

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-014-02改01
提出年月日	2023年5月31日

VI-2-11-2-1-1 1号機原子炉建物の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-11-2-1-1 R0

2023年5月

中国電力株式会社

## 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 評価方法	10
3.1 評価対象部位及び評価方針	10
3.2 設計に用いる地震波	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	16
3.4 許容限界	17
3.5 解析方法	18
3.5.1 地震応答解析モデル	18
3.5.2 解析方法	26
3.5.3 建物・構築物の復元力特性	27
3.5.4 材料物性の不確かさ等	40
3.6 評価方法	42
3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法	42
4. 評価結果	43
4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果	43
4.1.1 層間変形角の評価結果	43
4.1.2 せん断ひずみの評価結果	44

## 1. 概要

本資料は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、1号機原子炉建物が制御室建物及び廃棄物処理建物に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

その波及的影響の評価は、制御室建物及び廃棄物処理建物の有する機能が保持されることを確認するために、施設の損傷、転倒及び落下等による影響では、1号機原子炉建物の構造物全体としての変形性能の評価を実施する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

1号機原子炉建物の設置位置を図2-1に示す。

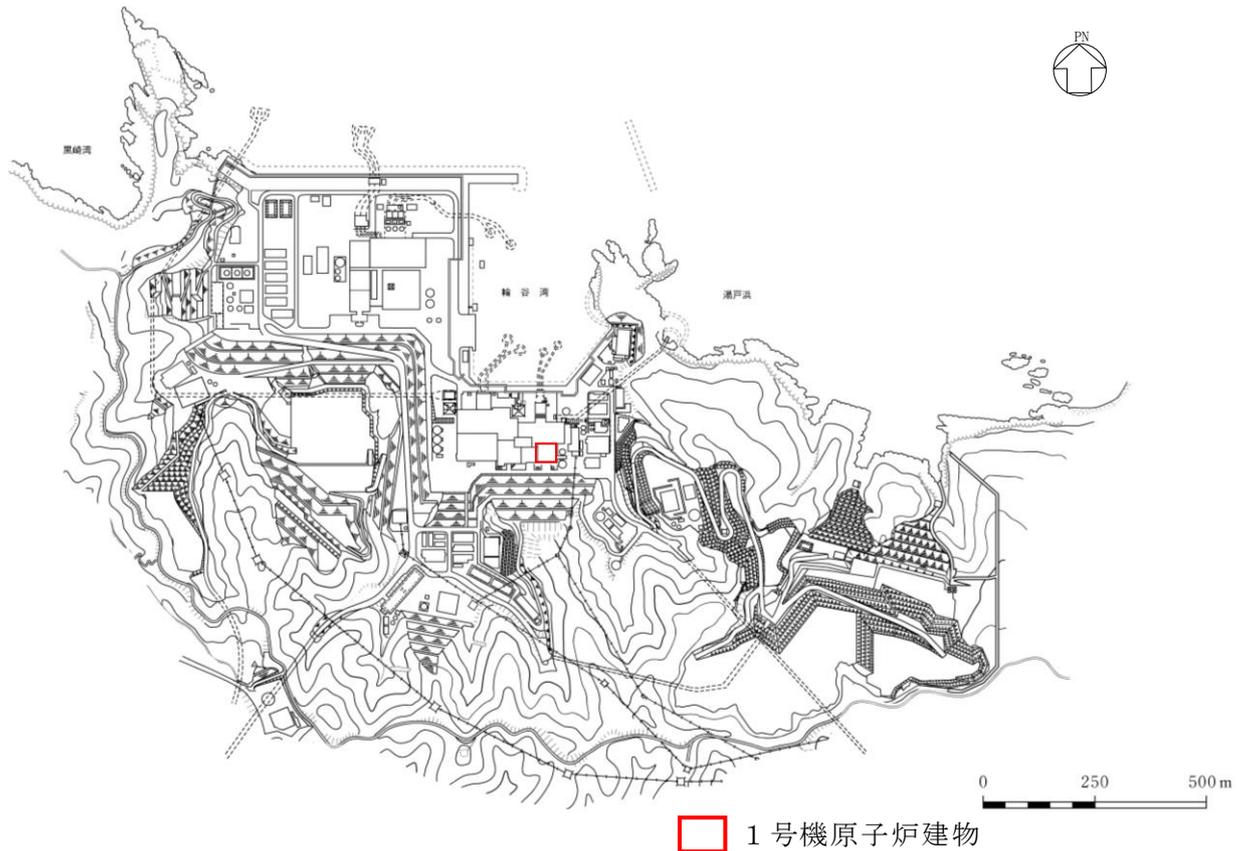


図2-1 1号機原子炉建物の設置位置

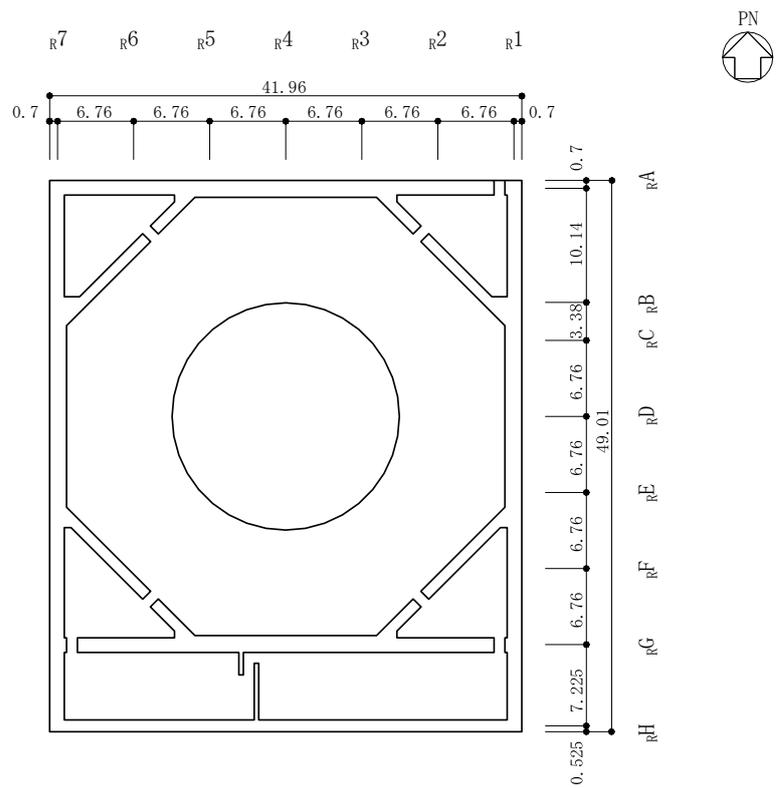
## 2.2 構造概要

1号機原子炉建物は、地上5階、地下1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物である。1号機原子炉建物の概略平面図を図2-2に、概略断面図を図2-3に、建物配置図を図2-4に示す。

1号機原子炉建物の平面は、49.01m\*（NS）×41.96m\*（EW）であり、基礎スラブ底面からの高さは59.7mである。

1号機原子炉建物の基礎は厚さ3.0mのべた基礎で、岩盤に直接設置している。

注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。



(単位:m)

図 2-2 1号機原子炉建物の概略平面図 (EL 3.1m\*)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

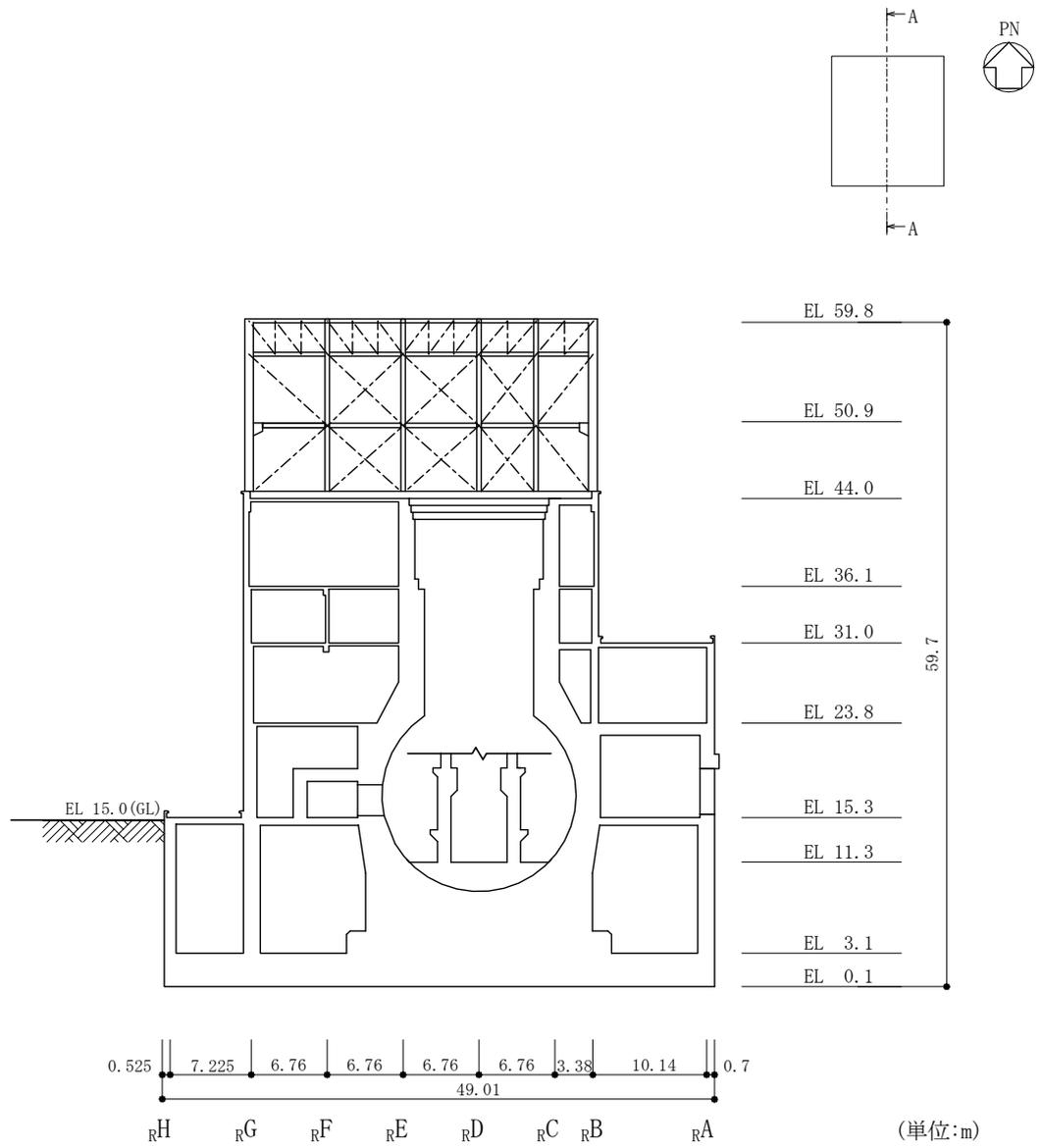


図 2-3(1) 1号機原子炉建物の概略断面図 (A-A断面, N S 方向)

