

7-2-4-別紙 2. 機器・配管系評価への影響

目 次

	頁
1. 概要	別 - 1
2. 検討内容	別 - 1
3. 検討結果	別 - 1
4. まとめ	別 - 7
 (参考) 減衰定数の設定に起因する不確かさに対する検討	
1. 概要	別 - 8
2. 検討内容	別 - 8
3. 検討結果	別 - 8
4. まとめ	別 - 8

1. 概要

玄海原子力発電所 3 号機の機器・配管の評価に用いている設計用床応答曲線は、それぞれコンクリート物性を設計基準強度、地盤物性を標準地盤としたモデルの建屋応答解析による加速度応答時刻歴から求めた床応答スペクトルを建屋固有周期のシフトを考慮し、周期方向に $\pm 10\%$ の拡幅を行っている。ここでは従来設計に対して、検討したケースの影響を確認する観点から、「実強度」、「地盤 $V_s (-1\sigma) +$ 実強度」及び「地盤 $V_s (+1\sigma) +$ 実強度」のケースについて床応答曲線を作成し、 $\pm 10\%$ 拡幅した設計用床応答曲線に対する検討ケースの床応答曲線の比較を行い、機器・配管系の評価への影響について建屋床応答及び相対変位の観点から検討するものである。

2. 検討内容

緊急時対策棟、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）について、コンクリート物性を実強度、地盤物性を $\pm\sigma$ を考慮したケースについて床応答曲線を作成し、機器評価に用いている質点の設計用床応答曲線と比較したものを第 1-1 図～第 1-5 図に示す。

特徴的な応答は次の通り。

- 42.7m、37.6m、30.75m、25.3m の質点に、水平方向で周期 0.09 秒～0.13 秒付近に設計用床応答曲線を上回る応答が認められる。
- 11.0m の質点に、水平方向で周期 0.13 秒～0.17 秒付近に設計用床応答曲線を上回る応答が認められる。

上記の通り一部の周期帯で設計用床応答曲線を超える応答が認められるが、コンクリート物性を実強度、地盤物性を $\pm\sigma$ を考慮したケースは設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。

3. 検討結果

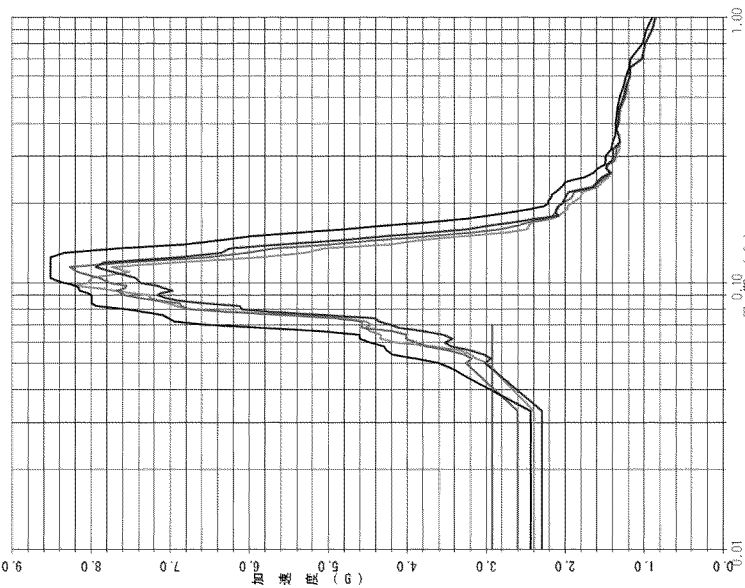
コンクリート物性を実強度とし、地盤物性を $\pm\sigma$ 変更させた検討ケースでは、周期方向に 10%の拡幅した設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。一部の周期帯において設計用床応答曲線を上回る応答が認められるが、応答増幅が狭い周期範囲に限られることや、当該周期帯に固有周期のある設備はないことから耐震設計において考慮が必要な応答ではないと判断される。

従って、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）の地震応答解析モデルについて、コンクリートの物性値、地盤物性、をばらつきとして評価した各ケースでは、現状の耐震設計で考慮されている範囲内であることを確認した。

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: X
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 42.7M #TS01
 DAMPING : 5.0%

コンクリート実強度 地震ばらつき (+σ)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (標準)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (-σ)
 基本ケース (本動解) 水平方向
 1.27PA

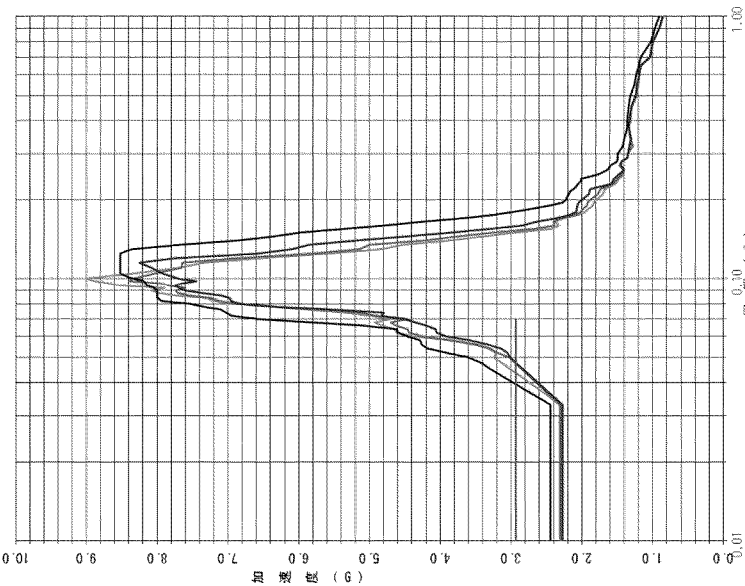


TS01 EL. 42.7M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: Y
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 42.7M #TS01
 DAMPING : 5.0%

コンクリート実強度 地震ばらつき (+σ)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (標準)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (-σ)
 基本ケース (本動解) 水平方向
 1.27PA

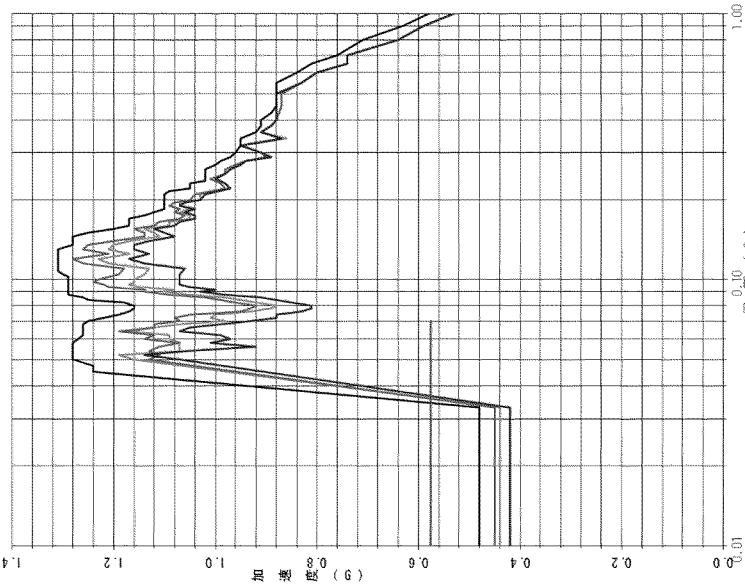


TS01 EL. 42.7M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: V
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 42.7M #TS01
 DAMPING : 5.0%

コンクリート実強度 地震ばらつき (+σ)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (標準)
 コンクリート実強度 地震ばらつき (-σ)
 基本ケース (本動解) V方向
 1.27PA



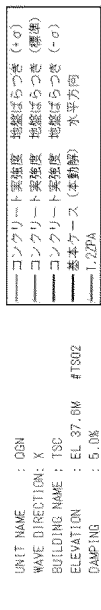
TS01 EL. 42.7M V方向

【TS01 EL. 42.7M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	0.06 (Y方向) 0.09~0.11
水 平	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。
鉛 直	応答が超過している周期帯はない。

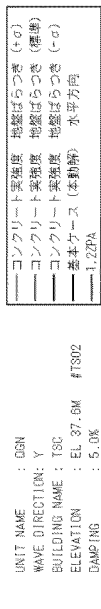
第 1-1 図 材料物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 TS01 (EL. 42.7M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



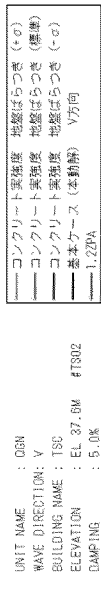
TS02 EL. 37.6M X 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS02 EL. 37.6M Y 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS02 EL. 37.6M V 方向

【TS02 EL. 37.6M床応答スペクトルの説明】

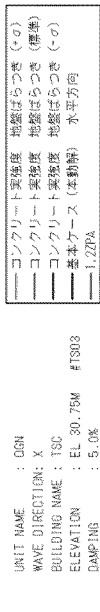
説明	
周期 (秒)	
水 平	0.09~0.11 (Y 方向)
鉛 直	—

当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

応答が超過している周期帯はない。

第 1-2 図 材料物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 (TS02 (EL. 37.6M))

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS03 EL. 30.75M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS03 EL. 30.75M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS03 EL. 30.75M V方向

【TS03 EL. 30.75M床応答スペクトルの説明】

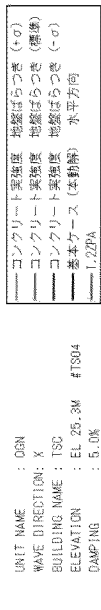
説明	
周期 (秒)	
水 平	0.09~0.11 (Y方向)
鉛 直	—

当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

応答が超過している周期帯はない。

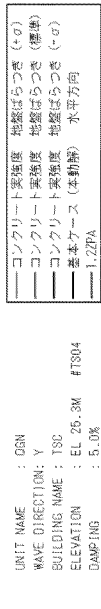
第 1-3 図 材料物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 TS03 (EL. 30.75M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS04 EL. 25.3M X 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS04 EL. 25.3M Y 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS04 EL. 25.3M V 方向

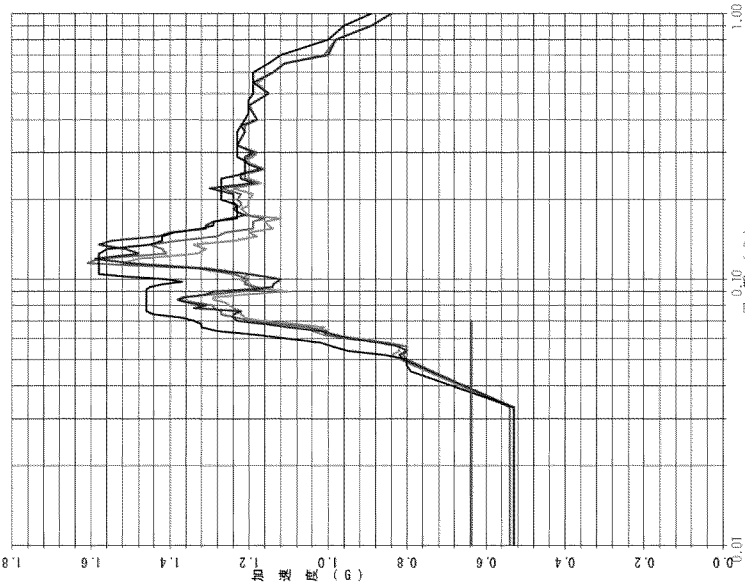
【TS04 EL. 25.3M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	
水平	0.04~0.06 (Y方向) 0.09~0.13
鉛直	—
説明	
応答が超過している周期帯に固有周期がある設備として通信 連絡設備収容盤 (固有周期 0.04s) があるが、増分は僅かであ りまた、施設の裕度も考慮すると耐震安全性に有意な影響は ない。	
応答が超過している周期帯はない。	

第 1-4 図 材料物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 TS04 (EL. 25.3M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

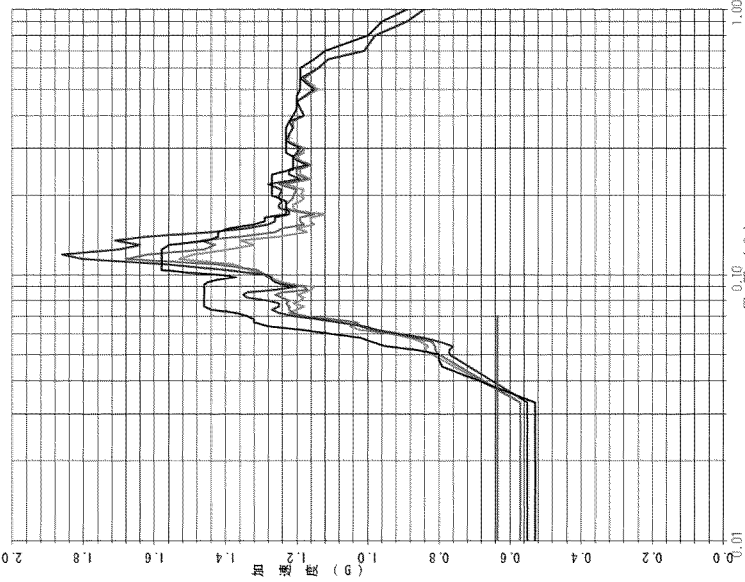
UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: X
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 11.0M #T810
 DAMPING : 5.0%



TS10 EL. 11.0M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

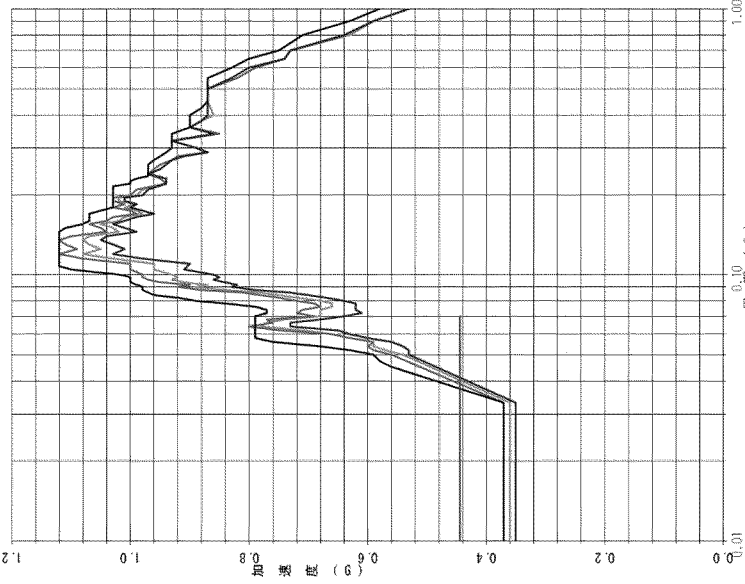
UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: Y
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 11.0M #T810
 DAMPING : 5.0%



TS10 EL. 11.0M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : OGN
 WAVE DIRECTION: V
 BUILDING NAME : TSC
 ELEVATION : EL. 11.0M #T810
 DAMPING : 5.0%



TS10 EL. 11.0M V方向

【TS10 EL. 11.0M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	
水	0.05
平	0.11~0.19
鉛	0.22、0.25
直	0.064
	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。
	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

第 1-5 図 材料物性のばらつきを考慮した Ss 波と今回工認 Ss 波の FRS 比較 TS10 (EL. 11.0M)

4. まとめ

地震応答解析における材料物性のばらつきの影響評価として、地盤物性のばらつき及び建屋剛性の変動（コンクリート強度のばらつき）を考慮した地震応答解析を実施し、以下の事項を確認した。

4.1 機器・配管系の評価への影響について

機器・配管系の評価への影響については、周期方向に $\pm 10\%$ の拡幅した設計用床応答曲線に概ね包絡されていることを確認した。なお、一部の周期帯において設計用床応答曲線を上回る応答が認められたが、この応答増幅が狭い周期範囲に限られることや耐震設計手法全体の余裕を考慮すると有意な影響でないと判断される。また、現状行っている設計上の配慮の範囲内であることや、実質的に当該部で評価すべき機器がない、若しくは機器があっても余裕を持った設計としていることから影響がないことを確認した。

(参考) 減衰定数の設定に起因する不確かさに対する検討

1. 概要

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）について、評価は減衰定数 5%を基本とするが、耐震性向上の観点から、減衰定数の設定に起因する不確かさに対する検討として、減衰 3%の評価を実施する。

2. 検討内容

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）について、減衰定数を 3%とし、機器・配管の評価に使用している基準地震動 S_s による各質点の床応答スペクトルと、基準地震動 S_s の減衰定数 5%の設計用床応答曲線を比較したものを第 2-1 図～第 2-5 図に示す。

これらの応答特性から機器・配管への影響について検討する。

3. 検討結果

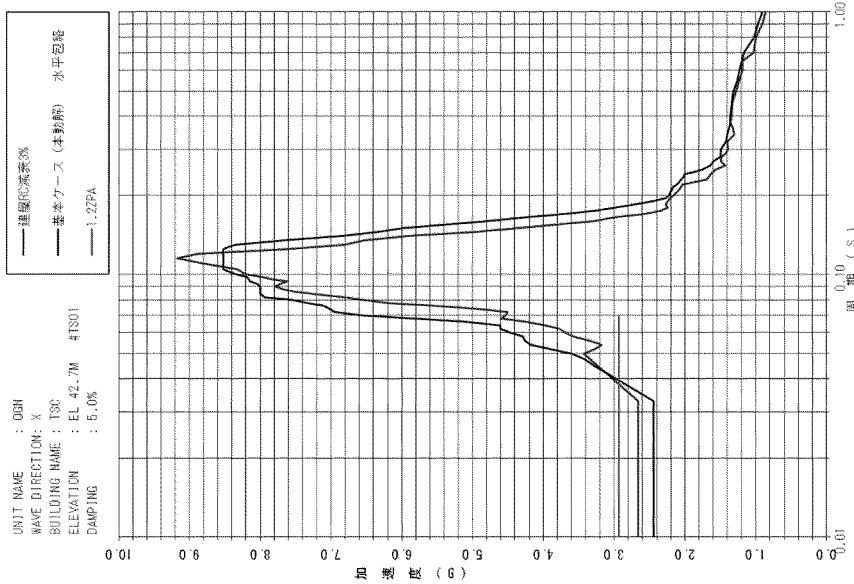
緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の床応答曲線を確認した結果、減衰定数を 3%とした設計用床応答曲線は、減衰定数を 5%とした場合の設計用床応答曲線を一部上回る周期帯が認められるが、設備の固有周期からは概ね外れており、評価に影響がないことを確認した。

緊急時対策棟に設置する SPDS-GWP 通信用計算機（固有周期 0.05s）の評価に使用している TS03 の床応答は第 2-3 図に示すとおり、水平方向の当該周期帯に設計用床応答曲線を僅かに上回る応答が認められたが、増分は僅かでありまた、施設の裕度も考慮すると耐震安全性に有意な影響はない。

4. まとめ

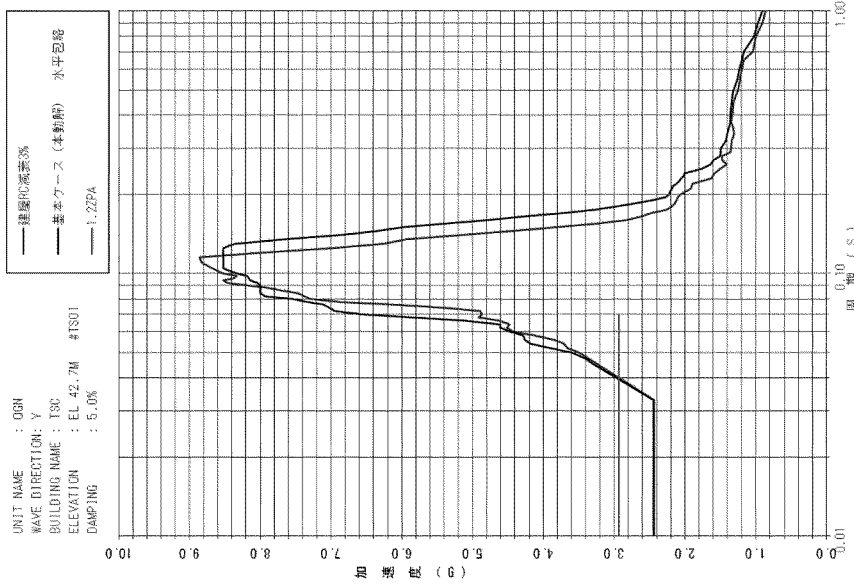
緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）については減衰定数を 3%とした影響は認められなかったことから、5%とした評価結果は妥当であることを確認した。

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



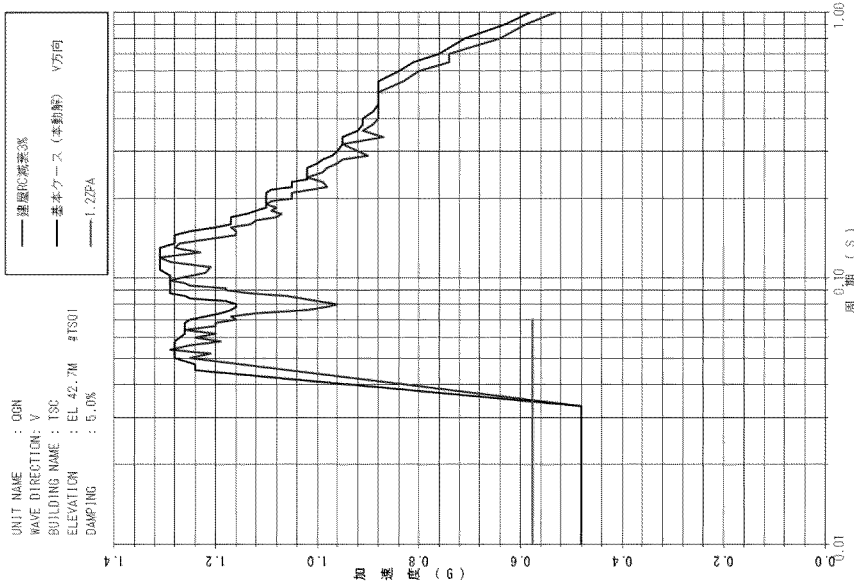
TS01 EL. 42.7M X 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS01 EL. 42.7M Y 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



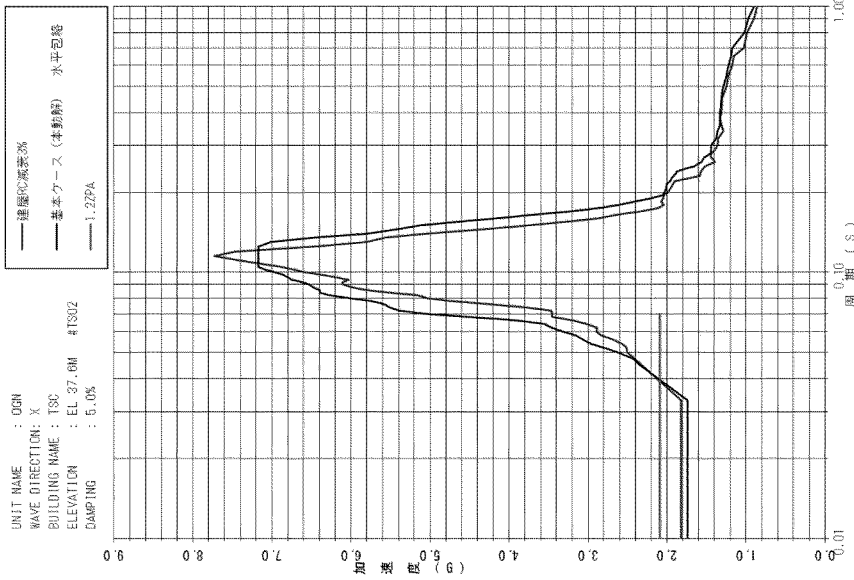
TS01 EL. 42.7M V 方向

【TS01 EL. 42.7M床応答スペクトルの説明】

説明	
水平	周期 (秒) 0.039 (X 方向) 0.09~0.13
鉛直	説明 当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。 当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

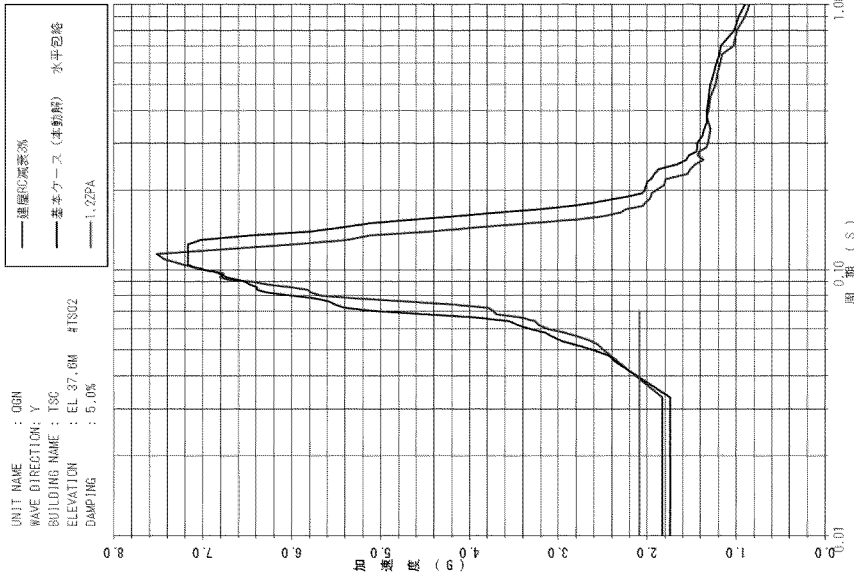
第 2-1 図 RC 減衰 3%Ss 波と減衰 5%Ss 波の FRS 比較 TS01 (EL. 42.7M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



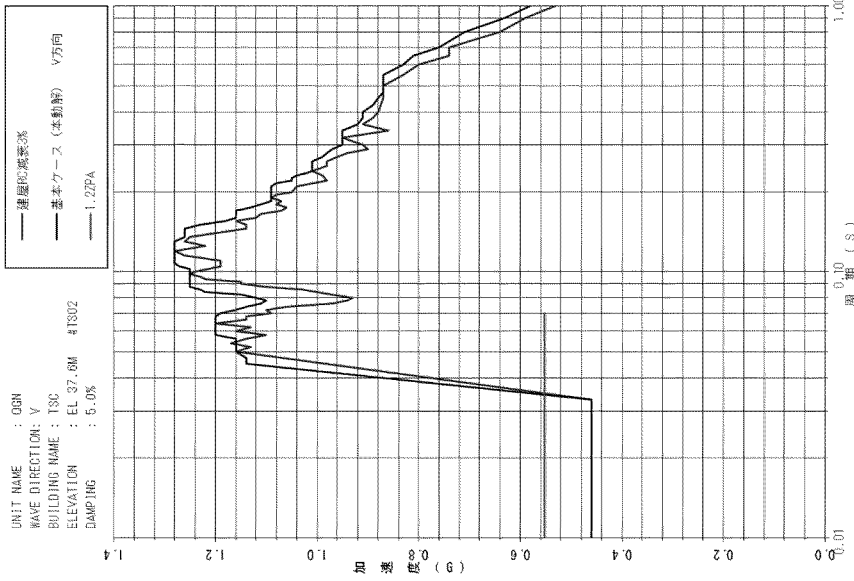
TS02 EL. 37.6M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS02 EL. 37.6M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



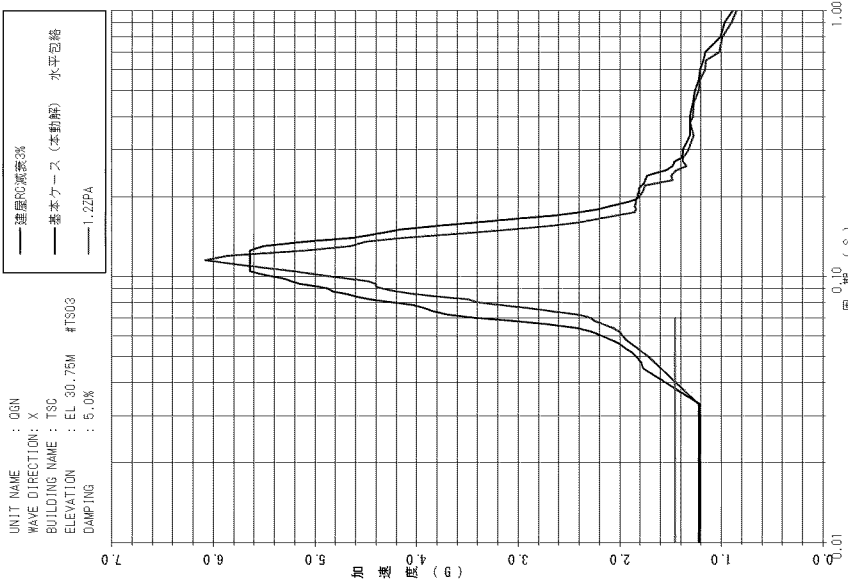
TS02 EL. 37.6M V方向

【TS02 EL. 37.6M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	0.09 (Y方向) 0.11~0.13
水平	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。
鉛直	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

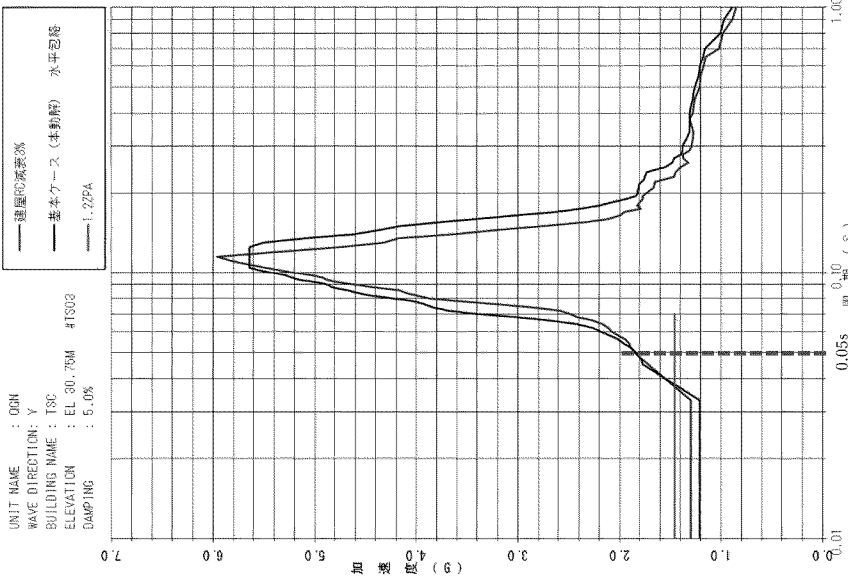
第2-2 図 RC 減衰 3% Ss 波と減衰 5% Ss 波の FRS 比較 TS02 (EL. 37.6M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



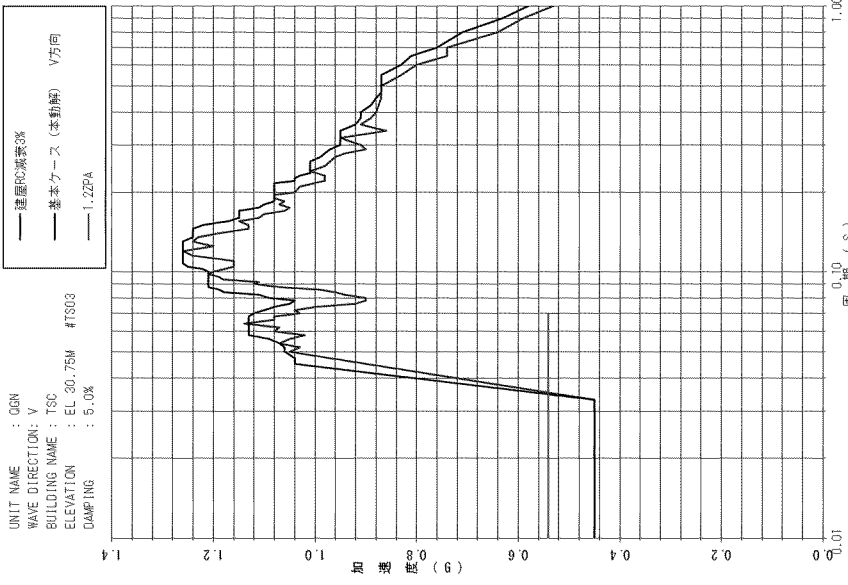
TS03 EL. 30.75M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS03 EL. 30.75M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



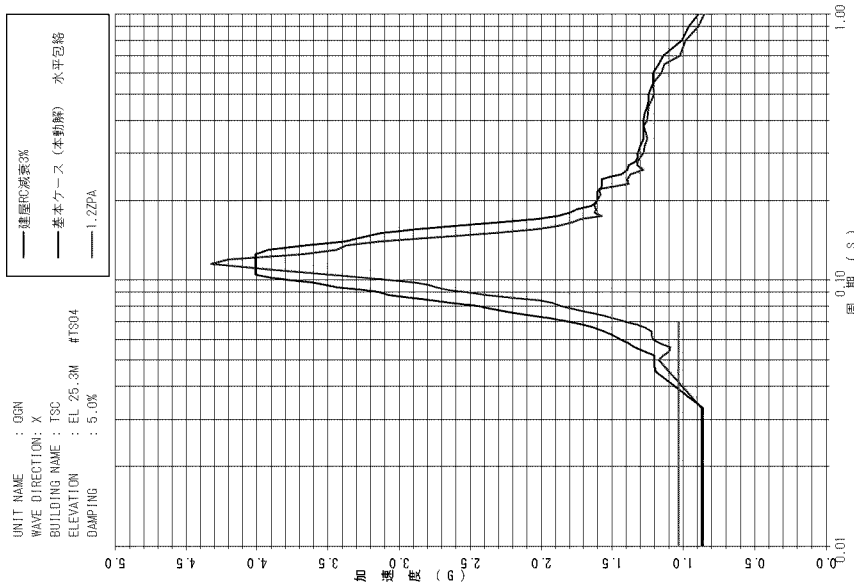
TS03 EL. 30.75M V方向

【TS03 EL. 30.75M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	0.038, 0.05 (Y方向) 0.11~0.13
水平	応答が超過している周期帯に固有周期がある設備としてSPDS-GWP 通信用計算機 (固有周期0.05s) があるが、増分は僅かでありまた、施設の裕度も考慮すると耐震安全性に有意な影響はない。
鉛直	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

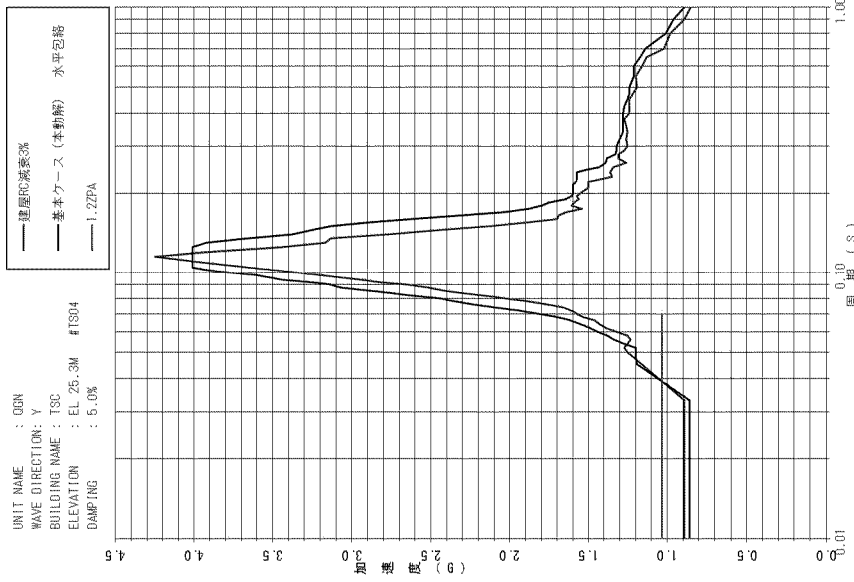
第2-3 図 RC 減衰3%Ss波と減衰5%Ss波のFRS比較 TS03 (EL. 30.75M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



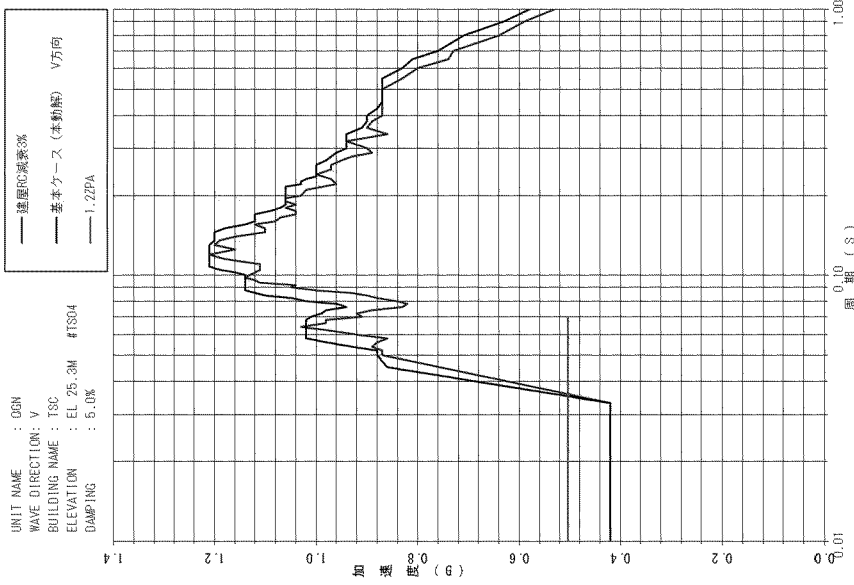
TS04 EL. 25.3M X方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS04 EL. 25.3M Y方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



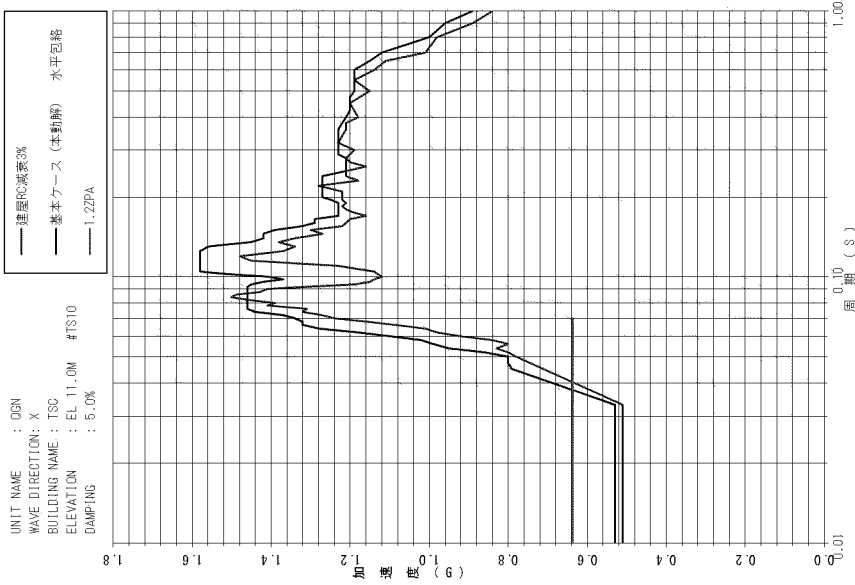
TS04 EL. 25.3M V方向

【TS04 EL. 25.3M床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	0.05 (Y方向) 0.11~0.13
水 平	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える 応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はな い。
鉛 直	当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える 応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はな い。

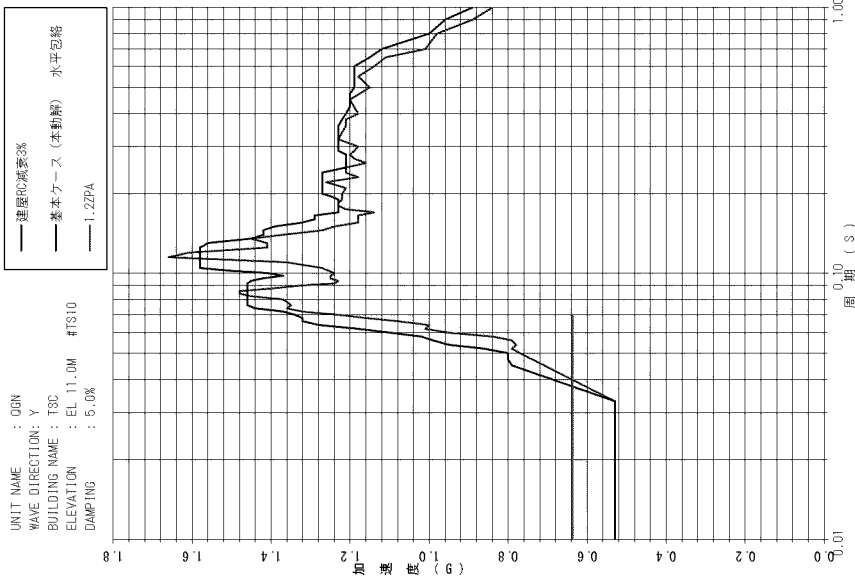
第2-4 図 RC 減衰 3%Ss 波と減衰 5%Ss 波の FRS 比較 TS04 (EL. 25.3M)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



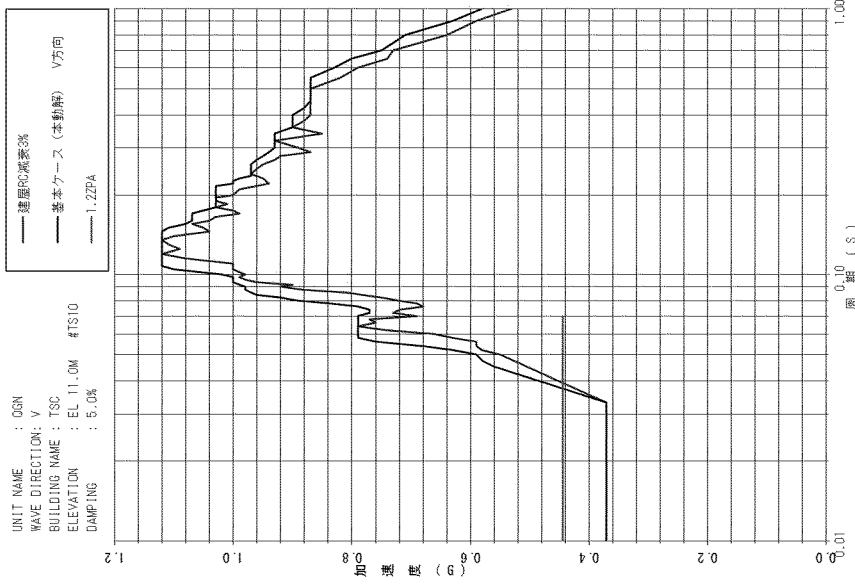
TS10 EL. 11.0M X 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS10 EL. 11.0M Y 方向

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



TS10 EL. 11.0M V 方向

【TS10 EL. 11.0M 床応答スペクトルの説明】

説明	
周期 (秒)	
水平	0.085、0.22 (X 方向) 0.085、0.12 (Y 方向)
鉛直	—

当該周期帯付近に狭い範囲で機器評価用スペクトルを超える応答が認められるが、当該周期帯に固有周期のある設備はない。

応答が超過している周期帯はない。

第 2-5 図 RC 減衰 3% S_s 波と減衰 5% S_s 波の FRS 比較 TS10 (EL. 11.0M)

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。

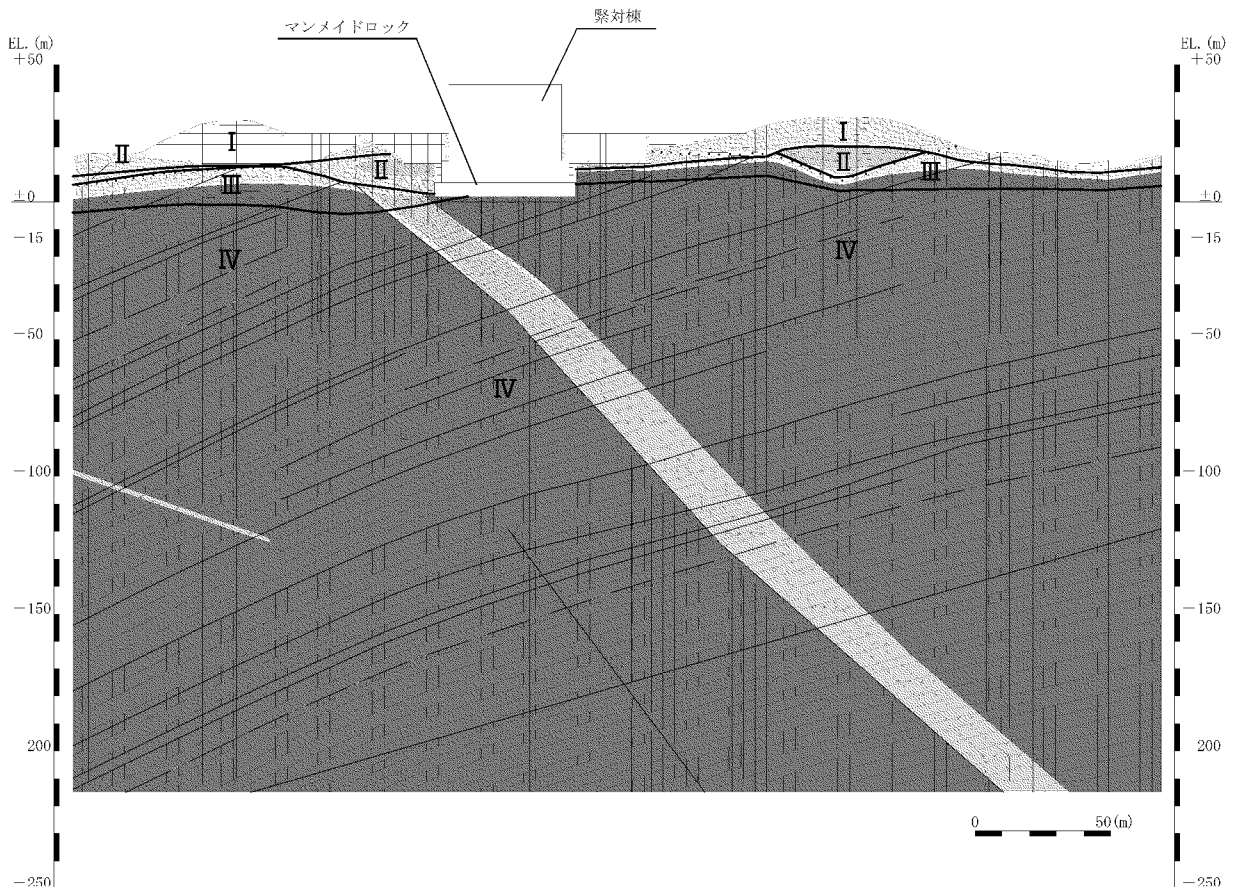
速度層 区分	V _S (km/s)	V _P (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

[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

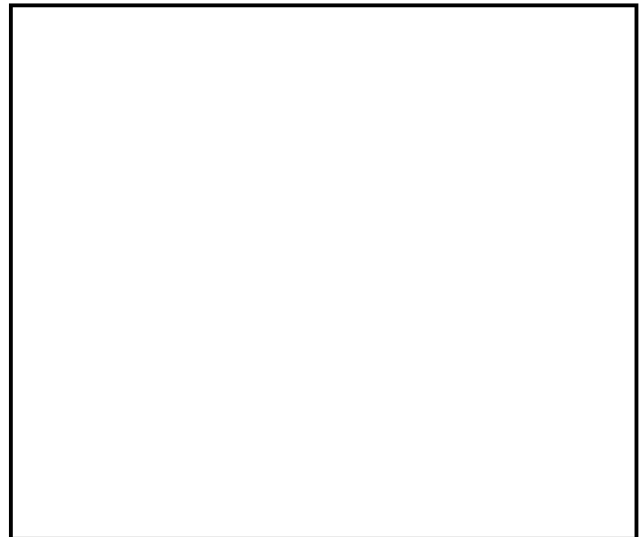
第2-1図 1次元地盤モデル（緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟）



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

2.2 地震応答解析結果

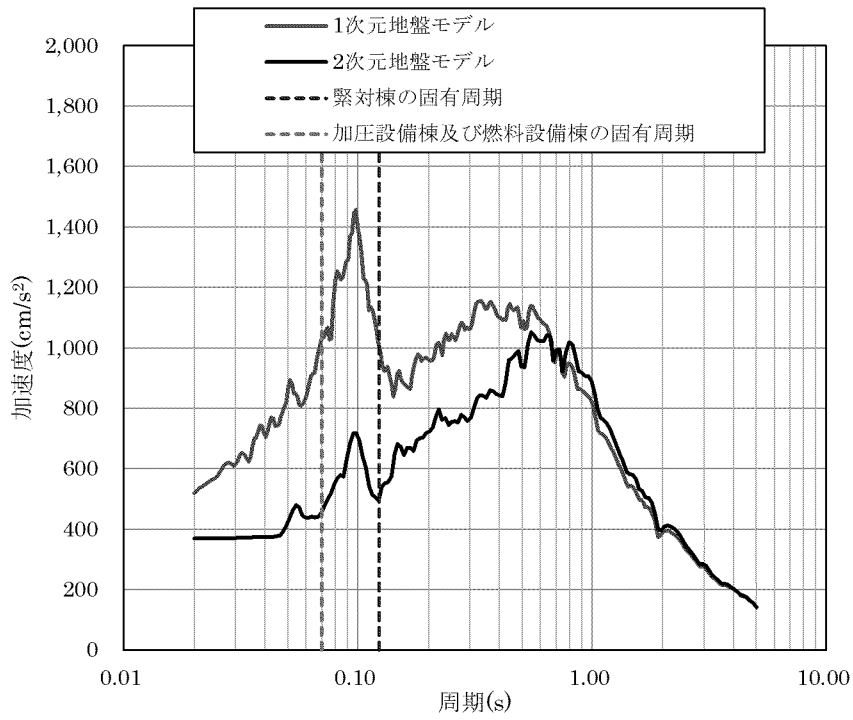
1次元地盤モデル及び2次元地盤モデルの建屋基礎底面位置(EL.7.00m)における加速度応答スペクトルの比較を第2-3図に示す。入力地震動は、応答スペクトルに基づく地震動である基準地震動 S_s-1 とした。

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。

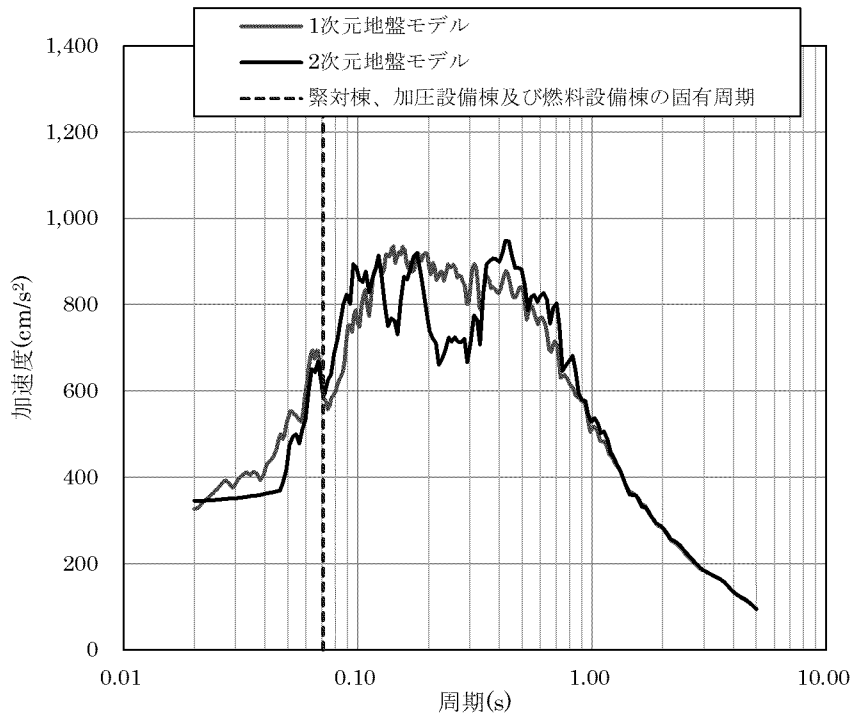
以上より、1次元地盤モデルを用いた緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の入力地震動は、2次元地盤モデルを用いた入力地震動よりも保守的であり、妥当であると判断される。

(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_M断面、S_s-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。

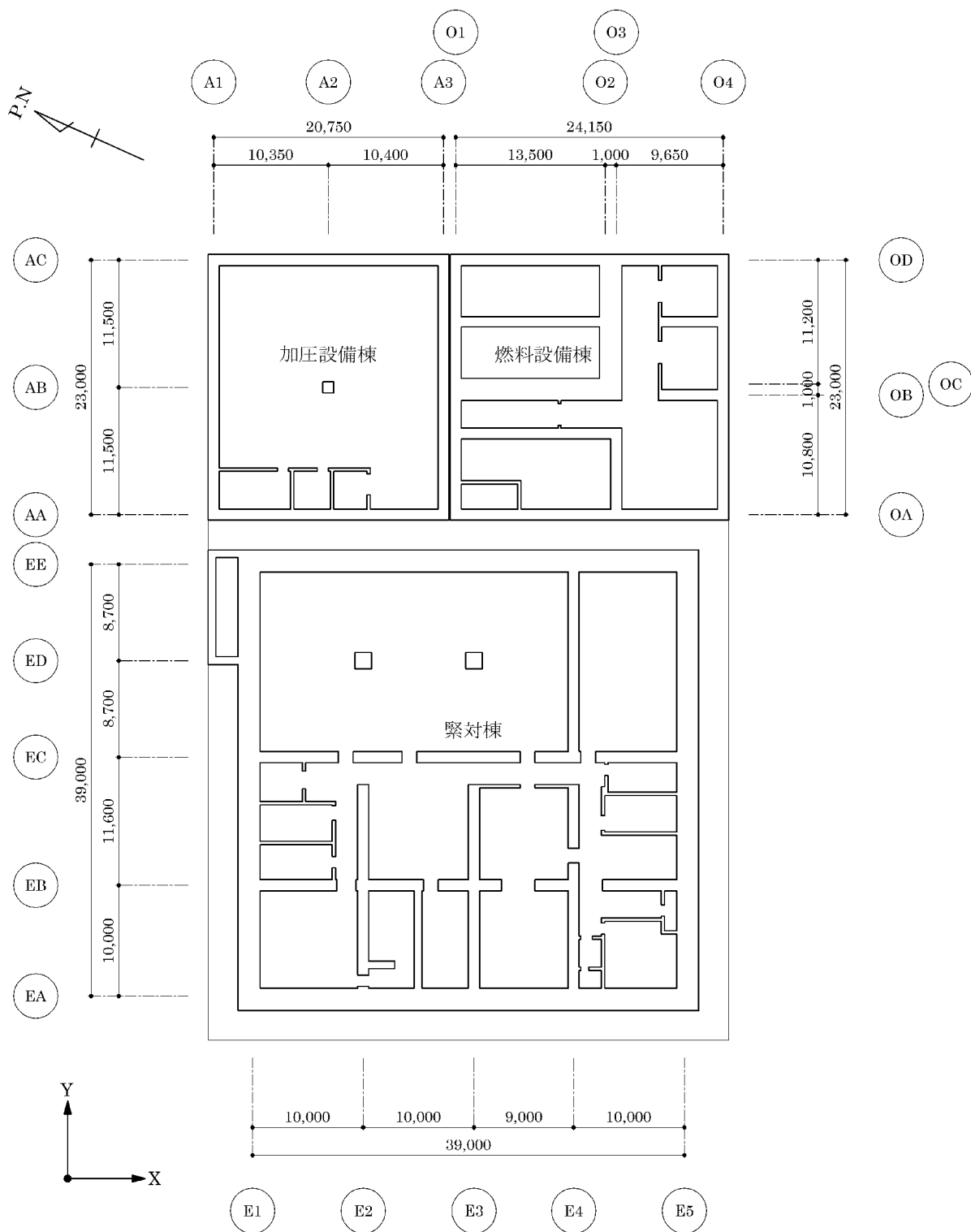
そこで、本資料では、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析モデルについて、建屋の埋め込みを考慮したモデルを別途作成し、建屋の埋め込みが、機器・配管系へ与える影響について検討を行う。

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° 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)



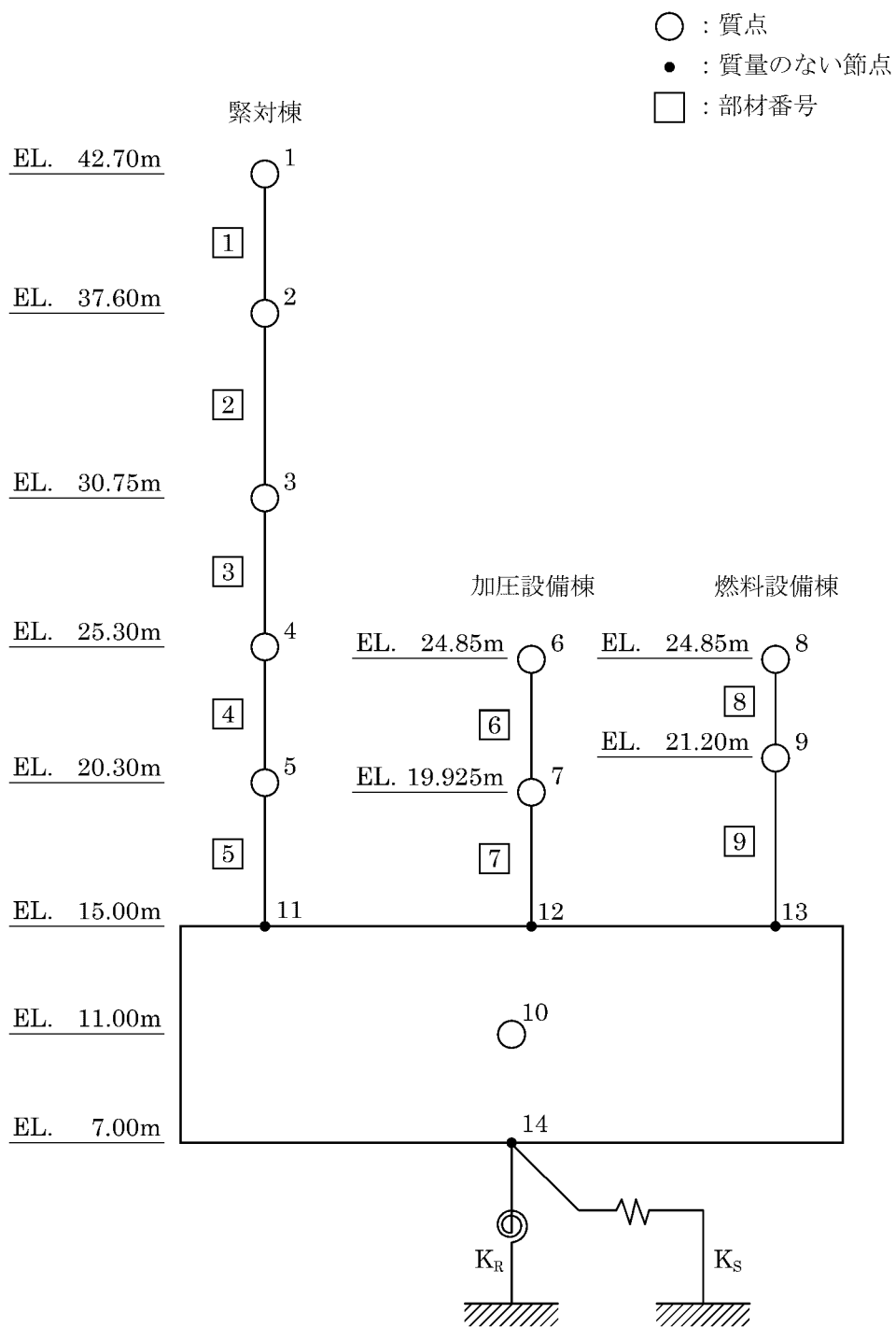
第 1-1 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図 (地下 2 階)

1.2 検討方針

建屋の埋め込みを考慮するため、緊急時対策棟、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。



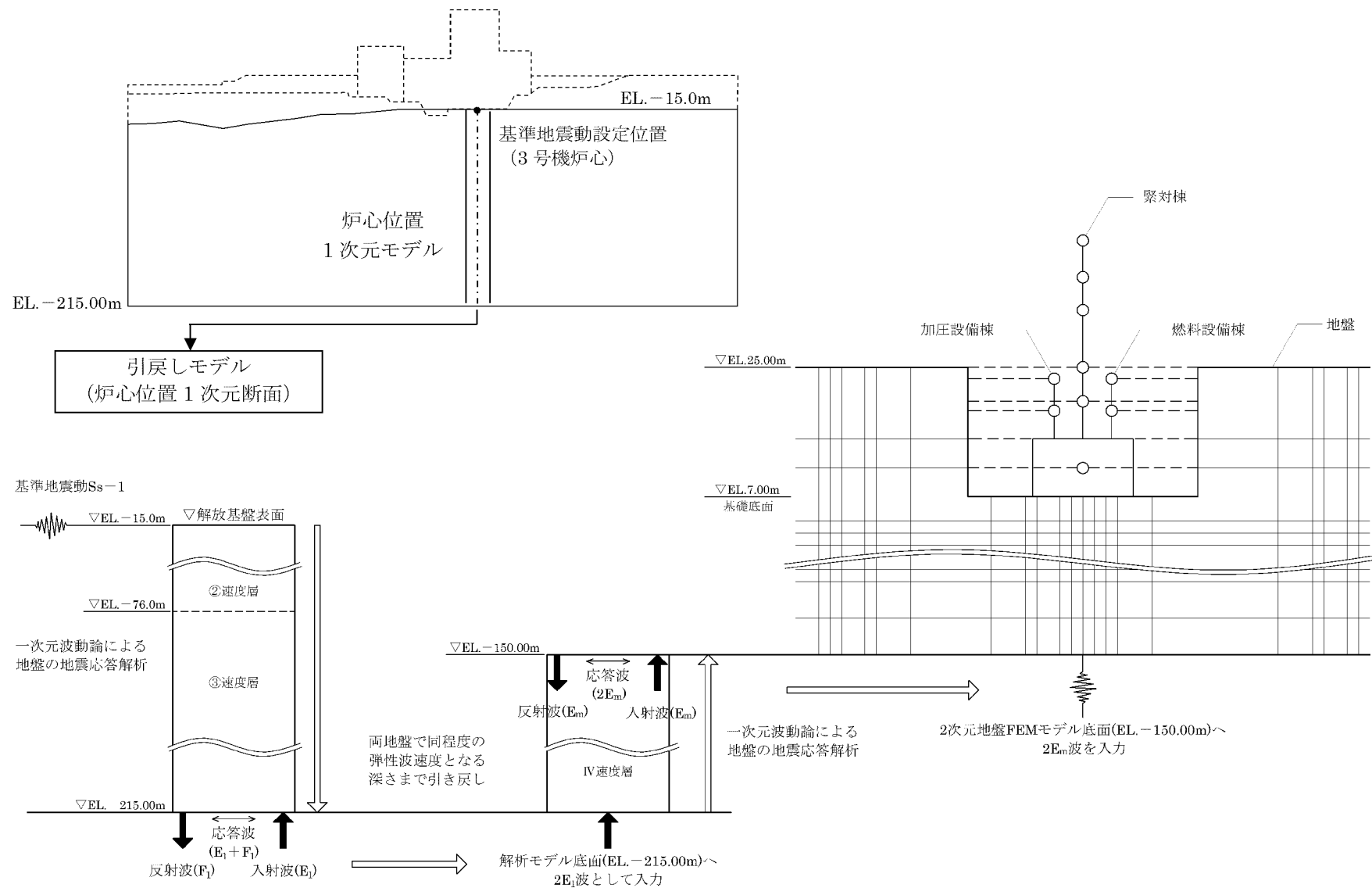
第 1-2 図 地震応答解析モデル (水平方向)

