

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	地震 00-02 <u>R11</u>
提出年月日	令和 4 年 <u>5 月 17 日</u>

## 設工認に係る補足説明資料

本文、添付書類、補足説明項目への展開（地震）

## 1. 概要

- 本資料は、加工施設の技術基準に関する規則「第6条 地震による損傷の防止」及び「第27条 地震による損傷の防止」に関して、基本設計方針に記載する事項、添付書類に記載すべき事項、補足説明すべき事項について整理した結果を示すものである。
- 整理にあたっては、「共通06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて実施した。整理結果については、別紙に示す。

## 2. 本資料の構成

- 「共通06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて本資料において整理結果を別紙として示し、別紙を以下のとおり構成する。
  - 別紙1：基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較  
事業変更許可 本文、添付書類の記載をもとに設定した基本設計方針と発電炉の基本設計方針を比較し、記載程度の適正化等を図る。
  - 別紙2：基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開  
基本設計方針の項目ごとに要求種別、対象設備、添付書類等への展開事項の分類、第1回申請の対象、第2回以降の申請書ごとの対象設備を展開する。
  - 別紙3：基本設計方針の添付書類への展開  
別紙2で示した基本設計方針の展開事項の分類ごとに添付書類の項目、記載事項を並べ替えることで添付書類の全体構成と項目ごとの記載事項を整理する。
  - 別紙4：添付書類の発電炉との比較  
添付書類の記載内容に対して項目単位でその記載程度を発電炉と比較し、記載すべき事項の抜けや論点として扱うべき差がないかを確認する。なお、規則の名称、添付書類の名称など差があることが明らかな項目は比較対象としない（概要などは比較対象外）。
  - 別紙5：補足説明すべき項目の抽出  
基本設計方針を起点として、添付書類での記載事項に対して補足が必要な事項を展開する。発電炉の補足説明資料の実績との比較を行い、添付書類等から展開した補足説明資料の項目に追加すべきものを抽出する。
  - 別紙6：変更前記載事項の既工認等との紐づけ  
基本設計方針の変更前の記載事項に対し、既認可等との紐づけを示す。

# 別紙

## 地震00-02 【本文、添付書類、補足説明項目への展開(地震)】

資料No.	別紙		備考	
	名称	提出日	Rev	
別紙1	基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較	4/15	5	
別紙2	基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開	4/15	3	※本別紙は地盤00-02、地震00-02統合した形式とする。
別紙3	基本設計方針の添付書類への展開	4/15	4	※本別紙は地盤00-02、地震00-02統合した形式とする。
別紙4	添付書類の発電炉との比較	<u>5/17</u>	<u>1</u>	
別紙5	補足すべき項目の抽出	4/15	2	
別紙6	変更前記載事項の既設工認等との紐づけ	4/15	1	

## 別紙 4

### 添付書類の発電炉との比較

## 別紙4リスト

令和4年5月17日 R7

資料No.	別紙			備考
	名称	提出日	Rev	
別紙4-1	耐震設計の基本方針	4/15	5	
別紙4-2	地盤の支持性能に係る基本方針	4/15	1	
別紙4-3	重要度分類及び重大事故等対処施設の設備分類の基本方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-2
別紙4-4	波及的影響に係る基本方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-3
別紙4-5	地震応答解析の基本方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-4
別紙4-6	設計用床応答曲線の作成方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-5
別紙4-7	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-6
別紙4-8	機能維持の方針	4/15	4	旧資料番号:別紙4-7
別紙4-9	構造計画, 材料選択上の留意点	4/15	4	旧資料番号:別紙4-8
別紙4-10	燃料加工建屋の地震応答計算書	4/15	2	旧資料番号:別紙4-9
別紙4-11	燃料加工建屋の耐震計算書	4/15	2	旧資料番号:別紙4-10
別紙4-12	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果	4/15	2	旧資料番号:別紙4-11
別紙4-13	一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価結果	4/15	2	旧資料番号:別紙4-12
別紙4-14	燃料加工建屋の隣接建屋に関する影響評価結果	4/15	2	旧資料番号:別紙4-13
別紙4-15	基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による重大事故等対処施設に関する耐震計算の基本方針	5/17	2	旧資料番号:別紙4-14
別紙4-16	燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震性計算結果	5/17	2	旧資料番号:別紙4-15

## 別紙4－15

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力  
による重大事故等対処施設に関する  
耐震計算の基本方針

## Ⅲ－6 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震性に関する説明書

# Ⅲ－６－１ 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力による重大事故等対 処施設に関する耐震計算の基本方 針

## 目 次

1. 概要	1
2. 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力に対する機能維持の基本方針	1
2.1 はじめに	1
2.2 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力	1
2.3 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力に対する機能維持	1
3. 耐震設計において考慮すべき項目に関する対応方針	2
4. 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力による耐震設計方針	3
4.1 建物・構築物	3
4.2 機器・配管系	4

## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」において、基準地震動  $S_s$  を上回る地震を要因とする重大事故等が発生した場合であっても、重大事故等に対処することができるよう設計されていることを示していることを受け、その具体的な対応として、添付書類「V-1-1-4-1 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に示す重大事故等対処設備について、基準地震動の 1.2 倍の地震動に対する耐震計算の詳細を説明するものである。

なお、本資料における「4. 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による耐震設計方針」で示す設備ごとの設計方針については、当該設備を申請する申請書において示す。

## 2. 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力に対する機能維持の基本方針

### 2.1 はじめに

添付書類「V-1-1-4-1 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に示す耐震設計方針を踏まえ、地震を要因とする重大事故等に対処するための設備について、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対して当該設備に対して求められる機能を維持することにより、地震を要因とする重大事故等への対処が実施可能であることを確認する。

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による機能維持の確認においては、MOX 燃料加工施設において想定する重大事故等の対処に必要な機能を確認した上で、その機能を果たすために必要となる設備を抽出し、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対してこれらの設備の機能が損なわれるおそれがないように設計していることを確認する。

本章では、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する機能維持の考え方を示す。

### 2.2 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力については、添付書類「Ⅲ-1-1-1 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された基準地震動  $S_s$  の加速度時刻歴波形の振幅を 1.2 倍した地震動（以下、「 $1.2 \times S_s$ 」という。）とする。

### 2.3 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力に対する機能維持

#### 2.3.1 耐震設計上考慮する状態

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力を考慮する設備において、地震以外に設計上考慮する状態として、添付書類「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」の「5.1.1 耐震設計上考慮する状態」に加えて、地震を要因とする重大事故等の状態で、重大事故等に対処する対処するための機能を必要とする状態を考慮する。

#### 2.3.2 荷重の種類

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力を考慮する設備において考慮する荷重の種類は、添付書類「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」の「5.1.2 荷重の種類」を踏襲する。

#### 2.3.3 荷重の組合せ

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力と組み合わせる荷重は、添付書類「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」の「5.1.2 荷重の種類 (3) 重大事故等対処施設」で考慮する荷重の組み合わせを踏襲する。

#### 2.3.4 荷重の組合せ上の留意事項

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力と組み合わせる荷重は、添付書類「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」の「5.1.4 荷重の組合せ上の留意事項」で考慮する荷重の組合せ上の留意事項を踏襲する。

#### 2.3.5 許容限界

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する重大事故等対処の成立性確認は、施設設計段階において施設に対する耐震健全性の確保をより確実にするために実施しているものであることから、重大事故対処機能が確保されていることを確認するために必要な要求機能、評価部位及び許容限界を設定する。これを踏まえ、各施設の基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力と組み合わせる荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、JEAG4601 等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

##### (1) 建物・構築物

###### (a) 基準地震動 $S_s$ を 1.2 倍した地震力との組合せに対する許容限界

建物・構築物全体としての変形能力(耐震壁のせん断ひずみ)が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有することを確認するため、原則として、重大事故等対処施設の基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震設計での許容限界を適用する。

##### (2) 機器・配管系

###### (a) 基準地震動 $S_s$ の 1.2 倍の地震力との組合せに対する許容限界

塑性域に達するひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重を制限する値を許容限界とする。

なお、重大事故等に対処するために必要な機能が維持されることの確認にあたっては、塑性変形する場合であっても破断延性限界に至らず、その施設の機能に影響を及ぼすことがないものを許容限界とする。

### 3. 耐震設計において考慮すべき項目に関する対応方針

添付書類「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」において耐震設計において考慮すべき項目として記載する内容のうち、「6. 構造計画と配置計画」及び「7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針」については、設計基準で示す設計方針を踏襲して耐震設計を行う。また、耐震設計における地震応答解析については、添付資料「Ⅲ-1-1-5 地震応答解析の基本方針」で示す内容を踏襲し、入力地震動として、「2.2 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力」に示す地震動を用いて解析を行う。その上で、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力を求めるために、評価対象となる設備の設置階における床応答曲線を作成する。床応答曲線は、添付書類「Ⅲ-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に示す内容を踏襲して作成する。

一方、設計基準における耐震設計において、耐震評価に影響を与える要因として考慮している不確かさの項目として、以下の項目が挙げられる。

- ・材料物性のばらつき
- ・隣接建屋の影響
- ・水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

・一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による地震応答解析において、耐震評価に影響を与えるこれらの要因については、添付書類「V-1-1-4-1 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」の「5. 要求事項を踏まえた重大事故等対処施設の設計方針」に示すとおり、評価に用いる入力地震動が、設計において考慮すべき様々な不確かさを踏まえた上で策定された基準地震動  $S_s$  に対して、さらに 2 割の増分を設定しているものであり、上記に示す不確かさの項目も含めた上で、地震を要因とする重大事故等への対処が可能であることを確認することができる。

4. 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による耐震設計方針

添付資料「Ⅲ-1-1 耐震設計の基本方針」に示す耐震設計方針に基づいて設計した施設について、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認を行うにあたり、既設工認で実績があり、かつ、最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を用いることを基本とする。また、最新の知見を適用する場合は、その妥当性と適用可能性を確認した上で適用する。

評価対象施設のうち、形状、構造特性に応じたモデルに置換して定式化された計算式等を用いる設備の計算方針については後次回で申請する添付書類「Ⅲ-6-2 加工施設の耐震性に関する計算書」に示す。

評価に用いる環境温度については、添付書類「V-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に従う。

4.1 建物・構築物

建物・構築物の設計は、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する構造物全体としての変形が、「2.3 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する機能維持」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は、時刻歴応答解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とする。

「2.3 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する機能維持」に示した通り、建物・構築物については、MOX 燃料加工施設における重大事故等への対処方法及び重大事故等により外部への放出に至るおそれのある MOX 粉末の特徴を踏まえ、壁、床、天井に多少のひびが発生したとしても、建物・構築物自体が倒壊せず、重大事故等対処の実施に対して妨げにならないことを確認する。

具体的には、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力における耐震壁のせん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を満足することで、建物・構築物の変形能力について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対して妥当な安全余裕を有していることを確認する。

建物・構築物の許容限界の考え方

要求機能	評価部位	許容限界の考え方	許容限界
重大事故等対処の実施に対して妨げにならないこと	各層の耐震壁	終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する	各層の耐震壁のせん断ひずみ度 $2.0 \times 10^{-3}$

#### 4.2 機器・配管系

機器・配管系の設計は、「2.2 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力」で示す地震動による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせべき他の荷重による応力との組合せ応力が「2.3 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する機能維持」で示す許容限界内にあることを確認すること(解析による設計)により行う。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とし、その他の手法を適用する場合は適用性を確認の上適用することとする。なお、材料物性の不確かさを適切に考慮する。

- ・ 応答スペクトル・モーダル解析法
- ・ 時刻歴応答解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法
- ・ FEM 等を用いた応力解析法

また、地震時及び地震後に機能維持が要求される設備については、地震応答解析により機器・配管系に作用する加速度が振動試験又は解析等により機能が維持できることを確認した加速度(動的機能維持確認済加速度又は電氣的機能維持確認済加速度)以下、若しくは、静的又は動的解析により求まる地震荷重が許容荷重以下となることを確認する。

これらを踏まえた具体的な評価手法は、添付書類「Ⅲ-6-2 加工施設の耐震性に関する計算書」において、当該設備を申請する申請書において示す。

以上

## 別紙4-16

# 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震性計算結果

本添付書類は、別で定める方針に沿った評価・計算を示す書類であり、結果を示すものであることから、発電炉との比較は行わない。

また、図書番号や数値は最終精査中。

なお、基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震性評価の内容については、共通側の説明結果も踏まえて反映していく。

また、別紙については、補足説明資料「耐震建物08 地震応答解析に用いる地盤モデル及び地盤物性値の設定について」における地盤の非線形性に関する確認内容を反映予定。

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価方針	2
2.1 燃料加工建屋に求められる要件	2
2.2 燃料加工建屋の設計方針	2
2.3 評価方針	3
2.4 準拠規格・基準等	4
3. 地震応答解析	5
3.1 地震応答解析に用いる地震動	5
3.2 解析方法	5
3.2.1 水平方向モデル	5
3.2.2 鉛直方向モデル	28
3.3 建物・構築物の入力地震動	33
3.4 解析方法及び解析条件	33
3.4.1 誘発上下動を考慮する場合の基礎浮上り評価法	33
3.5 地震応答解析結果	35
4. 層の変形に対する評価	45
4.1 評価方法及び許容限界	45
4.2 評価結果	45
5. 各部位に対する評価	46
5.1 床スラブ	46
5.1.1 床スラブの振動特性の確認	46
5.1.2 床スラブの評価	48
5.2 壁	50
5.2.1 評価方法及び許容限界	50
5.2.2 評価結果	52

別紙1 燃料加工建屋における地盤の非線形性に関する確認

## 1. 概要

本資料は、「V-1-1-4-1 地震を起因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」及び「III-6-1 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による重大事故等対処施設に関する耐震計算の基本方針」に基づく燃料加工建屋の重大事故等対処の成立性確認結果について説明するものである。

燃料加工建屋の重大事故等対処の成立性確認にあたっては、基準地震動を 1.2 倍した地震力に対し、「V-1-1-4-1 地震を起因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」において整理した建屋に求められる要件が成立することを確認する。

## 2. 評価方針

### 2.1 燃料加工建屋に求められる要件

「V-1-1-4-1 地震を起因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」において整理した重大事故等対処の成立性確認にあたって燃料加工建屋に求められる要求事項は、以下に示す①及び②のとおりである。

要件①：建屋が一定程度変形したとしても、支持部のコンクリートが完全に失われて重大事故等対処に係る設備が脱落しないようにする

要件②：建屋が一定程度変形したとしても、床の崩落や壁の倒壊、大規模なコンクリートの剥離に至らず、安全なアクセスルート及び操作場所が確保できるようにする。

### 2.2 燃料加工建屋の設計方針

燃料加工建屋は、「2.1 建屋に求められる要件」に示した要件①及び②を達成するために、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対して層の変形が終局状態に達しない設計とする。

また、第 2.2-1 図に示す各設備の支持部を取り付けるまたはアクセスルート及び操作場所を構成する床スラブ及び壁について、第 2.2-1 表に示すとおり設計する。

