

IV－1－2

耐震計算書作成の基本方針

## IV－1－2－1

# 機器の耐震性に関する計算書作成の 基本方針

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 耐震評価の方針	1
2.1 評価条件の記載方針	2
2.1.1 準拠規格	2
2.1.2 圧力・温度条件	3
2.1.3 寸法	3
2.1.4 計算精度と数値の丸め方	4
3. 耐震計算方法	5
3.1 定式化された計算式による評価を行う機器	5
3.1.1 準拠規格	5
3.1.2 拘束条件	5
3.1.3 断面特性	5
3.1.4 材料特性	6
3.1.5 解析モデルの設定	6
3.1.6 固有周期の算出	6
3.1.7 減衰定数	6
3.1.8 設計用地震動	6
3.1.9 自重，機械的荷重	6
3.1.10 積雪荷重，風荷重	7
3.1.11 荷重の組み合わせ	7
3.1.12 許容限界	7
3.1.13 評価	7
3.2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器	8
3.2.1 準拠規格	8
3.2.2 拘束条件	8
3.2.3 断面特性	8
3.2.4 材料特性	8
3.2.5 解析モデルの設定	8
3.2.6 固有周期の算出	8
3.2.7 減衰定数	8
3.2.8 設計用地震動	9

3.2.9	自重, 機械的荷重	9
3.2.10	積雪荷重, 風荷重	9
3.2.11	荷重の組み合わせ	9
3.2.12	許容限界	9
3.2.13	評価	10
3.3	計算式の設定	10
3.4	疲労評価の計算式	10

## 1. 概要

本基本方針は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき設計した機器が、設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について説明するものである。

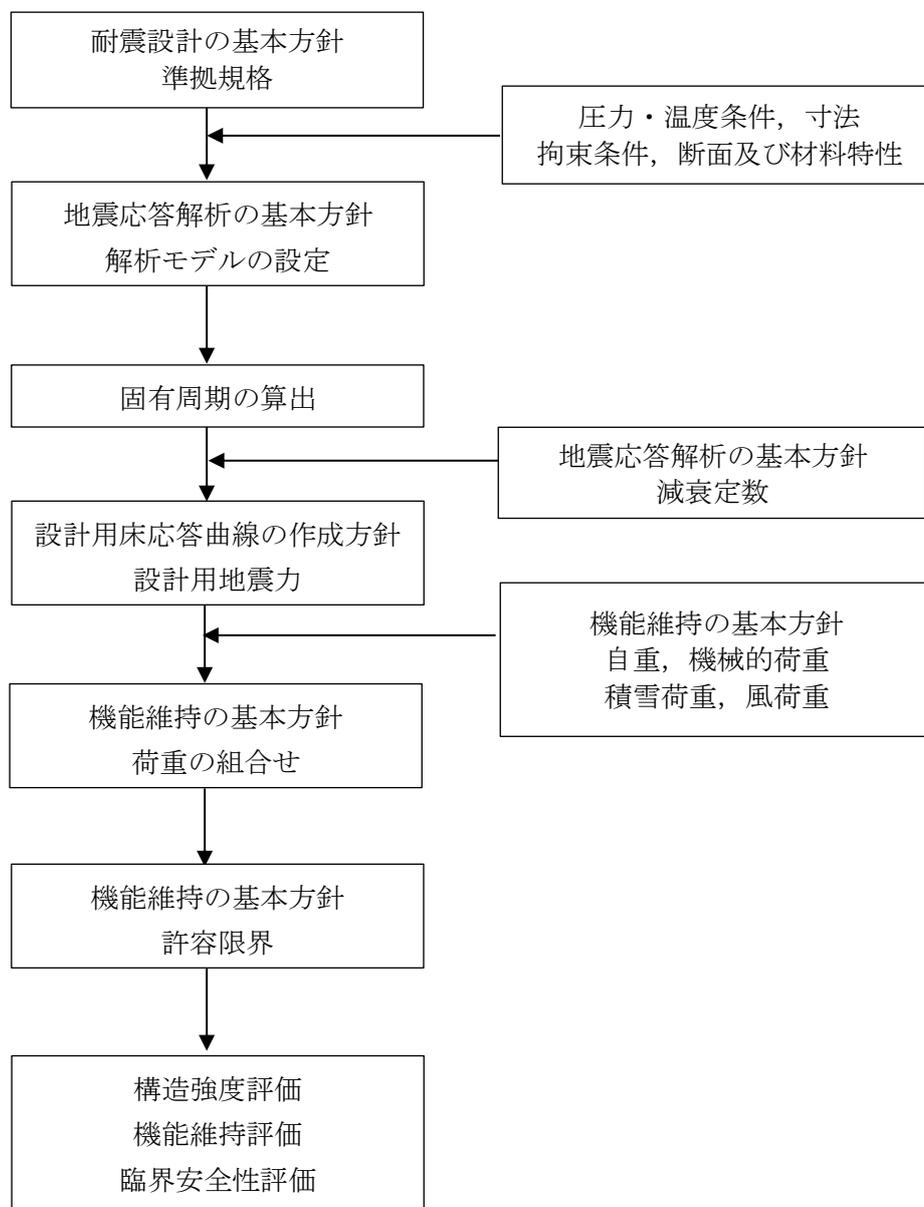
機器の耐震評価は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルである、質点系モデルによる定式化された計算式を用いた解析法又は有限要素モデルによるFEM等を用いた応力解析法を適用して行う。

ここでは、耐震評価の方針及び計算方法について示す。

## 2. 耐震評価の方針

機器の耐震評価は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す準拠規格に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の第3-1表「2. 機器・配管系」の減衰定数を用いた上で、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重の組合せを用いて算出した設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを確認する。確認結果を示すに当たっては、耐震評価に用いた評価条件の記載方針について示す。

これら、耐震計算のフローについて第2-1図に示す。



第 2-1 図 機器の耐震評価フロー

## 2.1 評価条件の記載方針

### 2.1.1 準拠規格

準拠規格は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示した規格のうち、評価に用いる規格及び年度を記載する。

### 2.1.2 圧力・温度条件

圧力条件及び温度条件は，設備の本文仕様表に示す最高使用圧力及び最高使用温度を記載する。

### 2.1.3 寸法

寸法は，原則として公称値を記載する。

なお，腐食を考慮する場合には，「V-2 再処理施設の強度計算書及び強度評価書」に示す腐食代を考慮した評価を行う。

#### 2.1.4 計算精度と数値の丸め方

耐震評価に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また、耐震計算書において数値を示す際の数値の丸め方は、原則として第2.1.4-1表に基づき、健全性の確認に影響を与える場合は切上げ、切捨てによる処理をした上で表示する。

第2.1.4-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	-	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
比重	-	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
質量	kg	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*1</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*1</sup>
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
断面係数	mm <sup>3</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*1</sup>
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*1</sup>
ねじりモーメント係数	mm <sup>4</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*1</sup>
ポアソン比	-	-	-	小数点以下第2位
角度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
局部ばね定数	-	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*2：JSME S NC1 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 耐震計算方法

機器の構造は、要求機能に応じて設計条件、形状、材料、板厚等を設定したうえで決定する。これを受けて、耐震設計のプロセスとしては、耐震重要度分類を定め、設計用地震力及び運転状態から求められた荷重や変位量に対し、構造強度として各部材の算出応力が許容限界以下であること、機器の動的機能、電気的機能及び閉じ込め機能が維持できること並びに臨界安全性が確保できることを解析により評価する。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるように質点系モデル、はり又はシェル等の要素を使用した有限要素モデル等に置換する。

解析方法及び解析モデルの選定は、構造が複雑ではなく、重心位置を1質点又は2質点に置換できる機器は「IV-1-1-5 応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す「質点系モデルにより定式化された計算式による評価を行う機器」を選定する。

また、構造が複雑であり重心位置が1質点又は2質点に置換できない機器は、振動モードや地震応答特性を適切に表現するため、「IV-1-1-5 応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す「有限要素モデルに置換して評価を行う機器」を選定する。

「質点系モデルにより定式化された計算式による評価を行う機器」と「有限要素モデルに置換して評価を行う機器」の設計プロセスにおける評価条件を以下に示す。

#### 3.1 定式化された計算式による評価を行う機器

##### 3.1.1 準拠規格

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格に準拠する。

##### 3.1.2 拘束条件

質点系モデルの拘束条件は、建物・構築物との取り合いに対して、機器への支持構造物の取付位置、ボルトの取付方法等を考慮し、振動モードや地震応答特性を適切に表現できる拘束条件を適用する。

また、拘束位置は設備の重心までの距離と複数の拘束点を有する場合の拘束点間の距離を設定することで表現する。

##### 3.1.3 断面特性

断面特性は、構造図に示す機器の部位ごとの形状及び設置方向に対し、地震力を受ける方向を考慮して適切に適用する。

#### 3.1.4 材料特性

材料特性としての剛性は、構造図に示す機器の部位ごとの材料に対し、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」における別紙「容器等の材料及び構造に関する設計方針」に示す材料ごとの物性値を、機器の最高使用温度や機器の設置場所の環境温度を考慮して設定し、評価条件として適用する。

#### 3.1.5 解析モデルの設定

JEAG に記載のある容器やポンプの様な一般的な構造の機器は、重心位置が1点又は2点に集中するような構造であるため、機器の質量を重心位置に集中した質点系モデルを適用する。

また、JEAG に記載のない構造であっても、重心位置を1質点又は2質点系のモデルに置換可能な構造の機器に対しては、材料力学の式等を参考に定型化された計算式を設定し、質点系モデルを適用する。

#### 3.1.6 固有周期の算出

「3.1.5 解析モデルの設定」により設定した質点系モデルに対し、定式化された計算式を用いて固有周期を算出する。

#### 3.1.7 減衰定数

減衰定数は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数に基づき、設備の種類、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

#### 3.1.8 設計用地震動

設計用地震動は、重要度分類に応じた地震力として、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した、機器据付位置に応じた設計用地震力を適用する。

機器が建屋中間階に設置される場合には上下階の応答スペクトルのうち安全側の設計用地震力を適用する。また、建屋上下階を貫通する場合や異なる建物、構築物を渡る場合には、それぞれの据付位置の応答スペクトルのうち安全側の設計用地震力を用いる。

なお、設備の振動モードによっては、床応答スペクトルの固有周期に該当する設計用地震力を入力地震動として適用する。

また、支持架構で構成する機器に搭載する設備は、支持架構の剛性を考慮して応答解析を実施し、それにより得られる床応答地震力を適用する。

#### 3.1.9 自重、機械的荷重

質点系モデルの重量は、構造図に示す機器ごとの自重を機器の重心点に集中す

るものとして設定し、評価においては、地震加速度と合わせて重心点に掛かる荷重として適用する。

また、回転機器等の駆動部を持つ設備については、構造図に示す回転体の出力に応じた振動が及ぼす機械的荷重を設定し、評価においては、地震加速度と合わせて重心点に掛かる荷重として適用する。

#### 3.1.10 積雪荷重，風荷重

屋外に設置される機器の荷重条件は、積雪荷重は設置位置及び設備形状に応じて、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1.-3 表に示す通り、積雪 190cm とし、係数 0.35 を評価条件として適用する。

また、風荷重は「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1.-3 表に示す通り風速 34m/s 及び建屋形状を考慮して算出した風力係数を設定し、評価条件として適用する。

#### 3.1.11 荷重の組合せ

質点系モデルに対する荷重の組合せは、地震応答解析により算出した荷重を、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1-3 表に示す組合せ方法を適用し、各部の応力、変形量、加速度を求める。

#### 3.1.12 許容限界

構造強度の確保における許容応力は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1-1 表に基づき、機器の部位ごとに設定した値を適用する。

流体を内包する容器等の本体と本体を支持する支持構造物で構成する容器類は、本体と支持構造物のそれぞれに対して許容応力を適用する。

また、支持構造物を本体として構成する支持構造設備は、支持構造物として許容応力を適用する。

動的機能維持における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 4.1-1 表に示す機器の種別及び機種に応じた動的機能確認済加速度を適用する。

電氣的機能維持、閉じ込め機能維持における許容限界は、機器に応じた加振試験等により確認した機能確認済み加速度を適用する。

また、臨界防止機能維持における許容限界は、「IV-1-1-13 地震時の臨界安全性検討方針」に示す核的制限値に対する許容変位を適用する。

#### 3.1.13 評価

「3.1.11 荷重の組合せ」にて求めた各部の応力、変形量、加速度が、「3.1.12 許容限界」に対して満足しているか評価、判定する。

## 3.2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器

### 3.2.1 準拠規格

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格に準拠する。

### 3.2.2 拘束条件

有限要素モデルにて表現する機器には、溶接又はボルト等により建物・構築物の基礎上に設置される固定式の機器と、建物・構築物の基礎上に設置されない移動式設備が存在する。

固定式設備である機器の拘束条件は、支持位置、支持剛性を考慮し、ピン支持拘束、アンカー拘束等適切な拘束条件を設定する。

移動式設備である機器の拘束条件は、地震力がレールと車輪の摩擦係数以上の地震力とはならない場合は、移動方向の拘束はすべりを考慮して設定する。

### 3.2.3 断面特性

断面特性は、構造図に示す機器の部位ごとの形状及び設置方向に対し、解析モデル作成時に地震力を受ける方向を考慮して適切に適用する。

### 3.2.4 材料特性

材料特性としての剛性は、構造図に示す機器の部位ごとの材料に対し、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」における別紙「容器等の材料及び構造に関する設計方針」に示す材料ごとの物性値を、機器の最高使用温度や機器の設置場所の環境温度を考慮して設定し、評価条件として適用する。

### 3.2.5 解析モデルの設定

クレーンのような構造が複雑な機器は、重量がモデル全体に分布し、振動モードを複数有する構造であるため、設備の形状、材料、寸法、板厚を用いて地震応答特性を適切に表現できる有限要素モデル等を設定する。

### 3.2.6 固有周期の算出

「3.2.5 解析モデルの設定」により設定した有限要素モデル等に対し、解析プログラムを用いて固有周期を算出する。

### 3.2.7 減衰定数

減衰定数は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数に基づき、設備の種類、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

### 3.2.8 設計用地震動

設計用地震動は、重要度分類に応じた地震力として、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した、機器据付位置に応じた設計用地震力を適用する。

機器が建屋中間階に設置される場合には上下階の応答スペクトルのうち安全側の設計用地震力を適用する。また、建屋上下階を貫通する場合や異なる建物、構築物を渡る場合には、それぞれの据付位置の応答スペクトルのうち安全側の設計用地震力を適用する。評価に当たっては、機器の設置位置に応じた床応答スペクトル又は加速度応答時刻歴を入力地震動として適用する。

また、支持架構で構成する機器に搭載する設備は、支持架構の剛性を考慮して応答解析を実施し、それにより得られる床応答地震力を適用する。

### 3.2.9 自重，機械的荷重

有限要素モデルの重量は、構造図に示す機器の自重を含めてモデル化し有限要素法にて解析を行うことから、有限要素モデルに置換した範囲は自動で計算され、搭載機器等のモデル上重量として考慮する機器については集中又は分布質量として設定する。

### 3.2.10 積雪荷重，風荷重

屋外に設置される機器の荷重条件は、積雪荷重は設置位置及び設備形状に応じて、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1.-3表に示す通り、積雪190cmとし、係数0.35を評価条件として適用する。

また、風荷重は「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1.-3表に示す通り風速34m/s及び建屋形状を考慮して算出した風力係数を設定し、評価条件として適用する。

### 3.2.11 荷重の組み合わせ

有限要素モデルに対する評価は、地震応答解析により算出した荷重を、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に示す組合せ方法を適用し、各部の応力、変形量、加速度を求める。

### 3.2.12 許容限界

構造強度の確保における許容応力は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表に基づき、機器の部位ごとに設定した値を適用する。

流体を内包する容器等の本体と本体を支持する支持構造物で構成する容器類は、本体と支持構造物のそれぞれに対して許容応力を適用する。

また、支持構造物を本体として構成する支持構造設備は、支持構造物として許容応力を適用する。

動的機能維持における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4.1-1表に示す機器の種別及び機種に応じた動的機能確認済加速度を適用する。

電氣的機能維持、閉じ込め機能維持における許容限界は、機器に応じた加振試験等により確認した機能確認済み加速度を適用する。

また、臨界防止機能維持における許容限界は、「IV-1-1-13 地震時の臨界安全性検討方針」に示す核的制限値に対する許容変位を適用する。

### 3.2.13 評価

「3.2.11 荷重の組合せ」にて求めた各部の応力、変形量、加速度が、「3.2.12 許容限界」に対して満足しているか評価、判定する。

## 3.3 計算式の設定

設計プロセスによる分類は定式化された計算式による評価を行う機器と有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の2分類となるが、「3.1.12 許容限界」及び「3.2.12 許容限界」の許容応力の設定の違いにより容器類と支持構造物に分けて計算式を設定する。

また、「3.2.2 拘束条件」に示した移動式設備については拘束条件の設定が異なるため、個別に計算式を設定する。

設計プロセスによる分類と各計算式を以下に示す。

#### (1) 定式化された計算式による評価を行う機器

- |            |                     |        |
|------------|---------------------|--------|
| IV-1-2-1-1 | 定式化された計算式による評価を行う機器 | 容器類    |
| IV-1-2-1-2 | 定式化された計算式による評価を行う機器 | 支持構造設備 |

#### (2) 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器

- |            |                     |        |
|------------|---------------------|--------|
| IV-1-2-1-3 | 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 | 容器類    |
| IV-1-2-1-4 | 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 | 支持構造設備 |
| IV-1-2-1-5 | 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 | 移動式設備  |

第1回申請設備に適用する「IV-1-2-1-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 支持構造設備」以外の計算式については、各設備の申請に合わせて後次回に示す。

## 3.4 疲労評価の計算式

構造強度評価において、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す許容限界  $2S_y$  を超える場合に適用する疲労評価の計算式は後次回に示す。

IV－1－2－1－4

有限要素モデル等を用いて評価を行  
う機器 支持構造設備

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 準拠規格	1
3. 構造強度評価	2
3.1 構造に応じた評価方針	2
3.2 評価条件の設定	3
3.2.1 計算条件	3
3.2.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.2.1 荷重の組み合わせ	3
3.2.2.2 許容応力	4
3.2.3 計算方法	5
3.2.3.1 記号の説明	5
3.2.3.2 支持架構の応力	7
3.2.3.3 支持架構の基礎ボルトの応力	8
3.2.3.4 支持架構に搭載される配管系の応力	8
3.2.3.5 取付ボルトの応力	8
3.3 評価	10
4. 動的機能維持評価	11
4.1 評価方針	11
4.2 評価条件の設定	11
4.2.1 計算条件	11
4.2.2 荷重の組合せ及び許容値	11
4.2.2.1 荷重の組合せ	11
4.2.2.2 許容値	11
4.3 評価	11
5. 詳細検討	12
5.1 機能確認済み加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討	12
5.1.1 機能確認済み加速度の適用範囲外設備の計算方法	12
5.1.1.1 記号の説明	13
5.1.1.2 ファン軸応力の計算方法	13

5.1.1.3	軸受荷重の計算方法	14
5.1.1.4	地震時チップクリアランスの計算方法	14
5.2	機能確認済み加速度を超える設備に対する詳細検討	14
5.2.1	原動機の計算方法	14
5.2.1.1	記号の説明	15
5.2.1.2	原動機軸の計算方法	15
5.2.1.3	原動機軸受荷重の計算方法	16
5.3	評価	16
6.	電氣的機能維持評価	16
6.1	評価方針	16
6.2	評価条件の設定	16
6.2.1	計算条件	16
6.2.2	荷重の組合せ及び許容値	17
6.2.2.1	荷重の組合せ	17
6.2.2.2	許容値	17
6.3	評価	17

## 1. 概要

本基本方針は、有限要素モデルを用いて評価を行う支持構造設備の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認するための計算方法を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する評価条件については、「IV-1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」の「2. 耐震評価の方針」に示す。

## 2. 準拠規格

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格のうち、本評価に対する準拠規格について第2-1表に示す。

第 2-1 表 準拠規格

準拠規格名
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版
建築基準法・同施行令
発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む)) <第 I 編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007*

注記 \* : JSME S NC1 以外に使用している鉄鋼材料の規格については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」における別紙「容器等の材料及び構造に関する設計方針」に定められた値を準用することとする。

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造に応じた評価方針

本体が、型鋼による柱やはりの支持構造物で構成されている設備のうち、質量分布及び部材間における剛性変化を考慮すべき構造であることから、「IV-1-1-5 応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、はり要素又はシェル要素を用いた有限要素モデルに置換する。

これら解析モデルを用いた評価方針として、解析または振動特性試験(加振試験又は打振試験)により固有周期を求め、地震応答解析により設計用地震力に応じた荷重を算出する。

算出した荷重は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づいて組み合わせ応力を算出する。

また、本体である支持架構に搭載される設備については、本体である支持架構の地震応答解析によって得られた加速度を用いる。

この際、搭載される設備は構造に応じた解析モデルに置換するため、質点系モデルを用いる場合もあるが、地震応答解析により算出した荷重を組み合わせで応力を算出する方針は本体と同様である。

## 3.2 評価条件の設定

耐震評価では、解析により固有周期を求め、解析モデルを用いた地震応答解析を行ったのち応力評価を行う。

### 3.2.1 計算条件

計算条件として、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第2-1表に示した耐震設計上の重要度分類に応じた入力地震動に対し、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した設備据付位置に応じた設計用地震力を用いる。

なお、減衰定数については、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数に基づき、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

### 3.2.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 3.2.2.1 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)b. 配管系, e. 支持構造物に基づき設定する。

考慮する荷重については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき設定する。

屋外に設置される機器については、機器の設置位置及び形状から必要に応じて以下の荷重条件を考慮する。

#### (1) 積雪荷重

屋上のルーバ及び歩廊上に積雪荷重を考慮する。

#### (2) 風荷重

風圧力による荷重は、建築基準法施行令第87条及び平成12年建設省告示第1454号に従い、地表面粗度区分Ⅱ，地方の区分に応じて定められた風速34m/s及び建屋形状を考慮して算出した風力係数Cを用いて算出する。

$$W_w = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_o^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G_f$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H / ZG)^\alpha \quad (H > Zb \text{ より})$$

$$W_w : \text{短期風荷重(N)}$$

- $q$  : 速度圧 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
- $C$  : 風力係数
- $A$  : 風向に垂直な面に投影した面積 ( $\text{m}^2$ )
- $E'$  : 速度圧の高さ方向の分布を示す係数(平 12 建告第 1454 号による)
- $E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布係数
- $G_f$  : ガスト影響係数 ( $G_f = 1.0$ )
- $V_o$  : その地方における基準風速(平 12 建告第 1454 号により,  $34 [\text{m}/\text{s}]$ )
- $H$  : 建築物の高さと軒の高さとの平均 ( $\text{m}$ )
- $Z_b$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $Z_b = 5 [\text{m}]$ )
- $Z_G$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $Z_G = 350 [\text{m}]$ )
- $\alpha$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $\alpha = 0.15$ )

#### 3.2.2.2 許容応力

許容応力は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1-1 表(2)b. 配管系, e. 支持構造物に基づく。

### 3.2.3 計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

#### 3.2.3.1 記号の説明

記号	表 示 内 容	単 位
A	支持架構部材の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>S</sub>	支持架構部材のせん断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	取付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>ab</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>P</sub>	回転機器の振動による震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>o</sub>	配管系の外径	mm
F	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値 ただし、「S <sub>y</sub> 」及びを「1.2S <sub>y</sub> 」と読み替える	MPa
F <sub>b</sub>	支持架構に作用する軸力	N
F <sub>bs</sub>	基礎ボルトに作用するせん断力	N
F <sub>bt</sub>	基礎ボルトに作用する引張力	N
1.5f <sub>t</sub> , 1.5f <sub>t</sub> *	支持架構の許容引張応力	MPa
1.5f <sub>s</sub> , 1.5f <sub>s</sub> *	支持架構の許容せん断応力	MPa
1.5f <sub>c</sub> , 1.5f <sub>c</sub> *	支持架構の許容圧縮応力	MPa
1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>b</sub> *	支持架構の許容曲げ応力	MPa
1.5f <sub>so</sub> , 1.5f <sub>so</sub> *	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
1.5f <sub>ts</sub> , 1.5f <sub>ts</sub> *	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
1.5f <sub>to</sub> , 1.5f <sub>to</sub> *	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
h	取付ボルトから重心までの高さ	mm
i <sub>1</sub>	応力係数で「JSME S NC1」PPC-3810に規定する値又は、1.33 のいずれか大きい方の値	—

記号	表 示 内 容	単 位
L	取付ボルト間の距離	mm
$M_a$	自重により配管系に作用するモーメント	$N \cdot mm$
$M_b$	地震により配管系に作用するモーメント	$N \cdot mm$
M	支持架構に作用するモーメント	$N \cdot mm$
$M_c$	地震動による相対変位により配管系に生じるモーメントの全振幅	$N \cdot mm$
$M_p$	回転機器の回転により作用するモーメント	$N \cdot mm$
$M_b^*$	地震動の慣性力により配管系に生じるモーメントの全振幅	$N \cdot mm$
N	回転機器の回転数	rpm
n	せん断力を受ける取付ボルトの評価本数	—
$n_a$	柱脚部 1 個当たりの基礎ボルト本数	—
$n_t$	引張力の作用する取付ボルトの評価本数	—
P	配管系の最高使用圧力	MPa
$P_m$	回転機器の出力	kW
$Q_b$	支持架構に作用するせん断力	N
$S_a$	配管系の許容応力	MPa
$S_n$	配管系の一次+二次応力の変動値	MPa
t	配管系の板厚	mm
m	質量	kg
g	重力加速度 (=9.80665)	$m/s^2$
$W_w$	風荷重	N
$Z_f$	配管系の断面係数	$mm^3$
Z	支持架構の断面係数	$mm^3$
$\sigma_b$	支持架構に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_c$	支持架構に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_f$	配管系の一次応力	MPa
$\sigma_o$	取付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_t$	支持架構に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{ao}$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau$	支持架構に生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{ao}$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

### 3.2.3.2 支持架構の応力

支持架構の引張応力  $\sigma_t$ 、圧縮応力  $\sigma_c$ 、せん断応力  $\tau$  及び曲げ応力  $\sigma_b$  は、次式により算出する。

#### (1) 引張応力

引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_t = \frac{F_b}{A} \quad (\text{ただし, } F_b \geq 0) \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-1)$$

#### (2) 圧縮応力

圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_c = -\frac{F_b}{A} \quad (\text{ただし, } F_b < 0) \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-2)$$

#### (3) せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau = \frac{Q_b}{A_s} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-3)$$

#### (4) 曲げ応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-4)$$

#### (5) 組合せ応力

組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-5)$$

#### (6) 座屈を考慮する場合の組合せ

##### 1) 圧縮力と曲げモーメント

圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける部材の応力は、次式を満足すること。

なお、基準地震動  $S_s$  による評価では  $f_c$  を  $f_c^*$ 、 $f_b$  を  $f_b^*$  に読み替える。

$$\frac{\sigma_c}{1.5f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-6)$$

##### 2) 引張力と曲げモーメント

引張力と曲げモーメントを同時に受ける部材の応力は、次式を満足すること。

なお、基準地震動  $S_s$  による評価では  $f_t$  を  $f_t^*$  に読み替える。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2-7)$$

3.2.3.3 支持架構の基礎ボルトの応力

支持架構の基礎ボルトの引張応力  $\sigma_{ao}$  及びせん断応力  $\tau_{ao}$  は、次式により算出する。

(1) 引張応力

引張応力は、次式で表される。

なお、基礎ボルトに作用する引抜き力は、当該柱脚部の基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

$$\sigma_{ao} = \frac{F_{bt}}{A_{ab}n_a} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.3-1)$$

(2) せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

なお、基礎ボルトに作用するせん断力は、当該柱脚部の基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{ao} = \frac{F_{bs}}{A_{ab}n_a} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.3-2)$$

3.2.3.4 支持架構に搭載される配管系の応力

支持架構に搭載される配管系の一次応力  $\sigma_f$  及び一次＋二次応力  $S_n$  は、次式により算出する。

(1) 一次応力

一次応力は、次式で表される。

$$\sigma_f = \frac{PD_o}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z_f} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.4-1)$$

(2) 一次＋二次応力

一次＋二次応力は、次式で表される。

$$S_n = \frac{0.75i_1M_b^* + i_2M_c}{Z_f} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.4-2)$$

3.2.3.5 取付ボルトの応力

支持架構により支持する剛な設備の取付ボルトに生じる引張応力  $\sigma_o$  及びせん断応力  $\tau_b$  は、次式により算出する。

また、回転機器の取付ボルトの応力計算に際しては、地震力に併せて振動による震度及び回転によるモーメントを考慮する。なお、風荷重については、設備形状により必要に応じて考慮する。

(1)引張応力

引張応力は、次式で表される。

a. 角形配置の場合

取付ボルトに対する引張力は、取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとする。

なお、自重より鉛直方向設計震度が大きい場合は、浮上り力である上方向に作用する力が引張力として作用する。

(a) 取付ボルトが4本の場合

$$\sigma_o = \frac{g \{m(C_H + C_P)h - \frac{mL}{2}(1 - C_V - C_P)\} + M_P + W_w h}{n_t A_b L} \dots\dots\dots (3.2.3.5-1)$$

ここで、

$$M_P = \left( \frac{60}{2\pi N} \right) \times 10^6 P_m \dots\dots\dots (3.2.3.5-2)$$

(b) 取付ボルトが2本の場合

取付ボルトに対する引張応力のうち、2本の取付ボルトと平行な方向の引張応力は、取付ボルトが4本の場合の算出式を用いる。

2本の取付ボルトと直交する方向の引張応力は、次式により算出する。

$$\sigma_o = \frac{-\frac{mL}{2}(1 - C_V - C_P) + M_P}{n_t A_b L} \dots\dots\dots (3.2.3.5-3)$$

b. 円形配置の場合

取付ボルトに対する引張力は、支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として支点から最も離れたボルトについて計算する。

なお、自重より鉛直方向設計震度が大きい場合は、浮上り力である上方向に作用する力が引張力として作用する。

$$\sigma_o = \frac{m(C_H + C_P)gh}{3/8 A_b n_t L} - \frac{mL(1 - C_V - C_P)g}{2 A_b n_t} \dots\dots\dots (3.2.3.5-4)$$

(2)せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

なお、取付ボルトに作用するせん断荷重は、取付ボルトの全本数で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{mg(C_H + C_P) + W_w}{A_b n} \dots\dots\dots (3.2.3.5-5)$$

### 3.3 評価

3.2.3項で算出した応力が3.2.2.2項の許容応力以下であること。

ここで、3.2.3.5項で算出した取付ボルトの引張応力 $\sigma_o$ は、下記2式より算出した許容引張応力 $1.5 f_{t_s}$ 以下であること。なお、基準地震動 $S_s$ による評価では $f_{t_s}$ を $f_{t_s}^*$ に読み替える。

$$1.5 f_{t_s} = 1.4 f_{t_0} - 1.6 \tau_b \cdots \cdots \cdots (3.3-1)$$

$$1.5 f_{t_s} \leq f_{t_0} \cdots \cdots \cdots (3.3-2)$$

また、3.2.3.3項で算出した基礎ボルトの引張応力 $\sigma_{a0}$ は、下記2式より算出した許容引張応力 $1.5 f_{t_s}$ 以下であること。なお、基準地震動 $S_s$ による評価では $f_{t_s}$ を $f_{t_s}^*$ に読み替える。

$$1.5 f_{t_s} = 1.4 f_{t_0} - 1.6 \tau_{a0} \cdots \cdots \cdots (3.3-3)$$

$$1.5 f_{t_s} \leq f_{t_0} \cdots \cdots \cdots (3.3-4)$$

## 4. 動的機能維持評価

### 4.1 評価方針

地震時及び地震後に動作機能の維持が要求される機器の機能維持評価は、本項に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、評価部位において、解析モデルを用いて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力又は応答加速度が許容値内に収まることを確認する。

なお、評価部位のうち、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す加速度の適用範囲から外れる場合又は動的機能確認済加速度を超える場合は、詳細検討により機能維持を満足することを確認する。

詳細検討に当たっては、「IV-1-1-5 応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す質点系モデルに置換し、地震応答解析により算出した荷重を組み合わせることで応力を算出する。

### 4.2 評価条件の設定

#### 4.2.1 計算条件

計算条件は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」にて設定した耐震設計上の重要度分類に応じた入力地震動に対し、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した設備据付位置の設計用地震力を用いる。

なお、減衰定数については、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数に基づき、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

#### 4.2.2 荷重の組合せ及び許容値

##### 4.2.2.1 荷重の組合せ

詳細検討を実施する場合の荷重の組合せ及び考慮する荷重は、3.2.3.1項と同様に設定する。

##### 4.2.2.2 許容値

動的機能確認済加速度は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4.1-1表に示す動的機能確認済加速度を用いることとし、耐震計算書にその旨を記載する。

詳細検討を行う設備については、設備ごとに評価部位及び許容値を設定し、その内容を耐震計算書に示す。

### 4.3 評価

設備の応答加速度が4.2.2.2項に示す許容値以下であること。

## 5. 詳細検討

### 5.1 機能確認済み加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討

機能維持評価のうち、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す加速度の適用範囲から外れるファンについて詳細検討を行う。

詳細検討は、ファン軸応力、軸受荷重及びチップクリアランス(ファンとファンリングとの隙間)の評価をファン運転状態の評価を行うものとし、地震力に併せてファン回転によるねじりモーメント及びスラスト荷重を考慮する。評価に用いる荷重は、下記の荷重がファン軸に作用するものとする。

- ・ファン及びファン軸の自重
- ・ファンの回転による荷重(ねじりモーメント及びスラスト荷重)
- ・水平方向及び鉛直方向地震荷重

機能維持評価において各部位の評価に用いる許容値を以下に示す。

#### (1) ファン軸応力

許容応力は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)e. 支持構造物に基づく。

#### (2) 軸受

軸受の基本静定格荷重を許容荷重とする。

#### (3) チップクリアランスの評価

据付(通常)時のチップクリアランスを許容値とする。

### 5.1.1 機能確認済み加速度の適用範囲外設備の計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

### 5.1.1.1 記号の説明

記号	表 示 内 容	単 位
d	ファン軸径	mm
F	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F <sub>Ba</sub>	軸方向の最大荷重	N
F <sub>Br</sub>	軸受部ラジアル方向の最大荷重	N
f <sub>si</sub>	荷重係数(衝撃荷重として1.5とする)	—
M <sub>bf</sub>	地震力によりファン軸に作用する曲げモーメント	N・mm
M <sub>tf</sub>	ファン回転によるねじりモーメント	N・mm
P <sub>o</sub>	軸受の静等価荷重	N
P <sub>1</sub>	ファン及びカップリング等の自重	N
P <sub>2</sub>	ファン軸の鉛直地震力により作用する軸力	N
P <sub>3</sub>	ファン回転によるスラスト荷重	N
Q <sub>t</sub>	地震力によるファン軸に作用するせん断力	N
Y <sub>o</sub>	静スラスト係数	—
σ <sub>bf</sub>	地震力によるファン軸外縁の曲げ応力	MPa
σ <sub>mf</sub>	軸力による圧縮応力	MPa
τ <sub>st</sub>	地震力によるファン軸のせん断応力	MPa
τ <sub>tf</sub>	ファン軸の回転による軸外縁のせん断応力	MPa
τ <sub>max</sub>	ファン軸の組合せ応力	MPa

### 5.1.1.2 ファン軸応力の計算方法

軸受部に作用する反力及び軸に作用する最大曲げモーメントより生じる応力は、次式により算出する。

#### (1) 地震力による軸外縁曲げ応力

軸外縁曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{bf} = \frac{32M_{bf}}{\pi d^3} \dots\dots\dots (5.1.1.2-1)$$

#### (2) 軸力による圧縮応力

圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{mf} = \frac{4(P_1+P_2+P_3)}{\pi d^2} \dots\dots\dots (5.1.1.2-2)$$

#### (3) ファン軸の回転による軸外縁のせん断応力

軸外縁のせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{tf} = \frac{16M_{tf}}{\pi d^3} \dots\dots\dots (5.1.1.2-3)$$

(4) 地震力によるせん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{st} = \frac{4Q_t}{\pi d^2} \dots\dots\dots (5.1.1.2-4)$$

(5) 組合せ応力

組合せ応力は、次式で表される。

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{bf} + \sigma_{mf})^2 + 4(\tau_{tf} + \tau_{st})^2} \dots\dots\dots (5.1.1.2-5)$$

5.1.1.3 軸受荷重の計算方法

ファン軸の地震応力解析によって得られる軸受部の各種荷重から静等価荷重を次式により算出する。

なお、静等価荷重は下記に示す2式のいずれか大きい値を用いる。

$$P_o = f_{si} (0.5F_{Br} + Y_o F_{Ba}) \dots\dots\dots (5.1.1.3-1)$$

$$P_o = f_{si} F_{Br} \dots\dots\dots (5.1.1.3-2)$$

5.1.1.4 地震時チップクリアランスの計算方法

地震時におけるファンブレード先端とファンリングの接触の有無を確認するための両者間の相対変位は、各々の最大応答変位の絶対和として求める。ここで、ファンリングについては、十分に剛な構造であることより、その応答変位は0とする。

5.2 機能確認済み加速度を超える設備に対する詳細検討

機能維持評価のうち、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す動的機能確認済み加速度を超える場合には、以下に示す計算式を用いた詳細検討により機能維持を満足することを確認する。

ここでは、原動機の計算方法を示す。

5.2.1 原動機の計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

5.2.1.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
A	原動機軸断面積	mm <sup>2</sup>
l	原動機軸の支持間長さ	mm
M	等分布荷重により作用するモーメント	N・mm
P	原動機軸に作用する荷重	N
S <sub>y</sub>	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
σ <sub>b</sub>	原動機軸に生じる曲げ応力	MPa
σ <sub>t</sub>	原動機軸に生じる引張応力	MPa
τ	原動機軸に生じるせん断応力	MPa
σ <sub>1</sub>	原動機軸に生じる膜+曲げ応力	MPa
σ <sub>11</sub>	最大主応力(膜+曲げ応力)	MPa
σ <sub>21</sub>	最小主応力(膜+曲げ応力)	MPa
ω	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm

5.2.1.2 原動機軸の計算方法

(1) 引張応力

引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_t = \frac{\omega l}{A} \dots\dots\dots (5.2.1.2-1)$$

(2) 曲げ応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots (5.2.1.2-2)$$

(3) せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau = \frac{\omega l}{A} \dots\dots\dots (5.2.1.2-3)$$

(4) 膜+曲げ応力

膜+曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \sigma_{11} - \sigma_{21} \dots\dots\dots (5.2.1.2-4)$$

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_t + \sigma_b) + \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2} \right\} \dots\dots\dots (5.2.1.2-5)$$

$$\sigma_{21} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_t + \sigma_b) - \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2} \right\} \dots\dots\dots (5.2.1.2-6)$$

5.2.1.3 原動機軸受荷重の計算方法

冷却塔の地震応答解析によって得られる設置場所の地震力より、軸受部に作用する荷重は、次式で表される。

$$P = \omega l \quad (5.2.1.3-1)$$

5.3 評価

設備の応答加速度が 4.2.2.2 項に示す許容値以下であること。

6. 電氣的機能維持評価

6.1 評価方針

地震時及び地震後に電氣的機能を要求される設備は、応答加速度が電氣的機能確認済加速度内に収まることを確認する。

なお、電氣的機能確認済加速度を超える場合は、詳細検討により機能維持を満足することを確認する。

詳細検討に当たっては、「IV-1-1-5 応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す質点系モデルに置換し、地震応答解析により算出した荷重を組み合わせて応力を算出する。

6.2 評価条件の設定

6.2.1 計算条件

計算条件は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」にて設定した耐震設計上の重要度分類に応じた入力地震動に対し、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した設備据付位置の設計用地震力を用いる。

なお、減衰定数については、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数に基づき、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

## 6.2.2 荷重の組合せ及び許容値

### 6.2.2.1 荷重の組合せ

詳細検討を実施する場合の荷重の組合せ及び考慮する荷重は、3.2.3.1項と同様に設定する。

### 6.2.2.2 許容値

電氣的機能確認済加速度は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、耐震計算書にその旨を記載する。

詳細検討を行う設備については、設備ごとに評価部位及び許容値を設定し、その内容を耐震計算書に示す。

## 6.3 評価

設備の応答加速度が6.2.2.2項に示す許容値以下であること。

## IV－2

# 再処理施設の耐震性に関する計算書

## IV－2－1

# 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書

IV-2-1-1  
建物・構築物

IV-2-1-1-1  
建物及び屋外機械基礎

IV-2-1-1-1-1

安全冷却水 B 冷却塔基礎の耐震性に関する計算書

IV-2-1-1-1-1-1  
安全冷却水 B 冷却塔基礎の  
地震応答計算書

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 準拠規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 地震応答解析に用いる地震動	8
3.2 地震応答解析モデル	9
3.2.1 水平方向モデル	10
3.2.2 鉛直方向モデル	56
3.3 建物・構築物の入力地震動	64
3.3.1 水平方向	64
3.3.2 鉛直方向	80
3.4 解析方法	90
3.4.1 動的解析	90
3.5 解析条件	91
3.5.1 地盤のロッキングばねの復元力特性	91
3.6 材料物性のばらつき	92
4. 解析結果	96
4.1 動的解析	96
4.1.1 固有値解析結果	96
4.1.2 基本ケースの地震応答解析結果	96
4.1.3 材料物性のばらつきを考慮したケースの地震応答解析結果	157

## 1. 概要

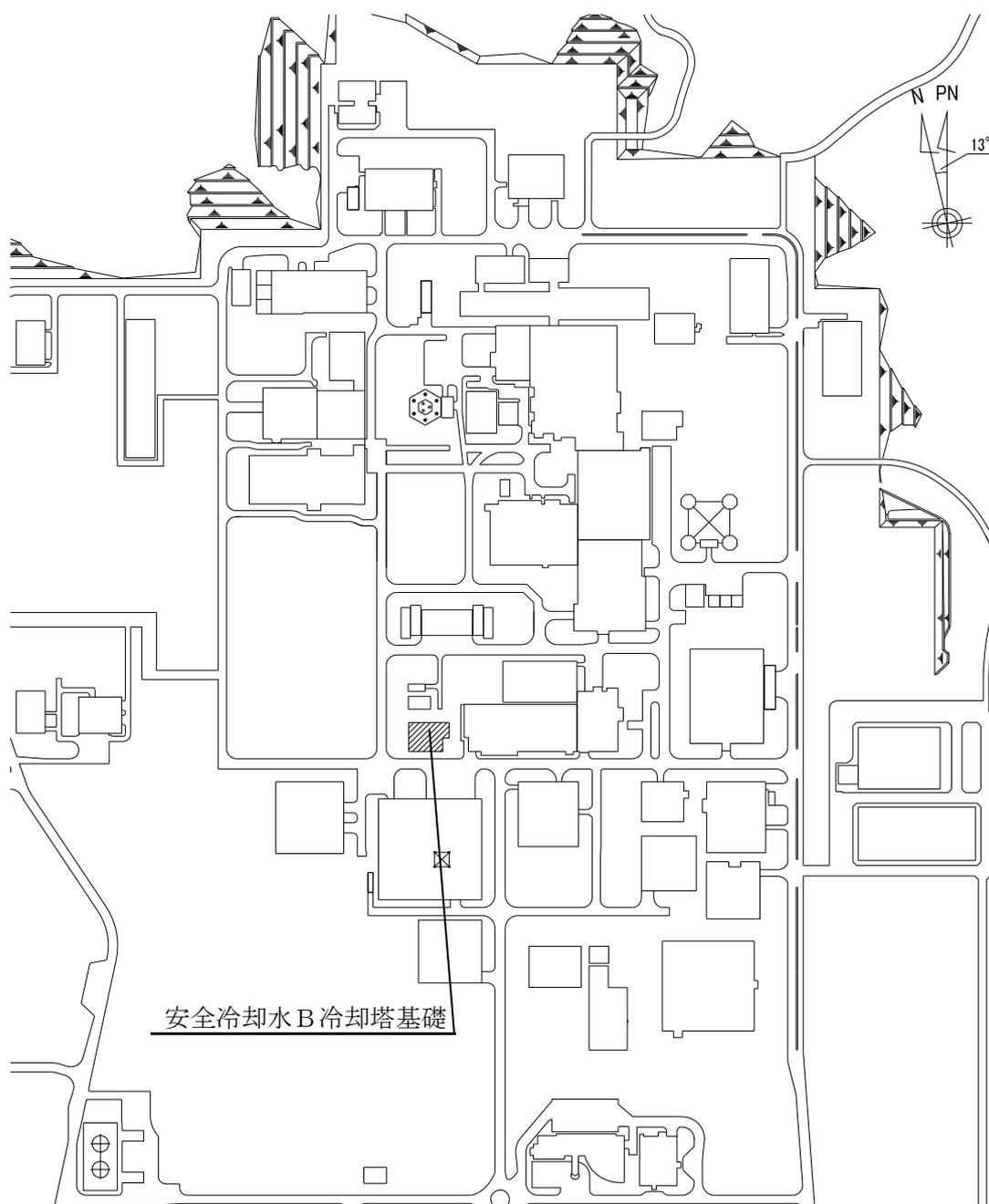
本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」, 「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」及び「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づく安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

安全冷却水B冷却塔基礎の設置位置を第 2.1-1 図に示す。



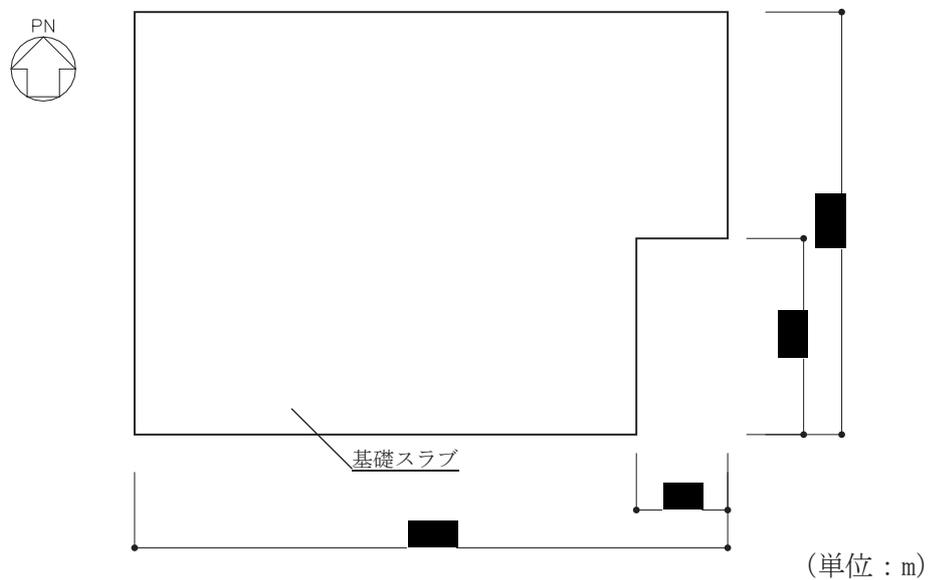
第 2.1-1 図 安全冷却水B冷却塔基礎の設置位置

## 2.2 構造概要

安全冷却水B冷却塔は、各施設の安全冷却水系の冷却水を除熱するため設けられる。安全冷却水B冷却塔基礎は、安全冷却水B冷却塔を支持するための基礎である。

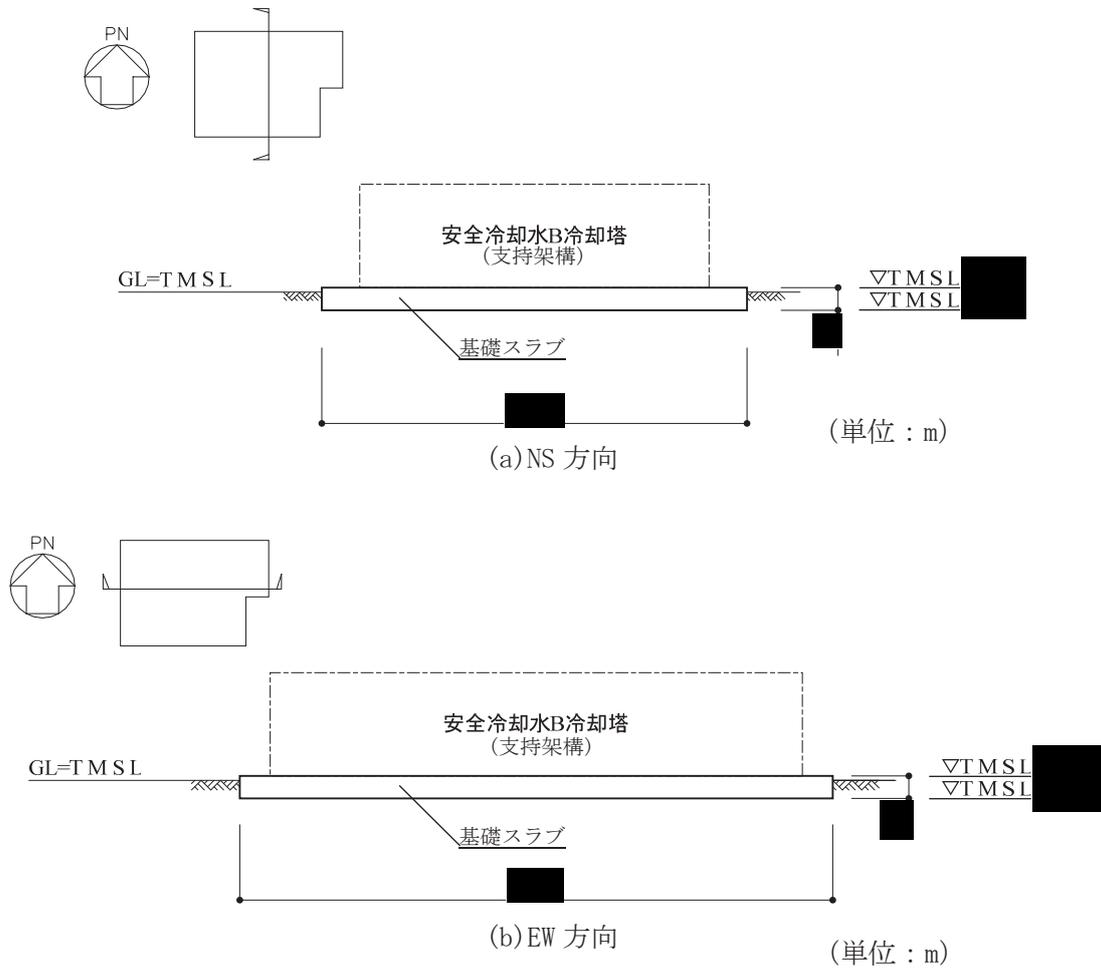
安全冷却水B冷却塔基礎の主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で █████ m(NS)×█████ m(EW)である。 █████ また、基礎スラブはマンメイドロック（以下、「MMR」という。）を介して岩盤に設置されている。

安全冷却水B冷却塔基礎の概略平面図を第 2.2-1 図に、概略断面図を第 2.2-2 図に示す。



注記：構築物寸法は、基礎外面押えとする。

第 2.2-1 図 概略平面図 (T.M.S.L. █████ m)



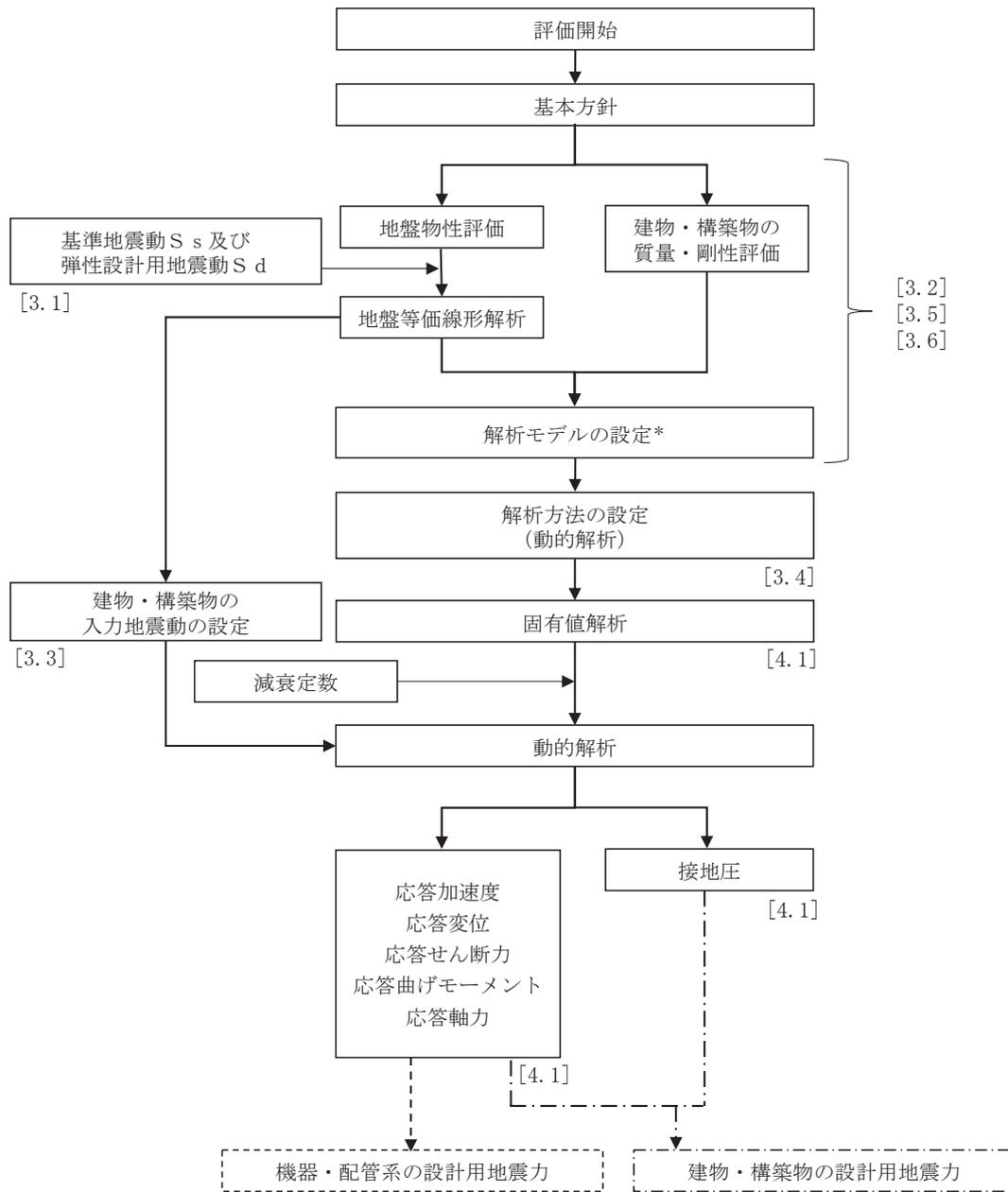
第 2.2-2 図 概略断面図

## 2.3 解析方針

「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力を設定するにあたり、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1.2 動的地震力」に基づき、安全冷却水B冷却塔基礎における動的地震力を算定する。

動的地震力は地震応答解析により算定することとし、解析モデル、入力地震動及び解析方法については「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。動的地震力算定のため実施する地震応答解析については、「3. 解析方法」に示す解析モデル、入力地震動及び解析方法により実施し、その結果を「4. 解析結果」に示す。

第 2.3-1 図に設計用地震力算定フローを示す。



注記 \* : 材料物性のばらつきを考慮する。

注記 : [ ]内は本資料における章番号を示す。

第 2.3-1 図 設計用地震力算定フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

地震応答解析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
- ・ 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）
- ・ 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. 解析方法

#### 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は、「IV-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」に基づく解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ とする。

なお、基準地震動 $S_s-B1\sim B5$ 及び弾性設計用地震動 $S_d-B1\sim B5$ については、建物・構築物への入力地震動を評価する際に、プラントノース(真北に対し、時計回りに $13^\circ$ の方向)に変換を行う。

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向それぞれについて設定する。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第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 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=23.5(N/mm <sup>2</sup> ) (Fc=240(kgf/cm <sup>2</sup> )) 鉄筋：SD345	2.25×10 <sup>4</sup>	9.38×10 <sup>3</sup>	5	基礎
支持架構 鉄骨架構：■■■■ ■■■■ ■■■■ 基礎ボルト：■■■■				冷却塔 (支持架構)

### 3.2.1 水平方向モデル

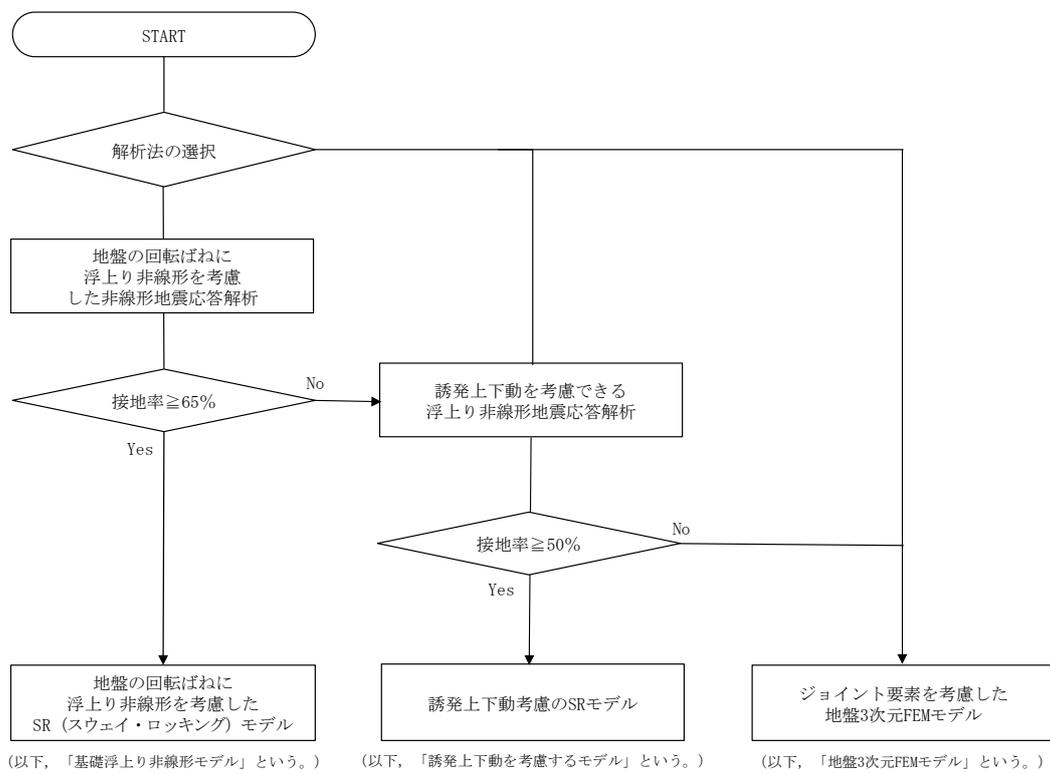
水平方向の地震応答解析モデルは、構築物と地盤の相互作用を考慮した構築物—地盤連成モデルとし、基礎の曲げ、せん断剛性及び鉄骨造の支持架構の等価せん断剛性を考慮した質点系モデルを用いる。地震応答解析は弾性時刻歴応答解析により行う。また、第3.2.1-1図に示すとおり、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」の基礎浮上りの評価法を参考に、応答のレベルに応じて異なる地震応答解析モデルを用いる。水平方向の地震応答解析モデルを第3.2.1-2図、解析モデルの諸元を第3.2.1-1表及び第3.2.1-2表に示す。

鉄筋コンクリート造の基礎については、基礎躯体の地震方向のせん断剛性及び曲げ剛性を考慮する。鉄骨造の支持架構については、柱、梁及びブレースの各部材の剛性並びに質量を考慮した3次元フレームモデルの固有値解析結果から求めた等価せん断剛性を考慮する。

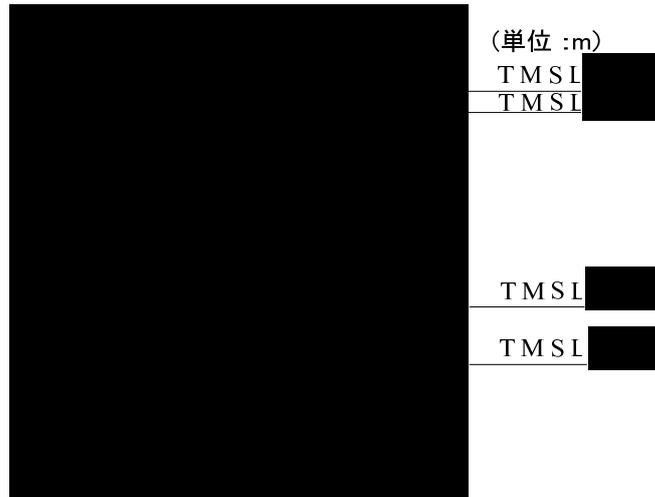
地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、第3.2.1-2図に示すモデルに用いる基礎底面地盤ばねについては、「JEG 4601-1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを、近似法により定数化して用いる。このうち、基礎底面のロッキング地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「VA Ver. 2.0」を用いる。なお、地盤定数については、ひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。

安全冷却水B冷却塔基礎の地盤条件の設定にあたっては、敷地全体の地下構造との関係や構築物近傍位置での地質・速度構造を踏まえ、構築物近傍の地盤調査結果を重視して安全冷却水B冷却塔基礎の直下又は近傍のボーリング調査結果に基づき設定した地盤の物性値を用いる。「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を第3.2.1-3表に、ひずみ依存特性を第3.2.1-3図～第3.2.1-5図に示す。基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ に対して、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3.2.1-6図及び第3.2.1-7図に、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3.2.1-4表～第3.2.1-23表に示す。また、地盤ばねの定数化の概要を第3.2.1-8図に、地盤ばね定数及び減衰係数を第3.2.1-24表～第3.2.1-43表に示す。なお、安全冷却水B冷却塔基礎の直下にあるMMRについては、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR直下の支持地盤の物性値を設定する。

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



第 3.2.1-1 図 解析モデル選定フロー



- 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 :  $K_S$ は底面スウェイばねを示す。  
 4 :  $K_R$ は底面ロッキングばねを示す。

第 3.2.1-2 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 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
				—	—	—	—
	構築物総重量		—	—	—	—	—

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 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
				—	—	—	—
	構築物総重量		—	—	—	—	—

第 3. 2. 1-3 表 地盤の初期物性値

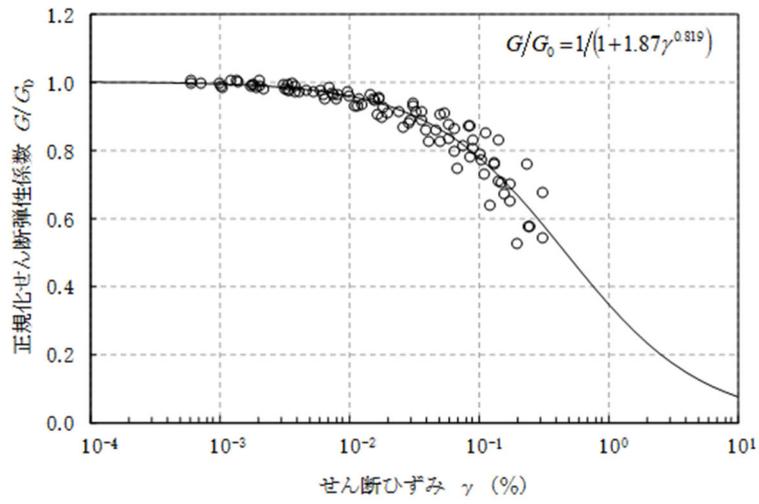
標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
▽基礎スラブ底面						
53.80						
▽MMR下端レベル	MMR	*1	*1	*1	*1	
39.00						
37.08	細粒砂岩	18.3	680	1910		*2
36.63	粗粒砂岩					*3
9.02	細粒砂岩					*2
-25.57		18.1	940	2040		
▽解放基盤表面	泥岩 (下部層)	16.9	790	1880		*4
-70.00	泥岩 (下部層)	16.9	790	1880		—

注記 \*1: 支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし, MMR 直下の支持地盤の物性値を設定する。

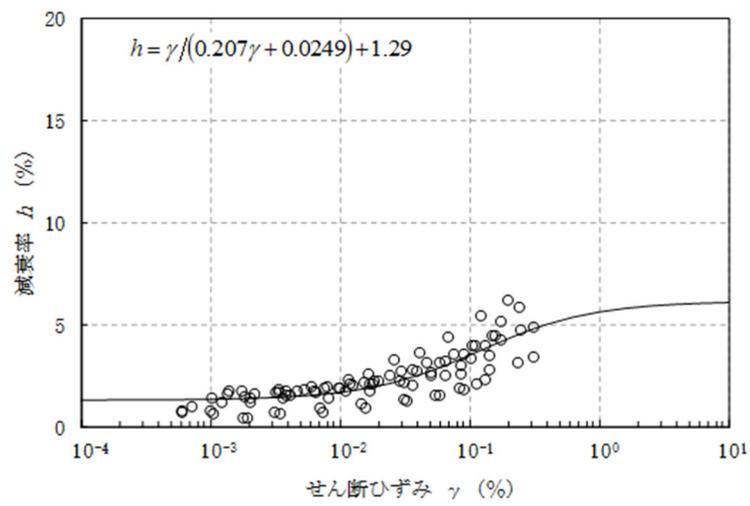
\*2: 第 3. 2. 1-3 図示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*3: 第 3. 2. 1-4 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*4: 第 3. 2. 1-5 図に示す泥岩 (下部層) のひずみ依存特性を設定する。

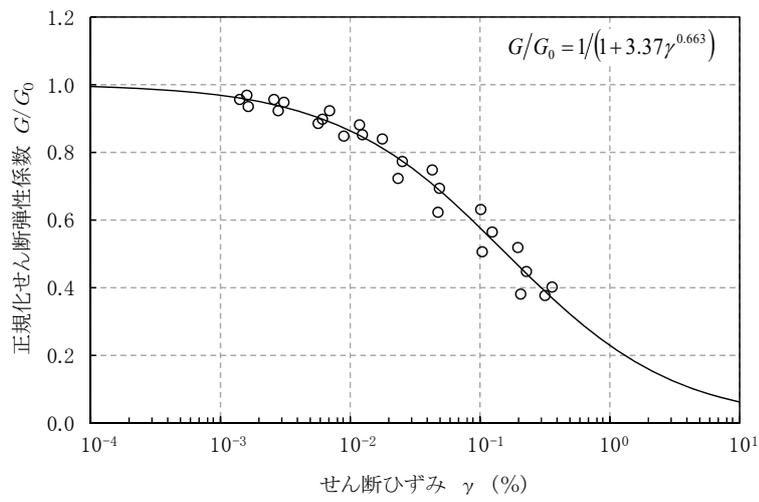


(a) 剛性低下率

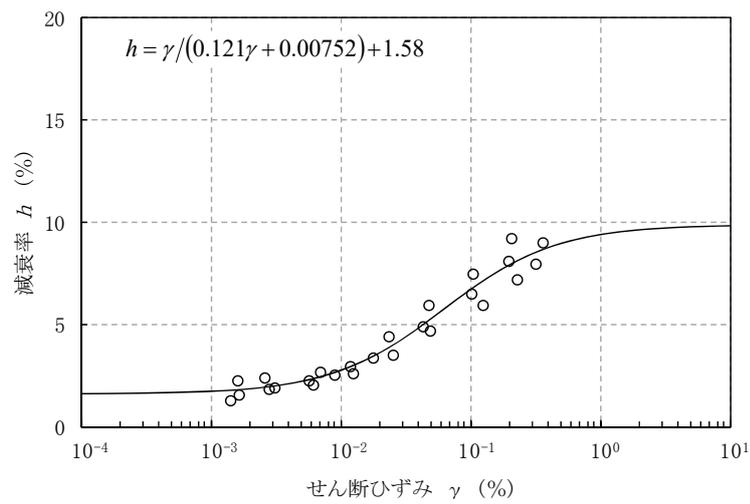


(b) 減衰定数

第 3.2.1-3 図 ひずみ依存特性 (細粒砂岩)

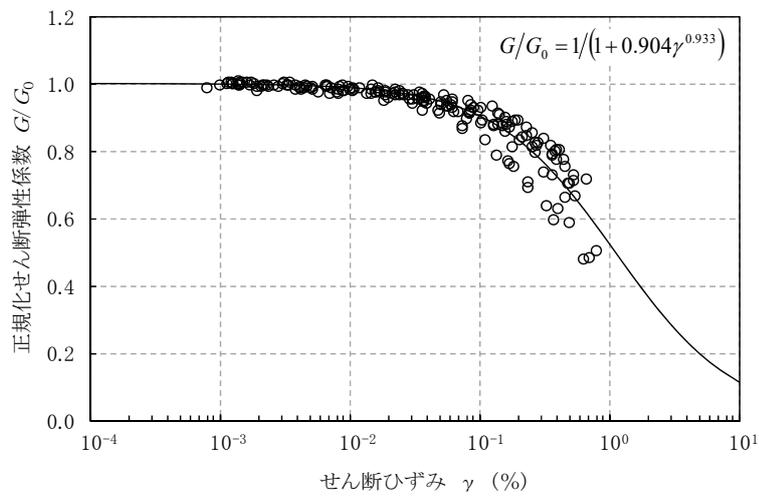


(a) 剛性低下率

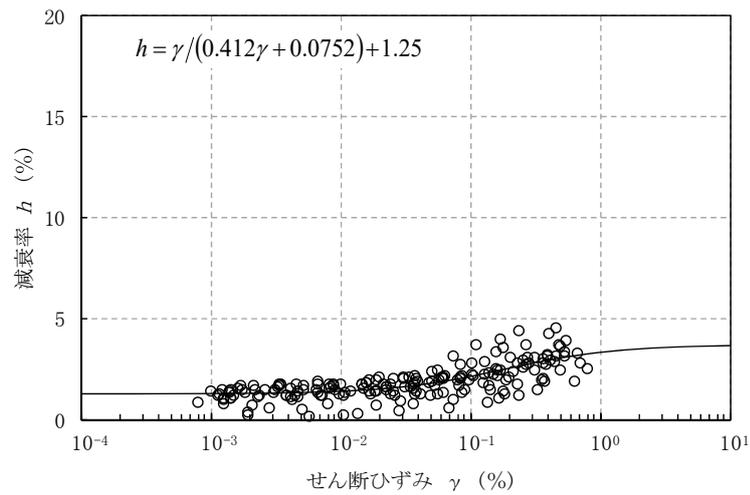


(b) 減衰定数

第 3.2.1-4 図 ひずみ依存特性 (粗粒砂岩)

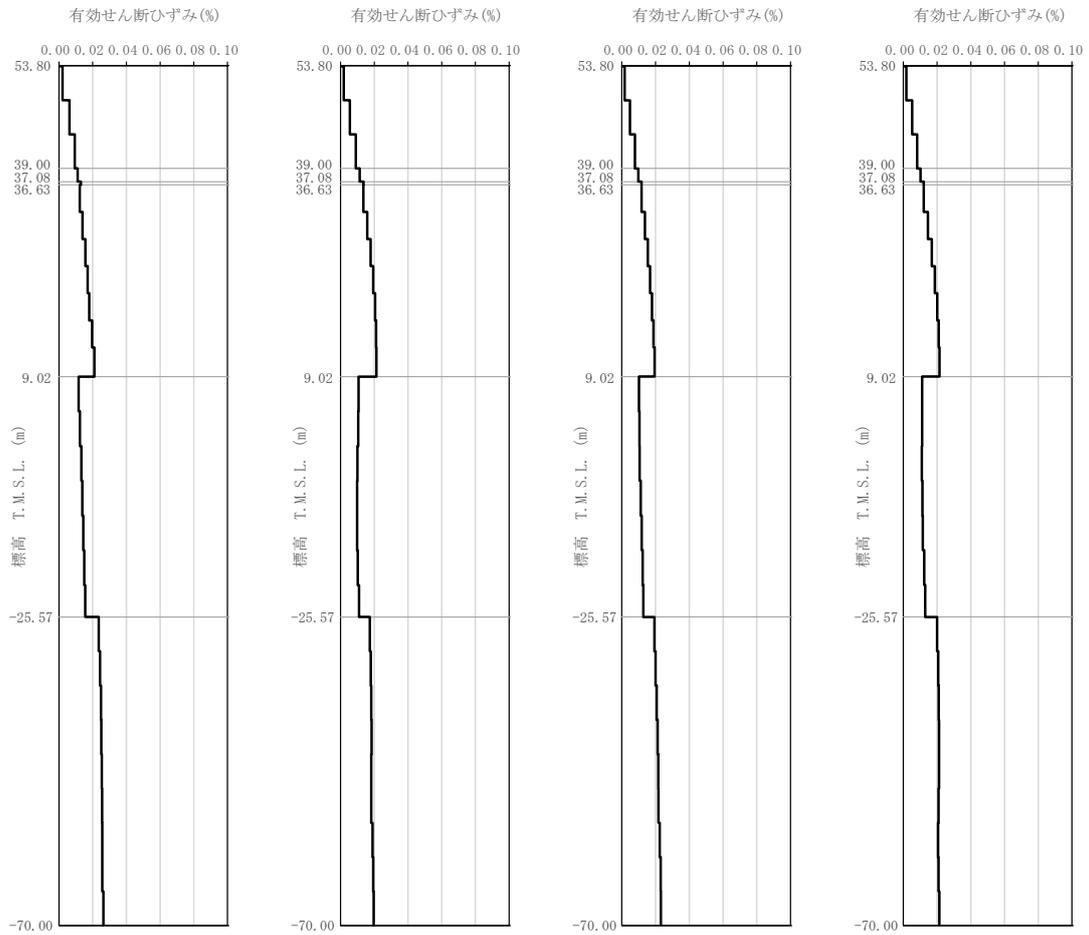


(a) 剛性低下率



(b) 減衰定数

第 3.2.1-5 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (下部層))



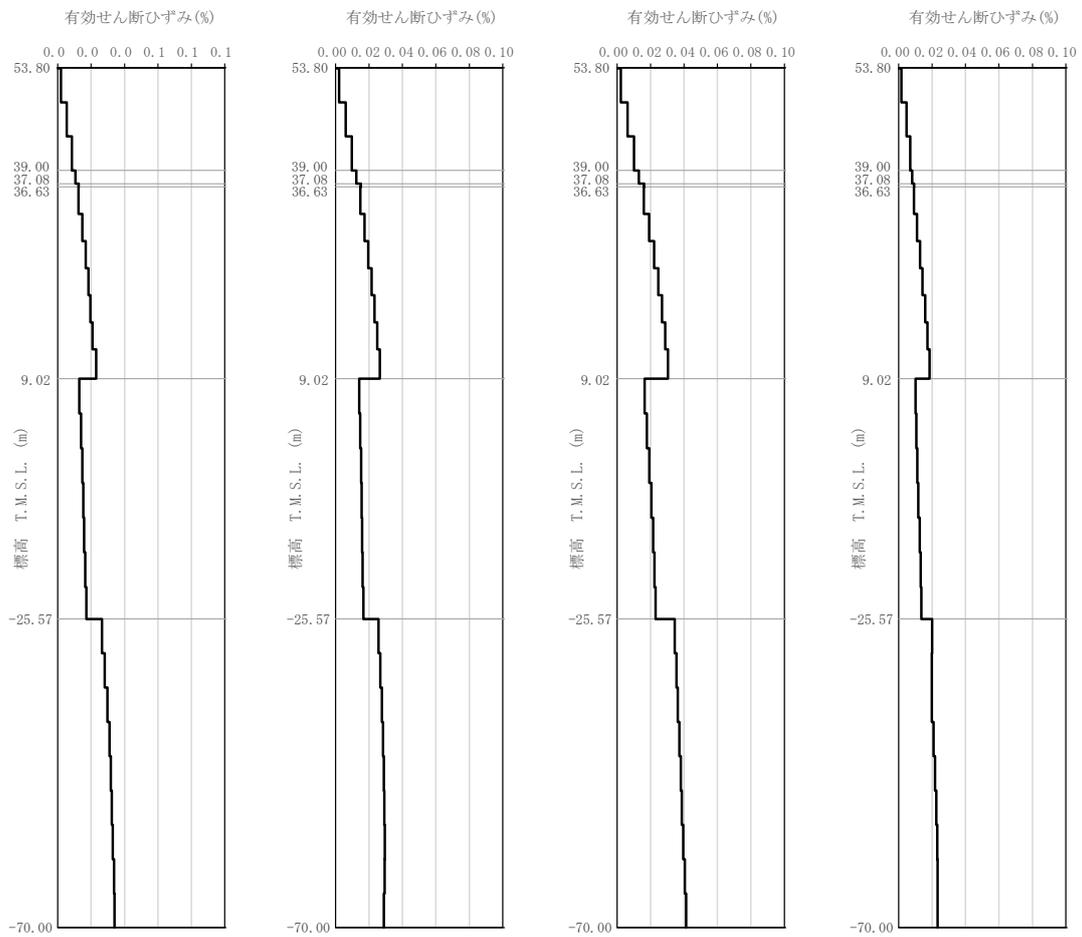
(a) S<sub>s</sub> - A

(b) S<sub>s</sub> - B 1

(c) S<sub>s</sub> - B 2

(d) S<sub>s</sub> - B 3

第 3.2.1-6 図 有効せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>) (1/3)



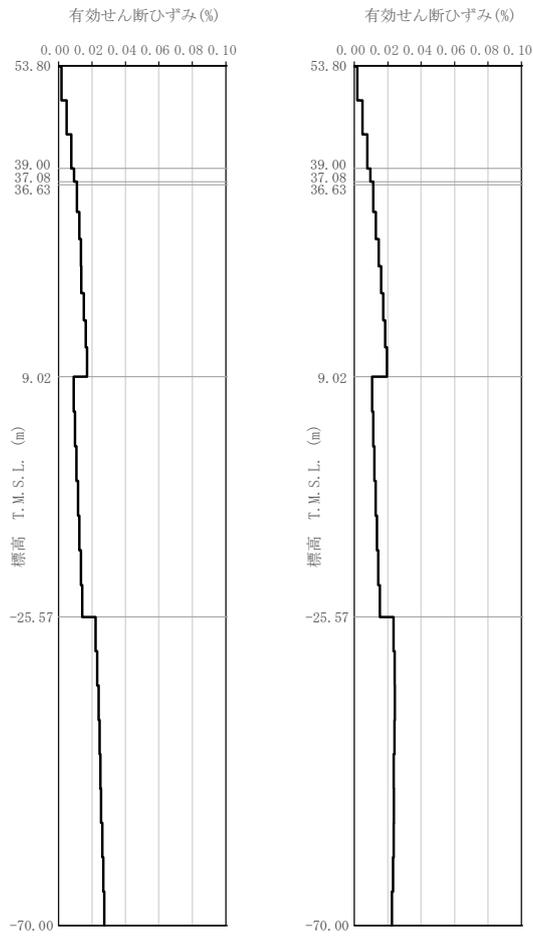
(e) S s - B 4

(f) S s - B 5

(g) S s - C 1

(h) S s - C 2

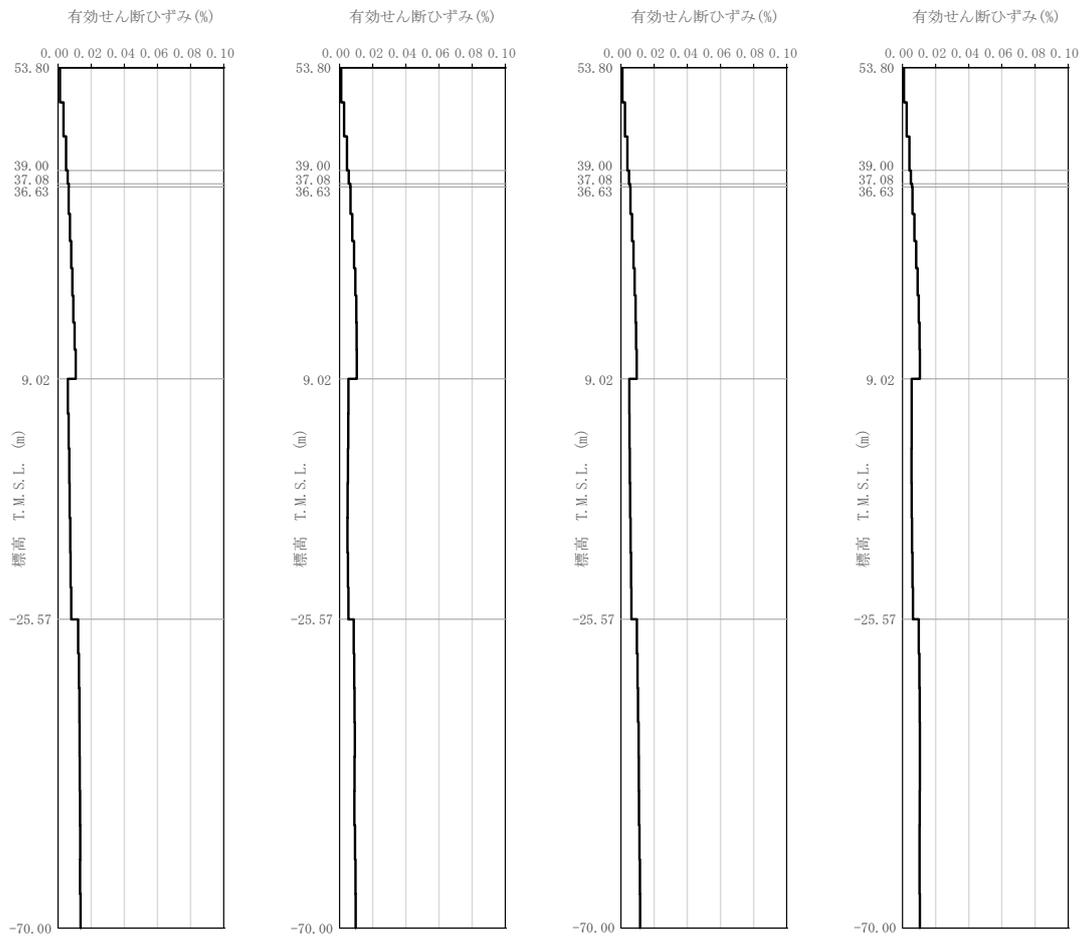
第 3.2.1-6 図 有効せん断ひずみ分布 (S s) (2/3)



(i) S<sub>s</sub> - C 3

(j) S<sub>s</sub> - C 4

第 3.2.1-6 図 有効せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>) (3/3)



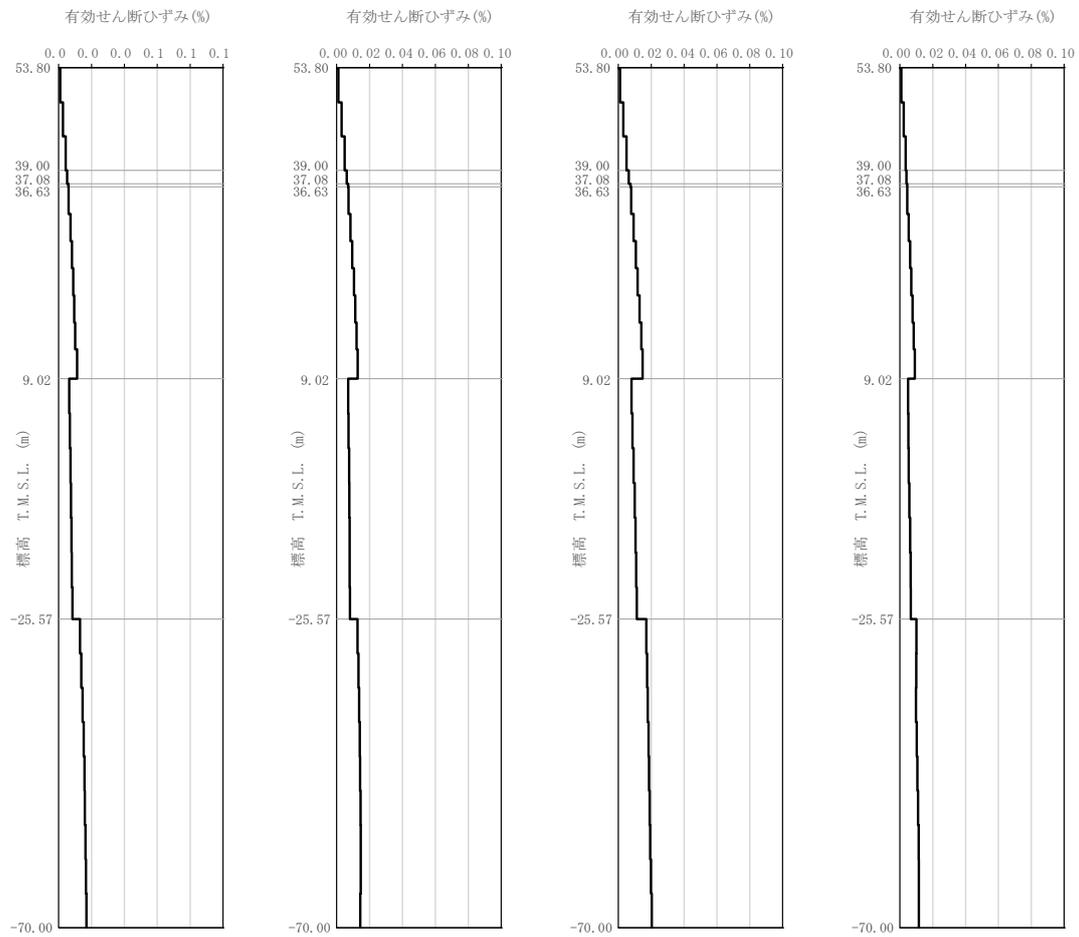
(a) S d - A

(b) S d - B 1

(c) S d - B 2

(d) S d - B 3

第 3.2.1-7 図 有効せん断ひずみ分布 (S d) (1/3)



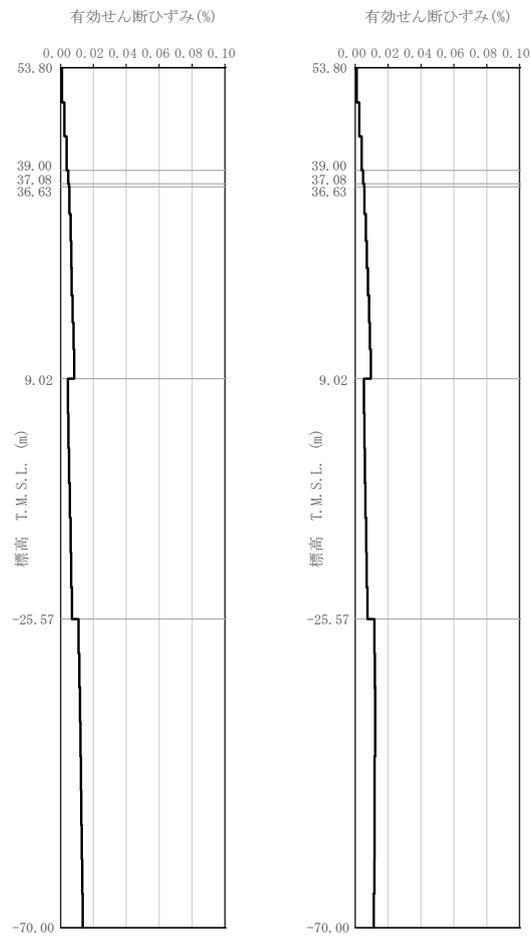
(e) S d - B 4

(f) S d - B 5

(g) S d - C 1

(h) S d - C 2

第 3.2.1-7 図 有効せん断ひずみ分布 (S d) (2/3)



(i) S d - C 3

(j) S d - C 4

第 3.2.1-7 図 有効せん断ひずみ分布 (S d) (3/3)

第 3.2.1-4 表 地盤定数 (S s - A)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.41	671	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.24	664	1860	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.32	626	1750	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.11	659	1850	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.5	915	1980	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.4	778	1850	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-5 表 地盤定数 (S s - B 1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.43	671	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.25	664	1860	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.31	625	1750	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.06	656	1840	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.7	920	2000	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	781	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-6 表 地盤定数 (S s - B 2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.45	672	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.29	666	1870	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.41	629	1760	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.12	659	1850	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.6	918	1990	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	780	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-7 表 地盤定数 (S s - B 3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.44	672	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.27	665	1860	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.37	628	1760	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.08	657	1840	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.6	918	1990	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	780	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-8 表 地盤定数 (S s - B 4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.43	671	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.27	665	1860	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.37	628	1760	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.10	658	1840	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.4	912	1980	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.4	776	1850	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-9 表 地盤定数 (S s - B 5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.42	671	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.22	663	1860	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.15	618	1730	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.01	654	1830	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.4	912	1980	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.4	777	1850	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-10 表 地盤定数 (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 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ 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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.41	671	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.20	662	1850	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.10	616	1730	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	7.94	652	1830	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.2	906	1960	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.3	773	1840	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-11 表 地盤定数 (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 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ 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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.46	673	1890	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.34	668	1870	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.56	636	1780	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.18	661	1850	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.6	917	1990	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	780	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-12 表 地盤定数 (S s - C 3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.45	672	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.30	666	1870	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.43	630	1770	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.17	661	1850	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.6	918	1990	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.4	779	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-13 表 地盤定数 (S s - C 4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.44	672	1880	0.02	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.29	666	1870	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.41	629	1760	0.03	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.13	659	1850	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.5	916	1990	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.4	779	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-14 表 地盤定数 (S d - A)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.50	674	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.41	671	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.74	643	1800	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.33	667	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.8	925	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	783	1860	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-15 表 地盤定数 (S d - B 1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.52	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.42	671	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.76	644	1800	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.31	667	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	928	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	785	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-16 表 地盤定数 (S d - B 2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.53	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.44	672	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.83	647	1810	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.35	668	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	928	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	785	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-17 表 地盤定数 (S d - B 3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.53	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.43	671	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.80	646	1810	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.32	667	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	927	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	785	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-18 表 地盤定数 (S d - B 4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.53	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.43	671	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.80	646	1810	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.33	667	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.8	925	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	782	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-19 表 地盤定数 (S d - B 5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.52	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.41	671	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.73	643	1800	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.28	665	1860	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.8	924	2000	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	783	1860	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-20 表 地盤定数 (S d - C 1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.51	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.40	670	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.70	642	1800	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.24	664	1860	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.7	921	2000	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.5	781	1860	0.02	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-21 表 地盤定数 (S d - C 2)

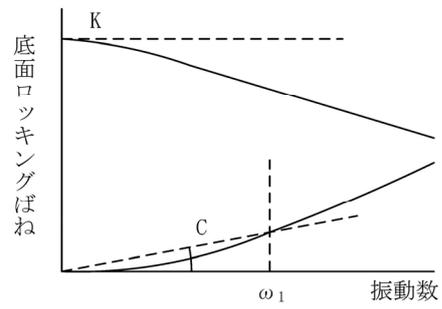
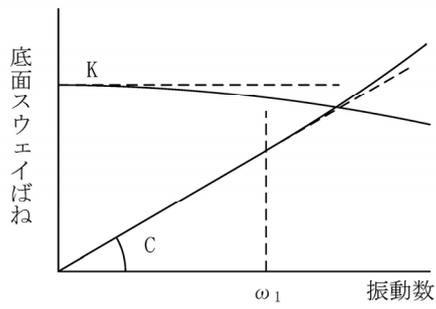
標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比
53.80	MMR	14.80	18.3	8.54	676	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.47	673	1890	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.93	651	1820	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.38	669	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	927	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	785	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-22 表 地盤定数 (S d - C 3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.53	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.44	672	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.84	647	1810	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.38	669	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	928	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	784	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39

第 3.2.1-23 表 地盤定数 (S d - C 4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5 \text{kN}/\text{m}^2$ )	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
53.80	MMR	14.80	18.3	8.53	675	1890	0.01	0.43
39.00	細粒砂岩	1.92	18.3	8.44	672	1880	0.02	0.43
37.08	粗粒砂岩	0.45	18.3	7.83	647	1810	0.02	0.43
36.63	細粒砂岩	27.61	18.3	8.36	669	1870	0.02	0.43
9.02		34.59	18.1	15.9	927	2010	0.02	0.37
-25.57	泥岩 (下部層)	44.43	16.9	10.6	784	1870	0.01	0.39
-70.00	解放基盤表面	—	16.9	10.7	790	1880	0.01	0.39



ばね定数：0Hz のばね定数  $K$  で定数化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾き  $C$  で定数化

第 3.2.1-8 図 地盤ばねの定数化の概要

第 3.2.1-24 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - A)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-25 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - B 1)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-26 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - B 2)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

2: ロックンクばね: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

2: ロックンクばね: ばね定数 (kN・m/rad), 減衰係数 (kN・m・s/rad)

第 3.2.1-27 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - B 3)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: ロックンクばね: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: ロックンクばね: ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

第 3.2.1-28 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - B 4)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数(kN/m), 減衰係数(kN・s/m)

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

第 3.2.1-29 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - B 5)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

2: ロックンクばね: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

2: ロックンクばね: ばね定数 (kN・m/rad), 減衰係数 (kN・m・s/rad)

第 3.2.1-30 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 1)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: ロックンクばね: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロックンクばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: ロックンクばね: ばね定数 (kN·m/rad), 減衰係数 (kN·m·s/rad)

第 3.2.1-31 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 2)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-32 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 3)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-33 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 4)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-34 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - A)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-35 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - B 1)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-36 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - B 2)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-37 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - B 3)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN・s/m)

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

第 3.2.1-38 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - B 4)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-39 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - B 5)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-40 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 1)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-41 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 2)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-42 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 3)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

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

第 3.2.1-43 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 4)

(a)NS 方向

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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
底面スウェイばね	$K_S$			
底面ロッキングばね	$K_R$			

注記 1: スウェイばね: ばね定数 (kN/m), 減衰係数 (kN·s/m)

2: 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

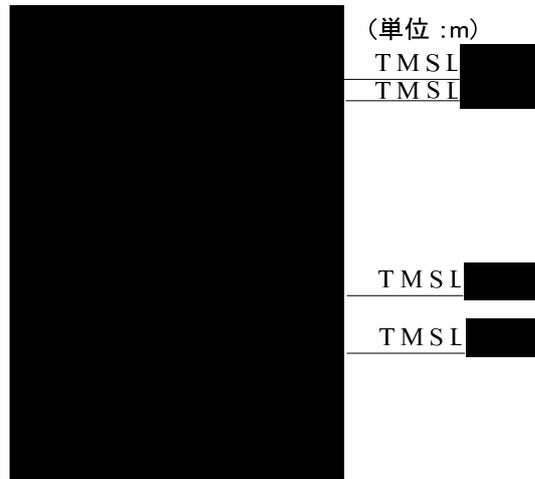
鉛直方向の地震応答解析モデルは、構築物と地盤の相互作用を考慮した構築物－地盤連成モデルとし、基礎スラブの軸剛性及び鉄骨造の支持架構の等価軸剛性を評価した質点系モデルを用いる。地震応答解析は弾性時刻歴応答解析により行う。鉛直方向の地震応答解析モデルを第3.2.2-1図、解析モデルの諸元を第3.2.2-1表に示す。

構築物の各部材の剛性として、鉄筋コンクリート造の基礎については、基礎躯体の軸断面積に基づき評価する。鉄骨造の支持架構については、柱、梁及びブレースの各部材の剛性並びに質量を考慮した3次元フレームモデルの固有値解析結果から求めた等価軸断面積を考慮する。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めた鉛直地盤ばねを近似法により定数化して用いる。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「VA Ver. 2.0」を用いる。なお、地盤定数については、ひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。

「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を第3.2.1-3表に、ひずみ依存特性を第3.2.1-3図に示す。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3.2.1-4表～第3.2.1-23表に示す。また、地盤ばねの定数化の概要を第3.2.2-2図に、地盤ばね定数及び減衰係数を第3.2.2-2表～第3.2.2-19表に示す。

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、「IV-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

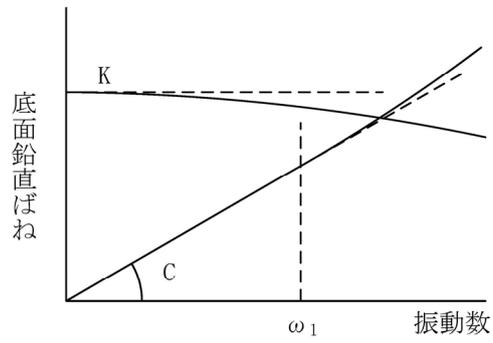


- 注記 1 : ○数字は質点番号を示す。  
 2 : □数字は要素番号を示す。  
 3 :  $K_v$  は底面鉛直ばねを示す。

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> )
			—	—	—
構築物総重量			—	—	—



ばね定数：0Hz のばね定数  $K$  で定数化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾き  $C$  で定数化

第 3.2.2-2 図 鉛直地盤ばねの定数化の概要

第 3. 2. 2-2 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3. 2. 2-3 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3. 2. 2-4 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3. 2. 2-5 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3. 2. 2-6 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3. 2. 2-7 表 地盤ばね定数と減衰係数 (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>			

第 3.2.2-8 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 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	$K_v$			

第 3.2.2-9 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 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	$K_v$			

第 3.2.2-10 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S s - C 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	$K_v$			

第 3.2.2-11 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-12 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-13 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-14 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-15 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-16 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - 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	$K_v$			

第 3.2.2-17 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 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	$K_v$			

第 3.2.2-18 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 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	$K_v$			

第 3.2.2-19 表 地盤ばね定数と減衰係数 (S d - C 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	$K_v$			

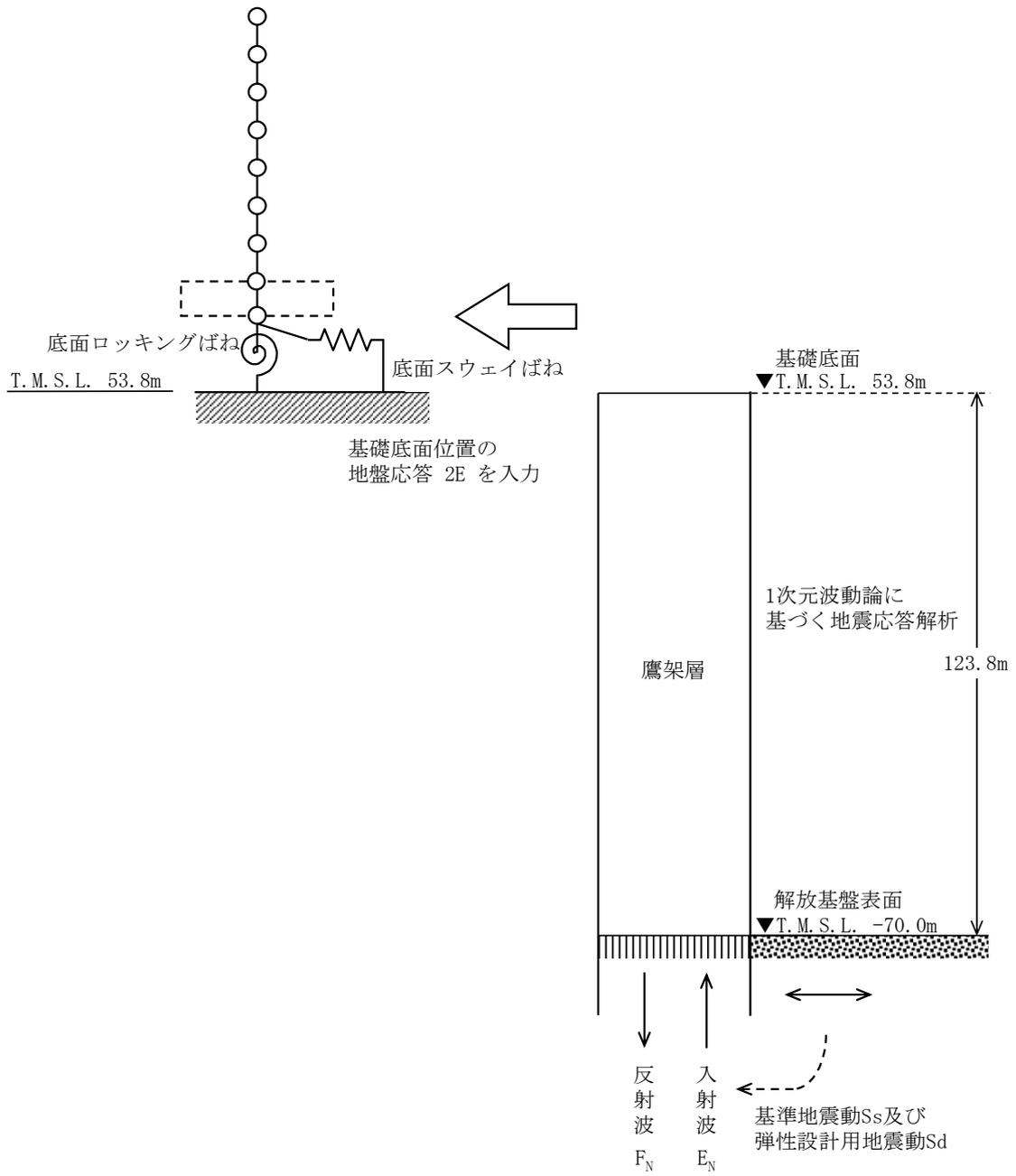
### 3.3 建物・構築物の入力地震動

#### 3.3.1 水平方向

水平方向モデルへの入力地震動は、1次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ に対する構築物基礎底面レベルでの地盤の応答として評価する。第3.3.1-1図に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「REFLECT Ver. 2.0」を用いる。

ひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いて、1次元波動論により算定した基礎底面位置（T.M.S.L. 53.80m）における地盤応答の加速度応答スペクトルを第3.3.1-2図～第3.3.1-5図に示す。また、地盤応答の各深さの最大加速度分布を第3.3.1-6図及び第3.3.1-7図に示す。

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、「IV-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



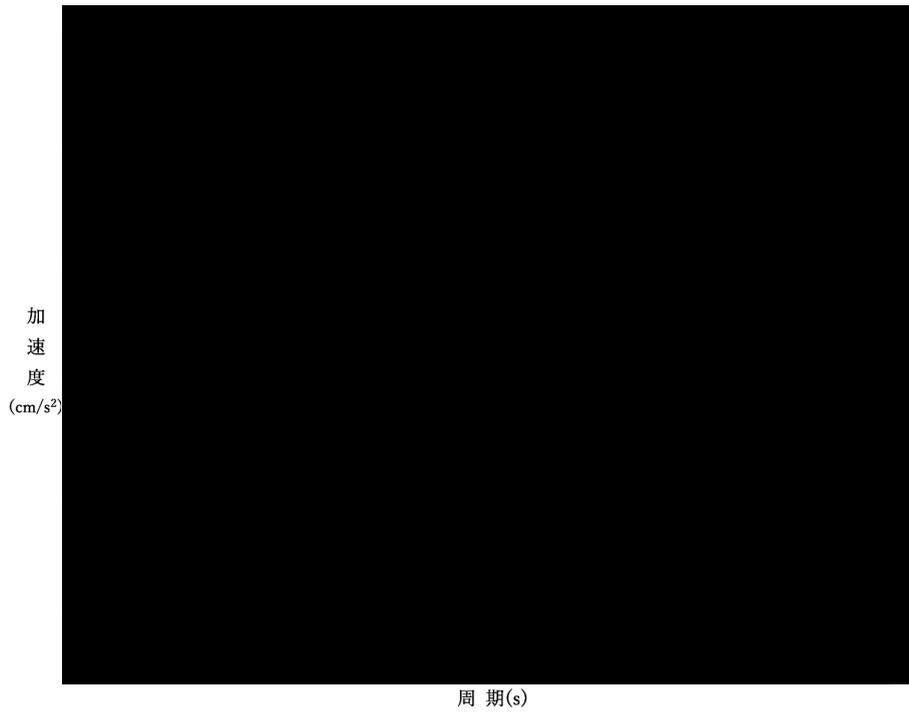
第 3.3.1-1 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（水平方向）



凡例

- : S<sub>s</sub> - A (H)
- : S<sub>s</sub> - B 1 (NS)
- : S<sub>s</sub> - B 2 (NS)
- : S<sub>s</sub> - B 3 (NS)
- : S<sub>s</sub> - B 4 (NS)
- : S<sub>s</sub> - B 5 (NS)
- : S<sub>s</sub> - C 1 (NSEW)
- : S<sub>s</sub> - C 2 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 2 (EW)
- : S<sub>s</sub> - C 3 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 3 (EW)
- : S<sub>s</sub> - C 4 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 4 (EW)

第 3.3.1-2 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(S<sub>s</sub>, NS 方向, T.M.S.L. 53.80m)



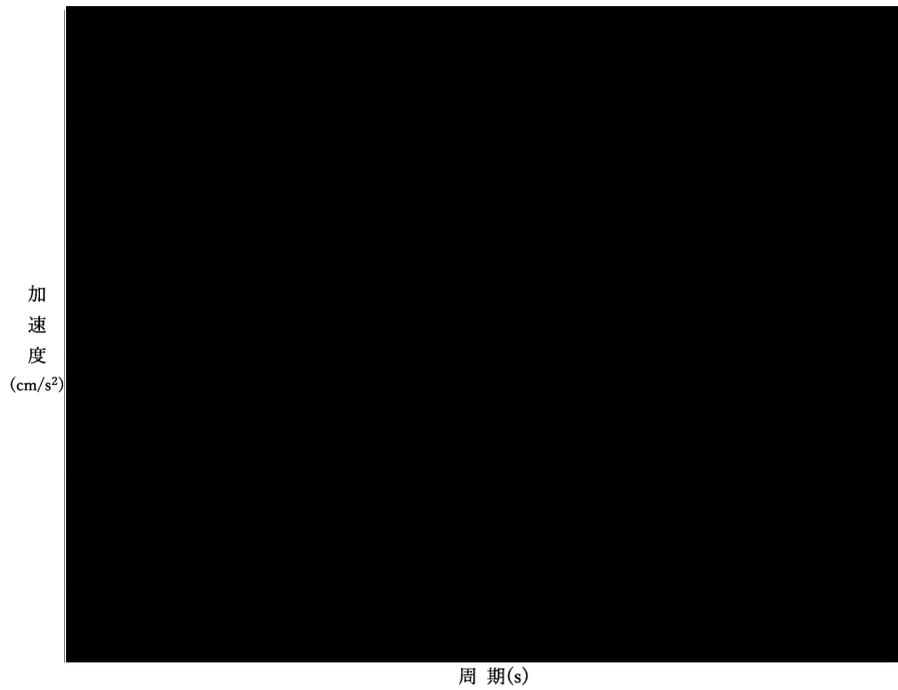
加  
速  
度  
(cm/s<sup>2</sup>)

周 期(s)

凡例

- : S<sub>s</sub> - A (H)
- : S<sub>s</sub> - B 1 (EW)
- : S<sub>s</sub> - B 2 (EW)
- : S<sub>s</sub> - B 3 (EW)
- : S<sub>s</sub> - B 4 (EW)
- : S<sub>s</sub> - B 5 (EW)
- : S<sub>s</sub> - C 1 (NSEW)
- : S<sub>s</sub> - C 2 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 2 (EW)
- : S<sub>s</sub> - C 3 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 3 (EW)
- : S<sub>s</sub> - C 4 (NS)
- - - : S<sub>s</sub> - C 4 (EW)

第 3. 3. 1-3 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(S<sub>s</sub>, EW 方向, T. M. S. L. 53. 80m)



凡例

- : S d - A (H)
- : S d - B 1 (NS)
- : S d - B 2 (NS)
- : S d - B 3 (NS)
- : S d - B 4 (NS)
- : S d - B 5 (NS)
- : S d - C 1 (NSEW)
- : S d - C 2 (NS)
- - - : S d - C 2 (EW)
- : S d - C 3 (NS)
- - - : S d - C 3 (EW)
- : S d - C 4 (NS)
- - - : S d - C 4 (EW)

第 3. 3. 1-4 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(S d, NS 方向, T. M. S. L. 53. 80m)

加  
速  
度  
( $\text{cm/s}^2$ )

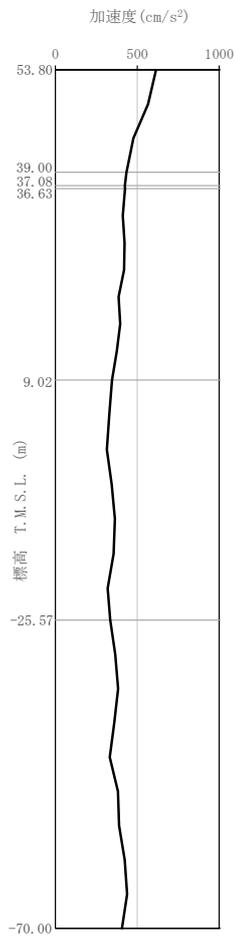


周 期(s)

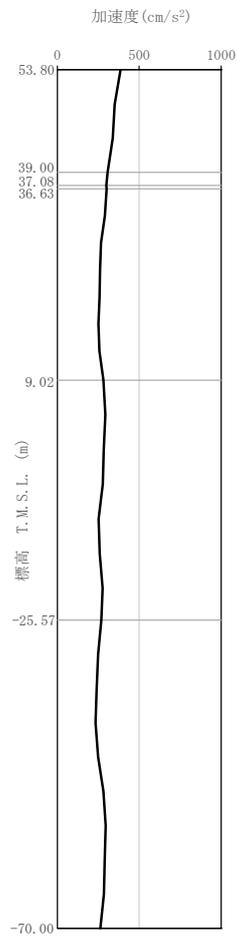
凡例

- : S d - A (H)
- : S d - B 1 (E W)
- : S d - B 2 (E W)
- : S d - B 3 (E W)
- : S d - B 4 (E W)
- : S d - B 4 (E W)
- : S d - C 1 (N S E W)
- : S d - C 2 (N S)
- - - : S d - C 2 (E W)
- : S d - C 3 (N S)
- - - : S d - C 3 (E W)
- : S d - C 4 (N S)
- - - : S d - C 4 (E W)

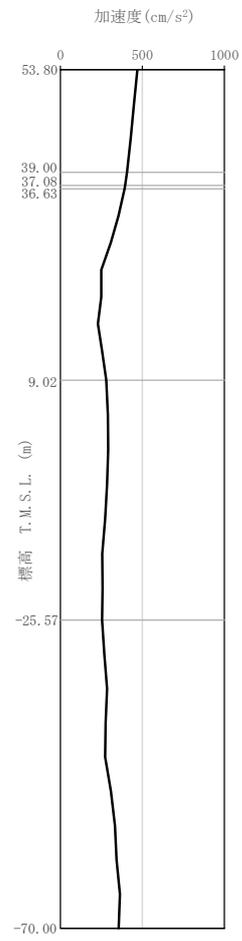
第 3. 3. 1-5 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(S d, EW 方向, T. M. S. L. 53. 80m)



(a) S s - A  
(H)

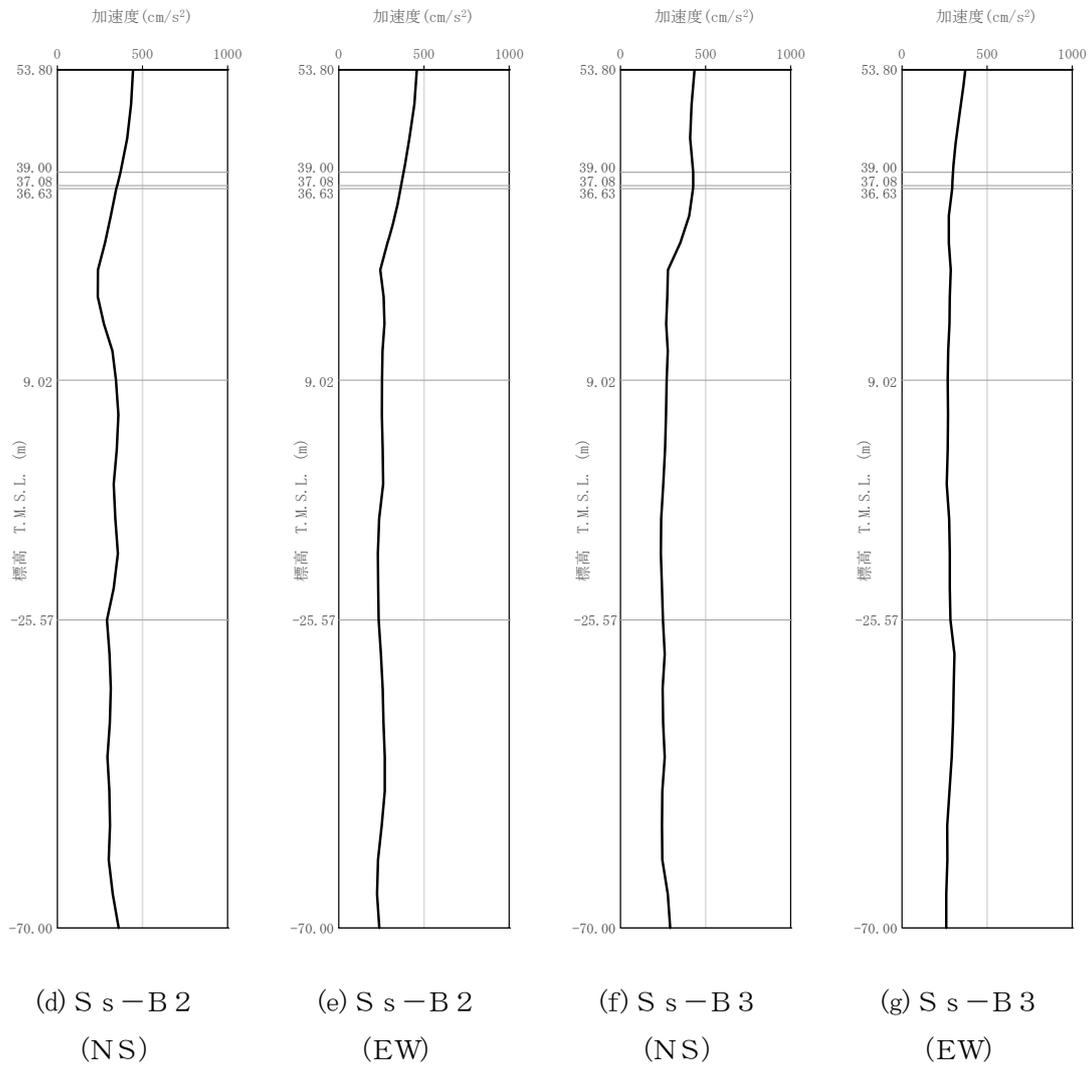


(b) S s - B 1  
(NS)

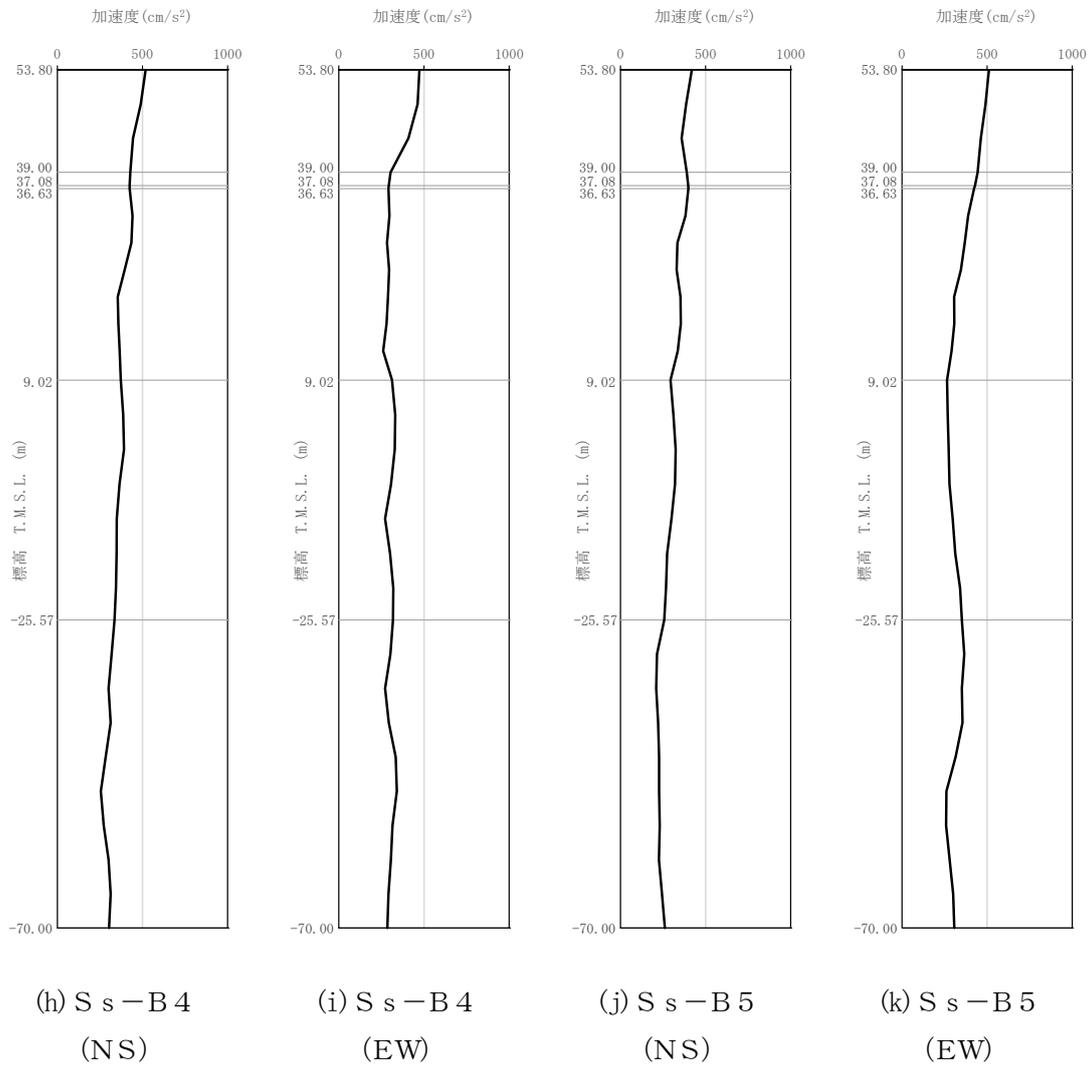


(c) S s - B 1  
(EW)

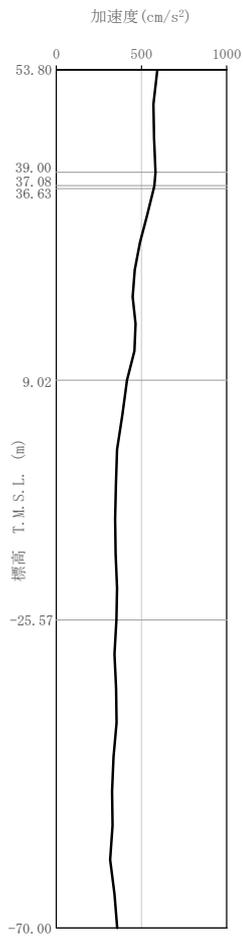
第 3.3.1-6 图 最大加速度分布 (S s) (1/5)



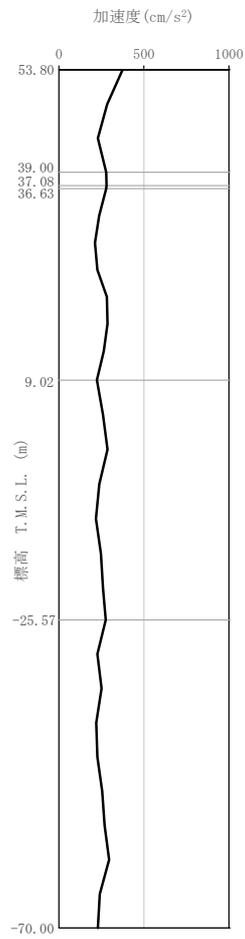
第 3.3.1-6 図 最大加速度分布 (S<sub>s</sub>) (2/5)



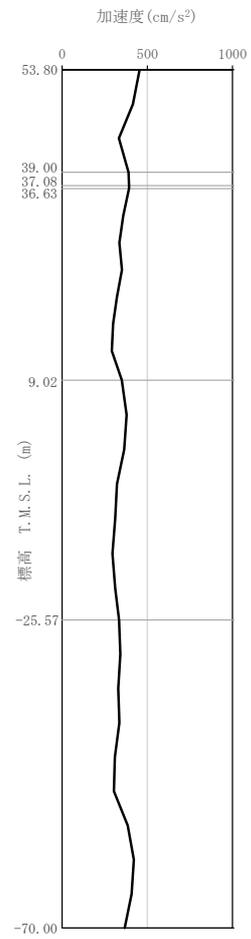
第 3.3.1-6 図 最大加速度分布 (S<sub>s</sub>) (3/5)



(l) S s - C 1  
(NSEW)

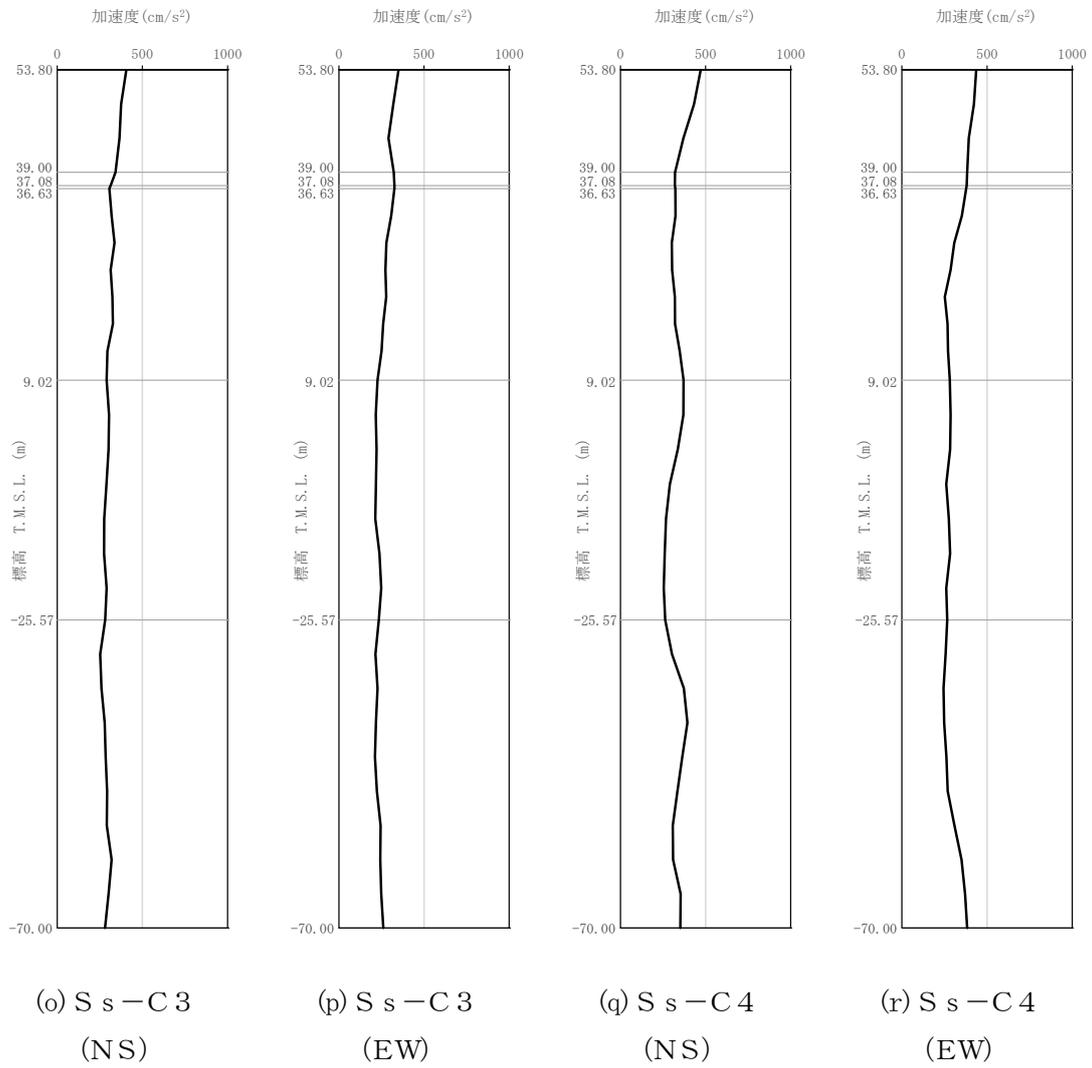


(m) S s - C 2  
(NS)

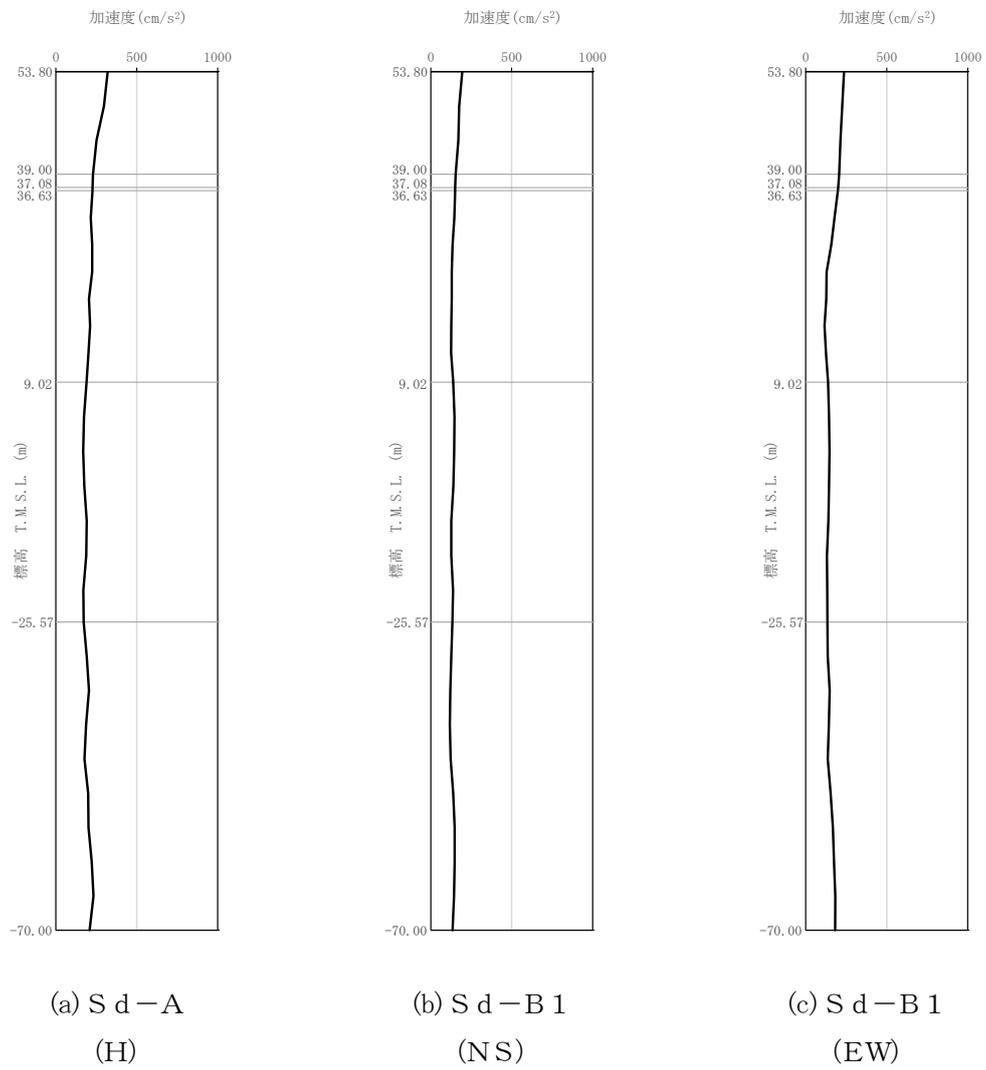


(n) S s - C 2  
(EW)

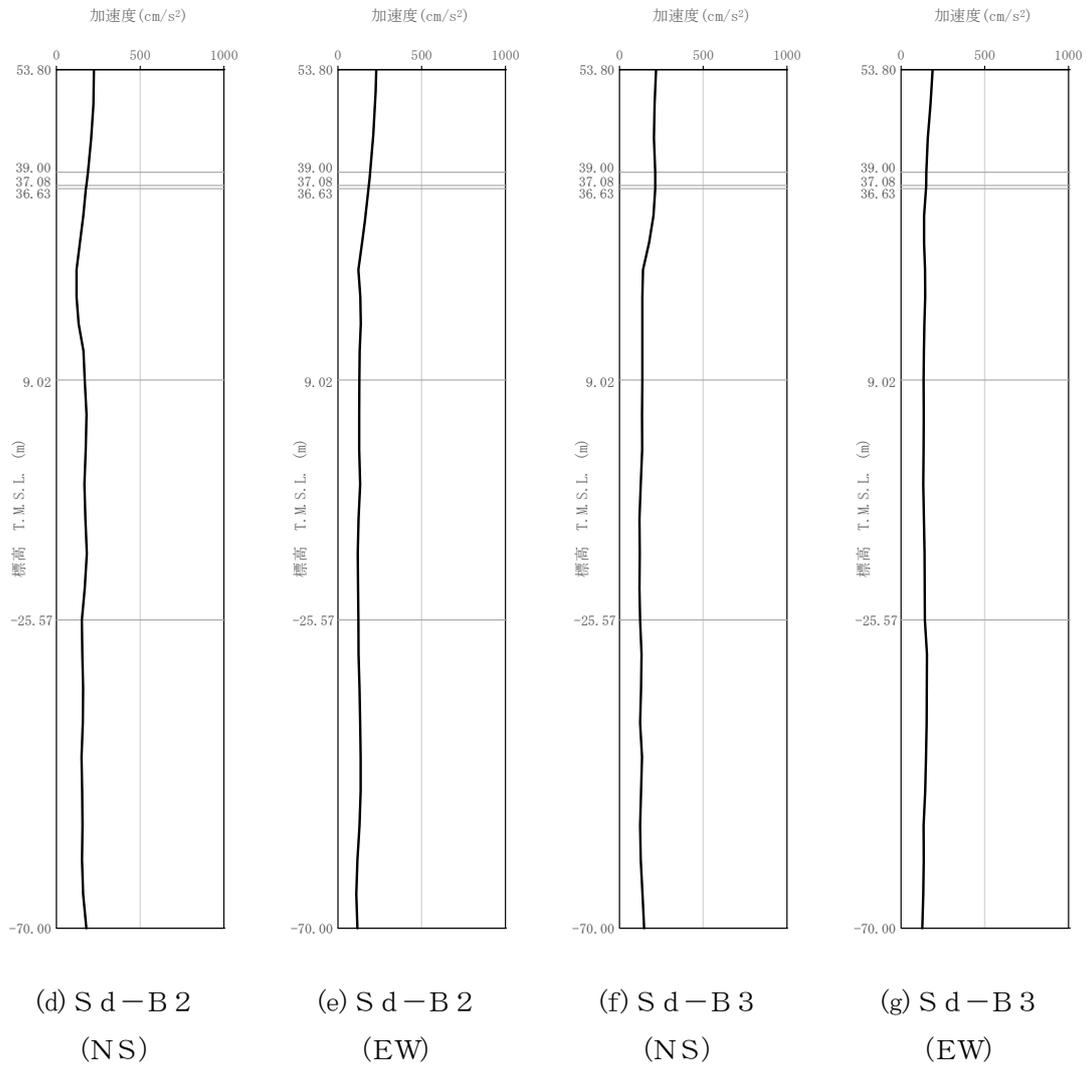
第 3.3.1-6 图 最大加速度分布 (S s) (4/5)



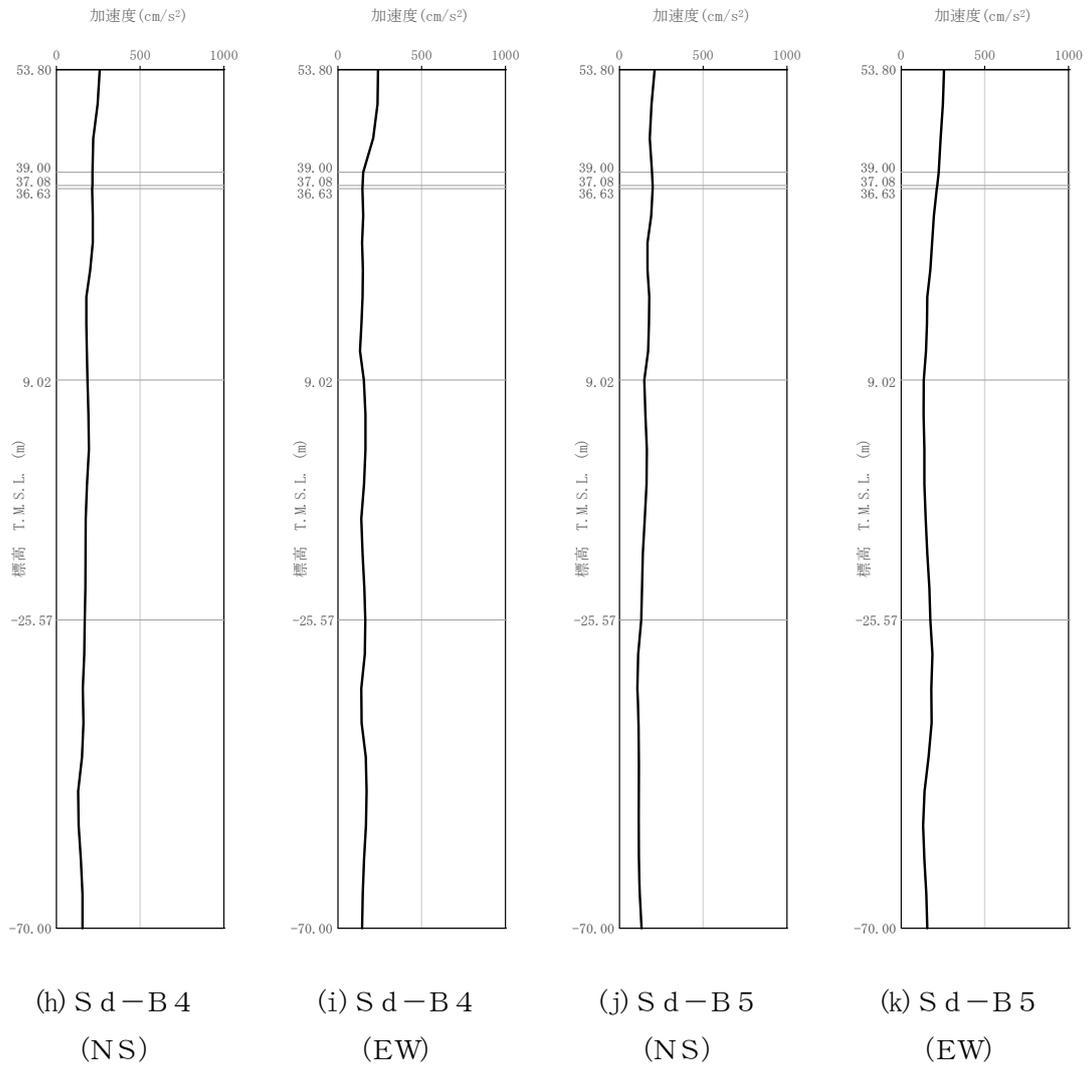
第 3.3.1-6 図 最大加速度分布 (S<sub>s</sub>) (5/5)



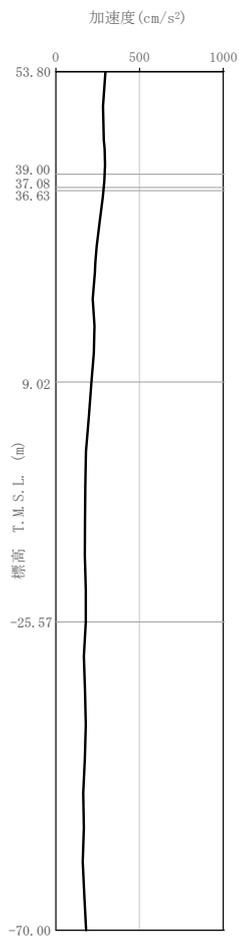
第 3.3.1-7 図 最大加速度分布 (S d) (1/5)



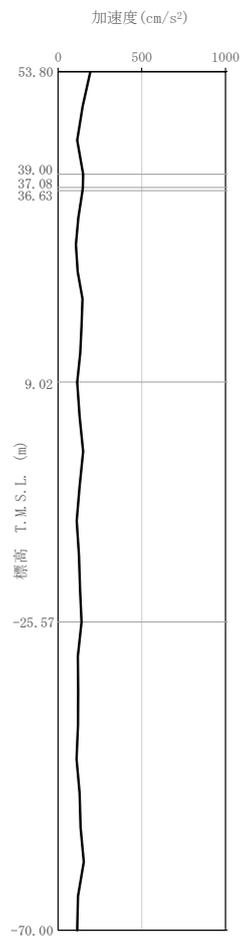
第 3.3.1-7 図 最大加速度分布 (Sd) (2/5)



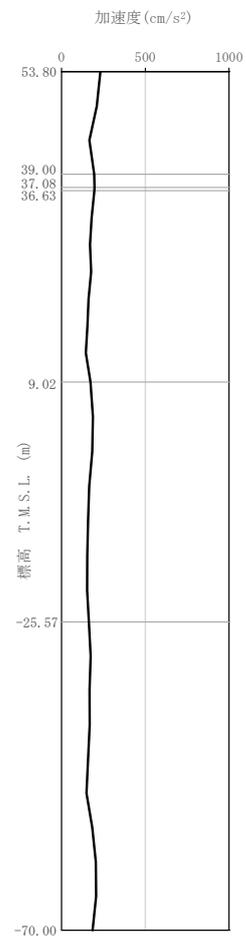
第 3.3.1-7 図 最大加速度分布 (Sd) (3/5)



(l) S d - C 1  
(NSEW)

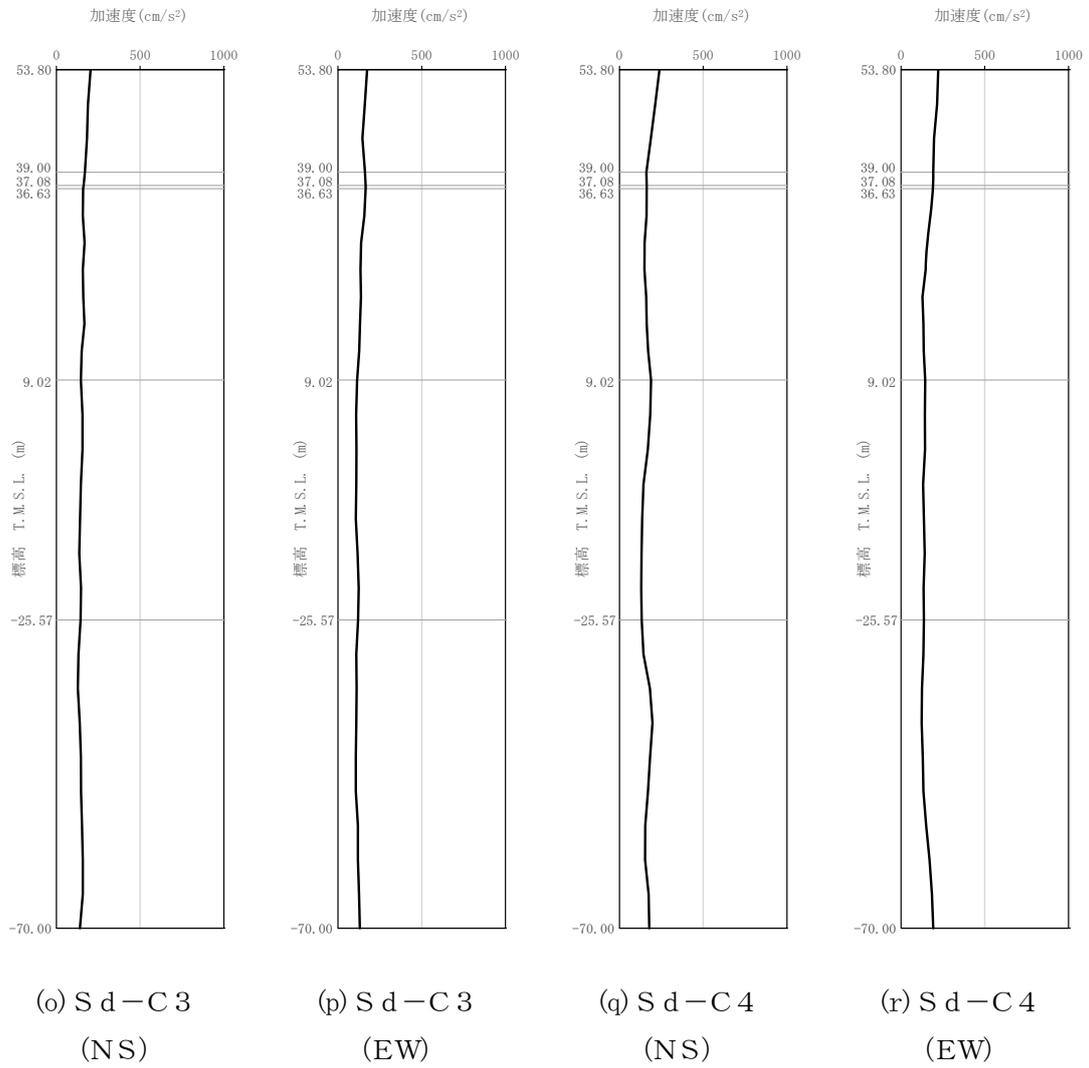


(m) S d - C 2  
(NS)



(n) S d - C 2  
(EW)

第 3.3.1-7 图 最大加速度分布 (S d) (4/5)



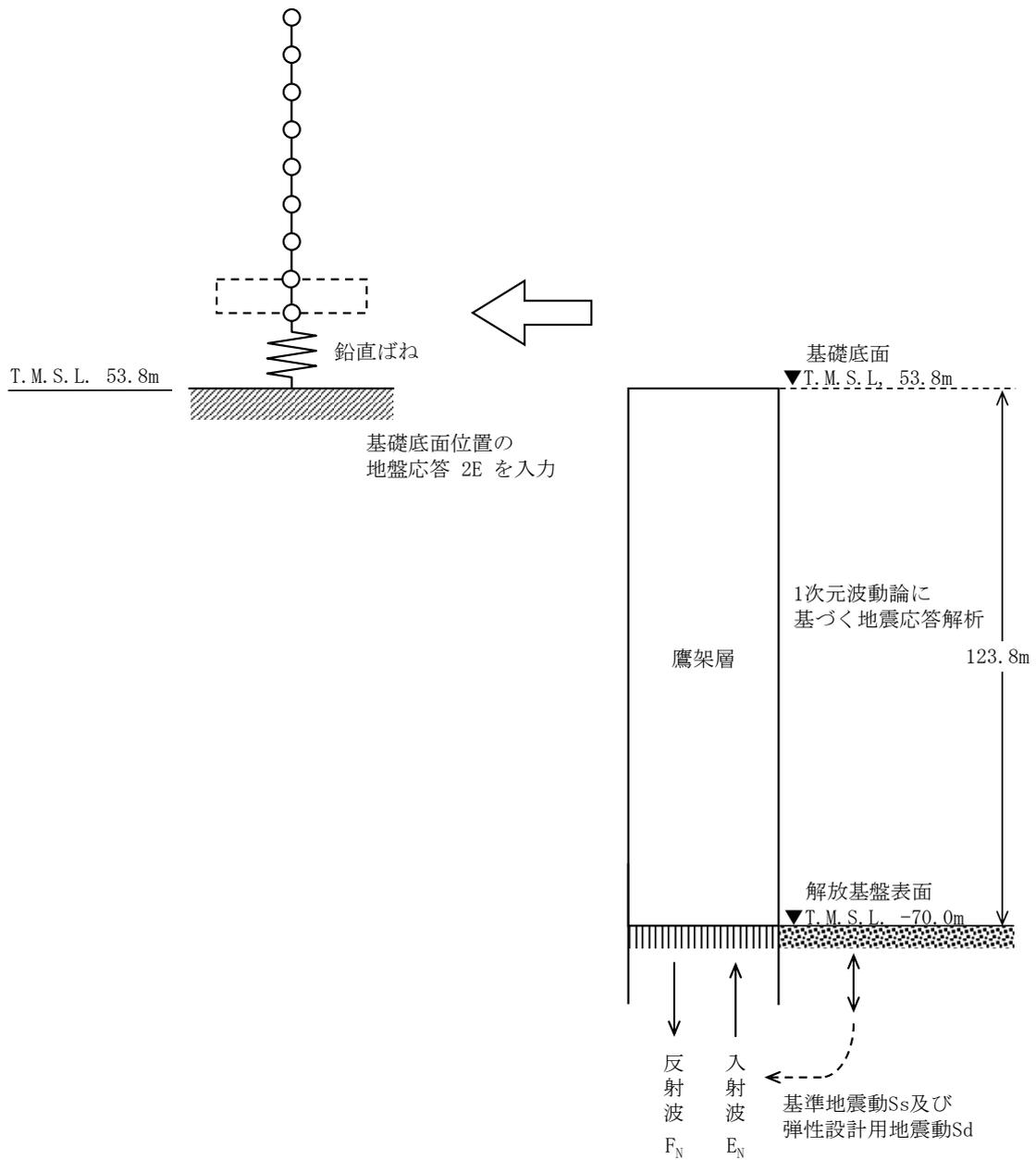
第 3.3.1-7 図 最大加速度分布 (Sd) (5/5)

### 3.3.2 鉛直方向

鉛直方向モデルへの入力地震動は、1次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ に対する構築物基礎底面レベルでの地盤の応答として評価する。第3.3.2-1図に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「REFLECT Ver. 2.0」を用いる。

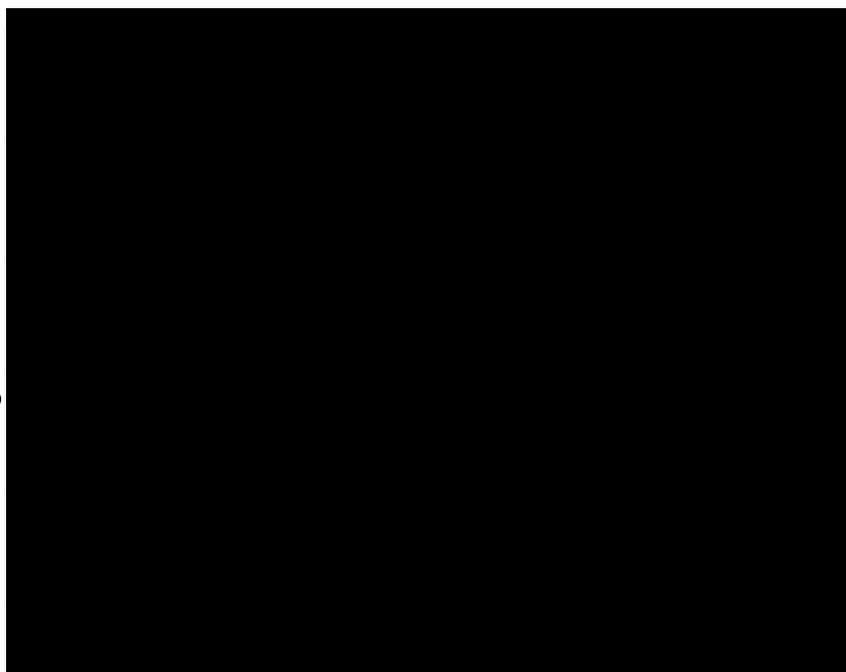
ひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いて、1次元波動論により算定した基礎底面位置（T.M.S.L. 53.80m）における地盤応答の加速度応答スペクトルを第3.3.2-2図及び第3.3.2-3図に示す。また、地盤応答の各深さの最大加速度分布を第3.3.2-4図及び第3.3.2-5図に示す。

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、「IV-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3.3.2-1 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（鉛直方向）

加  
速  
度  
( $\text{cm/s}^2$ )



