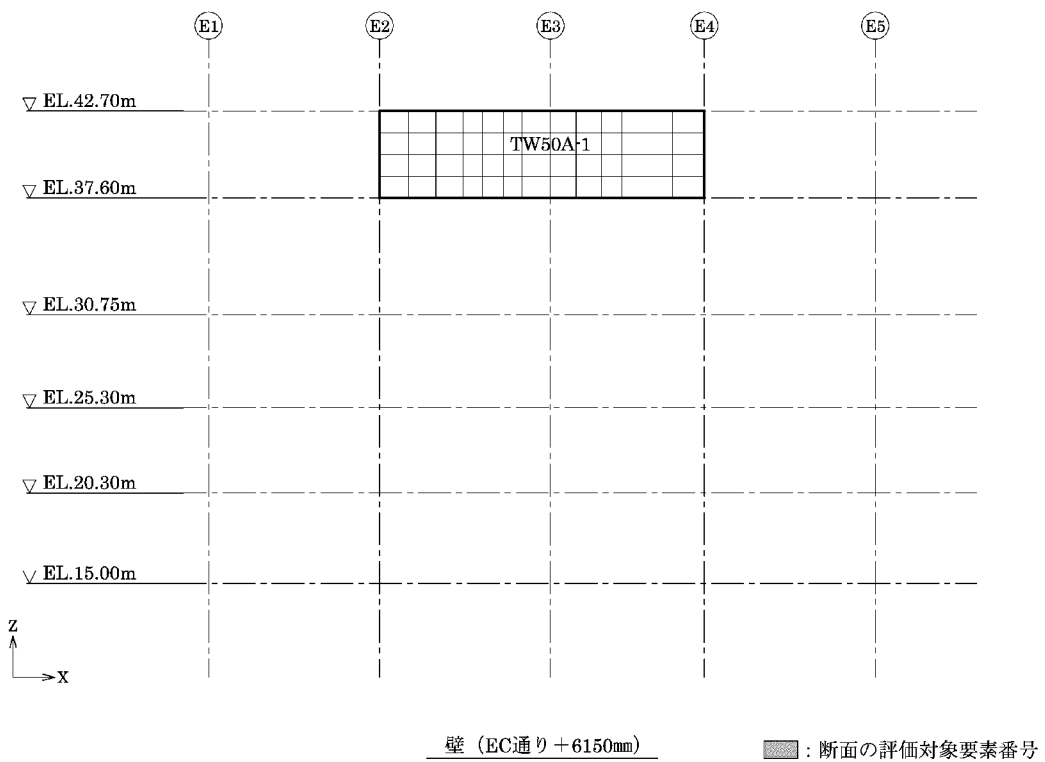
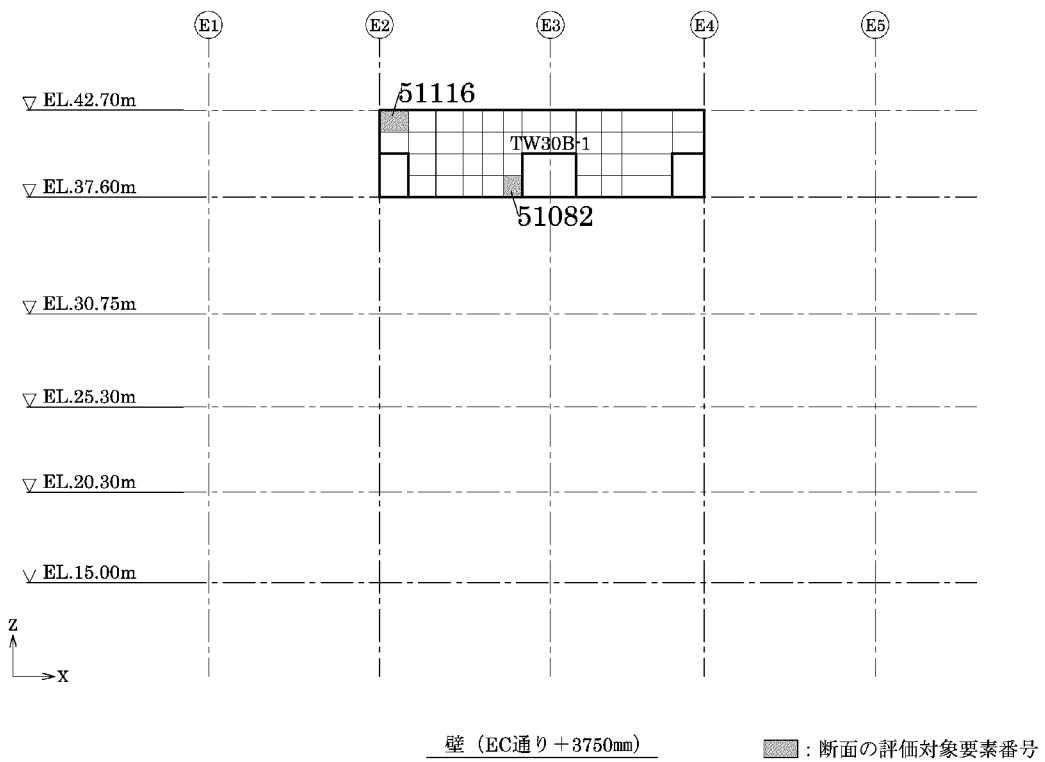


第2-1図 断面の評価対象要素番号(7/13)

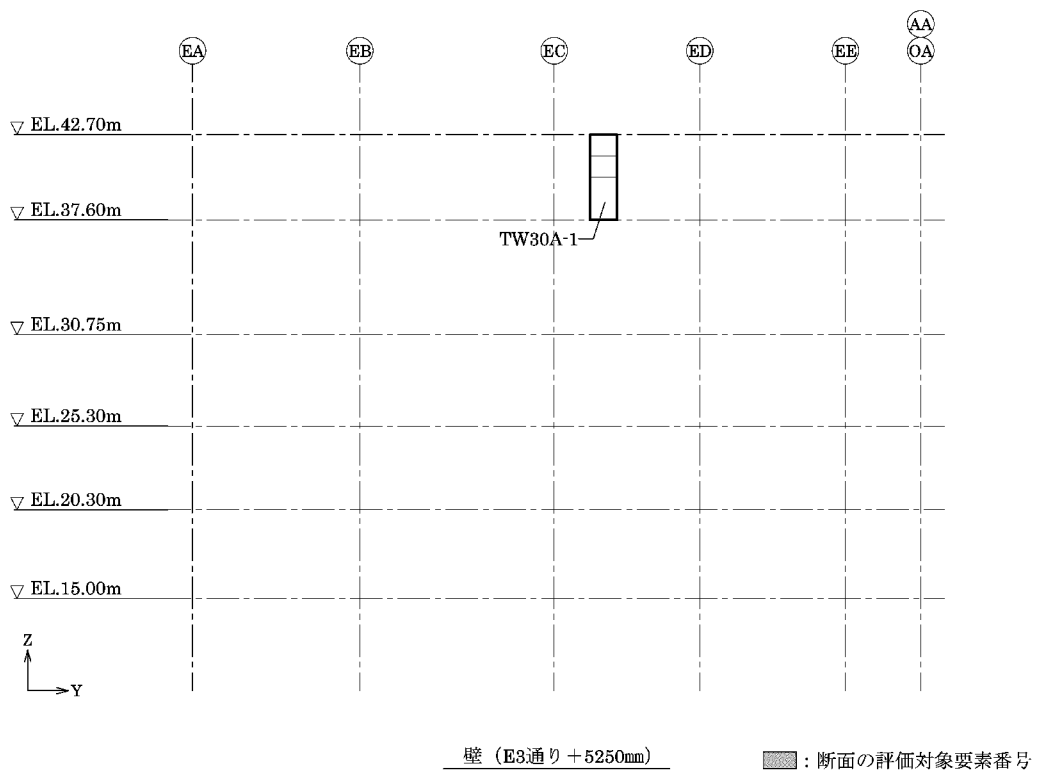
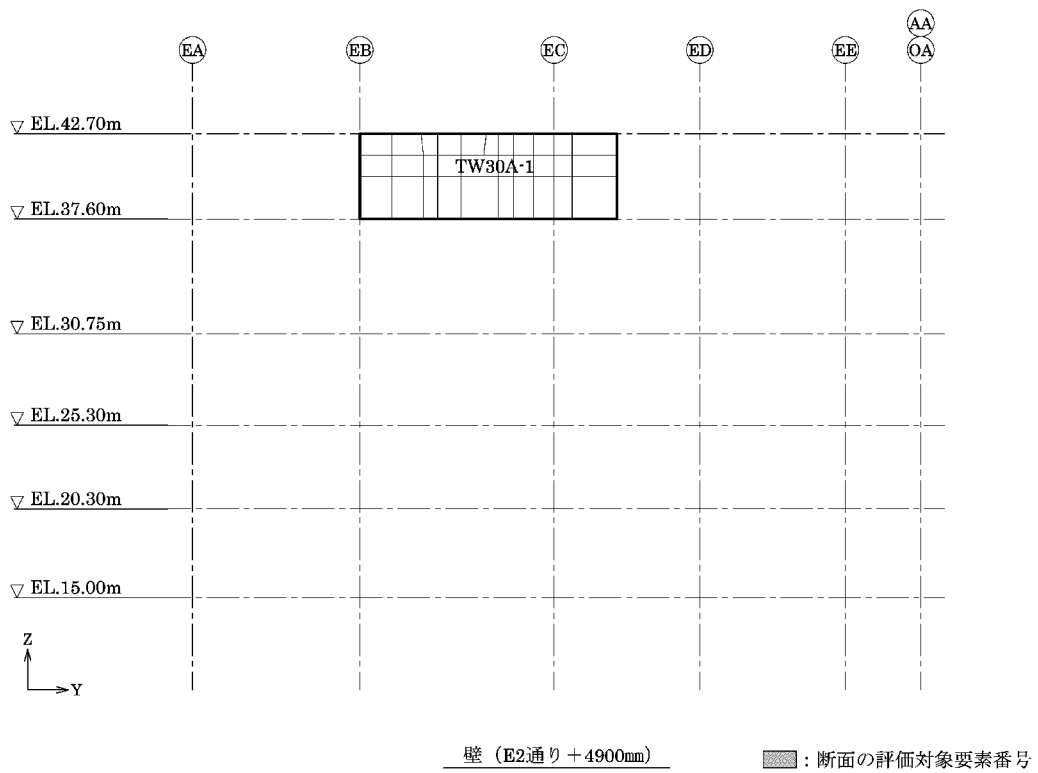




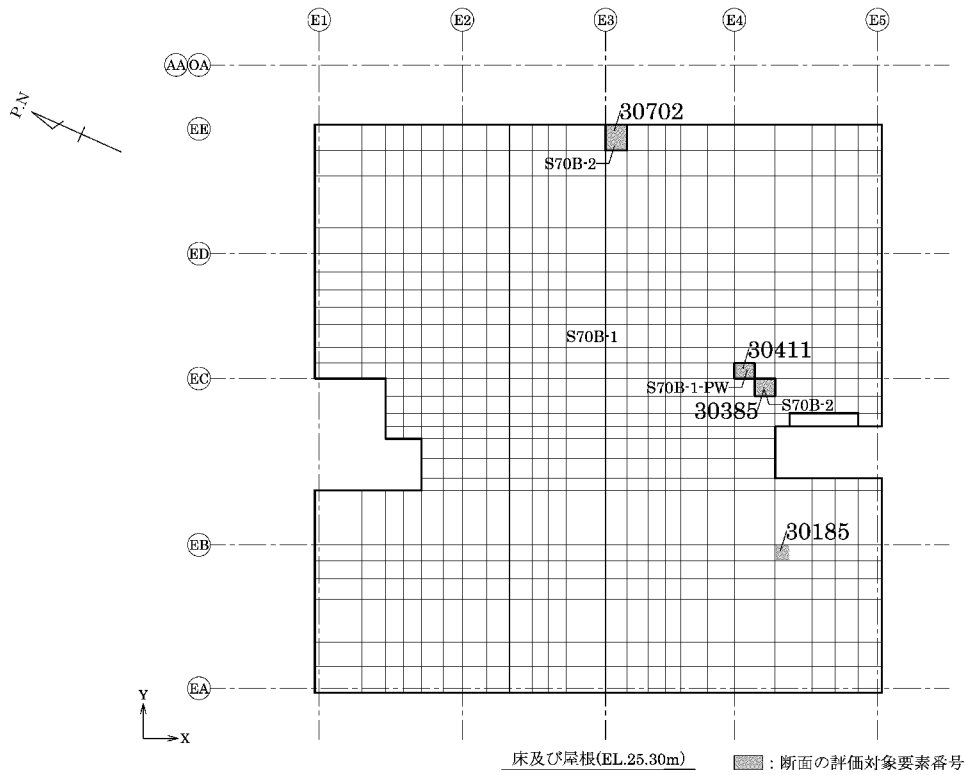
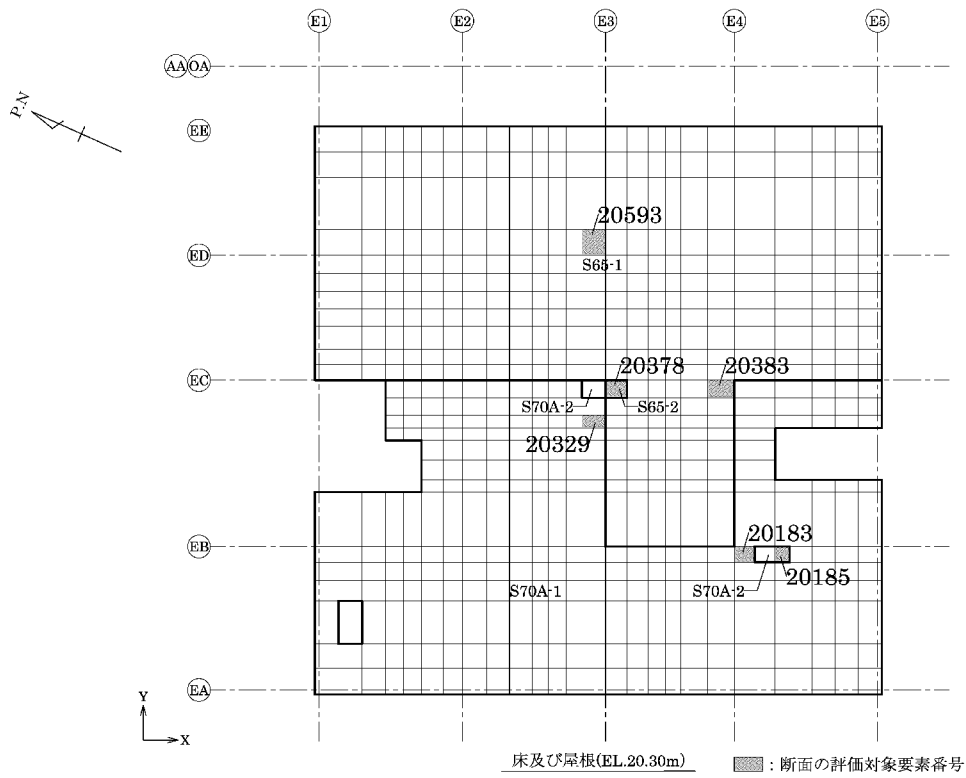
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(8/13)



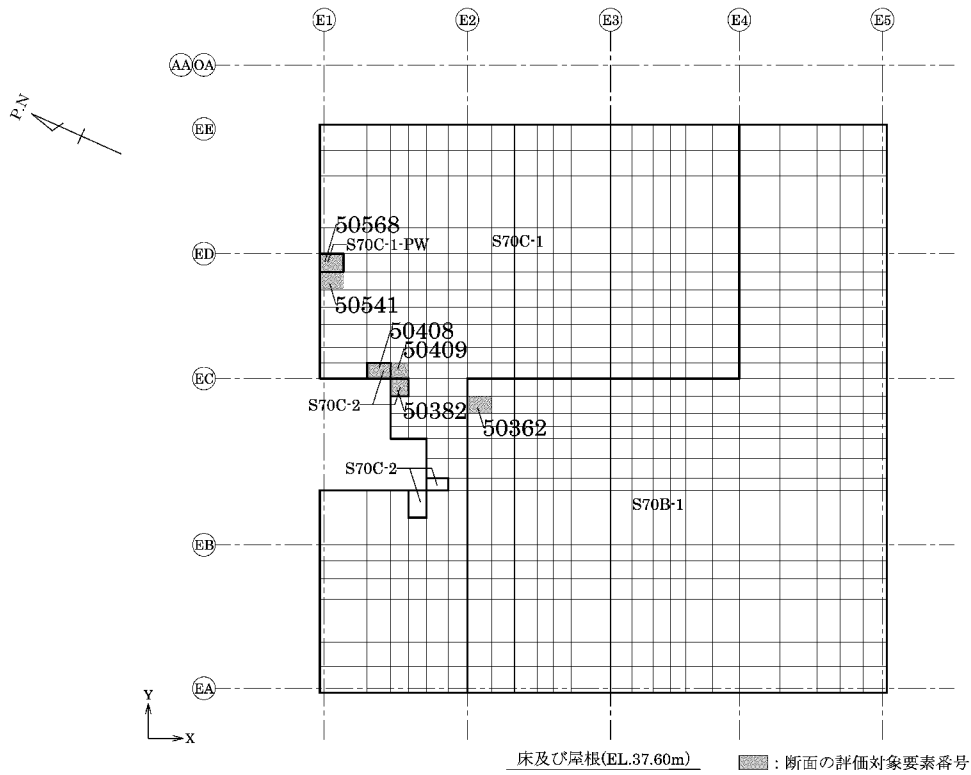
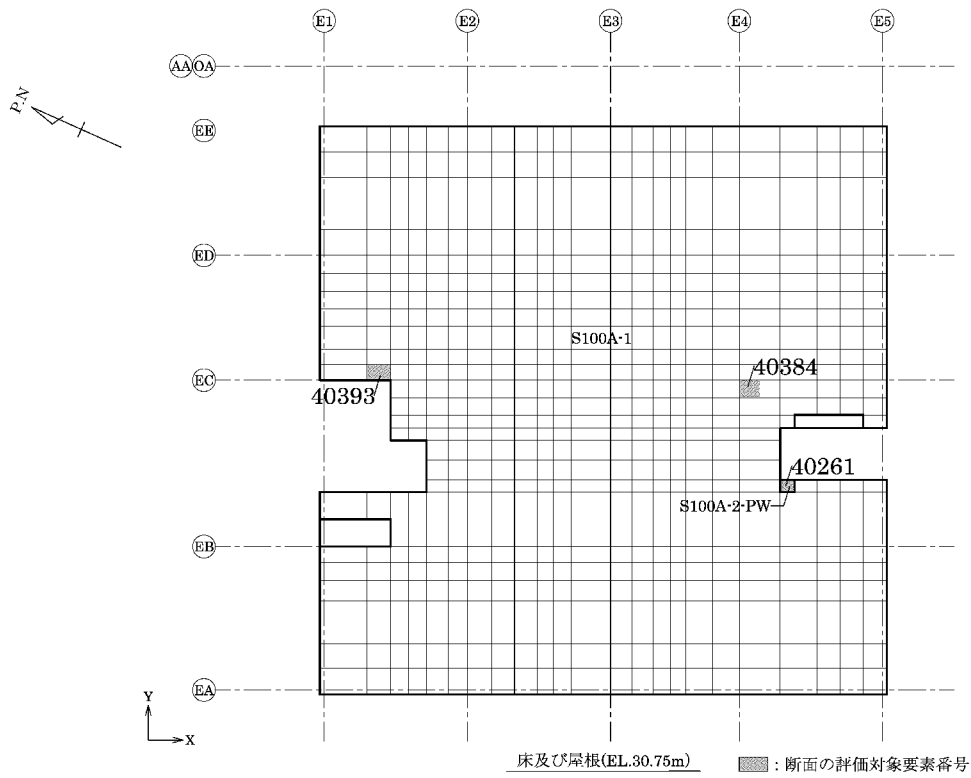
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(9/13)



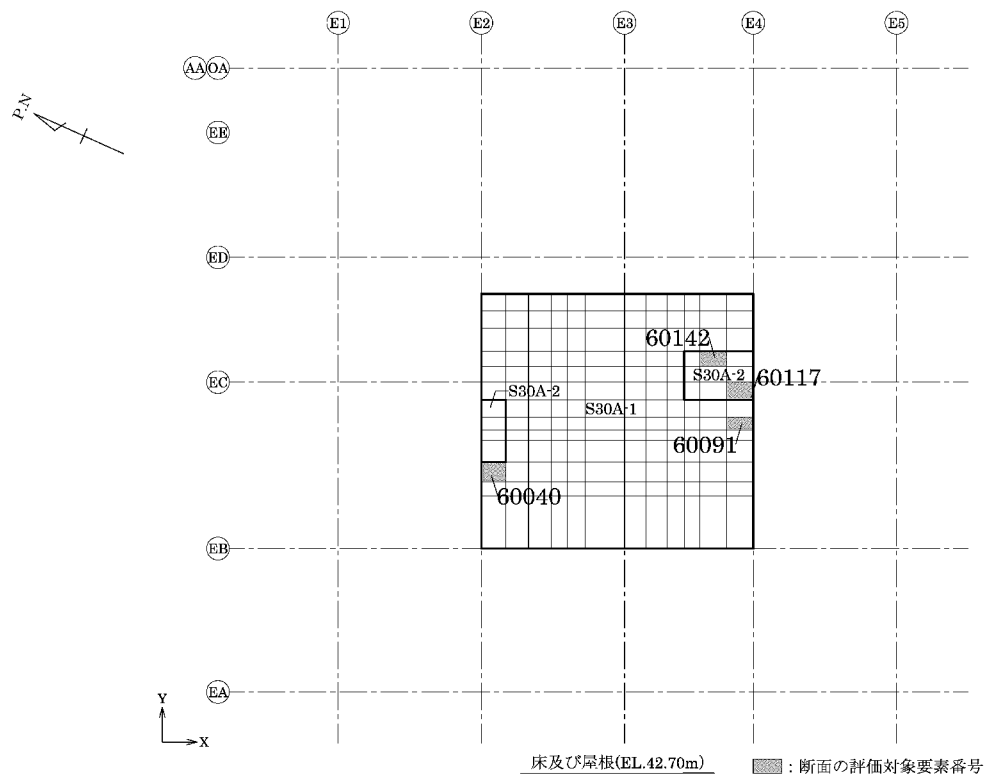
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(10/13)



第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(11/13)



第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(12/13)



第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(13/13)

第 2-2 表 分類領域ごとの配筋(1/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW200A-1	2,000	両側共	縦筋	2 段 D38@200	11,400	—
				横筋	2 段 D38@200	11,400	
	TW200B-1	2,000	両側共	縦筋	2.5 段 D38@200	14,250	—
				横筋	2.5 段 D38@200	14,250	
	TW200B-2	2,000	両側共	縦筋	2.5 段 D38@200 + 1 段 D38@200	19,950	—
				横筋	2.5 段 D38@200	14,250	
	TW150A-1	1,500	両側共	縦筋	2 段 D38@200	11,400	—
				横筋	2 段 D38@200	11,400	
	TW150A-2	1,500	両側共	縦筋	2 段 D38@200	11,400	—
				横筋	2 段 D38@200 + 1 段 D38@200	17,100	
	TW150B-1	1,500	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5 段 D38@200	8,550	
	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5 段 D38@200	8,550	
TW100A-2	1,000	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200 + 1 段 D38@400	11,400	—	
			横筋	1.5 段 D38@200 + 1 段 D38@400	11,400		
TW100B-1	1,000	両側共	縦筋	2 段 D38@200	11,400	—	
			横筋	2 段 D38@200	11,400		
TW100B-2	1,000	両側共	縦筋	2 段 D38@200 + 1 段 D38@200	17,100	—	
			横筋	2 段 D38@200 + 1 段 D38@200	17,100		

第2-2表 分類領域ごとの配筋(2/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW70A-1	700	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW70A-2	700	両側共	縦筋	1段 D38@200+ 1段 D38@400	8,550	—
				横筋	1段 D38@200+ 1段 D38@400	8,550	
	TW70B-1	700	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW50A-1	500	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW50A-2	500	両側共	縦筋	1段 D38@200+ 1段 D38@200	11,400	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW50B-1	500	両側共	縦筋	1段 D29@200	3,210	—
				横筋	1段 D29@200	3,210	
	TW30A-1	300	両側共	縦筋	1段 D25@200	2,535	—
				横筋	1段 D25@200	2,535	
TW30A-2	300	両側共	縦筋	1段 D25@200+ 1段 D25@200	5,070	—	
			横筋	1段 D25@200+ 1段 D25@200	5,070		
TW30B-1	300	両側共	縦筋	1段 D25@150	3,380	—	
			横筋	1段 D25@150	3,380		



第 2-2 表 分類領域ごとの配筋(3/4)


部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S100A-1	1,000	上端、 下端共	X	2 段 D32@200	7,940	—
				Y	2 段 D32@200	7,940	
	S100A-2-PW	1,000	上端、 下端共	X	2 段 D32@200+ 1 段 D32@200	11,910	D19 @400×@200
				Y	2 段 D32@200	7,940	
	S70A-1	700	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200	3,210	
	S70A-2	700	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200+ 1 段 D29@200	6,420	
	S70B-1	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S70B-1-PW	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	D19 @400×@200
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S70B-2	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	—
				Y	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	
	S70C-1	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200	9,570	—
				Y	2 段 D35@200	9,570	
S70C-1-PW	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200	9,570	D19 @400×@200	
			Y	2 段 D35@200	9,570		
S70C-2	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355	—	
			Y	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355		

第 2-2 表 分類領域ごとの配筋(4/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S65-1	650	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200	3,210	
	S65-2	650	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200+ 1 段 D29@200	6,420	
	S30A-1	300	上端、 下端共	X	1 段 D25@200	2,535	—
				Y	1 段 D25@200	2,535	
	S30A-2	300	上端、 下端共	X	1 段 D25@200	2,535	—
				Y	1 段 D25@200+ 1 段 D25@200	5,070	

第2-3表 各評価項目の検定値一覧(1/3)

部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向			縦筋方向			横筋方向			縦筋方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	TW200A-1	21103	0.68	1	21103	0.68	1	11867	0.38	1	11484	0.35	2
	TW200B-1	11499	0.57	7	11528	0.80	7	11418	0.40	5	11390	0.76	7
	TW200B-2	11500	0.58	7	11894	0.70	7	11391	0.35	5	11391	0.62	7
	TW150A-1	41811	0.64	7	31474	0.68	5	41819	0.32	5	41825	0.36	4
	TW150A-2	41812	0.51	7	41670	0.34	4	41812	0.33	5	41670	0.34	6
	TW150B-1	42262	0.52	1	42144	0.40	5	42143	0.10	1	42246	0.10	2
	TW100A-1	31731	0.78	5	31744	0.77	5	11619	0.29	3	31713	0.57	1
	TW100A-2	21175	0.64	3	11752	0.70	7	21175	0.09	6	31712	0.38	1
	TW100B-1	31350	0.73	1	31350	0.73	1	11257	0.25	5	31336	0.47	8
	TW100B-2	21370	0.57	1	21370	0.62	1	21370	0.27	5	21370	0.28	5
	TW100C-1	21725	0.80	8	21725	0.80	8	31775	0.15	1	31779	0.46	1
	TW70A-1	41338	0.70	4	41907	0.74	1	41411	0.34	7	31608	0.46	3
	TW70A-2	41414	0.50	8	41139	0.62	3	41414	0.23	7	41872	0.54	3
	TW70B-1	42020	0.50	5	42029	0.68	5	42094	0.16	2	42012	0.63	1

(注)  は、断面の評価対象部位を示す。

第2-3表 各評価項目の検定値一覧(2/3)

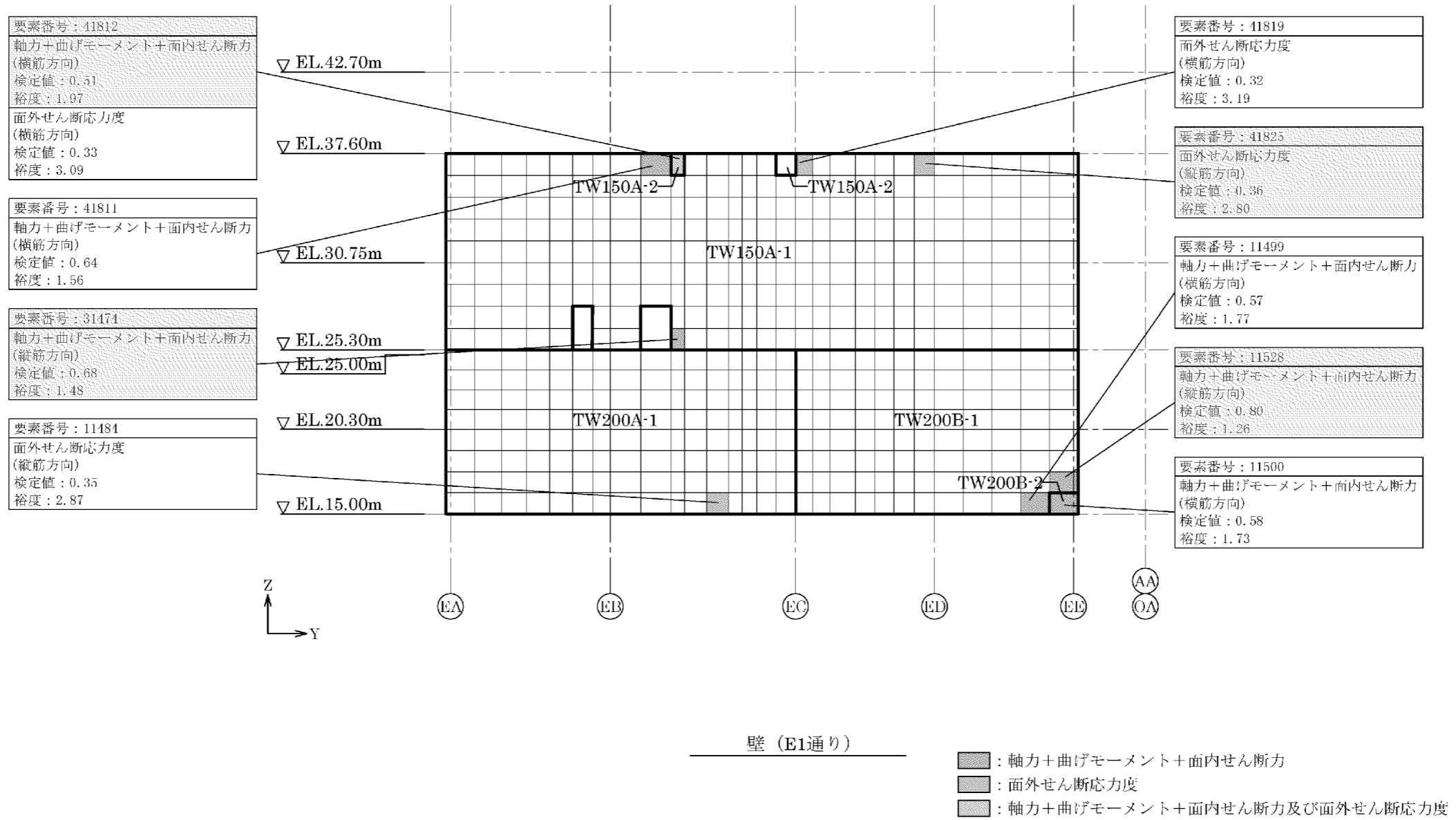
部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向			横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	TW50A-1	51225	0.68	4	51013	0.67	4	51380	0.19	2	51376	0.42	2
	TW50A-2	51192	0.51	4	51192	0.43	4	51192	0.04	2	51192	0.35	4
	TW50B-1	51277	0.74	8	51277	0.74	8	51322	0.13	4	51318	0.22	4
	TW30A-1	41488	0.73	2	51053	0.65	4	41850	0.33	7	41863	0.43	4
	TW30A-2	41456	0.28	4	11217	0.49	1	41834	0.16	5	41260	0.21	7
	TW30B-1	51103	0.71	4	51082	0.76	4	51103	0.09	4	51116	0.22	8
床 ・ 屋根	S100A-1	40553	0.56	6	40393	0.64	8	40384	0.74	1	40360	0.64	8
	S100A-2-PW	40261	0.29	1	40261	0.23	1	40261	0.30	6	40261	0.33	1
	S70A-1	20329	0.56	8	20186	0.50	2	20183	0.54	1	20384	0.50	6
	S70A-2	20377	0.14	16	20185	0.38	2	20185	0.48	1	20185	0.53	1
	S70B-1	50362	0.65	8	30185	0.63	2	30282	0.59	1	30185	0.66	2
	S70B-1-PW	30411	0.19	6	30411	0.11	2	30411	0.63	1	30411	0.29	1
	S70B-2	30385	0.31	1	30702	0.27	5	30385	0.13	1	30702	0.27	5
	S70C-1	50541	0.56	6	50409	0.65	8	50541	0.79	4	50708	0.68	6

(注)  は、断面の評価対象部位を示す。

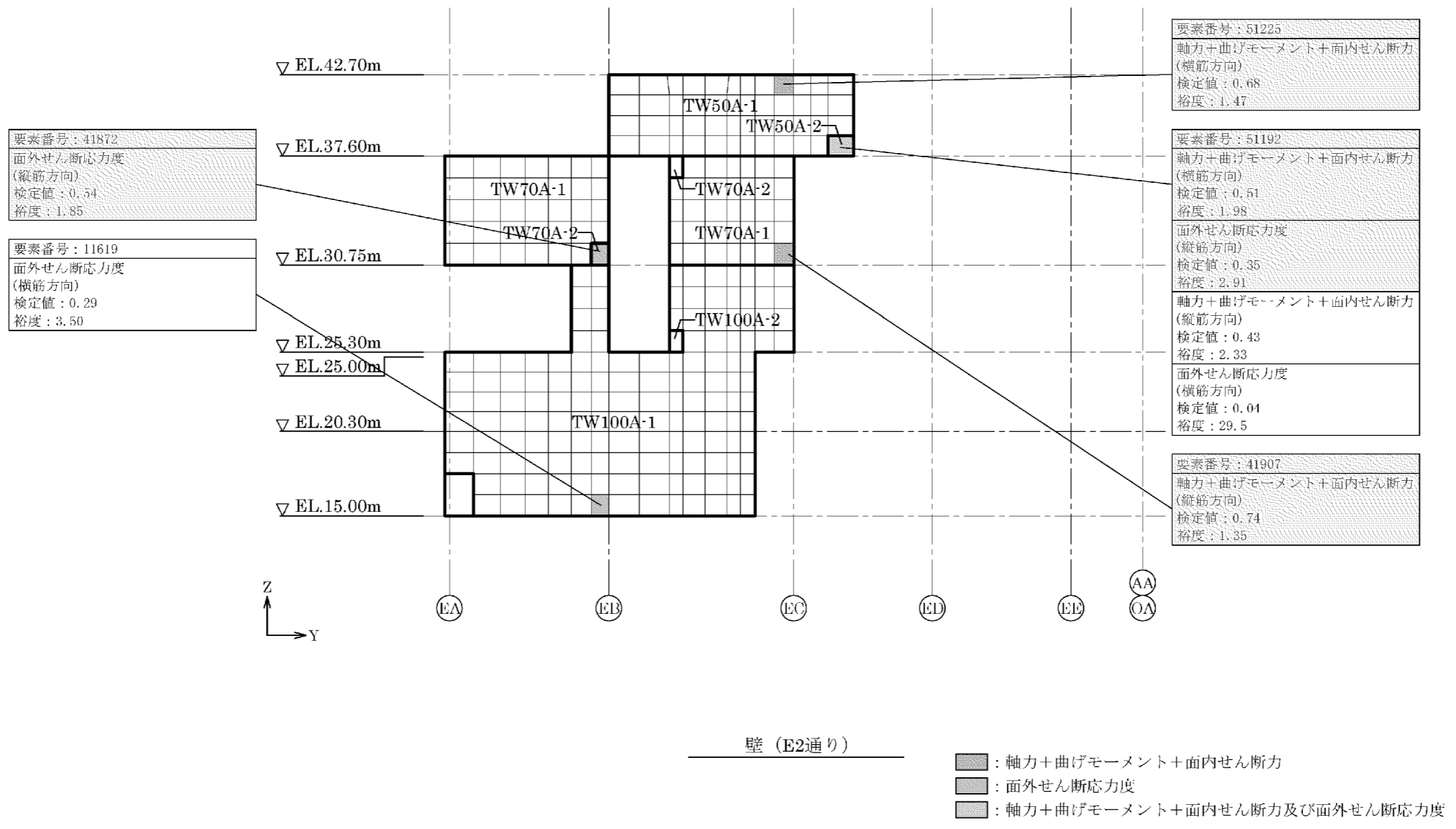
第2-3表 各評価項目の検定値一覧(3/3)

部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向			横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
床 ・ 屋根	S70C-1-PW	50568	0.59	6	50568	0.35	6	50568	0.59	4	50568	0.09	4
	S70C-2	50408	0.48	8	50382	0.52	8	50221	0.39	3	50408	0.49	4
	S65-1	20593	0.71	6	20647	0.45	5	20411	0.42	1	20383	0.50	6
	S65-2	20378	0.11	14	20378	0.20	6	20378	0.11	4	20378	0.38	5
	S30A-1	60008	0.69	4	60040	0.74	4	60091	0.45	2	60076	0.35	10
	S30A-2	60117	0.53	6	60142	0.50	2	60092	0.35	4	60142	0.43	2

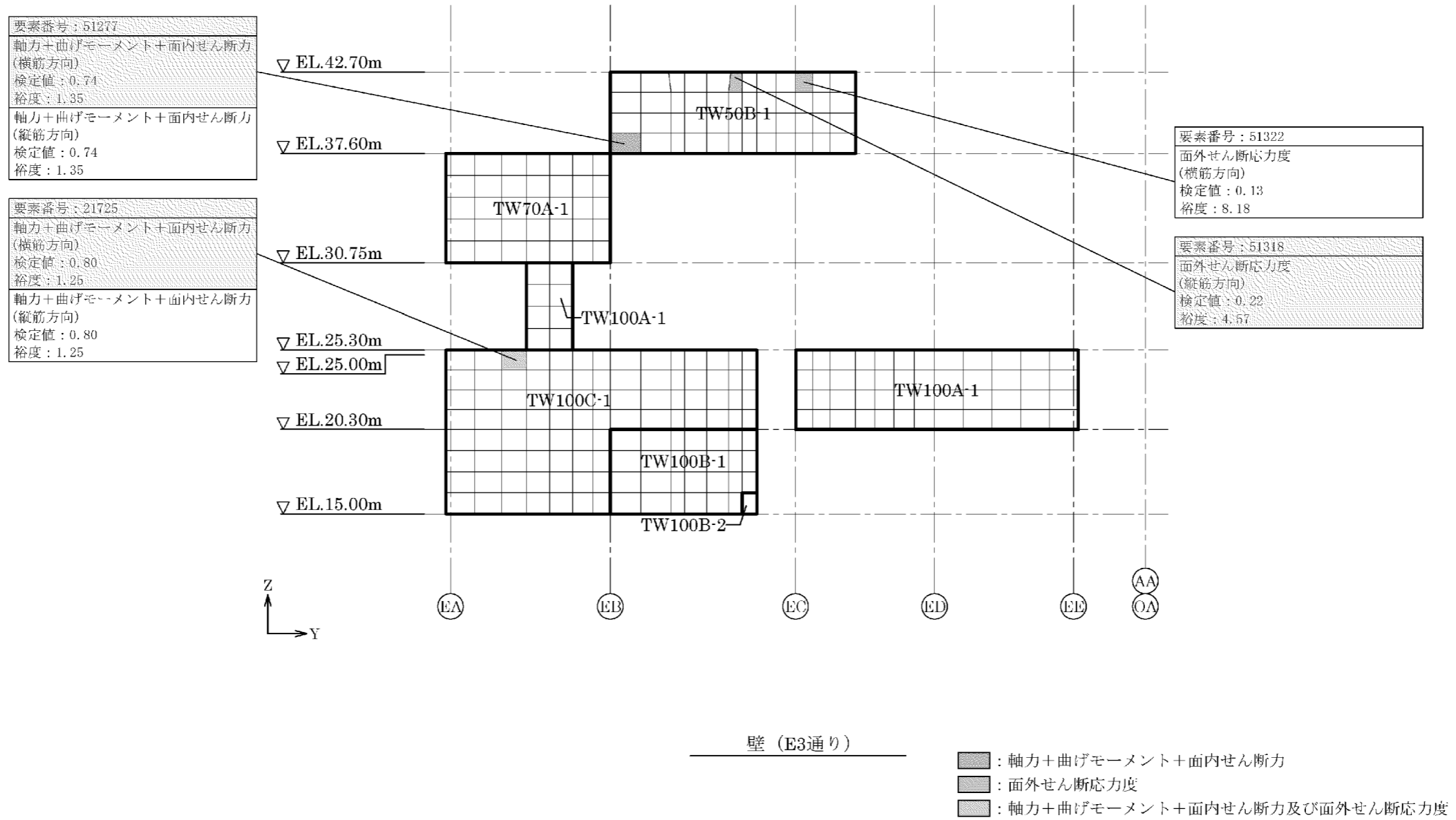
(注)  は、断面の評価対象部位を示す。



第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/21)

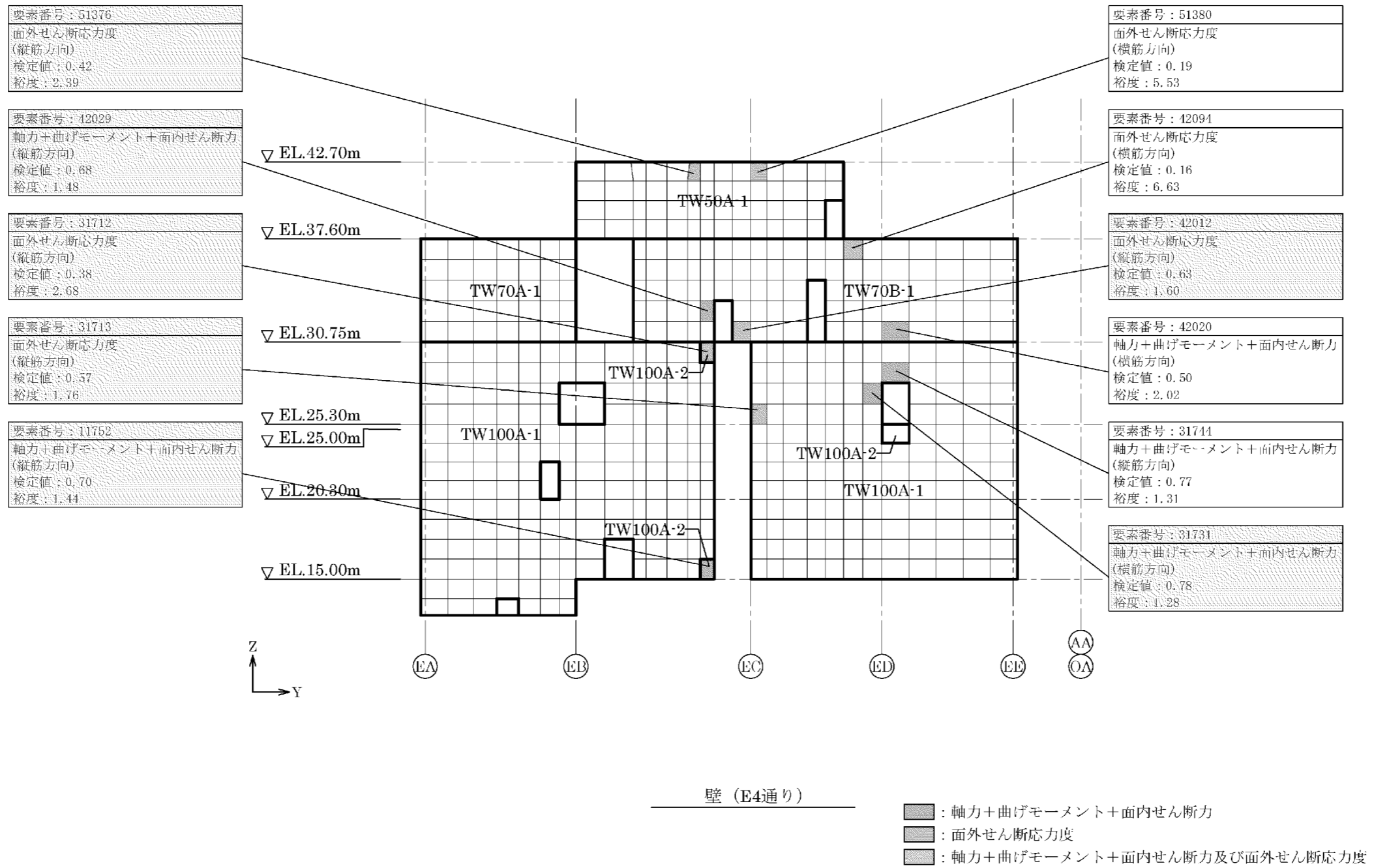


第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/21)

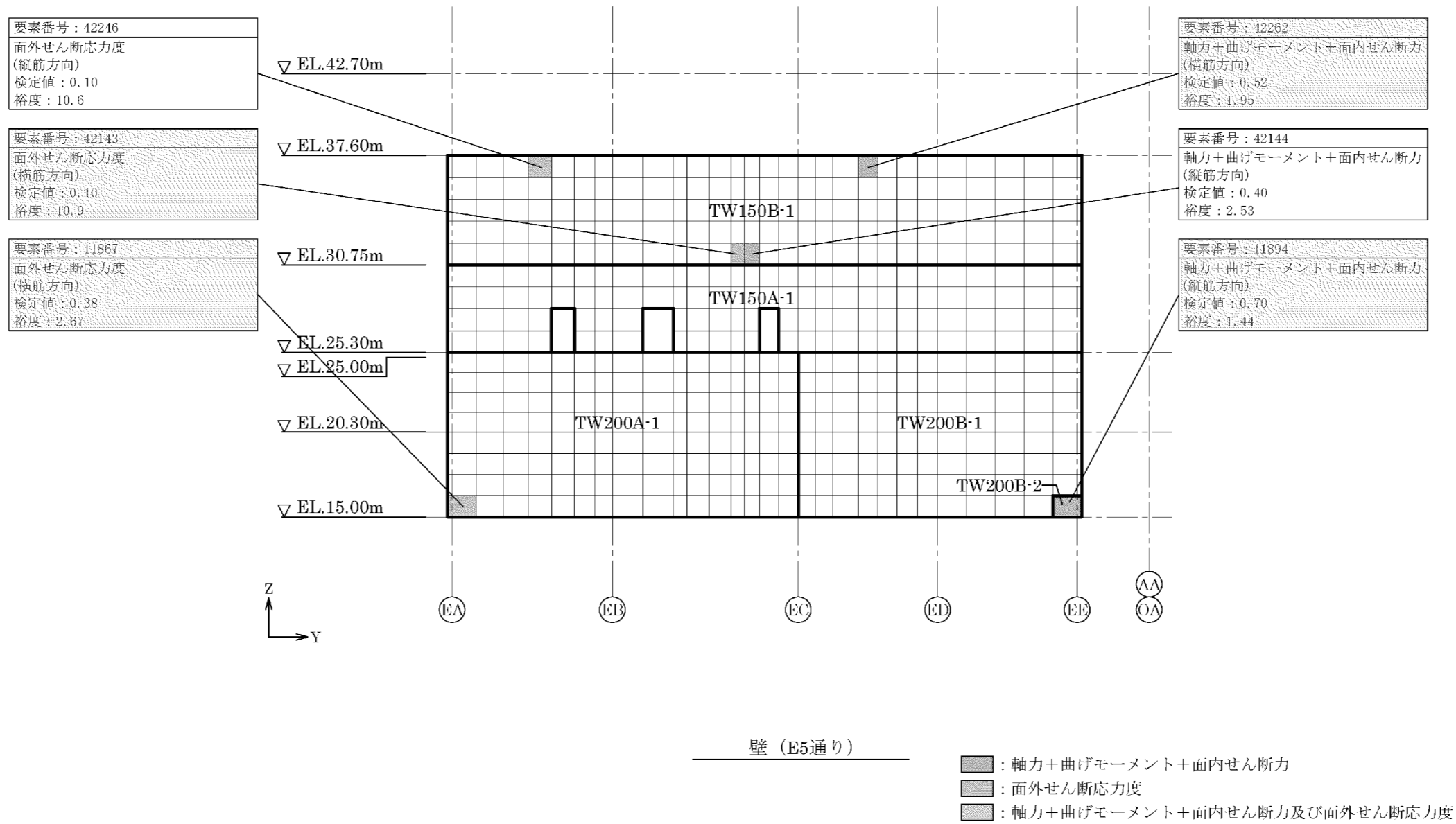


第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/21)

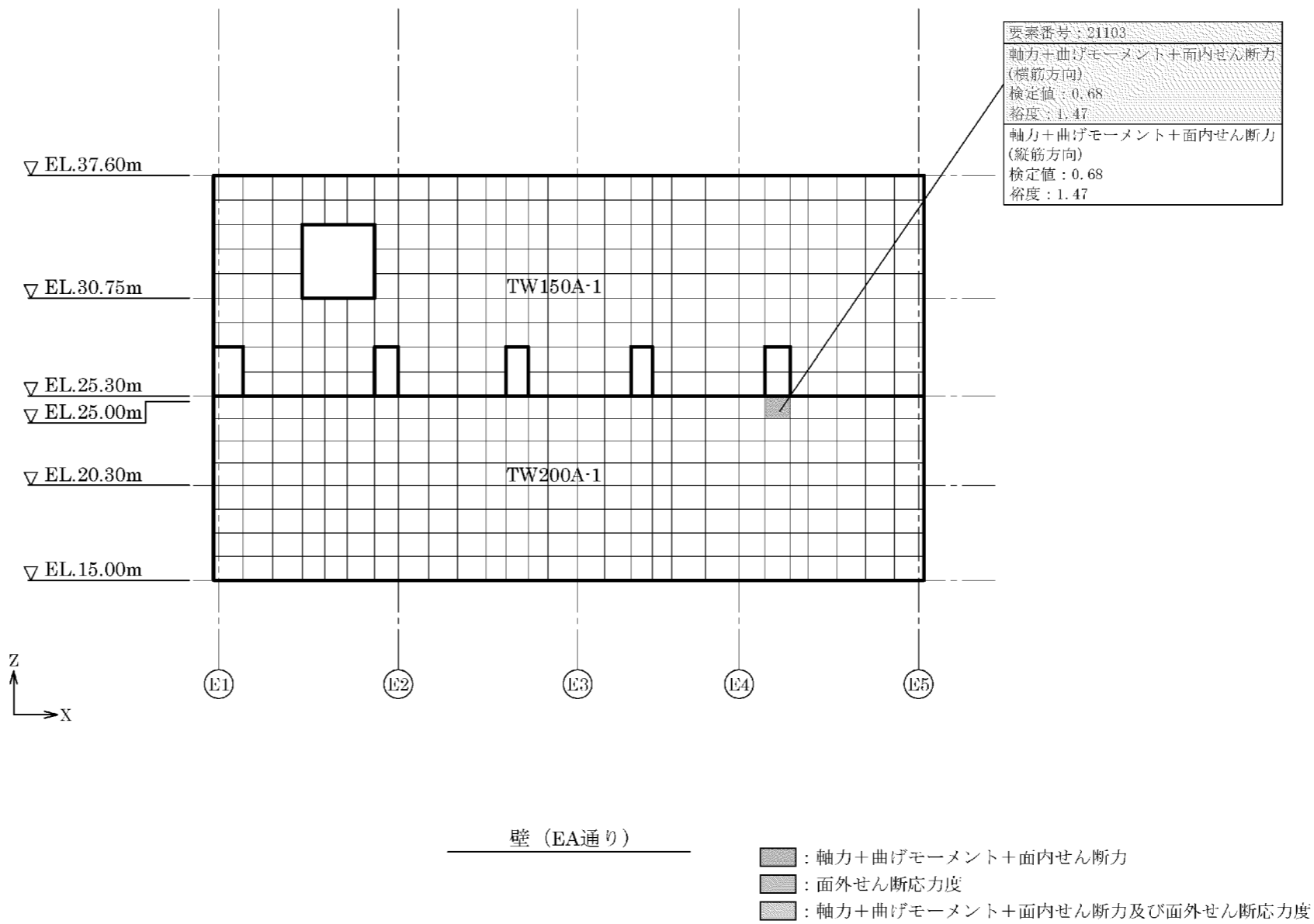




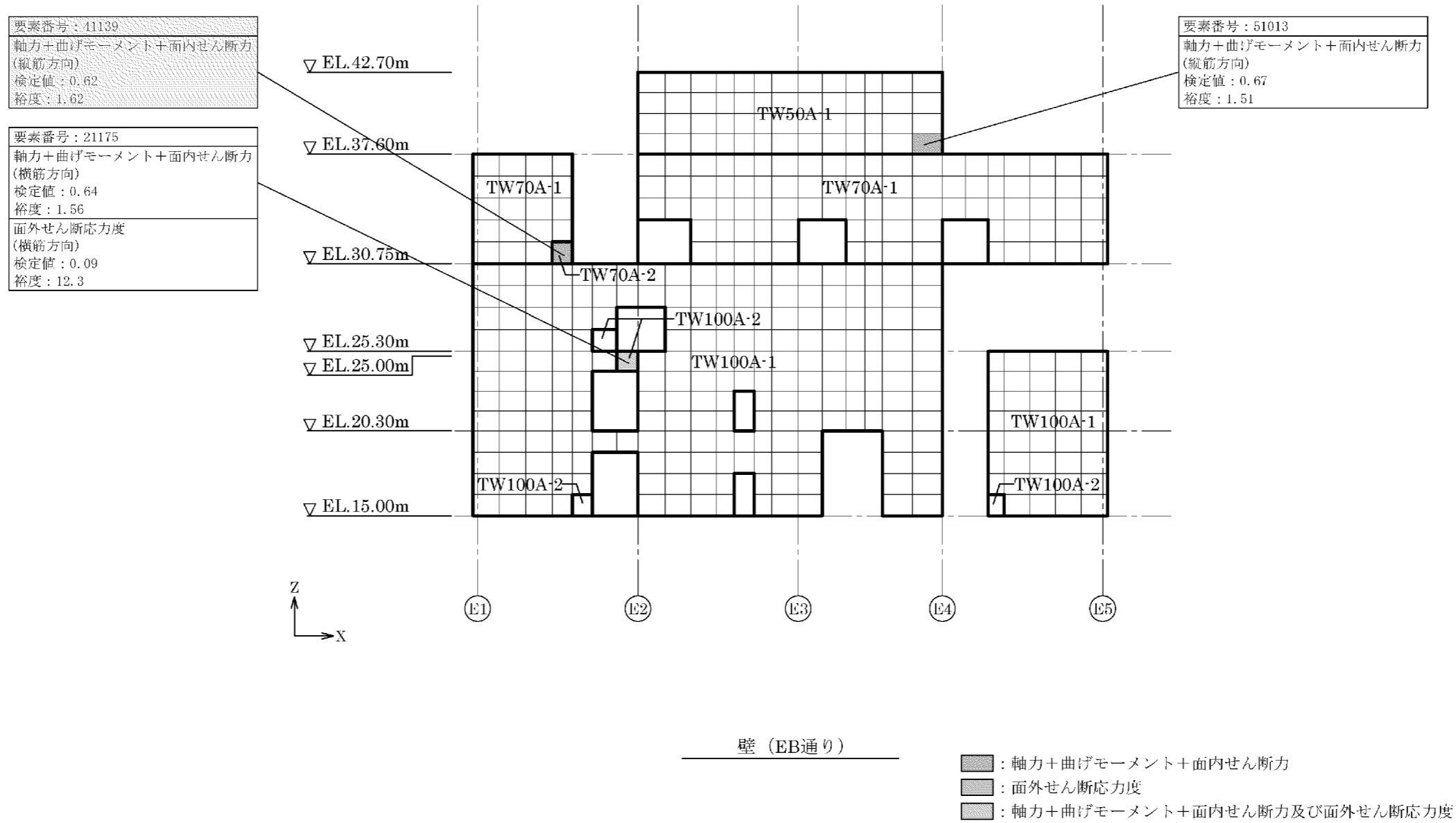
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/21)



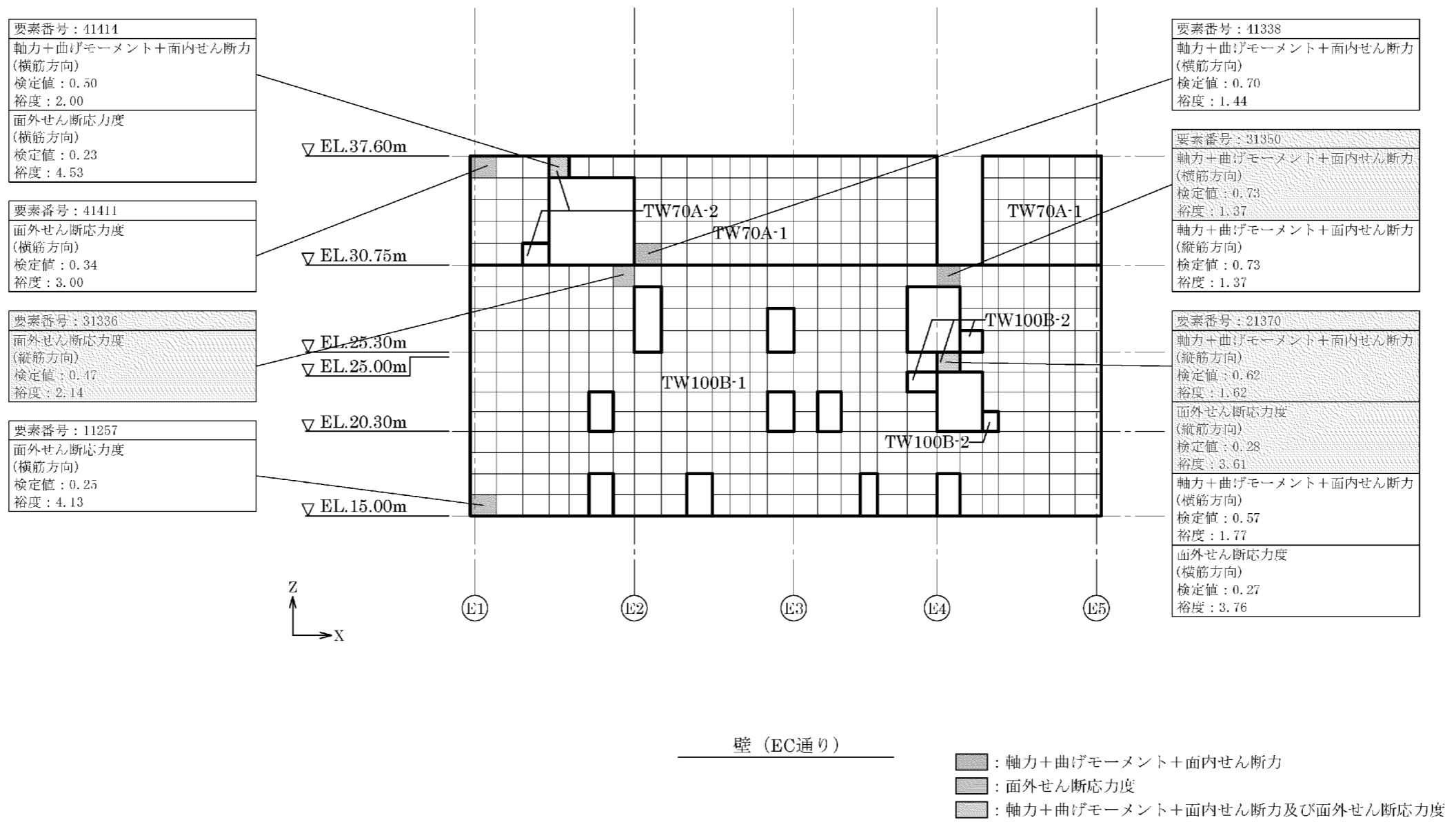
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/21)



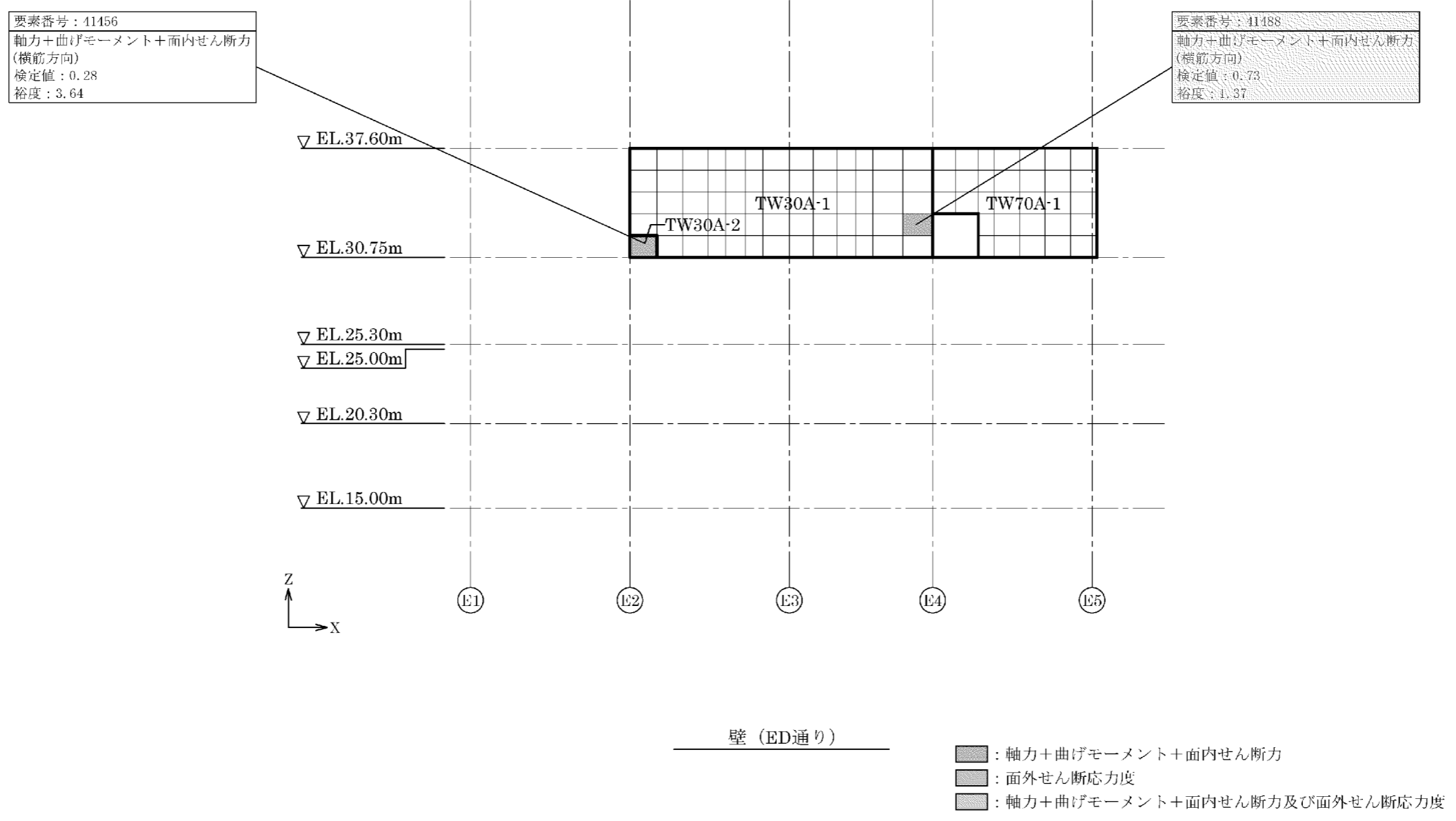
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(6/21)



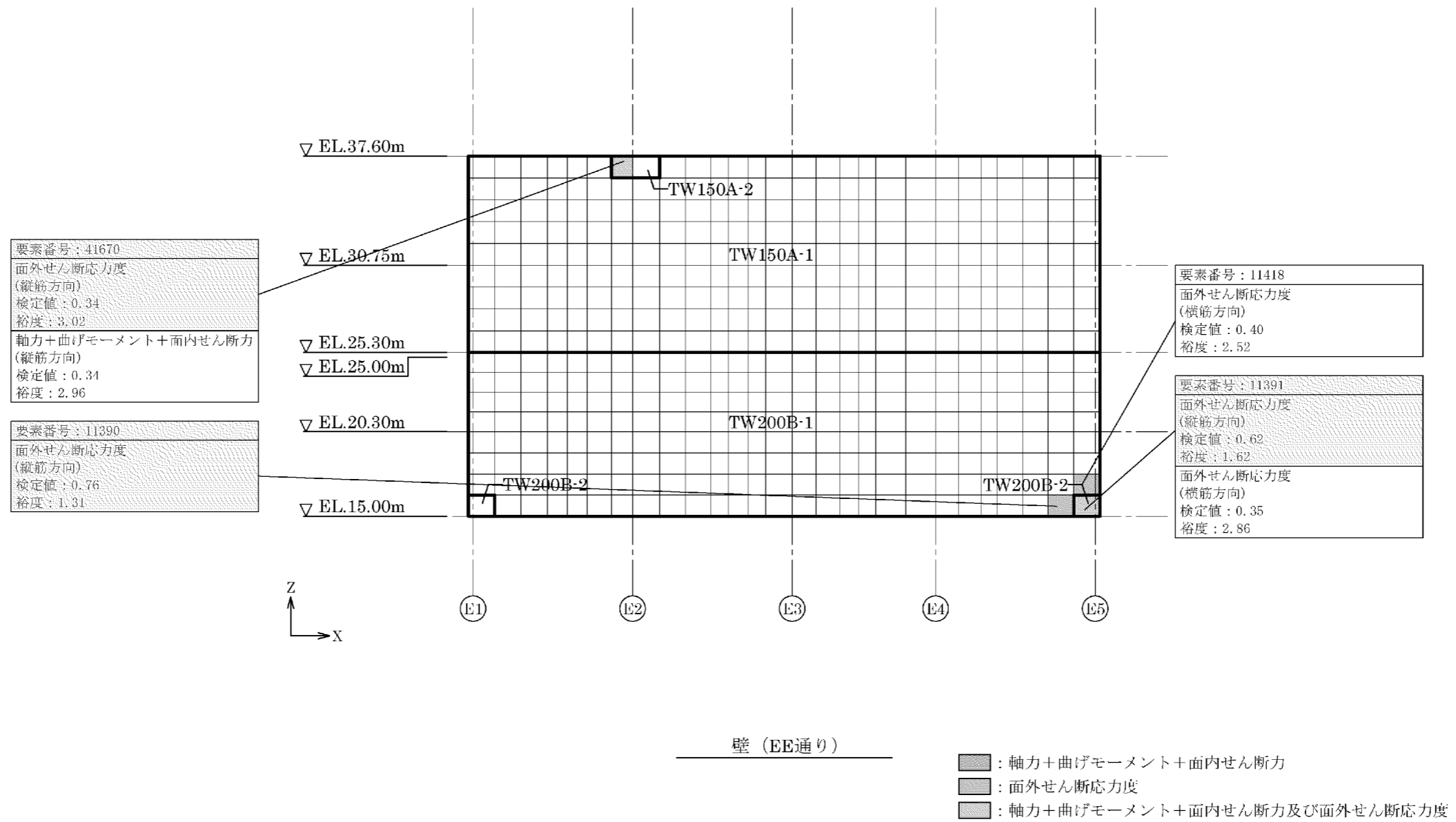
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(7/21)



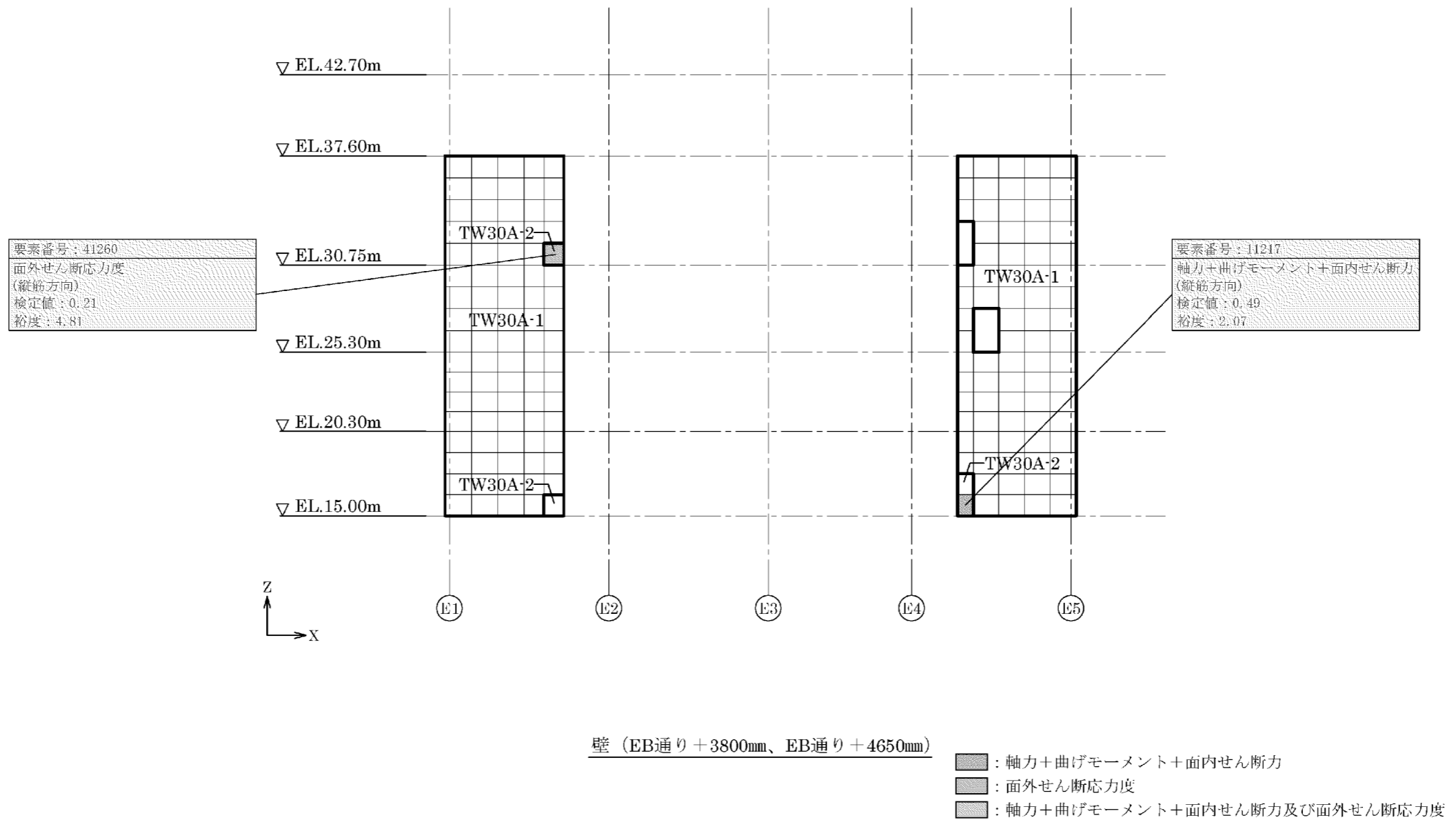
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(8/21)



第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(9/21)

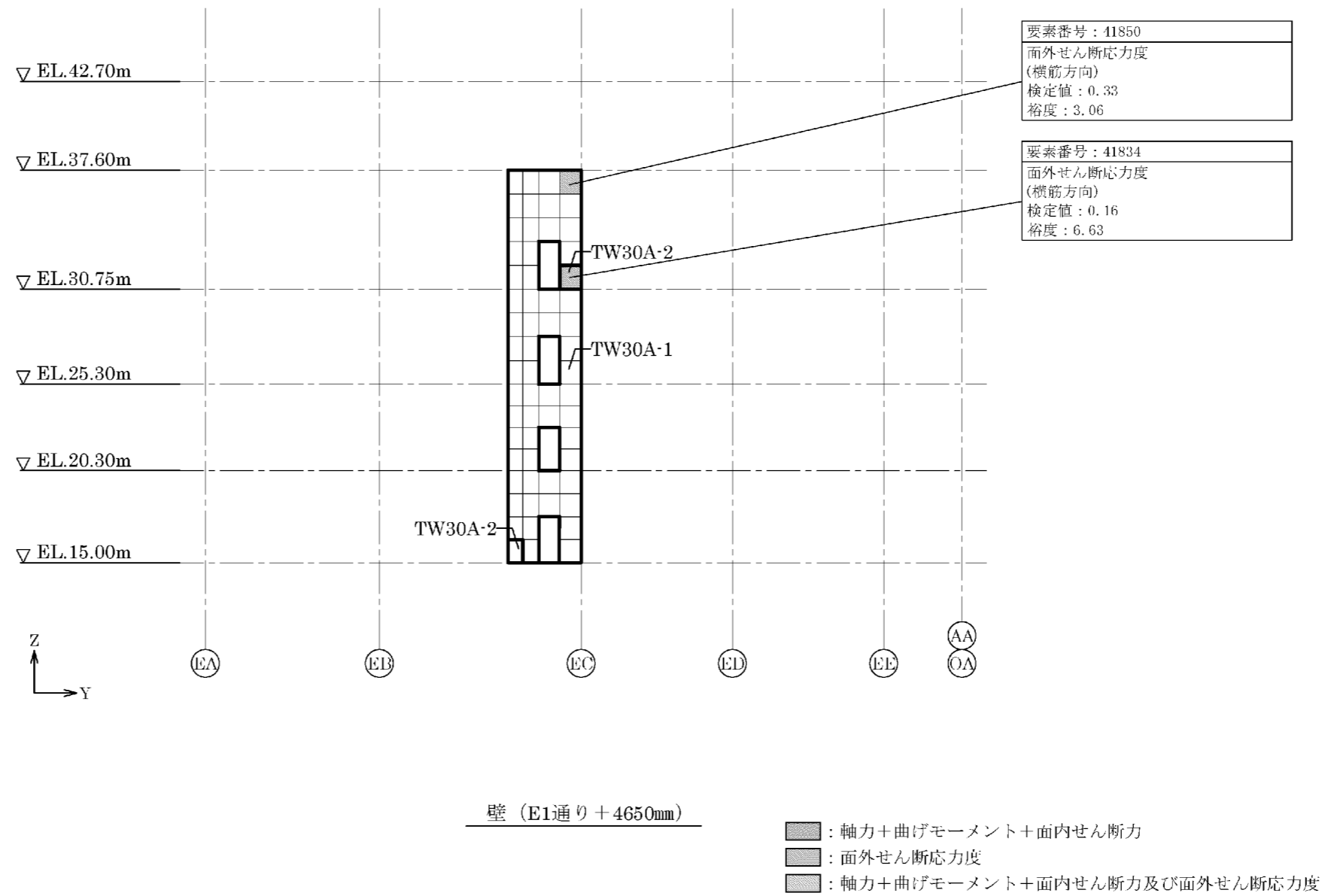


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(10/21)

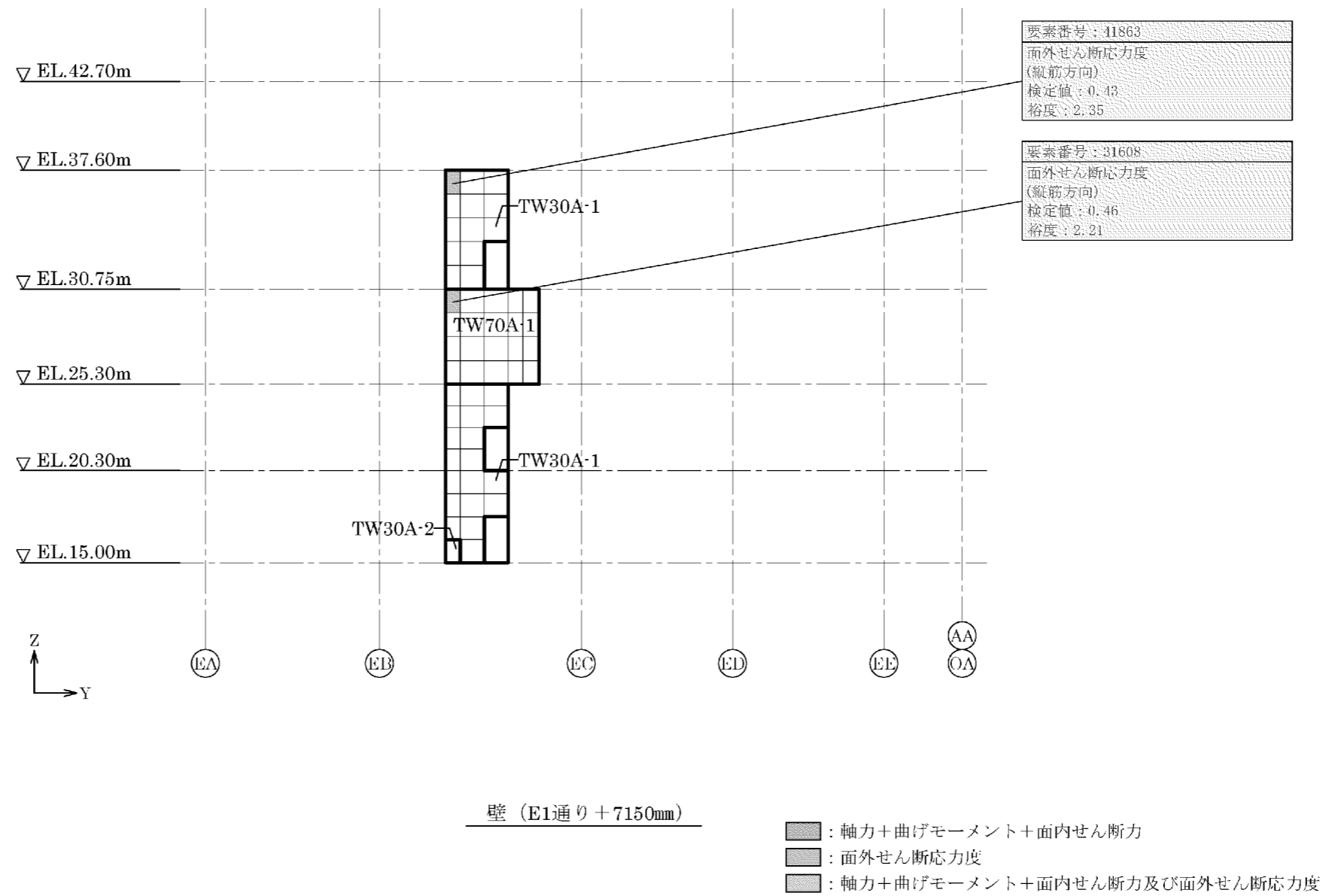


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(11/21)

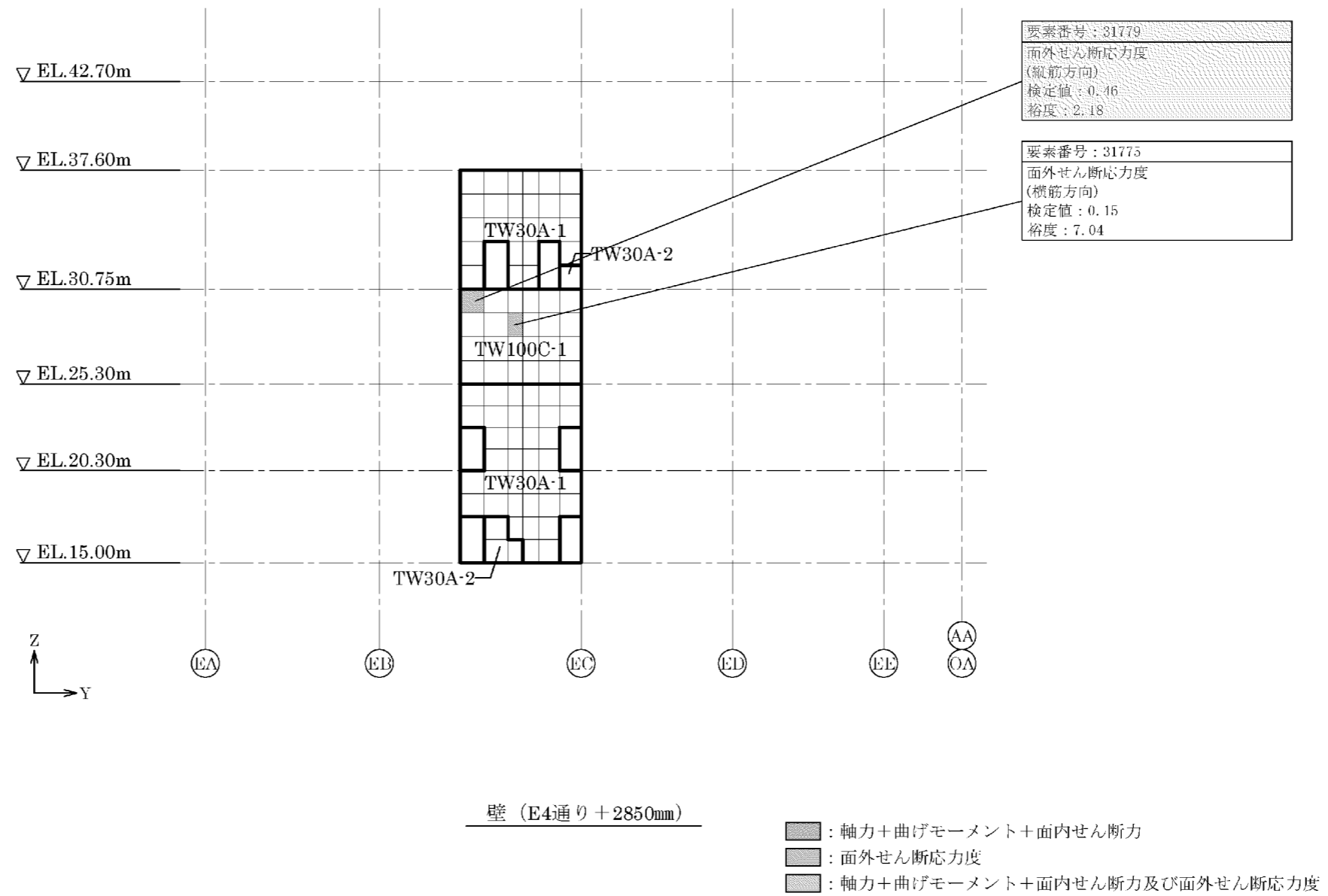




第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(12/21)