第 2.2-1 表 燃料加工建屋の各部位の設計方針

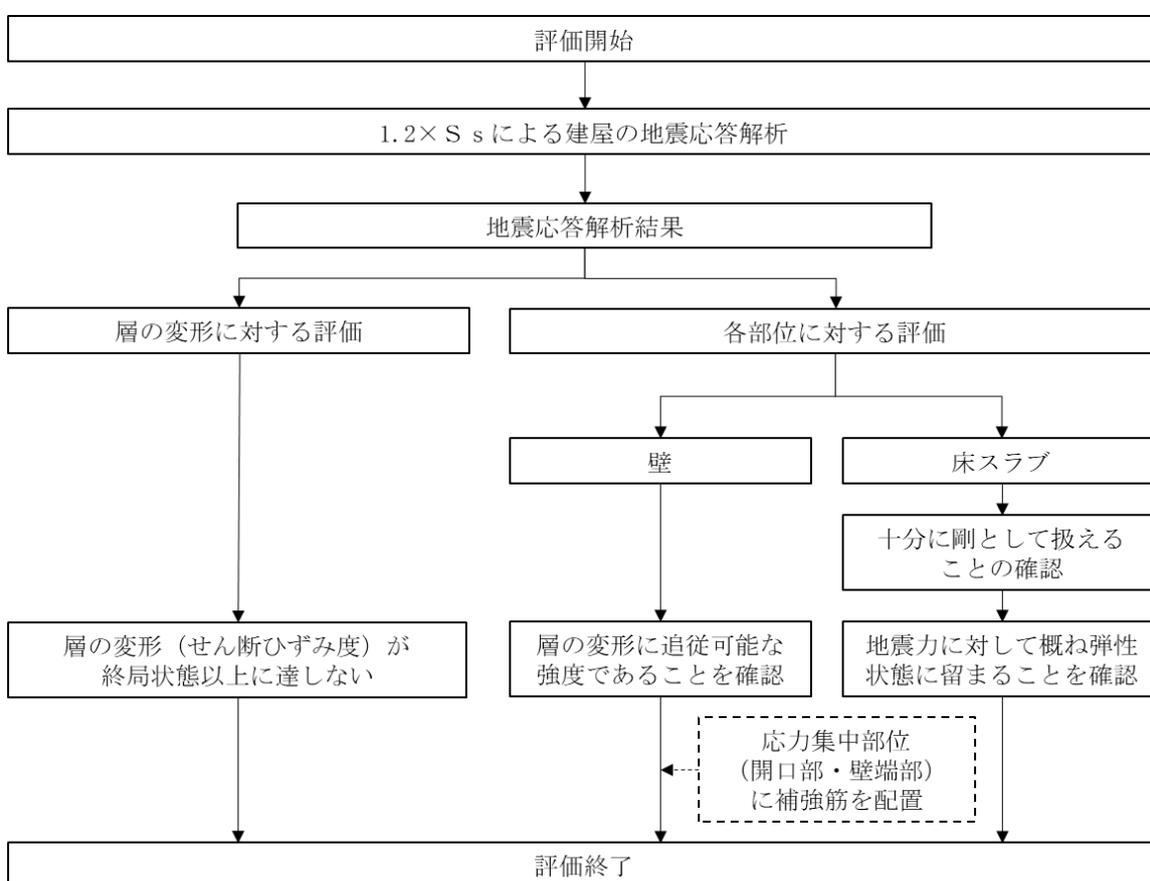
部位	設計方針
床スラブ	概ね弾性状態に留まる設計とする*
壁	耐震壁及び耐震壁以外の壁は、層の変形（せん断ひずみ度）に追従できるような強度を有する設計とする。
	耐震壁以外の壁については、耐震壁以外の壁に生じるせん断応力を負担でき、層の変形に追従が可能な設計とする。
	層の変形に伴うひび割れにより大規模なコンクリートの剥離が発生しないよう、応力が集中する開口部や壁端部は、補強筋を配してひび割れを抑制する設計とする。

注記 \*：あわせて、建屋を 1 軸質点系モデルとして考慮しているため、床スラブが十分に剛として扱えることを確認する。

### 2.3 評価方針

燃料加工建屋について、「2.2 燃料加工建屋の設計方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する評価を行うこととする。評価フローを第 2.3-1 図に示す。

燃料加工建屋の評価は、基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力を用いた地震応答解析結果に基づき、層の変形に対する評価を行うとともに、床スラブ及び壁について、各部位の耐震評価を実施する。



第 2.3-1 図 評価フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

燃料加工建屋の評価において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 日本産業規格（以下，「JIS 規格」という。）
- ・ 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）  
（以下，「RC 規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）  
（以下，「JEAG 4601-1987」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）  
（以下，「JEAG 4601-1991 追補版」という。）

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 地震応答解析に用いる地震動

地震応答解析に用いる地震動については、「Ⅲ-6-1 基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力による重大事故等対処施設に関する耐震計算の基本方針」に示す解放基盤表面レベルで定義された基準地震動  $S_s$  の加速度時刻歴波形の振幅を 1.2 倍した地震動（以下、「 $1.2 \times S_s$ 」という。）とする。

#### 3.2 解析方法

##### 3.2.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、「Ⅲ-2-1-1-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」に示すものを用いる。水平方向の地震応答解析モデルを第 3.2.1-1 図、解析モデルの諸元を第 3.2.1-1 表及び第 3.2.1-2 表に示す。

なお、 $1.2 \times S_s - C1$  については、水平加振により励起される鉛直応答を評価するために、鉛直方向モデルの諸元及び接地率に応じて変化する回転・鉛直連成ばね  $K_{VR}$  を設定した誘発上下動を考慮するモデルを用いる。第 3.2.1-2 図に誘発上下動を考慮するモデルを示す。

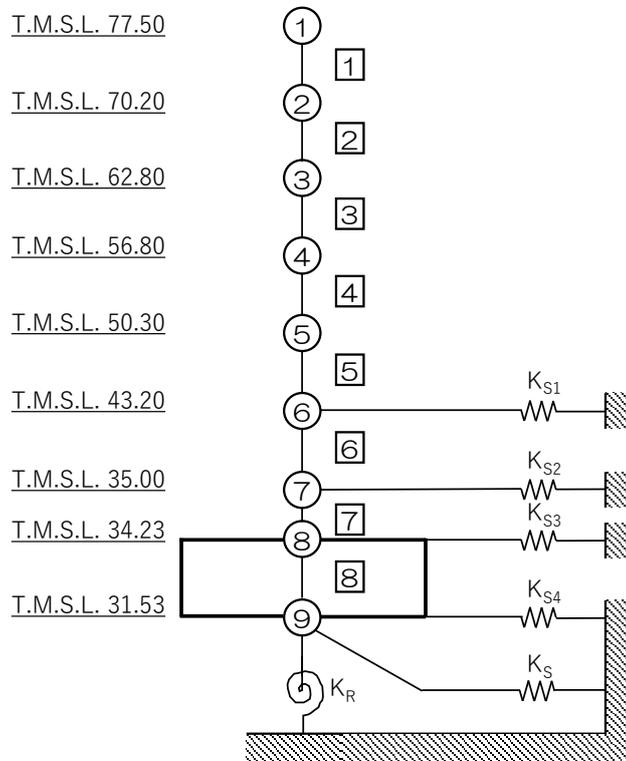
入力地震動の算定に用いる地盤物性は、ひずみ依存特性を考慮した等価線形解析に基づく等価物性値を用いる。

燃料加工建屋の地盤の等価線形解析にあたっては、「別紙 1 燃料加工建屋における地盤の非線形性に関する確認」に示すとおり、表層地盤のうち、造成盛土の一部の層において、等価線形解析の一般的な適用の目安である有効せん断ひずみ 1% を大きく上回る場合があることを踏まえて、地盤の非線形特性を時々刻々と評価可能な逐次非線形解析を実施し、解析手法の相違が入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。

また、地盤の有効せん断ひずみが 1% を大きく上回り、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果の外挿範囲となっていることを踏まえて、当該範囲における非線形特性のパラメータスタディを実施しても、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。

ひずみ依存特性を考慮した地盤の等価線形解析による有効せん断ひずみ分布を第 3.2.1-3 図に示す。また、地盤の等価線形解析で得られる等価物性値に基づき設定した地盤定数を第 3.2.1-3 表～第 3.2.1-12 表に示す。地盤ばね定数及び減衰係数を第 3.2.1-13 表～第 3.2.1-22 表に示す。

(単位 : m)



- 注記 1 : ○数字は質点番号を示す。  
2 : □数字は要素番号を示す。  
3 :  $K_{S1} \sim K_{S4}$  は側面スウェイばねを示す。  
4 :  $K_S$  は底面スウェイばねを示す。  
5 :  $K_R$  は底面ロックンバねを示す。

第 3. 2. 1-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)

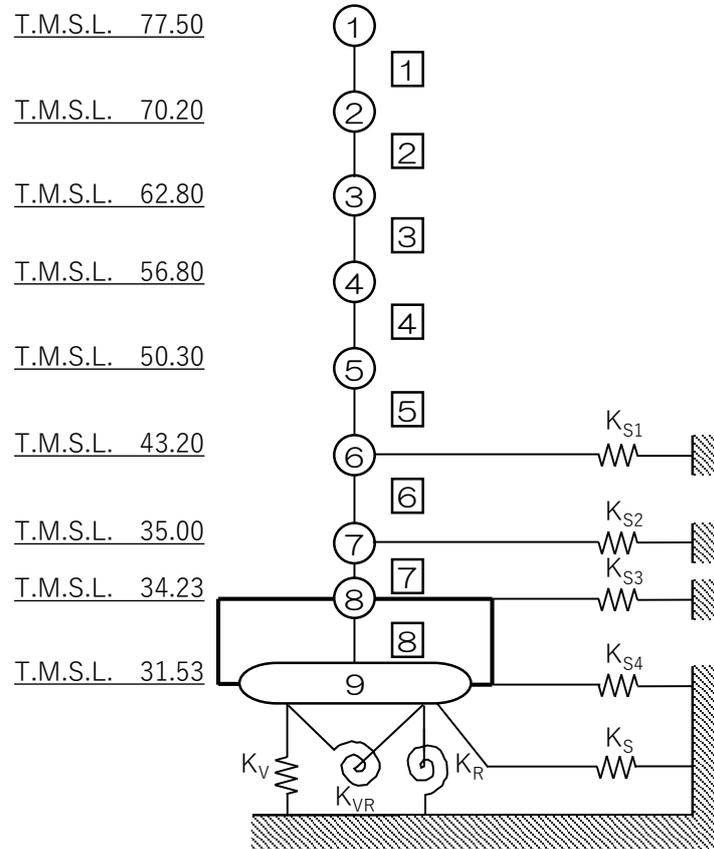
第 3.2.1-1 表 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	回転慣性 重量 $I_g$ ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	断面二次 モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
①	77.50	174000	17.9	①	77.50~70.20	2.06	133.3
②	70.20	329000	209.0	②	70.20~62.80	29.12	362.5
③	62.80	385000	244.7	③	62.80~56.80	30.27	474.4
④	56.80	429000	272.7	④	56.80~50.30	37.63	640.5
⑤	50.30	492000	312.8	⑤	50.30~43.20	45.79	749.8
⑥	43.20	530000	337.0	⑥	43.20~35.00	49.22	876.1
⑦	35.00	386000	245.3	⑦	35.00~34.23	230.69	2956.9
⑧	34.23	277000	176.0	⑧	34.23~31.53	489.58	7708.6
⑨	31.53	280000	177.9	—	—	—	—
建屋総重量		3282000	—	—	—	—	—

第 3.2.1-2 表 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向)

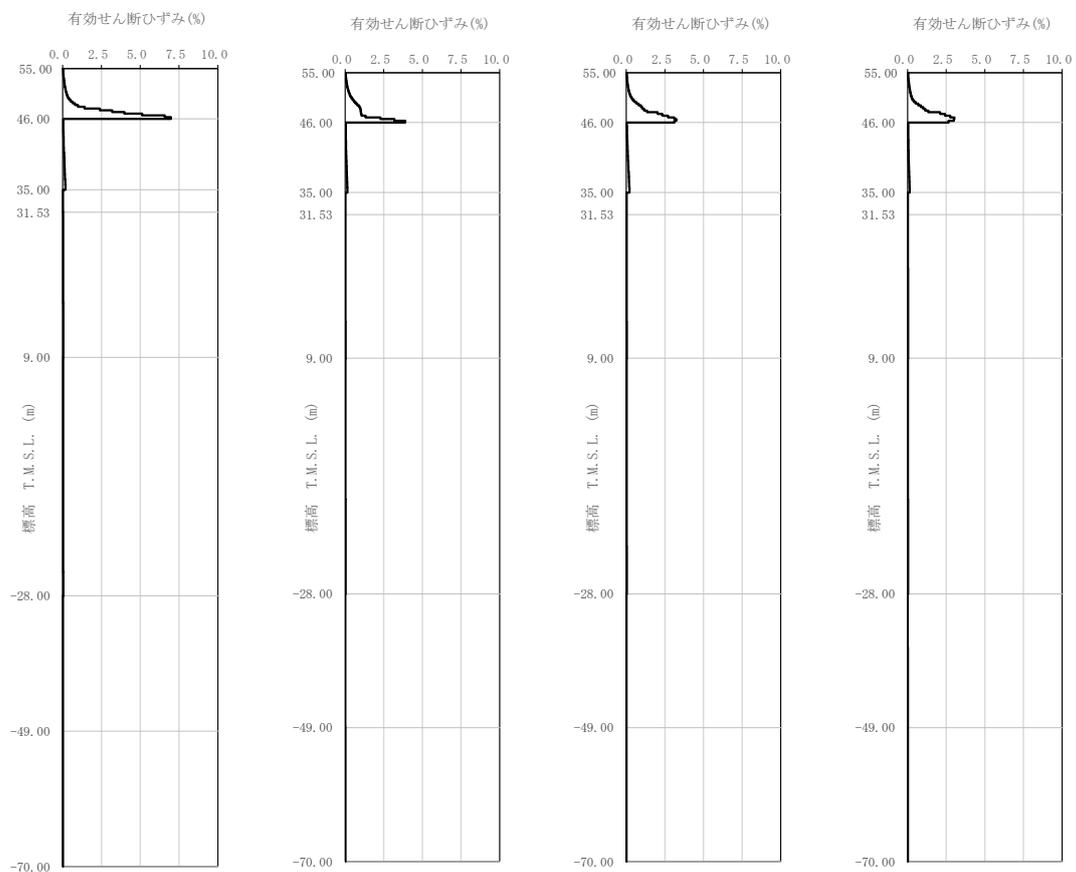
質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	回転慣性 重量 $I_g$ ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	断面二次 モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
①	77.50	174000	113.1	①	77.50~70.20	20.63	300.1
②	70.20	329000	213.9	②	70.20~62.80	40.32	415.6
③	62.80	385000	250.3	③	62.80~56.80	39.93	522.9
④	56.80	429000	278.9	④	56.80~50.30	46.57	633.2
⑤	50.30	492000	320.0	⑤	50.30~43.20	50.51	791.3
⑥	43.20	530000	344.7	⑥	43.20~35.00	57.14	975.9
⑦	35.00	386000	250.9	⑦	35.00~34.23	354.92	3852.8
⑧	34.23	277000	180.0	⑧	34.23~31.53	500.86	7708.6
⑨	31.53	280000	182.0	—	—	—	—
建屋総重量		3282000	—	—	—	—	—

(単位：m)



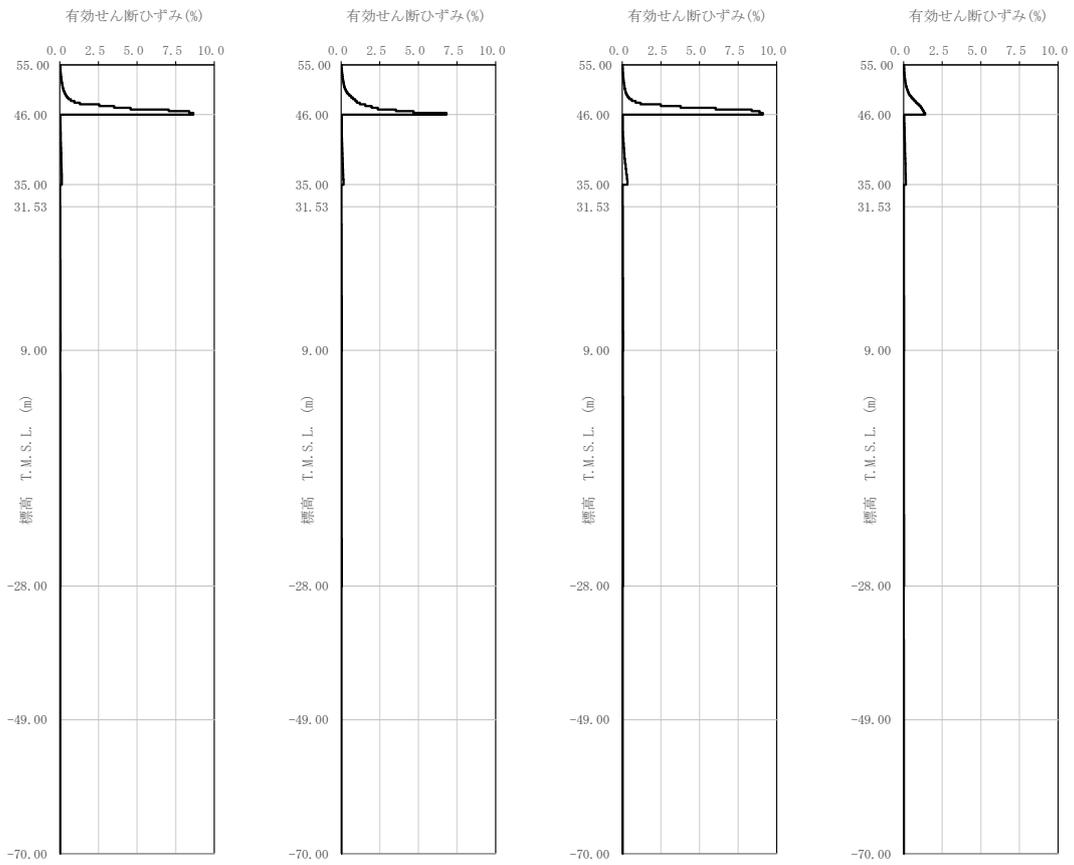
- 注記 1：○数字は質点番号を示す。  
 2：□数字は要素番号を示す。  
 3： $K_{S1} \sim K_{S4}$ は側面スウェイばねを示す。  
 4： $K_S$ は底面スウェイばねを示す。  
 5： $K_R$ は底面ロックンギンばねを示す。  
 6： $K_V$ は底面鉛直ばねを示す。  
 7： $K_{VR}$ は回転・鉛直連成ばねを示す。