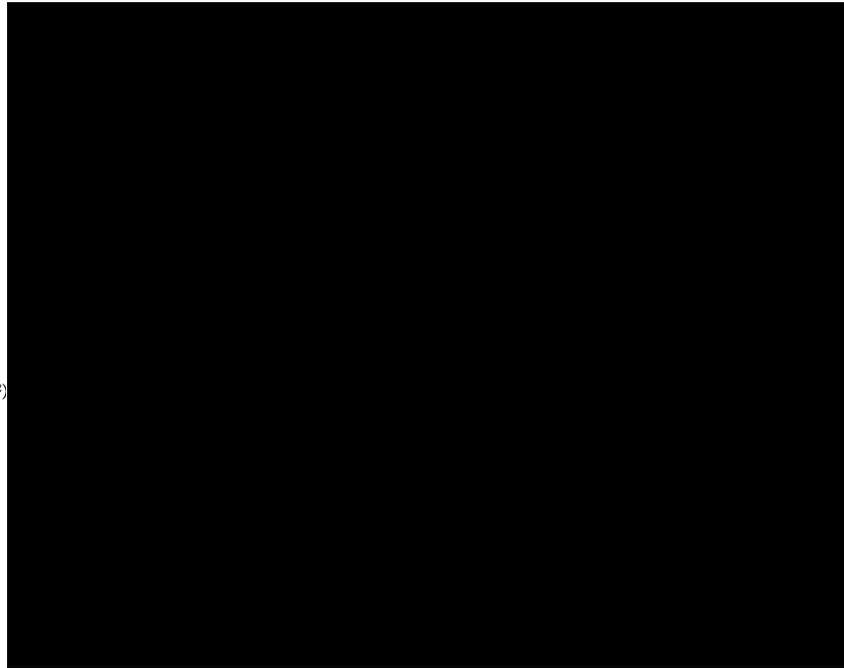
周 期(s)

凡例

- :  $S_s - A$  (V)
- :  $S_s - B 1$  (UD)
- :  $S_s - B 2$  (UD)
- :  $S_s - B 3$  (UD)
- :  $S_s - B 4$  (UD)
- :  $S_s - B 5$  (UD)
- :  $S_s - C 1$  (UD)
- :  $S_s - C 2$  (UD)
- :  $S_s - C 3$  (UD)

第 3.3.2-2 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
( $S_s$ , 鉛直方向, T.M.S.L. 53.80m)

加  
速  
度  
( $\text{cm/s}^2$ )

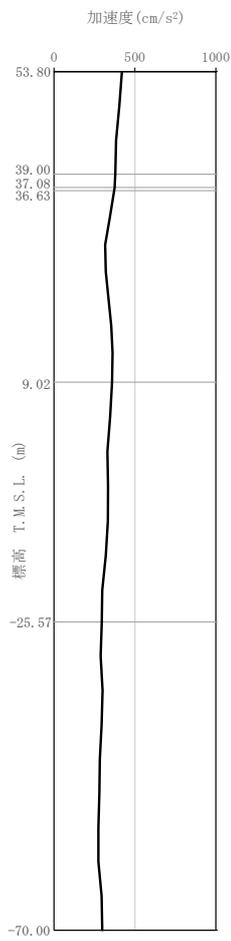


周 期(s)

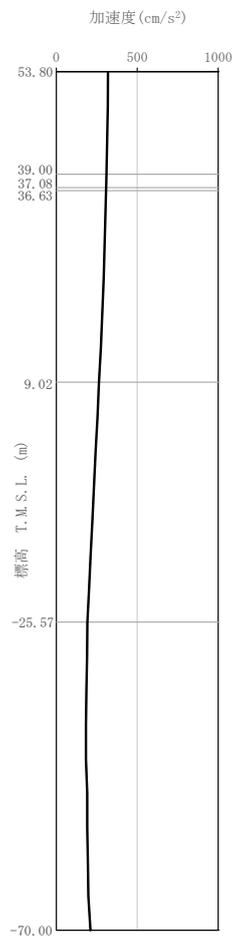
凡例

- : S d - A (V)
- : S d - B 1 (UD)
- : S d - B 2 (UD)
- : S d - B 3 (UD)
- : S d - B 4 (UD)
- : S d - B 5 (UD)
- : S d - C 1 (UD)
- : S d - C 2 (UD)
- : S d - C 3 (UD)

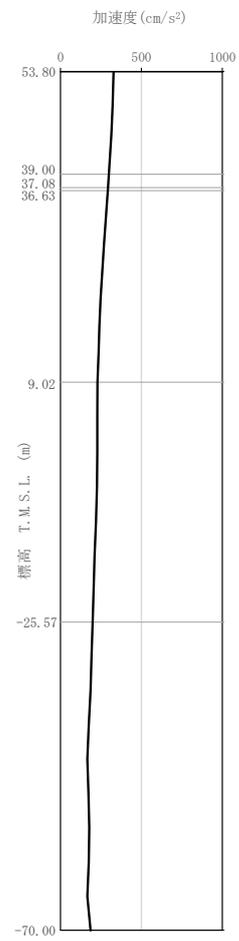
第 3.3.2-3 図 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(S d, 鉛直方向, T.M.S.L. 53.80m)



(a) S s - A (V)

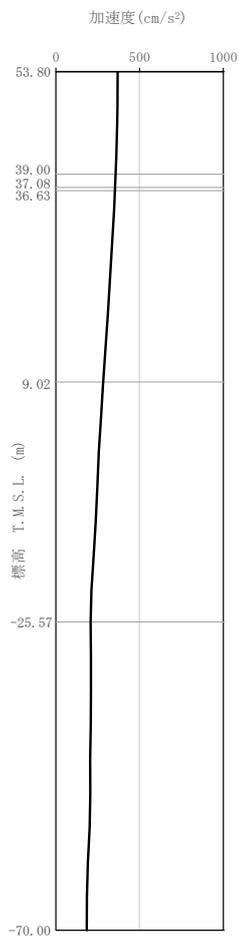


(b) S s - B 1 (UD)

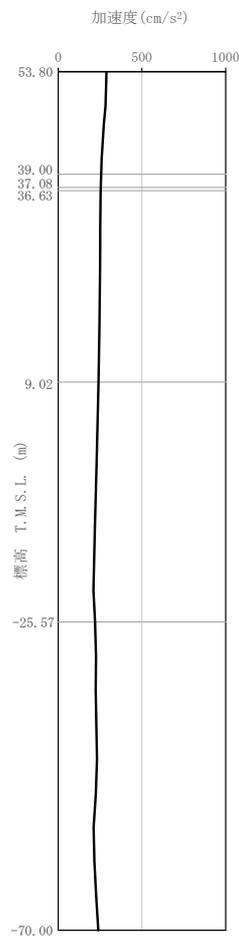


(c) S s - B 2 (UD)

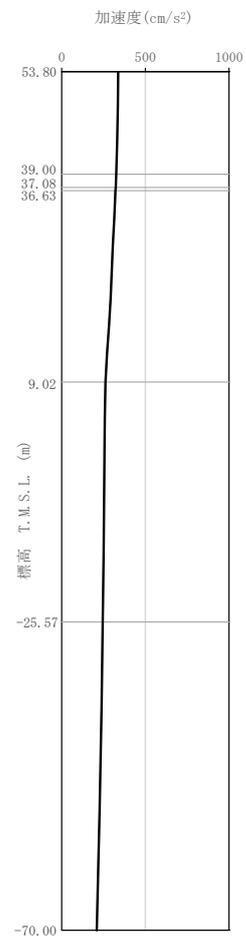
第 3.3.2-4 図 最大加速度分布 (S s) (1/3)



(d) S<sub>s</sub>-B3 (UD)

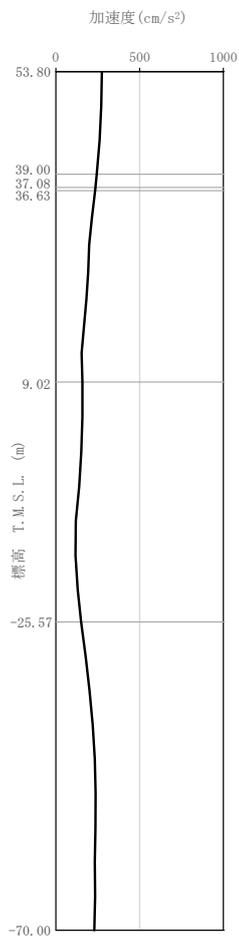


(e) S<sub>s</sub>-B4 (UD)

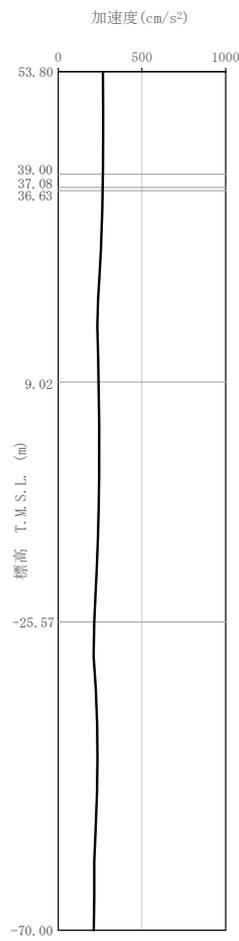


(f) S<sub>s</sub>-B5 (UD)

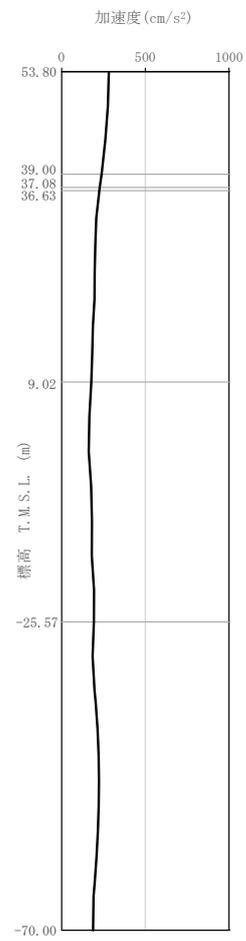
第 3.3.2-4 図 最大加速度分布 (S<sub>s</sub>) (2/3)



(g) S<sub>s</sub>-C 1 (UD)

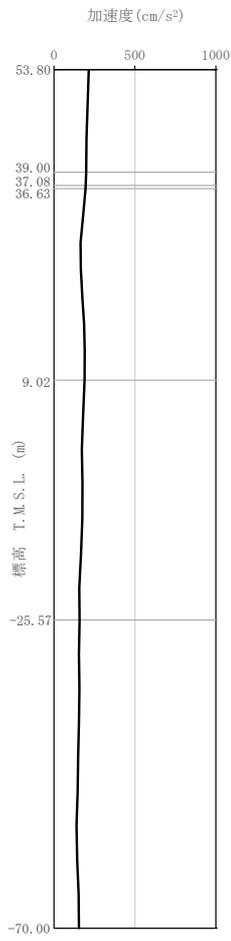


(h) S<sub>s</sub>-C 2 (UD)

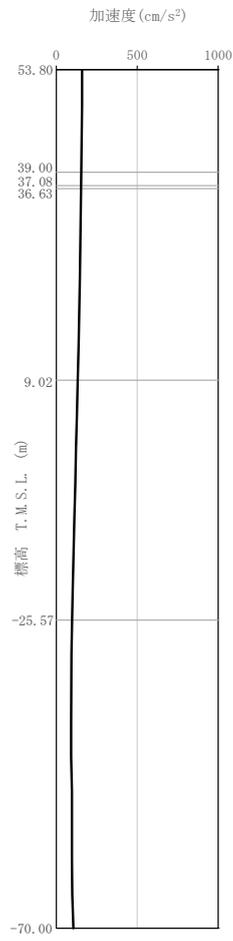


(i) S<sub>s</sub>-C 3 (UD)

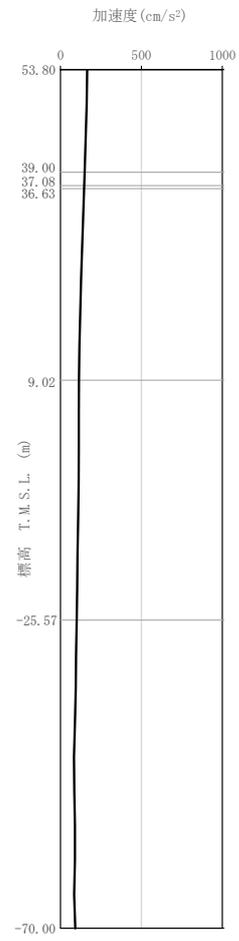
第 3.3.2-4 図 最大加速度分布 (S<sub>s</sub>) (3/3)



(a) S d - A (V)

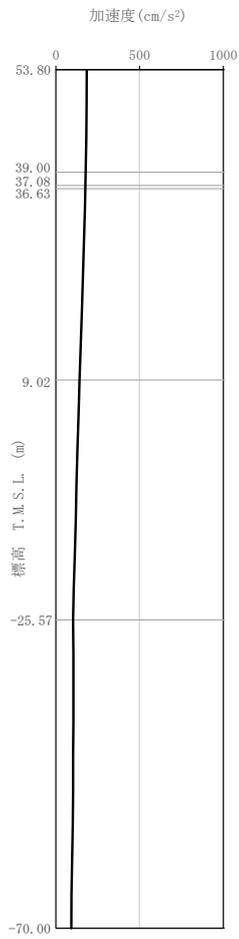


(b) S d - B 1 (UD)

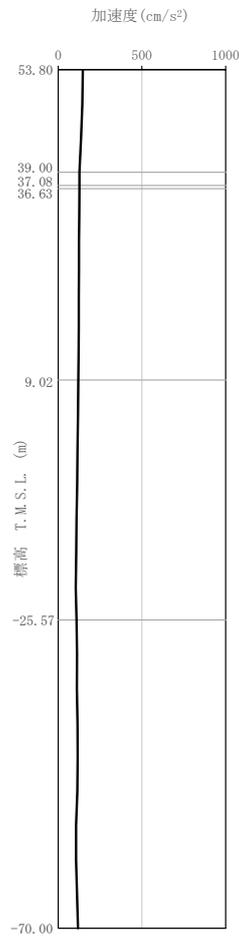


(c) S d - B 2 (UD)

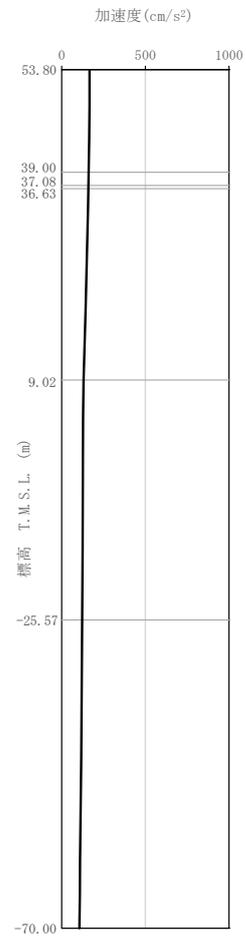
第 3.3.2-5 图 最大加速度分布 (S d) (1/3)



(d) S d - B 3 (UD)

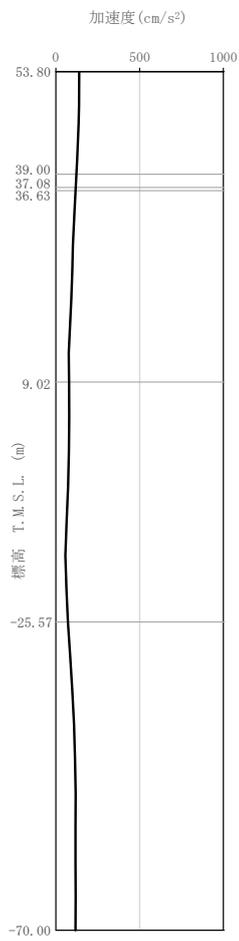


(e) S d - B 4 (UD)

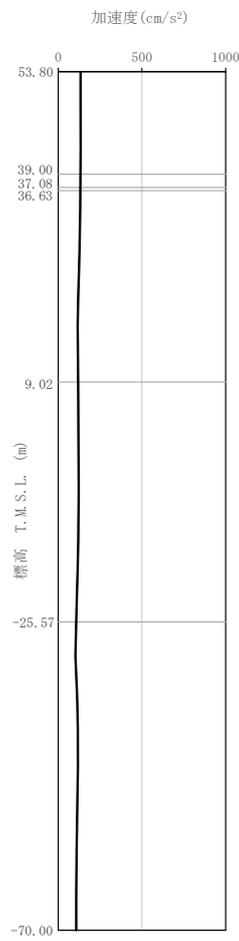


(f) S d - B 5 (UD)

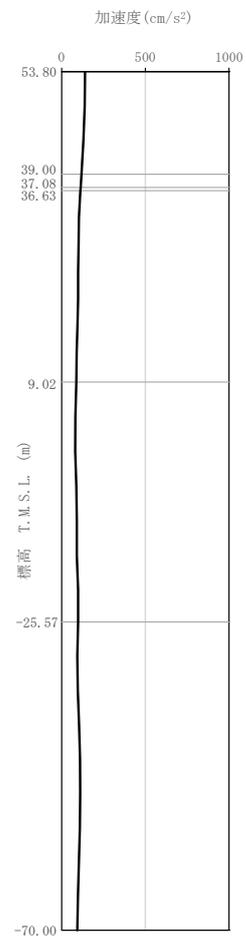
第 3.3.2-5 图 最大加速度分布 (S d) (2/3)



(g) S d - C 1 (UD)



(h) S d - C 2 (UD)



(i) S d - C 3 (UD)

第 3.3.2-5 图 最大加速度分布 (S d) (3/3)

### 3.4 解析方法

安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答解析は、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.07」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、「Ⅳ－3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.4.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、「Ⅳ－1－1－5 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

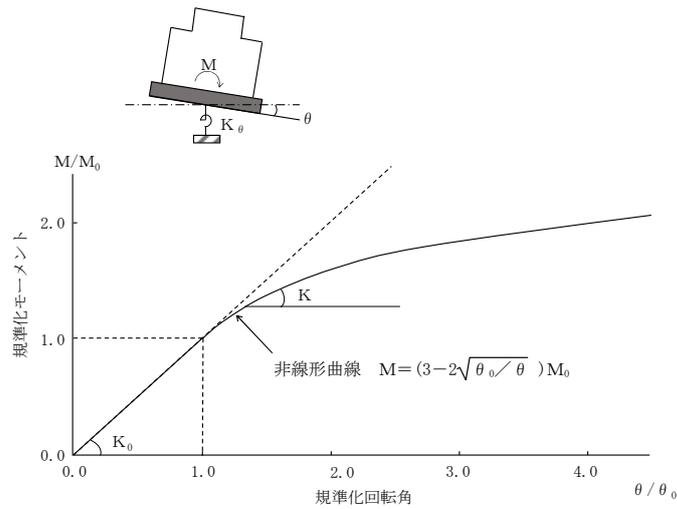
なお、最大接地圧は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601－2008（（社）日本電気協会）」を参考に、水平応答と鉛直応答から組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いて算出する。

### 3.5 解析条件

#### 3.5.1 地盤のロックンバねの復元力特性

地盤のロックンバねに関する曲げモーメントー回転角の関係は、「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。ロックンバねの曲げモーメントー回転角の関係を第3.5.1-1図に示す。

浮上り時の地盤のロックンバねの剛性は、第3.5.1-1図の曲線で表され、減衰係数は、ロックンバねの接線剛性に比例するものとして考慮する。



- $M$  : 転倒モーメント
- $M_0$  : 浮上り限界転倒モーメント
- $\theta$  : 回転角
- $\theta_0$  : 浮上り限界回転角
- $K_0$  : 底面ロックンバねのばね定数 (浮上り前)
- $K$  : 底面ロックンバねのばね定数 (浮上り後)

第3.5.1-1図 ロックンバねの曲げモーメントー回転角の関係

### 3.6 材料物性のばらつき

解析においては、「3.2 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、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、構築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において応答値（加速度，変位，せん断力，曲げモーメント及び軸力）が、各層において最大となっている地震動に対して実施する。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきについては、支持地盤及び埋戻し土ともに敷地内のボーリング調査結果等に基づき、第 3.2.1-3 表に示す地盤の物性値を基本とし、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮する。第 3.6-1 表及び第 3.6-2 表に設定した地盤の初期物性値を示す   
  


材料物性のばらつきを考慮する解析ケースを、第 3.6-3 表に示す。

第 3.6-1 表 地盤の物性値

(地盤物性のばらつきを考慮したケース (+1σ))

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
▽基礎スラブ底面 53.80						
▽MMR下端レベル 39.00	MMR	*1	*1	*1	*1	
37.08	細粒砂岩	18.3	760	2060	*2	
36.63	粗粒砂岩				*3	
9.02	細粒砂岩	18.1	1010	2100	*2	
-25.57	泥岩 (下部層)	16.9	850	1940	*4	
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩 (下部層)	16.9	850	1940	—	

注記 \*1: 支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし, MMR 直下の支持地盤の物性値を設定する。

\*2: 第 3.2.1-3 図示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*3: 第 3.2.1-4 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*4: 第 3.2.1-5 図に示す泥岩 (下部層) のひずみ依存特性を設定する。

第 3.6-2 表 地盤の物性値

(地盤物性のばらつきを考慮したケース (-1σ))

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
▽基礎スラブ底面	53.80					
▽MMR下端レベル	39.00	MMR	*1	*1	*1	*1
	37.08	細粒砂岩	18.3	600	1760	*2
	36.63	粗粒砂岩				*3
	9.02	細粒砂岩				*2
	-25.57	泥岩 (下部層)	18.1	870	1980	
▽解放基盤表面	-70.00	泥岩 (下部層)	16.9	730	1820	*4
		泥岩 (下部層)	16.9	730	1820	—

注記 \*1: 支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし, MMR 直下の支持地盤の物性値を設定する。

\*2: 第 3.2.1-3 図示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*3: 第 3.2.1-4 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\*4: 第 3.2.1-5 図に示す泥岩 (下部層) のひずみ依存特性を設定する。

第 3.6-3 表 材料物性のばらつきを考慮する解析ケース

ケース No.	地盤の物性値	解析ケース	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d
0	第3.2.1-3表	基本ケース	全波	全波
1	第3.6-1表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース (+1 $\sigma$ )	S s - A S s - B 3 S s - B 4 S s - C 1 S s - C 3 S s - C 4	S d - A S d - C 1 S d - C 3 S d - C 4
2	第3.6-2表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース (-1 $\sigma$ )	S s - A S s - B 3 S s - B 4 S s - C 1 S s - C 3 S s - C 4	S d - A S d - C 1 S d - C 3 S d - C 4

## 4. 解析結果

### 4.1 動的解析

地震応答解析に採用した解析モデルの一覧を第 4.1-1 表～第 4.1-6 表に示す。

#### 4.1.1 固有値解析結果

基本ケースの基礎浮上り非線形モデルによる固有値解析結果（固有周期，固有振動数及び刺激係数）を第 4.1.1-1 表～第 4.1.1-20 表に示す。刺激関数図を  $S_s - A$ ， $S_d - A$  の結果を代表として，第 4.1.1-1 図～第 4.1.1-6 図に示す。

なお，刺激係数は，各次の固有ベクトル  $\{u\}$  に対し，最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

#### 4.1.2 基本ケースの地震応答解析結果

##### (1) 基準地震動 $S_s$

基準地震動  $S_s$  による最大応答値を第 4.1.2-1 図～第 4.1.2-11 図及び第 4.1.2-1 表～第 4.1.2-11 表に示す。

浮上り検討を第 4.1.2-12 表，最大接地圧を第 4.1.2-13 表に示す。

##### (2) 弾性設計用地震動 $S_d$

弾性設計用地震動  $S_d$  による最大応答値を第 4.1.2-12 図～第 4.1.2-22 図及び第 4.1.2-14 表～第 4.1.2-24 表に示す。

浮上り検討を第 4.1.2-25 表，最大接地圧を第 4.1.2-26 表に示す。

第 4.1-1 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
(基準地震動  $S_s$ , ケース No. 0)

(a) NS 方向

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

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

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

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

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

Ss-C1 (UD)	Ss-C2 (UD)	Ss-C3 (UD)
---------------	---------------	---------------

凡例

- ① : 鉛直ばねモデル
- ② : 地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1-2 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
(基準地震動  $S_s$ , ケース No. 1)

(a) NS 方向

Ss-A (H)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)
-------------	---------------	---------------

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

Ss-A (H)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)
-------------	---------------	---------------

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

Ss-A (V)	Ss-B3 (UD)	Ss-B4 (UD)	Ss-C1 (UD)	Ss-C3 (UD)
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------

凡例

- ① : 鉛直ばねモデル
- ② : 地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1-3 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
 (基準地震動 S<sub>s</sub>, ケース No. 2)

(a) NS 方向

Ss-A (H)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)
-------------	---------------	---------------

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

Ss-A (H)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)
-------------	---------------	---------------

Ss-C1 (NSEW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

Ss-A (V)	Ss-B3 (UD)	Ss-B4 (UD)	Ss-C1 (UD)	Ss-C3 (UD)
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------

凡例

- ① : 鉛直ばねモデル
- ② : 地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1-4 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 0)

(a) NS 方向

Sd-A (H)	Sd-B1 (NS)	Sd-B2 (NS)	Sd-B3 (NS)	Sd-B4 (NS)	Sd-B5 (NS)
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

Sd-A (H)	Sd-B1 (EW)	Sd-B2 (EW)	Sd-B3 (EW)	Sd-B4 (EW)	Sd-B5 (EW)
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

Sd-A (V)	Sd-B1 (UD)	Sd-B2 (UD)	Sd-B3 (UD)	Sd-B4 (UD)	Sd-B5 (UD)
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Sd-C1 (UD)	Sd-C2 (UD)	Sd-C3 (UD)
---------------	---------------	---------------

凡例

- ① : 鉛直ばねモデル
- ② : 地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1-5 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 1)

(a) NS 方向

Sd-A (H)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

Sd-A (H)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

Sd-A (V)	Sd-C1 (UD)	Sd-C3 (UD)
-------------	---------------	---------------

凡例

- ①：鉛直ばねモデル
- ②：地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1-6 表 地震応答解析に採用した解析モデル  
 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 2)

(a) NS 方向

Sd-A (H)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(b) EW 方向

Sd-A (H)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	Sd-C4 (EW)
-------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

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

Sd-A (V)	Sd-C1 (UD)	Sd-C3 (UD)
-------------	---------------	---------------

凡例

- ①：鉛直ばねモデル
- ②：地盤 3 次元 FEM モデル

第 4.1.1-1 表 固有値解析結果 (S s - A)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-2 表 固有値解析結果 (S s - B 1)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-3 表 固有値解析結果 (S s - B 2)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-4 表 固有値解析結果 (S s - B 3)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-5 表 固有値解析結果 (S s - B 4)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-6 表 固有値解析結果 (S s - B 5)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-7 表 固有値解析結果 (S s - C 1)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-8 表 固有値解析結果 (S s - C 2)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-9 表 固有値解析結果 (S s - C 3)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード
[Redacted]				

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード
[Redacted]				

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード
[Redacted]				

第 4.1.1-10 表 固有値解析結果 (S s - C 4)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

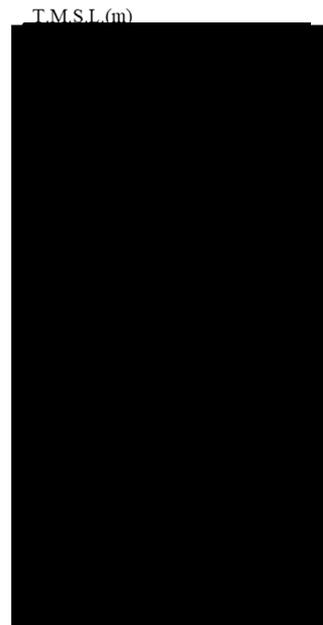
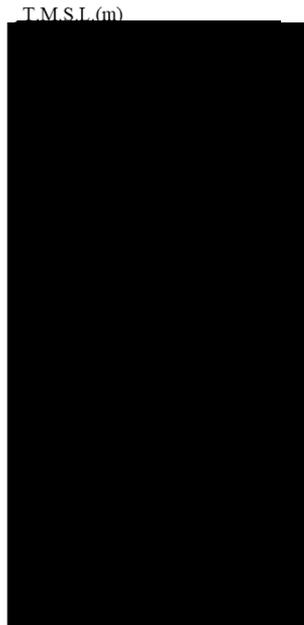
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

1 次モード

固有周期  $T_1 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_1 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 =$  [ ]

2 次モード

固有周期  $T_2 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_2 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 =$  [ ]



第 4.1.1-1 図 刺激関数図 (S s - A, NS 方向)

1 次モード

固有周期  $T_1 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_1 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 =$  [ ]

2 次モード

固有周期  $T_2 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_2 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 =$  [ ]



第 4.1.1-2 図 刺激関数図 (S s - A, EW 方向)

1 次モード

固有周期  $T_1 = \blacksquare$  (s)  
固有振動数  $f_1 = \blacksquare$  (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 = \blacksquare$

2 次モード

固有周期  $T_2 = \blacksquare$  (s)  
固有振動数  $f_2 = \blacksquare$  (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 = \blacksquare$



第 4.1.1-3 図 刺激関数図 (S s - A, 鉛直方向)

第 4. 1. 1-11 表 固有値解析結果 (S d - A)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-12 表 固有値解析結果 (S d - B 1)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-13 表 固有値解析結果 (S d - B 2)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-14 表 固有値解析結果 (S d - B 3)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-15 表 固有値解析結果 (S d - B 4)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-16 表 固有値解析結果 (S d - B 5)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-17 表 固有値解析結果 (S d - C 1)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-18 表 固有値解析結果 (S d - C 2)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-19 表 固有値解析結果 (S d - C 3)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(c)鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

第 4.1.1-20 表 固有値解析結果 (S d - C 4)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

(b)EW 方向

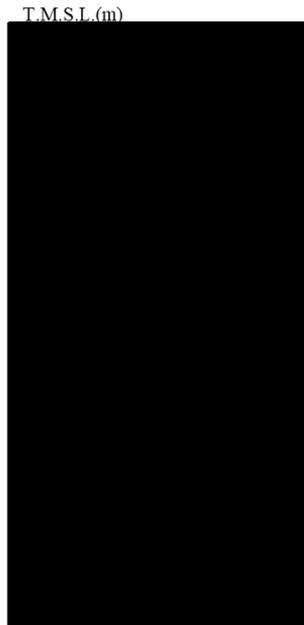
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	卓越モード

1 次モード

固有周期  $T_1 = \blacksquare$  (s)  
固有振動数  $f_1 = \blacksquare$  (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 = \blacksquare$

2 次モード

固有周期  $T_2 = \blacksquare$  (s)  
固有振動数  $f_2 = \blacksquare$  (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 = \blacksquare$



第 4.1.1-4 図 刺激関数図 (S d - A, NS 方向)

1 次モード

固有周期  $T_1 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_1 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 =$  [ ]

2 次モード

固有周期  $T_2 =$  [ ] (s)  
固有振動数  $f_2 =$  [ ] (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 =$  [ ]



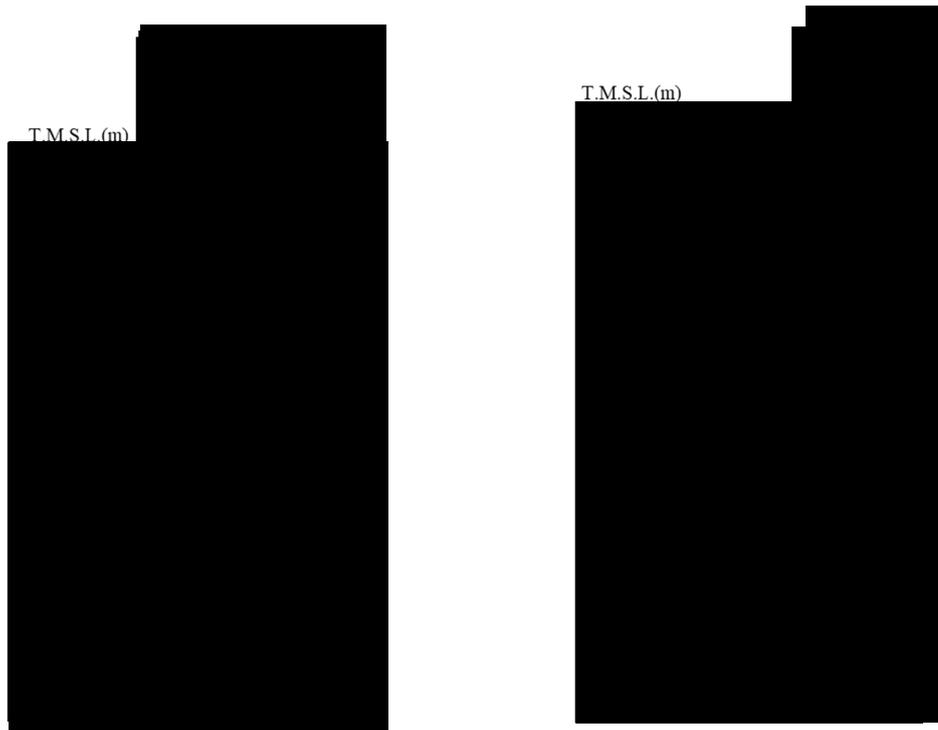
第 4.1.1-5 図 刺激関数図 (S d - A, EW 方向)

1 次モード

固有周期  $T_1 =$  [redacted] (s)  
固有振動数  $f_1 =$  [redacted] (Hz)  
刺激係数  $\beta_1 =$  [redacted]

2 次モード

固有周期  $T_2 =$  [redacted] (s)  
固有振動数  $f_2 =$  [redacted] (Hz)  
刺激係数  $\beta_2 =$  [redacted]



第 4.1.1-6 図 刺激関数図 (S d - A, 鉛直方向)



第 4.1.2-1 図 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 方向）

第 4.1.2-1 表 最大応答加速度一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 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
		Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	
[Redacted Data]														



第 4.1.2-2 図 最大応答変位（基準地震動  $S_s$ ，ケース No.0，NS 方向）

第 4.1.2-2 表 最大応答変位一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No.0，NS 方向）

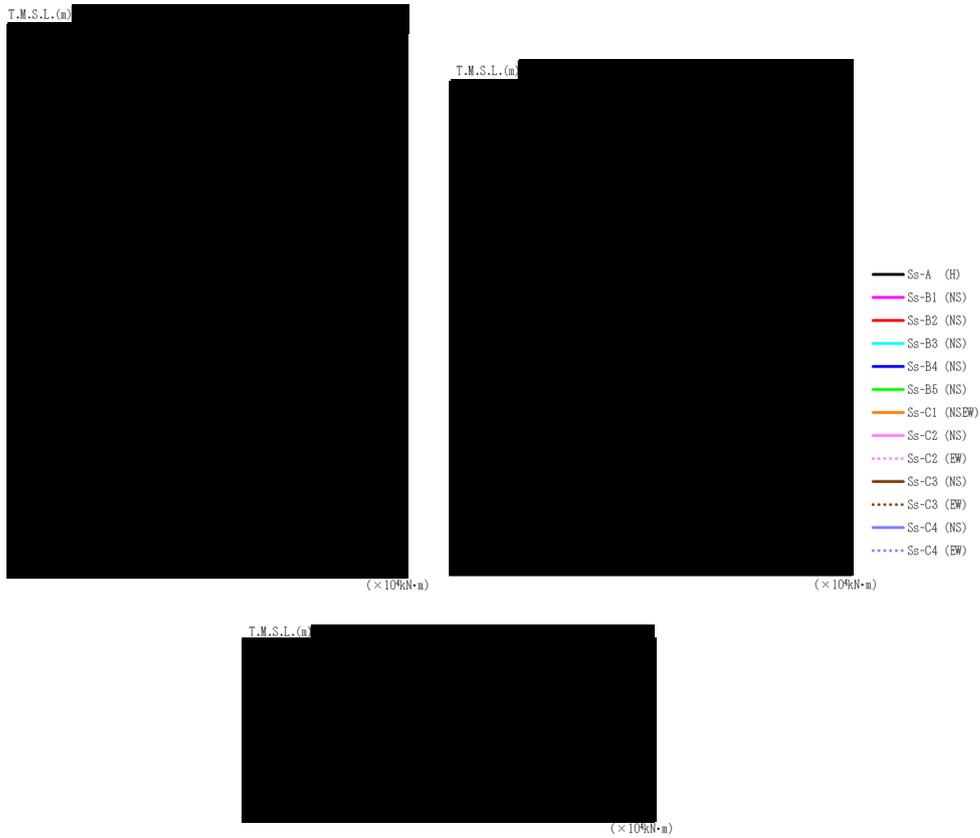
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値
		Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	



第 4.1.2-3 図 最大応答せん断力（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 方向）

第 4.1.2-3 表 最大応答せん断力一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 方向）

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^6 kN$ )												最大値
		Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	



第 4. 1. 2-4 図 最大応答曲げモーメント（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 方向）

第 4. 1. 2-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，NS 方向）

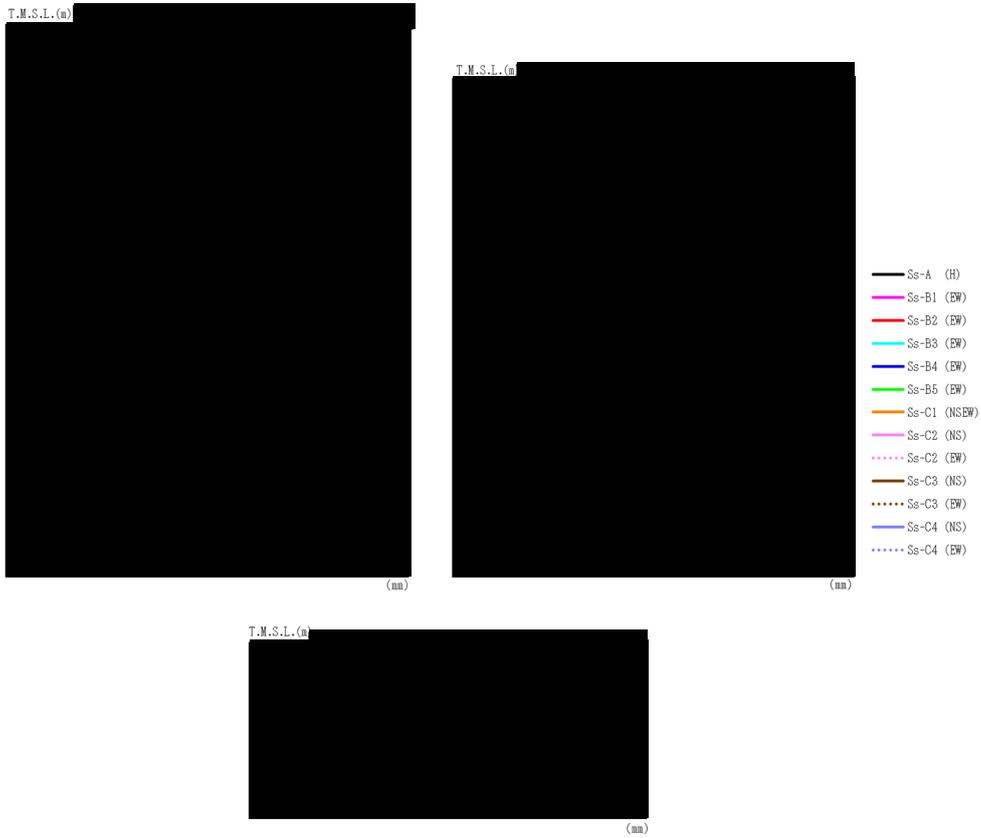
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )											最大値			
		Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)		Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)	



第 4.1.2-5 図 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

第 4.1.2-5 表 最大応答加速度一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

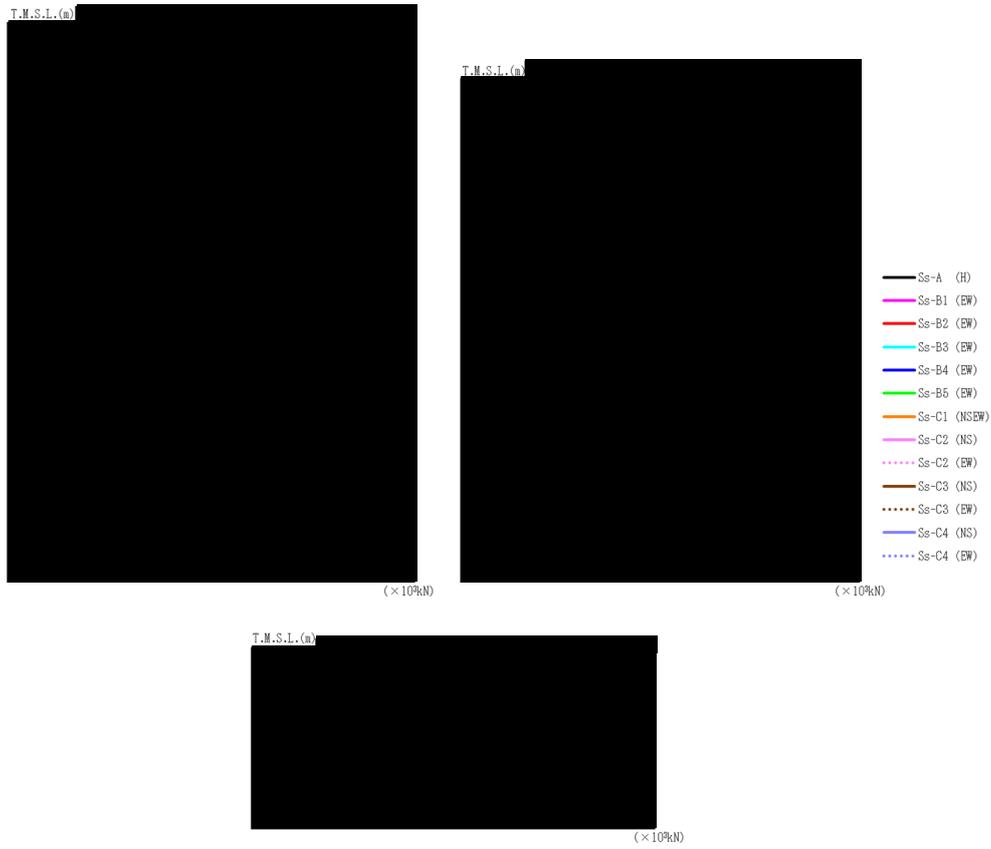
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )												最大値
		Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	



第 4.1.2-6 図 最大応答変位 (基準地震動  $S_s$ , ケース No.0, EW 方向)

第 4.1.2-6 表 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , ケース No.0, EW 方向)

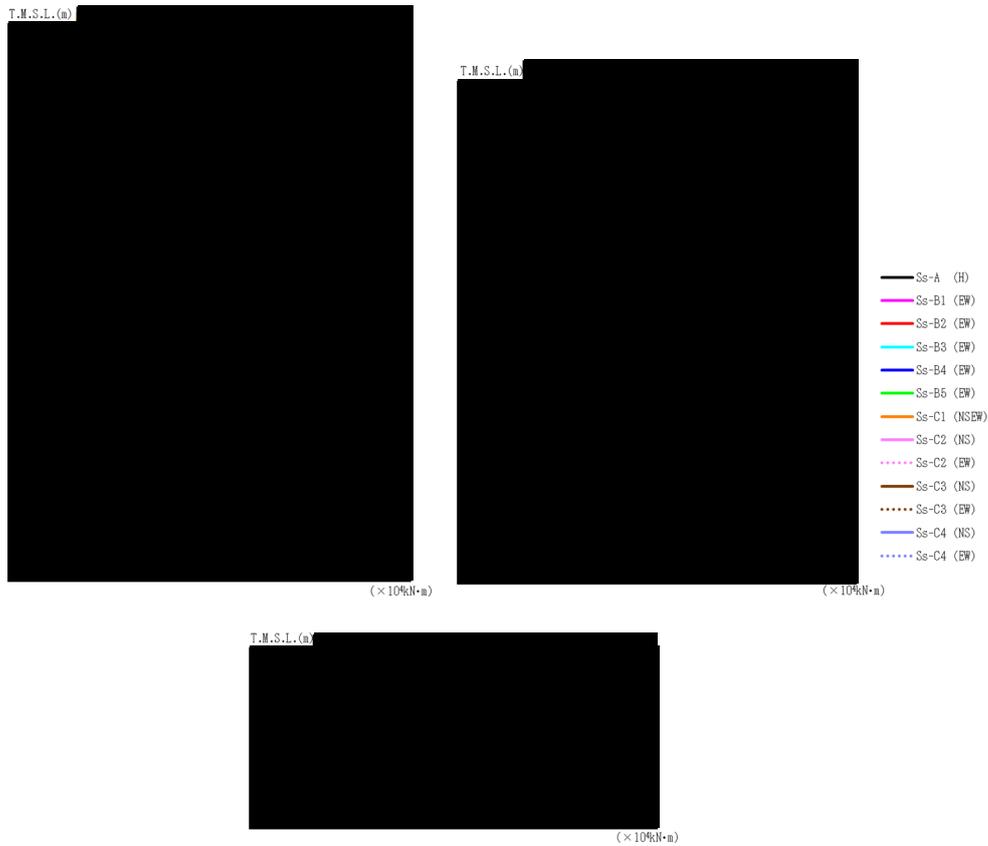
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値
		Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	
[Redacted Data]														



第 4.1.2-7 図 最大応答せん断力（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

第 4.1.2-7 表 最大応答せん断力一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

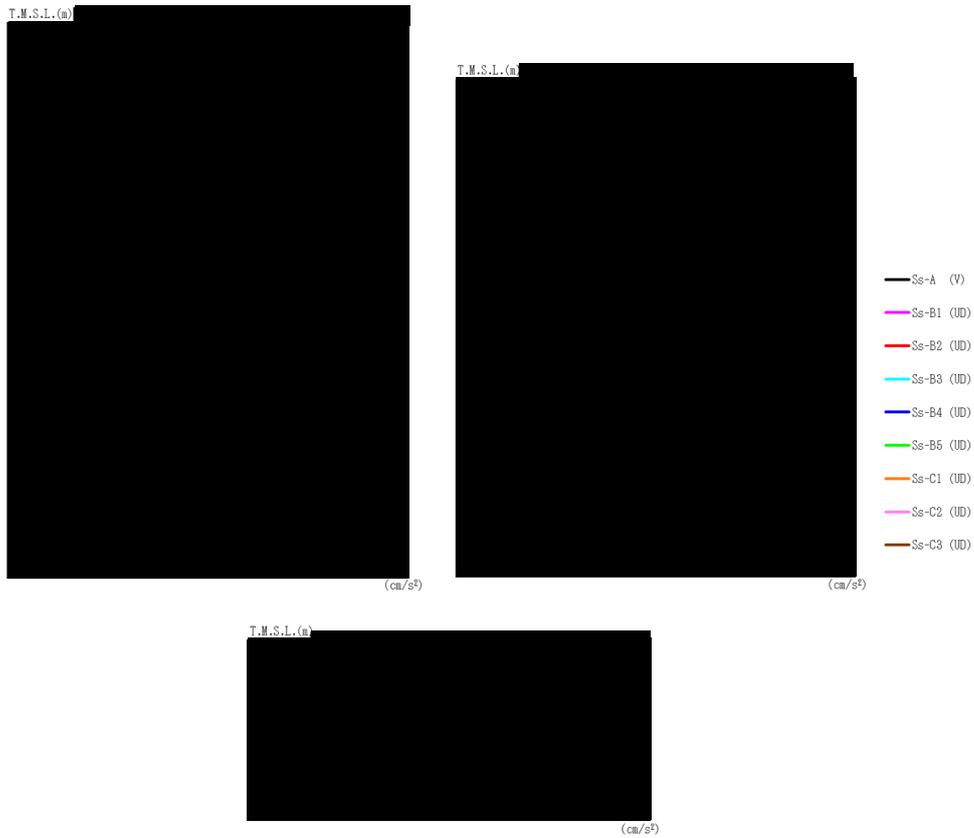
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力(×10%N)												最大値
		Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	
[Redacted data]														



第 4. 1. 2-8 図 最大応答曲げモーメント（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

第 4. 1. 2-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，EW 方向）

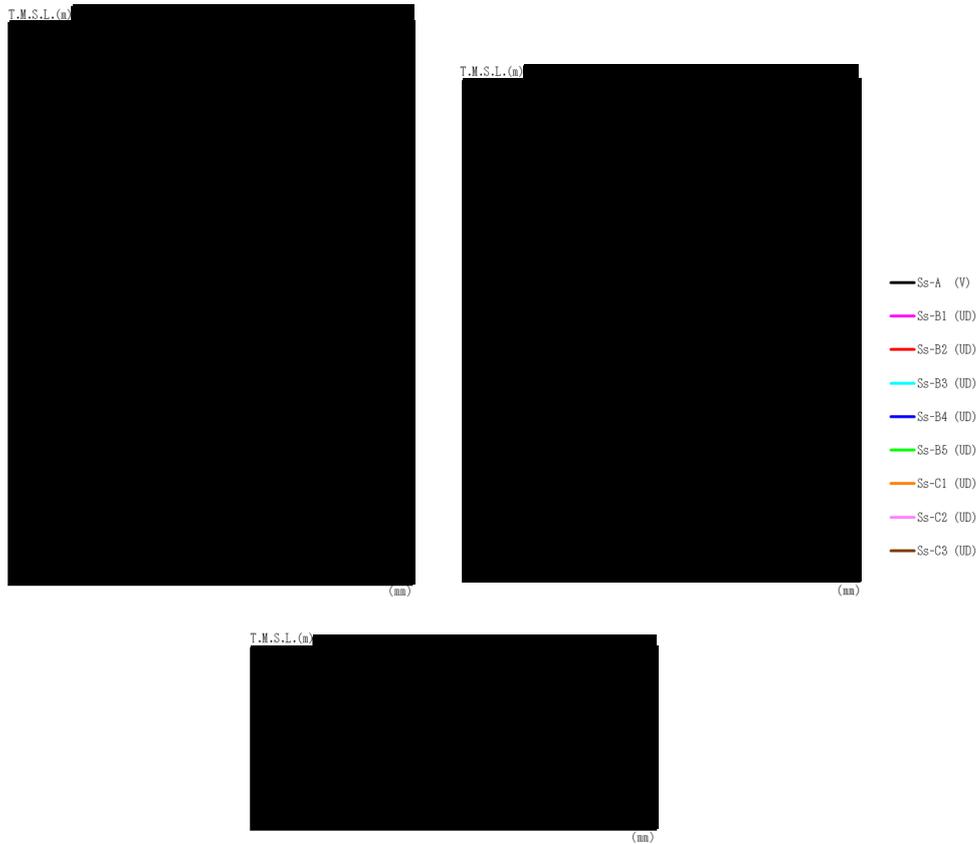
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント(×10%kN·m)												最大値	
		Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)		Ss-C4 (EW)



第 4.1.2-9 図 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

第 4.1.2-9 表 最大応答加速度一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 ( $cm/s^2$ )									最大値
		Ss-A (V)	Ss-B1 (UD)	Ss-B2 (UD)	Ss-B3 (UD)	Ss-B4 (UD)	Ss-B5 (UD)	Ss-C1 (UD)	Ss-C2 (UD)	Ss-C3 (UD)	



第 4. 1. 2-10 図 最大応答変位（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

第 4. 1. 2-10 表 最大応答変位一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)									最大値
		Ss-A (V)	Ss-B1 (UD)	Ss-B2 (UD)	Ss-B3 (UD)	Ss-B4 (UD)	Ss-B5 (UD)	Ss-C1 (UD)	Ss-C2 (UD)	Ss-C3 (UD)	



第 4. 1. 2-11 図 最大応答軸力（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

第 4. 1. 2-11 表 最大応答軸力一覧表（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0，鉛直方向）

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )								
		Ss-A (V)	Ss-B1 (UD)	Ss-B2 (UD)	Ss-B3 (UD)	Ss-B4 (UD)	Ss-B5 (UD)	Ss-C1 (UD)	Ss-C2 (UD)	Ss-C3 (UD)

第 4. 1. 2-12 表 浮上り検討 (基準地震動  $S_s$ , ケース No. 0)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B1 (NS)			
Ss-B2 (NS)			
Ss-B3 (NS)			
Ss-B4 (NS)			
Ss-B5 (NS)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C2 (NS)			
Ss-C2 (EW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

(b)EW 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B1 (EW)			
Ss-B2 (EW)			
Ss-B3 (EW)			
Ss-B4 (EW)			
Ss-B5 (EW)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C2 (NS)			
Ss-C2 (EW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

第 4.1.2-13 表 最大接地圧（基準地震動  $S_s$ ，ケース No.0）（1/2）

地震動	方向		最大接地圧(kN/m <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -A	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -B1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -B2	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -B3	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -B4	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -B5	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	

第 4.1.2-13 表 最大接地圧（基準地震動  $S_s$ ，ケース No. 0）（2/2）

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -C2 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -C2 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
S <sub>s</sub> -C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
S <sub>s</sub> -C4 (EW)	NS	—	
	EW	—	



第 4.1.2-12 図 最大応答加速度（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，NS 方向）

第 4.1.2-14 表 最大応答加速度一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，NS 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
		Sd-A (H)	Sd-B1 (NS)	Sd-B2 (NS)	Sd-B3 (NS)	Sd-B4 (NS)	Sd-B5 (NS)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	
[Redacted Data]														



第 4. 1. 2-13 図 最大応答変位（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，NS 方向）

第 4. 1. 2-15 表 最大応答変位一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，NS 方向）

T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (NS)	Sd-B2 (NS)	Sd-B3 (NS)	Sd-B4 (NS)	Sd-B5 (NS)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	
[Redacted Data]														



第 4. 1. 2-14 図 最大応答せん断力（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，NS 方向）

第 4. 1. 2-16 表 最大応答せん断力一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，NS 方向）

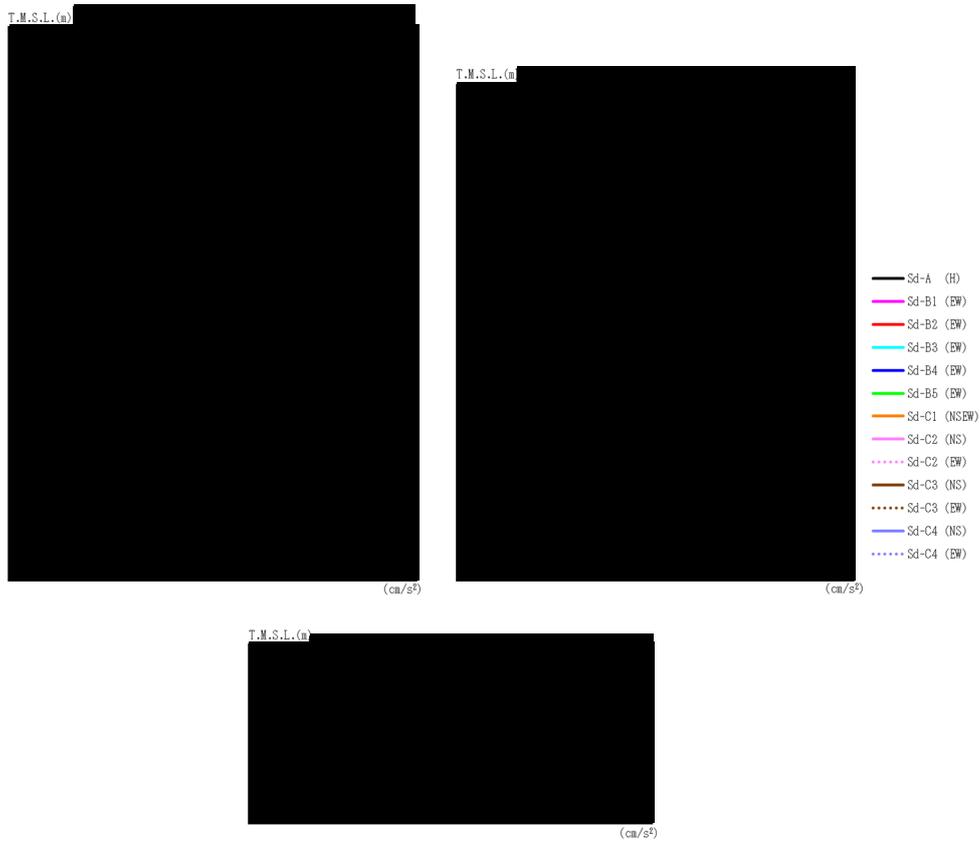
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>6</sup> kN)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (NS)	Sd-B2 (NS)	Sd-B3 (NS)	Sd-B4 (NS)	Sd-B5 (NS)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	



第 4. 1. 2-15 図 最大応答曲げモーメント  
(弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0, NS 方向)

第 4. 1. 2-17 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0, NS 方向)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (NS)	Sd-B2 (NS)	Sd-B3 (NS)	Sd-B4 (NS)	Sd-B5 (NS)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	



第 4.1.2-16 図 最大応答加速度（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，EW 方向）

第 4.1.2-18 表 最大応答加速度一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，EW 方向）

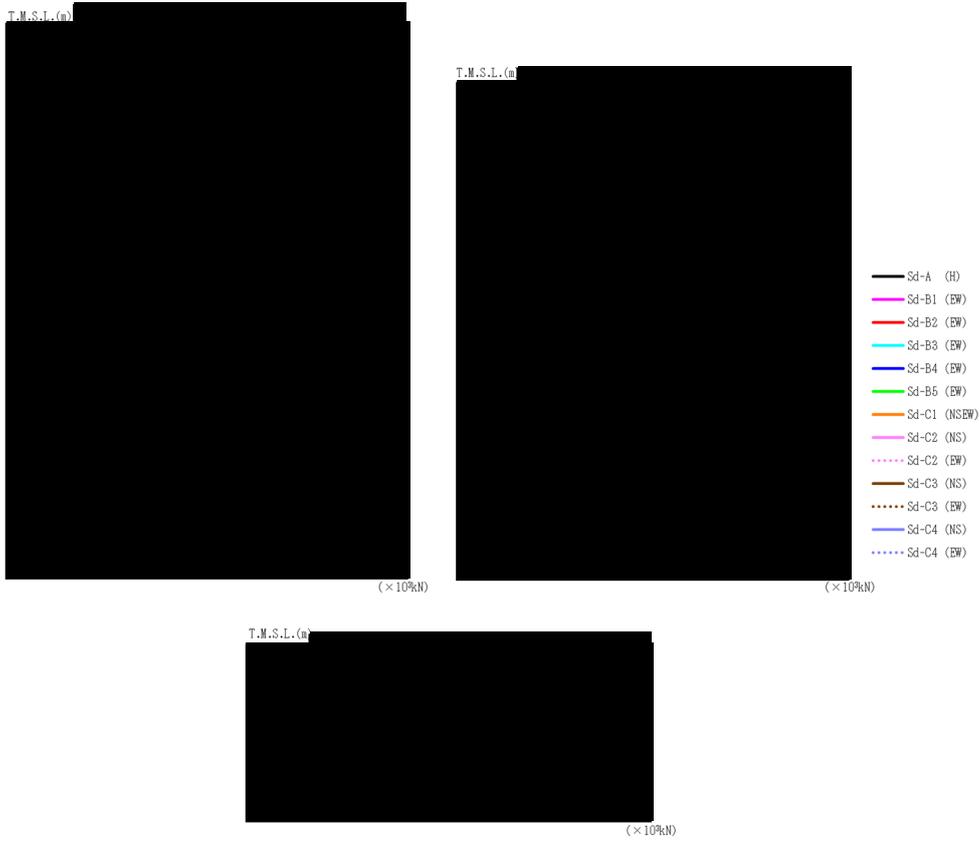
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )												最大値		
		Sd-A (H)	Sd-B1 (EW)	Sd-B2 (EW)	Sd-B3 (EW)	Sd-B4 (EW)	Sd-B5 (EW)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)		Sd-C4 (EW)	



第 4.1.2-17 図 最大応答変位（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，EW 方向）

第 4.1.2-19 表 最大応答変位一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，EW 方向）

T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (EW)	Sd-B2 (EW)	Sd-B3 (EW)	Sd-B4 (EW)	Sd-B5 (EW)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	
[Redacted Data]														



第 4. 1. 2-18 図 最大応答せん断力（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，EW 方向）

第 4. 1. 2-20 表 最大応答せん断力一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，EW 方向）

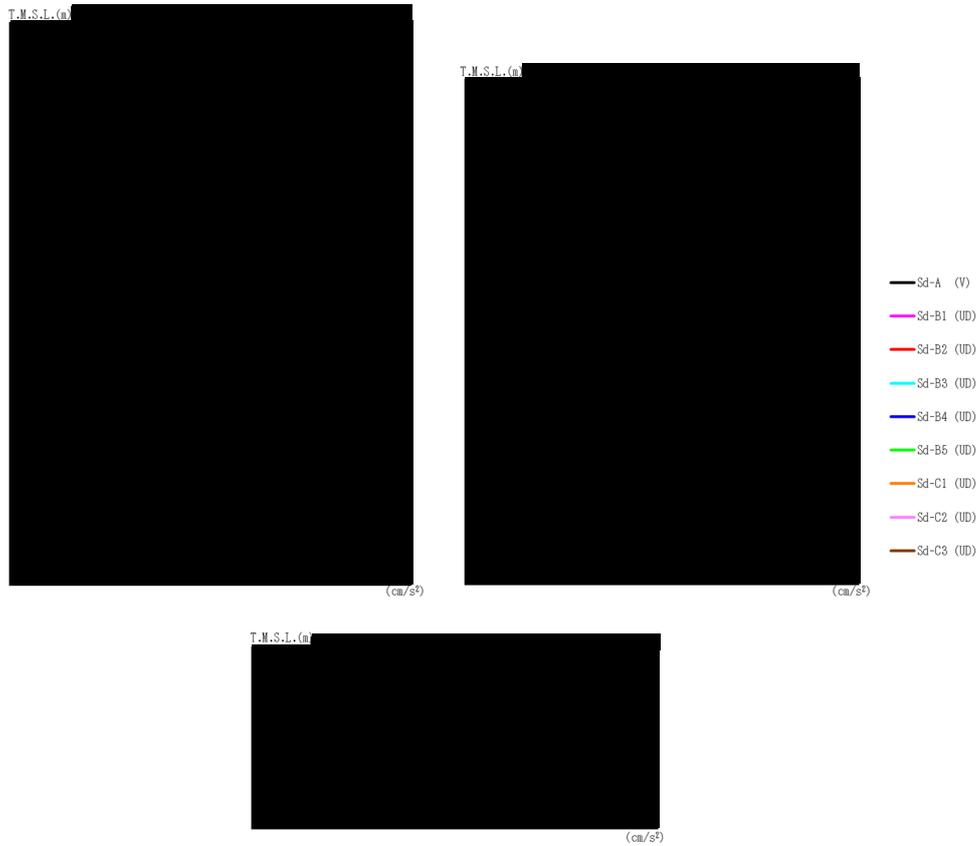
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力(×10%kN)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (EW)	Sd-B2 (EW)	Sd-B3 (EW)	Sd-B4 (EW)	Sd-B5 (EW)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	



第 4. 1. 2-19 図 最大応答曲げモーメント  
(弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0, EW 方向)

第 4. 1. 2-21 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0, EW 方向)

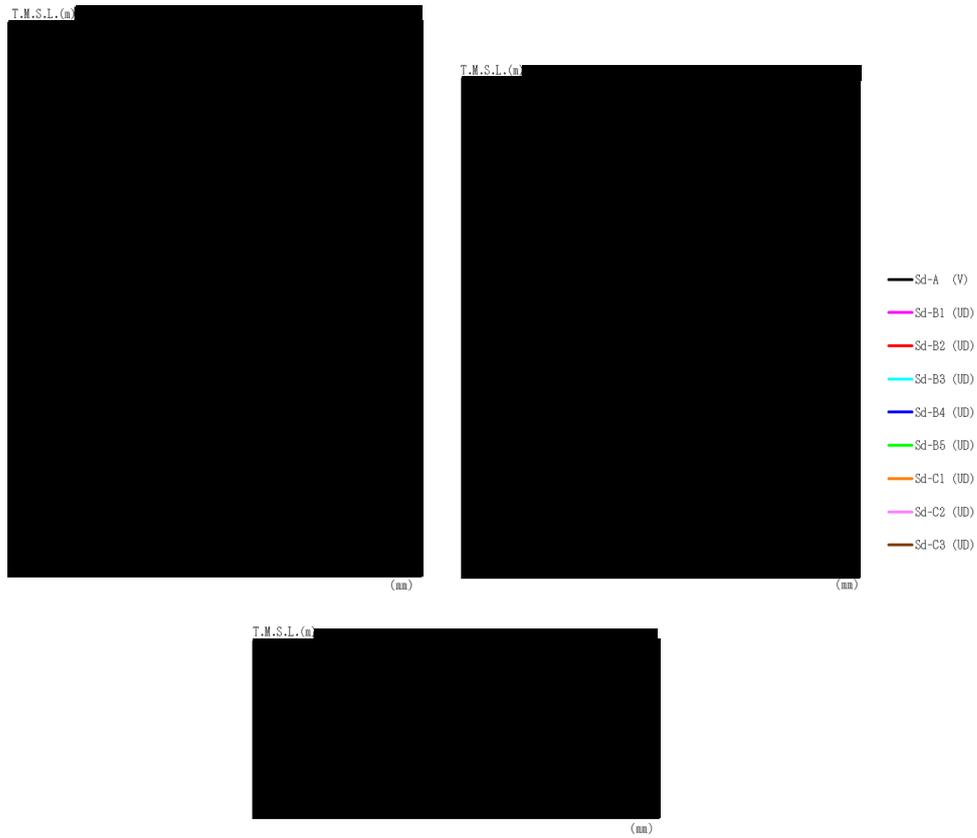
T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN·m)												最大値
		Sd-A (H)	Sd-B1 (EW)	Sd-B2 (EW)	Sd-B3 (EW)	Sd-B4 (EW)	Sd-B5 (EW)	Sd-C1 (NSEW)	Sd-C2 (NS)	Sd-C2 (EW)	Sd-C3 (NS)	Sd-C3 (EW)	Sd-C4 (NS)	



第 4. 1. 2-20 図 最大応答加速度（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，鉛直方向）

第 4. 1. 2-22 表 最大応答加速度一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No. 0，鉛直方向）

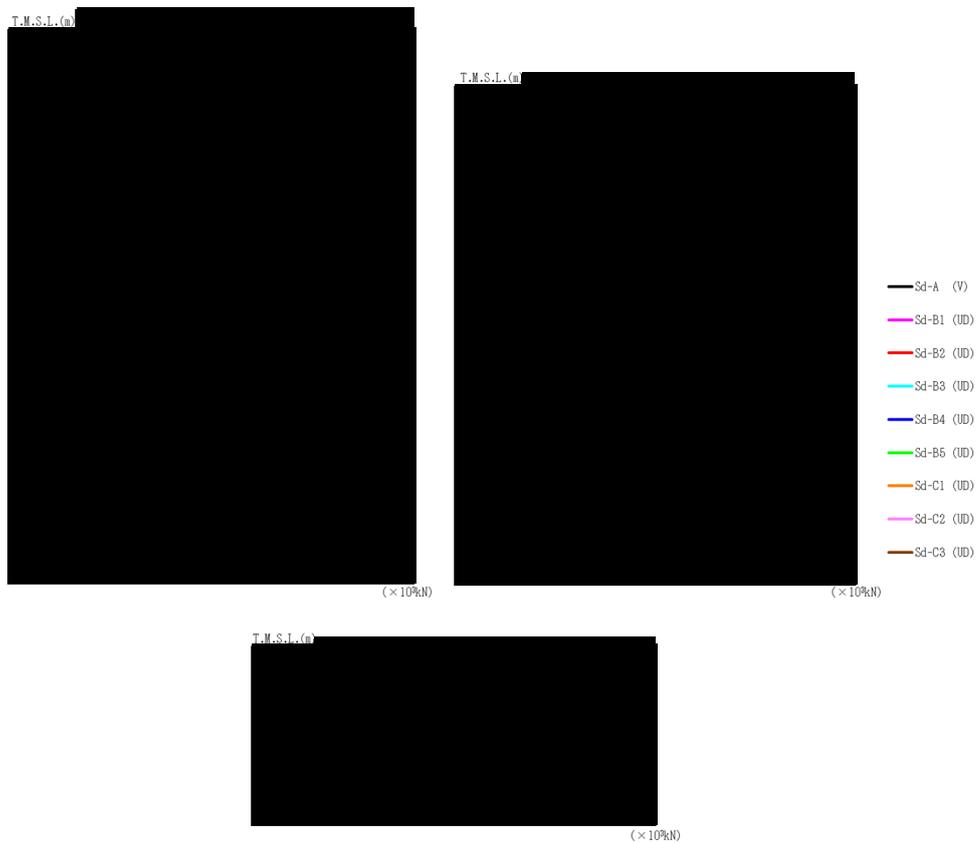
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )								
		Sd-A (V)	Sd-B1 (UD)	Sd-B2 (UD)	Sd-B3 (UD)	Sd-B4 (UD)	Sd-B5 (UD)	Sd-C1 (UD)	Sd-C2 (UD)	Sd-C3 (UD)



第 4.1.2-21 図 最大応答変位（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，鉛直方向）

第 4.1.2-23 表 最大応答変位一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，鉛直方向）

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位(mm)								
		Sd-A (V)	Sd-B1 (UD)	Sd-B2 (UD)	Sd-B3 (UD)	Sd-B4 (UD)	Sd-B5 (UD)	Sd-C1 (UD)	Sd-C2 (UD)	Sd-C3 (UD)



第 4.1.2-22 図 最大応答軸力（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，鉛直方向）

第 4.1.2-24 表 最大応答軸力一覧表（弾性設計用地震動 S d，ケース No.0，鉛直方向）

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 (×10 <sup>6</sup> kN)								
		Sd-A (V)	Sd-B1 (UD)	Sd-B2 (UD)	Sd-B3 (UD)	Sd-B4 (UD)	Sd-B5 (UD)	Sd-C1 (UD)	Sd-C2 (UD)	Sd-C3 (UD)
[Redacted Data]										

第 4.1.2-25 表 浮上り検討 (弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-B1 (NS)			
Sd-B2 (NS)			
Sd-B3 (NS)			
Sd-B4 (NS)			
Sd-B5 (NS)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C2 (NS)			
Sd-C2 (EW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

(b)EW 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-B1 (EW)			
Sd-B2 (EW)			
Sd-B3 (EW)			
Sd-B4 (EW)			
Sd-B5 (EW)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C2 (NS)			
Sd-C2 (EW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

第 4. 1. 2-26 表 最大接地圧（弾性設計用地震動 S d , ケース No. 0）（1/2）

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-A	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-B1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-B2	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-B3	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-B4	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-B5	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	

第 4. 1. 2-26 表 最大接地圧（弾性設計用地震動 Sd, ケース No. 0）（2/2）

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C2 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C2 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
Sd-C4 (EW)	NS	—	
	EW	—	

#### 4.1.3 材料物性のばらつきを考慮したケースの地震応答解析結果

##### (1) 基準地震動 $S_s$

基準地震動  $S_s$  による最大応答値を第 4.1.3-1 図～第 4.1.3-11 図及び第 4.1.3-1 表～第 4.1.3-11 表に示す。

浮上り検討を第 4.1.3-12 表及び第 4.1.3-13 表，最大接地圧を第 4.1.3-14 表及び第 4.1.3-15 表に示す。

##### (2) 弾性設計用地震動 $S_d$

弾性設計用地震動  $S_d$  による最大応答値を第 4.1.3-12 図～第 4.1.3-22 図及び第 4.1.3-16 表～第 4.1.3-26 表に示す。

浮上り検討を第 4.1.3-27 表及び第 4.1.3-28 表，最大接地圧を第 4.1.3-29 表及び第 4.1.3-30 表に示す。



(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



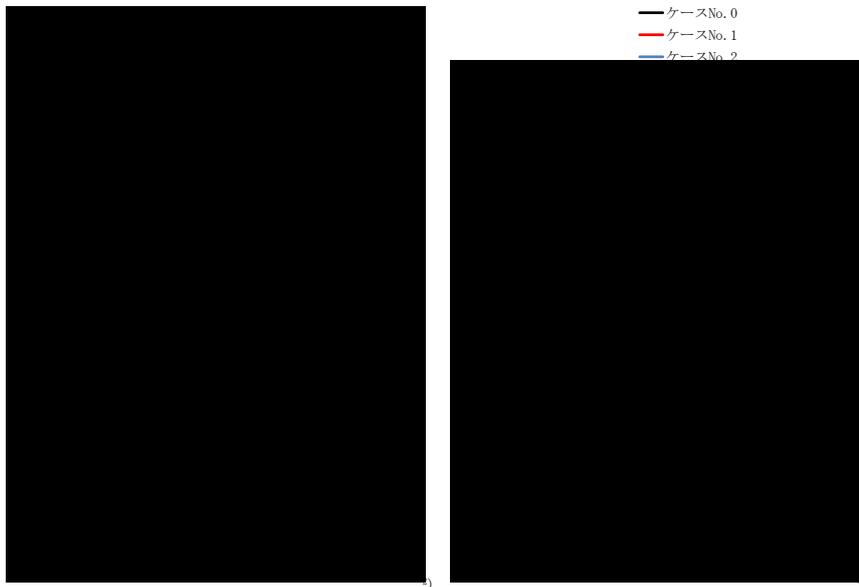
(b) S s - B 3 (NS)

第 4.1.3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (2/8)

第 4.1.3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



(c) S s - B 4 ( N S )

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (3/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(d) S s - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



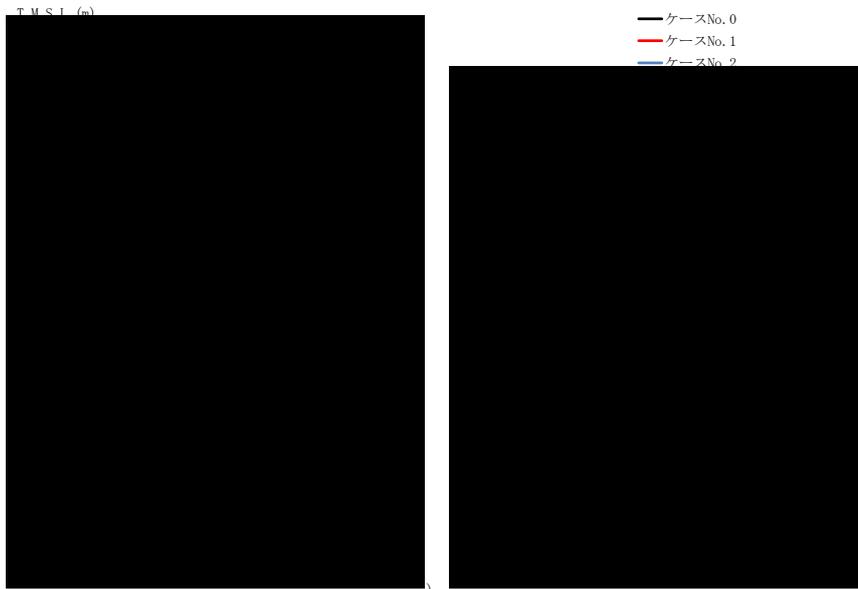
(e) S s - C 3 (NS)

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (5/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



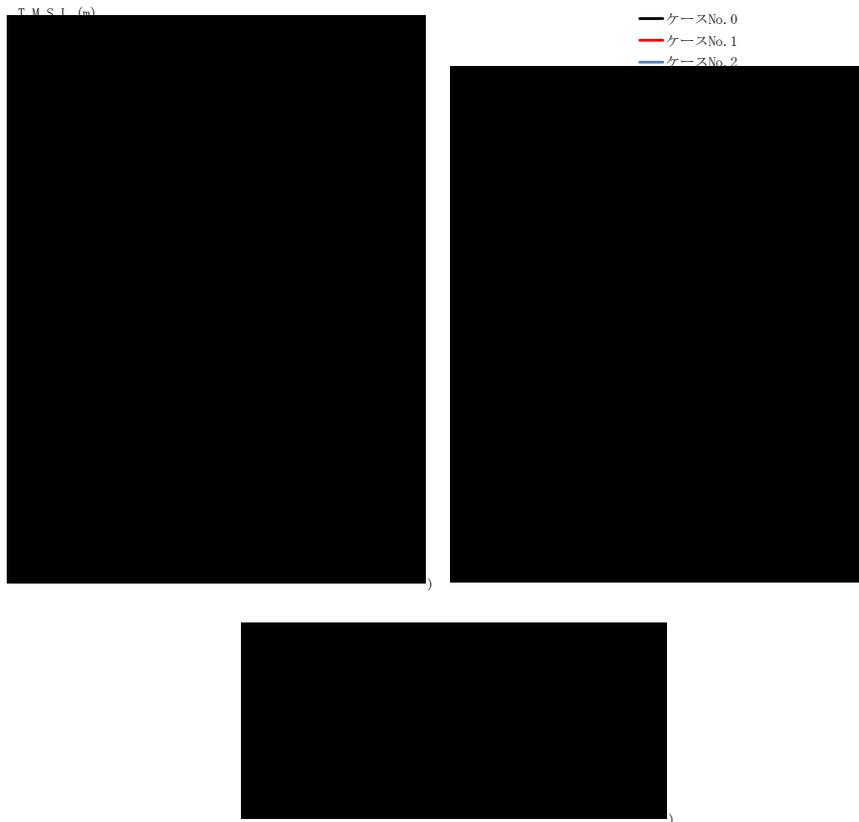
(f) S s - C 3 (EW)

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (6/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



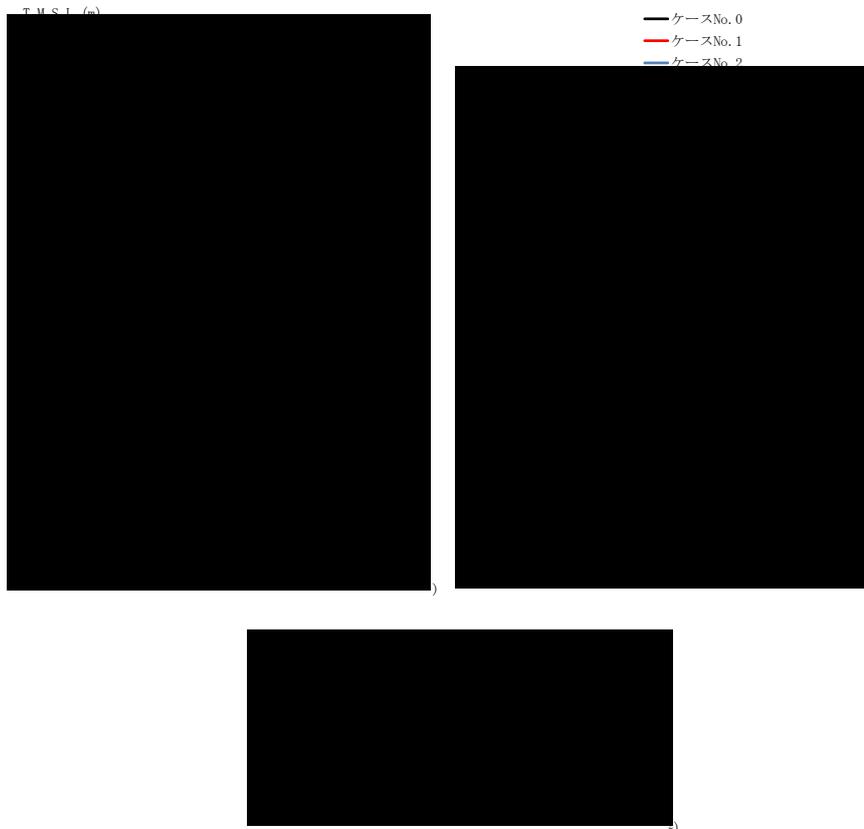
(g) S s - C 4 (NS)

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (7/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



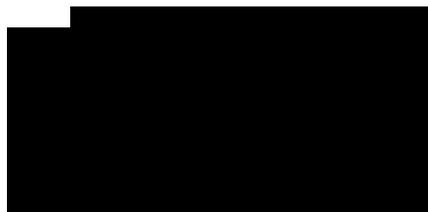
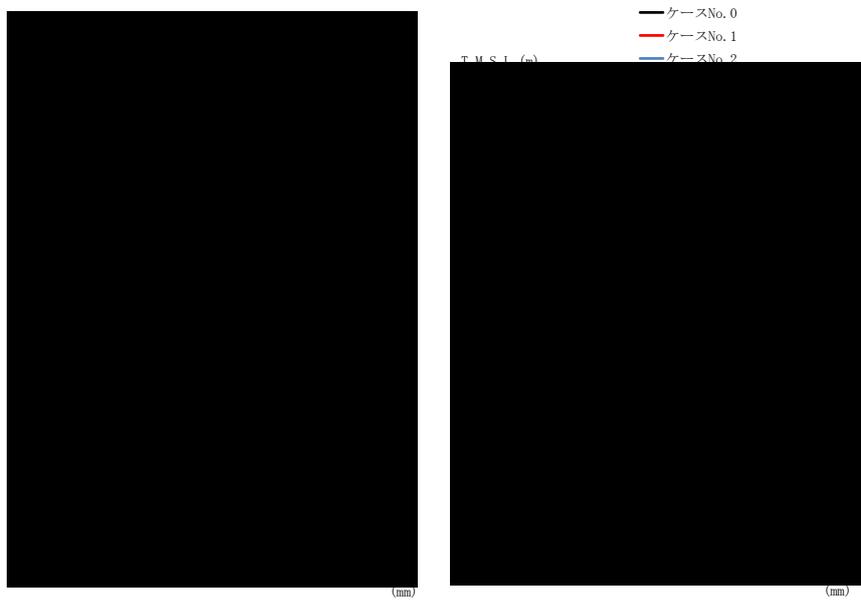
(h) S s - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-1 図 最大応答加速度 (NS 方向) (8/8)

第 4. 1. 3-1 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



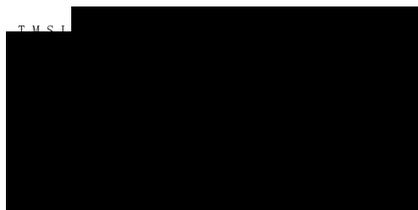
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



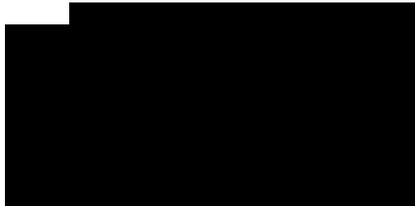
(b) S s - B 3 ( N S )

第 4. 1. 3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (2/8)

第 4. 1. 3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



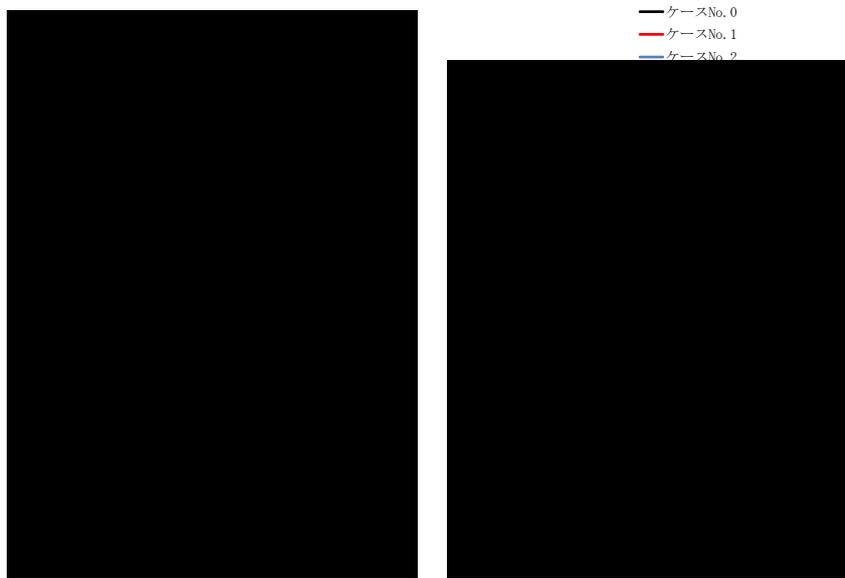
(c) S s - B 4 ( N S )

第 4. 1. 3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (3/8)

第 4. 1. 3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



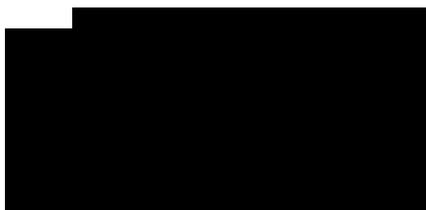
(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



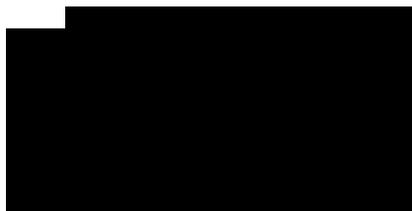
(e) S s - C 3 (NS)

第 4.1.3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (5/8)

第 4.1.3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



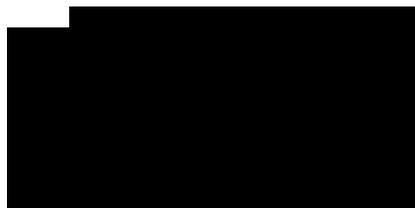
(f) S s - C 3 (EW)

第 4.1.3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (6/8)

第 4.1.3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



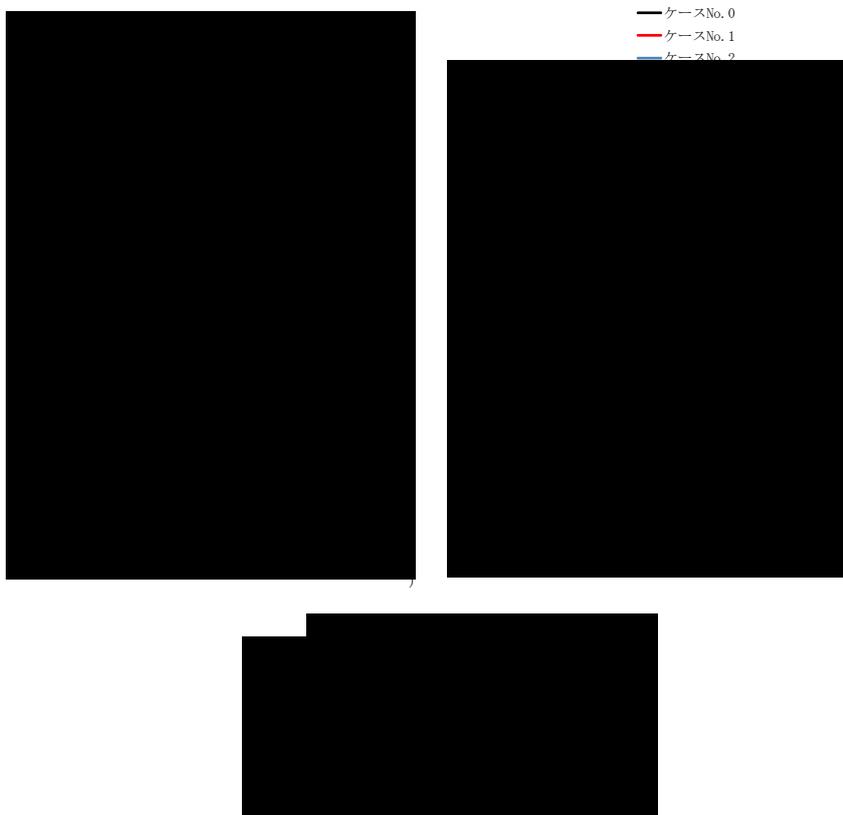
(g) S s - C 4 (NS)

第 4.1.3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (7/8)

第 4.1.3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



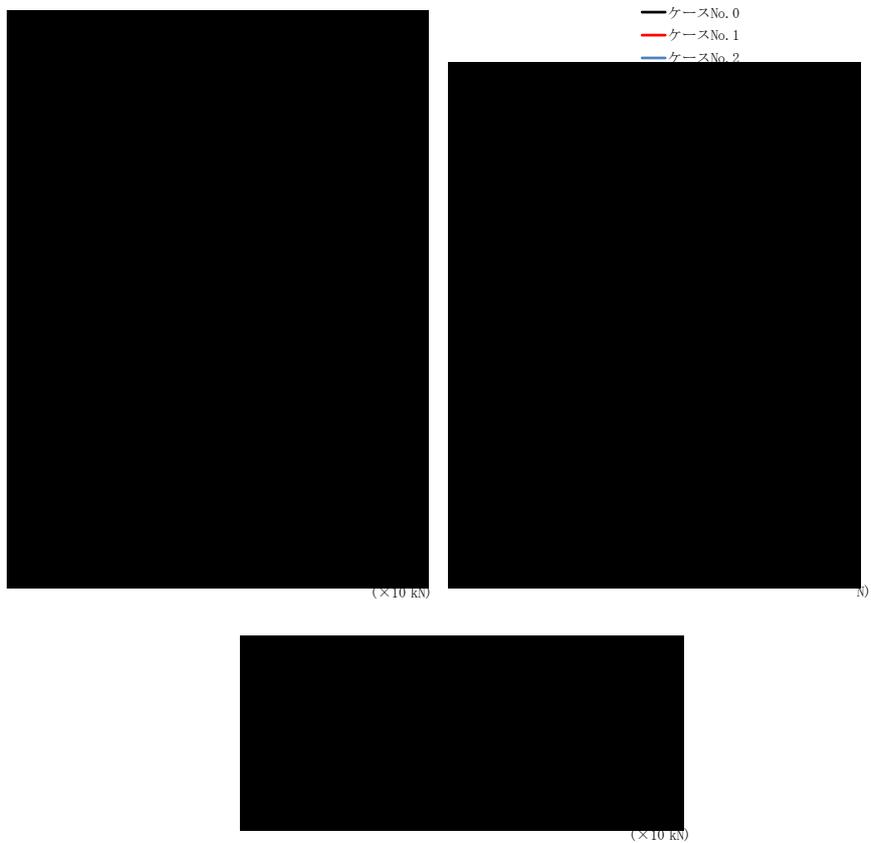
(h) S s - C 4 (EW)

第 4. 1. 3-2 図 最大応答変位 (NS 方向) (8/8)

第 4. 1. 3-2 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



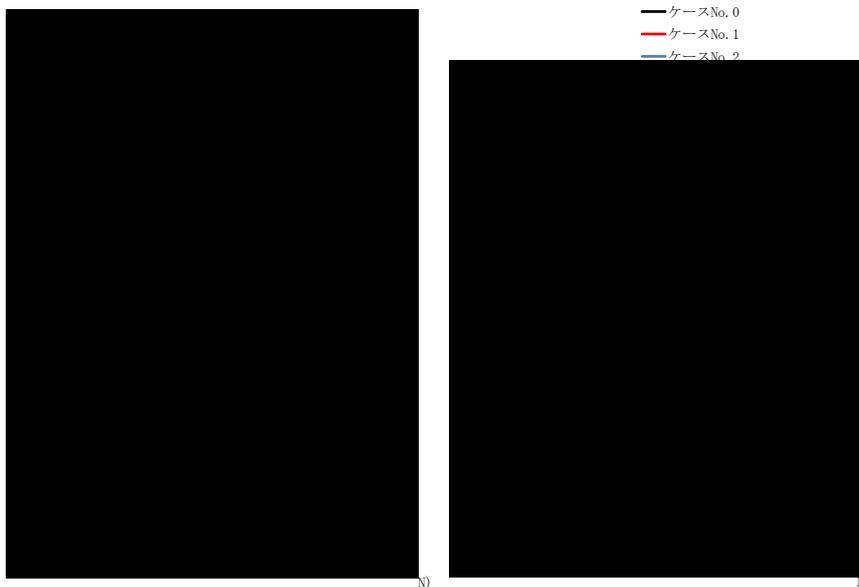
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



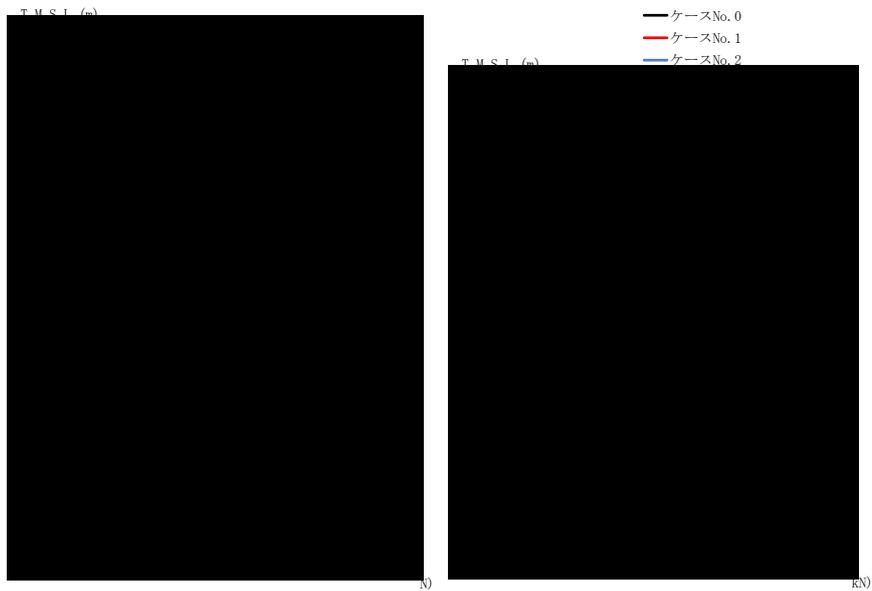
(b) S s - B 3 (NS)

第 4.1.3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (2/8)

第 4.1.3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



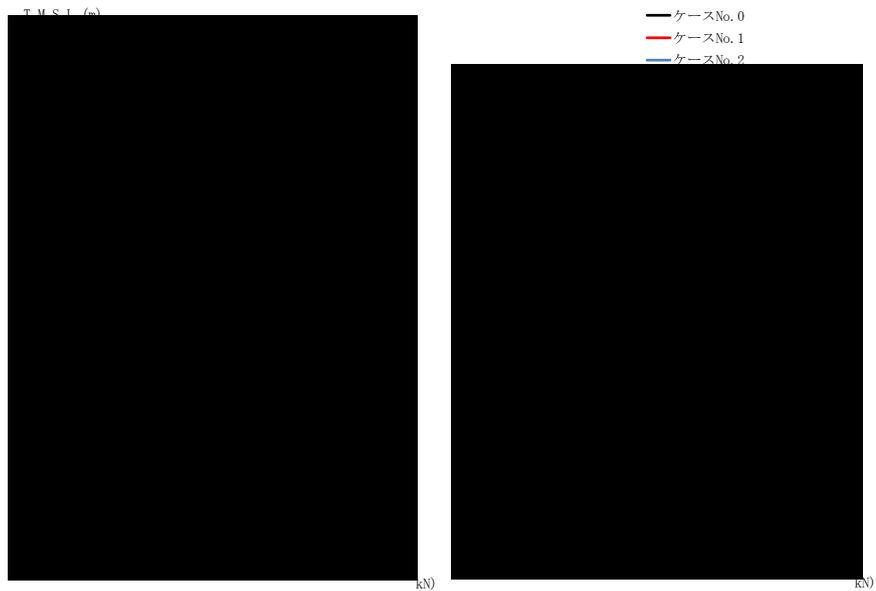
(c) S s - B 4 ( N S )

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (3/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



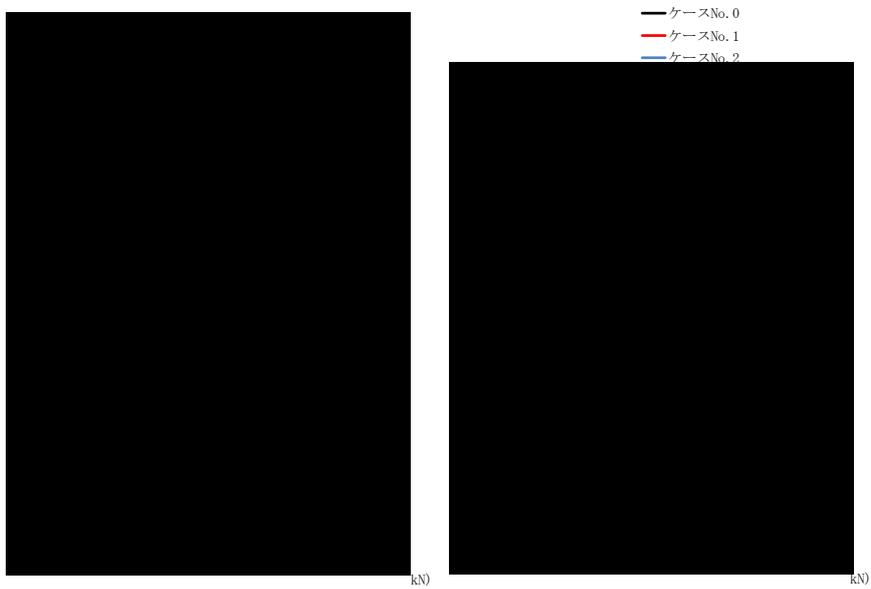
(d) S s - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



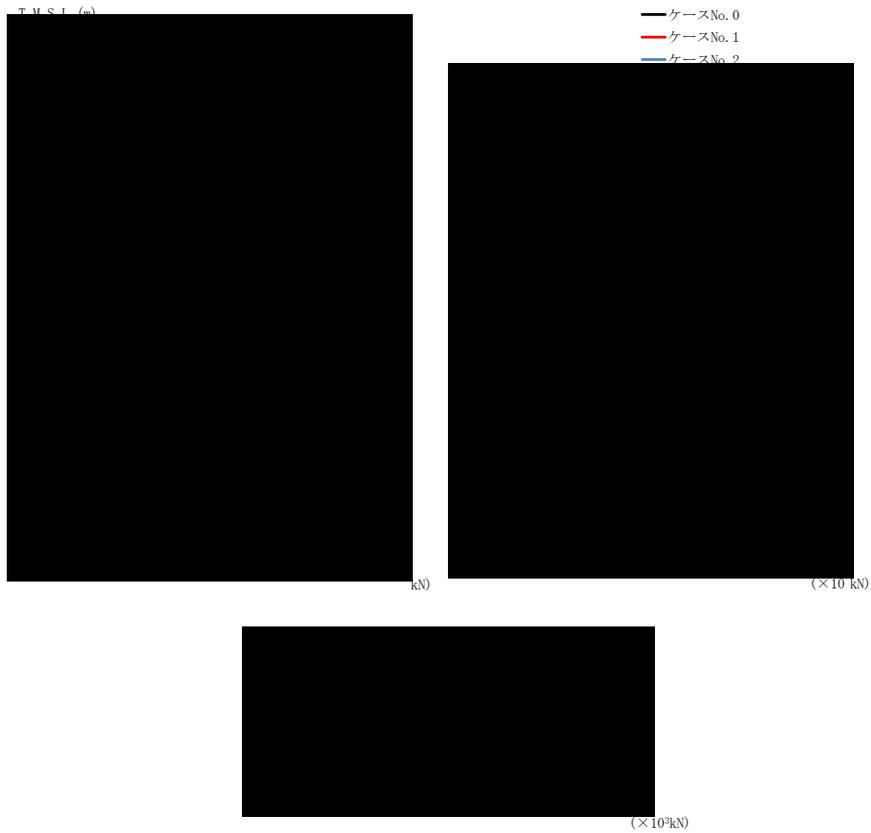
(e) S s - C 3 (NS)

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (5/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



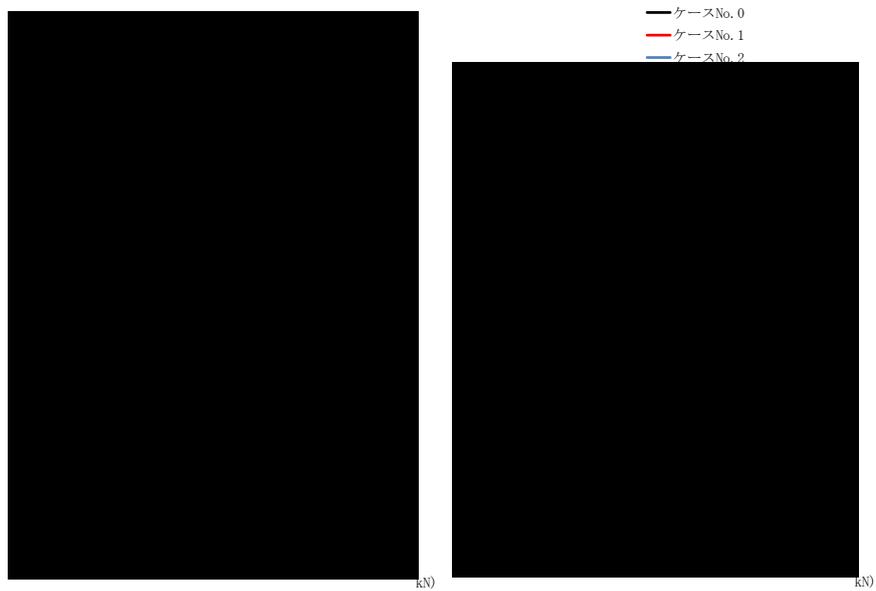
(f) S s - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 ( NS 方向 ) ( 6 / 8 )

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 ( NS 方向 ) ( 6 / 8 )

(f) S s - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( × 10 <sup>3</sup> kN )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



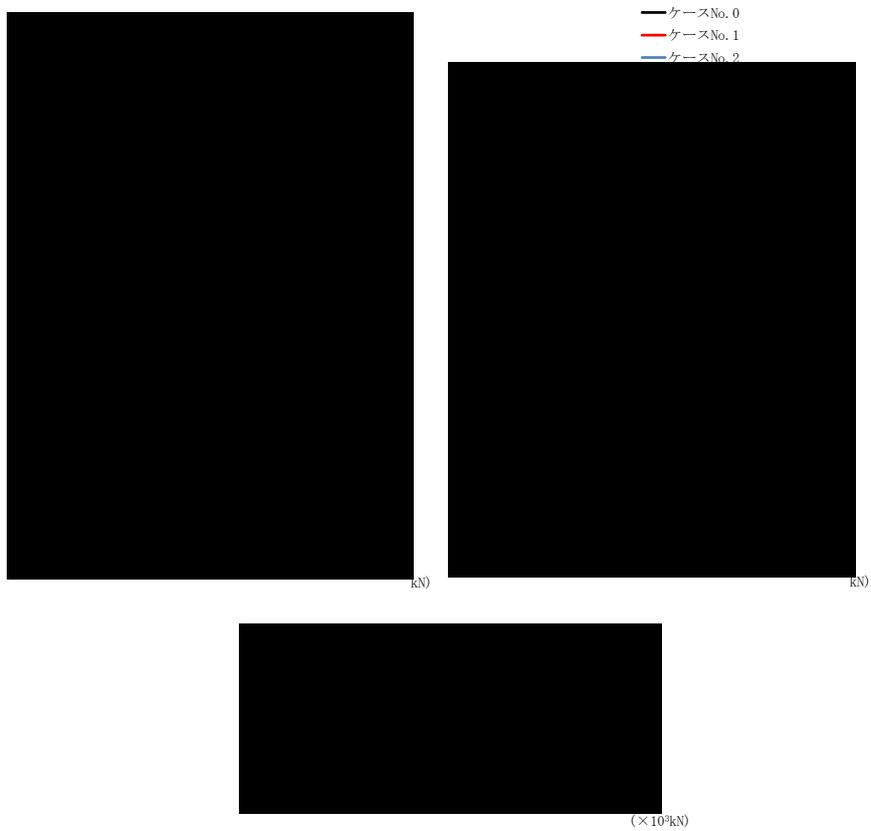
(g) S s - C 4 (NS)

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (7/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



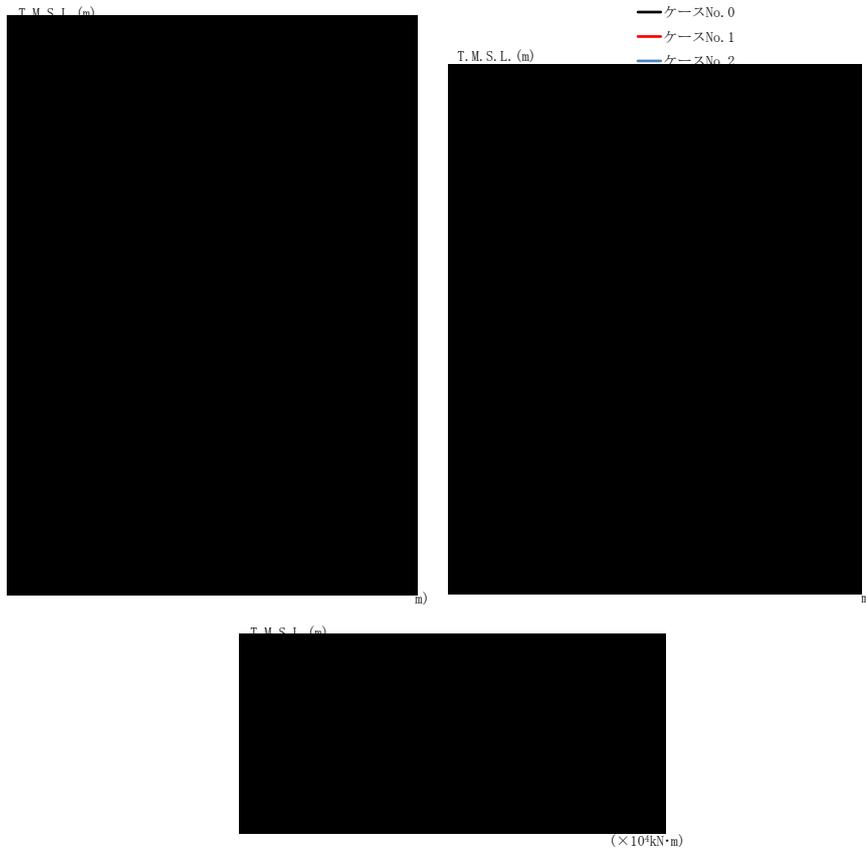
(h) S s - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-3 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (8/8)

第 4. 1. 3-3 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



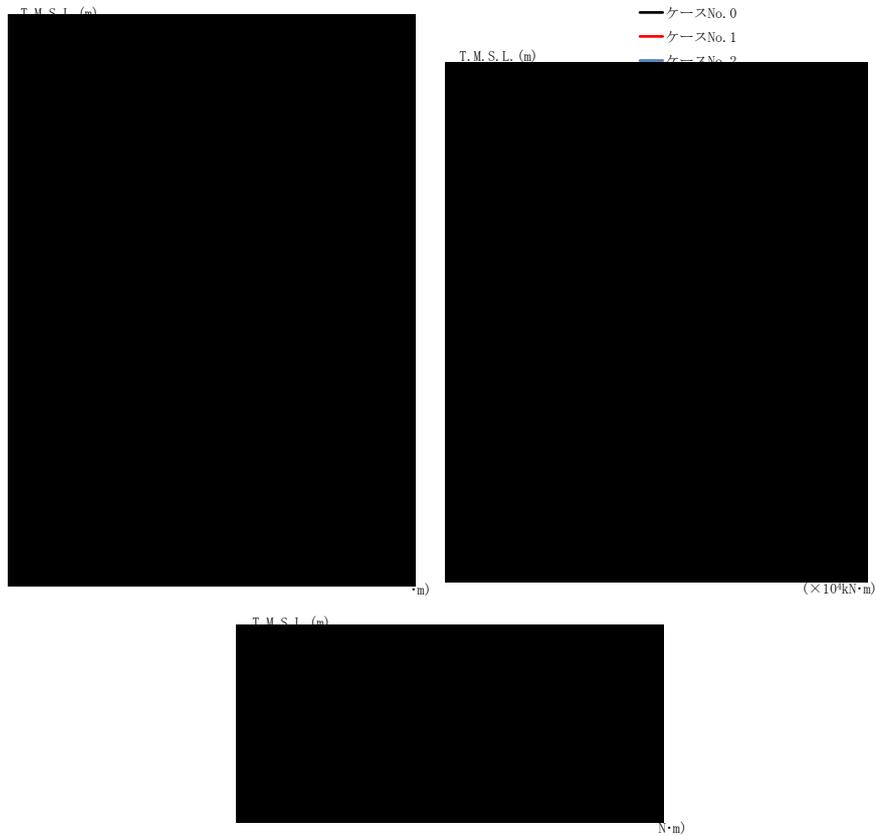
(a) S s - A (H)

第 4.1.3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (1/8)

第 4.1.3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



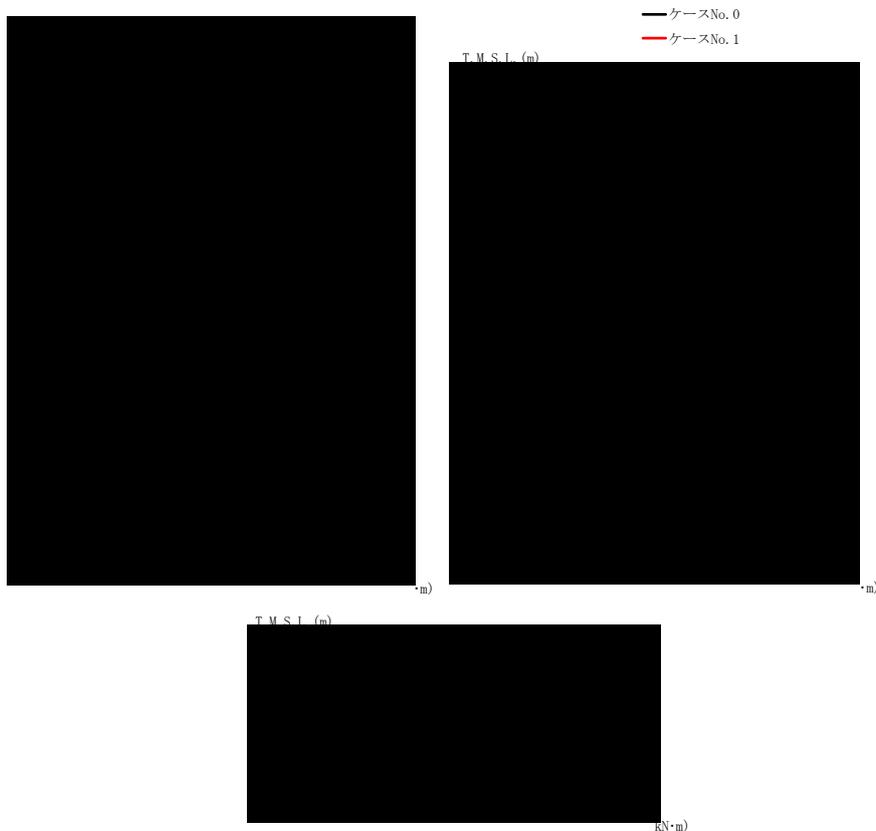
(b) S s - B 3 (NS)

第 4. 1. 3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (2/8)

第 4. 1. 3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (NS)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



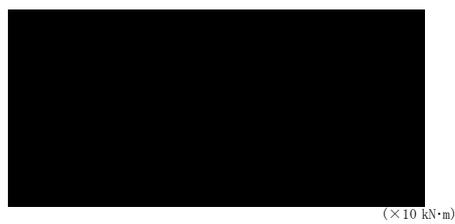
(c) S s - B 4 (NS)

第 4. 1. 3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (3/8)

第 4. 1. 3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



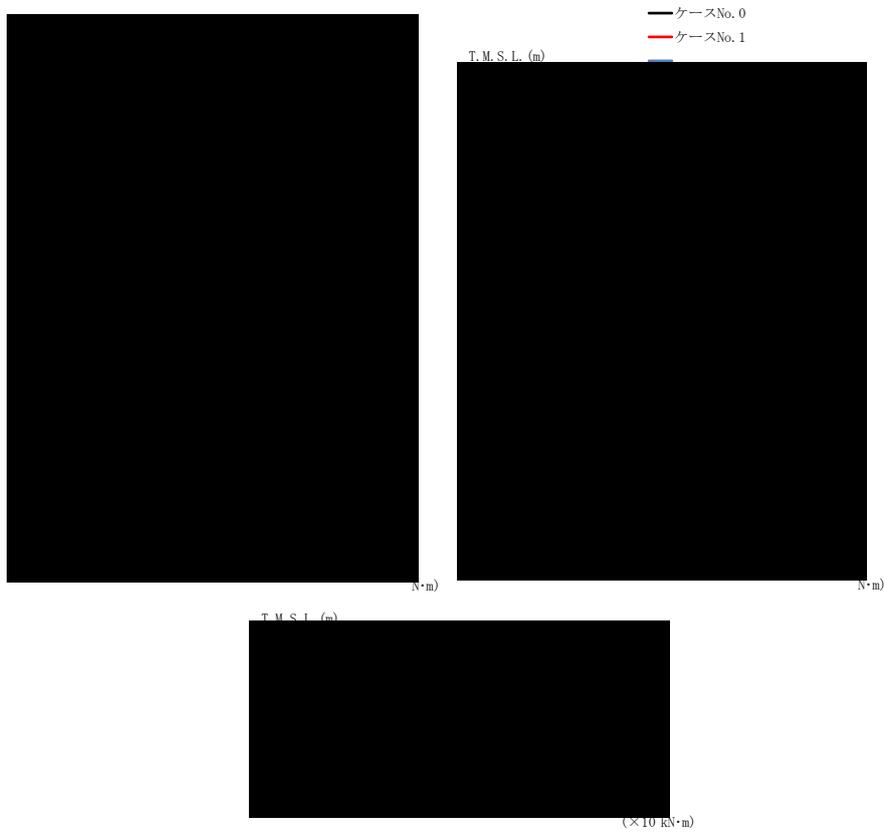
(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN・m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



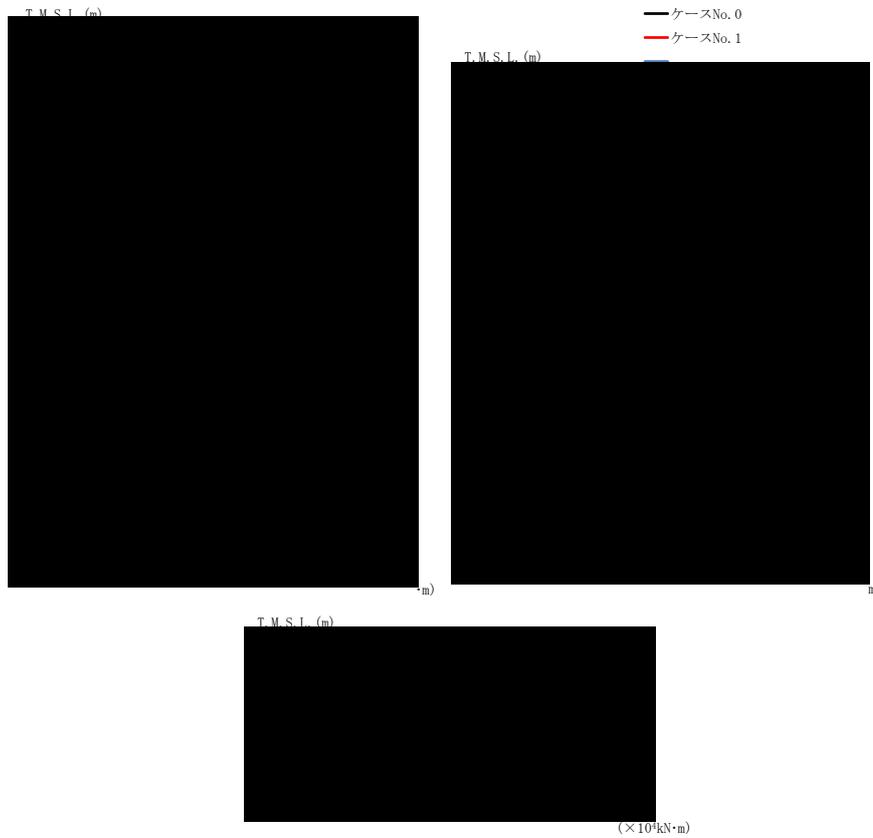
(e) S s - C 3 (NS)

第 4. 1. 3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (5/8)

第 4. 1. 3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(f) S s - C 3 (EW)

第 4.1.3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (6/8)

第 4.1.3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



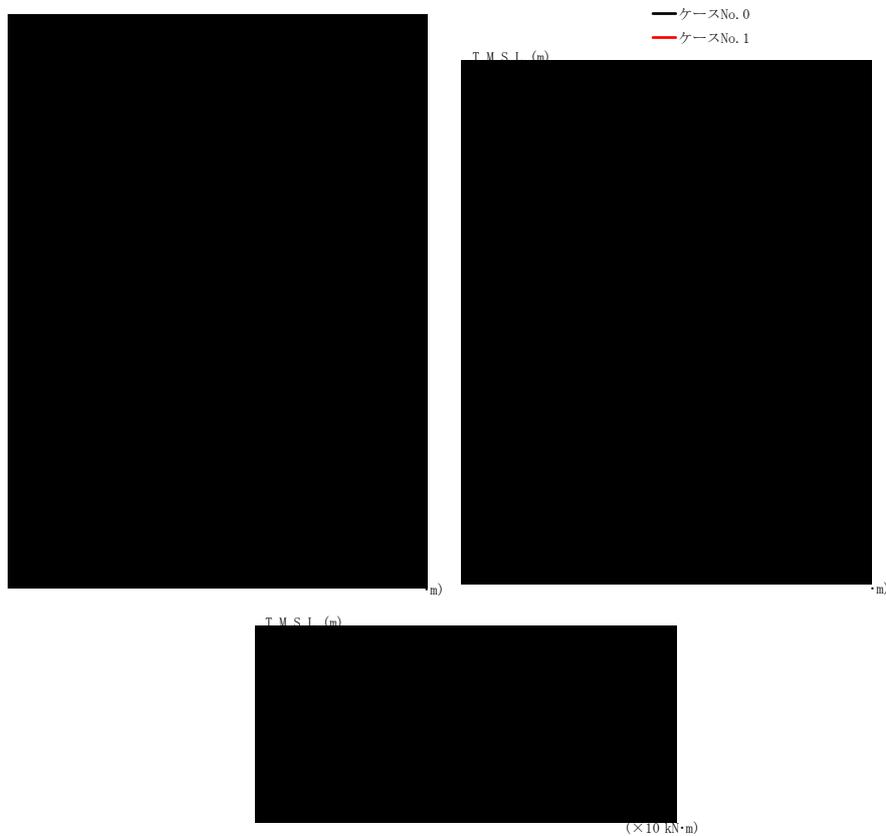
(g) S s - C 4 (NS)

第 4. 1. 3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (7/8)

第 4. 1. 3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(h) S s - C 4 (EW)

第 4.1.3-4 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (8/8)

第 4.1.3-4 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



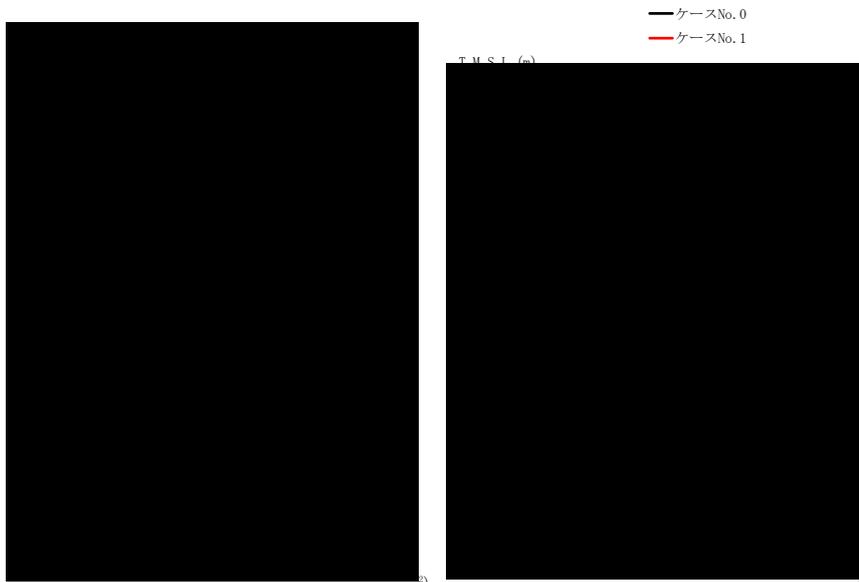
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



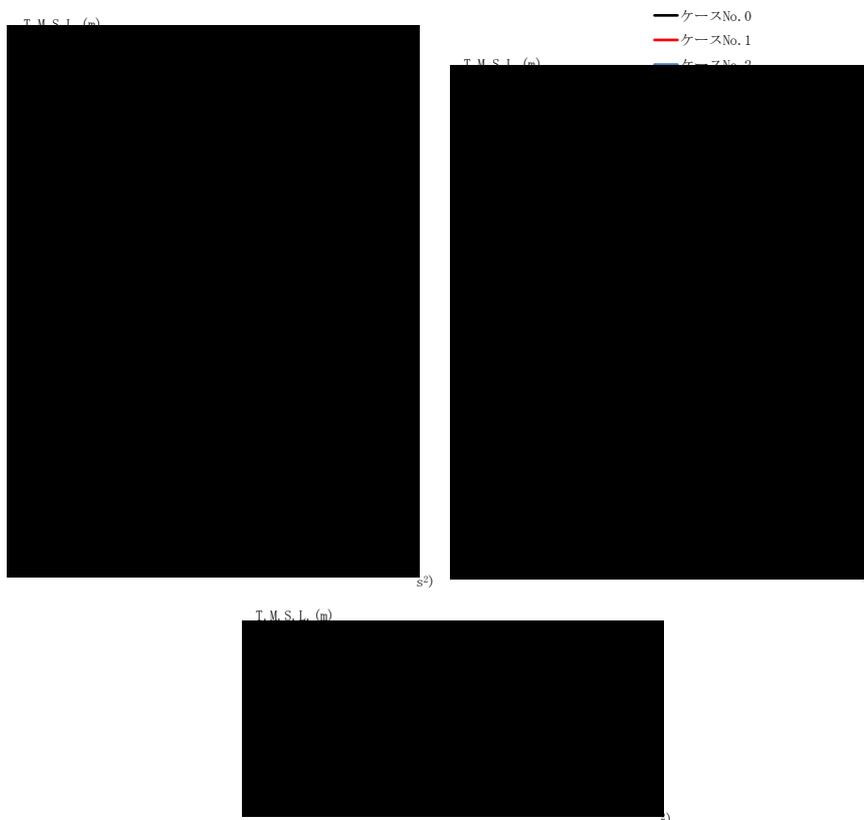
(b) S s - B 3 (EW)

第 4.1.3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (2/8)

第 4.1.3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



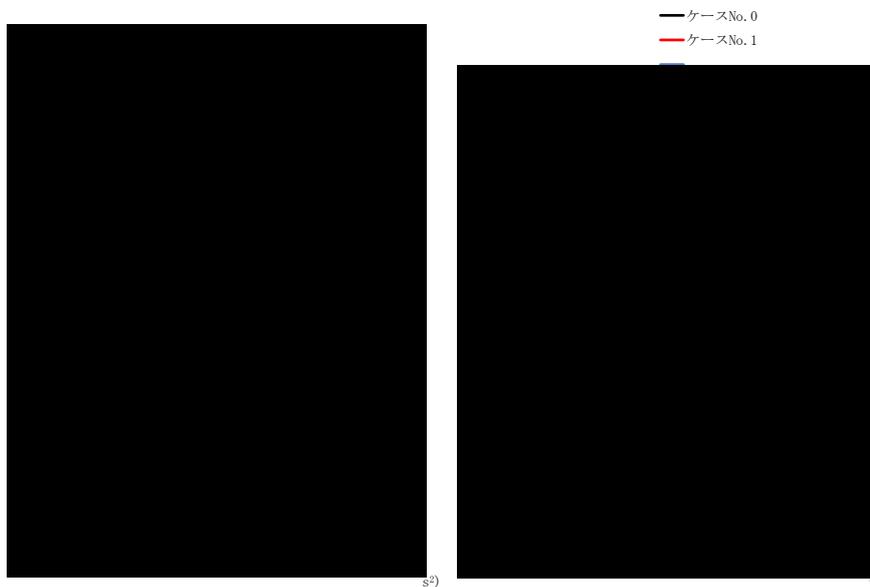
(c) S s - B 4 (EW)

第 4.1.3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (3/8)

第 4.1.3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



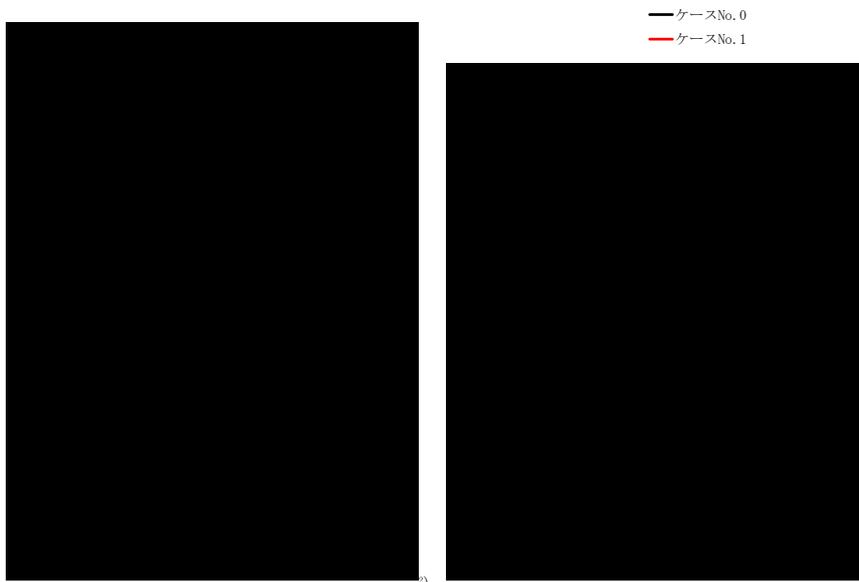
(e) S s - C 3 (NS)

第 4.1.3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (5/8)

第 4.1.3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



T. M. S. L. (m)



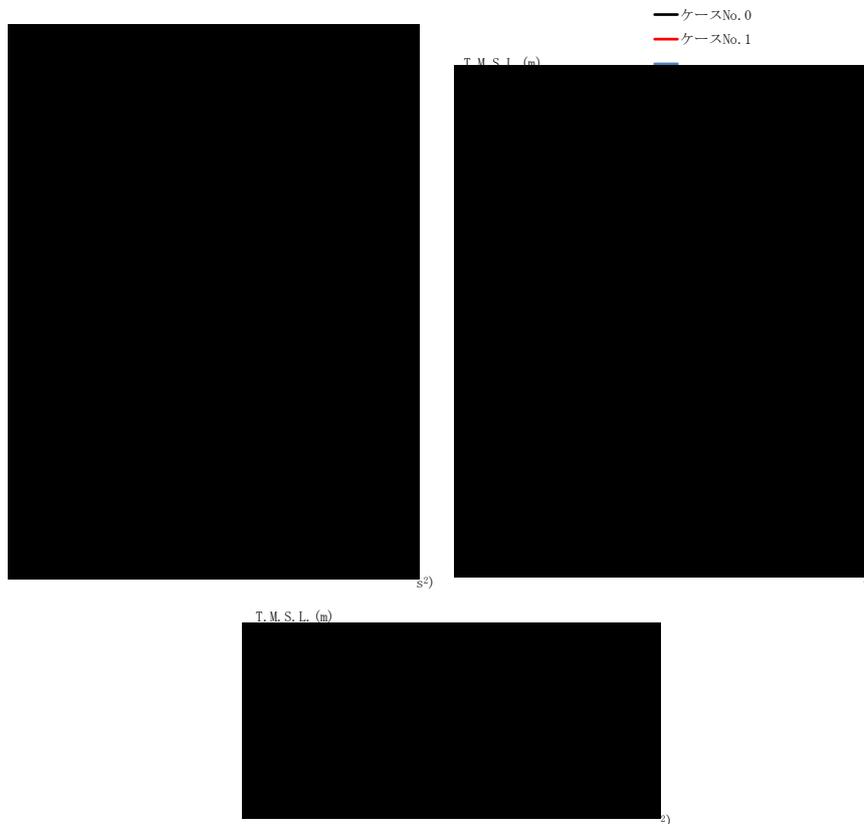
(f) S s - C 3 (EW)

第 4. 1. 3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (6/8)

第 4. 1. 3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



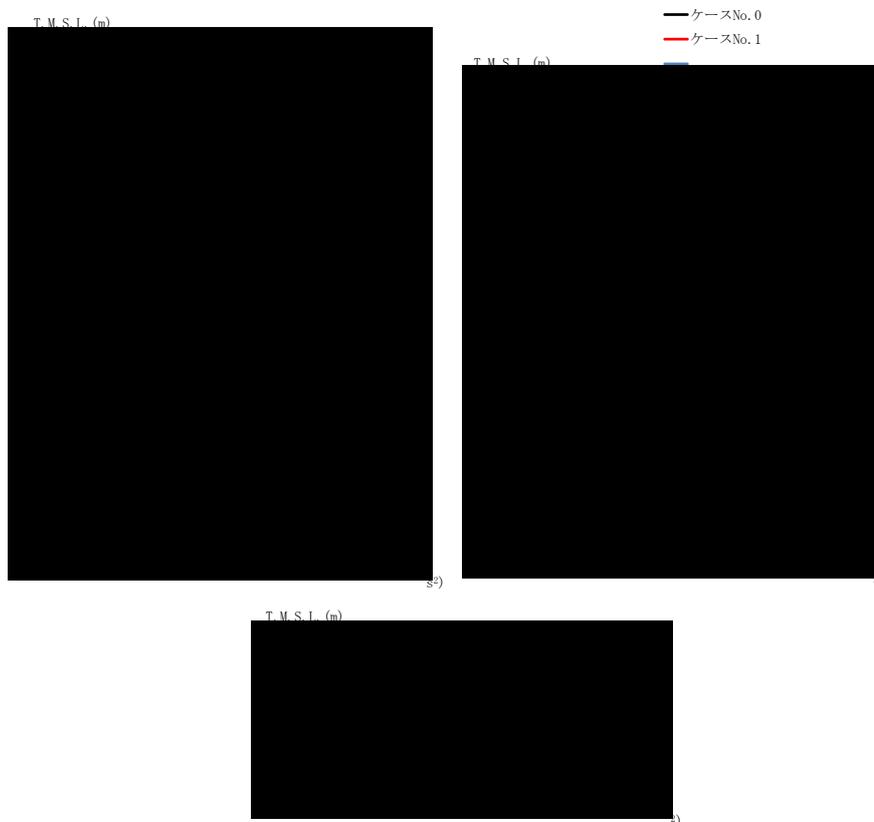
(g) S s - C 4 (NS)

第 4. 1. 3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (7/8)

第 4. 1. 3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



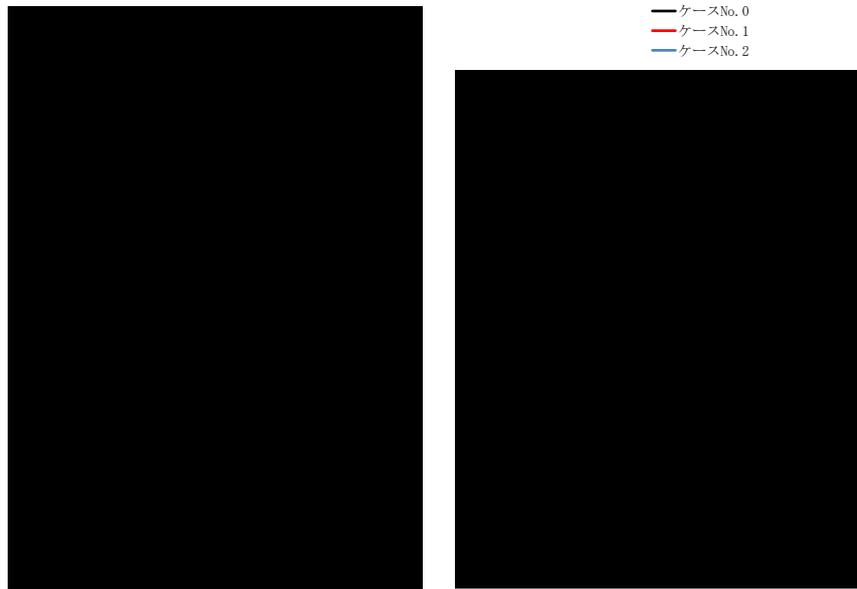
(h) S s - C 4 (EW)

第 4.1.3-5 図 最大応答加速度 (EW 方向) (8/8)

第 4.1.3-5 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



— ケースNo. 0  
 — ケースNo. 1  
 — ケースNo. 2



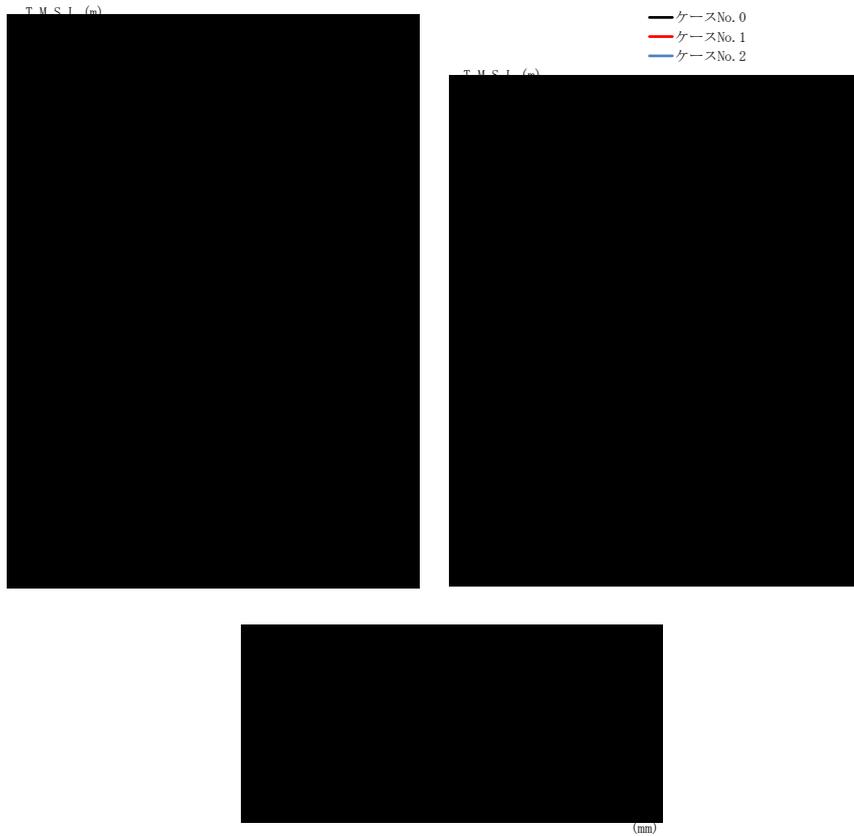
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



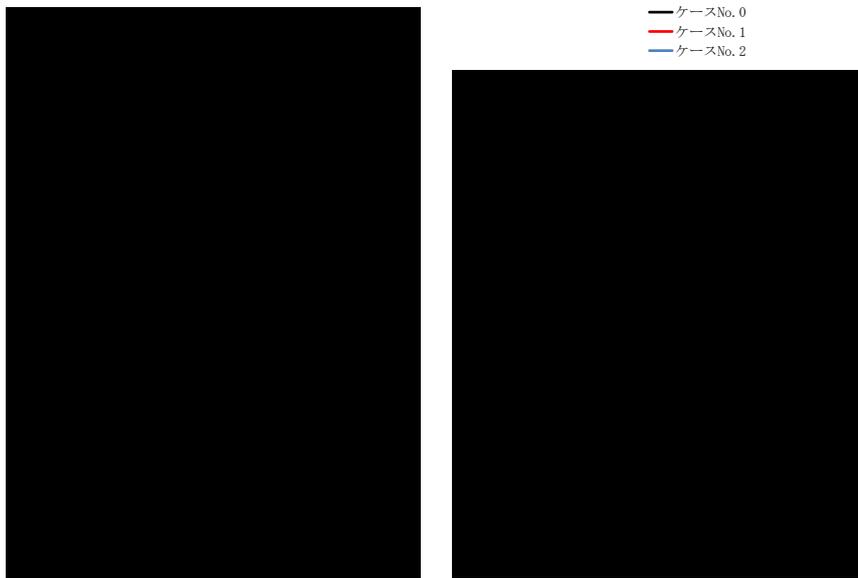
(b) S s - B 3 (EW)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (2/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(mm)

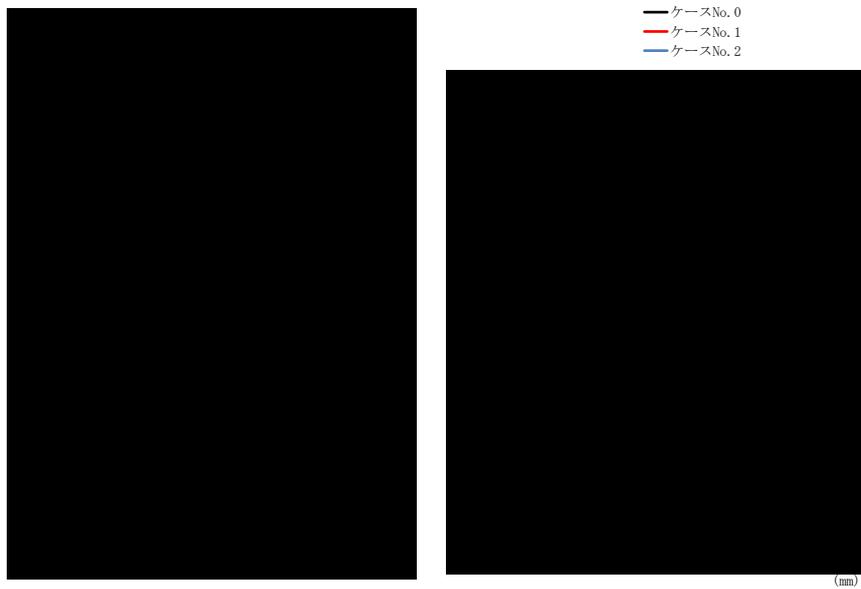
(c) S s - B 4 ( E W )

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 ( E W 方向 ) ( 3 / 8 )

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 ( E W 方向 ) ( 3 / 8 )

(c) S s - B 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



T. M. S. L. (m)



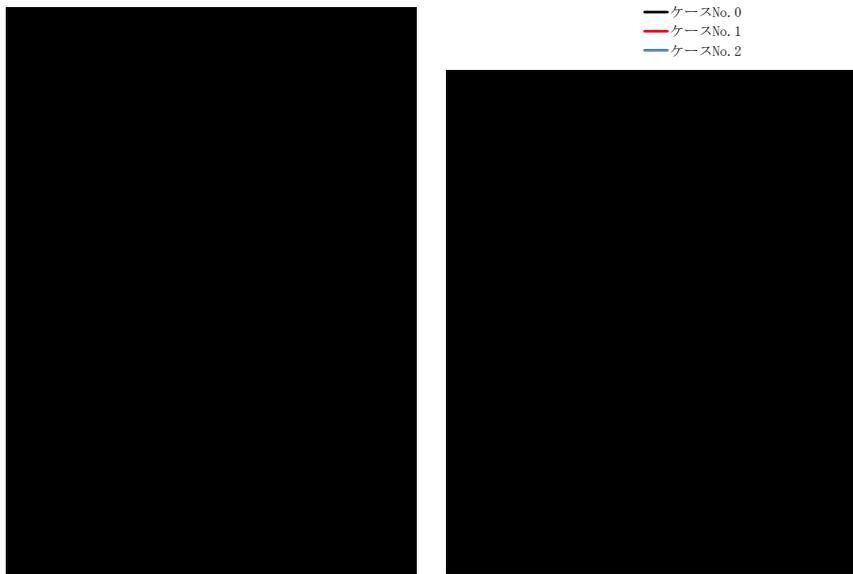
(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



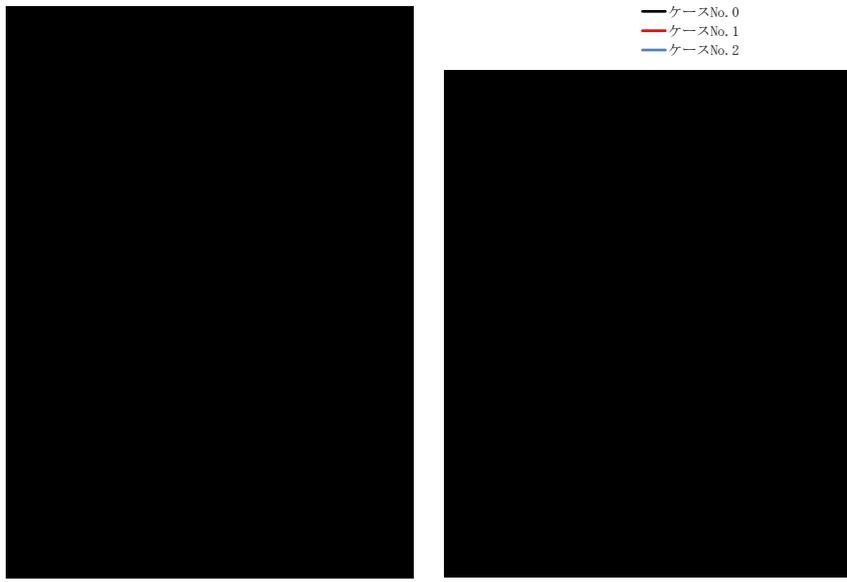
(e) S s - C 3 (NS)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (5/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



T. M. S. L. (m)

(mm)

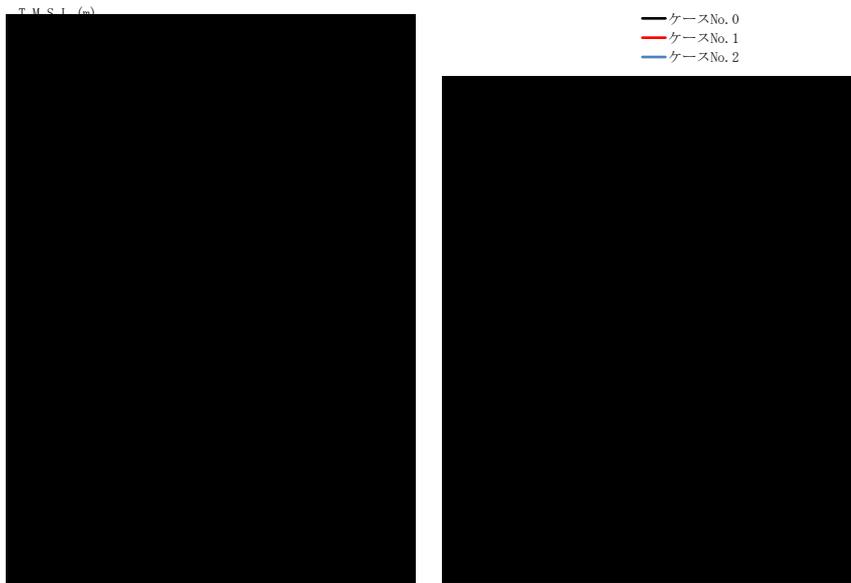
(f) S s - C 3 (EW)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (6/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(mm)

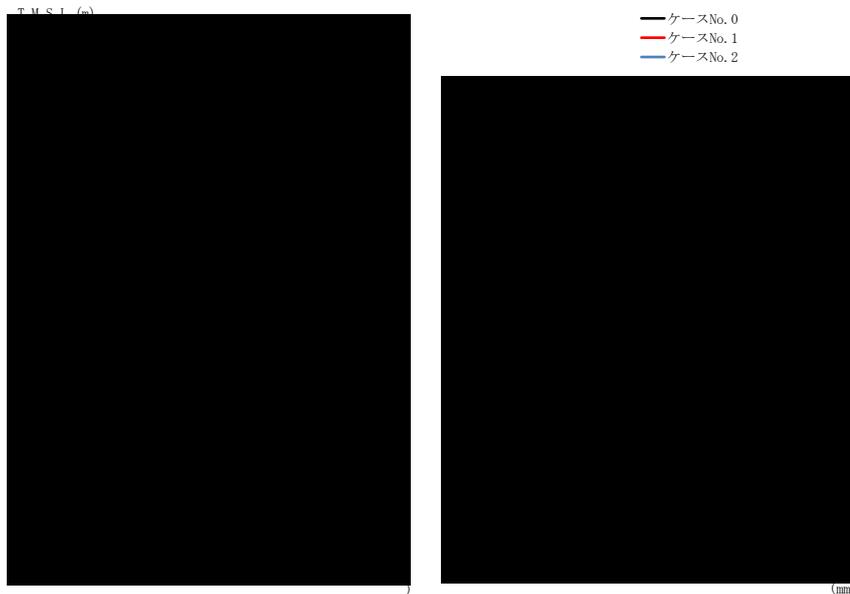
(g) S s - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (7/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



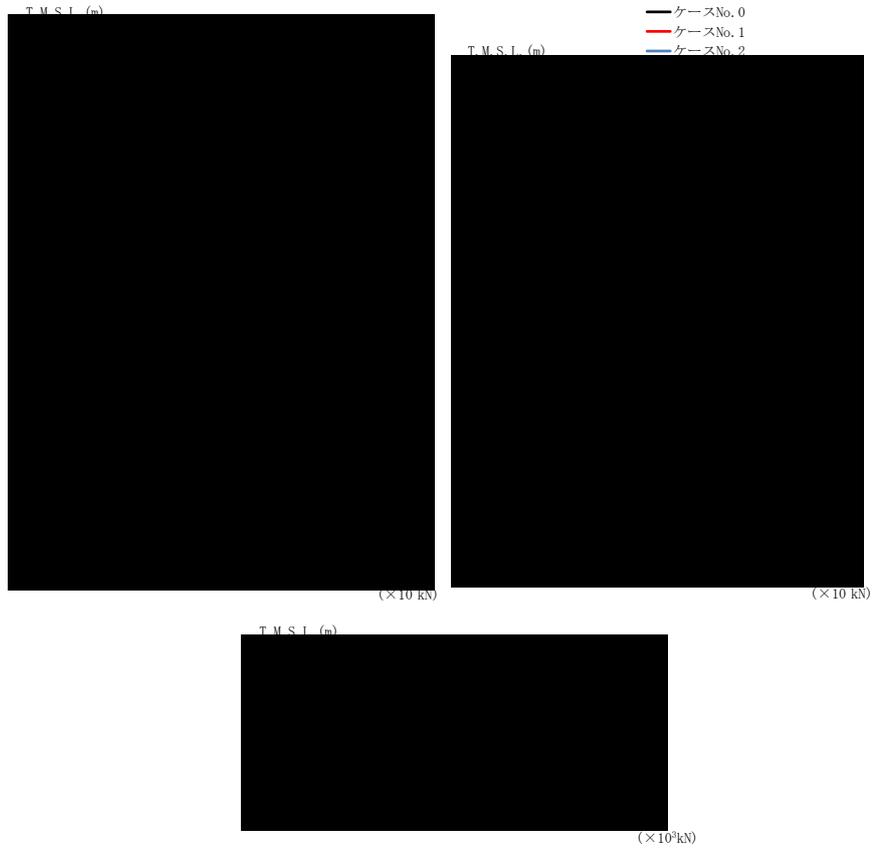
(h) S s - C 4 (EW)

第 4. 1. 3-6 図 最大応答変位 (EW 方向) (8/8)

第 4. 1. 3-6 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



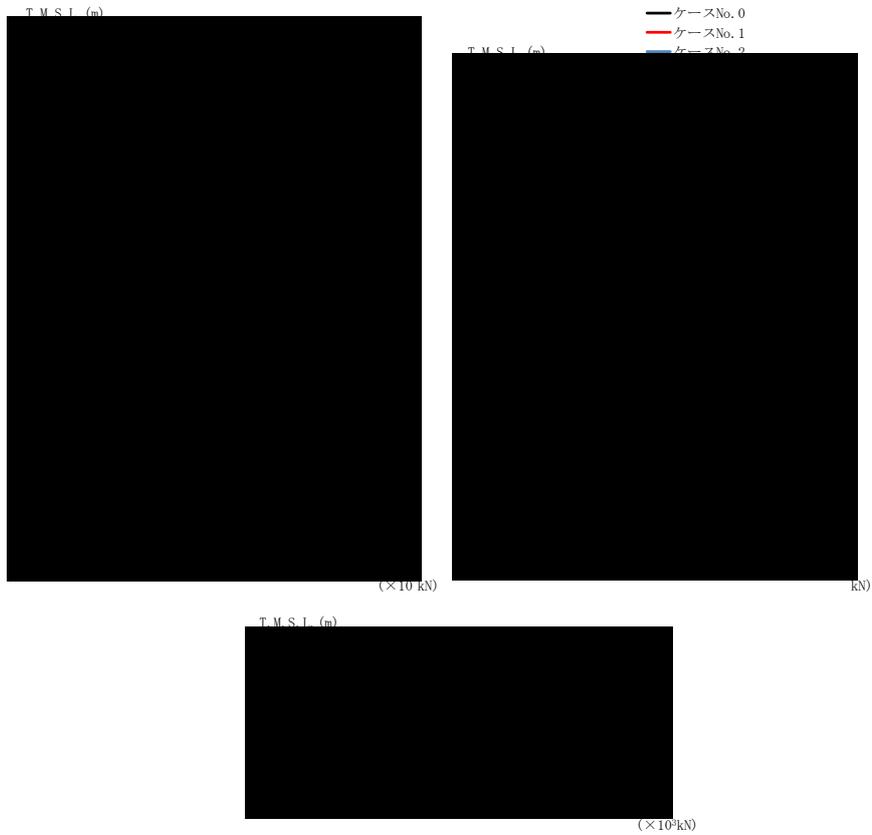
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