2. 建屋の埋め込みによる影響検討方法

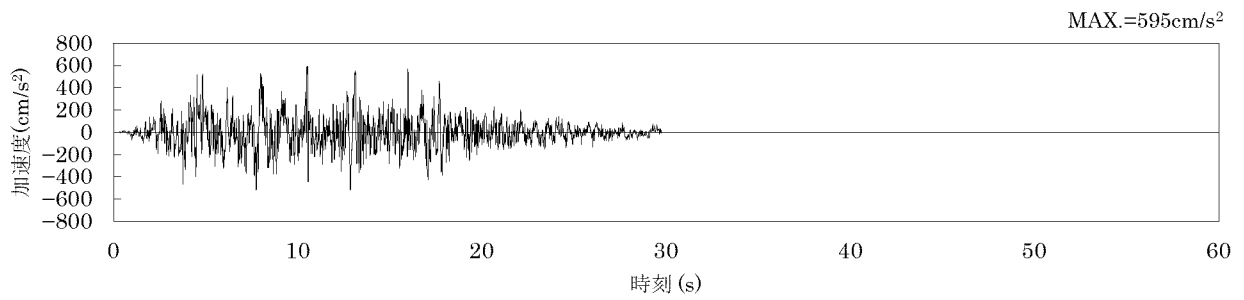
2.1 入力地震動

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 S_s-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 S_s 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。

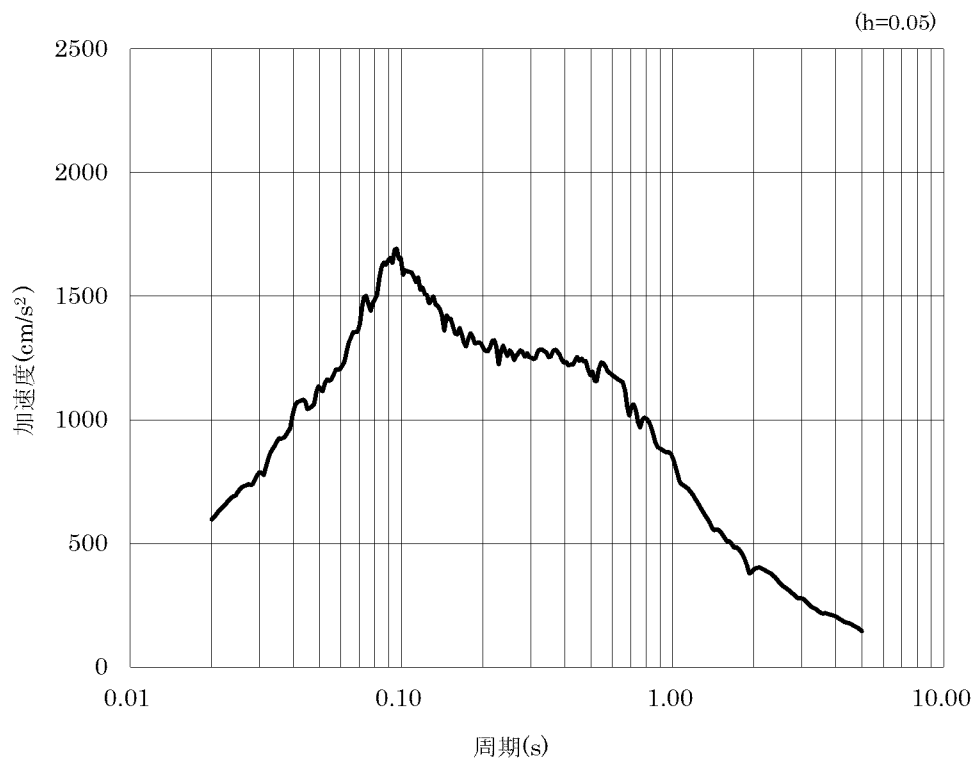
入力地震動算定の考え方を第 2-1 図に示す。また、1次元波動論により算定した 2次元地盤 FEM モデル底面位置(EL.−150.00m)における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 2-2 図及び第 2-3 図に示す。



第 2-1 図 入力地震動算定の考え方

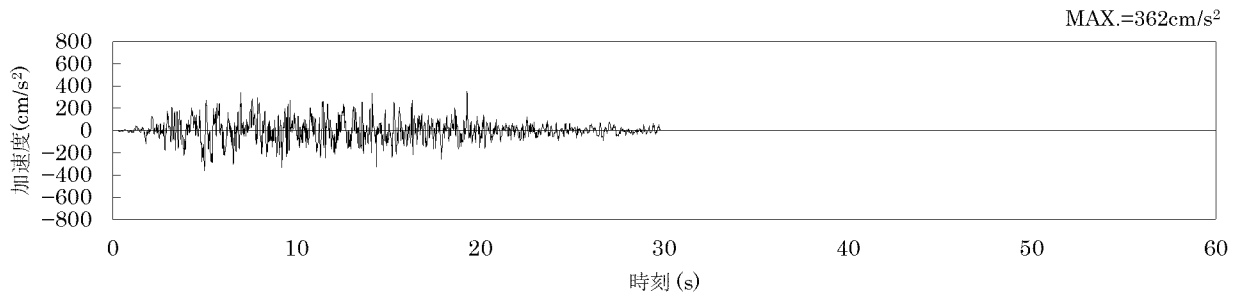


(a) 加速度時刻歴波形(EL.-150.00m)

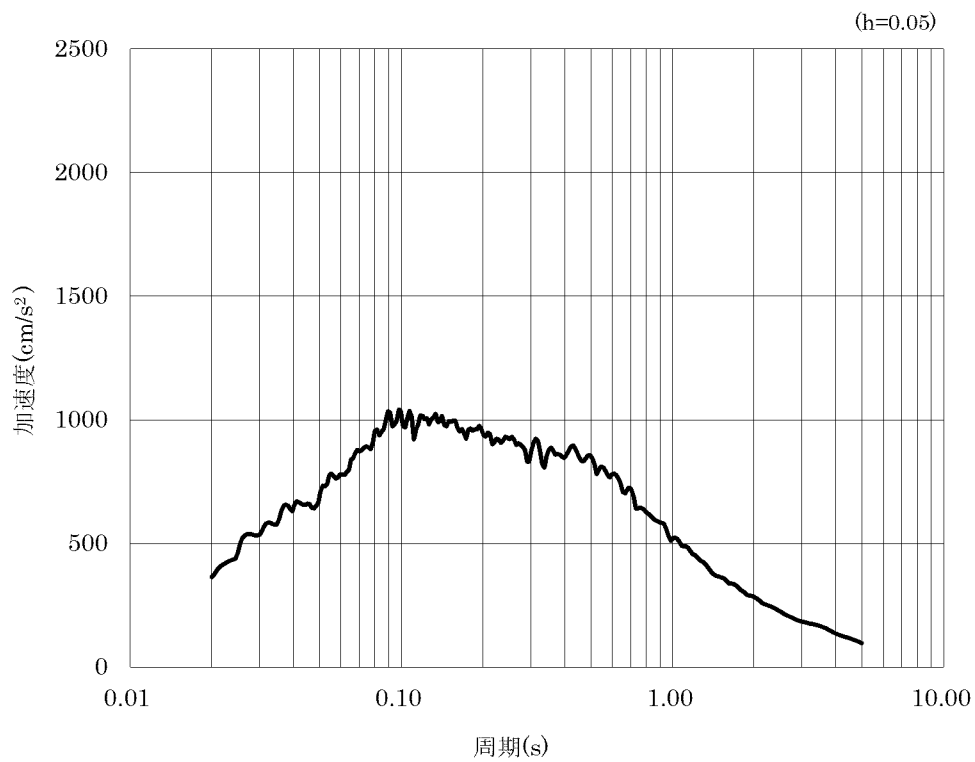


(b) 加速度応答スペクトル(EL.-150.00m)

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

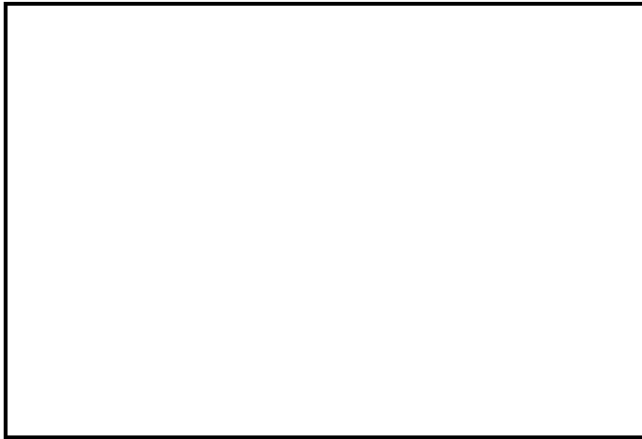
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の設置位置における速度層断面を第 2-4 図に示す。2次元地盤 FEM モデルは、第 2-4 図に示す B₁ 断面及び B₂ 断面についてモデル化する。

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。

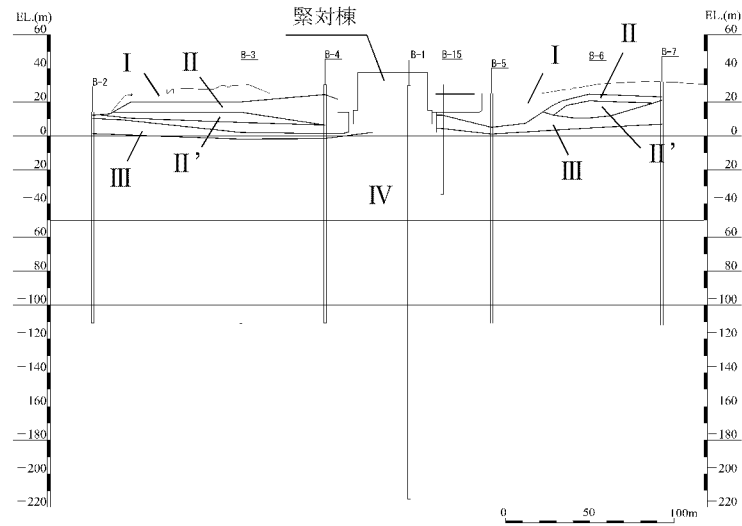
解析領域の側面には等変位境界、底面には粘性境界を設けることで、エネルギー逸散効果を評価する。

地盤モデルの境界条件概念図を第 2-7 図に示す。

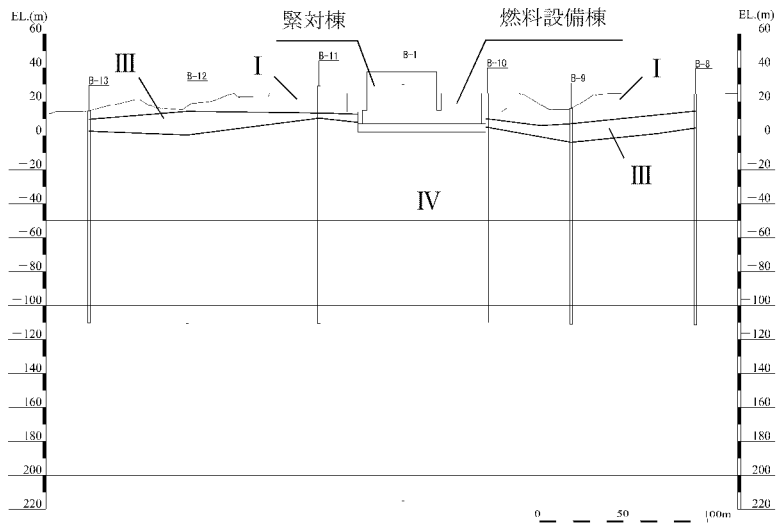


速度層 区分	Vs (注) (km/s)	Vp (注) (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
II'	2.32	4.46
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

(注) Vs は S 波速度、Vp は P 波速度を示す。

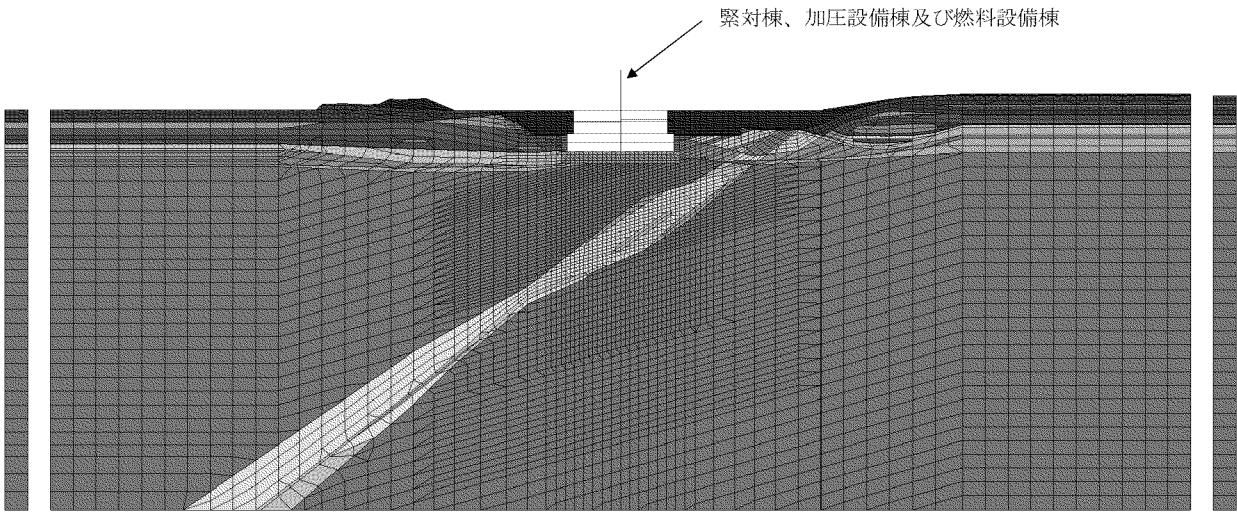


(a) B₁断面

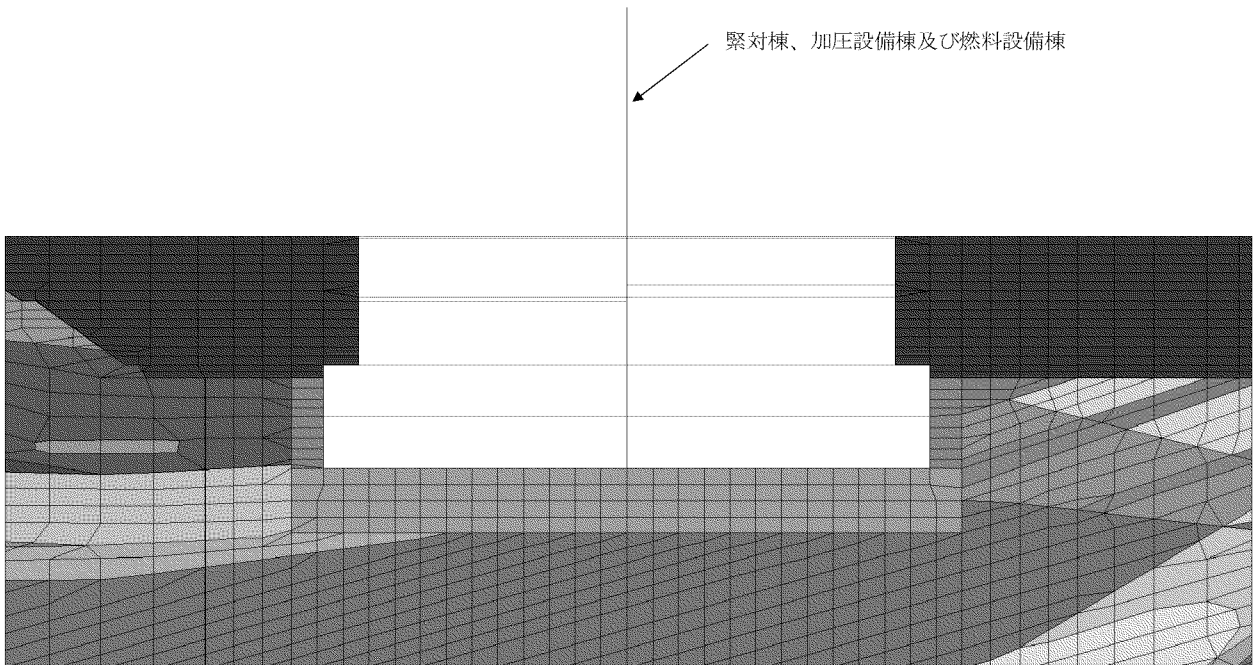


(b) B₂断面

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

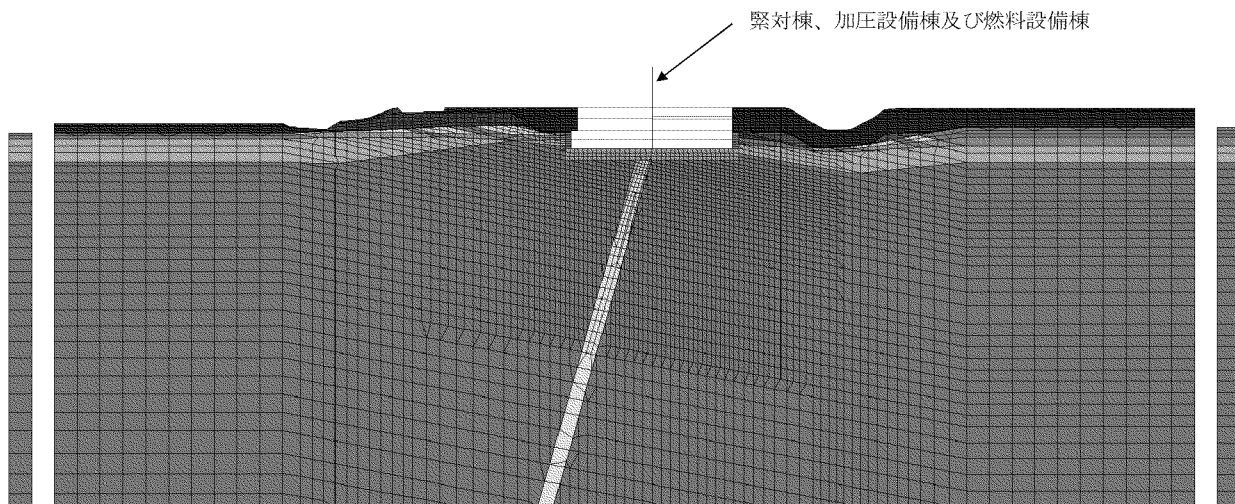


(a) B₁断面

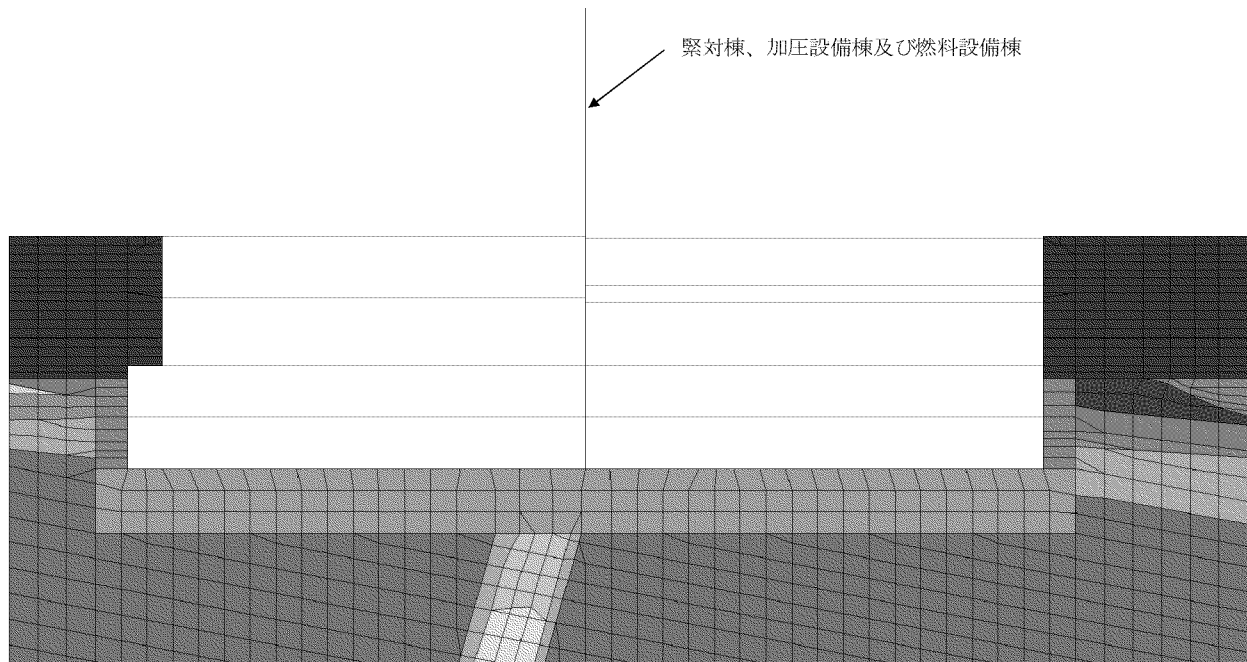


(b) 建屋周辺拡大図

第2-5図 2次元地盤FEMモデル (B₁断面)




























(a) B₂断面



(b) 建屋周辺拡大図

第2-6図 2次元地盤FEMモデル (B₂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 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	凡例 ^(注)	
砂岩	㉔	I	0.26	22.3	0.46	1.53×10^5		
		III	0.75	22.3	0.44	1.28×10^6		
		IV	1.62	22.3	0.35	5.96×10^6		
頁岩	㉔	I	0.26	20.2	0.46	1.39×10^5		
		III	0.75	20.2	0.44	1.16×10^6		
		IV	1.62	20.2	0.35	5.41×10^6		
砂・頁岩	㉔㉕	III	0.75	23.0	0.44	1.32×10^6		
		IV	1.62	23.0	0.35	6.17×10^6		
玄武岩	㉔	II'	2.32	27.7	0.31	1.52×10^7		
	㉕	I	0.26	24.0	0.46	1.66×10^5		
		II	0.84	24.0	0.40	1.73×10^6		
		II'	2.32	24.0	0.31	1.32×10^7		
	㉔	I	0.26	19.7	0.46	1.36×10^5		
		II	0.84	19.7	0.40	1.42×10^6		
		II'	2.32	19.7	0.31	1.08×10^7		
		III	0.75	19.7	0.44	1.13×10^6		
	玢岩	㉔	IV	1.62	26.5	0.35	7.09×10^6	
			㉕	III	0.75	26.3	0.44	1.51×10^6
IV		1.62		26.3	0.35	7.03×10^6		
㉔		I	0.26	20.8	0.46	1.43×10^5		
		III	0.75	20.8	0.44	1.19×10^6		
		IV	1.62	20.8	0.35	5.56×10^6		
凝灰岩	㉔	I	0.26	18.6	0.46	1.28×10^5		
		II	0.84	18.6	0.40	1.34×10^6		
八ノ久保 砂礫層	-	I	0.26	19.6	0.46	1.35×10^5		
		III	0.75	19.6	0.44	1.13×10^6		

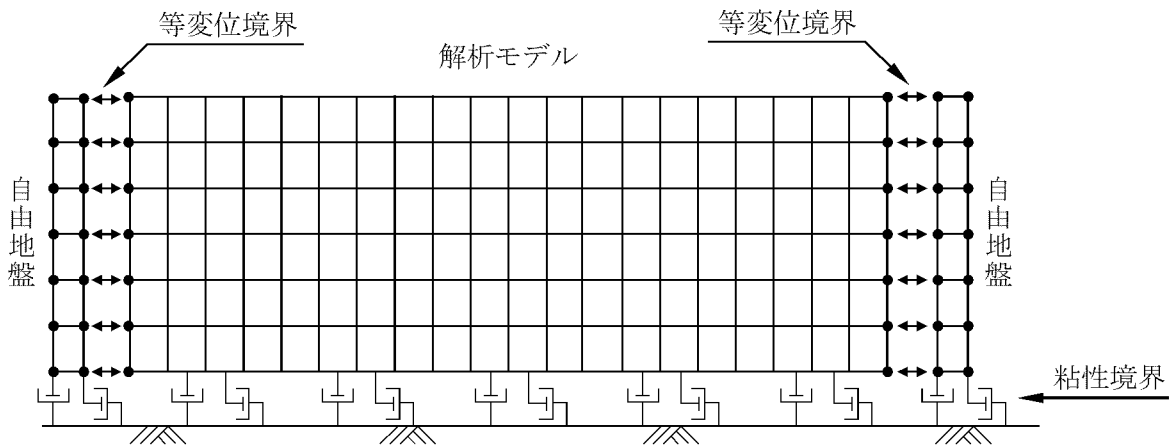
(注) 第 2-5 図及び第 2-6 図に対応する凡例を示す。

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 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	凡例 ^(注2)
埋戻土 ^(注1)	EL.25.00~ 14.00m	0.09	19.5	0.45	1.69×10^4	■
	EL.14.00~ 4.00m	0.15	19.5	0.45	4.23×10^4	■
マンメイド ロック	18N/mm ²	1.95	23.5	0.20	9.17×10^6	■

(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。

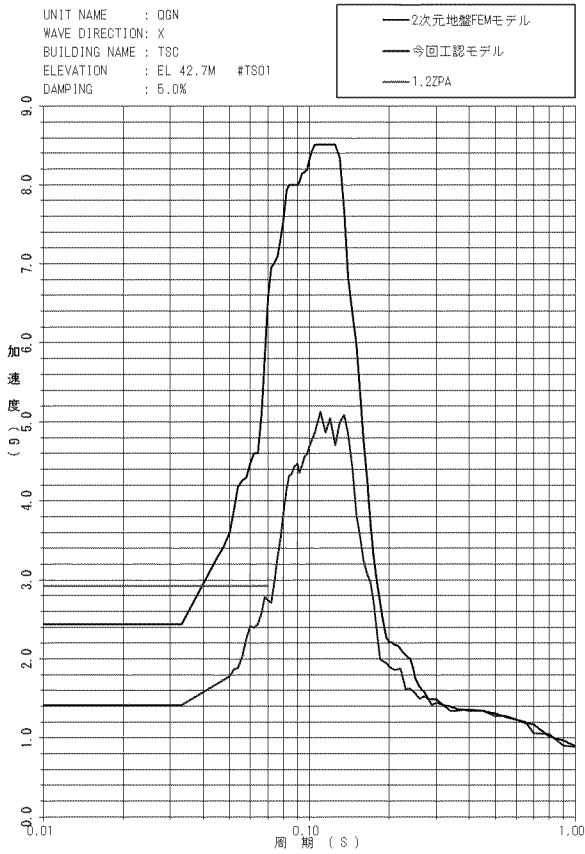
2次元地盤 FEM モデル床応答曲線と設計用床応答曲線の比較を第3-1図～第3-5図に示す。

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

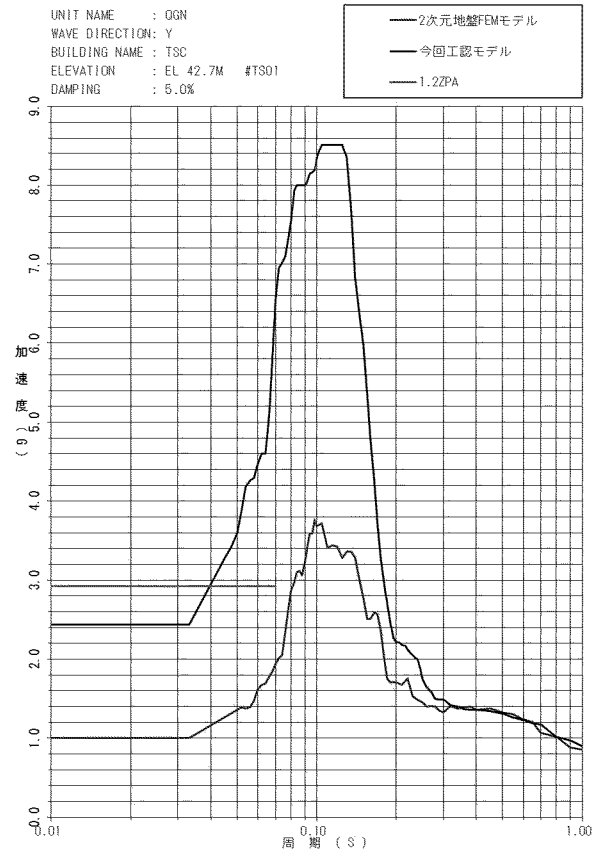
但し、機器・配管系は基本的に剛設計であり、長周期帯の影響は軽微であることから、機器・配管系への影響がないことを確認した。

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



X 方向

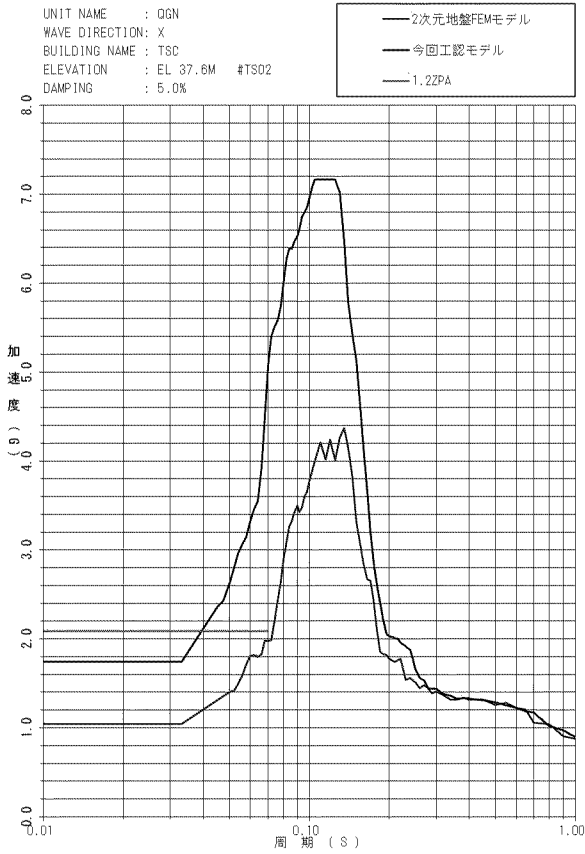
FLOOR RESPONSE SPECTRUM



Y 方向

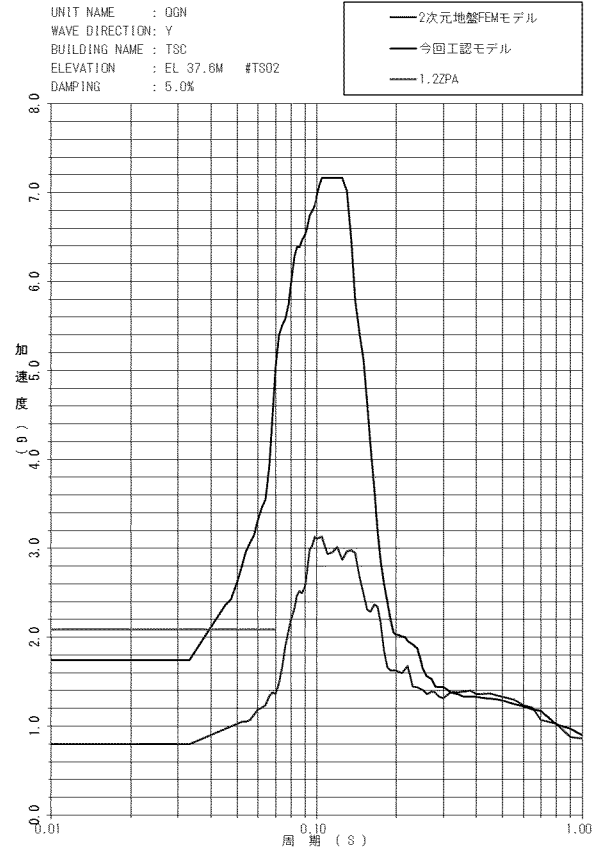
第 3-1 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.42.70m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM



X 方向

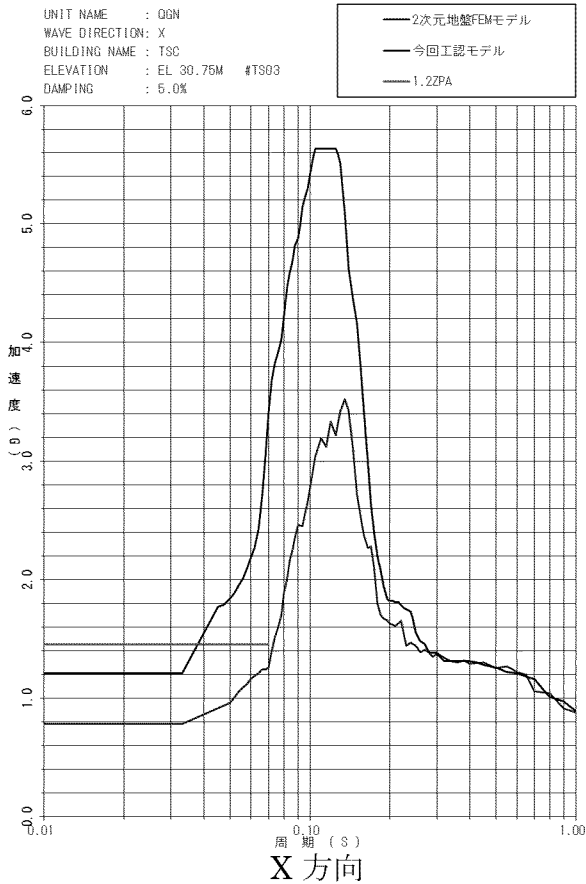
FLOOR RESPONSE SPECTRUM



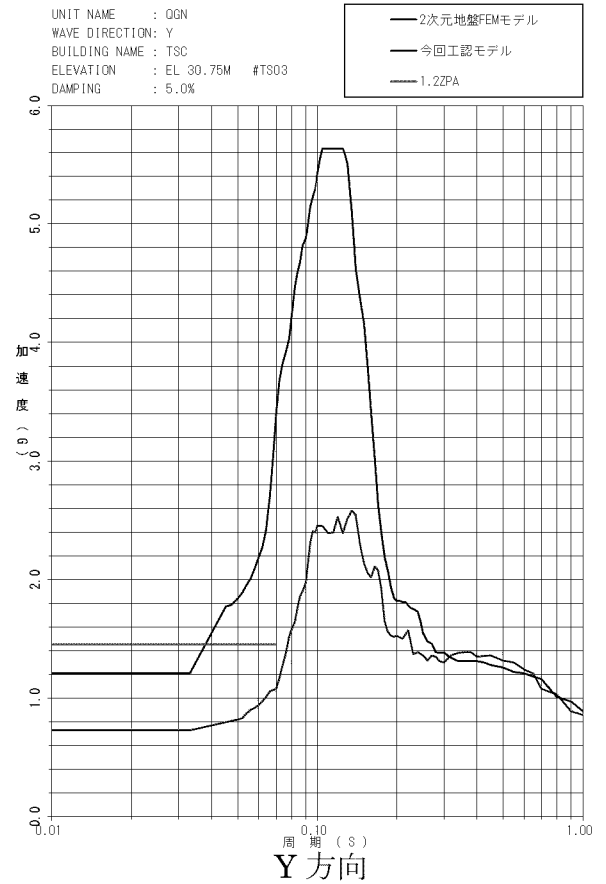
Y 方向

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

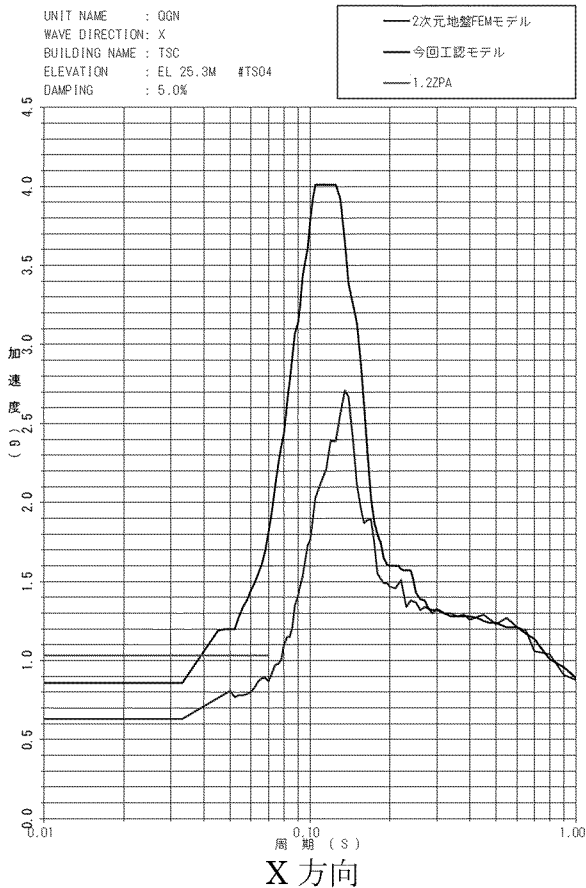


FLOOR RESPONSE SPECTRUM

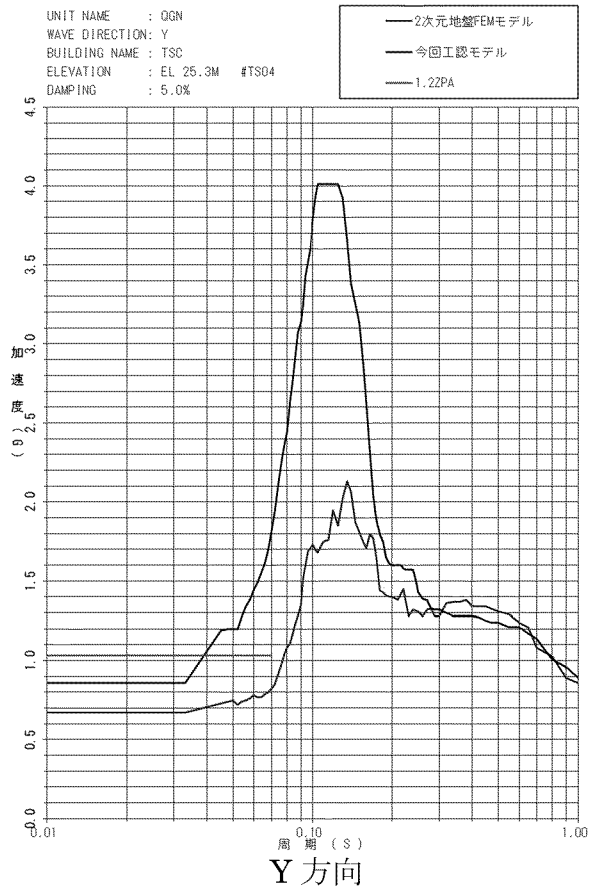


第 3-3 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.30.75m)

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

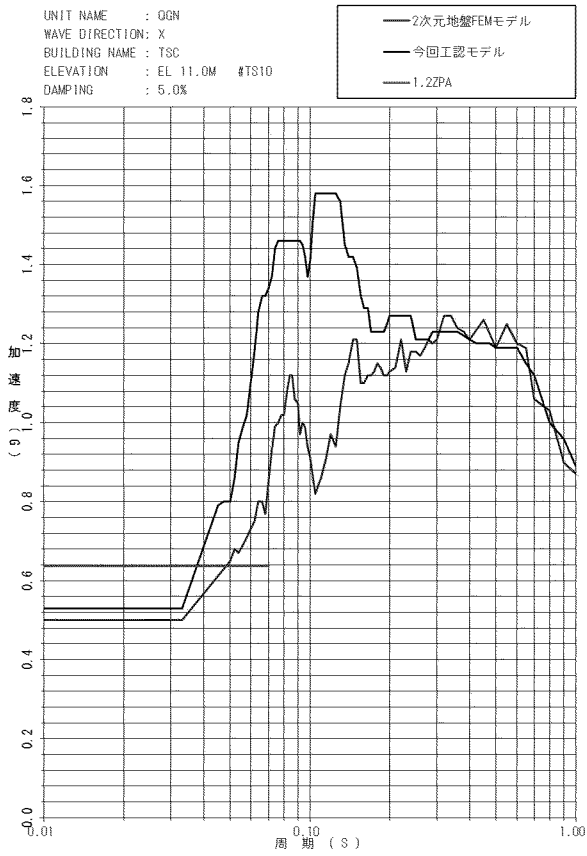


FLOOR RESPONSE SPECTRUM



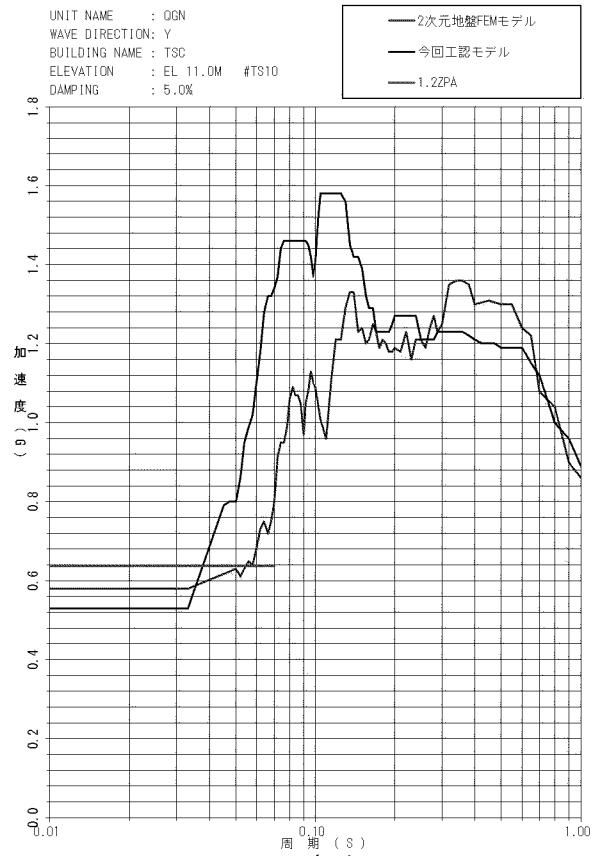
第 3-4 図 2次元地盤 FEM 床応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EL.25.30m)

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。

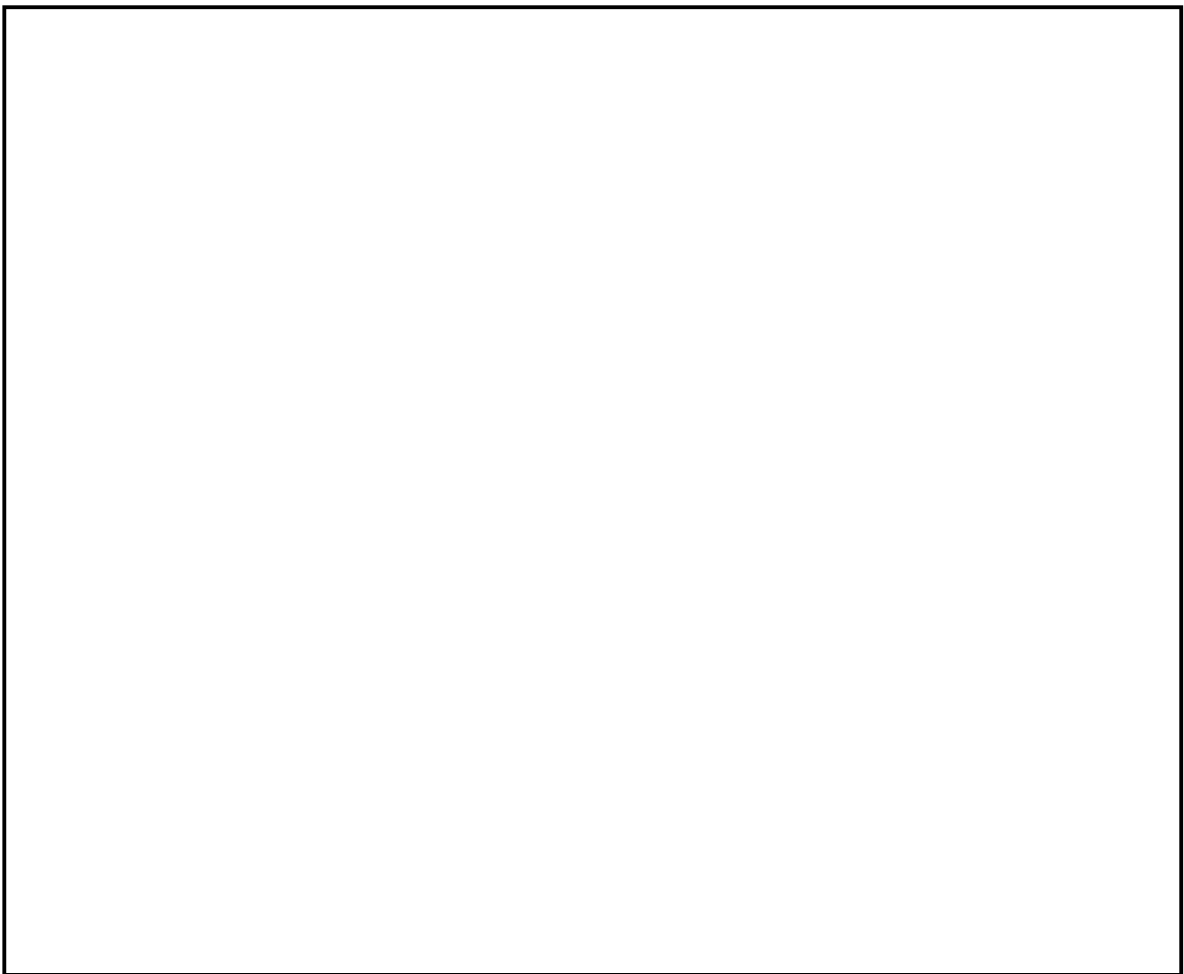
したがって、本資料では、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地盤条件を確認し、水平成層の成立性を示すことで、入力地震動の算定において、一次元波動論による地盤の地震応答解析を適用することの妥当性を確認する。

3. 地盤条件の確認

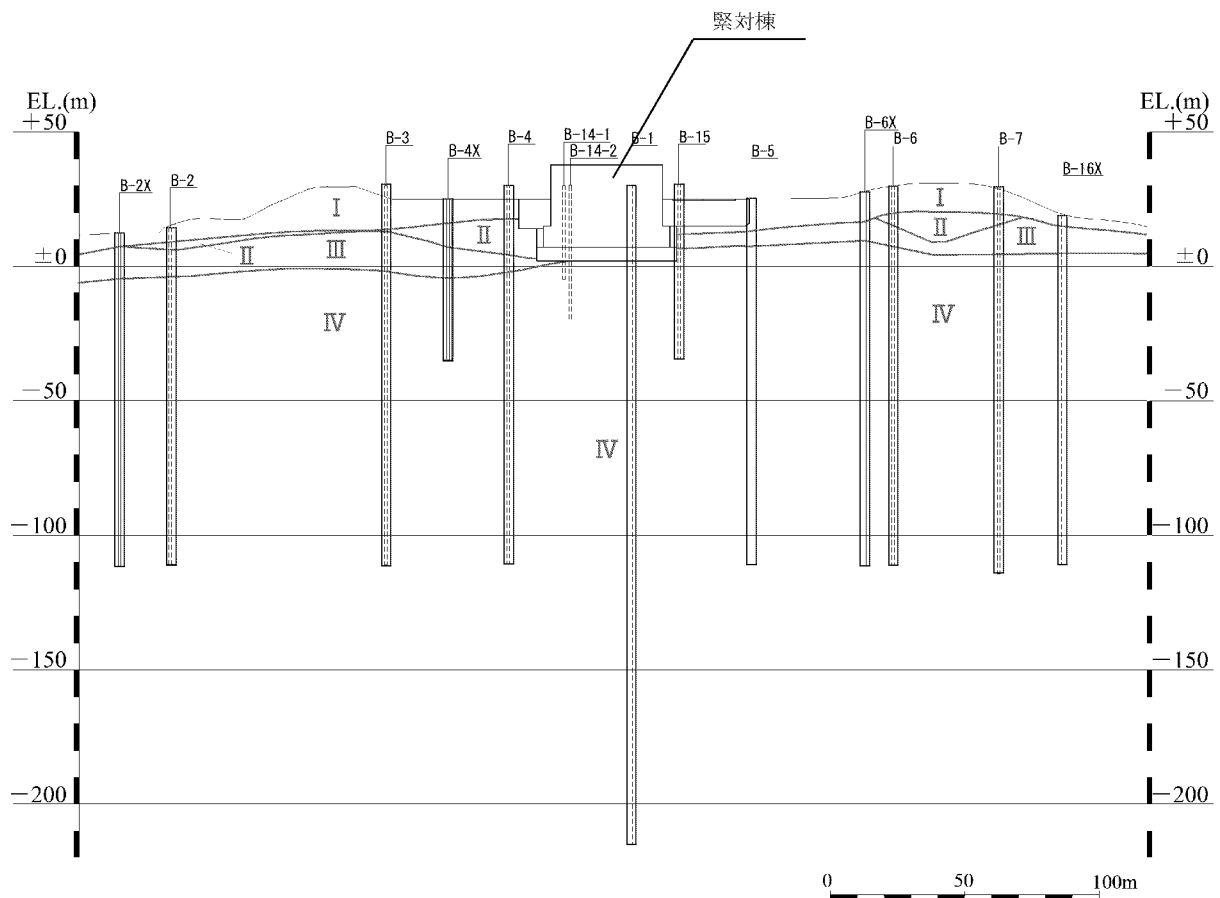
3.1 速度構造の確認

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_M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	基礎底面
EL. 6.40m				
EL. 5.74m	頁岩	Ⓒ		
EL. 4.92m				
	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	IV	
EL. -215.00m				

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

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」

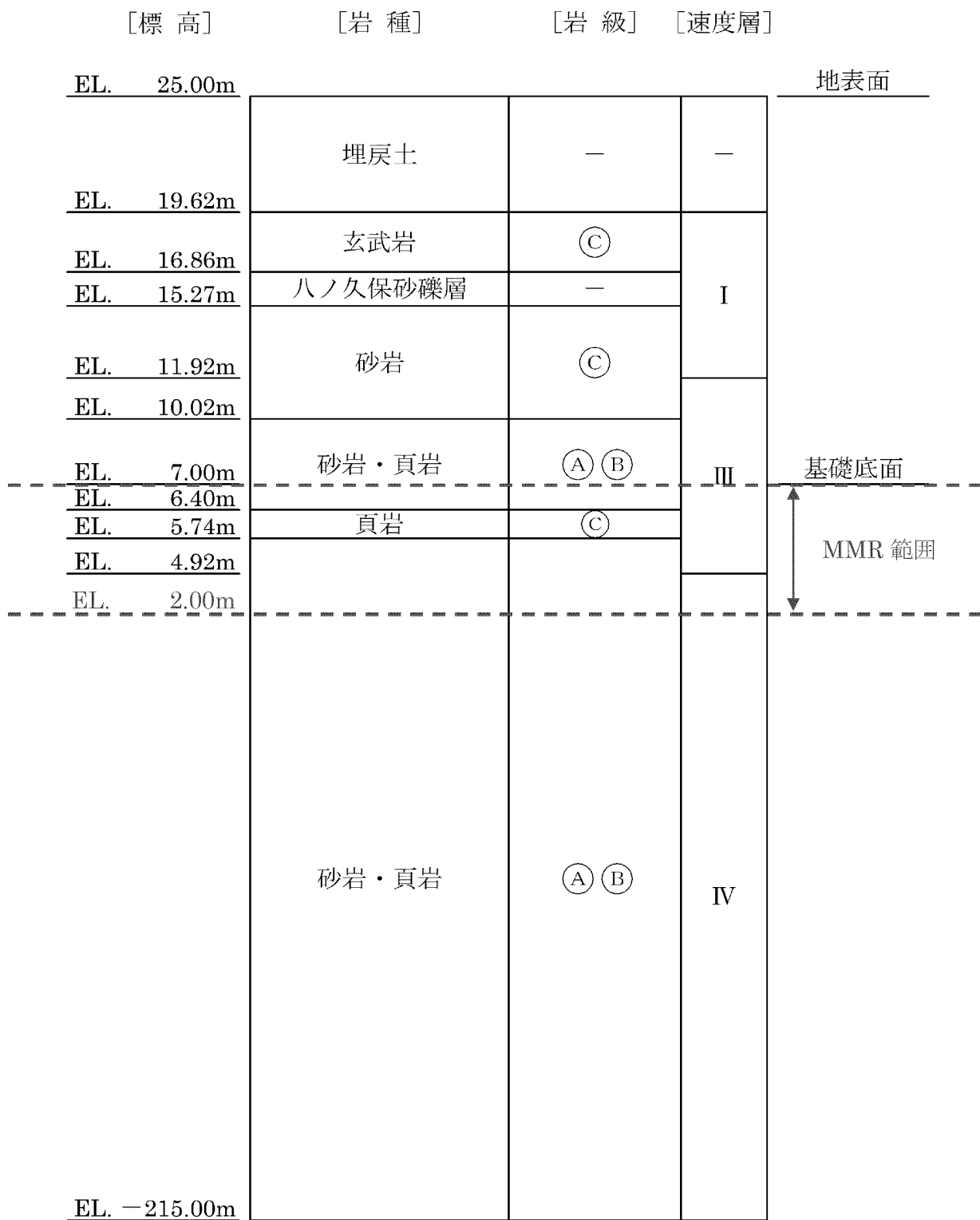
1.2 検討方針

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。



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 ^(注1) (km/s)	Vp ^(注2) (km/s)	備考
埋戻土	0.03 ^(注3)	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 ^(注3)	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 ^(注3)	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 ^(注3)	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 ^(注3)	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 ^(注3)	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I 速度層 ^(注4)	0.26	0.92	—
Ⅲ速度層 ^(注4)	0.75	2.22	—
MMR	1.95 ^(注5)	3.19 ^(注5)	EL.7.00m～EL.2.00m
Ⅳ速度層 ^(注4)	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 ²)	密度 ρ (g/cm ³)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν
MMR	18.0	2.40	9.17×10 ³	0.20

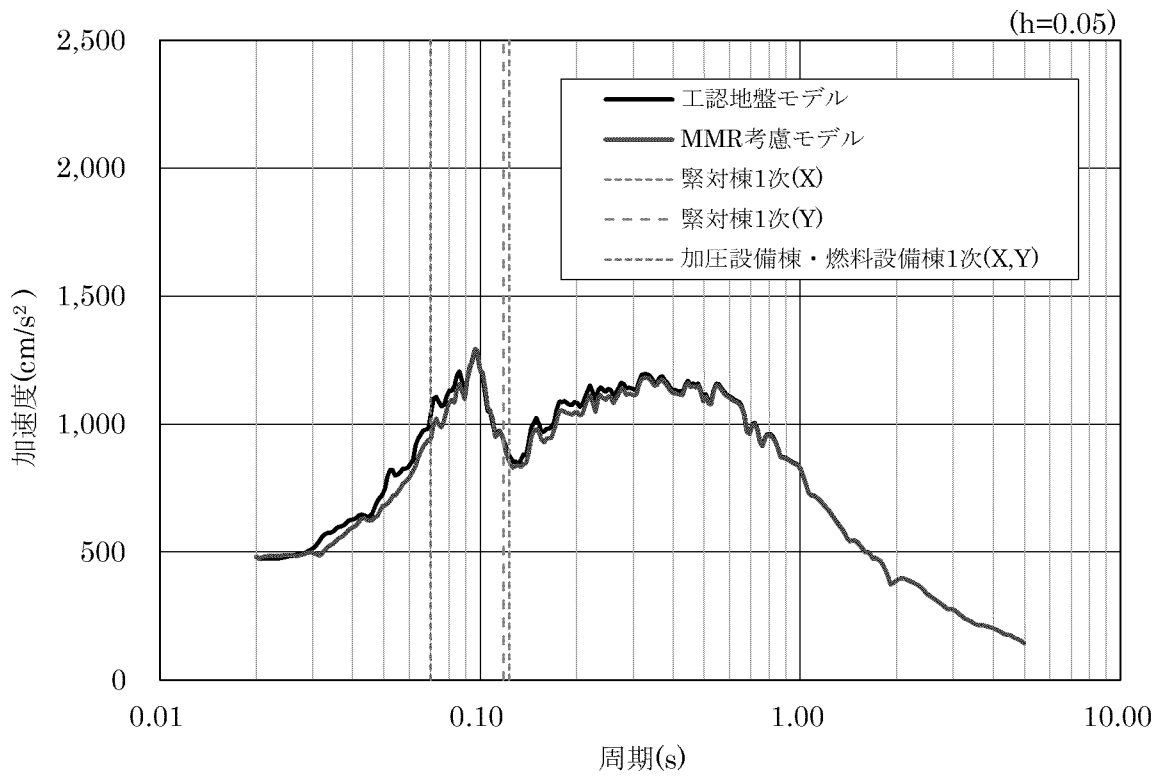
2.2 解析結果

基準地震動 S_s-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。

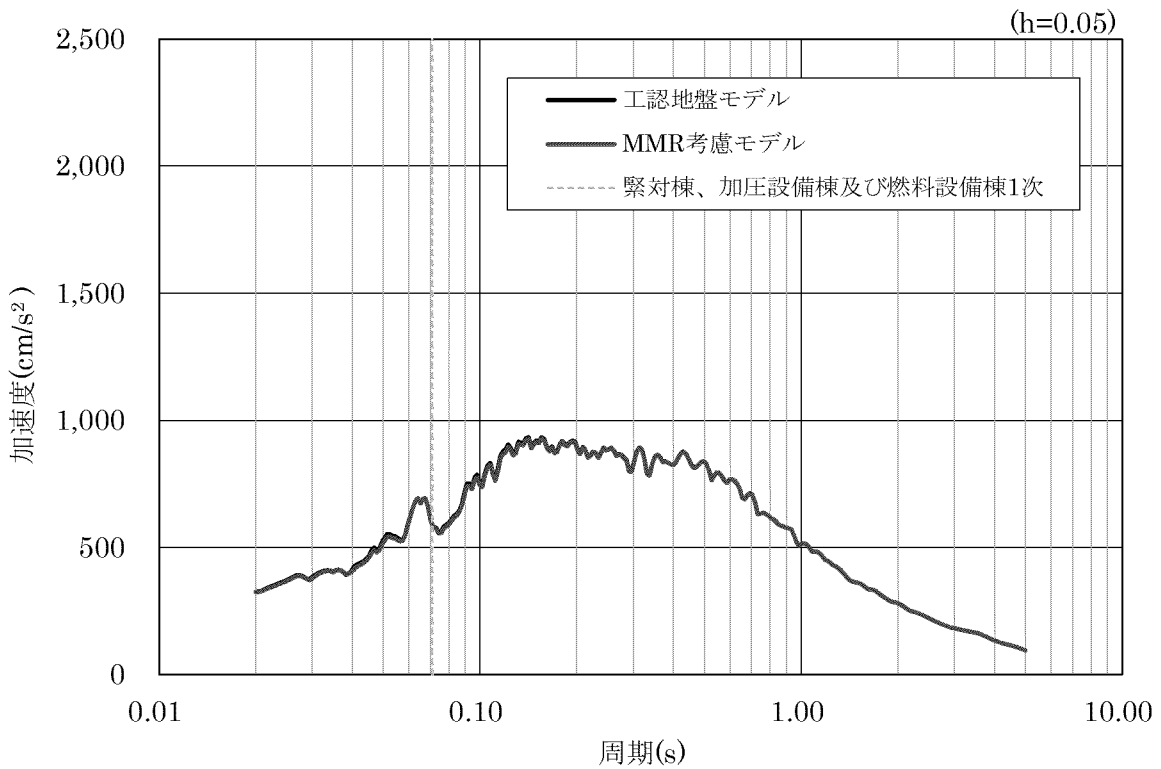
水平方向について、0.03 秒～0.09 秒及び 0.15 秒～0.3 秒程度の周期帯において、MMR 考慮モデルによる加速度応答スペクトルが、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルに包絡されており、今回工認の入力地震動の方が保守的となっている。その他の周期帯においては、MMR 考慮モデルによる加速度応答スペクトルは、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルと概ね同等となっている。

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。

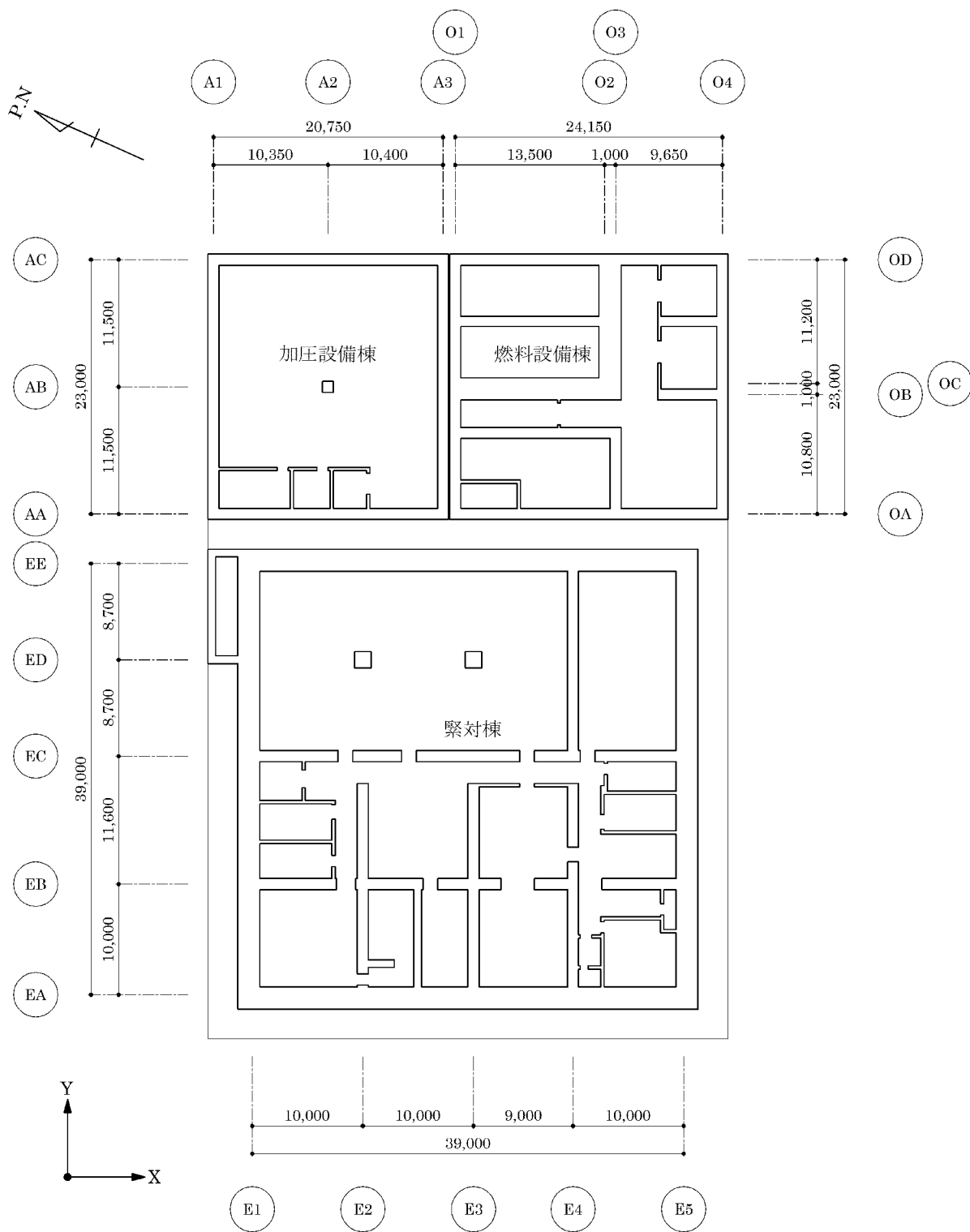
本資料は、基礎底面位置における入力地震動の算定に用いる「SHAKE」の適用性を確認するものである。