第 3. 2. 1-2 図 水平方向モデル (誘発上下動を考慮するモデル)



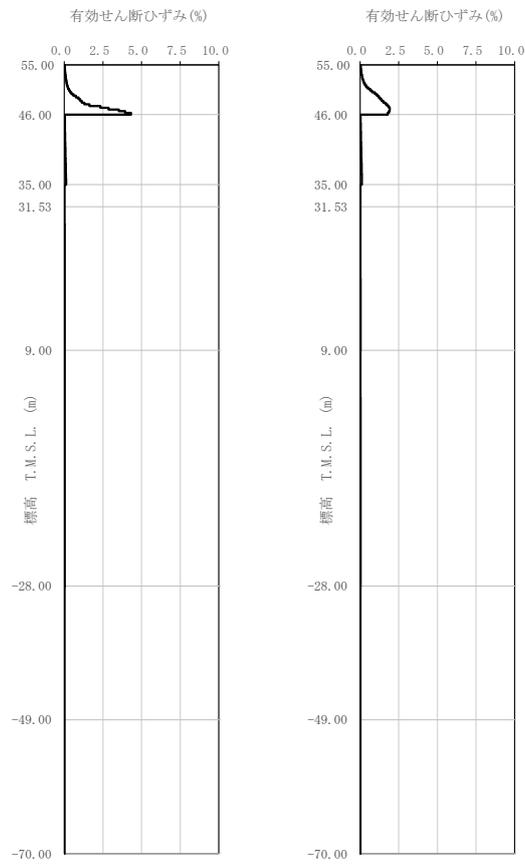
(a)  $1.2 \times S_s - A$     (b)  $1.2 \times S_s - B1$     (c)  $1.2 \times S_s - B2$     (d)  $1.2 \times S_s - B3$

第 3.2.1-3 図 有効せん断ひずみ分布 (1/3) ( $1.2 \times S_s$ )



(e) 1.2 × S s - B 4    (f) 1.2 × S s - B 5    (g) 1.2 × S s - C 1    (h) 1.2 × S s - C 2

第 3.2.1-3 図 有効せん断ひずみ分布 (2/3) (1.2 × S s)



(i)  $1.2 \times S_s - C_3$       (j)  $1.2 \times S_s - C_4$

第 3.2.1-3 図 有効せん断ひずみ分布 (3/3) ( $1.2 \times S_s$ )

第 3.2.1-3 表 地盤定数 (1.2×S s - A)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.64	151	548	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.26	119	432	0.07		
50.30		4.30	15.7	0.527	57.4	209	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.3	259	791	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	9.13	233	711	0.06		
39.10		4.10	16.5	6.97	203	621	0.08		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.1	631	1780	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	61.9	630	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	61.6	628	1770	0.02	
31.53			22.53	15.3	59.5	618	1740	0.03	
9.00		37.00	15.6	91.6	759	1800	0.03	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	203	1040	2160	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	207	1050	2180	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-4 表 地盤定数 (1.2×S s - B 1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.58	150	544	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.00	112	406	0.08		
50.30		4.30	15.7	0.458	53.5	194	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.5	261	798	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	9.75	241	735	0.06		
39.10		4.10	16.5	7.58	212	648	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.6	633	1790	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	61.6	628	1770	0.02	
9.00		37.00	15.6	94.5	771	1830	0.02	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	209	1060	2200	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	209	1060	2200	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-5 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub> - B2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.66	151	550	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.22	118	428	0.08		
50.30		4.30	15.7	0.441	52.5	191	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.2	258	788	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	8.60	226	690	0.07		
39.10		4.10	16.5	6.41	195	596	0.08		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.0	630	1780	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	61.9	630	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	61.9	630	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	60.8	624	1760	0.02	
9.00		37.00	15.6	93.0	765	1810	0.02	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	205	1050	2170	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	208	1060	2190	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-6 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub> - B3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.64	151	548	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.23	118	429	0.08		
50.30		4.30	15.7	0.499	55.9	203	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.5	261	798	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	10.0	244	744	0.06		
39.10		4.10	16.5	8.09	219	669	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.7	634	1790	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.4	632	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	60.8	624	1760	0.02	
9.00		37.00	15.6	93.7	768	1820	0.02	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	207	1050	2180	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	208	1060	2190	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-7 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.67	152	550	0.02	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.36	121	441	0.07		
50.30		4.30	15.7	0.564	59.4	216	0.15		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.2	258	788	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	9.54	238	727	0.06		
39.10		4.10	16.5	7.82	215	658	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.7	634	1790	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.2	631	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	59.5	618	1740	0.03	
9.00		37.00	15.6	90.6	755	1790	0.03	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	200	1040	2150	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	203	1040	2160	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-8 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.65	151	549	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.26	119	432	0.08		
50.30		4.30	15.7	0.498	55.8	203	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.4	260	795	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	9.95	243	742	0.06		
39.10		4.10	16.5	7.57	212	648	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.3	632	1780	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.0	630	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	61.8	629	1770	0.02	
31.53			22.53	15.3	59.4	617	1740	0.03	
9.00		37.00	15.6	91.0	757	1800	0.03	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	202	1040	2160	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	205	1050	2170	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-9 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub>-C1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.73	153	555	0.02	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.57	127	461	0.07		
50.30		4.30	15.7	0.658	64.2	233	0.14		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.6	262	802	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	8.84	229	700	0.07		
39.10		4.10	16.5	5.17	175	535	0.09		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	60.5	623	1760	0.03	0.43
34.23			1.35	15.3	60.3	622	1750	0.03	
32.88			1.35	15.3	60.0	620	1750	0.03	
31.53			22.53	15.3	57.5	607	1710	0.03	
9.00		37.00	15.6	87.8	743	1760	0.03	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	196	1030	2130	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	202	1040	2160	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-10 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub>-C2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.70	152	553	0.02	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.43	123	448	0.07		
50.30		4.30	15.7	0.680	65.2	237	0.13		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	10.7	252	770	0.06	0.44	
43.20		4.10	16.5	8.85	229	700	0.07		
39.10		4.10	16.5	7.45	210	642	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.5	633	1780	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.3	632	1780	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.1	631	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	61.0	625	1760	0.02	
9.00		37.00	15.6	93.8	768	1820	0.02	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	206	1050	2180	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	208	1060	2190	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-11 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub>-C3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.67	152	550	0.02	0.46	
53.55		3.25	15.7	2.29	120	435	0.07		
50.30		4.30	15.7	0.467	54.0	196	0.15		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.5	261	798	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	10.2	246	752	0.06		
39.10		4.10	16.5	8.40	223	682	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.9	635	1790	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.7	634	1790	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	61.0	625	1760	0.02	
9.00		37.00	15.6	93.0	765	1810	0.02	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	205	1050	2170	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	207	1050	2180	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-12 表 地盤定数 (1.2×S<sub>s</sub>-C4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比	
55.00	造成盛土	1.45	15.7	3.55	149	541	0.03	0.46	
53.55		3.25	15.7	1.84	107	390	0.09		
50.30		4.30	15.7	0.343	46.3	168	0.15		
46.00	六ヶ所層	2.80	16.5	11.4	260	795	0.05	0.44	
43.20		4.10	16.5	9.71	240	733	0.06		
39.10		4.10	16.5	8.19	220	674	0.07		
35.00	鷹架層	軽石凝灰岩	0.77	15.3	62.9	635	1790	0.02	0.43
34.23			1.35	15.3	62.7	634	1790	0.02	
32.88			1.35	15.3	62.5	633	1780	0.02	
31.53			22.53	15.3	60.5	623	1760	0.03	
9.00		37.00	15.6	91.8	760	1800	0.03	0.39	
-28.00		軽石質砂岩	21.00	18.2	204	1050	2170	0.02	0.35
-49.00		細粒砂岩	21.00	18.2	208	1060	2190	0.02	0.35
-70.00	細粒砂岩	—	18.2	221	1090	2260	0.01	0.35	

第 3.2.1-13 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S s - A, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.96 \times 10^6$	$1.78 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.12 \times 10^6$	$1.10 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.47 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.53 \times 10^6$	$7.35 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.98 \times 10^8$	$7.38 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.58 \times 10^{11}$	$4.93 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN・m/rad), 減衰係数 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.96 \times 10^6$	$1.78 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.12 \times 10^6$	$1.10 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.48 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.53 \times 10^6$	$7.35 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.97 \times 10^8$	$7.36 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.66 \times 10^{11}$	$5.11 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN・m/rad), 減衰係数 (kN・m・s/rad)

第 3.2.1-14 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B1, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.09 \times 10^6$	$1.82 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.24 \times 10^6$	$1.14 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.04 \times 10^8$	$7.49 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.72 \times 10^{11}$	$4.99 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.09 \times 10^6$	$1.82 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.24 \times 10^6$	$1.14 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.03 \times 10^8$	$7.47 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.80 \times 10^{11}$	$5.17 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-15 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B2, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.85 \times 10^6$	$1.74 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.02 \times 10^6$	$1.06 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.47 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.55 \times 10^6$	$7.37 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.44 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.66 \times 10^{11}$	$4.96 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.85 \times 10^6$	$1.75 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.02 \times 10^6$	$1.06 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.48 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.55 \times 10^6$	$7.37 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.42 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.73 \times 10^{11}$	$5.16 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-16 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B3, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.13 \times 10^6$	$1.83 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.34 \times 10^6$	$1.17 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.58 \times 10^6$	$7.39 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.45 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.67 \times 10^{11}$	$4.97 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.13 \times 10^6$	$1.83 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.34 \times 10^6$	$1.17 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.58 \times 10^6$	$7.40 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.43 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.75 \times 10^{11}$	$5.16 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-17 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B4, 水平方向)

(a) NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.02 \times 10^6$	$1.79 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.28 \times 10^6$	$1.15 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.56 \times 10^6$	$7.38 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.97 \times 10^8$	$7.37 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.56 \times 10^{11}$	$4.93 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.02 \times 10^6$	$1.79 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.28 \times 10^6$	$1.15 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.61 \times 10^6$	$9.52 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.56 \times 10^6$	$7.38 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.97 \times 10^8$	$7.35 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.63 \times 10^{11}$	$5.10 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-18 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B5, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.11 \times 10^6$	$1.82 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.24 \times 10^6$	$1.14 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.48 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.54 \times 10^6$	$7.36 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.97 \times 10^8$	$7.37 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.56 \times 10^{11}$	$4.93 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.11 \times 10^6$	$1.82 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.24 \times 10^6$	$1.14 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.57 \times 10^6$	$9.48 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.54 \times 10^6$	$7.36 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.97 \times 10^8$	$7.35 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.63 \times 10^{11}$	$5.10 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-19 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2 × S<sub>s</sub> - C<sub>1</sub>, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.93 \times 10^6$	$1.77 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$1.77 \times 10^6$	$9.75 \times 10^5$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.46 \times 10^6$	$9.36 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.44 \times 10^6$	$7.25 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.91 \times 10^8$	$7.26 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.41 \times 10^{11}$	$4.87 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.93 \times 10^6$	$1.77 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$1.77 \times 10^6$	$9.75 \times 10^5$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.46 \times 10^6$	$9.36 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.44 \times 10^6$	$7.26 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$1.91 \times 10^8$	$7.24 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.49 \times 10^{11}$	$5.04 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

第 3.2.1-20 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2 × S<sub>s</sub> - C<sub>2</sub>, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.83 \times 10^6$	$1.74 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.22 \times 10^6$	$1.13 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.60 \times 10^6$	$9.51 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.56 \times 10^6$	$7.38 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.02 \times 10^8$	$7.46 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.68 \times 10^{11}$	$4.98 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$2.83 \times 10^6$	$1.74 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.22 \times 10^6$	$1.13 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.60 \times 10^6$	$9.51 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.56 \times 10^6$	$7.39 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.02 \times 10^8$	$7.44 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.76 \times 10^{11}$	$5.16 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

ロッキングばね : ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

第 3.2.1-21 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub>-C3, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.16 \times 10^6$	$1.84 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.39 \times 10^6$	$1.18 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.63 \times 10^6$	$9.54 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.45 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.66 \times 10^{11}$	$4.96 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.16 \times 10^6$	$1.84 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.39 \times 10^6$	$1.18 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.63 \times 10^6$	$9.54 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.01 \times 10^8$	$7.43 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.73 \times 10^{11}$	$5.16 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.2.1-22 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub>-C4, 水平方向)

(a) NS 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.07 \times 10^6$	$1.81 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.35 \times 10^6$	$1.17 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.63 \times 10^6$	$9.54 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.00 \times 10^8$	$7.42 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.62 \times 10^{11}$	$4.96 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

	質点 番号	ばね定数	減衰係数	
側面スウェイばね	K <sub>S1</sub>	6	$3.07 \times 10^6$	$1.81 \times 10^6$
	K <sub>S2</sub>	7	$2.35 \times 10^6$	$1.17 \times 10^6$
	K <sub>S3</sub>	8	$4.63 \times 10^6$	$9.54 \times 10^5$
	K <sub>S4</sub>	9	$3.59 \times 10^6$	$7.41 \times 10^5$
底面スウェイばね	K <sub>S</sub>	9	$2.00 \times 10^8$	$7.40 \times 10^6$
底面ロッキングばね	K <sub>R</sub>	9	$4.70 \times 10^{11}$	$5.14 \times 10^9$

注記 : スウェイばね : ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

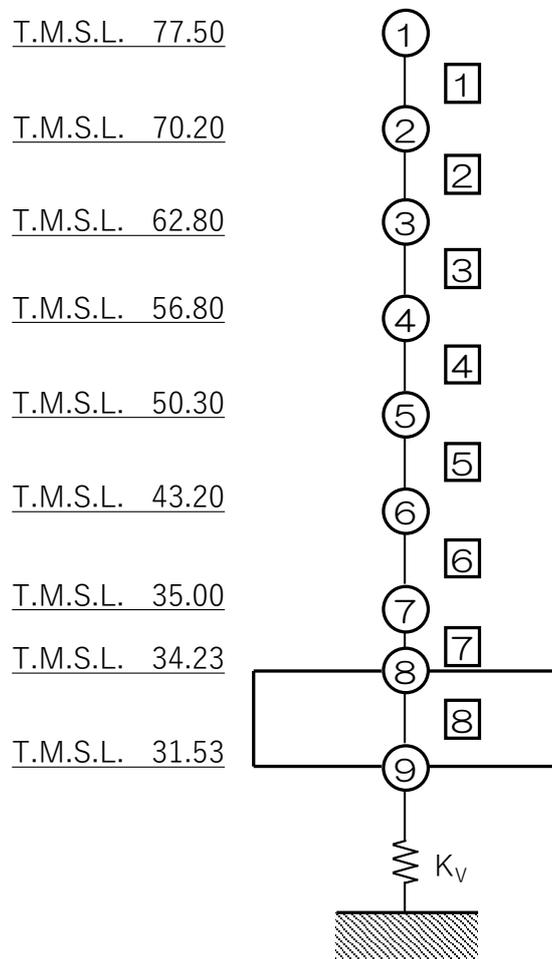
ロッキングばね : ばね定数(kN・m/rad), 減衰係数(kN・m・s/rad)

### 3.2.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、「Ⅲ-2-1-1-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」に示すものを用いる。鉛直方向の地震応答解析モデルを第3.2.2-1図、解析モデルの諸元を第3.2.2-1表に示す。

また、 $1.2 \times S_s$  に対する地盤定数を第3.2.1-3表～第3.2.1-11表に、地盤ばね定数及び減衰係数を第3.2.2-2表～第3.2.2-10表に示す。

(単位：m)



注記 1：○数字は質点番号を示す。

2：□数字は要素番号を示す。

3： $K_V$ は底面鉛直ばねを示す。

第3.2.2-1図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第 3.2.2-1 表 地震応答解析モデル諸元 (鉛直方向)

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	要素番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	軸断面積 A (m <sup>2</sup> )
①	77.50	174000	①	77.50~70.20	420.5
②	70.20	329000	②	70.20~62.80	760.0
③	62.80	385000	③	62.80~56.80	957.1
④	56.80	429000	④	56.80~50.30	1208.1
⑤	50.30	492000	⑤	50.30~43.20	1468.1
⑥	43.20	530000	⑥	43.20~35.00	1718.0
⑦	35.00	386000	⑦	35.00~34.23	4064.6
⑧	34.23	277000	⑧	34.23~31.53	7708.6
⑨	31.53	280000	—	—	—
建屋総重量		3282000	—	—	—