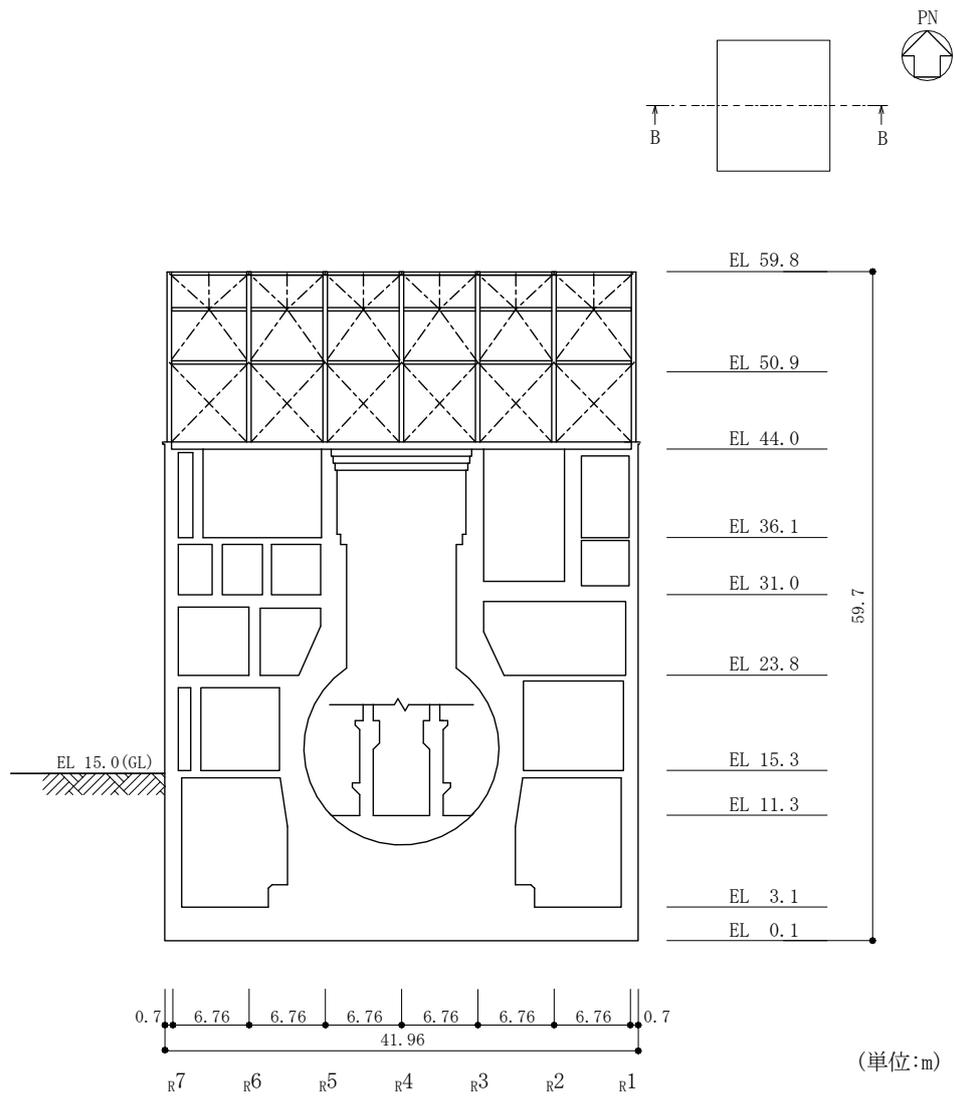


図 2-3(2) 1号機原子炉建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

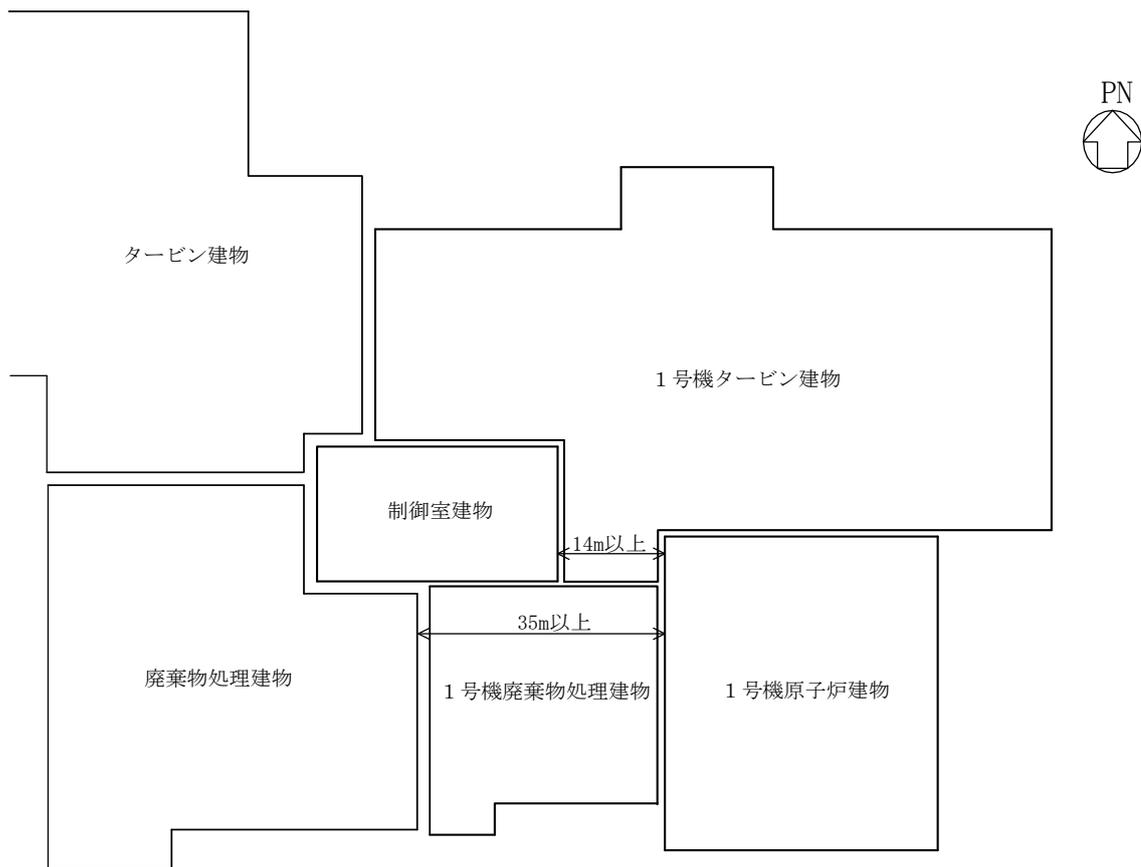


図 2-4 建物配置図

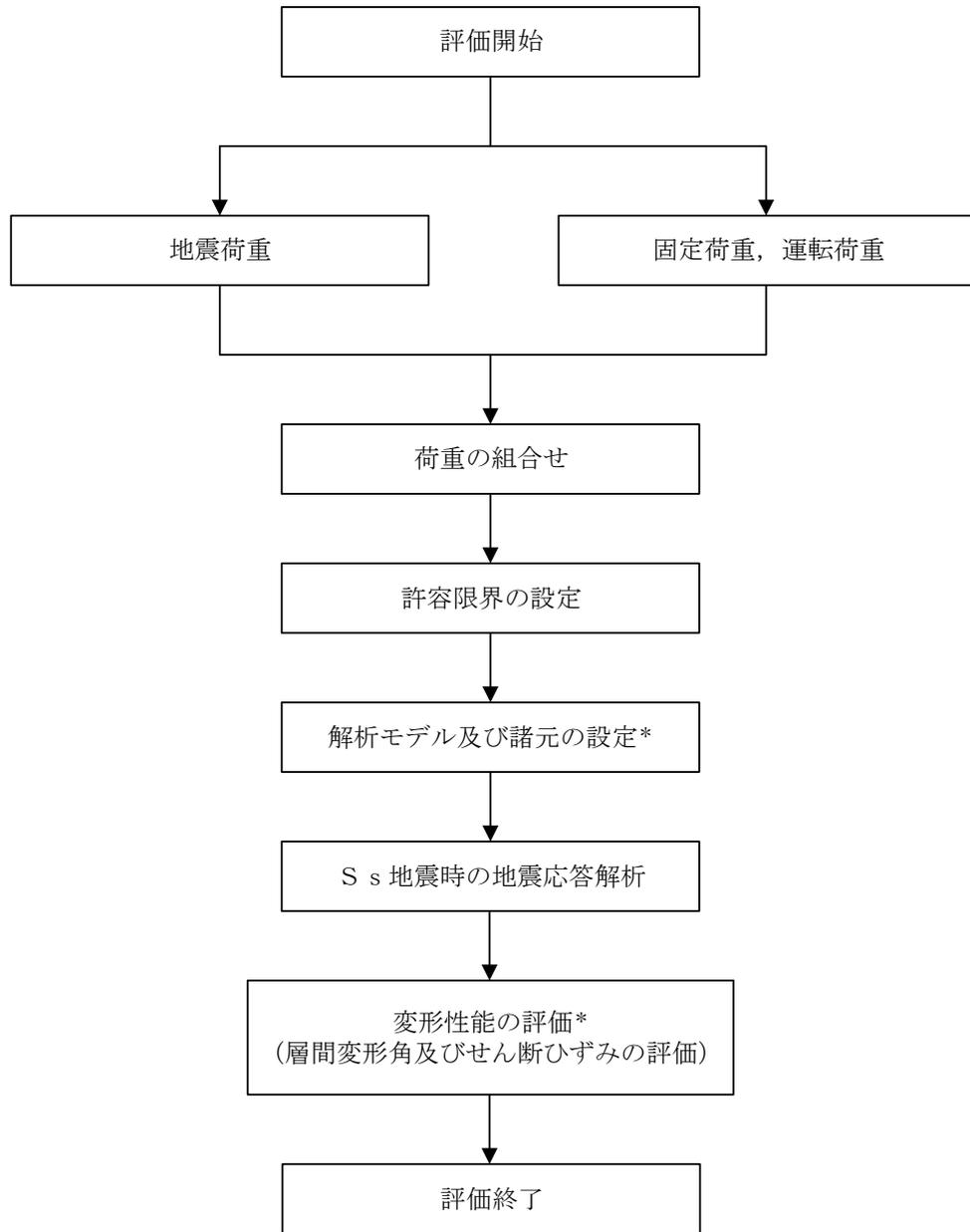
### 2.3 評価方針

1号機原子炉建物は、制御室建物及び廃棄物処理建物と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

1号機原子炉建物の設計基準対象施設に対する波及的影響の評価においては、基準地震動 $S_s$ に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。1号機原子炉建物の波及的影響の評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、地震応答解析による評価において、施設の損傷、転倒及び落下等による影響では、構造物全体としての変形性能の評価を行う。なお、1号機原子炉建物は、制御室建物と14m以上、廃棄物処理建物と35m以上離れており、1号機原子炉建物が倒壊しない限り衝突・接触することはない。評価にあたっては、材料物性の不確かさを考慮する。

また、重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価を行う。ここで、1号機原子炉建物では、設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力、温度等の条件に有意な差異がないことから、重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価は、設計基準対象施設に対する波及的影響の評価と同一となる。

図2-5に波及的影響の評価フローを示す。



注記\* : 材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-5 1号機原子炉建物の波及的影響の評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

1号機原子炉建物の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ( (社) 日本建築学会, 1999 改定)
- ・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)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ( (社) 日本建築学会, 2005 改定)

### 3. 評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

1号機原子炉建物の波及的影響の評価は、以下の方針に基づき行う。

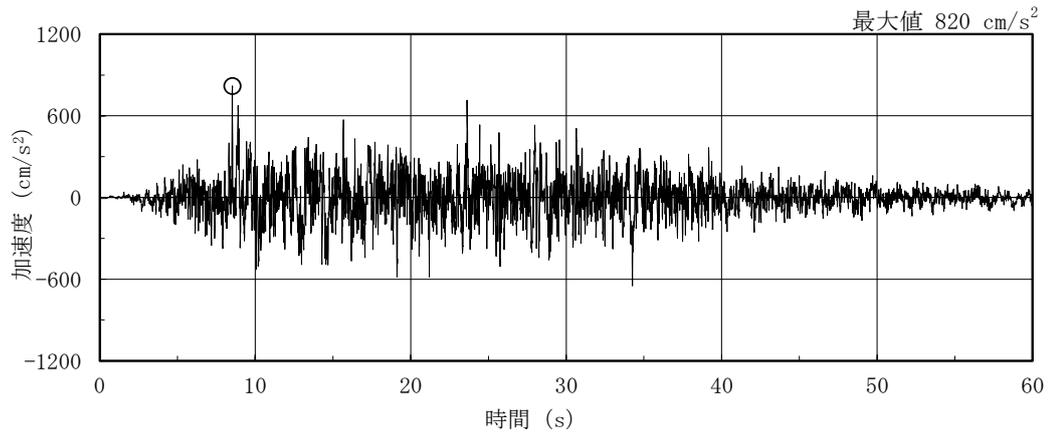
構造物全体としての変形性能の評価では、質点系モデルを用いた地震応答解析結果により求められる鉄骨部の最大層間変形角及び耐震壁の最大応答せん断ひずみが、「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社）日本電気協会」により設定した許容限界を超えないことを確認する。