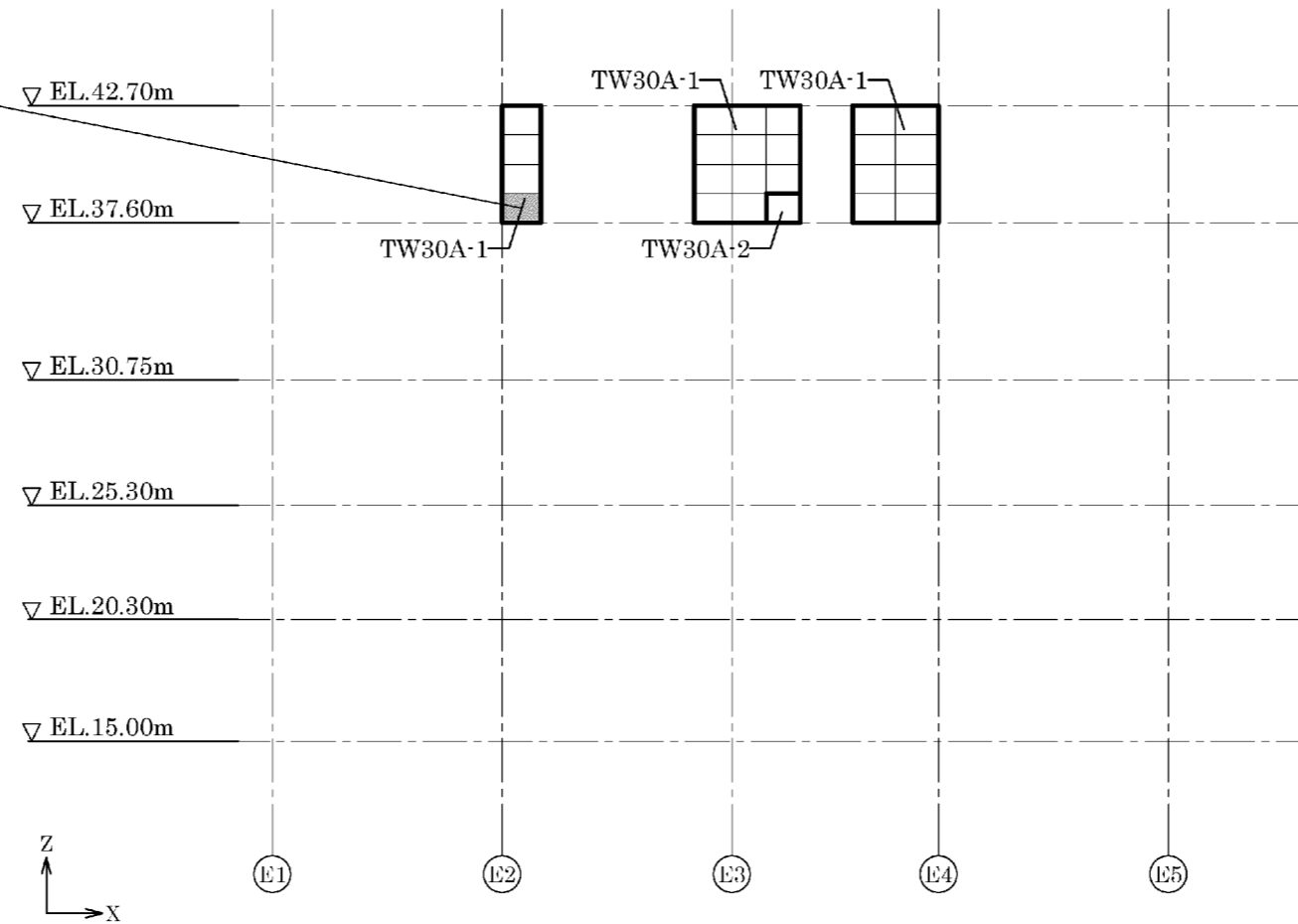


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(13/21)



第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(14/21)

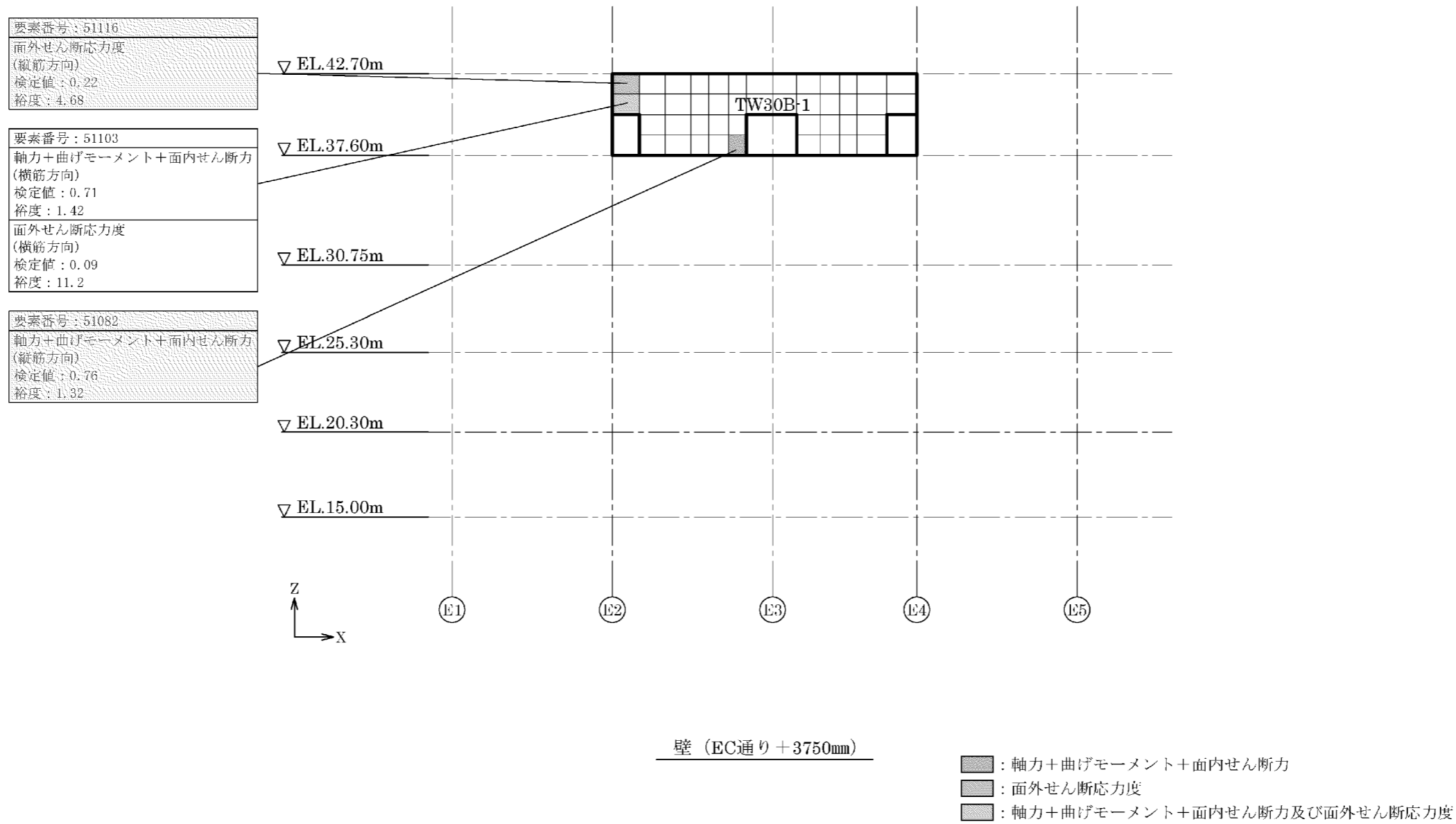
要素番号：51053  
 軸力+曲げモーメント+面内せん断力  
 (縦筋方向)  
 検定値：0.65  
 裕度：1.55



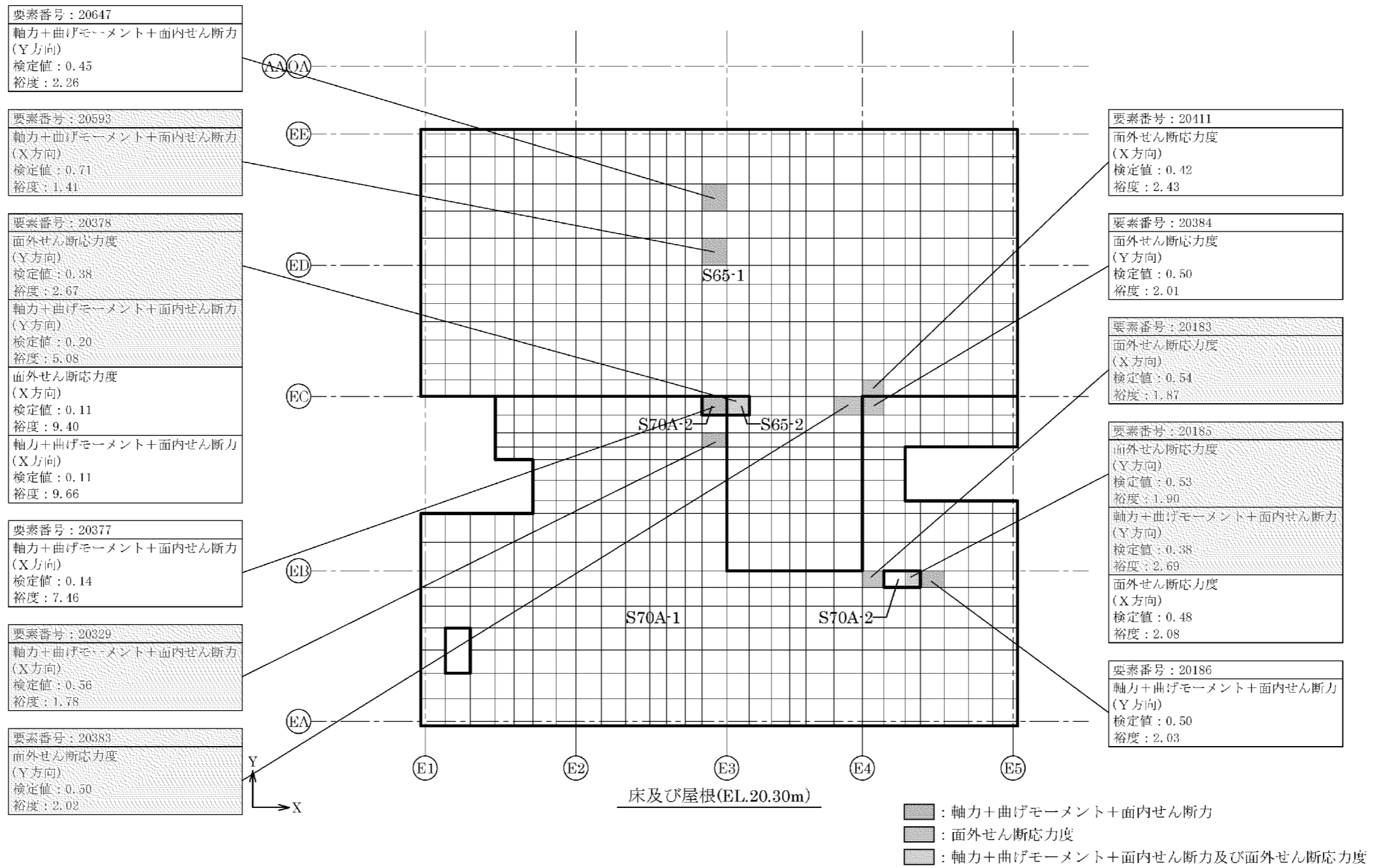
壁 (EC通り+2150mm)

- : 軸力+曲げモーメント+面内せん断力
- : 面外せん断応力度
- : 軸力+曲げモーメント+面内せん断力及び面外せん断応力度

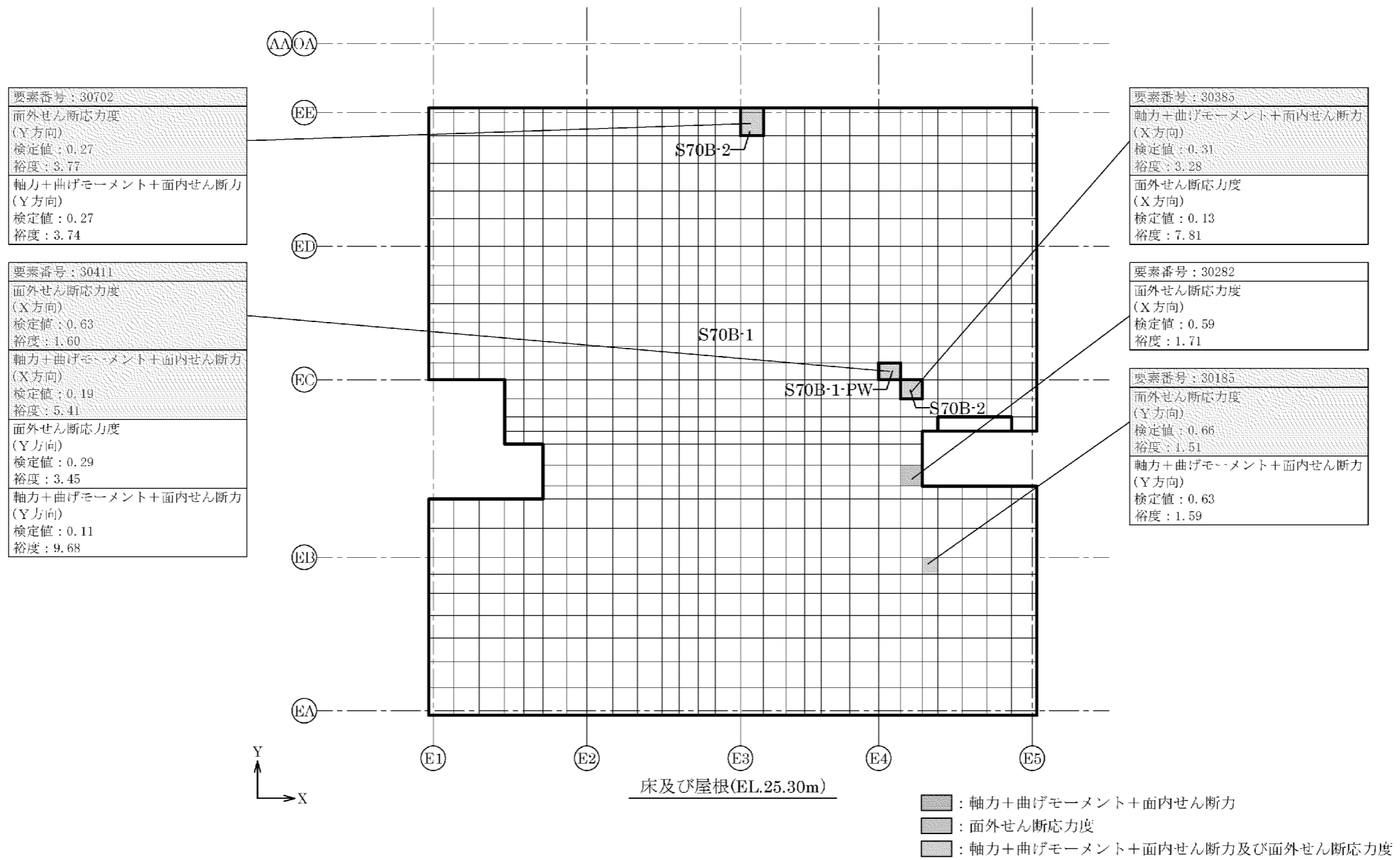
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(15/21)



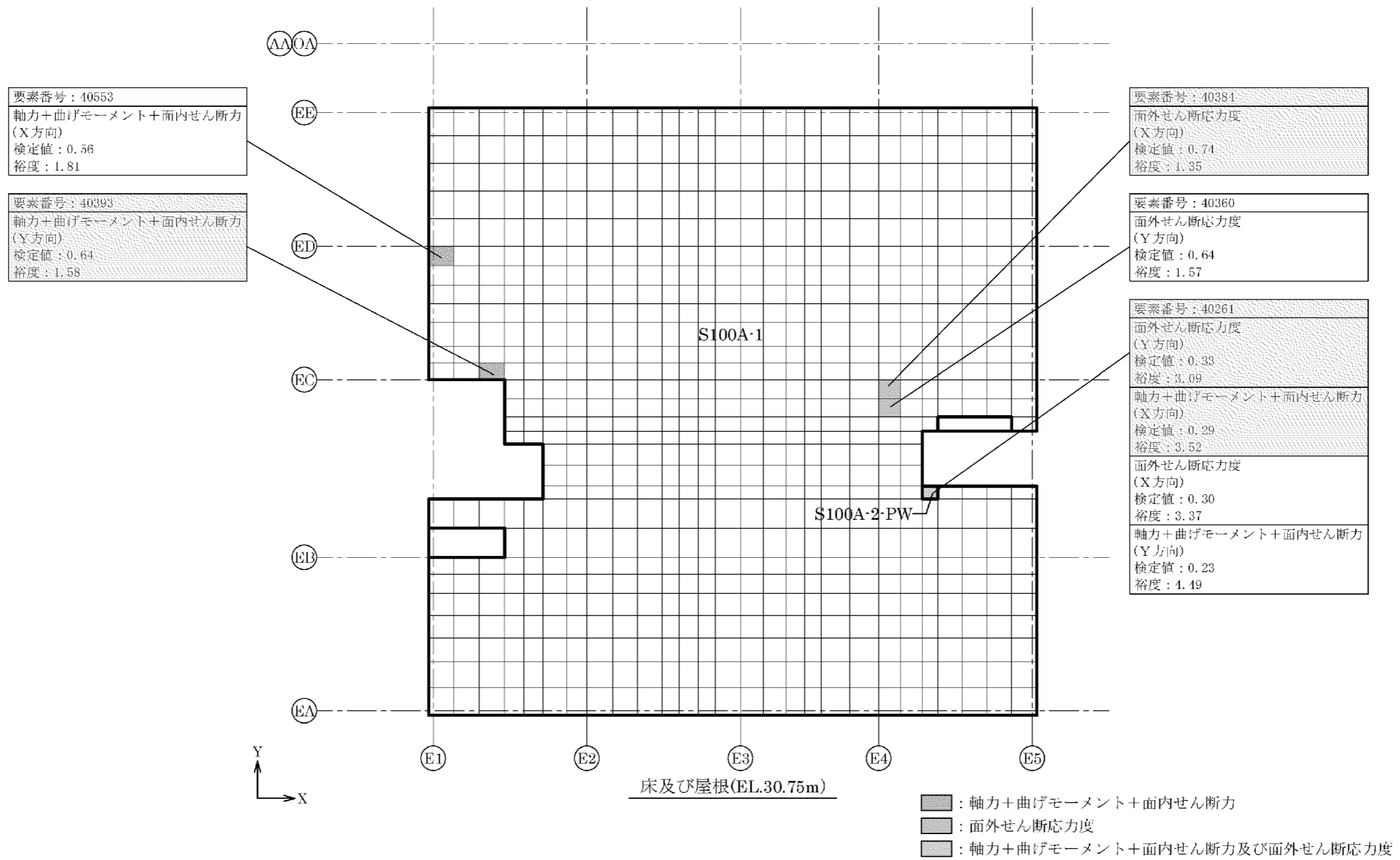
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(16/21)



第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(17/21)

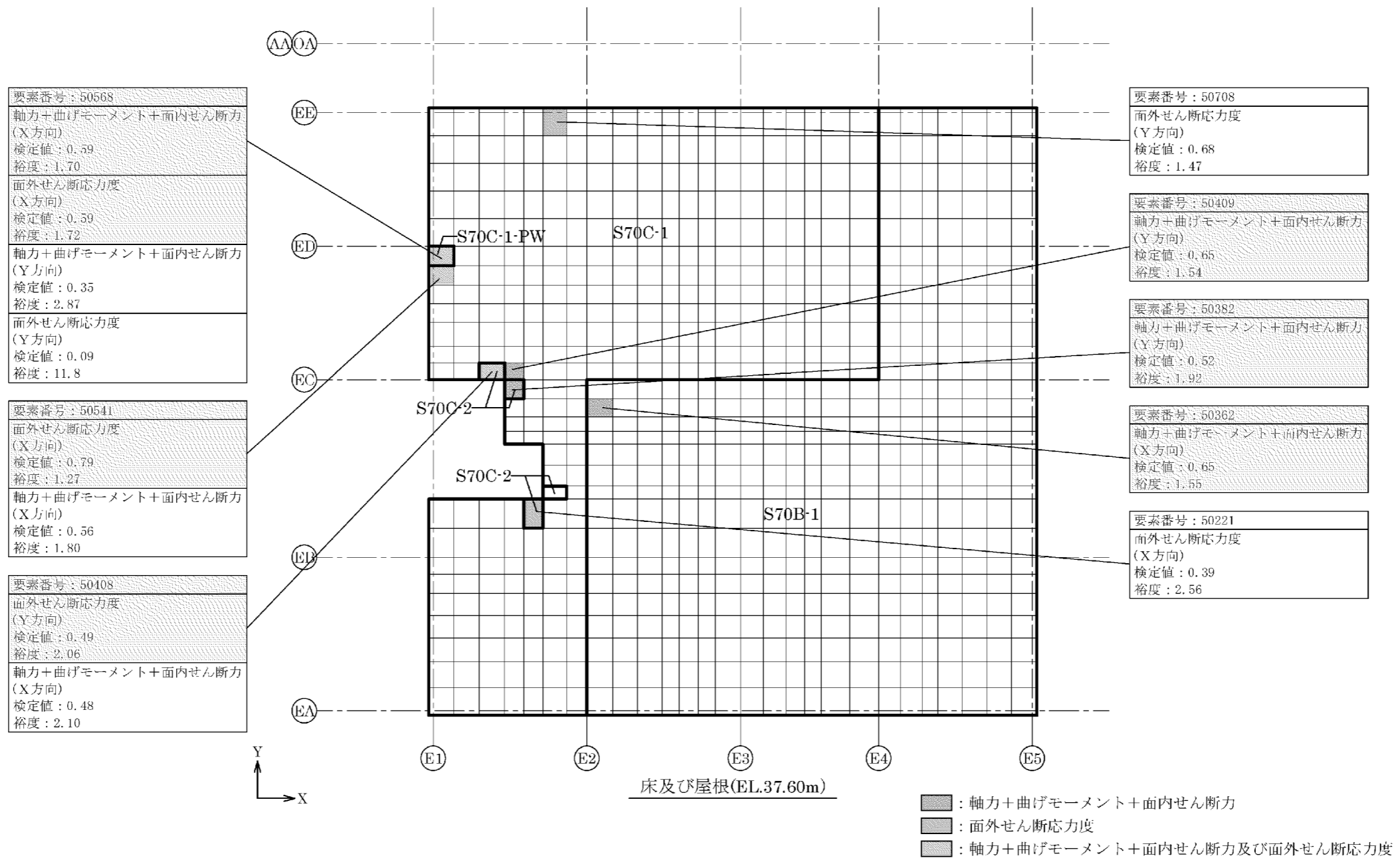


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(18/21)

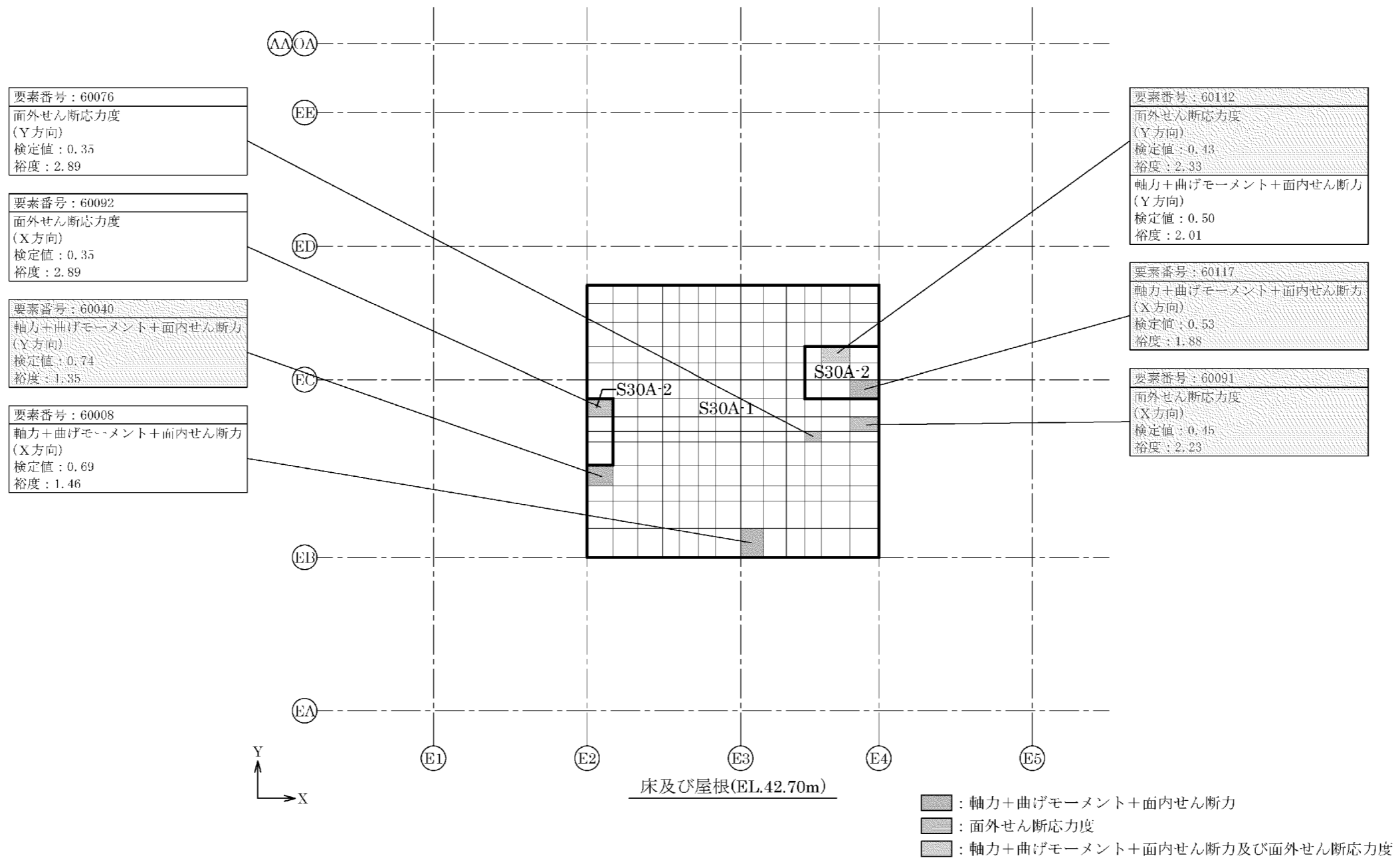


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(19/21)





第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(20/21)



第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(21/21)

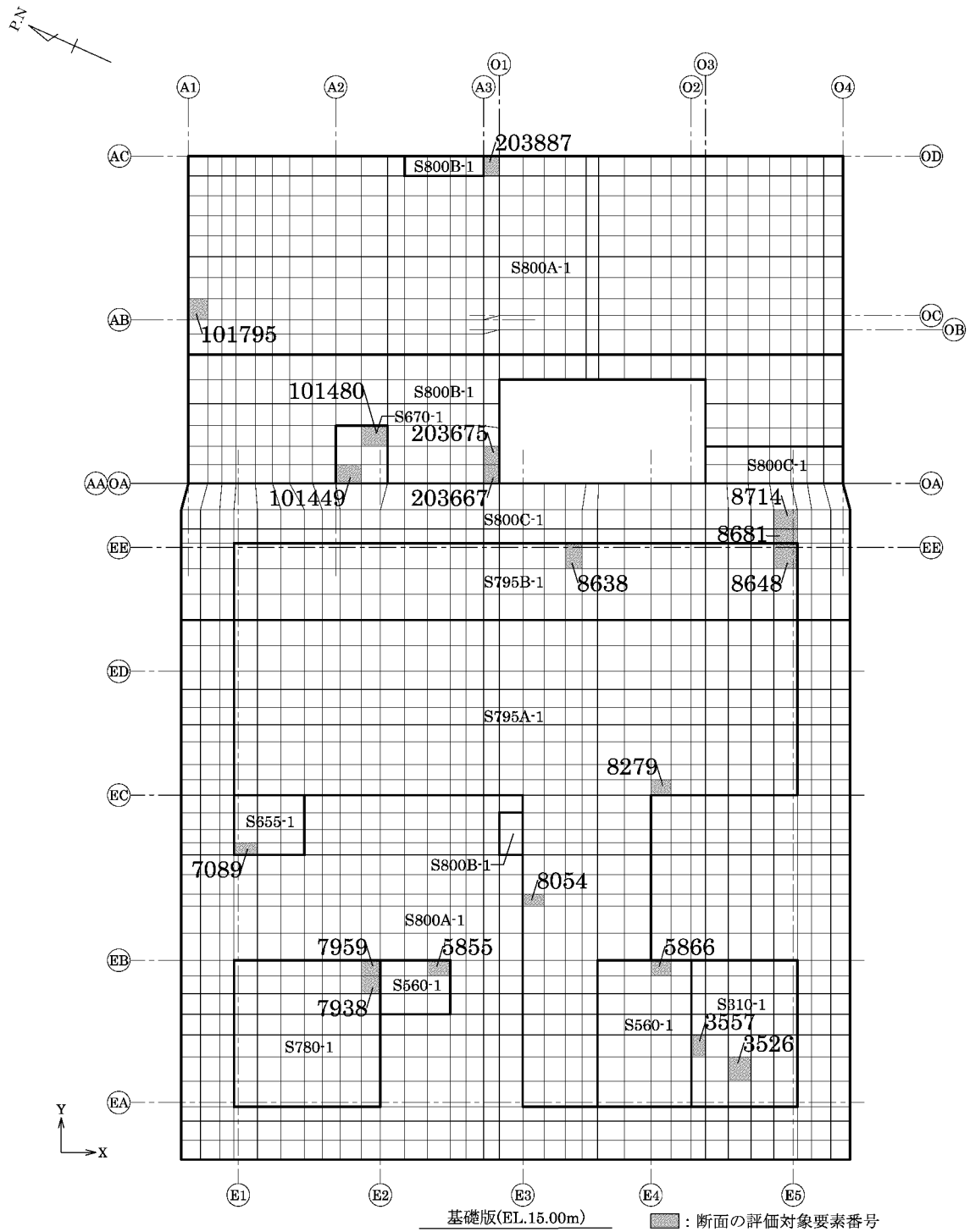
3. 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の断面の評価対象部位の選定

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の荷重の組合せケースを第 3-1 表、分類領域及び断面の評価対象要素番号を第 3-1 図、分類領域ごとの配筋を第 3-2 表に示す。

各評価項目の検定値一覧を第 3-3 表、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 3-2 図に示す。

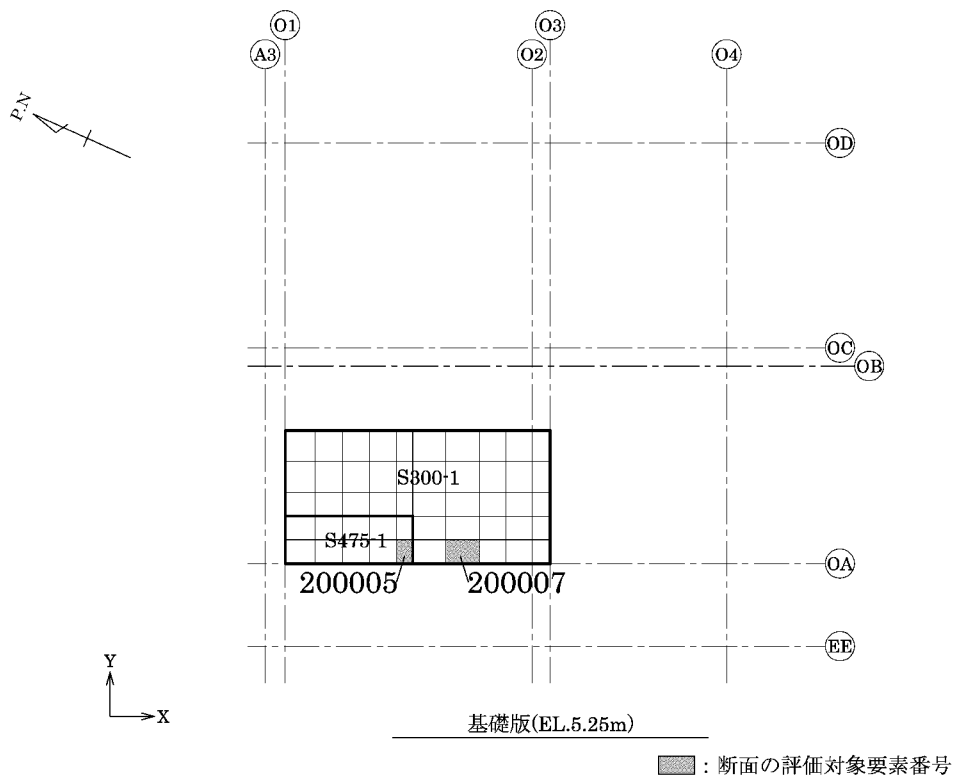
第3-1表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	3	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	4	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	5	$D+L+E_0+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	6	$D+L+E_0+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	8	$D+L+E_0-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	9	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	10	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	11	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	12	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	13	$D+L+E_0+0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	14	$D+L+E_0+0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	15	$D+L+E_0-0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	16	$D+L+E_0-0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
常時	17	$D+L+E_0$



(a) EL.15.00m

第3-1図 断面の評価対象要素番号(1/2)



(b) EL.5.25m


第 3-1 図 断面の評価対象要素番号(2/2)

第3-2表 分類領域ごとの配筋

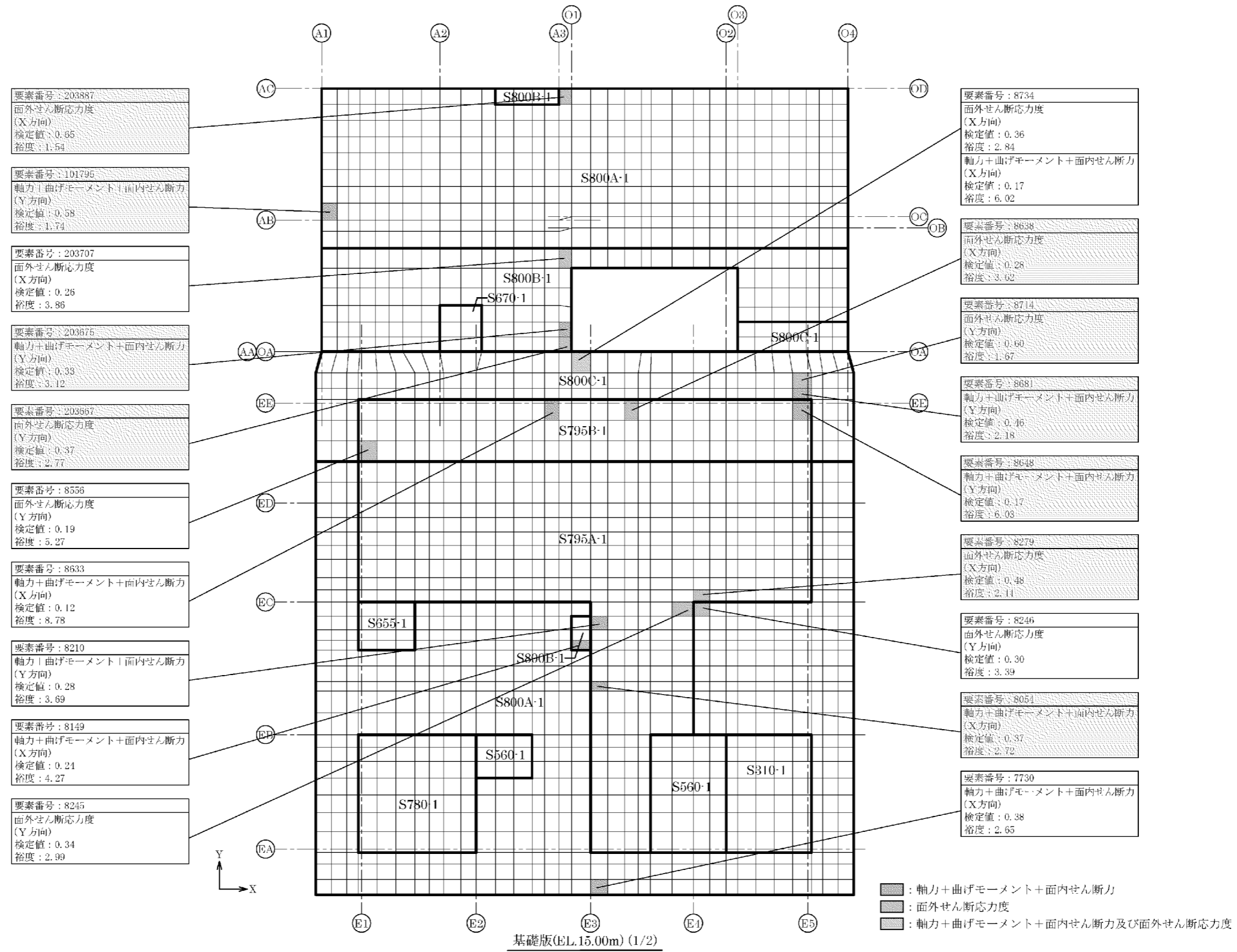
領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
		位置	方向			
S800A-1	8,000	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S800B-1	8,000	上端、 下端共	X	3段 D38@200	17,100	—
			Y	3段 D38@200	17,100	
S800C-1	8,000	上端、 下端共	X	4段 D38@200	22,800	—
			Y	6段 D38@200	34,200	
S795A-1	7,950	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S795B-1	7,950	上端、 下端共	X	4段 D38@200	22,800	—
			Y	6段 D38@200	34,200	
S780-1	7,800	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S670-1	6,700	上端、 下端共	X	3段 D38@200	17,100	—
			Y	3段 D38@200	17,100	
S655-1	6,550	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S560-1	5,600	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S475-1	4,750	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S310-1	3,100	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S300-1	3,000	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	

第3-3表 各評価項目の検定値一覧

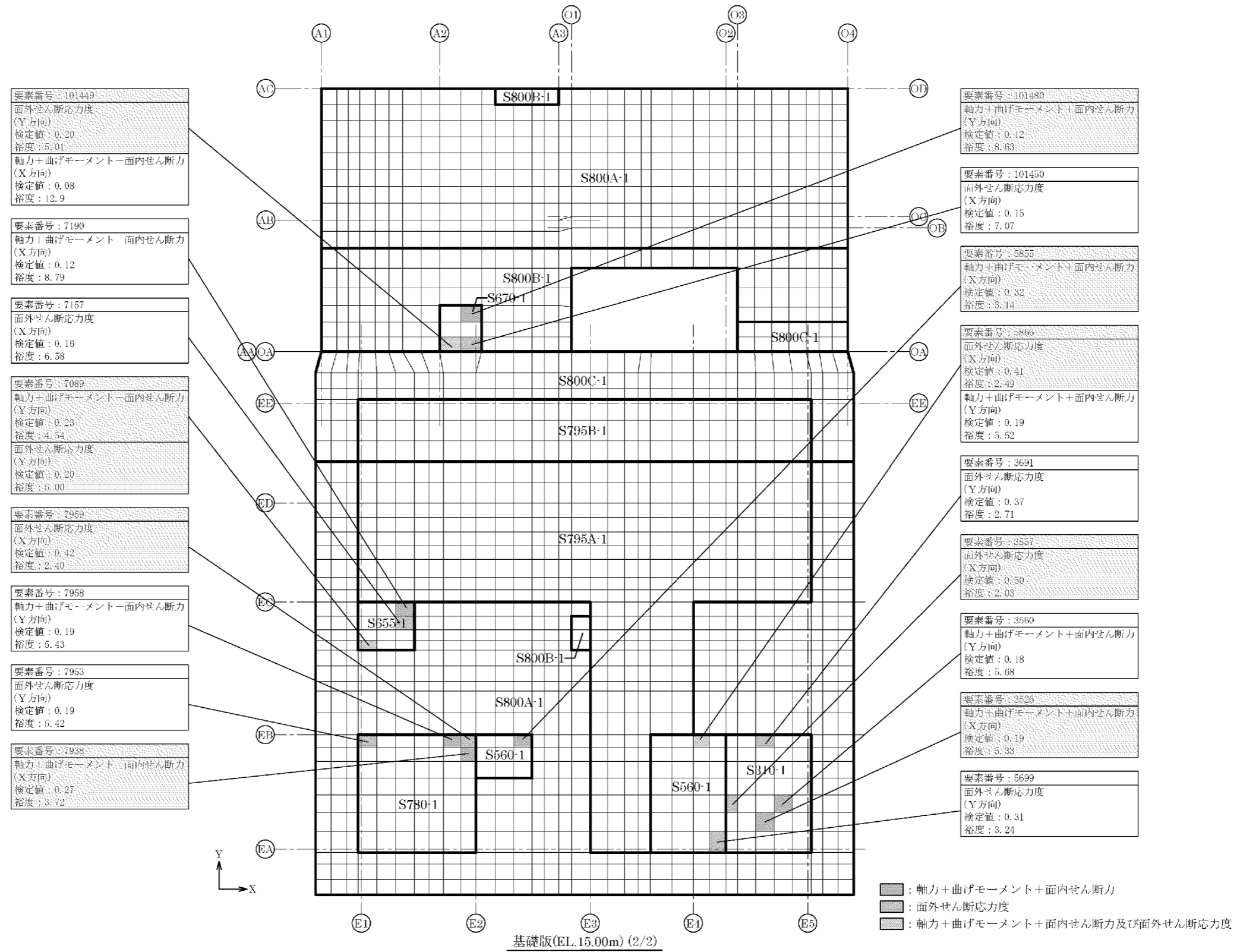
領域	検定値											
	軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
	X方向			Y方向			X方向			Y方向		
	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
S800A-1	7730	0.38	6	101795	0.58	2	203887	0.65	1	8246	0.30	8
S800B-1	8149	0.24	5	203675	0.33	1	203707	0.26	3	203667	0.37	5
S800C-1	8734	0.17	7	8681	0.46	7	8734	0.36	1	8714	0.60	5
S795A-1	8054	0.37	5	8210	0.28	8	8279	0.48	1	8245	0.34	8
S795B-1	8633	0.12	7	8648	0.17	8	8638	0.28	1	8556	0.19	5
S780-1	7938	0.27	5	7958	0.19	1	7959	0.42	3	7953	0.19	8
S670-1	101449	0.08	1	101480	0.12	1	101450	0.15	3	101449	0.20	5
S655-1	7190	0.12	1	7089	0.23	2	7157	0.16	3	7089	0.20	6
S560-1	5855	0.32	5	5866	0.19	3	5866	0.41	1	5699	0.31	8
S475-1	200005	0.14	5	200005	0.22	7	200005	0.19	4	200005	0.35	5
S310-1	3526	0.19	8	3560	0.18	2	3557	0.50	1	3691	0.37	8
S300-1	200006	0.21	5	200007	0.21	7	200031	0.22	2	200007	0.47	5

(注)  は、断面の評価対象部位を示す。

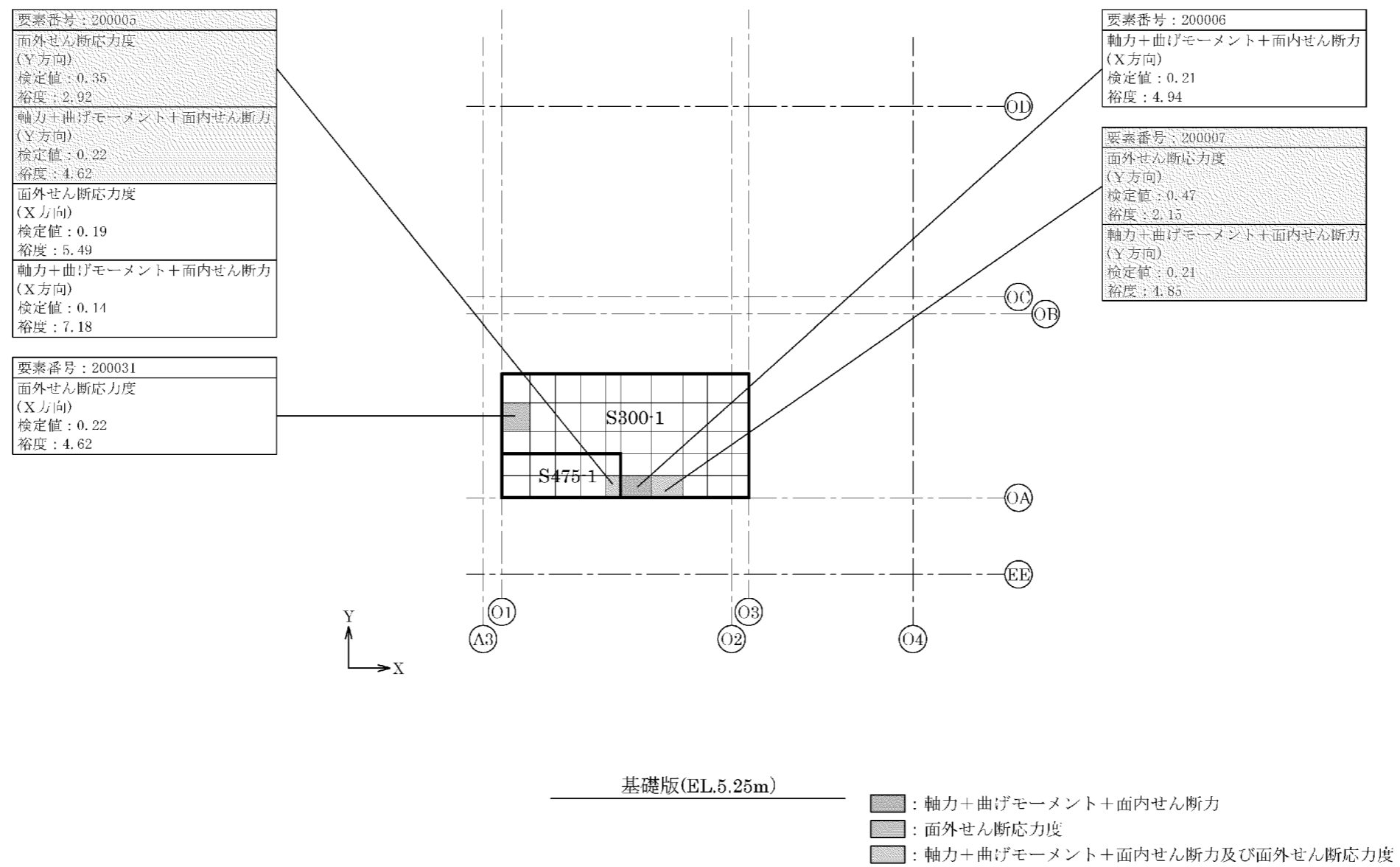




第 3-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/3)



第3-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/3)



第 3-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/3)

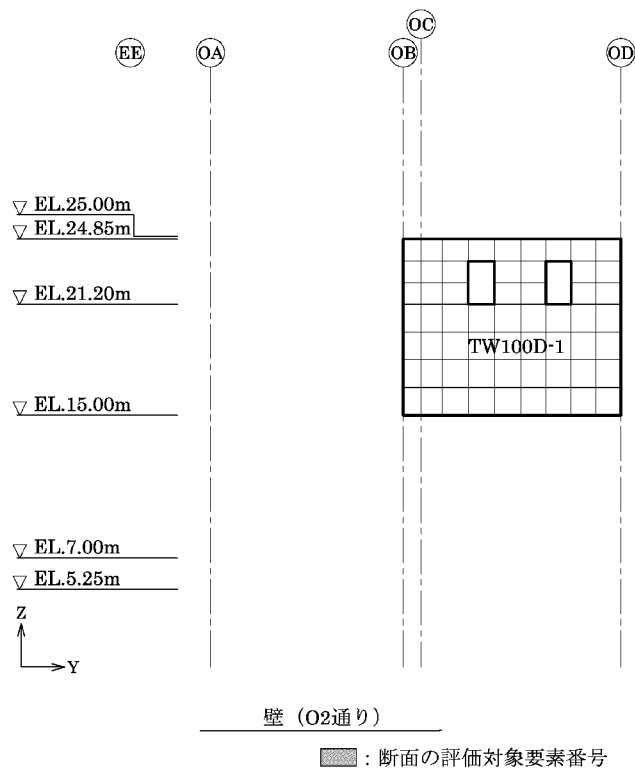
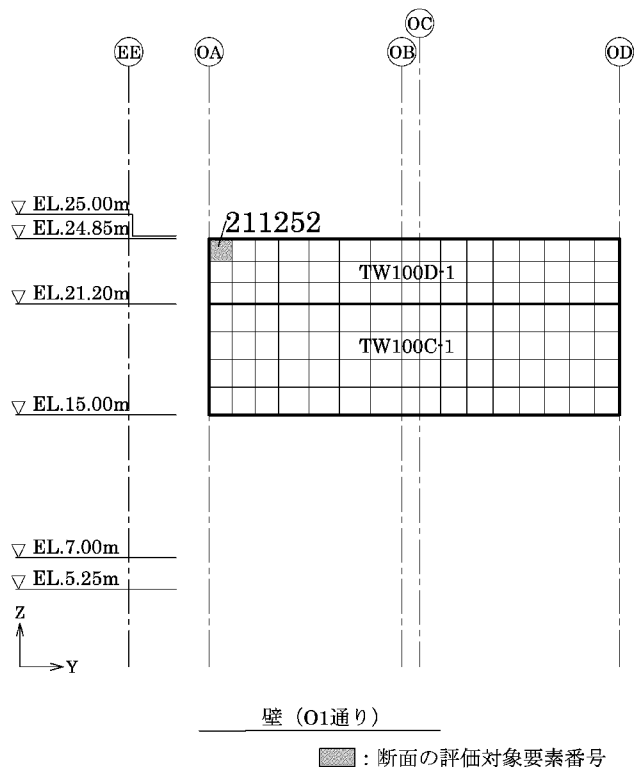
4. 燃料設備棟の断面の評価対象部位の選定

燃料設備棟の荷重の組合せケースを第 4-1 表、分類領域及び断面の評価対象要素番号を第 4-1 図、分類領域ごとの配筋を第 4-2 表に示す。

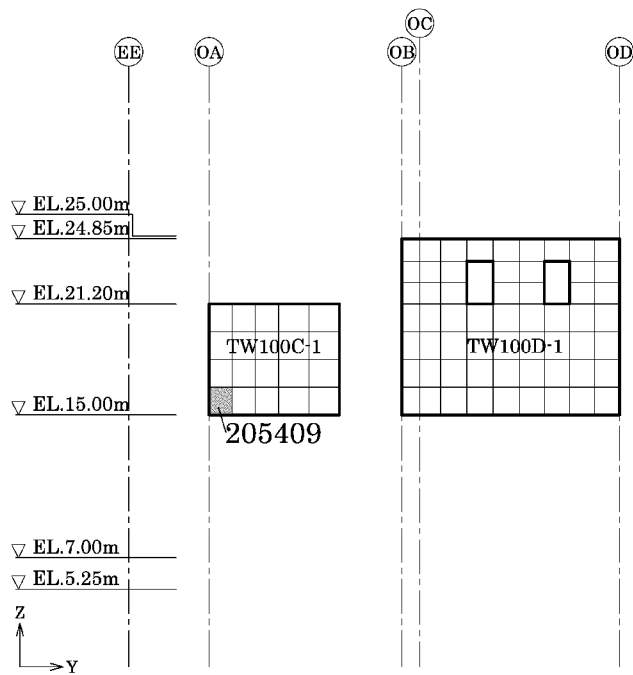
各評価項目の検定値一覧を第 4-3 表、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 4-2 図に示す。

第 4-1 表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	3	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	4	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	5	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	11	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	12	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	13	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
常時	17	$D + L + E_0$

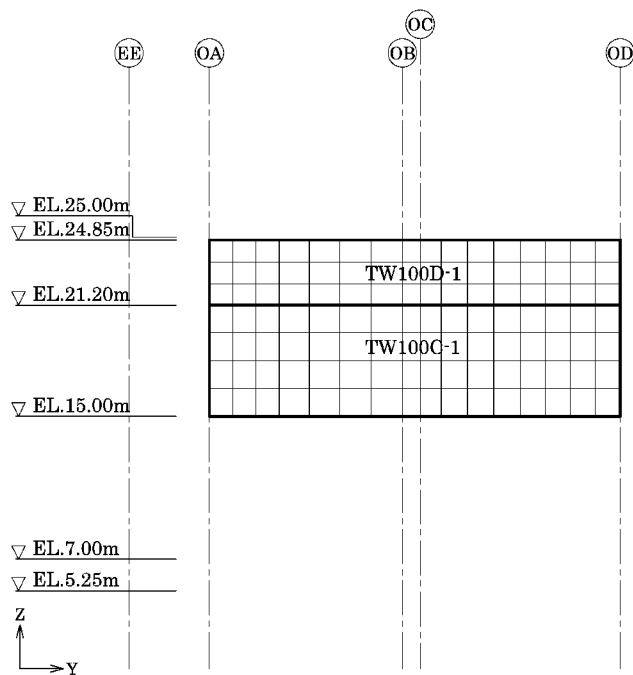


第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(1/8)



壁 (O3通り)

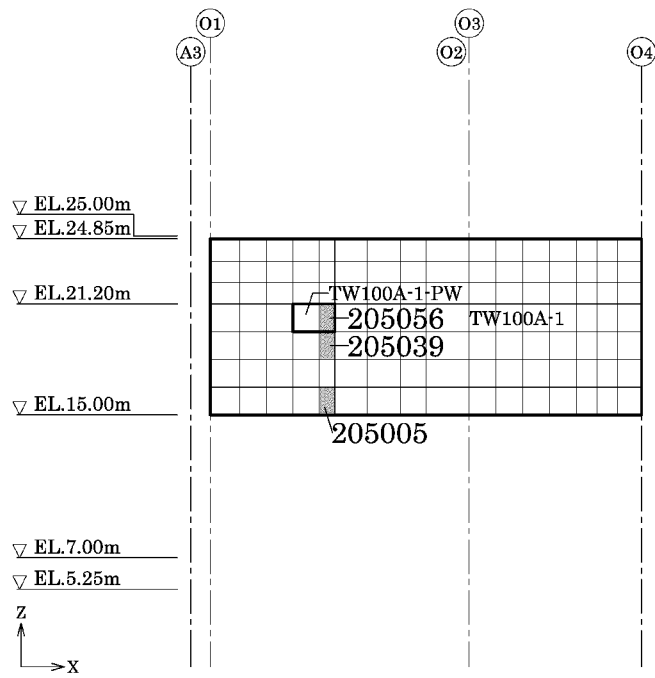
■ : 断面の評価対象要素番号



壁 (O4通り)

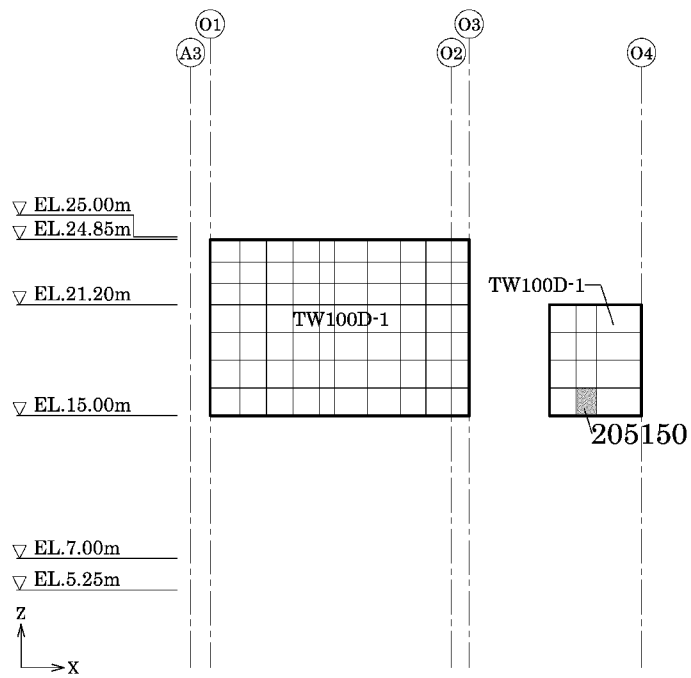
■ : 断面の評価対象要素番号

第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(2/8)



壁 (OA通り)

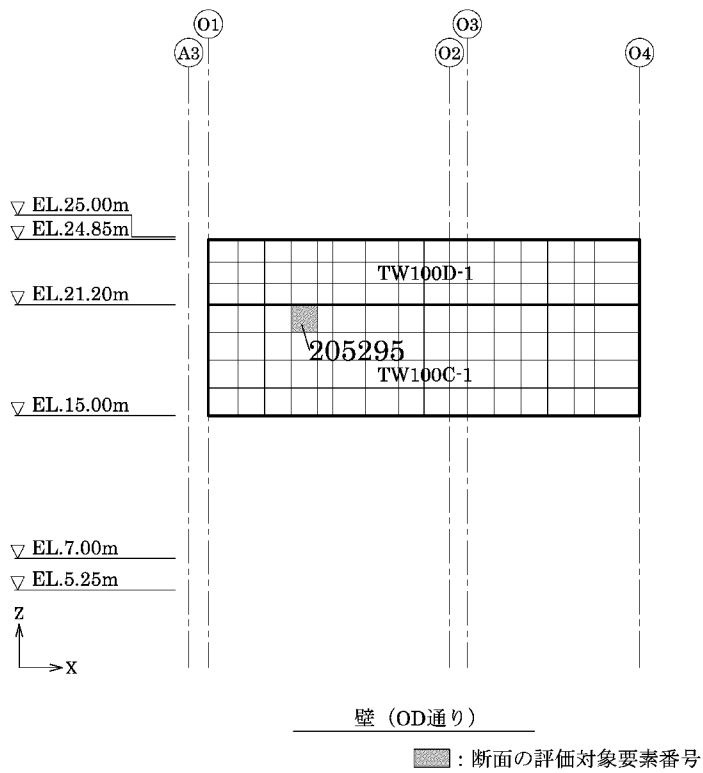
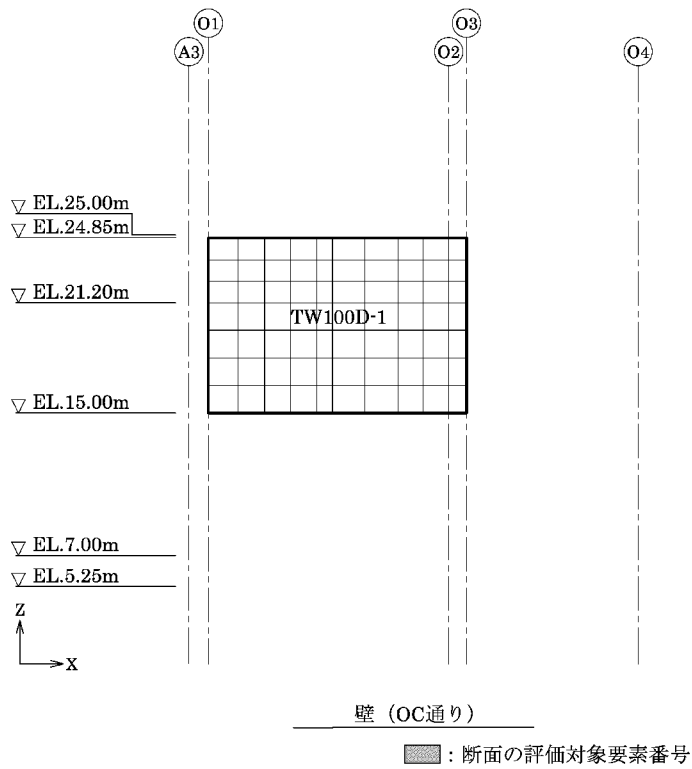
■ : 断面の評価対象要素番号



壁 (OB通り)

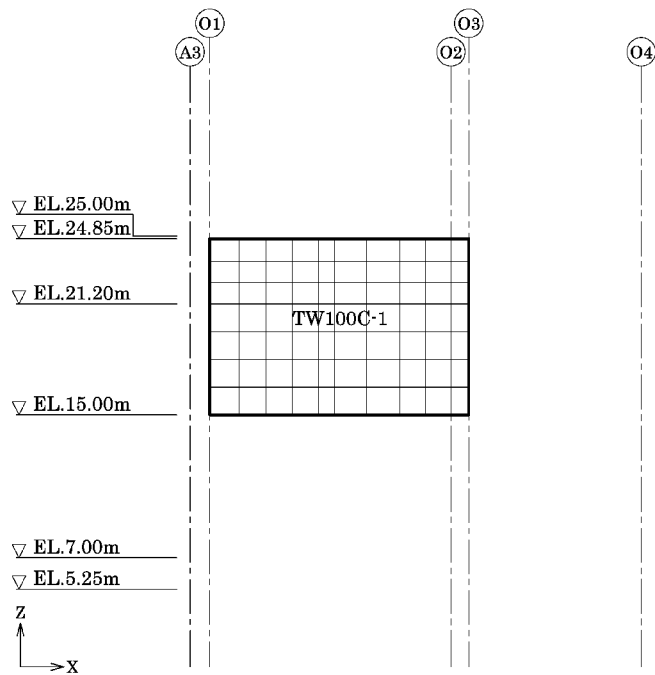
■ : 断面の評価対象要素番号

第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(3/8)



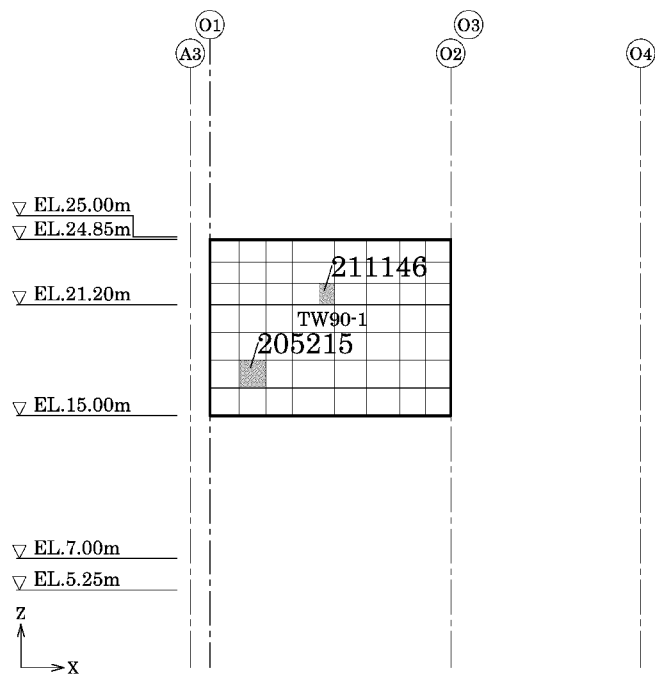
第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(4/8)





壁 (OA通り+7300mm)

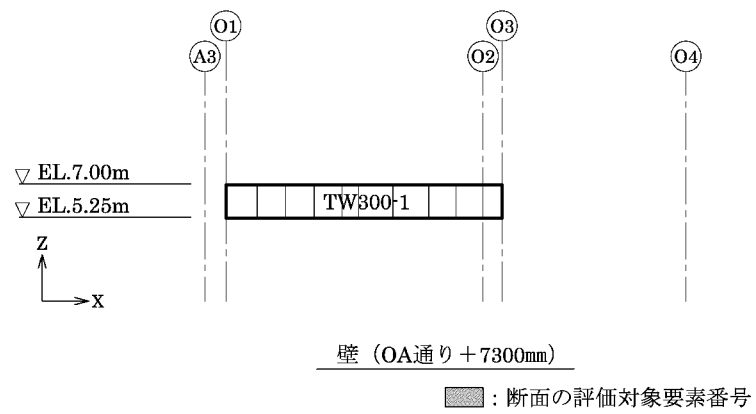
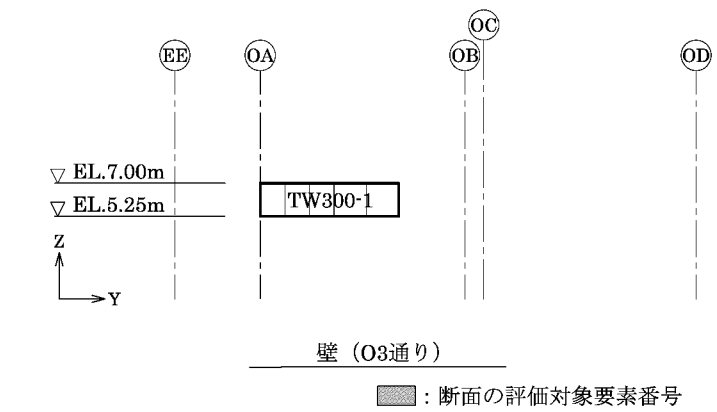
■ : 断面の評価対象要素番号



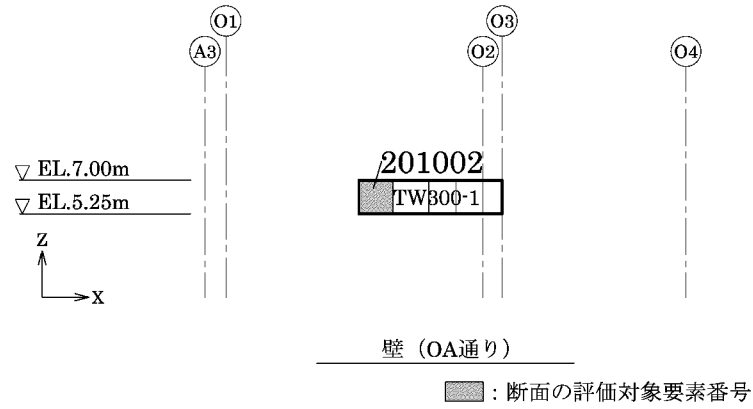
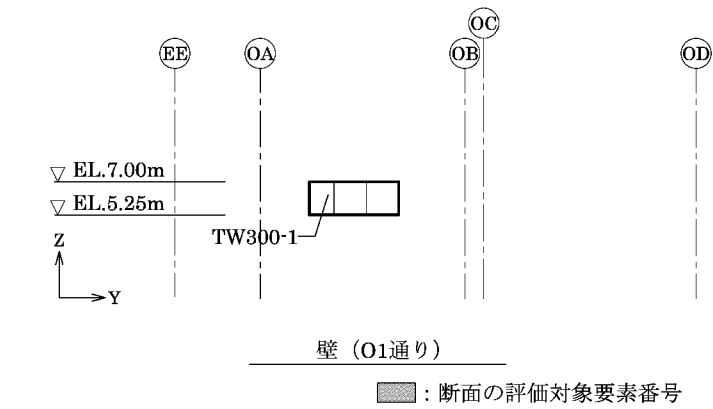
壁 (OC通り+5600mm)

■ : 断面の評価対象要素番号

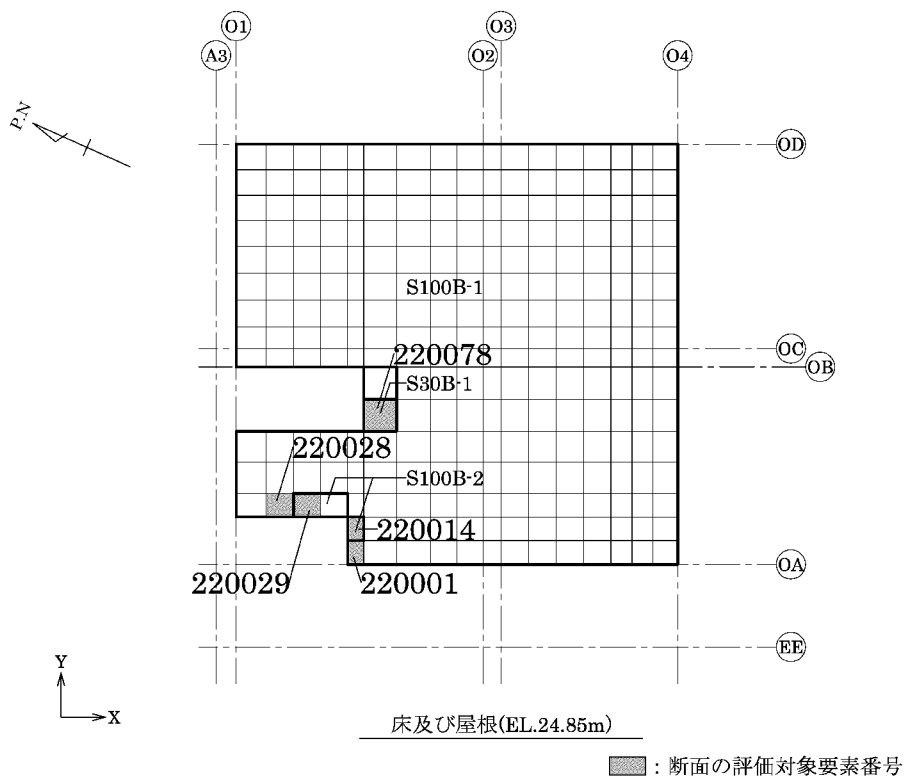
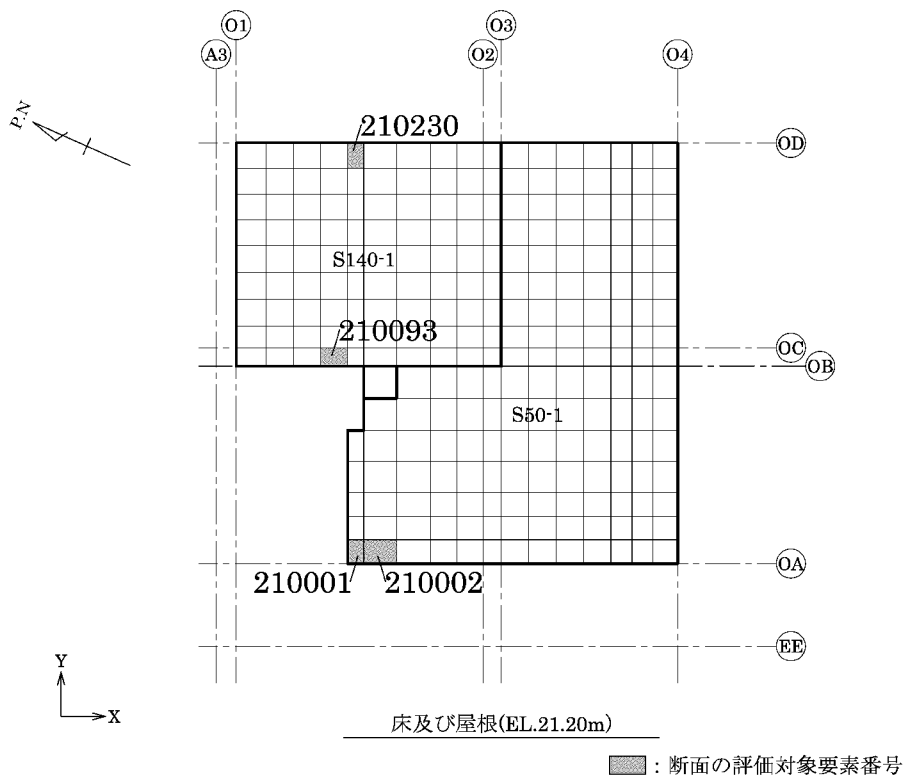
第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(5/8)



第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(6/8)



第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(7/8)



第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(8/8)

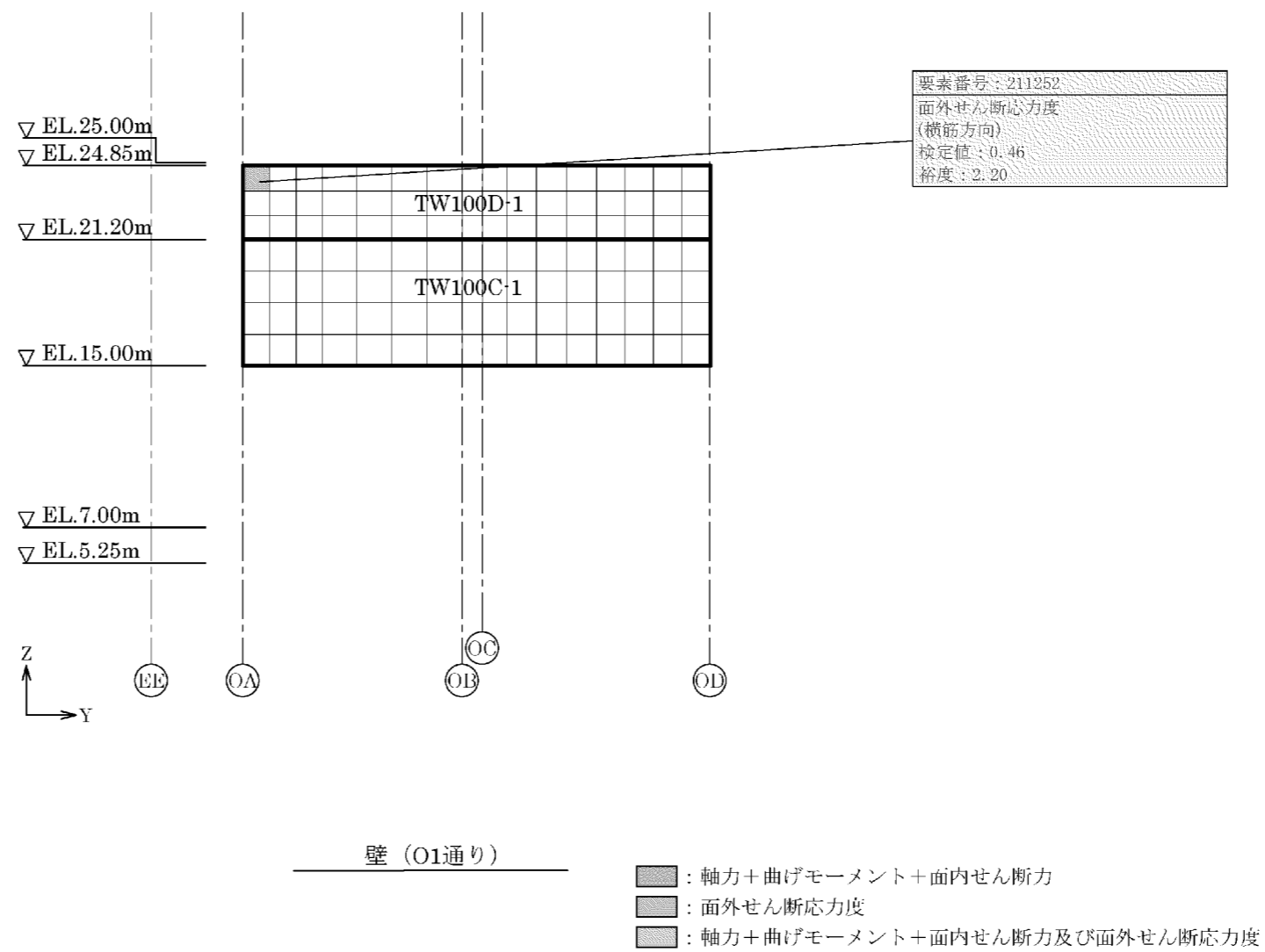
第4-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
壁	TW300-1	3,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100A-1 -PW	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	D19 @400×@200
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW100D-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D35@200	4,785	—
				横筋	1段 D35@200	4,785	
	TW90-1	900	両側共	縦筋	1段 D32@200	3,970	—
				横筋	1段 D32@200	3,970	
床 ・ 屋根	S140-1	1,400	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S100B-1	1,000	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S100B-2	1,000	上端、 下端共	X	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	—
				Y	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	
	S50-1	500	上端、 下端共	X	1段 D25@200	2,535	—
				Y	1段 D25@200	2,535	
	S30B-1	300	上端、 下端共	X	1段 D16@200	995	—
				Y	1段 D16@200	995	

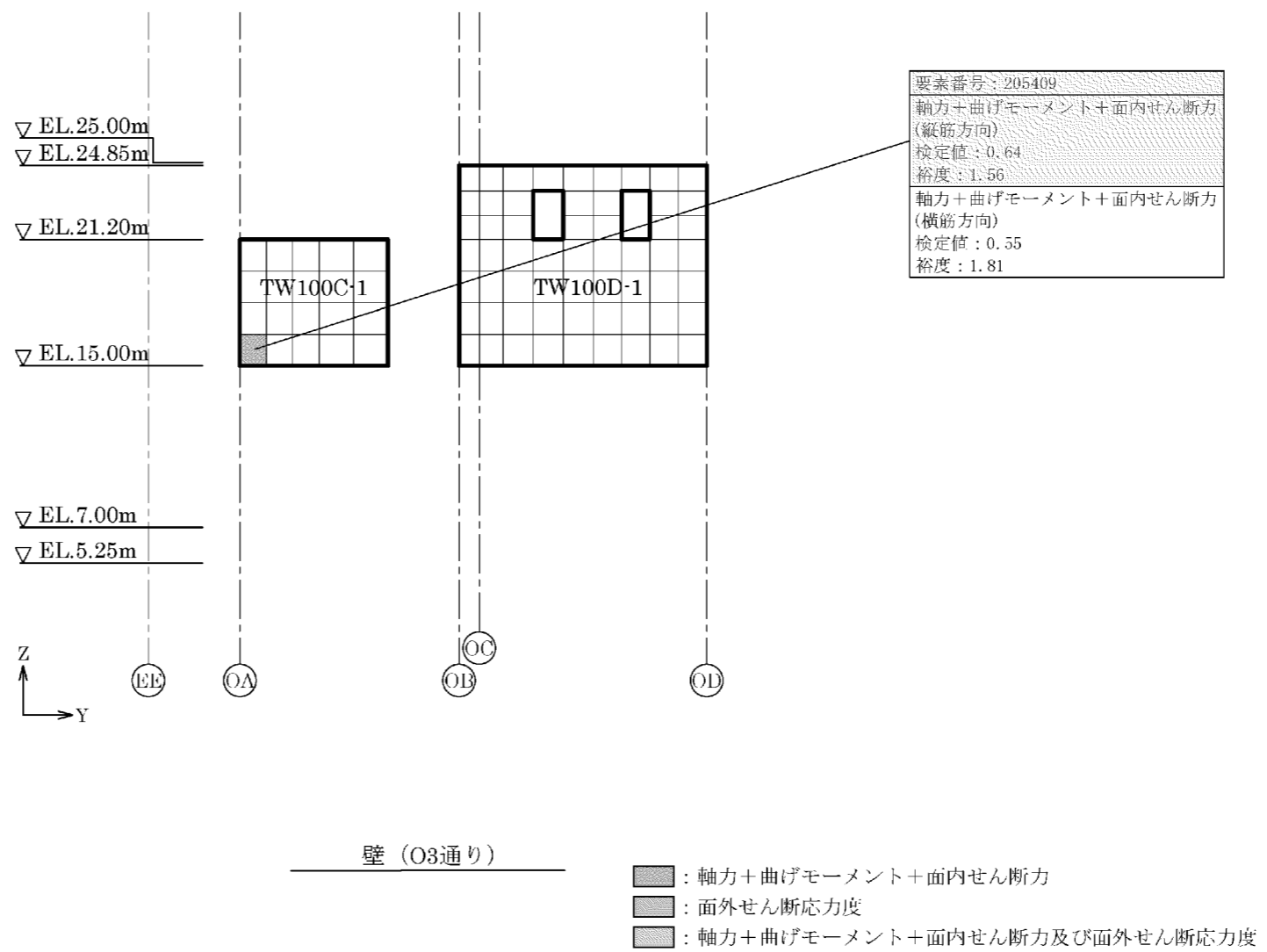
第4-3表 各評価項目の検定値一覧

部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向			横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	TW300-1	201024	0.25	7	201002	0.28	7	201016	0.19	5	201002	0.30	5
	TW100A-1	211037	0.42	8	205039	0.50	5	211038	0.62	5	205005	0.66	6
	TW100A-1-PW	205056	0.18	7	205056	0.23	5	205055	0.54	7	205056	0.82	7
	TW100C-1	205409	0.55	6	205409	0.64	6	205504	0.44	3	205295	0.56	5
	TW100D-1	205150	0.48	4	205150	0.48	4	211252	0.46	5	211360	0.32	2
	TW90-1	205215	0.52	3	205215	0.52	3	205232	0.05	7	211146	0.12	5
床 ・ 屋根	S140-1	210093	0.26	8	210141	0.16	3	210167	0.15	4	210230	0.16	6
	S100B-1	220028	0.59	8	220002	0.40	8	220077	0.25	2	220001	0.53	8
	S100B-2	220029	0.32	8	220014	0.15	4	220030	0.15	8	220014	0.36	8
	S50-1	210001	0.42	6	210001	0.42	6	210174	0.39	17	210002	0.39	8
	S30B-1	220078	0.17	3	220078	0.29	4	220078	0.03	5	220078	0.10	8