第 3.2.2-2 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - A, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.92 × 10 <sup>8</sup>	1.78 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-3 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 1, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	4.01 × 10 <sup>8</sup>	1.80 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-4 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 2, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.97 × 10 <sup>8</sup>	1.79 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-5 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 3, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.98 × 10 <sup>8</sup>	1.79 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-6 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 4, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.90 × 10 <sup>8</sup>	1.77 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-7 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub> - B 5, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.90 × 10 <sup>8</sup>	1.77 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-8 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub>-C1, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.81 × 10 <sup>8</sup>	1.75 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-9 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub>-C2, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.98 × 10 <sup>8</sup>	1.79 × 10 <sup>7</sup>

第 3.2.2-10 表 地盤ばね定数と減衰係数 (1.2×S<sub>s</sub>-C3, 鉛直方向)

		質点 番号	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
底面鉛直ばね	K <sub>v</sub>	9	3.97 × 10 <sup>8</sup>	1.79 × 10 <sup>7</sup>

### 3.3 建物・構築物の入力地震動

入力地震動は、水平方向、鉛直方向ともに、「Ⅲ－２－１－１－１－１－１ 燃料加工建屋の地震応答計算書」の「3.3 建物・構築物の入力地震動」に記載の方法に基づき算定する。

### 3.4 解析方法及び解析条件

燃料加工建屋の地震応答解析は、「Ⅲ－２－１－１－１－１－１ 燃料加工建屋の地震応答計算書」の「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」と同じ方法により実施する。

#### 3.4.1 誘発上下動を考慮する場合の基礎浮上り評価法

水平方向の地震応答解析モデルのうち、誘発上下動を考慮した地震応答解析モデルでは、水平加振により励起される鉛直応答を評価するために、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC 4601-2008（（社）日本電気協会）」を参考に、水平・回転の2自由度からなるSR（スウェイ・ロッキング）モデルに、鉛直方向の自由度を考慮し、鉛直ばね及び回転・鉛直連成ばねを設定する。なお、鉛直ばね、回転・鉛直連成ばね及び回転ばねは、接地率 $\eta_t$ に応じて時々刻々と変化する。

第3.4.1-1図に誘発上下動を考慮する場合の地震応答解析モデルの概念図を、第3.4.1-1表に基礎が浮上った場合の基礎底面につく地盤ばねの剛性と減衰の評価式を示す。

$$\begin{Bmatrix} P \\ N \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{HH} & 0 & 0 \\ 0 & K_{VV} & K_{VR} \\ 0 & K_{VR} & K_{RR} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_0 \\ w_0 \\ \theta \end{Bmatrix}$$

ここで、P：水平方向慣性力

N：鉛直方向慣性力

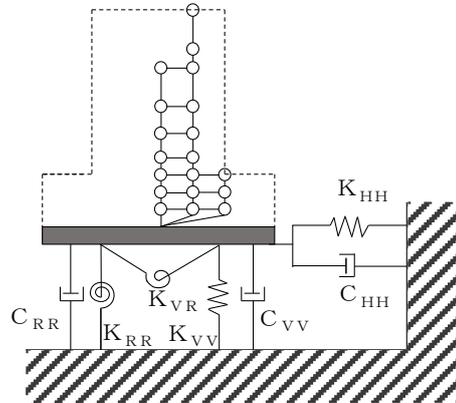
M：転倒モーメント

$K_{HH}$ ,  $K_{VV}$ ,  $K_{RR}$

：水平，鉛直，回転ばねの対角項

$K_{VR}$ ：回転・鉛直連成ばね

$u_0$ ,  $w_0$ ,  $\theta$ ：基礎底面中心の各変位  
及び回転角



第 3.4.1-1 図 誘発上下動を考慮する場合の地震応答解析モデルの概念図

第 3.4.1-1 表 誘発上下動考慮モデルの基礎浮上り時の地盤ばねの剛性と減衰

	剛性	減衰係数
鉛直ばね	$K_{VV} = \eta_t^\beta \cdot K_{V0}$	$C_{VV} = C_{V0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$
回転・鉛直 連成ばね	$K_{VR} = \frac{1 - \eta_t}{2} L \cdot K_{VV}$	$C_{VR} = 0$
回転ばね	$K_{RR} = \frac{M - K_{VR} \cdot w_0}{\theta}$	$C_{RR} = C_{R0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$
$\eta_t = \left( \frac{\theta_0}{\theta} \right)^{\frac{2}{\alpha-2}}$ <p><math>\theta</math>：回転角</p> <p>M：転倒モーメント  <math>w_0</math>：基礎スラブ中心の鉛直変位  <math>\theta_0</math>：浮上り限界回転角  L：建屋基礎幅  <math>K_{V0}</math>：線形域の鉛直ばね剛性  <math>\beta</math>：0.46  <math>\alpha</math>：地反力分布に応じた値  (剛板分布 4.7)  <math>C_{V0}</math>：線形域の鉛直ばねの減衰係数  <math>C_{R0}</math>：線形域の回転ばねの減衰係数</p>		

### 3.5 地震応答解析結果

地震応答解析に採用した解析モデルの一覧を第 3.5-1 表に示す。

1.2×S<sub>s</sub>による最大応答値を第 3.5-1 図～第 3.5-13 図及び第 3.5-2 表～第 3.5-14 表に示す。浮上り検討を第 3.5-15 表に示す。

第 3.5-1 表 地震応答解析に採用した解析モデル (1.2×S s)

(a) NS 方向

1.2×Ss-A (H)	1.2×Ss-B1 (NS)	1.2×Ss-B2 (NS)	1.2×Ss-B3 (NS)	1.2×Ss-B4 (NS)	1.2×Ss-B5 (NS)
①	①	①	①	①	①

1.2×Ss-C1 (NSEW)	1.2×Ss-C2 (NS)	1.2×Ss-C2 (EW)	1.2×Ss-C3 (NS)	1.2×Ss-C3 (EW)	1.2×Ss-C4 (NS)	1.2×Ss-C4 (EW)
②	①	①	①	①	①	①

(b) EW 方向

1.2×Ss-A (H)	1.2×Ss-B1 (EW)	1.2×Ss-B2 (EW)	1.2×Ss-B3 (EW)	1.2×Ss-B4 (EW)	1.2×Ss-B5 (EW)
①	①	①	①	①	①

1.2×Ss-C1 (NSEW)	1.2×Ss-C2 (NS)	1.2×Ss-C2 (EW)	1.2×Ss-C3 (NS)	1.2×Ss-C3 (EW)	1.2×Ss-C4 (NS)	1.2×Ss-C4 (EW)
②	①	①	①	①	①	①

凡例

- ① : 基礎浮上り非線形モデル
- ② : 誘発上下動を考慮するモデル
- ③ : 地盤 3 次元 FEM モデル

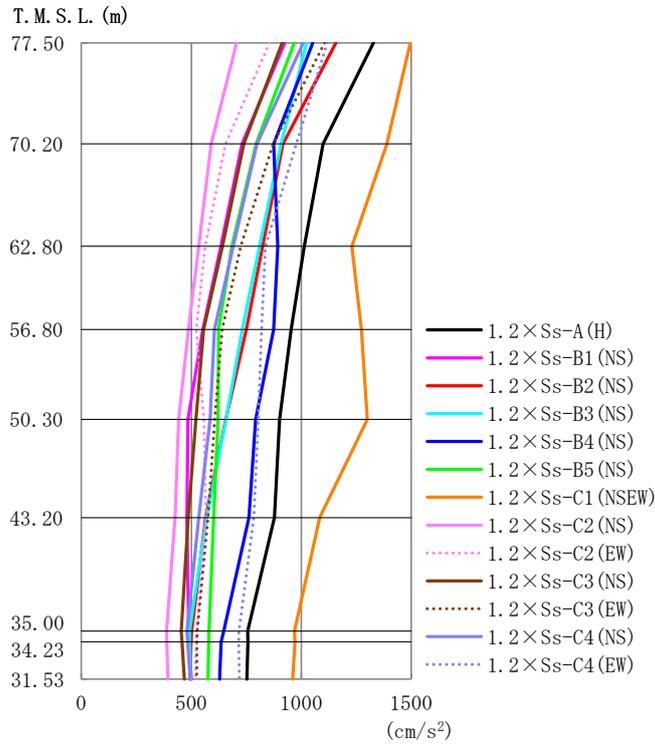
(c) 鉛直方向

1.2×Ss-A (V)	1.2×Ss-B1 (UD)	1.2×Ss-B2 (UD)	1.2×Ss-B3 (UD)	1.2×Ss-B4 (UD)	1.2×Ss-B5 (UD)
①	①	①	①	①	①

1.2×Ss-C1 (UD)	1.2×Ss-C2 (UD)	1.2×Ss-C3 (UD)
①	①	①

凡例

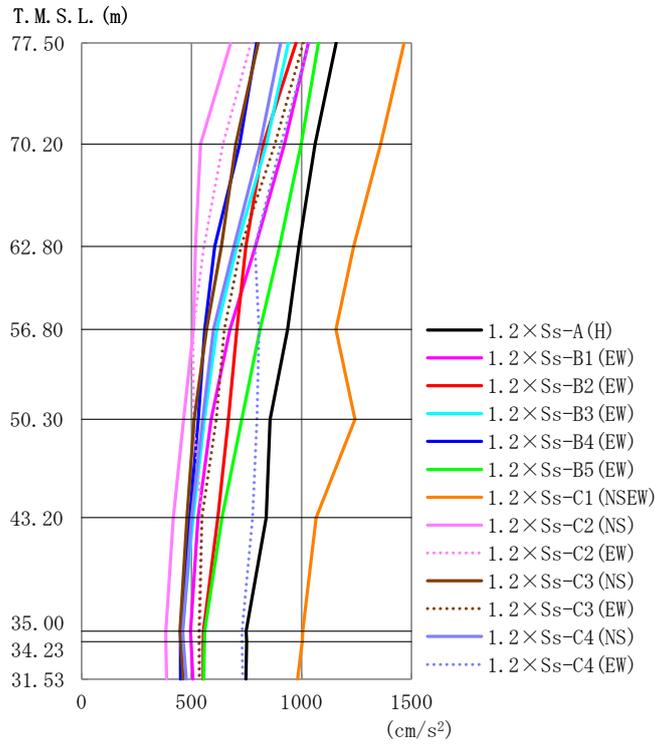
- ① : 鉛直ばねモデル
- ② : 地盤 3 次元 FEM モデル



第 3.5-1 图 最大応答加速度 (1.2 × S s , NS 方向)

第 3.5-2 表 最大応答加速度一覧表 (1.2 × S s , NS 方向)

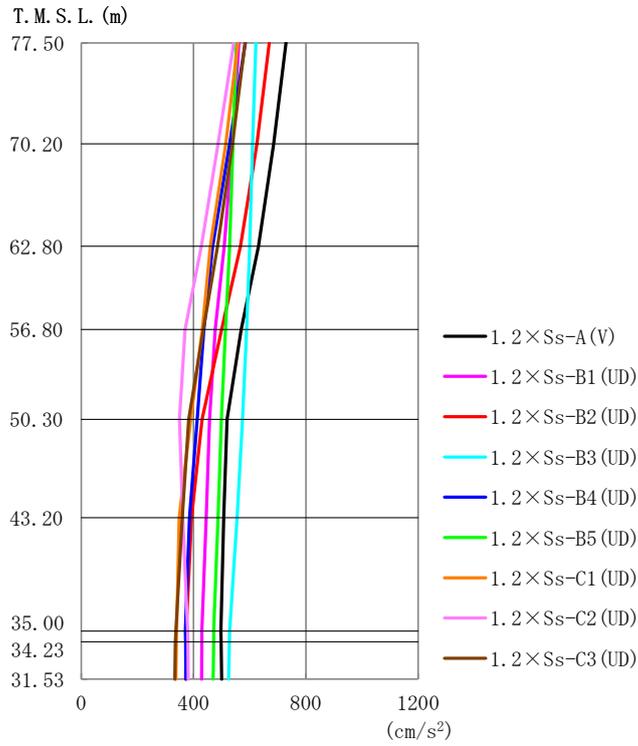
T. M. S. L. (m)	観 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )													最大値
		1.2 × Ss-A (H)	1.2 × Ss-B1 (NS)	1.2 × Ss-B2 (NS)	1.2 × Ss-B3 (NS)	1.2 × Ss-B4 (NS)	1.2 × Ss-B5 (NS)	1.2 × Ss-C1 (NSEW)	1.2 × Ss-C2 (NS)	1.2 × Ss-C2 (EW)	1.2 × Ss-C3 (NS)	1.2 × Ss-C3 (EW)	1.2 × Ss-C4 (NS)	1.2 × Ss-C4 (EW)	
77.50	1	1328	924	1158	1024	1052	968	1496	706	855	913	1106	1009	1117	1496
70.20	2	1099	731	917	908	875	794	1389	590	656	739	872	798	978	1389
62.80	3	1014	635	824	809	893	685	1230	533	563	641	724	690	837	1230
56.80	4	954	553	751	731	874	624	1273	487	522	555	640	605	820	1273
50.30	5	901	484	656	658	792	622	1301	442	558	521	606	585	804	1301
43.20	6	878	480	566	570	762	601	1083	427	566	485	576	533	784	1083
35.00	7	756	488	501	492	647	581	969	387	524	454	527	480	717	969
34.23	8	757	491	499	493	635	579	971	388	522	457	525	483	715	971
31.53	9	753	500	494	497	628	576	960	393	519	468	524	495	718	960



第 3.5-2 図 最大応答加速度 (1.2 × S s , EW 方向)

第 3.5-3 表 最大応答加速度一覧表 (1.2 × S s , EW 方向)

T. M. S. L. (m)	観点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )													最大値
		1.2 × Ss-A (H)	1.2 × Ss-B1 (EW)	1.2 × Ss-B2 (EW)	1.2 × Ss-B3 (EW)	1.2 × Ss-B4 (EW)	1.2 × Ss-B5 (EW)	1.2 × Ss-C1 (NSEW)	1.2 × Ss-C2 (NS)	1.2 × Ss-C2 (EW)	1.2 × Ss-C3 (NS)	1.2 × Ss-C3 (EW)	1.2 × Ss-C4 (NS)	1.2 × Ss-C4 (EW)	
77.50	1	1157	1032	976	940	796	1077	1466	678	771	804	1008	905	1035	1466
70.20	2	1061	923	827	841	719	998	1360	541	643	702	879	813	906	1360
62.80	3	988	791	747	707	605	901	1237	517	557	636	725	694	788	1237
56.80	4	936	675	707	615	560	811	1157	509	508	569	649	600	807	1157
50.30	5	857	589	667	558	531	729	1243	464	509	513	612	550	798	1243
43.20	6	839	530	620	508	492	639	1066	418	547	479	548	500	777	1066
35.00	7	749	496	554	458	450	560	1006	383	539	447	534	460	730	1006
34.23	8	751	498	553	456	450	558	1004	384	538	451	534	463	730	1004
31.53	9	747	506	553	451	450	555	982	387	538	461	535	476	733	982



第 3.5-3 図 最大応答加速度 (1.2 × S s , 鉛直方向)

第 3.5-4 表 最大応答加速度一覧表 (1.2 × S s , 鉛直方向)

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )									最大値
		1.2 × Ss-A (V)	1.2 × Ss-B1 (UD)	1.2 × Ss-B2 (UD)	1.2 × Ss-B3 (UD)	1.2 × Ss-B4 (UD)	1.2 × Ss-B5 (UD)	1.2 × Ss-C1 (UD)	1.2 × Ss-C2 (UD)	1.2 × Ss-C3 (UD)	
77.50	1	729	561	670	622	584	552	557	543	583	729
70.20	2	685	538	626	610	528	540	514	487	538	685
62.80	3	632	509	567	600	468	529	459	427	485	632
56.80	4	569	477	500	588	437	514	431	370	435	588
50.30	5	519	457	430	574	413	499	390	350	383	574
43.20	6	507	445	393	555	385	487	348	362	360	555
35.00	7	497	430	374	528	371	472	339	379	336	528
34.23	8	498	429	373	527	371	471	339	380	335	527
31.53	9	500	428	372	525	373	470	337	381	333	525