以上の評価では、材料物性の不確かさを考慮する。

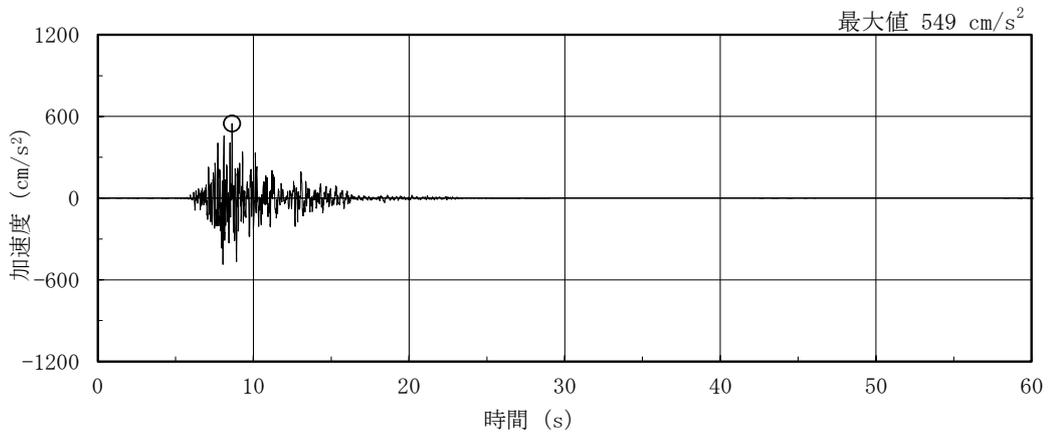
#### 3.2 設計に用いる地震波

1号機原子炉建物の地震応答解析に用いる地震波は、上位クラス施設である制御室建物及び廃棄物処理建物の評価に適用したVI-2-1-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の策定概要」に示す解放基盤表面レベルに想定する地震波のうち、基準地震動 $S_s$ を用いることとする。

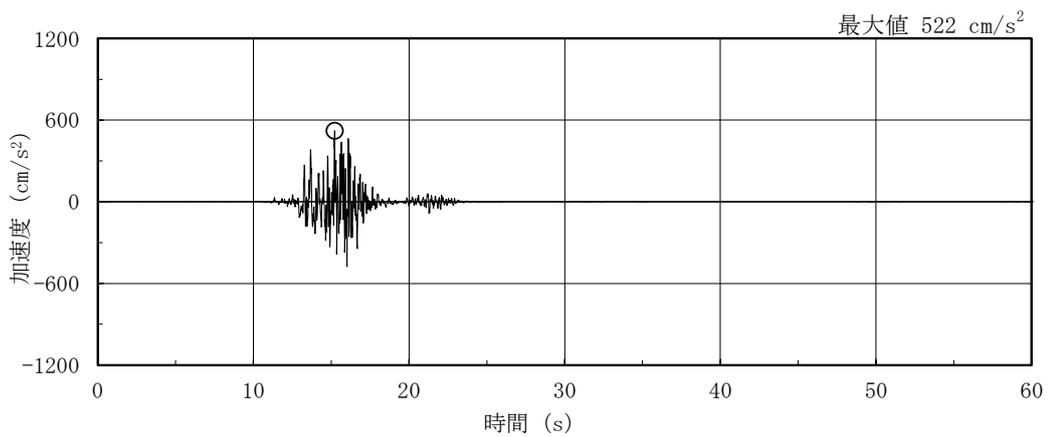
地震応答解析に用いる地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを、図3-1～図3-3に示す。



(a) S s - D

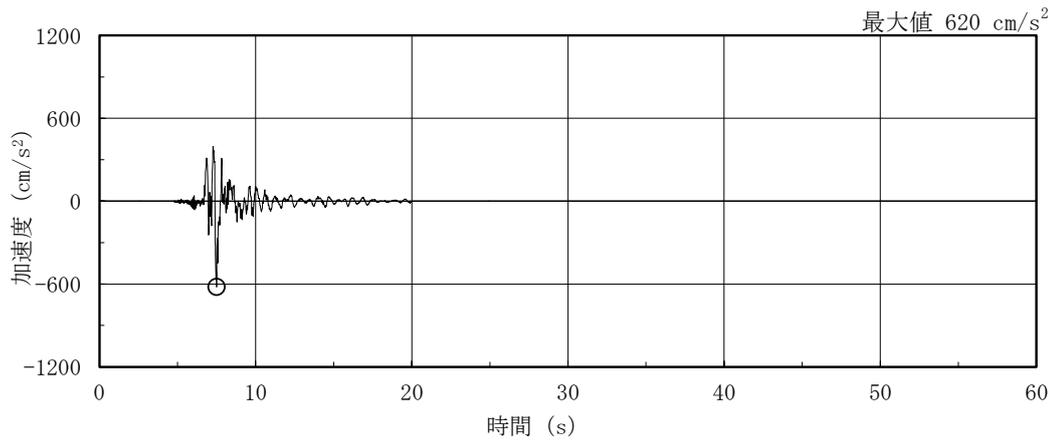


(b) S s - F 1

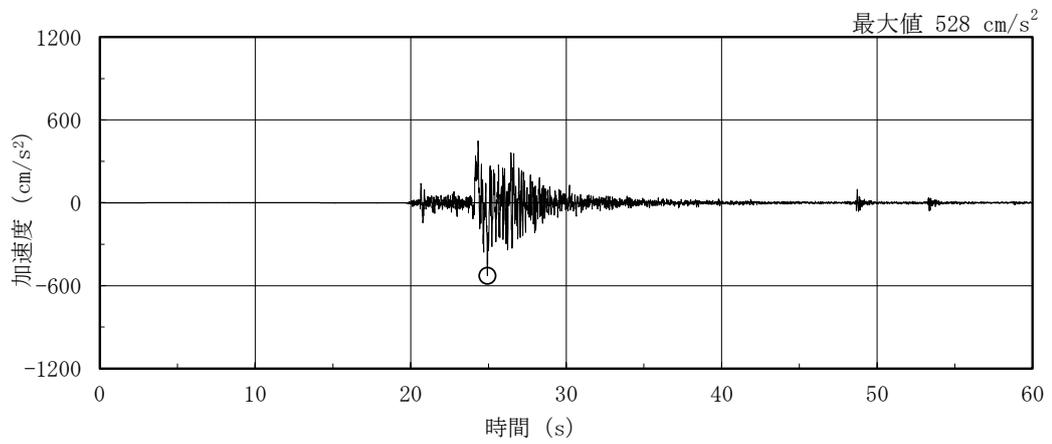


(c) S s - F 2

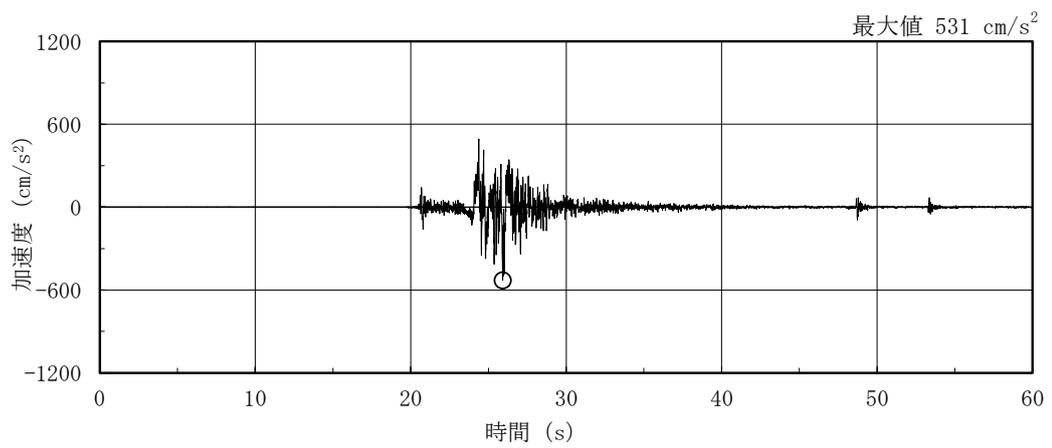
図 3-1(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, NS 方向)



(d) S s - N 1

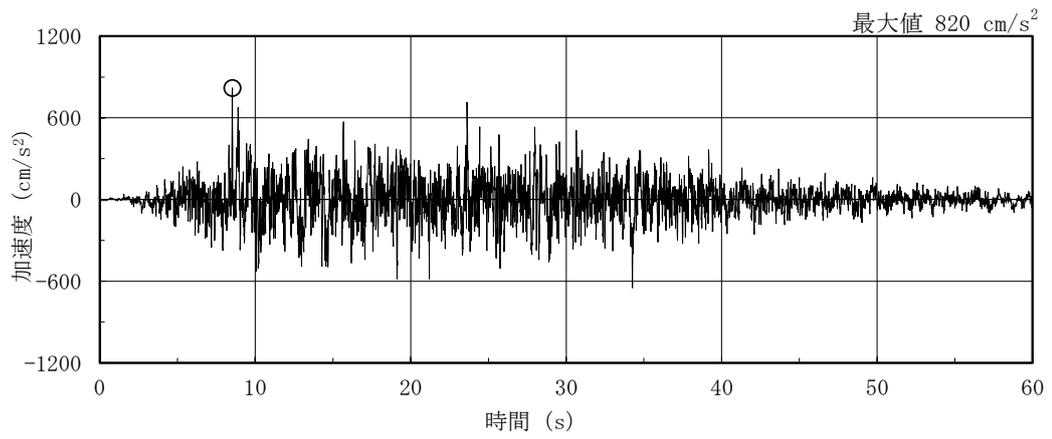


(e) S s - N 2 N S

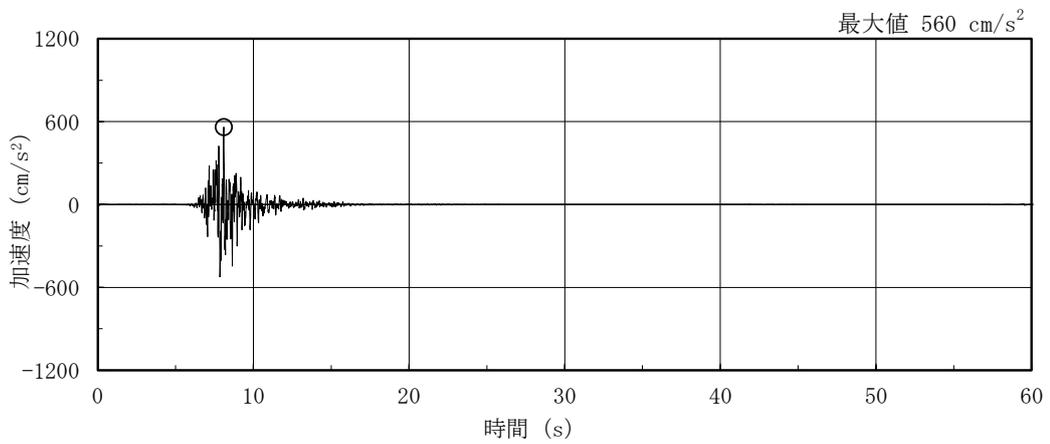


(f) S s - N 2 E W

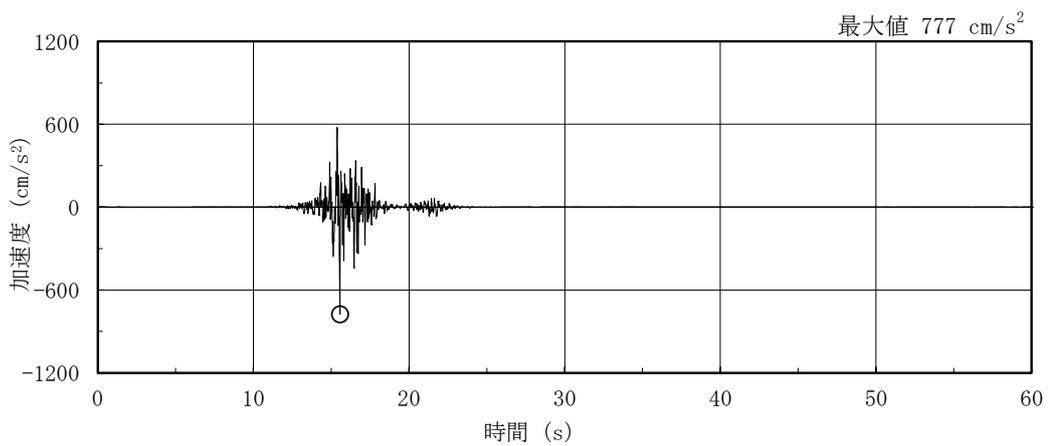
図 3-1(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , N S 方向)