(注)  は、断面の評価対象部位を示す。

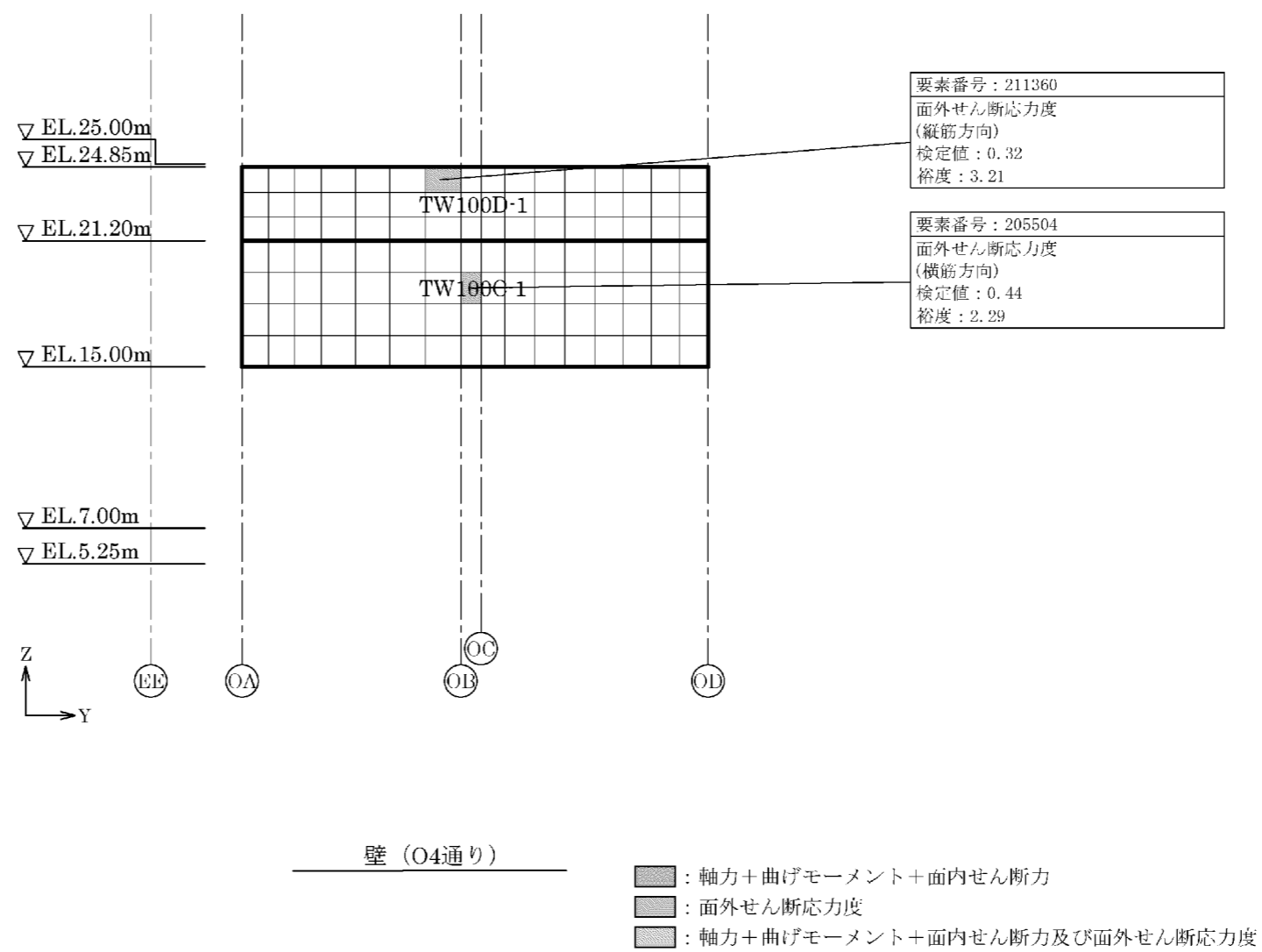


第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/12)

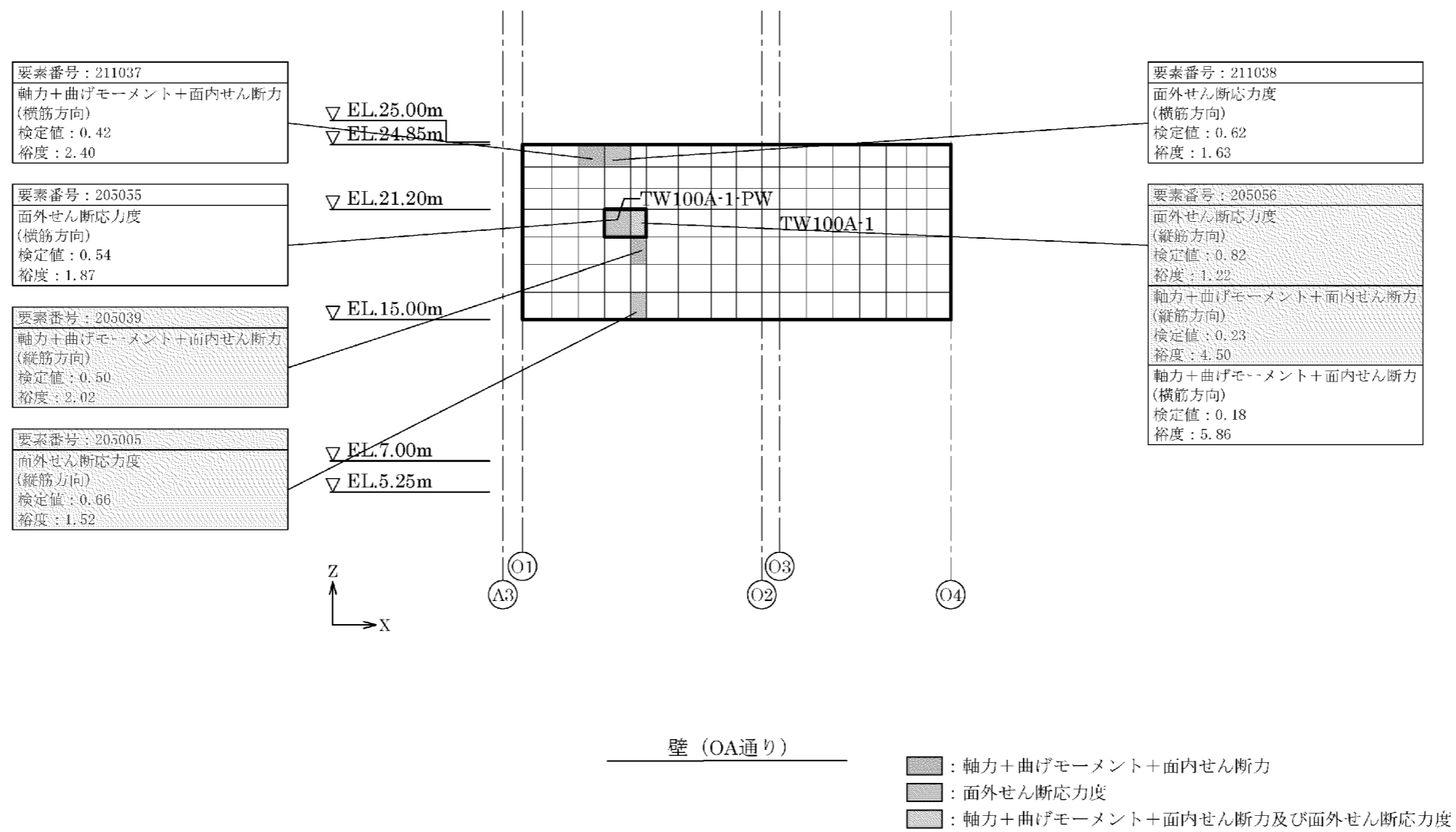


第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/12)

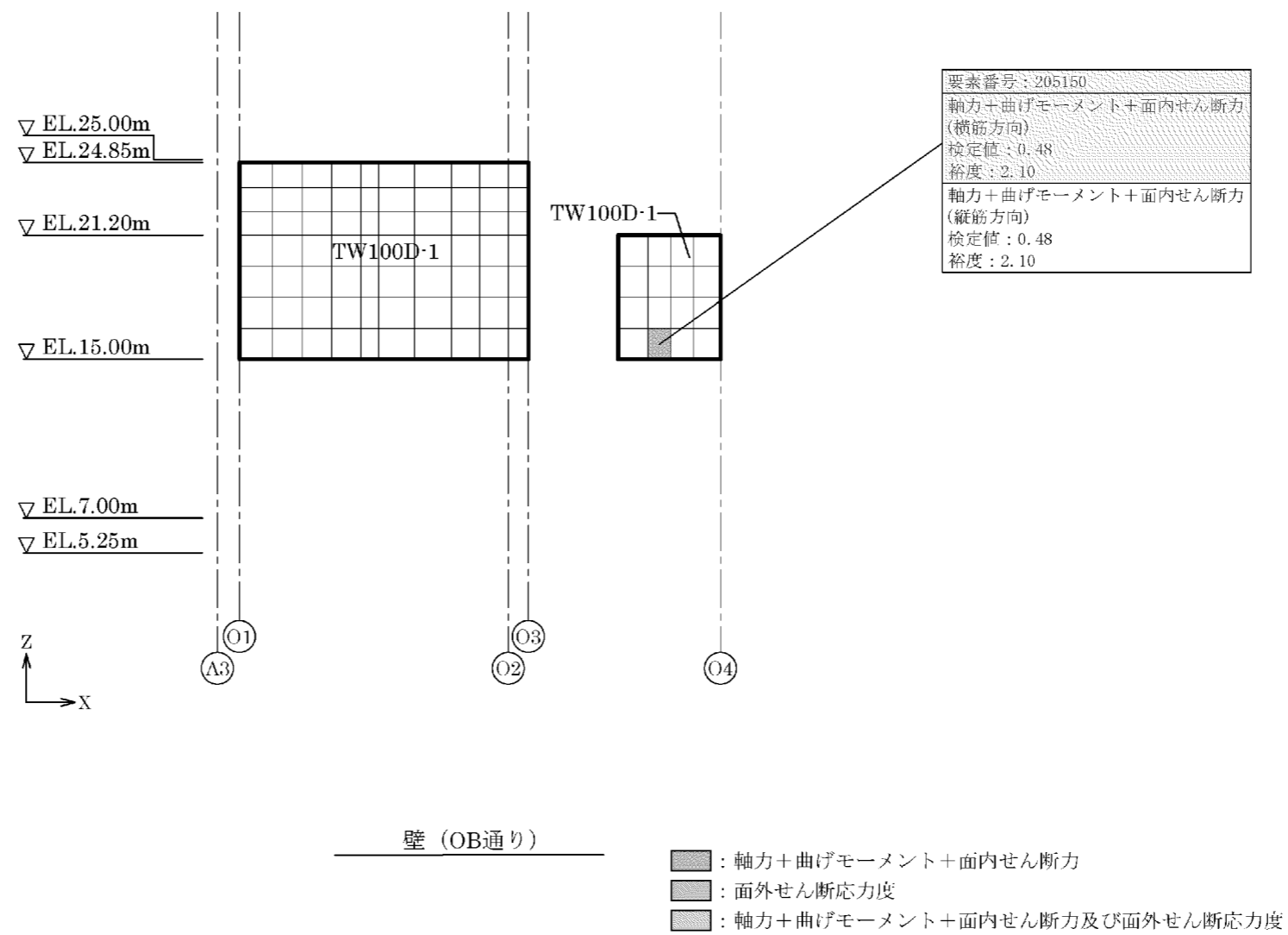




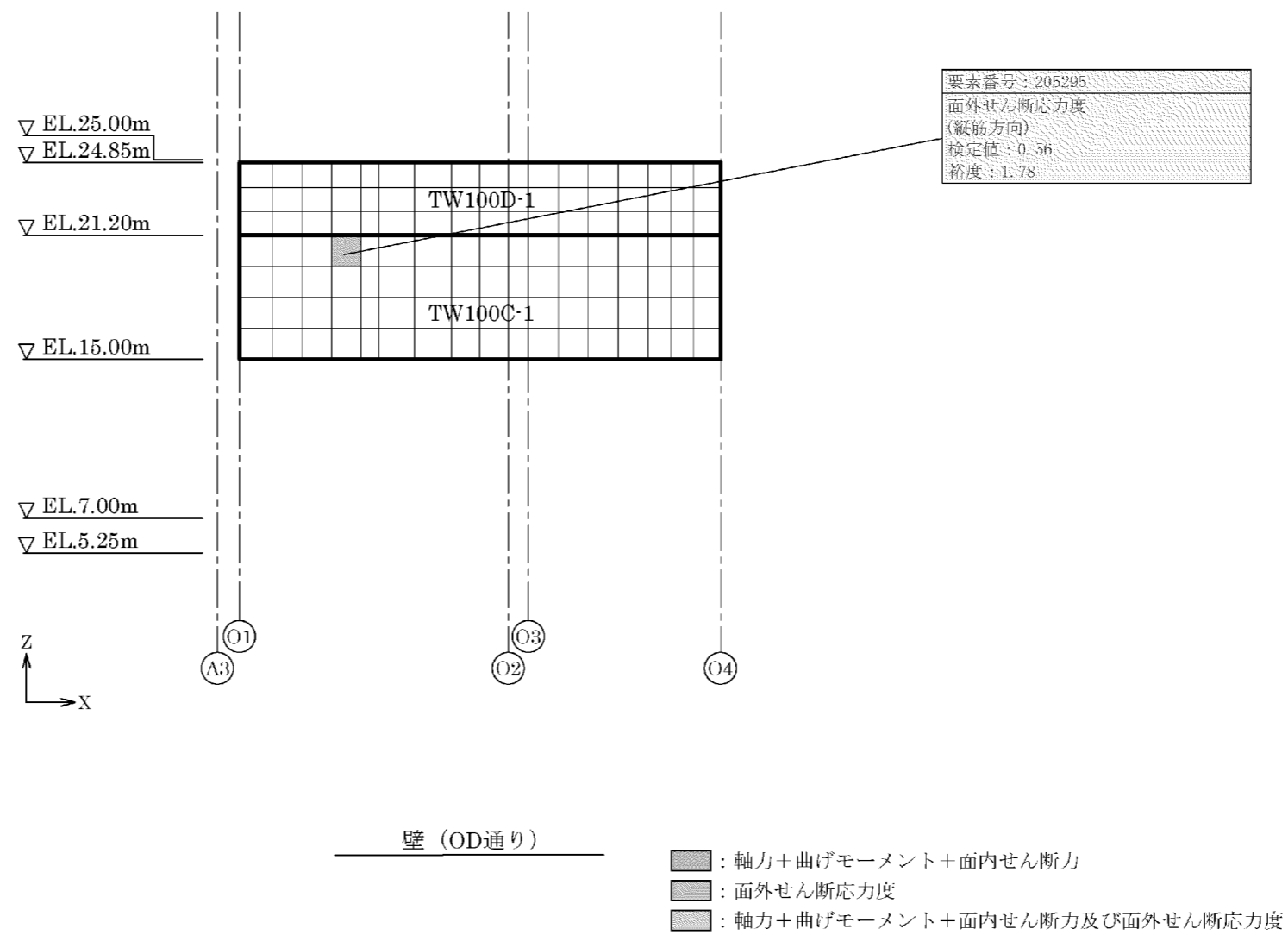
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/12)



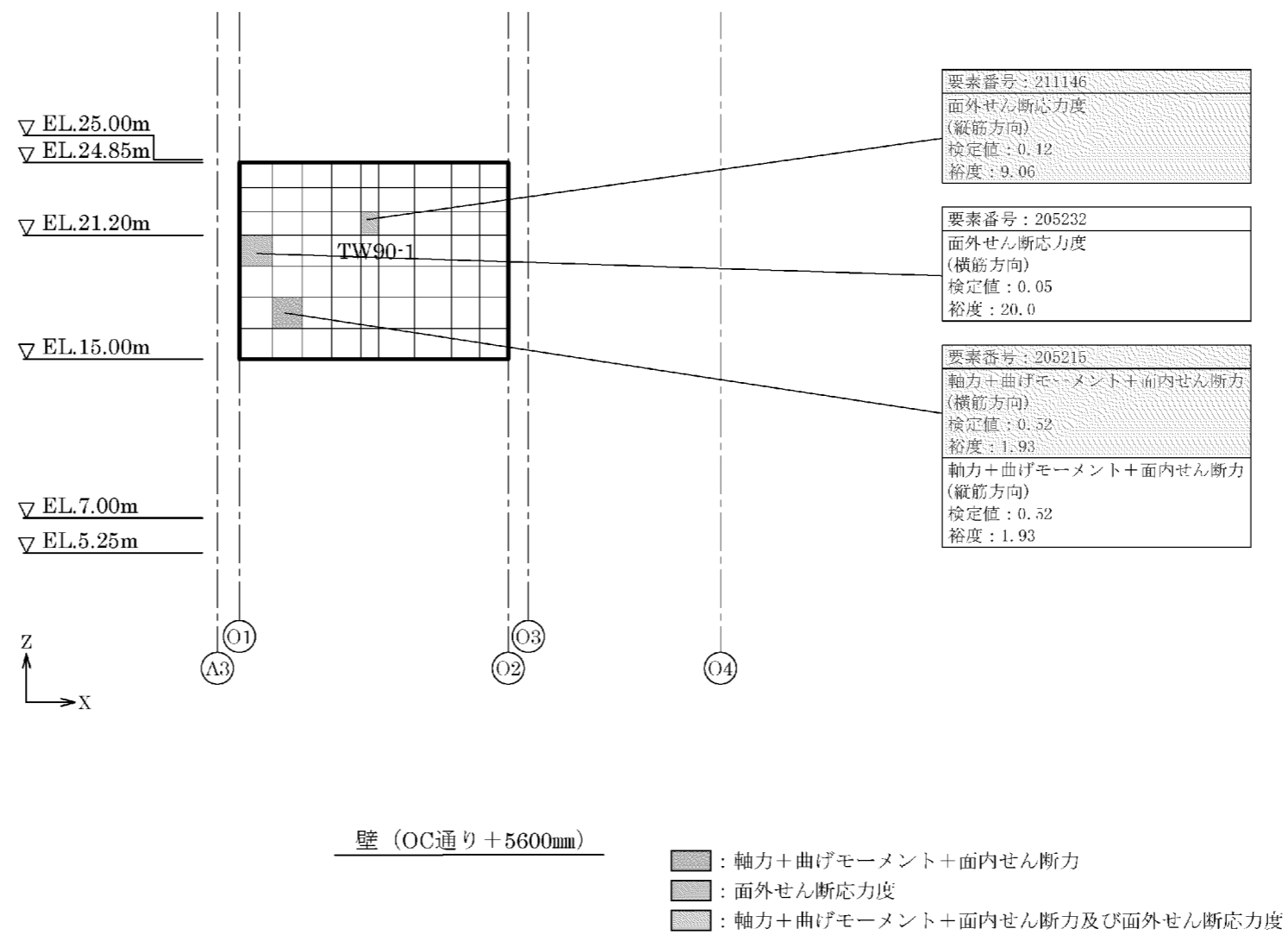
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/12)



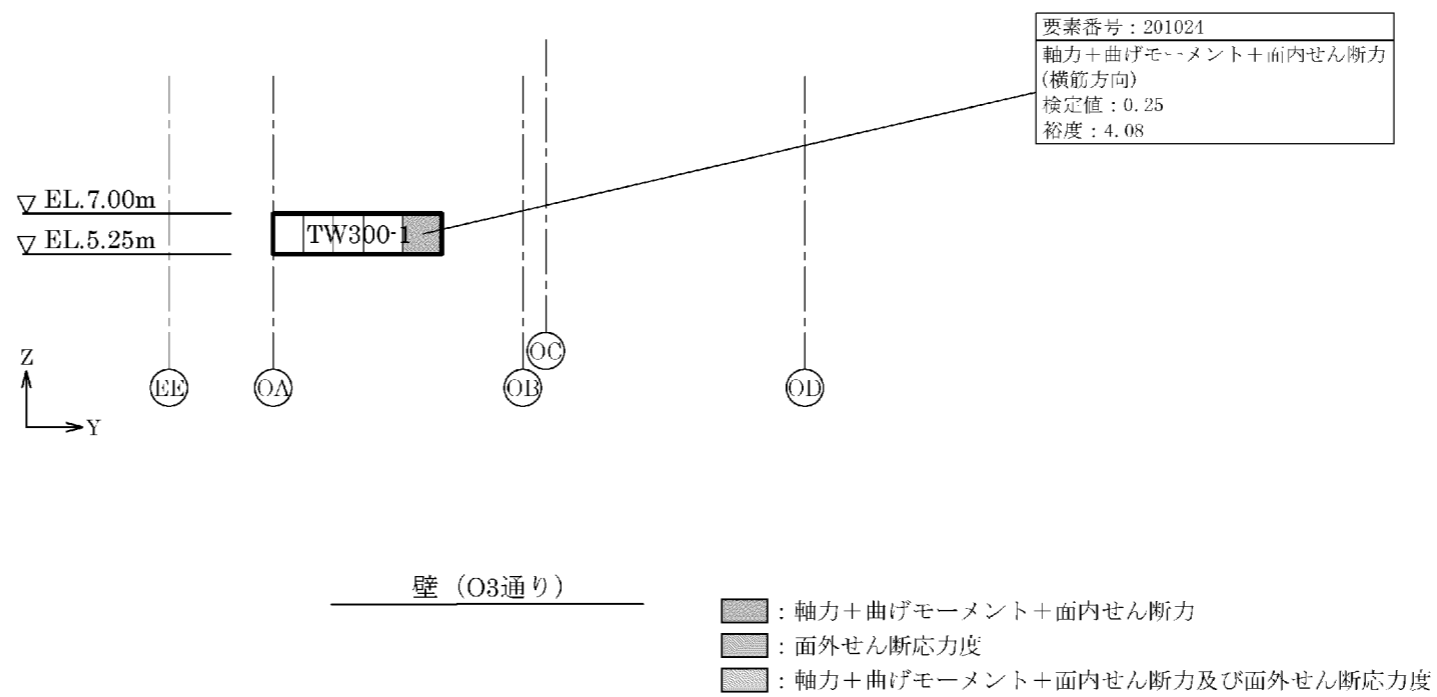
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/12)



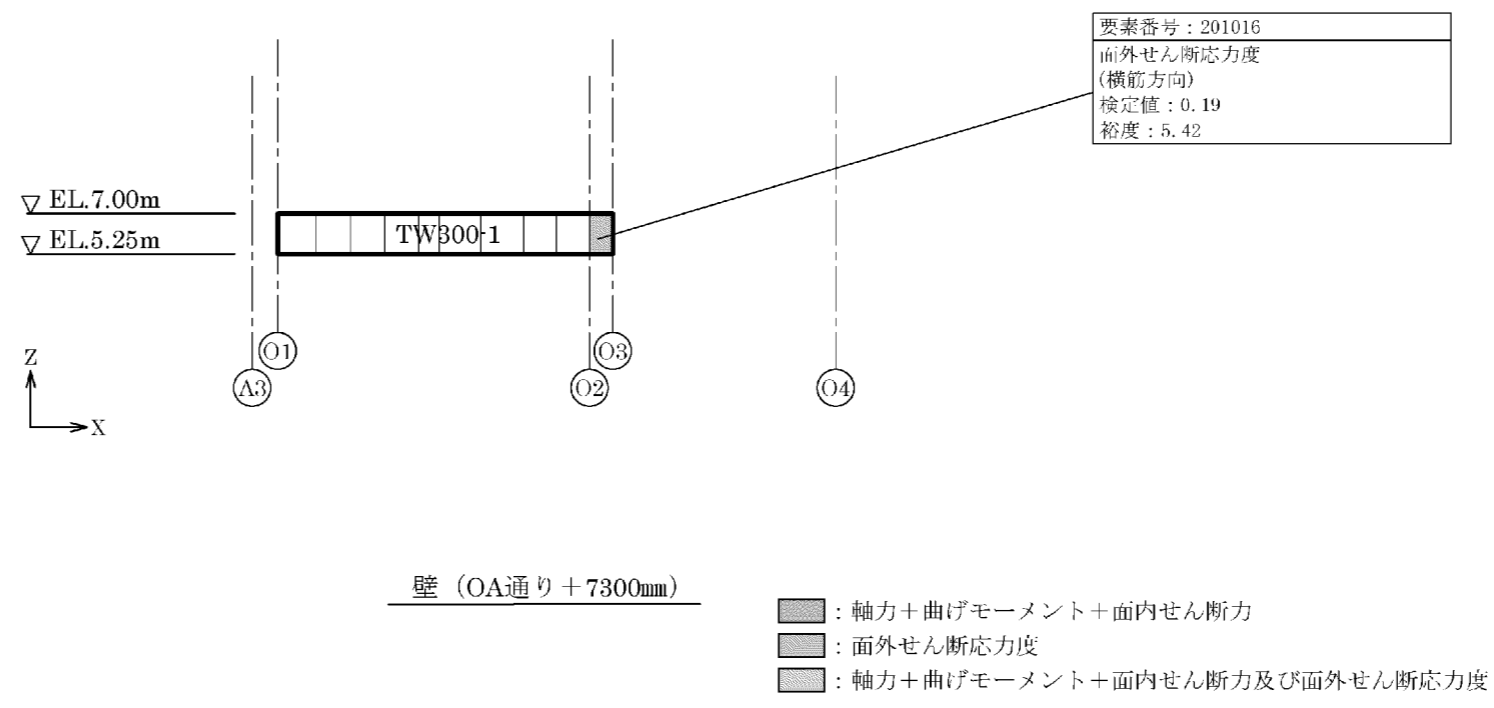
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(6/12)



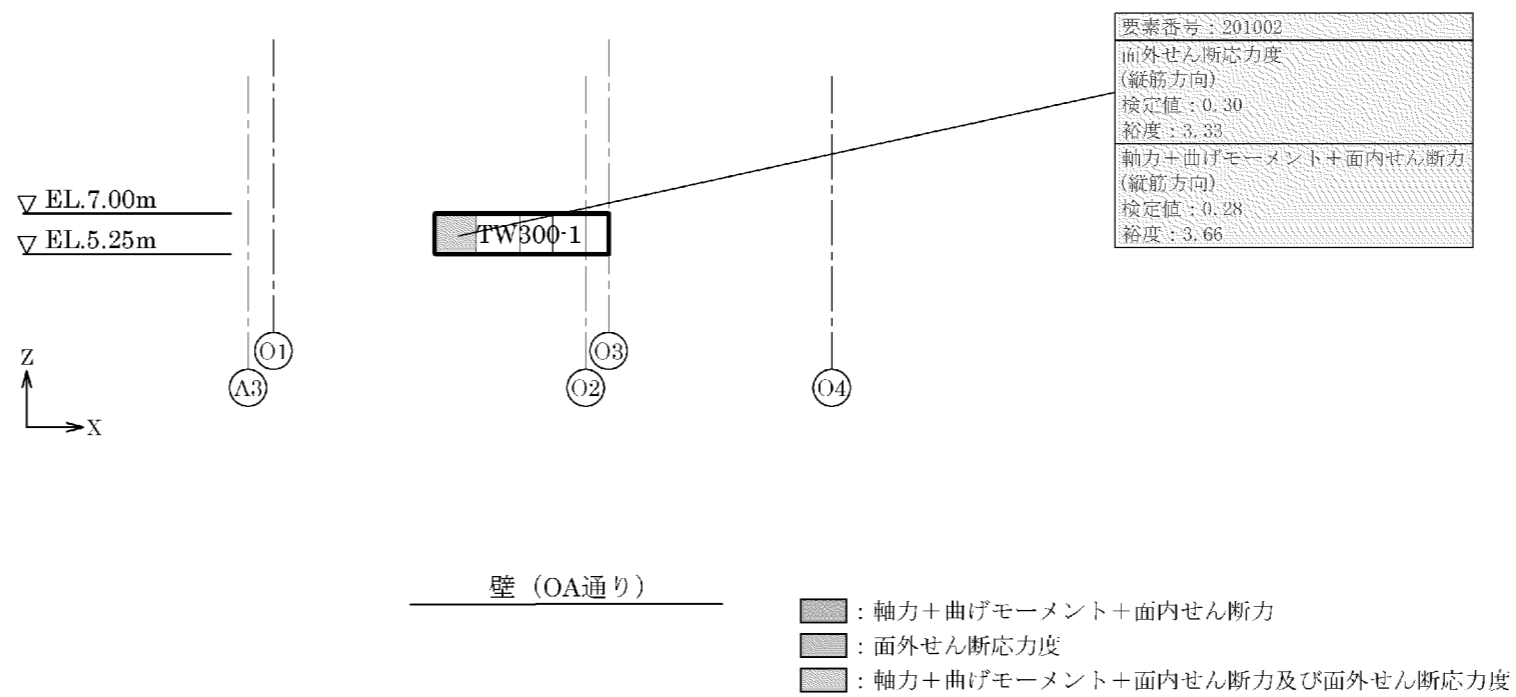
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(7/12)



第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(8/12)

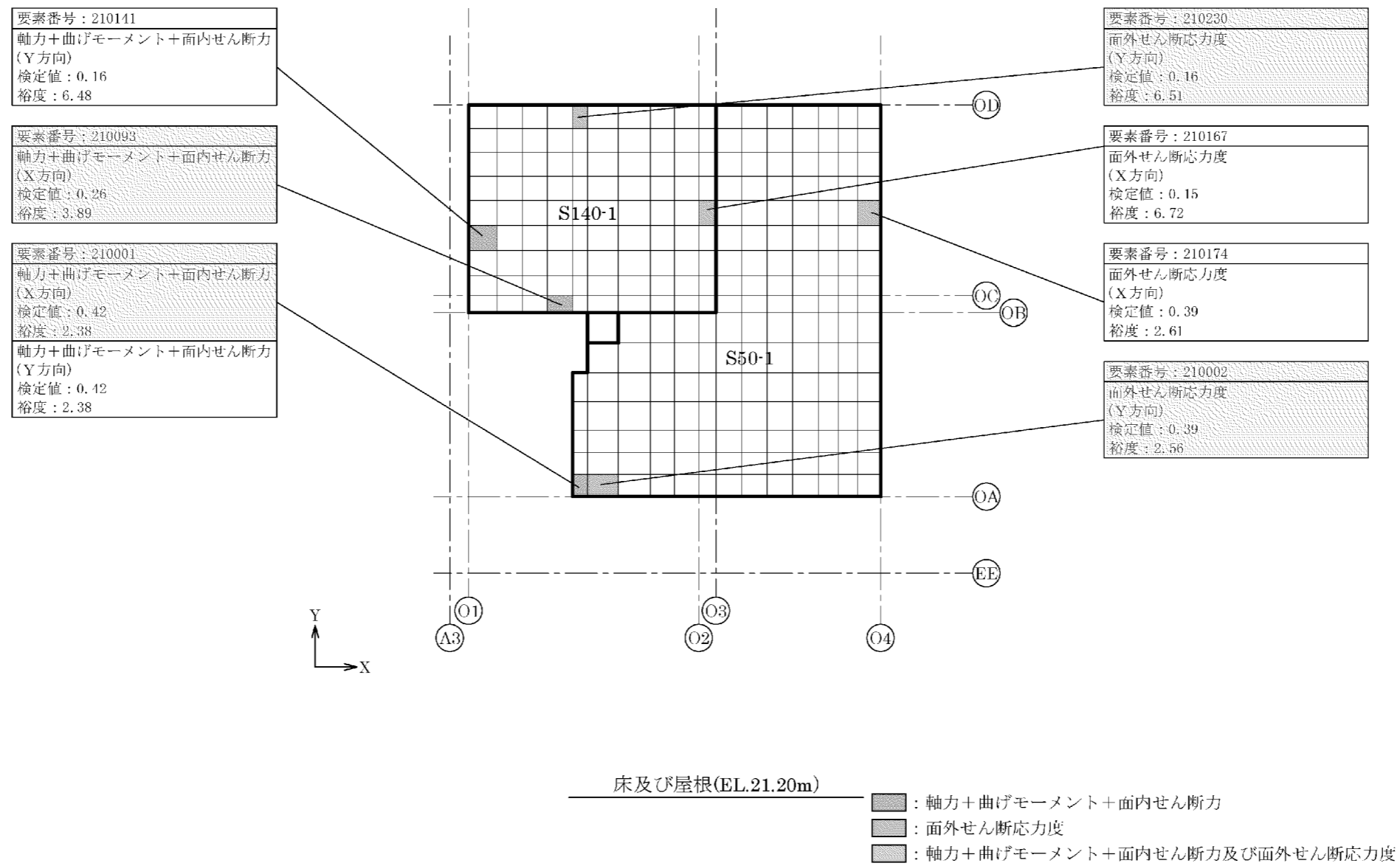


第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(9/12)

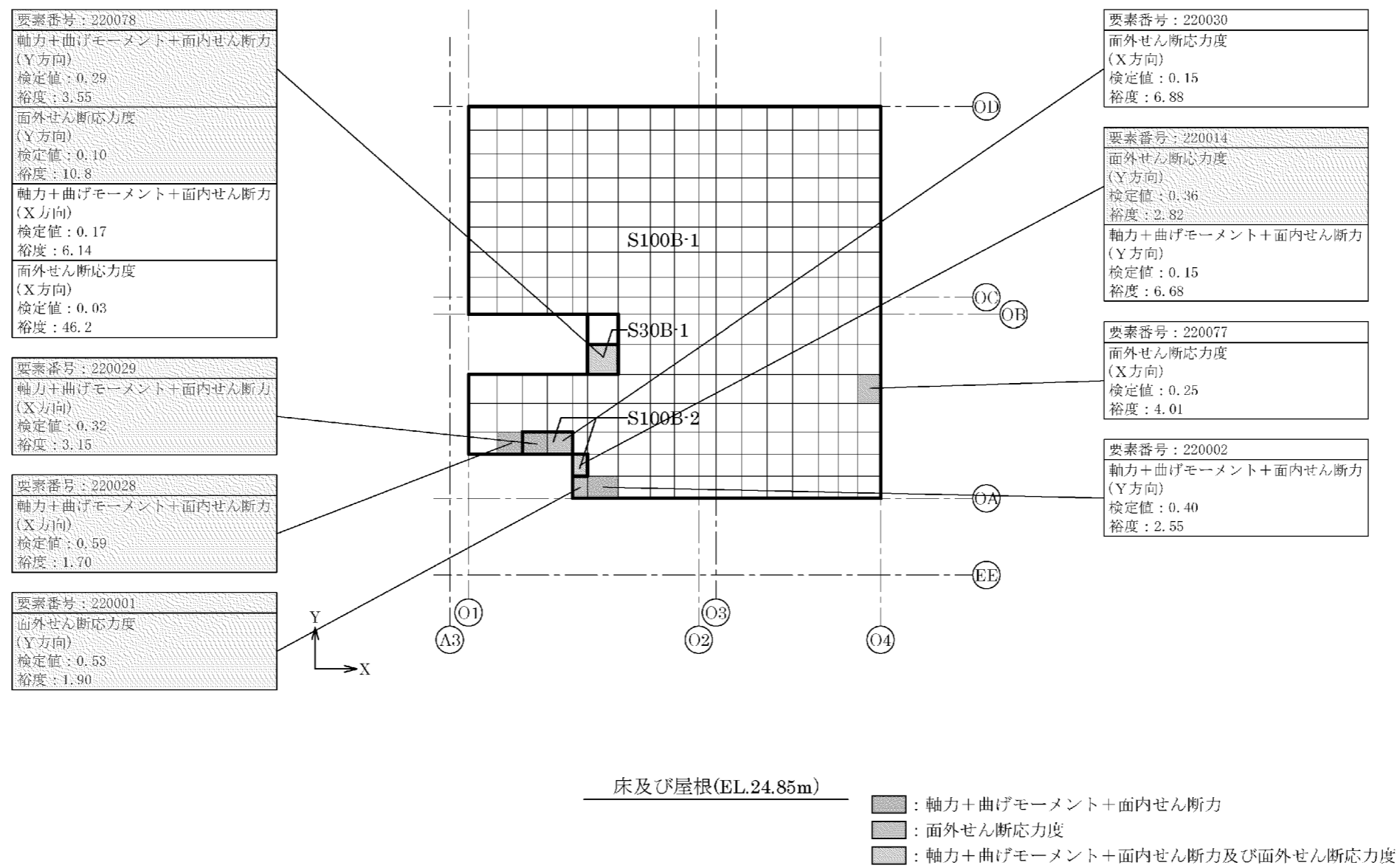


第 4-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(10/12)





第 4-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(11/12)



第 4-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(12/12)

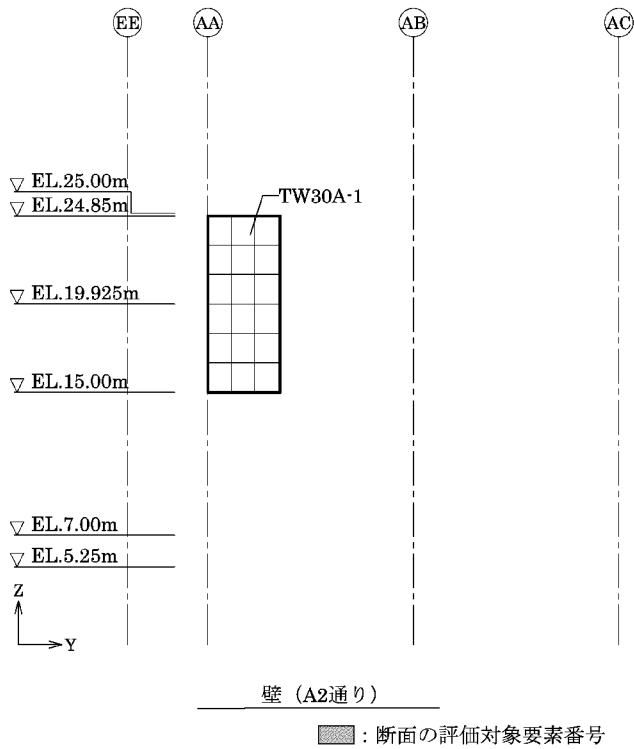
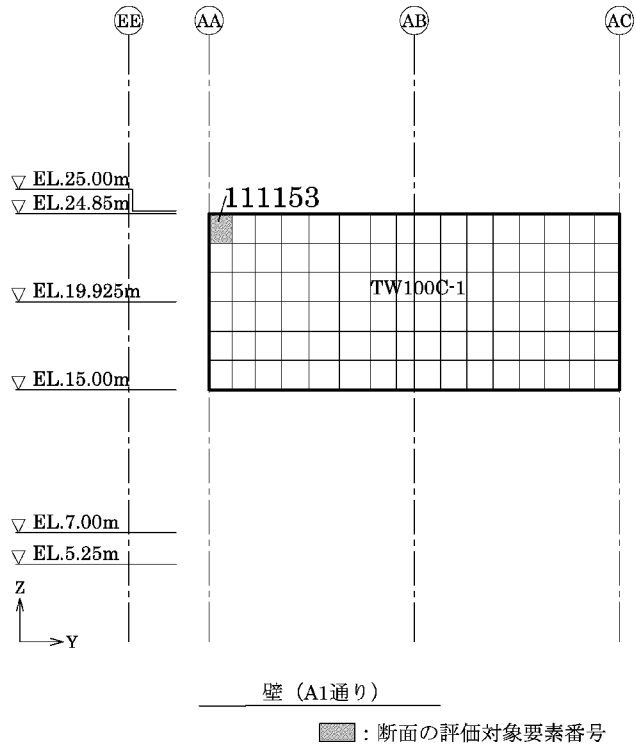
5. 加圧設備棟の断面の評価対象部位の選定

加圧設備棟の荷重の組合せケースを第 5-1 表、分類領域及び断面の評価対象要素番号を第 5-1 図、分類領域ごとの配筋を第 5-2 表に示す。

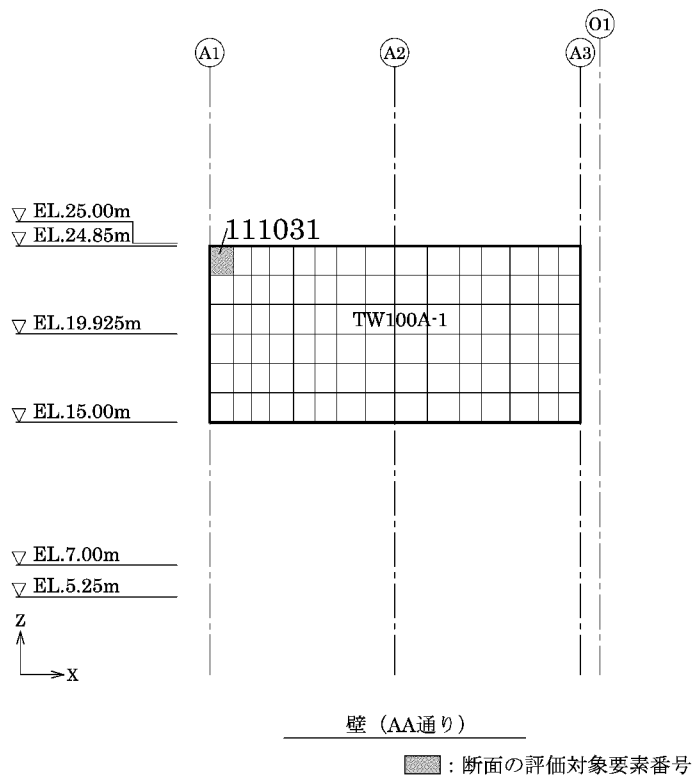
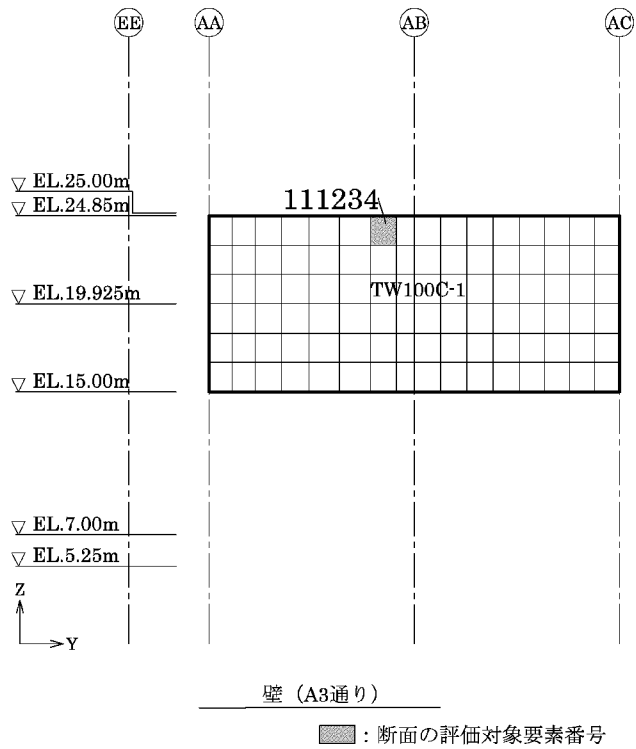
各評価項目の検定値一覧を第 5-3 表に、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 5-2 図に示す。

第 5-1 表 荷重の組合せケース

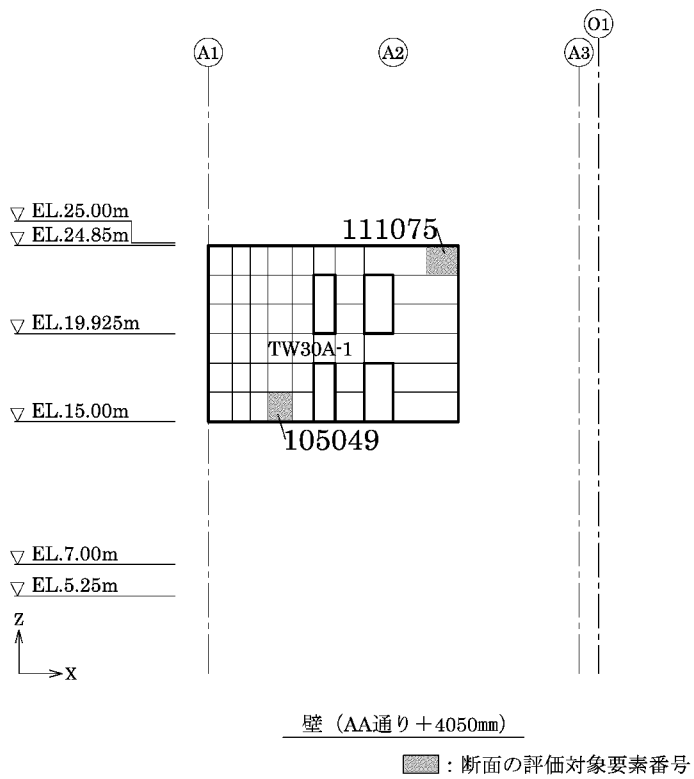
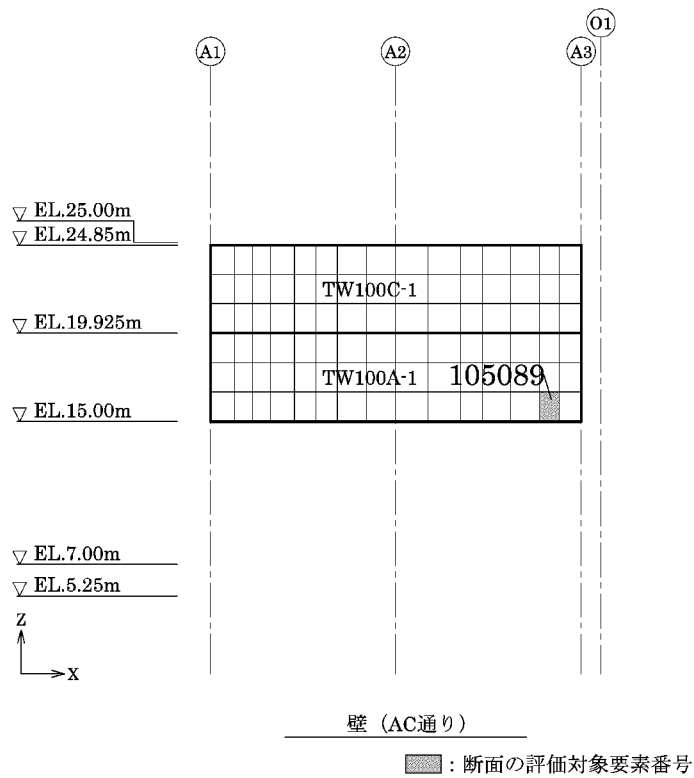
	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	3	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	4	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	5	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	11	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	12	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	13	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
常時	17	$D + L + E_0$



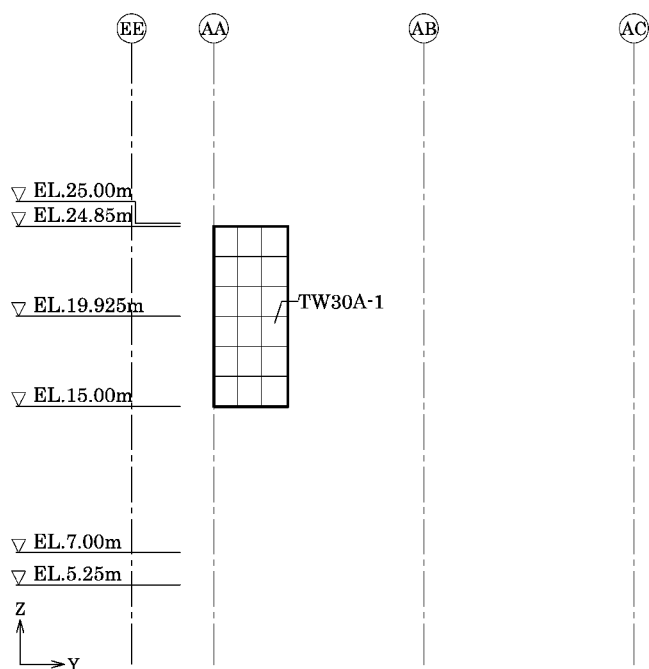
第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(1/5)



第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(2/5)

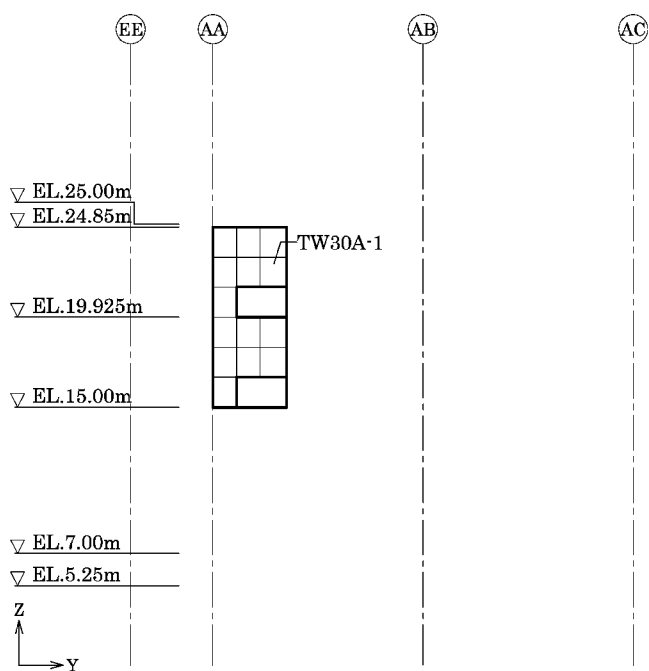


第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(3/5)



壁 (A1通り + 7100mm)

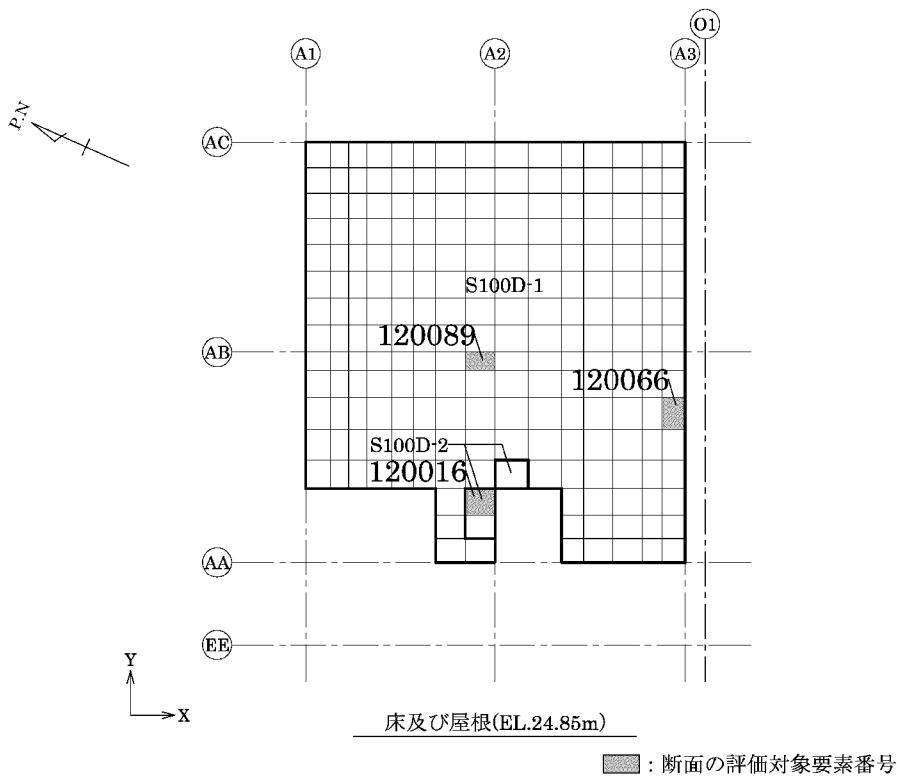
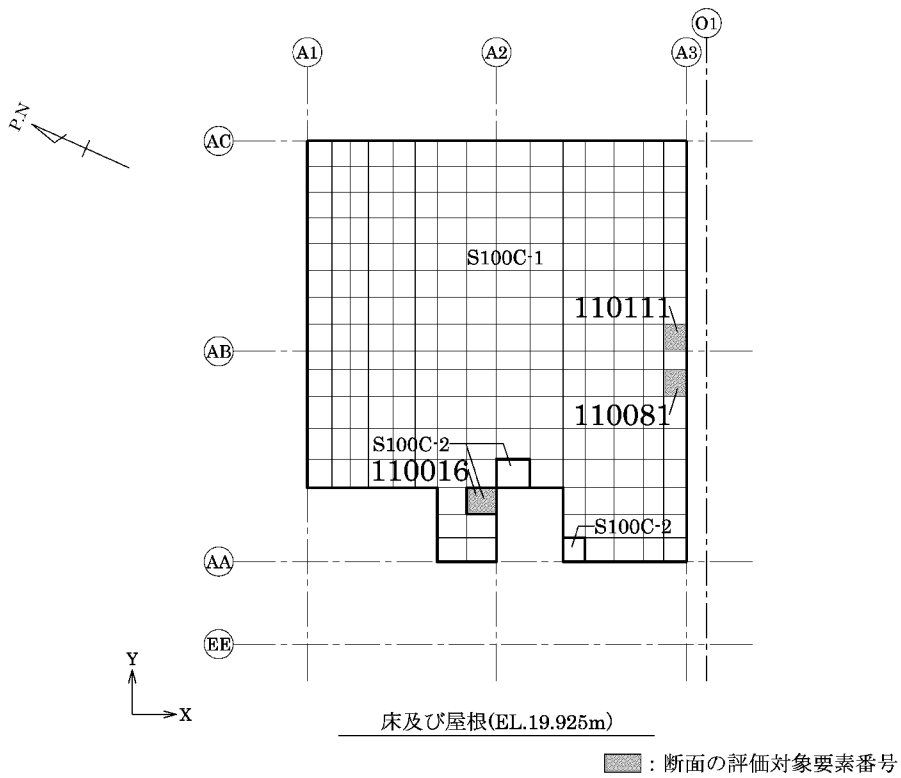
■ : 断面の評価対象要素番号



壁 (A2通り + 3650mm)

■ : 断面の評価対象要素番号

第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(4/5)



第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(5/5)



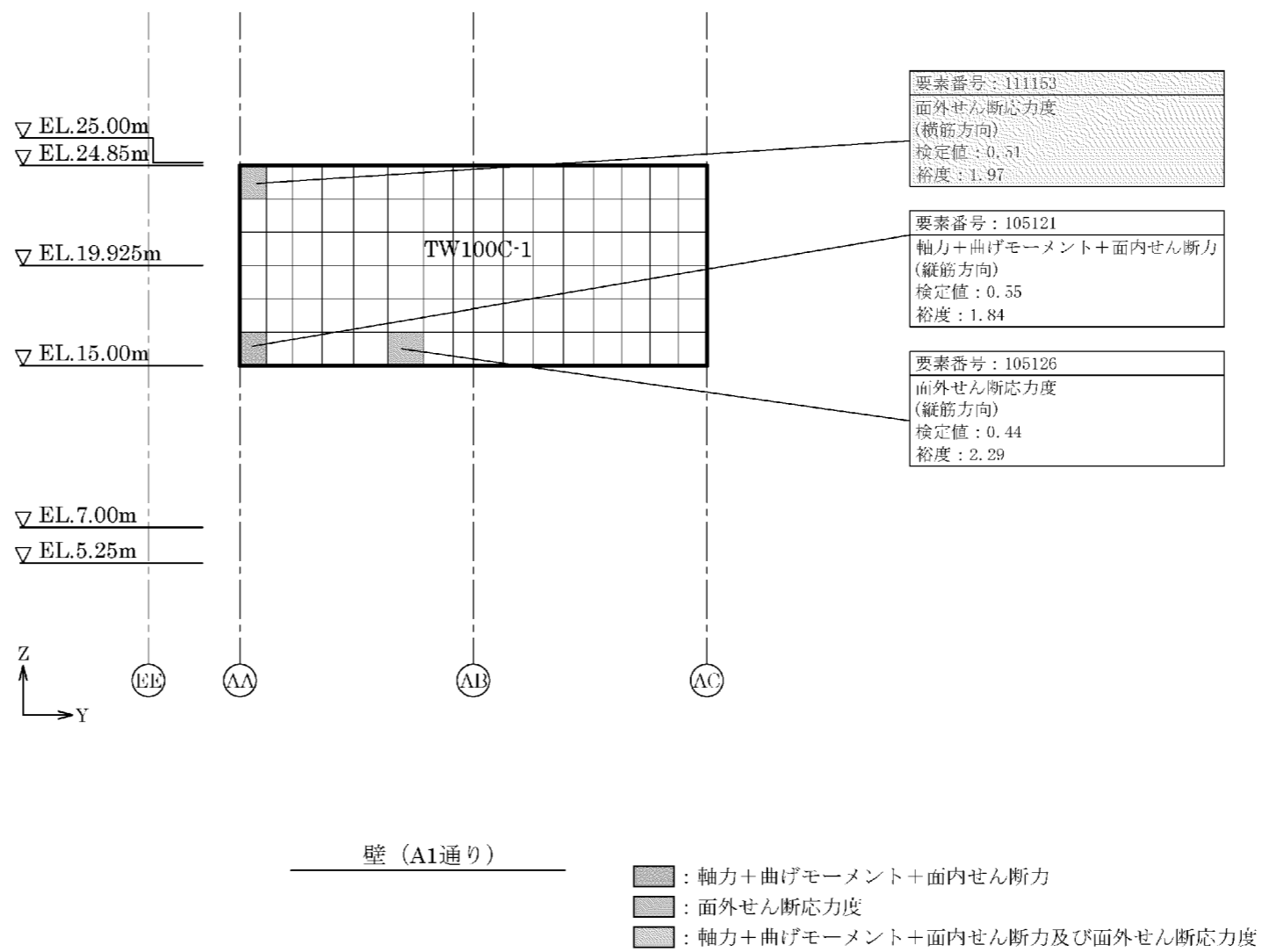
第5-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5 段 D38@200	8,550	
	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1 段 D38@200	5,700	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW30A-1	300	両側共	縦筋	1 段 D25@200	2,535	—
				横筋	1 段 D25@200	2,535	
床 ・ 屋根	S100C-1	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D32@200	3,970	—
				Y	1 段 D32@200	3,970	
	S100C-2	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D32@200	3,970	—
				Y	1 段 D32@200+ 1 段 D32@200	7,940	
	S100D-1	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S100D-2	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	

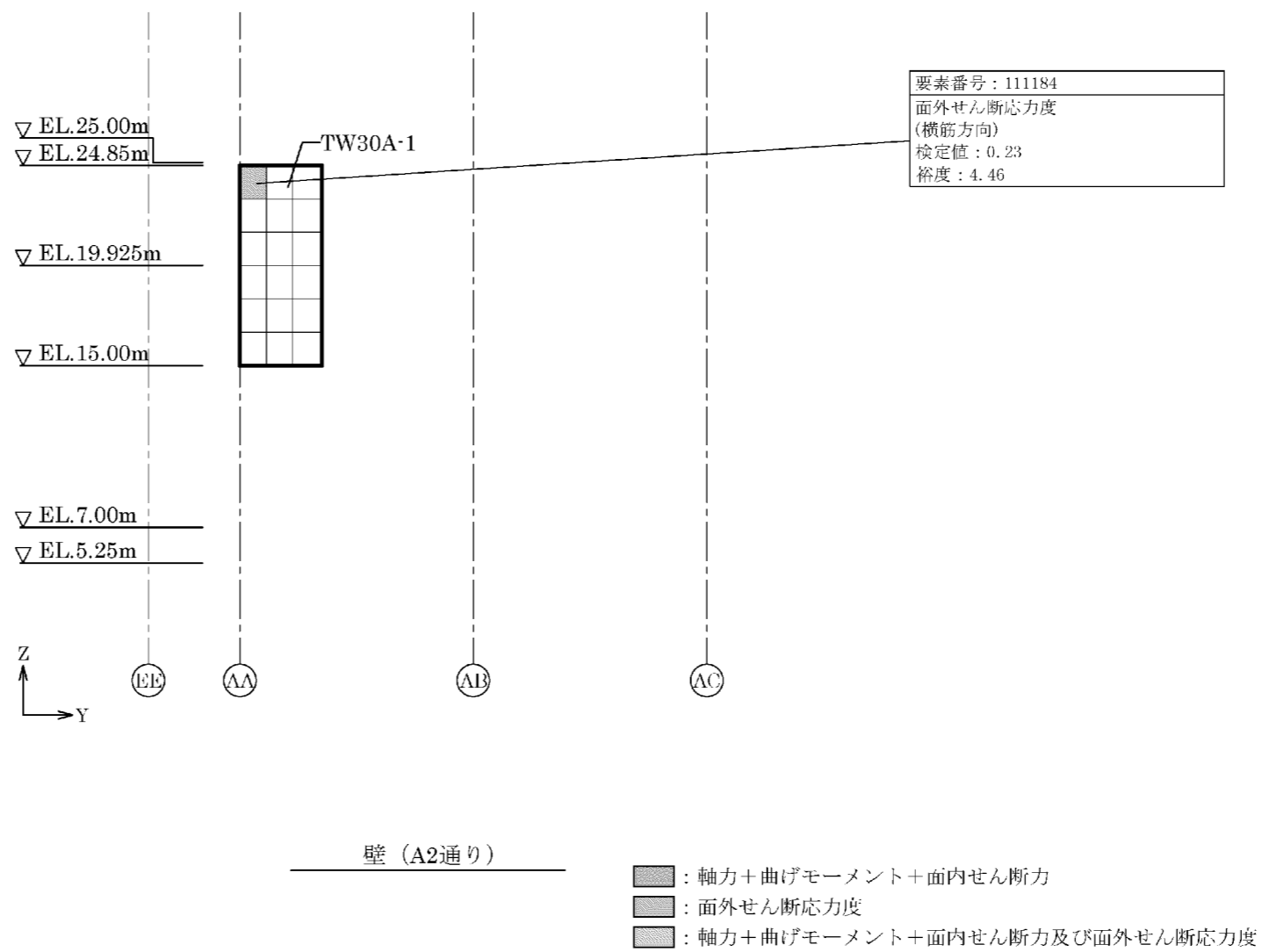
第5-3表 各評価項目の検定値一覧

部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向			横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	TW100A-1	105089	0.56	1	105089	0.56	1	111031	0.73	5	105004	0.53	5
	TW100C-1	111234	0.66	1	105121	0.55	5	111153	0.51	5	105126	0.44	2
	TW30A-1	105049	0.79	2	105049	0.79	2	111184	0.23	2	111075	0.32	8
床 ・ 屋根	S100C-1	110111	0.73	2	110009	0.56	2	110081	0.37	2	110209	0.28	17
	S100C-2	110030	0.17	8	110016	0.33	2	110030	0.14	2	110016	0.19	8
	S100D-1	120004	0.63	2	120066	0.65	2	120089	0.43	14	120089	0.42	14
	S100D-2	120009	0.51	2	120016	0.66	2	120030	0.08	2	120016	0.29	16

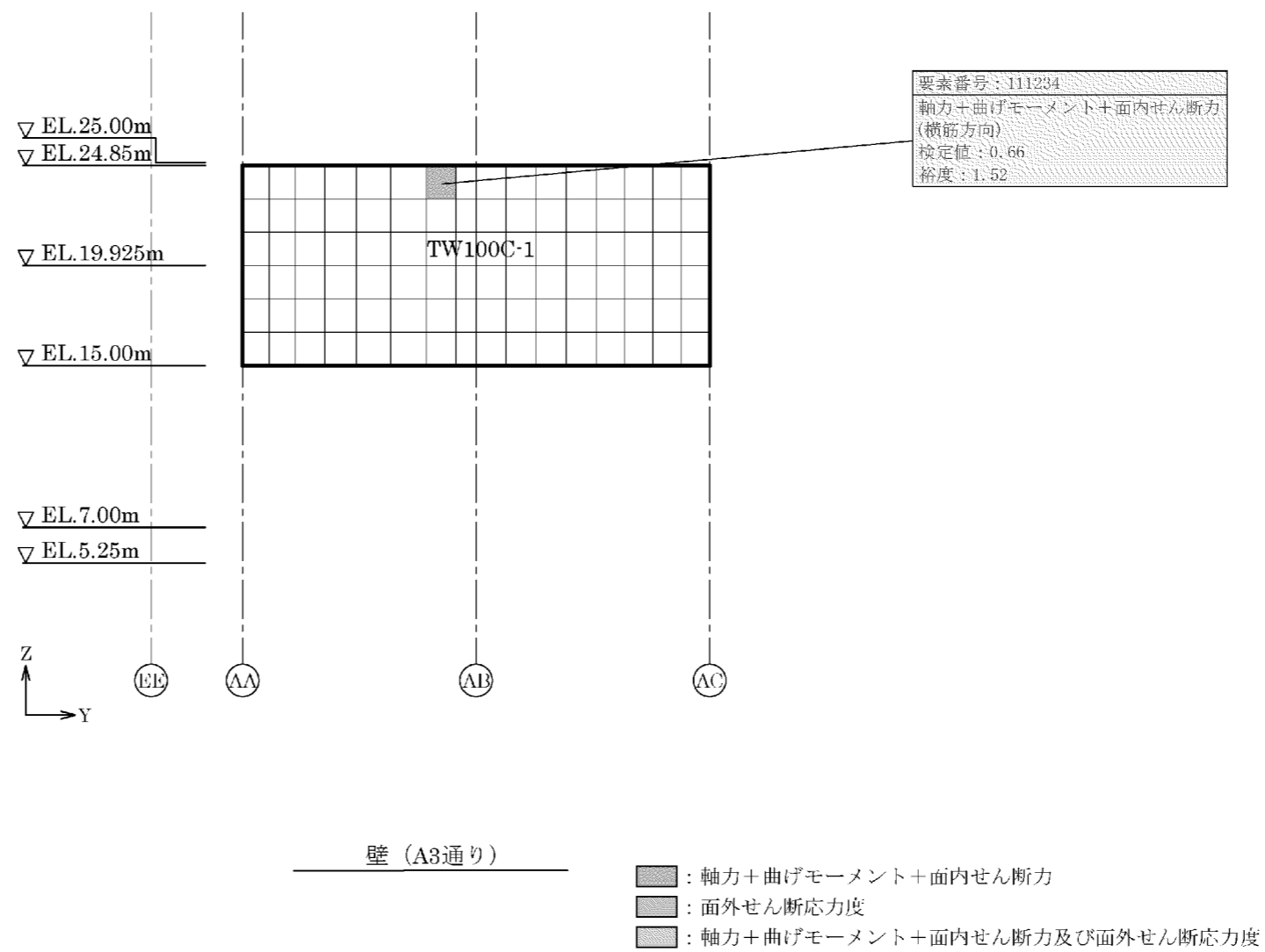
(注)  は、断面の評価対象部位を示す。



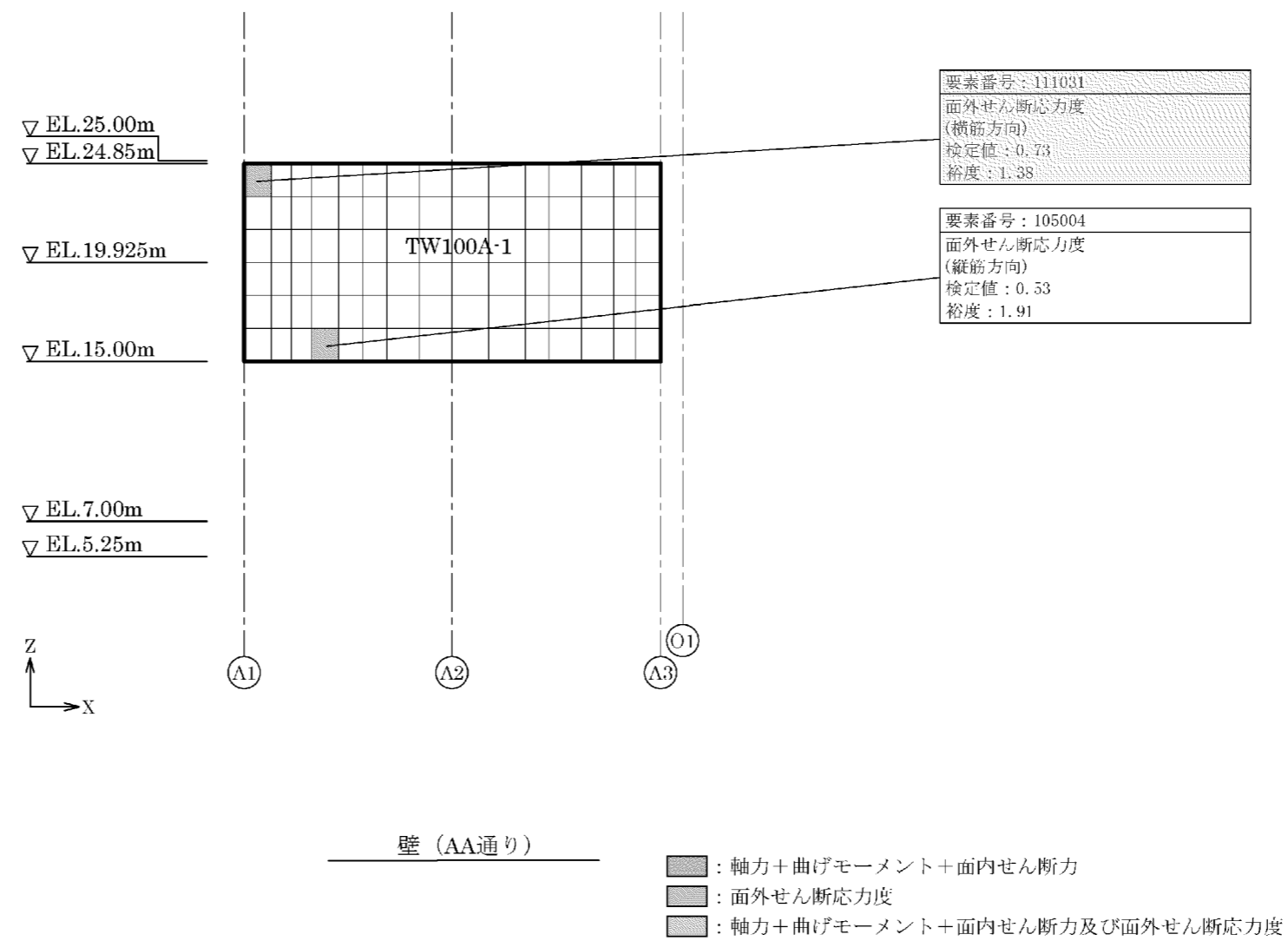
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/8)



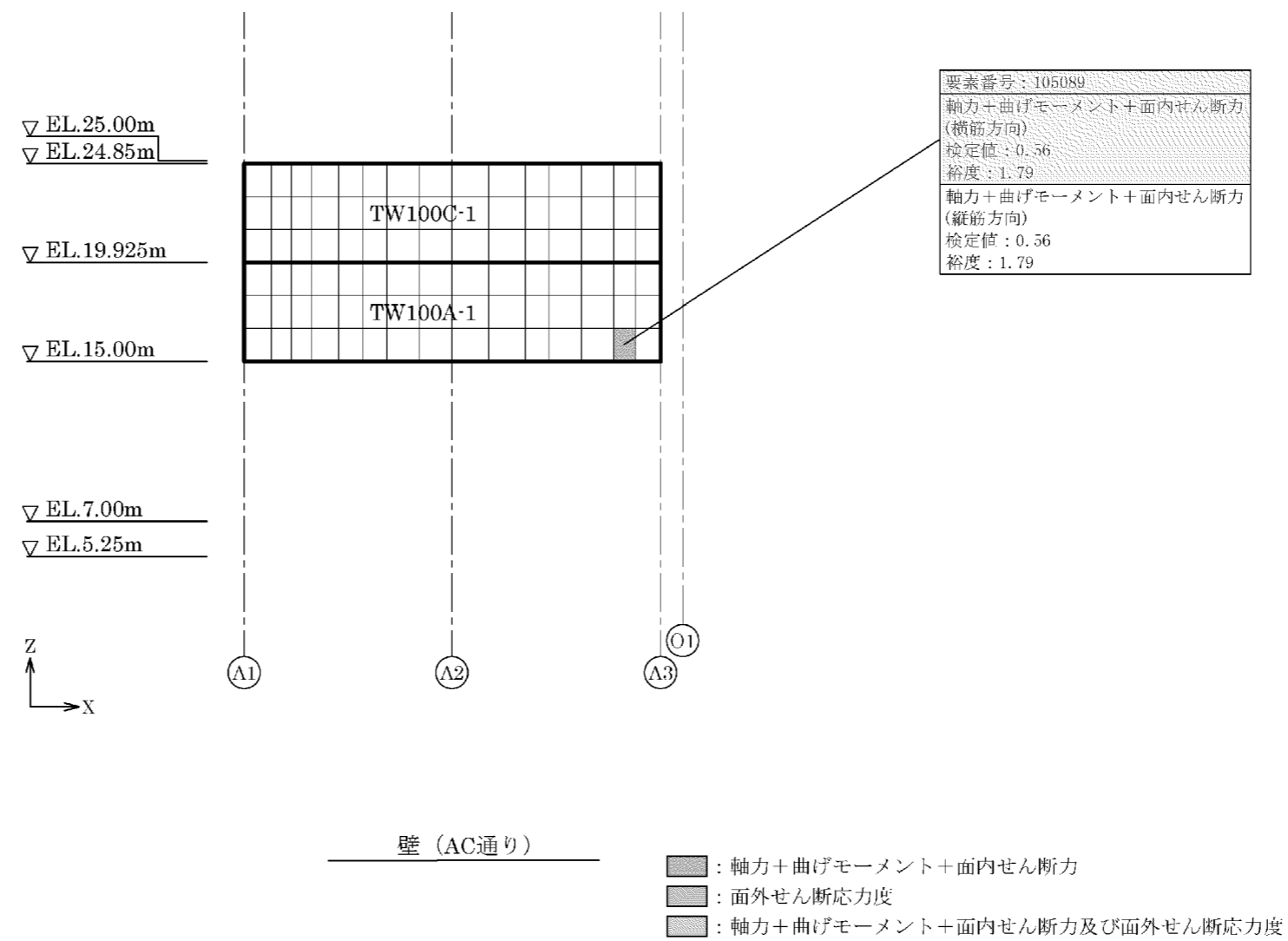
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/8)



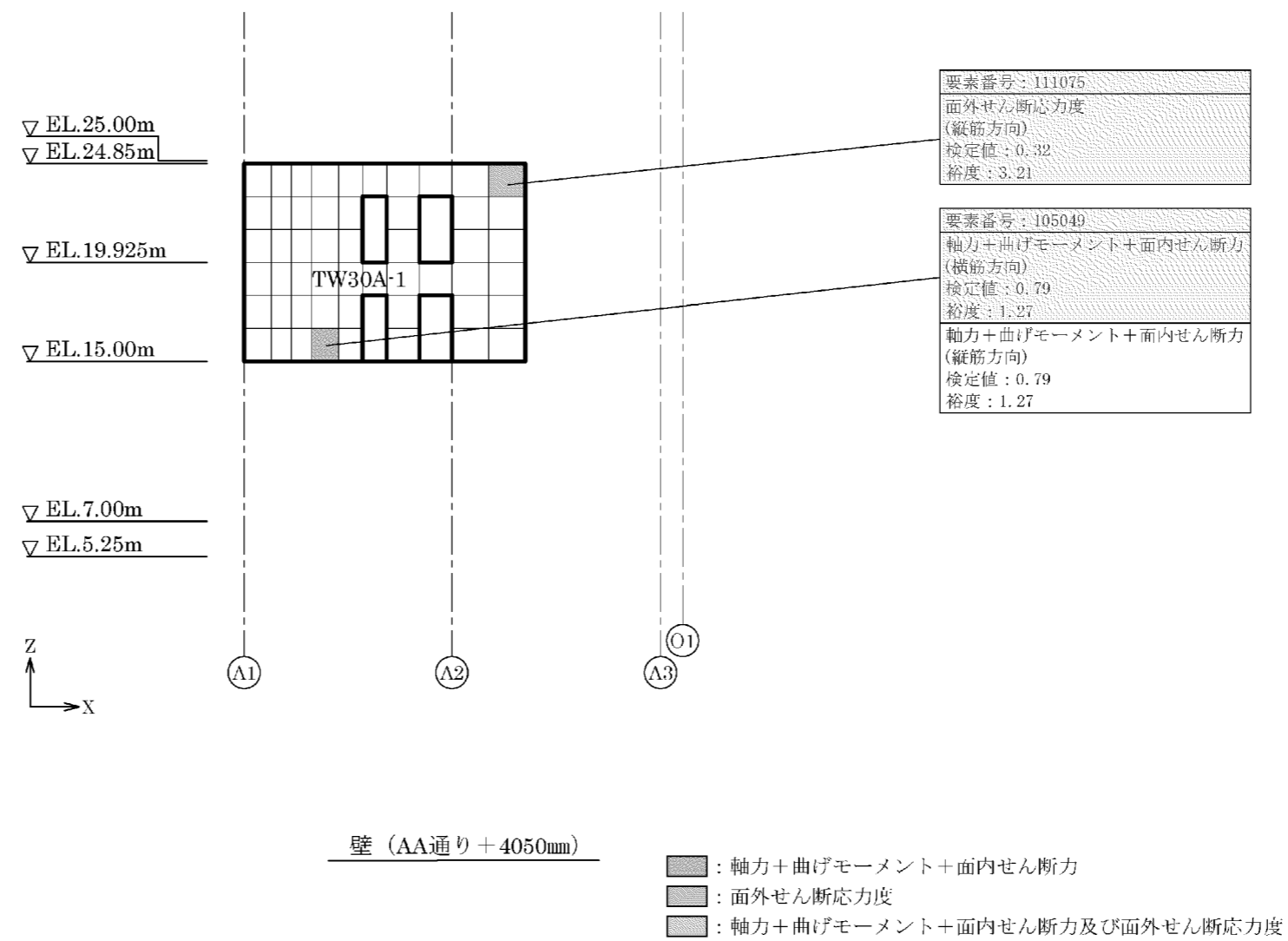
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/8)



第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/8)

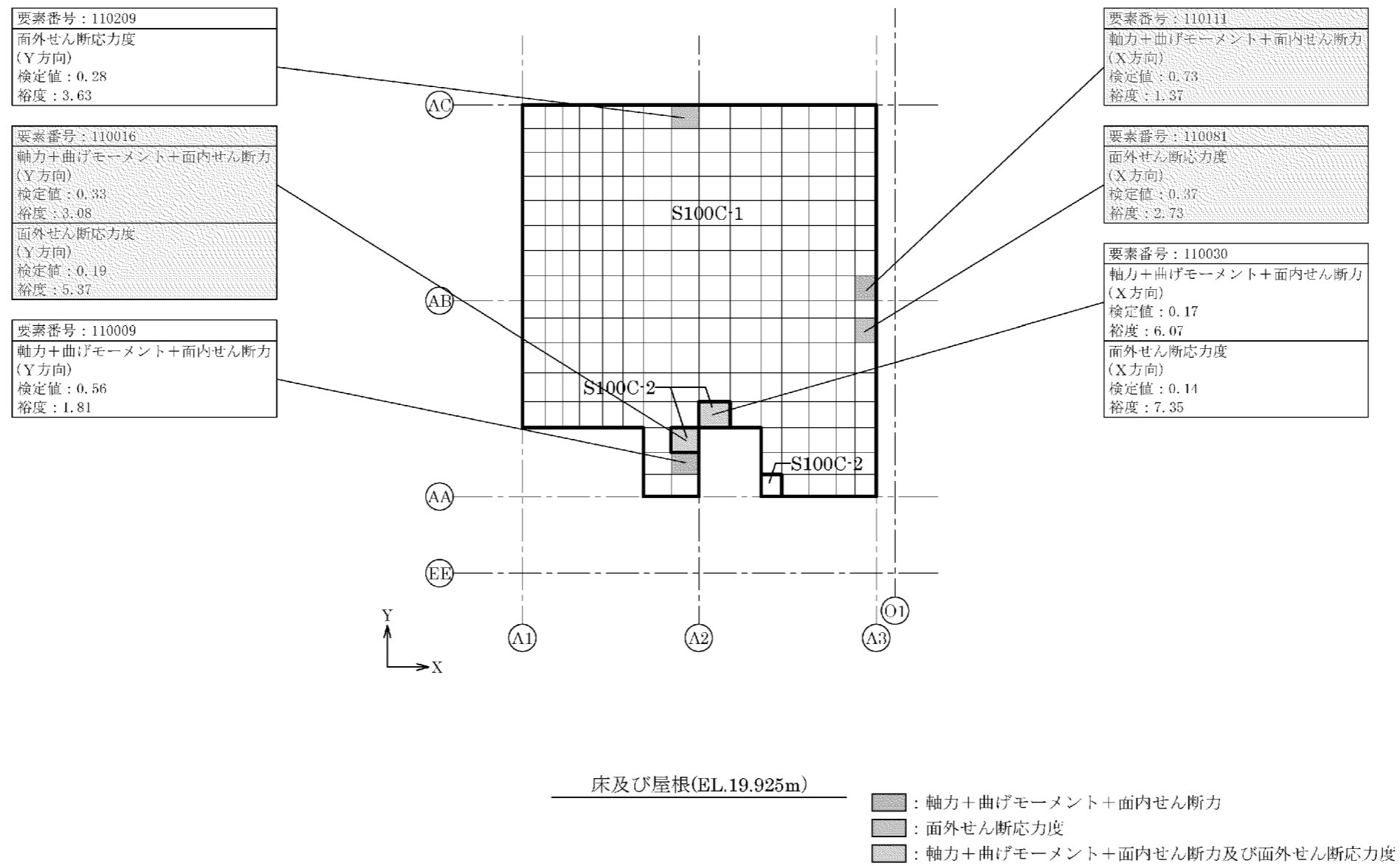


第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/8)

