

# 耐震性に関する説明書

工事計画認可申請 資料17

伊方発電所第3号機

## 目 次

- 資料17-1 耐震設計の基本方針
- 資料17-2 基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要
- 資料17-3 地盤の支持性能に係る基本方針
- 資料17-4 重大事故等対処施設の施設区分の基本方針
- 資料17-5 波及的影響に係る基本方針
- 資料17-6 地震応答解析の基本方針
- 資料17-7 設計用床応答曲線の作成方針
- 資料17-8 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
- 資料17-9 機能維持の基本方針
- 資料17-10 ダクティリティに関する設計方針
- 資料17-11 機器・配管の耐震支持方針
- 資料17-12 配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について
- 資料17-13 補機（容器）の耐震計算について
- 資料17-14 補機（ポンプ類）の耐震計算について
- 資料17-15 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書
  - 資料17-15-1 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析
  - 資料17-15-2 非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書

資料17-16 申請設備の耐震計算書

資料17-16-1 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書

資料 17-16-1-1 非常用ガスタービン発電機ガスタービンの耐震計算書

資料 17-16-1-2 非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプの耐震計算書

資料 17-16-1-3 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンクの耐震計算書

資料 17-16-1-4 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽の耐震計算書

資料 17-16-1-5 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書

資料 17-16-1-6 非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震計算書

資料 17-16-1-7 非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置の耐震計算書

資料 17-17 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

別添 1 火災防護設備の耐震性に関する説明書

別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針

別添 1-2 火災感知器の耐震計算書

別添 1-3 ハロンボンベ設備の耐震計算書

別添 1-4 選択弁の耐震計算書

別添 1-5 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書

別添 1-6 ハロン供給配管の耐震計算書

別添 1-7 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

別添 2 溢水防護に関する施設の耐震性に関する説明書

別添 2-1 溢水防護に関する施設の耐震計算の方針

別添 2-2 溢水源としない耐震 B, C クラス機器の耐震計算書

別添 2-3 溢水防護に関する施設の水平 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

## 耐震設計の基本方針

工事計画認可申請 資料17-1

伊方発電所第3号機



## 目 次

	頁
1. 概要	資17-1-1
2. 耐震設計の基本方針	資17-1-1
2.1 基本方針	資17-1-1
2.2 適用規格	資17-1-3
3. 重大事故等対処施設の施設区分	資17-1-4
3.1 重大事故等対処施設の施設区分	資17-1-4
3.2 波及的影響に対する考慮	資17-1-4
4. 設計用地震力	資17-1-5
4.1 地震力の算定法	資17-1-5
4.2 設計用地震力	資17-1-5
5. 機能維持の基本方針	資17-1-6
5.1 構造強度	資17-1-6
5.2 機能維持	資17-1-6
6. 構造計画と配置計画	資17-1-7
7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針	資17-1-8
8. ダクティリティに関する考慮	資17-1-8
9. 機器・配管系の支持方針	資17-1-8
10. 耐震計算の基本方針	資17-1-9
10.1 建物・構築物	資17-1-9
10.2 機器・配管系	資17-1-9
別紙 非常用ガスタービン発電機建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について	

## 1. 概要

本資料は、本工事計画の申請施設が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」の第49条に基づき、地震力が作用した場合においても当該施設を十分に支持することができる地盤に設置されること、また、第50条に基づき、地震による損傷の防止を図る設計とすることの基本方針を説明するものである。

なお、上記条文以外への適合性を説明する各資料にて基準地震動 $S_s$ に対して機能を保持しているものとして、第52条に係る火災防護設備の耐震性については別添1に、第54条に係る溢水防護に関する設備の耐震性については別添2にて説明する。

## 2. 耐震設計の基本方針

### 2.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は、設計基準対象施設については地震により安全機能が損なわれるおそれがないこと、重大事故等対処施設については地震により重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合するように設計する。

申請施設の耐震設計の基本方針は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」及び平成30年11月26日付け原規規発第1811269号にて認可された工事計画の資料2-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に基づき、以下のとおりとする。なお、施設の設計に当たっては、設置（変更）許可（平成27年7月15日）を受けた基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を考慮することとし、その概要を資料17-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」に示す。

本工事計画の申請施設の耐震設計を行うにあたっては、平成31年2月27日付原子力発第18296号で申請した所内常設直流電源設備（3系統目）の荷重を考慮する。

- (1) 申請施設のうち重大事故等対処施設は、各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえて、設備分類を常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし、分類した設備が設置される施設の区分に応じた地震力による設計とする。
- (2) 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動 $S_s$ による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。  
これらの地盤の評価については、資料17-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す。

本工事計画の申請施設を設置する地盤については、非常用ガスタービン発電機の設置に係る設置（変更）許可から構造物の形状や地盤の状況に変更はなく、技術基準規則第49条に適合していることを確認している。その詳細について、資料17-1「耐震設計の基本方針」別紙「非常用ガスタービン発電機建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」に示す。

- (3) 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。  
動的機器については、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、又は既往の研究等で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することにより、当該機器に要求される機能を保持する設計とする。
- (4) 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に適用する動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用し、影響が考えられる施設については許容限界の範囲内に留まることを確認する。
- (5) 重大事故等対処施設を防護するための火災感知設備及び消火設備は、耐震重要度分類Cクラスの施設に適用する静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。
- (6) 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設が、それ以外の発電所内にある施設（資機材等含む）の波及的影響によって、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないように設計する。
- (7) 申請施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

## 2.2 適用規格

既に認可された工事計画の添付資料で適用実績のある以下の規格を適用する。

- ・「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(以降「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・「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」(社) 日本機械学会(以下「JSME S NC1」という。)
- ・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改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社) 日本建築学会、2005制定)

ただし、JEAG4601に記載されている $A_S$ クラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設とした上で、基準地震動 $S_2$ 、 $S_1$ をそれぞれ基準地震動 $S_s$ 、弾性設計用地震動 $S_d$ と読み替える。なお、Aクラスに適用される基準地震動 $S_1$ については、Sクラスに適用される基準地震動 $S_s$ と読み替える。

また、JEAG4601中の「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)に関する内容については、JSME S NC1に従うものとする。

### 3. 重大事故等対処施設の施設区分

#### 3.1 重大事故等対処施設の施設区分

重大事故等対処施設の施設区分及び設備分類については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の「3.2 重大事故等対処施設の施設区分」によるものとする。

申請施設の設備分類について、資料17-4「重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の第2-2表に示す。

#### 3.2 波及的影響に対する考慮

波及的影響に対する考慮については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」によるものとする。

本工事計画における波及的影響に対する検討について、資料17-5「波及的影響に係る基本方針」に示す。

#### 4. 設計用地震力

##### 4.1 地震力の算定法

耐震設計に用いる地震力の算定法は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の「4.1 地震力の算定法」によるものとする。

本工事計画における動的解析の方法等については、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に、設計用床応答曲線の作成方針については、資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

また、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては、水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた既往の耐震計算への影響の可能性のある施設を抽出し、3次元応答性状の影響も考慮した上で既往の方法を用いた耐震性に及ぼす影響を評価する。その方針を資料17-8「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」に示す。

##### 4.2 設計用地震力

「4.1 地震力の算定法」に基づく設計用地震力は資料17-9「機能維持の基本方針」の第2-1表に示す地震力に従い算定するものとする。



## 5. 機能維持の基本方針

耐震設計における安全機能の維持は、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震力に対して、施設の構造強度の確保を基本とする。

耐震安全性が応力の許容限界のみで律することができない施設など、構造強度に加えて、各施設の特性に応じた動的機能、電気的機能、支持機能の維持を必要とする施設については、その機能が維持できる設計とする。

ここでは、上記を考慮し、申請施設に求められる各機能維持の方針を示す。

### 5.1 構造強度

構造強度の確保に係る設計方針は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の「5.1 構造強度」によるものとする。

申請施設に対する具体的な荷重の組合せと許容限界は、資料17-9「機能維持の基本方針」の第3-1表に示す。

### 5.2 機能維持

#### (1) 動的機能維持

動的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、回転機器及び弁の機種別に分類し、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震力に対して、各々に要求される動的機能が維持できることを試験又は解析により確認し、当該機能を維持する設計とする。回転機器及び弁については、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価、又は当該機器の地震時の応答値が既往の研究等で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことの確認を行う。

弁等の機器の地震応答解析結果の応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増幅すると考えられるときは、当該配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込むこととする。

#### (2) 電気的機能維持

電気的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震力に対して、要求される電気的機能が維持できることを試験又は解析により確認し、当該機能を維持する設計とする。

#### (3) 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を間接的に支持する機能の維持が要求される施設は、地震時及び地震後において、被支持設備の機能を維持するため、被支持設備の重大

事故等対処施設の施設区分に応じた地震力に対して、構造強度を確保することで、支持機能が維持できるように設計する。

鉄筋コンクリート造の建物・構築物については、耐震壁のせん断ひずみの許容限界を満足すること又は基礎を構成する部材に生じる応力が終局強度に対し妥当な安全余裕を有していることで、機器・配管系等の設備に対する支持機能が維持できるように設計する。

これらの機能維持の考え方を、資料17-9「機能維持の基本方針」に示す。なお、重大事故等対処施設の設計においては、設計基準事故時の状態と重大事故等時の状態での評価条件の比較を行い、重大事故等時の状態の方が厳しい場合は別途、重大事故等時の状態にて設計を行う。

## 6. 構造計画と配置計画

申請施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点からできる限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据付け状態になるよう、「9. 機器・配管系の支持方針」に示す方針に従い配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は、上位クラス施設に対して離隔をとり配置するか、上位クラスの施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して構造強度を確保するか若しくは下位クラス施設の波及的影響を想定しても上位クラス施設の有する機能を保持するように設計する。

## 7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針

常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動 $S_s$ による地震力によって生じるおそれがある周辺斜面の崩壊に対して、必要な機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。具体的にはJEAG4601-1987の安定性評価の対象とすべき斜面や、土砂災害防止法での土砂災害警戒区域の設定離間距離を参考に、個々の斜面高を踏まえて対象斜面を抽出する。

上記に基づく対象斜面として抽出した周辺斜面及びその耐震安定性評価については、非常用ガスタービン発電機の設置に係る設置（変更）許可から申請施設の配置や周辺斜面の状況に変更はなく、技術基準規則第50条に適合していることを確認しているとともに、敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講じる必要がないことを確認した。その詳細について、資料17-1「耐震設計の基本方針」別紙「非常用ガスタービン発電機建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」に示す。

## 8. ダクティリティに関する考慮

申請施設は、構造安全性を一層高めるために、材料の選定等に留意し、その構造体のダクティリティを高めるように設計する。具体的には、資料17-10「ダクティリティに関する設計方針」に従う。

## 9. 機器・配管系の支持方針

機器・配管系本体については前述の方針に基づいて耐震設計を行う。それらの支持構造物については、設計の考え方に共通の部分があること、特に、ポンプやタンク等の補機類、電気計測制御装置、配管系については多数設置することからその設計方針をまとめる。具体的には、資料17-11「機器・配管の耐震支持方針」に従う。



## 10. 耐震計算の基本方針

前述の耐震設計方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うにあたり、既工認で実績があり、かつ、最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を用いることを基本とする。一方、最新の知見を適用する場合は、その妥当性と適用可能性を確認した上で適用する。

耐震計算における動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある施設を評価対象として抽出し、3次元応答性状の影響も考慮した上で、耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象施設のうち、配管及び弁並びに補機（容器及びポンプ類）の計算方針については資料17-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」、資料17-13「補機（容器）の耐震計算について」及び資料17-14「補機（ポンプ類）の耐震計算について」に示す。

### 10.1 建物・構築物

建物・構築物の評価は、基準地震動 $S_s$ を基に設定した入力地震動に対する構造物全体としての変形、並びに「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせすべき地震力以外の荷重による応力との組合せ応力が、「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は、以下に示す解析法によりJEAG4601に基づき実施することを基本とする。また、評価にあたっては建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等を適切に考慮する。

- ・時刻歴応答解析法
- ・FEM等を用いた応力解析

具体的な評価手法は、資料17-15「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」に示す。また、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、資料17-17「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。

### 10.2 機器・配管系

機器・配管系の評価は、「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせすべき他の荷重による応力との組合せ応力が「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は、以下に示す解析法によりJEAG4601に基づき実施することを基本とする。なお、時刻歴応答解析法及びスペクトルモーダル解析法を用いる場合は建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等を適切に考慮する。

- ・スペクトルモーダル解析法
- ・時刻歴応答解析法
- ・定式化された評価式を用いた解析法（床置き機器等）
- ・FEM等を用いた応力解析

具体的な評価手法は、資料17-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」、資料17-13「補機（容器）の耐震計算について」、資料17-14「補機（ポンプ類）の耐震計算について」及び資料17-16「申請設備の耐震計算書」に示す。

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

具体的な計算方法については、資料17-16「申請設備の耐震計算書」に示す。

これらの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、資料17-17「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。

非常用ガスタービン発電機建屋の  
基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について



## 目 次

	頁
1. はじめに .....	資17-1 別紙-1
2. 設置（変更）許可における基礎地盤の安定性評価 .....	資17-1 別紙-2
3. 設置（変更）許可における周辺斜面の安定性評価 .....	資17-1 別紙-10
4. まとめ .....	資17-1 別紙-15
参考資料 GT建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価における評価断面について .....	資17-1 別紙-16

## 1. はじめに

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち、「2. 耐震設計の基本方針」及び「7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針」に基づき、非常用ガスタービン発電機建屋（以下「GT建屋」という。）の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について説明するものである。

GT建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価については、設置（変更）許可申請書（平成29年10月4日）において確認している。本工事計画において、設置（変更）許可申請時から構造物の形状や地盤の設置状況等の条件に変更はない。なお、平成31年2月27日付原子力発第18296号で申請した所内常設直流電源設備（3系統目）の荷重については、設置（変更）許可申請書の安定性評価において考慮している。

このため、GT建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価は、設置（変更）許可申請書から変更されるものではなく、GT建屋を設置する基礎地盤が技術基準規則第49条を、GT建屋の周辺斜面が技術基準規則第50条をそれぞれ満足することを確認している。具体的には、GT建屋を設置する基礎地盤が、基準地震動 $S_s$ による地震力による基礎地盤のすべり、基礎の支持力及び基礎底面の傾斜に対して十分な安全性を有することを確認している。また、GT建屋の周辺斜面が、基準地震動 $S_s$ による地震力による周辺斜面のすべりに対して十分な安全性を有することを確認している。その詳細を以下に説明する。

## 2. 設置（変更）許可における基礎地盤の安定性評価

GT建屋の基礎地盤の安定性評価については、参考資料のとおり、既許可<sup>\*</sup>における3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価で代表されることを確認している。3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の位置図を第2-1図に示す。

※GT建屋に係る設置（変更）許可については、平成29年10月4日付 原規規発第1710043号にて許可

以下に、3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価について説明する。

### 2.1 解析条件

#### (1) 解析モデル

解析モデルは、解析用岩盤分類図に基づき作成する。解析用岩盤分類図を第2-2図に、解析用要素分割図を第2-3図に示す。また、解析用物性値を第2-1表に示す。

#### (2) 入力地震動

入力地震動は、解放基盤表面（EL. +10.0m）で定義される基準地震動 $S_s$ を一次元波動論によって地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。 $S_s$ -1（応答スペクトルに基づく手法による基準地震動）については水平動及び鉛直動の位相反転、 $S_s$ -3-1 及び $S_s$ -3-2（震源を特定せず策定する地震動）については水平動の位相反転を考慮する。

### 2.2 解析手法

基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を考慮する。

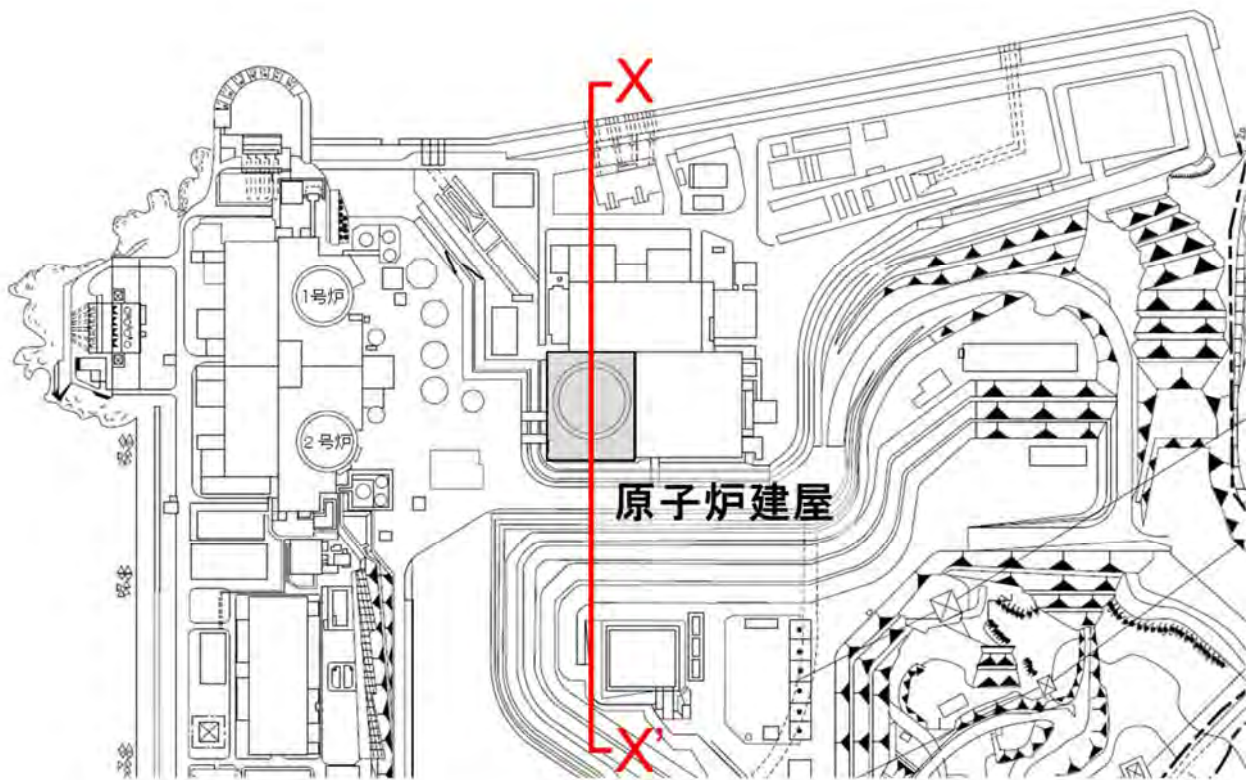
地震時の応力は、地震応答解析による動的応力と、静的解析による常時応力を重ね合わせるにより求める。動的応力は水平地震動及び鉛直地震動による応答を考慮して求める。

これらの手法により、基礎地盤のすべり安全率、支持力及び基礎底面の傾斜に対する評価を実施する。

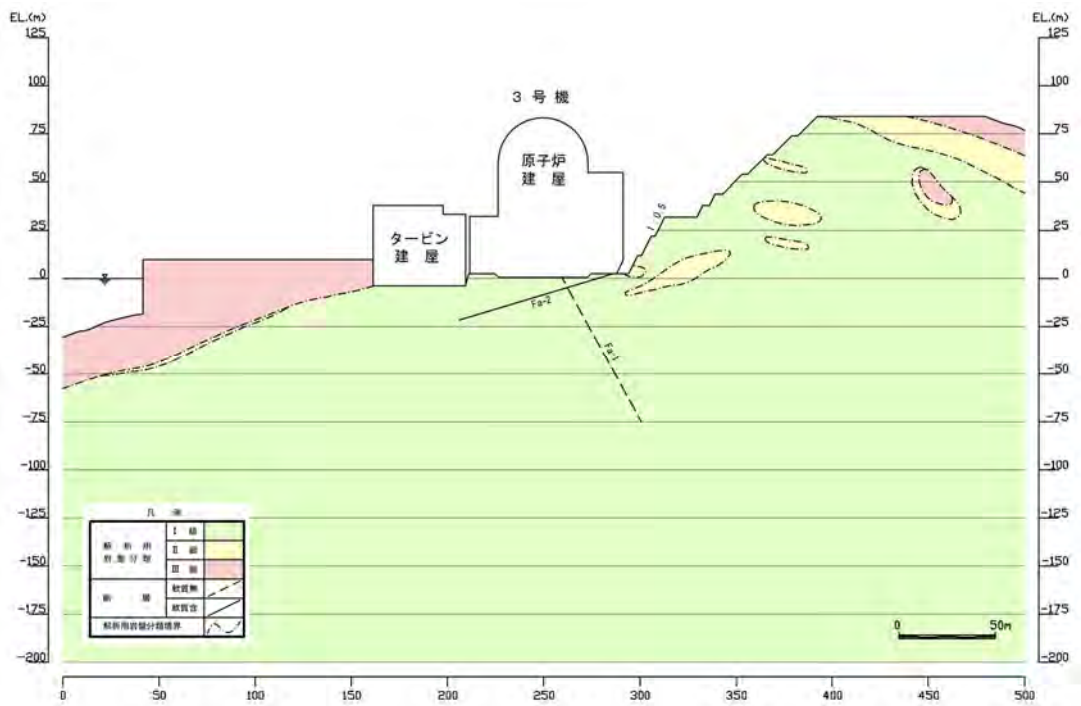
第2-1表 解析用物性値

	岩盤						断層		
	I 級			II 級	III 級①	III 級②	III 級	軟質無	軟質含
	①	②	③						
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	29.4			27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m <sup>2</sup> )	981			490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50			41	23	17		34	24
残留強度 (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$			$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	$3.63 \times 10^6$			$1.18 \times 10^6$	$0.49 \times 10^6$	$0.0392 \times 10^6$		$27000 (\sigma_v)^{0.34}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$
静的ポアソン比	0.29			0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 ( $\times 10^9$ kN/m <sup>2</sup> )	58.8 <sup>*1</sup>	42.2 <sup>*2</sup>	23.5 <sup>*3</sup>	10.8	3.51	$G_0/G_0^{*4}$ $= 1 / (1 + 10.4 \gamma^{0.787})$ $G_0 = 43900$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.127	$G_0/G_0^{*4}$ $= -0.33 \log \gamma - 0.58$ $G_0 = 294000$ (kN/m <sup>2</sup> )	$G_0/G_0^{*4}$ $= -0.40 \log \gamma - 0.60$ $G_0 = 4130 (\sigma_v)^{0.53}$ (kN/m <sup>2</sup> )
動的ポアソン比	0.34			0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)			3.0 (%)	3.0 (%)	$h = 1 / \{0.062 + (3.90 \times 10^{-3} / \gamma)\} + 1.3$	10.0 (%)	$h = 0.08 \log \gamma + 0.36$ ( $\gamma > 10^{-4}$ )	$h = 0.17 \log \gamma + 0.58$ ( $\gamma \geq 10^{-2}$ ) $h = 0.017 \log \gamma + 0.09$ ( $\gamma < 10^{-2}$ )

\*1 Vs=2.7km/s \*2 Vs=2.3km/s \*3 Vs=1.7km/s \*4 動せん断弾性係数



第2-1図 3号炉原子炉建屋南北断面 (X-X' 断面) の位置図

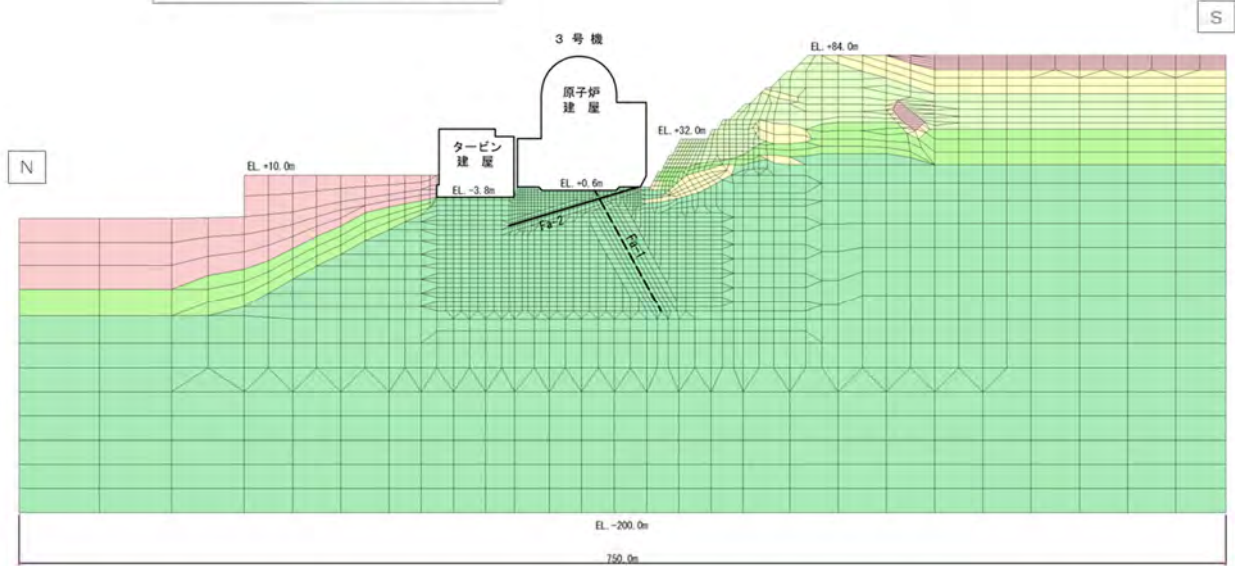


第2-2図 解析用岩盤分類図 (X-X' 断面)



凡例

1級	$V_s = 2.7 \text{ km/s}$	
	$V_s = 2.2 \text{ km/s}$	
	$V_s = 1.7 \text{ km/s}$	
	自由	
	壁面	
断面	計算区	
	計算外	



第2-3図 解析用要素分割図 (X-X' 断面)



## 2.3 評価内容

### (1) すべり安全率

すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

### (2) 支持力

基礎底面における地震時最大接地圧を求める。

### (3) 基礎底面の傾斜

基礎底面の傾斜は、基礎底面両端のそれぞれの鉛直方向の変位の差を基礎底面幅で除して求める。

### (4) 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

敷地内及び敷地近傍には震源として考慮する活断層が分布していないことを確認していることから、敷地において地殻の広域的な変形による著しい地盤の傾斜が生じることはないが、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）は、敷地に比較的近く規模が大きい中央構造線断層帯及び別府一万年山断層帯であるため、当該断層の活動に伴い生じる地盤の傾斜について評価を実施する。地殻変動量の算出には、Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) の手法を用いる。

## 2.4 評価結果

### (1) すべり安全率

想定すべり面におけるすべり安全率を第2-2表に示す。最小すべり安全率は1.8であり、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」（平成25年6月19日，原子力規制委員会）に基づく評価基準値1.5を上回る。

以上のことから、基礎地盤はすべりに対して十分な安全性を有している。

### (2) 支持力

基礎底面の支持力に対する評価結果を第2-3表に示す。3号炉原子炉建屋の基礎底面における地震時最大接地圧は $2.15\text{N}/\text{mm}^2$ である。

3号炉原子炉建屋の基礎地盤は㊸級の堅硬な岩盤で構成されており、㊸級岩盤の極限支持力 $7.84\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を下回ることから、基礎地盤は十分な支持力を有している。

以上のことから、基礎地盤は支持力に対して十分な安全性を有している。

(3) 基礎底面の傾斜

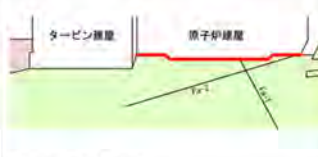
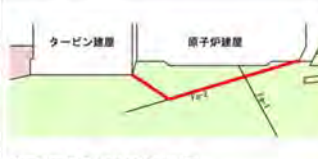
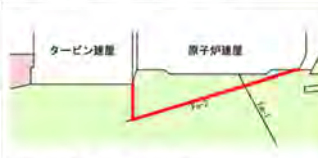
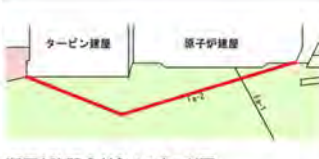
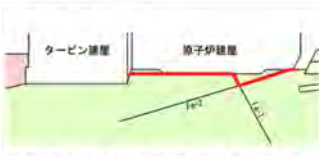
基礎底面の最大傾斜を第2-4表に示す。地震時における3号炉原子炉建屋基礎底面の最大傾斜は1/29,000である。基礎底面に生じる傾斜は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」（平成25年6月19日，原子力規制委員会）に基づく評価基準値の目安である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・系統の安全機能に支障を与えるものではない。

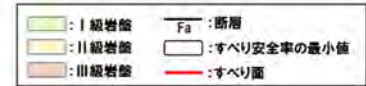
以上のことから、基礎地盤は傾斜に対して十分な安全性を有している。

(4) 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価を第2-5表に示す。地殻変動による基礎地盤の最大傾斜は1/28,000である。また、地震動による傾斜との重畳を考慮した場合においても、3号炉原子炉建屋基礎底面の最大傾斜は1/14,000であり、評価基準値の目安である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・系統の安全機能に支障を与えるものではない。

第2-2表 すべり安全率に対する評価結果

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	 基礎底面のすべり面	Ss-1 (+,-)	3.6
2	 断層(軟質含)沿いのすべり面 (モビライズ面を考慮したすべり面)	Ss-1 (-,-)	1.8 [2.1]
3	 断層(軟質含)沿いのすべり面 (タービン建屋を含まない)	Ss-3-1 (+,+)	1.9
4	 断層(軟質含)沿いのすべり面 (タービン建屋を含む)	Ss-1 (+,-)	2.6
5	 断層(軟質含)および断層(軟質無)沿いのすべり面	Ss-1 (-,-)	2.5



※ 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。  
 ※ [ ] 内の数値は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」(原子力規制委員会, 2013)に基づき実施した静的非線形解析による最小すべり安全率。

第2-3表 基礎底面の支持力に対する評価結果

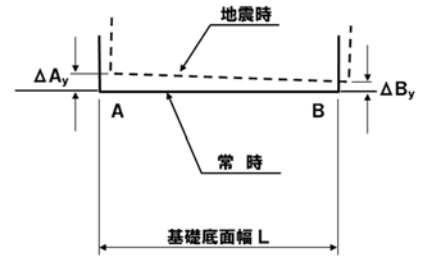
評価断面	基準地震動	地震時最大接地圧 (N/mm <sup>2</sup> ) [発生時刻 (秒)]	評価基準値 (N/mm <sup>2</sup> )
X-X' 断面	Ss-1 (-,+)	2.15 [43.74]	7.84

※ 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

第2-4表 基礎底面の傾斜に対する評価結果

評価断面	基準地震動	最大傾斜 $\frac{ \Delta A_y - \Delta B_y }{L}$	評価基準値
X-X' 断面	Ss-1 (+,+)	1/29,000 (L=76.4m)	1/2000

※ 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。



第2-5表 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

地殻変動による最大傾斜	地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜	評価基準値
	1/14,000	1/2,000

### 3. 設置（変更）許可における周辺斜面の安定性評価

GT建屋の周辺斜面の安定性評価については、参考資料のとおり、既許可における3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価で代表されることを確認している。

以下に、3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価について説明する。

#### 3.1 解析条件

##### (1) 解析モデル

解析モデルは、解析用岩盤分類図に基づき作成する。解析用岩盤分類図を第3-1図に、解析用要素分割図を第3-2図に示す。また、解析用物性値を第3-1表に示す。

##### (2) 入力地震動

入力地震動は、解放基盤表面（EL. +10.0m）で定義される基準地震動 $S_s$ を一次元波動論によって地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。 $S_s-1$ （応答スペクトルに基づく手法による基準地震動）については水平動及び鉛直動の位相反転、 $S_s-3-1$  及び $S_s-3-2$ （震源を特定せず策定する地震動）については水平動の位相反転を考慮する。

#### 3.2 解析手法

基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を考慮する。

地震時の応力は、地震応答解析による動的応力と、静的解析による常時応力を重ね合わせることにより求める。動的応力は水平地震動及び鉛直地震動による応答を考慮して求める。

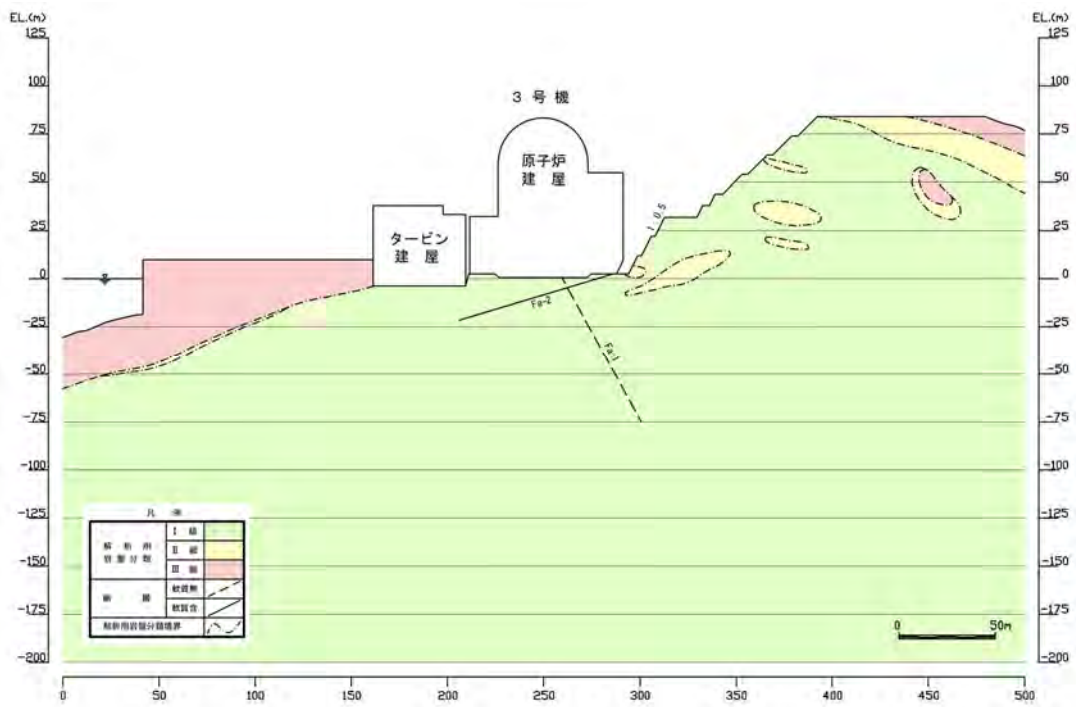
これらの手法により、周辺斜面のすべり安全率に対する評価を実施する。

第3-1表 解析用物性値

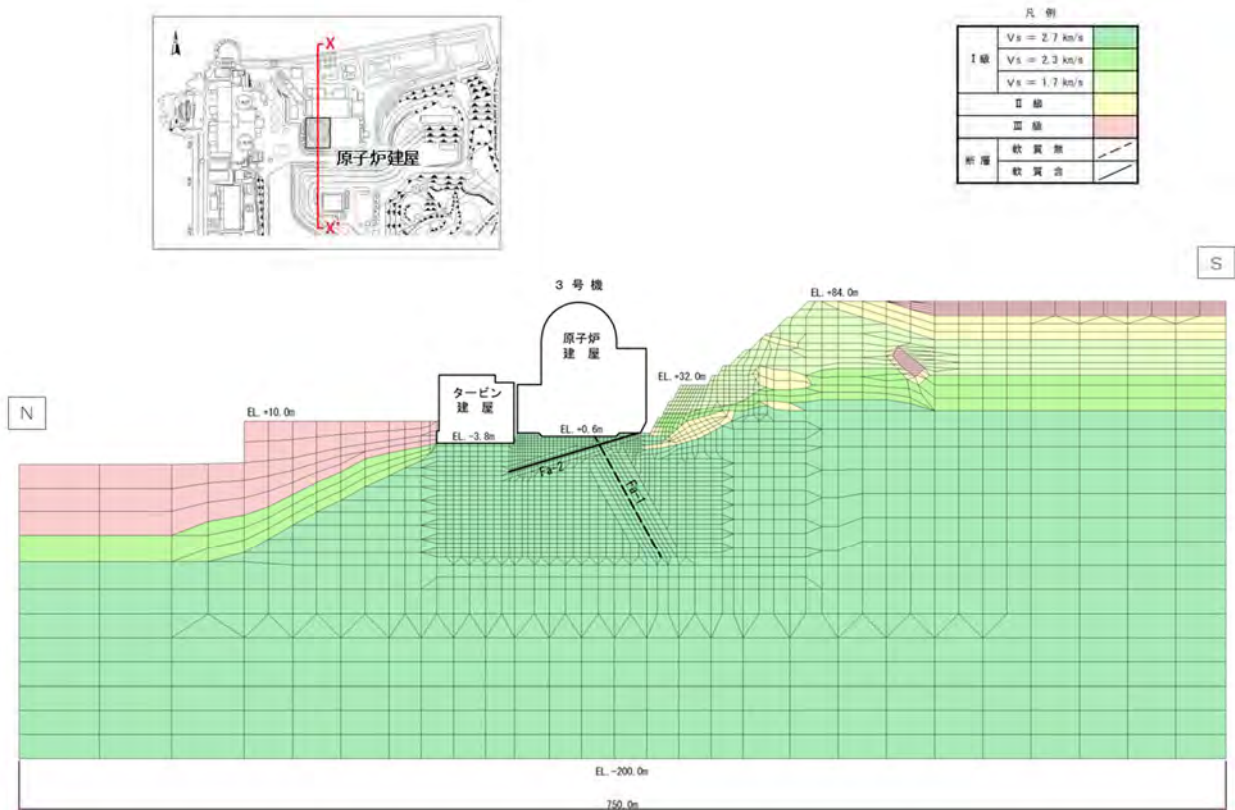
	岩盤						断層		
	I 級			II 級	III 級①	III 級②	III 級	軟質無	軟質含
	①	②	③						
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	29.4			27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m <sup>2</sup> )	981			490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50			41	23	17		34	24
残留強度 (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$			$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	$3.63 \times 10^6$			$1.18 \times 10^6$	$0.49 \times 10^6$	$0.0392 \times 10^6$		$27000 (\sigma_v)^{0.34}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$
静的ポアソン比	0.29			0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 ( $\times 10^9$ kN/m <sup>2</sup> )	$58.8^{*1}$	$42.2^{*2}$	$23.5^{*3}$	10.8	3.51	$G_d/G_0^{*4}$ $= 1 / (1 + 10.4 \gamma^{0.787})$ $G_0 = 43900$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.127	$G_d/G_0^{*4}$ $= -0.33 \log \gamma - 0.58$ $G_0 = 294000$ (kN/m <sup>2</sup> )	$G_d/G_0^{*4}$ $= -0.40 \log \gamma - 0.60$ $G_0 = 4130 (\sigma_v)^{0.53}$ (kN/m <sup>2</sup> )
動的ポアソン比	0.34			0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)			3.0 (%)	3.0 (%)	$h = 1 / \{0.062 + (3.90 \times 10^{-3} / \gamma)\} + 1.3$	10.0 (%)	$h = 0.08 \log \gamma + 0.36$ ( $\gamma > 10^{-4}$ )	$h = 0.17 \log \gamma + 0.58$ ( $\gamma \geq 10^{-2}$ ) $h = 0.017 \log \gamma + 0.09$ ( $\gamma < 10^{-2}$ )

\*1 Vs=2.7km/s \*2 Vs=2.3km/s \*3 Vs=1.7km/s \*4 動せん断弾性係数





第3-1図 解析用岩盤分類図 (X-X' 断面)



第3-2図 解析用要素分割図 (X-X' 断面)

### 3.3 評価内容

すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

### 3.4 評価結果

想定すべり面におけるすべり安全率を第3-2表に示す。最小すべり安全率は1.3であり、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」（平成25年6月19日，原子力規制委員会）に基づく評価基準値1.2を上回る。

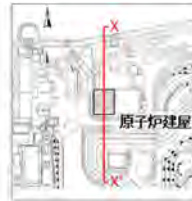
以上のことから、周辺斜面はすべりに対して十分な安全性を有している。

第3-2表 すべり安全率に対する評価結果

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	 モビライズ面を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	4.0
2	 モビライズ面を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	2.1
3	 要素安全率が低い領域を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	1.3 [1.3]

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	 簡便法によるすべり面	Ss-3-1 (-,+)	1.7
5	 簡便法によるすべり面	Ss-3-1 (-,+)	1.7



※ 基準地震動の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は軸面反転、(-,-)は水平反転かつ軸面反転を示す。  
 ※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。  
 ※ [ ] 内の数値は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」(原子力規制委員会, 2013)に基づき実施した静的非線形解析による最小すべり安全率。

#### 4. まとめ

GT 建屋の基礎地盤及び周辺斜面については、「2. 設置（変更）許可における基礎地盤の安定性評価」及び「3. 設置（変更）許可における周辺斜面の安定性評価」のとおり、設置（変更）許可申請において設置許可基準規則※第 38 条及び第 39 条に適合していることを確認しており、本工事計画において設置（変更）許可申請時から構造物の形状や地盤の設置状況等の条件に変更はなく、技術基準規則第 49 条及び第 50 条に適合していることを確認した。

※ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

## GT建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価における評価断面について

## 1. はじめに

GT建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価については、GT建屋に係る設置（変更）許可（平成29年10月4日付 原規規発第1710043号）において、3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価で代表されることを確認している。その概要について以下に示す。

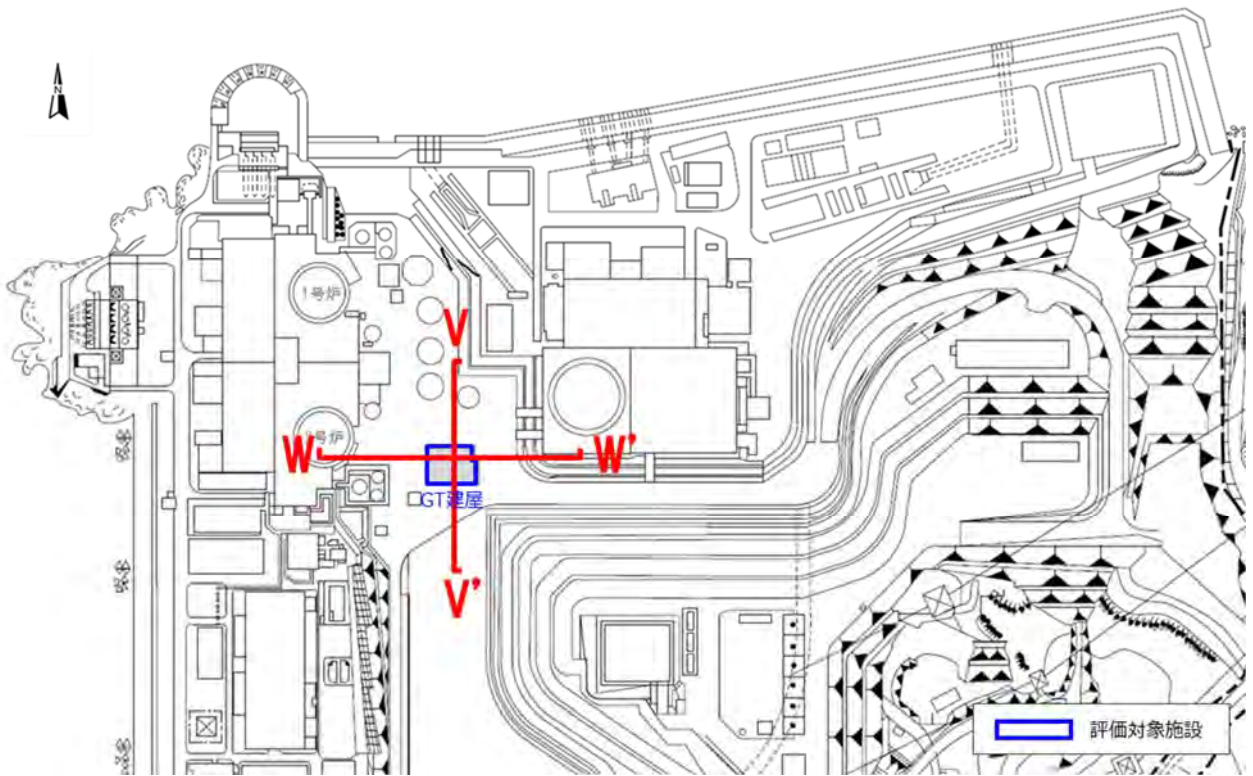
## 2. 基礎地盤の安定性評価における評価断面について

GT建屋の基礎地盤の安定性評価に対する評価断面を第1-1図及び第1-2図に示す。GT建屋は岩掘削による掘り込み式の構造物であり、岩盤に対して10m程度の埋込み深さを有する。底面及び地下部側面を岩盤に囲まれており、支持地盤及び側面はいずれもI級岩盤である。また、設置位置付近には比較的破砕幅が大きく連続性のある断層は認められない。

GT建屋の評価断面（V-V' 断面及びW-W' 断面）は、以下①～④の理由により3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）の評価に代表させる。理由①～④に対応するGT建屋と3号炉原子炉建屋の比較図を第1-3図に示す。

- ① GT建屋と3号炉原子炉建屋は同等の岩種・岩級の地盤に支持されている。
- ② 構造物の規模は3号原子炉建屋の方が有意に大きく、安定性評価においては重量の大きな3号原子炉建屋の方が厳しい評価となる。  
(3号原子炉建屋：約 $2.5 \times 10^6$  kN (約520kN/m<sup>2</sup>)、GT建屋：約 $3.4 \times 10^5$  kN (約250kN/m<sup>2</sup>) )
- ③ 3号原子炉建屋と異なり、GT建屋は岩掘削による掘り込み式の構造物であり、地震応答が抑えられるとともに、すべりに対する抵抗力も大きい。
- ④ 3号原子炉建屋の直下には比較的破砕幅が大きく連続性のある断層が分布し、すべり安全率が小さくなるすべり面を形成しやすいが、GT建屋設置位置付近には比較的破砕幅が大きく連続性のある断層は認められず、すべり安全率が小さくなるすべり面を形成しにくい。

以上より、GT建屋の基礎地盤の安定性評価に対する評価断面は、3号炉原子炉建屋南北断面に代表させる。GT建屋と3号炉原子炉建屋の比較表を第1-1表に示す。



第1-1図 GT建屋の基礎地盤に対する評価断面（平面図）



(V-V' 断面)

(W-W' 断面)

第1-2図 GT建屋の基礎地盤に対する評価断面（断面図）





第1-1表 GT建屋と3号炉原子炉建屋の比較表

施設名称		GT建屋	3号原子炉建屋
評価対象断面		V-V', W-W'	X-X'
基礎地盤の状況	地質・地質構造	三波川帯の塩基性片岩を基盤とする (片理面の走向はN30°~40°Wで南西方向に10°~30°緩やかに傾斜し、同様の傾向である)	
	岩級	CH級岩盤を主体とした堅硬な岩盤が分布する	
	断層	平均破砕幅約5cm以上で比較的連続性のある断層は認められない	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軟質含の断層(強度の小さい断層)が存在する</li> <li>・断層に沿ったすべり面が想定される</li> </ul>
対象施設の規模		小 施設規模が小さく地盤のすべり・傾斜・支持性能に与える影響が比較的小さい	大
断面の代表性		X-X'断面にて代表できる	-

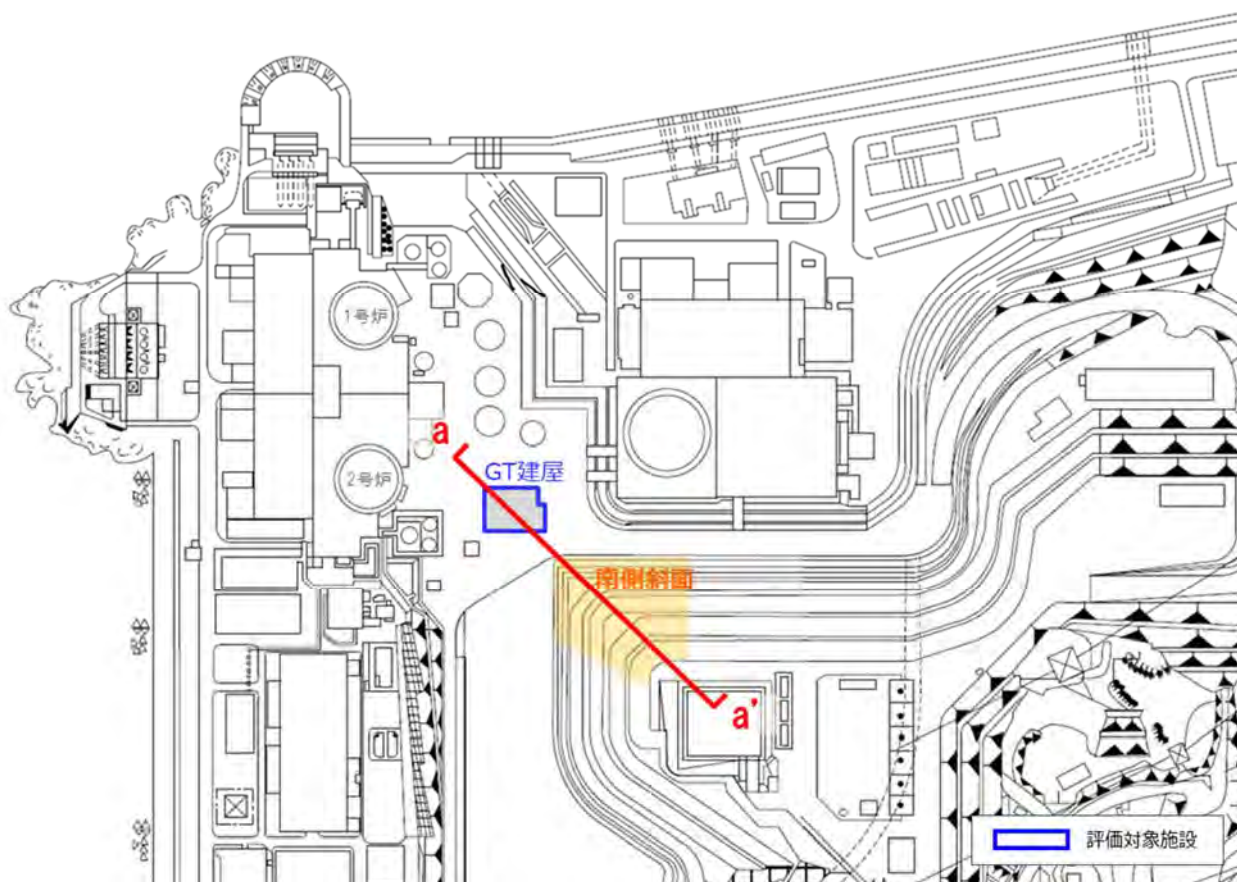


### 3. 周辺斜面の安定性評価における評価断面について

GT建屋の周辺斜面の安定性評価に対する評価断面を第1-4図及び第1-5図に示す。

GT建屋と3号炉原子炉建屋の周辺斜面は、同一斜面が対象となるが、GT建屋の評価断面（a-a' 断面）は、3号炉原子炉建屋南北断面（X-X' 断面）と比較して斜面勾配が有意に小さく、a-a' 断面の評価はX-X' 断面の評価で代表できる。なお、安定性評価においては保守的に片理面に沿う方向のせん断抵抗力を採用してすべり安全率を評価しており、両断面における片理方向は安定性評価結果に影響を与えるものではない。GT建屋と3号炉原子炉建屋の比較図を第1-6図に示す。

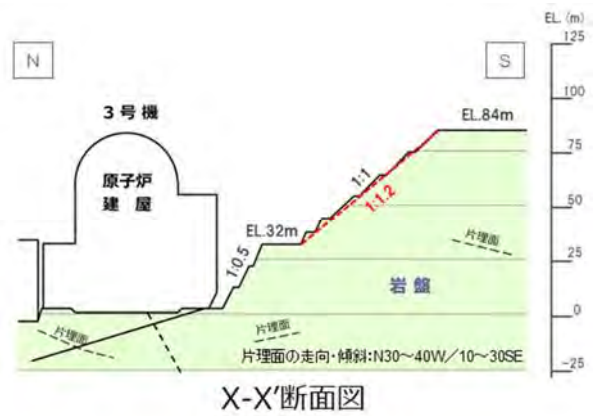
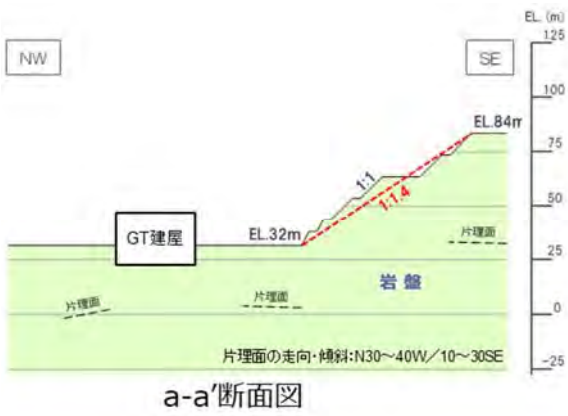
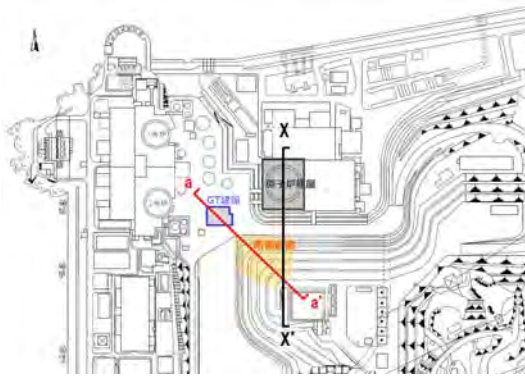
以上より、GT建屋の周辺斜面の安定性評価に対する評価断面は、3号炉原子炉建屋南北断面に代表させる。



第1-4図 GT建屋の周辺斜面に対する評価断面（平面図）



第1-5図 GT建屋の周辺斜面に対する評価断面（断面図）



第1-6図 GT建屋と3号炉原子炉建屋の比較図

## 基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要

工事計画認可申請 資料17-2

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-2-1
2. 検討方針 .....	資17-2-1
3. 敷地周辺の地震発生状況 .....	資17-2-1
4. 地震の分類 .....	資17-2-1
5. 敷地地盤の振動特性 .....	資17-2-1
6. 基準地震動 $S_s$ .....	資17-2-1
7. 弾性設計用地震動 $S_d$ .....	資17-2-1

## 1. 概 要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「2.1 基本方針」に基づき、耐震設計に用いる基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ について説明するものである。

## 2. 検討方針

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「1. 検討方針」によるものとする。

## 3. 敷地周辺の地震発生状況

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「2. 敷地周辺の地震発生状況」によるものとする。

## 4. 地震の分類

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「3. 地震の分類」によるものとする。

## 5. 敷地地盤の振動特性

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「4. 敷地地盤の振動特性」によるものとする。

## 6. 基準地震動 $S_s$

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「5. 基準地震動 $S_s$ 」によるものとする。

## 7. 弾性設計用地震動 $S_d$

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の概要」の「6. 弾性設計用地震動 $S_d$ 」によるものとする。

## 地盤の支持性能に係る基本方針

工事計画認可申請 資料17-3

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-3-1
2. 基本方針 .....	資17-3-2
3. 地盤の解析用物性値 .....	資17-3-3
4. 地盤の支持力 .....	資17-3-9



## 1. 概要

本資料は、資料 17-1「耐震設計の基本方針」のうち「2. 耐震設計の基本方針」に基づき、非常用ガスタービン発電機建屋の耐震安全性評価を実施するにあたり、施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性、振動特性等の地盤物性値設定及び支持性能評価で用いる地盤諸元の基本的な考え方を示したものである。

## 2. 基本方針

非常用ガスタービン発電機建屋において、対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性、振動特性等の解析用物性値については、設置変更許可申請書（添付書類六）に記載・確認された値を用いる。

対象設備を設置する地盤の地震時における支持性能の評価については、非常用ガスタービン発電機建屋に要求される地震力により地盤に作用する接地圧が、地盤の短期許容支持力度を下回る事又は極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認することによって行う。

短期許容支持力度又は極限支持力度は、対象施設の地盤の岩種及び岩級に応じて実施する支持力試験結果あるいは同等の力学特性を有する地盤の支持力試験結果に基づき設定する。

3. 地盤の解析用物性値

設置変更許可申請書（添付書類六）で記載・確認された解析用物性値一覧表を第 3-1 表に、設定根拠を第 3-2 表に示す。

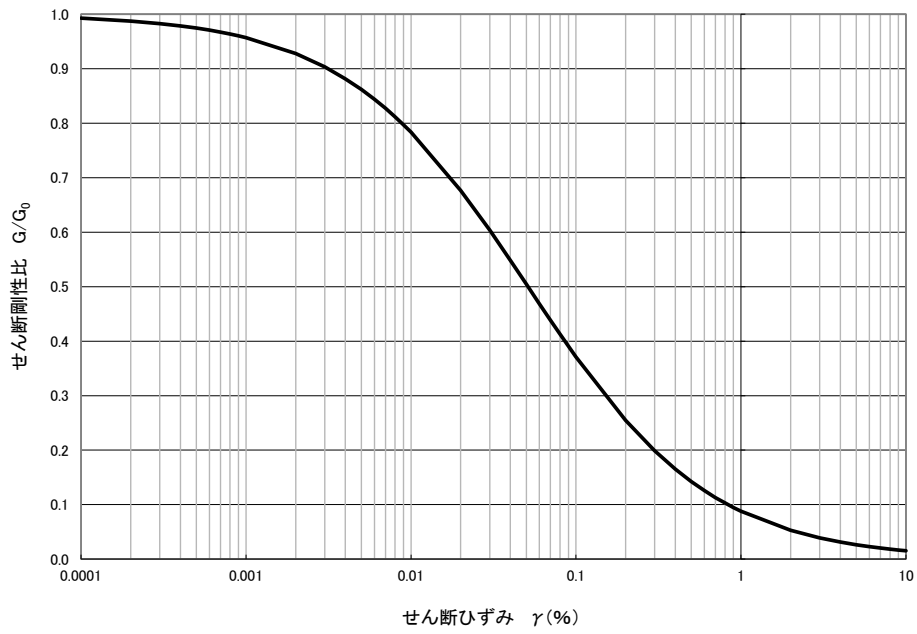
第3-1表 解析用物性値一覧表

	岩盤					断層			
	I 級			II 級	III 級①	III 級②	III 級	軟質無	軟質含
	①	②	③						
単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )	29.4			27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 ( $\text{kN/m}^2$ )	981			490	130	39		324	78
内部 摩擦角( $^\circ$ )	50			41	23	17		34	24
残留強度 ( $\text{kN/m}^2$ )	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$			$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静弾性係数 ( $\text{kN/m}^2$ )	$3.63 \times 10^6$			$1.18 \times 10^6$	$0.49 \times 10^6$	$0.0392 \times 10^6$		$27000(\sigma_v)^{0.34}$	$1750(\sigma_v)^{0.60}$
静的 ポアソン比	0.29			0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 ( $\times 10^6 \text{ kN/m}^2$ )	*1 58.8	*2 42.2	*3 23.5	10.8	3.51	$G/G_0 \sim \gamma$ 曲線は 第3-1 図参照	0.127	$G/G_0 \sim \gamma$ 曲線は 第3-3 図参照	$G/G_0 \sim \gamma$ 曲線は 第3-5 図参照
動的 ポアソン比	0.34			0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)			3.0 (%)	3.0 (%)	$h \sim \gamma$ 曲線は 第3-2 図参照	10.0 (%)	$h \sim \gamma$ 曲線は 第3-4 図参照	$h \sim \gamma$ 曲線は 第3-6 図参照

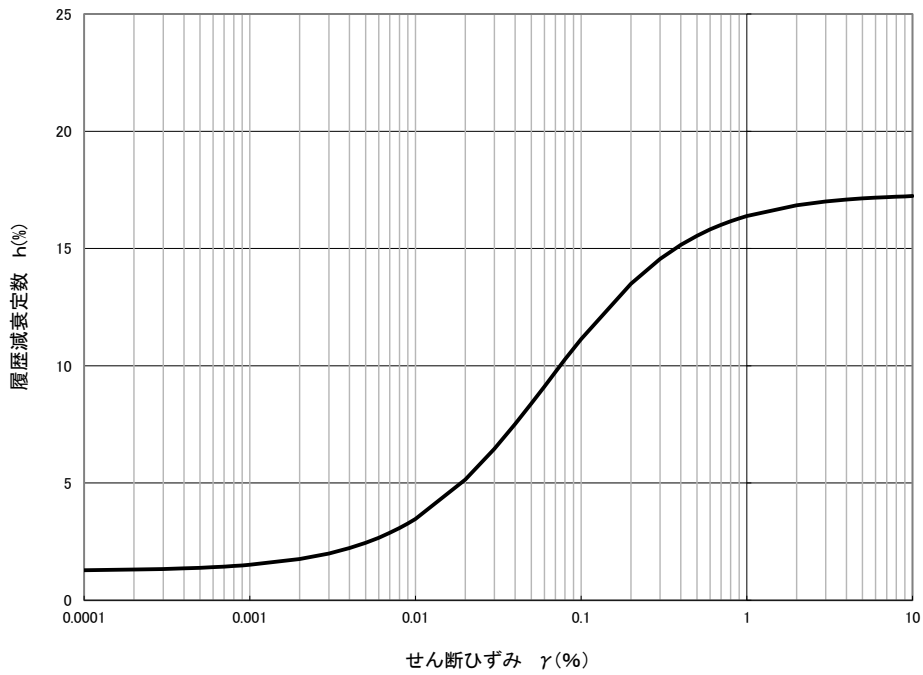
\*1  $V_s=2.7\text{km/s}$     \*2  $V_s=2.3\text{km/s}$     \*3  $V_s=1.7\text{km/s}$

第 3-2 表 解析用物性値の設定根拠

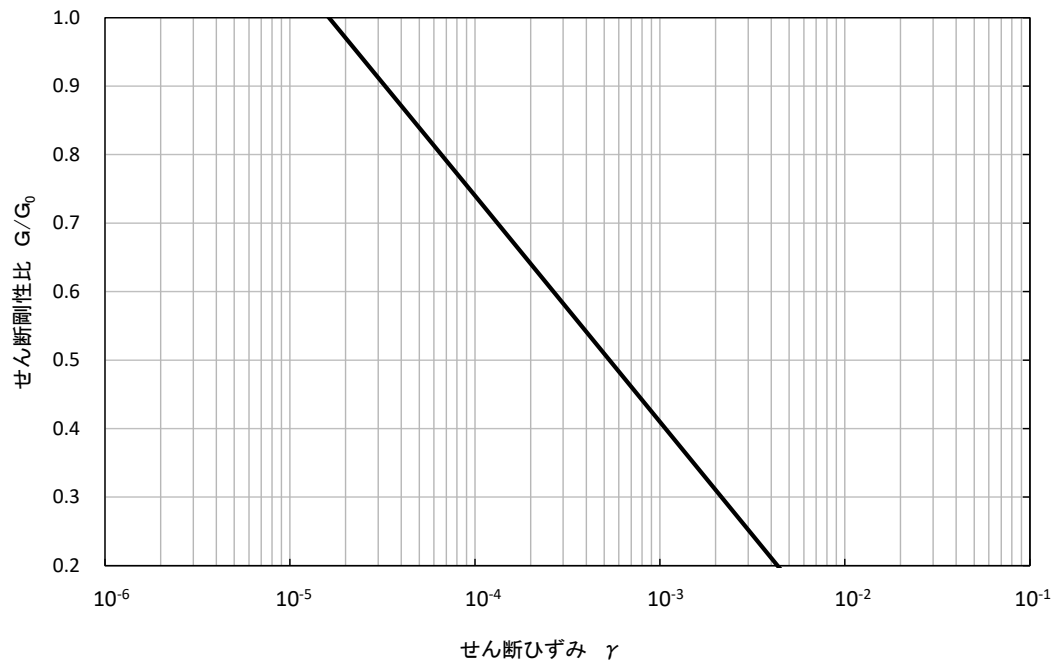
	岩盤					断層	
	I 級	II 級	III 級①	III 級②	III 級	軟質無	軟質含
単位体積重量	CH 級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM 級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL 級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果		断層(軟質無)の物理試験結果	断層(軟質含)の物理試験結果
せん断強度	CH 級岩盤の岩盤せん断試験結果	CM 級岩盤の岩石試験および原位置岩盤せん断試験より総合評価して設定	CL 級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果		断層(軟質無)の静的なじりせん断試験結果	断層(軟質含)の原位置断層せん断試験結果
内部摩擦角							
残留強度	CH 級岩盤の岩盤せん断試験結果	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)		同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)
静弾性係数	CH 級岩盤の平板載荷試験結果	CM 級岩盤の孔内水平載荷試験と平板載荷試験より総合評価して設定	CL 級岩盤の孔内水平載荷試験と平板載荷試験より総合評価して設定	表土の三軸圧縮試験結果		断層(軟質無)の静的なじりせん断試験結果	断層(軟質含)の静的なじりせん断試験結果
静的ポアソン比	CH 級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	CM 級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	II 級岩盤の試験結果を流用	表土の三軸圧縮試験結果		II 級岩盤の静的／動的の比率から算定	表土の試験結果を流用
動弾性係数	CH 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	CM 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	CL 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	表土の振動三軸試験結果	表土の PS 検層等より算定	動的なじりせん断試験より算定	動的なじりせん断試験より算定
動的ポアソン比	CH 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	CM 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	CL 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	静的ポアソン比と同じ値を設定		II 級と III 級の中間の値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定
減衰定数	CH 級岩盤の弾性波探査、PS 検層等より算定	一般的な値を設定	一般的な値を設定	表土の振動三軸試験結果	一般的な値を設定	動的なじりせん断試験より算定	動的なじりせん断試験より算定



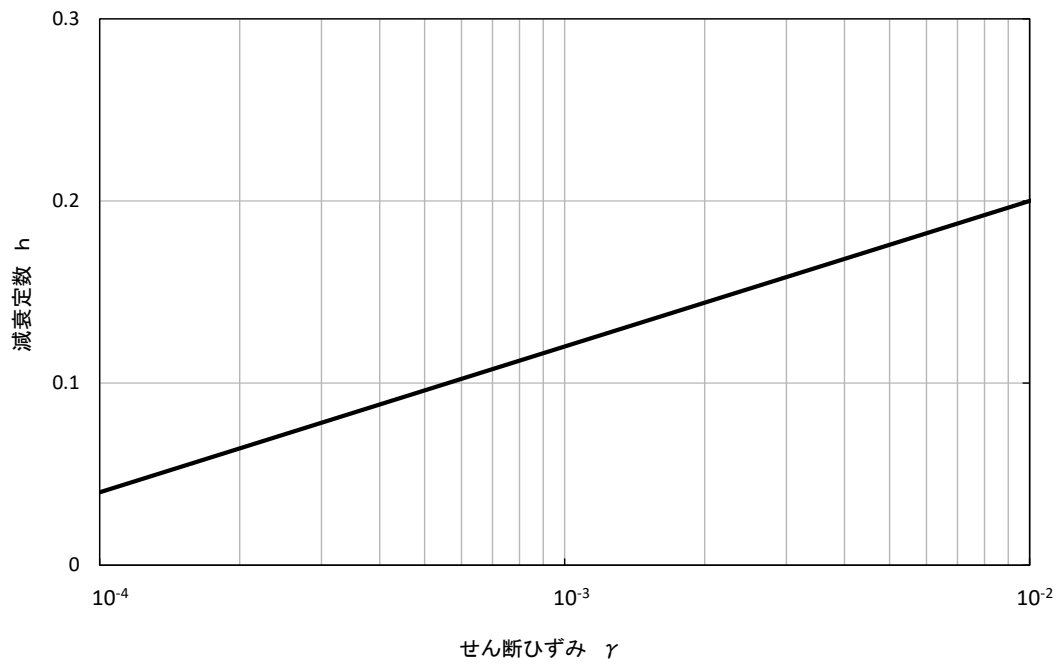
第 3-1 図 動せん断弾性係数のひずみ依存性 (Ⅲ級②)



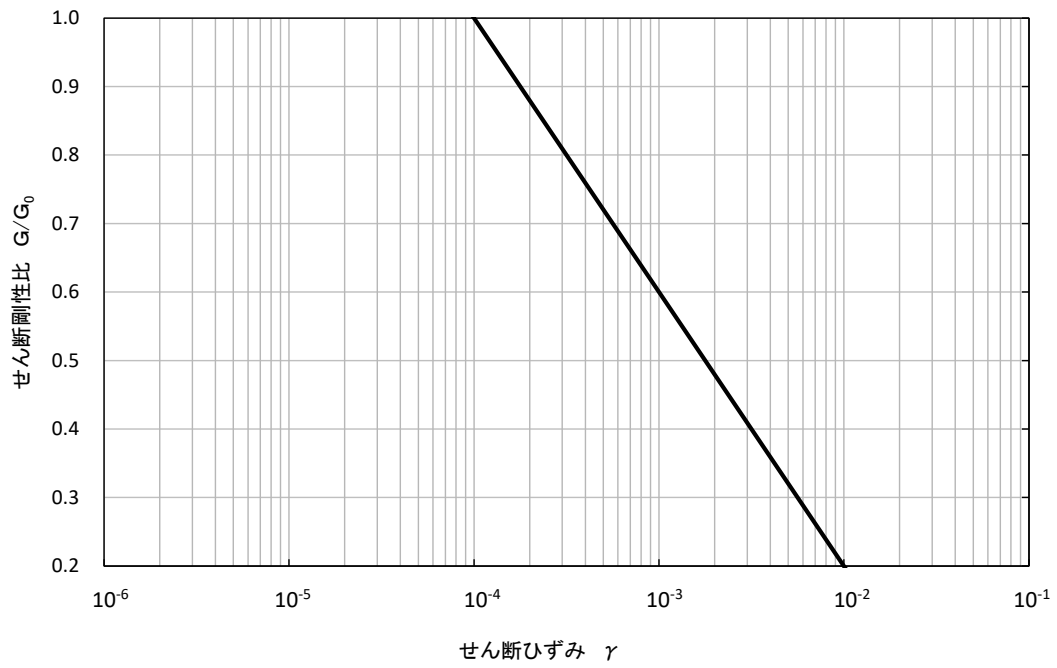
第 3-2 図 減衰定数のひずみ依存性 (Ⅲ級②)



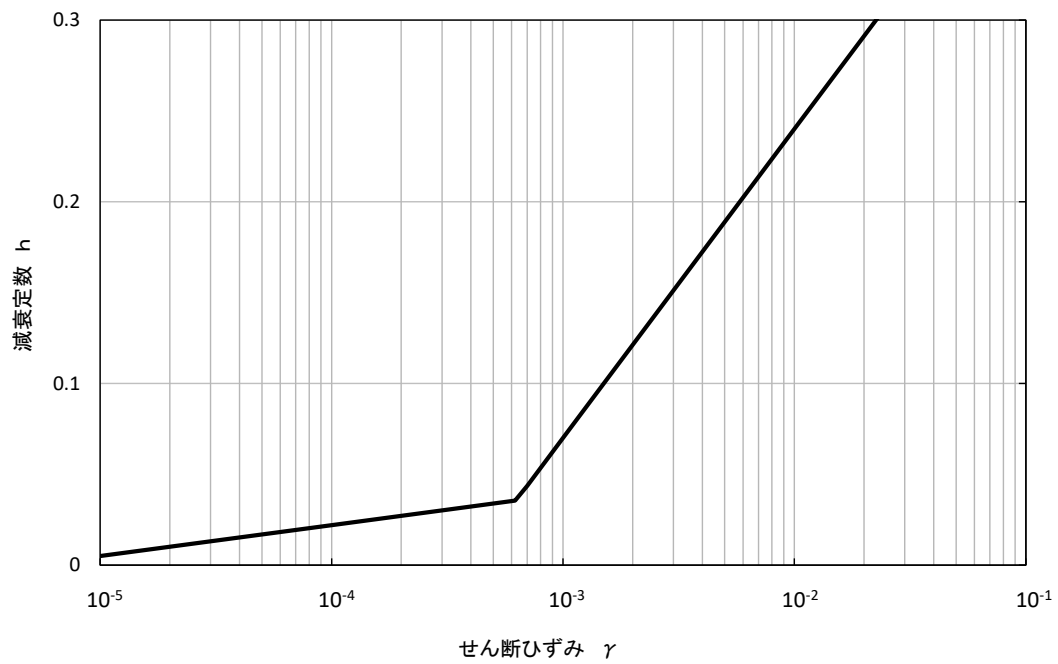
第 3-3 図 動せん断弾性係数のひずみ依存性 (断層 軟質無)



第 3-4 図 減衰定数のひずみ依存性 (断層 軟質無)



第 3-5 図 動せん断弾性係数のひずみ依存性 (断層 軟質含)



第 3-6 図 減衰定数のひずみ依存性 (断層 軟質含)



#### 4. 地盤の支持力

岩種及び岩級毎の地盤の支持力度を第 4-1 表に示す。地盤の支持力度は、設置変更許可申請書（添付書類六）に記載の支持力試験結果を基に設定する。設置変更許可申請書（添付書類六）に示した支持力試験の位置及び結果例を第 4-1 図～第 4-4 図に示す。

3 号炉試掘坑においては、㊸級（Ⅰ級）及び㊸級（Ⅱ級）を対象にジャッキ載荷限界  $7.84\text{N/mm}^2$  ( $80\text{kg/cm}^2$ ) の荷重域まで載荷したが、破壊に至らないだけでなく、十分弾性挙動を示した。

㊸級（Ⅰ級）については 3 号炉試掘坑と同様の岩種・岩級を対象とした 2 号炉試掘坑において、ジャッキ載荷限界  $13.8\text{N/mm}^2$  ( $141.5\text{kg/cm}^2$ ) の荷重域まで載荷したが、やはり破壊に至らないだけでなく十分弾性挙動を示し、「高荷重域（ $\sigma = 85 \sim 141.5\text{kg/cm}^2$ ）においても非常に弾性的であり、塑性的挙動はみられない」とされている。

したがって、㊸級（Ⅰ級）の極限支持力度は  $13.8\text{N/mm}^2$  よりも一定程度大きいと評価できる。また、㊸級（Ⅰ級）の短期許容支持力度は、JEAG4601-1987 に基づき極限支持力度の  $2/3$  倍として、 $9.2\text{N/mm}^2$  ( $13.8\text{N/mm}^2 \times 2/3$ ) よりも一定程度大きいと評価できる。

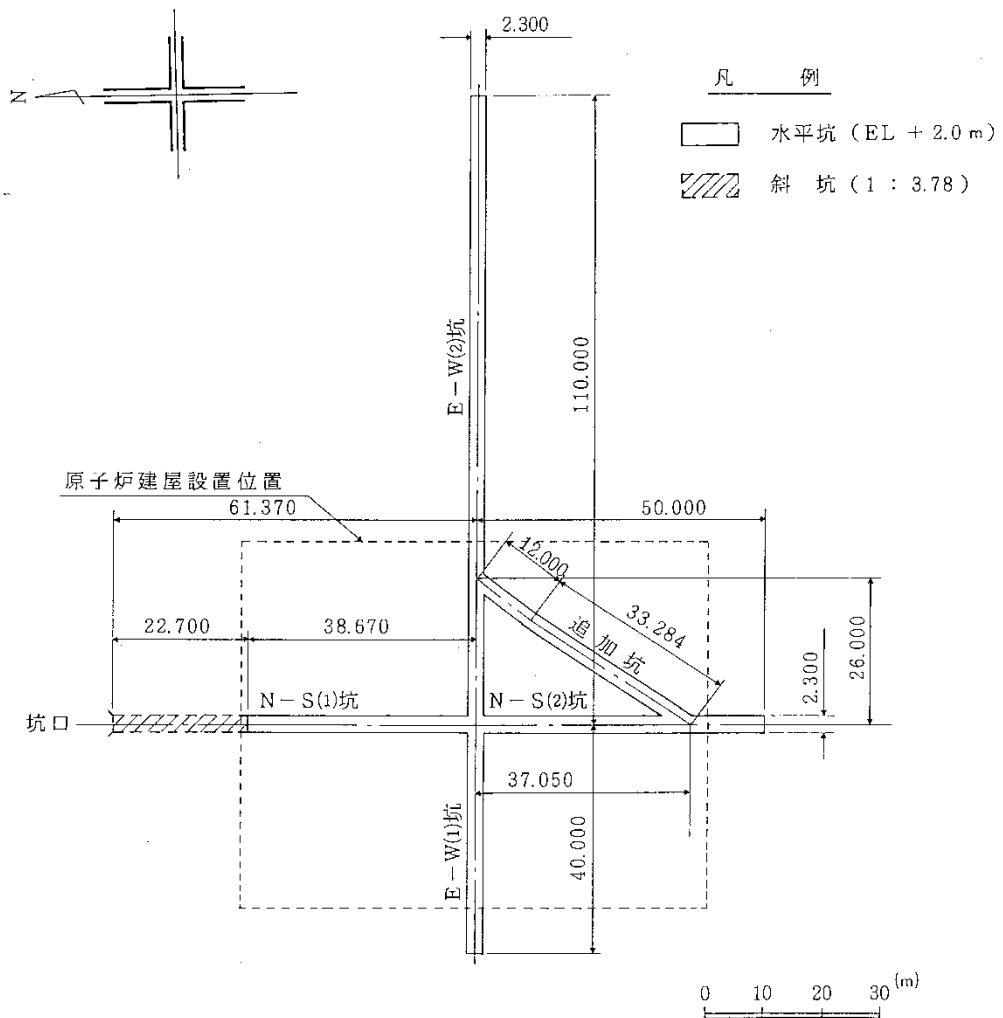
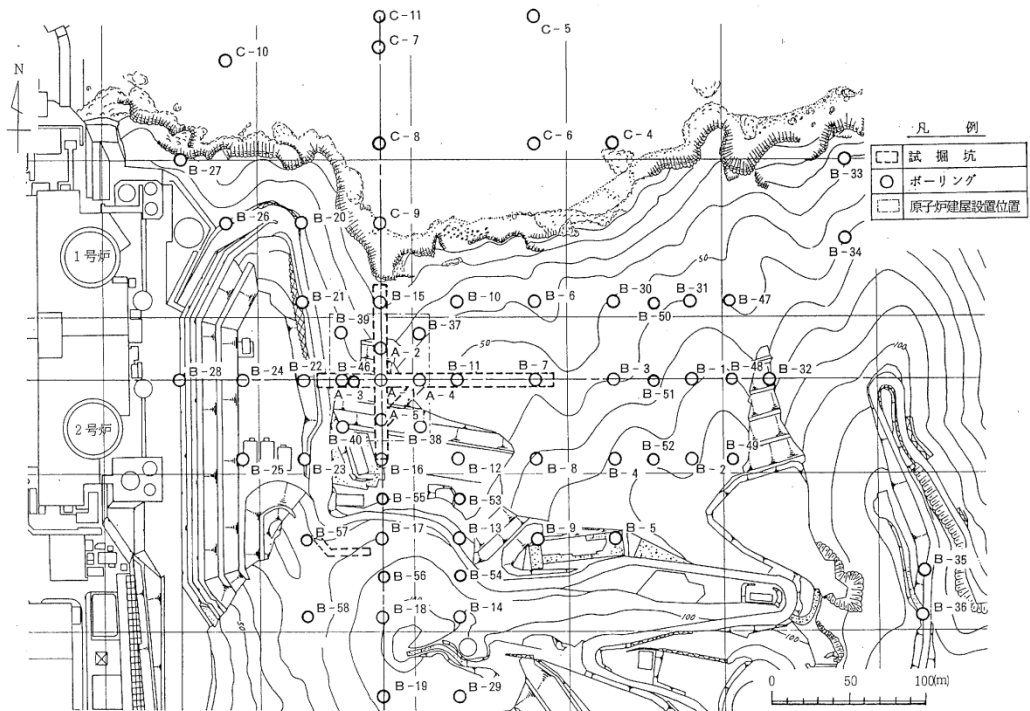
今回工認においては、3 号炉に係る申請であることを考慮し、3 号建設時の設置許可申請書との整合を図る観点から、安全側となるよう㊸級（Ⅰ級）の極限支持力度を「 $7.84\text{N/mm}^2$  以上」、㊸級（Ⅰ級）の短期許容支持力度を  $9.2\text{N/mm}^2$  より小さい値として「 $7.84\text{N/mm}^2$ 」と設定する。

一方、㊸級（Ⅱ級）については 3 号炉試掘坑の支持力試験結果から、極限支持力度を「 $7.84\text{N/mm}^2$ 」と設定し、短期許容支持力度を JEAG4601-1987 に基づき極限支持力度の  $2/3$  倍である「 $5.22\text{N/mm}^2$ 」と設定する。

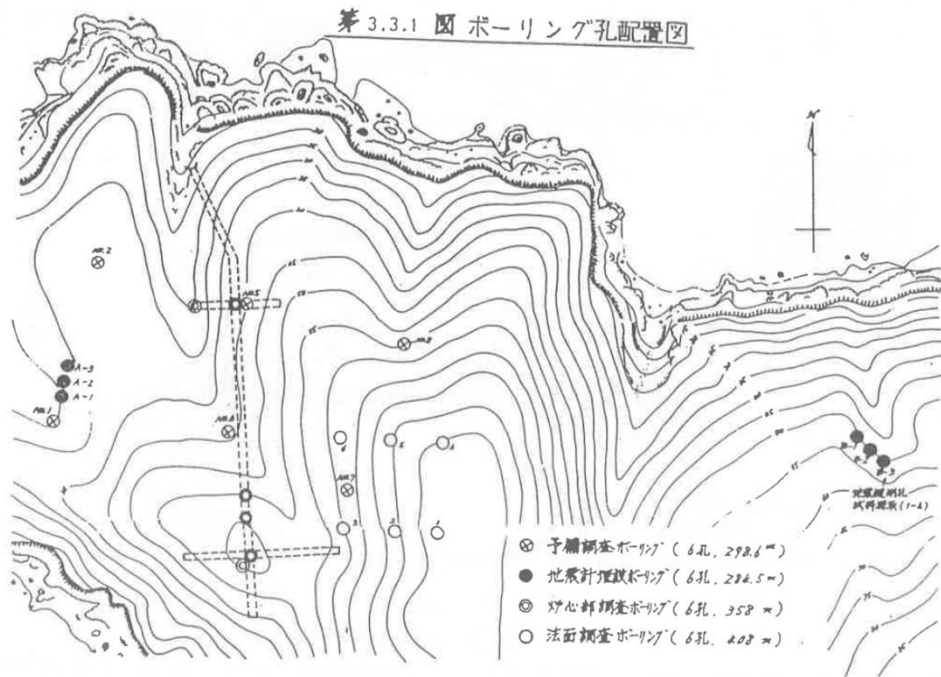
なお、長期許容支持力度を用いて照査する場合は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）に基づき、㊸級（Ⅰ級）については「 $4.60\text{N/mm}^2$ 」( $13.8\text{N/mm}^2 \times 1/3$ )、㊸級（Ⅱ級）については「 $2.61\text{N/mm}^2$ 」( $7.84 \times 1/3$ ) を用いる。

第 4-1 表 地盤の支持力度

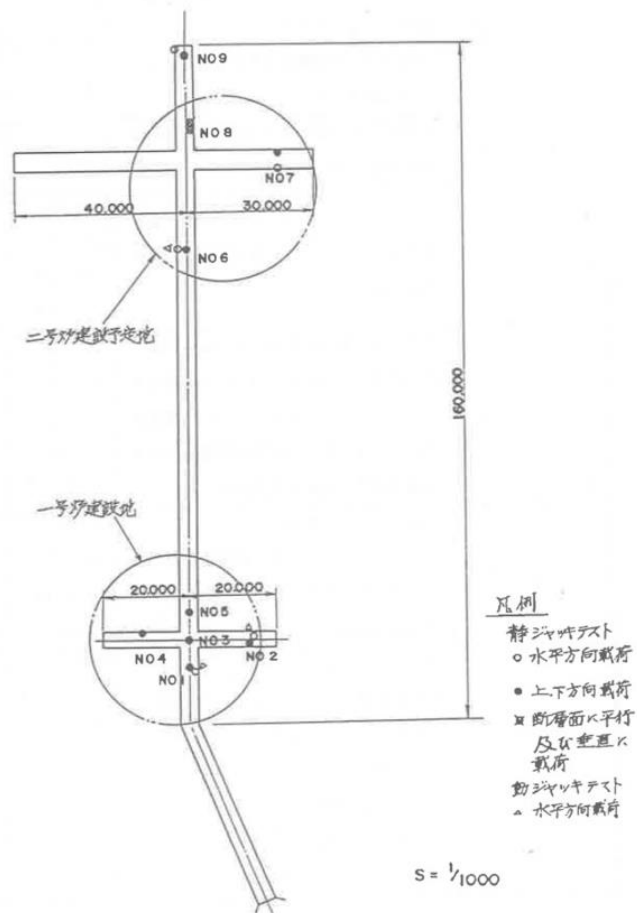
岩種・岩級	極限支持力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	短期許容支持力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	長期許容支持力度 ( $\text{N/mm}^2$ )
㊸級（Ⅰ級）	7.84 以上	7.84	4.60
㊸級（Ⅱ級）	7.84	5.22	2.61



第 4-1 図 設置変更許可申請書 (3 号炉, 平成 27 年 4 月) に示した支持力試験位置

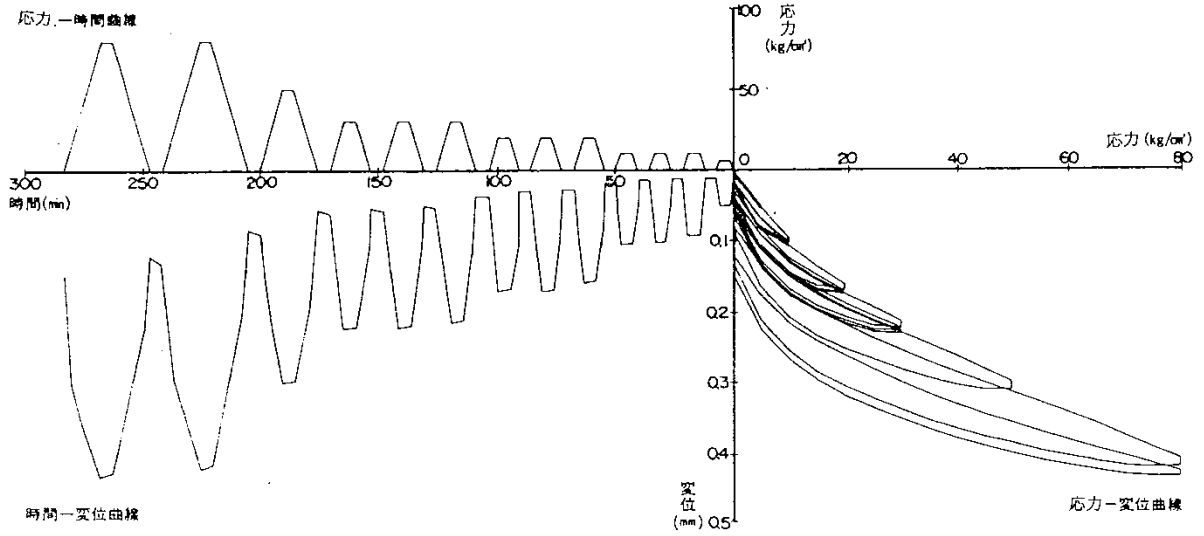


第 3.3.3 図 静シヤッキテスト及び動シヤッキテスト試験位置

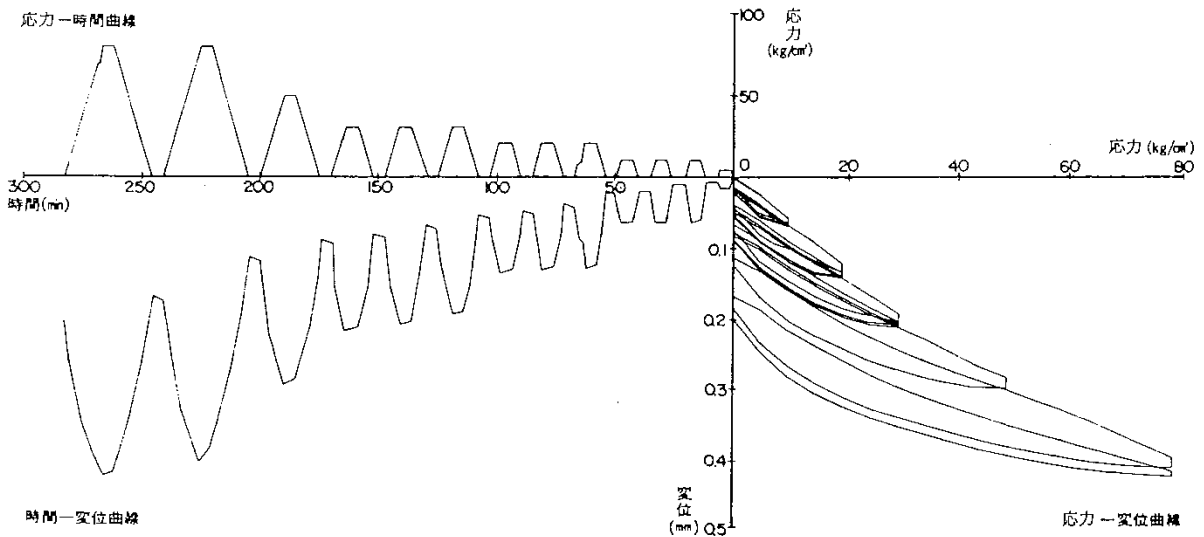


第 4-2 図 設置変更許可申請書 (2号炉, 昭和 50年 5月) に示した支持力試験位置

No.1・鉛直・φ300mm

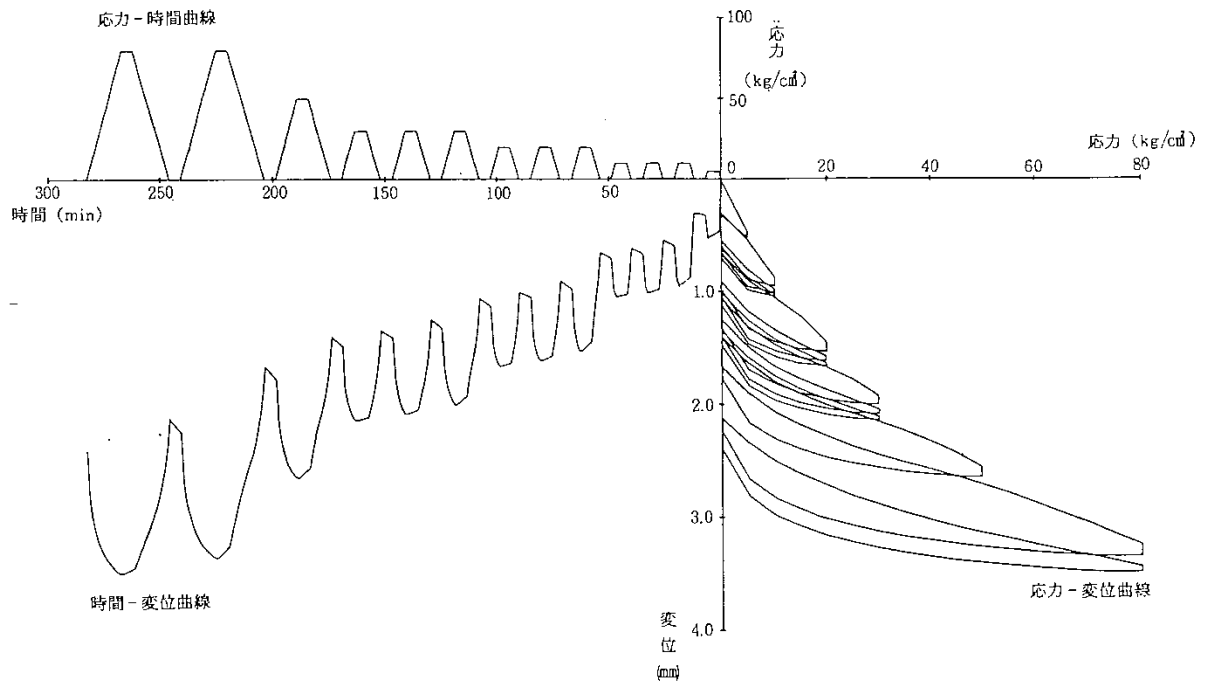


No.1・水平・φ300mm

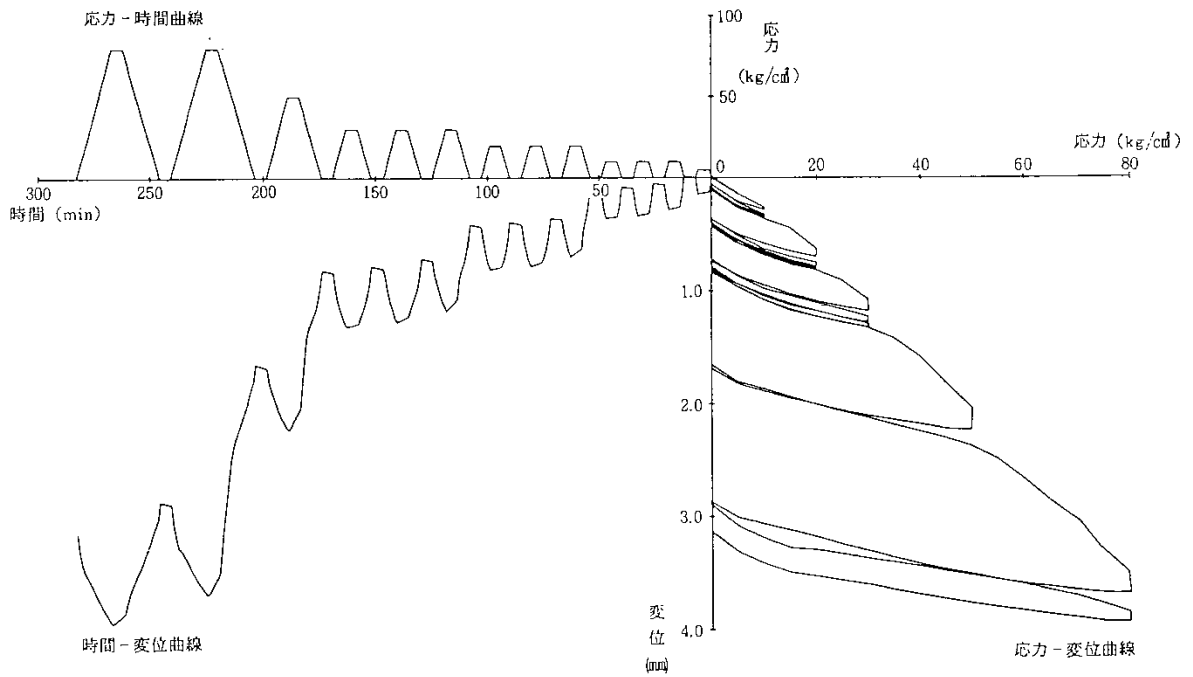


第 4-3(1/2) 図 設置変更許可申請書 (3 号炉, 平成 27 年 4 月) に示した  
支持力試験結果 (㊸級 (I 級) 岩盤の応力-変位曲線図)