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° 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)

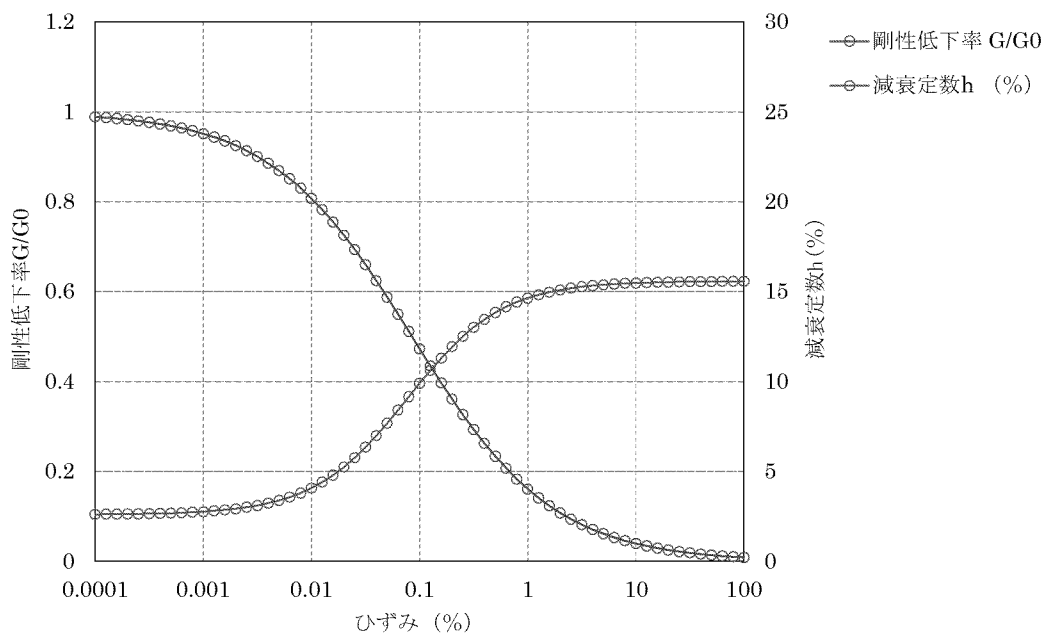
区分	Vs ^(注1) (km/s)	Vp ^(注2) (km/s)	備考
埋戻土	0.03 ^(注3)	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 ^(注3)	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 ^(注3)	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 ^(注3)	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 ^(注3)	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 ^(注3)	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I速度層 ^(注4)	0.26	0.92	—
III速度層 ^(注4)	0.75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

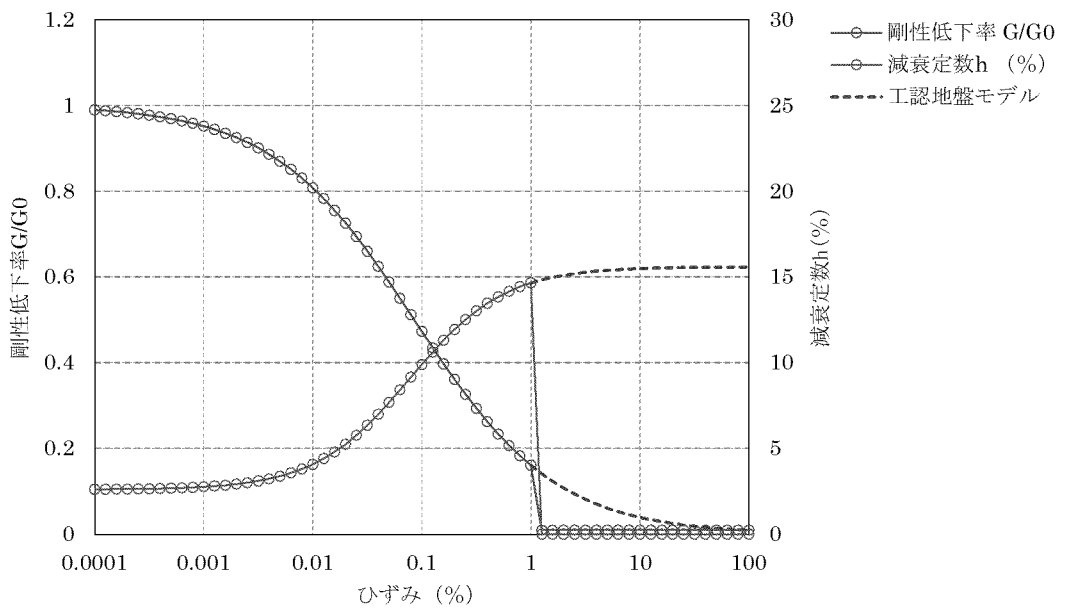
具体的には、埋戻土について、せん断ひずみ 1%以降のひずみ依存特性が試験結果の外挿したものであることから、せん断ひずみ 1%以降の埋戻土のひずみ依存特性を変動させた地盤モデル（以下「比較検討モデル」という。）を作成し、地盤の地震応答解析を行う。比較検討モデルによる地震応答解析結果と添付資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」で用いた地盤モデル（以下「工認地盤モデル」という。）による地震応答解析結果との比較により、「SHAKE」による等価線形解析の妥当性を確認する。

4.2 検討方法

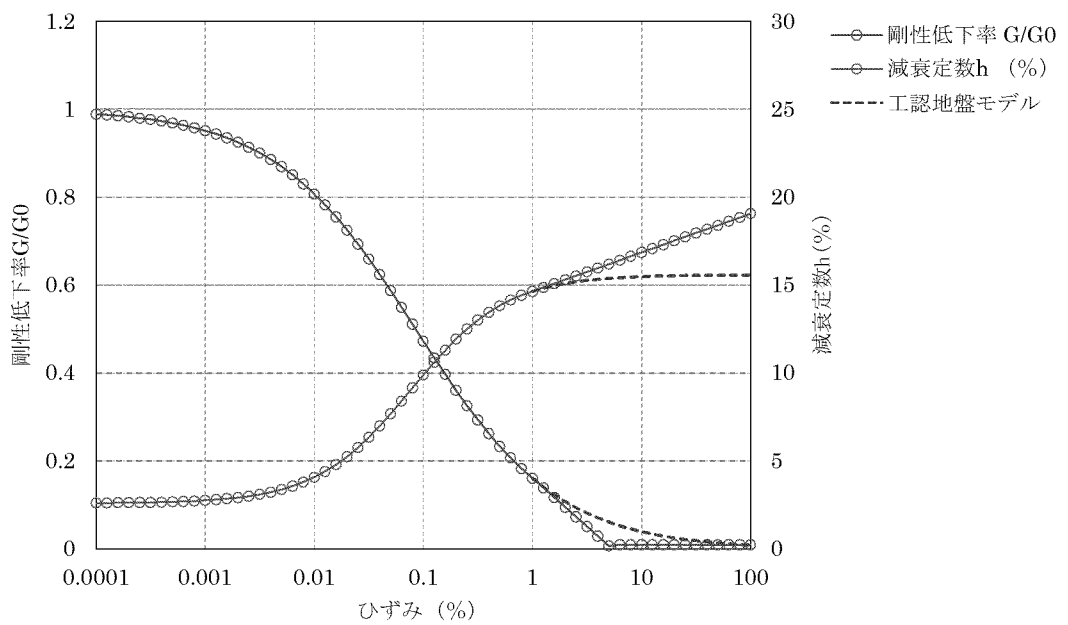
比較検討モデルによる地盤の地震応答解析を行い、基礎底面位置における加速度応答スペクトルを算出する。基礎底面位置において、工認地盤モデルによる加速度応答スペクトルと比較検討モデルによる加速度応答スペクトルとの比較を行い、顕著な差が見られないことを確認することで、入力地震動の算定における「SHAKE」の適用性及び工認地盤モデルにより算定した入力地震動の妥当性を確認する。

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

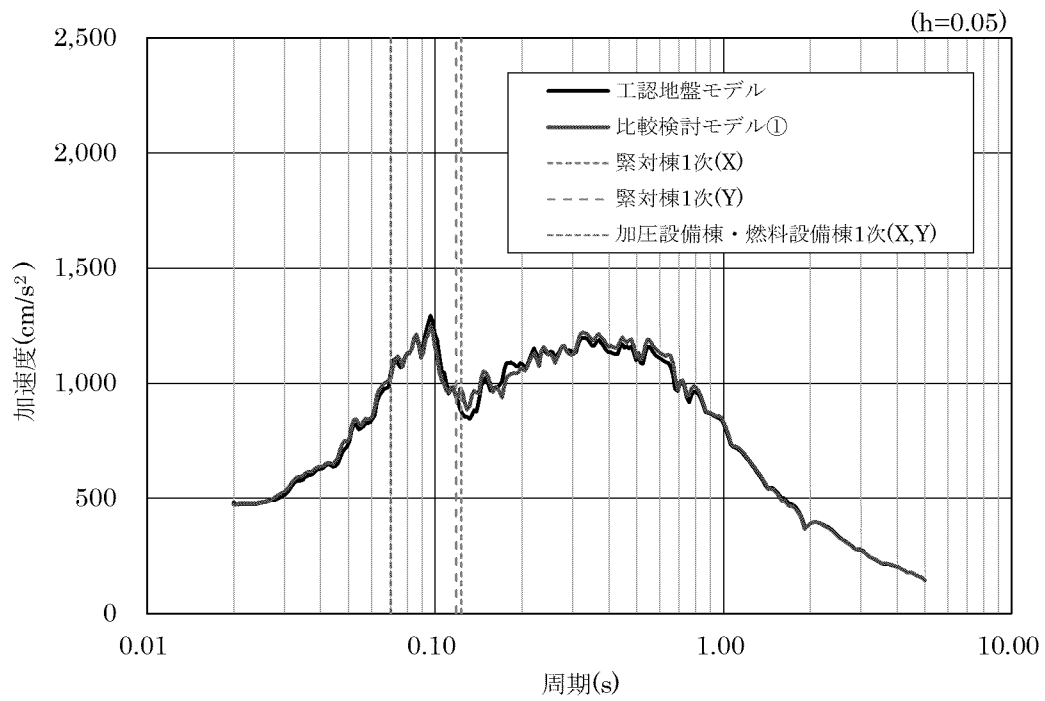
4.3 検討結果

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。

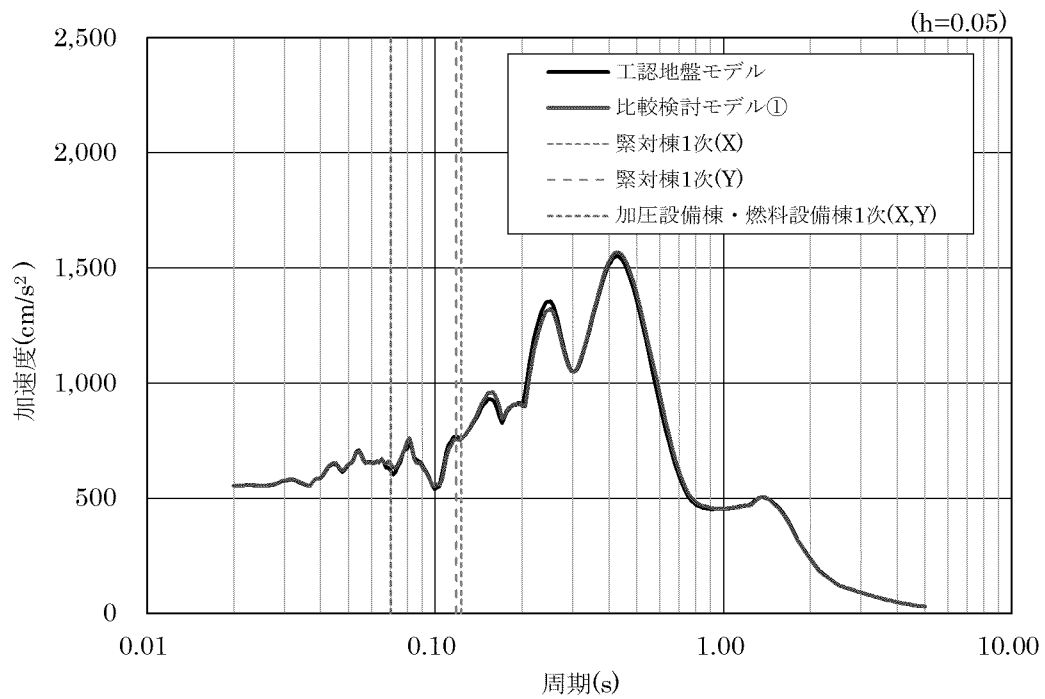
工認地盤モデルと比較検討モデル①とを比較した結果、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の 1 次モード付近の周期においては、比較検討モデル①の応答が若干大きい結果となっている。ここで、比較検討モデル①は、せん断ひずみ 1% 以降のせん断剛性及び減衰定数を極めて小さい値、すなわち、せん断ひずみ 1% で破壊するものとしてモデル化しているが、現実的には、本モデルほどのせん断剛性及び減衰の低下は考え難く、保守的な結果が算定されているものと考えられる。したがって、比較検討モデル①の検討条件の保守性を踏まえると、工認地盤モデル及び比較検討モデル①の応答には有意な差は無い。

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。

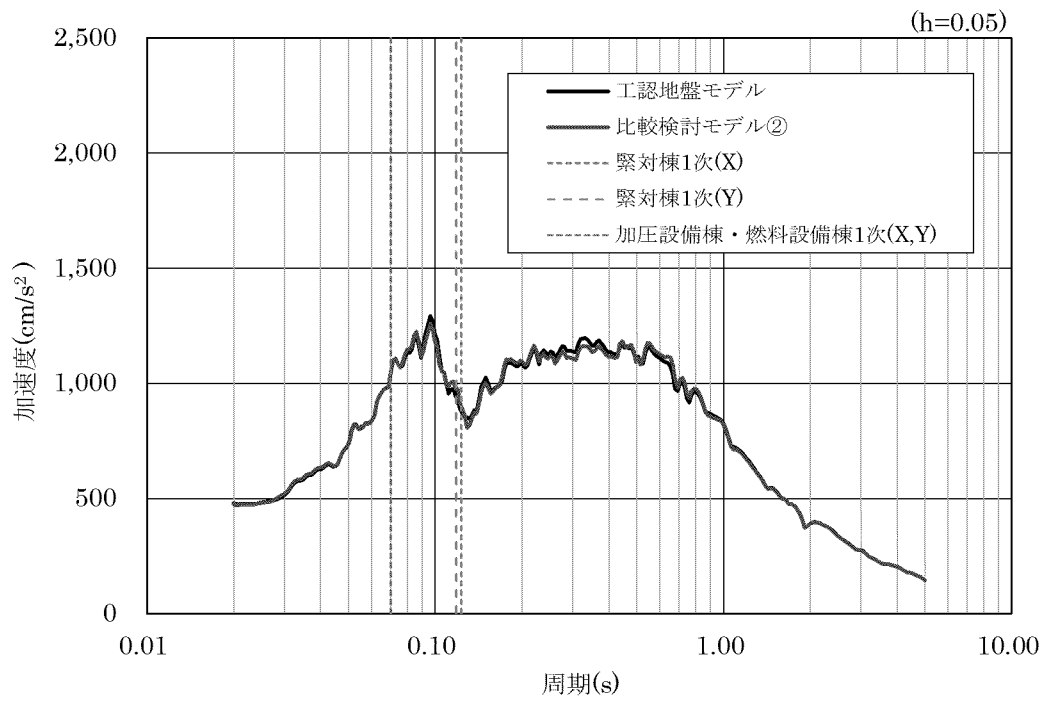


(a) 基準地震動 S_s-1_H

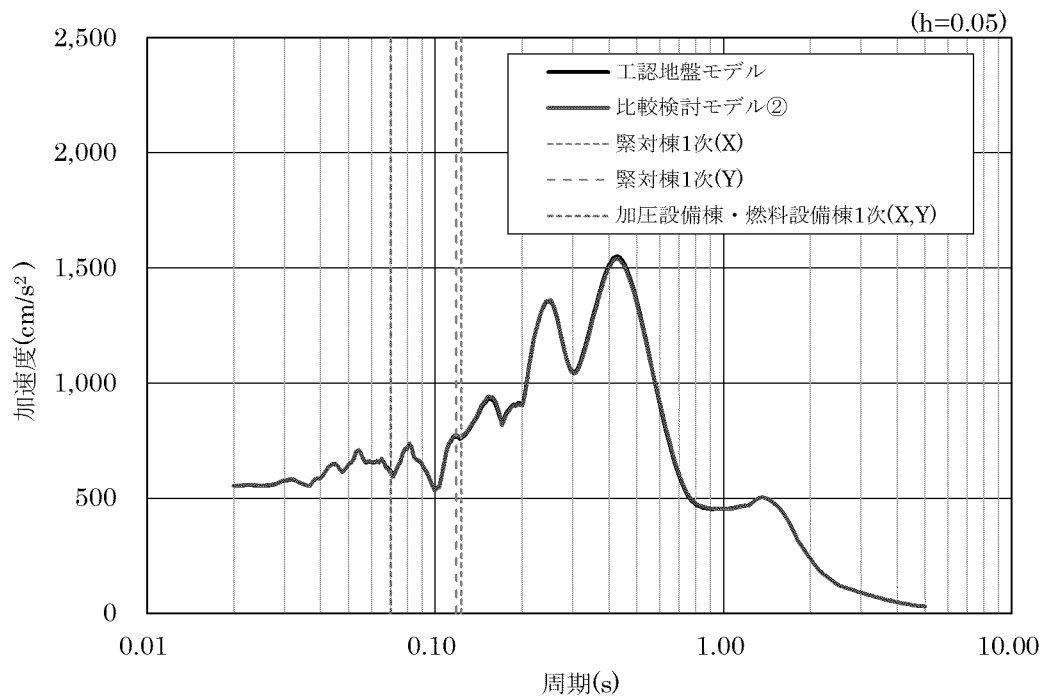


(b) 基準地震動 S_s-4_H

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 ² 加圧設備棟部分： E=24.4kN/mm ² 燃料設備棟部分： EL.15.00m より上部 : E=24.4kN/mm ² EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm ² 基礎版部分： E=22.7kN/mm ² 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 ² EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm ² 加圧設備棟部分： E=24.4kN/mm ² 燃料設備棟部分： EL.15.00m より上部 : E=24.4kN/mm ² EL.15.00m 以下（ピット部分） : E=22.7kN/mm ² 基礎版部分： E=22.7kN/mm ² 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 ² 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。

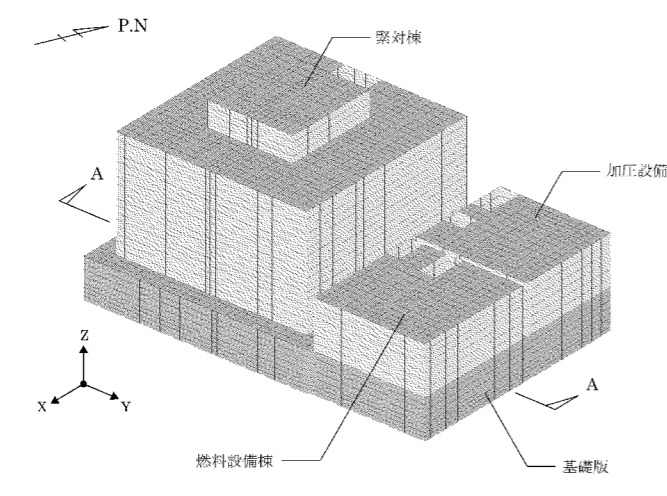
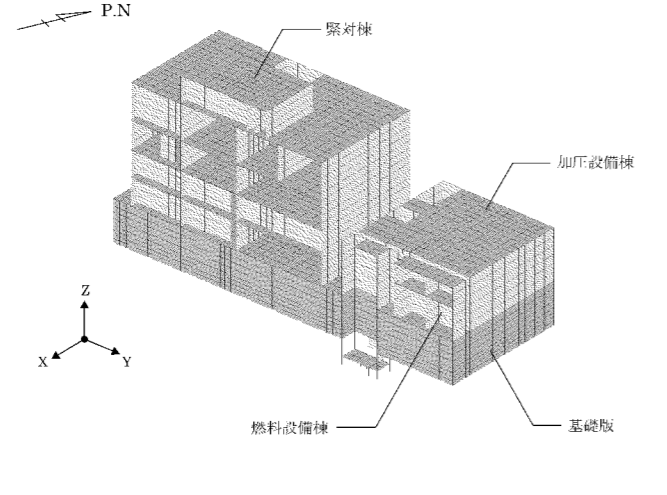
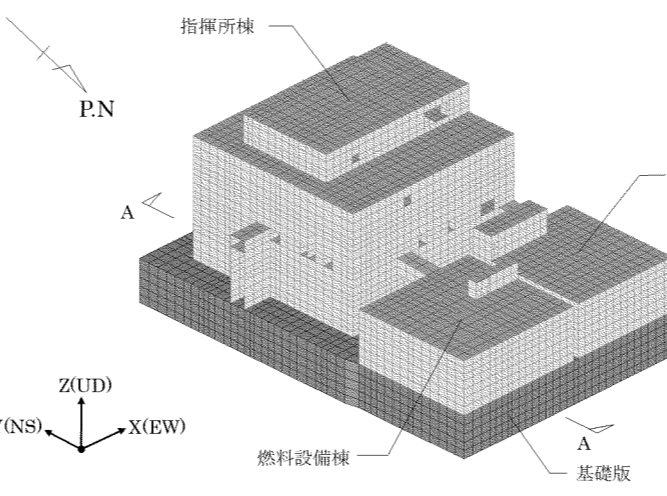
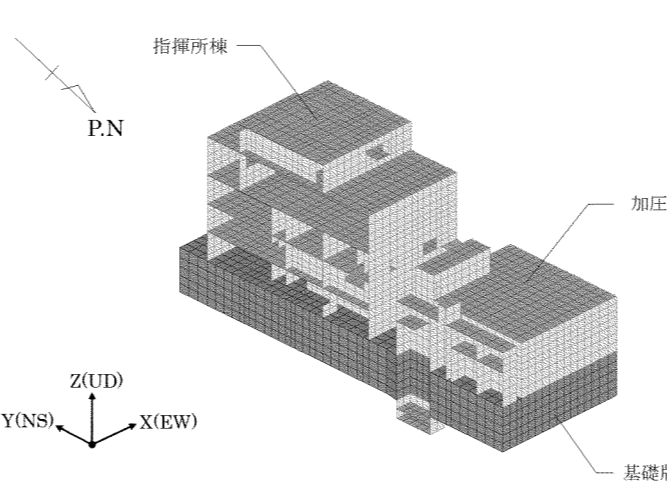
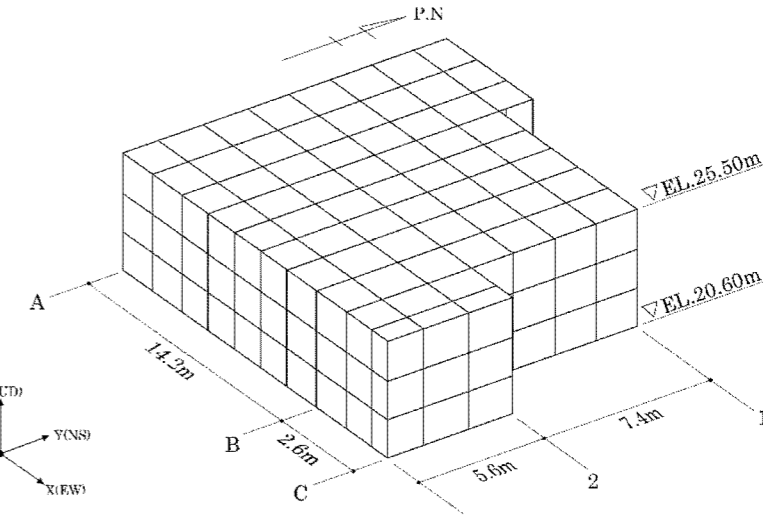
第2-1表 応力解析モデル及び解析手法の概要(2/3)

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 ₀ +K+Es D：固定荷重 L：積載荷重 E ₀ ：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。

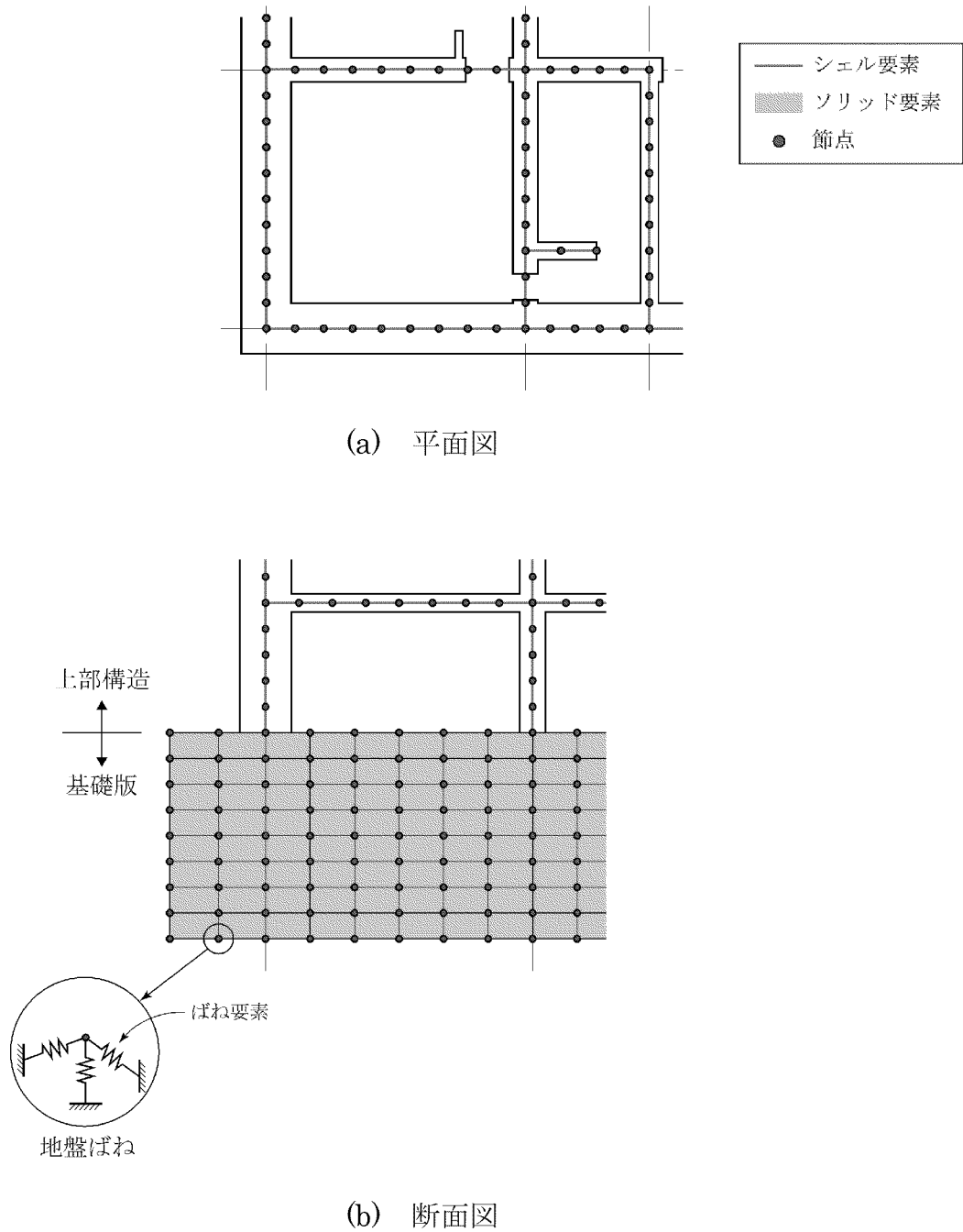
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・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。

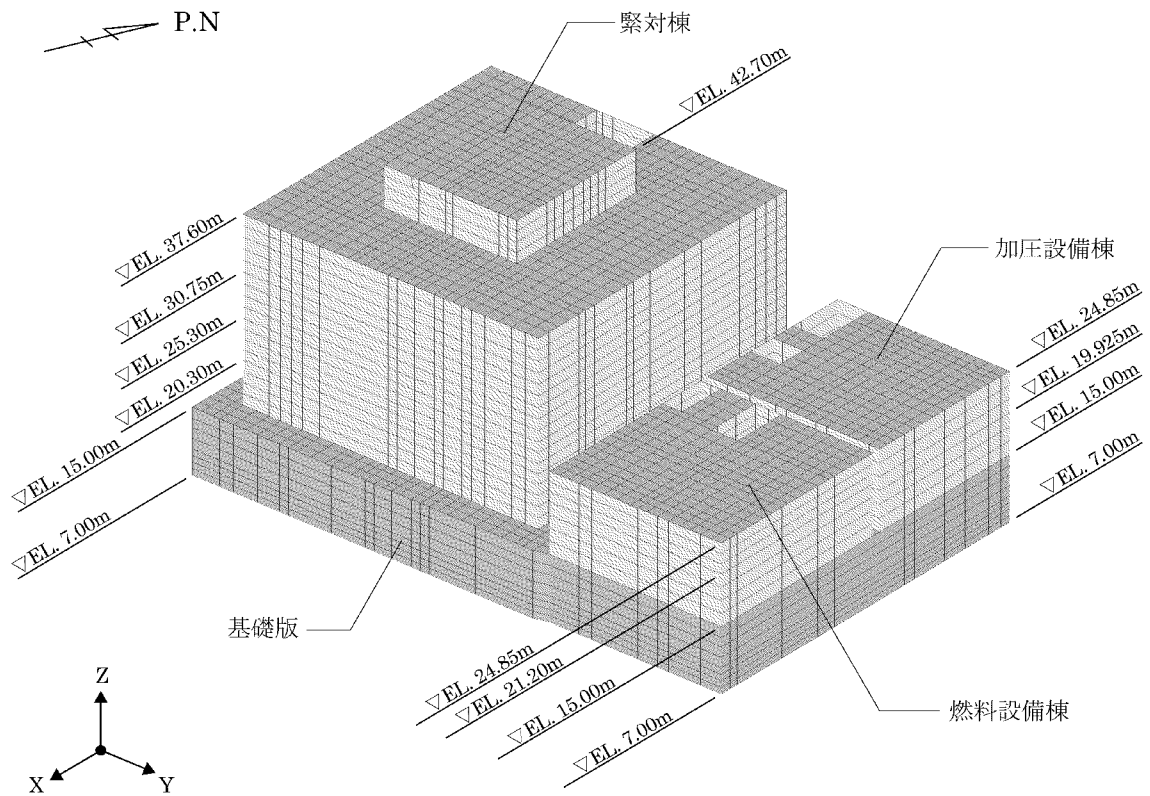
応力解析に用いる解析モデルの概念図を第 2-1 図に示す。



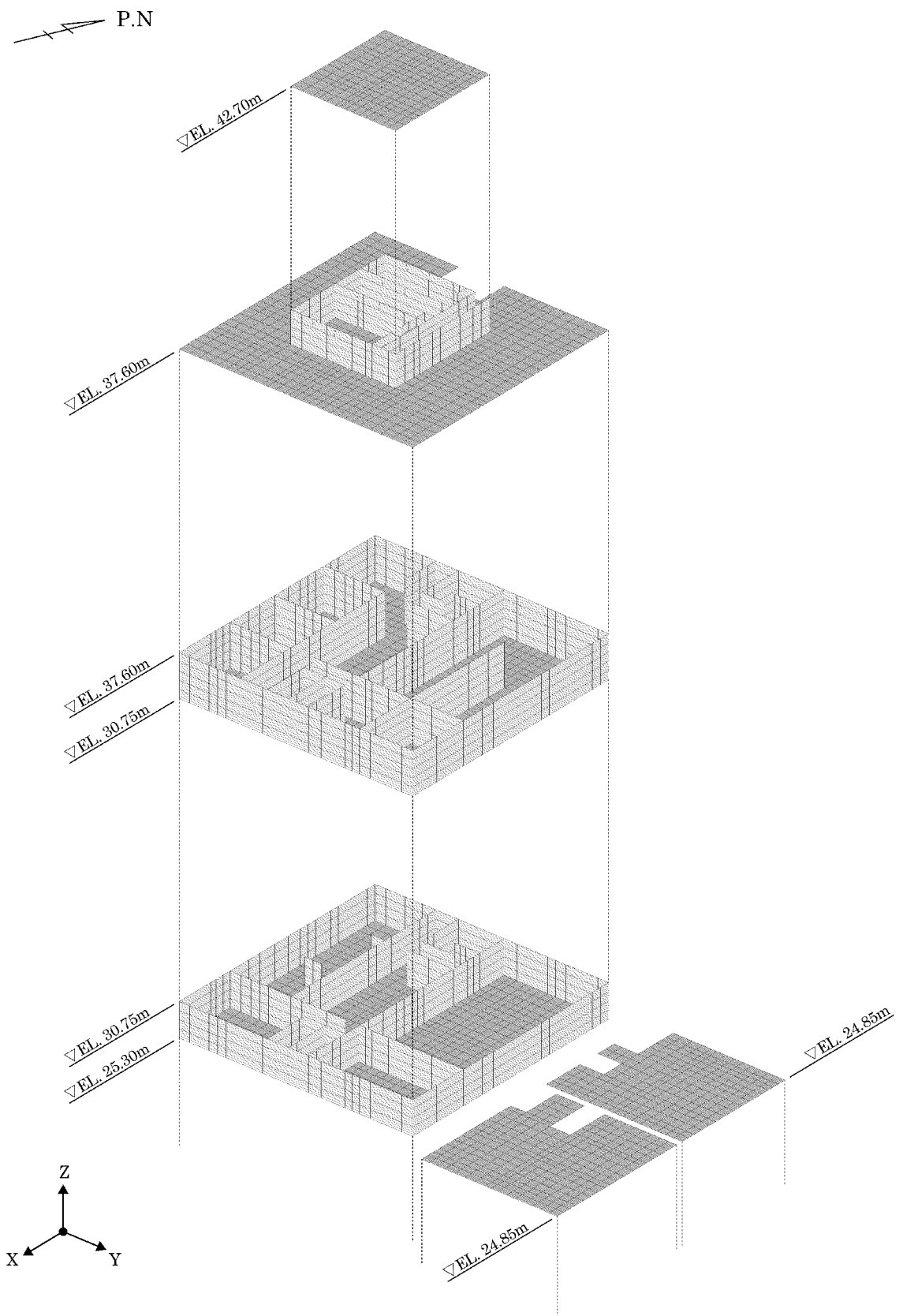
第 2-1 図 応力解析に用いる解析モデルの概念図

3. 解析モデルの鳥瞰図及び層分解図

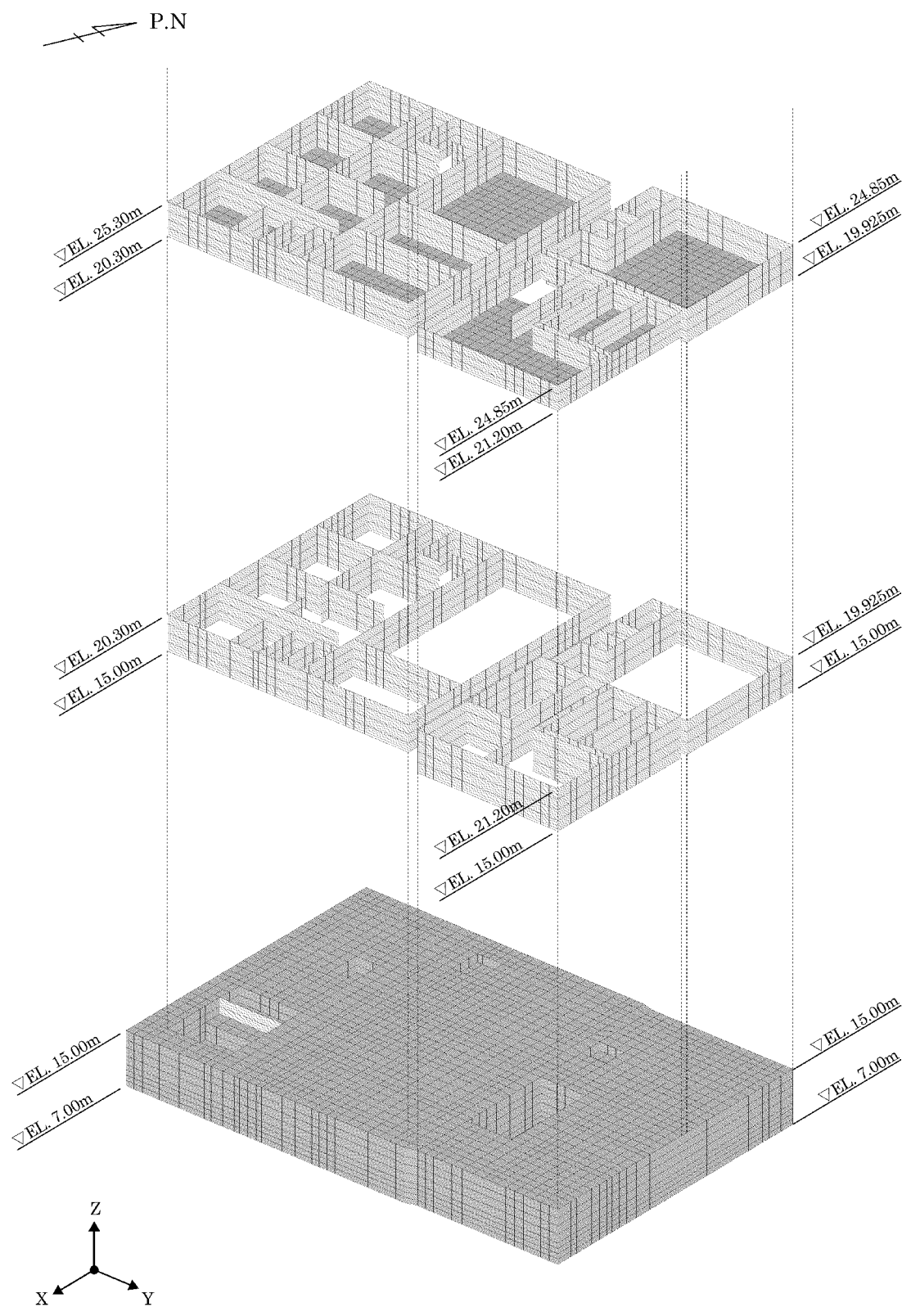
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、解析モデルの鳥瞰図及び層分解図を第3-1図及び第3-2図に示す。



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^(※)

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 ² (注1)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 4.56N/mm ²
		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）^(※)

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 ^(注1)
		— (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 ^(注1)
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 ^(注2)
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 ^(注1)

(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）^(※)

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 ^(注)

(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：×10³kN）

部位	部材 番号	方向 ^(注)	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° 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：×10³kN）

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

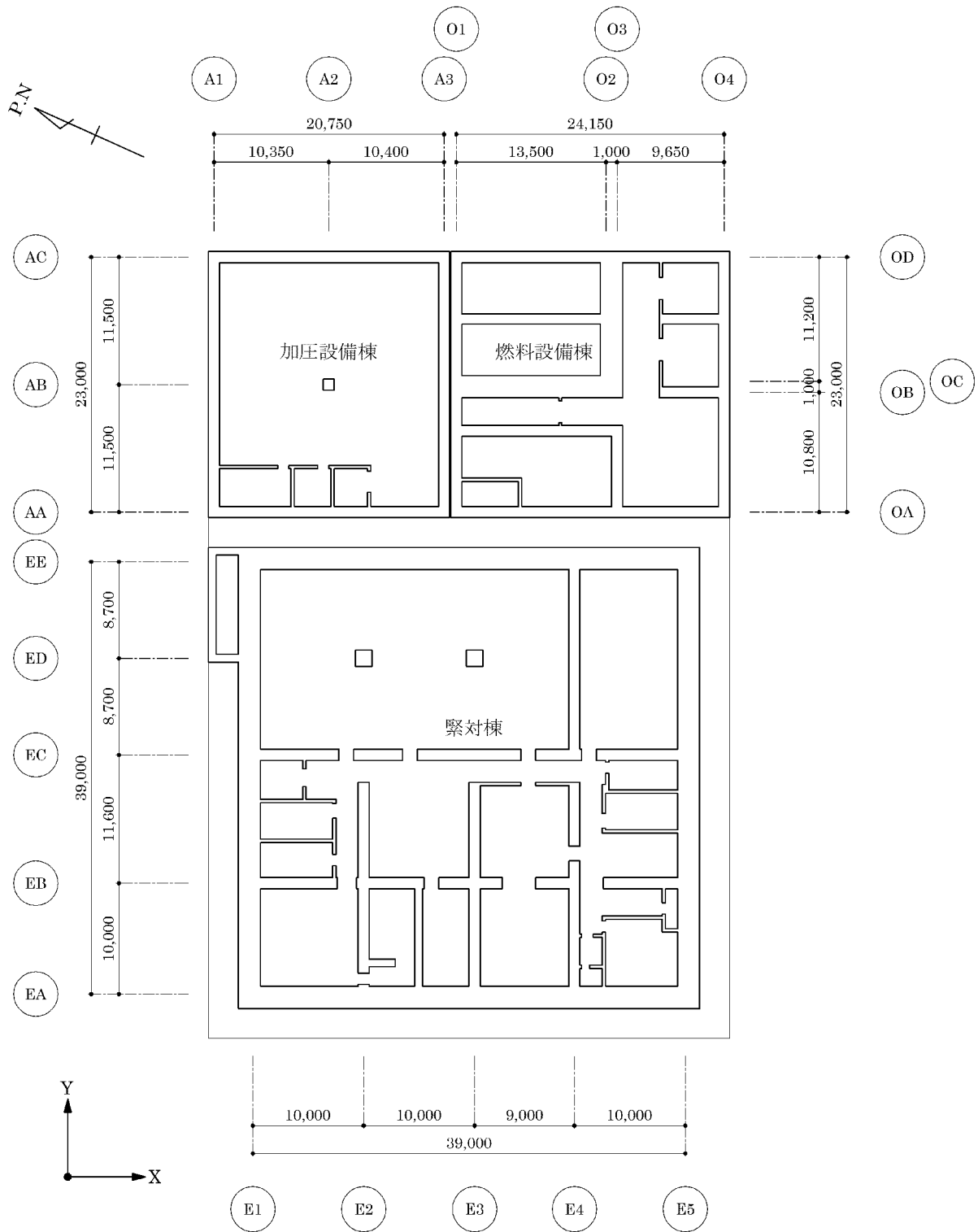
本資料は、FEM モデルを用いた応力解析による評価における断面の評価対象部位の選定に関し、耐震計算書における断面の評価対象要素の選定結果について示すものである。

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° 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)

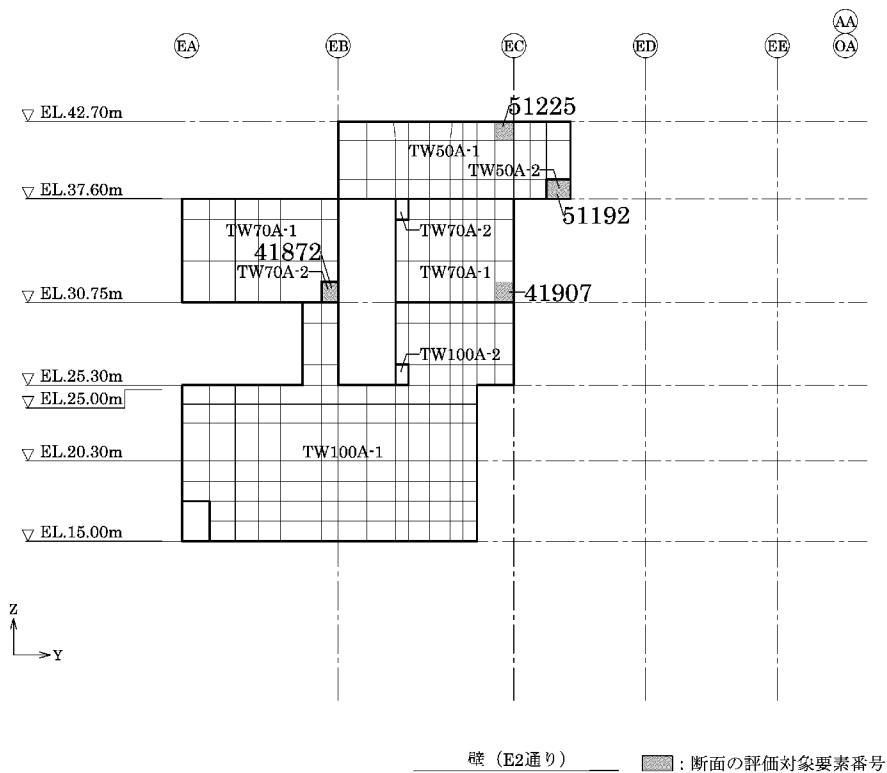
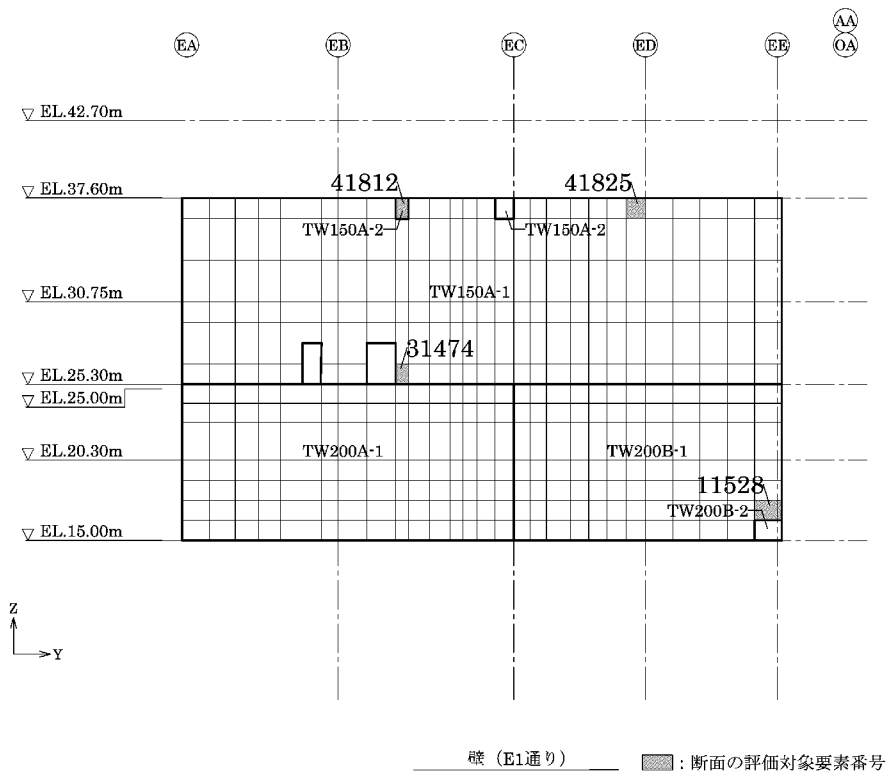
2. 緊対棟の断面の評価対象部位の選定

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。

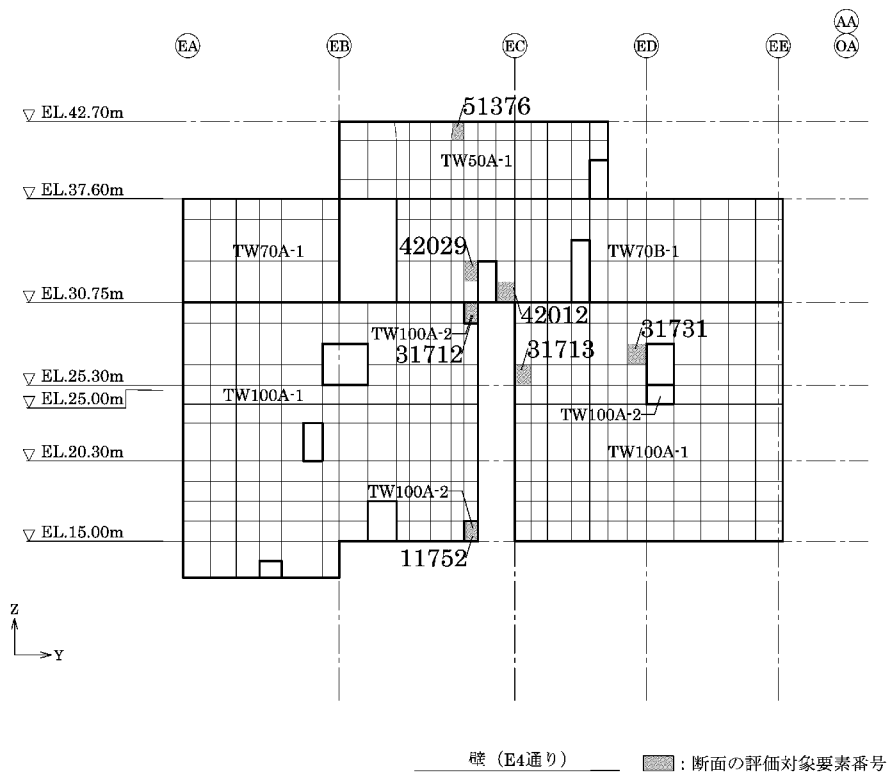
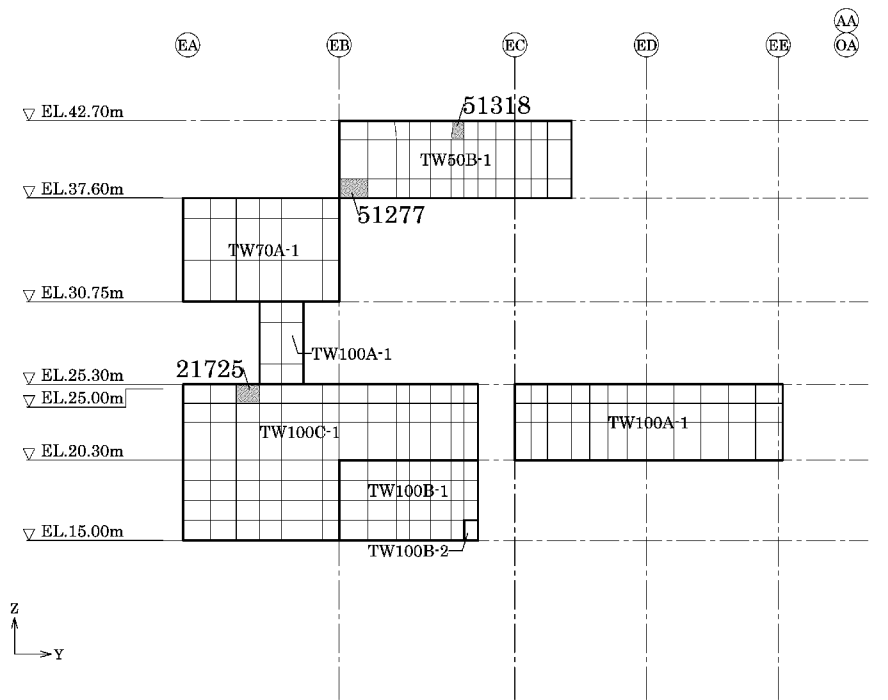
各評価項目の検定値一覧を第 2-3 表、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 2-2 図に示す。

第 2-1 表 荷重の組合せケース

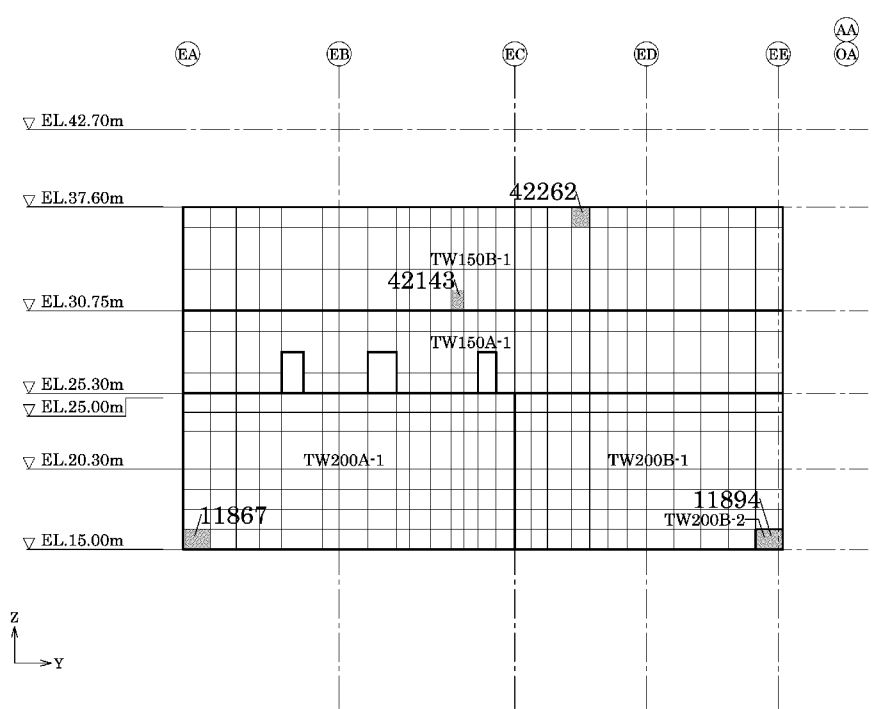
	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	3	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	4	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	5	$D+L+E_0+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	6	$D+L+E_0+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	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	$D+L+E_0$



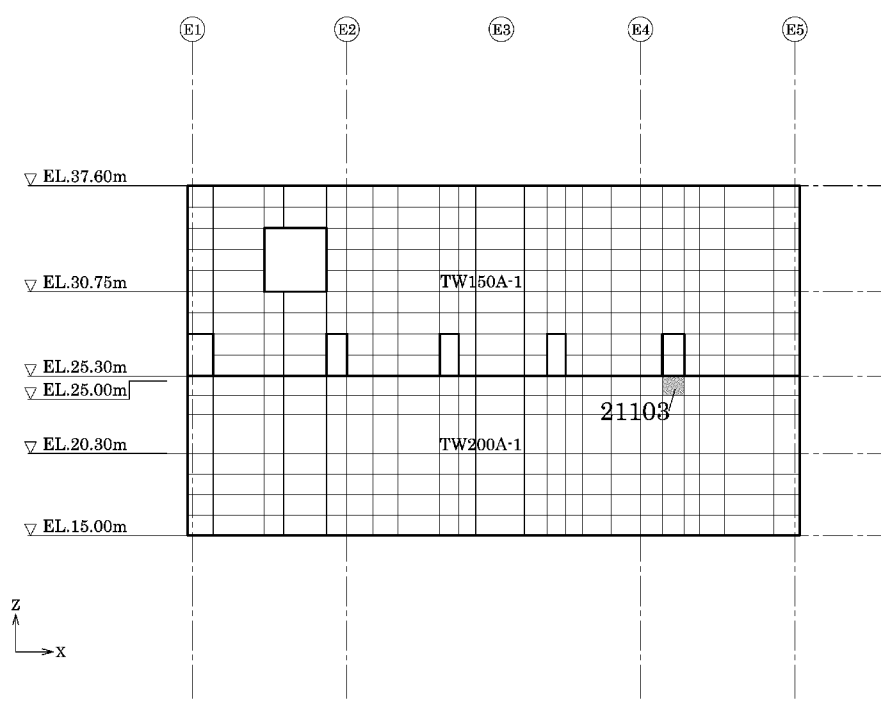
第2-1図 断面の評価対象要素番号(1/13)



第2-1図 断面の評価対象要素番号(2/13)

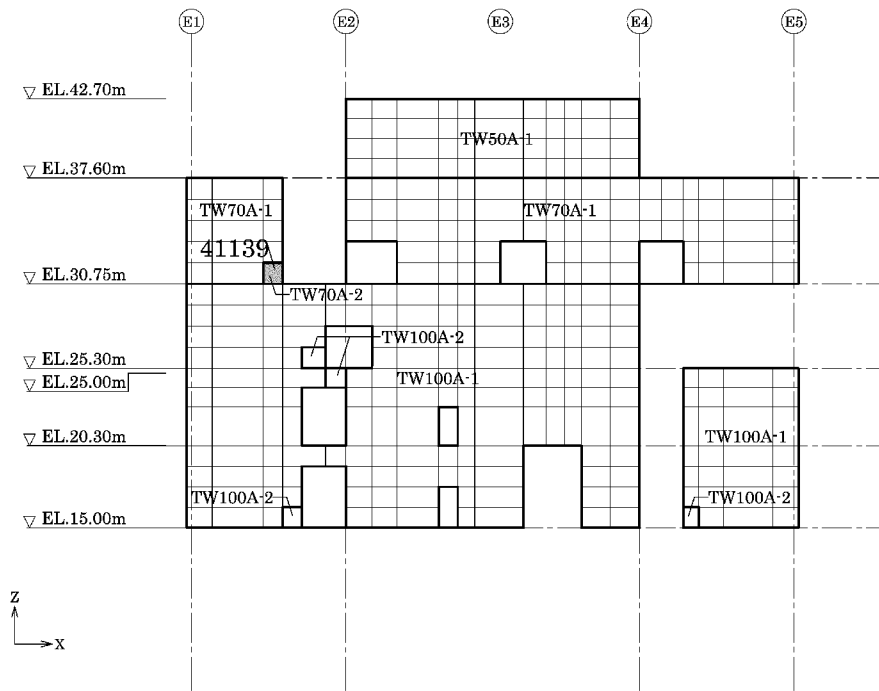


壁 (E5通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

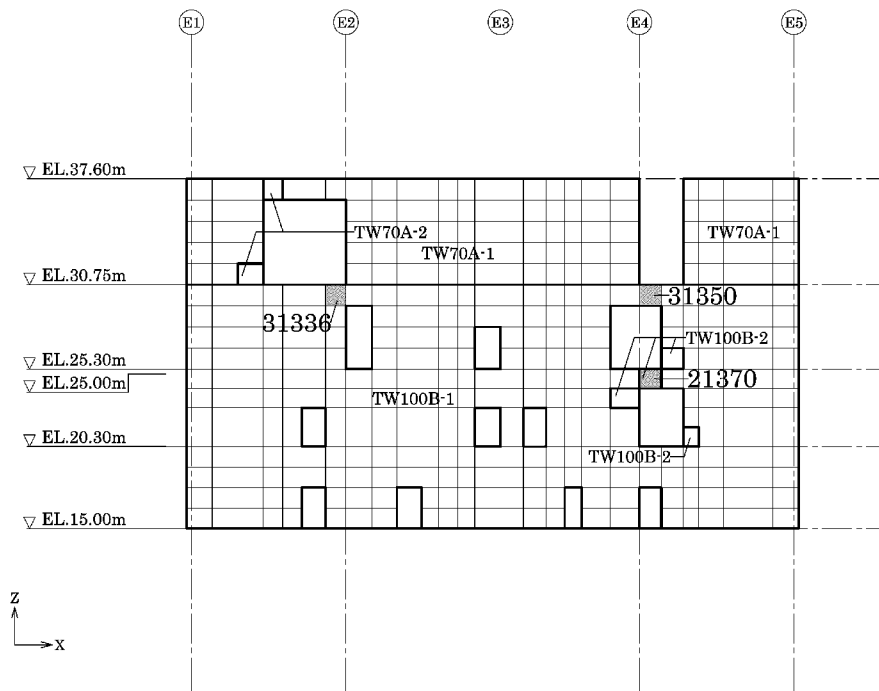


壁 (EA通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(3/13)

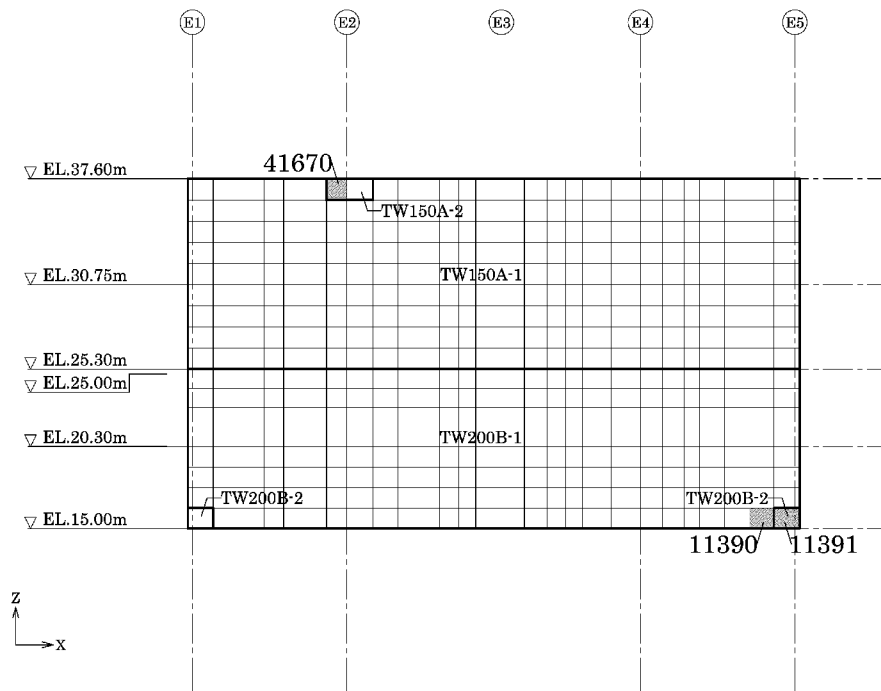
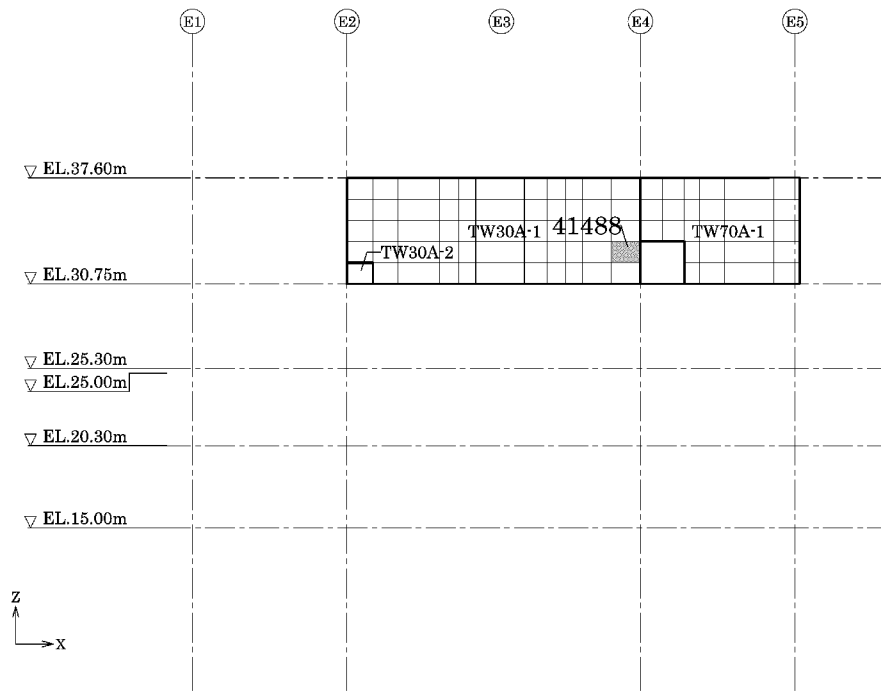