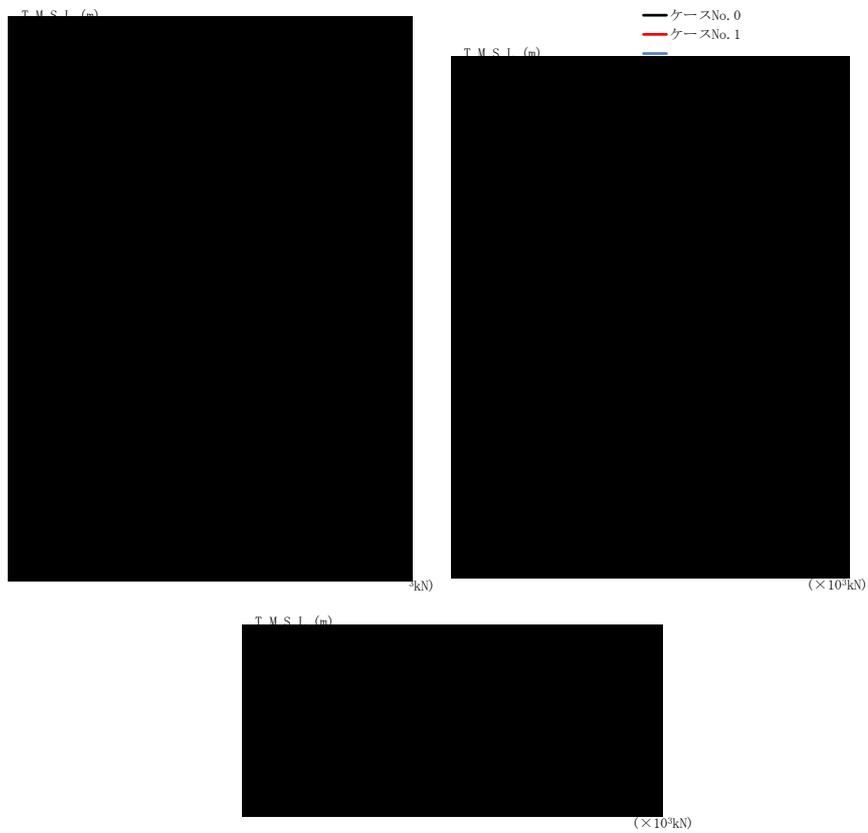
(b) S s - B 3 (EW)

第 4.1.3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (2/8)

第 4.1.3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



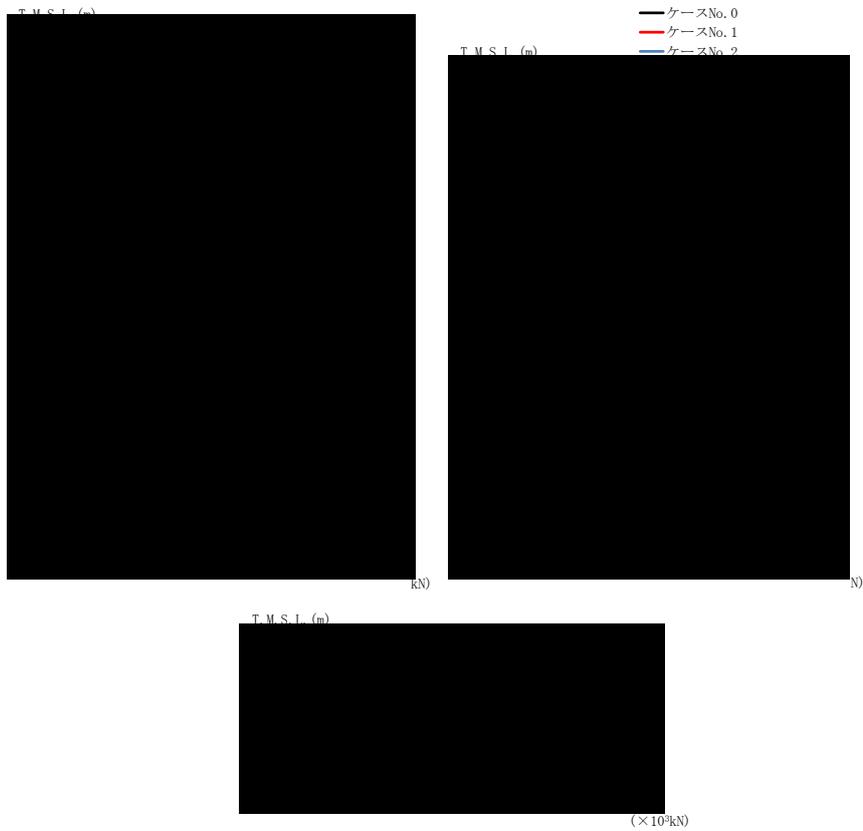
(c) S s - B 4 (EW)

第 4.1.3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (3/8)

第 4.1.3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



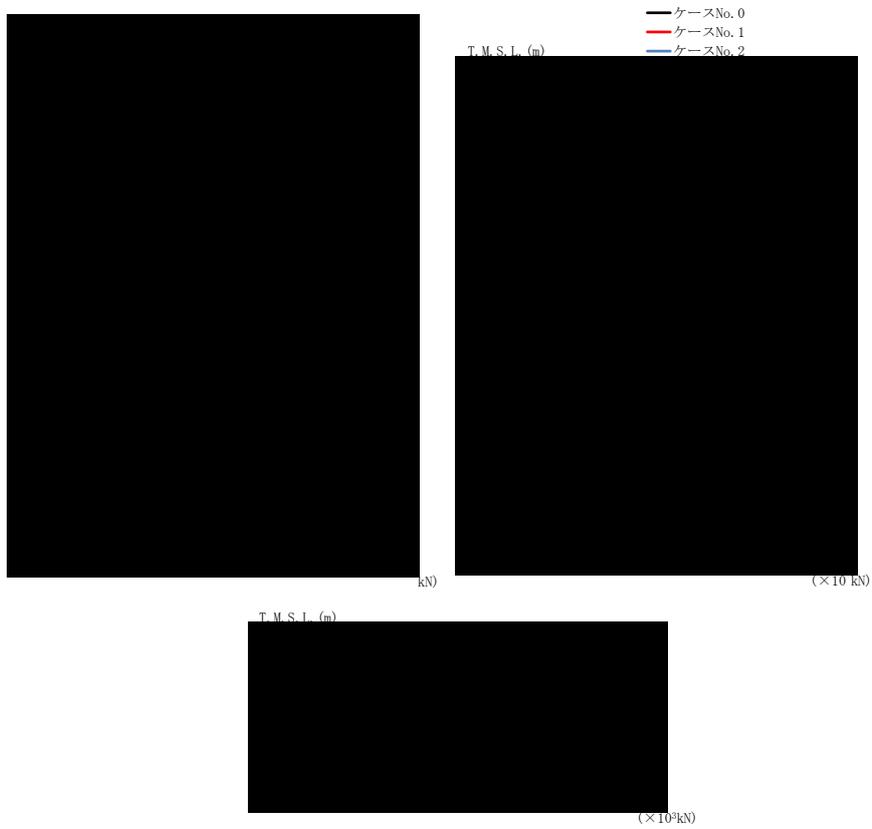
(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



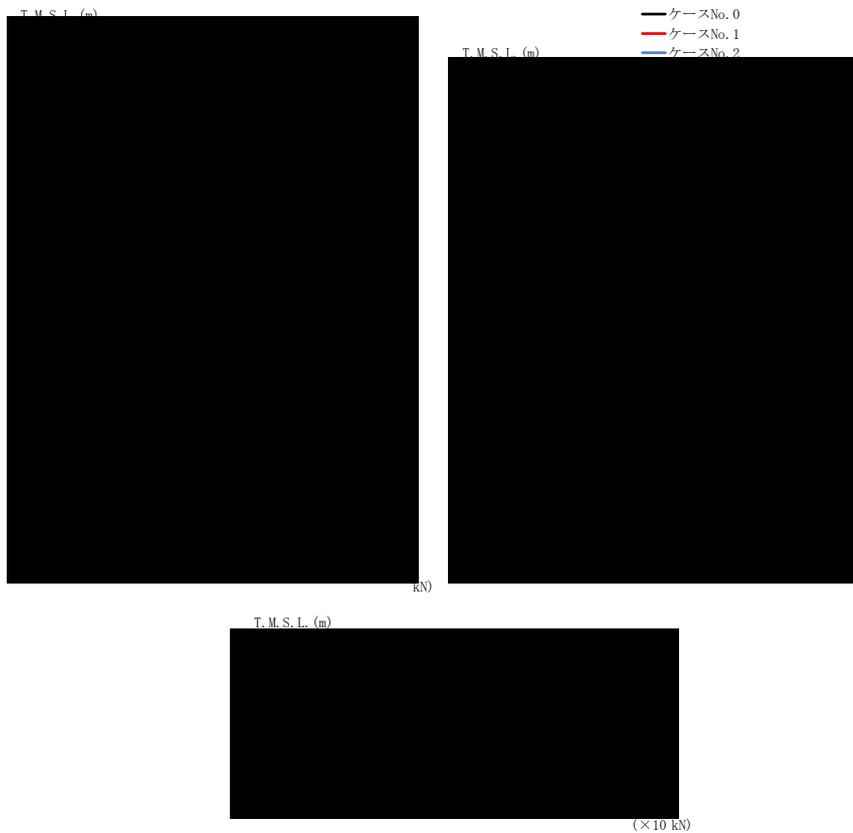
(e) S s - C 3 (NS)

第 4.1.3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (5/8)

第 4.1.3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



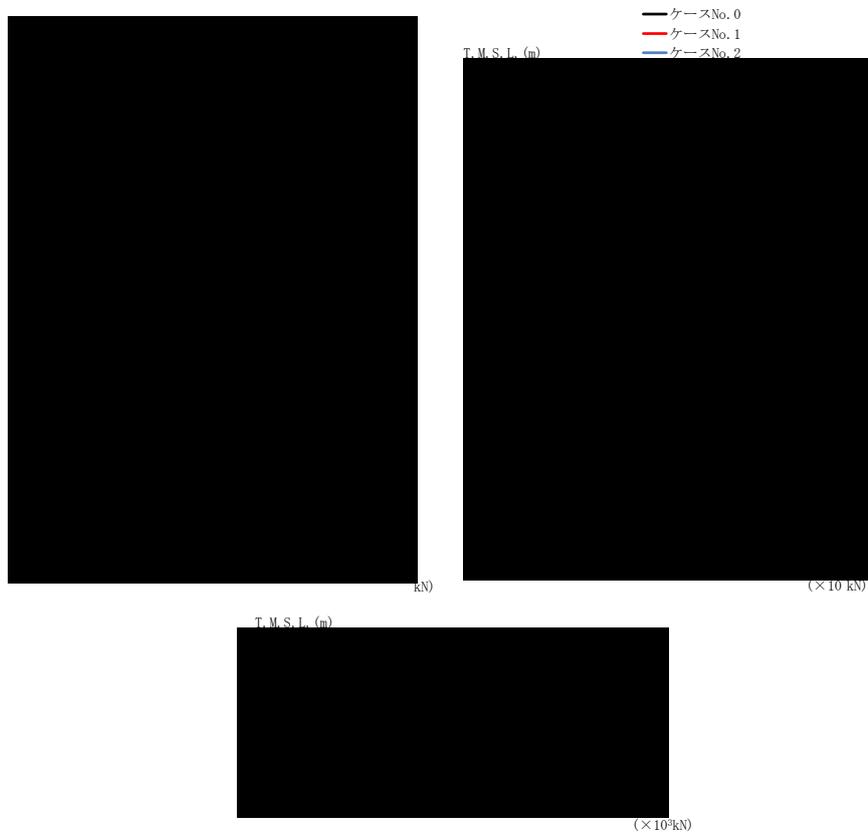
(f) S s - C 3 (EW)

第 4. 1. 3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (6/8)

第 4. 1. 3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



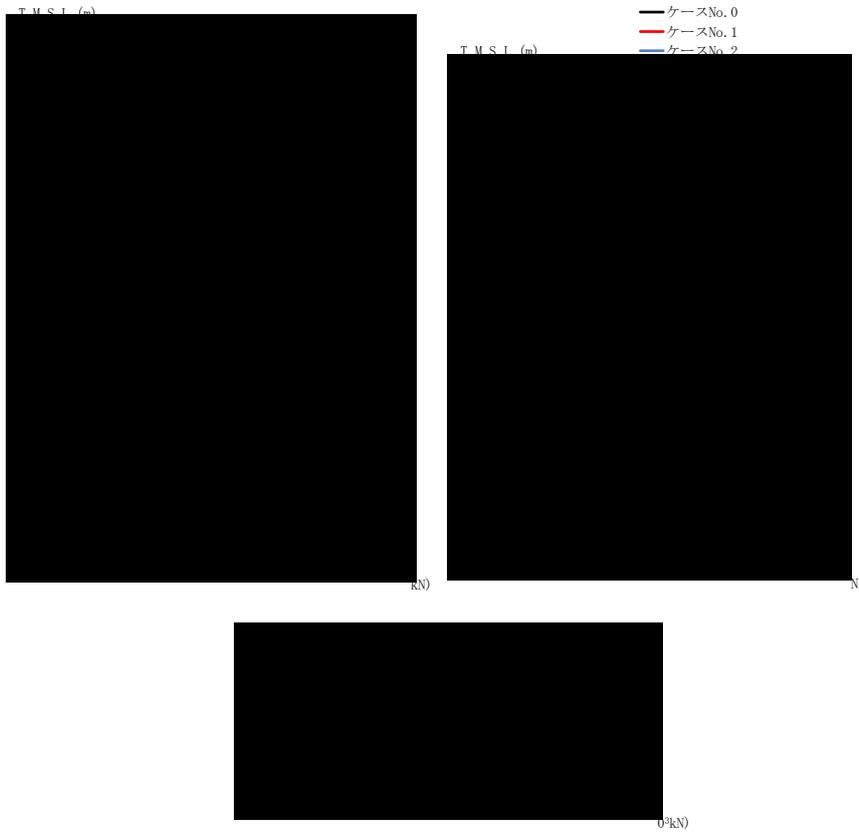
(g) S s - C 4 (NS)

第 4.1.3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (7/8)

第 4.1.3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



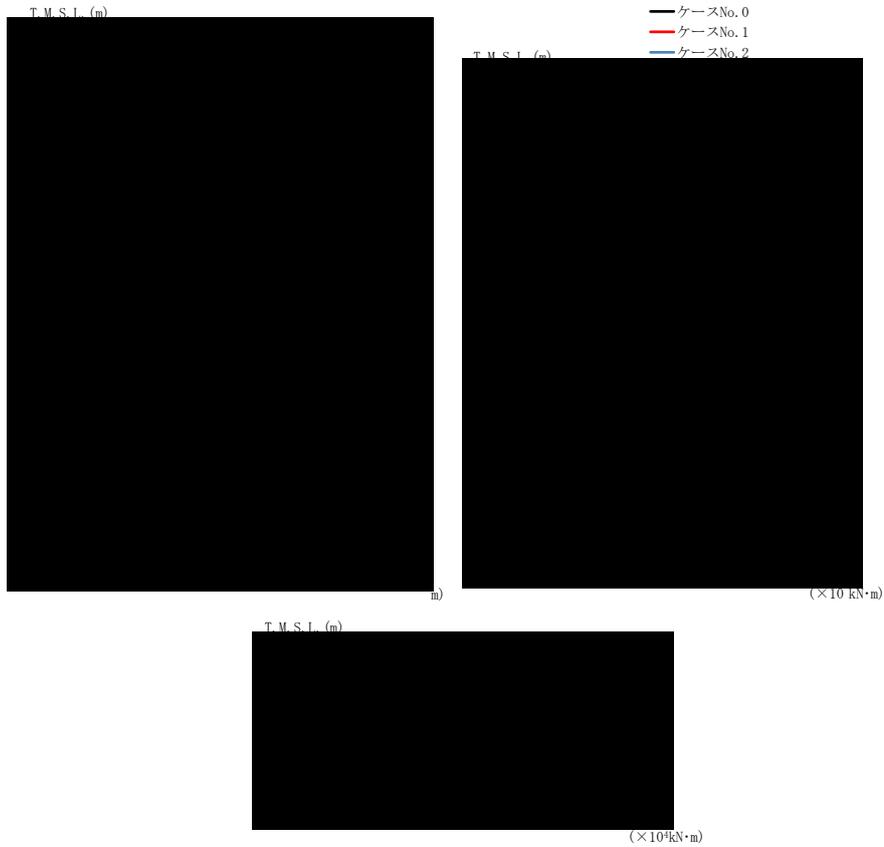
(h) S s - C 4 (EW)

第 4.1.3-7 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (8/8)

第 4.1.3-7 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



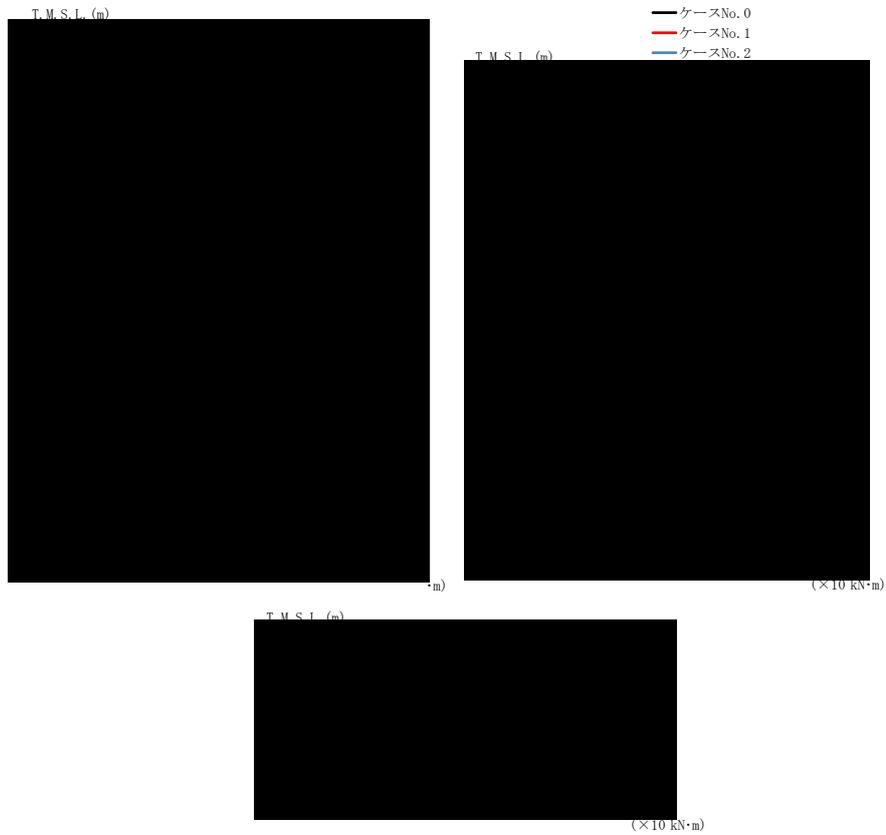
(a) S s - A (H)

第 4. 1. 3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (1/8)

第 4. 1. 3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (1/8)

(a) S s - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



(b) S s - B 3 (EW)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (2/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (2/8)

(b) S s - B 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



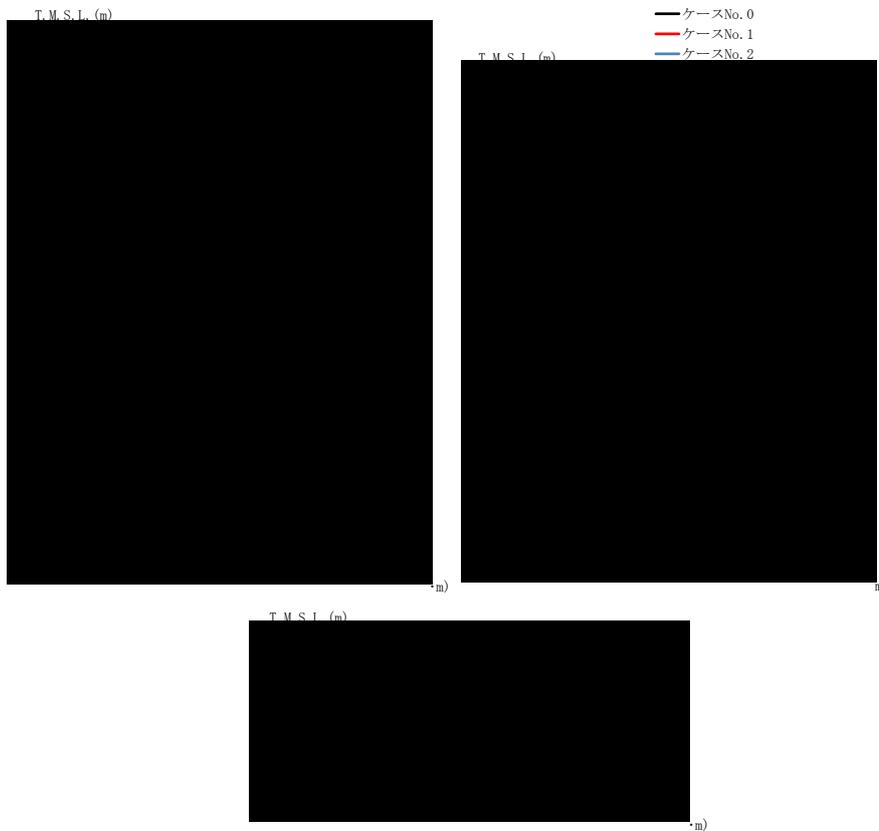
(c) S s - B 4 (EW)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (3/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (3/8)

(c) S s - B 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



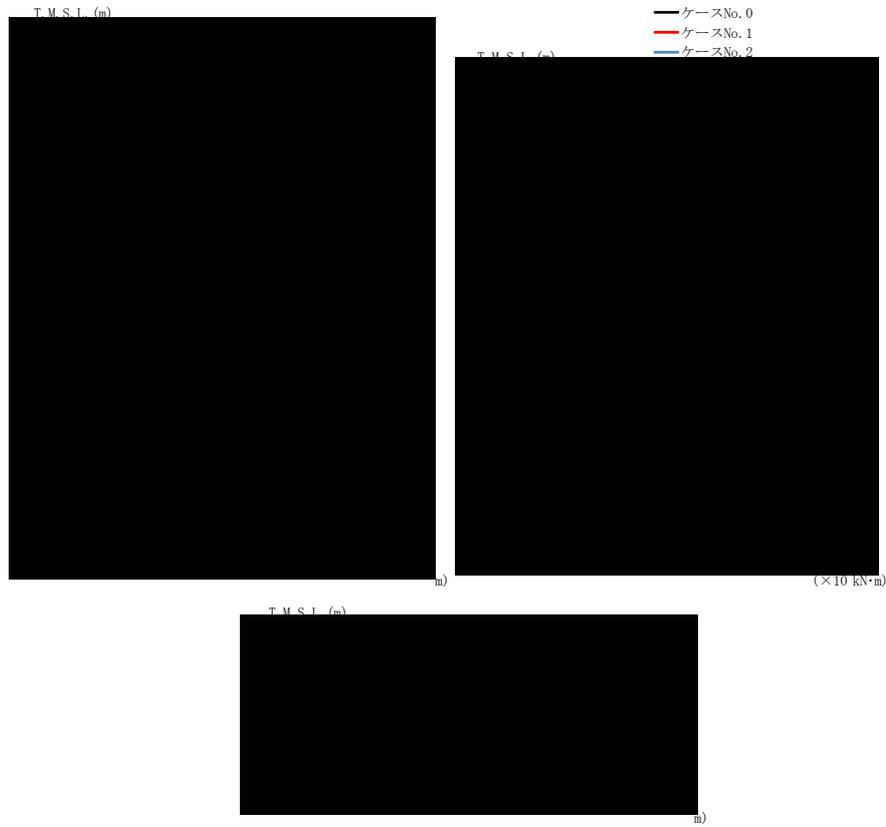
(d) S s - C 1 (N S E W)

第 4. 1. 3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (4/8)

第 4. 1. 3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (4/8)

(d) S s - C 1 (N S E W)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



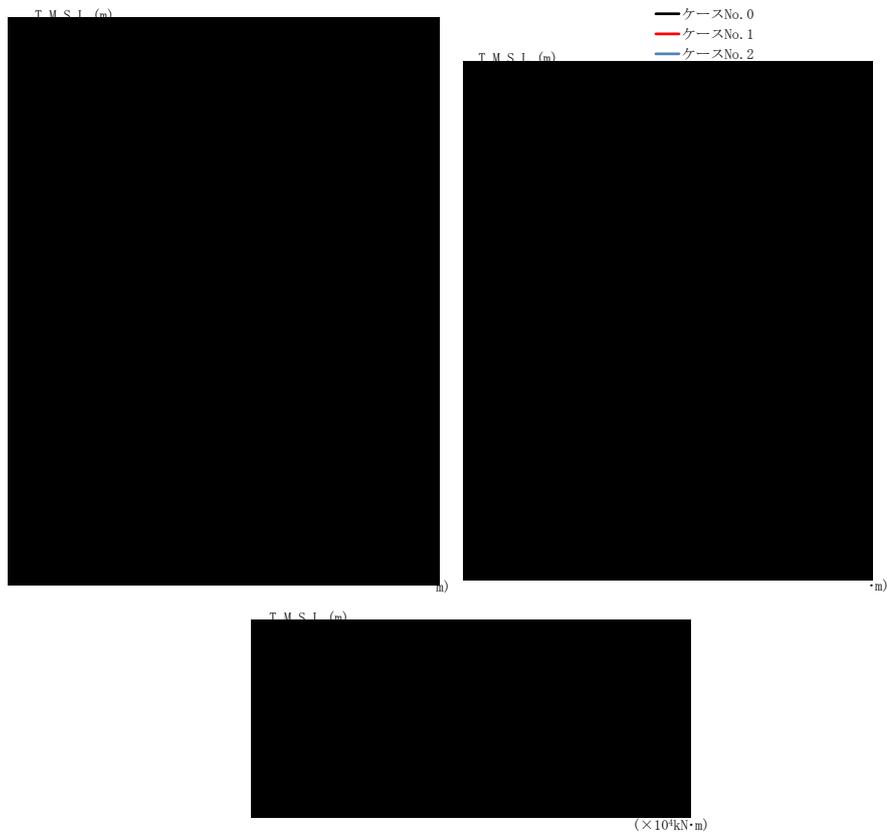
(e) S s - C 3 (NS)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (5/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (5/8)

(e) S s - C 3 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



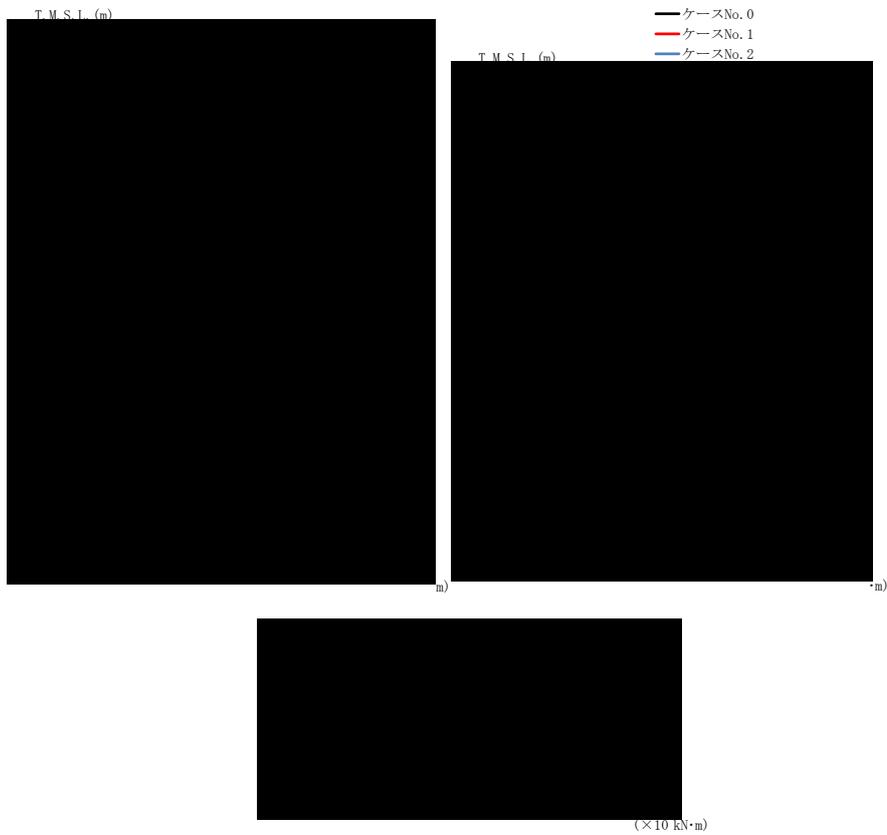
(f) S s - C 3 (EW)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (6/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (6/8)

(f) S s - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



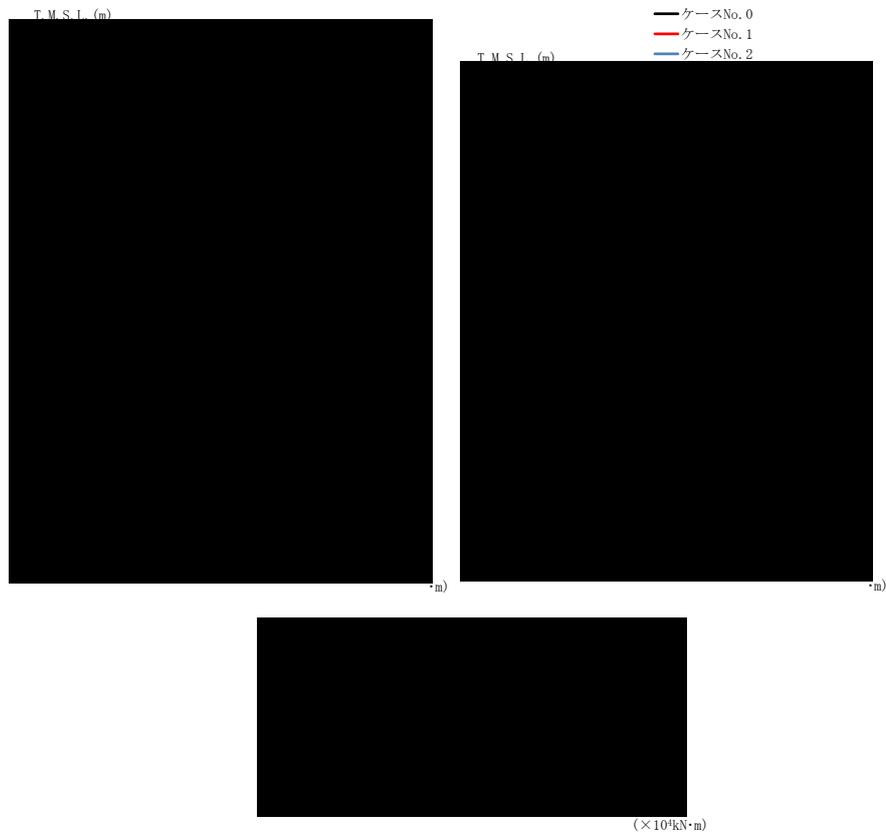
(g) S s - C 4 (NS)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (7/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (7/8)

(g) S s - C 4 (NS)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



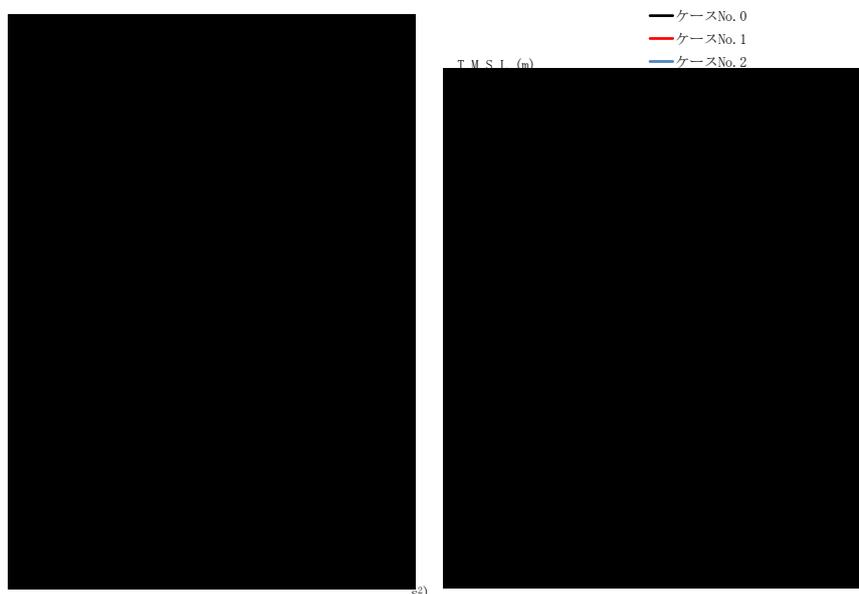
(h) S s - C 4 (EW)

第 4.1.3-8 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (8/8)

第 4.1.3-8 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (8/8)

(h) S s - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



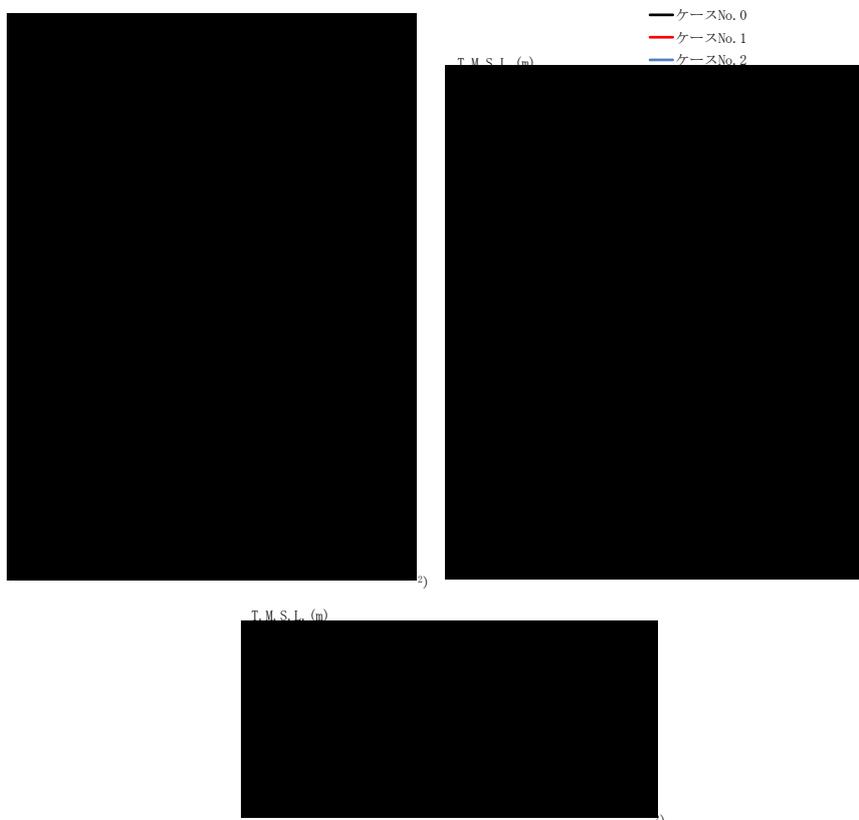
(a) S s - A (V)

第 4. 1. 3-9 図 最大応答加速度（鉛直方向）（1/5）

第 4. 1. 3-9 表 最大応答加速度一覧表（鉛直方向）（1/5）

(a) S s - A (V)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



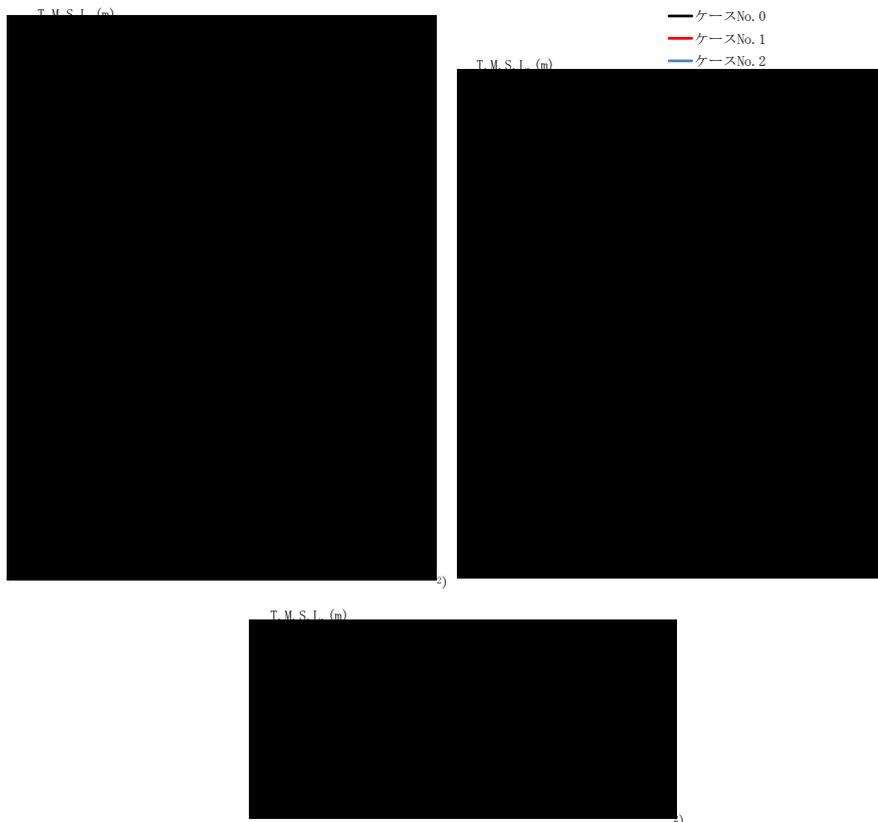
(b) S s - B 3 (UD)

第 4.1.3-9 図 最大応答加速度 (鉛直方向) (2/5)

第 4.1.3-9 表 最大応答加速度一覧表 (鉛直方向) (2/5)

(b) S s - B 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



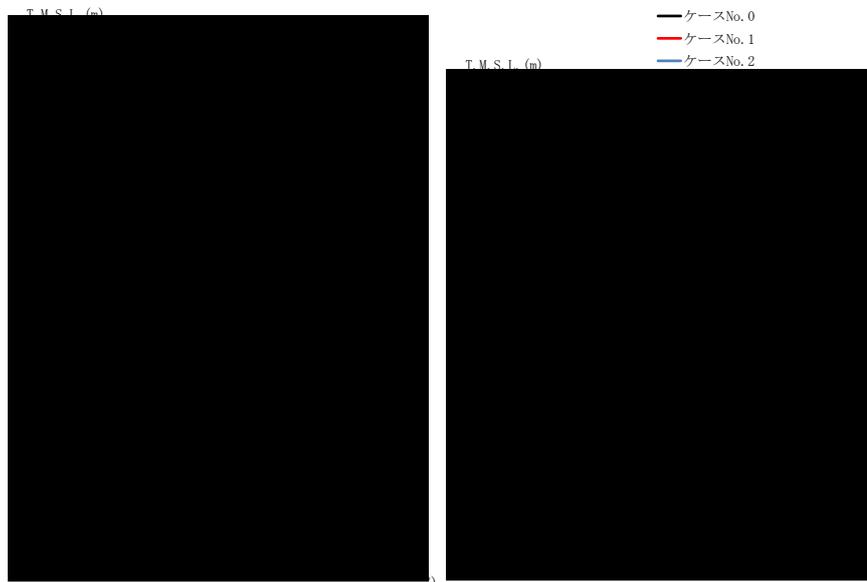
(c) S s - B 4 (UD)

第 4. 1. 3-9 図 最大応答加速度 (鉛直方向) (3/5)

第 4. 1. 3-9 表 最大応答加速度一覧表 (鉛直方向) (3/5)

(c) S s - B 4 (UD)

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



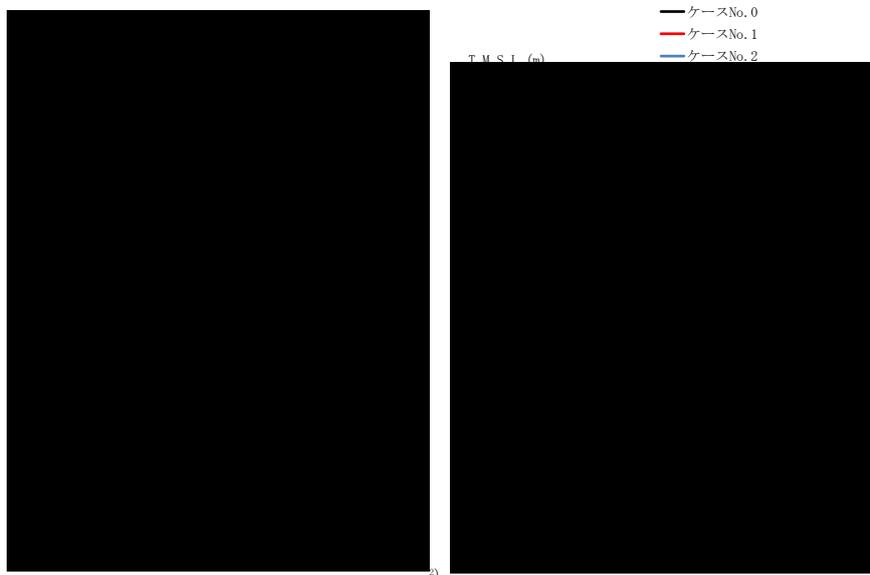
(d) S s - C 1 (UD)

第 4. 1. 3-9 図 最大応答加速度 (鉛直方向) (4/5)

第 4. 1. 3-9 表 最大応答加速度一覧表 (鉛直方向) (4/5)

(d) S s - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



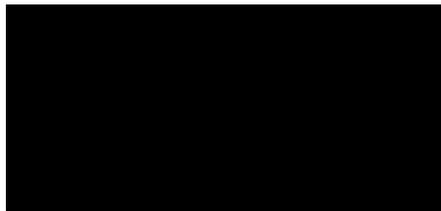
(e) S s - C 3 (UD)

第 4. 1. 3-9 図 最大応答加速度（鉛直方向）（5/5）

第 4. 1. 3-9 表 最大応答加速度一覧表（鉛直方向）（5/5）

(e) S s - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



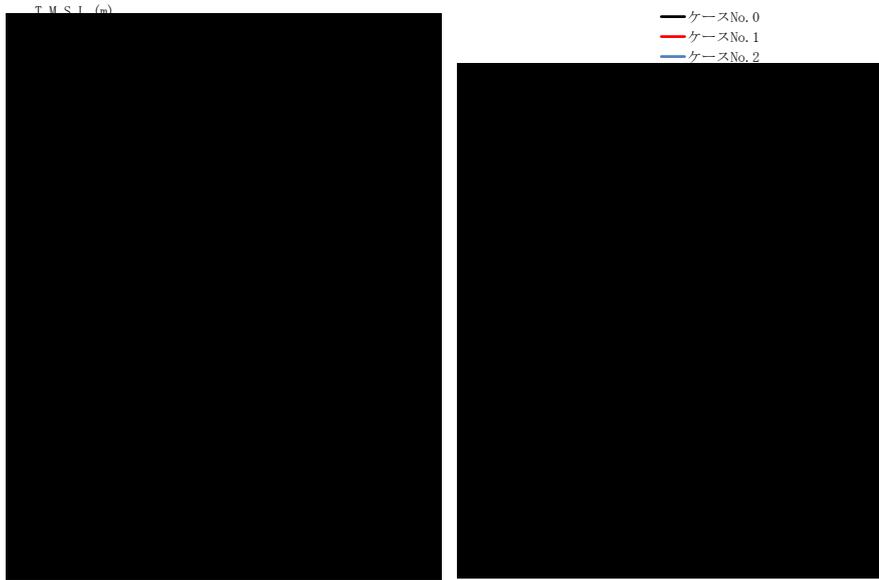
(a) S s - A (V)

第 4.1.3-10 図 最大応答変位 (鉛直方向) (1/5)

第 4.1.3-10 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (1/5)

(a) S s - A (V)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



(b) S s - B 3 (UD)

第 4. 1. 3-10 図 最大応答変位 (鉛直方向) (2/5)

第 4. 1. 3-10 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (2/5)

(b) S s - B 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(c) S s - B 4 (UD)

第 4. 1. 3-10 図 最大応答変位 (鉛直方向) (3/5)

第 4. 1. 3-10 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (3/5)

(c) S s - B 4 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(d) S s - C 1 (UD)

第 4. 1. 3-10 図 最大応答変位 (鉛直方向) (4/5)

第 4. 1. 3-10 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (4/5)

(d) S s - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



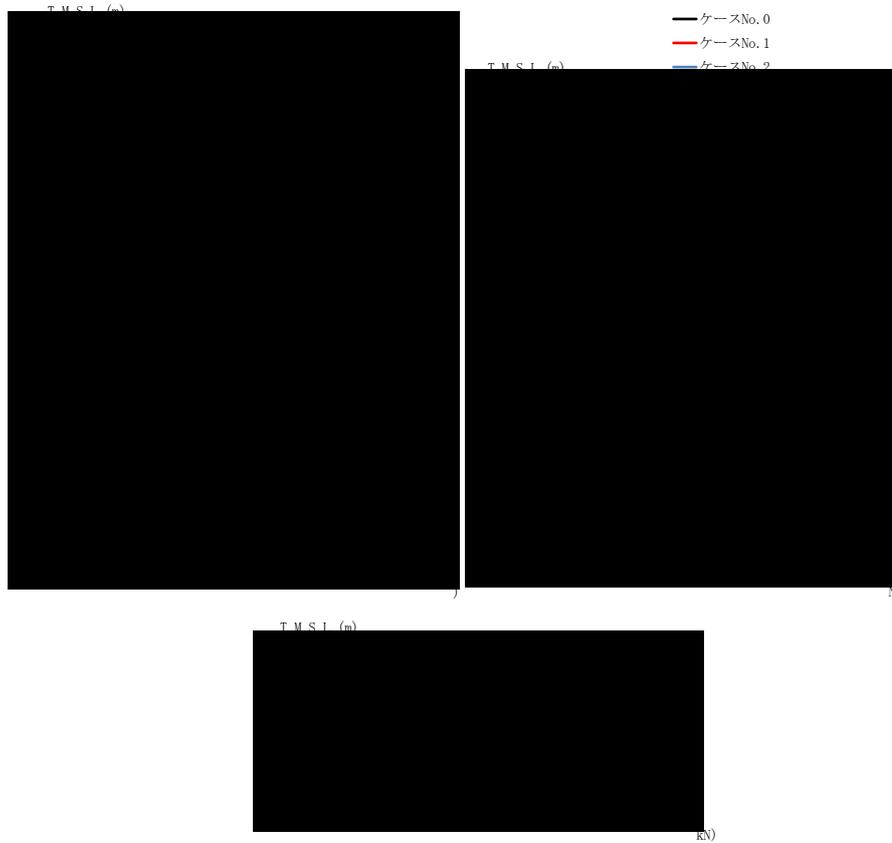
(e) S s - C 3 (UD)

第 4. 1. 3-10 図 最大応答変位 (鉛直方向) (5/5)

第 4. 1. 3-10 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (5/5)

(e) S s - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



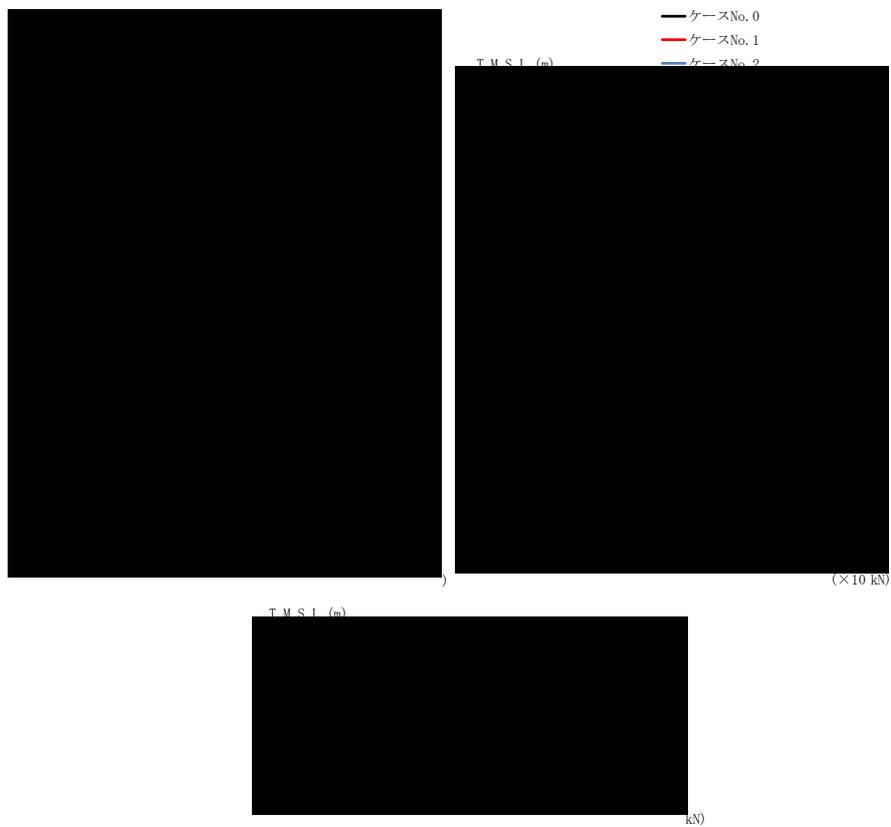
(a) S s - A (V)

第 4. 1. 3-11 図 最大応答軸力（鉛直方向）（1/5）

第 4. 1. 3-11 表 最大応答軸力一覧表（鉛直方向）（1/5）

(a) S s - A (V)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力(×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(b) S s - B 3 (UD)

第 4. 1. 3-11 図 最大応答軸力 (鉛直方向) (2/5)

第 4. 1. 3-11 表 最大応答軸力一覧表 (鉛直方向) (2/5)

(b) S s - B 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



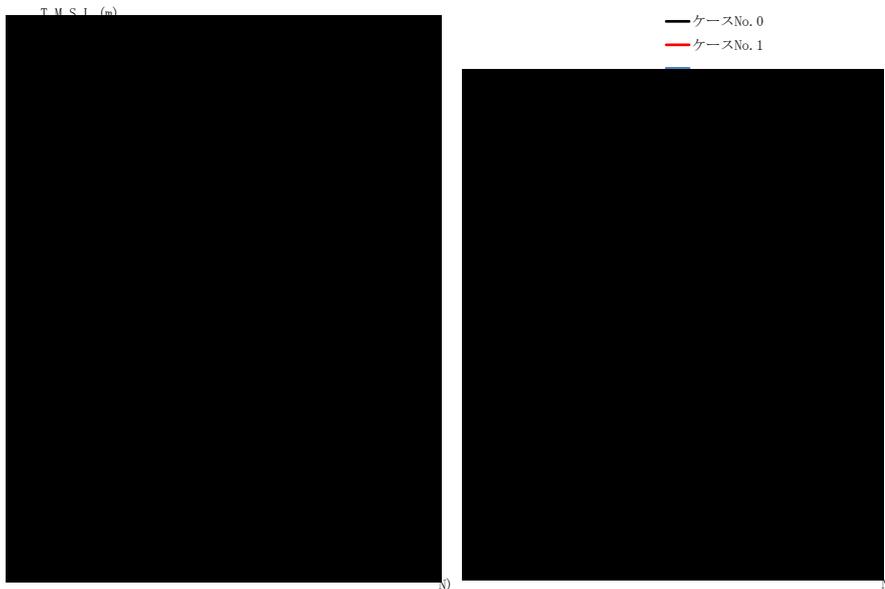
(c) S s - B 4 (UD)

第 4.1.3-11 図 最大応答軸力（鉛直方向）（3/5）

第 4.1.3-11 表 最大応答軸力一覧表（鉛直方向）（3/5）

(c) S s - B 4 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力(×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



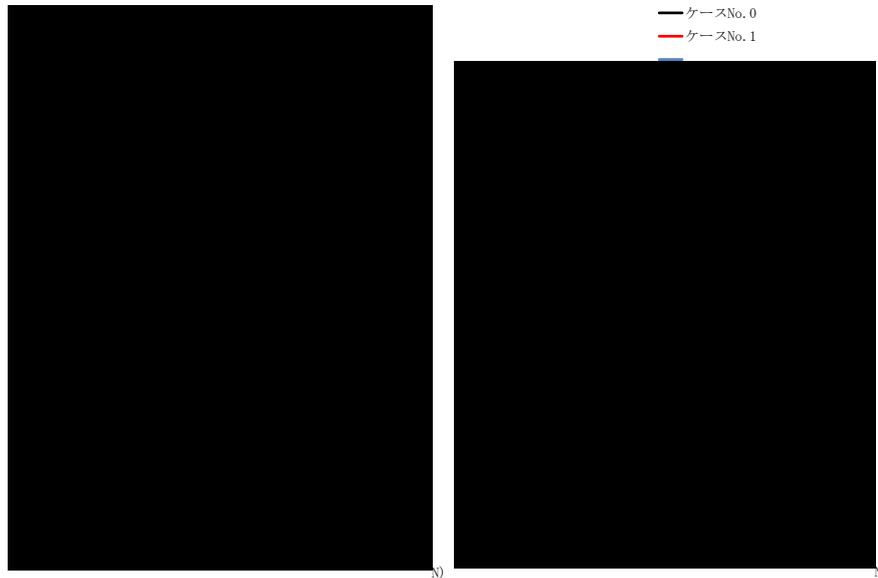
(d) S s - C 1 (UD)

第 4. 1. 3-11 図 最大応答軸力（鉛直方向）（4/5）

第 4. 1. 3-11 表 最大応答軸力一覧表（鉛直方向）（4/5）

(d) S s - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(e) S s - C 3 (UD)

第 4.1.3-11 図 最大応答軸力 (鉛直方向) (5/5)

第 4.1.3-11 表 最大応答軸力一覧表 (鉛直方向) (5/5)

(e) S s - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				

第 4. 1. 3-12 表 浮上り検討 (基準地震動  $S_s$ , ケース No. 1)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B3 (NS)			
Ss-B4 (NS)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

(b)EW 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B3 (EW)			
Ss-B4 (EW)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

第 4. 1. 3-13 表 浮上り検討 (基準地震動  $S_s$ , ケース No. 2)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B3 (NS)			
Ss-B4 (NS)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

(b)EW 方向

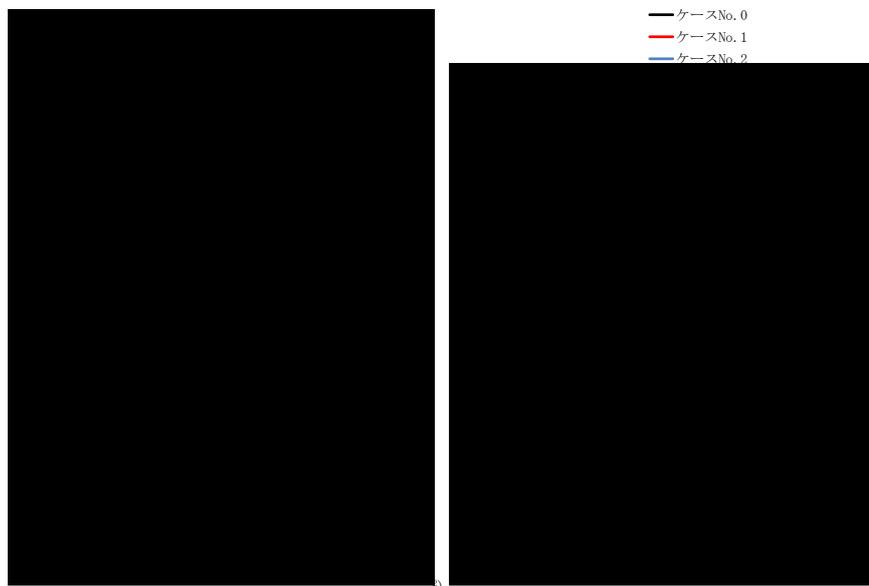
地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss-A (H)			
Ss-B3 (EW)			
Ss-B4 (EW)			
Ss-C1 (NSEW)			
Ss-C3 (NS)			
Ss-C3 (EW)			
Ss-C4 (NS)			
Ss-C4 (EW)			

第 4. 1. 3-14 表 最大接地圧 (基準地震動  $S_s$ , ケース No. 1)

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
$S_s$ -A	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -B3	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -B4	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
$S_s$ -C4 (EW)	NS	—	
	EW	—	

第 4. 1. 3-15 表 最大接地圧 (基準地震動  $S_s$ , ケース No. 2)

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
$S_s$ -A	NS	鉛直上向き	-
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -B3	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -B4	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
$S_s$ -C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
$S_s$ -C4 (EW)	NS	—	
	EW	—	



(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 (NS 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



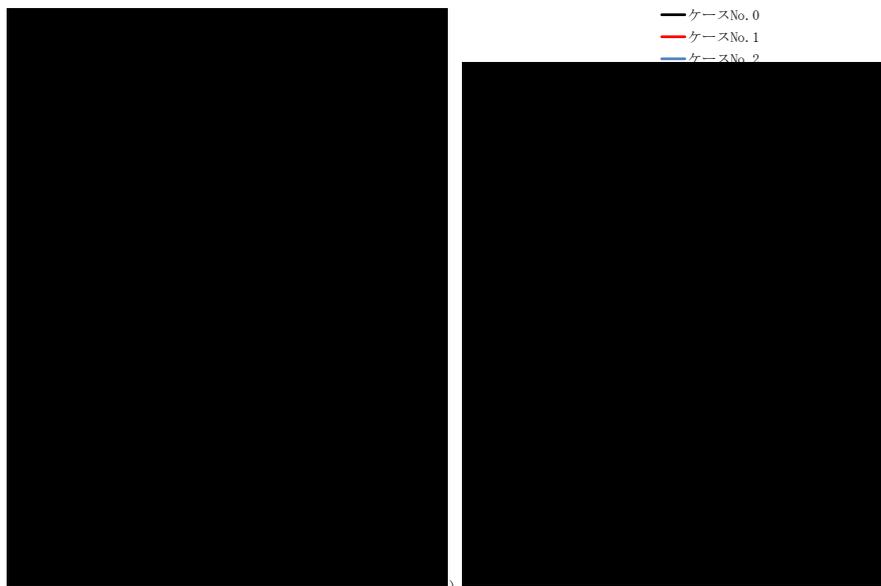
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 (NS 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



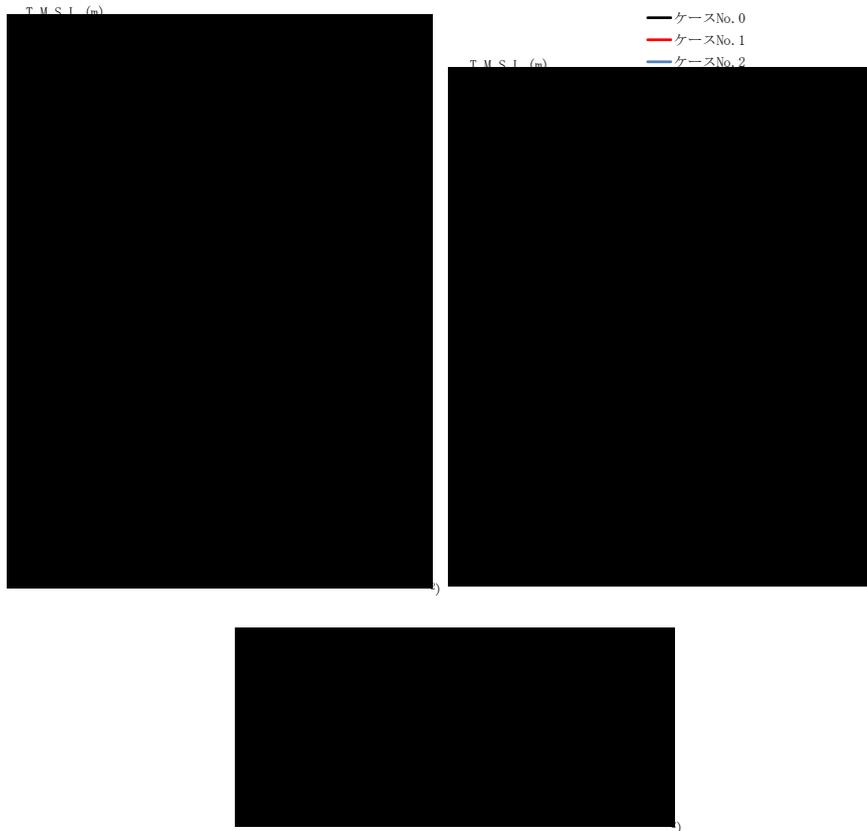
(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 (NS 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



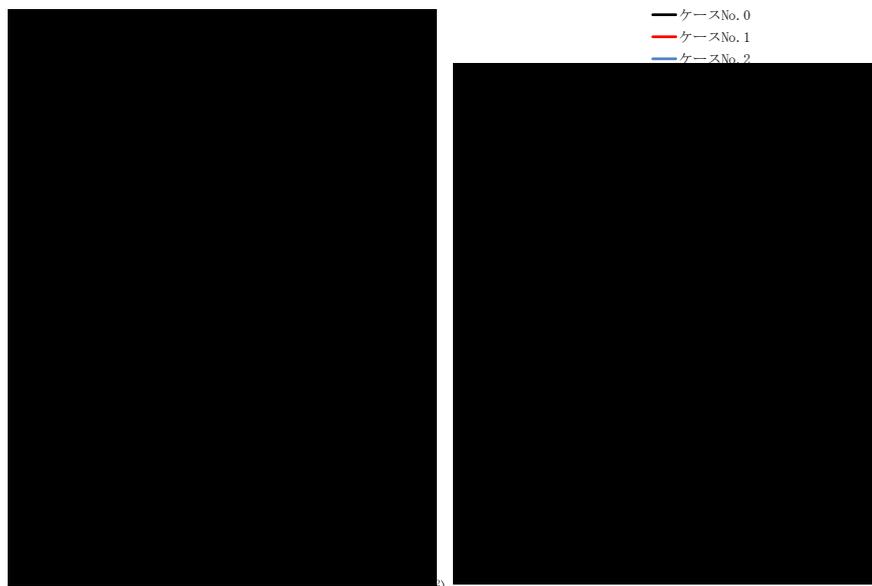
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 (NS 方向) (4/6)

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (4/6)

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



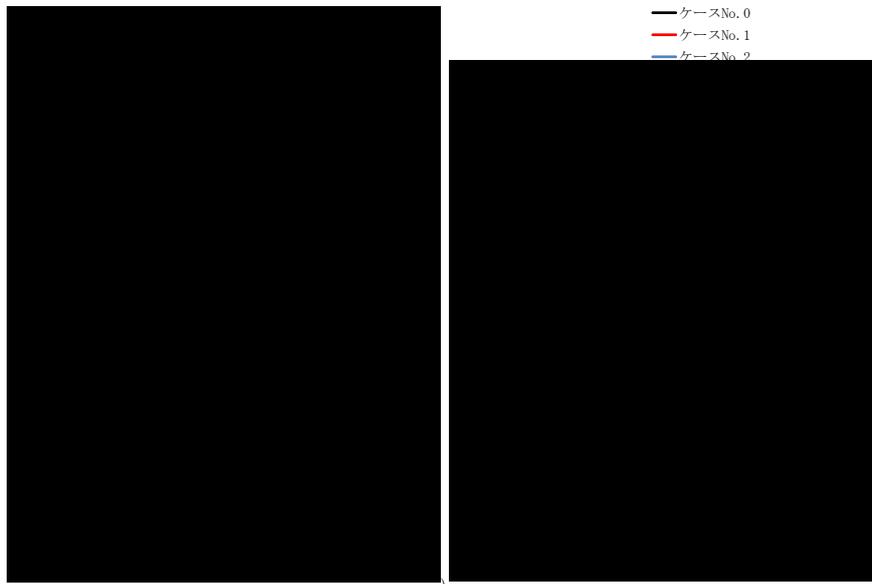
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 (NS 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 (NS 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



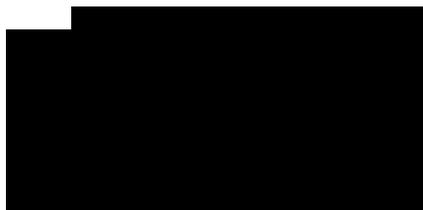
(f) S d - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-12 図 最大応答加速度 ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

第 4. 1. 3-16 表 最大応答加速度一覧表 ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

(f) S d - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



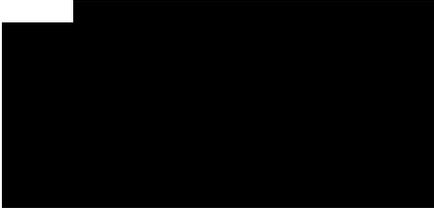
(a) S d - A (H)

第 4.1.3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (1/6)

第 4.1.3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



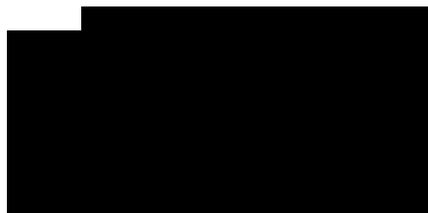
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



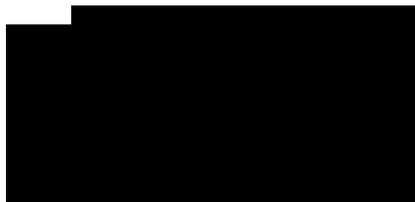
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (4/6)

第 4. 1. 3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (4/6)

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



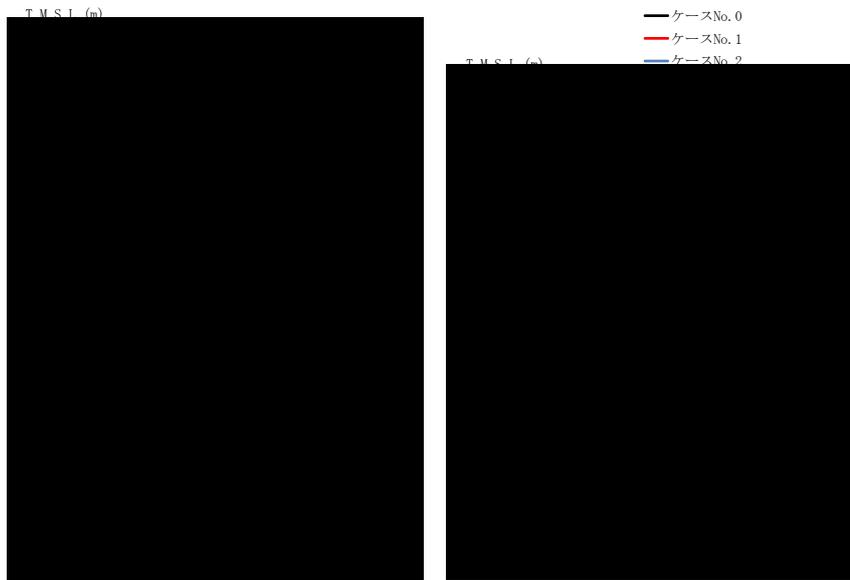
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



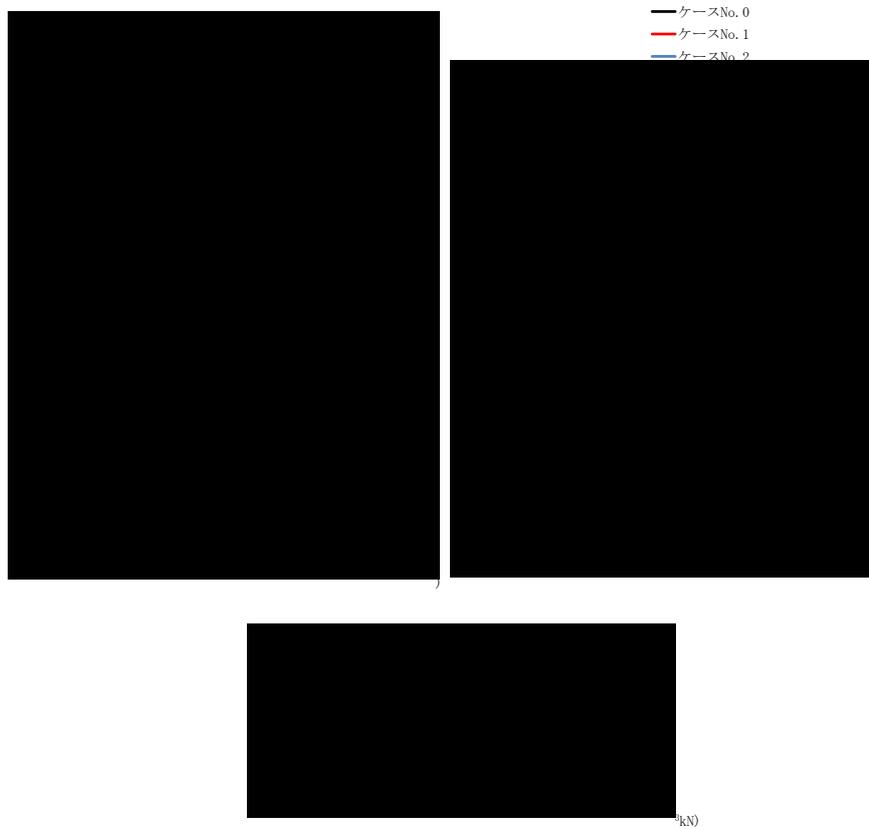
(f) S d - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-13 図 最大応答変位 (NS 方向) (6/6)

第 4. 1. 3-17 表 最大応答変位一覧表 (NS 方向) (6/6)

(f) S d - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



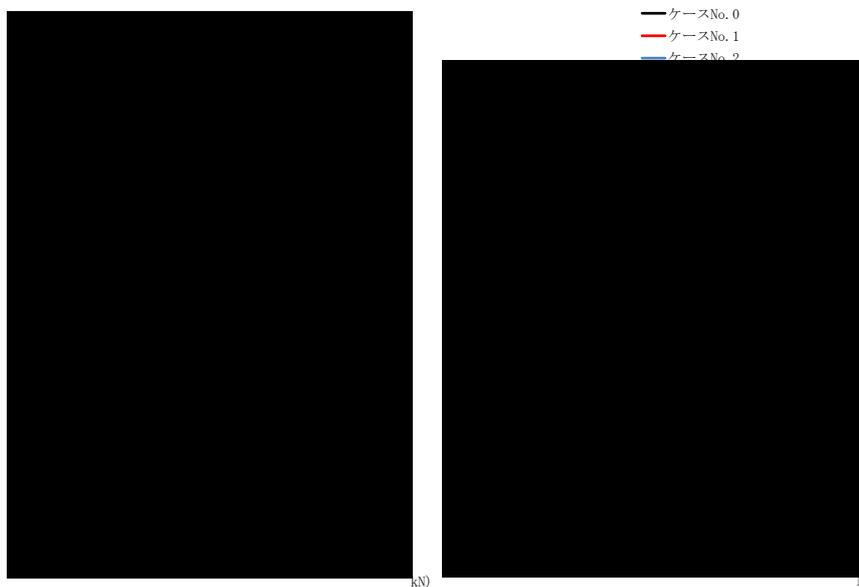
(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



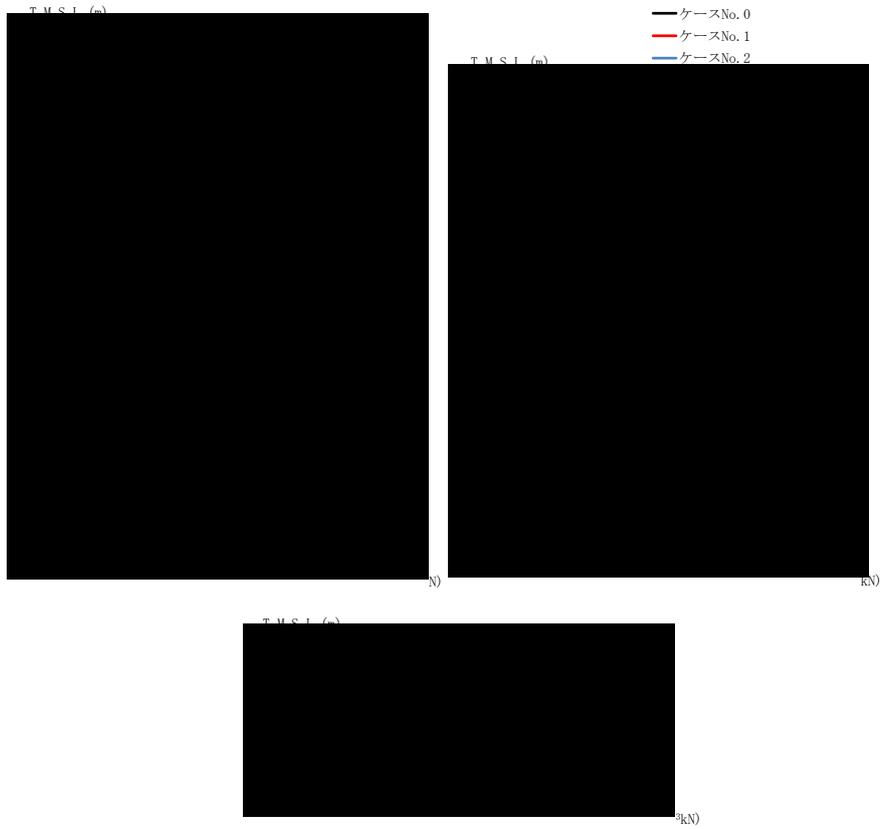
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



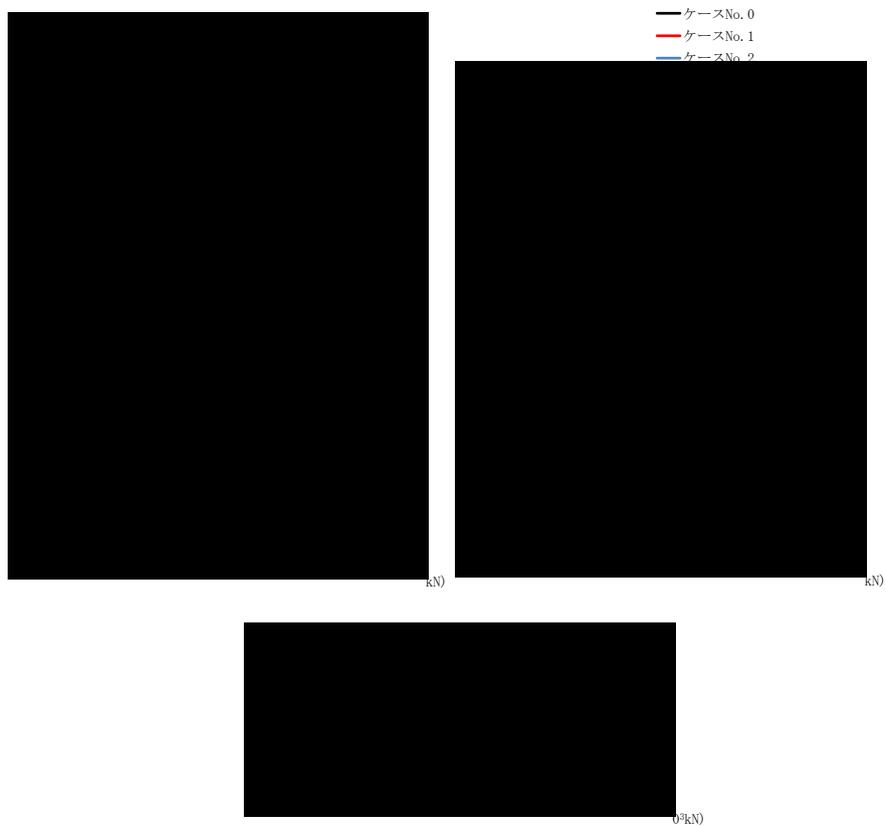
(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



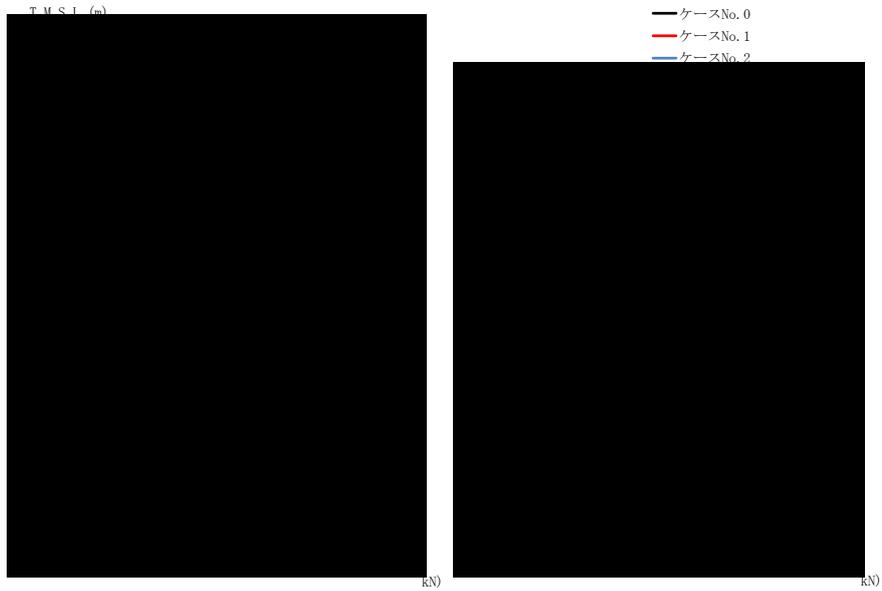
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 ( NS 方向 ) ( 4 / 6 )

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 ( NS 方向 ) ( 4 / 6 )

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



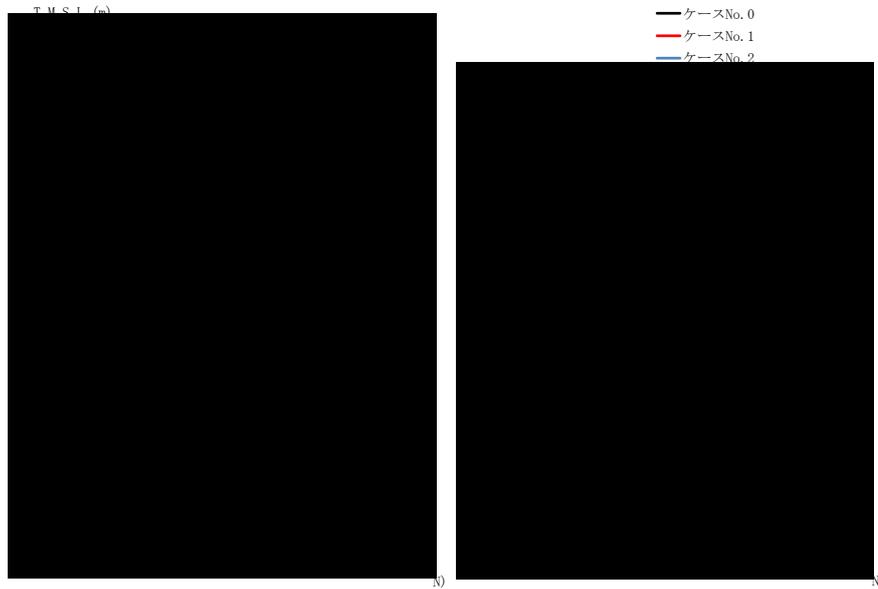
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 (NS 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 (NS 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



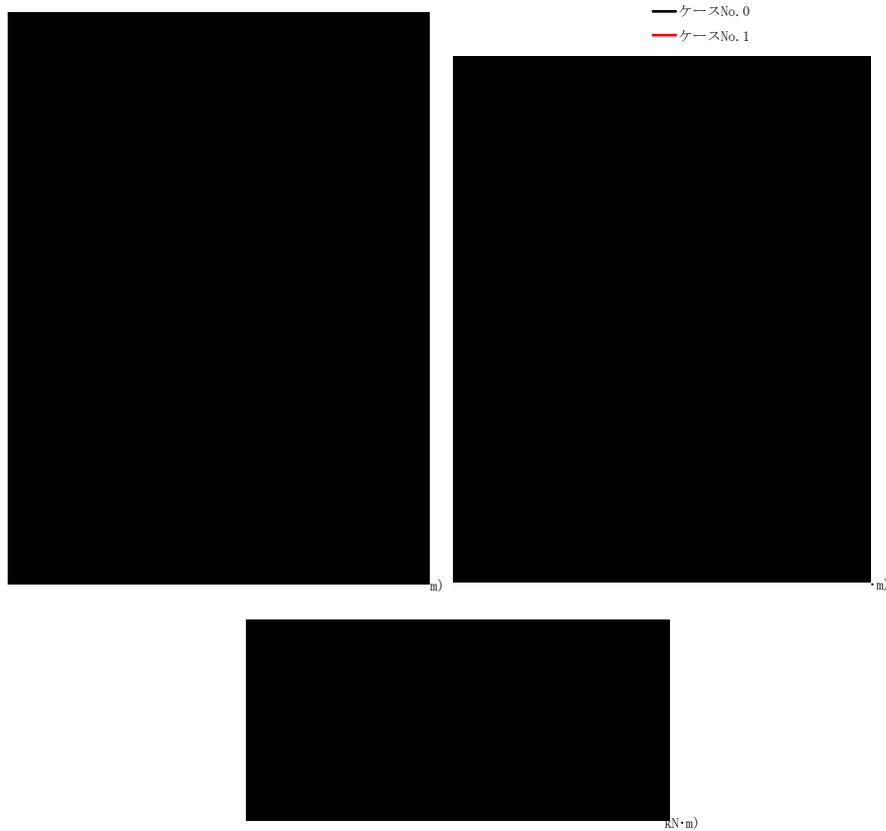
(f) S d - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-14 図 最大応答せん断力 ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

第 4. 1. 3-18 表 最大応答せん断力一覧表 ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

(f) S d - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



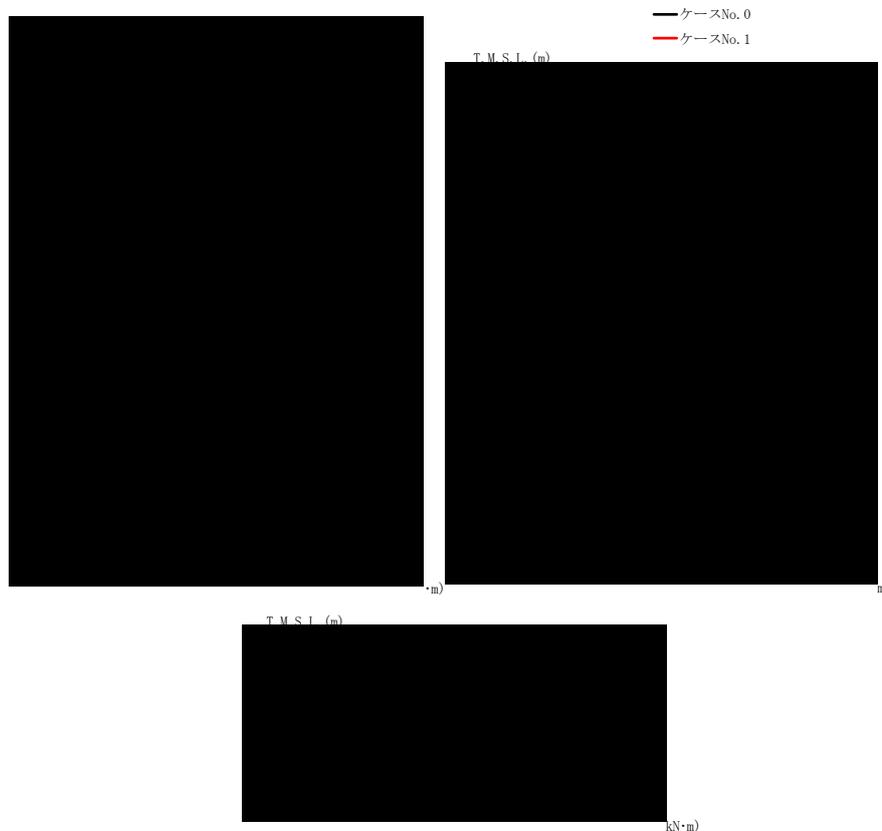
(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



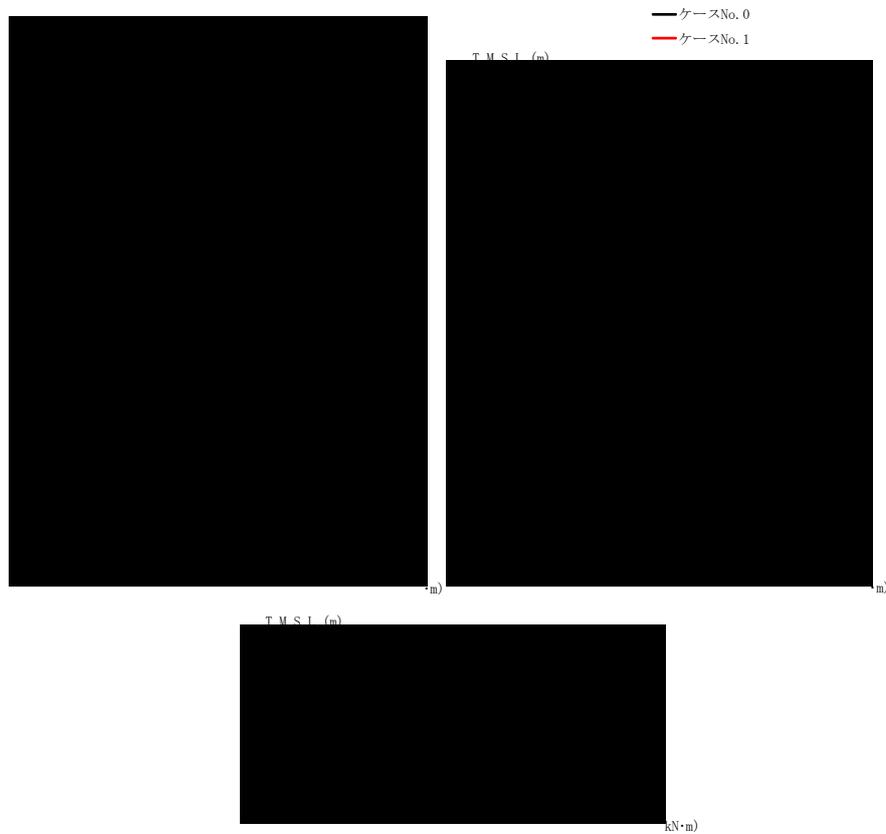
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



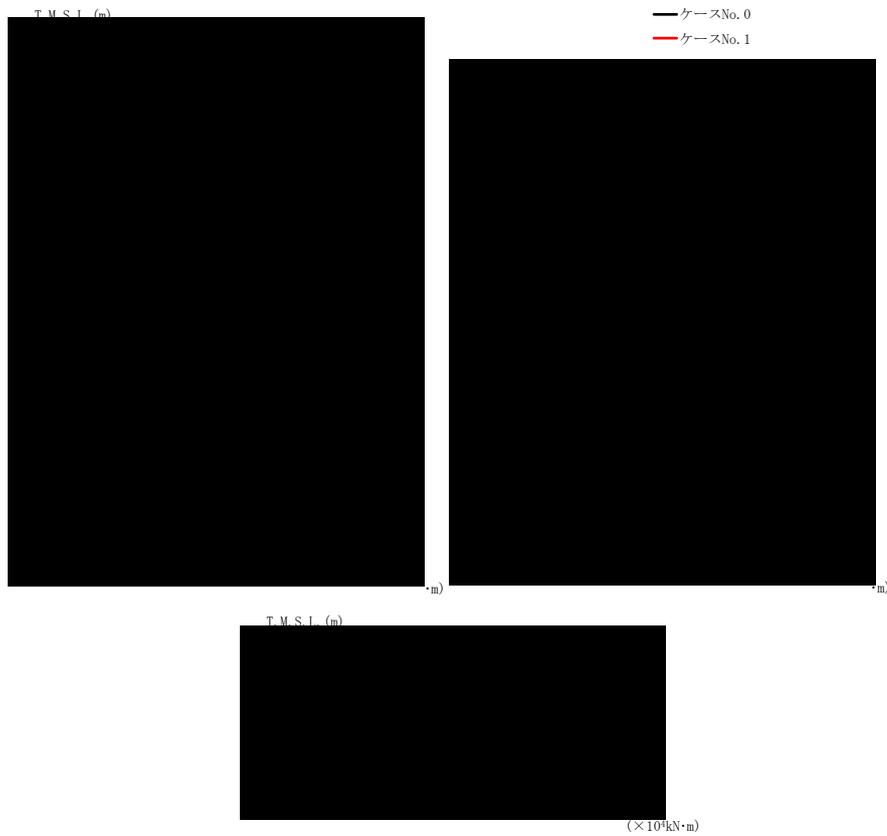
(c) S d - C 3 (NS)

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 (NS)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



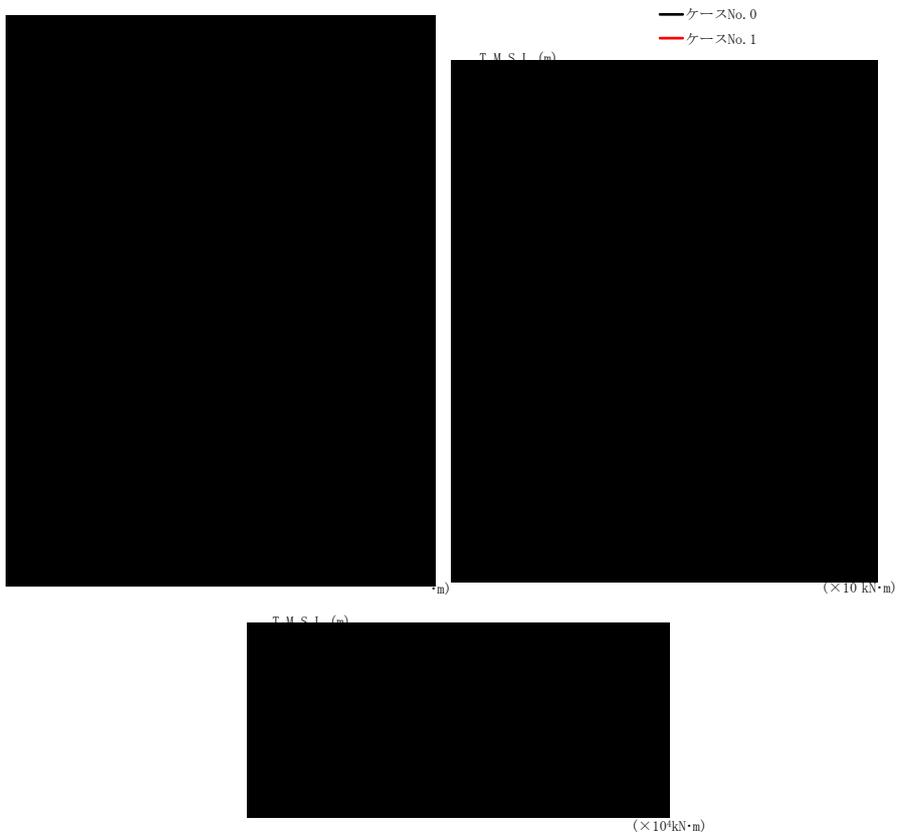
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント ( NS 方向 ) ( 4 / 6 )

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 ( NS 方向 ) ( 4 / 6 )

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



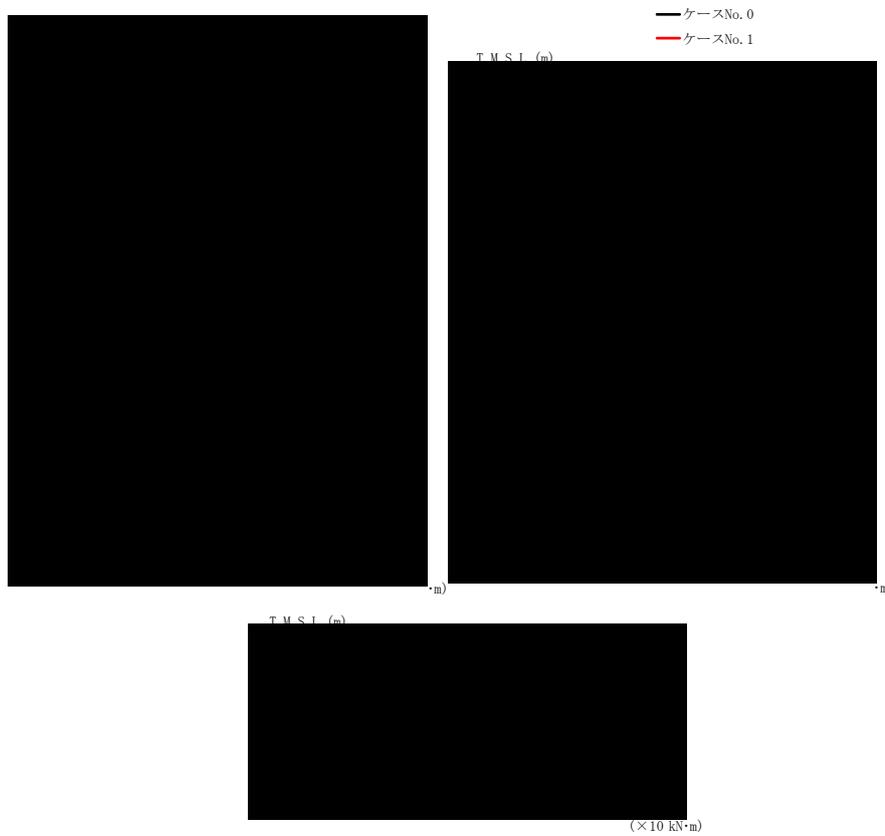
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (NS 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



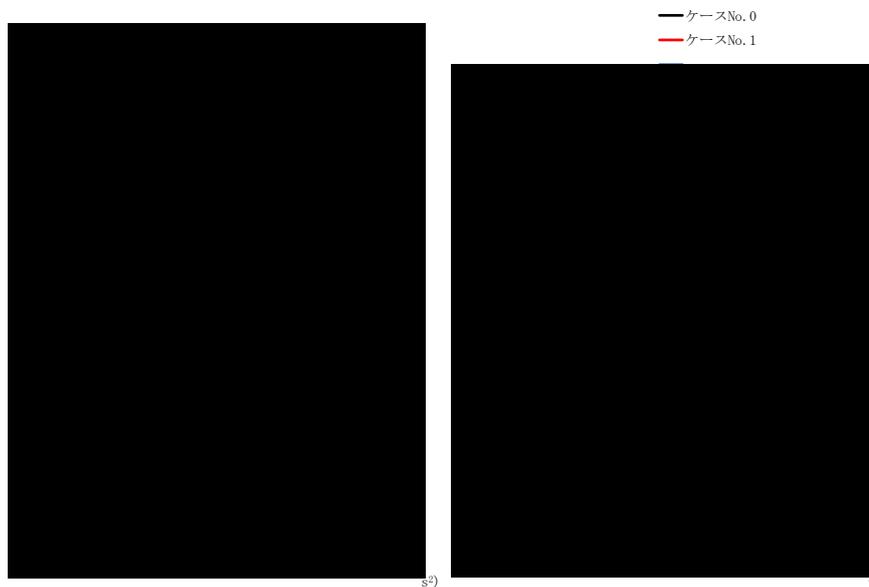
(f) S d - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-15 図 最大応答曲げモーメント ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

第 4. 1. 3-19 表 最大応答曲げモーメント一覧表 ( NS 方向 ) ( 6 / 6 )

(f) S d - C 4 ( E W )

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( × 10 <sup>4</sup> kN·m )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



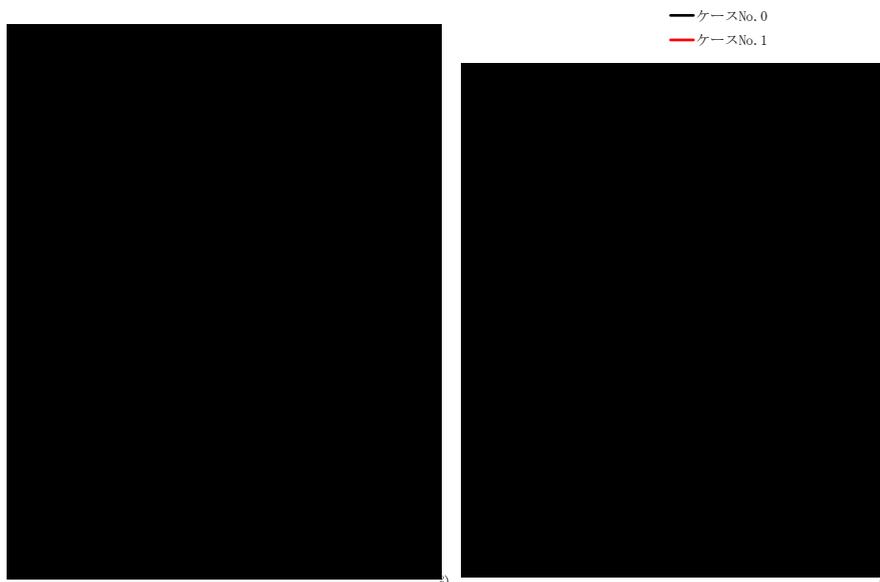
(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



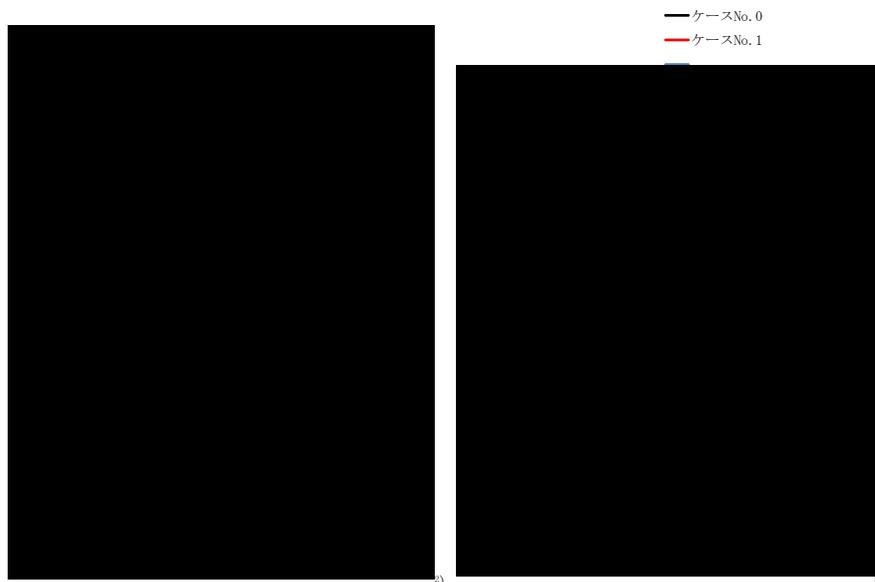
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



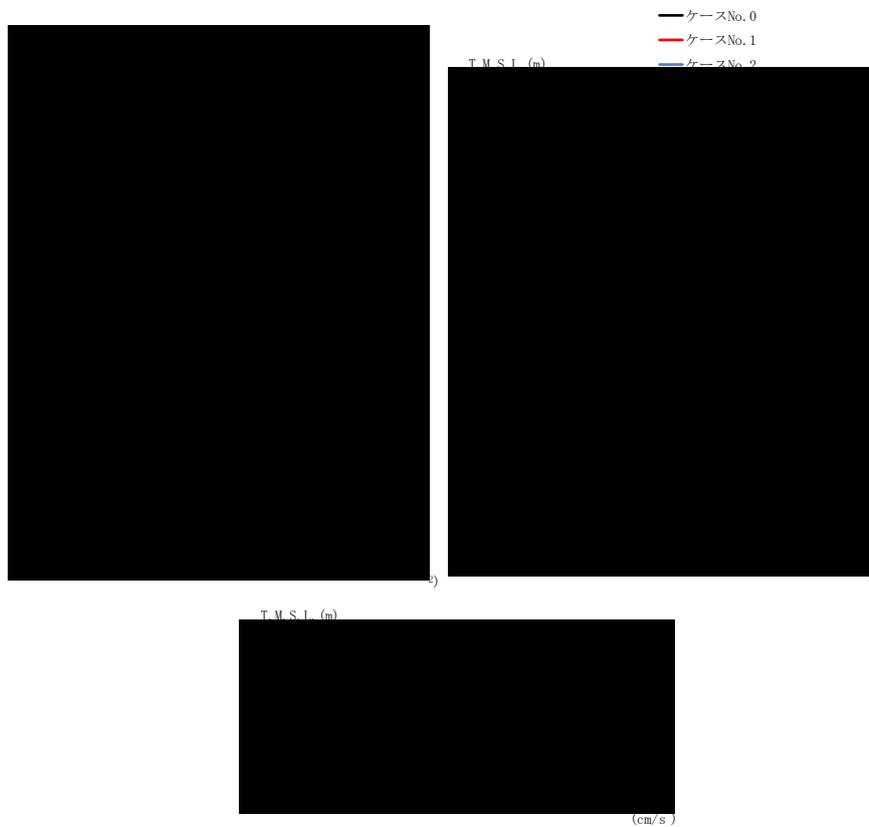
(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



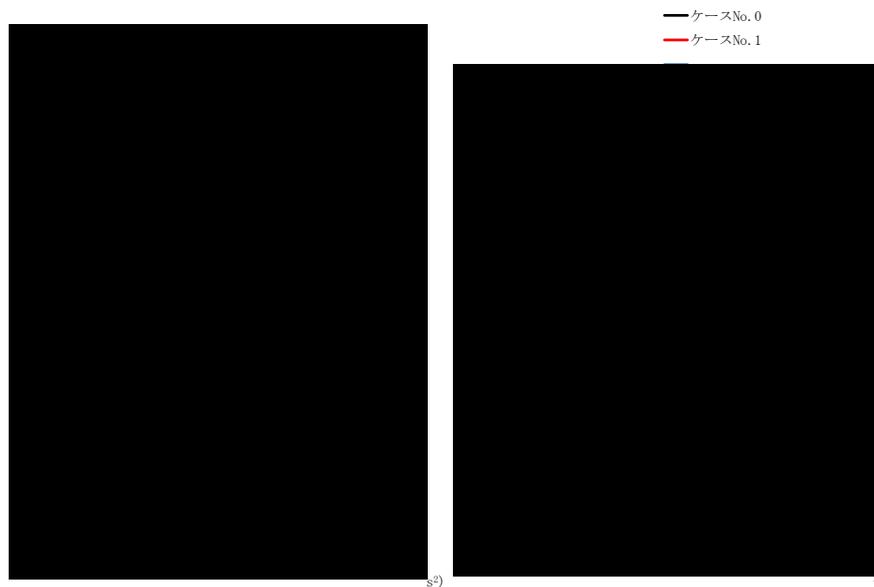
(d) S d - C 3 (EW)

第 4.1.3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (4/6)

第 4.1.3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (4/6)

(d) S d - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



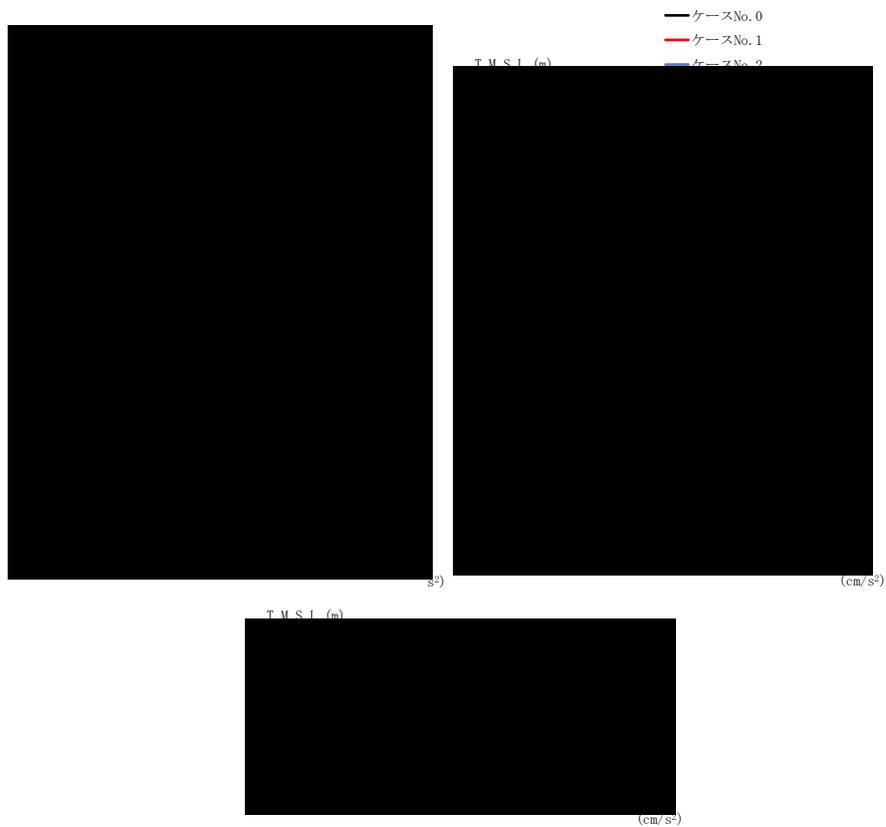
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



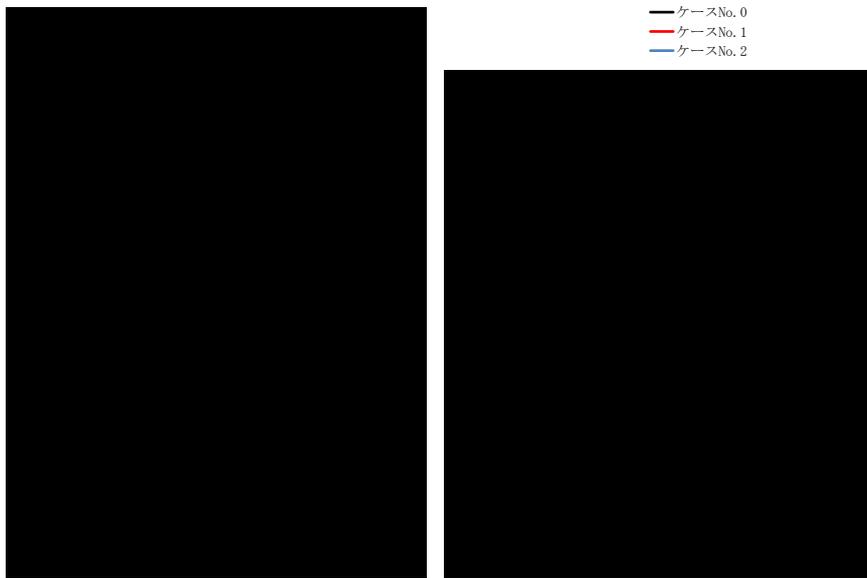
(f) S d - C 4 (EW)

第 4.1.3-16 図 最大応答加速度 (EW 方向) (6/6)

第 4.1.3-20 表 最大応答加速度一覧表 (EW 方向) (6/6)

(f) S d - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



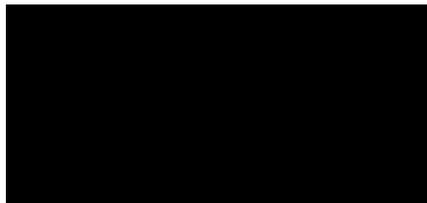
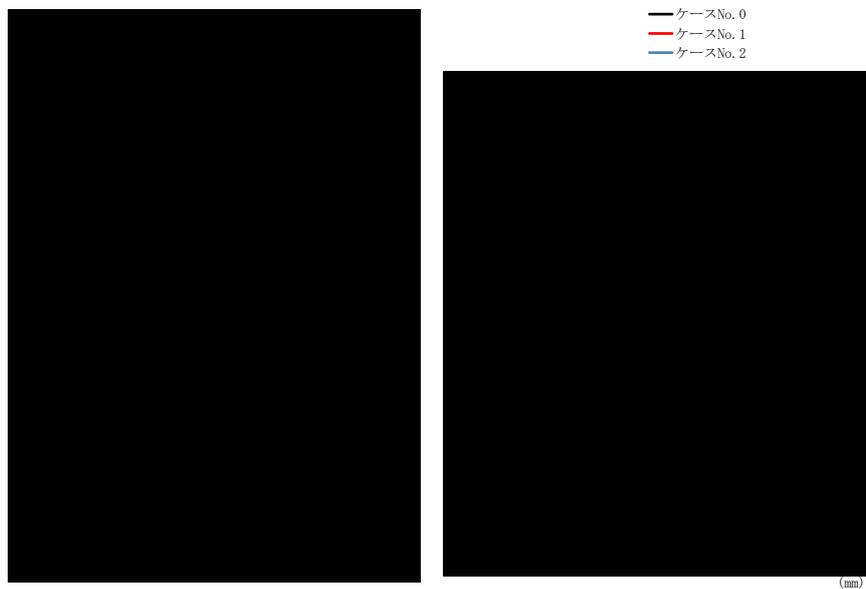
(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 (EW 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Content]				



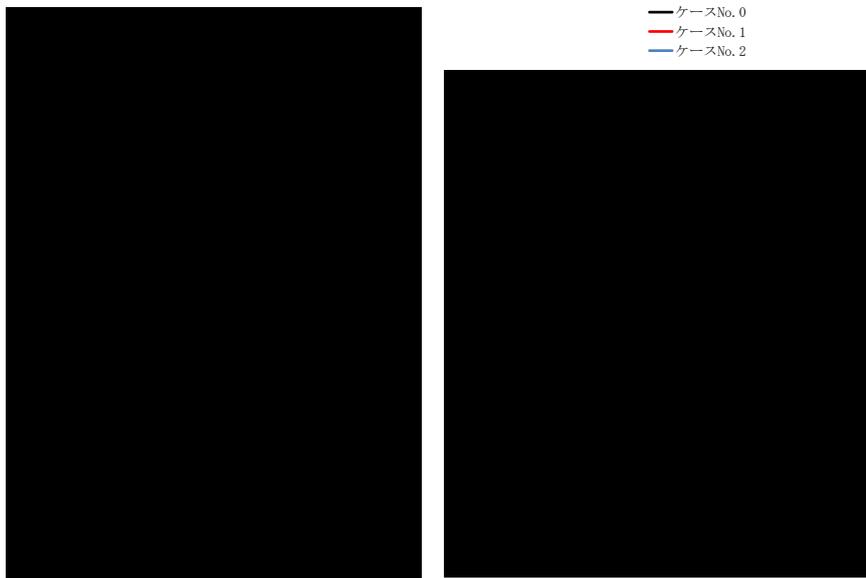
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 (EW 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



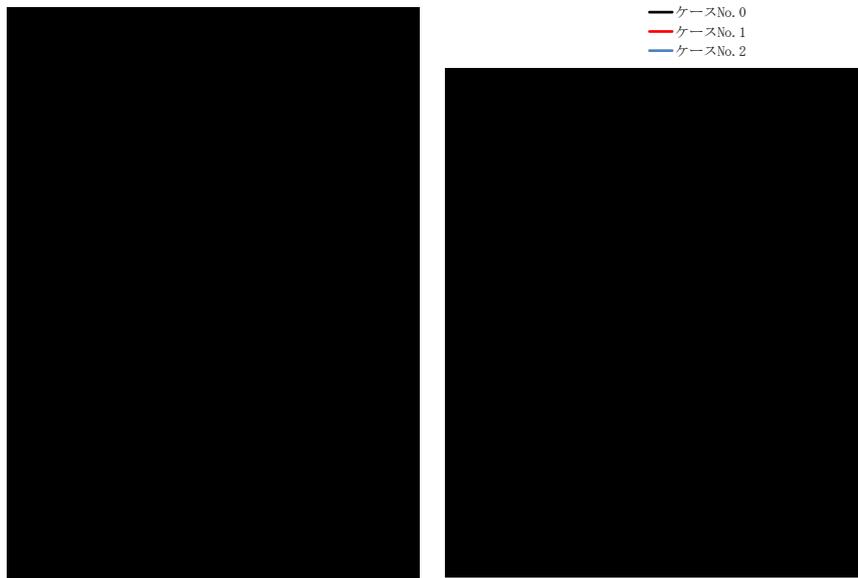
(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 (EW 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



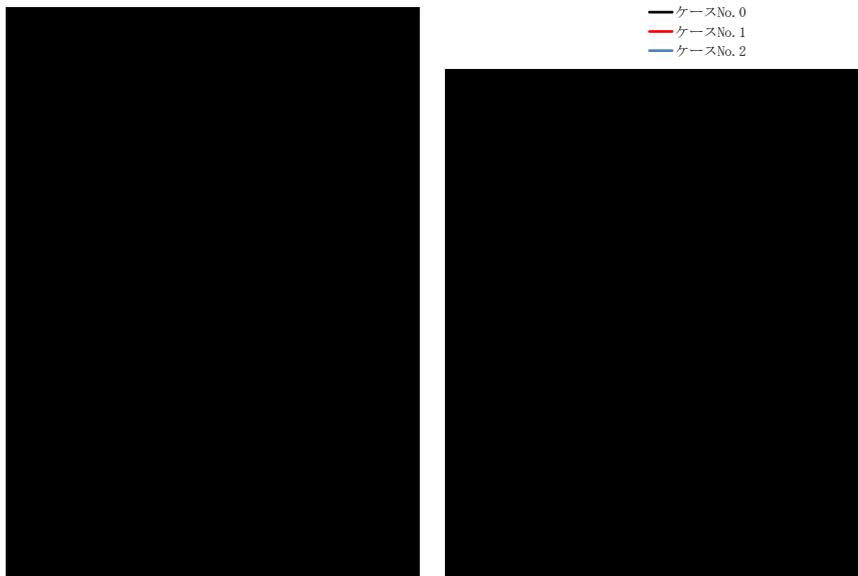
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 ( E W 方向 ) ( 4 / 6 )

第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 ( E W 方向 ) ( 4 / 6 )

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



— ケースNo. 0  
 — ケースNo. 1  
 — ケースNo. 2



T. M. S. L. (e)

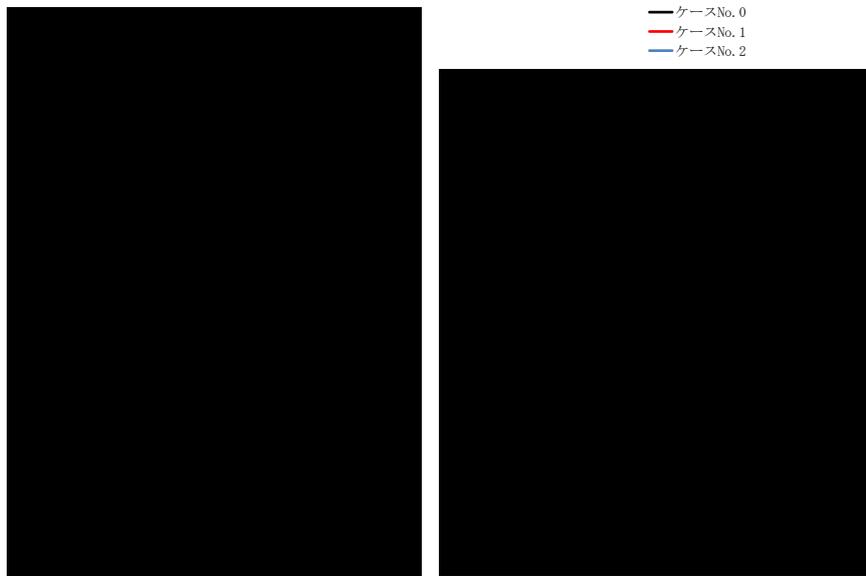
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 (EW 方向) (5/6)

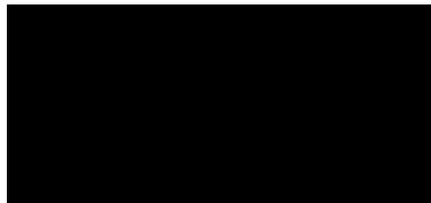
第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 (EW 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



— ケースNo. 0  
 — ケースNo. 1  
 — ケースNo. 2



(f) S d - C 4 ( E W )

第 4. 1. 3-17 図 最大応答変位 ( E W 方向 ) ( 6 / 6 )

第 4. 1. 3-21 表 最大応答変位一覧表 ( E W 方向 ) ( 6 / 6 )

(f) S d - C 4 ( E W )

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



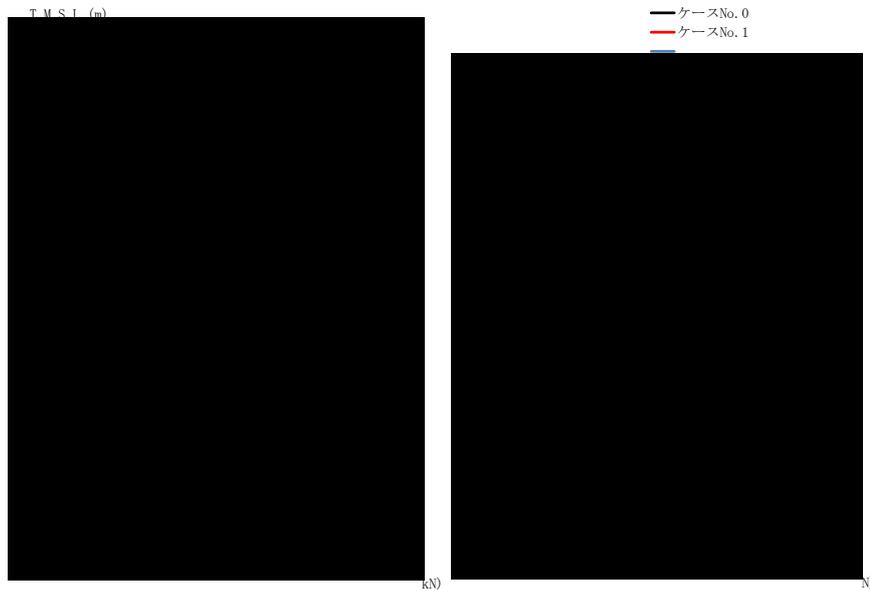
(a) S d - A (H)

第 4.1.3-18 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (1/6)

第 4.1.3-22 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-18 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-22 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-18 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-22 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



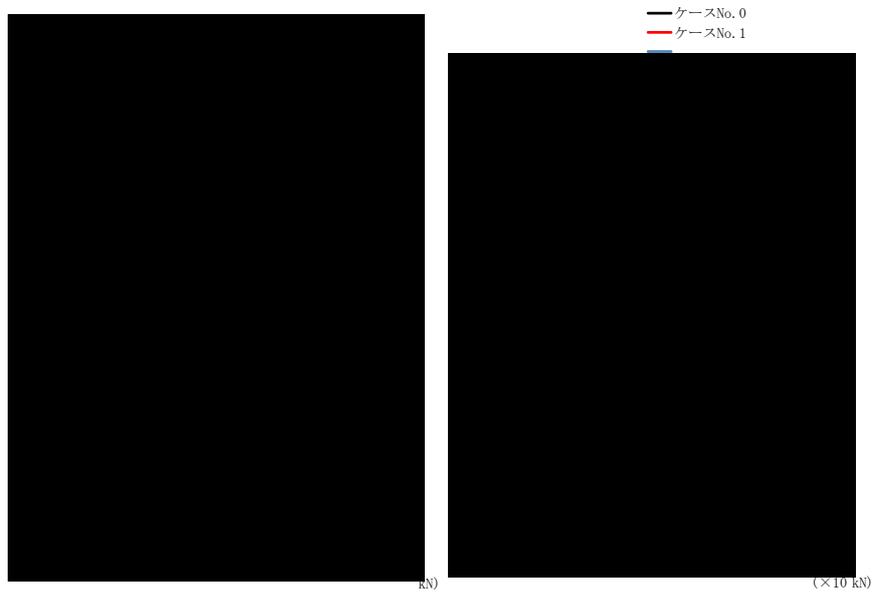
(d) S d - C 3 ( E W )

第 4. 1. 3-18 図 最大応答せん断力 ( E W 方向 ) ( 4 / 6 )

第 4. 1. 3-22 表 最大応答せん断力一覧表 ( E W 方向 ) ( 4 / 6 )

(d) S d - C 3 ( E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



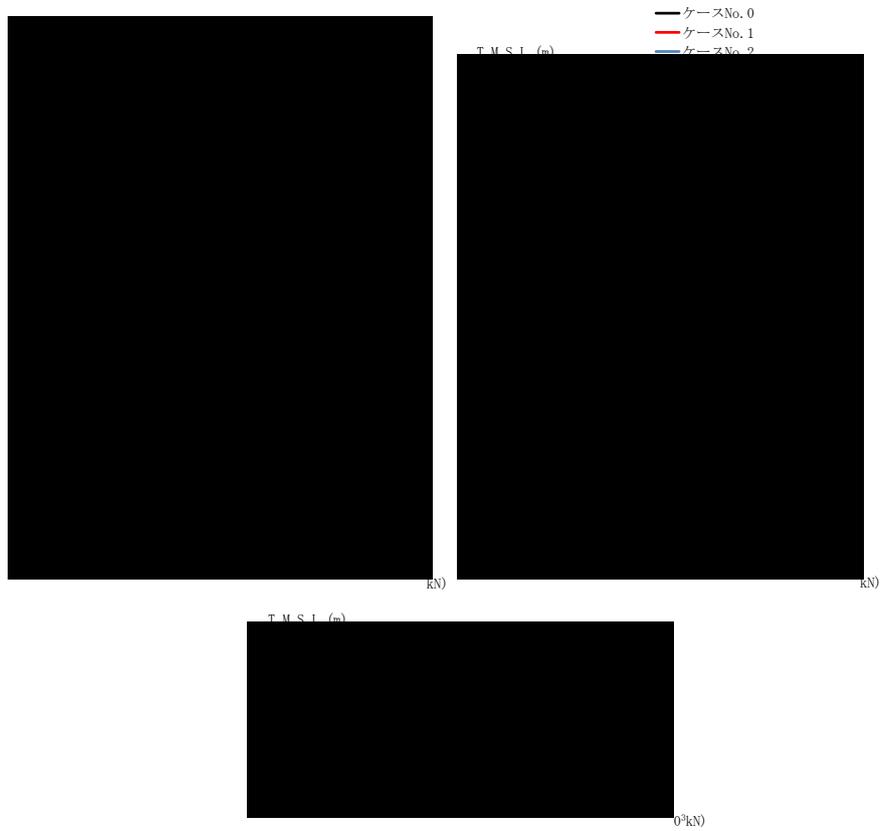
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-18 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-22 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



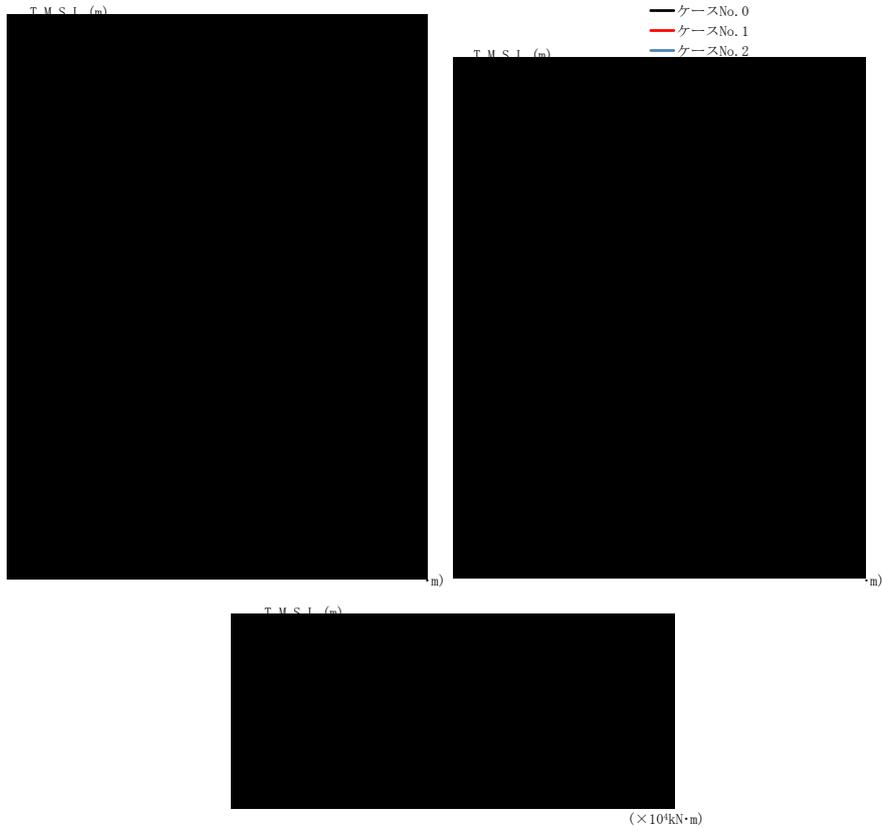
(f) S d - C 4 (EW)

第 4. 1. 3-18 図 最大応答せん断力 (EW 方向) (6/6)

第 4. 1. 3-22 表 最大応答せん断力一覧表 (EW 方向) (6/6)

(f) S d - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



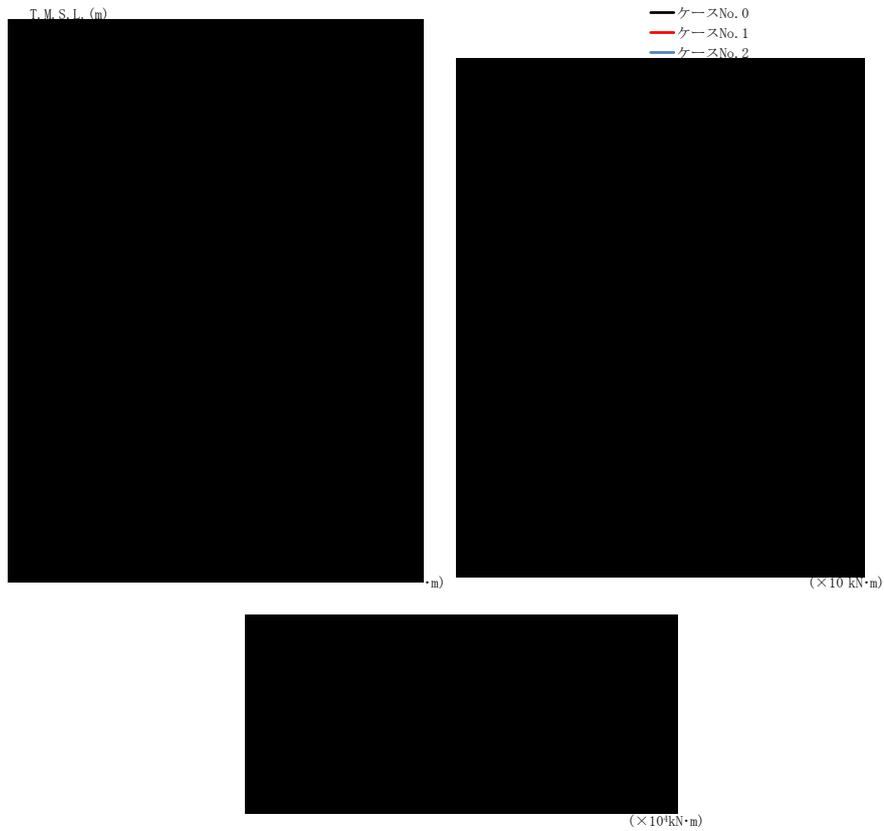
(a) S d - A (H)

第 4. 1. 3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (1/6)

第 4. 1. 3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (1/6)

(a) S d - A (H)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



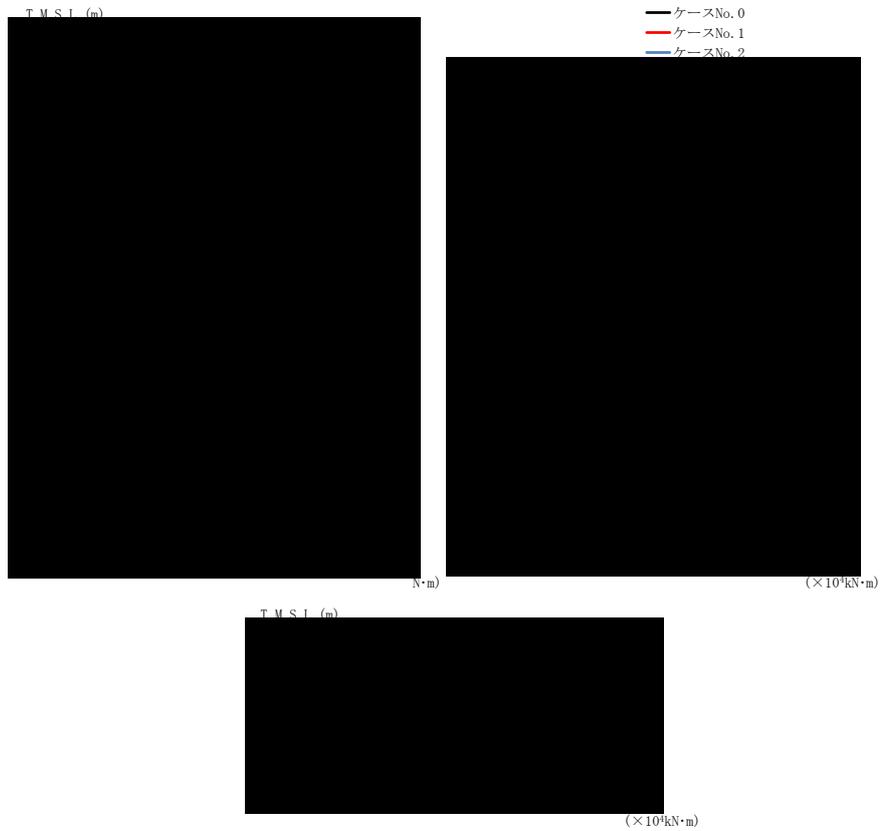
(b) S d - C 1 ( N S E W )

第 4. 1. 3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (2/6)

第 4. 1. 3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (2/6)

(b) S d - C 1 ( N S E W )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



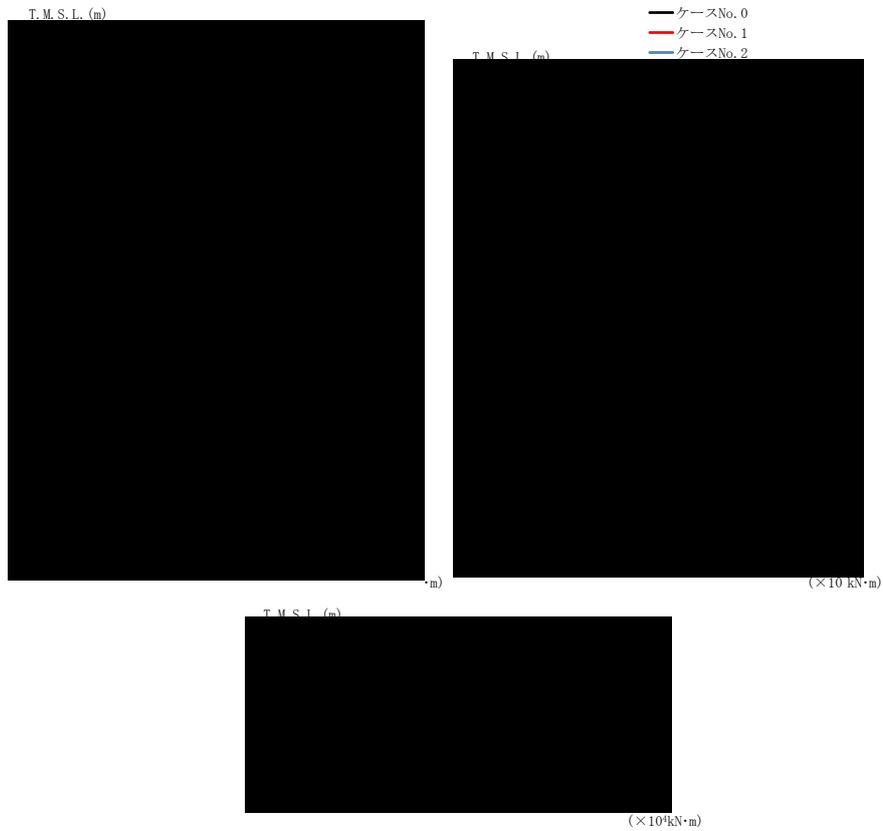
(c) S d - C 3 ( N S )

第 4. 1. 3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (3/6)

第 4. 1. 3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (3/6)

(c) S d - C 3 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



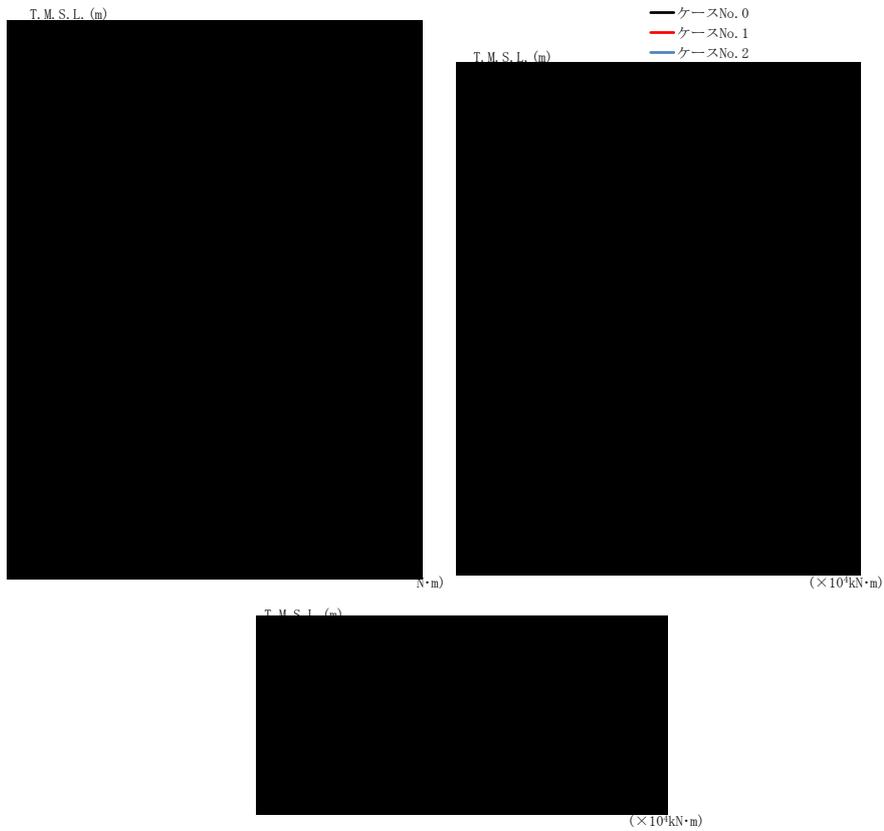
(d) S d - C 3 (EW)

第 4. 1. 3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (4/6)

第 4. 1. 3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (4/6)

(d) S d - C 3 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted data]				



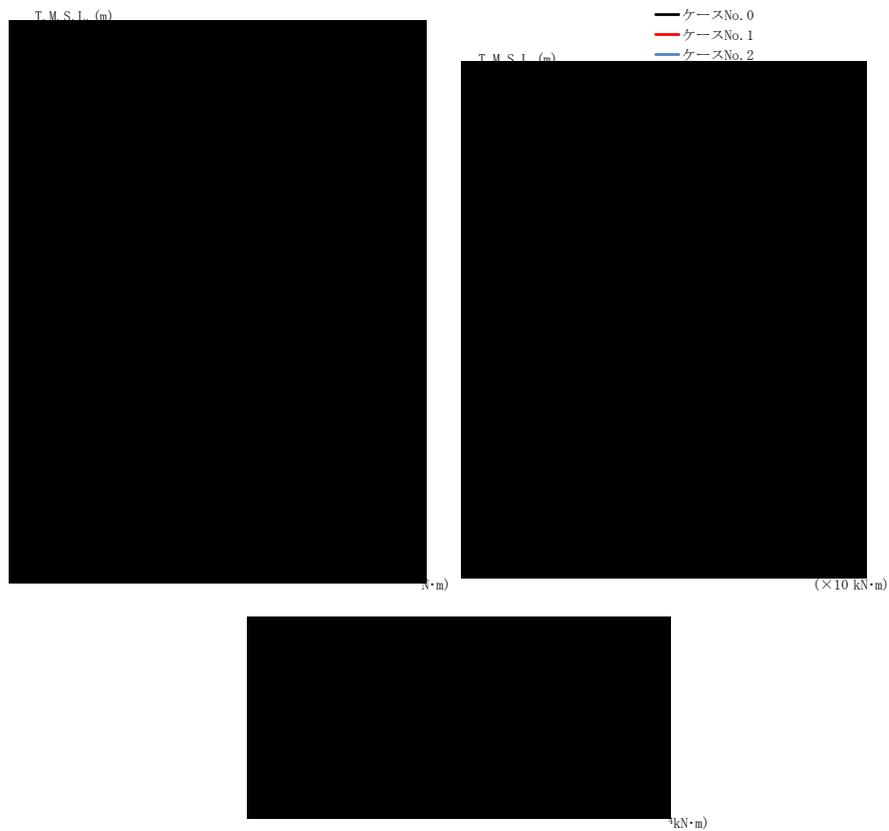
(e) S d - C 4 ( N S )

第 4. 1. 3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (5/6)

第 4. 1. 3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (5/6)

(e) S d - C 4 ( N S )

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN·m)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



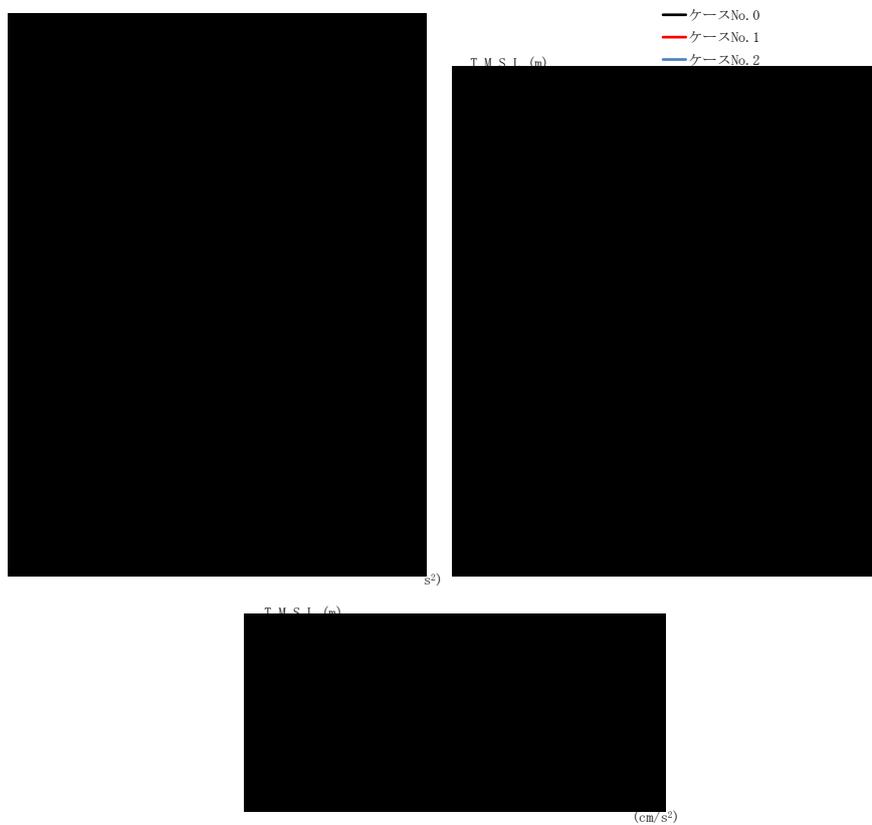
(f) S d - C 4 (EW)

第 4.1.3-19 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向) (6/6)

第 4.1.3-23 表 最大応答曲げモーメント一覧表 (EW 方向) (6/6)

(f) S d - C 4 (EW)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



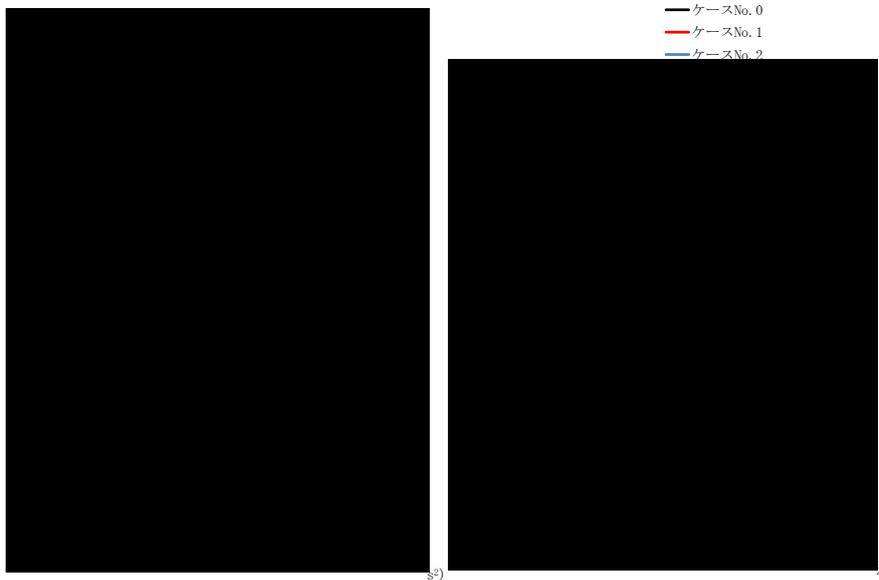
(a) S d - A (V)

第 4. 1. 3-20 図 最大応答加速度（鉛直方向）（1/3）

第 4. 1. 3-24 表 最大応答加速度一覧表（鉛直方向）（1/3）

(a) S d - A (V)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



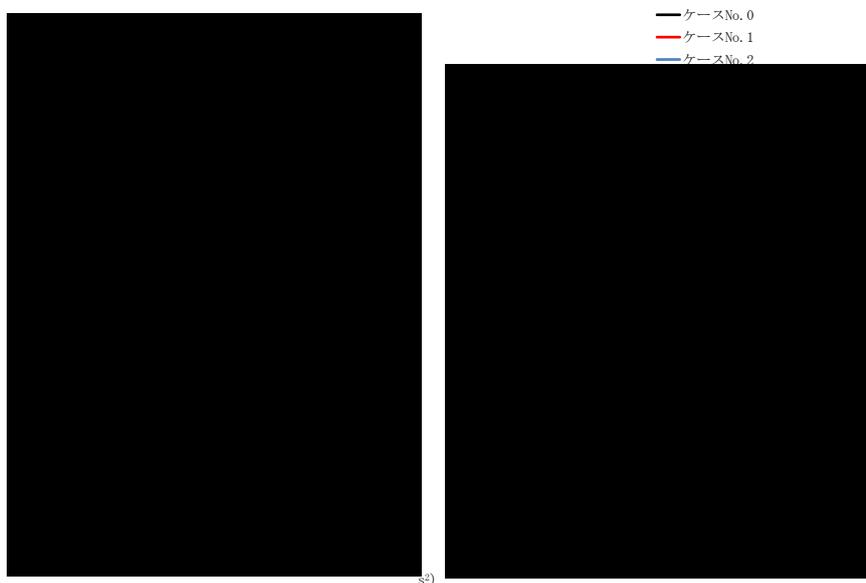
(b) S d - C 1 (UD)

第 4.1.3-20 図 最大応答加速度（鉛直方向）（2/3）

第 4.1.3-24 表 最大応答加速度一覧表（鉛直方向）（2/3）

(b) S d - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(c) S d - C 3 (UD)

第 4. 1. 3-20 図 最大応答加速度（鉛直方向）（3/3）

第 4. 1. 3-24 表 最大応答加速度一覧表（鉛直方向）（3/3）

(c) S d - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		ケ-ス No. 0	ケ-ス No. 1	ケ-ス No. 2
[Redacted Data]				



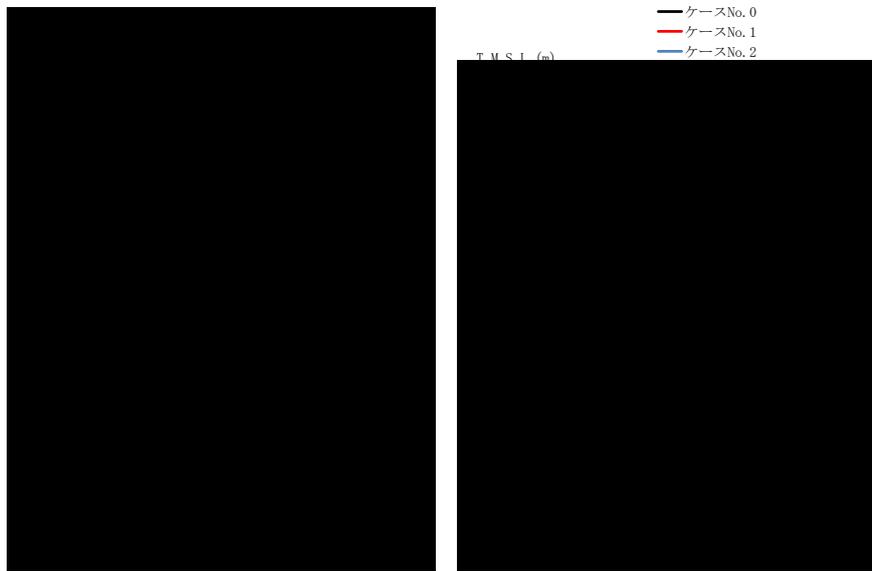
(a) S d - A (V)

第 4. 1. 3-21 図 最大応答変位 (鉛直方向) (1/3)

第 4. 1. 3-25 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (1/3)

(a) S d - A (V)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



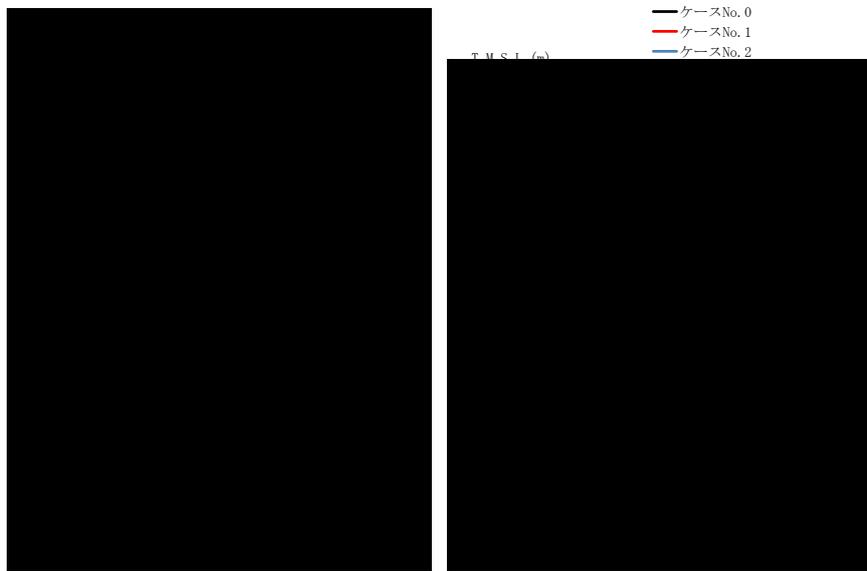
(b) S d - C 1 (UD)

第 4. 1. 3-21 図 最大応答変位 (鉛直方向) (2/3)

第 4. 1. 3-25 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (2/3)