(a) S s - D

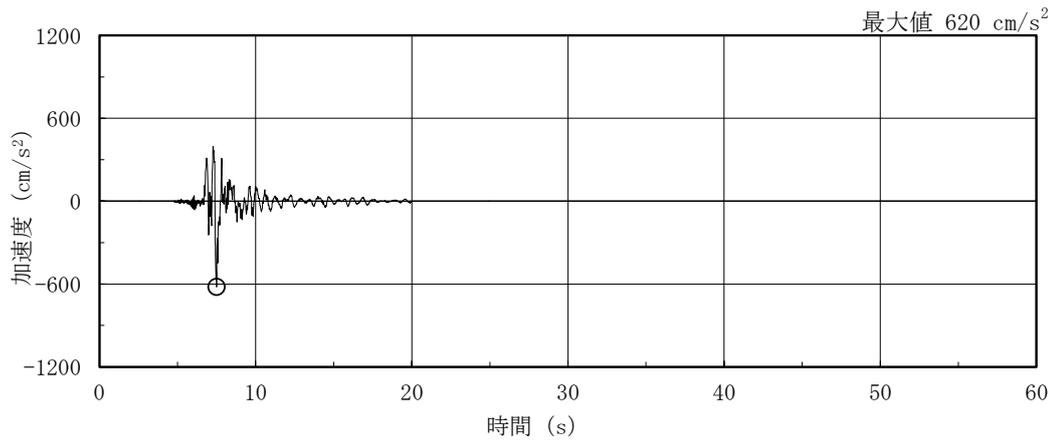


(b) S s - F 1

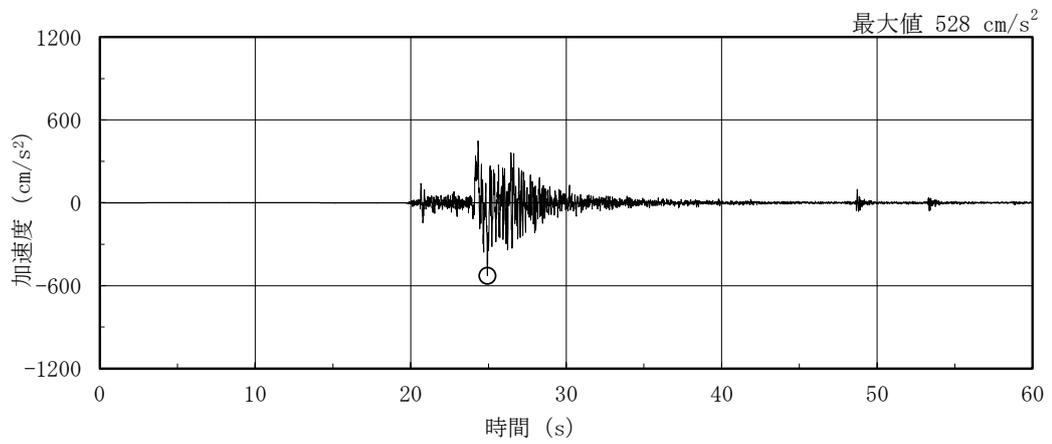


(c) S s - F 2

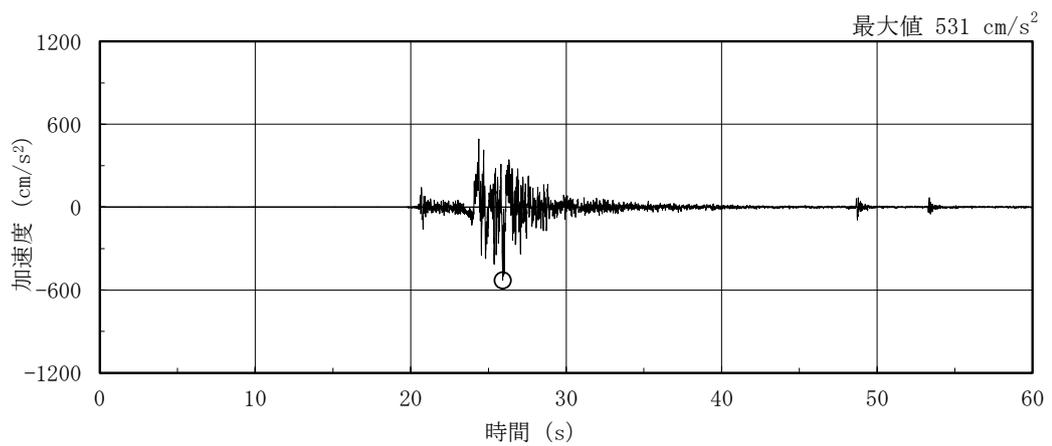
図 3-2(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , E W 方向)



(d) S s - N 1



(e) S s - N 2 N S



(f) S s - N 2 E W

図 3-2(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , E W 方向)

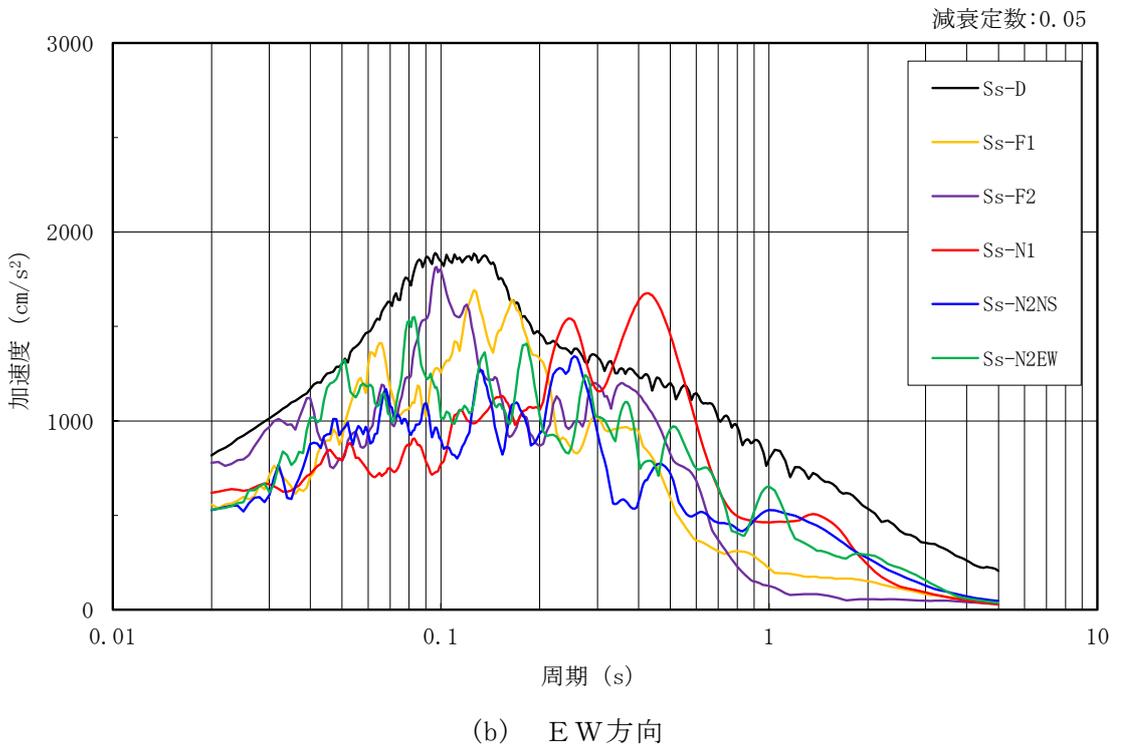
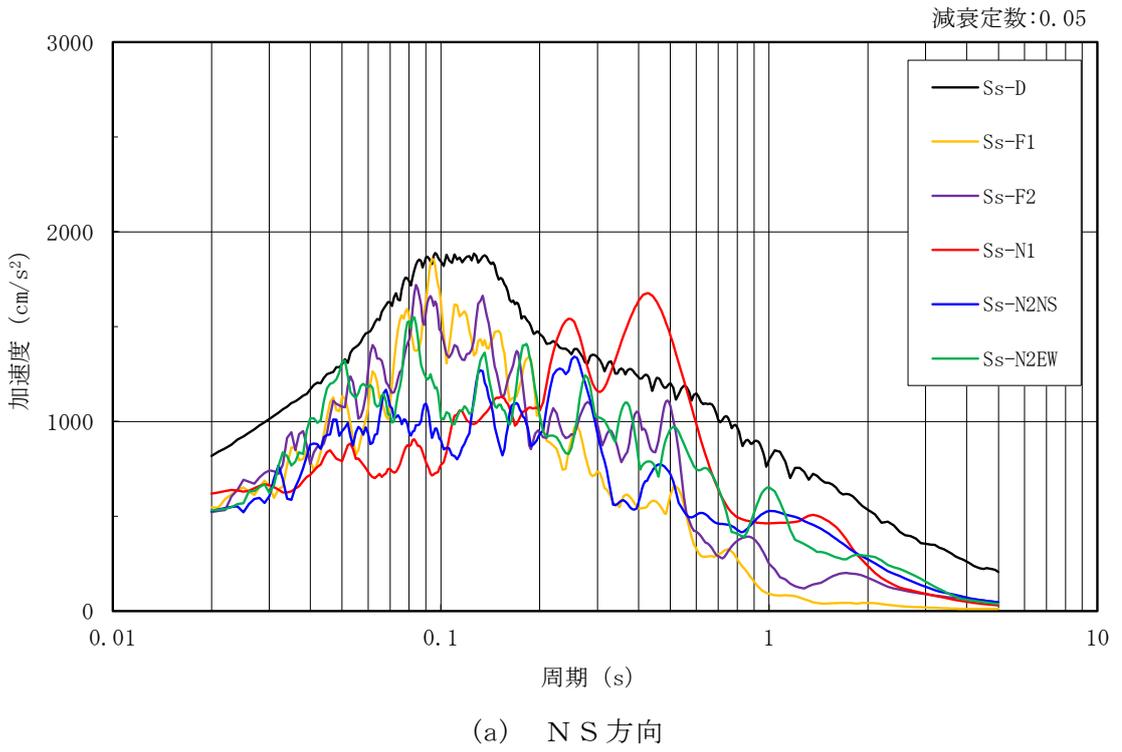


図 3-3 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ )

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。荷重の組合せを表3-1に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + S <sub>s</sub>

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態における運転荷重

S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震力

### 3.4 許容限界

1号機原子炉建物の制御室建物及び廃棄物処理建物に対する波及的影響の評価における許容限界は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に記載の許容限界に基づき、表3-2及び表3-3のとおり設定する。

表3-2 波及的影響の評価における許容限界  
(設計基準対象施設に対する評価)

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
制御室建物及び廃棄物処理建物に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S s	鉄骨部	最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	層間変形角 1/120*
		耐震壁	最大応答せん断ひずみが構造物全体としての構造強度の確認のための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $4.0 \times 10^{-3}$

注記\*：「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」により設定。

表3-3 波及的影響の評価における許容限界  
(重大事故等対処施設に対する評価)

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
制御室建物及び廃棄物処理建物に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S s	鉄骨部	最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	層間変形角 1/120*
		耐震壁	最大応答せん断ひずみが構造物全体としての構造強度の確認のための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $4.0 \times 10^{-3}$