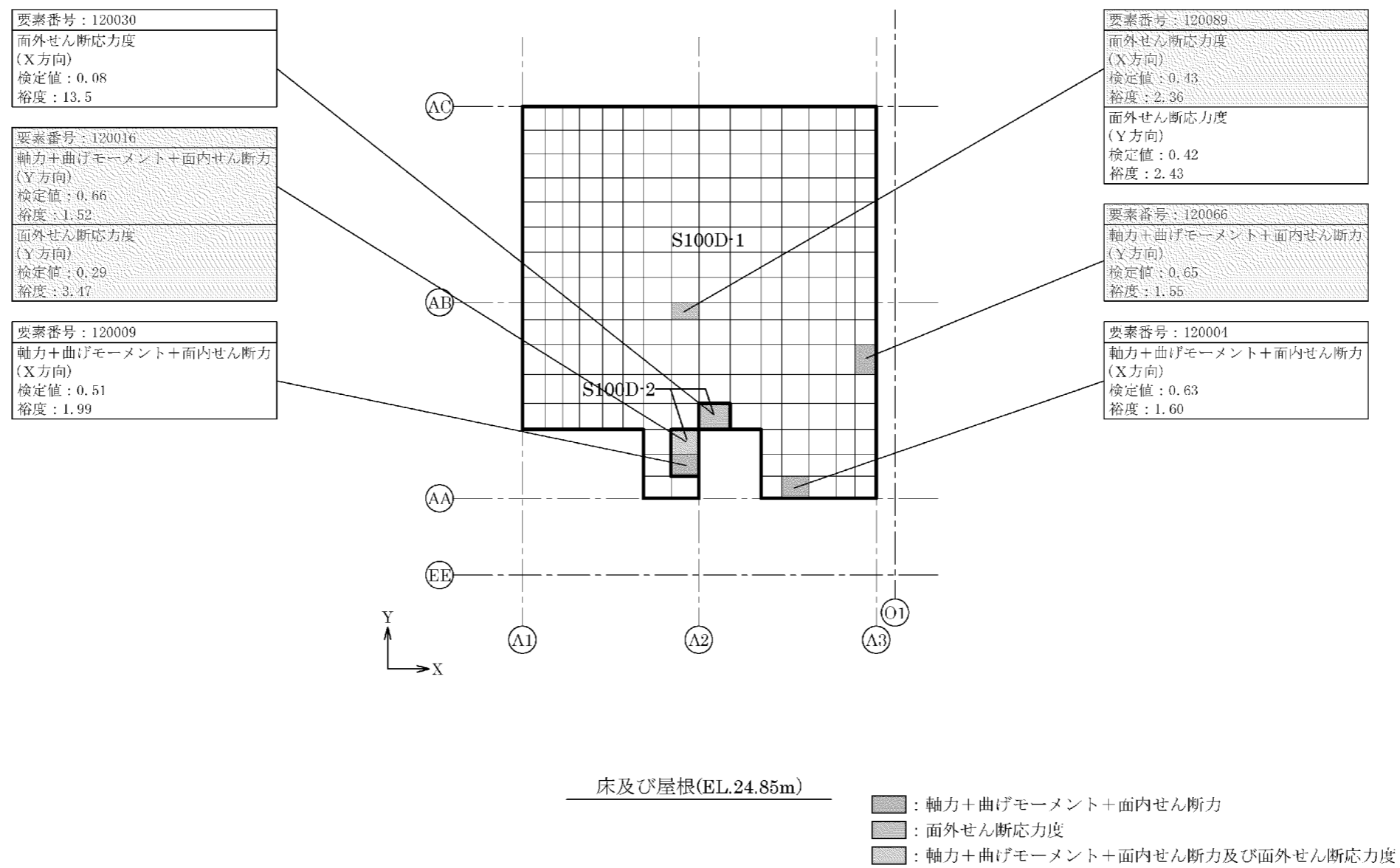


第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(6/8)





第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(7/8)



第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(8/8)

### 7-3-3. 応力解析における地震荷重等の入力方法

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 地震荷重等の入力方法 .....	2
2.1 地震荷重 .....	2
2.2 土圧荷重 .....	6
3. まとめ .....	8

別紙 1 応力解析における土圧荷重の算出

別紙 2 土圧荷重の算定において JEAG4601-1991 追補版を用いることの妥当性

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の3次元 FEM モデルを用いた応力解析における地震荷重等の入力方法について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。

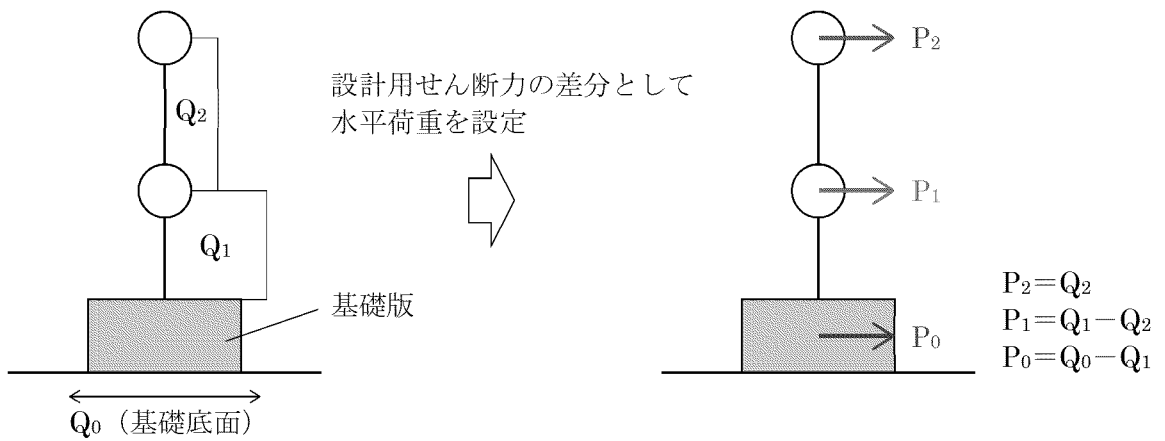
- ・添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

## 2. 地震荷重等の入力方法

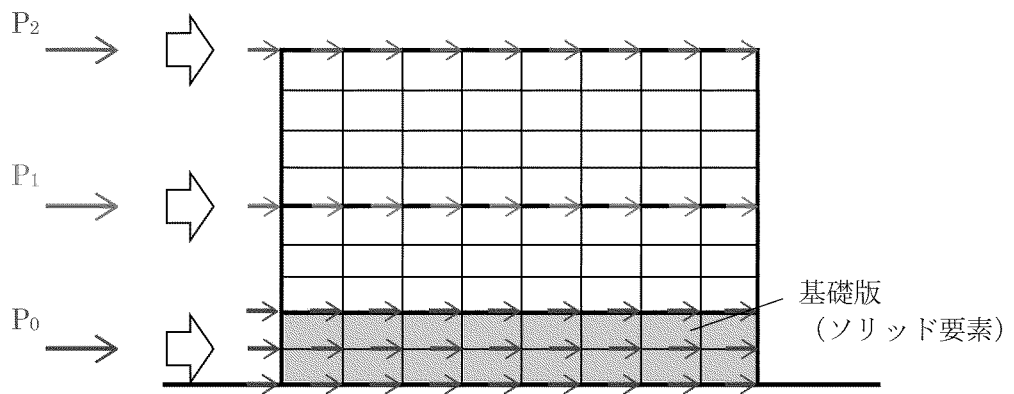
### 2.1 地震荷重

水平地震力は、地震応答解析より得られた各部材の最大応答値及び静的地震力に基づき設計用せん断力を設定し、この設計用せん断力より算出した水平力を、床レベルの各節点の重量分布に応じて分配して、節点荷重として入力する。鉛直地震力は、地震応答解析より得られた各部材の最大応答値及び静的地震力に基づき設計用軸力を設定し、この設計用軸力より算出した鉛直力を、床レベルの各節点の重量分布に応じて分配して、節点荷重として入力する。また、水平力により各層に作用する曲げモーメントが、地震応答解析及び静的地震力より得られた各部材の最大曲げモーメントを下回る場合は、その不足分の曲げモーメントを等価な鉛直力に置換し、当該床レベルの各節点の重量分布と中立軸からの節点距離に応じて分配し、節点荷重として入力する。

3次元 FEM モデルへ作用させる地震荷重の概念図を第 2-1 図～第 2-3 図に示す。

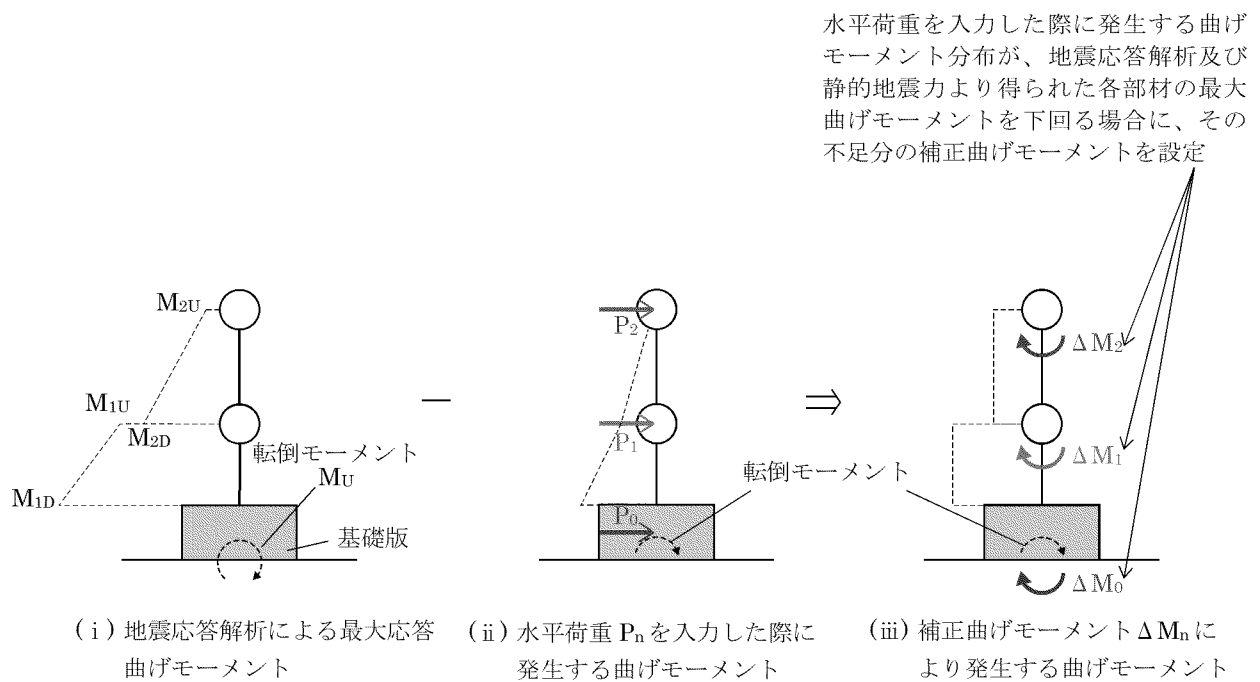


(a) 地震荷重の設定方法 (最大応答せん断力  $Q_n$  と水平荷重  $P_n$  の関係)

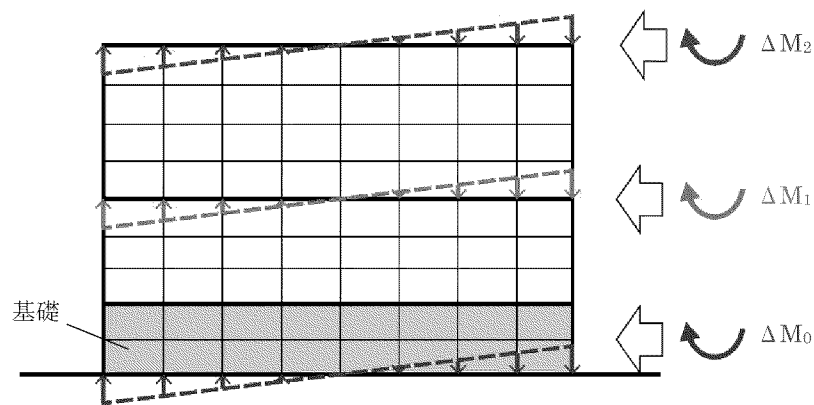


(b) FEM モデルに作用させる水平力

第 2-1 図 3 次元 FEM モデルへ作用させる地震荷重の概念図 (水平力)



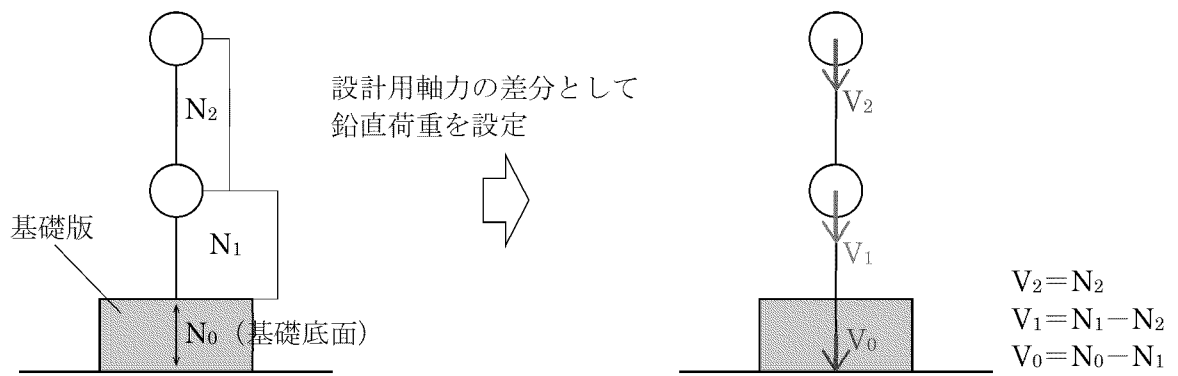
(a) 地震荷重の設定方法



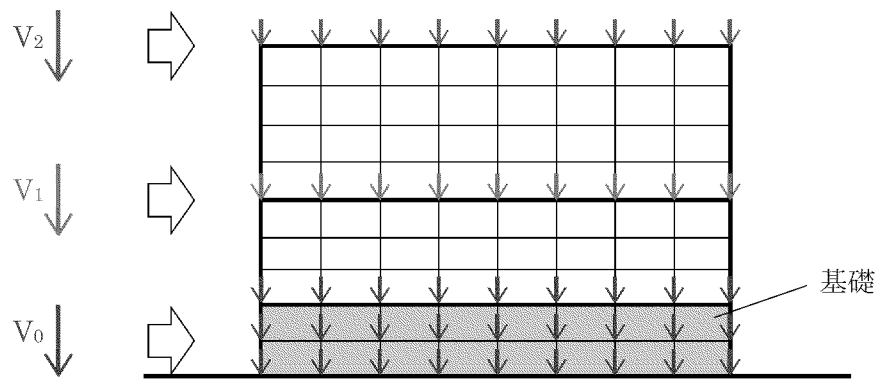
(b) FEM モデルに作用させる鉛直力

第 2-2 図 3次元 FEM モデルへ作用させる地震荷重の概念図 (補正曲げモーメント)





(a) 地震荷重の設定方法 (最大応答軸力  $N_n$  と鉛直荷重  $V_n$  の関係)



(b) FEM モデルに作用させる鉛直力

第 2-3 図 3 次元 FEM モデルへ作用させる地震荷重の概念図 (鉛直力)

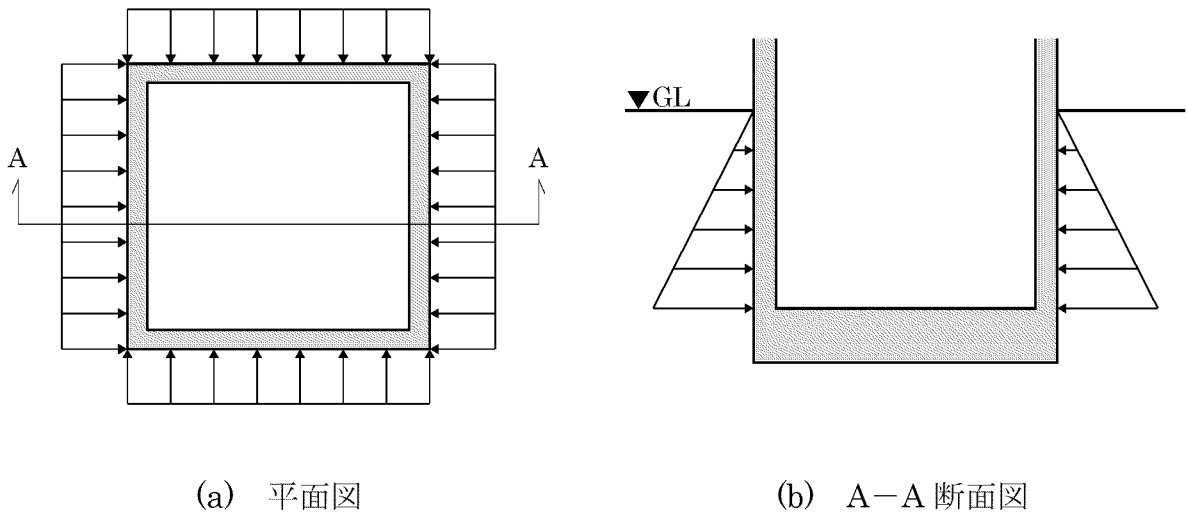
## 2.2 土圧荷重

常時土圧荷重は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）」（以下「JEAG4601-1991 追補版」という。）に基づき算出し、地下外壁に対して内向きの荷重として入力する。

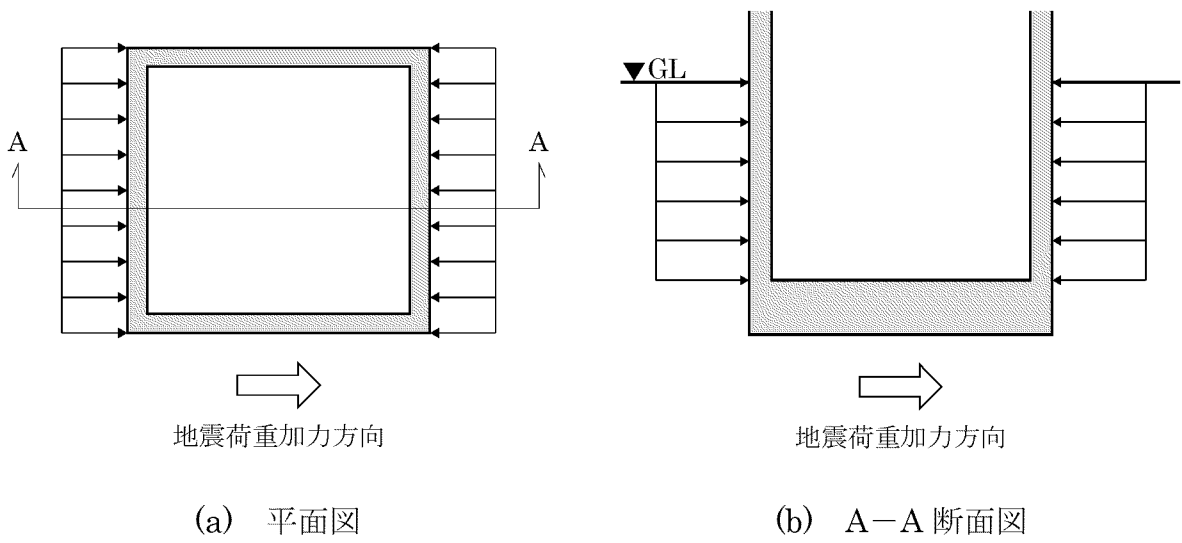
地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき設定する。ここで、地震時増分土圧は、加力側及び支持側に対してそれぞれ算出されるが、評価においては、両者の包絡値を加力側及び支持側両方に考慮する。地震時増分土圧荷重を入力する壁は、地震荷重加力方向に直交する地下外壁とし、内向きの荷重として入力する。

常時土圧荷重の入力概念図を第 2-4 図、地震時増分土圧荷重の入力概念図を第 2-5 図に示す。

また、土圧荷重の算出方法、算出条件及び算出結果並びに土圧荷重の算定において JEAG4601-1991 追補版を用いることの妥当性について、補足説明資料 7-3-3-別紙 1「応力解析における土圧荷重の算出」及び補足説明資料 7-3-3-別紙 2「土圧荷重の算定において JEAG4601-1991 追補版を用いることの妥当性」に示す。



第 2-4 図 常時土圧荷重の入力概念図



第 2-5 図 地震時増分土圧荷重の入力概念図

### 3. まとめ

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の 3 次元 FEM モデルを用いた応力解析における地震荷重等の入力方法について示した。

### 7-3-3-別紙1. 応力解析における土圧荷重の算出

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 1 - 1
2. 土圧荷重の算出方法 .....	別 1 - 2
2.1 常時土圧荷重 .....	別 1 - 2
2.2 地震時増分土圧荷重 .....	別 1 - 3
3. 常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重の算出結果 .....	別 1 - 5
4. ま と め .....	別 1 - 7

## 1. 概 要

本資料は、3次元 FEM モデルを用いた応力解析における土圧荷重の算出方法及び算出結果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 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

## 2. 土圧荷重の算出方法

常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)に基づき算出している。ここで、緊急時対策棟(以下「緊対棟」という。)、緊急時対策棟屋外地下エリア(加圧設備)(以下「加圧設備棟」という。)及び緊急時対策棟屋外地下エリア(燃料設備)(以下「燃料設備棟」という。)周辺の地下水は排水することから、地下水は考慮しない。

各土圧荷重の算出方法を以下に示す。

### 2.1 常時土圧荷重

常時土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、下式により算出している。

- ・ 地下水位面以浅

$$p_0 = K_0(\gamma \cdot h_0 + q)$$

- ・ 地下水位面以深

$$p_0 = K_0\{\gamma \cdot H_1 + \gamma'(h_0 - H_1) + q\} + \gamma_w(h_0 - H_1)$$

ここで、

$p_0$  : 単位面積当たりの常時土圧荷重(tf/m<sup>2</sup>)

$K_0$  : 静止土圧係数で 0.5 とする。

$H_1$  : 地表面から地下水位面までの深さ(m) <sup>(注)</sup>

$h_0$  : 地表面から土圧を求めようとする位置までの深さ(m)

$\gamma$  : 土の単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>)

側方地盤の単位体積重量を用いる。

$\gamma'$  : 土の水中単位体積重量(= $\gamma - \gamma_w$ )(tf/m<sup>2</sup>) <sup>(注)</sup>

$\gamma_w$  : 地下水の単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>) <sup>(注)</sup>

$q$  : 地表面に作用する表面載荷荷重(tf/m<sup>2</sup>)

(注) 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地下水は排水することから、地下水は考慮しない。



## 2.2 地震時増分土圧荷重

地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、建屋に対し加力側に作用する加力側増分土圧荷重と建屋を支える支持側に作用する支持側増分土圧荷重を包絡した値とする。

### 2.2.1 加力側増分土圧荷重

加力側増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、下式より算出している。

$$p_a = 0.6 \cdot r \cdot \rho \cdot H_a \cdot \alpha_{\max}$$

ここで、

$p_a$  : 加力側増分土圧(tf/m<sup>2</sup>)

$\rho = \gamma / g$  : 地盤一般部の密度(tf・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

$\gamma$  : 地盤の単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>)

地盤一般部については側方地盤の単位体積重量を用いる。

$g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

$H_a$  : 地盤一般部の厚さ(m)

$\alpha_{\max}$  : 地表面の最大加速度(m/s<sup>2</sup>)

1次元波動論による地盤の地震応答解析に基づき算出した地表面加速度を用いる。

$r$  : 補正係数

### 2.2.2 支持側増分土圧荷重

支持側増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、下式より算出している。

$$\bar{p}_{si} = \beta_i \cdot F / (B \cdot H_i)$$

ここで、

$\bar{p}_{si}$  : i 層の支持側増分土圧の平均値(tf/m<sup>2</sup>)

$\beta_i$  : 建屋の慣性力に対する側方地盤部 i 層の分担率

F : 建屋の慣性力(t)

$$F = \Sigma m_i \alpha_i$$

$m_i$  : 建屋各質点の質量

$\alpha_i$  : 建屋各質点の最大応答加速度

添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」で示した質点系モデルの最大応答加速度に基づき設定する。

B : 建屋の奥行幅(m)

$H_i$  : i 層の厚さ(m)

3. 常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重の算出結果

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、土圧荷重算出における地盤条件を第3-1表、土圧荷重の算出結果を第3-1図及び第3-2図に示す。ここで、地盤の物性値は、添付資料12-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

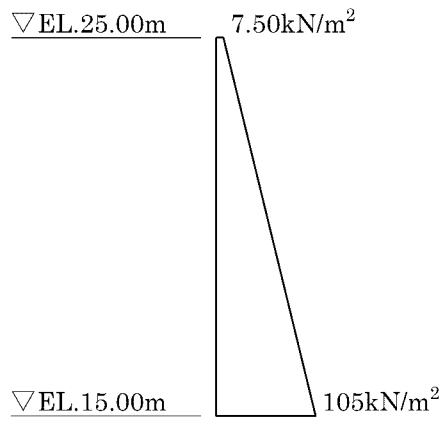
第3-1表 土圧荷重の評価条件

高さ EL.	土質	せん断波速度 (km/s)
25.00m～19.62m	埋戻土	0.09
19.62m～16.86m	埋戻土 <sup>(注1)</sup> (玄武岩) <sup>(注2)</sup>	0.14 (0.26) <sup>(注3)</sup>
16.86m～15.27m	埋戻土 <sup>(注1)</sup> (八ノ久保砂礫層) <sup>(注2)</sup>	0.15 (0.26) <sup>(注3)</sup>
15.27m～15.00m	埋戻土 <sup>(注1)</sup> (砂岩) <sup>(注2)</sup>	0.16 (0.26) <sup>(注3)</sup>

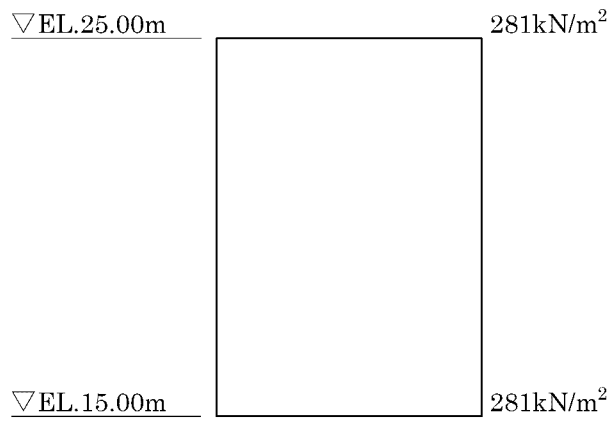
(注1) 現状地盤は岩盤であるが、施工時の掘削に伴い埋戻土として評価

(注2) 現状地盤の岩種

(注3) 現状地盤のせん断波速度



第 3-1 図 常時土圧荷重



第 3-2 図 地震時増分土圧荷重 (Ss 地震時)

#### 4. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重の算出方法を示した。また、常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重の算出結果を示した。

7-3-3-別紙2. 土圧荷重の算定において  
JEAG4601-1991追補版を用いることの妥当性

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	別 2 - 1
2. 妥当性の確認 .....	別 2 - 2
2.1 JEAG4601-1991 追補版による適用条件 .....	別 2 - 2
2.2 JEAG 式による土圧荷重と 2次元地盤 FEM モデルによる土圧荷重との比較 .....	別 2 - 4
3. まとめ .....	別 2 - 14

## 1. 概 要

緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の 3次元 FEM モデルを用いた応力解析における土圧荷重は、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）（以下「JEAG4601-1991 追補版」という。）に示す算出式（以下「JEAG式」という。）に基づき算出している。土圧荷重の具体的な算出式については、補足説明資料 7-3-3-別紙 1「応力解析における土圧荷重の算出」に示したとおりである。

本資料は、JEAG4601-1991 追補版における土圧荷重の適用条件及び応力解析に用いる地震荷重及び土圧荷重の考え方を整理し、土圧荷重の算出において JEAG 式を用いることの妥当性を確認する。

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 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」



## 2. 妥当性の確認

### 2.1 JEAG4601-1991 追補版による適用条件

#### 2.1.1 常時土圧荷重

JEAG4601-1991 追補版では、常時土圧荷重は、地盤一般部及び岩盤部に分けて算出するものとしている。ここで、岩盤部は建屋支持岩盤と剛性が同程度の地盤、地盤一般部は岩盤部を除く埋戻し土・表層等の地盤であることから、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の応力解析における土圧荷重は、地盤一般部として算出する。

地盤一般部の常時土圧荷重は、建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会）に従い、静止土圧係数を 0.5 として算出する。

また、常時土圧の算出式の適用条件としては、

- ① 建屋地下壁と岩盤部間は、岩盤部と剛性が同等以上の材料で充填されるものとする。
- ② 岩盤部の算定式は、地盤一般部の地層厚さが薄い場合を対象とする。
- ③ 上載圧が作用する場合は別途考慮する。
- ④ 水圧に関しては別途考慮する。

という 4 点が挙げられており、①及び②については、岩盤部についての適用条件であるため、地盤一般部の常時土圧荷重の算出においては適用条件から除外する。③については、上載圧(15.0kN/m<sup>2</sup>)を別途考慮する。④については、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の地盤は、湧水配管により地下水を排水していることから水圧は考慮しない。

以上より、常時土圧荷重については、JEAG4601-1991 追補版に示す適用条件を満たしており、JEAG 式を用いることは妥当であると考えられる。

### 2.1.2 地震時増分土圧荷重

JEAG4601-1991 追補版では、地震時増分土圧荷重についての JEAG 式は、建屋の設計に離散系地震応答解析モデルが用いられていない場合を想定して、土圧発生メカニズムを考慮した地震時増分土圧の簡便な算定法であり、地震時増分土圧の概算値をほぼ安全側に算出する方法である、とされている。

また、JEAG 式の適用条件については、地盤一般部に液状化が予想される場合を適用外としているが、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟周辺の地盤については、湧水配管により地下水を排水していることから、液状化は生じないと考えられるため、適用可能と判断する。

以上より、地震時増分土圧荷重については、JEAG 式がほぼ安全側に算出する方法であること、JEAG4601-1991 追補版に示す適用条件を満たしていることから、JEAG 式を用いることは妥当であると考ええる。

## 2.2 JEAG 式による土圧荷重と 2 次元地盤 FEM モデルによる土圧荷重との比較

本節では、離散系地震応答解析モデルを用いて建屋に作用する土圧荷重を算定し、JEAG 式を用いて算出した土圧荷重との比較により、JEAG 式を用いて土圧荷重を算定することの妥当性を確認する。

### 2.2.1 検討方法

離散系地震応答解析モデルは、添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す地震応答解析モデルを、周囲の地盤を模擬した 2 次元 FEM モデルに組み込むことで建屋と地盤の相互作用を考慮した地震応答解析モデル（以下「2 次元地盤 FEM モデル」という。）とする。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の設置位置における速度層断面を第 2-1 図に示す。2 次元地盤 FEM モデルは、第 2-1 図に示す B<sub>1</sub> 断面及び B<sub>2</sub> 断面について、地盤の岩盤分類及び速度層区分に基づき平面ひずみ要素でモデル化する。

2 次元地盤 FEM モデルにおける建屋の地中部の各質点及び節点には、水平方向の剛梁要素を設け、地盤と接続している。また、建屋側面の剛梁要素と地盤の節点との境界には、引張力に対する建屋と地盤との剥離を考慮するため、圧縮方向のみを伝達するジョイント要素を設けている。

本検討においては、2 次元地盤 FEM モデルの地震応答解析による各ジョイント要素の最大反力を土圧荷重として、JEAG 式による土圧荷重との比較を行い、土圧荷重の算出に JEAG 式を用いることの妥当性を確認する。

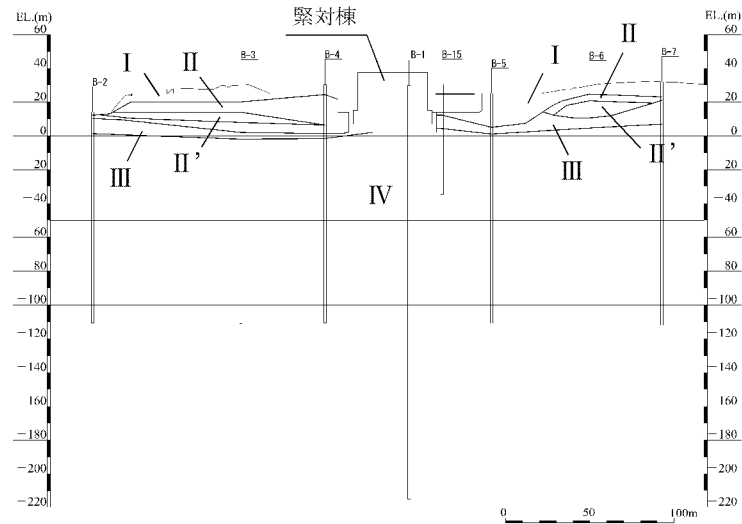
検討に用いる地震動は、応答スペクトルに基づく地震動である基準地震動 S<sub>s-1</sub> とする。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルを第 2-2 図及び第 2-3 図、地盤定数を第 2-1 表、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟と地盤間の結合の概念図を第 2-4 図に示す。

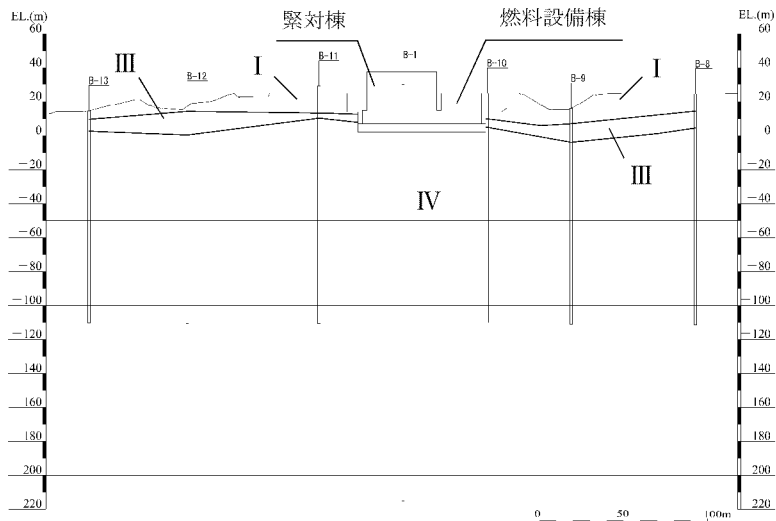


速度層 区分	Vs (注) (km/s)	Vp (注) (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
II'	2.32	4.46
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

(注) VsはS波速度、VpはP波速度を示す。

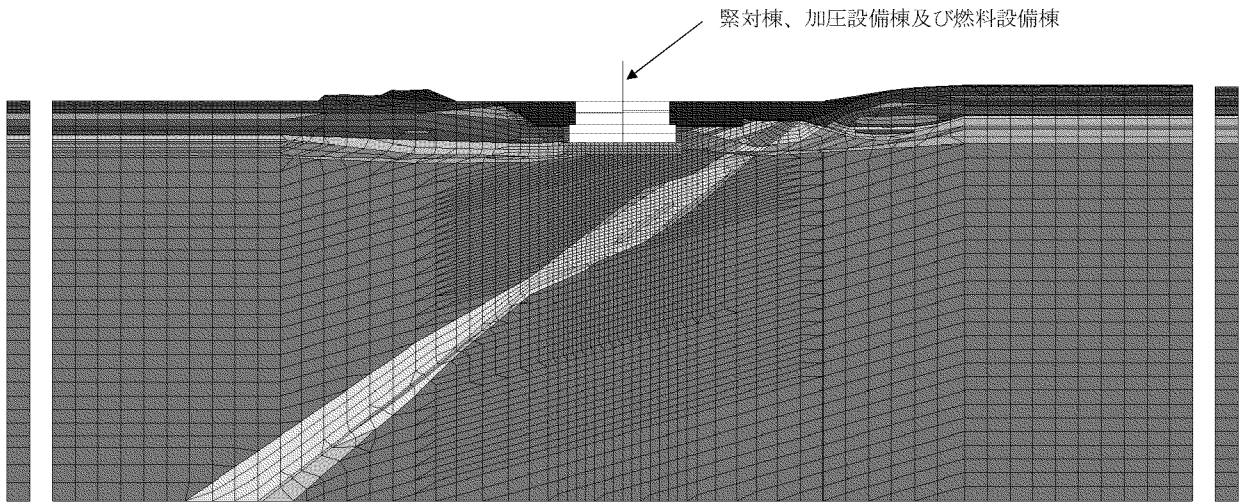


(a) B<sub>1</sub>断面

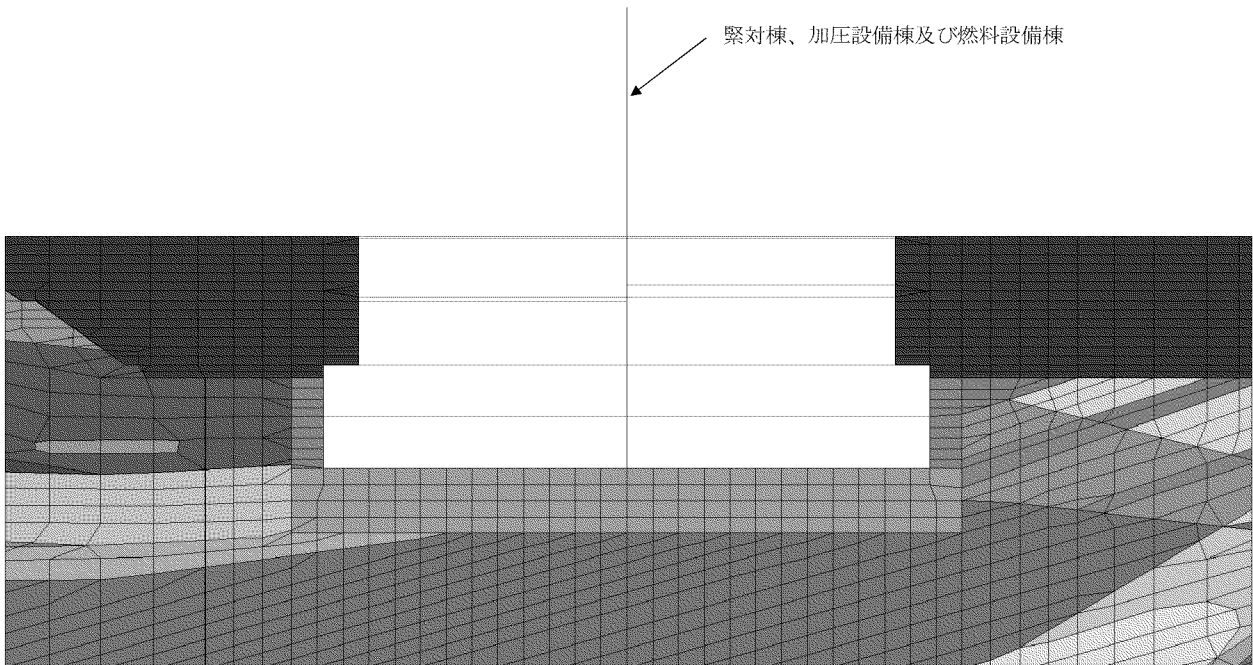


(b) B<sub>2</sub>断面

第2-1図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟設置位置の速度層断面図

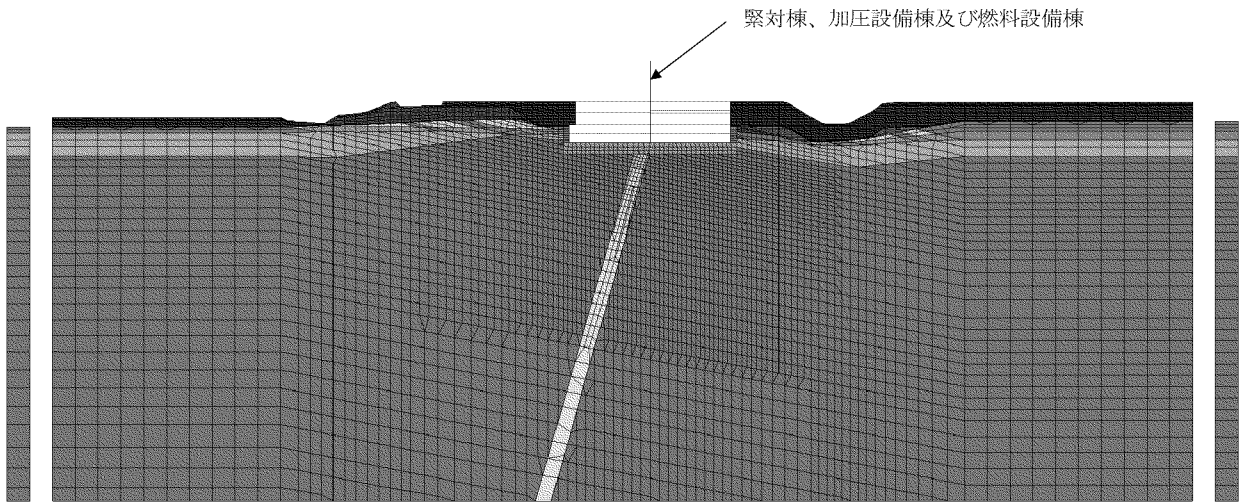


(a) B<sub>1</sub>断面

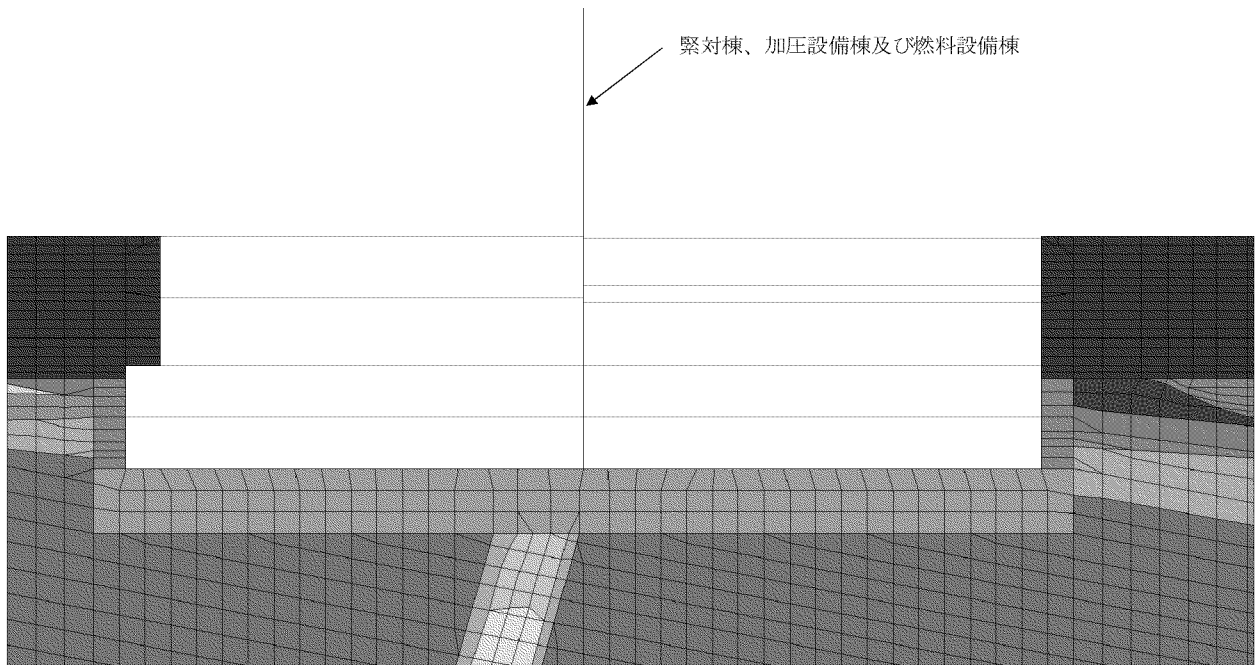


(b) 建屋周辺拡大図

第2-2図 地震応答解析モデル (B<sub>1</sub>断面)



(a) B<sub>2</sub>断面



(b) 建屋周辺拡大図

第2-3図 地震応答解析モデル (B<sub>2</sub>断面)

第2-1表 地盤定数(1/2)

岩種	岩級	速度層	せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	凡例 <sup>(注)</sup>	
砂岩	㉔	I	0.26	22.3	0.46	$1.53 \times 10^5$		
		III	0.75	22.3	0.44	$1.28 \times 10^6$		
		IV	1.62	22.3	0.35	$5.96 \times 10^6$		
頁岩	㉔	I	0.26	20.2	0.46	$1.39 \times 10^5$		
		III	0.75	20.2	0.44	$1.16 \times 10^6$		
		IV	1.62	20.2	0.35	$5.41 \times 10^6$		
砂・頁岩	㉔㉕	III	0.75	23.0	0.44	$1.32 \times 10^6$		
		IV	1.62	23.0	0.35	$6.17 \times 10^6$		
玄武岩	㉔	II'	2.32	27.7	0.31	$1.52 \times 10^7$		
		㉕	I	0.26	24.0	0.46	$1.66 \times 10^5$	
	II		0.84	24.0	0.40	$1.73 \times 10^6$		
	II'		2.32	24.0	0.31	$1.32 \times 10^7$		
	㉔	I	0.26	19.7	0.46	$1.36 \times 10^5$		
		II	0.84	19.7	0.40	$1.42 \times 10^6$		
		II'	2.32	19.7	0.31	$1.08 \times 10^7$		
		III	0.75	19.7	0.44	$1.13 \times 10^6$		
		玢岩	㉔	IV	1.62	26.5	0.35	$7.09 \times 10^6$
	㉕			III	0.75	26.3	0.44	$1.51 \times 10^6$
IV			1.62	26.3	0.35	$7.03 \times 10^6$		
㉔	I		0.26	20.8	0.46	$1.43 \times 10^5$		
	III		0.75	20.8	0.44	$1.19 \times 10^6$		
	IV		1.62	20.8	0.35	$5.56 \times 10^6$		
凝灰岩	㉔	I	0.26	18.6	0.46	$1.28 \times 10^5$		
		II	0.84	18.6	0.40	$1.34 \times 10^6$		
八ノ久保 砂礫層	-	I	0.26	19.6	0.46	$1.35 \times 10^5$		
		III	0.75	19.6	0.44	$1.13 \times 10^6$		

(注) 第2-2図及び第2-3図に対応する凡例を示す。

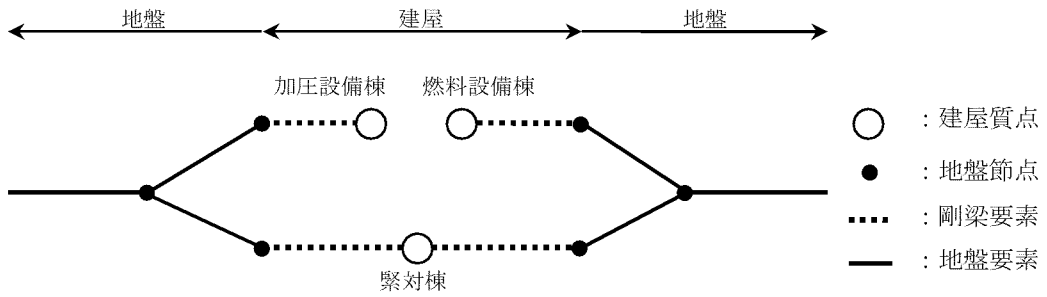
第 2-1 表 地盤定数(2/2)

岩種		せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	凡例 <sup>(注2)</sup>
埋戻土 <sup>(注1)</sup>	EL.25.00～ 14.00m	0.09	19.5	0.45	1.69×10 <sup>4</sup>	■
	EL.14.00～ 4.00m	0.15	19.5	0.45	4.23×10 <sup>4</sup>	■
マンメイド ロック	18N/mm <sup>2</sup>	1.95	23.5	0.20	9.17×10 <sup>6</sup>	■

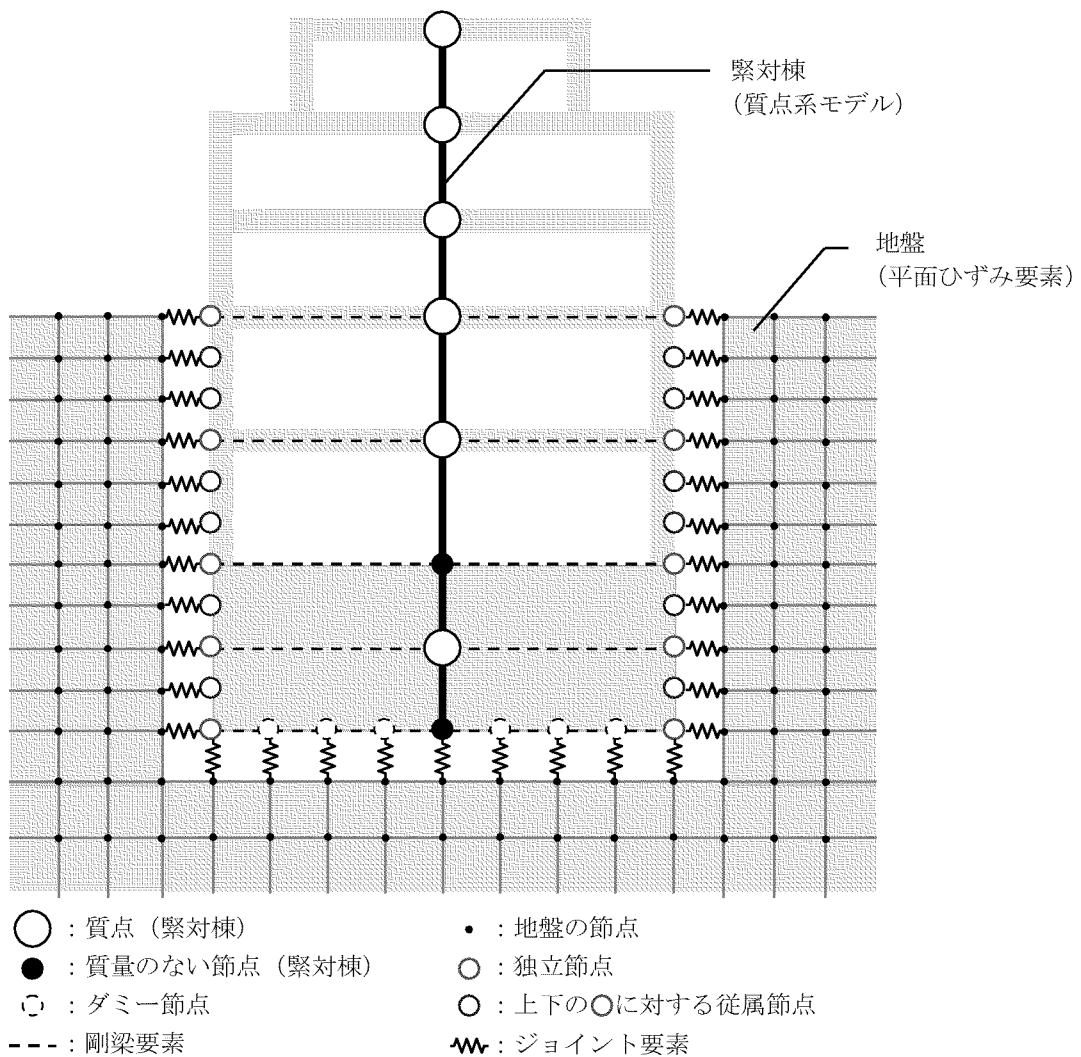
(注1) 埋戻土は、ひずみ依存特性を考慮する。

(注2) 第 2-2 図及び第 2-3 図に対応する凡例を示す。





(a) 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟と地盤との結合 (B<sub>1</sub>断面)



(b) 緊対棟と地盤との結合要素 (B<sub>1</sub>断面)

第 2-4 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟と地盤間の結合の概念図

### 2.2.2 検討結果

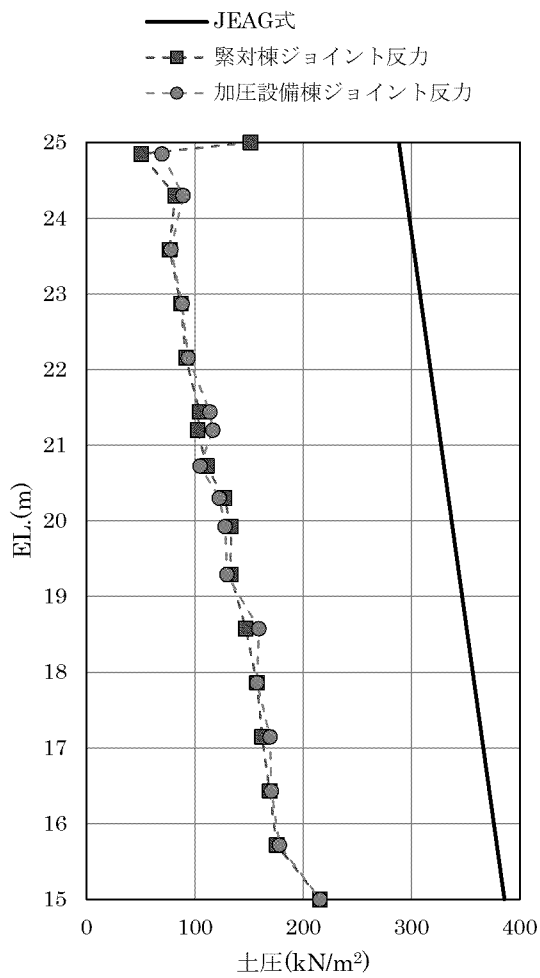
2次元地盤 FEM モデルの地震応答解析により算定した土圧荷重分布と JEAG 式による土圧荷重分布との比較結果を第 2-5 図及び第 2-6 図に示す。

図中の黒線は、添付資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示した常時土圧荷重と地震時増分土圧荷重を足し合わせることで算出した地震時土圧である。その他の線は、2次元地盤 FEM モデルのジョイント要素の反力より算出した常時土圧と地震時増分土圧の和である。

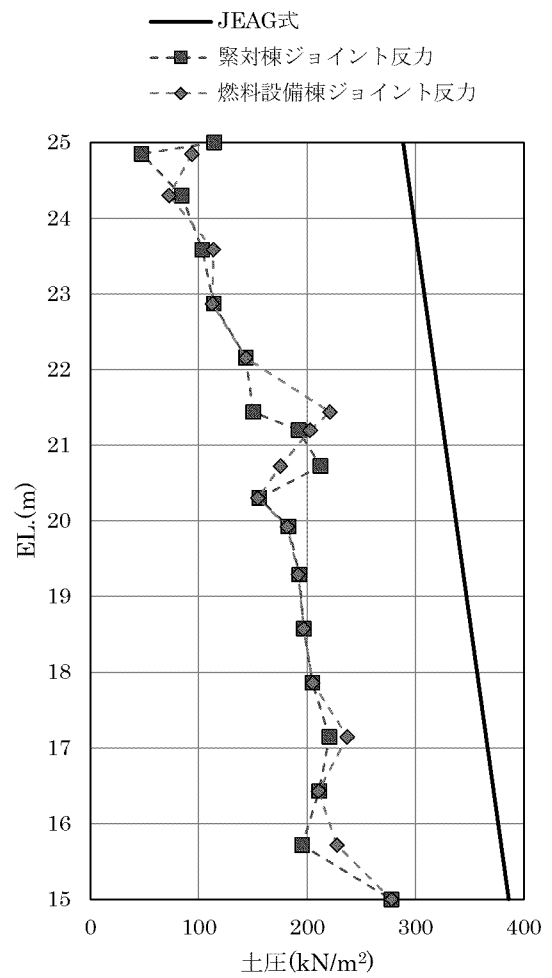
第 2-5 図より、土圧荷重が作用する EL.15.00m～EL.25.00m までの全域において、JEAG 式による土圧荷重がジョイント反力による土圧荷重を上回っており、JEAG 式により算出した土圧荷重が保守的な値となっていることが確認できる。



KEY PLAN



(a) X①側

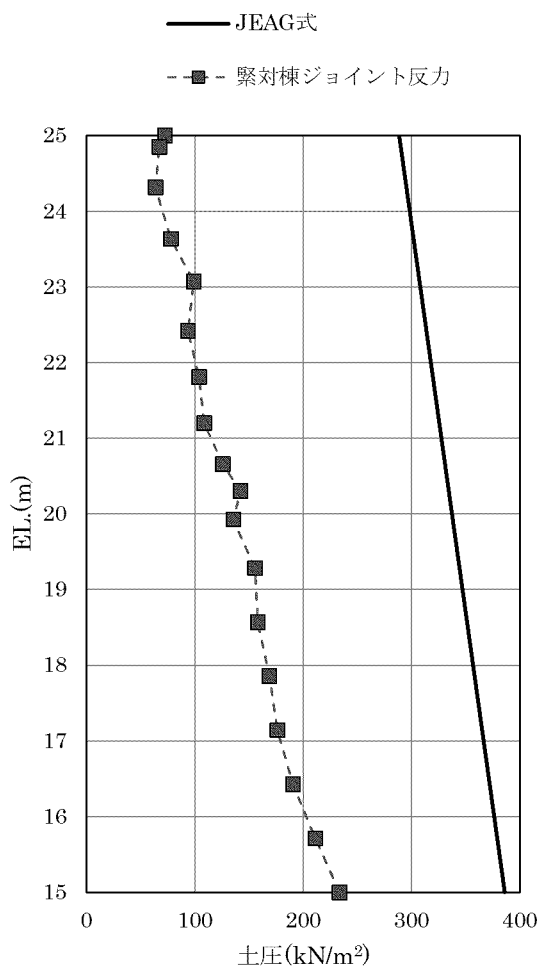


(b) X②側

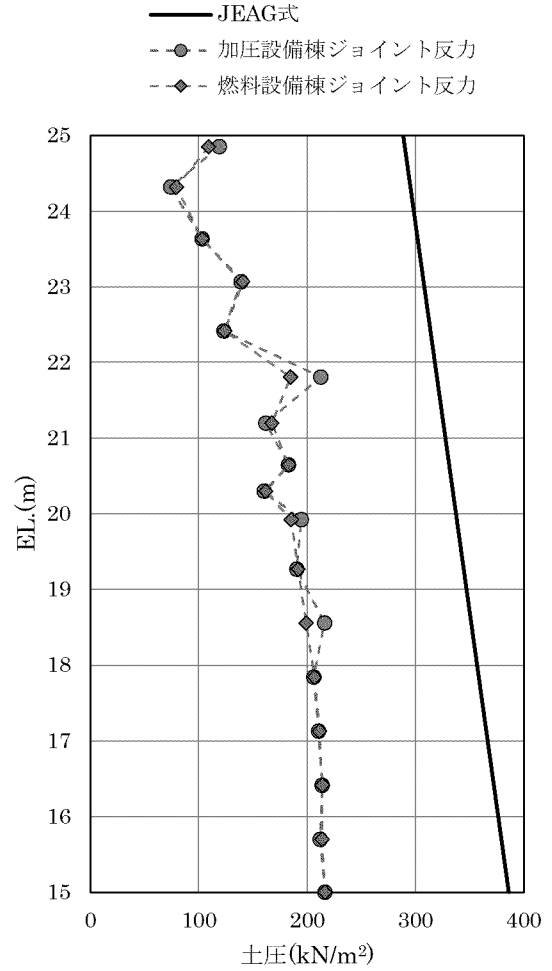
第2-5図 土圧荷重分布の比較 (B<sub>1</sub>断面)



KEY PLAN



(a) Y①側



(b) Y②側

第2-6図 土圧荷重分布の比較 (B<sub>2</sub>断面)

### 3. まとめ

JEAG4601-1991 追補版における土圧荷重の適用条件を確認し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟が適用条件を満たすことを確認した。

また、JEAG 式により算出した土圧荷重と 2 次元地盤 FEM モデルの各ジョイント要素の最大反力より算出した土圧荷重との比較により、JEAG 式より算出した土圧荷重が保守的であることを確認した。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の応力解析に用いる土圧荷重の設定において、JEAG 式により算定した土圧荷重を用いることの妥当性を確認した。

7-3-4. 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 .....	10
2.1 基礎地盤の検討 .....	10
2.2 上部構造の検討 .....	13
3. まとめ .....	18

## 1. 概 要

### 1.1 検討概要

本資料は、玄海原子力発電所の建物・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説明するものである。

建物・構築物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。

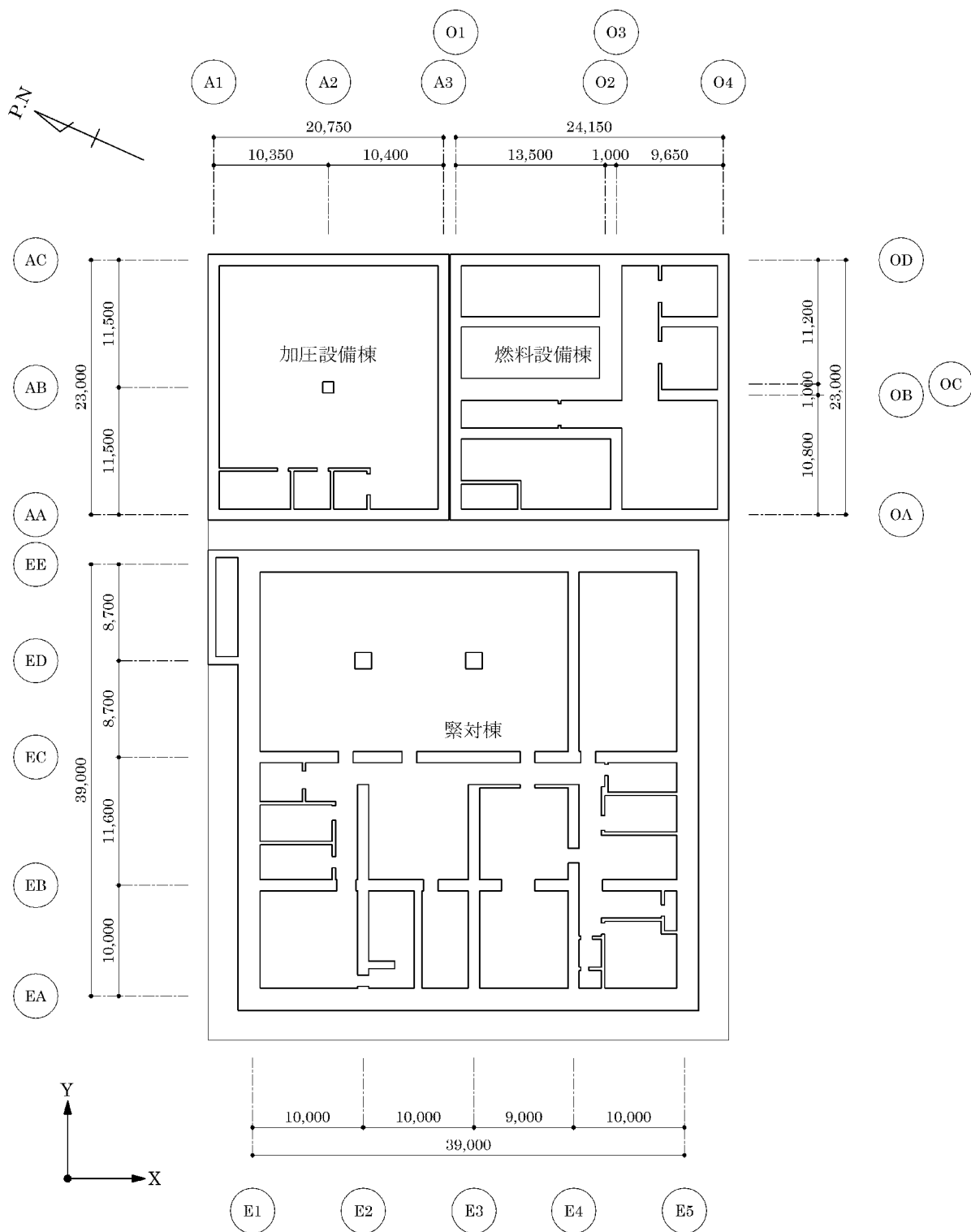
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

ここで、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図を第 1-1 図に示す。



(mm)



第 1-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)

## 1.2 評価対象部位及び検討方針

### 1.2.1 評価対象部位

建物・構築物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建物・構築物を第 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建物・構築物及び評価対象部位

建物・構築物	評価対象部位	評価方法	地震動
緊対棟	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 Ss
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎	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 Ss
	基礎版	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 Ss
加圧設備棟	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 Ss
燃料設備棟	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 Ss

### 1.2.2 検討方針

建物・構築物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 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画に係る補足説明資料 11-9「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  $S_s-1 \sim S_s-5$  並びに弾性設計用地震動  $S_d-1 \sim S_d-5$  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。

今回の緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の耐震評価については、新規制基準工認と同様に、基準地震動  $S_s-1 \sim S_s-5$  に対する評価を行っている。また、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の構造特性は、新規制基準工認における評価対象建屋である原子炉補助建屋等と類似しており、非線形性の影響が小さい場合であれば、地震応答特性は同等であると考えられるため、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないと考えられる。

但し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、同一基礎版上に設置された建物であり、地震応答解析モデルは、並列多質点系曲げせん断棒モデルとなっている。したがって、それぞれの建屋の構造特性が既設建屋に類似している場合であっても、単独建屋の地震応答特性とは異なる可能性がある。

以上を踏まえ、本資料では、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の組合せ係数法の適用性を検討する。

検討に用いる地震動は、基準地震動  $S_s$  を対象とし、応答スペクトルに基づく地震動である  $S_s-1$  に加えて、断層モデルに基づく地震動 ( $S_s-2$  及び  $S_s-3$ ) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_s-4$  及び  $S_s-5$ ) のうち接地圧が最も大きくなる地震動を選定して用いるものとする。

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、水平地震力の影響を受けやすい、アスペクト比の大きい緊対棟を代表として検討を行う。各建物・構築物のアスペクト比を第 1-2 表に示す。上部構造物の検討として、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 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す基本ケースの結果を用いる。

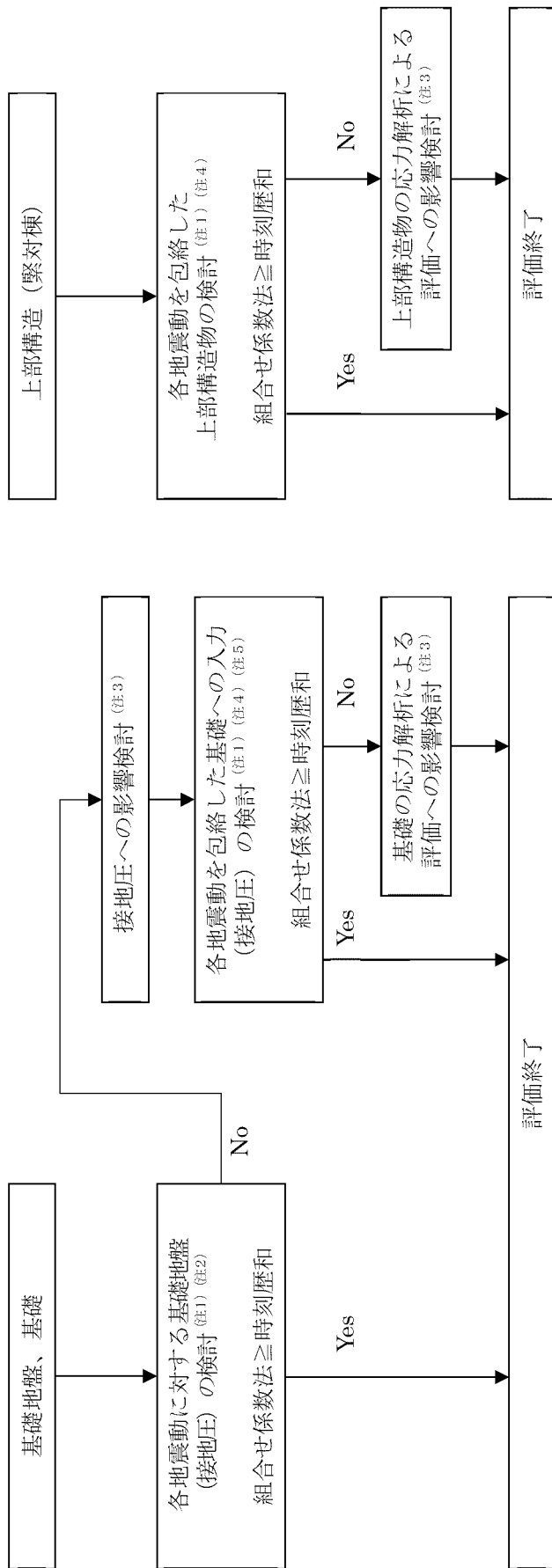
接地圧評価への影響検討並びに基礎及び上部構造物の応力解析による評価への影響検討を行う場合は、地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した応力評価結果に、上述の基本ケースの結果を用いて算出した割増係数を乗じて影響検討を行う。

検討フローを第 1-2 図に示す。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルを第 1-3 図に示す。

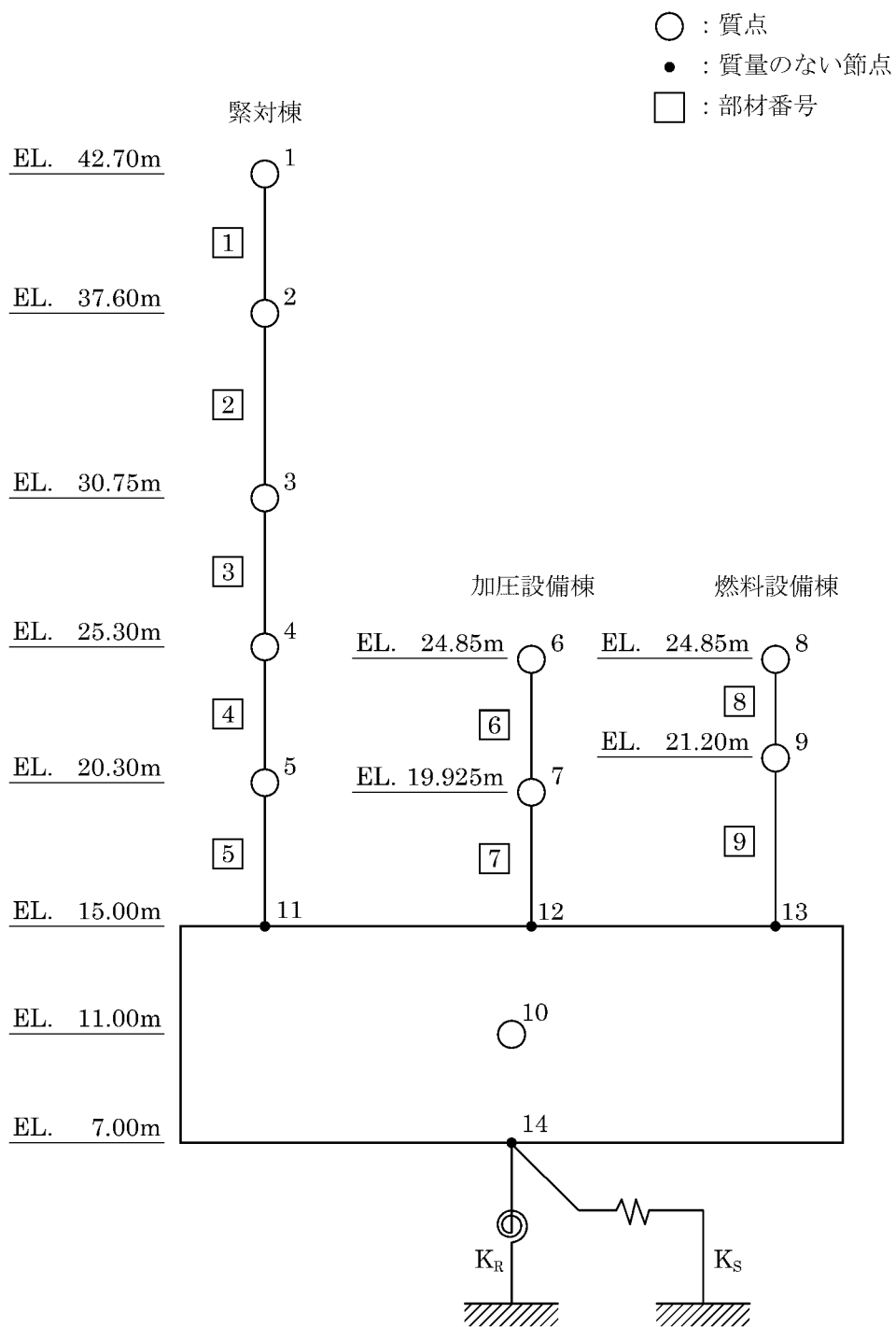
第 1-2 表 建物・構築物のアスペクト比

建物・構築物	アスペクト比 (高さ／短辺幅)
緊対棟	0.71
加圧設備棟	0.47
燃料設備棟	0.43



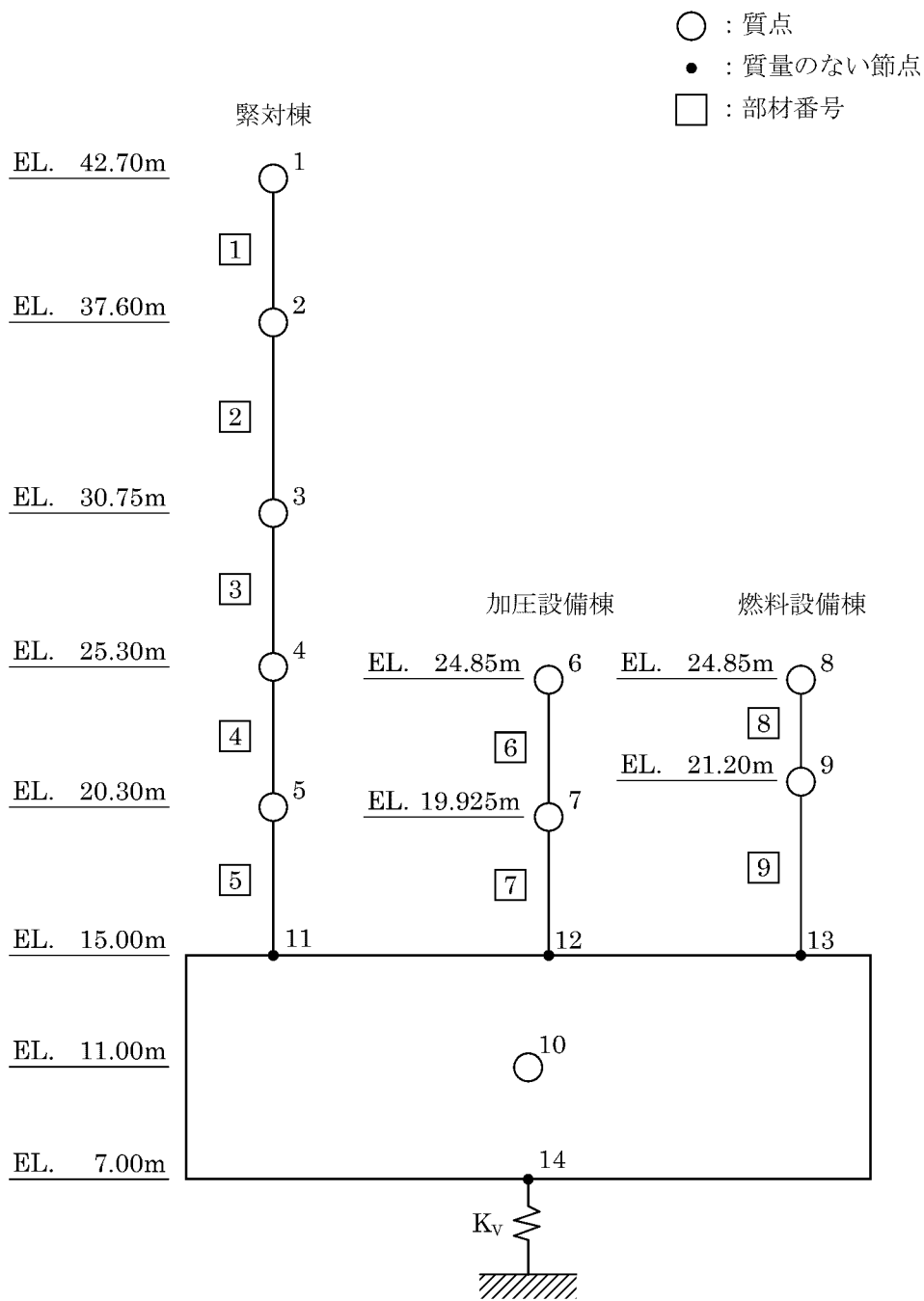
- (注1) 基本ケースによる検討
- (注2) 基準地震動  $S_s$  各波に対する検討
- (注3) 材料物性のばらつき等を考慮した検討
- (注4) 基準地震動  $S_s$  各波を包絡した検討
- (注5) 基礎へ入力される地震荷重は、接地圧との関連が深いため、基礎への入力の検討は、接地圧による検討を行う。

第1-2図 検討フロー



(a) 水平方向

第 1-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデル(1/2)



(b) 鉛直方向

第 1-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデル(2/2)



## 2. 検討結果

### 2.1 基礎地盤の検討

#### 2.1.1 検討内容

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、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。

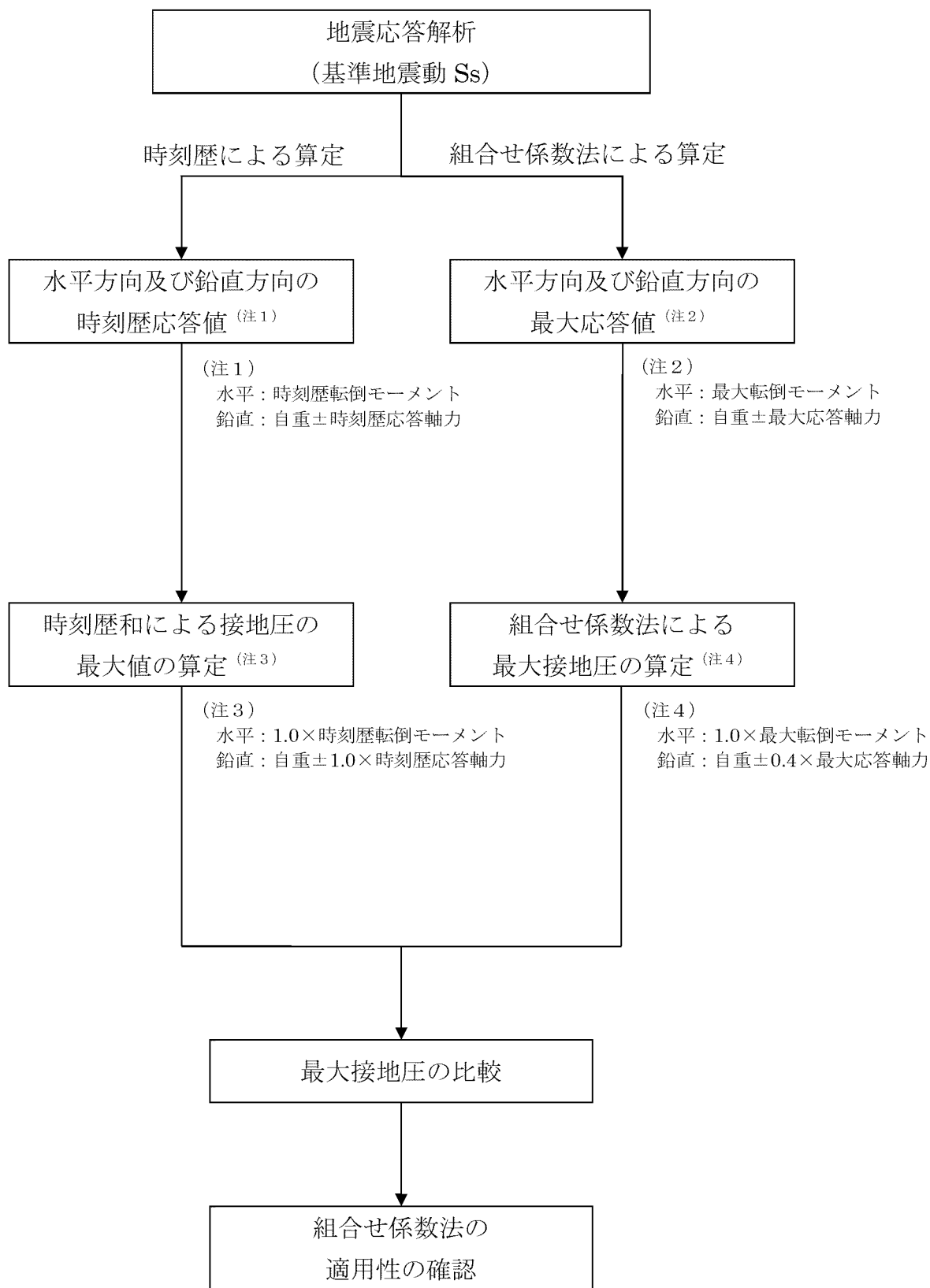
以上より、接地圧の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討に用いる地震動は、基準地震動  $S_s$  とし、応答スペクトルに基づく地震動である  $S_s-1$  及び震源を特定せず策定する地震動である  $S_s-4$  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