(b) S d - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



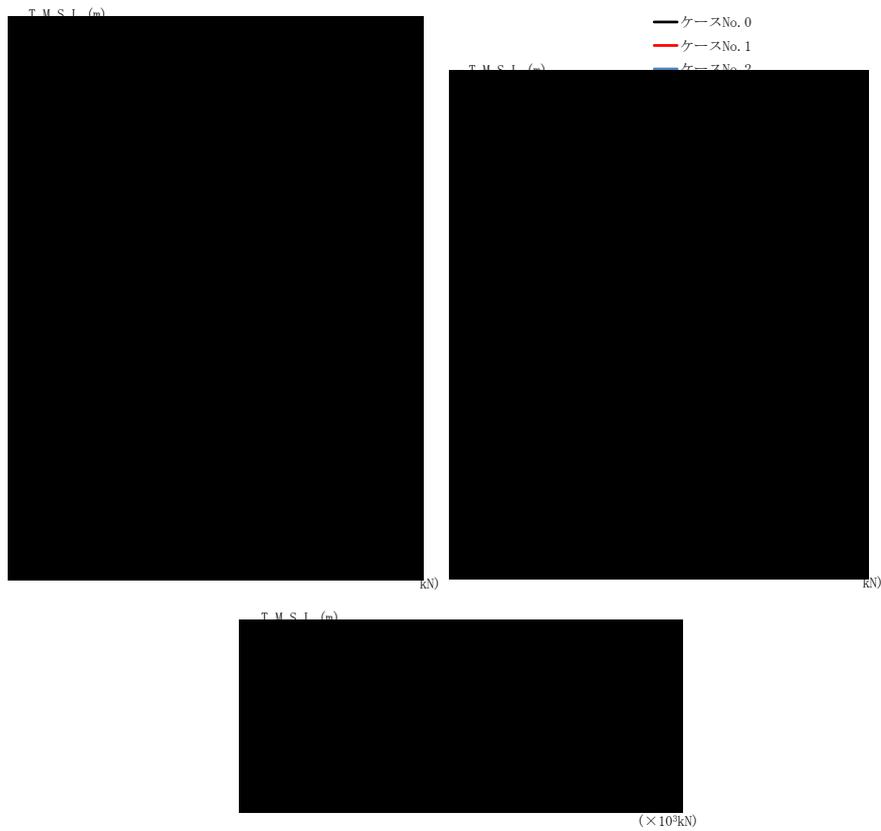
(c) S d - C 3 (UD)

第 4. 1. 3-21 図 最大応答変位 (鉛直方向) (3/3)

第 4. 1. 3-25 表 最大応答変位一覧表 (鉛直方向) (3/3)

(c) S d - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	質 点 番 号	最大応答変位 (mm)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2



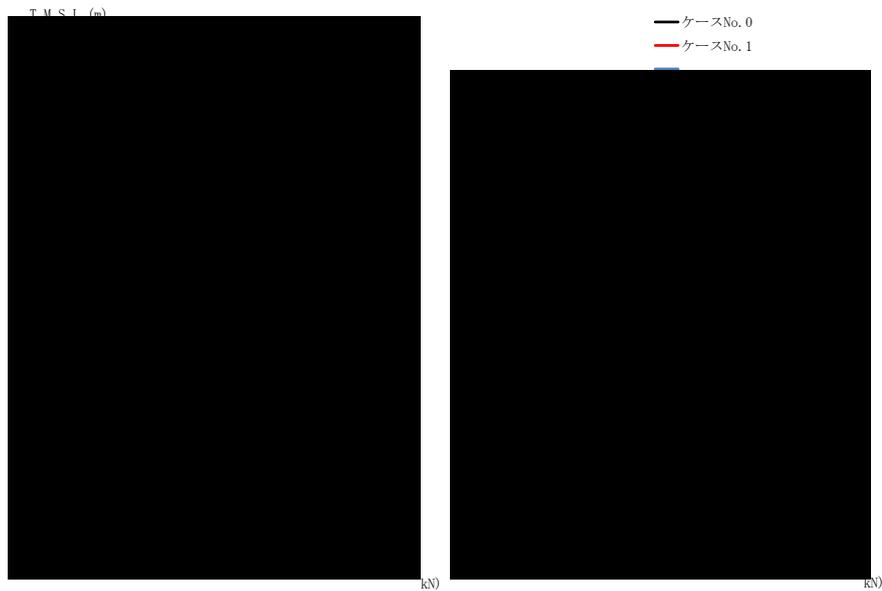
(a) S d - A (V)

第 4. 1. 3-22 図 最大応答軸力（鉛直方向）（1/3）

第 4. 1. 3-26 表 最大応答軸力一覧表（鉛直方向）（1/3）

(a) S d - A (V)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力(×10 <sup>3</sup> kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



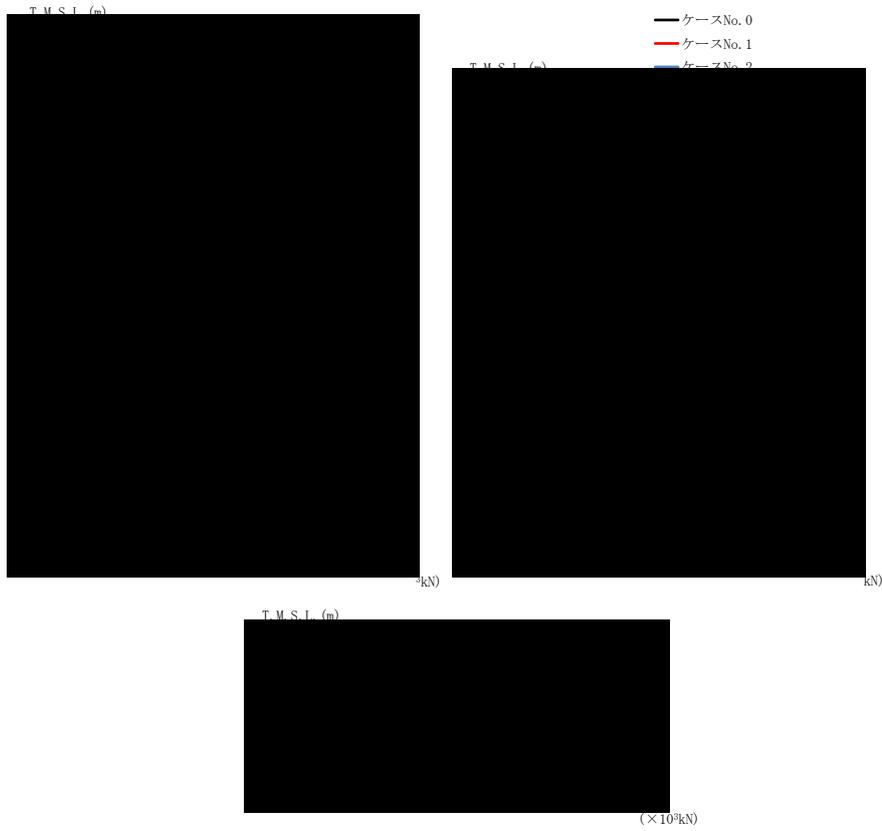
(b) S d - C 1 (UD)

第 4.1.3-22 図 最大応答軸力 (鉛直方向) (2/3)

第 4.1.3-26 表 最大応答軸力一覧表 (鉛直方向) (2/3)

(b) S d - C 1 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^2$ kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				



(c) S d - C 3 (UD)

第 4. 1. 3-22 図 最大応答軸力（鉛直方向） (3/3)

第 4. 1. 3-26 表 最大応答軸力一覧表（鉛直方向） (3/3)

(c) S d - C 3 (UD)

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^3$ kN)		
		ケース No. 0	ケース No. 1	ケース No. 2
[Redacted Data]				

第 4.1.3-27 表 浮上り検討 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 1)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

(b)EW 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

第 4.1.3-28 表 浮上り検討 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 2)

(a)NS 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

(b)EW 方向

地震動	浮上り限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最小接地率算出時の 転倒モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd-A (H)			
Sd-C1 (NSEW)			
Sd-C3 (NS)			
Sd-C3 (EW)			
Sd-C4 (NS)			
Sd-C4 (EW)			

第 4.1.3-29 表 最大接地圧 (弾性設計用地震動 S d, ケース No.1)

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-A	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
Sd-C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	

第 4. 1. 3-30 表 最大接地圧 (弾性設計用地震動 S d, ケース No. 2)

地震動	方向		最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-A	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C1	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (NS)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C3 (EW)	NS	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
	EW	鉛直上向き	
		鉛直下向き	
Sd-C4 (NS)	NS	—	
	EW	—	
Sd-C4 (EW)	NS	—	
	EW	—	

IV-2-1-1-1-1-2

安全冷却水 B 冷却塔基礎の耐震計算書

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 準拠規格・基準等	5
3. 地震応答解析による評価方法	6
4. 応力解析による評価方法	7
4.1 評価方針	7
4.2 荷重及び荷重の組合せ	9
4.2.1 荷重	9
4.2.2 荷重の組合せ	9
4.3 許容限界	10
4.4 評価方法	11
4.4.1 基礎スラブの評価方法	11
5. 評価結果	18
5.1 地震応答解析による評価結果	18
5.1.1 接地圧の評価結果	18
5.2 応力解析による評価結果	19
5.2.1 基礎スラブの評価結果	19

## 1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、安全冷却水B冷却塔基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものである。その評価は、地震応答解析及び応力解析に基づいて行う。

安全冷却水B冷却塔基礎は、安全機能を有する施設において「Sクラス施設の間接支持構造物」に分類され、その分類に応じた耐震評価の結果を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

安全冷却水B冷却塔基礎の設置位置は、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」のうち「2.1 位置」に示す。

## 2.2 構造概要

安全冷却水B冷却塔基礎の主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で■■■m(NS)×■■■m(EW)であり、厚さは■■■mである。

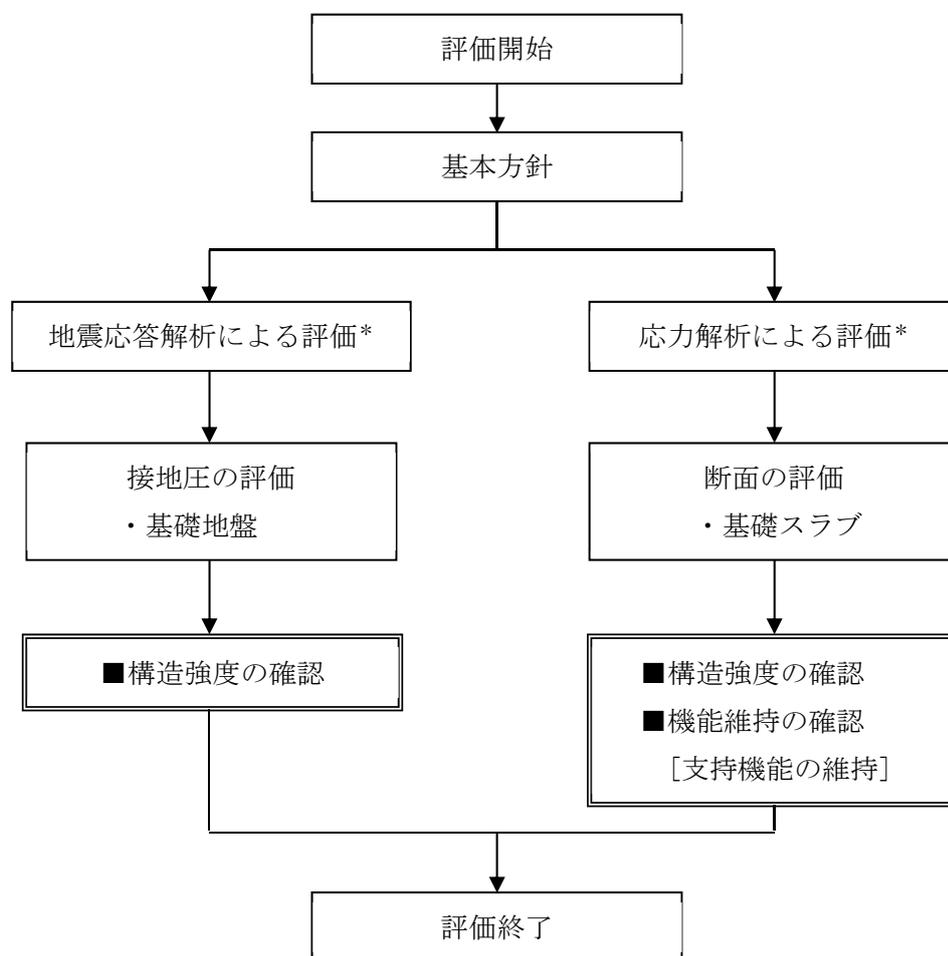
主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の基礎スラブである。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。安全冷却水B冷却塔基礎の概略平面図及び概略断面図は「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」のうち「2.2 構造概要」に示す。

### 2.3 評価方針

安全冷却水B冷却塔基礎の安全機能を有する施設としての地震時の評価においては、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価(以下、「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。)を行うこととし、その評価は「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

安全冷却水B冷却塔基礎の評価は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、地震応答解析により接地圧の評価を、応力解析により断面の評価を行うことで、安全冷却水B冷却塔基礎の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては地盤物性のばらつきを考慮する。

安全冷却水B冷却塔基礎の評価フローを第2.3-1図に示す。



注記 \* : 「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」の結果を踏まえて行う。

第2.3-1図 安全冷却水B冷却塔基礎の評価フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

安全冷却水B冷却塔基礎の評価において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 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）  
（以下，「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（(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 JEAG4601・補-1984  
（(社)日本電気協会）
- ・ 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」と記載しているものは上記3指針を指す。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、安全冷却水B冷却塔基礎の構造強度については、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」に基づき、最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認する。

地震応答解析による評価における安全冷却水B冷却塔基礎の許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第3.-1表のとおり設定する。

第3.-1表 地震応答解析による評価における許容限界

設計上の 確認事項	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)
建物を十分に 支持できること	基準 地震動 S s	基礎地盤	最大接地圧が地盤 の支持力を十分下 回ることを確認	極限 支持力度 2900kN/m <sup>2</sup>

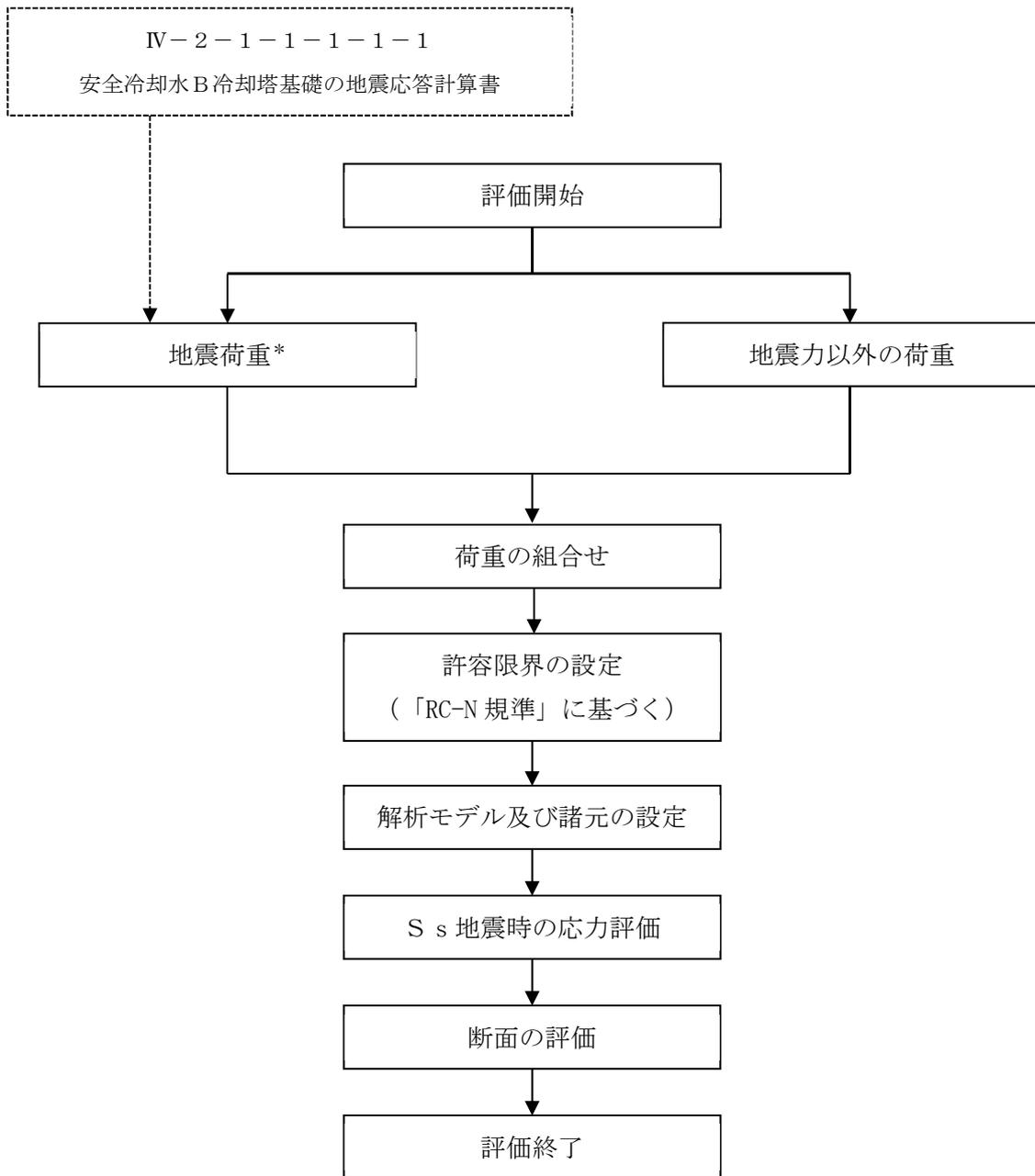
#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価方針

安全冷却水B冷却塔基礎の応力解析による評価対象部位は基礎スラブとし、S s地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

応力解析による基礎スラブ評価フローを第4.1-1図に示す。応力解析にあたっては、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」より得られた結果を用いる。また、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

基礎スラブのS s地震時に対する評価は、FEMモデルを用いた弾性応力解析により行うこととし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。



注記 \* : 地盤物性のばらつきを考慮する。

第4. 1-1図 応力解析による基礎スラブの評価フロー

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

各部位の評価における荷重及び荷重の組合せは、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5. 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。荷重のうち、固定荷重、機器荷重及び積載荷重については、平成10年4月7日付け10安(核規)第148号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-2-2-4-1-1-1 安全冷却水系の耐震性に関する計算書」の「(10) 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震性に関する計算書」の「b. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」を踏まえたものとする。

##### 4.2.1 荷重

各部位の評価において考慮する荷重を第4.2.1-1表に示す。

第4.2.1-1表 考慮する荷重

荷重名称		内容
鉛直荷重(VL)	固定荷重(DL)	建造物の自重
	機器荷重(EL)	構築物に作用する主要機器の荷重
	積載荷重(LL)	家具、什器、人員荷重の他、機器荷重に含まれない小さな機器類の荷重
積雪荷重(SL)		積雪量 190cm 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重(S)		地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重
浮力(B)		地下水位に応じた浮力による荷重

##### 4.2.2 荷重の組合せ

各部位の評価において考慮する荷重の組合せを第4.2.2-1表に示す。

第4.2.2-1表 荷重の組合せ

検討部位	荷重の組合せ
基礎スラブ	VL+SL+S+B

#### 4.3 許容限界

応力解析による評価における安全冷却水B冷却塔基礎の許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第4.3-1表のとおり設定する。

コンクリートの圧縮強度を第4.3-2表に、鉄筋（主筋）の降伏強度を第4.3-3表に示す。

第4.3-1表 応力解析評価における基礎スラブの許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	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）
支持機能	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	基礎スラブ	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」に基づく終局耐力

第4.3-2表 コンクリートの圧縮強度

設計基準強度F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )
23.5 (240kgf/cm <sup>2</sup> )	23.5

第4.3-3表 鉄筋（主筋）の降伏強度

鉄筋種類	降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )
SD345	345

注記：材料強度は降伏強度を1.1倍して算出する。

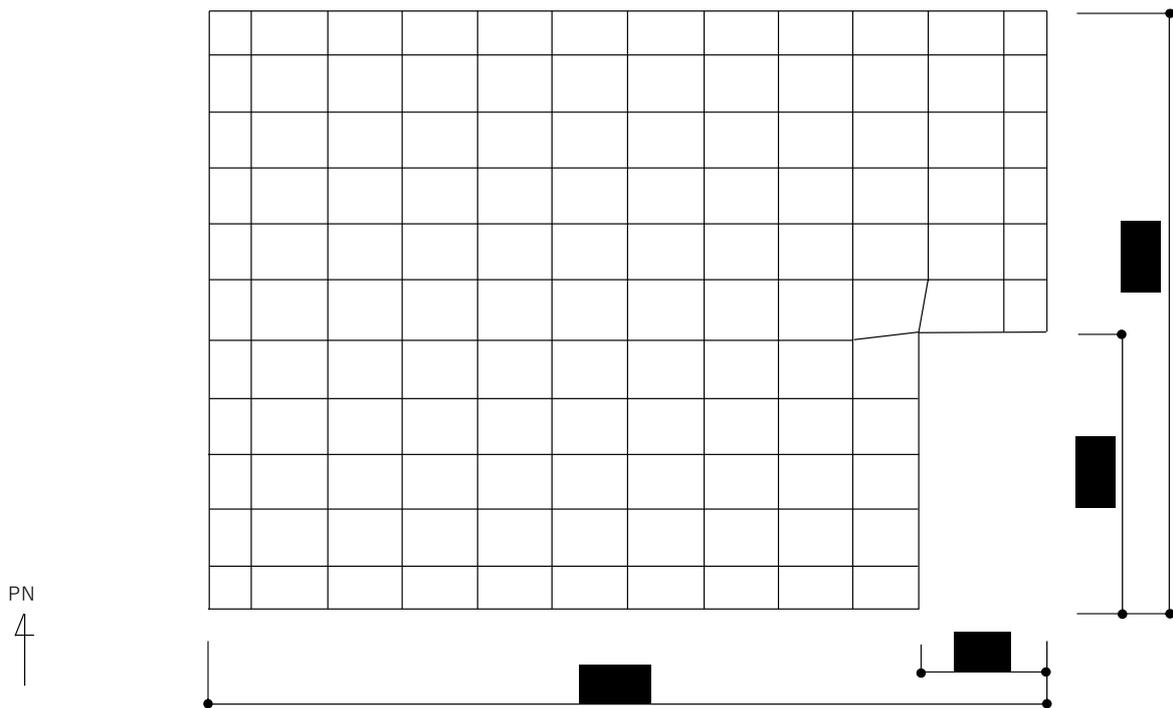
#### 4.4 評価方法

##### 4.4.1 基礎スラブの評価方法

###### (1) 解析モデル

応力解析は、FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2013. 1. 0」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「IV-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎スラブのモデル化においては、シェル要素にてモデル化する。また、基礎スラブ底面に水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。なお、基礎スラブ底面に設置した地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。基礎スラブの解析モデルを第4.4.1-1図に示す。コンクリートの物性値を第4.4.1-1表に、鉄筋コンクリートの単位体積重量を第4.4.1-2表に示す。解析モデルの節点数は146、要素数は122である。



第4.4.1-1図 基礎スラブの解析モデル（単位：mm）

第4.4.1-1表 コンクリートの物性値

設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E_c$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
23.5 (240kgf/cm <sup>2</sup> )	$2.25 \times 10^4$	0.2

第4.4.1-2表 鉄筋コンクリートの単位体積重量

単位体積重量 ( $kN/m^3$ )
24

(2) 荷重ケース

S s 地震時の基礎スラブに作用する応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

VL	: 鉛直荷重
SL	: 積雪荷重
S <sub>SNS</sub>	: NS 方向の S s 地震荷重 (N→S 方向を正とする。)
S <sub>SEW</sub>	: EW 方向の S s 地震荷重 (E→W 方向を正とする。)
S <sub>SUD</sub>	: 鉛直方向の S s 地震荷重 (上向きを正とする。)
B	: 浮力 (上向きを正とする。)

(3) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを第 4. 4. 1-3 表に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 ((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は 1.0 と 0.4)を用いるものとする。

第4. 4. 1-3表 荷重の組合せケース

ケースNo.	荷重の組合せ
1	$VL + SL + 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} + B$
2	$VL + SL - 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} + B$
3	$VL + SL + 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} + B$
4	$VL + SL - 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} + B$
5	$VL + SL + 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} + B$
6	$VL + SL - 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} + B$
7	$VL + SL + 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} + B$
8	$VL + SL - 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} + B$
9	$VL + SL + 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} + B$
10	$VL + SL - 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} + B$
11	$VL + SL + 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} + B$
12	$VL + SL - 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} + B$
13	$VL + SL + 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} + B$
14	$VL + SL - 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} + B$
15	$VL + SL + 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} + B$
16	$VL + SL - 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} + B$

(4) 荷重の入力方法

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

基礎スラブの重量は鉄筋コンクリートの単位体積重量を FEM モデルの各要素に与える。冷却塔から伝達される重量は、集中荷重として基礎スラブと冷却塔の脚部の取合い部の節点に入力する。

b. 地震荷重 (S)

地震荷重については、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析から得られる結果より設定する。冷却塔から基礎スラブへ伝達される荷重としては、「IV-2-1-2-1-1-1 安全冷却水 B 冷却塔の耐震計算書」における冷却塔の支持架構の地震応答解析から得られる、支持架構柱脚部のせん断力、曲げモーメント及び軸力を考慮し、支持架構柱脚部に対応する節点に入力する。また、基礎スラブの慣性力として、上記の冷却塔から基礎スラブへ伝達される荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を、FEM モデルの各節点に、その支配面積に応じて分配入力する。基礎スラブ底面に発生する荷重は、「IV-2-1-1-1-1-1-1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の地震応答計算書」における安全冷却水 B 冷却塔基礎の地震応答解析から得られる、底面スウェイばねの反力であるせん断力、底面ロッキングばねの反力である曲げモーメント及び底面鉛直ばねの反力である軸力を考慮する。 $S_s$  地震時における基礎スラブ底面のせん断力、曲げモーメント及び軸力を第 4.4.1-4 表に示す。

c. 浮力 (B)

浮力は、地下水位面を T.M.S.L. 55.0m とし、基礎スラブに一様に上向きの等分布荷重として入力する。

第 4.4.1-4 表  $S_s$  地震時における基礎スラブ底面のせん断力、曲げモーメント及び軸力

水平 (NS 方向)		水平 (EW 方向)		鉛直
せん断力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ )	曲げモーメント ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	せん断力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ )	曲げモーメント ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	軸力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ )
5.44	2.11	5.58	2.04	2.47

(5) 断面の評価方法

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、基礎スラブに生じる曲げモーメントが許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_u$$

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.4ND \quad (N_{\min} \leq N < 0)$$

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) \quad (0 \leq N \leq 0.4bDF_c)$$

$$M_u = (0.8a_t\sigma_y D + 0.12bD^2 F_c) \left(\frac{N_{\max} - N}{N_{\max} - 0.4bDF_c}\right) \quad (0.4bDF_c < N \leq N_{\max})$$

ここで、

- $M$  : 発生曲げモーメント
- $M_u$  : 許容限界 (曲げ終局強度)
- $N_{\min}$  : 中心引張時終局強度
- $N_{\max}$  : 中心圧縮時終局強度
- $N$  : 発生軸力
- $a_t$  : 引張主筋断面積
- $b$  : 断面幅
- $D$  : 断面せい
- $\sigma_y$  : 鉄筋の引張に対する材料強度
- $F_c$  : コンクリート圧縮強度

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、基礎スラブに生じる面外せん断力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_u$$

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M/(Qd) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj$$

ここで

$Q$	: 発生面外せん断力
$Q_u$	: 許容限界（面外せん断終局強度）
$p_t$	: 引張鉄筋比 (%)
$F_c$	: コンクリートの圧縮強度
$M/Q$	: 強度算定断面における曲げモーメントMと面外せん断力Qの比
$d$	: 有効せい
$p_w$	: 面外せん断補強筋比
$\sigma_{wy}$	: 面外せん断補強筋の降伏強度
$\sigma_0$	: 平均軸方向応力度
$b$	: 部材幅
$j$	: 応力中心間距離

## 5. 評価結果

### 5.1 地震応答解析による評価結果

#### 5.1.1 接地圧の評価結果

S s 地震時の最大接地圧が、地盤の極限支持力度を十分下回ることを確認する。

S s 地震時の最大接地圧と地盤の極限支持力度の比較結果を第 5.1.1-1 表に示す。S s 地震時の最大接地圧は  $107\text{kN/m}^2$  であり、地盤の極限支持力度を十分下回ることを確認した。

第5.1.1-1表 S s 地震時の最大接地圧と地盤の極限支持力度の比較結果

最大接地圧 ( $\text{kN/m}^2$ )		極限支持力度 ( $\text{kN/m}^2$ )	判定
NS方向 (S s - A, 基本, $+1\sigma$ )	EW方向 (S s - A, 基本, $+1\sigma$ )		
107	95	2900	OK

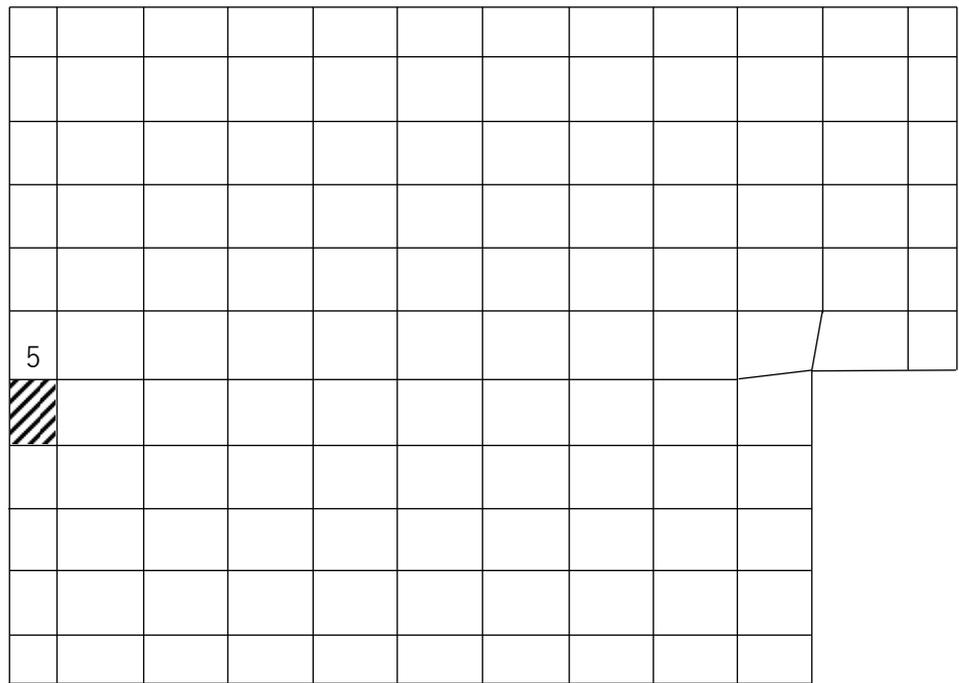
## 5.2 応力解析による評価結果

### 5.2.1 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの評価結果を、軸力及び曲げモーメントに対する評価については、許容限界に対する発生曲げモーメントの割合が最も大きい要素に対して、また、面外せん断力に対する評価については、許容限界に対する発生面外せん断力の割合が最も大きい要素に対して示す。当該要素の位置を第5.2.1-1図及び第5.2.1-2図に、評価結果を第5.2.1-1表に示す。なお、基礎スラブ厚及び配筋は、平成10年4月7日付け10安(核規)第148号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-2-2-4-1-1-1 安全冷却水系の耐震性に関する計算書」の「(10) 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震性に関する計算書」の「b. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」による。

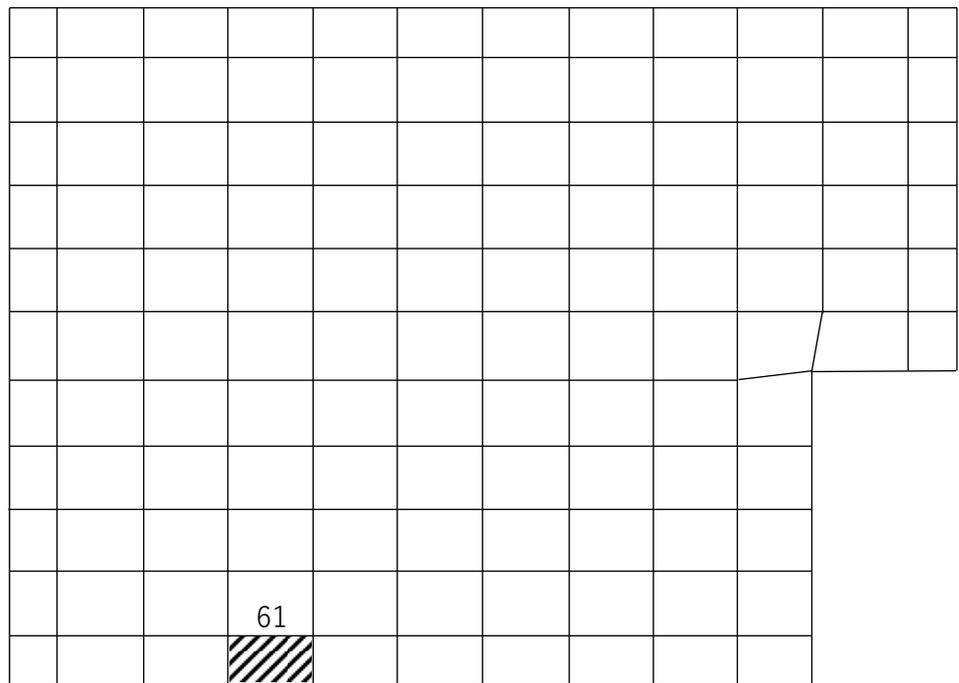
発生曲げモーメント及び発生面外せん断力が、それぞれの許容限界を超えないことを確認した。

PN  
4



(1) NS 方向 (要素 No. 5)

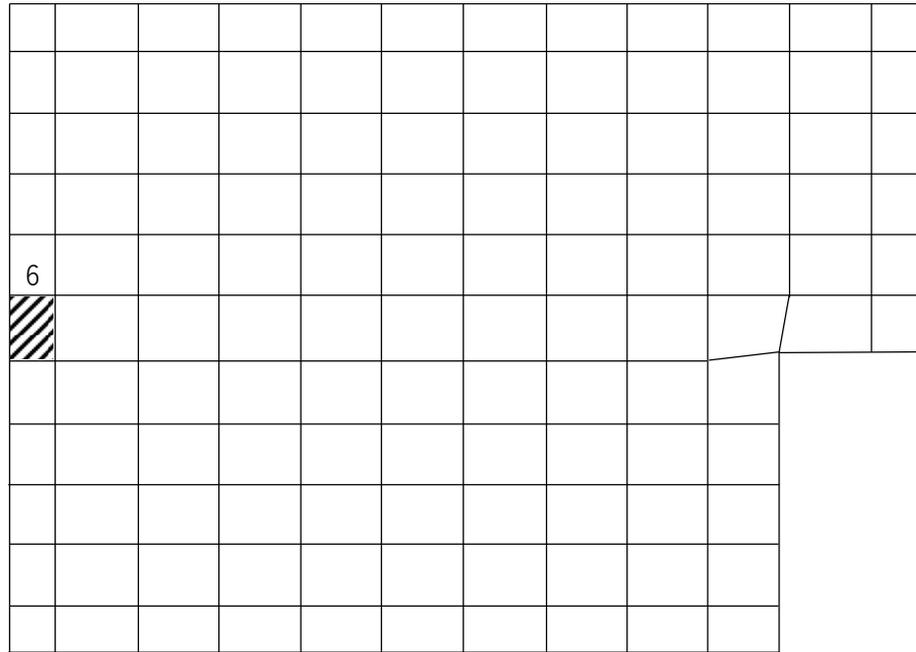
PN  
4



(2) EW 方向 (要素 No. 61)

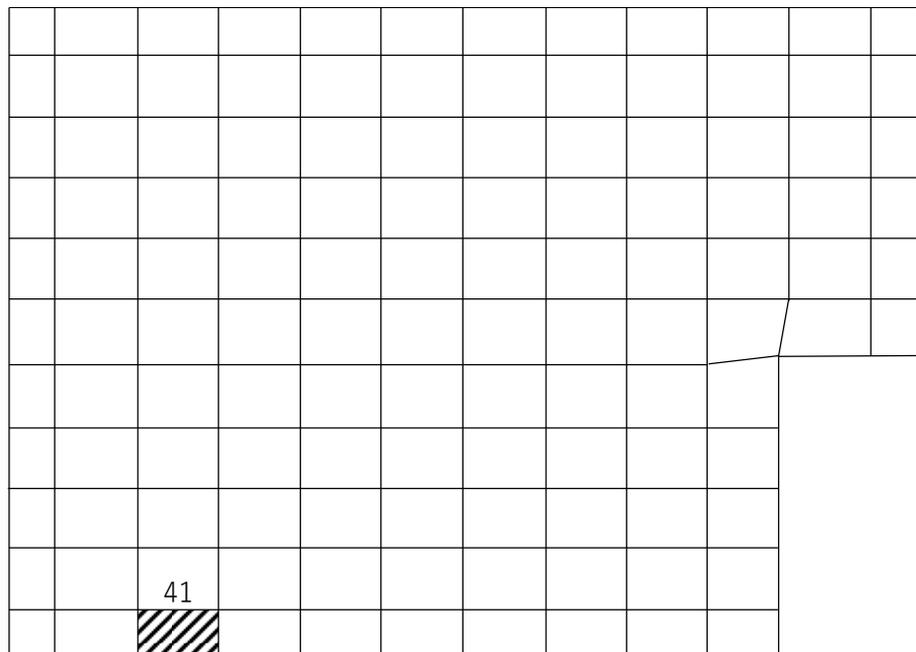
第5.2.1-1図 軸力及び曲げモーメントに対する評価結果を示す要素の位置図

PN  
4



(1) NS 方向 (要素 No. 6)

PN  
4



(2) EW 方向 (要素 No. 41)

第5. 2. 1-2図 面外せん断力に対する評価結果を示す要素の位置図

第5.2.1-1表 基礎スラブの評価結果

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	解析結果			許容値 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	荷重組合せ ケース	発生曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	5	2	1248	1972	0.633	OK
EW	61	6	647	2006	0.323	OK

注記 1：許容値は曲げ終局強度を示す。

2：検定比＝（発生曲げモーメント）／（許容値）

3：軸力は圧縮を正とする。

(2) 面外せん断力に対する評価

方向	解析結果			許容値 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	荷重組合せ ケース	発生面外せん断力 (kN/m)			
NS	6	2	388	1565	0.249	OK
EW	41	6	178	1230	0.145	OK

注記 1：許容値は面外せん断終局強度を示す。

2：検定比＝（発生面外せん断力）／（許容値）

IV-2-1-2  
機器・配管系

## IV-2-1-2-1

その他再処理設備の附属施設

安コ A

IV-2-1-2-1-1  
安全冷却水系

IV-2-1-2-1-1-1  
安全冷却水 B 冷却塔の耐震計算書

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 構造概要 .....	1
3. 構造強度評価 .....	4
3.1 解析モデル .....	4
3.2 設計条件 .....	6
3.3 機器要目 .....	8
3.4 結論 .....	10
4. 動的機能維持評価 .....	12
4.1 動的機能維持評価の詳細検討 .....	12
4.1.1 解析モデル .....	12
4.1.2 機器要目 .....	13
4.1.3 結論 .....	14

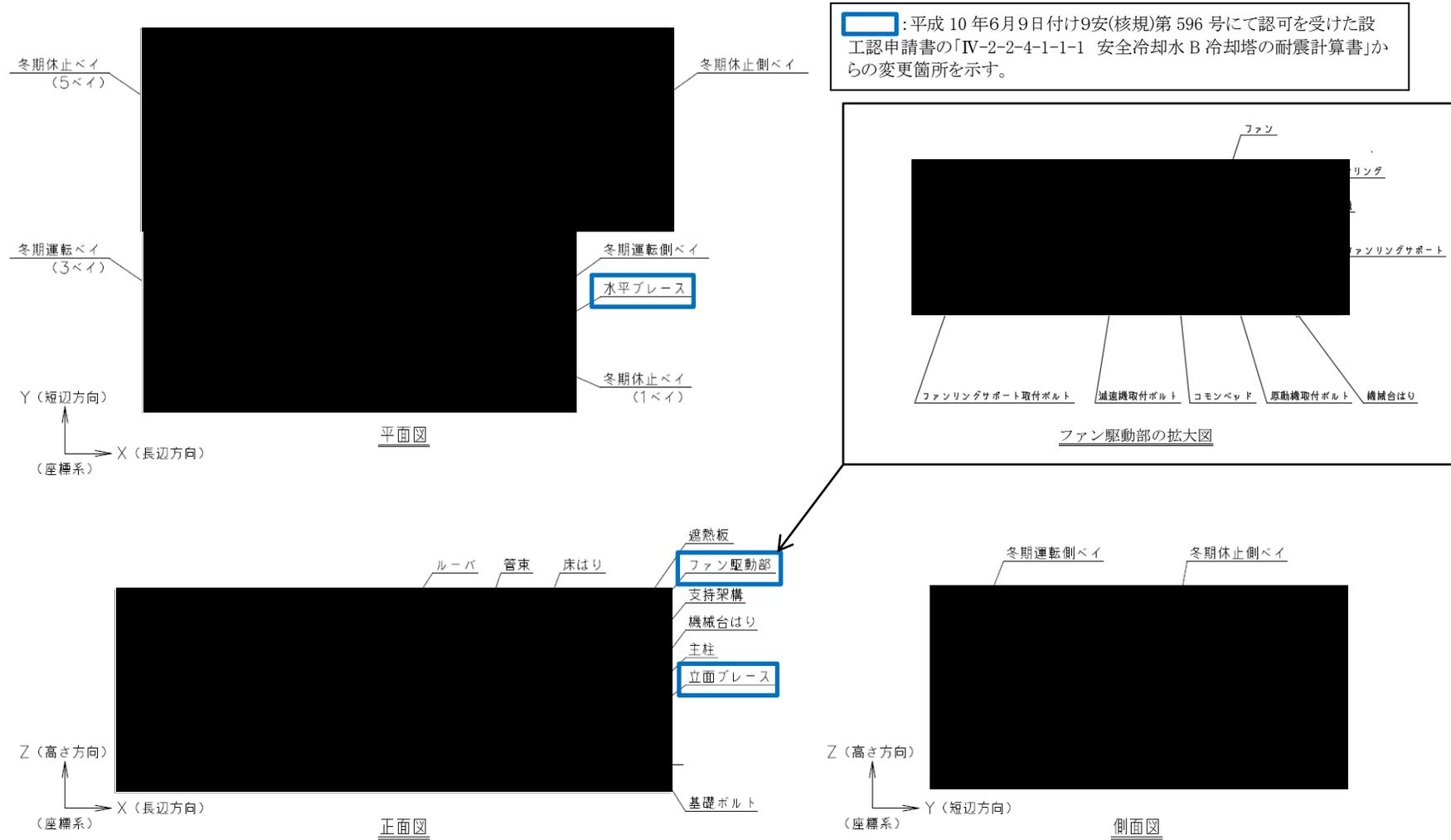
## 1. 概要

本計算書は、「IV-1-2-1-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 支持構造設備」に基づき、安全冷却水 B 冷却塔の計算結果について示す。

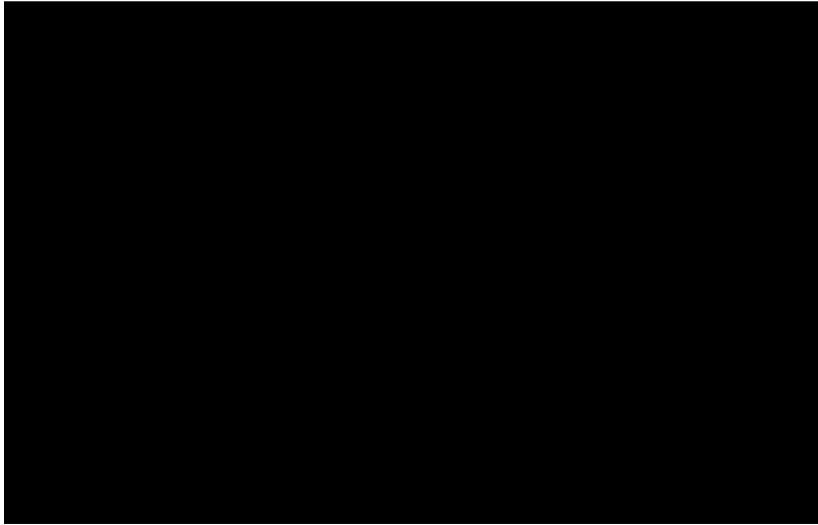
## 2. 構造概要

冷却塔は、ファン駆動部、管束(伝熱管含む)、ルーバ及び遮熱板とこれらを支持する支持架構によって構成している複合構造物である。また、支持架構は冬期運転ベイと冬期休止ベイによって構成される。

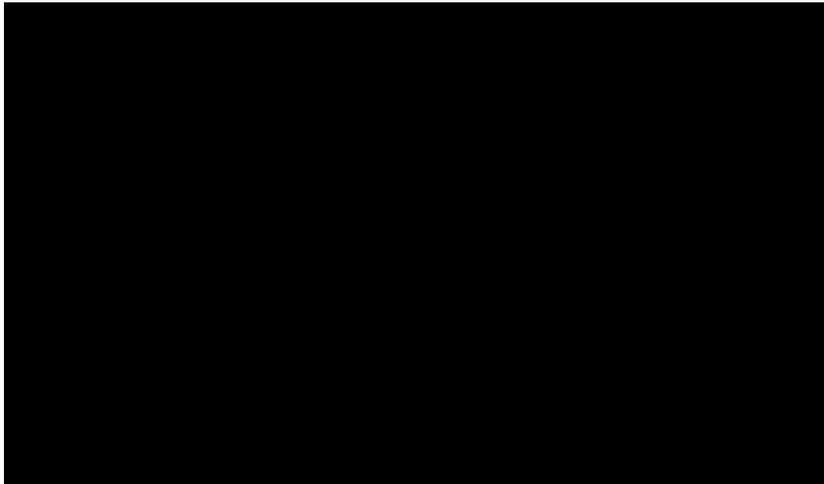
冷却塔及び搭載機器の概要図を第 1.1-1 図～第 1.1-4 図に示す。



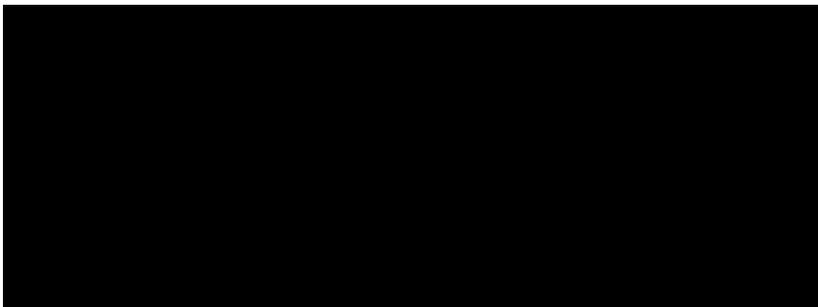
第 1. 1-1 図 安全冷却水 B 冷却塔概要図



第 1.1-2 図 管束構造図



第 1.1-3 図 ルーバ構造図



第 1.1-4 図 遮熱板構造図

### 3. 構造強度評価

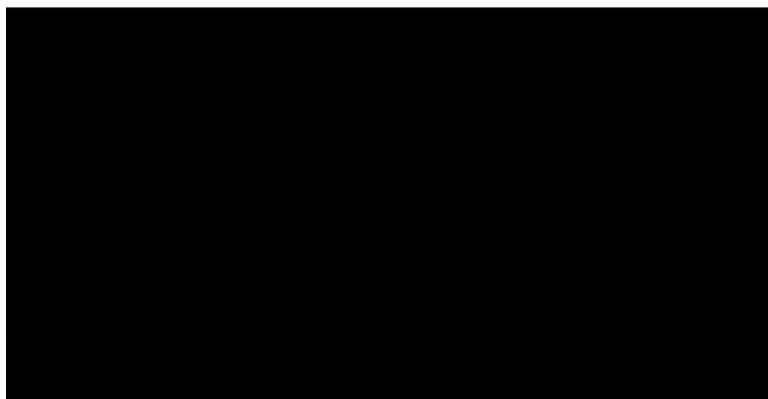
#### 3.1 解析モデル

支持架構は、第 3.1-1 図に示すとおり、はり要素を用いた 3 次元モデルとし、補強により追加した水平ブレースや鉛直ブレースの剛性を反映したものとする。

支持架構のモデル諸元については、第 3.1-1 表に示す。また、伝熱管のモデル図を第 3.1-2 図に、モデル諸元を第 3.1-2 表に示す。

なお、安全冷却水 B 冷却塔の支持架構に用いる減衰定数について、上記「IV-1-2-1-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 支持構造設備」に基づく、安全冷却水 B 冷却塔の支持架構はボルトリベット構造であることから減衰定数 2% を適用し評価を行うが、設計上の保守性を考慮するため 1% を設定する。

計算は、解析コード「MSC. NASTRAN Ver. 2008.0.4」を使用する。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、「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」のうち「IV-3-2 機器・配管系」の「別紙 3 MSC. NASTRAN」に示す。



冬期運転側ベイ

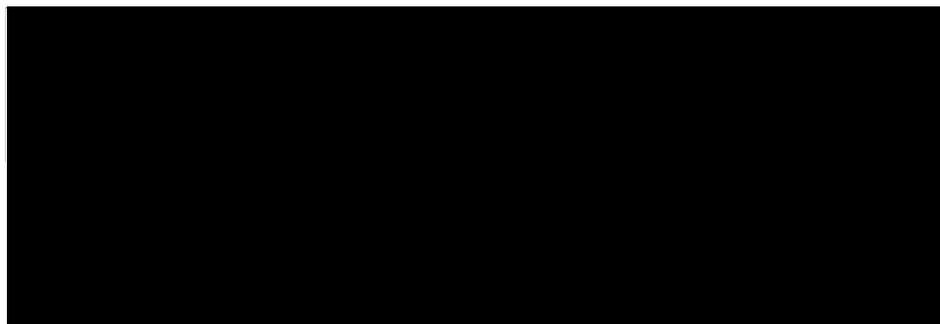


冬期休止側ベイ

第 3.1-1 図 支持架構解析モデル

第 3.1-1 表 支持架構のモデル諸元

	冬期運転側ベイ	冬期休止側ベイ
要素数		
節点数		



第 3.1-2 図 伝熱管解析モデル

第 3.1-2 表 伝熱管のモデル諸元

要素数	
節点数	

3.2 設計条件  
(冬期運転側ベイ)

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ*1 (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S d 及び静的震度				基準地震動 S s		振動による震度 (G)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	比重
				動的		静的		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度						
安全冷却水 B 冷却塔	支持架構	S											
	ファン駆動部			原動機									
				減速機									
				ファンリング									
	管束/伝熱管												
	ルーバ												
遮熱板													

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 弾性設計用地震動 S d に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*3: 基準地震動 S s に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*4: 下記に示す。

次数	固有周期 (s)

(冬期休止側ベイ)

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ*1 (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 及び静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>		振動による 震度 (G)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	比重
				動的		静的		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度						
安全冷却水 B 冷却塔	支持架構	S											
	ファン 駆動部			原動機									
				減速機									
				ファン リング									
	管束/伝熱管												
	ルーバ												
遮熱板													

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*3: 基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*4: 下記に示す。

次数	固有周期 (s)

### 3.3 機器要目

(冬期運転側ペイ)

#### (1) 伝熱管

$D_o$ (mm)	$t$ (mm)	$Z_f$ (mm <sup>3</sup> )	$i_1$ (-)	$i_2$ (-)

#### (2) 支持架構搭載機器

部材	$m$ (kg)	$h$ (mm)	取付ボルト 配置	$L$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$n$ (-)	$n_t$ (-)	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	$M_p$ (N・mm)
原動機										
取付ボルト										
減速機										
取付ボルト										
ファンリング サポート										
取付ボルト										
管束										
取付ボルト										
ルーバ										
取付ボルト										
遮熱板										
取付ボルト										

注記 \*1: ファンリングサポート, ファンリングを含む。

#### (3) 支持架構

運転質量 (kg)	$A$ (mm <sup>2</sup> )	$AS_y$ (mm <sup>2</sup> )	$AS_z$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_y$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_z$ (mm <sup>3</sup> )	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)

#### (4) 基礎ボルト

$A_{ab}$ (mm <sup>2</sup> )	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)

(冬期休止側ベイ)

(1) 伝熱管

$D_o$ (mm)	$t$ (mm)	$Z_f$ (mm <sup>3</sup> )	$i_1$ (-)	$i_2$ (-)

(2) 支持架構搭載機器

部材	$m$ (kg)	$h$ (mm)	取付ボルト 配置	$L$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$n$ (-)	$n_t$ (-)	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	$M_p$ (N・mm)
原動機										
取付ボルト										
減速機										
取付ボルト										
ファンリング										
サポート										
取付ボルト										
管束										
取付ボルト										
ルーバ										
取付ボルト										
遮熱板										
取付ボルト										

注記 \*1: ファンリングサポート, ファンリングを含む。

(3) 支持架構

運転質量 (kg)	$A$ (mm <sup>2</sup> )	$AS_y$ (mm <sup>2</sup> )	$AS_z$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_y$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_z$ (mm <sup>3</sup> )	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)

(4) 基礎ボルト

$A_{ab}$ (mm <sup>2</sup> )	$F$ (MPa)	$F^*$ (MPa)

3.4 結論

(冬期運転側ベイ)

(単位：MPa)

部材	材料	応力	S d 又は 3.6C <sub>i</sub>		S s	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
伝熱管		一次				
		一次+二次				
支持架 構搭載機器	原動機 取付ボルト	引張				
		せん断				
	減速機 取付ボルト	引張				
		せん断				
	ファンリングサポート 取付ボルト	引張				
		せん断				
	管束 取付ボルト	引張				
せん断						
ルーバ 取付ボルト	引張					
	せん断					
遮熱板 取付ボルト	引張					
	せん断					
支持架 構		引張				
		圧縮				
		曲げ				
		せん断				
		組合せ(引張+曲げ)				
		組合せ(圧縮+曲げ)				
基礎ボルト		引張				
		せん断				

注記 \*1：S s による算出応力が S d 又は 3.6C<sub>i</sub> の許容応力以下である場合は記載を省略する。

\*2： XXXXXXXXXX

全て許容応力以下であるので十分な耐震性が確保される。

(冬期休止側ベイ)

(単位：MPa)

部材	材料	応力	S d 又は 3.6C <sub>i</sub>		S s	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
伝熱管		一次				
		一次+二次				
支持架 構搭載 機器		原動機 取付ボルト	引張			
		せん断				
		減速機 取付ボルト	引張			
		せん断				
		ファンリングサポート 取付ボルト	引張			
		せん断				
		管束 取付ボルト	引張			
せん断						
支持架 構		ルーバ 取付ボルト	引張			
		せん断				
		遮熱板 取付ボルト	引張			
		せん断				
		引張				
		圧縮				
		曲げ				
せん断						
基礎ボルト		組合せ(引張+曲げ)				
		組合せ(圧縮+曲げ)				
基礎ボルト		引張				
		せん断				

注記 \*1：S s による算出応力が S d 又は 3.6C<sub>i</sub> の許容応力以下である場合は記載を省略する。

\*2： XXXXXXXXXX

全て許容応力以下であるので十分な耐震性が確保される。

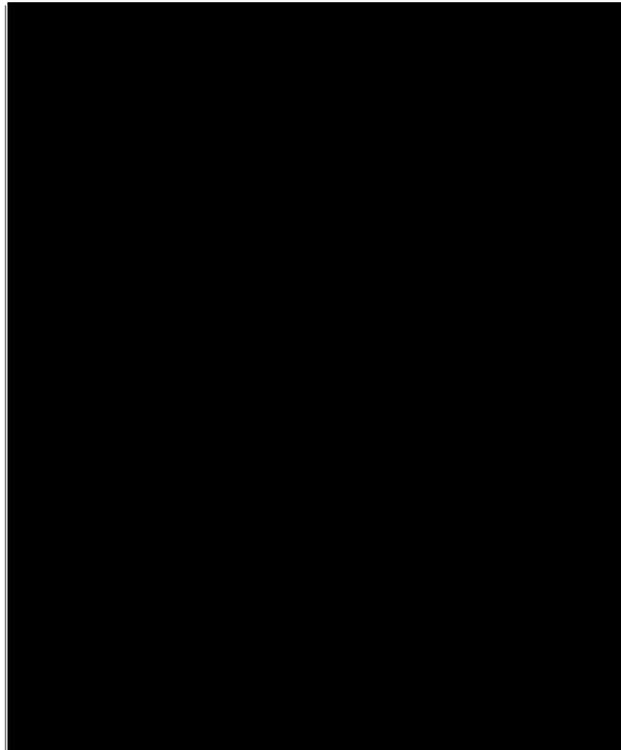
#### 4. 動的機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価の詳細検討

###### 4.1.1 解析モデル

ファン軸解析モデルを第 4.1-1 図に、モデル諸元を第 4.1-1 表に示す。

計算は、解析コード「MSC.NASTRAN Ver. 2008.0.0」を使用する。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、「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」のうち「IV-3-2 機器・配管系」の「別紙 3 MSC.NASTRAN」に示す。



第 4.1-1 図 安全冷却水 B 冷却塔ファン軸解析モデル図

第 4.1-1 表 安全冷却水 B 冷却塔 ファン軸解析モデル諸元

要素数	
節点数	

#### 4.1.2 機器要目

固有周期及び機器要目を，以下に示す。

		固有周期 (s)	
原動機			
減速機	本体		
	ファン軸		停止時
			回転時
ファンリング			

注記 \*1 : JEAG4601-1991 追補版において，十分に剛であることが示されている。

	d (mm)	F (MPa)
ファン軸		

	l (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
原動機軸					

#### 4.1.3 結論

ファン及び原動機の詳細検討の結果について、以下に示す。

原動機については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す動的機能確認済加速度を超えることから、原動機軸及び軸受の詳細評価結果を示す。

なお、ファン及び原動機の取付ボルトの評価結果は「3.4 結論」に示す。

(冬期運転側ベイ)

ファン

		S s	
		算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ファン軸			
ファン 軸受		算出荷重 (N)	許容荷重 (N)
	上部軸受		
	下部軸受		
チップ クリアランス		ファン軸先端の 最大変位 (mm)	許容値 (mm)

原動機

詳細評価

		S s	
		算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原動機軸			
原動機軸受		算出荷重 (N)	許容荷重 (N)

全て許容値以下であるので十分な耐震性が確保される。

(冬期休止側ベイ)

ファン

		S s	
		算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ファン軸			
ファン 軸受		算出荷重 (N)	許容荷重 (N)
	上部軸受		
	下部軸受		
チップ クリアランス		ファン軸先端の 最大変位 (mm)	許容値 (mm)

原動機

詳細評価

		S s	
		算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原動機軸			
原動機軸受		算出荷重 (N)	許容荷重 (N)

全て許容値以下であるので十分な耐震性が確保される。

## IV-2-2

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結果

## IV－2－2－1

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

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 耐震評価方針	2
3.1 耐震評価部位	2
3.1.1 不等沈下又は相対変位の観点	2
3.1.2 接続部の観点	2
3.1.3 建屋内における下位クラス施設の損傷，転倒及び落下の観点	2
3.1.4 建屋外における下位クラス施設の損傷，転倒及び落下の観点	3
3.2 地震応答解析	3
3.3 設計用地震動又は地震力	3
3.4 荷重の種類及び荷重の組合せ	3
3.5 許容限界	3
3.5.1 建物・構築物	4
3.5.2 機器・配管系	4
3.6 まとめ	4

## 1. 概要

本資料は、安全機能を有する施設を設計する際に、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」にて選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震評価方針を説明するものである。

## 2. 基本方針

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設は、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に基づき、以下「3. 耐震評価方針」に示すとおり、耐震評価部位、地震応答解析、設計用地震動又は地震力、荷重の種類及び荷重の組合せ並びに許容限界を定めて耐震評価を実施する。

この耐震評価を実施するものとして、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」にて選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設を第2-1表に示す。

第2-1表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

分類	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
建物・構築物	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)

### 3. 耐震評価方針

#### 3.1 耐震評価部位

耐震評価部位については、対象設備の構造及び波及的影響の観点を考慮し、JEAG4601を含む工事計画での実績を参照した上で、耐震評価上厳しい箇所を選定する。

##### 3.1.1 不等沈下又は相対変位の観点

###### (1) 地盤の不等沈下による影響

地盤の不等沈下による影響については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「4.1 不等沈下又は相対変位の観点」に示すように、地盤の不等沈下による波及的影響の設計対象となる下位クラス施設はない。

###### (2) 建屋間の相対変位による影響

a. 安全冷却水 B 冷却塔，安全冷却水 B 冷却塔まわり配管並びに飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)

下位クラス施設である飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)は、上位クラス施設である安全冷却水 B 冷却塔並びに安全冷却水 B 冷却塔まわり配管に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う相対変位により衝突して、安全冷却水 B 冷却塔並びに安全冷却水 B 冷却塔まわり配管に対して波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため下位クラス施設である飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)と上位クラス施設である安全冷却水 B 冷却塔並びに安全冷却水 B 冷却塔まわり配管の相対変位に対する評価を実施する。

なお、安全冷却水 B 冷却塔まわり配管については、安全冷却水 B 冷却塔の内部に敷設されていることから、安全冷却水 B 冷却塔を対象に飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)との相対変位に対する評価を実施する。

各施設の評価に必要な詳細構造計画は各計算書に示す。

##### 3.1.2 接続部の観点

接続部の観点による影響については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「4.2 接続部の観点」に示すように、接続部の相互影響による設計対象となる下位クラス施設はない。

##### 3.1.3 建屋内における下位クラス施設の損傷，転倒及び落下の観点

建屋内における下位クラス施設の損傷，転倒及び落下の観点による影響については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「4.3 建屋内施設の損傷，転倒及び落下の観点」に示すように、建屋内施設の損傷，転倒及び落下による設計対象となる下位クラス施設はない。

### 3.1.4 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下の観点

#### (1) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)

下位クラス施設である飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)は、上位クラス施設である安全冷却水 B 冷却塔並びに安全冷却水 B 冷却塔まわり配管を覆うように設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、安全冷却水 B 冷却塔並びに安全冷却水 B 冷却塔まわり配管に衝突し、波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため主要構造部材及び支持部の評価を実施する。

各施設の評価に必要な詳細構造計画は各計算書に示す。

### 3.2 地震応答解析

地震応答解析については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.2 地震応答解析」に基づき、下位クラス施設に適用する方法として、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に記載の建物・構築物、機器・配管系それぞれの地震応答解析の方針に従い実施する。

### 3.3 設計用地震動又は地震力

設計用地震動又は地震力については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.3 設計用地震動又は地震力」に基づき、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力として、基準地震動  $S_s$  を適用する。

### 3.4 荷重の種類及び荷重の組合せ

荷重の種類及び組合せについては、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.4 荷重の種類及び荷重の組合せ」に基づき、波及的影響の防止を目的とした設計において用いる荷重の種類及び荷重の組合せとして、波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設と同じ運転状態において下位クラス施設に発生する荷重を組み合わせる。

また、屋外に設置されている施設については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に基づき積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

### 3.5 許容限界

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の評価に用いる許容限界については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.5 許容限界」に基づき、波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設と同じ運転状態において、下位クラス施設が波及的影響を及ぼすおそれがないよう、また、上位クラス施設の機能に影響がないよう、以下、建物・構築物、機器・配管系に分けて設定する。

### 3.5.1 建物・構築物

建物・構築物については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.5 許容限界」に基づき、距離及び終局耐力を許容限界とする。

終局耐力においては、鉄筋コンクリート造耐震壁を主要構造とする建物・構築物についてはJEAG4601に基づく終局点に対応するせん断ひずみ、それ以外の建物・構築物については崩壊機構が形成されないこと又は「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」（(社)日本建築学会，2005）等に基づく終局耐力を設定することを基本とする。

### 3.5.2 機器・配管系

機器・配管系については、「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.5 許容限界」に基づき、破断延性限界に十分な余裕を有していることに相当する許容限界として、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す基準地震動  $S_s$  との荷重の組合せに適用する許容限界を設定する。

## 3.6 まとめ

以上を踏まえ、波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震評価方針を第3.6-1表に示す。

各施設の詳細な評価は、「IV-2-2-2 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性についての計算書」以降の各計算書に示す。

第 3.6-1 表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震評価方針

分類	設計対象 下位クラス施設	設計の観点*	耐震評価部位	設計用地震動	荷重の種類及び 荷重の組合せ	許容限界設定の考え方
建物 ・ 構築物	飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)	設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響(相対変位)	主要構造部 支持部	S s	D + L <sub>s</sub> + S s + WL	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)と安全冷却水 B 冷却塔の離隔距離。
		建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下				「鋼構造設計規準」((社)日本建築学会, 2005)等に基づく終局強度。 座屈拘束ブレースについては、「BCJ 評定-ST0126-06」にて保証されている許容限界とする。

注記 \* : 「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針」にて設定した 4 つの設計の観点を記載

記号の説明

- D : 固定荷重
- L : 積載荷重
- L<sub>s</sub> : 積雪荷重(短期事象との組合せ用)
- S s : 基準地震動 S s による地震力
- WL : 風荷重(「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき設定)

## IV－2－2－2

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性についての  
計算書

# IV-2-2-2-1 建物・構築物

IV-2-2-2-1-2

竜巻防護対策設備

# IV-2-2-2-1-2-1

飛来物防護ネット(再処理設備本体  
用 安全冷却水系冷却塔 B)の地震  
応答計算書

## 目 次

ページ

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	10
2.4 準拠規格・基準等	12
3. 解析方法	13
3.1 地震応答解析に用いる地震動	13
3.2 地震応答解析モデル	14
3.2.1 飛来物防護ネット架構	17
3.2.2 地盤	21
3.3 入力地震動	27
3.4 解析方法	28
3.5 解析条件	29
3.6 材料物性のばらつき	32
4. 解析結果	43
4.1 固有値解析結果	43
4.2 地震応答解析結果	49
4.2.1 全応力解析	49
4.2.2 有効応力解析	83

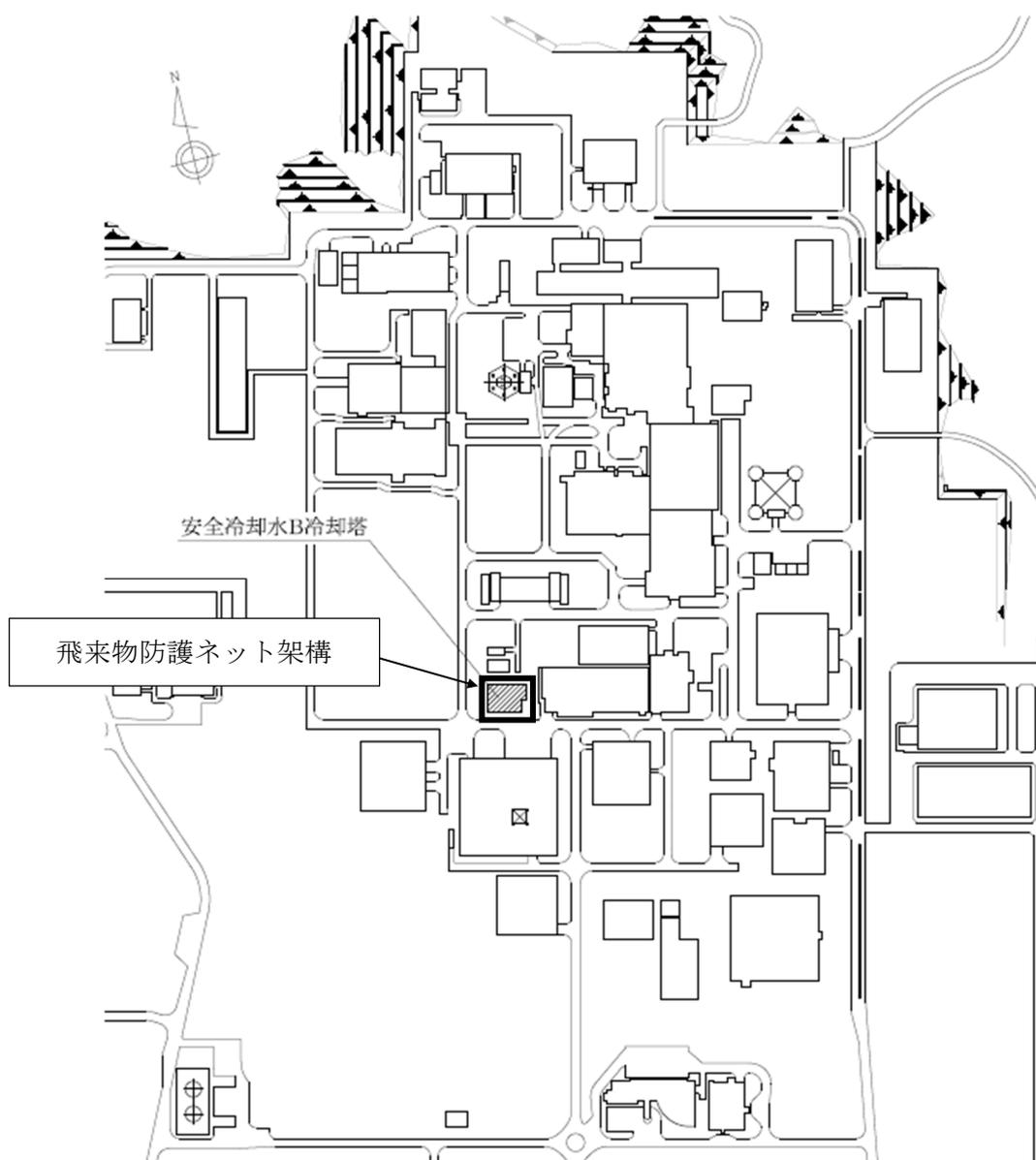
## 1. 概要

本資料は、添付書類「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」の「5.2 地震応答解析」に基づき、下位クラス施設に適用する方法として添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に記載の地震応答解析の方針に従い飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)(以下「飛来物防護ネット架構」という。)の地震応答解析について説明するものである。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

飛来物防護ネット架構の設置位置を第2.1-1図に示す。



第2.1-1図 飛来物防護ネット架構の設置位置

## 2.2 構造概要

飛来物防護ネット架構は、防護ネット、防護板、鉄骨造の支持架構、鉄筋コンクリート造の基礎梁及び杭によって構成される。

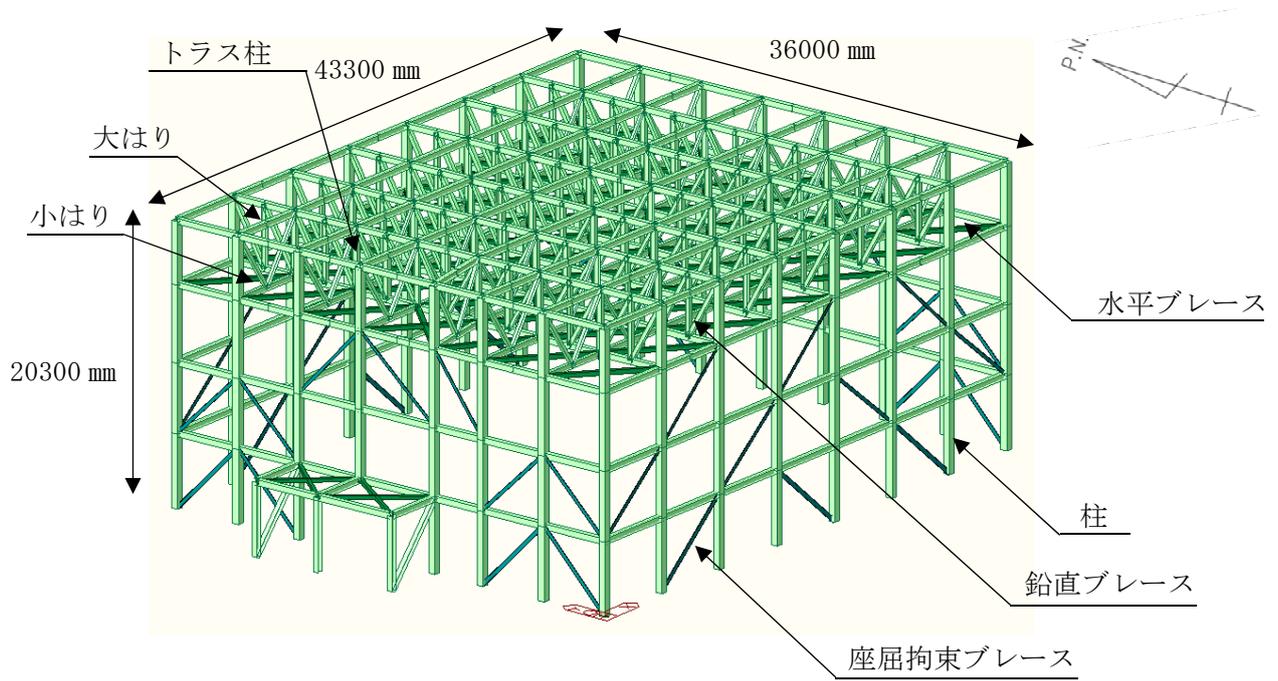
このうち支持架構は地震力を受け持つ部材である、柱、大はり、小はり、トラス柱、鉛直ブレース及び水平ブレースからなるフレーム及び座屈拘束ブレースによって構成され、平面形状は、36.00m(NS方向)×47.90m(EW方向)であり、地上高さは、20.30mである。

飛来物防護ネット架構においては、地震応答を低減するために座屈拘束ブレースを採用し、また、支持架構全体のねじれの防止及び応力伝達を考慮してバランスよく配置している。座屈拘束ブレースは、中心鋼材を座屈拘束材(鋼管とモルタル)で拘束し、繰り返し作用する地震荷重に対して、安定的に塑性化することでエネルギーを吸収することにより、フレームに作用する荷重を低減するものである。なお、採用した座屈拘束ブレースは、平成12年建設省告示1461号の制振部材及び平成17年国土交通省告示第631号のエネルギー吸収部材に係る評定を受けたものである。

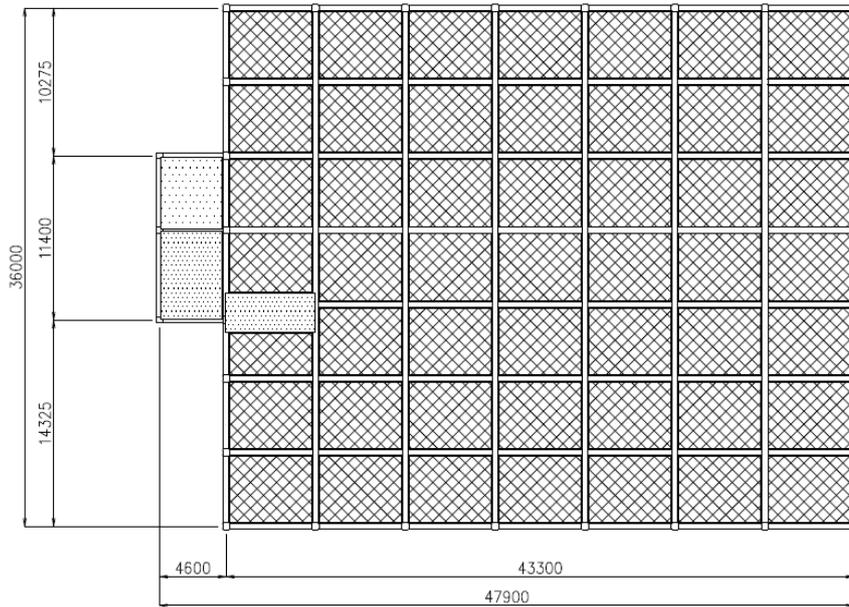
基礎梁は厚さ3.00mの鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である岩盤に場所打ちコンクリート杭(外径1.00m及び1.50m、杭長16.80m及び17.80m、113本)を介して設置している。また、液状化対策として飛来物防護ネット架構下部の支持地盤以浅の地盤はセメント系の地盤改良を実施している。

なお、飛来物防護ネット架構は防護対象となる安全冷却水B冷却塔と構造的に分離している。

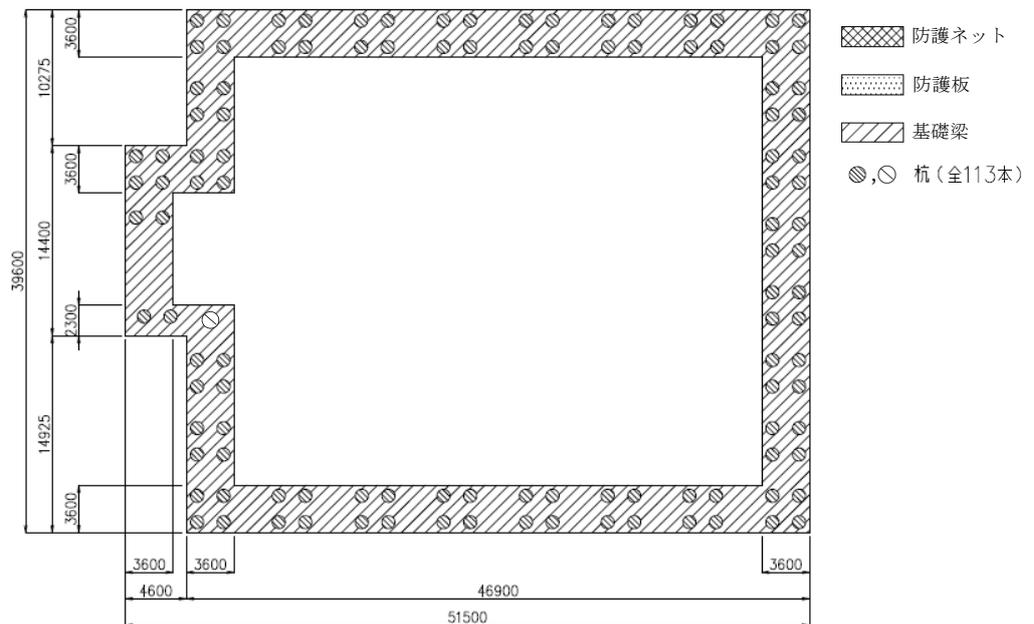
支持架構の全景を第2.2-1図に、屋根伏図及び杭伏図を第2.2-2図に、概略側面図を第2.2-3図に、基礎梁及び杭の断面図を第2.2-4図に示す。



第2. 2-1図 支持架構の全景



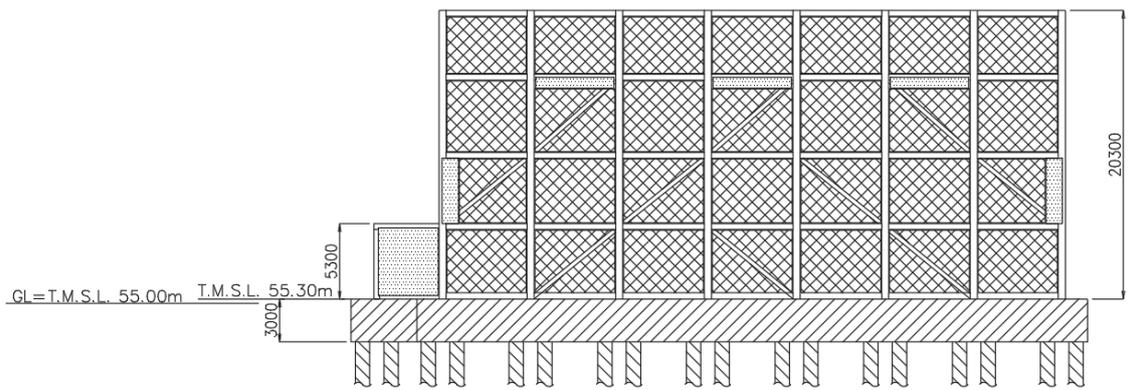
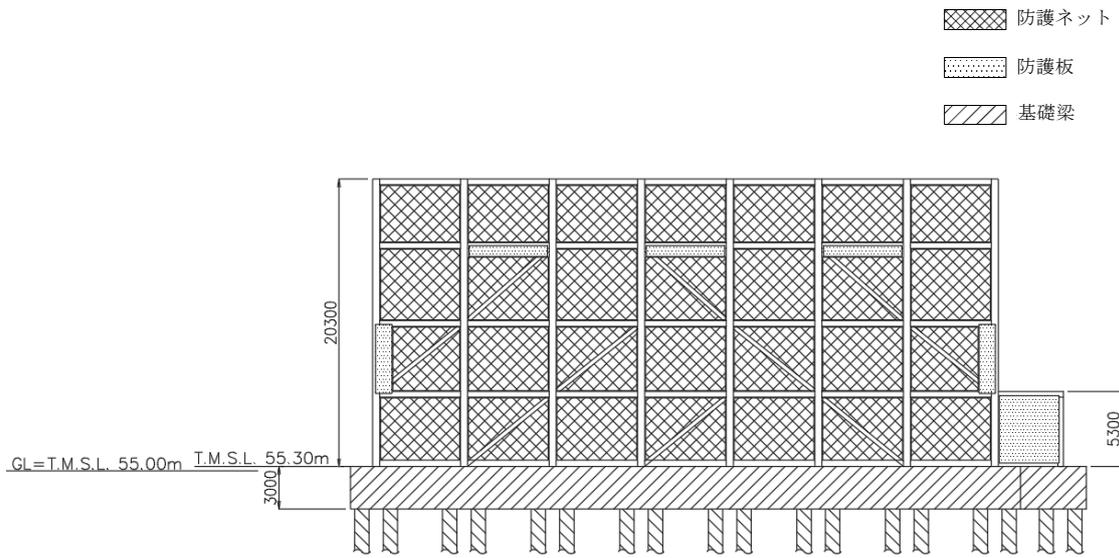
(a) 屋根伏図



(b) 杭伏図

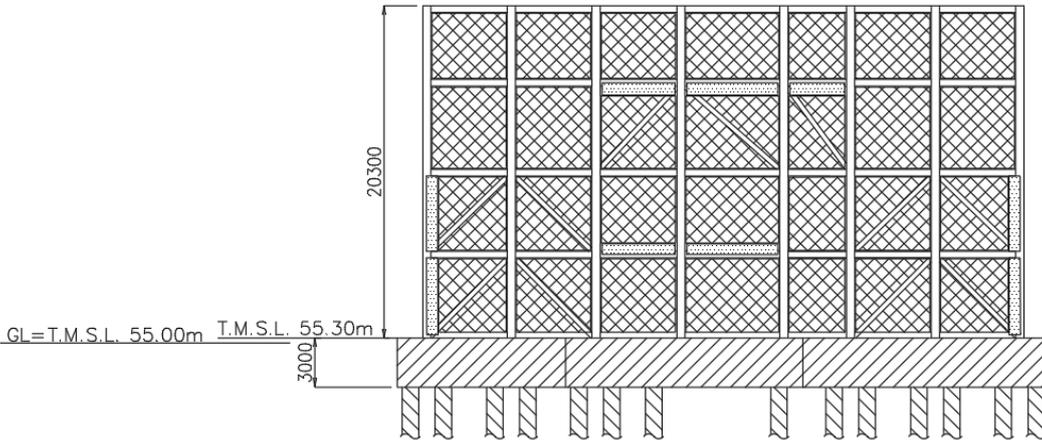
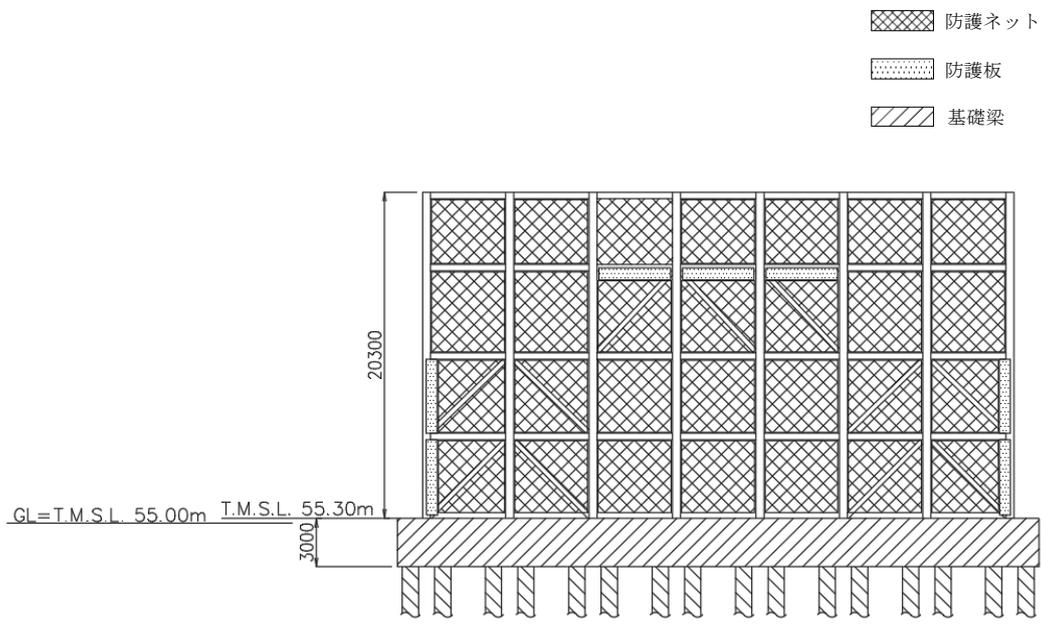
(単位：mm)

第2.2-2図 飛来物防護ネット架構の屋根伏図及び杭伏図



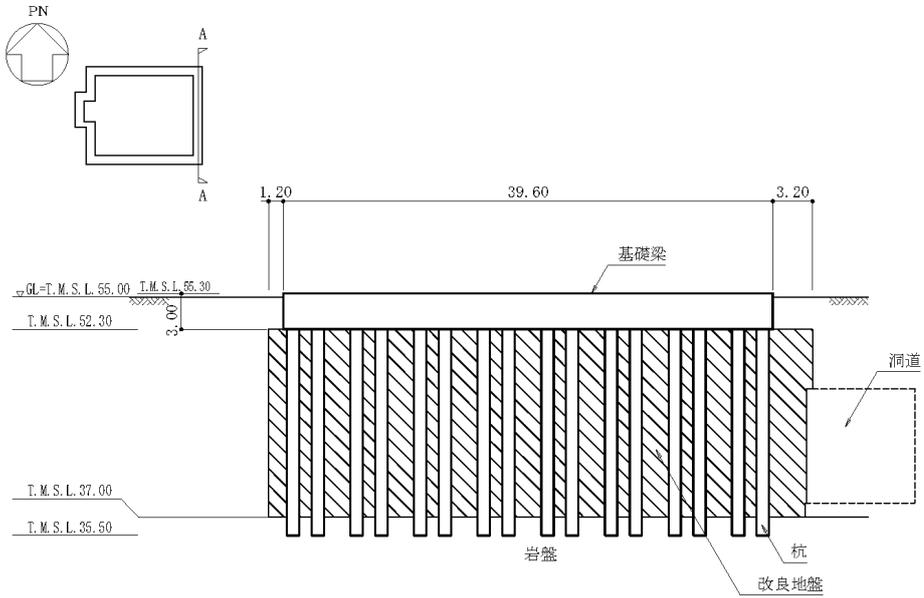
(単位 : mm)

第2.2-3図 飛来物防護ネット架構の概略側面図(1/2)

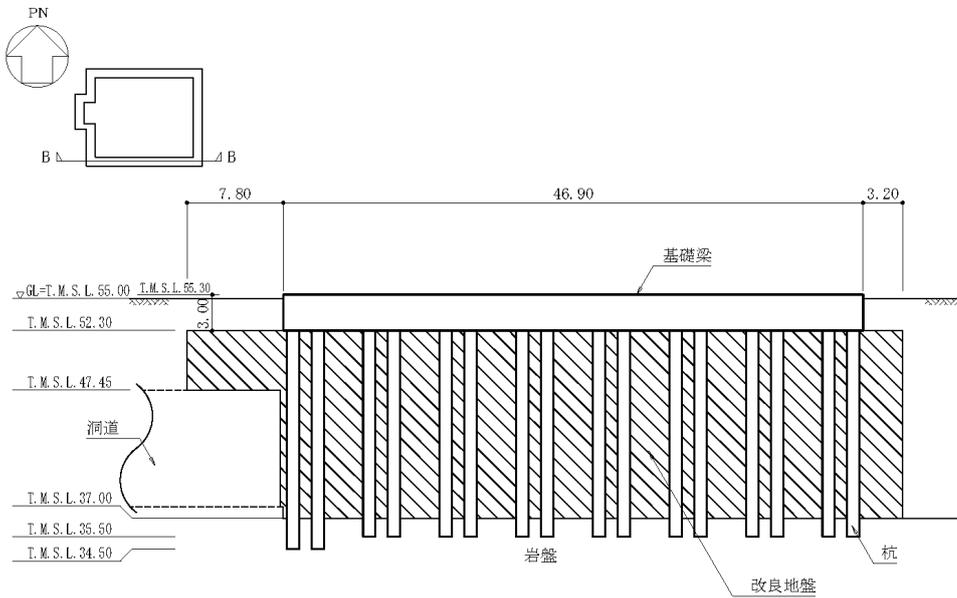


(単位 : mm)

第2.2-3図 飛来物防護ネット架構の概略側面図(2/2)



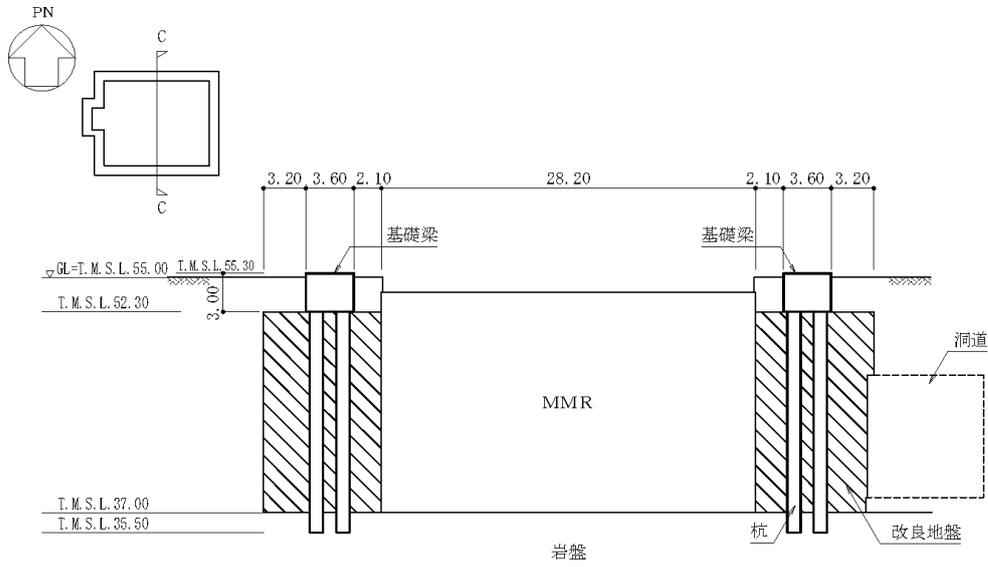
(a) A-A 断面図 (NS 方向)



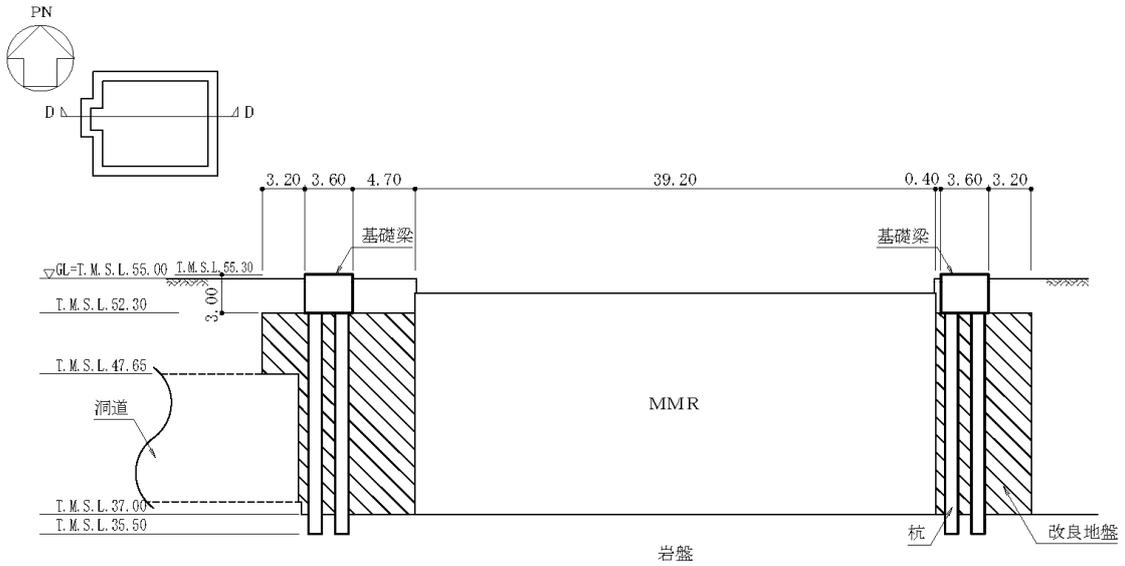
(b) B-B 断面図 (EW 方向)

(単位 : m)

第2.2-4図 基礎梁及び杭の断面図 (1/2)



(c) C-C 断面図(NS 方向)



(d) D-D 断面図(EW 方向)

(単位 : m)

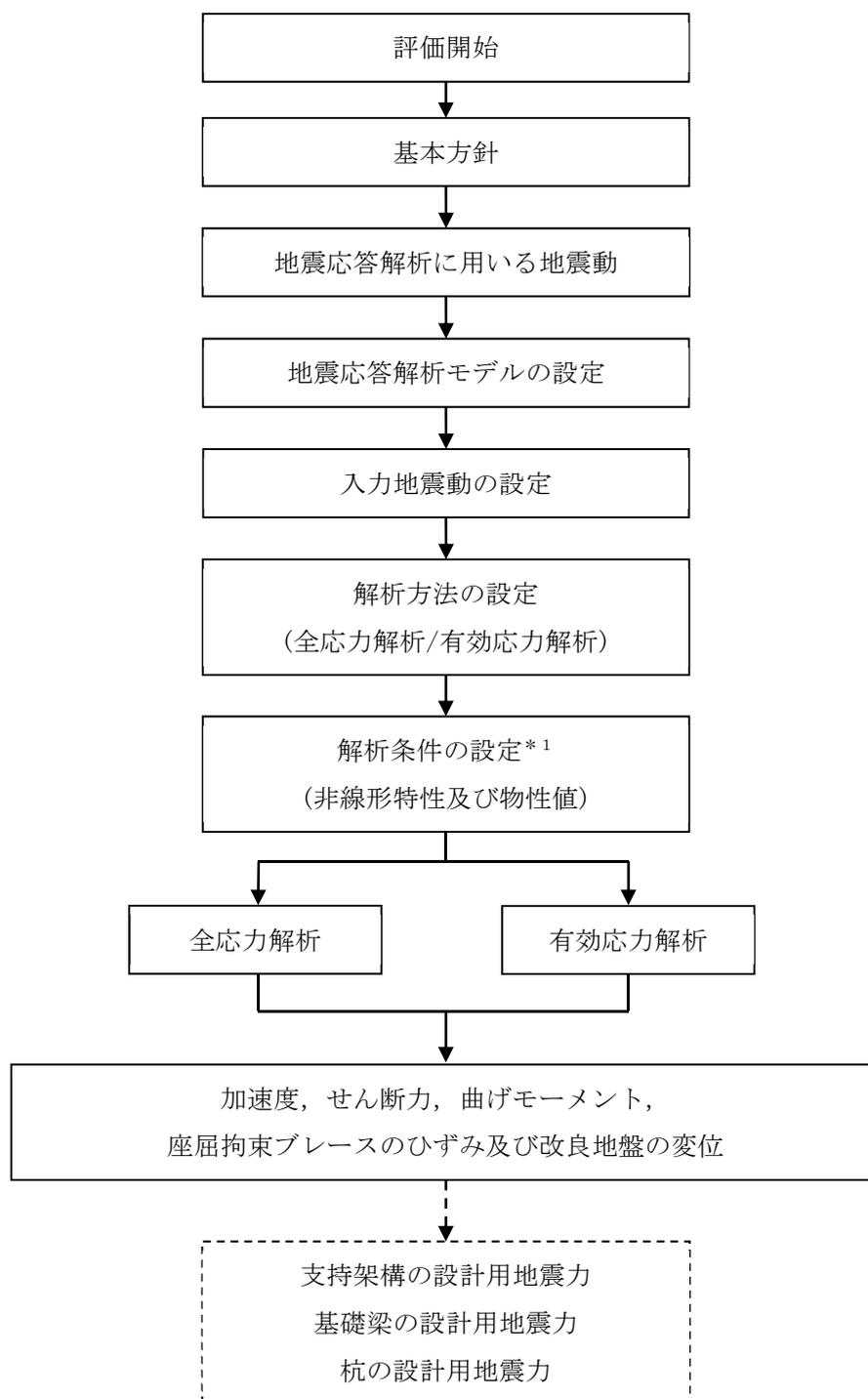
第2.2-4図 基礎梁及び杭の断面図(2/2)

## 2.3 解析方針

飛来物防護ネット架構の地震応答解析は、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

第2.3-1図に飛来物防護ネット架構の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 地震応答解析に用いる地震動」及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルに基づき、「3.3 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」、「3.5 解析条件」及び「3.6 材料物性のばらつき」に基づき、「4. 解析結果」においては、「4.1 固有値解析結果」に、支持架構の固有値解析結果を、「4.2 地震応答解析結果」に、支持架構、基礎梁及び杭の設計に係る各種応答値を算出する。



注記 \*1：材料物性のばらつきを考慮する。

注：実線部は，本資料における説明範囲を示す。

注：破線部は，添付書類「IV-2-2-2-1-2-2 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の耐震計算書」における説明範囲を示す。

第2.3-1図 飛来物防護ネット架構の地震応答解析フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

地震応答解析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
- ・ 鋼構造設計規準((社)日本建築学会, 2005)
- ・ 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)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987((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 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)

### 3. 解析方法

#### 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は、添付書類「IV-1-1-1 基準地震動 S<sub>s</sub> 及び弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 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<sub>s</sub> とする。

但し、基準地震動 S<sub>s</sub> のうち S<sub>s</sub>-B1～B5については、建物・構築物への入力地震動を評価する際に、プラントノース(真北に対し、時計回りに13° の方向)に変換を行う。

また、本解析においては、水平及び鉛直を同時入力する方針としているが、基準地震動 S<sub>s</sub> のうち S<sub>s</sub>-C4は水平方向のみの地震動であるため、S<sub>s</sub>-C4とともに鉛直方向に添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「10.1 建物・構築物」に示す一関東評価用地震動(鉛直)を入力した地震応答解析を実施する。

### 3.2 地震応答解析モデル

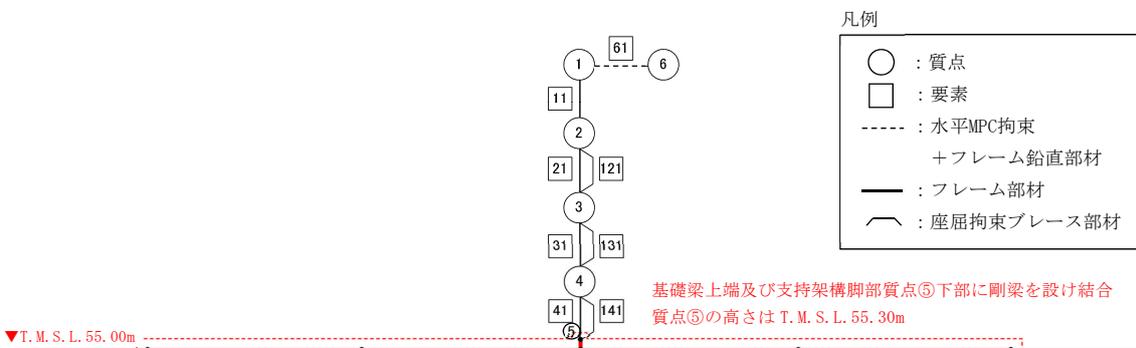
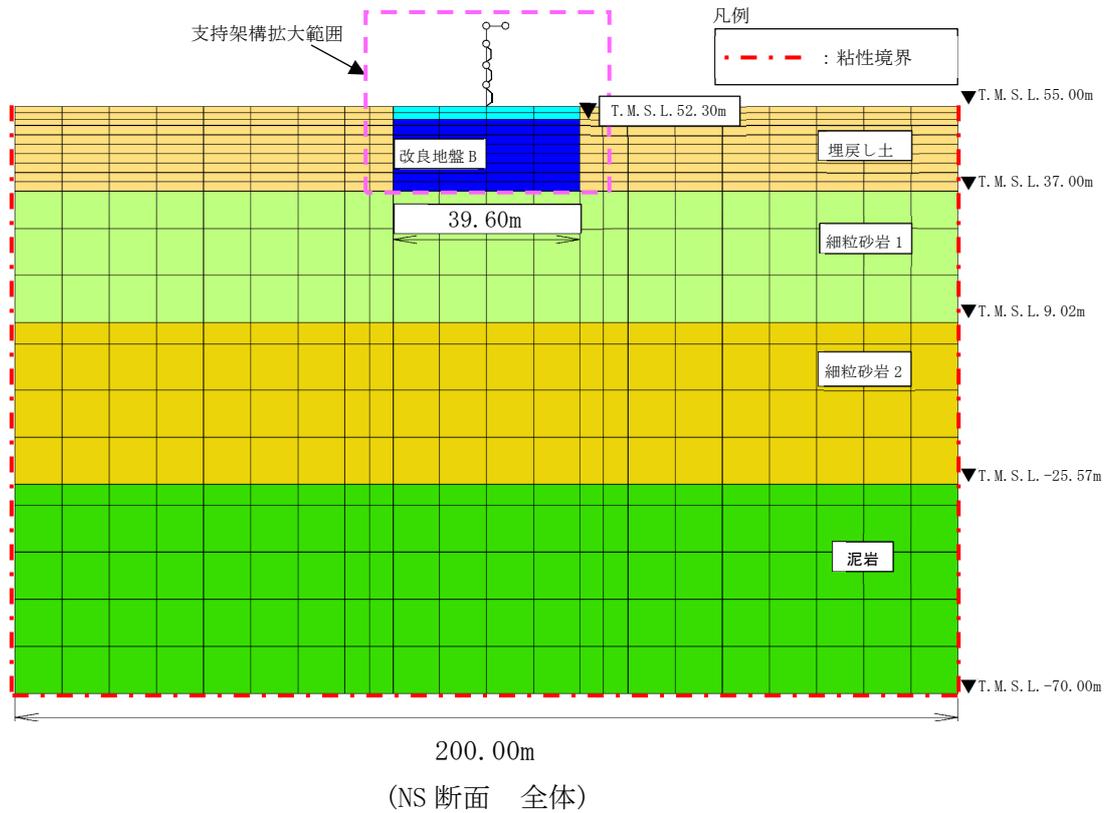
地震応答解析は、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき、飛来物防護ネット架構と地盤の動的相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法を用い、水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴非線形解析を行う。また、全応力解析に加え、地震時の地盤の液状化の影響を考慮し、有効応力解析を実施する。地震応答解析モデルを第3.2-1図に示す。

地震応答解析モデル(以下「本モデル」という。)は、基準地震動全波に対する全応力解析及び有効応力解析を地盤物性のばらつきを考慮して網羅的に評価する必要があると考え、解析負荷の観点から合理化を図る。合理化に当たっては、施設の周辺状況をより詳細にモデル化した場合と比較し、妥当性及び保守性を有していることを検証している。

妥当性の検証においては、メッシュサイズについて、支持架構の固有振動数に照らして適切であることを確認している。また、支持架構(門型ではなく1軸でモデル化)、接触剥離要素(モデル化しない)、改良地盤幅(実態より小さくモデル化)、粗粒砂岩(モデル化しない)及び基礎梁高さ(剛梁としてモデル化)について、合理化しない場合と比較し、同等又は保守的な応答となることを確認している。

保守性の検証においては、水平方向の拘束効果に着目し、水平応答が保守的になるように本モデルにおいて周辺構造物、杭及びMMRについて考慮せず、その保守性についてはモデル化した場合との比較により確認している。水平応答はモデル化した場合に比べ保守的となる一方で鉛直応答は小さくなるものの、波及的影響評価においては、鉛直応答の寄与は相対的に小さく支障ないことを確認している。

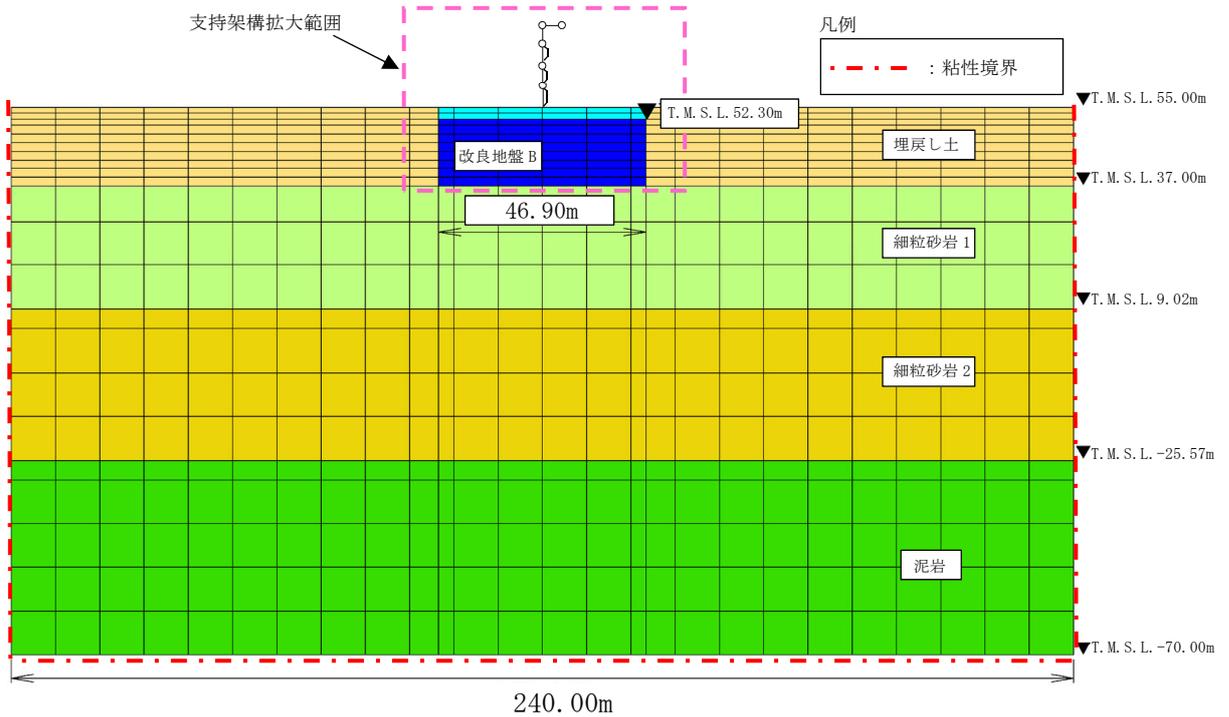
また、地盤の剛性変化についても、設計において想定した①非液状化(全応力解析)及び②液状化(有効応力解析)の地盤の剛性変化に対して、中間状態となるような設定とした場合における応答を比較している。①及び②に比べ一部地震動で中間状態の応答が大きくなるものの、波及的影響評価においては、中間状態の応答の寄与は相対的に小さく、本モデルによる非液状化及び液状化の応答を用いて支障ないことを確認している。



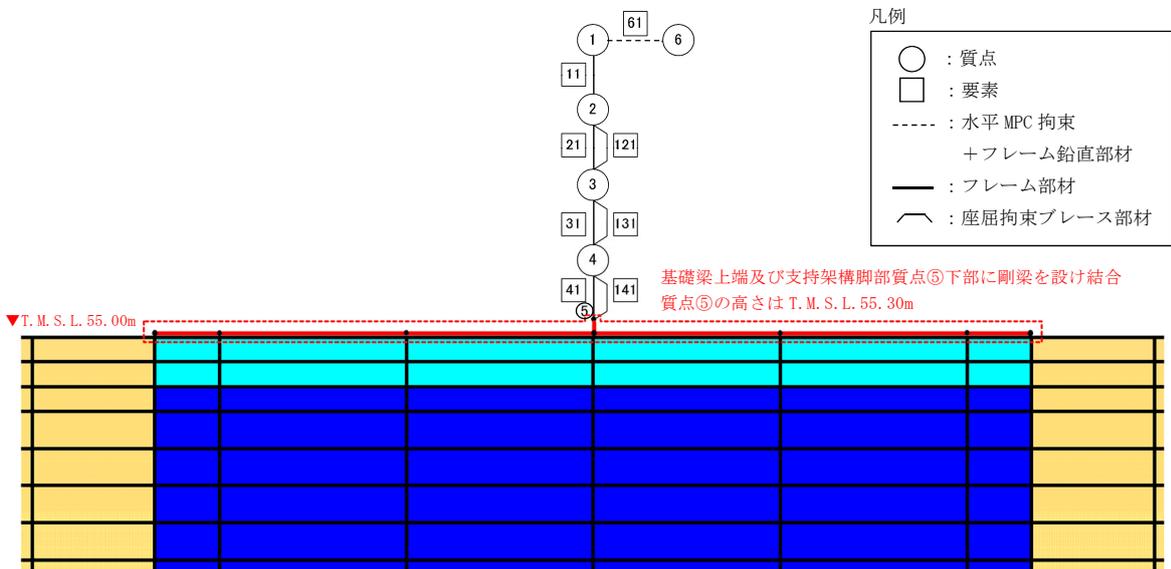
- 注：回転自由度を要する線形バネにつながる質点⑥の回転自由度を拘束
- 注：質点①と質点⑥の水平並進自由度を互いに拘束
- 注：地下水位を地表面に設定
- 注：[61]はばね要素

(NS 断面 支持架構拡大)

第3.2-1図 地震応答解析モデル(1/2)



(EW 断面 全体)



- 注：回転自由度を要する線形バネにつながる質点⑤の回転自由度を拘束
- 注：質点①と質点⑥の水平並進自由度を互いに拘束
- 注：地下水位を地表面に設定
- 注：61 はばね要素

(EW 断面 支持架構拡大)

第3.2-1図 地震応答解析モデル(2/2)

### 3.2.1 飛来物防護ネット架構

支持架構は質点系モデルとし、フレームは曲げ及びせん断剛性を考慮したはり要素とし、屋根部は鉛直方向のせん断剛性を考慮したばね要素でモデル化する。また、座屈拘束ブレースは非線形特性を考慮し、水平方向のせん断剛性を考慮したばね要素でモデル化する。座屈拘束ブレースは、非線形化することによる履歴減衰を期待する部材であるが、材料減衰は接合部をボルト接合としているため、他の鉄骨部材と同様に2%とする。

基礎梁は平面ひずみ要素でモデル化し、基礎梁上端に剛梁を配置し、支持架構と結合させる。また、杭は基礎梁直下の改良地盤と同一変形するものとし、モデル化には考慮しない。なお、2次元でモデル化しているため奥行方向に対して単位奥行きで質量・剛性を設定している。本モデルの設定に用いた支持架構及び基礎梁の使用材料の物性値を第3.2.1-1表、解析モデル諸元を第3.2.1-2表及び第3.2.1-3表に示す。

第3.2.1-1表 使用材料の物性値

部位	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 (%)
支持 架構	鉄骨 (BCP325, G385, SN490B)	$2.05 \times 10^5$	$7.90 \times 10^4$	2
	座屈拘束ブレース	$2.05 \times 10^5$	$7.90 \times 10^4$	2
基礎 梁	鉄筋コンクリート (コンクリート : $F_c = 24$ (N/mm <sup>2</sup> ), 鉄筋 : SD345)	$2.27 \times 10^4$	$9.45 \times 10^3$	5

第3.2.1-2表 支持架構の解析モデル諸元(1/2)

(a) NS 断面

質点 番号	質点 位置 T. M. S. L. (m)	質量要素			要素 番号	要素 位置 T. M. S. L. (m)	支持架構			座屈拘束ブレース及び屋根	
		水平 (kN)	鉛直 (kN)	回転 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )			断面積 A ( $\text{m}^2$ )	断面2次 モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 As ( $\text{m}^2$ )	要素 番号	ばね剛性 K ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )
⑥	75.60	—	398.6	0.0	—	75.60	—	—	—	61	26.8
①	75.60	476.0	238.0	43.7	11	75.60~ 71.10	0.0907	1.324	0.00179	—	—
②	71.10	321.1	160.6	43.7	21	71.10~ 65.60	0.0934	1.324	0.000814	121	54.1
③	65.60	174.1	174.1	0.0	31	65.60~ 60.60	0.0907	1.324	0.000821	131	97.2
④	60.60	199.3	199.3	0.0	41	60.60~ 55.30	0.0947	1.324	0.00115	141	102
⑤	55.30	0.0	0.0	0.0	剛梁	55.30~ 55.00	—	—	—	—	—
総重量		1171	1171	—	—	—	—	—	—	—	—

注：重量及び剛性を単位奥行きあたりでモデル化

注：質点番号⑥は、水平自由度を MPC 拘束するために、水平方向に微小質量を定義

第3.2.1-2表 支持架構の解析モデル諸元(2/2)

(b) EW 断面

質点 番号	質点 位置 T. M. S. L. (m)	質量要素			要素 番号	要素 位置 T. M. S. L. (m)	支持架構			座屈拘束ブレース及び屋根	
		水平 (kN)	鉛直 (kN)	回転 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )			断面積 A ( $\text{m}^2$ )	断面 2 次 モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 As ( $\text{m}^2$ )	要素 番号	ばね剛性 K ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )
⑥	75.60	—	472.1	0.0	—	75.60	—	—	—	61	31.8
①	75.60	563.8	281.9	74.6	11	75.60~ 71.10	0.1074	1.568	0.00191	—	—
②	71.10	380.3	190.2	74.6	21	71.10~ 65.60	0.1106	1.568	0.000894	121	69.8
③	65.60	206.2	206.2	0.0	31	65.60~ 60.60	0.1074	1.568	0.000839	131	122
④	60.60	236.0	236.0	0.0	41	60.60~ 55.30	0.1121	1.568	0.00128	141	122
⑤	55.30	0.0	0.0	0.0	剛梁	55.30~ 55.00	—	—	—	—	—
総重量		1386	1386	—	—	—	—	—	—	—	—

注：重量及び剛性を単位奥行きあたりでモデル化

注：質点番号⑥は、水平自由度を MPC 拘束するために、水平方向に微小質量を定義

第3.2.1-3表 基礎梁の解析モデル諸元

質量密度* (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
2.86	0.2	2.27×10 <sup>4</sup>

注記 \* : 基礎梁上部の積雪荷重等を含めた基礎梁重量を基礎梁  
体積で除した値

### 3.2.2 地盤

地盤は、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定することとし、平面ひずみ要素でモデル化する。平成10年6月9日付け9安(核規)第596号にて認可を受けた設工認申請書の添付書類「IV-2-2-4-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」では、敷地内の一定範囲内のボーリング調査結果の平均的な値を地盤の物性値として用いていたが、本申請においては、構築物近傍の地盤調査結果を重視し、飛来物防護ネット架構の直下又は近傍のボーリング調査結果を参照して設定した地盤の物性値を用いることとする。埋戻し土及び改良地盤Bは非線形特性を考慮し修正Hardin-Drnevichモデルを、岩盤(細粒砂岩及び泥岩)は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用いる。地盤の物性値を第3.2.2-1表～第3.2.2-5表に示す。

解析領域は、側方境界及び底面境界との距離を十分に広く設定し、解析領域の側方境界及び底面境界には、エネルギーの逸散効果を評価するため、粘性境界を設ける。

第3.2.2-1表 埋戻し土の物性値

項目	記号	設定値	単位	
質量密度* <sup>1</sup>	$\rho$	1.82+0.0028D	g/cm <sup>3</sup>	
間隙率	n	0.46	—	
基準拘束圧	$\sigma'_{ma}$	52.3	kN/m <sup>2</sup>	
せん断弾性係数の依存係数	$m_G$	0.703	—	
基準拘束圧におけるせん断弾性係数	$G_{ma}$	$1.26 \times 10^5$	kN/m <sup>2</sup>	
体積弾性係数の依存係数	$m_K$	0.703	—	
基準拘束圧における体積弾性係数	$K_{ma}$	$3.28 \times 10^5$	kN/m <sup>2</sup>	
ポアソン比	$\nu$	0.33	—	
粘着力	$Cu'$	$0.00 \times 10^0$	kN/m <sup>2</sup>	
内部摩擦角	$\Phi u'$	39.7	度	
履歴減衰上限値	$h_{max}$	0.171	—	
液状化物性* <sup>2</sup>	変相角	$\Phi_p$	34.0	度
	液状化パラメータ	$w_1$	10.30	—
		$p_1$	0.5	—
		$p_2$	1.0	—
		$c_1$	1.81	—
		$S_1$	0.005	—

注記 \*1 : D : 深度 (m) とし, 要素中心深度とする。

\*2 : 液状化物性は, 有効応力解析時に用いる。

第3.2.2-2表 改良地盤Bの物性値

項目	記号	設定値	単位
質量密度	$\rho$	1.72	g/cm <sup>3</sup>
間隙率	n	0.55	—
基準拘束圧	$\sigma'_{ma}$	1.0	kN/m <sup>2</sup>
せん断弾性係数の依存係数	$m_G$	0.00	—
基準拘束圧におけるせん断弾性係数	$G_{ma}$	$1.10 \times 10^6$	kN/m <sup>2</sup>
体積弾性係数の依存係数	$m_K$	0.00	—
基準拘束圧における体積弾性係数	$K_{ma}$	$2.87 \times 10^6$	kN/m <sup>2</sup>
ポアソン比	$\nu$	0.33	—
粘着力	$Cu'$	$3.00 \times 10^3$	kN/m <sup>2</sup>
内部摩擦角	$\Phi u'$	0.001	度
履歴減衰上限値	$h_{max}$	0.167	—

第3.2.2-3表 細粒砂岩1の物性値

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性係数 (×10 <sup>4</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
Ss-A	1.87	0.43	80.7	0.02	1840	657
Ss-B1	1.87	0.43	80.4	0.02	1840	656
Ss-B2	1.87	0.43	81.0	0.02	1840	658
Ss-B3	1.87	0.43	80.6	0.02	1840	656
Ss-B4	1.87	0.43	80.3	0.02	1840	655
Ss-B5	1.87	0.43	79.6	0.02	1830	653
Ss-C1	1.87	0.43	79.1	0.02	1820	650
Ss-C2	1.87	0.43	81.4	0.02	1850	660
Ss-C3	1.87	0.43	81.5	0.02	1850	660
Ss-C4	1.87	0.43	81.1	0.02	1850	659

第3.2.2-4表 細粒砂岩2の物性値

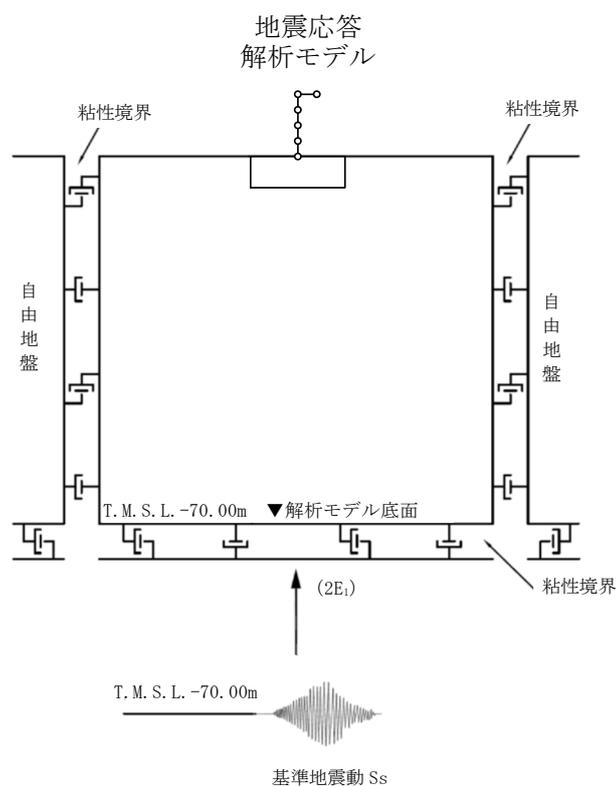
地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 (×10 <sup>4</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
Ss-A	1.85	0.37	154	0.02	1980	914
Ss-B1	1.85	0.37	156	0.02	1990	919
Ss-B2	1.85	0.37	156	0.02	1990	918
Ss-B3	1.85	0.37	155	0.02	1990	917
Ss-B4	1.85	0.37	154	0.02	1980	911
Ss-B5	1.85	0.37	154	0.02	1980	912
Ss-C1	1.85	0.37	152	0.02	1960	905
Ss-C2	1.85	0.37	156	0.02	1990	917
Ss-C3	1.85	0.37	156	0.02	1990	917
Ss-C4	1.85	0.37	155	0.02	1990	915

第3.2.2-5表 泥岩の物性値

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 (×10 <sup>4</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
Ss-A	1.72	0.39	104	0.02	1850	778
Ss-B1	1.72	0.39	105	0.02	1860	781
Ss-B2	1.72	0.39	105	0.02	1860	780
Ss-B3	1.72	0.39	105	0.02	1860	780
Ss-B4	1.72	0.39	104	0.02	1850	776
Ss-B5	1.72	0.39	104	0.02	1850	777
Ss-C1	1.72	0.39	103	0.02	1840	773
Ss-C2	1.72	0.39	105	0.02	1860	780
Ss-C3	1.72	0.39	104	0.02	1850	778
Ss-C4	1.72	0.39	104	0.02	1860	779

### 3.3 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  とする。地震応答解析は、解析モデル下端レベル(T. M. S. L. -70.00m)に入力地震動を水平方向及び鉛直方向に同時入力することで実施する。本モデルに入力する地震動の概念図を第3.3-1図に示す。



第 3.3-1 図 本モデルに入力する地震動の概念図

### 3.4 解析方法

飛来物防護ネット架構の地震応答解析は、全応力解析及び有効応力解析ともに、解析コード「FLIP Ver. 7.4.1」を用いる。

地震応答解析は、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」に基づき時刻歴応答解析により実施する。但し、時刻歴応答解析に用いる直接積分法については有効応力に対して安定的に解を求める手法であるWilson- $\theta$ 法を適用する。

なお、解析コードの検証及び妥当性の確認等の概要については、添付書類「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」の「IV-3-1 建物・構築物」の「別紙5 FLIP」に示す。

### 3.5 解析条件

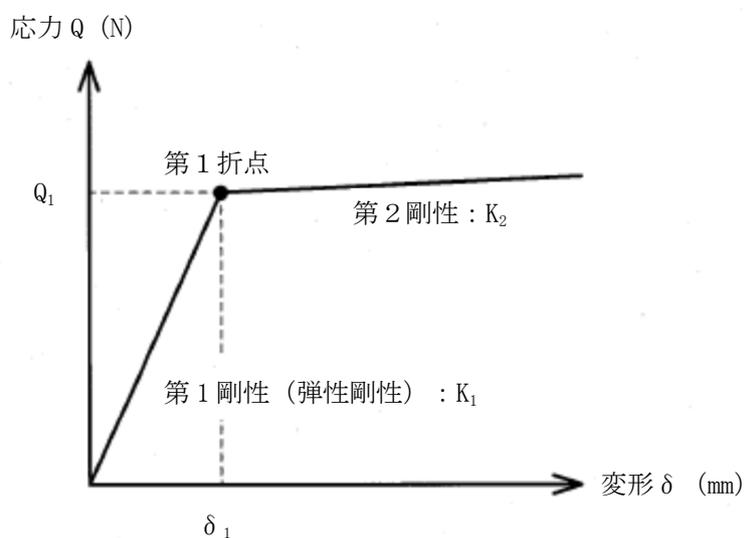
座屈拘束ブレースに作用する応力-変形関係は、特性確認試験結果をもとにバイリニア型スケルトン曲線とする。

座屈拘束ブレースに作用する応力-変形関係を第3.5-1図に示す。

座屈拘束ブレースに作用する応力-変形関係の履歴特性は特性確認試験結果をもとにノーマルバイリニア型スケルトン曲線とする。

座屈拘束ブレースに作用する応力-変形関係の履歴特性を第3.5-2図に示す。

座屈拘束ブレースの非線形ばね要素諸元を第3.5-1表に示す。



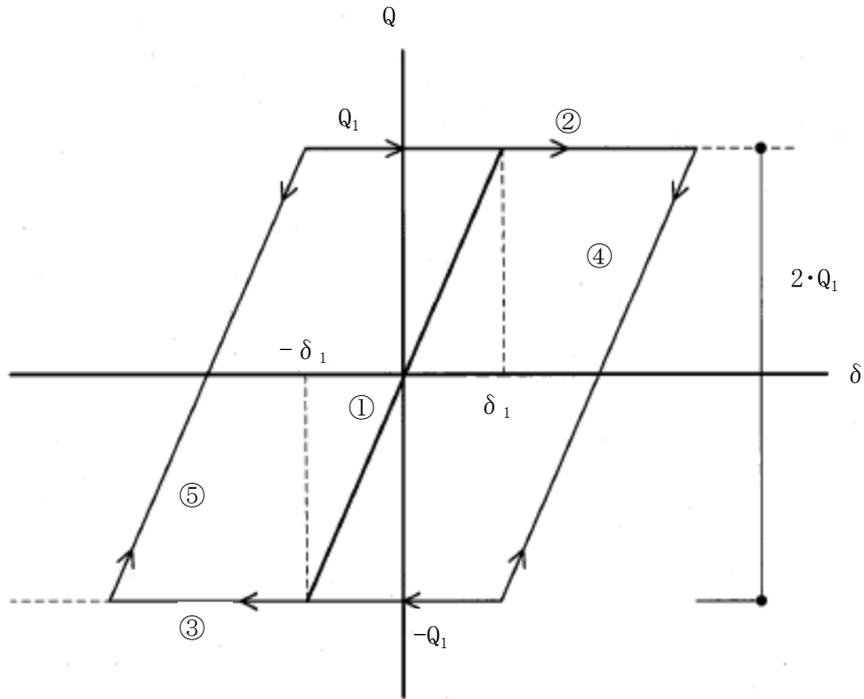
$Q_1$  : 第1折点応力

$\delta_1$  : 第1折点変形

$K_1$  : 第1剛性 (弾性剛性)

$K_2$  : 第2剛性 ( $K_1 \times 0.001$ )

第3.5-1図 応力-変形関係(座屈拘束ブレース)



- ① : 第1剛性 (弾性剛性)
- ② : 正側第2剛性
- ③ : 負側第2剛性
- ④ : 正側第2剛性からの戻りの弾性剛性。  $2 \cdot Q_1$  戻ると③に移る。
- ⑤ : 負側第2剛性からの戻りの弾性剛性。  $2 \cdot Q_1$  戻ると②に移る。

第 3.5-2 図 応力-変形関係の履歴特性(座屈拘束ブレース)

第3.5-1表 非線形ばね要素諸元

(a) NS断面

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	要素番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	降伏変形量 $\delta_1$ (m)	降伏せん断力 $Q_1$ (kN)
⑥	75.60	61	—	—	—
①	75.60	—	—	—	—
②	71.10	121	71.10~ 65.60	0.00754	408
③	65.60	131	65.60~ 60.60	0.00685	666
④	60.60	141	60.60~ 55.30	0.00726	738
⑤	55.30	—	—	—	—

(b) EW断面

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	要素番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	降伏変形量 $\delta_1$ (m)	降伏せん断力 $Q_1$ (kN)
⑥	75.60	61	—	—	—
①	75.60	—	—	—	—
②	71.10	121	71.10~ 65.60	0.00759	530
③	65.60	131	65.60~ 60.60	0.00700	854
④	60.60	141	60.60~ 55.30	0.00737	896
⑤	55.30	—	—	—	—

### 3.6 材料物性のばらつき

解析においては、「3.2 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、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、基準地震動全波を対象に確認した上で飛来物防護ネット架構の応答値への影響が大きい地震動に対して実施することとする。具体的には、基本ケースの地震応答解析において各応答値(屋根部の鉛直加速度、基礎梁の加速度(水平及び鉛直)、各層のせん断力、座屈拘束ブレースのひずみ、屋根部の曲げモーメント及び改良地盤の変位)が最大となる地震動に対して材料物性のばらつきを考慮した解析を実施する。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきについては、支持地盤及び埋戻し土ともに敷地内のボーリング調査結果等に基づき、「3.2.2 地盤」に示す地盤の物性値を基本とし、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮する。なお、飛来物防護ネット架構の剛性のばらつきについては、コンクリート強度の実強度は設計基準強度よりも大きくなることから保守的に考慮せず、鉄骨部材は品質管理された規格品であり、剛性及び耐力のばらつきは小さいため考慮しない。また、座屈拘束ブレースのばらつきについても品質管理された規格品であり、剛性及び耐力のばらつきは小さいことから考慮しない。

第3.6-1表～第3.6-8表に設定した地盤の物性値を示す。

材料物性のばらつきを考慮する解析ケースを、第3.6-9表及び第3.6-10表に示す。

第3.6-1表 埋戻し土の物性値(+1 $\sigma$ )

項目	記号	設定値	単位	
質量密度* <sup>1</sup>	$\rho$	1.82+0.0028D	g/cm <sup>3</sup>	
間隙率	n	0.46	—	
基準拘束圧	$\sigma'_{ma}$	52.3	kN/m <sup>2</sup>	
せん断弾性係数の依存係数	$m_G$	0.703	—	
基準拘束圧におけるせん断弾性係数	$G_{ma}$	$1.83 \times 10^5$	kN/m <sup>2</sup>	
体積弾性係数の依存係数	$m_K$	0.703	—	
基準拘束圧における体積弾性係数	$K_{ma}$	$4.78 \times 10^5$	kN/m <sup>2</sup>	
ポアソン比	$\nu$	0.33	—	
粘着力	$c_u'$	$0.00 \times 10^0$	kN/m <sup>2</sup>	
内部摩擦角	$\Phi_u'$	39.7	度	
履歴減衰上限値	$h_{max}$	0.171	—	
液状化物性* <sup>2</sup>	変相角	$\Phi_p$	34.0	度
	液状化パラメータ	$w_l$	10.30	—
		$p^1$	0.5	—
		$p^2$	1.0	—
		$c_1$	1.81	—
		$S_1$	0.005	—

注記 \*1：D：深度(m)とし、要素中心深度とする。

\*2：液状化物性は、有効応力解析時に使用する。

第3.6-2表 細粒砂岩1の物性値(+1 $\sigma$ )

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
S <sub>s</sub> -A	1.87	0.42	102	0.02	2000	738
S <sub>s</sub> -B2	1.87	0.42	102	0.02	2000	739
S <sub>s</sub> -B3	1.87	0.42	102	0.02	2000	737
S <sub>s</sub> -B4	1.87	0.42	102	0.02	2000	737
S <sub>s</sub> -B5	1.87	0.42	101	0.02	1990	734
S <sub>s</sub> -C1	1.87	0.42	100	0.02	1980	733
S <sub>s</sub> -C2	1.87	0.42	103	0.02	2010	741
S <sub>s</sub> -C3	1.87	0.42	103	0.02	2010	741
S <sub>s</sub> -C4	1.87	0.42	102	0.02	2000	739

第3.6-3表 細粒砂岩2の物性値(+1 $\sigma$ )

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
S <sub>s</sub> -A	1.85	0.35	179	0.02	2050	984
S <sub>s</sub> -B2	1.85	0.35	180	0.02	2060	988
S <sub>s</sub> -B3	1.85	0.35	180	0.02	2050	986
S <sub>s</sub> -B4	1.85	0.35	179	0.02	2050	982
S <sub>s</sub> -B5	1.85	0.35	178	0.02	2040	981
S <sub>s</sub> -C1	1.85	0.35	177	0.02	2030	977
S <sub>s</sub> -C2	1.85	0.35	180	0.02	2060	987
S <sub>s</sub> -C3	1.85	0.35	181	0.02	2060	988
S <sub>s</sub> -C4	1.85	0.35	180	0.02	2050	986

第3.6-4表 泥岩の物性値(+1 $\sigma$ )

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
S <sub>s</sub> -A	1.72	0.38	121	0.02	1910	839
S <sub>s</sub> -B2	1.72	0.38	122	0.02	1920	840
S <sub>s</sub> -B3	1.72	0.38	122	0.02	1920	840
S <sub>s</sub> -B4	1.72	0.38	120	0.02	1910	837
S <sub>s</sub> -B5	1.72	0.38	121	0.02	1910	838
S <sub>s</sub> -C1	1.72	0.38	120	0.02	1900	834
S <sub>s</sub> -C2	1.72	0.38	121	0.02	1920	840
S <sub>s</sub> -C3	1.72	0.38	121	0.02	1910	839
S <sub>s</sub> -C4	1.72	0.38	121	0.02	1910	839

第3.6-5表 埋戻し土の物性値(-1σ)

項目	記号	設定値	単位	
質量密度*1	$\rho$	1.82+0.0028D	g/cm <sup>3</sup>	
間隙率	n	0.46	—	
基準拘束圧	$\sigma'_{ma}$	52.3	kN/m <sup>2</sup>	
せん断弾性係数の依存係数	$m_G$	0.703	—	
基準拘束圧におけるせん断弾性係数	$G_{ma}$	$8.62 \times 10^4$	kN/m <sup>2</sup>	
体積弾性係数の依存係数	$m_K$	0.703	—	
基準拘束圧における体積弾性係数	$K_{ma}$	$2.25 \times 10^5$	kN/m <sup>2</sup>	
ポアソン比	$\nu$	0.33	—	
粘着力	$c_u'$	$0.00 \times 10^0$	kN/m <sup>2</sup>	
内部摩擦角	$\Phi_u'$	39.7	度	
履歴減衰上限値	$h_{max}$	0.171	—	
液状化物性*2	変相角	$\Phi_p$	34.0	度
	液状化パラメータ	$w_l$	10.30	—
		$p^1$	0.5	—
		$p^2$	1.0	—
		$c_1$	1.81	—
		$S_1$	0.005	—

注記 \*1：D：深度(m)とし、要素中心深度とする。

\*2：液状化物性は、有効応力解析時に使用する。

第3.6-6表 細粒砂岩1の物性値(-1 $\sigma$ )

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
Ss-A	1.87	0.43	61.8	0.02	1680	575
Ss-B2	1.87	0.43	62.1	0.02	1690	576
Ss-B3	1.87	0.43	62.1	0.02	1690	576
Ss-B4	1.87	0.43	61.4	0.02	1680	573
Ss-B5	1.87	0.43	61.0	0.02	1670	571
Ss-C1	1.87	0.43	60.1	0.02	1660	567
Ss-C2	1.87	0.43	62.7	0.02	1700	579
Ss-C3	1.87	0.43	62.7	0.02	1700	579
Ss-C4	1.87	0.43	62.1	0.02	1690	576

第3.6-7表 細粒砂岩2の物性値(-1 $\sigma$ )

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 ( $\times 10^4$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)
Ss-A	1.85	0.38	131	0.02	1920	843
Ss-B2	1.85	0.38	133	0.02	1930	847
Ss-B3	1.85	0.38	133	0.02	1930	847
Ss-B4	1.85	0.38	131	0.02	1910	840
Ss-B5	1.85	0.38	131	0.02	1910	842
Ss-C1	1.85	0.38	129	0.02	1900	834
Ss-C2	1.85	0.38	133	0.02	1930	847
Ss-C3	1.85	0.38	132	0.02	1920	846
Ss-C4	1.85	0.38	132	0.02	1920	844

第3.6-8表 泥岩の物性値(-1σ)

地震動	質量密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン比	せん断弾性 係数 (×10 <sup>4</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数	P波速度 Vp (m/s)	S波速度 Vs (m/s)
Ss-A	1.72	0.40	88.8	0.02	1790	719
Ss-B2	1.72	0.40	89.2	0.02	1790	720
Ss-B3	1.72	0.40	89.3	0.02	1800	721
Ss-B4	1.72	0.40	88.1	0.02	1780	716
Ss-B5	1.72	0.40	88.6	0.02	1790	718
Ss-C1	1.72	0.40	87.5	0.02	1780	713
Ss-C2	1.72	0.40	89.1	0.02	1790	720
Ss-C3	1.72	0.40	88.8	0.02	1790	719
Ss-C4	1.72	0.40	89.2	0.02	1790	720

第3.6-9表 材料物性のばらつきを考慮する解析ケース(全応力解析)

ケース No.	地盤の物性値	解析ケース	基準地震動 S <sub>s</sub>	
			NS 方向	EW 方向
0	第3.2.2-1表 ～ 第3.2.2-5表	基本ケース	全波	
1	第3.2.2-2表, 第3.6-1表 ～ 第3.6-4表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース(+1σ)	S <sub>s</sub> -A S <sub>s</sub> -B3 S <sub>s</sub> -B4 S <sub>s</sub> -C1 S <sub>s</sub> -C2(NS) S <sub>s</sub> -C4(EW)	S <sub>s</sub> -A S <sub>s</sub> -B3 S <sub>s</sub> -B5 S <sub>s</sub> -C1 S <sub>s</sub> -C2(NS)
2	第3.2.2-2表, 第3.6-5表 ～ 第3.6-8表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース(-1σ)	S <sub>s</sub> -A S <sub>s</sub> -B3 S <sub>s</sub> -B4 S <sub>s</sub> -C1 S <sub>s</sub> -C2(NS) S <sub>s</sub> -C4(EW)	S <sub>s</sub> -A S <sub>s</sub> -B3 S <sub>s</sub> -B5 S <sub>s</sub> -C1 S <sub>s</sub> -C2(NS)

第3.6-10表 材料物性のばらつきを考慮する解析ケース(有効応力解析)

ケース No.	地盤の物性値	解析ケース	基準地震動 S s	
			NS 方向	EW 方向
0	第3.2.2-1表 ～ 第3.2.2-5表	基本ケース	全波	
1	第3.2.2-2表, 第3.6-1表 ～ 第3.6-4表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース(+1 $\sigma$ )	Ss-A Ss-B3 Ss-C1 Ss-C2(EW)	Ss-A Ss-B2 Ss-B3 Ss-B5 Ss-C1 Ss-C2(EW)
2	第3.2.2-2表, 第3.6-5表 ～ 第3.6-8表	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース(-1 $\sigma$ )	Ss-A Ss-B3 Ss-C1 Ss-C2(EW)	Ss-A Ss-B2 Ss-B3 Ss-B5 Ss-C1 Ss-C2(EW)

#### 4. 解析結果

##### 4.1 固有値解析結果

支持架構の固有値解析結果(固有周期, 固有振動数及び刺激係数)を第4.1-1表に示す。刺激関数図を第4.1-1図及び第4.1-2図に示す。

なお, 刺激係数は, 各次の固有ベクトル(u)に対し, 最大振幅が1.0となるように基準化した値を示す。

第4.1-1表 支持架構の固有値解析結果

NS 方向モデル				
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.393	2.55	1.232	水平1次
2	0.248	4.03	1.035	鉛直1次
3	0.146	6.83	0.480	水平2次
4	0.081	12.36	0.383	水平3次
5	0.049	20.55	0.184	水平4次
6	0.042	23.84	1.199	鉛直2次
EW 方向モデル				
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.395	2.53	1.239	水平1次
2	0.248	4.03	1.035	鉛直1次
3	0.151	6.63	0.519	水平2次
4	0.080	12.53	0.386	水平3次
5	0.048	20.89	0.178	水平4次
6	0.042	23.84	1.199	鉛直2次

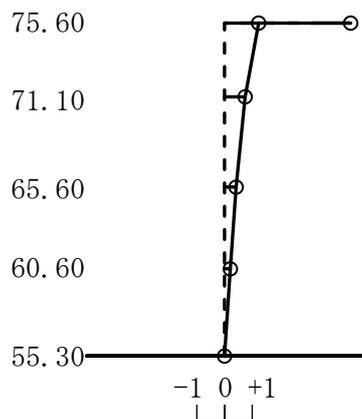
1次モード

固有周期：0.393 (s)

振動数：2.55 (Hz)

刺激係数：1.232

T. M. S. L. (m)



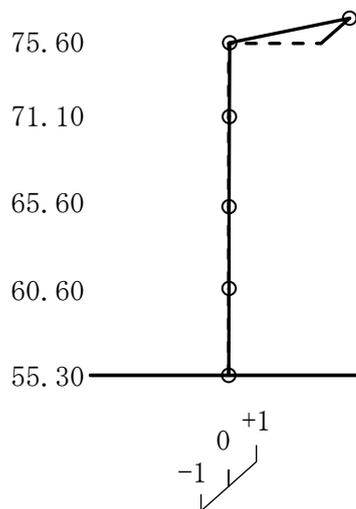
2次モード

固有周期：0.248 (s)

振動数：4.03 (Hz)

刺激係数：1.035

T. M. S. L. (m)



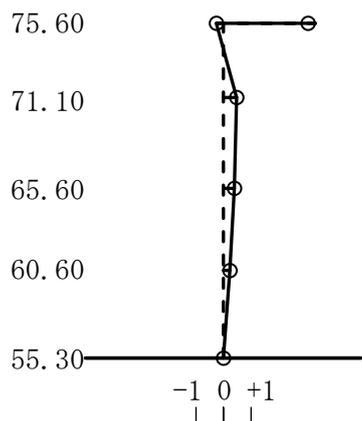
3次モード

固有周期：0.146 (s)

振動数：6.83 (Hz)

刺激係数：0.480

T. M. S. L. (m)



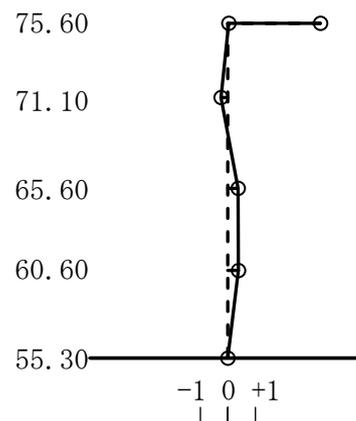
4次モード

固有周期：0.081 (s)

振動数：12.36 (Hz)

刺激係数：0.383

T. M. S. L. (m)



第4.1-1図 刺激関数図(NS方向モデル) (1/2)

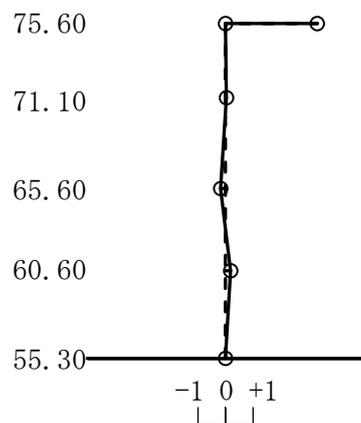
5 次モード

固有周期 : 0.049 (s)

振動数 : 20.55 (Hz)

刺激係数 : 0.184

T. M. S. L. (m)



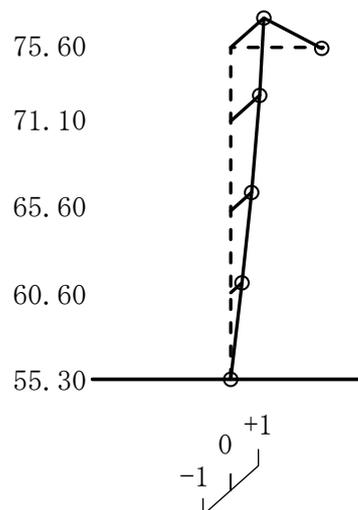
6 次モード

固有周期 : 0.042 (s)

振動数 : 23.84 (Hz)

刺激係数 : 1.199

T. M. S. L. (m)



第4. 1-1図 刺激関数図 (NS方向モデル) (2/2)

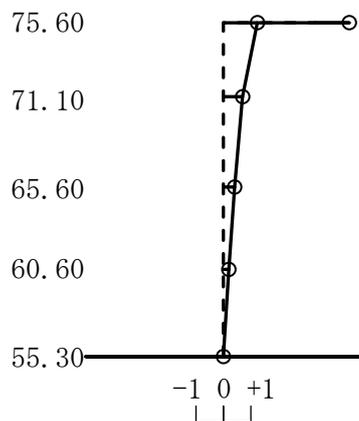
1次モード

固有周期：0.395 (s)

振動数：2.53 (Hz)

刺激係数：1.239

T. M. S. L. (m)



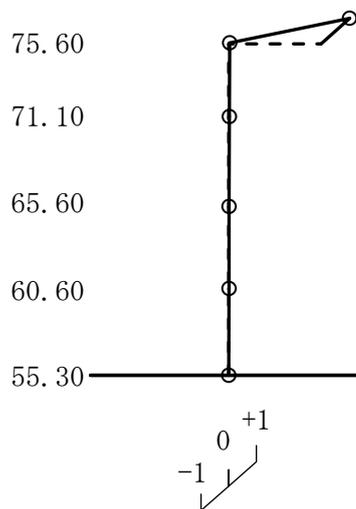
2次モード

固有周期：0.248 (s)

振動数：4.03 (Hz)

刺激係数：1.035

T. M. S. L. (m)



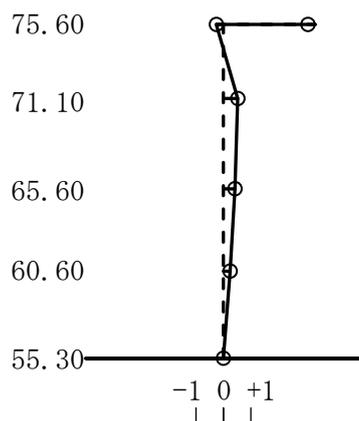
3次モード

固有周期：0.151 (s)

振動数：6.63 (Hz)

刺激係数：0.519

T. M. S. L. (m)



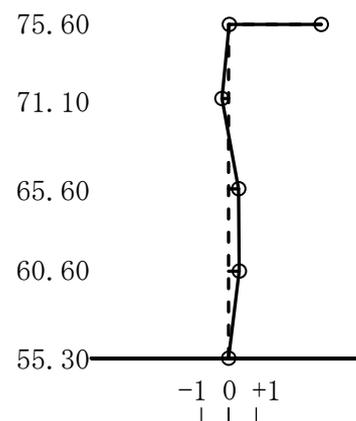
4次モード

固有周期：0.080 (s)

振動数：12.53 (Hz)

刺激係数：0.386

T. M. S. L. (m)



第4.1-2図 刺激関数図(EW方向モデル)(1/2)

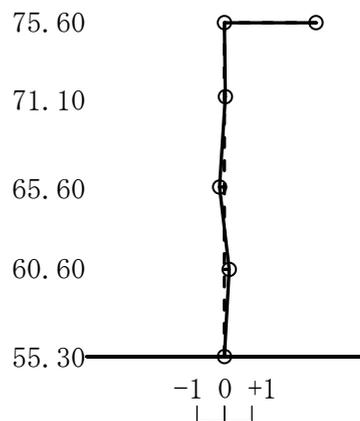
5 次モード

固有周期 : 0.048 (s)

振動数 : 20.89 (Hz)

刺激係数 : 0.178

T. M. S. L. (m)



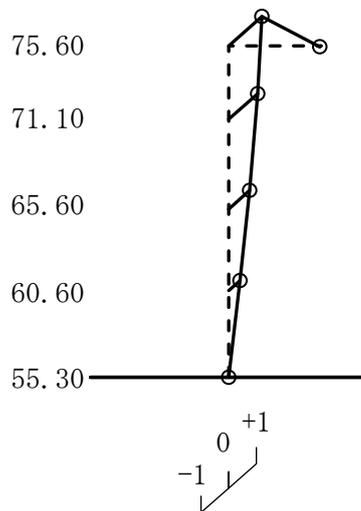
6 次モード

固有周期 : 0.042 (s)

振動数 : 23.84 (Hz)

刺激係数 : 1.199

T. M. S. L. (m)



第4. 1-2図 刺激関数図(EW方向モデル) (2/2)

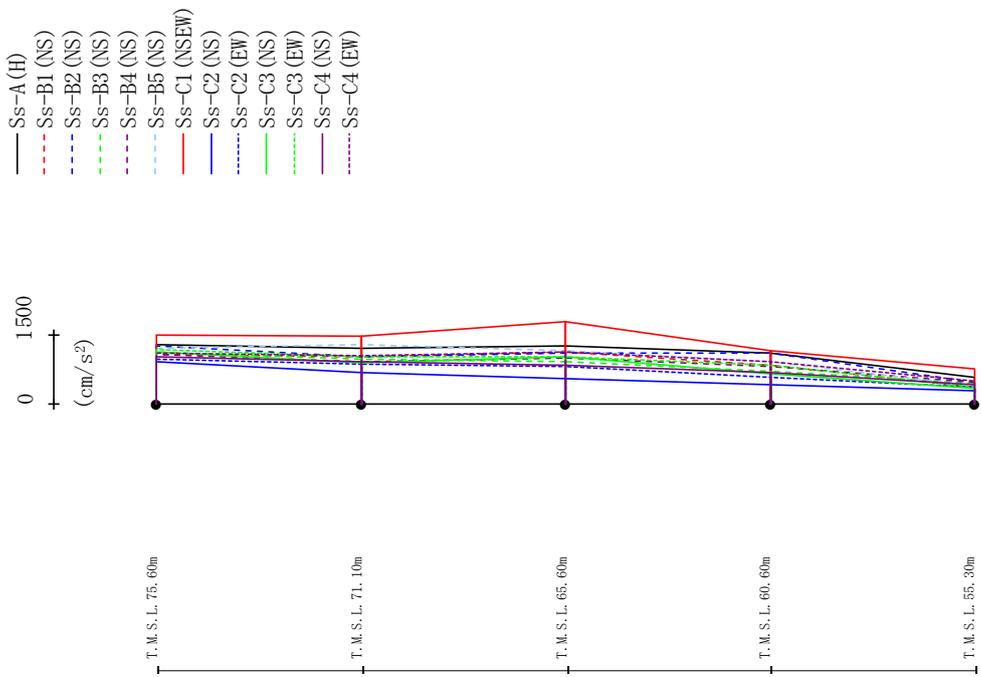
## 4.2 地震応答解析結果

### 4.2.1 全応力解析

全応力解析結果のうち、飛来物防護ネット架構の最大応答値(加速度,せん断力,曲げモーメント)を第4.2.1-1図～第4.2.1-24図に,座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線図を第4.2.1-25図～第4.2.1-30図に,改良地盤の最大応答変位\*を第4.2.1-31図～第4.2.1-36図に示す。