注記\*：「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」により設定。

### 3.5 解析方法

#### 3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表3-4に示す。

表3-4 使用材料の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)	備考
鉄筋コンクリート コンクリート： Fc=22.1 (N/mm <sup>2</sup> ) (Fc=225 (kgf/cm <sup>2</sup> )) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.20×10 <sup>4</sup>	9.18×10 <sup>3</sup>	5	—
鉄骨： SS41 (SS400 相当)	2.05×10 <sup>5</sup>	7.90×10 <sup>4</sup>	2	EL 59.8m～ EL 44.0m

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとし、弾塑性時刻歴応答解析を行う。建物のモデル化は、N S方向及びE W方向それぞれについて行っているが、E W方向においては、燃料プール壁による拘束効果を考慮して回転ばねを取り付けている。

地震応答解析モデルを図 3-4 に示す。

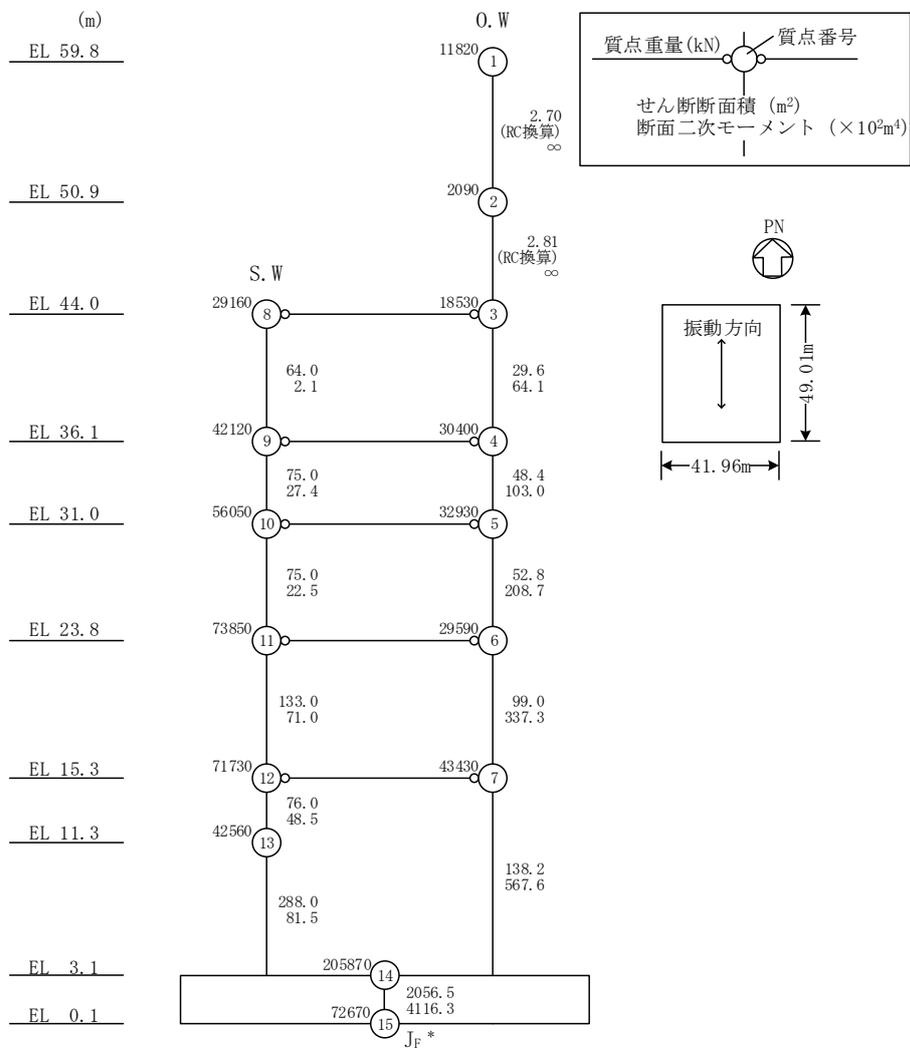
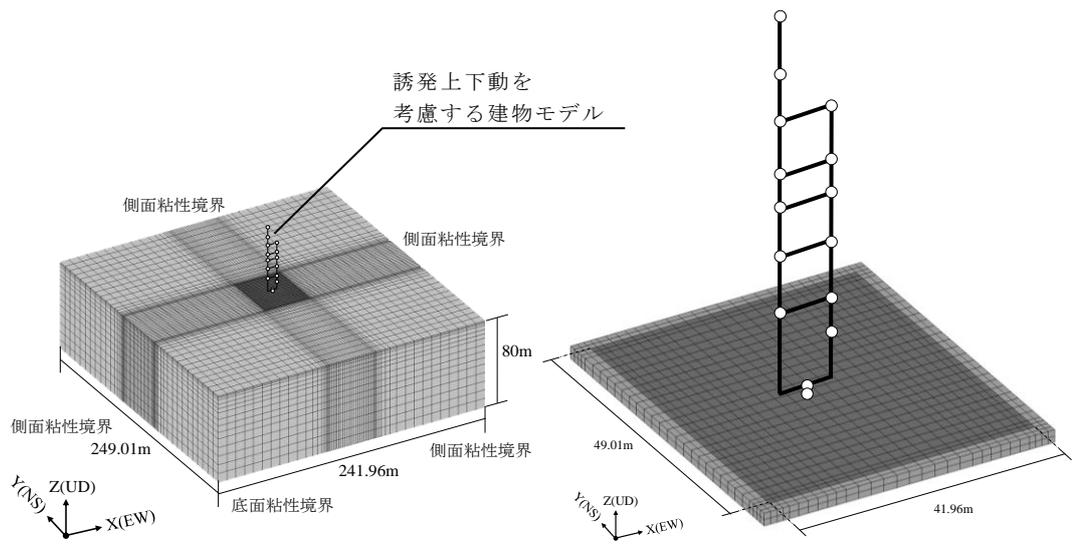
地震応答解析モデルは、基礎底面のロッキング地盤ばねに基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮したモデル及び誘発上下動を考慮したモデルによる地震応答解析に基づく接地率が適用範囲を満足しないこと、並びに基礎底面のロッキング地盤ばねを線形としたモデルによる地震応答解析に基づく基礎浮上りが生じないために必要な付着力が、建物基礎底面と地盤の間の付着力  $0.40\text{N}/\text{mm}^2$  を超えることから、地盤を 3次元 FEM を用いてモデル化した地盤-建物の一体モデルとし、基礎スラブは剛板と仮定した多点拘束を設定する。

地盤は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）」により、成層補正を行ったのち、等価な一様地盤としての物性値を定める。なお、基礎底面と地盤の各節点の間には付着力  $0.40\text{N}/\text{mm}^2$  を考慮したジョイント要素を設けることにより基礎の浮上りを評価する。基礎底面のジョイント要素のばね定数は、解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値とする。

入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  から以下の手順で算定する。まず、解放基盤表面以深の地盤を 1次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により、EL-215m の入射波を算定する。算定した EL-215m の入射波を 2次元地盤に入力して有限要素法による応答計算を行い、建物基礎底面での地盤応答を評価して入力地震動とする。ただし、地盤を 3次元 FEM でモデル化していることから、基礎底面レベルにおける地盤の応答が入力地震動と一致するように補正した地震動を、地盤モデル底面に入力する。地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値を表 3-5 に示す。表 3-5 に示す地盤物性値のうち、表層①-1については、地震動レベル及び試験結果に基づく埋戻土のひずみ依存性を考慮した等価物性値とする。

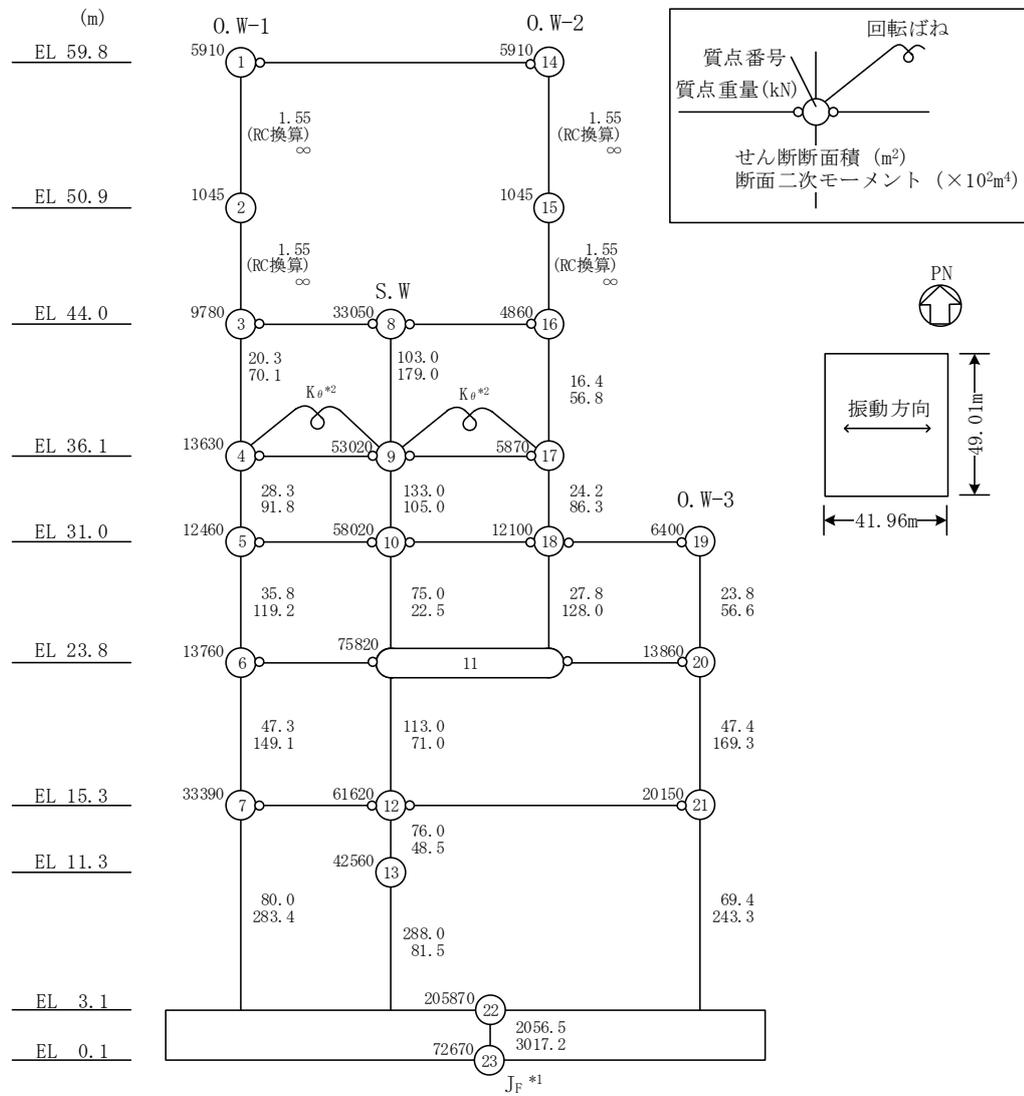
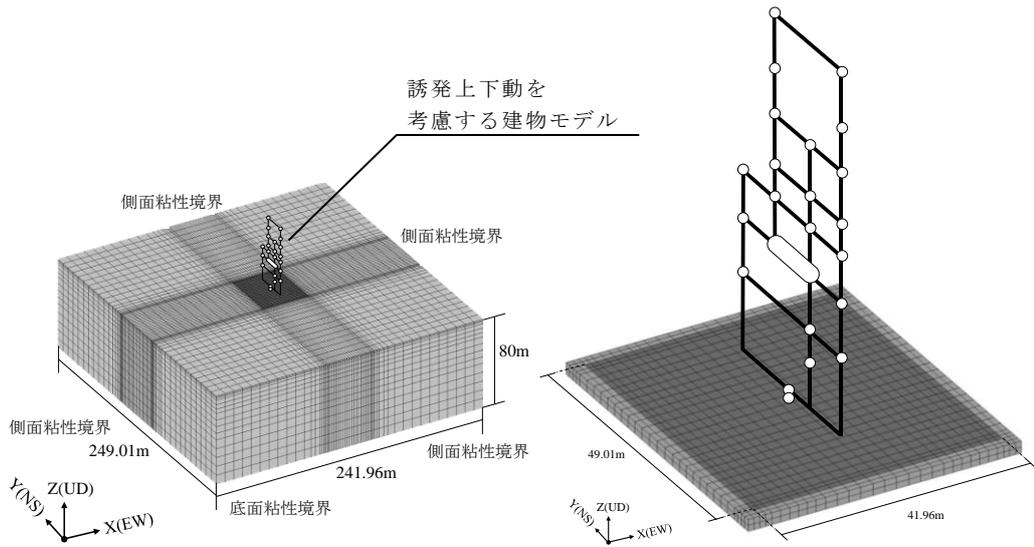
なお、2次元 FEM 地盤モデルの側面はエネルギー伝達境界、底面は粘性境界を設けることにより、遠方地盤への波動の逸散を考慮する。