No. 1 ・鉛直 ・  $\phi$  300 mm

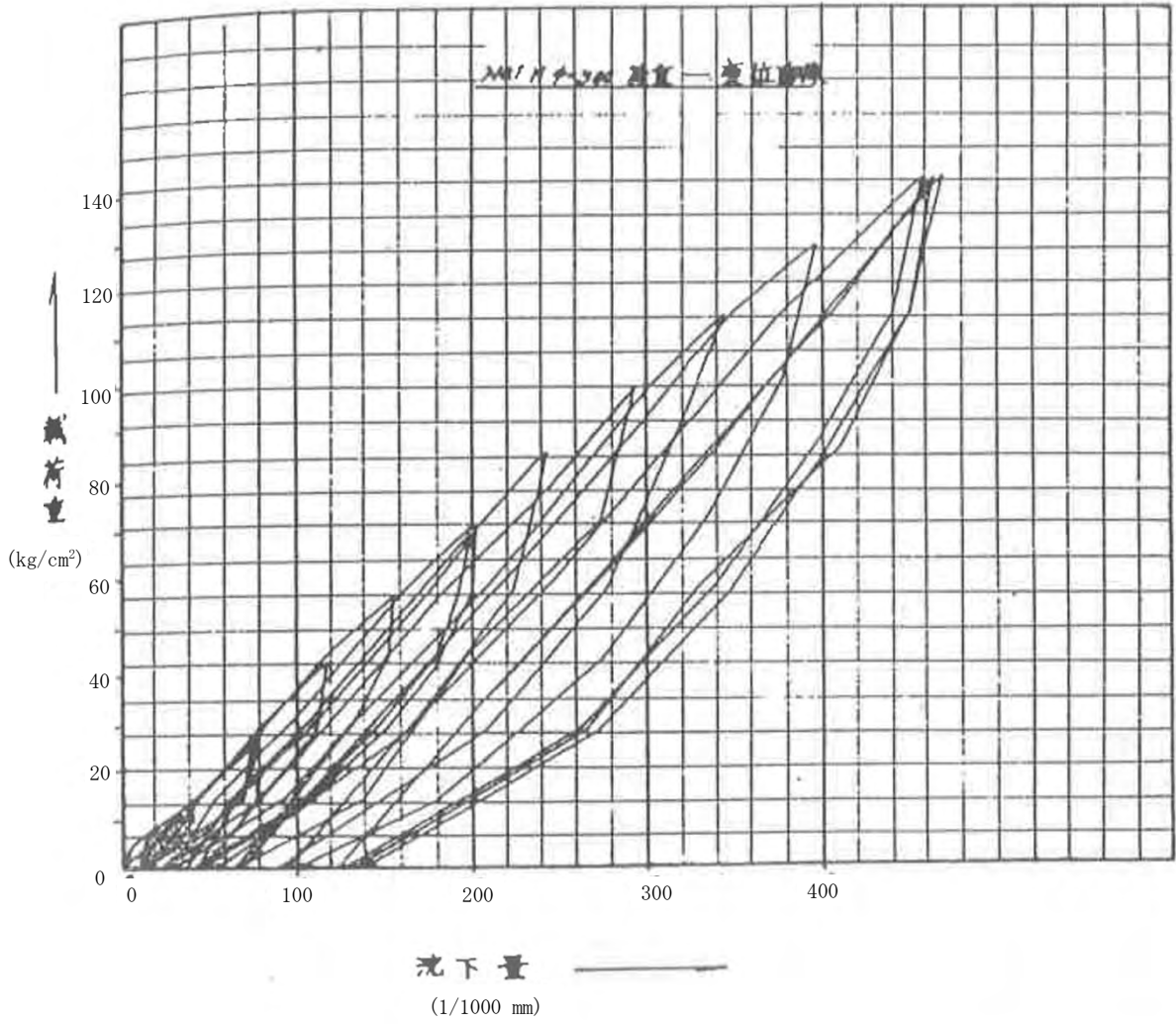


No. 1 ・水平 ・  $\phi$  300 mm



第 4-3 図(2/2) 設置変更許可申請書 (3号炉, 平成 27 年 4 月) に示した  
支持力試験結果 (C<sub>M</sub>級 (II級) 岩盤の応力-変位曲線図)

第3.3.4 図 荷重-変位曲線



第4-4 図 設置変更許可申請書（2号炉，昭和50年5月）に示した支持力試験結果（㊸級（I級）岩盤の応力-変位曲線図）〔一部加筆〕



# 重大事故等対処施設の施設区分の基本方針

工事計画認可申請 資料17-4

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-4-1
2. 重大事故等対処施設の施設区分 .....	資17-4-1
3. 発電用原子炉施設の区分 .....	資17-4-1

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「3. 重大事故等対処施設の施設区分」に基づき、申請施設の耐震設計上の分類の基本方針について説明するものである。

## 2. 重大事故等対処施設の施設区分

重大事故等対処施設の施設区分については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-4「設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の「3. 重大事故等対処施設の施設区分」によるものとする。

申請施設の耐震設計上の区分別施設を第2-1表に、申請施設の重大事故等対処設備の設備分類を第2-2表に示す。第2-2表には、当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動（以下「検討用地震動」という。）を併記する。

## 3. 発電用原子炉施設の区分

発電用原子炉施設の区分については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-4「設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の「4. 発電用原子炉施設の区分」によるものとする。

第2-1表 重大事故等対処施設の耐震設計上の区分別施設

耐震設計上の施設区分	設備分類	設備 (主要設備、補助設備)	直接支持構造物	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設
<p>常設耐震重要重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設</p> <p>〔基準地震動<math>S_s</math>による地震力に對して、重大事故に至るおそれがある事故に對処するために必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計するもの〕</p>	<p>常設耐震重要重大事故防止設備</p> <p>〔常設重大事故防止設備であつて、耐震重要施設に属する設計基準事故対処設備が有する機能を代替するもの〕</p>	<p>(1)非常用電源設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・ガスタタービン</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油移送ポンプ</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油サービスタタンク</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油貯油槽</li> <li>・燃料設備配管</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・制御盤</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・メタルクラッド開閉装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器・配管・電気計装設備等の支持構造物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ガスタタービン発電機建屋</li> </ul>	<p>—</p>
<p>常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設</p> <p>〔基準地震動<math>S_s</math>による地震力に對して、重大事故に對処するため必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計するもの〕</p>	<p>常設重大事故緩和設備</p> <p>〔重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備であつて常設のもの〕</p>	<p>(1)非常用電源設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・ガスタタービン</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油移送ポンプ</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油サービスタタンク</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・燃料油貯油槽</li> <li>・燃料設備配管</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・制御盤</li> <li>・非常用ガスタタービン発電機</li> <li>・メタルクラッド開閉装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器・配管・電気計装設備等の支持構造物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ガスタタービン発電機建屋</li> </ul>	<p>—</p>

第2-2表 重大事故等対処設備の設備分類

◇印は該当する設備分類を示す。

○印は耐震計算書を添付する。

△印は資料17-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」による。

【 】内は検討用地震動を示す。

設備名称	設備分類	(a) 常設耐震重要重大 事故防止設備	(b) (a)以外の常設重 大事故防止設備	(c) 常設重大事故緩和 設備	間接支持構造物	波及的影響を 考慮すべき施設
その他発電用原子炉の附属施設						
(1)非常用電源設備						
○非常用ガスタービン発電機ガスタービン <sup>(7E1)</sup>		◇		◇	○非常用ガスタービン 発電機建屋【Ss】	—
○非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ		◇		◇		
○非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタタンク		◇		◇		
○非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽		◇		◇		
△燃料設備配管		◇		◇		
○非常用ガスタービン発電機		◇		◇		
○非常用ガスタービン発電機制御盤 <sup>(7E2)</sup>		◇		◇		
○非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置		◇		◇		

(注1) 非常用ガスタービン调速装置、非常用ガスタービン非常用调速装置を含む。

(注2) 非常用ガスタービン励磁装置、非常用ガスタービン保護継電器を含む。

## 波及的影響に係る基本方針

工事計画認可申請 資料17-5

伊方発電所第3号機



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-5-1
2. 基本方針 .....	資17-5-1
3. 波及的影響を考慮した施設の設計の観点 .....	資17-5-1
4. 波及的影響を考慮した施設の設計方針 .....	資17-5-1
5. 波及的影響を考慮すべき下位クラス施設の選定結果 .....	資17-5-2
5.1 不等沈下又は相対変位の観点 .....	資17-5-2
5.2 接続部の観点 .....	資17-5-2
5.3 屋内施設の損傷、転倒及び落下等の観点 .....	資17-5-2
5.4 屋外施設の損傷、転倒及び落下等の観点 .....	資17-5-3
6. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討 .....	資17-5-4

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」の「3.2 波及的影響に対する考慮」に基づき、今回申請対象施設の設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。

## 2. 基本方針

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-5「波及的影響に係る基本方針」の「2. 基本方針」によるものとする。

## 3. 波及的影響を考慮した施設の設計の観点

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-5「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の観点」によるものとする。

## 4. 波及的影響を考慮した施設の設計方針

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-5「波及的影響に係る基本方針」の「4. 波及的影響を考慮した施設の設計方針」によるものとする。



## 5. 波及的影響を考慮すべき下位クラス施設の選定結果

「4. 波及的影響を考慮した施設の設計方針」に基づき、今回申請対象の上位クラス施設への波及的影響を考慮して、構造強度等を確保するよう設計する下位クラス施設を検討した結果、以下に示すとおり対象となる下位クラス施設は選定されなかった。

### 5.1 不等沈下又は相対変位の観点

#### (1) 地盤の不等沈下による衝突影響

今回申請対象の上位クラス施設は、非常用ガスタービン発電機建屋（以下「GTG建屋」という。）に設置される。GTG建屋の周囲に位置する下位クラス施設は、地盤の不等沈下による傾きや倒壊を考慮してもGTG建屋に衝突しないよう十分な離隔距離を確保して配置されていることから、地盤の不等沈下により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設はない。

#### (2) 建屋間の相対変位による衝突影響

GTG建屋の周囲に位置する下位クラス施設は、相対変位を考慮してもGTG建屋に衝突しないよう十分な離隔距離を確保して配置されていることから、建屋間の相対変位により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設はない。

#### (3) 不等沈下又は相対変位による渡り配管の損傷影響

今回の工事では、GTG建屋と下位クラスの建物・構築物を渡って設置される配管等はない。

なお、GTG建屋と屋外基礎を渡って設置される配管等の設計にあたっては、想定される相対変位を考慮した設計を行う。

### 5.2 接続部の観点

今回申請対象の上位クラス施設と接続する下位クラス施設については、下位クラス施設の損傷又は隔離によるプロセス変化により上位クラス施設に影響を及ぼさない設計又は運用としていることから、接続部の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

### 5.3 屋内施設の損傷、転倒及び落下等の観点

今回申請対象の屋内上位クラス施設の周囲に位置する下位クラス施設は、その損傷、転倒及び落下等を考慮しても上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないよう十分な離隔距離を確保して配置されていることから、屋内施設の損傷、転倒及び落下等により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設はない。

#### 5.4 屋外施設の損傷、転倒及び落下等の観点

GTG建屋の周囲に位置する下位クラス施設は、その損傷、転倒及び落下等を考慮してもGTG建屋に波及的影響を及ぼさないよう十分な離隔距離を確保して配置されていることから、屋外施設の損傷、転倒及び落下等により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設はない。

## 6. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

工事段階においても、設計段階の際に検討した配置・補強等が設計どおりに施されていることを、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行うことで確認する。また、仮置資材等、現場の配置状況等の確認を必要とする下位クラス施設についても合わせて確認する。

工事段階における調査・検討として、「3. 波及的影響を考慮した施設の設計の観点」に示す観点のうち、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラントウォークダウンを実施する。

確認事項としては、設計段階において検討した離隔による防護の観点で行う。すなわち、施設の損傷、転倒及び落下等を想定した場合に上位クラス施設に衝突するおそれのある範囲内に下位クラス施設がないこと、又は間に衝撃に耐えうる壁、緩衝物等が設置されていること、仮置資材等については固縛など、転倒及び落下を防止する措置が適切に講じられていることを確認する。

ただし、仮置機器等の下位クラス施設自体が、明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等の場合は対象としない。

以上を踏まえて、損傷、転倒及び落下等により、上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設が抽出されれば、必要に応じて、上記の確認事項と同じ観点で対策・検討を行う。すなわち、下位クラス施設の配置を変更したり、間に緩衝物等を設置したり、固縛等の転倒・落下防止措置等を講じたりすることで対策・検討を行う。

また、工事段階における確認の後も、波及的影響を防止するように現場の保持管理を行う。

## 地震応答解析の基本方針

工事計画認可申請 資料17-6

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資17-6-1
2. 地震応答解析の方針 .....	資17-6-4
2.1 建物・構築物 .....	資17-6-4
2.2 機器・配管系 .....	資17-6-6
3. 設計用減衰定数 .....	資17-6-7

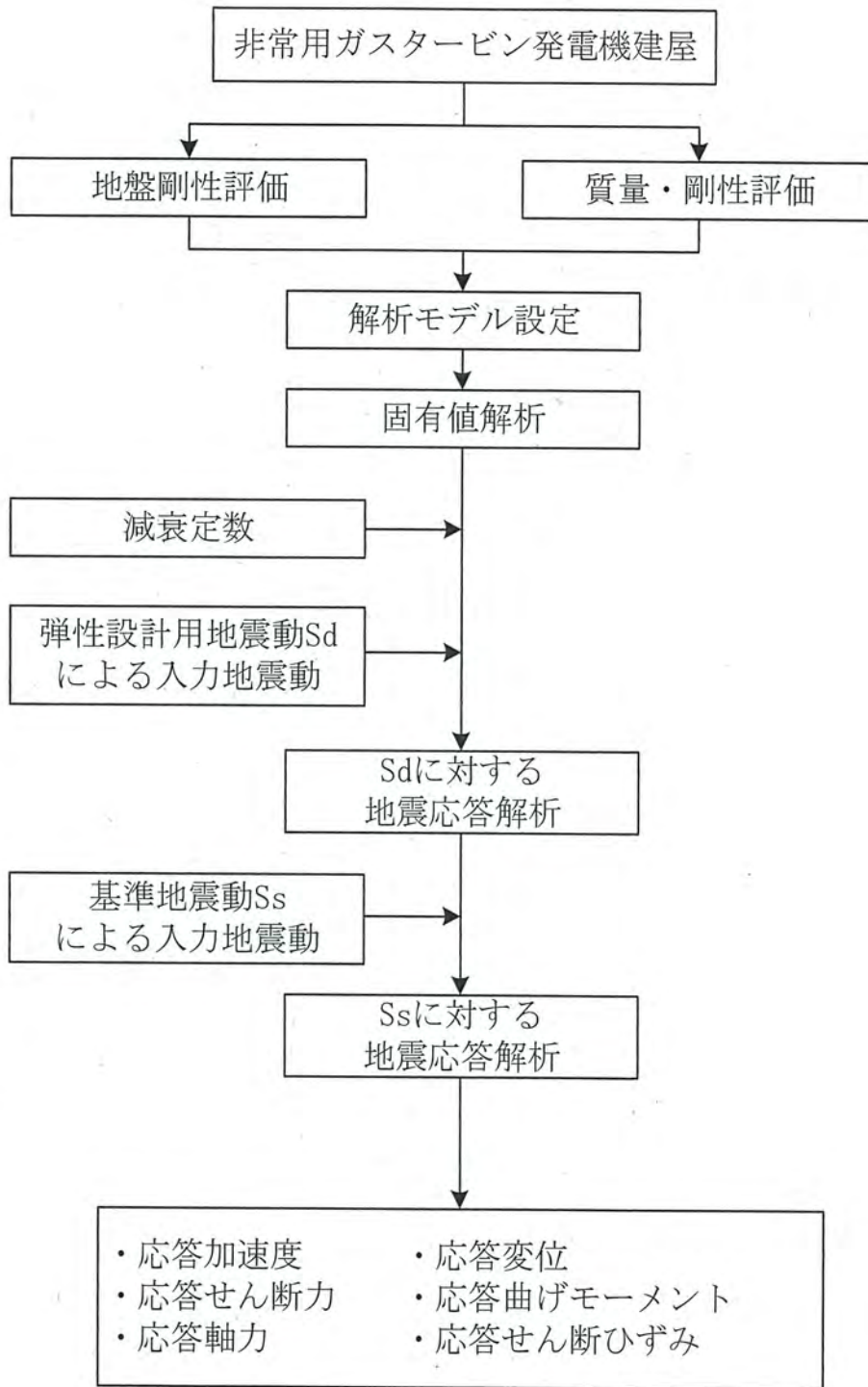


## 1. 概要

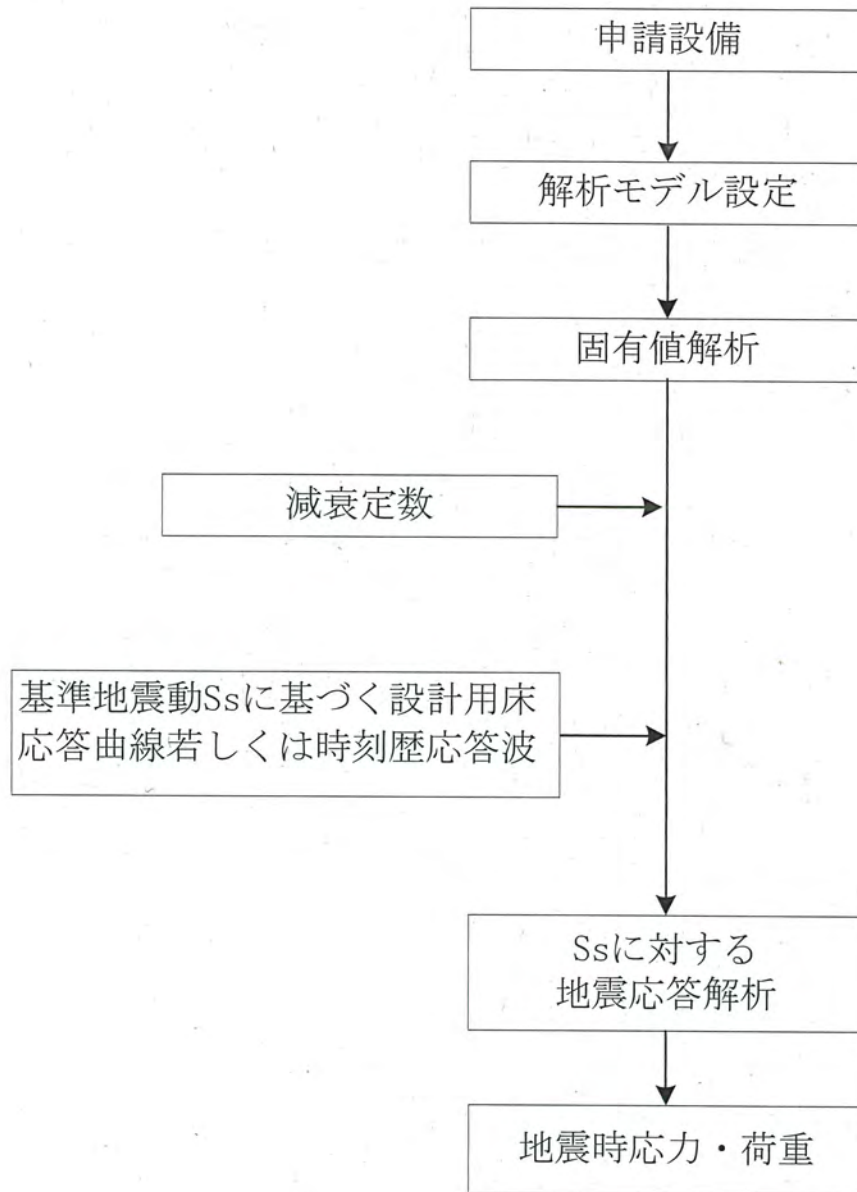
本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に基づき、本工事計画における建物・構築物及び機器・配管系の耐震設計を行う際の地震応答解析の基本方針を説明するものである。

なお、本工事計画範囲である非常用ガスタービン発電機建屋については、平成30年6月27日付け原規規発第1806272号にて許可された発電用原子炉設置変更許可申請の所内常設直流電源設備（3系統目）を設置することとしている。この所内常設直流電源設備（3系統目）については、技術基準規則第72条の要求である特に高い信頼性を確保するため、当該設備の耐震設計には弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力を適用する必要がある。このため、非常用ガスタービン発電機建屋については、基準地震動 $S_s$ による入力地震動に加え、弾性設計用地震動 $S_d$ による入力地震動とした地震応答解析を実施する。

第1-1図、第1-2図に建物・構築物及び機器・配管系の地震応答解析の手順をそれぞれ示す。



第1-1図 建物・構築物の地震応答解析の手順



第1-2図 主要な機器・配管系の地震応答解析の手順



## 2. 地震応答解析の方針

### 2.1 建物・構築物

#### (1) 入力地震動

解放基盤表面は、地盤調査の結果から、0.7km/s以上のS波速度(2.6km/s)を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つ深さを持っていることが確認されているため、敷地標高を考慮してEL.+10mとしている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで、必要に応じ2次元FEM解析又は1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。

地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地質・速度構造の違いにも留意するとともに、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。さらに、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ、地質・速度構造等の地盤条件を設定する。

#### (2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。建物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定に用いる動的解析は、原則として、線形解析及び非線形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、基礎側面と地盤の接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地盤-建物・構築物連成系の減衰は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部の歪みレベルを考慮して定める。

基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物・構築物の構造要素の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動

的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した地震応答解析を行う。

地震応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて不確かさによる変動幅を適切に考慮する。また、不確かさによる変動が建物・構築物の振動性状や応答性状に及ぼす影響を検討し、地盤物性の不確かさを考慮した動的解析により設計用地震力を設定する。

#### a. 解析方法

建屋の地震応答は、(1)式 of 多質点系の振動方程式をNewmark- $\beta$ 法 ( $\beta = 1/4$ ) を用いた直接積分法により求める。

$$[m] \cdot \{\ddot{x}\}_t + [c] \cdot \{\dot{x}\}_t + [k] \cdot \{x\}_t = -[m] \cdot \{\ddot{y}\}_t \quad (1)$$

ここで、

$[m]$  : 質量マトリックス

$[c]$  : 減衰マトリックス

$[k]$  : 剛性マトリックス

$\{\ddot{x}\}_t$  : 時刻 $t$ の加速度ベクトル

$\{\dot{x}\}_t$  : 時刻 $t$ の速度ベクトル

$\{x\}_t$  : 時刻 $t$ の変位ベクトル

$\{\ddot{y}\}_t$  : 時刻 $t$ の入力加速度ベクトル

ここで、時刻 $t + \Delta t$ における解を次のようにして求める。なお、 $\Delta t$ は時間メッシュを示す。

$$\{x\}_{t+\Delta t} = \{x\}_t + \{\dot{x}\}_t \cdot \Delta t + \left[ \left( \frac{1}{2} - \beta \right) \cdot \{\ddot{x}\}_t + \beta \cdot \{\ddot{x}\}_{t+\Delta t} \right] \cdot \Delta t^2 \quad (2)$$

$$\{\dot{x}\}_{t+\Delta t} = \{\dot{x}\}_t + \frac{1}{2} \cdot [\{\ddot{x}\}_t + \{\ddot{x}\}_{t+\Delta t}] \cdot \Delta t \quad (3)$$

$$\{\ddot{x}\}_{t+\Delta t} = \{\ddot{x}\}_t + \{\Delta \ddot{x}\}_{t+\Delta t} \quad (4)$$

(2)、(3)及び(4)式を(1)式に代入して整理すると、加速度応答増分ベクトルが次のように求められる。

$$\{\Delta \ddot{x}\}_{t+\Delta t} = -[A]^{-1} \cdot ([B] + [m] \cdot \{\Delta \ddot{y}\}_{t+\Delta t}) \quad (5)$$

ここで、

$$[A] = [m] + \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot [c] + \beta \cdot \Delta t^2 \cdot [k]$$

$$[B] = \left( \Delta t \cdot [c] + \frac{1}{2} \cdot \Delta t^2 \cdot [k] \right) \cdot \{\ddot{x}\}_t + \Delta t \cdot [k] \cdot \{\dot{x}\}_t$$

$$\{\Delta \ddot{y}\}_{t+\Delta t} = \{\ddot{y}\}_{t+\Delta t} - \{\ddot{y}\}_t$$



(5)式を(2)、(3)及び(4)式に代入することにより、時刻 $t + \Delta t$ の応答が時刻 $t$ の応答から求められる。

b. 解析モデル

(a) 非常用ガスタービン発電機建屋

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の水平及び回転ばねを設けるとともに、建屋側面の埋込み効果を考慮して建屋側面に地盤の水平ばねを設けた多質点系の曲げせん断棒モデルとする。また、鉛直方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の鉛直ばねを設けた多質点系の軸棒モデルとする。

2.2 機器・配管系

機器・配管系の地震応答解析の方針は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-6「地震応答解析の基本方針」の「2.2 機器・配管系」によるものとする。

また、申請設備の機器・配管系に対してスペクトルモーダル解析を実施する際の当該設備の1次固有振動数に応じた地震応答解析の手法については、別紙「申請設備に対する地震応答解析の手法について」に示す。

### 3. 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数はJEAG4601に記載されている減衰定数とするとともに、試験等で妥当性が確認された値も用いる。

建物・構築物及び機器・配管系の減衰定数は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」によるものとする。具体的には第3-1表に示す値を用いる。

第3-1表 減衰定数

1. 建物・構築物

対象設備		使用材料	減衰定数 (%)	
			水平方向	鉛直方向
非常用ガスタービン 発電機建屋	耐震壁	鉄筋コンクリート	5	5
	地盤	—	JEAG4601-1991の近似法により算定 <sup>(注)</sup>	

(注) 地盤条件及び基礎形状等を基に振動アドミッタンス理論により動的地盤ばねを算定し、JEAG4601-1991の近似法により算定

2. 機器・配管系

対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 <sup>(注1)</sup>
ボルト及びリベット構造物	2.0	2.0 <sup>(注1)</sup>
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	1.0 <sup>(注1)</sup>
電気盤	4.0 <sup>(注2)</sup>	1.0 <sup>(注1)</sup>
配管系	0.5~3.0 <sup>(注3)(注4)</sup>	0.5~3.0 <sup>(注1)(注3)(注4)</sup>

(注1) 既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値

(注2) 自立閉鎖形電気盤については、水平方向の減衰定数に4.0%を適用し、それ以外の電気盤については、水平方向の減衰定数に1.0%を適用する。

(注3) 既往の研究等において、試験及び解析などにより妥当性が確認されている値

(注4) 具体的な適用条件を「3. 配管系の減衰定数」に示す。

(既往の研究等)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究 (H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (H7~H10)」

### 3. 配管系の減衰定数

配管区分		減衰定数 <sup>(注1)</sup> <sup>(注2)</sup> (%)	
		保温材無	保温材有
I	支持具がスナバ及び架構レストレイント支持主体の配管系で、その数が4個以上のもの	2.0	3.0
II	スナバ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、アンカ及びUボルトを除いた支持具の数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	1.0	2.0
III	Uボルトを有する配管系で、Uボルト（水平配管の自重を架構で受けるもの）の数が4個以上のもの	2.0	3.0
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	0.5	1.5

(注1) 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

(注2) 既往の研究等において試験及び解析などにより妥当性が確認されている値

また、金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

(既往の研究等)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究（H12～H13）」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（H7～H10）」



申請設備に対する地震応答解析の手法について

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資17-6 別紙-1
2. 固有振動数に応じた地震応答解析手法について .....	資17-6 別紙-1



## 1. 概要

本資料は、申請設備の機器・配管系に対してスペクトルモーダル解析を実施する際の当該設備の1次固有振動数に応じた地震応答解析の手法について整理したものである。

## 2. 固有振動数に応じた地震応答解析手法について

機器・配管系に対してスペクトルモーダル解析を実施する際には、当該設備の1次固有振動数に応じた評価を行っている。それぞれの地震応答解析の手法を以下に示す。

なお、静的地震力を用いた静的評価は別途実施する。

### (1) 1次固有振動数が20Hz未満の設備

本項に該当する申請設備は、振幅ありの設計用床応答曲線（以下「FRS」という。）を用いたスペクトルモーダル解析を実施する。ただし、1次固有振動数が20Hz近傍にある設備については、評価部位ごとに有意なモードを確認した上で、必要に応じてその設備の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度を用いた静的解析を併せて実施する。

### (2) 1次固有振動数が20Hz以上30Hz未満の設備

本項に該当する申請設備は、FRSを用いたスペクトルモーダル解析とその設備の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度を用いた静的解析の両方を実施する。

### (3) 1次固有振動数が30Hz以上の設備

本項に該当する申請設備は、その設備の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度を用いた静的解析を実施する。

なお、配管については、支持間隔が多岐に渡り、固有振動数も多岐に渡ることから、FRSを用いたスペクトルモーダル解析とその設備の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度による静的解析の両方を一律実施する。

また、1質点系モデルを用いて手計算により評価を実施する設備については、当該設備の固有振動数に応じた読み取り加速度とその設備の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度のうち大きい方を用いた静的解析を実施する。

## 設計用床応答曲線の作成方針

工事計画認可申請 資料17-7

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-7-1
2. 設計用床応答曲線の作成方針 .....	資17-7-2
3. 設計用床応答曲線の作成手順 .....	資17-7-5
4. 建物・構築物の地震応答解析モデル .....	資17-7-7
5. 設計用床応答曲線 (Sd) .....	資17-7-13
6. 設計用床応答曲線 (Ss) .....	資17-7-28

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち、「4. 設計用地震力」に基づき、機器・配管系の動的解析に使用する設計用床応答曲線の作成方針及びその方針に基づき作成した設計用床応答曲線に関して説明するものである。

## 2. 設計用床応答曲線の作成方針

(1) 建物・構築物の解析モデルに対して、入力地震動による時刻歴応答解析を行い、各質点位置の加速度応答時刻歴を求める。

入力地震動は第2-1表に示す設置（変更）許可を受けた弾性設計用地震動 $S_d$ 、基準地震動 $S_s$ を用いる。

(2) (1)で求めた各節点の加速度応答時刻歴を入力として、耐震評価において必要となるいくつかの減衰定数に対して、減衰付1自由度系の最大応答スペクトルを求める。

(3) (2)で求めた床応答スペクトルに対し、建物・構築物の固有周期のシフトを考慮し、周期方向に $\pm 10\%$ の幅拡げを行う。

第2-1表 入力地震動 (1/2)

種類	地震動名称	方向	最大加速度 (Gal)	
応答スペクトルに基づく地震動	Sd-1	水平	345	
		鉛直	200	
断層モデルを用いた手法による地震動	Sd-2-1	水平	NS	307
			EW	207
		鉛直	111	
	Sd-2-2	水平	NS	242
			EW	253
		鉛直	103	
	Sd-2-3	水平	NS	197
			EW	222
		鉛直	139	
	Sd-2-4	水平	NS	240
			EW	262
		鉛直	148	
	Sd-2-5	水平	NS	240
			EW	206
		鉛直	105	
	Sd-2-6	水平	NS	154
			EW	191
		鉛直	107	
	Sd-2-7	水平	NS	243
			EW	197
鉛直		94		
Sd-2-8	水平	NS	253	
		EW	242	
	鉛直	103		
2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	Sd-3-1	水平	329	
		鉛直	170	
2000年鳥取県西部賀祥ダム地震を考慮した地震動	Sd-3-2	水平	NS	280
			EW	281
		鉛直	257	

弾性設計用  
地震動Sd



第2-1表 入力地震動 (2/2)

種類		地震動名称	方向		最大加速度 (Gal)
基準 地震動 Ss	応答スペクトルに 基づく地震動	Ss-1	水平		650
			鉛直		377
	断層モデルを用いた 手法による地震動	Ss-2-1	水平	NS	579
				EW	390
			鉛直		210
		Ss-2-2	水平	NS	456
				EW	478
			鉛直		195
		Ss-2-3	水平	NS	371
				EW	418
			鉛直		263
		Ss-2-4	水平	NS	452
				EW	494
			鉛直		280
		Ss-2-5	水平	NS	452
				EW	388
			鉛直		199
		Ss-2-6	水平	NS	291
				EW	360
			鉛直		201
	Ss-2-7	水平	NS	458	
			EW	371	
		鉛直		178	
	Ss-2-8	水平	NS	478	
			EW	456	
		鉛直		195	
	2004年北海道留萌支庁南 部地震を考慮した地震動	Ss-3-1	水平		620
鉛直			320		
2000年鳥取県西部賀祥ダ ム地震を考慮した地震動	Ss-3-2	水平	NS	528	
			EW	531	
		鉛直		485	

### 3. 設計用床応答曲線の作成手順

#### (1) 建物・構築物の地震応答解析

建屋については、ばね質点系に置換し、入力地震動を、基礎底面に地盤ばねを介して入力して、地震応答解析を行い、各質点位置における加速度応答時刻歴を求める。地震動の入力方向は互いに直交するEW、NSとUD（それぞれ、X、Y及びVとする場合がある。）の3方向とする。

機器・配管系の設計においては、施設の構造形式や応答特性、設置位置及びその方位等を踏まえ、必要に応じ解放基盤面の応答についても適切に考慮する。

#### (2) 1自由度系の最大応答スペクトル

(1)で求まる各質点の加速度応答時刻歴を入力とする1自由度系の最大応答スペクトルを、減衰定数をパラメータとして下記線形加速度法により求める。

すなわち、いま $t_n$ における $x$ の値を $x_n$ 、 $t_{n+1}$ における値を $x_{n+1}$ とすれば、テーラー展開式から

$$x_{n+1} = x_n + \dot{x}_n \Delta t + \frac{\ddot{x}_n}{2} (\Delta t)^2 + \frac{\dddot{x}_n}{6} (\Delta t)^3 + \dots \quad \dots \dots \dots (1)$$

同様に

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_{n+1} &= \dot{x}_n + \ddot{x}_n \Delta t + \frac{\dddot{x}_n}{2} (\Delta t)^2 + \dots \\ \ddot{x}_{n+1} &= \ddot{x}_n + \dddot{x}_n \Delta t + \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、特に $\Delta t$ 間では $\ddot{x}$ は直線に変化すると仮定すると、 $x_n$ の4階以上の微係数は0となり、3階の微係数に対しては次式が成立する。

$$\dddot{x}_n = \frac{\ddot{x}_{n+1} - \ddot{x}_n}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (3)$$

そこで、(3)式を(1)、(2)式に代入すると

$$\left. \begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \dot{x}_n \Delta t + \frac{\ddot{x}_n}{3} (\Delta t)^2 + \frac{\ddot{x}_{n+1}}{6} (\Delta t)^2 \\ \dot{x}_{n+1} &= \dot{x}_n + \frac{\ddot{x}_n}{2} \Delta t + \frac{\ddot{x}_{n+1}}{2} \Delta t \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

一般に、 $t_{n+1}$ において成立する運動方程式

$$\ddot{x}_{n+1} + 2h\omega_0 \dot{x}_{n+1} + \omega_0^2 x_{n+1} = -\ddot{y}_{n+1}$$



に(4)を代入すれば、 $\ddot{x}_{n+1}$ が $x_n$ 、 $\dot{x}_n$ 、 $\ddot{x}_n$ 、 $\ddot{y}_{n+1}$ の関数として表される。  
この結果をさらに(4)式に代入すれば、 $\dot{x}_{n+1}$ 、 $x_{n+1}$ も求まる。

$$\omega_0^2 x_n = X_n, \quad \omega_0 \dot{x}_n = V_n, \quad \ddot{x}_n = A_n, \quad \omega_0 \Delta t = \Delta \theta$$

とすると、加速度応答は、

$$\left. \begin{aligned} A_{n+1} &= \frac{-1}{1+h\Delta\theta + \frac{(\Delta\theta)^2}{6}} \left[ \ddot{y}_{n+1} + X_n + V_n(2h+\Delta\theta) + A_n \left\{ h\Delta\theta + \frac{(\Delta\theta)^2}{3} \right\} \right] \\ V_{n+1} &= V_n + A_n \frac{\Delta\theta}{2} + A_{n+1} \frac{\Delta\theta}{2} \\ X_{n+1} &= X_n + V_n \Delta\theta + A_n \frac{(\Delta\theta)^2}{3} + A_{n+1} \frac{(\Delta\theta)^2}{6} \end{aligned} \right\} (5)$$

ここで、必要な減衰定数 $h$ 及び自由円振動数 $\omega_0$ に対し、入力地震動の全継続時間にわたって、応答加速度を計算し、その最大値を求めるが、 $\omega_0$ を適切なメッシュで変えることにより、減衰定数 $h$ に対する最大加速度応答スペクトルが得られる。

### (3) 建物・構築物モデルのゆらぎの考慮

建物・構築物モデルのゆらぎによる固有周期のシフトを考慮して、(2)で得られた床応答スペクトルを周期方向に $\pm 10\%$ の幅広げを行い、それぞれEW方向床応答曲線、NS方向床応答曲線、UD方向床応答曲線とする。

ここで得られた応答スペクトル $S_{NS}^{-BR}$ 、 $S_{EW}^{-BR}$ 、 $S_{UD}^{-BR}$ をそれぞれ設計用床応答曲線とする。(BRは、 $\pm 10\%$ の幅広げを意味する。)

施設に応じて得られた応答スペクトル $S_{NS}^{-BR}$ 、 $S_{EW}^{-BR}$ を包絡したものを設計用床応答曲線として使用する。

上記の「(1) 建物・構築物の地震応答解析」については、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による。

また、「(2) 1自由度系の最大応答スペクトル」「(3) 建物・構築物モデルのゆらぎの考慮」については、解析コード「CHERRY」を使用して床応答曲線を作成する。

なお、評価に用いる解析コード「CHERRY」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

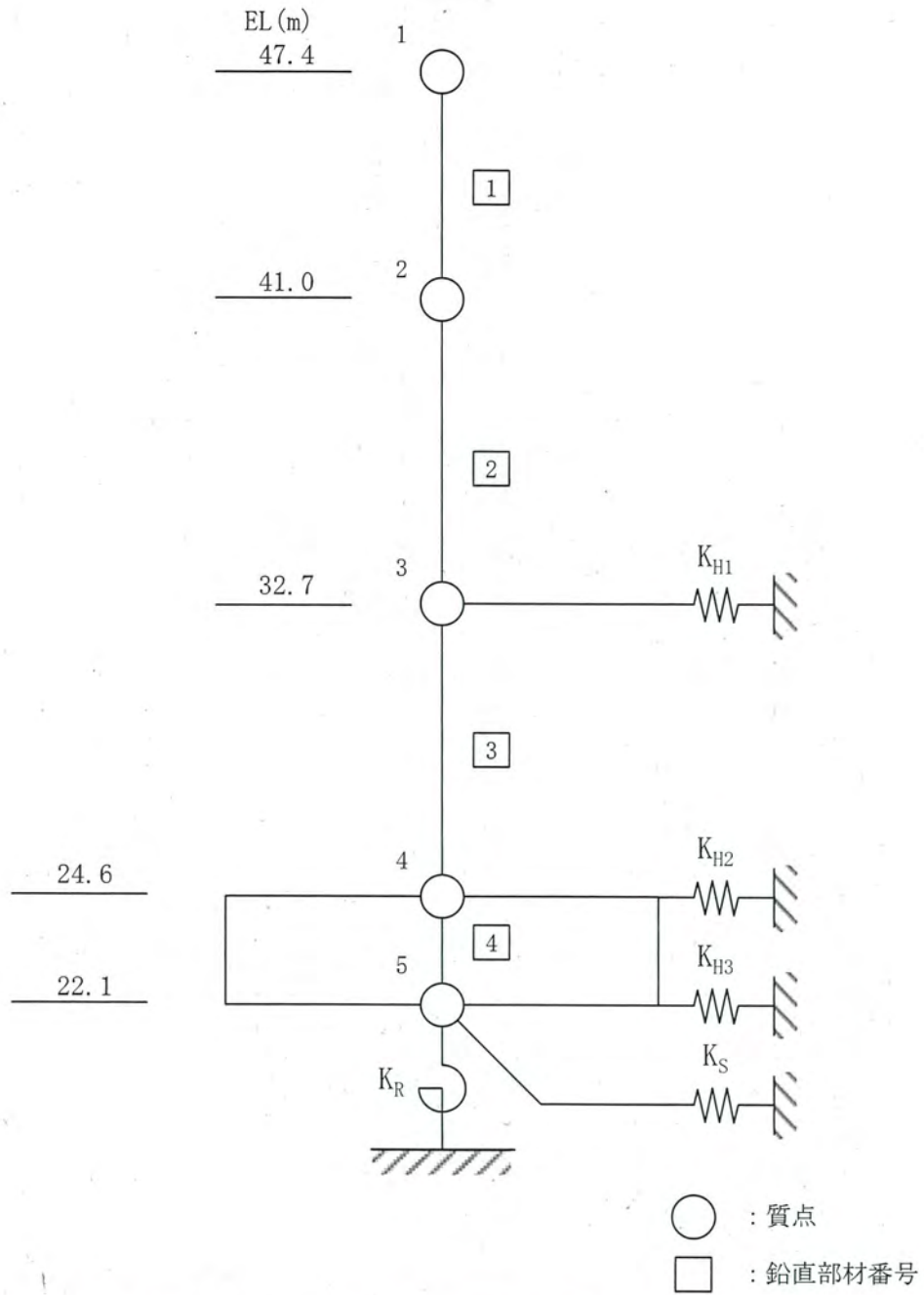
#### 4. 建物・構築物の地震応答解析モデル

##### (1) 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデル

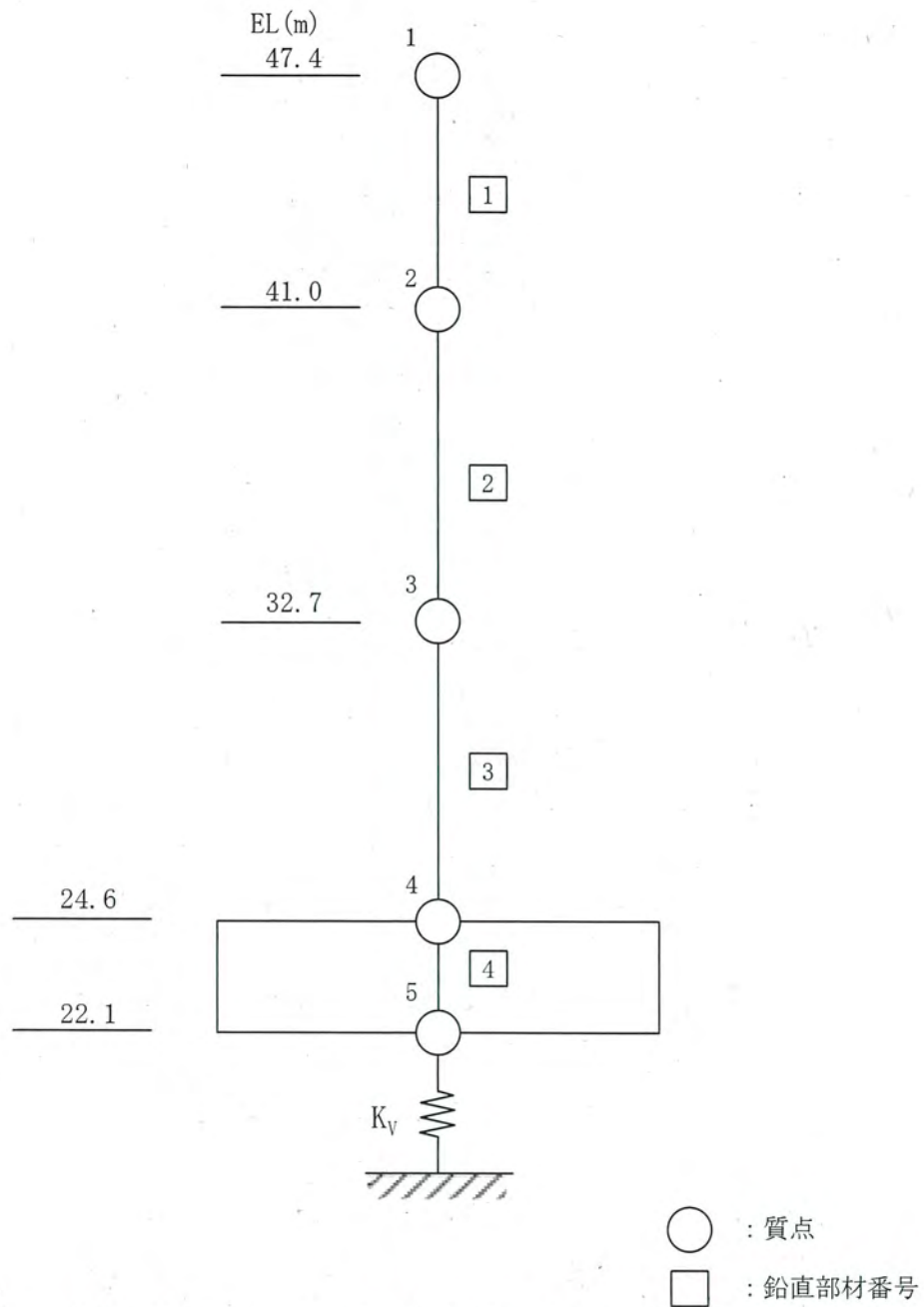
水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の水平及び回転ばねを設けるとともに、建屋側面の埋込み効果を考慮して建屋側面に地盤の水平ばねを設けた多質点系の曲げせん断棒モデルとする。

鉛直方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の鉛直ばねを設けた多質点系の軸棒モデルとする。

水平方向及び鉛直方向の地震応答解析モデルを第4-1図及び第4-2図に示す。



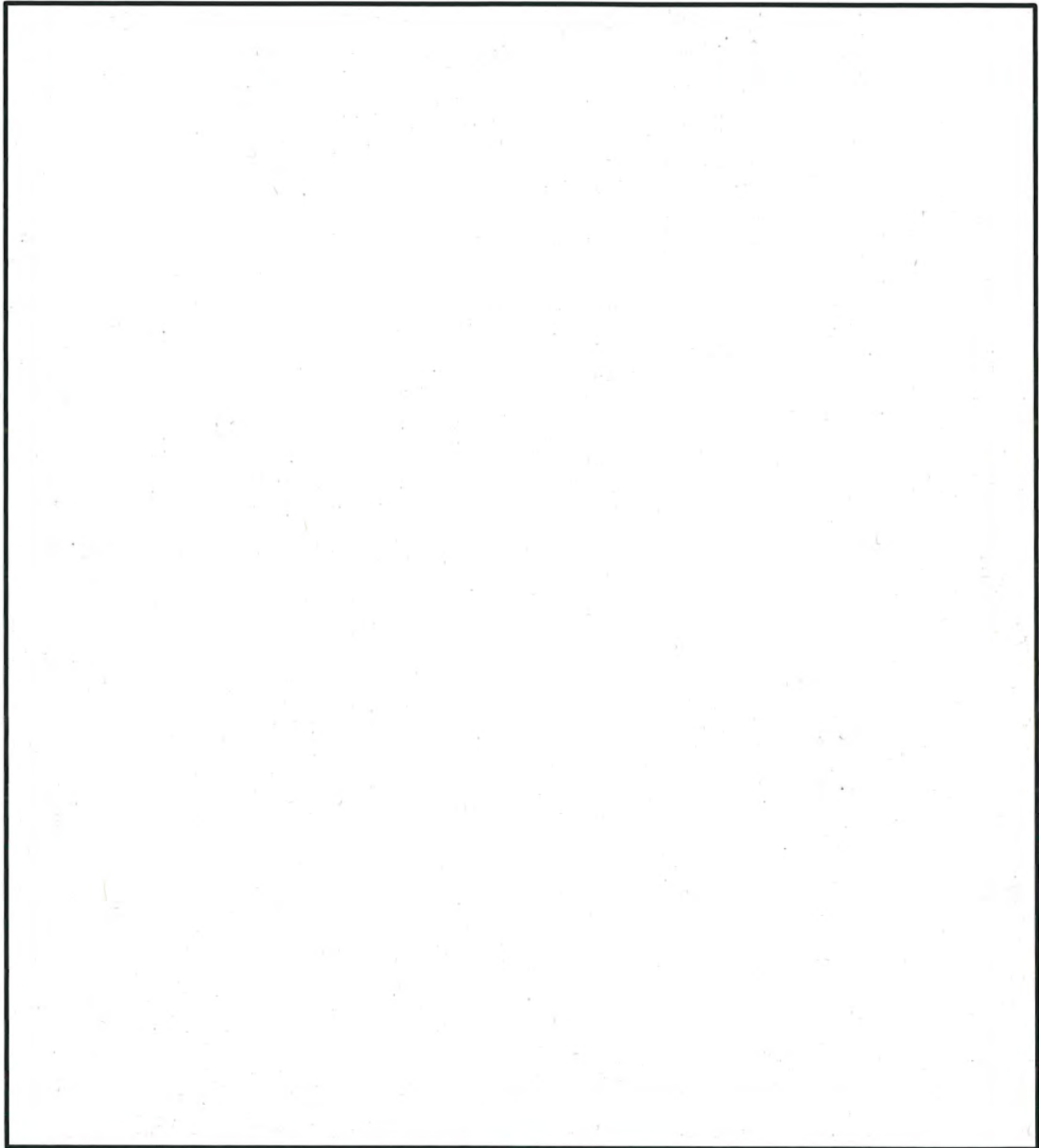
第4-1図 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデル（水平方向）



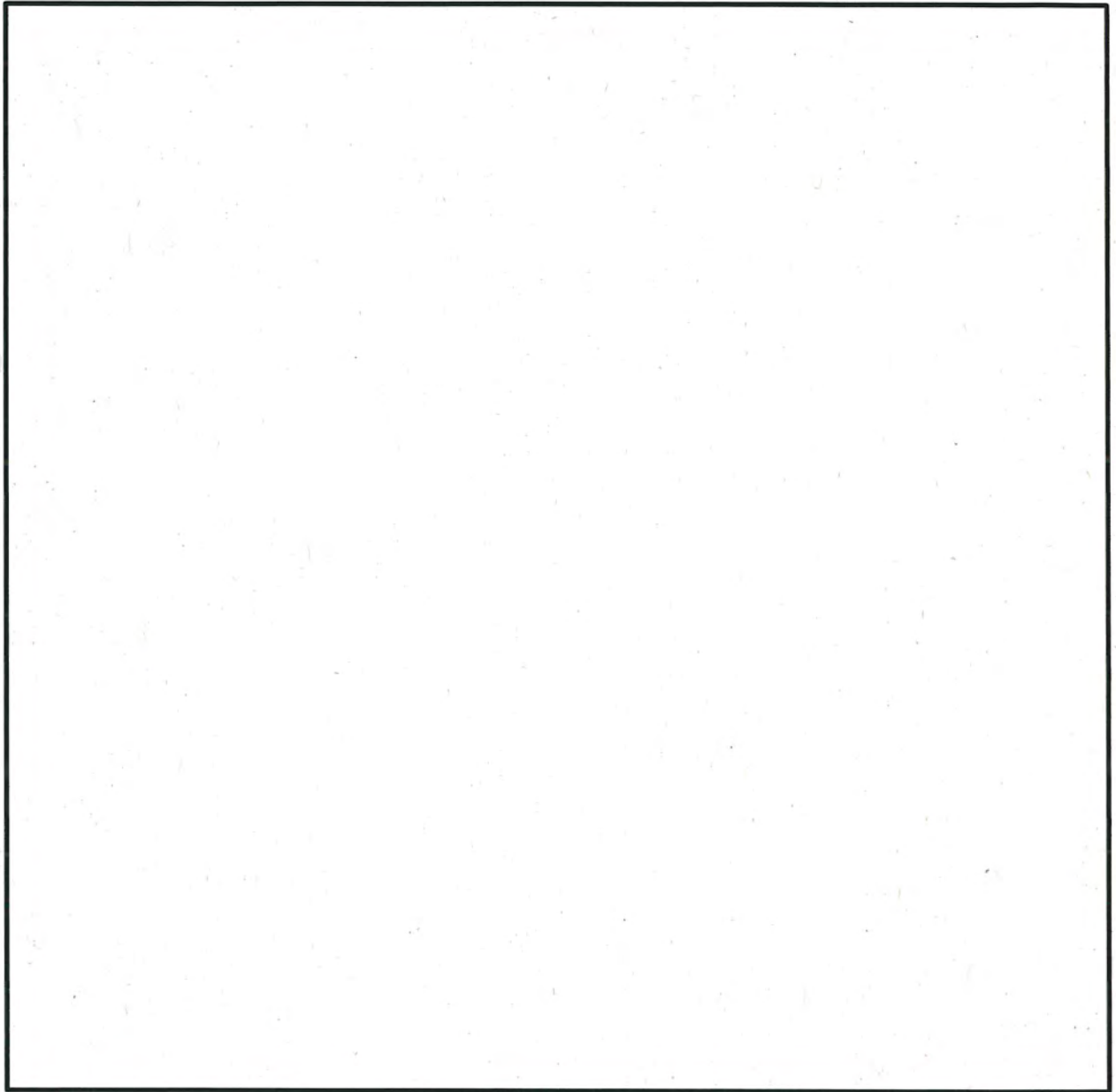
第4-2図 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデル（鉛直方向）

なお、非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデルの入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を、1次元波動論により地盤の解析モデル底面位置まで引戻し、2次元FEM解析により建屋基礎底面及び建屋側面位置において算定した地震動とする。

地盤の地震応答解析モデルを第4-3図及び第4-4図に示す。



第4-3図 非常用ガスタービン発電機建屋の入力地震動算定に用いる  
地盤の地震応答解析モデル (EW断面)



第4-4図 非常用ガスタービン発電機建屋の入力地震動算定に用いる  
地盤の地震応答解析モデル (NS断面)



## 5. 設計用床応答曲線(Sd)

以下に、非常用ガスタービン発電機建屋の各床面の設計用最大床加速度及び静的震度並びに設計用床応答曲線(Sd)を示す。静的震度については、資料17-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に従って算出した値をそれぞれ示す。

### (1) 床応答加速度一覧表

各床面の設計用最大床加速度及び静的震度を第5-1表に示す。

### (2) 設計用床応答曲線の図番

作成床面及び減衰定数に応じた設計用床応答曲線の図番を第5-2表に示す。



第5-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタービン発電機建屋) (1/4)

構造物	質点番号	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8m/s^2$ )											
			Sd-1			Sd-2-1			Sd-2-2			Sd-2-3		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.71	0.95	0.32	0.52	0.60	0.19	0.54	0.56	0.16	0.42	0.54	0.24
	2	41.000	0.51	0.64	0.29	0.37	0.40	0.18	0.37	0.46	0.16	0.29	0.39	0.22
	3	32.700	0.44	0.45	0.25	0.32	0.24	0.16	0.22	0.34	0.14	0.22	0.26	0.20
	4	24.600	0.40	0.42	0.26	0.29	0.23	0.15	0.21	0.29	0.13	0.22	0.24	0.19
	5	22.100	0.40	0.42	0.26	0.29	0.23	0.15	0.21	0.29	0.13	0.22	0.24	0.19

第5-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタービン発電機建屋) (2/4)

構造物	質点番号	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8m/s^2$ )											
			Sd-2-4			Sd-2-5			Sd-2-6			Sd-2-7		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.48	0.67	0.18	0.54	0.55	0.19	0.44	0.45	0.15	0.53	0.55	0.17
	2	41.000	0.33	0.46	0.17	0.32	0.36	0.17	0.30	0.30	0.14	0.31	0.34	0.16
	3	32.700	0.24	0.28	0.17	0.24	0.24	0.16	0.18	0.22	0.12	0.25	0.26	0.15
	4	24.600	0.22	0.29	0.17	0.23	0.22	0.15	0.15	0.21	0.11	0.24	0.23	0.14
	5	22.100	0.22	0.29	0.17	0.23	0.22	0.15	0.15	0.20	0.11	0.23	0.23	0.14

第5-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタワービン発電機建屋) (3/4)

構造物	質点 番号	EL. (m)	最大床加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )											
			Sd-2-8			Sd-3-1			Sd-3-2EW			Sd-3-2NS		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガスタワービン 発電機建屋	1	47.400	0.57	0.76	0.15	0.47	0.52	0.23	0.65	0.70	0.48	0.55	0.72	0.48
	2	41.000	0.43	0.56	0.15	0.41	0.39	0.22	0.43	0.57	0.44	0.37	0.48	0.44
	3	32.700	0.29	0.34	0.13	0.39	0.33	0.19	0.32	0.34	0.38	0.32	0.33	0.37
	4	24.600	0.25	0.31	0.12	0.37	0.33	0.18	0.30	0.33	0.34	0.31	0.33	0.30
	5	22.100	0.25	0.31	0.11	0.37	0.33	0.18	0.30	0.33	0.34	0.31	0.33	0.29

第5-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタワービン発電機建屋) (4/4)

構造物	質点 番号	EL. (m)	静的震度3.6Ci	
			Y方向	X方向
非常用ガスタワービン 発電機建屋	1	47.400	1.325	1.246
	2	41.000	0.886	0.872
	3	32.700	0.576	0.576
	4	24.600	0.576	0.576
	5	22.100	0.576	0.576

第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (1/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-1	非常用ガ ス ター ビ ン 発 電 機 建 屋	1	47.400	0.5	GT-Sd1H-GT01-005	GT-Sd1V-GT01-005
				1.0	GT-Sd1H-GT01-010	GT-Sd1V-GT01-010
				1.5	GT-Sd1H-GT01-015	GT-Sd1V-GT01-015
				2.0	GT-Sd1H-GT01-020	GT-Sd1V-GT01-020
				2.5	GT-Sd1H-GT01-025	GT-Sd1V-GT01-025
				3.0	GT-Sd1H-GT01-030	GT-Sd1V-GT01-030
				4.0	GT-Sd1H-GT01-040	GT-Sd1V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd1H-GT02-005	GT-Sd1V-GT02-005
				1.0	GT-Sd1H-GT02-010	GT-Sd1V-GT02-010
				1.5	GT-Sd1H-GT02-015	GT-Sd1V-GT02-015
				2.0	GT-Sd1H-GT02-020	GT-Sd1V-GT02-020
				2.5	GT-Sd1H-GT02-025	GT-Sd1V-GT02-025
				3.0	GT-Sd1H-GT02-030	GT-Sd1V-GT02-030
				4.0	GT-Sd1H-GT02-040	GT-Sd1V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd1H-GT03-005	GT-Sd1V-GT03-005
				1.0	GT-Sd1H-GT03-010	GT-Sd1V-GT03-010
				1.5	GT-Sd1H-GT03-015	GT-Sd1V-GT03-015
				2.0	GT-Sd1H-GT03-020	GT-Sd1V-GT03-020
				2.5	GT-Sd1H-GT03-025	GT-Sd1V-GT03-025
				3.0	GT-Sd1H-GT03-030	GT-Sd1V-GT03-030
				4.0	GT-Sd1H-GT03-040	GT-Sd1V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd1H-GT04-005	GT-Sd1V-GT04-005
				1.0	GT-Sd1H-GT04-010	GT-Sd1V-GT04-010
				1.5	GT-Sd1H-GT04-015	GT-Sd1V-GT04-015
				2.0	GT-Sd1H-GT04-020	GT-Sd1V-GT04-020
				2.5	GT-Sd1H-GT04-025	GT-Sd1V-GT04-025
				3.0	GT-Sd1H-GT04-030	GT-Sd1V-GT04-030
				4.0	GT-Sd1H-GT04-040	GT-Sd1V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd1H-GT05-005	GT-Sd1V-GT05-005
				1.0	GT-Sd1H-GT05-010	GT-Sd1V-GT05-010
				1.5	GT-Sd1H-GT05-015	GT-Sd1V-GT05-015
				2.0	GT-Sd1H-GT05-020	GT-Sd1V-GT05-020
				2.5	GT-Sd1H-GT05-025	GT-Sd1V-GT05-025
				3.0	GT-Sd1H-GT05-030	GT-Sd1V-GT05-030
				4.0	GT-Sd1H-GT05-040	GT-Sd1V-GT05-040
		5.0	GT-Sd1H-GT05-050	GT-Sd1V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（2/12）

地震動	構築物	質点番号	EL. (m)	機器減衰定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-1	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd21H-GT01-005	GT-Sd21V-GT01-005
				1.0	GT-Sd21H-GT01-010	GT-Sd21V-GT01-010
				1.5	GT-Sd21H-GT01-015	GT-Sd21V-GT01-015
				2.0	GT-Sd21H-GT01-020	GT-Sd21V-GT01-020
				2.5	GT-Sd21H-GT01-025	GT-Sd21V-GT01-025
				3.0	GT-Sd21H-GT01-030	GT-Sd21V-GT01-030
				4.0	GT-Sd21H-GT01-040	GT-Sd21V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd21H-GT02-005	GT-Sd21V-GT02-005
				1.0	GT-Sd21H-GT02-010	GT-Sd21V-GT02-010
				1.5	GT-Sd21H-GT02-015	GT-Sd21V-GT02-015
				2.0	GT-Sd21H-GT02-020	GT-Sd21V-GT02-020
				2.5	GT-Sd21H-GT02-025	GT-Sd21V-GT02-025
				3.0	GT-Sd21H-GT02-030	GT-Sd21V-GT02-030
				4.0	GT-Sd21H-GT02-040	GT-Sd21V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd21H-GT03-005	GT-Sd21V-GT03-005
				1.0	GT-Sd21H-GT03-010	GT-Sd21V-GT03-010
				1.5	GT-Sd21H-GT03-015	GT-Sd21V-GT03-015
				2.0	GT-Sd21H-GT03-020	GT-Sd21V-GT03-020
				2.5	GT-Sd21H-GT03-025	GT-Sd21V-GT03-025
				3.0	GT-Sd21H-GT03-030	GT-Sd21V-GT03-030
				4.0	GT-Sd21H-GT03-040	GT-Sd21V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd21H-GT04-005	GT-Sd21V-GT04-005
				1.0	GT-Sd21H-GT04-010	GT-Sd21V-GT04-010
				1.5	GT-Sd21H-GT04-015	GT-Sd21V-GT04-015
				2.0	GT-Sd21H-GT04-020	GT-Sd21V-GT04-020
				2.5	GT-Sd21H-GT04-025	GT-Sd21V-GT04-025
				3.0	GT-Sd21H-GT04-030	GT-Sd21V-GT04-030
				4.0	GT-Sd21H-GT04-040	GT-Sd21V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd21H-GT05-005	GT-Sd21V-GT05-005
				1.0	GT-Sd21H-GT05-010	GT-Sd21V-GT05-010
				1.5	GT-Sd21H-GT05-015	GT-Sd21V-GT05-015
				2.0	GT-Sd21H-GT05-020	GT-Sd21V-GT05-020
				2.5	GT-Sd21H-GT05-025	GT-Sd21V-GT05-025
				3.0	GT-Sd21H-GT05-030	GT-Sd21V-GT05-030
				4.0	GT-Sd21H-GT05-040	GT-Sd21V-GT05-040
		5.0	GT-Sd21H-GT05-050	GT-Sd21V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（3/12）

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-2	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd22H-GT01-005	GT-Sd22V-GT01-005
				1.0	GT-Sd22H-GT01-010	GT-Sd22V-GT01-010
				1.5	GT-Sd22H-GT01-015	GT-Sd22V-GT01-015
				2.0	GT-Sd22H-GT01-020	GT-Sd22V-GT01-020
				2.5	GT-Sd22H-GT01-025	GT-Sd22V-GT01-025
				3.0	GT-Sd22H-GT01-030	GT-Sd22V-GT01-030
				4.0	GT-Sd22H-GT01-040	GT-Sd22V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd22H-GT02-005	GT-Sd22V-GT02-005
				1.0	GT-Sd22H-GT02-010	GT-Sd22V-GT02-010
				1.5	GT-Sd22H-GT02-015	GT-Sd22V-GT02-015
				2.0	GT-Sd22H-GT02-020	GT-Sd22V-GT02-020
				2.5	GT-Sd22H-GT02-025	GT-Sd22V-GT02-025
				3.0	GT-Sd22H-GT02-030	GT-Sd22V-GT02-030
				4.0	GT-Sd22H-GT02-040	GT-Sd22V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd22H-GT03-005	GT-Sd22V-GT03-005
				1.0	GT-Sd22H-GT03-010	GT-Sd22V-GT03-010
				1.5	GT-Sd22H-GT03-015	GT-Sd22V-GT03-015
				2.0	GT-Sd22H-GT03-020	GT-Sd22V-GT03-020
				2.5	GT-Sd22H-GT03-025	GT-Sd22V-GT03-025
				3.0	GT-Sd22H-GT03-030	GT-Sd22V-GT03-030
				4.0	GT-Sd22H-GT03-040	GT-Sd22V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd22H-GT04-005	GT-Sd22V-GT04-005
				1.0	GT-Sd22H-GT04-010	GT-Sd22V-GT04-010
				1.5	GT-Sd22H-GT04-015	GT-Sd22V-GT04-015
				2.0	GT-Sd22H-GT04-020	GT-Sd22V-GT04-020
				2.5	GT-Sd22H-GT04-025	GT-Sd22V-GT04-025
				3.0	GT-Sd22H-GT04-030	GT-Sd22V-GT04-030
				4.0	GT-Sd22H-GT04-040	GT-Sd22V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd22H-GT05-005	GT-Sd22V-GT05-005
				1.0	GT-Sd22H-GT05-010	GT-Sd22V-GT05-010
				1.5	GT-Sd22H-GT05-015	GT-Sd22V-GT05-015
				2.0	GT-Sd22H-GT05-020	GT-Sd22V-GT05-020
				2.5	GT-Sd22H-GT05-025	GT-Sd22V-GT05-025
				3.0	GT-Sd22H-GT05-030	GT-Sd22V-GT05-030
				4.0	GT-Sd22H-GT05-040	GT-Sd22V-GT05-040
		5.0	GT-Sd22H-GT05-050	GT-Sd22V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（4/12）

地震動	構造物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-3	非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd23H-GT01-005	GT-Sd23V-GT01-005
				1.0	GT-Sd23H-GT01-010	GT-Sd23V-GT01-010
				1.5	GT-Sd23H-GT01-015	GT-Sd23V-GT01-015
				2.0	GT-Sd23H-GT01-020	GT-Sd23V-GT01-020
				2.5	GT-Sd23H-GT01-025	GT-Sd23V-GT01-025
				3.0	GT-Sd23H-GT01-030	GT-Sd23V-GT01-030
				4.0	GT-Sd23H-GT01-040	GT-Sd23V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd23H-GT02-005	GT-Sd23V-GT02-005
				1.0	GT-Sd23H-GT02-010	GT-Sd23V-GT02-010
				1.5	GT-Sd23H-GT02-015	GT-Sd23V-GT02-015
				2.0	GT-Sd23H-GT02-020	GT-Sd23V-GT02-020
				2.5	GT-Sd23H-GT02-025	GT-Sd23V-GT02-025
				3.0	GT-Sd23H-GT02-030	GT-Sd23V-GT02-030
				4.0	GT-Sd23H-GT02-040	GT-Sd23V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd23H-GT03-005	GT-Sd23V-GT03-005
				1.0	GT-Sd23H-GT03-010	GT-Sd23V-GT03-010
				1.5	GT-Sd23H-GT03-015	GT-Sd23V-GT03-015
				2.0	GT-Sd23H-GT03-020	GT-Sd23V-GT03-020
				2.5	GT-Sd23H-GT03-025	GT-Sd23V-GT03-025
				3.0	GT-Sd23H-GT03-030	GT-Sd23V-GT03-030
				4.0	GT-Sd23H-GT03-040	GT-Sd23V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd23H-GT04-005	GT-Sd23V-GT04-005
				1.0	GT-Sd23H-GT04-010	GT-Sd23V-GT04-010
				1.5	GT-Sd23H-GT04-015	GT-Sd23V-GT04-015
				2.0	GT-Sd23H-GT04-020	GT-Sd23V-GT04-020
				2.5	GT-Sd23H-GT04-025	GT-Sd23V-GT04-025
				3.0	GT-Sd23H-GT04-030	GT-Sd23V-GT04-030
				4.0	GT-Sd23H-GT04-040	GT-Sd23V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd23H-GT05-005	GT-Sd23V-GT05-005
				1.0	GT-Sd23H-GT05-010	GT-Sd23V-GT05-010
				1.5	GT-Sd23H-GT05-015	GT-Sd23V-GT05-015
				2.0	GT-Sd23H-GT05-020	GT-Sd23V-GT05-020
				2.5	GT-Sd23H-GT05-025	GT-Sd23V-GT05-025
				3.0	GT-Sd23H-GT05-030	GT-Sd23V-GT05-030
				4.0	GT-Sd23H-GT05-040	GT-Sd23V-GT05-040
				5.0	GT-Sd23H-GT05-050	GT-Sd23V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (5/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-4	非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd24H-GT01-005	GT-Sd24V-GT01-005
				1.0	GT-Sd24H-GT01-010	GT-Sd24V-GT01-010
				1.5	GT-Sd24H-GT01-015	GT-Sd24V-GT01-015
				2.0	GT-Sd24H-GT01-020	GT-Sd24V-GT01-020
				2.5	GT-Sd24H-GT01-025	GT-Sd24V-GT01-025
				3.0	GT-Sd24H-GT01-030	GT-Sd24V-GT01-030
				4.0	GT-Sd24H-GT01-040	GT-Sd24V-GT01-040
		5.0	GT-Sd24H-GT01-050	GT-Sd24V-GT01-050		
		2	41.000	0.5	GT-Sd24H-GT02-005	GT-Sd24V-GT02-005
				1.0	GT-Sd24H-GT02-010	GT-Sd24V-GT02-010
				1.5	GT-Sd24H-GT02-015	GT-Sd24V-GT02-015
				2.0	GT-Sd24H-GT02-020	GT-Sd24V-GT02-020
				2.5	GT-Sd24H-GT02-025	GT-Sd24V-GT02-025
				3.0	GT-Sd24H-GT02-030	GT-Sd24V-GT02-030
				4.0	GT-Sd24H-GT02-040	GT-Sd24V-GT02-040
		5.0	GT-Sd24H-GT02-050	GT-Sd24V-GT02-050		
		3	32.700	0.5	GT-Sd24H-GT03-005	GT-Sd24V-GT03-005
				1.0	GT-Sd24H-GT03-010	GT-Sd24V-GT03-010
				1.5	GT-Sd24H-GT03-015	GT-Sd24V-GT03-015
				2.0	GT-Sd24H-GT03-020	GT-Sd24V-GT03-020
				2.5	GT-Sd24H-GT03-025	GT-Sd24V-GT03-025
				3.0	GT-Sd24H-GT03-030	GT-Sd24V-GT03-030
				4.0	GT-Sd24H-GT03-040	GT-Sd24V-GT03-040
		5.0	GT-Sd24H-GT03-050	GT-Sd24V-GT03-050		
		4	24.600	0.5	GT-Sd24H-GT04-005	GT-Sd24V-GT04-005
				1.0	GT-Sd24H-GT04-010	GT-Sd24V-GT04-010
				1.5	GT-Sd24H-GT04-015	GT-Sd24V-GT04-015
				2.0	GT-Sd24H-GT04-020	GT-Sd24V-GT04-020
				2.5	GT-Sd24H-GT04-025	GT-Sd24V-GT04-025
				3.0	GT-Sd24H-GT04-030	GT-Sd24V-GT04-030
				4.0	GT-Sd24H-GT04-040	GT-Sd24V-GT04-040
		5.0	GT-Sd24H-GT04-050	GT-Sd24V-GT04-050		
		5	22.100	0.5	GT-Sd24H-GT05-005	GT-Sd24V-GT05-005
				1.0	GT-Sd24H-GT05-010	GT-Sd24V-GT05-010
				1.5	GT-Sd24H-GT05-015	GT-Sd24V-GT05-015
				2.0	GT-Sd24H-GT05-020	GT-Sd24V-GT05-020
				2.5	GT-Sd24H-GT05-025	GT-Sd24V-GT05-025
				3.0	GT-Sd24H-GT05-030	GT-Sd24V-GT05-030
				4.0	GT-Sd24H-GT05-040	GT-Sd24V-GT05-040
		5.0	GT-Sd24H-GT05-050	GT-Sd24V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (6/12)

地震動	構造物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-5	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd25H-GT01-005	GT-Sd25V-GT01-005
				1.0	GT-Sd25H-GT01-010	GT-Sd25V-GT01-010
				1.5	GT-Sd25H-GT01-015	GT-Sd25V-GT01-015
				2.0	GT-Sd25H-GT01-020	GT-Sd25V-GT01-020
				2.5	GT-Sd25H-GT01-025	GT-Sd25V-GT01-025
				3.0	GT-Sd25H-GT01-030	GT-Sd25V-GT01-030
				4.0	GT-Sd25H-GT01-040	GT-Sd25V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd25H-GT02-005	GT-Sd25V-GT02-005
				1.0	GT-Sd25H-GT02-010	GT-Sd25V-GT02-010
				1.5	GT-Sd25H-GT02-015	GT-Sd25V-GT02-015
				2.0	GT-Sd25H-GT02-020	GT-Sd25V-GT02-020
				2.5	GT-Sd25H-GT02-025	GT-Sd25V-GT02-025
				3.0	GT-Sd25H-GT02-030	GT-Sd25V-GT02-030
				4.0	GT-Sd25H-GT02-040	GT-Sd25V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd25H-GT03-005	GT-Sd25V-GT03-005
				1.0	GT-Sd25H-GT03-010	GT-Sd25V-GT03-010
				1.5	GT-Sd25H-GT03-015	GT-Sd25V-GT03-015
				2.0	GT-Sd25H-GT03-020	GT-Sd25V-GT03-020
				2.5	GT-Sd25H-GT03-025	GT-Sd25V-GT03-025
				3.0	GT-Sd25H-GT03-030	GT-Sd25V-GT03-030
				4.0	GT-Sd25H-GT03-040	GT-Sd25V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd25H-GT04-005	GT-Sd25V-GT04-005
				1.0	GT-Sd25H-GT04-010	GT-Sd25V-GT04-010
				1.5	GT-Sd25H-GT04-015	GT-Sd25V-GT04-015
				2.0	GT-Sd25H-GT04-020	GT-Sd25V-GT04-020
				2.5	GT-Sd25H-GT04-025	GT-Sd25V-GT04-025
				3.0	GT-Sd25H-GT04-030	GT-Sd25V-GT04-030
				4.0	GT-Sd25H-GT04-040	GT-Sd25V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd25H-GT05-005	GT-Sd25V-GT05-005
				1.0	GT-Sd25H-GT05-010	GT-Sd25V-GT05-010
				1.5	GT-Sd25H-GT05-015	GT-Sd25V-GT05-015
				2.0	GT-Sd25H-GT05-020	GT-Sd25V-GT05-020
				2.5	GT-Sd25H-GT05-025	GT-Sd25V-GT05-025
				3.0	GT-Sd25H-GT05-030	GT-Sd25V-GT05-030
				4.0	GT-Sd25H-GT05-040	GT-Sd25V-GT05-040
		5.0	GT-Sd25H-GT05-050	GT-Sd25V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（7/12）

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-6	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd26H-GT01-005	GT-Sd26V-GT01-005
				1.0	GT-Sd26H-GT01-010	GT-Sd26V-GT01-010
				1.5	GT-Sd26H-GT01-015	GT-Sd26V-GT01-015
				2.0	GT-Sd26H-GT01-020	GT-Sd26V-GT01-020
				2.5	GT-Sd26H-GT01-025	GT-Sd26V-GT01-025
				3.0	GT-Sd26H-GT01-030	GT-Sd26V-GT01-030
				4.0	GT-Sd26H-GT01-040	GT-Sd26V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd26H-GT02-005	GT-Sd26V-GT02-005
				1.0	GT-Sd26H-GT02-010	GT-Sd26V-GT02-010
				1.5	GT-Sd26H-GT02-015	GT-Sd26V-GT02-015
				2.0	GT-Sd26H-GT02-020	GT-Sd26V-GT02-020
				2.5	GT-Sd26H-GT02-025	GT-Sd26V-GT02-025
				3.0	GT-Sd26H-GT02-030	GT-Sd26V-GT02-030
				4.0	GT-Sd26H-GT02-040	GT-Sd26V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd26H-GT03-005	GT-Sd26V-GT03-005
				1.0	GT-Sd26H-GT03-010	GT-Sd26V-GT03-010
				1.5	GT-Sd26H-GT03-015	GT-Sd26V-GT03-015
				2.0	GT-Sd26H-GT03-020	GT-Sd26V-GT03-020
				2.5	GT-Sd26H-GT03-025	GT-Sd26V-GT03-025
				3.0	GT-Sd26H-GT03-030	GT-Sd26V-GT03-030
				4.0	GT-Sd26H-GT03-040	GT-Sd26V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd26H-GT04-005	GT-Sd26V-GT04-005
				1.0	GT-Sd26H-GT04-010	GT-Sd26V-GT04-010
				1.5	GT-Sd26H-GT04-015	GT-Sd26V-GT04-015
				2.0	GT-Sd26H-GT04-020	GT-Sd26V-GT04-020
				2.5	GT-Sd26H-GT04-025	GT-Sd26V-GT04-025
				3.0	GT-Sd26H-GT04-030	GT-Sd26V-GT04-030
				4.0	GT-Sd26H-GT04-040	GT-Sd26V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd26H-GT05-005	GT-Sd26V-GT05-005
				1.0	GT-Sd26H-GT05-010	GT-Sd26V-GT05-010
				1.5	GT-Sd26H-GT05-015	GT-Sd26V-GT05-015
				2.0	GT-Sd26H-GT05-020	GT-Sd26V-GT05-020
				2.5	GT-Sd26H-GT05-025	GT-Sd26V-GT05-025
				3.0	GT-Sd26H-GT05-030	GT-Sd26V-GT05-030
				4.0	GT-Sd26H-GT05-040	GT-Sd26V-GT05-040
				5.0	GT-Sd26H-GT05-050	GT-Sd26V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (8/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-7	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd27H-GT01-005	GT-Sd27V-GT01-005
				1.0	GT-Sd27H-GT01-010	GT-Sd27V-GT01-010
				1.5	GT-Sd27H-GT01-015	GT-Sd27V-GT01-015
				2.0	GT-Sd27H-GT01-020	GT-Sd27V-GT01-020
				2.5	GT-Sd27H-GT01-025	GT-Sd27V-GT01-025
				3.0	GT-Sd27H-GT01-030	GT-Sd27V-GT01-030
				4.0	GT-Sd27H-GT01-040	GT-Sd27V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd27H-GT02-005	GT-Sd27V-GT02-005
				1.0	GT-Sd27H-GT02-010	GT-Sd27V-GT02-010
				1.5	GT-Sd27H-GT02-015	GT-Sd27V-GT02-015
				2.0	GT-Sd27H-GT02-020	GT-Sd27V-GT02-020
				2.5	GT-Sd27H-GT02-025	GT-Sd27V-GT02-025
				3.0	GT-Sd27H-GT02-030	GT-Sd27V-GT02-030
				4.0	GT-Sd27H-GT02-040	GT-Sd27V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd27H-GT03-005	GT-Sd27V-GT03-005
				1.0	GT-Sd27H-GT03-010	GT-Sd27V-GT03-010
				1.5	GT-Sd27H-GT03-015	GT-Sd27V-GT03-015
				2.0	GT-Sd27H-GT03-020	GT-Sd27V-GT03-020
				2.5	GT-Sd27H-GT03-025	GT-Sd27V-GT03-025
				3.0	GT-Sd27H-GT03-030	GT-Sd27V-GT03-030
				4.0	GT-Sd27H-GT03-040	GT-Sd27V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd27H-GT04-005	GT-Sd27V-GT04-005
				1.0	GT-Sd27H-GT04-010	GT-Sd27V-GT04-010
				1.5	GT-Sd27H-GT04-015	GT-Sd27V-GT04-015
				2.0	GT-Sd27H-GT04-020	GT-Sd27V-GT04-020
				2.5	GT-Sd27H-GT04-025	GT-Sd27V-GT04-025
				3.0	GT-Sd27H-GT04-030	GT-Sd27V-GT04-030
				4.0	GT-Sd27H-GT04-040	GT-Sd27V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd27H-GT05-005	GT-Sd27V-GT05-005
				1.0	GT-Sd27H-GT05-010	GT-Sd27V-GT05-010
				1.5	GT-Sd27H-GT05-015	GT-Sd27V-GT05-015
				2.0	GT-Sd27H-GT05-020	GT-Sd27V-GT05-020
				2.5	GT-Sd27H-GT05-025	GT-Sd27V-GT05-025
				3.0	GT-Sd27H-GT05-030	GT-Sd27V-GT05-030
				4.0	GT-Sd27H-GT05-040	GT-Sd27V-GT05-040
		5.0	GT-Sd27H-GT05-050	GT-Sd27V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (9/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-2-8	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd28H-GT01-005	GT-Sd28V-GT01-005
				1.0	GT-Sd28H-GT01-010	GT-Sd28V-GT01-010
				1.5	GT-Sd28H-GT01-015	GT-Sd28V-GT01-015
				2.0	GT-Sd28H-GT01-020	GT-Sd28V-GT01-020
				2.5	GT-Sd28H-GT01-025	GT-Sd28V-GT01-025
				3.0	GT-Sd28H-GT01-030	GT-Sd28V-GT01-030
				4.0	GT-Sd28H-GT01-040	GT-Sd28V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd28H-GT02-005	GT-Sd28V-GT02-005
				1.0	GT-Sd28H-GT02-010	GT-Sd28V-GT02-010
				1.5	GT-Sd28H-GT02-015	GT-Sd28V-GT02-015
				2.0	GT-Sd28H-GT02-020	GT-Sd28V-GT02-020
				2.5	GT-Sd28H-GT02-025	GT-Sd28V-GT02-025
				3.0	GT-Sd28H-GT02-030	GT-Sd28V-GT02-030
				4.0	GT-Sd28H-GT02-040	GT-Sd28V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd28H-GT03-005	GT-Sd28V-GT03-005
				1.0	GT-Sd28H-GT03-010	GT-Sd28V-GT03-010
				1.5	GT-Sd28H-GT03-015	GT-Sd28V-GT03-015
				2.0	GT-Sd28H-GT03-020	GT-Sd28V-GT03-020
				2.5	GT-Sd28H-GT03-025	GT-Sd28V-GT03-025
				3.0	GT-Sd28H-GT03-030	GT-Sd28V-GT03-030
				4.0	GT-Sd28H-GT03-040	GT-Sd28V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd28H-GT04-005	GT-Sd28V-GT04-005
				1.0	GT-Sd28H-GT04-010	GT-Sd28V-GT04-010
				1.5	GT-Sd28H-GT04-015	GT-Sd28V-GT04-015
				2.0	GT-Sd28H-GT04-020	GT-Sd28V-GT04-020
				2.5	GT-Sd28H-GT04-025	GT-Sd28V-GT04-025
				3.0	GT-Sd28H-GT04-030	GT-Sd28V-GT04-030
				4.0	GT-Sd28H-GT04-040	GT-Sd28V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd28H-GT05-005	GT-Sd28V-GT05-005
				1.0	GT-Sd28H-GT05-010	GT-Sd28V-GT05-010
				1.5	GT-Sd28H-GT05-015	GT-Sd28V-GT05-015
				2.0	GT-Sd28H-GT05-020	GT-Sd28V-GT05-020
				2.5	GT-Sd28H-GT05-025	GT-Sd28V-GT05-025
				3.0	GT-Sd28H-GT05-030	GT-Sd28V-GT05-030
				4.0	GT-Sd28H-GT05-040	GT-Sd28V-GT05-040
				5.0	GT-Sd28H-GT05-050	GT-Sd28V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 5-2 表 弾性設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (10/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-3-1	非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd31H-GT01-005	GT-Sd31V-GT01-005
				1.0	GT-Sd31H-GT01-010	GT-Sd31V-GT01-010
				1.5	GT-Sd31H-GT01-015	GT-Sd31V-GT01-015
				2.0	GT-Sd31H-GT01-020	GT-Sd31V-GT01-020
				2.5	GT-Sd31H-GT01-025	GT-Sd31V-GT01-025
				3.0	GT-Sd31H-GT01-030	GT-Sd31V-GT01-030
				4.0	GT-Sd31H-GT01-040	GT-Sd31V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd31H-GT02-005	GT-Sd31V-GT02-005
				1.0	GT-Sd31H-GT02-010	GT-Sd31V-GT02-010
				1.5	GT-Sd31H-GT02-015	GT-Sd31V-GT02-015
				2.0	GT-Sd31H-GT02-020	GT-Sd31V-GT02-020
				2.5	GT-Sd31H-GT02-025	GT-Sd31V-GT02-025
				3.0	GT-Sd31H-GT02-030	GT-Sd31V-GT02-030
				4.0	GT-Sd31H-GT02-040	GT-Sd31V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd31H-GT03-005	GT-Sd31V-GT03-005
				1.0	GT-Sd31H-GT03-010	GT-Sd31V-GT03-010
				1.5	GT-Sd31H-GT03-015	GT-Sd31V-GT03-015
				2.0	GT-Sd31H-GT03-020	GT-Sd31V-GT03-020
				2.5	GT-Sd31H-GT03-025	GT-Sd31V-GT03-025
				3.0	GT-Sd31H-GT03-030	GT-Sd31V-GT03-030
				4.0	GT-Sd31H-GT03-040	GT-Sd31V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd31H-GT04-005	GT-Sd31V-GT04-005
				1.0	GT-Sd31H-GT04-010	GT-Sd31V-GT04-010
				1.5	GT-Sd31H-GT04-015	GT-Sd31V-GT04-015
				2.0	GT-Sd31H-GT04-020	GT-Sd31V-GT04-020
				2.5	GT-Sd31H-GT04-025	GT-Sd31V-GT04-025
				3.0	GT-Sd31H-GT04-030	GT-Sd31V-GT04-030
				4.0	GT-Sd31H-GT04-040	GT-Sd31V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd31H-GT05-005	GT-Sd31V-GT05-005
				1.0	GT-Sd31H-GT05-010	GT-Sd31V-GT05-010
				1.5	GT-Sd31H-GT05-015	GT-Sd31V-GT05-015
				2.0	GT-Sd31H-GT05-020	GT-Sd31V-GT05-020
				2.5	GT-Sd31H-GT05-025	GT-Sd31V-GT05-025
				3.0	GT-Sd31H-GT05-030	GT-Sd31V-GT05-030
				4.0	GT-Sd31H-GT05-040	GT-Sd31V-GT05-040
				5.0	GT-Sd31H-GT05-050	GT-Sd31V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（11/12）