注記 \* : 応答変位は,改良地盤下端(T.M.S.L. 37.00m)からの相対変位とし,各レベルでの節点変位の平均値として算定する。最大応答変位は,応答変位の時刻歴における最大値を示す。

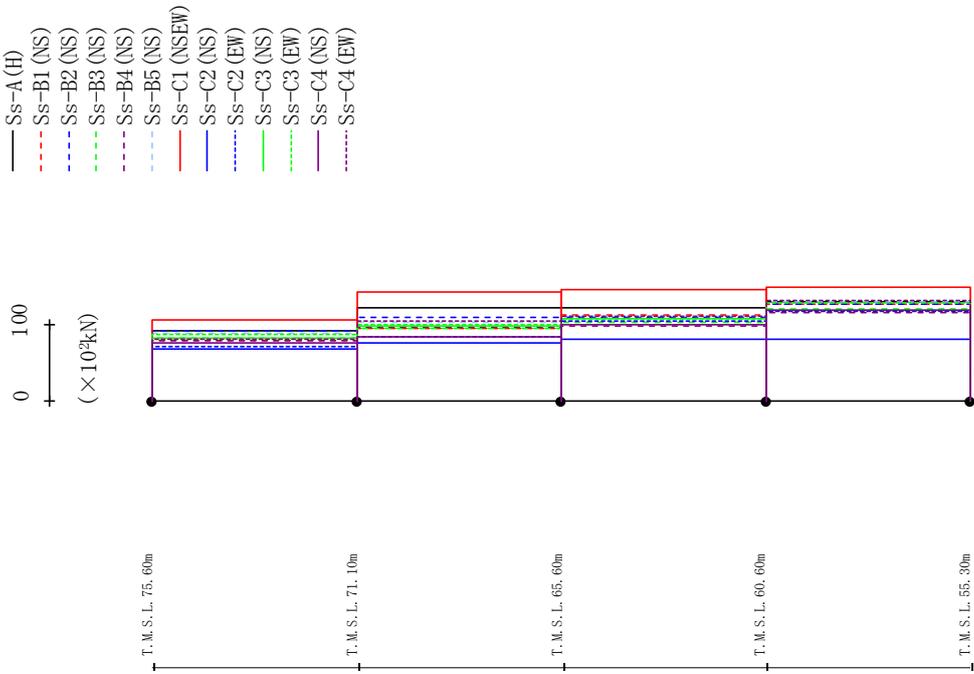
最大応答加速度 (NS方向)



	Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1281	1084	1274	1121	1074	1219	1498	921	974	1137	1193	1031	1108	
1203	1037	1032	979	932	1279	1467	691	869	885	1013	911	1048	
1258	1134	1095	923	1004	1161	1786	545	827	1015	1023	840	1119	
1101	850	1096	715	824	930	1160	414	564	662	839	684	920	
574	362	469	443	477	403	754	296	366	335	358	419	487	

第4.2.1-1図 最大応答加速度(基本ケース, NS方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)

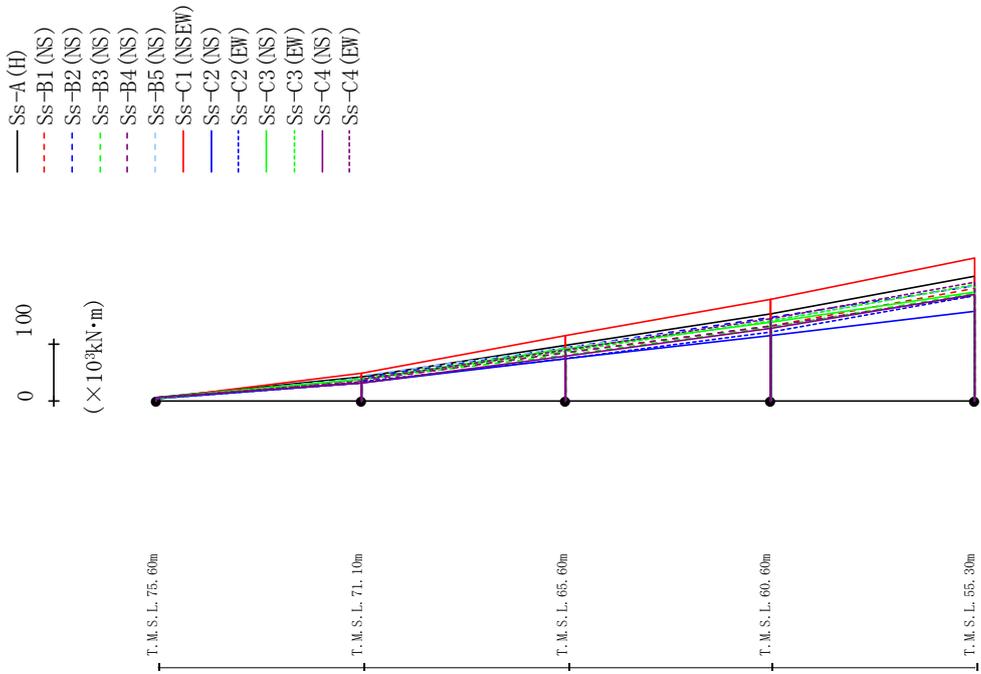


(× 10<sup>4</sup>kN)

Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
91.65	79.60	91.59	82.91	78.75	88.39	106.02	67.17	71.18	82.37	86.50	75.18	80.25
121.79	95.13	109.43	94.64	95.96	102.21	141.83	75.90	83.51	98.23	100.02	83.90	103.84
121.74	112.59	109.82	103.48	98.27	110.81	144.93	80.30	103.74	108.07	108.06	99.23	111.40
130.00	126.96	127.05	119.93	116.21	129.65	148.65	80.23	117.36	118.94	128.84	118.13	130.56

第4.2.1-2図 最大応答せん断力 (基本ケース, NS方向, 全応力解析)

最大応答曲げモーメント (NS方向)

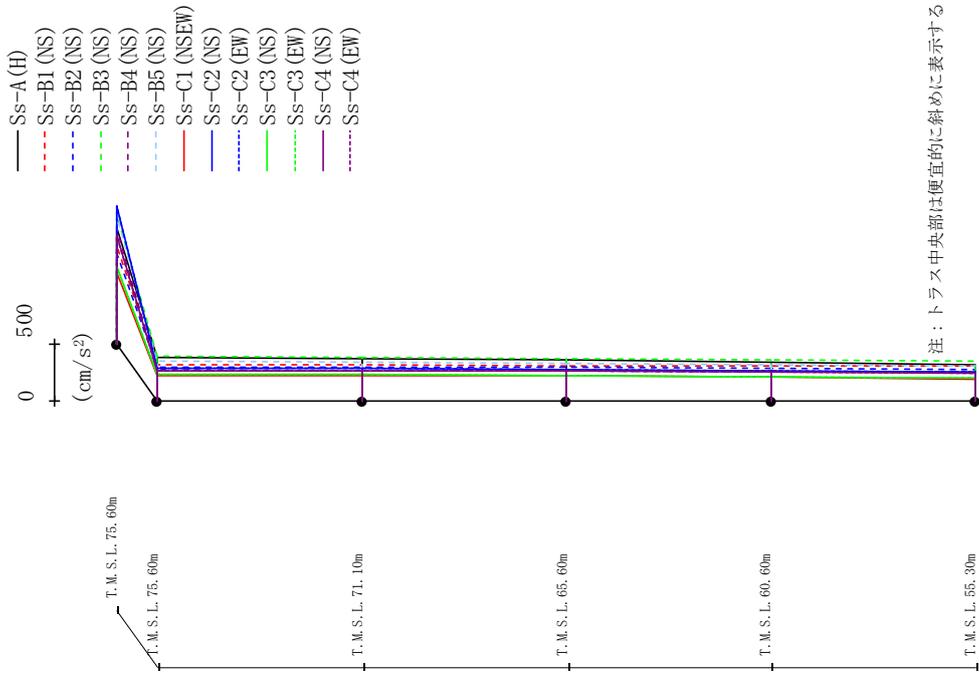


(×10<sup>3</sup>kN・m)

Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
7.12	5.04	4.80	5.92	4.75	4.58	4.15	3.91	4.33	6.39	3.72	6.14	5.77
41.73	36.08	40.27	37.04	35.30	40.87	48.08	31.38	32.51	37.55	37.37	31.11	33.68
43.02	36.33	40.26	37.55	35.48	43.88	48.60	32.53	32.99	38.04	36.83	32.41	37.94
97.00	85.36	92.45	81.13	83.54	92.86	114.04	73.78	73.35	90.39	87.44	78.05	87.99
97.00	85.36	92.45	81.13	83.54	92.86	114.04	73.78	73.35	90.39	87.44	78.05	87.99
152.65	130.61	144.72	129.14	131.40	141.25	176.86	113.53	121.13	137.61	140.37	126.63	143.64
152.65	130.61	144.72	129.14	131.40	141.25	176.86	113.53	121.13	137.61	140.37	126.63	143.64
216.78	196.84	201.26	187.70	184.66	200.28	249.84	155.52	183.33	189.62	201.86	185.61	207.51

第4.2.1-3図 最大応答曲げモーメント (基本ケース, NS方向, 全応力解析)

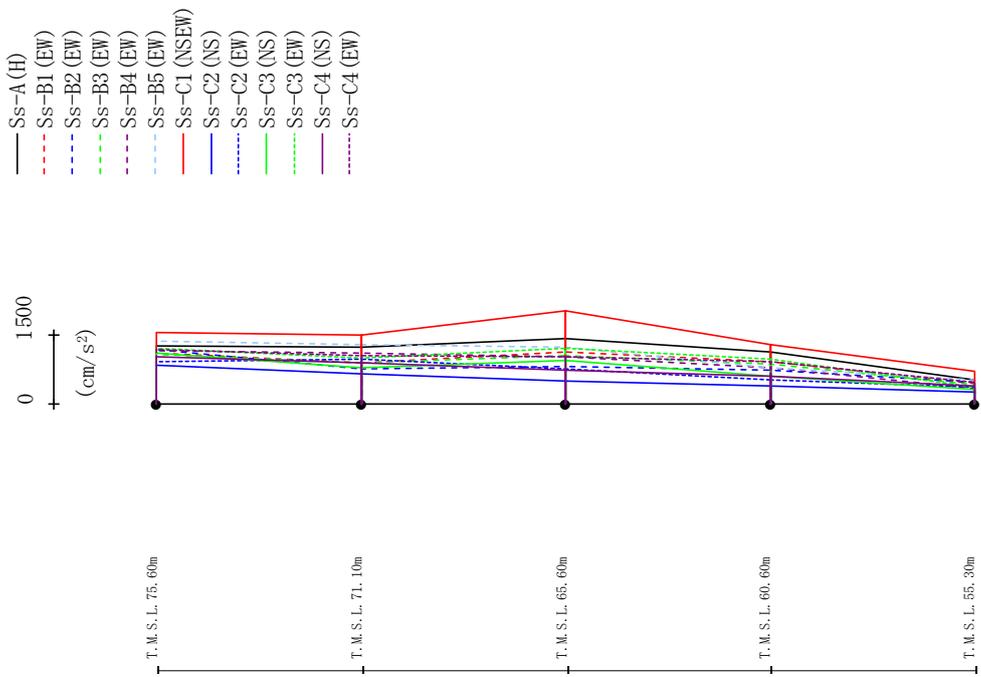
最大応答加速度 (UD方向)



	Ss-A(H)	Ss-B1(NS)	Ss-B2(NS)	Ss-B3(NS)	Ss-B4(NS)	Ss-B5(NS)	Ss-C1(NSEW)	Ss-C2(NS)	Ss-C2(EW)	Ss-C3(NS)	Ss-C3(EW)	Ss-C4(NS)	Ss-C4(EW)
1006	847	784	1129	998	1119	619	1203	1198	675	674	674	945	940
381	317	294	387	268	346	224	284	285	236	235	235	259	260
372	311	292	381	264	340	222	280	281	231	231	231	259	261
357	306	289	371	259	330	215	272	273	223	223	223	257	259
338	304	284	361	253	319	206	261	262	211	211	211	253	254
315	301	277	349	253	305	193	256	256	197	197	197	245	246

第4.2.1-4図 最大応答鉛直加速度(基本ケース, NS方向, 全応力解析)

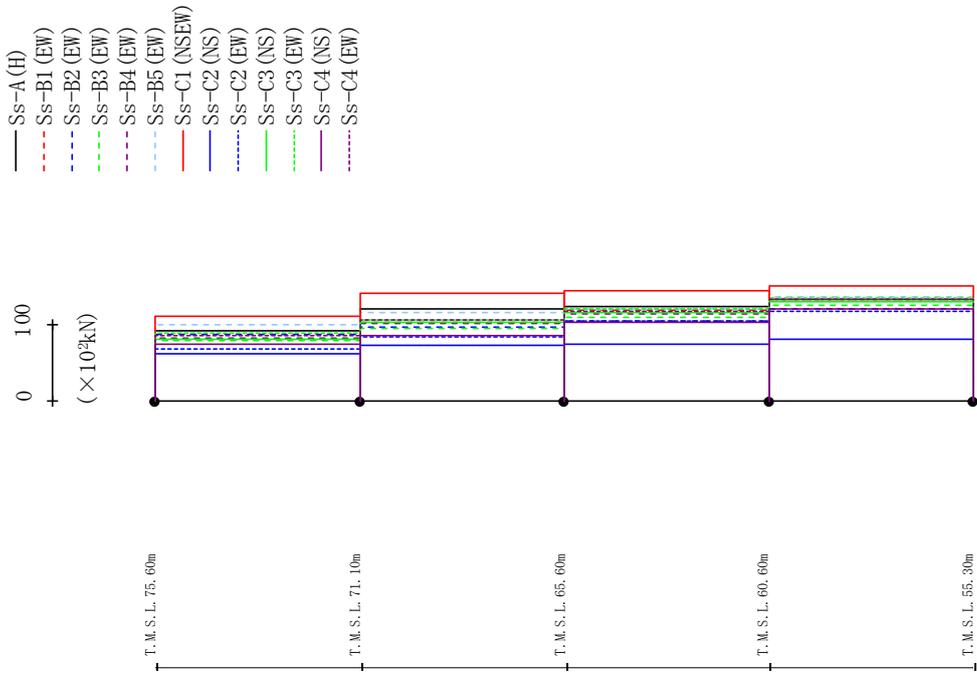
最大応答加速度 (EW方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1275	1105	1186	1086	1152	1368	1554	849	931	1101	1220	1015	1177
1233	883	772	893	1101	1283	1500	662	973	780	992	886	1059
1416	1130	825	1054	1015	1235	2034	490	774	934	1219	745	1035
1126	908	736	858	795	795	1284	395	536	614	963	598	918
534	451	465	427	327	512	719	248	355	320	368	400	468

第4.2.1-5図 最大応答加速度(基本ケース, EW方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)

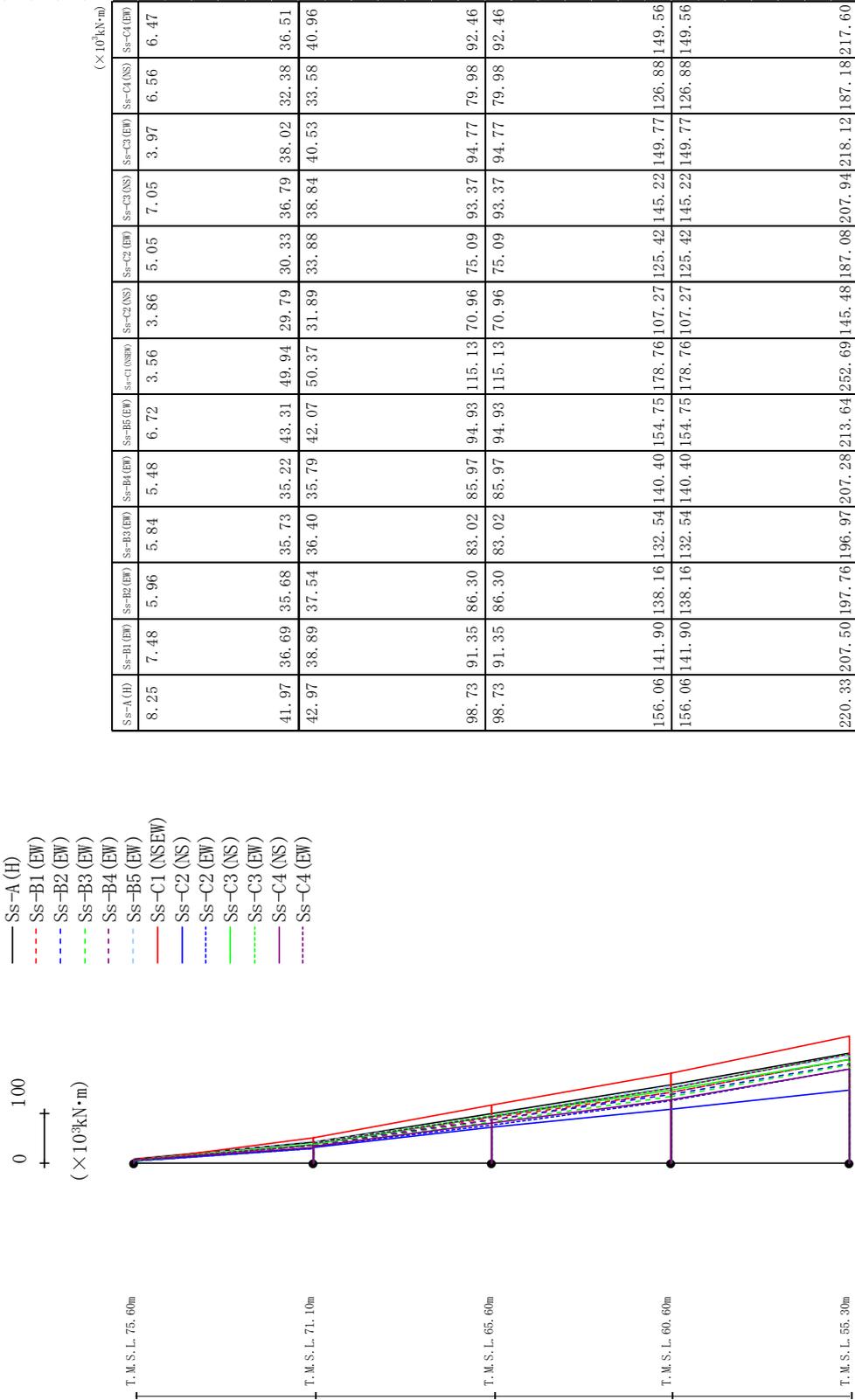


( $\times 10^3 \text{kN}$ )

Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
91.69	80.95	86.69	79.02	82.42	99.47	110.01	61.71	67.60	79.88	88.30	74.30	85.13
119.47	102.49	95.82	94.67	101.79	115.50	141.32	72.92	84.40	102.70	106.40	84.71	105.75
123.66	118.53	104.54	108.70	113.98	119.63	143.25	74.50	104.23	115.53	119.59	102.00	116.45
132.98	132.55	119.78	124.42	132.40	136.67	150.43	79.97	116.35	130.50	133.77	119.79	132.89

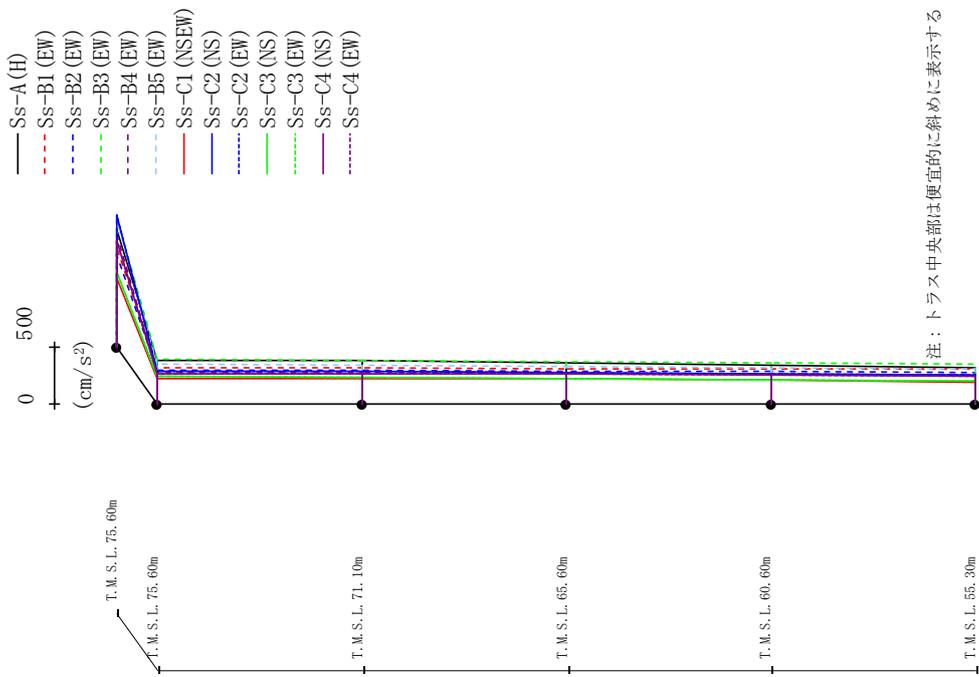
第4.2.1-6図 最大応答せん断力 (基本ケース, EW方向, 全応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)



第4.2.1-7図 最大応答曲げモーメント (基本ケース, EW方向, 全応力解析)

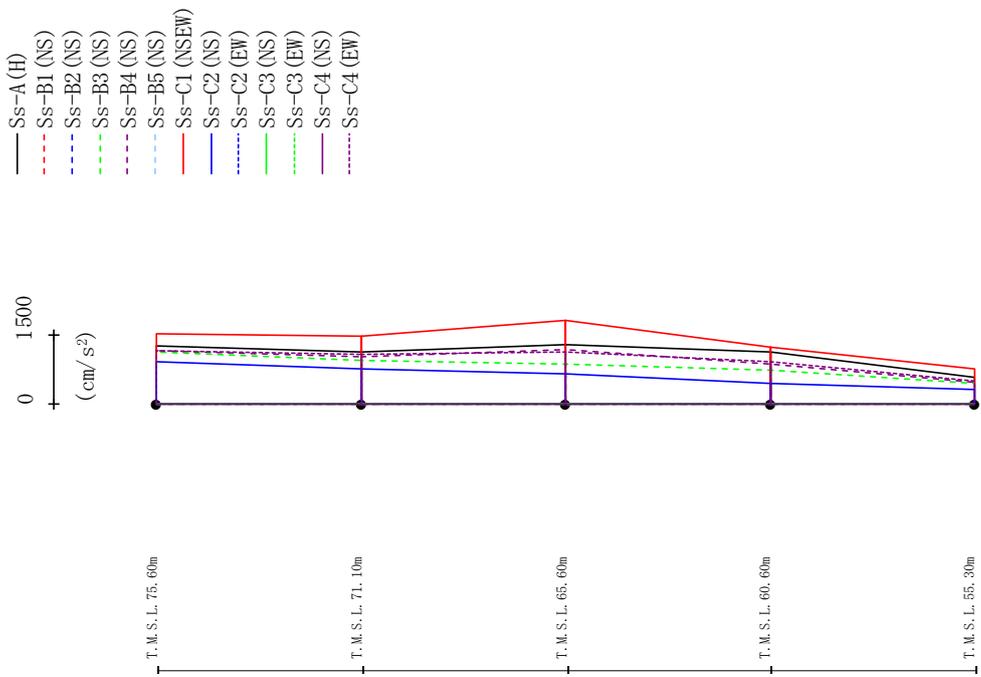
最大応答加速度 (UD方向)



	Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1018	861	803	1125	982	1101	595	1150	1142	647	648	929	922	
384	318	293	388	273	345	224	282	282	236	236	259	259	
375	312	292	381	269	340	221	278	279	232	232	259	260	
360	306	288	372	264	330	215	270	271	224	224	257	258	
341	304	283	361	258	319	206	261	262	212	212	253	253	
318	301	275	349	252	306	193	256	256	198	198	245	245	

第4.2.1-8図 最大応答鉛直加速度 (基本ケース, EW方向, 全応力解析)

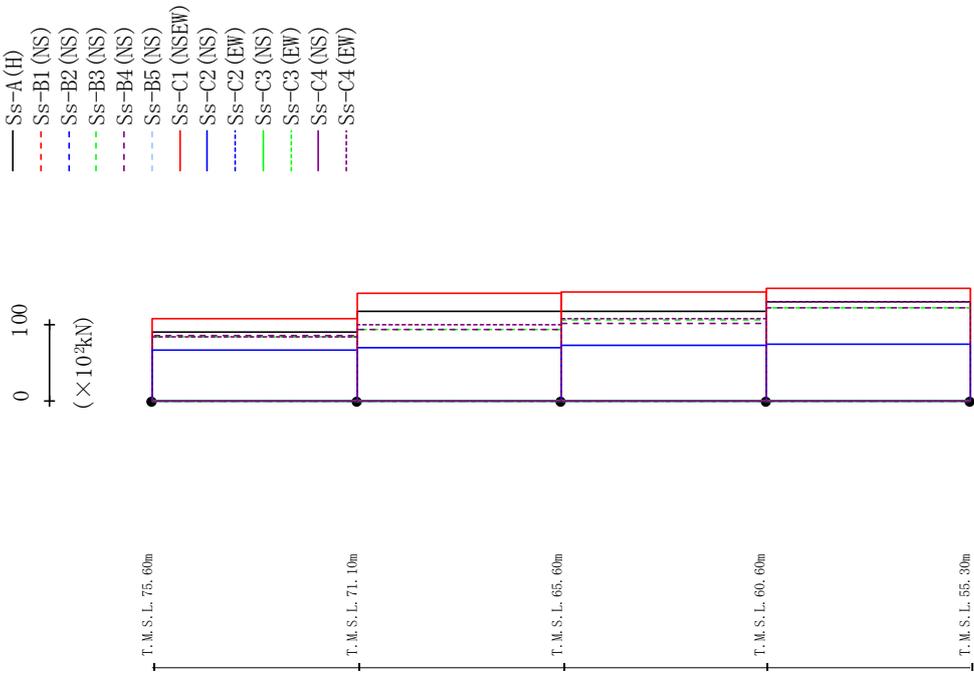
最大応答加速度 (NS方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1256	-	-	1142	1155	-	1527	915	-	-	-	-	1157
1133	-	-	956	1023	-	1484	772	-	-	-	-	1067
1284	-	-	866	1179	-	1812	643	-	-	-	-	1126
1125	-	-	722	866	-	1242	457	-	-	-	-	909
571	-	-	452	480	-	762	311	-	-	-	-	502

第4.2.1-9図 最大応答加速度 (+1σ 地震, NS方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)

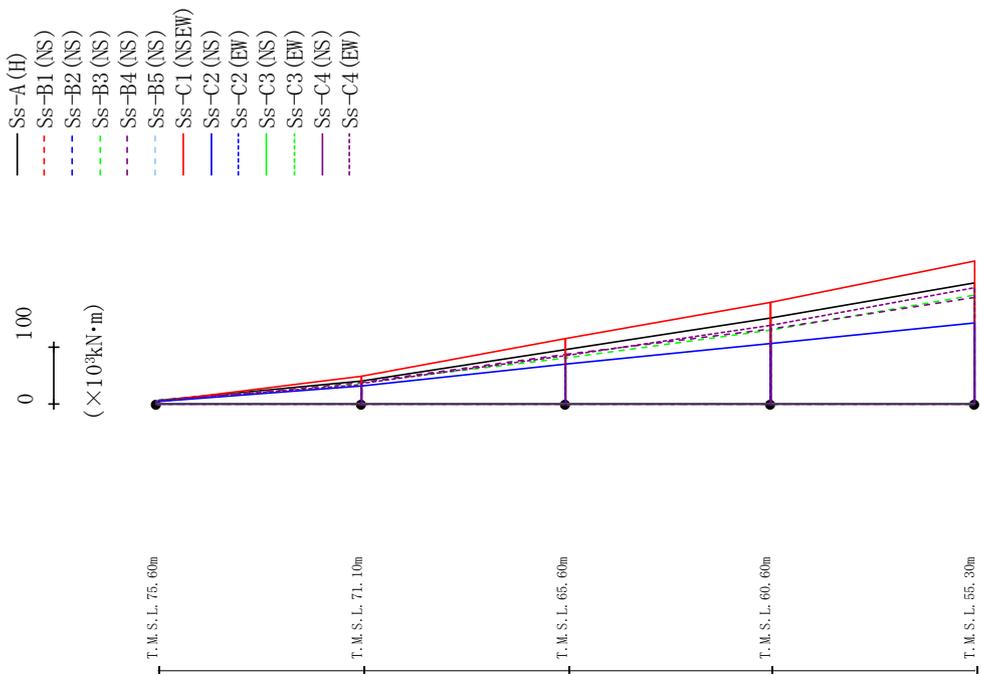


(× 10<sup>2</sup>kN)

Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
89.57	-	84.17	84.72	-	107.96	66.76	-	-	-	-	-	84.22
117.23	-	93.85	93.55	-	140.85	69.74	-	-	-	-	-	99.49
117.71	-	105.64	101.81	-	142.61	72.53	-	-	-	-	-	108.12
130.20	-	122.40	122.31	-	146.89	73.97	-	-	-	-	-	130.33

第4.2.1-10図 最大応答せん断力 (+1σ 地盤, NS方向, 全応力解析)

最大応答曲げモーメント (NS方向)

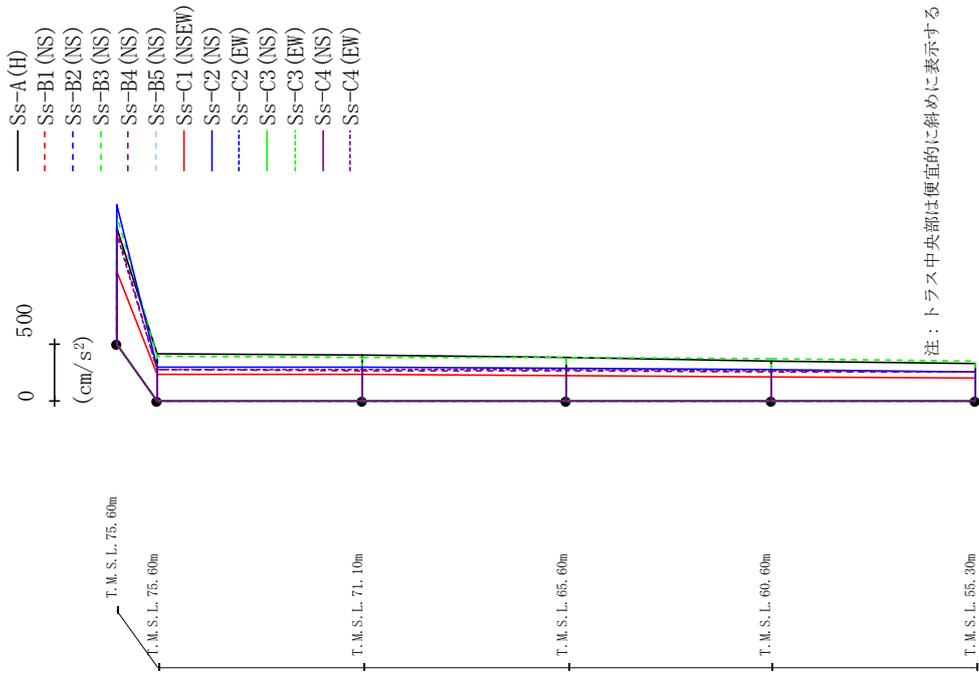


(×10<sup>3</sup>kN·m)

Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
6.96	-	6.00	4.68	-	4.10	4.11	-	-	-	-	-	5.39
40.53	-	36.43	37.59	-	47.98	31.00	-	-	-	-	-	34.44
40.86	-	37.17	37.42	-	47.37	32.39	-	-	-	-	-	36.69
94.61	-	79.73	85.61	-	113.94	70.25	-	-	-	-	-	84.44
94.61	-	79.73	85.61	-	113.94	70.25	-	-	-	-	-	84.44
149.31	-	129.27	131.43	-	176.68	104.55	-	-	-	-	-	137.82
149.31	-	129.27	131.43	-	176.68	104.55	-	-	-	-	-	137.82
210.19	-	189.73	185.35	-	249.44	141.45	-	-	-	-	-	203.18

第4.2.1-11図 最大応答曲げモーメント (+1σ 地盤, NS方向, 全応力解析)

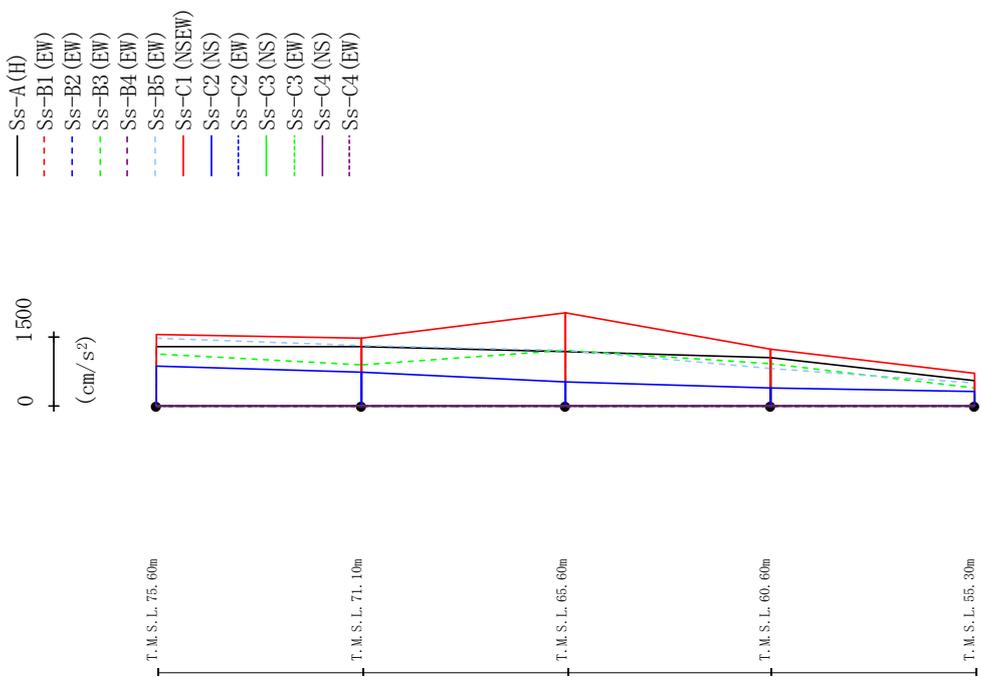
最大応答加速度 (UD方向)



	Ss-A(H)	Ss-B1(NS)	Ss-B2(NS)	Ss-B3(NS)	Ss-B4(NS)	Ss-B5(NS)	Ss-C1(NSEW)	Ss-C2(NS)	Ss-C2(EW)	Ss-C3(NS)	Ss-C3(EW)	Ss-C4(NS)	Ss-C4(EW)
1005	-	1115	1004	-	627	-	1212	-	-	-	-	-	955
407	-	390	268	-	234	-	297	-	-	-	-	-	271
396	-	384	263	-	231	-	292	-	-	-	-	-	271
375	-	374	259	-	224	-	282	-	-	-	-	-	269
350	-	364	254	-	213	-	269	-	-	-	-	-	265
322	-	352	252	-	197	-	256	-	-	-	-	-	257

第4.2.1-12図 最大応答鉛直加速度(+1σ地盤, NS方向, 全応力解析)

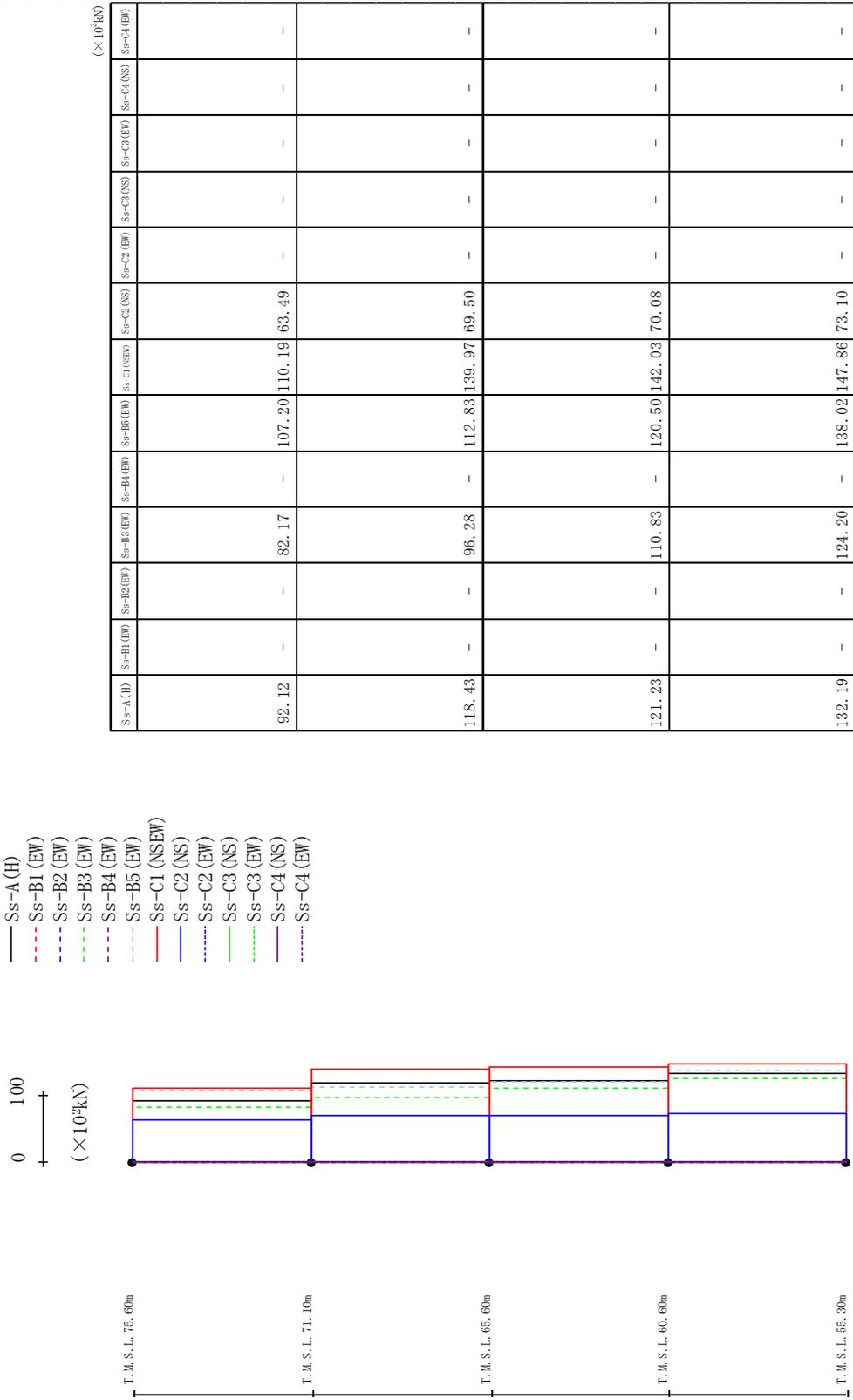
最大応答加速度 (EW方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1285	-	-	1129	-	1473	1549	869	-	-	-	-	-
1285	-	-	891	-	1313	1463	741	-	-	-	-	-
1195	-	-	1199	-	1204	2040	517	-	-	-	-	-
1048	-	-	917	-	824	1242	387	-	-	-	-	-
555	-	-	391	-	495	712	300	-	-	-	-	-

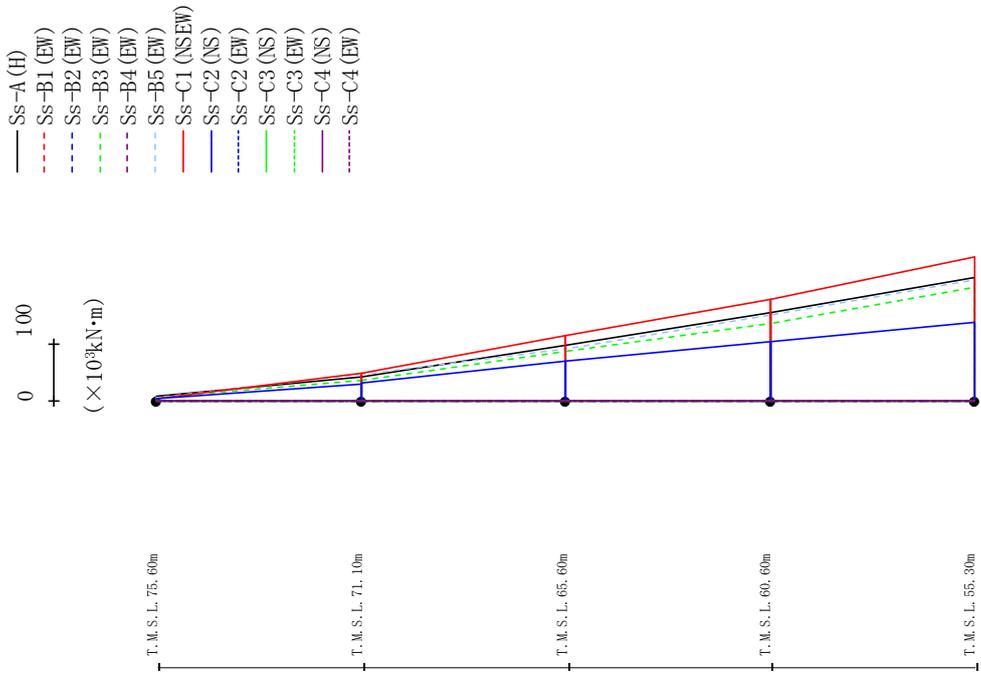
第4.2.1-13図 最大応答加速度 (+1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)



第4.2.1-14図 最大応答せん断力 (+1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)

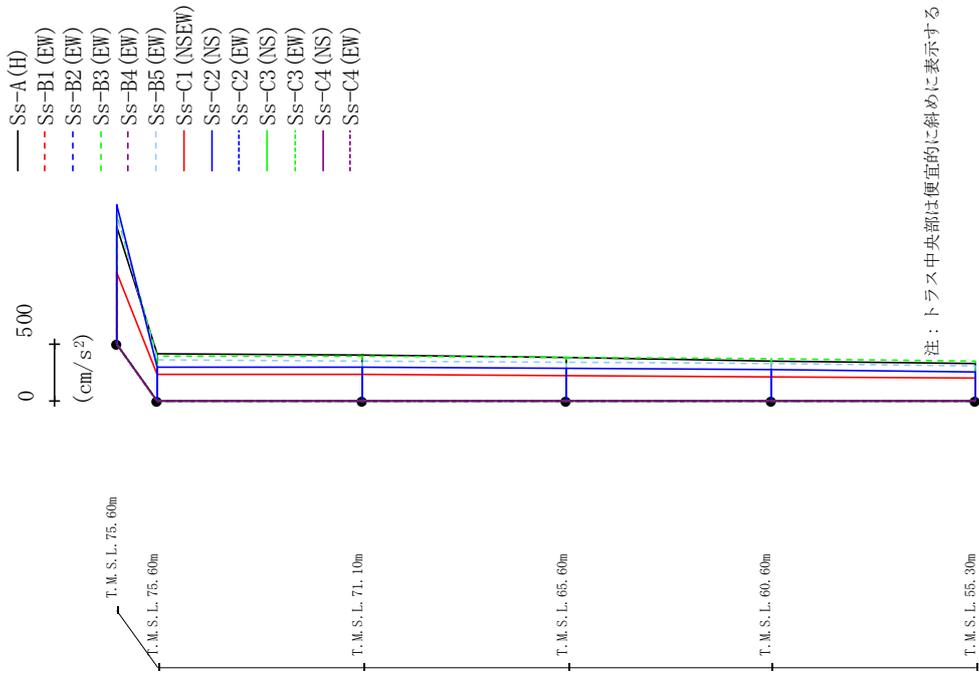


Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NEEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
8.48	-	5.83	-	-	5.79	4.14	3.85	-	-	-	-	-
41.04	-	35.78	-	-	47.17	48.90	30.32	-	-	-	-	-
42.31	-	34.97	-	-	46.09	48.91	32.07	-	-	-	-	-
97.54	-	85.64	-	-	91.52	114.30	68.74	-	-	-	-	-
97.54	-	85.64	-	-	91.52	114.30	68.74	-	-	-	-	-
154.00	-	134.92	-	-	150.86	177.97	102.96	-	-	-	-	-
154.00	-	134.92	-	-	150.86	177.97	102.96	-	-	-	-	-
216.05	-	199.40	-	-	210.55	252.25	138.10	-	-	-	-	-

(×10³kN·m)

第4.2.1-15図 最大応答曲げモーメント (+1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

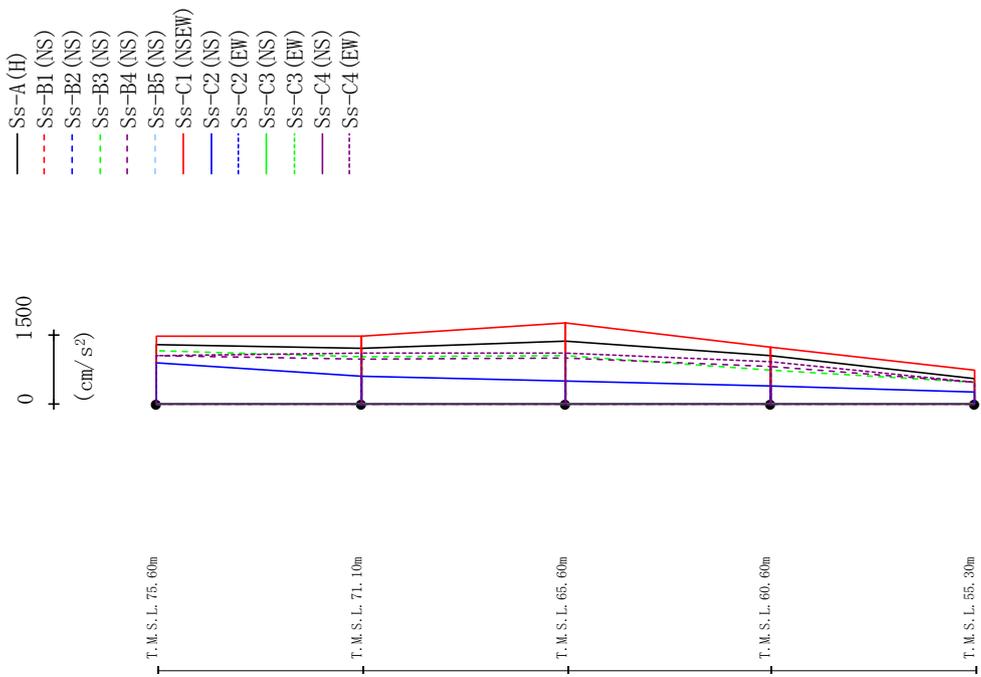
最大応答加速度 (UD方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1018	-	-	-	-	1131	-	-	-	-	1120	621	1207	-	-	-	-	-
408	-	-	-	-	392	-	-	-	-	355	234	297	-	-	-	-	-
397	-	-	-	-	385	-	-	-	-	348	230	292	-	-	-	-	-
377	-	-	-	-	375	-	-	-	-	337	223	282	-	-	-	-	-
352	-	-	-	-	365	-	-	-	-	324	212	269	-	-	-	-	-
322	-	-	-	-	352	-	-	-	-	308	197	256	-	-	-	-	-

第4.2.1-16図 最大応答鉛直加速度 (+1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

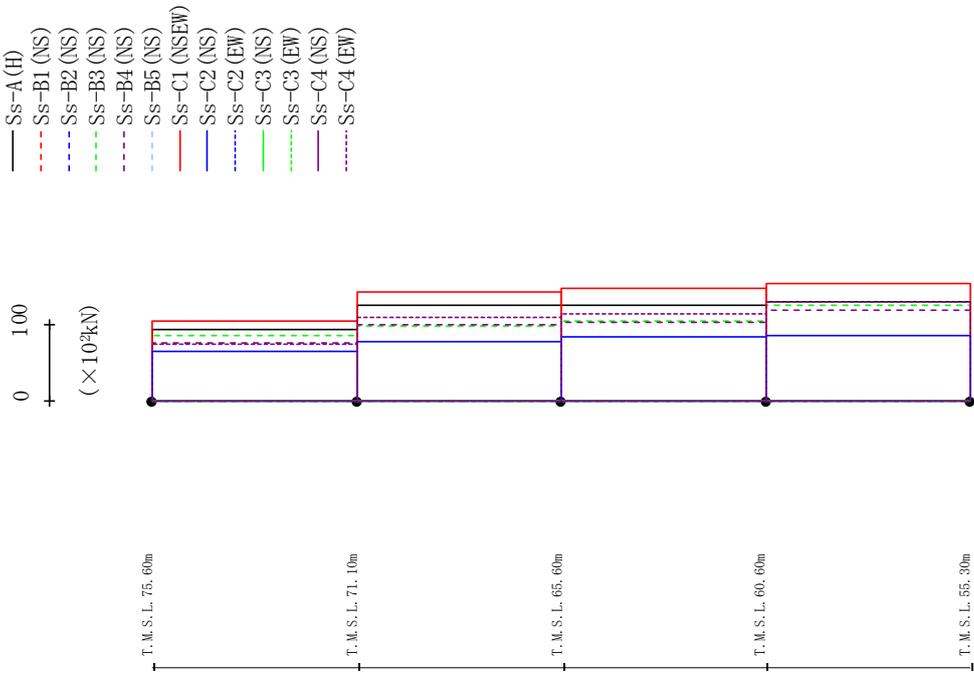
最大応答加速度 (NS方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1299	-	-	1159	1040	-	1488	893	-	-	-	-	1042
1209	-	-	1023	968	-	1486	591	-	-	-	-	1118
1377	-	-	1061	1002	-	1778	487	-	-	-	-	1118
1049	-	-	744	802	-	1247	391	-	-	-	-	911
549	-	-	461	477	-	744	247	-	-	-	-	468

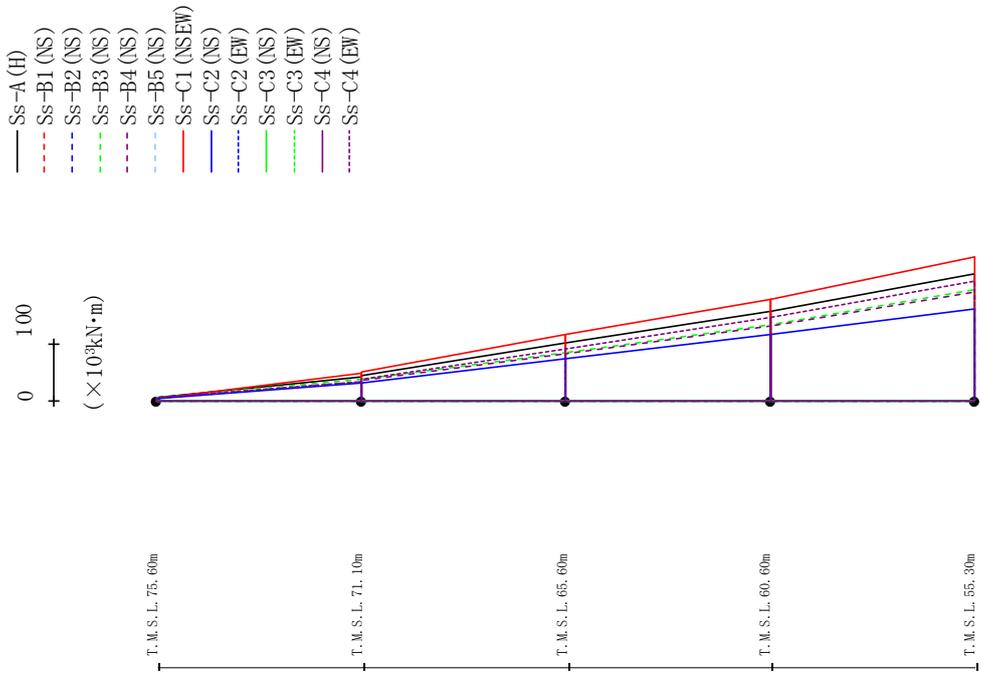
第4.2.1-17図 最大応答加速度 (-1σ 地盤, NS方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)



第4.2.1-18図 最大応答せん断力(-1σ地盤, NS方向, 全応力解析)

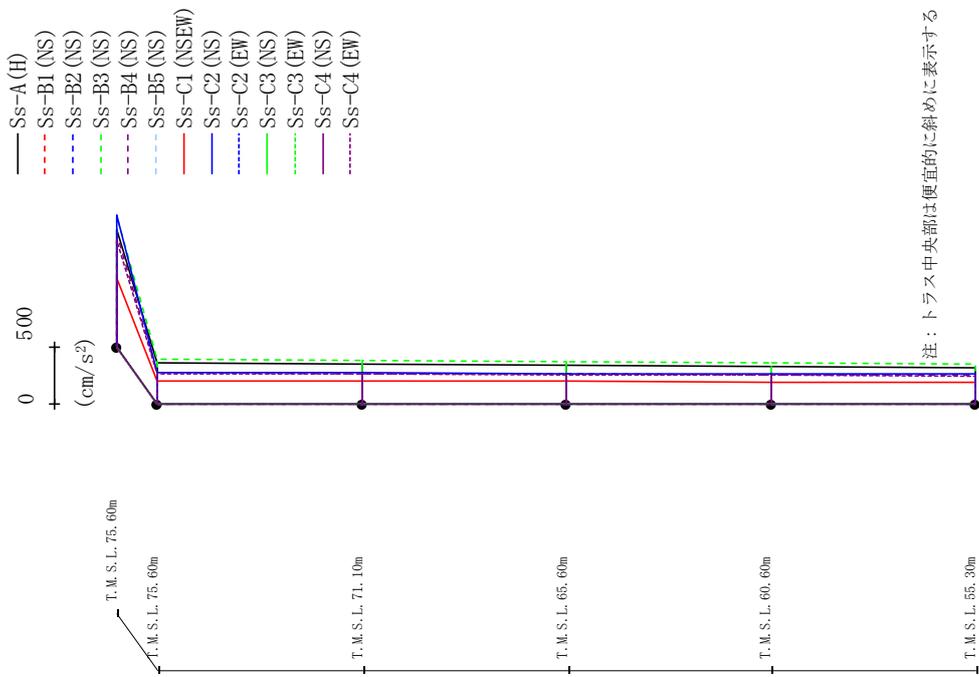
最大応答曲げモーメント (NS方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEE)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
7.01	-	5.43	4.53	-	3.41	3.44	-	-	-	-	-	5.46
42.92	-	37.98	33.95	-	48.58	30.66	-	-	-	-	-	34.17
44.65	-	38.42	36.25	-	49.85	32.06	-	-	-	-	-	38.79
100.37	-	85.09	82.51	-	115.14	73.63	-	-	-	-	-	90.02
100.37	-	85.09	82.51	-	115.14	73.63	-	-	-	-	-	90.02
155.21	-	133.68	131.10	-	177.92	115.51	-	-	-	-	-	146.36
155.21	-	133.68	131.10	-	177.92	115.51	-	-	-	-	-	146.36
221.12	-	194.75	190.26	-	251.49	160.45	-	-	-	-	-	210.10

第4.2.1-19図 最大応答曲げモーメント(-1σ地盤, NS方向, 全応力解析)

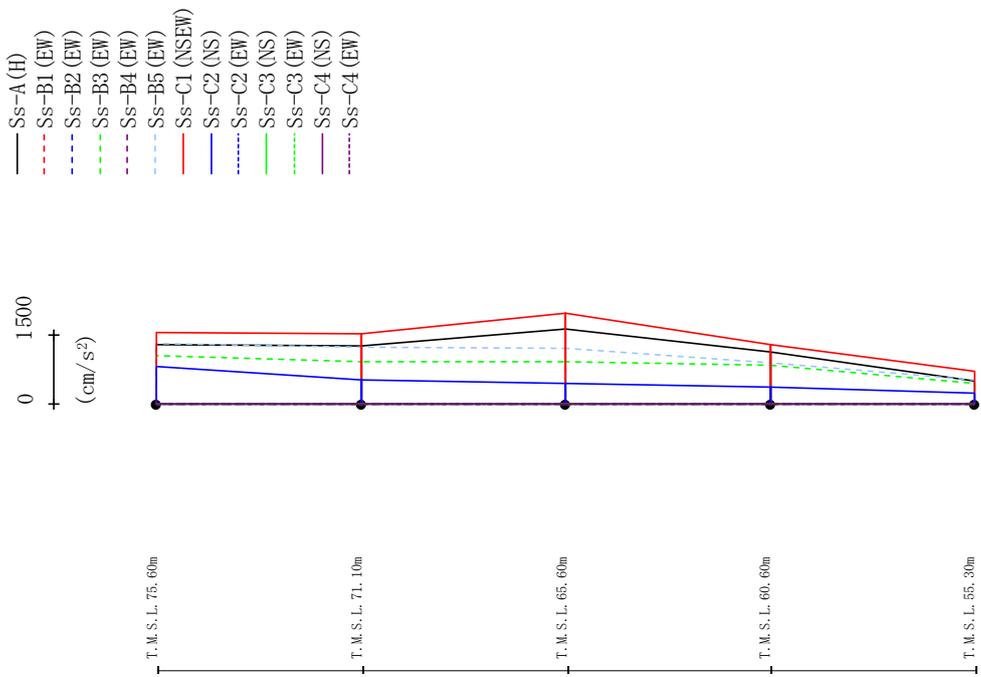
最大応答加速度 (UD方向)



Ss-A(H)	Ss-B1(NS)	Ss-B2(NS)	Ss-B3(NS)	Ss-B4(NS)	Ss-B5(NS)	Ss-C1(NSEW)	Ss-C2(NS)	Ss-C2(EW)	Ss-C3(NS)	Ss-C3(EW)	Ss-C4(NS)	Ss-C4(EW)
1023	-	-	1131	986	-	601	1152	-	-	-	-	920
359	-	-	385	270	-	204	275	-	-	-	-	257
352	-	-	379	267	-	202	271	-	-	-	-	258
341	-	-	371	261	-	199	267	-	-	-	-	255
327	-	-	361	256	-	192	262	-	-	-	-	251
311	-	-	351	254	-	183	257	-	-	-	-	243

第4.2.1-20図 最大応答鉛直加速度(-1σ地盤, NS方向, 全応力解析)

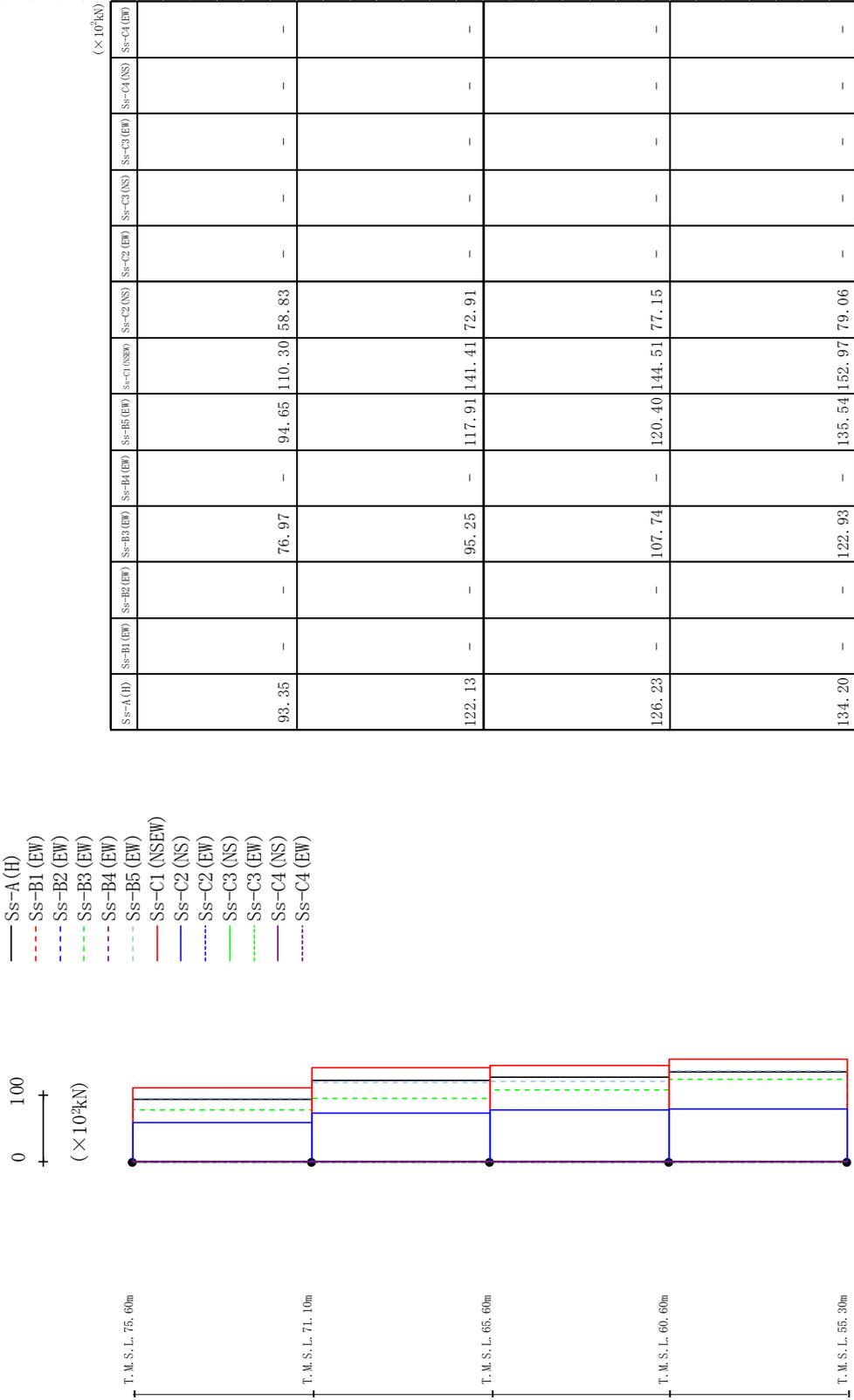
最大応答加速度 (EW方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1302	-	-	1059	-	1316	1558	809	-	-	-	-	-
1271	-	-	926	-	1246	1530	530	-	-	-	-	-
1622	-	-	914	-	1222	1976	451	-	-	-	-	-
1125	-	-	833	-	890	1296	376	-	-	-	-	-
511	-	-	442	-	535	710	239	-	-	-	-	-

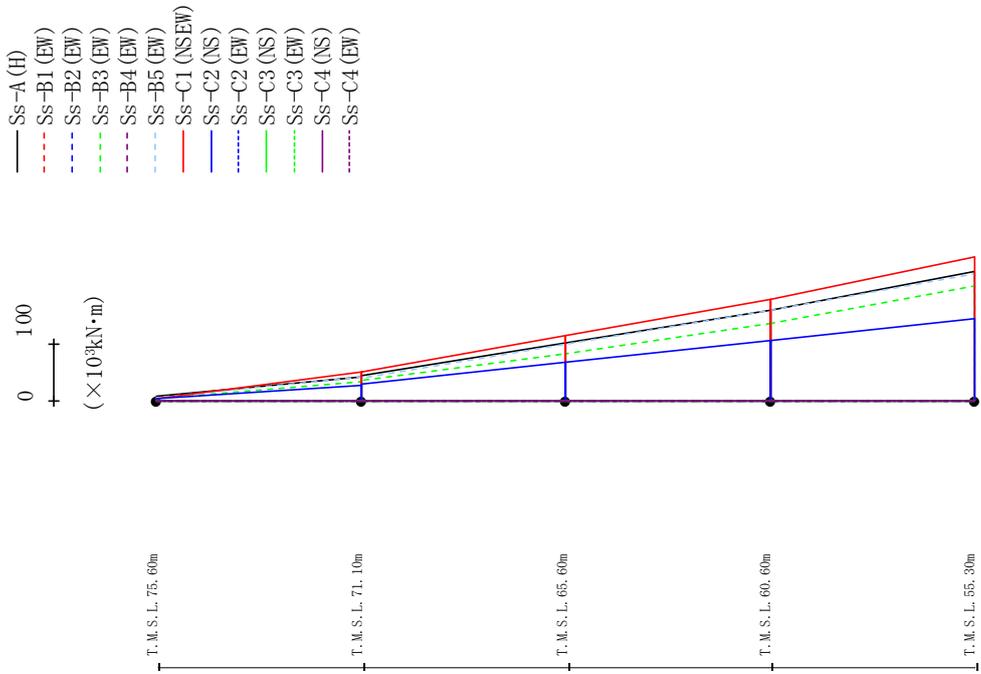
第4.2.1-21図 最大応答加速度 (-1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)



第4.2.1-22図 最大応答せん断力(-1σ地盤, EW方向, 全応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)

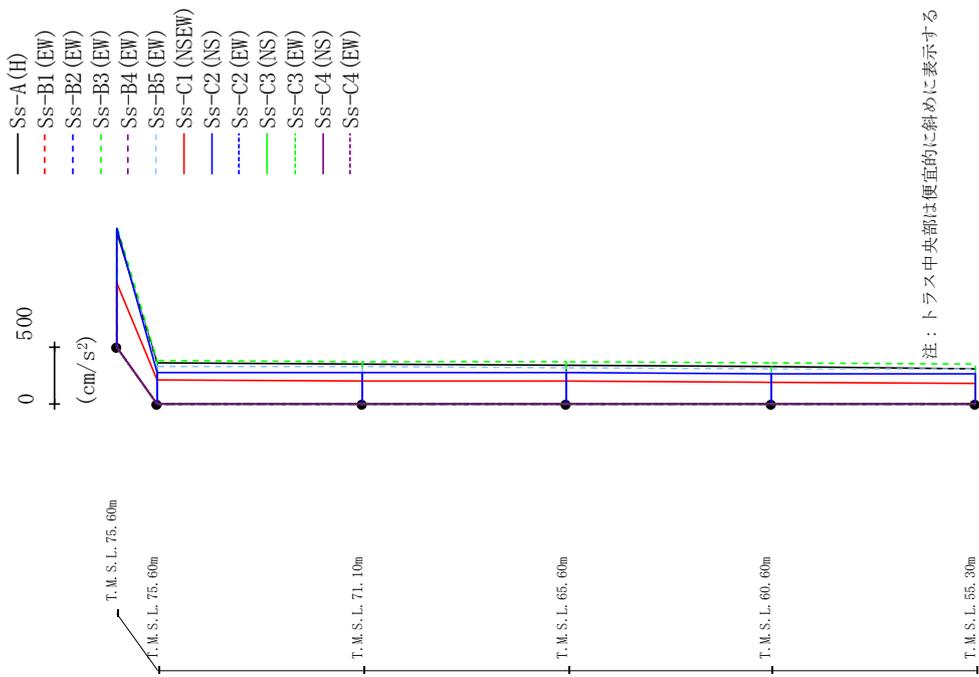


Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (N/EW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
7.46	-	5.07	-	-	6.75	4.08	4.01	-	-	-	-	-
42.76	-	34.55	-	-	41.63	50.41	27.52	-	-	-	-	-
43.59	-	35.78	-	-	40.66	51.18	28.62	-	-	-	-	-
100.48	-	82.93	-	-	98.13	114.26	68.25	-	-	-	-	-
100.48	-	82.93	-	-	98.13	114.26	68.25	-	-	-	-	-
158.26	-	135.05	-	-	158.33	177.38	104.88	-	-	-	-	-
158.26	-	135.05	-	-	158.33	177.38	104.88	-	-	-	-	-
225.28	-	199.89	-	-	222.32	250.85	143.48	-	-	-	-	-

(× 10³ kN·m)

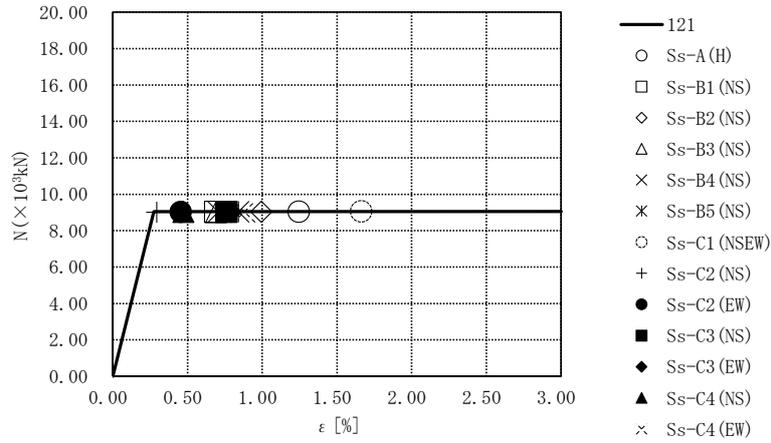
第4.2.1-23図 最大応答曲げモーメント (-1σ 地盤, EW方向, 全応力解析)

最大応答加速度 (UD方向)

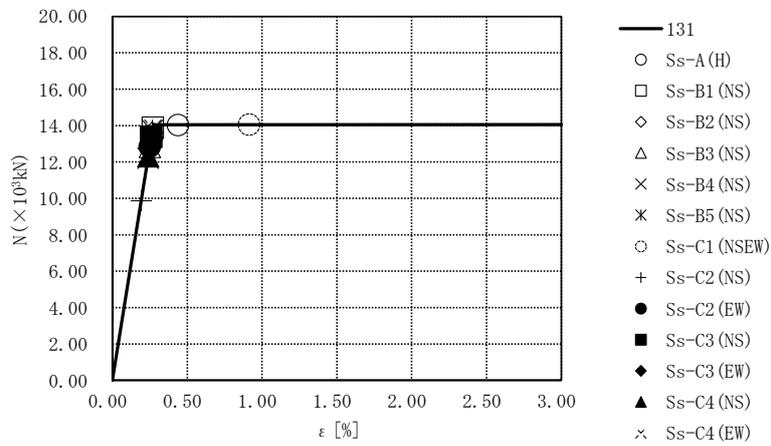


Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
998	-	1053	-	-	1030	-	1053	-	-	1030	557	1027	-	-	-	-	-
360	-	379	-	-	327	-	379	-	-	327	205	276	-	-	-	-	-
351	-	373	-	-	323	-	373	-	-	323	204	273	-	-	-	-	-
339	-	365	-	-	316	-	365	-	-	316	199	269	-	-	-	-	-
326	-	357	-	-	309	-	357	-	-	309	193	266	-	-	-	-	-
310	-	347	-	-	302	-	347	-	-	302	183	262	-	-	-	-	-

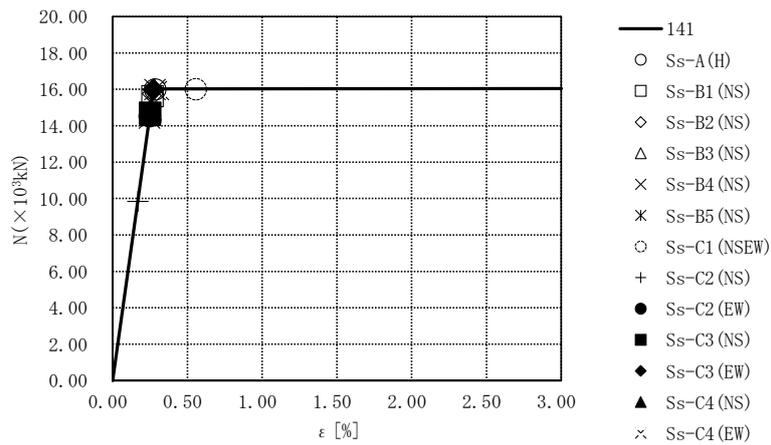
第4.2.1-24図 最大応答鉛直加速度(-1σ地盤, EW方向, 全応力解析)



要素番号121

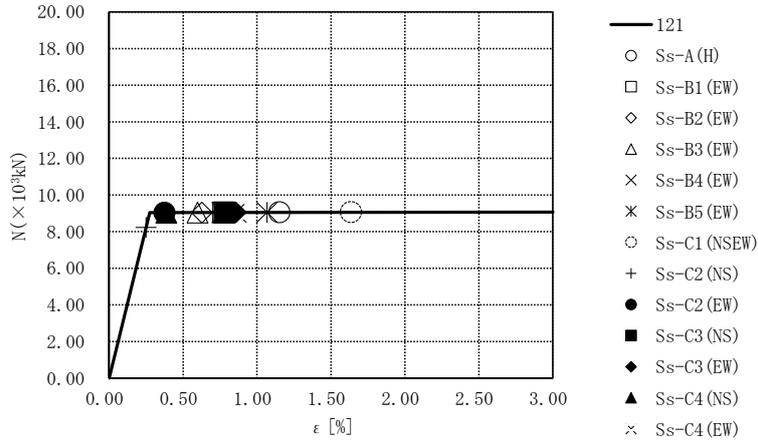


要素番号131

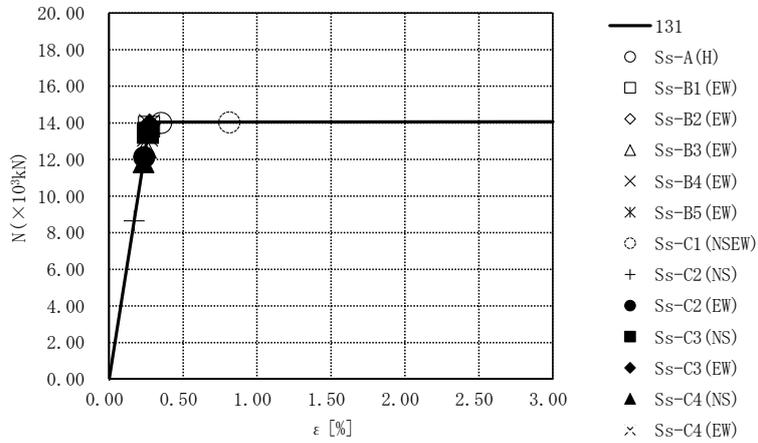


要素番号141

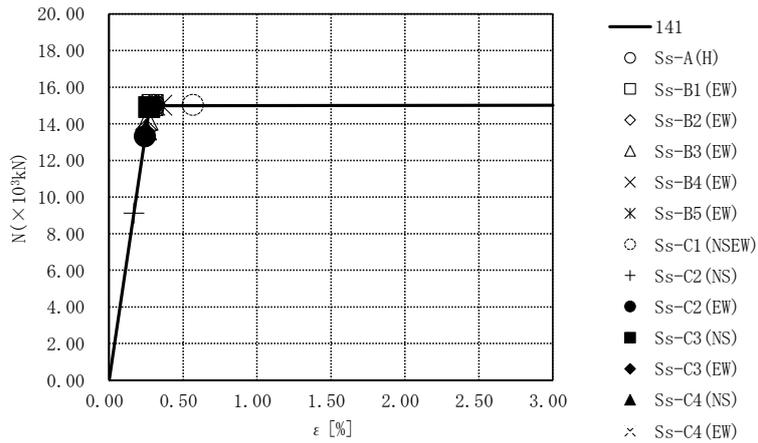
第4.2.1-25図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(基本ケース, NS方向, 全応力解析)



要素番号121

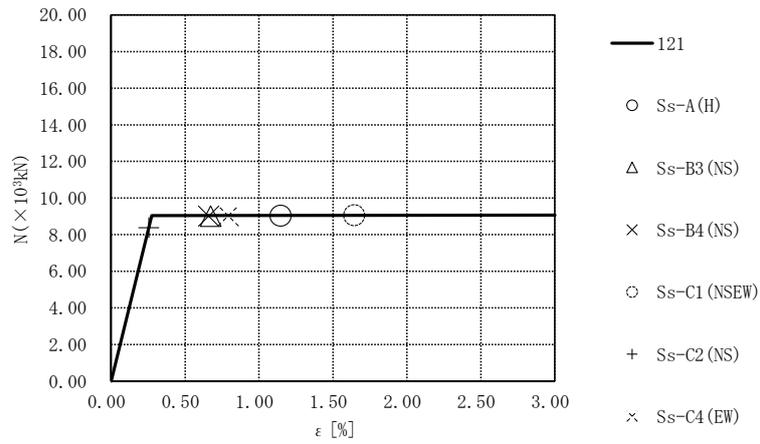


要素番号131

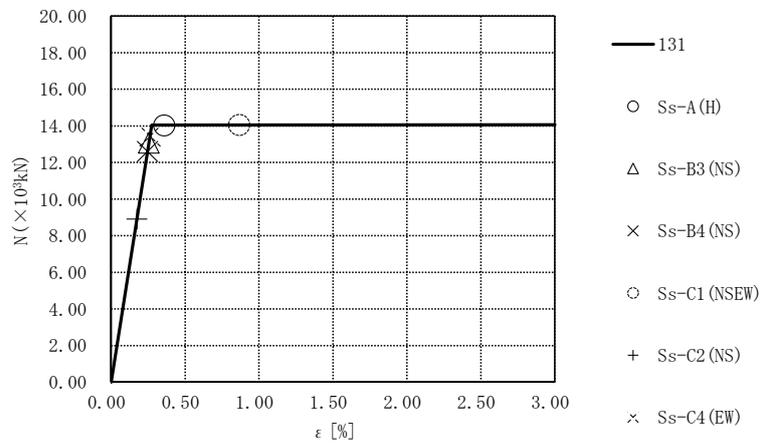


要素番号141

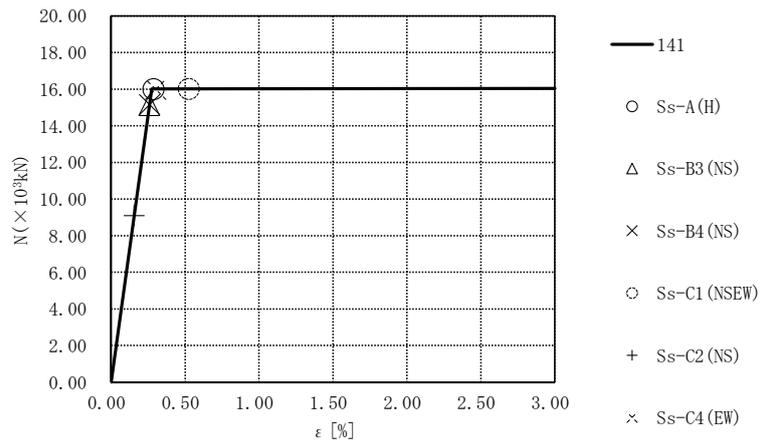
第4.2.1-26図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(基本ケース, EW方向, 全応力解析)



要素番号121

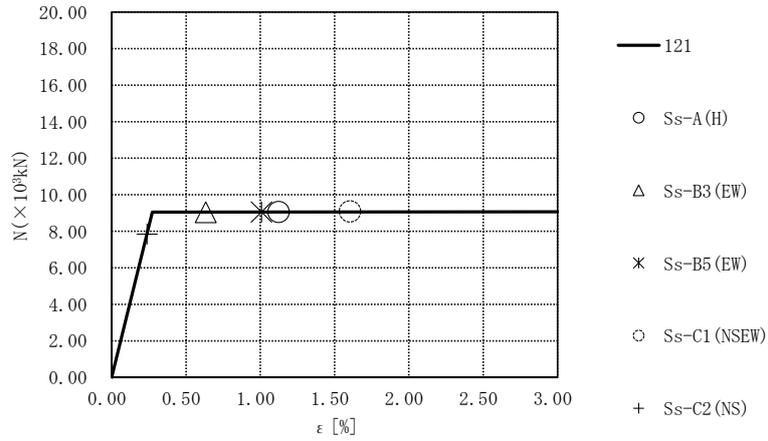


要素番号131

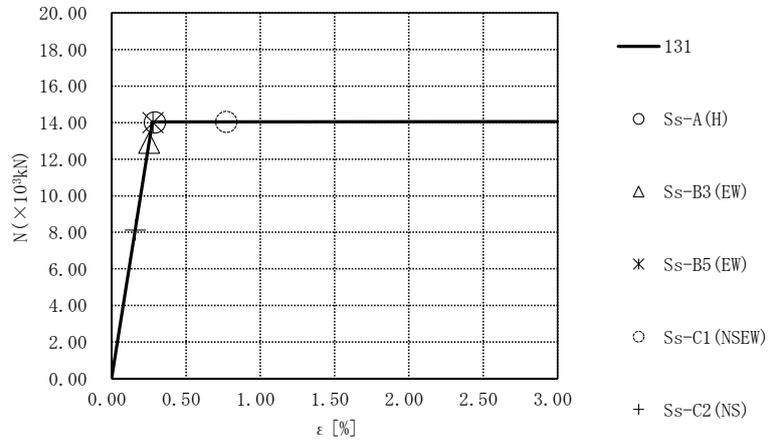


要素番号141

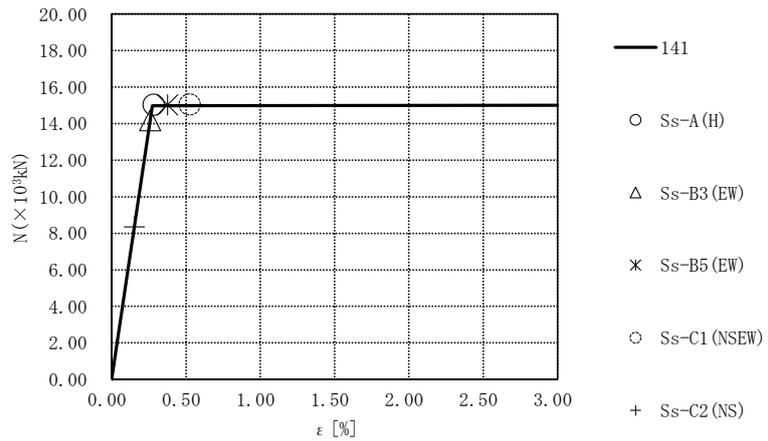
第4.2.1-27図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(+1σ地盤, NS方向, 全応力解析)



要素番号121

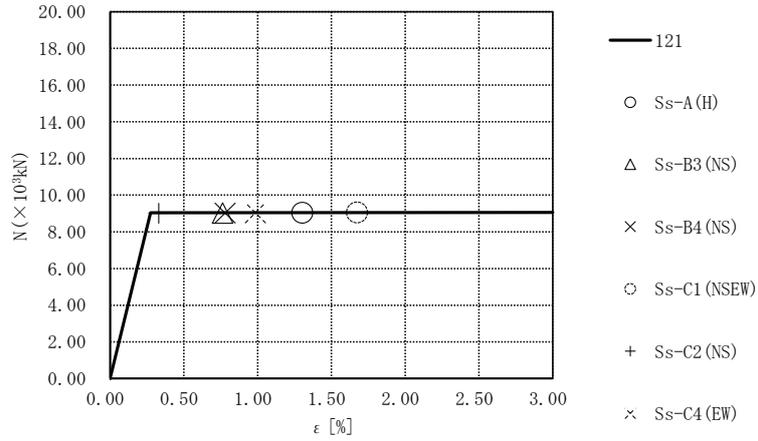


要素番号131

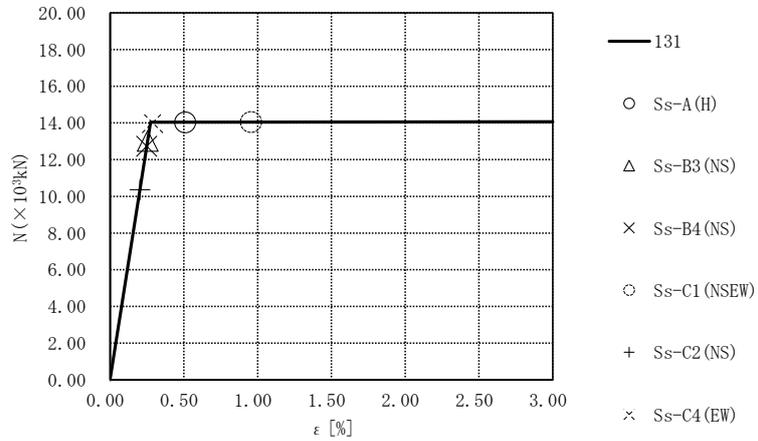


要素番号141

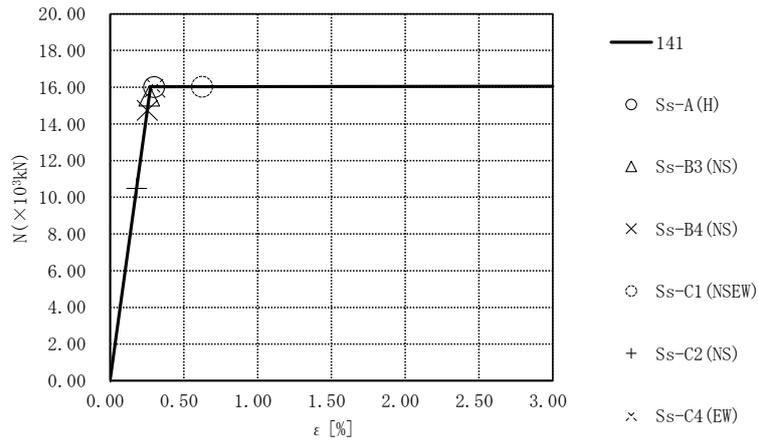
第4.2.1-28図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
( $+1\sigma$  地盤, EW方向, 全応力解析)



要素番号121

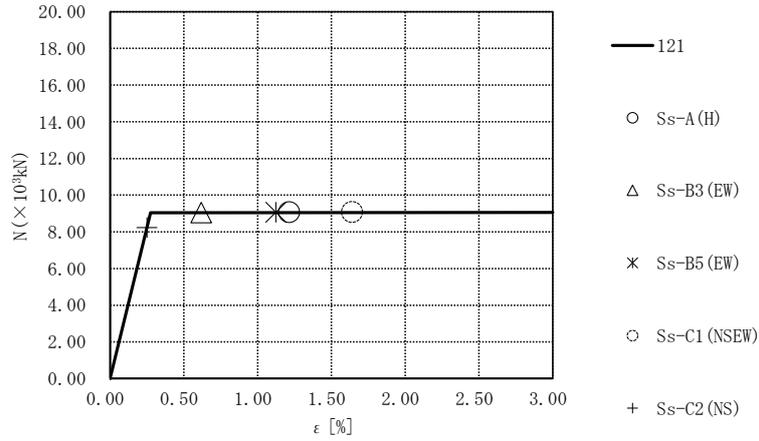


要素番号131

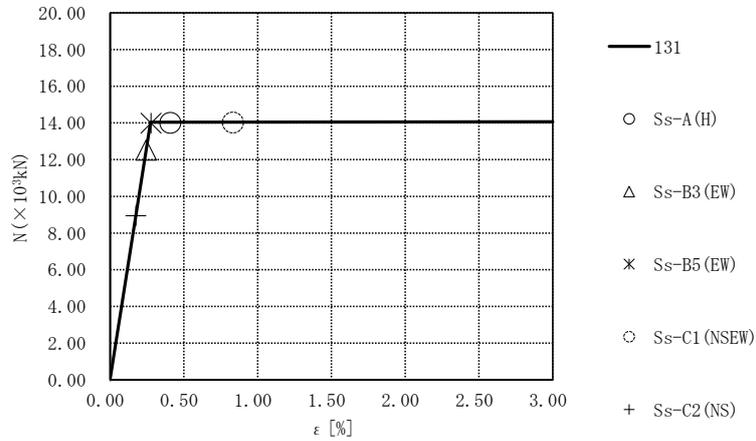


要素番号141

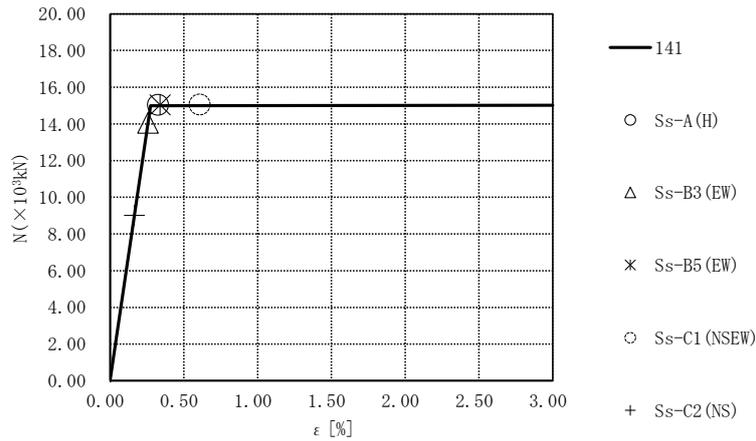
第4.2.1-29図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(-1σ地盤, NS方向, 全応力解析)



要素番号121

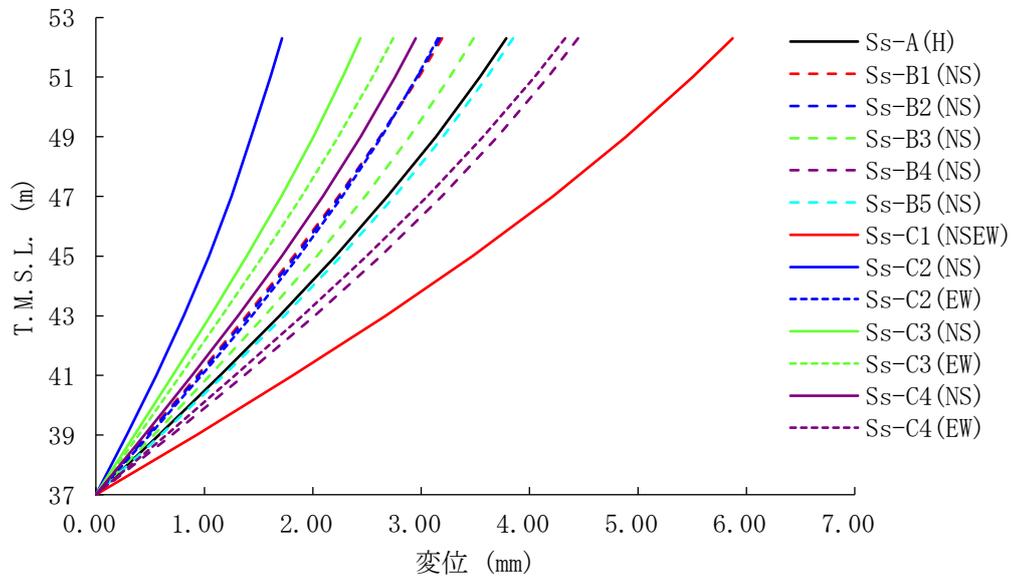


要素番号131

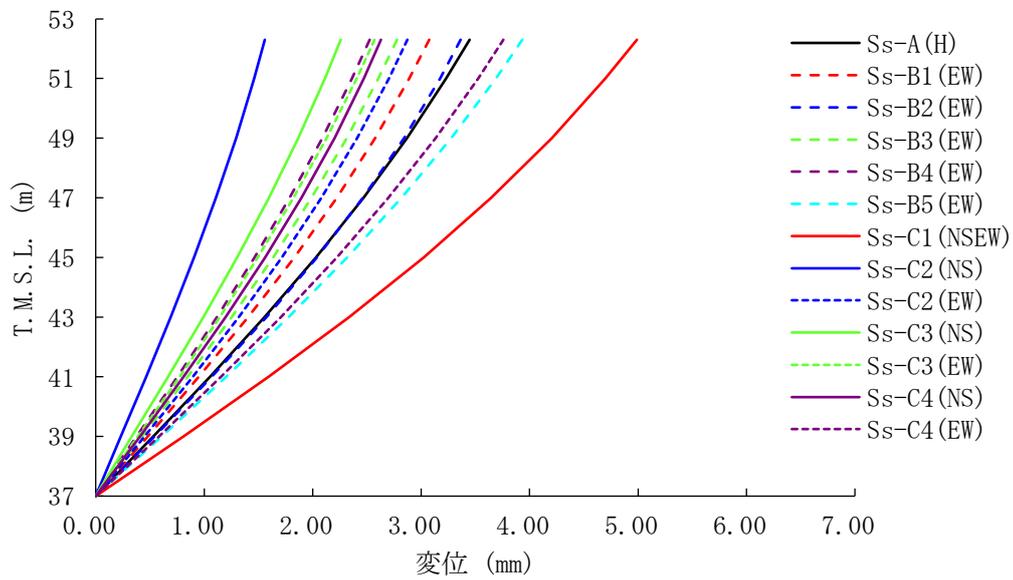


要素番号141

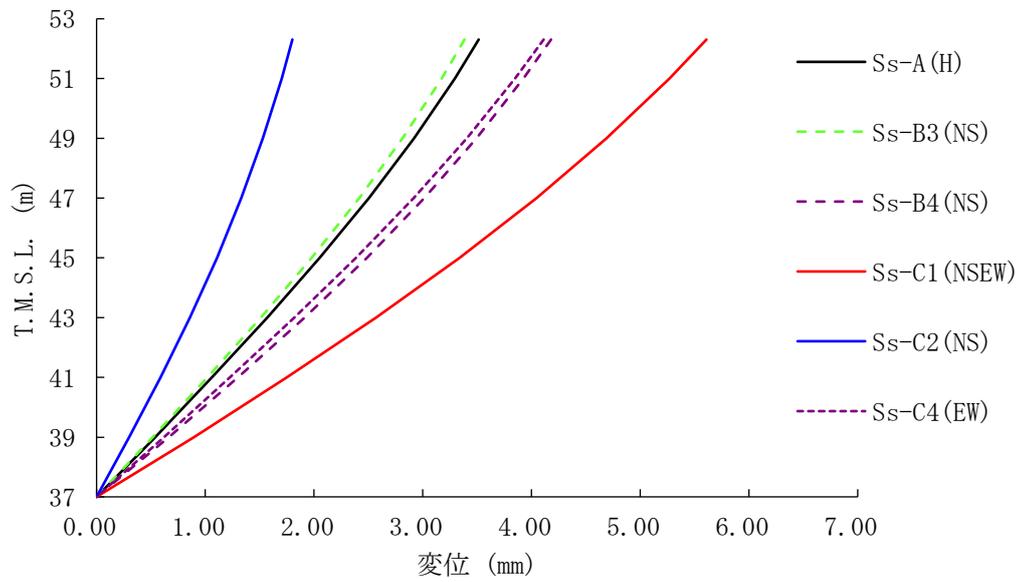
第4.2.1-30図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
( $-1\sigma$  地盤, EW方向, 全応力解析)



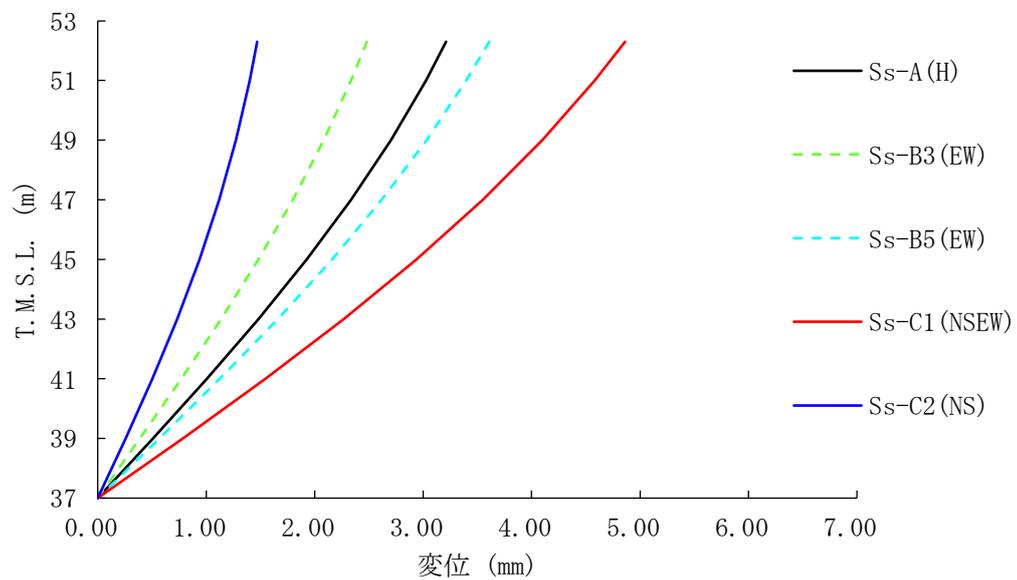
第4.2.1-31図 改良地盤の最大応答変位  
(基本ケース, NS断面, 全応力解析)



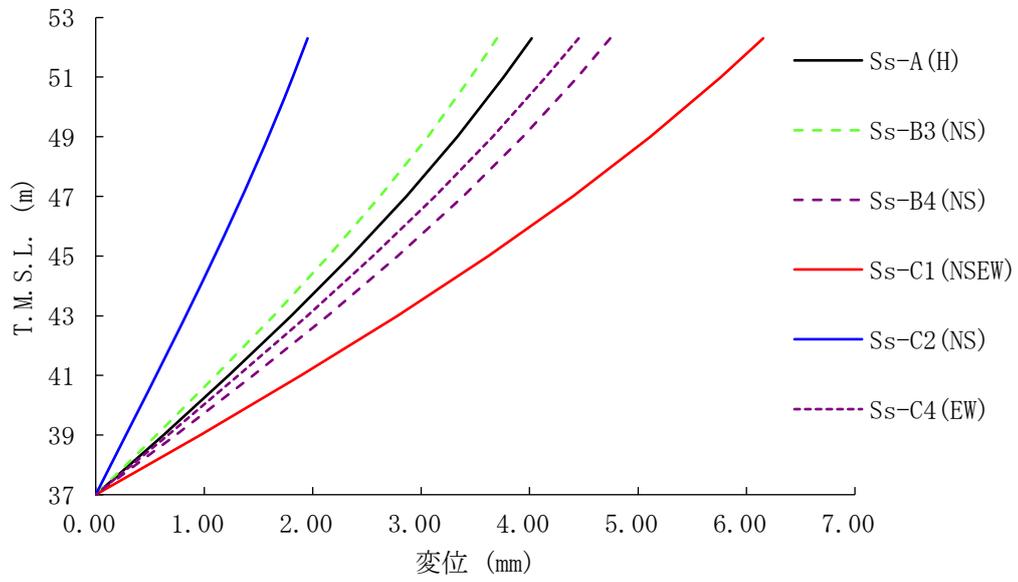
第4.2.1-32図 改良地盤の最大応答変位  
(基本ケース, EW断面, 全応力解析)



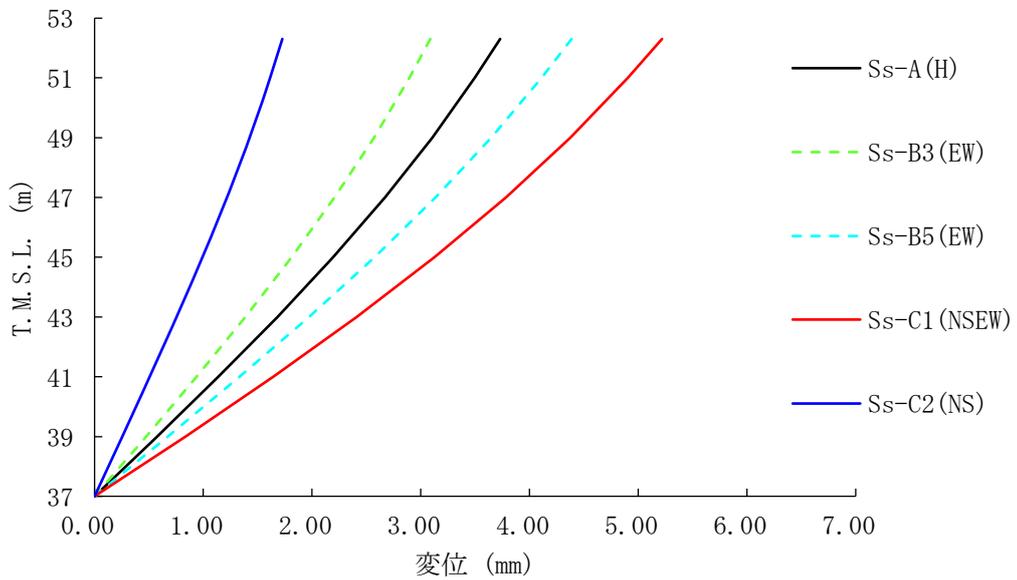
第4.2.1-33図 改良地盤の最大応答変位  
(+1 $\sigma$ 地盤, NS断面, 全応力解析)



第4.2.1-34図 改良地盤の最大応答変位  
(+1 $\sigma$ 地盤, EW断面, 全応力解析)



第4.2.1-35図 改良地盤の最大応答変位  
( $-1\sigma$  地盤, NS断面, 全応力解析)



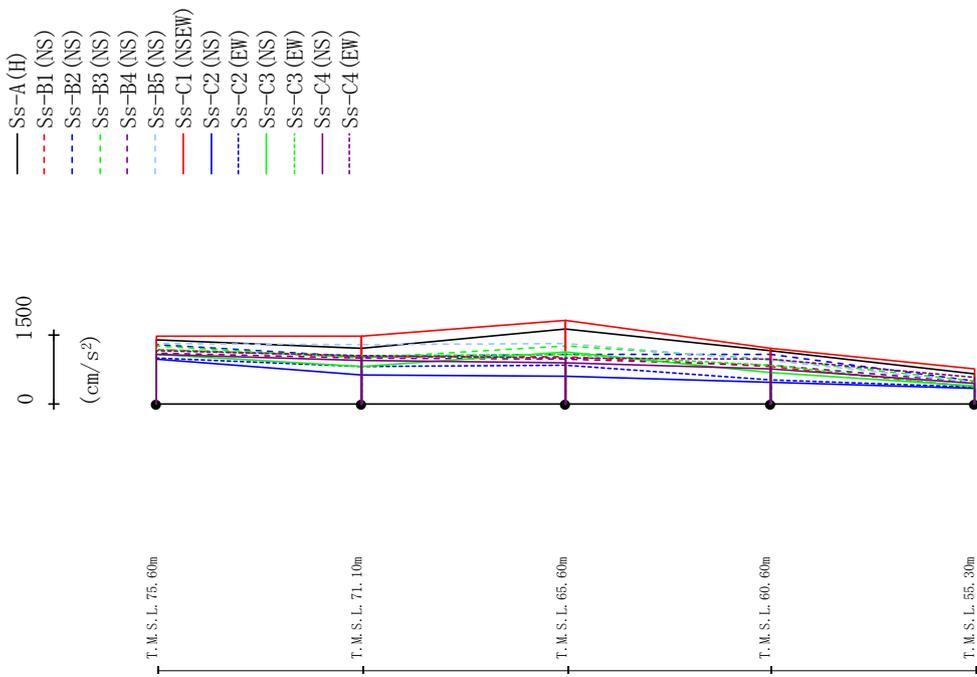
第4.2.1-36図 改良地盤の最大応答変位  
( $-1\sigma$  地盤, EW断面, 全応力解析)

#### 4.2.2 有効応力解析

有効応力解析結果のうち、飛来物防護ネット架構の最大応答値(加速度, せん断力, 曲げモーメント)を第4.2.2-1図～第4.2.2-24図に, 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線図を第4.2.2-25図～第4.2.2-30図に, 改良地盤の最大応答変位\*を第4.2.2-31図～第4.2.2-36図に示す。

注記 \* : 応答変位は, 改良地盤下端(T. M. S. L. 37.00m)からの相対変位とし, 各レベルでの節点変位の平均値として算定する。最大応答変位は, 応答変位の時刻歴における最大値を示す。

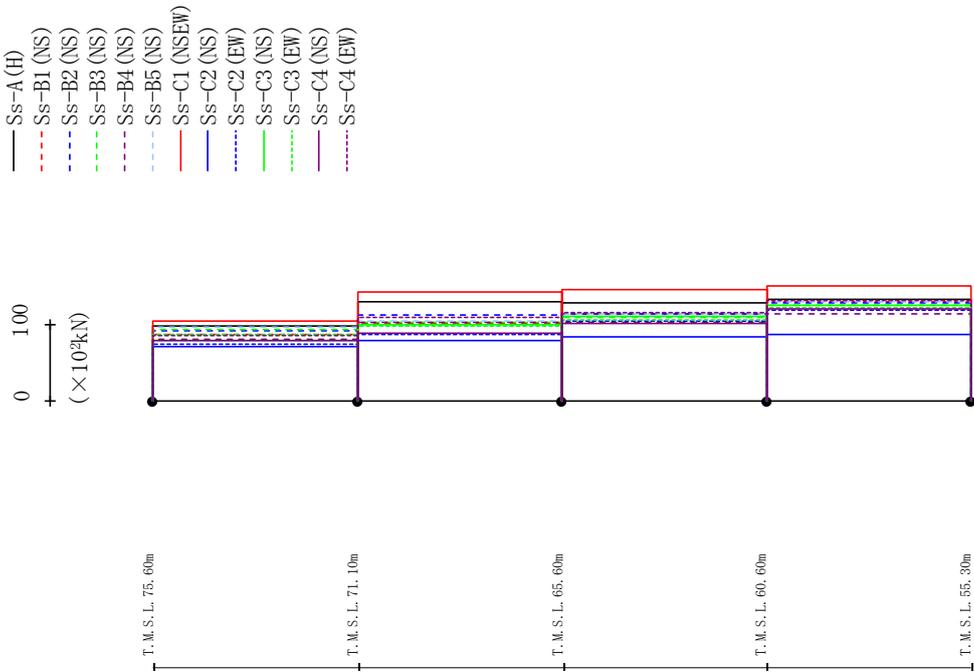
最大応答加速度 (NS方向)



	Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1386	1177	1284	1258	1115	1330	1475	971	1005	1085	1195	1079	1167	
1223	1023	1029	1006	997	1278	1476	624	807	826	1054	942	1046	
1633	1033	1086	1262	979	1317	1823	592	830	1121	1067	888	1004	
1169	826	1069	979	843	948	1198	471	529	688	852	759	986	
660	372	497	508	484	475	753	328	370	379	373	458	571	

第4.2.2-1図 最大応答加速度(基本ケース, NS方向, 有効応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)

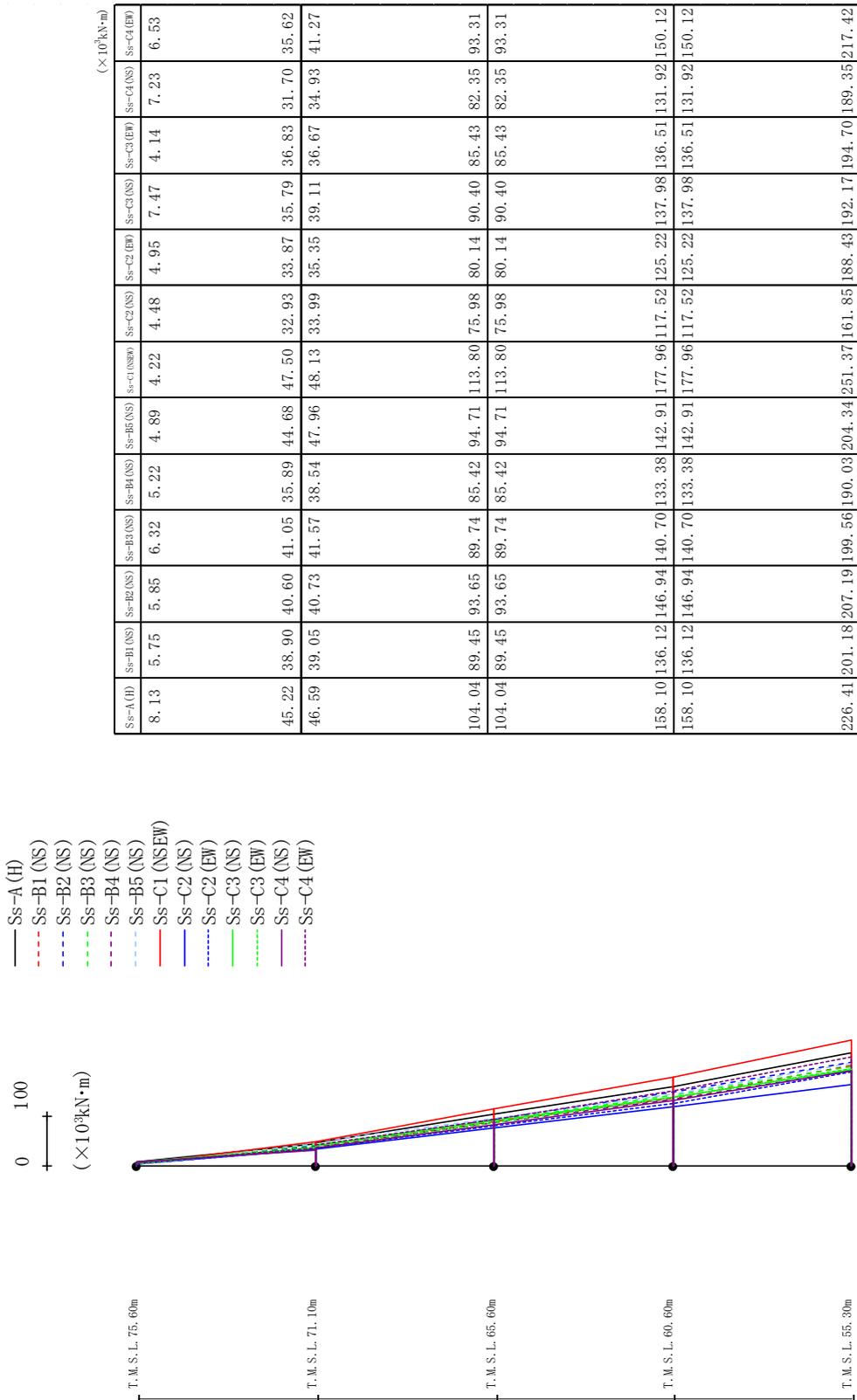


(× 10<sup>2</sup>kN)

Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
98.80	86.41	92.22	92.52	80.37	96.13	104.17	70.80	73.59	78.64	86.93	78.96	85.14
129.55	100.57	112.73	102.21	102.71	103.88	142.30	78.49	86.32	100.20	98.27	87.79	109.79
127.93	113.28	113.37	108.86	102.88	113.95	146.26	83.08	105.05	110.57	106.01	101.43	114.96
132.17	130.41	127.54	124.84	114.62	130.04	150.48	86.21	119.28	125.03	121.75	119.89	131.26

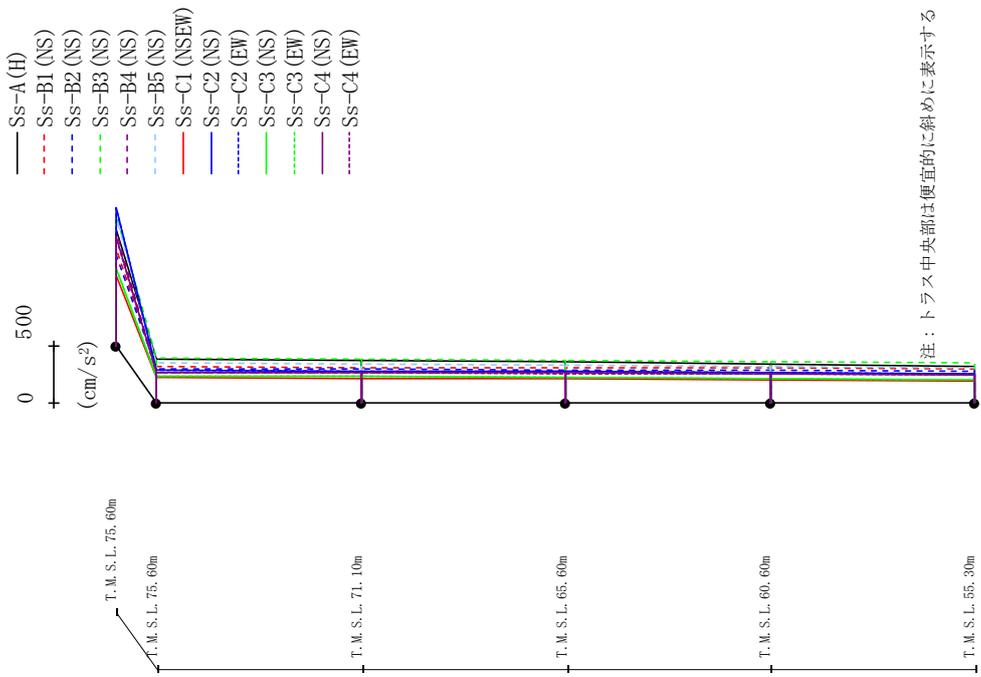
第4.2.2-2図 最大応答せん断力 (基本ケース, NS方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (NS方向)



第4.2.2-3図 最大応答曲げモーメント (基本ケース, NS方向, 有効応力解析)

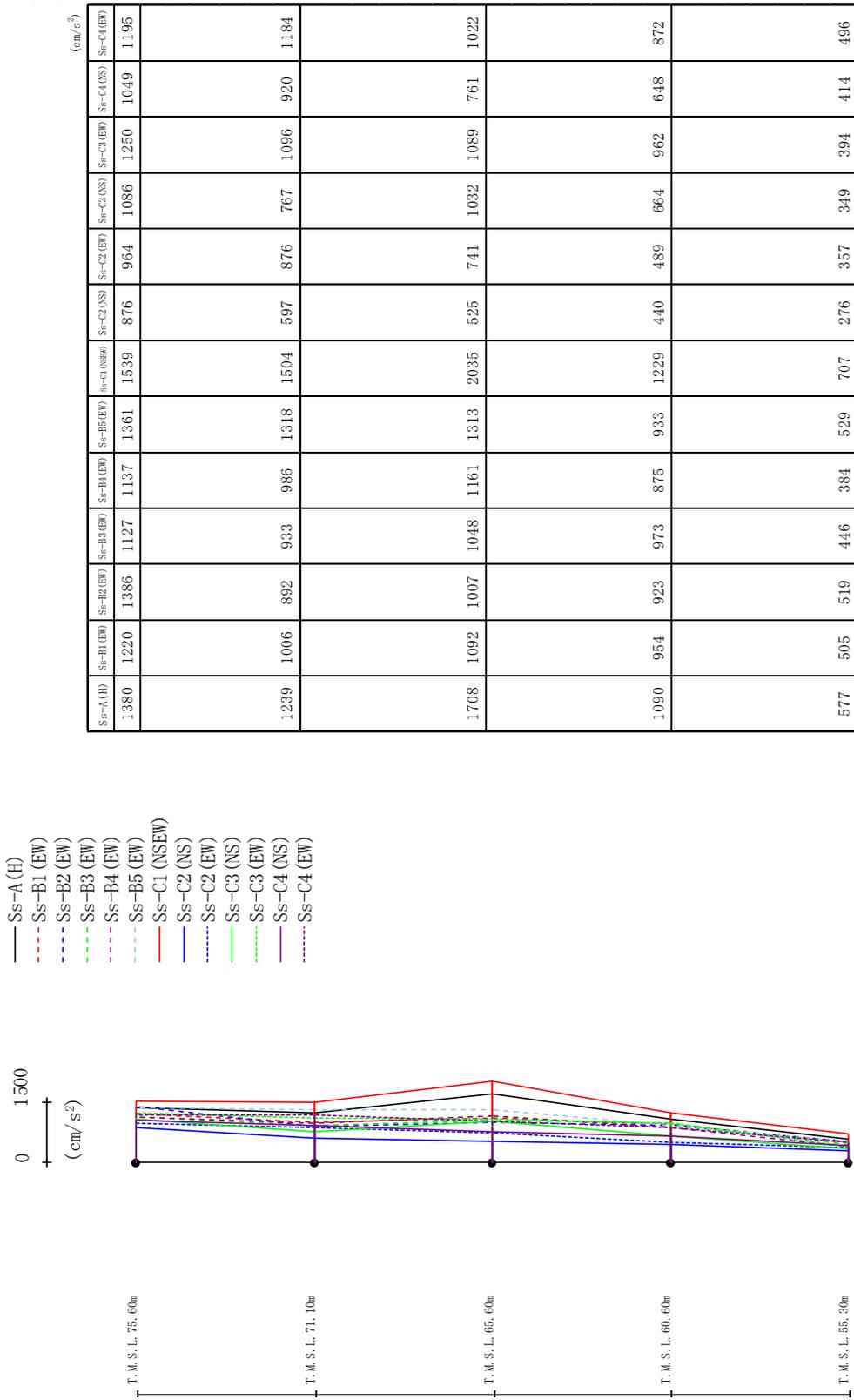
最大応答加速度 (UD方向)



	Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1008	847	786	1135	996	1117	614	1202	1205	673	671	943	940	
382	317	294	388	269	348	217	283	282	236	236	260	260	
374	311	292	381	265	342	215	279	278	232	232	261	260	
358	305	289	371	260	332	210	270	270	223	223	259	258	
340	304	284	361	254	320	201	260	260	212	212	254	254	
317	301	276	349	252	306	189	255	255	197	197	246	245	

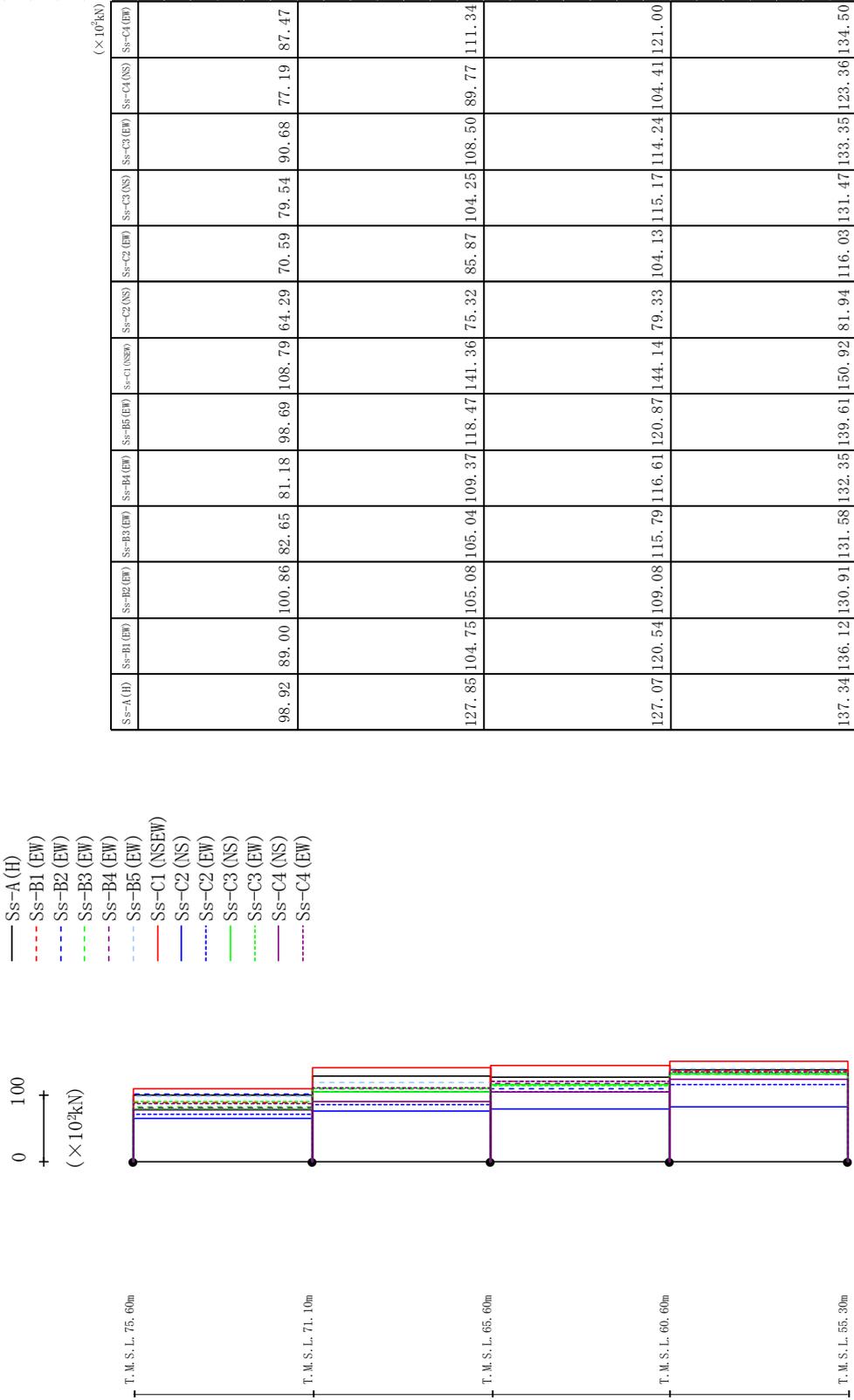
第4.2.2-4図 最大応答鉛直加速度 (基本ケース, NS方向, 有効応力解析)

最大応答加速度 (EW方向)



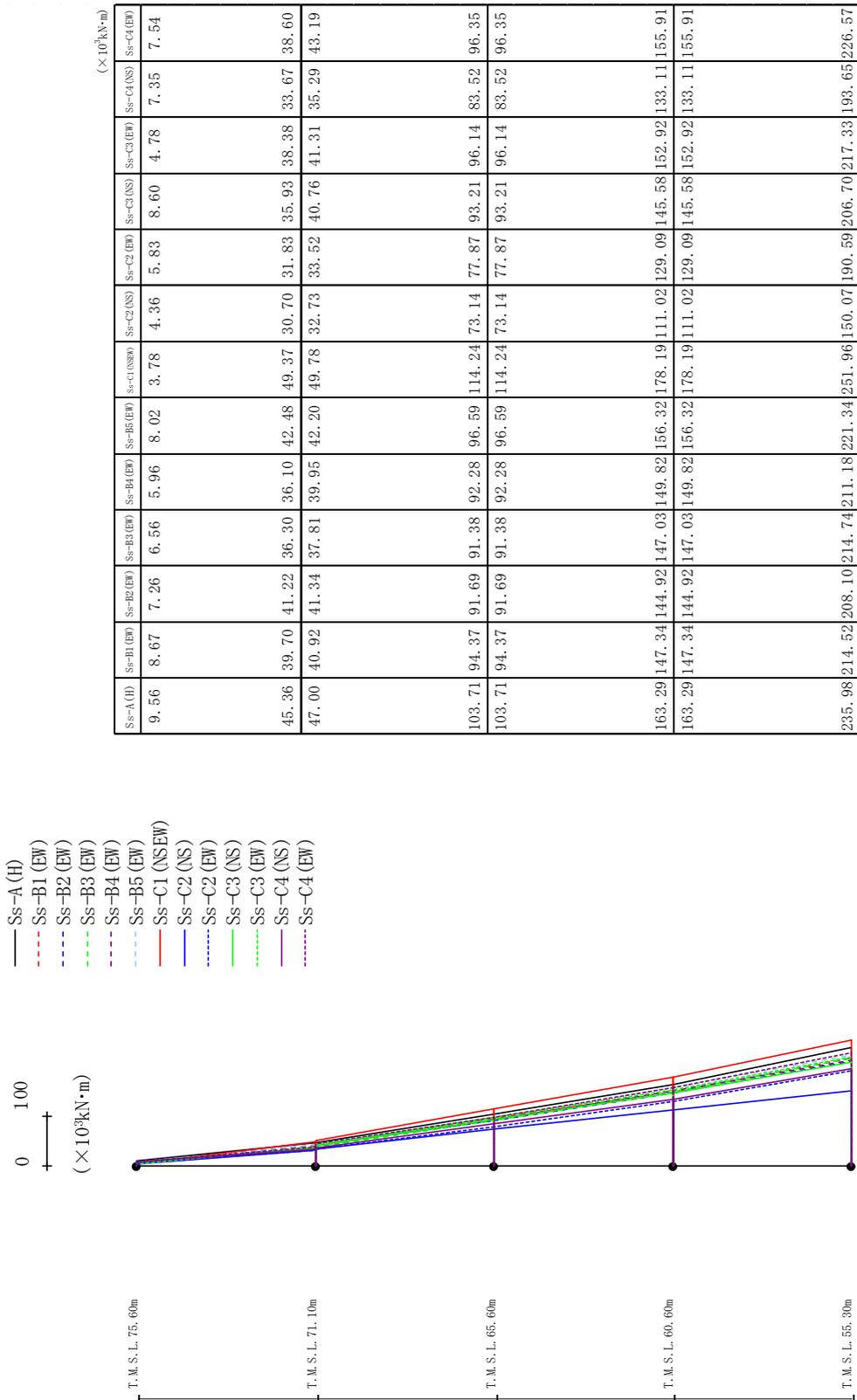
第4.2.2-5図 最大応答加速度(基本ケース, EW方向, 有効応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)



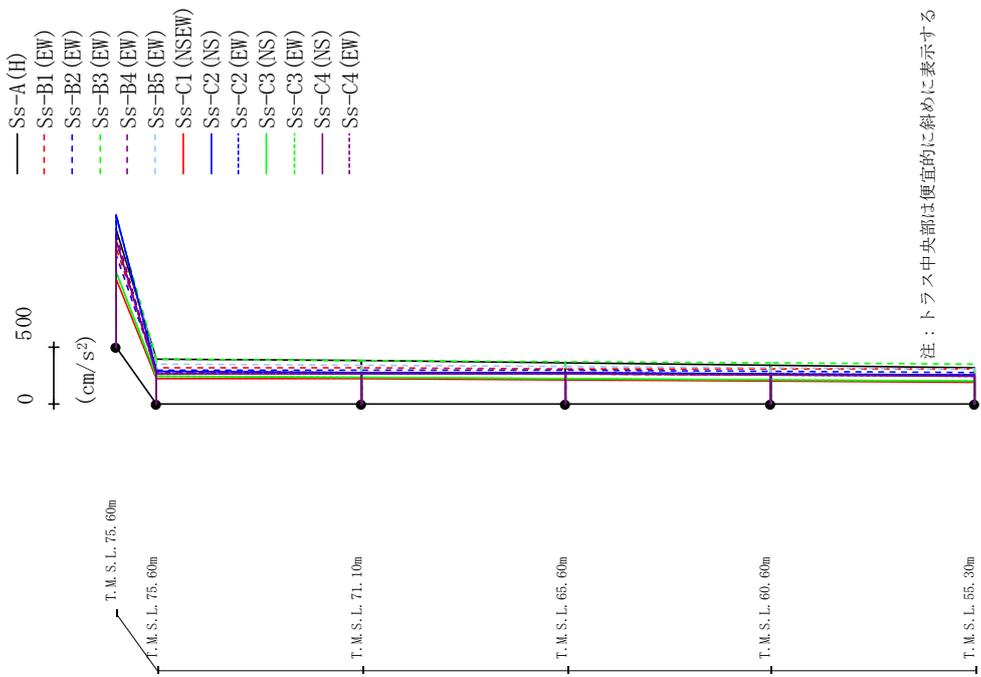
第4.2.2-6図 最大応答せん断力 (基本ケース, EW方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)



第4.2.2-7図 最大応答曲げモーメント (基本ケース, EW方向, 有効応力解析)

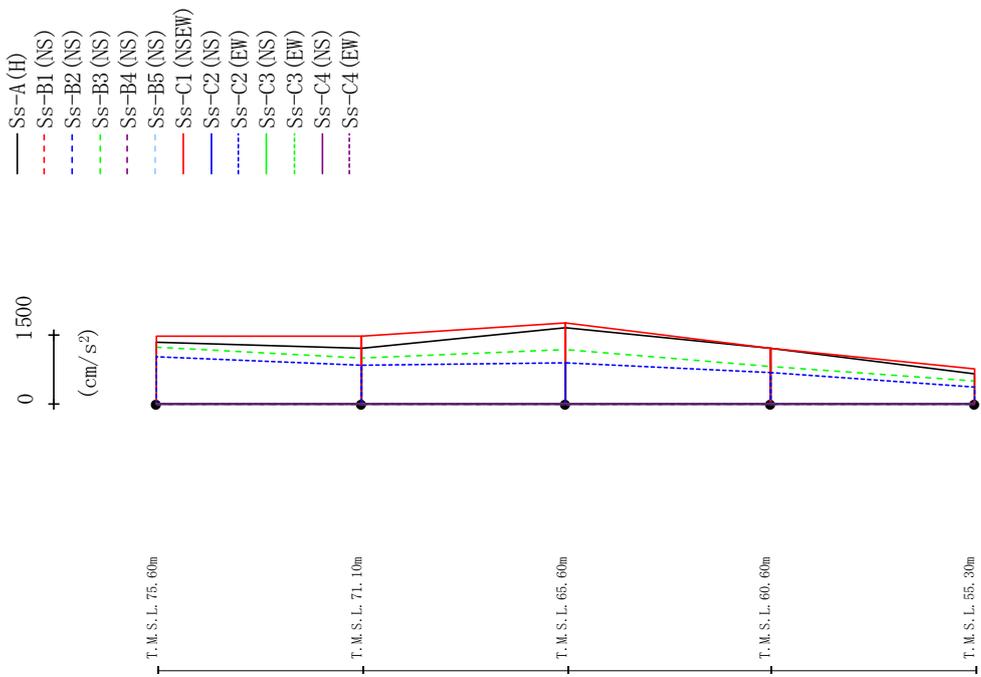
最大応答加速度 (UD方向)



	Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1018	862	802	1130	983	1105	586	1149	1152	648	646	928	926	
384	319	295	388	272	345	217	280	280	237	237	260	260	
375	313	293	381	268	339	215	276	276	233	233	260	260	
360	306	290	372	263	330	210	268	268	224	224	258	258	
342	304	285	361	257	319	202	261	262	213	213	253	253	
319	301	277	349	252	305	190	256	256	198	198	245	245	

第4.2.2-8図 最大応答鉛直加速度 (基本ケース, EW方向, 有効応力解析)

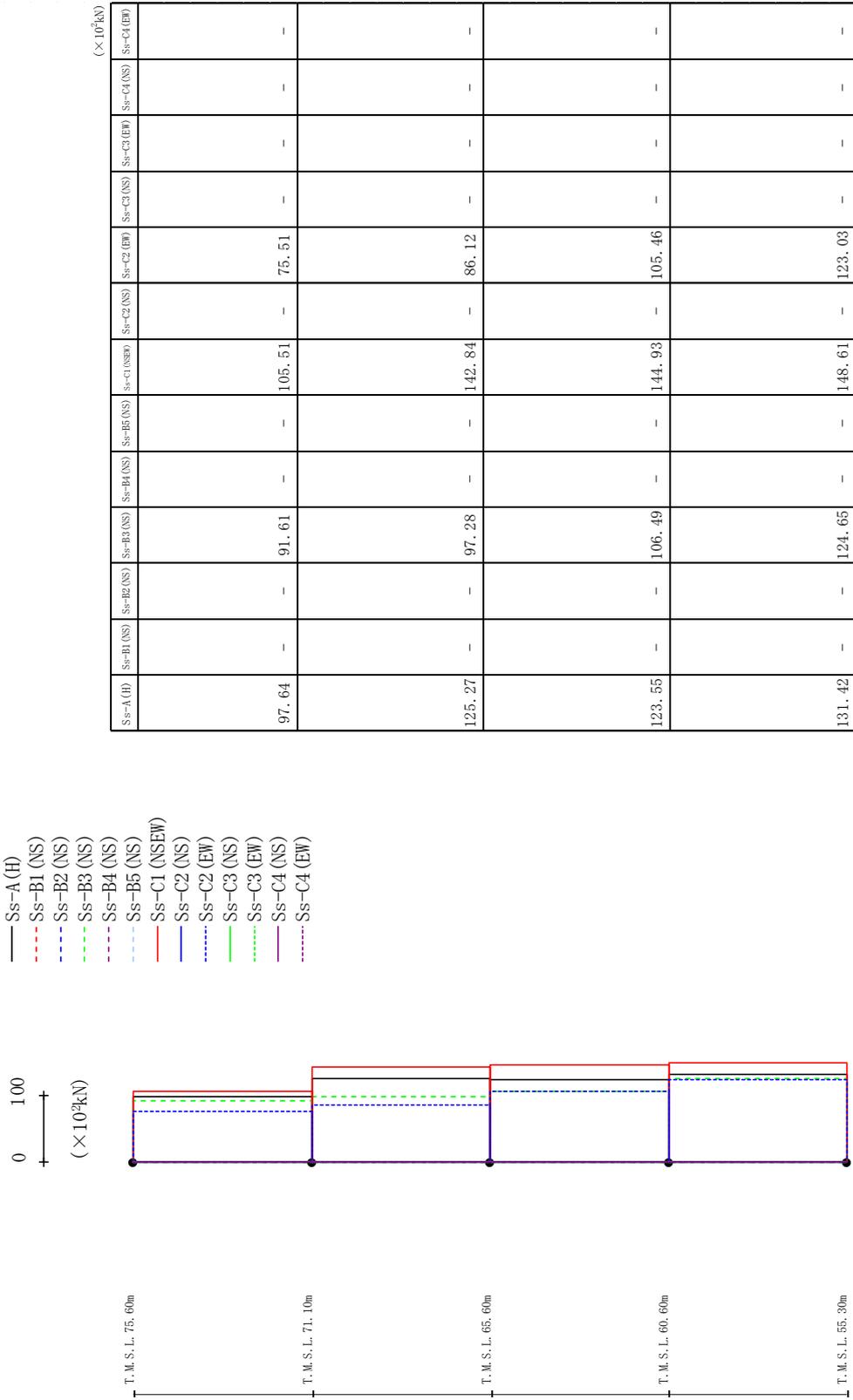
最大応答加速度 (NS方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEE)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1344	-	-	1247	-	-	1487	-	1038	-	-	-	-
1219	-	-	1013	-	-	1479	-	834	-	-	-	-
1673	-	-	1174	-	-	1774	-	904	-	-	-	-
1202	-	-	817	-	-	1212	-	686	-	-	-	-
663	-	-	495	-	-	767	-	356	-	-	-	-

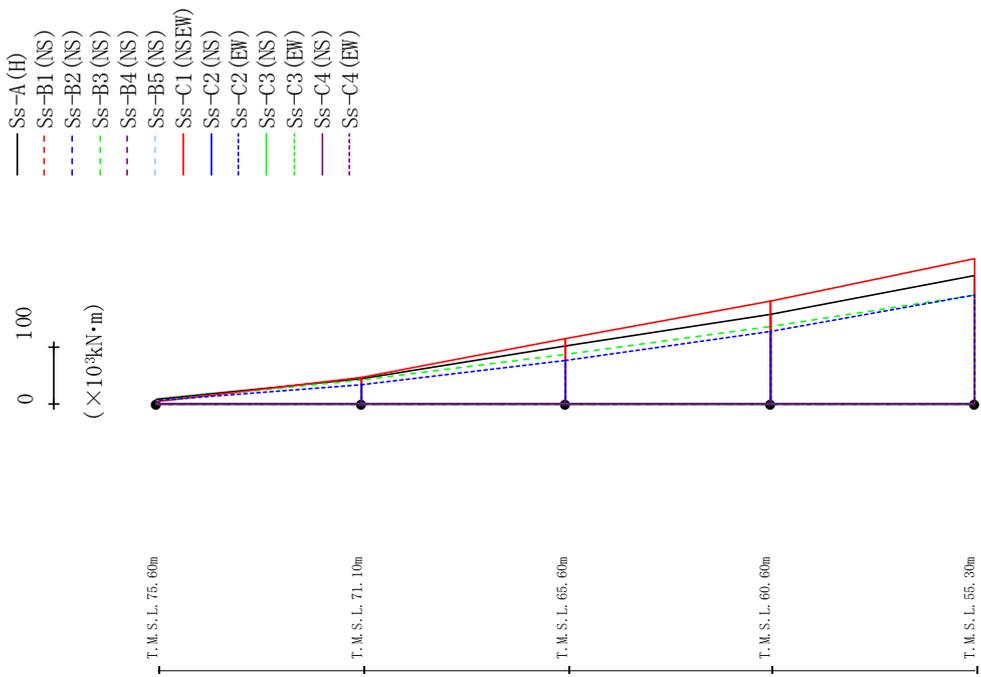
第4.2.2-9図 最大応答加速度 (+1σ 地盤, NS方向, 有効応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)



第4.2.2-10図 最大応答せん断力 (+1σ 地盤, NS方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (NS方向)

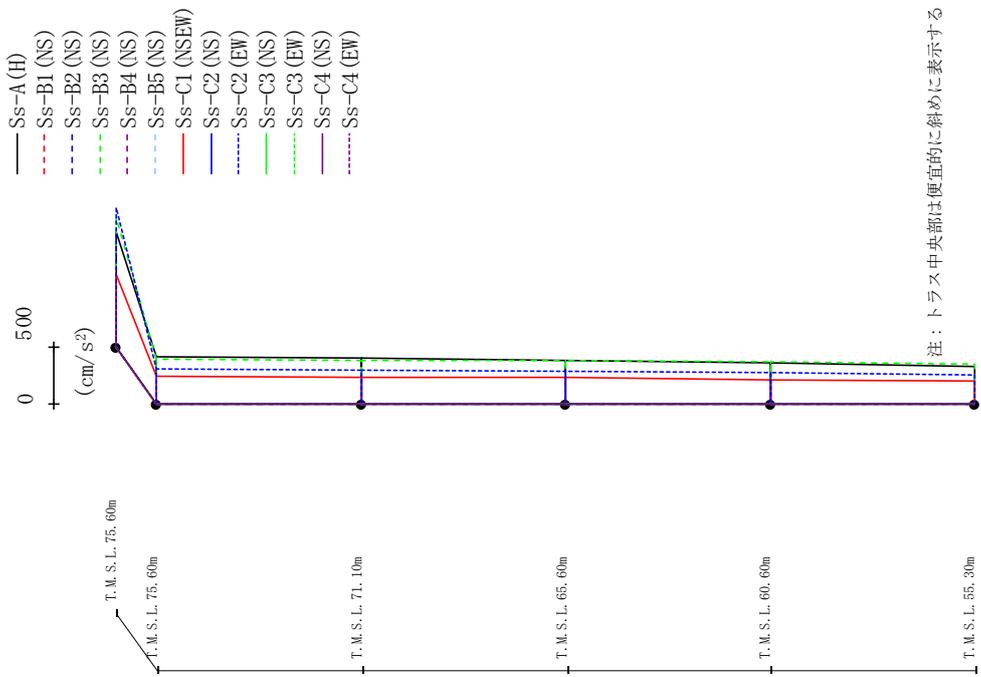


Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NE, EW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
8.20	-	7.00	-	-	-	4.37	-	5.42	-	-	-	-
43.29	-	41.12	-	-	-	46.99	-	33.21	-	-	-	-
45.11	-	42.23	-	-	-	46.88	-	33.53	-	-	-	-
100.49	-	87.52	-	-	-	113.58	-	76.12	-	-	-	-
100.49	-	87.52	-	-	-	113.58	-	76.12	-	-	-	-
156.77	-	135.53	-	-	-	178.90	-	125.61	-	-	-	-
156.77	-	135.53	-	-	-	178.90	-	125.61	-	-	-	-
223.84	-	190.45	-	-	-	252.69	-	189.60	-	-	-	-

(×10<sup>3</sup>kN·m)

第4.2.2-11図 最大応答曲げモーメント (+1σ 地盤, NS方向, 有効応力解析)

最大応答加速度 (UD方向)

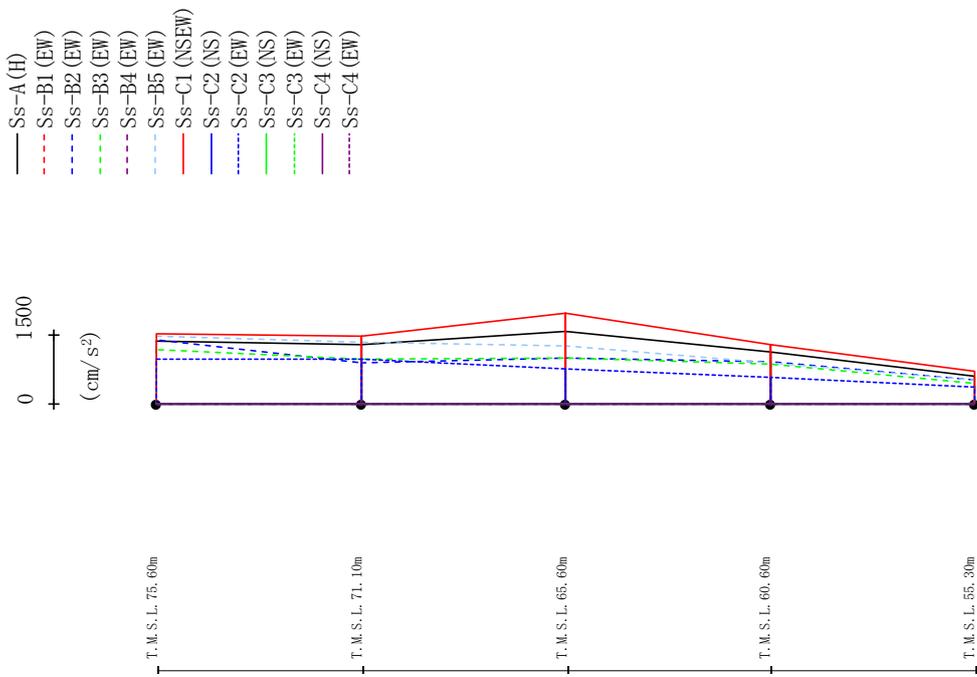


注：トラス中央部は便宜的に斜めに表示する

SS-ID	SS-B1 (NS)	SS-B2 (NS)	SS-B3 (NS)	SS-B4 (NS)	SS-B5 (NS)	SS-C1 (NSEW)	SS-C2 (NS)	SS-C2 (EW)	SS-C3 (NS)	SS-C3 (EW)	SS-C4 (NS)	SS-C4 (EW)	SS-C1 (NS)	SS-C2 (NS)	SS-C2 (EW)	SS-C3 (NS)	SS-C3 (EW)	SS-C4 (NS)	SS-C4 (EW)	
1004	-	-	1124	-	-	-	-	-	-	-	628	-	-	-	1212	-	-	-	-	-
409	-	-	390	-	-	-	-	-	-	-	239	-	-	300	-	-	-	-	-	-
398	-	-	383	-	-	-	-	-	-	-	235	-	-	295	-	-	-	-	-	-
377	-	-	374	-	-	-	-	-	-	-	226	-	-	284	-	-	-	-	-	-
353	-	-	363	-	-	-	-	-	-	-	214	-	-	270	-	-	-	-	-	-
322	-	-	351	-	-	-	-	-	-	-	197	-	-	257	-	-	-	-	-	-

第4.2.2-12図 最大応答鉛直加速度 (+1σ 地盤, NS方向, 有効応力解析)

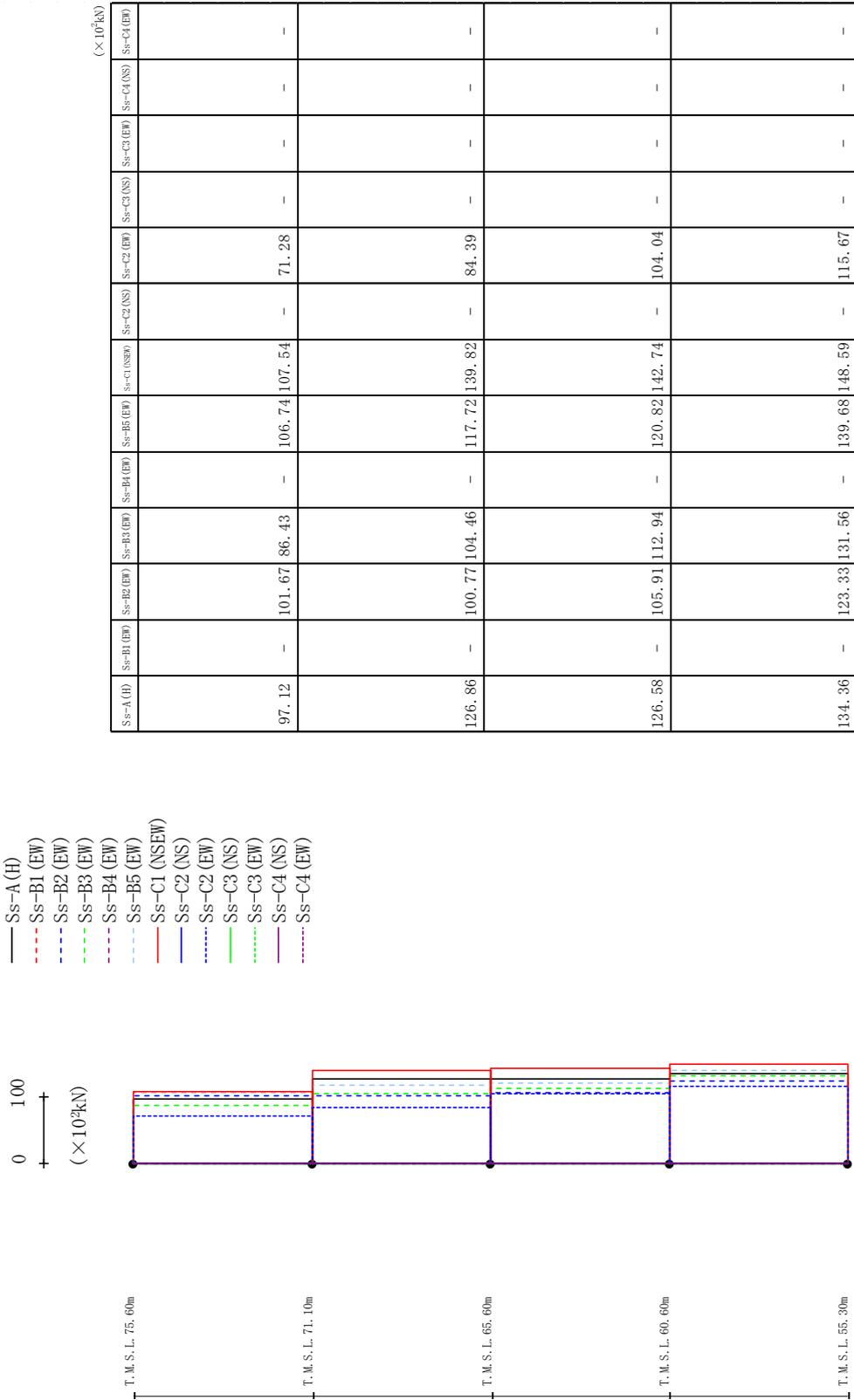
最大応答加速度 (EW方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1358	-	1393	1187	-	1470	1515	-	979	-	-	-	-
1291	-	899	969	-	1340	1476	-	965	-	-	-	-
1589	-	995	1012	-	1260	1973	-	761	-	-	-	-
1136	-	928	875	-	906	1281	-	566	-	-	-	-
616	-	531	453	-	519	699	-	365	-	-	-	-