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、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 (緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟) (注)

#### (a) 基準地震動 Ss-1

	X 方向		Y 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 <sup>2</sup> )	0.906		0.749	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm <sup>2</sup> )	0.872	0.874	0.690	0.733
最大接地圧の比 (①/②)	1.04	1.04	1.09	1.02

#### (b) 基準地震動 Ss-4

	X 方向		Y 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 <sup>2</sup> )	0.784		0.643	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm <sup>2</sup> )	0.738	0.762	0.595	0.634
最大接地圧の比 (①/②)	1.06	1.03	1.08	1.01

(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

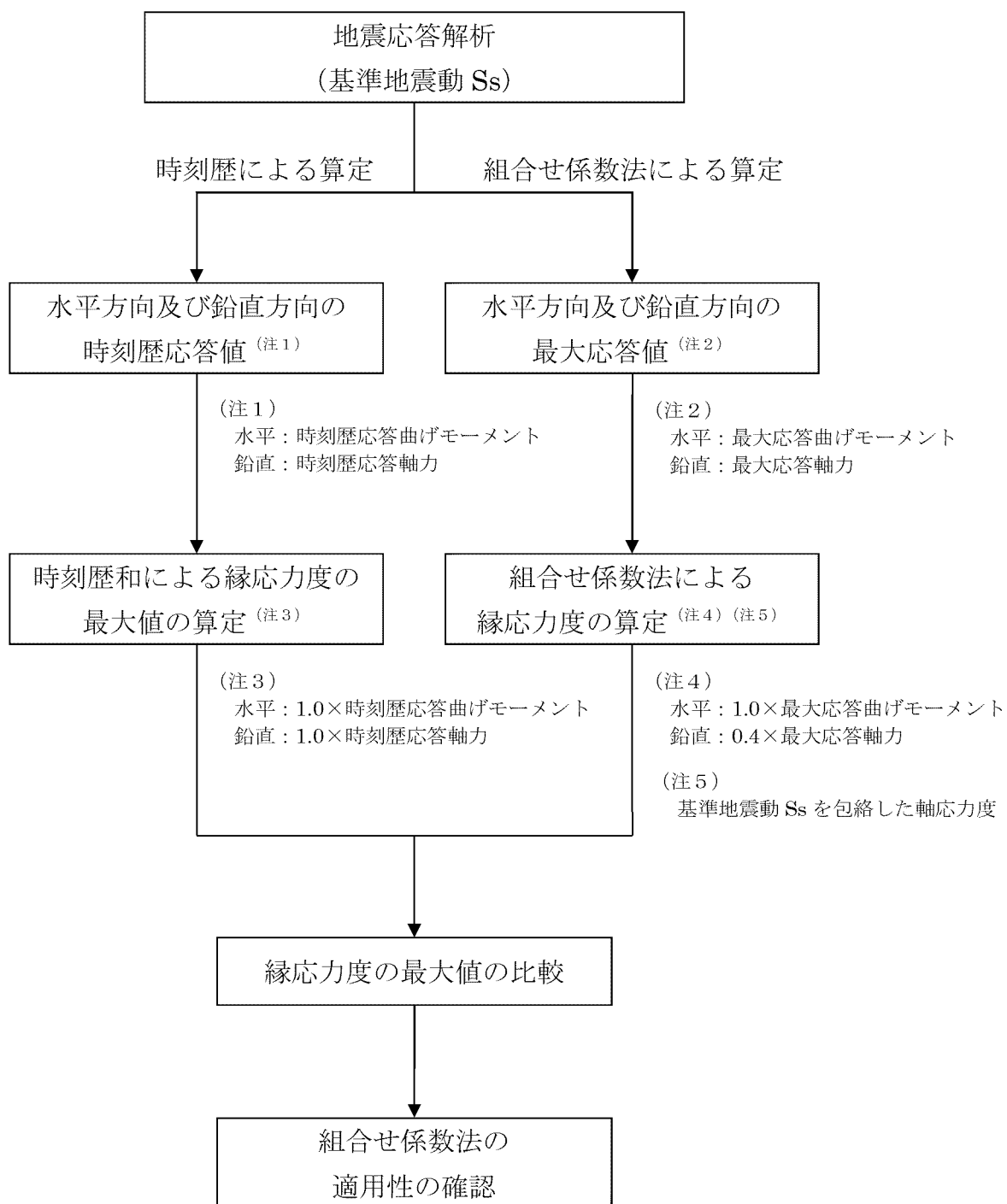
緊対棟の壁について、組合せ係数法による縁応力度と時刻歴和による縁応力度の最大値とを比較し、組合せ係数法による縁応力度が時刻歴和による縁応力度の最大値と同等又は保守的であることを確認することにより、上部構造の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討に用いる地震動は、基準地震動  $S_s$  とし、応答スペクトルに基づく地震動である  $S_s-1$  及び震源を特定せず策定する地震動である  $S_s-4$  とする。

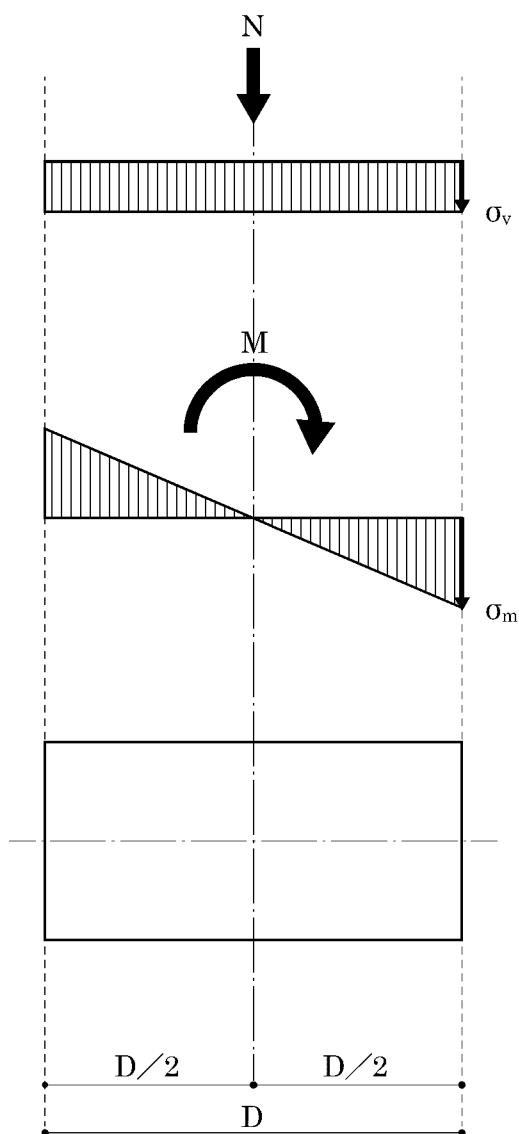
壁の縁応力度は、最大応答曲げモーメント及び最大応答軸力に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力から算定している。

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  $\sigma_v$  及び曲げモーメント  $M$  による縁応力度  $\sigma_m$  は、以下のとおり算定される。

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

ここで、

$\sigma_v$  : 鉛直地震動による軸応力度  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$N$  : 応答軸力( $\text{N}$ )

$A_i$  :  $i$  層の断面積( $\text{mm}^2$ )

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

ここで、

$\sigma_m$  : 水平地震動による縁応力度  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

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

$Z_i$  :  $i$  層の断面係数( $\text{mm}^3$ )

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

$I_i$  :  $i$  層の断面 2 次モーメント( $\text{mm}^4$ )

$D$  : 建屋幅( $\text{mm}$ )

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

緊対棟について、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（緊対棟（壁））<sup>(注)</sup>

(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 <sup>2</sup> )		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	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			
X	①	2.23	2.23	2.20	1.01	1.01
	②	0.906	0.906	0.877	1.03	1.03
	③	1.86	1.86	1.80	1.03	1.03
	④	2.13	2.13	2.07	1.03	1.03
	⑤	2.91	2.91	2.84	1.02	1.02
Y	①	1.95	1.95	1.92	1.02	1.02
	②	0.932	0.932	0.902	1.03	1.03
	③	2.03	2.03	1.98	1.03	1.03
	④	2.05	2.05	2.00	1.03	1.03
	⑤	2.95	2.95	2.87	1.03	1.03

(b) 基準地震動 Ss-4

方向	部材番号	組合せ係数法 における縁応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	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-4	② Ss 包絡			
X	①	0.799	2.23	0.790	1.01	2.82
	②	0.375	0.906	0.349	1.07	2.60
	③	0.849	1.86	0.804	1.06	2.31
	④	1.07	2.13	1.03	1.04	2.07
	⑤	1.63	2.91	1.59	1.03	1.83
Y	①	0.771	1.95	0.762	1.01	2.56
	②	0.378	0.932	0.368	1.03	2.53
	③	0.906	2.03	0.856	1.06	2.37
	④	1.02	2.05	0.942	1.08	2.18
	⑤	1.64	2.95	1.53	1.07	1.93

(注) 基本ケースによる検討結果を示す。



### 3. まとめ

建物・構築物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、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟を対象として、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、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た。

### 7-3-5. 応力解析における応力集中部位の確認

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 検討概要 .....	3
3. 応力集中部位の確認結果 .....	4
3.1 緊対棟 EC 通り壁 (要素番号 21370) .....	4
3.2 緊対棟 EL.37.60m の床 (要素番号 50382) .....	8
4. まとめ .....	12

## 1. 概 要

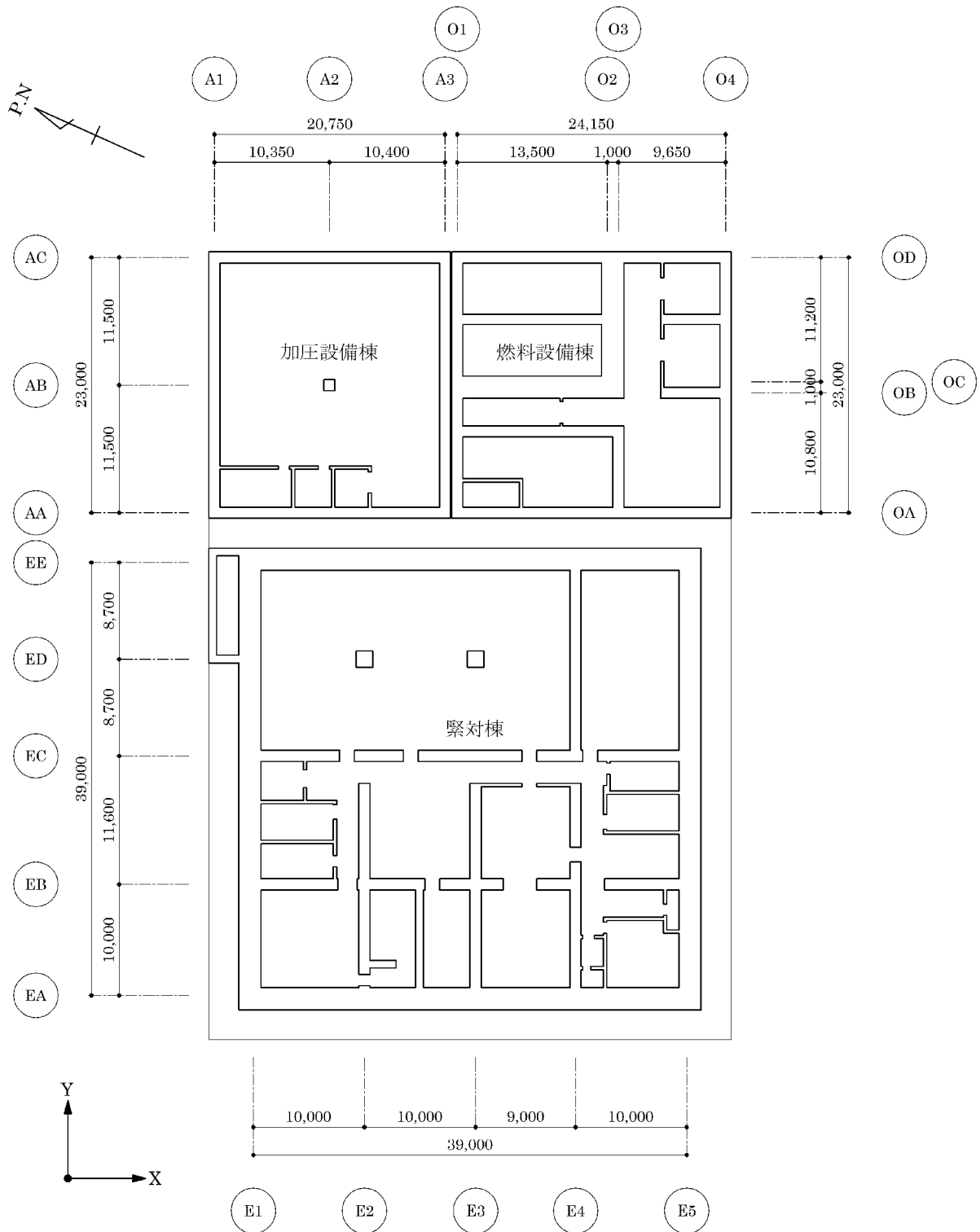
本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の 3 次元 FEM モデルを用いた応力解析における応力集中部位について説明するものである。

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 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図を第 1-1 図に示す。

(mm)



第 1-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)

## 2. 検討概要

添付資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」、添付資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」、添付資料 12-16-4「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」及び添付資料 12-16-5「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」において、3次元 FEM モデルによる応力解析を行い、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認している。

本資料では、3次元 FEM モデルによる応力解析結果より得られる応力コンター図により、周辺の要素と比較して局所的に大きな応力が生じている要素を抽出し、当該要素に応力が集中する要因について考察を行う。さらに、当該要素について断面の評価を行い、発生する応力が許容限界を超えないことを確認することで、応力解析における応力の集中に対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認する。

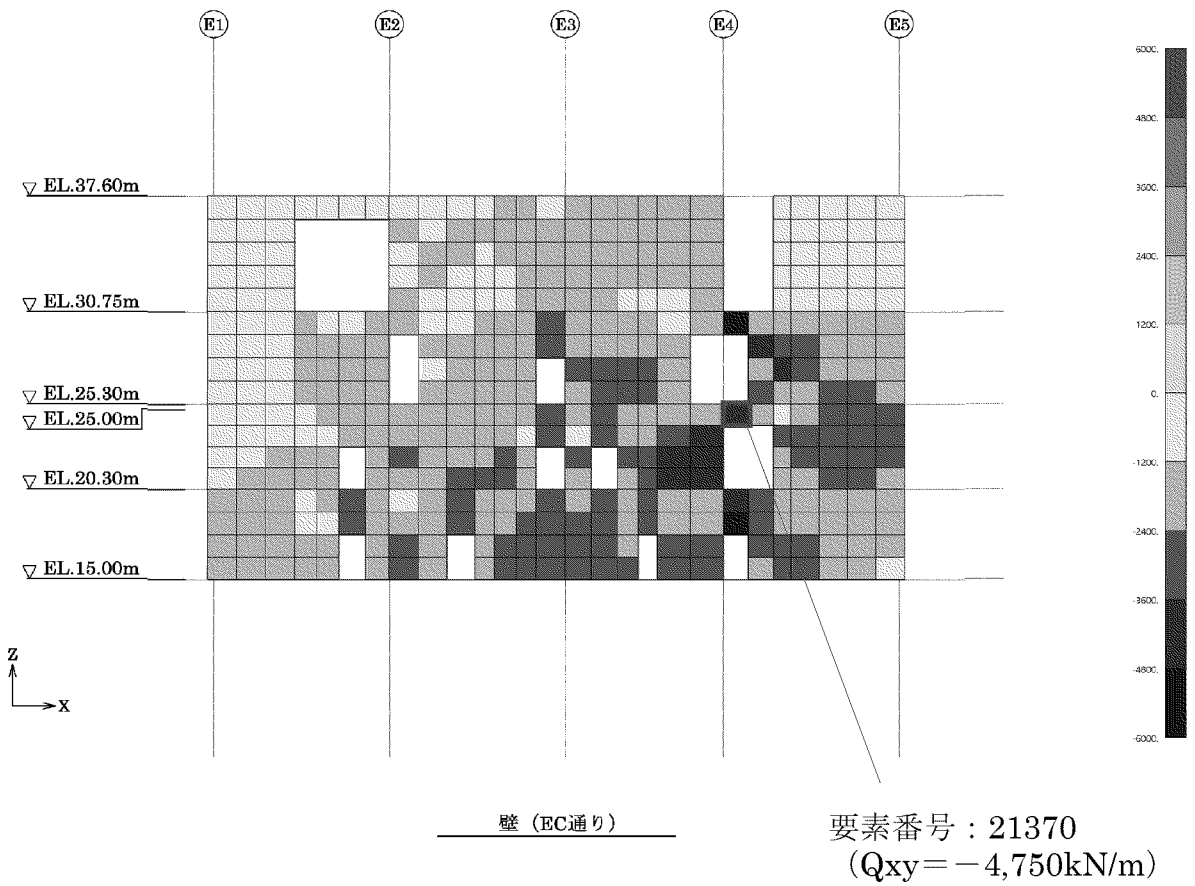
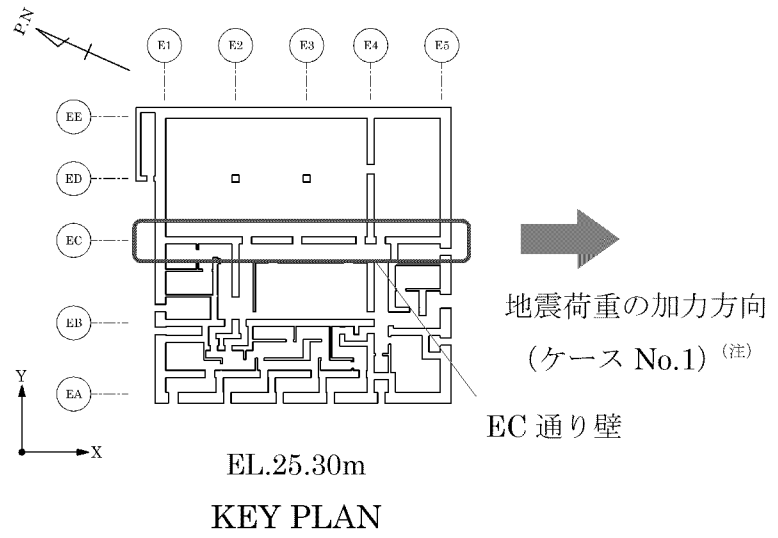
### 3. 応力集中部位の確認結果

#### 3.1 緊対棟 EC 通り壁（要素番号 21370）

##### 3.1.1 応力解析結果

緊対棟の EC 通り壁の応力コンター図（面内せん断力  $Q_{xy}$ 、ケース No.1）を第 3-1 図に示す。応力コンター図より、要素番号 21370 付近に応力（面内せん断力）が集中していることが確認できる。

ここで、応力集中要素（要素番号 21370）の位置図を第 3-2 図に示す。応力コンター図及び応力集中要素位置図より、要素番号 21370 は、壁開口周りの要素である。また、地下 1 階及び 1 階の壁開口に挟まれる要素であることから、応力（面内せん断力）が集中しやすい部位であることが確認できる。

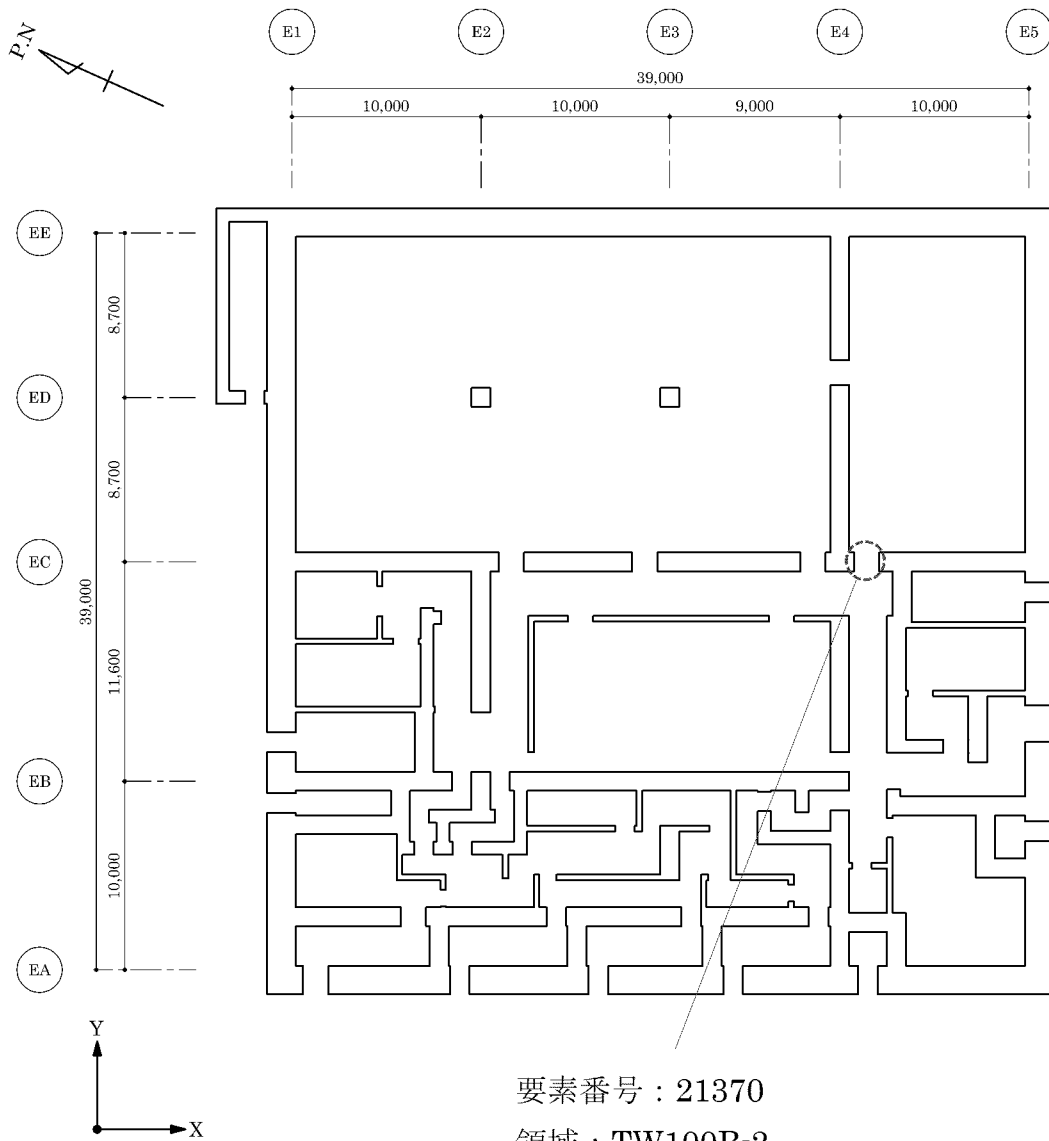


(注) ケース No.1 :  $D + L + E_0 + 1.0K_{sx} + 0.4K_{sUD} + 1.0E_{sx}$

第 3-1 図 応力コンター図 (緊対棟、EC 通り壁、ケース No.1、 $Q_{xy}$ )



(mm)



要素番号 : 21370

領域 : TW100B-2

(壁開口下に配置される壁の要素)

概略平面図(EL.25.30m)

第 3-2 図 応力集中要素位置図 (要素番号 21370)

### 3.1.2 断面の評価結果

応力の集中する要素として抽出した要素番号 21370 について、配筋を第 3-1 表、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 3-2 表に示す。

断面の評価結果より、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認した。

以上より、応力の集中する要素番号 21370 について、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

第 3-1 表 配筋 (要素番号 21370)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100B-2	1,000	両側共	縦筋	2 段 D38@200 + 1 段 D38@200	17,100	—
				横筋	2 段 D38@200 + 1 段 D38@200	17,100	

第 3-2 表 断面の評価結果 (軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力)

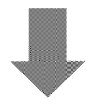
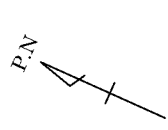
部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 a <sub>g</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW100B-2	21370	縦筋	1	2,143	74	-4,750	10,523	17,100	0.62	可

## 3.2 緊対棟 EL.37.60m の床（要素番号 50382）

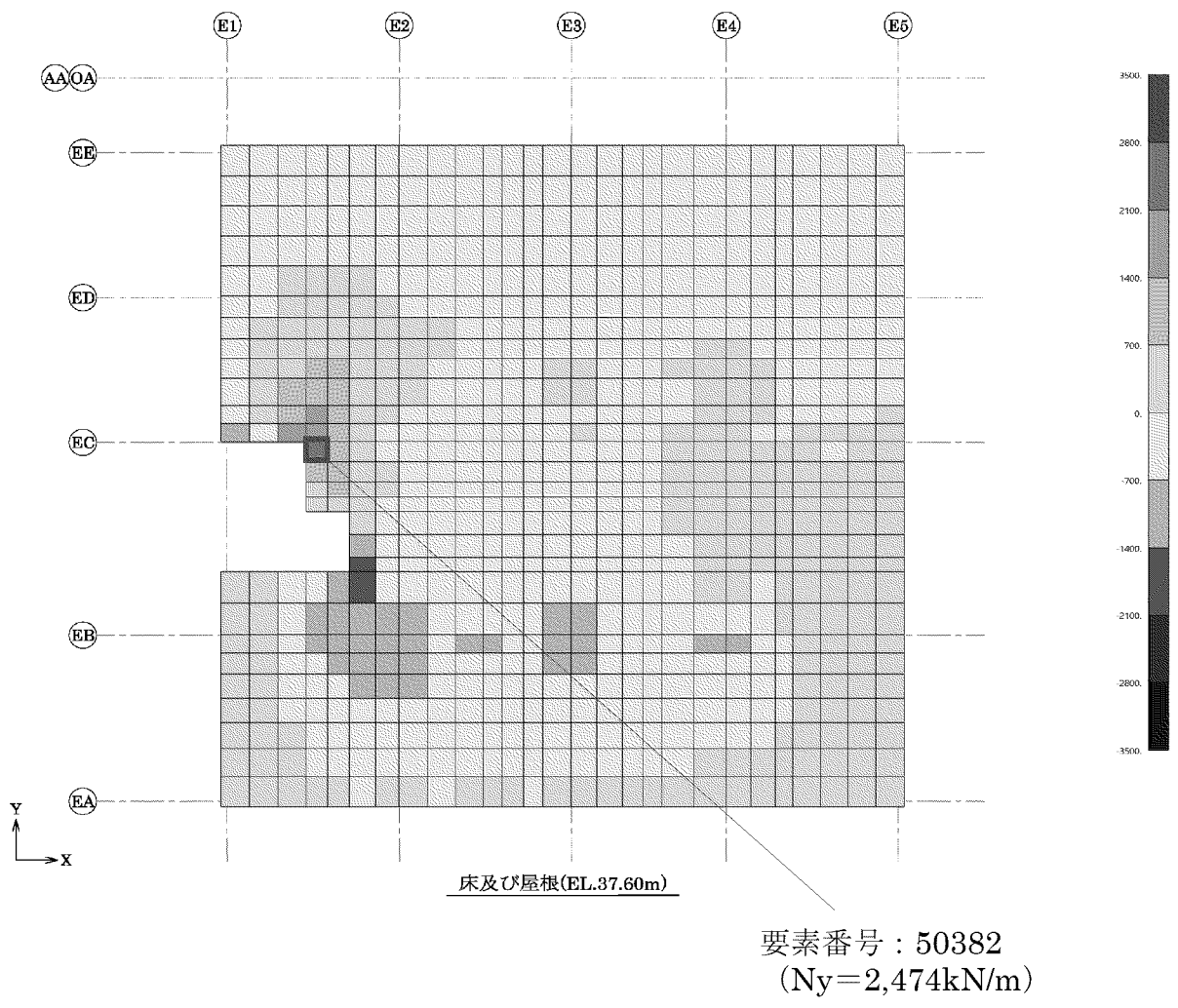
### 3.2.1 応力解析結果

緊対棟の EL.37.60m の床の応力コンター図（軸力  $N_y$ 、ケース No.8）を第 3-3 図に示す。応力コンター図より、要素番号 50382 付近に応力（軸力）が集中していることが確認できる。

ここで、応力集中要素（要素番号 50382）の位置図を第 3-4 図に示す。応力コンター図及び応力集中要素位置図より、要素番号 50382 は、床開口周りの要素であり、応力（軸力）が集中しやすい部位であることが確認できる。



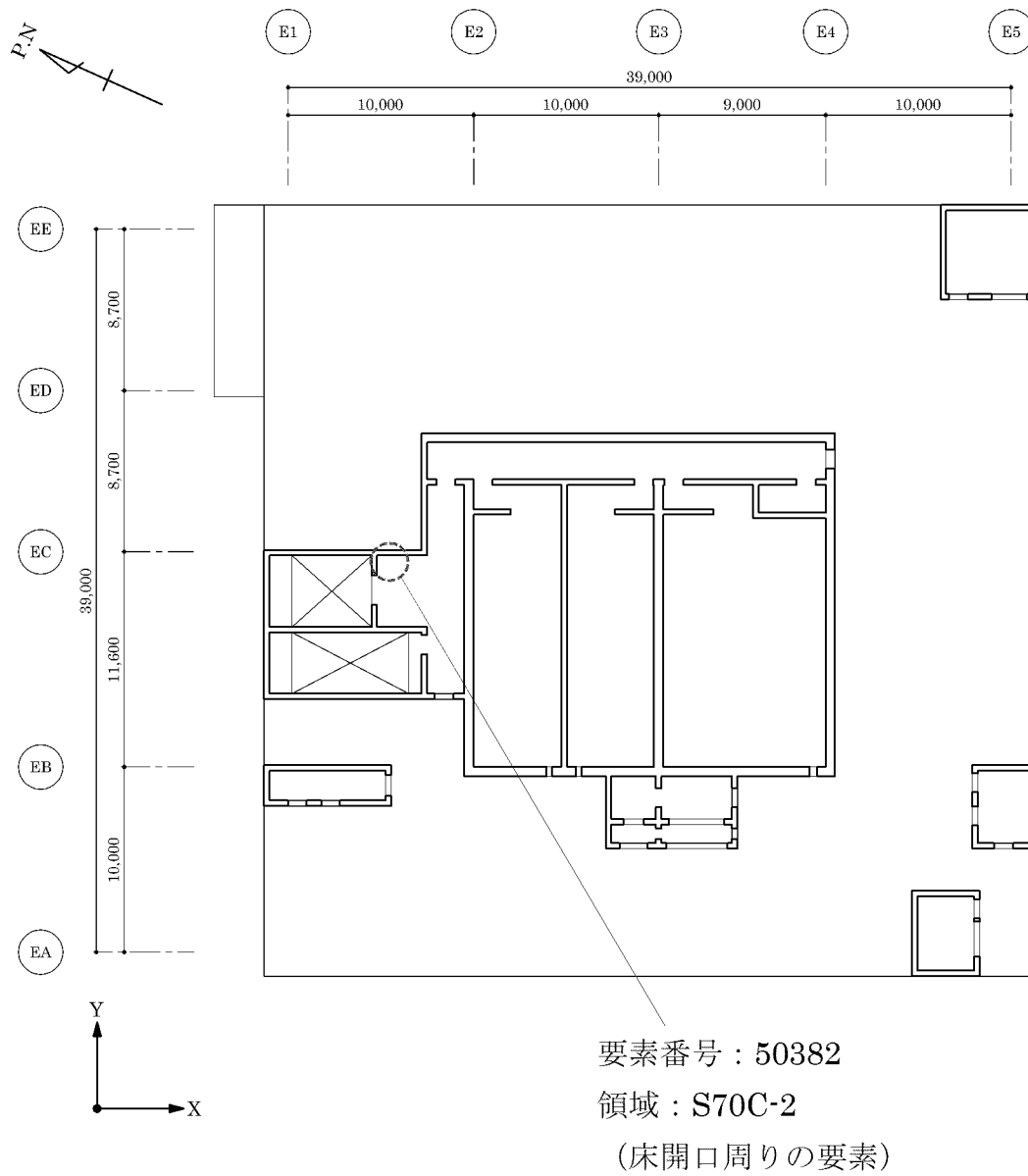
地震荷重の加力方向  
(ケース No.8) (注)



(注) ケース No.8 :  $D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$

第 3-3 図 応力コンター図 (緊対棟、EL.37.60m 床、ケース No.8、 $N_y$ )

(mm)



概略平面図(EL.37.60m)

第 3-4 図 応力集中要素位置図 (要素番号 50382)

### 3.2.2 断面の評価結果

応力の集中する要素として抽出した要素番号 50382 について、配筋を第 3-3 表、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 3-4 表に示す。

断面の評価結果より、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認した。

以上より、応力の集中する要素番号 50382 について、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

第 3-3 表 配筋 (要素番号 50382)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
床	S70C-2	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355	—
				Y	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355	

第 3-4 表 断面の評価結果 (軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力)

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 a <sub>g</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
床	S70C-2	50382	Y	8	2,474	-134	-1,628	7,453	14,355	0.52	可

#### 4. まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、応力解析における応力の集中する部位を確認し、応力が集中する要因についての考察を行った。また、当該要素に生じる応力が許容限界を超えないことを確認した。

以上より、応力解析における応力の集中に対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

7-3-6. 緊急時対策棟気密扉の基準地震動  $S_s$   
による地震力に対する気密性の維持について



## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	1
2. 気密扉の構造概要 .....	2
3. 基準地震動 $S_s$ による地震力に対する気密性の維持 .....	3
4. まとめ .....	5

## 1. 概 要

本資料は、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）気密扉の基準地震動 $S_s$ による地震力に対する気密性の維持について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。

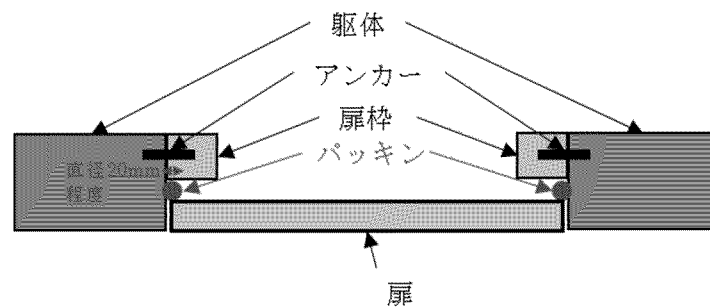
- ・添付資料12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」

## 2. 気密扉の構造概要

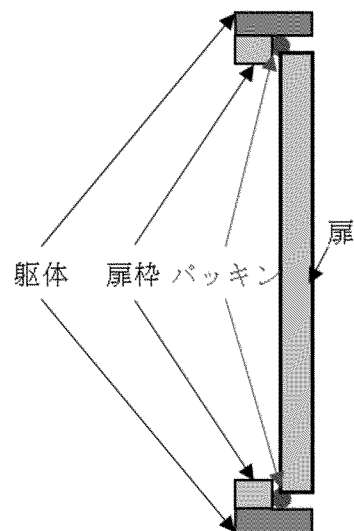
気密扉は、片側を扉枠に対してヒンジ等で支持しており、扉枠は建屋躯体に固定している。また、扉枠は、建屋躯体に対してアンカー等で緊結しているため、建屋躯体と一体で挙動し、建屋躯体の層間変形に追従する。

気密扉の気密性は、扉と扉枠間のパッキン（直径 20mm 程度）が密着することにより確保している。

気密扉の概要平面図を第 2-1 図、概略断面図を第 2-2 図に示す。



第 2-1 図 気密扉の概略平面



第 2-2 図 気密扉の概略断面

### 3. 基準地震動 $S_s$ による地震力に対する気密性の維持

地震力が作用した状態における扉枠及び扉の位置関係の概略図を第 3-1 図、地震力が作用した状態における建屋躯体の層間変形の概略図を第 3-2 図に示す。

気密扉の気密性は、扉と扉枠間のパッキンが密着することにより確保しているため、扉の変形量がパッキンの半径  $r$  (10mm 程度) を超えなければ気密性は確保される。

扉枠は、建屋躯体に対してアンカー等で緊結しているため、建屋躯体の層間変形に追従する。一方、扉は片側のみ扉枠に固定しているため、扉の形状を維持した状態で、回転することとなる。扉の変形量は、この回転による変形量であり、下式の通りである。

$$d = W \times \theta$$

ここで、

$d$  : 扉の変形量(mm)

$W$  : 扉の幅(mm)

$\theta$  : 扉 (扉枠) の変形角

$$\theta = \delta / h$$

$\delta$  : 扉枠の最大層間変位(mm)

$h$  : 扉枠の高さ(mm)

ここで、扉枠の最大層間変位  $\delta$  は、建屋躯体の最大層間変位  $\Delta$  より、下式にて求めることができる。

$\delta$  : 扉枠の最大層間変位(mm)

$$\delta = \Delta \times h / H$$

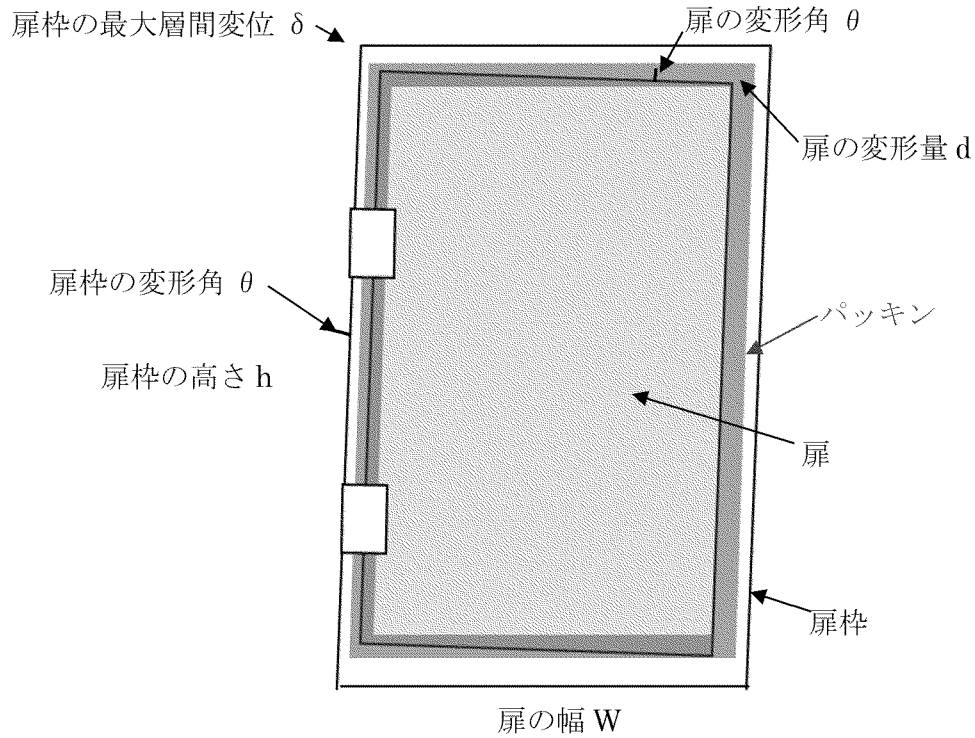
$\Delta$  : 建屋躯体の最大層間変位(mm) <sup>(注)</sup>

$H$  : 建屋躯体の高さ(mm)

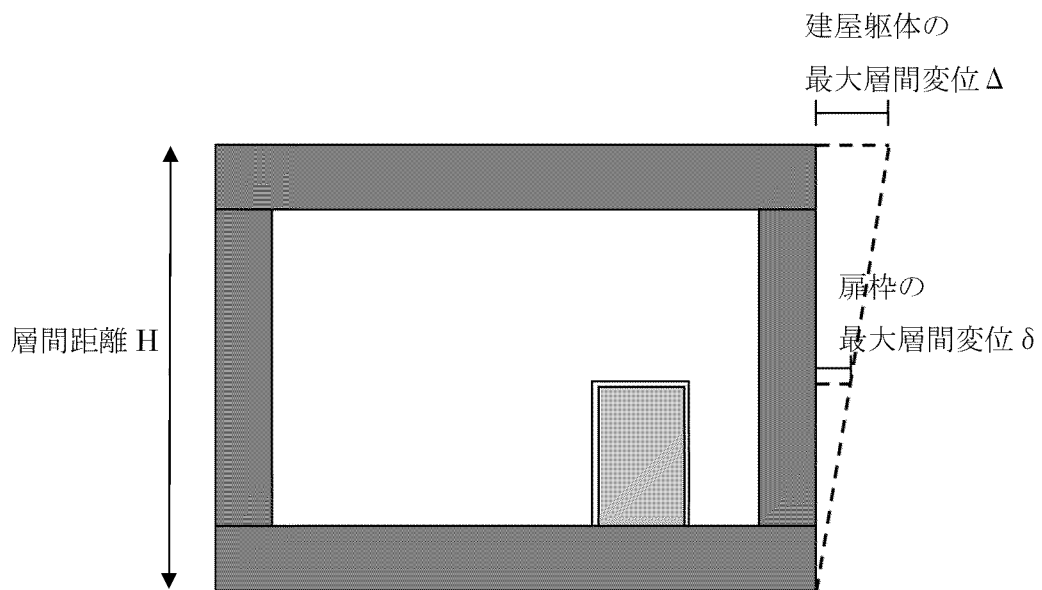
(注) : 添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) 及び緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) の地震応答解析」における地震応答解析結果に基づき算出

建屋躯体の最大層間変位  $\Delta$  は、1.4mm 程度である。このため、扉枠の最大層間変位  $\delta$  は、1.4mm より小さな値となり、扉の変形量  $d$  についても 1mm 以下程度と小さい値となる。よって、扉の変形量  $d$  は、扉と扉枠間のパッキンの半径

r(10mm)を超えることはないため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、気密扉の気密性は維持される。



第 3-1 図 扉枠及び扉の位置関係の概略



第 3-2 図 建屋躯体の層間変形の概略

#### 4. まとめ

気密扉の構造概要を示した。また、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、気密扉の気密性が維持されることを示した。

7-4. 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せ  
に関する検討

## 目 次

	頁
1. 検討の目的 .....	1
2. 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に用いる地震動 .....	2
2.1 玄海原子力発電所の基準地震動 .....	2
2.2 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に用いる地震動 .....	5
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価 .....	6
3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方 .....	6
3.2 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方法 .....	8
3.3 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部位の抽出 .....	12
3.4 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部位の抽出結果 .....	29
3.5 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方針 .....	31
3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討 .....	32
3.7 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎（矩形の基礎版）の検討 .....	67
3.8 まとめ .....	90



## 1. 検討の目的

新たに制定された「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）」は、従前の耐震設計審査指針から充実が図られている。

そのうち、新たに要求された水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せについて、「耐震設計に係る工認審査ガイド」において、以下の内容が示されている。

### 耐震設計に係る工認審査ガイド（抜粋）

#### 3.5.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ（4.4.2 及び 5.5.2 も同様）

水平方向及び鉛直方向地震力の組合せを適切に行っていることを確認する。

##### (1) 動的な地震力の組合せ

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを簡易的に行う際には、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の構造、応答特性に留意し、非安全側の評価にならない組合せ方法を適用していること。

各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の三次元応答特性により応答の同時性を考慮する必要がある場合は、各方向の各時刻歴での応答を逐次重ね合わせる等の方法により、応答の同時性を考慮していること。

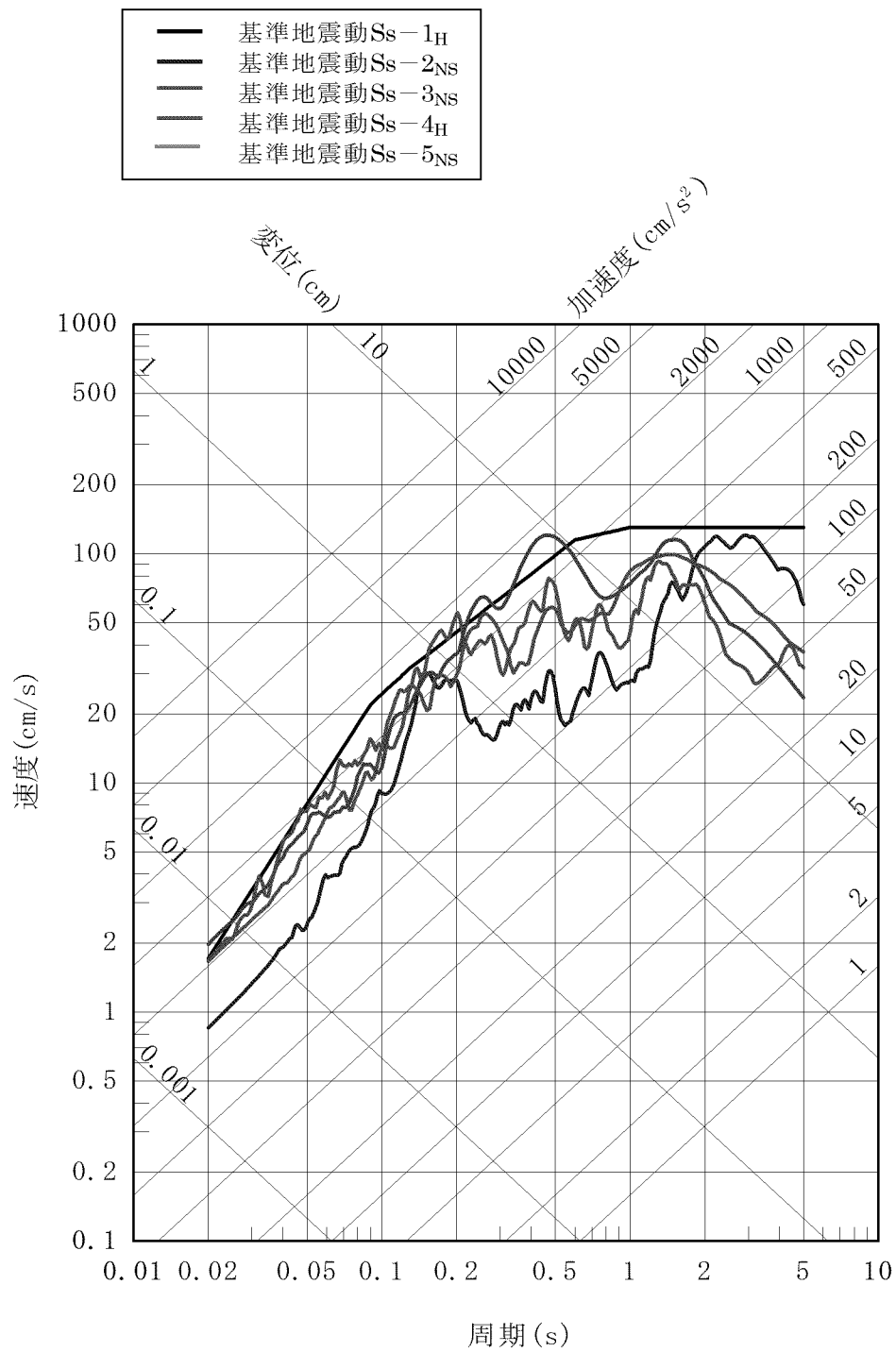
上記審査ガイドを踏まえ、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、施設の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性があるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

## 2. 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に用いる地震動

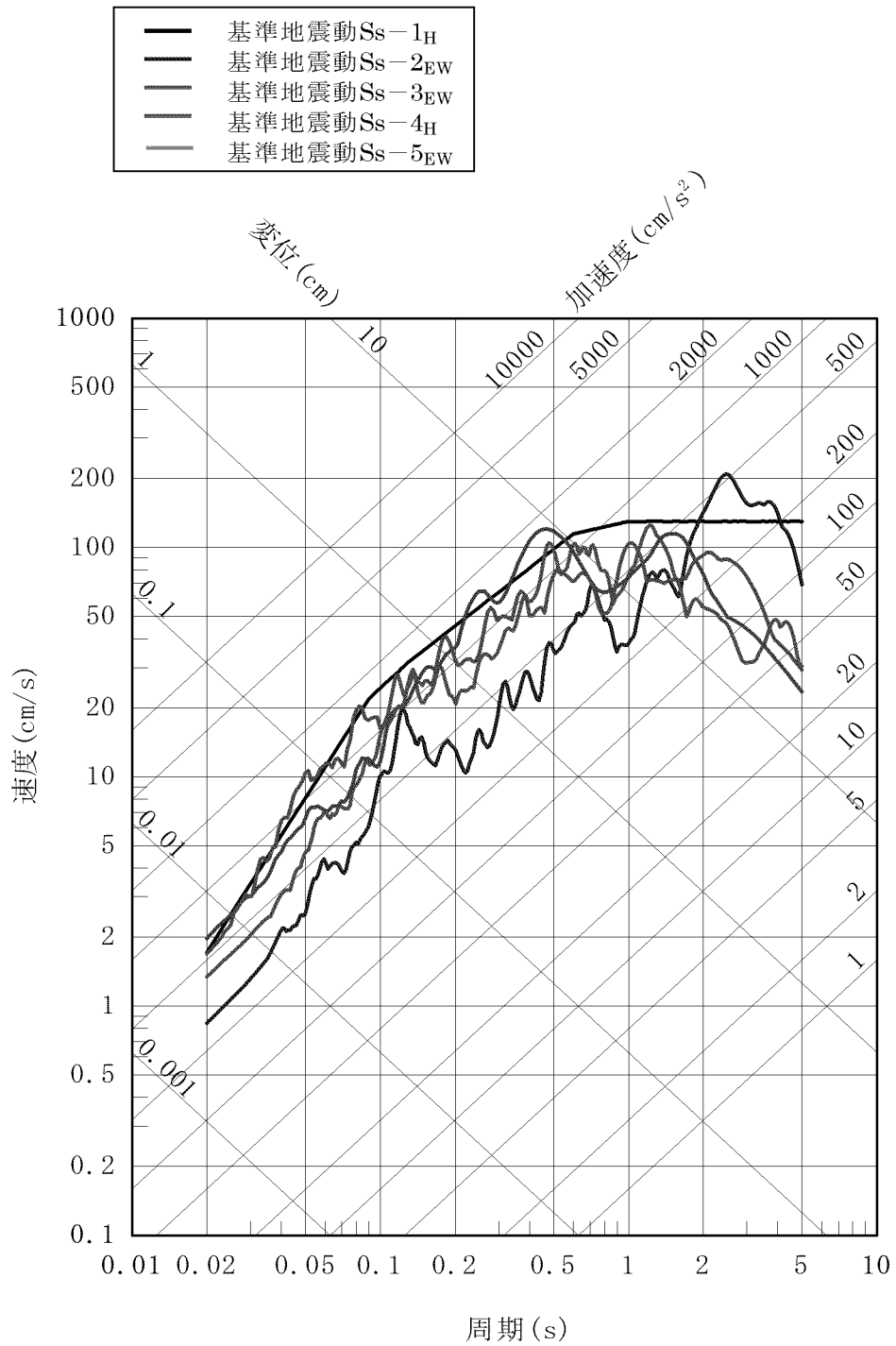
### 2.1 玄海原子力発電所の基準地震動

玄海原子力発電所の基準地震動  $S_s$  は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」を評価して、これらの評価結果に基づき策定している。「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としては、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、その評価結果を踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動として基準地震動  $S_s-1$ 、断層モデルを用いた手法による地震動として基準地震動  $S_s-2$  及び  $S_s-3$  を策定している。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動  $S_s-4$  及び  $S_s-5$  を策定している。

基準地震動  $S_s-1$ ～ $S_s-5$  の応答スペクトル（水平方向）を第 2.1-1 図及び第 2.1-2 図に示す。



第 2.1-1 図 基準地震動の応答スペクトル (NS 方向)



第 2.1-2 図 基準地震動の応答スペクトル (EW 方向)

## 2.2 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に用いる地震動

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には、玄海原子力発電所の基準地震動  $S_s-1 \sim S_s-5$  を用いる。基準地震動  $S_s$  については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の概要」による。

### 3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

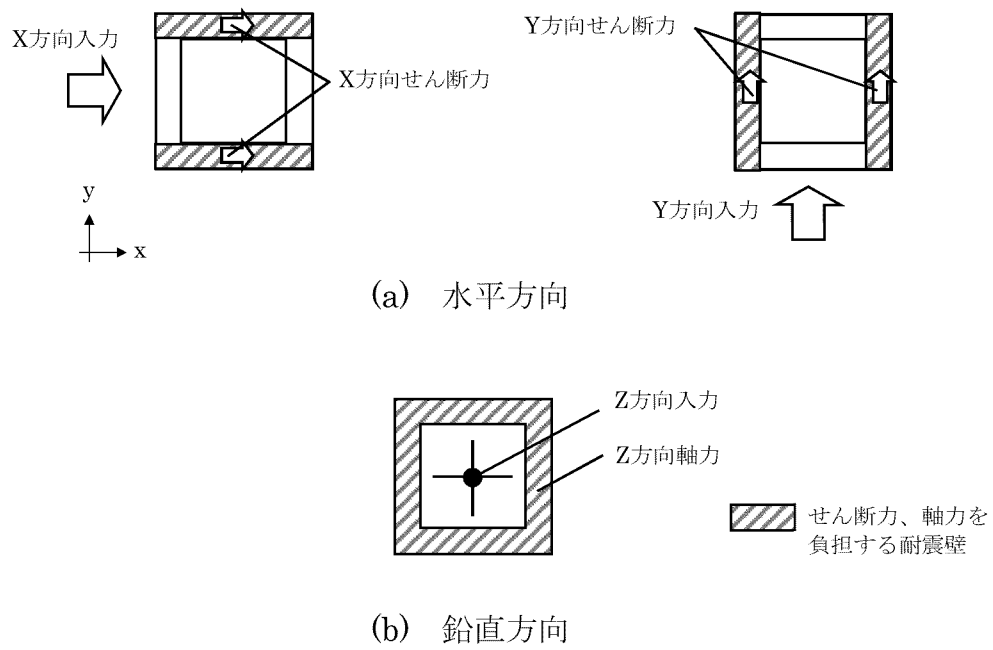
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、水平方向及び鉛直方向の地震動を、質点系モデルに対して方向ごとに入力し、解析を行っている。また、原子力発電所施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に生じるせん断力に対して、地震時の力の流れが明解となるように、直交する 2 方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平 2 方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を行っている。したがって、建物・構築物に対し水平 2 方向の入力がある場合、各方向から作用する地震力を負担する部位が異なるため、水平 2 方向の入力がある場合の評価は、水平 1 方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力に対して、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、第 3.1-1 図に示す。

また、添付資料 12-16 「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」における建物・構築物の応力解析による評価は、地震応答解析により算出された応答を水平 1 方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。



第 3.1-1 図 入力方向ごとの耐震要素

### 3.2 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方法

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を行う部位とし、具体的には、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）とする。

対象とする部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性から抽出された、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は、従来の設計手法による荷重又は応力の算出結果等を水平 2 方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

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のフローを第 3.2-1 図に示す。

#### ① 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、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

建物・構築物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合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、荷重の組合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する。

#### ③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

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合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性



を検討する。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、荷重の組合せによる応答特性により、有する耐震性への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

荷重の組合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 次元的な応答特性を検討する。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3 次元的な応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

⑤ 3 次元 FEM モデルによる精査

3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3 次元 FEM モデルを用いた精査を行い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3 次元的な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も、局所応答の観点から、3 次元 FEM モデルによる精査を行い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

⑥ 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

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においては、添付資料 12-16 「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」に示す水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価の荷重又は応力の算出結果等を用い、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<sup>(注)</sup> 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)に基づいて地震力を設定する。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)の適用性については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画に係る補足説明資料-3 の補足 1 「水平 2 方向及び鉛直方向地震力における組合せ係数法の適用について」による。

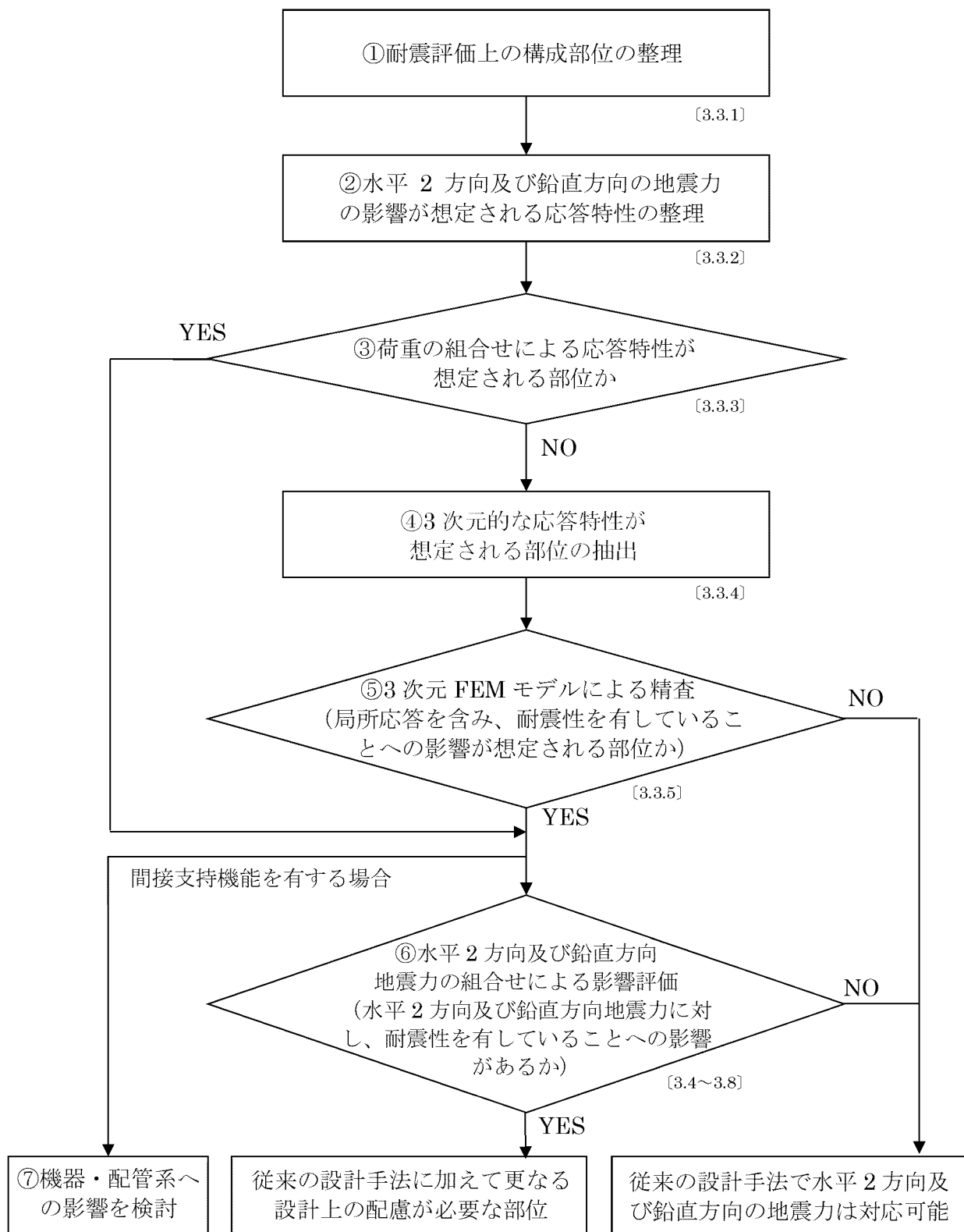
評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、荷重又は構造部材の発生応力を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を行い、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持機能を有する場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。



(注) [ ] 内は、検討内容を記載した箇所を示す。

第 3.2-1 図 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のフロー

### 3.3 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部位の抽出

#### 3.3.1 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟において、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 3.3-1 表に示す。

第3.3-1表 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

耐震評価部位		緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部 <sup>(注)</sup>	○	○	—
	隅部	—	—	—
	地下部	—	—	—
はり	一般部 <sup>(注)</sup>	○	—	○
	地下部	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—
	一般部	○	○	○
壁	斜め部	—	—	—
	地下部	○	○	○
	鉄骨ブレース	—	—	—
	水密扉	—	—	—
	一般部 (地下部を含む)	○	○	○
基礎	矩形	○	○	

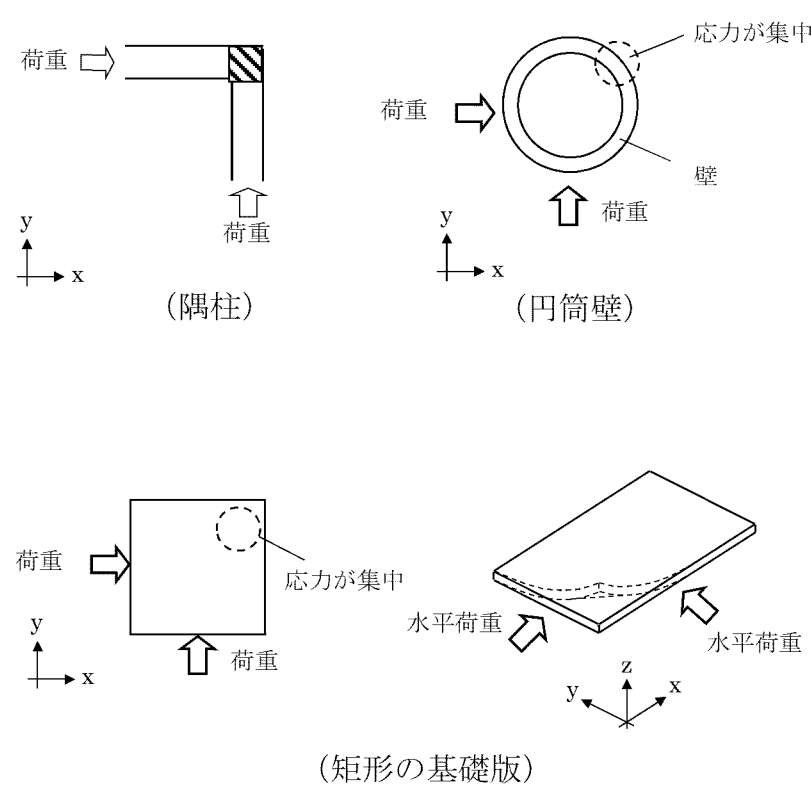
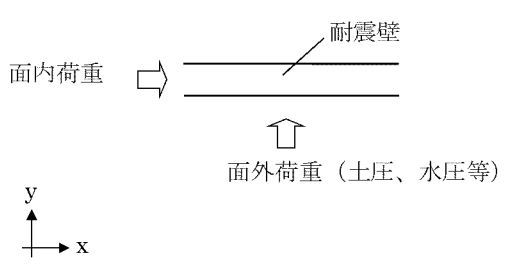
凡例 ○：対象の部材有り、—：対象の部材なし

(注) 地下部の耐震評価部位のうち、外周部ではなく土圧の影響を受けない部位は、一般部として扱う。

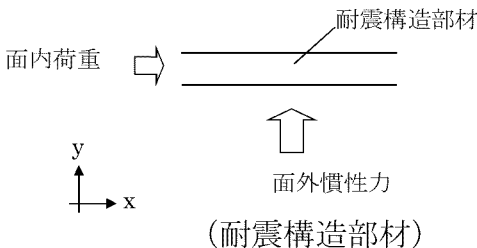
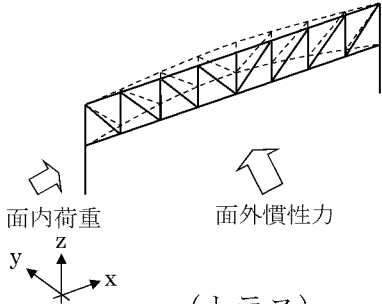
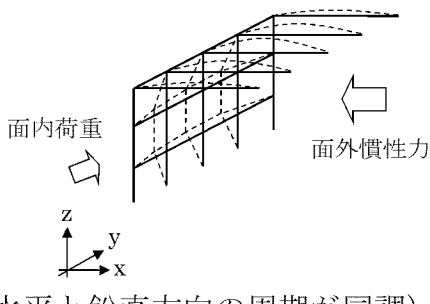
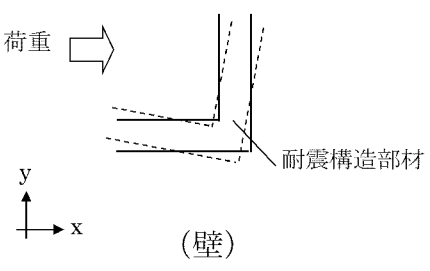
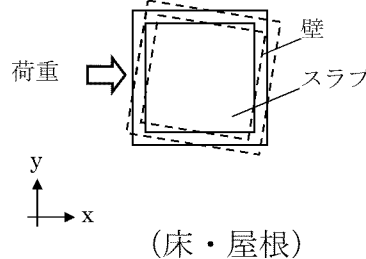
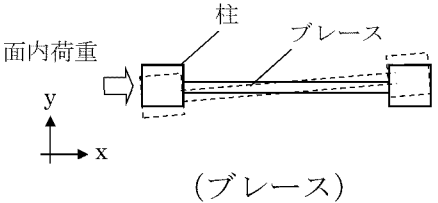
### 3.3.2 応答特性の整理

建物・構築物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合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、荷重の組合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 3.3-2 表及び第 3.3-3 表に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力のを考え方を第 3.3-4 表に示す。

第 3.3-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響が想定される応答特性（荷重の組合せによる応答特性）

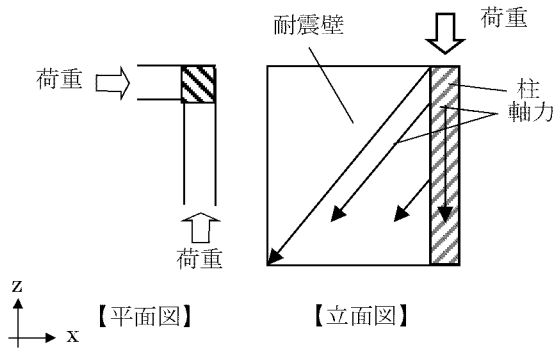
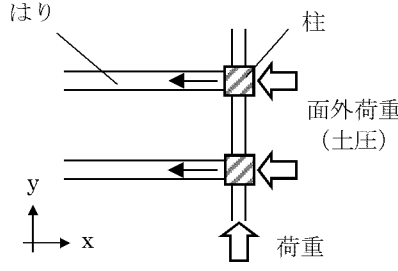
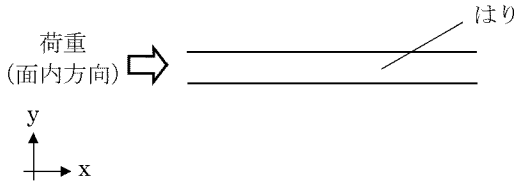
荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平 2 方向の荷重 が、応力とし て集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>(隅柱)</p> <p>(円筒壁)</p> <p>(矩形の基礎版)</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用</p>	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット等 (例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外荷重（土圧、水圧等）</p>

第 3.3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
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
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹抜部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>↑ y → x</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力 ↑</p> <p>↑ y → x ↑ z</p> <p>(トラス)</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力 ←</p> <p>↑ z → y → x</p> <p>(水平と鉛直方向の周期が同調)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動が発生</p>	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ y → x</p> <p>(壁)</p>  <p>荷重 → 壁 → スラブ</p> <p>↑ y → x</p> <p>(床・屋根)</p>  <p>面内荷重 → 柱 → ブレース</p> <p>↑ y → x</p> <p>(ブレース)</p>



第 3.3-4 表 耐震評価上の各部位に対する水平 2 方向入力の方(1/2)

耐震評価上の構成部材		水平 2 方向入力の方
柱	一般部	耐震壁付の構造の場合、水平入力による影響は小さい。
	隅部 (端部含む)	<p>直交する地震荷重が同時に作用。 但し、耐震壁付きの隅柱は、軸力が耐震壁に分散されることで、影響は小さい。</p> 
	地下部	<p>外周部耐震壁付のため、水平入力による影響は小さい。 土圧が作用する方向にあるはり及び壁が応力を負担することで、水平面外入力による影響は小さい。</p> 
はり	一般部	<p>1 方向のみ地震荷重を負担し、床による面外地震荷重負担による影響は小さい。 吹抜部にあるはりの面外地震荷重の影響未把握。</p> 
	地下部	<p>外周部耐震壁付のため、水平入力による影響は小さい。 地下部分のりは、直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受けるが、はりに床が接続される（吹抜けとならない）場合、水平入力による影響は小さい。</p>
	鉄骨トラス	<p>1 方向のみ地震荷重を負担するため水平入力による影響は小さい。 床による拘束があるため、面外荷重の影響は小さい。</p>
壁	一般部	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することを基本。直交する方向（面外）及びねじれによる荷重増分は影響未把握。</p>

第 3.3-4 表 耐震評価上の各部位に対する水平 2 方向入力の方(2/2)

耐震評価上の構成部材		水平 2 方向入力の方
壁	斜め部	<p>1 方向地震荷重は角度に応じた等価なせん断剛性としたひずみで評価。 直交する方向（面外）及びねじれによる荷重増分は影響未把握。</p> <p>(水平に対し、45° の壁を例示)</p>
	地下部	<p>地下部分の耐震壁は、直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。</p>
	鉄骨ブレース	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することを基本。ねじれによる荷重増分は影響度未把握。</p>
床、屋根	一般部	<p>スラブは四方が壁で固定され、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。ねじれによる荷重増分は影響未把握。</p>
基礎	基礎版(矩形)	<p>直交する水平 2 方向の地震力により、集中応力が作用する。</p>

### 3.3.3 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第 3.3-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第 3.3-2 表に示す荷重の組合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合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 3.3-5 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、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎を抽出した。

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」する部位として緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地下外壁を抽出した。

#### (1) 柱

柱は、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位としては、隅部（端部柱を含む）が考えられるが、該当する部位は存在しない。緊対棟及び加圧設備棟の中柱等の一般部は、応力が集中することがなく、該当しない。

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」する部位としては、地下外周部柱が考えられるが、該当する部位は存在しない。

#### (2) はり

はりは、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

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」する部位としては、地下外周部が考えられるが、該当する部位は存在しない。

#### (3) 壁

矩形の壁は、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

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」する部位としては、地下部が考えられ、地下部の壁を有する緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟が、①-2 に該当するものとして抽出した。

#### (4) 床及び屋根

床及び屋根は、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直

交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。また、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」する部位も存在しない。

(5) 基 礎

①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位としては、矩形の基礎版が考えられる。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の矩形の基礎版は、隅部への応力集中が考えられるため、①-1 に該当するものとして抽出した。

また、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」する部位としては、基礎版は該当しない。

第3.3-5表 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によるスクリーニング)

耐震評価部位		緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部	該当なし	該当なし	—
	隅部	—	—	—
	地下部	—	—	—
はり	一般部	該当なし	—	該当なし
	地下部	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—
	一般部	該当なし	該当なし	該当なし
壁	斜め部	—	—	—
	地下部	①-2要	①-2要	①-2要
	鉄骨ブレース	—	—	—
	水密扉	—	—	—
	一般部 (地下部含む)	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	①-1要		

凡例 要：評価必要、①-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」、①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

### 3.3.4 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第 3.3-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合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 3.3-3 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合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 3.3-6 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」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位として、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が必要な部位は抽出されなかった。

#### (1) 柱

緊対棟及び加圧設備棟の柱は各部とも、両方向に対して断面の評価を行っており、また、柱自身の慣性力により影響が生じるような階高を有する柱はなく、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位には該当しない。また、対象建屋は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行っており、地震力のほとんどを耐震壁が負担する。ねじれ振動の影響が懸念されるような偏心の大きな建屋はなく、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位についても該当しない。

#### (2) はり

緊対棟及び燃料設備棟のはりは、剛性の高い床や耐震壁が付帯するため、面外方向の変形を抑制することから、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位には該当しない。

#### (3) 壁

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地下部の壁は、3.3.3 で抽出されているため、その他の壁について②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動の発生」する部位の検討を行う。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の一般部の壁について、面外慣性力の影響が大きくなるような大スパン又は吹抜部の壁は存在しないことから、

②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位には該当しない。また、各建屋の壁は、各方向にバランスよく耐震壁が配置されており、ねじれの無い構造のため、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動の発生」する部位には該当しない。

(4) 床及び屋根

床及び屋根は、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位としては、該当しない。

また、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位としては、該当しない。

(5) 基礎

矩形の基礎版は、3.3.3で抽出されているため、該当しない。

第3.3-6表 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)

耐震評価部位	緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部	否	—
	隅部	—	—
	地下部	—	—
はり	一般部	否	否
	地下部	—	—
	鉄骨トラス	—	—
壁	一般部	否	否
	斜め部	—	—
	地下部	要	要
	鉄骨ブレース	—	—
	水密扉	—	—
	一般部 (地下部含む)	否	否
基礎	矩形	要	

凡例 要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み、否：評価不要、②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」、②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」



### 3.3.5 3次元 FEM モデルによる精査

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の各建屋について、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」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位として、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が必要な部位は抽出されなかった。

但し、3次元的な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を含め、耐震評価部位全般について、局所応答の観点から、3次元 FEM モデルによる精査を行った。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、各方向にバランスよく耐震壁が配置され、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、構造特性については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「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結果」において局所応答の検討を行った原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋と類似している。したがって、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「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結果」及び平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画に係る補足説明資料-3の知見を用いて、局所応答に対する3次元 FEM モデルによる精査を行った。3次元 FEM モデルを用いた精査の結果を第3.3-7表に示す。

平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「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結果」及び平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画に係る補足説明資料-3では、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋について、水平2方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度から、水平1方向入力時に対する増分を考慮して、局所応答を踏まえた耐震壁のひずみを評価し、その影響を検討している。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建屋が有する耐震性への影響は想定されず、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を行う必要がある部位は抽出されなかったとしている。平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「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結果」及び平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画に係る補足説

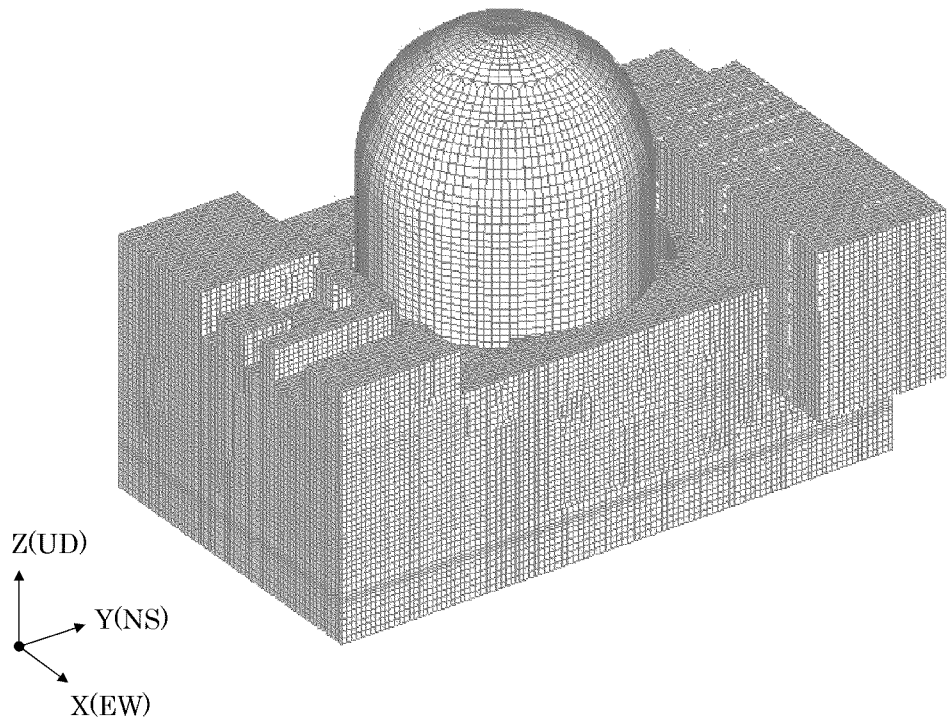
明資料-3 より、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の 3 次元 FEM モデルの概要図を第 3.3-1 図に示す。また、3 次元 FEM モデルによる精査の詳細については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画に係る補足説明資料-3 の別紙 2 に示す。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の各建屋についても、建屋が有する耐震性への影響は想定されないことから、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を行う必要がある部位は抽出しない。

第3.3-7表 3次元FEMモデルを用いた精査

対象		3次元的な 応答特性 (②-1、 ②-2)	3次元FEMモデルを 用いた精査方法	3次元FEMモデルを 用いた精査結果
建物・構築物 <sup>(注)</sup> ・ 緊対棟 ・ 加圧設備棟 ・ 燃料設備棟 ・ <u>原子炉格納容器及び 原子炉周辺建屋</u>		局所的な 応答	水平2方向及び鉛直方向入力時の 最大応答加速度から、水平1方向 入力時に対する増分を考慮して、 局部応答を踏まえた耐震壁のひず みを評価し、影響を検討	水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せに対し、原子炉格納容器及 び原子炉周辺建屋が有する耐震性 への影響は想定されないため抽出 しない。

(注) 下線は、評価する建物・構築物を示す。なお、局所応答に対する3次元FEMモデルを用いた精査については、平成29年8月25日付け原規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「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結果」及び平成29年8月25日付け原規発第1708253号にて認可された工事計画に係る補足説明資料-3の知見を用いて評価を行っている。したがって、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋は、今回工認における評価対象建屋ではないが、建物・構築物に含まれている。



構造部材

- ・ 原子炉格納容器 : シェル要素
- ・ 内部コンクリート : シェル要素
- ・ 蒸気発生器 : はり要素
- ・ 原子炉周辺建屋 : シェル要素
- ・ 基礎版 : ソリッド要素

第 3.3-1 図 3次元 FEM モデルの概要図

### 3.4 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部位の抽出結果

#### 3.4.1 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるとして抽出した部位を第 3.4-1 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、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、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を行う。

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」する部位として、建屋規模が大きく、重要な施設を内包する緊対棟の地下外壁について、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を行う。

#### 3.4.2 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出

建物・構築物において、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対象として抽出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合せによる応答値への影響から、機器・配管系への影響の可能性のある部位を抽出した。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が集中する部位であり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

緊対棟の地下外壁は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、面内力と面外力が同時に作用する部位であり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

第 3.4-1 表 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

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物 <sup>(注)</sup>	評価部位
①-1	基礎	矩形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎</u></li> </ul>	緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎版を評価する。
①-2	壁	地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>緊対棟</u></li> <li>・ 加圧設備棟</li> <li>・ 燃料設備棟</li> </ul>	建屋規模が大きく、重要な施設を内包する緊対棟の壁を評価する。

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」、①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(注) 下線は、評価する建物・構築物を示す。

### 3.5 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方針

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合せによる影響を評価した。影響評価は、添付資料 12-16 「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」の各部位の解析モデル及び地震力を用いた。影響評価に用いる地震動を第 3.5-1 表に示す。

また、影響評価に用いる地震力は、基準地震動  $S_s$  の各方向地震成分に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<sup>(注)</sup> 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)に基づいて評価する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

第 3.5-1 表 影響評価に用いる地震動

影響評価部位		対象建物・構築物	影響評価に用いる地震動	備考
壁	地下部	緊対棟	基準地震動 $S_s-1$ $S_s-2$ $S_s-3$ $S_s-4$ $S_s-5$	添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」の評価結果を用いるため、 $S_s-1$ ～ $S_s-5$ を包絡した地震力とする。
基礎	矩形	緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎	基準地震動 $S_s-1$ $S_s-2$ $S_s-3$ $S_s-4$ $S_s-5$	添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」の評価結果を用いるため、 $S_s-1$ ～ $S_s-5$ を包絡した地震力とする。

### 3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討

#### 3.6.1 概要

地下部分の耐震壁は、「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位であり、水平 2 方向の地震力の影響を受ける。