地震動	構築物	質点番号	EL. (m)	機器減衰定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-3-2 EW	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd32EWH-GT01-005	GT-Sd32EWH-GT01-005
				1.0	GT-Sd32EWH-GT01-010	GT-Sd32EWH-GT01-010
				1.5	GT-Sd32EWH-GT01-015	GT-Sd32EWH-GT01-015
				2.0	GT-Sd32EWH-GT01-020	GT-Sd32EWH-GT01-020
				2.5	GT-Sd32EWH-GT01-025	GT-Sd32EWH-GT01-025
				3.0	GT-Sd32EWH-GT01-030	GT-Sd32EWH-GT01-030
				4.0	GT-Sd32EWH-GT01-040	GT-Sd32EWH-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd32EWH-GT02-005	GT-Sd32EWH-GT02-005
				1.0	GT-Sd32EWH-GT02-010	GT-Sd32EWH-GT02-010
				1.5	GT-Sd32EWH-GT02-015	GT-Sd32EWH-GT02-015
				2.0	GT-Sd32EWH-GT02-020	GT-Sd32EWH-GT02-020
				2.5	GT-Sd32EWH-GT02-025	GT-Sd32EWH-GT02-025
				3.0	GT-Sd32EWH-GT02-030	GT-Sd32EWH-GT02-030
				4.0	GT-Sd32EWH-GT02-040	GT-Sd32EWH-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd32EWH-GT03-005	GT-Sd32EWH-GT03-005
				1.0	GT-Sd32EWH-GT03-010	GT-Sd32EWH-GT03-010
				1.5	GT-Sd32EWH-GT03-015	GT-Sd32EWH-GT03-015
				2.0	GT-Sd32EWH-GT03-020	GT-Sd32EWH-GT03-020
				2.5	GT-Sd32EWH-GT03-025	GT-Sd32EWH-GT03-025
				3.0	GT-Sd32EWH-GT03-030	GT-Sd32EWH-GT03-030
				4.0	GT-Sd32EWH-GT03-040	GT-Sd32EWH-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd32EWH-GT04-005	GT-Sd32EWH-GT04-005
				1.0	GT-Sd32EWH-GT04-010	GT-Sd32EWH-GT04-010
				1.5	GT-Sd32EWH-GT04-015	GT-Sd32EWH-GT04-015
				2.0	GT-Sd32EWH-GT04-020	GT-Sd32EWH-GT04-020
				2.5	GT-Sd32EWH-GT04-025	GT-Sd32EWH-GT04-025
				3.0	GT-Sd32EWH-GT04-030	GT-Sd32EWH-GT04-030
				4.0	GT-Sd32EWH-GT04-040	GT-Sd32EWH-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd32EWH-GT05-005	GT-Sd32EWH-GT05-005
				1.0	GT-Sd32EWH-GT05-010	GT-Sd32EWH-GT05-010
				1.5	GT-Sd32EWH-GT05-015	GT-Sd32EWH-GT05-015
				2.0	GT-Sd32EWH-GT05-020	GT-Sd32EWH-GT05-020
				2.5	GT-Sd32EWH-GT05-025	GT-Sd32EWH-GT05-025
				3.0	GT-Sd32EWH-GT05-030	GT-Sd32EWH-GT05-030
				4.0	GT-Sd32EWH-GT05-040	GT-Sd32EWH-GT05-040
				5.0	GT-Sd32EWH-GT05-050	GT-Sd32EWH-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第5-2表 弾性設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（12/12）

地震動	構築物	質点番号	EL. (m)	機器減衰定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Sd-3-2 NS	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Sd32NSH-GT01-005	GT-Sd32NSV-GT01-005
				1.0	GT-Sd32NSH-GT01-010	GT-Sd32NSV-GT01-010
				1.5	GT-Sd32NSH-GT01-015	GT-Sd32NSV-GT01-015
				2.0	GT-Sd32NSH-GT01-020	GT-Sd32NSV-GT01-020
				2.5	GT-Sd32NSH-GT01-025	GT-Sd32NSV-GT01-025
				3.0	GT-Sd32NSH-GT01-030	GT-Sd32NSV-GT01-030
				4.0	GT-Sd32NSH-GT01-040	GT-Sd32NSV-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Sd32NSH-GT02-005	GT-Sd32NSV-GT02-005
				1.0	GT-Sd32NSH-GT02-010	GT-Sd32NSV-GT02-010
				1.5	GT-Sd32NSH-GT02-015	GT-Sd32NSV-GT02-015
				2.0	GT-Sd32NSH-GT02-020	GT-Sd32NSV-GT02-020
				2.5	GT-Sd32NSH-GT02-025	GT-Sd32NSV-GT02-025
				3.0	GT-Sd32NSH-GT02-030	GT-Sd32NSV-GT02-030
				4.0	GT-Sd32NSH-GT02-040	GT-Sd32NSV-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Sd32NSH-GT03-005	GT-Sd32NSV-GT03-005
				1.0	GT-Sd32NSH-GT03-010	GT-Sd32NSV-GT03-010
				1.5	GT-Sd32NSH-GT03-015	GT-Sd32NSV-GT03-015
				2.0	GT-Sd32NSH-GT03-020	GT-Sd32NSV-GT03-020
				2.5	GT-Sd32NSH-GT03-025	GT-Sd32NSV-GT03-025
				3.0	GT-Sd32NSH-GT03-030	GT-Sd32NSV-GT03-030
				4.0	GT-Sd32NSH-GT03-040	GT-Sd32NSV-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Sd32NSH-GT04-005	GT-Sd32NSV-GT04-005
				1.0	GT-Sd32NSH-GT04-010	GT-Sd32NSV-GT04-010
				1.5	GT-Sd32NSH-GT04-015	GT-Sd32NSV-GT04-015
				2.0	GT-Sd32NSH-GT04-020	GT-Sd32NSV-GT04-020
				2.5	GT-Sd32NSH-GT04-025	GT-Sd32NSV-GT04-025
				3.0	GT-Sd32NSH-GT04-030	GT-Sd32NSV-GT04-030
				4.0	GT-Sd32NSH-GT04-040	GT-Sd32NSV-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Sd32NSH-GT05-005	GT-Sd32NSV-GT05-005
				1.0	GT-Sd32NSH-GT05-010	GT-Sd32NSV-GT05-010
				1.5	GT-Sd32NSH-GT05-015	GT-Sd32NSV-GT05-015
				2.0	GT-Sd32NSH-GT05-020	GT-Sd32NSV-GT05-020
				2.5	GT-Sd32NSH-GT05-025	GT-Sd32NSV-GT05-025
				3.0	GT-Sd32NSH-GT05-030	GT-Sd32NSV-GT05-030
				4.0	GT-Sd32NSH-GT05-040	GT-Sd32NSV-GT05-040
				5.0	GT-Sd32NSH-GT05-050	GT-Sd32NSV-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

6. 設計用床応答曲線 (Ss)

以下に、非常用ガスタービン発電機建屋の各床面の設計用最大床加速度及び設計用床応答曲線 (Ss) を示す。

(1) 床応答加速度一覧表

各床面の設計用最大床加速度を第6-1表に示す。

(2) 設計用床応答曲線の図番

作成床面及び減衰定数に応じた設計用床応答曲線の図番を第6-2表に示す。



第6-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタービン発電機建屋) (1/3)

構築物	質点 番号	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8m/s^2$ )											
			Ss-1			Ss-2-1			Ss-2-2			Ss-2-3		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	1.31	1.78	0.62	1.01	1.14	0.35	1.01	1.07	0.31	0.78	1.02	0.45
	2	41.000	0.93	1.17	0.56	0.71	0.76	0.34	0.69	0.88	0.29	0.54	0.74	0.41
	3	32.700	0.81	0.85	0.47	0.58	0.45	0.30	0.42	0.64	0.26	0.42	0.50	0.37
	4	24.600	0.75	0.80	0.50	0.54	0.44	0.28	0.39	0.55	0.24	0.41	0.46	0.36
	5	22.100	0.74	0.79	0.50	0.53	0.44	0.28	0.39	0.55	0.24	0.41	0.46	0.35

第6-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタービン発電機建屋) (2/3)

構築物	質点 番号	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8m/s^2$ )											
			Ss-2-4			Ss-2-5			Ss-2-6			Ss-2-7		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.94	1.26	0.34	1.01	1.03	0.36	0.82	0.84	0.29	0.99	1.03	0.33
	2	41.000	0.62	0.86	0.31	0.60	0.68	0.33	0.56	0.56	0.27	0.58	0.64	0.30
	3	32.700	0.44	0.52	0.31	0.45	0.45	0.31	0.34	0.42	0.22	0.46	0.48	0.28
	4	24.600	0.40	0.56	0.31	0.43	0.42	0.29	0.29	0.39	0.21	0.44	0.43	0.26
	5	22.100	0.40	0.56	0.31	0.43	0.42	0.28	0.28	0.39	0.21	0.44	0.43	0.25

第6-1表 設計用最大床加速度 (非常用ガスタービン発電機建屋) (3/3)

構築物	質点 番号	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )											
			Ss-2-8			Ss-3-1			Ss-3-2 (EW)			Ss-3-2 (NS)		
			Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向	Y 方向	X 方向	鉛直 方向
非常用ガス タービン 発電機建屋	1	47.400	1.02	1.43	0.29	0.87	0.99	0.45	1.20	1.31	0.90	1.01	1.32	0.90
	2	41.000	0.79	1.05	0.27	0.76	0.74	0.43	0.78	1.07	0.83	0.69	0.89	0.82
	3	32.700	0.53	0.63	0.24	0.73	0.63	0.37	0.60	0.64	0.70	0.57	0.62	0.70
	4	24.600	0.47	0.58	0.22	0.70	0.63	0.35	0.56	0.61	0.64	0.57	0.62	0.57
	5	22.100	0.46	0.58	0.21	0.70	0.63	0.35	0.56	0.61	0.64	0.57	0.62	0.56

第6-2表 設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（1/12）

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-1	非常用ガ ス ター ビ ン 発 電 機 建 屋	1	47.400	0.5	GT-Ss1H-GT01-005	GT-Ss1V-GT01-005
				1.0	GT-Ss1H-GT01-010	GT-Ss1V-GT01-010
				1.5	GT-Ss1H-GT01-015	GT-Ss1V-GT01-015
				2.0	GT-Ss1H-GT01-020	GT-Ss1V-GT01-020
				2.5	GT-Ss1H-GT01-025	GT-Ss1V-GT01-025
				3.0	GT-Ss1H-GT01-030	GT-Ss1V-GT01-030
				4.0	GT-Ss1H-GT01-040	GT-Ss1V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss1H-GT02-005	GT-Ss1V-GT02-005
				1.0	GT-Ss1H-GT02-010	GT-Ss1V-GT02-010
				1.5	GT-Ss1H-GT02-015	GT-Ss1V-GT02-015
				2.0	GT-Ss1H-GT02-020	GT-Ss1V-GT02-020
				2.5	GT-Ss1H-GT02-025	GT-Ss1V-GT02-025
				3.0	GT-Ss1H-GT02-030	GT-Ss1V-GT02-030
				4.0	GT-Ss1H-GT02-040	GT-Ss1V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss1H-GT03-005	GT-Ss1V-GT03-005
				1.0	GT-Ss1H-GT03-010	GT-Ss1V-GT03-010
				1.5	GT-Ss1H-GT03-015	GT-Ss1V-GT03-015
				2.0	GT-Ss1H-GT03-020	GT-Ss1V-GT03-020
				2.5	GT-Ss1H-GT03-025	GT-Ss1V-GT03-025
				3.0	GT-Ss1H-GT03-030	GT-Ss1V-GT03-030
				4.0	GT-Ss1H-GT03-040	GT-Ss1V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss1H-GT04-005	GT-Ss1V-GT04-005
				1.0	GT-Ss1H-GT04-010	GT-Ss1V-GT04-010
				1.5	GT-Ss1H-GT04-015	GT-Ss1V-GT04-015
				2.0	GT-Ss1H-GT04-020	GT-Ss1V-GT04-020
				2.5	GT-Ss1H-GT04-025	GT-Ss1V-GT04-025
				3.0	GT-Ss1H-GT04-030	GT-Ss1V-GT04-030
				4.0	GT-Ss1H-GT04-040	GT-Ss1V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss1H-GT05-005	GT-Ss1V-GT05-005
				1.0	GT-Ss1H-GT05-010	GT-Ss1V-GT05-010
				1.5	GT-Ss1H-GT05-015	GT-Ss1V-GT05-015
				2.0	GT-Ss1H-GT05-020	GT-Ss1V-GT05-020
				2.5	GT-Ss1H-GT05-025	GT-Ss1V-GT05-025
				3.0	GT-Ss1H-GT05-030	GT-Ss1V-GT05-030
				4.0	GT-Ss1H-GT05-040	GT-Ss1V-GT05-040
		5.0	GT-Ss1H-GT05-050	GT-Ss1V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第6-2表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (2/12)

地震動	構造物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-1	非常用ガ ス ター ビ ン 発 電 機 建 屋	1	47.400	0.5	GT-Ss21H-GT01-005	GT-Ss21V-GT01-005
				1.0	GT-Ss21H-GT01-010	GT-Ss21V-GT01-010
				1.5	GT-Ss21H-GT01-015	GT-Ss21V-GT01-015
				2.0	GT-Ss21H-GT01-020	GT-Ss21V-GT01-020
				2.5	GT-Ss21H-GT01-025	GT-Ss21V-GT01-025
				3.0	GT-Ss21H-GT01-030	GT-Ss21V-GT01-030
				4.0	GT-Ss21H-GT01-040	GT-Ss21V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss21H-GT02-005	GT-Ss21V-GT02-005
				1.0	GT-Ss21H-GT02-010	GT-Ss21V-GT02-010
				1.5	GT-Ss21H-GT02-015	GT-Ss21V-GT02-015
				2.0	GT-Ss21H-GT02-020	GT-Ss21V-GT02-020
				2.5	GT-Ss21H-GT02-025	GT-Ss21V-GT02-025
				3.0	GT-Ss21H-GT02-030	GT-Ss21V-GT02-030
				4.0	GT-Ss21H-GT02-040	GT-Ss21V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss21H-GT03-005	GT-Ss21V-GT03-005
				1.0	GT-Ss21H-GT03-010	GT-Ss21V-GT03-010
				1.5	GT-Ss21H-GT03-015	GT-Ss21V-GT03-015
				2.0	GT-Ss21H-GT03-020	GT-Ss21V-GT03-020
				2.5	GT-Ss21H-GT03-025	GT-Ss21V-GT03-025
				3.0	GT-Ss21H-GT03-030	GT-Ss21V-GT03-030
				4.0	GT-Ss21H-GT03-040	GT-Ss21V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss21H-GT04-005	GT-Ss21V-GT04-005
				1.0	GT-Ss21H-GT04-010	GT-Ss21V-GT04-010
				1.5	GT-Ss21H-GT04-015	GT-Ss21V-GT04-015
				2.0	GT-Ss21H-GT04-020	GT-Ss21V-GT04-020
				2.5	GT-Ss21H-GT04-025	GT-Ss21V-GT04-025
				3.0	GT-Ss21H-GT04-030	GT-Ss21V-GT04-030
				4.0	GT-Ss21H-GT04-040	GT-Ss21V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss21H-GT05-005	GT-Ss21V-GT05-005
				1.0	GT-Ss21H-GT05-010	GT-Ss21V-GT05-010
				1.5	GT-Ss21H-GT05-015	GT-Ss21V-GT05-015
				2.0	GT-Ss21H-GT05-020	GT-Ss21V-GT05-020
				2.5	GT-Ss21H-GT05-025	GT-Ss21V-GT05-025
				3.0	GT-Ss21H-GT05-030	GT-Ss21V-GT05-030
				4.0	GT-Ss21H-GT05-040	GT-Ss21V-GT05-040
				5.0	GT-Ss21H-GT05-050	GT-Ss21V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 6-2 表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (3/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-2	非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss22H-GT01-005	GT-Ss22V-GT01-005
				1.0	GT-Ss22H-GT01-010	GT-Ss22V-GT01-010
				1.5	GT-Ss22H-GT01-015	GT-Ss22V-GT01-015
				2.0	GT-Ss22H-GT01-020	GT-Ss22V-GT01-020
				2.5	GT-Ss22H-GT01-025	GT-Ss22V-GT01-025
				3.0	GT-Ss22H-GT01-030	GT-Ss22V-GT01-030
				4.0	GT-Ss22H-GT01-040	GT-Ss22V-GT01-040
		5.0	GT-Ss22H-GT01-050	GT-Ss22V-GT01-050		
		2	41.000	0.5	GT-Ss22H-GT02-005	GT-Ss22V-GT02-005
				1.0	GT-Ss22H-GT02-010	GT-Ss22V-GT02-010
				1.5	GT-Ss22H-GT02-015	GT-Ss22V-GT02-015
				2.0	GT-Ss22H-GT02-020	GT-Ss22V-GT02-020
				2.5	GT-Ss22H-GT02-025	GT-Ss22V-GT02-025
				3.0	GT-Ss22H-GT02-030	GT-Ss22V-GT02-030
				4.0	GT-Ss22H-GT02-040	GT-Ss22V-GT02-040
		5.0	GT-Ss22H-GT02-050	GT-Ss22V-GT02-050		
		3	32.700	0.5	GT-Ss22H-GT03-005	GT-Ss22V-GT03-005
				1.0	GT-Ss22H-GT03-010	GT-Ss22V-GT03-010
				1.5	GT-Ss22H-GT03-015	GT-Ss22V-GT03-015
				2.0	GT-Ss22H-GT03-020	GT-Ss22V-GT03-020
				2.5	GT-Ss22H-GT03-025	GT-Ss22V-GT03-025
				3.0	GT-Ss22H-GT03-030	GT-Ss22V-GT03-030
				4.0	GT-Ss22H-GT03-040	GT-Ss22V-GT03-040
		5.0	GT-Ss22H-GT03-050	GT-Ss22V-GT03-050		
		4	24.600	0.5	GT-Ss22H-GT04-005	GT-Ss22V-GT04-005
				1.0	GT-Ss22H-GT04-010	GT-Ss22V-GT04-010
				1.5	GT-Ss22H-GT04-015	GT-Ss22V-GT04-015
				2.0	GT-Ss22H-GT04-020	GT-Ss22V-GT04-020
				2.5	GT-Ss22H-GT04-025	GT-Ss22V-GT04-025
				3.0	GT-Ss22H-GT04-030	GT-Ss22V-GT04-030
				4.0	GT-Ss22H-GT04-040	GT-Ss22V-GT04-040
		5.0	GT-Ss22H-GT04-050	GT-Ss22V-GT04-050		
		5	22.100	0.5	GT-Ss22H-GT05-005	GT-Ss22V-GT05-005
				1.0	GT-Ss22H-GT05-010	GT-Ss22V-GT05-010
				1.5	GT-Ss22H-GT05-015	GT-Ss22V-GT05-015
				2.0	GT-Ss22H-GT05-020	GT-Ss22V-GT05-020
				2.5	GT-Ss22H-GT05-025	GT-Ss22V-GT05-025
				3.0	GT-Ss22H-GT05-030	GT-Ss22V-GT05-030
				4.0	GT-Ss22H-GT05-040	GT-Ss22V-GT05-040
		5.0	GT-Ss22H-GT05-050	GT-Ss22V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第 6-2 表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (4/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-3	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss23H-GT01-005	GT-Ss23V-GT01-005
				1.0	GT-Ss23H-GT01-010	GT-Ss23V-GT01-010
				1.5	GT-Ss23H-GT01-015	GT-Ss23V-GT01-015
				2.0	GT-Ss23H-GT01-020	GT-Ss23V-GT01-020
				2.5	GT-Ss23H-GT01-025	GT-Ss23V-GT01-025
				3.0	GT-Ss23H-GT01-030	GT-Ss23V-GT01-030
				4.0	GT-Ss23H-GT01-040	GT-Ss23V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss23H-GT02-005	GT-Ss23V-GT02-005
				1.0	GT-Ss23H-GT02-010	GT-Ss23V-GT02-010
				1.5	GT-Ss23H-GT02-015	GT-Ss23V-GT02-015
				2.0	GT-Ss23H-GT02-020	GT-Ss23V-GT02-020
				2.5	GT-Ss23H-GT02-025	GT-Ss23V-GT02-025
				3.0	GT-Ss23H-GT02-030	GT-Ss23V-GT02-030
				4.0	GT-Ss23H-GT02-040	GT-Ss23V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss23H-GT03-005	GT-Ss23V-GT03-005
				1.0	GT-Ss23H-GT03-010	GT-Ss23V-GT03-010
				1.5	GT-Ss23H-GT03-015	GT-Ss23V-GT03-015
				2.0	GT-Ss23H-GT03-020	GT-Ss23V-GT03-020
				2.5	GT-Ss23H-GT03-025	GT-Ss23V-GT03-025
				3.0	GT-Ss23H-GT03-030	GT-Ss23V-GT03-030
				4.0	GT-Ss23H-GT03-040	GT-Ss23V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss23H-GT04-005	GT-Ss23V-GT04-005
				1.0	GT-Ss23H-GT04-010	GT-Ss23V-GT04-010
				1.5	GT-Ss23H-GT04-015	GT-Ss23V-GT04-015
				2.0	GT-Ss23H-GT04-020	GT-Ss23V-GT04-020
				2.5	GT-Ss23H-GT04-025	GT-Ss23V-GT04-025
				3.0	GT-Ss23H-GT04-030	GT-Ss23V-GT04-030
				4.0	GT-Ss23H-GT04-040	GT-Ss23V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss23H-GT05-005	GT-Ss23V-GT05-005
				1.0	GT-Ss23H-GT05-010	GT-Ss23V-GT05-010
				1.5	GT-Ss23H-GT05-015	GT-Ss23V-GT05-015
				2.0	GT-Ss23H-GT05-020	GT-Ss23V-GT05-020
				2.5	GT-Ss23H-GT05-025	GT-Ss23V-GT05-025
				3.0	GT-Ss23H-GT05-030	GT-Ss23V-GT05-030
				4.0	GT-Ss23H-GT05-040	GT-Ss23V-GT05-040
				5.0	GT-Ss23H-GT05-050	GT-Ss23V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第6-2表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (5/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-4	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss24H-GT01-005	GT-Ss24V-GT01-005
				1.0	GT-Ss24H-GT01-010	GT-Ss24V-GT01-010
				1.5	GT-Ss24H-GT01-015	GT-Ss24V-GT01-015
				2.0	GT-Ss24H-GT01-020	GT-Ss24V-GT01-020
				2.5	GT-Ss24H-GT01-025	GT-Ss24V-GT01-025
				3.0	GT-Ss24H-GT01-030	GT-Ss24V-GT01-030
				4.0	GT-Ss24H-GT01-040	GT-Ss24V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss24H-GT02-005	GT-Ss24V-GT02-005
				1.0	GT-Ss24H-GT02-010	GT-Ss24V-GT02-010
				1.5	GT-Ss24H-GT02-015	GT-Ss24V-GT02-015
				2.0	GT-Ss24H-GT02-020	GT-Ss24V-GT02-020
				2.5	GT-Ss24H-GT02-025	GT-Ss24V-GT02-025
				3.0	GT-Ss24H-GT02-030	GT-Ss24V-GT02-030
				4.0	GT-Ss24H-GT02-040	GT-Ss24V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss24H-GT03-005	GT-Ss24V-GT03-005
				1.0	GT-Ss24H-GT03-010	GT-Ss24V-GT03-010
				1.5	GT-Ss24H-GT03-015	GT-Ss24V-GT03-015
				2.0	GT-Ss24H-GT03-020	GT-Ss24V-GT03-020
				2.5	GT-Ss24H-GT03-025	GT-Ss24V-GT03-025
				3.0	GT-Ss24H-GT03-030	GT-Ss24V-GT03-030
				4.0	GT-Ss24H-GT03-040	GT-Ss24V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss24H-GT04-005	GT-Ss24V-GT04-005
				1.0	GT-Ss24H-GT04-010	GT-Ss24V-GT04-010
				1.5	GT-Ss24H-GT04-015	GT-Ss24V-GT04-015
				2.0	GT-Ss24H-GT04-020	GT-Ss24V-GT04-020
				2.5	GT-Ss24H-GT04-025	GT-Ss24V-GT04-025
				3.0	GT-Ss24H-GT04-030	GT-Ss24V-GT04-030
				4.0	GT-Ss24H-GT04-040	GT-Ss24V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss24H-GT05-005	GT-Ss24V-GT05-005
				1.0	GT-Ss24H-GT05-010	GT-Ss24V-GT05-010
				1.5	GT-Ss24H-GT05-015	GT-Ss24V-GT05-015
				2.0	GT-Ss24H-GT05-020	GT-Ss24V-GT05-020
				2.5	GT-Ss24H-GT05-025	GT-Ss24V-GT05-025
				3.0	GT-Ss24H-GT05-030	GT-Ss24V-GT05-030
				4.0	GT-Ss24H-GT05-040	GT-Ss24V-GT05-040
				5.0	GT-Ss24H-GT05-050	GT-Ss24V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 6-2 表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (6/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-5	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss25H-GT01-005	GT-Ss25V-GT01-005
				1.0	GT-Ss25H-GT01-010	GT-Ss25V-GT01-010
				1.5	GT-Ss25H-GT01-015	GT-Ss25V-GT01-015
				2.0	GT-Ss25H-GT01-020	GT-Ss25V-GT01-020
				2.5	GT-Ss25H-GT01-025	GT-Ss25V-GT01-025
				3.0	GT-Ss25H-GT01-030	GT-Ss25V-GT01-030
				4.0	GT-Ss25H-GT01-040	GT-Ss25V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss25H-GT02-005	GT-Ss25V-GT02-005
				1.0	GT-Ss25H-GT02-010	GT-Ss25V-GT02-010
				1.5	GT-Ss25H-GT02-015	GT-Ss25V-GT02-015
				2.0	GT-Ss25H-GT02-020	GT-Ss25V-GT02-020
				2.5	GT-Ss25H-GT02-025	GT-Ss25V-GT02-025
				3.0	GT-Ss25H-GT02-030	GT-Ss25V-GT02-030
				4.0	GT-Ss25H-GT02-040	GT-Ss25V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss25H-GT03-005	GT-Ss25V-GT03-005
				1.0	GT-Ss25H-GT03-010	GT-Ss25V-GT03-010
				1.5	GT-Ss25H-GT03-015	GT-Ss25V-GT03-015
				2.0	GT-Ss25H-GT03-020	GT-Ss25V-GT03-020
				2.5	GT-Ss25H-GT03-025	GT-Ss25V-GT03-025
				3.0	GT-Ss25H-GT03-030	GT-Ss25V-GT03-030
				4.0	GT-Ss25H-GT03-040	GT-Ss25V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss25H-GT04-005	GT-Ss25V-GT04-005
				1.0	GT-Ss25H-GT04-010	GT-Ss25V-GT04-010
				1.5	GT-Ss25H-GT04-015	GT-Ss25V-GT04-015
				2.0	GT-Ss25H-GT04-020	GT-Ss25V-GT04-020
				2.5	GT-Ss25H-GT04-025	GT-Ss25V-GT04-025
				3.0	GT-Ss25H-GT04-030	GT-Ss25V-GT04-030
				4.0	GT-Ss25H-GT04-040	GT-Ss25V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss25H-GT05-005	GT-Ss25V-GT05-005
				1.0	GT-Ss25H-GT05-010	GT-Ss25V-GT05-010
				1.5	GT-Ss25H-GT05-015	GT-Ss25V-GT05-015
				2.0	GT-Ss25H-GT05-020	GT-Ss25V-GT05-020
				2.5	GT-Ss25H-GT05-025	GT-Ss25V-GT05-025
				3.0	GT-Ss25H-GT05-030	GT-Ss25V-GT05-030
				4.0	GT-Ss25H-GT05-040	GT-Ss25V-GT05-040
				5.0	GT-Ss25H-GT05-050	GT-Ss25V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第6-2表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (7/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-6	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss26H-GT01-005	GT-Ss26V-GT01-005
				1.0	GT-Ss26H-GT01-010	GT-Ss26V-GT01-010
				1.5	GT-Ss26H-GT01-015	GT-Ss26V-GT01-015
				2.0	GT-Ss26H-GT01-020	GT-Ss26V-GT01-020
				2.5	GT-Ss26H-GT01-025	GT-Ss26V-GT01-025
				3.0	GT-Ss26H-GT01-030	GT-Ss26V-GT01-030
				4.0	GT-Ss26H-GT01-040	GT-Ss26V-GT01-040
		5.0	GT-Ss26H-GT01-050	GT-Ss26V-GT01-050		
		2	41.000	0.5	GT-Ss26H-GT02-005	GT-Ss26V-GT02-005
				1.0	GT-Ss26H-GT02-010	GT-Ss26V-GT02-010
				1.5	GT-Ss26H-GT02-015	GT-Ss26V-GT02-015
				2.0	GT-Ss26H-GT02-020	GT-Ss26V-GT02-020
				2.5	GT-Ss26H-GT02-025	GT-Ss26V-GT02-025
				3.0	GT-Ss26H-GT02-030	GT-Ss26V-GT02-030
				4.0	GT-Ss26H-GT02-040	GT-Ss26V-GT02-040
		5.0	GT-Ss26H-GT02-050	GT-Ss26V-GT02-050		
		3	32.700	0.5	GT-Ss26H-GT03-005	GT-Ss26V-GT03-005
				1.0	GT-Ss26H-GT03-010	GT-Ss26V-GT03-010
				1.5	GT-Ss26H-GT03-015	GT-Ss26V-GT03-015
				2.0	GT-Ss26H-GT03-020	GT-Ss26V-GT03-020
				2.5	GT-Ss26H-GT03-025	GT-Ss26V-GT03-025
				3.0	GT-Ss26H-GT03-030	GT-Ss26V-GT03-030
				4.0	GT-Ss26H-GT03-040	GT-Ss26V-GT03-040
		5.0	GT-Ss26H-GT03-050	GT-Ss26V-GT03-050		
		4	24.600	0.5	GT-Ss26H-GT04-005	GT-Ss26V-GT04-005
				1.0	GT-Ss26H-GT04-010	GT-Ss26V-GT04-010
				1.5	GT-Ss26H-GT04-015	GT-Ss26V-GT04-015
				2.0	GT-Ss26H-GT04-020	GT-Ss26V-GT04-020
				2.5	GT-Ss26H-GT04-025	GT-Ss26V-GT04-025
				3.0	GT-Ss26H-GT04-030	GT-Ss26V-GT04-030
				4.0	GT-Ss26H-GT04-040	GT-Ss26V-GT04-040
		5.0	GT-Ss26H-GT04-050	GT-Ss26V-GT04-050		
		5	22.100	0.5	GT-Ss26H-GT05-005	GT-Ss26V-GT05-005
				1.0	GT-Ss26H-GT05-010	GT-Ss26V-GT05-010
				1.5	GT-Ss26H-GT05-015	GT-Ss26V-GT05-015
				2.0	GT-Ss26H-GT05-020	GT-Ss26V-GT05-020
				2.5	GT-Ss26H-GT05-025	GT-Ss26V-GT05-025
				3.0	GT-Ss26H-GT05-030	GT-Ss26V-GT05-030
				4.0	GT-Ss26H-GT05-040	GT-Ss26V-GT05-040
		5.0	GT-Ss26H-GT05-050	GT-Ss26V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第6-2表 設計用床応答曲線図番（非常用ガスタービン発電機建屋）（8/12）

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数(%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-7	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss27H-GT01-005	GT-Ss27V-GT01-005
				1.0	GT-Ss27H-GT01-010	GT-Ss27V-GT01-010
				1.5	GT-Ss27H-GT01-015	GT-Ss27V-GT01-015
				2.0	GT-Ss27H-GT01-020	GT-Ss27V-GT01-020
				2.5	GT-Ss27H-GT01-025	GT-Ss27V-GT01-025
				3.0	GT-Ss27H-GT01-030	GT-Ss27V-GT01-030
				4.0	GT-Ss27H-GT01-040	GT-Ss27V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss27H-GT02-005	GT-Ss27V-GT02-005
				1.0	GT-Ss27H-GT02-010	GT-Ss27V-GT02-010
				1.5	GT-Ss27H-GT02-015	GT-Ss27V-GT02-015
				2.0	GT-Ss27H-GT02-020	GT-Ss27V-GT02-020
				2.5	GT-Ss27H-GT02-025	GT-Ss27V-GT02-025
				3.0	GT-Ss27H-GT02-030	GT-Ss27V-GT02-030
				4.0	GT-Ss27H-GT02-040	GT-Ss27V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss27H-GT03-005	GT-Ss27V-GT03-005
				1.0	GT-Ss27H-GT03-010	GT-Ss27V-GT03-010
				1.5	GT-Ss27H-GT03-015	GT-Ss27V-GT03-015
				2.0	GT-Ss27H-GT03-020	GT-Ss27V-GT03-020
				2.5	GT-Ss27H-GT03-025	GT-Ss27V-GT03-025
				3.0	GT-Ss27H-GT03-030	GT-Ss27V-GT03-030
				4.0	GT-Ss27H-GT03-040	GT-Ss27V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss27H-GT04-005	GT-Ss27V-GT04-005
				1.0	GT-Ss27H-GT04-010	GT-Ss27V-GT04-010
				1.5	GT-Ss27H-GT04-015	GT-Ss27V-GT04-015
				2.0	GT-Ss27H-GT04-020	GT-Ss27V-GT04-020
				2.5	GT-Ss27H-GT04-025	GT-Ss27V-GT04-025
				3.0	GT-Ss27H-GT04-030	GT-Ss27V-GT04-030
				4.0	GT-Ss27H-GT04-040	GT-Ss27V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss27H-GT05-005	GT-Ss27V-GT05-005
				1.0	GT-Ss27H-GT05-010	GT-Ss27V-GT05-010
				1.5	GT-Ss27H-GT05-015	GT-Ss27V-GT05-015
				2.0	GT-Ss27H-GT05-020	GT-Ss27V-GT05-020
				2.5	GT-Ss27H-GT05-025	GT-Ss27V-GT05-025
				3.0	GT-Ss27H-GT05-030	GT-Ss27V-GT05-030
				4.0	GT-Ss27H-GT05-040	GT-Ss27V-GT05-040
				5.0	GT-Ss27H-GT05-050	GT-Ss27V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第6-2表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (9/12)

地震動	構築物	質点番号	EL. (m)	機器減衰定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-2-8	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss28H-GT01-005	GT-Ss28V-GT01-005
				1.0	GT-Ss28H-GT01-010	GT-Ss28V-GT01-010
				1.5	GT-Ss28H-GT01-015	GT-Ss28V-GT01-015
				2.0	GT-Ss28H-GT01-020	GT-Ss28V-GT01-020
				2.5	GT-Ss28H-GT01-025	GT-Ss28V-GT01-025
				3.0	GT-Ss28H-GT01-030	GT-Ss28V-GT01-030
				4.0	GT-Ss28H-GT01-040	GT-Ss28V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss28H-GT02-005	GT-Ss28V-GT02-005
				1.0	GT-Ss28H-GT02-010	GT-Ss28V-GT02-010
				1.5	GT-Ss28H-GT02-015	GT-Ss28V-GT02-015
				2.0	GT-Ss28H-GT02-020	GT-Ss28V-GT02-020
				2.5	GT-Ss28H-GT02-025	GT-Ss28V-GT02-025
				3.0	GT-Ss28H-GT02-030	GT-Ss28V-GT02-030
				4.0	GT-Ss28H-GT02-040	GT-Ss28V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss28H-GT03-005	GT-Ss28V-GT03-005
				1.0	GT-Ss28H-GT03-010	GT-Ss28V-GT03-010
				1.5	GT-Ss28H-GT03-015	GT-Ss28V-GT03-015
				2.0	GT-Ss28H-GT03-020	GT-Ss28V-GT03-020
				2.5	GT-Ss28H-GT03-025	GT-Ss28V-GT03-025
				3.0	GT-Ss28H-GT03-030	GT-Ss28V-GT03-030
				4.0	GT-Ss28H-GT03-040	GT-Ss28V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss28H-GT04-005	GT-Ss28V-GT04-005
				1.0	GT-Ss28H-GT04-010	GT-Ss28V-GT04-010
				1.5	GT-Ss28H-GT04-015	GT-Ss28V-GT04-015
				2.0	GT-Ss28H-GT04-020	GT-Ss28V-GT04-020
				2.5	GT-Ss28H-GT04-025	GT-Ss28V-GT04-025
				3.0	GT-Ss28H-GT04-030	GT-Ss28V-GT04-030
				4.0	GT-Ss28H-GT04-040	GT-Ss28V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss28H-GT05-005	GT-Ss28V-GT05-005
				1.0	GT-Ss28H-GT05-010	GT-Ss28V-GT05-010
				1.5	GT-Ss28H-GT05-015	GT-Ss28V-GT05-015
				2.0	GT-Ss28H-GT05-020	GT-Ss28V-GT05-020
				2.5	GT-Ss28H-GT05-025	GT-Ss28V-GT05-025
				3.0	GT-Ss28H-GT05-030	GT-Ss28V-GT05-030
				4.0	GT-Ss28H-GT05-040	GT-Ss28V-GT05-040
		5.0	GT-Ss28H-GT05-050	GT-Ss28V-GT05-050		

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第 6-2 表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (10/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-3-1	非常用ガスタービン発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss31H-GT01-005	GT-Ss31V-GT01-005
				1.0	GT-Ss31H-GT01-010	GT-Ss31V-GT01-010
				1.5	GT-Ss31H-GT01-015	GT-Ss31V-GT01-015
				2.0	GT-Ss31H-GT01-020	GT-Ss31V-GT01-020
				2.5	GT-Ss31H-GT01-025	GT-Ss31V-GT01-025
				3.0	GT-Ss31H-GT01-030	GT-Ss31V-GT01-030
				4.0	GT-Ss31H-GT01-040	GT-Ss31V-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss31H-GT02-005	GT-Ss31V-GT02-005
				1.0	GT-Ss31H-GT02-010	GT-Ss31V-GT02-010
				1.5	GT-Ss31H-GT02-015	GT-Ss31V-GT02-015
				2.0	GT-Ss31H-GT02-020	GT-Ss31V-GT02-020
				2.5	GT-Ss31H-GT02-025	GT-Ss31V-GT02-025
				3.0	GT-Ss31H-GT02-030	GT-Ss31V-GT02-030
				4.0	GT-Ss31H-GT02-040	GT-Ss31V-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss31H-GT03-005	GT-Ss31V-GT03-005
				1.0	GT-Ss31H-GT03-010	GT-Ss31V-GT03-010
				1.5	GT-Ss31H-GT03-015	GT-Ss31V-GT03-015
				2.0	GT-Ss31H-GT03-020	GT-Ss31V-GT03-020
				2.5	GT-Ss31H-GT03-025	GT-Ss31V-GT03-025
				3.0	GT-Ss31H-GT03-030	GT-Ss31V-GT03-030
				4.0	GT-Ss31H-GT03-040	GT-Ss31V-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss31H-GT04-005	GT-Ss31V-GT04-005
				1.0	GT-Ss31H-GT04-010	GT-Ss31V-GT04-010
				1.5	GT-Ss31H-GT04-015	GT-Ss31V-GT04-015
				2.0	GT-Ss31H-GT04-020	GT-Ss31V-GT04-020
				2.5	GT-Ss31H-GT04-025	GT-Ss31V-GT04-025
				3.0	GT-Ss31H-GT04-030	GT-Ss31V-GT04-030
				4.0	GT-Ss31H-GT04-040	GT-Ss31V-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss31H-GT05-005	GT-Ss31V-GT05-005
				1.0	GT-Ss31H-GT05-010	GT-Ss31V-GT05-010
				1.5	GT-Ss31H-GT05-015	GT-Ss31V-GT05-015
				2.0	GT-Ss31H-GT05-020	GT-Ss31V-GT05-020
				2.5	GT-Ss31H-GT05-025	GT-Ss31V-GT05-025
				3.0	GT-Ss31H-GT05-030	GT-Ss31V-GT05-030
				4.0	GT-Ss31H-GT05-040	GT-Ss31V-GT05-040
				5.0	GT-Ss31H-GT05-050	GT-Ss31V-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第 6-2 表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (11/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-3-2 EW	非常用ガスタービン 発電機建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss32EWH-GT01-005	GT-Ss32EWV-GT01-005
				1.0	GT-Ss32EWH-GT01-010	GT-Ss32EWV-GT01-010
				1.5	GT-Ss32EWH-GT01-015	GT-Ss32EWV-GT01-015
				2.0	GT-Ss32EWH-GT01-020	GT-Ss32EWV-GT01-020
				2.5	GT-Ss32EWH-GT01-025	GT-Ss32EWV-GT01-025
				3.0	GT-Ss32EWH-GT01-030	GT-Ss32EWV-GT01-030
				4.0	GT-Ss32EWH-GT01-040	GT-Ss32EWV-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss32EWH-GT02-005	GT-Ss32EWV-GT02-005
				1.0	GT-Ss32EWH-GT02-010	GT-Ss32EWV-GT02-010
				1.5	GT-Ss32EWH-GT02-015	GT-Ss32EWV-GT02-015
				2.0	GT-Ss32EWH-GT02-020	GT-Ss32EWV-GT02-020
				2.5	GT-Ss32EWH-GT02-025	GT-Ss32EWV-GT02-025
				3.0	GT-Ss32EWH-GT02-030	GT-Ss32EWV-GT02-030
				4.0	GT-Ss32EWH-GT02-040	GT-Ss32EWV-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss32EWH-GT03-005	GT-Ss32EWV-GT03-005
				1.0	GT-Ss32EWH-GT03-010	GT-Ss32EWV-GT03-010
				1.5	GT-Ss32EWH-GT03-015	GT-Ss32EWV-GT03-015
				2.0	GT-Ss32EWH-GT03-020	GT-Ss32EWV-GT03-020
				2.5	GT-Ss32EWH-GT03-025	GT-Ss32EWV-GT03-025
				3.0	GT-Ss32EWH-GT03-030	GT-Ss32EWV-GT03-030
				4.0	GT-Ss32EWH-GT03-040	GT-Ss32EWV-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss32EWH-GT04-005	GT-Ss32EWV-GT04-005
				1.0	GT-Ss32EWH-GT04-010	GT-Ss32EWV-GT04-010
				1.5	GT-Ss32EWH-GT04-015	GT-Ss32EWV-GT04-015
				2.0	GT-Ss32EWH-GT04-020	GT-Ss32EWV-GT04-020
				2.5	GT-Ss32EWH-GT04-025	GT-Ss32EWV-GT04-025
				3.0	GT-Ss32EWH-GT04-030	GT-Ss32EWV-GT04-030
				4.0	GT-Ss32EWH-GT04-040	GT-Ss32EWV-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss32EWH-GT05-005	GT-Ss32EWV-GT05-005
				1.0	GT-Ss32EWH-GT05-010	GT-Ss32EWV-GT05-010
				1.5	GT-Ss32EWH-GT05-015	GT-Ss32EWV-GT05-015
				2.0	GT-Ss32EWH-GT05-020	GT-Ss32EWV-GT05-020
				2.5	GT-Ss32EWH-GT05-025	GT-Ss32EWV-GT05-025
				3.0	GT-Ss32EWH-GT05-030	GT-Ss32EWV-GT05-030
				4.0	GT-Ss32EWH-GT05-040	GT-Ss32EWV-GT05-040
				5.0	GT-Ss32EWH-GT05-050	GT-Ss32EWV-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。



第6-2表 設計用床応答曲線図番 (非常用ガスタービン発電機建屋) (12/12)

地震動	構築物	質点 番号	EL. (m)	機器減衰 定数 (%)	図番	
					水平方向	鉛直方向
Ss-3-2 NS	非常用ガ スター ビン 発電機 建屋	1	47.400	0.5	GT-Ss32NSH-GT01-005	GT-Ss32NSV-GT01-005
				1.0	GT-Ss32NSH-GT01-010	GT-Ss32NSV-GT01-010
				1.5	GT-Ss32NSH-GT01-015	GT-Ss32NSV-GT01-015
				2.0	GT-Ss32NSH-GT01-020	GT-Ss32NSV-GT01-020
				2.5	GT-Ss32NSH-GT01-025	GT-Ss32NSV-GT01-025
				3.0	GT-Ss32NSH-GT01-030	GT-Ss32NSV-GT01-030
				4.0	GT-Ss32NSH-GT01-040	GT-Ss32NSV-GT01-040
		2	41.000	0.5	GT-Ss32NSH-GT02-005	GT-Ss32NSV-GT02-005
				1.0	GT-Ss32NSH-GT02-010	GT-Ss32NSV-GT02-010
				1.5	GT-Ss32NSH-GT02-015	GT-Ss32NSV-GT02-015
				2.0	GT-Ss32NSH-GT02-020	GT-Ss32NSV-GT02-020
				2.5	GT-Ss32NSH-GT02-025	GT-Ss32NSV-GT02-025
				3.0	GT-Ss32NSH-GT02-030	GT-Ss32NSV-GT02-030
				4.0	GT-Ss32NSH-GT02-040	GT-Ss32NSV-GT02-040
		3	32.700	0.5	GT-Ss32NSH-GT03-005	GT-Ss32NSV-GT03-005
				1.0	GT-Ss32NSH-GT03-010	GT-Ss32NSV-GT03-010
				1.5	GT-Ss32NSH-GT03-015	GT-Ss32NSV-GT03-015
				2.0	GT-Ss32NSH-GT03-020	GT-Ss32NSV-GT03-020
				2.5	GT-Ss32NSH-GT03-025	GT-Ss32NSV-GT03-025
				3.0	GT-Ss32NSH-GT03-030	GT-Ss32NSV-GT03-030
				4.0	GT-Ss32NSH-GT03-040	GT-Ss32NSV-GT03-040
		4	24.600	0.5	GT-Ss32NSH-GT04-005	GT-Ss32NSV-GT04-005
				1.0	GT-Ss32NSH-GT04-010	GT-Ss32NSV-GT04-010
				1.5	GT-Ss32NSH-GT04-015	GT-Ss32NSV-GT04-015
				2.0	GT-Ss32NSH-GT04-020	GT-Ss32NSV-GT04-020
				2.5	GT-Ss32NSH-GT04-025	GT-Ss32NSV-GT04-025
				3.0	GT-Ss32NSH-GT04-030	GT-Ss32NSV-GT04-030
				4.0	GT-Ss32NSH-GT04-040	GT-Ss32NSV-GT04-040
		5	22.100	0.5	GT-Ss32NSH-GT05-005	GT-Ss32NSV-GT05-005
				1.0	GT-Ss32NSH-GT05-010	GT-Ss32NSV-GT05-010
				1.5	GT-Ss32NSH-GT05-015	GT-Ss32NSV-GT05-015
				2.0	GT-Ss32NSH-GT05-020	GT-Ss32NSV-GT05-020
				2.5	GT-Ss32NSH-GT05-025	GT-Ss32NSV-GT05-025
				3.0	GT-Ss32NSH-GT05-030	GT-Ss32NSV-GT05-030
				4.0	GT-Ss32NSH-GT05-040	GT-Ss32NSV-GT05-040
				5.0	GT-Ss32NSH-GT05-050	GT-Ss32NSV-GT05-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

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

工事計画認可申請 資料17-8

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-8-1
2. 基本方針 .....	資17-8-1
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に用いる地震動 .....	資17-8-1
4. 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の影響評価方針 .....	資17-8-1



## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち、「4.1 地震力の算定法」に基づき、申請施設の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価の方針について説明するものである。

## 2. 基本方針

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-8「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「2. 基本方針」によるものとする。

## 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に用いる地震動

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-8「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「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に用いる地震動」によるものとする。

## 4. 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の影響評価方針

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-8「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「4. 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の影響評価方針」によるものとする。

## 機能維持の基本方針

工事計画認可申請 資料17-9

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-9-1
2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力 .....	資17-9-1
3. 構造強度 .....	資17-9-5
3.1 構造強度上の制限 .....	資17-9-5
3.2 変位、変形の制限 .....	資17-9-34
4. 機能維持 .....	資17-9-35
4.1 動的機能維持 .....	資17-9-35
4.2 電氣的機能維持 .....	資17-9-38
4.3 支持機能の維持 .....	資17-9-38

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法及び「5. 機能維持の基本方針」に示す機能維持の考え方に基づき、機能維持に関する基本的な考え方を説明するものである。

## 2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、資料17-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法に基づくこととし、今回申請施設に対する具体的な算定法を第2-1表に示す。

第2-1表 設計用地震力

1. 静的地震力

(火災感知設備及び消火設備)

静的地震力及び必要保有水平耐力は、次の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

種別	耐震 クラス	(注) 地震層せん断力係数 及び水平震度	地震層せん断力係数 (必要保有水平耐力算出用)	鉛直震度
機器・ 配管系	C	1.2C <sub>i</sub>	—	—

(注) C<sub>i</sub> : 標準せん断力係数を0.2とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R<sub>t</sub> : 振動特性係数

A<sub>i</sub> : C<sub>i</sub>の分布係数

C<sub>0</sub> : 標準せん断力係数 0.2



## 2. 動的地震力

### (重大事故等対処施設)

動的地震力は、重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分に応じて、以下の入力地震動に基づき算定する。

種別	(注1) 設備分類 施設区分	(注2) 耐震 クラス	入力地震動 (注3)	
			水平	鉛直
建物・ 構築物	②、④	S	基準地震動Ss	基準地震動Ss
機器・ 配管系	①、③	S	設計用床応答曲線 Ss	設計用床応答曲線 Ss

(注1) 重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分。

- ①：常設耐震重要重大事故防止設備
- ②：①が設置される重大事故等対処施設
- ③：常設重大事故緩和設備
- ④：③が設置される重大事故等対処施設

(注2) 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスを示す。なお、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。

(注3) 設計用床応答曲線Ssは、基準地震動Ssに基づき作成した設計用床応答曲線とする。

### 3. 設計用地震力

#### (火災感知設備及び消火設備)

種別	耐震 クラス	水平	鉛直	摘 要
機器・ 配管系	C	静的震度 $1.2C_i$	—	静的地震力とする。

#### (重大事故等対処施設)

種別	(注1) 設備分類 施設区分	(注2) 耐震 クラス	水平	鉛直	摘 要
建物・ 構築物	②、④	S	基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$	(注3) 荷重の組合せは、水平方向 及び鉛直方向が静的地震力 の場合は同時に不利な方向 に作用するものとする。 水平方向及び鉛直方向が 動的地震力の場合は二乗 和平方根 (SRSS) 法、又は 組合せ係数法 (組合せ係 数0.4) による。
機器・ 配管系	①、③	S	設計用 床応答曲線 $S_s$	設計用 床応答曲線 $S_s$	(注4) 荷重の組合せは、二乗和 平方根 (SRSS) 法による。

(注1) 重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分。

- ①：常設耐震重要重大事故防止設備
- ②：①が設置される重大事故等対処施設
- ③：常設重大事故緩和設備
- ④：③が設置される重大事故等対処施設

(注2) 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスを示す。なお、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。

(注3) 水平地震動と鉛直地震動を同時に考慮した解析結果を用いてもよいものとする。

(注4) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

### 3. 構造強度

#### 3.1 構造強度上の制限

申請施設の耐震設計については、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.1 構造強度」に示す考え方に基づき、重大事故等対処施設の施設区分に応じた設計用地震力が加わった場合、これらに生じる応力とその他の荷重によって生じる応力の合計値等を許容限界以下とする設計とする。

許容限界は、施設の種類及び用途を考慮し、安全機能が維持できるように十分に余裕を見込んだ値とする。

地震力による応力とその他の荷重による応力の組合せに対する許容値は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-9「機能維持の基本方針」に基づくものとし、今回申請施設に適用するものを第3-1表に示す。また、建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有する設計とする。支持性能が必要となる施設の基礎地盤については、接地圧が安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の支持力度と比べて妥当な余裕を有する設計とし、重大事故等対処施設の施設区分に応じた許容限界を設定する。

耐震設計においては、地震力に加えて、自然条件として風荷重及び積雪荷重を組み合わせる。風荷重及び積雪荷重の設定フローを第3-1図に示す。風荷重については屋外に設置されている施設のうち、鉄筋コンクリート構造物などの自重が大きい施設を除いて、風荷重の影響が地震力と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、地震力と組み合わせる。また、積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物など常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力と組み合わせる。第3-2表に施設の区分ごとの、風荷重及び積雪荷重の組合せを示す。

通常運転時の状態、運転時の異常な過渡変化時の状態及び事故時の状態については、次のように定義される運転状態Ⅰ、運転状態Ⅱ、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ及び運転状態Ⅴのそれぞれの状態として考慮する。



- (1) 「運転状態Ⅰ」とは、発電用原子炉施設の通常運転時の状態をいう。ここで通常運転とは、運転計画等で定める起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替等の発電用原子炉施設の運転をいう。
- (2) 「運転状態Ⅱ」とは、運転状態Ⅰから逸脱した運転状態であって、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ、運転状態Ⅴ及び試験状態以外の状態をいう。「試験状態」とは、耐圧試験により発電用原子炉施設に最高使用圧力を超える圧力が加えられている状態をいう。
- (3) 「運転状態Ⅲ」とは、発電用原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態をいう。
- (4) 「運転状態Ⅳ」とは、発電用原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態をいう。
- (5) 「運転状態Ⅴ」とは、発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、又は重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる運転状態をいう。

運転状態と事故等の関係について、以下に示す。

運転状態と事故等の関係

(通常運転状態)	運転状態Ⅰ
運転時の異常な過渡変化状態	運転状態Ⅱ
	運転状態Ⅲ
事故状態	運転状態Ⅳ
重大事故に至るおそれがある事故、又は重大事故の状態	運転状態Ⅴ

第3-1表 荷重の組合せ及び許容限界

(1) 建物・構築物

(重大事故等対処施設)

(注1) 設備分類 施設区分	(注2) 耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容限界	
			建物・構築物	基礎地盤の 支持性能
①	S	$G+P+A+K_s$	要求機能が維持されることとする。	地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

A : 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のある事象による荷重、又は重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち長期的な荷重

$K_s$  : 基準地震動 $S_s$ による地震力

(注1) 重大事故等対処施設の施設区分

① : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設

(注2) 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスを示す。なお、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。



## (2) 機器・配管系

### a. 記号の説明

- D : 死荷重
- $P_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- $M_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
- $P_{SAD}$  : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重
- $M_{SAD}$  : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重
- $S_s$  : 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力
- $S_c$  : 耐震クラスの設備に適用される静的地震力
- $III_{AS}$  : JSME S NC1-2005/2007の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $IV_{AS}$  : JSME S NC1-2005/2007の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $V_{AS}$  : 運転状態Ⅴ相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $C_{AS}$  : 耐震クラス設備の地震時の許容応力状態
- $S_y$  : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表8に規定される値
- $S_u$  : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表9に規定される値
- $S_m$  : 設計応力強さ JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表1に規定される値 ただし、耐圧部テンションボルトにあつてはJSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表2に規定される値
- S : 許容引張応力 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表5又は表6に規定される値
- F : JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)により規定される値
- $F^*$  : F値を求める際において、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.3の規定に従い、 $S_y$ 及び $S_y$ (RT)を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y$ (RT)と読み替えた値

- $f_t$  : 許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)により規定される値 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3131(1)により規定される値
- $f_s$  : 許容せん断応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(2)により規定される値 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3131(2)により規定される値
- $f_c$  : 許容圧縮応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(3)により規定される値
- $f_b$  : 許容曲げ応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(4)により規定される値
- $f_p$  : 許容支圧応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(5)により規定される値
- $f_t^*, f_s^*, f_c^*, f_b^*, f_p^*$  : 上記の $f_t, f_s, f_c, f_b, f_p$ の値を算出する際にJSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中 $S_y$ 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.3及び3133)
- ただし、その他の支持構造物の上記 $f_t \sim f_p^*$ においては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)aのF値は、次に定める値とする。
- $S_y$ 及び $0.7S_0$ のいずれか小さい方の値 ただし、使用温度が $40^\circ\text{C}$ を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、 $1.35S_y$ 、 $0.7S_0$ 又は $S_y(RT)$ のいずれか小さい方の値
- なお、 $S_y(RT)$ は $40^\circ\text{C}$ における設計降伏点の値
- $T_L$  : 形式試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重 (N)  
 (同一仕様につき3個の試験の最小値又は1個の試験の90%)
- $S_{yd}$  : 最高使用温度における設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表8に規定される値
- $S_{yt}$  : 試験温度における設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表8に規定される値



b. 荷重の組合せ及び許容応力

(a) 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備の機器・配管系

1. 重大事故等クラス2容器 (クラス2、3容器)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)</sup>		
		一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力	一次+二次+ピーク応力
$D+P_D+M_b+Ss$	$IV_{AS}$			
$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として 右に示す $IV_{AS}$ の許容限界を 用いる。)	$0.6S_u$	左欄の1.5倍の値	<sup>(注2)</sup> Ss地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。

(注1) 座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注2)  $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300 (同PVB-3313を除く。また、 $S_m$ は $2/3S_y$ に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

ロ. 重大事故等クラス2配管 (クラス2、3配管)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界		
		一次一般膜応力	一次膜応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力 ピーク応力
$D+P_D+M_D+Ss$	$IV_A S$	$0.6S_{ui}$ (注1)	左欄の1.5倍の値	<sup>(注2)</sup> $Ss$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。
$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	$V_A S$ ( $V_A S$ として 右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。)			

(注1) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態 $III_A S$ の一次一般膜応力の許容値 ( $S_y$ と $0.6S_{ui}$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2 $S$ との大きい方) の0.8倍の値とする。

(注2)  $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NCI-2005/2007 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。また、 $S_m$ は $2/3S_y$ に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

ハ. 重大事故等クラス2ポンプ (クラス2、3、その他のポンプ)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界		
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力 ピーク応力
$D+P_D+M_D+Ss$	$IV_{AS}$			
$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として 右に示す $IV_{AS}$ の許容限界を 用いる。)	$0.6S_u$	左欄の1.5倍の値	(注1) Ss地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係 数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動 値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。

(注1)  $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300 (同PVB-3313除く。また、 $S_m$ は $2/3S_y$ に読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。



ニ. 重大事故等クラス2支持構造物 (クラス2、3支持構造物)

荷重の 組合せ	許容応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)										許容限界 (ボルト等) (注8)	形式試験に よる場合											
		一 次 応 力					一 次 + 二 次 応 力																	
		引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	(注7) 座屈			引張	せん断									
D+P <sub>D</sub> +M <sub>b</sub> +Ss	IV <sub>A</sub> S																							
D+P <sub>SAD</sub> +M <sub>SAD</sub> +Ss	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を 用いる。)	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *					3f <sub>t</sub> (注4) 3f <sub>s</sub>	せん断 (注5) 3f <sub>b</sub>	支圧 (注6) 1.5f <sub>p</sub> *	(注5) (注6) 1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	T <sub>L</sub> × 0.6 × $\frac{S_{yd}}{S_{yt}}$							

(注1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」 (2002年日本建築学会) 等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注5) JSME S NC1-2005/2007 SSB-312I.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注7) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注8) コンクリートに埋込まれるアンカーボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであつて、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、IV<sub>A</sub>Sの許容応力を一次引張応力に対しては1.5f<sub>t</sub>、一次せん断応力に対しては1.5f<sub>s</sub>として応力評価を行う。

ホ. その他の支持構造物（重大事故等対処施設）

荷重の 組合せ	許容応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (注9) (ボルト以外)										許容限界 (注2) (注8) (ボルト等)	形式試験に よる場合	
		一 次 応 力					一 次 + 二 次 応 力							
		引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈 (注7)			引張
D + P <sub>b</sub> + M <sub>b</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	3f <sub>t</sub>	3f <sub>s</sub>	3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	T <sub>L</sub> × 0.6 × $\frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
D + P <sub>SMD</sub> + M <sub>SMD</sub> + S <sub>s</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を 用いる。)	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	(注4) 3f <sub>s</sub>	(注5) 3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	T <sub>L</sub> × 0.6 × $\frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

(注1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注5) JSME S NCI-2005/2007 SSB-312L.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注7) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注8) コンクリートに埋込まれるアンカーボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであつて、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、IV<sub>A</sub>Sの許容応力を一次引張応力に対しては1.5f<sub>t</sub>、一次せん断応力に対しては1.5f<sub>s</sub>として応力評価を行う。

(注9) 電気計装設備のうち電気盤の主体構造等骨組構造物の評価においても準用する。



#### ハ. 埋込金物

荷重の組合せに対する許容応力状態は、埋込金物が支持する支持構造物と同等とする。また、重大事故等対処施設における許容応力状態 $V_{AS}$ の許容限界については、許容応力状態 $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。

##### (イ) 鋼構造物の許容応力

鋼構造物の許容応力は次による。

- i. 埋込板、アンカーフレーム、スタッド等は、その他の支持構造物（ボルト以外）の規定による。
- ii. アンカーボルトはその他の支持構造物（ボルト等）の規定による。

##### (ロ) コンクリート部の許容基準

コンクリート部分の強度評価における許容荷重はJEAG4601-1991追補版に基づき、次のとおりとする。

また、アンカー部にじん性が要求される場合にあつては、原則として基礎ボルトが先に降伏するような設計とする。

##### i. 基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価

###### (i) コンクリートにせん断補強筋がない場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は、以下に示すコンクリート部の引張荷重に対する許容値以下となるようにする。

$$p \leq p_a = \min(p_{a1}, p_{a2})$$

ここに

$$p_{a1} = 0.31K_1 A_c \sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2 \alpha_c A_0 F_c$$

$p$  : 基礎ボルト1本当当たりの引張荷重 (N)

$p_a$  : 基礎ボルト1本当当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N)

$p_{a1}$  : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト1本当当たりの許容引張荷重 (N)

$p_{a2}$  : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト1本当当たりの許容引張荷重 (N)

$K_1$  : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数

$K_2$  : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 ( $\text{mm}^2$ )

$\alpha_c$  : 支圧面積と有効投影面積から定まる定数、 $=\sqrt{A_c/A_0}$   
かつ10以下

$A_0$  : 支圧面積 ( $\text{mm}^2$ )

また、各許容応力状態に対するコーン状破壊耐力及び支圧破壊耐力の低減係数 ( $K_1$ 及び $K_2$ ) の値を以下に示す。

荷重の組合せ	許容応力状態	コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 ( $K_1$ )	支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 ( $K_2$ )
$D+P_D+M_D+S_d$	$\text{III}_{AS}$	0.45	2/3
$D+P_D+M_D+S_s$	$\text{IV}_{AS}$	0.6	0.75

(ii) コンクリートにせん断補強筋を配する場合

コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積の範囲内にせん断補強筋を配する場合、鉄筋比が0.4%以上あれば許容応力状態 $\text{IV}_{AS}$ におけるコンクリート部の引張強度は、(i)の場合の1.5倍の強度を有するものとして評価することができる。

$$\text{鉄筋比} : P_t = \frac{\sum A_w}{A_c} \quad \begin{array}{l} A_w : \text{せん断補強筋断面積} (\text{mm}^2) \\ A_c : \text{有効投影面積} (\text{mm}^2) \end{array}$$

ii. 基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価  
荷重の算定で得られた基礎ボルトのせん断荷重は、以下に示すコンクリート部のせん断荷重に対する許容値以下になるようにする。

$$q \leq q_a = \min(q_{a1}, q_{a2})$$

ここに

$$q_{a2} = 0.5K_3 A_b \sqrt{E_c F_c}$$

$$q_{a2} = 0.31K_4 A_{c1} \sqrt{F_c}$$

$q$  : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重 (N)

$q_a$  : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)

- $q_{a1}$  : 基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊（複合破壊）する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)  
 $q_{a2}$  : へり側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)  
 $K_3$  : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数  
 $K_4$  : へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数  
 $A_b$  : 基礎ボルトの谷径断面積（スタッドの場合は軸部断面積）(mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $a$  : へりあき距離 (mm)  
 $A_{c1}$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $=\pi a^2/2$

ただし、 $\sqrt{E_c F_c}$  の値は、500N/mm<sup>2</sup>以上、880N/mm<sup>2</sup>以下とする。また、880N/mm<sup>2</sup>を超える場合は、 $\sqrt{E_c F_c} = 880\text{N/mm}^2$ として計算する。  
 また、各許容応力状態に対するせん断耐力の低減係数( $K_3$ 及び $K_4$ )の値を以下に示す。

荷重の組合せ	許容応力状態	複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数 ( $K_3$ )	へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数 ( $K_4$ )
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	0.6	0.45
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	0.8	0.6

iii. 基礎ボルトが引張、せん断の組合せ荷重を受ける場合のコンクリートの評価

基礎ボルトが引張、せん断の組合せ荷重を受ける場合、それらの組合せ荷重が以下に示すコンクリート部の引張荷重及びせん断荷重の組合せに対する許容値以下となるようにする。

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1$$



ここに

$p_a$  : 引張荷重のみに対する基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N)

$$= \min(p_{a1}, p_{a2})$$

$q_a$  : せん断荷重のみに対する基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)

$$= \min(q_{a1}, q_{a2})$$

$p$  : 基礎ボルト1本当たりの引張荷重 (N)

$q$  : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重 (N)

#### iv. コンクリート部の面内せん断力が大きい場合の評価

鉄筋コンクリート造建物・構築物において、耐震要素として地震時に生じる力を負担させる壁（以下「耐震壁」という。）において地震力による各層の面内せん断ひずみ度又は面内せん断力が著しく大きい場合は、鉄筋コンクリート造壁の機器・配管に対する支持機能の評価に、下記の許容限界を用いることとする。

##### (i) 耐震壁の面内せん断ひずみ度と基礎ボルトの面外引張力に関する許容限界の目安値

地震力による各層の面内せん断ひずみ度  $\gamma$  と機器・配管のアンカー部に作用する面外の引張力  $p$  を  $p_u$  で除した値  $p/p_u$  が、以下に示す図の網かけ部の許容限界ゾーン内にあることとする。

ここで、 $p_u$  は定着部のコンクリートのコーン状破壊耐力で、下記の式による。また、面内せん断ひずみ度  $\gamma$  は、JEAG4601 で定まる復元力特性を用いた応答解析結果に基づく値とする。

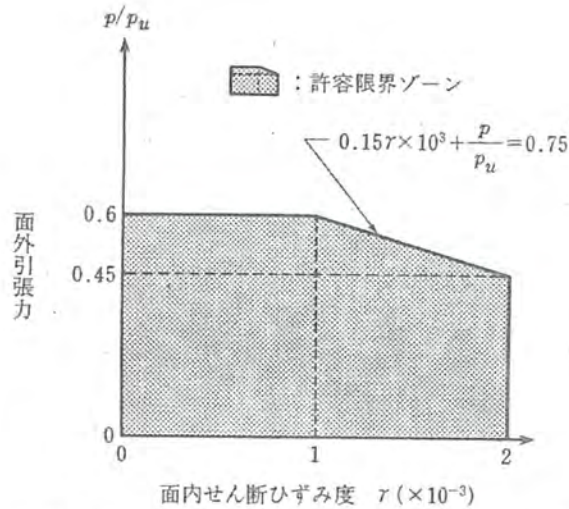
$$p_u = 0.31A_c \sqrt{F_c}$$

ここに

$p_u$  : 定着部のコンクリートのコーン状破壊耐力 (N)

$A_c$  : 有効投影面積（「i. 基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価」参照）(mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)



面内せん断ひずみ度と面外引張力に関する許容限界ゾーン

(ii) 耐震壁の面内せん断力と基礎ボルトの面外引張力に関する許容限界の目安値

地震力による各層の面内せん断力 $Q$ を終局せん断耐力 $Q_u$ で除した値 $Q/Q_u$ と前記の $p/p_u$ が、以下に示す図の網かけ部の許容限界ゾーン内にあることを目安とする。

ここで、 $Q_u$ は各層の終局せん断耐力で、下記の式による。

$$Q_u = \tau_u A_s$$

ここに

$$\tau_u = \begin{cases} \left\{ 1 - \tau_s / (1.4\sqrt{F_c}) \right\} \tau_0 + \tau_s & (\tau_s < 1.4\sqrt{F_c}) \\ 1.4\sqrt{F_c} & (\tau_s \geq 1.4\sqrt{F_c}) \end{cases}$$

$$\tau_0 = (0.94 - 0.56M/QD)\sqrt{F_c}$$

ただし、 $M/QD > 1$ のとき、 $M/QD = 1$ とする。

$$\tau_s = (P_V + P_H)\sigma_y / 2 + (\sigma_V + \sigma_H) / 2$$

$Q_u$  : 終局せん断耐力 (N)

$\tau_u$  : 終局せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_s$  : 有効せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_V$  : 縦筋比

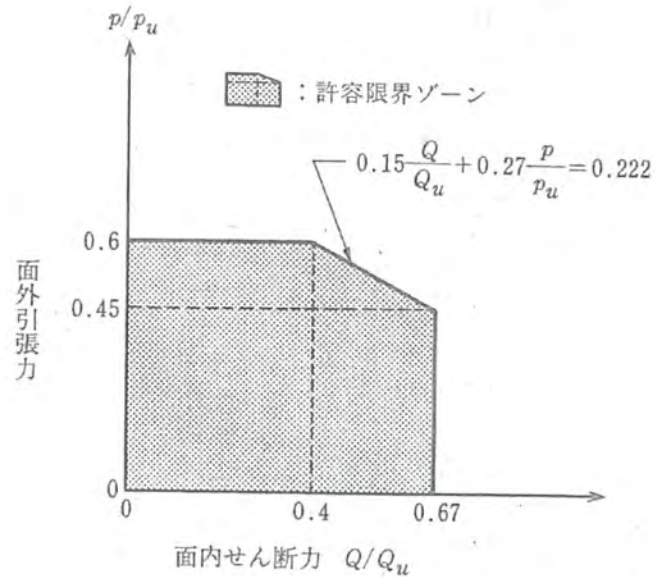
$P_H$  : 横筋比

$\sigma_V$  : 縦軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_H$  : 横軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 鉄筋の降伏応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

- D : 引張、圧縮フランジの芯々間距離 (mm)  
 (ボックス壁であれば地震荷重加力方向の壁長、  
 円筒壁の場合は外径)
- Q : 当該耐震壁面内せん断力 (N)
- M : 当該耐震壁曲げモーメント (N・mm)



面内せん断力と面外引張力に関する許容限界ゾーン

v. コンクリートの許容圧縮応力度

コンクリートの許容圧縮応力度は下の表に示す値とする。

(N/mm<sup>2</sup>)

荷重の組合せ	許容応力 状 態	許容圧縮応力度
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>D</sub>	III <sub>A</sub> S	2/3F <sub>C</sub>
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>S</sub>	IV <sub>A</sub> S	0.75F <sub>C</sub>

(注) F<sub>C</sub> : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)



vi. コンクリートの許容せん断応力度

コンクリートの許容せん断応力度は下の表に示す値とする。

(N/mm<sup>2</sup>)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容せん断応力度
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \times \min \left[ \frac{1}{30} F_c, \left( 0.49 + \frac{1}{100} F_c \right) \right]$
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \times \min \left[ \frac{1}{30} F_c, \left( 0.49 + \frac{1}{100} F_c \right) \right]$

vii. 異形鉄筋を用いる場合のコンクリートに対する許容付着応力度

異形鉄筋を用いる場合のコンクリートに対する許容付着応力度は下の表に示す値とする。

(N/mm<sup>2</sup>)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容付着応力度
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \times \min \left[ \frac{1}{10} F_c, \left( 1.35 + \frac{1}{25} F_c \right) \right]$
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \times \min \left[ \frac{1}{10} F_c, \left( 1.35 + \frac{1}{25} F_c \right) \right]$

(注) コンクリートの沈下により異形鉄筋下面の付着が悪くなると考えられる場合は許容付着応力度を2/3の値とする。

viii. コンクリートの許容支圧応力度

コンクリートの許容支圧応力度は下の表に示す値とする。

(N/mm<sup>2</sup>)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容支圧応力度
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$f'_c = f_c \sqrt{A_c/A_1}$
D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	かつ $f'_c \leq 2 f_c$ 及び $f'_c \leq F_c$

(注)  $f_c$  : コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_1$  : 局部圧縮を受ける面積 (支圧面積)

$A_c$  : 支圧端から離れて応力が一様分布となったところの面積 (支承面積)

ix. 引抜き力及び押抜き力に対するコンクリートの許容せん断応力度

スタッド、アンカーボルト等の引抜き力及びベースプレートの押抜き（パンチング）力によってコンクリートに生ずる各許容応力状態におけるせん断応力度  $\tau_p$  は次式により計算し、vi. に示す許容せん断応力度より低いことを確認する。

$$\tau_p = \frac{P}{\alpha_D b_0 j}$$

ここで

P : 引抜き力又は押抜き力 (N)

$\alpha_D$  : 1.5 (定数)

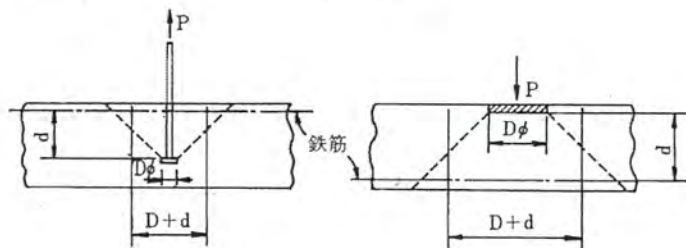
$b_0$  : せん断力算定断面の延べ幅 (mm)

j :  $(7/8)d$  (mm)

d : せん断力算定断面の有効せい (mm)

ただし、せん断力算定断面は次のように考える。

(スタッド、アンカーボルトの引抜きの例、ただし $b_0 = \pi(D+d)$ )	(ベースプレートの押抜きの例、ただし $b_0 = \pi(D+d)$ )
--	---------------------------------------



また、本評価法以外に、「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」の「2.9.4章 埋込金物の許容応力」の解説(7).bに示される米国コンクリート学会の規定を用いる場合もある。



(ハ) 形式試験による場合

埋込金物に対し形式試験により標準設計荷重を求める場合は次による。

- i. 試験個数は、同一仕様のもを、荷重種別（引張、曲げ、せん断）ごとに最低3個とする。
- ii. 埋込金物の変形により支持構造物としての機能を喪失する限界の荷重を $T_L$  (Test-Load) とする。ただし、埋込板のごとく荷重による変形の発生と破壊との判別がつきにくいものにあつては破壊荷重を $T_L$ とする。
- iii. 許容荷重は、3個の $T_L$ のうち最小値を $(T_L)_{\min}$ とし下の表により求める。ただし、最小値が他の2個の $T_L$ に比べ過小な場合は、新たに3個の $T_L$ を求め、合計6個の $T_L$ の中で後から追加した3個の $T_L$ の最小値が最初の3個の $T_L$ の最小値を上回った場合は、合計6個の $T_L$ の最小値をはぶき2番目に小さい $T_L$ を $(T_L)_{\min}$ とする。ただし、下回った場合は、最小値を $(T_L)_{\min}$ とする。

荷重の組合せ	許容応力状態	許容荷重
$D+P_D+M_D+S_d$	Ⅲ <sub>A</sub> S	$(T_L)_{\min} \times 1/2$
$D+P_D+M_D+S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$(T_L)_{\min} \times 0.6$

(ニ) スタッドの評価

スタッドの評価においては、せん断耐力の評価式を規定している日本建築学会「各種合成構造設計指針」設計式 (AIJ式) を用いることができる。

(ホ) メカニカルアンカー、ケミカルアンカーの許容応力

建屋施工後に設置する後打ちアンカーには、メカニカルアンカー及びケミカルアンカーがあり、その許容値は、「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会、2010年改定）に基づき以下の通りとする。

i. メカニカルアンカー

「各種合成構造設計指針・同解説 第4編 各種アンカーボルト設計指針・解説 資料5 金属拡張アンカーボルトの設計」に基づき設計する。

(i) 引張力を受ける場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は以下に示す許容荷重 $p_a$ 以下となるようにする。

$$p_a = \min(p_{a1}, p_{a2})$$

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c \sigma_t \cdot A_c$$

ここで、

$p_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重 (N)

$p_{a2}$  : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容引張荷重 (N)

$\alpha_c$  : 施工のバラツキを考慮した低減係数で、  
 $\alpha_c = 0.75$ とする。

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数であり、以下の表に従う。

	$\phi_1$	$\phi_2$
短期荷重用	1.0	2/3

$s \sigma_{pa}$  : ボルトの引張強度で、 $s \sigma_{pa} = s \sigma_y$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$s \sigma_y$  : ボルトの降伏点強度であり、 $s \sigma_y = S_y$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$s c a$  : ボルト各部の最小断面積 (mm<sup>2</sup>) 又はこれに接合される鋼材の断面積で危険断面における値

$c \sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度で  
 $c \sigma_t = 0.31 \sqrt{F_c}$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積で、  
 $A_c = \pi \cdot l_{ce} (l_{ce} + D)$ とする。(mm<sup>2</sup>)

$D$  : アンカーボルト本体の直径 (mm)

$l$  : アンカーボルトの埋込み深さで、母材表面から拡張部先端までの距離 (mm)

$l_{ce}$  : 強度算定用埋込み深さで  $l_{ce} = \begin{cases} l, & l < 4D \\ 4D, & l \geq 4D \end{cases}$  (mm)

(ii) せん断力を受ける場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトのせん断荷重は以下に示す許容荷重 $q_a$ 以下となるようにする。

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$$

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで、

$q_{a1}$  : ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重 (N)

$q_{a2}$  : コンクリートの支圧強度により決まる許容せん断荷重 (N)

$q_{a3}$  : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容せん断荷重 (N)

$s \cdot \sigma_{qa}$  : ボルトのせん断強度で、 $s \cdot \sigma_{qa} = 0.7 s \cdot \sigma_y$  とする。 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_c a$  : ボルトのコンクリート表面における断面積 (mm<sup>2</sup>)

$c \cdot \sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で

$$c \cdot \sigma_{qa} = 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c} \text{ とする。 (N/mm}^2\text{)}$$

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{qc}$  : せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で、 $A_{qc} = 0.5 \pi c^2$  とする。 (mm<sup>2</sup>)

$c$  : へりあき寸法 (mm)

(iii) 組合せ

基礎ボルトが引張荷重 $p$ 及びせん断荷重 $q$ の組合せ荷重を受ける場合、以下となるようにする。

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1$$

ii. ケミカルアンカー

「各種合成構造設計指針・同解説 第4編 各種アンカーボルト設計指針・解説 4.5 接着系アンカーボルトの設計」に基づき設計する。

(i) 引張力を受ける場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は以下に示す許容荷重 $p_a$ 以下となるようにする。



$$p_a = \min(p_{a1}, p_{a3})$$

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_{ca}$$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

ここで、

$p_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重 (N)

$p_{a3}$  : ボルトの付着力により決まる許容引張荷重 (N)

$\phi_1, \phi_3$  : 低減係数であり、以下の表に従う。

	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$
短期荷重用	1.0	2/3	2/3

$s \cdot \sigma_{pa}$  : ボルトの引張強度で、 $s \cdot \sigma_{pa} = s \cdot \sigma_y$ とする。

ただし、ボルトの降伏を保証する場合の上限引張力を算定するときは、 $s \cdot \sigma_{pa} = \alpha_{yu} \cdot s \cdot \sigma_y$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$s \cdot \sigma_y$  : ボルトの降伏点強度であり、 $s \cdot \sigma_y = S_y$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha_{yu}$  : ボルトの材料強度のばらつきを考慮した降伏点強度に対する割増係数であり、1.25以上を用いる。

$s_{ca}$  : ボルトの断面積で、軸部断面積とねじ部断面積の小さい方の値 (mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : ボルトの径 (mm)

$l_{ce}$  : ボルトの強度算定用埋込み深さで  $l_{ce} = l_e - 2d_a$ とする。(mm)

$l_e$  : ボルトの有効埋込み深さ (mm)

$\tau_a$  : ボルトの付着強度で  $\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

ここで、

$\alpha_n$  : へりあき及びボルトピッチによる付着強度の低減係

数で  $\alpha_n = 0.5 \left( \frac{c_n}{l_e} \right) + 0.5$ とする。(n=1, 2, 3)ただし、

$(c_n/l_e) \geq 1.0$ の場合は  $(c_n/l_e) = 1.0$ 、 $l_e \geq 10d_a$ の場合は  $l_e = 10d_a$ とする。

$c_n$  : へりあき寸法又はボルトピッチaの1/2で、最も小さくなる寸法3面までを考慮する。

$\tau_{bavg}$  : ボルトの基本平均付着強度であり、接着剤及び充填方式により以下の表に従う。

	カプセル方式		注入方式
	有機系	無機系	有機系
普通コンクリート	$10\sqrt{F_c/21}$	$5\sqrt{F_c/21}$	$7\sqrt{F_c/21}$

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

(ii) せん断力を受ける場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトのせん断荷重は以下に示す許容荷重 $q_a$ 以下となるようにする。

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$$

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで、

$q_{a1}$  : ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重 (N)

$q_{a2}$  : コンクリートの支圧強度により決まる許容せん断荷重 (N)

$q_{a3}$  : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容せん断荷重 (N)

$\phi_2$  : 低減係数であり、(i)において示す表に従う。

$s \sigma_{qa}$  : ボルトのせん断強度で、 $s \sigma_{qa} = 0.7 s \sigma_y$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$c \sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で、 $c \sigma_{qa} = 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$c \sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 $c \sigma_t = 0.31 \sqrt{F_c}$ とする。(N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{qc}$  : せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で、 $A_{qc} = 0.5 \pi c^2$ とする。(mm<sup>2</sup>)

$c$  : へりあき寸法 (mm)

また、ボルトの有効埋込み長さ $l_e$ が以下となるようにする。

$$l_e \geq \frac{s \sigma_{pa} \cdot d_a}{4 \tau_a}$$

(iii) 組合せ

基礎ボルトが引張荷重 $p$ 及びせん断荷重 $q$ の組合せ荷重を受ける場合、以下となるようにする。

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1$$



(b) 火災感知設備及び消火設備

イ. クラス3容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許 容 限 界	
			一次一般 膜 応 力	一次応力
C	$D + P_D + M_D + S_C$	$C_A S$	$S_y$ と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。	$S_y$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。

ロ. クラス3配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許 容 限 界	
			一次一般 膜 応 力	一次応力
C	$D + P_D + M_D + S_C$	$C_A S$	$S_y$ と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。	$S_y$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。

(注) 軸力による全断面平均応力については本欄の0.8倍の値とする。

ハ. その他の支持構造物

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 (注1) (注2) (ボルト以外)										形式試験による場合	
			一次応力					一次+二次応力						(注2) (注6) 許容限界 (ボルト等)
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈		
C	$D+P_b+M_b+S_c$	$C_A S$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$1.5f_c$	$1.5f_b$	$1.5f_p$	$3f_t$	$3f_s$	$3f_b$	$1.5f_p$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

(注1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) すみ肉溶接部に対しては最大応力に対して $1.5f_s$ とする。

(注4) JSME S NCI-2005/2007 SSB-3121.1(4)により求めた $f_b$ とする。

(注5) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注6) コンクリートに埋込まれるアンカーボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、許容応力を一次引張応力に対しては $f_t$ 、一次せん断応力に対しては $f_s$ として応力評価を行う。

ニ. 埋込金物

許容応力状態 $C_A S$ は、(a) へ. の許容応力状態 $III_A S$ を準用する。

ただし、許容応力状態 $C_A S$ でのコンクリート許容圧縮応力度の値は $1/2F_c$ とする。

(3) 地盤

(火災感知設備及び消火設備)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )
C	G+P+K <sub>C</sub>	短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K<sub>C</sub> : 耐震Cクラスの施設に適用される静的地震力

(重大事故等対処施設)

(注1) 設備分類 施設区分	(注2) 耐震 クラス	荷重の組合せ	支持性能
①、②、③、④	S	G+P+K <sub>S</sub>	極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K<sub>S</sub> : 基準地震動S<sub>s</sub>による地震力

(注1) 重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

① : 常設耐震重要重大事故防止設備

② : ①が設置される重大事故等対処施設

③ : 常設重大事故緩和設備

④ : ③が設置される重大事故等対処施設

(注2) 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスを示す。なお、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。



第3-2表 地震力と風荷重及び積雪荷重の組合せ

(1) 考慮する荷重の組合せ

(○：考慮する荷重を示す。)

	施設の配置	荷重	
		風荷重 ( $P_k$ )	積雪荷重 ( $P_s$ )
建物・構築物	屋内	—	—
	屋外	○ <sup>(注1)</sup>	○ <sup>(注2)</sup>
機器・配管系	屋内	—	—
	屋外	○ <sup>(注1)</sup>	○ <sup>(注2)</sup>

(注1) 屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物などの自重が大きい施設を除く。

(注2) 積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物など常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除く。

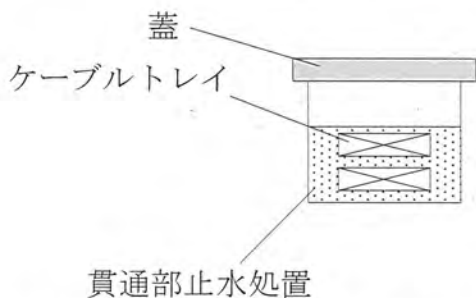
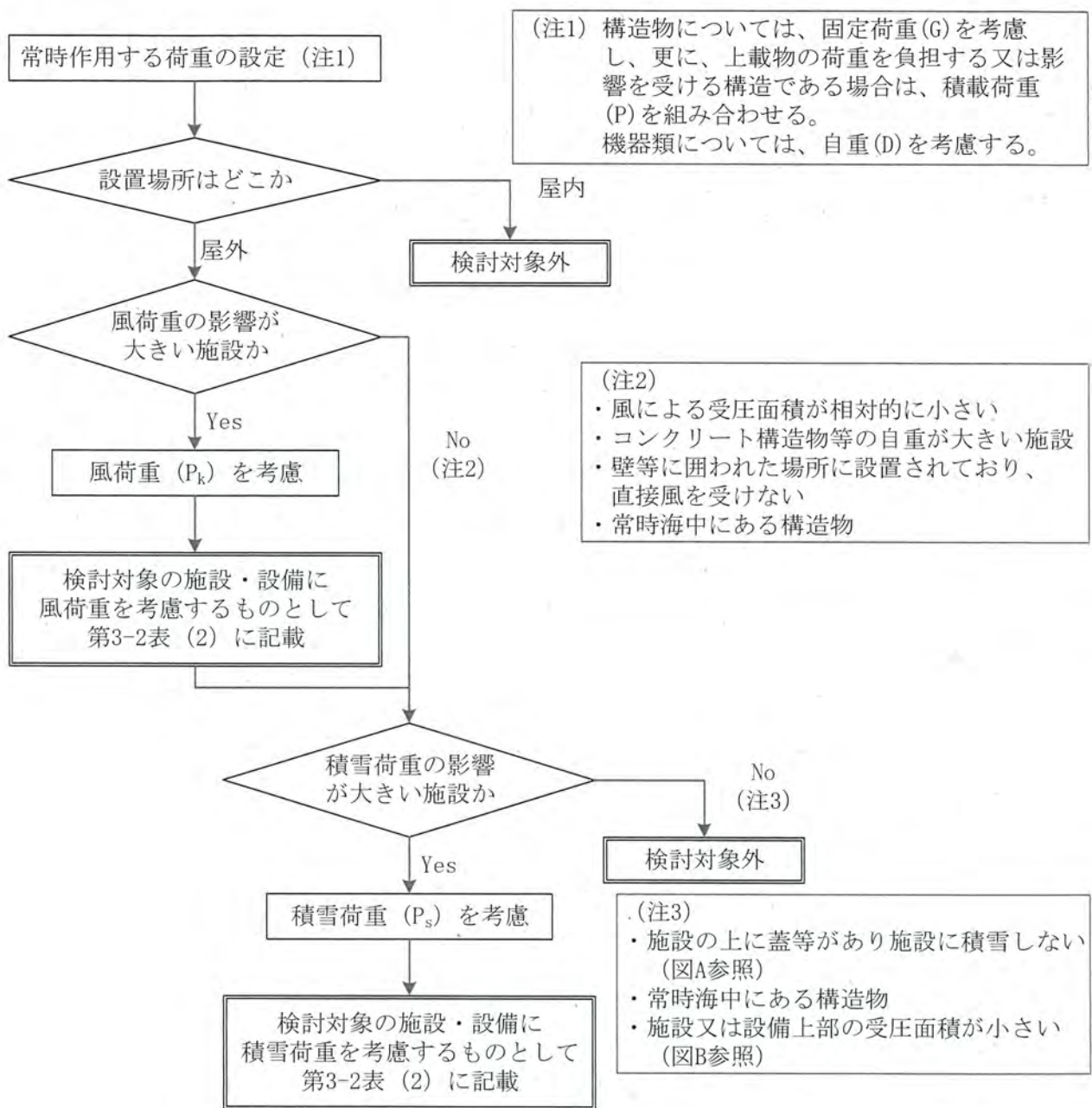
(2) 検討対象の施設・設備

	施設・設備	
	風荷重 <sup>(注1)</sup>	積雪荷重 <sup>(注1)</sup>
建物・構築物	—	・非常用ガスタービン発電機建屋 <sup>(注2)</sup>
機器・配管系	—	—

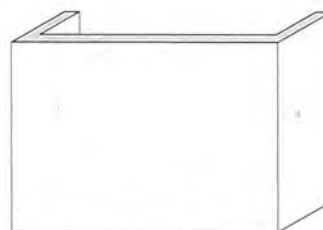
(注1) 荷重については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料2-1-1「耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」の「4. 組合せ」のとおり、風荷重については風速34m/s、積雪荷重については積雪高さ20cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し、適切に算出する。

(注2) 積雪荷重が積載荷重に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せを考慮する。





図A：蓋等により積雪しない場合の例



図B：上部の受圧面積が小さい場合の例

第3-1図 耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フロー

### 3.2 変位、変形の制限

発電用原子炉施設として設置される建物・構築物、機器・配管系の設計に当たっては、剛構造とすることを原則としており、地震時にこれらに生じる応力を許容応力値以内に抑えることにより、変位、変形に対しては特に制限を設けなくても機能は十分維持されると考えられる。

しかしながら、地震により生起される変位、変形に対し設計上の注意を要する部分については以下のような配慮を行い、設備の機能維持が十分果たされる設計とする。

#### (1) 建屋間相対変位に対する配慮

異なった建屋間を渡る配管等の設計においては、十分安全側に算定された建屋間相対変位に対し、配管ルート、支持方法又は伸縮継手の採用などでこれを吸収できるよう配慮する。

## 4. 機能維持

### 4.1 動的機能維持

動的機能が要求される機器は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1) 動的機能維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持する必要がある。このため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、その機能種別により回転機器及び弁に分類し、それぞれについて、以下の方法により機能維持を満足する設計とする。

#### (1) 回転機器及び弁

地震時及び地震後に動作機能の維持が要求される回転機器及び弁については、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震時の応答加速度が、加振試験等の既往の研究等によって機能維持を確認した加速度（以下「動的機能確認済加速度」という。）以下とする設計とするか、若しくは応答加速度による解析等により機能維持を満足する設計とする。地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度を超える場合には、詳細検討により機能維持を満足する設計とする。標準的な機種種の動的機能確認済加速度を第4-1表に示す。この機能確認済加速度には、電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（H22～H24）」の研究結果<sup>\*1</sup>より得られた動的機能確認済加速度を含む。