壁 (EB通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

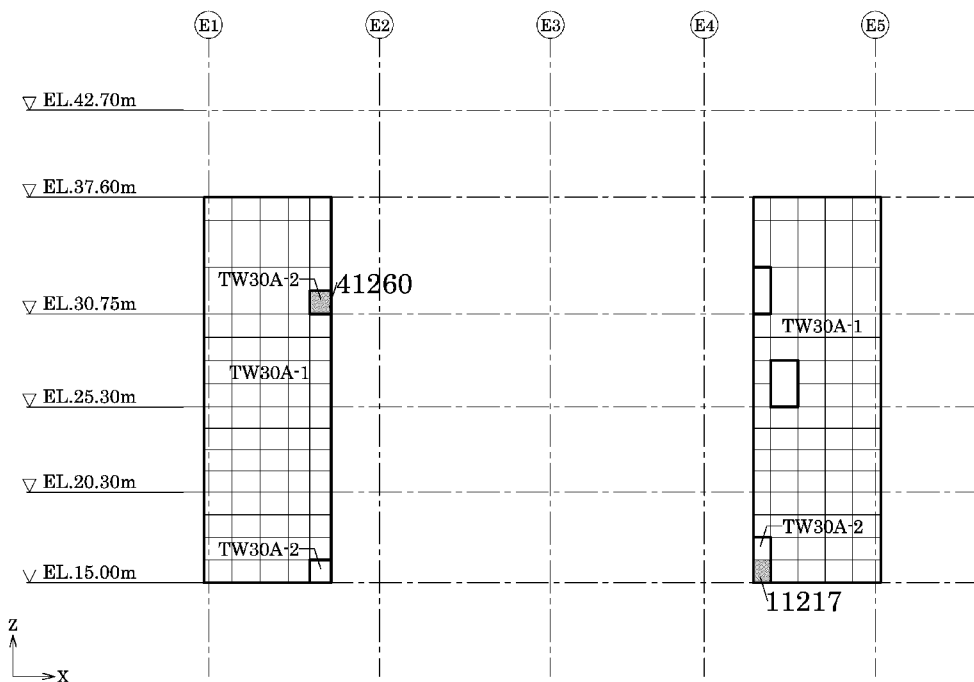


壁 (EC通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

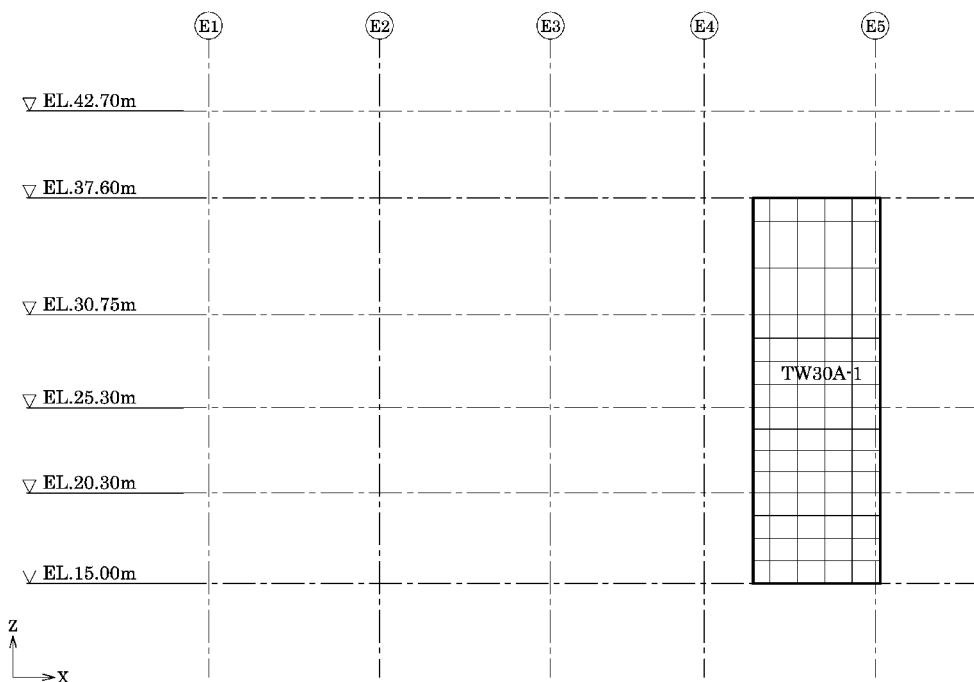
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(4/13)



第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(5/13)

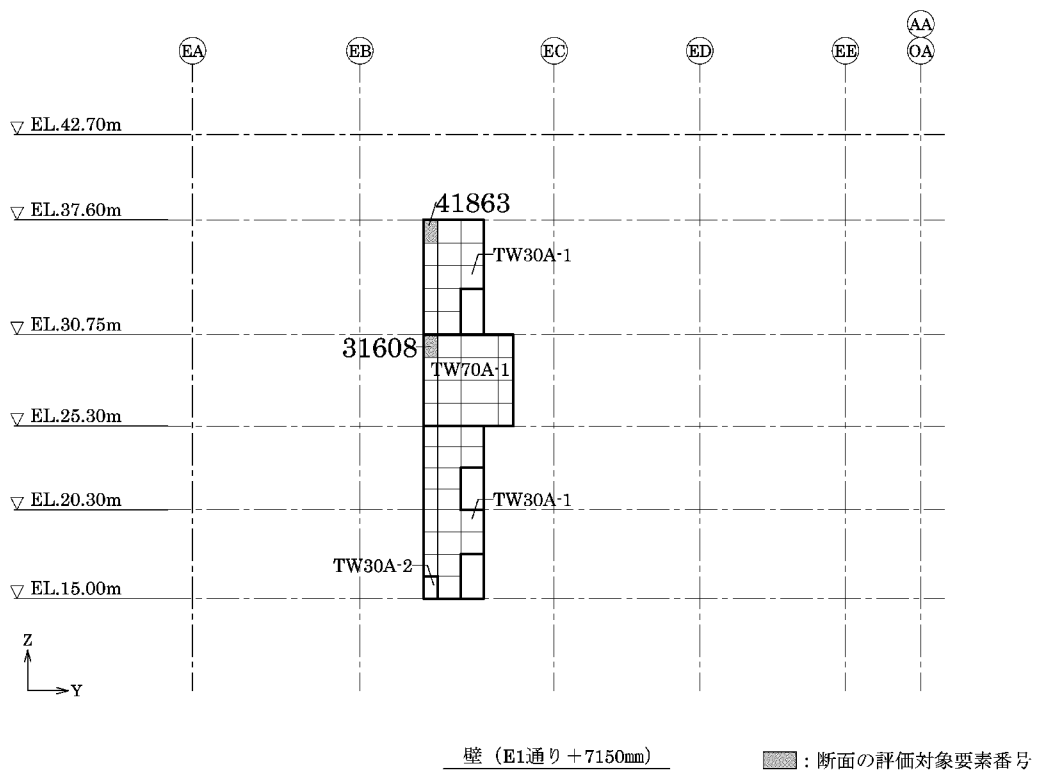
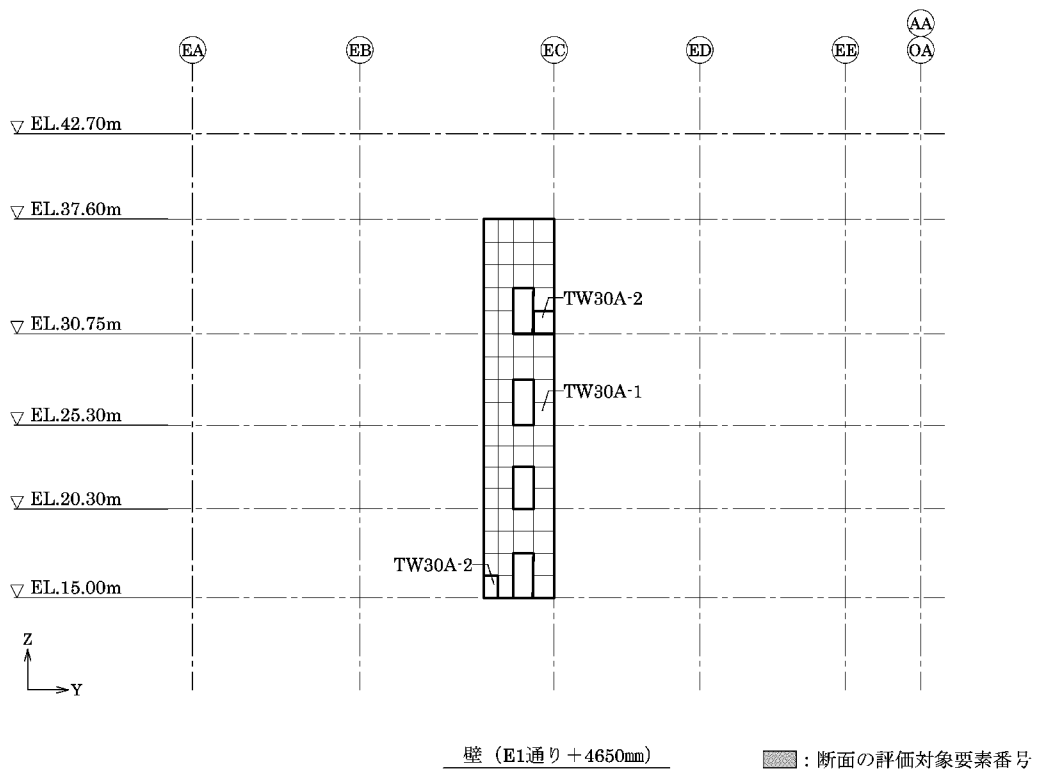


壁 (EB通り+3800mm、EB通り+4650mm) ■ : 断面の評価対象要素番号

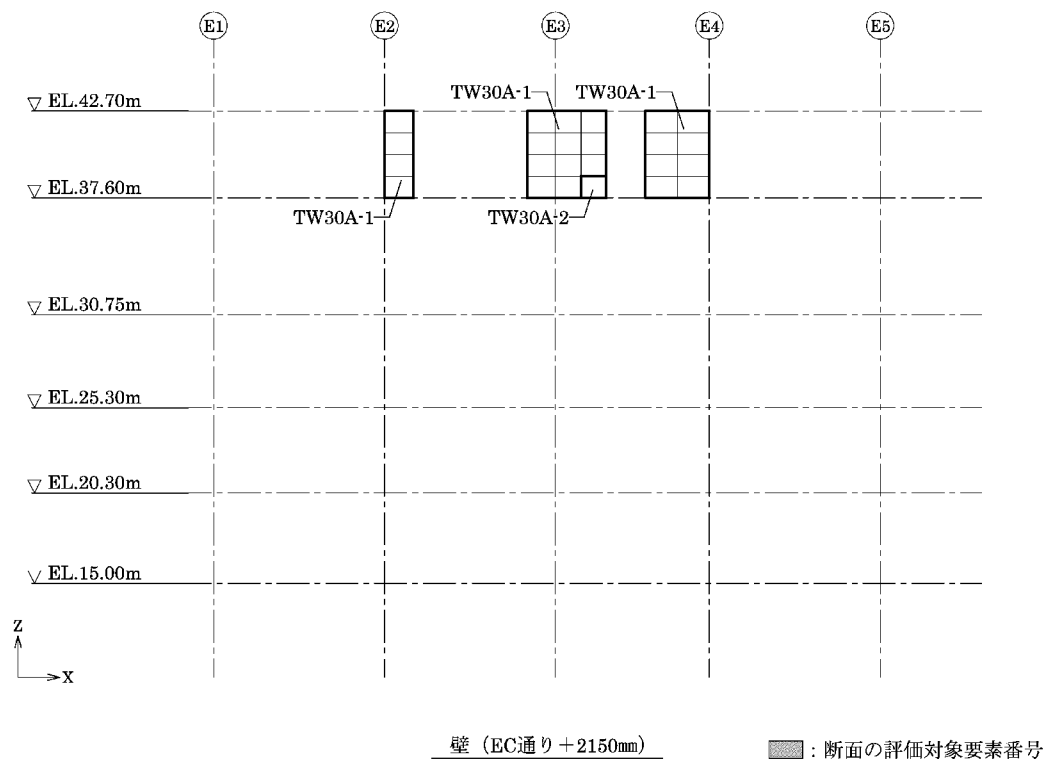
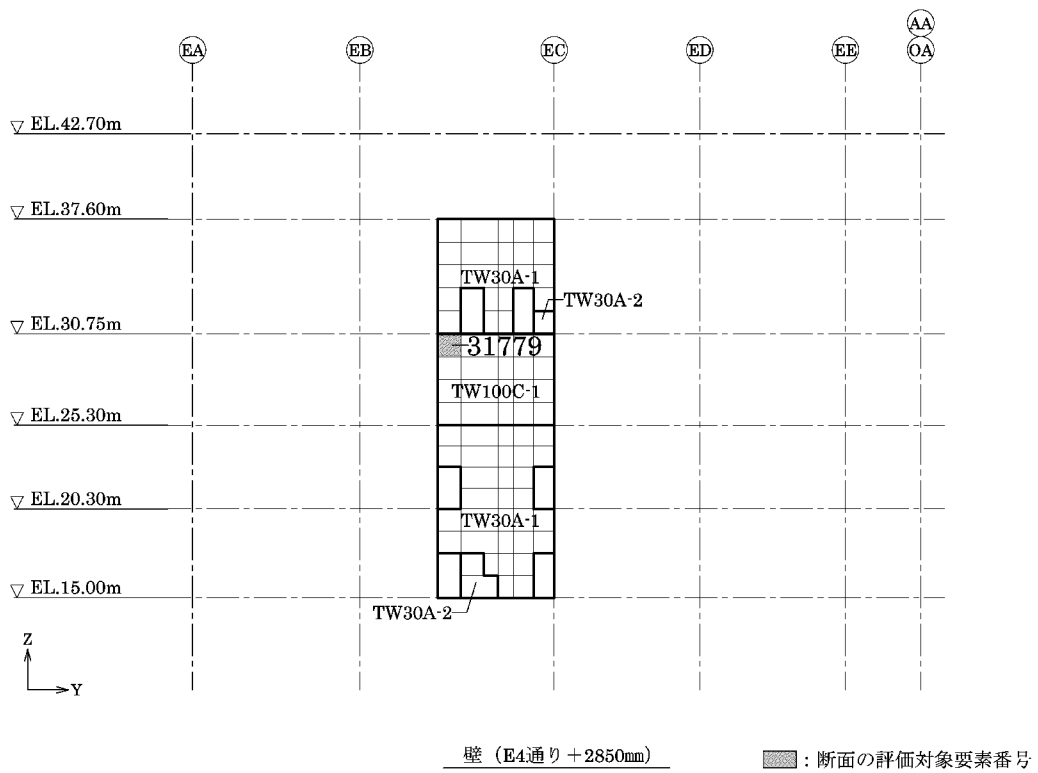


壁 (EB通り+8250mm) ■ : 断面の評価対象要素番号

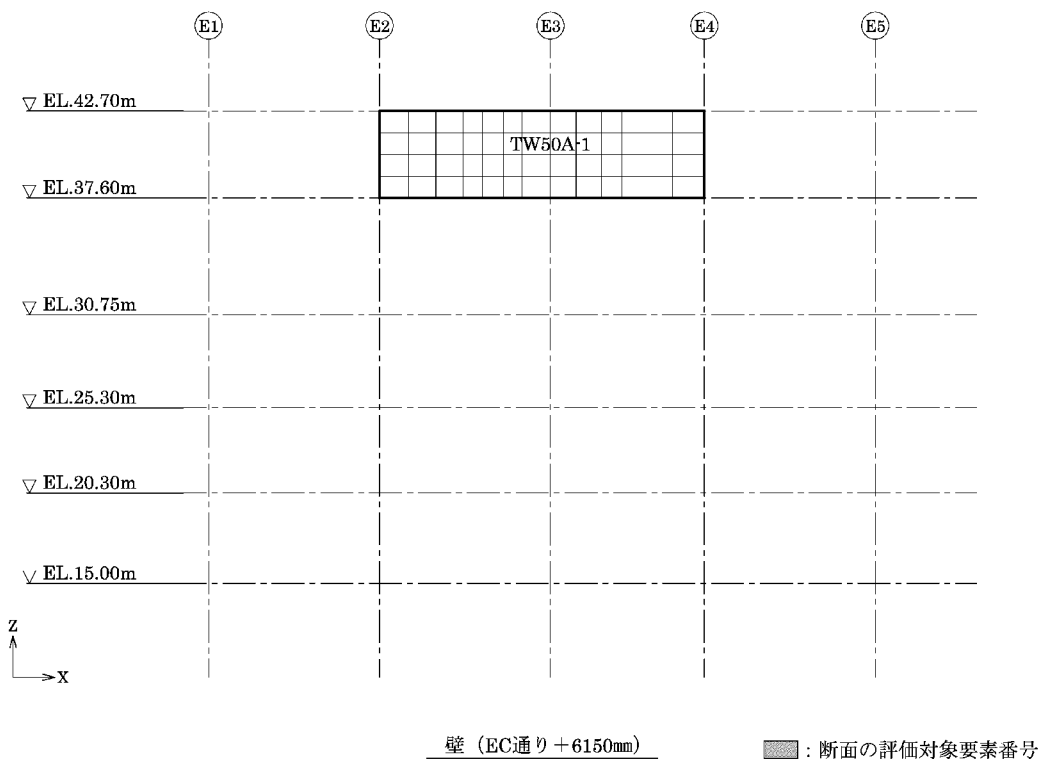
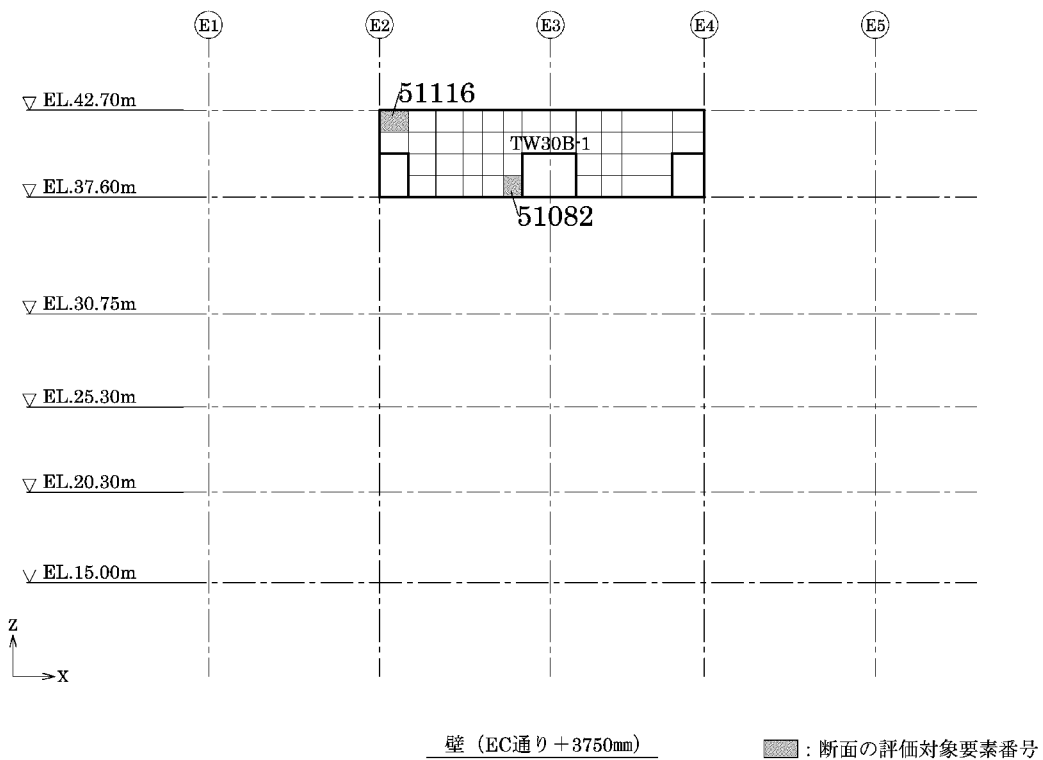
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(6/13)



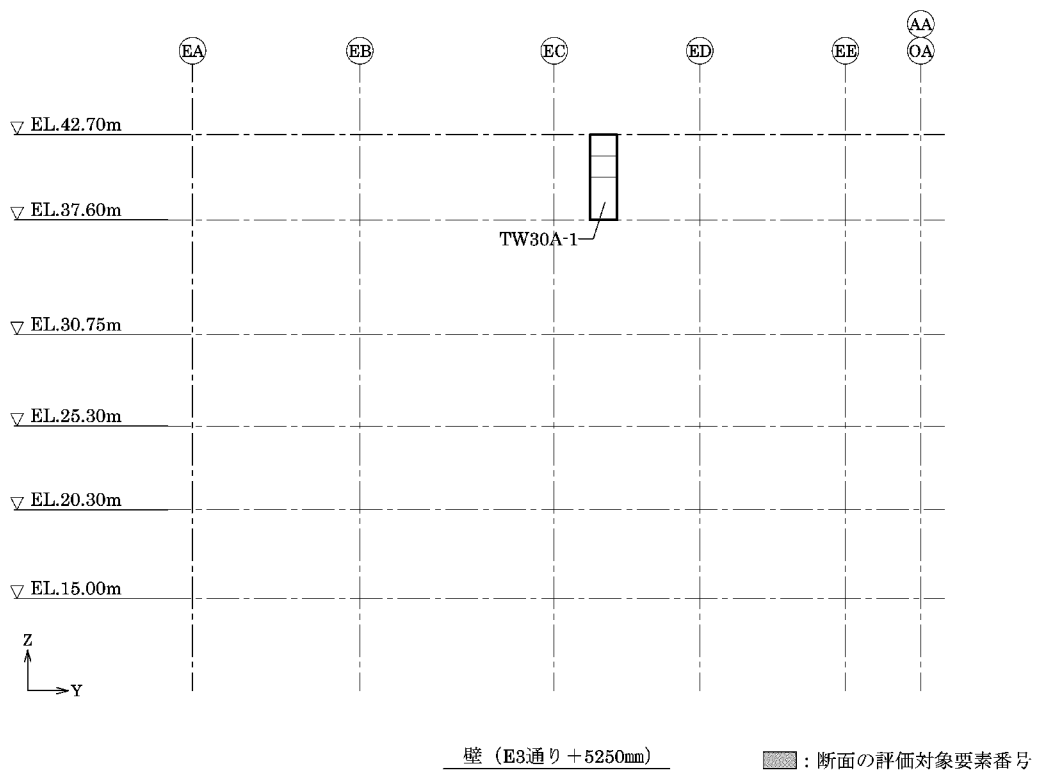
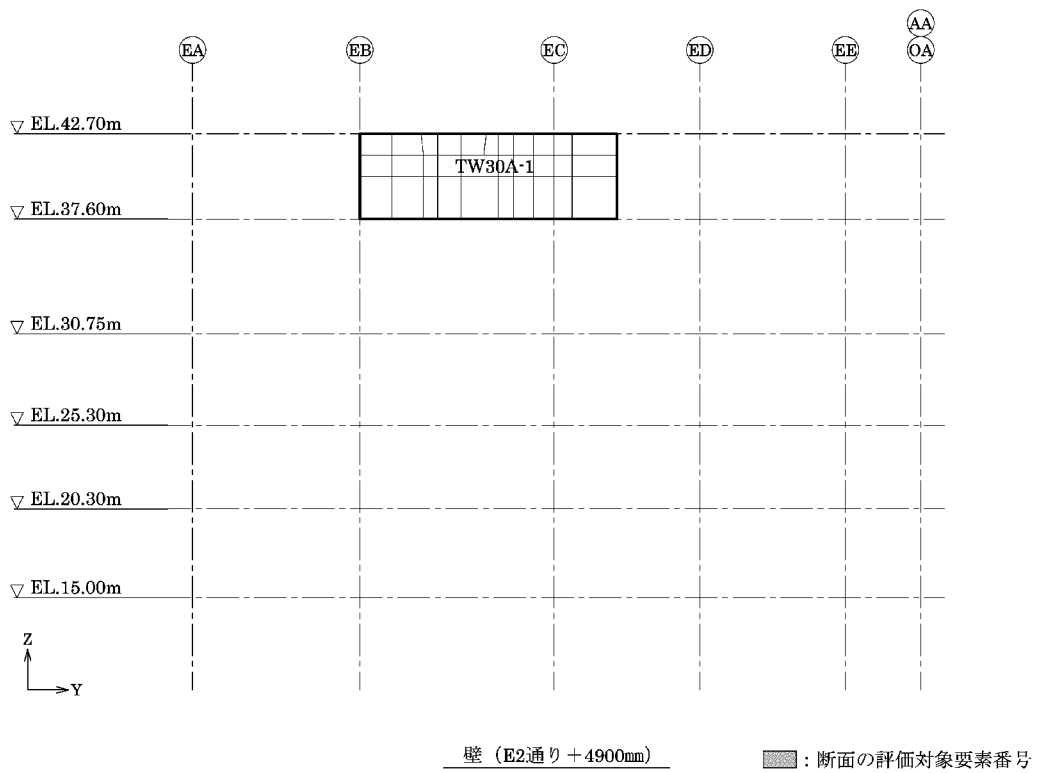
第2-1図 断面の評価対象要素番号(7/13)



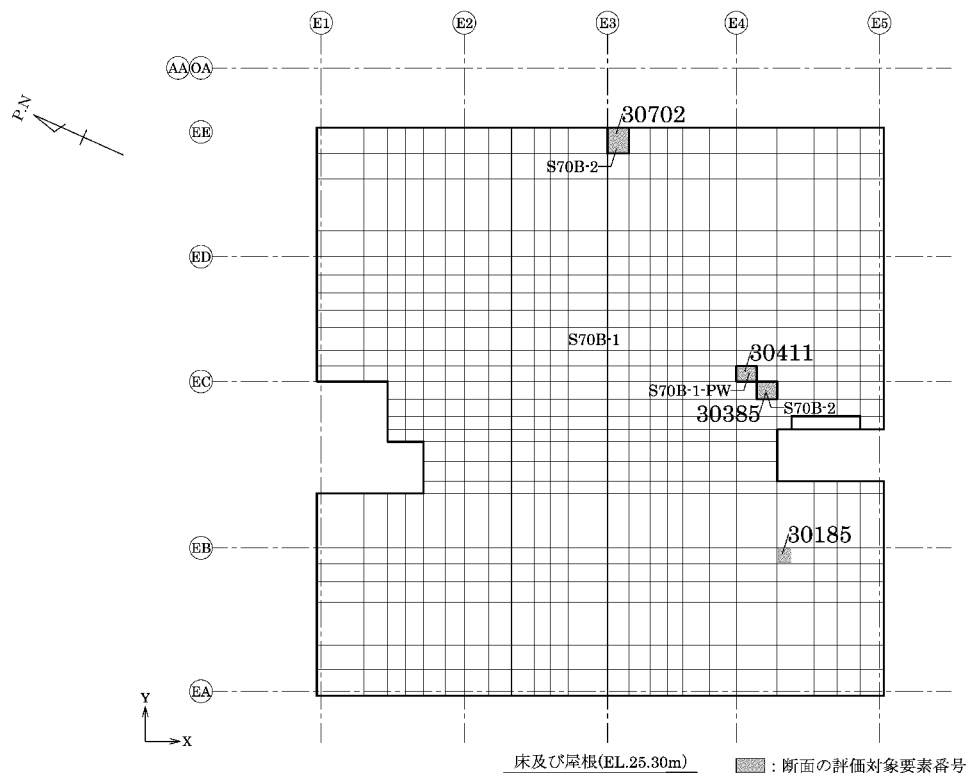
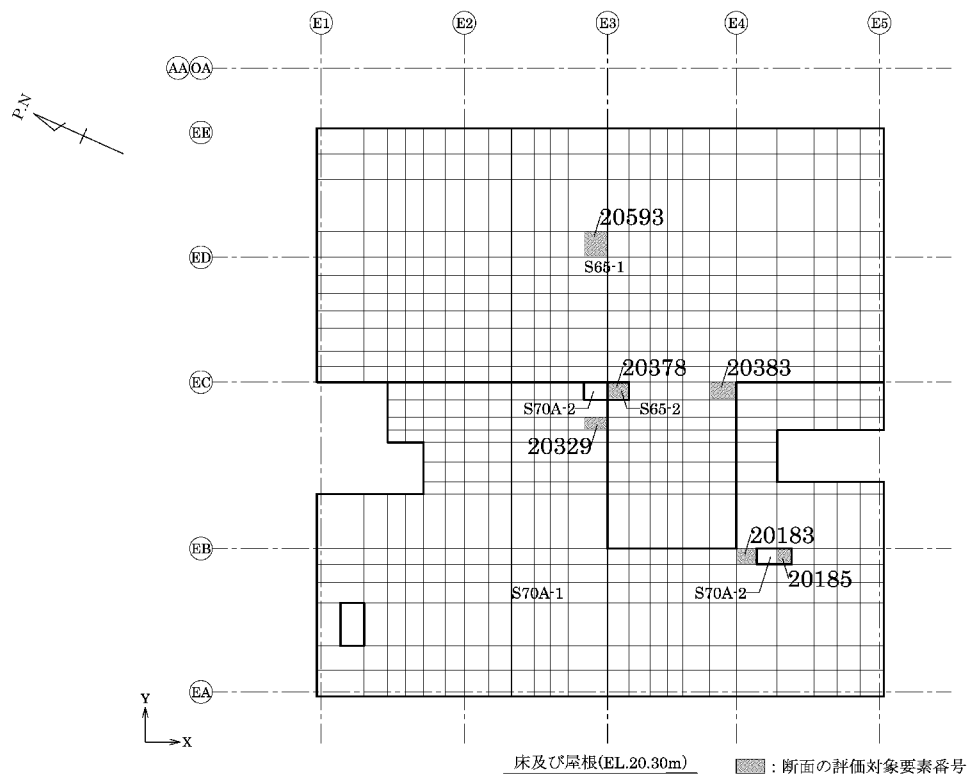
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(8/13)



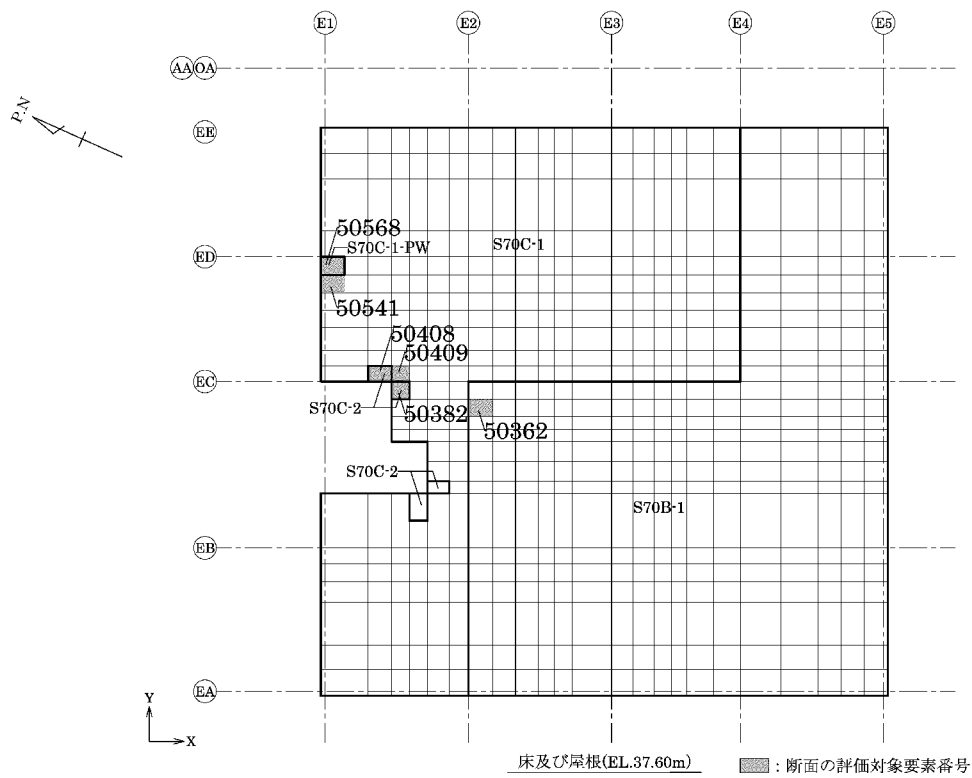
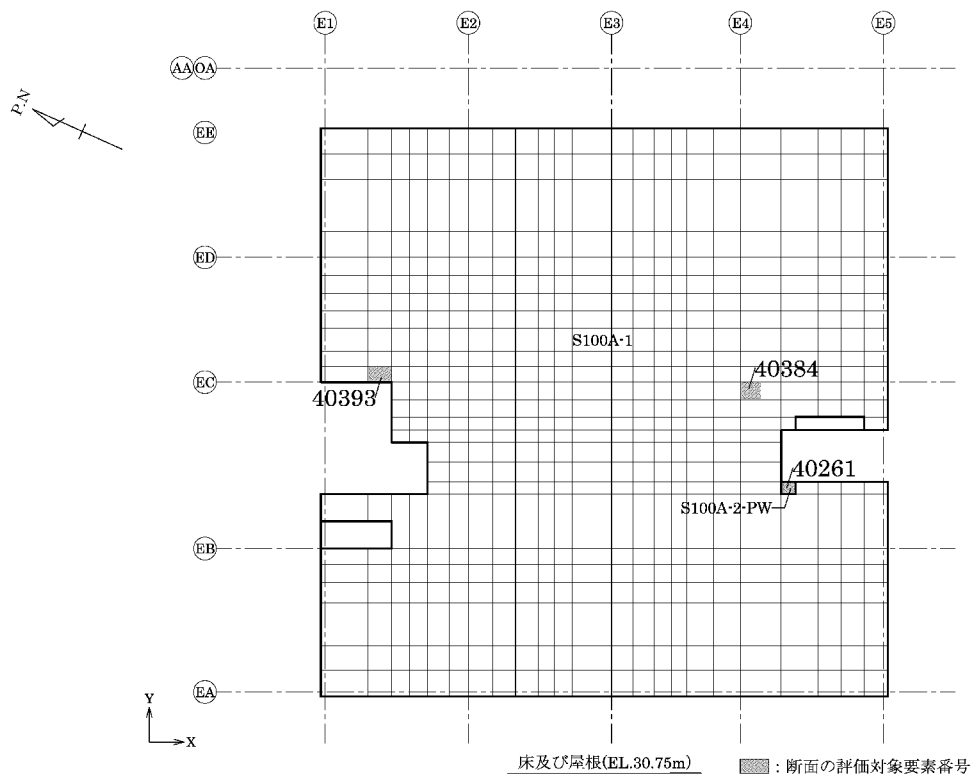
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(9/13)



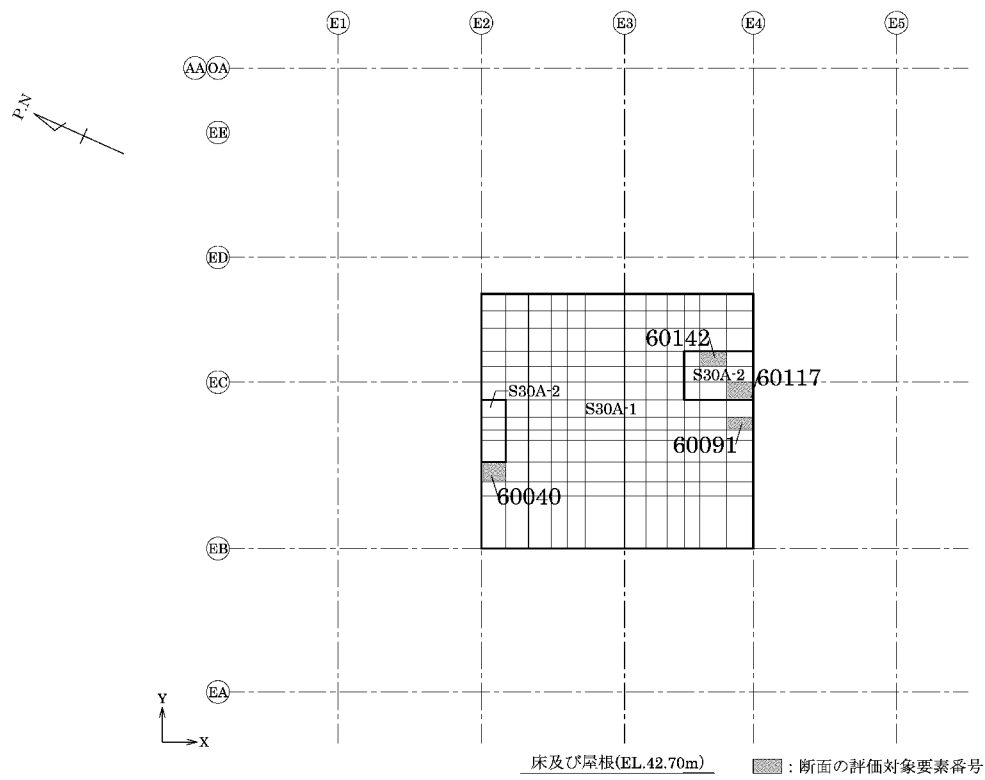
第 2-1 図 断面の評価対象要素番号(10/13)



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 ² /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 ² /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 ² /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 ² /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)

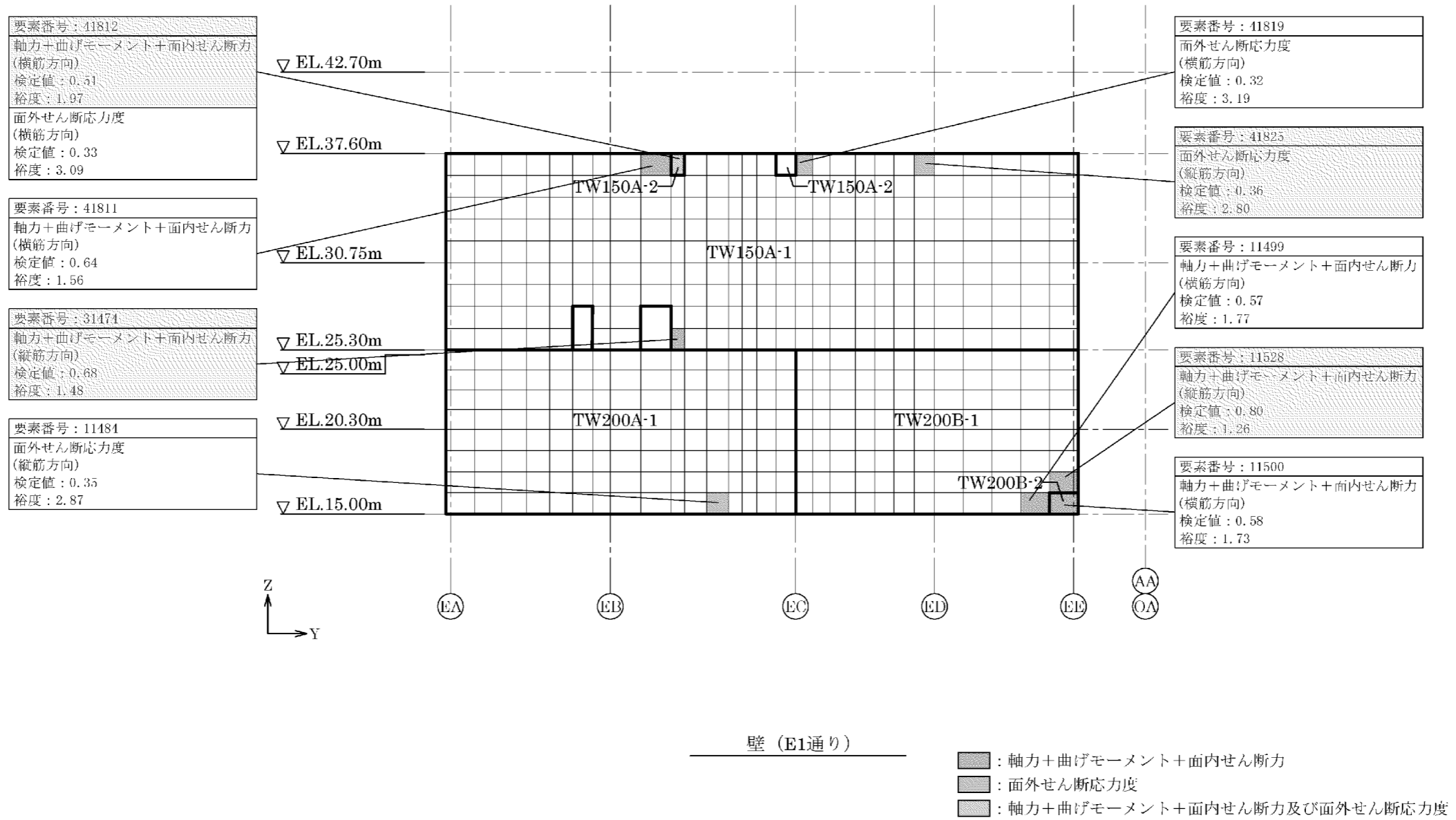
部位	領域	検定値											
		軸力+曲げモーメント+面内せん断力						面外せん断応力度					
		横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向			横筋方向/X方向			縦筋方向/Y方向		
		要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	TW50A-1	51225	0.68	4	51013	0.67	4	51380	0.19	2	51376	0.42	2
	TW50A-2	51192	0.51	4	51192	0.43	4	51192	0.04	2	51192	0.35	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。

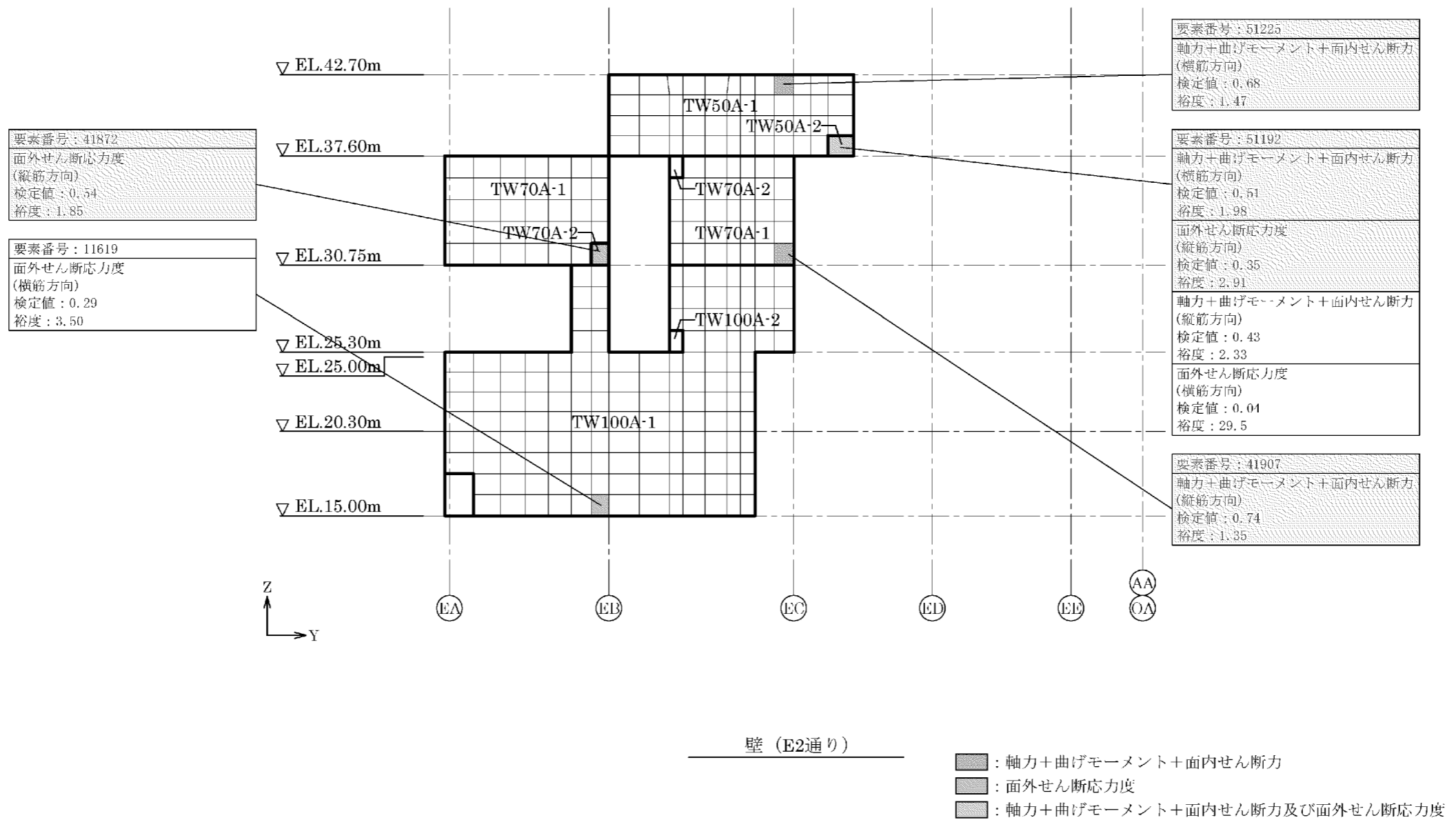
第2-3表 各評価項目の検定値一覧(3/3)

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

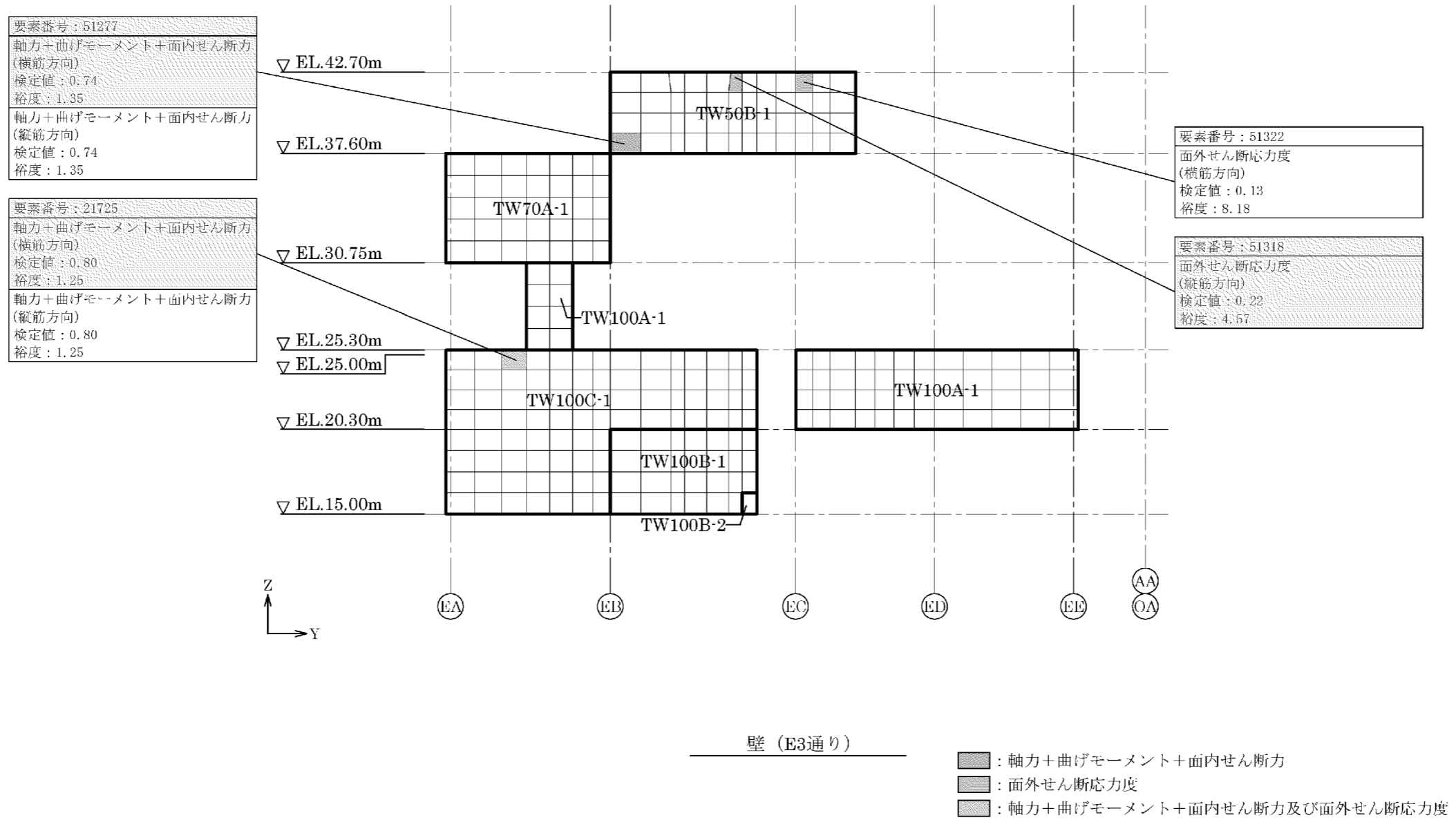
(注) は、断面の評価対象部位を示す。



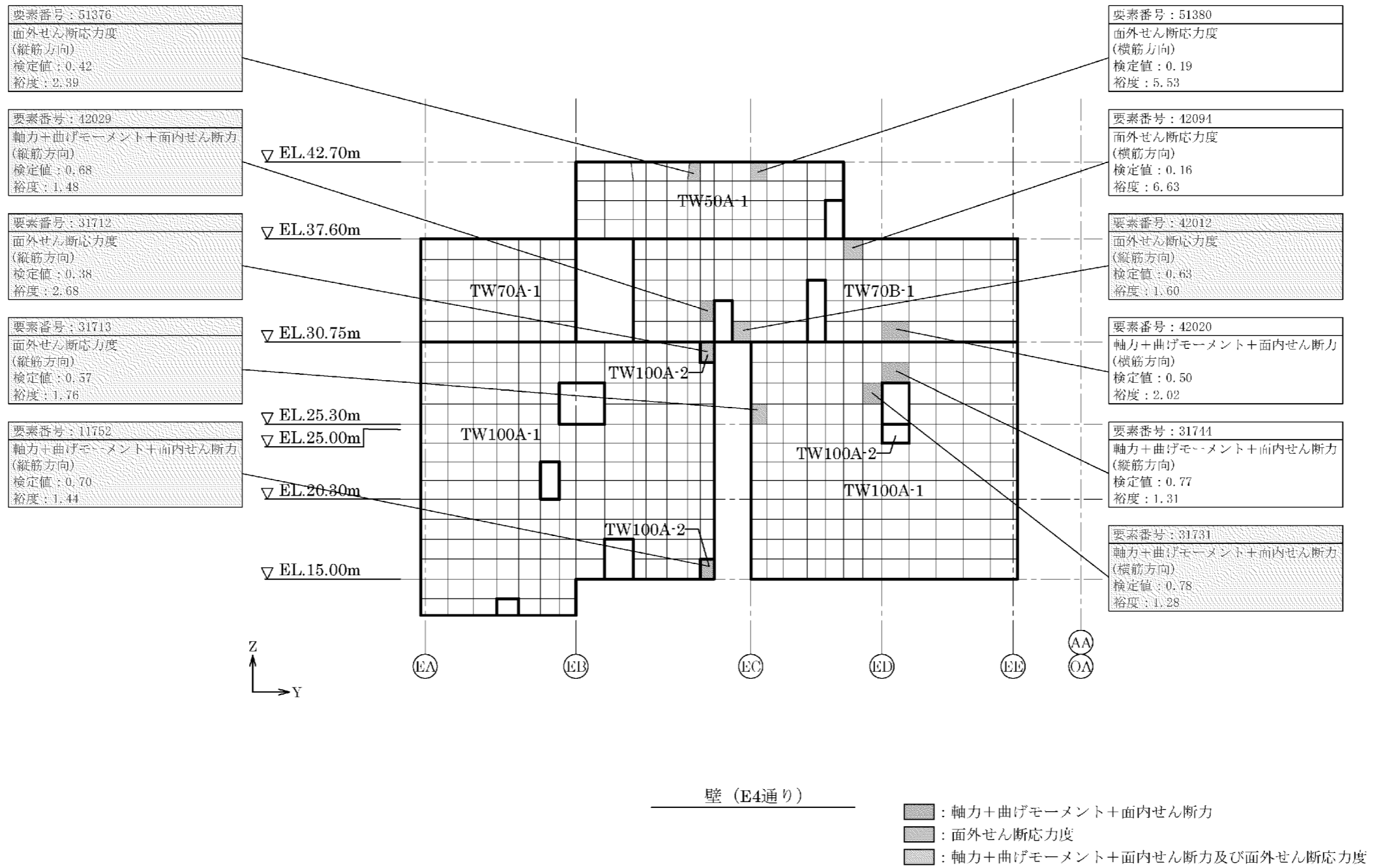
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/21)



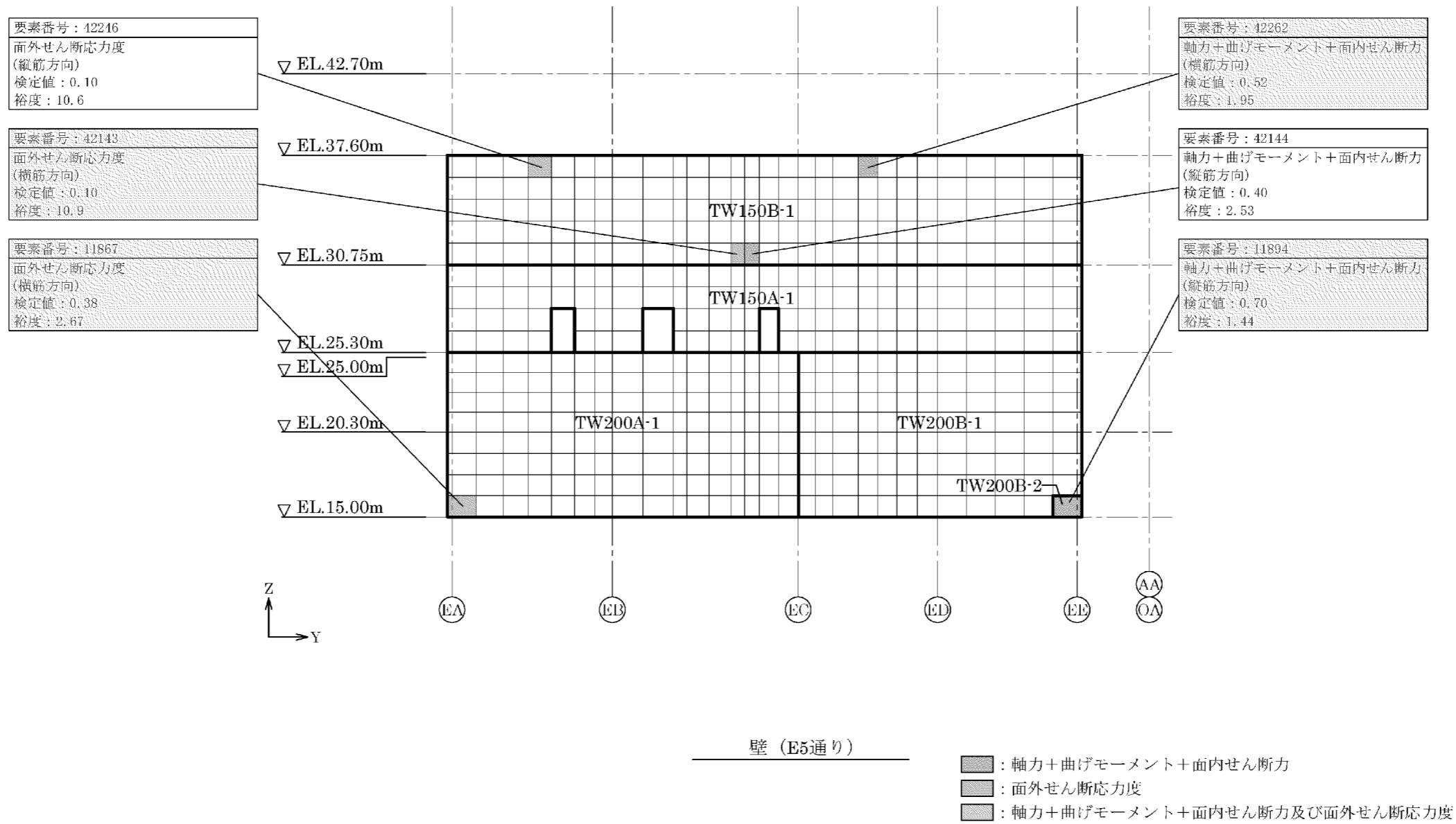
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/21)



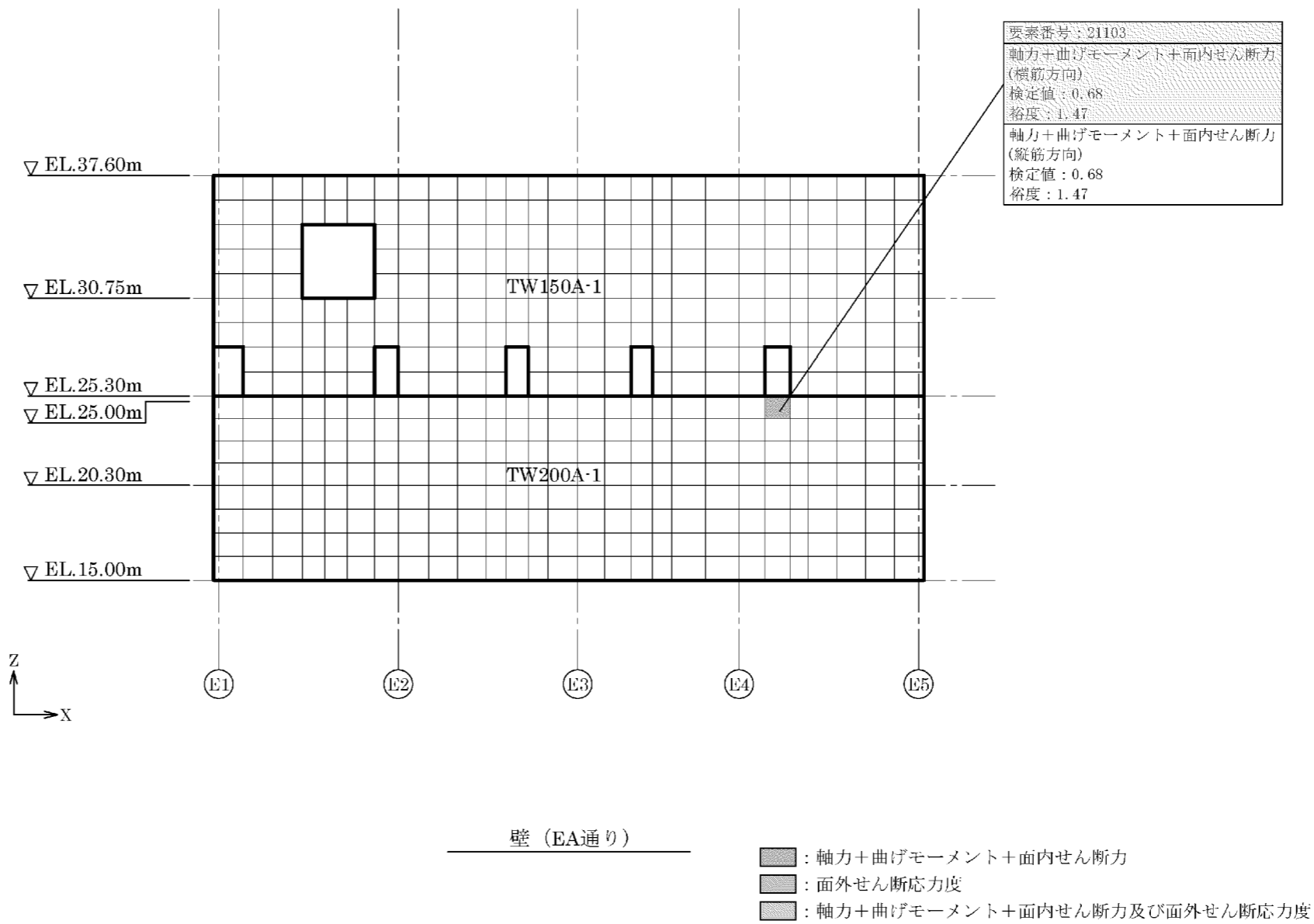
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/21)



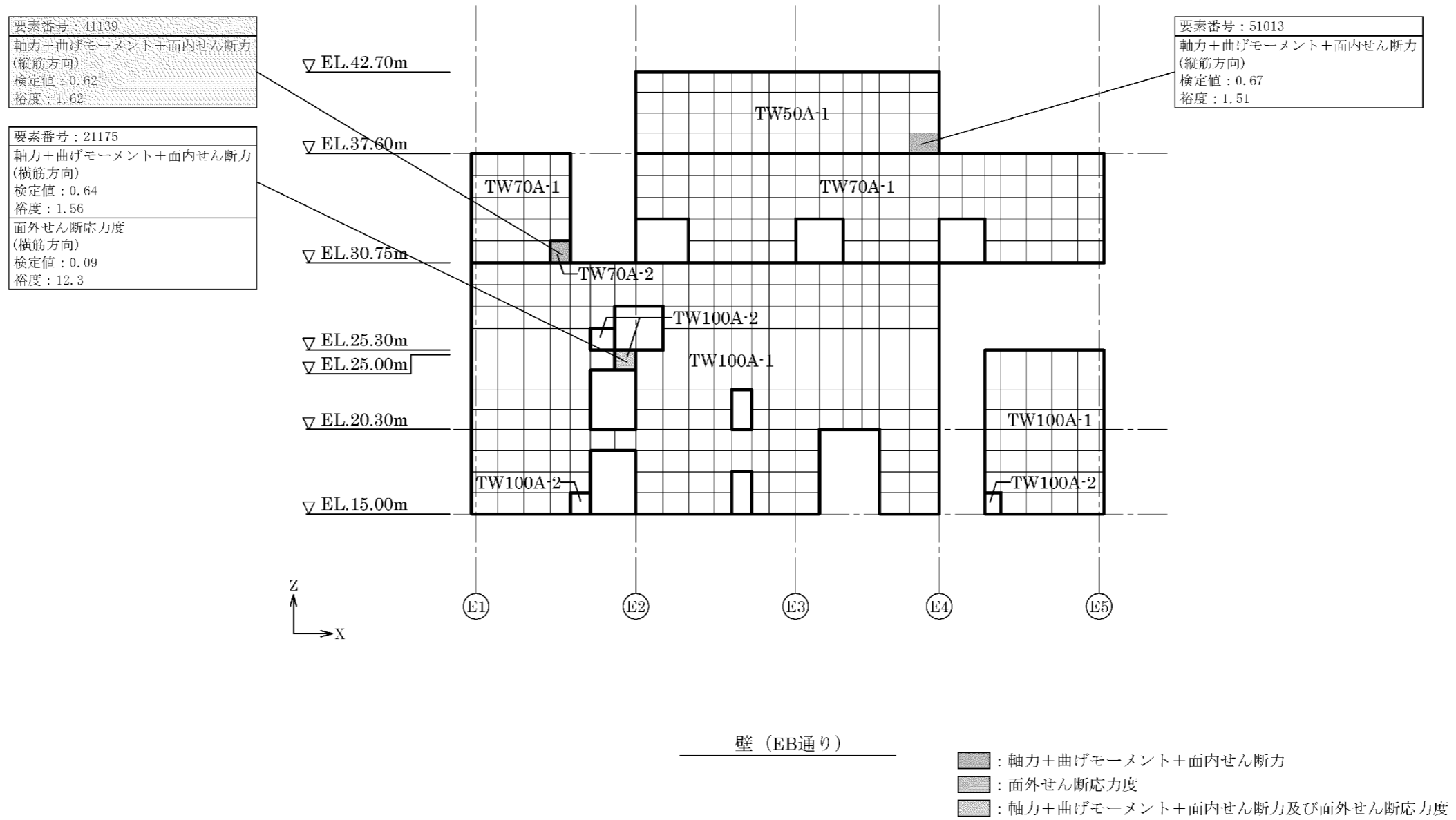
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/21)