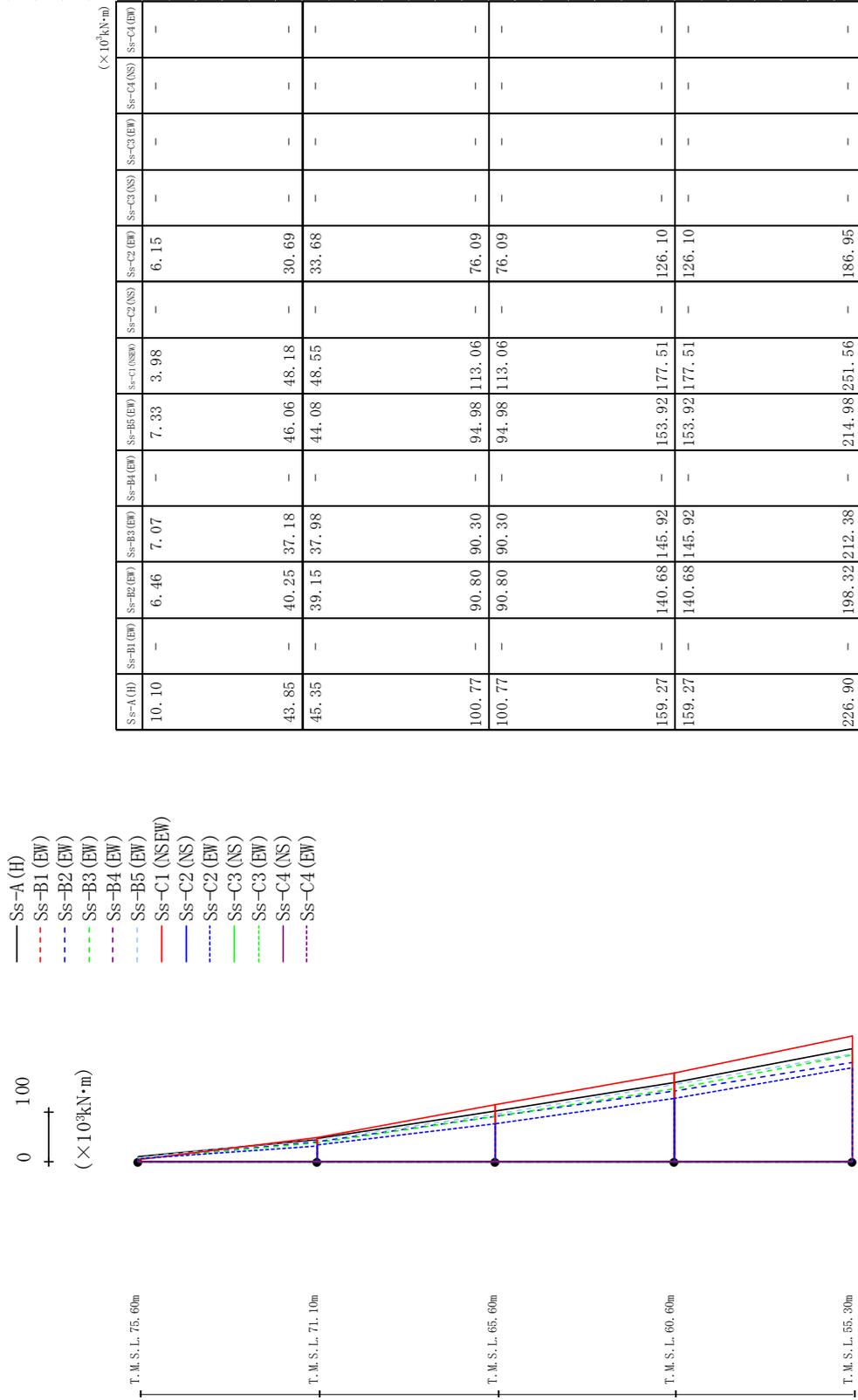
第4.2.2-13図 最大応答加速度(+1σ地盤, EW方向, 有効応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)



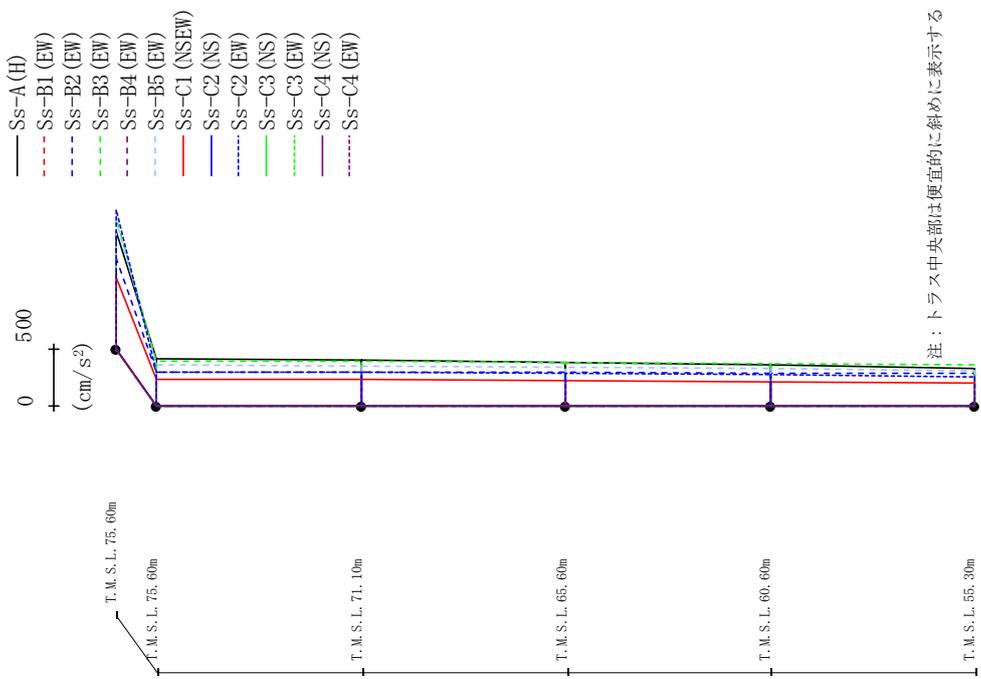
第4.2.2-14図 最大応答せん断力 (+1σ 地盤, EW方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)



第4.2.2-15図 最大応答曲げモーメント (+1σ 地盤, EW方向, 有効応力解析)

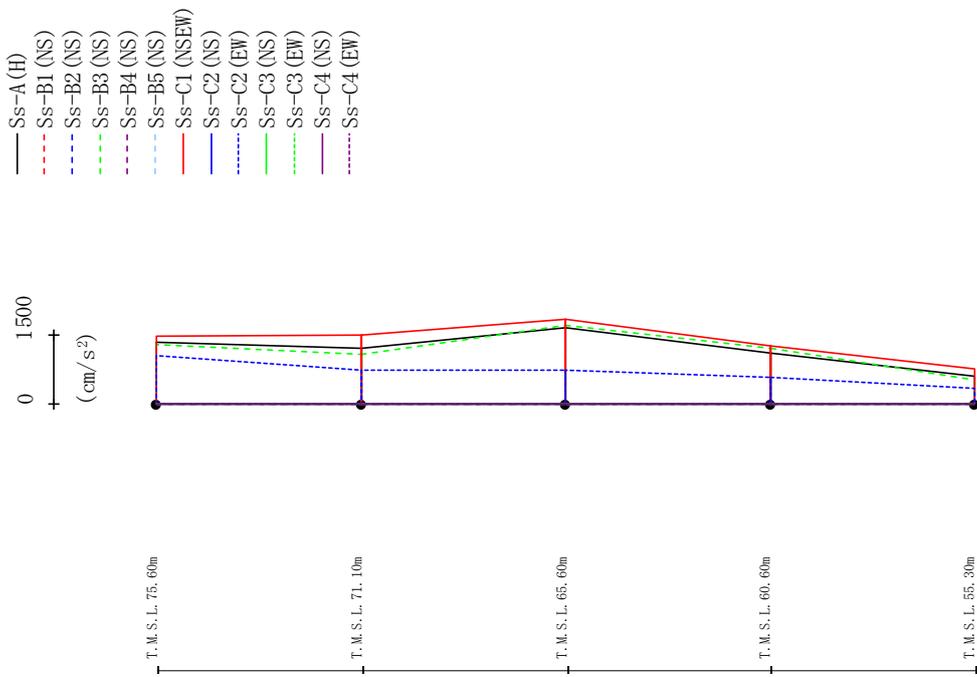
最大応答加速度 (UD方向)



Ss-A (UD)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1017	-	787	1133	-	1117	-	1117	619	-	1207	-	-	-	-
410	-	294	392	-	355	-	230	-	-	298	-	-	-	-
399	-	293	385	-	348	-	227	-	-	293	-	-	-	-
379	-	289	376	-	337	-	220	-	-	282	-	-	-	-
354	-	285	365	-	324	-	209	-	-	269	-	-	-	-
324	-	279	352	-	308	-	195	-	-	256	-	-	-	-

第4.2.2-16図 最大応答鉛直加速度 (+1σ 地盤, EW方向, 有効応力解析)

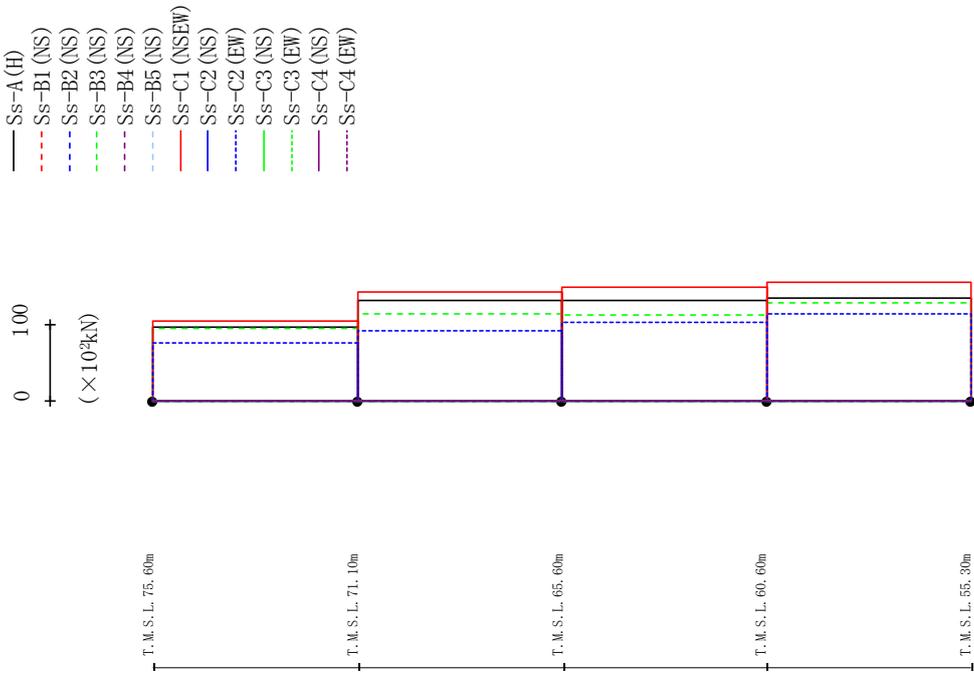
最大芯管加速度 (NS方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1349	-	-	1282	-	-	1487	-	1040	-	-	-	-
1221	-	-	1081	-	-	1509	-	726	-	-	-	-
1666	-	-	1710	-	-	1848	-	745	-	-	-	-
1110	-	-	1219	-	-	1261	-	572	-	-	-	-
606	-	-	520	-	-	754	-	349	-	-	-	-

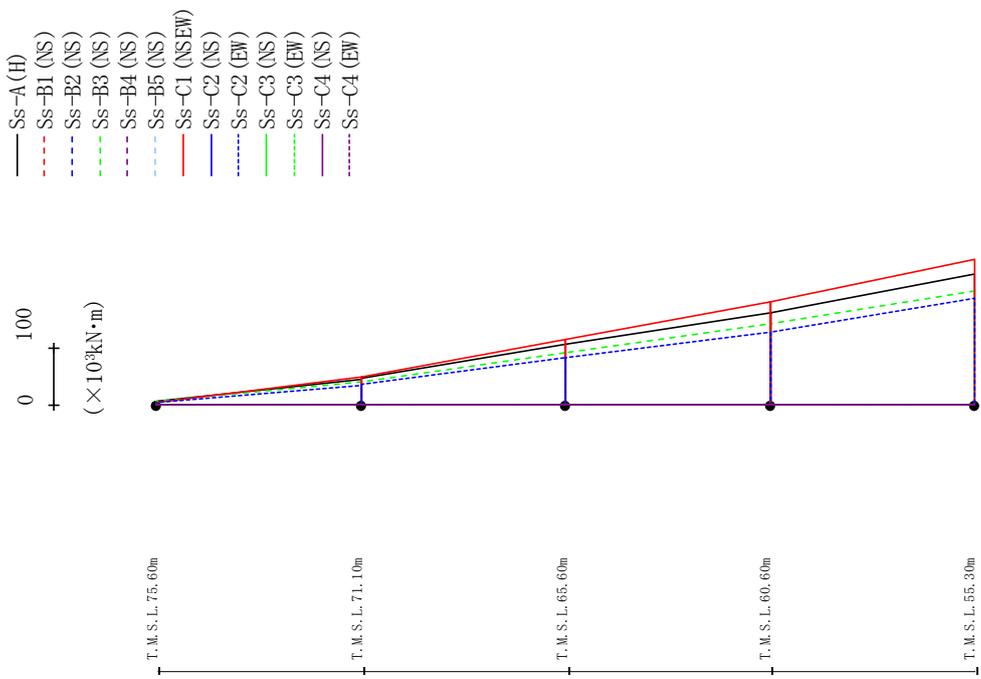
第4.2.2-17图 最大芯管加速度(-1σ地盤, NS方向, 有效応力解析)

最大応答せん断力 (NS方向)



第4.2.2-18図 最大応答せん断力(-1σ地盤, NS方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (NS方向)

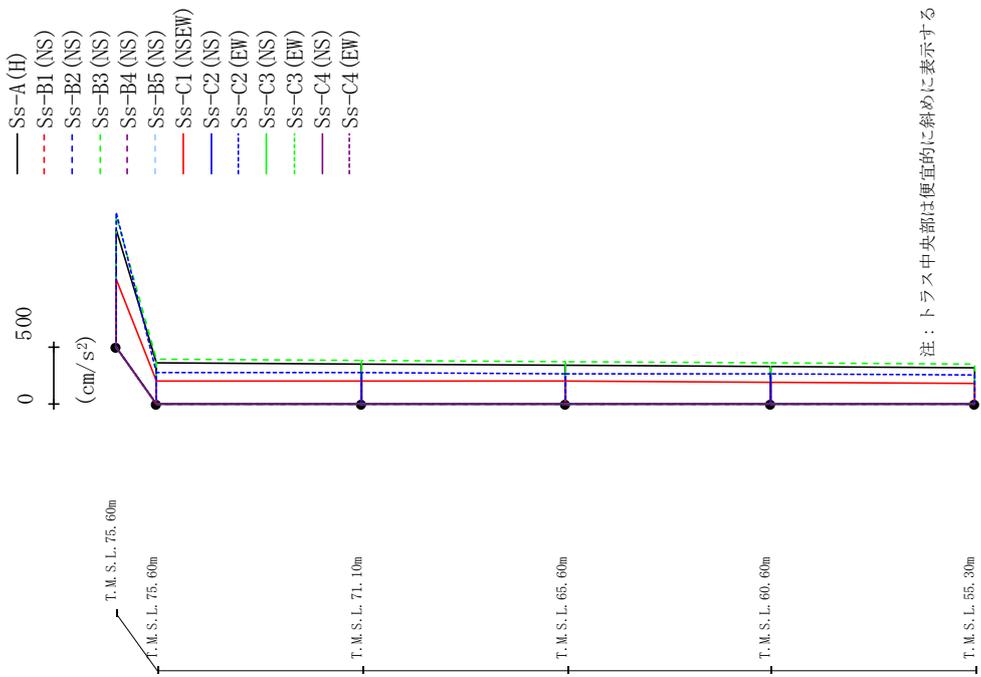


Ss-A (H)	Ss-B1 (NS)	Ss-B2 (NS)	Ss-B3 (NS)	Ss-B4 (NS)	Ss-B5 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
7.71	-	6.40	-	-	3.63	-	-	4.43	-	-	-	-
44.97	-	41.17	-	-	48.53	-	-	34.90	-	-	-	-
46.69	-	41.00	-	-	49.82	-	-	36.19	-	-	-	-
106.18	-	91.08	-	-	115.06	-	-	82.52	-	-	-	-
106.18	-	91.08	-	-	115.06	-	-	82.52	-	-	-	-
161.02	-	141.59	-	-	179.42	-	-	128.06	-	-	-	-
161.02	-	141.59	-	-	179.42	-	-	128.06	-	-	-	-
228.97	-	199.39	-	-	253.69	-	-	185.44	-	-	-	-

(× 10<sup>3</sup> kN·m)

第4.2.2-19図 最大応答曲げモーメント (-1σ 地盤, NS方向, 有効応力解析)

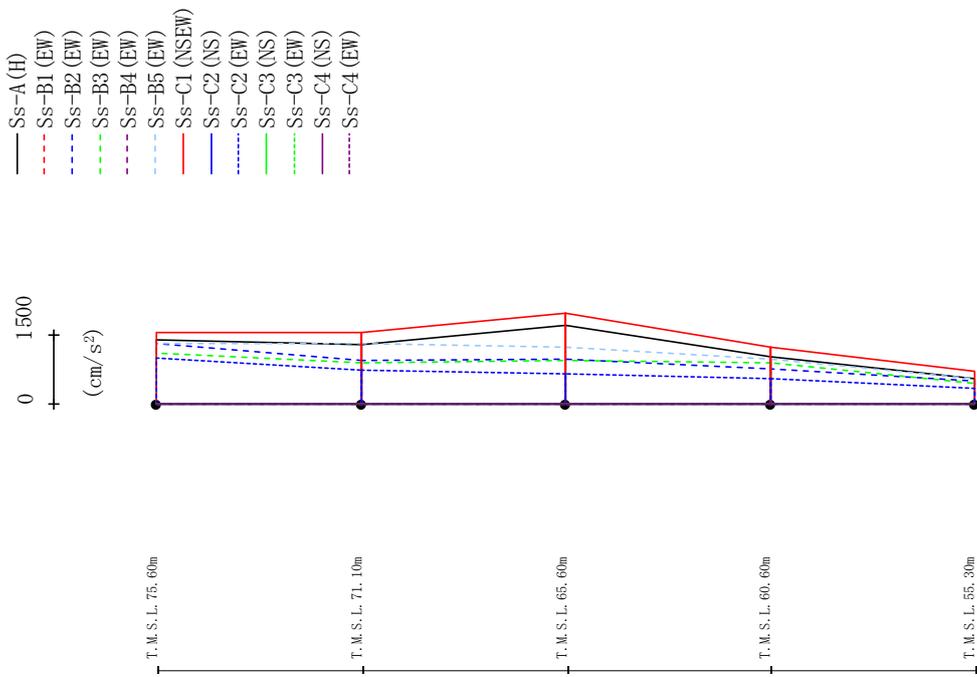
最大応答加速度 (UD方向)



SS-A (H)	SS-B1 (NS)	SS-B2 (NS)	SS-B3 (NS)	SS-B4 (NS)	SS-B5 (NS)	SS-C1 (NSEW)	SS-C2 (NS)	SS-C2 (EW)	SS-C3 (NS)	SS-C3 (EW)	SS-C4 (NS)	SS-C4 (EW)
1025	-	-	-	1137	-	587	-	-	-	1167	-	-
361	-	-	-	386	-	204	-	-	-	275	-	-
352	-	-	-	380	-	202	-	-	-	271	-	-
341	-	-	-	371	-	198	-	-	-	266	-	-
327	-	-	-	362	-	191	-	-	-	261	-	-
311	-	-	-	351	-	182	-	-	-	257	-	-

第4.2.2-20図 最大応答鉛直加速度 (-1σ地盤, NS方向, 有効応力解析)

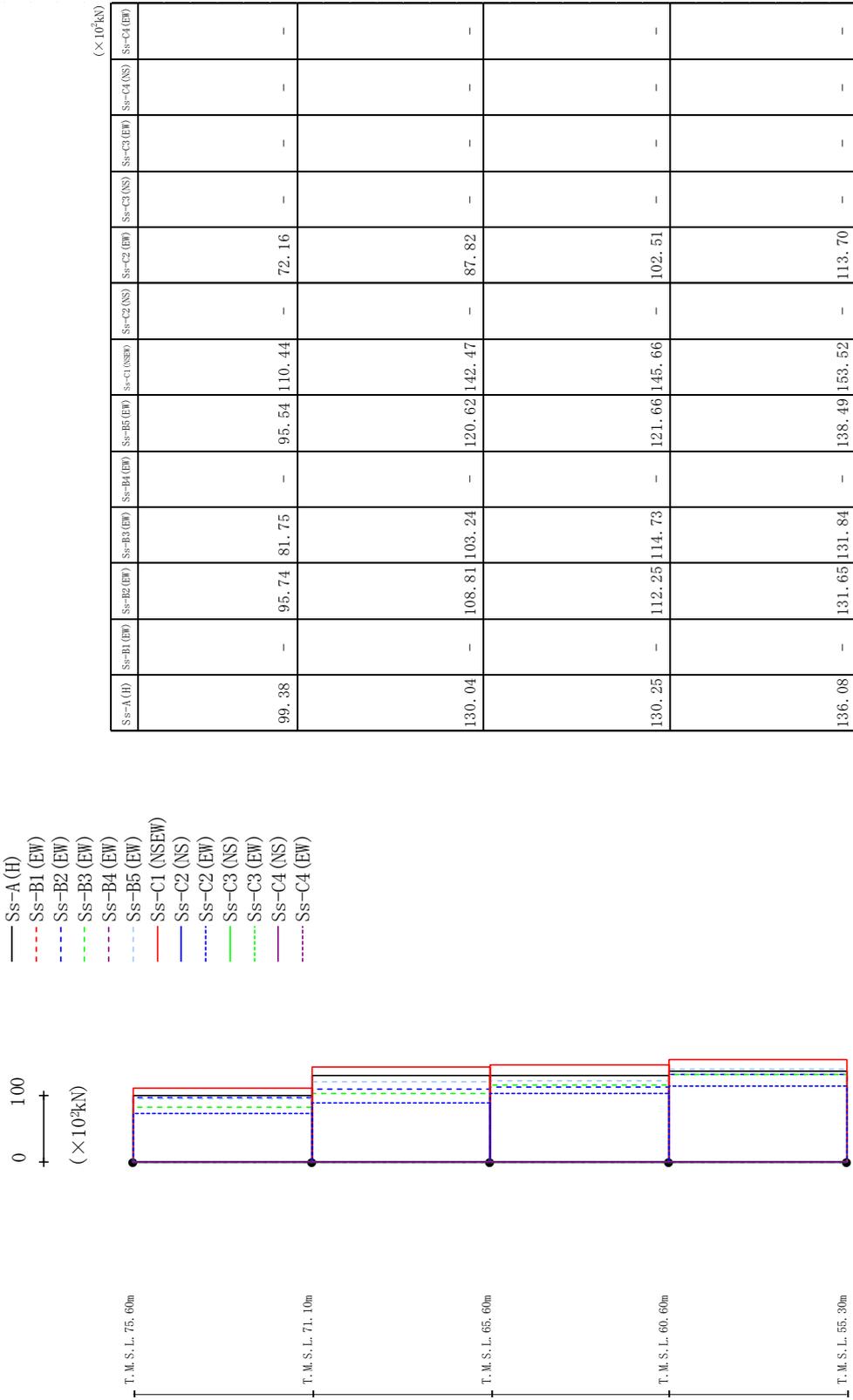
最大応答加速度 (EW方向)



Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
1388	-	1309	1111	-	1329	1562	-	989	-	-	-	-
1291	-	950	899	-	1311	1544	-	723	-	-	-	-
1725	-	966	938	-	1247	1970	-	669	-	-	-	-
1020	-	768	885	-	972	1245	-	559	-	-	-	-
557	-	496	435	-	543	715	-	343	-	-	-	-

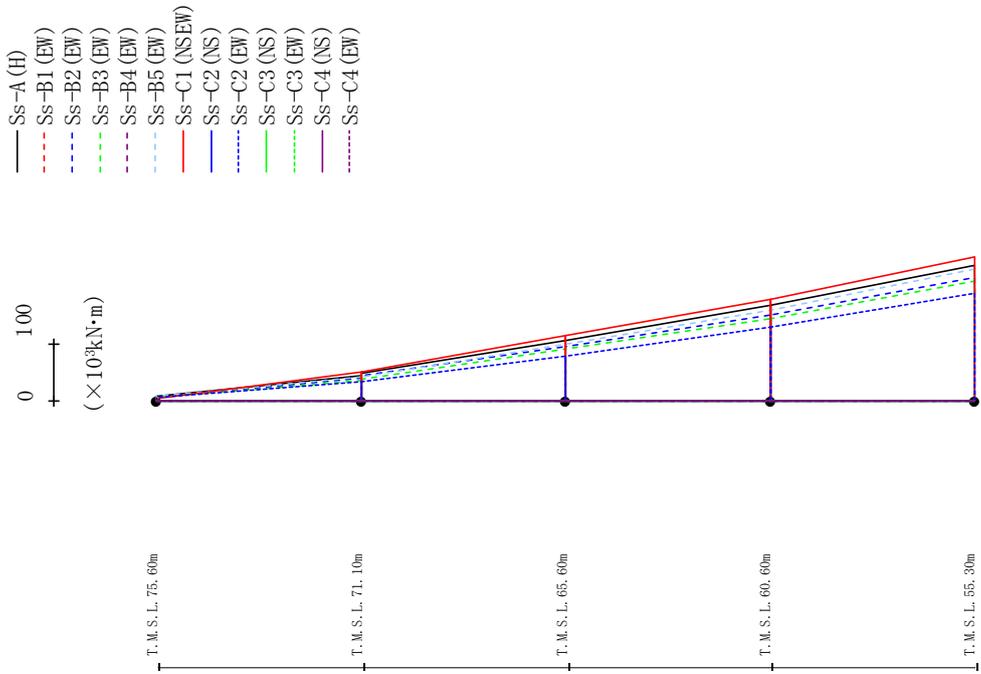
第4.2.2-21図 最大応答加速度(-1σ地盤, EW方向, 有効応力解析)

最大応答せん断力 (EW方向)



第4.2.2-22図 最大応答せん断力 (-1σ地盤, EW方向, 有効応力解析)

最大応答曲げモーメント (EW方向)

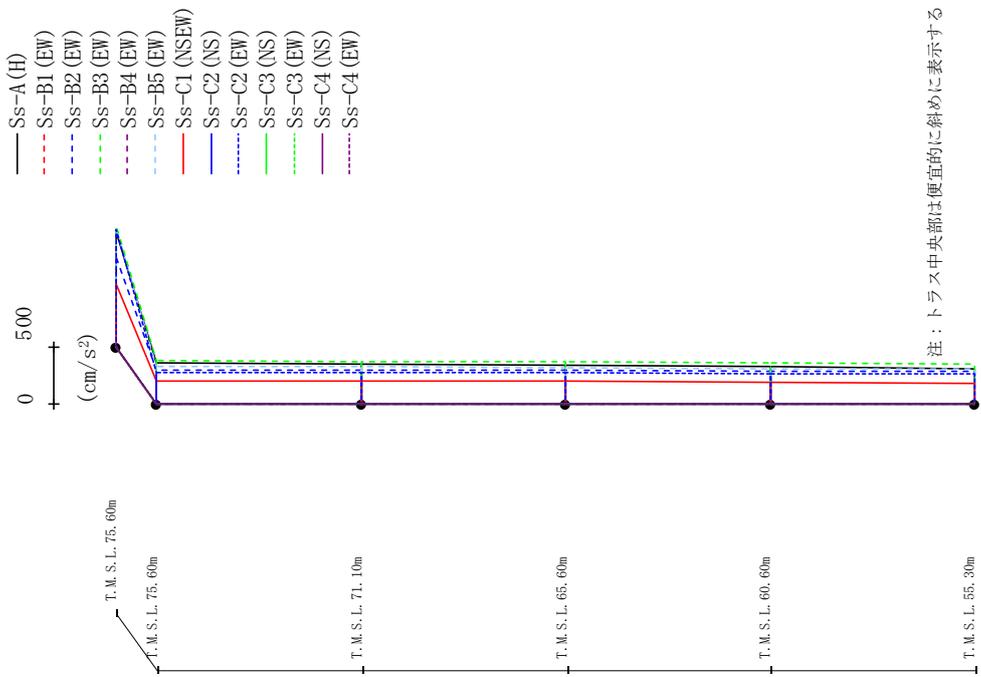


Ss-A (H)		Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (N/EW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C2 (EW)	Ss-C3 (NS)	Ss-C3 (EW)	Ss-C4 (NS)	Ss-C4 (EW)
8.21	-	6.52	6.37	-	7.68	4.09	-	-	5.35	-	-	-	-
45.14	-	40.51	35.52	-	42.30	50.51	-	-	32.96	-	-	-	-
47.86	-	43.56	38.19	-	42.39	51.31	-	-	33.60	-	-	-	-
104.98	-	94.76	90.25	-	98.94	114.03	-	-	78.32	-	-	-	-
104.98	-	94.76	90.25	-	98.94	114.03	-	-	78.32	-	-	-	-
166.15	-	150.88	144.11	-	159.25	177.32	-	-	128.60	-	-	-	-
166.15	-	150.88	144.11	-	159.25	177.32	-	-	128.60	-	-	-	-
237.12	-	215.53	209.37	-	229.94	251.30	-	-	188.86	-	-	-	-

(× 10³ kN·m)

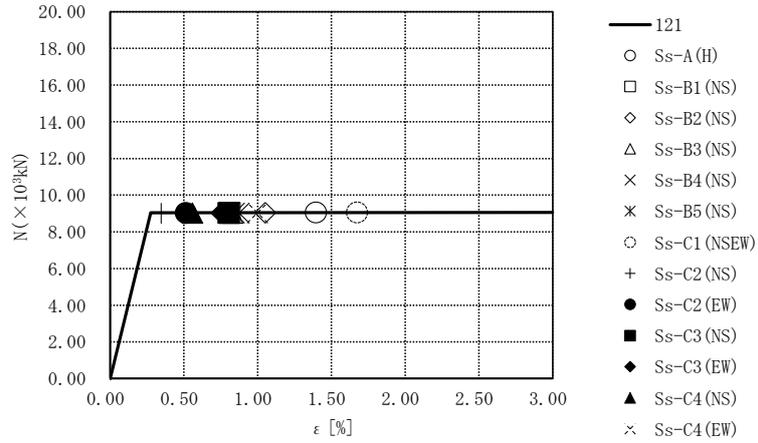
第4.2.2-23図 最大応答曲げモーメント (一I σ 地盤, EW方向, 有効応力解析)

最大応答加速度 (UD方向)

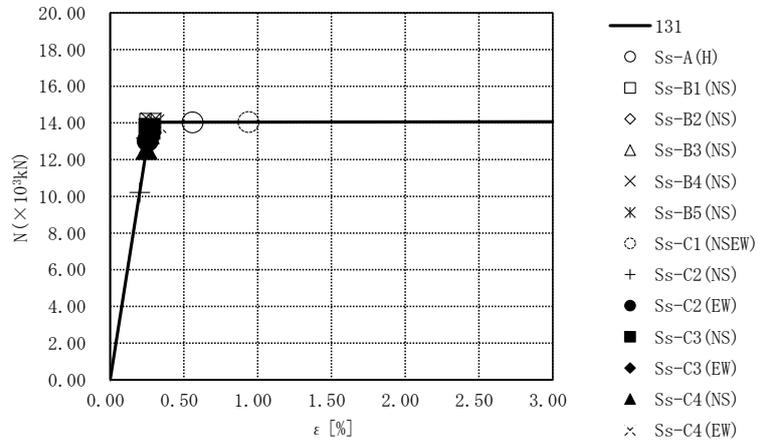


Ss-A (H)	Ss-B1 (EW)	Ss-B2 (EW)	Ss-B3 (EW)	Ss-B4 (EW)	Ss-B5 (EW)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C3 (NS)	Ss-C4 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C3 (NS)	Ss-C4 (NS)	Ss-C1 (NSEW)	Ss-C2 (NS)	Ss-C3 (NS)	Ss-C4 (NS)
998	781	1055	1030	542	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
361	297	379	327	203	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277
352	296	373	323	202	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
339	292	365	316	198	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269
326	287	357	308	192	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
309	280	347	301	183	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262

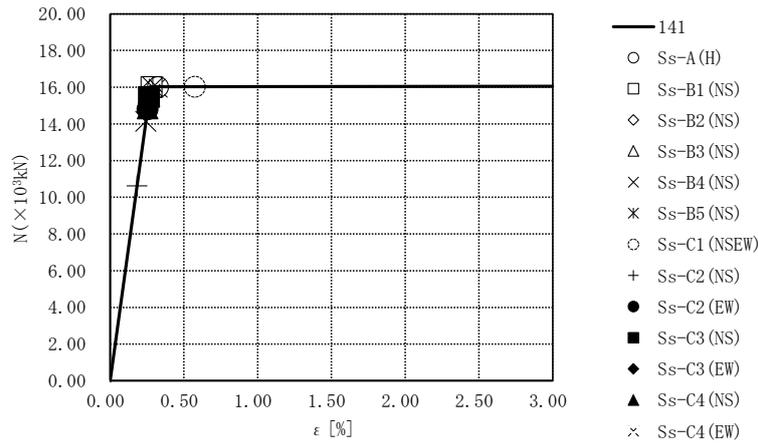
第4.2.2-24図 最大応答鉛直加速度 (-1σ地盤, EW方向, 有効応力解析)



要素番号121

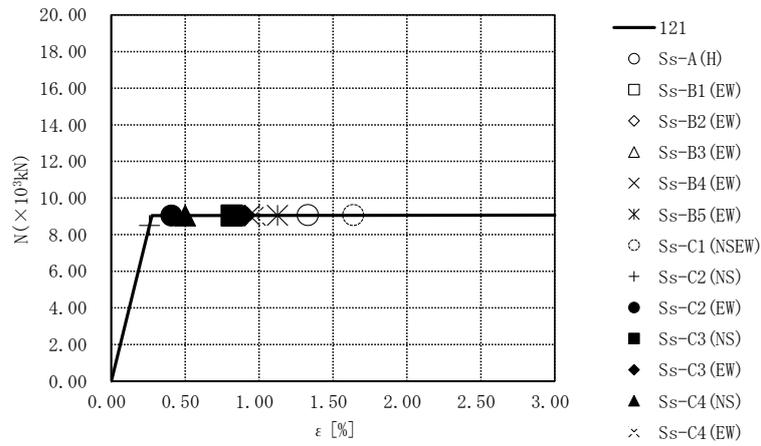


要素番号131

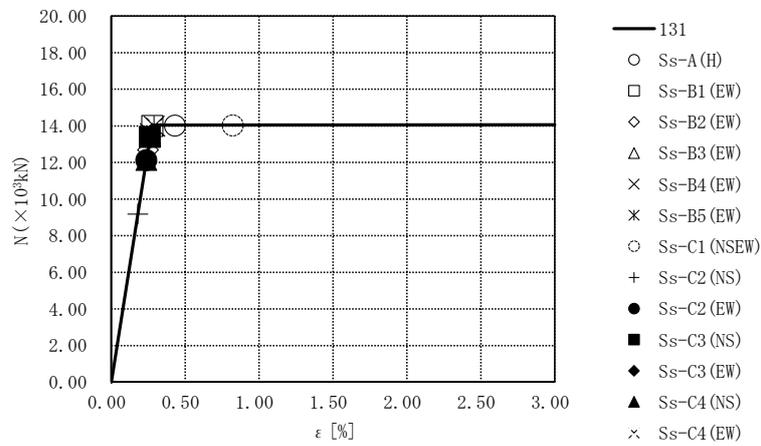


要素番号141

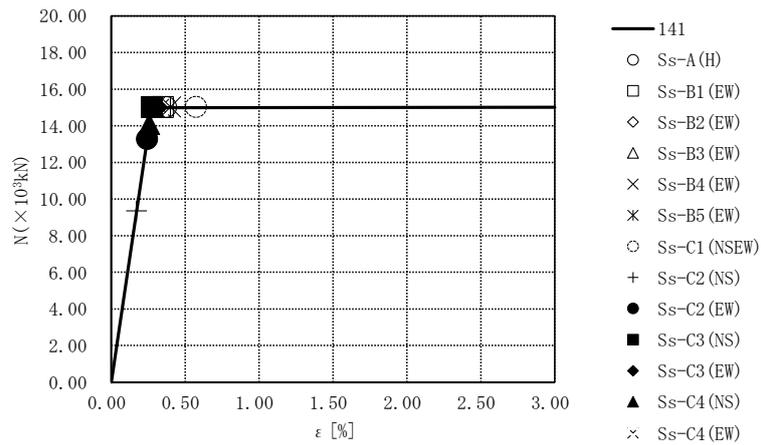
第4.2.2-25図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(基本ケース, NS方向, 有効応力解析)



要素番号121

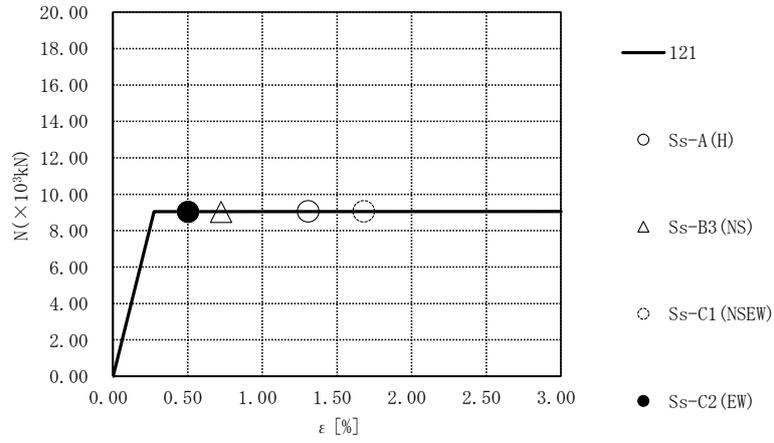


要素番号131

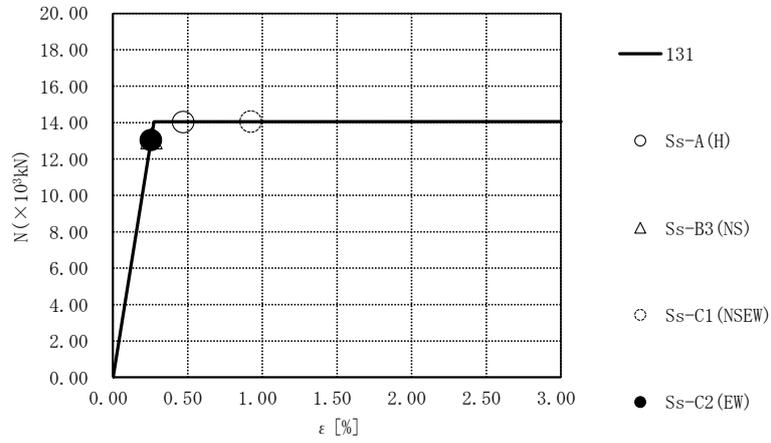


要素番号141

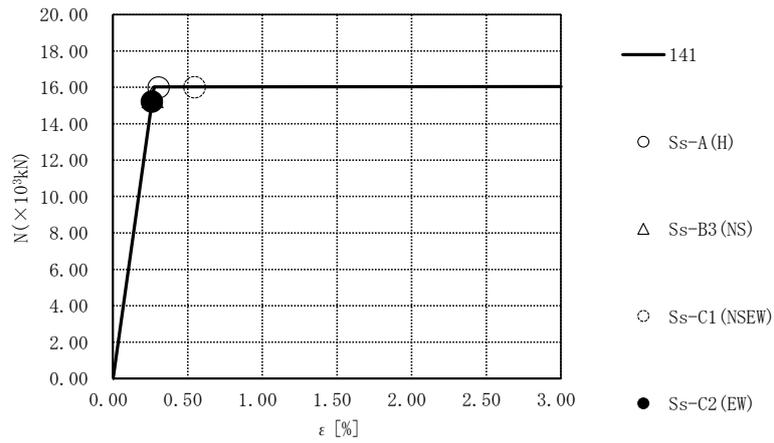
第4.2.2-26図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(基本ケース, EW方向, 有効応力解析)



要素番号121

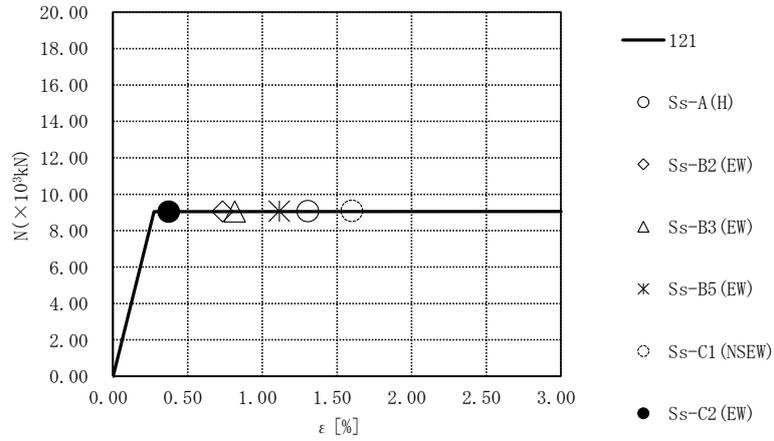


要素番号131

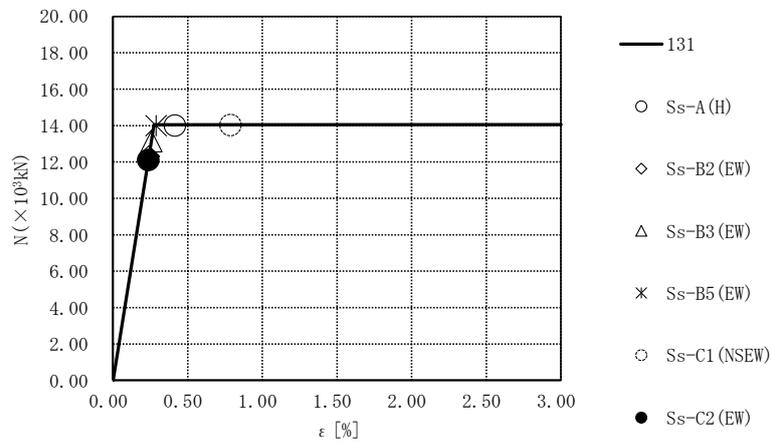


要素番号141

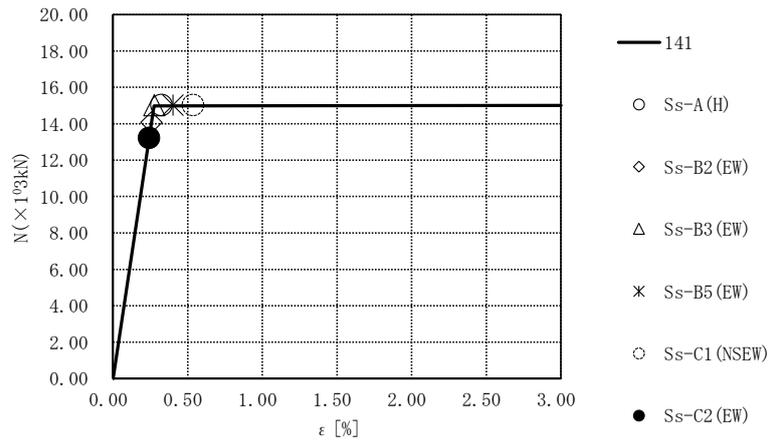
第4.2.2-27図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(+1 $\sigma$  地盤, NS方向, 有効応力解析)



要素番号121

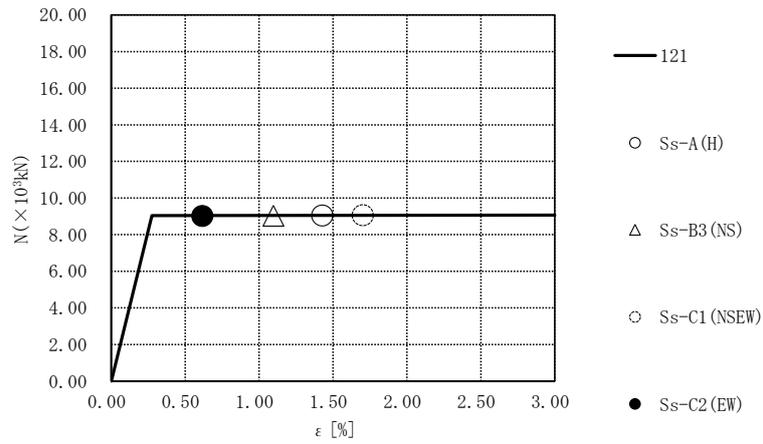


要素番号131

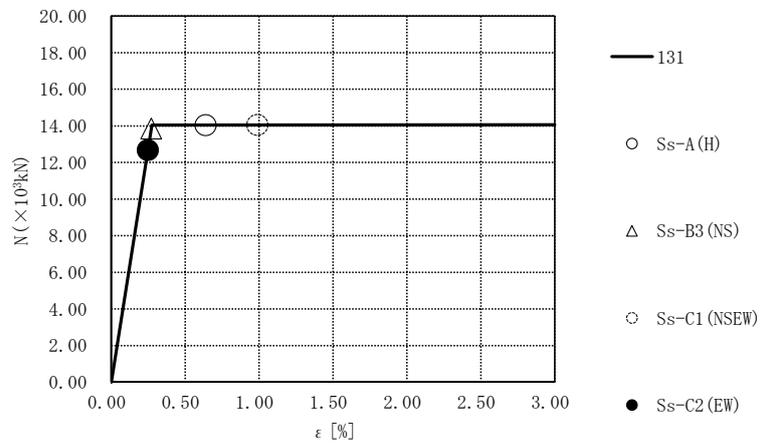


要素番号141

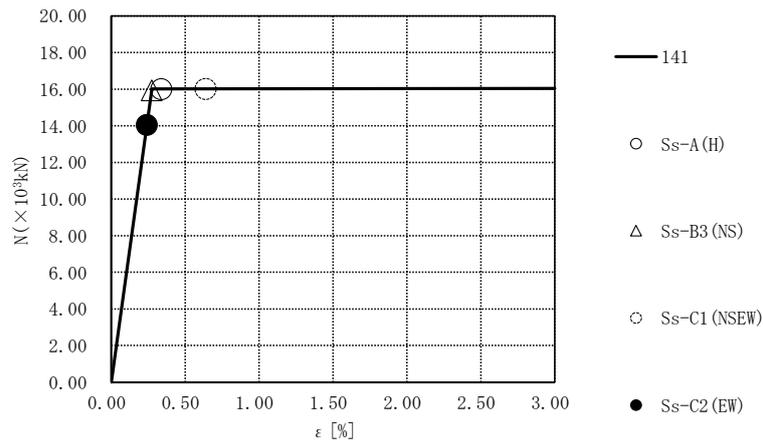
第4.2.2-28図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
(+1 $\sigma$  地盤, EW方向, 有効応力解析)



要素番号121

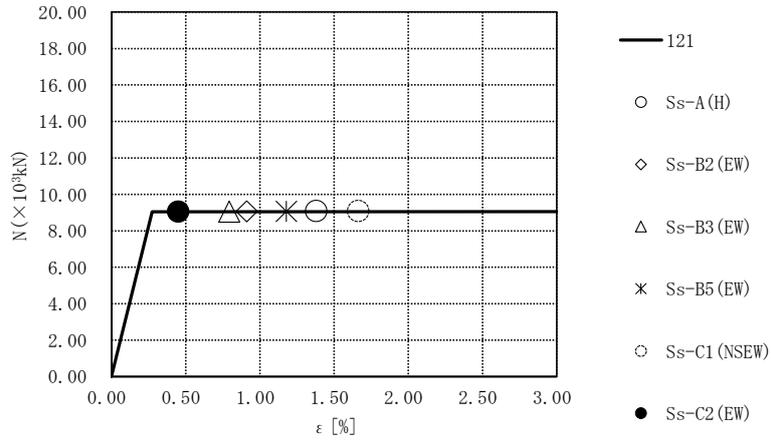


要素番号131

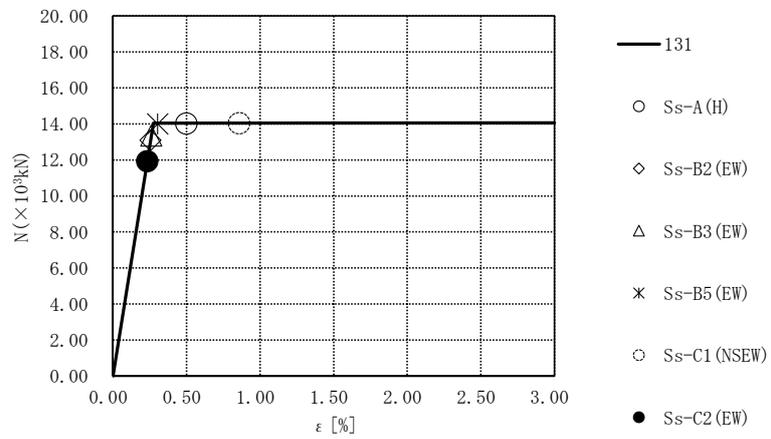


要素番号141

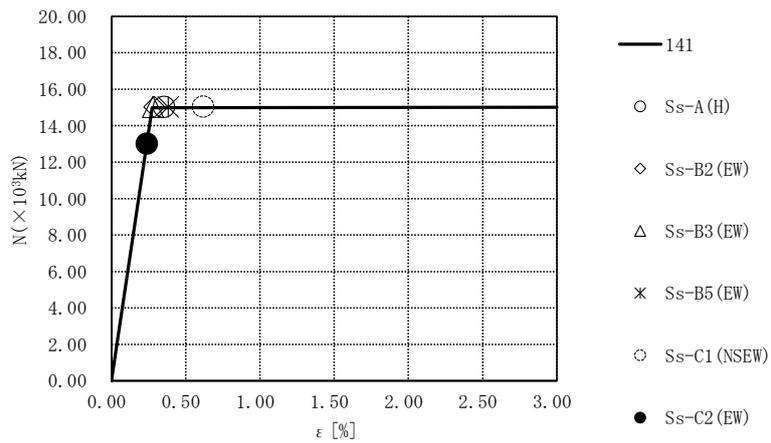
第4.2.2-29図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
( $-1\sigma$  地盤, NS方向, 有効応力解析)



要素番号121

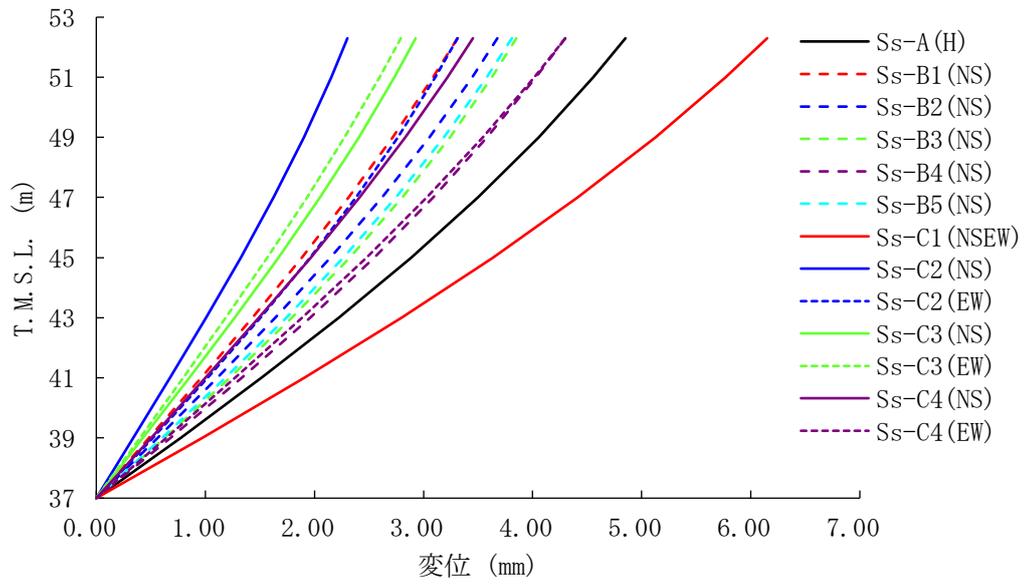


要素番号131

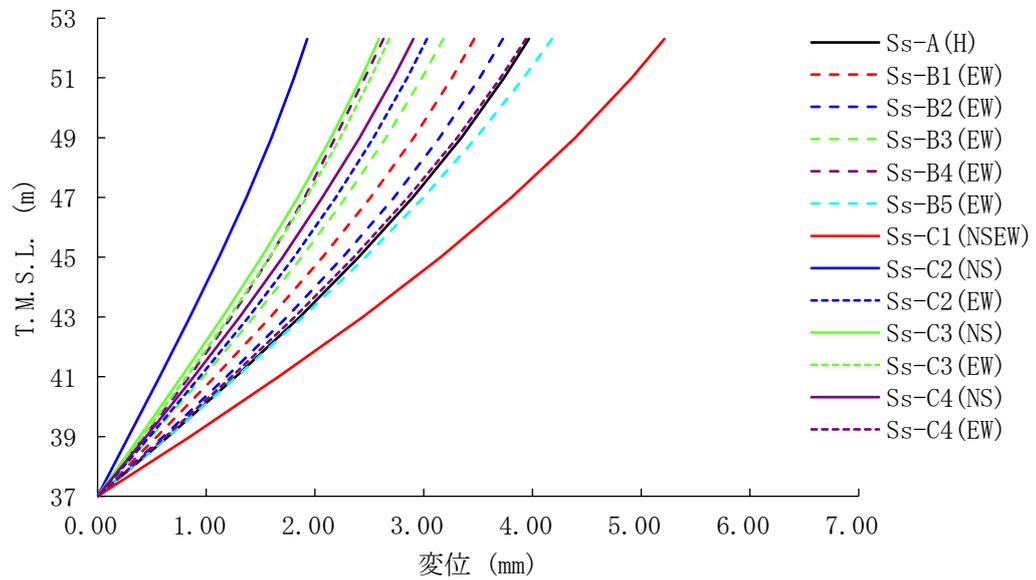


要素番号141

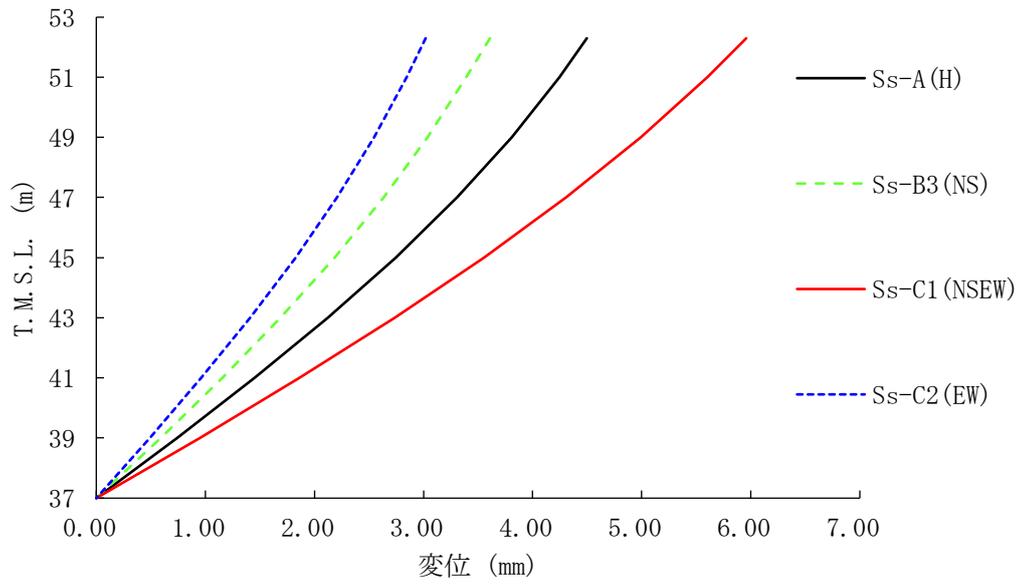
第4.2.2-30図 座屈拘束ブレースの荷重-ひずみ曲線  
( $-1\sigma$  地盤, EW方向, 有効応力解析)



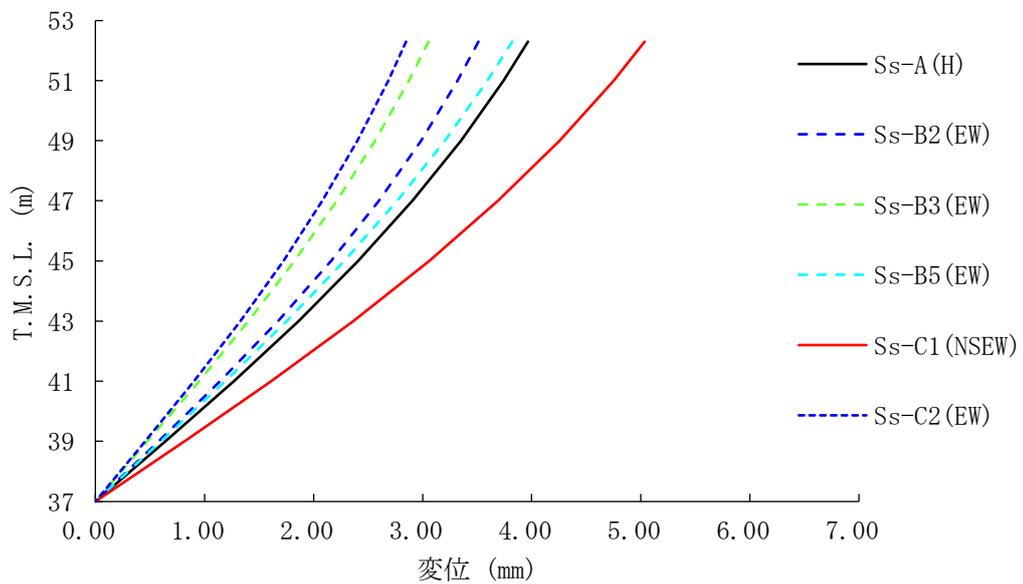
第4.2.2-31図 改良地盤の最大応答変位  
(基本ケース, NS断面, 有効応力解析)



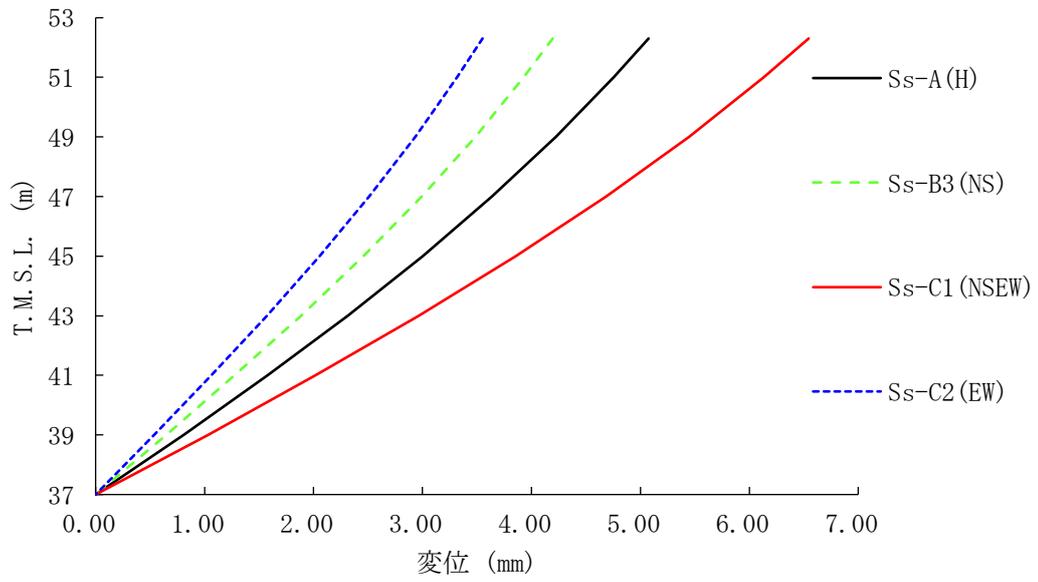
第4.2.2-32図 改良地盤の最大応答変位  
(基本ケース, EW断面, 有効応力解析)



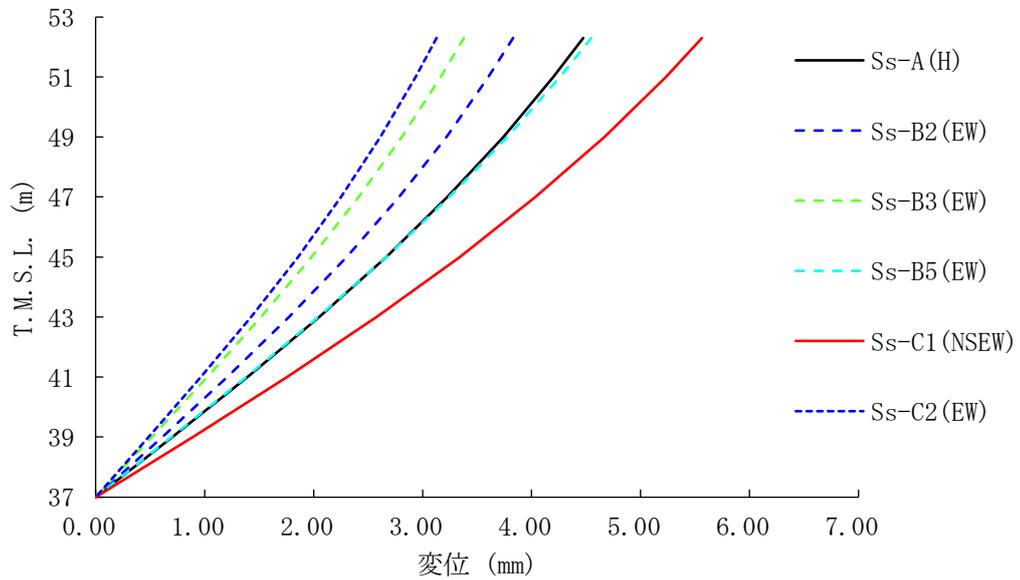
第4.2.2-33図 改良地盤の最大応答変位  
(+1 $\sigma$ 地盤, NS断面, 有効応力解析)



第4.2.2-34図 改良地盤の最大応答変位  
(+1 $\sigma$ 地盤, EW断面, 有効応力解析)



第4.2.2-35図 改良地盤の最大応答変位  
 (-1 $\sigma$  地盤, NS断面, 有効応力解析)



第4.2.2-36図 改良地盤の最大応答変位  
 (-1 $\sigma$  地盤, EW断面, 有効応力解析)

## IV-2-2-2-1-2-2

飛来物防護ネット(再処理設備本体  
用 安全冷却水系冷却塔 B)の耐震  
計算書

## 目 次

ページ

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	2
2.4 準拠規格・基準等	4
3. 地震応答解析による評価方法	5
3.1 評価方針	5
3.2 評価方法	5
4. 応力解析による評価方法	7
4.1 評価対象部位及び評価方針	7
4.2 荷重及び荷重の組合せ	11
4.2.1 支持架構	11
4.2.2 基礎梁	12
4.2.3 杭	13
4.3 許容限界	14
4.4 評価方法	19
4.4.1 支持架構の評価方法	19
4.4.2 基礎梁の評価方法	29
4.4.3 杭の評価方法	36
5. 評価結果	42
5.1 地震応答解析による評価結果	42
5.2 応力解析による評価結果	44
5.2.1 支持架構の評価結果	44
5.2.2 基礎梁の評価結果	48
5.2.3 杭の評価結果	50

## 1. 概要

本資料は、添付書類「IV-2-2-1 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」の「3. 耐震評価方針」に基づき、屋外に設置される安全上重要な施設である竜巻防護対象施設を防護するための設備である飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)(以下「飛来物防護ネット架構」という。)が基準地震動  $S_s$  により安全冷却水 B 冷却塔及び安全冷却水 B 冷却塔まわり配管(以下「冷却塔」という。)に対して波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

飛来物防護ネット架構の設置位置は添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」に示す。

### 2.2 構造概要

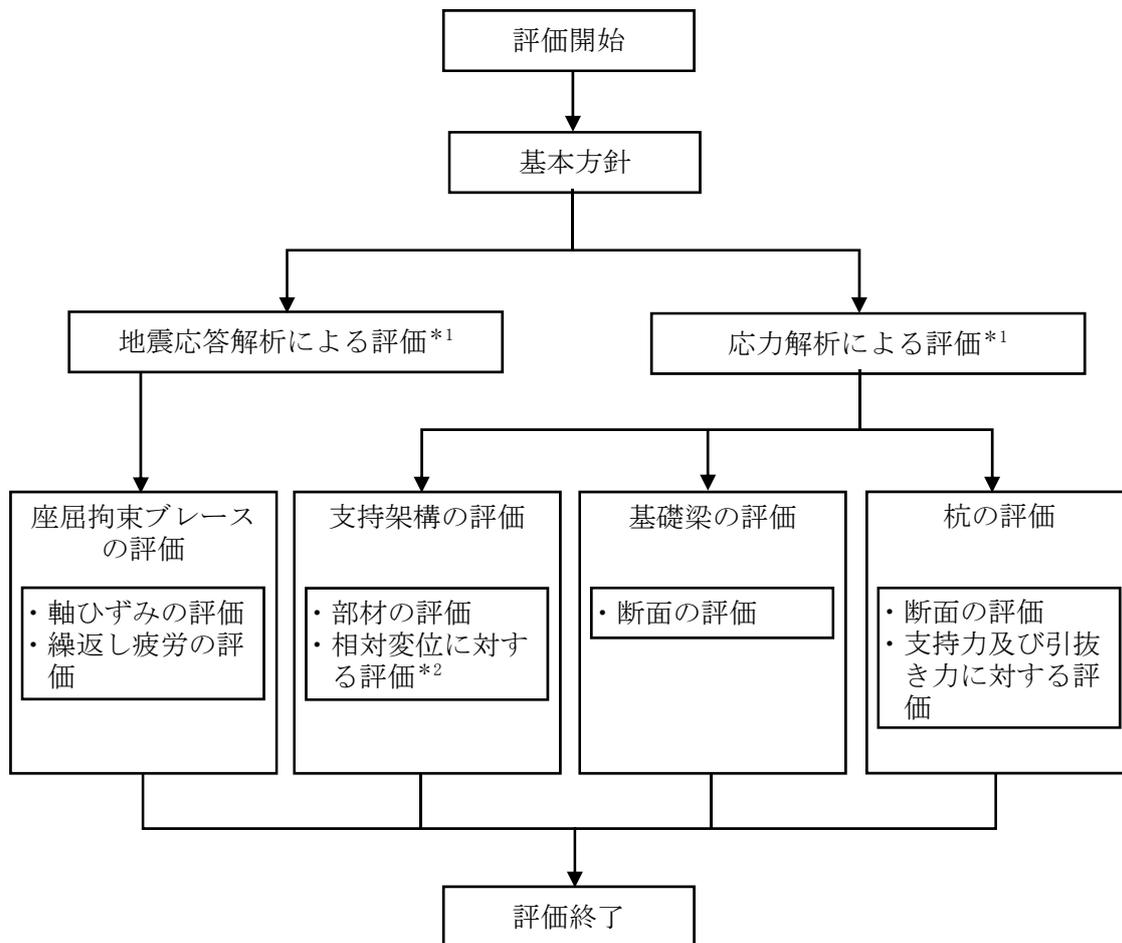
飛来物防護ネット架構の構造概要は添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」に示す。

### 2.3 評価方針

飛来物防護ネット架構の波及的影響評価においては、基準地震動 $S_s$ による地震力(以下「 $S_s$ 地震時」という。)に対する評価を行うこととする。評価は、添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。飛来物防護ネット架構の波及的影響評価は、添付書類「IV-2-2-1 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」の「3. 耐震評価方針」に基づき、地震応答解析及び応力解析により施設の損傷、転倒及び落下の観点並びに相対変位の観点で冷却塔への波及的影響の評価を行う。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。

地震応答解析による評価においては、座屈拘束ブレースの評価を、応力解析による評価においては、支持架構、基礎梁及び杭の評価を行う。支持架構の評価における相対変位に対する評価においては、添付書類「IV-2-1-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

飛来物防護ネット架構の波及的影響評価フローを第2.3-1図に示す。



注記 \*1：添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2：添付書類「IV-2-1-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

第2.3-1図 飛来物防護ネット架構の波及的影響評価フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

飛来物防護ネット架構の波及的影響評価において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 日本産業規格
- ・ 鋼構造設計規準((社)日本建築学会, 2005)(以下「S規準」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)
- ・ 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)(以下「RC-N規準」という。)
- ・ 建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会, 2001)(以下「基礎指針」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((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 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・ 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)

### 3. 地震応答解析による評価方法

#### 3.1 評価方針

飛来物防護ネット架構の地震応答解析による評価対象部位は、座屈拘束ブレースとし、S s 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

座屈拘束ブレースの評価は、安定的に塑性化し、地震荷重によるエネルギーを吸収することを期待しているため、軸ひずみ及び繰返し疲労が許容限界を超えないことを確認する。

軸ひずみ及び繰返し疲労の評価に当たっては、添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」より得られた結果を用い、地盤物性のばらつきを考慮した評価を行う。

地震応答解析による評価における飛来物防護ネット架構の許容限界は、添付書類「IV-2-2-2-1 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」の「3.5 許容限界」及び「3.6 まとめ」に基づき、第3.1-1表のとおり設定する。

第3.1-1表 地震応答解析による評価における許容限界

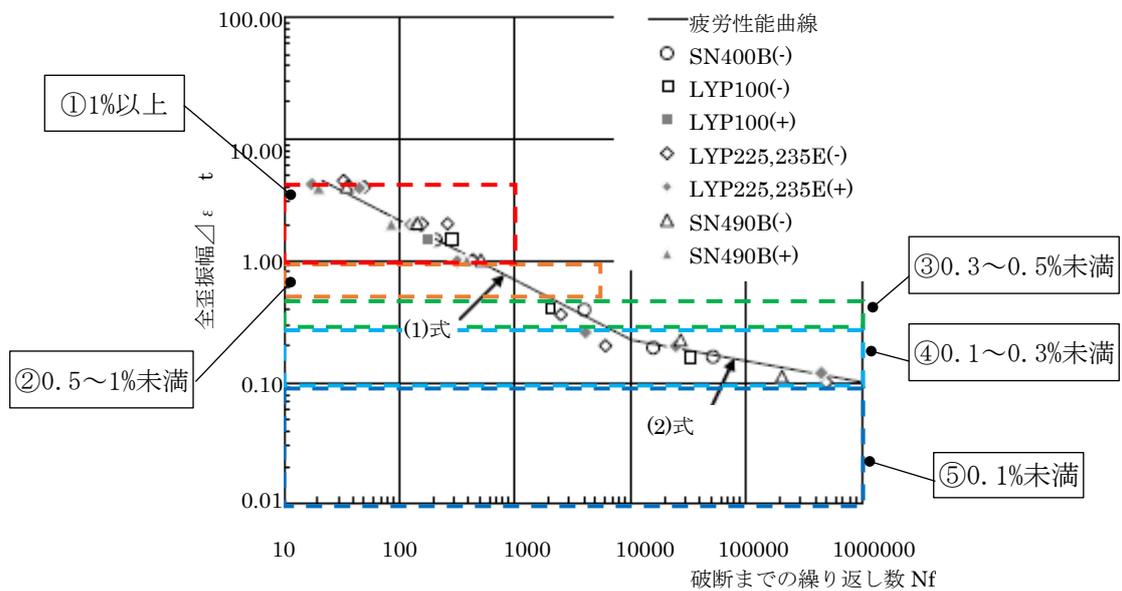
設計の観点	地震力	部位	許容限界設定の考え方	許容限界 (評価基準値)
損傷、転倒 及び落下	基準地震動 S s	座屈拘束 ブレース	軸ひずみが施設の構造を保つための許容限界を超えないことを確認	軸ひずみ 3.0%*
			繰返し疲労が施設の構造を保つための許容限界を超えないことを確認	疲労係数総和 1

注記 \*：日本建築センターの評定書（BCJ評定-ST0126-06）に基づき設定する。

#### 3.2 評価方法

軸ひずみの評価については、地震応答解析にて算出される軸ひずみの時刻歴から最大軸ひずみを算出し、許容限界である3.0%を超えないことを確認する。

繰返し疲労の評価については、地震応答解析にて算出される軸ひずみの時刻歴を用いて、座屈拘束ブレースの疲労性能曲線からひずみ振幅を5種類に分類して疲労係数を算出し、許容限界である疲労係数総和1を超えないことを確認する。座屈拘束ブレースの疲労性能曲線を第3.2-1図に、疲労係数算出方法を第3.2-1表に示す。



第3. 2-1図 座屈拘束ブレースの疲労性能曲線

第3. 2-1表 疲労係数算出方法

分類(ひずみ振幅)		疲労係数算出方法
①	1%以上	1%以上のひずみ振幅回数を算出し、最大ひずみ振幅の許容繰返し回数に対する比率を算出。
②	0.5%以上、1%未満	0.5%以上、1%未満のひずみ振幅回数を算出し、1%ひずみ振幅の許容繰返し回数に対する比率を算出。
③	0.3%以上、0.5%未満	0.3%以上、0.5%未満のひずみ振幅回数を算出し、0.5%ひずみ振幅の許容繰返し回数に対する比率を算出。
④	0.1%以上、0.3%未満	0.1%以上、0.3%未満のひずみ振幅回数を算出し、0.3%ひずみ振幅の許容繰返し回数に対する比率を算出。
⑤	0.1%未満(疲労限以下)	疲労評価の対象外とする。*

注記 \* : 許容繰返し回数(100万回以上)が非常に大きいことから疲労評価の対象外とする。

#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

飛来物防護ネット架構の応力解析による評価対象部位は、支持架構、基礎梁及び杭とし、S<sub>s</sub>地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

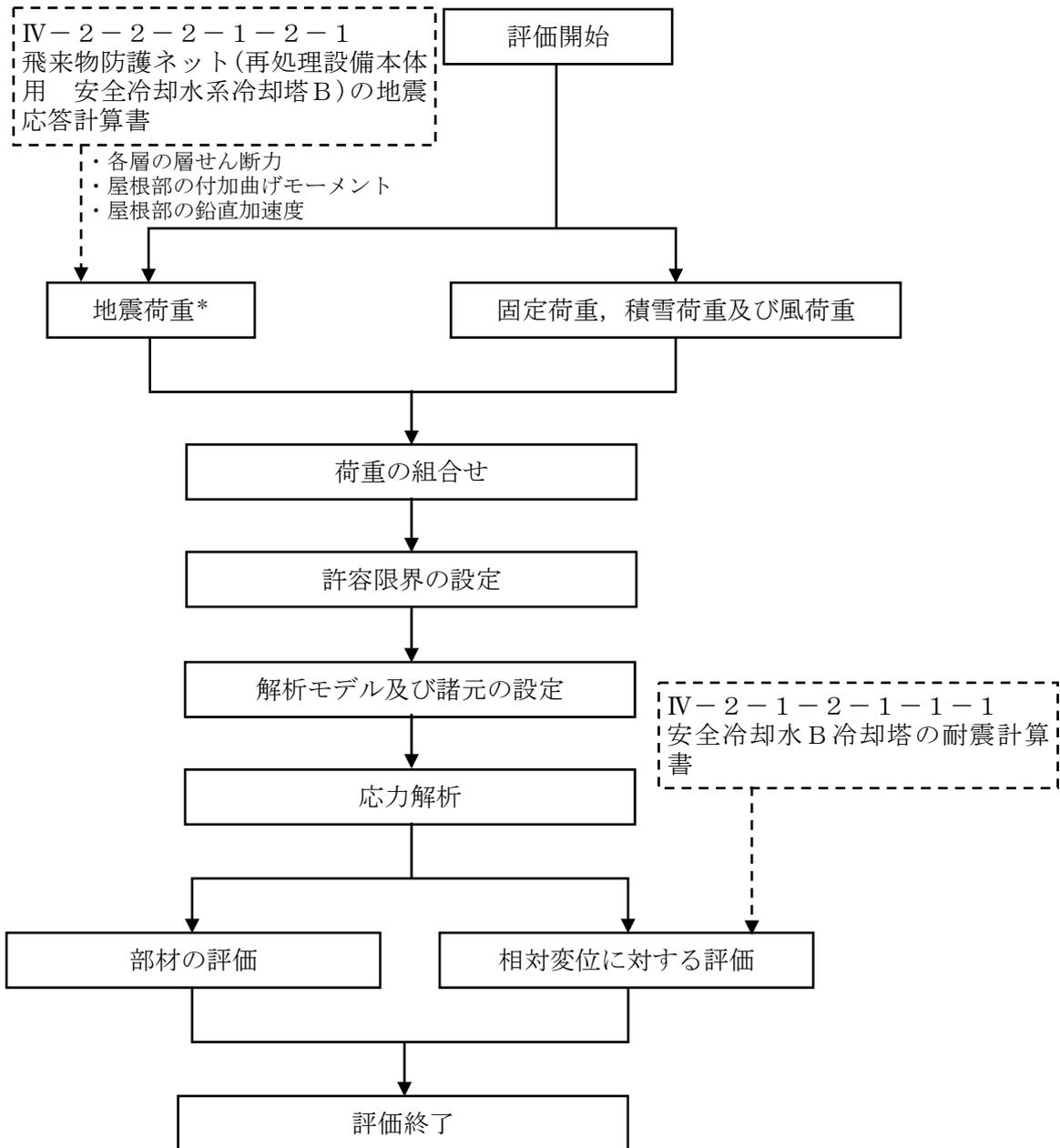
応力解析に当たっては、添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。また、地震荷重の設定においては、地盤物性のばらつきを考慮する。なお、地震荷重は、S<sub>s</sub>-C1が設計において支配的な地震荷重であることから、「S<sub>s</sub>-C1による地震荷重」(S<sub>s</sub>-C1)及び「その他の地震による地震荷重(S<sub>s</sub>-C1以外包絡)」(S<sub>s</sub>-A, S<sub>s</sub>-B1~S<sub>s</sub>-B5, S<sub>s</sub>-C2~S<sub>s</sub>-C4及び一関東評価用地震動(鉛直))の2つの地震力を設定する。

支持架構の評価は、3次元フレームモデルを用いた静的弾塑性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「S規準」に基づき設定した終局強度を超えないこと及び相対変位が施設間の離隔距離を超えないことを確認する。相対変位に対する評価においては、添付書類「IV-2-1-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書」より得られた結果を用いる。

基礎梁の評価は、FEMモデルを用いた静的弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

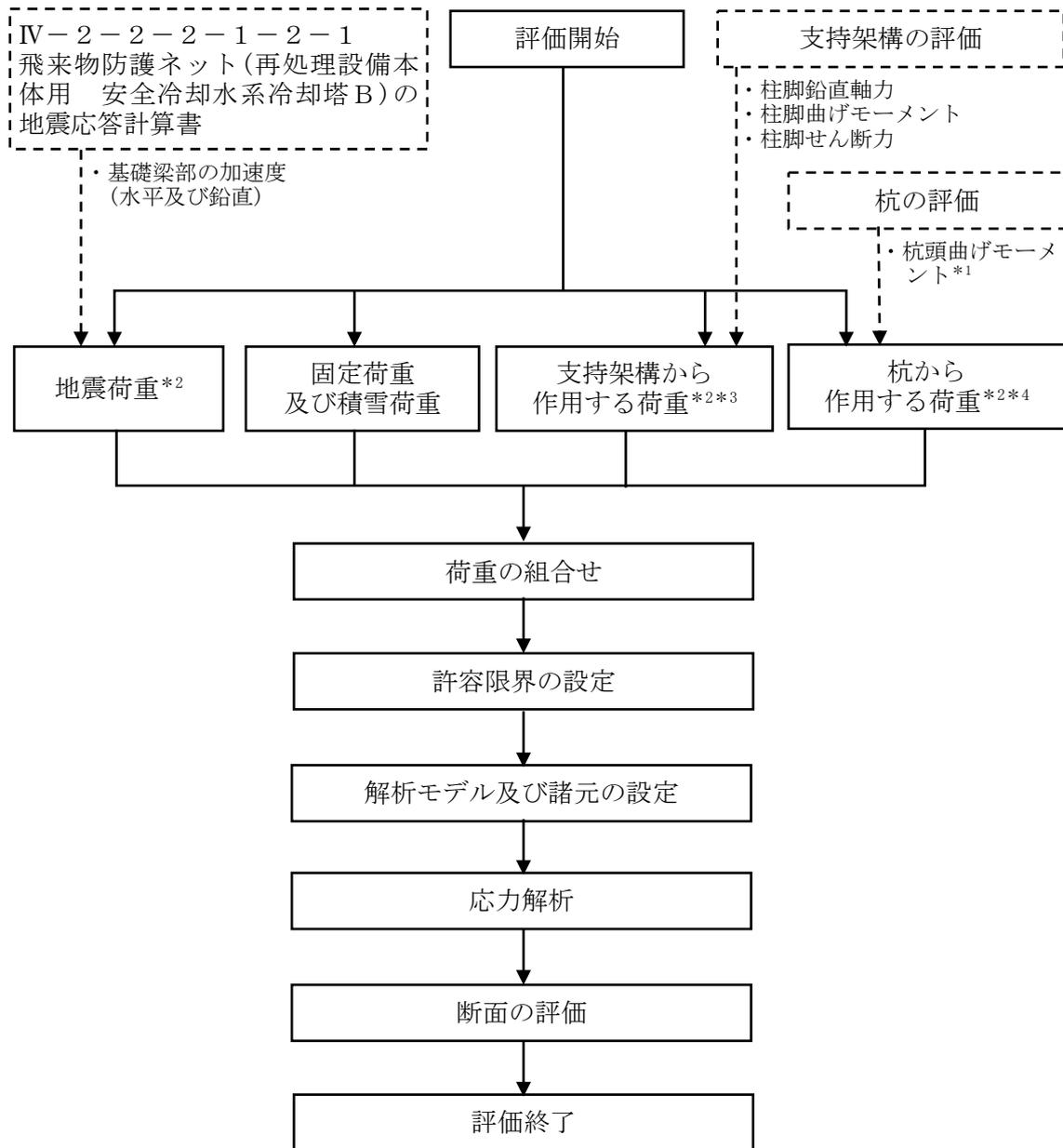
杭の評価は、地震応答解析結果を用いた応力解析、地震応答解析結果及び支持架構の評価結果を用いた応力計算並びに基礎梁の評価結果により応力を算定し、組み合わせた応力が「基礎指針」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

支持架構、基礎梁及び杭の応力解析による評価フローを、それぞれ第4.1-1図、第4.1-2図及び第4.1-3図に示す。



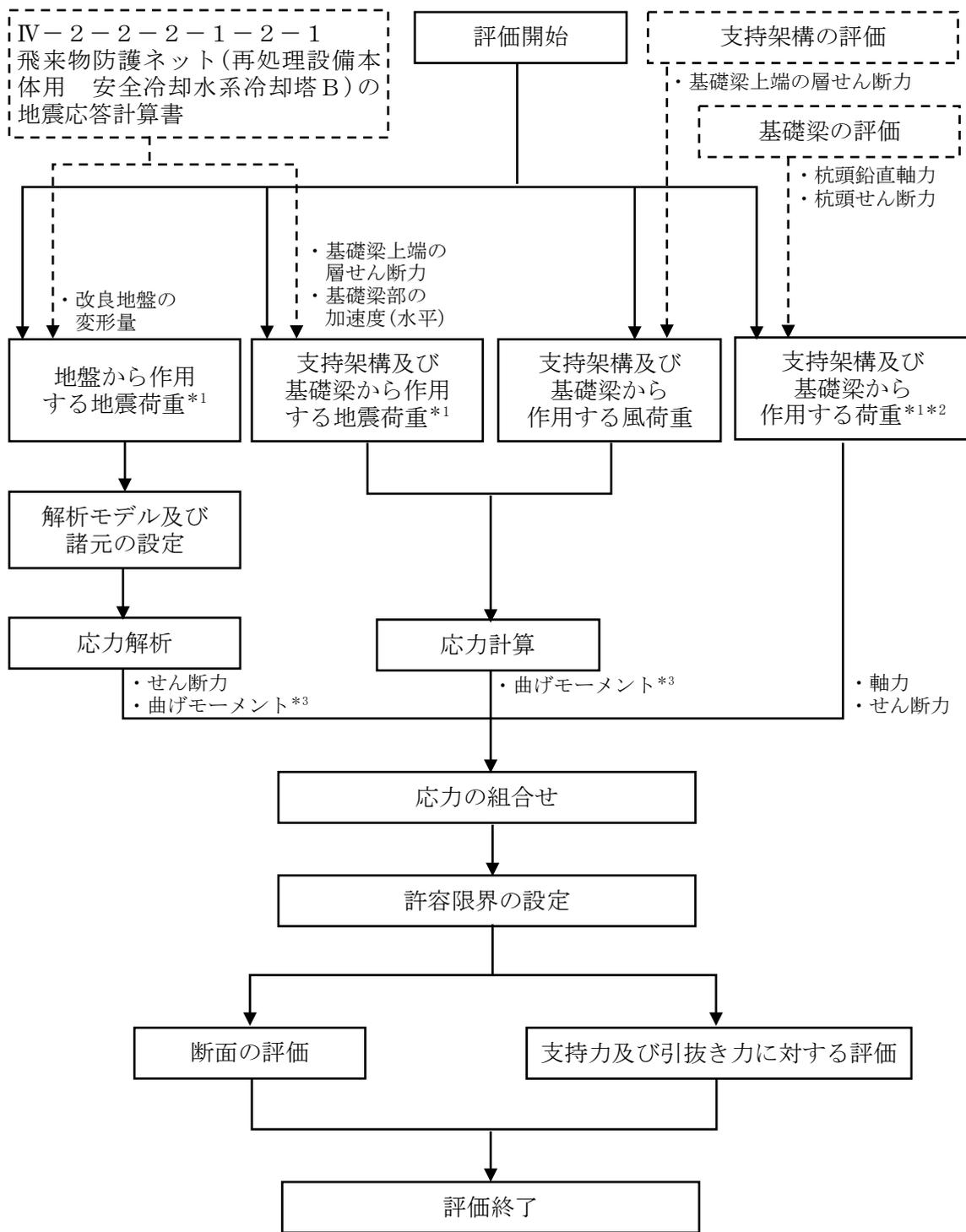
注記 \* : 地盤物性のばらつきを考慮する。

第4.1-1図 支持架構の応力解析による評価フロー



- 注記 \*1：第4.1-3図における「応力解析」及び「応力計算」により算定する杭の「曲げモーメント」のうち、杭頭の曲げモーメントを用いる。
- \*2：地盤物性のばらつきを考慮する。
- \*3：固定荷重，積雪荷重，地震荷重及び風荷重を含む。
- \*4：地震荷重及び風荷重を含む。

第4.1-2図 基礎梁の応力解析による評価フロー



注記 \*1: 地盤物性のばらつきを考慮する。  
 \*2: 固定荷重, 積雪荷重, 地震荷重及び風荷重を含む。  
 \*3: これらの「曲げモーメント」のうち杭頭の曲げモーメントを第4.1-2図における「杭頭曲げモーメント」に用いる。

第4.1-3図 杭の応力解析による評価フロー

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

各部位の評価における荷重及び荷重の組合せは、添付書類「IV-2-2-1 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」の「3.4 荷重の種類及び荷重の組合せ」及び「3.6 まとめ」に基づき設定する。

##### 4.2.1 支持架構

支持架構の評価において考慮する荷重を第4.2.1-1表に、荷重の組合せを第4.2.1-2表に示す。

第4.2.1-1表 考慮する荷重

荷重名称	内容
固定荷重(D)	構造物(支持架構等)の自重
積雪荷重(Ls)	積雪量190cm 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重(Ss)	地震応答解析結果による地震荷重 ・各層の層せん断力 ・屋根部の付加曲げモーメント ・屋根部の鉛直加速度より設定する鉛直震度
風荷重(W <sub>L</sub> )	建築基準法・同施行令・同告示による風荷重

第4.2.1-2表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	$D + 0.35L_s + S_s + W_L$

#### 4.2.2 基礎梁

基礎梁の評価において考慮する荷重を第4.2.2-1表に、荷重の組合せを第4.2.2-2表に示す。

第4.2.2-1表 考慮する荷重

荷重名称	内容
固定荷重(D)	構造物(基礎梁)の自重
積雪荷重(Ls)	積雪量190cm 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重(Ss)	地震応答解析結果による地震荷重 ・基礎梁部の加速度(水平及び鉛直)より設定する震度  支持架構の評価結果による荷重*1 ・柱脚鉛直軸力 ・柱脚曲げモーメント ・柱脚せん断力  杭の評価結果による荷重*2 ・杭頭曲げモーメント
風荷重(W <sub>L</sub> )	建築基準法・同施行令・同告示の規定による風荷重*3

注記 \*1：支持架構に作用する固定荷重，積雪荷重，地震荷重及び風荷重を含む。

\*2：杭に作用する地震荷重及び風荷重を含む。

\*3：支持架構の評価において支持架構に作用する風荷重を考慮しているため，本表の「地震荷重(Ss)」のうち「支持架構の評価結果による荷重」により，基礎梁に風荷重が考慮される。

第4.2.2-2表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	$D + 0.35Ls + Ss + W_L$

#### 4.2.3 杭

杭の評価において考慮する荷重を第4.2.3-1表に、荷重の組合せを第4.2.3-2表に示す。

第4.2.3-1表 考慮する荷重

荷重名称	内容
固定荷重(D)	構造物(支持架構及び基礎梁)の自重* <sup>1</sup>
積雪荷重(Ls)	積雪量 190cm* <sup>1</sup> 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重(Ss)	地震応答解析結果による地盤から作用する地震荷重 <ul style="list-style-type: none"> <li>改良地盤の変形量より算定するせん断力及び曲げモーメント</li> </ul> 地震応答解析結果による支持架構及び基礎梁から作用する地震荷重 <ul style="list-style-type: none"> <li>基礎梁上端の層せん断力より算定する曲げモーメント</li> <li>基礎梁部の加速度(水平)より算定する曲げモーメント</li> </ul> 基礎梁の評価結果による荷重* <sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>杭頭鉛直軸力より算定する軸力</li> <li>杭頭せん断力より算定するせん断力</li> </ul>
風荷重(W <sub>L</sub> )	支持架構の評価結果による風荷重 <ul style="list-style-type: none"> <li>基礎梁上端の層せん断力より算定する曲げモーメント*<sup>3</sup></li> </ul>

注記 \*1: 基礎梁の評価において支持架構及び基礎梁に作用する固定荷重及び積雪荷重を考慮しているため、本表の「地震荷重(Ss)」のうち「基礎梁の評価結果による荷重」により、杭に固定荷重及び積雪荷重が考慮される。

\*2: 支持架構及び基礎梁に作用する固定荷重、積雪荷重、地震荷重及び風荷重を含む。

\*3: 基礎梁の評価において支持架構に作用する風荷重を考慮しているため、せん断力については、本表の「地震荷重(Ss)」のうち「基礎梁の評価結果による荷重」に含まれる。

第4.2.3-2表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	D+0.35Ls+Ss+W <sub>L</sub>

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における飛来物防護ネット架構の許容限界は、添付書類「IV-2-2-1 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」の「3.5 許容限界」及び「3.6 まとめ」に基づき、第4.3-1表のとおり設定する。

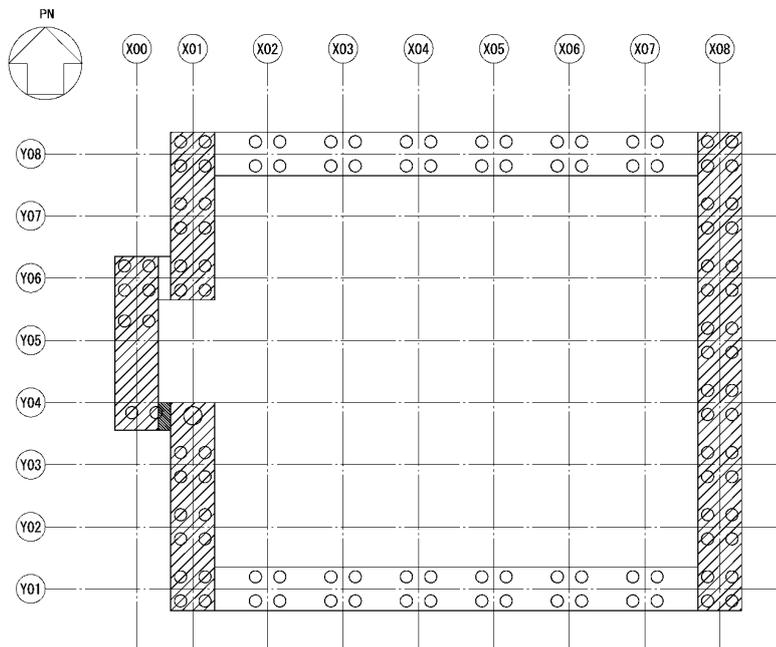
基礎梁の配筋を第4.3-1図及び第4.3-2図に、杭の配筋を第4.3-2表に示す。

また、各部位に対する許容限界等を第4.3-3表～第4.3-7表及び第4.3-3図に示す。

第4.3-1表 応力解析による評価における許容限界

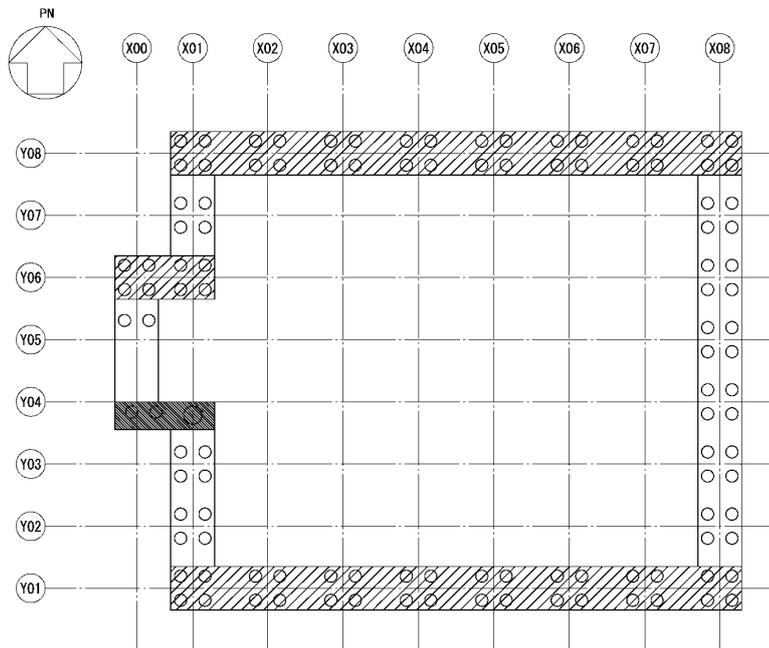
設計の観点	地震力	部位	許容限界設定の考え方	許容限界 (評価基準値)
損傷、転倒 及び落下	基準地震動 S <sub>s</sub>	フレーム	部材に生じる応力が施設の構造を保つための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく終局強度*
		基礎梁		「RC-N規準」に基づく終局強度
		杭		「基礎指針」に基づく終局強度
相対変位	基準地震動 S <sub>s</sub>	支持 架構	施設間の離隔による防護を講じるための許容限界を超えないことを確認	施設間の 離隔距離

注記 \*：短期許容応力度の鋼材の基準強度Fを建築基準法・同施行令・同告示に基づき1.1倍した強度とする。



領域	主筋	せん断補強筋
	上端 24-D32	D22Ⅲ-@200
	下端 30-D32	
	上端 D22@200	D22Ⅲ-@200
	下端 D22@200	
	上端 D19@200	D19Ⅲ-@200
	下端 D19@200	

第 4.3-1 図 基礎梁の配筋 (NS 方向)



領域	主筋	せん断補強筋
	上端 24-D32	D22□-@200
	下端 30-D32	
	上端 D22@200	D22□-@200
	下端 D22@200	
	上端 18-D32	D19□-@200
	上端 18-D32	

第4.3-2図 基礎梁の配筋(EW方向)

第 4. 3-2 表 杭の配筋一覧

杭種	主筋	帯筋
P1, P1A	8-D35	D16@150
P2	18-D35	D16@150

第4. 3-3表 フレーム部材の基準強度

使用材料	基準強度 F (N/mm <sup>2</sup> )
SN490B	325
BCP325	
G385	325*

注記 \* : G385の基準強度は385N/mm<sup>2</sup>であるが、保守的に325 N/mm<sup>2</sup>として評価を行う。

第4. 3-4表 コンクリートの設計基準強度

部位	設計基準強度 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
基礎梁	24
杭	27

第 4. 3-5 表 鉄筋の降伏強度

鉄筋種類	引張及び圧縮* (N/mm <sup>2</sup> )	せん断補強 (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	345	345

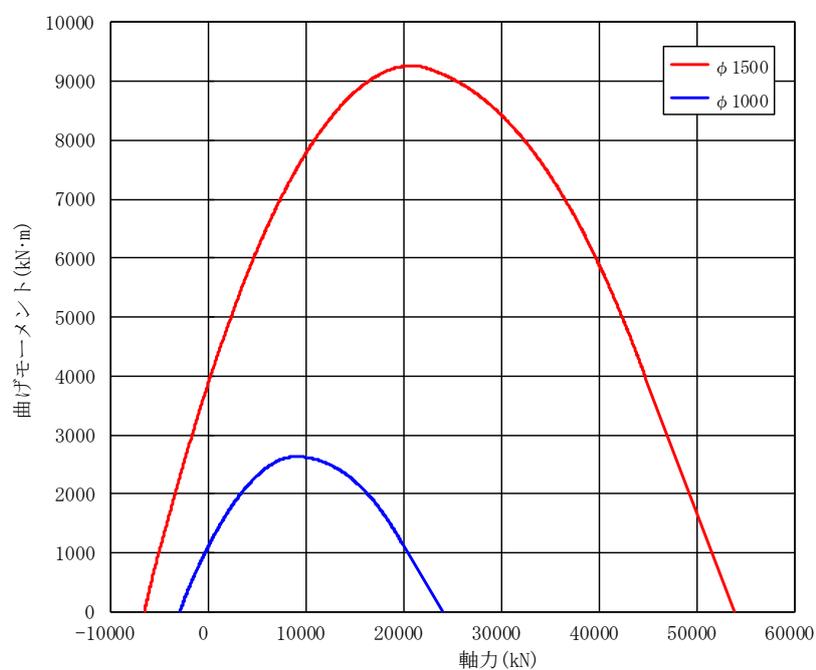
注記 \* : 材料強度は降伏強度を1.1倍して算出する。

第 4.3-6 表 杭の支持力及び引抜き力に関する許容限界

杭径 $\phi$ (mm)	杭の極限支持力 (kN)	
	1000 (P1, P1A)	極限支持力 $R_u$
	最大引抜き抵抗力 $R_{TU}$	5494
1500 (P2)	極限支持力 $R_u$	17058
	最大引抜き抵抗力 $R_{TU}$	8379

第 4.3-7 表 杭の許容せん断力

杭径 $\phi$ (mm)	終局せん断耐力 $Q_u$ (kN)
1000 (P1, P1A)	1838
1500 (P2)	4594



第 4.3-3 図 杭の終局強度  $M_u$  (曲げモーメント-軸力相関)

## 4.4 評価方法

### 4.4.1 支持架構の評価方法

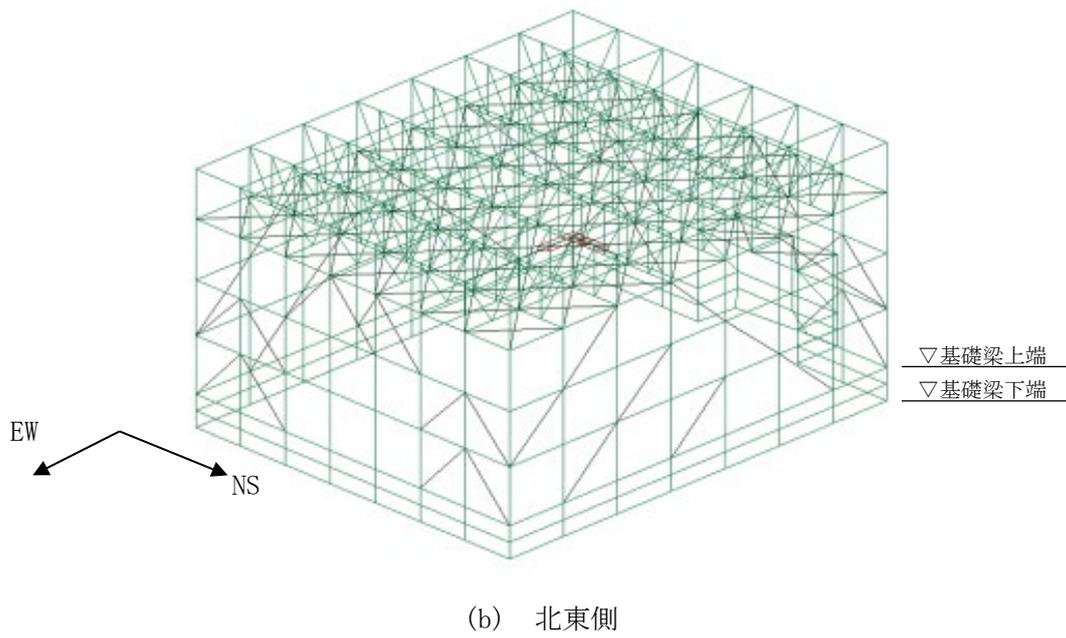
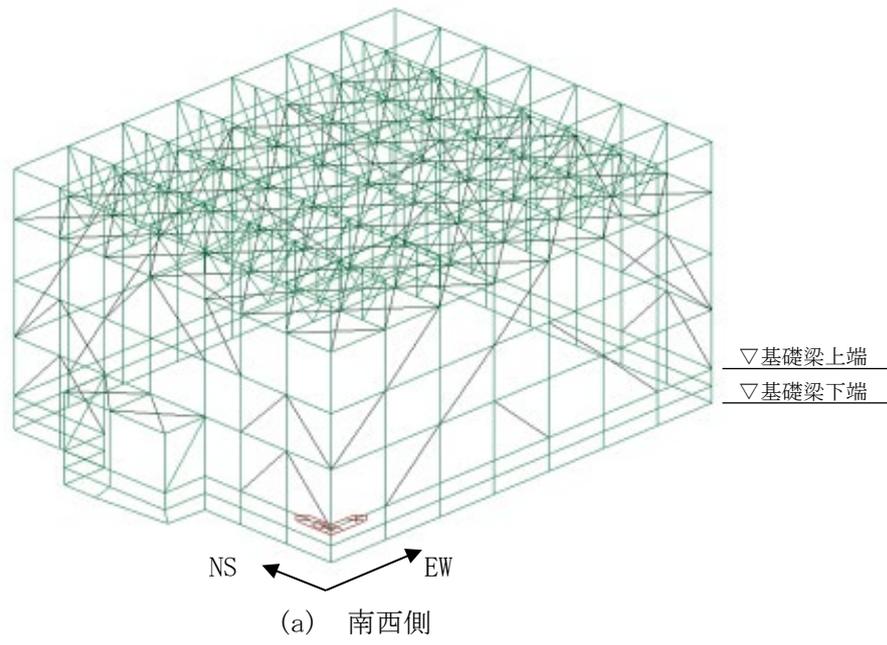
#### (1) 解析モデル

応力解析は、3次元フレームモデルを用いた静的弾塑性応力解析を実施する。解析には、解析コード「midas iGen Ver.845」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」の「IV-3-1 建物・構築物」の「別紙6 midas iGen」に示す。

支持架構の解析モデル図を第4.4.1-1図に、使用材料の物性値を第4.4.1-1表に、モデル化した部材リストを第4.4.1-2表に、座屈拘束ブレースの非線形特性を第4.4.1-2図に示す。

モデル化範囲は、基礎梁下端(T.M.S.L. 52.30m)より上部とする。各部材は梁要素にてモデル化し、座屈拘束ブレースには非線形性を考慮する。解析モデルの節点数は438、要素数は1065である。

水平ブレース及び座屈拘束ブレースは両端ピン接合とし、基礎梁下端をピン支持とする。



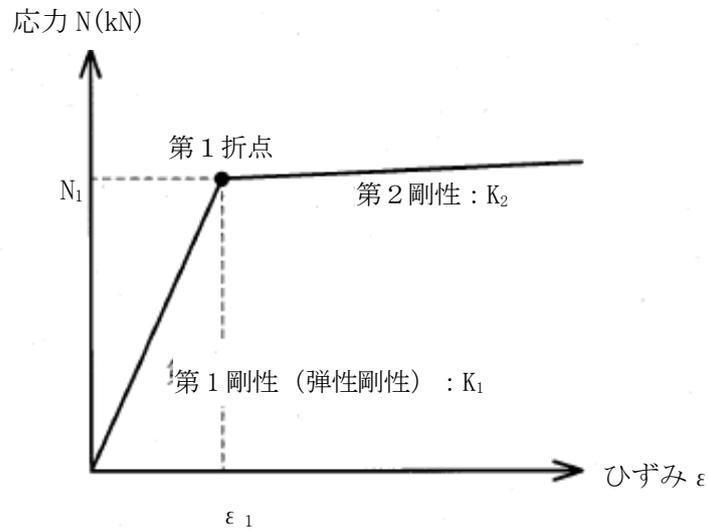
第 4. 4. 1-1 図 支持架構の解析モデル図

第4.4.1-1表 使用材料の物性値

使用材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄骨： BCP325, G385, SN490B	$2.05 \times 10^5$	0.3
座屈拘束ブレース： 中心鋼材 BT-LYP225	$2.05 \times 10^5$	0.3

第4.4.1-2表 部材リスト

部材種別	材質	寸法
柱	G385B	□-500×500×32
	BCP325	□-500×500×28
	SN490B	H-400×400×13×21
大はり	SN490B	H-428×407×20×35
	SN490B	H-414×405×18×28
	SN490B	H-400×400×13×21
小はり	SN490B	H-400×400×13×21
	SN490B	H-390×300×10×16
トラス柱	SN490B	H-400×400×13×21
	SN490B	H-390×300×10×16
	SN490B	H-300×300×10×15
鉛直ブレース	SN490B	H-350×350×12×19
	SN490B	H-300×300×10×15
	SN490B	H-250×250×9×14
	SN490B	H-200×200×8×12
水平ブレース	SN490B	H-300×300×10×15
	SN490B	H-250×250×9×14
座屈拘束 ブレース (中心鋼材)	BT-LYP225	PL-32×208
	BT-LYP225	PL-32×243
	BT-LYP225	PL-32×278
	BT-LYP225	PL-36×308



$N_1$  : 第1折れ点応力

$\epsilon_1$  : 第1折れ点ひずみ\*1

$K_1$  : 第1剛性(弾性剛性)\*2

$K_2$  : 第2剛性

中心鋼材寸法	種別	第1折れ点応力 $N_1$ (kN)	二次勾配倍率*3 (-)
PL-32×208	SV150	1500	0.001
PL-32×243	SV175	1750	
PL-32×278	SV200	2000	
PL-36×308	SV250	2500	

注記 \*1 : 第1折れ点応力 $N_1$ を第1剛性 $K_1$ で除すことにより設定する。

\*2 : 第4.4.1-1表のヤング係数に中心鋼材の断面積を乗じて設定する。

\*3 : 第1剛性 $K_1$ に対する第2剛性 $K_2$ の倍率を示す。

#### 第4.4.1-2図 座屈拘束ブレースの非線形特性

(2) 荷重の組合せ

支持架構に作用する応力は、次の荷重を組み合わせて求める。地震荷重は、 $S_s$ -C1による地震荷重、その他の地震による地震荷重( $S_s$ -C1以外包絡)の2種類を設定する。

- D : 固定荷重
- $L_s$  : 積雪荷重
- $S_{S_{NS}}$  : NS方向の地震荷重(S→N方向を正とする。)
- $S_{S_{EW}}$  : EW方向の地震荷重(W→E方向を正とする。)
- $S_{S_{UD}}$  : 鉛直方向の地震荷重(上向きを正とする。)
- $W_{L_{NS}}$  : NS方向の風荷重(S→N方向を正とする。)
- $W_{L_{EW}}$  : EW方向の風荷重(W→E方向を正とする。)

(3) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを第4.4.1-3表に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「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、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

第4.4.1-3表 荷重の組合せケース

ケース	荷重組合せ	地震荷重
1-1	$D+0.35Ls+1.0S_{SNS}+0.4S_{SUD}+W_{LNS}$	Ss-C1による 地震荷重
1-2	$D+0.35Ls-1.0S_{SNS}+0.4S_{SUD}-W_{LNS}$	
1-3	$D+0.35Ls+1.0S_{SNS}-0.4S_{SUD}+W_{LNS}$	
1-4	$D+0.35Ls-1.0S_{SNS}-0.4S_{SUD}-W_{LNS}$	
1-5	$D+0.35Ls+0.4S_{SNS}+1.0S_{SUD}+W_{LNS}$	
1-6	$D+0.35Ls-0.4S_{SNS}+1.0S_{SUD}-W_{LNS}$	
1-7	$D+0.35Ls+0.4S_{SNS}-1.0S_{SUD}+W_{LNS}$	
1-8	$D+0.35Ls-0.4S_{SNS}-1.0S_{SUD}-W_{LNS}$	
1-9	$D+0.35Ls+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+W_{LEW}$	
1-10	$D+0.35Ls-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-W_{LEW}$	
1-11	$D+0.35Ls+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+W_{LEW}$	
1-12	$D+0.35Ls-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-W_{LEW}$	
1-13	$D+0.35Ls+0.4S_{SEW}+1.0S_{SUD}+W_{LEW}$	
1-14	$D+0.35Ls-0.4S_{SEW}+1.0S_{SUD}-W_{LEW}$	
1-15	$D+0.35Ls+0.4S_{SEW}-1.0S_{SUD}+W_{LEW}$	
1-16	$D+0.35Ls-0.4S_{SEW}-1.0S_{SUD}-W_{LEW}$	
2-1	$D+0.35Ls+1.0S_{SNS}+0.4S_{SUD}+W_{LNS}$	その他の地震による 地震荷重 (Ss-C1以外 包絡)
2-2	$D+0.35Ls-1.0S_{SNS}+0.4S_{SUD}-W_{LNS}$	
2-3	$D+0.35Ls+1.0S_{SNS}-0.4S_{SUD}+W_{LNS}$	
2-4	$D+0.35Ls-1.0S_{SNS}-0.4S_{SUD}-W_{LNS}$	
2-5	$D+0.35Ls+0.4S_{SNS}+1.0S_{SUD}+W_{LNS}$	
2-6	$D+0.35Ls-0.4S_{SNS}+1.0S_{SUD}-W_{LNS}$	
2-7	$D+0.35Ls+0.4S_{SNS}-1.0S_{SUD}+W_{LNS}$	
2-8	$D+0.35Ls-0.4S_{SNS}-1.0S_{SUD}-W_{LNS}$	
2-9	$D+0.35Ls+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+W_{LEW}$	
2-10	$D+0.35Ls-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-W_{LEW}$	
2-11	$D+0.35Ls+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+W_{LEW}$	
2-12	$D+0.35Ls-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-W_{LEW}$	
2-13	$D+0.35Ls+0.4S_{SEW}+1.0S_{SUD}+W_{LEW}$	
2-14	$D+0.35Ls-0.4S_{SEW}+1.0S_{SUD}-W_{LEW}$	
2-15	$D+0.35Ls+0.4S_{SEW}-1.0S_{SUD}+W_{LEW}$	
2-16	$D+0.35Ls-0.4S_{SEW}-1.0S_{SUD}-W_{LEW}$	

(4) 荷重の入力方法

a. 固定荷重(D)

鉄骨の自重については、各要素に密度として入力する。その他については、各節点又は各要素に集中荷重又は分布荷重として入力する。

b. 積雪荷重(Ls)

水平面の各要素に分布荷重として入力する。

c. 地震荷重(Ss)

各層の層せん断力については、各節点の支配重量に応じて離散化して集中荷重として入力する。

屋根部の付加曲げモーメントについては、鉛直方向の偶力に置換し、各節点の回転中心からの距離に応じて離散化して集中荷重として入力する。

屋根部の鉛直加速度については、各節点及び各要素に鉛直震度として入力する。地震応答解析結果から得られる地震荷重を第4.4.1-4表に示す。

d. 風荷重(W<sub>L</sub>)

鉛直面の各要素に分布荷重として入力する。

第4.4.1-4表 地震応答解析結果から得られる支持架構の地震荷重

(a) 層せん断力

階層	NS方向 (kN)		EW方向 (kN)	
	Ss-C1	Ss-C1以外	Ss-C1	Ss-C1以外
4層目	10796	9880	11044	10720
3層目	14321	13089	14247	13004
2層目	14833	13181	14566	13025
1層目	15479	13446	15352	13968

(b) 付加曲げモーメント

階層	NS方向 (kN・m)		EW方向 (kN・m)	
	Ss-C1	Ss-C1以外	Ss-C1	Ss-C1以外
4層目	4380	8200	4150	10110
3層目	1270	2740	810	700
2層目	—	—	—	—
1層目	—	—	—	—

(c) 鉛直震度

Ss-C1	Ss-C1以外
0.65	1.25

注：震度は屋根部の最大応答加速度より設定し、3次元フレームモデル全体に入力する。

(5) 部材の評価方法

a. 軸力及び曲げモーメントに対する評価方法

軸力及び曲げモーメントが生じる部材は，座屈を考慮し，部材に生じる軸応力度及び曲げ応力度の組合せ応力が許容限界を超えないことを下式により確認する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0 \quad \text{又は} \quad \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ここで，

- $\sigma_c$  : 圧縮応力度
- $\sigma_b$  : 曲げ応力度
- $\sigma_t$  : 引張応力度
- $f_c$  : 許容圧縮応力度
- $f_b$  : 許容曲げ応力度
- $f_t$  : 許容引張応力度

b. せん断力に対する評価方法

せん断力が生じる部材は，部材に生じるせん断応力度が，下式により許容限界を超えないことを確認する。

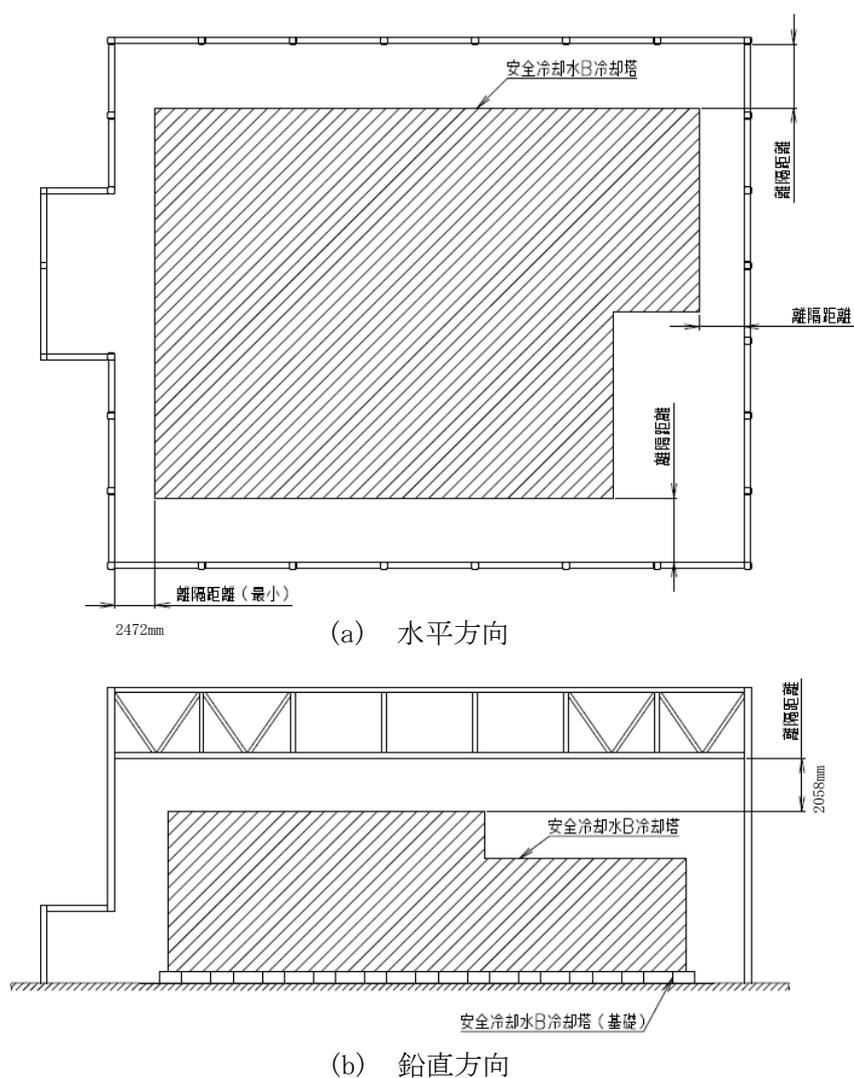
$$\frac{\tau_s}{f_s} \leq 1.0$$

ここで，

- $\tau_s$  : せん断応力度
- $f_s$  : 許容せん断応力度

(6) 相対変位に対する評価方法

支持架構と冷却塔の最大変位の合計値により算出した相対変位が、第4.4.1-3図に示す冷却塔までの離隔距離(水平方向及び鉛直方向)を超えないことを確認する。このときの最大変位の合計値には、地盤の変位も考慮する。



第4.4.1-3図 離隔距離イメージ図

#### 4.4.2 基礎梁の評価方法

##### (1) 解析モデル

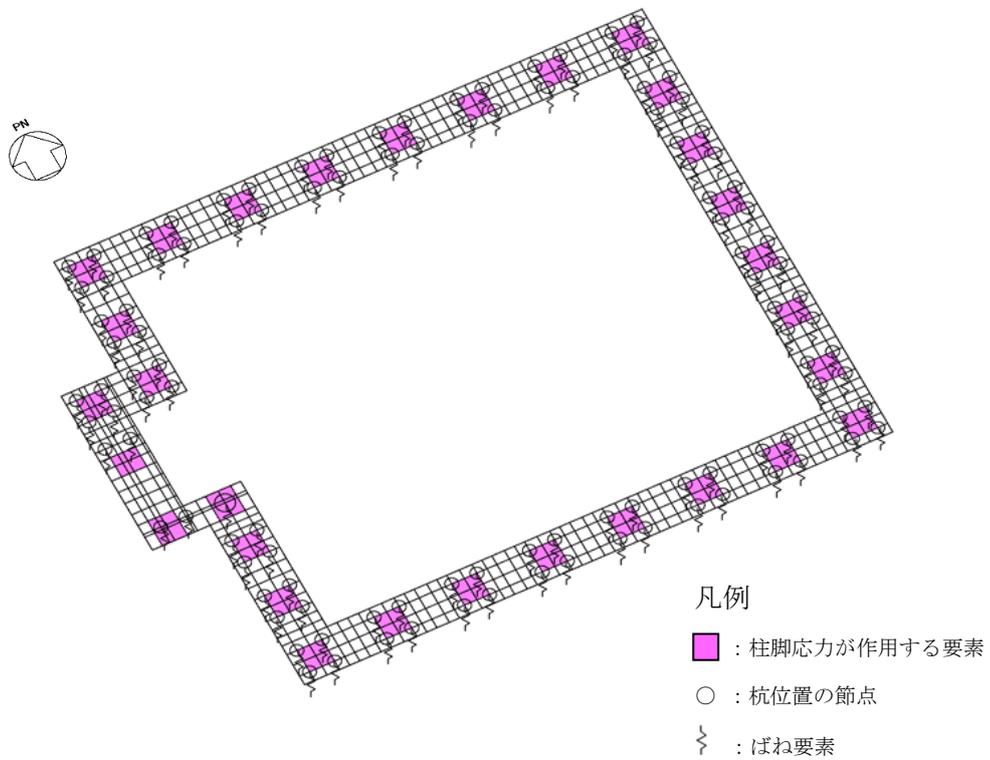
応力解析は、FEMモデルを用いた静的弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「midas iGen Ver.845」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」の「IV-3-1 建物・構築物」の「別紙6 midas iGen」に示す。

基礎梁の解析モデルを第4.4.2-1図に示す。

使用材料の物性値及び基礎梁に関する鉄筋コンクリートの単位体積重量を第4.4.2-1表、第4.4.2-2表にそれぞれ示す。

モデル化範囲は、基礎梁下端から上端まで(T.M.S.L. 52.30m～55.30m)とし、シェル要素にてモデル化する。解析モデルの節点数は959、要素数は771である。

杭位置の節点について、水平方向は並進を拘束し、鉛直方向はばね要素を設ける。ばね要素の剛性は、杭のコンクリートのヤング係数に杭の断面積を乗じ、杭の長さで除すことにより設定する。剛性を算出する際の杭の長さは、基礎梁下端(T.M.S.L. 52.30m)から支持地盤(T.M.S.L. 37.00m)までの長さとする。



第4.4.2-1図 基礎梁の解析モデル

第4.4.2-1表 使用材料の物性値

部位	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
基礎梁	24	$2.27 \times 10^4$	0.2
杭	27	$2.36 \times 10^4$	0.2

第4.4.2-2表 基礎梁に関する鉄筋コンクリートの単位体積重量

単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
24

(2) 荷重ケース

基礎梁に作用する応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

VL : 鉛直荷重(固定荷重 D+積雪荷重 L<sub>s</sub>)  
(積雪荷重は係数 0.35 を乗じたもの)

S<sub>SNS</sub> : NS 方向の S<sub>s</sub> 地震荷重(S→N 方向を正とする。)

S<sub>SEW</sub> : EW 方向の S<sub>s</sub> 地震荷重(W→E 方向を正とする。)

S<sub>SUD</sub> : 鉛直方向の S<sub>s</sub> 地震荷重(上向きを正とする。)

W<sub>LNS</sub> : NS 方向の風荷重(S→N 方向を正とする。)

W<sub>LEW</sub> : EW 方向の風荷重(W→E 方向を正とする。)

(3) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを第4.4.2-3表に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「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、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

第4.4.2-3表 荷重の組合せケース

ケース	荷重組合せ	地震荷重
1-1	$VL + 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} + W_{LNS}$	Ss-C1による 地震荷重
1-2	$VL - 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} - W_{LNS}$	
1-3	$VL + 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} + W_{LNS}$	
1-4	$VL - 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} - W_{LNS}$	
1-5	$VL + 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} + W_{LNS}$	
1-6	$VL - 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} - W_{LNS}$	
1-7	$VL + 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} + W_{LNS}$	
1-8	$VL - 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} - W_{LNS}$	
1-9	$VL + 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} + W_{LEW}$	
1-10	$VL - 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} - W_{LEW}$	
1-11	$VL + 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} + W_{LEW}$	
1-12	$VL - 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} - W_{LEW}$	
1-13	$VL + 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} + W_{LEW}$	
1-14	$VL - 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} - W_{LEW}$	
1-15	$VL + 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} + W_{LEW}$	
1-16	$VL - 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} - W_{LEW}$	
2-1	$VL + 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} + W_{LNS}$	その他の地震に よる地震荷重 (Ss-C1以外包絡)
2-2	$VL - 1.0S_{SNS} + 0.4S_{SUD} - W_{LNS}$	
2-3	$VL + 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} + W_{LNS}$	
2-4	$VL - 1.0S_{SNS} - 0.4S_{SUD} - W_{LNS}$	
2-5	$VL + 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} + W_{LNS}$	
2-6	$VL - 0.4S_{SNS} + 1.0S_{SUD} - W_{LNS}$	
2-7	$VL + 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} + W_{LNS}$	
2-8	$VL - 0.4S_{SNS} - 1.0S_{SUD} - W_{LNS}$	
2-9	$VL + 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} + W_{LEW}$	
2-10	$VL - 1.0S_{SEW} + 0.4S_{SUD} - W_{LEW}$	
2-11	$VL + 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} + W_{LEW}$	
2-12	$VL - 1.0S_{SEW} - 0.4S_{SUD} - W_{LEW}$	
2-13	$VL + 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} + W_{LEW}$	
2-14	$VL - 0.4S_{SEW} + 1.0S_{SUD} - W_{LEW}$	
2-15	$VL + 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} + W_{LEW}$	
2-16	$VL - 0.4S_{SEW} - 1.0S_{SUD} - W_{LEW}$	

(4) 荷重の入力方法

a. 鉛直荷重(VL)

各要素に単位体積重量として入力する。

b. 地震荷重(Ss)及び風荷重(W<sub>L</sub>)

地震応答解析結果による地震荷重については、各要素に水平震度及び鉛直震度として入力する。地震応答解析から得られる地震荷重を第4.4.2-4表に示す。

支持架構の評価結果による支持架構から作用する荷重については、支持架構の柱脚位置の節点に集中荷重として入力する。この荷重には、固定荷重、積雪荷重、地震荷重及び風荷重を含む。

杭の評価結果による杭から作用する荷重については、杭位置の節点に集中荷重として入力する。この荷重には、地震荷重及び風荷重を含む。

第4.4.2-4表 地震応答解析結果から得られる地震荷重

方向	NS方向		EW方向	
	Ss-C1	Ss-C1以外	Ss-C1	Ss-C1以外
水平震度	0.80	0.70	0.75	0.65
鉛直震度	0.21	0.36	0.21	0.36

(5) 断面の評価方法

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが曲げ終局強度を超えないことを下式により確認する。

$$M \leq M_u$$

$$M_u = 0.8a_t \sigma_y D + 0.4ND \quad (N_{\min} \leq N \leq 0)$$

$$M_u = 0.8a_t \sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) \quad (0 \leq N \leq 0.4bDF_c)$$

$$M_u = \left(0.8a_t \sigma_y D + 0.12bD^2F_c\right) \left(\frac{N_{\max} - N}{N_{\max} - 0.4bDF_c}\right) \quad (0.4bDF_c \leq N \leq N_{\max})$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント

$M_u$  : 許容限界(曲げ終局強度)

$N_{\min}$  : 中心引張時終局強度であり、下式による値

$$N_{\min} = -a_g \sigma_y$$

$N_{\max}$  : 中心圧縮時終局強度であり、下式による値

$$N_{\max} = bDF_c + a_g \sigma_y$$

$N$  : 軸力

$a_t$  : 引張主筋断面積

$a_g$  : 主筋全断面積

$b$  : 断面幅

$D$  : 断面せい

$\sigma_y$  : 鉄筋の引張に対する材料強度

$F_c$  : コンクリート圧縮強度

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が許容限界を超えないことを下式により確認する。

$$Q \leq Q_u$$

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M/Qd + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j$$

ここで、

Q : 面外せん断力

$Q_u$  : 許容限界(面外せん断終局強度)

$p_t$  : 引張鉄筋比

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度

$M/Q$  : 強度算定断面における曲げモーメントMと面外せん断力Qの比

d : 有効せい

$p_w$  : 面外せん断補強筋比

$\sigma_{wy}$  : 面外せん断補強筋の降伏強度

$\sigma_0$  : 平均軸方向応力度

b : 部材幅

j : 応力中心間距離

#### 4.4.3 杭の評価方法

##### (1) 応力解析

地盤から作用する地震荷重による応力は、応力解析により算定する。

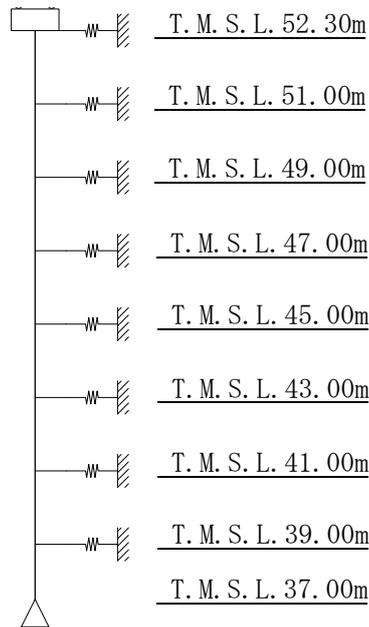
応力解析は、梁要素と地盤ばねによるモデルを用いた応答変位法による応力解析を実施する。解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.07」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「Ⅳ-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」の「Ⅳ-3-1 建物・構築物」の「別紙3 TDAPⅢ」に示す。

杭の解析モデルを第4.4.3-1図に、杭及び地盤ばねの諸元を第4.4.3-1表及び第4.4.3-2表に示す。

モデル化範囲は、改良地盤と岩盤との境界面から基礎梁下端まで(T.M.S.L. 37.00m～52.30m)とする。杭は梁要素としてモデル化する。

杭先端位置ではピン支持とし、杭周には三軸圧縮試験結果から「基礎指針」に基づき設定した水平地盤ばねを設ける。

地盤から作用する地震荷重として、地震応答解析結果による改良地盤の各時刻の変形量を地盤ばねの固定位置に強制変位として入力する。ここで、改良地盤の変形量は、杭先端位置に対する相対変位とし、基礎梁の回転角も考慮する。



第4.4.3-1図 杭の解析のモデル

第4.4.3-1表 杭の諸元

諸元	P1, P1A	P2
設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	27	27
比重 (kN/m <sup>3</sup> )	24	24
ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	23600	23600
杭径 (mm)	1000	1500
断面積 (m <sup>2</sup> )	0.785	1.77
長さ (m)	15.3	15.3
軸剛性 (kN/m)	1210000	2720000

第4.4.3-2表 地盤ばねの諸元

諸元	P1, P1A	P2
変形係数E <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	614000	614000
評価法によって決まる定数 α (m <sup>-1</sup> )	80	80
群杭の影響を考慮した係数 ξ	0.4	1.0
水平地盤反力係数k <sub>h</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	1960000	3620000
地盤ばね剛性 (kN/m <sup>2</sup> )	1960000	5430000

(2) 応力計算

支持架構及び基礎梁から作用する地震荷重並びに風荷重による応力については、応力計算により算定する。

応力計算は、「基礎指針」に基づき、下式により実施する。

支持架構及び基礎梁から作用する地震荷重として、地震応答解析結果による基礎梁上端の層せん断力及び基礎梁部の加速度(水平)から求めた慣性力を考慮した各時刻の杭頭せん断力を用いる。また、支持架構及び基礎梁から作用する風荷重として、支持架構の応力解析による基礎梁上端の層せん断力を考慮した杭頭せん断力を用いる。

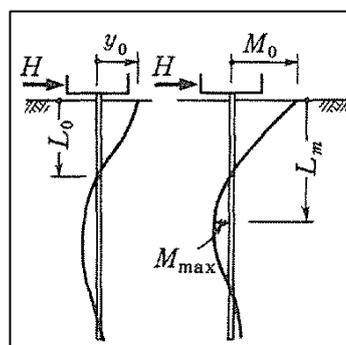
$$M_0 = \frac{H}{2\beta}$$

$$\beta = \left( \frac{k_h \cdot B}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$k_h = 3.16 \cdot k_{h0} : 0.0 \leq y \leq 0.1$$

$$k_h = k_{h0} \cdot y^{\left(-\frac{1}{2}\right)} : 0.1 < y$$

$$k_{h0} = \alpha \cdot \xi \cdot E_0 \cdot \bar{B}^{-\frac{3}{4}}$$



ここで、

$M_0$  : 杭頭曲げモーメント (kN・m)

$H$  : 杭頭せん断力 (kN)

$\beta$  : 杭の特性係数 ( $m^{-1}$ )

$k_h$  : 水平地盤反力係数 ( $kN/m^3$ )

$B$  : 杭径 (m)

$E$  : 杭のコンクリートのヤング係数 ( $kN/m^2$ )

$I$  : 杭の断面 2 次モーメント ( $m^4$ )

$k_{h0}$  : 基準水平地盤反力係数 ( $kN/m^3$ )

$y$  : 無次元化水平変位 (水平変位量を cm で表した無次元量)

$\alpha$  : 評価法によって決まる定数 ( $m^{-1}$ )。  $\alpha=80$  とする。

$\xi$  : 群杭の影響を考慮した係数。最小の杭間距離から算定する。

$E_0$  : 変形係数 ( $kN/m^2$ )。岩盤の三軸圧縮試験の結果から算定する。

$\bar{B}$  : 無次元化杭径 (杭径を cm で表した無次元数値)

(3) 応力の組合せ

軸力については、「4.4.2 基礎梁の評価方法」による基礎梁の応力解析結果における杭位置の反力を用いる。

曲げモーメントについては、「(1) 応力解析」及び「(2) 応力計算」による結果を各時刻で組み合わせ、その最大値を用いる。

せん断力については、「4.4.2 基礎梁の評価方法」による基礎梁の応力解析結果における杭位置の反力と「(1) 応力解析」による結果の最大値を組み合わせる。

(4) 断面の評価方法

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントに対する評価は、「基礎指針」に基づき、杭に生じる軸力及び曲げモーメントが、第4.3-3図に示す杭の終局強度を超えないことを下式により確認する。

$$M \leq M_u$$

ここで、

M : 曲げモーメント

$M_u$  : 許容限界(曲げ終局強度)

b. せん断力に対する評価

せん断力に対する評価は、「基礎指針」に基づき、杭に生じるせん断力が下式により算定された第4.3-7表の許容限界を超えないことを下式により確認する。

$$Q \leq Q_u$$

$$Q_u = \left\{ \frac{0.092k_u k_p (17.7 + F_c)}{M/(QD) + 0.12} + 0.846\sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} bj$$

ここで、

Q : 面外せん断力

$Q_u$  : 許容限界(面外せん断終局強度)

$k_u, k_p$  : 補正係数(「RC-N規準」に基づき設定)

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度

$M/(QD)$  : 強度算定断面における曲げモーメントMと面外せん断力Qの比をDで除した値

$p_w$  : せん断補強筋比

$\sigma_{wy}$  : せん断補強筋の降伏強度

$\sigma_0$  : 軸方向応力度

b : 等価正方形断面の幅( $b=0.89D$ , D: 杭径)

j : 等価正方形断面の応力中心間距離( $j=0.875d$ ,  $d=0.9b$ )

(5) 支持力及び引抜き力に対する評価方法

支持力及び引抜き力に対する評価は、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」の「4.2 杭基礎の支持力」に基づき、杭に生じる最大軸力及び最小軸力が第4.3-6表に示す杭の極限支持力を超えないことを下式により確認する。引抜き力に対する評価においては浮力を考慮する。

$$N \leq R_u, N \leq R_{TU}$$

ここで、

N : 軸力

$R_u$  : 許容限界(極限支持力)

$R_{TU}$  : 許容限界(最大引抜き抵抗力)

## 5. 評価結果

### 5.1 地震応答解析による評価結果

「3.2 評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

軸ひずみが最大となる座屈拘束ブレースの評価結果を第5.1-1表に示す。座屈拘束ブレースの軸ひずみは最大で1.70%であり、許容限界を下回ることを確認した。

疲労係数総和が最も大きい座屈拘束ブレースの疲労評価結果を第5.1-2表に示す。疲労係数総和は最大で0.5950であり、許容限界を下回ることを確認した。

第5.1-1表 軸ひずみの評価結果(Ss-C1, -1 $\sigma$ 地盤, 有効応力解析, NS方向, 要素No.121)

軸ひずみ(%)	許容限界(%)	検定比	判定
1.70	3.0	0.57	OK

第5.1-2表 疲労評価結果(Ss-A, -1 $\sigma$ 地盤, 有効応力解析, NS方向, 要素No.121)

ひずみ振幅 (0.1%-0.3%)		ひずみ振幅 (0.3%-0.5%)		ひずみ振幅 (0.5%-1.0%)		ひずみ振幅 (1.0%-2.7%)		疲労係数総和	許容限界	判定
許容繰返し回数N : 5537回		許容繰返し回数N : 1952回		許容繰返し回数N : 474回		許容繰返し回数N : 62回				
繰返し数n	疲労係数 n/N	繰返し数n	疲労係数 n/N	繰返し数n	疲労係数 n/N	繰返し数n	疲労係数 n/N			
105	0.0190	91	0.0466	98	0.2068	20	0.3226	0.5950	1	OK

## 5.2 応力解析による評価結果

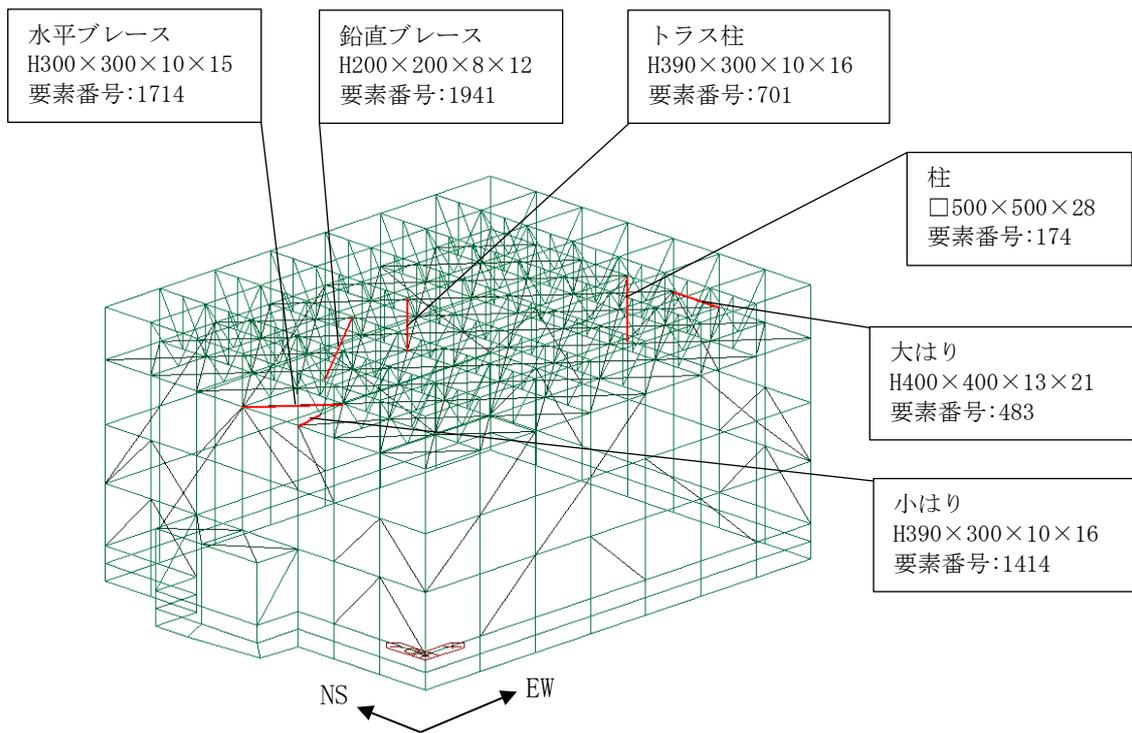
### 5.2.1 支持架構の評価結果

#### (1) 部材の評価

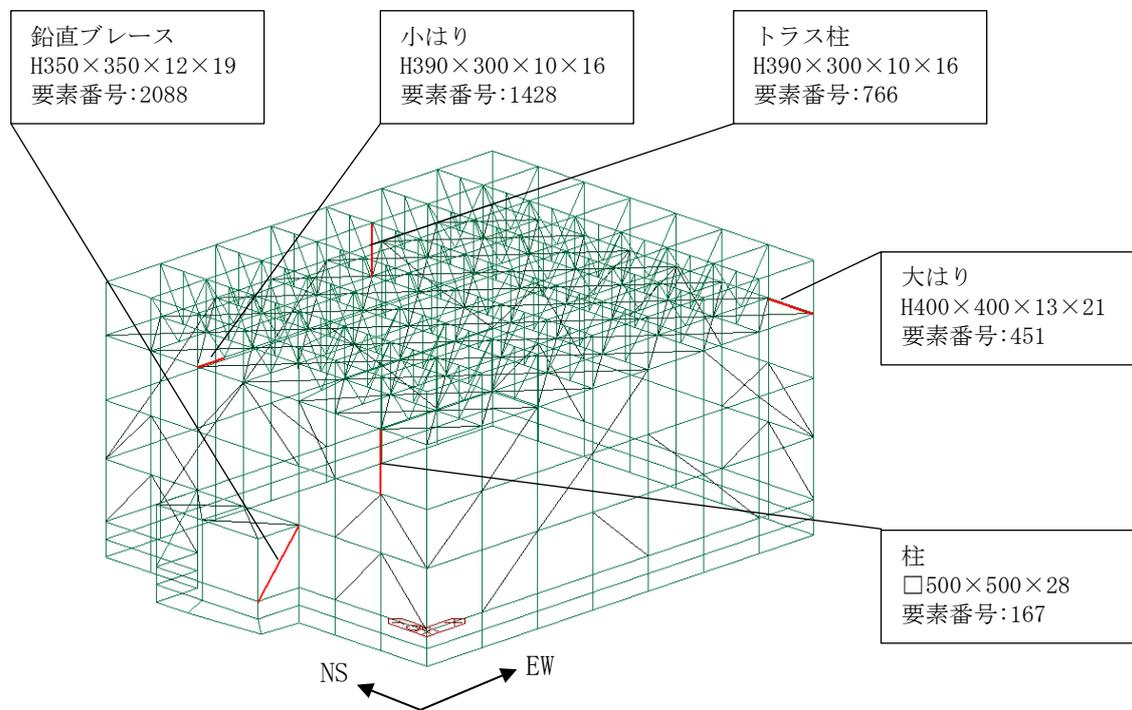
「4.4.1(5) 部材の評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

評価結果は、部材種別ごとに検定比が最も大きい部材に対して示す。当該部材の位置を第5.2.1-1図に、評価結果を第5.2.1-1表に示す。

発生応力度が、許容限界を超えないことを確認した。



(a) 軸力+曲げ



(b) せん断

第5.2.1-1図 評価結果を記載する位置

第5.2.1-1表 部材の評価結果

部材種別	要素番号	ケース	応力度	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比	判定
柱	167	1-4	せん断	34.0	206.0	0.17	OK
	174	1-4	軸力+曲げ	(検定比) 0.89	(許容値) 1.00	0.89	OK
大はり	451	1-4	せん断	70.1	206.0	0.34	OK
	483	1-4	軸力+曲げ	(検定比) 0.87	(許容値) 1.00	0.87	OK
小はり	1428	1-12	せん断	38.5	206.0	0.19	OK
	1414	1-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.87	(許容値) 1.00	0.87	OK
トラス柱	766	2-7	せん断	13.5	206.0	0.07	OK
	701	1-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.72	(許容値) 1.00	0.72	OK
鉛直 ブレース	2088	1-12	せん断	10.3	206.0	0.05	OK
	1941	2-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.69	(許容値) 1.00	0.69	OK
水平 ブレース	1714	1-1	軸力+曲げ	(検定比) 0.30	(許容値) 1.00	0.30	OK

(2) 相対変位に対する評価

「4.4.1(6) 相対変位に対する評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

水平方向及び鉛直方向の相対変位に対する評価結果を第5.2.1-2表に示す。支持架構と冷却塔の相対変位が、許容限界を下回ることを確認した。

第5.2.1-2表 相対変位に対する評価結果

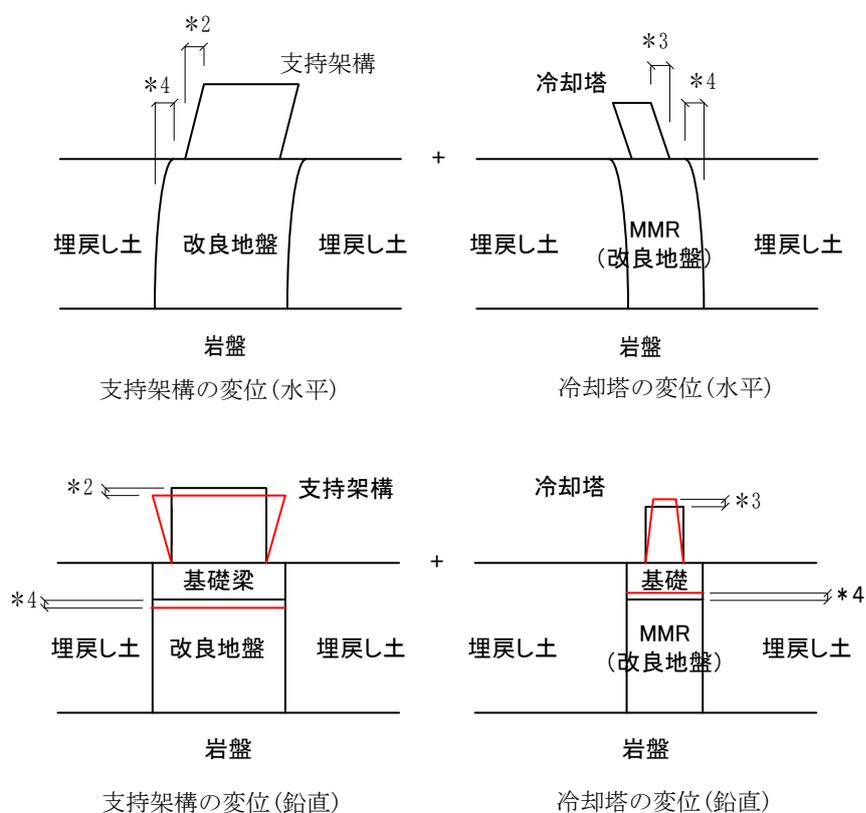
方向	相対変位*1 (mm)	許容限界(mm)	検定比	判定
水平方向	■	2472	■	OK
鉛直方向	■	2058	■	OK

注記 \*1：支持架構と冷却塔との相対変位(\*2+\*4)+(\*3+\*4) (第5.2.1-2図参照)。

\*2：支持架構の応力解析における全節点の最大変位。

\*3：冷却塔の最大変位。

\*4：地震応答解析における地盤の最大変位。冷却塔の直下は剛性の高いMMRであるが、保守的に改良地盤の変位を用いて評価する。



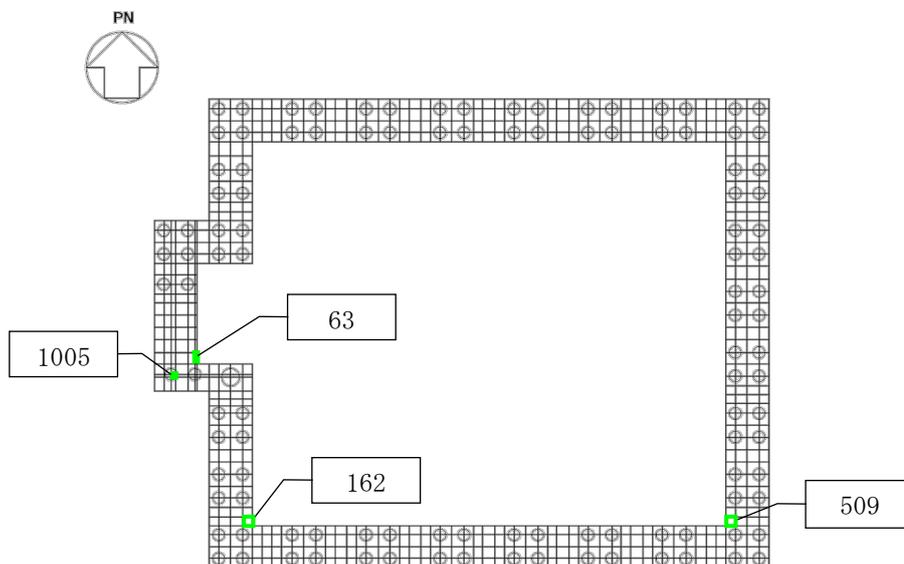
第5.2.1-2図 相対変位のイメージ図

### 5.2.2 基礎梁の評価結果

「4.4.2(5) 断面の評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

断面の評価結果は、許容限界に対する曲げモーメント及び面外せん断力の割合が最も大きい要素に対して示す。当該要素の位置を第5.2.2-1図に、評価結果を第5.2.2-1表に示す。

曲げモーメント及び面外せん断力が、それぞれの許容限界を超えないことを確認した。



注：□内の数値は要素番号

第5.2.2-1図 評価結果を記載する要素の位置

第5.2.2-1表 基礎梁の評価結果

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	162	1-4	3527	4791	0.74	OK
EW	509	1-10	1274	1755	0.73	OK

(b) 面外せん断力に対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	面外せん断力 (kN/m)			
NS	63	1-4	2236	5661	0.40	OK
EW	1005	1-12	2061	5874	0.36	OK

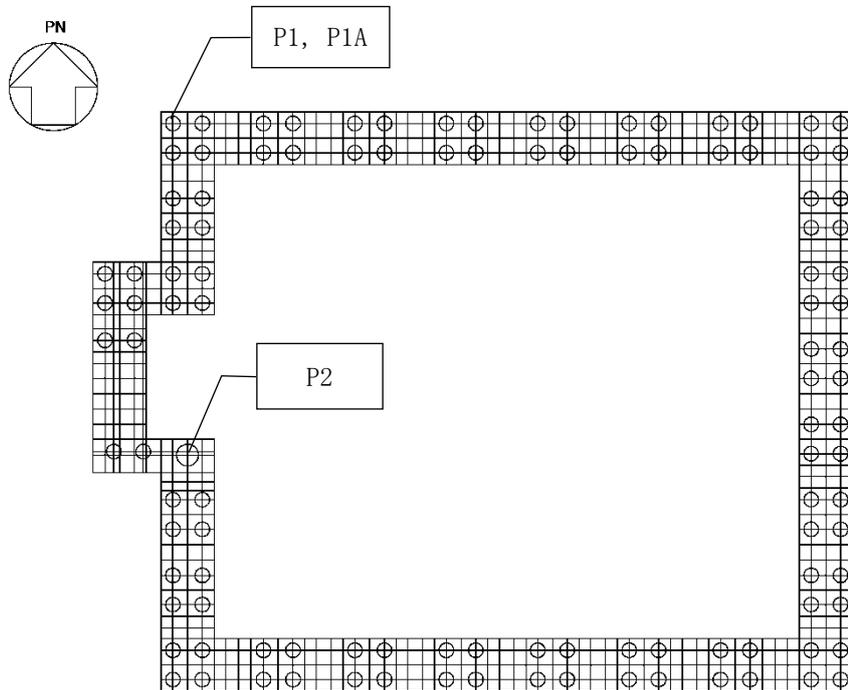
### 5.2.3 杭の評価結果

#### (1) 断面の評価結果

「4.4.3(4) 断面の評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

断面の評価結果は、杭種ごとに、許容限界に対する曲げモーメント並びにせん断力の割合が最も大きい杭に対して示す。当該の杭の位置を第5.2.3-1図に、評価結果を第5.2.3-1表及び第5.2.3-2図に示す。