地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を図 3-5 に、2次元 FEM 地盤モデルを図 3-6 に、基礎底面位置 (EL 0.1m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-7 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「SUPERFLUSH」を用いる。評価に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記\* : 回転慣性重量(16.85×10<sup>7</sup>kN・m<sup>2</sup>)

図 3-4(1) 地震応答解析モデル (NS方向)



注記\*1 : 回転慣性重量(12.77×10<sup>7</sup>kN・m<sup>2</sup>)  
 \*2 : 燃料プール壁の回転ばね(2.329×10<sup>9</sup>kN・m/rad)

図 3-4(2) 地震応答解析モデル (EW方向)

表 3-5 1号機原子炉建物の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値

層番号	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
表層①-1	127*	422*	20.7	0.45	0.341*	8*
岩盤①-2	250	800	20.6	0.446	1.31	3
岩盤②	900	2100	23.0	0.388	19.0	3
岩盤③	1600	3600	24.5	0.377	64.0	3
岩盤④	1950	4000	24.5	0.344	95.1	3
岩盤⑤	2000	4050	26.0	0.339	105.9	3
岩盤⑥	2350	4950	27.9	0.355	157.9	3

注記\*：地震動レベル及び試験結果に基づく埋戻土のひずみ依存性を考慮した等価物性値

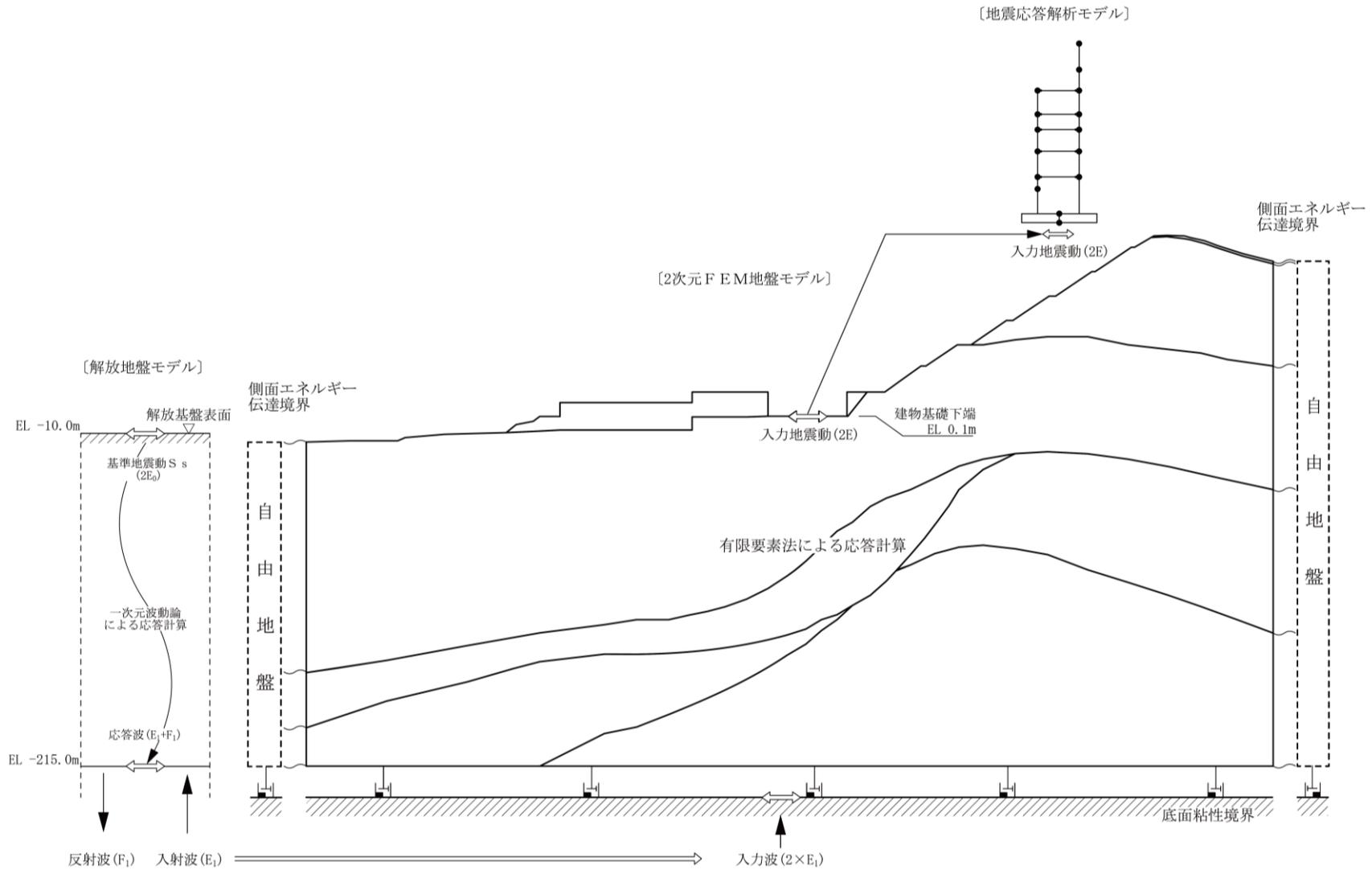
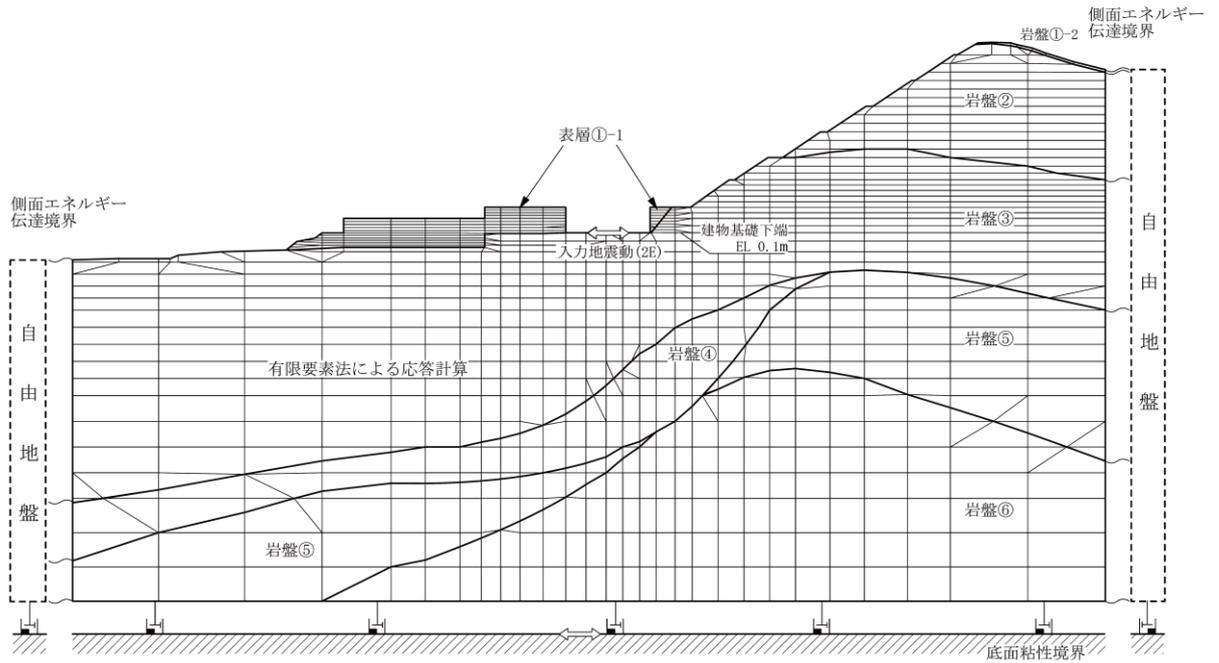
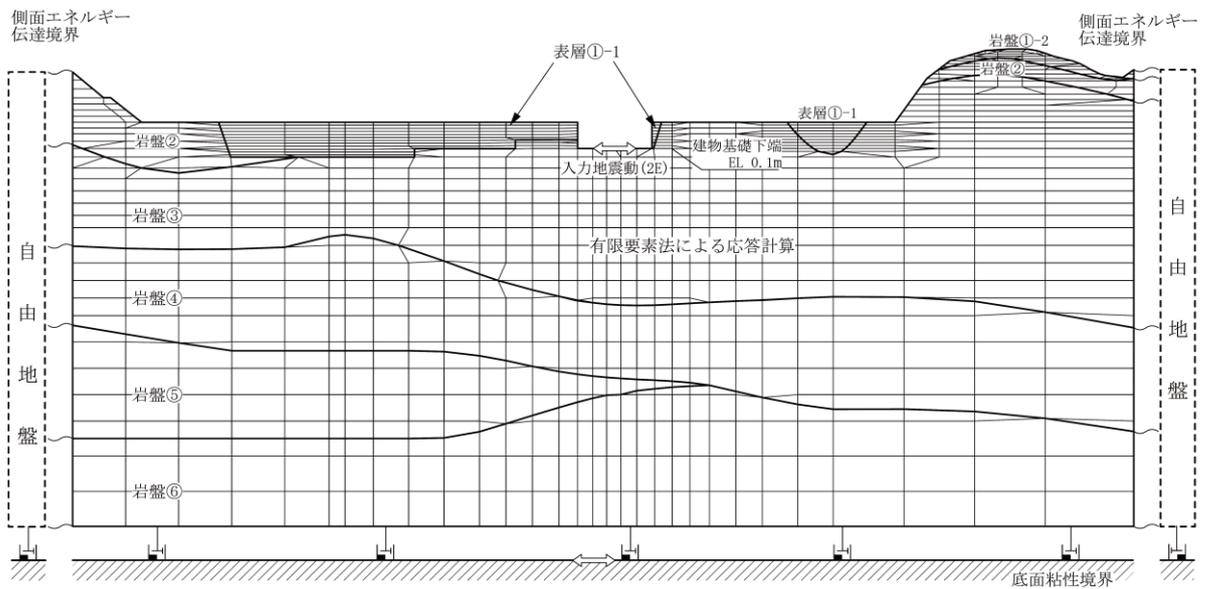