第3.5-5表 最大応答せん断ひずみ度 (1.2×S<sub>s</sub>, NS方向)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ度 (×10 <sup>-3</sup> )												第1折点 γ <sub>1</sub> (×10 <sup>-3</sup> )	第2折点 γ <sub>2</sub> (×10 <sup>-3</sup> )	
		1.2×S <sub>s</sub> -A (H)	1.2×S <sub>s</sub> -B1 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -B2 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -B3 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -B4 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -B5 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -C1 (NSEW)	1.2×S <sub>s</sub> -C2 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -C2 (EW)	1.2×S <sub>s</sub> -C3 (NS)	1.2×S <sub>s</sub> -C3 (EW)	1.2×S <sub>s</sub> -C4 (NS)			1.2×S <sub>s</sub> -C4 (EW)
77.50	1	0.174	0.121	0.152	0.134	0.137	0.126	0.240	0.0923	0.113	0.119	0.145	0.133	0.146	0.186	0.559
70.20	2	0.163	0.109	0.139	0.131	0.127	0.118	0.193	0.0847	0.0922	0.104	0.131	0.120	0.142	0.197	0.591
62.80	3	0.199	0.131	0.166	0.166	0.160	0.145	0.424	0.107	0.112	0.130	0.158	0.146	0.173	0.208	0.623
56.80	4	0.203	0.129	0.168	0.172	0.174	0.148	0.430	0.110	0.113	0.130	0.157	0.147	0.173	0.214	0.642
50.30	5	0.263	0.139	0.187	0.190	0.200	0.161	0.550	0.123	0.119	0.138	0.166	0.159	0.193	0.219	0.658
43.20	6	0.380	0.143	0.193	0.191	0.258	0.176	0.658	0.126	0.130	0.141	0.167	0.162	0.224	0.224	0.673

(単位：m)

T.M.S.L. 77.50

T.M.S.L. 70.20

T.M.S.L. 62.80

T.M.S.L. 56.80

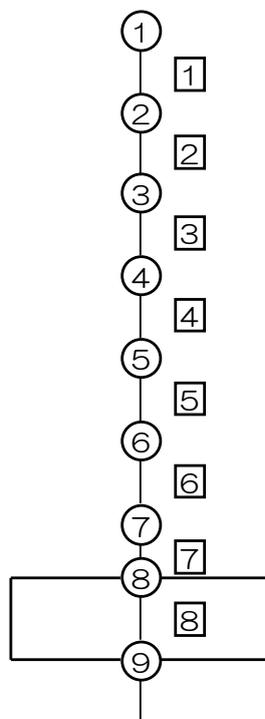
T.M.S.L. 50.30

T.M.S.L. 43.20

T.M.S.L. 35.00

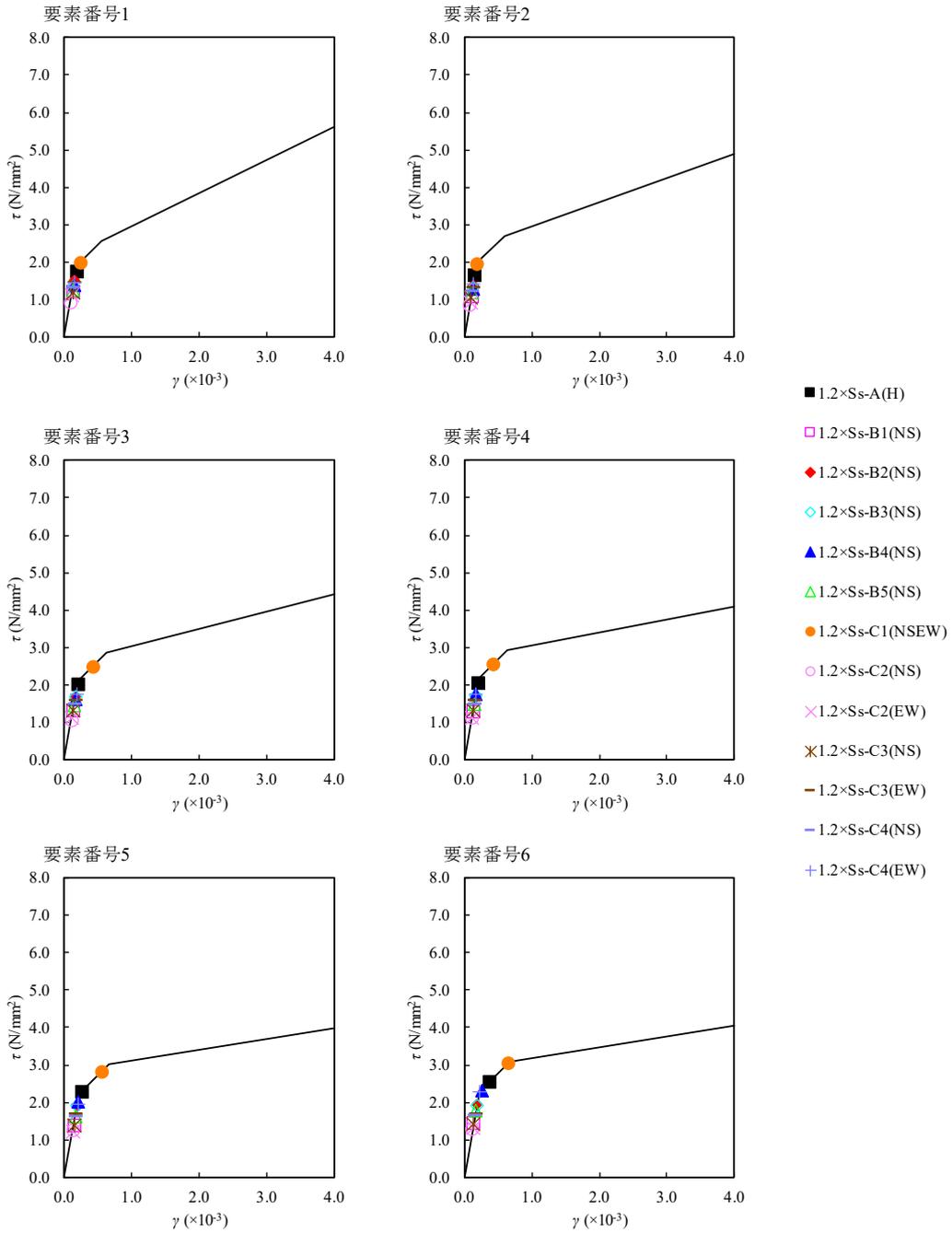
T.M.S.L. 34.23

T.M.S.L. 31.53



注記 \*1：○数字は質点番号を示す。

\*2：□数字は要素番号を示す。



第 3.5-4 図  $\tau - \gamma$  関係と最大応答値 (1.2×Ss, NS 方向)

第3.4-6表 最大応答せん断ひずみ度 (1.2×Ss, EW方向)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ度 (×10 <sup>-3</sup> )												第1折点 γ <sub>1</sub> (×10 <sup>-3</sup> )	第2折点 γ <sub>2</sub> (×10 <sup>-3</sup> )	
		1.2×Ss-A (H)	1.2×Ss-B1 (EW)	1.2×Ss-B2 (EW)	1.2×Ss-B3 (EW)	1.2×Ss-B4 (EW)	1.2×Ss-B5 (EW)	1.2×Ss-C1 (NSEW)	1.2×Ss-C2 (NS)	1.2×Ss-C2 (EW)	1.2×Ss-C3 (NS)	1.2×Ss-C3 (EW)	1.2×Ss-C4 (NS)			1.2×Ss-C4 (EW)
77.50	1	0.0672	0.0604	0.0570	0.0547	0.0464	0.0625	0.0855	0.0394	0.0451	0.0468	0.0587	0.0528	0.0603	0.186	0.559
70.20	2	0.133	0.116	0.106	0.106	0.0908	0.124	0.166	0.0699	0.0836	0.0892	0.112	0.102	0.116	0.197	0.591
62.80	3	0.173	0.151	0.136	0.137	0.116	0.165	0.259	0.0898	0.103	0.114	0.143	0.132	0.149	0.208	0.623
56.80	4	0.206	0.169	0.158	0.153	0.130	0.192	0.449	0.108	0.114	0.131	0.159	0.150	0.170	0.214	0.642
50.30	5	0.216	0.167	0.167	0.150	0.133	0.198	0.472	0.116	0.114	0.133	0.157	0.151	0.178	0.219	0.658
43.20	6	0.235	0.171	0.188	0.155	0.133	0.188	0.516	0.113	0.116	0.127	0.151	0.146	0.199	0.224	0.673
35.00																

(単位：m)

T.M.S.L. 77.50

T.M.S.L. 70.20

T.M.S.L. 62.80

T.M.S.L. 56.80

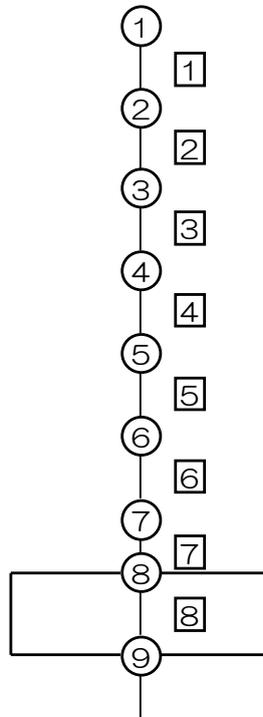
T.M.S.L. 50.30

T.M.S.L. 43.20

T.M.S.L. 35.00

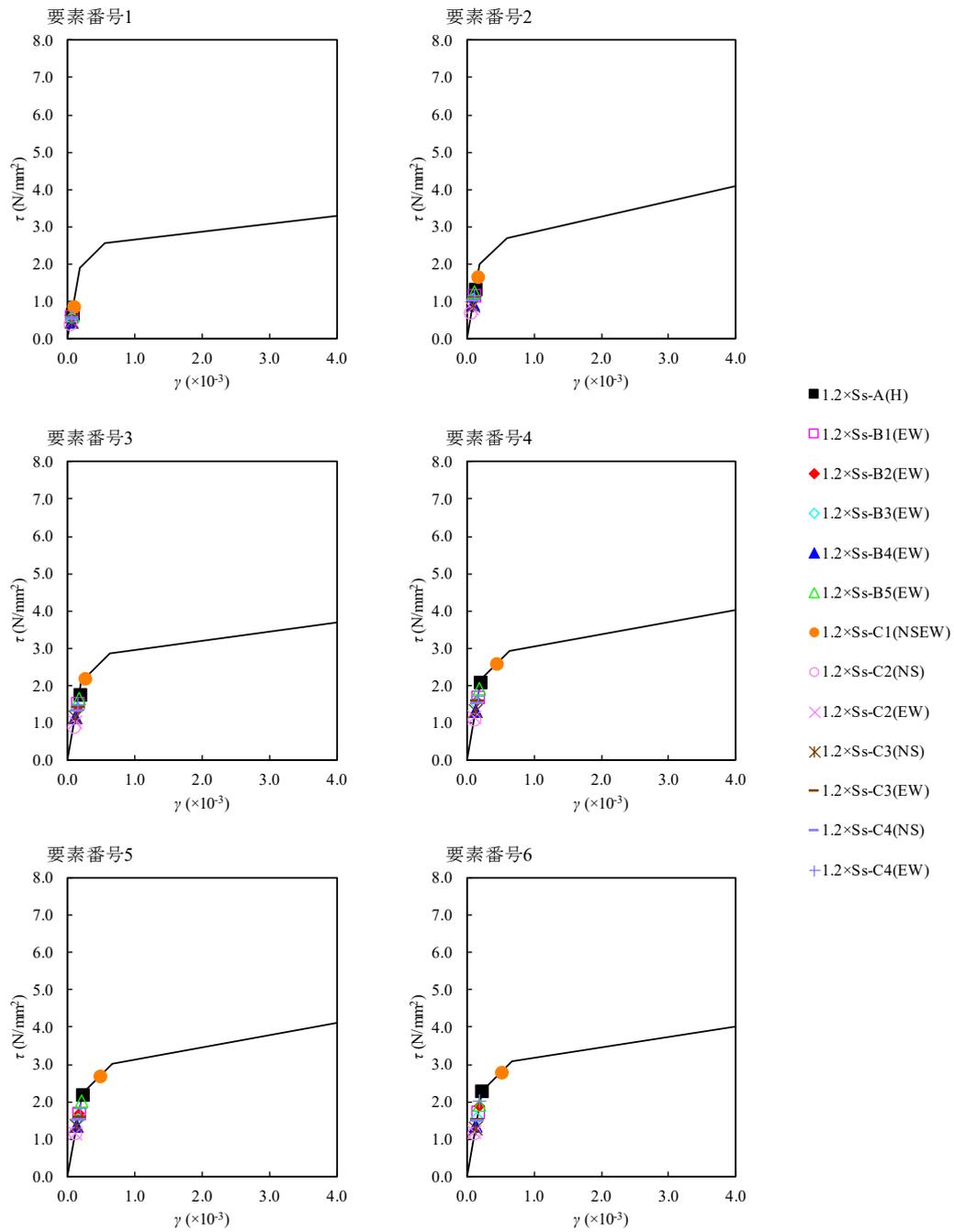
T.M.S.L. 34.23

T.M.S.L. 31.53



注記 \*1：○数字は質点番号を示す。

\*2：□数字は要素番号を示す。



第 3.4-5 図  $\tau$ - $\gamma$  関係と最大応答値 (1.2×Ss, EW 方向)

第3.4-7表 浮上り検討 (1.2×S<sub>s</sub>)

(a) NS方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント (×10 <sup>7</sup> kN・m)	最小接地率算出時の 転倒モーメント (×10 <sup>7</sup> kN・m)	接地率 (%)
1.2×S <sub>s</sub> -A (H)	4.55	6.88	78.1
1.2×S <sub>s</sub> -B1 (NS)		4.73	100
1.2×S <sub>s</sub> -B2 (NS)		6.19	85.2
1.2×S <sub>s</sub> -B3 (NS)		5.75	89.8
1.2×S <sub>s</sub> -B4 (NS)		5.27	94.8
1.2×S <sub>s</sub> -B5 (NS)		5.20	95.6
1.2×S <sub>s</sub> -C1 (NSEW)		7.67	65.7
1.2×S <sub>s</sub> -C2 (NS)		3.82	100
1.2×S <sub>s</sub> -C2 (EW)		3.57	100
1.2×S <sub>s</sub> -C3 (NS)		4.78	100
1.2×S <sub>s</sub> -C3 (EW)		5.07	97.0
1.2×S <sub>s</sub> -C4 (NS)		4.96	98.1
1.2×S <sub>s</sub> -C4 (EW)		5.97	87.6

(b) EW方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント (×10 <sup>7</sup> kN・m)	最小接地率算出時の 転倒モーメント (×10 <sup>7</sup> kN・m)	接地率 (%)
1.2×S <sub>s</sub> -A (H)	4.68	6.69	80.8
1.2×S <sub>s</sub> -B1 (EW)		6.12	86.7
1.2×S <sub>s</sub> -B2 (EW)		5.71	90.9
1.2×S <sub>s</sub> -B3 (EW)		5.49	93.2
1.2×S <sub>s</sub> -B4 (EW)		4.84	100
1.2×S <sub>s</sub> -B5 (EW)		6.30	84.8
1.2×S <sub>s</sub> -C1 (NSEW)		7.85	66.1
1.2×S <sub>s</sub> -C2 (NS)		3.77	100
1.2×S <sub>s</sub> -C2 (EW)		3.58	100
1.2×S <sub>s</sub> -C3 (NS)		5.02	98.1
1.2×S <sub>s</sub> -C3 (EW)		5.39	94.3
1.2×S <sub>s</sub> -C4 (NS)		5.28	95.4
1.2×S <sub>s</sub> -C4 (EW)		6.12	86.7

#### 4. 層の変形に対する評価

##### 4.1 評価方法及び許容限界

「2.2 燃料加工建屋の設計方針」に示したとおり、 $1.2 \times S_s$  に対して層の変形が終局状態に達しないことを確認するために、「3.5 地震応答解析結果」に示した  $1.2 \times S_s$  による燃料加工建屋の耐震壁の最大せん断ひずみ度が許容限界を超えないことを確認する。

ここで、「V-1-1-4-1 地震を起因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に基づき、重大事故等の対処をより確実にするため、許容限界については JEAG4601-1987 に基づく終局状態に相当するせん断ひずみ度  $4.0 \times 10^{-3}$  に対してさらに余裕を確保し、原則として、せん断ひずみ度が基準地震動  $S_s$  に対する許容限界と同様に  $2.0 \times 10^{-3}$  を超えないことを確認することとする。

なお、一部の層においてせん断ひずみ度が  $2.0 \times 10^{-3}$  を超過する場合には、当該部位に対して重大事故等対処が可能であることを確認する。

##### 4.2 評価結果

第 4.2-1 表に  $1.2 \times S_s$  による最大せん断ひずみ度と許容限界の比較結果を示す。

最大せん断ひずみ度は、NS 方向では  $1.2 \times S_s - C1$  において  $0.658 \times 10^{-3}$  (要素番号 6) , EW 方向では  $1.2 \times S_s - C1$  において  $0.516 \times 10^{-3}$  (要素番号 6) であり、許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

第 4.2-1 表  $1.2 \times S_s$  による最大せん断ひずみ度と許容限界の比較結果

1.2 × S <sub>s</sub> による最大せん断ひずみ度		許容限界	判定
NS方向	EW方向		
0.658 × 10 <sup>-3</sup> (1.2 × S <sub>s</sub> - C1)	0.516 × 10 <sup>-3</sup> (1.2 × S <sub>s</sub> - C1)	2.0 × 10 <sup>-3</sup>	OK