第4-1表に記載の機種種以外については、地震時の応答加速度が、以下に示すいずれかの試験によって得られる機能維持を確認した加速度以下であること、若しくは既往知見に基づいた解析により機能維持を満足する設計とする。

- ・地震動を模擬した加振試験
- ・設備が十分に剛であることを踏まえた地震動による応答を模擬した静的荷重試験

具体的な動的機能維持評価について、以下に示す。

#### a. 重大事故等クラス2ポンプ（クラス2、3、その他のポンプ）について

地震時及び地震後に動的機能維持を要求されるポンプについては、次のいずれかにより、必要な機能を有することを確認する。

##### (a) 計算による機能維持の評価

静的若しくは動的解析により地震荷重を求め、軸受に負荷する荷重が、軸受の許容荷重以内であることを確認する。

##### (b) 実験による機能維持の評価

地震を模擬した加振試験又は地震時に作用する相当荷重を模擬した静的実験により、機能維持の確認をする。

※1 電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（H22～H24）」では、動的機器の機能確認済加速度の向上を目的とし、以下の検討を行い、これらの結果から、ポンプ、電動機、ファン等の機能確認済加速度及び代表評価項目を見直している。

- ・ JEAG4601-1991追補版及び電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（H10～H13）」以降の研究から得られた知見の調査
- ・ JEAG4601-1991追補版策定において実施した異常要因分析の再確認
- ・ 評価対象機器における基本評価項目の余裕度評価

第4-1表 機能確認済加速度

種別	機種	加速度 確認部位	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平方向	鉛直方向
横形ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	軸位置	4.0 <sup>※1</sup>	2.0 <sup>※1</sup>
電動機	横形ころがり軸受電動機	軸受部	7.0 <sup>※1</sup>	2.0 <sup>※1</sup>

※1：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（H22～H24）」の研究成果による。



#### 4.2 電氣的機能維持

電氣的機能維持が要求される機器については、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(2) 電氣的機能維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持する必要がある。このため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動による応答加速度が各々の盤、器具等に対する加振試験等により機能維持を確認した加速度(以下「電氣的機能確認済加速度」という。)以下であること、あるいは解析による最大発生応力が許容応力以下であることにより、機能維持を満足する設計とする。

上記加振試験では、まず、掃引試験等により固有振動数を確認する。その後、加振試験を実施し、当該機器が設置される床における加速度以上で動作確認を実施する。または、実機を模擬した機器を当該機器が設置される床における模擬地震波により加振して、動作確認を実施する。

#### 4.3 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を支持する機能の維持が要求される施設は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(3) 支持機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、被支持設備が重大事故等対処施設の場合は施設区分に応じた地震動に対して、以下に示すとおり、支持機能を維持する設計とする。

##### (1) 建物・構築物の支持機能の維持

建物・構築物の支持機能の維持については、地震動に対して、被支持設備の機能を維持できる構造強度を確保する設計とする。

具体的にはSクラス設備等支持機能の維持が要求される建物・構築物が鉄筋コンクリート造の場合は、基準地震動 $S_s$ に対して、耐震壁の最大せん断ひずみが「3.1 構造強度上の制限」による許容限界を超えない設計とすること、又は基礎等を構成する部材に生じる応力が「3.1 構造強度上の制限」による許容限界を超えない設計とすることで、Sクラス設備等の支持機能が維持できる設計とする。

耐震壁以外の建物・構築物の部位に関しても、耐震壁がせん断ひずみの許容限界を満足している場合は、耐震壁の変形に追従する建物・構築物の部位の健全性も確保されており、支持機能を確保していると考えられることができる。

また、各建屋間に生じる地震時相対変位について、各建屋が相互に干渉しないよう適切な間隔を設けると同時に、各建屋に渡る設備からの反力に対しても十分な構造強度を確保する設計とする。

# ダクティリティに関する設計方針

工事計画認可申請 資料17-10

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資17-10-1
2. 構造計画 .....	資17-10-2
2.1 建物・構築物 .....	資17-10-2
2.2 機器・配管系 .....	資17-10-2
3. 材料の選択 .....	資17-10-2
4. 耐力・強度等に対する制限 .....	資17-10-2
5. 品質管理上の配慮 .....	資17-10-2

## 1. 概 要

発電所の各施設は、安全性及び信頼性の見地から、通常運転時荷重に対してのみならず地震時荷重等の短時間に作用する荷重に対しても耐えられるよう設計する必要がある。

これらの設計荷重は、強度設計の立場から、安全側の値として定められているが、重要施設の構造安全性を一層高めるためには、その構造体のダクティリティ<sup>※</sup>を高めるように設計することが重要である。

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「8. ダクティリティに関する考慮」に基づき、各施設のダクティリティを維持するために必要と考えられる構造計画、材料の選択、耐力・強度等に対する制限及び品質管理上の配慮を各項目別に説明するものである。なお、構造特性等の違いから、施設を建物・構築物と機器・配管系に分けて示す。

※ 地震時を含めた荷重に対して、施設に生じる応力値等が、ある値を超えた際に直ちに損傷に至らないこと、又は直ちに損傷に至らない能力・特性。

## 2. 構造計画

### 2.1 建物・構築物

非常用ガスタービン発電機建屋の構造形式は、地震時において効果的に水平力を分担させる意図から、計画的に配置した格子状の耐震壁を主要な耐震要素とする鉄筋コンクリート構造である。

また、基礎は、堅硬な岩盤に直接設置し、上部構造物の荷重を支持地盤に伝達させるために十分な剛性を持たせる。

### 2.2 機器・配管系

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-10「ダクティリティに関する設計方針」の「2.2 機器・配管系」によるものとする。

## 3. 材料の選択

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-10「ダクティリティに関する設計方針」の「3. 材料の選択」によるものとする。

## 4. 耐力・強度等に対する制限

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-10「ダクティリティに関する設計方針」の「4. 耐力・強度等に対する制限」によるものとする。

## 5. 品質管理上の配慮

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-10「ダクティリティに関する設計方針」の「5. 品質管理上の配慮」によるものとする。



## 機器・配管の耐震支持方針

工事計画認可申請 資料17-11

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-11-1
2. 機器の支持構造物 .....	資17-11-1
3. 電気計測制御装置の支持構造物 .....	資17-11-1
4. 配管の支持構造物 .....	資17-11-1
5. その他特に考慮すべき事項 .....	資17-11-1

## 1. 概要

機器・配管の耐震設計を行う場合、基本設計条件（耐震重要度、設計温度・圧力、動的・静的機器等）、プラントサイト固有の環境条件（地震、風、雪、気温等）、形状、設置場所等を考慮して各々に適した支持条件（拘束方向、支持反力、相対変位等）を決め、支持構造物を選定する必要がある。また、現地施工性や機器等の運転操作・保守点検の際に支障とならないこと等についても配慮し設計する。

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「9. 機器・配管系の支持方針」に基づき、各々の機器・配管の支持方法及び支持構造物の耐震設計方針を説明するものである。

## 2. 機器の支持構造物

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 機器の支持構造物」によるものとする。

## 3. 電気計測制御装置の支持構造物

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-11「機器・配管の耐震支持方針」の「3. 電気計測制御装置」によるものとする。

## 4. 配管の支持構造物

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-11「機器・配管の耐震支持方針」の「4. 配管の支持構造物」によるものとする。

## 5. その他特に考慮すべき事項

平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-11「機器・配管の耐震支持方針」の「5. その他特に考慮すべき事項」によるものとする。

配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の  
耐震計算について

工事計画認可申請 資料17-12

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-12-1
2. 基本原則 .....	資17-12-2
2.1 解析方法の基本原則 .....	資17-12-2
2.2 耐震計算の基本原則 .....	資17-12-3
2.3 設計の原則及び手順 .....	資17-12-3
3. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の耐震計算について .....	資17-12-4
3.1 概要 .....	資17-12-4
3.2 解析方法 .....	資17-12-4
3.3 3次元はりモデル解析における考慮事項 .....	資17-12-7
4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について .....	資17-12-8
4.1 概要 .....	資17-12-8
4.2 直管部の支持間隔 .....	資17-12-9
4.3 曲がり部の支持間隔 .....	資17-12-12
4.4 集中質量部の支持間隔 .....	資17-12-15
4.5 分岐部の支持間隔 .....	資17-12-17
4.6 支持点の設定方法 .....	資17-12-19
4.7 支持点を設定する上での考慮事項 .....	資17-12-25
4.8 設計上の処置方法 .....	資17-12-28
4.9 標準支持間隔 .....	資17-12-29
5. 支持構造物の耐震計算について .....	資17-12-33
5.1 概要 .....	資17-12-33
5.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法 .....	資17-12-35
5.3 支持装置の選定 .....	資17-12-44
5.4 支持架構の選定 .....	資17-12-48
5.5 埋込板の耐震計算方法 .....	資17-12-50
5.6 埋込板の選定 .....	資17-12-61
5.7 支持構造物の耐震性確認 .....	資17-12-62



## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、配管及びこれに接続される弁並びにこれらの支持構造物の耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

配管の耐震設計を行う場合には、その配管の種別（耐震重要度、外径、温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、資料17-1「耐震設計の基本方針」に基づく設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように耐震性を確保していることを確認する。

配管に接続される弁については、配管より厚肉構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。したがって、弁の耐震計算は、弁質量を付加した配管の耐震計算により包絡される。

配管及びこれに接続される弁の支持構造物については、資料17-11「機器・配管の耐震支持方針」に示す支持構造物の機能で分類した種類の中から使用する条件を満足するように選定し、耐震性が確保できることを確認する。

なお、耐震計算に用いる寸法は、公称値とする。

本資料の適用範囲は、以下の配管、弁及びこれらの支持構造物である。

- ・ 重大事故等クラス2配管（配管として設計するもの）
- ・ 重大事故等クラス2配管（配管として設計するもの）に接続される弁
- ・ 上記の配管及び弁の支持構造物

## 2. 基本原則

本章では、配管の分類とそれに応じた解析方法の基本原則を示すとともに、配管、弁及びこれらの支持構造物の耐震計算の原則並びに設計の原則及び手順を示す。

### 2.1 解析方法の基本原則

配管の耐震設計に関しては、その配管の種別（耐震重要度、外径、設計温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、各々に適した解析方法により耐震計算を行う。

重大事故等対処施設の配管における解析方法の基本原則を第2-1表に示す。

第2-1表 配管の条件と解析方法の基本原則<sup>(注1)</sup>

機器等の区分	配管の条件 <sup>(注2)</sup>	3次元はりモデルによる地震応答解析	熱応力解析	簡易モデルによる地震応答解析（標準支持間隔法）
重大事故等クラス2配管*	最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	○	○	—
	上記以外の配管	△	△	○

(注1) ○印：適用する解析方法。

△印：地震又は熱膨張による変位が大きく標準支持間隔法によることが適切でない場合、解析を行う。

(注2) 配管の条件における対象設備の具体例を第2-2表に示す。

また、応答解析に用いる減衰定数は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に示した値を用いる。

(注3) \*印：重大事故等時の区分を示す。

第2-2表 配管条件における対象設備の例（重大事故等対処施設）

配管の条件	対象設備	対象配管
最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	—	—
上記以外の配管	・非常用電源設備	・燃料設備配管

## 2.2 耐震計算の基本原則

- (1) 配管及び支持構造物の耐震計算はJEAG4601等に基づき、耐震設計を実施する。また、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号）に関する内容については、JSME S NC1-2005/2007に従うものとする。
- (2) JEAG4601に従い、許容応力をJSME S NC1-2005/2007付録材料図表を用いて計算する際は、配管の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、最高使用温度がJSME S NC1-2005/2007付録材料図表に記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算する。なお、地震時の状態と組み合わせる運転状態における使用温度が最高使用温度よりも高い場合は、当該使用温度を用いることとする。

## 2.3 設計の原則及び手順

- (1) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、耐震クラスに応じた地震力に耐え、かつ同時に配管の熱膨張による応力が過大とならないように応力低減を図るものとする。
- (2) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、剛に設計することとし、地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重に対して十分な強度を有するものとする。

### 3. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の耐震計算について

#### 3.1 概要

温度の高い配管は、熱膨張時の変位を配管形状及び支持方法により吸収し、発生応力を抑えるよう柔に設計する必要がある一方で、地震時に配管を拘束し、地震荷重による発生応力を抑えるよう剛に設計する必要がある。これら相反する強度及び耐震上の要求を満たす必要のある配管については、3次元はりモデルによる耐震計算を行う。

本章では、3次元はりモデルにより配管の耐震計算を行う場合の方針としての解析方法を示すとともに、強度及び耐震上の要求を満たすための配管の設計方法として支持方法及び設計上の考慮事項について示す。

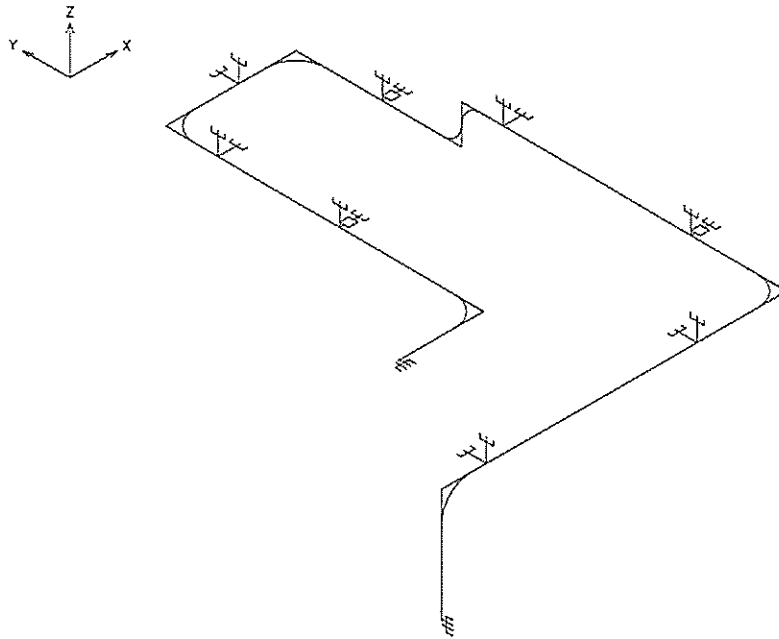
#### 3.2 解析方法

##### 3.2.1 解析方法

配管を3次元はりモデルにより解析する場合は、原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして、地震荷重、自重、熱膨張荷重及び機械的荷重により配管に生ずる応力が許容応力以下となるように配管形状及び支持方法を定める。ただし、熱応力評価上、境界となる弁又は近傍の配管を支持した点を固定点とできない場合は、境界以降第1番目の固定点又は固定点とみなされる箇所までを解析範囲とする。サポート剛性は十分剛な値を入力する。ただし、詳細な評価を行う場合は、分布質量とし、必要に応じサポート剛性を考慮する。

動的解析については、原則として配管系をはり、質点系にモデル化し、当該配管設置床面の床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析を行い、解析コードは「MSAP（配管）」を用いる。この場合、荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとし、水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根（SRSS）法による。ただし、水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。また、配管の熱膨張、支持点の相対変位に対しては、動的解析と同様に各配管系をはり、質点系にモデル化し、配管に生ずる応力、支持点の反力等を求める。

解析モデルの例を第3-1図に示す。



第3-1図 解析モデルの例

### 3.2.2 解析条件

#### (1) 設計用地震力

重大事故等対処施設の配管については資料17-1「耐震設計の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。

使用する設計用床応答曲線は資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用い、配管の敷設されている床面を包絡し、原則として安全側に谷埋め（ある周期の床応答加速度に対し、その周期より柔側において加速度が小さい場合、すなわち「谷」がある場合、剛側の加速度にし「谷」を埋める。（以下「谷埋め」という。））及びピーク保持（応答加速度が最大となる周期より柔側においても最大の加速度を保持する。（以下「ピーク保持」という。））を行う。



(2) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物の床面毎の設計用床応答曲線を使用する。

(3) 質量

配管及び保温材等の質量は、集中質量として支持点及び分岐点等の質点分割点間の中央に設けるが、近傍に弁等の集中質量がある場合は集中質量に含める。また、支持点間距離が短い場合も近傍の質点にまとめる。配管の質量は、配管自体の質量と内部流体（気体又は液体）の質量を合計した値とする。

弁及びその他の配管付属設備についても集中質量とする。

(4) 配管応力

配管に生じる応力は、JEAG4601の計算式に基づき地震による応力の他に内圧及び自重による応力を求め、資料17-1「耐震設計の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

許容応力については、資料17-9「機能維持の基本方針」に基づき算定する。

### 3.3 3次元はりモデル解析における考慮事項

配管、弁及びこれらの支持構造物を3次元はりでモデル化し解析する場合は、次を考慮する。

#### 3.3.1 弁

配管に弁が設置される場合は、弁の近傍で自重及び地震応力の低減又は剛性を高める目的で支持点を設ける。電動弁、空気作動弁、手動弁及び安全弁等で動的機能維持が要求される弁に対しては、地震時に「弁駆動部の機能確認済加速度」を超えないよう考慮する。また、弁駆動部の偏心荷重により過大な応力が配管に生じないように考慮する。

なお、弁は、配管より厚肉構造であるため、発生応力は配管より小さくなる。一方、配管の応力解析では弁も配管と同一仕様とした上で、弁質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁の評価は、配管の評価で包絡される。

#### 3.3.2 機器・配管との接続部

配管と機器又は他の配管との接続部において、地震及び熱膨張による接続部の変位が無視できない場合は、これらの変位を考慮する。

#### 3.3.3 支持構造物据付部の剛性

3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、十分剛な床、壁面等に据え付けるが、架台はり及び内部鉄骨から支持する場合は、支持部剛性と支持構造物の剛性を連成して設計する。

#### 3.3.4 建物・構築物間での地震相対変位

建物・構築物間に渡って設置される配管については、地震時の建物・構築物間の相対変位を考慮する。

#### 4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について

##### 4.1 概要

標準支持間隔法による配管の耐震計算は、配管を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。標準支持間隔法の適用範囲は第2-1表に基づくこととし、重大事故等クラス2配管の条件を考慮して算出を行う。

直管部については、各建屋における地震時の応答解析結果に基づき、配管に生ずる応力が許容応力以下となるように最大の支持間隔を求め、これを直管部に対する標準支持間隔とする。配管の直管部は、この標準支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。

なお、直管部の標準支持間隔算出に当たっては、配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数ごとに、解析条件を満足する支持間隔をそれぞれ計算し求める。

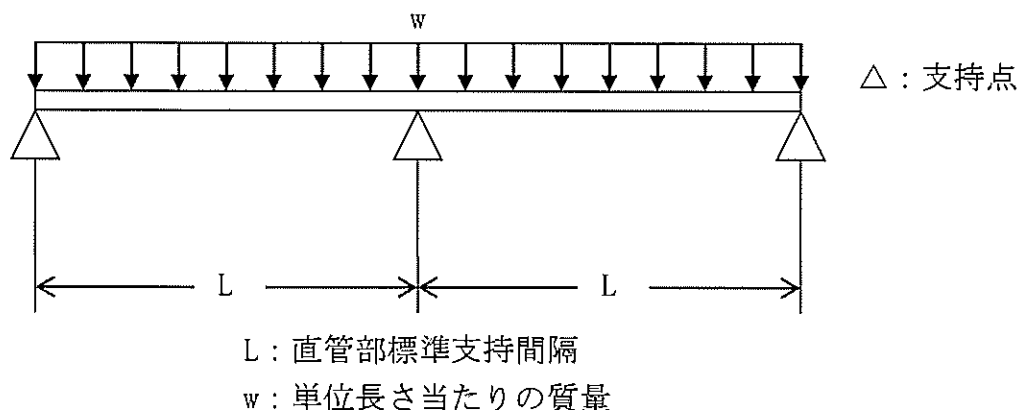
配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。なお、3次元はりモデル解析では、これらの部位に対しては応力係数を考慮しているが、標準支持間隔法では支持間隔比を考慮することにより、3次元はりモデルより保守的な評価となるようにする。

また、本章では、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部及び分岐部の支持間隔を基に配管に支持点を設定する場合の例を示す。その他、標準支持間隔法により配管を設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

## 4.2 直管部の支持間隔

### 4.2.1 解析モデル

配管を下図のように支持間隔 $L$ で3点支持した等分布質量連続はりモデル化する。支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



### 4.2.2 解析方法

配管について、設計用地震力による応力を算定するとともに、内圧及び自重の影響を考慮して、解析コード「SPAN2000」を用いて直管部の標準支持間隔を求める。

### 4.2.3 解析条件

#### (1) 設計用地震力

重大事故等対処施設の配管については資料17-1「耐震設計の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。

設計用床応答曲線は資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用いる。使用する基準地震動 $S_s$ の設計用床応答曲線は、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととし、水平方向については、 $S_s-1\sim 3$ のX方向及びY方向の包絡曲線を用い、鉛直方向については、 $S_s-1\sim 3$ の包絡曲線を用いる。

#### (2) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる設計用減衰定数は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に示している設計用減衰定数のうち、下表に示す設計用減衰定数を適用する。

配管区分		減衰定数 <sup>(注1)</sup> <sup>(注2)</sup> (%)	
		保温材無	保温材有
Ⅲ	Uボルトを有する配管系で、Uボルト（水平配管の自重を架構で受けるもの）の数が4個以上のもの	2.0	3.0
Ⅳ	配管区分Ⅲに属さないもの	0.5	1.5

(注1) 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

(注2) 既往の研究等において試験及び解析などにより妥当性が確認されている値  
また、金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

### (3) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物の床面毎の設計用床応答曲線を使用して各床面の直管部標準支持間隔を求めるものとする。床区分を、第4-1表「設計用床応答曲線区分」に示す。

### (4) 配管質量

配管の質量は、配管自体の質量と内部流体の質量を合計した値とする。  
なお、保温材を施工する配管の質量は保温材の質量も加えた値とする。

### (5) 配管応力

配管に生ずる応力は、JEAG4601の計算式に基づき地震による応力の他に内圧及び自重による応力を求め、資料17-1「耐震設計の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

許容応力については、資料17-9「機能維持の基本方針」に基づき算定する。

### (6) 固有振動数

支持構造物を含めた配管系の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域を短周期側に避けることを原則とする。

具体的には、建物・構築物毎に、配管が設置される全階層の水平方向及び鉛直方向の設計用床応答曲線のうち最も大きなピークの振動数領域を避けるように制限振動数を設定し、配管系の固有振動数が制限振動数以上となるように設計する。配管系の制限振動数を第4-1表「設計用床応答曲線区分」に示す。

また、支持構造物の固有振動数は、同表に示す「支持構造物の固有振動数」以上となるように設計する。



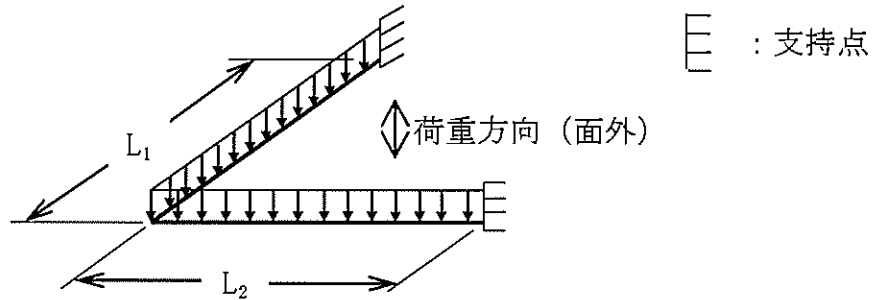
第4-1表 設計用床応答曲線区分

建屋	床応答曲線高さ EL. (m)	制限振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
非常用ガスタービン 発電機建屋	～47.400		
	～41.000		
	～32.700		
	～24.600		

### 4.3 曲がり部の支持間隔

#### 4.3.1 解析モデル

配管の曲がり部は、次に示すようにピン結合両端固定の等分布質量の連続はりモデル化する。



- $L_1$ 、 $L_2$  : 曲がり部から支持点までの長さ
- $L_E$  : 曲がり部支持間隔 ( $L_E=L_1+L_2$ )
- $w$  : 単位長さ当たりの質量
- 荷重方向 : 耐震性の評価方向
- 面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

#### 4.3.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントより小さいこと。
- ④ ①、②、③項の各条件を満足する理論解を  $\left(\frac{L_1}{L_E}\right)$  の関数として  $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$  の最大

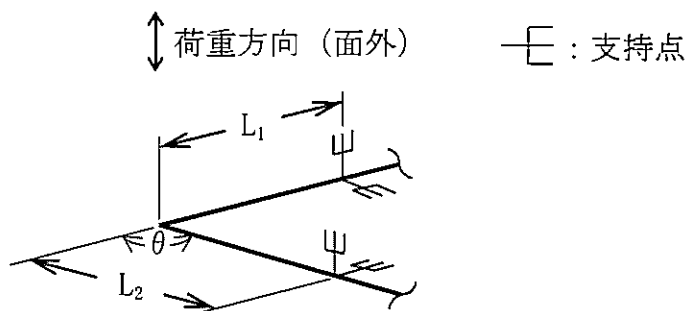
値  $\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$  を求める。

ただし、 $L_0$ は直管部標準支持間隔を表す。 $L_1$ 、 $L_E$ は「4.3.1 解析モデル」、 $L_E'$ は「4.3.3 解析結果及び支持方針」参照。

- ⑤ 標準支持間隔法で算出される応力値を超えないような応力係数を定め、その値以内となるように設計上の配慮を行う。

### 4.3.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第4-1図「曲がり部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、曲がり部をはさむ支持構造物間距離を直管部標準支持間隔に対する比として示すものであり、次に示すとおり、第4-1図の許容領域内に配管を支持するものとする。



$$L_1 + L_2 \leq L_E'$$

$L_E'$  は、 $L_0$  (直管部標準支持間隔) に、第4-1図「曲がり

部支持間隔グラフ」より求まる  $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$  の最大値  $\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$  を乗

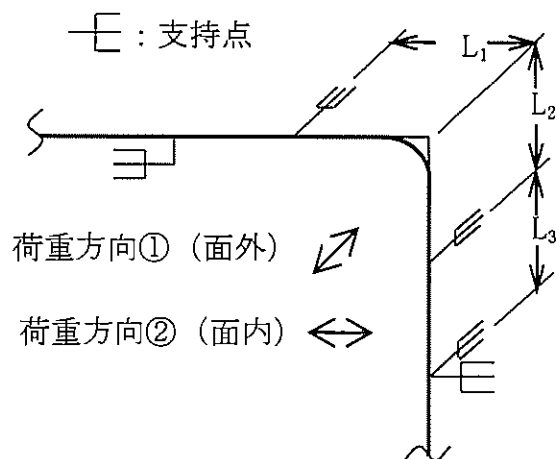
じた長さ。

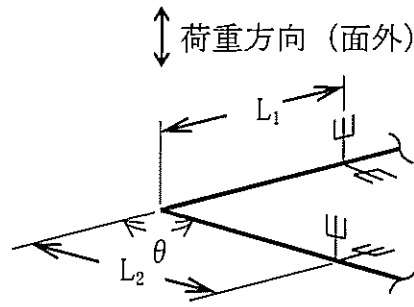
また、配管系及び支持構造物の設計上、 $L_1$ 又は $L_2$ あるいはその両方を長くする必要のある場合は、面外振動を拘束する支持構造物を設け、次式を同時に満足すること。

荷重方向① (面外) に対して  
 $L_1 + L_2 \leq L_E'$

荷重方向② (面内) に対して  
 $L_2 + L_3 \leq L_0$

面内：配管で構成される面に対して平行な方向

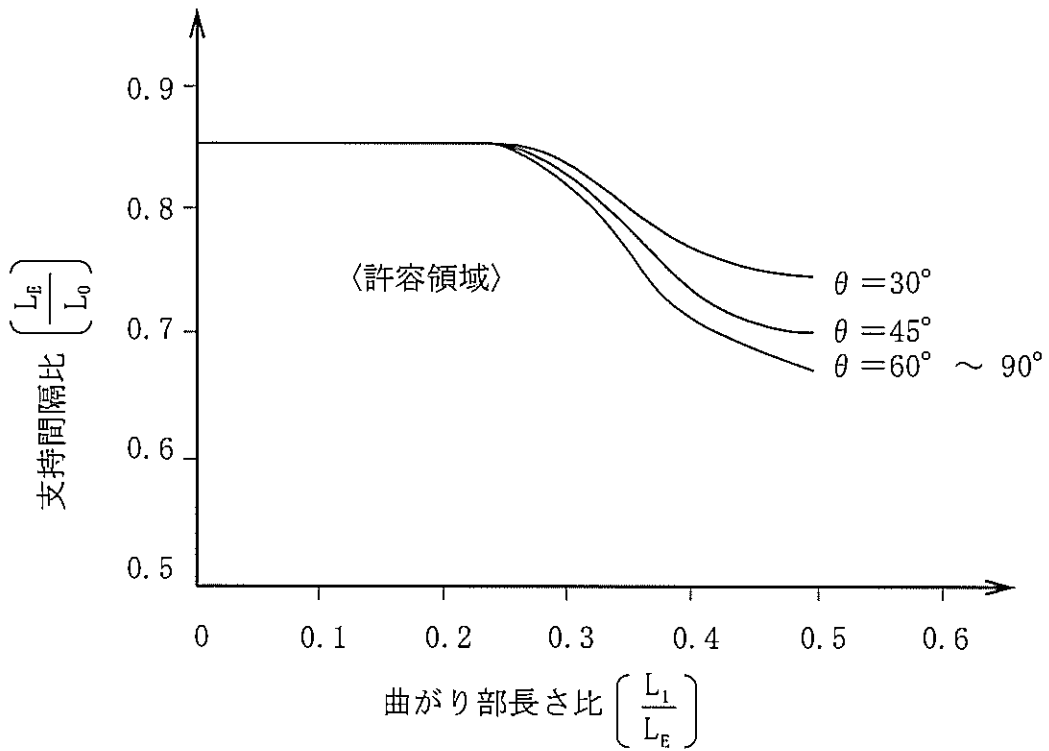




$L_0$  : 直管部標準支持間隔

$$L_1 \leq \frac{L_E}{2}$$

$$L_E = L_1 + L_2$$

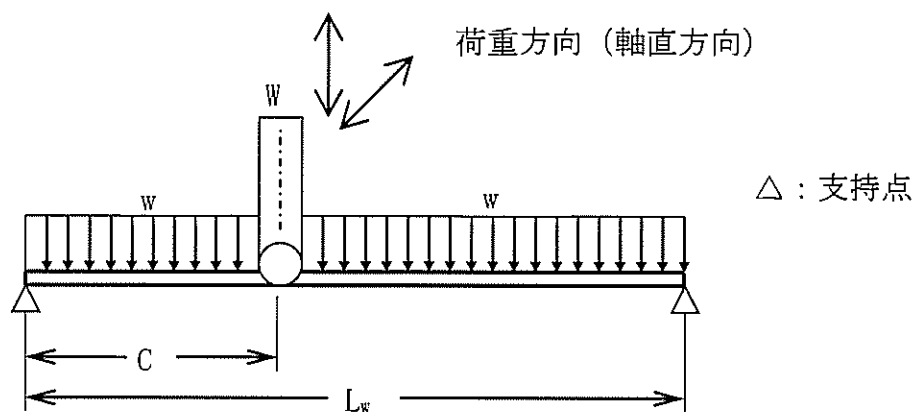


第4-1図 曲がり部支持間隔グラフ

#### 4.4 集中質量部の支持間隔

##### 4.4.1 解析モデル

配管に弁等の重量物が設置される集中質量部は、次のように任意の位置に集中質量を有する両端支持の連続はりにモデル化する。



- $L_w$  : 集中質量部支持間隔
- $C$  : 支持端から集中質量点までの長さ
- $w$  : 単位長さ当たりの質量
- $W$  : 集中質量
- 荷重方向 : 耐震性の評価方向

##### 4.4.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントよりも小さいこと。
- ④ ①、②、③項の各条件を満足する理論解を各々  $\left(\frac{C}{L_w}\right)$  をパラメータとし、

$\left(\frac{W}{w \cdot L_0}\right)$  の関数として  $\left(\frac{L_w}{L_0}\right)$  の最大値を求める。

ただし、 $L_0$  は直管部標準支持間隔を表す。 $L_w$ 、 $C$ 、 $w$ 、 $W$  は「4.4.1解析モデル」参照。

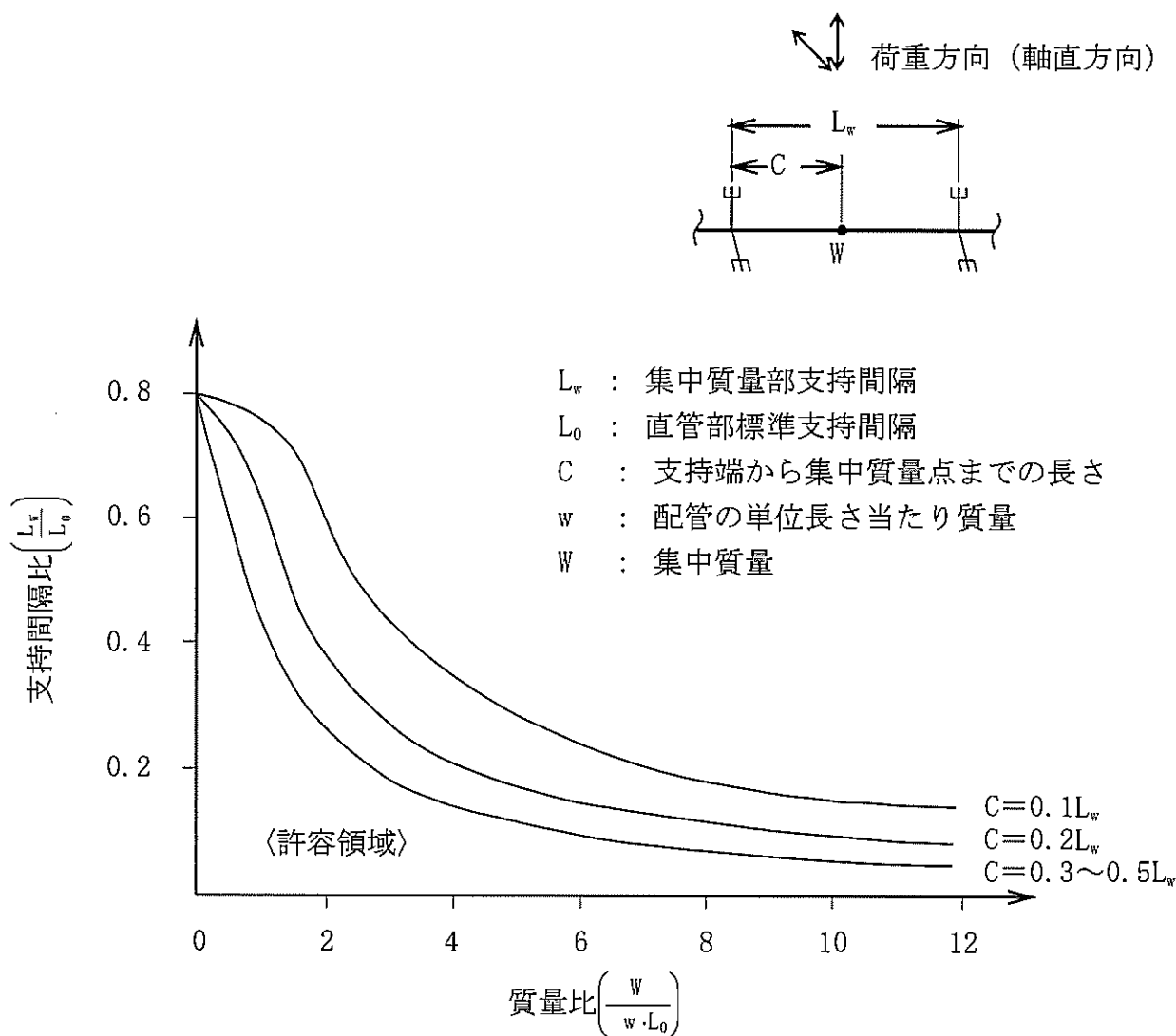
- ⑤ 標準支持間隔法で算出される応力値を超えないような応力係数を定め、その値以内となるように設計上の配慮を行う。



#### 4.4.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第4-2図「集中質量部支持間隔グラフ」に示す。第4-2図は、弁等の重量物が設置された場合の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、低温配管中の電動弁、空気作動弁については、配管系及び弁自体の剛性を適切に評価し、弁駆動部の偏心荷重によって過大な荷重が配管に生じないように配管並びに必要な応じ、弁上部を支持する。

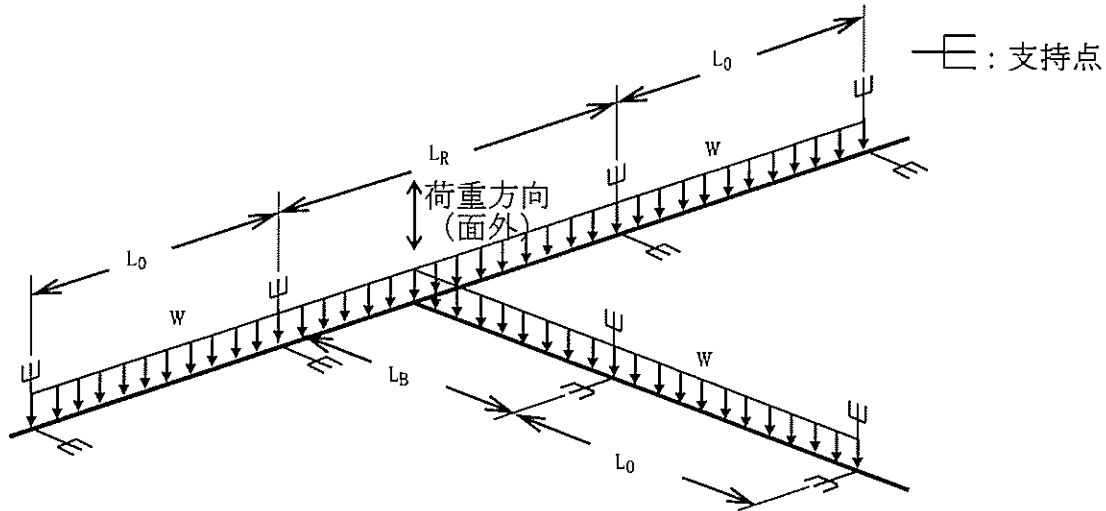


第4-2図 集中質量部支持間隔グラフ

#### 4.5 分岐部の支持間隔

##### 4.5.1 解析モデル

配管の分岐部は、次に示すように分岐部に6つの支持点を有する等分布質量の連続はりにモデル化する。



$L_R$  : 分岐部母管長さ

$L_B$  : 分枝管長さ

$L_0$  : 直管部標準支持間隔

$w$  : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

##### 4.5.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントより小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントより小さいこと。

- ④ ①、②、③項の各条件を満足する分岐部支持間隔比  $\left(\frac{L_R}{L_0}\right)$  の最大値を、 $\left(\frac{L_B}{L_0}\right)$

の関数として求める。

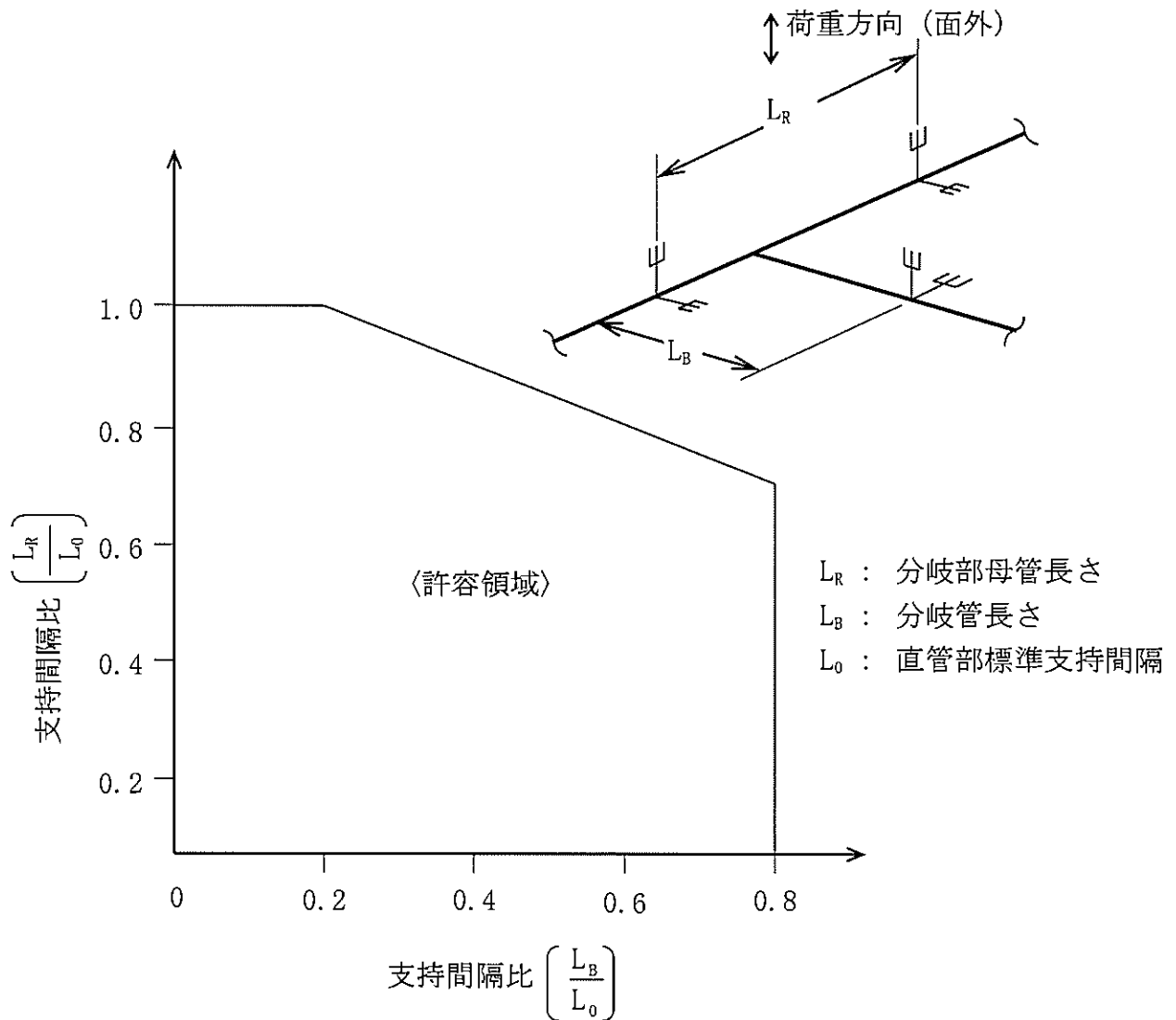
ただし、 $L_0$ は直管部標準支持間隔を表す。 $L_R$ 、 $L_B$ は「4.5.1 解析モデル」参照。

- ⑤ 標準支持間隔法で算出される応力値を超えないような応力係数を定め、その値以内となるように設計上の配慮を行う。

#### 4.5.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第4-3図「分岐部支持間隔グラフ」に示す。第4-3図は、分岐部の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、異径分岐の場合は、各口径に対応する標準支持間隔のうち最短のものを選定して分岐部支持間隔を求める。



第4-3図 分岐部支持間隔グラフ

#### 4.6 支持点の設定方法

標準支持間隔法を適用して配管に支持点を設ける場合の手順は、対象とする配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数に基づき、直管部標準支持間隔を選定し、この直管部標準支持間隔をもとに各要素（直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部）の支持間隔を定めるとともに、各要素の評価方向が拘束されるように支持点の設定を行う。

##### 4.6.1 直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔

直管部標準支持間隔は、配管仕様（材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体、単位長さ当たりの質量）、建屋、床区分及び減衰定数別に算出していることから、設計する配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数に応じて選定する。直管部については、この直管部標準支持間隔以内で支持し、また、曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各々の支持間隔比に直管部標準支持間隔を乗じた支持間隔以内で支持する。

##### 4.6.2 各要素の評価方向

配管の各要素（直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部）は、これらの形状が持つ特性から、同程度の荷重が負荷されても方向により各要素の応力又は固有振動数への影響が異なるため、最も影響が大きい方向を評価（荷重）方向と特定して、支持間隔を定めている。支持点の設定に当たっては、次に示す各要素の評価方向が拘束されるようにする。

(1) 直管部及び集中質量部の支持間隔は、配管軸直2方向

(2) 曲がり部の支持間隔は、曲がり部をはさむ両辺で作る面の面外方向

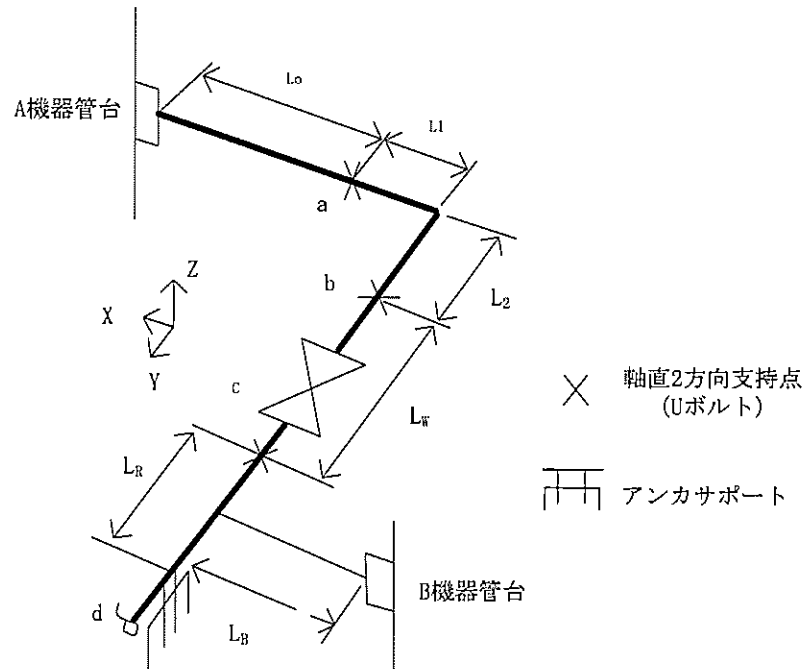
(3) 分岐部の支持間隔は、母管と分岐管が作る面の面外方向

なお、配管軸方向の評価は、配管軸方向の配管質量を集中質量とみなし、それに直交する配管上の支持点で評価することとして、集中質量部の支持間隔を用いる。

以上を考慮するとともに、各要素の方向（配管軸直と軸方向の3方向）ごとに拘束されていない方向がないようにする。

#### 4.6.3 支持点の設定方法及び手順

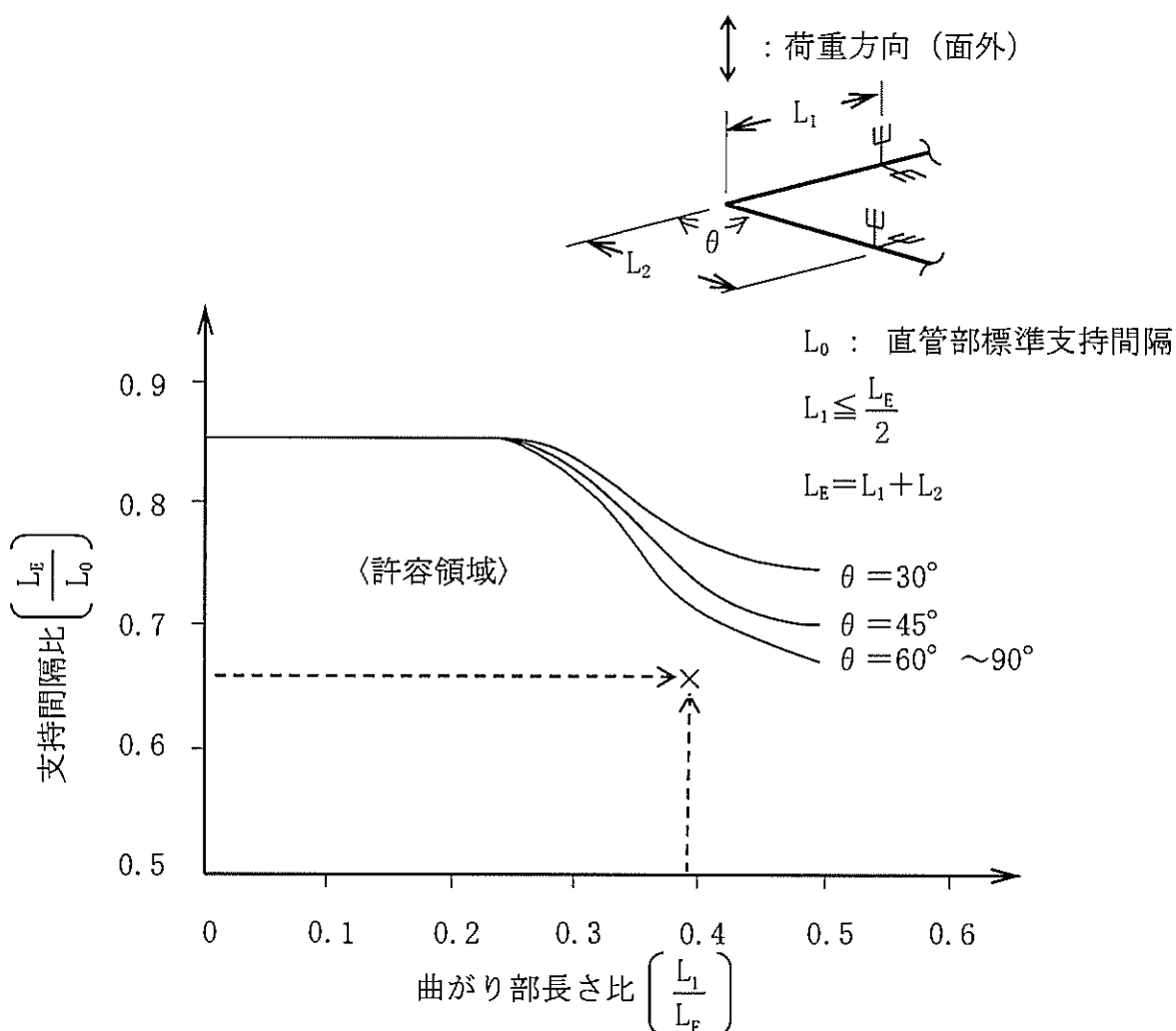
下記の配管を例に、具体的な支持点の設定方法及び手順を(1)～(9)項に示す。



- (1) A機器管台を固定点（設計開始点）とし、直管部標準支持間隔以内に他の要素がない場合は、直管部標準支持間隔以内で支持点（a点）を決める。
- (2) a点の支持点は、Uボルトを使用してY方向及びZ方向の2方向を拘束する。配管軸方向（X方向）は、A機器管台で拘束されていることから、管台からa点間の配管においてもX方向が拘束され、3方向がすべて拘束される。

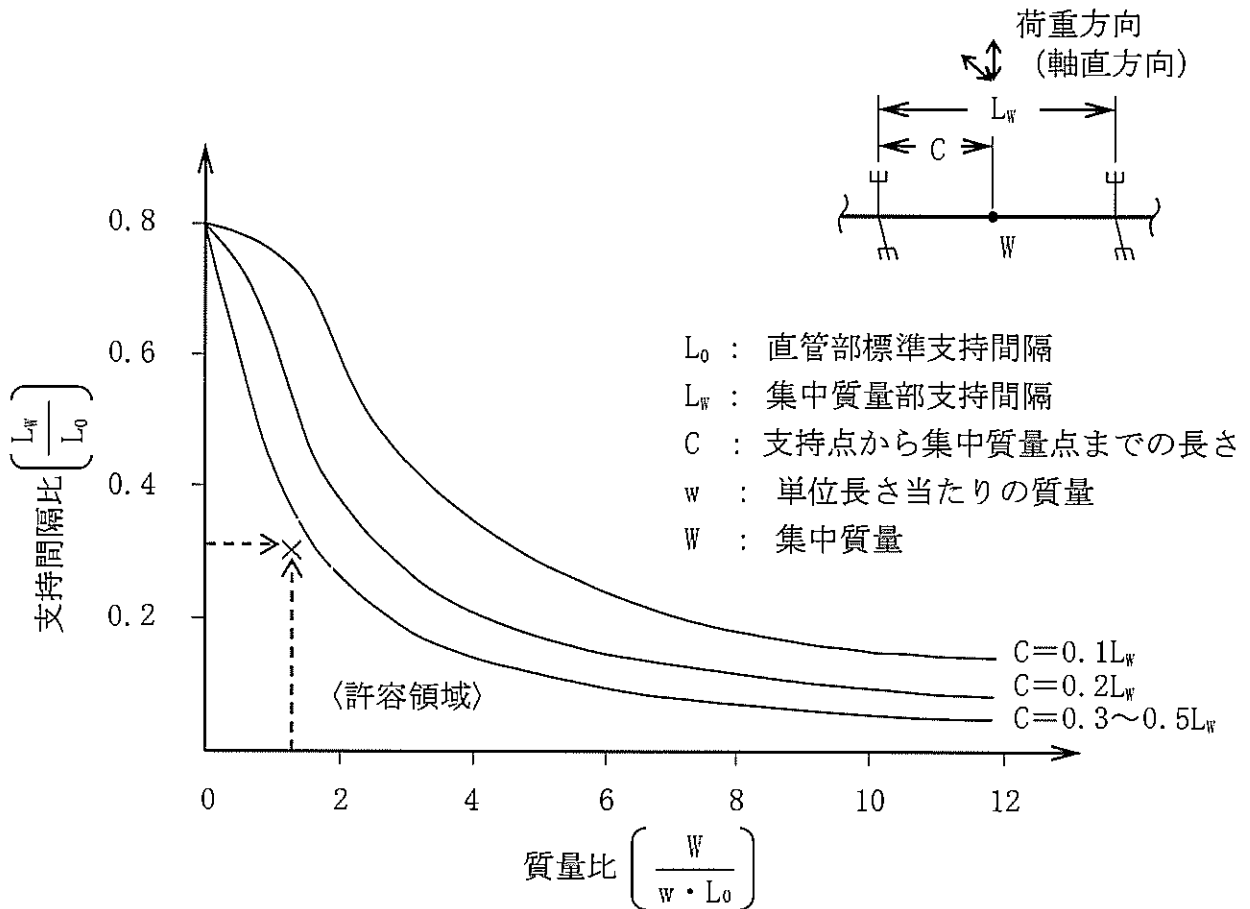


- (3) a点から直管部標準支持間隔以内に他の要素（曲がり部）がある場合は、a点から曲がり部までの距離を、第4-1図「曲がり部支持間隔グラフ」の $L_1$ とおいて $L_2$ を仮設定する。曲がり部支持間隔 $L_E$ は、第4-1図「曲がり部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、 $L_E$  ( $L_2$ ) を短くする。



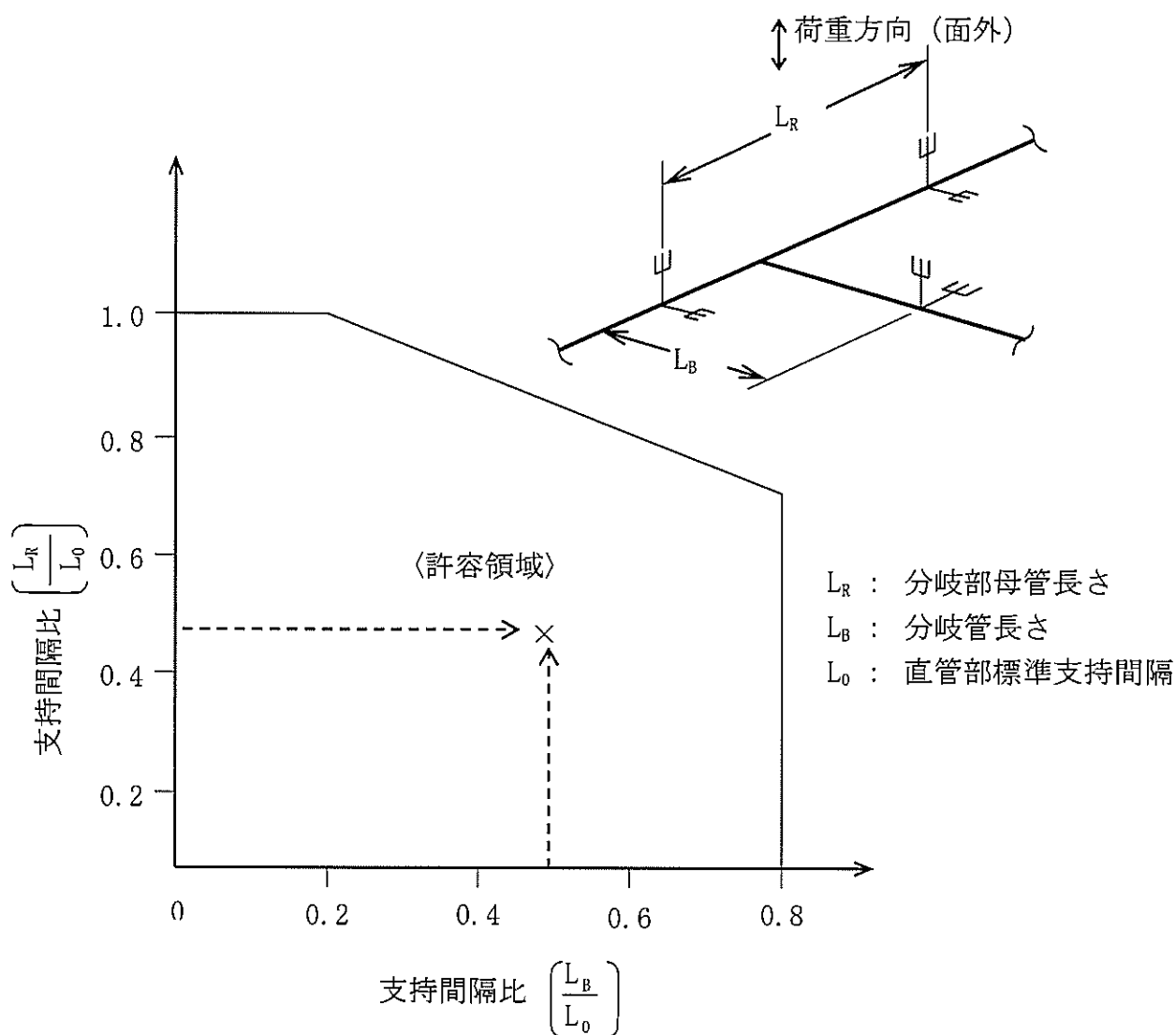
- (4) b点の支持点は、Uボルトを使用してX方向及びZ方向の2方向を拘束する。a点からb点の曲がり部を含む配管の面外方向（Z方向）が、曲がり部の支持間隔で拘束される。この場合に、曲がり部における3方向の拘束状態を確認する。X方向は、機器管台で支持、Z方向は、曲がり部の支持間隔で支持、Y方向は、次の手順以降で決定する。

- (5) b点から直管部標準支持間隔以内に集中質量部（弁又はフランジ）がある場合は、集中質量部近傍の支持点cにUボルトを仮設定後、弁の質量と直管部標準支持間隔における配管の質量との比を算出し、集中質量部支持間隔 $L_w$ が、第4-2図「集中質量部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、 $L_w$ を短くする。



- (6) b点からc点までの配管及び弁の拘束状態を確認する。X方向及びZ方向は、集中質量部の支持間隔で支持、Y方向は、次の手順以降で決定する。

- (7) c点から直管部標準支持間隔以内に分岐部が存在する場合は、母管及び分岐管の支持点dにUボルトを仮設定する。この場合に、B機器管台の固定部があれば支持点とする。母管及び分岐管の直管部標準支持間隔に対する長さ比が、第4-3図「分岐部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、仮設定した母管 ( $L_R$ ) 又は分岐管 ( $L_B$ ) の支持間隔を短くする。



- (8) 分岐部の拘束状態を確認すると、X方向は、B機器管台で支持、Z方向は、分岐部の支持間隔で支持している。Y方向は、直管が長く、かつ弁が設置されているので、これらを集中質量とみなし、集中質量部支持間隔 $L_{sp}$ が、第4-2図「集中質量部支持間隔グラフ」で許容領域を超える場合は、d点をUボルトからアンカサポートに変更することで支持する。これにより(4)及び(6)項のY方向も同時に拘束される。
- (9) 以降配管が連続する場合は、前項までの手順に従って設計開始点から順番に支持点位置を決める。

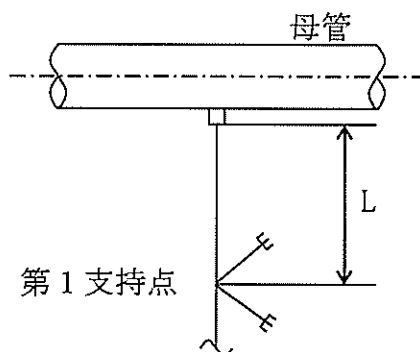
#### 4.7 支持点を設定する上での考慮事項

配管の各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設定する。

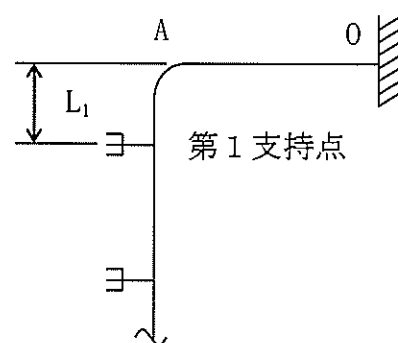
なお、以下に示す「4.7.1 分岐部」から「4.7.3 建物・構築物の相対変位」については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の記載と同様の考慮を行う。

##### 4.7.1 分岐部

配管の分岐部で母管に熱膨張又は地震による変位がある場合は、分岐部から第1支持点までの長さ $L$ を、これらの変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。



また、右図のような曲げ部でAO間の熱膨張変位がある場合は、曲げ部から第1支持点までの長さ $L_1$ を、これらの変位により発生する応力が許容応力以下となるように定める。

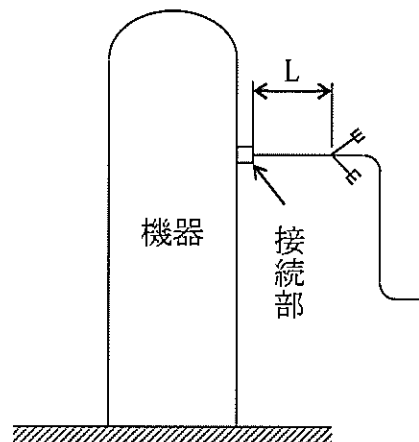




#### 4.7.2 機器との接続部

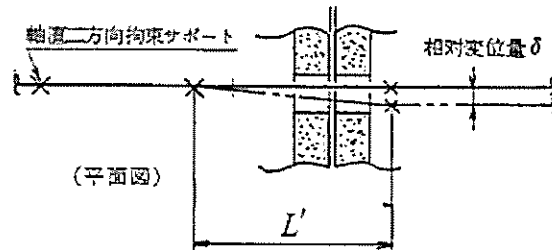
機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位による発生応力が大きい場合は、接続部（固定点）近傍で支持することができない場合がある。

この場合のLは、「4.7.1 分岐部」と同様に機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。

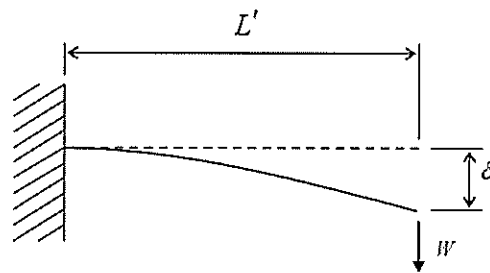


#### 4.7.3 建物・構築物の相対変位

建物・構築物間に渡って設置される配管については、地震時の建物・構築物間の相対変位による発生応力を加味して、配管の設計及び支持方法を定める。



↓ 2次元はりによるモデル化



$L'$  : 建屋間をわたる配管の直管部長さ

$\delta$  : 建屋間相対変位

$W = \frac{3EI\delta}{L'^3}$  : 建屋間相対変位  $\delta$  により生じる荷重

$E$  : 縦弾性係数

$I$  : 配管の断面二次モーメント

( $I = \pi(D^4 - d^4)/64$   $D$ : 外径、 $d$ : 内径)

$M = WL'$  : 建屋間相対変位  $\delta$  により生じるモーメント

$\sigma = \frac{i_2 M}{Z}$  : 二次応力 (配管の状態に応じた応力係数  $i_2$  を適用)

$Z$  : 配管の断面係数

( $Z = \pi(D^4 - d^4)/32D$ )

#### 4.7.4 弁

配管に弁が設置される場合は、第4-2図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づき前後の支持点が決められる。

弁は、配管より厚肉構造であり、発生応力は配管より小さくなる。一方、集中質量部の支持間隔を求める際には、弁も配管と同一仕様としたうえで、弁質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁の評価は配管の評価で包絡される。

なお、地震時に動的機能維持が要求される弁に対しては、必要に応じて3次元はりモデルを用いた評価を行い、「弁駆動部の機能確認済加速度」を超える場合は、駆動部を支持する。

#### 4.7.5 建屋階層

支持間隔は床区分毎に設定されているため、当該配管を敷設する床区分に応じて、上下階層の支持間隔を比較し、短い方の支持間隔を運用して評価を行う。なお、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔のうち短いものを適用して評価を行う。

#### 4.8 設計上の処置方法

標準支持間隔法による配管の耐震設計においては、各要素の支持間隔又は各要素の支持間隔を組み合わせた支持間隔を用いる。標準支持間隔法によることが困難な場合は、次のいずれかの方法で対処する。

- (1) 配管系を3次元はりモデルとして解析を行い、配管の設計及び支持方法を定める。
- (2) 当該配管が150℃以下又は口径4B未満であることを確認した上で、直管部標準支持間隔を算出する解析モデルを、当該配管固有の設計条件（圧力、温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たりの質量）に応じた解析モデルとして解析した支持間隔を適用して、支持点を設定する。

#### 4.9 標準支持間隔

##### 4.9.1 重大事故等対処施設

今回申請対象の重大事故等対処施設の配管（以下「SA配管」という。）の標準支持間隔については、配管の仕様を第4-2表「SA配管の配管仕様」に、適用する支持間隔を第4-3表「SA配管の支持間隔」に示す。

第4-2表 SA配管の配管仕様

機器等の区分	名称	材料	解析条件		外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	(注) 番号
			圧力 (MPa)	温度 (°C)				
重大事故等クラス2配管	非常用発電設備	STPT370	[Redacted]	[Redacted]	60.5	3.9	[Redacted]	1
					60.5	3.9		2
					48.6	3.7		3
					34.0	3.4		4
		STPT370			48.6	3.7		5
					48.6	3.7		6
					48.6	3.7		7
		STPT370			48.6	3.7		8
					42.7	3.6		9
		STPT370			42.7	3.6		9
60.5	3.9		10					

(注) 表記番号は、第4-3表「SA配管の支持間隔」の番号と対応する。



第 4-3 表 SA 配管の支持間隔 (1/2)

(減衰定数 0.5%) (Ss 地震)

建屋	EL. (m)	材 料	外径 (mm)	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				(注) 番号
					支持 間隔 (m)	固 有 振動数 (Hz)	一次 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	
屋外	32.7	STPT370	60.5						1
非常用 ガスタービン 発電機建屋	32.7	STPT370	60.5						2
	32.7	STPT370	60.5						3
	32.7	STPT370	48.6						4
	32.7	STPT370	34.0						5
	41.0	STPT370	48.6						6
	41.0	STPT370	48.6						7

(注) 表記番号は、第4-2表「SA配管の配管仕様」の番号と対応する。

第4-3表 SA配管の支持間隔 (2/2)

(減衰定数 1.5%) (S<sub>s</sub> 地震)

建屋	EL. (m)	材 料	外径 (mm)	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				(注) 番号
					支持 間隔 (m)	固 有 振動数 (Hz)	一次 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	
非常用 ガスタービン 発電機建屋	41.0	STPT370	48.6						8
		STPT370	42.7						9
		STPT370	60.5						10

(注) 表記番号は、第4-2表「SA配管の配管仕様」の番号と対応する。

## 5. 支持構造物の耐震計算について

### 5.1 概要

配管及び弁の支持構造物は、地震時に配管及び弁に発生する荷重を支持する必要がある。支持構造物の設計に当たっては、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに設定されている定格荷重又は最大使用荷重以下となるように支持構造物を選定する。したがって、定格荷重又は最大使用荷重に対する支持構造物の健全性を確認することにより、支持構造物の耐震性を確認することができる。

本章では、重大事故等対処施設の配管及び弁の支持装置、支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の設計原則を示すとともに、支持構造物の型式ごとの定格荷重又は最大使用荷重に対する耐震計算の方針を示す。

なお、支持構造物は、評価の基本式は同一であり、かつ地震荷重が支配的であることから、強度計算を含めた耐震計算の方針を示す。

#### 5.1.1 設計原則

##### (1) 支持構造物の設計要領

- a 地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重によって、支持構造物に生ずる応力が許容応力以下となるように設計する。
- b 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、地震時や各運転状態で生ずる荷重を算出し、その中で評価上最も厳しい条件で設計を実施する。
- c 標準支持間隔法による配管の支持構造物は、直管部標準支持間隔における地震時の支持点荷重を用いて設計を実施する。なお、支持点荷重を低減する必要がある場合は、実支持間隔による荷重を適用する。

##### (2) 支持構造物の設計に用いる荷重

- a 運転温度が高く許容応力状態Ⅰ及びⅡ（供用状態A及びB）において発生する荷重が大きい配管の支持構造物の場合は、許容応力状態Ⅰ及びⅡ（供用状態A及びB）において発生する荷重と地震時荷重を許容応力状態Ⅰ及びⅡ（供用状態A及びB）基準に換算した荷重を包絡した設計用荷重を最大発生荷重と定義し、最大発生荷重が許容応力状態Ⅰ及びⅡを基準として設定された定格荷重又は最大使用荷重以下となるように選定する。

地震荷重が支配的となる運転温度の低い配管の支持構造物の場合は、弾性設計用地震動 $S_d$ 作用時の荷重と基準地震動 $S_s$ による地震力を1.2で除した地震力（ $S_d$ 相当）作用時の荷重を包絡した設計用荷重を標準支持間隔荷重と定義し、標準支持間隔荷重が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sを基準として設定された定格荷重又は最大使用荷重以下となるように選定

する。

- b 支持構造物の型式ごとに許容し得る荷重として設定されている荷重のことを支持構造物の定格荷重又は最大使用荷重と言う。定格荷重は、1方向（取付け方向）のみ拘束機能を有する支持装置に対して、最大使用荷重は、2方向以上の拘束機能を有する支持構造物に対して用いる。
- c 最大発生荷重は、3次元はりモデルの解析結果による支持点荷重より算出する。標準支持間隔荷重は、直管部標準支持間隔における 4.9項に示す配管の発生応力（ $\sigma_{total}$ ）から地震及び自重による応力を求めることで、次の計算式により算出する。なお、水平方向地震力は、動的地震力と静的地震力とで比較を行って大きい方を用いる。

（動的地震力が支配的な場合）

$$R_{水平} = \frac{2\lambda \cdot Z \cdot \sigma_H}{L_0} \text{ (注)}$$

（静的地震力が支配的な場合）

$$R_{水平} = \frac{10Z \cdot \sigma_H}{L_0}$$

$$R_{鉛直} = \frac{10Z(\sigma_V + \sigma_d)}{L_0}$$

$L_0$ ：直管部標準支持間隔（mm）

$Z$ ：断面係数（mm<sup>3</sup>）

$\lambda$ ：振動数係数

$R_{水平}$ ：水平方向の支持点荷重（N）、標準支持間隔荷重（N）

$R_{鉛直}$ ：鉛直方向の支持点荷重（N）、標準支持間隔荷重（N）

$\sigma_{total}$ ：配管に生ずる応力の合計値（N/mm<sup>2</sup>）

$$(\sigma_{total} = \sigma_H + \sigma_V + \sigma_d + \sigma_p)$$

$\sigma_H$ ：水平方向地震力により配管に生ずる応力（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_V$ ：鉛直方向地震力により配管に生ずる応力（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_d$ ：自重により配管に生ずる応力（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_p$ ：内圧により配管に生ずる応力（N/mm<sup>2</sup>）

（注）近似値であるが、 $\lambda$  を1次モード振動数係数  $\lambda = \pi \left( n + \frac{1}{4} \right) = \frac{5}{4} \pi$

とすることで、動的地震力により配管に生ずる応力と支持点荷重の関係を求めることができる。

## 5.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法

### 5.2.1 概要

支持装置及び支持架構について、十分な耐震性を有することを確認するための方法を次に示す。

### 5.2.2 適用基準

資料17-1「耐震設計の基本方針」による。

### 5.2.3 応力評価の方針

#### (1) 応力評価

支持装置又は支持架構に、定格荷重又は最大使用荷重が作用した際の発生応力が許容応力以下であることを応力評価により確認する。

#### (2) 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>及びⅡ<sub>A</sub>（供用状態A及びB）の許容応力以下であることを確認する。

#### (3) 標準支持間隔を適用する配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sの許容応力以下であることを確認する。

#### (4) 許容応力

支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態を、第5-1表「支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態」、各許容応力状態に対する許容応力を、第5-2表「各許容応力状態に対する許容応力」、代表的な建屋における支持架構の設計条件及び許容応力を第5-3表「支持架構の設計条件及び許容応力」に示す。

第5-1表 支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態

		許容応力状態	
		3次元はりモデル	標準支持間隔
支持装置	Uボルト	$I_A$ 、 $II_A$	$III_{AS}$
	Uバンド	$I_A$ 、 $II_A$	$III_{AS}$
支持架構		$I_A$ 、 $II_A$	$III_{AS}$

第5-2表 各許容応力状態に対する許容応力

許容応力 状 態	許容応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧
$I_A$ 、 $II_A$	$f_t$	$f_s$	$f_c$	$f_b$	$f_p$
$III_A$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$1.5f_c$	$1.5f_b$	$1.5f_p$
$III_{AS}$					
$IV_A$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_p^*$
$IV_{AS}$					

(注)  $1.5f_t^*$ 、 $1.5f_s^*$ 、 $1.5f_c^*$ 、 $1.5f_b^*$ 及び $1.5f_p^*$ は JSME S NC1 SSB-3121.3による。



第5-3表 支持架構の設計条件及び許容応力

建屋 <sup>(注1)</sup>	材料 <sup>(注1)</sup>	設計温度 (°C)	許容応力F <sup>(注2)</sup> (MPa)	支持構造物 振動数の 制限値 (Hz)
非常用ガスタービン建屋				

(注1) 代表的な建屋における使用材料を示す。同等以上の強度をもつ他の鋼材も使用可能とする。

(注2) 許容応力Fは、JSME S NC1 SSB-3110に定める値を用いる。

#### 5.2.4 支持装置及び支持架構の耐震計算式

##### (1) 記号の定義

支持装置及び支持架構の耐震計算に使用する記号は、次のとおりとする。

	記号	単位	定義
Uボルト及びUバンドの耐震計算に使用するもの	$A_0$	$\text{mm}^2$	Uボルトの断面積
	B	mm	Uボルトの曲げ半径
	D	mm	配管の外径
	$d_0$	mm	Uボルトの呼び径
			Uバンドのボルト呼び径
	F	N	軸方向荷重
	$F_b$	MPa	曲げ応力
	$F_s$	MPa	せん断応力
	$F_0$	MPa	Uバンドの軸方向の許容荷重
	$F_t$	MPa	引張応力
	$f_b$	MPa	許容曲げ応力
	$f_s$	MPa	許容せん断応力
	$f_t$	MPa	許容引張応力
	$\ell$	mm	配管中心から鋼材上面までの距離
	$\ell_1$	mm	配管中心からボルト穴までの距離
	$\ell_2$	mm	ナット2面幅の半分
	$M_0$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ボルトの締付けトルク
	n	本	ボルトの本数
	P	N	引張方向荷重
	P'	N	引張方向荷重
Q	N	せん断方向荷重	
T	N	ボルトの締付け力	
t	mm	Uバンドの厚さ	
w	mm	Uバンドの幅	
$\mu$	—	摩擦係数 ( $\mu = 0.15$ )	

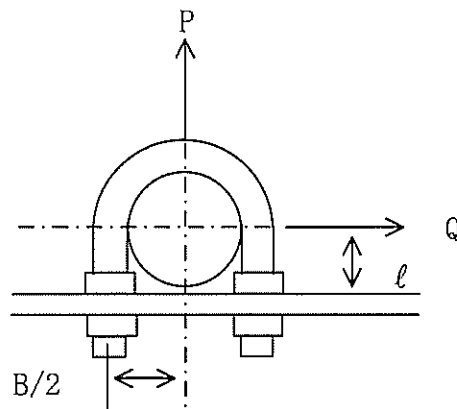
	記号	単位	定義
支持架構の耐震計算に使用するもの	$A_s$	$\text{mm}^2$	せん断応力計算に用いる断面積
	$A_t$	$\text{mm}^2$	引張応力計算に用いる断面積
	$F_b$	MPa	曲げ応力
	$F_s$	MPa	せん断応力
	$F_t$	MPa	引張応力
	$f_t$	MPa	許容引張応力
	$M_0$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	モーメント
	$Z$	$\text{mm}^3$	断面係数
	$P_1$	N	せん断方向荷重
	$P_2$	N	引張方向荷重

(2) 耐震計算式

a. Uボルト

(a) 小口径配管用Uボルト（適用口径：1/2B～3B、ストッパー無）

小口径配管用Uボルトには、せん断方向荷重及び引張方向荷重による引張応力が発生する。また、安全側にせん断方向荷重によるせん断応力が同時に発生するとして評価を行う。発生応力は、次の計算式により求める。



$$F_t = \frac{P + P'}{2A_0} = \frac{2(P + P')}{\pi d_0^2}$$

$$P' = \frac{2Q \cdot l}{B}$$

$$F_s = \frac{Q}{A_0} = \frac{4Q}{\pi d_0^2}$$

評価は、次に示すとおり引張及びせん断応力が許容応力以下であることを確認する。

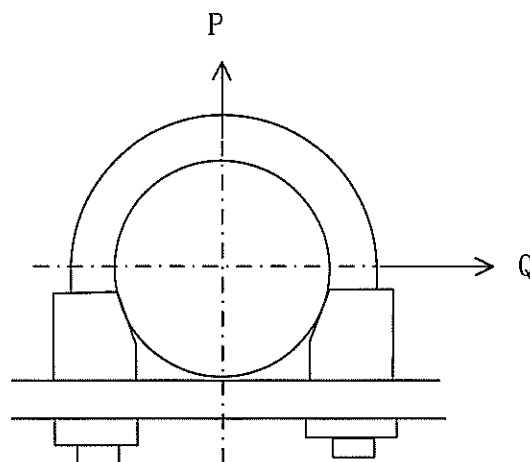
$$F_t \leq 1.5f_t$$

$$F_s \leq 1.5f_s$$

$$F_t + 1.6F_s \leq 1.4 \times 1.5f_t$$

(b) 中大口径配管用Uボルト（適用口径：4B～36B、ストッパー有）

中大口径配管用Uボルトには、座金又はストッパーを設けて支持する。Uボルトには引張方向荷重による引張応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が発生するとして評価を行う。発生応力は、次の計算式により求める。



$$F_t = \frac{2P}{\pi d_0^2}$$

$$F_s = \frac{4Q}{\pi d_0^2}$$

評価は、次に示すとおり引張及びせん断応力が許容応力以下であることを確認する。

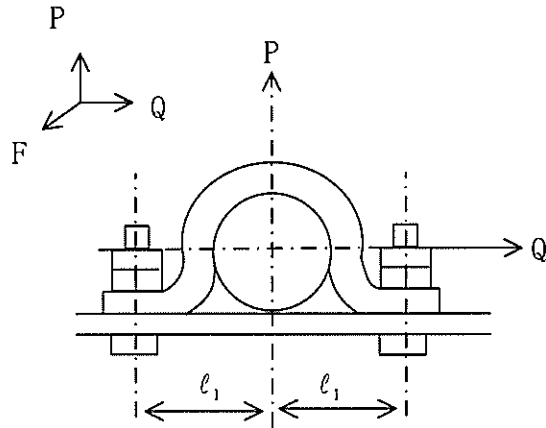
$$F_t \leq 1.5f_t$$

$$F_s \leq 1.5f_s$$

$$F_t + 1.6F_s \leq 1.4 \times 1.5f_t$$

b. Uバンド

Uバンドのボルトには、せん断方向荷重及び軸方向荷重によるせん断応力並びに引張方向荷重により引張応力が発生する。Uバンドのパイプバンドには、引張方向荷重により曲げ応力が発生する。発生応力は、次の計算式により求める。



$$F_t = \frac{2P}{\pi d_0^2}$$

$$F_s = \frac{4(Q+F)}{\pi d_0^2}$$

$$F_b = \frac{3P}{w \cdot t^2} \left( l_1 - \frac{D}{2} - t - l_2 \right)$$

評価は、次に示す引張、せん断及び曲げ応力が許容応力以下であることを確認する。

(a) ボルトの評価

$$F_t \leq 1.5f_t$$

$$F_s \leq 1.5f_s$$

$$F_t + 1.6F_s \leq 1.4 \times 1.5f_t$$

(b) パイプバンドの評価

$$F_b \leq 1.5f_b$$

なお、Uバンドの軸方向荷重に対する許容荷重は、ボルトの締付けトルクから決まる摩擦力に等しい。したがって、Uバンドの軸方向の許容荷重は、次の計算式で表され、軸方向荷重が軸方向の許容荷重以下であることを確認する。

$$F_0 = \mu \cdot n \cdot T$$

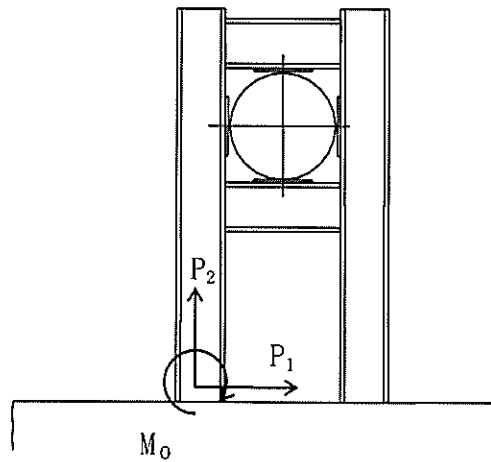
$$T = \frac{M_0}{0.2d_0}$$



c. 支持架構

(a) 構造の代表例

支持架構の代表例として門型形状の支持架構について応力の計算式を示す。



(b) 各鋼材の計算式

支持架構の耐震評価は、配管から受ける設計荷重を用いて構造計算により最大発生応力を算出する。発生応力は、次の計算式により求める。

$$F_s = \frac{P_1}{A_s}$$

$$F_t = \frac{P_2}{A_t}$$

$$F_b = \frac{M_0}{Z}$$

評価は、次に示す組合せ応力が許容応力以下であることを確認する。

$$\sqrt{(F_t + F_b)^2 + 3F_s^2} \leq 1.5f_t$$

### 5.3 支持装置の選定

#### 5.3.1 選定方法

##### (1) Uボルト

Uボルトは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。したがって、配管口径に合わせて、第5-4表「標準Uボルトの選定表」の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第5-5表「標準Uボルト主要寸法表」に示す。

第5-4表 標準Uボルトの選定表

(単位：kN)

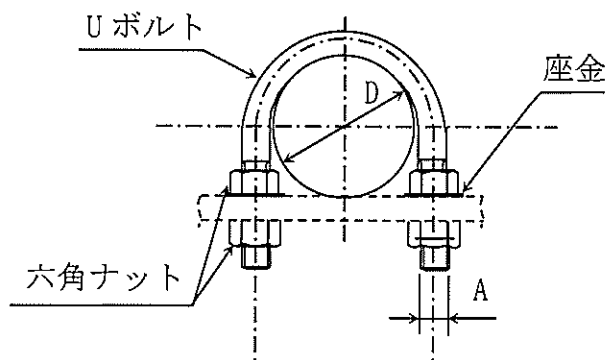
型式	呼び径 (B)	Uボルト サイズ	ストッパー の有無	最大使用荷重 <sup>(注1)</sup>	
				P	Q
1	1/2	M10	ストッパー 無し	1.9	1.9
	3/4			1.9	1.9
	1			1.9	1.9
2	1-1/4	M10		2.2	2.2
	1-1/2	M12		2.2	2.2
	2			3.2	3.2
	2-1/2			3.2	3.2
	3	M16		5.9	5.9
3	4	M16		ストッパー 有り	19
	5	M16	19		19
	6	M20	29		29
	8	M24	42		42
4	10	M30	66		66
	12	M36	95		95
	14	M36	95		95
	16	<sup>(注2)</sup> M30W	138		138
	18		138		138
	20		138		138
	22		138		138
	24	<sup>(注2)</sup> M36W	198		198
	28		198		198
	30		198	198	
36	198		198		

(注1) P：引張方向荷重

Q：せん断方向荷重

(注2) WはUボルト2個使用を示す。

第5-5表 標準Uボルト主要寸法表



(単位：mm)

型式	呼び径 (B)	管外径 D	Uボルト寸法 A
1	1/2	21.7	M10
	3/4	27.2	M10
	1	34.0	M10
2	1-1/4	42.7	M10
	1-1/2	48.6	M10
	2	60.5	M12
	2-1/2	76.3	M12
	3	89.1	M16
3	4	114.3	M16
	5	139.8	M16
	6	165.2	M20
	8	216.3	M24
4	10	267.4	M30
	12	318.5	M36
	14	355.6	M36
	16	406.4	M30
	18	457.2	M30
	20	508.0	M30
	22	558.8	M30
	24	609.6	M36
	28	711.2	M36
	30	762.0	M36
	36	914.4	M36

(2) Uバンド

Uバンドは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。したがって、配管口径に合わせて、第5-6表「標準Uバンドの選定表」の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第5-7表「標準Uバンド主要寸法表」に示す。

第5-6表 標準Uバンドの選定表

(単位：kN)

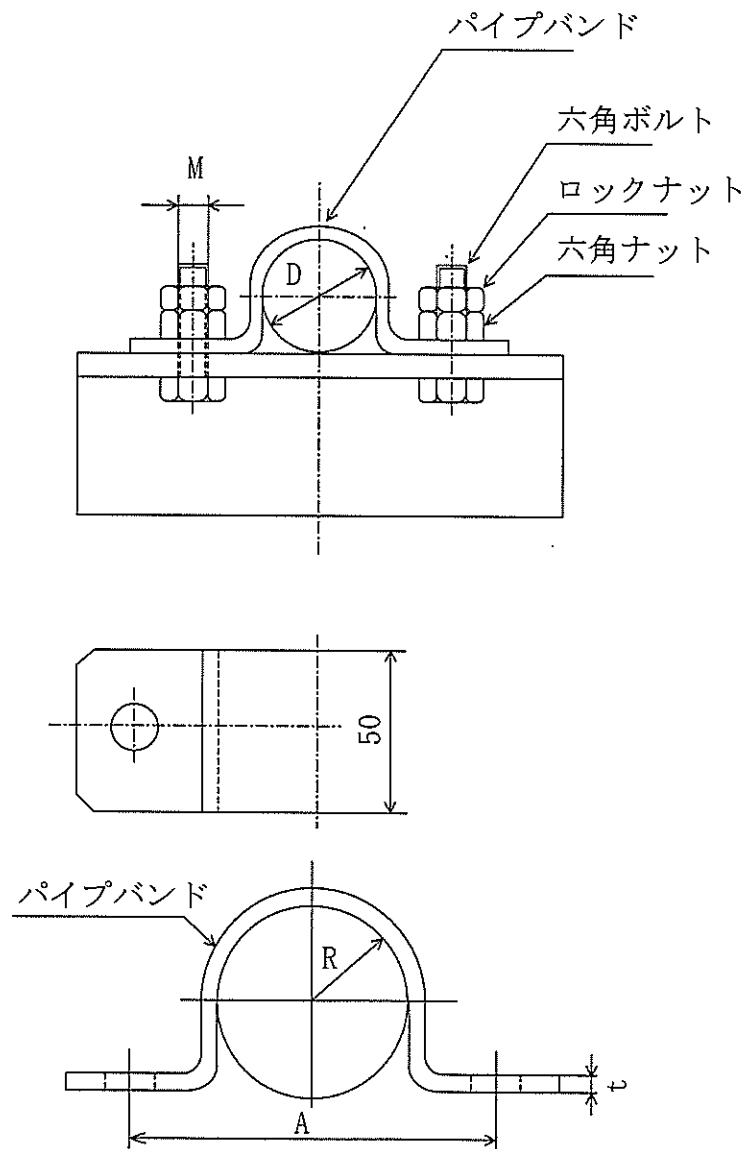
呼び径 (B)	パイプ バンド 厚さ (mm)	ボルト サイズ	最大使用荷重 <sup>(注)</sup>		
			P	Q	F
1/2	6	M12	9	9	3
3/4			9	9	3
1			9	9	3
1-1/2		M16	12	12	6
2	9	M20	24	24	8
2-1/2			24	24	8
3			24	24	8

(注) P：引張方向荷重  
Q：せん断方向荷重  
F：配管軸方向荷重

第5-7表 標準Uバンド主要寸法表

(単位：mm)

呼び径 (B)	管外径 D	パイプバンド			ボルト サイズ	締付トルク (N・m)
		R	A	t		
1/2	21.7	11	76	6	M12	25
3/4	27.2	14	80	6	M12	
1	34.0	17.5	90	6	M12	
1-1/2	48.6	25	106	6	M16	65
2	60.5	31	130	9	M20	127
2-1/2	76.3	38.5	150	9	M20	
3	89.1	45.5	160	9	M20	



#### 5.4 支持架構の選定

支持架構に用いる標準的な鋼材表を、第5-8表「鋼材表」に示す。また、基本構造を、第5-9表「基本構造一覧表」に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが、同等以上の強度を持つ他の鋼材も使用可能とする。

第5-8表 鋼材表

順位	形状	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )		単位質量 (kg/m)
		I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	
1	L50×50×6	12.6	12.6	4.43
2	L65×65×6	29.4	29.4	5.91
3	L75×75×6	46.1	46.1	6.85
4	C100×50×5/7.5	188	26	9.36
5	□75×75×4.5	98.6	98.6	9.55
6	L90×90×10	125	125	13.3
7	C125×65×6/8	424	61.8	13.4
8	H100×100×6/8	378	134	16.9
9	C150×75×6.5/10	861	117	18.6
10	L100×100×13	220	220	19.1
11	L130×130×12	467	467	23.4
12	H125×125×6.5/9	839	293	23.6
13	□100×100×9.0	408	408	24.1
14	C200×90×8/13.5	2,490	277	30.3
15	□125×125×9	865	865	31.1
16	H150×150×7/10	1,620	563	31.1
17	□150×150×9	1,580	1,580	38.2
18	H200×200×8/12	4,720	1,600	49.9
19	□200×200×12	4,980	4,980	67.9
20	H250×250×9/14	10,700	3,650	71.8
21	□250×250×12	10,300	10,300	86.8
22	H300×300×10/15	20,200	6,750	93.0
23	□300×300×12	18,300	18,300	106
24	□350×350×12	29,800	29,800	124