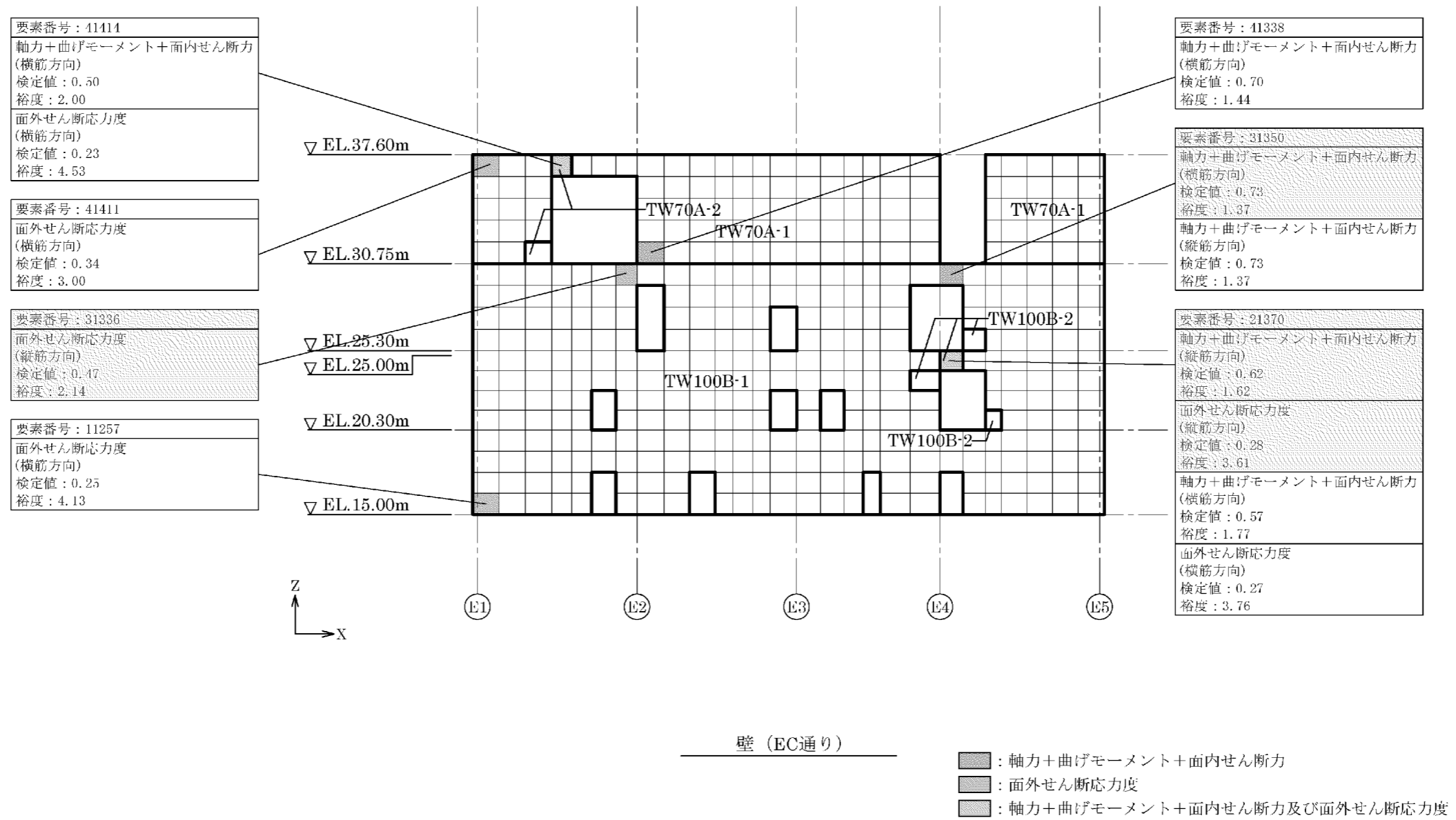
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/21)



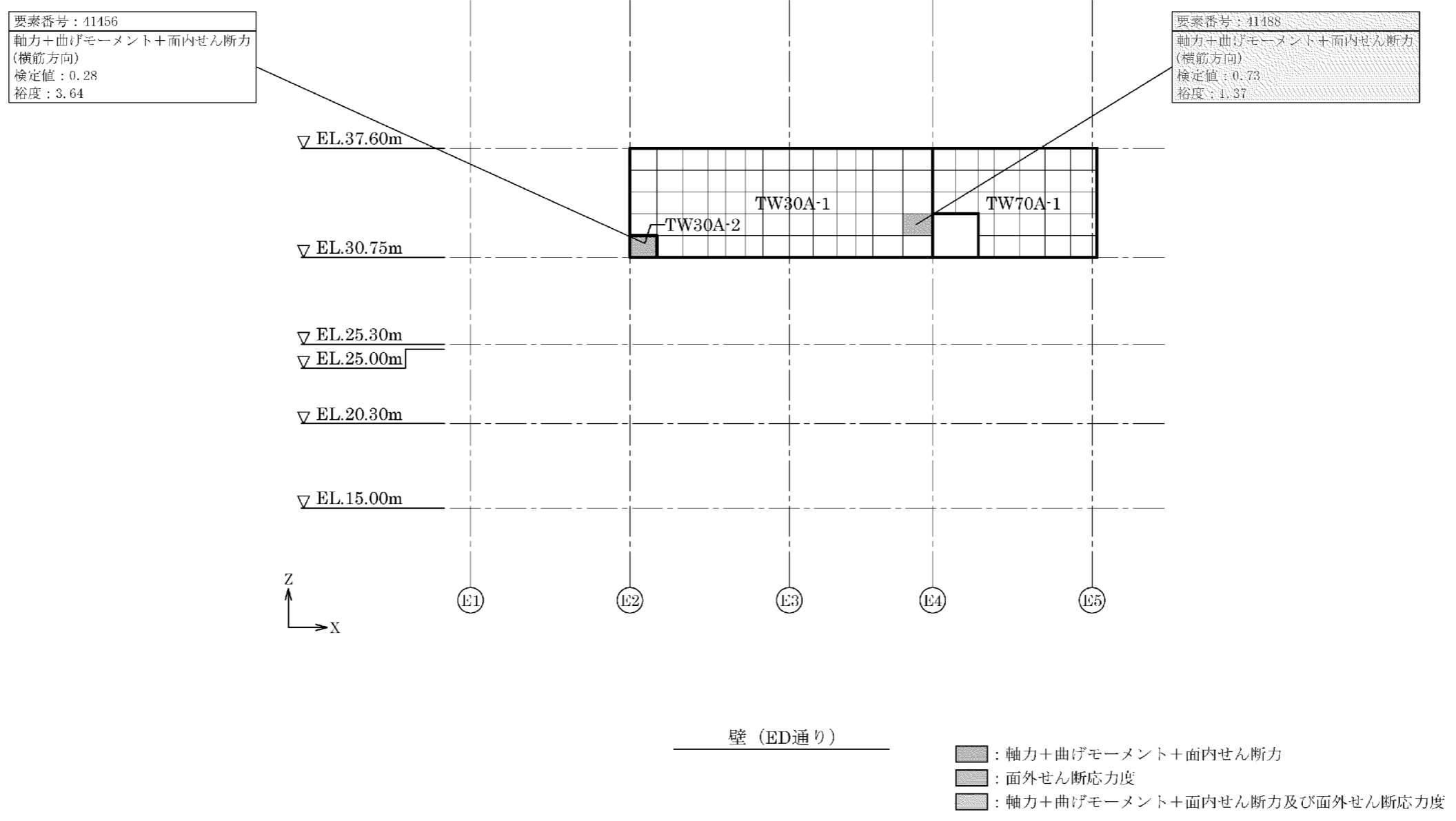
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(6/21)



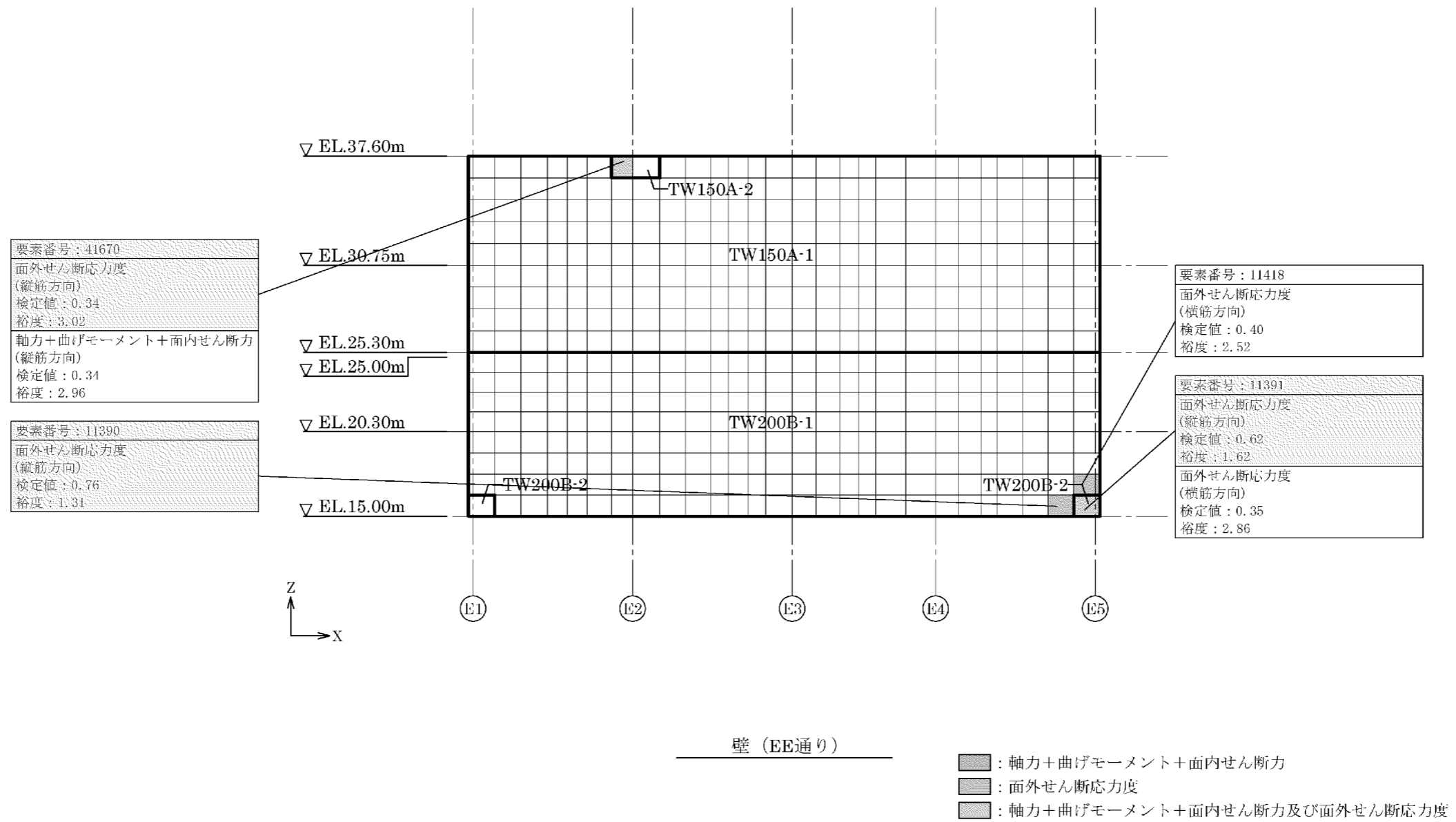
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(7/21)



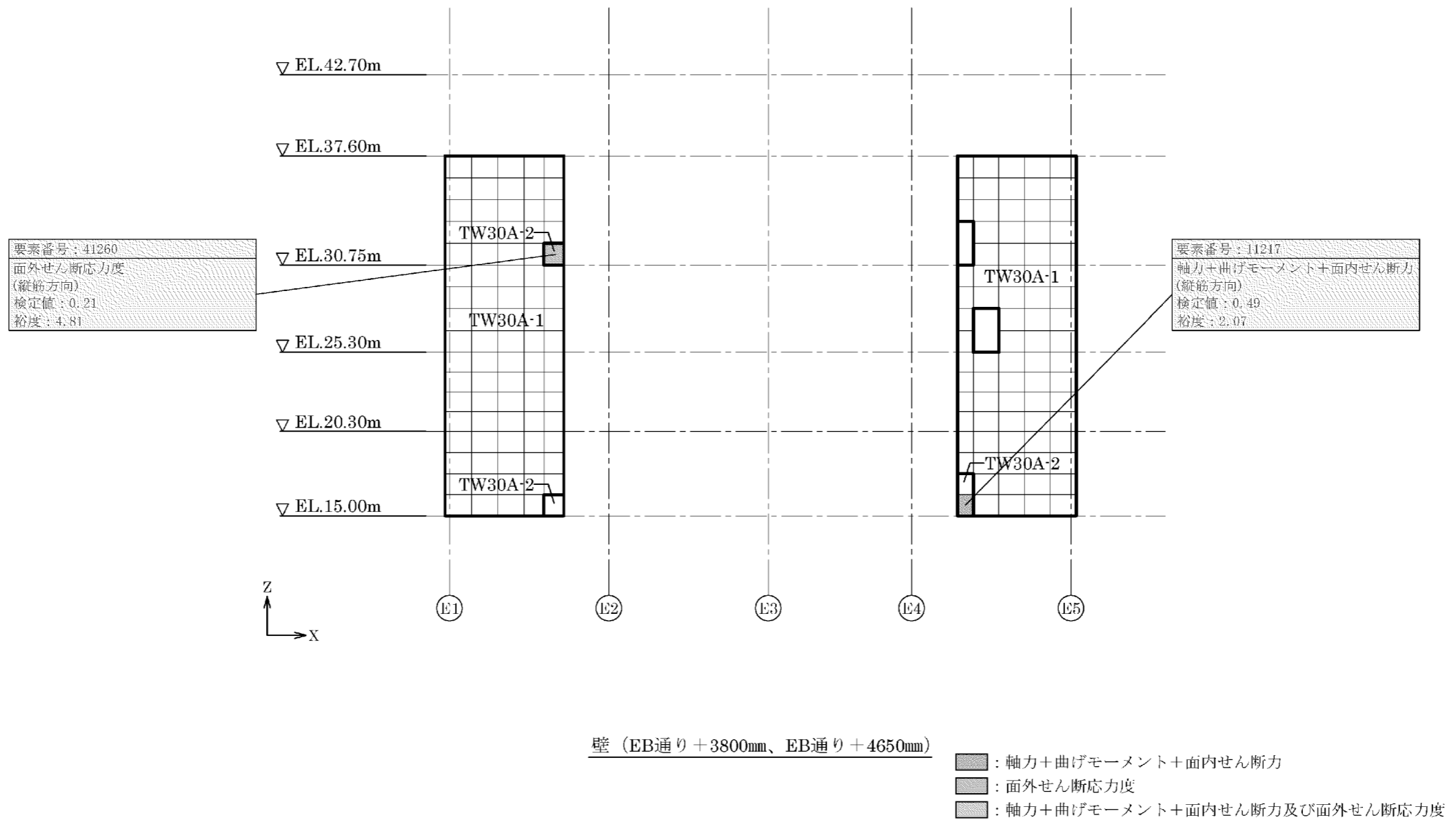
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(8/21)



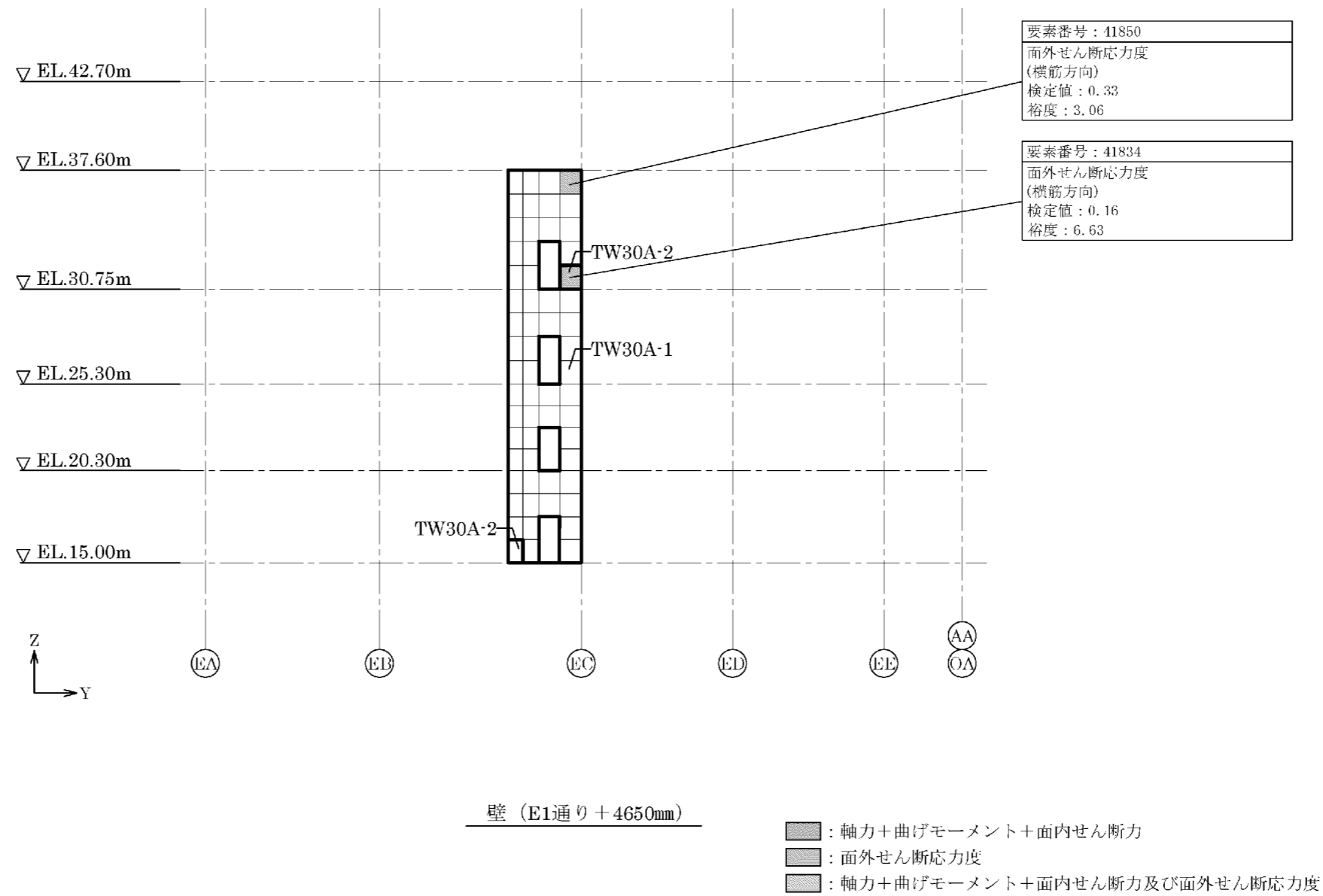
第2-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(9/21)



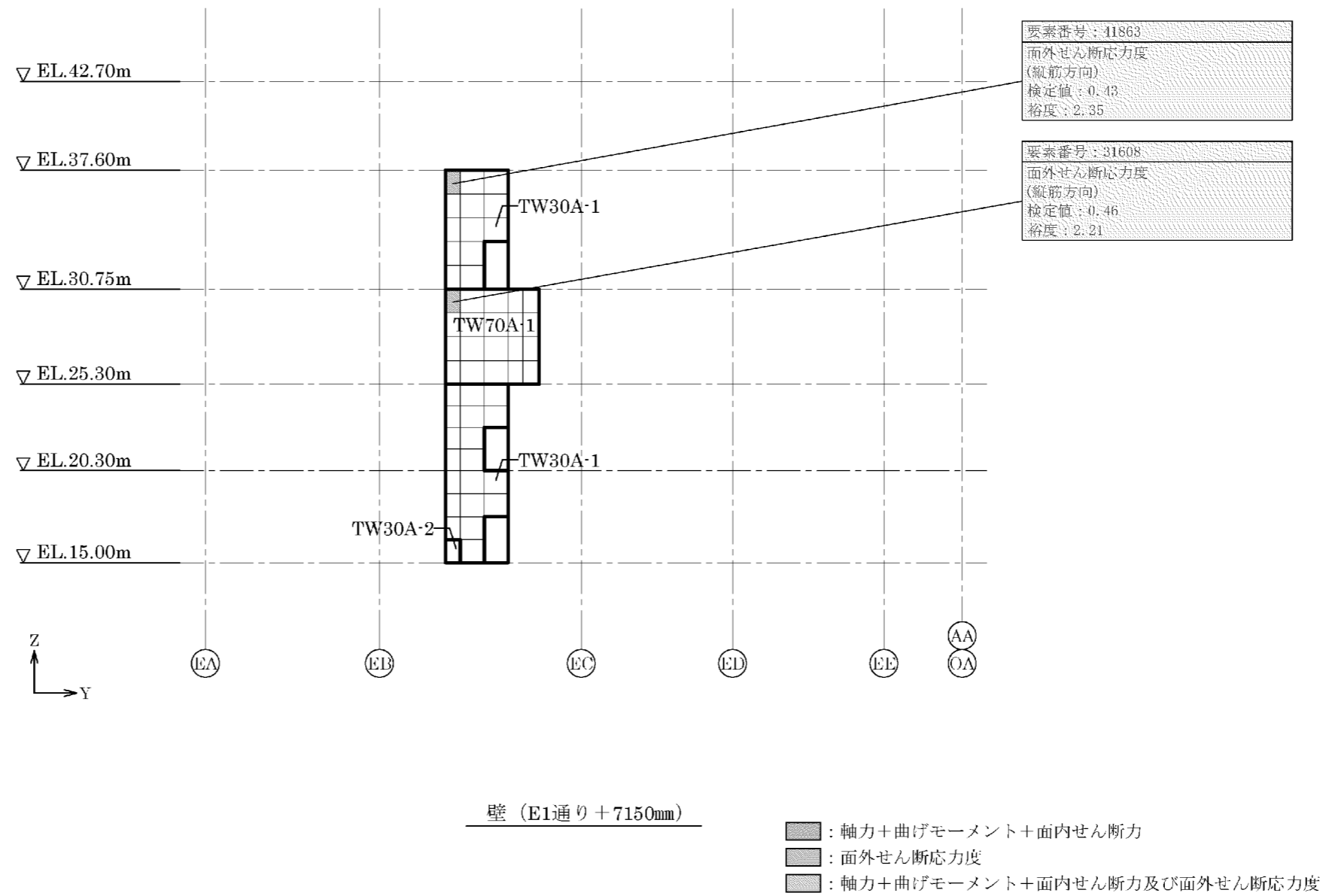
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(10/21)



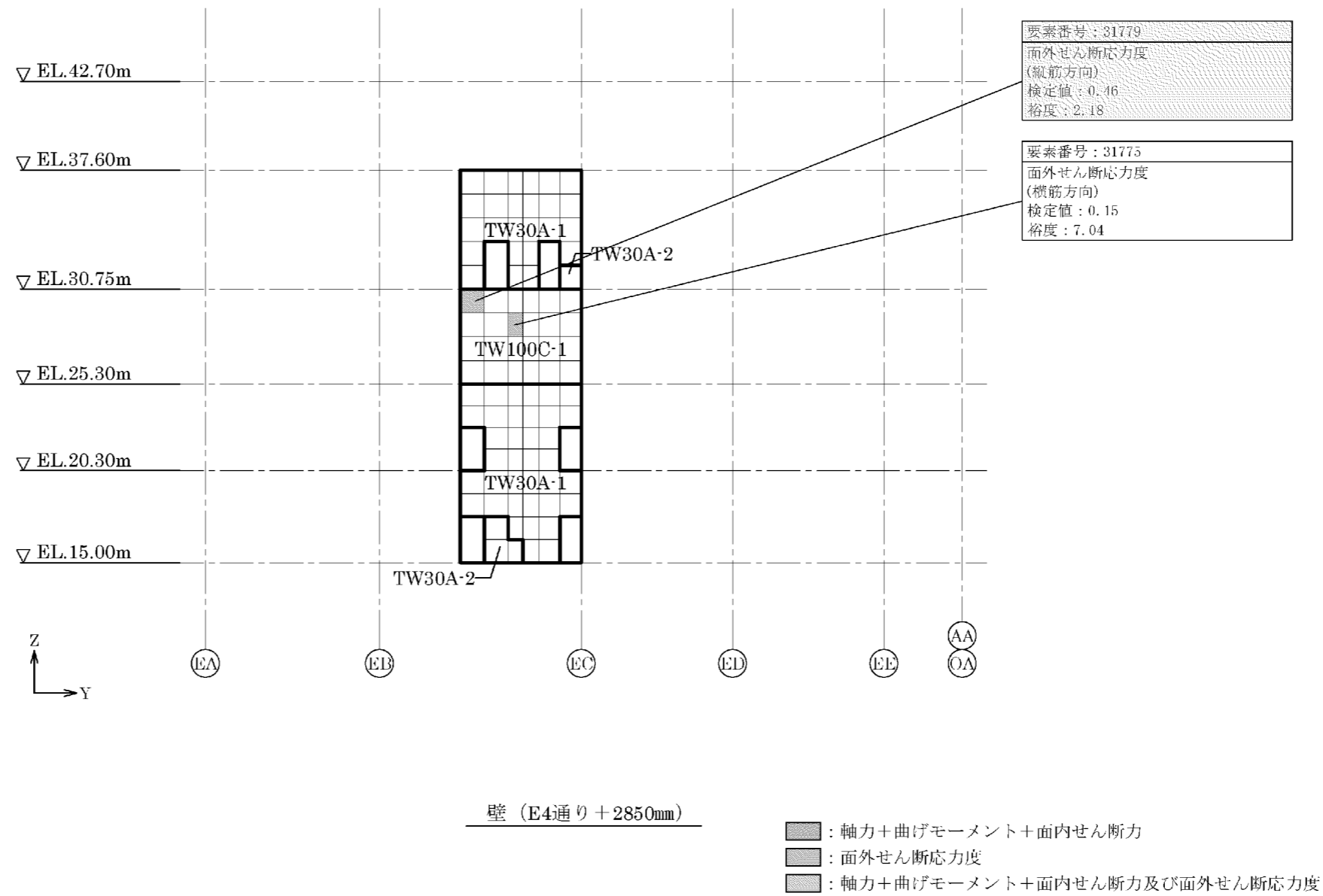
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(11/21)



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)

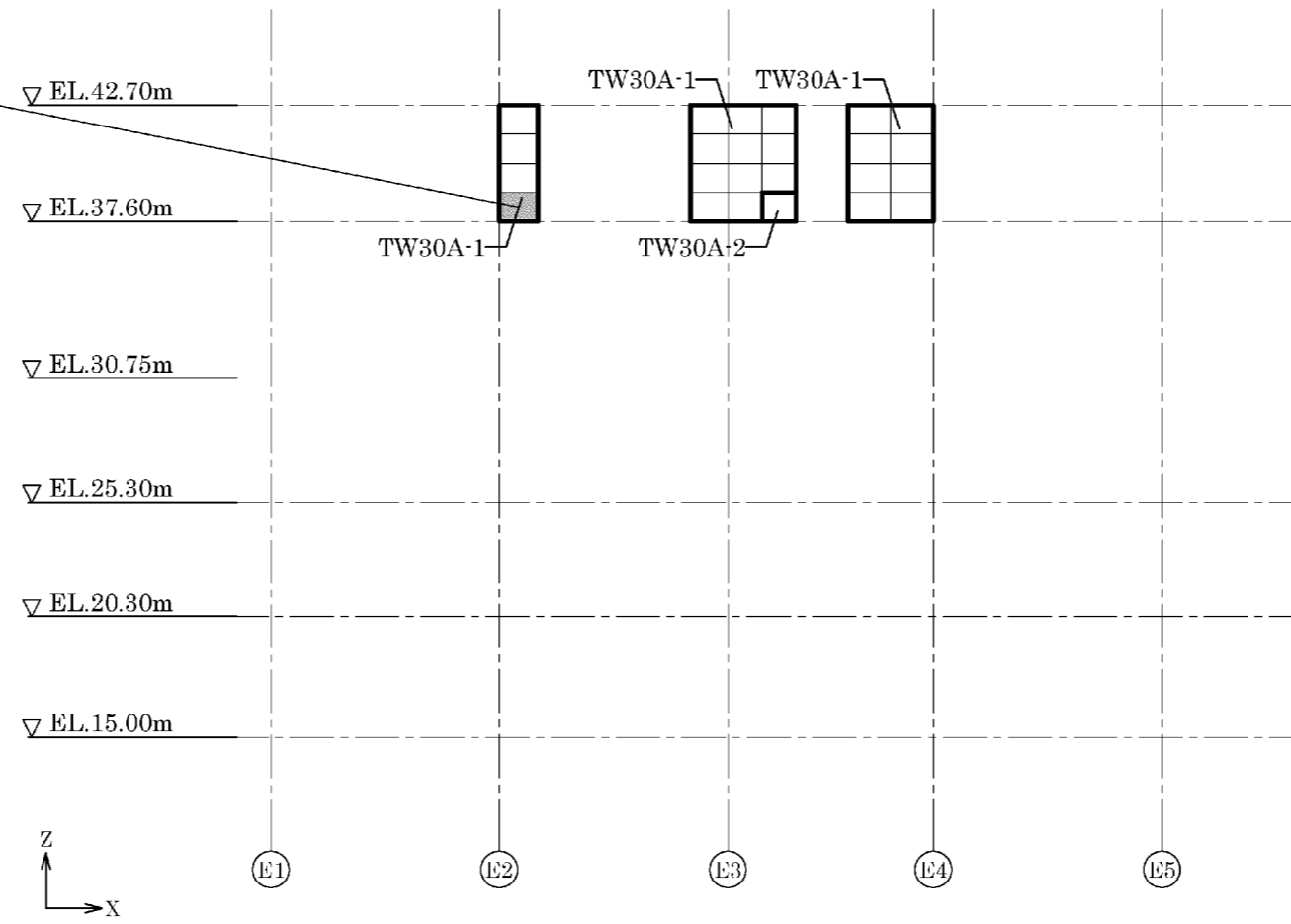


第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(13/21)



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)

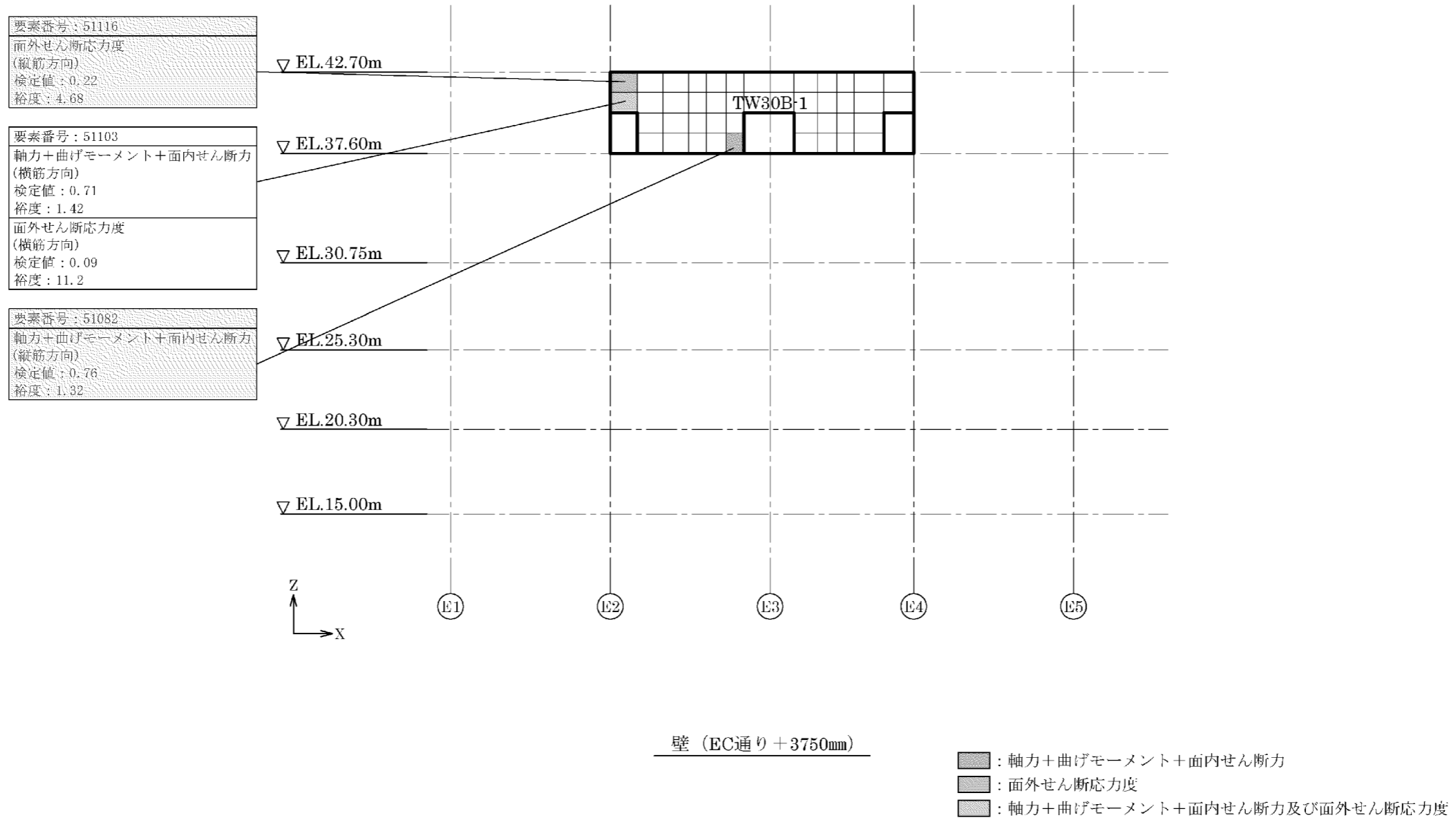
要素番号：51053
 軸力+曲げモーメント+面内せん断力
 (縦筋方向)
 検定値：0.65
 裕度：1.55



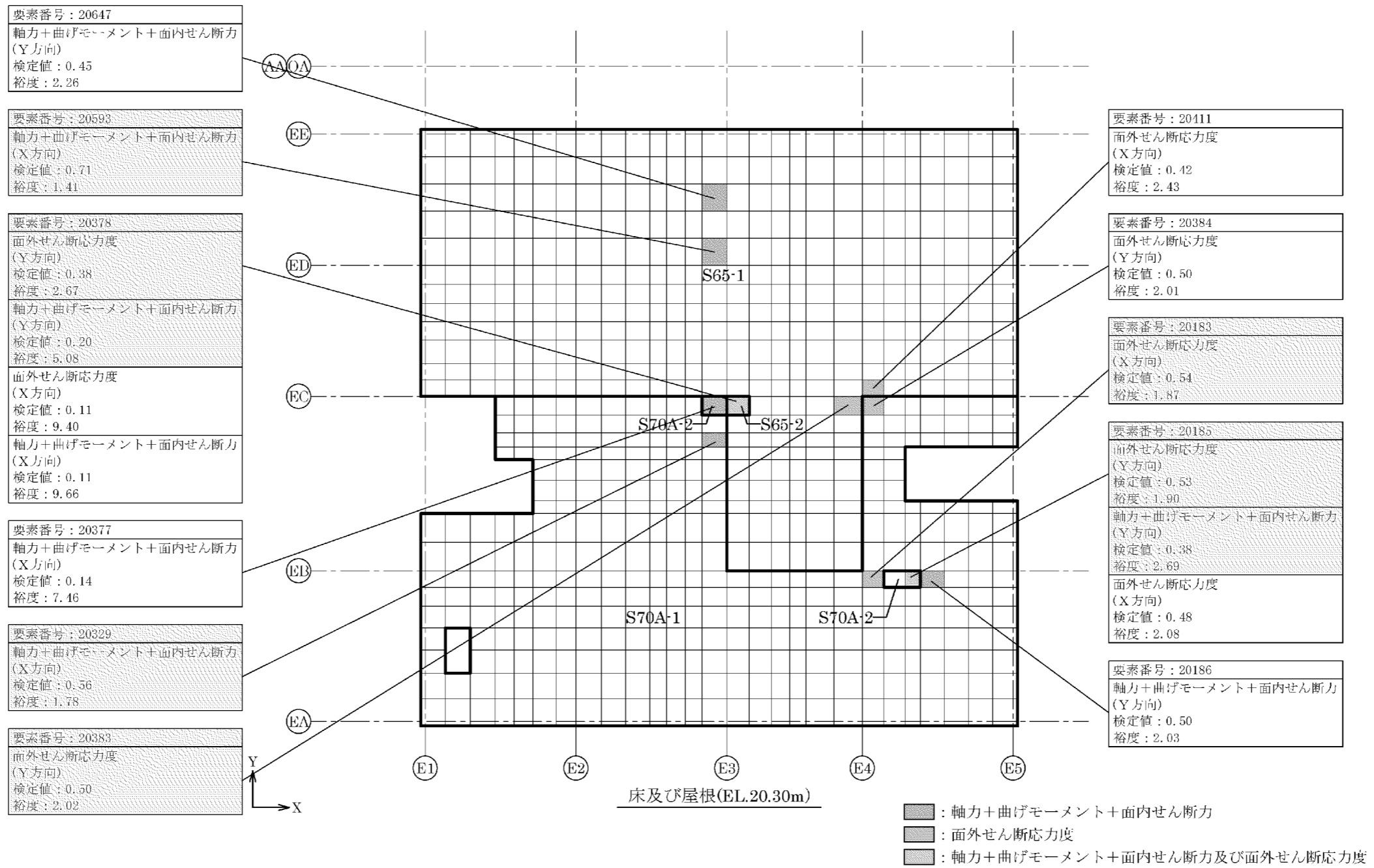
壁 (EC通り+2150mm)

- : 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

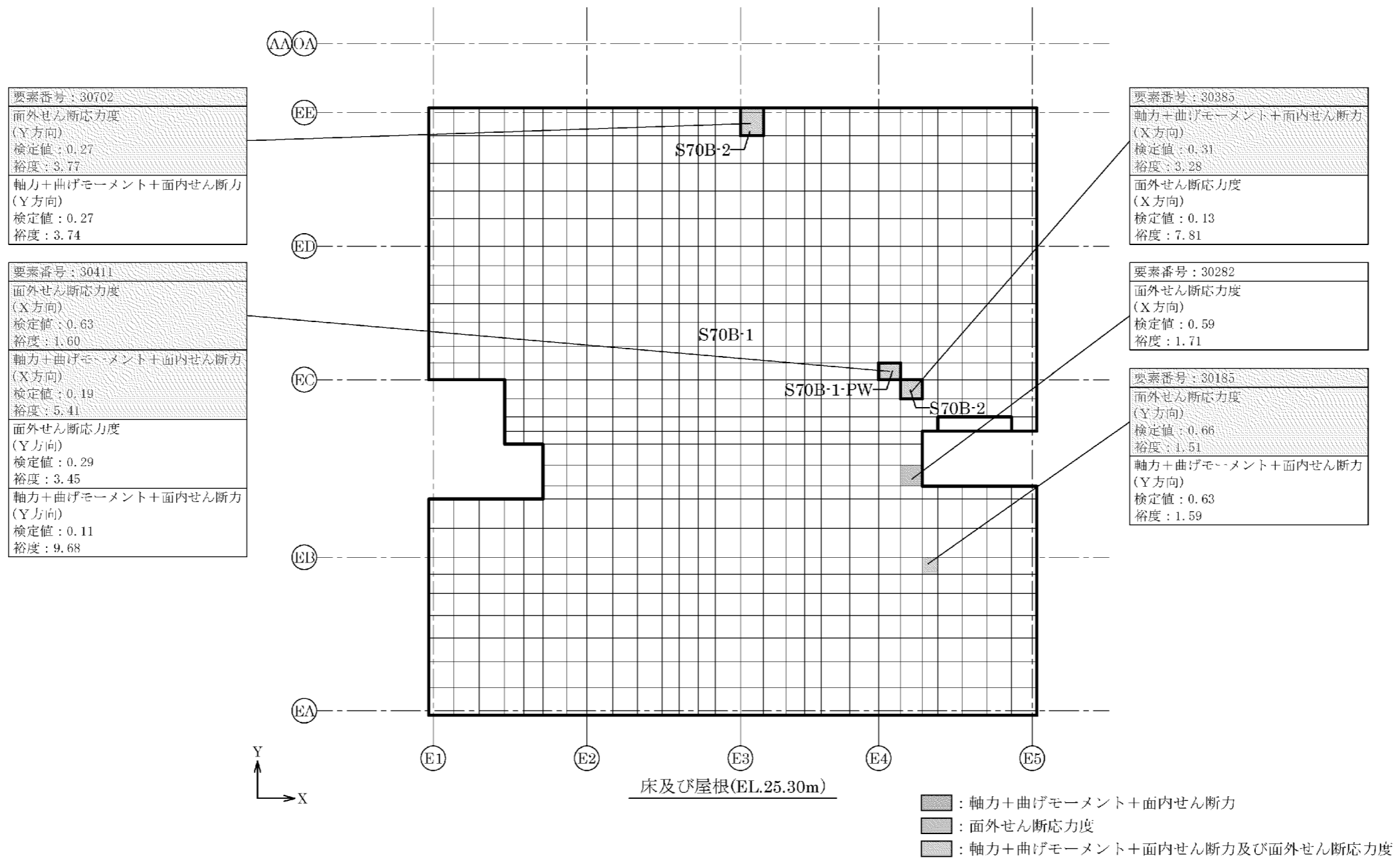
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(15/21)



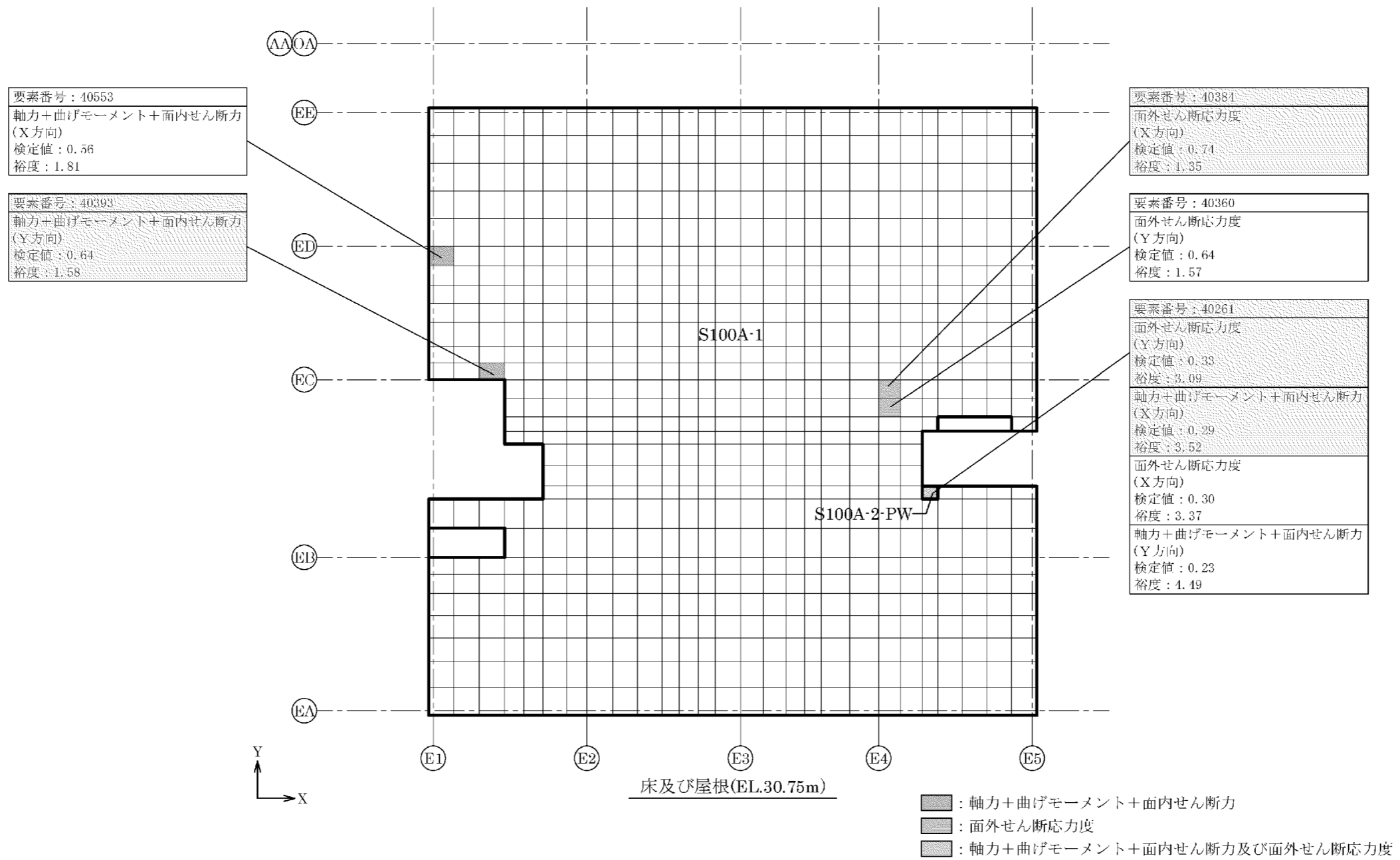
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(16/21)



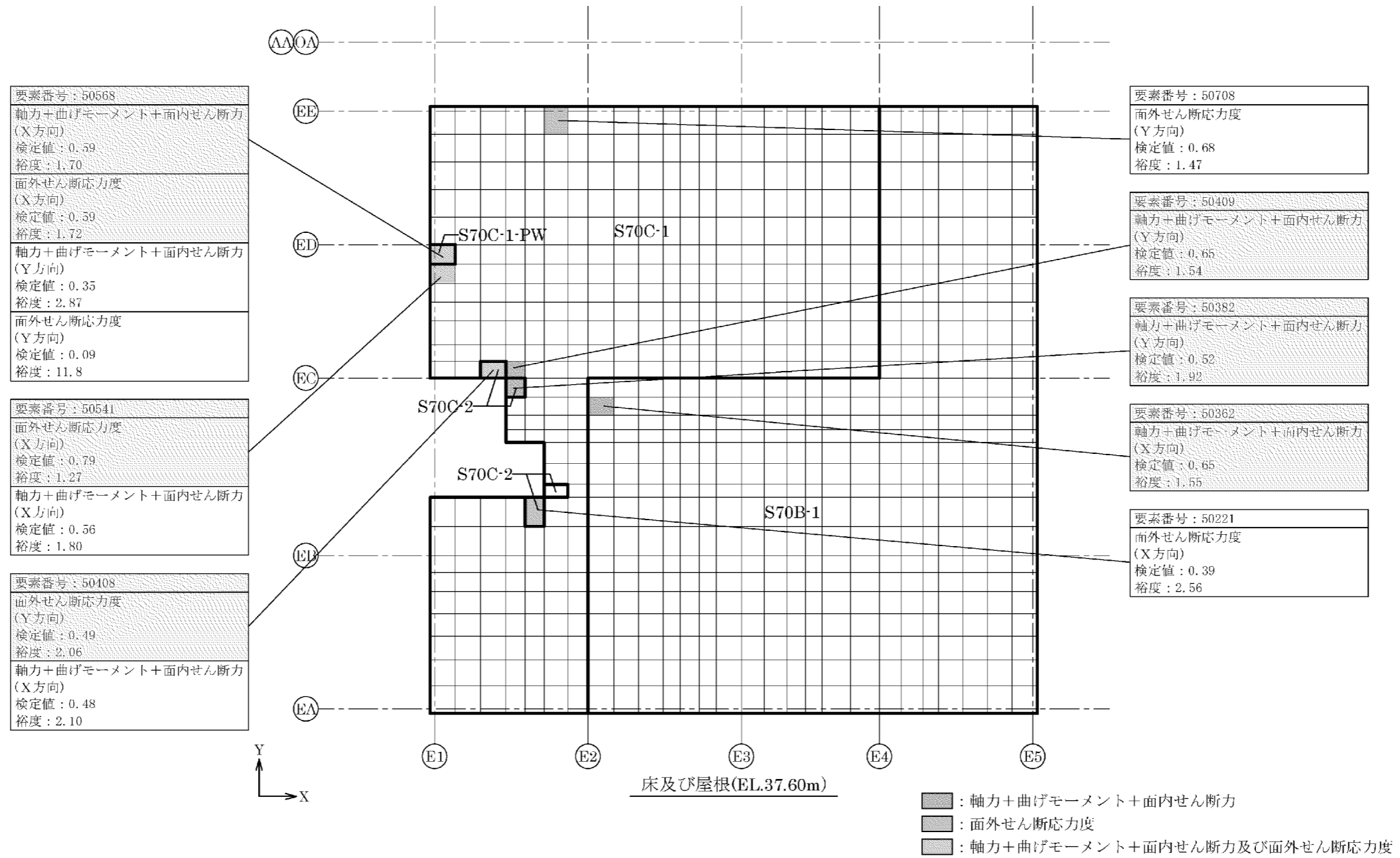
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(17/21)



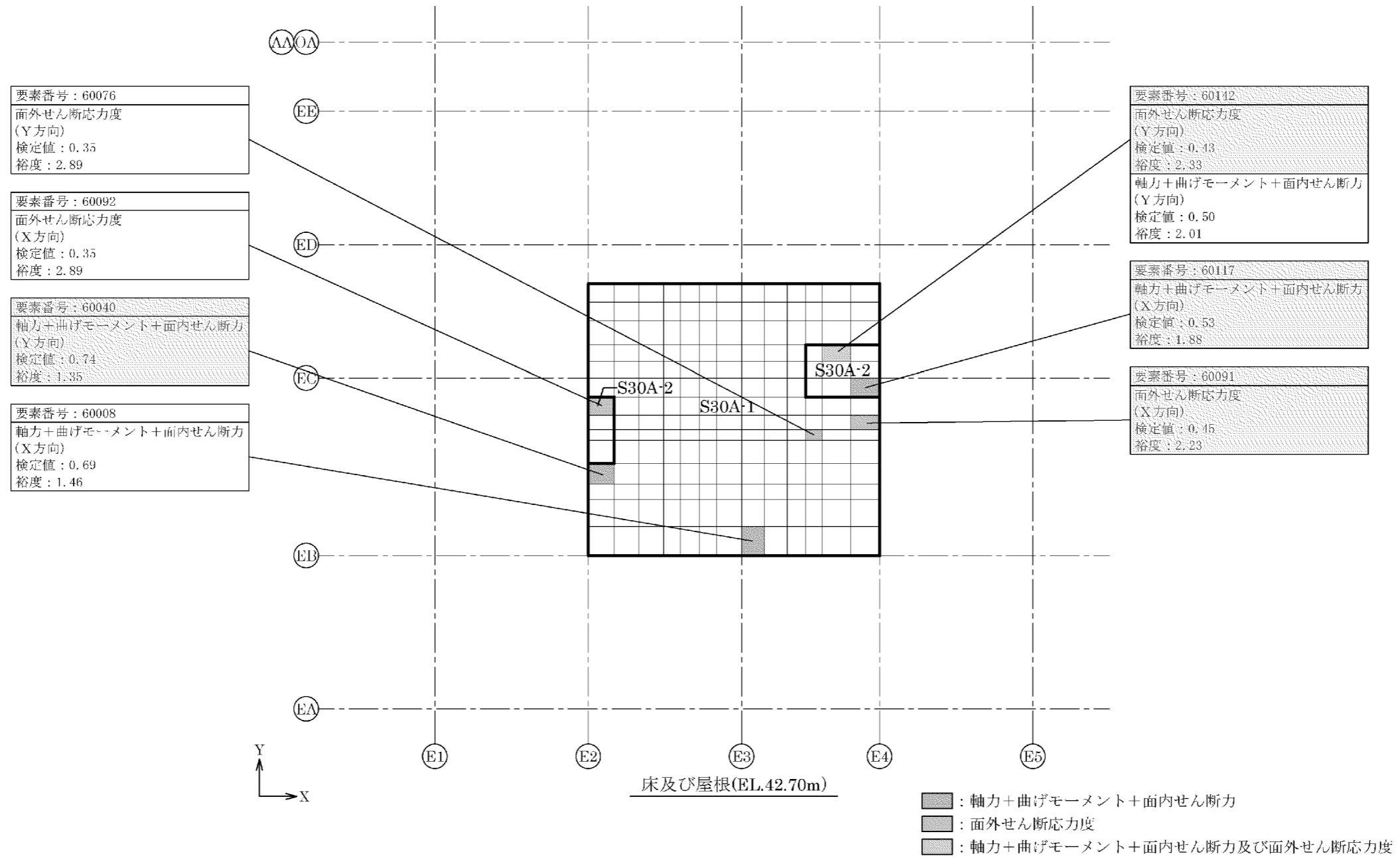
第 2-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(18/21)



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)

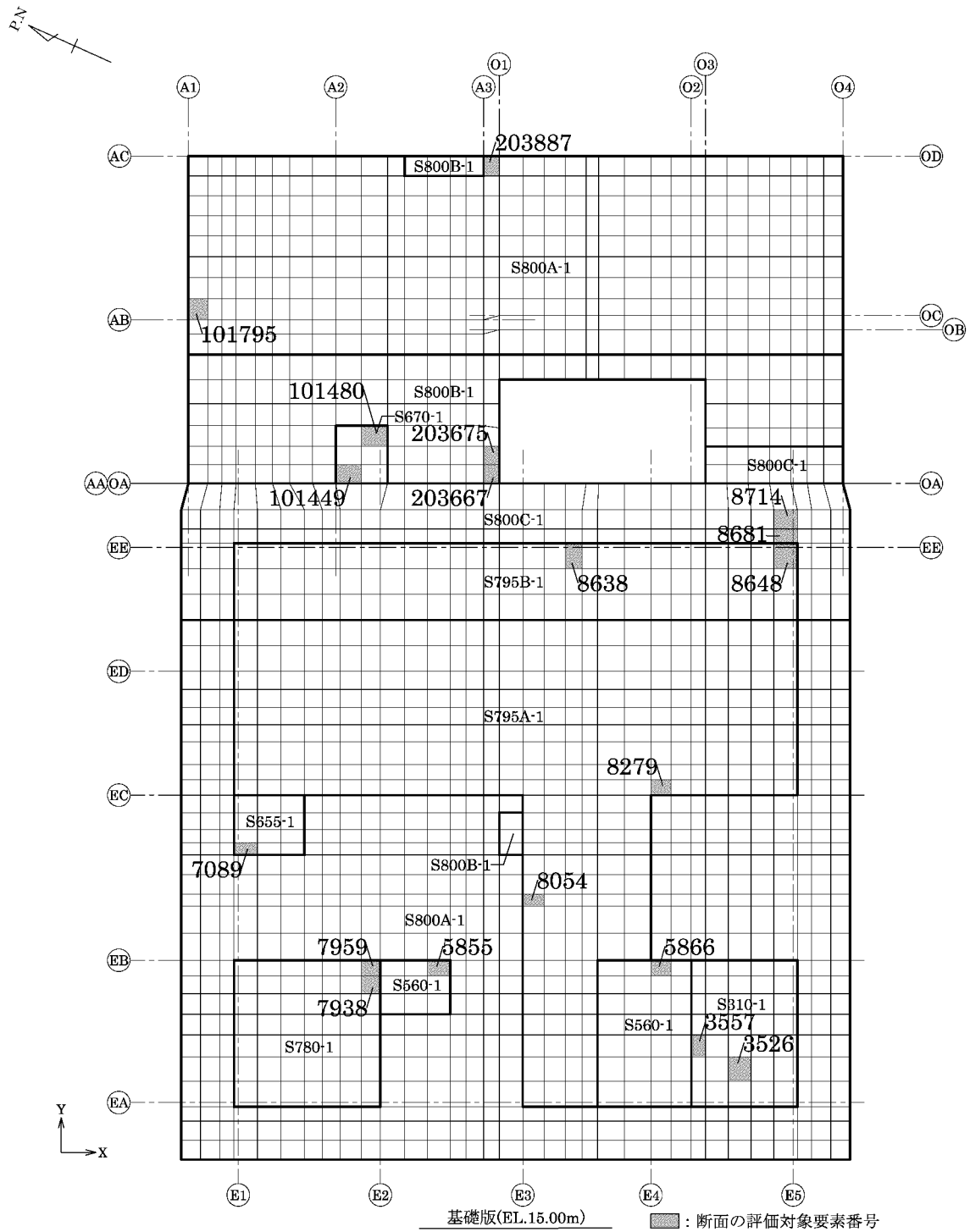
3. 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の断面の評価対象部位の選定

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。

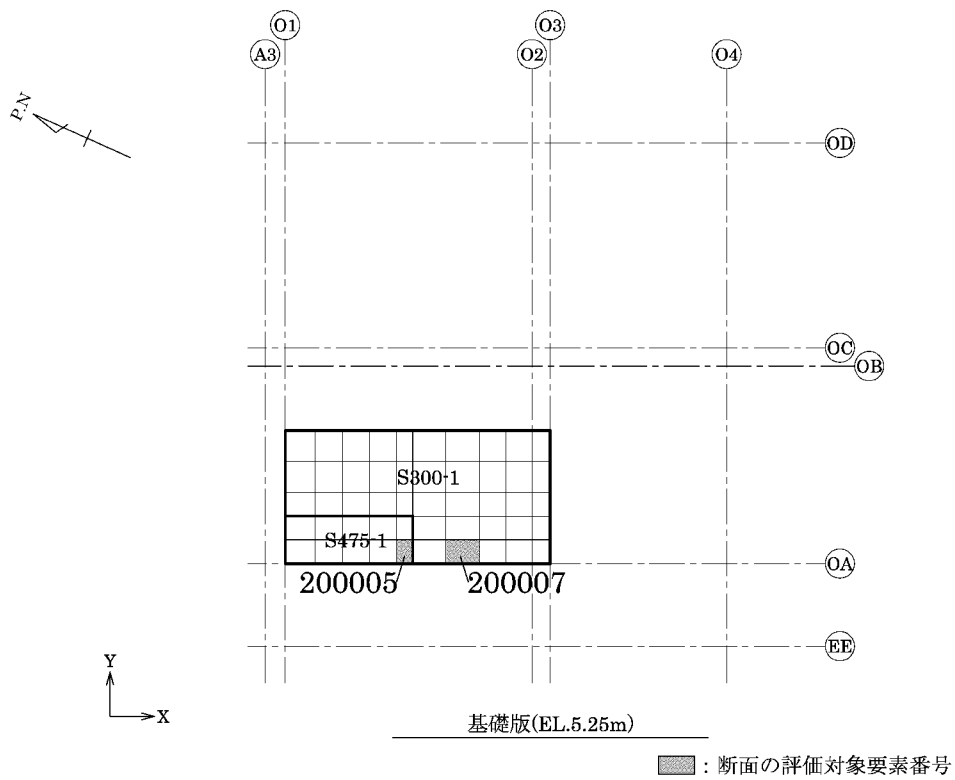
第3-1表 荷重の組合せケース

	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)

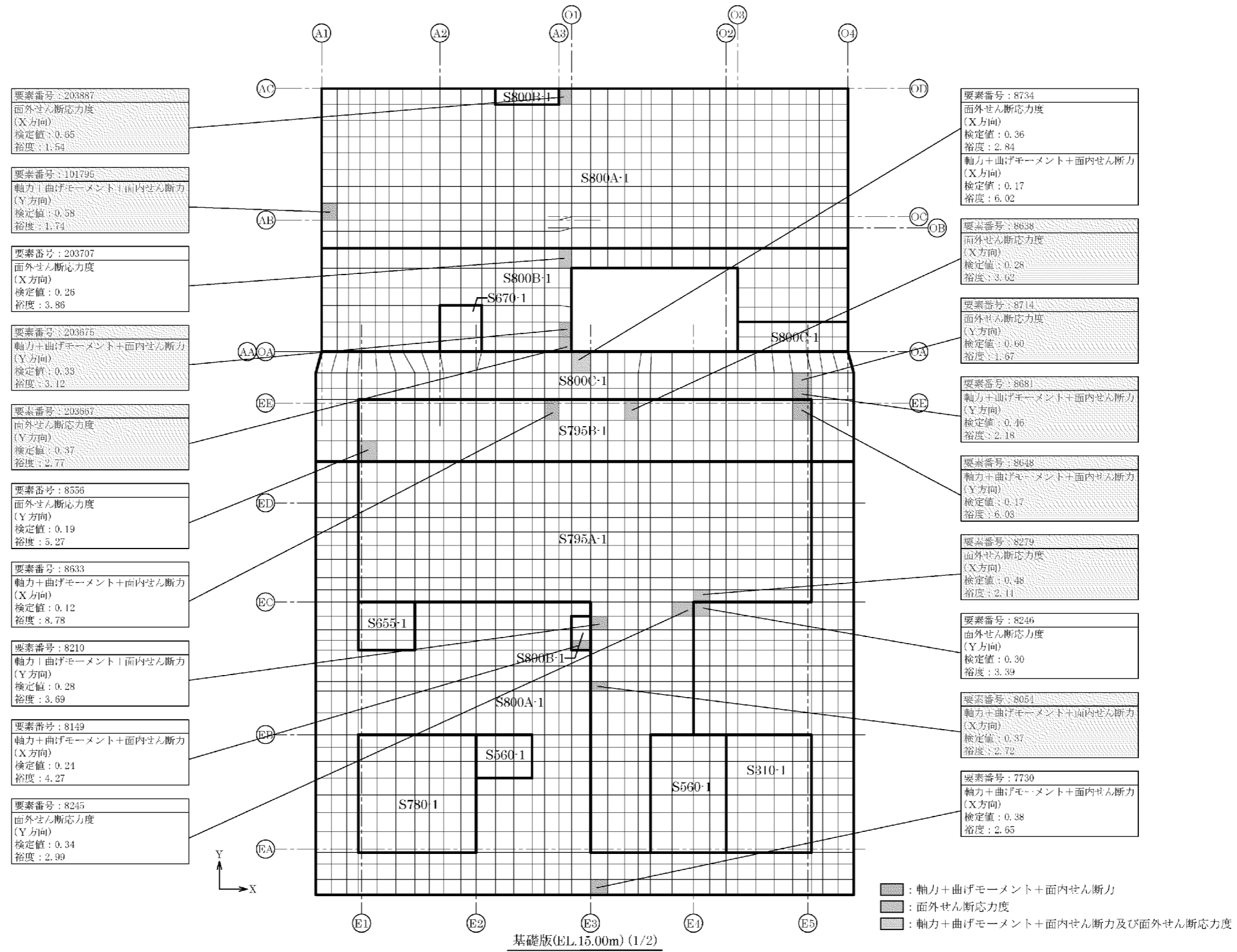
第3-2表 分類領域ごとの配筋

領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm ² /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	