図 3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図



(a) NS方向



(b) EW方向

図 3-6 2次元FEM地盤モデル

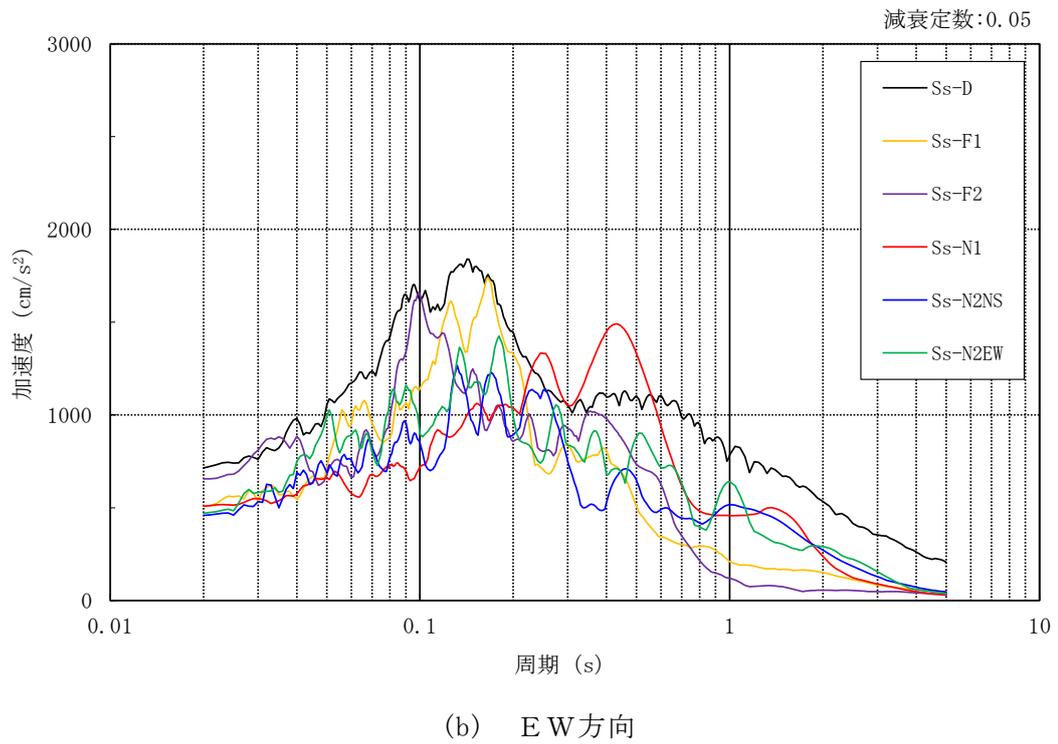
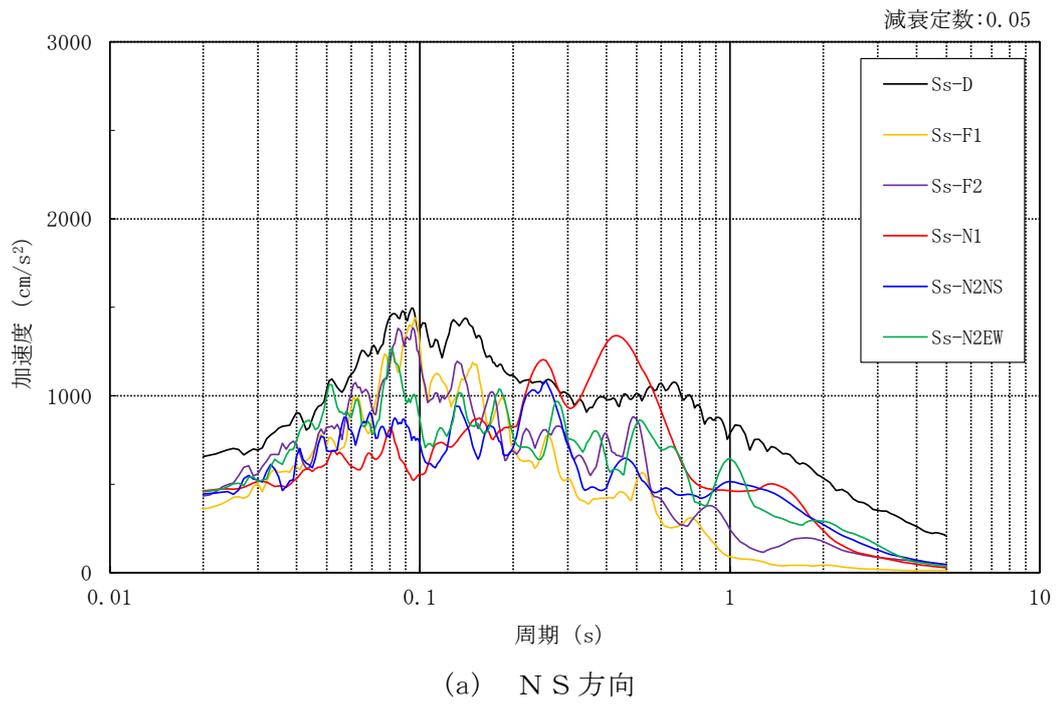


図 3-7 入力地震動の加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , EL 0.1m)

### 3.5.2 解析方法

1号機原子炉建物の地震応答解析には、解析コード「NAPISOS」を用いる。

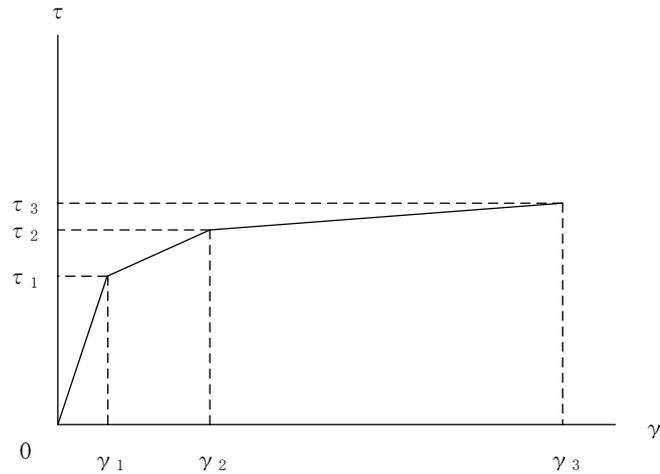
建物・構築物の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

なお、地震応答解析に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.5.3 建物・構築物の復元力特性

#### (1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-8 に示す。

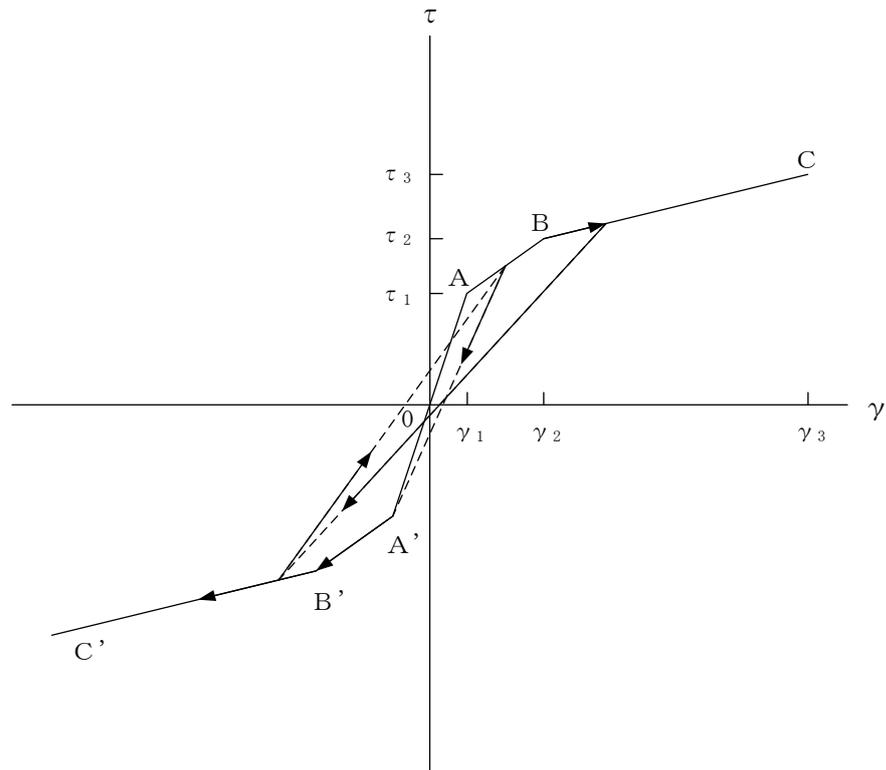


- $\tau_1$  : 第 1 折点のせん断応力度
- $\tau_2$  : 第 2 折点のせん断応力度
- $\tau_3$  : 終局点のせん断応力度
- $\gamma_1$  : 第 1 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_2$  : 第 2 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $4.0 \times 10^{-3}$ )

図 3-8 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

## (2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-9 に示す。

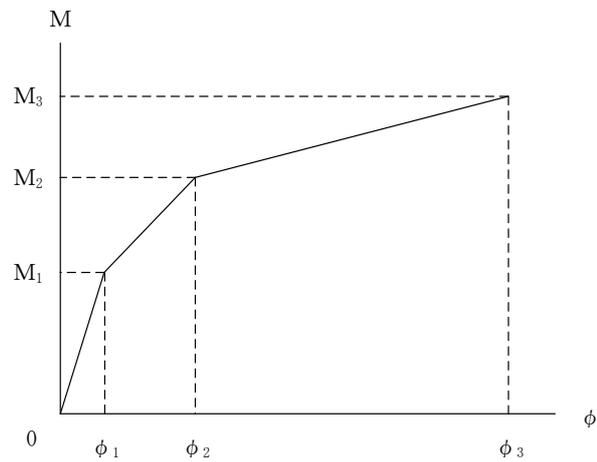


- a. 0-A 間 : 弾性範囲
- b. A-B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を越えていなければ、負側第1折点に向かう。
- c. B-C 間 : 負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-9 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係) は, 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-10 に示す。

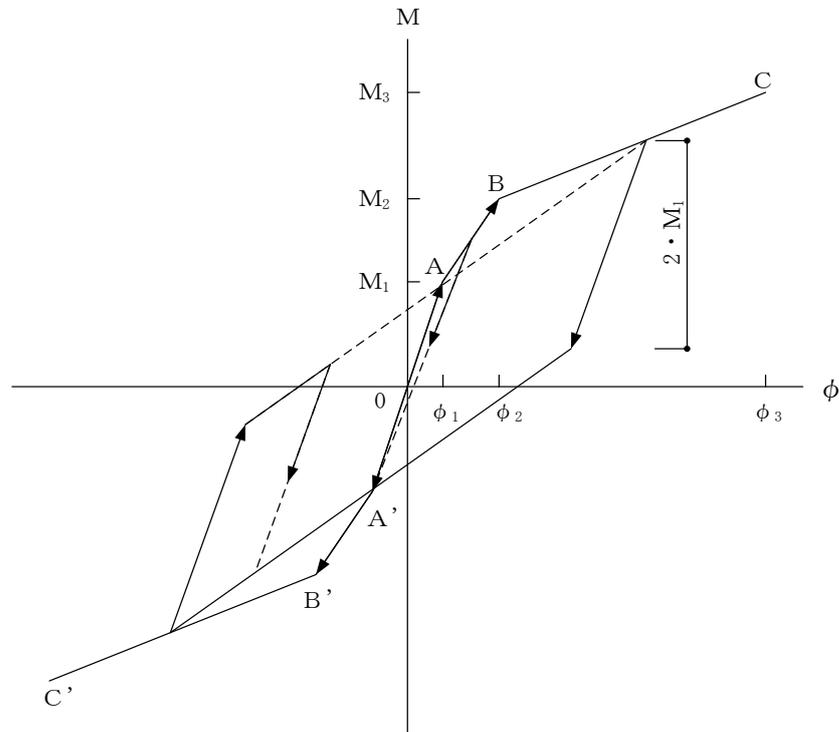


- $M_1$  : 第 1 折点の曲げモーメント
- $M_2$  : 第 2 折点の曲げモーメント
- $M_3$  : 終局点の曲げモーメント
- $\phi_1$  : 第 1 折点の曲率
- $\phi_2$  : 第 2 折点の曲率
- $\phi_3$  : 終局点の曲率

図 3-10 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

## (4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-11 に示す。

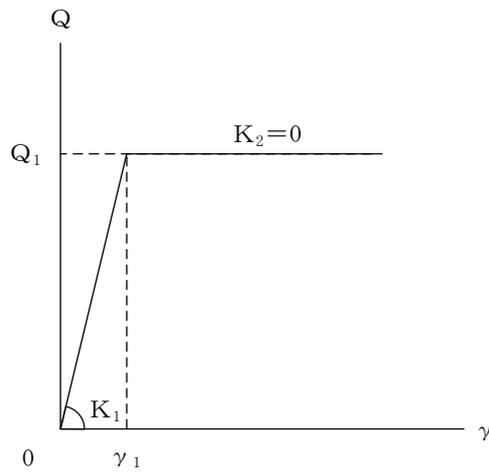


- a. 0-A 間 : 弾性範囲
- b. A-B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を過ぎていなければ、負側第1折点に向かう。
- c. B-C 間 : 負側最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は、最大値から  $2 \cdot M_1$  を減じた点とする。ただし、負側最大点が第2折点を過ぎていなければ、負側第2折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-11 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) 鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係 ( $Q-\gamma$  関係)

鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係 ( $Q-\gamma$  関係) は, 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき, バイリニア型スケルトン曲線とする。鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係を図 3-12 に示す。



- $Q_1$  : 第 1 折点のせん断力  
 $\gamma_1$  : 第 1 折点のせん断ひずみ  
 $K_1$  : 第 1 せん断剛性  
 $K_2$  : 第 2 せん断剛性

図 3-12 鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係

## (6) 鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性

鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき，完全弾塑性型モデルとスリップ型モデルの混合型として設定する。鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-13 に示す。

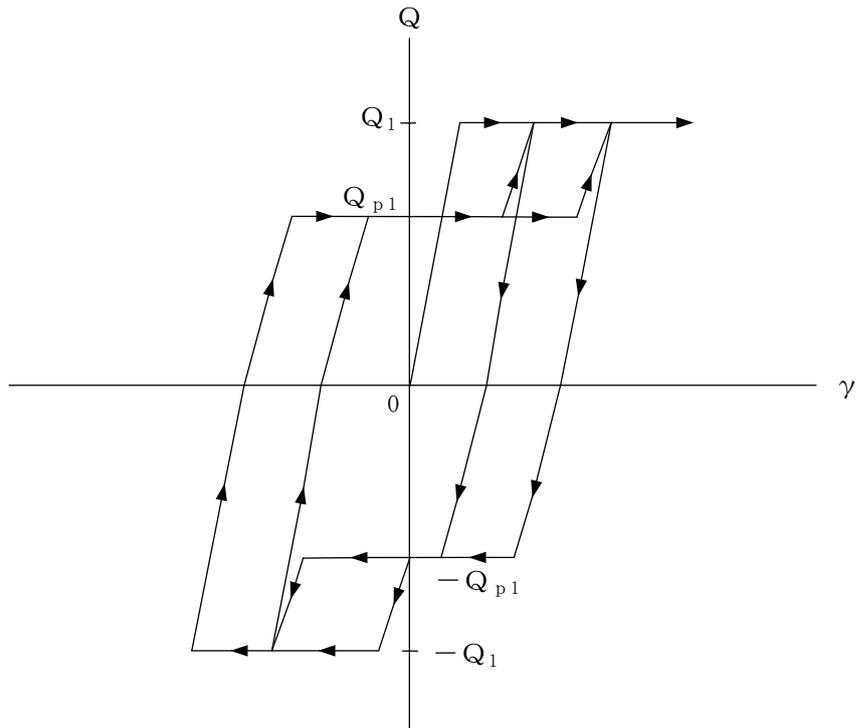


図 3-13 鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性

(7) スケルトン曲線の諸数値

1号機原子炉建物の各耐震壁及び鉄骨部について算定したせん断及び曲げスケルトン曲線の諸数値を表3-6～表3-9に示す。

表 3-6 せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (N S 方向)

O. W

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
59.8~50.9	19.9	—	—	2.16	—	—
50.9~44.0	19.3	—	—	2.10	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	4.03	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	4.48	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	4.56	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	4.74	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	4.52	0.206	0.617	4.00

S. W

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
44.0~36.1	1.58	2.13	3.41	0.172	0.515	4.00
36.1~31.0	1.69	2.28	4.28	0.184	0.552	4.00
31.0~23.8	1.63	2.20	4.55	0.178	0.533	4.00
23.8~15.3	1.75	2.37	4.12	0.191	0.573	4.00
15.3~11.3	2.12	2.87	4.39	0.231	0.694	4.00
11.3~3.1	1.89	2.55	4.00	0.206	0.617	4.00

表 3-7(1) せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (E W方向)

0. W-1

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
59.8~50.9	14.2	—	—	1.55	—	—
50.9~44.0	19.4	—	—	2.12	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	4.48	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	4.83	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	4.44	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	4.44	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	3.98	0.206	0.617	4.00

S. W

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
44.0~36.1	1.58	2.13	4.57	0.172	0.515	4.00
36.1~31.0	1.69	2.28	4.69	0.184	0.552	4.00
31.0~23.8	1.63	2.20	4.39	0.178	0.533	4.00
23.8~15.3	1.75	2.37	4.01	0.191	0.573	4.00
15.3~11.3	2.12	2.87	4.14	0.231	0.694	4.00
11.3~3.1	1.89	2.55	4.00	0.206	0.617	4.00

表 3-7(2) せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (EW方向)

0. W-2

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
59.8~50.9	14.2	—	—	1.55	—	—
50.9~44.0	19.4	—	—	2.12	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	3.76	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	3.76	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	3.63	0.193	0.579	4.00

0. W-3

EL (m)	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
31.0~23.8	1.77	2.39	5.27	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	5.20	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	4.48	0.206	0.617	4.00

表 3-8 曲げスケルトン曲線 (M-φ 関係) (N S 方向)

O. W

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
44.0~36.1	0.915	1.82	2.36	6.48	61.2	1220
36.1~31.0	1.62	2.55	3.43	7.12	63.3	1270
31.0~23.8	2.56	6.11	8.43	5.56	50.7	1010
23.8~15.3	4.28	8.32	11.0	5.76	49.9	999
15.3~3.1	6.74	17.5	23.7	5.39	45.2	562

S. W

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
44.0~36.1	0.119	0.200	0.386	25.6	267	4710
36.1~31.0	0.826	1.65	2.44	13.7	140	2180
31.0~23.8	0.578	1.75	2.47	11.7	138	1600
23.8~15.3	1.68	3.65	5.00	10.7	107	1870
15.3~11.3	1.63	3.36	4.34	15.2	118	1380
11.3~3.1	2.34	5.14	6.88	13.1	122	1540

表 3-9(1) 曲げスケルトン曲線 (M-φ 関係) (E W 方向)

O. W-1

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
44.0~36.1	0.757	1.33	1.81	4.90	46.7	933
36.1~31.0	1.10	2.22	3.04	5.43	49.5	990
31.0~23.8	1.46	2.59	3.40	5.56	49.5	989
23.8~15.3	1.89	3.94	5.50	5.74	49.6	992
15.3~3.1	3.92	10.6	13.7	6.28	51.5	1030

S. W

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
44.0~36.1	1.85	2.58	4.52	4.69	50.5	943
36.1~31.0	1.78	2.50	4.51	7.68	74.7	1490
31.0~23.8	0.578	1.75	2.47	11.7	138	1600
23.8~15.3	1.68	3.65	5.00	10.7	107	1870
15.3~11.3	1.63	3.36	4.34	15.2	118	1380
11.3~3.1	2.34	5.14	6.88	13.1	122	1540

表 3-9(2) 曲げスケルトン曲線 (M-φ 関係) (E W 方向)

0. W-2

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
44.0~36.1	0.614	1.14	1.49	4.91	46.5	930
36.1~31.0	1.01	1.62	1.98	5.31	47.9	958
31.0~23.8	1.56	2.80	3.30	5.53	47.3	946

0. W-3

EL (m)	M <sub>1</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>2</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	M <sub>3</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m)	φ <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>2</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)	φ <sub>3</sub> (×10 <sup>-6</sup> /m)
31.0~23.8	0.701	2.13	2.94	5.62	50.5	1010
23.8~15.3	2.16	4.35	6.21	5.78	50.2	1000
15.3~3.1	3.37	7.18	9.29	6.29	51.5	1030

### 3.5.4 材料物性の不確かさ等

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、建物応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる地震動に対して実施することとする。

材料物性の不確かさのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値を基に設定した数値を基本ケースとし、地盤物性の不確かさ検討にあたっては、S波速度に対して標準偏差に相当するばらつき ( $\pm 1\sigma$ ) を考慮する。なお、建物剛性の不確かさについては、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建物剛性として考慮していない壁の建物剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮しない。

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表3-10に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性値を表3-11に示す。

表3-10 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

検討ケース	コンクリート 剛性	地盤物性	備考
ケース1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース2 (地盤物性 + $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 + $\sigma$ (+10%, +20%) *	
ケース3 (地盤物性 - $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 - $\sigma$ (-10%, -20%) *	
ケース4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮

注記\* : VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤のS波速度  $V_s$  の不確かさを設定する。

表 3-11 地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性値

層番号	地盤の S 波速度 $V_s$ (m/s)		
	基本ケース	+ $\sigma$ 相当	- $\sigma$ 相当
表層①-1	127	153	102
岩盤①-2	250	300	200
岩盤②	900	1080	720
岩盤③	1600	1760	1440
岩盤④	1950	2145	1755
岩盤⑤	2000	2200	1800
岩盤⑥	2350	2585	2115

### 3.6 評価方法

1号機原子炉建物の波及的影響の評価は、基準地震動  $S_s$  における質点系モデルの地震応答解析結果を用い、以下のとおり評価する。

なお、以下の評価には、材料物性の不確かさを考慮する。

#### 3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解析を行い、層間変形角及び応答せん断ひずみを算定し、最大層間変形角及び最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

#### 4. 評価結果

##### 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

##### 4.1.1 層間変形角の評価結果

基準地震動  $S_s$  に対する建物の最大層間変形角を表 4-1 に示す。

その結果、ケース 1(工認モデル)の最大層間変形角は、1/233(0. W-2 軸, EL 59. 8m ~EL 50. 9m, E W 方向,  $S_s - D$ ) である。また、材料物性の不確かさを考慮した場合の最大層間変形角は、最大で 1/221 (0. W-1 軸, EL 59. 8m~EL 50. 9m, E W 方向, ケース 3,  $S_s - D$ ) であり、いずれの場合においても許容限界 (1/120) を超えないことを確認した。

表 4-1 建物の最大層間変形角 (EL 59. 8m~EL 44. 0m)

ケース 方向	ケース 1 (工認モデル)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	許容限界
N S	1/330 ( $S_s - D$ )	1/316 ( $S_s - D$ )	1/366 ( $S_s - D$ )	1/326 ( $S_s - D$ )	1/120
E W	1/233 ( $S_s - D$ )	1/250 ( $S_s - D$ )	1/221 ( $S_s - D$ )	1/247 ( $S_s - D$ )	1/120

注：( ) 内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、基準地震動  $S_s - D$ ,  $S_s - F 1$ ,  $S_s - F 2$ ,  $S_s - N 1$ ,  $S_s - N 2$  N S 及び  $S_s - N 2$  E W に対して実施。

#### 4.1.2 せん断ひずみの評価結果

基準地震動  $S_s$  に対する建物の最大応答せん断ひずみを表 4-2 に示す。

その結果、ケース 1 (工認モデル) の最大応答せん断ひずみは、 $0.77 \times 10^{-3}$  (0. W 軸, EL 44.0m~EL 36.1m, N S 方向,  $S_s - N 2 N S$ ) である。また、材料物性の不確かさを考慮した場合の最大応答せん断ひずみは、最大で  $0.84 \times 10^{-3}$  (0. W 軸, EL 44.0m~EL 36.1m, N S 方向, ケース 4,  $S_s - N 2 N S$ ) であり、いずれの場合においても許容限界 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

表 4-2 建物の最大応答せん断ひずみ (EL 44.0m~EL 3.1m)

(単位:  $\times 10^{-3}$ )

ケース 方向	ケース 1 (工認モデル)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	許容限界
N S	0.77 ( $S_s - N 2 N S$ )	0.77 ( $S_s - D$ )	0.63 ( $S_s - D$ )	0.84 ( $S_s - N 2 N S$ )	4.0
E W	0.67 ( $S_s - N 1$ )	0.63 ( $S_s - N 1$ )	0.72 ( $S_s - N 1$ )	0.70 ( $S_s - N 1$ )	4.0

注: ( ) 内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、基準地震動  $S_s - D$ ,  $S_s - F 1$ ,  $S_s - F 2$ ,  $S_s - N 1$ ,  $S_s - N 2 N S$  及び  $S_s - N 2 E W$  に対して実施。