(注) 表中の方向は、I<sub>x</sub>：強軸、I<sub>y</sub>：弱軸方向を示す。

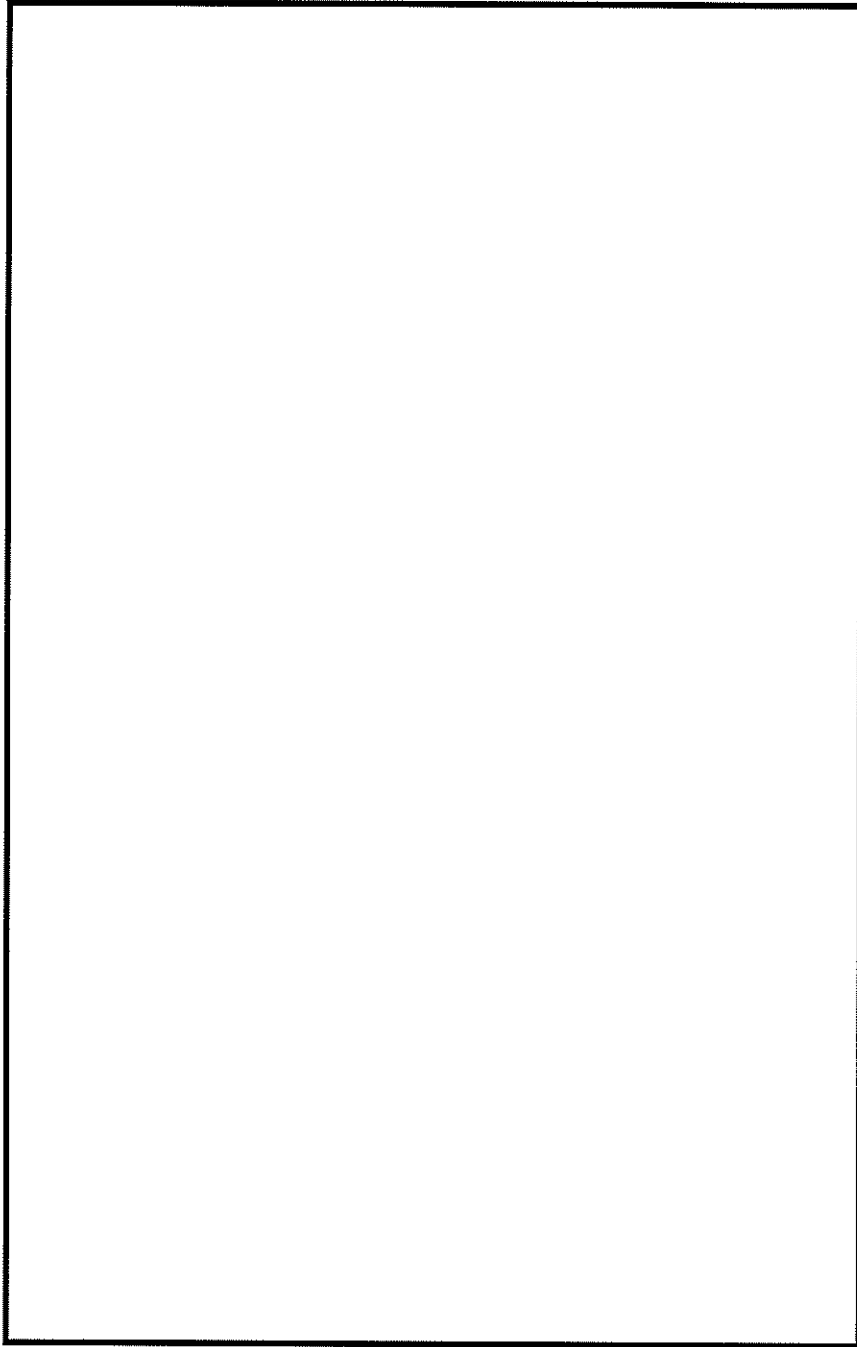
L：山形鋼

C：溝形鋼

□：角形鋼

H：H形鋼





## 5.5 埋込板の耐震計算方法

### 5.5.1 概要

支持装置及び支持架構用の埋込板について、十分な耐震性を有することを確認するための方法を示す。

### 5.5.2 適用基準

耐震計算は、JEAG4601に基づき実施する。

### 5.5.3 応力評価の方針

#### (1) 基本事項

埋込板は、弾性設計用地震動 $S_d$ により埋込板に生じる荷重及び基準地震動による地震力を1.2で除した地震力により埋込板に生じる荷重を包絡するように、タイプごとに予め最大使用荷重を設定する。応力評価においては、埋込板に最大使用荷重が作用した時に評価部位に生じる発生応力等が、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sの許容限界以下となることを確認する。なお許容応力は、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのものを用いて実施する。

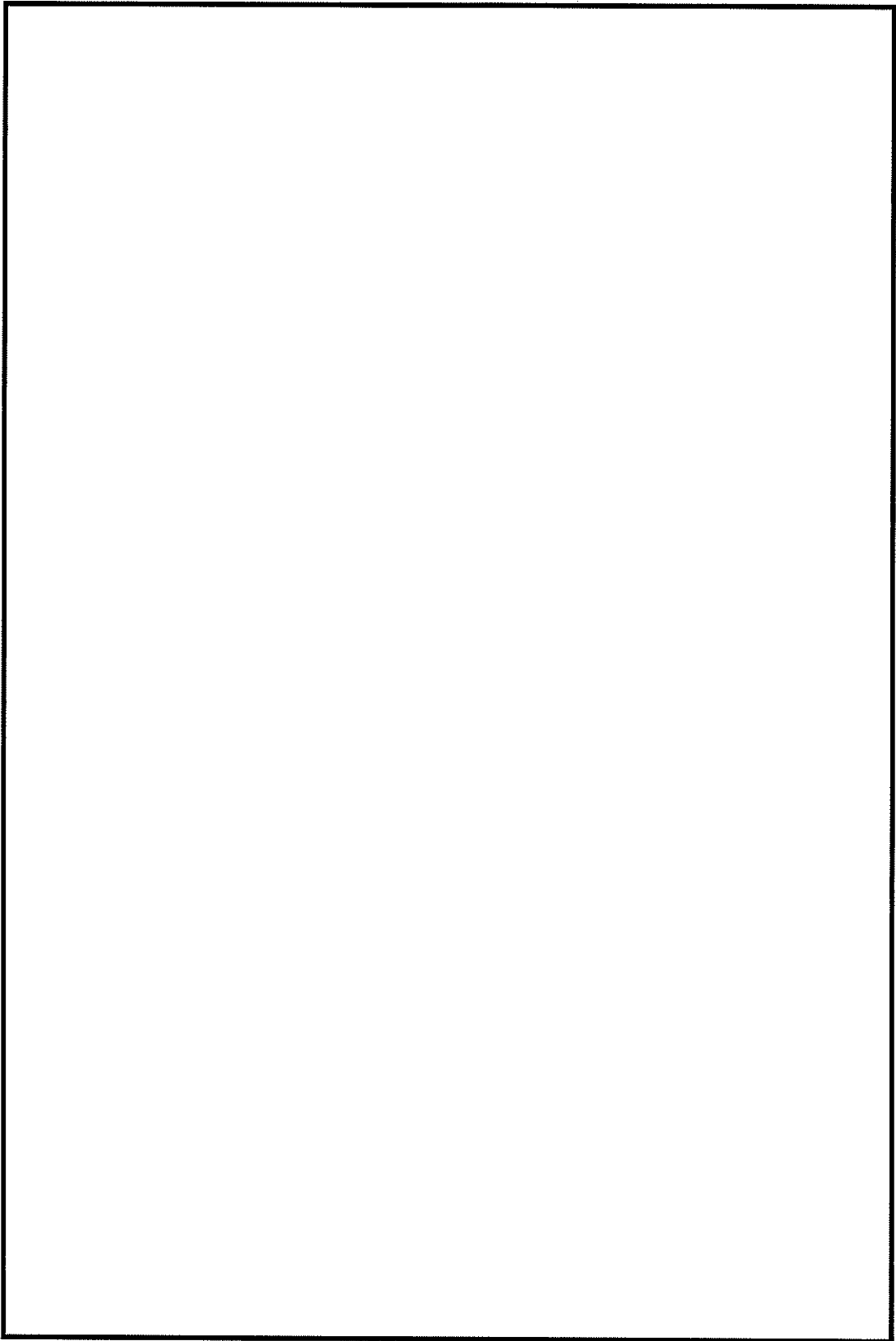
評価は、埋込板の強度部材である次の部位について実施する。

- a ベースプレート
- b スタッドジベル
- c コンクリート

配管及び弁の支持装置及び支持架構用の埋込板には、ベースプレートの寸法及びスタッドジベルの寸法の違いにより数種類存在するが、第5-1図「標準埋込金物の例」に示す標準的な型式B, C, Eの3種類に対する耐震評価を実施する。

コンクリートの評価は、JEAG4601の「機器・配管系のアンカー部評価法」に基づき耐震計算を実施することとし、ベースプレート及びスタッドジベルの評価は、設計荷重を負荷した場合のこれらの力の釣り合いから耐震計算を実施する。

なお、埋込板の最大使用荷重は、ベースプレート、スタッドジベル及びコンクリートのうち評価上最も厳しい部位で決める。



(2) 許容応力と許容荷重

埋込板に適用する各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を、第5-10表「許容応力と許容荷重」に示す。

第5-10表 (1/2) 許容応力と許容荷重

許容応力 状態	ベース プレート 曲げ応力 (MPa)	スタッドジベル		コンクリート		
		引張応力 <sup>(注2)</sup> (MPa)	せん断応力 (MPa)	引張荷重 <sup>(注2)</sup> (N)	せん断荷重 (N)	圧縮応力 (MPa)
I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>	$f_b$	$f_t$	$f_s$	$0.3 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.4 \times 0.5 A_{sc} \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$\frac{F_c}{3}$
III <sub>A</sub> III <sub>A</sub> S	$1.5f_b$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$0.45 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.6 \times 0.5 A_{sc} \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$2 \times \frac{F_c}{3}$
IV <sub>A</sub> IV <sub>A</sub> S	$1.5f_b^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$0.6 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.8 \times 0.5 A_{sc} \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$0.75 \times F_c$

(注1)  $1.5f_b^*$ 、 $1.5f_t^*$ 及び $1.5f_s^*$ はJSME S NC1、SSB-3121.3による。

(注2) 埋込板の評価では、コンクリート支圧による許容荷重が引張荷重による許容荷重より大きいことから、引張荷重を許容荷重として設定する。

(注3) 許容値は、常温における物性値を用いて算出する。

第5-10表 (2/2) 許容応力と許容荷重 (基準強度)

材 質	F (MPa)	Fc (MPa)
SS400 シリコンキルド鋼 <sup>(注)</sup>	235	—
コンクリート	—	26.4 (270 (kg f /cm <sup>2</sup> ))

(注) スタッドジベルの材質は、シリコンキルド鋼を用い、許容応力は「頭付きスタッド」(JIS B 1198-1995)に記載の値を使用する。



#### 5.5.4 埋込板の耐震計算式

##### (1) 記号の定義

埋込板の耐震計算で使用する記号を次に示す。

	記号	単位	定義
埋込板の耐震計算に使用するもの	$A_c$	$\text{mm}^2$	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積
	$a_t$	$\text{mm}^2$	片側スタッドジベルの断面積
	$B$	mm	ベースプレートの矩形短辺側の長さ
	$D$	mm	ベースプレートの矩形長辺側の長さ
	$d_t$	mm	スタッドジベルからベースプレート端までの距離
	$E_c$	MPa	コンクリートの縦弾性係数
	$e$	mm	偏心距離
	$F$	MPa	ベースプレート及びスタッドジベルの基準許容応力
	$F_A$	N	軸方向荷重
	$F_c$	MPa ( $\text{kgf/cm}^2$ )	コンクリートの設計基準強度
	$F_x$	N	X軸方向の荷重
	$F_y$	N	Y軸方向の荷重
	$F_z$	N	Z軸方向の荷重
	$f_b$	MPa	ベースプレートの許容曲げ応力
	$f_s$	MPa	スタッドジベルの許容せん断応力
	$f_t$	MPa	スタッドジベルの許容引張応力
	$H$	mm	支持架構の幅
	$L$	mm	スタッドジベル間最大距離
	$M$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	曲げモーメント
	$M_x$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	X軸回りのモーメント
$M_y$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	Y軸回りのモーメント	
$M_z$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	Z軸回りのモーメント	
$N$	本	スタッドジベルの全本数	

	記号	単位	定義
埋 込 板 の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	$N'$	本	スタッドジベルの片側本数
	$n$	—	ボルトの縦弾性係数とコンクリートの縦弾性係数との比 (=10)
	$P$	N	コンクリートのコーン状破壊における引張荷重
	$P_{ca}$	N	コンクリートのコーン状破壊における許容引張荷重
	$Q$	N	スタッドジベルのせん断荷重
	$_{sc}A$	$mm^2$	スタッドジベル1本あたりの断面積
	$t$	mm	ベースプレートの板厚
	$U$	mm	支持金物の圧縮側柱面からベースプレート端までの距離
	$X_n$	mm	圧縮側最外端部から中立軸までの距離
	$Z_t$	N	スタッドジベルの引張力
	$\eta$	$mm^2$	ベースプレートの曲げ応力評価式に用いる係数 ( $a_t \cdot n$ )
	$\sigma_b$	MPa	スタッドジベルの引張応力
	$\sigma_c$	MPa	コンクリートの圧縮応力
	$\sigma_{pc}$	MPa	ベースプレートの圧縮側の曲げ応力
	$\sigma_{pt}$	MPa	ベースプレートの引張側の曲げ応力
$\tau_b$	MPa	スタッドジベルのせん断応力	

(2) 耐震計算

埋込板には、支持架構より次の荷重が作用する。

- a 軸方向荷重
- b 曲げモーメント
- c せん断荷重
- d 回転モーメント

以上の荷重により、

- (a) ベースプレートには、a項とb項の荷重の組合せにより、曲げ応力が発生する。
- (b) スタッドジベルには、a項とb項の荷重の組合せにより、引張応力が発生する。また、c項とd項の荷重の組合せにより、せん断応力が発生する。
- (c) コンクリートには、a項とb項の荷重の組合せにより、引張応力が発生する。

発生応力及び発生荷重は、「鉄骨柱脚部の力学性状に関する実験的研究（軸圧縮力と曲げモーメントを受ける場合）」（日本建築学会（1982年））に基づき、次の計算式により求める。

イ. ベースプレートの計算式

- (イ) ベースプレートの圧縮側の曲げ応力

$$\sigma_{pc} = \frac{X_n \cdot \sigma_c}{t^2} (3U - X_n)$$

ここで

$$\sigma_c = \frac{2F_A \cdot X_n}{2\eta(D - 2X_n) - B \cdot X_n^2}$$

- (ロ) ベースプレートの引張側の曲げ応力

$$\sigma_{pt} = \frac{6(D - U - H - d_t)Z_t}{B \cdot t^2}$$

ロ. スタッドジベルの計算式

(イ) スタッドジベルの引張応力

$$\sigma_b = \frac{Z_t}{a_t}$$

ここで

$$Z_t = \frac{2F_A \cdot \eta(D - d_t - X_n)}{2\eta(D - 2X_n) - B \cdot X_n^2}$$

(ロ) スタッドジベルのせん断応力

$$\tau_b = \frac{Q}{N_{sc} A}$$

ハ、コンクリートの計算式

(イ) コンクリートのコーン状破壊における引張荷重

$$P = \frac{Z_t}{N'}$$

なお、イ～ハ項の計算式で使用する、 $X_n$ 及び $e$ を次に示す。

$$X_n^3 - 3\left(e + \frac{D}{2}\right)X_n^2 - \frac{12}{B}\eta \cdot e \cdot X_n - \frac{6}{B}\eta \left(\frac{(D - 2d_t)^2}{2} - e \cdot D\right) = 0$$

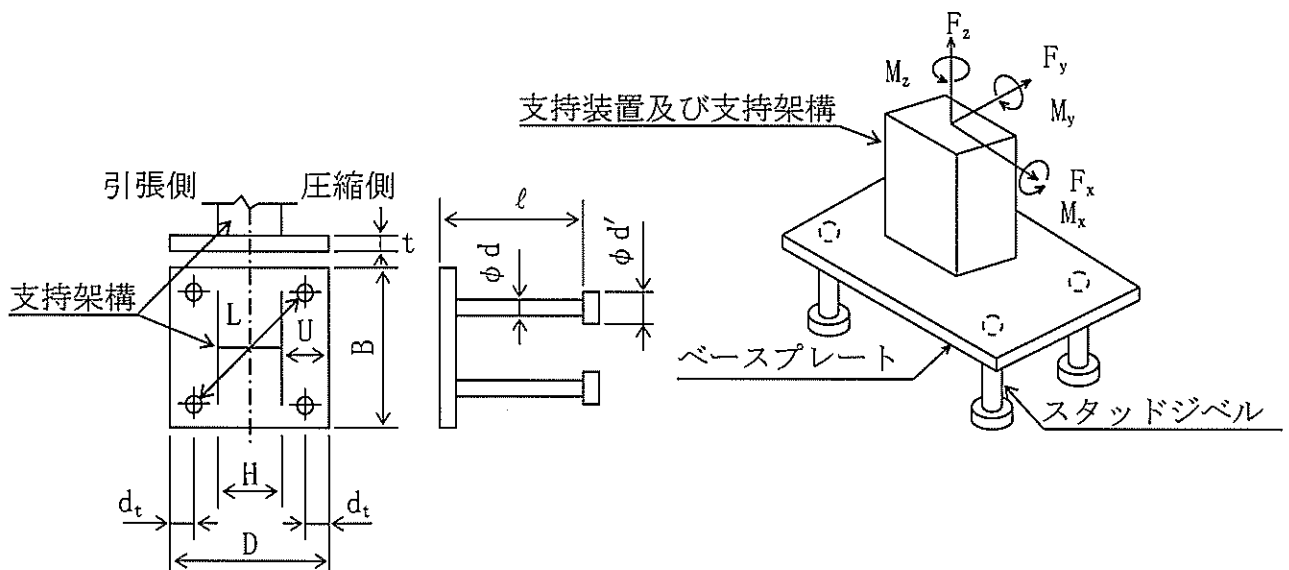
( $0 \leq X_n < d_t$ )

$$e = \frac{M}{F_A}$$

ここで、 $M = |M_x| + |M_y|$

$$F_A = |F_z|$$

$$Q = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} + \frac{2|M_z|}{L}$$



(3) 応力評価

評価は、(2)項で求めた発生応力及び発生荷重が許容値以下であることを確認する。

a ベースプレートの評価

$$\sigma_{pc} \leq 1.5f_b$$

$$\sigma_{pt} \leq 1.5f_b$$

b スタッドジベルの評価

$$\sigma_b \leq 1.5 f_t$$

$$\tau_b \leq 1.5 f_s$$

$$\sigma_b + 1.6 \tau_b \leq 1.4 \times 1.5 f_t$$

c コンクリートの評価

$$P \leq P_{ca} = 0.45 \times 0.31 A_c \sqrt{F_c}$$



## 5.6 埋込板の選定

埋込板は、作用する設計荷重に基づき、第5-11表「標準埋込板の選定」の最大使用荷重の中から最大使用荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

なお、最大使用荷重は、埋込板への荷重の作用状態（荷重（軸方向、せん断）及びモーメント（曲げ、回転）の作用比率）に応じて設定できるが、第5-11表「標準埋込板の選定」は、代表的な作用状態について示しており、最大使用荷重を超えた場合でも個別の耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。主要寸法を、第5-12表「標準埋込板の寸法」に示す。

第5-11表 標準埋込板の選定

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.5
C	50	6.5	35	5.0
E	110	25	170	35.0

(注) 想定する支持架構のサイズは、型式Bは□100、型式Cは□150、型式Eは□300とする。

第5-12表 標準埋込板の寸法

型式	ベースプレート			スタッドジベル				
	矩形 長辺側 の長さ D (mm)	矩形 短辺側 の長さ B (mm)	板厚 t (mm)	外径		長さ ℓ (mm)	本数 N	スタッドピッチ 矩形長辺方向 (mm) × 矩形短辺方向 (mm)
				d	d'			
B	700	200	12	16	29	120	8	200×130
C	300	300	16	16	29	124	4	200×200
E	500	500	25	22	35	173	9	200×200

## 5.7 支持構造物の耐震性確認

### 5.7.1 概要

各支持構造物について、定められた定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な耐震性を有することを確認する。

### 5.7.2 支持構造物の耐震性確認

耐震性を有することの確認は、次の支持構造物に関して実施する。なお、最大使用荷重を用いて評価を行うものについては、支持構造物の形状が多岐にわたるため、ここでは代表例に対する耐震性の確認を示す。

番号	支持構造物	評価する荷重	適用する許容応力状態	設計温度	表番
①	Uボルト	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S	150℃ <sup>(注)</sup>	第5-13表
②	Uバンド	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S	150℃ <sup>(注)</sup>	第5-14表
③	支持架構	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S	65℃	第5-15表 (1/18～18/18) 第5-16表 (1/18～18/18)
④	埋込板	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S	21℃	第5-17表 (1/3～3/3)

(注) 本温度は、標準支持間隔を適用する配管条件で最も多く用いられる温度である。ただし、3次元はりモデルにより解析を行う配管に使用する場合は、当該配管固有の温度を適用する。

第5-13表 Uボルト (材質：6B未満SUS304、6B以上SS400)

(単位：MPa)

型式	口径 (B)	鉛直荷重 (P) (kN)	水平荷重 (Q) (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評価
				$\sigma_t$	$1.5f_t$	$\sigma_s$	$1.5f_s$	$\sigma_t + 1.6\sigma_s$	$1.4 \times 1.5f_t$	
タイプ-1	1/2	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
	3/4	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
タイプ-2	1	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
	1-1/4	2.2	2.2	27	153	29	118	74	215	○
	1-1/2	2.2	2.2	27	153	29	118	74	215	○
	2	3.2	3.2	27	153	29	118	74	215	○
	2-1/2	3.2	3.2	27	153	29	118	74	215	○
	3	5.9	5.9	28	153	30	118	76	215	○
タイプ-3	4	19	19	48	153	95	118	200	215	○
	5	19	19	48	153	95	118	200	215	○
	6	29	29	47	148	93	114	196	207	○
	8	42	42	47	148	93	114	196	207	○
	10	66	66	47	148	94	114	198	207	○
	12	95	95	47	148	94	114	198	207	○
タイプ-4	14	95	95	47	148	94	114	198	207	○
	16	138	138	49	148	98	114	206	207	○
	18	138	138	49	148	98	114	206	207	○
	20	138	138	49	148	98	114	206	207	○
	22	138	138	49	148	98	114	206	207	○
	24	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	28	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	30	198	198	49	148	98	114	206	207	○
36	198	198	49	148	98	114	206	207	○	

(注) 6B以上のUボルトサイズはM16以上を使用するため、引張、せん断及び組合せ応力の許容応力は、安全側にSS400の値を示す。

第5-14表 Uバンド (ボルト材料：2B未満SUS304、2B以上SS400、パイプバンド材料：SUS304)

(単位：MPa)

口径 (B)	鉛直荷重 P (kN)	水平荷重 Q (kN)	軸荷重 F (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		曲げ応力		許容荷重 F <sub>a</sub> (kN)	評価
				$\sigma_t$	$1.5f_t$	$\sigma_s$	$1.5f_s$	$\sigma_t + 1.6\sigma_s$	$1.4 \times 1.5f_t$	$\sigma_b$	$1.5f_b$		
1/2	9	9	3	40	153	107	118	212	215	175	236	3.1	○
3/4	9	9	3	40	153	107	118	212	215	164	236	3.1	○
1	9	9	3	40	153	107	118	212	215	188	236	3.1	○
1-1/2	12	12	6	30	153	90	118	174	215	214	236	6.0	○
2	24	24	8	39	148	102	114	203	207	192	236	9.5	○
2-1/2	24	24	8	39	148	102	114	203	207	229	236	9.5	○
3	24	24	8	39	148	102	114	203	207	204	236	9.5	○

(注) 2B以上のUバンドのボルトサイズはM16以上を使用するため、引張、せん断及び組合せ応力の許容応力は、安全側にSS400の値を示す。ただし、パイプバンドについては、材質がSUS304である方が曲げ応力に対する許容応力が小さいため、許容応力としては、SUS304の値を示す。

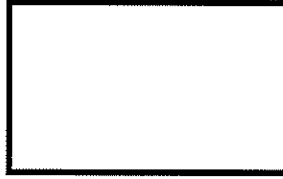
第5-15表 (1/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-1  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					87
					174
					45
					90
					154
					92
					154
					135
					116
					132
					59
					116
					120
					116
					105
					152
					145
					164
					72
					143
					146
					139
					125
					184
					116
					170
					99
					111
					94
					101
					154
					151
					166
					57
					139
					155
					130
					139
					129
					135

第5-15表 (2/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					16
					32
					80
					158
					78
					156
					167
					144
					24
					48
					118
					140
					98
					120
					131
					114
					45
					87
					125
					52
					154
					113
					95
					153
					65
					126
					180
					71
					122
					150
					122
					107
					87
					166
					177
					90
					154
					90
					149
					130



第5-15表 (3/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					17
					34
					83
					165
					81
					162
					174
					151
					25
					50
					123
					144
					100
					123
					135
					120
					46
					89
					128
					52
					154
					115
					99
					159
					67
					129
					183
					71
					123
					152
					127
					112
					88
					169
					178
					90
					154
					94
					156
					137

第5-15表 (4/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					18
					36
					88
					175
					88
					114
					151
					120
					27
					53
					130
					152
					104
					129
					142
					127
					49
					95
					135
					53
					158
					117
					101
					163
					70
					136
					143
					72
					124
					153
					128
					114
					92
					177
					47
					91
					155
					94
					156
					138

第5-15表 (5/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					19
					37
					91
					182
					92
					120
					136
					126
					28
					54
					134
					158
					108
					135
					148
					133
					50
					98
					140
					55
					163
					120
					104
					166
					73
					141
					149
					74
					127
					157
					130
					116
					96
					183
					48
					93
					159
					95
					158
					139

第5-15表 (6/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					19
					38
					94
					186
					97
					125
					142
					130
					28
					55
					137
					161
					112
					139
					154
					139
					52
					101
					143
					56
					98
					123
					106
					174
					75
					145
					153
					76
					130
					159
					133
					117
					98
					188
					49
					95
					162
					97
					161
					141

第5-15表 (7/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					30
					60
					148
					171
					107
					128
					135
					113
					34
					68
					170
					145
					114
					132
					137
					111
					48
					94
					133
					51
					150
					106
					147
					141
					65
					127
					179
					68
					117
					143
					118
					104
					86
					164
					174
					88
					149
					89
					147
					129

第5-15表 (8/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)

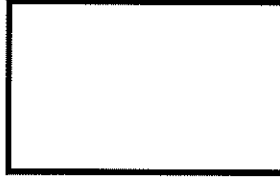


基本形状：タイプ-3  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					44
					88
					127
					52
					155
					116
					100
					161
					49
					96
					138
					53
					158
					114
					96
					154
					60
					120
					170
					62
					105
					127
					103
					165
					74
					144
					152
					74
					126
					152
					123
					107
					92
					177
					46
					90
					152
					88
					146
					128



第5-15表 (9/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					81
					161
					174
					93
					164
					106
					182
					137
					84
					167
					178
					90
					156
					96
					160
					141
					95
					189
					48
					96
					163
					96
					160
					139
					108
					122
					54
					106
					108
					103
					194
					149
					121
					136
					59
					117
					118
					112
					100
					147

第5-15表 (10/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					117
					136
					68
					135
					149
					152
					140
					134
					119
					137
					64
					127
					136
					135
					123
					176
					130
					148
					66
					131
					134
					129
					117
					170
					142
					161
					70
					140
					142
					135
					121
					178
					155
					175
					76
					150
					151
					143
					128
					190

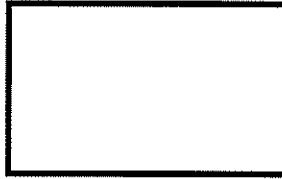
第5-15表 (11/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					154
					178
					88
					104
					100
					110
					160
					171
					155
					178
					83
					95
					146
					188
					142
					151
					164
					139
					83
					94
					142
					183
					147
					135
					176
					148
					87
					98
					147
					190
					149
					136
					189
					159
					92
					103
					88
					200
					144
					140

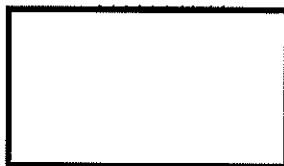
第5-15表 (12/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					16
					32
					78
					155
					81
					161
					172
					147
					24
					48
					118
					137
					93
					115
					125
					107
					45
					87
					124
					50
					147
					148
					147
					141
					65
					126
					179
					69
					117
					143
					116
					102
					87
					166
					175
					88
					149
					87
					145
					126

第5-15表 (13/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					17
					33
					83
					164
					96
					127
					142
					125
					26
					50
					123
					143
					96
					124
					138
					123
					46
					90
					128
					51
					151
					109
					150
					150
					67
					129
					183
					70
					120
					146
					119
					105
					88
					169
					178
					89
					151
					89
					148
					130

第5-15表 (14/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					20
					38
					95
					189
					158
					143
					130
					118
					28
					55
					135
					157
					109
					153
					138
					147
					50
					97
					137
					53
					157
					113
					98
					157
					71
					137
					145
					72
					124
					151
					124
					109
					93
					178
					47
					91
					155
					92
					153
					134

第5-15表 (15/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					22
					42
					105
					159
					150
					111
					104
					142
					30
					59
					145
					169
					146
					146
					143
					132
					53
					102
					144
					55
					163
					116
					104
					166
					75
					144
					152
					75
					127
					155
					127
					112
					97
					186
					48
					94
					159
					94
					156
					137



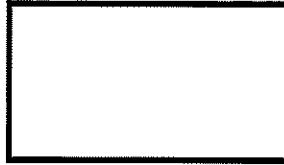
第5-15表 (16/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					26
					51
					127
					97
					132
					145
					135
					131
					32
					62
					153
					180
					183
					142
					156
					137
					55
					107
					151
					57
					98
					120
					112
					172
					78
					150
					157
					77
					131
					159
					129
					114
					101
					193
					50
					97
					163
					96
					159
					139

第5-15表 (17/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-5  
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					17
					33
					81
					161
					107
					138
					152
					131
					18
					36
					88
					176
					120
					162
					146
					155
					21
					40
					98
					118
					115
					160
					147
					156
					22
					42
					101
					122
					110
					152
					139
					147
					24
					44
					103
					124
					110
					146
					134
					140

(注) 斜材据付角度は30° とし、( ) 内寸法は参考値とする。

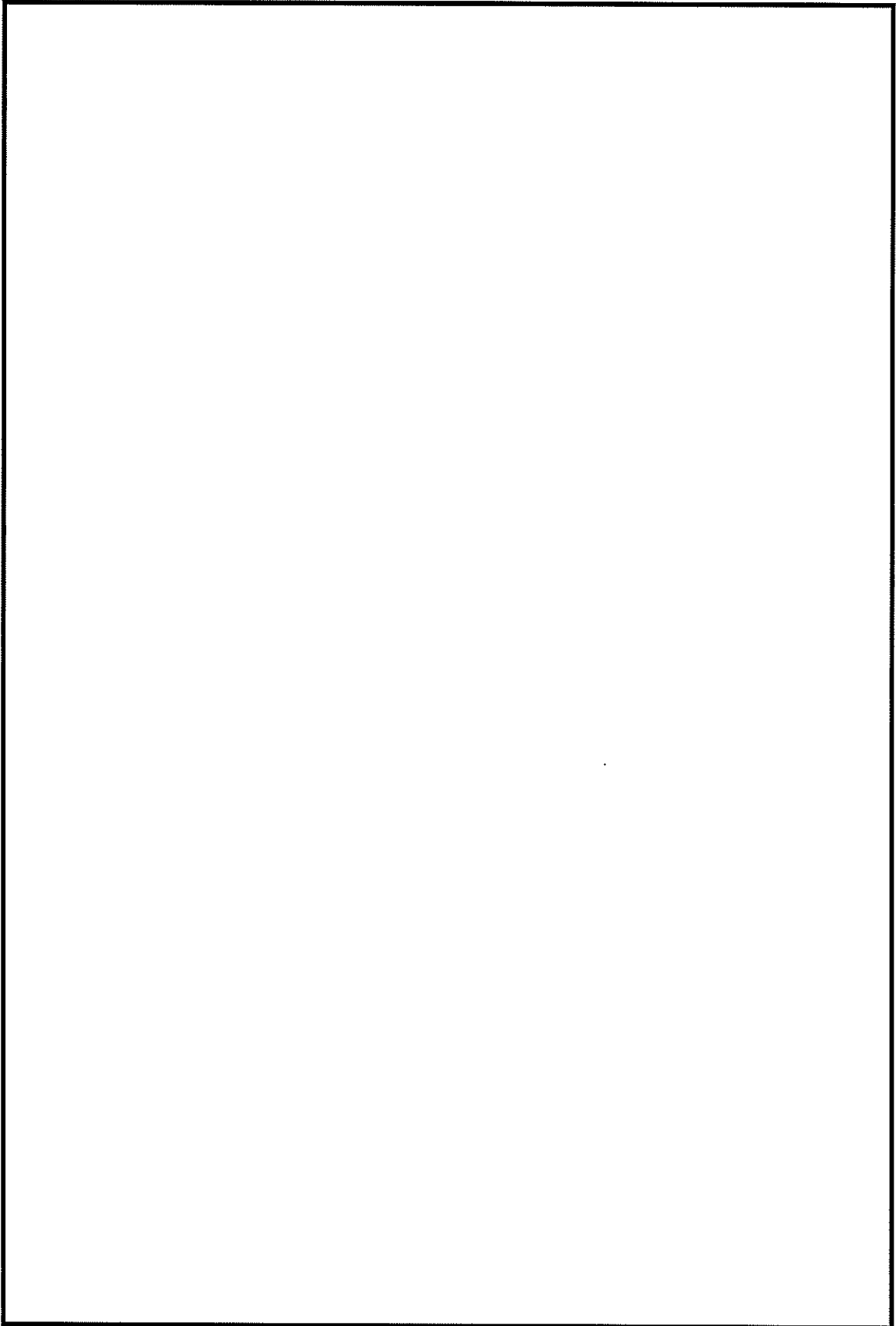
第5-15表 (18/18) 支持構造物鋼材選定表  
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-6
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		
					12
					24
					58
					116
					154
					96
					160
					159
					19
					38
					94
					187
					67
					133
					132
					135
					38
					74
					183
					155
					115
					132
					136
					108
					58
					111
					156
					56
					94
					114
					92
					147
					78
					149
					155
					73
					122
					146
					117
					101

第5-16表 (1/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

A large empty rectangular box with a black border, intended for a table. The table content is not visible on this page.

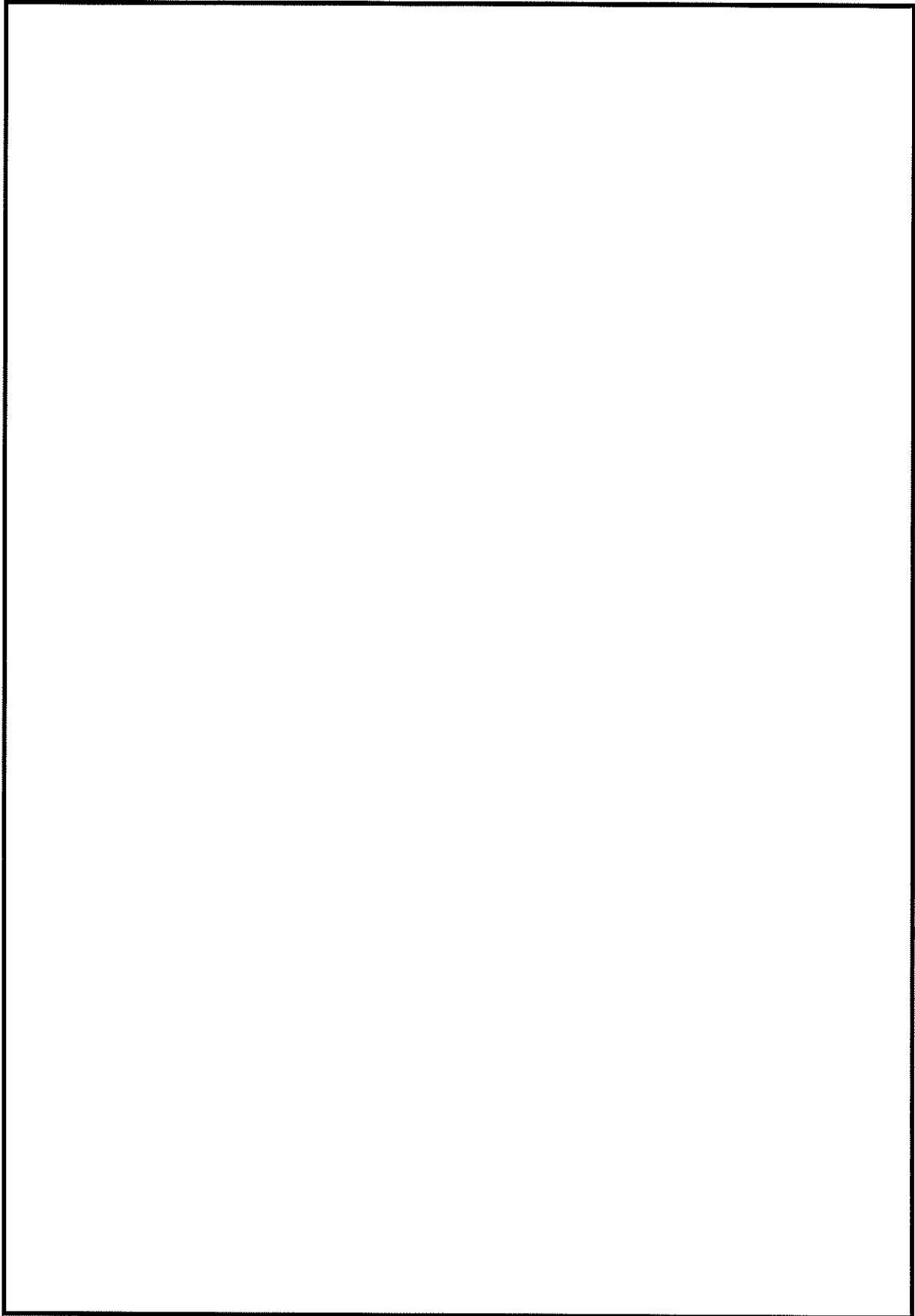
第5-16表 (2/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (3/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (4/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)





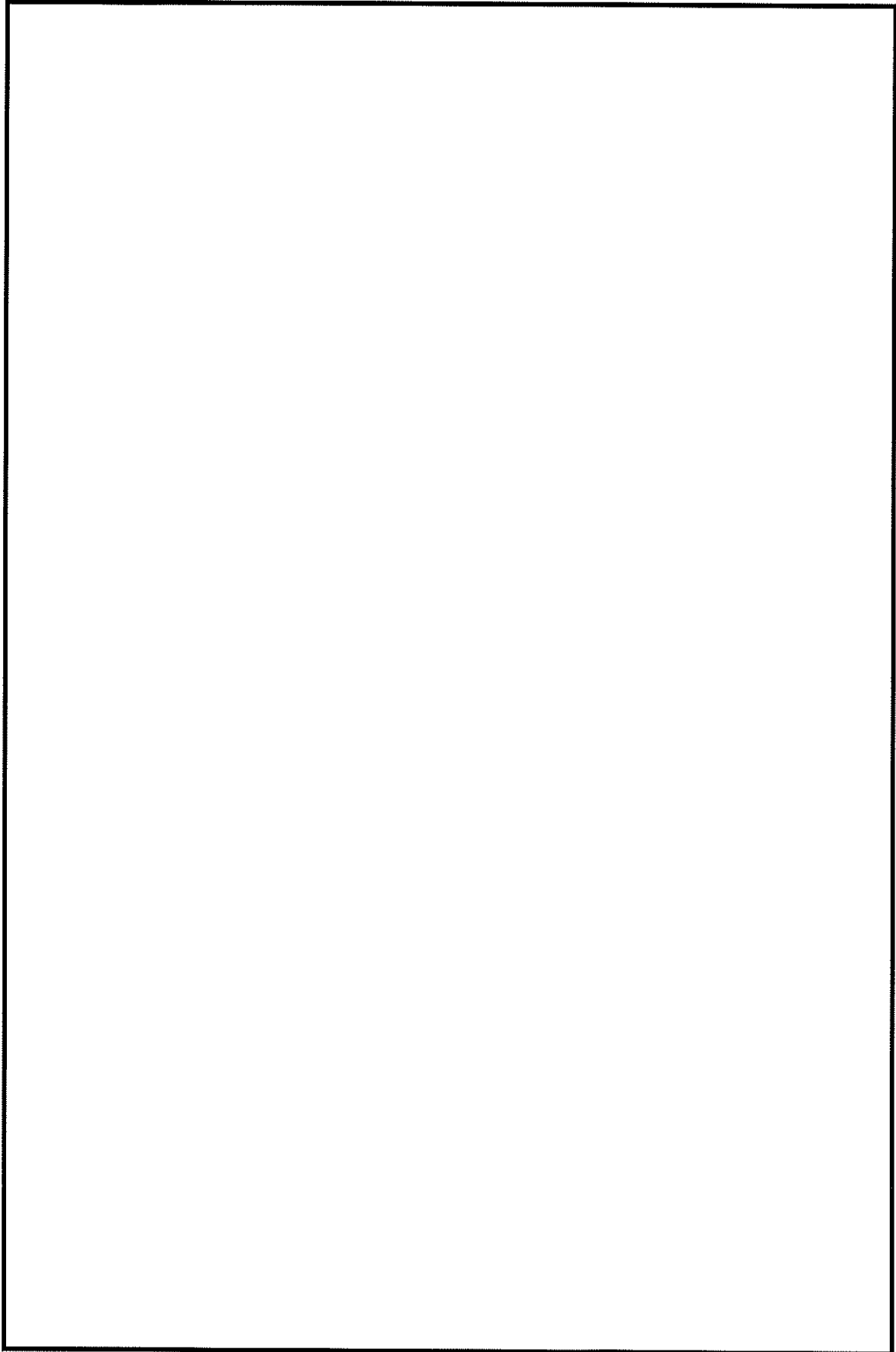
第5-16表 (5/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

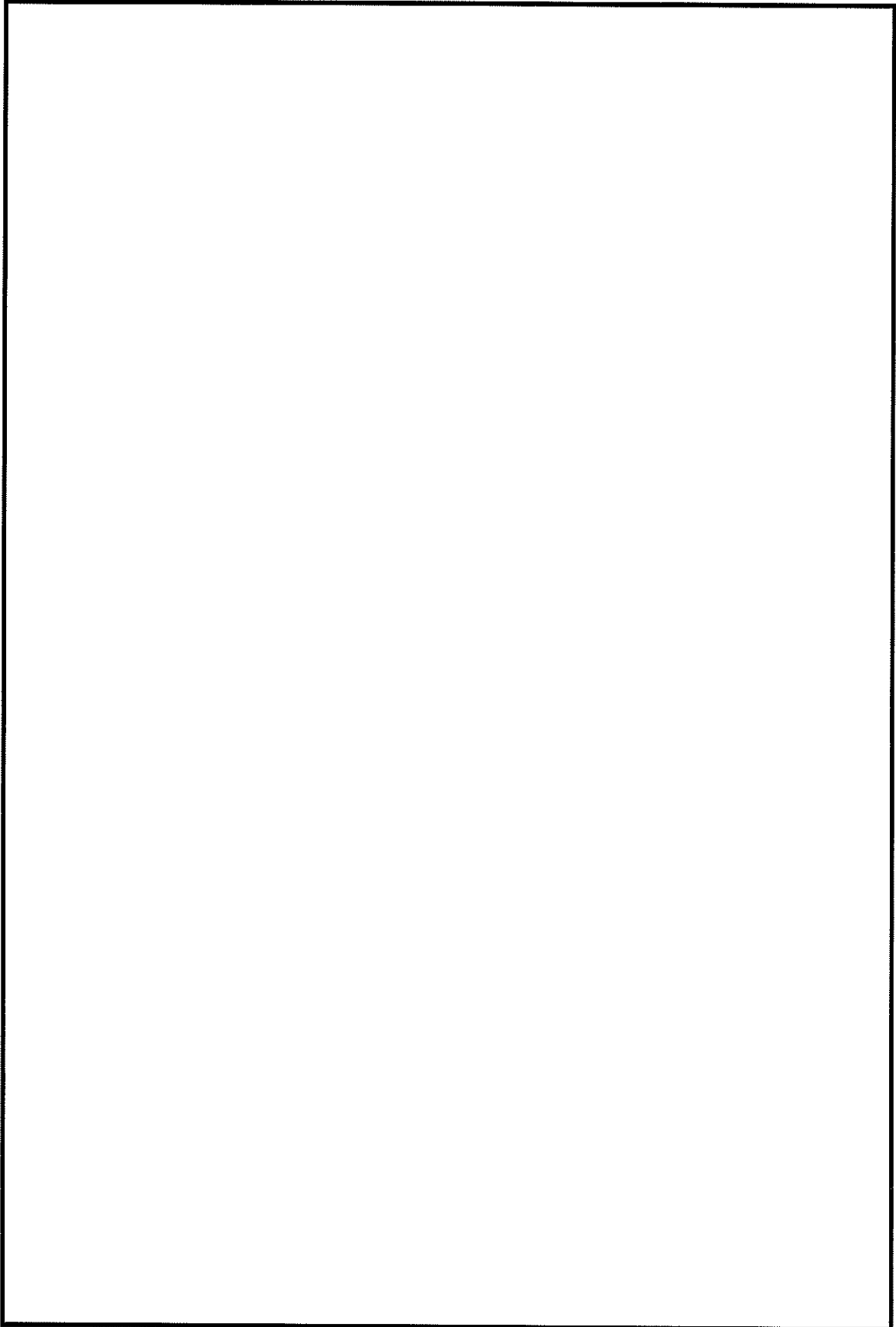
第5-16表 (6/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (7/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)



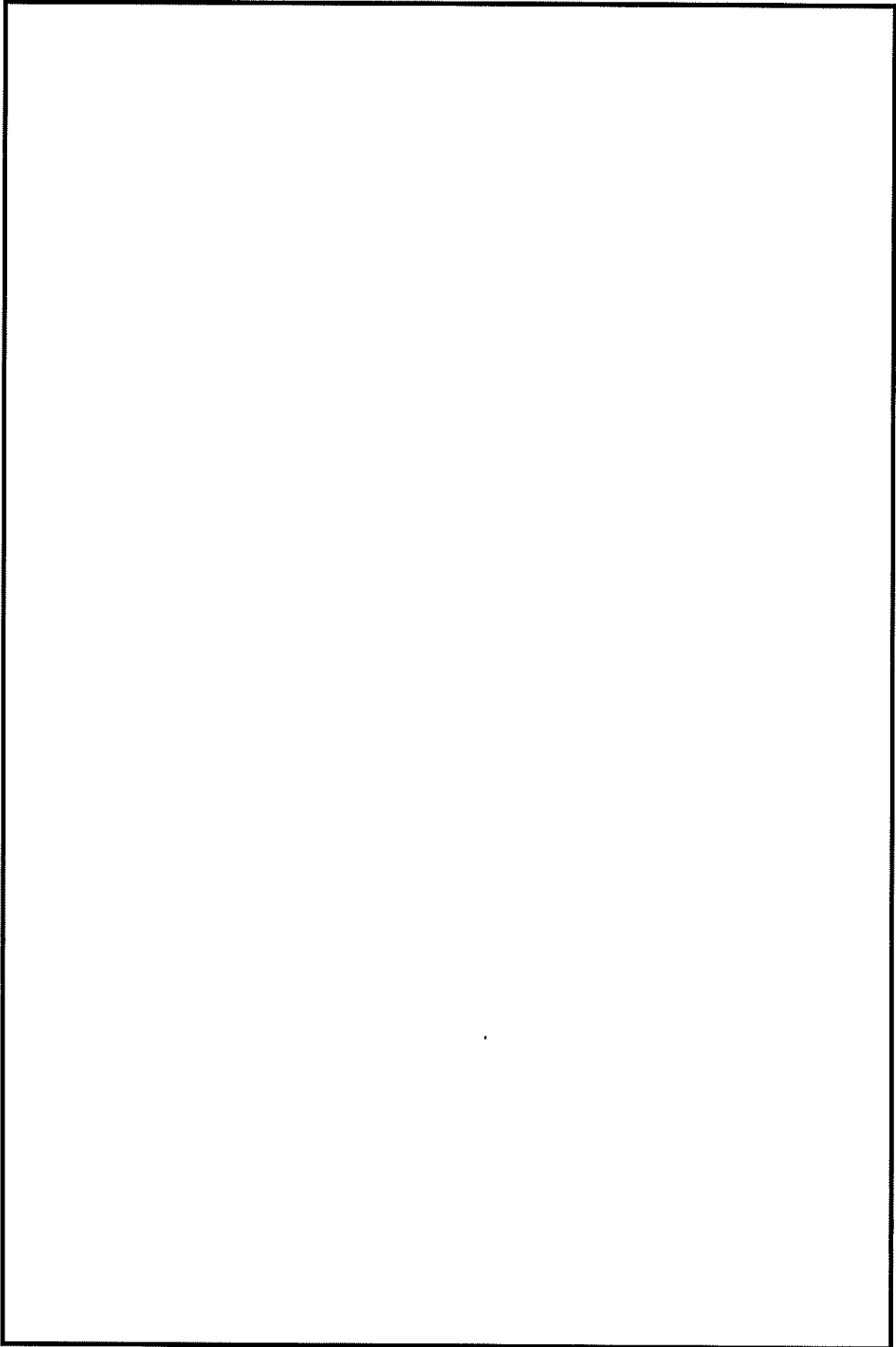
第5-16表 (8/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)



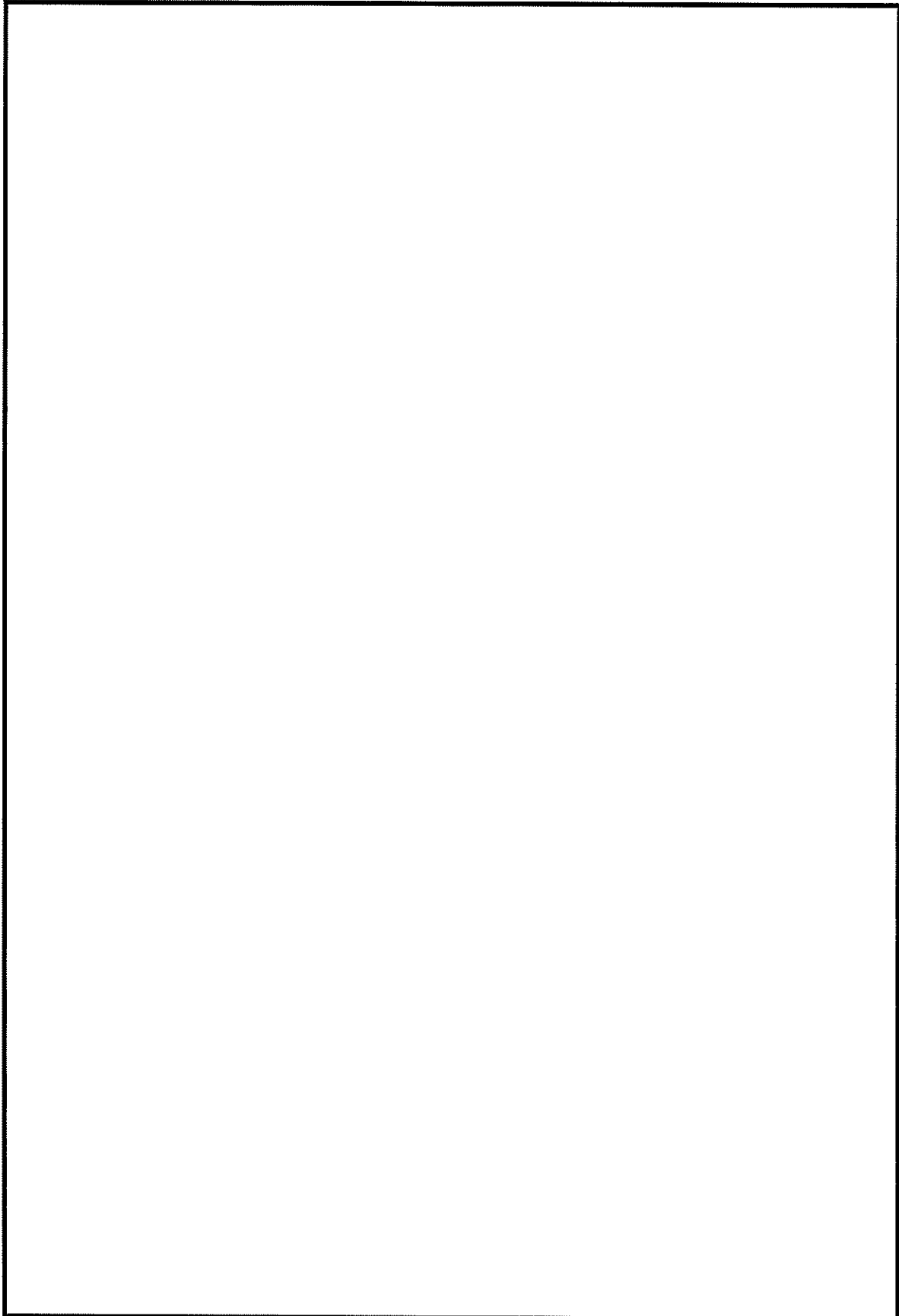
第5-16表 (9/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (10/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)



第5-16表 (11/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)





第5-16表 (12/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (13/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (14/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

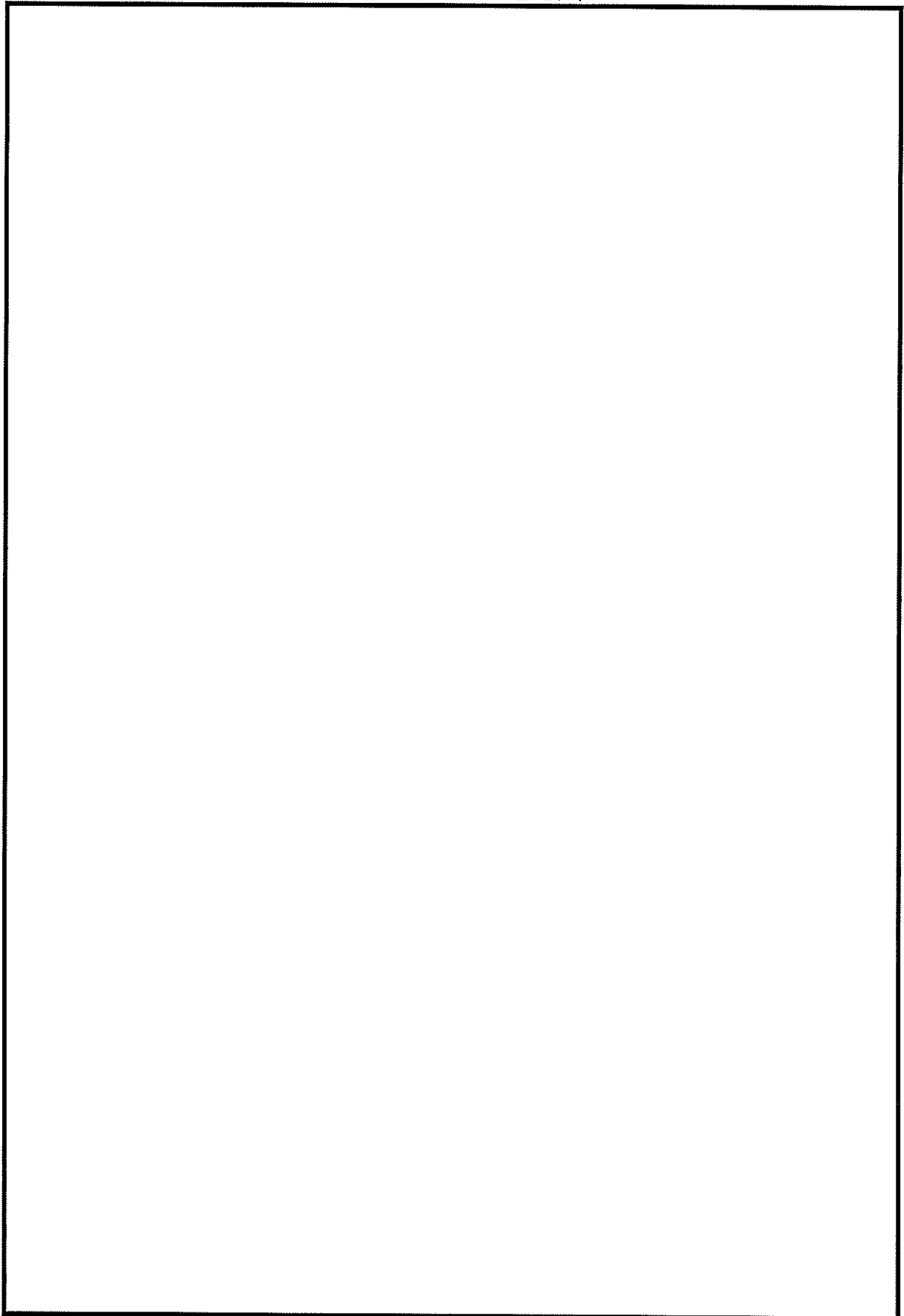
第5-16表 (15/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (16/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--

第5-16表 (17/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)



第5-16表 (18/18) 支持構造物鋼材選定表  
(振動数基準による選定表)

--



第5-17表 (1/3) 埋込板の耐震計算結果 (ベースプレート、材料：SS400)  
(単位：MPa)

埋込板 型式	ベースプレートの 圧縮側の曲げ応力	ベースプレートの 引張側の曲げ応力	許容応力	評価
B	40	257	271	○
C	34	101	271	○
E	8	105	271	○

第5-17表 (2/3) 埋込板の耐震計算結果  
(スタッドジベル、材料：シリコンキルド鋼)

(単位：MPa)

埋込板 型式	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評価
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
B	74	235	97	135	228	329	○
C	128	235	88	135	268	329	○
E	96	235	101	135	257	329	○

第5-17表 (3/3) 埋込板の耐震計算結果 (コンクリート)  
(単位：N)

埋込板 型式	コンクリート コーン状破壊における引張荷重		評価
	発生荷重	許容荷重	
B	14,695	27,000	○
C	25,639	32,000	○
E	36,150	44,000	○

## 補機（容器）の耐震計算について

工事計画認可申請 資料17-13

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-13-1
2. 評価条件 .....	資17-13-2
2.1 基本事項 .....	資17-13-2
2.2 評価対象部位 .....	資17-13-5
3. 耐震計算方法 .....	資17-13-6
3.1 横置円筒形容器の耐震計算方法 .....	資17-13-6
3.2 疲労評価 .....	資17-13-33
4. 参考文献 .....	資17-13-34
5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット ..	資17-13-35

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書で求められる容器の耐震性のうち、重大事故等クラス2容器（クラス2、3）にあって、耐震評価対象機器が複数ある横置円筒形容器が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記載したものである。なお、容器の支持方針は資料17-11「機器・配管の耐震支持方針」に従う。

解析の方針、容器のモデル化及び減衰定数については、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

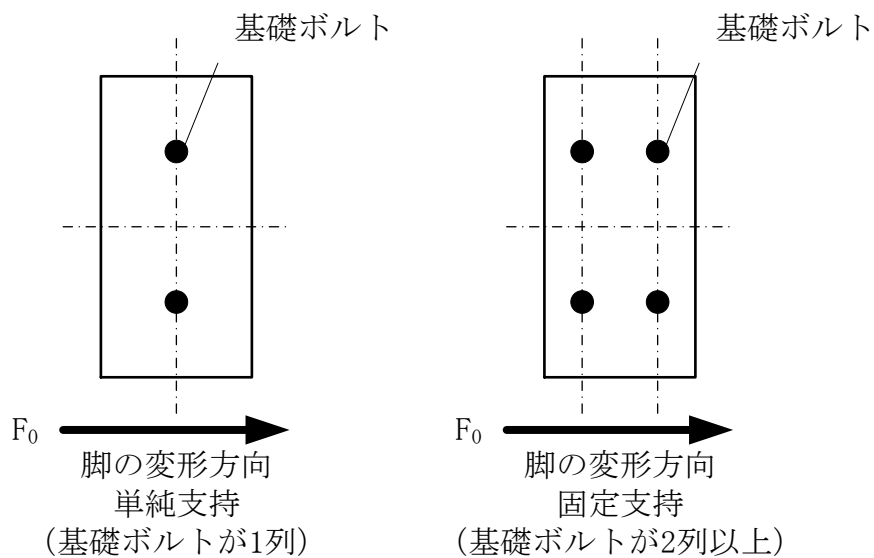
## 2. 評価条件

### 2.1 基本事項

#### 2.1.1 耐震計算の条件

機器の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 横置円筒形容器の重量については、胴の中心軸に集中したものとする。  
上記の容器の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 基礎ボルトが、脚の変形方向に直角な方向より見て脚1個につき1列の場合は下端を単純支持とする。その他の場合は、固定支持とする。



第2-1図 基礎ボルトの列数による支持脚の分類

- (3) 水平方向地震による水平力は、支持脚下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、機器が架台に取り付けられている場合、水平方向地震による水平力は、ベースプレートと鉄鋼面との摩擦力によって剛に設置された架台に伝達させるものとする。この場合、基礎ボルトは取付ボルトに読み替える。

ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、水平地震力が据付面の摩擦力を上回る場合には、基礎ボルトにせん断応力が発生するものとし、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3132 (Ⅲ<sub>A</sub>S) 又はSSB-3133 (Ⅳ<sub>A</sub>S) に基づく組合せ応力評価について、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t) \equiv 1.5f_{ts} \quad (\text{Ⅲ}_{AS})$$

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*) \equiv 1.5f_{ts}^* \quad (\text{Ⅳ}_{AS})$$

- (4) JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表を用いて材料基準値等を計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合、比例法を用いて計算する。

ただし、付録材料図表5、8、9で比例法を用いる場合は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

- (5) サドル支持横置円筒形容器の場合、胴は剛とし、長手方向の熱膨張による胴の伸びをスライドさせるためベースプレートのボルト穴を長穴にしているスライド側の基礎ボルトには締付力を与えないものとする。したがって、サドル支持横置円筒形容器の耐震計算は、長手方向の地震荷重に対して、基礎ボルトを締付けている固定側の脚だけで行うものとする。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (7) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対値和の評価を原則とするが、SRSS法による組合せによる評価も用いる。
- (8) 設計用加速度は、資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

### 2.1.2 変形モードの組合せ

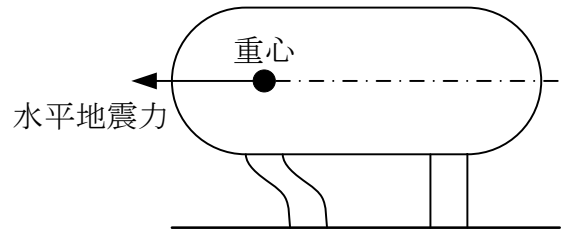
容器の耐震計算モデルは、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に従い1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、容器及び脚は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

#### (1) 変形モード

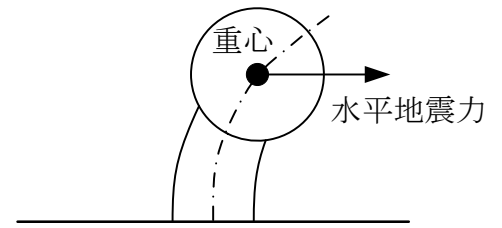
##### a. A型変形

支持脚の伸縮はなく、容器胴体底面が水平に移動する変形モード。



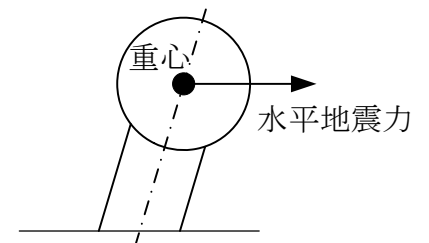
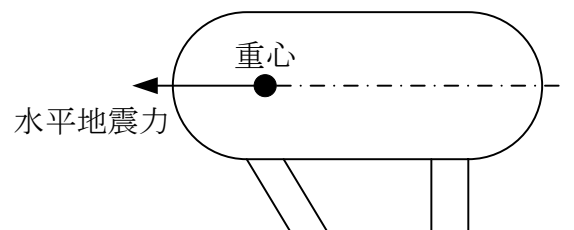
##### b. B型変形

支持脚と容器胴体が一体としての曲げ変形モード。



##### c. C型変形

支持脚又は容器胴体のせん断変形モード。



#### (2) 変形モードの組合せ

横置円筒形容器（長手方向） = A+C

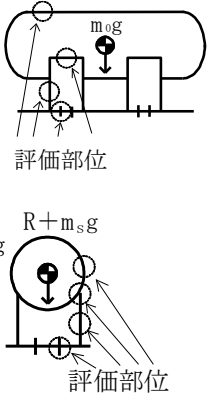
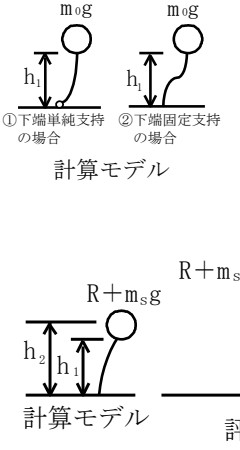
横置円筒形容器（横方向） = B+C



## 2.2 評価対象部位

評価対象部位は以下の第2-1表に示すとおりである。

第2-1表 機器形状に対する評価対象部位

機器形状	評価対象部位及び項目	構造概略	計算モデル
サドル支持 横置円筒形	胴板 <ul style="list-style-type: none"> <li>一次一般膜応力 <math>m_0g</math></li> <li>一次応力</li> <li>一次+二次応力</li> </ul> 支持脚 <ul style="list-style-type: none"> <li>組合せ応力</li> <li>座屈</li> </ul> 基礎ボルト <ul style="list-style-type: none"> <li>引張</li> <li>せん断(基礎面との摩擦)</li> </ul>		

### 3. 耐震計算方法

#### 3.1 横置円筒形容器の耐震計算方法

##### 3.1.1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	脚の断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s1}$	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s2}$	脚の横方向に対する有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s3}$	脚の長手方向に対するせん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s4}$	脚の横方向に対するせん断断面積	$\text{mm}^2$
$a$	脚底板の長手方向幅	$\text{mm}$
$a_H$	設計用水平加速度	$\text{m/s}^2$
$a_V$	設計用鉛直加速度	$\text{m/s}^2$
$b$	脚底板の横方向幅	$\text{mm}$
$C_1$	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	$\text{mm}$
$C_2$	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	$\text{mm}$
$C_c$	参考文献 (1) より得られる値	—
$C_\ell$	参考文献 (1) より得られる値	—
$D_i$	胴の内径	$\text{mm}$
$D_o$	胴の外径	$\text{mm}$
$d_1$	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	$\text{mm}$
$d_2, d_3$	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	$\text{mm}$
$E_s$	脚の縦弾性係数	$\text{MPa}$
$e_1$	長手方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	$\text{mm}$
$e_2$	横方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	$\text{mm}$
$F_{bc}$	横方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	$\text{N}$
$F_{b\ell}$	長手方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	$\text{N}$
$f_{bc}$	横方向地震における脚の許容曲げ応力	$\text{MPa}$
$f_{b\ell}$	長手方向地震における脚の許容曲げ応力	$\text{MPa}$
$f_c$	脚の許容圧縮応力	$\text{MPa}$
$G_s$	脚のせん断弾性係数	$\text{MPa}$
$g$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )	$\text{m/s}^2$
$H$	水頭	$\text{mm}$

記号	記号の説明	単位
$h_1$	基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
$h_2$	基礎から胴の中心までの高さ	mm
$I_x$	脚の長手方向軸に対する断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$I_y$	脚の横方向軸に対する断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$K_1, K_2$	参考文献(1)よりの定数	—
$K_c$	脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/mm
$K_0$	脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/mm
$k_c$	参考文献(1)よりの定数	—
$k_0$	参考文献(1)よりの定数	—
$l$	第1脚及び第5脚の中心から鏡板重心までの距離	mm
$l_H$	鏡板の端から鏡板の丸みの始まる箇所までの長さ	mm
$l_i$	熱交換器類の基準脚より各部質量までの距離 ( $i=1\sim7$ )	mm
$l_L$	鏡板の丸みの始まる箇所間の長さ	mm
$l_0$	脚中心間距離	mm
$M$	脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$M_c$	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	N・mm
$M_{c1}$	横方向地震により脚底面に働くモーメント	N・mm
$M_0$	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	N・mm
$M_{01}$	長手方向地震により脚底面に働くモーメント	N・mm
$M_x$	胴に生じる長手方向の局部曲げモーメント	N・mm
$M_\phi$	胴に生じる周方向の局部曲げモーメント	N・mm
$m_0$	容器の有効運転質量	kg
$m_i$	熱交換器類の各部質量 ( $i=1\sim7$ )	kg
$m_s$	脚1本当たりの質量	kg
$N_x$	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
$N_\phi$	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
$n$	脚1個当たりの基礎ボルト本数	—
$n_1$	脚1個当たりの長手方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
$n_2$	脚1個当たりの横方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
$P$	運転時質量による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
$P'$	鉛直方向地震による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
$P_0$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に働く鉛直荷重	N

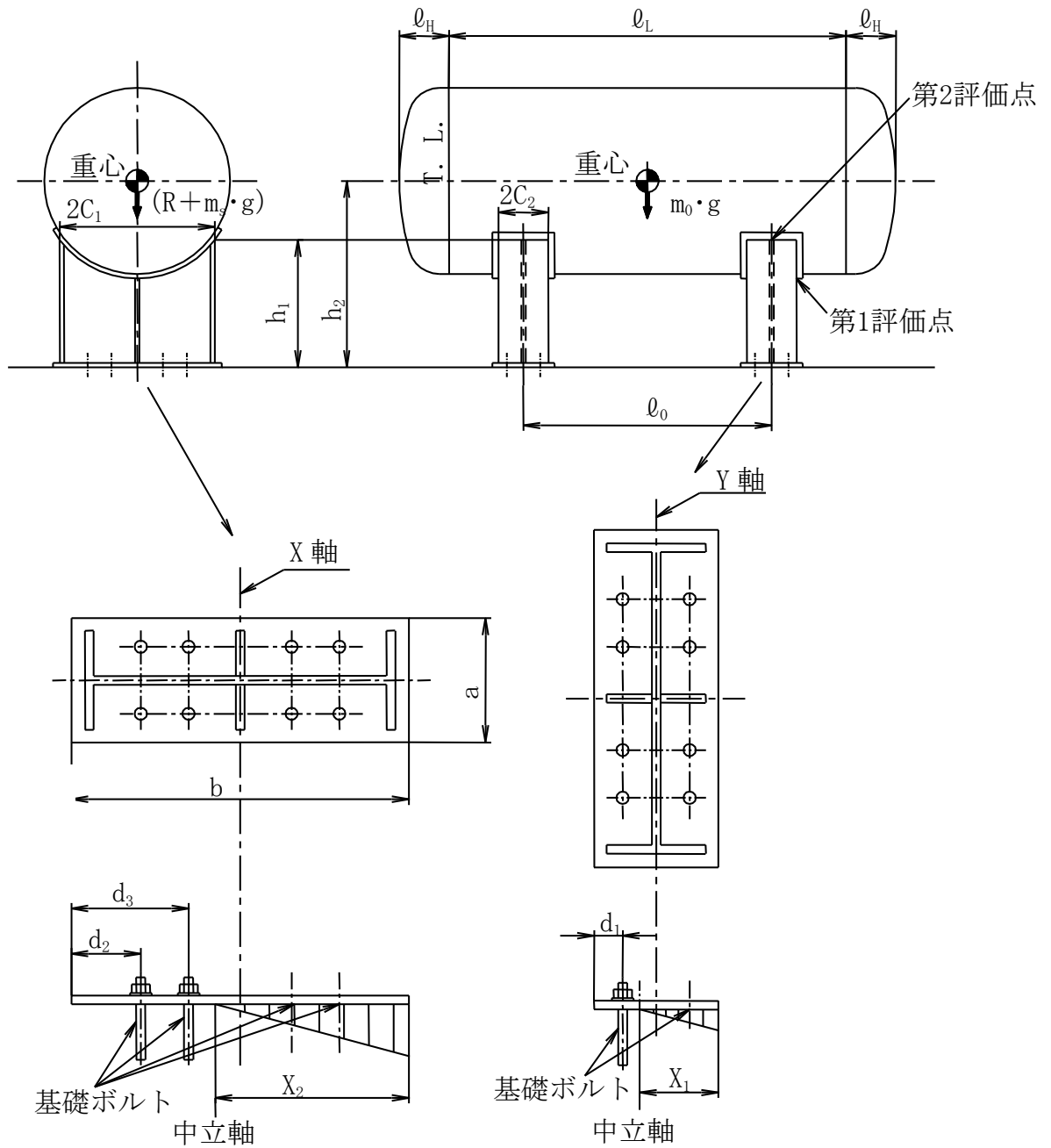
記号	記号の説明	単位
$P_r$	最高使用圧力	MPa
$P_s$	長手方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
$P_{s1}$	横方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
$R$	脚に作用する荷重	N
$r_m$	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
$r_o$	脚つけ根部における胴の外半径	mm
$s$	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s=10$ 、鋼の場合 $s=1$ )	—
$T$	固有周期	s
$T_1$	長手方向の固有周期	s
$T_2$	横方向の固有周期	s
$t$	胴の板厚	mm
$t_e$	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
$t_w$	脚取付部の当板板厚	mm
$X_1 \sim X_4$	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
$Z$	脚取付部における胴の有効断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sx}$	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sy}$	脚の横方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$\alpha$	脚の開き角	rad
$\beta, \beta_1, \beta_2$	参考文献(1)によるアタッチメントパラメータ	—
$\gamma$	参考文献(1)によるシェルパラメータ	—
$\theta$	脚取付部における胴の有効範囲角の2分の1	rad
$\theta_0$	胴体脚端部より鉛直軸までの角度	rad
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力あるいは組合せ応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0cx}$	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l}$	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0lx}$	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{1c}$	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1cx}$	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1\ell}$	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1\ell x}$	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1\ell\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_2$	胴の一次＋二次応力の最大値	MPa
$\sigma_{2c}$	横方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次＋二次応力	MPa
$\sigma_{2cx}$	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次＋二次応力	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次＋二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell}$	長手方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次＋二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell x}$	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次＋二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次＋二次応力	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトの引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b\ell}$	長手方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_{bc}$	横方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_s$	脚の組合せ応力の最大値	MPa
$\sigma_{s1}$	自重による脚の圧縮応力	MPa
$\sigma_{s1}'$	鉛直地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
$\sigma_{s2}$	長手方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{s3}$	横方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{sb}$	脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{sc}$	脚の圧縮応力	MPa
$\sigma_{scc}$	横方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{s\ell c}$	長手方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{x1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	自重により胴に生じる軸方向応力	MPa
$\sigma_{x31}$	自重及び鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{x31}'$	鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{x32}'$	鉛直方向地震による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{x411}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{x412}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{x421}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{x422}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{x43}$	長手方向地震により生じる水平方向荷重による胴の応力	MPa
$\sigma_{x51}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{x52}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{x6}$	鉛直方向地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}$	自重及び鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 32}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 411}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 412}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 421}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 422}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 51}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 52}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\tau_c$	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$\tau_\ell$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b\ell}$	長手方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{bc}$	横方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s2}$	長手方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s3}$	横方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
$\rho$	液体の比重	—
$\omega$	胴部自重による等分布荷重	N/mm

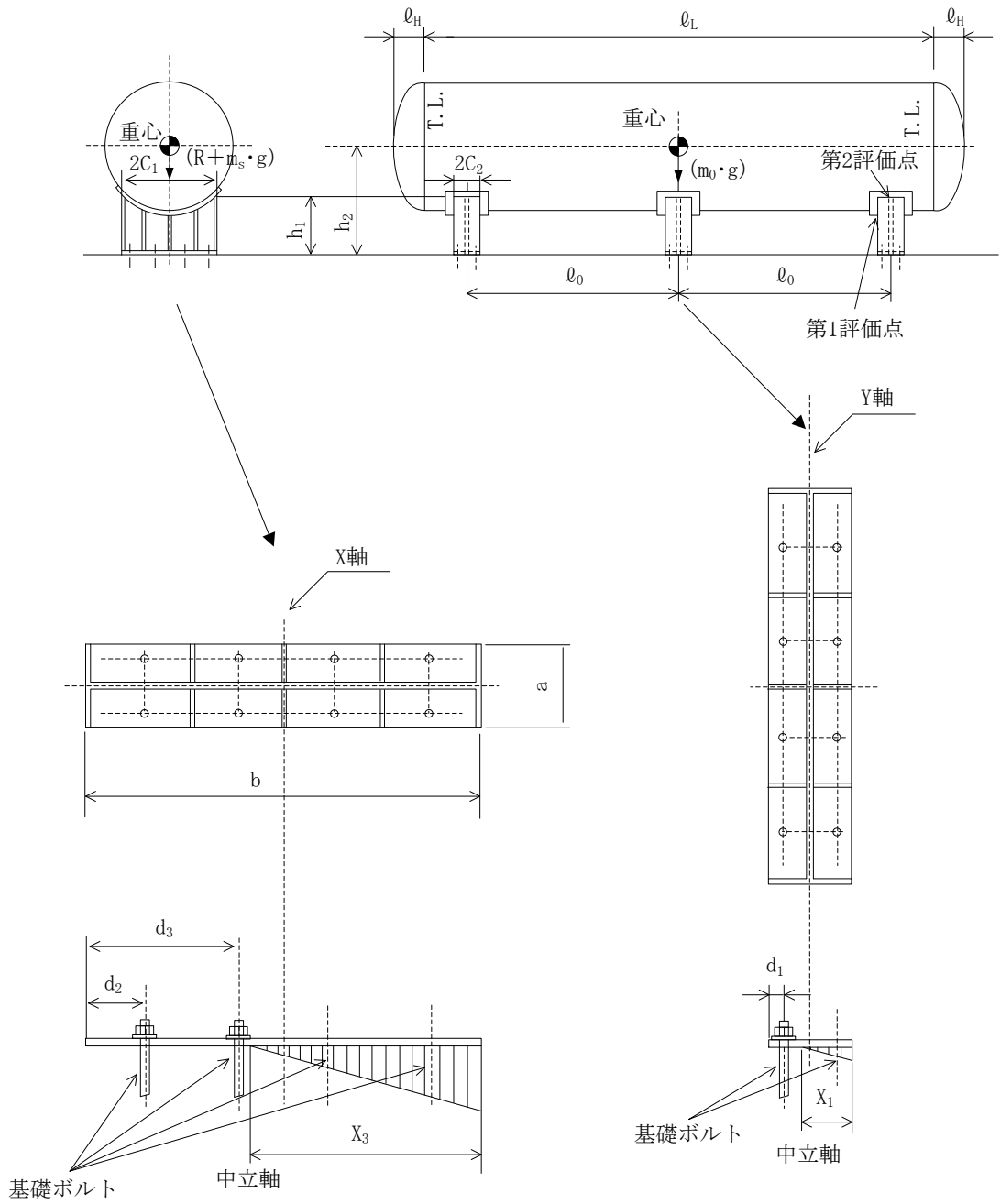
### 3.1.2 容器説明図

容器説明図を第3-1図及び第3-2図に示す。



第3-1図 容器の形状（横置き2脚）及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図





第3-2図 容器の形状（横置き3脚）及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図

### 3.1.3 固有周期の計算方法

#### (1) 2脚支持横置円筒形の場合

##### a. 長手方向の固有周期

長手方向のばね定数は、

$$K_{\ell} = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12E_s \cdot I_y} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}}$$

ただし、第1脚の基礎ボルトが横方向から見て一列の場合は上式中の係数12を3とする。

固有周期は、

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell} \times 10^3}}$$

##### b. 横方向の固有周期

横方向のばね定数は、

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2 - h_1)}{6E_s \cdot I_x} + \frac{(h_2 - h_1)h_1(h_2 - h_1/2)}{E_s \cdot I_x} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}}$$

固有周期は、

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{K_c \times 10^3}}$$

固有周期Tは、 $T_1$ と $T_2$ のうち水平加速度が大きくなる方とする。

#### (2) 3脚支持横置円筒形の場合

##### a. 長手方向の固有周期

長手方向のばね定数は、

$$K_{\ell} = \frac{3}{\frac{h_1^3}{12E_s \cdot I_y} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}}$$

固有周期は、

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell} \times 10^3}}$$

b. 横方向の固有周期

横方向のばね定数は、

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2-h_1)}{6E_s \cdot I_x} + \frac{(h_2-h_1)h_1(h_2-h_1/2)}{E_s \cdot I_x} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}}$$

固有周期は、

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{K_c \times 10^3}}$$

固有周期Tは、 $T_1$ と $T_2$ のうち水平加速度が大きくなる方とする。

### 3.1.4 胴の応力計算

(1) 脚に作用する荷重及び脚つけ根の部分における曲げモーメント

脚にかかる荷重は、モーメントのつり合より求められる。

脚のつけ根の部分におけるモーメントは、胴をはりと考えて求める。

a. 2脚支持横置円筒形（タンク類）の場合

(a) 脚に作用する荷重

$$R = \frac{1}{2}(m_0 - 2m_s)g$$

(b) 脚つけ根の部分における曲げモーメント

$$M = \frac{1}{2} \left( \frac{2R}{\ell_L + \frac{4}{3}\ell_H} \right) \left( \frac{2}{3}\ell_H + \frac{\ell_L - \ell_0}{2} \right)^2$$

b. 3脚支持横置円筒形（タンク類）の場合

(a) 脚に作用する荷重

第1脚及び第3脚に作用する荷重

$$R_1 = R_3 = \frac{(m_0 - 3m_s)g - R_2}{2}$$

第2脚に作用する荷重

$$R_2 = \frac{5\omega \cdot \ell_0}{4} - \frac{3M_1}{\ell_0}$$

$$\omega = \frac{(m_0 - 3m_s)g}{\ell_L + \frac{4}{3}\ell_H}$$

固有周期計算及び応力計算においてRはR<sub>1</sub>~R<sub>3</sub>のうち最大のものとする。

(b) 脚つけ根の部分における曲げモーメント

第1脚及び第3脚に作用する曲げモーメント

$$M_1 = M_3 = \frac{1}{2} \omega \left( \frac{2}{3}\ell_H + \frac{\ell_L - 2\ell_0}{2} \right)^2$$

第2脚に作用する曲げモーメント

$$M_2 = \frac{\omega \cdot \ell_0^2}{8} - \frac{M_1}{2}$$

応力計算に使用するMは、 $M_1 \sim M_3$ のうち最大のものとする。

(2) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho \cdot a_v \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = 0$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{4t}$$

(3) 運転時質量及び鉛直方向地震により生じる長手方向曲げモーメントによる応力

(1)項で求めた曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のようにして求められる。

参考文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴の局部変形を生じさせようとする。

今、長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を胴下端から $\theta$ の点とすると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第3-3図及び第3-4図に $2\theta$ で示される円殻である。したがって、応力は次式で表される。

$$\sigma_{x2} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{x6} = \left( \frac{a_v}{g} \right) \frac{M}{Z}$$

ここで、

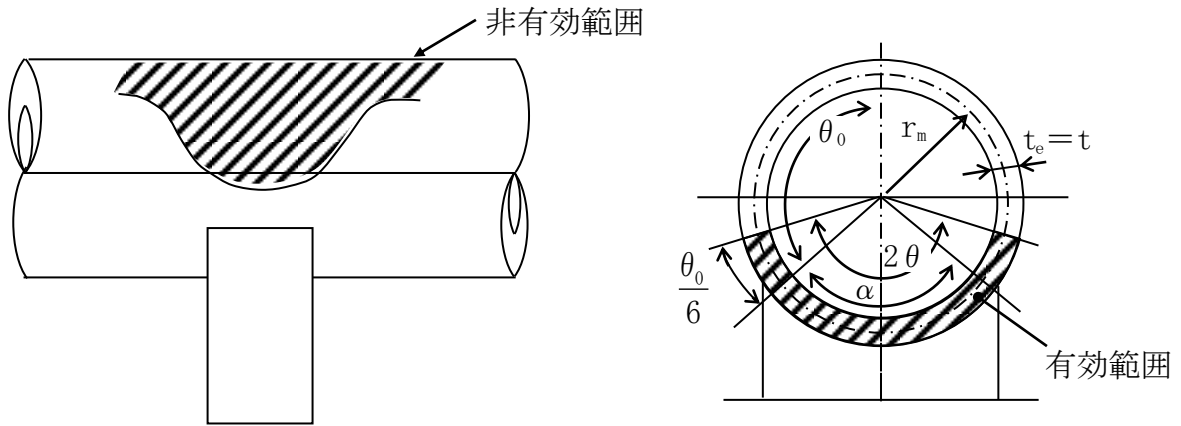
$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

$$Z = r_m^2 \cdot t_e \left\{ \frac{\theta + \sin \theta \cdot \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right\}$$

$t_e$ は、 $t$ あるいは $(t+t_w)$ をとるものとし、 $\theta$ は以下の式で表される。  
有効範囲に当板板厚を含めない場合 ( $t_e=t$ )

$$\theta = \pi - \frac{5}{6} \theta_0$$

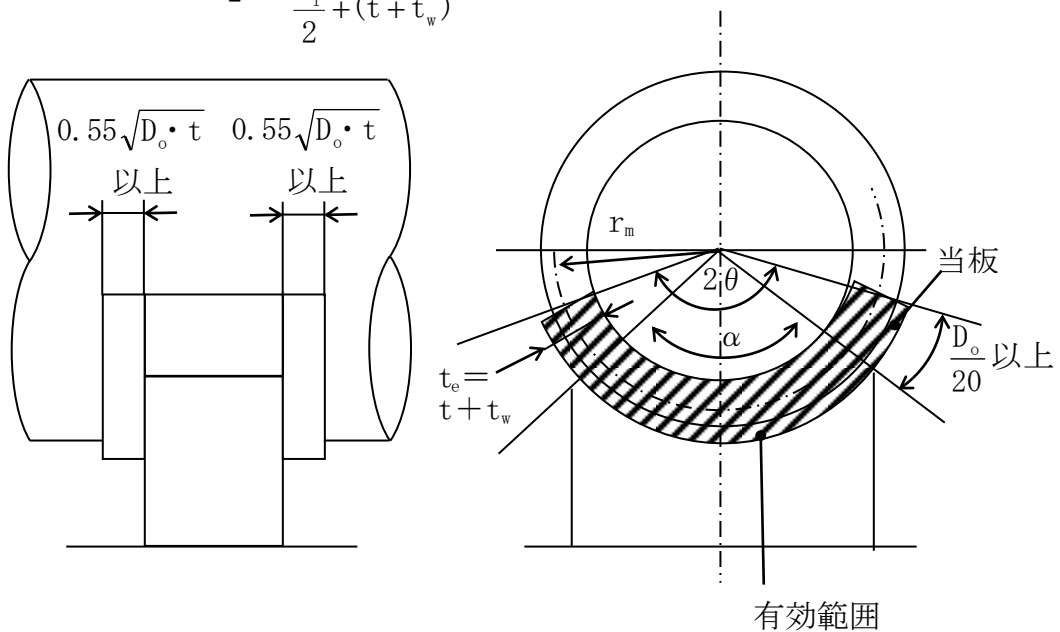
計算に用いる記号説明図を第3-3図及び第3-4図に示す。



第3-3図 当板板厚を含めない場合の脚つけ根部における胴の有効断面係数の計算に用いる記号説明図

当板板厚を含める場合 ( $t_e = t + t_w$ ただし当板の範囲は周方向に $2\theta$ 以上、軸方向に脚端部より $0.55\sqrt{D_o \cdot t}$ 以上とする)

$$\theta = \frac{\alpha}{2} + \frac{\frac{D_o}{20}}{\frac{D_i}{2} + (t + t_w)}$$



第3-4図 当板板厚を含める場合の脚つけ根部における胴の有効断面係数の計算に用いる記号説明図



- (4) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力  
 胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。  
 胴の第1脚つけ根部に作用する反力は次式で表される。  
 また、力の関係図を第3-5図に示す。

運転時質量による反力

$$P=R$$

この反力Pにより生じる胴の局部応力は参考文献(1)によると次のよう  
 にして求めることができる。

$$\gamma = r_m/t_e$$

$$\beta_1 = C_1/r_m$$

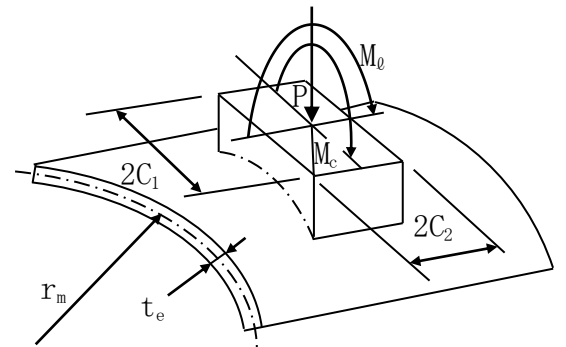
$$\beta_2 = C_2/r_m$$

$\beta_1/\beta_2 \geq 1$  のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3}(\beta_1/\beta_2 - 1)(1 - K_1^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

$\beta_1/\beta_2 < 1$  のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3}(1 - \beta_1/\beta_2)(1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$



第3-5図 脚が胴に及ぼす力の関係図

脚取付部の胴の局部応力は、シェルパラメータ $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって参考文献(1)の表により値を求める（以下\*を付記する。）ことにより応力は次式で表される。

反力Pにより生じる応力

$$\sigma_{\phi 31} = \left( \frac{N_{\phi}}{P/r_m} \right)^* \left( \frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31} = \left( \frac{N_x}{P/r_m} \right)^* \left( \frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

(5) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

可動脚は、長手方向に自由にスライドできるので、固定脚は下端固定の場合変形をする。脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重（偶力）は次式により与えられる。

a. 脚つけ根部に作用する力及びモーメント

(a) 2脚支持横置円筒形の場合

脚下端が単純支持の場合は $M_\ell$ の式の係数1/2を1に、 $P_\ell$ の式の係数1/2を0に置き換えるものとする。

$$M_\ell = \frac{1}{2} (m_0 - m_s) a_H \cdot h_1$$

$$P_\ell = (m_0 - m_s) a_H \cdot \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{\ell_0}$$

(b) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_\ell = \frac{1}{6} (m_0 - m_s) a_H \cdot h_1$$

$$P_\ell = (m_0 - m_s) a_H \cdot \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{2\ell_0}$$

b. 一次応力

曲げモーメント $M_\ell$ と鉛直荷重 $P_\ell$ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

曲げモーメント $M_\ell$ により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 411} = \left( \frac{N_\phi}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

$$\sigma_{x411} = \left( \frac{N_x}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

ここで、アタッチメントパラメータ $\beta$ は次式で表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 $P_\ell$ により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 421} = \left( \frac{N_\phi}{P_\ell / r_m} \right)^* \left( \frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 421} = \left( \frac{N_x}{P_\ell / r_m} \right)^* \left( \frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

また、水平方向荷重により胴には下記式で表される引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 43} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{\pi (D_i + t) t}$$

### c. 二次応力

曲げモーメント $M_\ell$ と鉛直荷重 $P_\ell$ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

$$\sigma_{\phi 412} = \left( \frac{M_\phi}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 412} = \left( \frac{M_x}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

ここで、アタッチメントパラメータ $\beta$ は次式で表される。

$$\beta = k_\ell^* \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 $P_\ell$ により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 422} = \left( \frac{M_\phi}{P_\ell} \right)^* \left( \frac{6P_\ell}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 422} = \left( \frac{M_x}{P_\ell} \right)^* \left( \frac{6P_\ell}{t_e^2} \right)$$

d. せん断応力

長手方向地震が作用した場合、第1脚つけ根部に生じるせん断応力は次式で表される。

(a) 2脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_{\ell} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{4C_2 \cdot t}$$

(b) 3脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_{\ell} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{12C_2 \cdot t}$$

(6) 横方向地震による脚つけ根部の応力

横方向の地震が作用した場合、第1脚のつけ根部に生じる曲げモーメント $M_c$ は、

$$M_c = \frac{a_H}{g} R \cdot r_o$$

$$r_o = \frac{D_i}{2} + t_e$$

a. 一次応力

曲げモーメント $M_c$ により生じる胴の局部応力は、(4)項及び(5)項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。シェルパラメータ $\gamma$ は(4)項と同じであるが、アタッチメントパラメータ $\beta$ は次式にて表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 51} = \left( \frac{N_{\phi}}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

$$\sigma_{x51} = \left( \frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

b. 二次応力

曲げモーメント $M_c$ により生じる胴の局部応力は(4)項及び(5)項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ $\gamma$ は(4)項と同じであるが、アタッチメントパラメータ $\beta$ は次式にて表される。

$$\beta = k_c \cdot \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 52} = \left( \frac{M_\phi}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x52} = \left( \frac{M_x}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left( \frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

c. せん断応力

横方向に地震が作用した場合、第1脚つけ根部に生じるせん断力は次式で表される。

$$\tau_c = \frac{\frac{a_H}{g} R}{4C_1 \cdot t}$$

(7) 一次一般膜応力

(1)項～(3)項によって計算される胴の一次一般膜応力は以下により組み合わされる。

a. 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0\theta} = \text{Max}(\sigma_{0\theta\phi}, \sigma_{0\theta x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\theta\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0\theta x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} + \sigma_{x43}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{0\theta} = \text{Max}(\sigma_{0\theta\phi}, \sigma_{0\theta x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\theta\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0\theta x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x6}^2 + \sigma_{x43}^2}$$

b. 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0c} = \text{Max}(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{0c} = \text{Max}(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、

$$\sigma_0 = \text{Max}(\sigma_{0\theta}, \sigma_{0c})$$

で表される。

(8) 組合せ応力

(1)項～(6)項によって算出される第1脚つけ根部に生じる胴の応力は以下により組み合わせられる。

a. 一次応力

(絶対値和)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{10} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{10\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421}$$

$$\sigma_{10x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43} + \sigma_{x6}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 51}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x6}$$

(SRSS法)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{10} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{10\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{(\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421})^2 + \sigma_{\phi 31}'^2}$$

$$\sigma_{10x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{(\sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{\sigma_{\phi 51}^2 + \sigma_{\phi 31}'^2}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{\sigma_{x51}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

したがって、胴に生じる一次応力の最大値は、

$$\sigma_1 = \text{Max}(\sigma_{10}, \sigma_{1c})$$

で表される。

b. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和

(a) 鉛直地震動のみによる応力成分

$$P' = \frac{a_v R}{g}$$

$$\sigma_{\phi 31}' = \left( \frac{N_{\phi}}{P'/r_m} \right)^* \left( \frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x31}' = \left( \frac{N_x}{P'/r_m} \right)^* \left( \frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{\phi 32}' = \left( \frac{M_{\phi}}{P'} \right)^* \left( \frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x32}' = \left( \frac{M_x}{P'} \right)^* \left( \frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

(b) 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2\theta} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\theta\phi} = \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 422}$$

$$\sigma_{2\theta x} = \sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x412} + \sigma_{x422} + \sigma_{x43} + \sigma_{x6}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{2\theta} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\theta\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 422})^2}$$

$$\sigma_{2\theta x} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x411} + \sigma_{x412} + \sigma_{x421} + \sigma_{x422} + \sigma_{x43})^2}$$



(c) 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52}$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x52} + \sigma_{x6}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52})^2}$$

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x51} + \sigma_{x52})^2}$$

したがって、胴に生じる一次＋二次応力の最大値は、

$$\sigma_2 = \text{Max}(\sigma_{2\theta}, \sigma_{2c})$$

で表される。

### 3.1.5 脚の応力計算

#### (1) 長手方向地震が作用した場合

##### a. 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)g}{A_s}$$

##### b. 鉛直地震動による応力

$$\sigma_{s1}' = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)a_v}{A_s}$$

##### c. 曲げ、圧縮応力

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s}$$

ここで、

##### (a) 2脚支持横置円筒形の場合

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は係数1/2を1に置き換えるものとする。

##### (b) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{6} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

##### d. せん断応力

##### (a) 2脚及び3脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_{s2} = \frac{m_0 \cdot a_H}{A_{s3}}$$

##### e. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s2}^2}\right)^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

f. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{b\ell}}$$

ここで、

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}'$$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s2} - \frac{P_\ell}{A_s}$$

で表される。

(2) 横方向地震が作用した場合

a. 曲げ応力

$$\sigma_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H \cdot h_2}{Z_{sx}}$$

b. せん断応力

$$\tau_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H}{A_{s4}}$$

c. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s3})^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

(SRSS法)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s3}^2}\right)^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

したがって、脚に生じる組合せ応力の最大値は、

$$\sigma_s = \text{Max}(\sigma_{s\ell c}, \sigma_{scc})$$

で表される。

d. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{bc}}$$

ここで、

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}'$$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s3}$$

で表される。

### 3.1.6 基礎ボルトの応力計算

#### (1) 長手方向地震が作用した場合

脚底面に働くモーメントは、

##### (a) 2脚支持横置円筒形の場合

$$M_{c1} = \frac{1}{2} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は係数1/2を1に置き換えるものとする。

##### (b) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_{c1} = \frac{1}{6} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

#### (2) 基礎ボルトに生じる引張力（横方向地震が作用した場合）

脚底面に働くモーメントは、

$$M_{c1} = \left( \frac{R}{g} + m_s \right) a_H \cdot h_2$$

鉛直荷重は、

$$P_{s1} = \left( \frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_V)$$

モーメントと圧縮荷重の比を

$$e_2 = M_{c1} / P_{s1}$$

とすると、 $e_2$ が負の場合及び

$$e_2 > \frac{b}{6} + \frac{d_2}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じる。

##### a. 基礎ボルトが長手方向から見て2列の場合

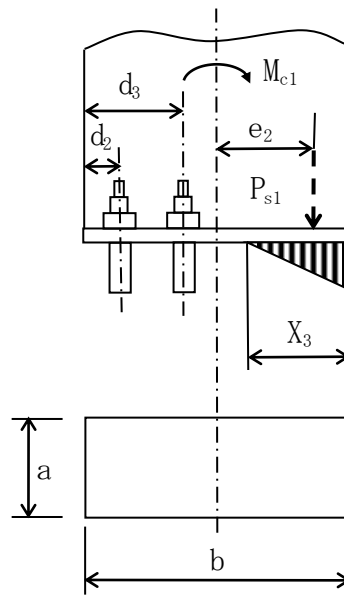
(1) 項と同様にして、基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$X_2^3 + 3 \left( e_2 - \frac{b}{2} \right) X_2^2 - \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left( e_2 + \frac{b}{2} - d_2 \right) (b - d_2 - X_2) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left( e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_2}{3} \right)}{b - d_2 - \frac{X_2}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

- b. 基礎ボルトが長手方向から見て4列の場合荷重の関係図を第3-6図に示す。



第3-6図 基礎ボルトが長手方向から見て4列の場合の横方向地震によって基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係図

$$f(x) = X^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right) \cdot X^2 + \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\}$$

の式から、

$$\text{条件式} \begin{cases} f(d_3) > 0 \text{かつ} f(b - d_3) < 0, \text{ 又は} \\ f(d_3) < 0 \text{かつ} f(b - d_3) > 0 \end{cases}$$

のとき、中立軸 $X_3$ 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$X_3^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right) \cdot X_3^2 + \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X_3 - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left\{ 2s(b - d_2 - X_3) \cdot n_2 \cdot A_b \right\}}{a \cdot X_3^2 - 2s(2b - d_2 - d_3 - 2X_3)n_2 \cdot A_b}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

なお、条件式を満たさない場合は、中立軸 $X_4$ 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$X_4^3 + 3\left(e_2 - \frac{b}{2}\right) \cdot X_4^2 - \frac{6S \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left(e_2 + \frac{b}{2} - d_2\right) (b - d_2 - X_4) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left(e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_4}{3}\right)}{b - d_2 - \frac{X_4}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力の最大値は、

$$\sigma_b = \text{Max}(\sigma_{bl}, \sigma_{bc})$$

で表される。

### (3) 基礎ボルトに生じるせん断応力

#### (a) 2脚支持横置円筒形の場合

長手方向地震が作用した場合

$$\tau_{bl} = \frac{m_0 \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

横方向地震が作用した場合

$$\tau_{bc} = \frac{a_H \left(\frac{R}{g} + m_s\right)}{n \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値は、

$$\tau_b = \text{Max}(\tau_{bl}, \tau_{bc})$$

で表される。

#### (b) 3脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_b = \frac{m_0 \cdot a_H}{3n \cdot A_b}$$

### 3.1.7 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

#### (1) ベースプレートの据付面の摩擦力

$$F_\mu = \mu [F_f \cdot n + m_0 (g - a_v)]$$

#### (2) 水平地震力

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

#### (3) (1)、(2)の計算結果に基づき、 $F_\mu \geq F_H$ であること。

### 3.2 疲労評価

地震動のみによる一次＋二次応力の変動範囲が $2S_y$ を超えた場合に評価を行う。

許容応力を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300（同PVB-3313を除く。）の簡易弾塑性解析を用いる。

#### 4. 参考文献

以下に本評価方針に用いる参考文献を示す。

##### 参考文献(1)

Wichman, K.R. et al.:Local Stress in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107/August 1965.