## 5. 各部位に対する評価

各部位に対する評価について、「5.1 床スラブ」及び「5.2 壁」に評価方法及び結果を示す。なお、「5.1.1 床スラブの振動特性の確認」については、地震動によらない床スラブの固有振動数に係る確認であること、また、「5.1.2 床スラブの評価」及び「5.2 壁」については、基準地震動  $S_s$  を上回る地震に対する評価であることから、「Ⅲ-2-1-1-1-1 燃料加工建屋の耐震性に関する計算書」における基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に対する評価においても、床は十分に剛として扱うことができ、耐震壁以外の壁の変形追従性は確保されている。

### 5.1 床スラブ

#### 5.1.1 床スラブの振動特性の確認

##### (1) 確認方法

地震応答解析においては、1軸多質点系の地震応答解析モデルを用いていることから、「2.3 評価方針」に基づき、各階の床スラブの振動特性を踏まえ、十分に剛として扱えることを確認する。

燃料加工建屋の各階の床スラブは、上下階の壁によって密に拘束され、各階の床スラブは 600mm 以上の厚さで剛性の高い設計としていることから、地震力に対して大変形が起きにくい構造としており、場所によって異なる挙動を示しにくい構造としている。

また、定量的な評価として、各位置の床スラブの固有振動数を算定し、1次固有振動数が 20Hz を上回ることを確認する。

固有振動数の算定にあたっては、壁及び大ばりで囲まれた床スラブに対する理論解または床スラブと周辺部材を FEM モデルでモデル化して固有値解析を行う。

##### (2) 確認結果

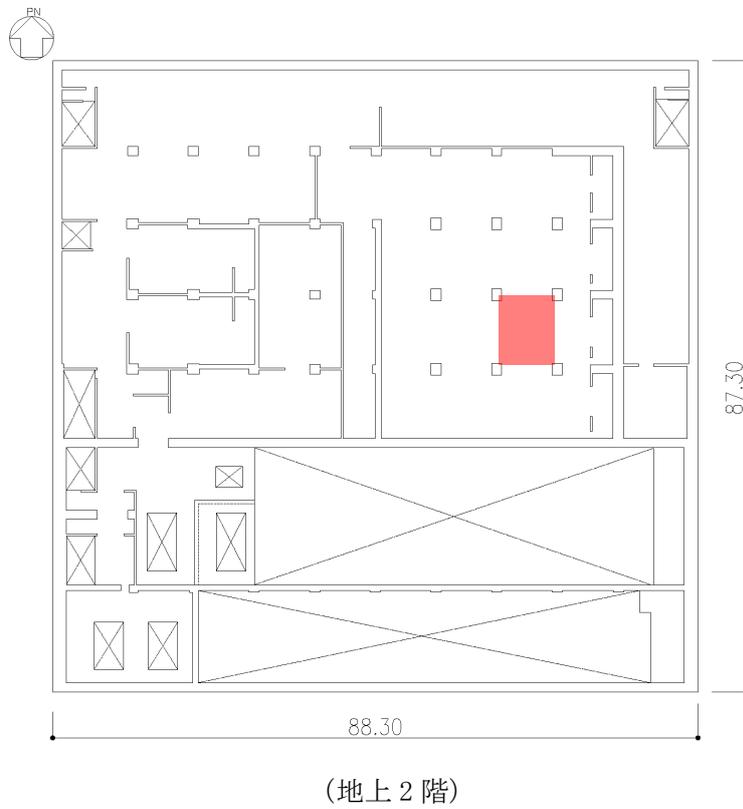
各階の床スラブのうち、1次固有振動数が最も小さい位置の固有振動数とその位置を第 5.1.1-1 表及び第 5.1.1-1 図に示す。

各階の床スラブの固有振動数は 20Hz を上回っており、十分に剛として扱えることから、1軸多質点系の地震応答解析モデルを用いることに問題が無いことを確認した。

第 5.1.1-1 表 床スラブの固有値解析結果 (1 次固有振動数)

階	固有振動数 (Hz)
地上 2 階	20.03

注記 : 最も固有振動数が小さい階及び位置について記載している。



第 5.1.1-1 図 最も低振動数となる床スラブの位置

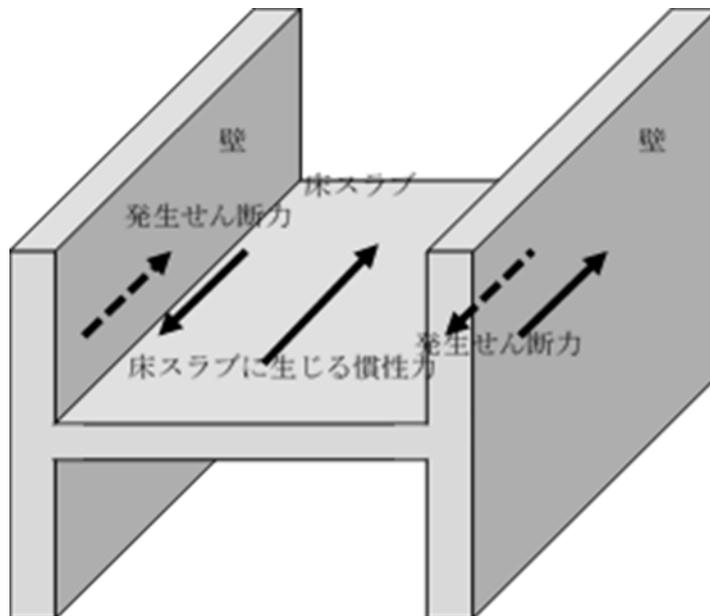
## 5.1.2 床スラブの評価

### (1) 評価方法及び許容限界

燃料加工建屋の重大事故等対処に係る階（地上1階，地下1～3階）の床スラブについて，「2.3 評価方針」に基づき，地震力に対して概ね弾性状態に留まることを，以下の評価により確認する。

評価にあたっては，第5.1.2-1図に示すとおり， $1.2 \times S_s$ による地震応答解析結果に基づき，各層の最大加速度から耐震壁で囲まれた各位置の床スラブに発生する慣性力を算定し，各位置の床スラブに発生する慣性力を，床スラブ端部の壁のうち，保守的に地震方向の壁のみが負担することを仮定した場合の床スラブの発生面内せん断力 $\tau$ を算定する。

算定した床スラブの発生面内せん断力 $\tau$ が，コンクリートのひび割れ強度以下であることを確認する。コンクリートのひび割れ強度は，本評価が鉄筋コンクリート版に対する面内せん断力に対する評価であることを踏まえ，JEAG 4601-1991 追補版に基づくトリリニア型スケルトンカーブの第1折点のせん断応力度 $\tau_1$ を用いることとする。



第5.1.2-1図 床スラブに発生する面内せん断力算定の考え方

(2) 評価結果

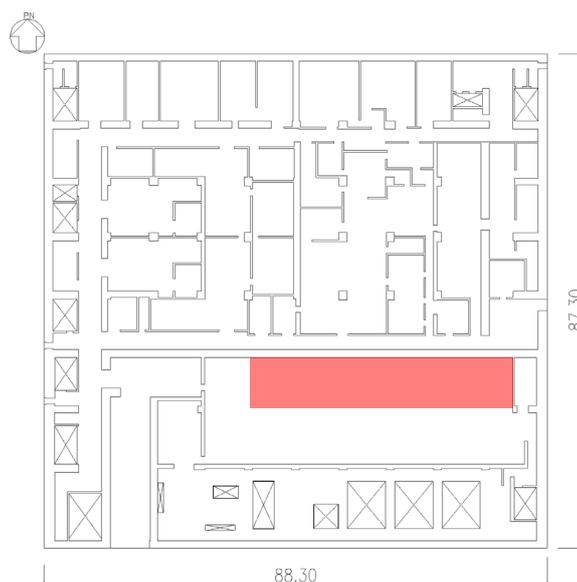
面内せん断応力度に対する評価について、許容限界に対する検定比が最も大きい要素に対して示す。評価結果を第 5.1.2-1 表に、当該要素の位置を第 5.1.2-1 図に示す。

燃料加工建屋の重大事故等対処に係る階（地上 1 階，地下 1～3 階）の床スラブについて、発生面内せん断応力度が許容限界を超えないことを確認した。

第 5.1.2-1 表 床スラブの評価結果

階	方向	発生せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
地上 1 階	NS	1.02	1.70	0.60

注記 : 最も検定比が大きい階及び位置について記載している。



第 5.1.2-1 図 床スラブの最大値発生位置  
(地上 1 階床)

## 5.2 壁

### 5.2.1 評価方法及び許容限界

燃料加工建屋の壁については、耐震壁、耐震壁以外の壁ともに、RC 規準における耐震壁の基準を満たすように鉄筋量を確保しており、さらに、壁端部については、直交する壁や柱等に鉄筋を十分な余長をもって定着しているため、層の変形に対しては十分に追従可能な構造としている。また、コンクリートのひび割れに対しては、面内応力が集中し、ひび割れが集中して発生する可能性のある壁端部及び開口部周辺において、補強筋を配し、ひび割れを抑制している。

燃料加工建屋の重大事故等対処に係る階（地上1階、地下1～3階）耐震壁以外の壁については、「2.3 評価方針」に基づき、地震により耐震壁以外の壁に生じるせん断応力を負担でき、層の変形に追従が可能であることを、以下の評価により確認する。

評価にあたっては、 $1.2 \times S_s$  に対して耐震壁以外の壁が負担する応力を算定し、鉄筋に対する評価を実施する。

まず、 $1.2 \times S_s$  による地震応答解析結果に基づき、各層の最大せん断ひずみ度から各壁に発生するせん断応力度  $\tau$  を算定する。算定にあたっては、保守的にコンクリートを無視して鉄筋が全ての発生せん断応力度  $\tau$  を負担すると仮定したときの鉄筋の軸応力度  $\sigma_t$  を、下式により求める。

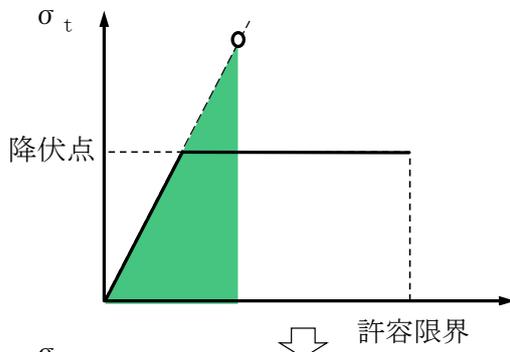
$$\sigma_t = \tau / p_s$$

ここで、

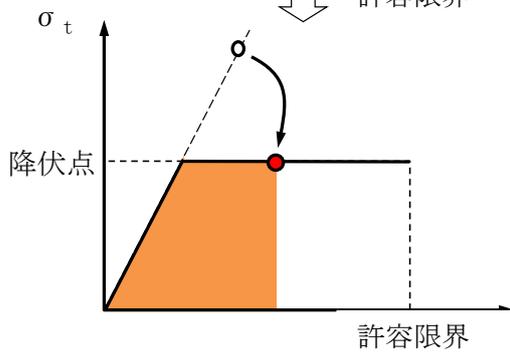
$p_s$  : 耐震壁以外の壁の鉄筋比

次に、得られた鉄筋の軸応力度  $\sigma_t$  をヤング係数で除して軸ひずみを求める。鉄筋の降伏点を超過する場合は、第 5.2.1-1 図に示す通りエネルギー一定則により降伏後の鉄筋に発生する軸ひずみを求める。

算定した鉄筋の軸ひずみに対して、許容限界として鉄筋の伸びに対する JIS 規格値（15%～19%）のうち最小値である 15% を超えないことを確認する。



せん断応力度により耐震壁以外の壁の鉄筋に発生する軸応力度を求める。



エネルギー一定則により、鉄筋に発生する軸ひずみを求める。

第 5. 2. 1-1 図 エネルギー一定則による鉄筋のひずみ算出

### 5.2.2 評価結果

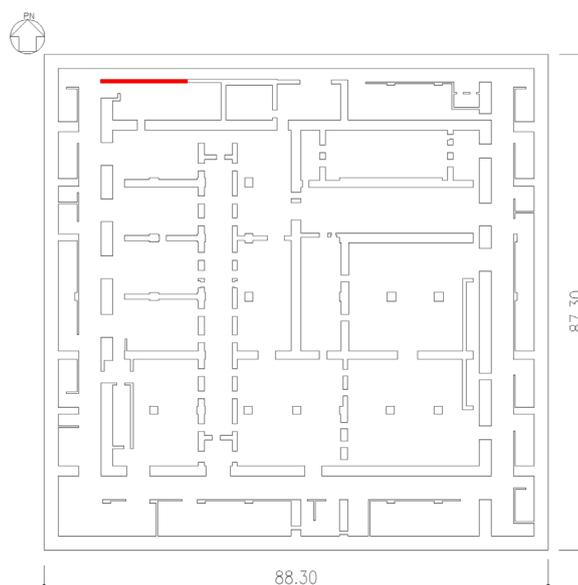
耐震壁以外の壁における鉄筋の軸ひずみ評価について、許容限界に対する発生軸ひずみの割合が最も大きい要素に対して示す。評価結果を第 5.2.2-1 表に、当該要素の位置を第 5.2.2-1 図に示す。

燃料加工建屋の重大事故等対処に係る階（地上 1 階，地下 1～3 階）の各設備の支持部を取り付けるまたはアクセスルート及び操作場所を構成すると想定される壁について、鉄筋の軸ひずみが許容限界を超えないことにより、耐震壁以外の壁の変形追従性を確認した。

第 5.2.2-1 表 耐震壁以外の壁の評価結果

階	方向	発生軸ひずみ	許容限界	検定比
地下 3 階	E W	$2.422 \times 10^{-3}$	15% ( $1.5 \times 10^{-1}$ )	0.017

注記：最も検定比が大きい階及び位置について記載している。



地下 3 階

第 5.2.2-1 図 耐震壁以外の壁の最大値発生位置

Ⅲ－6－2－1－1－1

別紙1 燃料加工建屋の地盤の非線  
形性に関する確認

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 入力地震動の算定方法に係る確認 .....	2
3. 逐次非線形解析の手法 .....	6
4. 確認結果 .....	9
5. まとめ .....	16

## 1. 概要

本資料は、燃料加工建屋の地盤の等価線形解析にあたり、表層地盤の一部の層において、等価線形解析の一般的な適用の目安である有効せん断ひずみ 1%を大きく上回る場合があること、地盤の有効せん断ひずみが 1%を大きく上回り、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果の外挿範囲となっていることを踏まえ、これらが入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した結果を示すものである。

## 2. 入力地震動の算定方法に係る確認

### (1) 概要

1.2×S<sub>s</sub>による評価のうち、地盤の有効せん断ひずみが最大となる、1.2×S<sub>s</sub> - C1に対する等価線形解析結果を第2. -1図に示す。

この解析結果において、地盤の等価線形解析の適用範囲について、等価線形解析の一般的な適用の目安である有効せん断ひずみ1%を大きく上回ることが確認できる。また、表層地盤の造成盛土の一部層の地盤の有効せん断ひずみが、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果（約1%まで結果を有している）の範囲を大きく上回り、外挿範囲となっていることが確認できる。

地盤の等価線形解析の適用範囲については、「JEAC4601-2008」によれば、支持岩盤の剛性低下率の平均値が0.7を下回らない範囲とされているが、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面以深の地盤は、せん断ひずみが卓越しにくい硬質な岩盤であることから、上記の適用範囲外となることは無いと考えられる。

また、燃料加工建屋の地盤モデルは、建屋基礎底面以浅において、鷹架層及び六ヶ所層が分布しており、その上部に、軟質な造成盛土が分布している。第2. -1図に示すとおり、等価線形解析の一般的な適用の目安である有効せん断ひずみ1%を大きく上回るのは、建屋基礎底面以浅の地盤のうち、造成盛土の一部の層である。

建屋基礎底面以浅の地盤のうち、鷹架層及び六ヶ所層については、有効せん断ひずみは1%を大きく上回らない結果となっていることから、建屋応答への寄与の大きい基礎底面レベルにおける入力地震動のうち、上昇波については地盤のせん断ひずみが大きくなっていることによる影響は無いと考えられる。

地盤のせん断ひずみが大きくなる造成盛土からの反射波についても、造成盛土のひずみ依存特性において、有効せん断ひずみ1%の段階で、既に剛性としては概ね最低値付近まで低下しており、それ以上のひずみレベルにおける剛性低下を考慮したとしても、得られる等価物性値としては大きく変化しないことから、等価線形解析を用いたとしても、燃料加工建屋の入力地震動の算定結果に大きな影響を与えることは無いと考えられる。