検討は、建屋規模が大きく、重要な施設を内包する緊対棟を評価対象構造物として、地震力を水平 2 方向及び鉛直方向から作用させた場合の検討を行う。

緊対棟は、第 6 保管エリアに配置されており、加圧設備棟及び燃料設備棟とともに、同一基礎版上に設置された構造物である。

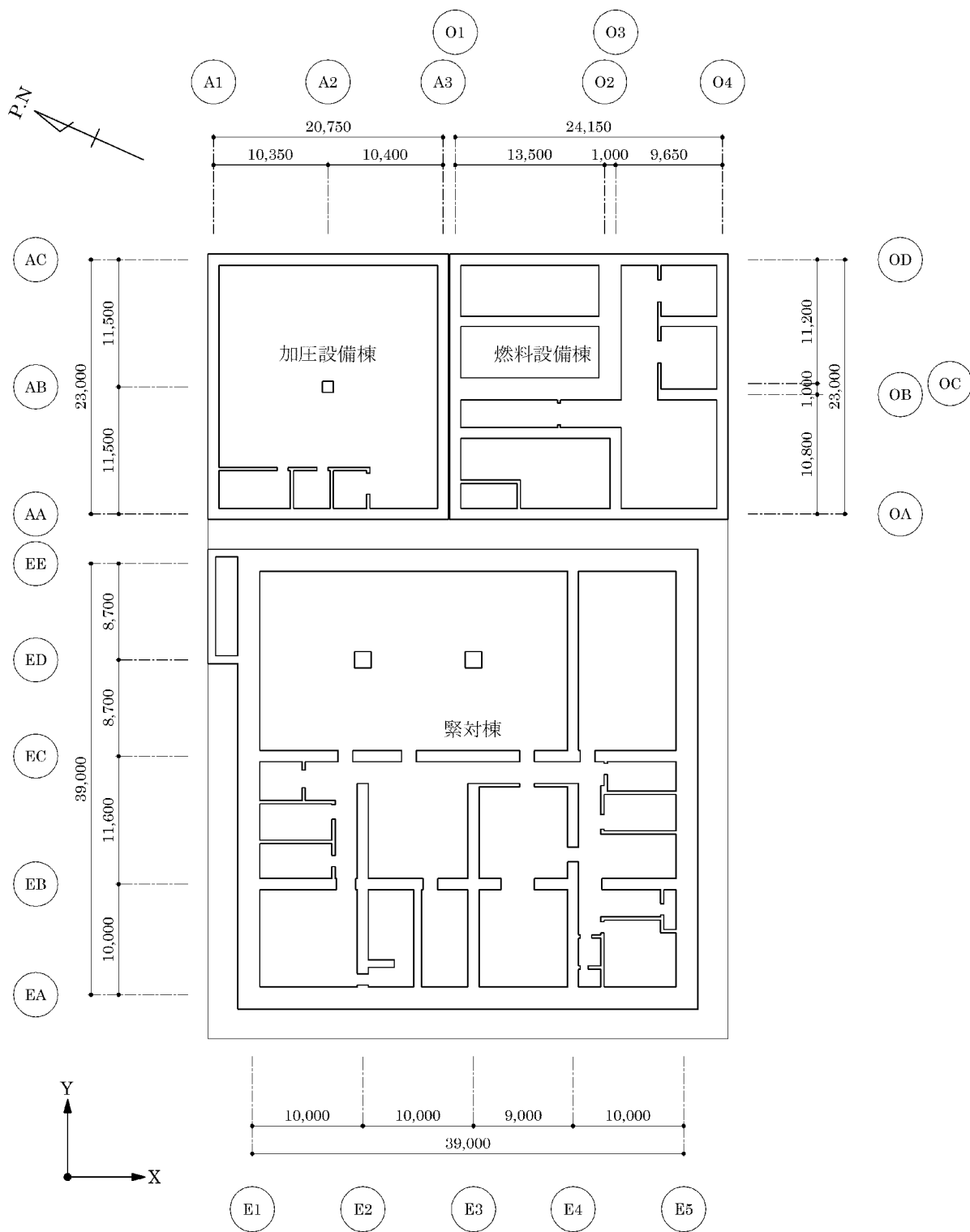
ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

主要構造は、地上 2 階、地下 2 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X 方向約 39m、Y 方向約 39m であり、地上高さは約 19m、埋込深さは約 18m である。

緊対棟の概略配置図を第 3.6-1 図、概略平面図及び概略断面図を第 3.6-2 図及び第 3.6-3 図に示す。

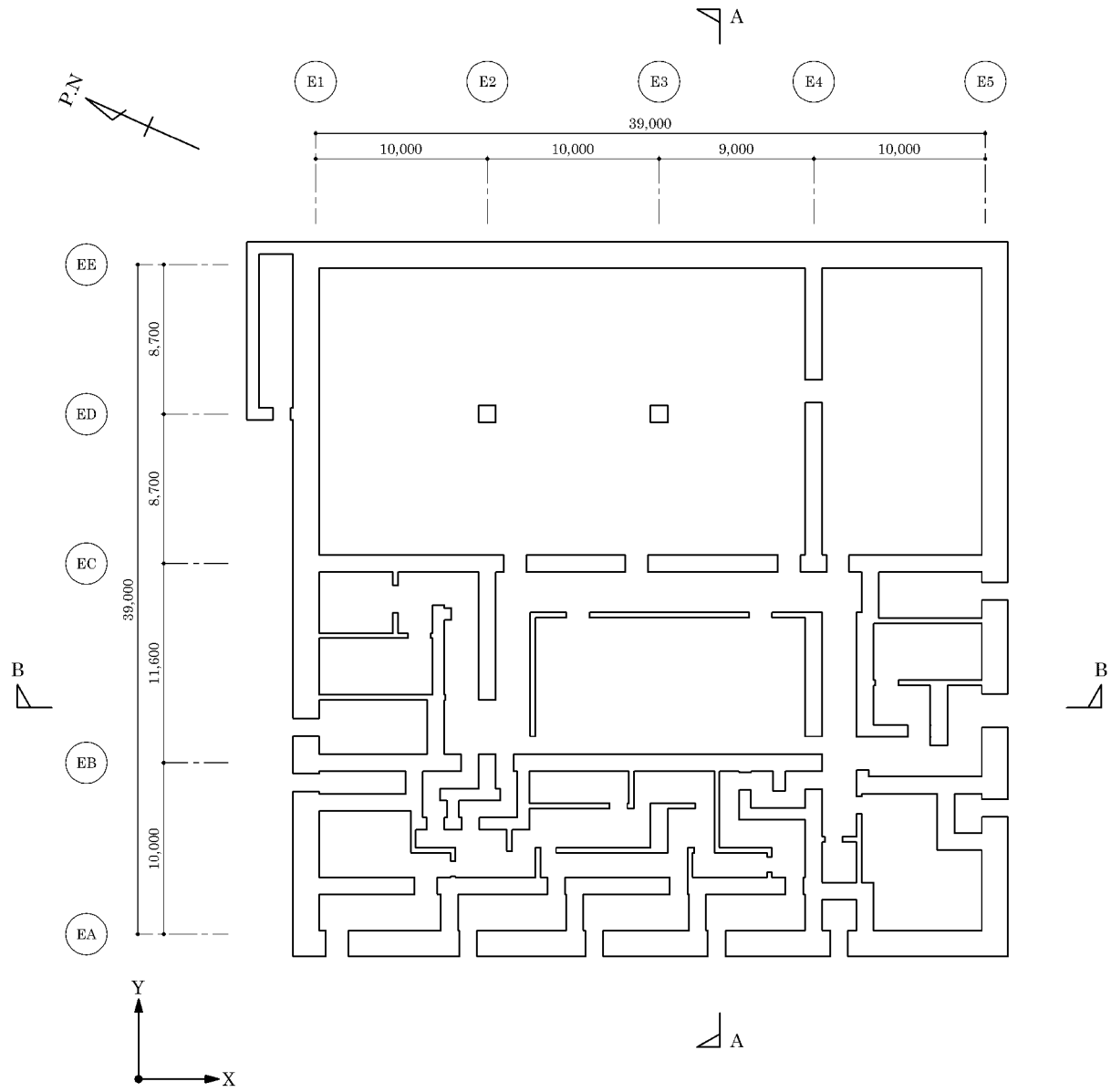


(mm)



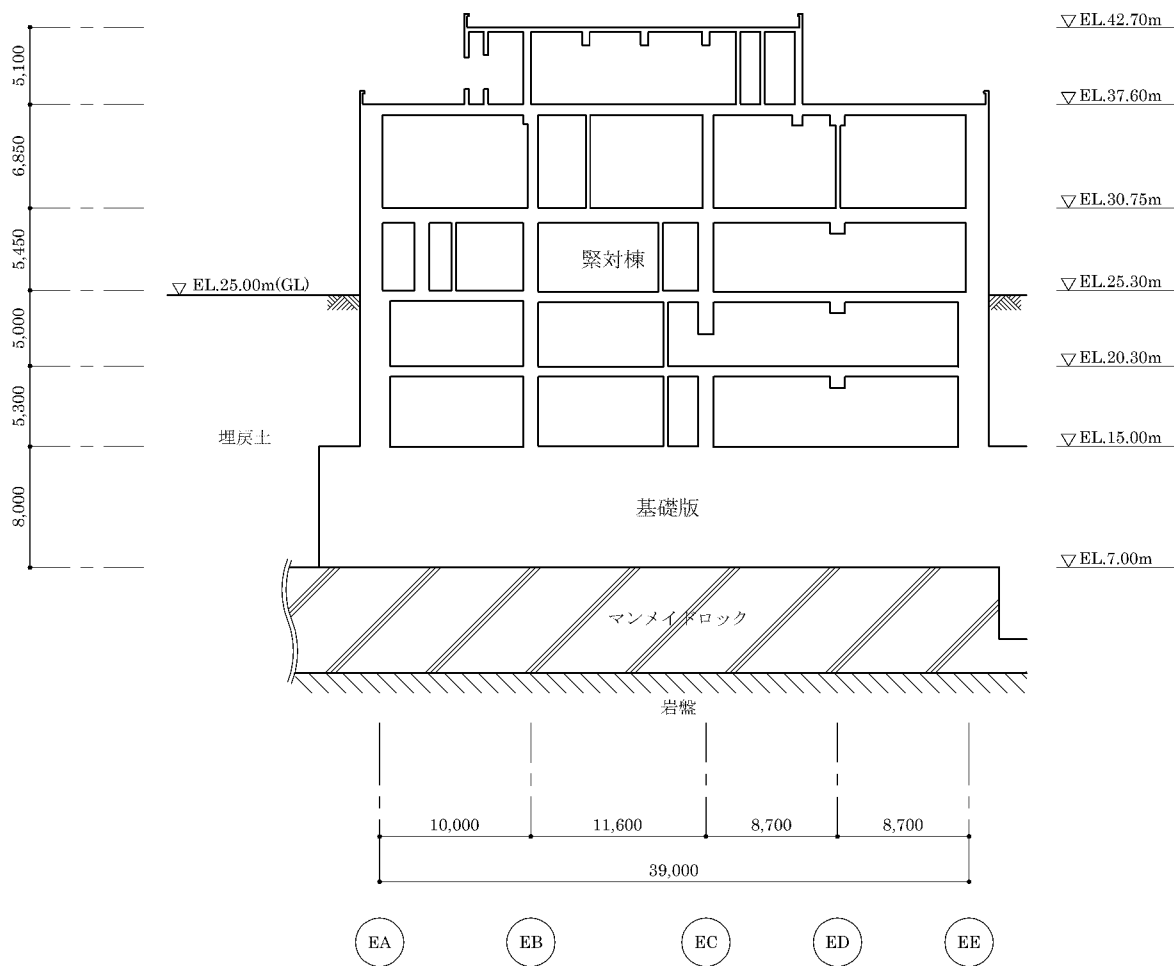
第 3.6-1 図 緊対棟の概略配置図 (地下 2 階)

(mm)



第 3.6-2 図 緊対棟の概略平面図(EL.25.30m)

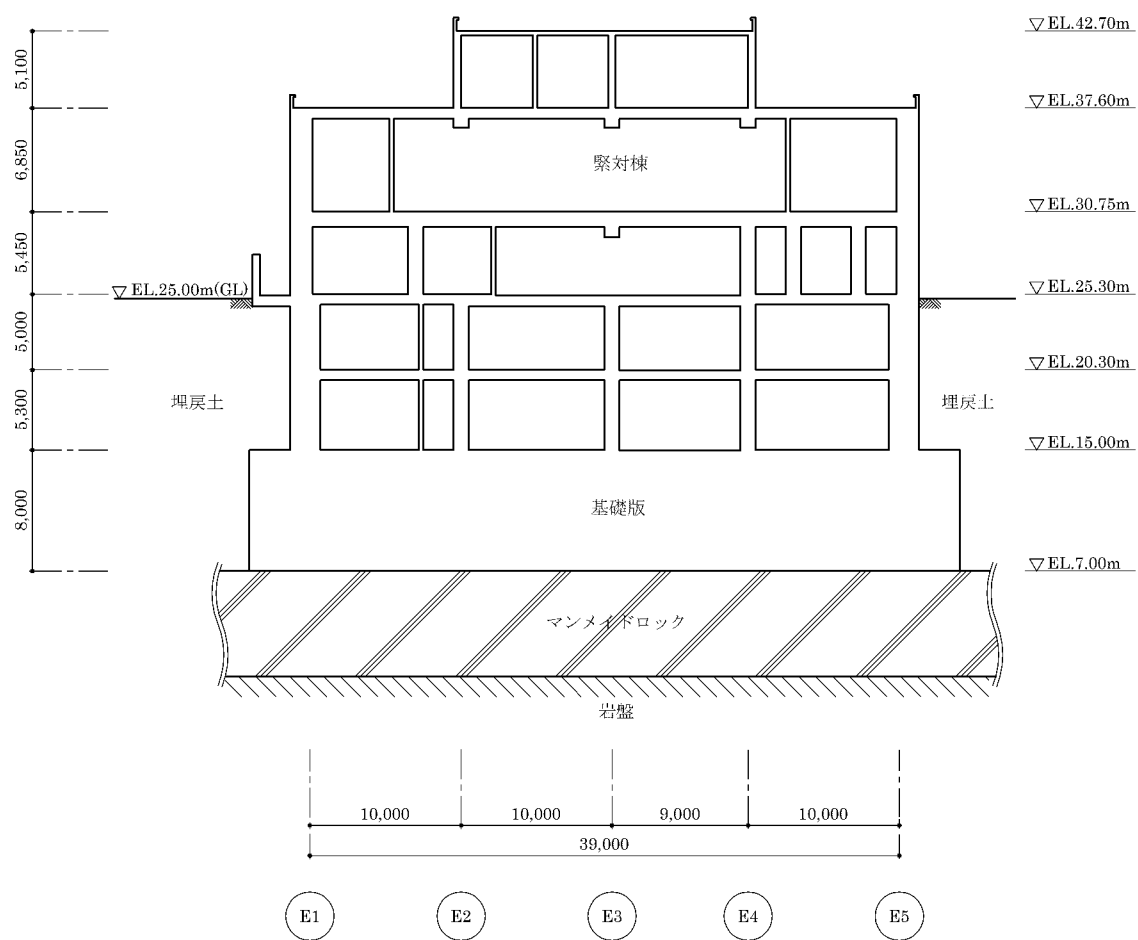
(mm)



(a) A-A 断面

第 3.6-3 図 緊対棟の概略断面図(1/2)

(mm)



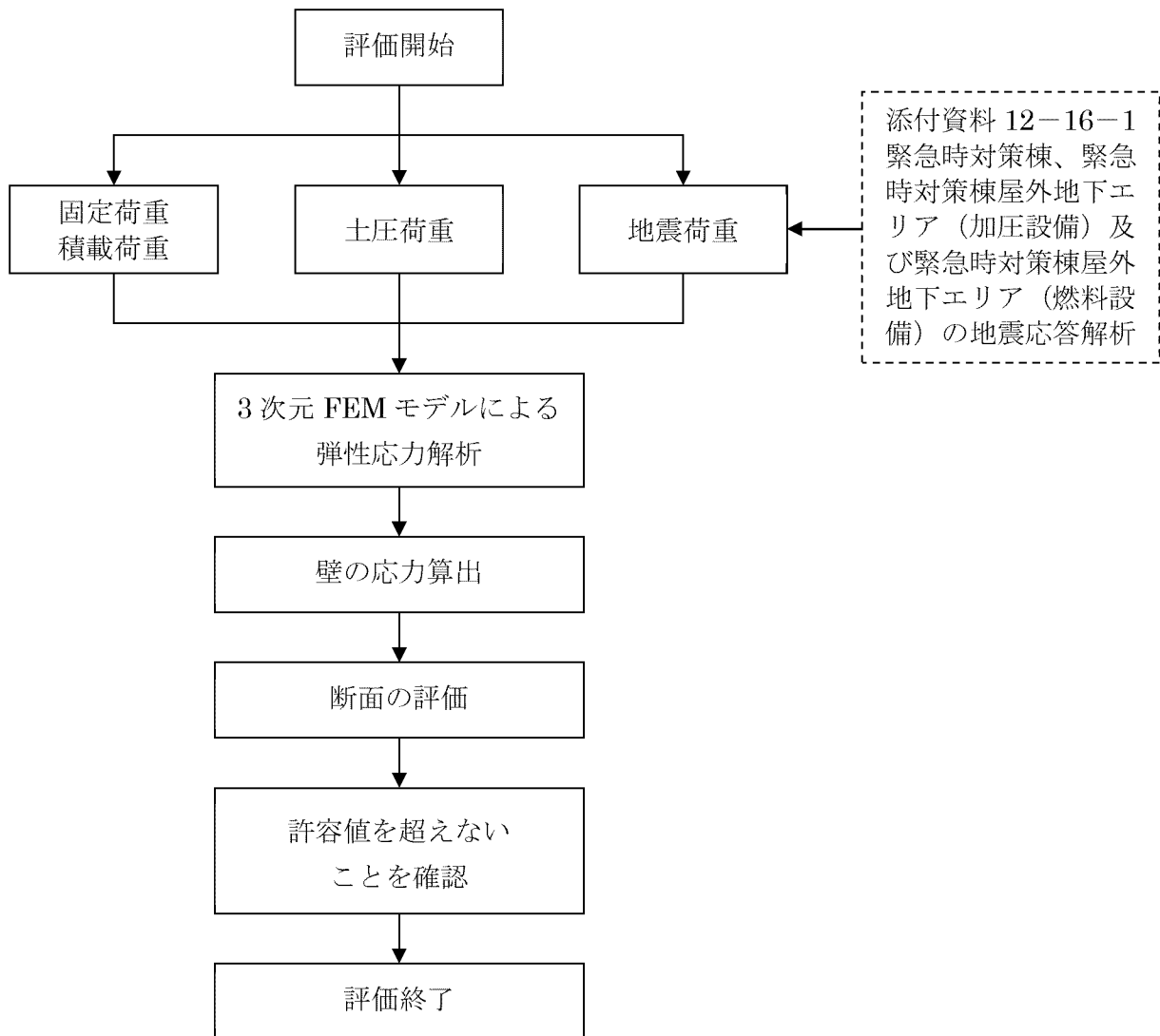
(b) B-B断面

第 3.6-3 図 緊対棟の概略断面図(2/2)

### 3.6.2 検討方針

「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位である緊対棟の地下外壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を行う。基準地震動 Ss による地震力が作用する状態（以下「Ss 地震時」という。）を対象として、土圧を受ける EE 通り及び E1 通りの壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。

緊対棟の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討フローを第 3.6-4 図に示す。



第 3.6-4 図 緊対棟の検討フロー

### 3.6.3 荷重及び荷重の組合せ

#### (1) 荷 重

##### a. 固定荷重 D 及び積載荷重 L

固定荷重は、屋根、床、壁及び基礎版の躯体重量及び仕上げ重量を考慮する。固定荷重を第 3.6-1 表に示す。

積載荷重は、床、屋根及び基礎版の単位面積当たりの積載荷重に加えて、機器荷重及び配管荷重を考慮する。積載荷重を第 3.6-2 表に示す。

第 3.6-1 表 固定荷重

部位	荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	備考
壁、床、屋根、 基礎版	24.0 <sup>(注)</sup> t+W	t : コンクリートの厚さ(m) W : 仕上げ重量(kN/m <sup>2</sup> )

(注) 鉄筋コンクリートの単位体積重量

第 3.6-2 表 積載荷重

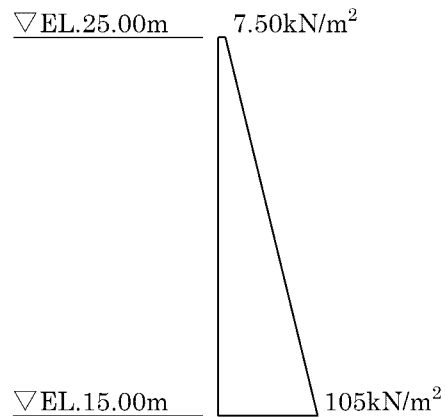
(単位 : kN/m<sup>2</sup>)

部位		荷重
屋根	緊対棟	0.7+機器荷重+配管荷重
	加圧設備棟、燃料設備棟	15.0 <sup>(注)</sup> +機器荷重+配管荷重
床、基礎版		0.5+機器荷重+配管荷重

(注) 地表面上載荷重を含む

b. 常時土圧荷重  $E_0$

常時土圧荷重は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）」（以下「JEAG4601-1991 追補版」という。）に基づき算出する。常時土圧による荷重分布を第 3.6-5 図に示す。



第 3.6-5 図 常時土圧による荷重分布

c. 地震荷重  $K_s$ 、 $E_s$

地震荷重として、 $S_s$  地震荷重及び地震時増分土圧荷重を考慮する。

$S_s$  地震荷重は、添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による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。）を考慮した基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 3.6-3 表に示す。



第 3.6-3 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 <sup>4</sup>	

第 3.6-3 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 <sup>4</sup>	

第 3.6-3 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 <sup>4</sup>	

第 3.6-3 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 <sup>4</sup>	

(a) Ss 地震荷重 Ks

水平地震力及び鉛直方向地震力は、基準地震動 Ss-1～Ss-5 により算出される動的地震力を包絡して設定する。Ss 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力及び最大応答軸力を第 3.6-4 表及び第 3.6-5 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

- ①  $1.0 \times X$  方向地震力 +  $0.4 \times Y$  方向地震力 +  $0.4 \times$  鉛直地震力
- ②  $0.4 \times X$  方向地震力 +  $1.0 \times Y$  方向地震力 +  $0.4 \times$  鉛直地震力
- ③  $0.4 \times X$  方向地震力 +  $0.4 \times Y$  方向地震力 +  $1.0 \times$  鉛直地震力

但し、本検討が水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価を目的としているため、①及び②の鉛直方向地震力の係数 0.4 のケースに対して検討を行う。

第 3.6-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力 (Ss 地震時) (1/2) (注)  
(単位:  $\times 10^5 \text{kN}$ )

部位	部材 番号	X 方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2x	Ss-3x	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.433	0.0892	0.155	0.155	0.185	0.228	0.447
	②	1.95	0.487	0.855	0.921	0.904	1.09	2.01
	③	3.20	0.902	1.56	1.79	1.54	1.87	3.30
	④	3.86	1.19	2.06	2.51	1.99	2.32	3.98
	⑤	4.17	1.40	2.43	3.12	2.47	2.57	4.30
加圧 設備棟	⑥	0.295	0.0925	0.162	0.208	0.245	0.292	0.305
	⑦	0.463	0.150	0.268	0.356	0.404	0.450	0.477
燃料 設備棟	⑧	0.244	0.0865	0.147	0.226	0.207	0.257	0.265
	⑨	0.457	0.165	0.283	0.433	0.400	0.466	0.481

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 3.6-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力 (Ss 地震時) (2/2) (注)  
(単位:  $\times 10^5 \text{kN}$ )

部位	部材 番号	Y 方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2y	Ss-3y	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.395	0.135	0.255	0.157	0.203	0.230	0.408
	②	1.93	0.721	1.41	0.912	1.02	1.13	1.99
	③	3.17	1.29	2.60	1.77	1.75	1.93	3.27
	④	3.84	1.68	3.45	2.45	2.18	2.36	3.96
	⑤	4.20	1.97	4.10	3.04	2.45	2.58	4.35
加圧 設備棟	⑥	0.234	0.117	0.185	0.190	0.200	0.245	0.253
	⑦	0.384	0.199	0.316	0.329	0.341	0.381	0.409
燃料 設備棟	⑧	0.278	0.134	0.211	0.233	0.235	0.308	0.318
	⑨	0.505	0.251	0.400	0.441	0.444	0.530	0.547

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 3.6-5 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力 (Ss 地震時)<sup>(注)</sup>

(単位 :  $\times 10^5 \text{kN}$ )

部位	部材 番号	鉛直方向					設計用 地震力
		Ss-1v	Ss-2UD	Ss-3UD	Ss-4v	Ss-5UD	
緊対棟	①	0.0777	0.0374	0.0714	0.0719	0.131	0.135
	②	0.463	0.222	0.432	0.424	0.759	0.783
	③	0.920	0.443	0.860	0.834	1.48	1.53
	④	1.31	0.635	1.23	1.18	2.06	2.13
	⑤	1.68	0.812	1.57	1.48	2.55	2.63
加圧 設備棟	⑥	0.105	0.0533	0.104	0.0903	0.145	0.150
	⑦	0.186	0.0959	0.189	0.161	0.255	0.263
燃料 設備棟	⑧	0.123	0.0623	0.123	0.104	0.154	0.160
	⑨	0.241	0.123	0.244	0.205	0.303	0.313

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

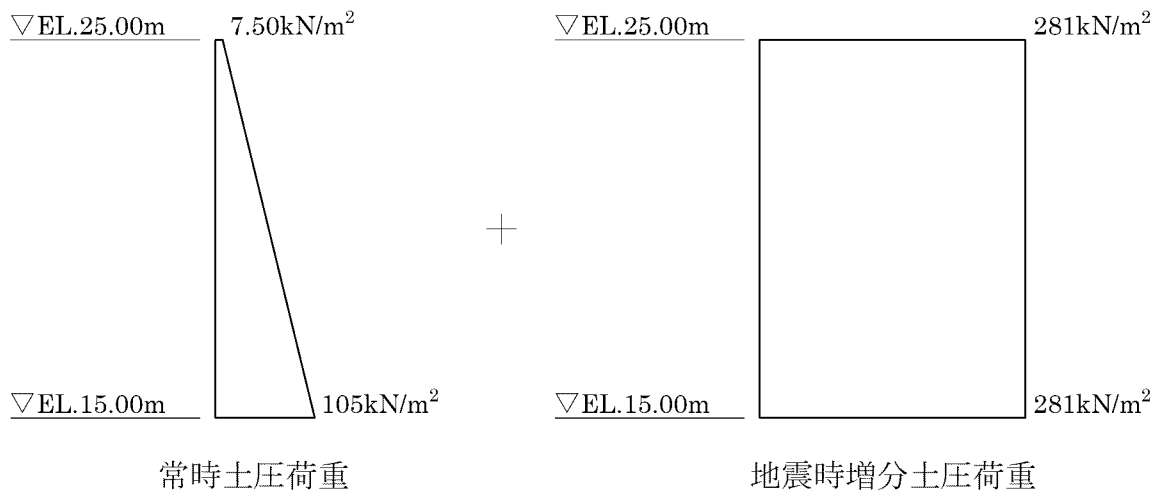
(b) 地震時増分土圧荷重  $E_s$

地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版により算出する。  
Ss 地震時の設計用増分土圧荷重を第 3.6-6 表、地震時土圧による荷重分布を第 3.6-6 図に示す。

第 3.6-6 表 Ss 地震時の設計用増分土圧荷重

(単位 :  $\text{kN/m}^2$ )

高さ (m)	Ss 地震時増分土圧荷重
EL.25.00~ EL.15.00	281



第 3.6-6 図 地震時土圧による荷重分布

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、添付資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 3.6-7 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

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。

第 3.6-7 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	D+L+E <sub>0</sub> +K <sub>s</sub> +E <sub>s</sub>

D : 固定荷重

L : 積載荷重

E<sub>0</sub> : 常時土圧荷重

K<sub>s</sub> : Ss 地震荷重 (水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

E<sub>s</sub> : 地震時増分土圧荷重

### 3.6.4 使用材料の許容応力度

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 3.6-8 表及び第 3.6-9 表に示す。

第 3.6-8 表 コンクリートの許容応力度  
(単位 : N/mm<sup>2</sup>)

部位	設計基準強度 Fc	短期	
		圧縮	せん断
EL.15.00m より上部	30.0	20.0	1.18

第 3.6-9 表 鉄筋の許容応力度  
(単位 : N/mm<sup>2</sup>)

鉄筋種類	短期	
	引張 圧縮	せん断
SD345	345	345



### 3.6.5 評価方法

#### (1) 解析モデル

##### a. モデル化の基本方針

###### (a) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。解析モデルは、添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」で構築したモデルを使用する。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

###### (b) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、柱及びはりをはり要素、壁、床及び屋根並びに基礎版の一部をシェル要素、基礎版をソリッド要素でモデル化する。メッシュの分割は、1m～2m 幅を基本とする。解析モデルを第 3.6-7 図に示す。解析モデルの節点数は 25,856、要素数は 34,634 である。

##### b. 境界条件

JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により評価した地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。また、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについて、基礎浮上りによって基礎と地盤の界面に引張力が作用する部分は、応力を伝達しないものとする。

###### (a) 水平方向の地盤ばね

添付資料 12-16-1 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kh_i = \frac{A_i}{\Sigma A_i} K_h$$

ここで、

$kh_i$  : 各節点位置の水平ばね

$A_i$  : 各節点の支配面積

$\Sigma A_i$  : 基礎版の面積

$K_h$  : 添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばね

(b) 鉛直方向の地盤ばね

添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルによる回転ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。鉛直方向の地盤反力係数は、X 方向及び Y 方向のうち、地震力が支配的となる方向（組合せ係数法の組合せ係数が 1.0 となる方向）の回転ばねより算出する。

$$kv_i = kv \cdot A_i$$

$$kv = \frac{K_R}{I}$$

ここで、

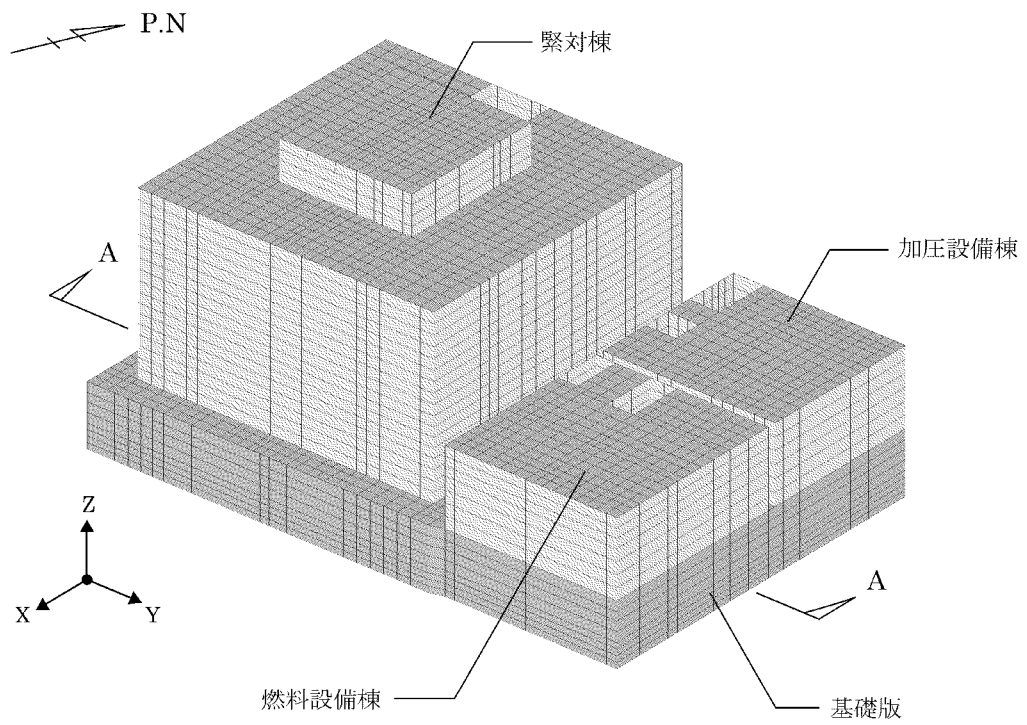
$kv_i$  : 各節点位置の鉛直ばね

$kv$  : 地盤反力係数

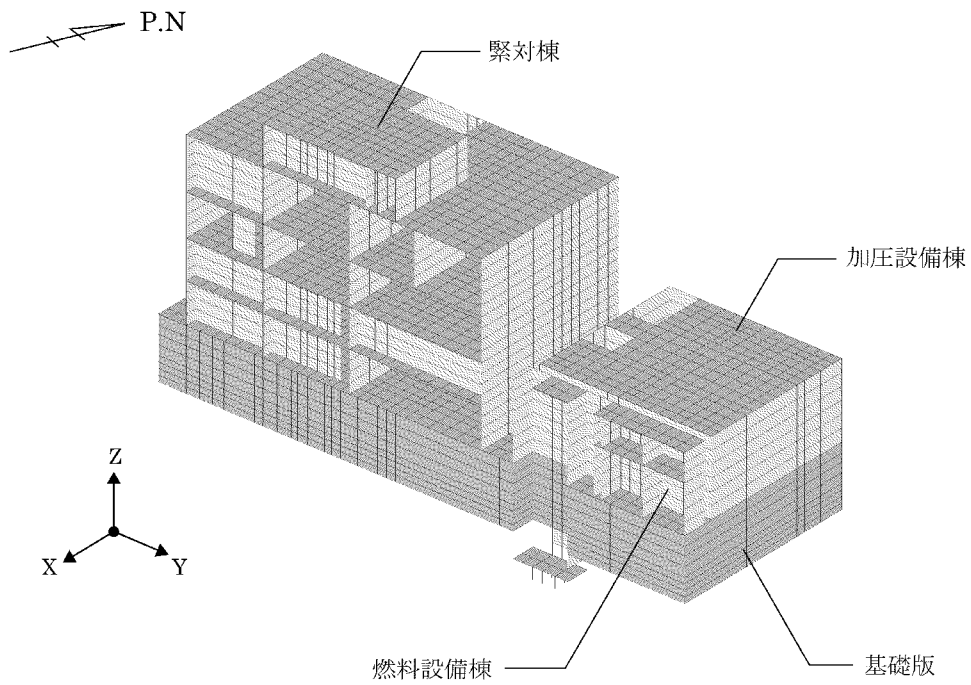
$A_i$  : 各節点の支配面積

$K_R$  : 添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの回転ばね

$I$  : 基礎版の断面二次モーメント



(a) 全体



(b) A-A 断面

第 3.6-7 図 解析モデル (鳥瞰図)

(2) 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 3.6-10 表及び第 3.6-11 表に示す。

第 3.6-10 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 <sup>4</sup>	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 <sup>4</sup>	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 <sup>4</sup>	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27 × 10 <sup>4</sup>	0.2
基礎版		24.0	2.27 × 10 <sup>4</sup>	0.2

第 3.6-11 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 F <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	345	2.05 × 10 <sup>5</sup>

(3) 応力解析方法

緊対棟の壁は、Ss 地震時に対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

a. 荷重ケース

Ss 地震時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E<sub>0</sub> : 常時土圧荷重

K<sub>SX</sub> : Ss 地震荷重 (X 方向)

K<sub>SY</sub> : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K<sub>SUD</sub> : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E<sub>SX</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E<sub>SY</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、米国 Regulatory Guide 1.92<sup>(注)</sup>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)に基づいて評価する。荷重の組合せケースは、本検討が水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価を目的としているため、鉛直方向地震力の係数 0.4 のケースに対して検討を行う。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第 3.6-12 表に示す。

また、参考として、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対しても検討を行う。水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第 3.6-13 表に示す。

荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

第 3.6-12 表 荷重の組合せケース (水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	3	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	4	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	5	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	6	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	8	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}+0.4E_{SY}$
	9	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	10	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	11	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	12	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	13	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	14	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	15	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$
	16	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+0.4E_{SX}+1.0E_{SY}$

第 3.6-13 表 荷重の組合せケース (水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	101	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	102	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	103	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	104	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	105	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	106	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	107	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	108	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	109	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	110	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	111	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	112	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	113	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	114	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	115	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	116	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$

c. 荷重の入力方法

(a) 固定荷重及び積載荷重

固定荷重は、3次元 FEM モデルの各要素に、材料の単位体積重量に基づく重量を与える。また、仕上げ重量等の固定荷重及び積載荷重は、各層の壁及び床に対する分布荷重として入力する。

(b) 地震荷重

イ 水平方向

水平地震力は、第 3.6-4 表に示す最大応答せん断力に基づき設定した水平力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

ロ 鉛直方向

鉛直地震力は、第 3.6-5 表に示す最大応答軸力に基づき設定した鉛直力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

(c) 土圧荷重

土圧荷重は、第 3.6-5 図及び第 3.6-6 図に示す土圧荷重分布をもとに、壁に対して分布荷重として入力する。

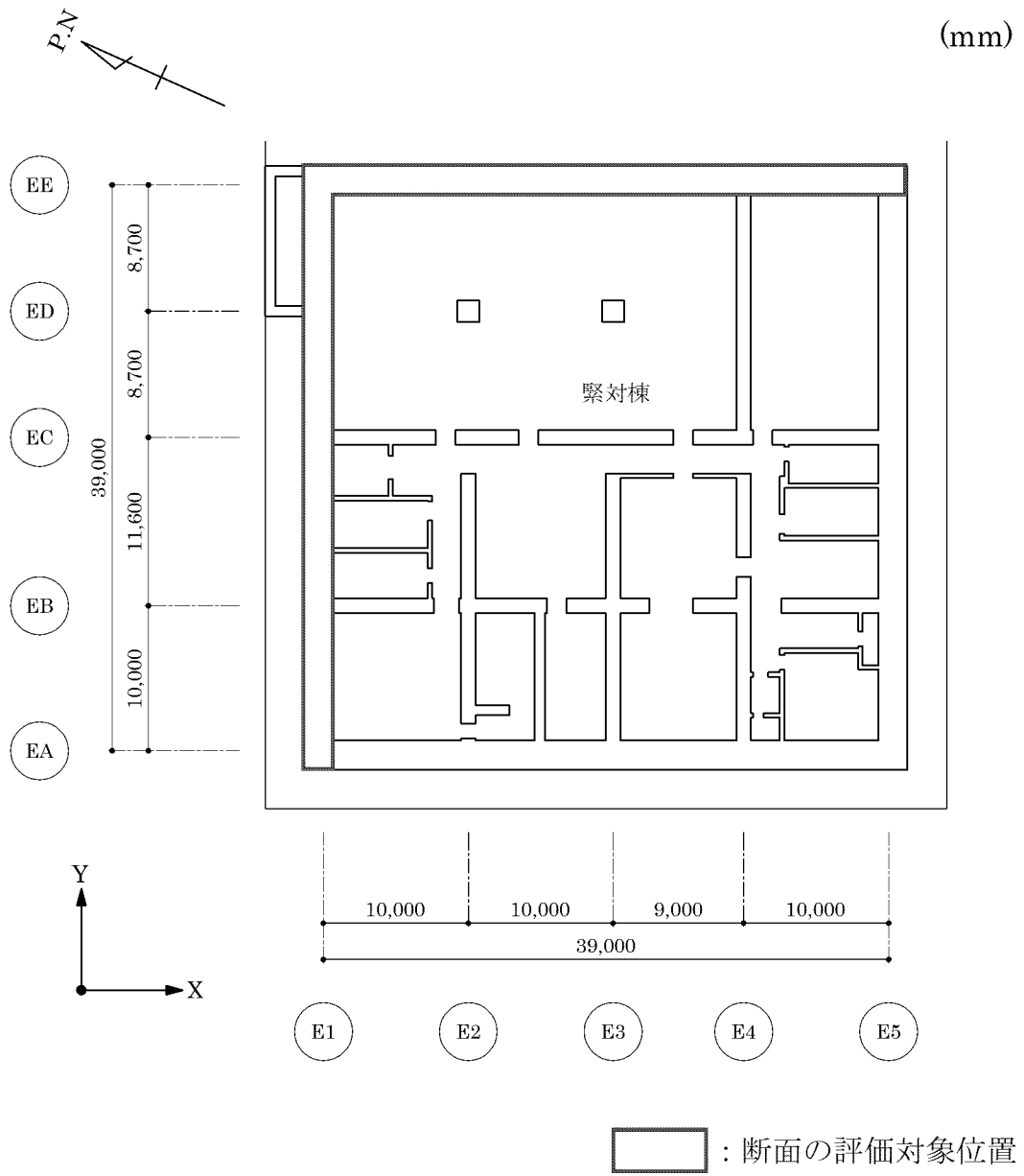


#### (4) 断面の評価方法

断面の評価対象位置を第 3.6-8 図に示す。「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位に対して水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価を目的としていることから、土圧を受ける壁を対象とし、添付資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」における断面の評価結果（検定値）が最も厳しい EE 通り及び E1 通りの壁を、断面の評価対象位置とする。

断面の評価は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）」（以下「RC-N 規準」という。）に基づき、壁に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3.6-8 図 断面の評価対象位置

- a. 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法  
 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 $a_t$ を算出する。

また、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 $p_s$ から必要鉄筋量 $a_s$ を算出する。必要せん断補強筋比 $p_s$ は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{s_t f_t}$$

ここで、

- $p_s$  : 必要せん断補強筋比
- $s_t f_t$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : せん断応力度(=Q/A)(N/mm<sup>2</sup>)
  - $Q$  : 設計用水平せん断力(N)
  - $A$  : 断面積(mm<sup>2</sup>)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 $a_g$ が、設計配筋量 $a_g'$ を超えないことを確認する。必要鉄筋量は、縦筋方向及び横筋方向各々について、算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

- b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

壁に生じる面外せん断応力度 $\tau$ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。短期許容せん断応力度 $\tau_A$ は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

$\tau_A$  : 短期許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$Q_A$  : 短期許容せん断力(N)

$A$  : 断面積(=  $b \cdot j$ )(mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 割増係数であり、次式により計算した値  
( $1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント(N・mm)

$Q$  : せん断力(N)

$d$  : 断面の有効せい(mm)

$f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$b$  : 材の幅(mm)

$j$  : 材の応力中心間距離(=  $\frac{7}{8}d$ ) (mm)

但し、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 $Q_A$ は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$  : せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比

### 3.6.6 評価結果

緊対棟の壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した Ss 地震時における応力解析結果を示す。また、壁の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 3.6-12 表に示す荷重組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

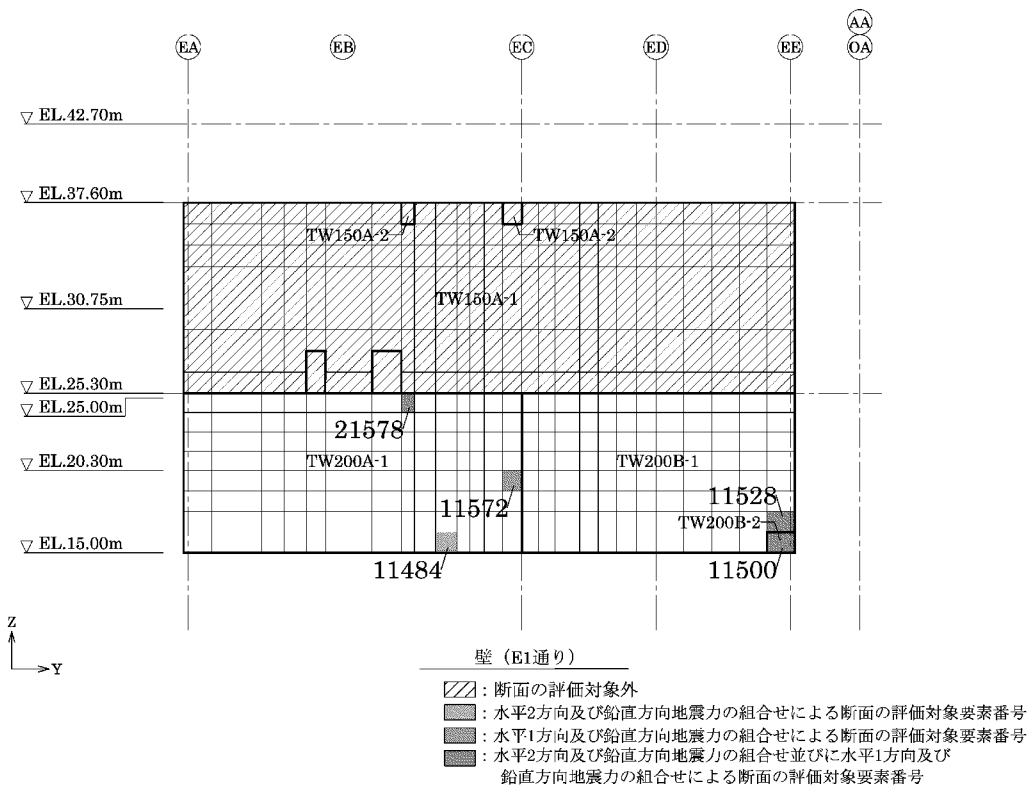
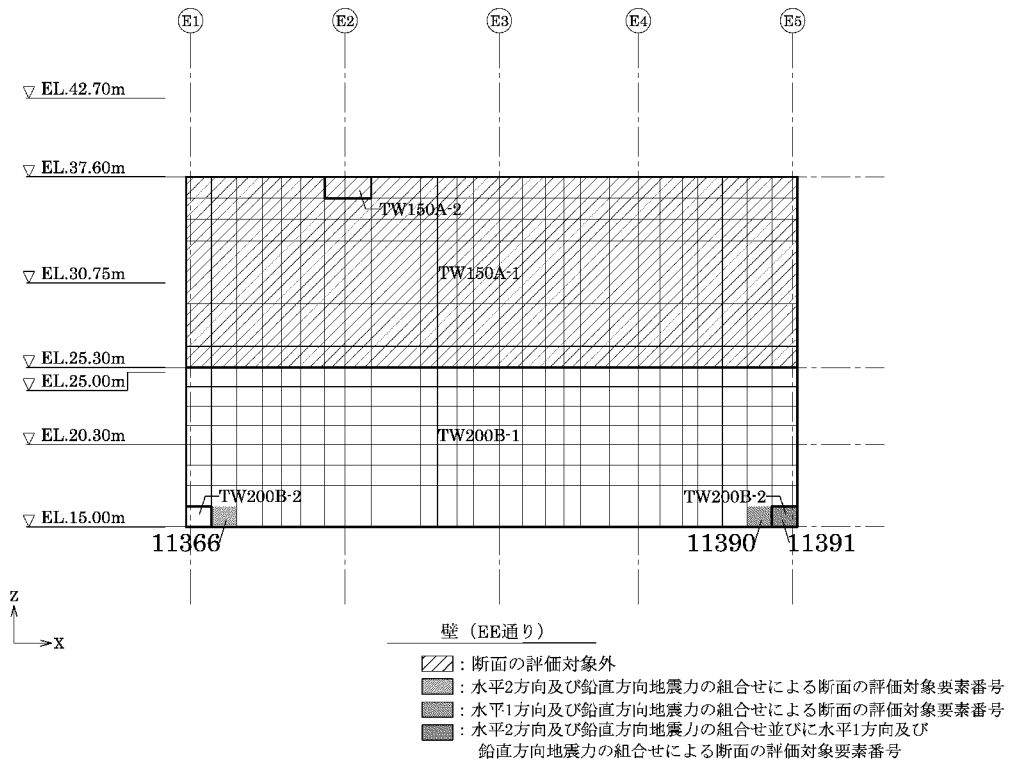
断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁の断面の評価対象要素番号を第 3.6-9 図、分類領域ごとの配筋を第 3.6-14 表に示す。

壁の応力の方向を第 3.6-10 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する評価結果を第 3.6-15 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 3.6-16 表に示す。また、断面の評価結果には、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる結果も併せて示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力の検定値は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.88（領域 TW200B-1）であり、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.80（領域 TW200B-1）である。面外せん断応力度の検定値は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて 0.78（領域 TW200B-1）であり、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.76（領域 TW200B-1）となり、増加傾向であることを確認している。

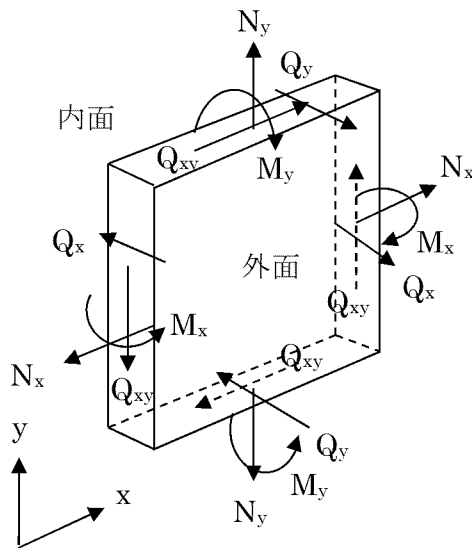
以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟の壁が有する耐震性への影響はないことを確認した。



第 3.6-9 図 断面の評価対象要素番号

第 3.6-14 表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW200A-1	2,000	両側共	縦筋	2 段 D38@200	11,400	—
				横筋	2 段 D38@200	11,400	
	TW200B-1	2,000	両側共	縦筋	2.5 段 D38@200	14,250	—
				横筋	2.5 段 D38@200	14,250	
	TW200B-2	2,000	両側共	縦筋	2.5 段 D38@200 + 1 段 D38@200	19,950	—
				横筋	2.5 段 D38@200	14,250	



$N_x, N_y$  : 軸力 (引張 : +)  
 $M_x, M_y$  : 曲げモーメント (内面引張 : +)  
 $Q_{xy}$  : 面内せん断力  
 $Q_x, Q_y$  : 面外せん断力  
 (x 方向は横筋方向、y 方向は縦筋方向)

第 3.6-10 図 応力の方向

第 3.6-15 表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 $a_g'$ (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW200A-1	21578	縦筋	13	2,166	-138	-3,237	8,126	11,400	0.72	可
	TW200B-1	11528	縦筋	11	5,376	21	3,236	12,530	14,250	0.88	可
	TW200B-2	11500	縦筋	12	6,788	-355	3,707	16,041	19,950	0.81	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 $a_g'$ (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW200A-1	21578	縦筋	105	2,128	-143	-2,507	7,021	11,400	0.62	可
	TW200B-1	11528	縦筋	107	4,220	12	3,539	11,274	14,250	0.80	可
	TW200B-2	11500	縦筋	107	5,378	-59	4,002	13,733	19,950	0.69	可



第 3.6-16 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
壁	TW200A-1	11484	縦筋	4	0.848	2.36	0.36	可
	TW200B-1	11366	縦筋	11	0.911	1.18	0.78	可
	TW200B-2	11391	縦筋	15	0.805	1.18	0.69	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
壁	TW200A-1	11572	横筋	103	0.832	2.36	0.36	可
	TW200B-1	11390	縦筋	107	0.896	1.18	0.76	可
	TW200B-2	11391	縦筋	107	0.728	1.18	0.62	可

### 3.6.7 検討のまとめ

地下部分の耐震壁は、「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位であり、水平 2 方向の地震力の影響を受けることから、緊対棟の壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。

その結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないこと、面内せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

また、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力の検定値、面外せん断応力度の検定値は、増加傾向であることを確認した。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟の壁が有する耐震性への影響はないことを確認した。

### 3.7 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎（矩形の基礎版）の検討

#### 3.7.1 概要

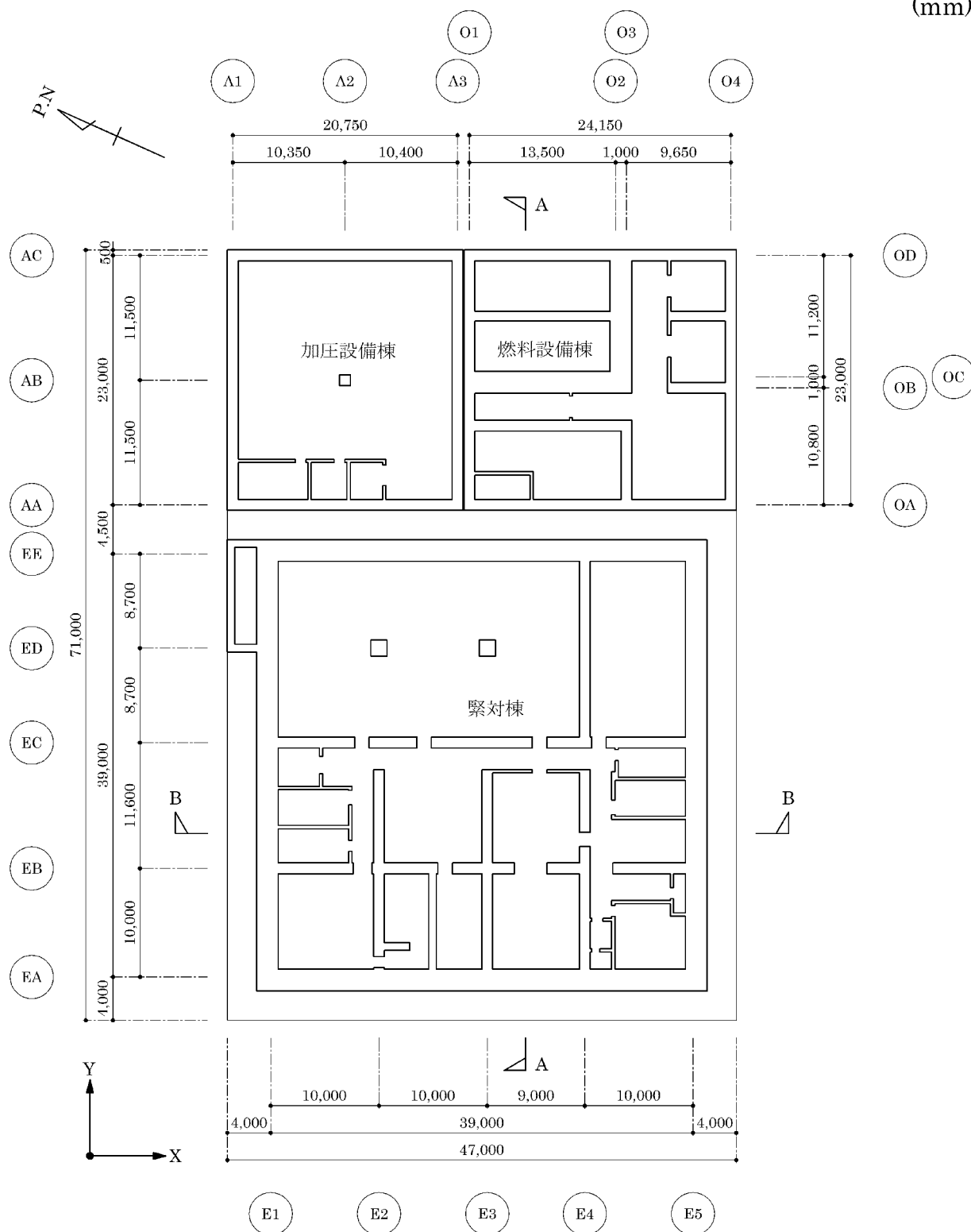
矩形の基礎版は、「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位であり、隅部等に応力が集中する可能性がある。

検討は、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎を評価対象構造物として、基礎版に対して地震力を水平 2 方向及び鉛直方向から作用させた場合の検討を行う。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の主要構造は、平面形状が X 方向約 47m、Y 方向約 71m、厚さが約 8.0m の鉄筋コンクリート造べた基礎であり、岩盤上のマンメイドロックに設置している。

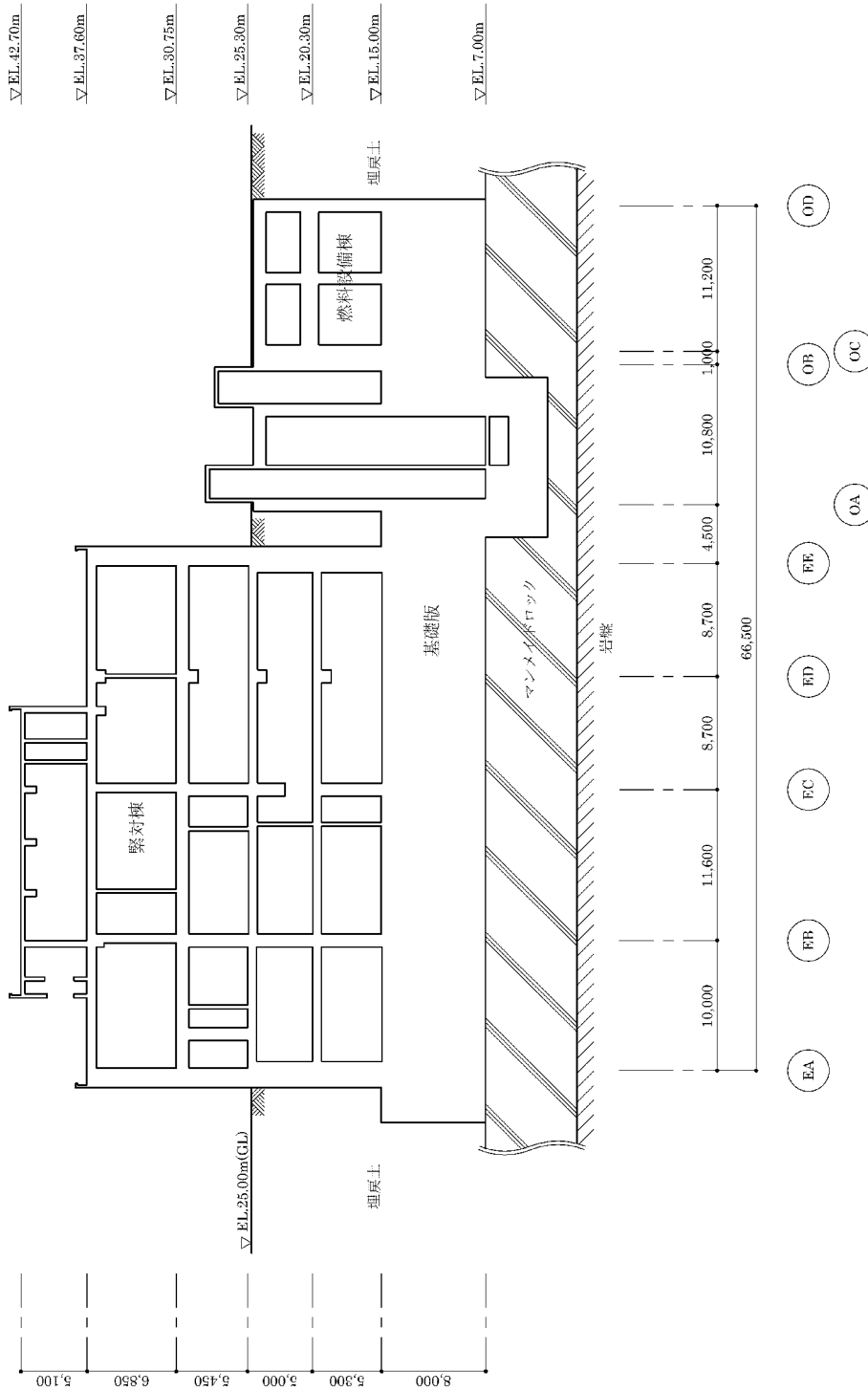
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図及び概略断面図を第 3.7-1 図及び第 3.7-2 図に示す。

(mm)



第 3.7-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)

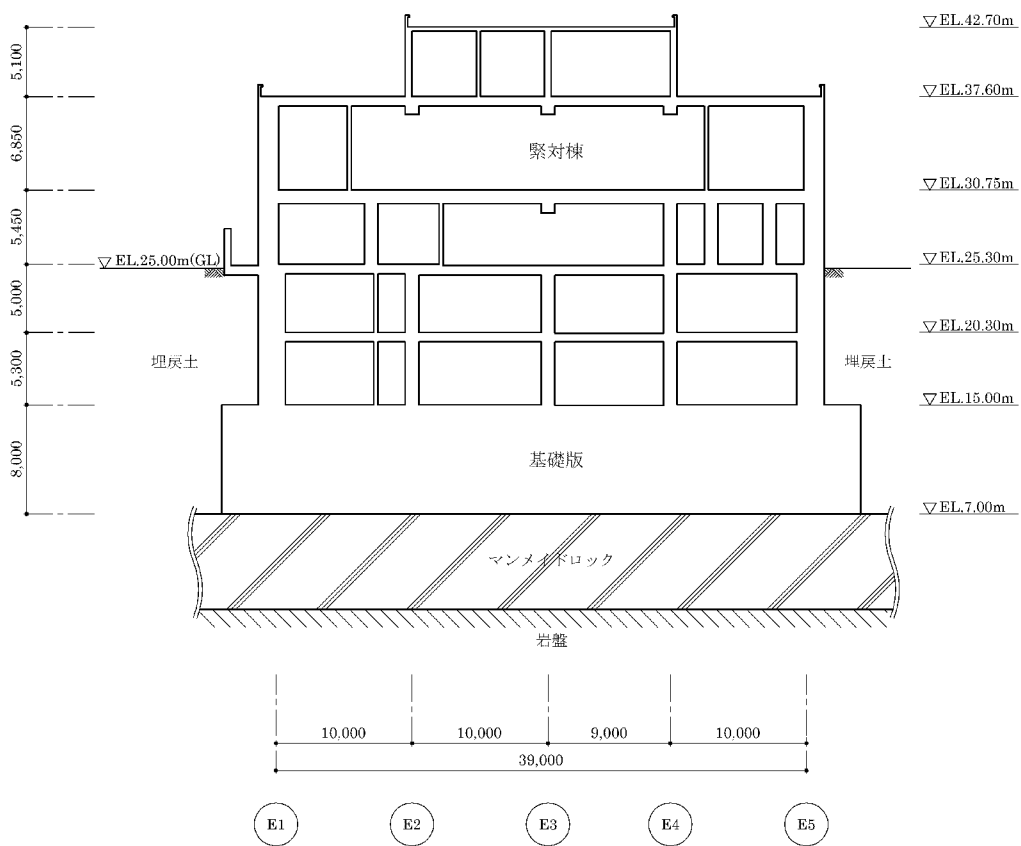
(mm)



(a) A-A 断面

第 3.7-2 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略断面図(1/2)

(mm)



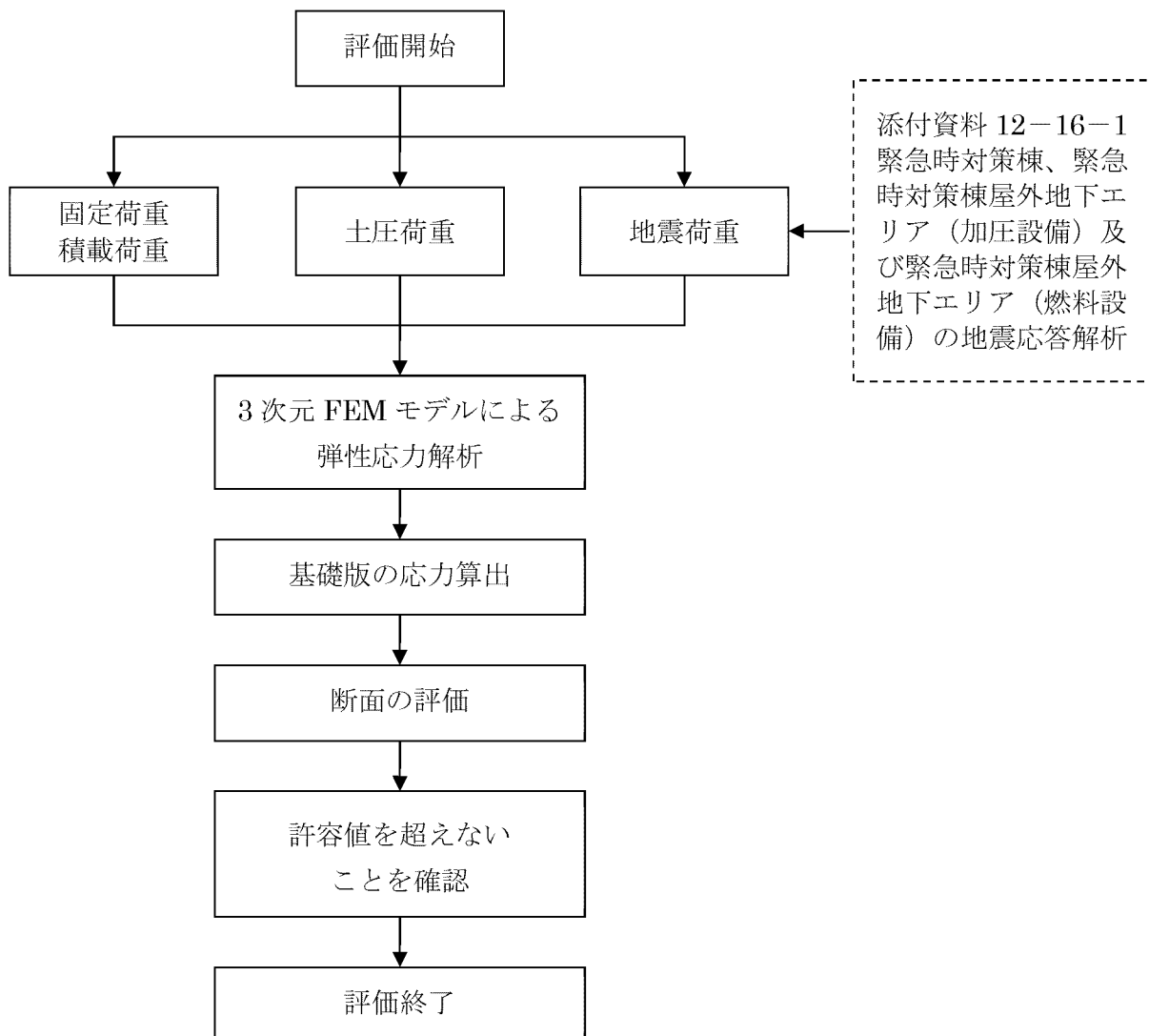
(b) B-B 断面

第 3.7-2 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略断面図(2/2)

### 3.7.2 検討方針

「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位である緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。基準地震動  $S_s$  による地震力を水平 2 方向及び鉛直方向に作用させ、基礎版に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価する。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討フローを第 3.7-3 図に示す。



第 3.7-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の検討フロー

### 3.7.3 荷重及び荷重の組合せ

#### (1) 荷 重

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、固定荷重、積載荷重、常時土圧荷重及び地震荷重を考慮する。荷重は、「3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討」の「3.6.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重とする。

#### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、添付資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 3.7-1 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

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。

第 3.7-1 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	$D+L+E_0+K_s+E_s$

D : 固定荷重

L : 積載荷重

$E_0$  : 常時土圧荷重

$K_s$  : Ss 地震荷重（水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ）

$E_s$  : 地震時増分土圧荷重



### 3.7.4 使用材料の許容応力度

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 3.7-2 表及び第 3.7-3 表に示す。

第 3.7-2 表 コンクリートの許容応力度

(単位 :  $\text{N/mm}^2$ )

設計基準強度 $F_c$	短期	
	圧縮	せん断
24.0	16.0	1.09

第 3.7-3 表 鉄筋の許容応力度

(単位 :  $\text{N/mm}^2$ )

鉄筋種類	短期	
	引張 圧縮	せん断
SD345	345	345

### 3.7.5 評価方法

#### (1) 解析モデル

解析モデルは、「3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討」の「3.6.5 評価方法」に示すモデルとし、添付資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」で構築したモデルを使用する。

#### (2) 解析諸元

解析諸元は、「3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討」の「3.6.5 評価方法」に示す解析諸元とする。

#### (3) 応力解析方法

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、Ss 地震時に対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

##### a. 荷重ケース

Ss 地震時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E<sub>0</sub> : 常時土圧荷重

K<sub>SX</sub> : Ss 地震荷重 (X 方向)

K<sub>SY</sub> : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K<sub>SUD</sub> : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E<sub>SX</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E<sub>SY</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

##### b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、米国 Regulatory Guide1.92<sup>(注)</sup>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)に基づいて評価する。荷重の組合せケースは、本検討が水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価を目的としているため、鉛直方向地震力の係数 0.4 のケースに対して検討を行う。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第 3.7-4 表に示す。

また、参考として、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対しても検討を行う。水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第 3.7-5 表に示す。

荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

c. 荷重の入力方法

荷重の入力方法は、「3.6 緊対棟（土圧等が作用する壁）の検討」の「3.6.5 評価方法」に示す方法とする。

第 3.7-4 表 荷重の組合せケース (水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	3	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	4	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	5	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX} + 0.4E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	11	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	12	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	13	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 0.4E_{SX} + 1.0E_{SY}$

第 3.7-5 表 荷重の組合せケース（水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ）

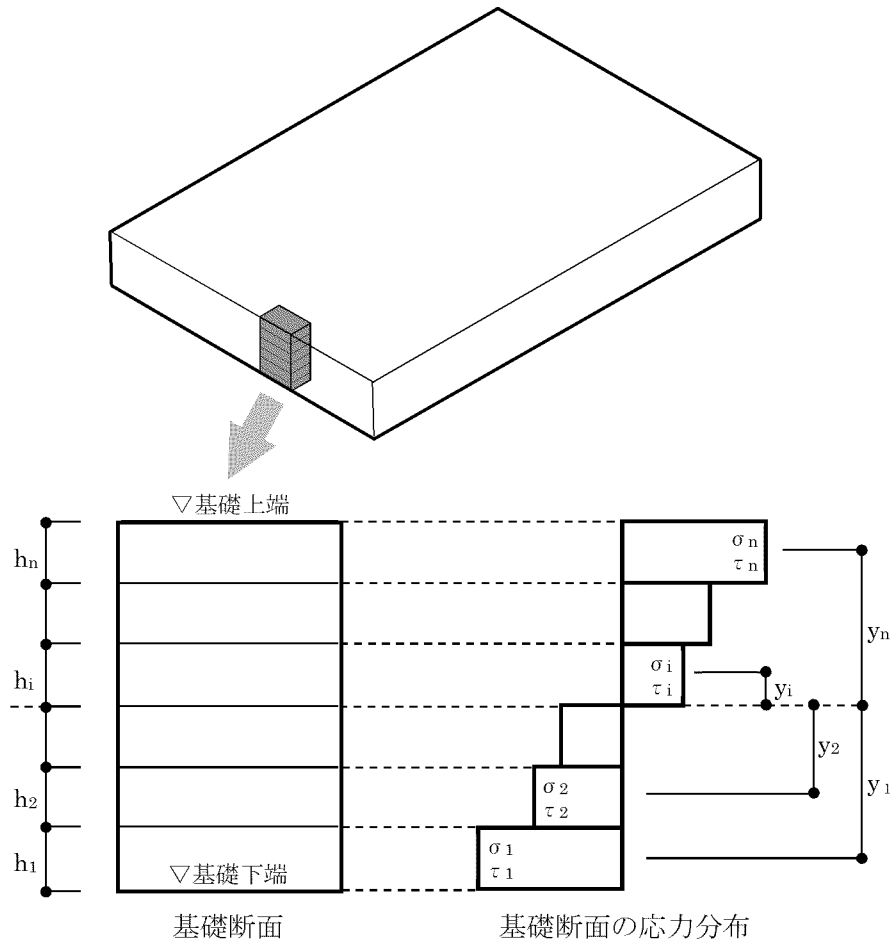
	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	101	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	102	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	103	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	104	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	105	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	106	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	107	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	108	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	109	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	110	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	111	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	112	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	113	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	114	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	115	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	116	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$

(4) 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、基礎版の断面に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

ソリッド要素については、応力解析から得られた **FEM** 要素の応力を、軸力、曲げモーメント、面内せん断力及び面外せん断力の断面力に変換し、断面の評価を行う。断面力評価方法を第 3.7-4 図に示す。

断面の評価には、解析コード「**FEDM**」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



軸力 
$$N = \sum_{i=1}^n (\sigma_i \cdot h_i)$$

曲げモーメント 
$$M = \sum_{i=1}^n (\sigma_i \cdot h_i \cdot y_i)$$

せん断力 
$$Q = \sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot h_i)$$

ここで、

- $\sigma_i$  : ソリッド要素の軸方向応力度
- $h_i$  : 要素厚
- $y_i$  : 断面中心から要素中心までの距離
- $\tau_i$  : ソリッド要素のせん断応力度

第 3.7-4 図 断面力評価方法

- a. 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法  
 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

基礎版の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 $a_t$ を算出する。

また、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 $p_s$ から必要鉄筋量 $a_s$ を算出する。必要せん断補強筋比 $p_s$ は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_t}$$

ここで、

$p_s$  : 必要せん断補強筋比

$f_t$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度(=Q/A)(N/mm<sup>2</sup>)

Q : 設計用水平せん断力(N)

A : 断面積(mm<sup>2</sup>)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 $a_g$ が、設計配筋量 $a_g'$ を超えないことを確認する。必要鉄筋量 $a_g$ は、X方向及びY方向各々について、算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$



b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

基礎版に生じる面外せん断応力度 $\tau$ が短期許容せん断応力度 $\tau_A$ を超えないことを確認する。短期許容せん断応力度 $\tau_A$ は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

$\tau_A$  : 短期許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$Q_A$  : 短期許容せん断力(N)

$A$  : 断面積(=  $b \cdot j$ )(mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 割増係数であり、次式により計算した値

( $1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント(N・mm)

$Q$  : せん断力(N)

$d$  : 断面の有効せい(mm)

$f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$b$  : 材の幅(mm)

$j$  : 材の応力中心間距離(=  $\frac{7}{8}d$ ) (mm)

但し、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 $Q_A$ は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$  : せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比

### 3.7.6 評価結果

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した Ss 地震時における応力解析結果を示す。また、基礎版の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 3.7-4 表に示す荷重組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

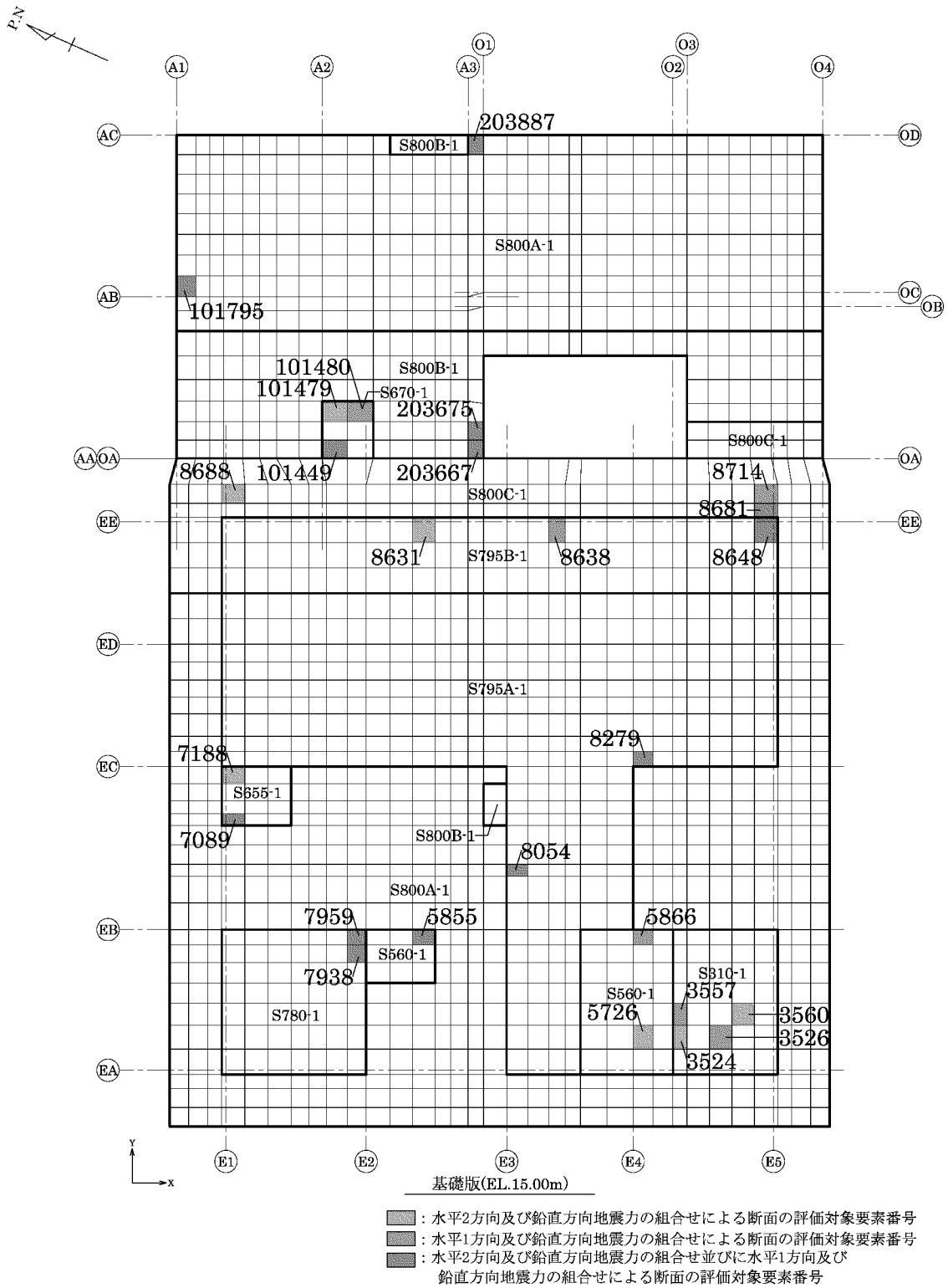
断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。基礎版の断面の評価対象要素番号を第 3.7-5 図、分類領域ごとの配筋を第 3.7-6 表に示す。また、第 3.7-5 図(a)の要素番号は、断面の評価用に集約して設定した要素番号である。

基礎版の応力の方向を第 3.7-6 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 3.7-7 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 3.7-8 表に示す。また、断面の評価結果には、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる結果も併せて示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

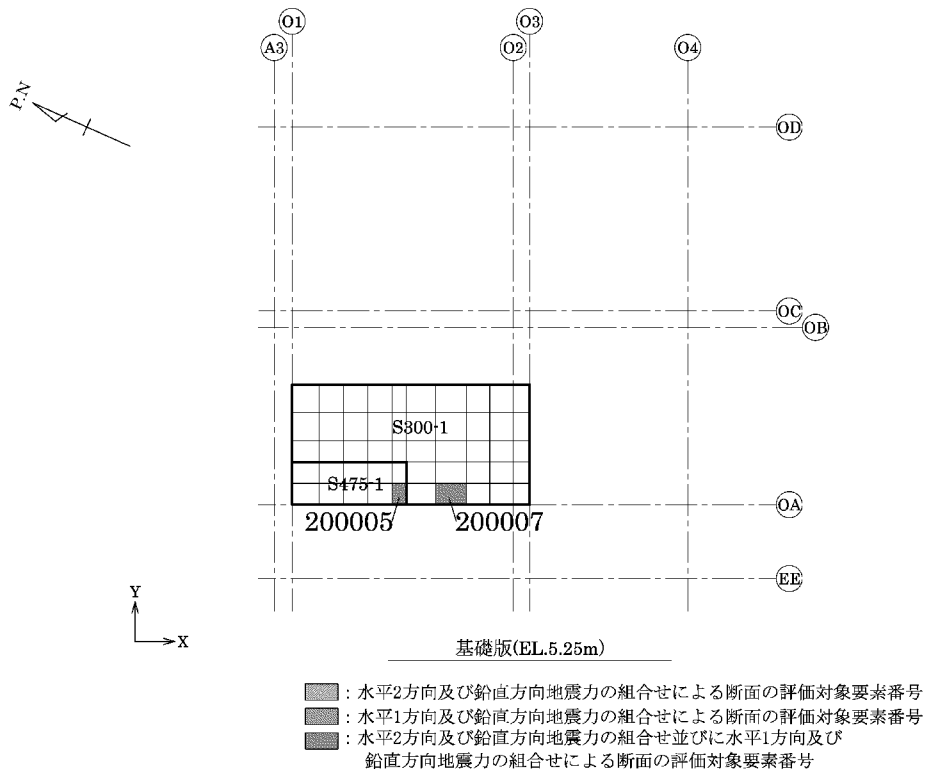
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力の検定値は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.62 (領域 S800A-1) であり、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.58 (領域 S800A-1) である。面外せん断応力度の検定値は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.78 (領域 S800C-1) であり、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、0.60 (領域 S800C-1) となり、増加傾向であることを確認している。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎が有する耐震性への影響はないことを確認した。



(a) EL.15.00m

第 3.7-5 図 断面の評価対象要素番号(1/2)

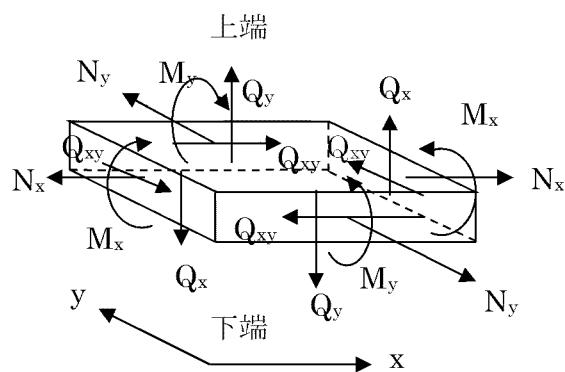


(b) EL.5.25m

第 3.7-5 図 断面の評価対象要素番号(2/2)

第 3.7-6 表 分類領域ごとの配筋

領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
		位置	方向			
S800A-1	8,000	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S800B-1	8,000	上端、 下端共	X	3 段 D38@200	17,100	—
			Y	3 段 D38@200	17,100	
S800C-1	8,000	上端、 下端共	X	4 段 D38@200	22,800	—
			Y	6 段 D38@200	34,200	
S795A-1	7,950	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S795B-1	7,950	上端、 下端共	X	4 段 D38@200	22,800	—
			Y	6 段 D38@200	34,200	
S780-1	7,800	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S670-1	6,700	上端、 下端共	X	3 段 D38@200	17,100	—
			Y	3 段 D38@200	17,100	
S655-1	6,550	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S560-1	5,600	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S475-1	4,750	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S310-1	3,100	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	
S300-1	3,000	上端、 下端共	X	2 段 D38@200	11,400	—
			Y	2 段 D38@200	11,400	