##### 参考文献(2)

Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports, Welding Research Supplement, Sep.1951.



5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット

- (1) 各々の耐震計算書において計算結果がいくつかあるもの、たとえば、容器類の基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 引張応力及びせん断力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力、せん断応力は、計算結果表の記入欄には  として記載する。
- (3) 個別耐震計算書のフォーマットは、次のとおりである。  
FORMAT-I 横置円筒形容器 (2脚支持)  
FORMAT-II 横置円筒形容器 (3脚支持)

次にFORMAT-I ~ IIの耐震計算書のフォーマットを示す。

〇〇の耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	評価用圧力 $P_r$ (MPa)			評価用温度 (°C)			液体の比重 $\rho$
						胴板	支持脚	基礎ボルト	胴板	支持脚	基礎ボルト	
						設計基準対象施設						
重大事故等対処施設												

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的加速度						基準地震動 $S_s$	
		動的加速度 ( $m/s^2$ )		静的加速度 ( $m/s^2$ )		設計用加速度 ( $m/s^2$ )		設計用加速度 ( $m/s^2$ )	
		水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直

3. 機器要目

$m_0$ (kg)	$m_s$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$t_e$ (mm)	$\ell_0$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)

$I_x$ ( $mm^4$ )	$I_y$ ( $mm^4$ )	$Z_{sx}$ ( $mm^3$ )	$Z_{sy}$ ( $mm^3$ )	$\theta_0$ (rad)	$A_s$ ( $mm^2$ )	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ ( $mm^2$ )	$A_{s2}$ ( $mm^2$ )	$A_{s3}$ ( $mm^2$ )	$A_{s4}$ ( $mm^2$ )

s (-)	n (-)	$n_1$ (-)	$n_2$ (-)	a (mm)	b (mm)	$A_b$ ( $mm^2$ )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	$d_3$ (mm)
						(M )			

評価部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)
胴板					
支持脚					
基礎ボルト					

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度	基準地震動Ss
摩擦力 F (N)		
水平地震力 F <sub>H</sub> (N)		
評価結果		

4.2 設計基準対象施設としての評価結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>b</sub>+Sd) (D+P<sub>D</sub>+M<sub>b</sub>+Ss)

(単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度		基準地震動Ss	
			評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力	評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5f_t =$	$\sigma_s =$	$1.5f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) <sup>(注2)</sup>	$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b} \leq 1$		$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b^*} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5f_t =$	$\sigma_b =$	$1.5f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5f_s =$	$\tau_b =$	$1.5f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts} =$	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts}^* =$

(注1) 水平方向と鉛直方向の応力の組合せは、SRSS法を適用した結果を示す。

(注2) 単位なし。(注記は必要に応じて記載する。)

評価応力はすべて許容応力以下である。

4.3 重大事故等対処施設としての評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+S<sub>s</sub>)

(単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動S <sub>s</sub>	
			評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) <sup>(注2)</sup>	$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b^*} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts}^* =$

(注1) 水平方向と鉛直方向の応力の組合せは、SRSS法を適用した結果を示す。

(注2) 単位なし。(注記は必要に応じて記載する。)

評価応力はすべて許容応力以下である。

〇〇の耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	評価用圧力 $P_r$ (MPa)			評価用温度 (°C)			液体の比重 $\rho$
						胴板	支持脚	基礎ボルト	胴板	支持脚	基礎ボルト	
						設計基準対象施設						
重大事故等対処施設												

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度						基準地震動Ss	
		動的加速度 (m/s <sup>2</sup> )		静的加速度 (m/s <sup>2</sup> )		設計用加速度 (m/s <sup>2</sup> )		設計用加速度 (m/s <sup>2</sup> )	
		水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直

3. 機器要目

$m_0$ (kg)	$m_s$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$t_e$ (mm)	$\ell_0$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)

$I_x$ (mm <sup>4</sup> )	$I_y$ (mm <sup>4</sup> )	$Z_{sx}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{sy}$ (mm <sup>3</sup> )	$\theta_0$ (rad)	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )

s (-)	n (-)	$n_1$ (-)	$n_2$ (-)	a (mm)	b (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	$d_3$ (mm)
						(M )			

評価部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板					
支持脚					
基礎ボルト					

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度	基準地震動Ss
摩擦力 F (N)		
水平地震力 F <sub>H</sub> (N)		
評価結果		

4.2 設計基準対象施設としての評価結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+Sd) (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+Ss)

(単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度		基準地震動Ss	
			評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力	評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5f_t =$	$\sigma_s =$	$1.5f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) <sup>(注2)</sup>	$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b} \leq 1$		$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b^*} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5f_t =$	$\sigma_b =$	$1.5f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5f_s =$	$\tau_b =$	$1.5f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts} =$	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts}^* =$

(注1) 水平方向と鉛直方向の応力の組合せは、SRSS法を適用した結果を示す。

(注2) 単位なし。(注記は必要に応じて記載する。)

評価応力はすべて許容応力以下である。

4.3 重大事故等対処施設としての評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+S<sub>s</sub>)

(単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動S <sub>s</sub>	
			評価応力 <sup>(注1)</sup>	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) <sup>(注2)</sup>	$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b^*} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$1.5f_{ts}^* =$

(注1) 水平方向と鉛直方向の応力の組合せは、SRSS法を適用した結果を示す。

(注2) 単位なし。(注記は必要に応じて記載する。)

評価応力はすべて許容応力以下である。

## 補機（ポンプ類）の耐震計算について

工事計画認可申請 資料17-14

伊方発電所第3号機



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-14-1
2. 評価条件 .....	資17-14-2
2.1 基本事項 .....	資17-14-2
2.2 評価対象部位 .....	資17-14-3
3. 耐震計算方法 .....	資17-14-4
3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算 .....	資17-14-5
3.2 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板 と機器の接合面との摩擦力の確認 .....	資17-14-8
4. 動的機能の維持評価 .....	資17-14-9
5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット .....	資17-14-9

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書で求められている横置ポンプが、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記載したものである。

解析の方針、横置ポンプのモデル化及び減衰定数については、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

## 2. 評価条件

### 2.1 基本事項

#### 2.1.1 耐震計算の条件

横置ポンプの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 横置ポンプの耐震計算モデルは1質点系モデルとし、横置ポンプの重心位置に地震荷重が作用するものとする。また、横置ポンプはJEAG4601に従い剛として評価を行う。計算モデルを第3-1図及び第3-2図に示す。
- (2) 水平方向地震並びに横置ポンプ振動による水平力は、横置ポンプ台板と基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、横置ポンプを横置ポンプ台板に取り付ける場合、水平方向地震による水平力は、横置ポンプと横置ポンプ台板との摩擦力によって剛に設置された支持脚に伝達させるものとする。したがって、基礎ボルト及び取付ボルトにはせん断力は作用しないものとし、横置ポンプ台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び横置ポンプと横置ポンプ台板との摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、この評価で満足しない場合は、せん断力の評価を実施して確認する。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (4) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対値和の評価とする。
- (5) 設計用加速度は、資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。横置ポンプは剛として扱うため、横置ポンプの設計用加速度は最大床加速度の1.2倍の値を用いて評価を行う。

## 2.2 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第2-1表に示す。

第2-1表 評価対象部位及び評価内容

評価部位	引張・せん断	摩擦力
基礎ボルト	○	○
横置ポンプ取付ボルト	○	○
原動機取付ボルト	○	○

なお、ポンプ耐圧部の評価については、その出入口配管近傍にサポートを設置し、外荷重を制限していることから評価対象外とする。

### 3. 耐震計算方法

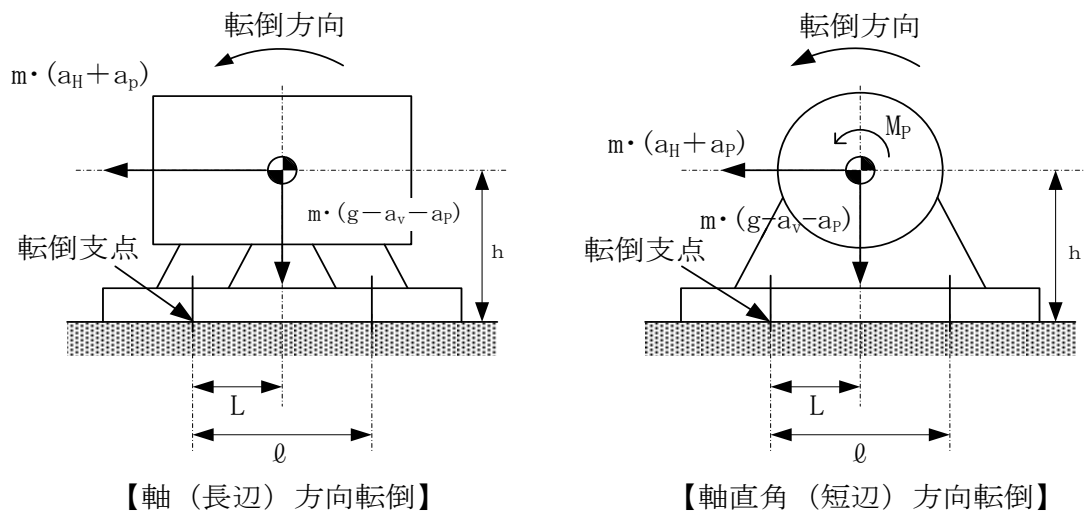
#### (1) 記号の説明

横置ポンプの耐震計算に使用する記号を第3-1表に示す。

第3-1表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルト及び取付ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$k_n$	n列のボルト本数	—
$X_n$	転倒支点からn列までの距離	mm
$a_H$	設計用水平加速度	$\text{m/s}^2$
$a_P$	回転体振動による加速度	$\text{m/s}^2$
$a_V$	設計用鉛直加速度	$\text{m/s}^2$
F	JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)により規定される値	MPa
$F'$	摩擦力	N
$F_H$	水平地震力	N
$F_f$	基礎ボルト及び取付ボルトの締付力	N
$f_t$	許容引張応力 支持構造物（ボルト等除く）に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)により規定される値。ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3131(1)により規定される値	MPa
g	重力加速度 ( $g=9.80665$ )	$\text{m/s}^2$
h	据付面から重心までの高さ	mm
p	回転体の許容振幅（両振幅）	$\mu\text{m}$
P	原動機出力	kW
R	原動機同期回転速度	$\text{min}^{-1}$
L	重心とボルト間の水平方向距離	mm
$\ell$	支点としている基礎ボルト及び取付ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルト及び取付ボルトまでの距離	mm
m	機器の運転時質量	kg
$M_P$	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	引張力の作用する基礎ボルト及び取付ボルトの評価本数	—
n	基礎ボルト及び取付ボルトの総本数	—
$\sigma_{bt}$	基礎ボルト及び取付ボルトの最大引張応力	MPa
$\tau_{bs}$	基礎ボルト及び取付ボルトの最大せん断応力	MPa
$\mu$	摩擦係数 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦係数…0.4 機器台板と機器との接合面との摩擦係数………0.3	—

### 3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算



第3-1図 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、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して計算する。

なお、回転体回転によるモーメント<sup>(注1)</sup>は、回転体と原動機のベースが共通の場合の基礎ボルト及び転倒方向が軸方向の場合の基礎ボルト及び取付ボルトには作用しない。

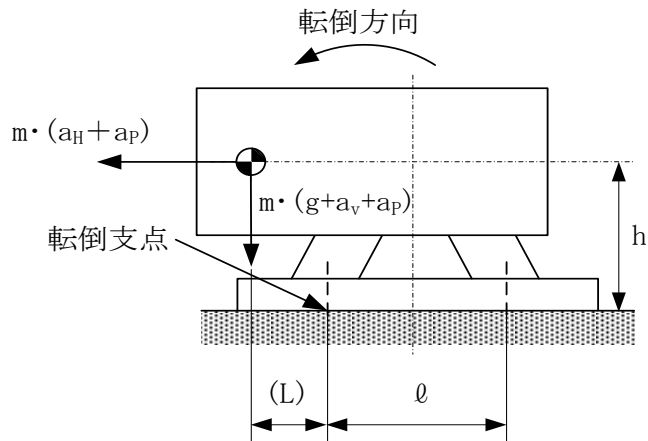
発生する引張応力は、モーメントの釣り合いにより次式となる。

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

$$(注1) \quad M_p = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

重心位置が転倒支点から引張力の作用するボルト方向の反対側にある場合(第3-2図参照)は、次式にて引張応力を計算する。また、その際に(L)は、負の符号とする。

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g + a_v + a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$



第3-2図 計算モデル（軸方向転倒、ボルト間に重心がない場合）

ここで、 $a_p$ は回転体振動による振幅及び原動機の同期回転速度を考慮して定める値<sup>(注2)</sup>である。

$$(注2) \quad a_p = \left( 2\pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2}$$

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$



### 3.2 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力の確認

#### (1) 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力

機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力 $F'$ を次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力 $F_H$ と比較する。

$$F' = \mu \cdot \{F_f \cdot n + m \cdot (g - a_v - a_p)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_b$$

$$f_t = \frac{F}{2}$$

#### (2) 水平方向地震並びに横置ポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m \cdot (a_H + a_p)$$

#### (3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

##### (a) $F' \geq F_H$ の場合

基礎ボルトあるいは取付ボルトにせん断力は発生しない。

##### (b) $F' < F_H$ の場合

基礎ボルトあるいは取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5 f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5 f_t^*)$$

#### 4. 動的機能の維持評価

評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能を評価する。

なお、評価用加速度は資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設置床面の最大床加速度とする。

機能確認済加速度は、資料17-9「機能維持の基本方針」による。

なお、この適用形式を外れる場合は、加振試験等に基づき確認した加速度を用いることとし、個別計算書に、その旨、記載する。

#### 5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット

(1) 各々の耐震計算において計算結果がいくつかあるもの、例えば、横置ポンプの基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。

(2) 引張力及びせん断力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力、せん断応力は、計算結果表の記入欄には  として記載する。

(3) 次に耐震計算のフォーマットを示す。

〇〇ポンプの耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	ボルト配置状態	評価用温度 (°C)		
						基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
						設計基準対象施設		
重大事故等対処施設								

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	設計用加速度 (m/s <sup>2</sup> )				回転体振動による 加速度 a <sub>p</sub> (m/s <sup>2</sup> )	回転体回転により働く モーメント M <sub>p</sub> (N・mm)
	弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的加速度		基準地震動S <sub>s</sub>			
	水平a <sub>H</sub>	鉛直a <sub>V</sub>	水平a <sub>H</sub>	鉛直a <sub>V</sub>		

3. 機器要目

評価部位	m (kg)	h (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
基礎ボルト							
ポンプ取付ボルト							
原動機取付ボルト							

P (kW)	R (min <sup>-1</sup> )	p (μm)

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

評価部位	弾性設計用地震動Sd又は静的加速度			基準地震動Ss		
	基礎ボルト	ポンプ 取付ボルト	原動機 取付ボルト	基礎ボルト	ポンプ 取付ボルト	原動機 取付ボルト
摩擦力F' (N)						
水平地震力F <sub>H</sub> (N)						
評価結果						

4.2 設計基準対象施設としての評価結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+Sd) (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+Ss)

(単位：MPa)

評価部位	材 料	応 力	弾性設計用 地震動Sd又は 静的加速度		基準地震動Ss		応 力	弾性設計用 地震動Sd又は 静的加速度		基準地震動Ss		応 力	弾性設計用 地震動Sd又は 静的加速度		基準地震動Ss	
			評価 応力	許容 応力	評価 応力	許容 応力		評価 応力	許容 応力	評価 応力	許容 応力		評価 応力	許容 応力	評価 応力	許容 応力
基礎ボルト		引 張					せん断					組合せ				
ポンプ取付ボルト		引 張					せん断					組合せ				
原動機取付ボルト		引 張					せん断					組合せ				

評価応力はすべて許容応力以下である。

4.3 重大事故等対処施設としての評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+Ss)

(単位：MPa)

評価部位	材 料	応 力	基準地震動Ss		応 力	基準地震動Ss		応 力	基準地震動Ss	
			評価 応力	許容 応力		評価 応力	許容 応力		評価 応力	許容 応力
基礎ボルト		引 張			せん断			組合せ		
ポンプ取付ボルト		引 張			せん断			組合せ		
原動機取付ボルト		引 張			せん断			組合せ		

評価応力はすべて許容応力以下である。

4.4 動的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平		
	鉛直		
原動機	水平		
	鉛直		

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

# 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-15

伊方発電所第3号機

# 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析

工事計画認可申請 資料17-15-1

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-15-1-1
2. 基本方針 .....	資17-15-1-2
2.1 位置 .....	資17-15-1-2
2.2 構造概要 .....	資17-15-1-3
2.3 解析方針 .....	資17-15-1-8
2.4 適用規格 .....	資17-15-1-10
3. 解析方法 .....	資17-15-1-11
3.1 地震応答解析モデル .....	資17-15-1-11
3.2 入力地震動 .....	資17-15-1-21
3.3 解析方法 .....	資17-15-1-75
3.4 解析条件 .....	資17-15-1-77
4. 解析結果 .....	資17-15-1-86
4.1 動的解析 .....	資17-15-1-86
4.2 必要保有水平耐力 .....	資17-15-1-155



## 1. 概要

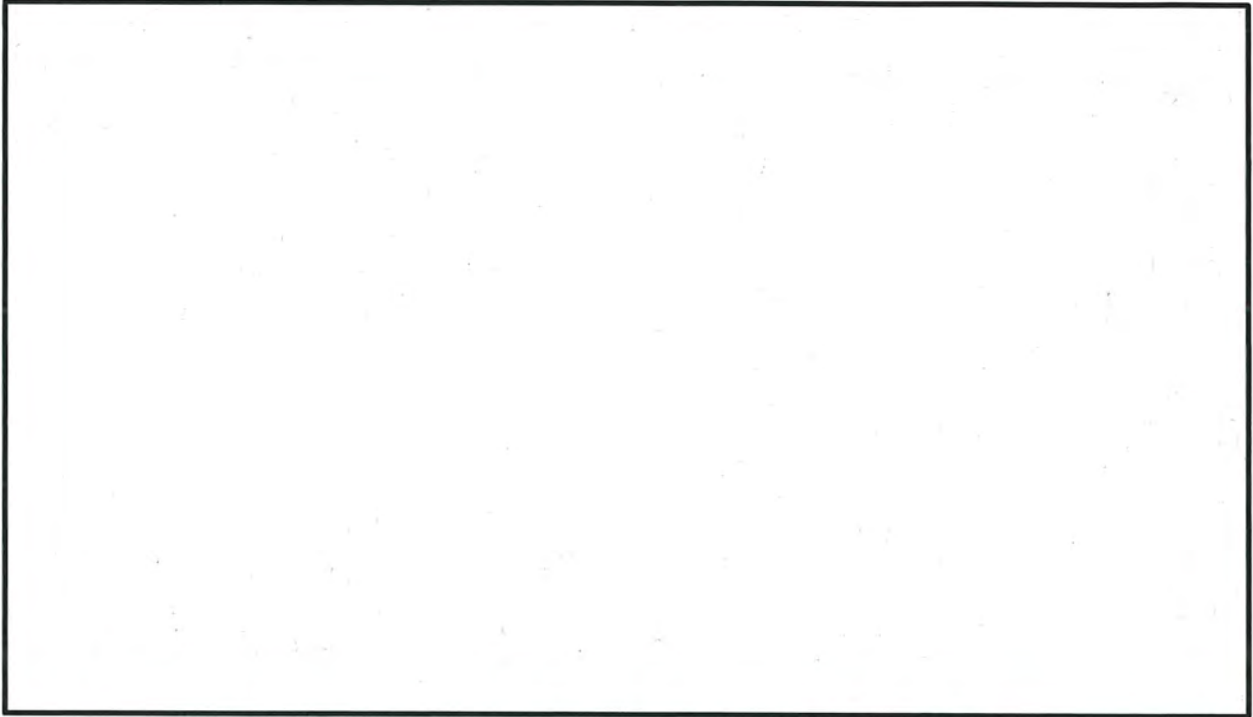
本資料は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に基づく非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は、資料17-9「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。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

非常用ガスタービン発電機建屋の設置位置を第2-1図に示す。



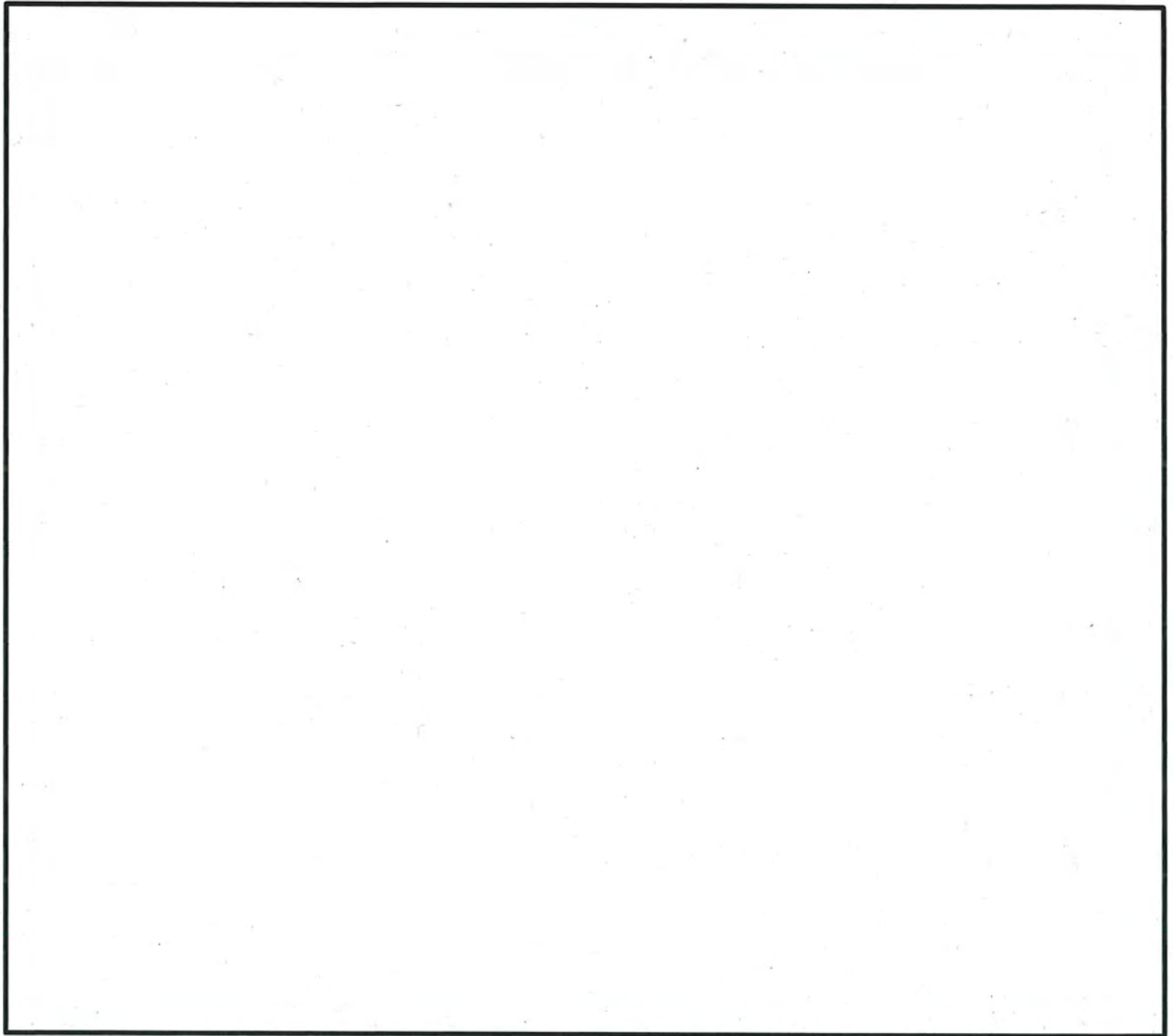
第2-1図 非常用ガスタービン発電機建屋の設置位置図

## 2.2 構造概要

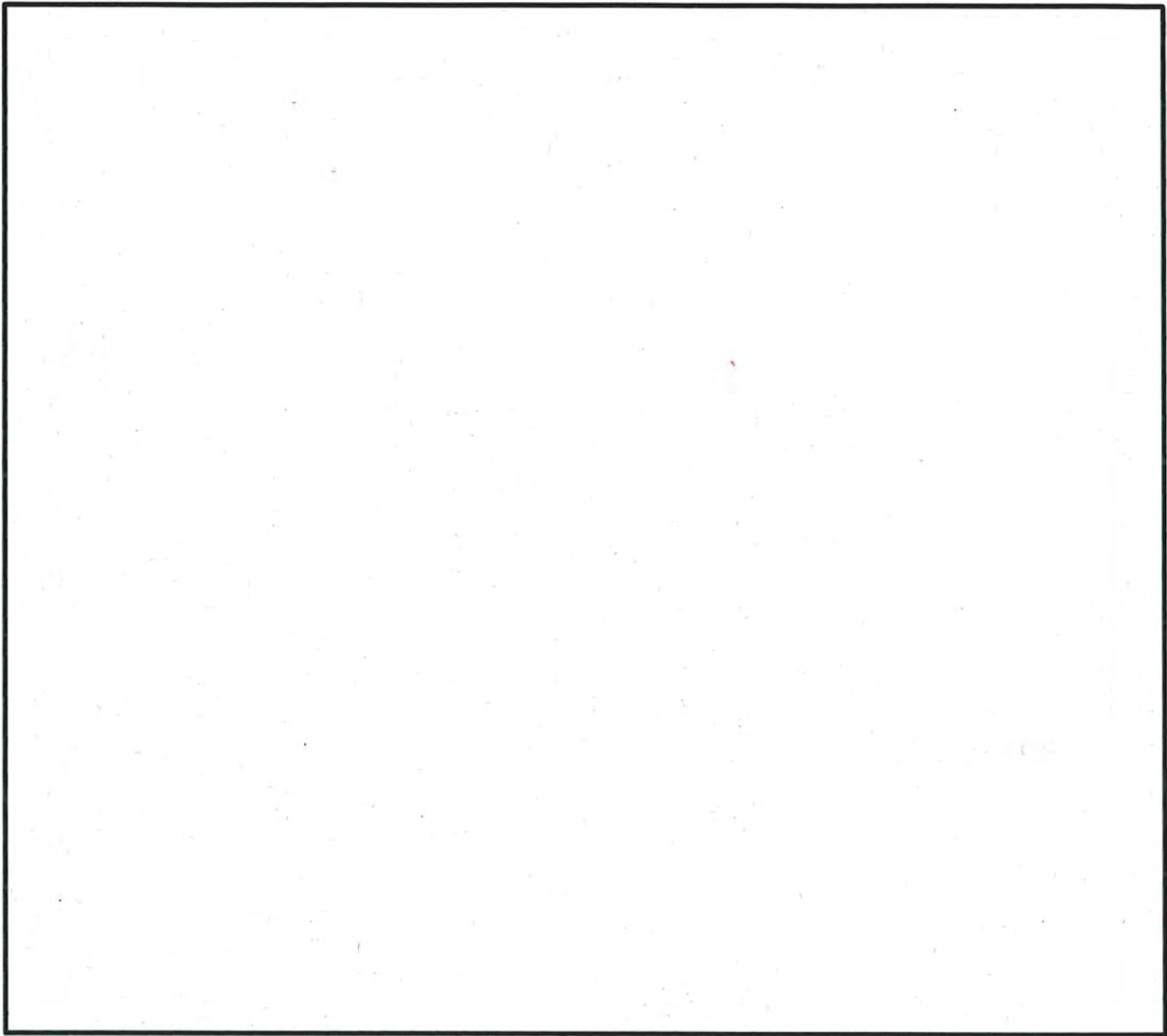
非常用ガスタービン発電機建屋は、非常用ガスタービン発電機、非常用ガスタービン発電機附属設備等を収容する地上2階の鉄筋コンクリート構造物である。なお、地下には多目的に使用可能な淡水の貯水槽を収容する。

主要構造は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体としており、厚さ2.5m(一部2.0m)の基礎を介して直接岩盤に支持されている。

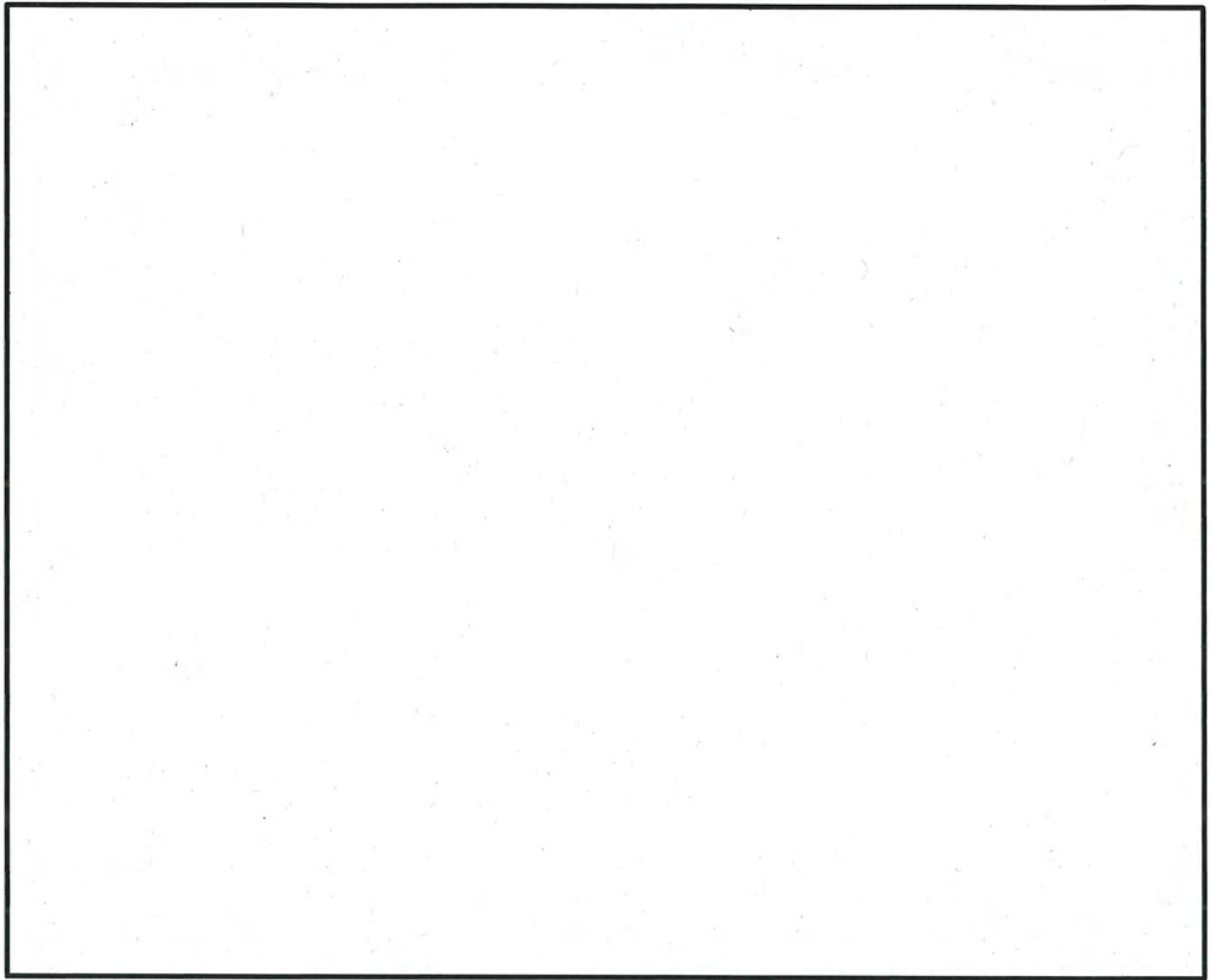
非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第2-2図及び第2-3図に示す。



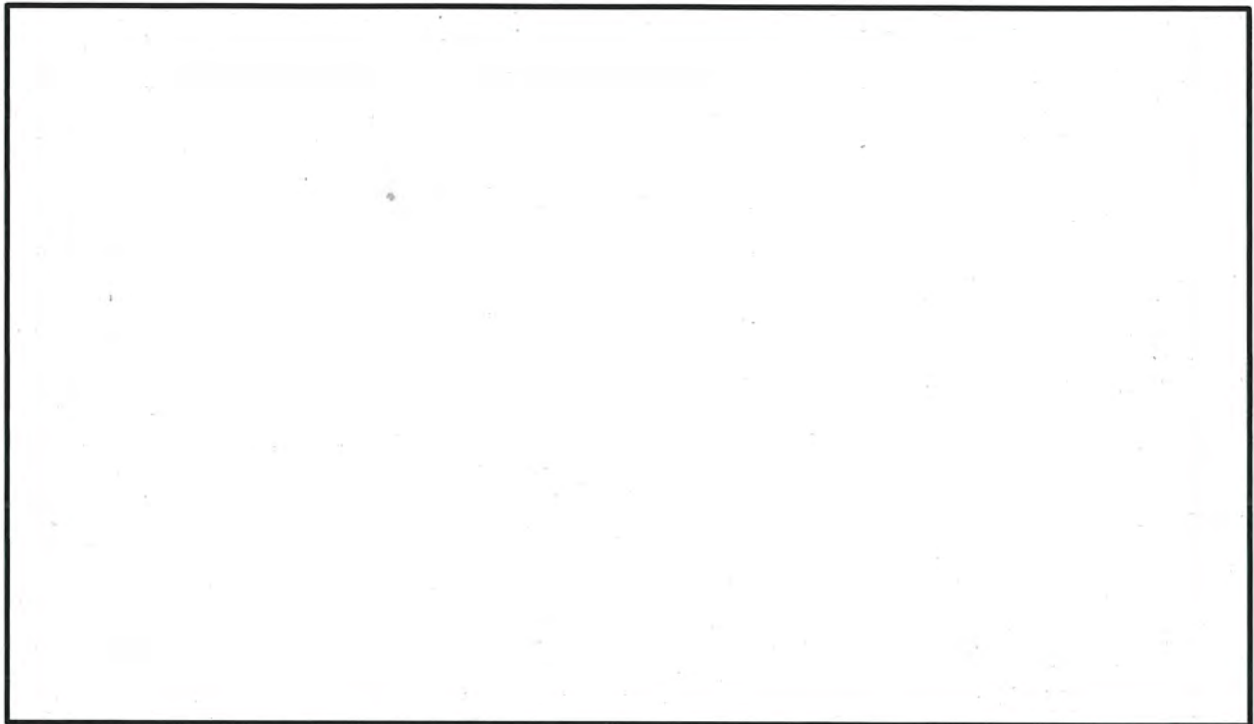
第 2-2 図 (1/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 24. 6m)



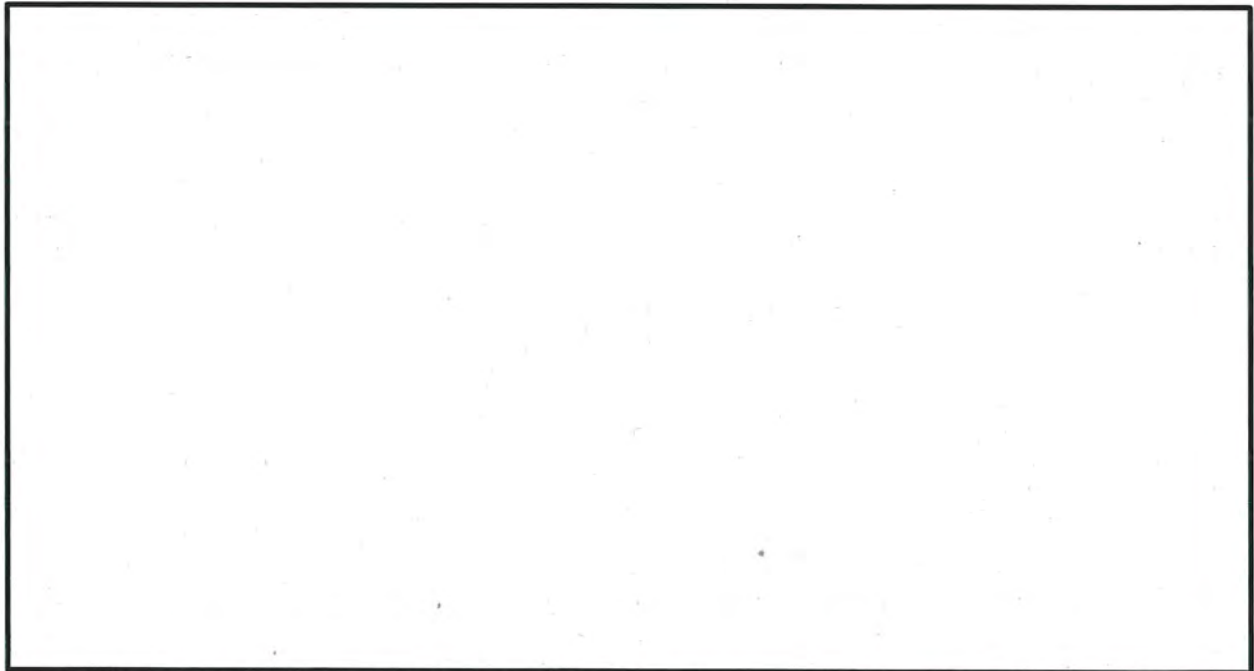
第 2-2 図 (2/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 32.7m)



第 2-2 図 (3/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 41. 0m)



第 2-3 図 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (A-A 断面)



第 2-3 図 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (B-B 断面)

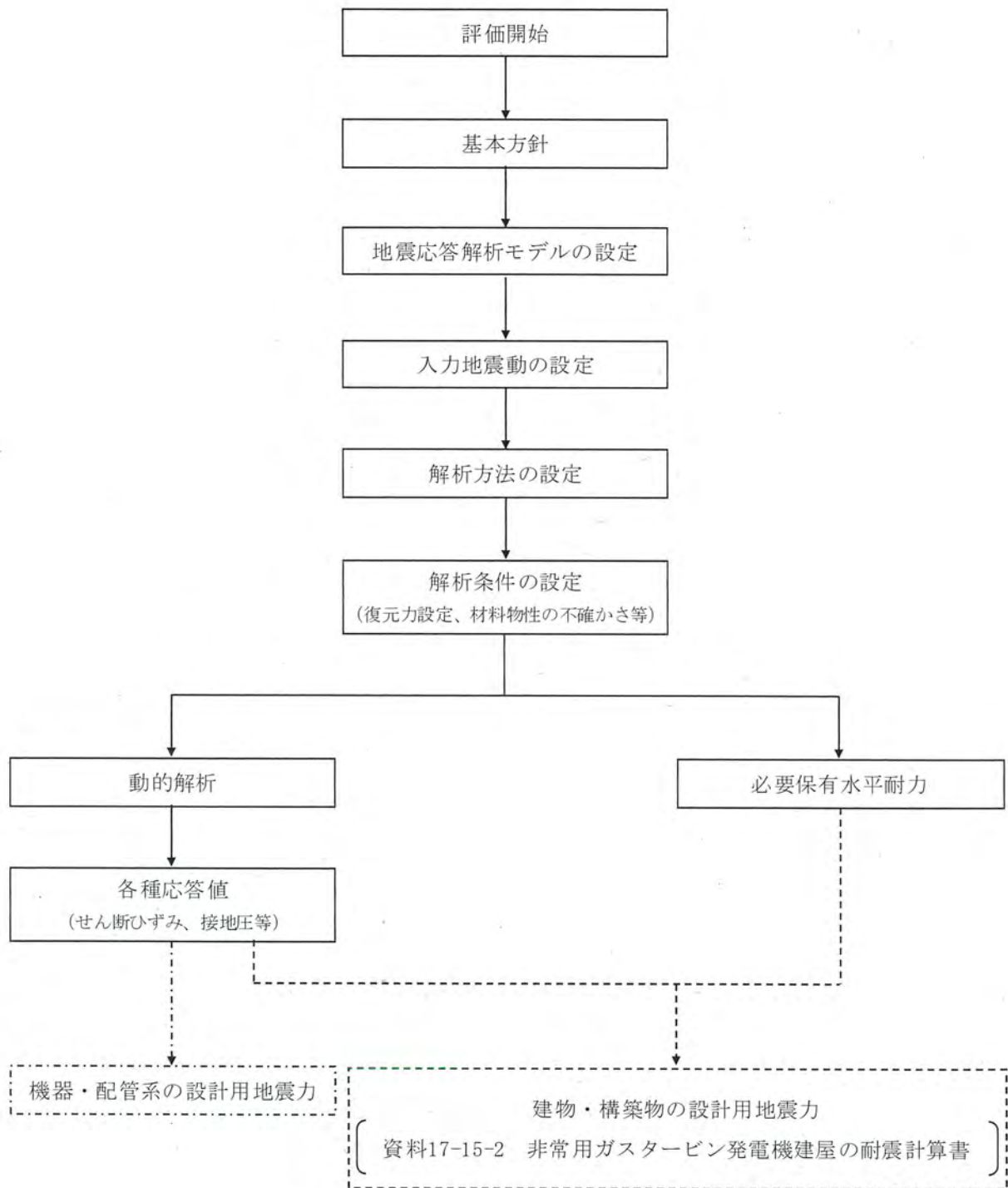
## 2.3 解析方針

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

第2-4図に非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.2 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、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、材料物性の不確かさ及び鉄筋コンクリート部の減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性の不確かさ等」という。）を考慮し、せん断ひずみ、接地圧等を含む各種応答値を、「4.2 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。





第 2-4 図 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析フロー

## 2.4 適用規格

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987 ((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「JEAG4601-1991」という。)
- ・ 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改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005制定)

### 3. 解析方法

#### 3.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、資料17-6「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についてそれぞれ設定する。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3-1表に示す。

第3-1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 (%)
・非常用 ガスタービン 発電機建屋	コンクリート： Fc=30.0 (N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋：SD345	2.44 × 10 <sup>4</sup>	1.02 × 10 <sup>4</sup>	5

### 3.1.1 水平方向

#### (1) 解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の水平及び回転ばねを設けるとともに、建屋側面の埋込み効果を考慮して建屋側面に地盤の水平ばねを設けた多質点系の曲げせん断棒モデルとする。また、各質点には回転慣性を考慮する。なお、建屋側面の地盤ばねの適用にあたっては、75%以上の面積が側面地盤と接していることを考慮する。

水平方向の地震応答解析モデルを第3-1図に、解析モデルの諸元を第3-2表に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、JEAG4601-1991に基づき、基礎底面の2層地盤に対して成層補正により算出した地盤定数を用いて、弾性波動論（振動アドミッタンス理論）により得られる動的地盤ばねを近似して設定する。また、建屋側面の地盤ばね（水平ばね）は、JEAG4601-1991に基づき、側面位置の地盤定数を用いて、Novakの方法により得られる動的地盤ばねを近似して設定する。地盤定数を第3-3表に、地盤ばね定数及び減衰係数を第3-4表に示す。

基礎底面の地盤ばねの算出には、解析コード「HOSEI」及び「ADMITHF」を、建屋側面の地盤ばねの算出には、解析コード「NOVAK」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### (3) 復元力特性

##### a. 上部構造物

上部構造物には、復元力特性を設定する。耐震壁の復元力特性については「3.4.1 耐震壁の復元力特性」に示す。

##### b. 地盤ばね

地盤の回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。地盤の回転ばねの復元力特性については「3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性」に示す。

(4) 入力地震動

「3.2 入力地震動」において設定した入力地震動を、建屋基礎底面及び建屋側面に入力する。

### 3.1.2 鉛直方向

#### (1) 解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮して基礎底面に地盤の鉛直ばねを設けた多質点系の軸棒モデルとする。

鉛直方向の地震応答解析モデルを第3-2図、解析モデルの諸元を第3-5表に示す。

#### (2) 地盤ばね

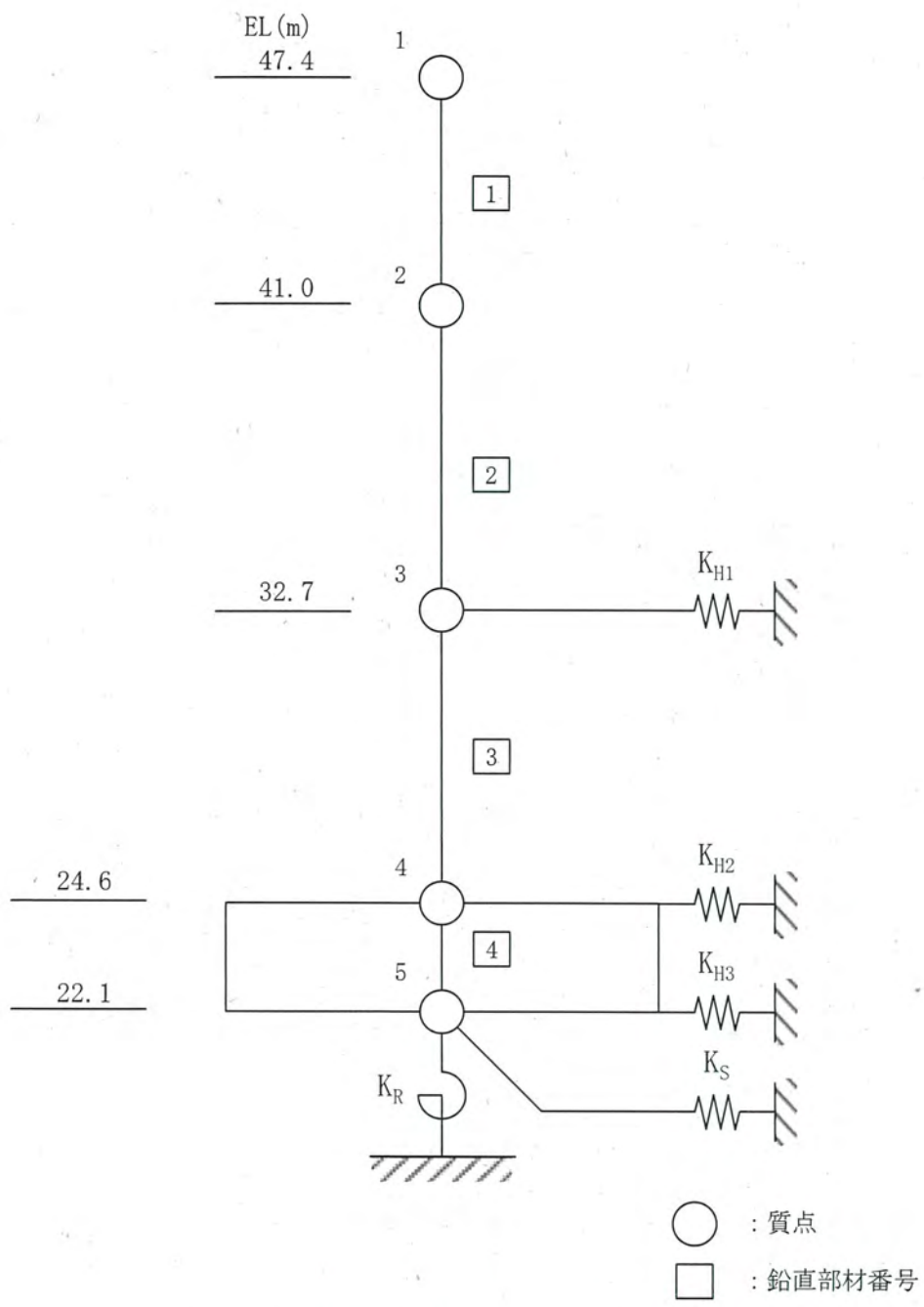
基礎底面の地盤ばね（鉛直ばね）は、JEAG4601-1991に基づき、基礎底面の2層地盤に対して成層補正により算出した地盤定数を用いて、弾性波動論（振動アドミッタンス理論）により得られる動的地盤ばねを近似して設定する。地盤ばね定数及び減衰係数を第3-6表に示す。

基礎底面の地盤ばねの算出には、解析コード「HOSEI」及び「ADMITHF」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### (3) 入力地震動

「3.2 入力地震動」において設定した入力地震動を、建屋基礎底面に入力する。





第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)

第3-2表 (1/2) 地震応答解析モデル諸元 (水平方向)

部位	質点 番号	質点位置 EL (m)	重量 (kN)	回転慣性 ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	
				EW方向	NS方向
上部 構造物	1	47.4	27,440	30.2	17.1
	2	41.0	51,570	56.9	32.2
	3	32.7	95,620	142.8	95.2
基礎	4	24.6	123,810	144.6	127.0
	5	22.1	38,210	44.2	38.7
総重量			336,650		

第3-2表 (2/2) 地震応答解析モデル諸元 (水平方向)

部位	部材 番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )		断面2次モーメント ( $\text{m}^4$ )	
		EW方向	NS方向	EW方向	NS方向
上部 構造物	1	53.9	38.2	6,810	3,250
	2	122.6	95.5	26,730	9,300
	3	239.4	211.2	46,110	32,350
基礎	4	1,273.4	1,273.4	146,980	128,930



第3-3表 (1/2) 地盤定数 (基礎底面の地盤ばね)

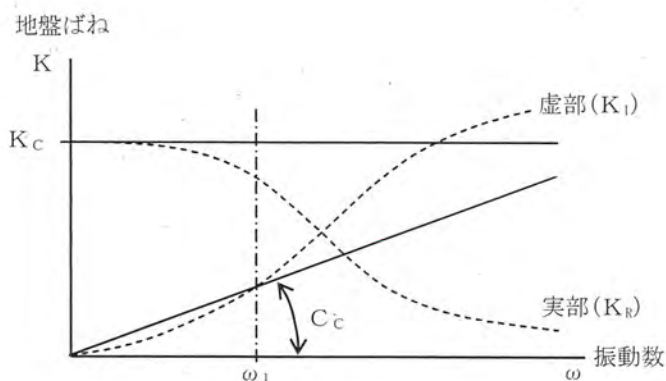
地層 EL (m)	地盤のせん断波速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
22.1 ~ 7.99	2,300	29.4	0.34
7.99 ~ -200.00	2,700	29.4	0.34

第3-3表 (2/2) 地盤定数 (建屋側面の地盤ばね)

地層 EL (m)	地盤のせん断波速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
32.4 ~ 27.55	1,700	29.4	0.34
27.55 ~ 22.1	2,300	29.4	0.34

第3-4表 地盤ばね定数及び減衰係数（水平方向）

			EW方向	NS方向
基礎底面 水平ばね	$K_S$	ばね定数 (kN/m)	$1.749 \times 10^9$	$1.778 \times 10^9$
		減衰係数 (kN·s/m)	$8.381 \times 10^6$	$8.651 \times 10^6$
基礎底面 回転ばね	$K_R$	ばね定数 (kN·m/rad)	$7.899 \times 10^{11}$	$5.972 \times 10^{11}$
		減衰係数 (kN·m·s/rad)	$7.023 \times 10^8$	$3.452 \times 10^8$
建屋側面 水平ばね	$K_{H1}$	ばね定数 (kN/m)	$1.170 \times 10^8$	$1.170 \times 10^8$
		減衰係数 (kN·s/m)	$3.321 \times 10^6$	$3.356 \times 10^6$
	$K_{H2}$	ばね定数 (kN/m)	$2.850 \times 10^8$	$2.850 \times 10^8$
		減衰係数 (kN·s/m)	$6.224 \times 10^6$	$6.333 \times 10^6$
	$K_{H3}$	ばね定数 (kN/m)	$8.115 \times 10^7$	$8.115 \times 10^7$
		減衰係数 (kN·s/m)	$1.748 \times 10^6$	$1.779 \times 10^6$

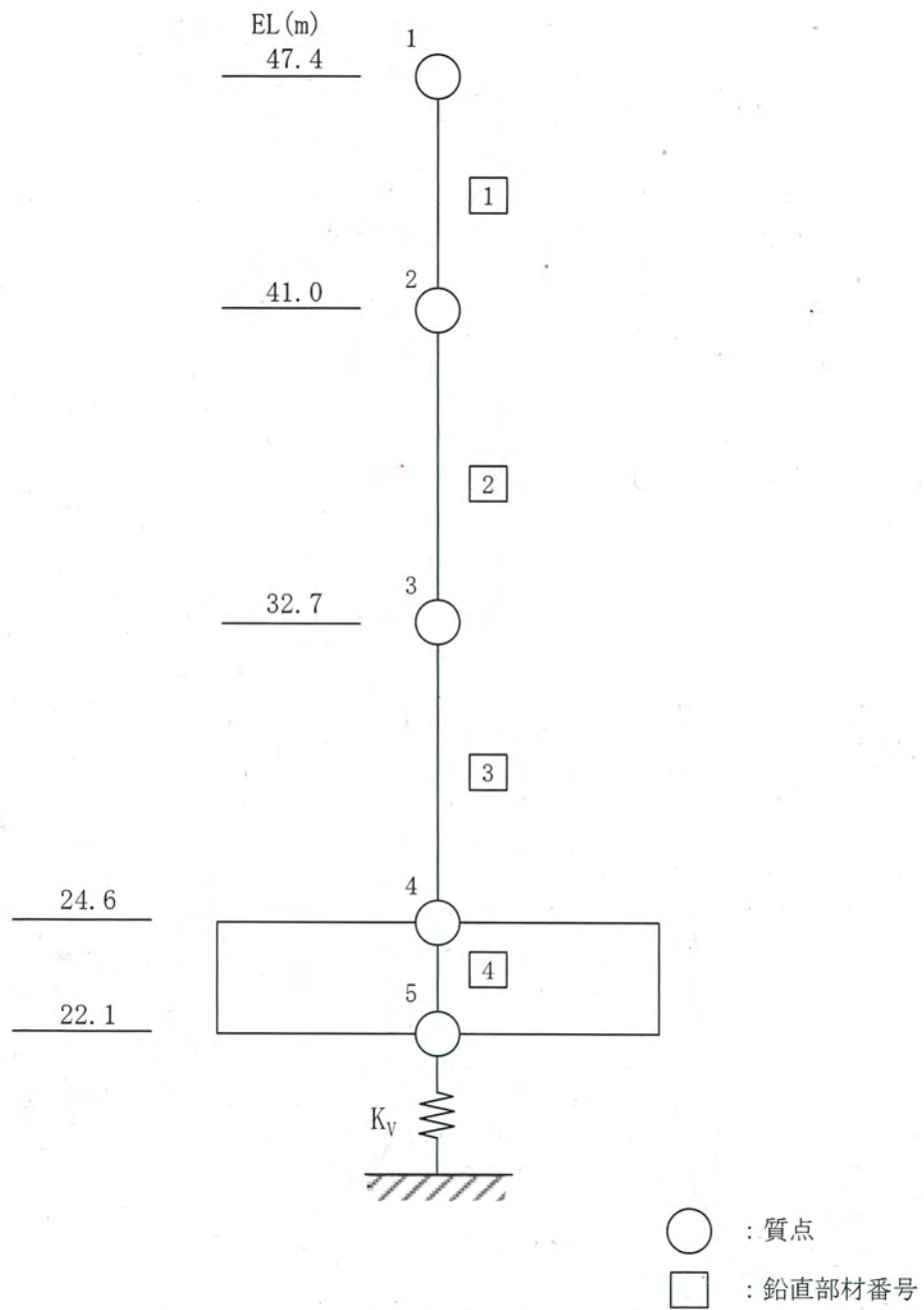


$\omega_1$ : 建屋-地盤連成モデルの1次固有振動数

$K_c$ : 振動数  $\omega = 0$  における地盤ばね実部の値

$C_c$ : 減衰係数 ( $= K_i(\omega_1) / \omega_1$ )

地盤ばねの近似の概念



第3-2図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第3-5表 地震応答解析モデル諸元 (鉛直方向)

部位	質点 番号	質点位置 EL (m)	重量 (kN)	部材 番号	断面積 (m <sup>2</sup> )
上部 構造物	1	47.4	27,440	1	88.9
	2	41.0	51,570	2	203.0
	3	32.7	95,620	3	413.0
基礎	4	24.6	123,810	4	1,273.4
	5	22.1	38,210		
総重量			336,650		

第3-6表 地盤ばね定数及び減衰係数 (鉛直方向)

			鉛直方向
基礎底面 鉛直ばね	K <sub>v</sub>	ばね定数 (kN/m)	2.459 × 10 <sup>9</sup>
		減衰係数 (kN・s/m)	1.598 × 10 <sup>7</sup>

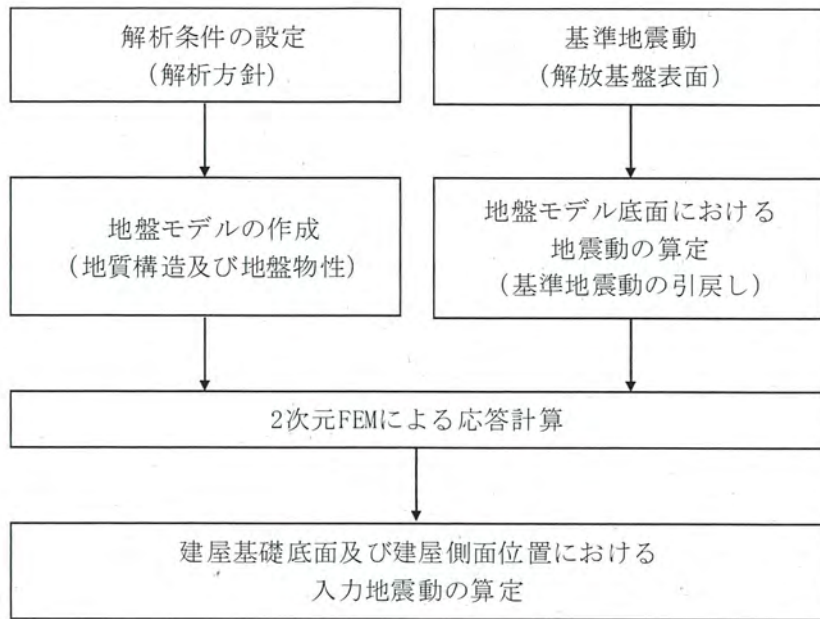
## 3.2 入力地震動

### 3.2.1 入力地震動の算定方法

入力地震動は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」の入力地震動の設定方針に基づき設定する。

入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を、1次元波動論により地盤の解析モデル底面位置まで引戻し、2次元FEM解析により建屋基礎底面及び建屋側面位置において算定した地震動とする。地盤モデルの要素分割は、解析用岩盤分類に基づき設定し、解析に使用する地盤物性は資料17-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。1次元波動論及び2次元FEM解析においては、それぞれ解析コード「LIQUEUR」及び「SuperFLUSH/2D」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

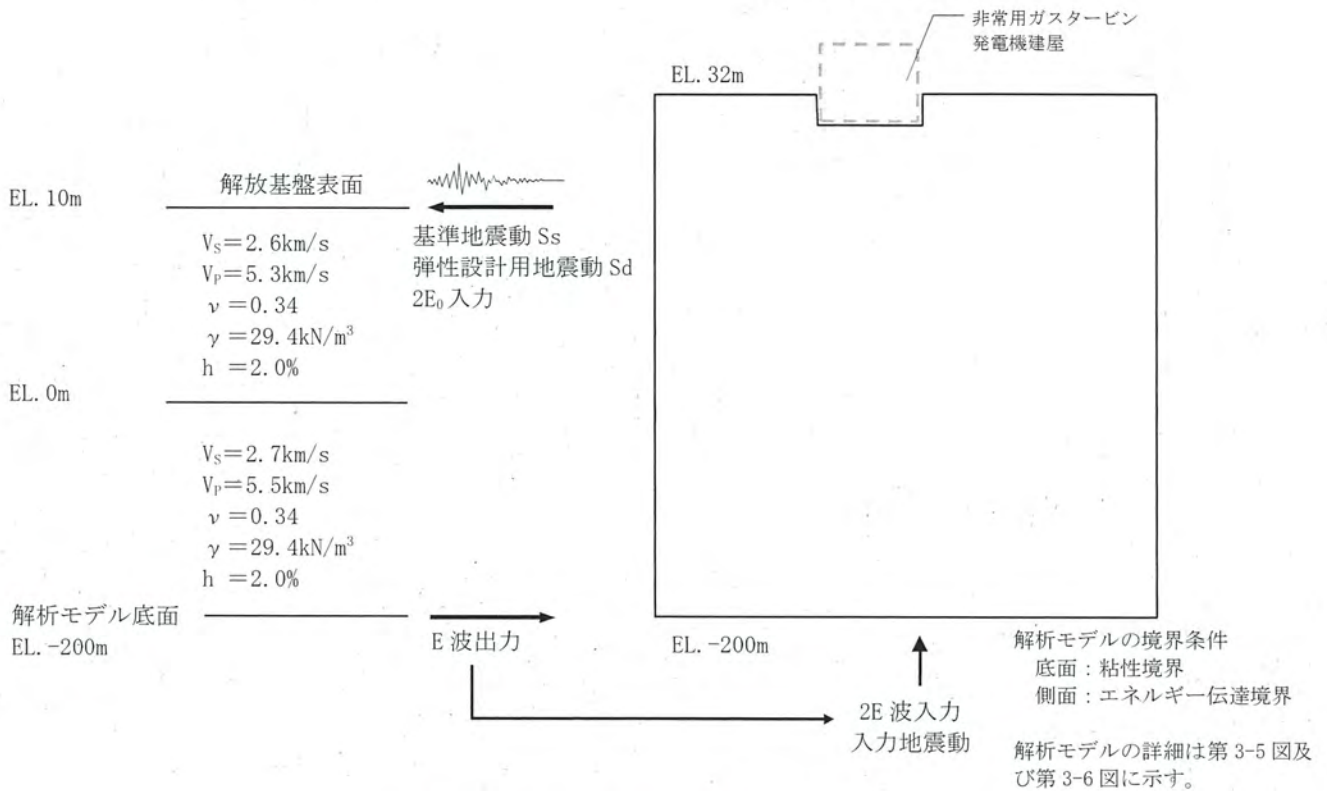
入力地震動の算定フローを第3-3図に、入力地震動算定の考え方を第3-4図に、2次元FEM解析用地盤モデルを第3-5図及び第3-6図に示す。



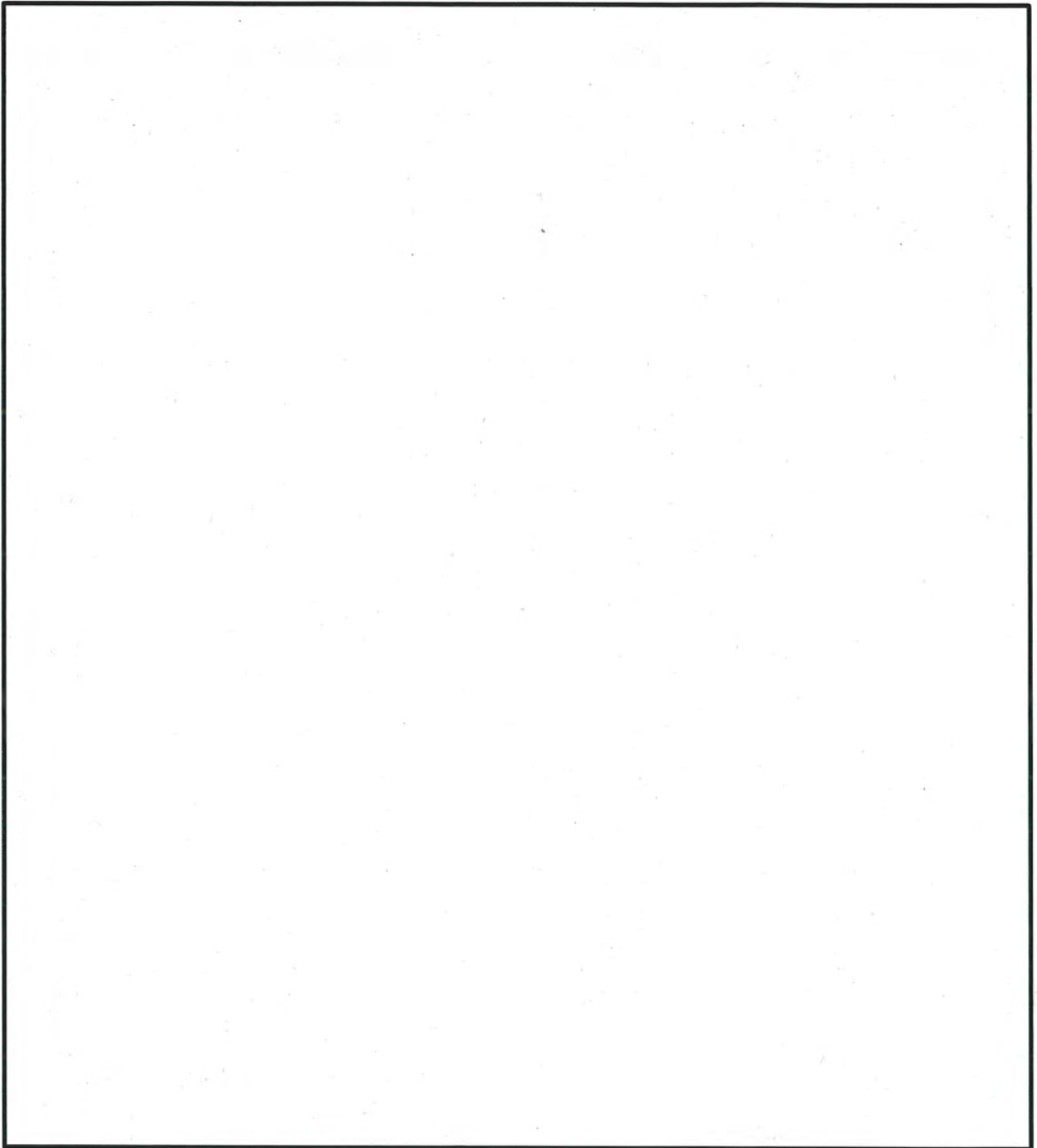
第3-3図 入力地震動の算定フロー

【引戻しモデル】  
(1次元波動論)

【地盤の地震応答解析モデル】  
(2次元 FEM 解析)

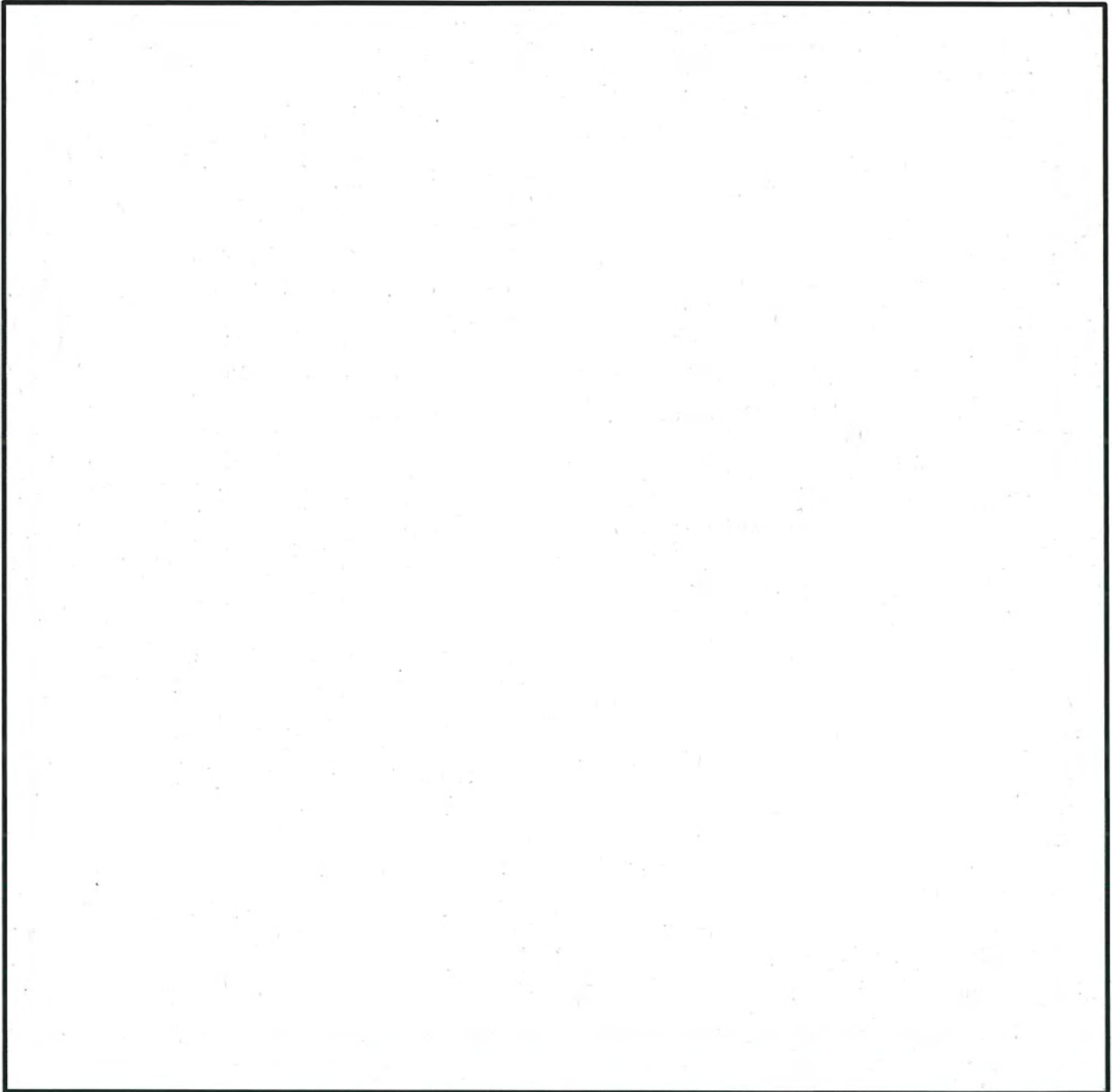


第 3-4 図 入力地震動算定の考え方



第3-5図 2次元FEM解析用地盤モデル(EW断面)



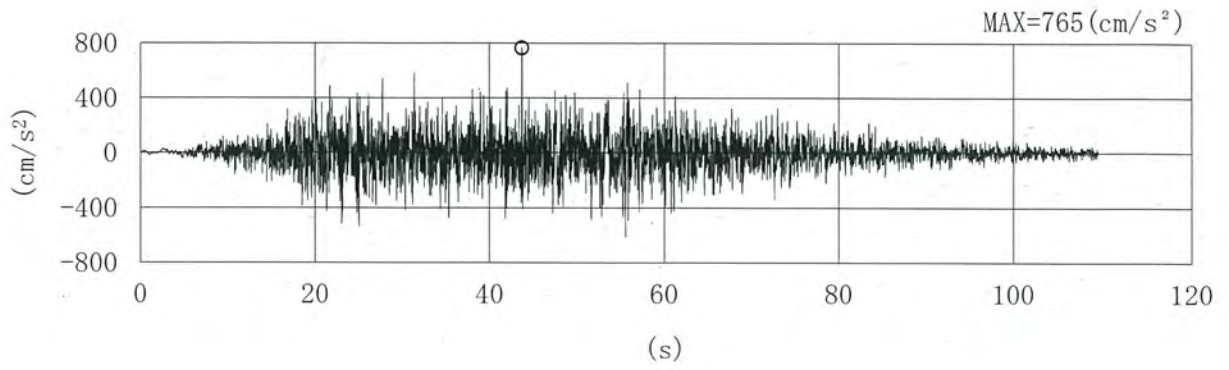


第 3-6 図 2 次元 FEM 解析用地盤モデル (NS 断面)

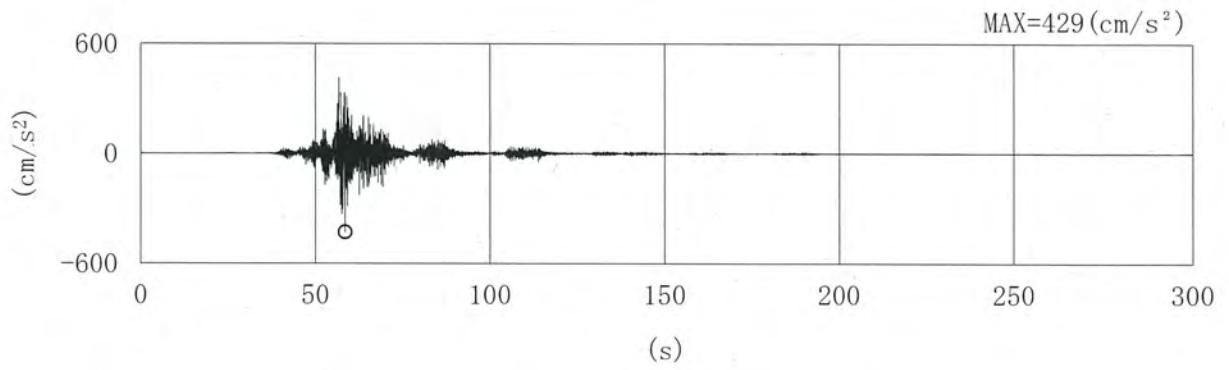
### 3.2.2 入力地震動

非常用ガスタービン発電機建屋の基礎底面位置 (EL. 22.1m) における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第3-7図～第3-22図に示す。

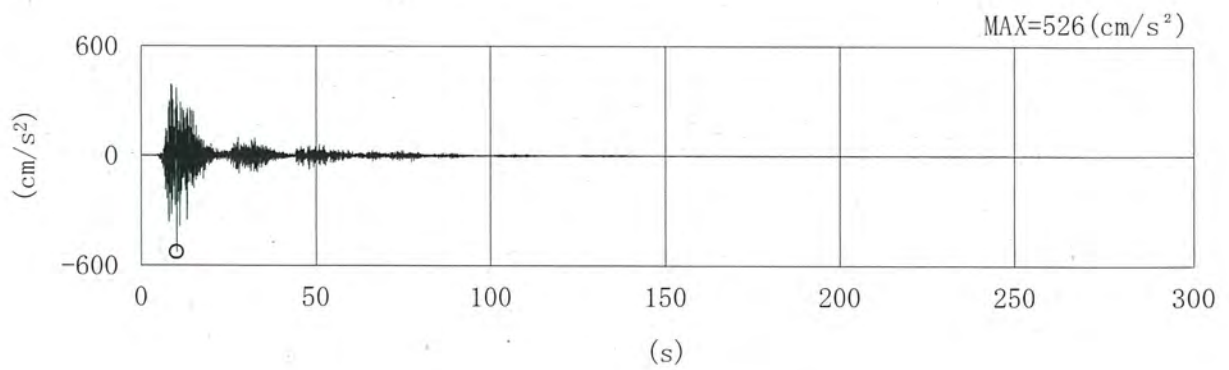
なお、基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ のうち、 $S_s-1$ 、 $S_s-3$ 、 $S_d-1$ 及び $S_d-3$ については、入力地震動算定時の位相反転を考慮したケースを $S_s-1'$ 、 $S_s-3'$ 、 $S_d-1'$ 及び $S_d-3'$ として示す。



(a) Ss-1

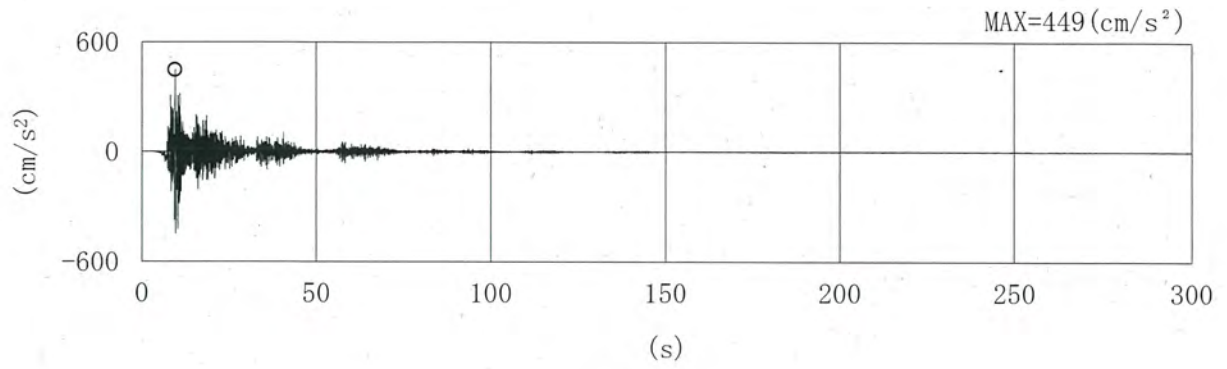


(b) Ss-2-1

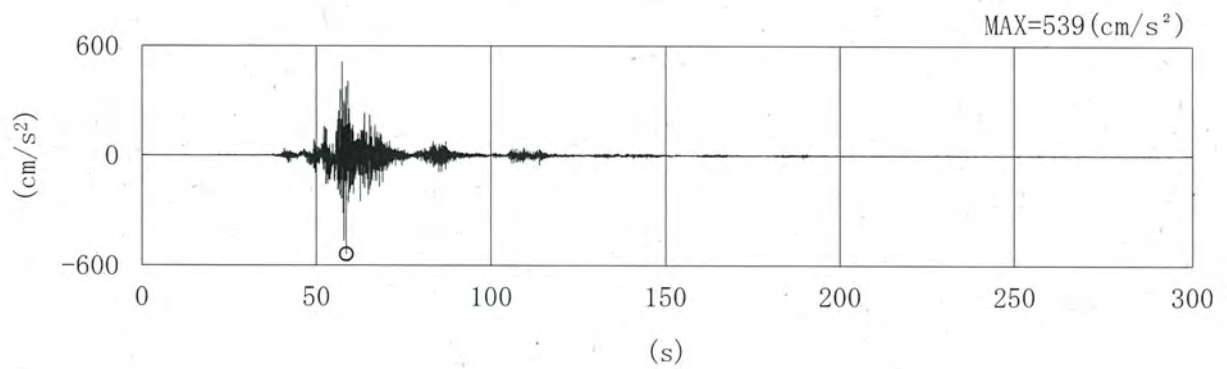


(c) Ss-2-2

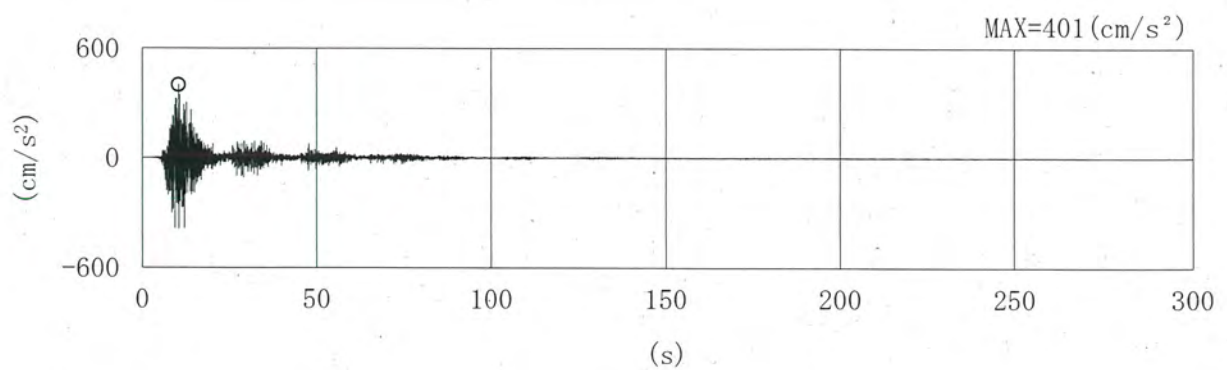
第 3-7 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Ss)