曲げモーメント及びせん断力が、それぞれの許容限界を超えないことを確認した。



第5.2.3-1図 評価結果を記載する杭の位置

第5.2.3-1表 断面の評価結果

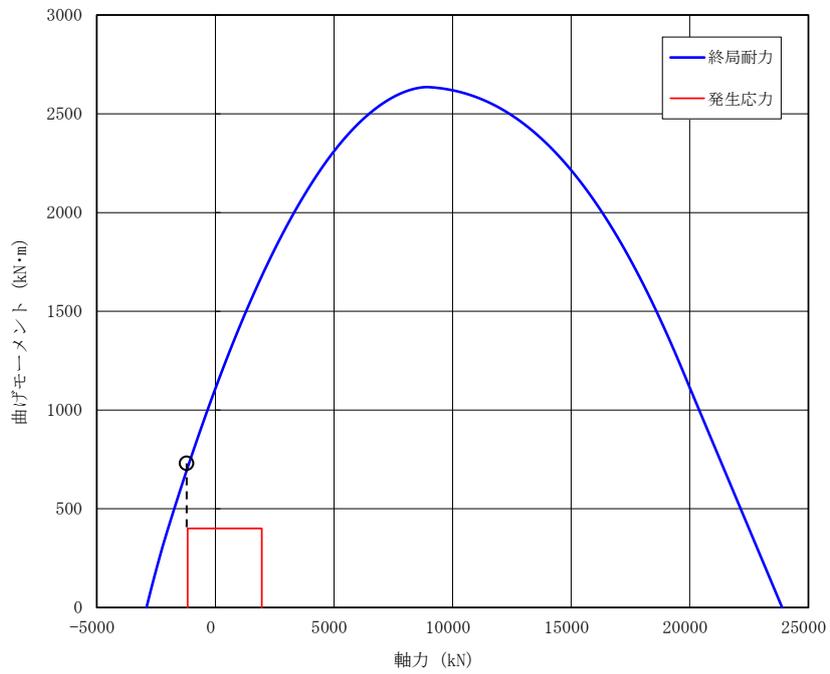
(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

杭種	応力の組合せ結果			許容限界 (kN・m)	検定比	判定
	節点 番号*	ケース*	曲げモーメント (kN・m)			
P1, P1A	189	1-2	400	706	0.57	OK
P2	1207	1-2	1520	3583	0.43	OK

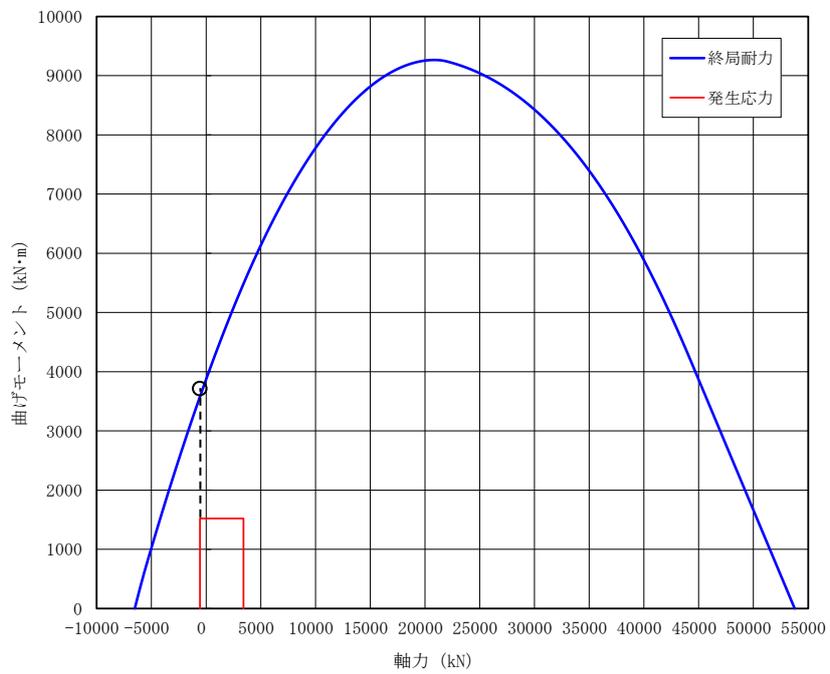
(b) せん断力に対する評価

杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN)	検定比	判定
	ケース*	せん断力 (kN)			
P1, P1A	1-2	540	1838	0.30	OK
P2	1-2	1730	4594	0.38	OK

注記 \* : 基礎梁の評価における節点番号及びケースを示す。



(a) P1, P1A



(b) P2

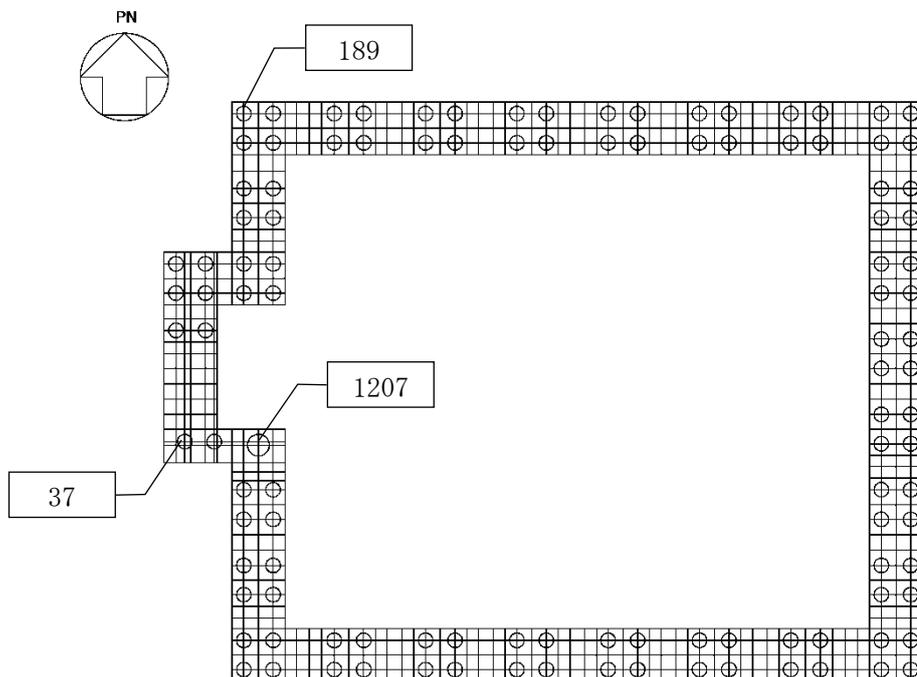
第5. 2. 3-2図 杭の軸力及び曲げモーメントに対する評価結果

(2) 支持力及び引抜き力に対する評価結果

「4.4.3(5) 支持力及び引抜き力に対する評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

支持力及び引抜き力に対する評価結果は、杭種ごとに、許容限界に対する軸力の割合が最も大きい杭に対して示す。当該の杭の位置を第5.2.3-3図に、評価結果を第5.2.3-2表に示す。

支持力及び引抜き力が、それぞれの許容限界を超えないことを確認した。



注：    内の数値は節点番号

第5.2.3-3図 評価結果を記載する杭の位置

第5.2.3-2表 支持力及び引抜き力に対する評価結果

項目	杭種	応力の組合せ結果			許容限界 (kN)	検定比	判定
		節点 番号*1	ケース*1	軸力*2 (kN)			
支持力	P1, P1A	37	1-12	1959	9409	0.21	OK
	P2	1207	1-3	3422	17058	0.21	OK
引抜き力	P1, P1A	189	1-2	-1173	5494	0.22	OK
	P2	1207	1-2	-561	8379	0.07	OK

注記 \*1：基礎梁の評価における節点番号及びケースを示す。

\*2：軸力は正が圧縮，負が引張を示す。

## IV－2－3

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

# IV - 2 - 3 - 1

## 建物・構築物

IV-2-3-1-1  
建物及び屋外機械基礎

## IV-2-3-1-1-1

建物及び屋外機械基礎の水平 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

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動 .....	1
3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果 .....	1
3.1 影響評価部位の抽出 .....	1
3.2 影響評価部位の抽出結果 .....	8
3.3 影響評価 .....	9
3.4 影響評価結果 .....	9
3.5 まとめ .....	9
IV-2-3-1-1-1 別紙 1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の水平 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	

## 1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び「IV-1-1-7 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」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、建物・構築物(本資料においては、建物及び屋外機械基礎とし、洞道、竜巻防護対策設備及び排気筒は含まない。)(以下、「建物・構築物」という。)が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 $S_s$ を用いる。基準地震動 $S_s$ は、「IV-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」のうち「6. 基準地震動 $S_s$ 」による。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動 $S_s$ は、複数の基準地震動 $S_s$ における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

## 3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

### 3.1 影響評価部位の抽出

建物・構築物において、従来設計手法に対して水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位を抽出し影響検討を行う。

#### (1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第3.1-1表に示す。

#### (2) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第3.1-2表及び第3.1-3表に示す。

#### (3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第3.1-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第3.1-2表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3.1-4表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として、安全冷却水B冷却塔基礎の基礎スラブを抽出した。

応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位は抽出されなかった。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の整理

第 3.1-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第 3.1-3 表に示す 3 次元的な応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される部位を整理した。整理した結果を第 3.1-5 表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位として、該当する部位はなかった。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する」可能性がある部位として、該当する部位はなかった。

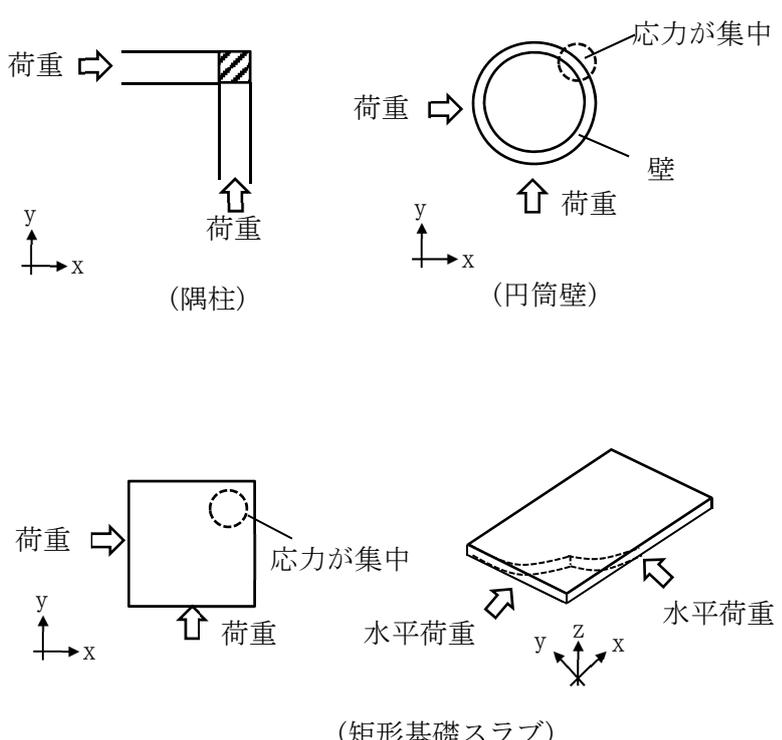
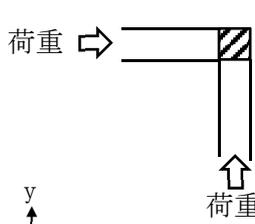
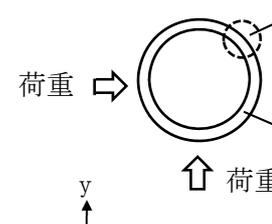
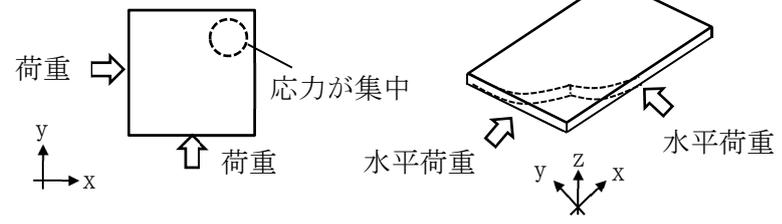
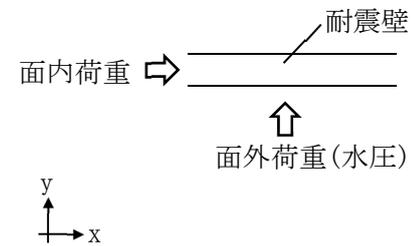
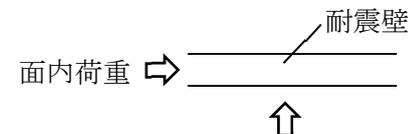
第 3.1-1 表 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔基礎
		RC造（基礎）
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	—
梁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 トラス	—
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	—
床屋根	一般部	—
基礎 スラブ	矩形	○
	矩形以外	—

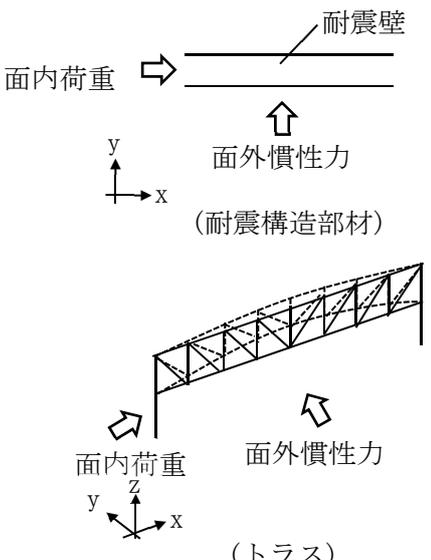
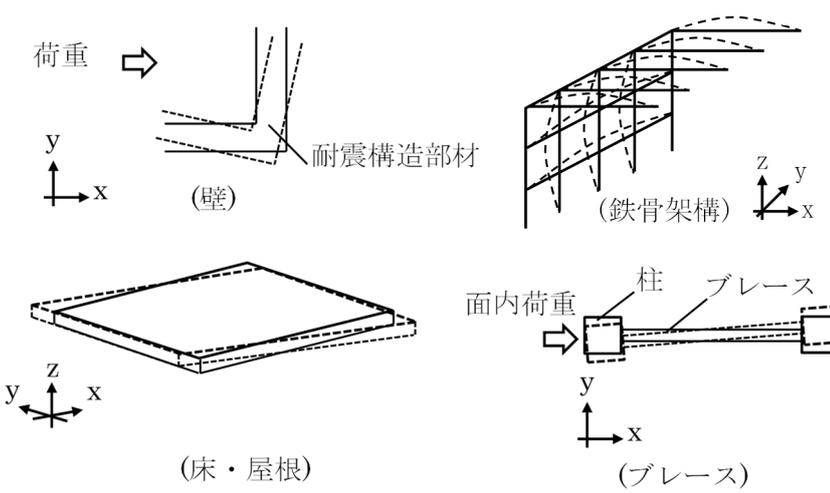
凡例 ○：対象の構造部材が存在する

—：対象の部材が存在しない

第 3.1-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性  
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平 2 方向の荷重 が、応力とし て集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>荷重 →  (隅柱)</p> <p>荷重 →  壁 (円筒壁)</p> <p>荷重 →  (矩形基礎スラブ)</p> <p>応力が集中</p> <p>応力が集中</p> <p>水平荷重</p> <p>水平荷重</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用</p>	<p>水圧を負担するプール等 (例)</p>  <p>面内荷重 →  耐震壁</p> <p>↑ 面外荷重(水圧)</p>

第 3.1-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性  
(3 次元的な応答特性)

3 次元的な 応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパンや吹き抜け部に設置された部位 (例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力</p> <p>(耐震構造部材)</p> <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力</p> <p>(トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方に励起される振動</p>	<p>塔状構造物などを含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p>  <p>荷重</p> <p>耐震構造部材</p> <p>(壁)</p> <p>(鉄骨架構)</p> <p>(床・屋根)</p> <p>面内荷重</p> <p>柱</p> <p>ブレース</p> <p>(ブレース)</p>

第3.1-4表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響の確認が必要な部位の抽出  
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔基礎
		RC造（基礎）
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	—
梁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 トラス	—
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	—
床屋根	一般部	—
基礎 スラブ	矩形	①-1要
	矩形以外	—

凡例 ①-1 要：応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」  
—：対象の構造部材が存在しない

第 3.1-5 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響の確認が必要な部位の抽出  
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		安全冷却水B冷却塔基礎
		RC造（基礎）
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	—
梁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 トラス	—
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	—
床屋根	矩形	—
基礎 スラブ	矩形以外	該当無し
	矩形以外	—

凡例 該当無し：応答特性②-1 または②-2 に該当しない

—：対象の構造部位が存在しない

### 3.2 影響評価部位の抽出結果

#### (1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるとして抽出した部位を第 3.2-1 表に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位のうち、安全冷却水 B 冷却塔基礎の基礎スラブについて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第 3.2-1 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物
	基礎スラブ	矩形	
①-1	基礎スラブ	矩形	安全冷却水 B 冷却塔基礎

凡例 ①-1：応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」

#### (2) 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位のうち、間接支持構造物のものについて、3 次元的な挙動による応答増幅の観点から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位を抽出する。

安全冷却水 B 冷却塔の基礎スラブについては、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

### 3.3 影響評価

荷重の組合せによる応答特性より影響が想定される部位として抽出された部位については、構造部材の発生応力等を適切に組合せることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位の耐震性への影響を評価する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。なお、組合せる荷重又は応力としては、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果を用いる。

### 3.4 影響評価結果

建物・構築物の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果は、「IV-2-3-1-1-1 別紙 1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

### 3.5 まとめ

安全冷却水 B 冷却塔の基礎において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある耐震評価部位を抽出し、その部位における従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した。その結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力は、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、増加する傾向にあるが、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力が許容値を満足することを確認した。

以上より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せについては、安全冷却水 B 冷却塔の基礎が有する耐震性への影響がないことを確認した。

IV—2—3—1—1—1

別紙 1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の  
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

## 目 次

	ページ
1. 構造概要 .....	1
2. 基礎スラブの評価 .....	2

## 1. 構造概要

安全冷却水B冷却塔基礎の主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で■■■m(NS)×■■■m(EW)であり、厚さは■■■mである。

主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の基礎スラブである。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。安全冷却水B冷却塔基礎の概略平面図及び概略断面図は「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」のうち「2.2 構造概要」に示す。

## 2. 基礎スラブの評価

S<sub>s</sub>地震時を対象として、直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位である安全冷却水B冷却塔基礎の基礎スラブについて、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

基礎スラブについて、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力を水平2方向及び鉛直方向に作用させ、FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。FEM解析による断面の評価は、「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」のうち「4.4.1 基礎スラブの評価方法」に基づくとする。

地震荷重は、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」にて、基準地震動S<sub>s</sub>により算定される動的地震力を用いる。

地震荷重以外の荷重については「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」のうち「4.2.1 荷重」に基づいて評価を実施する。

荷重の組合せは「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」のうち「4.2.2 荷重の組合せ」にて設定されている荷重及び荷重の組合せを用いる。

基礎スラブのモデル化においては、シェル要素にてモデル化する。また、基礎スラブ底面に水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。なお、基礎スラブ底面に設置した地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。解析モデルの節点数は146、要素数は122である。解析モデルを第2.-1図に示す。コンクリートの物性値を第2.-1表に、鉄筋コンクリートの単位体積重量を第2.-2表に示す。

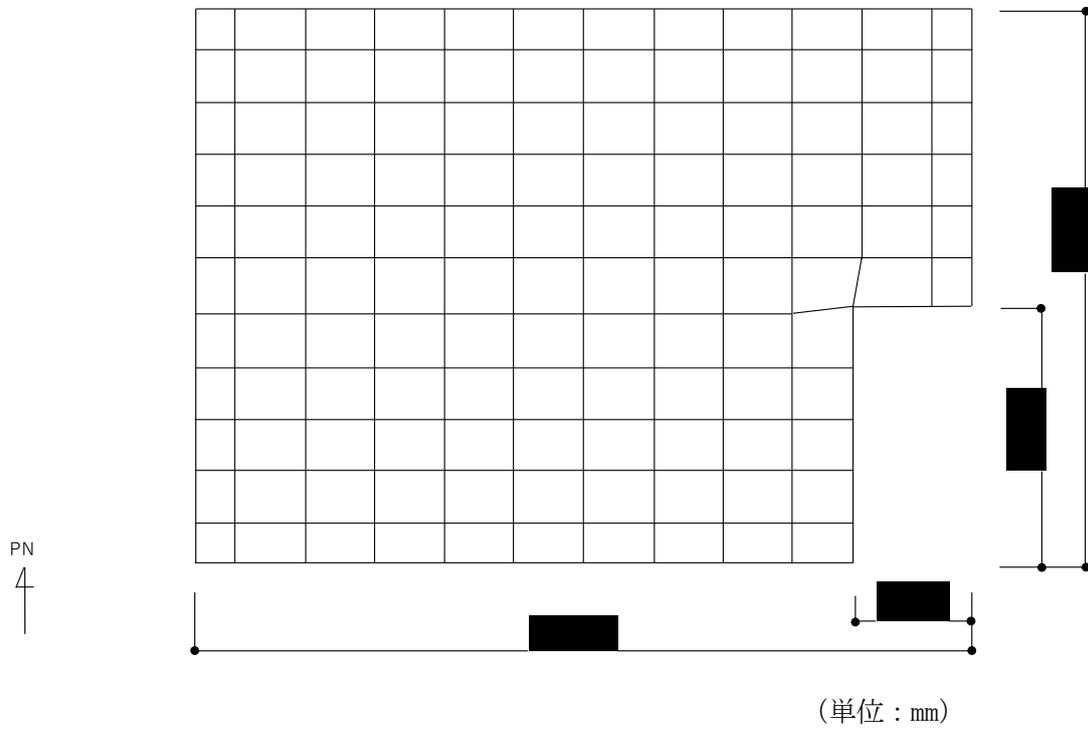
評価方法として、軸力及び曲げモーメントと面外せん断力に対して応力評価を行い、発生する応力が「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会, 2005)」に基づく許容限界を超えないことを確認する。

評価結果を記載する要素の位置(許容限界に対する解析結果の割合が最大となる要素)を第2.-2図及び第2.-3図、評価結果を第2.-3表及び第2.-4表に示す。

評価の結果、S<sub>s</sub>地震時における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生曲げモーメント及び発生面外せん断力が、それぞれの許容限界を超えないこと確認した。

ここで、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生応力は、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、増加する傾向であるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力が許容値を満足することを確認した。

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



第 2. -1 図 解析モデル

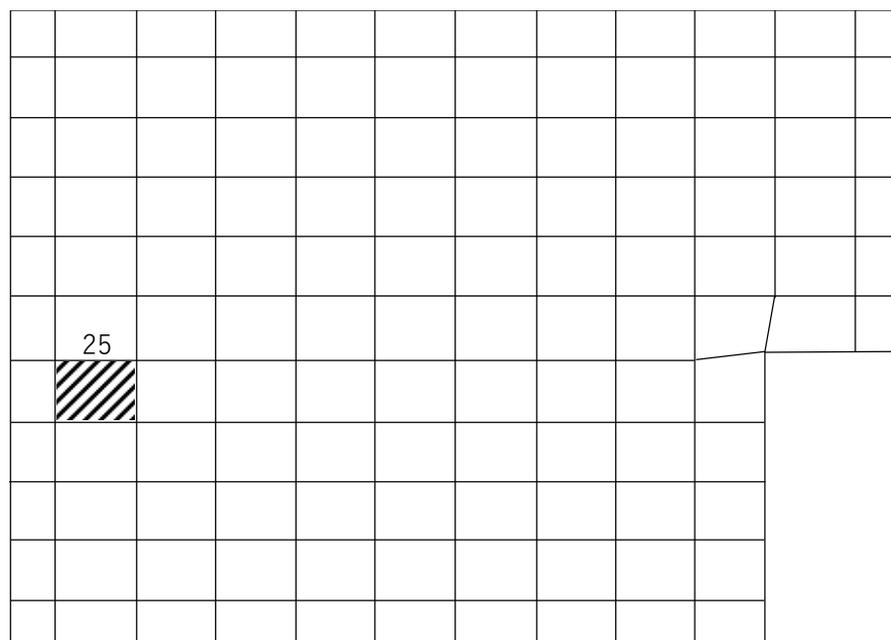
第 2. -1 表 コンクリートの物性値

設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 Ec (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
23.5 (Fc=240kgf/cm <sup>2</sup> )	2.25×10 <sup>4</sup>	0.2

第2. -2表 鉄筋コンクリートの単位体積重量

単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
24

PN  
4  
|



(a) NS方向 水平2方向+鉛直  
(要素 No. 25)

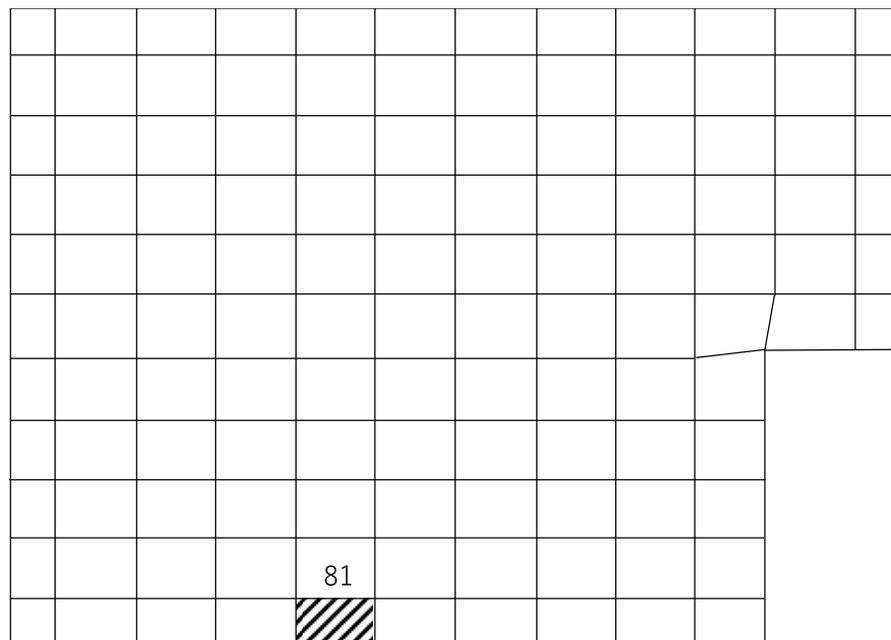
PN  
4  
|



(b) NS方向 水平1方向+鉛直  
(要素No. 5)

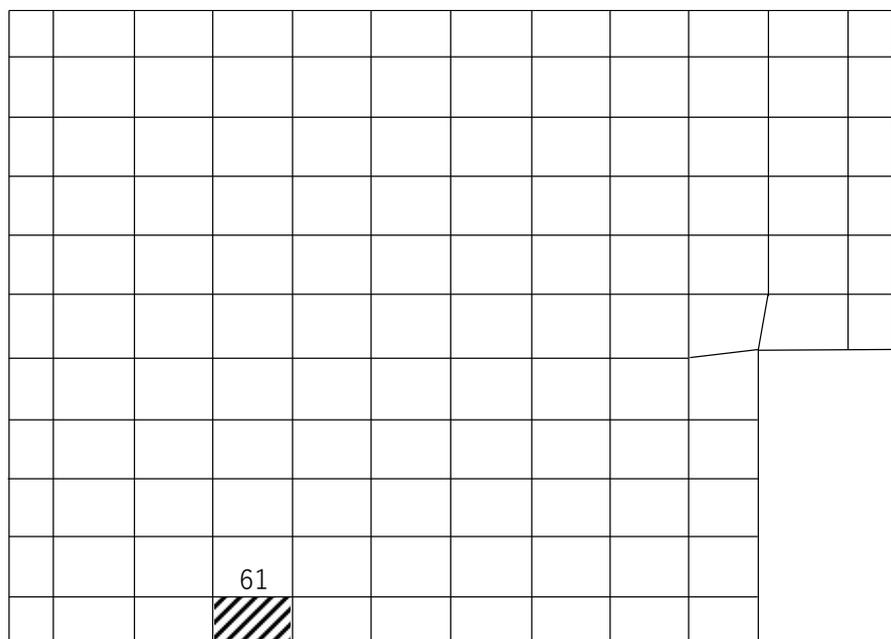
第2.-2図 軸力及び曲げモーメントに対する評価結果を示す要素の位置図(1/2)

PN  
4  
↑



(c) EW方向 水平2方向+鉛直  
(要素No. 81)

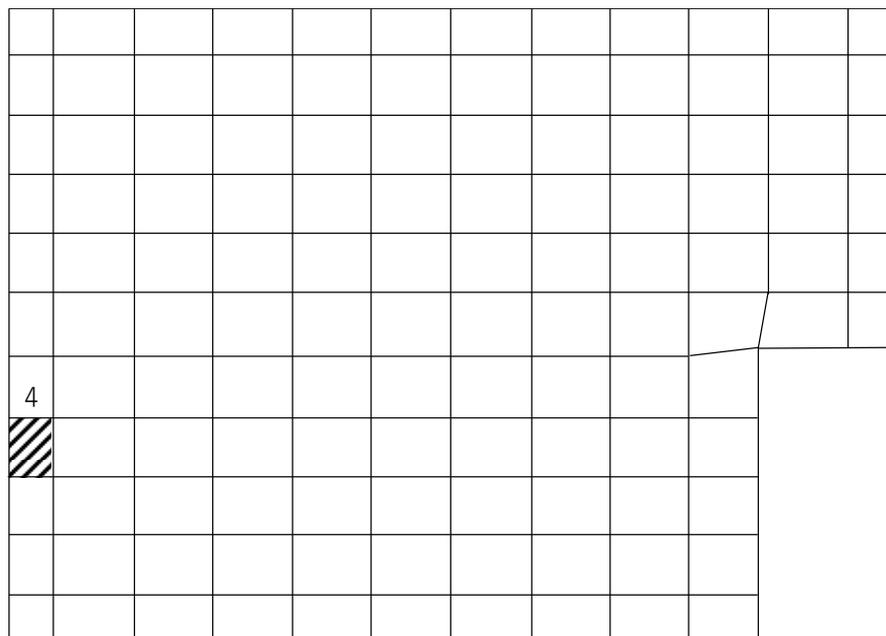
PN  
4  
↑



(d) EW方向 水平1方向+鉛直  
(要素No. 61)

第2.-2図 軸力及び曲げモーメントに対する評価結果を示す要素の位置図(2/2)

PN  
4  
|



(a) NS方向 水平2方向+鉛直  
(要素 No. 4)

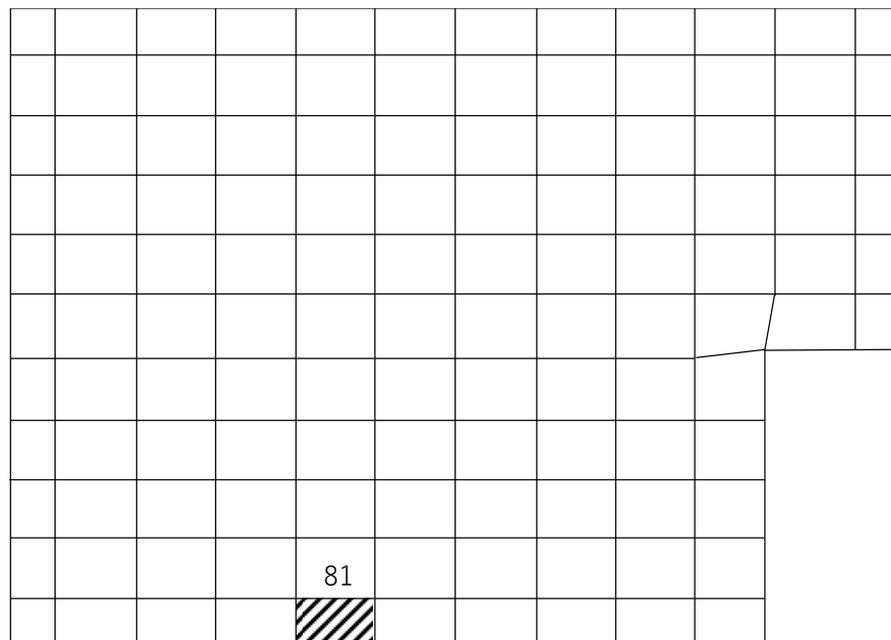
PN  
4  
|



(b) NS方向 水平1方向+鉛直  
(要素 No. 6)

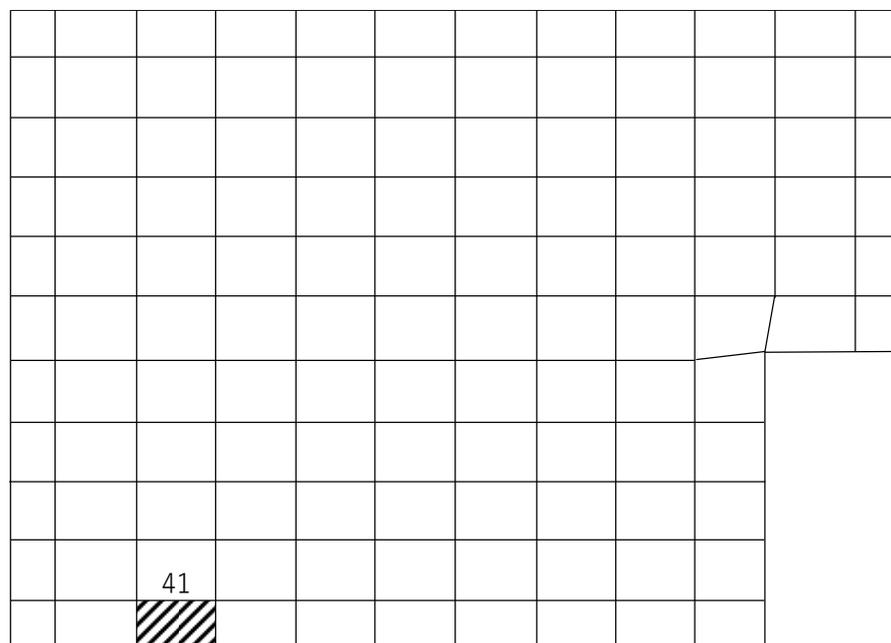
第2.-3図 面外せん断力に対する評価結果を示す要素の位置図(1/2)

PN  
4  
↑



(c) EW方向 水平2方向+鉛直  
(要素 No. 81)

PN  
4  
↑



(d) EW方向 水平1方向+鉛直  
(要素 No. 41)

第2.-3図 面外せん断力に対する評価結果を示す要素の位置図(2/2)

第2.-3表 軸力及び曲げモーメントに対する評価結果

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

方向	解析結果		許容値 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	発生曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	25	1540	1806	0.853	OK
EW	81	884	1884	0.470	OK

注記 1：許容値は曲げ終局強度を示す。

2：検定比＝(発生曲げモーメント)/(許容値)

3：軸力は圧縮を正とする。

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

方向	解析結果		許容値 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	発生曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	5	1248	1972	0.633	OK
EW	61	647	2006	0.323	OK

注記 1：許容値は曲げ終局強度を示す。

2：検定比＝(発生曲げモーメント)/(許容値)

3：軸力は圧縮を正とする。

第2.-4表 面外せん断力に対する評価結果

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

方向	解析結果		許容値 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	発生面外せん断力 (kN/m)			
NS	4	327	850	0.385	OK
EW	81	208	783	0.266	OK

注記 1：許容値は面外せん断終局強度を示す。

2：検定比＝(発生面外せん断力)/(許容値)

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

方向	解析結果		許容値 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	発生面外せん断力 (kN/m)			
NS	6	388	1565	0.249	OK
EW	41	178	1230	0.145	OK

注記 1：許容値は面外せん断終局強度を示す。

2：検定比＝(発生面外せん断力)/(許容値)

IV-2-3-1-3  
竜巻防護対策設備

## IV-2-3-1-3-1

竜巻防護対策設備の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価結果

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動 .....	1
3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果 .....	1
3.1 影響評価部位の抽出 .....	1
3.2 影響評価部位の抽出結果 .....	6
3.3 影響評価 .....	9
3.4 影響評価結果 .....	9
4. まとめ .....	10

## 1. 概要

本資料は、添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び添付書類「IV-1-1-7 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」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、竜巻防護対策設備が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 $S_s$ を用いる。基準地震動 $S_s$ は、添付書類「IV-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」による。なお、基準地震動 $S_s$ のうち $S_s$ -C4には添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「10.1 建物・構築物」に示す一関東評価用地震動(鉛直)を考慮する。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動 $S_s$ は、複数の基準地震動 $S_s$ における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

## 3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

### 3.1 影響評価部位の抽出

竜巻防護対策設備において、従来設計手法に対して水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位を抽出し影響検討を行う。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する結果については、各申請回次で示す。

#### (1) 耐震評価上の構成部位の整理

竜巻防護対策設備の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第3.1-1表に示す。

#### (2) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性の整理

竜巻防護対策設備における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第3.1-2表及び第3.1-3表に示す。

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響確認防止のための竜巻防護対策設備の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、支持架構のうち耐震要素である柱、梁及びブレース

を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第 3.1-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、添付書類「IV-2-3-1-1-1 建物及び屋外機械基礎の水平 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」の「3.1 影響評価部位の抽出」に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3.1-2 表に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位として、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)の柱(隅部)、梁(一般部及び鉄骨トラス)、壁(鉄骨ブレース)を抽出した。

応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位は抽出されなかった。

(4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第 3.1-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、添付書類「IV-2-3-1-1-1 建物及び屋外機械基礎の水平 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」の「3.1 影響評価部位の抽出」に示す 3 次元的な応答特性により、3 方向の応答の同時性を考慮することによる応答への影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3.1-3 表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性のある部位は抽出されなかった。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する」可能性のある部位は抽出されなかった。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する抽出結果については、各申請回次において精査した結果を示す。

第 3.1-1 表 竜巻防護対策設備における耐震評価上の構成部位の整理

対象評価部位		飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)
		支持架構：鉄骨造 基礎梁，杭：RC 造
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	○
梁	一般部	○
	地下部	—
	鉄骨 トラス	○
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	○
床屋根	一般部	—
基礎スラブ	矩形	—
	矩形以外	—
基礎梁		○
杭		○

凡例 ○：対象の構造部材有り，  
—：対象の部材なし

第 3.1-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響の確認が必要な部位の抽出  
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)
		支持架構：鉄骨造 基礎梁，杭：RC 造
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	①-1 要
梁	一般部	①-1 要
	地下部	—
	鉄骨 トラス	①-1 要
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	①-1 要
床屋根	一般部	—
基礎スラブ	矩形	—
	矩形以外	—
基礎梁		抽出対象外
杭		抽出対象外

凡例 ①-1 要：応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」

①-2 要：応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」

—：対象の構造部位が存在しない

第 3.1-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響の確認が必要な部位の抽出  
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

対象評価部位		飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)
		支持架構：鉄骨造 基礎梁，杭：RC 造
柱	一般部	—
	地下部	—
	隅部	①-1 要
梁	一般部	①-1 要
	地下部	—
	鉄骨 トラス	①-1 要
壁	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨 ブレース	①-1 要
床屋根	一般部	—
基礎スラブ	矩形	—
	矩形以外	—
基礎梁		抽出対象外
杭		抽出対象外

凡例 ①-1要：応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」でのスクリーニングで抽出済み

①-2要：応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」でのスクリーニングで抽出済み

—：対象の構造部位が存在しない

### 3.2 影響評価部位の抽出結果

#### (1) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出結果

竜巻防護対策設備において、荷重の組合せによる応答特性による影響が想定される部位を抽出した結果を第3.2-1表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の柱(隅部)、梁(一般部及び鉄骨トラス)、壁(鉄骨ブレース)を抽出した。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)においては、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、抽出されなかった。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する抽出結果については、各申請回次で示す。

第3.2-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象竜巻防護対策設備
	柱	隅部	
①-1	梁	一般部	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)
		鉄骨トラス	
	壁	鉄骨ブレース	
①-2	該当無し		

(2) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

竜巻防護対策設備において、「3.2(1) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出結果」で抽出されなかった部位に対し、3次元的な応答特性による影響が想定される部位を抽出した結果を第3.2-2表に示す。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)においては、「3.2(1) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出結果」で抽出されなかった部位は存在しないため、3次元的な応答特性による影響が想定される部位としては、抽出されなかった。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する抽出結果については、各申請回次で示す。

第3.2-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる  
影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位	対象竜巻防護対策設備
2-①	該当無し	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)
2-②	該当無し	

(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価部位の抽出結果一覧

竜巻防護対策設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位の抽出結果一覧を第3.2-3表に示す。なお、波及的影響評価においては、支持架構の変形による影響が支配的であるため、変形に対する影響が小さい基礎梁及び杭については抽出対象外であるが、これらの部位は「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位であることから、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

後次回申請の竜巻防護対策設備においては、部位に作用する荷重を水平2方向及び鉛直方向に適切に組み合わせて耐震性への影響検討を行った結果を改めて示す。

第 3.2-3 表 竜巻防護対策設備における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の  
組合せによる影響評価部位の抽出結果一覧

応答 特性	耐震評価部位		対象竜巻防護対策設備
	①-1	柱	隅部
梁		一般部	・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却 水系冷却塔 B) 後次回申請にて示す
		鉄骨 トラス	・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却 水系冷却塔 B) 後次回申請にて示す
壁		鉄骨 ブレース	・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却 水系冷却塔 B) 後次回申請にて示す
基礎梁		(飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却 水系冷却塔 B))*	
杭		(飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却 水系冷却塔 B))*	
①-2	—	—	—
②-1	—	—	—
②-2	—	—	—

注記 \*：基礎梁及び杭については抽出対象外であるが、これらの部位は「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位であることから、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

- 凡例 ①-1：応答特性①-1「直交する 2 方向の荷重が、応力として集中」  
 ①-2：応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」  
 ②-1：応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」  
 ②-2：応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」

### 3.3 影響評価

荷重の組合せによる応答特性より影響が想定される部位として抽出された部位については、構造部材の発生応力等を適切に組合せることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位の耐震性への影響を評価する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。なお、組み合わせる荷重又は応力としては、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果を用いる。

### 3.4 影響評価結果

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果は別紙に示す。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する結果については、各申請回次で示す。

#### 4. まとめ

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある耐震評価部位を抽出し、その部位における従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力は水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、増加する傾向にあるが許容値を満足することを確認した。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せについては、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)が有する耐震性への影響がないことを確認した。

なお、後次回申請の竜巻防護対策設備に対する結果については、各申請回次で示す。

IV-2-3-1-3-1 別紙1  
飛来物防護ネット（再処理設備本体  
用 安全冷却水系冷却塔B）の水平  
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

## 目 次

	ページ
1. 構造概要 .....	1
2. 飛来物防護ネットの評価 .....	1
2.1 支持架構の評価 .....	1
2.2 基礎梁の評価 .....	9
2.3 杭の評価 .....	12
3. まとめ .....	18

## 1. 構造概要

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造概要は添付書類「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」に示す。

## 2. 飛来物防護ネットの評価

添付書類「IV-2-2-2-1-2-2 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の耐震計算書」(以下「耐震計算書」という。)における支持架構,基礎梁及び杭のうち添付書類「IV-2-3-1-3-1 竜巻防護対策設備の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価結果 本文」(以下「本文」という。)で抽出された部材に対して,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認する。なお,準拠規格・基準等については,「耐震計算書」の「2.4 準拠規格・基準等」と同様とする。

### 2.1 支持架構の評価

柱(隅部),梁(一般部及び鉄骨トラス),壁(鉄骨ブレース)について,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

#### (1) 評価方針

支持架構の応力解析による評価について,許容限界を超えないことを確認する。

#### (2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重の組合せは,「耐震計算書」の「4.2 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。支持架構の評価において考慮する荷重及び荷重の組合せについては,「耐震計算書」の「4.2.1 支持架構」と同様とする。なお,保守的に座屈拘束ブレースのばらつきの考慮をする。

(3) 許容限界

許容限界は、「耐震計算書」の「4.3 許容限界」にて設定している許容限界を用いる。

(4) 評価方法

支持架構の評価は、3次元フレームモデルを用いた静的弾塑性応力解析により実施する。解析モデルは、「耐震計算書」の「4.4.1(1) 解析モデル」に基づき、設定する。

支持架構に作用する応力は、次の荷重を組み合わせて求める。

D	:	固定荷重
L <sub>s</sub>	:	積雪荷重
S <sub>SNS</sub>	:	NS方向の地震荷重(S→N方向を正とする。)
S <sub>SEW</sub>	:	EW方向の地震荷重(W→E方向を正とする。)
S <sub>SUD</sub>	:	鉛直方向の地震荷重(上向きを正とする。)
W <sub>LNS</sub>	:	NS方向の風荷重(S→N方向を正とする。)
W <sub>LEW</sub>	:	EW方向の風荷重(W→E方向を正とする。)

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「本文」の「3.3 影響評価」にて設定されている荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重の組合せケースを第2.1-1表に示す。なお、水平方向を1.0とする場合については、「耐震計算書」と同様にS<sub>s</sub>-C1による地震荷重とその他の地震による地震荷重(S<sub>s</sub>-C1以外包絡)による2種類の組合せケースを設定しているが、鉛直方向を1.0とする場合は、解析ケース数を少なくするため、全ての地震を包絡した地震荷重による1種類の組合せケースとしている。

荷重の入力方法は、「耐震計算書」の「4.4.1(4) 荷重の入力方法」に基づき、各節点又は各要素に各荷重を入力する。

部材の評価方法は、「耐震計算書」の「4.4.1(5) 部材の評価方法」に基づき、部材に生じる軸応力度及び曲げ応力度の組合せ応力が許容限界を超えないことを確認する。

第2.1-1表 荷重の組合せケース(1/2)

ケース	荷重組合せ	地震荷重
1-101	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	Ss-C1による 地震荷重
1-102	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-103	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-104	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-105	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-106	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-107	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-108	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-109	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-110	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-111	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-112	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-113	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-114	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-115	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-116	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-117	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	その他の 地震による 地震荷重 (Ss-C1以外包絡)
1-118	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-119	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-120	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}+0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-121	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-122	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-123	$D+0.35L_s+1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LNS}$	
1-124	$D+0.35L_s-1.0S_{NS}-0.4S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LNS}$	
1-125	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-126	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-127	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-128	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}+1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}+1.0W_{LEW}$	
1-129	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-130	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}+0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-131	$D+0.35L_s+0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	
1-132	$D+0.35L_s-0.4S_{NS}-1.0S_{SEW}-0.4S_{SUD}-1.0W_{LEW}$	

第2.1-1表 荷重の組合せケース(2/2)

ケース	荷重組合せ	地震荷重
1-133	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LNS</sub>	全地震包絡
1-134	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-135	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-136	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-137	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-138	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-139	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-140	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LNS</sub>	
1-141	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-142	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-143	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-144	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> +0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> +1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-145	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-146	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> +1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-147	D+0. 35Ls+0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LEW</sub>	
1-148	D+0. 35Ls-0. 4S <sub>NS</sub> -0. 4S <sub>SEW</sub> -1. 0S <sub>SUD</sub> -1. 0W <sub>LEW</sub>	

(5) 評価結果

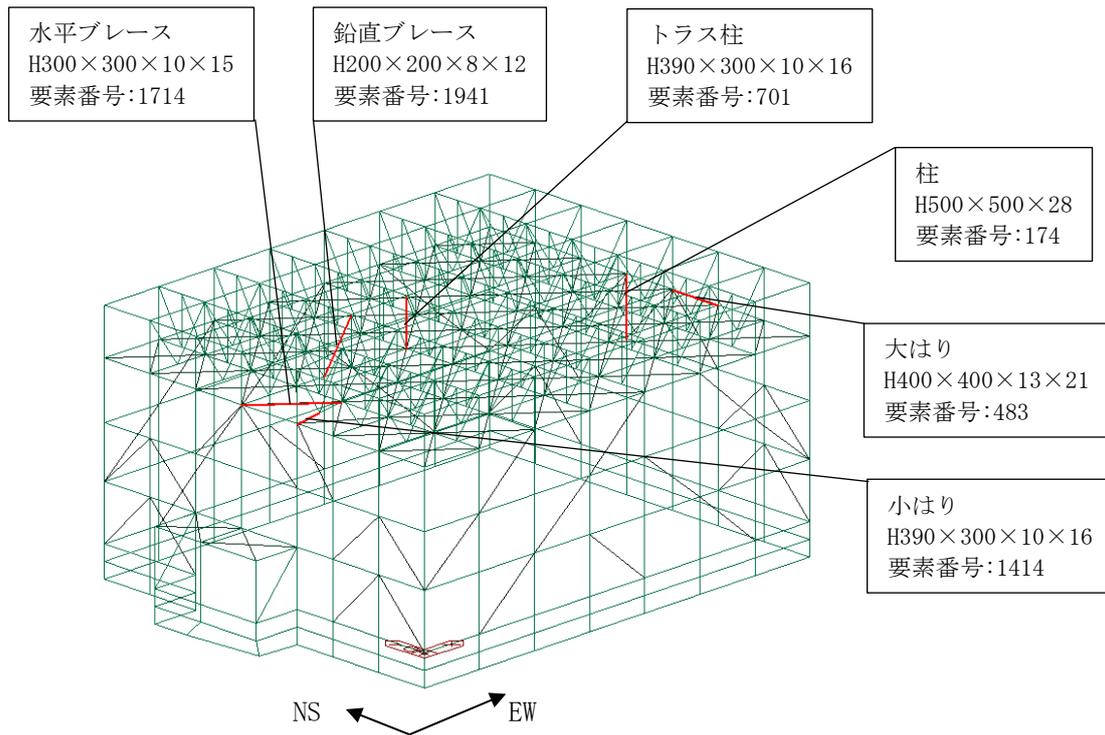
「(4) 評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

評価結果を記載する部材は、部材種別ごとに検定比が最も大きいものを対象とする。当該部材の位置を第2.1-1図に、評価結果を第2.1-2表に示す。なお、参考に耐震計算書の水平1方向及び鉛直地震力の組合せの結果を第2.1-2表に併せて示す。

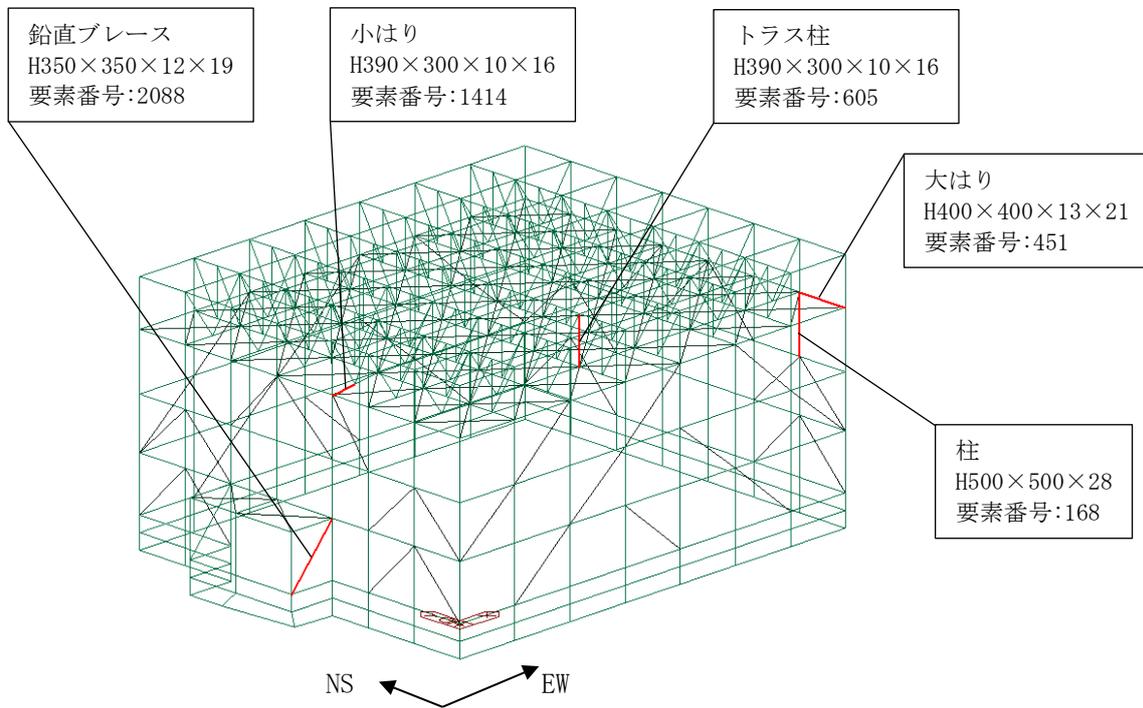
応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」で抽出した飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の結果を以下に示す。

- ・ 柱(隅部)について、最大検定比は要素番号174で発生しており、その値は0.94であり、水平1方向及び鉛直地震力の組合せに対して増加傾向にあるものの、1.0を下回っていることから、許容限界を超えないことを確認した。
- ・ 梁(鉄骨トラス)について、水平1方向及び鉛直地震力の組合せに対して増加傾向にあるものの、大はり、小はり、トラス柱、鉛直ブレース、水平ブレースのいずれも検定比が1.0を下回っており、その最大検定比は要素番号1414で発生しており、その値は0.95であることから、許容限界を超えないことを確認した。
- ・ 梁(一般部)については、大はりに含まれるが、最大検定比が生じた大はりは梁(鉄骨トラス)であり、梁(一般部)の検定比は梁(鉄骨トラス)よりも小さいため、検定比が1.0を下回っており、許容限界を超えないことを確認した。
- ・ 壁(鉄骨ブレース)については、鉛直ブレースに含まれるが、軸力+曲げの評価において最大検定比が生じた鉛直ブレースは、梁(鉄骨トラス)であり、壁(鉄骨ブレース)の検定比は梁(鉄骨トラス)よりも小さいため、検定比が1.0を下回っており、許容限界を超えないことを確認した。また、せん断の評価について、最大検定比は要素番号2088で発生しており、その値は0.71であり、水平1方向及び鉛直地震力の組合せに対して同等であり、検定比が1.0を下回っていることから許容限界を超えないことを確認した。

以上のことから、支持架構の耐震性評価において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響がないことを確認した。



(a) 軸力+曲げ



(b) せん断

第2.1-1図 評価結果を記載する位置(水平2方向及び鉛直地震力の組合せ)

第2.1-2表 部材の評価結果(1/2)  
(a) 水平2方向及び鉛直地震力の組合せ

部材種別	要素番号	ケース	応力度	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比	判定
柱	168	1-104	せん断	35.4	206.0	0.18	OK
	174	1-104	軸力+曲げ	(検定比) 0.94	(許容値) 1.00	0.94	OK
大はり	451	1-108	せん断	72.5	206.0	0.36	OK
	483	1-104	軸力+曲げ	(検定比) 0.92	(許容値) 1.00	0.92	OK
小はり	1414	1-116	せん断	38.9	206.0	0.19	OK
	1414	1-116	軸力+曲げ	(検定比) 0.95	(許容値) 1.00	0.95	OK
トラス柱	605	1-136	せん断	14.4	206.0	0.07	OK
	701	1-115	軸力+曲げ	(検定比) 0.77	(許容値) 1.00	0.77	OK
鉛直 ブレース	2088	1-116	せん断	10.3	206.0	0.05	OK
	1941	1-116	軸力+曲げ	(検定比) 0.71	(許容値) 1.00	0.71	OK
水平 ブレース	1714	1-101	軸力+曲げ	(検定比) 0.32	(許容値) 1.00	0.32	OK

第2.1-2表 部材の評価結果(2/2)

(b) 水平1方向及び鉛直地震力の組合せ

部材種別	要素番号	ケース	応力度	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比	判定
柱	167	1-4	せん断	34.0	206.0	0.17	OK
	174	1-4	軸力+曲げ	(検定比) 0.89	(許容値) 1.00	0.89	OK
大はり	451	1-4	せん断	70.1	206.0	0.34	OK
	483	1-4	軸力+曲げ	(検定比) 0.87	(許容値) 1.00	0.87	OK
小はり	1428	1-12	せん断	38.5	206.0	0.19	OK
	1414	1-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.87	(許容値) 1.00	0.87	OK
トラス柱	766	2-7	せん断	13.5	206.0	0.07	OK
	701	1-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.72	(許容値) 1.00	0.72	OK
鉛直 ブレース	2088	1-12	せん断	10.3	206.0	0.05	OK
	1941	2-12	軸力+曲げ	(検定比) 0.69	(許容値) 1.00	0.69	OK
水平 ブレース	1714	1-1	軸力+曲げ	(検定比) 0.30	(許容値) 1.00	0.30	OK

## 2.2 基礎梁の評価

基礎梁について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

### (1) 評価方針

基礎梁の応力解析による評価について、許容限界を超えないことを確認する。

### (2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重の組合せは、「耐震計算書」の「4.2 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。基礎梁の評価において考慮する荷重及び荷重の組合せについては、「耐震計算書」の「4.2.2 基礎梁」と同様とする。なお、保守的に座屈拘束ブレースのばらつきの考慮をする。

### (3) 許容限界

許容限界は、「耐震計算書」の「4.3 許容限界」にて設定している許容限界を用いる。

### (4) 評価方法

基礎梁の評価は、FEMモデルを用いた静的弾性応力解析により実施する。解析モデルは、「耐震計算書」の「4.4.2(1) 解析モデル」に基づき、設定する。

基礎梁に作用する応力は、支持架構と同様の荷重の組合せとする。

荷重の入力方法は、「耐震計算書」の「4.4.2(4) 荷重の入力方法」に基づき、各節点又は各要素に各荷重を入力する。ただし、支持架構から作用する荷重については、2.1項における応力解析結果を用いる。また、杭から作用する荷重については、「耐震計算書」の「4.4.3(3) 応力の組合せ」において算定したNS方向の応力とEW方向の応力を用い、支持架構と同様の2.1項の第2.1-1表の地震荷重の組合せ係数に対応した組合せ係数を考慮して用いる。

断面の評価方法は、「耐震計算書」の「4.4.2(5) 断面の評価方法」に基づき、曲げモーメント及び面外せん断力が許容限界を超えないことを確認する。

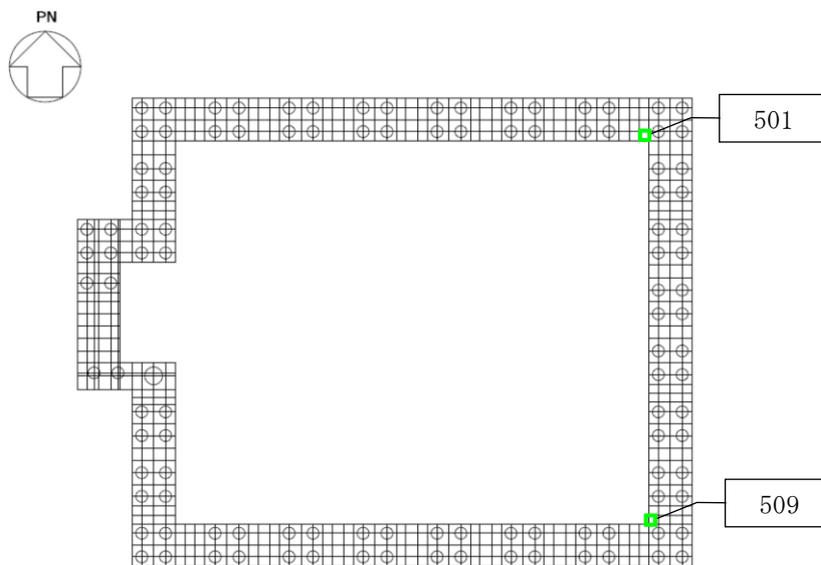
### (5) 評価結果

「(4) 評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、許容限界に対する曲げモーメント及び面外せん断力の割合が最も大きいものを対象とする。当該要素の位置を第2.2-1図に、評価結果を第2.2-1表に示す。なお、参考に耐震計算書の水平1方向及び鉛直地震力の組合せの結果を第2.2-2表に併せて示す。

飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の基礎梁について、最大検定比は要素番号 509 で発生しており、その値は 0.76 であり、水平 1 方向及び鉛直地震力の組合せに対して増加傾向にあるものの、1.0 を下回っていることから、許容限界を超えないことを確認した。

以上のことから、基礎梁の耐震性評価において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響がないことを確認した。



注：  内の数値は要素番号

第2.2-1図 評価結果を記載する要素の位置  
(水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せ)

第2.2-1表 基礎梁の評価結果(水平2方向及び鉛直地震力の組合せ)

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	509	1-104	3656	4812	0.76	OK
EW	509	1-112	1317	1745	0.76	OK

(b) 面外せん断力に対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	面外せん断力 (kN/m)			
NS	509	1-111	2630	5648	0.47	OK
EW	501	1-104	2529	5644	0.45	OK

第2.2-2表 基礎梁の評価結果(水平1方向及び鉛直地震力の組合せ)

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN・m/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	曲げモーメント (kN・m/m)			
NS	162	1-4	3527	4791	0.74	OK
EW	509	1-10	1274	1755	0.73	OK

(b) 面外せん断力に対する評価

方向	解析結果			許容限界 (kN/m)	検定比	判定
	要素番号	ケース	面外せん断力 (kN/m)			
NS	63	1-4	2236	5661	0.40	OK
EW	1005	1-12	2061	5874	0.36	OK

## 2.3 杭の評価

杭について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

### (1) 評価方針

杭の応力解析による評価について、許容限界を超えないことを確認する。

### (2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重の組合せは、「耐震計算書」の「4.2 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。杭の評価において考慮する荷重及び荷重の組合せについては、「耐震計算書」の「4.2.3 杭」と同様とする。なお、保守的に座屈拘束ブレースのばらつきの考慮をする。

### (3) 許容限界

許容限界は、「耐震計算書」の「4.3 許容限界」にて設定している許容限界を用いる。

### (4) 評価方法

杭の評価は、「耐震計算書」の「4.4.3(1) 応力解析」及び「4.4.3(2) 応力計算」により算定した応力と基礎梁から作用する荷重による応力を組み合わせて実施する。

「4.4.3(1) 応力解析」及び「4.4.3(2) 応力計算」により算定した地震荷重による応力（せん断力及び曲げモーメント）については、NS方向とEW方向の応力に組合せ係数1.0:0.4を考慮した上で斜めの応力については二乗和平方根により算出する。

「4.4.3(2) 応力計算」により算定した風荷重による応力（せん断力及び曲げモーメント）については、そのまま用いる。

基礎梁から作用する荷重による応力（せん断力及び軸力）については、本資料「2.2 基礎梁の評価」における応力解析結果を用いる。

断面及び支持力に対する評価方法は、「耐震計算書」の「4.4.3(4) 断面の評価方法」及び「4.4.3(5) 支持力及び引抜力に対する評価方法」に基づき、曲げモーメント、せん断力、支持力及び引抜力が許容限界を超えないことを確認する。

(5) 評価結果

「(4) 評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。

a. 断面の評価結果

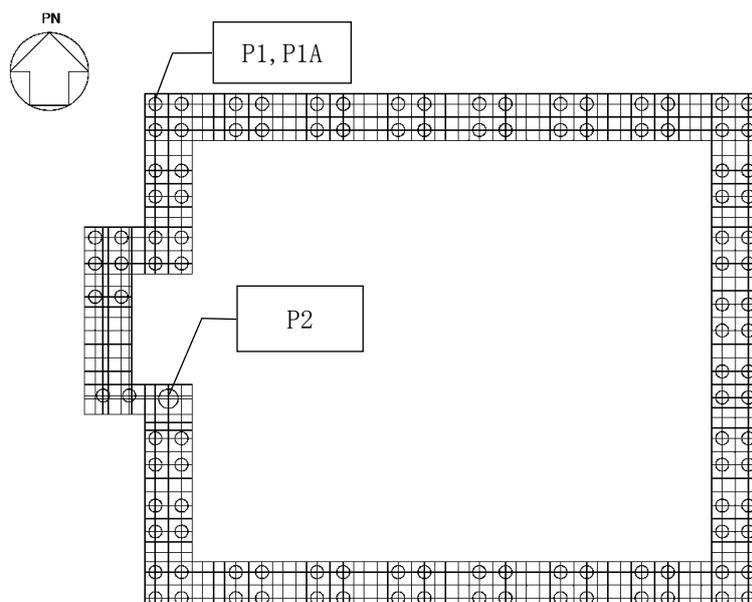
断面の評価結果を記載する杭は、杭種ごとに、許容限界に対する曲げモーメント並びにせん断力の割合が最も大きいものを対象とする。当該の杭の位置を第2.3-1図に、評価結果を第2.3-1表、第2.3-2図に示す。なお、参考に耐震計算書の水平1方向及び鉛直地震力の組合せの結果を第2.3-2表及び第2.3-3図に併せて示す。

b. 支持力及び引抜力に対する評価結果

支持力及び引抜力に対する評価結果を記載する杭は、杭種ごとに、許容限界に対する軸力の割合が最も大きいものを対象とする。当該の杭の位置を第2.3-4図に、評価結果を第2.3-3表に示す。なお、参考に耐震計算書の水平1方向及び鉛直地震力の組合せの結果を第2.3-3表に併せて示す。

a. 及びb. から、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の杭の最大検定比は0.75であり、水平1方向及び鉛直地震力の組合せに対して増加傾向にあるものの、1.0を下回っていることから、許容限界を超えないことを確認した。

以上のことから、杭の耐震性評価において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響がないことを確認した。



第2.3-1図 評価結果を記載する杭の位置

第2.3-1表 断面の評価結果(水平2方向及び鉛直地震力の組合せ)

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN・m)	検定比	判定
	ケース*	曲げモーメント (kN・m)			
P1, P1A	1-102	430	577	0.75	OK
P2	1-106	1660	3316	0.51	OK

(b) せん断力に対する評価

杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN)	検定比	判定
	ケース*	せん断力 (kN)			
P1, P1A	1-102	580	1809	0.33	OK
P2	1-106	1870	4523	0.42	OK

注記 \* : 基礎梁の応力解析におけるケースを示す。

第2.3-2表 断面の評価結果(水平1方向及び鉛直地震力の組合せ)

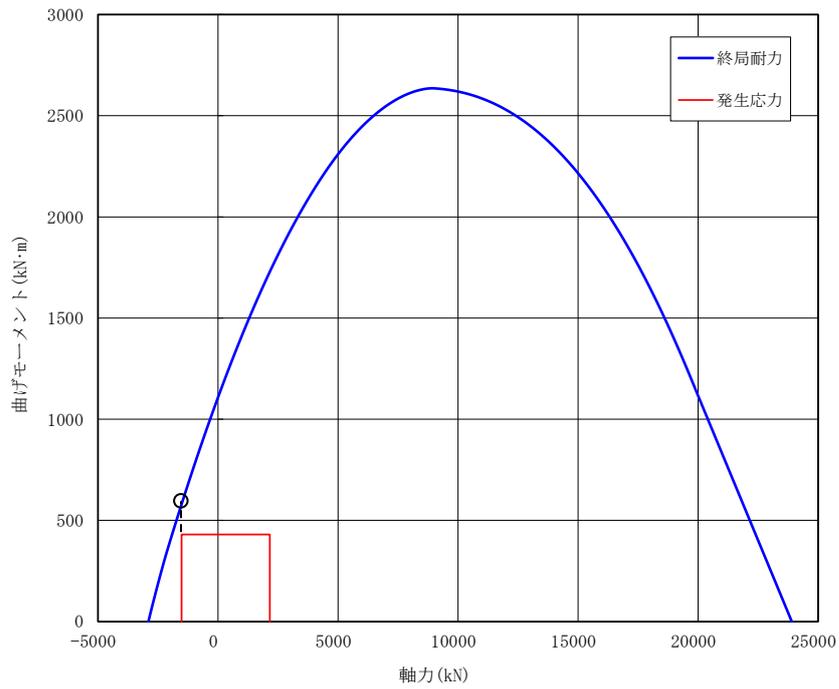
(a) 軸力及び曲げモーメントに対する評価

杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN・m)	検定比	判定
	ケース*	曲げモーメント (kN・m)			
P1, P1A	1-2	400	706	0.57	OK
P2	1-2	1520	3583	0.43	OK

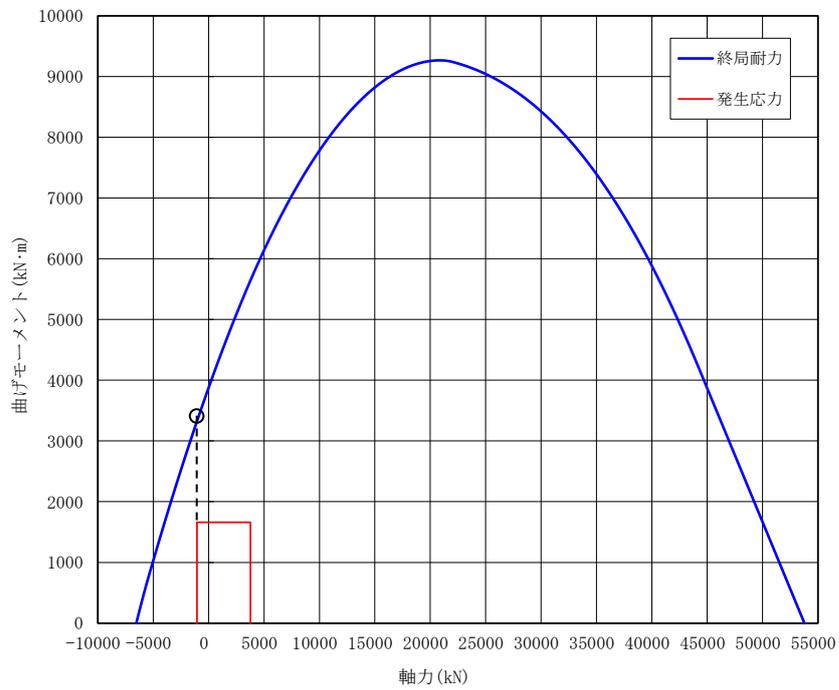
(b) せん断力に対する評価

杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN)	検定比	判定
	ケース*	せん断力 (kN)			
P1, P1A	1-2	540	1838	0.30	OK
P2	1-2	1730	4594	0.38	OK

注記 \* : 基礎梁の応力解析におけるケースを示す。

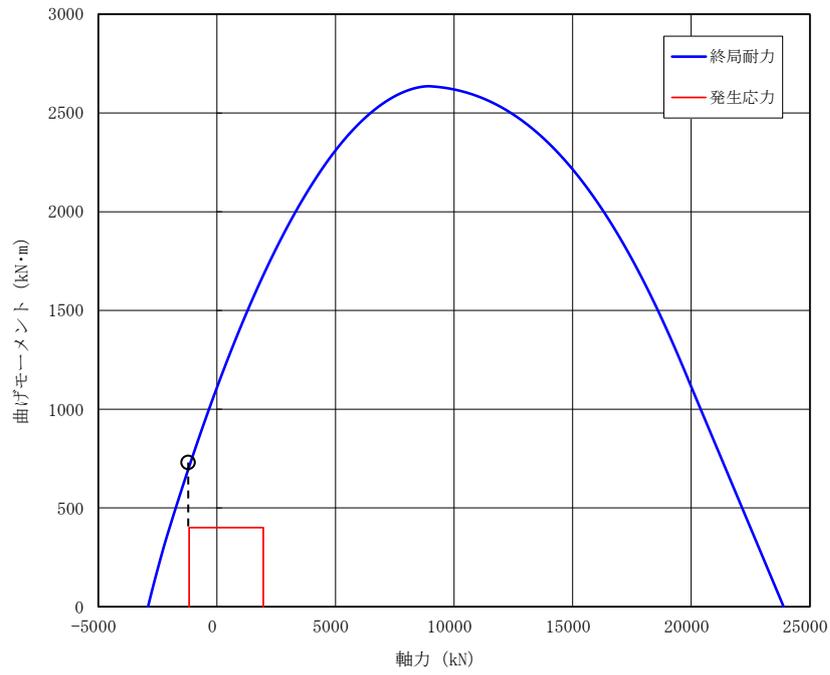


(a) P1, P1A

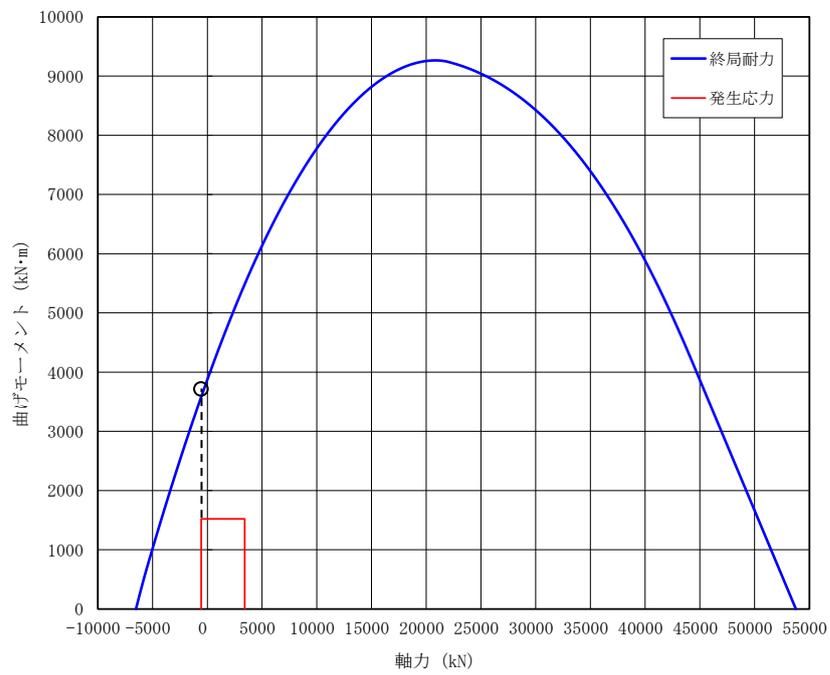


(b) P2

第2.3-2図 杭の軸力及び曲げモーメントに対する評価結果  
(水平2方向及び鉛直地震力の組合せ)

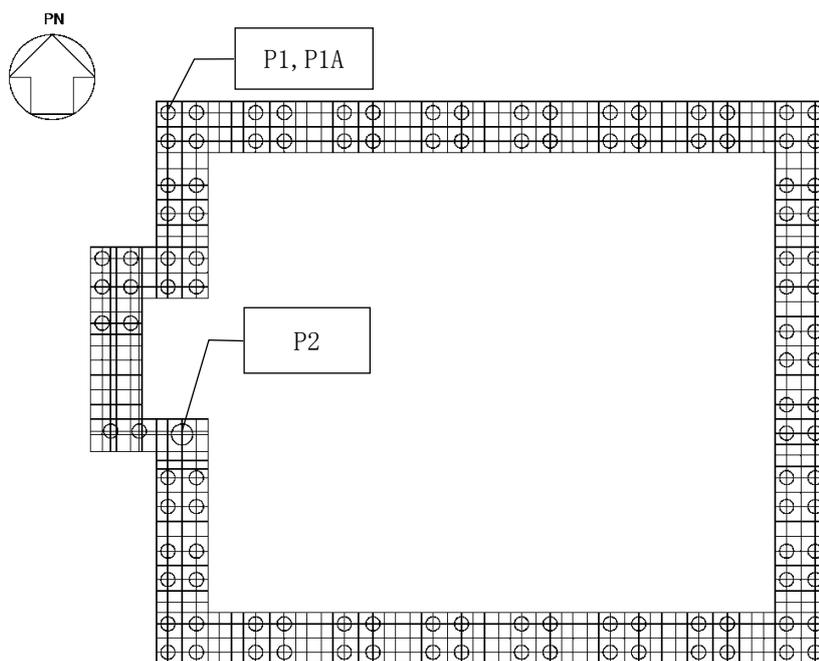


(a) P1, P1A



(b) P2

第2.3-3図 杭の軸力及び曲げモーメントに対する評価結果  
(水平1方向及び鉛直地震力の組合せ)



第2.3-4図 評価結果を記載する杭の位置

第2.3-3表 支持力及び引抜力に対する評価結果

(a) 水平2方向及び鉛直地震力の組合せ

項目	杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN)	検定比	判定
		ケース*1	軸力*2 (kN)			
支持力	P1, P1A	1-107	2305	9409	0.25	OK
	P2	1-103	3926	17058	0.24	OK
引抜力	P1, P1A	1-102	-1525	5494	0.28	OK
	P2	1-106	-1064	8379	0.13	OK

(b) 水平1方向及び鉛直地震力の組合せ

項目	杭種	応力の組合せ結果		許容限界 (kN)	検定比	判定
		ケース*1	軸力*2 (kN)			
支持力	P1, P1A	1-12	1959	9409	0.21	OK
	P2	1-3	3422	17058	0.21	OK
引抜力	P1, P1A	1-2	-1173	5494	0.22	OK
	P2	1-2	-561	8379	0.07	OK

注記 \*1：基礎梁の応力解析におけるケースを示す。

\*2：軸力は正が圧縮，負が引張を示す。

### 3. まとめ

飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）において，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位について，耐震性への影響を確認した。その結果，水平1方向及び鉛直地震力の組合せに対して増加傾向にあるものの，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力が許容値を満足することを確認した。

以上のことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し，飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）が有する耐震性への影響はないことを確認した。

IV - 2 - 3 - 2  
機器・配管系

## IV－2－3－2－1

機器・配管系の水平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

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動 .....	1
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果 .....	1
3.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出 .....	1
3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出 .....	3
3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 .....	3
3.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価 .....	3
3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果 .....	4

## 1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち、「4.1 地震力の算定方法 4.1.2 動的地震力」及び「IV-1-1-7 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」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響の可能性のある設備及び評価部位の抽出内容について説明するものである。

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

本影響評価に用いる地震動については、「IV-2-3-1-1-1 建物及び屋外機械基礎の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価結果」の「2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動」に従う。

## 3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果

### 3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を、第3.1-1表に示す。機種ごとに分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目より検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

#### (1) 水平2方向の地震力が重複する観点

水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合には、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。

なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度(許容応力/発生応力)が1.1未満の設備については個別に検討を行うこととする。

#### a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

横置きの容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや、水平各方向で振動特性及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した。

#### b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。

その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。

- c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等と言えるもの

クレーン類における吊り具は、水平地震時に振り子運動が励起されることで遠心力として作用することになるが、水平地震力による荷重が吊り具に直接作用するものではなく、地震荷重として作用するものは鉛直方向荷重が支配的であり、水平2方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

その他の設備についても水平2方向による荷重の寄与が1方向に限定されることが明確である他の設備は、水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等のものとして分類した。

- (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち、円筒形容器のように水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は、評価上有意なねじれ振動は生じない。

一方、3次元的な広がりを持つ配管系等は、系全体として考えた場合、有意なねじれ振動が発生する可能性がある。

- (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)(2)において影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備(部位)を対象とする。水平2方向の地震力の組合せは米国 Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares (以下「非同時性を考慮した SRSS 法」という。)又は組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみを組み合わせた後、地震以外による応力と組み合わせ

て算出する。

- ・応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

### 3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

建物・構築物の影響評価において、「IV-1-1-7 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」のうち、「4.1 建物・構築物（洞道以外）」における「機器・配管系への影響検討」に基づき、機器・配管系への影響を検討し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がある場合は、当該応答値による影響検討結果を示す。

### 3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.1項で検討した、水平2方向の地震力が重複する観点、水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点、水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点で、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備の評価部位を抽出した結果を第3.3-1表に示す。

第1回申請範囲については影響軽微であり、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

### 3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

3.1項の観点から3.3項で抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方法により算出する。

発生値の算出における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

#### (1) 従来評価データを用いた算出

従来の水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて、以下の条件により水平2方向及び鉛直方向地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平1方向と鉛直方向の地震力を組合せた上で従来の発生値を各方向で算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平各方向を包絡した床応答曲線による地震力と鉛直方向の地震力を組み合わせた上で従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の

発生値を組み合わせて水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。

また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合、地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。

3.2 項の観点から 3.3 項で抽出された設備について、以下のいずれかの方法を用いて影響評価を行う。

- ① 3次元 FEM モデルにより得られた壁及び床の応答震度に係数を掛け、影響評価用の震度を推定し、従来評価に用いている震度(設計条件)又は耐震裕度に包絡されることを確認する。
- ② 運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれがある事象によって作用する荷重と基準地震動による地震力。

### 3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

影響評価確認結果については、影響評価を実施する設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

第 3.1-1 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討対象\*

水平 2 方向影響に対する形状ごとの分類	部位
矩形設備	支持架構
	伝熱管
	基礎ボルト、取付ボルト
配管系(標準支持間隔法)	直管部
	曲がり部
	分岐部
	平面 Z 形部
	立体 Z 形部
	門形部
分岐+曲がり部	

注記 \* : 対象となる分類及び部位については、第 1 回申請設備の範囲を示しており、今回申請で示していない対象は、申請に合わせて次回以降に示す。

第 3.3-1 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果\*1 (1/2)

水平 2 方向影響に対する形状ごとの分類	部位	応力分類	(1) 水平 2 方向の地震力が重複する形状	(2) 水平 2 方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増加する形状 (応答軸が明確)	影響評価の要否 (1) 又は(2) で△かつ(3) で○の場合は影響評価を実施
			△：水平 2 方向地震力が重複する可能性有 ×：重複しない	△：ねじれ振動発生の可能性有 ×：発生しない －：対象外*2	○：応答軸が明確ではない ×：応答軸が明確 －：対象外*3	影響評価実施 又は影響軽微
矩形設備	支持架構	組合せ	×	×	－	影響軽微
	伝熱管	一次応力	×	×	－	
		一次+二次応力	×	×	－	
	基礎ボルト, 取付ボルト	引張	×	×	－	
		せん断	△	－	×	

第 3.3-1 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果\*1 (2/2)

水平 2 方向影響に対する形状ごとの分類	部位	応力分類	(1) 水平 2 方向の地震力が重複する形状	(2) 水平 2 方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増加する形状 (応答軸が明確)	影響評価の要否 (1) 又は(2) で△かつ(3) で○の場合は影響評価を実施
			△：水平 2 方向地震力が重複する可能性有 ×：重複しない	△：ねじれ振動発生の可能性有 ×：発生しない －：対象外*2	○：応答軸が明確ではない ×：応答軸が明確 －：対象外*3	影響評価実施 又は影響軽微
配管系 (標準支持間隔法)	直管部	一次応力	△	－	×	影響軽微
	曲がり部	一次応力	△	－	×	
	分岐部					
	平面 Z 形部					
	立体 Z 形部					
門形部	分岐+曲がり部	一次応力	△	－	×	
分岐+曲がり部						

注記 \*1：対象となる分類及び部位については、第 1 回申請設備の範囲を示しており、今回申請で示していない対象は、申請に合わせて次回以降に示す。

\*2：(1) の確認において地震力が重複する可能性が有る場合、(2) の確認は対象外とする。

\*3：(1) 及び(2) の確認において双方とも×の場合、水平 2 方向の影響は軽微となるため、(3) の確認は対象外とする。

## IV－2－4

# 耐震性に関する影響評価結果

## IV－2－4－1

一 関東評価用地震動（鉛直）に関する影響評価結果

IV-2-4-1-1

建物・構築物

IV-2-4-1-1-1

建物及び屋外機械基礎

IV-2-4-1-1-1-1

建物及び屋外機械基礎の一関東評価  
用地震動（鉛直）に関する影響評価  
結果

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 一関東評価用地震動（鉛直）の概要 .....	2
3. 影響評価方針 .....	4
4. 評価対象部位の抽出と評価方法 .....	6
4.1 評価対象部位の抽出 .....	6
4.2 評価対象部位の評価方法 .....	8
5. まとめ .....	10
IV-2-4-1-1-1-1 別紙1 安全冷却水B冷却塔基礎の一関東評価用地震動 （鉛直）に関する影響評価結果	

## 1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、建物・構築物の耐震評価において、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した場合の影響について、以下の添付書類とあわせて説明するものである。

影響評価の方法については、各計算書に示す耐震評価結果に、鉛直方向の地震荷重として一関東評価用地震動（鉛直）による影響を考慮した比率を乗じ、その評価結果が許容限界の範囲内に留まることを確認する。影響評価の方法についての詳細は「3. 影響評価方針」に示す。

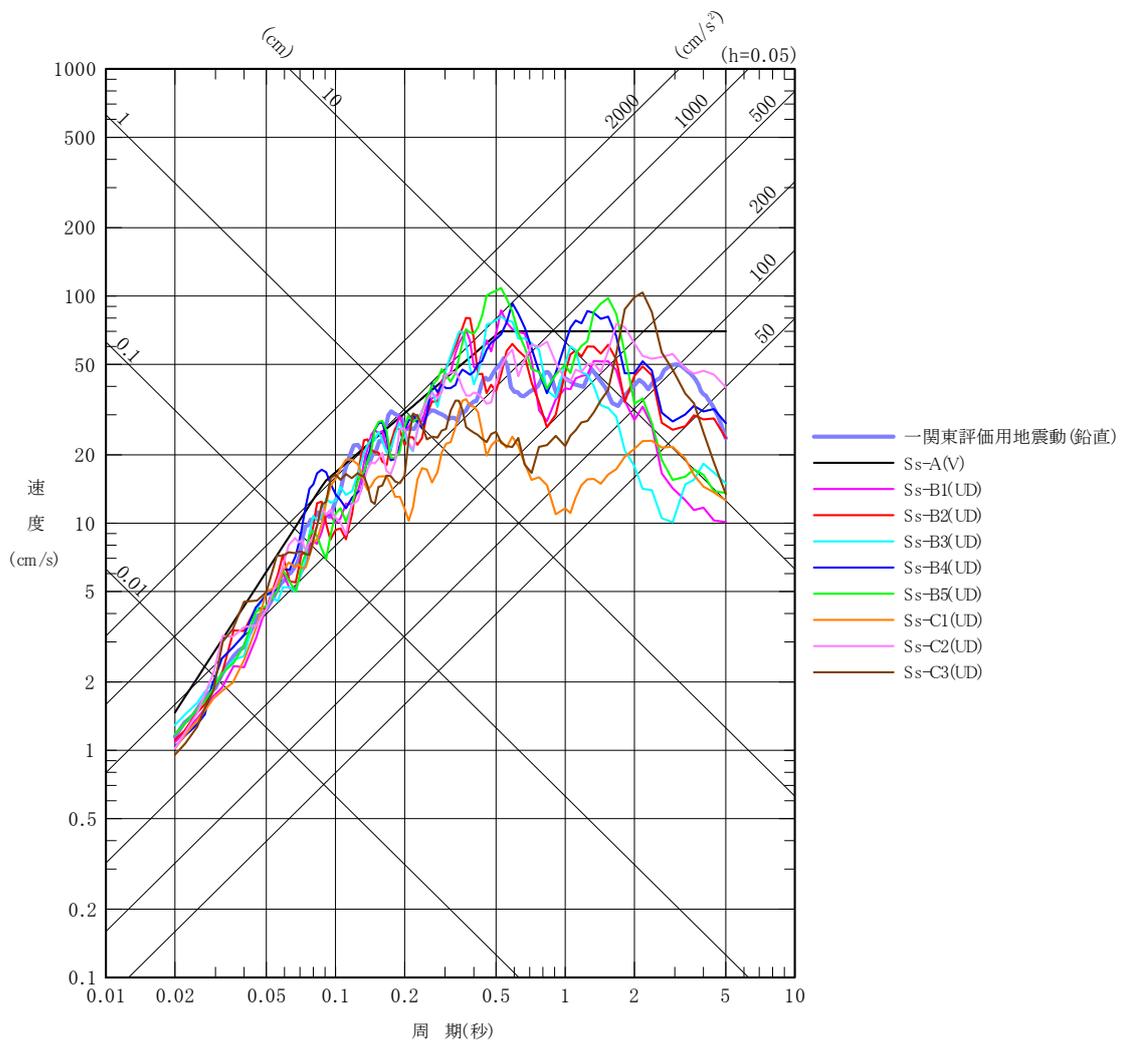
本資料では、一関東評価用地震動（鉛直）を用いた影響評価を行うにあたって、評価対象部位の抽出とその評価方法を示すとともに、各建物・構築物の影響評価結果を示す。なお、各建物・構築物の影響評価結果については、本文においては概要のみを示すこととし、その詳細については別紙に示す。

- ・「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」
- ・「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」

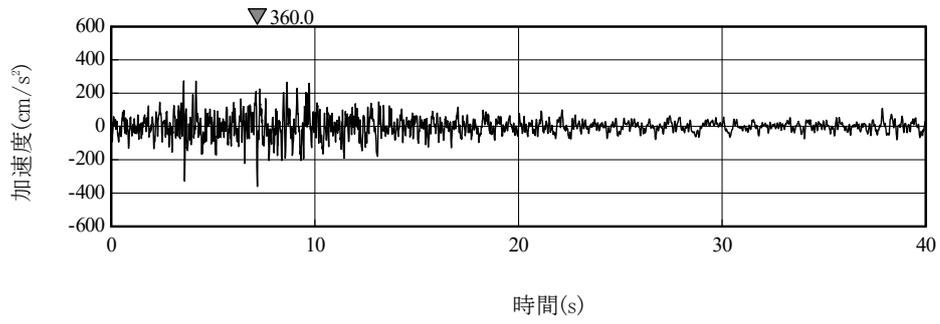
## 2. 一関東評価用地震動（鉛直）の概要

影響評価に用いる一関東評価用地震動（鉛直）について、解放基盤表面位置で一関東評価用地震動（鉛直）の設計用応答スペクトルを、基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトルと併せて第2.-1図に、設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形を第2.-2図に示す。

事業変更許可申請書に示すとおり、一関東評価用地震動（鉛直）は、一関東観測点における岩手・宮城内陸地震の水平方向の地震観測記録の応答スペクトルに、水平方向に対する鉛直方向の地震動の比率として2/3を乗じた応答スペクトルから、一関東観測点における岩手・宮城内陸地震で得られた鉛直方向の地中記録の位相を用いて作成した地震動である。



第2.-1図 一関東評価用地震動（鉛直）の設計用応答スペクトル



第 2. -2 図 一関東評価用地震動（鉛直）の加速度時刻歴波形

### 3. 影響評価方針

本章では、建物・構築物の耐震評価において、鉛直方向の地震荷重として一関東評価用地震動（鉛直）及び一関東評価用地震動（鉛直）に対して係数0.5を乗じた地震動（以下、「 $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）」という。）を考慮した場合の影響評価の方針について示す。

各計算書に示す耐震評価結果は、 $S_s$ 地震時に対する評価及び $S_d$ 地震時に対する評価において地盤物性のばらつきを考慮し、水平方向及び鉛直方向の各地震力を包絡した結果となっている。

そこで、影響評価の方法は、評価対象部位に対して、一関東評価用地震動（鉛直）、または $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）による影響を考慮した割増係数を、各計算書に示す地盤物性のばらつきを考慮した耐震評価結果（検定比）に乘じ、その検定比が1.000を超えないことで保守的に確認することを基本とした。なお、割増係数については、 $S_s$ 地震時に対する評価及び $S_d$ 地震時に対する評価それぞれについて基本ケースの解析結果による応答比率から算出する。具体的には、 $S_s$ 地震時に対する評価については、各建物・構築物の応答解析モデルに、基準地震動 $S_s$ （鉛直）を入力した場合に対する一関東評価用地震動（鉛直）を入力した場合のそれぞれの最大応答値による応答比率から算出する。 $S_d$ 地震時に対する評価については、各建物・構築物の応答解析モデルに、弾性設計用地震動 $S_d$ （鉛直）を入力した場合に対する $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）を入力した場合のそれぞれの最大応答値の応答比率から算出する。基準地震動 $S_s$ （鉛直）及び弾性設計用地震動 $S_d$ （鉛直）の最大応答値については全波をそれぞれ入力した場合の各々の波に対する最大応答値の包絡値を示す。

また、本検討は、鉛直方向の影響検討であることから、水平方向の地震力が寄与する部分への割増しは不要であるが、保守的に水平方向と鉛直方向の両方向の地震力を考慮した検定比に対して、一律割増しを行う。

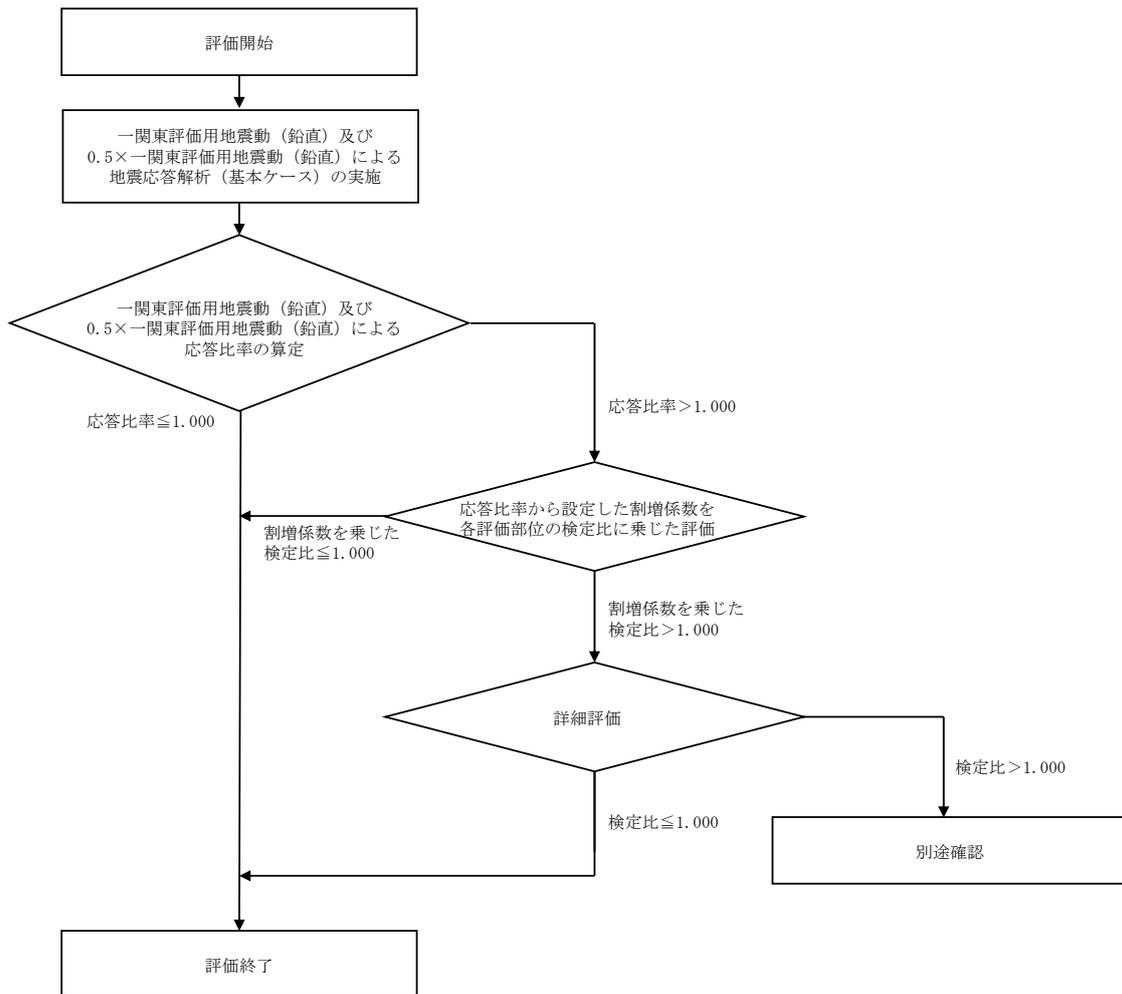
ここで、一関東評価用地震動（鉛直）及び $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）による地震応答解析に用いる応答解析モデルは、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」の「3.2 地震応答解析モデル」に示す地震応答解析モデル（鉛直方向）とする。

評価対象部位は、各計算書において耐震評価を実施している部位のうち、鉛直方向の地震力の影響を受ける部位とし、詳細は「4.1 評価対象部位の抽出」に示す。

抽出した評価対象部位に対する評価方法の詳細は、「4.2 評価対象部位の評価方法」に示す。

また、割増係数を乗じた検定比が1.000を超える場合、即ち、安全上支障がないと言えない場合は、詳細評価として、基準地震動 $S_s - C4$ （水平）と一関東評価用地震動（鉛直）、または弾性設計用地震動 $S_d$ （水平）と $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）を組み合わせた地震荷重を用いた応力解析による評価を実施する。

上記を踏まえた、評価フローを第3.-1図に示す。



第3.-1図 評価フロー

#### 4. 評価対象部位の抽出と評価方法

##### 4.1 評価対象部位の抽出

「3. 影響評価方針」に示すとおり、評価対象部位は、各計算書において耐震評価を実施している部位のうち、鉛直方向の地震力の影響を受ける部位とする。

計算書において耐震評価結果を示す部位としては、耐震壁、地盤（接地圧）、基礎スラブ、Sクラスの壁及び床\*が存在する。このうち、耐震評価において鉛直方向の地震荷重を組み合わせる耐震評価を行っている、地盤（接地圧）、基礎スラブ、Sクラスの壁及び床を本評価における評価対象部位として抽出した。

耐震壁、並びにSクラスの壁のうちセル壁、貯蔵区域の壁、受入れ室の壁及び貯蔵室等の壁（以下、「セル壁等」という。）については、S s地震時に対する評価において、水平方向の地震荷重により求まる各層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とで、構造強度、機能維持の確認が可能であり、鉛直方向の地震荷重は組み合わせていない。以上のことから、耐震壁及びセル壁等のS s地震時に対する評価については本評価の対象外とする。

各建物・構築物の評価対象部位及び応答比率の算定に用いる地震動の整理結果を第4.1-1表に示す。

注記 \*：セル壁及び床、貯蔵区域の壁及び床、受入れ室の壁及び床、貯蔵室等の壁及び床、プールの壁及び床

第4. 1-1表 評価対象部位及び応答比率の算定に用いる地震動の整理結果

施設区分	評価対象部位及び 応答比率の算定に用いる地震動  建物・構築物名称	地盤 (接地圧)	基礎、基礎スラブ	耐震壁	Sクラス壁		Sクラス床	
		基準地震動Ss (鉛直)と 一関東評価用地震動 (鉛直)	基準地震動Ss (鉛直)と 一関東評価用地震動 (鉛直)	基準地震動Ss (鉛直)と 一関東評価用地震動 (鉛直)	基準地震動Ss (鉛直)と 一関東評価用地震動 (鉛直)	弾性設計用地震動Sd (鉛直)と 0.5×一関東評価用地震動 (鉛直)	基準地震動Ss (鉛直)と 一関東評価用地震動 (鉛直)	弾性設計用地震動Sd (鉛直)と 0.5×一関東評価用地震動 (鉛直)
再処理施設	安全冷却水B冷却塔基礎	A4B(基礎)	○	○	—	—	—	—

○：対象建屋に当該評価対象部位が存在する場合  
 —：対象建屋に当該評価対象部位が存在しない場合

## 4.2 評価対象部位の評価方法

### ① 地盤（接地圧）

地盤（接地圧）については、 $S_s$ 地震時に対する評価として、水平地震力及び鉛直地震力の組合せにより算出していることから、基礎スラブの要素の最大応答軸力の応答比率（一関東評価用地震動（鉛直）/基準地震動 $S_s$ （鉛直））を割増係数として設定し、各計算書に示す最大接地圧の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

### ② 基礎スラブ

基礎スラブについては、 $S_s$ 地震時に対する評価として、上部構造からの水平地震力及び鉛直地震力の組合せ応力を考慮することから、基礎スラブの直上の要素における最大応答軸力の応答比率（一関東評価用地震動（鉛直）/基準地震動 $S_s$ （鉛直））の最大値を割増係数として設定し、各計算書に示す応力評価結果の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

### ③ Sクラスの壁及び床

#### a. Sクラスの壁

Sクラスの壁のうち、セル壁等については、 $S_d$ 地震時に対する評価として、水平地震力及び鉛直地震力の組合せ応力を考慮することから、セル壁等の位置する要素における最大応答軸力の応答比率（ $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）/弾性設計用地震動 $S_d$ （鉛直））の最大値を割増係数として設定し、各計算書に示す応力評価結果の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

Sクラスの壁のうち、プールの壁については、 $S_s$ 地震時に対する評価及び $S_d$ 地震時に対する評価として、水平地震力及び鉛直地震力の組合せ応力を考慮することから、プールの壁の位置する要素における最大軸応力度の応答比率（ $S_s$ 地震時の評価の場合は一関東評価用地震動（鉛直）/基準地震動 $S_s$ （鉛直）、 $S_d$ 地震時の評価の場合は $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）/弾性設計用地震動 $S_d$ （鉛直））の最大値を割増係数として設定し、各計算書に示す応力評価結果の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

b. Sクラスの床

Sクラスの床については、S<sub>s</sub>地震時に対する評価及びS<sub>d</sub>地震時に対する評価として、鉛直方向の地震荷重として慣性力を考慮することから、Sクラスの床の位置する質点における鉛直方向の最大応答加速度の応答比率（S<sub>s</sub>地震時の評価の場合は一関東評価用地震動（鉛直）/基準地震動S<sub>s</sub>（鉛直）、S<sub>d</sub>地震時の評価の場合は0.5×一関東評価用地震動（鉛直）/弾性設計用地震動S<sub>d</sub>（鉛直））の最大値を割増係数として設定し、各計算書に示す応力評価結果の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

なお、①～③の評価において、応答比率の最大値が1.000を超えない場合は、その時点で評価終了とする。また、割増係数に乗じた検定比が1.000を超える場合は、詳細評価として、水平方向の基準地震動S<sub>s</sub>-C4と一関東評価用地震動（鉛直）、または水平方向の弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-C4と0.5×一関東評価用地震動（鉛直）を組み合わせた地震荷重を用いた応力解析による評価を実施することとし、その評価方法は、各計算書の評価方法に倣うものとする。

## 5. まとめ

各建物・構築物について、一関東評価用地震動（鉛直）及び $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）の影響評価結果の概要を第5. -1表に示す。（影響評価結果の詳細は別紙を参照。）

各建物・構築物の評価対象部位について、応答比率が1.000を超えないこと、または応答比率が1.000を超える場合は、割増係数を乗じた検定比が1.000を超えないことを確認した。

以上のことから、各建物・構築物の耐震評価について、鉛直方向の地震荷重として一関東評価用地震動（鉛直）及び $0.5 \times$ 一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した場合においても影響はなく、安全上支障がないことを確認した。

第5.-1表 一関東評価用地震動（鉛直）及び0.5×一関東評価用地震動（鉛直）の  
影響評価結果（検定比一覧）

施設 区分	建物・構造物名称		影響評価結果*1*2			
			地盤 (接地圧)	基礎, 基礎スラブ	Sクラスの 壁	Sクラスの 床
再処理施設	安全冷却水B冷却塔基礎	A4B(基礎)	影響なし	影響なし	—	—

注記 \*1：応答比率が1.000を超えない場合，又は応答比率が1.000を超える場合でも割増係数を考慮した検定比が1.000を超えない場合は，「影響なし」と表記する。

\*2：各計算書に示す応力評価結果の検定比に応答比率から設定した割増係数を乗じた時の最大値を示す。

IV-2-4-1-1-1-1

別紙1 安全冷却水B冷却塔基礎の  
一関東評価用地震動（鉛直）に関する  
影響評価結果

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 一関東評価用地震動（鉛直）による入力地震動 .....	2
3. 応答比率の算定 .....	3
4. 評価結果 .....	6

## 1. 概要

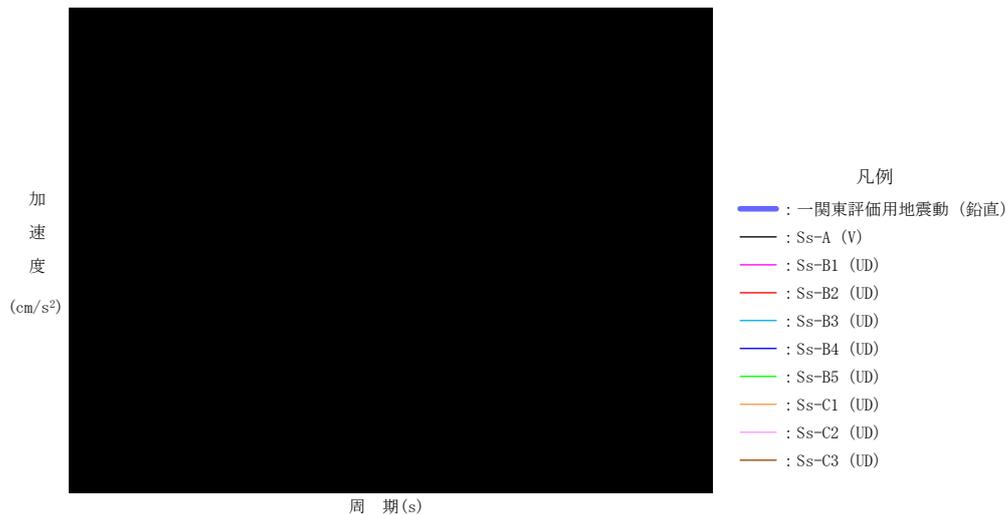
本資料は、「IV-2-4-1-1-1-1 建物及び屋外機械基礎の一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響評価結果」本文の「3. 影響評価方針」に基づき、安全冷却水B冷却塔（基礎）の耐震評価における鉛直方向の地震力の影響を受ける評価対象部位について、鉛直方向の地震荷重として一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した場合の影響評価結果の詳細を示す。

## 2. 一関東評価用地震動（鉛直）による入力地震動

本文の「3. 影響評価方針」に示すとおり，割増係数の算出に用いる応答比率を算定するために，一関東評価用地震動（鉛直）を用いた鉛直方向の地震応答解析（基本ケース）を実施する。

一関東評価用地震動（鉛直）について，安全冷却水B冷却塔の鉛直方向の入力地震動として用いる，基礎底面位置（T.M.S.L. 53.80m）における地盤応答の加速度応答スペクトルを，基準地震動  $S_s$  の同位置における地盤応答の加速度応答スペクトルと併せて第2.-1図に示す。

なお，鉛直方向の入力地震動は基本ケースの地盤物性を用い，「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」に示す手法と同様に，1次元波動論に基づき，解放基盤表面で定義される一関東評価用地震動（鉛直）に対する構築物基礎底面レベルでの地盤の応答として評価したものである。



第2.-1図 一関東評価用地震動（鉛直）による入力地震動の加速度応答スペクトル  
(T.M.S.L. 53.80m)

### 3. 応答比率の算定

一関東評価用地震動（鉛直）による鉛直方向の地震応答解析は、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」に示す鉛直方向の地震応答解析モデルを用いる。第3.-1図に地震応答解析モデル（鉛直方向）を示す。

基準地震動  $S_s$ （鉛直）の全波と一関東評価用地震動（鉛直）による鉛直方向の地震応答解析結果の最大応答値（基本ケース）の比較、及び本文の「3. 影響評価方針」に示した方法で算定した応答比率を第3.-1表～第3.-2表に示す。

なお、基準地震動  $S_s$ （鉛直）による最大応答値（基本ケース）については全波をそれぞれ入力した場合の各々の波に対する最大応答値の包絡値を示す。

基準地震動  $S_s$ （鉛直）による最大応答値に対する一関東評価用地震動（鉛直）による最大応答値の応答比率は第3.-1表～第3.-2表より、最大応答加速度では ██████████ であり、最大応答軸力では ██████████ である。



第3. -1図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第3.-1表 基準地震動S<sub>s</sub>（鉛直）と一関東評価用地震動（鉛直）の  
最大応答加速度の比較

T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) * <sup>1</sup>		応答比率* <sup>2</sup> (②/①)
		①基準地震動S <sub>s</sub> (鉛直) 全波包絡	②一関東評価用 地震動 (鉛直)	

注記 \*1：基本ケースの結果，網掛けは最大値を示す

\*2：小数第4位を保守的に切上げ

第3.-2表 基準地震動S<sub>s</sub>（鉛直）と一関東評価用地震動（鉛直）の最大応答軸力の比較

T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN) * <sup>1</sup>		応答比率* <sup>2</sup> (②/①)
		①基準地震動S <sub>s</sub> (鉛直) 全波包絡	②一関東評価用 地震動 (鉛直)	

注記 \*1：基本ケースの結果，網掛けは最大値を示す

\*2：小数第4位を保守的に切上げ

#### 4. 評価結果

安全冷却水B冷却塔（基礎）について地盤（接地圧）、基礎スラブの評価を実施した。

鉛直方向の地震力の影響を受ける評価対象部位について、以下のとおり一関東評価用地震動（鉛直）の影響評価結果を示す。

##### (1) 地盤（接地圧）

地盤（接地圧）については、鉛直方向の地震荷重として軸力を考慮することから、基礎スラブが位置するT. M. S. L. ■■■■m～■■■■m（要素番号3）の最大応答軸力の応答比率を割増係数として設定する。第4. -1表に応答比率及び割増係数を示す。

第4. -1表より、応答比率は■■■■であり1.000を超えないことから、地盤（接地圧）の評価に及ぼす影響がないことを確認した。

##### (2) 基礎スラブ

基礎スラブは、鉛直方向の地震荷重として上部構造から基礎への軸力を考慮することから、基礎スラブ上層T. M. S. L. ■■■■m～■■■■m（要素番号1～2）の最大応答軸力の応答比率を割増係数として設定する。第4. -2表に応答比率及び割増係数を示す。

第4. -2表より、応答比率は■■■■であり1.000を超えないことから、基礎スラブの耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

以上より、安全冷却水B冷却塔（基礎）の耐震評価について、鉛直方向の地震荷重として一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した場合においても、安全上支障がないことを確認した。

第4.-1表 最大応答軸力の応答比率及び割増係数（地盤（接地圧））

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力（×10 <sup>3</sup> kN）* <sup>1</sup>		応答比率* <sup>2</sup> （②／①）	割増 係数* <sup>3</sup>	割増係数 を乗じた 評価の要 否
		①基準地震動 Ss（鉛直） 全波包絡	②一関東評価 用地震動 （鉛直）			
						不要

注記 \*1：基本ケースの結果，網掛けは最大値を示す

\*2：小数第4位を保守的に切上げ

\*3：応答比率が1.000を超えない場合は「-」とする

(単位 :m)

	TMSL	
	TMSL	
TMSL		
TMSL		

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：破線囲みは該当する要素番号を示す。

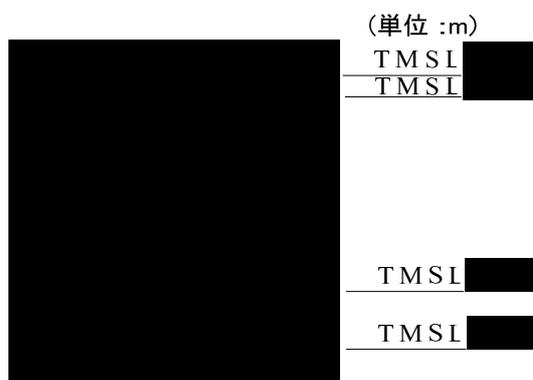
第4.-2表 最大応答軸力の応答比率及び割増係数（基礎スラブ）

T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN) * <sup>1</sup>		応答比率* <sup>2</sup> (②/①)	割増 係数* <sup>3</sup>	割増係数 を乗じた 評価の要 否
		①基準地震動 Ss (鉛直) 全波包絡	②一関東評価 用地震動 (鉛直)			
						不要

注記 \*1：基本ケースの結果，網掛けは最大値を示す

\*2：小数第4位を保守的に切上げ

\*3：応答比率が1.000を超えない場合は「-」とする



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：破線囲みは該当する要素番号を示す。

IV-2-4-1-1-3

竜巻防護対策設備

IV－2－4－1－1－3－1

竜巻防護対策設備の一関東評価用地  
震動(鉛直)に関する影響評価結果

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価結果については、「IV-2-2-2-1-2-1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書」に記載する。

IV - 2 - 4 - 1 - 2

機器・配管系

IV－2－4－1－2－1

機器・配管系の一関東評価用地震動  
(鉛直)に関する影響評価結果

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 影響評価方針 .....	1
3. 影響評価内容 .....	1
4. 影響評価結果 .....	2

別紙1 安全冷却水 B 冷却塔

## 1. 概要

本資料は、「IV-2-4-1-1 建物・構築物」にて示している一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した地震応答解析の結果を踏まえ、機器・配管系の耐震安全性への影響について説明するものである。

## 2. 影響評価方針

設備の耐震設計において「IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」(以下「耐震計算書」という。)及び設計方針の「IV-1-1-11 配管系の耐震支持方針」に示す標準支持間隔法(以下「定ピッチスパン法」という。)に示している設備の耐震安全性については、一関東評価用地震動(鉛直)を除いた複数ある基準地震動 $S_s$ 又は弾性設計用地震動 $S_d$ の建屋応答から設計用地震力として「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した設計用床応答曲線(FRS)又は最大床応答加速度(ZPA)若しくは加速度応答時刻歴を用いて評価を行っている。

これに対する一関東評価用地震動(鉛直)の影響評価は、基準地震動 $S_s$ -C4の鉛直地震動であることから、基準地震動と同じ扱いとして、作成方針に基づき±10%の拡幅した床応答スペクトル及び1.2倍した最大床応答加速度の地震力(以下「一関東(鉛直)地震力」という。))を作成し、設計用地震力と一関東(鉛直)地震力の比較により影響評価を行う。

なお、設備の耐震評価のうち加速度時刻歴を用いて評価している設備については、該当設備の申請に合わせて説明する予定であり次回以降に詳細を説明する。

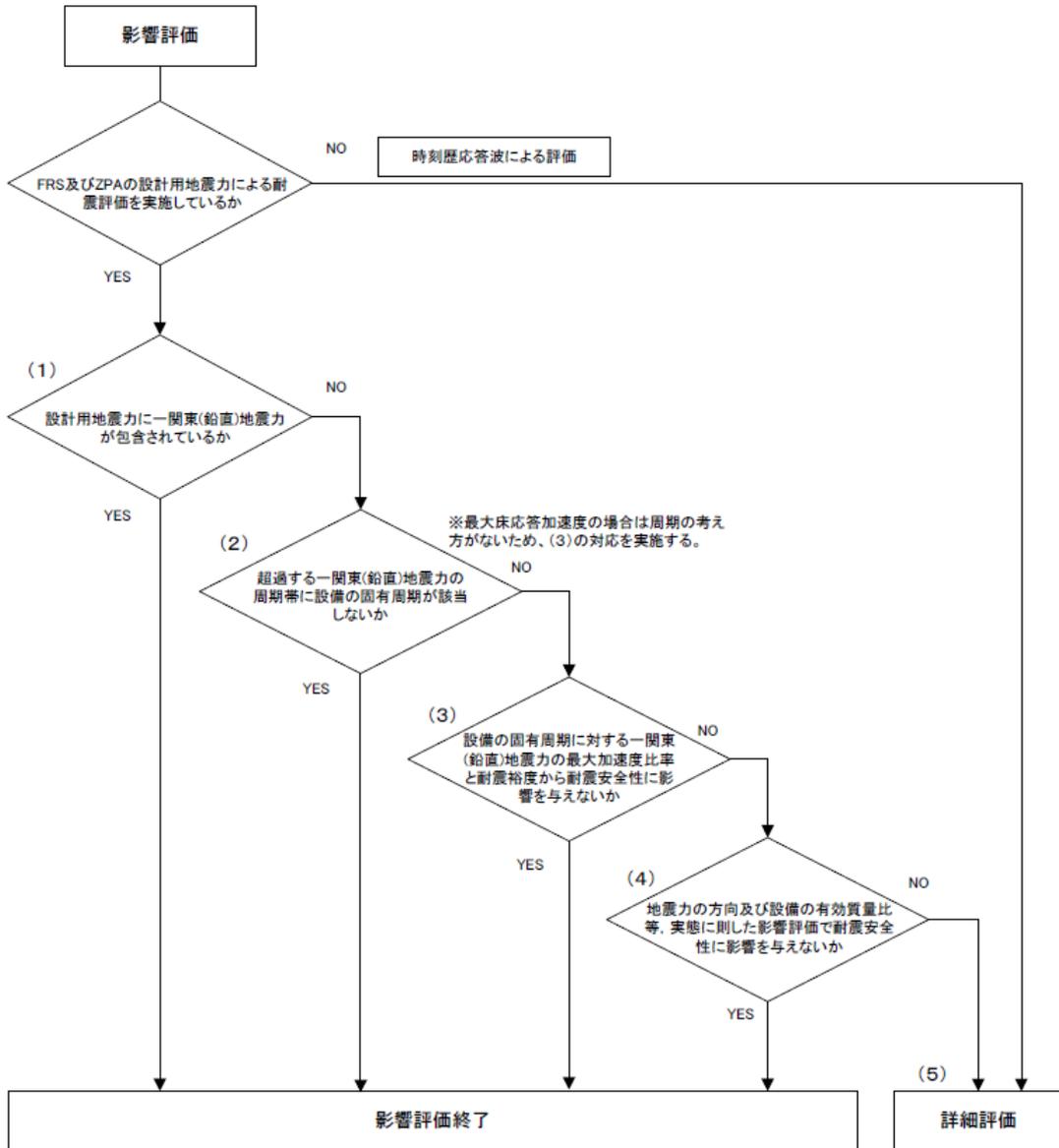
## 3. 影響評価内容

一関東(鉛直)地震力に対する影響評価内容としては、設計用地震力と一関東(鉛直)地震力の加速度比較を行い、設計用地震力に対して一関東(鉛直)地震力が超過する場合は、超過する周期帯(以下「超過周期帯」という。)に固有周期を有する設備を特定し、超過周期帯の最大加速度比率を用いて耐震安全性に影響がないことの評価を行う。

機能維持が要求される設備に対して加速度が超過する場合は、超過周期帯に固有周期を有する設備を特定し、超過周期帯の最大加速度比率を用いて耐震安全性に影響がないことの評価を行う。

定ピッチスパン法による標準支持間隔については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」において谷埋め及びピーク保持を考慮した設計用床応答曲線(FRS)により設計していることから、谷埋め及びピーク保持した設計用床応答曲線と一関東(鉛直)地震力の床応答スペクトルの加速度比較を行い、上述と同様に超過する場合は、超過周期帯の最大加速度比率を用いて耐震安全性に影響がないことの評価を行う。

具体的な一関東(鉛直)地震力に対する影響評価の対応については、第3-1図に示す。



第 3-1 図 一関東評価用地震動(鉛直)の影響を考慮した影響評価対応フロー

#### 4. 影響評価結果

影響評価方針に基づき、設計用地震力と一関東(鉛直)地震力の比較による設備の耐震安全性に影響を与えないことの影響評価した結果、影響がないことを確認した。各建屋の影響評価結果については別紙に示す。

なお、影響評価結果の示し方については、耐震計算書に示す設備ごとの評価結果に対して最大応力比(算出応力/許容応力)の結果について示す。

設計方針である定ピッチスパン法による標準支持間隔については、標準支持間隔の最大応力比(算出応力/許容応力)の結果について示す。

IV-2-4-1-2-1 別紙 1  
安全冷却水 B 冷却塔

設備ごとの影響評価の実施内容及び評価結果

IV-2 再処理施設の耐震性に関する計算書 IV-1-1-11 配管系の耐震支持方針					影響評価結果*1*2											
添付書類番号	添付書類名称		算出 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	固有周期(s)*3	簡易評価						(5)詳細評価				
						設計用 地震力	一関東 (鉛直) 地震力	加速度 比率	(1)	(2)	(3)		(4)		算出 応力 (MPa)	応力比
											算出 応力 (MPa)	応力比	算出 応力 (MPa)	応力比		
IV-2-1-2-1-1-1	安全冷却水 B 冷却塔の耐震 計算書	支持架構	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	-	-	-	○	/	/	/	/	/	/	
		支持架構 搭載機器 *4				構造強度	-	-	-	○	/	/	/	/	/	
						動的機能 維持*1	-	-	-	○	/	/	/	/	/	
						IV-1-1-11-1 別紙 1-1	安全冷却水 B 冷却塔の 直管部標準支持間隔	-	-	-	○	/	/	/	/	/

注記 \*1：算出応力及び許容応力については、各設備の評価内容に応じて次のとおり読み替えること。「ダクトの標準支持間隔：算出応力（発生曲げモーメント）、許容応力（許容座屈モーメント）」、「機能維持要求(加速度評価)：算出応力（評価用地震力）、許容応力（機能確認済加速度）」、「機能維持要求(変位量)：算出応力（算出変位）、許容応力（許容変位）」、「機能維持要求(荷重)：算出応力（算出荷重）、許容応力（許容荷重）」

\*2：影響評価番号については、本紙に記載の「第 3.2-1 図 隣接建屋の影響を考慮した影響評価フロー」に則った番号を示す。

\*3：固有周期欄については 5 次までの固有周期を示し、5 次までに剛領域となった場合は、剛領域となった次数まで示す。また、(3)及び(4)については、最大の加速度比率の次数及び固有周期を()内に示す。

\*4：支持架構搭載機器については、すべて剛な設備であることから支持架構搭載機器のうち最大の応力が発生している設備の結果を示す。

## IV-2-4-2

### 隣接建屋に関する影響評価結果

IV-2-4-2-1

建物・構築物

IV-2-4-2-1-1  
建物及び屋外機械基礎

IV-2-4-2-1-1-1

建物及び屋外機械基礎の隣接建屋に  
関する影響評価結果

IV－2－4－2－1－1－1－1  
安全冷却水 B 冷却塔基礎の  
隣接建屋に関する影響評価結果

## 目 次

	ページ
1. 概要	1
1.1 位置	2
1.2 構造概要	3
1.3 検討方針	4
1.4 準拠規格・基準等	5
2. 隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析	6
2.1 検討ケース	6
2.2 建屋のモデル化	9
2.3 地盤モデルの詳細	15
2.4 検討用地震動及び検討用モデルへの入力方法	18
2.5 地震応答解析結果	20
3. 建物・構築物の応答増幅の評価	27
3.1 検討対象部位及び検討方法	27
3.1.1 検討対象部位	27
3.1.2 地盤（接地圧）の検討方法	28
3.1.3 基礎スラブの検討方法	29
3.2 検討結果	29

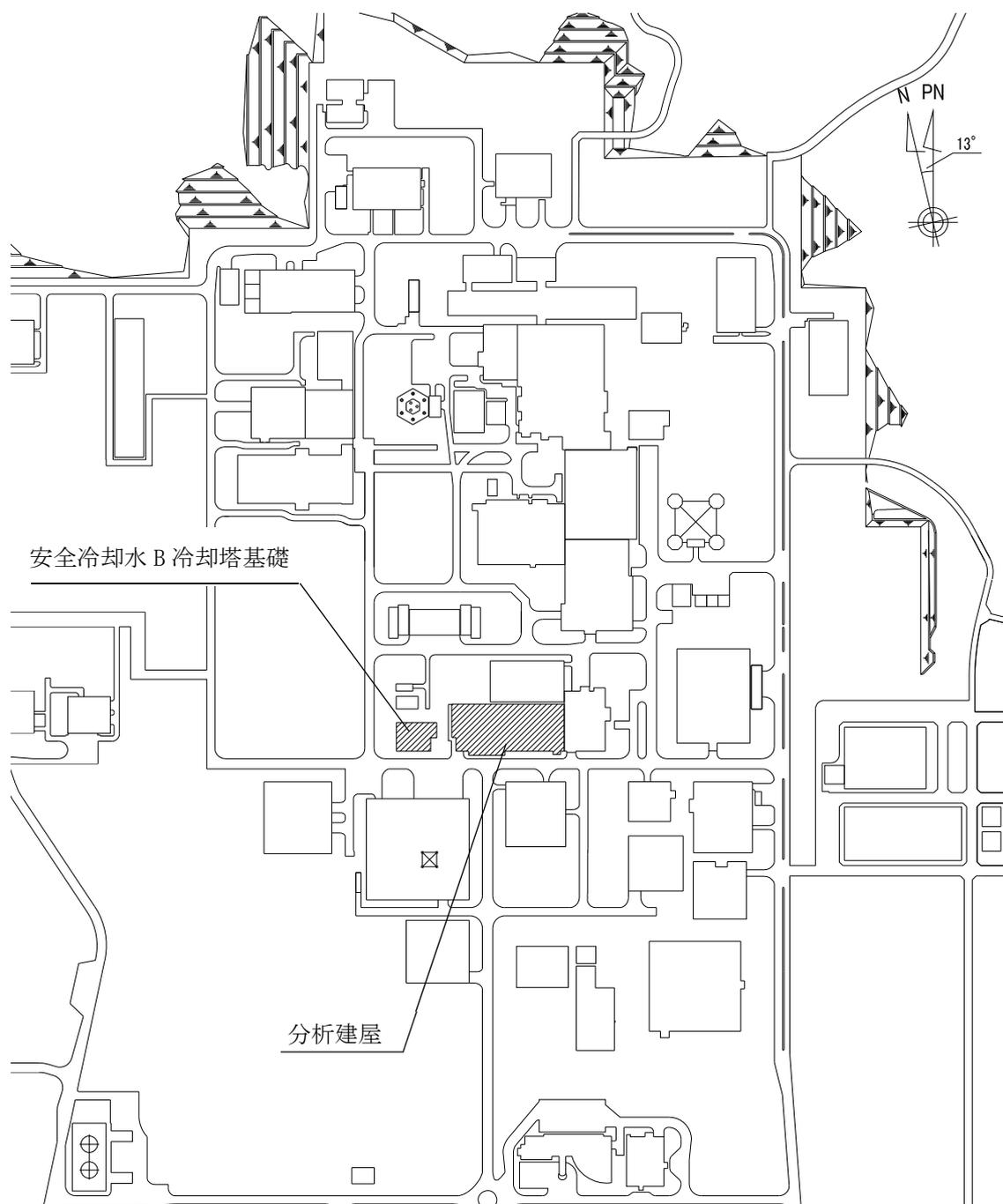
## 1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」, 「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」, 「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」及び「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づく隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析及び建物・構築物の耐震性について、以下の添付書類とあわせて説明するものである。なお、機器・配管系の耐震評価に対する隣接建屋の影響については、本資料で示す隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析より得られた床応答に基づき、「IV-2-4-2 隣接建屋に関する影響評価結果」のうち、「IV-2-4-2-2 機器・配管系」で説明する。

- ・「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」
- ・「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」

## 1.1 位置

評価対象建屋である安全冷却水B冷却塔基礎と、隣接建屋と設定する分析建屋の配置位置を第1.1-1図に示す。



第1.1-1図 安全冷却水B冷却塔基礎，分析建屋の設置位置

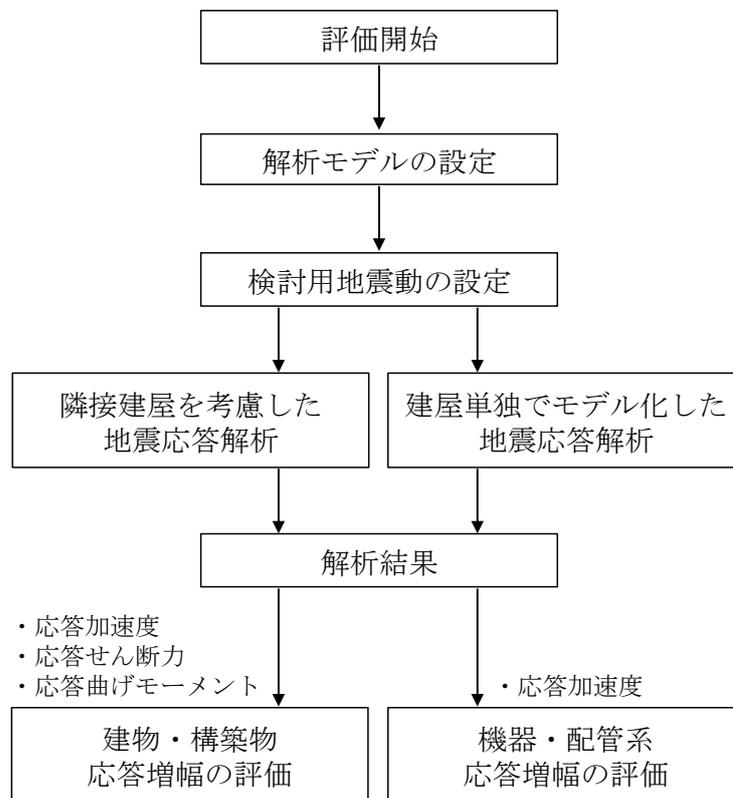


### 1.3 検討方針

隣接建屋を考慮した地震応答解析は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

FEMを用いた検討として、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合と、建屋を単独でモデル化する場合の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答の比較から得られる応答比率を用いて建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認する。

隣接建屋を考慮した評価のフローを第1.3-1図に示す。なお、機器・配管系の耐震評価に対する隣接建屋の影響については、本資料で示す隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析より得られた床応答に基づき、「IV-2-4-2 隣接建屋に関する影響評価結果」のうち、「IV-2-4-2-2 機器・配管系」で説明する。



第1.3-1図 隣接建屋を考慮した評価のフロー

#### 1.4 準拠規格・基準等

- 地震応答解析及び施設の耐震性の確認において準拠する規格・基準等は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「2.2 準拠規格」と同一とする。

## 2. 隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析

本検討で用いる地震応答解析モデルは、建屋を質点系モデルとし、地盤を3次元FEMモデルとした地盤3次元FEMモデルとする。

建物・構築物は、評価対象建屋である安全冷却水B冷却塔基礎に加えて、当該評価対象建屋に隣接する分析建屋と飛来物防護ネットをモデル化に考慮する。

地震応答解析は、解析コード「NAPISOS Ver. 2.0」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、「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

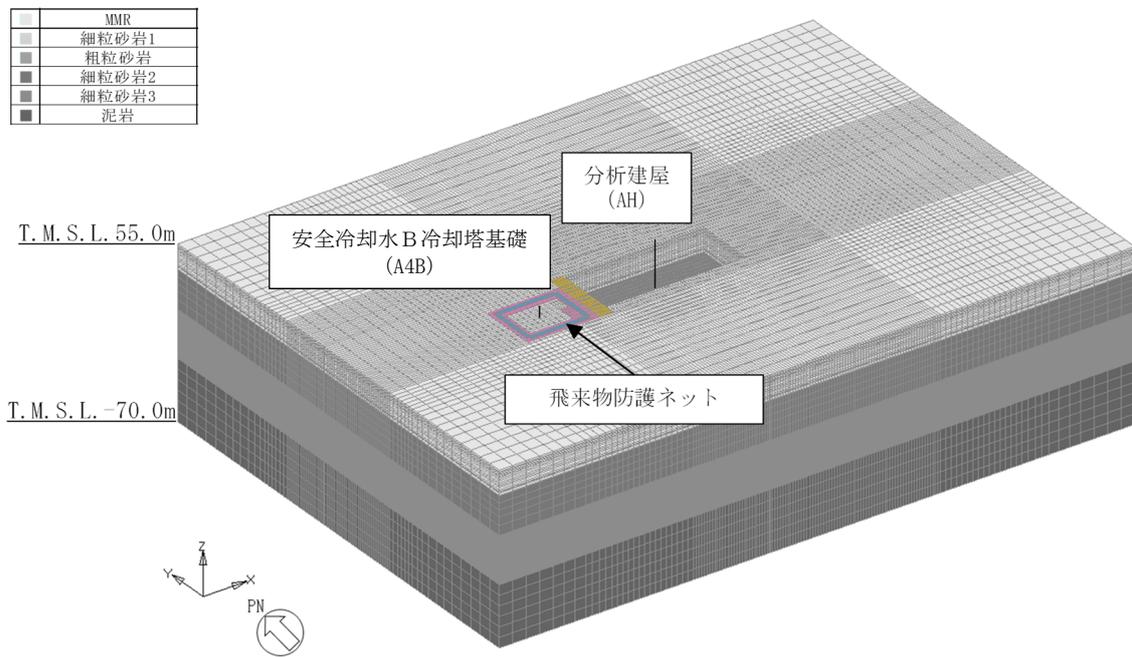
### 2.1 検討ケース

検討にあたっては、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置した場合の地震応答解析モデル（以下、「隣接モデル」という。）と、各建屋（評価対象建屋）を単独でモデル化した場合の地震応答解析モデル（以下、「単独モデル」という。）を用いる。検討は、各ケースそれぞれについて水平方向のNS方向及びEW方向の2成分について行う。

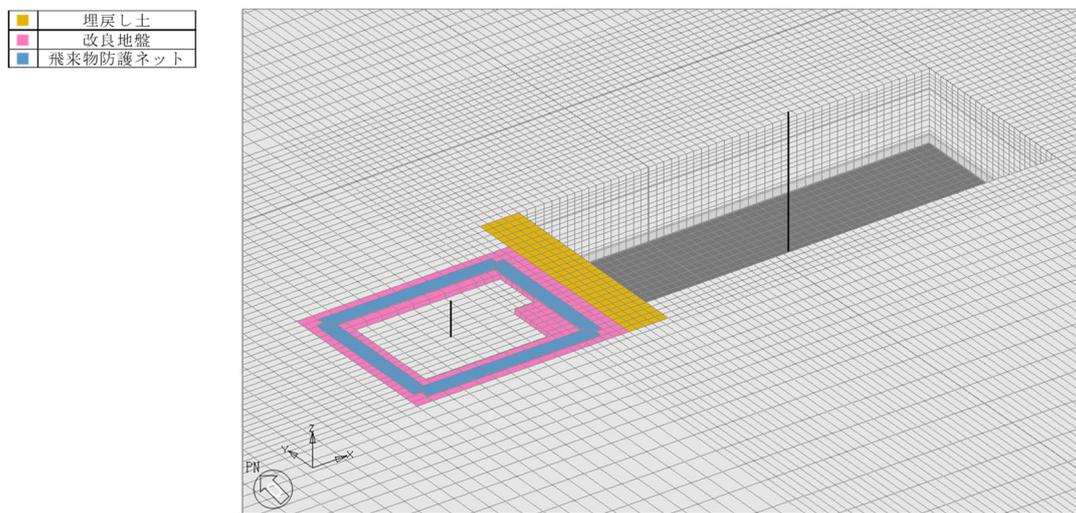
解析ケースの一覧を第2.1-1表に示す。また、第2.1-1図及び第2.1-2図に各解析ケースのモデルの概要を示す。

第2.1-1表 解析ケース一覧

解析ケース	解析モデル	モデル化する建屋
隣接	隣接モデル	・安全冷却水B冷却塔基礎 (A4B) ・分析建屋 (AH)
A4B 単独	単独モデル	・安全冷却水B冷却塔基礎 (A4B)

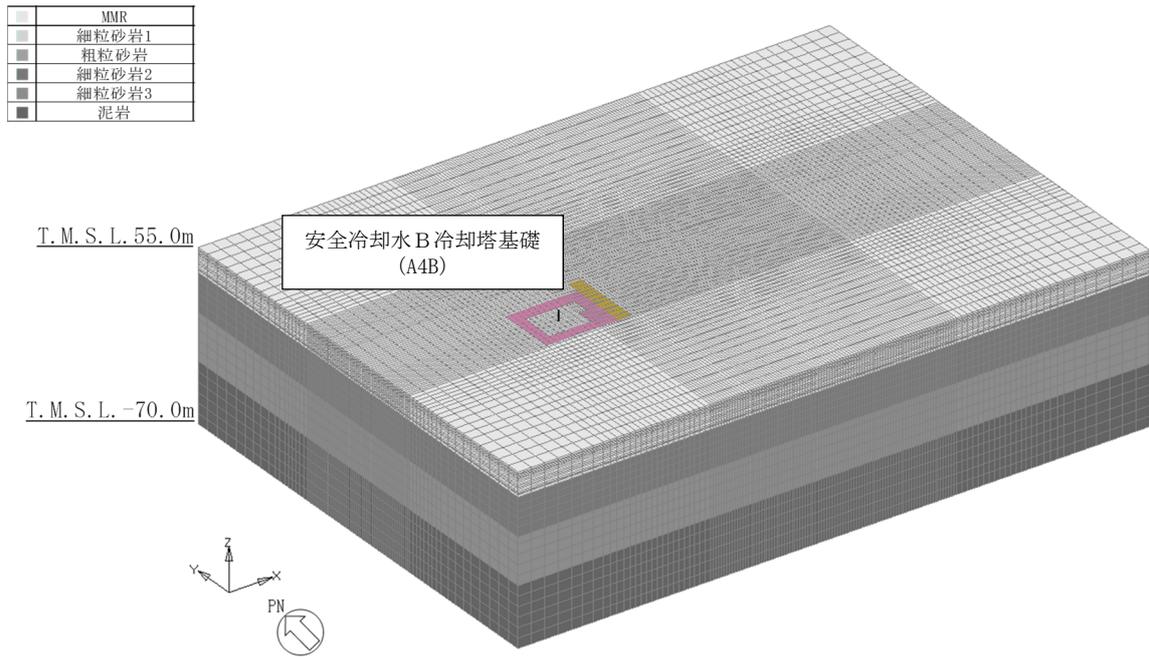


(a) 全体図

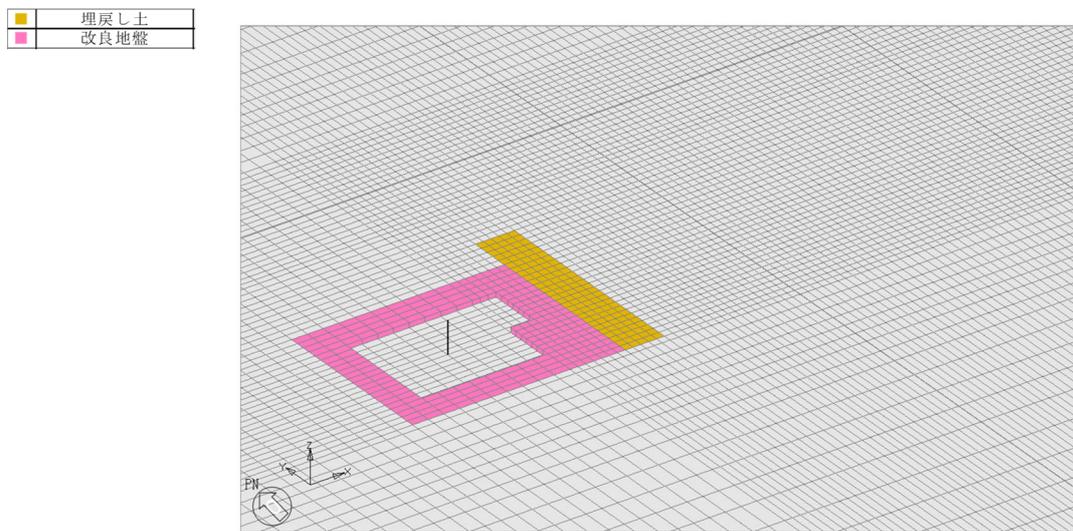


(b) 建屋周辺図

第2.1-1図 隣接モデルの概要



(a) 全体図



(b) 建屋周辺図

第2.1-2図 単独モデルの概要 (安全冷却水B冷却塔基礎)

## 2.2 建屋のモデル化

建屋モデルは、「IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」に示す解析モデルの諸元に倣うものとする。

飛来物防護ネットのモデルは、支持架構の固有振動数と安全冷却水B冷却塔基礎の固有振動数が大きく離れており、支持架構の振動が周辺地盤を介して安全冷却水B冷却塔基礎の応答に与える影響は小さいと考えられることから、総重量(支持架構+基礎)を集約した基礎部分を梁要素でモデル化する。また、杭基礎部分は、剛性の高い地盤改良体に設置されており、当該部分の地盤剛性に与える影響は軽微であると考えられるため考慮しない。

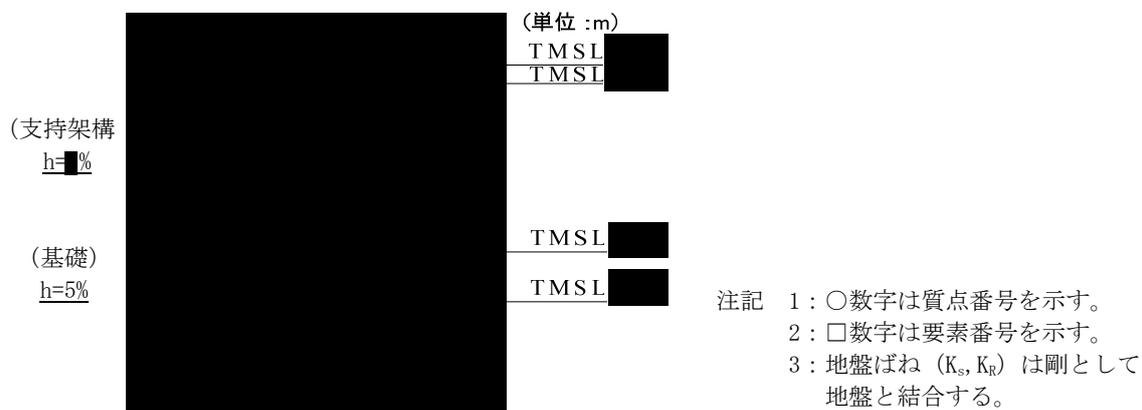
また、本検討の検討用地震動は、「2.5 検討用地震動及び検討用モデルへの入力方法」で後述するとおり弾性設計用地震動 $S_d$  ( $S_d-A$ )であり、建屋はほぼ弾性状態と考えられることから、建屋モデル各部材の非線形特性は考慮しない。

各モデルは基礎の中心に各建屋モデルを配置する。

安全冷却水B冷却塔基礎の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第2.2-1表に、建屋モデル図を第2.2-1図に、解析諸元を第2.2-2表に示す。分析建屋の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第2.2-3表に、建屋モデル図を第2.2-2図に、解析諸元を第2.2-4表に示す。また、飛来物防護ネット基礎の解析諸元を第2.2-5表に示す。

第 2.2-1 表 安全冷却水 B 冷却塔基礎の使用材料の物性値

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=23.5 (N/mm <sup>2</sup> ) (Fc=240 (kgf/cm <sup>2</sup> )) 鉄筋 : SD345	2.25 × 10 <sup>4</sup>	9.38 × 10 <sup>3</sup>	5	基礎
支持架構 鉄骨架構 : <span style="background-color: black; color: black;">          </span> <span style="background-color: black; color: black;">          </span> <span style="background-color: black; color: black;">          </span> 基礎ボルト : <span style="background-color: black; color: black;">          </span>				冷却塔 (支持架構)



第 2.2-1 図 安全冷却水 B 冷却塔基礎の建屋モデル図

第 2.2-2 表 安全冷却水 B 冷却塔基礎の解析諸元

(a) NS 方向

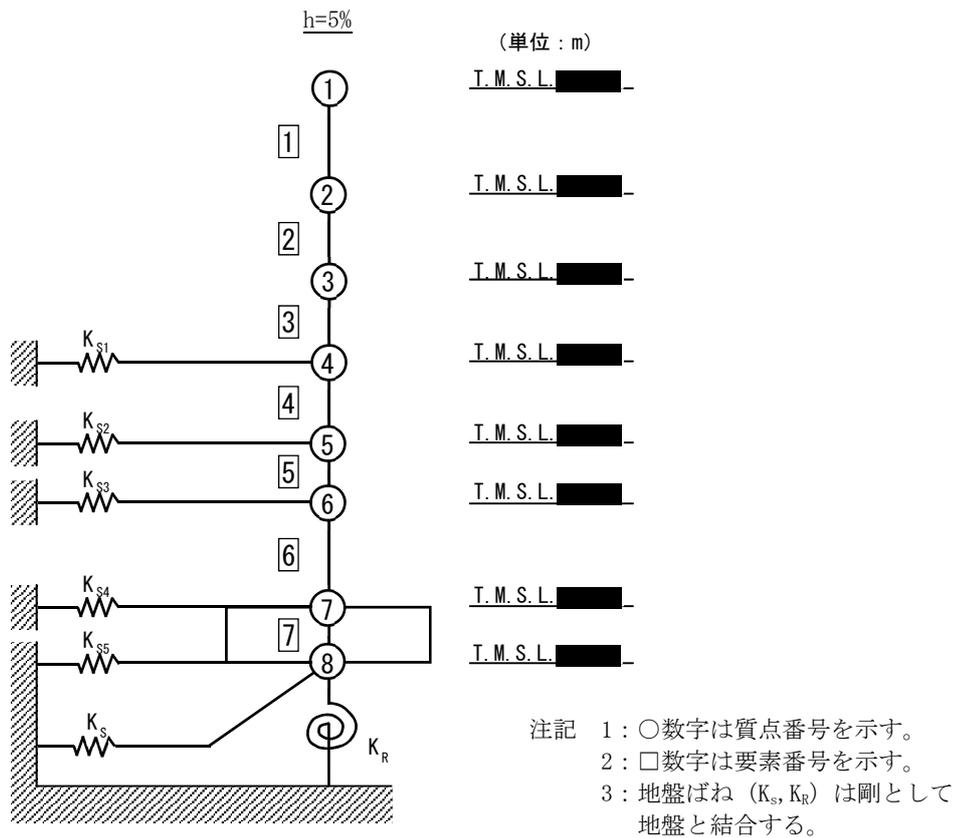
質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	回転慣性 重量 $I_g$ ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	要素番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	断面二次 モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
				—	—	—	—
	構築物総重量		—	—	—	—	—

(b) 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 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )
				—	—	—	—
	構築物総重量		—	—	—	—	—

第 2. 2-3 表 分析建屋の使用材料の物性値

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 (%)
コンクリート : Fc=29. 4 (N/mm <sup>2</sup> ) (Fc=300kgf/cm <sup>2</sup> ) 鉄筋 : SD345	2. 43 × 10 <sup>4</sup>	1. 01 × 10 <sup>4</sup>	5



第 2. 2-2 図 分析建屋の建屋モデル図

第 2.2-4 表 分析建屋の解析諸元

(a) 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		31780	0.8	①		0.16	44.6
②		257330	45.2	②		4.43	204.9
③		182500	32.0	③		4.22	203.4
④		195400	34.3	④		4.42	215.5
⑤		164920	28.9	⑤		4.50	239.3
⑥		262360	46.1	⑥		4.52	243.4
⑦		240510	42.2	⑦		83.90	4791.3
⑧	162240	28.4	—	—	—	—	
建屋総重量		1497040	—	—	—	—	—

(b) 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		31780	3.8	①		0.21	26.6
②		257330	234.3	②		44.54	404.9
③		182500	166.1	③		43.64	400.9
④		195400	177.9	④		44.01	407.1
⑤		164920	150.1	⑤		45.48	416.2
⑥		262360	238.9	⑥		47.40	428.7
⑦		240510	219.0	⑦		436.00	4791.3
⑧	162240	147.7	—	—	—	—	
建屋総重量		1497040	—	—	—	—	—