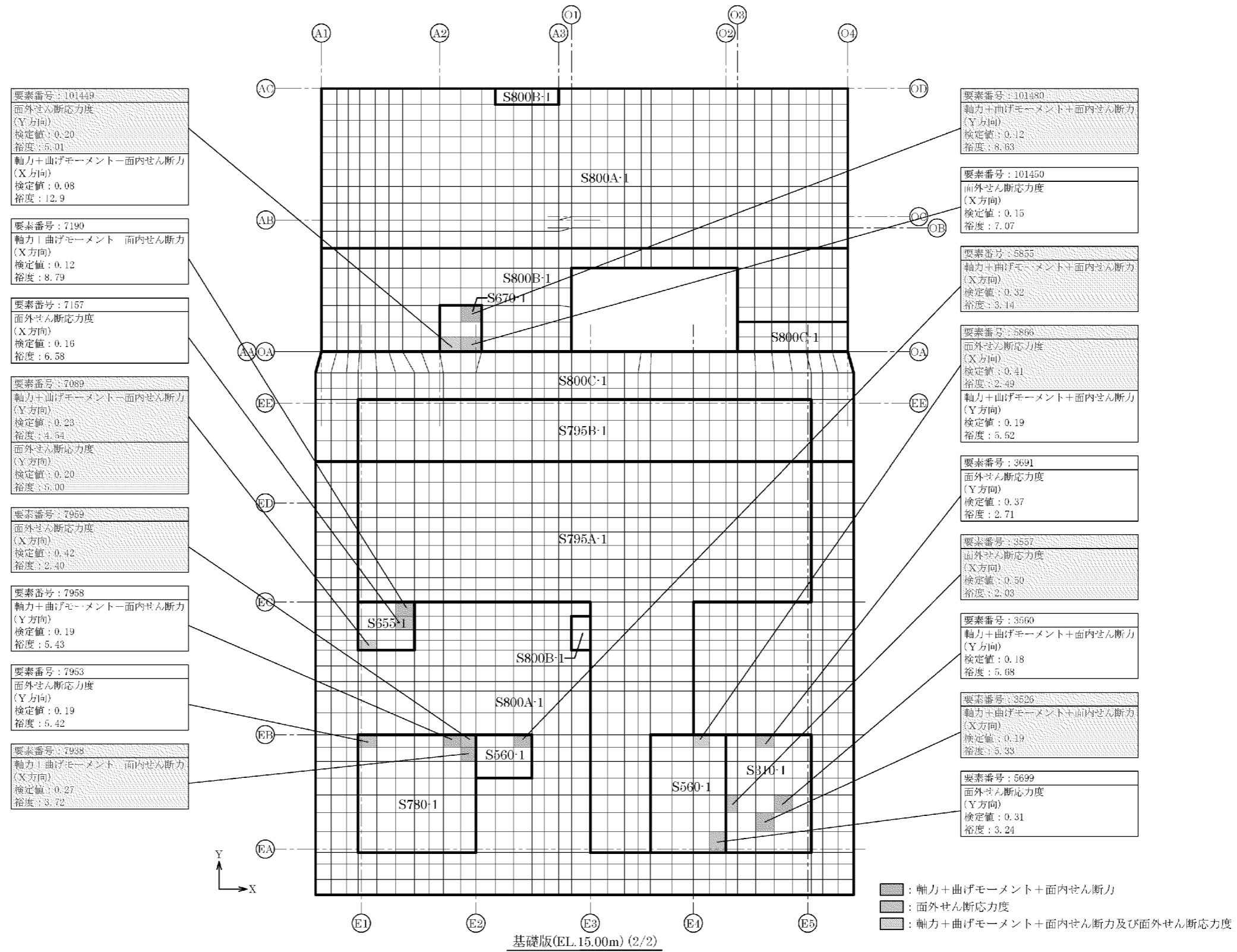
第3-3表 各評価項目の検定値一覧

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

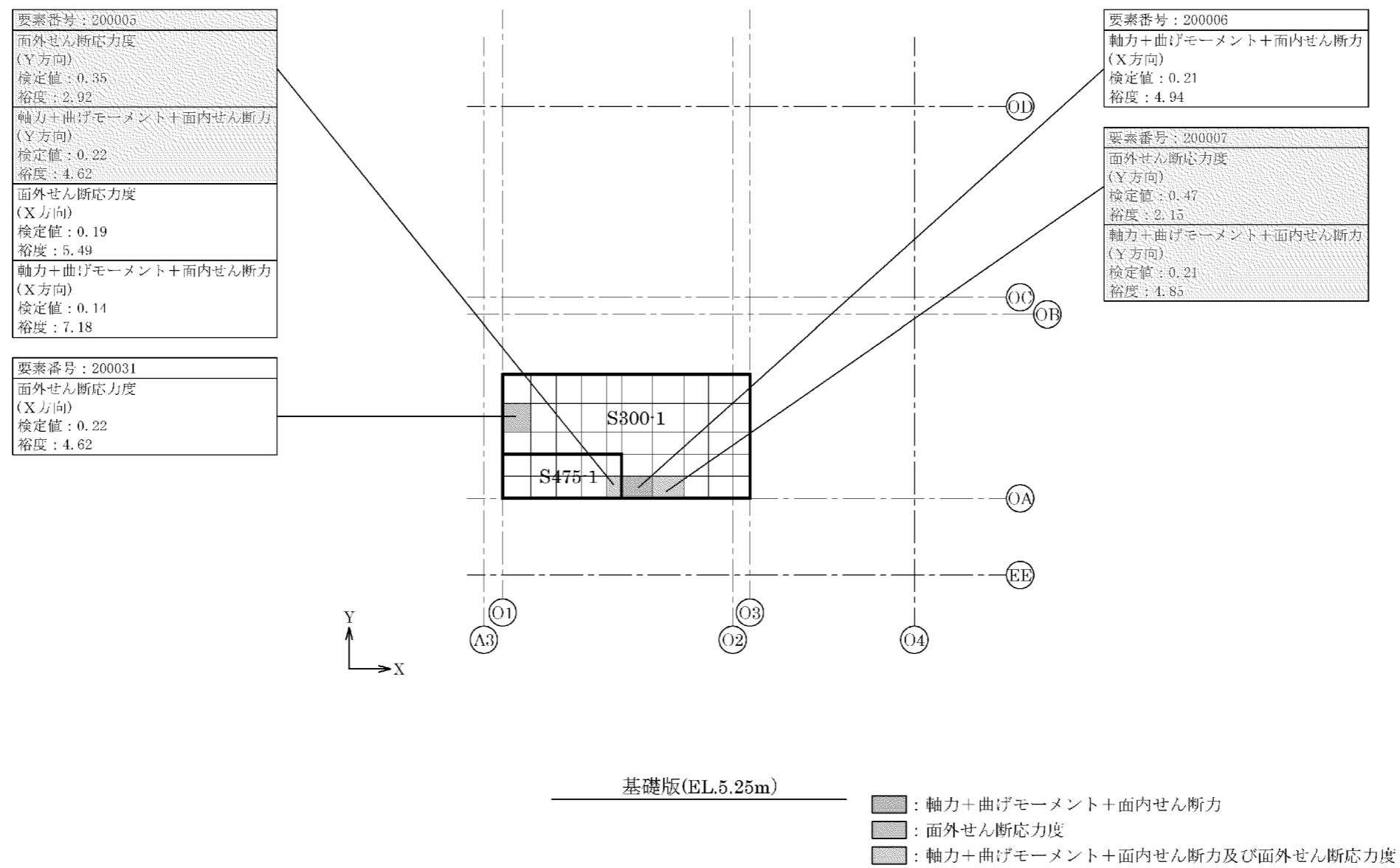
(注)  は、断面の評価対象部位を示す。



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)

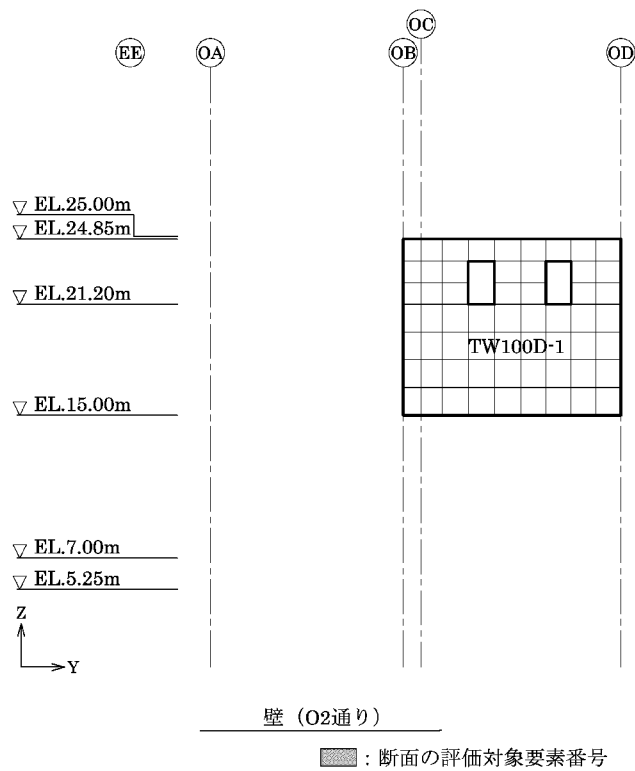
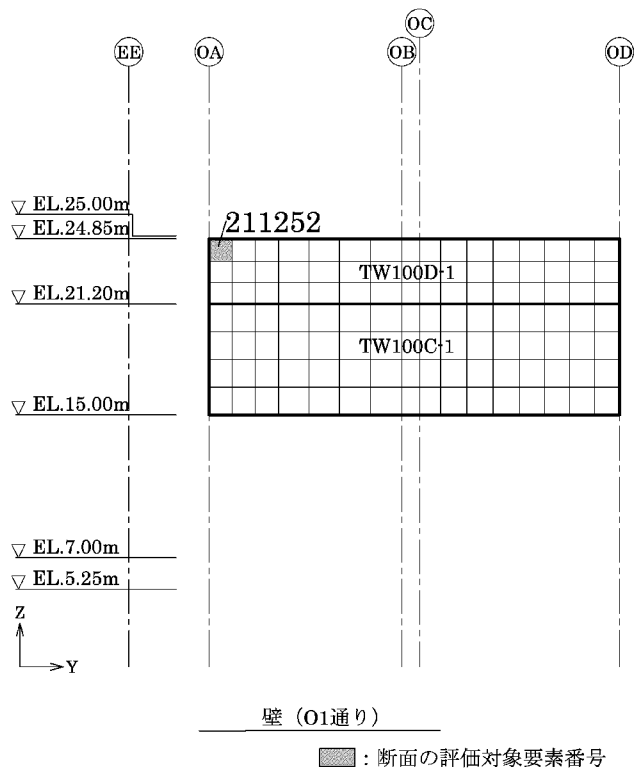
4. 燃料設備棟の断面の評価対象部位の選定

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。

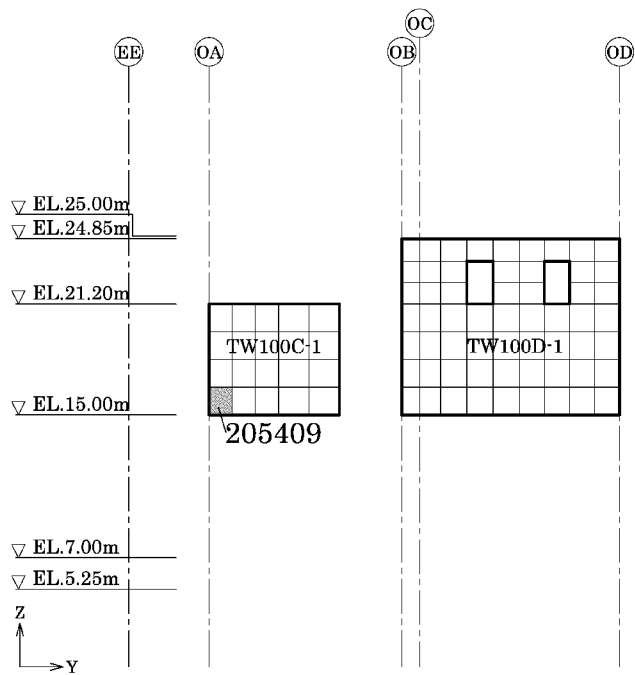
各評価項目の検定値一覧を第 4-3 表、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 4-2 図に示す。

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	$D + L + E_0$

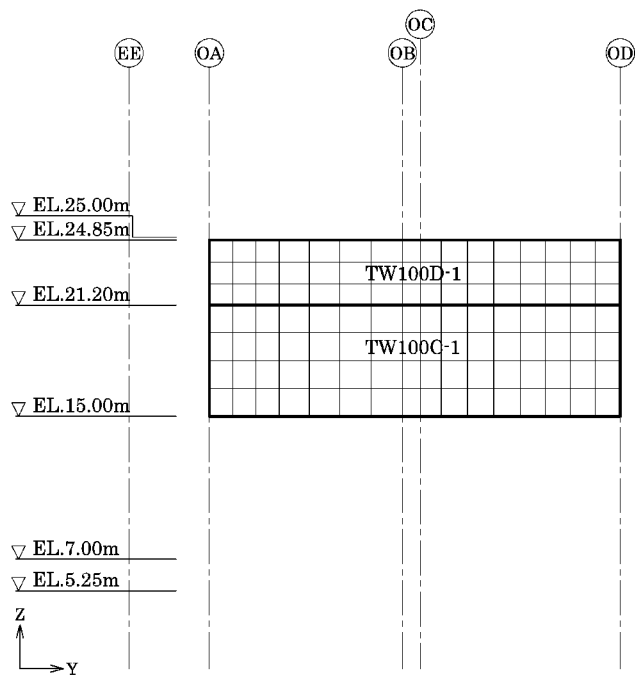


第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(1/8)



壁 (O3通り)

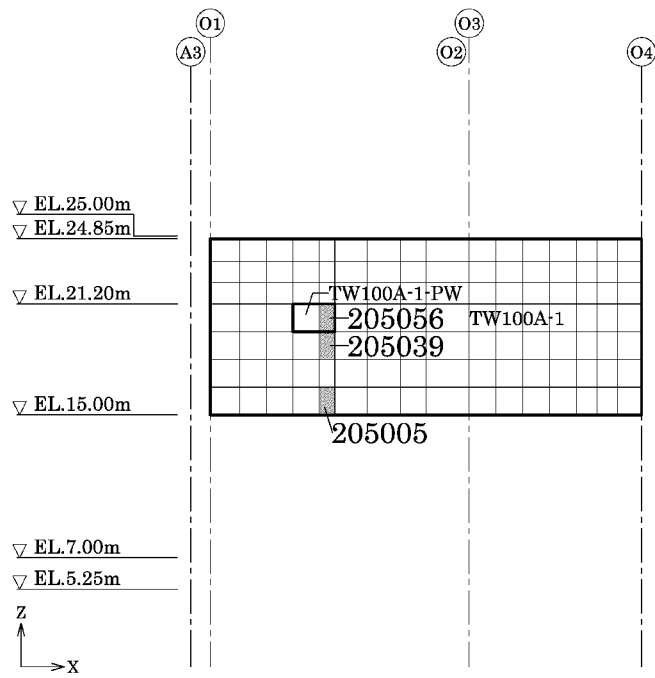
■ : 断面の評価対象要素番号



壁 (O4通り)

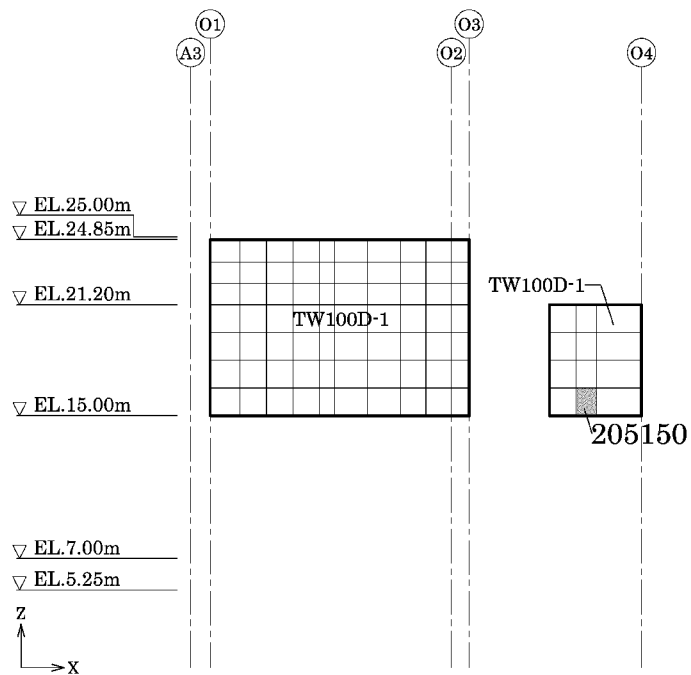
■ : 断面の評価対象要素番号

第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(2/8)



壁 (OA通り)

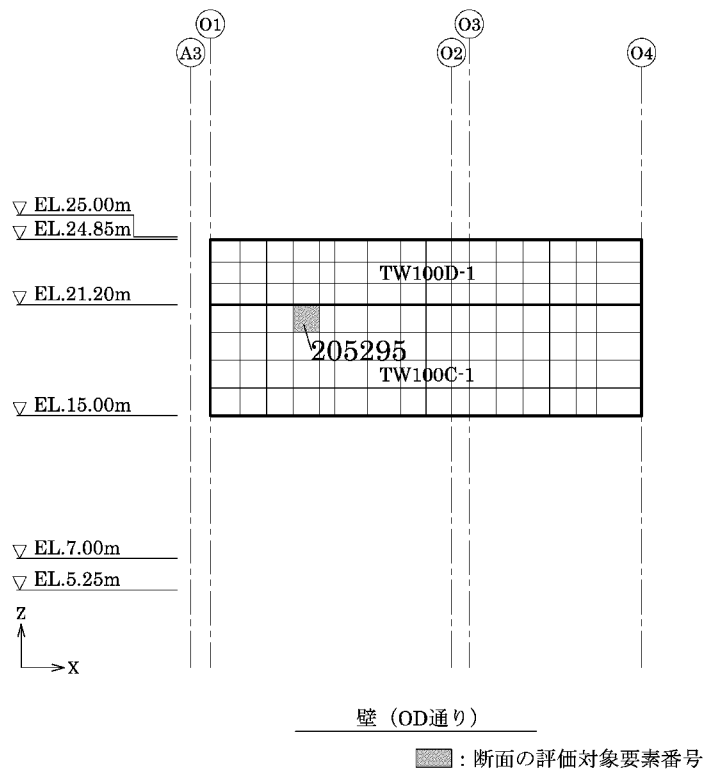
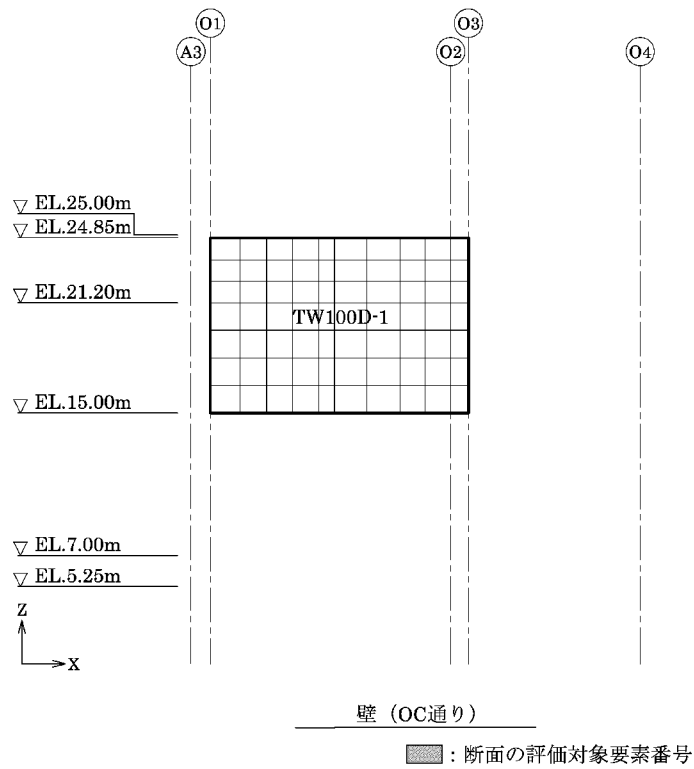
■ : 断面の評価対象要素番号



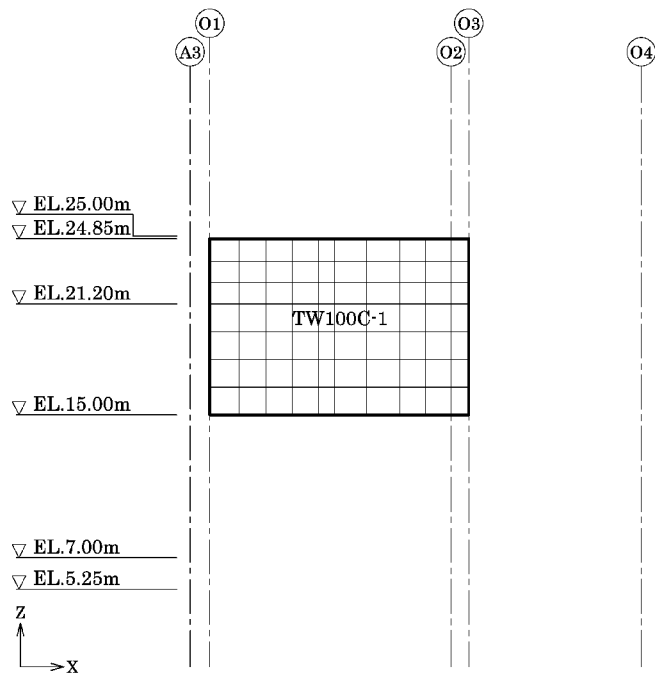
壁 (OB通り)

■ : 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)

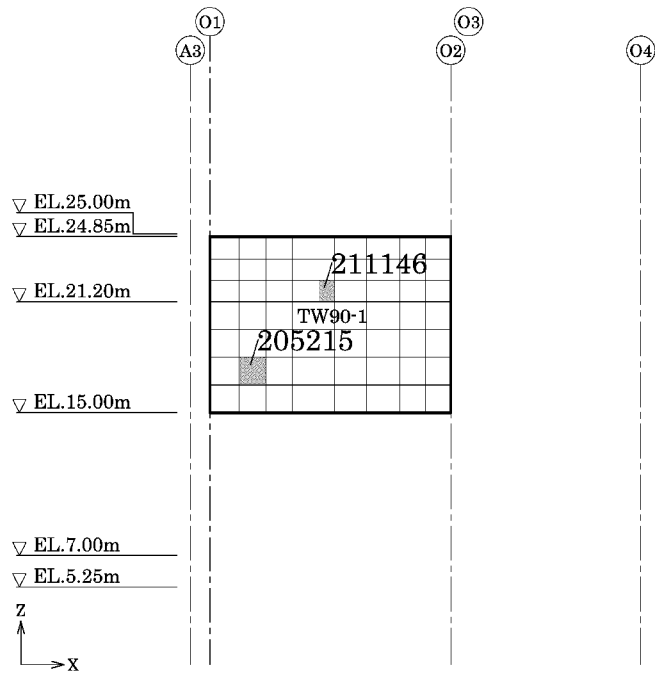


第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(4/8)



壁 (OA通り+7300mm)

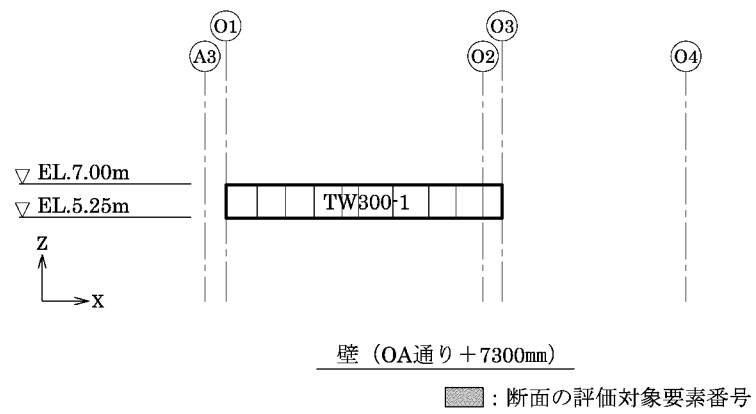
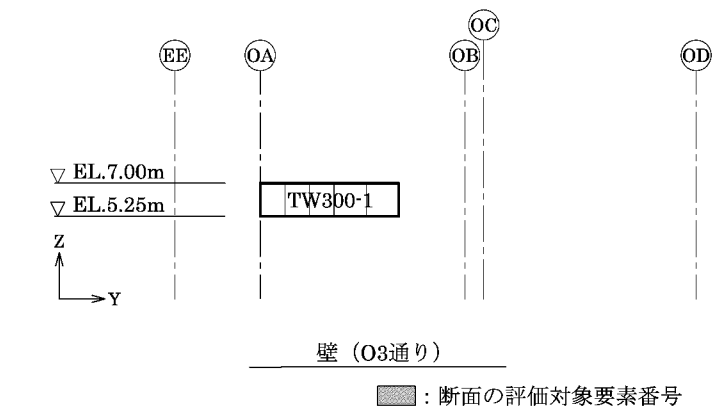
■ : 断面の評価対象要素番号



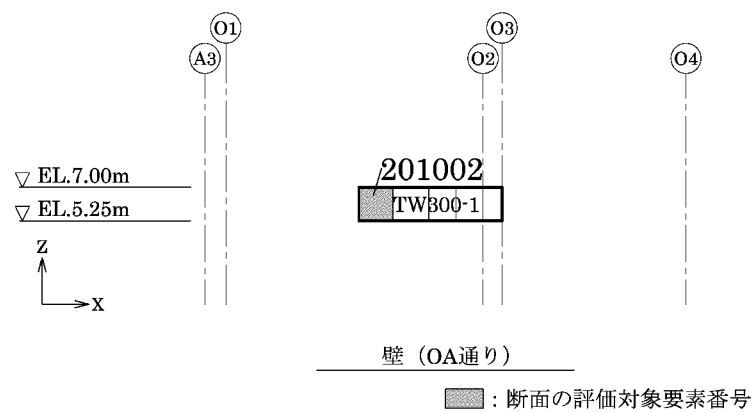
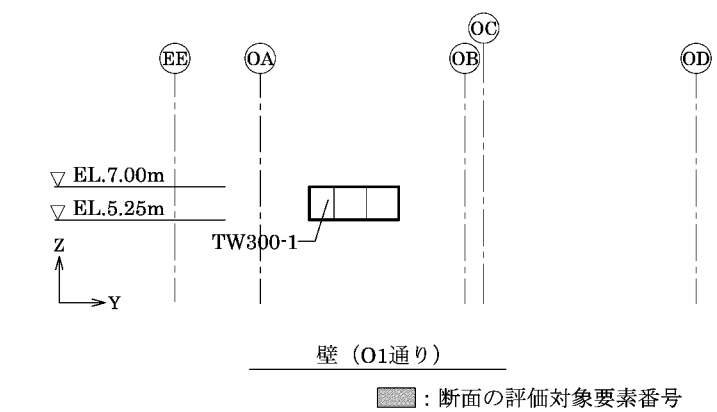
壁 (OC通り+5600mm)

■ : 断面の評価対象要素番号

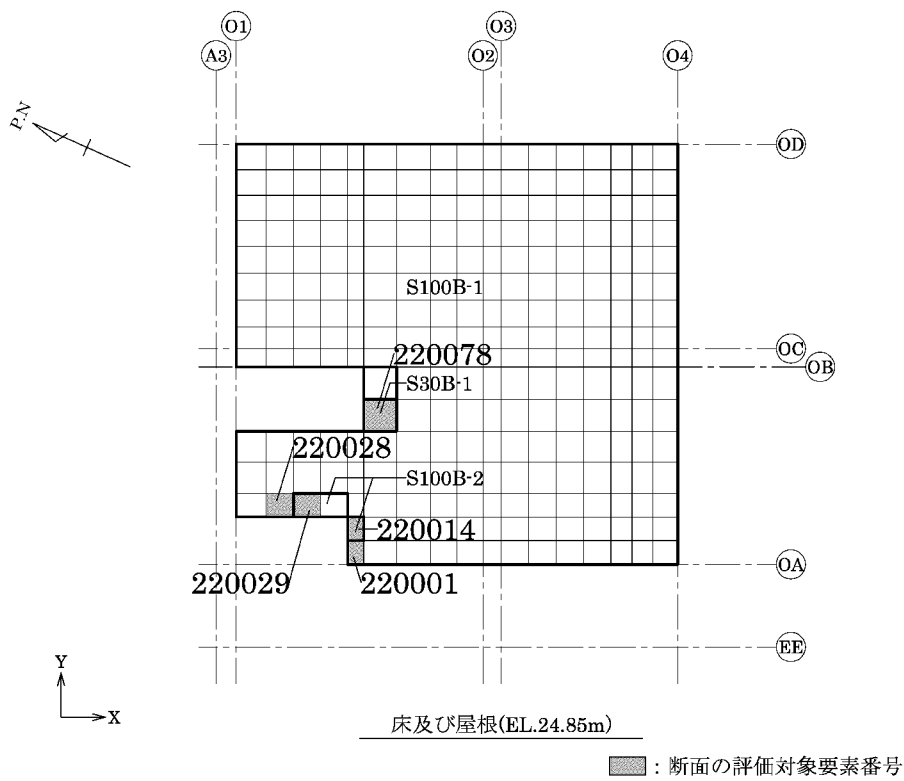
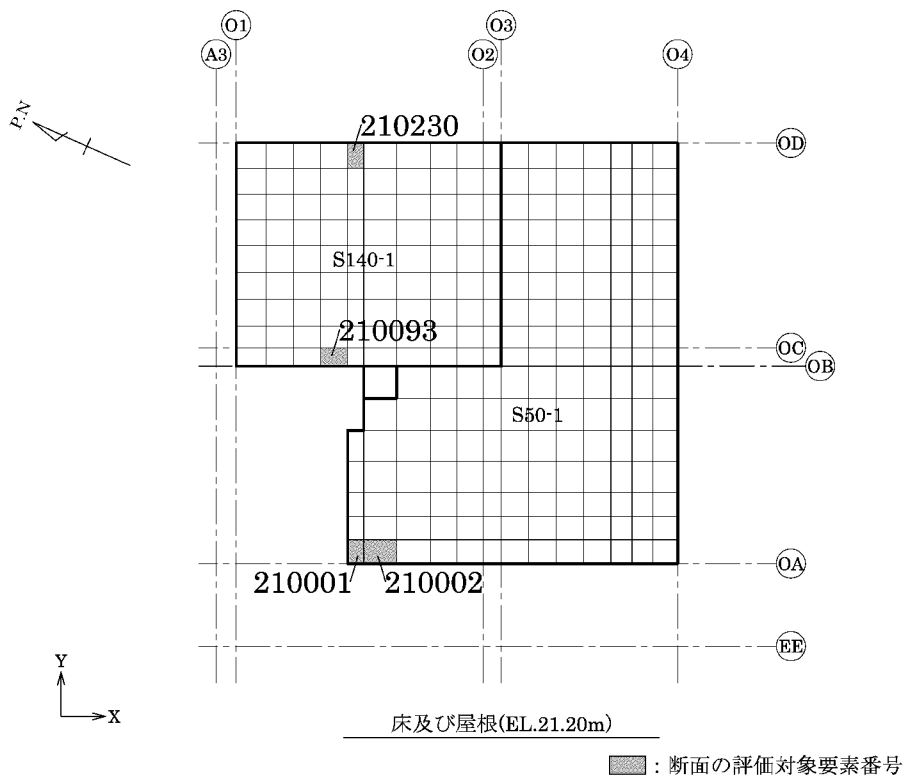
第 4-1 図 断面の評価対象要素番号(5/8)



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)

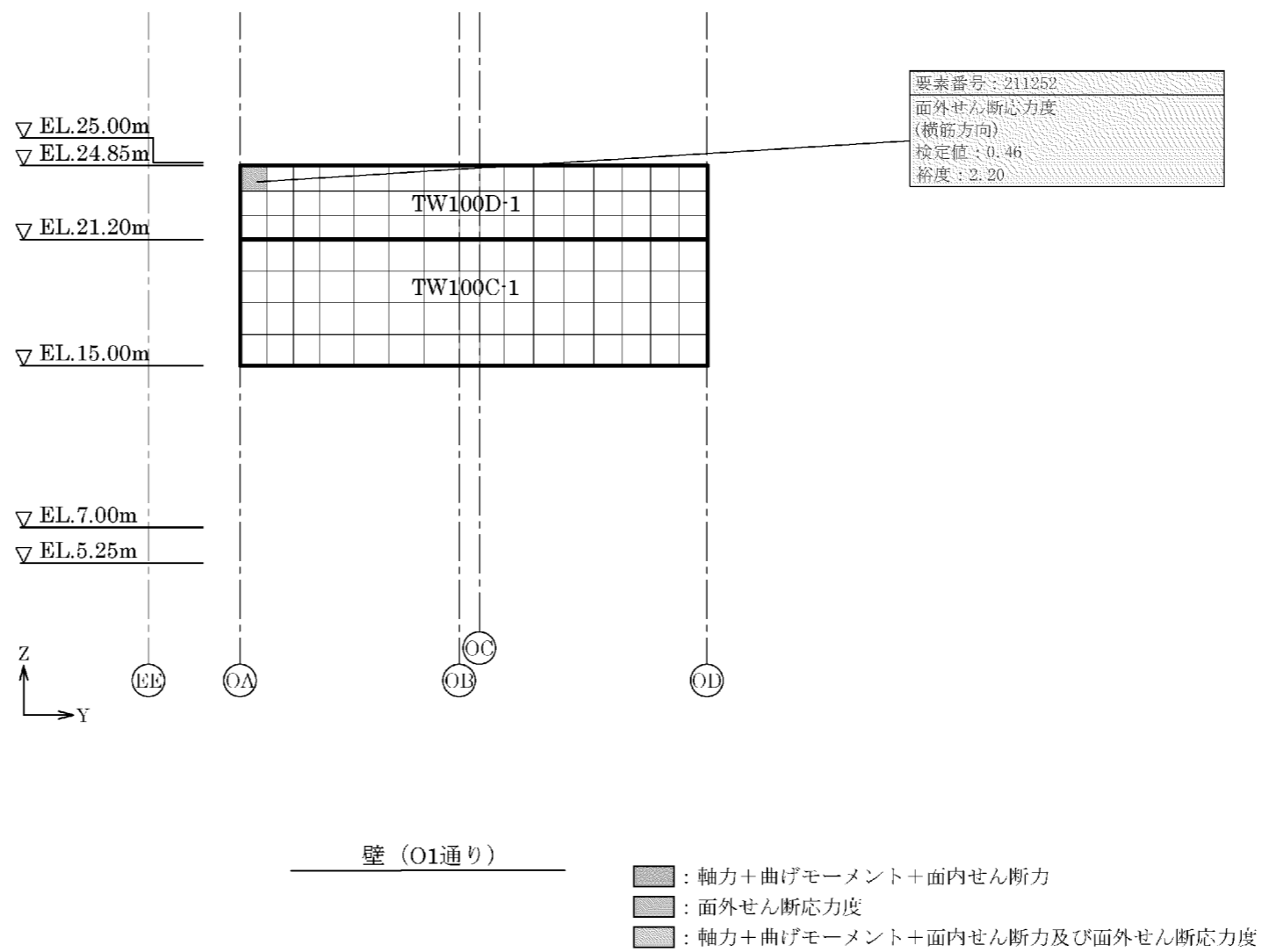
第4-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm ² /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	

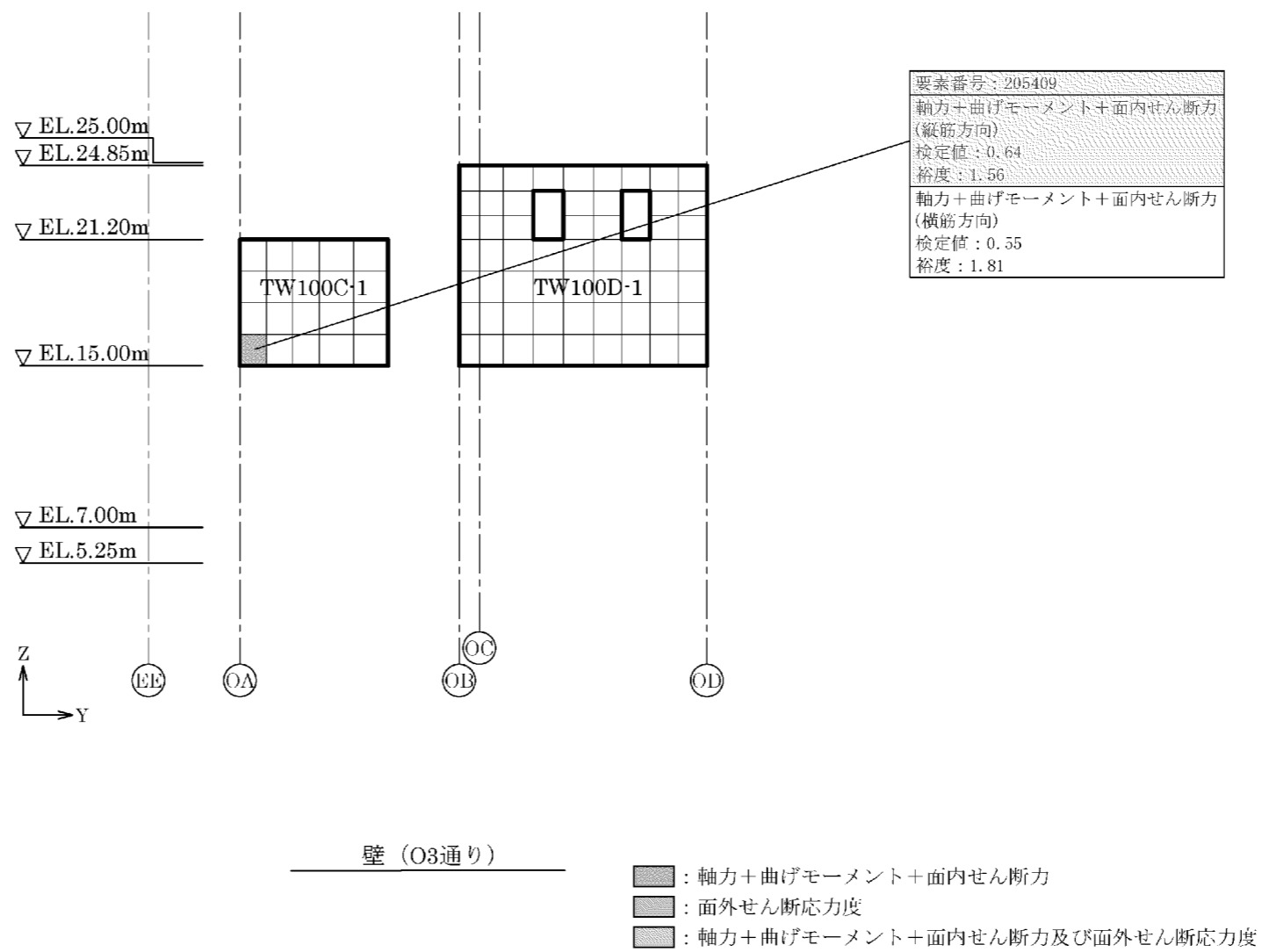
第4-3表 各評価項目の検定値一覧

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

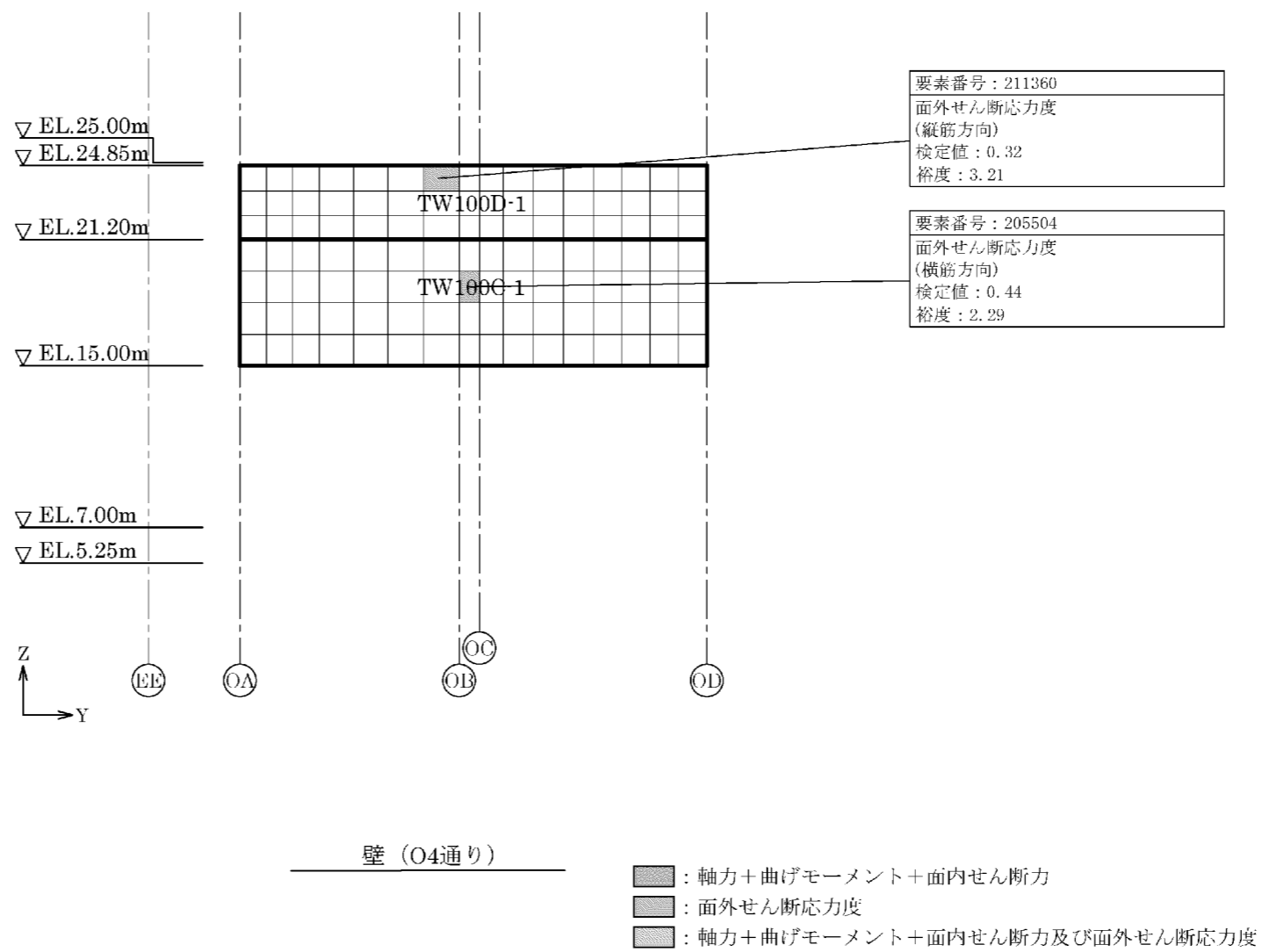
(注) は、断面の評価対象部位を示す。



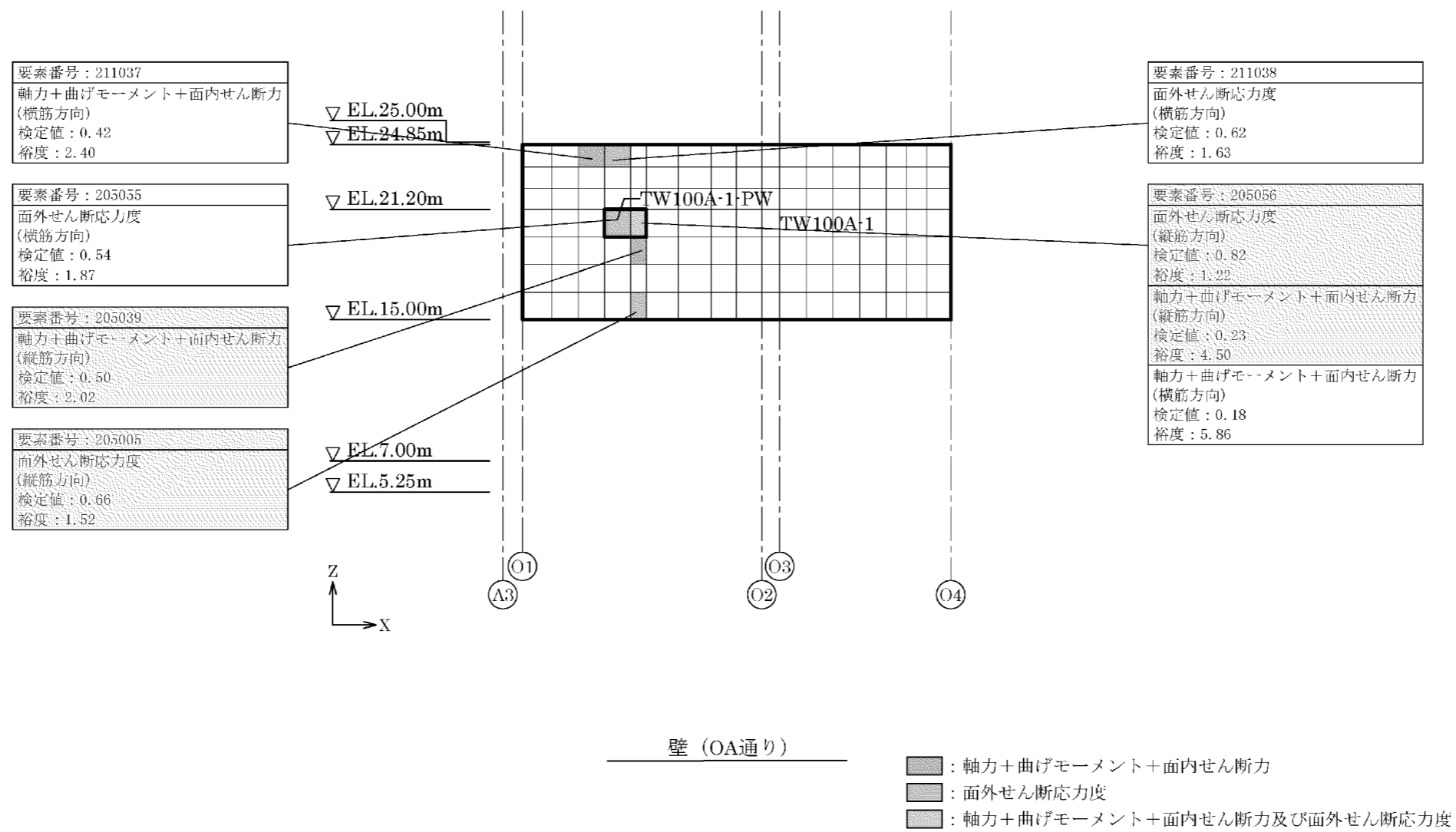
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/12)



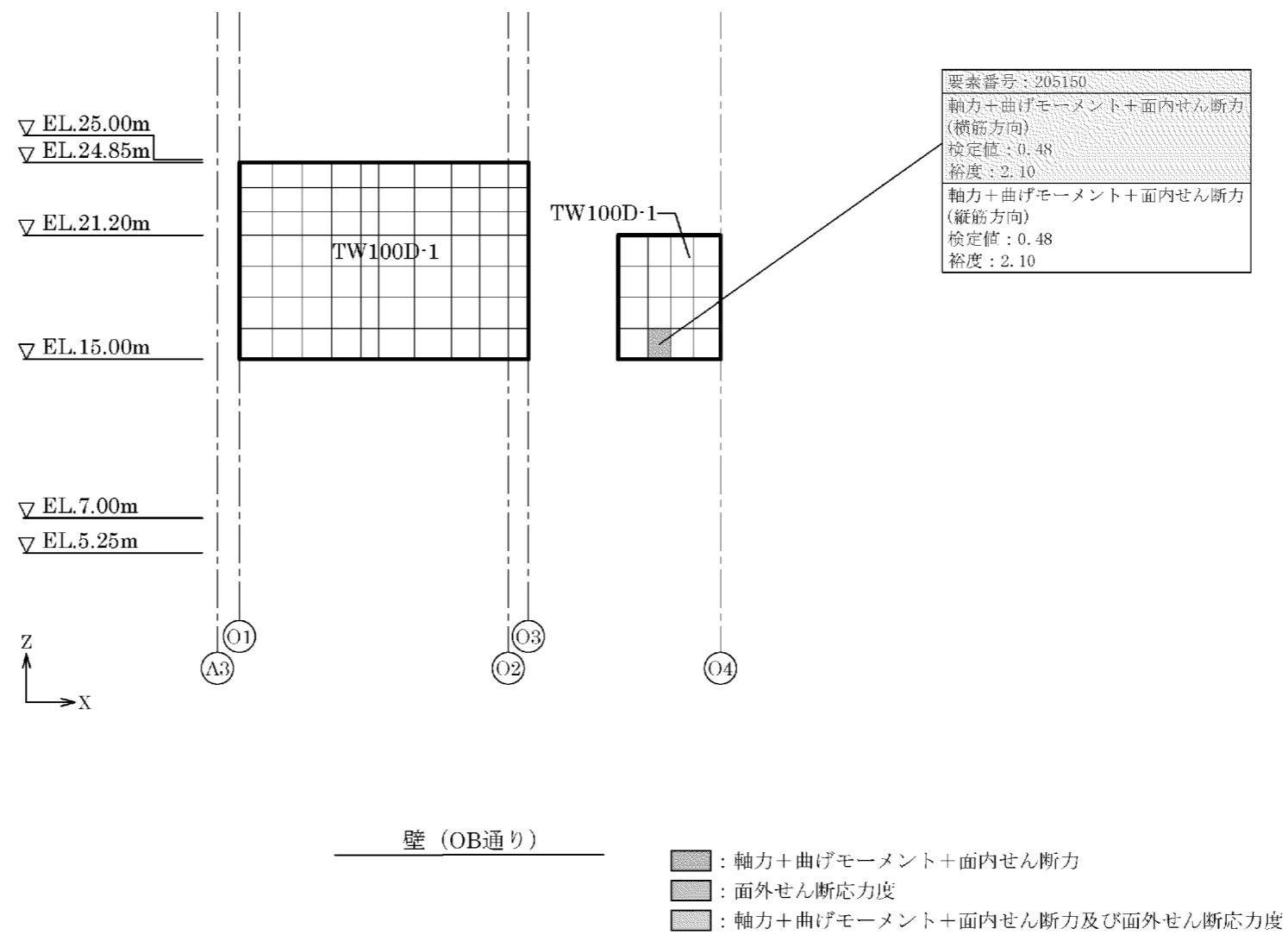
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/12)



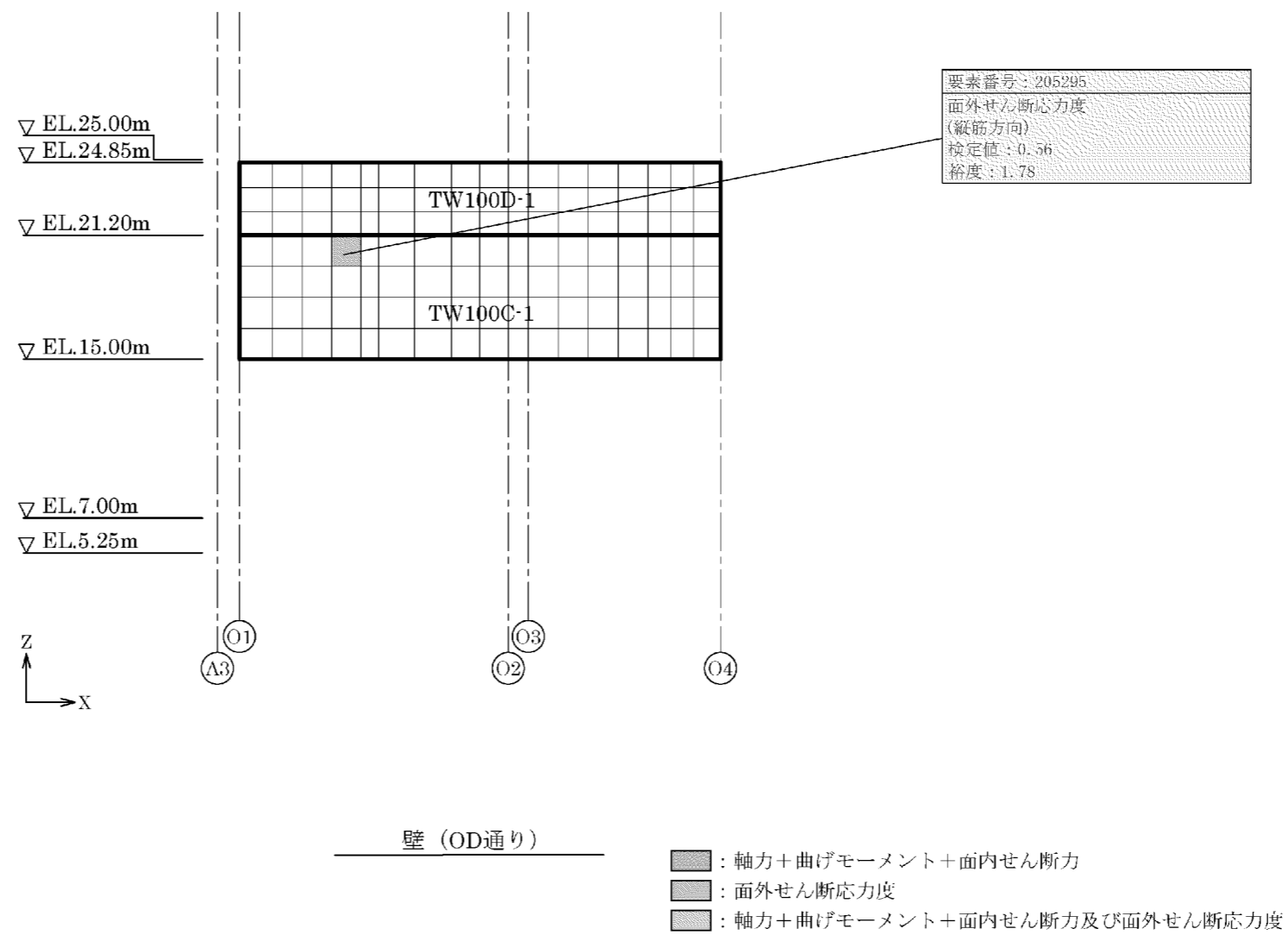
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/12)



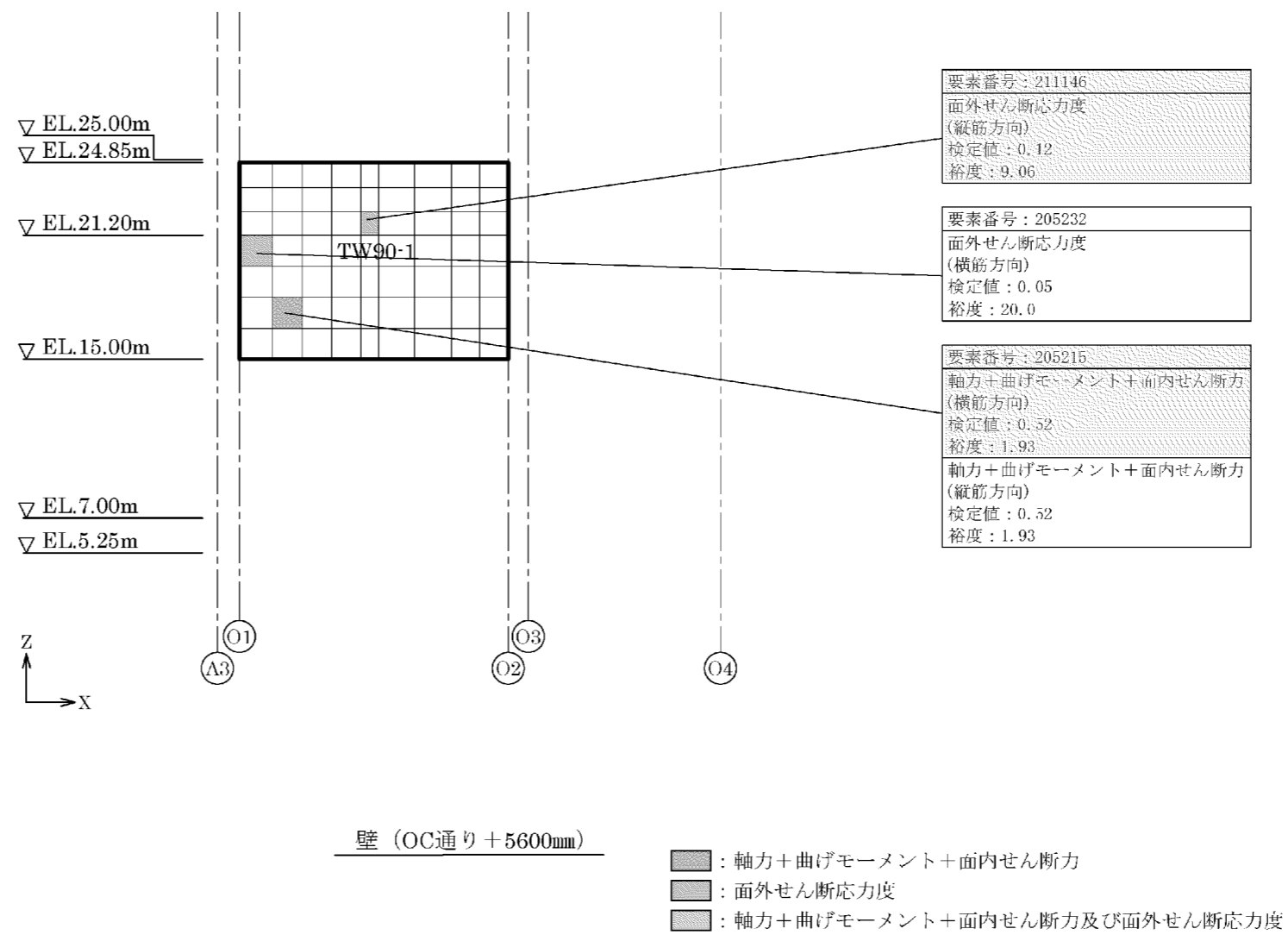
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/12)



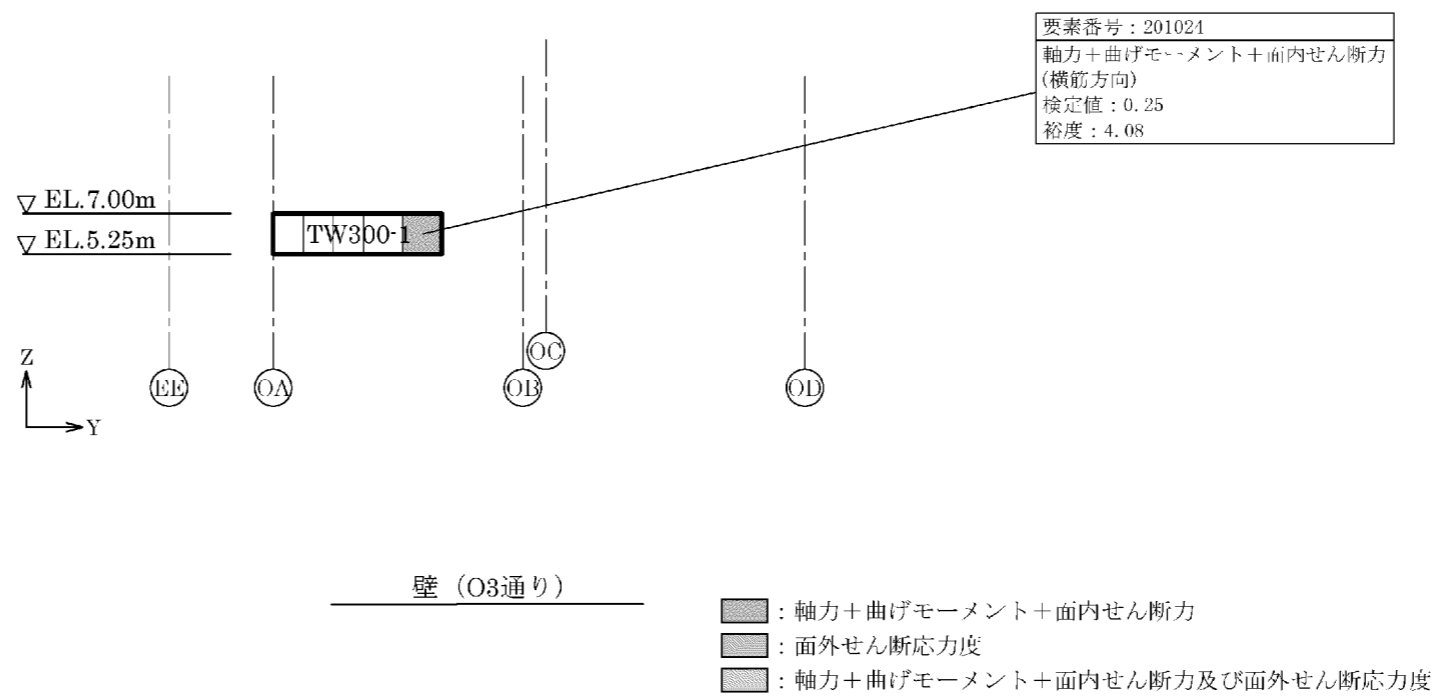
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/12)



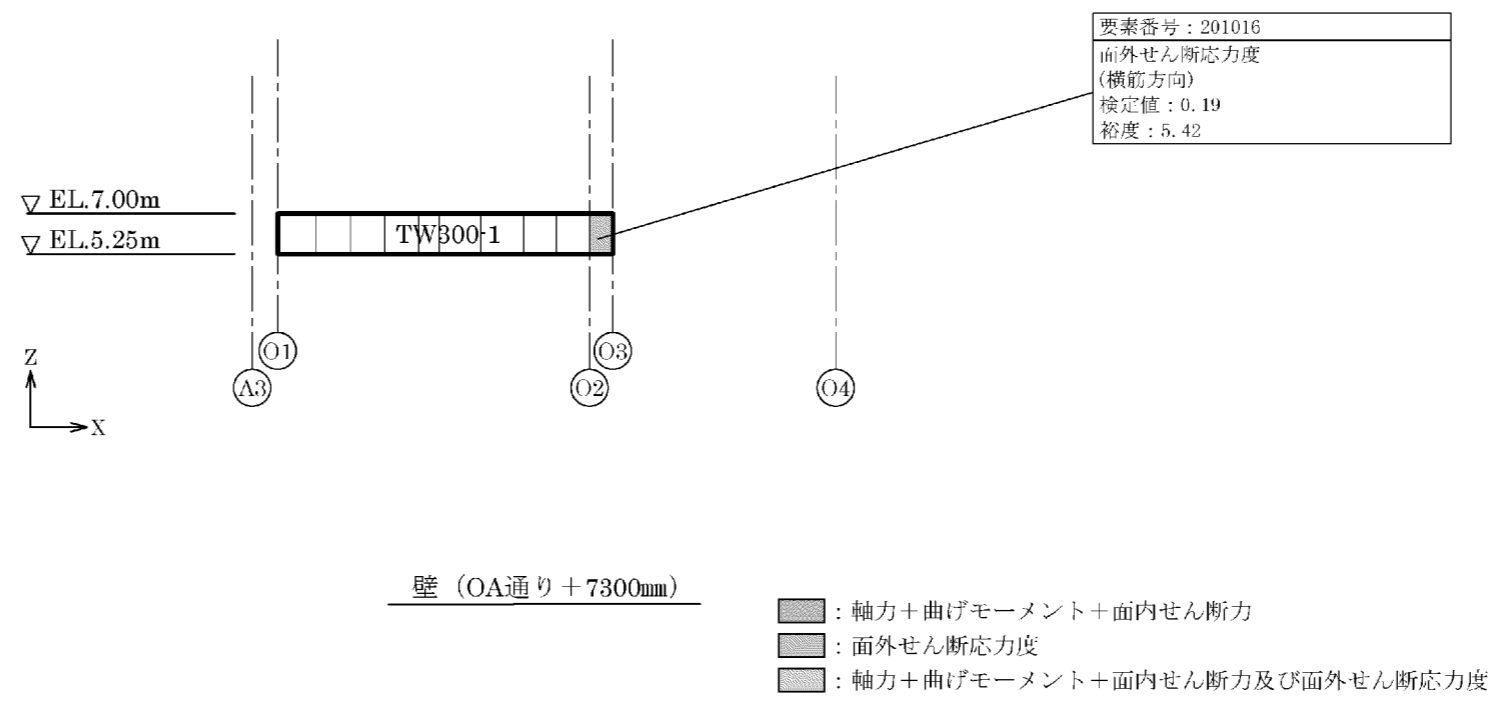
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(6/12)