(d) Ss-2-3

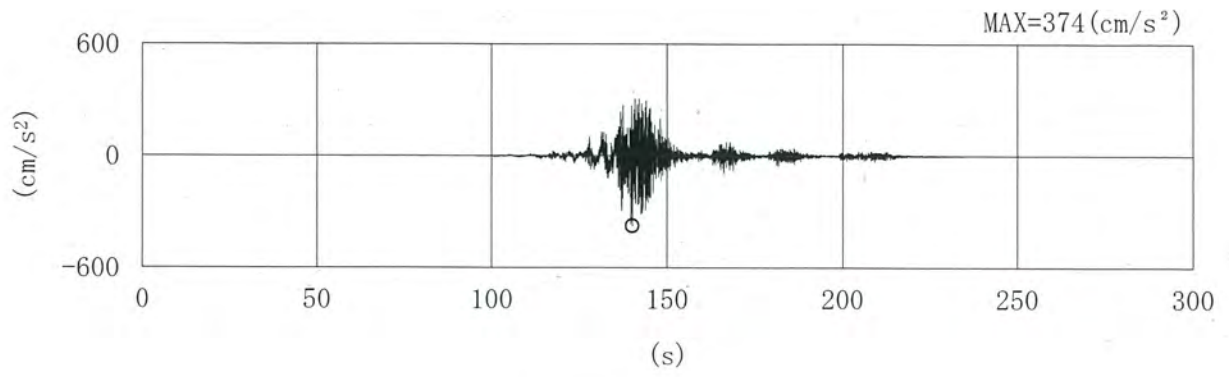


(e) Ss-2-4

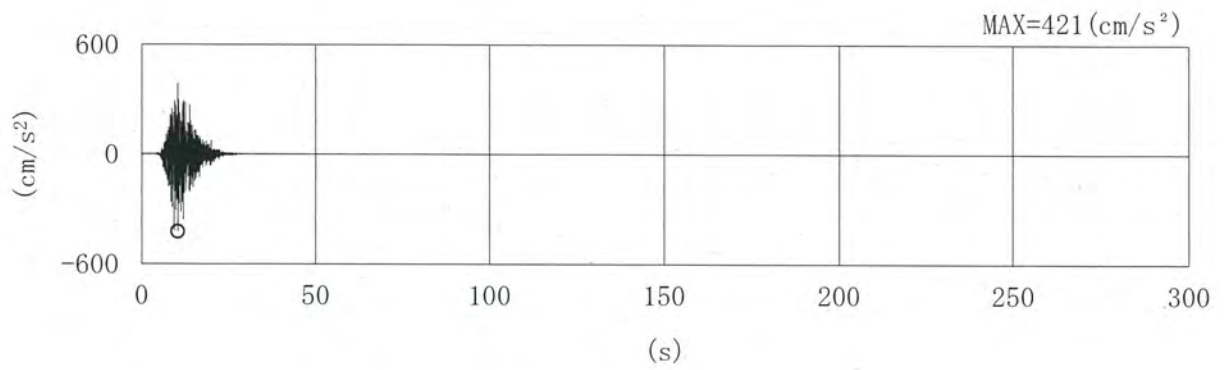


(f) Ss-2-5

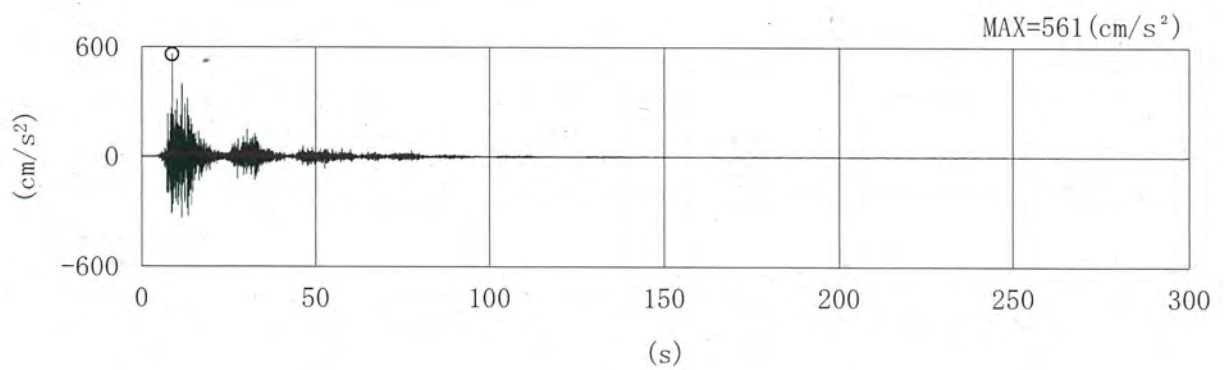
第 3-7 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Ss)



(g) Ss-2-6

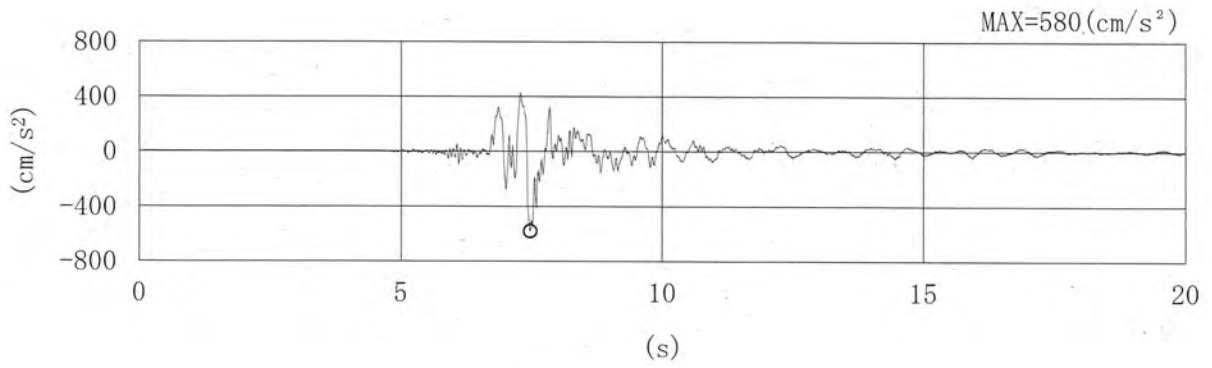


(h) Ss-2-7

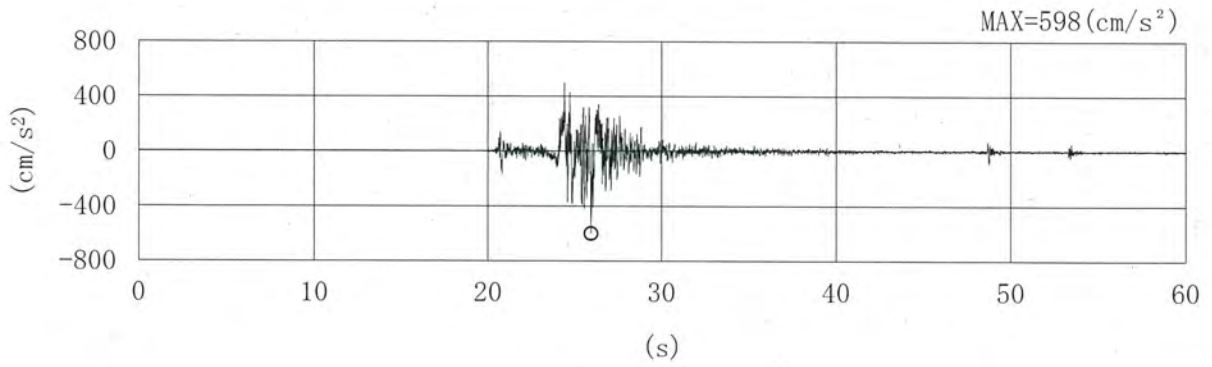


(i) Ss-2-8

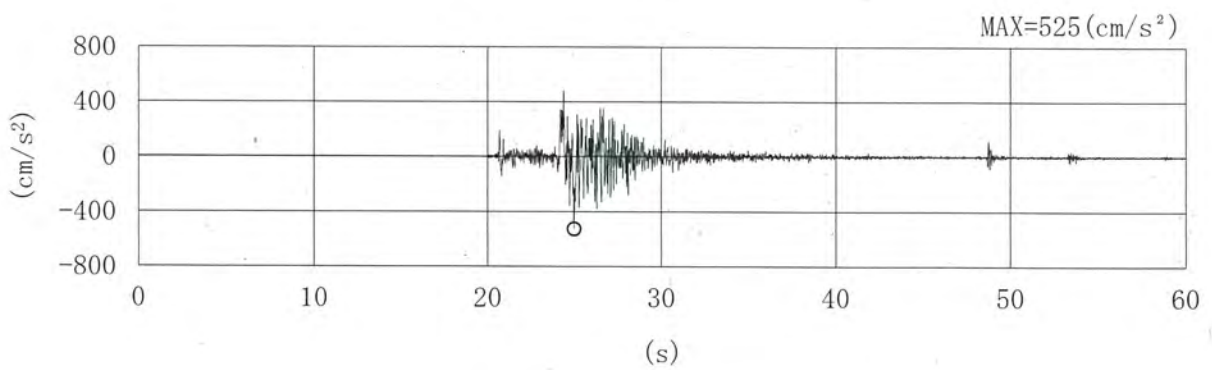
第3-7図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (EW方向 : Ss)



(j) Ss-3-1

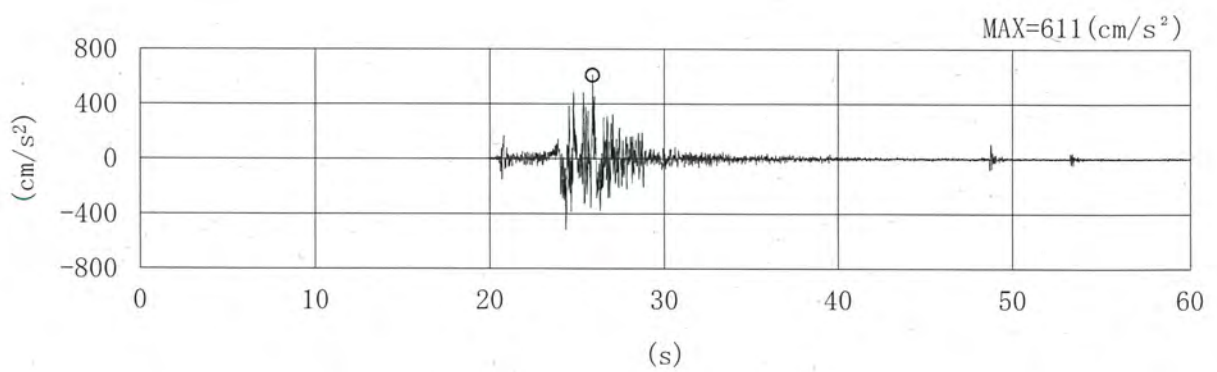
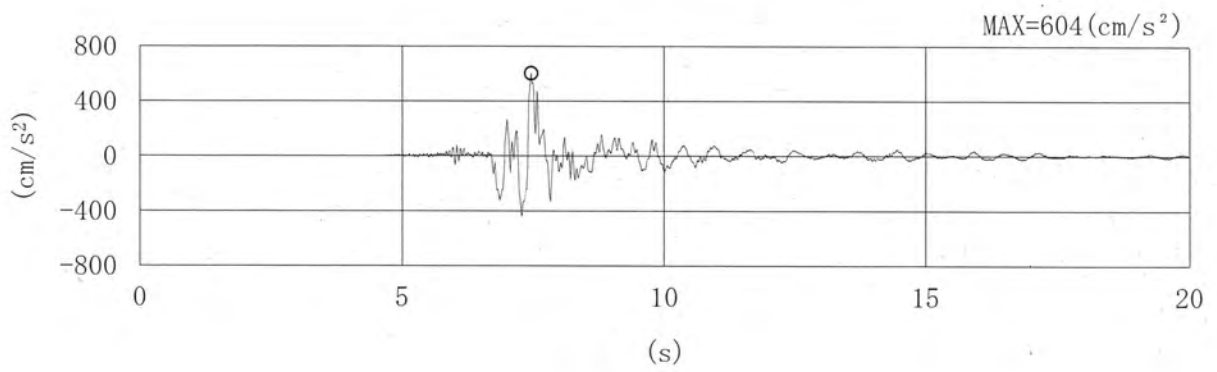
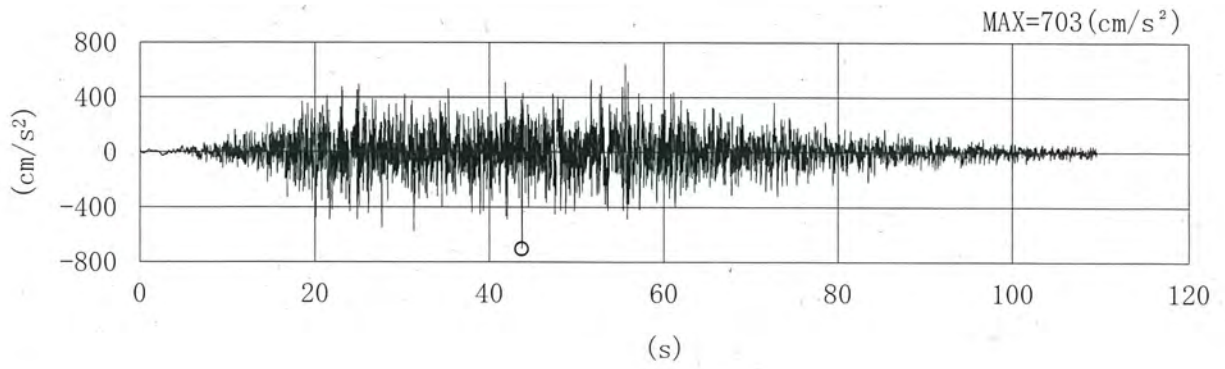


(k) Ss-3-2EW



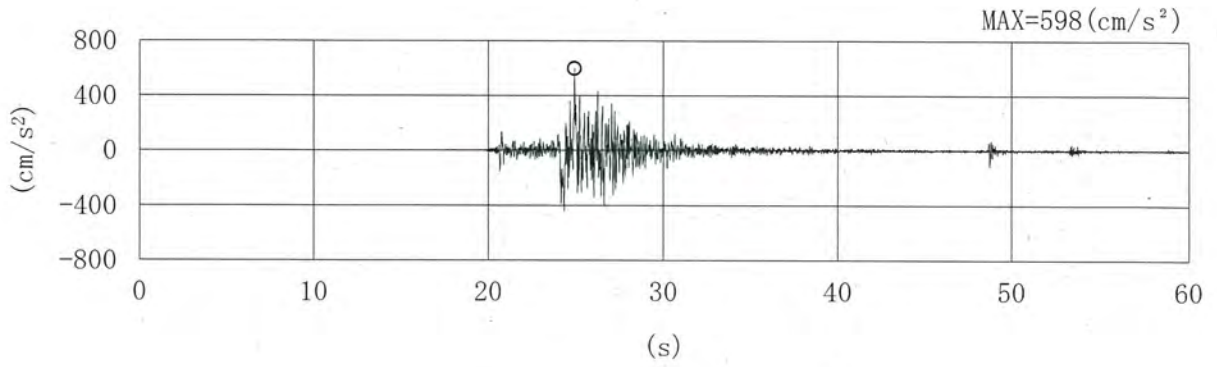
(l) Ss-3-2NS

第 3-7 図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Ss)



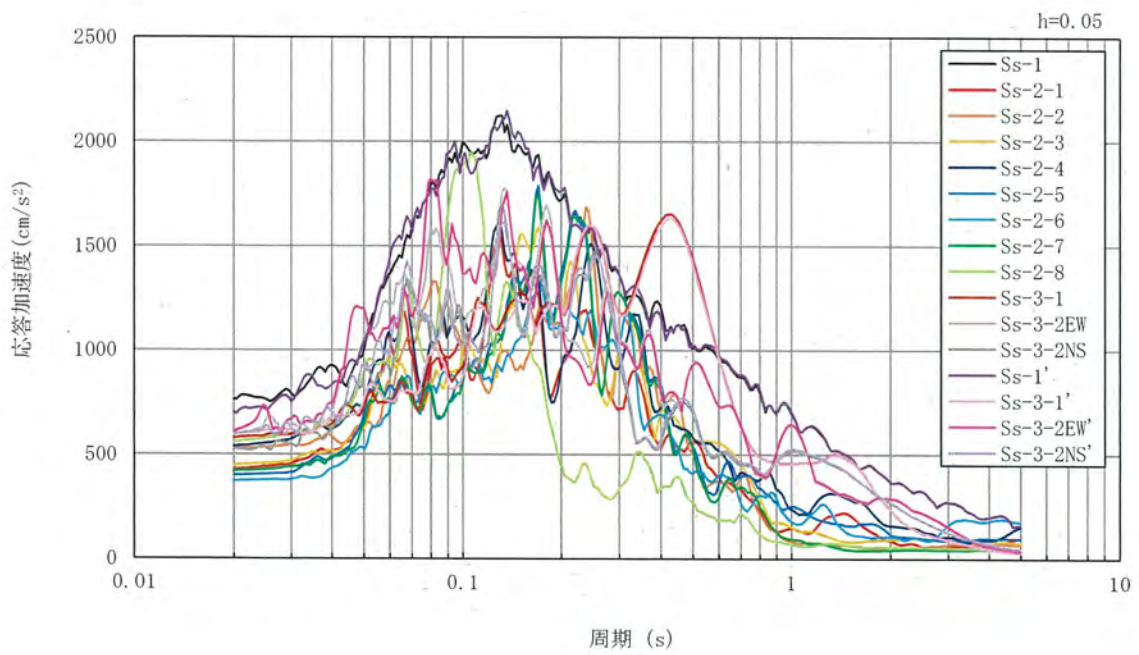
第 3-7 图 (5/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Ss)





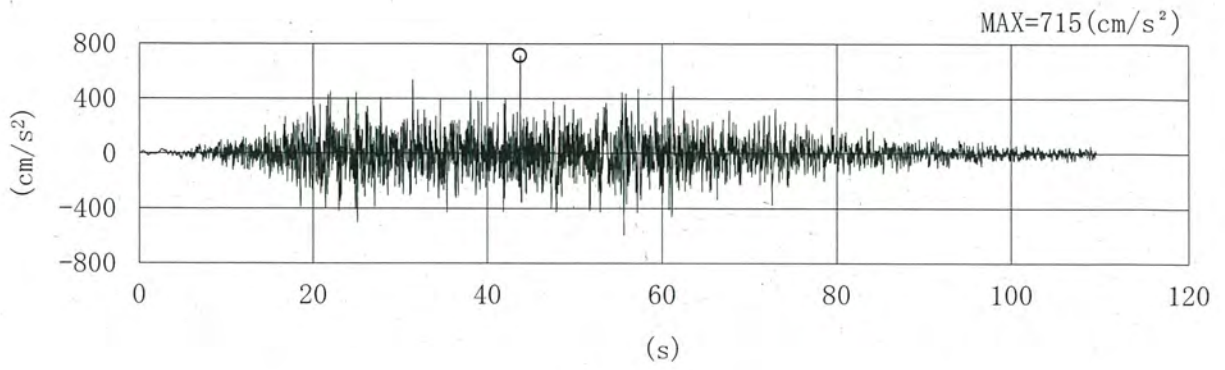
(p) Ss-3-2NS'

第3-7図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (EW方向: Ss)

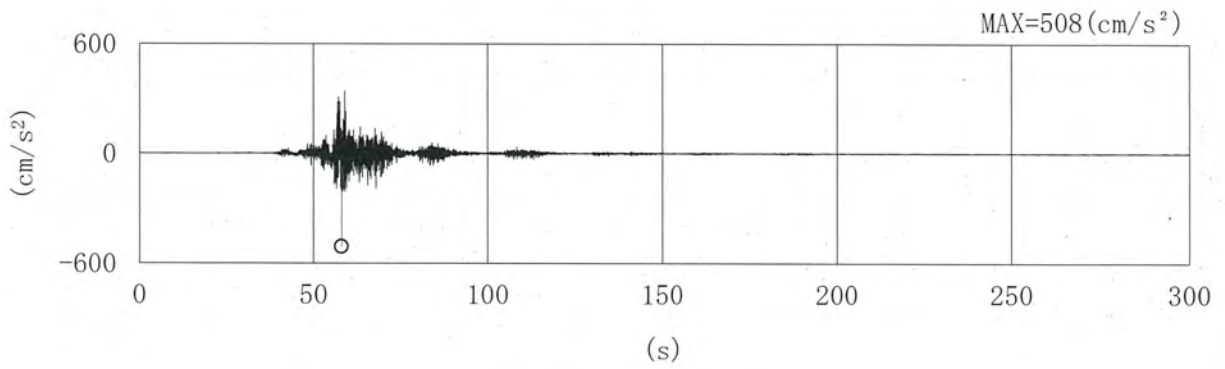


第3-8図 加速度応答スペクトル (EW方向: Ss)

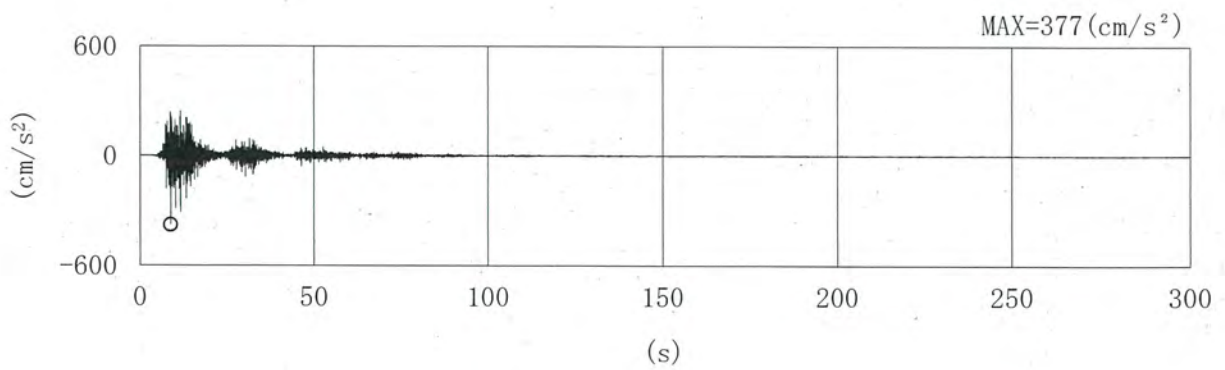




(a) Ss-1

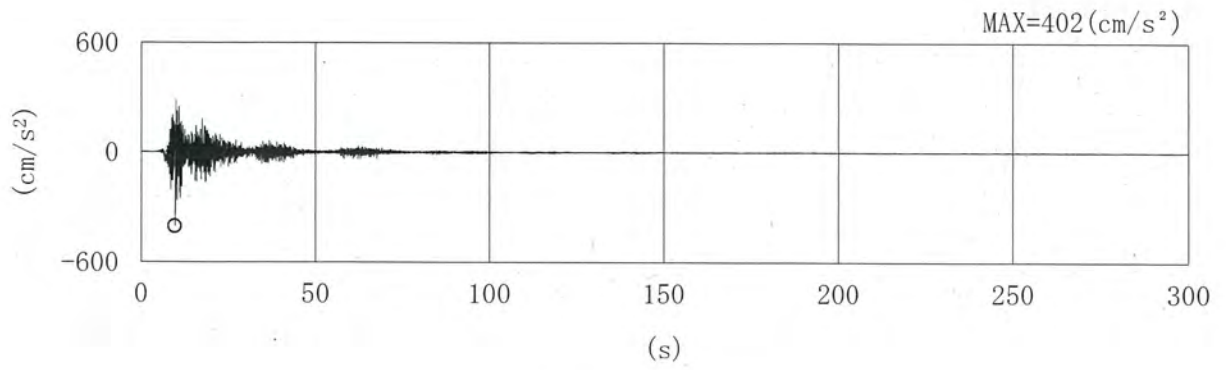


(b) Ss-2-1

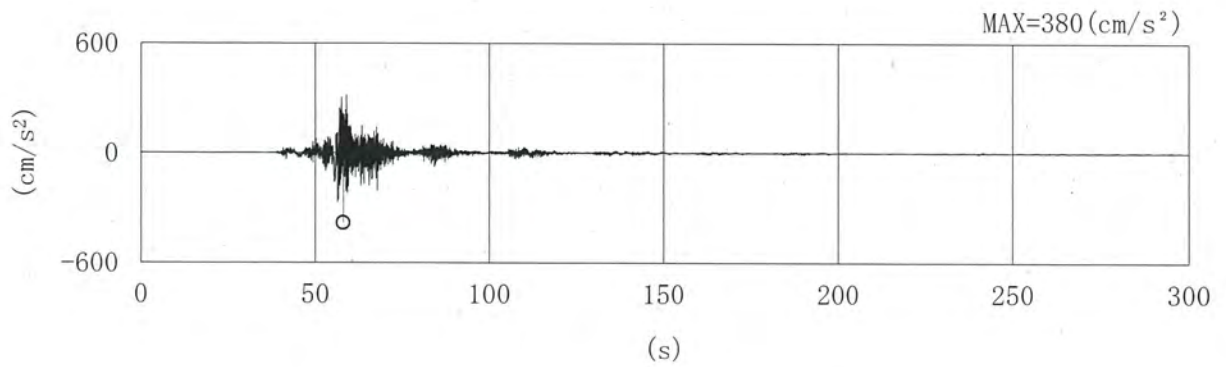


(c) Ss-2-2

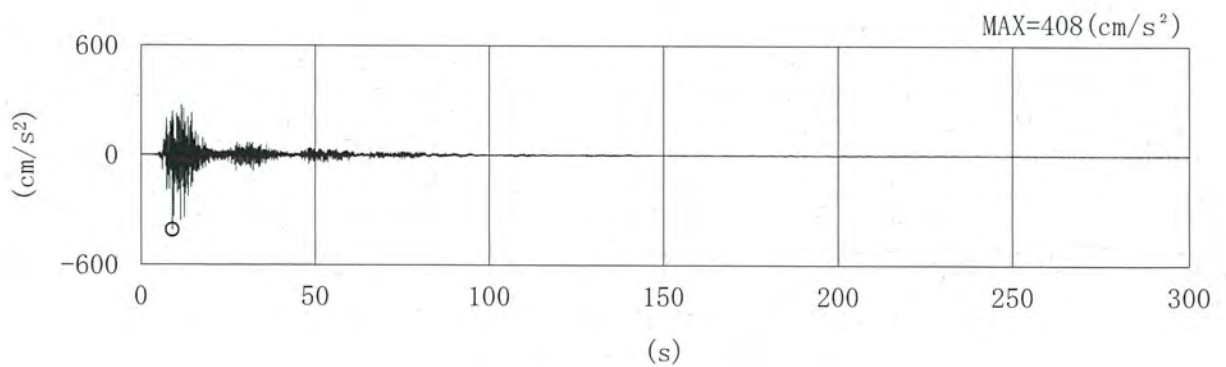
第 3-9 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)



(d) Ss-2-3

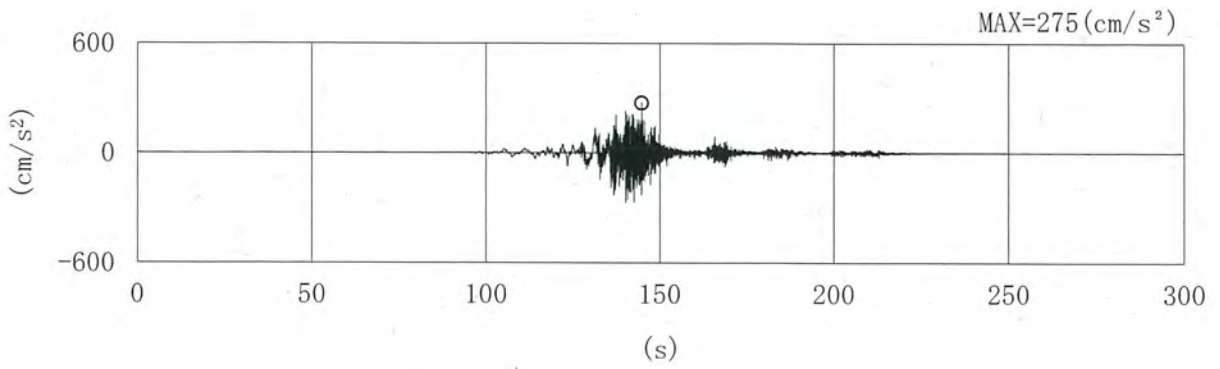


(e) Ss-2-4

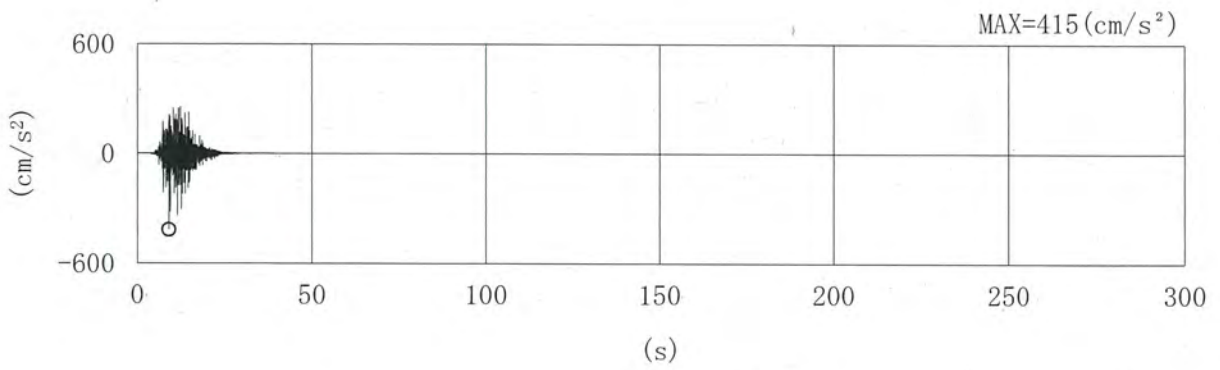


(f) Ss-2-5

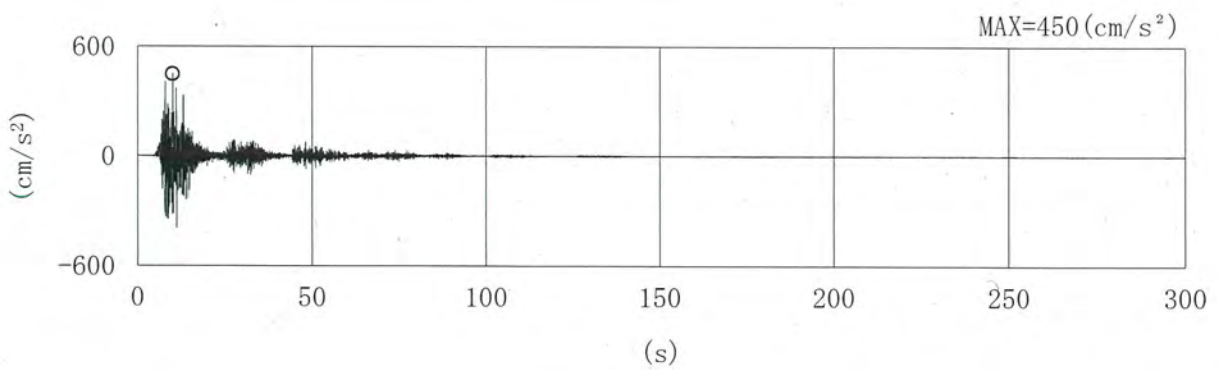
第 3-9 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)



(g) Ss-2-6

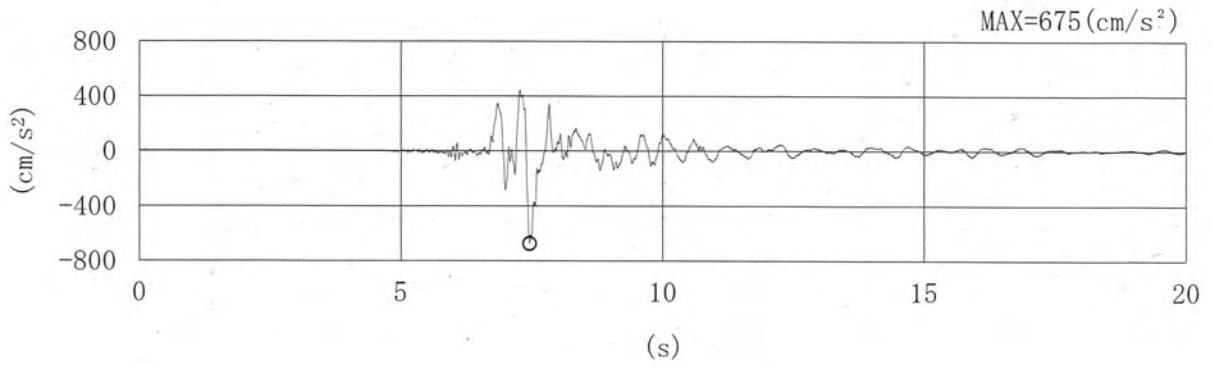


(h) Ss-2-7

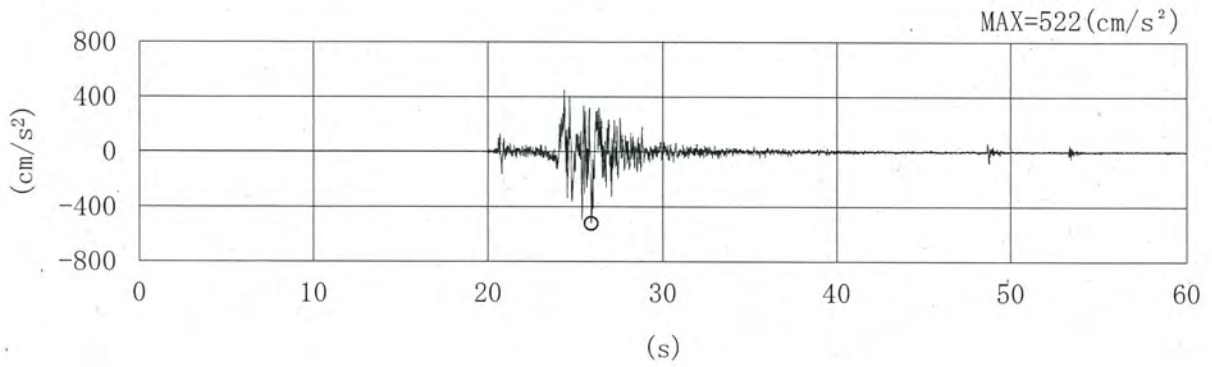


(i) Ss-2-8

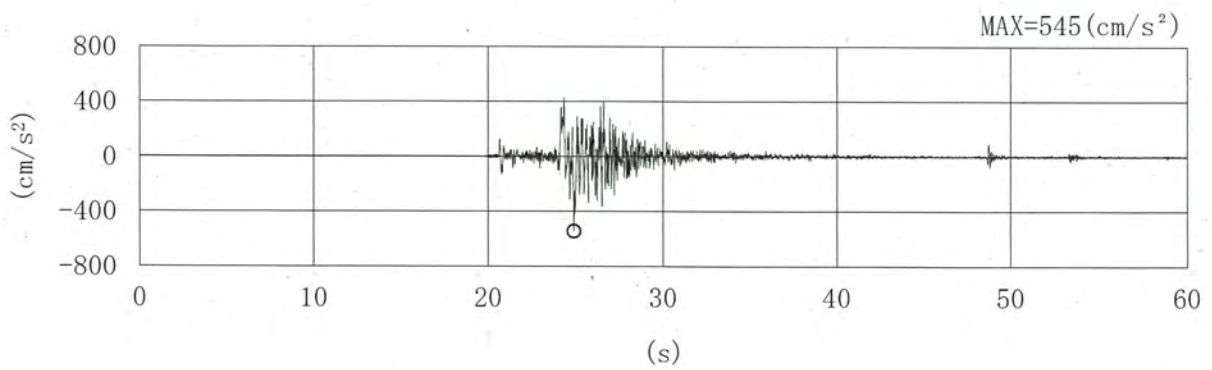
第 3-9 图 (3/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)



(j) Ss-3-1

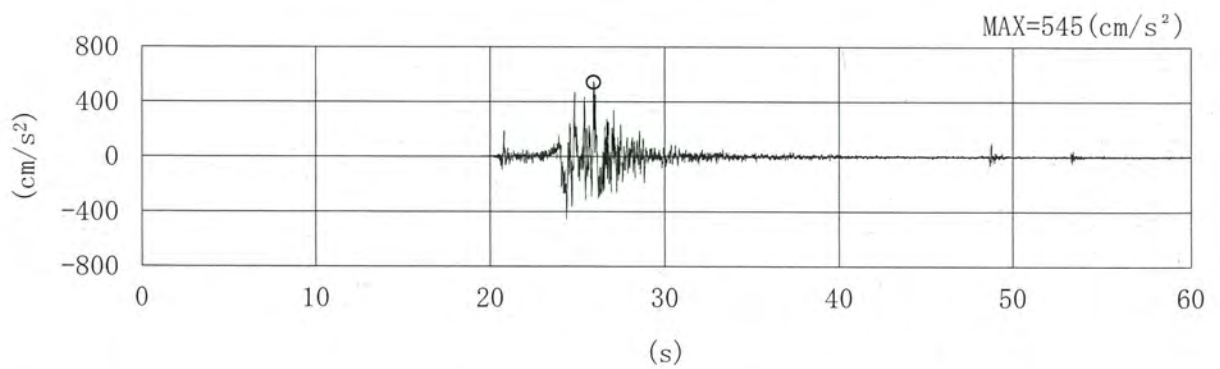
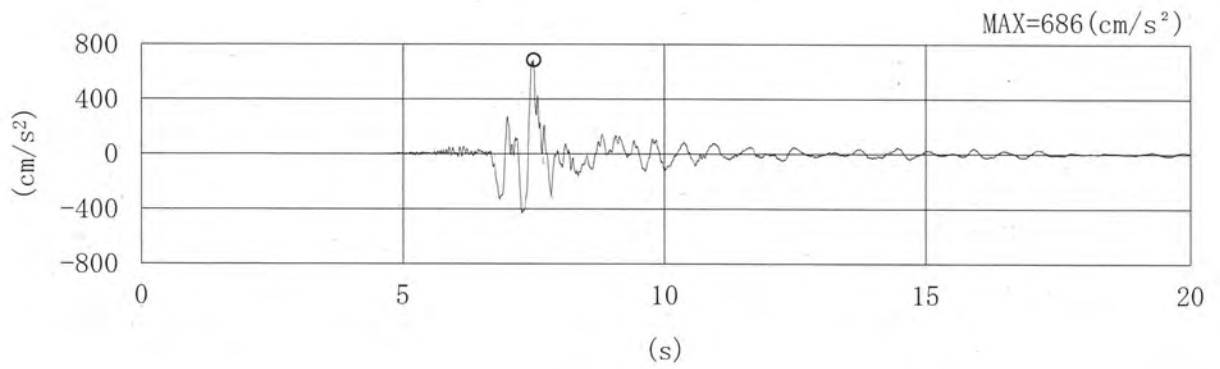
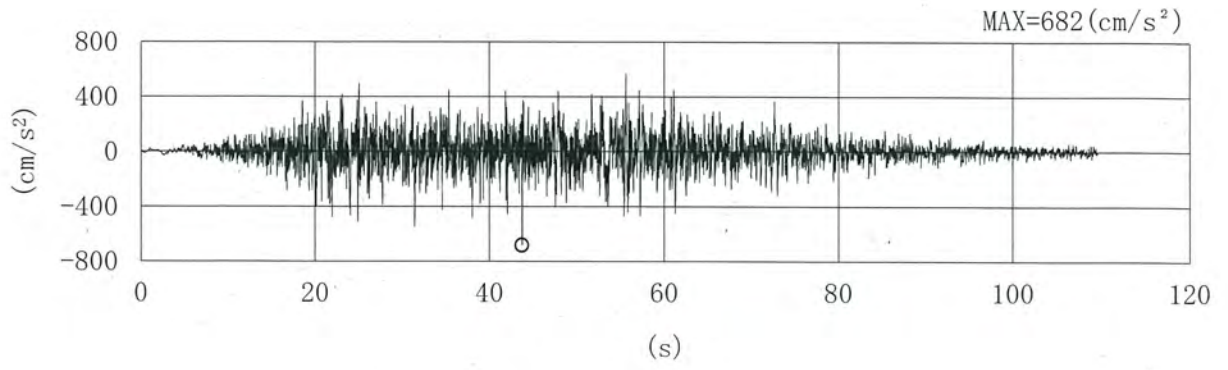


(k) Ss-3-2EW

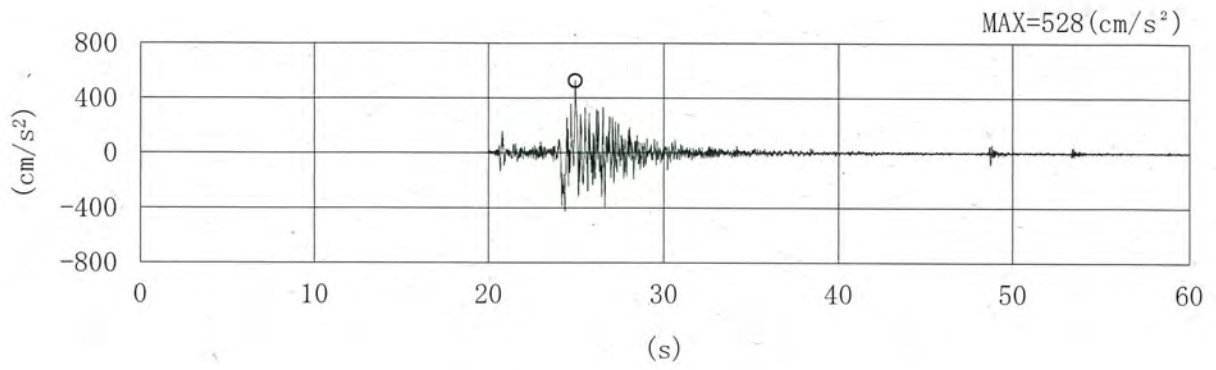


(l) Ss-3-2NS

第 3-9 図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)

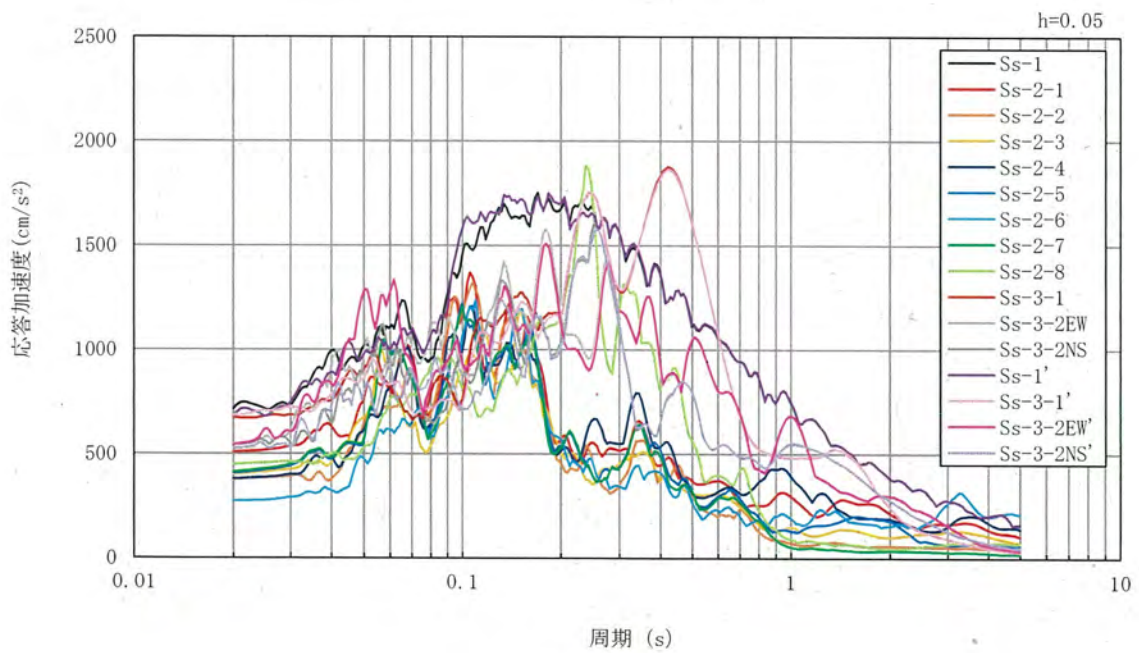


第 3-9 图 (5/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)



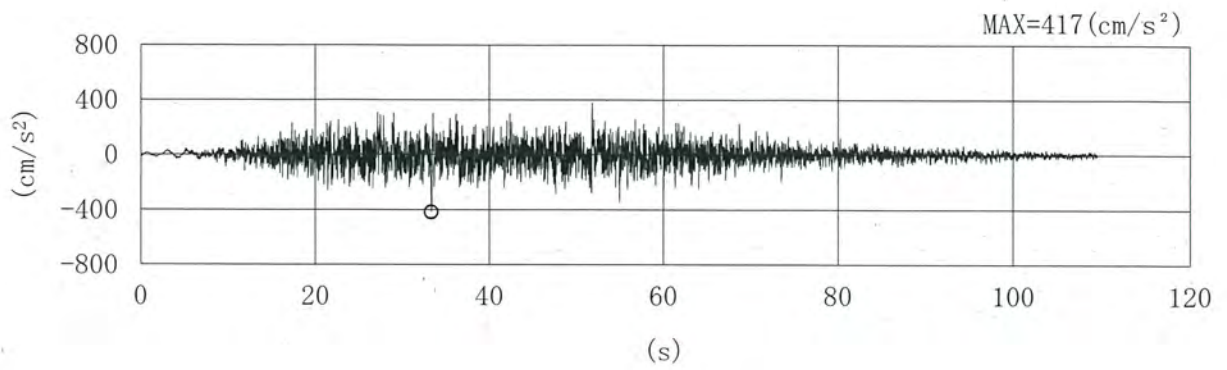
(p) Ss-3-2NS'

第 3-9 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Ss)

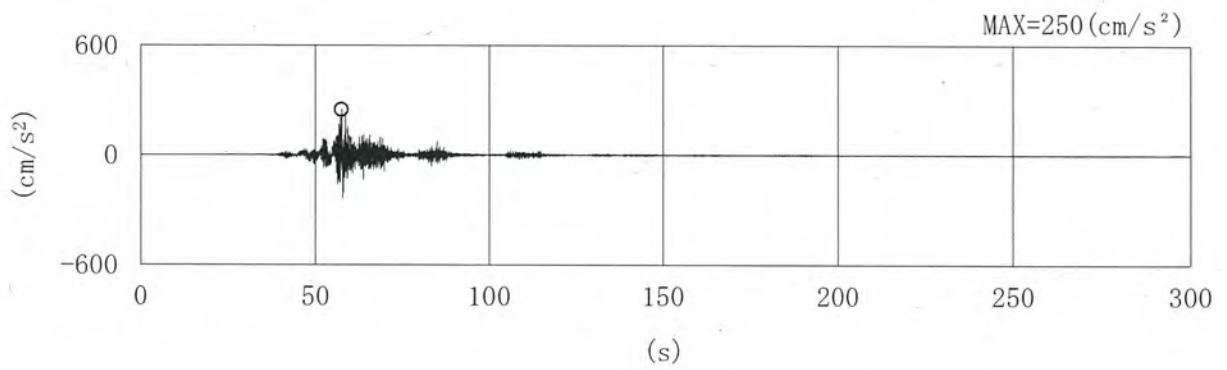


第 3-10 図 加速度応答スペクトル (NS 方向 : Ss)

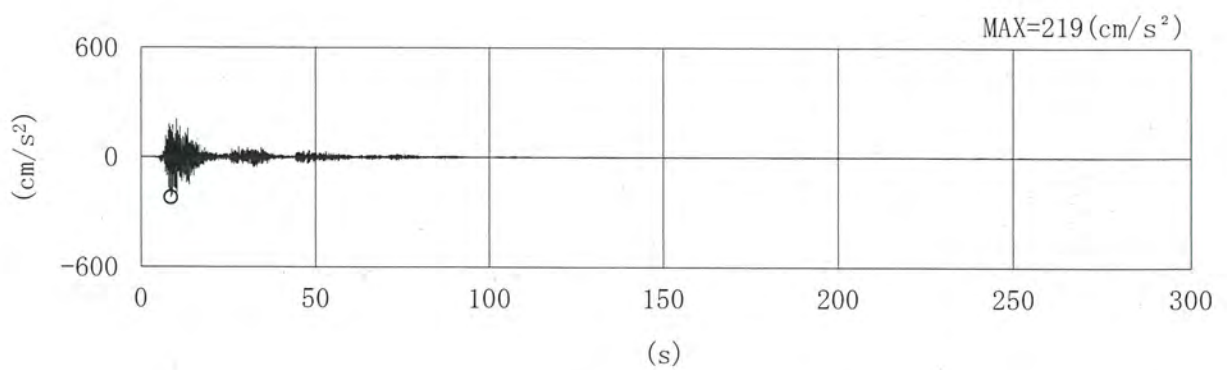




(a) Ss-1

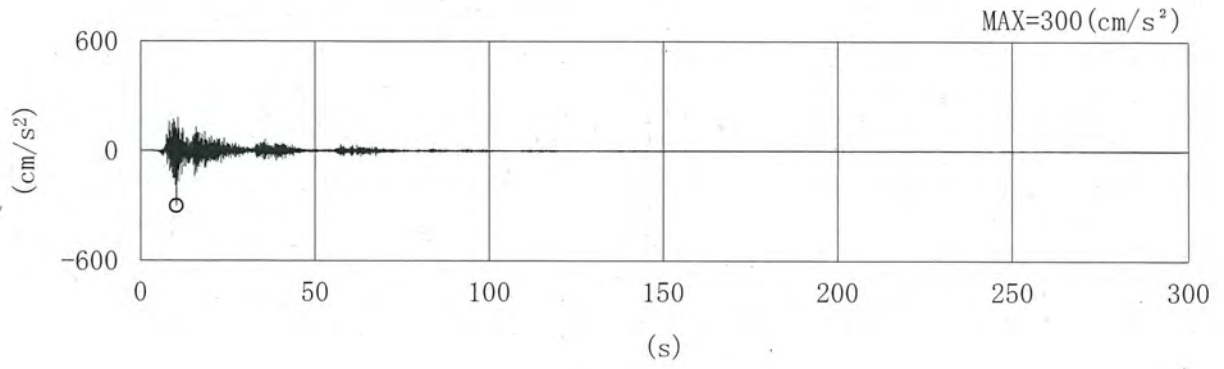


(b) Ss-2-1

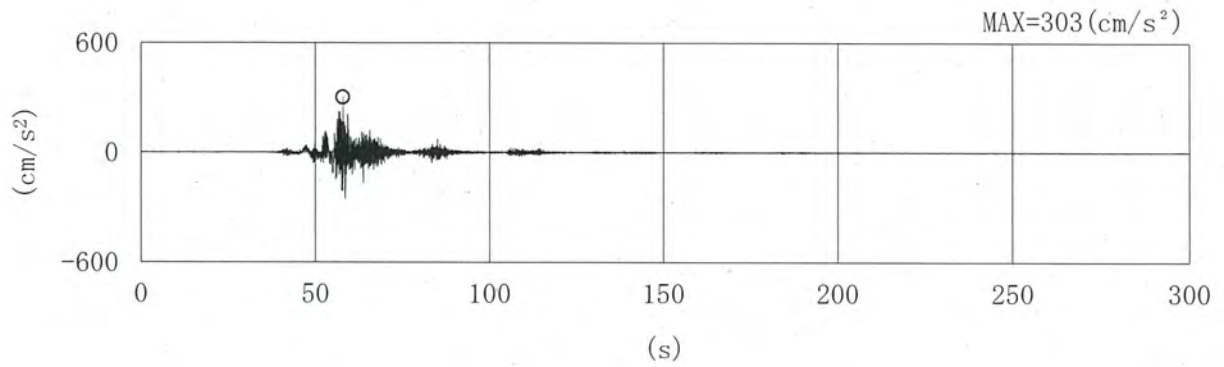


(c) Ss-2-2

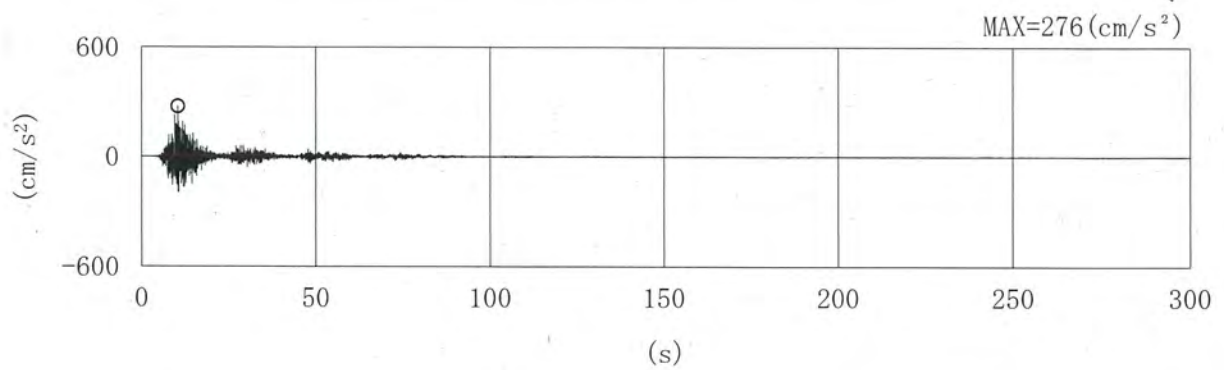
第3-11図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW断面) : Ss)



(d) Ss-2-3



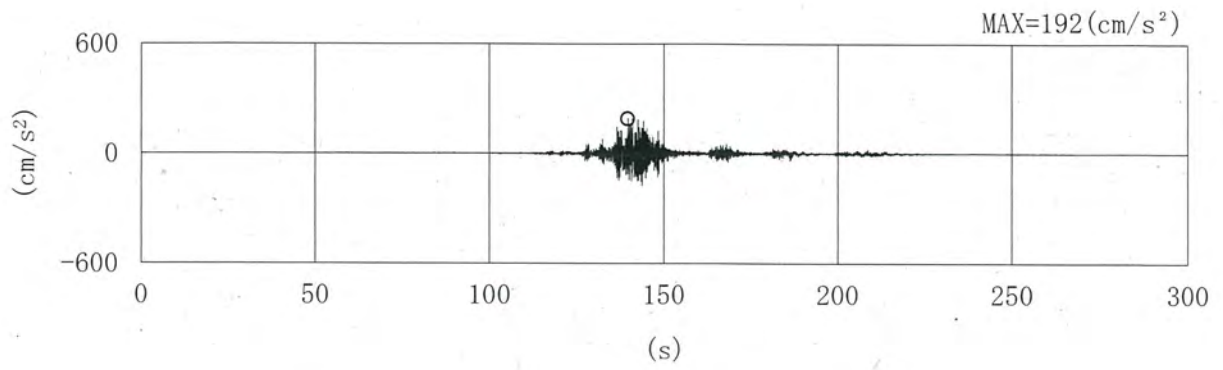
(e) Ss-2-4



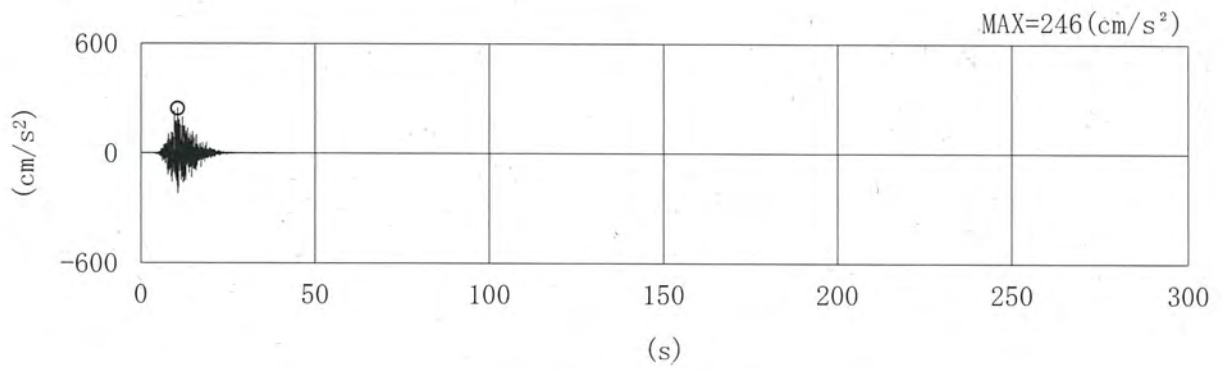
(f) Ss-2-5

第 3-11 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Ss)

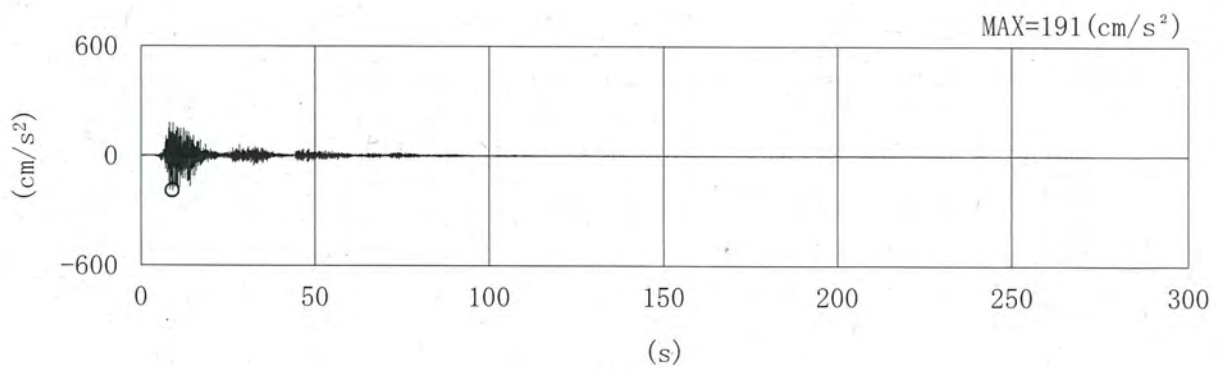




(g) Ss-2-6

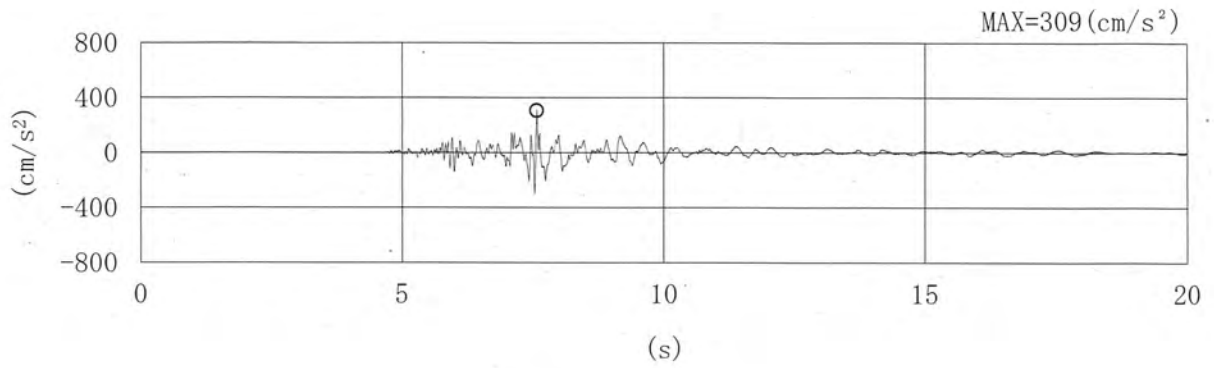


(h) Ss-2-7

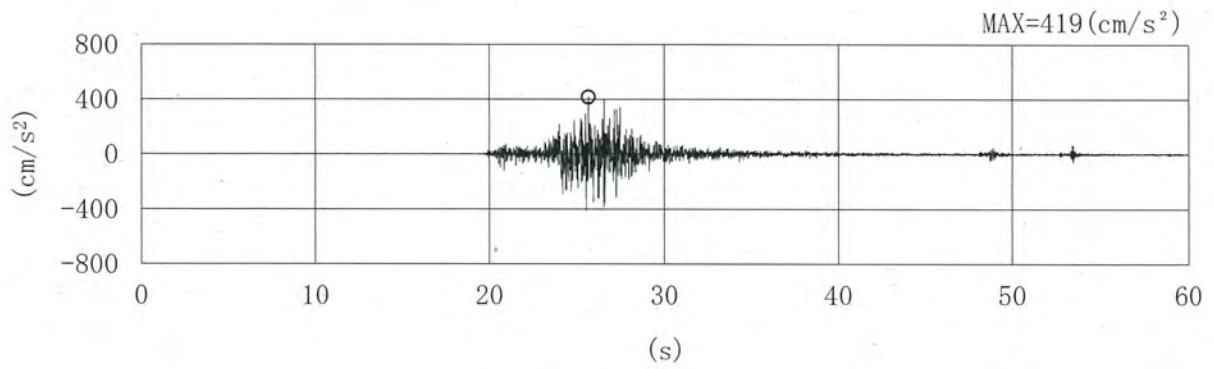


(i) Ss-2-8

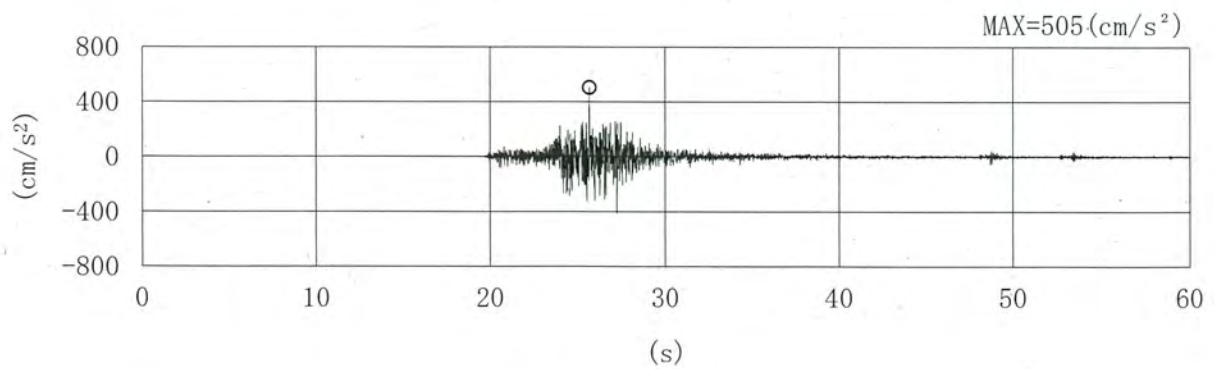
第3-11図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW断面) : Ss)



(j) Ss-3-1

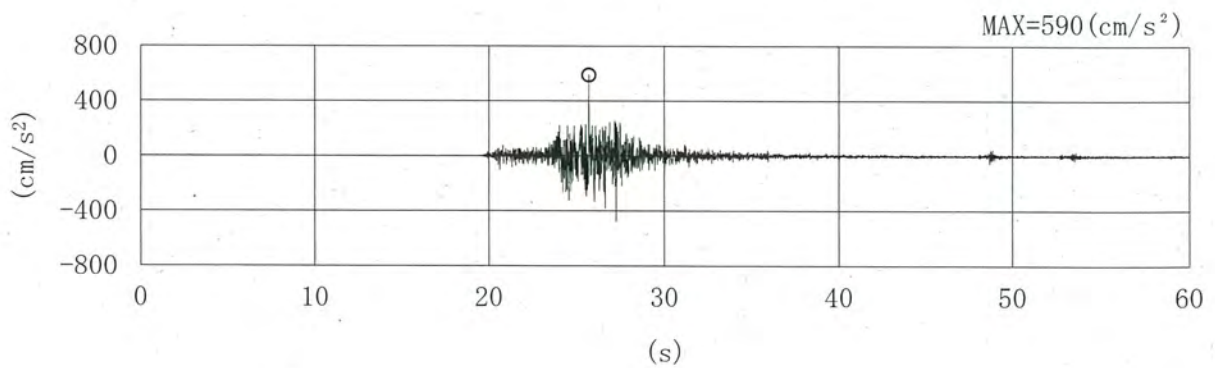
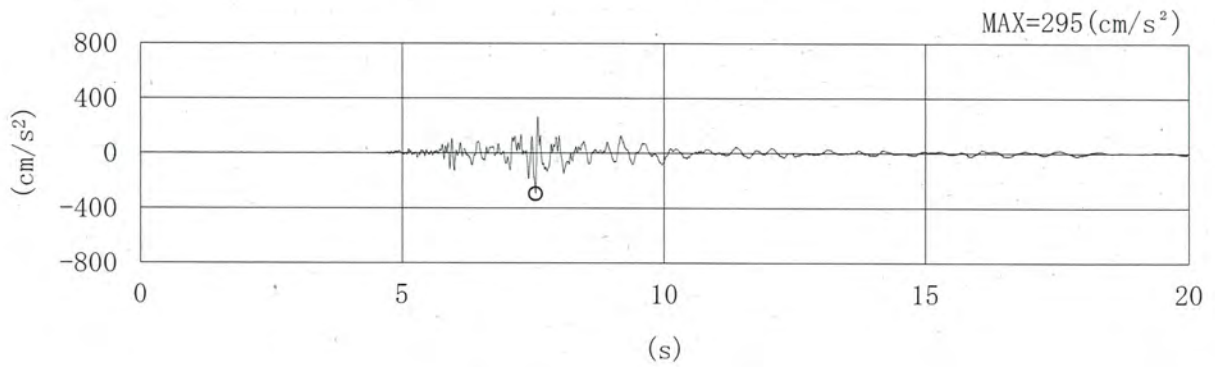
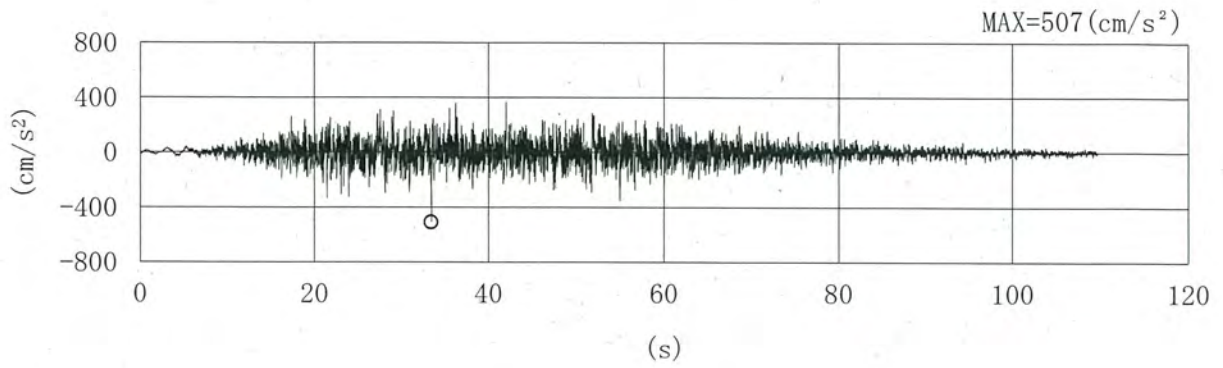


(k) Ss-3-2EW

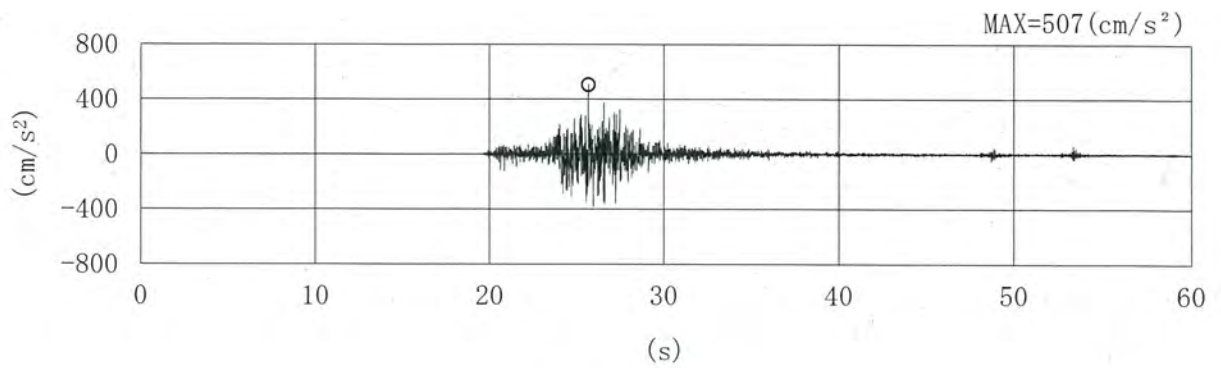


(l) Ss-3-2NS

第3-11図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW断面) : Ss)

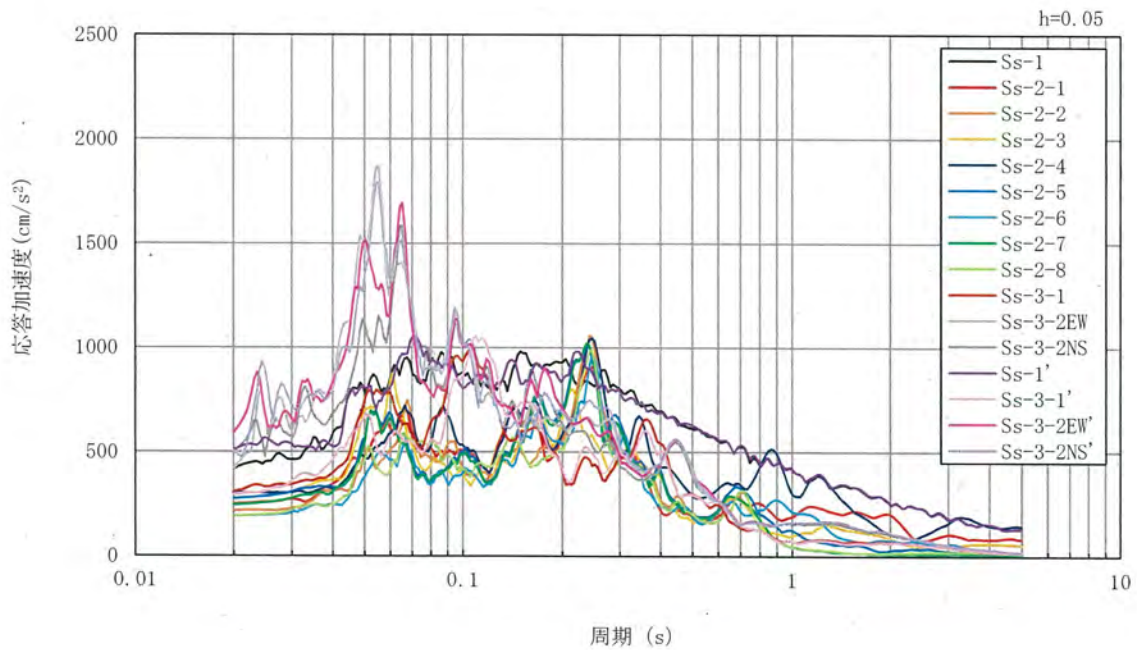


第 3-11 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Ss)

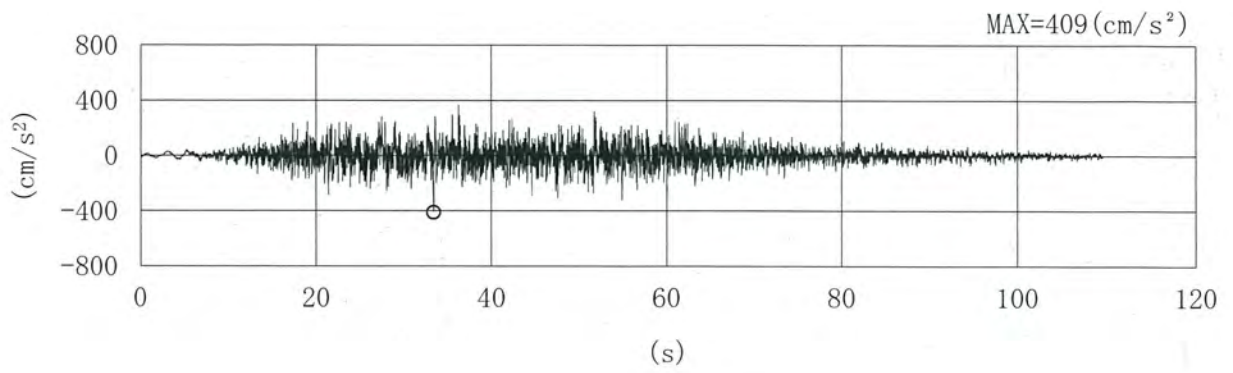


(p) Ss-3-2NS'

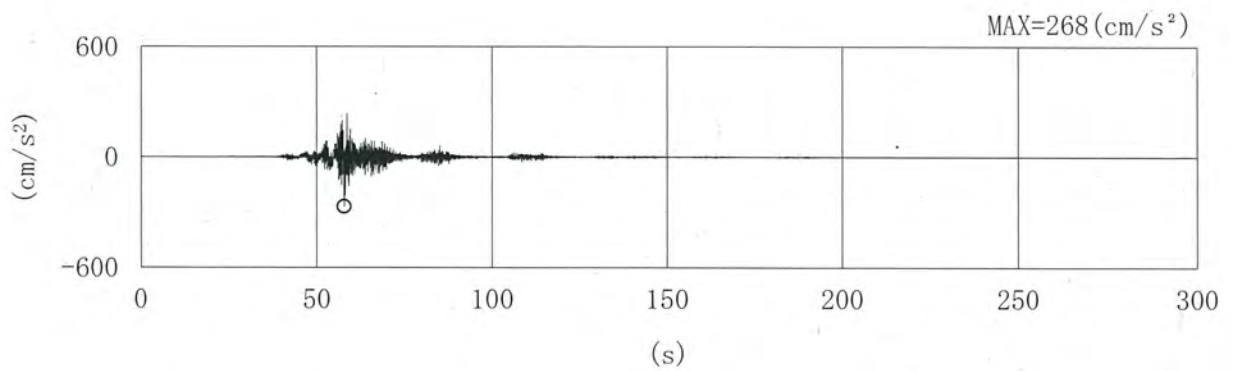
第 3-11 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Ss)



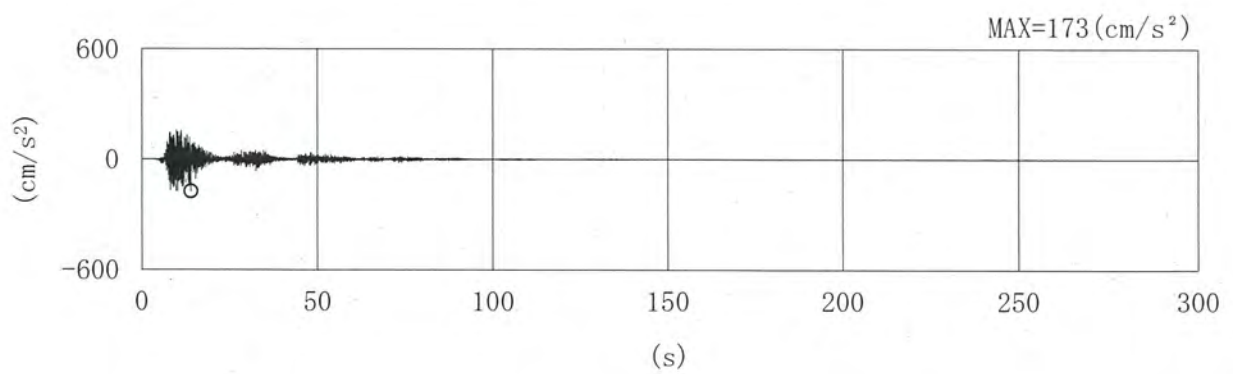
第 3-12 図 加速度応答スペクトル (鉛直方向 (EW 断面) : Ss)



(a) Ss-1

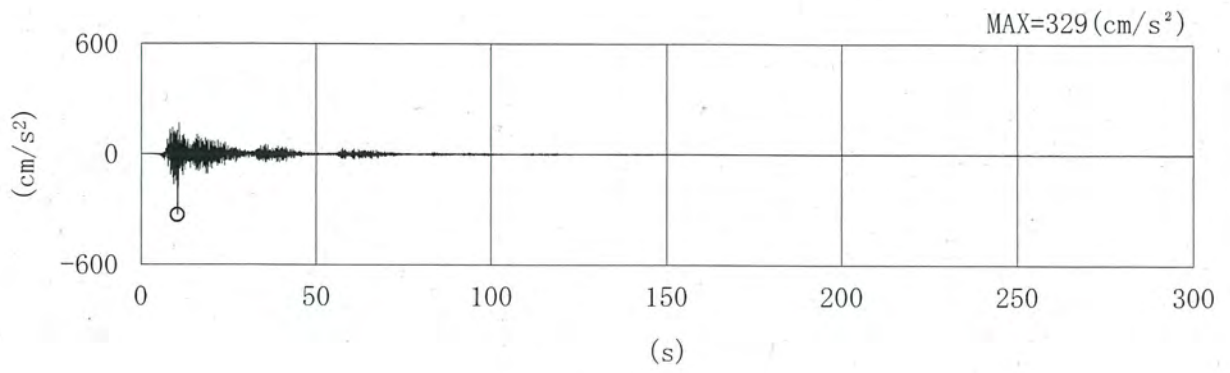


(b) Ss-2-1

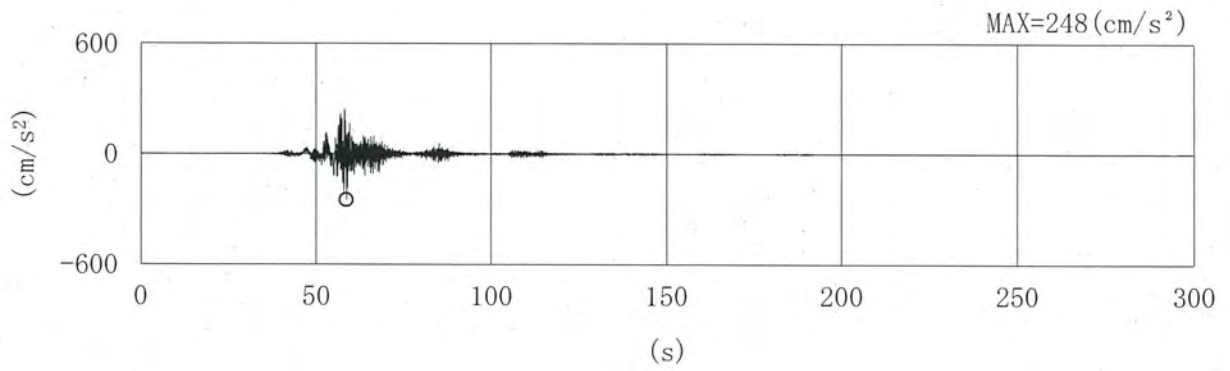


(c) Ss-2-2

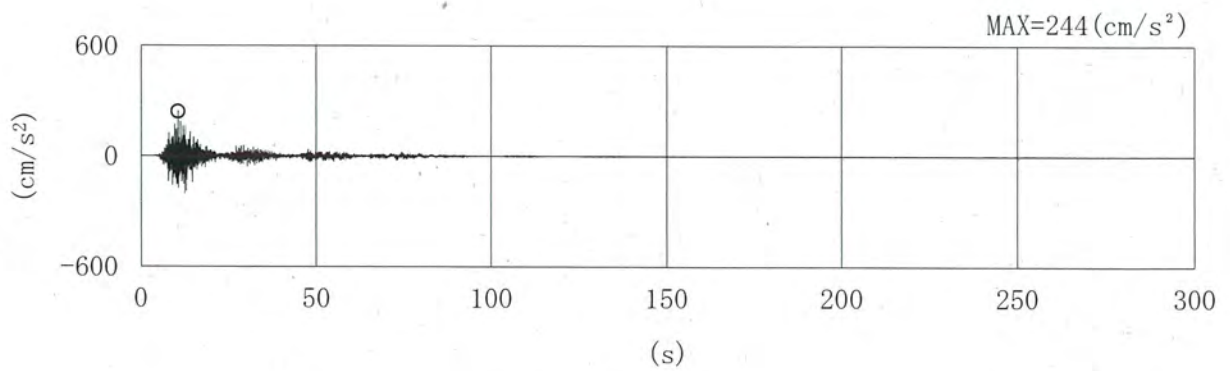
第3-13 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)



(d) Ss-2-3

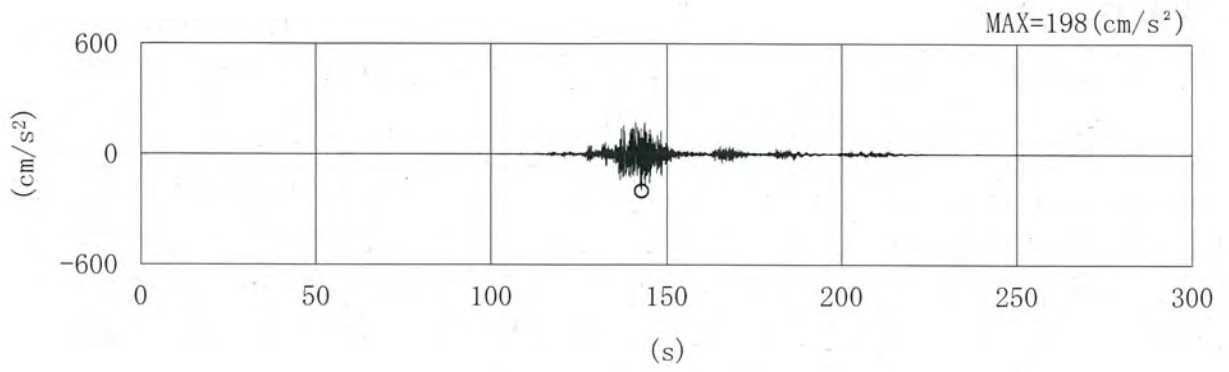


(e) Ss-2-4

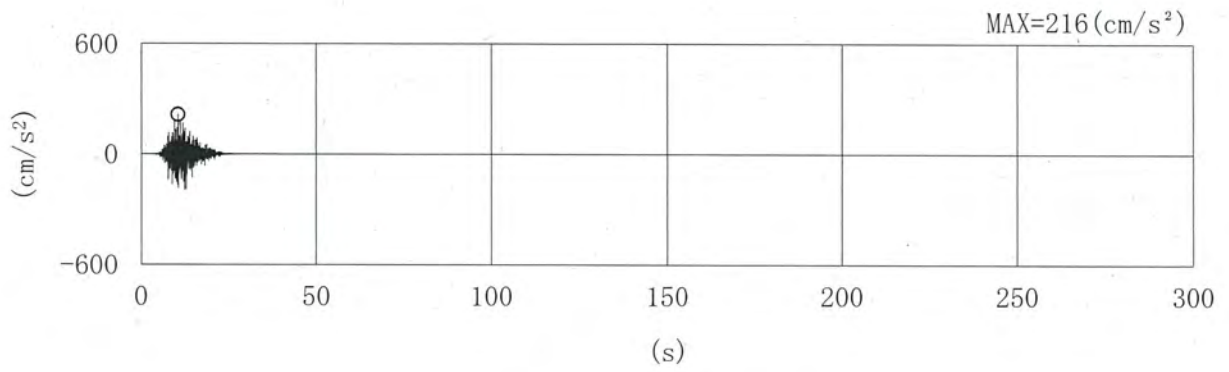


(f) Ss-2-5

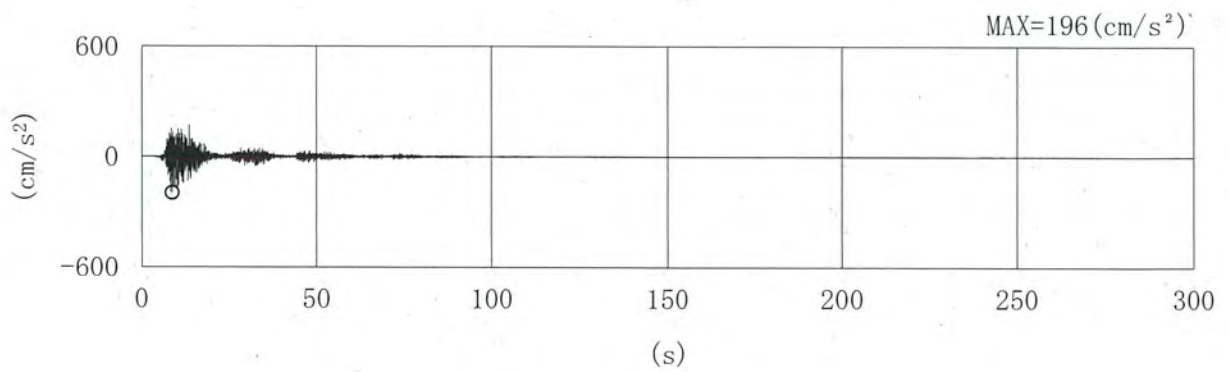
第 3-13 图 (2/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)



(g) Ss-2-6



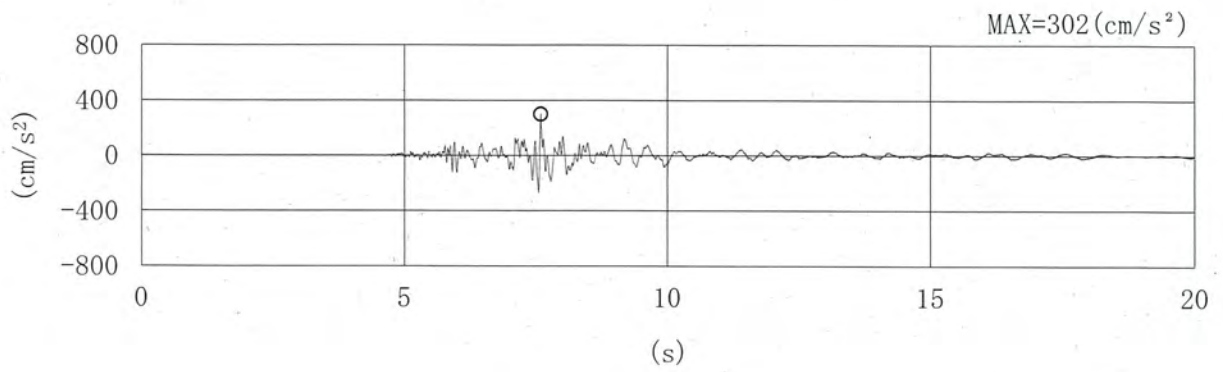
(h) Ss-2-7



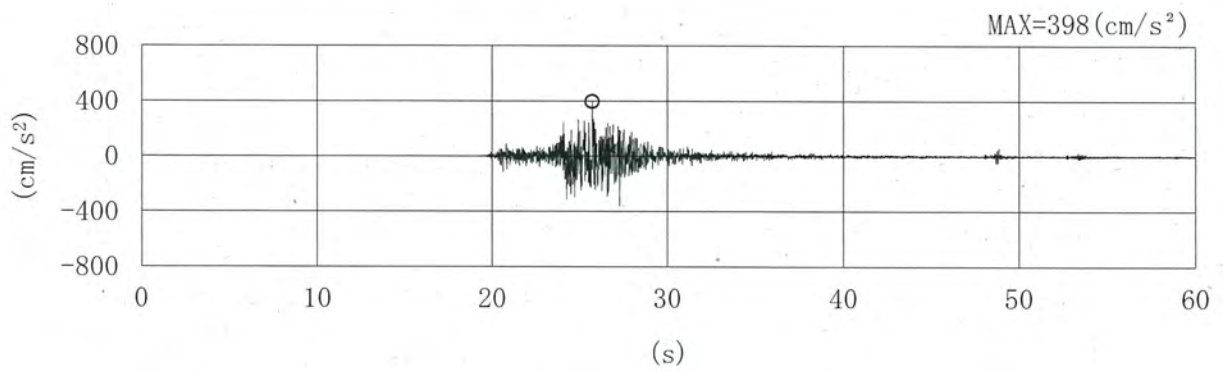
(i) Ss-2-8

第 3-13 図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)

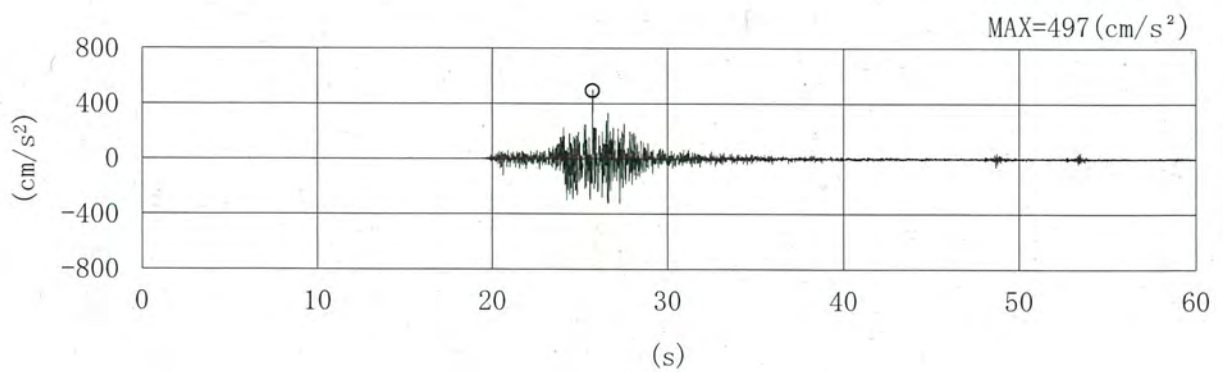




(j) Ss-3-1



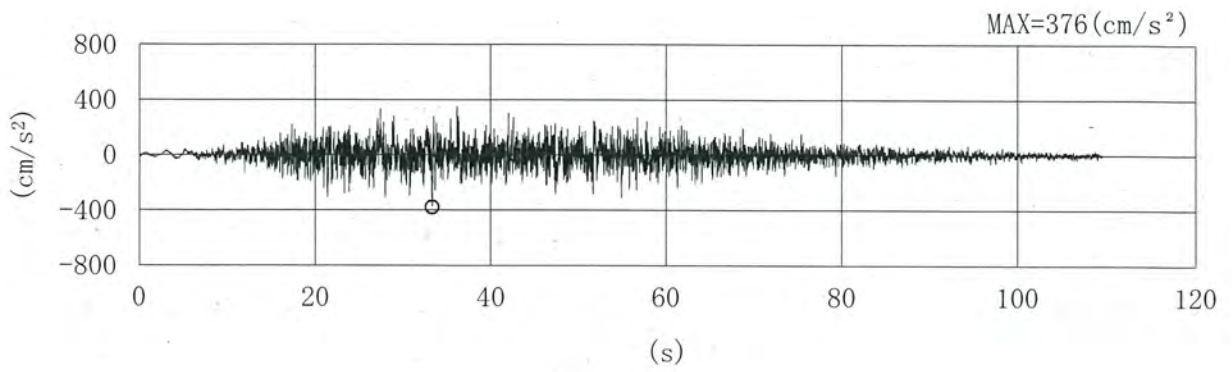
(k) Ss-3-2EW



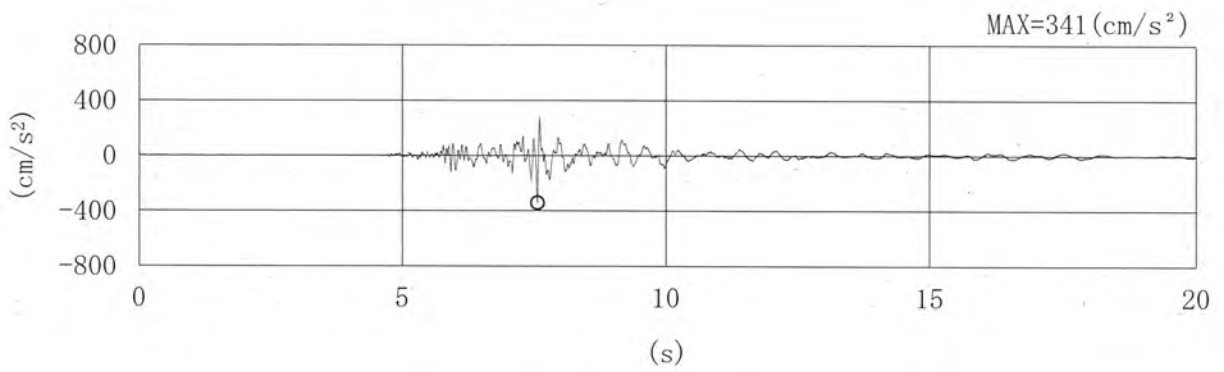
(l) Ss-3-2NS

第3-13図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS断面) : Ss)