以上の考え方に対して、「(2) 確認方法」に示すとおり、定量的な確認を行うこととする。

## (2) 確認方法

### 課題1：等価線形解析の適用について

等価線形解析の適用に対する定量的な確認として、等価線形解析に基づく地盤応答と、地盤の非線形特性を時々刻々と評価可能な逐次非線形解析に基づく地盤応答の比較を行うことにより、解析手法の相違が入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認する。

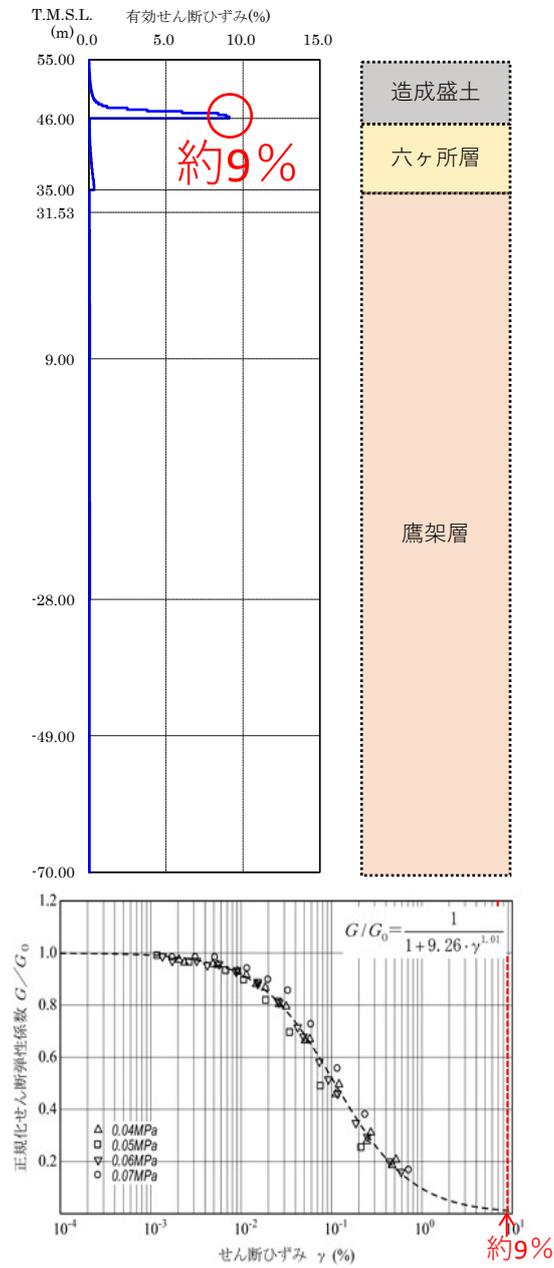
比較対象とする逐次非線形解析結果は、「3. 逐次非線形解析の手法」にて示すケースのうち、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果と一致するケース（基本ケース）によるものとする。

### 課題2：ひずみ依存特性の外挿範囲について

ひずみ依存特性の外挿部分に対する定量的な確認として、非線形特性のパラメータスタディを行い、外挿範囲のひずみ依存特性を変動させたとしても、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認する。

解析手法は、逐次非線形解析及び等価線形解析の両方に対してパラメータスタディを行い、外挿範囲のひずみ依存特性を変動させたとしても、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認する。

確認にあたっては、地盤のせん断ひずみの外挿範囲におけるひずみ依存特性について、非線形性が進む場合と進まない場合の両方を仮定条件としたケース（「3. 逐次非線形解析の手法」にて示すケースのうち、ケース①及びケース②）を設定したパラメータスタディを行い、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果と一致する基本ケースによる地盤応答との比較を行うことにより、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認する。



第 2.-1 図 地盤の有効せん断ひずみ  
(燃料加工建屋 1.2×S s - C 1 の例)

### (3) 確認対象地震動

造成盛土の有効せん断ひずみが、一般的な適用の目安である 1%を超過する地震動を第 2. -1 表に示す。本資料における入力地震動の算定方法に係る確認は、造成盛土における有効せん断ひずみが最も大きい、重大事故対処施設の評価に係る  $1.2 \times S_s - C1$  に対して行う。

入力地震動の算定方法に係る確認にあたっては、地盤のひずみレベルが大きいほど解析手法及び非線形特性の設定に起因する差が大きくなると考えられるため、地盤のせん断ひずみの小さいその他の地震波についても同様の傾向が示されると考えられる。

第 2. -1 表 対象地震動

評価	地震動
対象地震動(重大事故等対処施設)	$1.2 \times S_s - A$ , $1.2 \times S_s - B1$ , $1.2 \times S_s - B2$ ,
	$1.2 \times S_s - B3$ , $1.2 \times S_s - B4$ , $1.2 \times S_s - B5$ ,
	$1.2 \times S_s - C1$ , $1.2 \times S_s - C2$ , $1.2 \times S_s - C3$ ,
	$1.2 \times S_s - C4$

 : 確認対象地震動

### 3. 逐次非線形解析の手法

入力地震動の算定手法に係る確認を行うために実施する解析は逐次非線形解析とする。逐次非線形解析は、時間領域において非線形性を逐次考慮しながら地盤応答を計算する方法であり、地盤の非線形性を考慮するために応力～ひずみ関係の骨格曲線を用いて評価する。

本検討における土の非線形モデルについては、吉田ら<sup>\*1\*2</sup>にて提案されている、調査結果から得られたひずみ依存特性と整合する動的特性を考慮することが可能な方法を用い、地盤の繰返し三軸圧縮試験結果に基づく  $G/G_0-\gamma$  曲線と一致する骨格曲線 ( $\tau-\gamma$ ) を、第 3. -1 図の基本ケースに示すとおり設定する。履歴曲線は、地盤の逐次非線形解析を取り扱う文献<sup>\*2\*3</sup>において広く用いられている Masing 則を適用する。本確認は、大ひずみ領域における大変形時の地盤の挙動に着目した検討であることから、本確認にて実施する逐次非線形解析に考慮する地盤の材料減衰は、変形量の大きい低周波領域で過大な減衰を与えない設定として、剛性比例減衰を定義する。

逐次非線形解析は、荷重の載荷と除荷による時々刻々の影響を考慮し、力の釣り合いを時間領域で解析する手法であり、等価線形解析よりも大きなせん断ひずみに対して適用可能な手法である。

なお、逐次非線形解析の大ひずみ領域における適用範囲について明確に示した知見は無いものの、既往文献<sup>\*3</sup>において、逐次非線形解析を大ひずみ領域に適用する場合の留意事項として、骨格曲線の設定にあたり、地盤のせん断ひずみの増大に伴い応力が上昇する場合には、大きなひずみ領域における対応について確認する必要性が示されている。

燃料加工建屋の造成盛土については、上記のとおり、地盤の繰返し三軸圧縮試験結果に基づく  $G/G_0-\gamma$  曲線と一致する骨格曲線 ( $\tau-\gamma$ ) を設定しており、さらに、第 3. -1 図に示したとおり、試験結果が存在するせん断ひずみ 1% までの領域ではほぼ降伏していることから、試験結果が存在しない 1% よりも大きいひずみ領域では、さらに大きな応力を負担するような設定にはなっていない。このことから、上記文献にて確認の必要性が示されているような、せん断ひずみの増大に伴い、実際の地盤では負担できない応力を考慮するような設定とはしていない。

以上のことから、燃料加工建屋における確認において逐次非線形解析を用いることに問題はないと考える。

非線形特性のパラメータスタディとしては、第 3. -1 図に示すとおり、地盤の繰返し三軸圧縮試験結果に基づく  $G/G_0-\gamma$  曲線に対応する骨格曲線 ( $\tau-\gamma$ ) について、地盤のせん断ひずみ 1% 以上の領域におけるせん断応力  $\tau$  を変動させることとする。

具体的には、 $G/G_0-\gamma$  曲線に対応する骨格曲線をそのまま考慮したケース (基本ケース) に加え、極端な仮定条件として、地盤のせん断ひずみ 1% 以上において非線形化が進まず、せん断応力  $\tau$  の傾きが一定となるケース (ケース①) 及び地盤のせん断ひずみ 1% 以上において地盤が降伏し、せん断応力  $\tau$  の傾きが 0 となるケース (ケース②) を考慮

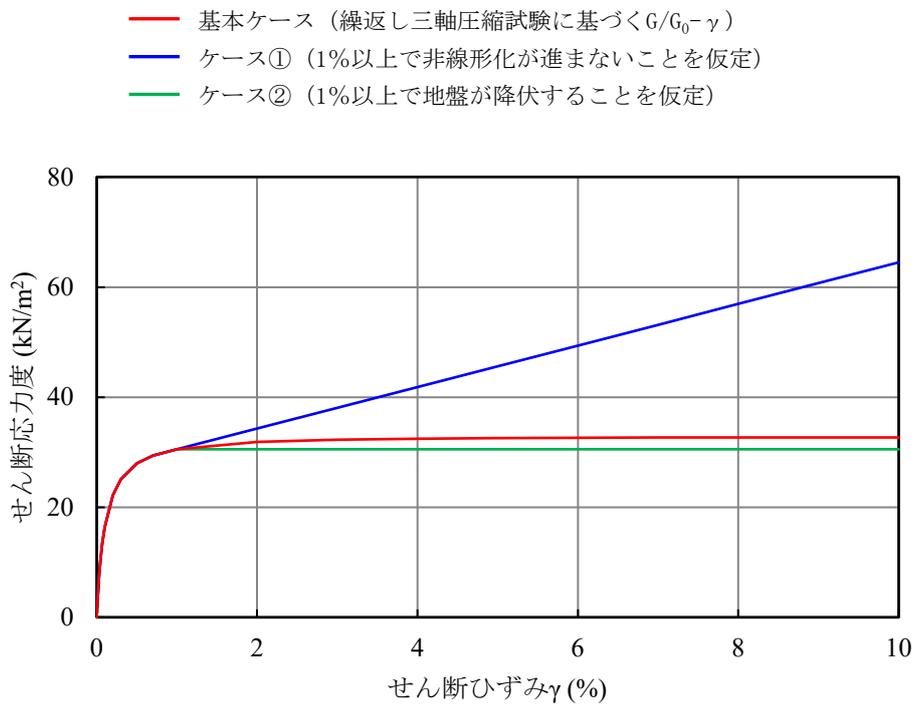
する。

なお、上記ケース①及びケース②の条件では、地盤の繰返し三軸圧縮試験結果では、せん断ひずみ 1%以降はデータが得られていないことを踏まえ、減衰が大きくなるような極端な設定として、第 3. -2 図に示すとおり、地盤の繰返し三軸圧縮試験結果に基づく  $h-\gamma$  曲線に対して、ひずみ 1%以上の領域について一定の値を与えることとする。

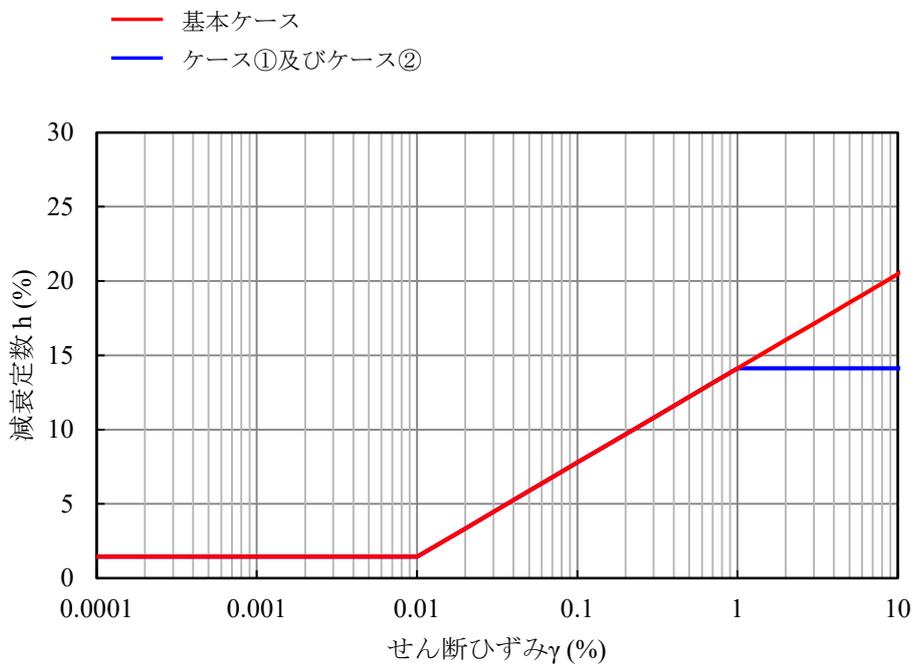
逐次非線形解析については、解析コードは「MuDIAN Ver. 8.0」を用いる。

なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「Ⅲ-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

- 注記 \*1：吉田望他：地盤の 1 次元非線形解析に用いる土のせん断応力-せん断ひずみ関係のモデル化（日本建築学会大会学術講演梗概集，1990 年 10 月）
- \*2：K. Ishihara et al. :Modelling of stress-strain relations of soils in cyclic loading (Fifth International Conference on Numerical Methods in Geomechanics / Nagoya / 1-5 April 1985)
- \*3：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計（日本建築学会，2006 年）



第3.-1 図 パラメータスタディにおいて考慮する地盤の骨格曲線



第3.-2 図 パラメータスタディにおいて考慮する地盤の減衰定数

#### 4. 確認結果

##### (1) 概要

最も造成盛土における有効せん断ひずみ大きい、重大事故対処施設の評価に係る 1.2×S<sub>s</sub>-C1 に対し、「3. 逐次非線形解析の手法」に示した基本ケースの逐次非線形解析、並びにケース①、ケース②の逐次非線形解析及び等価線形解析を実施し、入力地震動の比較を行った。

各ケースの地盤応答を第 4.-1 図及び 4.-2 図に示す。

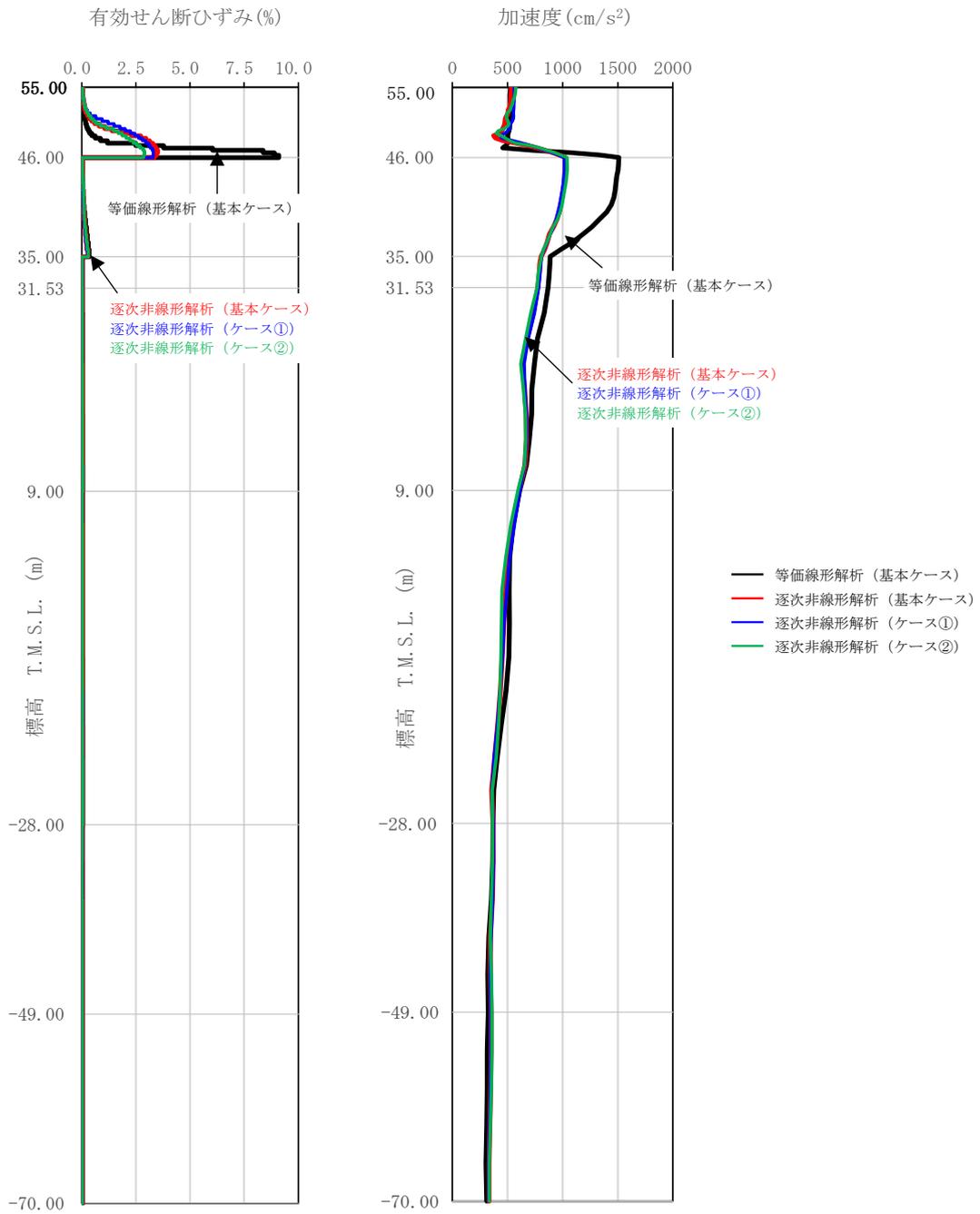
##### (2) 課題 1：等価線形解析の適用について

等価線形解析（基本ケース）に基づく入力地震動と逐次非線形解析（基本ケース）に基づく入力地震動の比較として、燃料加工建屋基礎底面レベル（T.M.S.L. 31.53m）及び燃料加工建屋の側面入力地震動算定レベル（T.M.S.L. 34.23m, T.M.S.L. 35.00m, T.M.S.L. 43.20m）における地盤応答を比較した結果、第 4.-2 図に示すとおり、いずれの深さにおいても応答スペクトルの全周期帯において、有意な差は無い結果となった。