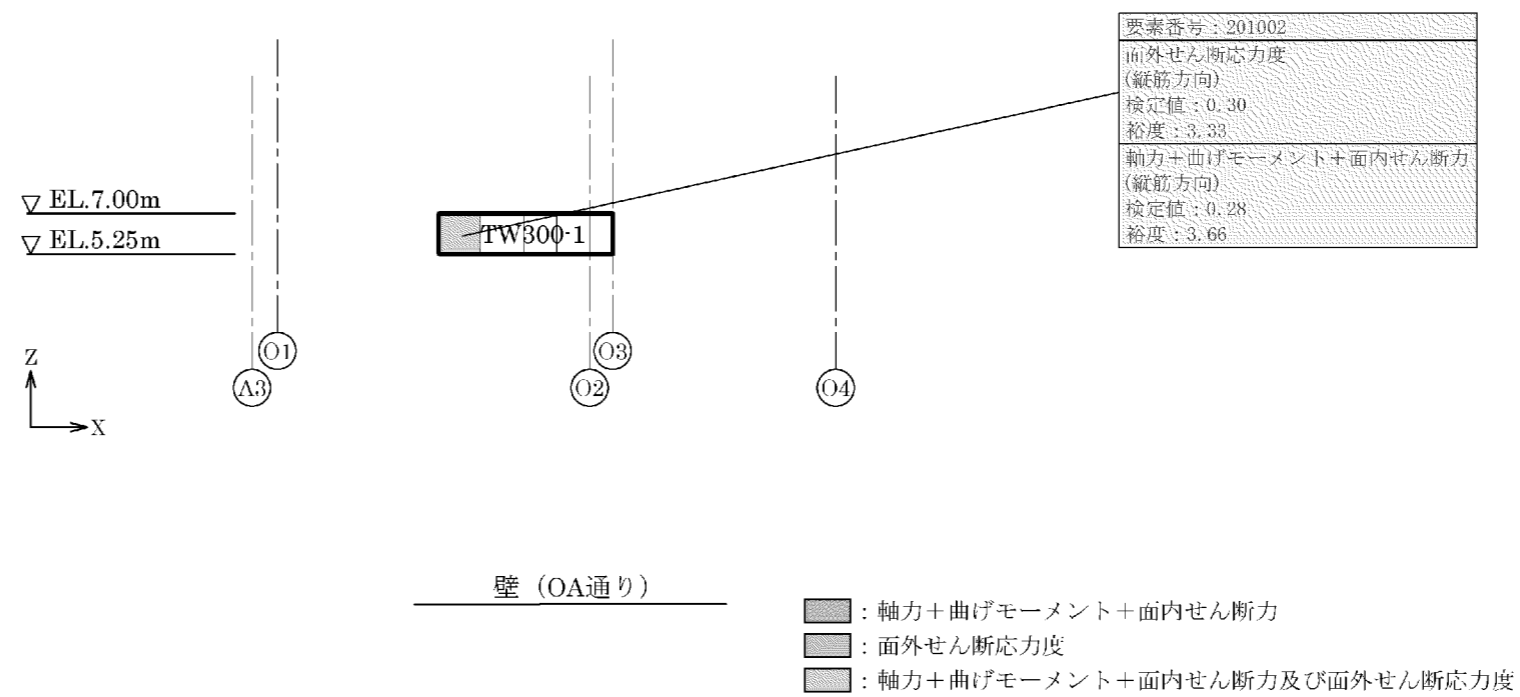
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(7/12)



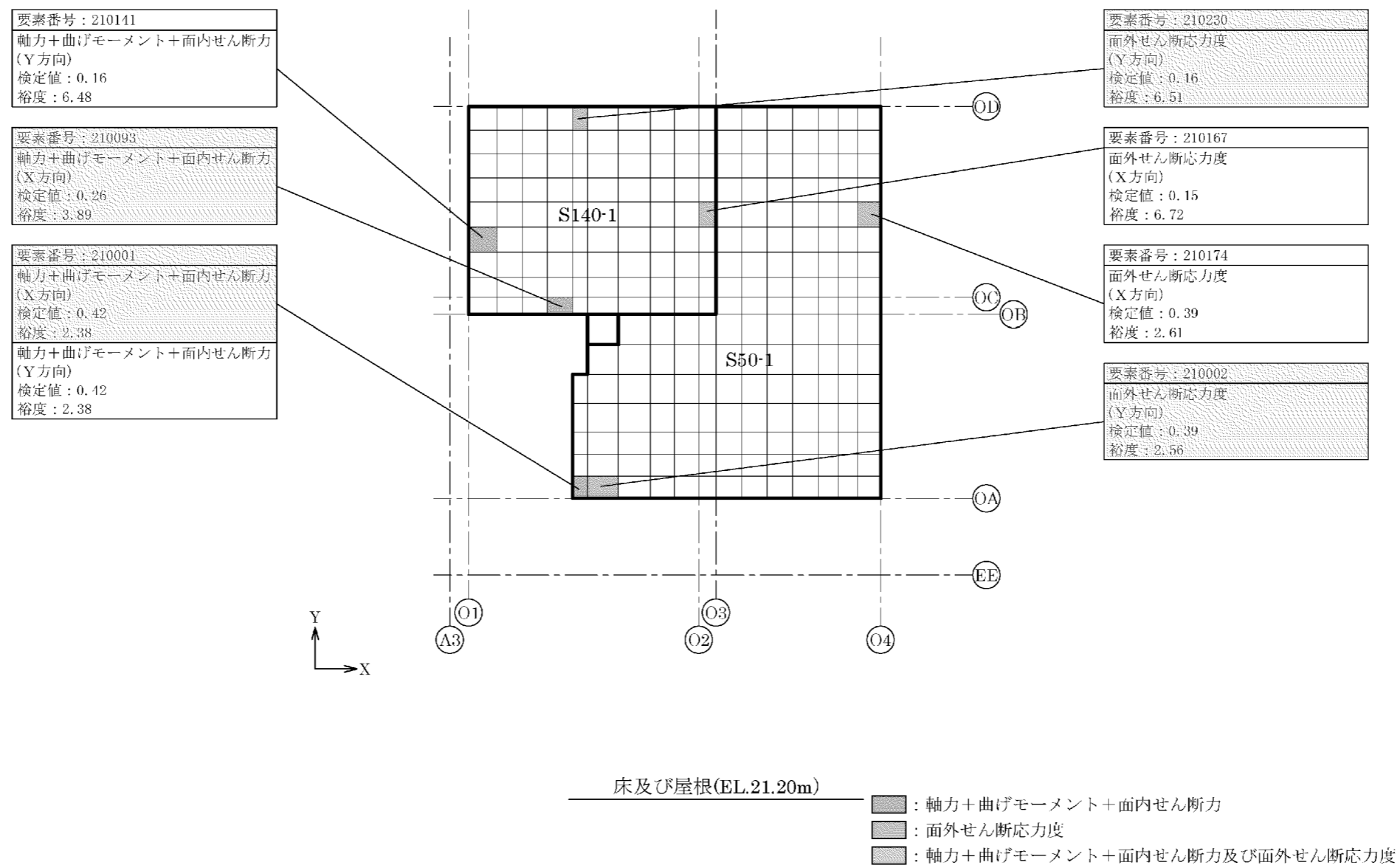
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(8/12)



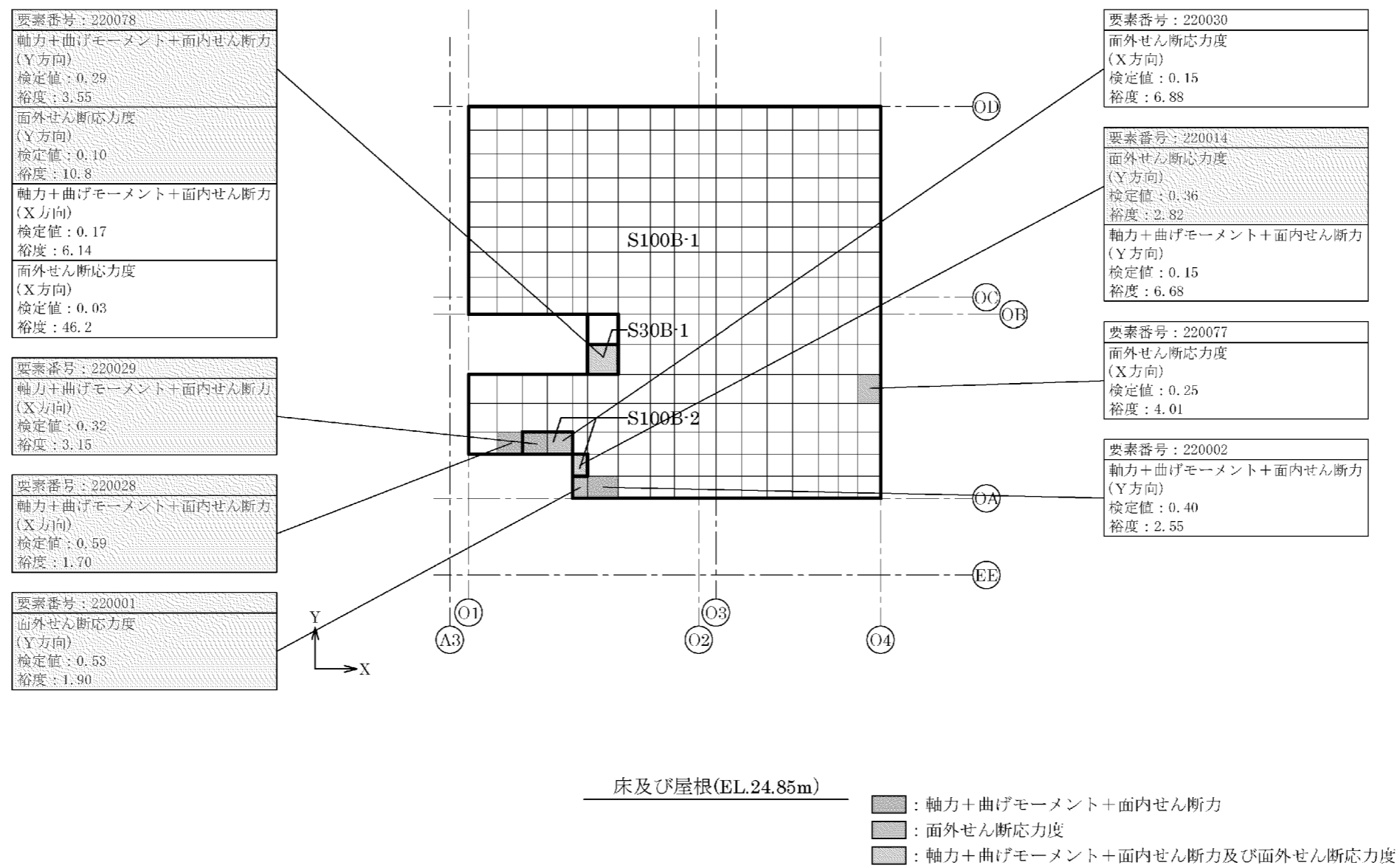
第4-2図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(9/12)



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)

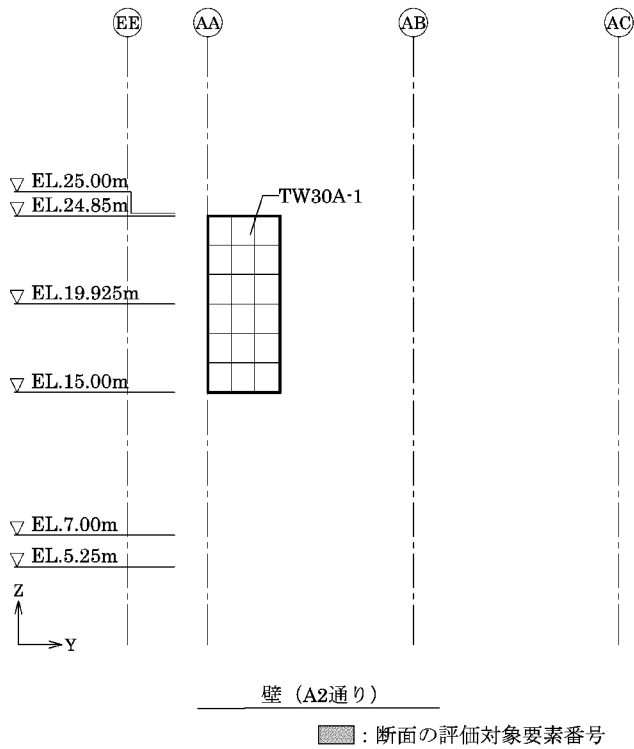
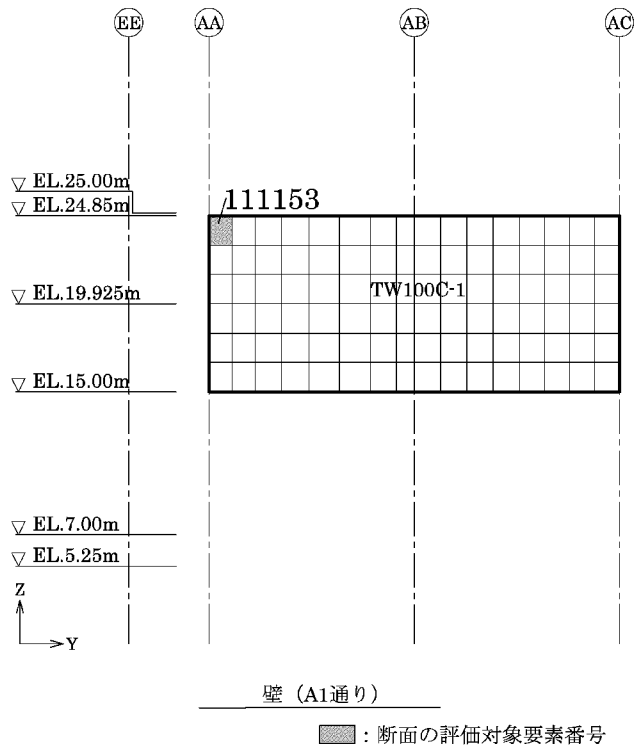
5. 加圧設備棟の断面の評価対象部位の選定

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。

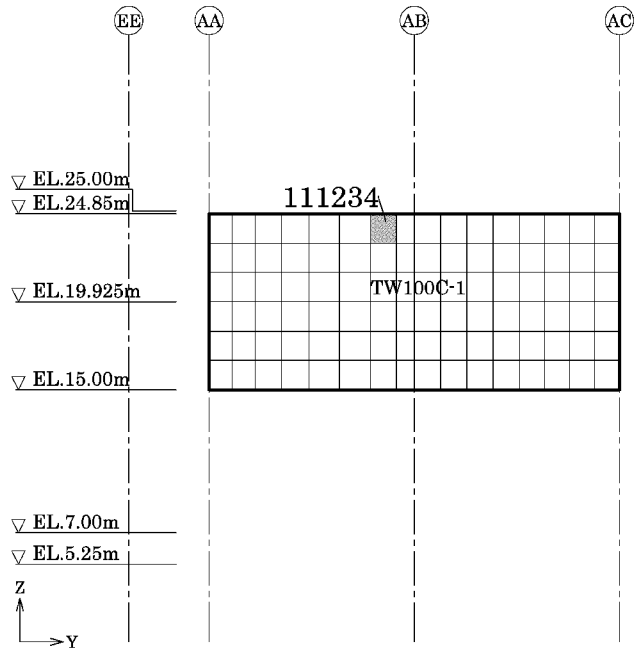
各評価項目の検定値一覧を第 5-3 表に、応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を第 5-2 図に示す。

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	$D + L + E_0$

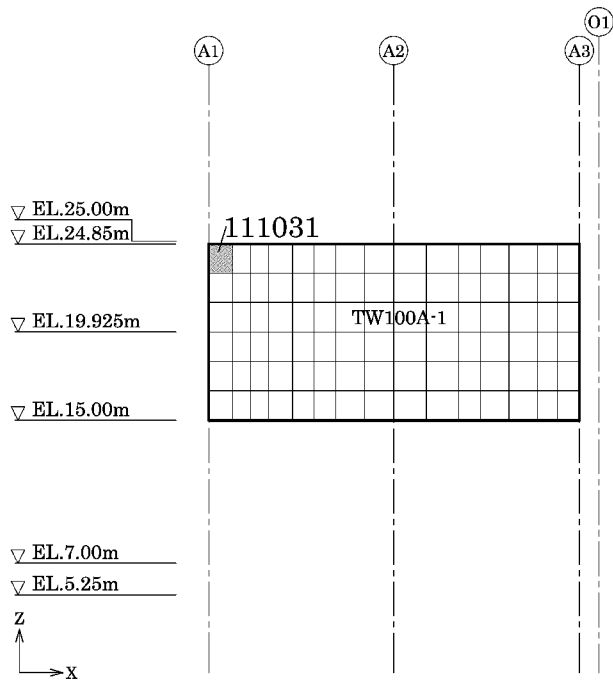


第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(1/5)



壁 (A3通り)

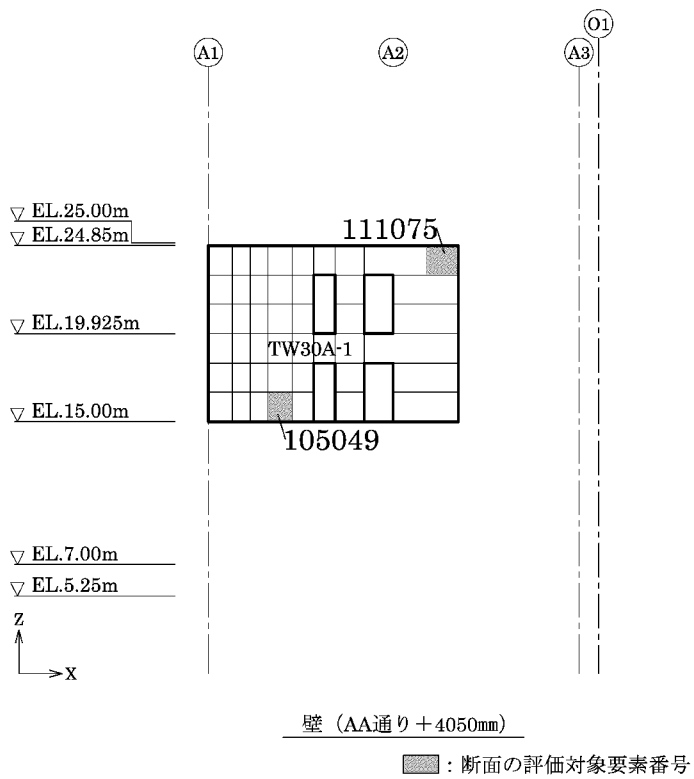
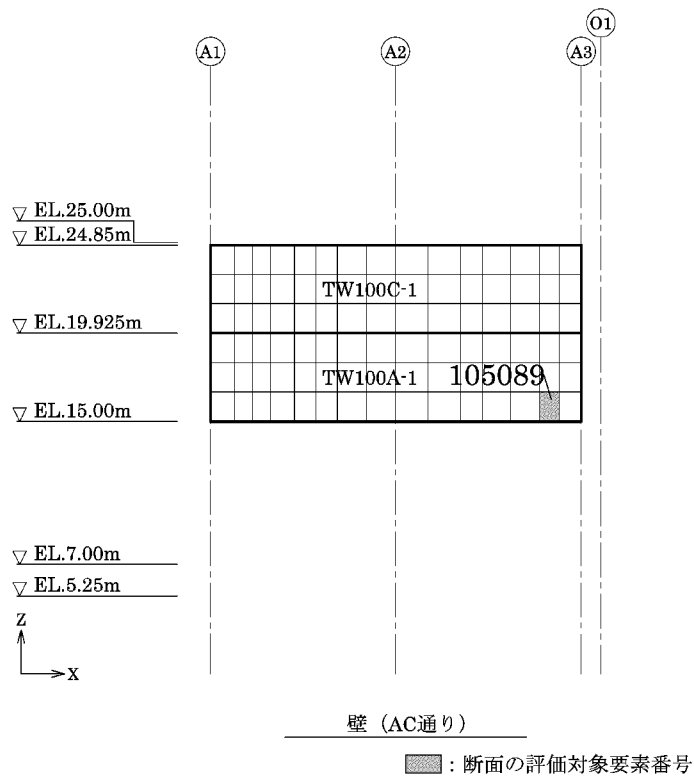
■ : 断面の評価対象要素番号



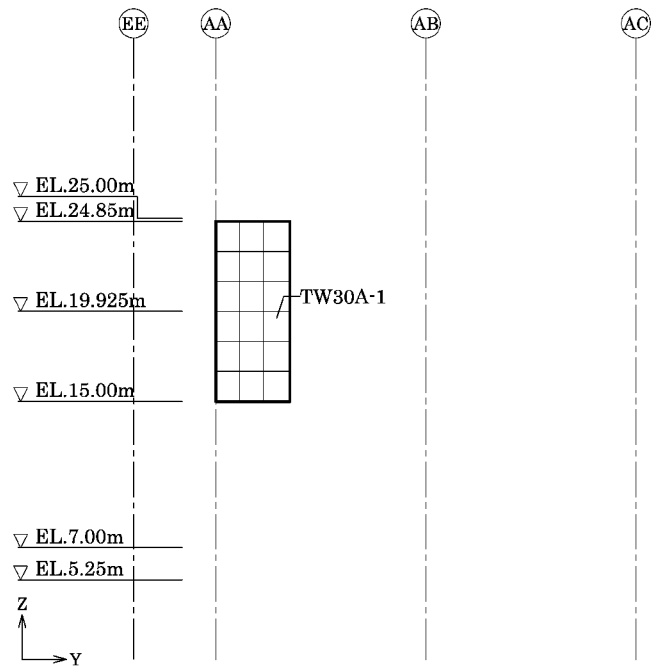
壁 (AA通り)

■ : 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(2/5)

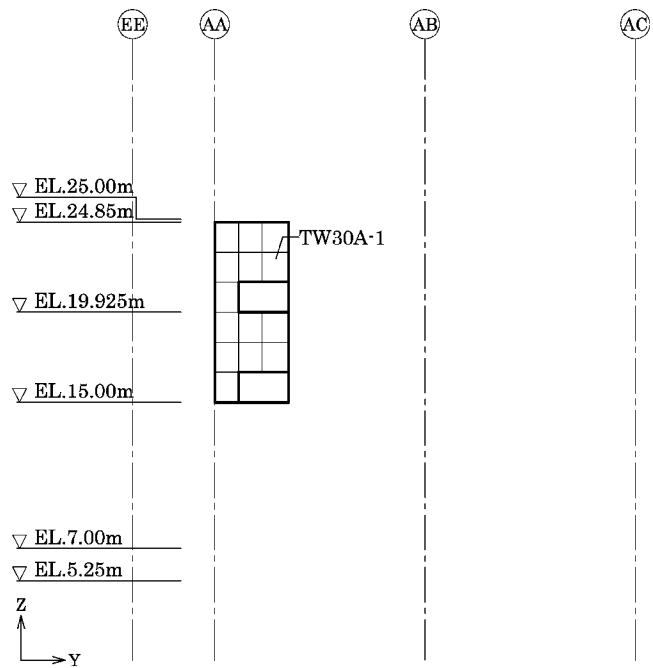


第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(3/5)



壁 (A1通り + 7100mm)

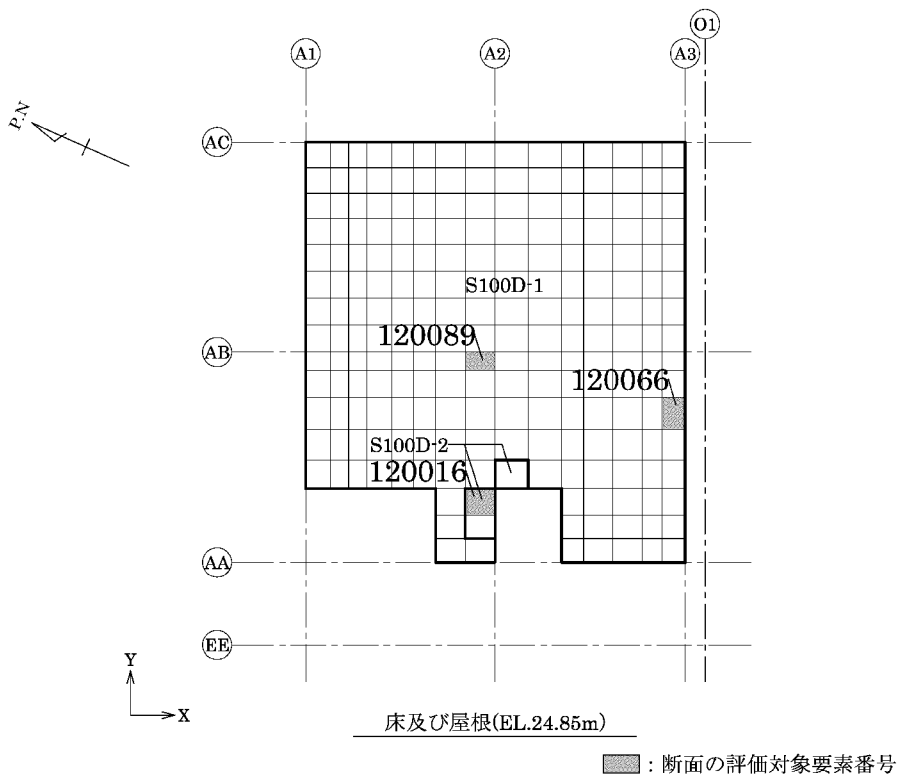
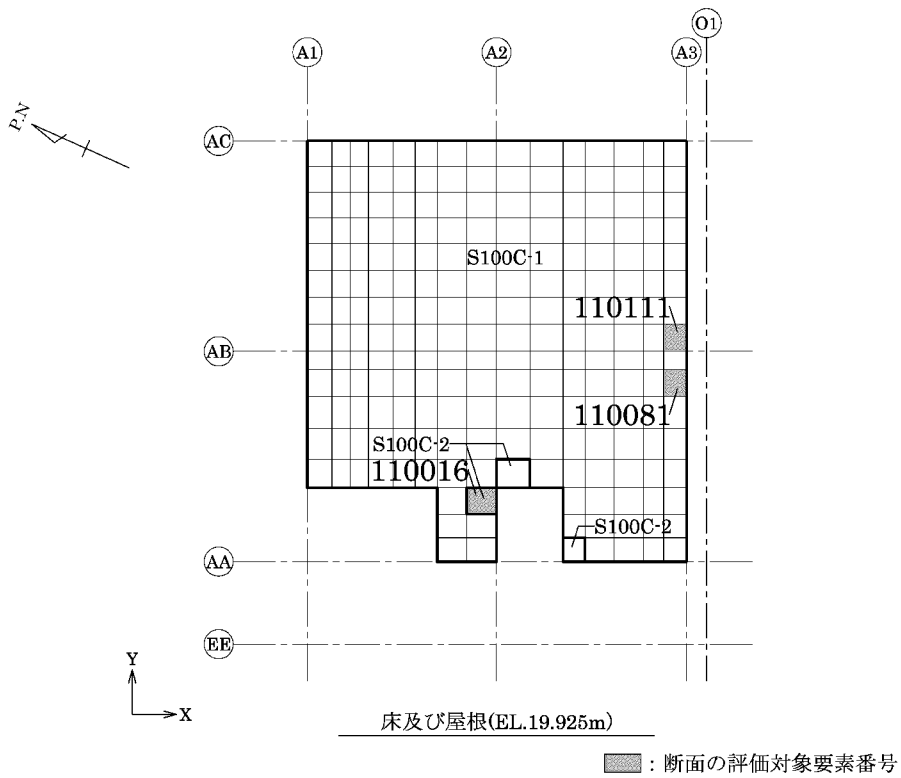
■ : 断面の評価対象要素番号



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)

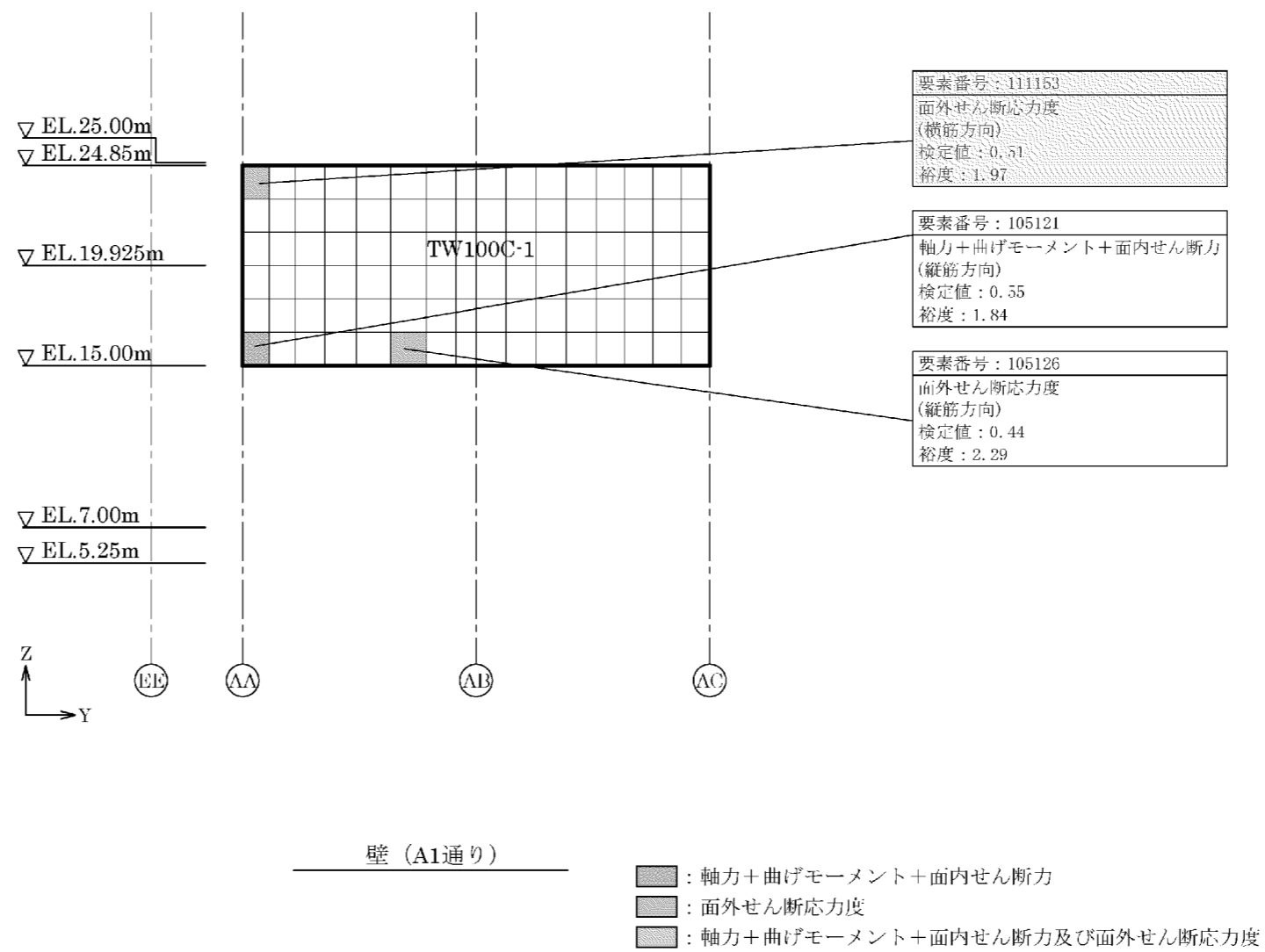
第5-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm ² /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	

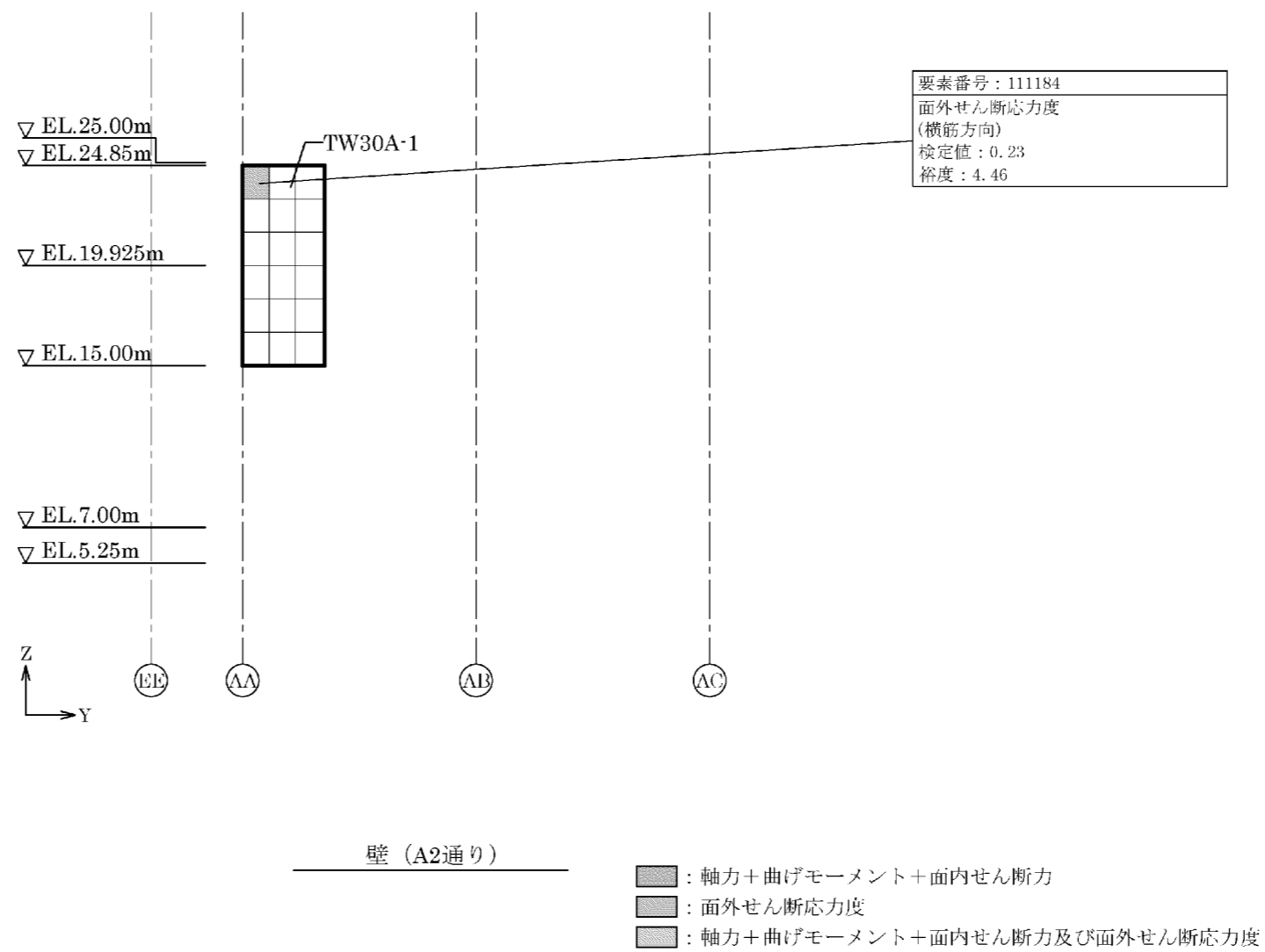
第5-3表 各評価項目の検定値一覧

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

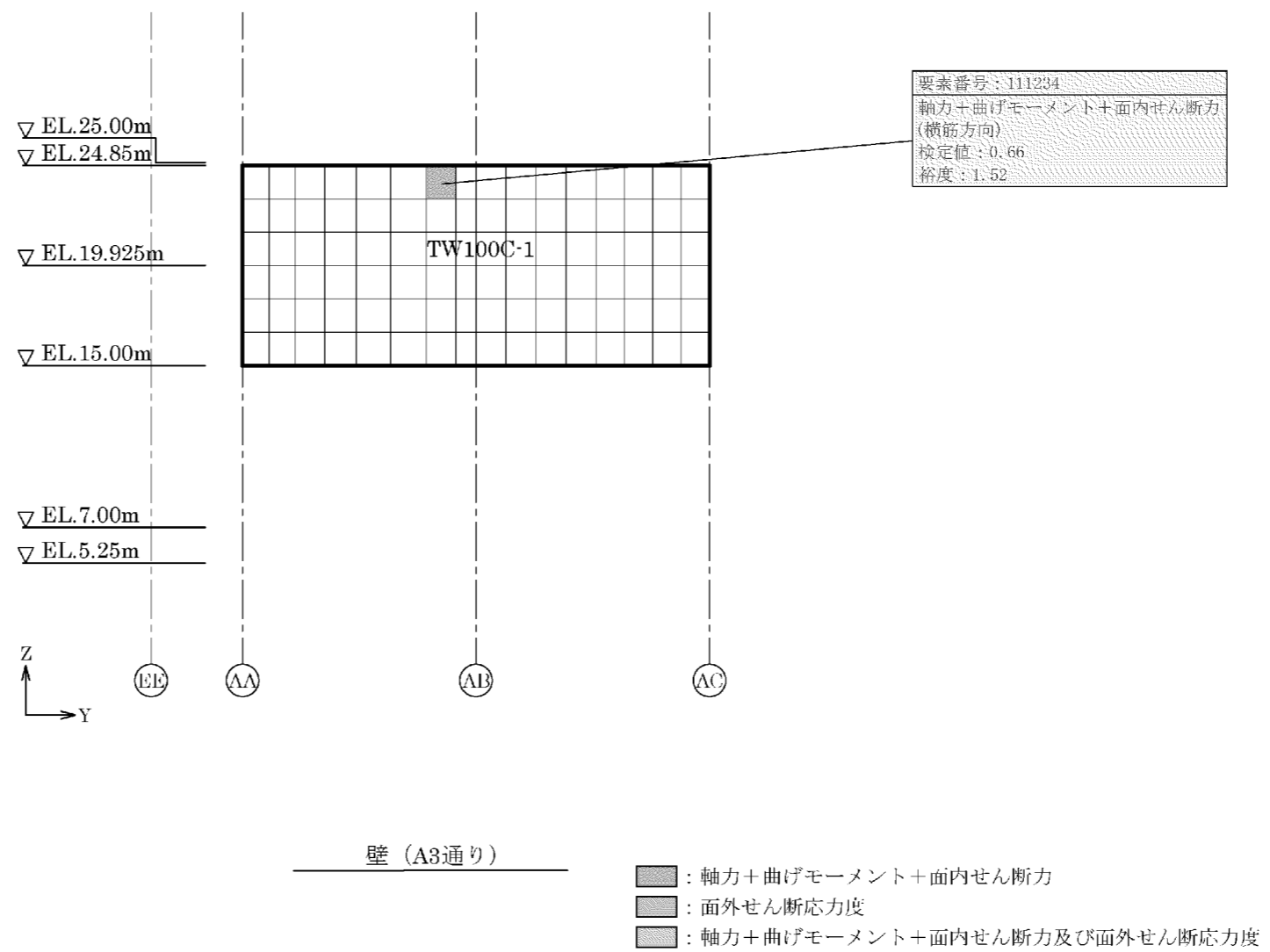
(注) は、断面の評価対象部位を示す。



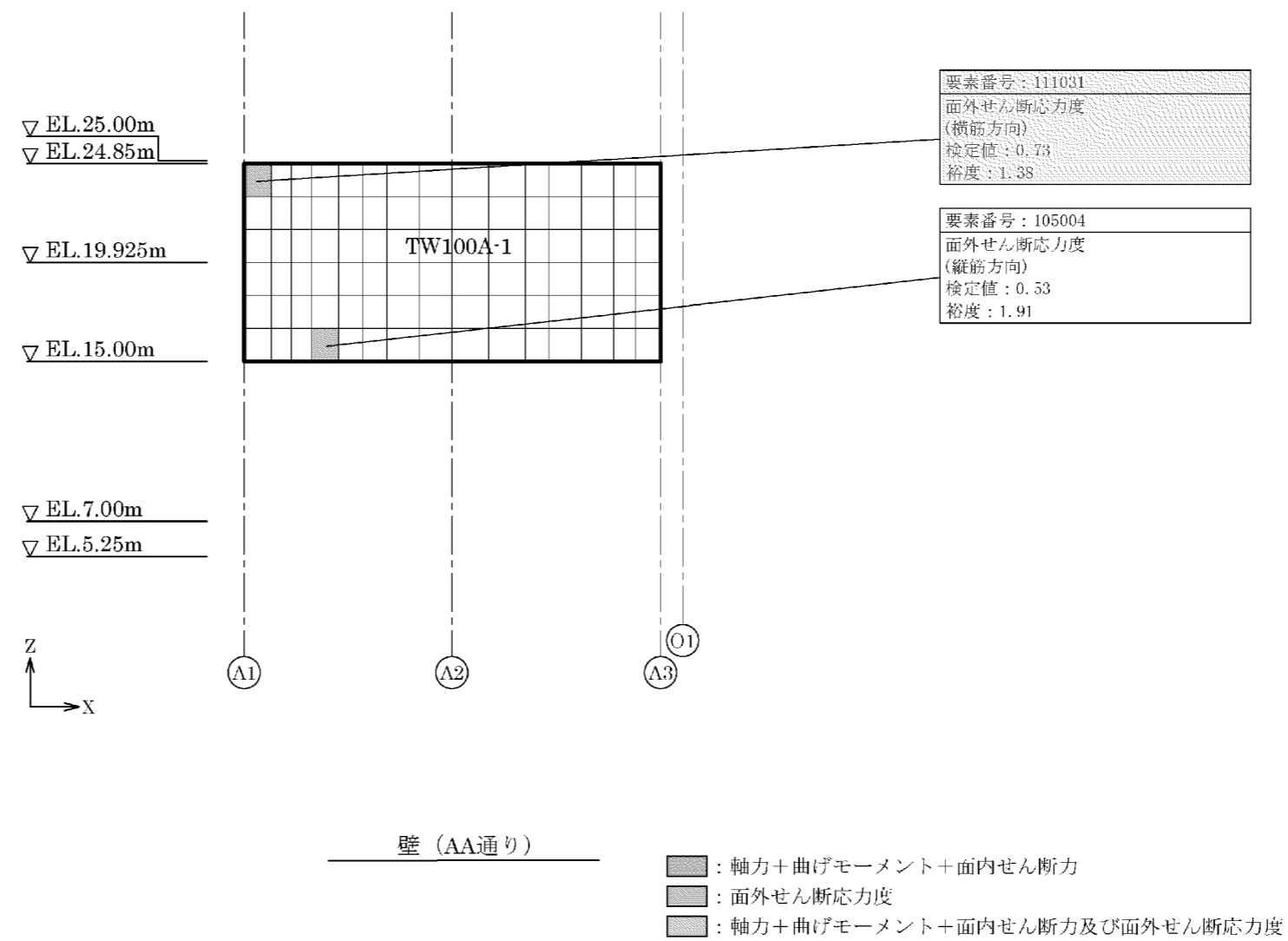
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(1/8)



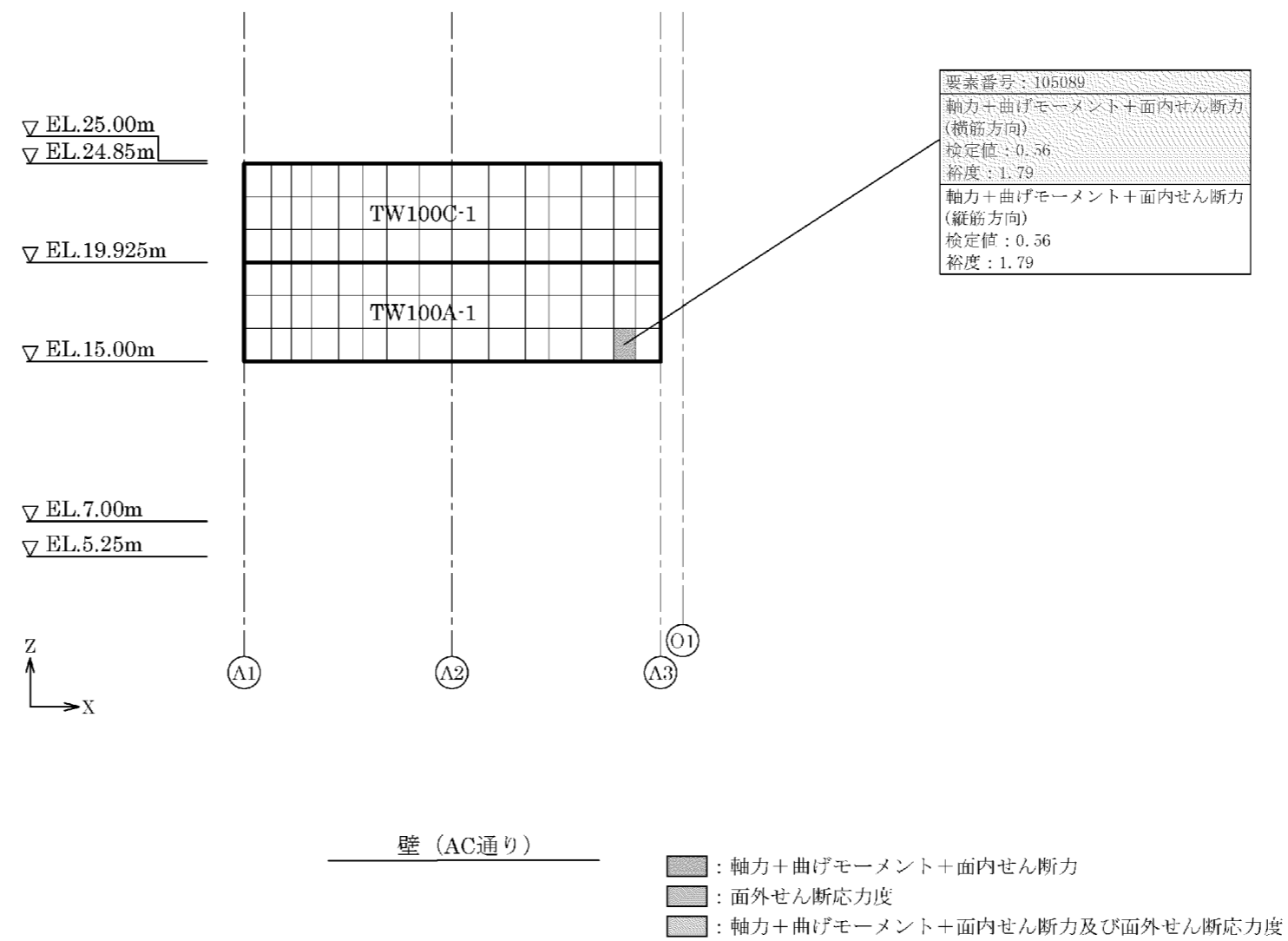
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(2/8)



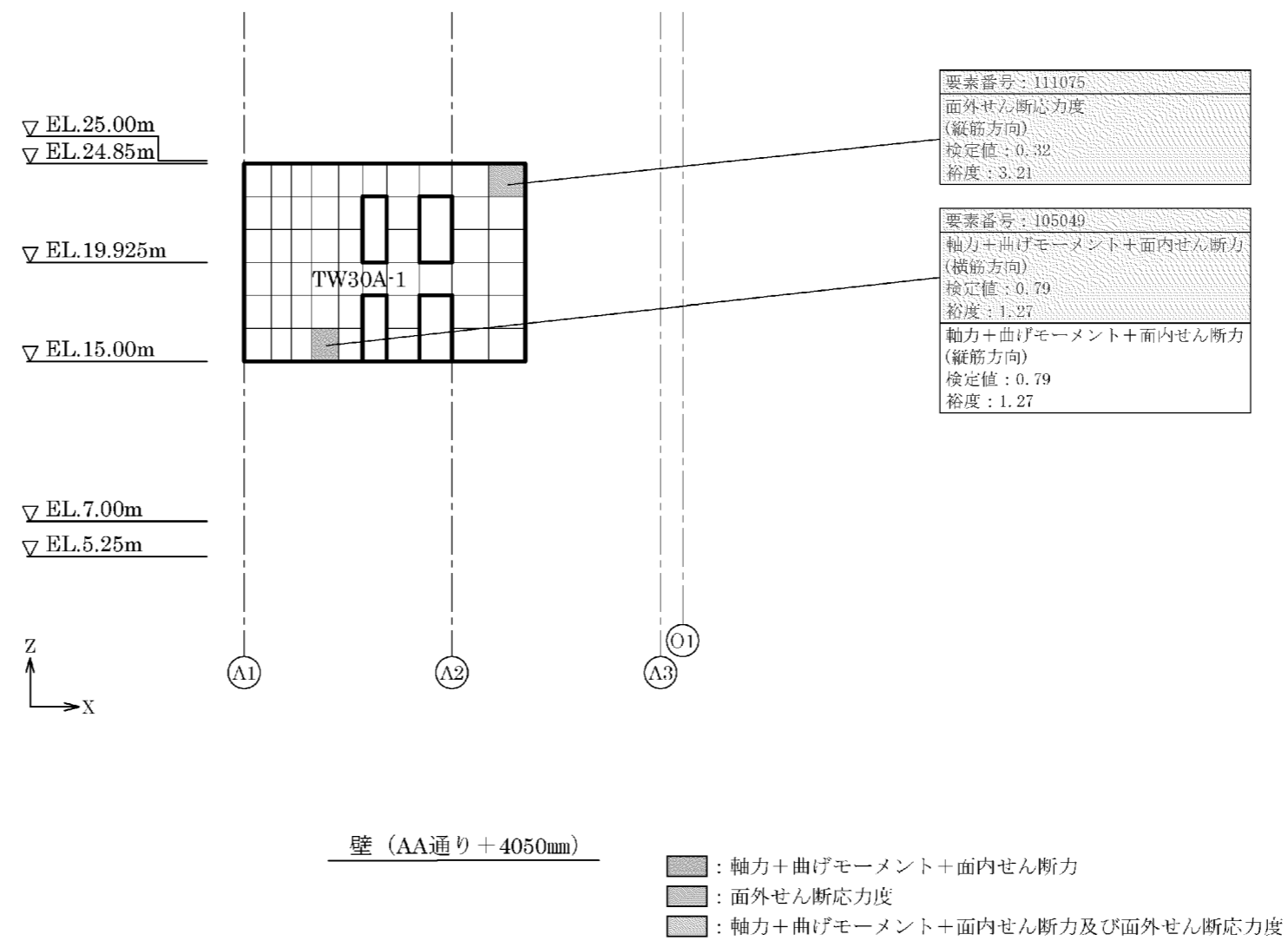
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(3/8)



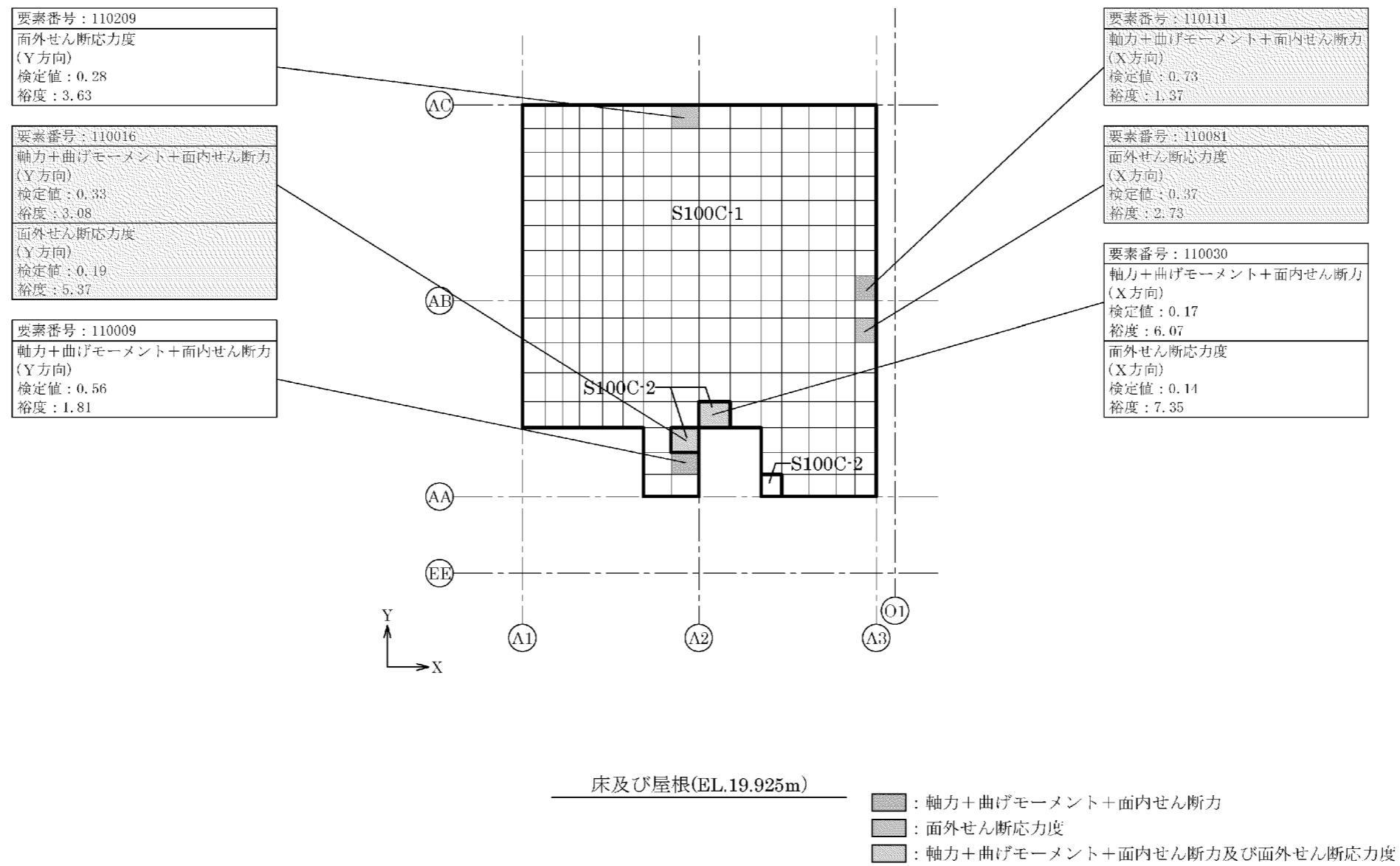
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(4/8)



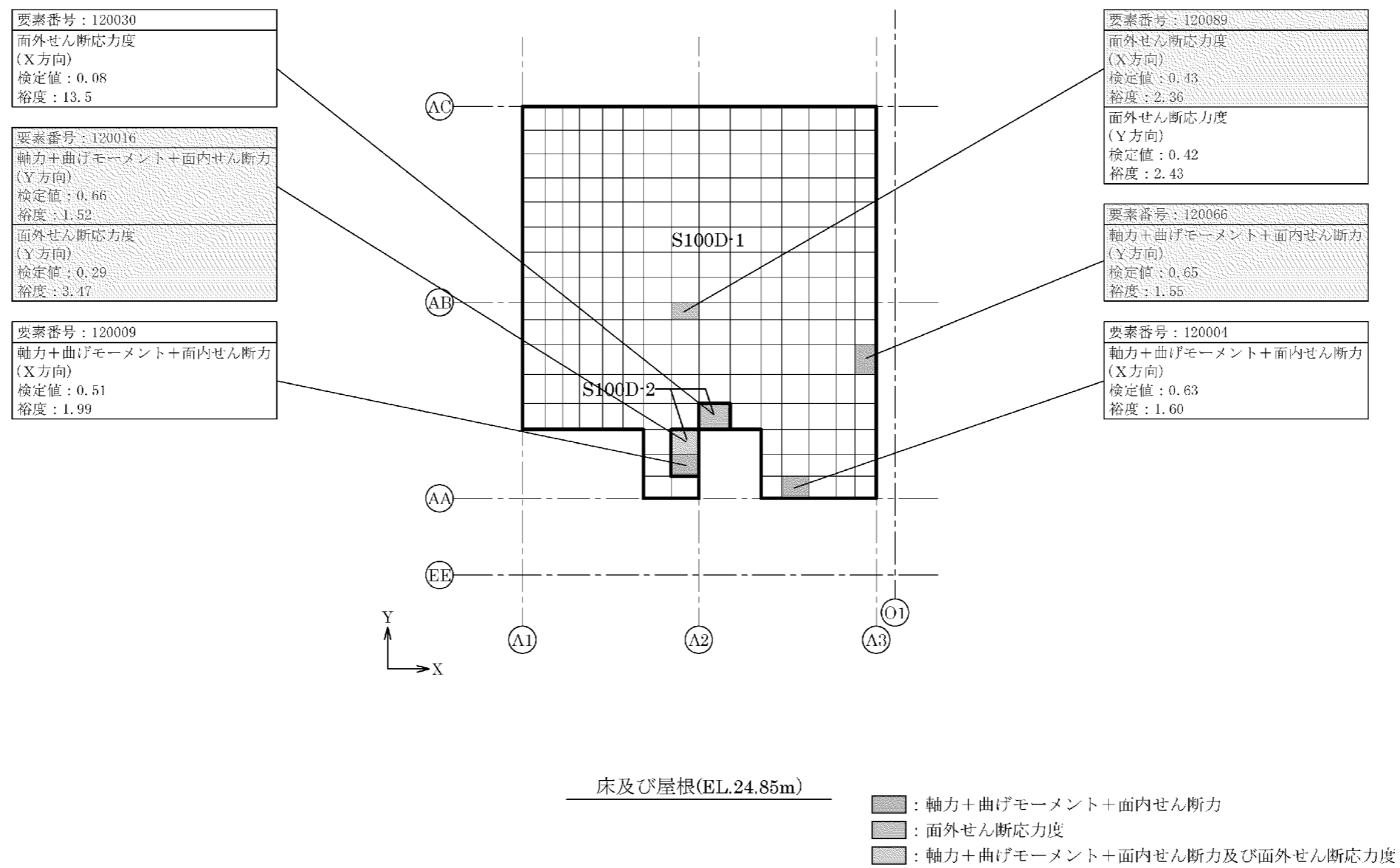
第 5-2 図 応力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果(5/8)



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。

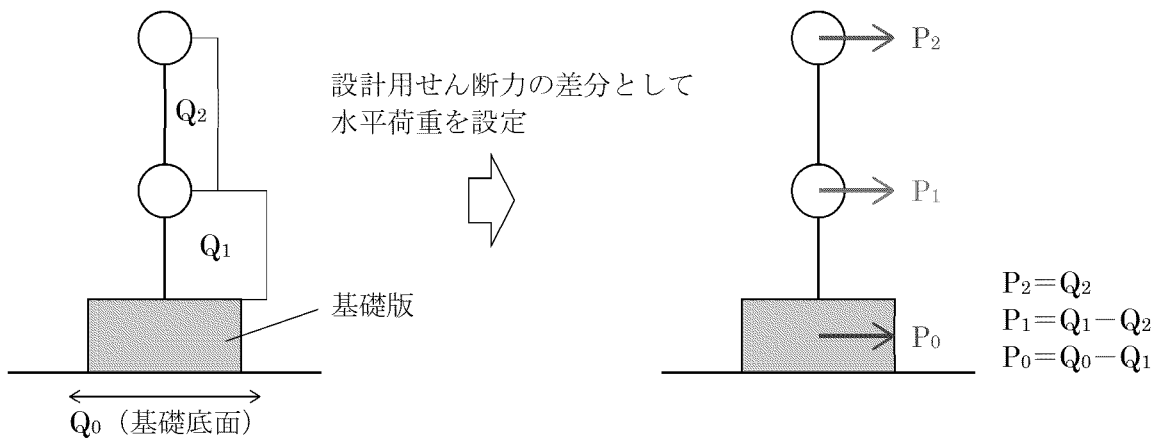
- ・添付資料 12-16-2 「緊急時対策棟の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-4 「緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書」
- ・添付資料 12-16-5 「緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書」

2. 地震荷重等の入力方法

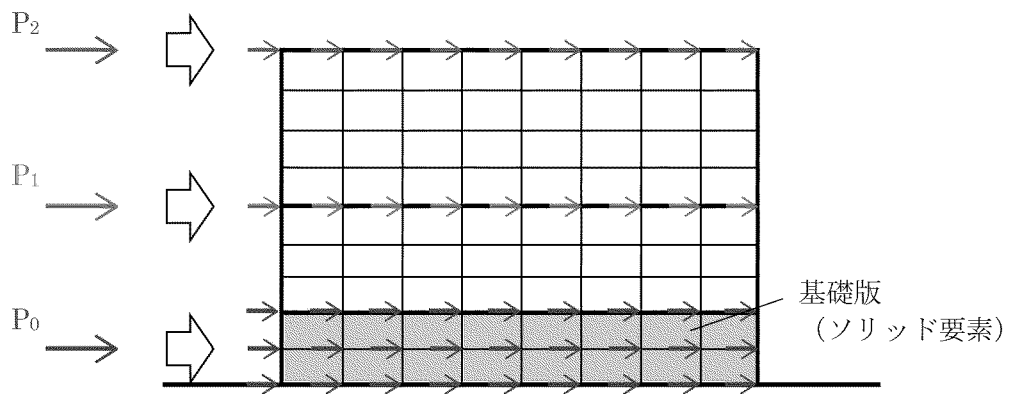
2.1 地震荷重

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。

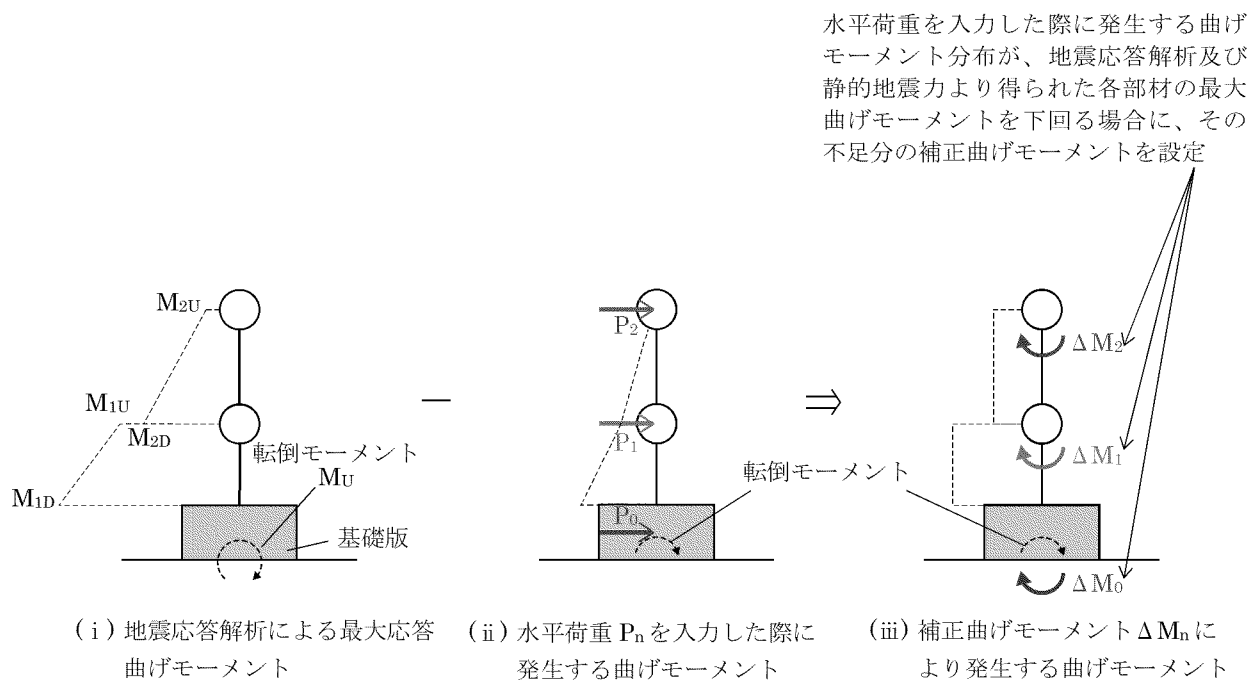


(a) 地震荷重の設定方法 (最大応答せん断力 Q_n と水平荷重 P_n の関係)