- $N_x, N_y$  : 軸力 (引張: +)  
 $M_x, M_y$  : 曲げモーメント (下端引張: +)  
 $Q_{xy}$  : 面内せん断力  
 $Q_x, Q_y$  : 面外せん断力

第 3.7-6 図 応力の方向

第 3.7-7 表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	設計 配筋量 $a_g'$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	検定値	判定
				N ( $\text{kN}/\text{m}$ )	M ( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ )	Qxy ( $\text{kN}/\text{m}$ )				
S800A-1	101795	Y	1	3,106	6,067	-98	7,000	11,400	0.62	可
S800B-1	203675	Y	3	3,546	9,085	669	8,967	17,100	0.53	可
S800C-1	8681	Y	16	5,077	-22,216	-1,797	17,000	34,200	0.50	可
S795A-1	8054	X	13	215	8,003	895	3,540	11,400	0.32	可
S795B-1	8648	Y	16	1,161	-10,853	-2,393	6,307	34,200	0.19	可
S780-1	7938	X	13	786	4,032	563	2,824	11,400	0.25	可
S670-1	101479	Y	11	1,460	3,393	1,429	3,822	17,100	0.23	可
S655-1	7089	Y	2	924	2,906	-633	2,809	11,400	0.25	可
S560-1	5855	X	13	1,355	2,658	177	3,563	11,400	0.32	可
S475-1	200005	Y	15	1,153	-2,882	-741	3,733	11,400	0.33	可
S310-1	3560	Y	4	211	-1,806	-679	2,318	11,400	0.21	可
S300-1	200007	Y	15	767	-1,763	-929	3,189	11,400	0.28	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	設計 配筋量 $a_g'$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	検定値	判定
				N ( $\text{kN}/\text{m}$ )	M ( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ )	Qxy ( $\text{kN}/\text{m}$ )				
S800A-1	101795	Y	102	3,215	4,533	105	6,525	11,400	0.58	可
S800B-1	203675	Y	101	2,361	4,885	-524	5,480	17,100	0.33	可
S800C-1	8681	Y	107	5,051	-19,085	-1,810	15,637	34,200	0.46	可
S795A-1	8054	X	105	1,002	6,688	-273	4,177	11,400	0.37	可
S795B-1	8648	Y	108	1,448	-8,289	-1,589	5,667	34,200	0.17	可
S780-1	7938	X	105	1,007	3,761	-286	3,059	11,400	0.27	可
S670-1	101480	Y	101	703	1,850	-978	1,980	17,100	0.12	可
S655-1	7089	Y	102	1,200	1,530	193	2,509	11,400	0.23	可
S560-1	5855	X	105	1,581	2,215	-310	3,624	11,400	0.32	可
S475-1	200005	Y	107	605	-2,247	-238	2,465	11,400	0.22	可
S310-1	3526	X	108	199	-1,661	-385	2,138	11,400	0.19	可
S300-1	200007	Y	107	492	-1,398	-390	2,348	11,400	0.21	可

第 3.7-8 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
S800A-1	203887	X	1	1.50	2.18	0.69	可
S800B-1	203667	Y	13	0.876	2.18	0.41	可
S800C-1	8688	Y	13	1.68	2.18	0.78	可
S795A-1	8279	X	3	1.08	2.18	0.50	可
S795B-1	8631	X	5	0.700	2.18	0.33	可
S780-1	7959	X	7	0.916	2.18	0.43	可
S670-1	101449	Y	13	0.573	2.18	0.27	可
S655-1	7188	Y	13	0.592	2.18	0.28	可
S560-1	5726	X	3	0.877	2.18	0.41	可
S475-1	200005	Y	9	0.795	2.18	0.37	可
S310-1	3524	X	3	1.22	2.18	0.56	可
S300-1	200007	Y	9	1.17	2.18	0.54	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
S800A-1	203887	X	101	1.41	2.18	0.65	可
S800B-1	203667	Y	105	0.787	2.18	0.37	可
S800C-1	8714	Y	105	1.30	2.18	0.60	可
S795A-1	8279	X	101	1.03	2.18	0.48	可
S795B-1	8638	X	101	0.594	2.18	0.28	可
S780-1	7959	X	103	0.905	2.18	0.42	可
S670-1	101449	Y	105	0.435	2.18	0.20	可
S655-1	7089	Y	106	0.436	2.18	0.20	可
S560-1	5866	X	101	0.873	2.18	0.41	可
S475-1	200005	Y	105	0.746	2.18	0.35	可
S310-1	3557	X	101	1.07	2.18	0.50	可
S300-1	200007	Y	105	1.01	2.18	0.47	可



### 3.7.7 検討のまとめ

矩形の基礎版は、水平 2 方向の地震動入力に対して、「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位であり、隅部等に応力が集中する可能性があることから、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。

その結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないこと、面外せん断応力度が短期許容応力度を超えないことを確認した。

また、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力の検定値、面外せん断応力度の検定値は、増加傾向であることを確認した。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎が有する耐震性への影響はないことを確認した。

### 3.8 まとめ

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の検討を行った。

はじめに、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の全ての部位から、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が懸念される部位を想定される応答特性に基づいて抽出した。水平 2 方向の荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングにおいて、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、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎を抽出した。

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」する部位として、緊対棟の地下外壁を抽出した。

3 次元的応答特性によるスクリーニングにおいて、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位の 2 つの応答特性について着目して抽出した。その結果、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」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位として、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が必要な部位は抽出されなかった。

また、3 次元的な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を含め、耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3 次元 FEM モデルによる精査を行った。精査した結果、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を行う必要がある部位は抽出されなかった。

次に、スクリーニングにより抽出された建物・構築物のうち、緊対棟の壁及び緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の検討を行った。

その結果、緊対棟の壁及び緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

また、機器・配管系への影響の可能性のある部位については、抽出されなかった。

補足説明資料 7-5 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の  
居住性評価に係る条件とその耐震性について

緊急時対策所（緊急時対策棟内）（以下「緊急時対策所」という。）の居住性については、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）第七十六条に基づき居住性評価を行い、実効線量が7日間で100mSvを超えないことを確認している。

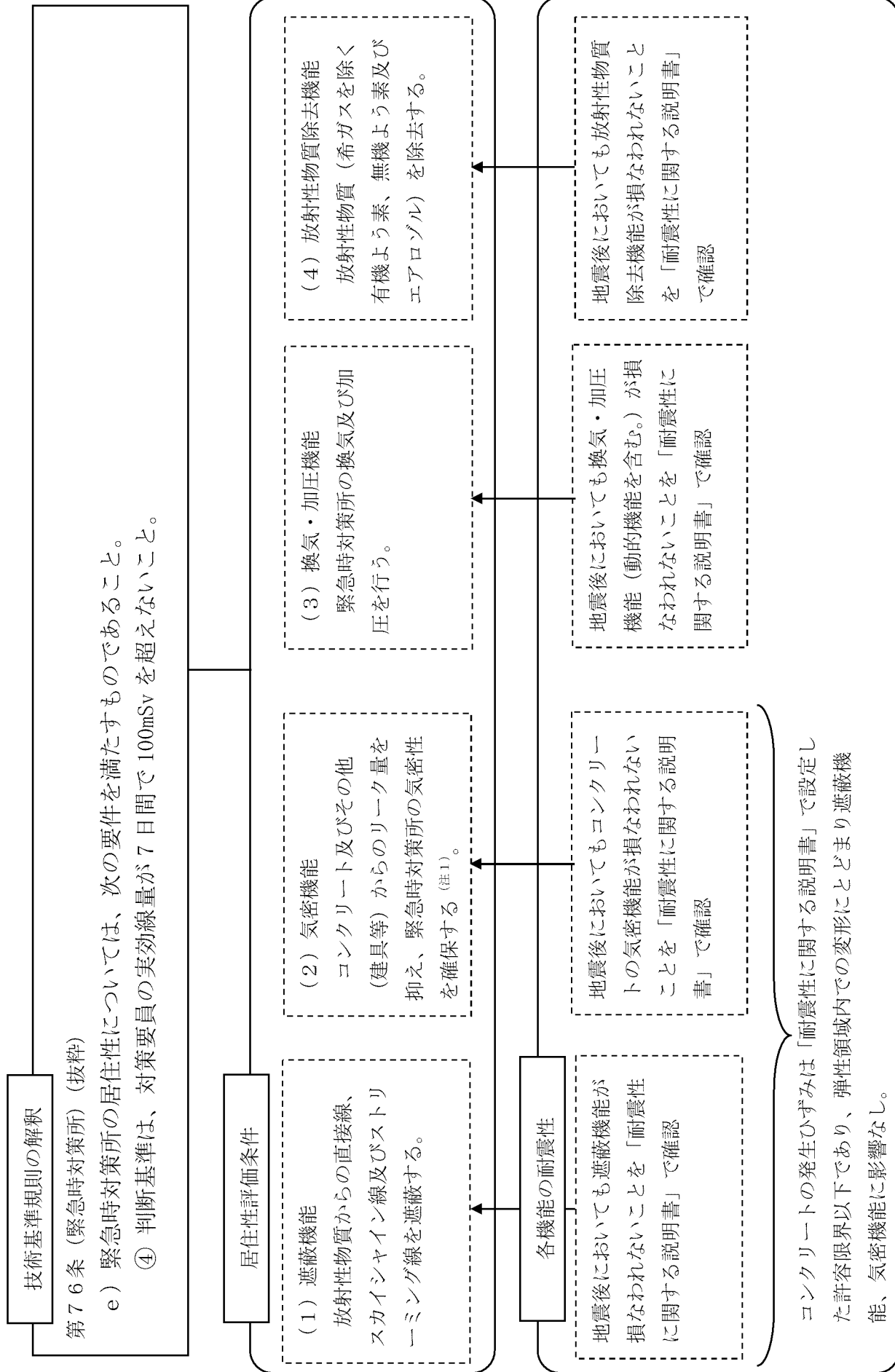
技術基準規則の解釈 第76条（緊急時対策所）（抜粋）

e) 緊急時対策所の居住性については、次の要件を満たすものであること。

④ 判断基準は、対策要員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。

緊急時対策所の居住性評価に係る条件である「(1) 遮蔽機能」、「(2) 気密機能」、「(3) 換気・加圧機能」、「(4) 放射性物質除去機能」の各々については、地震後においてもその機能が損なわれないことについて確認している。

なお、最終的な居住性評価（被ばく評価）においては、耐震性を確認しているコンクリート、換気・加圧機能を有する設備及び放射性物質除去設備（フィルタ）の他、設計値の妥当性を検査により確認する気密機能や、放射性物質除去設備（フィルタ）では除去できない希ガスの影響を考慮した評価を行っている。



## 補足説明資料 7-6 地盤の支持性能に係る基本方針に関する補足説明資料

緊急時対策棟の耐震安全性評価で用いる地盤の解析用物性値及び極限支持力度については、既工認の値（平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて記載・確認された値）を適用することとしており、添付資料 12-3「地盤の支持性能に係る基本方針」では、既工認を呼び込む方針としている。

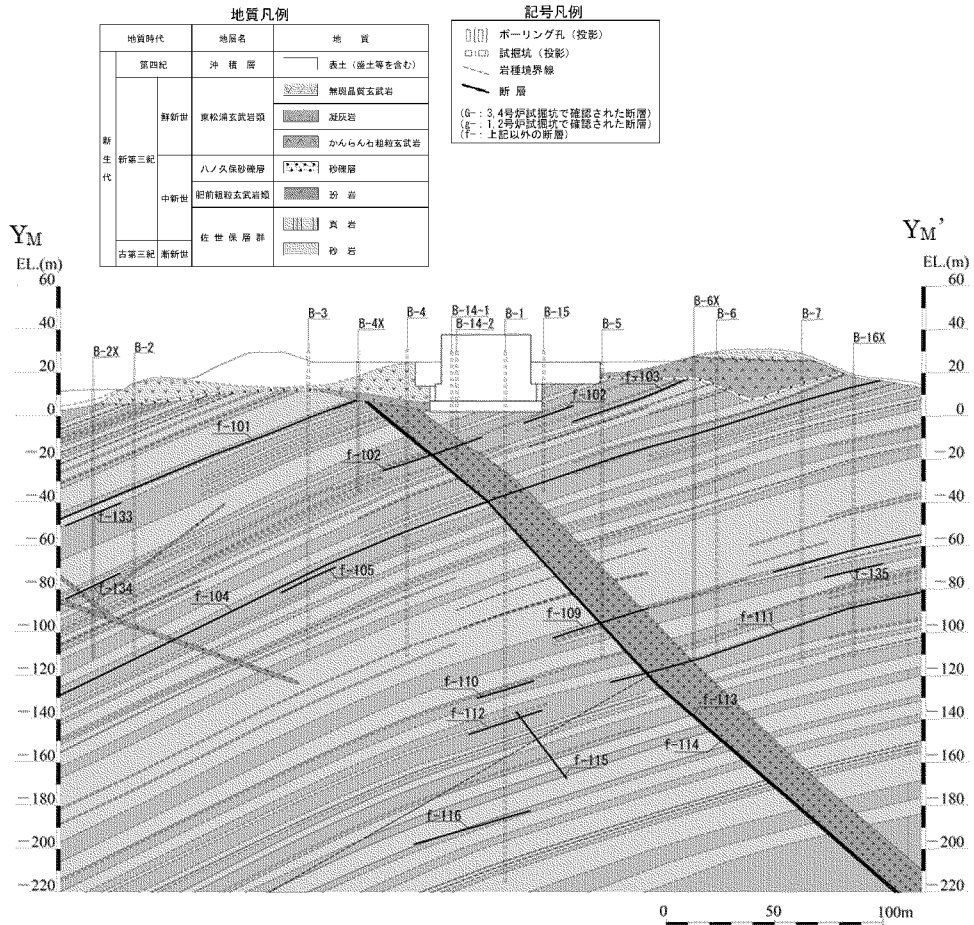
その理由として、緊急時対策棟設置位置の地質は、発電用原子炉施設設置位置と同様に、佐世保層群（砂岩及び頁岩の互層）を主に基盤としている。また、敷地内の佐世保層群及び主な断層は同様の走向・傾斜の地質構造を示すとともに、同等の物理特性、強度特性及び変形特性を示している。

本資料では、上記を補足するものとして、主に基盤となる佐世保層群に関して、緊急時対策棟設置位置の地質・地質構造が発電用原子炉施設設置位置と同様であること、また、緊急時対策棟設置位置付近で得られた物理特性、強度特性及び変形特性が発電用原子炉施設設置位置付近と同等であることを説明するものである。

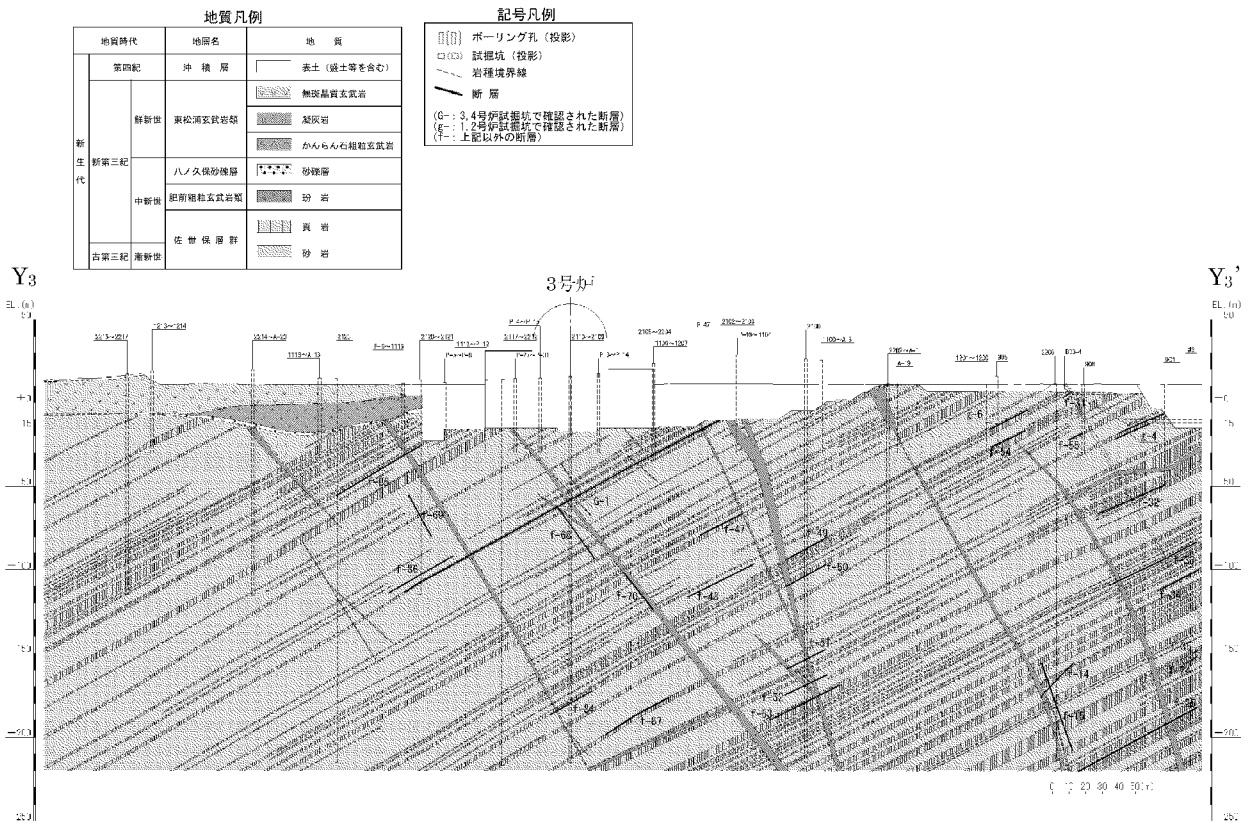
## 1. 地質・地質構造について

### (1) 地質断面図

第1図に示すとおり、緊急時対策棟設置位置の地質は、佐世保層群（砂岩及び頁岩の互層）を主に基盤としており、発電用原子炉施設設置位置の地質も同様に、佐世保層群を主に基盤としている。また、敷地内の佐世保層群及び主な断層は同様の走向・傾斜の地質構造を示している。



第1図 地質断面図(緊急時対策棟設置位置)(1/2)



第1図 地質断面図(発電用原子炉施設設置位置)(2/2)

## (2) 設置変更許可での説明

新規制基準の設置変更許可申請時の審査会合資料における地質・地質構造の評価については、第2図に示すとおり、緊急時対策棟設置位置の地質は、発電用原子炉施設設置位置と同様に、佐世保層群(砂岩及び頁岩の互層)を主に基盤としている。また、敷地内の佐世保層群及び主な断層は同様の走向・傾斜の地質構造を示している。



## 2. 地質の概要（敷地における地質の特徴; 水平地質断面図）

変更

- 基礎地盤を構成する佐世保層群は、概ね $N20^{\circ} \sim 60^{\circ} E / 20^{\circ} \sim 40^{\circ} NW$ の走向・傾斜を示す同斜構造をなす。
- 佐世保層群は主に砂岩・頁岩からなり、佐世保層群の地層の傾斜にほぼ直交した玢岩が岩脈状に貫入している。

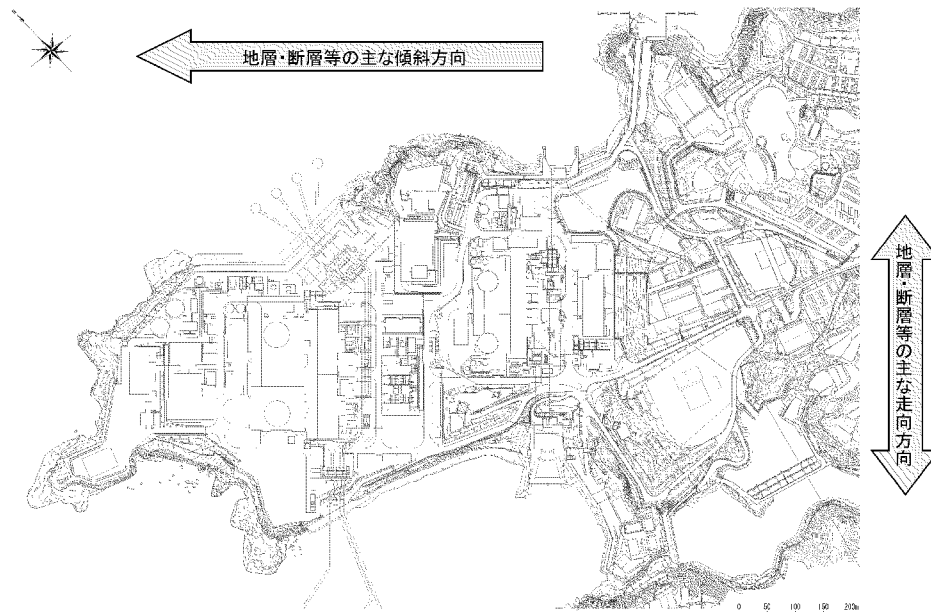


第 2 図 地質・地質構造（第 632 回審査会合 資料 1-2-1 より抜粋、一部加筆）（1/2）

## 2. 地質の概要（対象施設基礎地盤の地質・地質構造）

変更

- 敷地内の佐世保層群及び主な断層は、ほぼ同様の走向・傾斜を示す。
- 従って、対象施設の基礎地盤は対象施設の設置位置を問わず概ね同様の地質・地質構造を示す。



31

第 2 図 地質・地質構造（第 632 回審査会合 資料 1-2-1 より抜粋）（2/2）

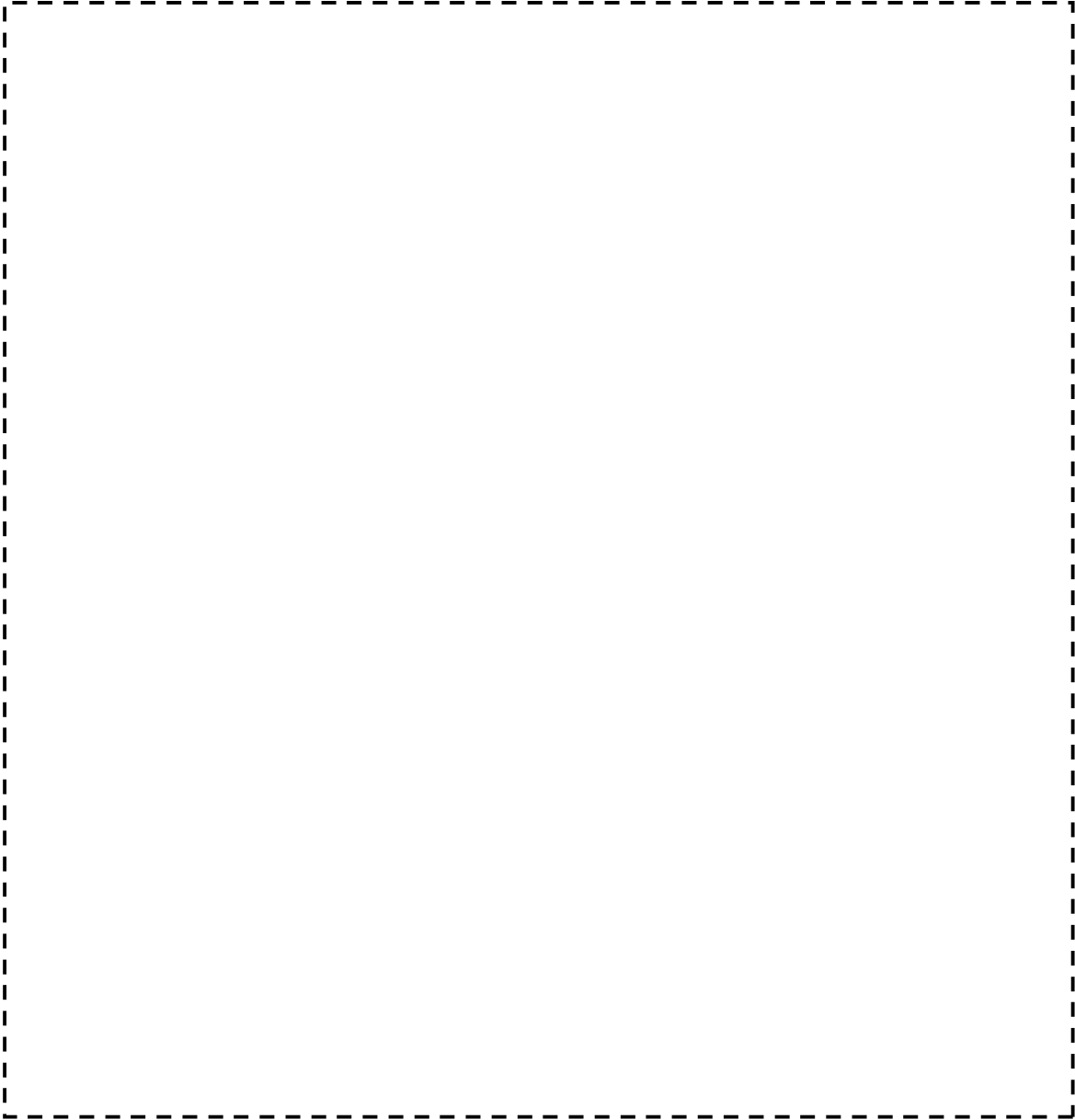
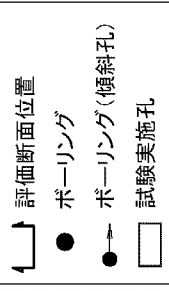
## 2. 物理特性、強度特性及び変形特性の同等性について

第3図及び第4図に示すとおり、緊急時対策棟設置位置付近では、地質調査時にボーリングコアを用いた岩石試験（密度試験・一軸圧縮強度試験）及びPS検層を実施している。それらの試験結果について、発電用原子炉施設設置位置付近の試験結果と比較した。

第1表に岩石試験結果（密度、一軸圧縮強度）の比較を示す。緊急時対策棟設置位置付近における岩石の密度及び一軸圧縮強度は、発電用原子炉施設設置位置付近と同等である。

また、第2表にPS検層結果（P波速度、S波速度）の比較を示す。緊急時対策棟設置位置付近のP波速度及びS波速度は、発電用原子炉施設設置位置付近の岩盤と同等である。

凡例



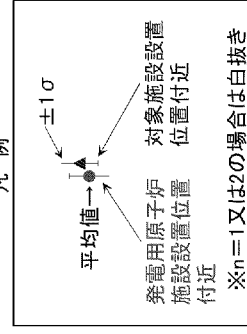
第3図 岩石試験実施位置図 (ボーリング孔)

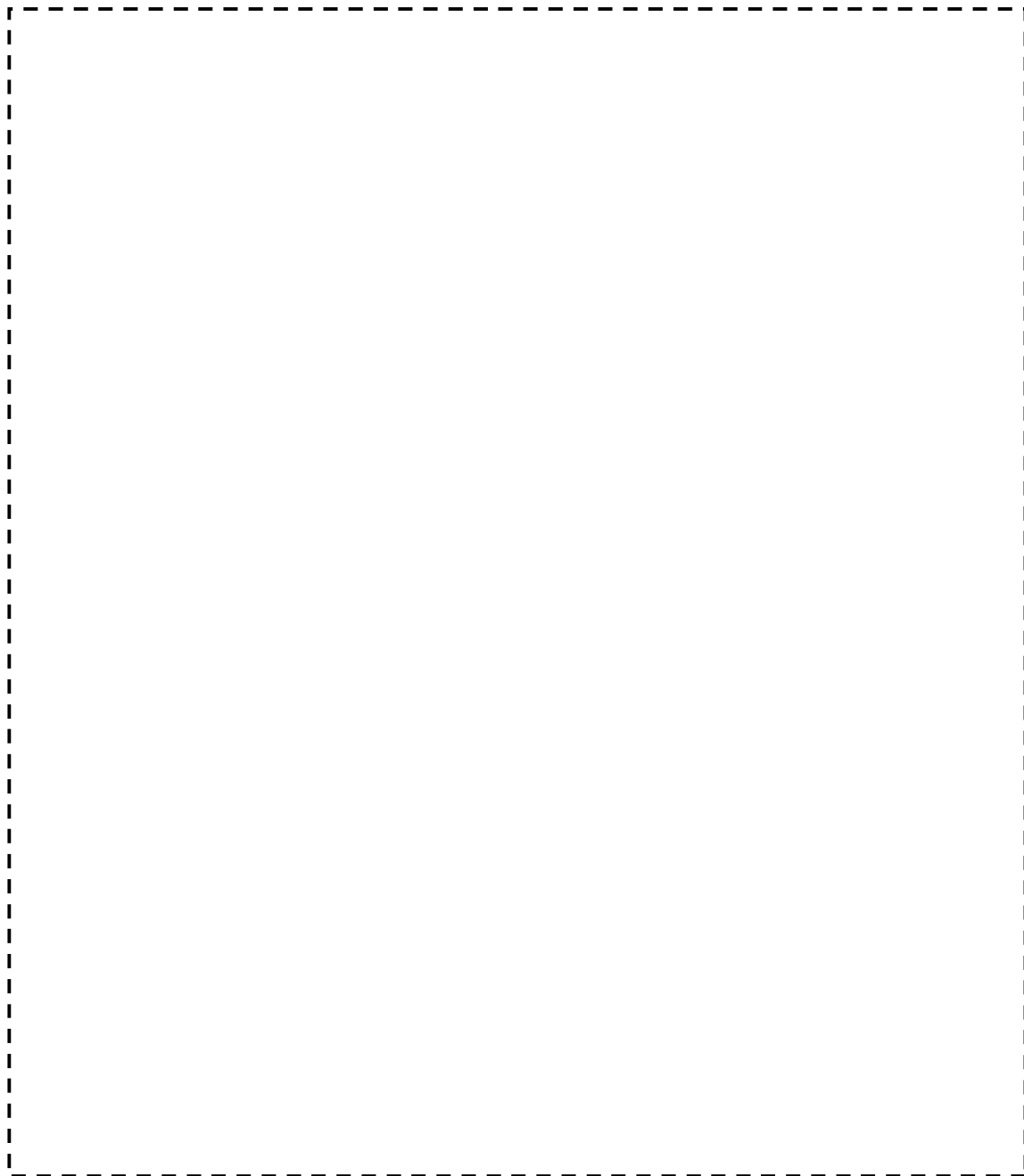
第1表 岩石試験の試験結果の比較 (密度、一軸圧縮強度)

	砂岩	頁岩	玄武岩	玢岩
密度	<p>△級、□級 n=277 n=282      ○級 n=47 n=0</p>	<p>△級、□級 n=151 n=111      ○級 n=1 n=0</p>	<p>△級、□級 n=17 n=77      ○級 n=45 n=70</p>	<p>△級、□級 n=12 n=111      ○級 n=13 n=7</p>
一軸圧縮強度	<p>△級、□級 n=35 n=122      ○級 n=3 n=0</p>	<p>△級、□級 n=19 n=48      ○級 n=1 n=0</p>	<p>△級、□級 n=11 n=46      ○級 n=1 n=35</p>	<p>△級、□級 n=9 n=55      ○級 n=5 n=2</p>

※ 発電原子炉施設設置位置付近及び対象施設設置位置付近のボーリング並びに試験坑の試料の試験結果を示しているが、  
 ◎級については試料が得られていないものがある。

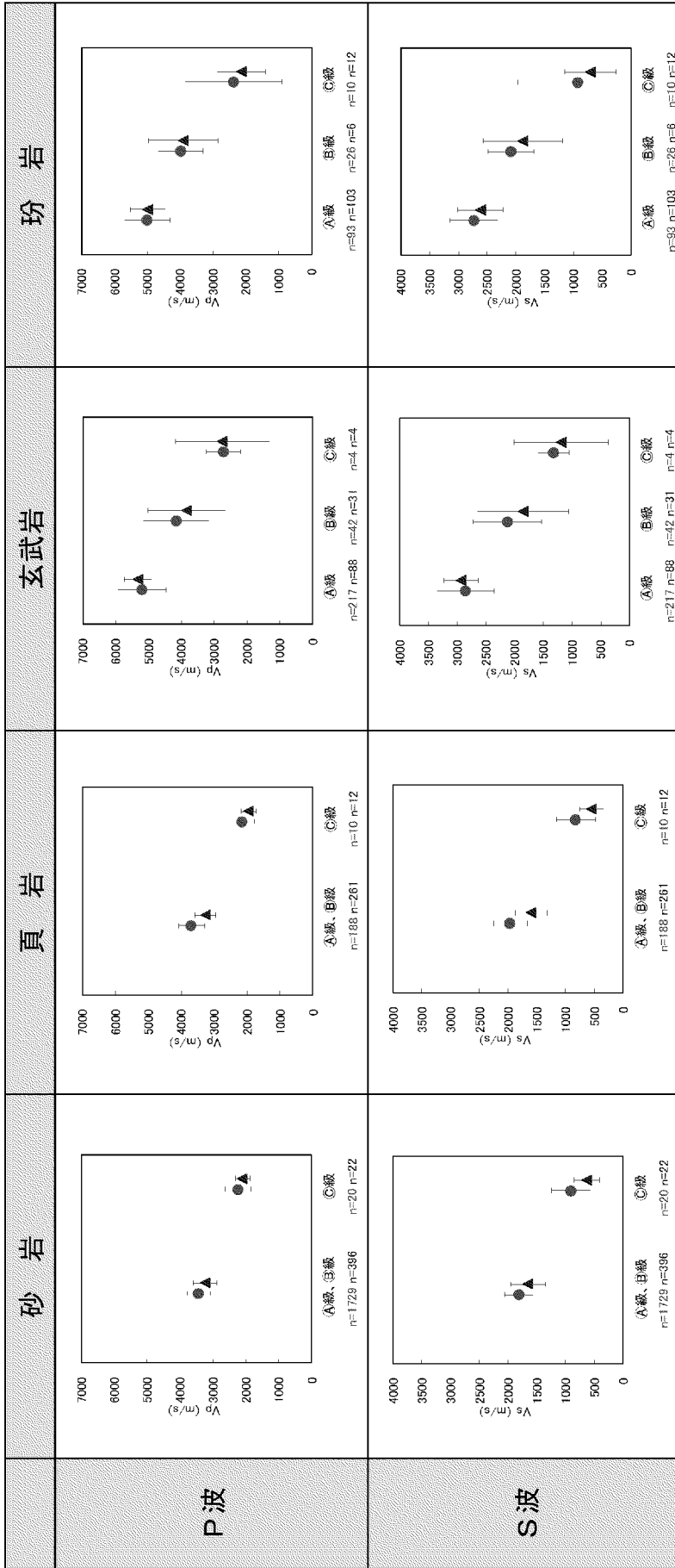
凡例



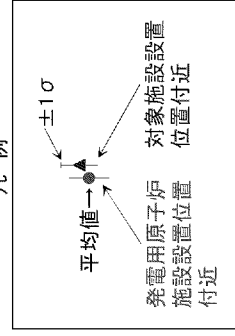


第4図 PS 検層実施位置図 (ボーリング孔)

第2表 PS 検層結果の比較 (P 波速度、S 波速度)



凡 例



(参考) 試験の概要

① 密度試験

成形したあるいは非成形の岩石及び岩石質地盤材料の供試体に対してかさ密度を求める試験。かさ密度とは岩石供試体の単位体積あたりの質量をいう。(岩石の密度試験方法：JGS 2132-2009)

② 一軸圧縮強度試験

拘束圧を受けない状態で長軸方向に圧縮されるとき岩石の強度・変形特性を求める試験。拘束圧を受けない状態で供試体の長軸方向に作用する最大の圧縮応力を一軸圧縮強さという。(岩石の一軸圧縮試験方法：JGS 2521-2009)

③ P S 検層 (サスペンション法)

単一のボーリング孔を利用し地盤内を伝播する弾性波 (P 波および S 波) の速度を測定する。弾性波速度とは弾性体を伝播する弾性波動の速さをいい、地盤を伝わる P 波 (縦波、疎密波) および S 波 (横波、せん断波) の速度をいう。(地盤の弾性波速度検層法：JGS1122-2003)

## 補足説明資料 8

### 通信連絡設備に関する補足説明資料



## 目 次

補足説明資料 8-1	緊急時運転パラメータ伝送システム(SPDS)における衛星系回線の採用について
------------	--

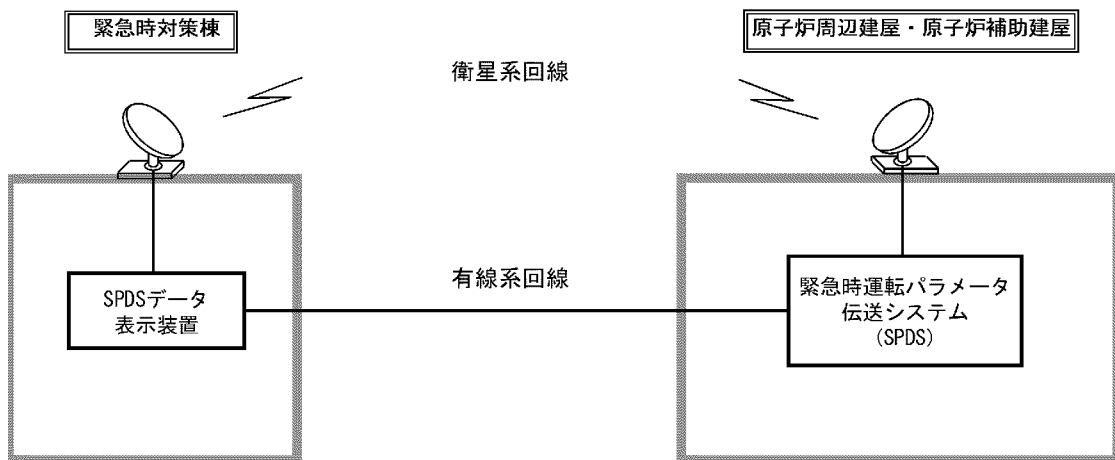
## 補足説明資料 8-1 緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) における衛星系回線の採用について

緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) の伝送概要図を第 1 図に示す。緊急時対策所 (緊急時対策棟内) には、1 次冷却材喪失事故等に対処するために必要な情報及び重大事故等に対処するために必要な指示ができる情報収集設備として、緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) を原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋に設置し、SPDS データ表示装置を緊急時対策棟に設置する。

既設の代替緊急時対策所向け無線アンテナを設置している原子炉周辺建屋等に、新設する緊急時対策棟向け無線アンテナを設置しても、方路上に遮蔽物 (タービン建屋等) があり通信できない。このことから、緊急時対策棟と原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋間の通信回線については、常用回線である有線系回線に加え、有線系回線が使用できない場合に地理的条件や建屋の位置関係 (遮蔽物含む) を考慮した衛星系回線を採用する。

この通信回線の組合せは、これまで代替緊急時対策所と原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋間の通信回線として使用していた有線系回線・無線系回線の組合せと異なるものの、衛星系回線は、無線系回線と同等の信頼性を有していることに加え、地理的条件や建屋の位置関係 (遮蔽物含む) による影響を受けないこと、及びアンテナ設置、電路構築等の作業安全性及び点検や不具合対応等の保守において優位性がある。玄海における無線系回線と衛星系回線の検討比較を第 1 表に、建屋の位置関係を示した平面図及び断面図を第 2 図に示す。

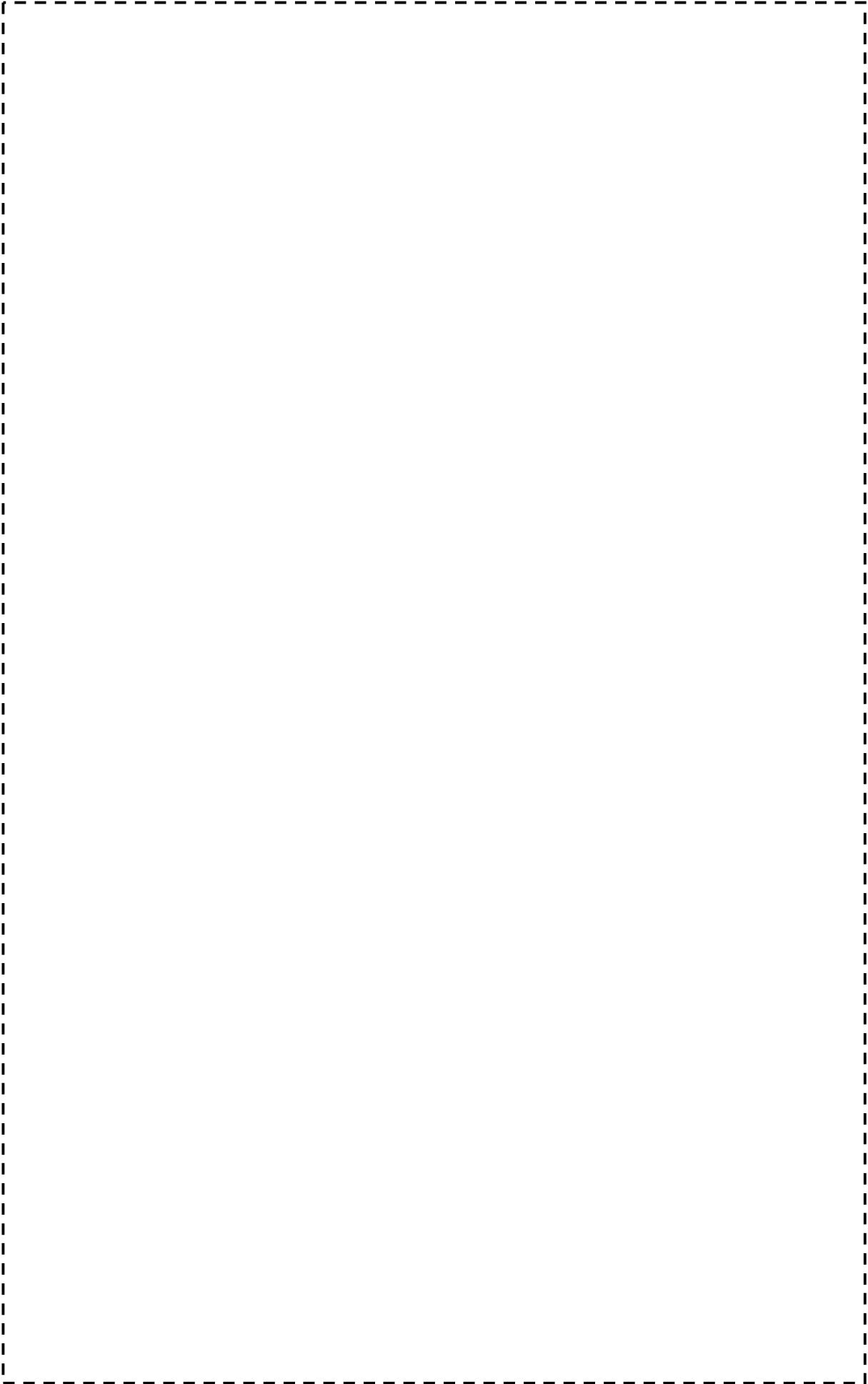
また、衛星系回線は既設の統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備で実績のある通信事業者と大規模災害時でも使用可能な契約を締結する予定である。



第 1 図 緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) 伝送概要図

第1表 緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) 伝送に係る無線系回線と衛星系回線の検討比較 (玄海)

比較項目	①無線系回線 (無線アンテナ：原子炉補助・周辺建屋屋上設置)	②無線系回線 (無線アンテナ：タービン建屋屋上設置)	③無線系回線 (無線アンテナ：原子炉格納容器外壁設置)	④衛星系回線 (衛星アンテナ：原子炉補助建屋屋上設置)
通信速度及び信頼度 (豪雨等の影響)	<p>豪雨等の影響は、玄海原子力発電所の代替緊急時対策所SPDS (無線系回線) における過去1年間の運用実績より、特に台風時は単発的なリンクダウンを数回程度確認しているが、このリンクダウンは、SPDSの伝送周期 (約10秒) 内で復旧している (発生から概ね1秒以内) 瞬間的な伝送遅延であるため影響はない。</p> <p>※: コンピュータや通信機器が機器の故障や電波が届かない等によって別の装置と接続できず通信できない状態になること</p> <p>・ SPDS伝送は常用回線を有線系回線とし、有線系回線が使用できない場合は、無線系回線に対応することで信頼度を確保する考えである (ERSSと同様な考え)。</p>	○	○	<p>無線系回線に比べ長距離伝送のため通信速度は若干劣るが、豪雨等の影響は玄海原子力発電所の衛星系回線を使用した統合原子力防災NWに接続する通信連絡設備における過去1年間の運用実績より、リンクダウンの確認はない。仮にリンクダウンが発生しても無線系回線と同様に瞬間的な伝送遅延であるため影響はない。</p> <p>・ 信頼度確保の考え方も、有線系回線が使用できない場合に使用する回線が無線系回線から衛星系回線に置き換わるだけでありERSSと同様な考えである</p>
通信方路条件	<p>遮蔽物であるタービン建屋等より高いアンテナ鉄塔 (約27m) を方路を考慮し設置することで伝送可</p>	<p>方路を考慮しアンテナを設置することで伝送可</p>	<p>遮蔽物であるタービン建屋等より高い原子炉格納容器上部に方路を考慮しアンテナを設置することで伝送可</p>	<p>遮蔽物の影響を受けることなく伝送可</p>
耐震性	<p>耐震性 (Sクラス) を有する建屋への設置であるが、建屋上の強度がアンテナ鉄塔の荷重 (概算約10t/m<sup>2</sup>) に耐えられない</p>	<p>タービン建屋が耐震性 (Sクラス) を有していない</p>	<p>耐震性 (Sクラス) を有する建屋への設置であり、耐震性を有するアンテナを設置可</p>	<p>耐震性 (Sクラス) を有する建屋へ設置した、耐震評価済の既設アンテナを使用</p>
アンテナ設置、 電路構築等の 作業安全性 及び保守性	<p>アンテナ設置及びアンテナまでの電路構築は原子炉補助建屋屋上から20m以上の高所作業となり、かつ点検・不具合対応等も容易に実施不可</p>	<p>アンテナ設置及びアンテナまでの電路構築はタービン建屋屋上から3m以下であるため、高所作業を低減でき、点検・不具合対応等も容易に実施可</p>	<p>アンテナ設置及びアンテナまでの電路構築 (原子炉周辺建屋から20m以上の高所作業となり、かつ点検・不具合対応等においては、都度足場を設置する必要があるため、迅速かつ容易に実施不可</p>	<p>基礎を含めてアンテナの高さが原子炉補助建屋屋上から3m以下であるため、高所作業を低減でき、点検等・不具合対応も容易に実施可</p>
総合評価	△	○	△	○



第2図 建屋の位置関係を示した平面図及び断面図

## 補足説明資料 9

健全性に関する説明書に関する補足説明資料

## 目 次

補足説明資料 9-1	屋外アクセスルートから緊急時対策棟までの地震時のアクセス性について
補足説明資料 9-2	重大事故等対処設備（緊急時対策所）の共通要因による機能喪失の防止について
補足説明資料 9-3	重大事故等対処設備（緊急時対策所）の重大事故等発生時の系統構成操作について
補足説明資料 9-4	緊急時対策棟屋外地下エリアの屋外の天候に対する設計について
補足説明資料 9-5	緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのよう素除去フィルタ用活性炭の外気温度低下に対する健全性について
補足説明資料 9-6	第 6 保管エリアにおける RC 床版の施工計画について

## 補足説明資料 9-1 屋外アクセスルートから緊急時対策棟までの 地震時のアクセス性について

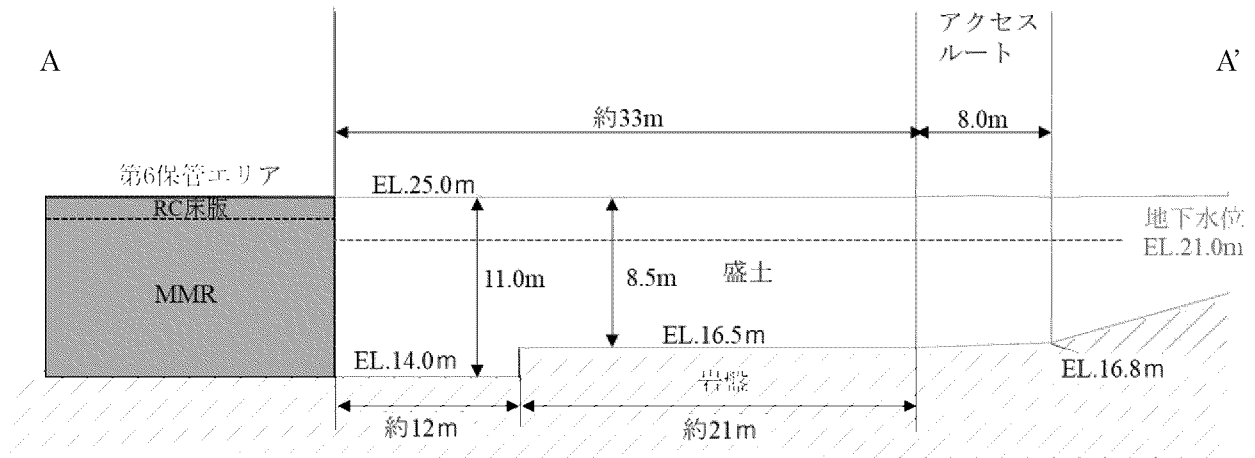
緊急時対策棟周辺は盛土地盤となるため、アクセスルートから緊急時対策棟までのアクセス性について地震時の影響を確認する。具体的には地震による盛土地盤の沈下量を算出し、地表面の断面的な状況を踏まえ、緊急時対策棟本部要員（以下「対策要員」という。）が徒歩により通行可能であることを確認する。なお、重大事故等時においては、緊急時対策棟及び第 6 保管エリアを発着する緊急時対策所用発電機車の移動とユニック車等の資機材を用いた可搬型重大事故等対処設備の運搬はない。

地震時において、対策要員はアクセスルートのうち、建屋周辺の敷地高さと同じ高さである **EL.25m** の範囲を通行し、緊急時対策棟にアクセスする。今回の影響確認においては、緊急時対策棟に隣接する第 6 保管エリア基礎は **MMR** を介して岩盤上に設置するため、地震による沈下の影響がないことを踏まえ、アクセスルートから第 6 保管エリアを経由して緊急時対策棟に入る動線を想定し、最短ルートとなる盛土地盤の沈下量を算定する。評価対象ルートの位置を第 1 図に、評価対象ルートの断面図を第 2 図に示す。

地下水位については、緊急時対策棟用湧水サンプポンプにより、建屋周辺の地下水位は低下するが、保守的に建屋設置予定地周辺で観測している No.3 水位計の、2019 年 8 月から 2020 年 8 月までの平均観測水位を参考に **EL.21.0m** に設定する。

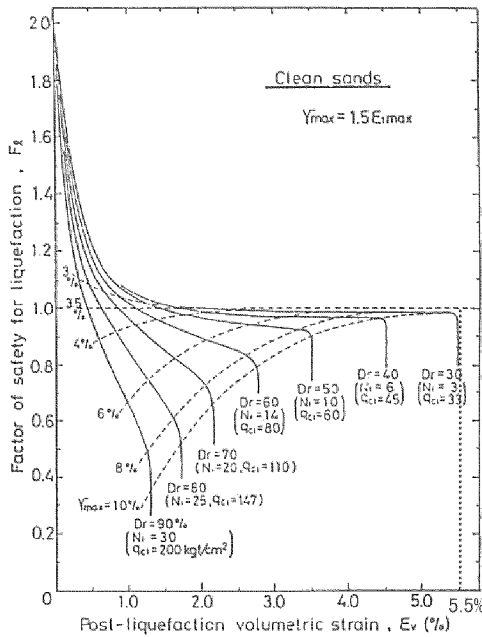


第 1 図 評価対象ルートの位置



第2図 評価対象ルートの断面図

地震時の沈下量は、液状化及び揺すり込みによる沈下量の合計とする。液状化による沈下量は、地下水位以深の盛土層を対象層とし、第3図に示す体積ひずみと液状化抵抗率の関係から層厚の5.5%を沈下量として算定する。また、揺すり込みによる沈下量は、液状化対象層を除く盛土層を対象層とし、新潟県中越沖地震時における東京電力柏崎刈羽原子力発電所の沈下実績に基づき、層厚の1%を沈下量として算定する。

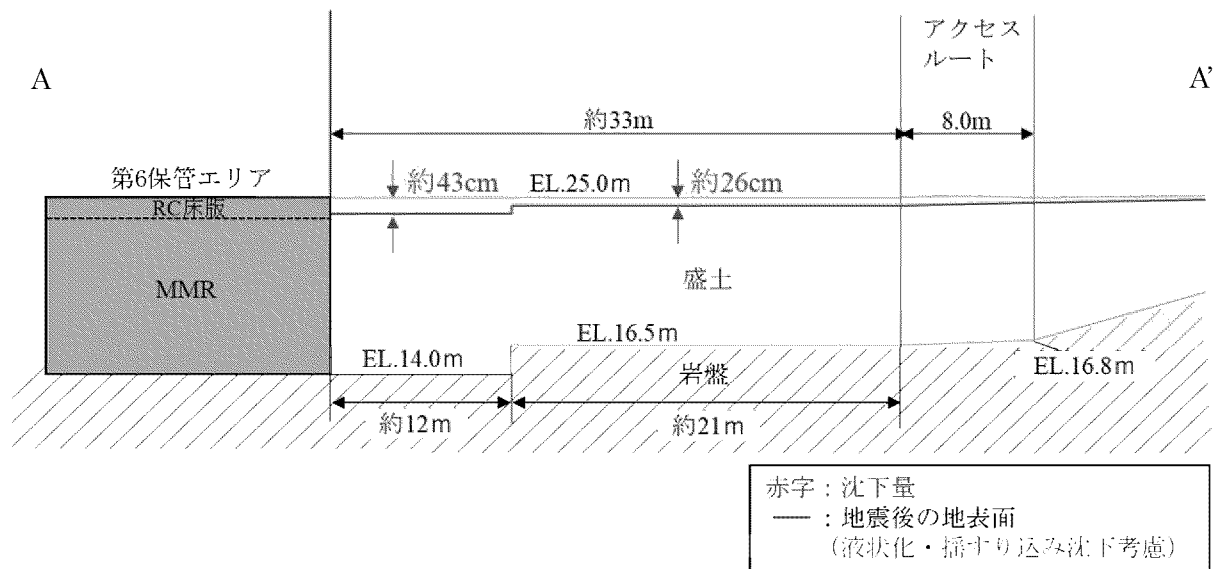


引用文献  
Kenji Ishihara and Mitsutoshi Yoshimine (1992) : Evaluation Of Settlements In Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes; Soils And Foundations Vol.32, No.1, 173-188.  
に一部加筆

第3図 体積ひずみと液状化抵抗率の関係



沈下量の算定結果を第4図に示す。沈下量については、最大約43cmの沈下が生じるが、評価対象ルートを通る断面で見ると、岩盤形状及び盛土層の分布状況から地表面はほぼ一様に沈下するため、局所的な段差は発生しないと想定される。また、第6保管エリアと盛土地盤の境界で段差が発生するが、通行に支障をきたすほどの段差ではない。以上より、地震時においても、対策要員はアクセスルートから緊急時対策棟へ通行が可能である。なお、評価対象ルート周辺には地下構造物はないため、液状化による地下構造物の隆起の影響はない。



第4図 沈下量の算定結果

補足説明資料9-2 重大事故等対処設備（緊急時対策所）の共通要因による  
機能喪失の防止について

1. 概 要

本資料は、重大事故等対処設備（緊急時対策所）の共通要因（環境条件、自然現象、外部人為事象、溢水及び火災）（以下「共通要因」という。）による機能喪失防止に係る設計（技術基準規則第54条第1項第1号、第2項第3号、第3項第5号、第7号及び第76条並びにそれらの解釈）について説明する。

2. 重大事故等対処設備（緊急時対策所）の共通要因による機能喪失防止に係る設計

重大事故等対処設備（緊急時対策所）に対する共通要因による機能喪失防止に係る設計のうち、環境条件（技術基準規則第54条第1項第1項及びその解釈の要求事項）及び環境条件を除く共通要因による機能喪失防止（技術基準規則第54条第2項第3号、第3項第5号、第7号及び第76条並びにそれらの解釈の要求事項）に対する設計上の考慮事項を第1表に、各共通要因に対する重大事故等対処設備（緊急時対策所）への設計上の考慮内容を第2表に示す。

また、第2表に記載している設備のうち、屋外の重大事故等対象設備（緊急時対策所）（配管、ケーブルを除く。）を以下に示す。

設 備 名 称	常設／可搬
SPDSデータ表示装置用衛星アンテナ （統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備と兼用）	常設
衛星携帯電話設備用アンテナ	常設
無線連絡設備用アンテナ	常設
緊急時対策所遮蔽（緊急時対策棟内）	常設
緊急時対策所用発電機車接続盤	常設
緊急時対策所用発電機車	可搬

※緊急時対策棟屋上及び緊急時対策棟屋外地下エリアのうち壁に囲まれた区画は、屋内として整理する。

なお、これらの要求事項のうち技術基準規則第54条第2項第3号及び第3項第7号は、重大事故防止設備に対する要求であり、重大事故緩和設備である重大事故等対処設備（緊急時対策所）にはその代替機能を有する設計基準事故対処設備等がないため、第76条に基づき重大事故等対象設備（緊急時対策所）との同時機能喪失を防止する対象を中央制御室とする。

第1表 共通要因による機能喪失防止に係る設計上の考慮事項

技術基準 規則	項目		設計上の考慮事項
第54条 第1項第1号	共通 要因 故障 防止	環境条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故等対処設備（緊急時対策所）は、重大事故等発生時に想定される環境条件に対して、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮できる設計とする。</li> </ul>
第76条		自然現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故等対処設備（緊急時対策所）は、自然現象、外部人為事象、溢水及び火災により中央制御室と同時に機能喪失しないよう、中央制御室と位置的分散を図り、中央制御室とは離れた位置に設置又は保管する設計とする。</li> </ul>
第54条 第3項第5号		外部人為 事象	
〔第54条 第2項第3号 第3項第7号〕		溢水	
	火災		

第2表 各共通要因に対する重大事故等対処設備（緊急時対策所）への設計上の考慮内容(1/2)

技術基準規則	項目	屋内の常設重大事故等対処設備（緊急時対策所） （例：緊急時対策所非常用空気浄化ファン）	屋外の常設重大事故等対処設備（緊急時対策所） （例：緊急時対策所用発電機車接続盤）	
第54条 第1項第1号	環境条件	圧力、温度 湿度、放射線	・事故時に想定される環境圧力（大気圧）、環境温度（40℃）、環境湿度（100%）、環境放射線（≦10mGy/h）にて機能を損なわない設計とする。	
		地震荷重	・横滑りを含めて地震による荷重を考慮して、機能を損なわない設計とする。	
		風（台風）、竜巻のうち風荷重	・外部からの衝撃による損傷の防止が図られた緊急時対策棟建屋内に設置する。	・風荷重を考慮し、機能を損なわない設計とする。
		積雪及び火山影響による荷重	・外部からの衝撃による損傷の防止が図られた緊急時対策棟建屋内に設置する。	・必要により除雪又は除灰を行う設計とする。
		凍結、降水	－（屋内設備であるため考慮不要）	・凍結防止対策及び防水対策を行う設計とする。
		電磁的障害	・電磁波によりその機能が損なわれないよう、鋼製筐体や金属付シールド付ケーブルを適用し電磁波の侵入を防止等の措置を講じた設計とする。	
		周辺機器等からの悪影響	・地震の波及的影響により機能を喪失しないように、技術基準規則第50条「地震による損傷の防止」に基づく設計とする。 ・火災の波及的影響により機能を喪失しないように、技術基準規則第52条「火災による損傷の防止」に基づく設計とする。 ・溢水の波及的影響により機能を喪失しないように、想定される溢水水位よりも高所に設置する。	
第76条  第54条 第2項第3号	自然現象、外部人為事象、溢水、火災 共通		・重大事故等対処設備（緊急時対策所）は、共通要因により中央制御室と同時に機能喪失しないよう、中央制御室とは離れた位置に設置する。	
	自然現象	地震	・技術基準規則第49条「重大事故等対処施設の地盤」に基づく地盤上に設置する。 ・技術基準規則第50条「地震による損傷の防止」に基づく設計とする。	
		津波	・技術基準規則第51条「津波による損傷の防止」に基づく設計とする。	
		風（台風）、竜巻	・環境条件と同じ。	
		凍結、降水	・環境条件と同じ。	
		積雪、火山	・環境条件と同じ。	
		落雷	・避雷設備及び接地設備により防護する設計とする。	・必要に応じ、接地設備により防護する設計とする。
		生物学的事象	・小動物に対して、侵入防止対策が図られた緊急時対策棟建屋内に設置する。	・小動物に対して、侵入防止対策により必要な機能が損なわれるおそれのない設計とする。
		森林火災	－（位置的分散以外の防護設計なし）	
		高潮	・高潮の影響を受けない敷地高さに設置する。	
	外部人為事象	飛来物（航空機落下等）、爆発、 近隣工場等の火災、危険物を搭載した車両、有毒ガス、船舶の衝突	－（位置的分散以外の防護設計なし）	
		電磁的障害	・環境条件と同じ。	
		故意による大型航空機の衝突その他テロリズム	－（可搬型重大事故等対処設備に対する要求であるため考慮不要。）	
	溢水	・没水、被水及び蒸気の影響を評価し、没水、被水及び蒸気の影響により要求される機能を損なうおそれがない設計とする。 ・想定される溢水水位に対して機能を喪失しない位置に設置する。	・EL. 11.0mより高い敷地高さに設置する。	
	火災 <sup>(注)</sup>	・技術基準規則第52条「火災による損傷の防止」に基づく設計とする。		

（注）緊急時対策棟屋上及び緊急時対策棟屋外地下エリアは「屋外」とする。

第2表 各共通要因に対する重大事故等対処設備（緊急時対策所）への設計上の考慮内容(2/2)

技術基準規則	項目	屋内の可搬型重大事故等対処設備（緊急時対策所） (例：酸素濃度計)	屋外の可搬型重大事故等対処設備（緊急時対策所） (例：緊急時対策所用発電機車)			
第54条 第1項第1号	環境条件	圧力、温度、湿度、放射線	・事故時に想定される環境圧力（大気圧）、環境温度（40℃）、環境湿度（100%）、環境放射線（≤10mGy/h）にて機能を損なわない設計とする。			
		地震荷重	・横滑りを含めて地震による荷重を考慮して機能を損なわない設計とするとともに、地震後においても機能及び性能を保持する設計とする。			
		風（台風）、竜巻のうち風荷重	・外部からの衝撃による損傷の防止が図られた緊急時対策棟建屋内に保管する。	・浮き上がり又は横滑りを拘束することにより、機能を損なわない設計とするか、あるいは同じ機能を有する他の重大事故等対処設備にこれらの措置を講じることにより、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮する設計とする。		
		積雪及び火山影響による荷重	・外部からの衝撃による損傷の防止が図られた緊急時対策棟建屋内に保管する。	・必要により除雪又は除灰を行う設計とする。		
		凍結、降水	－（屋内設備であるため考慮不要）	・凍結防止対策及び防水対策を行う設計とする。		
		電磁的障害	・電磁波によりその機能が損なわれないよう、鋼製筐体や金属付シールド付ケーブルを適用し電磁波の侵入を防止する等の措置を講じた設計とする。			
		周辺機器等からの悪影響	・油内包機器による地震随伴火災の影響や、地震随伴溢水の影響により機能を喪失しない場所に保管する。 ・火災の波及的影響により機能を喪失しないように、火災防護対策を火災防護計画に策定する。 ・溢水の波及的影響により機能を喪失しないように、必要により想定される溢水水位よりも高所に保管する。	・自然現象及び外部人為事象による波及的影響に起因する周辺機器等からの悪影響により、必要な機能を損なわないように、全てを一つの保管場所又は隣接した保管場所に保管することなく、一部は離れた位置の保管場所に分散配置する。 ・地震により生ずる敷地斜面のすべり、液状化及び揺すり込みによる不等沈下、地盤支持力の低下及び地下構造物の崩壊等を受けない位置に保管する。 ・火災の波及的影響により機能を喪失しないように、火災防護対策を火災防護計画に策定する。 ・溢水の波及的影響により機能を喪失しないように、必要により想定される溢水水位よりも高所に保管する。		
第76条  第54条 第3項第5号  第54条 第3項第7号	自然現象、外部人為事象、溢水、火災共通	自然現象	・重大事故等対処設備（緊急時対策所）は、共通要因により中央制御室と同時に機能喪失しないよう、中央制御室とは離れた位置に保管する。			
			地震	・技術基準規則第49条「重大事故等対処施設の地盤」に基づく地盤上に設置された緊急時対策棟建屋内に保管する。 ・技術基準規則第50条「地震による損傷の防止」にて考慮された設計とする。 ・複数個所に分散して保管する。	・地震による影響（周辺構造物の倒壊や周辺斜面の崩壊、道路面のすべり、液状化及び揺すり込みによる不等沈下、地盤支持力の不足並びに地下構造物及び水路等の損壊等）により必要な機能を喪失しない位置に保管する。 ・技術基準規則第50条「地震による損傷の防止」にて考慮された設計とする。 ・複数個所に分散して保管する。	
				津波	・技術基準規則第51条「津波による損傷の防止」に基づく設計とする。	
				風（台風）、竜巻	・環境条件と同じ。	
				凍結、降水	・環境条件と同じ。	
				積雪、火山	・環境条件と同じ。	
				落雷	・避雷設備及び接地設備により防護する設計とする。	・複数個所に分散して保管する。 ・必要に応じ、接地設備により防護する設計とする。
				生物学的事象	・小動物に対して、侵入防止対策が図られた緊急時対策棟建屋内に保管する。	・複数個所に分散して保管する。
			森林火災	－（位置的分散以外の防護設計なし）	・複数個所に分散して保管する。	
			高潮	・高潮の影響を受けない敷地高さに保管する。	・複数個所に分散して保管する。 ・高潮の影響を受けない敷地高さに保管する。	
			外部人為事象	飛来物（航空機落下等）、爆発、近隣工場等の火災、危険物を搭載した車両、有毒ガス、船舶の衝突	－（位置的分散以外の防護設計なし）	・複数個所に分散して保管する。
				電磁的障害	・環境条件と同じ。	
				故意による大型航空機の衝突その他テロリズム	－（位置的分散以外の防護設計なし）	・複数個所に分散して保管する。
溢水	・没水、被水及び蒸気の影響を評価し、没水、被水及び蒸気の影響により要求される機能を損なうおそれがない設計とする。 ・想定される溢水水位に対して機能を喪失しない位置に保管する。 ・複数個所に分散して保管する。	・EL. 11.0mより高い敷地高さに保管する。 ・複数個所に分散して保管する。				
火災 <sup>(注)</sup>	・火災防護対策を火災防護計画に策定する。 ・複数個所に分散して保管する。					

(注) 緊急時対策棟屋上及び緊急時対策棟屋外地下エリアは「屋外」とする。

## 補足説明資料 9-3 重大事故等対処設備（緊急時対策所）の 重大事故等発生時の系統構成操作について

### 1. 概 要

本資料は、重大事故等発生時に系統構成を行う設備の操作場所及び操作内容（操作方法含む。）について説明するものである。

### 2. 重大事故等発生時に系統構成を行う設備の操作に関する設計

操作に関する設計については、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「2.3 環境条件等」にて以下のとおり記載している。

- ・重大事故等対処設備（緊急時対策所）の設置場所は、想定される事故等が発生した場合においても操作及び復旧作業に支障がないように、遮蔽の設置や線源からの離隔距離により放射線量が高くなるおそれの少ない場所を設置場所として選定した上で、設置場所で操作可能又は放射線の影響を受けない異なる区画若しくは離れた場所から遠隔で操作可能な設計とする。
- ・重大事故等対処設備（緊急時対策所）は、放射線量が高くなるおそれがある場合、放射線の影響を受けない異なる区画又は離れた場所から遠隔で操作可能な設計とする。

そのため、重大事故等発生時に系統構成を行う設備である緊急時対策所加圧設備、緊急時対策所非常用空気浄化設備及び非常用電源設備について、系統構成に係る操作場所及び操作内容を第 1 表に示す。

第1表 重大事故等対処設備（緊急時対策所）の重大事故等発生時の系統構成操作

		緊急時対策所加圧設備	緊急時対策所非常用 空気浄化設備	非常用電源設備
重大事故等発生時 （緊急時対策所 立ち上げ時）	操作場所	緊急時対策棟屋外地下エリア	緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>	屋外 緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>
	操作内容 （操作方法）	ホースの接続（手動） 手動弁の操作（手動）	【緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup> 】 ファンの起動（遠隔） 電動弁／ダンパの操作（遠隔）	【屋外】 ホース・ケーブルの接続（手動） 【緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup> 】 発電機車の起動（遠隔） 電源系統の切替操作（遠隔） 給油ポンプの起動（遠隔）
ブルーム通過時	操作場所	緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>	緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>	操作なし
	操作内容 （操作方法）	手動弁の操作（手動）	電動弁／ダンパの操作（遠隔）	
ブルーム通過後	操作場所	緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>	緊急時対策所（緊急時対策棟内） <sup>(注)</sup>	操作なし
	操作内容 （操作方法）	手動弁の操作（手動）	電動弁／ダンパの操作（遠隔）	

(注) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、遮蔽内である。

## 補足説明資料9-4 緊急時対策棟屋外地下エリアの屋外の天候に対する設計について

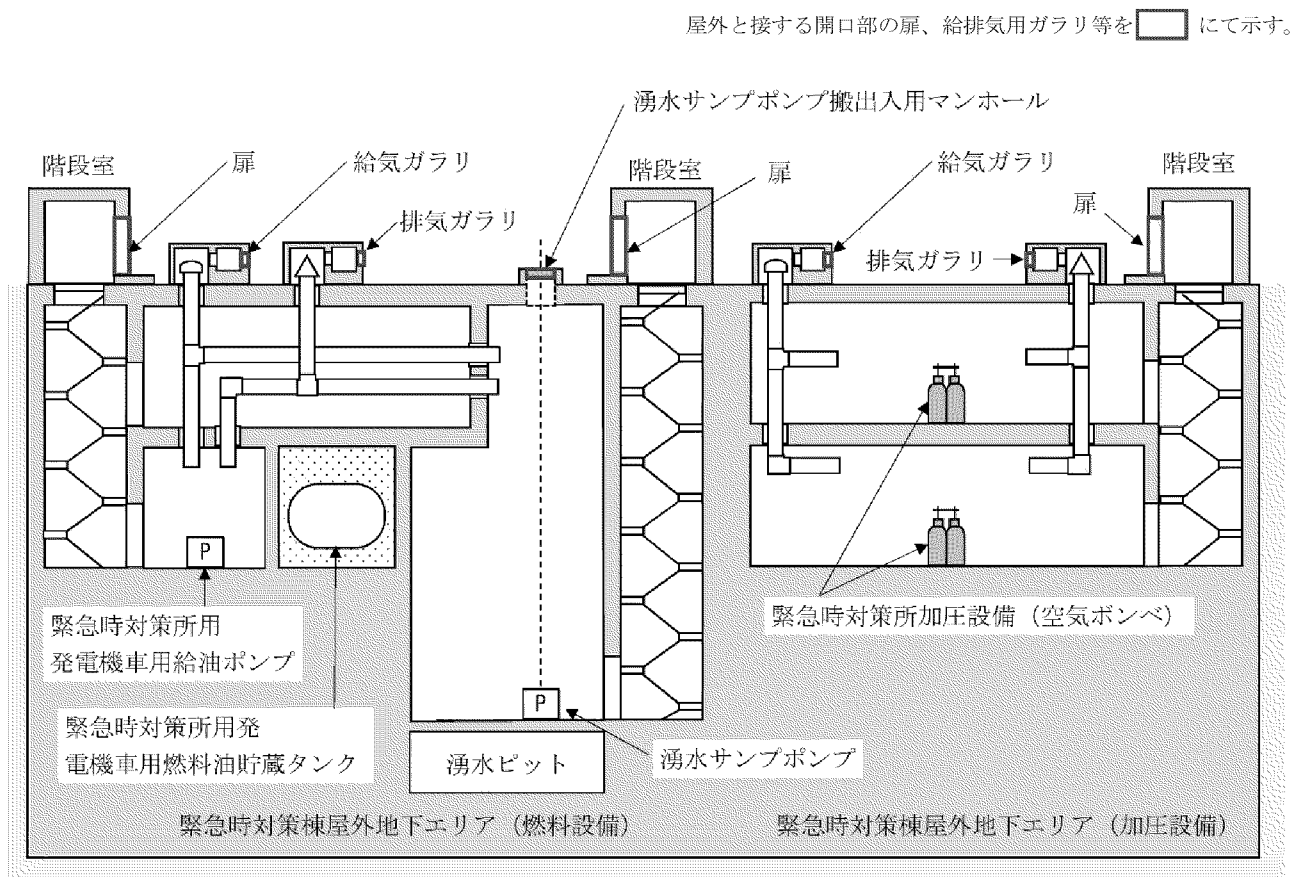
### 1. はじめに

本資料は、緊急時対策棟屋外地下エリアが屋外の天候による影響を受けることのない設計であることを説明する。

### 2. 緊急時対策棟屋外地下エリアの構造と屋外の天候に対する設計

緊急時対策棟屋外地下エリアは、屋外と接する開口部を扉、給排気用ガラリ等により、屋外の天候による影響を受けることがない設計としている。

緊急時対策棟屋外地下エリアの概要図を第1図に示す。



第1図 緊急時対策棟屋外地下エリアの概要図



## 補足説明資料9-5 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの よう素除去フィルタ用活性炭の外気温度低下に対する健全性について

### 1. はじめに

本資料は、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのよう素除去フィルタ用活性炭の外気温度低下に対する健全性について説明する。

### 2. よう素除去フィルタ用活性炭の外気温度低下に対する健全性

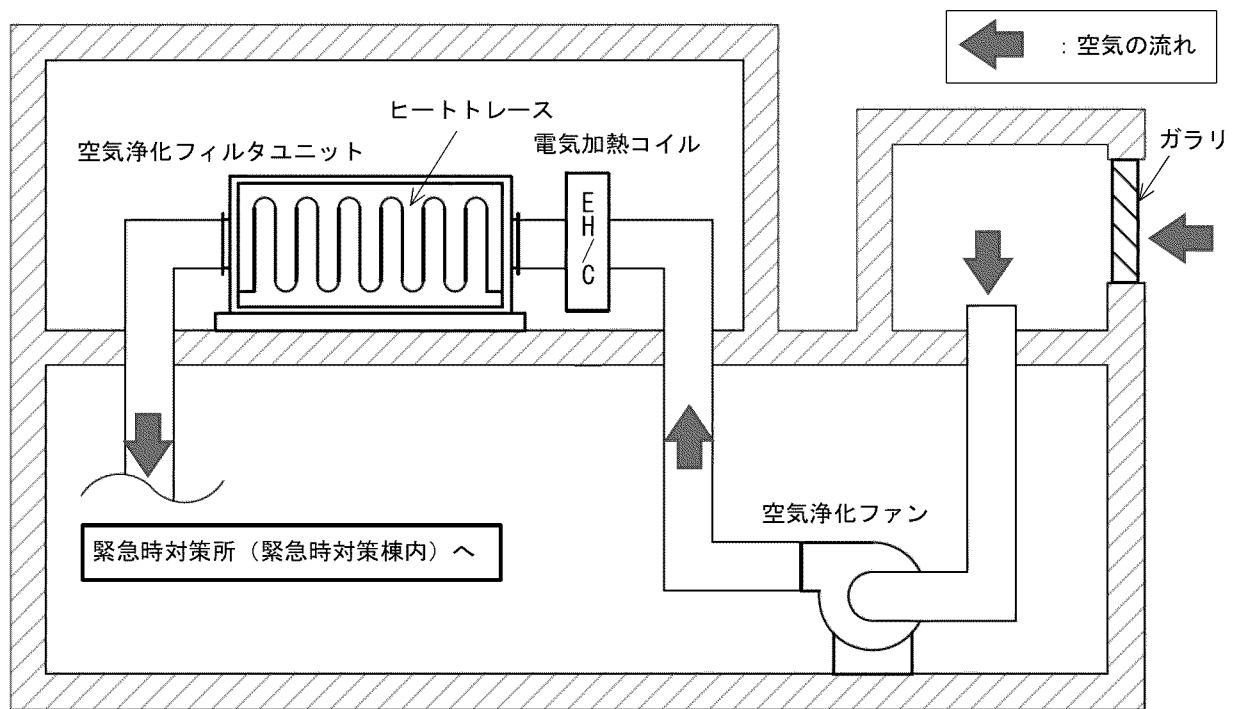
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、屋内設備であるが、緊急時対策所非常用空気浄化ファンにより外気を吸入して使用する設備であるため、外気温度低下に対するよう素除去フィルタ用活性炭への影響を考慮して、待機時はヒートトレース設備、使用時は電気加熱コイルによりフィルタユニット内温度が10℃以上となるよう管理している。第1表及び第1図にヒートトレース設備及び電気加熱コイルの概要を示す。

なお、考慮する最低外気温度は、平戸特別地域気象観測所の観測記録（1951～2012年）の、-5.8℃（1977年2月16日）とする。

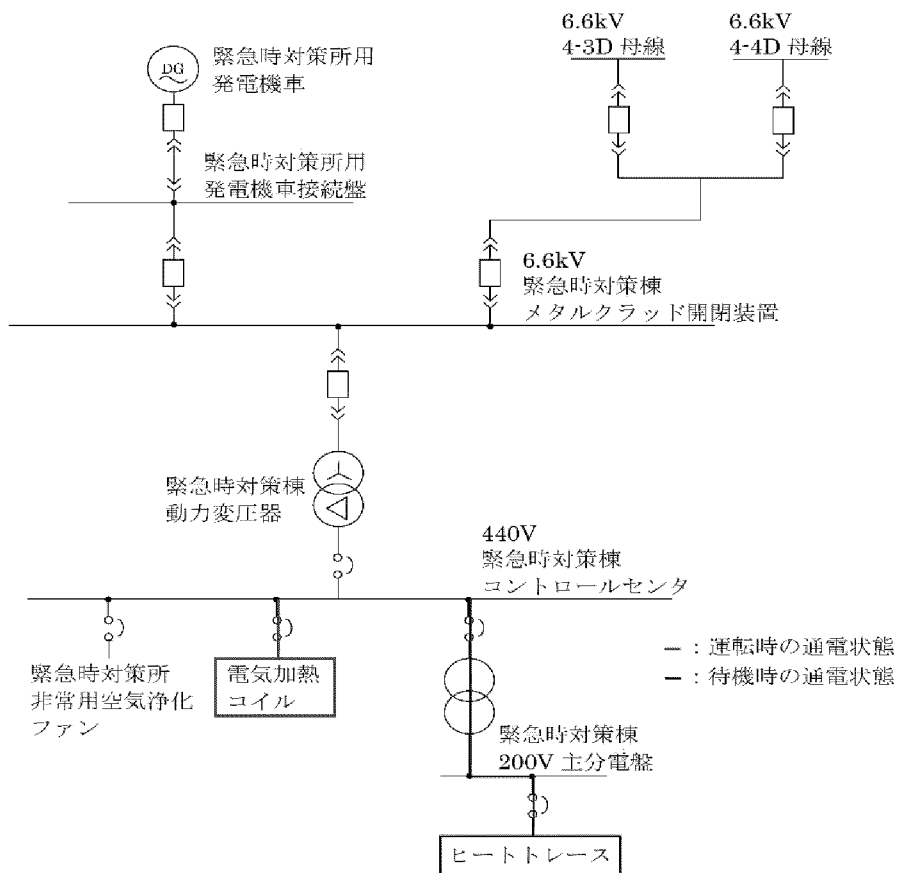
また、ヒートトレース設備及び電気加熱コイルは第2図に示す非常用母線より常時接続、受電可能な設計としている。

**第1表 ヒートトレース設備及び電気加熱コイルの概要**

1. 設 備	ヒートトレース設備	電気加熱コイル
2. 設 置 目 的	よう素フィルタ用活性炭劣化防止	
3. 機 能	待機時のフィルタユニット内の 温度維持（常時接続）	使用時の流入空気加熱 （常時接続）
4. 電 源	緊急時対策棟 200V主分電盤	緊急時対策棟 コントロールセンタ
5. 加熱目標温度	10℃	



第1図 ヒートトレース設備及び電気加熱コイルの概要図



第2図 ヒートトレース設備及び電気加熱コイルの電源系統図

## 補足説明資料 9-6 第 6 保管エリアにおける RC 床版の施工計画について

第 6 保管エリアには、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 54 条及び第 76 条の要求に適合する可搬型重大事故等対処設備のうち緊急時対策所用発電機車を 2 台（約 52 t / 台）保管する。なお、緊急時対策所用発電機車の構造については添付図面第 15-1 図「その他発電用原子炉の付属施設非常用電源設備の構造図」に示す。

緊急時対策所用発電機車の保管場所は、RC 床版及びマンメイドロック（MMR）を介して岩盤に支持される構造である。緊急時対策所用発電機車の保管場所については、長期供用による維持補修を考慮した RC 床版を配置する計画とする。