第 2.2-5 表 飛来物防護ネット基礎の解析諸元

単位重量* W (kN/m)	基礎梁断面 B (mm) × D (mm)	減衰定数 h
233	3600 × 3000	0.05

注記 \* : 飛来物防護ネットの総重量 (支持架構+基礎 : 62990kN) と飛来物防護ネット基礎が位置する部分の総重量が等価となるように設定

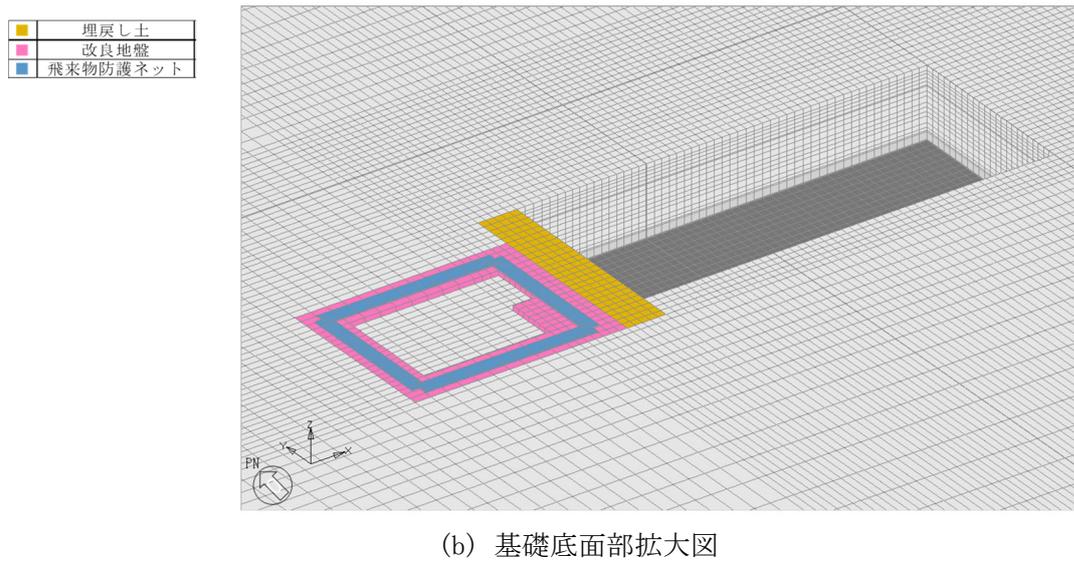
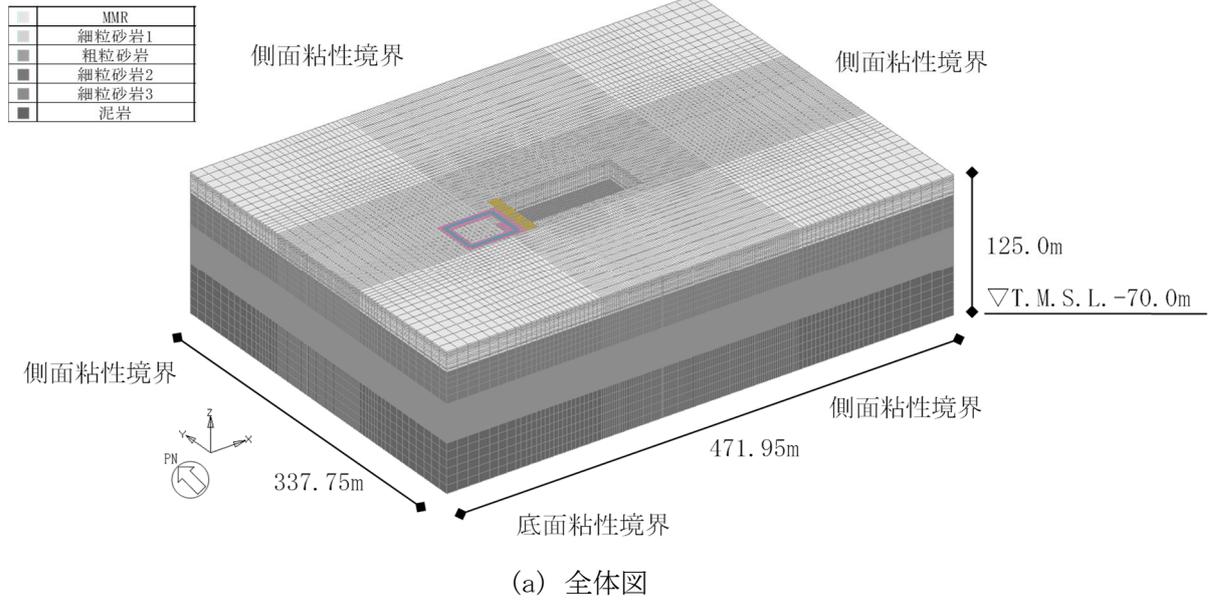
### 2.3 地盤モデルの詳細

地盤モデルを第2.3-1図に示す。地盤はソリッド要素でモデル化し、平面的にはNS方向337.75m,EW方向471.95mの領域を、深さ方向はT.M.S.L.-70.0m(解放基盤表面)～T.M.S.L.55.0m(地表面)の領域をモデル化する。深さ方向のメッシュサイズは、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987( (社)日本電気協会)」に基づき、地盤のS波速度 $V_s$ に対応する波長の1/5以下を目安として設定する。

地盤モデルは、「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」のうち「3.2 地震応答解析モデル」と整合するよう構成される水平成層地盤とする。ただし、建屋周辺に分布する改良地盤及び埋戻し土を実態に即してモデル化することで、隣接建屋の影響をより精緻に評価する。なお、単独モデルでは、隣接モデルにおいて隣接建屋が埋め込まれていた部分を周辺の支配的な地盤であるMMR、細粒砂岩及び粗粒砂岩に置き換えた地盤モデルとする。なお、洞道については、洞道周辺に分布する地盤に置き換えることとする。

弾性設計用地震動Sd-Aにおける地盤物性を第2.3-1表～第2.3-3表に示す。地盤物性は、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「3. 地盤の解析用物性値」に基づき設定することとし、地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた収束物性値を用いる。また、地盤の減衰はレーリー減衰とし、基準振動数は、「2.4 検討用地震動及び検討用モデルへの入力方法」で後述するように評価対象建屋の基礎底面及び地表面レベルにおける地盤の応答が1次元波動論に基づき算定した地盤の応答と等価となるように設定する。

地盤の境界条件は、底面粘性境界及び側方粘性境界とする。



第2.3-1図 地盤モデル

第 2.3-1 表 地盤物性値 (S d - A)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 h	レーリー減衰の 基準振動数 (Hz)	
					f1	f2
▽地表	55.00					
▽A4Bの基礎底面	53.80	18.3	674	1890	0.01	0.5
MMR	39.00					
細粒砂岩	37.08	18.3	671	1880	0.02	
粗粒砂岩	37.08	18.3	643	1800	0.02	
▽AHの基礎底面	36.82					
細粒砂岩	9.02	18.3	667	1870	0.02	
		18.1	925	2010	0.02	
泥岩 (下部層)	-25.57	16.9	783	1860	0.01	
▽解放基盤表面	-70.00					
		16.9	790	1880	0.01	

第 2.3-2 表 地盤物性値 (埋戻し土, S d - A)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 h	レーリー減衰の 基準振動数 (Hz)	
					f1	f2
▽地表	55.00					
▽A4Bの基礎底面	53.80	17.8	177	418	0.03	0.5
	53.05	17.9	178	419	0.05	
	50.03	18.0	184	433	0.07	
	47.65	18.0	191	451	0.07	
埋戻し土	46.12	18.1	207	487	0.07	
	42.80	18.2	228	538	0.07	
	39.32	18.2	243	573	0.07	
	37.08	18.2	243	573	0.07	
▽AHの基礎底面	36.82	18.3	251	592	0.06	
細粒砂岩	36.82					

第 2.3-3 表 地盤物性値 (改良地盤, S d - A)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 h	レーリー減衰の 基準振動数 (Hz)	
					f1	f2
▽地表	55.00					
▽A4Bの基礎底面	53.80	16.9	795	1580	0.001	0.5
	53.05		792	1570	0.003	
	50.03		788	1560	0.004	
	47.65		784	1560	0.005	
改良地盤	46.12		784	1560	0.006	
	42.80		781	1550	0.007	
	39.32		781	1550	0.008	
	37.08		781	1550	0.008	
▽AHの基礎底面	36.82		781	1550	0.008	
細粒砂岩	36.82					

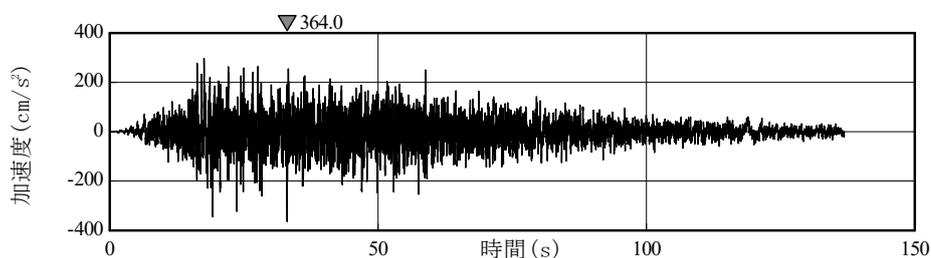
## 2.4 検討用地震動及び検討用モデルへの入力方法

本検討は、隣接建屋の影響程度の把握を主たる検討目的としていることから、材料の非線形特性による影響を受けないよう、地震応答解析は線形解析とする。検討用地震動は、「IV-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」のうち「7. 弾性設計用地震動  $S_d$ 」に示す解放基盤表面レベルで定義された弾性設計用地震動  $S_d$  のうち、卓越周期に著しい偏りがなく、継続時間が長い  $S_d-A$  を用いる。 $S_d-A$  の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 2.4-1 図及び第 2.4-2 図に示す。

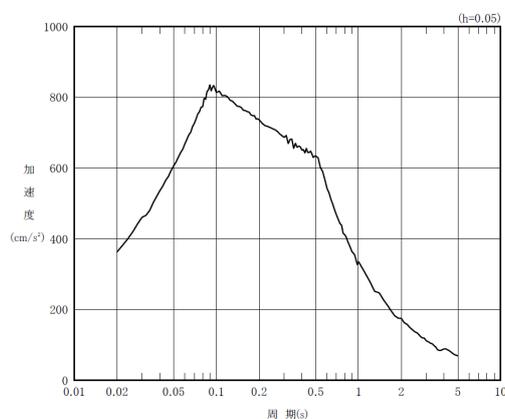
検討用モデルへの入力は第 2.4-3 図に示すように、評価対象建屋である安全冷却水 B 冷却塔基礎の基礎下位置における自由地盤の応答が、 $S_d-A$  が入射した時の 1 次元波動論による応答計算と等価となるように地盤 3 次元 FEM モデルの底面に入力する\*。なお、入力方向は、NS 方向及び EW 方向それぞれに対して行うこととする。

1 次元波動論による入力地震動の算定には、解析コード「REFLECT Ver. 2.0」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、「IV-3 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

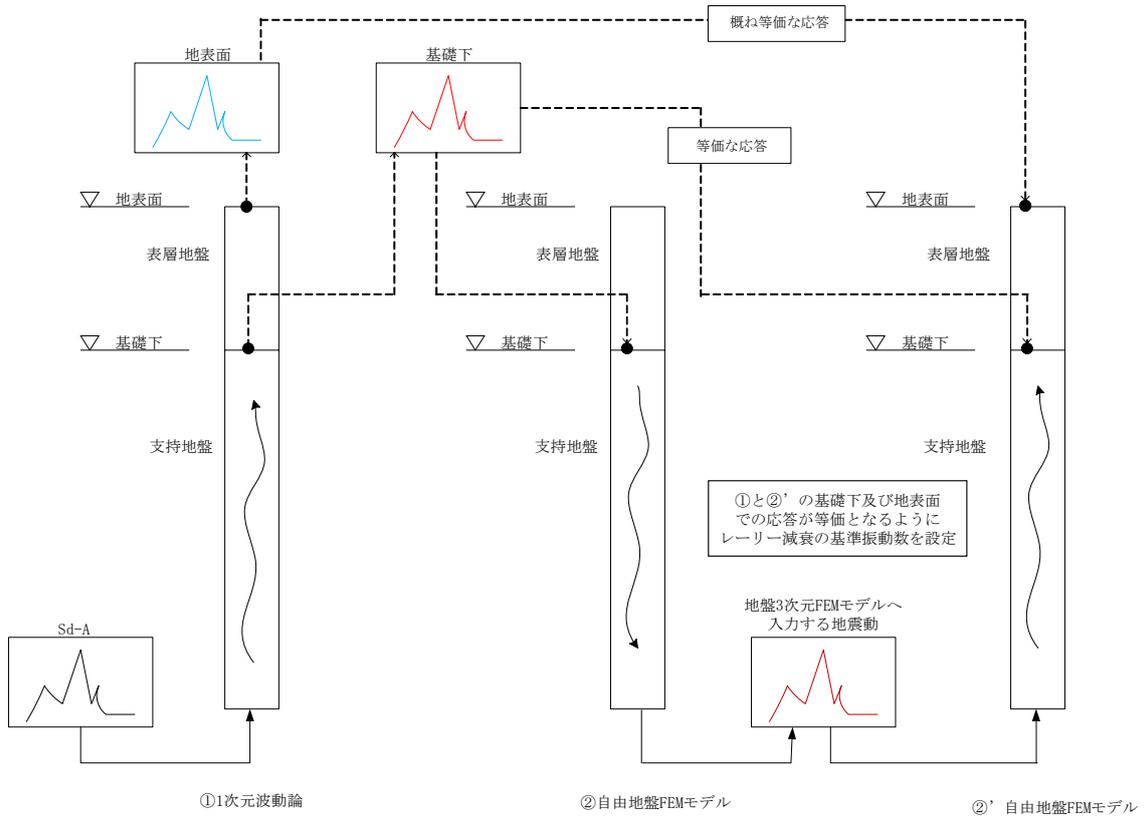
注記 \*：評価対象建屋の基礎底面における地盤の応答が 1 次元波動論に基づき算定した地盤の応答と等価となるようにレーリー減衰の基準振動数を調整している。



第 2.4-1 図  $S_d-A$  の加速度波形



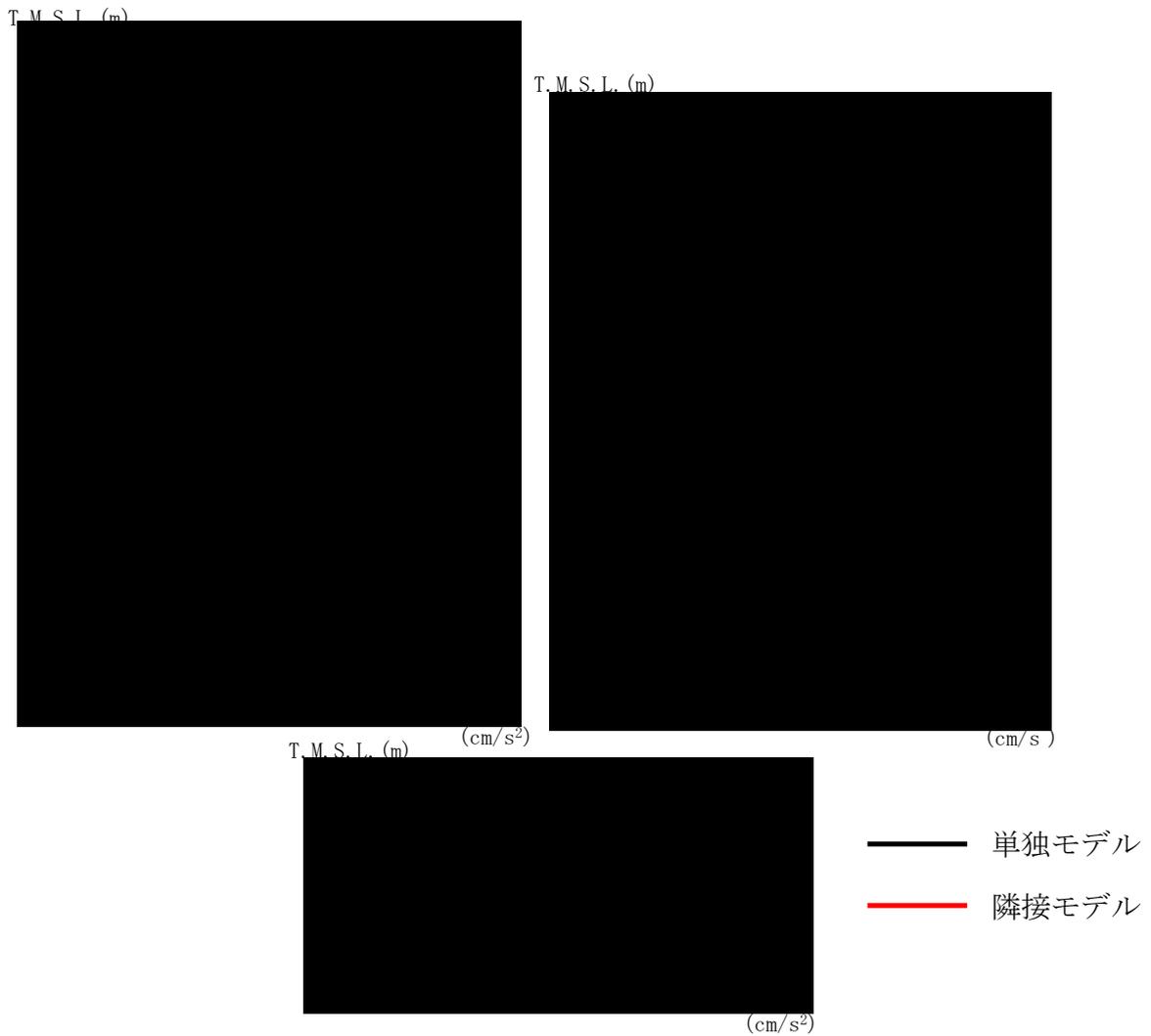
第 2.4-2 図  $S_d-A$  の加速度応答スペクトル



第 2.4-3 図 地盤 3DFEM モデルへ入力する地震動の概念図

## 2.5 地震応答解析結果

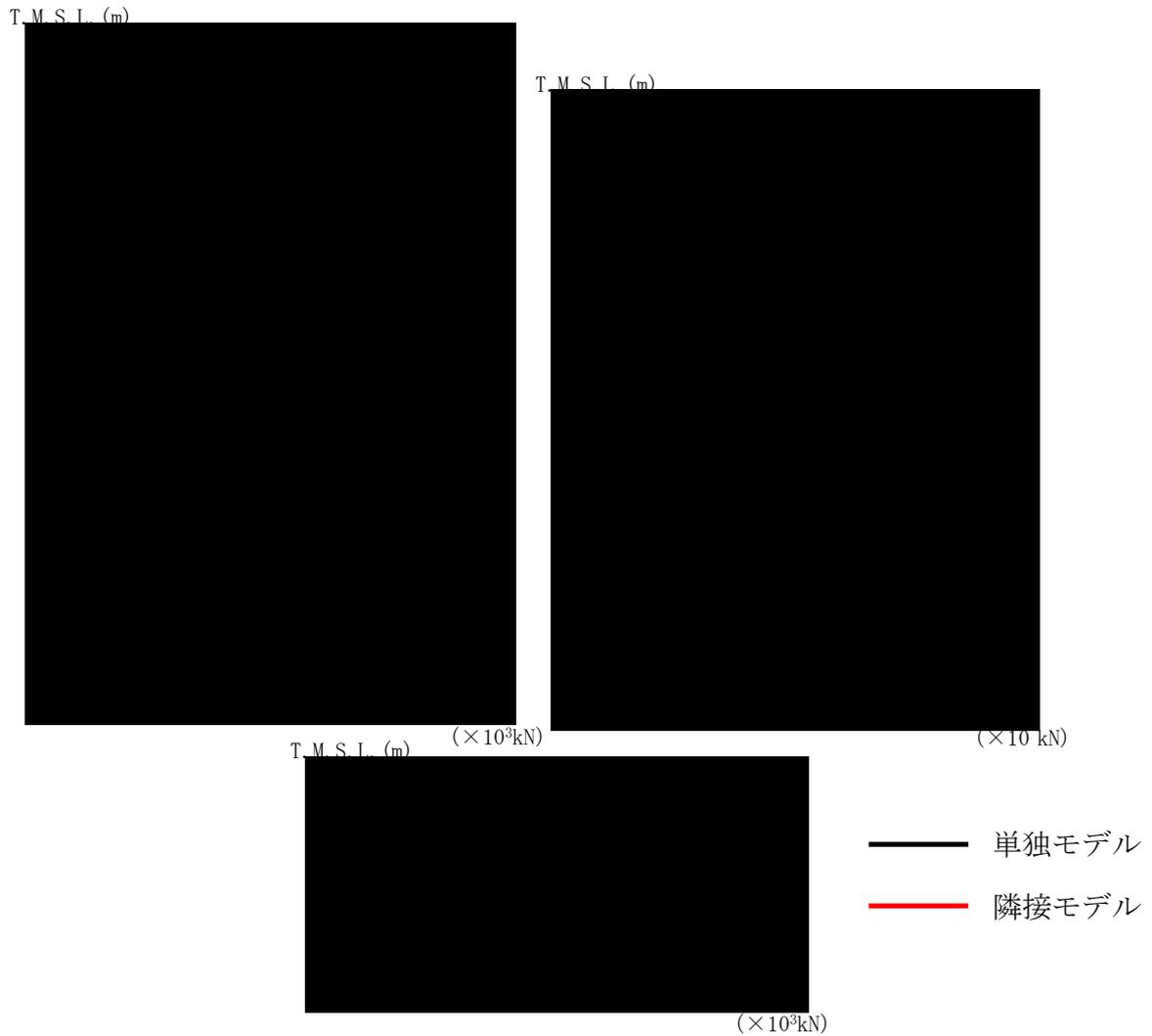
安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答値を第 2.5-1 図～第 2.5-6 図及び第 2.5-1 表～第 2.5-6 表に示す。なお、応答比率は少数第 4 位を保守的に切上げた値を示す。



第2.5-1 図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答加速度 (NS 方向)

第2.5-1 表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答加速度一覧表 (NS 方向)

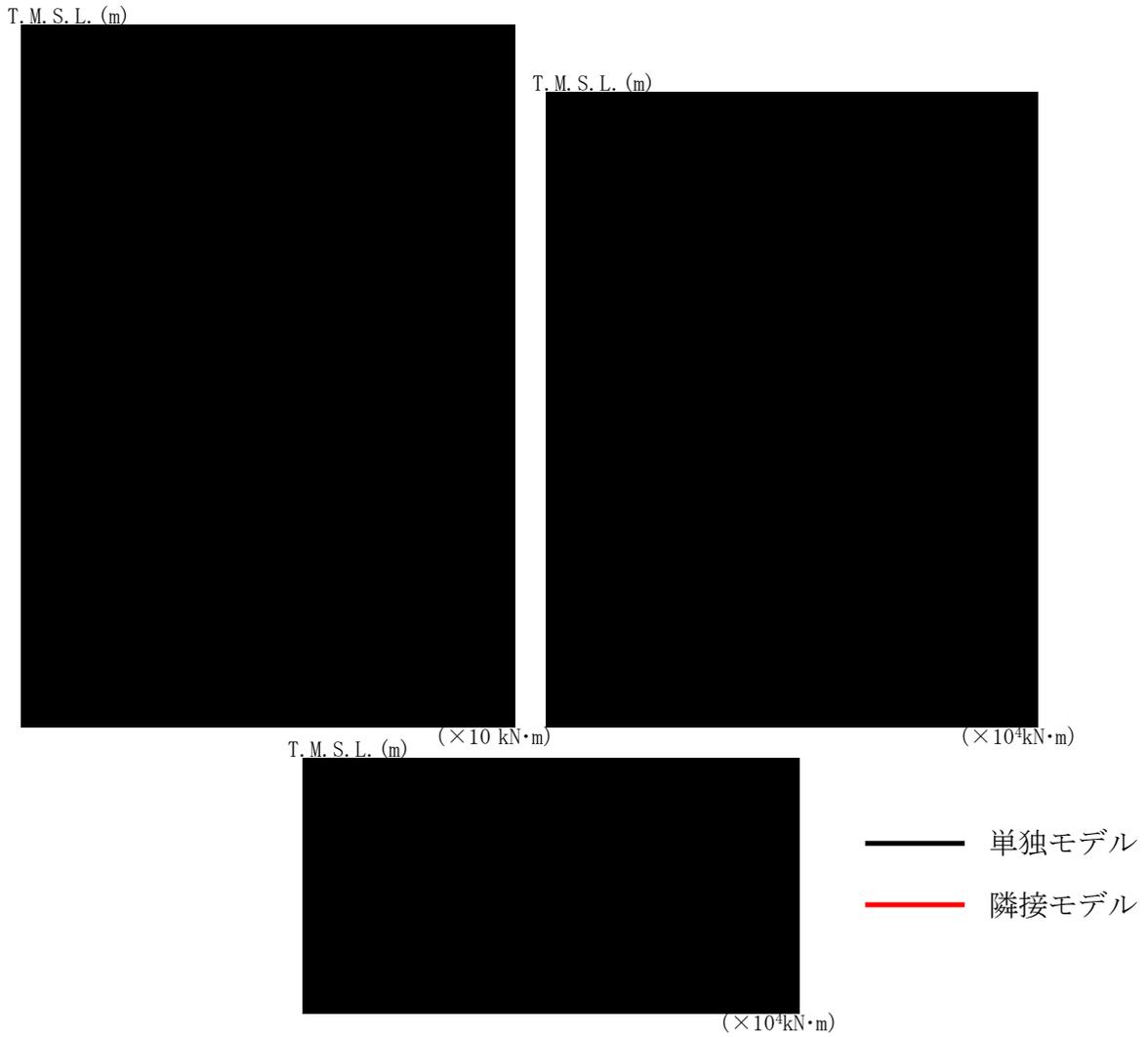
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	
[Redacted Data]				



第2.5-2図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答せん断力 (NS方向)

第2.5-2表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答せん断力一覧表 (NS方向)

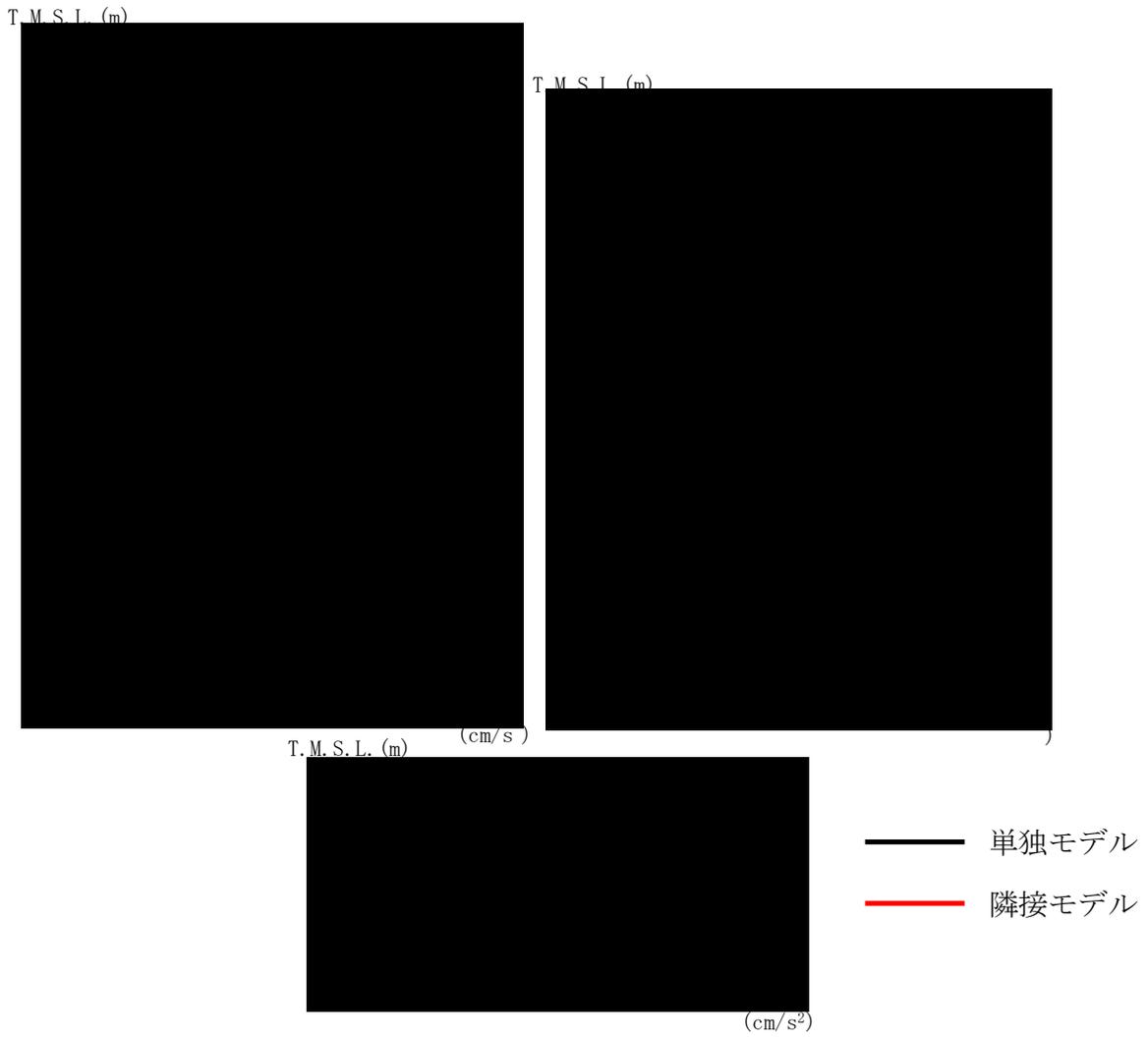
T.M.S.L. (m)	要素番号	最大応答せん断力(×10 <sup>3</sup> kN)		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	



第2.5-3図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答曲げモーメント (NS方向)

第2.5-3表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答曲げモーメント一覧表 (NS方向)

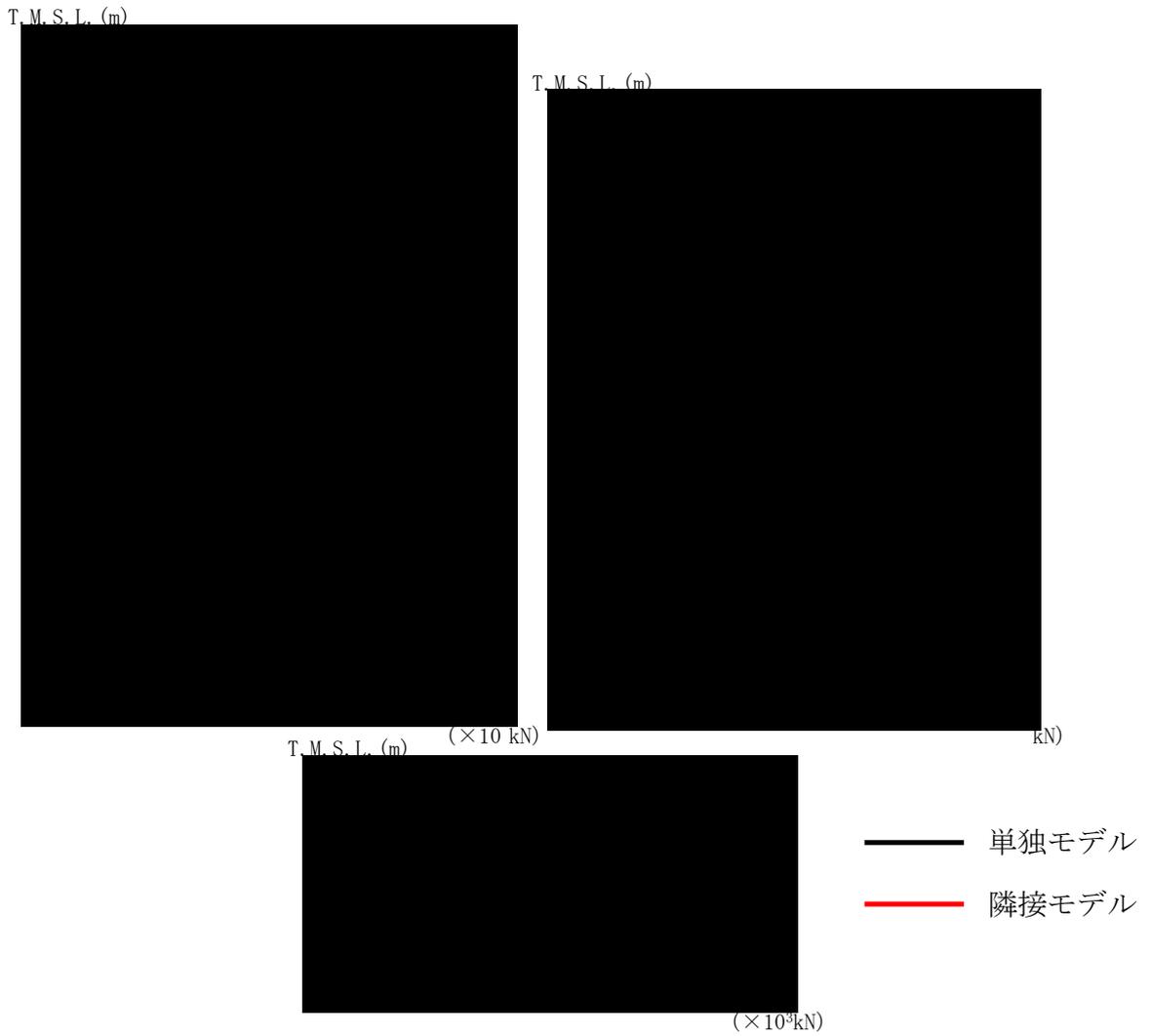
T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	



第2.5-4図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答加速度 (EW方向)

第2.5-4表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答加速度一覧表 (EW方向)

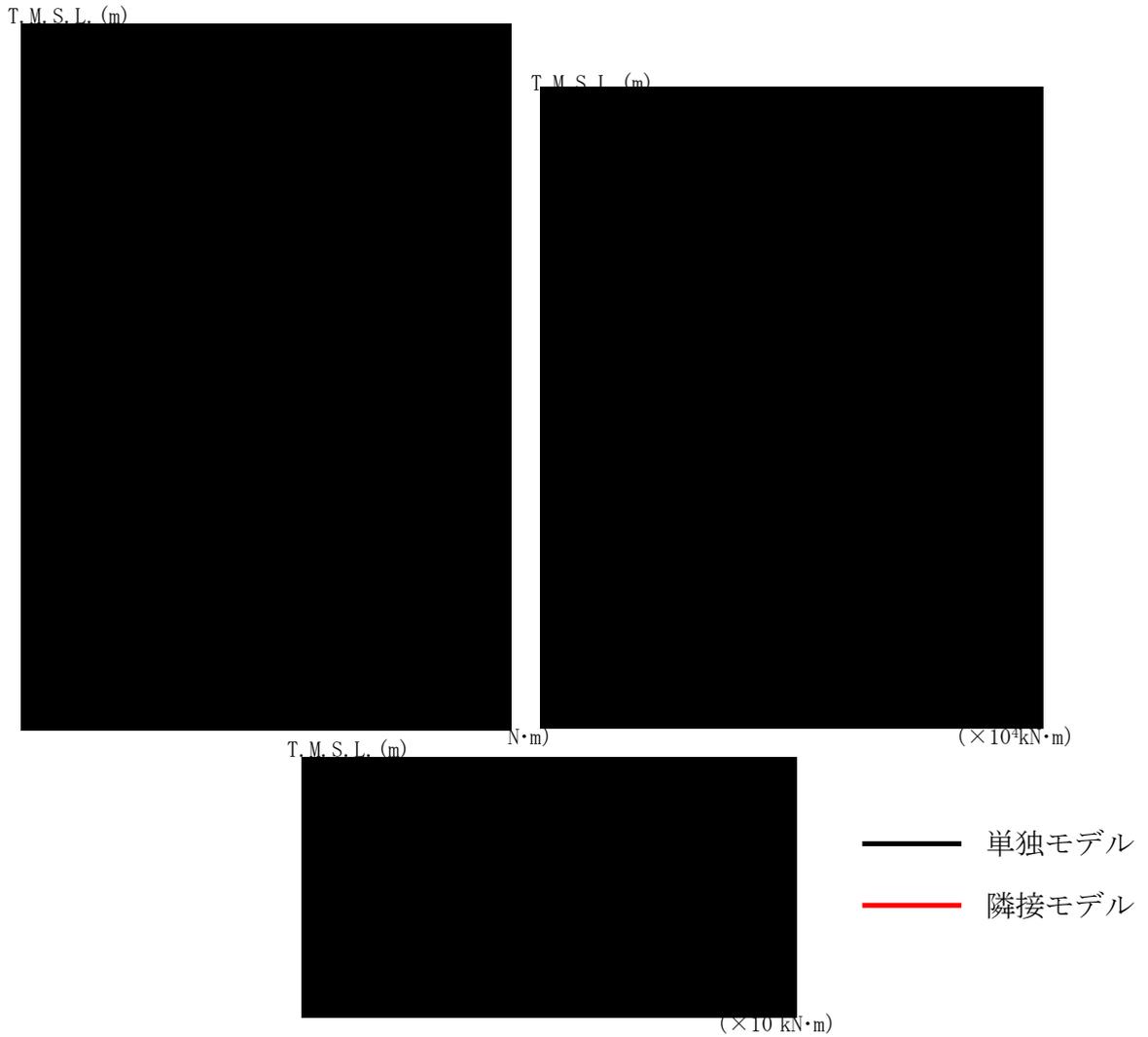
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	



第2.5-5図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答せん断力 (EW方向)

第2.5-5表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答せん断力一覧表 (EW方向)

T.M.S.L. (m)	要素番号	最大応答せん断力(×10 <sup>3</sup> kN)		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	



第2.5-6図 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答曲げモーメント (EW方向)

第2.5-6表 安全冷却水B冷却塔基礎の最大応答曲げモーメント一覧表 (EW方向)

T.M.S.L. (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN・m)		応答比率 (②/①)
		①単独モデル	②隣接モデル	

### 3. 建物・構築物の応答増幅の評価

「2.6 地震応答解析結果」で算定した隣接建屋を考慮した応答比率（割増係数）と、「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」の耐震評価結果より隣接建屋の影響評価を行う。

#### 3.1 検討対象部位及び検討方法

##### 3.1.1 検討対象部位

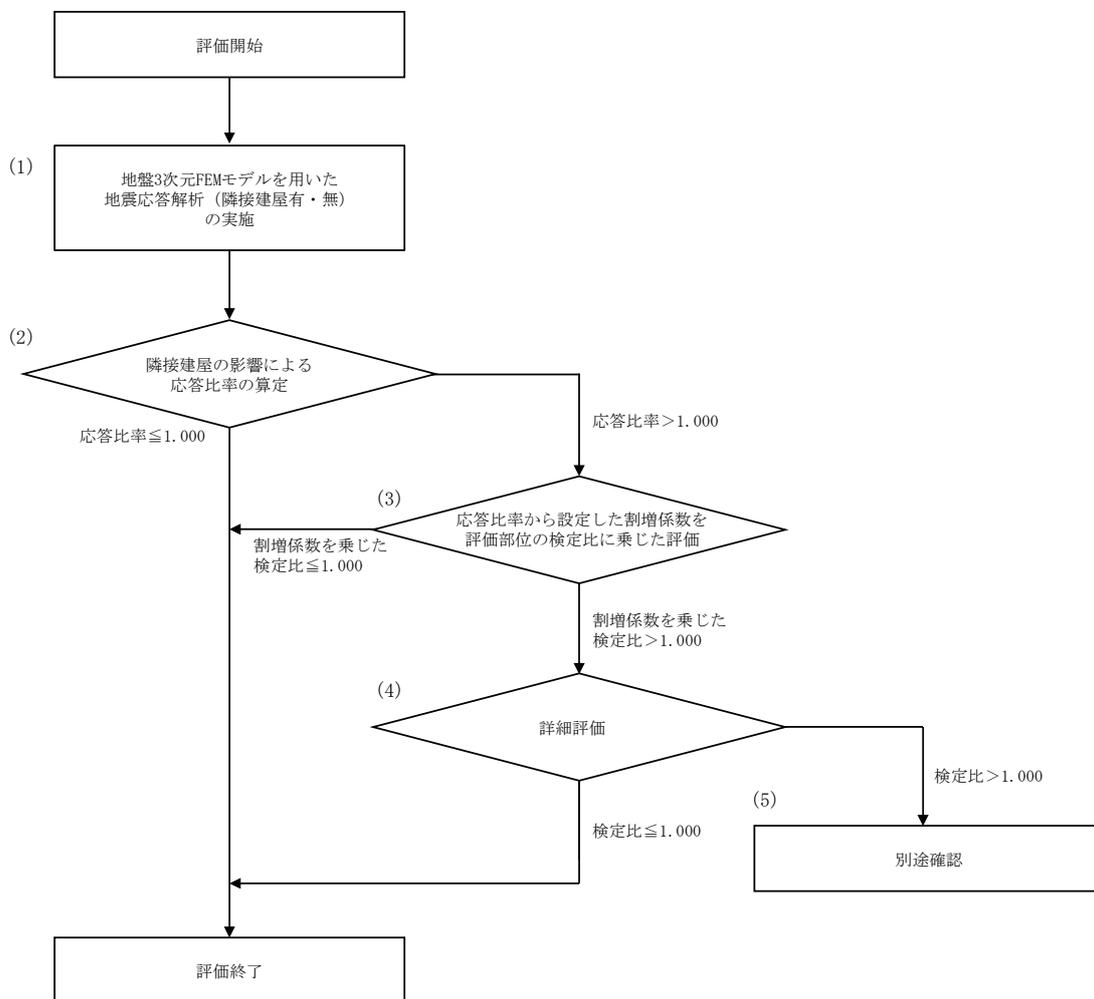
検討対象部位は、「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」において耐震評価を実施している部位のうち、水平方向の地震力の影響を受ける部位として、地盤（接地圧）及び基礎スラブとする。

### 3.1.2 地盤（接地圧）の検討方法

地盤（接地圧）の評価フローを第3.1.2-1図に示す。

地盤（接地圧）については、 $S_s$ 地震時に対する評価として、水平地震力及び鉛直地震力の組合せにより算出していることから、基礎スラブ下端の最大応答曲げモーメントの応答比率を割増係数として設定し、割増係数が1.000を超える場合には、「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」のうち「5.1.1 接地圧の評価結果」に示す地盤物性のばらつきを考慮した最大接地圧の検定比に乗じて検定比が1.000を超えないことを確認する。

また、割増係数を乗じた検定比が1.000を超える場合には、詳細評価として、割増係数を考慮した地震荷重を用いた応力解析による評価を実施する。



第3.1.2-1図 地盤（接地圧）の評価フロー

### 3.1.3 基礎スラブの検討方法

基礎スラブの評価フローは、第 3.1.2-1 図に示す地盤（接地圧）の評価フローと同様とする。

基礎スラブに対する評価には、上部構造から伝わる基礎スラブへの地震時反力を地震荷重として考慮することから、基礎スラブ直上の部材における応答比率を割増係数として設定し、割増係数が 1.000 を超える場合には、「IV-2-1-1-1-1-2 安全冷却水 B 冷却塔基礎の耐震計算書」のうち「5.2.1 基礎スラブの評価結果」に示す地盤物性のばらつきを考慮した評価結果の検定比に乗じて検定比が 1.000 を超えないことを確認する。この際、割増係数にはせん断力及び曲げモーメントのうち大きい方の応答比率を用いる。

## 3.2 検討結果

水平方向の地震力の影響を受ける評価対象部位について、以下のとおり隣接建屋の影響評価を示す。

### (1) 地盤（接地圧）

地盤（接地圧）については、水平方向の地震荷重として曲げモーメントを考慮することから、基礎下端における最大応答曲げモーメントの応答比率の最大値を割増係数として設定する。第 3.2-1 表に応答比率及び割増係数を示す。

第 3.2-1 表より、EW 方向は割増係数は ■■■■■ であることから、地盤（接地圧）の評価に及ぼす影響がないことを確認した。NS 方向は割増係数が ■■■■■ と 1.000 を超えることから、割増係数を乗じた評価結果を第 3.2-2 表に示す。第 3.2-2 表より、NS 方向について耐震計算書に示す評価結果の検定比に割増係数を乗じた場合においても、検定比は最大で ■■■■■ であり、検定比が 1.000 を超えないことを確認した。

### (2) 基礎スラブ

基礎スラブは、水平方向の地震荷重として上部構造から基礎への曲げモーメント及びせん断力を考慮することから、基礎スラブ直上の部材における最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントの応答比率の最大値を割増係数として設定する。第 3.2-3 表に応答比率及び割増係数を示す。

第 3.2-3 表より、割増係数が ■■■■■ と 1.000 を超えることから、割増係数を乗じた評価結果を第 3.2-4 表に示す。第 3.2-4 表より、耐震計算書に示す評価結果の検定比に割増係数を乗じた場合においても、検定比は最大で ■■■■■ であり、検定比が 1.000 を超えないことを確認した。

第 3.2-1 表 基礎下端における最大応答曲げモーメント  
の応答比率及び割増係数（地盤（接地圧））

方向	T. M. S. L. (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) *1		応答比率*2 (②/①)	割増 係数*3	割増係数を 乗じた評価 の要否
			①単独 モデル	②隣接 モデル			
NS							要
EW							不要

注記 \*1：網掛けは最大値を示す

\*2：小数第4位を保守的に切上げ

\*3：応答比率が1.000を超えない場合は1.000とする



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：破線囲みは該当する要素番号を示す

第 3.2-2 表 接地圧の評価結果（基準地震動  $S_s$ ）\*1

方向	最大接地圧 ( $\text{kN/m}^2$ )	極限支持力度 ( $\text{kN/m}^2$ )	① 検定比*2*3	② 割増係数	①×② 検定比*3	判定
NS						OK

注記 \*1：地盤物性のばらつきを考慮した結果

\*2：①検定比 = (最大接地圧) / (極限支持力度)

\*3：有効数字 3 桁表記（4 桁目を保守的に切り上げ）

第3.2-3表 基礎スラブ直上の最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメント  
の応答比率及び割増係数（基礎スラブ）

方向	T. M. S. L. (m)	要素 番号	応力	①単独 モデル	②隣接 モデル	応答 比率*2 (②/①)	割増 係数*3	割増係数 を乗じた 評価の 要否
NS								-
								-
								-
								-
EW								-
								-
								-
								-
割増係数（最大値）*4								要

- 注記 \*1：網掛けは最大値を示す  
 \*2：小数第4位を保守的に切上げ  
 \*3：応答比率が1.000を超えない場合は1.000とする  
 \*4：NS方向及びEW方向の包絡値を割増係数として設定する



- 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：破線囲みは該当する要素番号を示す

第 3.2-4 表 基礎スラブの評価結果（基準地震動 S s）

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する評価\*1

方向	要素 番号	荷重組合せ ケース (水平加力方向)	発生曲げ モーメント (kN・m/m)	許容値 (kN・m/m) *2	① 検定比 *3*4	② 割増係数	①×② 検定比 *4	判定
NS								OK
EW								OK

注記 \*1：地盤物性のばらつきを考慮した結果

\*2：許容値は曲げ終局強度を示す

\*3：①検定比＝（発生曲げモーメント） / （許容値）

\*4：有効数字 3 桁表記（4 桁目を保守的に切り上げ）

(2) 面外せん断力に対する評価\*1

方向	要素 番号	荷重組合せ ケース (水平加力方向)	発生面外 せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m) *2	① 検定比 *3*4	② 割増係数	①×② 検定比 *4	判定
NS								OK
EW								OK

注記 \*1：地盤物性のばらつきを考慮した結果

\*2：許容値は面外せん断終局強度を示す

\*3：①検定比＝（発生面外せん断力） / （許容値）

\*4：有効数字 3 桁表記（4 桁目を保守的に切り上げ）

IV - 2 - 4 - 2 - 2

機器・配管系

IV－2－4－2－2－1

機器・配管系の隣接建屋に関する  
影響評価結果

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 影響評価方針 .....	1
3. 影響評価内容 .....	1
3.1 隣接建屋の影響を考慮した地震力の算定方法.....	1
3.2 隣接建屋の影響を考慮した地震力による影響評価.....	2
4. 影響評価結果 .....	3
別紙1 安全冷却水B冷却塔	

## 1. 概要

本資料は、「IV-2-4-2-1 建物・構築物」にて示している隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析の結果を踏まえ、機器・配管系の耐震安全性への影響について説明するものである。

## 2. 影響評価方針

設備の耐震設計において「IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」(以下「耐震計算書」という。)及び設計方針の「IV-1-1-11 配管系の耐震支持方針」に示す標準支持間隔法(以下「定ピッチスパン法」という。)に示している設備の耐震安全性については、複数ある基準地震動 $S_s$ 又は弾性設計用地震動 $S_d$ の建屋応答から設計用地震力として「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した設計用床応答曲線(FRS)又は最大床応答加速度(ZPA)若しくは加速度応答時刻歴を用いて評価を行っている。

これに対する隣接建屋の影響評価は、耐震設計での不確かさの考慮として含まれていないことから、基準地震動と同様の扱いとして、作成方針に準じた $\pm 10\%$ の拡幅相当の床応答スペクトル及び1.2倍した最大床応答加速度の地震力(以下「隣接影響地震力」という。)を作成し、設計用地震力と隣接影響地震力の比較により影響評価を行う。

なお、隣接建屋による影響は、鉛直加速度への影響が小さいことを踏まえて、水平方向を影響評価の対象とする。

加速度時刻歴を用いて評価をしている設備については該当設備の申請に合わせて説明する予定であり次回以降に詳細を説明する。

## 3. 影響評価内容

### 3.1 隣接建屋の影響を考慮した地震力の算定方法

隣接影響地震力の算定については、実際の建屋配置状況に則した配置の解析モデル(以下「隣接モデル」という。)と各建屋を単独のモデルとした解析モデル(以下「単独モデル」という。)を用いた、以下の方法により作成する。

- (1) 隣接モデルの床応答スペクトル及び単独モデルの床応答スペクトルを用いて、周期ごとに加速度の比較を行い、加速度比率を算定する。
- (2) 設計用地震力の応答に加速度比率を周期ごとに乗じて隣接影響地震力を作成する。床応答スペクトルの応答に加速度比率を周期ごとに乗じて隣接影響地震力を作成する場合は、基準地震動と同様の扱いとすることから $\pm 10\%$ の拡幅処理を行う。

※隣接モデル及び単独モデルの床応答スペクトルは、建物・構築物の隣接建屋の影響検討により選定した $S_d-A$ を用いる。

なお、剛な設備においては、設計用地震力の最大床応答加速度に隣接モデルの最大床

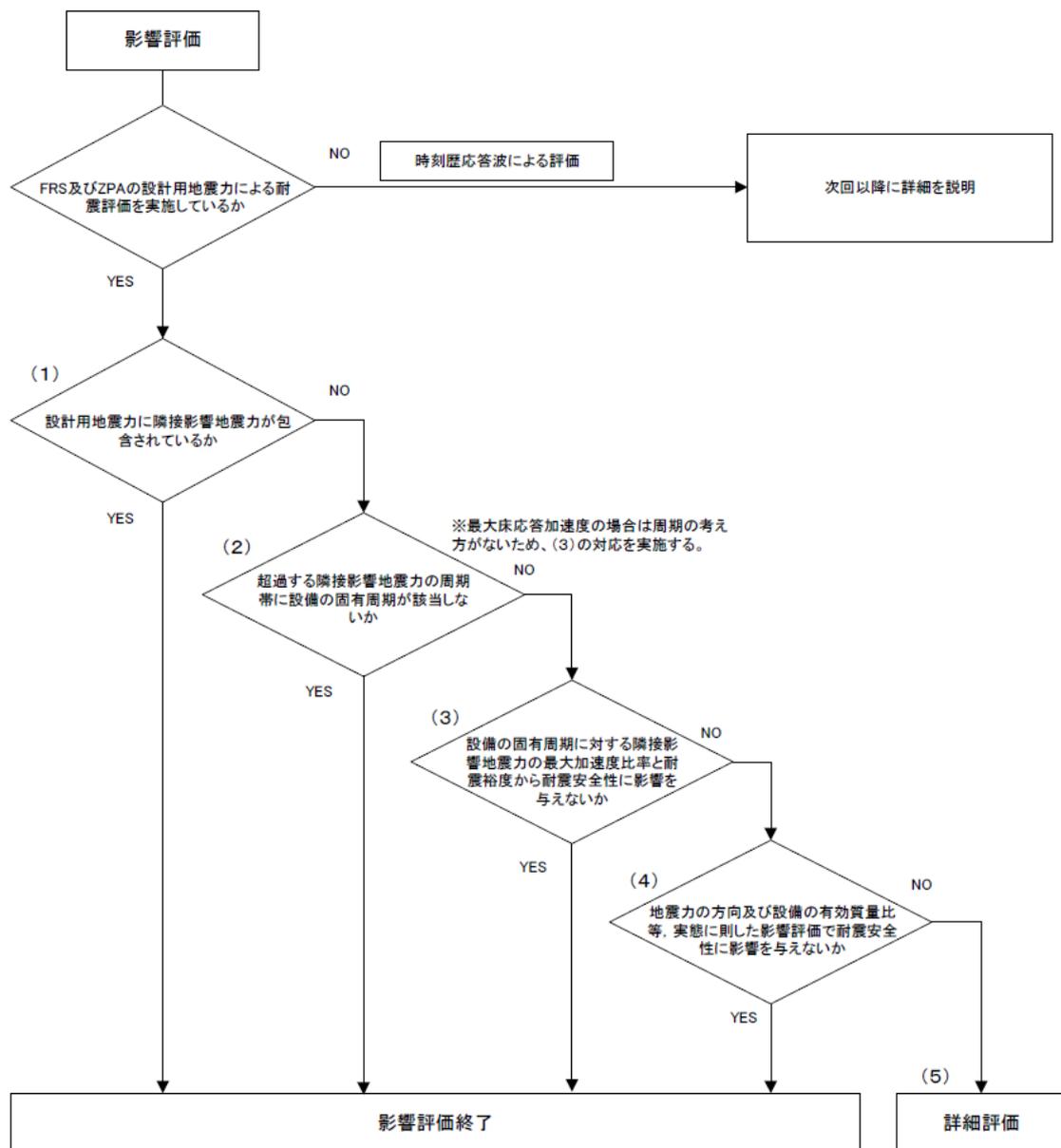
応答加速度と単独モデルの最大床応答加速度から得られた加速度比率を乗じ、算定した値に1.2倍を考慮する。

### 3.2 隣接建屋の影響を考慮した地震力による影響評価

隣接影響地震力に対する影響評価の内容としては、設計用地震力と隣接影響地震力の加速度比較を行い、設計用地震力に対して隣接影響地震力が超過する場合は、超過する周期帯(以下「超過周期帯」という。)に固有周期を有する設備を特定し、超過する固有周期の最大加速度比率と耐震計算書の評価結果の耐震裕度を用いて耐震安全性に影響がないことの評価を行う。

定ピッチスパン法による標準支持間隔は、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」において谷埋め及びピーク保持を考慮した設計用地震力により設定していることから、谷埋め及びピーク保持した設計用床応答曲線と隣接影響地震力の床応答スペクトルの加速度比較を行い、上述と同様に超過する場合は、超過周期帯の最大加速度比率を用いて耐震安全性に影響がないことの評価を行う。

具体的な隣接影響地震力に対する影響評価の対応については、第3.2-1図に示す。



第 3.2-1 図 隣接建屋の影響を考慮した影響評価フロー

#### 4. 影響評価結果

影響評価方針に基づき、設計用地震力と隣接影響地震力の比較による設備の耐震安全性に影響を与えないことの影響評価した結果、影響がないことを確認した。

各建屋の影響評価結果については別紙に示す。

なお、影響評価結果の示し方は、耐震計算書に示す設備ごとの評価結果に対して最大応力比(算出応力/許容応力)の結果を示す。

設計方針である定ピッチスパン法による標準支持間隔については、標準支持間隔の最大応力比(算出応力/許容応力)の結果について示す。

IV-2-4-2-2-1 別紙 1  
安全冷却水 B 冷却塔



## IV－3

# 計算機プログラム（解析コード）の 概要

## 目 次

	ページ
1. はじめに .....	1
建物・構築物	
機器・配管系	

## 1. はじめに

本資料は、「IV 耐震性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

「IV 耐震性に関する説明書」において使用した解析コードの使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

IV-3-1  
建物・構築物

## 目 次

	ページ
別紙 1 MSC NASTRAN .....	1-1
別紙 2 REFLECT .....	2-1
別紙 3 TDAPⅢ .....	3-1
別紙 4 VA .....	4-1
別紙 5 FLIP .....	5-1
別紙 6 midas iGen .....	6-1
別紙 7 NAPISOS .....	7-1

別紙1 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-1-1 -1-1-2	安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書	Ver. 2013. 1. 0
IV-2-3-1 -1-1 別紙 1	安全冷却水B冷却塔基礎の水平 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	Ver. 2013. 1. 0

## 2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	The MacNeal-Schwendler Corporation (現 MSC Software Corporation)
開発時期	1971年 (一般商用リリース)
使用したバージョン	Ver. 2013.1.0
使用目的	弾性応力解析
コードの概要	<p>MSC NASTRAN (以下, 「本解析コード」という。) は, 航空機の機体強度解析用として開発された有限要素法による汎用解析計算機コードであり, 航空宇宙, 自動車, 造船, 機械, 土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有している。</p> <p>動的解析, 静的解析, 熱伝導解析等の機能を有し, 固有振動数, 刺激係数及び応力等の算定が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・弾性応力解析について, 本解析コードによるはり要素, シェル要素及びソリッド要素を用いた静的解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い, 解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・関西電力株式会社高浜3号機の工事計画認可申請において, 本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・本申請において使用するバージョンは, 上記の先行施設にて使用しているもの (Ver. 2012.1.0) と異なるが, バージョンアップに伴う変更点は, 今回の解析に使用していない解析機能の拡張として材料の追加や計算パフォーマンスの向上などに関するものであり, 今回の解析結果に影響を及ぼさないことを確認している。</li> <li>・上述の検証の内容のとおり, 本申請における使用目的と整合した検証として, 弾性応力解析に対して本解析コードと理論解との比較を実施し, 本解析コードが理論解と同等の解を与えることを確認していることから, 本解析コードを本申請における弾性応力解析に使用することは妥当である。</li> </ul>

別紙2 REFLECT

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-1-1 -1-1-1	安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書	Ver. 2.0
IV-2-4-2 -1-1-1- 1	安全冷却水B冷却塔基礎の隣接建屋に関する影響評価結果	Ver. 2.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	REFLECT
開発機関	大成建設株式会社
開発時期	1986 年
使用したバージョン	Ver. 2.0
使用目的	1次元波動論に基づく入力地震動の策定
コードの概要	<p>REFLECT (以下, 「本解析コード」という。) は, 米国カリフォルニア大学から発表された SHAKE を基本に開発されたもので, 1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数や時刻歴応答波形を算出するプログラムである。</p> <p>日本国内の原子力関連施設等での多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b>          本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と理論モデルによる理論解を比較し, 解析結果と理論解が一致することを確認している。</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b>          本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・九州電力株式会社川内 1 号機の工事計画認可申請において, 本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・本申請において使用するバージョンは, 上記の先行施設にて使用しているものと同じであることを確認している。</li> <li>・上述の検証の内容のとおり, 本申請における使用目的と整合した検証として, 弾性地盤の増幅特性に対して本解析コードと理論解との比較を実施し, 本解析コードが理論解と同等の解を与えることを確認していることから, 本解析コードを本申請における 1次元波動論に基づく入力地震動の策定に使用することは妥当である。</li> </ul>

別紙3 TDAPⅢ

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-1-1 -1-1-1	安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書	Ver. 3.07
IV-2-2-2 -1-2-2	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の耐震計算書	Ver. 3.07
IV-2-3-1 -3-1 別紙 1	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の水平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	Ver. 3.07

## 2. 解析コードの概要

項目	コード名 TDAPⅢ
開発機関	大成建設株式会社, 株式会社アーク情報システム
開発時期	1980年代後半
使用したバージョン	Ver. 3.07
使用目的	固有値解析, 地震応答解析, 弾性応力解析
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下、「本解析コード」という。）は、静荷重（節点力, 静的震度, 強制変形）及び動荷重（節点加振力, 強制変位・速度・加速度, 地震動入力）を扱うことができる構造解析の汎用解析コードである。線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行う。</p> <p>土木及び建築分野に特化した要素群及び材料非線形モデルを数多くサポートしていることが特徴で、日本国内では、官公庁, 大学及び民間を問わず、多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードによる解析の検証として、実績ある解析コードと同一諸元による固有値解析, 地震応答解析及び弾性応力解析を行い、算定結果が一致することを確認している。</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・九州電力株式会社川内1号機の工事計画認可申請において、本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・本申請において使用するバージョンは、上記の先行施設にて使用しているもの(Ver. 3.05)と異なるが、バージョンアップに伴う変更点は、今回の解析に使用していない材料や要素の追加及び出力関連の機能の追加に関するものであり、今回の解析結果に影響を及ぼさないことを確認している。</li> <li>・上述の検証の内容のとおり、本申請における使用目的と整合した検証として、固有値解析, 地震応答解析及び弾性応力解析に対して本解析コードと実績ある他コードとの比較を実施し、本解析コードが他コードと同等の解を与えることを確認していることから、本解析コードを本申請における固有値解析, 地震応答解析及び弾性応力解析に使用することは妥当である。</li> </ul>

別紙4 VA

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-1-1 -1-1-1	安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書	Ver. 2.0

## 2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	VA
開発機関	大成建設株式会社
開発時期	1990 年
使用したバージョン	Ver. 2.0
使用目的	地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばね算定
コードの概要	<p>VA (以下, 「本解析コード」という。) は, 振動アドミッタンス理論により, 矩形基礎の水平動, 上下動及び回転に対する地盤の複素ばね剛性を半無限地盤に対する点加振解から, 振動数領域で計算するプログラムである。</p> <p>日本国内の原子力施設の工事計画認可申請において多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b>          本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既往文献*1*2 に記載されている理論モデルによる基礎底面の水平ばね, 回転ばね及び鉛直ばねの評価例について本解析コードを用いて評価し, 本解析コードによる結果と既往文献の結果が一致することを確認している。</li> <li>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b>          本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 九州電力株式会社川内 1 号機の工事計画認可申請において, 本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・ 本申請において使用するバージョンは, 上記の先行施設にて使用しているものと同じであることを確認している。</li> <li>・ 上述の検証の内容のとおり, 本申請における使用目的と整合した検証として, 基礎底面地盤ばね算定に対して本解析コードと既往文献の評価結果との比較を実施し, 本解析コードが既往文献の評価結果と同等の解を与えることを確認していることから, 本解析コードを本申請における基礎底面地盤ばね算定に使用することは妥当である。</li> </ul>

注記 \*1: 建築構造力学の最近の発展 - 応力解析の考え方-, 日本建築学会, 2008 年

\*2: 基礎-地盤複素剛性解析コード SANBANE の保守に関する報告書, 原子力発電技術機構, 1998 年

別紙5 FLIP

1. 使用状況一覧

	使用添付書類	バージョン
IV - 2 - 2 - 2 - 1 - 2 - 1	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安 全冷却水系冷却塔B)の地震応答計算書	Ver. 7. 4. 1

## 2. 解析コードの概要

コード名 項目	FLIP
開発機関	FLIP コンソーシアム
開発時期	1988 年
使用したバージョン	Ver. 7. 4. 1
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析 (全応力・有効応力)
コードの概要	<p>有効応力解析コード FLIP (Finite element analysis program of Liquefaction Process) は、1988 年に運輸省港湾技術研究所 (現：(独) 港湾空港技術研究所) において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく、2次元地震応答解析プログラムである。</p> <p>地盤の過剰間隙水圧の上昇を適切に考慮できる解析コードとして、港湾の施設の設計を中心に数多くの実績を有しており、FLIP の主な特徴として、以下の①～⑤を挙げることができる。</p> <p>①有限要素法に基づくプログラムである。</p> <p>②平面ひずみ状態を解析対象とする。</p> <p>③地盤の有効応力の変化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や変形等を計算する。</p> <p>④土の応力-ひずみモデルとして、マルチスプリング・モデルを採用している。</p> <p>⑤有効応力の変化は有効応力法により考慮する。そのために必要な過剰間隙水圧算定モデルとして井合モデルを用いている。</p>

項目	コード名 FLIP
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b>            本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マニュアルに記載された例題の提示解と本解析コードによる解析解との比較を実施し、解析解が提示解と一致することを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b>            本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、港湾施設の設計に用いられる「港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007)(日本港湾協会)」において、有効応力解析に対しての適用性が確認されている解析コードとして扱われている。</li> <li>・本解析コードは、海岸構造物で多くの適用実績があるものの、その適用範囲が海岸構造物に限定されるものではないことを確認している。</li> <li>・東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽発電所7号機の工事計画認可申請において、屋外重要土木構造物などの地震応答解析(全応力・有効応力)に本解析コード(Ver. 7. 4. 1)が使用された実績があることを確認している。</li> <li>・本申請における2次元有限要素法による地震応答解析(全応力・有効応力)という使用目的に対し、本解析コードの使用用途及び使用に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>

別紙6 midas iGen

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-2-2-1 -2-2	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の耐震計算書	Ver.845
IV-2-3-1-3 -1 別紙1	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の水平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	Ver.845

## 2. 解析コードの概要

コード名 項目	midas iGen
開発機関	MIDAS IT
開発時期	1990年代前半
使用したバージョン	Ver. 845
使用目的	静的解析
コードの概要	midas iGen(以下, 「本解析コード」という。)は, 建築分野に特化した要素群及び材料非線形モデルを数多くサポートしている構造解析用の汎用計算機プログラムである。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードによる解析の検証として, 実績ある別計算機コード「汎用計算機コード(TDAPⅢ)」による同一諸元のフレームモデルを用いた静的解析を行い, 算定結果が概ね一致することを確認している。</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本原電株式会社東海第二発電所の工事計画認可申請において, 本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・本申請において使用するバージョンは, 上記の先行施設にて使用しているもの(Ver. 860)と異なるが, バージョンアップに伴う変更点は, 今回の解析に使用していない解析機能の拡張, 材料の追加及び計算パフォーマンスの向上等に関するものであり, 解析結果に影響を及ぼさないことを確認している。</li> <li>・上述の検証の内容のとおり, 本申請における使用目的と整合した検証として, 静的解析に対して本解析コードと実績ある他コードとの比較を実施し, 本解析コードが他コードと同等の解を与えることを確認していることから, 本解析コードを本申請における静的解析に使用することは妥当である。</li> </ul>

別紙7 NAPISOS

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-4-2 -1-1-1- 1	安全冷却水B冷却塔基礎の隣接建屋に関する影響評価結果	Ver. 2.0

## 2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	NAPISOS
開発機関	電力中央研究所，株式会社竹中工務店
開発時期	1996 年
使用したバージョン	Ver. 2.0
使用目的	質点系モデルによる地震応答解析
コードの概要	<p>NAPISOS（以下、「本解析コード」という。）は，地盤をソリッド要素で，建屋を非線形積層シェル要素や非線形ビーム要素でモデル化することにより，建屋の地盤建屋連成系 3 次元非線形地震応答解析が可能である。</p> <p>建屋基礎と地盤モデル間に，ジョイント要素を設置することにより，基礎浮上り性状を評価することができる。</p> <p>日本国内の原子力関連施設等での多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 質点系モデルについて，本解析コードで地震応答解析を行った解析解と，Nigam-Jennings の理論式による理論解を比較し，解析解と理論解が一致することを確認している。また，地震応答解析に対して，原子力産業界において使用実績のある TDAS を用いた解析解と，本解析コードによる解析解を比較したベンチマーキングを行った結果，双方の解が概一致していることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽 7 号機の工事計画認可申請において，本申請と同じ使用目的での実績を有することを確認している。</li> <li>・ 本申請において使用するバージョンは，上記の先行施設にて使用しているものと同じであることを確認している。</li> <li>・ 上述の検証の内容のとおり，本申請における使用目的と整合した検証として，質点系モデルによる地震応答解析に対して本解析コードと理論解及び他コードの解析解との比較を実施し，本解析コードが理論解及び他解析コードと同等の解を与えることを確認していることから，本解析コードを本申請における質点系モデルによる地震応答解析に使用することは妥当である。</li> </ul>

IV - 3 - 2  
機器・配管系

## 目 次

	ページ
別紙 1 FACT-B .....	1-1
別紙 2 SPAN2000 .....	2-1
別紙 3 MSC NASTRAN .....	3-1

別紙1 FACT-B

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-1-1-6 別紙1-1	安全冷却水B冷却塔の設計用床応答曲線	V1.3

## 2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	FACT-B
開発機関	辰星技研株式会社
開発時期	2016年
使用したバージョン	V1.3
使用目的	設計用床応答曲線作成
コードの概要	<p>FACT-B（以下「本解析コード」という。）は、加速度時刻歴から床応答スペクトルを作成するプログラムであり、建物・構築物の床応答時刻歴から設計用床応答曲線を作成することを目的とする。</p> <p>一定の固有周期及び減衰定数を有する 1 質点系の与えられた加速度時刻歴に対する最大応答加速度を計算し、減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、また床応答スペクトルの拡張を行う。</p> <p>本解析コードは、設計用床応答曲線を作成するために開発したハウスコードである。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電炉にて使用実績がある別解析コード「FACS」により作成した設計用床応答曲線と本解析コードで作成した設計用床応答曲線を比較し、一致していることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本申請で使用する床応答スペクトルの作成機能は、理論モデルをそのままコード化したものであり、拡張機能及び包絡機能を含め使用実績がある別解析コードとの比較により妥当性は確認している。</li> <li>・ 床応答スペクトルを作成する際、入力する加速度時刻歴データの時間刻み幅、データの形式については、使用実績がある別解析コードとの比較により妥当性を確認した範囲内にて使用している。</li> <li>・ ±10%拡張、時刻歴波の時間刻み及び固有周期計算間隔は JEAG4601-1987 に従っており、妥当性は確認している。</li> </ul>

### 3. 解析コードの解析手法について

#### 3.1 一般事項

本書は、建物・構築物の地震応答解析から算出される加速度時刻歴から床応答スペクトルを作成する解析コードである FACT-B の説明書である。

本解析コードは、一定の固有周期及び減衰定数を有する 1 質点系の与えられた加速度時刻歴に対する最大応答加速度を計算する。また、減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、拡幅した設計用床応答曲線の作成を行う。

#### 3.2 解析コードの特徴

本解析コードにおける 1 自由度系を用いた床応答スペクトルの作成は、線形加速度法を用いることにより行う。主な特徴を以下に示す。

- ・ 加速度時刻歴から周期及び減衰定数に応じた床応答スペクトルを作成する。
- ・ 複数の床応答スペクトルを包絡させた床応答スペクトルに対して拡幅した設計用床応答曲線を作成する。

#### 3.3 解析手法

加速度時刻歴を入力とする 1 自由度系における応答について、減衰定数をパラメータとして以下のとおり算出する。

各質点における相対変位を  $x$ 、固有円振動数を  $\omega$ 、減衰定数を  $h$ 、地動の加速度時刻歴を  $\ddot{y}_t$  としたとき、1 質点系の運動方程式は時刻  $t$  において以下のように表される。

$$\ddot{x}_t + 2h \cdot \omega \cdot \dot{x}_t + \omega^2 \cdot x_t = -\ddot{y}_t \quad (3.1)$$

時刻刻み  $\Delta t$  後の各質点における相対変位  $x$  を  $x_{n+1}$  とすると、時刻  $t_{n+1}$  において成立する運動方程式は以下となる。

$$\ddot{x}_{n+1} + 2h \cdot \omega \cdot \dot{x}_{n+1} + \omega^2 \cdot x_{n+1} = -\ddot{y}_{n+1} \quad (3.2)$$

ここで、時間  $\Delta t$  の間で加速度が線形に変化するものとする、以下のように表される。

$$\ddot{X}_n = \frac{\ddot{x}_{n+1} - \ddot{x}_n}{\Delta t} \quad (3.3)$$

時刻  $t_{n+1}$  における加速度  $\ddot{x}_{n+1}$ 、速度  $\dot{x}_{n+1}$  及び変位  $x_{n+1}$  は次のようになる。

$$\ddot{x}_{n+1} = \ddot{x}_n + \frac{\ddot{x}_{n+1} - \ddot{x}_n}{\Delta t} \Delta t \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_{n+1} &= \dot{x}_n + \Delta t \cdot \ddot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t^2 \cdot \ddot{\ddot{x}}_n \\ &= \dot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t \cdot \ddot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t \cdot \ddot{x}_{n+1} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \Delta t \cdot \dot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t^2 \cdot \ddot{x}_n + \frac{1}{6} \Delta t^3 \cdot \ddot{\ddot{x}}_n \\ &= x_n + \Delta t \cdot \dot{x}_n + \frac{1}{3} \Delta t^2 \cdot \ddot{x}_n + \frac{1}{6} \Delta t^2 \cdot \ddot{x}_{n+1} \end{aligned} \quad (3.6)$$

時刻 $t_{n+1}$ において成立する運動方程式(3.2)に(3.5), (3.6)を代入すると, (3.7)が得られる。

$$\begin{aligned} &\left(1 + \frac{2h \cdot \omega \cdot \Delta t}{2} + \frac{\omega^2 \cdot \Delta t^2}{6}\right) \ddot{x}_{n+1} \\ &= -\left\{\ddot{y}_{n+1} + 2h \cdot \omega \left(\dot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t \cdot \ddot{x}_n\right) + \omega^2 \left(x_n + \Delta t \cdot \dot{x}_n + \frac{1}{3} \Delta t^2 \cdot \ddot{x}_n\right)\right\} \end{aligned} \quad (3.7)$$

(3.7)において式を簡略化するため,

$$R = 1 + \frac{2h \cdot \omega \cdot \Delta t}{2} + \frac{\omega^2 \cdot \Delta t^2}{6} \quad (3.8)$$

$$E_n = \dot{x}_n + \frac{1}{2} \Delta t \cdot \ddot{x}_n \quad (3.9)$$

$$F_n = x_n + \Delta t \cdot \dot{x}_n + \frac{1}{3} \Delta t^2 \cdot \ddot{x}_n \quad (3.10)$$

とおくと, (3.7)から(3.11)が得られる。

$$\ddot{x}_{n+1} = -\frac{1}{R} (\ddot{y}_{n+1} + 2h \cdot \omega \cdot E_n + \omega^2 \cdot F_n) \quad (3.11)$$

(3.11)を(3.5), (3.6)に代入すると, 時刻 $t_n$ での加速度 $\ddot{x}_n$ , 速度 $\dot{x}_n$ 及び変位 $x_n$ から1つ先の時刻 $t_{n+1}$ での加速度 $\ddot{x}_{n+1}$ , 速度 $\dot{x}_{n+1}$ 及び変位 $x_{n+1}$ を求めることができる。

ここで, 1つの減衰定数 $h$ , 1つの計算固有周期点に対して, (3.5), (3.6), (3.11)により入力地震動 $\ddot{y}_n$ の全継続時間にわたって応答加速度 $\ddot{x}_n$ を算出し,  $\ddot{x}_n + \ddot{y}_n$ の絶対値の最大値を求め, これを1つの減衰定数 $h$ , 1つの計算固有周期点での加速度応答スペクトル算出値とする。

計算固有周期の範囲で同様に最大値を求め, これら最大値で床応答スペクトルを作成する。

なお, 初期値 ( $t=0$ ) での応答加速度 $\ddot{x}_0$ , 応答速度 $\dot{x}_0$ , 応答変位 $x_0$ は以下のように表される。

$$x_{t=0}=0 \quad (3.12)$$

$$\dot{x}_{t=0}=-\ddot{y}_{t=0} \cdot \Delta t \quad (3.13)$$

$$(\ddot{x}+\ddot{y})_{t=0}=2h \cdot \omega \cdot \ddot{y}_{t=0} \Delta t \quad (3.14)$$

### 3.4 解析フローチャート

本解析コードを用いた解析フローチャートを図 3-1 に示す。

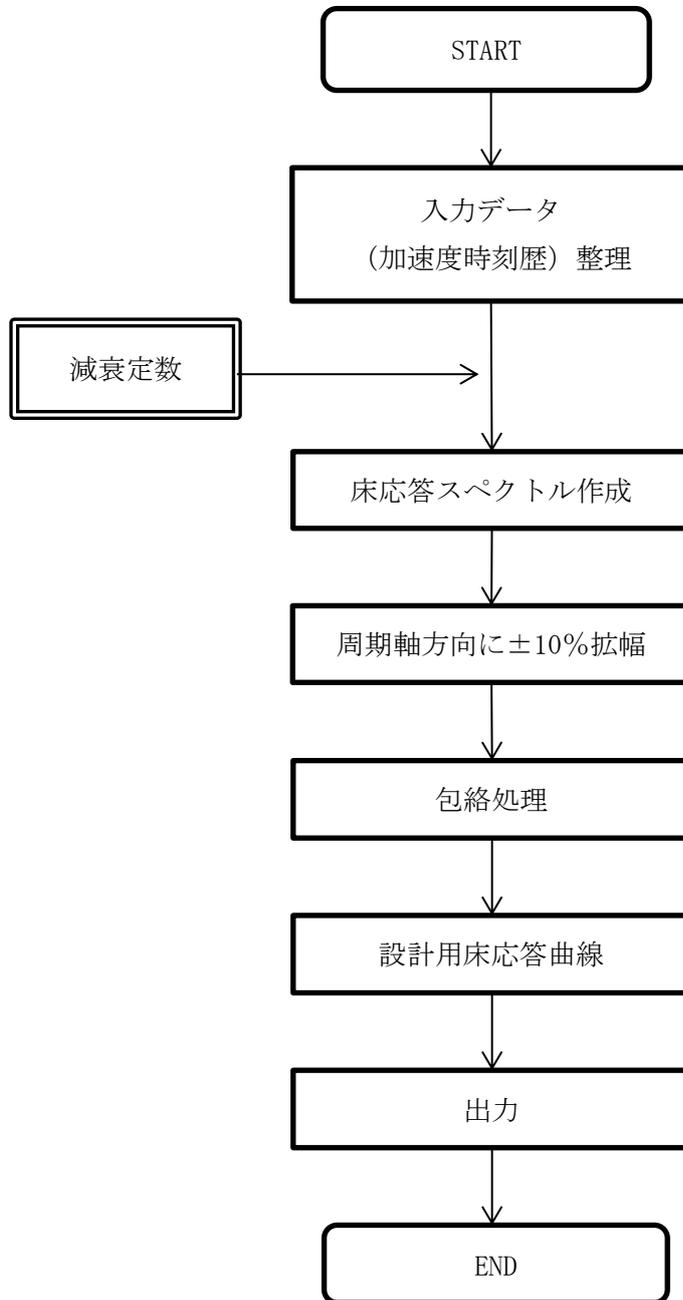


図 3-1 解析フローチャート

### 3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

#### 3.5.1 検証 (Verification)

##### (1) 検証の概要

別解析コード「FACS」にて作成した設計用床応答曲線（検証用データ）と本解析コードで作成した設計用床応答曲線の加速度（震度）を比較することで、本プログラムの検証を行った。

表 3-1 検証における比較項目

検証対象	比較項目
設計用床応答曲線	応答加速度（震度）

##### (2) 検証条件

第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室の地震応答解析から得られた基準地震動  $S_s$  に対する加速度時刻歴として、EW 方向モデルの床レベル 55.30m の質点番号①及び NS 方向の床レベル 47.70m の質点番号②の  $S_s-A$  の応答を用いた。また、設計用床応答曲線を作成するための減衰定数は、機器・配管系の耐震計算に適用するもののうち、1.0%とした。図 3-2 に第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室の地震応答解析モデルを示す。

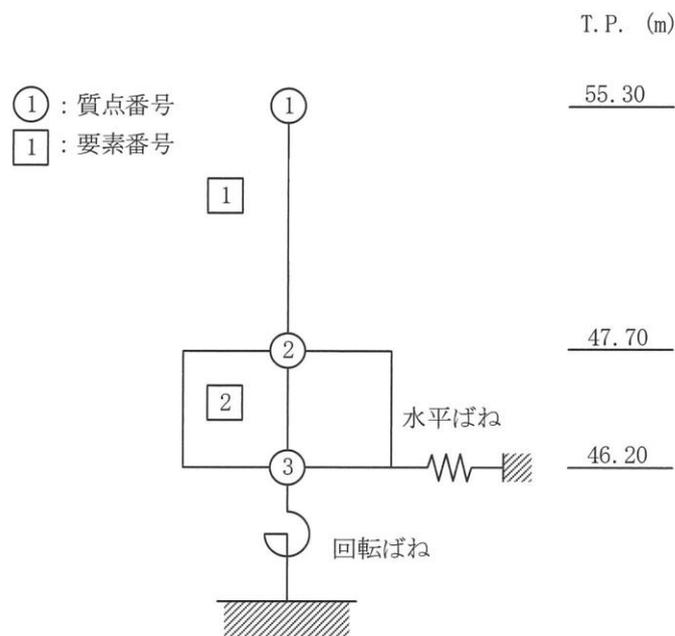


図 3-2 第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室地震応答解析モデル  
(水平方向)

### (3) 解析結果の比較

各検証条件で作成した設計用床応答曲線について、検証用データと本解析コードで作成したデータの比較結果を図 3-3～図 3-6 に示す。

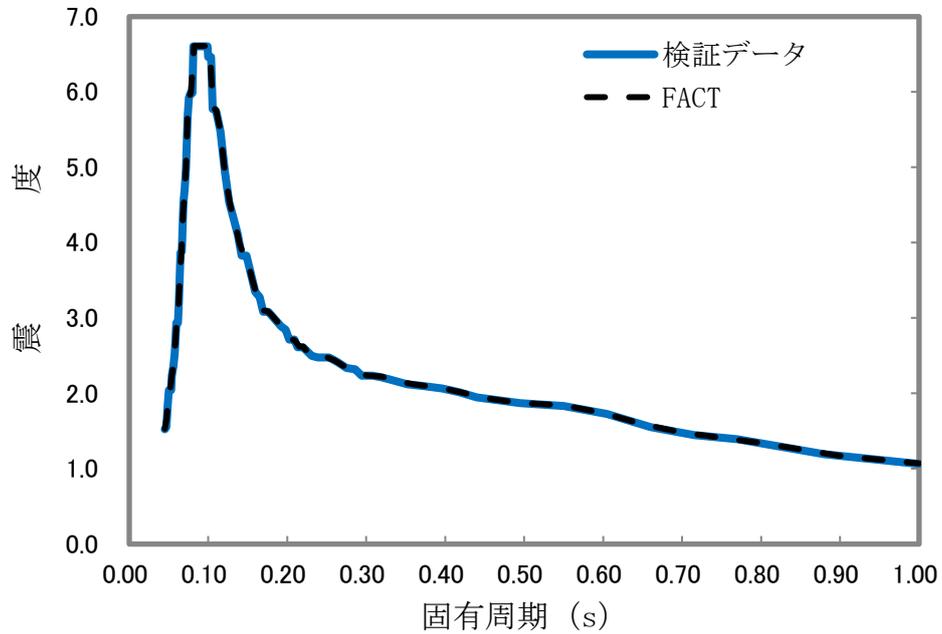


図 3-3 検証用データと本解析コードの比較結果  
(EW 方向床レベル 55.30m 減衰 1.0%)

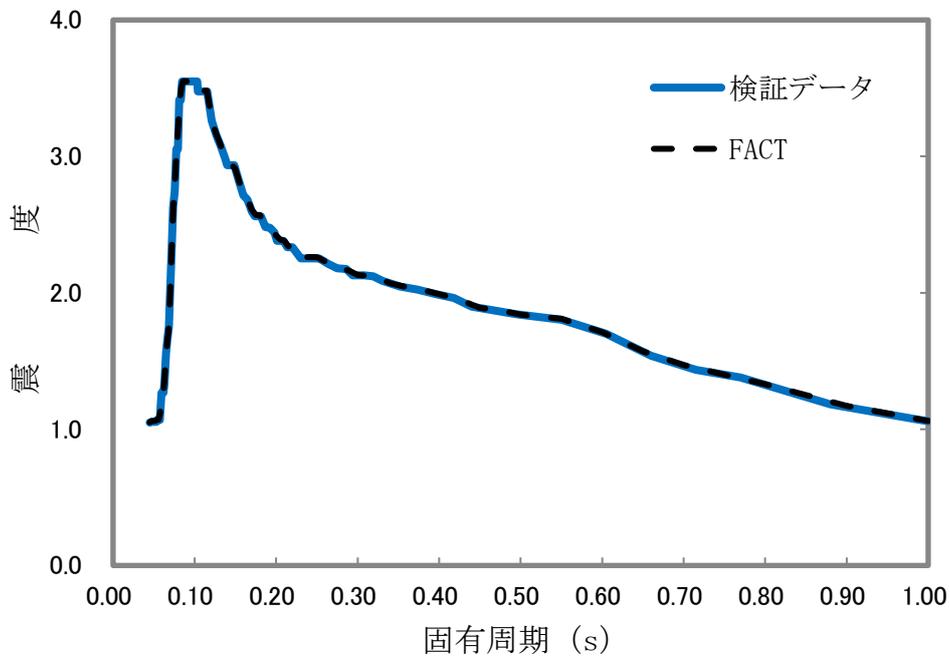


図 3-4 検証用データと本解析コードの比較結果  
(NS 方向床レベル 47.70m 減衰 1.0%)

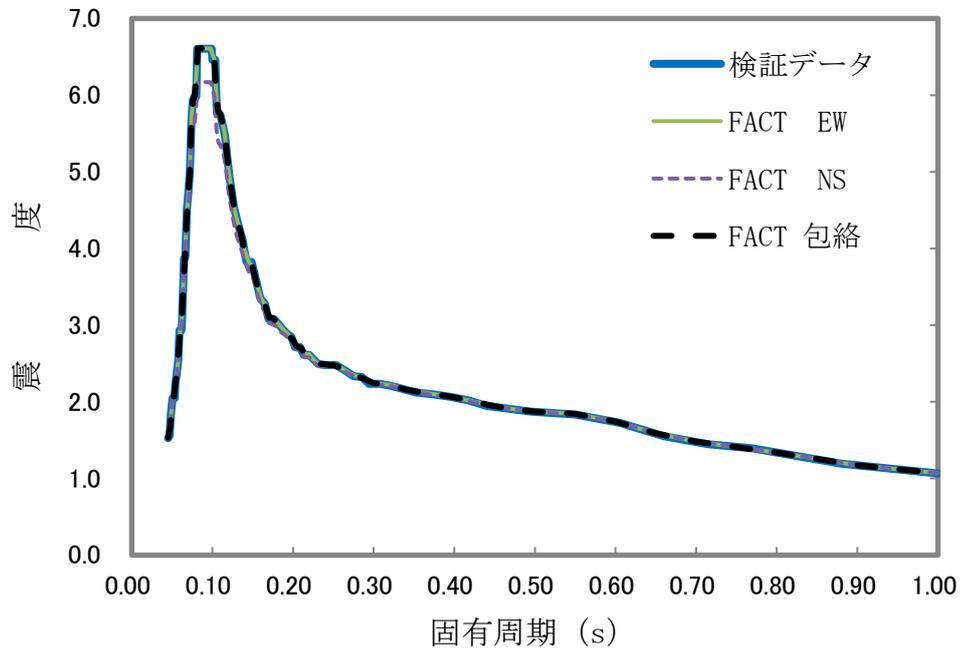


図 3-5 検証用データと本解析コードの比較結果  
(水平方向包絡 床レベル 55.30m 減衰 1.0%)

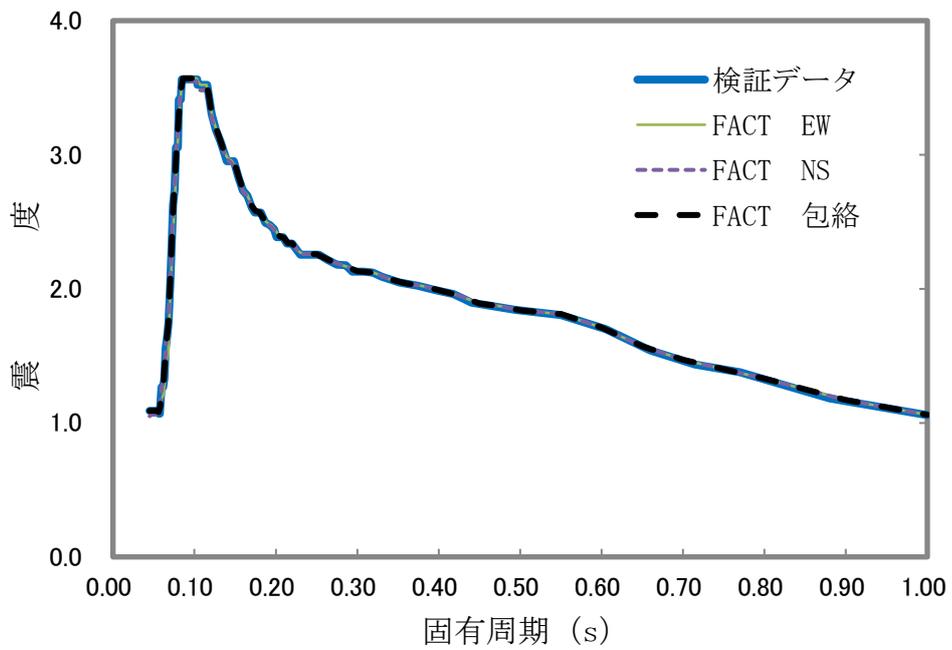


図 3-6 検証用データと本解析コードの比較結果  
(水平方向包絡 床レベル 47.70m 減衰 1.0%)

#### (4) 検証結果

前項に示す設計用床応答曲線（固有周期と応答加速度（震度））の比較結果のとおり、両者は一致しており、本解析コードを用いて得られた計算結果の妥当性を確認した。

#### 3.5.2 妥当性確認 (Validation)

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・ 本申請で使用する機能は床応答スペクトルの作成機能、拡幅機能及び包絡機能であり、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期ごとに算定し、別解析コード「FACS」と本解析コードの結果を比較することで妥当性を確認している。
- ・ 床応答スペクトルを作成する際、入力する加速度時刻歴データの時間刻み幅、データの形式については、使用実績がある別解析コードとの比較により妥当性を確認した範囲内にて使用している。
- ・ ±10%拡幅、時刻歴波の時間刻み及び固有周期計算間隔は JEAG4601-1987 に従っており、妥当性は確認している。

#### 3.5.3 評価結果

3.5.1 及び 3.5.2 より、本解析コードを、使用目的に示す設計用床応答曲線の作成に用いることは妥当である。

別紙2 SPAN2000

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-1-1-11-1 別紙1-1	安全冷却水B冷却塔の直管部標準支持間隔	■

## 2. 解析コードの概要

コード名 項目	SPAN2000
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	■■■■
使用したバージョン	■■■■
使用目的	等分布質量連続はり要素による耐震最大支持間隔算出
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPAN2000(以下,「本解析コード」という。)は,配管等の耐震設計に活用することを目的として三菱重工業株式会社が開発したものである。</li> <li>• 配管直管部(一般部)について,発生応力,固有振動数等が許容値や制限値を超えない範囲における最大長さを標準支持間隔として求めることが可能であり,加圧水型原子力発電設備において,多くの使用実績を有している。</li> </ul>

項目	コード名 SPAN2000
<p style="text-align: center;">           検 証            (Verification)            及び            妥当性確認            (Validation)         </p>	<p>本解析コードは、配管を等分布質量連続はりモデル化し、許容値や制限値を超えない範囲における最大の支持間隔を求めるために使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・等分布質量連続はりモデルによる配管直管部(一般部)の耐震最大支持間隔算出、及びそれに発生する一次応力の算出について、入力データ( )に対する応力算出結果において、解析解と理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。また、固有振動数に関しても、上記検証において、解析解と理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・地震動の組合せ処理に関しては、本解析コード内で処理しており、アウトプットファイルと理論計算結果が一致していることを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本原子力発電株式会社「東海第2発電所」において、本解析コードが使用された実績がある。</li> <li>・耐震最大支持間隔算出は、JEAG4601-1987の定ピッチスパン法に従い等分布質量連続はりにモデル化している。</li> <li>・本解析コードは、配管系で使用される要素形状のうち直管部の支持間隔の算出、発生応力の算出に用いられる。</li> <li>・今回の申請で行う支持間隔算出、発生応力算出の用途及び適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内になることを確認している。</li> <li>・今回の申請において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</li> </ul>

別紙3 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
IV-2-1-2-1 -1-1	安全冷却水B冷却塔の耐震計算書	Ver. 2008.0.0
IV-2-1-2-1 -1-1	安全冷却水B冷却塔の耐震計算書	Ver. 2008.0.4
IV-4-2-1-1	火災感知器の耐震性についての計算書	Ver. 2018.2.1

## 2. 解析コードの概要

### 2.1 MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 0

コード名 項目	MSC NASTRAN
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008. 0. 0
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>MSC NASTRAN（以下、「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。</li> <li>適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</li> <li>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</li> </ul>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本原子力発電株式会社「東海第2発電所」において、主排気筒の固有値解析及び応力解析に本解析コードが使用された実績がある。</li> <li>検証の体系と今回申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>今回の申請において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</li> <li>本解析コードの適用制限として使用要素数があるが、使用した要素数は適用制限以下であり、本申請における使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>

2.2 MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 4

コード名	MSC NASTRAN
項目	
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008. 0. 4
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MSC NASTRAN（以下、「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。</li> <li>• 適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</li> <li>• 数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</li> </ul>
<p style="text-align: center;">検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について，本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>• 本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 日本原子力発電株式会社「東海第2発電所」において，使用済燃料乾式貯蔵建屋の静的応力解析及び動的応力解析に本解析コードが使用された実績がある。</li> <li>• 検証の体系と今回申請で使用する体系が同等であることから，検証結果をもって解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>• 今回の申請において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</li> <li>• 本解析コードの適用制限として使用要素数があるが，使用した要素数は適用制限以下であり，本申請における使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>

2.3 MSC NASTRAN Ver. 2018. 2. 1

コード名	MSC NASTRAN
項目	
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2018. 2. 1
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MSC NASTRAN（以下、「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。</li> <li>・ 適用モデル（主にははり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</li> <li>・ 数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</li> </ul>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について，本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京電力株式会社の「柏崎刈羽原子力発電所7号機」において，原子炉建屋内の設備の3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析に本解析コード（Ver. 2018. 2. 1）が使用された実績がある。</li> <li>・ 検証の体系と今回申請で使用する体系が同等であることから，検証結果をもって解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>・ 今回の申請において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの適用制限として使用要素数があるが，使用した要素数は適用制限以下であり，本申請における使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>

IV - 4  
火災防護設備の耐震性  
に関する説明書

## 目 次

- IV-4-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針
- IV-4-2 火災防護設備の耐震性に関する計算書
  - IV-4-2-1 火災防護設備に係る耐震性に関する計算書
    - IV-4-2-1-1 火災感知器の耐震性についての計算書
    - IV-4-2-1-2 火災受信器盤(火災監視盤)の耐震性についての計算書<sup>次回以降申請</sup>
    - IV-4-2-1-3 ボンベユニットの耐震性についての計算書<sup>次回以降申請</sup>
    - IV-4-2-1-4 選択弁ユニットの耐震性についての計算書<sup>次回以降申請</sup>
    - IV-4-2-1-5 制御盤の耐震性についての計算書<sup>次回以降申請</sup>
    - IV-4-2-1-6 消火配管の耐震性についての計算書<sup>次回以降申請</sup>
  - IV-4-2-2 火災防護設備の水平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
  - IV-4-2-3 火災防護設備の耐震性に関する影響評価結果
    - IV-4-2-3-1 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価結果
    - IV-4-2-3-2 隣接建屋に関する影響評価結果

IV - 4 - 1  
火災防護設備の  
耐震計算の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 火災感知設備及び消火設備の評価方針	2
2.1 評価方針	2
3. 基準地震動 $S_s$ の地震力に対する耐震計算の基本方針	3

## 1. 概要

本資料は、「Ⅲ－１－１ 火災等による損傷の防止に関する説明書」のうち、「5.1.3 構造強度設計」及び「Ⅲ－１－２ 火災防護設備の耐震設計」に基づき、安全冷却水 B 冷却塔における火災を早期に感知するために設置する火災感知器に対する、基準地震動  $S_s$  における耐震計算の方針を示すものである。

また、本方針に基づく計算結果を「Ⅳ－４－２－１－１ 火災感知器の耐震性についての計算書」に示す。

なお、安全冷却水 B 冷却塔に以外に設置する火災感知設備及び消火設備の耐震計算方針及び計算結果については、次回以降に申請する火災感知設備及び消火設備を設置する建屋及び重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## 2. 火災感知設備及び消火設備の評価方針

火災区域及び火災区画に設置する火災感知設備及び消火設備は、地震時においても火災を早期に感知及び消火する機能を維持するため、火災区域及び火災区画に設置される火災防護上重要な機器等の耐震重要度分類に応じて、機能を維持できる設計とする。

具体的には、耐震Sクラス機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は、耐震Cクラスであるが、地震による火災を考慮する場合、地震時に主要な構造部材が、火災を早期に感知及び消火する機能を維持可能な構造強度を確保し、電氣的及び動的機能維持を維持できる設計とする。

また、火災区域又は火災区画に設置される火災防護上重要な機器等は耐震重要度分類に応じた影響評価を行うことを踏まえ、火災感知設備及び消火設備についても同様に影響を確認する。

なお、重大事故等対処施設の火災感知器及び消火設備に係る評価方針は、重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

### 2.1 評価方針

#### (1) 要求機能

「Ⅲ－１－２ 火災防護設備の耐震設計」の「4.1 火災感知設備及び消火設備に要求される機能及び機能維持の方針」において整理した、火災感知設備及び消火設備の機能維持の考え方は以下に示すとおりである。

- ・火災感知設備は、基準地震動  $S_s$  の地震力に対して、火災感知の機能を維持されることが要求され、火災区域又は火災区画の火災に対し、地震時において火災防護上重要な機器等への火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能が損なわれないこと。
- ・消火設備は、基準地震動  $S_s$  の地震力に対して、消火の機能が維持されることが要求され、火災区域又は火災区画の火災に対し、地震時において、火災防護上重要な機器等への火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を損なわれないこと。

なお、重大事故等対処施設の火災感知設備に係る要求機能は、重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

#### (2) 機能維持に対する評価方針の整理

##### a. 火災感知設備

火災感知設備の必要となる機能である火災防護上重要な機器等への火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を維持する設計とする。

構造強度の許容限界は、「Ⅳ－１－１－８ 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」の「(2) 機器・配管系」に基づく許容限界を設定する。

感知機能として電氣的機能維持が要求される設備は、地震時において、その設備に要求される機能を維持するため、基準地震動  $S_s$  の地震力に対して、要求される電氣的機能が維持できることを試験により確認することで、電氣的機能を維持する設計とする。

なお、重大事故等対処施設の火災感知設備に係る機能維持に対する評価方針は、重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

##### b. 消火設備

消火設備の必要なる機能である火災防護上重要な機器等への火災の影響を限定

し、火災を早期に消火する機能を維持する設計とする。

構造強度の許容限界は、構造強度の許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」の「(2) 機器・配管系」に基づく許容限界を設定する。

消火機能として動的及び電氣的機能維持が要求される設備は、地震時において、その設備に要求される機能を維持するため、基準地震動  $S_s$  の地震力に対して、要求される動的及び電氣的機能が維持できることを試験により確認することで、動的及び電氣的機能を維持する設計とする。

なお、重大事故等対処施設の火災感知設備に係る機能維持に対する評価方針は、重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

### 3. 基準地震動 $S_s$ の地震力に対する耐震計算の基本方針

基準地震動  $S_s$  の地震力による火災感知設備及び消火設備の耐震計算は、「IV-4-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき実施する。

火災感知設備及び消火設備のうち、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「IV-4-2-1 火災防護設備に係る耐震性に関する計算書」に示す。

なお、安全冷却水 B 冷却塔以外に設置する火災感知設備及び消火設備の耐震計算方針及び計算結果については、次回以降に申請する火災感知設備及び消火設備を設置する建屋及び重大事故等対処施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

#### (1) 耐震計算の基本方針

安全冷却水 B 冷却塔等に設置する火災感知設備の基準地震動  $S_s$  の地震力による応答解析は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」に基づき実施する。

これらを踏まえた具体的な評価手法は、「IV-1-1-10 機器の耐震支持方針」に基づき設計し、「IV-4-2-1 火災防護設備に係る耐震性に関する計算書」に示す。

荷重の組合せ及び許容限界については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に基づき設定する。

機能維持における動的及び電氣的機能維持における耐震設計は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「4. 機能維持」に基づき設計し、「IV-4-2-1 火災防護設備に係る耐震性に関する計算書」に示す。

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については、「IV-4-2-2 火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価及び隣接建屋に関する影響評価については、「IV-4-2-3-1 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価結果」及び「IV-4-2-3-2 隣接建屋に関する影響評価結果」に示す。

火災感知設備及び消火設備の設置場所は 1 か所に限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトルに係る基本方針及び作成方法」に基づく。入力地震動は「IV-1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」の「3. 耐震計算方法」の「3.1 定式化された計算式による評価を行う機器」の「3.1.9 入力地震動」及び「3.2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器」の「3.2.9 入力地震動」

に基づく最大床応答加速にて評価を実施する。

また、各設備の主要構造は同様だが寸法が異なるものや積載機器の重量が異なるなど複数の型式が存在することから、最も厳しくなる型式を選定し、その結果を示す。

(2) 耐震性に関する計算書作成の基本方針

安全冷却水 B 冷却塔等に設置する火災感知器に関する計算書作成の基本方針は、「Ⅲ－１－２ 火災防護設備の耐震設計」の「5.2 構造計画と配置設計」に示す構造を踏まえ、「Ⅳ－１－２－１ 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」の「3. 耐震計算方法」の設計プロセスによる分類に基づき「(2)有限要素モデル等を用いて評価を行う機器」の「(2)－２ 支持構造設備 (FEM)」に従い、「Ⅳ－１－２－１－４ 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器 支持構造設備」に基づき、基準地震動  $S_s$  の地震力における計算書を作成する。

また、設計用地震力、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界については、「Ⅳ－１－１ 耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」及び「Ⅳ－１－１－８ 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に定める設計用地震力、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を用いて計算する。

IV - 4 - 2  
火災防護設備の耐震性  
に関する計算書

## IV-4-2-1

# 火災防護設備に係る耐震性に関する 計算書

# IV-4-2-1-1

## 火災感知器の耐震性についての 計算書

## 目 次

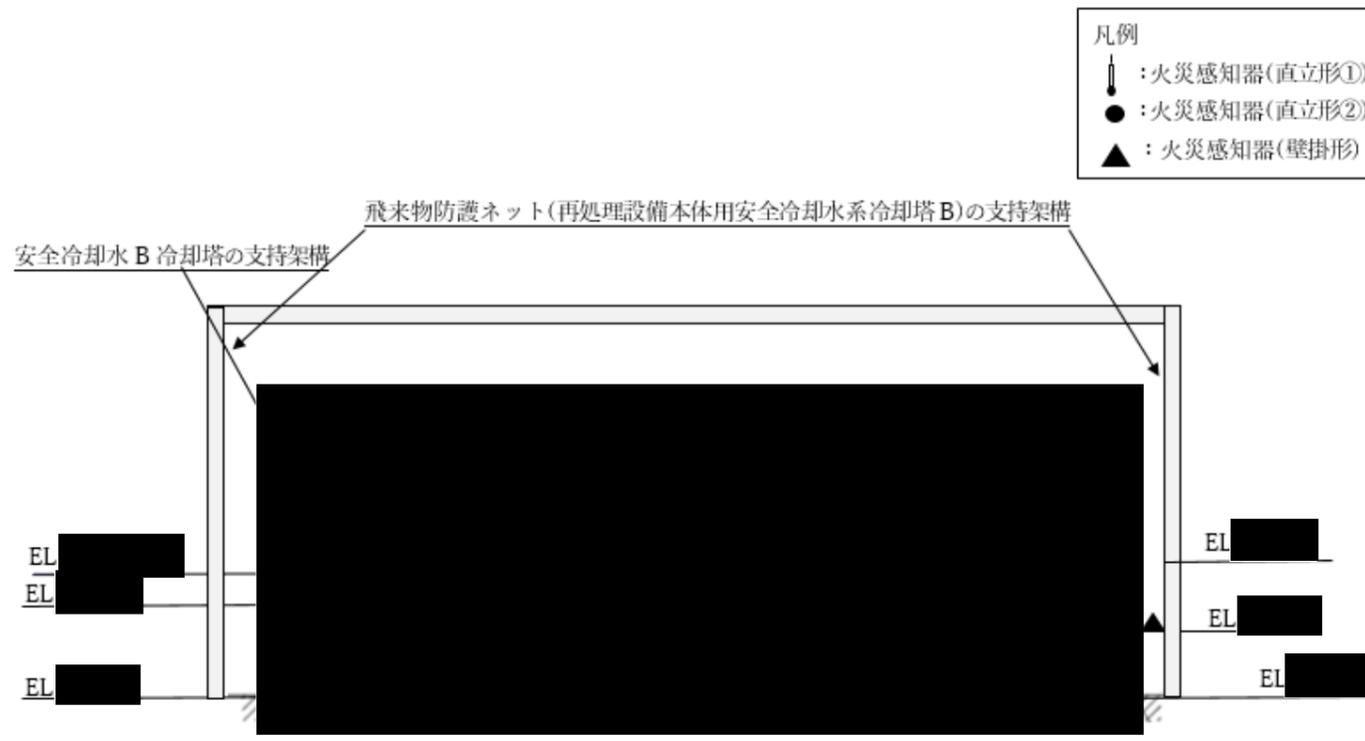
	ページ
1. 概要 .....	1
2. 構造概要 .....	2
3. 解析モデル .....	3
4. 設計条件 .....	4
5. 機器要目 .....	5
6. 構造強度評価結果 .....	6
7. 電氣的機能維持評価結果 .....	7

## 1. 概要

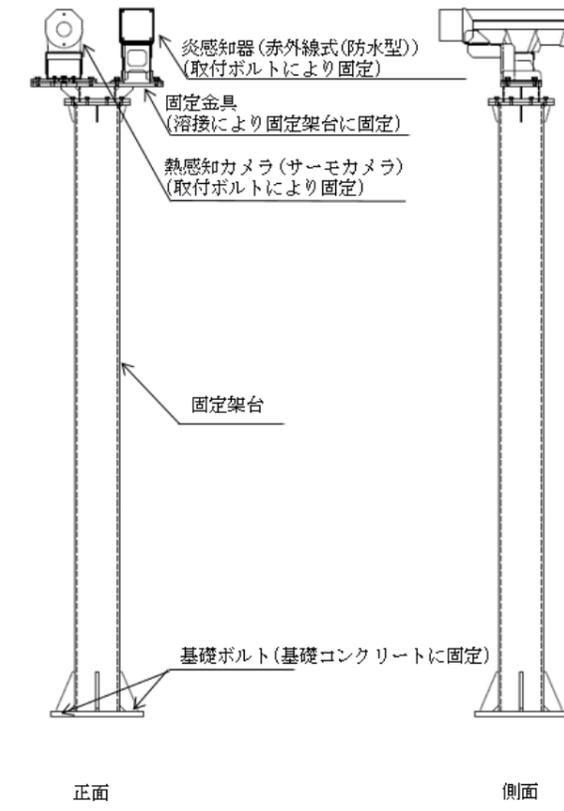
本資料は、「IV-4-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針」に基づき、安全冷却水 B 冷却塔における火災を早期に感知するために設置する火災感知器に対する、基準地震動  $S_s$  における耐震計算結果を示すものである。

2. 構造概要

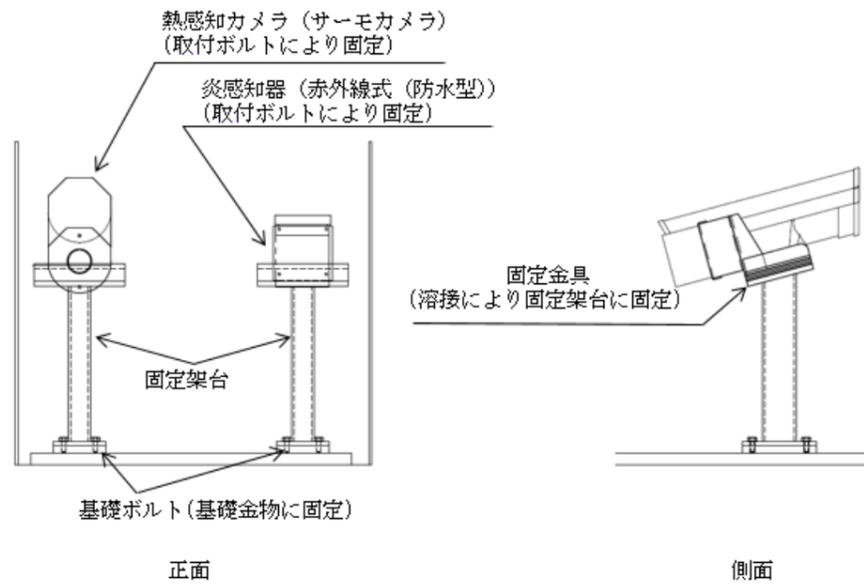
火災感知器の構造概要図を第 2-1 図に示す。第 2-1 図に示す各火災感知器については、各火災感知器のうち最大据付位置のものを示す。



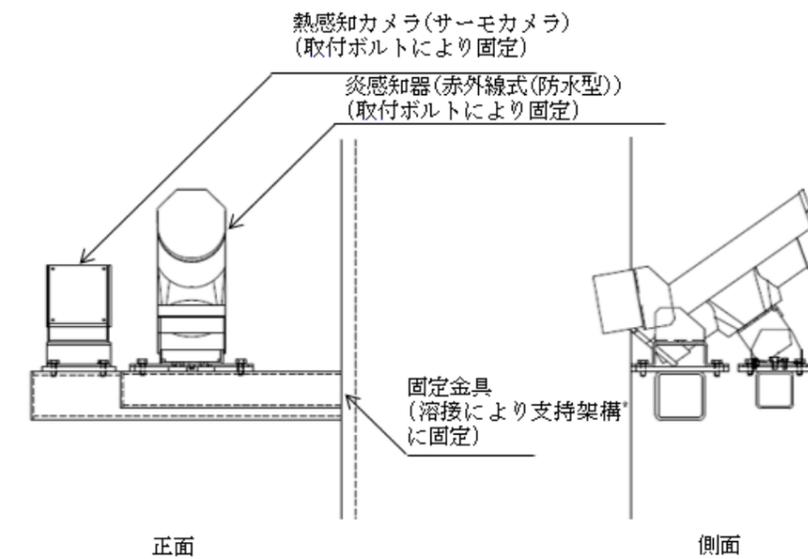
(a) 全体概要図



(b) 火災感知器(直立形①)



(c) 火災感知器(直立形②)



(d) 火災感知器(壁掛形)

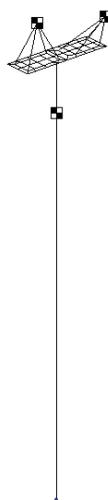
注記 \* : 安全冷却水 B 冷却塔又は飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)の支持架構に固定

第 2-1 図 火災感知器の構造概要図

### 3. 解析モデル

火災感知器(直立形①)の解析モデルを第 3-1 図に示す。火災感知器(直立形①)のモデル諸元を第 3-1 表に示す。

計算は、解析コード「MSC.NASTRAN Ver. 2018.2.1」を使用する。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、「IV-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」のうち「IV-3-2 機器・配管系」の「別紙 3 MSC.NASTRAN」に示す。



第 3-1 図 火災感知器(直立形①) 解析モデル

第 3-1 表 火災感知器(直立形①)のモデル諸元

	火災感知器(直立形①)
要素数	■
節点数	■

4. 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類*3	据付場所及び 床面高さ*1 (m)	固有周期 (s)	基準地震動 S s		振動による 震度 (G)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	比重
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
火災感知器 (直立形①)	C					/	/		/
火災感知器 (直立形②)	C					/	/		/
火災感知器 (壁掛形)	C					/	/		/
	C					/	/		/

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：基準地震動 S s に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*3：火災防護設備の耐震重要度分類はCであるが、「Ⅲ－1 火災等による損傷の防止に関する説明書」に基づき基準地震動 S s の地震動による評価を実施する。

\*4：「Ⅳ－2－2－2－1－2－1 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B の地震応答計算書)のうち「4.2 地震応答解析結果」に示す「最大応答加速度」を用いる。

\*5：下記に示す。

次数	固有周期 (s)

5. 機器要目

(1) 固定架台 (火災感知器(直立形①))

運転質量 (kg)	A (mm <sup>2</sup> )	AS (mm <sup>2</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	F (MPa)	F* (MPa)

(2) 基礎ボルト (火災感知器(直立形①))

Ab (mm <sup>2</sup> )	F (MPa)	F* (MPa)

(3) 炎感知器取付ボルト (火災感知器(直立形①, 直立形②, 壁掛形共通))

m (kg)	h (mm)	l <sub>1</sub> (mm)	l <sub>2</sub> (mm)	l <sub>3</sub> (mm)	l <sub>4</sub> (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	n (-)	n <sub>f h</sub> (-)	n <sub>f v</sub> (-)	F (MPa)	F* (MPa)	M <sub>p</sub> (N・mm)

(4) 熱感知器取付ボルト (火災感知器(直立形①, 直立形②, 壁掛形共通))

m (kg)	h (mm)	l <sub>1</sub> (mm)	l <sub>2</sub> (mm)	l <sub>3</sub> (mm)	l <sub>4</sub> (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	n (-)	n <sub>f h</sub> (-)	n <sub>f v</sub> (-)	F (MPa)	F* (MPa)	M <sub>p</sub> (N・mm)

6. 構造強度評価結果

評価結果について、以下のとおり示す。

(1) 火災感知器（直立形①）

部材	材料	応力	S s	
			算出応力	許容応力
固定架台	[Redacted]	組合せ	[Redacted]	[Redacted]
基礎ボルト		引張		
		せん断		
炎感知器 取付ボルト		引張		
		せん断		
熱感知カメラ 取付ボルト		引張		
	せん断			

(2) 火災感知器（直立形②）

部材	材料	応力	S s	
			算出応力	許容応力
炎感知器 取付ボルト	[Redacted]	引張	[Redacted]	[Redacted]
		せん断		
熱感知カメラ 取付ボルト		引張		
		せん断		

(3) 火災感知器（壁掛形）

部材	材料	応力	S s	
			算出応力	許容応力
炎感知器 取付ボルト	[Redacted]	引張	[Redacted]	[Redacted]
		せん断		
熱感知カメラ 取付ボルト		引張		
		せん断		

全て許容応力以下であるので十分な耐震性が確保される。

7. 電氣的機能維持評価結果

評価結果について、以下のとおり示す。

		S <sub>s</sub>			
		EW/NS	UD	EW/NS	UD
		評価用加速度 (G)		機能確認済加速度 (G) * <sup>2</sup>	
火災感知器 (直立形①)	炎感知器				
	熱感知カメラ				
火災感知器 (直立形②)	炎感知器				
	熱感知カメラ				
火災感知器 (壁掛形)	炎感知器				
	熱感知カメラ				

注記 \*1: 基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく、据付面の床応答加速度を設計入力地震動とする。

\*2: 「IV-4-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針」に基づき、加振試験により確認した加速度とする。

全て許容値以下であるので十分な耐震性が確保される。

## IV－4－2－2

火災防護設備の水平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

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 影響評価 .....	1
2.1 基本方針 .....	1
2.2 評価条件及び評価方法 .....	1
3. 影響評価結果 .....	1

## 1. 概要

本資料は、「IV-4-1 火災防護設備の耐震設計の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、火災防護について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能、動的機能を有することを確認するため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 影響評価

### 2.1 基本方針

火災防護設備に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については「IV-4-1 火災防護設備の耐震設計の基本方針」の「2.1 評価方針」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

評価条件及び評価方法は、「IV-1-1-7 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」及び「IV-2-3-2-1 機器・配管系の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」における「2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動」に基づく。

## 3. 評価結果

「IV-1-1-7 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」に基づき評価を実施した。

以下の項目については、「IV-2-3-2-1 機器・配管系の水平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」と同様となる。

- 3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出
- 3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出
- 3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果
- 3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価
- 3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を第3.1-1表に、水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果を第3.3-1表に、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果を第3.5-1表に示す。

第3.1-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討対象\*

設備名称	評価部位
形状が混在する設備(火災感知器)	固定架台
	基礎ボルト, 取付ボルト
	電氣的機能維持

\* : 対象となる分類及び部位については, 第1回申請設備の範囲を示しており, 今回申請で示していない対象は, 申請に合わせて次回以降に示す。

第3.3-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果\*1

水平2方向影響に対する形状ごとの分類	部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状	(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増加する形状 (応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)又は(2)で△かつ(3)で○の場合は影響評価を実施
			△：水平2方向地震力が重複する可能性有 ×：重複しない	△：ねじれ振動発生の可能性有 ×：発生しない －：対象外*2	○：応答軸が明確ではない ×：応答軸が明確 －：対象外*3	影響評価実施 又は影響軽微
形状が混在する設備(火災感知器)	固定架台	組合せ	*4	*4	*4	影響評価実施
	基礎ボルト, 取付ボルト	引張	*4	*4	*4	
		せん断	*4	*4	*4	
	電氣的機能維		*4	*4	*4	

注記 \*1：対象となる分類及び部位については、第1回申請設備の範囲を示しており、今回申請で示していない対象は、申請に合わせて次回以降に示す。

\*2：(1)の確認において地震力が重複する可能性が有る場合、(2)の確認は対象外とする。

\*3：(1)及び(2)の確認において双方とも×の場合、水平2方向の影響は軽微となるため、(3)の確認は対象外とする。

\*4：火災感知器については、形状が多岐に渡るが、これを分類せずに、一律に水平2方向の影響が有と整理する。

第3.5-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(1/2)

(1) 構造強度評価

水平2方向影響 に対する形状 ごとの分類	評価対象設備	評価部位	応力	従来発生値	2方向 想定発生値*1	許容値
				(MPa)	(MPa)	(MPa)
形状が混在する 設備(火災感知 器)	火災感知器 (直立形①)	固定架台	組合せ	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		基礎ボルト	引張			
			せん断			
		炎感知器 取付ボルト	引張			
			せん断			
		熱感知カメラ 取付ボルト	引張			
せん断						

注記 \*1: 従来発生値を $\sqrt{2}$ 倍もしくは水平応力を二乗和平方根法(SRSS法)により組み合わせた値を用いる。

第3.5-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(2/2)

(2) 機能維持評価

水平2方向影響に対する形状ごとの分類	評価対象設備	機能確認済加速度との比較				詳細評価
		加速度確認部位	水平加速度 G* <sup>1</sup>		機能確認済加速度	
			従来 応答加速度	2方向想定 応答加速度* <sup>2</sup>		
形状が混在する設備 (火災感知器)	火災感知器 (直立形①)	炎感知器			—	
		熱感知カメラ			—	

注記 \*1 :  $G=9.8(m/s^2)$

\*2 : 従来応答加速度を $\sqrt{2}$ 倍もしくは水平加速度を二乗和平方根法(SRSS法)により組み合わせた値を用いる。

IV - 4 - 2 - 3  
火災防護設備の耐震性  
に関する影響評価結果

## IV-4-2-3-1

一 関東評価用地震動(鉛直)に関する  
影響評価結果

設備ごとの影響評価の実施内容及び評価結果

IV-4-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針					影響評価結果*2											
添付書類番号	添付書類名称		算出 応力*1 (MPa)	許容 応力*1 (MPa)	固有周期(s)*3	簡易評価						(5)詳細評価				
						設計用 地震力	一関東 (鉛直) 地震力	加速度 比率	(1)	(2)	(3)		(4)		算出 応力*5 (MPa)	応力比*5
算出 応力*5 (MPa)	応力比*5	算出 応力*5 (MPa)	応力比*5													
IV-4-2-1-1	火災感知器の耐 震性についての 計算書	固定架台	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	-	-	-	○	/	/	/	/	/	/	/
		支持架構 搭載機器 *4				電氣的機能 維持	-	-	-	○	/	/	/	/	/	/

注記 \*1：算出応力及び許容応力については、各設備の評価内容に応じて次のとおり読み替えること。「ダクトの標準支持間隔：算出応力（発生曲げモーメント）、許容応力（許容座屈モーメント）」、「機能維持要求(加速度評価)：算出応力（評価用加速度）、許容応力（機能確認済加速度）」、「機能維持要求(変位量)：算出応力（算出変位）、許容応力（許容変位）」、「機能維持要求(荷重)：算出応力（算出荷重）、許容応力（許容荷重）」

\*2：影響評価番号については、本紙に記載の「第3-1図 一関東評価用地震動(鉛直)の影響を考慮した影響評価対応フロー」に則った番号を示す。

\*3：固有周期欄については5次までの固有周期を示し、5次までに剛領域となった場合は、剛領域となった次数まで示す。また、(3)及び(4)については、最大の加速度比率の次数及び固有周期を()内に示す。

\*4：支持架構搭載機器については、すべて剛な設備であることから支持架構搭載機器のうち最大の応力が発生している設備の結果を示す。

\*5：算出応力及び応力比については、機能維持要求の場合は次のとおり読み替えること。「機能維持要求(加速度評価)：算出応力（一関東(鉛直)評価用加速度）、応力比（機能確認済加速度）」

IV－4－2－3－2

隣接建屋に関する影響評価結果

設備ごとの影響評価の実施内容及び評価結果

IV-4-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針					影響評価結果*2											
添付書類番号	添付書類名称		算出 応力*1 (MPa)	許容 応力*1 (MPa)	固有周期(s)*3	簡易評価						(5)詳細評価				
						設計用 地震力	隣接 影響 地震力	加速度 比率	(1)	(2)	(3)		(4)		算出 応力*5 (MPa)	応力比*5
											算出 応力*5 (MPa)	応力比*5	算出 応力*5 (MPa)	応力比*5		
IV-4-2-1-1	火災感知器の耐震性についての計算書	固定架台	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	-	-	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]		
		支持架構 搭載機器 *4													電氣的機能 維持	-

注記 \*1：算出応力及び許容応力については、各設備の評価内容に応じて次のとおり読み替えること。「ダクトの標準支持間隔：算出応力（発生曲げモーメント）、許容応力（許容座屈モーメント）」、「機能維持要求(加速度評価)：算出応力（評価用加速度）、許容応力（機能確認済加速度）」、「機能維持要求(変位量)：算出応力（算出変位）、許容応力（許容変位）」、「機能維持要求(荷重)：算出応力（算出荷重）、許容応力（許容荷重）」

\*2：影響評価番号については、本紙に記載の「第3.2-1 図 隣接建屋の影響を考慮した影響評価フロー」に則った番号を示す。

\*3：固有周期欄については5次までの固有周期を示し、5次までに剛領域となった場合は、剛領域となった次数まで示す。また、(3)及び(4)については、最大の加速度比率の次数及び固有周期を()内に示す。

\*4：支持架構搭載機器については、すべて剛な設備であることから支持架構搭載機器のうち最大の応力が発生している設備の結果を示す。

\*5：算出応力及び応力比については、機能維持要求の場合は次のとおり読み替えること。「機能維持要求(加速度評価)：算出応力（隣接評価用加速度）、応力比（機能確認済加速度）」

## V 強度及び耐食性に関する説明書

## 目 次

- V-1 再処理施設の強度及び耐食性に関する基本方針
- V-2 再処理施設の強度計算書及び強度評価書
- V-3 計算機プログラム(解析コード)の概要 次回以降申請

## V - 1

# 再処理施設の強度及び耐食性に関する基本方針

## 目 次

- V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針
- V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針
  - V-1-2 別紙 容器等の材料及び構造に関する設計方針 次回以降申請
- V-1-3 強度計算書及び強度評価書作成の基本方針
  - V-1-3-1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等の計算書作成の基本方針 次回以降申請
    - V-1-3-1 別紙1 容器の公式による評価 次回以降申請
    - V-1-3-1 別紙2 管の公式による評価 次回以降申請
    - V-1-3-1 別紙3 機器の解析による評価 次回以降申請
  - V-1-3-2 可搬型重大事故等対処設備の容器等の評価書作成の基本方針 次回以降申請

V - 1 - 1

強度及び耐食性に関する設計の基本  
方針

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 材料及び構造設計の基本方針 .....	2
2.1 材料設計 .....	3
2.2 構造設計 .....	5
2.2.1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等 .....	5
2.2.2 可搬型重大事故等対処設備の容器等 <span style="border: 1px solid black;">次回以降申請</span> .....	7
2.3 主要な溶接部の設計 .....	8
3. 耐圧試験等に係る設計の基本方針 .....	9

## 1. 概要

本資料は、「再処理施設の技術基準に関する規則」(令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第九号)(以下「技術基準規則」という。)第十七条に規定されている安全機能を有する施設又は第三十七条に規定されている重大事故等対処設備に属する容器, 管, ポンプ, 弁若しくはこれらの支持構造物又は内燃機関のうち, 再処理施設の安全性を確保する上で重要なものの材料及び構造について, 適切な材料を使用し, 適切な構造とすることを説明するものである。

なお, 安全機能を有する施設のうち材料及び構造の要求事項に変更がなく, 改造を実施しない機器については, 平成5年12月27日付け5安(核規)第534号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」における「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」(以下「既認可強度及び耐食性に関する基本方針」という。)に基づき, 同添付書類における「別添-1 容器・管等の材料及び構造に関する設計の基本方針」(以下「既認可構造等に関する設計方針」という。)に準拠し設計・製作し, 既に施設していることから, 今回の申請において変更は行わない。

重大事故等対処設備に属する容器, 管, ポンプ, 弁若しくはこれらの支持構造物又は内燃機関については, 当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

また, 再処理施設における材料及び構造に係る経年劣化事象に関する事項については, 「核原料物質, 核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和32年6月10日法律第166号)第四十八条第1項の規定に基づく再処理施設の経年劣化に関する技術的な評価にて確認を実施することから, 設工認申請書の対象外とする。

## 2. 材料及び構造設計の基本方針

安全機能を有する施設における材料及び構造にあつては、安全機能を有する施設に属するもののうち以下のいずれかに該当するものを再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの(以下、安全機能を有する施設にあつては「安全機能を有する施設の容器等」という。)として材料及び構造の対象とする。

- a. その機能喪失によって放射性物質等による災害又は内部エネルギーの解放による災害を及ぼすおそれがある機器区分(再処理第1種機器から再処理第5種機器)に属する容器及び管  
具体的には、「再処理施設の技術基準に関する規則の解釈」(令和2年2月5日原規規発第2002054号-4)(以下「再処理施設の技術基準規則の解釈」という。)第17条2に規定される「容器等の主要な溶接部」に該当する機器区分(再処理第1種機器から再処理第5種機器)に属する容器及び管
- b. 公衆若しくは従事者の放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び放射線障害を防止する機能を有する安全上重要な施設に属する容器及び管
- c. 上記a又はbに接続するポンプ及び弁(安全上重要な施設を防護するために必要な緊急遮断弁を含む。)
- d. 上記a, b又はcに直接溶接される支持構造物であり、その破損により当該機器の損壊を生じさせるおそれのあるもの
- e. 安全上重要な施設に属する内燃機関

安全機能を有する施設の容器等の材料及び構造(主要な溶接部を含む。)は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))<第I編軽水炉規格> JSME S NC 1-2005/2007」(日本機械学会)(以下「設計・建設規格」という。)等に準拠し設計する。

重大事故等対処設備の容器等の対象範囲については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## 2.1 材料設計

安全機能を有する施設の容器等の材料設計は、次のとおりとする。

- ・ 安全機能を有する施設の容器等は、その使用される圧力、温度、荷重、腐食環境その他の使用条件に対して、適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する設計とする。

なお、使用される圧力、温度については、仕様表における最高使用圧力、最高使用温度を考慮する。

荷重については、ボルトの締付荷重を考慮しているものの、材料選定に影響を及ぼす有意な荷重ではない。

腐食環境については、硝酸濃度、仕様表における最高使用温度を考慮する。硝酸濃度については平成7年9月26日付け7安(核規)第710号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」における「別添-5 腐食代に関する設計の基本方針」(以下「腐食代設計方針」という。)に各腐食性流体における硝酸濃度を示している。

その他の使用条件については、設置場所(セル内・外)を考慮する。各機器の設置場所については「VI-2-4 配置図」に示している。

また、上記の安全機能を有する施設の容器等の材料設計にあつては、材料選定及び腐食代の設定を実施する。

### (1) 材料選定

安全機能を有する施設の容器等は、既認可強度及び耐食性に関する基本方針に基づき、取り扱う放射性物質の濃度、腐食環境(硝酸濃度、使用温度)等の条件を考慮して定めた既認可構造等に関する設計方針の「別表第1 六ヶ所再処理施設の材料選定フロー」(以下「材料選定フロー」という。)により選定した材料を使用する設計とする。

また、使用する材料の規格は、技術基準規則の施行の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等にあつては既認可構造等に関する設計方針に掲げる規格に適合するもの又はこれと同等以上の材料特性を有するもの、今回改造を実施する安全機能を有する施設の容器等にあつては「V-1-2 別紙 容器等の材料及び構造に関する設計方針」(以下「構造等に関する設計方針」という。)に掲げる規格に適合するもの又はこれと同等以上の材料特性を有するものを使用する設計とする。

ただし、安全機能を有する施設の容器等の内燃機関(燃料系を含む。)にあつては、発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の規定を満足するものを使用する設計とする。

## (2) 腐食代の設定

安全機能を有する施設の容器等の容器及び管に使用する材料の板厚(公称厚さ)については、最高使用圧力、最高使用温度、腐食環境等の使用条件を考慮しても強度及び耐食性を確保するため、耐圧強度計算から求まる板厚に素材の負の公差、曲げ加工公差及び腐食代を加えた値以上になるように選定する。

また、材料の腐食代については、既設工認における腐食代設計方針に基づき、腐食性流体(0.2mol/l以上の硝酸溶液)を内包する安全機能を有する容器等の容器及び管を対象に、新規基準以前の事業指定(変更許可)申請書で参照した文献等を参考に使用環境を考慮して腐食速度を定め、運転年数に基づく腐食量に設計余裕を加味して設定する。

安全機能を有する施設の容器等のポンプ及び弁にあつては、接続する管の板厚(公称厚さ)を踏まえた厚さを有するものを使用する設計とする。

なお、既認可構造等に関する設計方針に掲げる材料の規格は、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和55年10月30日通商産業省告示第501号)(以下「告示第501号」という。)に掲げられた第4種機器及び第5種管で使用可能な材料の規格又は「加工施設及び再処理施設の溶接の方法の認可について」(科学技術庁原子力安全局長通達)に掲げられた再処理特有の材料の規格であり、また、材料の板厚(公称厚さ)においては内包する腐食性流体に応じた材料の腐食代を適切に考慮していることから、使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する設計とする基本設計方針に対して、適切な設計方針であることを確認している。

重大事故等対処設備の容器等の材料設計については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## 2.2 構造設計

### 2.2.1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等

#### (1) 容器及び管

安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の構造設計は、次のとおりとする。

- ・ 安全機能を有する施設の容器等の容器及び管(ダクトは除く。)は、最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重が負荷されている状態(以下「設計条件」という。)において、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。

なお、最高使用圧力、最高使用温度については、仕様表における最高使用圧力、最高使用温度を考慮し、機械的荷重については、ボルトの締付荷重を考慮する(以下、設計条件において同様)。

- ・ 安全機能を有する施設の容器等のダクトは、設計条件において、延性破断に至る塑性変形を生じない設計とする。
- ・ 安全機能を有する施設の容器等の伸縮継手は、設計条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じない設計とする。

上記の安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の構造設計にあつては、材料及び構造に係る細目の設計方針として準拠する設計・建設規格におけるクラス3機器及びクラス4管の規定、圧力容器構造規格(平成15年4月30日厚生労働省告示第196号)、再処理施設用ステンレス鋼規格等を取りまとめた「V-1-2 別紙 容器等の材料及び構造に関する設計方針」(以下「構造等に関する設計方針」という。)に従い、設計条件に対して設計・建設規格におけるクラス3機器の規定を基本とした公式による評価を適用し、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じないように設計する。

技術基準規則の施行の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等については、施設時に適用した既認可構造等に関する設計方針によるものとする。

なお、施設時に適用した既認可構造等に関する設計方針は、安全機能を有する施設の容器等の容器及び管が告示第501号における第4種機器相当の考え方を採用し、設計していることを踏まえ、発電炉にて実績のある告示第501号における第4種機器及び第5種管の規定等に基づく設計方針を取りまとめたものであることから、使用条件に対して弾性設計を基本とした構造設計とする基本設計方針に対して、適切な設計方針であることを確認している。

また、安全機能を有する施設の容器等の容器及び管のうち、内燃機関の燃料

系にあっては、内燃機関を含め発電用火力設備に関する技術基準を定める省令に基づく設計を実施していることから、後述する「(2) ポンプ及び弁並びに内燃機関」による。

a. 技術基準規則第三十七条第1項第1号及び第2号の要求事項

技術基準規則第三十七条第1項第1号及び第2号の要求事項については、高圧ガス保安法に基づき設計される緊急時対策建屋加圧ユニットの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

b. 技術基準規則第三十七条と高圧ガス保安法の規定の比較

技術基準規則第三十七条と高圧ガス保安法の規定の比較については、高圧ガス保安法に基づき設計される緊急時対策建屋加圧ユニットの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(2) ポンプ及び弁並びに内燃機関

安全機能を有する施設の容器等のポンプ及び弁並びに内燃機関の構造設計は、次のとおりとする。

- ・ 安全機能を有する施設の容器等のポンプ及び弁並びに内燃機関は、設計条件において、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。

上記の安全機能を有する施設の容器等のポンプ及び弁の構造設計にあっては、既認可構造等に関する設計方針及び構造等に関する設計方針に掲げるものの他、以下に示すとおり、接続する管が十分な強度を有することを確認することで、ポンプ及び弁も十分な強度を有することが確認できる。

- ・ 材料については、材料選定フローに基づき選定することとしており、接続する管と同種の使用環境に対して適切な材料を選定している。
- ・ 構造については、ポンプ及び弁は使用条件(最高使用圧力、最高使用温度)に対して適切な型式のものを選定しており、耐圧試験、試運転による機能及び性能試験(以下「運転性能試験」という。)等により使用条件に対して十分な強度を有することを確認している。また、ポンプ及び弁は一般的に鋳造品であり、その板厚は接続する管より厚肉である。
- ・ 溶接部については、ポンプ及び弁の溶接部は接続する管との溶接部が該当し、それら溶接部は接続する管の溶接部として適切な溶接設計を実施している。

また、安全機能を有する施設の容器等の内燃機関(燃料系を含む。)の構造設

計にあつては、発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の規定を満足するものを使用する設計とする。

### (3) 支持構造物

安全機能を有する施設の容器等の支持構造物の構造設計は、次のとおりとする。

- ・ 安全機能を有する施設の容器等の支持構造物は、設計条件において、延性破断及び座屈が生じない設計とする。

上記の安全機能を有する施設の容器等の支持構造物の構造設計にあつては、計算方法が耐震評価と同じであり、地震荷重が支配的であることから「IV 耐震性に関する説明書」にて説明する。

なお、支持構造物の構造設計にあつては、通常運転時の荷重を考慮するが、耐震評価では通常運転時の荷重に加えて地震荷重を組み合わせた荷重に対する構造強度評価を実施するものであり、許容限界もそれに応じたものに設定されてはいるものの、支持構造物の構造設計においては地震荷重が支配的であるため、耐震評価を確認することで支持構造物が十分な強度を有することが確認できる。

常設重大事故等対処設備の容器等の構造設計については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

#### 2.2.2 可搬型重大事故等対処設備の容器等

可搬型重大事故等対処設備の容器等の構造設計については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

### 2.3 主要な溶接部の設計

安全機能を有する施設の容器等の主要な溶接部(溶接金属部及び熱影響部をいう。)は、次のとおりとする。

- ・ 溶接部の形状は、継手面の食い違いや厚さの異なる母材の突合せを行う場合の勾配が、安全な形状の範囲内で、不連続で特異な形状でない設計とする。
- ・ 溶接部は、溶接によって割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶け込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認する。
- ・ 溶接部は、健全な溶接部の確保のために適切な強度を有する設計とする。また、その溶接部の強度は機械試験等により母材と同等以上であることをあらかじめ確認したものとする。
- ・ 適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることを機械試験その他の評価方法によりあらかじめ確認する。

なお、上記の主要な溶接部は、使用前事業者検査により再処理施設の技術基準規則の解釈の「再処理施設の溶接の方法等について(別記)」に適合していることを確認する。

また、使用前事業者検査を実施するにあたっては、「工事の方法」に示す工事の手順、使用前事業者検査の方法及び工事上の留意事項に従って実施する。

常設重大事故等対処設備の容器等の主要な溶接部の設計については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

### 3. 耐圧試験等に係る設計の基本方針

安全機能を有する施設の容器等(支持構造物は除く。)の耐圧試験等は、次のとおりとする。

- (1) 安全機能を有する施設の容器等(支持構造物は除く。)は、施設時において、次に定めるところによる圧力で耐圧試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないことを確認する。

また、安全機能を有する施設の容器等の主要な溶接部のうち再処理第1種容器及びライニング型貯槽の溶接部は、再処理施設の技術基準規則の解釈の「再処理施設の溶接の方法等について(別記)」における「表1-13 機器と漏えい試験の種類」に規定された漏えい試験の種類に応じた圧力で漏えい試験を行ったとき、著しい漏えいがないことを確認する。

なお、上記の耐圧試験又は漏えい試験は、再処理施設の技術基準規則の解釈の「再処理施設の溶接の方法等について(別記)」、設計・建設規格、発電用火力設備の技術基準の解釈等に準拠し実施する。

- a. 内圧を受ける機器に係る耐圧試験の圧力は、機器の最高使用圧力を超え、かつ、機器に生ずる全体的な変形が弾性域の範囲内となる圧力とする。
- b. 内部が大気圧未満になることにより、大気圧による外圧を受ける機器の耐圧試験の圧力は、大気圧と内圧との最大の差を上回る圧力とする。この場合において、耐圧試験の圧力は機器の内面から加えることができる。

ただし、気圧により耐圧試験を行う場合(最高使用圧力が98kPa未満の場合を除く。)であって、当該圧力に耐えることが確認された場合は、当該圧力を最高使用圧力までに減じて著しい漏えいがないことを確認する。

最高使用圧力が98kPa未満の場合であって、気圧により耐圧試験を行う場合の試験圧力は、水圧による耐圧試験の場合と同じ圧力とする。

また、使用前事業者検査を実施するにあたっては、「工事の方法」に示す工事の手順、使用前事業者検査の方法及び工事上の留意事項に従って実施する。

- (2) 安全機能を有する施設の容器等(支持構造物は除く。)は、維持段階において、通常運転時における圧力で漏えい試験を行ったとき、著しい漏えいがないことを確認する。

なお、漏えい試験は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格」等に準拠し実施する。

また、定期事業者検査を実施するにあたっては、保安規定に従って実施する。

重大事故等対処設備の容器等の耐圧試験等に係る設計の基本方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

V - 1 - 2

強度及び耐食性に関する評価方針

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 強度評価方針 .....	2
2.1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等 .....	2
2.2 可搬型重大事故等対処設備の容器等 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">次回以降申請</span> .....	3

## 1. 概要

本資料は、「V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針」に基づき、安全機能を有する施設の容器等及び重大事故等対処設備の容器等の材料及び構造設計のうち評価を実施する安全機能を有する施設の容器等及び重大事故等対処設備の容器等の容器及び管の構造設計について、十分な強度を有することを確認するための評価方針について説明するものである。

重大事故等対処設備の容器等の評価方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## 2. 強度評価方針

### 2.1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等

安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の構造設計にあつては、基本的に構造等に関する設計方針に基づく公式による評価(検定水圧による評価を含む。)を実施する。

技術基準規則の施行の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等については、施設時に適用した既認可構造等に関する設計方針に基づく公式による評価(検定水圧による評価を含む。)による。

既認可構造等に関する設計方針又は構造等に関する設計方針に構造強度に関する規格計算式等の規定がないものについては、ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODEその他の規格及び基準に基づく適切な応力評価を実施する。

#### (1) 公式による評価

安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の公式による評価について、基本的に施設時の準拠規格によるものとし、技術基準規則の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等の容器及び管については、既認可構造等に関する設計方針に基づく公式による評価によるものとする。

今回改造を実施する安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の公式による評価については、構造等に関する設計方針に基づく公式による評価を実施する。

なお、公式による評価を実施するにあつては、腐食代を適切に考慮した上で評価を実施する。

また、安全機能を有する施設の容器等のうち容器(ライニング型)はコンクリートの躯体に鋼製のライニングを設けたものであるが、容器内の水頭等による荷重は、内張りの下のコンクリートで強度を保持していることから、コンクリート構造物としての構造強度については「IV 耐震性に関する説明書」にて説明し、本資料では鋼製の内張り用のものであるライニングについて必要な厚さ以上の厚さを有することを確認する。

#### a. 強度計算における準拠規格の選定

強度計算における準拠規格の選定については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

#### b. 規格の相違

規格の相違については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

c. 選定規格

選定規格については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(2) 解析による評価

安全機能を有する施設の容器等の容器及び管の解析による評価にあつては、ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE Sec. III Division1 Subsection ND – Class 3 Componentsの規定等に基づく応力評価を実施する。

常設重大事故等対処設備の容器等の強度評価方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

2.2 可搬型重大事故等対処設備の容器等

可搬型重大事故等対処設備の容器等の強度評価方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(1) 完成品を除く可搬型重大事故等対処設備の容器等

完成品を除く可搬型重大事故等対処設備の容器等の強度評価方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(2) 可搬型重大事故等対処設備の容器等のうち完成品

可搬型重大事故等対処設備の容器等のうち完成品の強度評価については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## V - 1 - 3

# 強度計算書及び強度評価書作成の基本方針

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 強度計算書及び強度評価書作成の基本方針.....	2
3. 評価条件整理表 .....	3

## 1. 概要

本資料は、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」に基づき評価を実施する安全機能を有する施設の容器等及び重大事故等対処設備の容器等の容器及び管について、使用条件に対して十分な強度を有していることを確認するための強度計算書及び強度評価書の作成の基本方針について説明するものである。

強度計算書及び強度評価書の作成にあたっては、各機器の有する機能における使用条件等を踏まえた評価区分を整理したうえで作成するものとし、既に認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて、使用条件に対して十分な強度を有していることが確認できるものにあつては、既に認可を受けた設工認申請書の当該強度計算書を示す。それ以外のものにあつては今回新たに強度計算書又は強度評価書を作成する。

なお、既に認可を受けた設工認申請書における強度計算書の作成の基本方針については、平成5年12月27日付け5安(核規)第534号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」における「V-1-1 容器の耐圧強度計算書作成の基本方針」及び「V-1-2 管の耐圧強度計算書作成の基本方針」による。

今回新たに評価を実施する安全機能を有する施設の容器等及び重大事故等対処設備の容器等の容器及び管に適用する強度計算及び強度評価書作成の基本方針については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

## 2. 強度計算書及び強度評価書作成の基本方針

安全機能を有する施設の容器等及び重大事故等対処設備の容器等の容器及び管の強度計算書及び強度評価書の作成にあつては、各機器の有する機能における使用条件等を踏まえた評価区分に応じて、以下のとおり強度計算書及び強度評価を作成するものとする。

技術基準規則の施行の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等の容器及び管のうち材料及び構造の要求事項に変更がなく、改造を実施しないものにあつては、既に認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」の当該強度計算書を示す。(評価区分①)

技術基準規則の施行の際現に施設した安全機能を有する施設の容器等の容器及び管であつて、重大事故等対処設備としての機能を兼用するものうち、安全機能を有する施設としての最高使用圧力及び最高使用温度に、重大事故等対処設備としての使用時における圧力及び温度が包絡されるものにあつては、重大事故等対処設備の容器等としての評価は安全機能を有する施設の容器等としての評価に包絡されることから、既に認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」の当該強度計算書を示す。(評価区分①)

重大事故等対処設備としての使用時における圧力及び温度が包絡されないものにあつては、施設時の準拠規格を踏まえ構造等に関する設計方針又は既認可構造等に関する設計方針に基づく強度計算書を今回新たに作成する。(評価区分②)

今回新たに改造を実施する安全機能を有する施設の容器等及び新たに設置する重大事故等対処設備の容器等(可搬型重大事故等対処設備の容器等の完成品を除く。)の容器及び管にあつては、構造等に関する設計方針に基づく強度計算書を今回新たに作成する。(評価区分③)

また、可搬型重大事故等対処設備の容器等の完成品にあつては、一般産業用工業品の規格及び基準への適合性を示す強度評価書を作成する。(評価区分④)

なお、今回新たに強度計算書又は強度評価書を作成するにあつては、各設計プロセスに応じた代表機器にあつては詳細な強度計算書を示すとともに、代表機器以外のものにあつては一覧表にて強度評価結果を示すものとする。

また、上記の各機器の有する機能における使用条件等を踏まえた評価区分の整理については、各強度計算書及び強度評価書への導入として、「V-2-1 評価条件整理表」にて、評価条件、施設時の準拠規格、評価区分等を整理した評価条件整理表を示す。

### 3. 評価条件整理表

本項では、評価条件整理表で整理する項目について説明する。

#### (1) 評価条件

- DB 条件：

安全機能を有する施設としての最高使用圧力及び最高使用温度。安全機能を有する施設としての機能を有していないものにあつては「－」を記載する。

- SA 条件(設計条件)：

重大事故等対処設備としての使用時における圧力及び温度。重大事故等対処設備としての機能を有していない機器にあつては「－」を記載する。

- SA 条件(設計条件越え)：

重大事故等対処設備として水素爆発等の過渡状態の影響を受けるものにあつては、その圧力及び温度。影響を受けないものにあつては「－」を記載する。

- 条件変更の有無

区分	説明
有	<ul style="list-style-type: none"> <li>DB 条件に SA 条件が包絡されない機器</li> <li>新設する機器(重大事故等対処設備のうち安全機能を有する施設として使用しない機器を含む。)</li> </ul>
無	上記以外の機器

#### (2) 施設時の準拠規格

区分	説明
既認可	平成 5 年 12 月 27 日付け 5 安(核規)第 534 号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」における「別添－1 容器・管等の材料及び構造に関する設計の基本方針」(既認可構造等に関する設計方針)によるもの
新規	今回の設工認添付書類における「V－1－2 別紙 容器等の材料及び構造に関する設計方針」(構造等に関する設計方針)によるもの
－	条件変更が「無」のもの

(3) 評価区分

区分	説明
①	既設工認における評価結果の確認による評価
②	構造等に関する設計方針又は既認可構造等に関する設計方針による評価
③	構造等に関する設計方針による評価
④	可搬型大事故等対処設備の容器等の完成品の強度評価

(4) 申請回次及び添付書類

評価区分①に該当する機器にあつては、当該機器の既に認可を受けた設工認申請書の申請回次及び当該強度計算書の添付書類名を示す。

評価区分①以外に該当する機器にあつては、「－」を記載する。

申請回次	申請回次の詳細
第2回	平成5年12月27日付け5安（核規）第534号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第3回	平成6年7月22日付け6安（核規）第220号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第4回	平成7年9月26日付け7安（核規）第710号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第5回	平成9年5月27日付け9安（核規）第245号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第6回	平成10年6月9日付け9安（核規）第596号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第7回	平成11年1月29日付け10安（核規）第538号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」
第8回	平成11年7月5日付け11安（核規）第135号にて認可を受けた設工認申請書の「V 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する説明書」

## V - 2

# 再処理施設の強度計算書及び強度評価書

## 目 次

- V-2-1 評価条件整理表
- V-2-2 強度計算書及び強度評価書 次回以降申請

# V - 2 - 1 評価条件整理表

## 目 次

	ページ
1. 概要 .....	1
2. 評価条件整理表 .....	2

## 1. 概要

本資料は、「V-1-3 強度計算書及び強度評価書作成の基本方針」に基づき作成した評価条件整理表を示す。

2. 評価条件整理表

(1) 容器

設備区分	名称	評価条件						施設時の 準拠規格	評価区分※	申請回次	添付書類	
		DB条件		SA条件（設計条件）		SA条件（設計条件越え）						条件変更 の有無
		圧力(Mpa)	温度(°C)	圧力(Mpa)	温度(°C)	圧力(Mpa)	温度(°C)					
その他再処理設備の附属施設 給水施設及び蒸気供給施設 冷却水設備 安全冷却水系	安全冷却水冷却塔			-		-		無	-	①	第6回	V-2-2-3-2-1 安全冷却水系の耐圧強度に関する計算書

※1：「評価区分」は以下の凡例による

- ①：既設工認における評価結果の確認による評価
- ②：構造等に関する設計方針又は既認可構造等に関する設計方針による評価
- ③：構造等に関する設計方針による評価
- ④：可搬型重大事故等対処設備の容器等の完成品の強度評価

(2) 管

設備区分	名称	評価条件						施設時の 準拠規格	評価区分※	申請回次	添付書類	
		DB条件		SA条件（設計条件）		SA条件（設計条件越え）						条件変更 の有無
		圧力(Mpa)	温度(°C)	圧力(Mpa)	温度(°C)	圧力(Mpa)	温度(°C)					
その他再処理設備の附属施設 給水施設及び蒸気供給施設 冷却水設備 安全冷却水系	安全冷却水系の主配管			—		—		無	—	①	第6回	V-2-2-3-2-1 安全冷却水系の耐圧強度に関する計算書

※1：「評価区分」は以下の凡例による

- ①：既設工認における評価結果の確認による評価
- ②：構造等に関する設計方針又は既認可構造等に関する設計方針による評価
- ③：構造等に関する設計方針による評価
- ④：可搬型重大事故等対処設備の容器等の完成品の強度評価