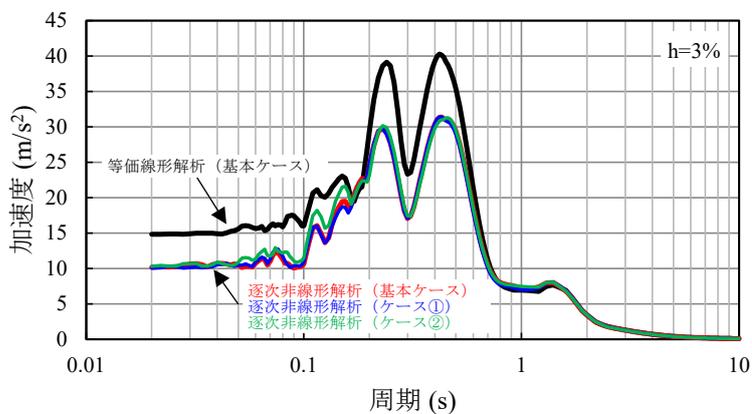
##### (3) 課題 2：ひずみ依存特性の外挿範囲について

逐次非線形解析に考慮する非線形特性のパラメータスタディとして、ケース①及び②に基づく入力地震動と基本ケースに基づく入力地震動の比較として、燃料加工建屋基礎底面レベル（T.M.S.L. 31.53m）及び燃料加工建屋の側面入力地震動算定レベル（T.M.S.L. 34.23m, T.M.S.L. 35.00m, T.M.S.L. 43.20m）における地盤応答を比較した結果、第 4.-2 図に示すとおり、いずれの深さにおいても応答スペクトルの全周期帯において、有意な差は無い結果となった。

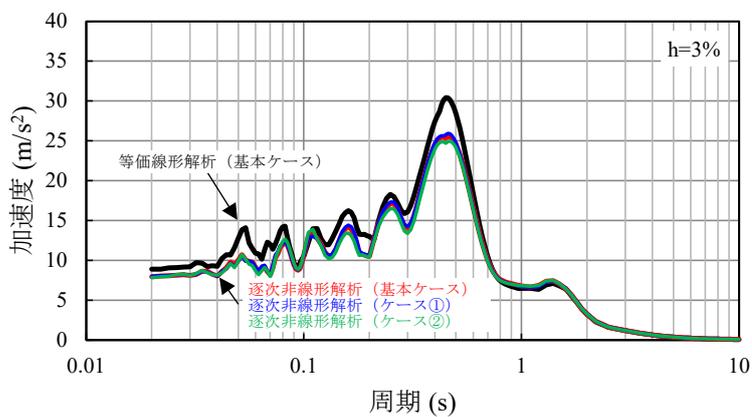
また、等価線形解析に対して上記と同様のパラメータスタディを行った結果についても、第 4.-3 図及び第 4.-4 図に示すとおり、上記と同様の結果が得られた。



第 4. -1 図 地盤応答分布図  $1.2 \times S_s - C_1$   
(逐次非線形解析)



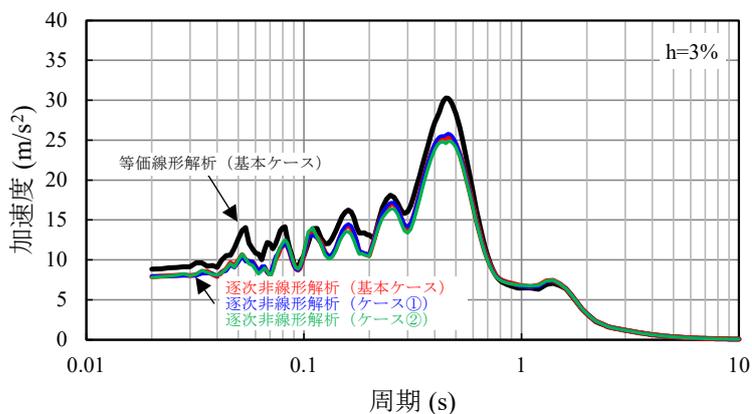
T. M. S. L. 43. 20m



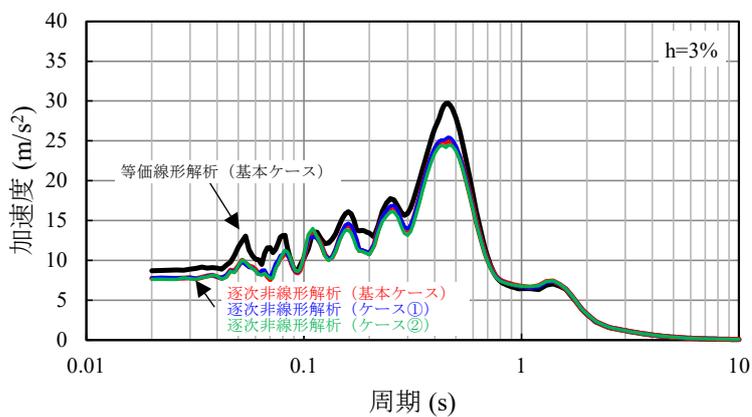
T. M. S. L. 35. 00m

- 等価線形解析 (基本ケース)
- 逐次非線形解析 (基本ケース)
- 逐次非線形解析 (ケース①)
- 逐次非線形解析 (ケース②)

第 4. -2 図 入力地震動の加速度応答スペクトル 1.2× S s - C 1  
(逐次非線形解析) (1/2)



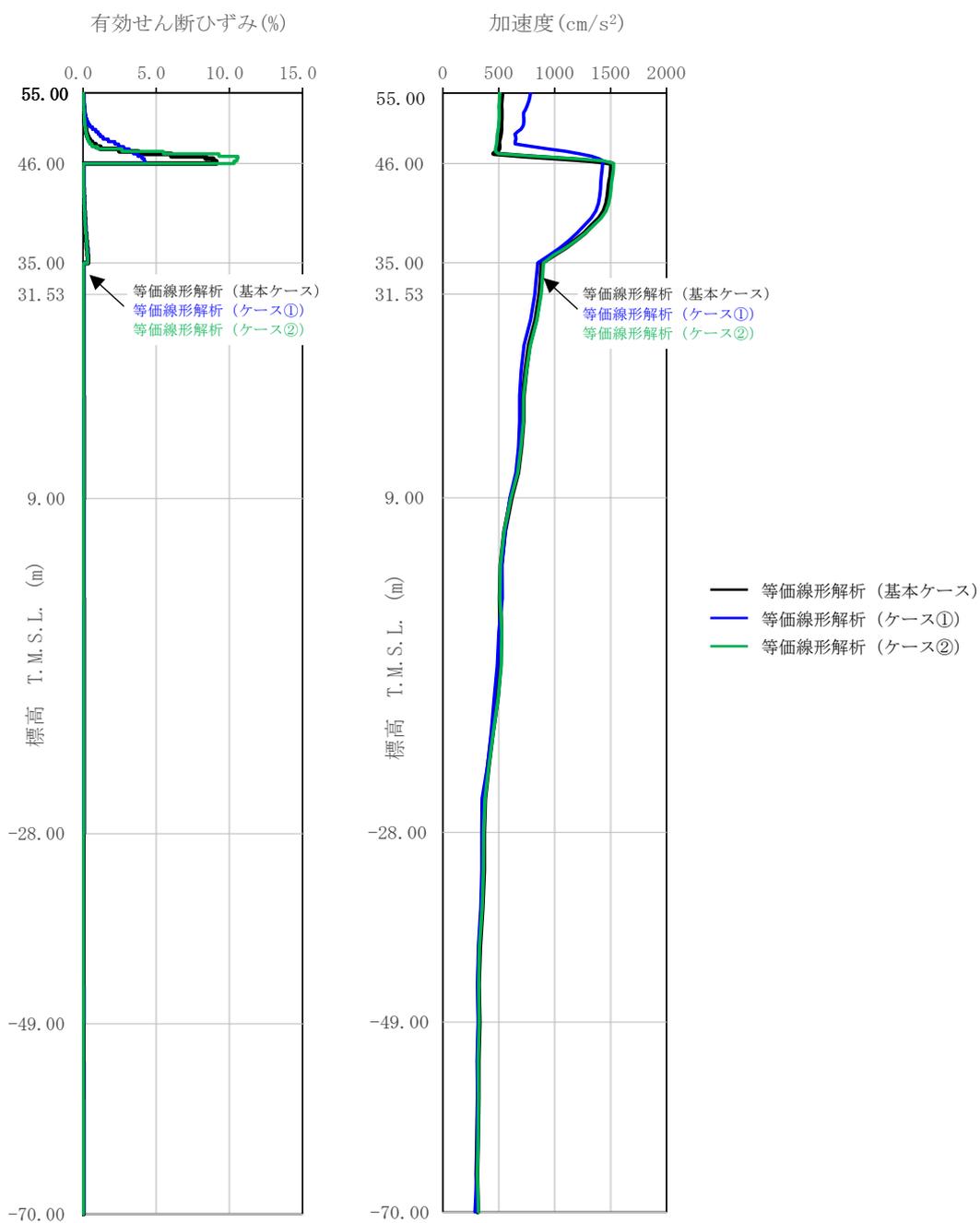
T. M. S. L. 34. 23m



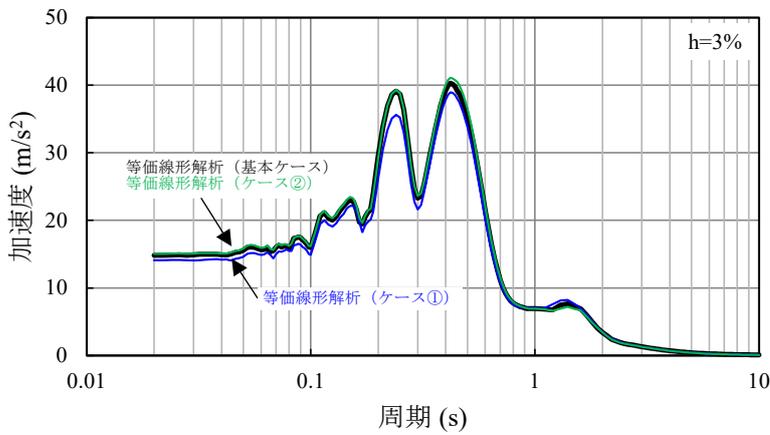
T. M. S. L. 31. 53m

- 等価線形解析 (基本ケース)
- 逐次非線形解析 (基本ケース)
- 逐次非線形解析 (ケース①)
- 逐次非線形解析 (ケース②)

第 4. -2 図 入力地震動の加速度応答スペクトル 1.2× S s - C 1  
(逐次非線形解析) (2/2)

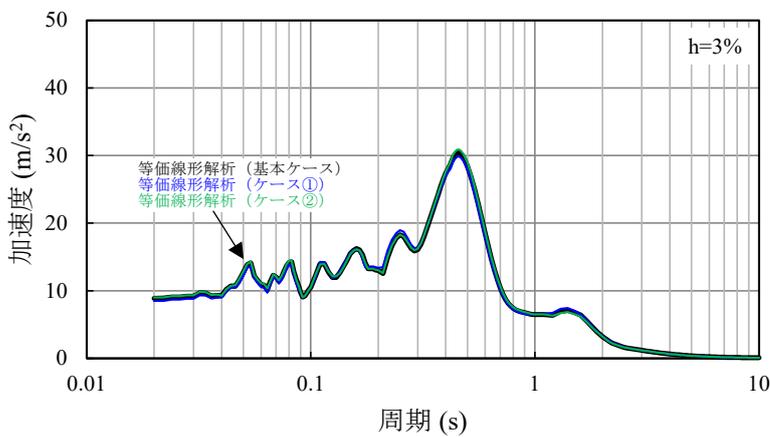


第 4.-3 図 地盤応答分布図  $1.2 \times S_s - C1$   
(等価線形解析)



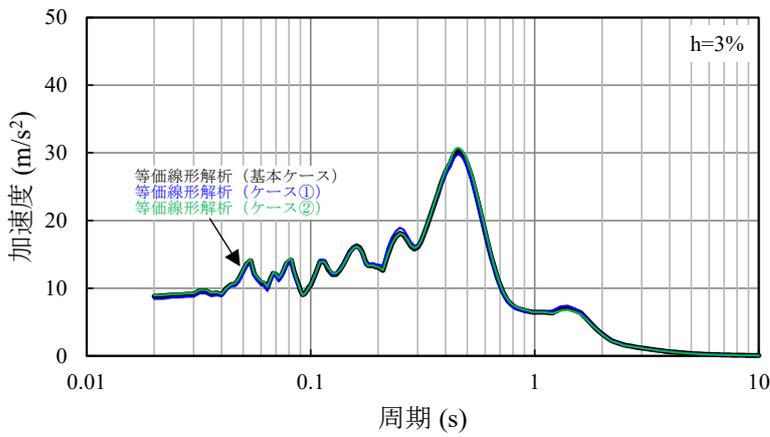
T. M. S. L. 43. 20m

- 等価線形解析 (基本ケース)
- 等価線形解析 (ケース①)
- 等価線形解析 (ケース②)



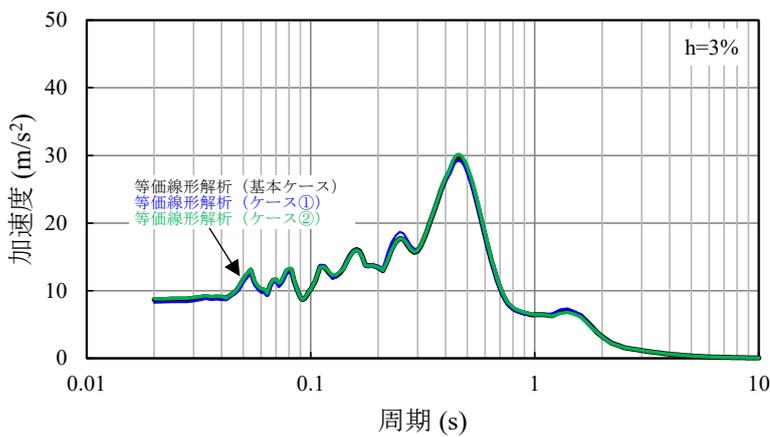
T. M. S. L. 35. 00m

第 4. -4 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  $1.2 \times S_s - C_1$   
(等価線形解析) (1/2)



T. M. S. L. 34. 23m

- 等価線形解析 (基本ケース)
- 等価線形解析 (ケース①)
- 等価線形解析 (ケース②)



T. M. S. L. 31. 53m

第 4. -4 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  $1.2 \times S_s - C_1$   
(等価線形解析) (2/2)

## 5. まとめ

以上の確認結果に基づくまとめを以下に示す。

### (1) 課題 1：等価線形解析の適用について

「4. 確認結果」に示したとおり、地盤の有効せん断ひずみが 1%を大きく超える範囲については、等価線形解析の一般的な適用の目安を上回るが、燃料加工建屋においては、等価線形解析と逐次非線形解析による手法の差が入力地震動の算定結果に有意な影響を与えない結果となったことから、燃料加工建屋の地震応答解析において表層地盤の一部の層の有効せん断ひずみが大きくなっていることについては、入力地震動の算定結果に与える影響は無い。

### (2) 課題 2：ひずみ依存特性の外挿範囲について

「4. 確認結果」に示した通り、燃料加工建屋の造成盛土の一部の層において、地盤の有効せん断ひずみ度が、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果の外挿範囲となっていることについて、極端なパラメータスタディを行ったとしても、外挿範囲の設定が入力地震動の算定結果に有意な影響を与えない結果となったことから、燃料加工建屋の地震応答解析においては、繰返し三軸圧縮試験結果に基づき設定したひずみ依存特性を用いることに問題はない。