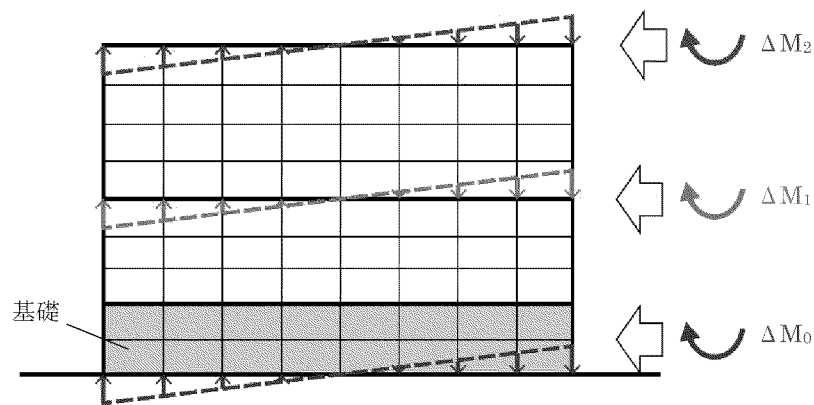


(b) FEM モデルに作用させる水平力

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)

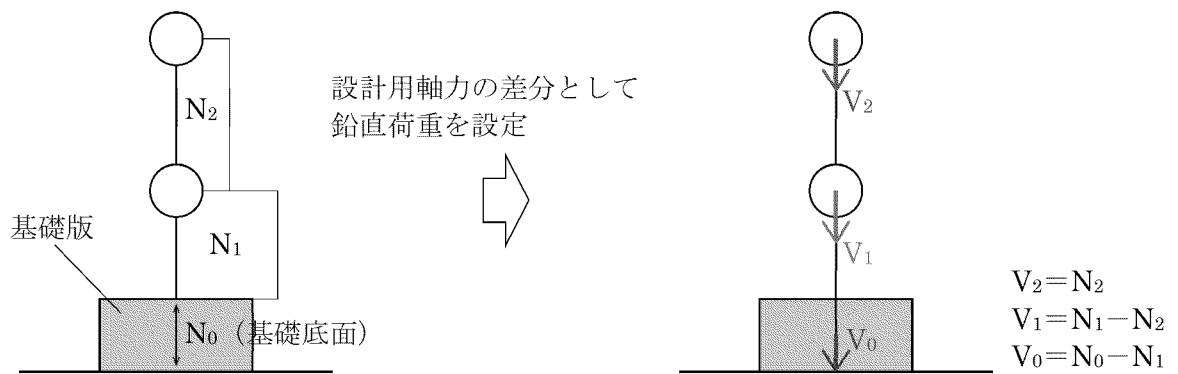


(a) 地震荷重の設定方法

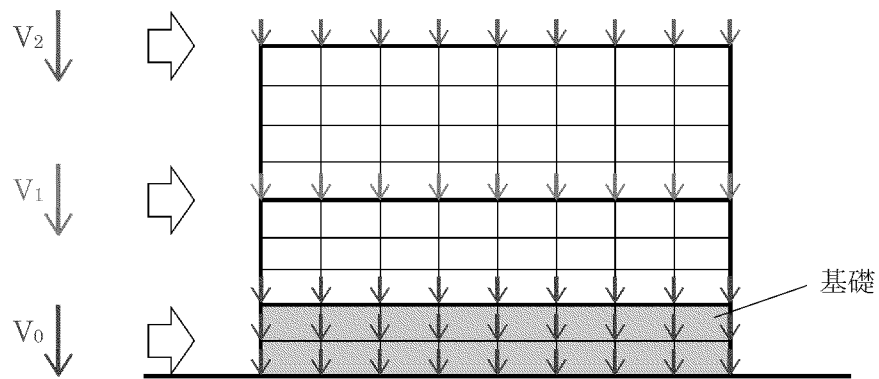


(b) FEM モデルに作用させる鉛直力

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）

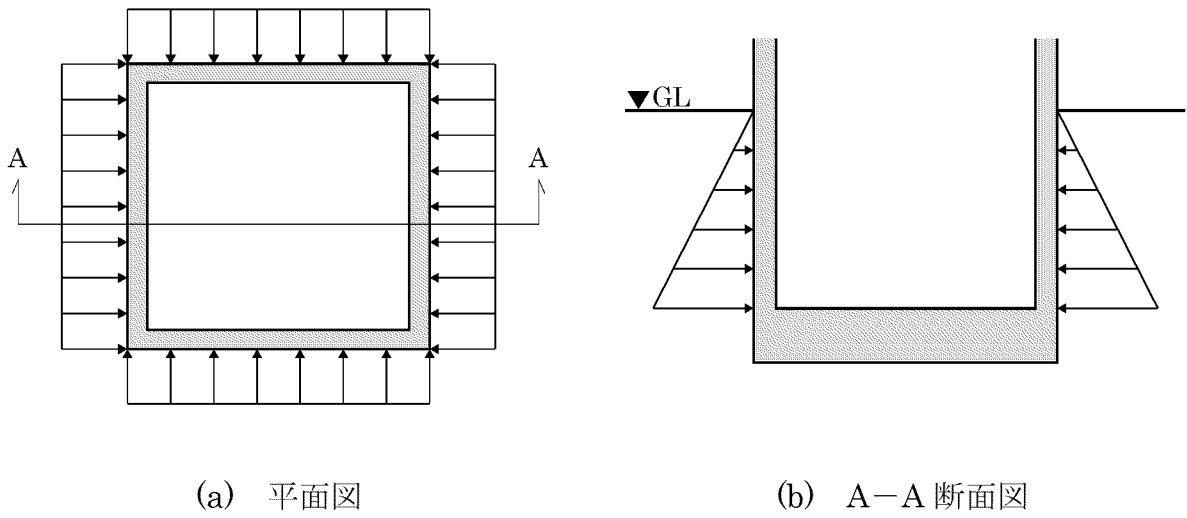
2.2 土圧荷重

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。

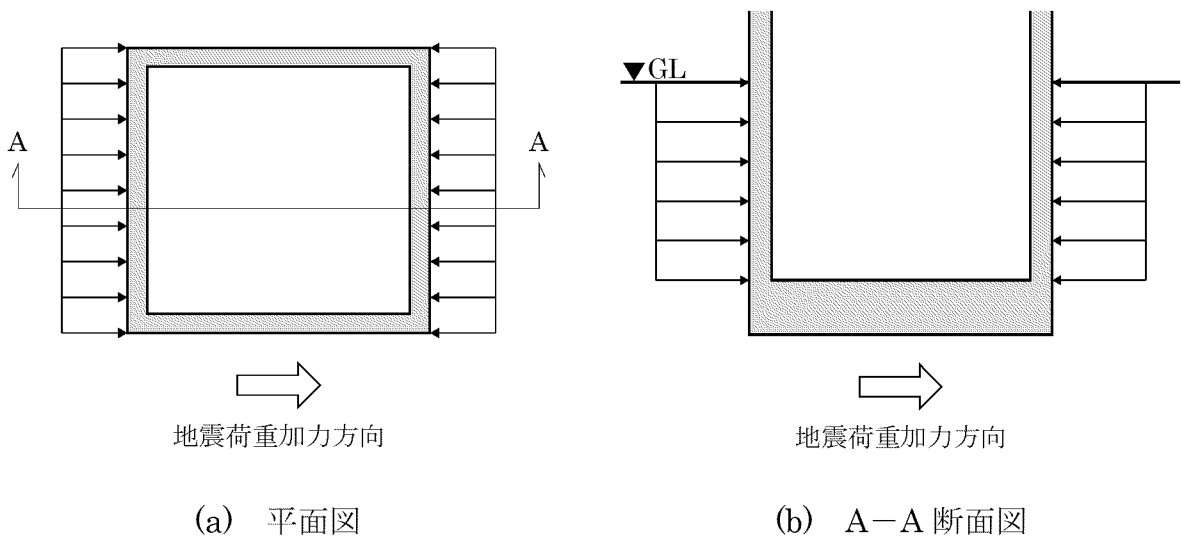
地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき設定する。ここで、地震時増分土圧は、加力側及び支持側に対してそれぞれ算出されるが、評価においては、両者の包絡値を加力側及び支持側両方に考慮する。地震時増分土圧荷重を入力する壁は、地震荷重加力方向に直交する地下外壁とし、内向きの荷重として入力する。

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/m²)

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) ^(注)

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)

γ : 土の単位体積重量(tf/m³)

側方地盤の単位体積重量を用いる。

γ' : 土の水中単位体積重量(= $\gamma - \gamma_w$)(tf/m²) ^(注)

γ_w : 地下水の単位体積重量(tf/m³) ^(注)

q : 地表面に作用する表面載荷荷重(tf/m²)

(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/m²)

$\rho = \gamma / g$: 地盤一般部の密度(tf・s²/m⁴)

γ : 地盤の単位体積重量(tf/m³)

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/s²)

H_a : 地盤一般部の厚さ(m)

α_{\max} : 地表面の最大加速度(m/s²)

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/m²)

β_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)

$$F = \sum m_i \alpha_i$$

m_i : 建屋各質点の質量

α_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。

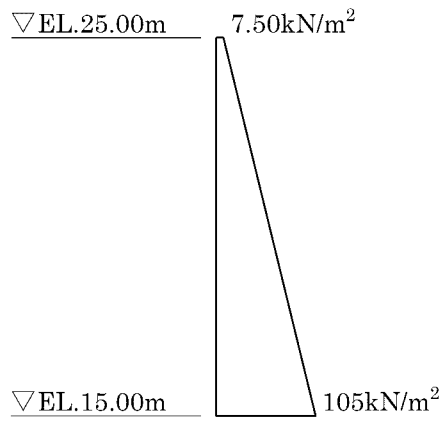
第3-1表 土圧荷重の評価条件

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 ^(注1) (玄武岩) ^(注2)	0.14 (0.26) ^(注3)
16.86m～15.27m	埋戻土 ^(注1) (八ノ久保砂礫層) ^(注2)	0.15 (0.26) ^(注3)
15.27m～15.00m	埋戻土 ^(注1) (砂岩) ^(注2)	0.16 (0.26) ^(注3)

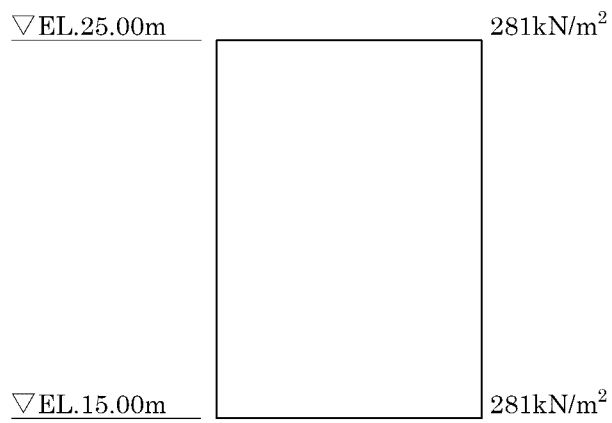
(注1) 現状地盤は岩盤であるが、施工時の掘削に伴い埋戻土として評価

(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/m²)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 B₁ 断面及び B₂ 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。

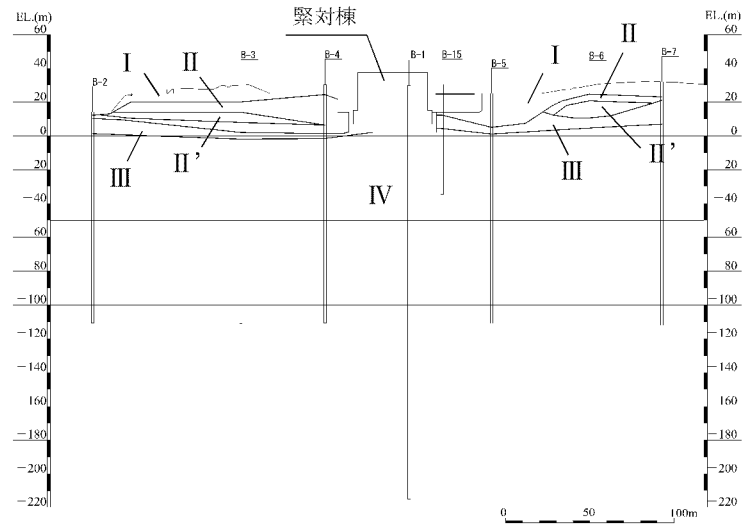
検討に用いる地震動は、応答スペクトルに基づく地震動である基準地震動 S_{s-1} とする。

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。

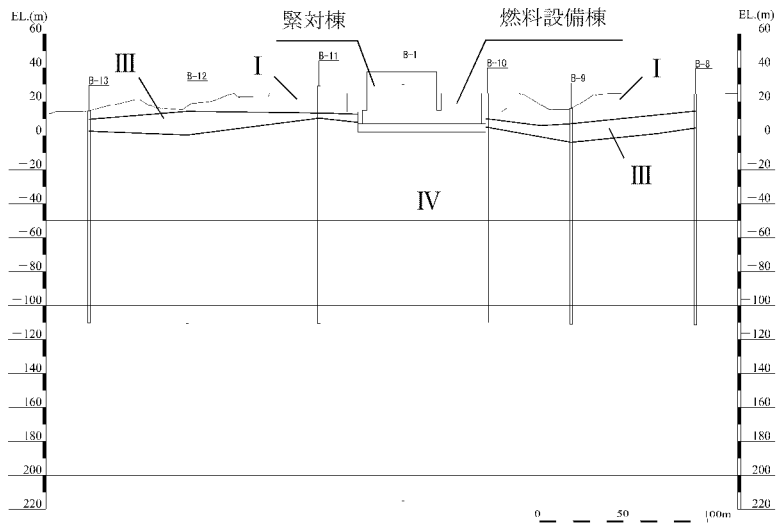


速度層 区分	Vs (注) (km/s)	Vp (注) (km/s)
I	0.26	0.92
II	0.84	2.06
II'	2.32	4.46
III	0.75	2.22
IV	1.62	3.36

(注) VsはS波速度、VpはP波速度を示す。

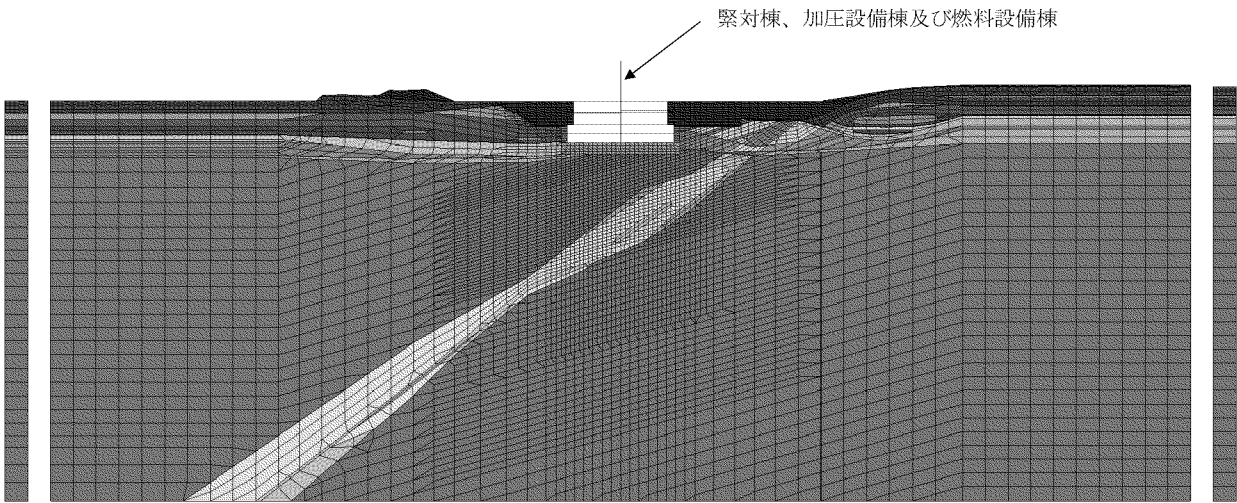


(a) B₁断面

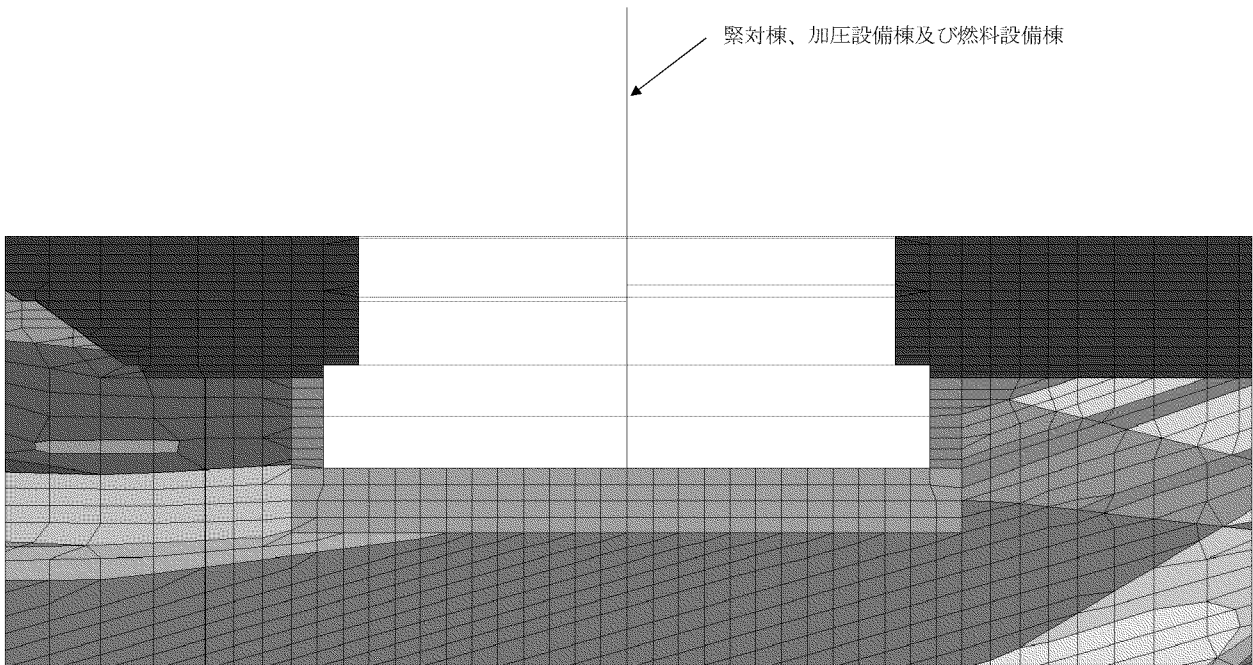


(b) B₂断面

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

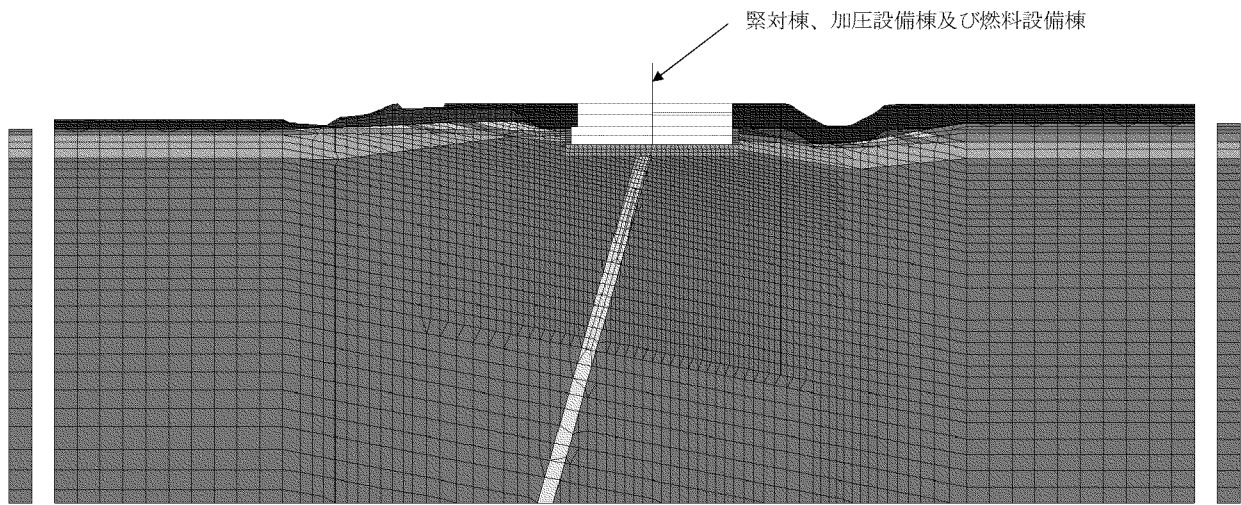


(a) B₁断面

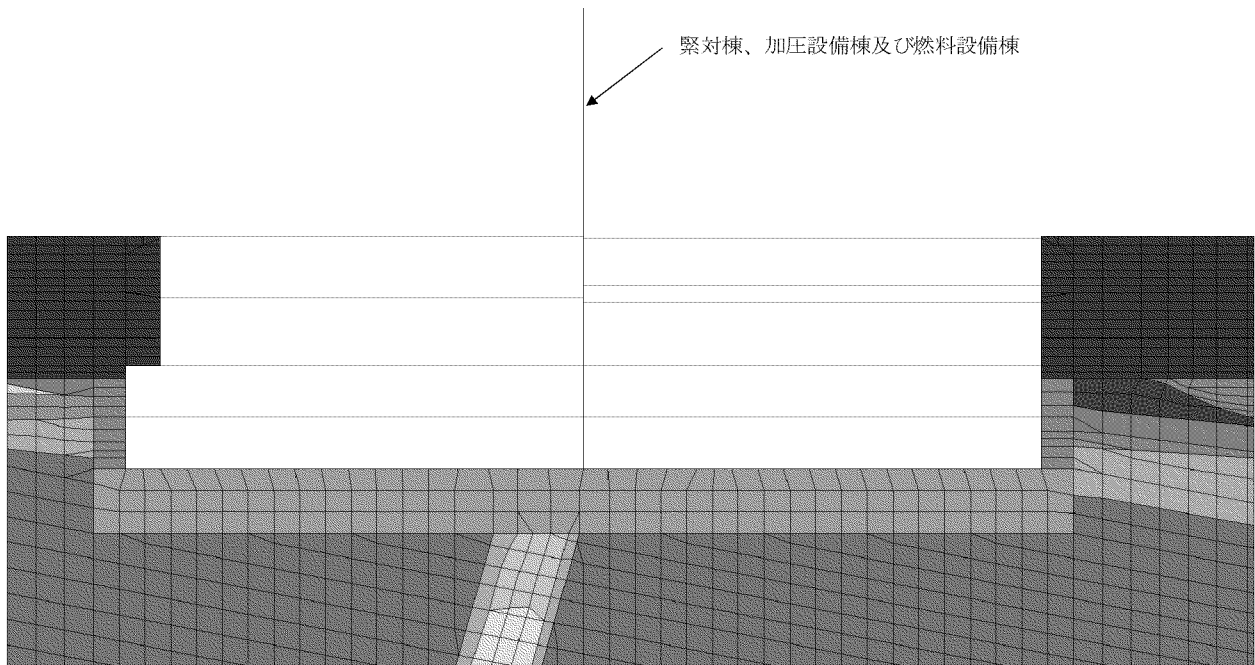


(b) 建屋周辺拡大図

第2-2図 地震応答解析モデル (B₁断面)






























(a) B₂断面



(b) 建屋周辺拡大図

第2-3図 地震応答解析モデル (B₂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 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	凡例 ^(注)	
砂岩	㉔	I	0.26	22.3	0.46	1.53×10^5		
		III	0.75	22.3	0.44	1.28×10^6		
		IV	1.62	22.3	0.35	5.96×10^6		
頁岩	㉔	I	0.26	20.2	0.46	1.39×10^5		
		III	0.75	20.2	0.44	1.16×10^6		
		IV	1.62	20.2	0.35	5.41×10^6		
砂・頁岩	㉕㉖	III	0.75	23.0	0.44	1.32×10^6		
		IV	1.62	23.0	0.35	6.17×10^6		
玄武岩	㉗	II'	2.32	27.7	0.31	1.52×10^7		
		㉘	I	0.26	24.0	0.46	1.66×10^5	
	II		0.84	24.0	0.40	1.73×10^6		
	II'		2.32	24.0	0.31	1.32×10^7		
	㉙	I	I	0.26	19.7	0.46	1.36×10^5	
			II	0.84	19.7	0.40	1.42×10^6	
			II'	2.32	19.7	0.31	1.08×10^7	
			III	0.75	19.7	0.44	1.13×10^6	
		IV	1.62	26.5	0.35	7.09×10^6		
	玢岩	㉚	III	0.75	26.3	0.44	1.51×10^6	
IV			1.62	26.3	0.35	7.03×10^6		
㉛		I	0.26	20.8	0.46	1.43×10^5		
		III	0.75	20.8	0.44	1.19×10^6		
		IV	1.62	20.8	0.35	5.56×10^6		
		IV	1.62	20.8	0.35	5.56×10^6		
凝灰岩	㉜	I	0.26	18.6	0.46	1.28×10^5		
		II	0.84	18.6	0.40	1.34×10^6		
八ノ久保 砂礫層	-	I	0.26	19.6	0.46	1.35×10^5		
		III	0.75	19.6	0.44	1.13×10^6		

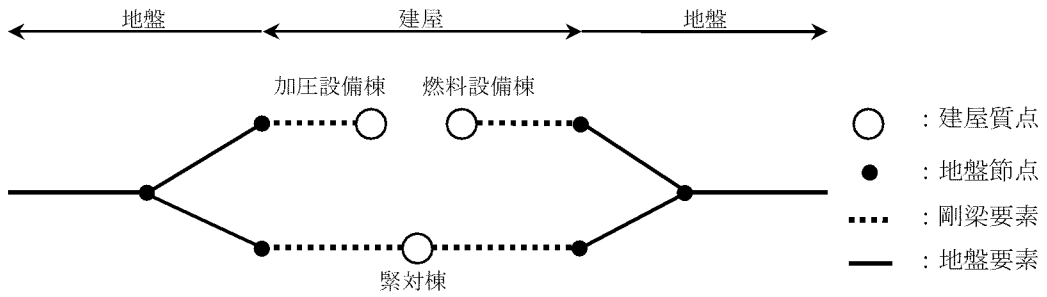
(注) 第2-2図及び第2-3図に対応する凡例を示す。

第 2-1 表 地盤定数(2/2)

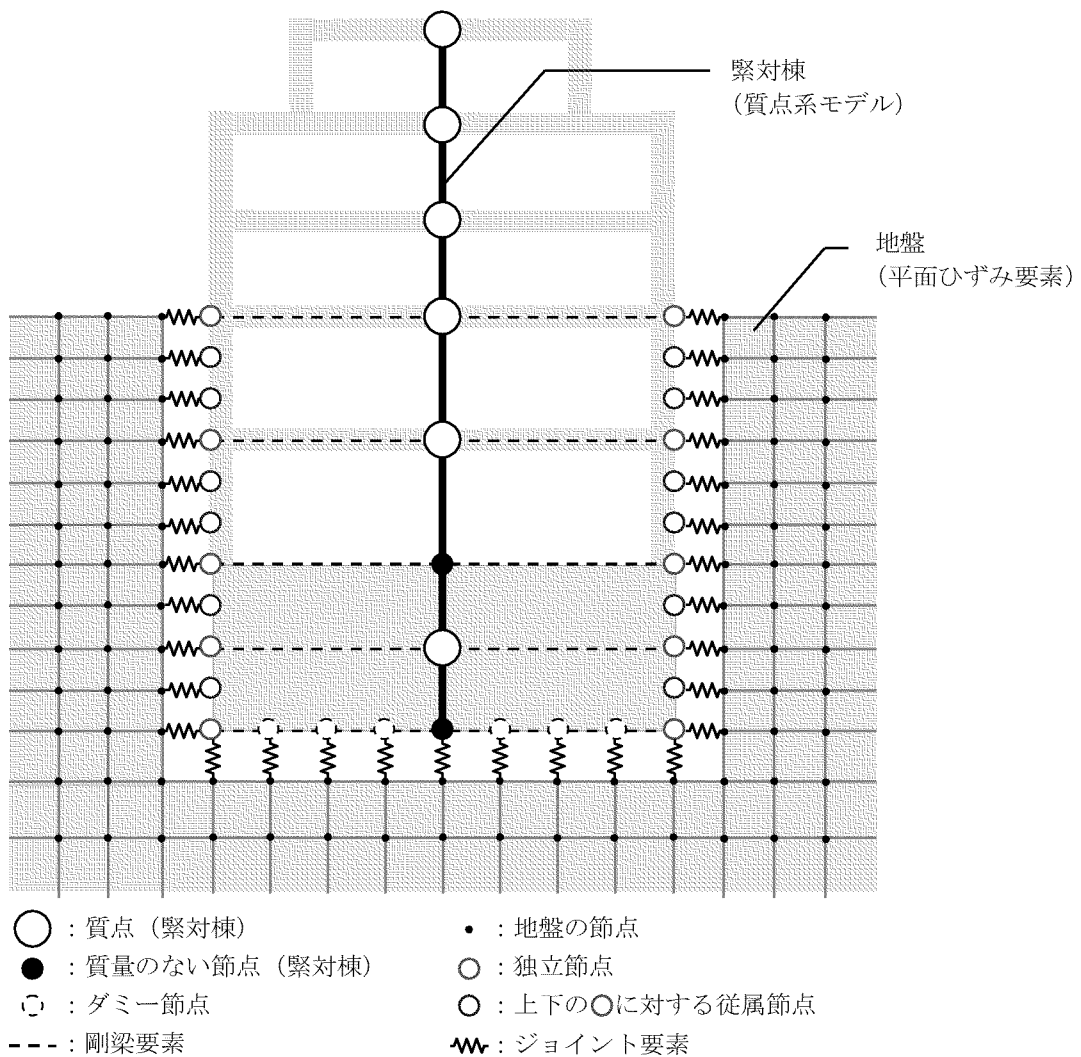
岩種		せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	凡例 ^(注2)
埋戻土 ^(注1)	EL.25.00～ 14.00m	0.09	19.5	0.45	1.69×10 ⁴	■
	EL.14.00～ 4.00m	0.15	19.5	0.45	4.23×10 ⁴	■
マンメイド ロック	18N/mm ²	1.95	23.5	0.20	9.17×10 ⁶	■

(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 (B₁断面)



(b) 緊対棟と地盤との結合要素 (B₁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

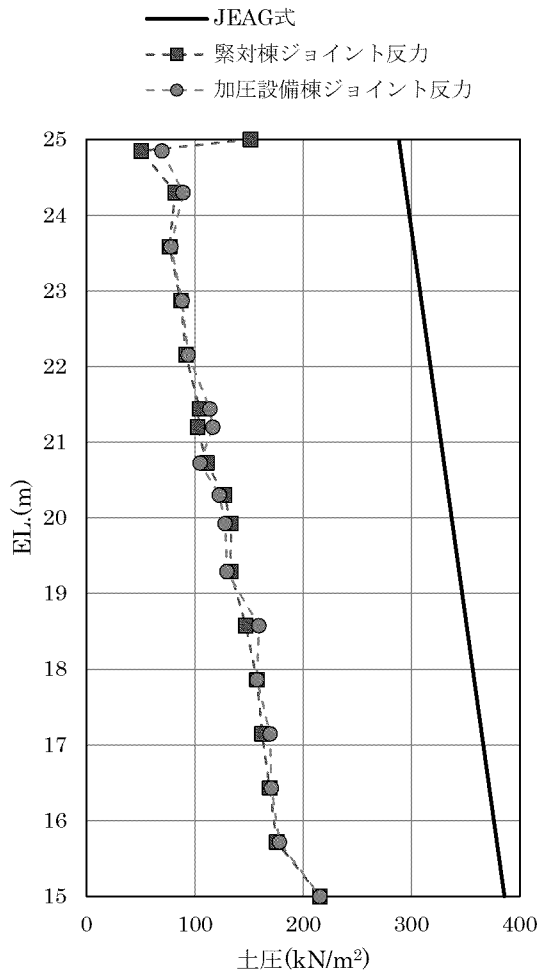
2次元地盤 FEM モデルの地震応答解析により算定した土圧荷重分布と JEAG 式による土圧荷重分布との比較結果を第 2-5 図及び第 2-6 図に示す。

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。

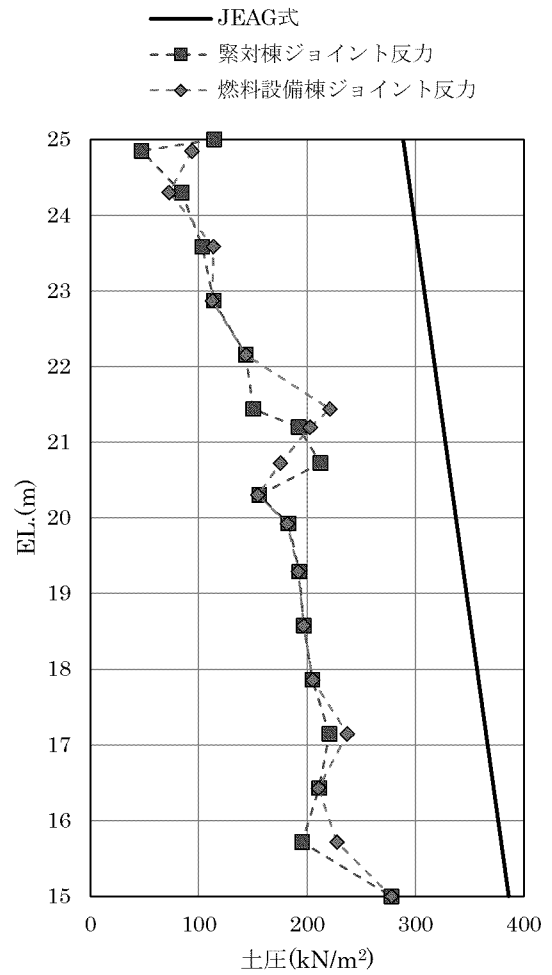
第 2-5 図より、土圧荷重が作用する EL.15.00m～EL.25.00m までの全域において、JEAG 式による土圧荷重がジョイント反力による土圧荷重を上回っており、JEAG 式により算出した土圧荷重が保守的な値となっていることが確認できる。



KEY PLAN



(a) X①側

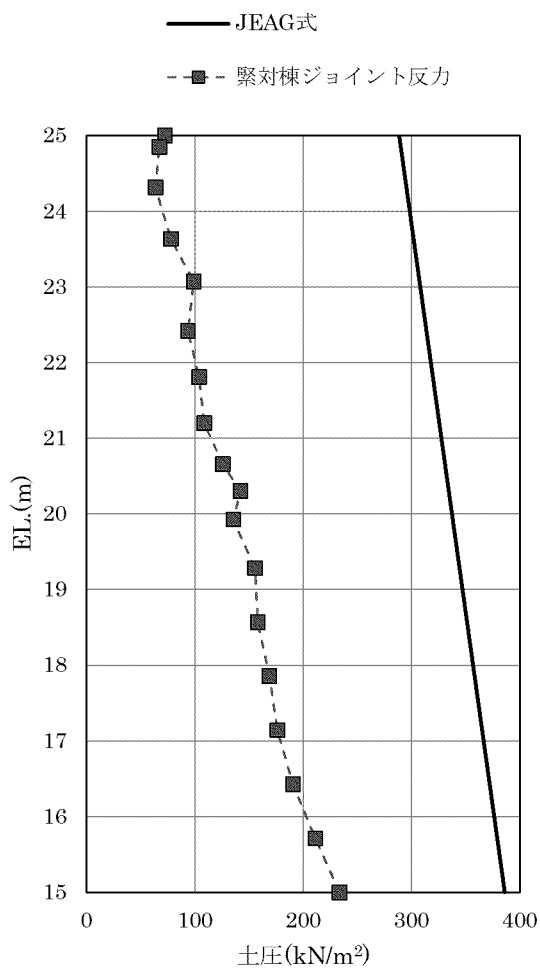


(b) X②側

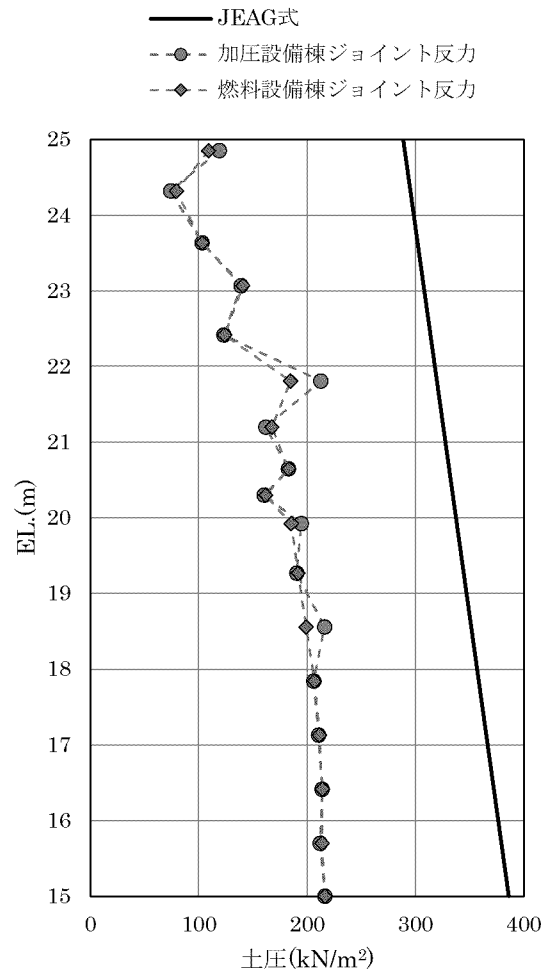
第2-5図 土圧荷重分布の比較 (B₁断面)



KEY PLAN



(a) Y①側



(b) Y②側

第2-6図 土圧荷重分布の比較 (B₂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。

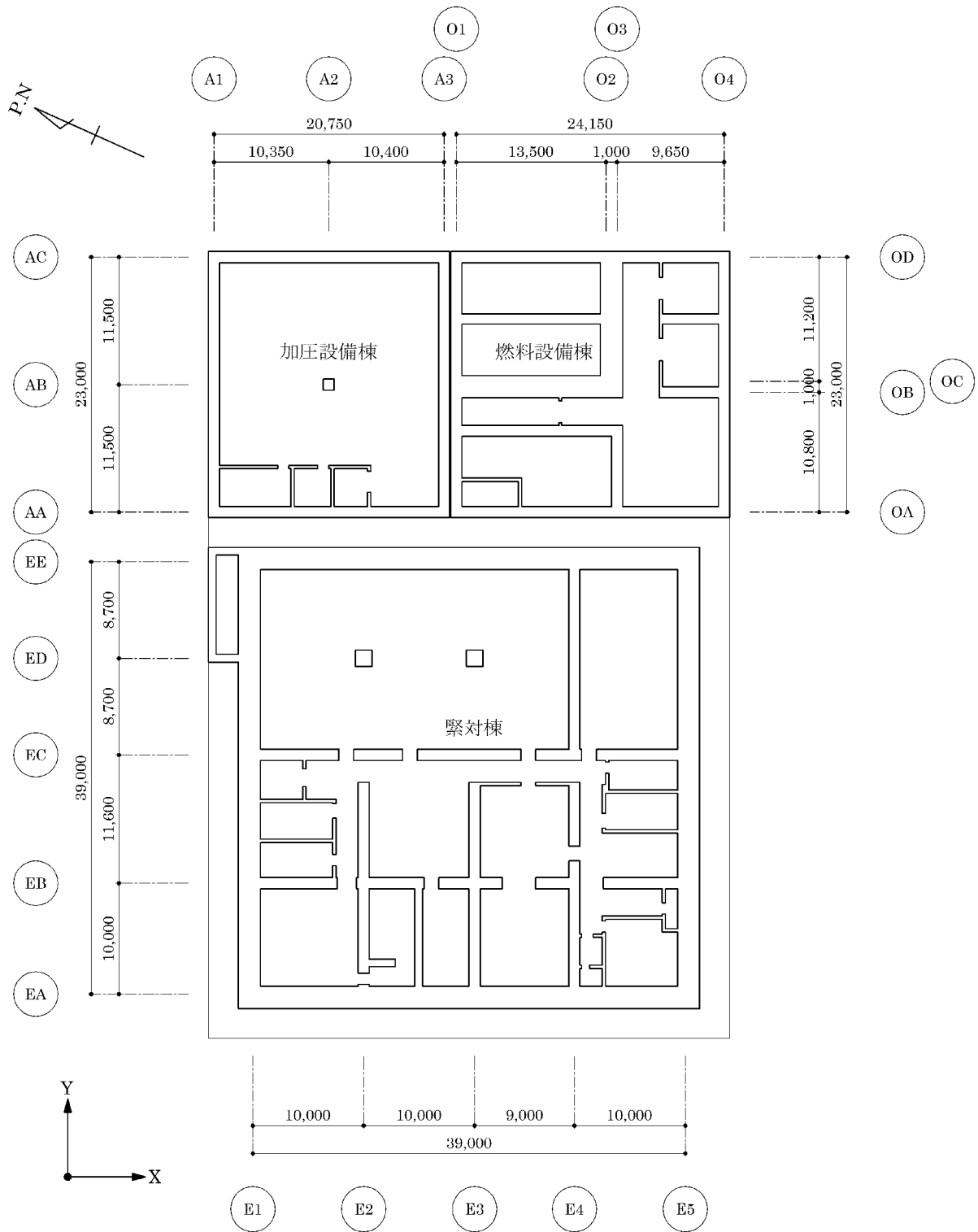
建物・構築物の耐震評価において、水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した評価結果と、水平方向及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた評価結果との比較を行うことで、組合せ係数法の適用性を確認する。

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° 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 ～ S_s-5 並びに弾性設計用地震動 S_d-1 ～ 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 ～ 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。

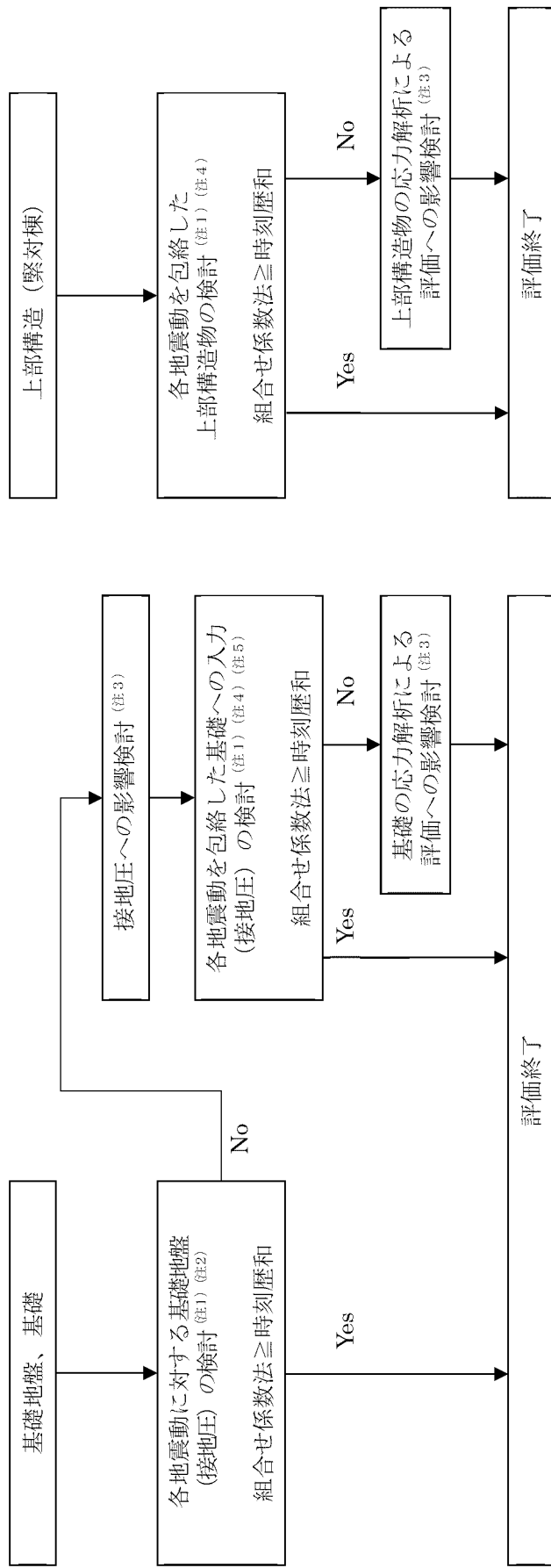
接地圧評価への影響検討並びに基礎及び上部構造物の応力解析による評価への影響検討を行う場合は、地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した応力評価結果に、上述の基本ケースの結果を用いて算出した割増係数を乗じて影響検討を行う。

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。

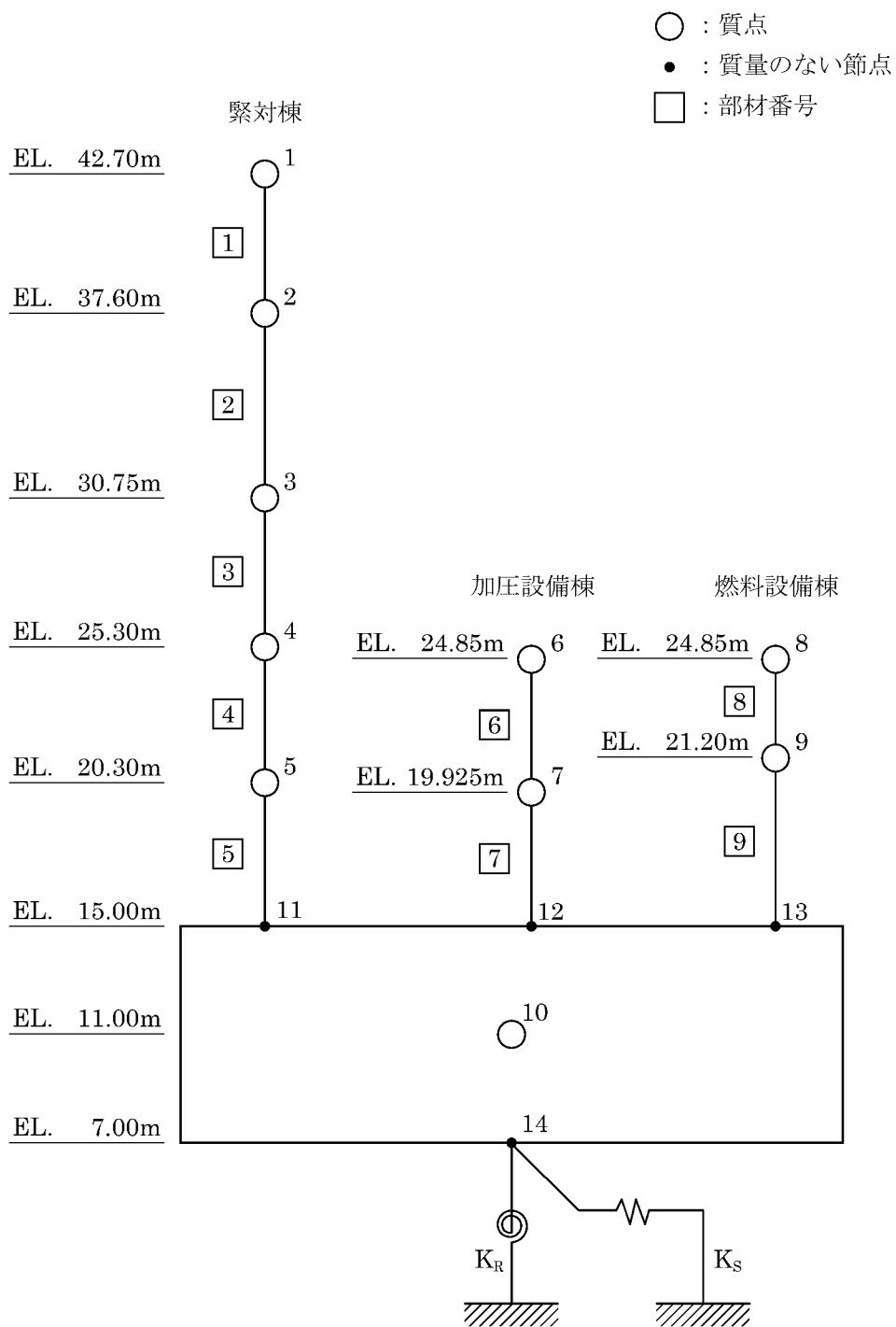
第1-2表 建物・構築物のアスペクト比

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



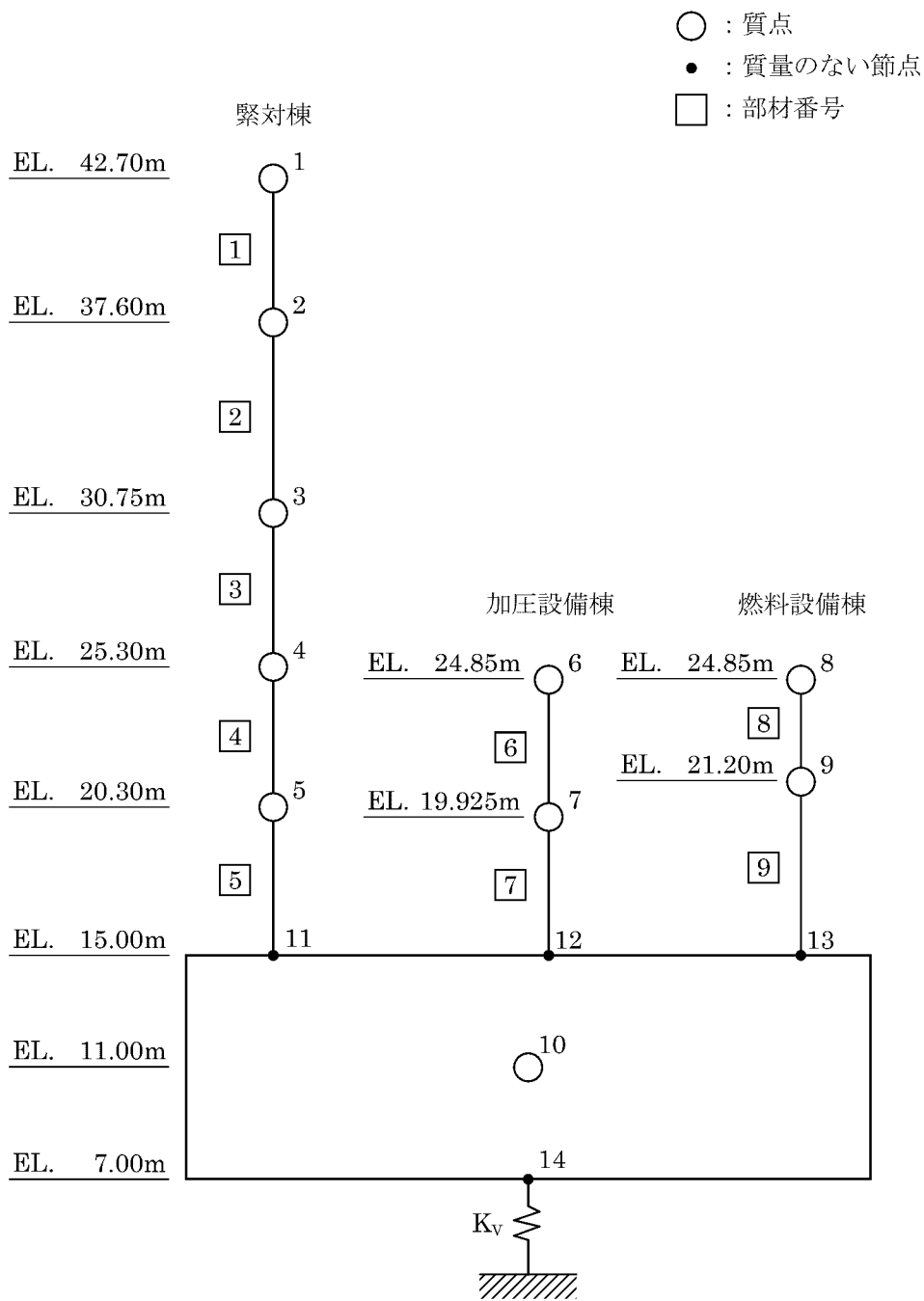
- (注1) 基本ケースによる検討
- (注2) 基準地震動 S_s 各波に対する検討
- (注3) 材料物性のばらつき等を考慮した検討
- (注4) 基準地震動 S_s 各波を包絡した検討
- (注5) 基礎へ入力される地震荷重は、接地圧との関連が深いため、基礎への入力の検討は、接地圧による検討を行う。

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。

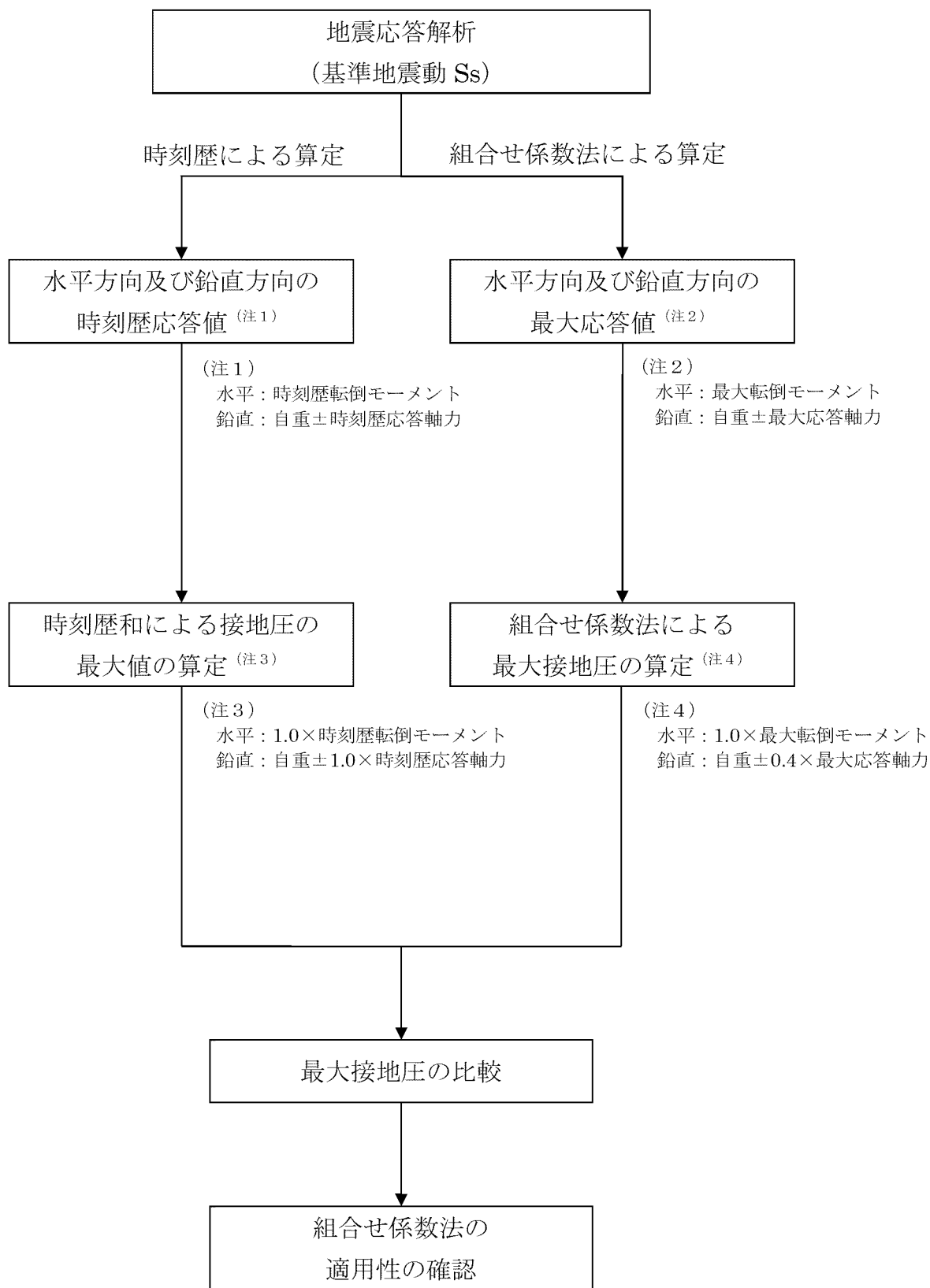
以上より、接地圧の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

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 ²)	0.906		0.749	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm ²)	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 ²)	0.784		0.643	
②時刻歴和による接地圧の最大値(N/mm ²)	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

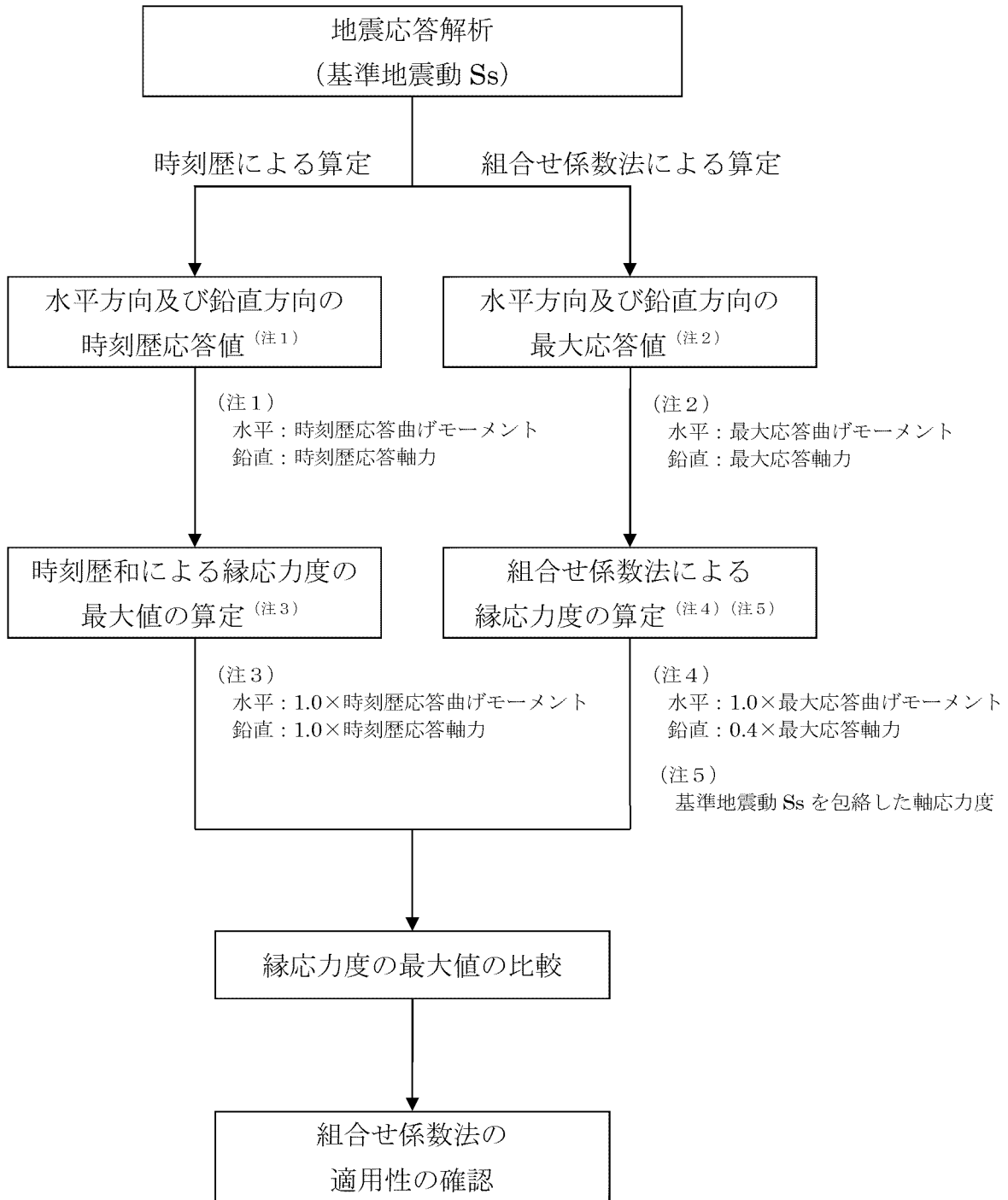
緊対棟の壁について、組合せ係数法による縁応力度と時刻歴和による縁応力度の最大値とを比較し、組合せ係数法による縁応力度が時刻歴和による縁応力度の最大値と同等又は保守的であることを確認することにより、上部構造の評価において、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

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。

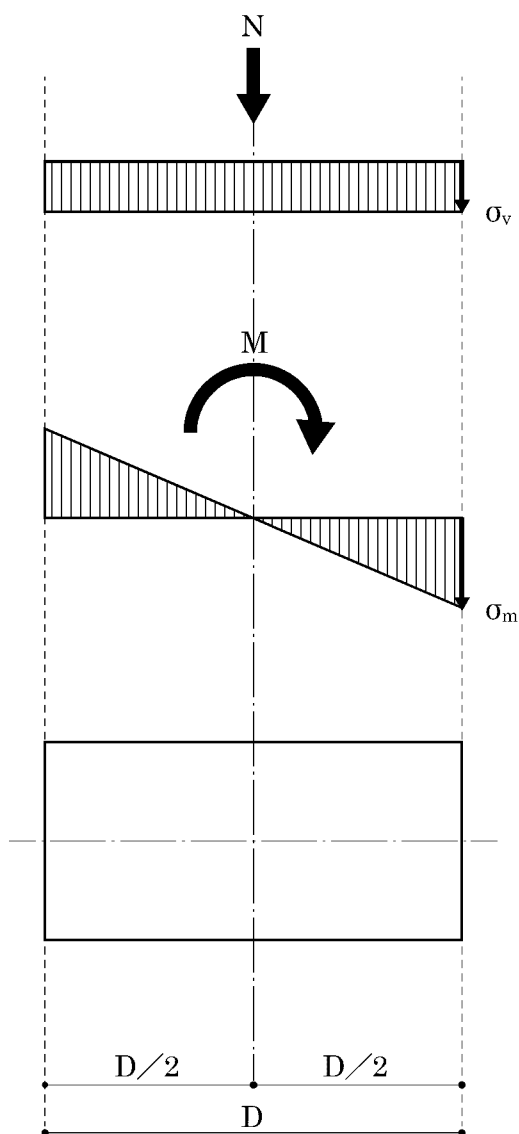
壁の縁応力度は、最大応答曲げモーメント及び最大応答軸力に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力から算定している。

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

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

ここで、

σ_v : 鉛直地震動による軸応力度
(N/mm^2)

N : 応答軸力(N)

A_i : i 層の断面積(mm^2)

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

ここで、

σ_m : 水平地震動による縁応力度
(N/mm^2)

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

Z_i : i 層の断面係数(mm^3)

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

I_i : i 層の断面 2 次モーメント(mm^4)

D : 建屋幅(mm)

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

2.2.2 検討結果

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））^(注)

(a) 基準地震動 Ss-1

方向	部材番号	組合せ係数法 における縁応力度 (N/mm ²)		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm ²)	縁応力度の 最大値の比 (①/③)	縁応力度の 最大値の比 (②/③)
		① Ss-1	② Ss 包絡			
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 ²)		③ 時刻歴和に よる 縁応力度 (N/mm ²)	縁応力度の 最大値の比 (①/③)	縁応力度の 最大値の比 (②/③)
		① Ss-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。