RC 床版は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を考慮した設計とし、マンメイドロック（MMR）と一体化した構造となるように施工する計画である。

また、隣接する緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）との間には目地材（100mm）を設置する計画である。

RC 床版は、緊急時対策棟の耐震安全性評価において、マンメイドロック（MMR）と同様の扱いとしている。また、地震時における変位量は数 mm 程度であるため、隣接する緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）に影響を及ぼすものではない。

RC 床版の構造イメージ図を図 1 に示す。

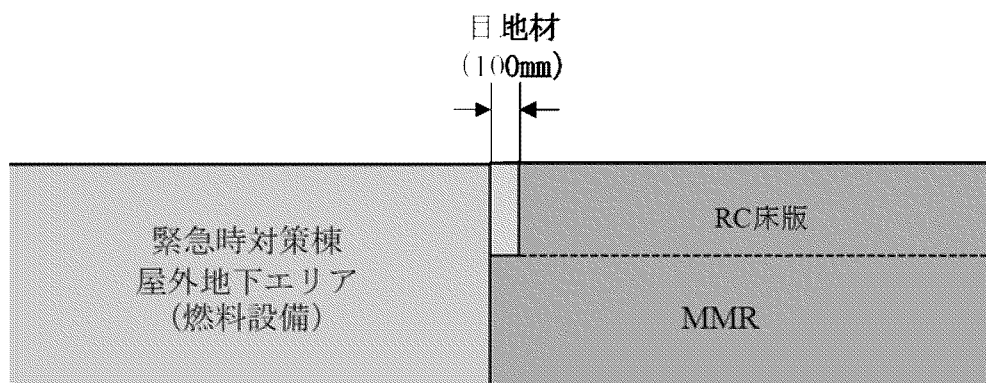


図 1 RC 床版の構造イメージ図

## 補足説明資料 10

発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書  
に関する補足説明資料

## 目 次

- 補足説明資料 10-1 火災防護を行う機器の選定について
- 補足説明資料 10-2 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域及び火災区画の設定について
- 補足説明資料 10-3 火災感知設備について
- 補足説明資料 10-4 全域ハロン自動消火設備について

## 補足説明資料 10-1 火災防護を行う機器の選定について

### 1. 目的

本資料は、「火災防護に関する説明書」3.1 項に示す緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設について火災防護を行う機器を示すために、補足資料として添付するものである。

### 2. 内容

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設は、火災により重大事故等に対処するために必要な緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能を損なわないよう、火災防護対策を講じる。また、火災防護対策を講じることで周辺機器等からの火災による悪影響を防止する設計とする。

本資料では、火災防護対策を講じる設計を行うにあたり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に対して、火災区域又は火災区画を設定するため、火災防護を行う機器等について表に示す。

なお、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設のうち配管、ダクト、安全弁、逆止弁及び手動弁及びアンテナは不燃材料であるステンレス鋼及び炭素鋼等であるため、火災による影響を受けないことから、対象外とする。また、緊急時対策所遮蔽（緊急時対策棟内）は不燃材料である鉄筋コンクリートであるため、火災による影響を受けないことから、対象外とする。

NO	設備	選定理由 区分 (注1)	新設・既設 区分	施設区分
1	緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (注2)	既設	計測制御系統施設／緊急時対策所
2	緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS) (3,4号機共用、4号機に設置)	○ (注2)	既設	計測制御系統施設／緊急時対策所
3	SPDS データ表示装置 (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (アンテナのみ注3)	新設	計測制御系統施設／緊急時対策所
4	衛星携帯電話設備 (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (アンテナのみ注3)	新設	計測制御系統施設
5	統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 (テレビ会議システム、IP 電話、衛星通信装置 (電話)、 IP-FAX) (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (アンテナのみ注3)	新設	計測制御系統施設
6	無線連絡設備 (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (アンテナのみ注3)	新設	計測制御系統施設
7	モニタリングシステム (1,2,3,4号機共用、3号機に設置、重大事故時のみ3,4 号機共用)	○ (注2)	既設	放射線管理施設
8	モニタリングポスト (1,2,3,4号機共用、3号機に設置、重大事故時のみ3,4 号機共用)	○ (注2)	既設	放射線管理施設
9	SA クラス 2 管	○ (注3)	新設	放射線管理施設
10	A 緊急時対策所非常用空気浄化ファン (3,4号機共用)	○	新設	放射線管理施設

NO	設備	選定理由 区分 (注1)	新設・既設 区分	施設区分
11	B 緊急時対策所非常用空気浄化ファン (3,4号機共用)	○	新設	放射線管理施設
12	A 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット (3,4号機共用)	○	新設	放射線管理施設
13	B 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット (3,4号機共用)	○	新設	放射線管理施設
14	緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策棟内) (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (注3)	新設	放射線管理施設
15	緊急時対策所加圧設備安全弁 (3,4号機共用、3号機に設置)	○ (注3)	新設	放射線管理施設
16	A 緊急時対策所非常用発電機車用給油ポンプ (3,4号機共用)	○	新設	非常用電源設備
17	B 緊急時対策所非常用発電機車用給油ポンプ (3,4号機共用)	○	新設	非常用電源設備
18	A 緊急時対策所非常用発電機車用燃料油貯蔵タンク (3,4号機共用)	○	新設	非常用電源設備
19	B 緊急時対策所非常用発電機車用燃料油貯蔵タンク (3,4号機共用)	○	新設	非常用電源設備
20	火技準用配管	○ (注3)	新設	非常用電源設備
21	緊急時対策所非常用発電機車接続盤 (3,4号機共用、3号機に設置)	○	新設	非常用電源設備





## 補足説明資料 10-2 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る 重大事故等対処施設を設置する火災区域及び火災区画の設定について

### 1. 目的

本資料は、「火災防護に関する説明書」に係る補足資料として添付するものである。

### 2. 内容

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設は、火災により重大事故等に対処するために必要な緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能を損なわないよう、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画に対して、火災発生防止並びに火災の感知及び消火のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。また、火災防護対策を講じることで周辺機器等からの火災による悪影響を防止する設計とする。

本資料では、設定する火災区域及び火災区画について示す。

### 3. 要求事項

火災区域（区画）の要求事項については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」から以下のとおり整理した。

#### 3.1 火災区域

耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域（部屋）であり、下記により設定する。

- ①耐火壁（床、壁、天井、扉等耐火構造物の一部であって、必要な耐火能力を有するもの）により囲われた区域を火災区域として設定する。ただし、屋外に設置する設備のうち壁に囲まれていない区域に対しては、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」において「ただし、屋外に設置される設備に対しては、附属設備を

含めて火災区域とみなす。」と記載されていることを踏まえ、設  
火災区域を設定する。

- ② 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設とそ  
の他の原子炉施設の配置も考慮して、火災区域を設定する。

### 3.2 火災区画

火災区画は、「火災区域」を細分化したものであって、緊急時対  
策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設については、機  
器の配置、壁及び消火設備等の火災防護対策の範囲を考慮した区画  
であり、全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく、隔壁  
や扉の配置状況を目安に火災防護の観点から設定する。

## 4. 火災区域（区画）の設定要領

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設が設置  
される火災区域（区画）の設定にあたっては、緊急時対策所（緊急時  
対策棟内）に係る重大事故等対処施設の設置箇所、建屋の間取り、機  
器やケーブル等の配置、耐火壁の能力等を総合的に勘案し設定する。  
具体的な設定要領を以下に示す。

### (1) 火災区域の設定

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設が  
設置される区域について以下のように火災区域を設定する。

#### ① 屋内

- a. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施  
設が設置される建屋について、火災区域として設定する。
- b. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施  
設とその他の原子炉施設の配置を考慮して、火災区域を設定  
する。

#### ② 屋外

- a. 緊急時対策棟屋上及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料  
設備）については、火災防護を行う機器等を設置し、耐火壁

により囲まれ、他の区域と分離されている区域を火災区域として設定する。

- b. 緊急時対策所用発電機車接続盤エリアについては、壁で囲まれていない区域であるため、緊急時対策所用発電機車接続盤（3,4号機供用、3号機に設置）の周囲を火災区域境界として設定する。なお、その周囲に対し植生区域の除草等の管理を行う。

## (2) 火災区画の設定

(1)で設定した火災区域について、以下のとおり火災区画として細分化する。

- a. 火災区域について間取り、機器の配置及び壁等の確認を行い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設とその他の原子炉施設の配置、及び固定式消火設備の消火範囲等を考慮し、火災区域を細分化し火災区画として設定する。また、発火性又は引火性物質を内包する設備等の配置を考慮して火災区画を設定する。

### （火災区画設定の具体例）

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設の配置される箇所について、階段や貫通部など一部の開口部を除いて耐火壁等により囲まれる区画及び固定式消火設備の消火範囲に応じた区画を火災区画として設定する。

## 5. 火災区域（区画）の設定及び特定重大事故等対処施設の配置

「4. 火災区域（区画）の設定要領」に従って設定した火災区域（区画）及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設について、配置図に示す。

第2-1 図

玄海原子力発電第3号機

重大事故等対処施設の配置、  
火災感知器の配置及び消火設備  
の概略図 (1/5)

緊急時対策棟

EL. 37.60m (屋上)

九州電力株式会社

第 2-2 図

玄海原子力発電第 3 号機

重大事故等対処施設の配置、  
火災感知器の配置及び消火設備  
の概略図 (2/5)

緊急時対策棟

EL. 30.75m, EL. 28.20m (地上 2 階)

九州電力株式会社

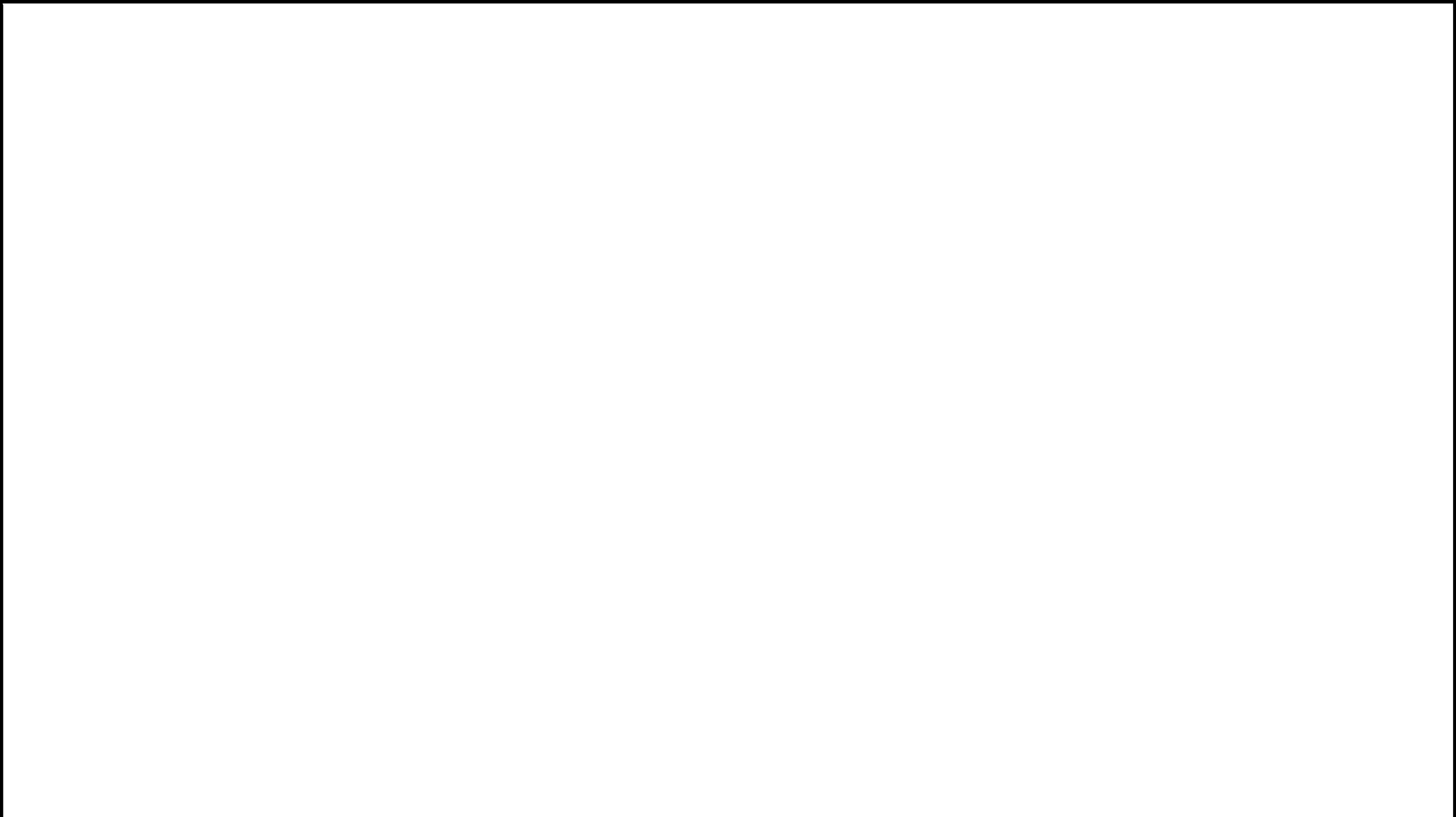


第 2-3 図
玄海原子力発電第 3 号機
重大事故等対処施設の配置、 火災感知器の配置及び消火設備 の概略図 (3/5) 緊急時対策棟 EL. 25. 3m, EL. 24. 85m (地上 1 階)
九州電力株式会社 (3)-741



第2-4図
玄海原子力発電第3号機
重大事故等対処施設の配置、 火災感知器の配置及び消火設備 の概略図（4/5） 屋外地下エリア（燃料設備） EL. 21.20m（地下1階）
九州電力株式会社 (3)-742





第 2-5 図

玄海原子力発電第 3 号機

重大事故等対処施設の配置、  
火災感知器の配置及び消火設備  
の概略図 (5/5)

屋外地下エリア (燃料設備)

EL. 15.00m (地下 2 階)

九州電力株式会社

(3)-743

## 補足説明資料 10-3 火災感知設備について

### 1. 目的

本資料は、「火災防護に関する説明書」5項の緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画に対する火災感知設備の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

### 2. 内容

火災感知設備の詳細を次項以降に示す。

### 3. 要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護審査基準」という。）における火災感知設備の要求事項を以下に示す。

#### 2.基本事項

##### 2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

##### (1) 火災感知設備

- ①各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ②火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

## 4. 火災感知設備の概要

火災が発生した場合に、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定するため、火災防護審査基準の要求に応じた「火災感知設備」を設置する設計とする。

「火災感知設備」は、周囲の環境条件を考慮して設置する「火災感知器」と、緊急時対策棟での火災の監視等の機能を有する「受信機」を含む火災報知盤等により構成される。「火災感知器」及び「受信機」について以下に示す。

### 4.1 火災感知設備の火災感知器について

#### 4.1.1 火災感知器の設置基準

火災感知器は、早期に火災を感知するため、火災感知器の取付面高さ、火災感知器を設置する周囲の温度、湿度及び空気流等の環境条件を考慮して設置する設計とする。

緊急時対策棟内で発生する火災としては、ポンプに内包する油及びケーブル等の火災であり、原子力発電所特有の火災条件が想定される箇所はなく、病院等の施設で使用されている火災感知器を消防法に準じて設置することにより、十分に火災を感知することが可能である。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設が設置される箇所には、基本的に火災時に炎が生じる前の発煙段階から感知できる煙感知器を設置する。

「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」の設置要求を満足するため、既存の火災感知器に加えて 4.1.3 項に記載する火災感知器を組み合わせて早期に火災を感知できる場所に設置する設計とする。

なお、15m 未満の天井高さが設置条件となっている感度 10%の煙感知器は、消防法に準じ、75m<sup>2</sup>の感知面積を考慮して設置する設計とする。また、誤作動を防止するため、8m 未満の天井高さが設置条件となっている空調設備の設計温度に対して 20℃以上の温度上昇を感知した際に作動する熱感知器は、消防法に準じ 35 m<sup>2</sup>の感知面積を考慮して設置する設計とする。

火災感知器は原則、煙濃度及び温度の平常時の状況、煙濃度及び温度の上昇把握並びに火災感知器の自動試験による誤作動（火災でないにもかかわらず火災信号を発すること）防止ができるアナログ式の火災感知器を設置する。

#### 4.1.2 「固有の信号を発する異なる種類の感知器」の設置対象

固有の信号を発する異なる種類の火災感知器は、火災を早期に感知し、火災の影響を限定するため、火災源が火災時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に影響を与えると考えられる場所に設置する設計とする。

想定火災源としては、火災発生防止対策を講じている油内包機器、電気盤、ケーブル等の火災を想定することとし、それらの火災源の設置場所を踏まえ、「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」を設置し、火災の早期感知を図る。

#### 4.1.3 「固有の信号を発する異なる種類の感知器」の種別選定

「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」の種類として、以下の種類の感知器を組み合わせる設計とする。(別紙1)

- ① 煙感知器
- ② 熱感知器
- ③ 炎感知器

#### 4.2 火災感知設備の設置箇所及び種類について

緊急時対策棟に設置する火災感知設備として、「4.1.1 火災感知器の設置基準」の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の緊急時対策所(緊急時対策棟内)に係る重大事故等対処施設の種類の種別に応じ、火災を早期に感知できるように、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、アナログ式ではないが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため煙や熱が感知器に到達する時間遅れがなく、火災の早期感知に優位性がある非アナログ式の炎感知器から異なる種類の火災感知器を組み合わせる設計を基本とし、一部の火災感知器は、万が一の水素濃度の上昇及び環境条件における誤作動の防止を考慮し、非アナログ式の防爆型の熱感知器、非アナログ式の防爆型の煙感知器、非アナログ式の防爆型の炎感知器を選定し設置する設計とする。

非アナログ式の炎感知器には、赤外線を検知する方式と紫外線を検知する方式の2種類があるが、炎特有の性能を検出することで誤作動が少ない赤外線方式を採用する。

例えば、一般的なエリアである緊急時対策棟等は、煙の拡散がないためアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する設計とする。また、天井高さが高いエリアについては、天井高さの設置条件が8m未満であるアナログ式の熱感知器は選定できないため、アナログ式の煙感知器及び非アナログ式の炎感知器を設置する設計とする。

周囲の環境条件により、上記の感知器を設置することが適さない箇所の火災感知器の選定方法を以下に示す。

##### 4.2.1 蓄電池室の火災感知器について

蓄電池室は、蓄電池の充電中に少量の水素を発生することから、万が一の水素濃度の上昇<sup>\*1</sup>を考慮し、非アナログ式の防爆型の煙感知器と非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

※1 蓄電池室は、換気空調設備の機械換気により、水素濃度の上昇を防止する設計とする。

##### 4.2.2 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク室

緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク室は、タンク内部の燃料が気化することを考慮し、非アナログ式の防爆型の熱感知器と非アナログ式の防爆型の煙感知

器を設置する設計とする。(第3-1図)

なお、熱感知器は、燃料油貯蔵タンクの重油の発火点である約 250°Cを考慮し、それよりも低い感度の防爆型の熱感知器を設置する。また、タンク外部の空間の高さは約 3m であることから、15m未満の天井高さが設置条件となっている感度 10%の煙感知器は、消防法に準じた感知面積を満足するよう設置する設計とする。

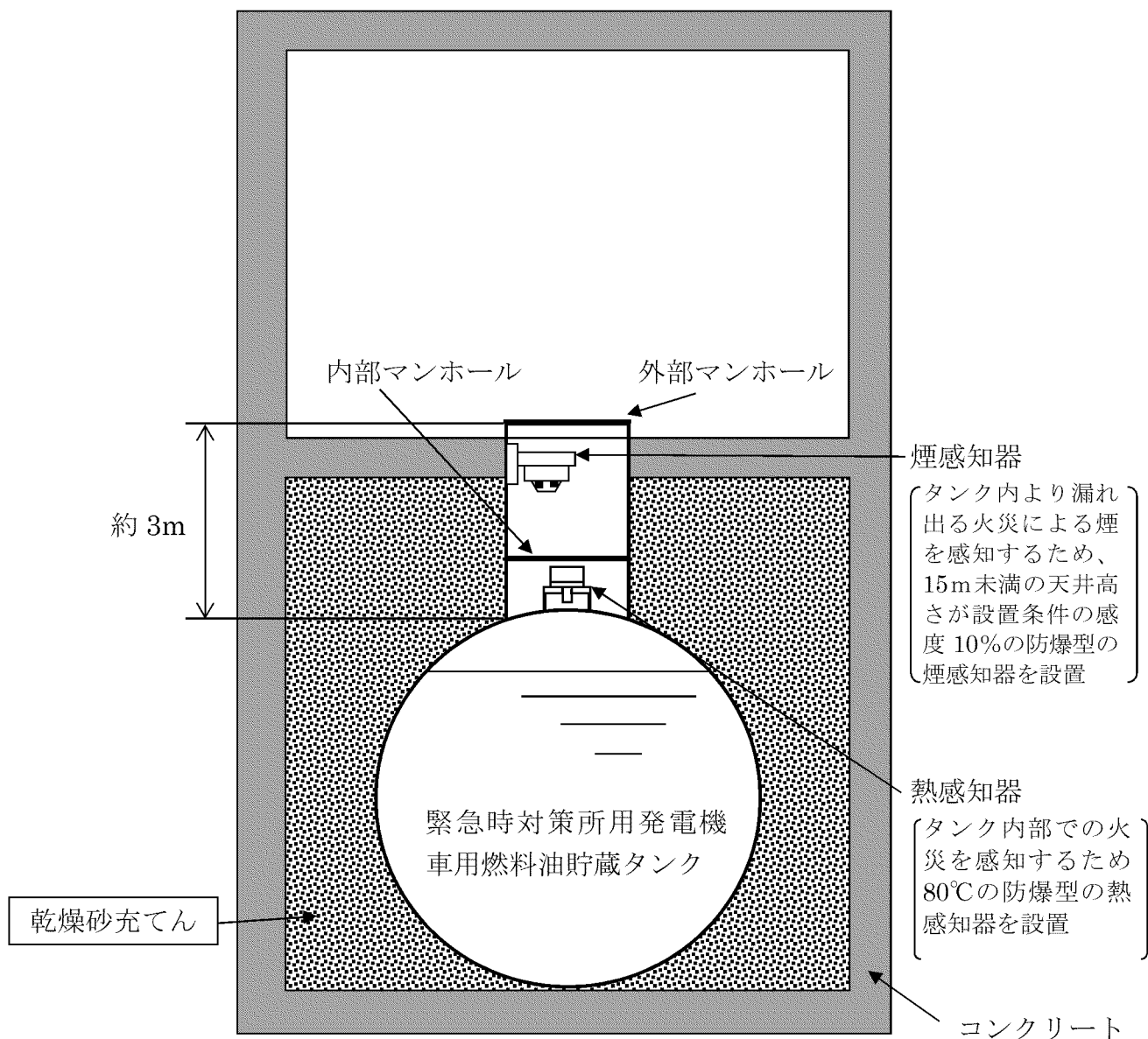


図 3-1 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクの火災感知器設置概要図

### 4.2.3 緊急時対策所用発電機車接続盤エリア

緊急時対策所用発電機車接続盤エリアは、屋外に設置されており、火災による煙が周囲に拡散し、煙感知器による火災感知が困難であり、降水等の影響を受けることから、非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器を設置する設計とする。以下、防爆型の熱感知器及び防爆型の炎感知器の設置位置を図3-2に示す。なお、新規制基準工認時の屋外に設定されている同感知器の設計について、別紙2に示す。

#### (1) 防爆型の熱感知器について

緊急時対策所用発電機車接続盤の上部近傍に防爆型の熱感知器を設置する。熱感知器については、消防法において屋外に設置する場合の明確な要求はなく、屋内に設置する場合の最小感知面積として  $15 \text{ m}^2/1 \text{ 個}$  (定温式1種) の設置要求がある。発電機車接続盤に対し熱感知器を近接して設置すること(475mm)により、発電機車接続盤の設置箇所が熱感知器の感知面積( $15 \text{ m}^2$ )の範囲内であり、十分に火災感知が可能であると考えられる。なお、日本消火装置工業会の火災試験を踏まえても、発電機車接続盤の火災発生時における熱感知器の有効感知範囲内であることを確認している。

#### (2) 防爆型の炎感知器について

緊急時対策所用発電機車接続盤近傍の壁面に防爆型の炎感知器を設置する。屋外発電機車接続盤が監視範囲に含まれる配置として、火災から発する赤外線を検知することで火災感知が可能となる。

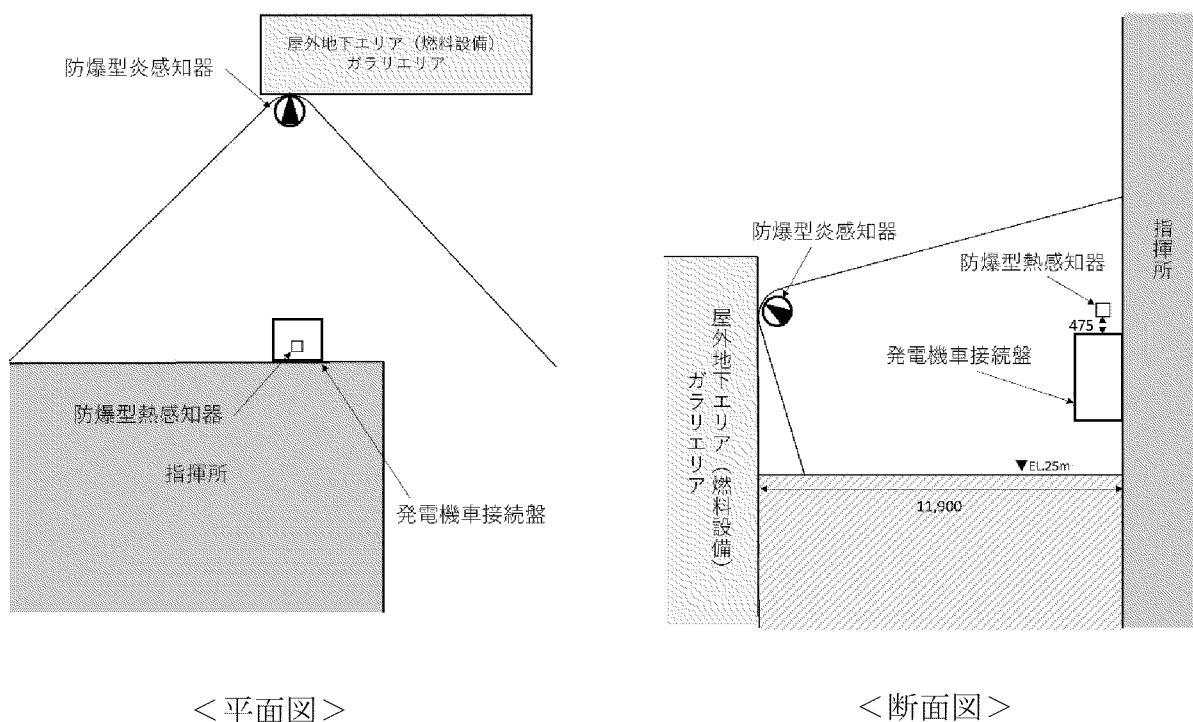


図3-2 緊急時対策所用発電機車接続盤エリアの感知器設置概念図

#### 4.3 火災感知設備の火災報知盤について

火災感知設備の火災報知盤は、構成される受信機により、以下の機能を有する設計とする。

- ① 火災報知盤は、アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能
- ② 機械空調による環境の維持により誤作動が起き難く、かつ、水素の漏えいの可能性が否定できない場所に設置する感知器は、非アナログ式の密閉性を有する防爆型の火災感知器とし、これを1つずつ特定できる機能
- ③ 降水等の浸入による誤作動が想定される屋外に設置する感知器は、誤作動を防止するために非アナログ式の密閉性を有する防爆型の火災感知器とし、これを1つずつ特定できる機能

#### 4.4 火災感知設備の電源確保

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画に設置する火災感知設備の受信機は、外部電源喪失時又は全交流電源喪失時においても火災の感知が可能となるように、消防法を満足する蓄電池を内蔵し70分間<sup>(注)</sup>電源供給が可能な設計とする。

また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備については、非常用電源からの受電も可能とする。

注：消防法施行規則第二十四条及び受信機に係る技術上の規格を定める省令第四条で要求している蓄電池容量

#### 4.5 緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設の火災感知設備による監視について

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に発生した火災は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に設置されている火災感知設備の火災報知盤で監視できる設計とする。

また、火災が発生していない平常時には、中央制御室内に設置済みの火災報知盤により、緊急時対策所（緊急時対策棟内）において火災が発生していないこと及び火災感知設備に異常がないことを確認できる設計とする。

#### 4.6 火災感知設備に対する試験検査について

アナログ型の火災感知器を含めた火災感知設備は、機能に異常が無いことを確認するために、自動試験を実施する。

ただし、試験機能のない火災感知器は、機能に異常が無いことを確認するために、消防法施行規則第三十一条の六に基づき、半年に一度の機器点検及び1年に一度の総合点検時に、煙等の火災を模擬した試験を実施する。

## 火災感知設備の設置種別について

## (1) 一般的なエリア

名称	火災感知設備	アナログ式/ 非アナログ式	概要
指揮所 等	①煙感知器	アナログ式	基本的に火災時に炎が生じる前の発煙段階から感知できる従来より設置している煙感知器に加えて、環境条件等を考慮し、異なる種類の感知器を組み合わせで設置する。
	②熱感知器	アナログ式	
	③炎感知器（赤外線）	非アナログ式	

## (2) 上記以外の特例箇所

名称	火災感知設備	アナログ式/ 非アナログ式	概要
蓄電池室	①防爆型煙感知器	非アナログ式	蓄電池が充電中に少量の水素を発生することから、万が一の水素濃度の上昇を考慮し、防爆性能を有する感知器として、熱感知器及び煙感知器を設置する。
	②防爆型熱感知器	非アナログ式	
緊急時対策 所用発電機 車用燃料油 貯蔵タンク 室	①防爆型熱感知器	非アナログ式	タンク内部の燃料が気化することを考慮し、防爆機能を有する火災感知器として、熱感知器及び煙感知器をタンク内部に設置する。
	②防爆型煙感知器	非アナログ式	
緊急時対策 所用発電機 車接続盤エ リア	①防爆型熱感知器	非アナログ式	屋外のため、降水等の影響及び周囲への煙の拡散を考慮し、密閉性を有する非アナログ式の防爆型の熱感知器及び炎感知器を設置する。
	②防爆型炎感知器	非アナログ式	



## 火災感知器の選定結果

No.	名 称	感知器種別	備考
TSC1-1	指揮所（本部執務スペース） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-2	指揮所（休憩所） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-3	指揮所（多目的エリア） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-4	通路（1階1） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-5	配線スペース（1階3） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-6	通常時出入口 （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-7	男子トイレ （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-8	女子トイレ （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-9	ダクトスペース（1階） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-10	出入管理エリア （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-11	緊急時出口 （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-12	緊急時入口（1） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-13	緊急時入口（2） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-14	緊急時出入口 （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-15	配線スペース（1階2） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC1-16	配線スペース（1階1） （3,4号機共用）	煙 炎	天井高さが8m以上であるため、 炎感知器を設置する。
TSC2-1	電気計装用電源機械室 （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC2-2	蓄電池室 （3,4号機共用）	煙（防爆） 熱（防爆）	蓄電池が充電中に少量の水素を 発生することから、万が一の水 素濃度の上昇を考慮し、防爆性 能を有する感知器として、熱感 知器及び煙感知器を設置する。
TSC2-3	通信機械室（1） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC2-4	通信機械室（2） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC2-5	配線スペース（2階2） （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC2-6	緊急時対策棟排気ファン室 （3,4号機共用）	煙 熱	
TSC2-7	緊急時対策棟給気ファン室 （3,4号機共用）	煙 熱	

TSC2-8	緊急時対策所非常用空気浄化ファン室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC2-9	通路(2階1) (3,4号機共用)	煙熱	
TSC2-10	配線スペース(2階1) (3,4号機共用)	煙熱	
TSC3-1	緊急時対策棟空気浄化フィルタユニット室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC3-2	A 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC3-3	B 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC3-4	通路(屋上) (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-1	通路(屋外1) (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-2	A 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク上部配管室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-3	B 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク上部配管室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-4	通路(屋外2) (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-5	A 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク室 (3,4号機共用)	煙(防爆) 熱(防爆)	タンク内部の燃料が気化することを考慮し、防爆機能を有する火災感知器として、熱感知器及び煙感知器をタンク内部に設置する。
TSC4-6	B 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク室 (3,4号機共用)	煙(防爆) 熱(防爆)	タンク内部の燃料が気化することを考慮し、防爆機能を有する火災感知器として、熱感知器及び煙感知器をタンク内部に設置する。
TSC4-7	A 緊急時対策所用発電機車用給油ポンプ室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC4-8	B 緊急時対策所用発電機車用給油ポンプ室 (3,4号機共用)	煙熱	
TSC5-1	緊急時対策所用発電機車接続盤エリア	熱(防爆) 炎(防爆)	屋外のため、降水等の影響及び周囲への煙の拡散を考慮し、密閉性を有する非アナログ式の防爆型の熱感知器及び炎感知器を設置する。

## 屋外設置の防爆型の熱感知器／炎感知器の新規制基準工認における使用実績について

## 1. 概要

玄海原子力発電所の緊急時対策棟については、火災防護の要求から屋外に設置する緊急時対策所用発電機車接続盤の火災感知器として防爆型の熱感知器／炎感知器を設置する設計としている。新規制基準工認時における同感知器の使用実績について、以下にまとめる。

## 2. 使用実績について

緊急時対策所用発電機車接続盤と同様に耐火壁に囲まれていない火災区域において、屋外設置の防爆型の熱感知器／炎感知器の新規制基準工認における使用実績について、表 3-1 に示す。

表 3-1 屋外設置の防爆型の熱感知器／炎感知器の新規制基準工認における使用実績

申請	屋外設置エリア	使用実績	選定理由
玄海新規制 基準工認	大容量空冷式発電機エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防爆型熱感知器</li> <li>・ 防爆型炎感知器</li> </ul>	煙が周囲に拡散するため、熱感知器及び炎感知器を設置
玄海緊急時 対策棟 設工認	緊急時対策所用発電機車接続盤エリア	同上	同上

## 補足説明資料 10-4 全域ハロン自動消火設備について

### 1. 目的

本資料は、「火災防護に関する説明書」5項の緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画に対する消火設備のうち、全域ハロン自動消火設備の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

### 2. 内容

全域ハロン自動消火設備の詳細を次項以降に示す。

### 3. 要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（以下、審査基準）」における消火設備の要求事項を以下に示す。

#### 2.基本事項

(1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。

- ①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構造物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
- ②放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構造物、系統及び機器が設置される火災区域

#### 2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構造物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

#### 4. 全域ハロン自動消火設備の概要

火災が発生した場合に、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火するため、審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に基づき、全域ハロン自動消火設備を設置する。

全域ハロン自動消火設備について以下に示す。

##### 4.1 全域ハロン自動消火設備

全域ハロン自動消火設備は、審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に準じ、火災発生時の煙の充満等により消火が困難となる可能性も考慮し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画の早期の消火を目的として設置する。具体的には、以下のとおりとする。

- ・緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画であって、火災発生時に煙の充満により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に対しては、審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に準じ、固定式消火設備を設置する設計とし、緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、職員が常駐する火災区域ではないことから、自動消火設備である全域ハロン自動消火設備を設置する。

ハロン消火設備の概要を別紙 1 に、また、全域ハロン自動消火設備を別紙 2 に示す。

全域ハロン自動消火設備は、機能に異常がないことを確認するため、消火設備の作動確認を実施する。

全域ハロン自動消火設備の設置に伴い、消火能力を維持するための自動ダンパの設置又は空調設備の停止による消火剤の流出防止や安全対策のための警報装置を設置する。

全域ハロン自動消火設備は、全交流動力電源喪失時にも設備の作動に必要な電源が確保可能なよう、消防法施行規則第二十条第四項十五号に基づく容量を有する蓄電池を設ける。

全域ハロン自動消火設備の動作に伴う人体への影響はないが、全域ハロン自動消火設備の動作時に退避警報を発信する設計とする。全域ハロン自動消火設備の動作に伴う人体及び機器への影響を別紙 3 に示す。

5. 参考

重大事故等対処施設の火災を早期に消火するための消火設備及び消火剤量を下表に示す。

第 4-1 表 重大事故等対処施設を設置する火災区域（区画）の消火設備

消火設備	消火剤	消火剤量	主な消火対象
全域ハロン 自動消火設備	ハロン 1301	1 立方メートルあたり 0.32kg 以上	煙の充満等による消火活動 が困難な火災区域（区画）
水消火設備 （消火栓）	水	130ℓ/min 以上 （屋内） 350ℓ/min 以上 （屋外）	全火災区域（区画）
消火器	粉末等	—	全火災区域（区画）

以 上

## ハロン消火設備の概要について

審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に準じ、火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となる可能性も考慮し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設を設置する火災区域又は火災区画の早期の消火を目的として設置する。

		ハロン消火設備
設備構成		<p>ハロン消火設備は、噴射ノズルからハロン消火剤を全域に放射し、ハロゲン元素が有する燃焼反応の抑制作用により消火を行う。なお、放出する火災区域は、ハロン消火剤を放射する前に閉止する自動ダンプの設置又は機械換気設備の停止を行う。</p>
動作条件		<p>自動消火設備について、誤作動防止を考慮して、感知器が2系統のうち、どちらか動作した場合に自動起動する。</p> <p>具体的な動作原理は、別紙3に示す。</p>
消火剤	性能	<p>ハロン1301は、消火剤に含まれるフッ素、臭素のハロゲン元素が有する燃焼反応の抑制作用で消火する。</p> <p>消火剤容量 <math>0.32\text{kg/m}^3</math></p>
	誤動作	<p>ハロン1301は、電気絶縁性が高いことから、誤動作を想定しても、電気品への影響はない。</p> <p>なお、皮膚の炎症など人体への影響は小さいが、消火剤放射前には警報を発信し退避を促す。</p>
火災消火後の影響		<p>消火時に発生するフッ化水素等が有害であるため、火災鎮火後のエリア内進入前に、排気処置を行う。</p>

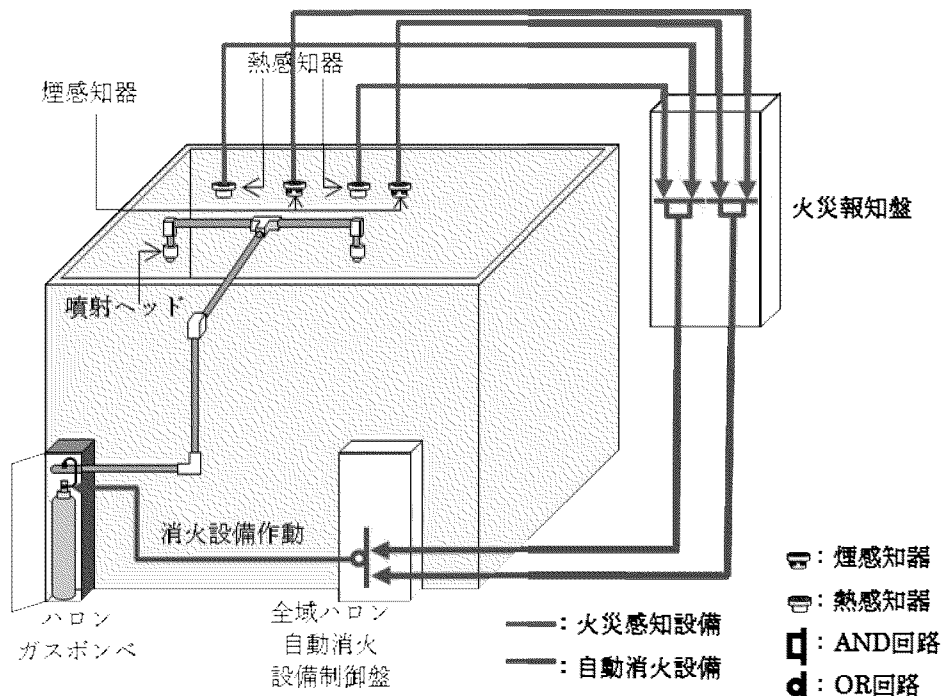
## 全域ハロン自動消火設備について

### 1. 設備概要及び系統構成

消火活動が困難な火災区域及び火災区画に必要となる自動消火設備として、人体及び設備への影響を考慮し、全域ハロン自動消火設備を設置する。

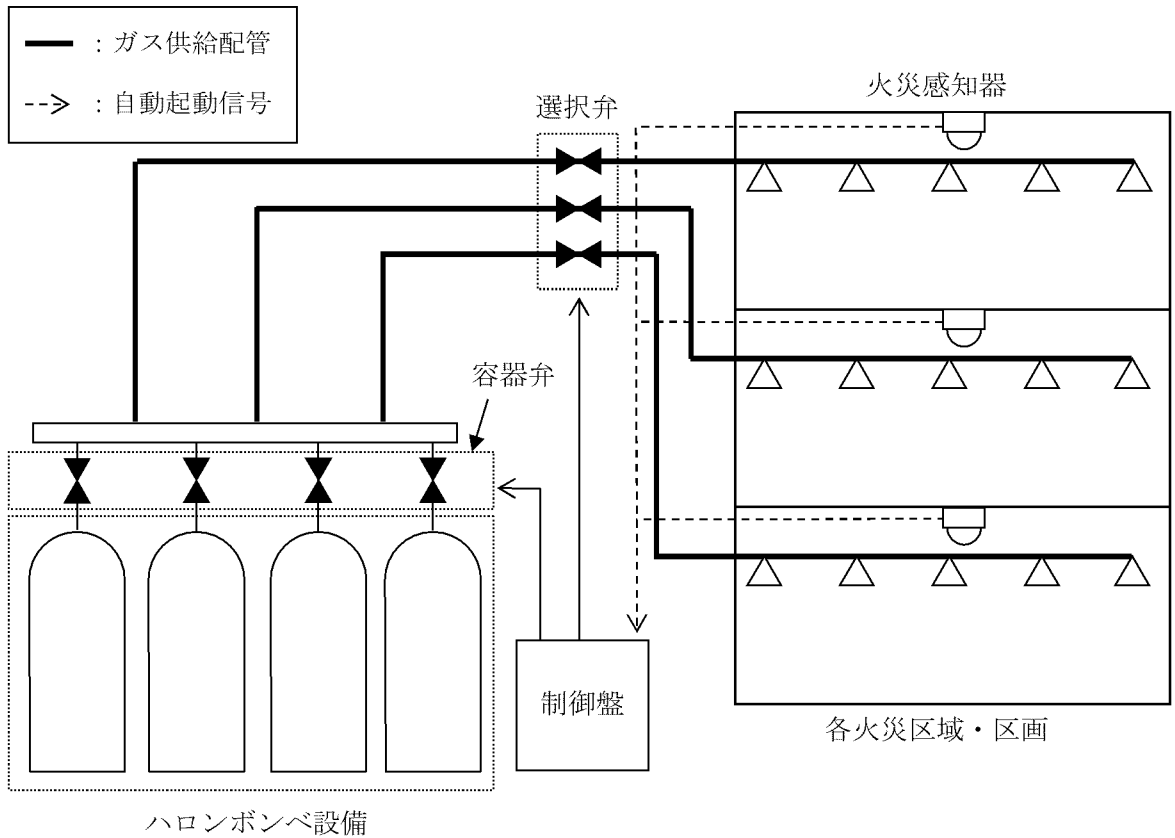
複数の防護エリアを消火対象とし火災時に当該火災エリアを選択する選択型の全域ハロン自動消火設備を以下に示す。

項 目		仕 様
消火剤	消火薬剤	ハロン 1301
	消火原理	連鎖反応抑制（負触媒効果）
	消火剤の特徴	設備および人体に対して無害
消火設備	適用規格	消防法その他関係法令
	火災感知	火災感知器（感知器 2 系統の OR 信号）
	放出方式	自動（現場手動起動及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）からの遠隔手動起動も可能な設計とする。）
	消火方式	全域放出方式
	電 源	常用電源、代替電源又は蓄電池より供給



第 4-1 図 全域ハロン消火設備の動作概要図





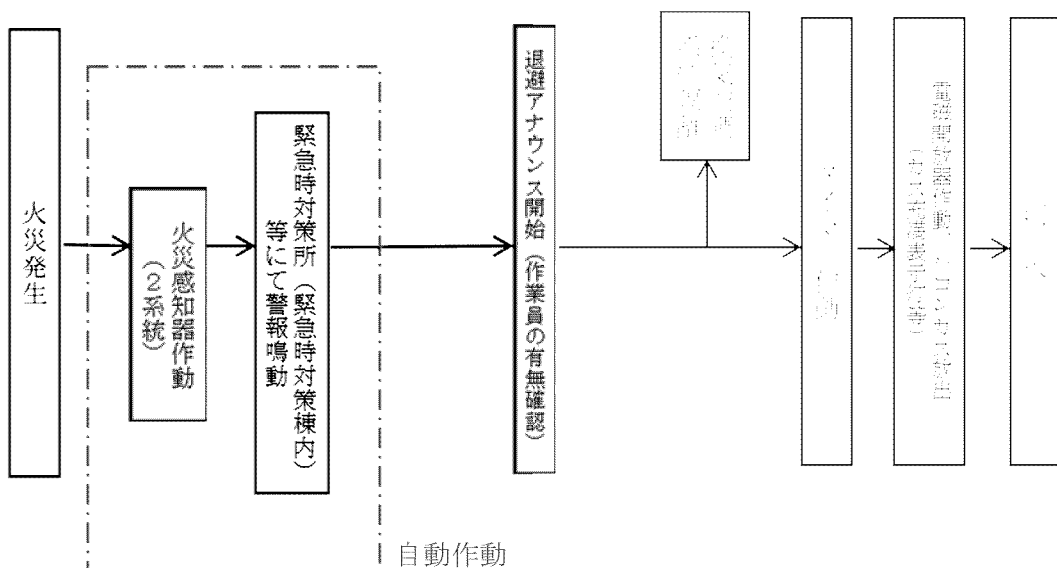
第4-2図 全域ハロン自動消火設備 系統概要図

## 2. 全域ハロン自動消火設備の作動回路

### 2.1 作動回路の概要

火災発生時における全域ハロン自動消火設備作動時までの信号の流れを第4-3図に示す。

通常時は自動待機状態とし、感知器が2系統のうちどちらか1系統作動した場合は、自動起動する設計とする。



第4-3図 火災時の信号の流れ

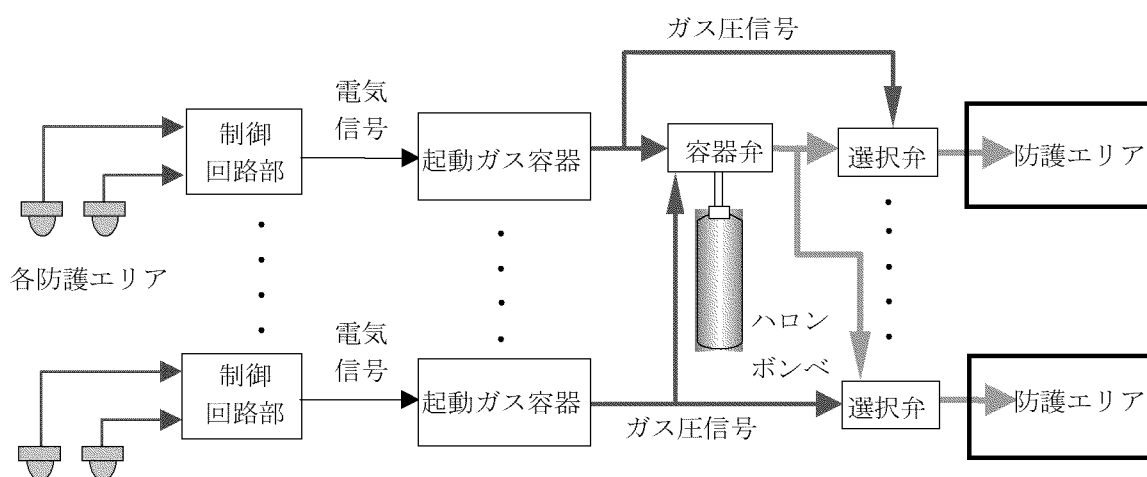
## 2.2 全域ハロン自動消火設備の系統構成

### (2) 全域ハロン自動消火設備（選択型）

選択型は、複数の防護エリアに設置する火災感知器からの信号をそれぞれの制御回路部が受信した後、制御回路部から起動ガス容器ユニットに対して放出電気信号を発信する設計とする。

起動ガス容器ユニットでは、放出電気信号を機械的なガス圧信号に変換し、ガス圧信号で機械的に作動する容器弁及び選択弁に放出信号を発信して、ハロンガスを放出する設計とする。

全域ハロン自動消火設備（選択型）の系統構成を第4-4図に示す。



第4-4図 全域ハロン自動消火設備（選択型）の系統構成

## 全域ハロン自動消火設備の動作に伴う機器等への影響について

## 1. はじめに

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に基づき設置する消火設備として、ハロン等を用いた消火設備を設置する。

全域ハロン自動消火設備の消火後及び誤作動時における人体や設備への影響について評価した。

## 2. 使用するハロンガスの種類

全域ハロン自動消火設備

「ハロン 1301」（一臭化三フッ化メタン： $\text{CF}_3\text{Br}$ ）

## 3. ハロンガスの影響について

## 3.1 消火後の影響

## 3.1.1 人体への影響

消火後に発生するガスは、フッ化水素(HF)やフッ化カルボニル( $\text{COF}_2$ )、臭化水素(HBr)等有毒なものがあるが、ハロン消火後の入室時には、ガス濃度の確認並びに空気呼吸器（第 4-5 図）及び皮膚が露出しない耐熱服（第 4-6 図）を着用するため、人体への影響はない。



第 4-5 図 空気呼吸器のみを装着し



第 4-6 図 耐熱服(空気呼吸器の上から耐熱服を着用した状態)

### 3.1.2 設備への影響

全域ハロン自動消火設備のハロン 1301 及びハロン消火後に発生するガスは、電気絶縁性が大きいことから、金属への直接的影響は小さい。

また、沸点が低く揮発性が高いため、腐食性物質であるフッ素等の機器等への残留は少ないことから、機器への影響も小さい。

しかし、仮に、機器等の表面に水分が存在する場合は、腐食性のあるフッ化水素酸を生成することが想定されることから、必要に応じて、ハロンガスが放射した機器の不純物検査及び機器の洗浄を行い、不純物による機器への影響がないことを確認する。

## 3.2 誤作動による影響

### 3.2.1 人体への影響

- ・ハロン 1301 が誤作動した場合の濃度は 5%程度であり、これは、ハロン 1301 の無毒性最高濃度(NOAEL)<sup>(注)</sup> と同等の濃度である。  
また、ハロン 1301 が誤作動した場合の濃度 (5%程度) は、雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度ではないことから、酸欠にもならない。
- ・ハロン 1301 の沸点が $-58^{\circ}\text{C}$ と低いため、直接接触すると凍傷にかかる恐れがあるが、ハロン 1301 の放射ノズルの設置箇所は、高所であり、直接接触の可能性は小さい。

以上より、ハロン 1301 が誤作動しても、人体への影響はない。

注：人が消火剤にさらされた時、何の変化も観察できない最高濃度。

### 3.2.2 設備への影響

全域ハロン自動消火設備のハロン 1301 は、電気絶縁性が大きいことから、金属への直接的影響は小さい。

また、沸点が低く揮発性が高いため、腐食性物質であるフッ素等の機器等への残留は少ないため、機器への影響は小さい。

しかし、仮に、機器等の表面に水分が存在する場合は、腐食性のあるフッ化水素酸を生成することが想定されることから、必要に応じて、ハロンガスが放射した機器の不純物検査及び機器の洗浄を行い、不純物による機器への影響がないことを確認する。

以上

補足説明資料 10-5 「火災の発生防止」のうち  
水素を内包する設備の防護設計について

1. 概要

本資料は、「火災防護に関する説明書」4.1 項の「緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設の火災発生防止」のうち(1)b.「水素を内包する設備に対する火災発生防止対策について」の要求事項及び水素を内包する設備の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

2. 要求事項

「火災防護審査基準」における水素を内包する設備に係る要求事項を以下に示す。

2.基本事項

2.1 火災発生防止

2.1.1 原子炉施設は火災の発生を防止するために以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

- (4) 火災区域内で水素が漏えいしても、水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように、水素を排気できる換気設備を設置すること。また、水素が漏えいするおそれのある場所には、その漏えいを検出して中央制御室にその警報を発すること。
- (5) 放射線分解等により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講じること。

### 3. 水素を内包する設備に対する火災の発生防止対策について

#### (1) 水素を内包する設備について

緊急時対策棟内に設置する設備のうち水素を内包する設備として、通信連絡設備に対して、非常用母線からの給電喪失後、緊急時対策所用発電機車からの給電が開始されるまでの約2時間無停電で給電できるように、制御弁式蓄電池を蓄電池室に設置する。図5-1に火災区域区画構造物平面図を示す。蓄電池の設置位置は、「TSC2-2」に該当する。

なお、緊急時対策棟内の設備において、放射線分解等によって水素が発生する設備はない。また、火災防護設備として設置する火災報知盤内等に設置する蓄電池については、一般的なバッテリー（Ni-Cd式等）であるため水素が発生しない。

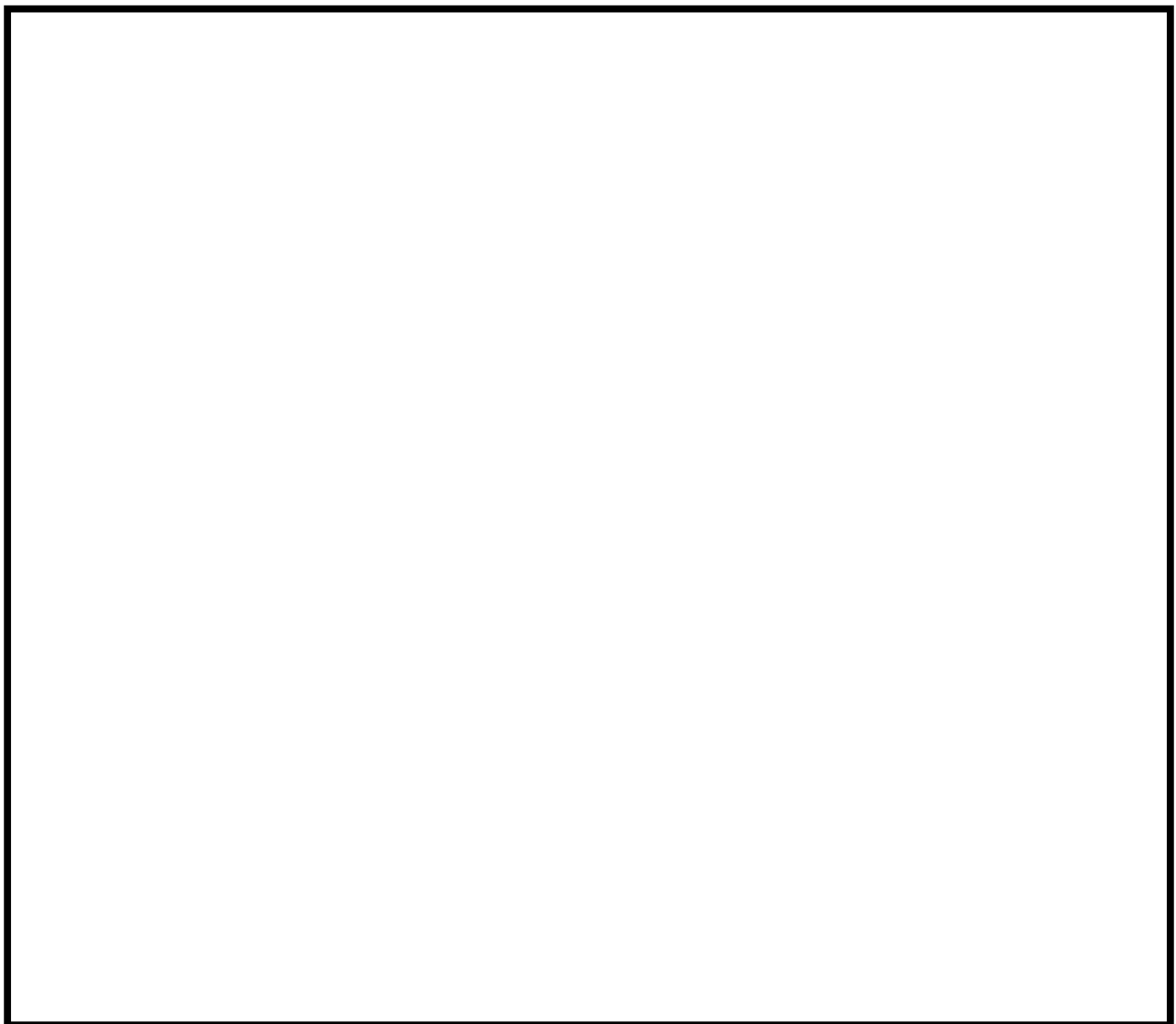


図 5-1 火災区域区画構造物平面図（緊急時対策棟 地上 2 階）

(2) 火災の発生防止対策について

蓄電池に対する火災の発生防止対策を表5-1に示す。

表5-1 蓄電池に対する火災の発生防止対策

対策項目	対策内容
水素の漏えい検知	・蓄電池を設置する火災区域には、水素ガス検知器を設置し、水素の燃料限界濃度である 4vol%の 1/4 以下の濃度にて、中央制御室又は緊急時対策所（緊急時対策棟内）に警報を発する設計とする。
水素を内包する設備の配置上の考慮	・水素を内包する設備の火災による影響を軽減するために、耐火壁の設置による配置上の考慮を行う設計とする。
水素を内包する設備がある火災区域の換気	・水素を発生する蓄電池を設置する火災区域は、代替電源からも給電できる蓄電池室排気ファンによる機械換気を行う設計とする。 ・蓄電池室の換気設備が停止した場合には、蓄電池充電時に発生する水素の蓄積を防止するために、中央制御室又は緊急時対策所（緊急時対策棟内）に警報を発する設計とする。 ・蓄電池室には、蓄電池充電時に水素が発生することから、発火源となる直流開閉装置やインバータを設置しない設計とする。
水素を内包する設備を設置する火災区域の防爆対策	水素を内包する設備は、換気を行うことから、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第 69 条及び「工場電気設備防爆指針」に示される爆発性雰囲気とならない。したがって、水素を内包する設備を設置する火災区域では、防爆型の電気品及び計装品の使用並びに防爆を目的とした電気設備の接地対策は不要とする設計とする。 なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第 10 条、第 11 条に基づく接地を施す。

## 補足説明資料 11

### ディーゼル発電機に関する補足説明資料



## 目 次

- 補足説明資料 11-1 緊急時対策棟への給電によるディーゼル発電機の影響について
- 補足説明資料 11-2 緊急時対策棟の電源系統について

補足説明資料 11-1 緊急時対策棟への給電によるディーゼル発電機の影響について

緊急時対策棟が接続している非常用母線は 4-3D 母線又は 4-4D 母線であり、外部電源喪失による設計基準事故時においては、3B 又は 4B ディーゼル発電機から給電する。

3B ディーゼル発電機の定格容量は、既工事計画の「非常用予備発電装置の出力の決定に関する説明書」に示す工学的安全施設作動時に必要な負荷（最大負荷：6,784kW）に裕度を考慮して 7,100kW としている。また、4B ディーゼル発電機も同様に工学的安全施設作動時の負荷（最大負荷：6,436kW）に裕度を考慮して 7,100kW としている。

このうち、4B ディーゼル発電機よりも負荷の大きい 3B ディーゼル発電機の工学的安全施設作動時の負荷（最大負荷：6,784kW）に、ディーゼル発電機から給電するその他の負荷として新規制基準適合性工認時に考慮した SPDS 等の負荷 67kW 及び第 1 表に示す設計基準事故時における緊急時対策棟用湧水サンプポンプを含む緊急時対策棟の負荷（最大負荷：約 124kW）を加えても 6,975kW であることから、3B 及び 4B ディーゼル発電機は、緊急時対策棟への給電に十分な容量を有している。

ディーゼル発電機は発電所の安全停止及び工学的安全施設作動時に必要な負荷に裕度を考慮して定格容量を決定していること、仮に設計基準事故時における緊急時対策棟の最大負荷を加えても、その容量は裕度の範囲内であり、ディーゼル発電機の定格容量に影響を与えない。

第 1 表 設計基準事故時における緊急時対策所負荷の比較

主要負荷	容量 (kW)	
	緊急時対策棟 <sup>※1</sup>	代替緊急時対策所 <sup>※2</sup>
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ (2台) <sup>※3</sup>	約9	—
通信連絡設備 (通信機器、通信端末等)	約53 <sup>※4</sup>	約20
緊急時対策所用発電機車100V分電盤 (2台) <sup>※5</sup>	約5 <sup>※6</sup>	—
緊急時対策所用発電機車補機盤 (2台) <sup>※5</sup>	約17 <sup>※7</sup>	—
その他 (非常用照明、誘導灯、火災受信機盤等)	約40	約10
合計	約124	約30

※1 3B 又は 4B ディーゼル発電機からの給電

※2 3A 又は 4B ディーゼル発電機からの給電

※3 緊急時対策棟における設置台数 (1 台は予備だが負荷の積み上げ上保守的に 2 台分を考慮)

※4 建屋規模拡大による通信連絡設備の台数増加及び保安電話の交換機新規設置による負荷の増加

※5 緊急時対策棟における設置台数

※6 緊急時対策所用発電機車内に設置 (コンセント、遮断器盤スペースヒータ等)

※7 緊急時対策所用発電機車内に設置 (潤滑油プライミングポンプ、発電機スペースヒータ等)



## 補足説明資料 12

代替緊急時対策所の廃止に関する補足説明資料

## 目 次

補足説明資料 12-1	代替緊急時対策所の廃止における他設備への悪影響防止について
-------------	-------------------------------

補足説明資料 12-1 代替緊急時対策所の廃止における  
他の設備への悪影響防止について

1. 緊急時対策所の機能移行について

玄海3・4号機の緊急時対策所は、既設の代替緊急時対策所から新設する緊急時対策所（緊急時対策棟内）（以下「緊急時対策棟」という。）にその機能を移行するが、緊急時対策棟の運用開始後、代替緊急時対策所を廃止する計画である。

代替緊急時対策所は、図1に示すとおり原子炉補助建屋や緊急時対策棟等から離れた場所に独立して設置しているが、緊急時対策棟の運用開始後に実施する代替緊急時対策所の廃止作業が他の設備に悪影響を与えないことを確認するため、代替緊急時対策所の廃止に係る設備及び施工手順を整理し、他の設備への悪影響の有無について評価した。



図1 緊急時対策棟及び代替緊急時対策所の配置

## 2. 代替緊急時対策所の廃止による影響評価について

代替緊急時対策所の廃止にあたり、既存設備への影響の有無を検討した。まず、廃止対象設備と他の設備の系統上の接続有無を現地調査および図面により確認した。

その結果、①SPDS関連設備、②通信連絡設備、③電源設備に関して系統との接続があるため、廃止作業において配慮が必要なものとして抽出した。

次項において、①～③に分類した各設備に関して、悪影響防止のための対策を示す。

## 3. 悪影響防止のための対策について

前項にて系統の接続があると整理された項目において、位置関係、作業計画を踏まえて他の設備に影響を及ぼさないための対策について検討した。

### ① SPDSデータ表示装置の廃止

#### a. 概要

代替緊急時対策所の廃止の際に、代替緊急時対策所に設置しているSPDSデータ表示装置を廃止する。SPDSデータ表示装置は、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）（以下、「SPDS」という。）のデータを表示するための設備であり、SPDSは複数の独立したSPDSデータ表示装置に対しデータを表示させるものである。

#### b. 廃止作業

廃止の際には、原子炉補助建屋及び4号機原子炉周辺建屋に設置しているスイッチングハブに接続している代替緊急時対策所のSPDSデータ表示装置向けの信号線を外す（ポートの閉塞含む）作業を行う。（図2参照）

#### c. 評価

スイッチングハブに関しては信号線の抜差に対応した設計となっていることから、代替緊急時対策所に設置されているSPDSデータ表示装置の廃止を行っても、緊急時対策棟に設置されているSPDSデータ表示装置に悪影響を及ぼすことはない。

また、検査時及び緊急時対策棟運用開始後～代替緊急時対策所廃止までの期間（図3の「B」の期間）においては、SPDSからの信号は、代替緊急時対策所

および緊急時対策棟両方のSPDSデータ表示装置へと信号伝送される状態となるが、緊急時対策棟に設置するSPDSデータ表示装置を追加で接続してもSPDSに接続可能な台数以下であるため、SPDSの性能に影響を与えることはない。

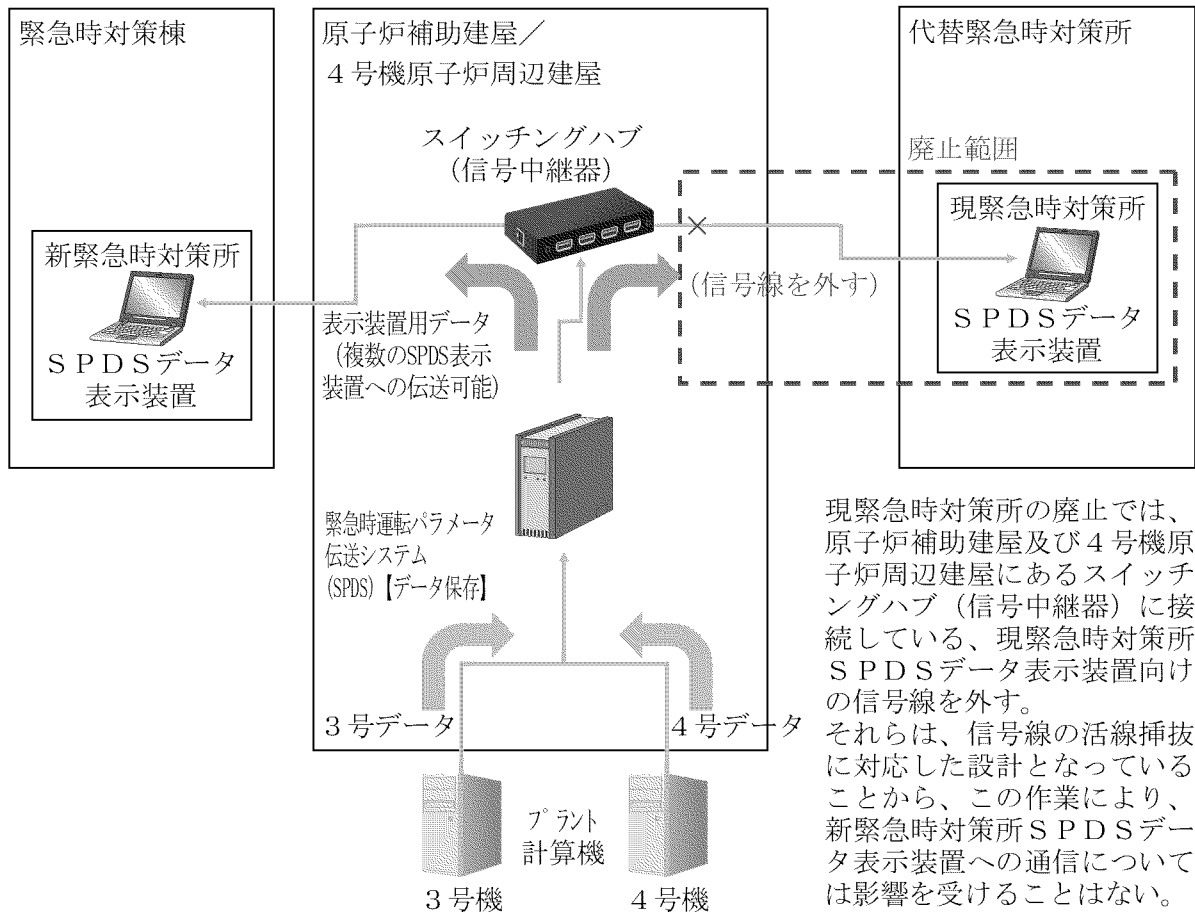


図2 SPDS関連設備の廃止範囲



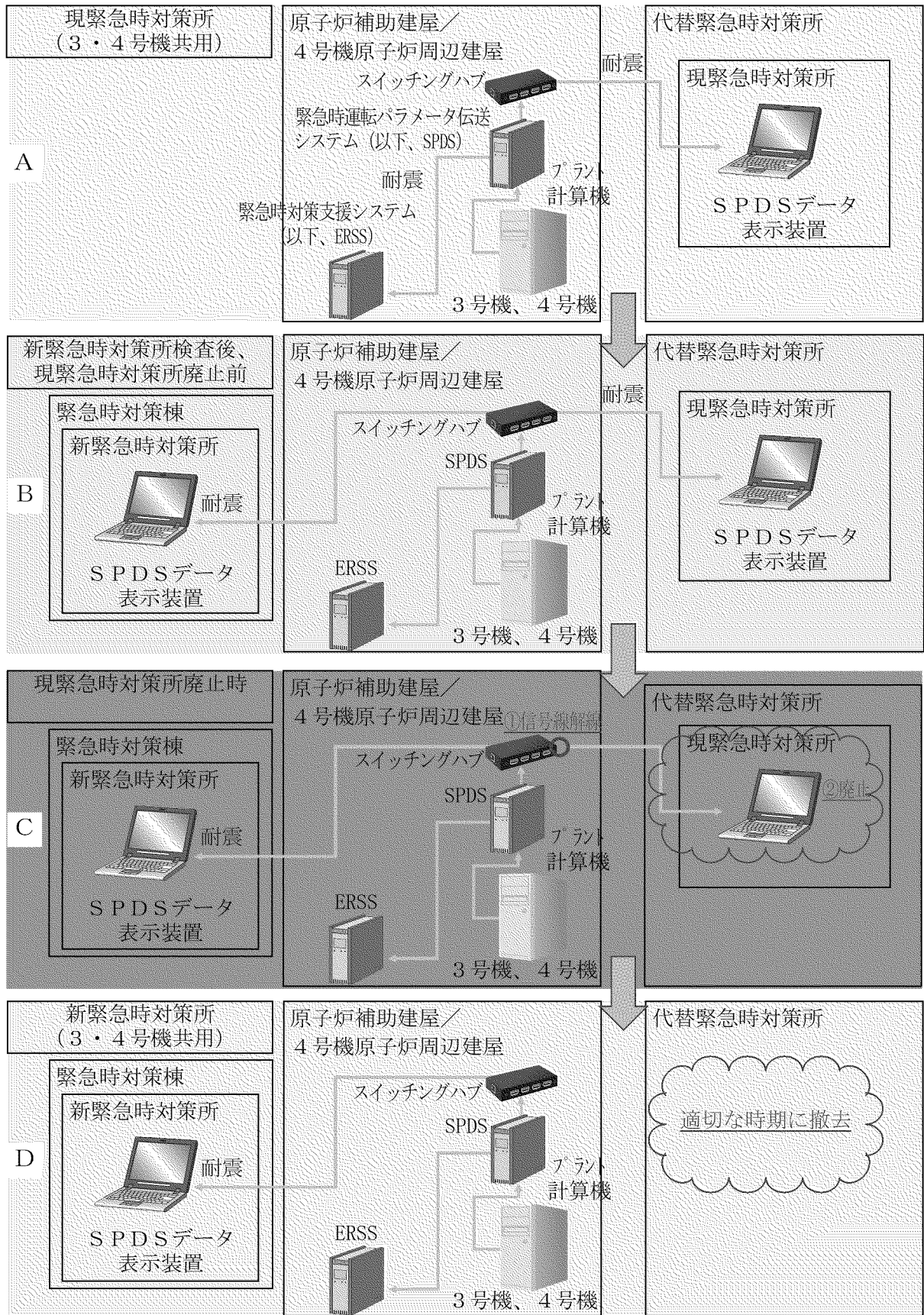


図3 緊急時対策所移行イメージ

## ② 通信連絡設備の廃止

### a. 概 要

代替緊急時対策所の廃止の際に、代替緊急時対策所に設置している通信連絡設備を廃止する。廃止対象となる通信連絡設備として、衛星携帯電話、無線通話装置等（図4参照）があるが、代替緊急時対策所の通信連絡設備の廃止においては通信ネットワーク、電源等から切り離れた後に実施することで、他の設備に悪影響を与えないよう配慮する。

### b. 廃止作業

ページング装置、保安電話（固定型、携帯型）、衛星電話（固定型）、衛星携帯電話（固定型）、無線通話装置（固定型）、加入電話（固定型）、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム、IP電話、衛星通信装置（電話）、IP-FAX）、テレビ会議システム（社内）については、有線、無線、衛星といった専用の通信ネットワーク、ならびに電源より切り離すことで廃止する。また、上記以外の通信回線への接続がない設備については、廃止に伴う影響はない。

### c. 評 価

緊急時対策棟と代替緊急時対策所の通信連絡設備は、異なる配線盤、ネットワーク機器との接続であり、緊急時対策棟・代替緊急時対策所の両方の通信連絡設備が使用できる状況において緊急時対策所の機能を移行する。緊急時対策棟への機能移行が完了し運用を開始した後に代替緊急時対策所の通信連絡設備を廃止することで緊急時対策所としての機能が失われることはない。

また、通信ネットワークからの切り離しは専用の配線盤、ネットワーク機器のコネクタの引き抜きにより容易に施工ができ、設備毎に各回線が独立していることに加え、電源系統はコンセントからの引き抜きにより切り離しが可能であることから、廃止に伴う他の設備（通信ネットワーク本体、電源系統）への影響はない。衛星電話（可搬型）、衛星携帯電話（携帯型）、無線通話装置（携帯型）、携帯型有線通話装置については、乾電池式または充電電池式であり、通信ネットワーク、電源系統との接続がないことから、廃止に伴う他の設備への影響はない。

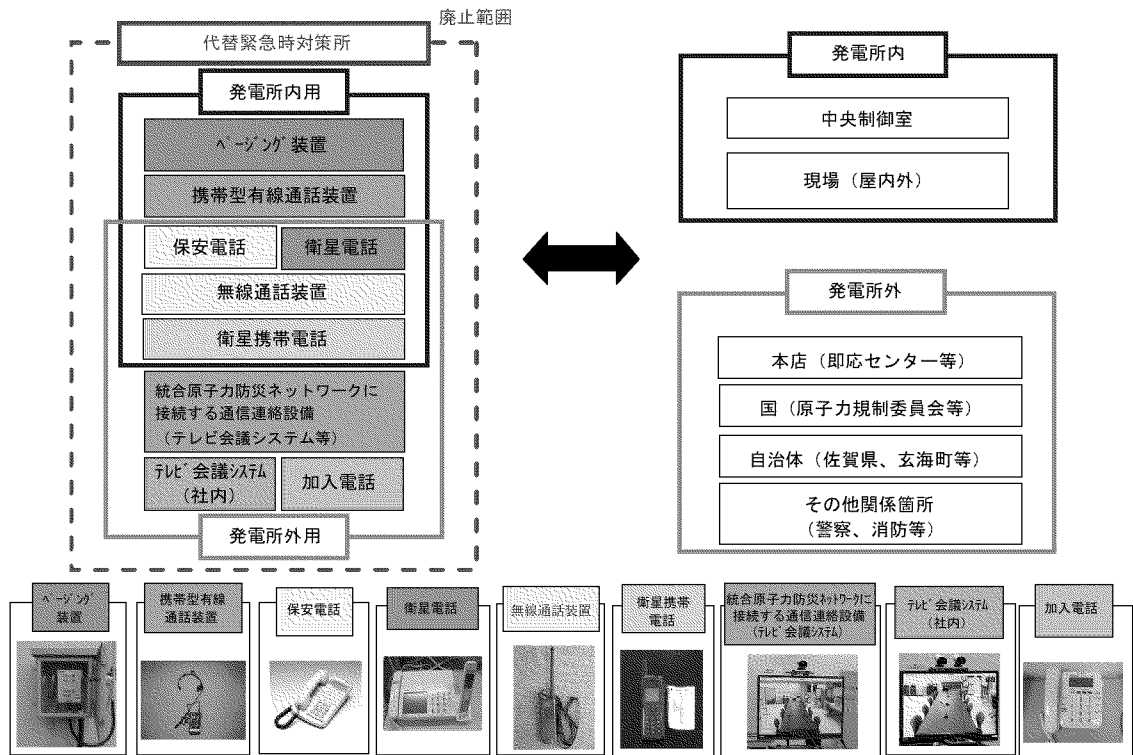


図4 通信連絡設備の廃止範囲の概要

### ③ 電源設備の廃止

#### a. 概 要

代替緊急時対策所の廃止の際に、電源設備の廃止を行うが、非常用母線と系統上接続があるため、他の設備に影響を与えないように配慮する。

#### b. 廃止作業

代替緊急時対策所受電盤、分電盤等については、上流にある遮断器の開放操作によって、通常時の系統構成から代替緊急時対策所への給電系統を隔離することで廃止する。(図5参照)

#### c. 評 価

緊急時対策棟と代替緊急時対策所は非常用母線から異なる電源系統での給電としており、緊急時対策棟・代替緊急時対策所の両方が受電している状況において緊急時対策所の機能を移行する。緊急時対策棟への機能移行が完了し運用を開始した後に代替緊急時対策所の電源設備を廃止することで緊急時対策所としての機能が失われることはない。

また、遮断器の開放操作によって、代替緊急時対策所の電源設備は非常用母線と系統上の接続はなくなるため、他の設備へ影響を与えることはない。

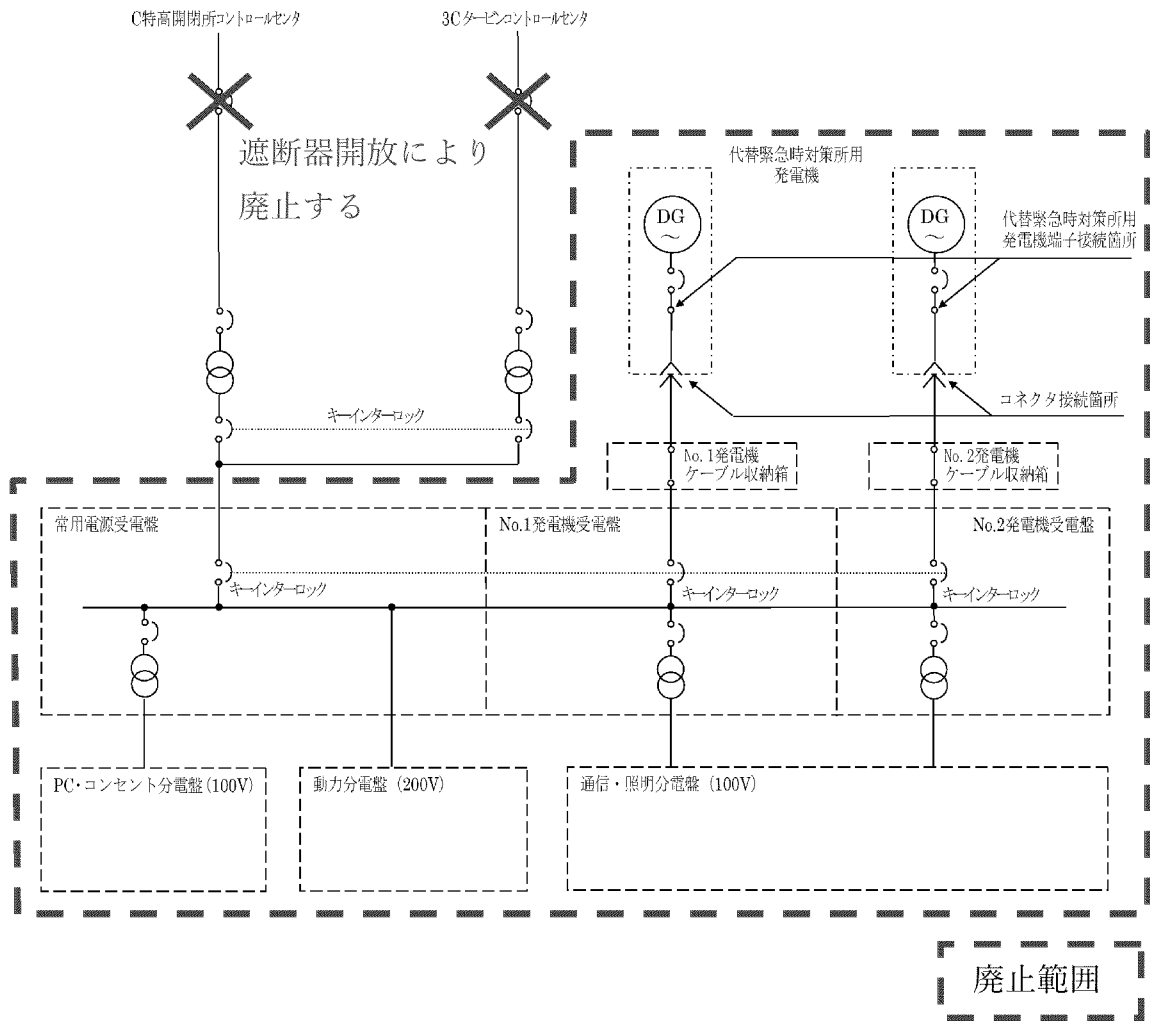


図5 代替緊急時対策所電源廃止範囲