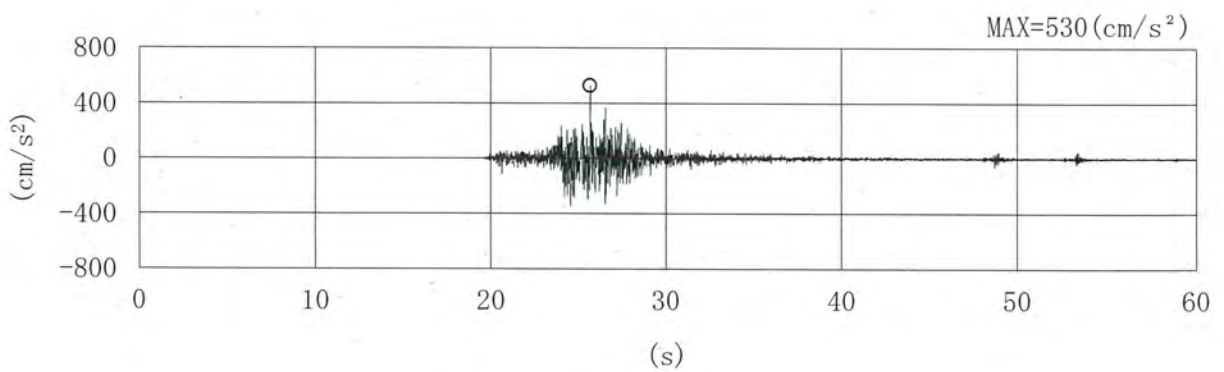




(m) Ss-1'

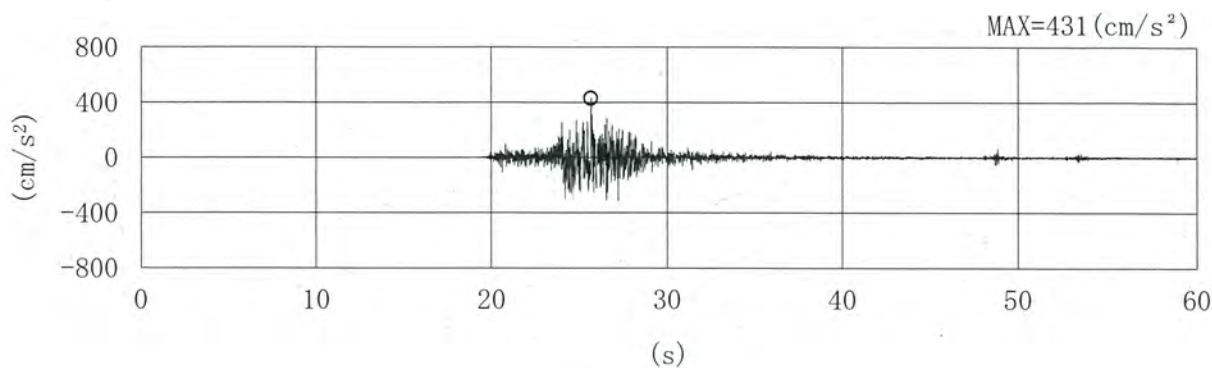


(n) Ss-3-1'



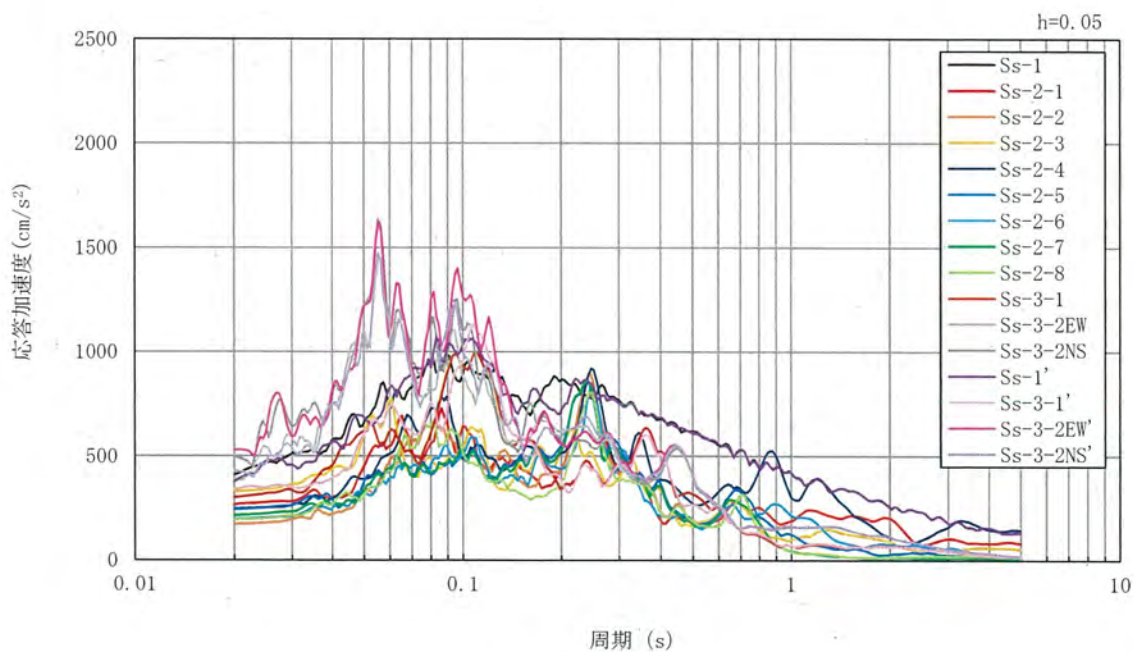
(o) Ss-3-2EW'

第3-13 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)

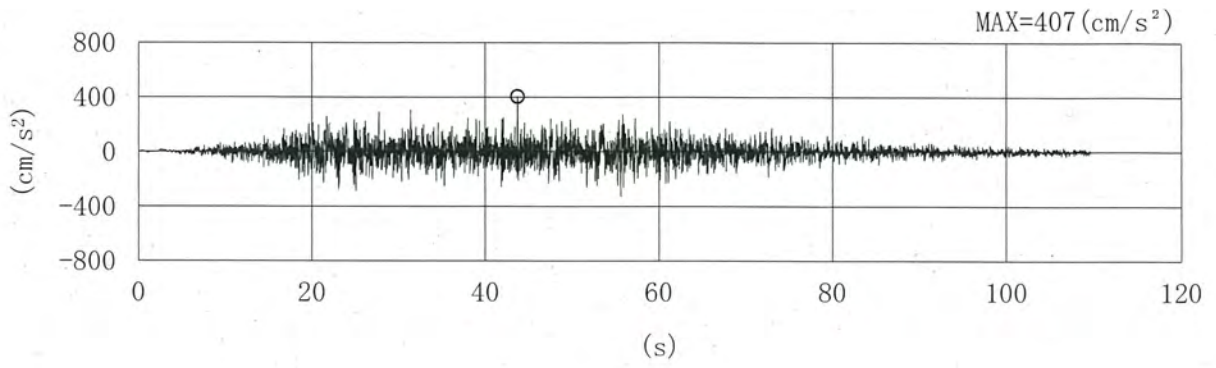


(p) Ss-3-2NS'

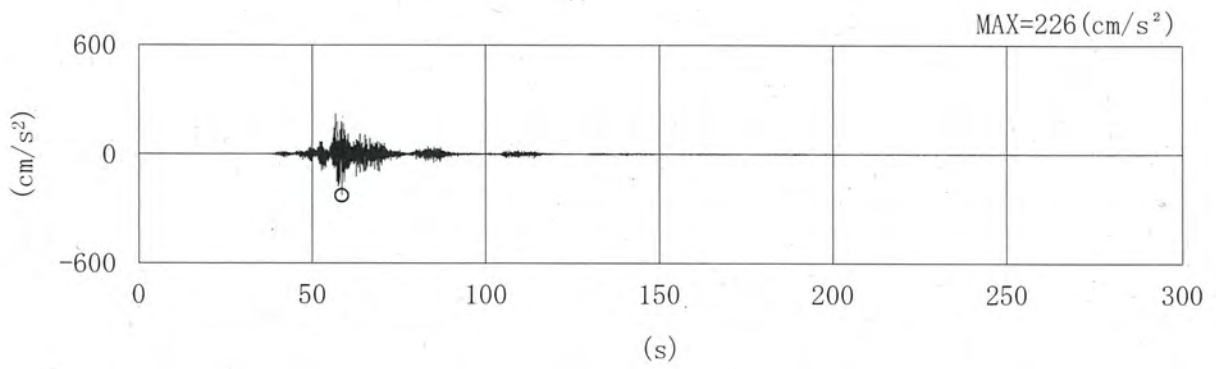
第 3-13 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)



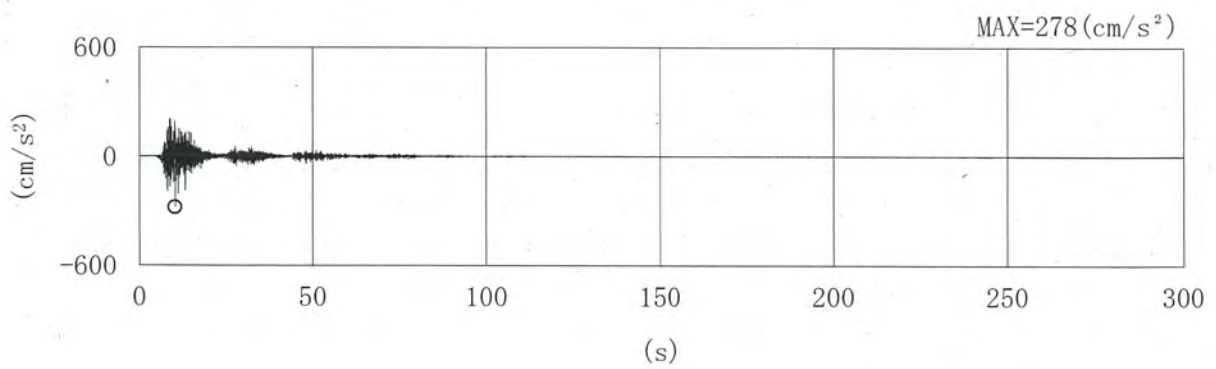
第 3-14 図 加速度応答スペクトル (鉛直方向 (NS 断面) : Ss)



(a) Sd-1

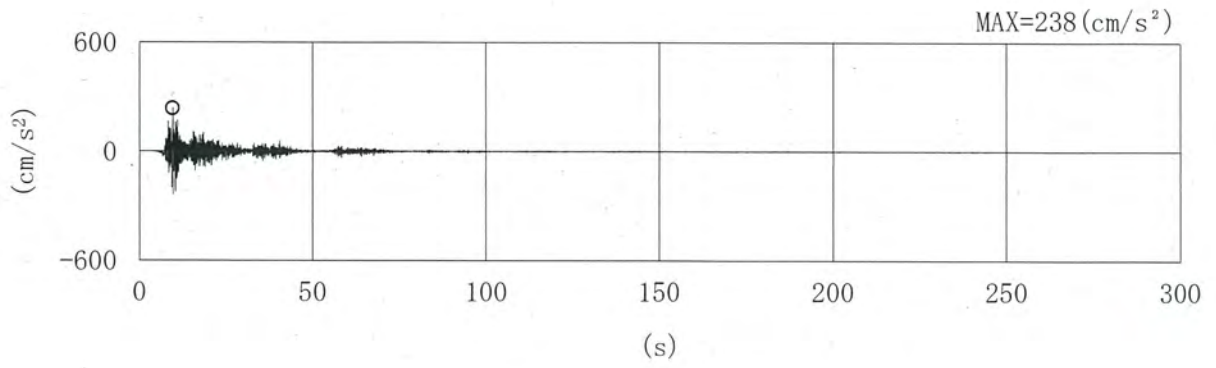


(b) Sd-2-1

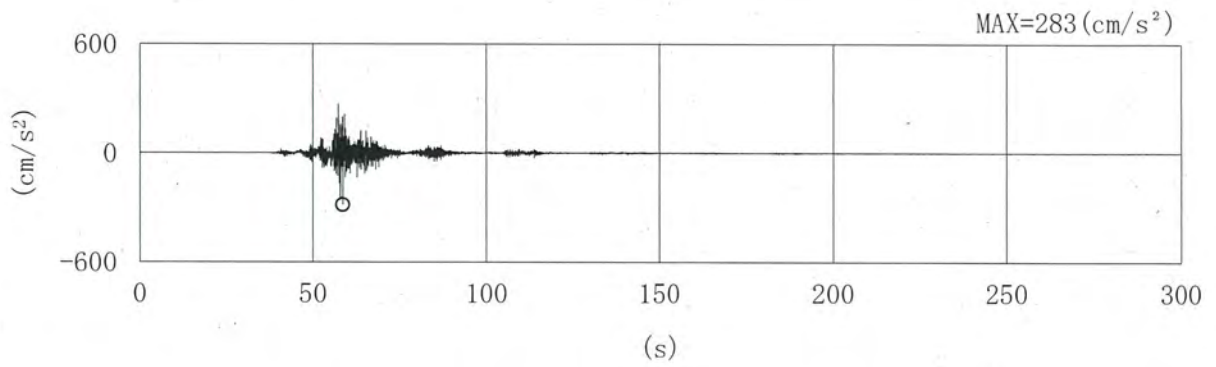


(c) Sd-2-2

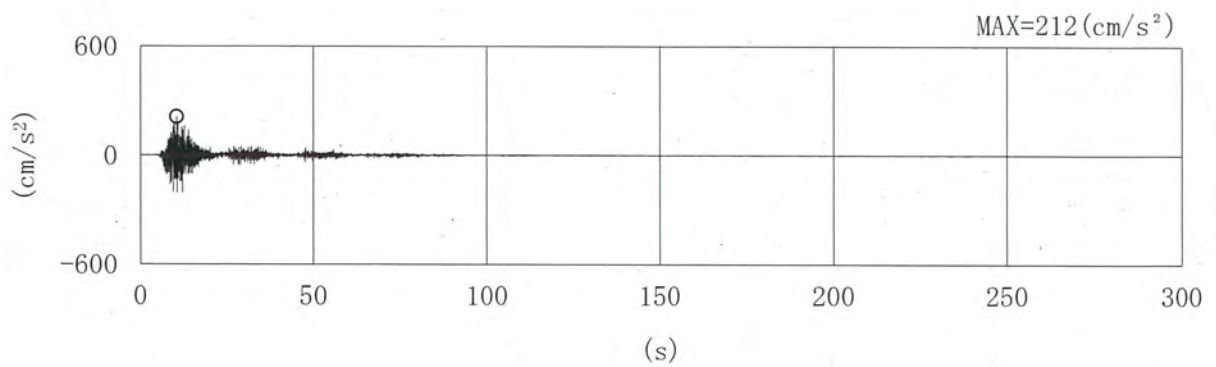
第3-15 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)



(d) Sd-2-3

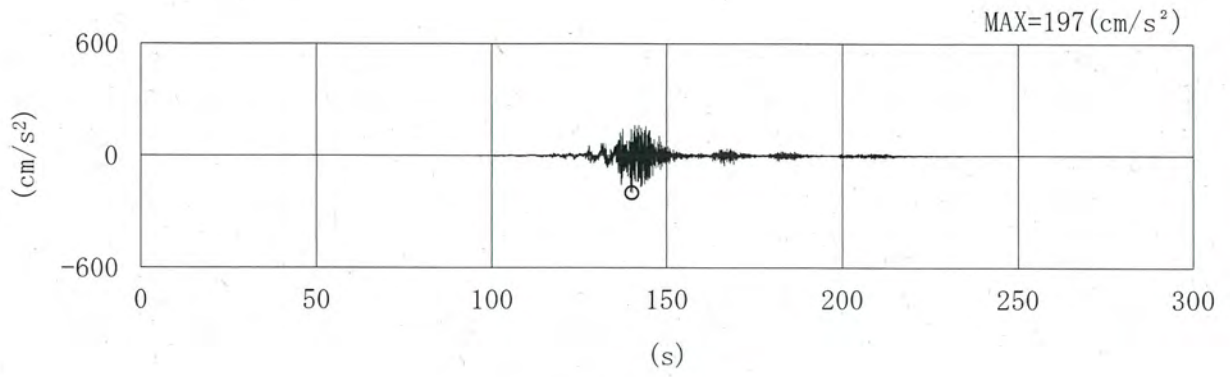


(e) Sd-2-4

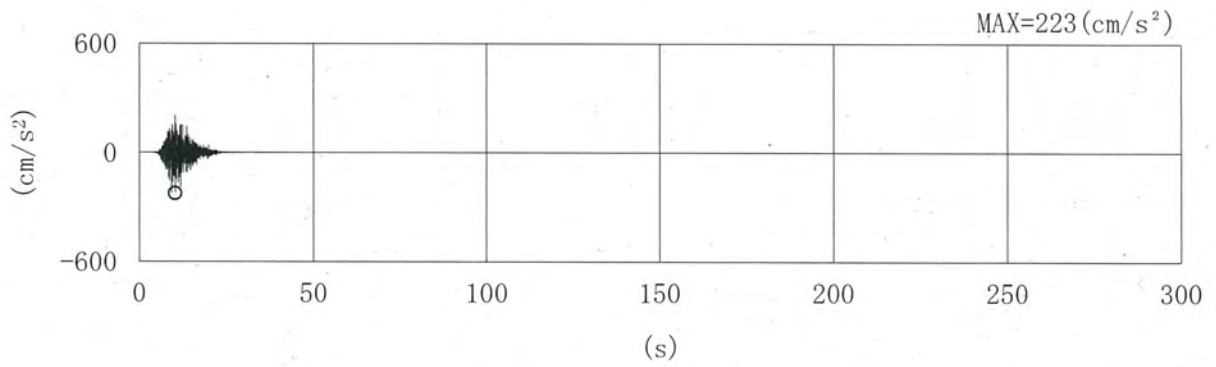


(f) Sd-2-5

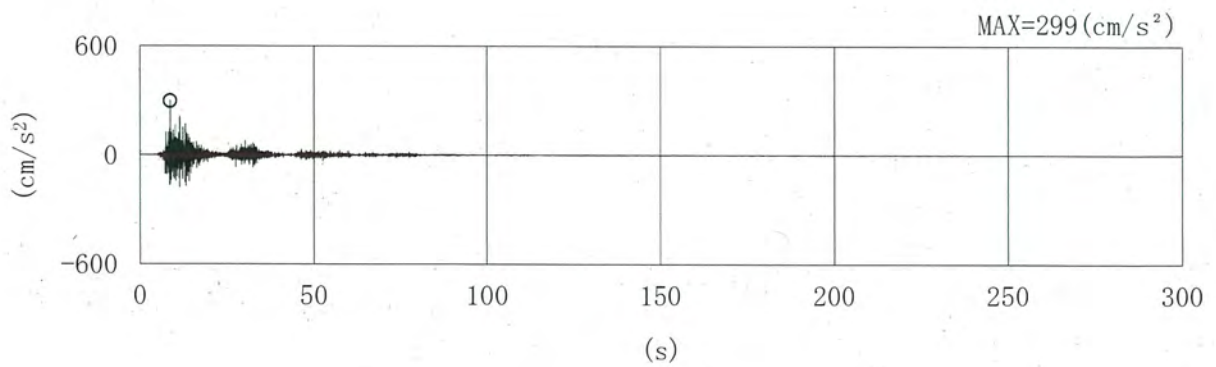
第 3-15 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)



(g) Sd-2-6

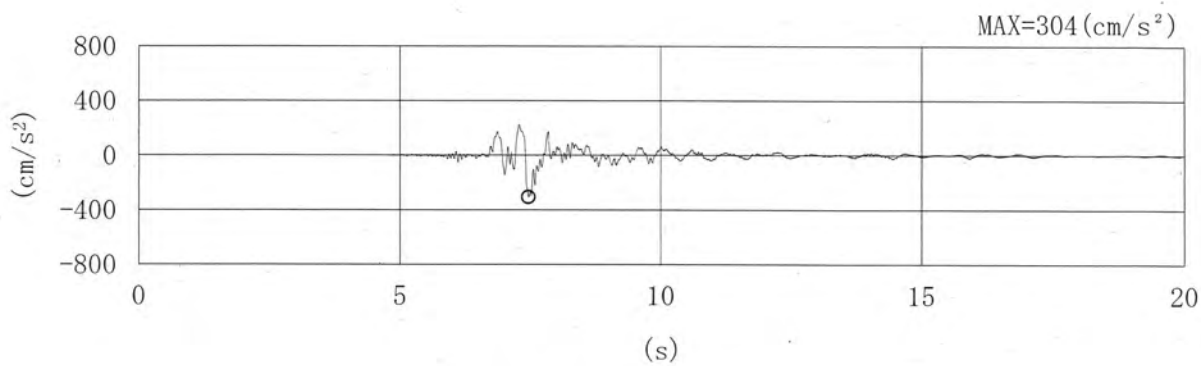


(h) Sd-2-7

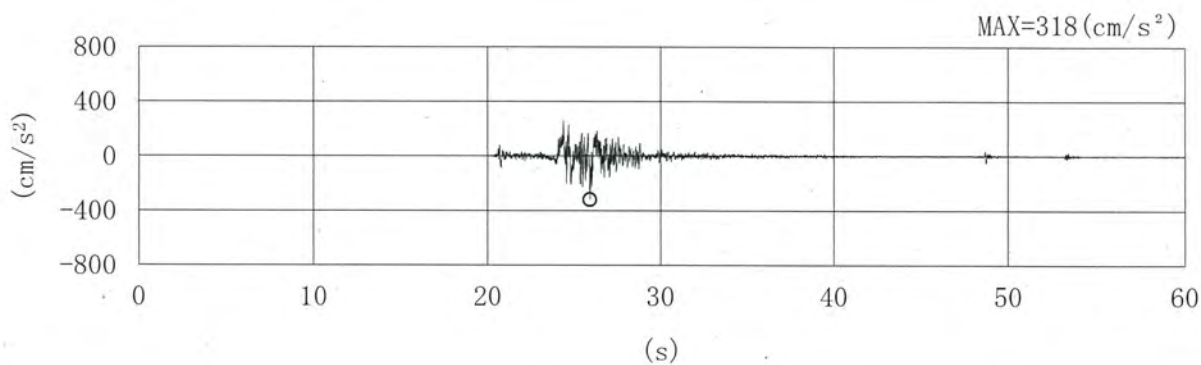


(i) Sd-2-8

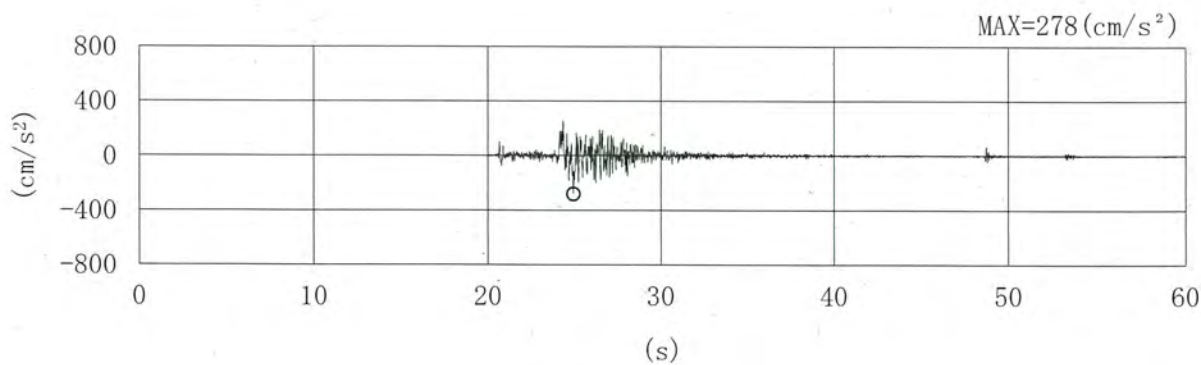
第 3-15 図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)



(j) Sd-3-1

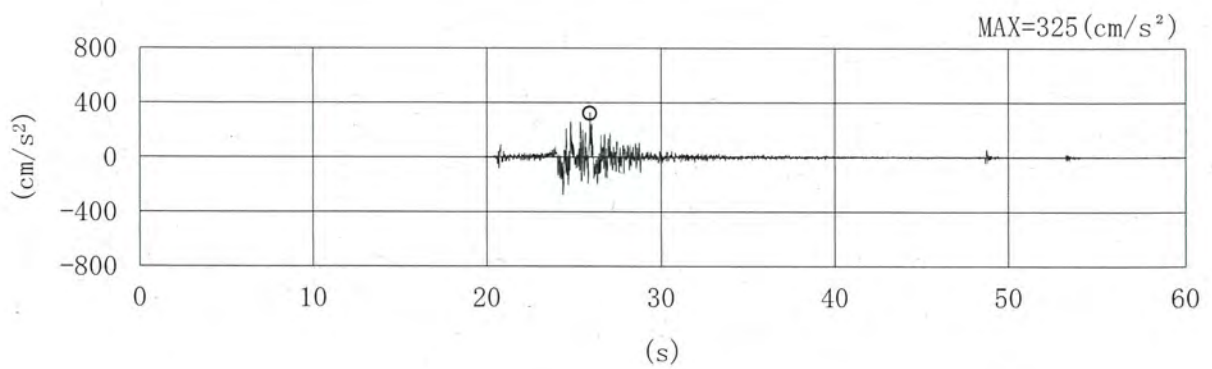
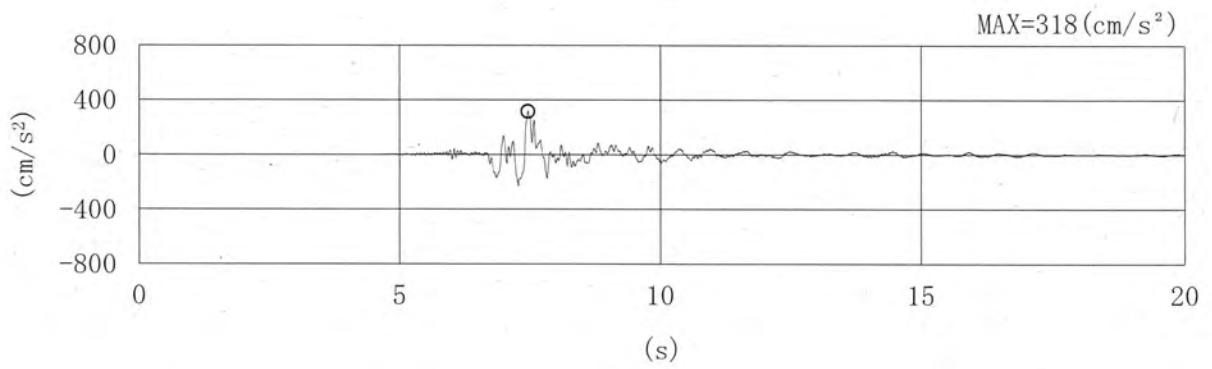
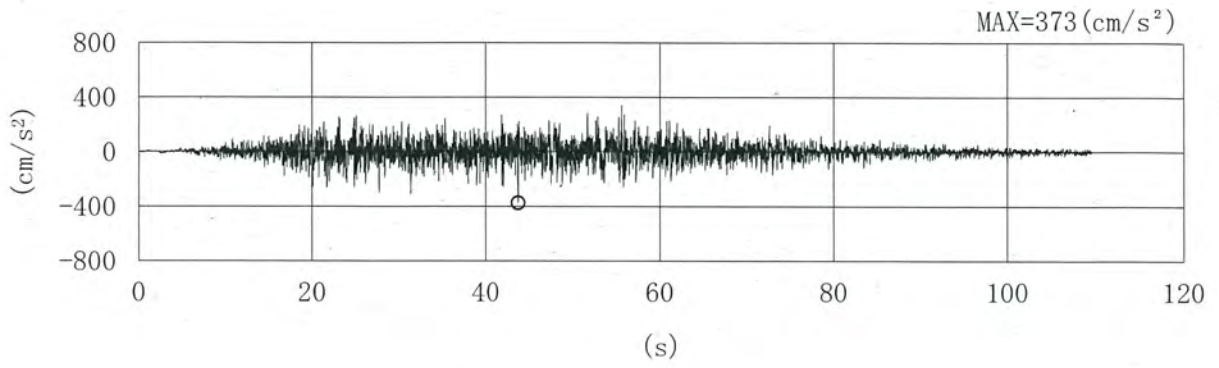


(k) Sd-3-2EW



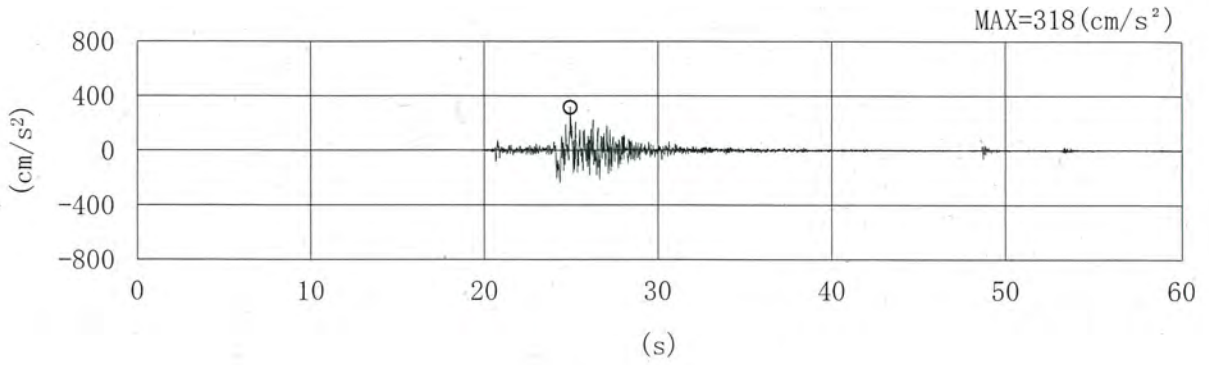
(l) Sd-3-2NS

第 3-15 図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)



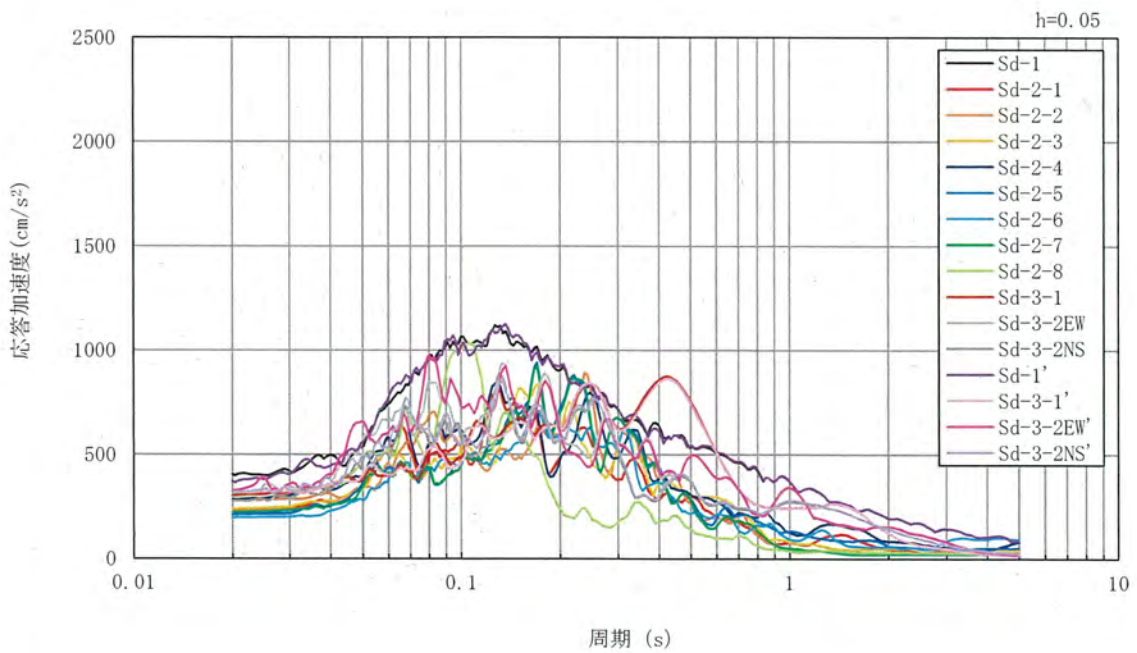
第3-15 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)





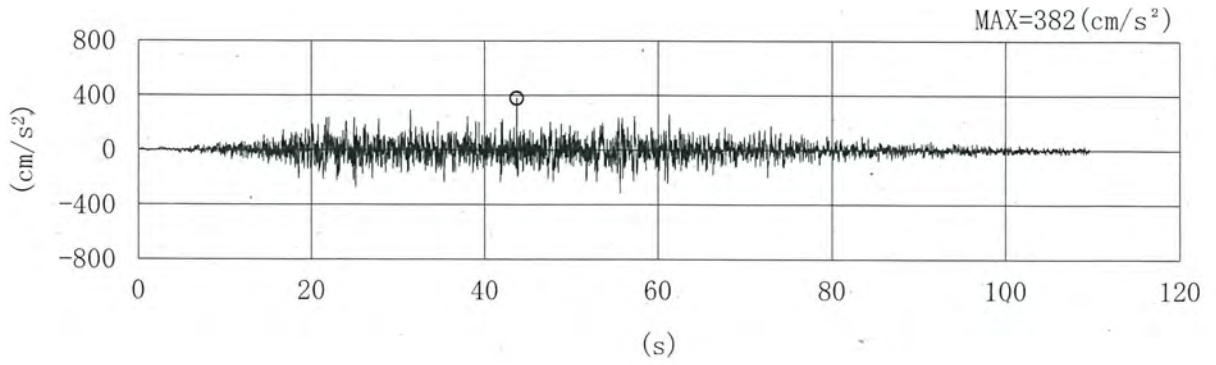
(p) Sd-3-2NS'

第 3-15 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (EW 方向 : Sd)

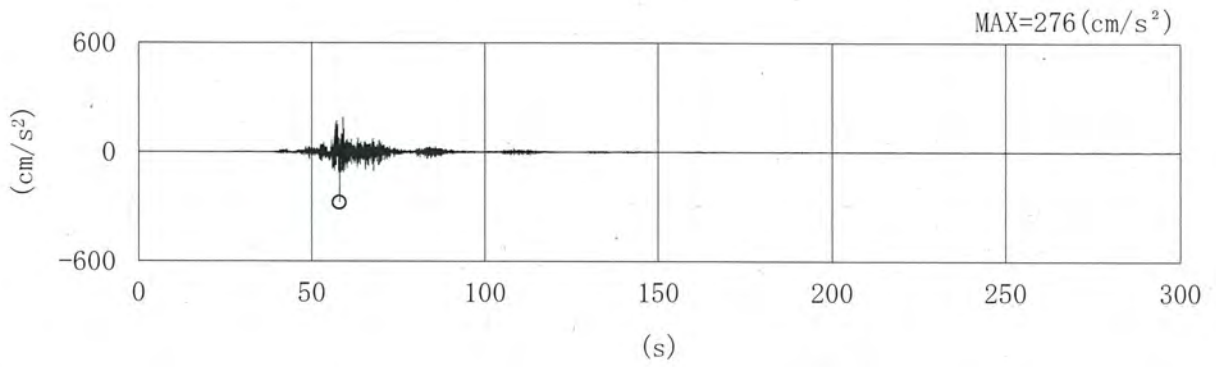


第 3-16 図 加速度応答スペクトル (EW 方向 : Sd)

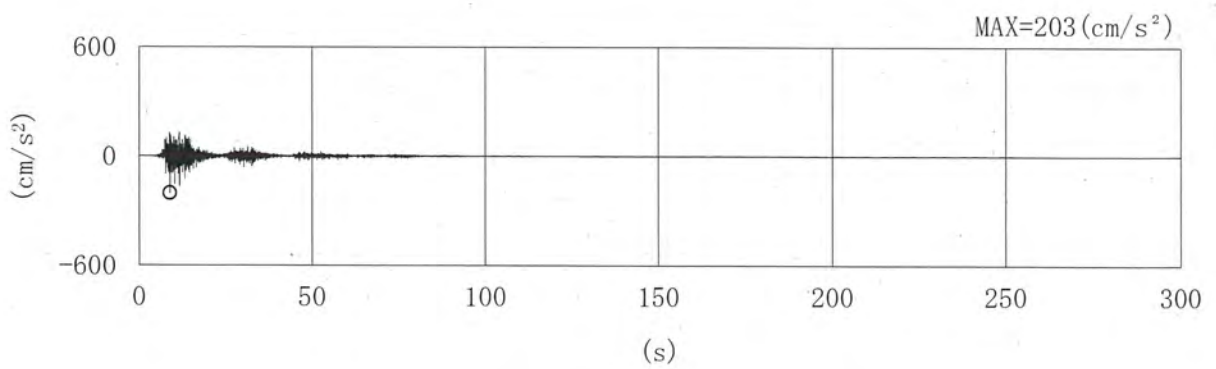




(a) Sd-1

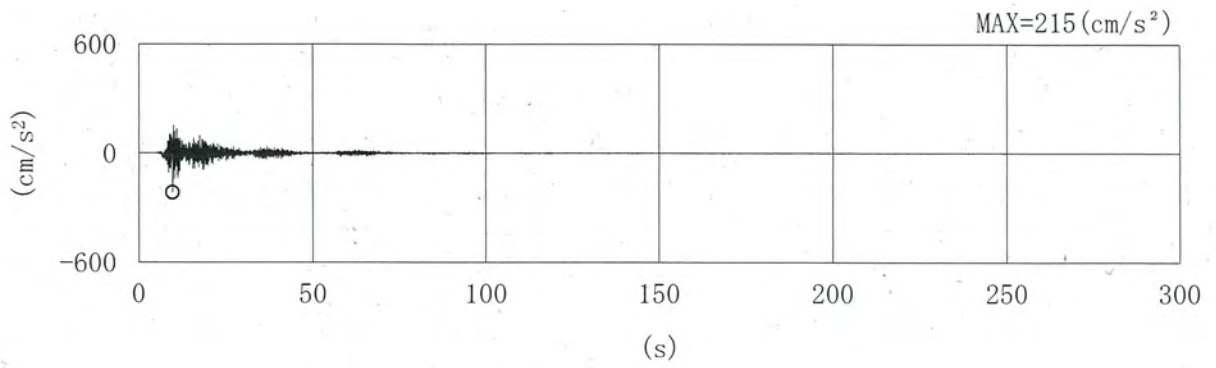


(b) Sd-2-1

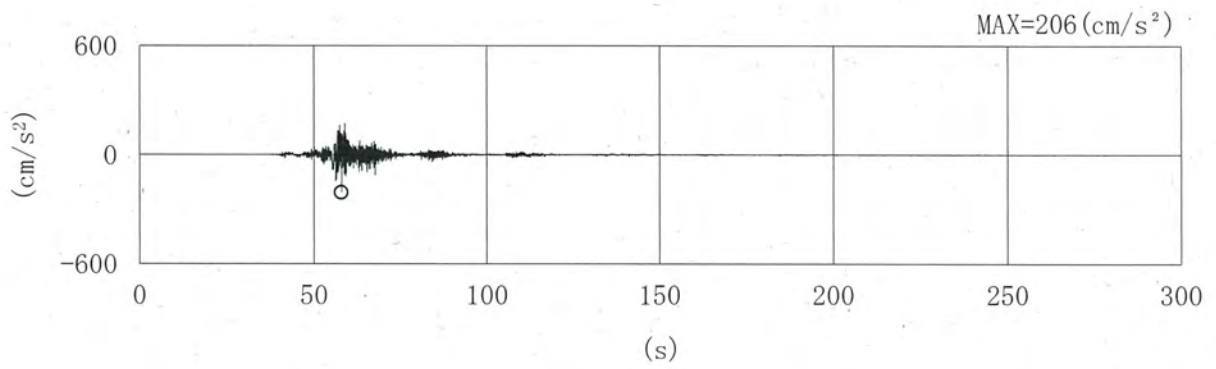


(c) Sd-2-2

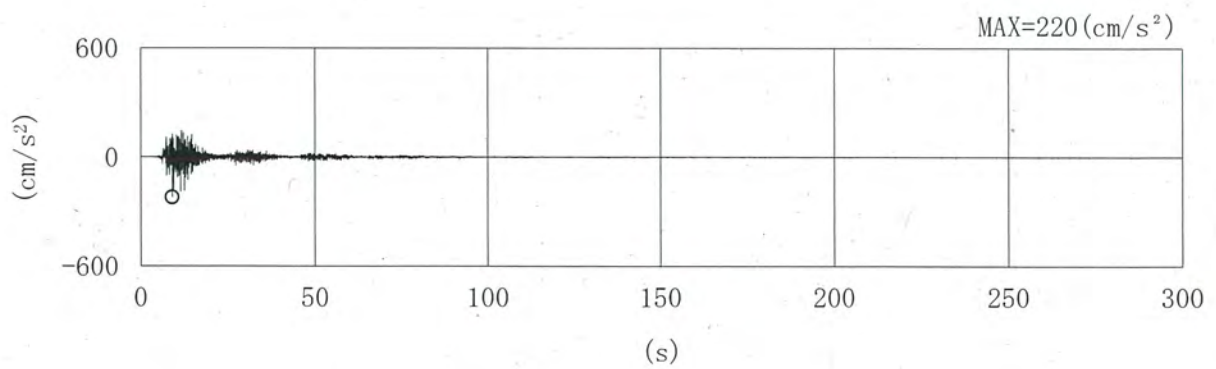
第 3-17 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)



(d) Sd-2-3

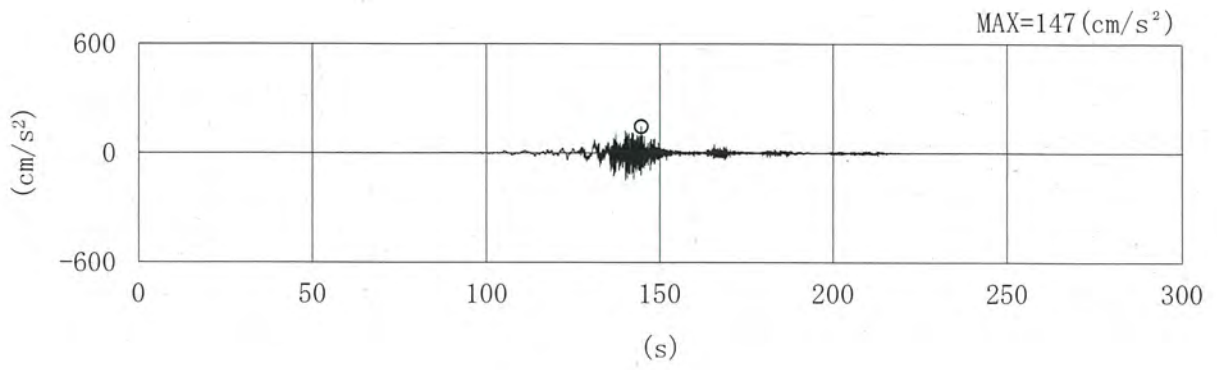


(e) Sd-2-4

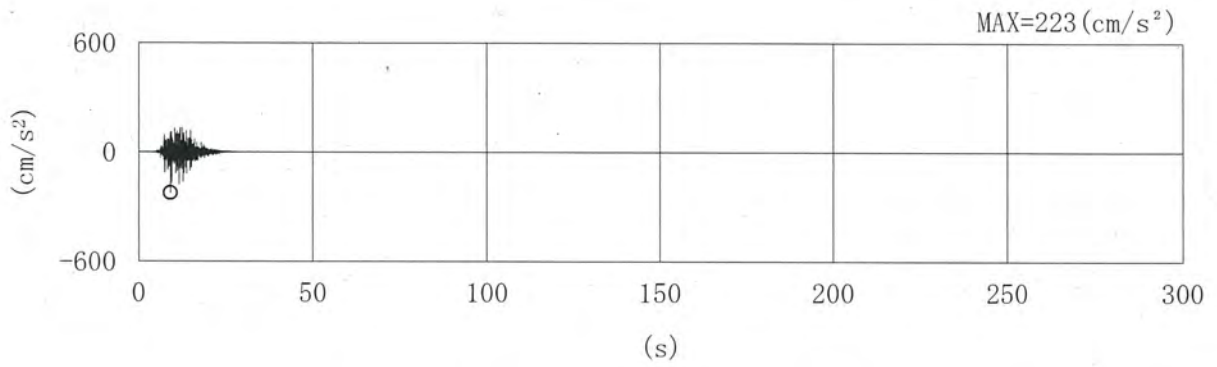


(f) Sd-2-5

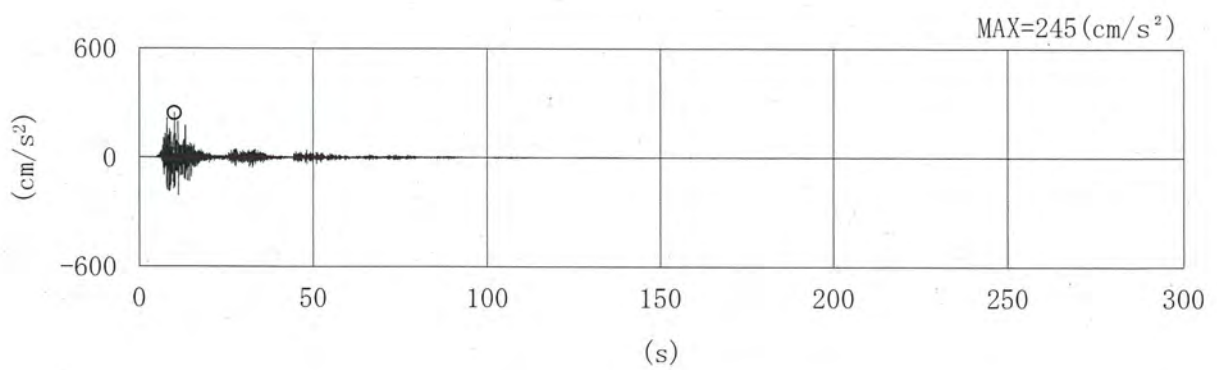
第 3-17 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)



(g) Sd-2-6

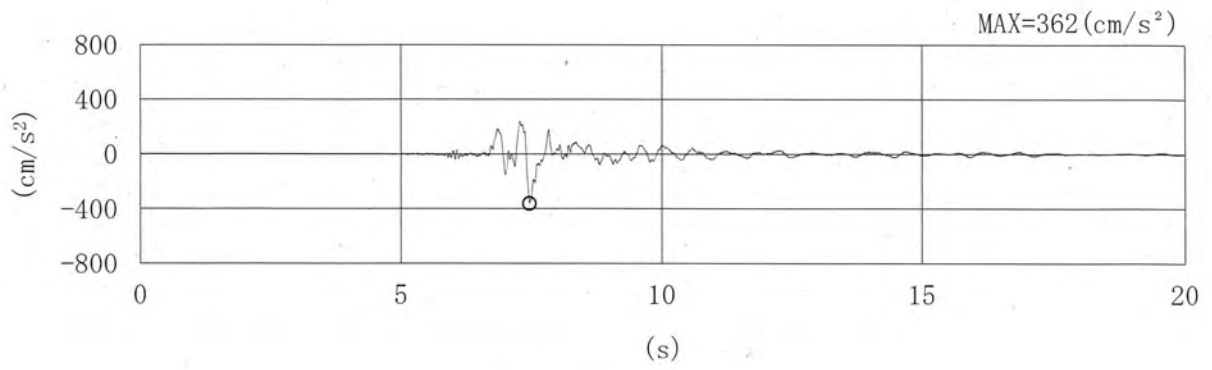


(h) Sd-2-7

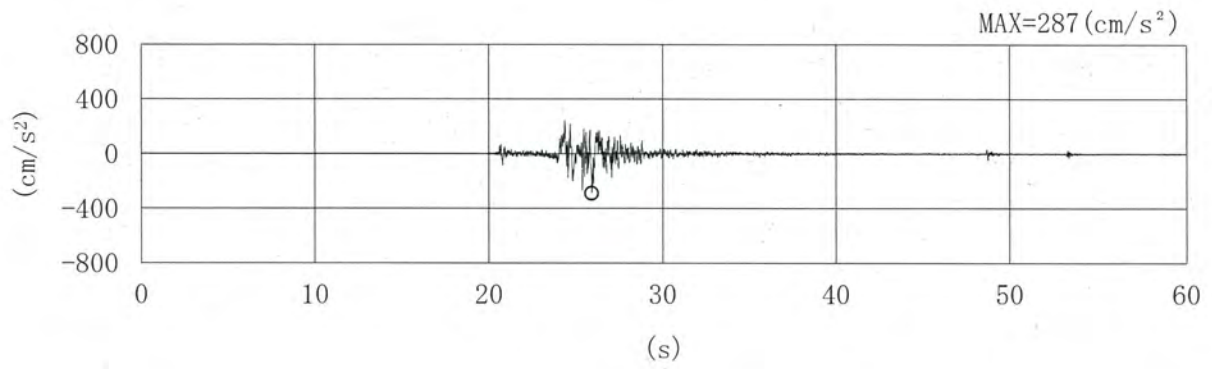


(i) Sd-2-8

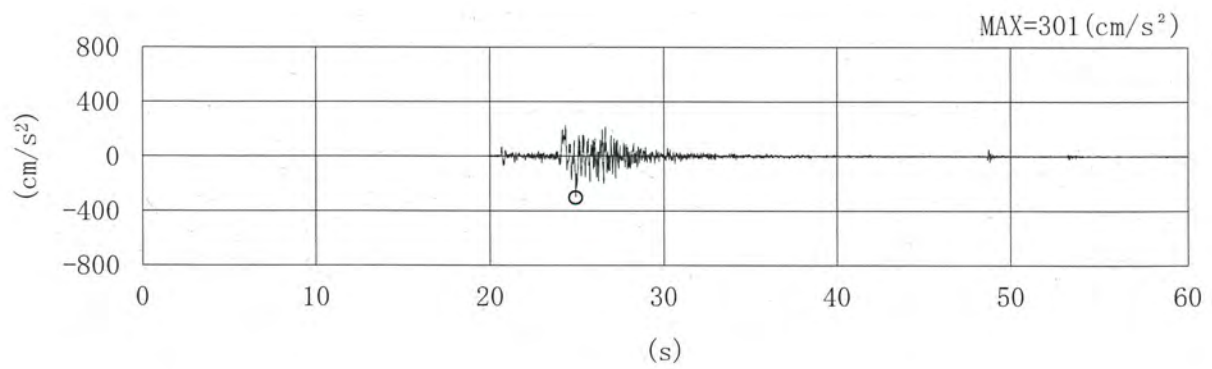
第 3-17 図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)



(j) Sd-3-1

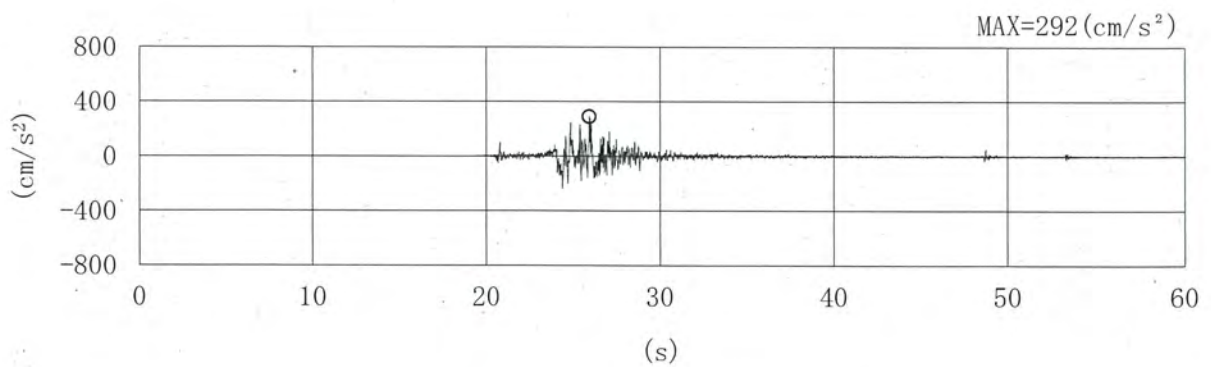
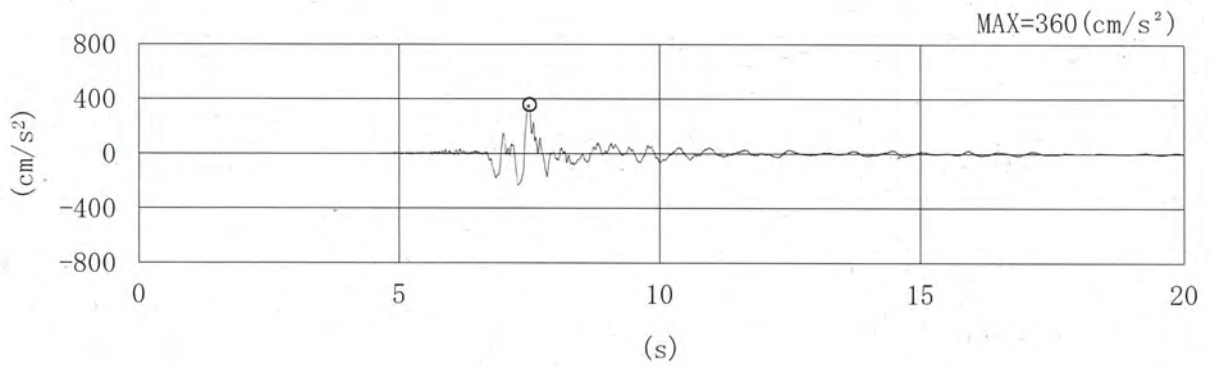
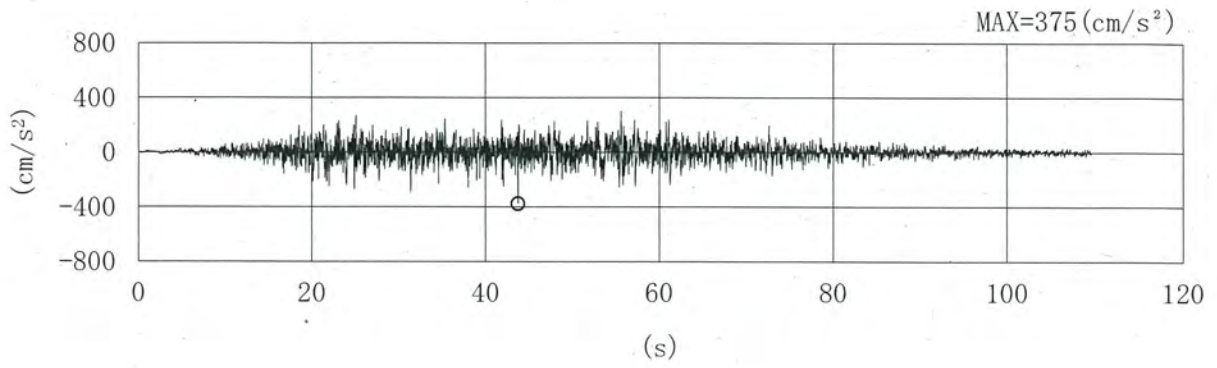


(k) Sd-3-2EW

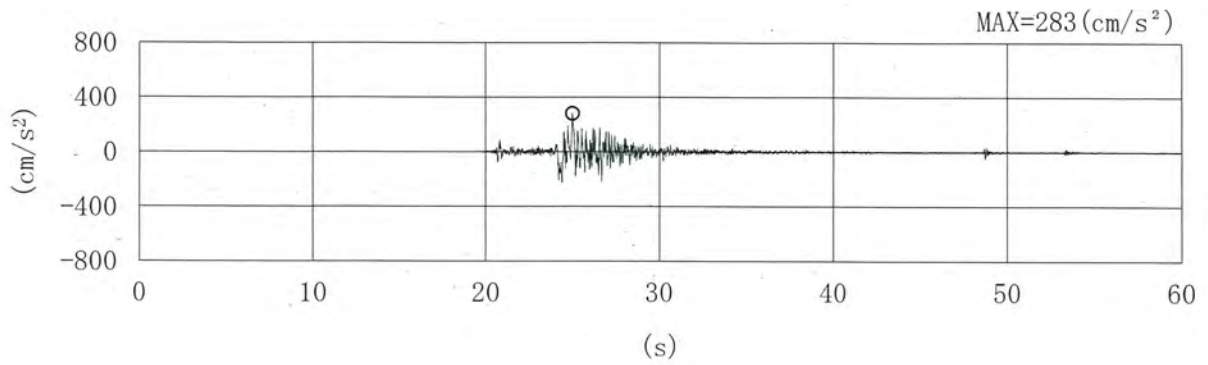


(l) Sd-3-2NS

第 3-17 图 (4/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)

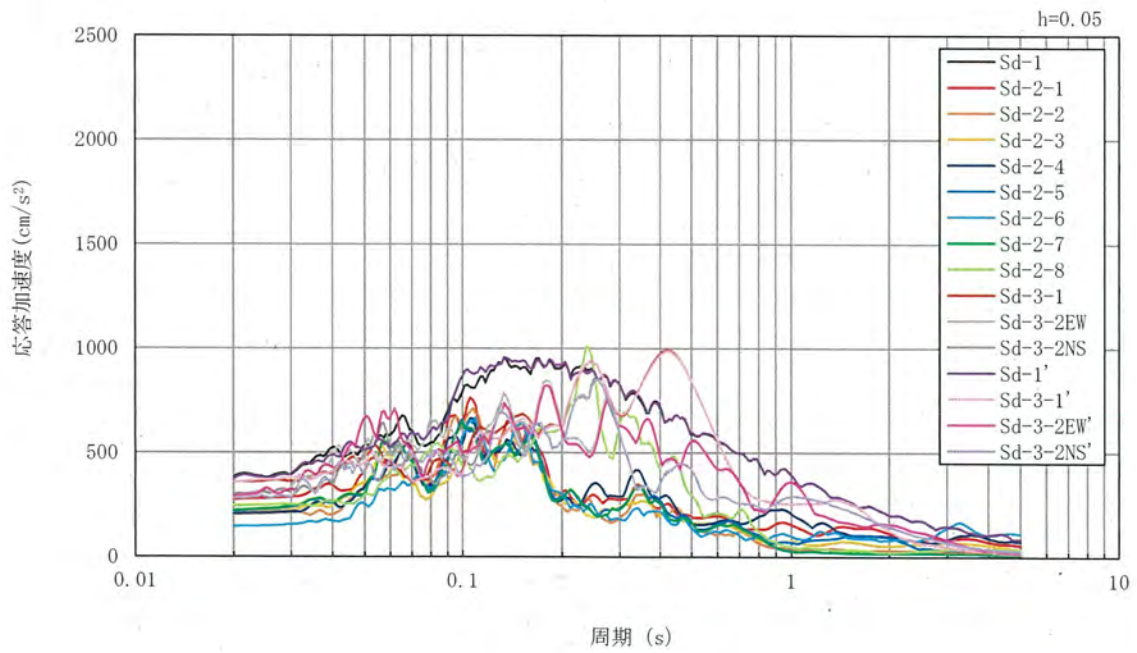


第 3-17 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)

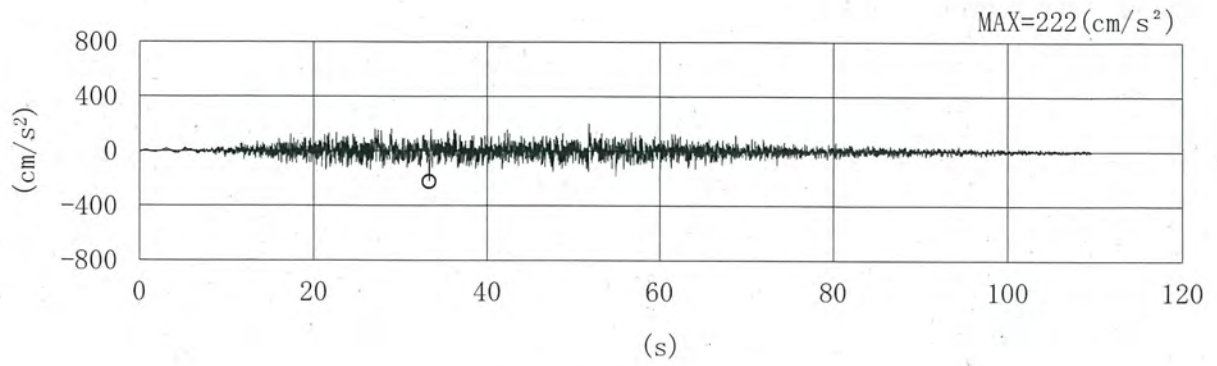


(p) Sd-3-2NS'

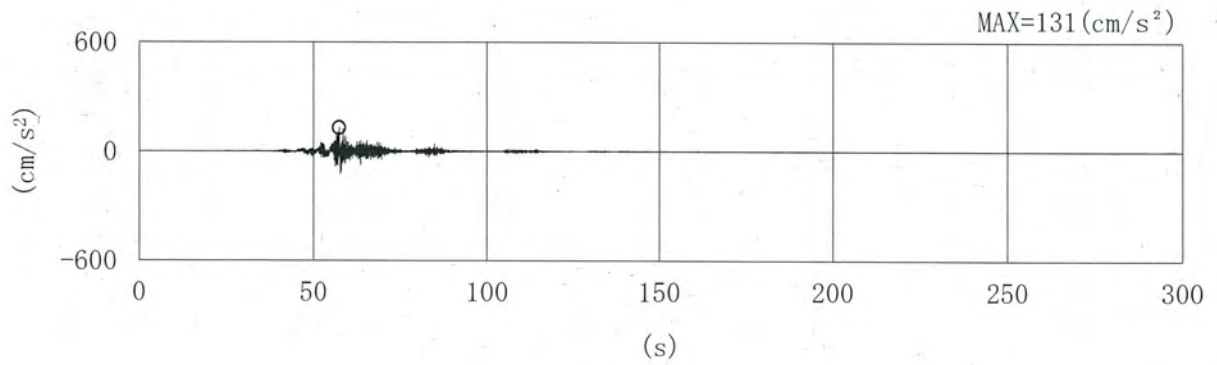
第 3-17 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (NS 方向 : Sd)



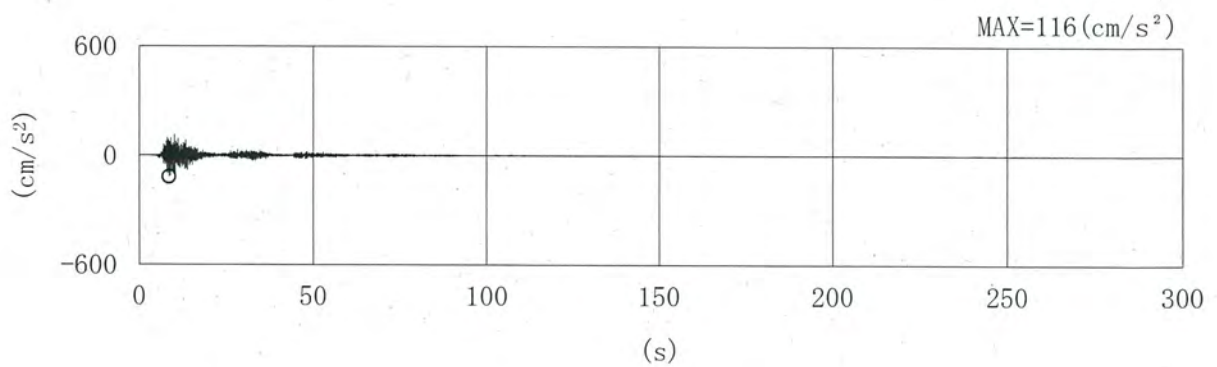
第 3-18 図 加速度応答スペクトル (NS 方向 : Sd)



(a) Sd-1



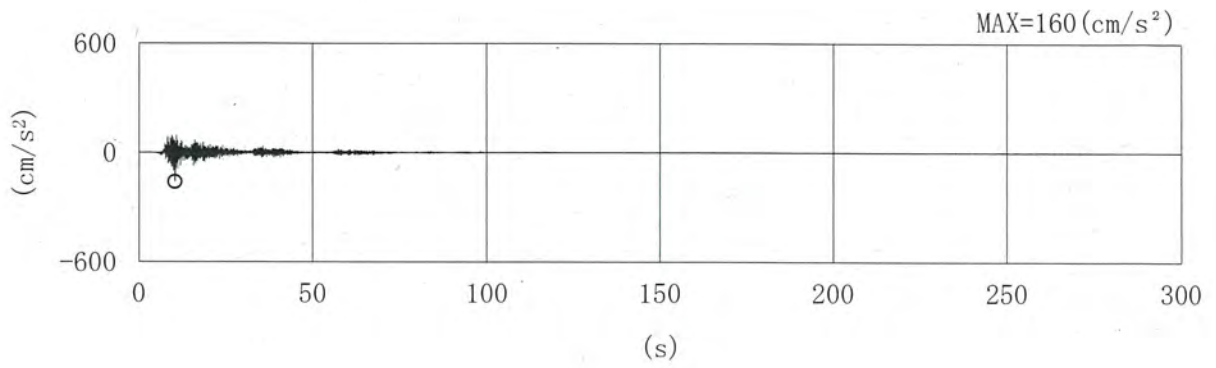
(b) Sd-2-1



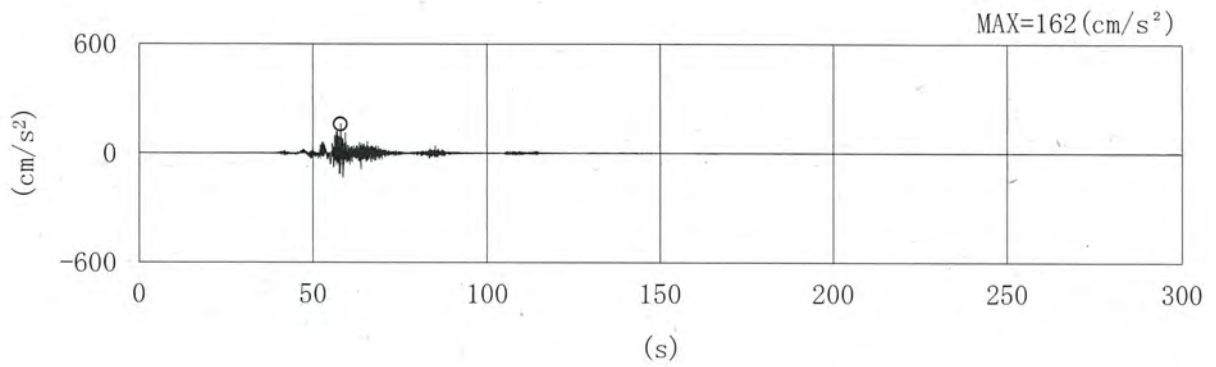
(c) Sd-2-2

第3-19 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)

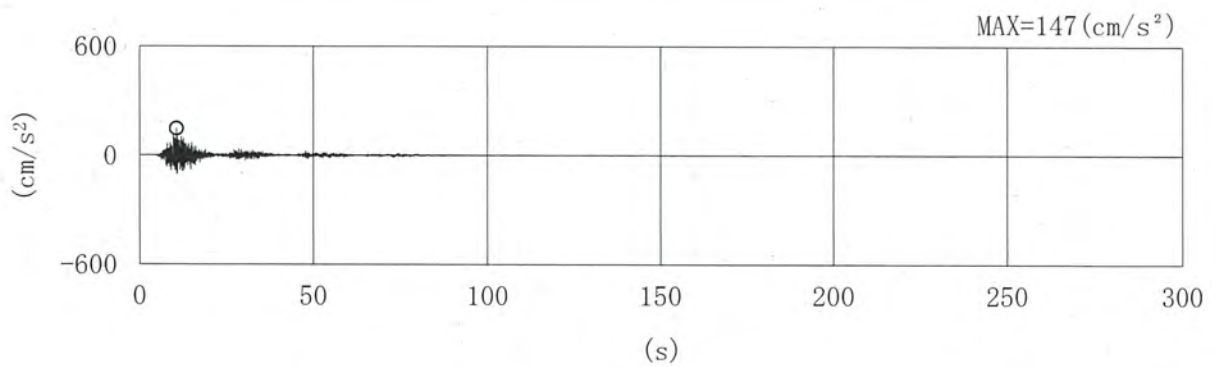




(d) Sd-2-3



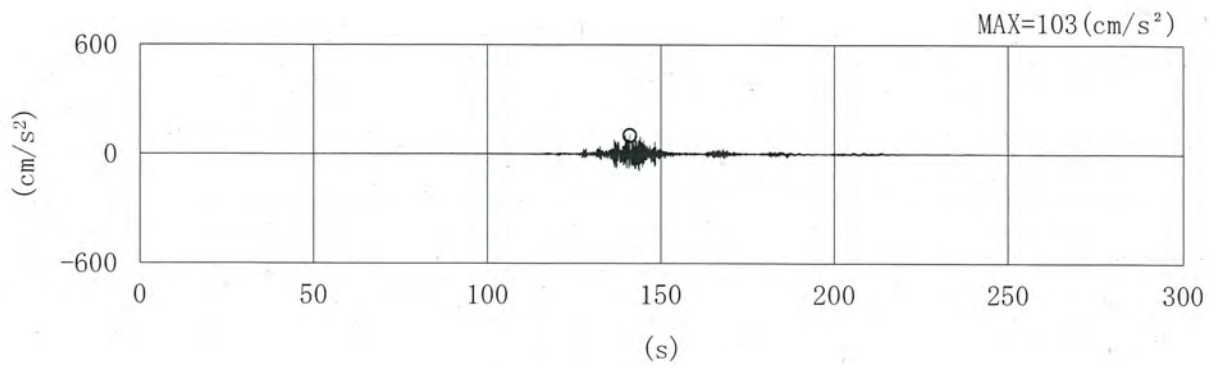
(e) Sd-2-4



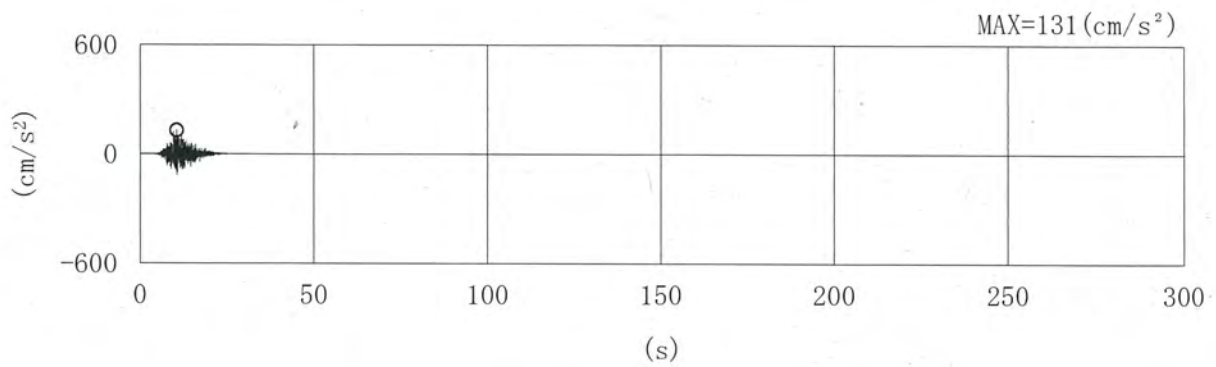
(f) Sd-2-5

第 3-19 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)

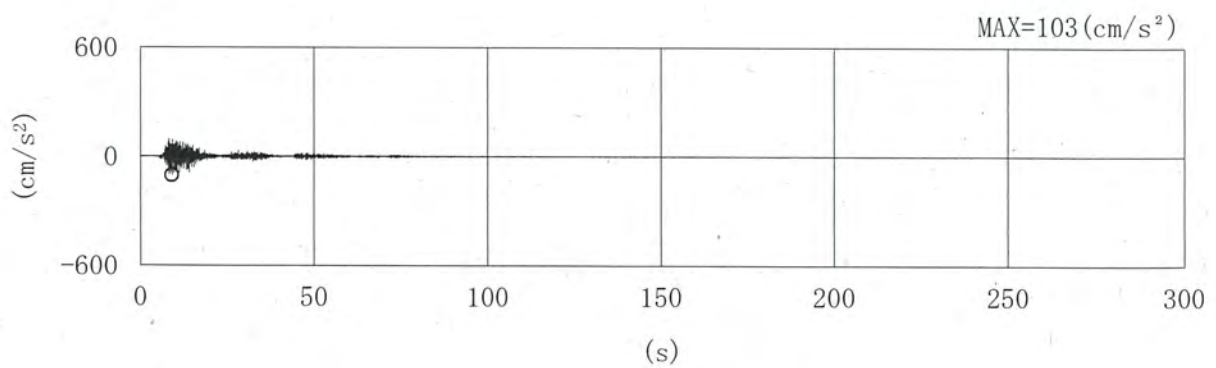




(g) Sd-2-6

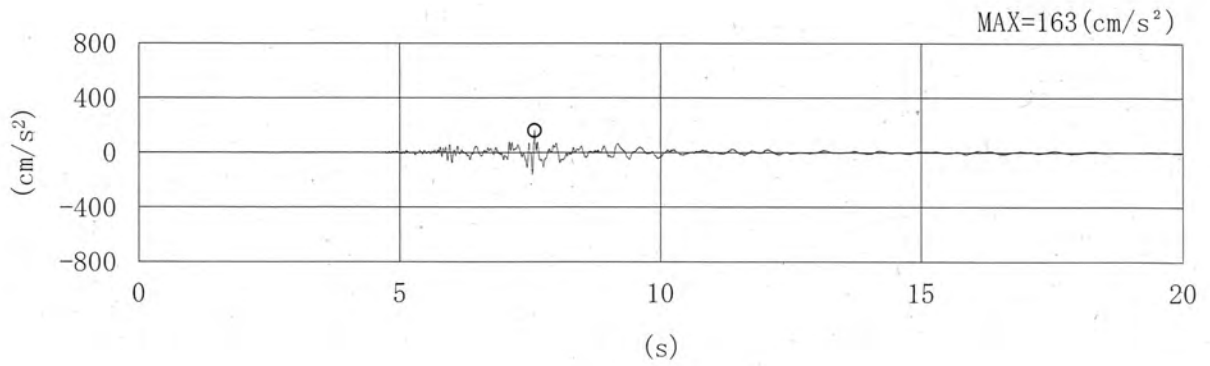


(h) Sd-2-7

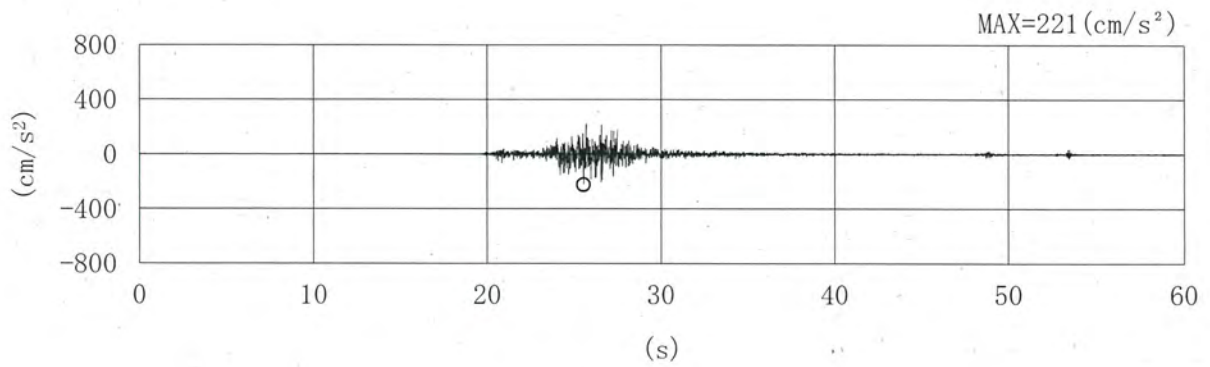


(i) Sd-2-8

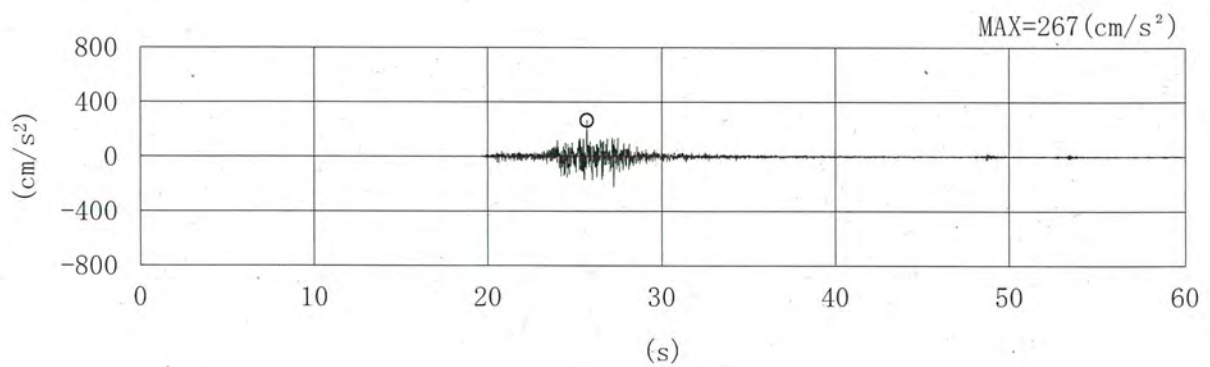
第 3-19 図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)



(j) Sd-3-1

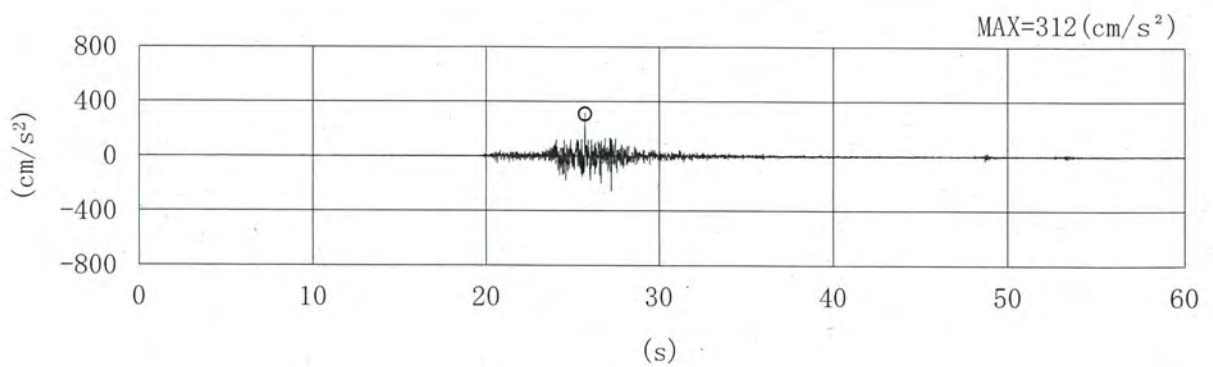
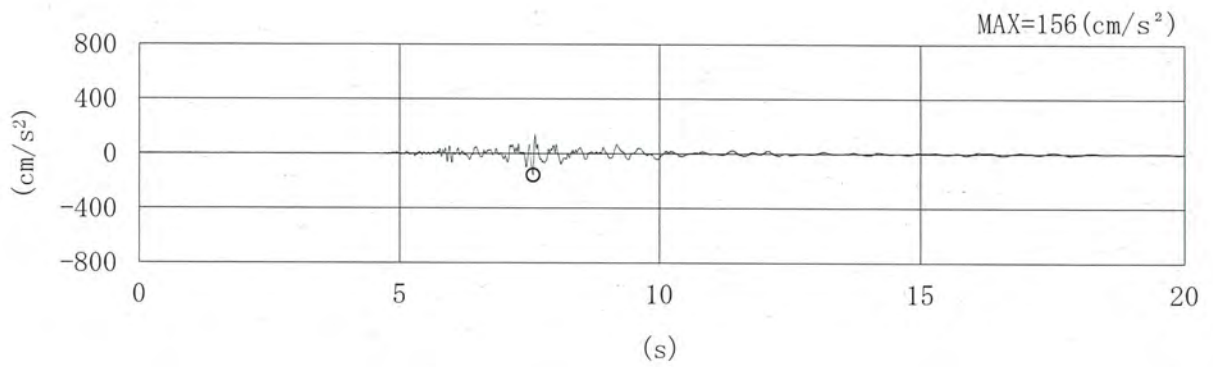
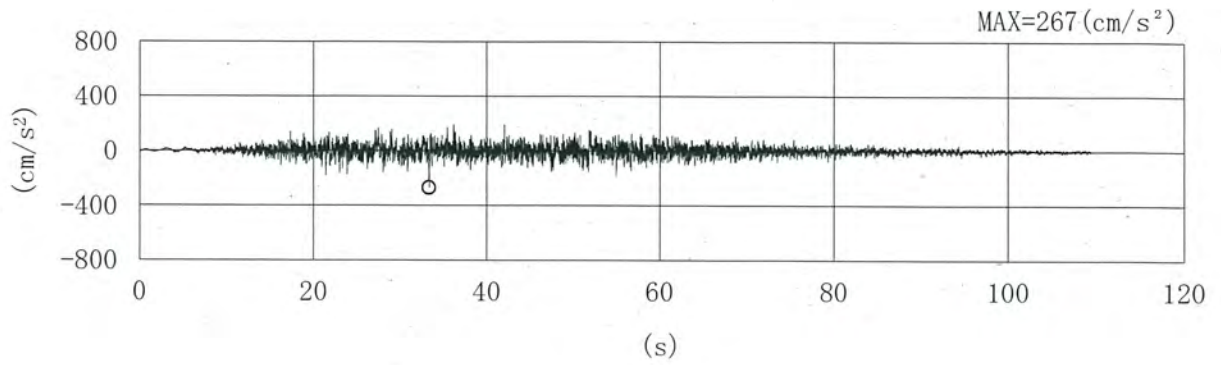


(k) Sd-3-2EW

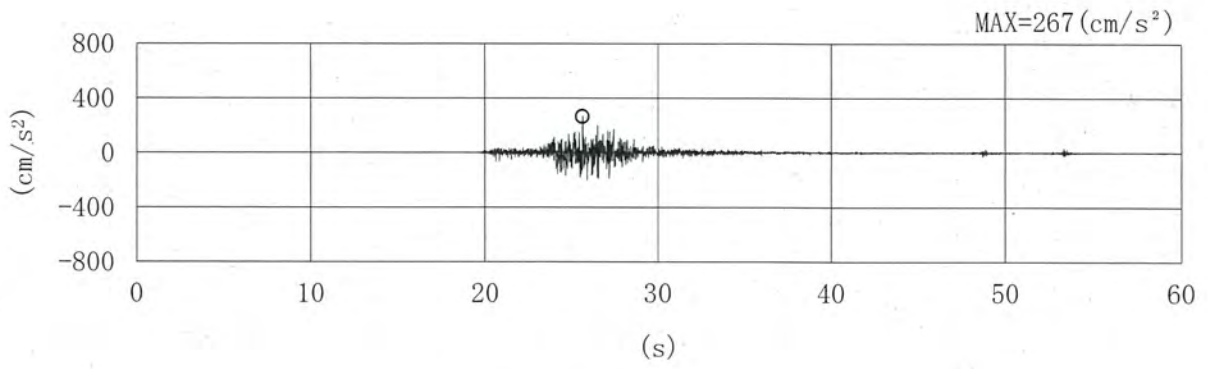


(l) Sd-3-2NS

第 3-19 図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)

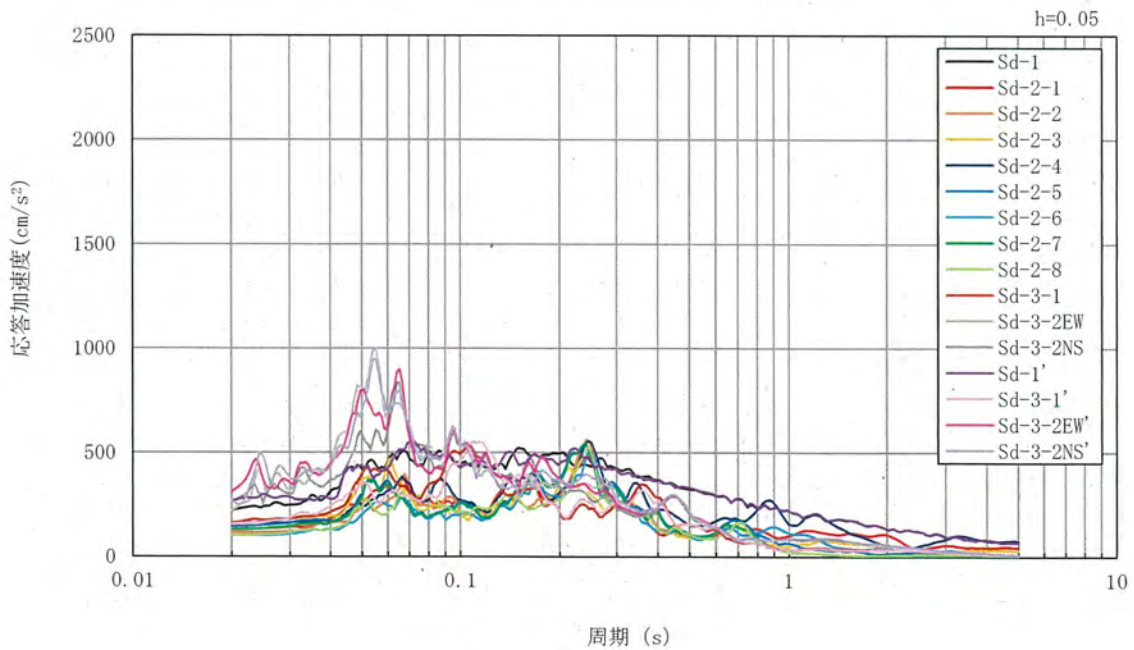


第3-19 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)

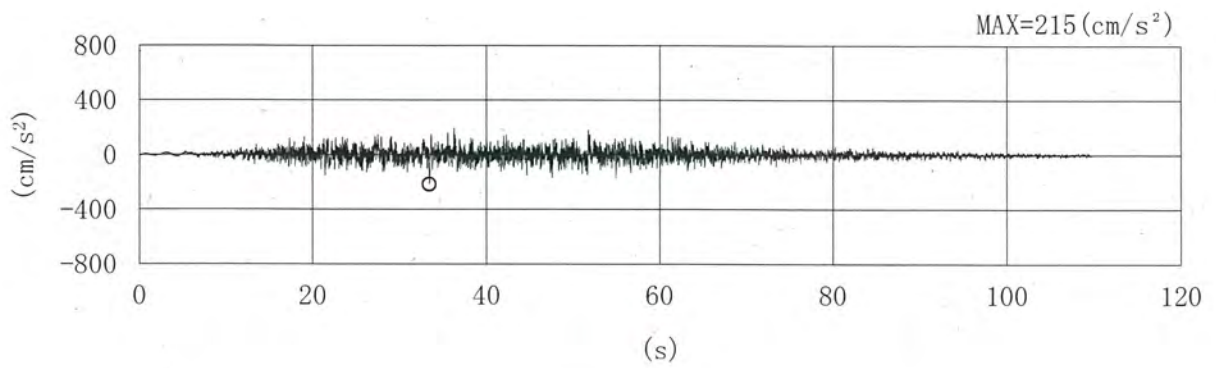


(p) Sd-3-2NS'

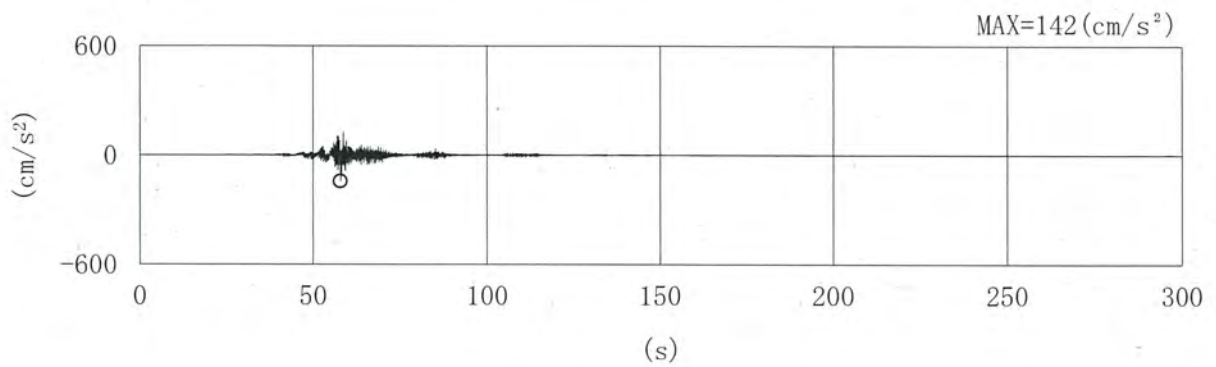
第3-19 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)



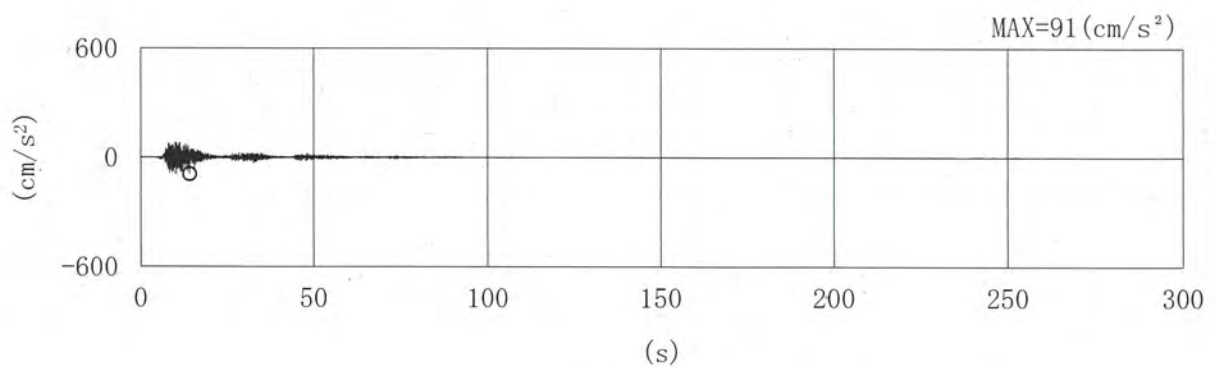
第3-20 図 加速度応答スペクトル (鉛直方向 (EW 断面) : Sd)



(a) Sd-1

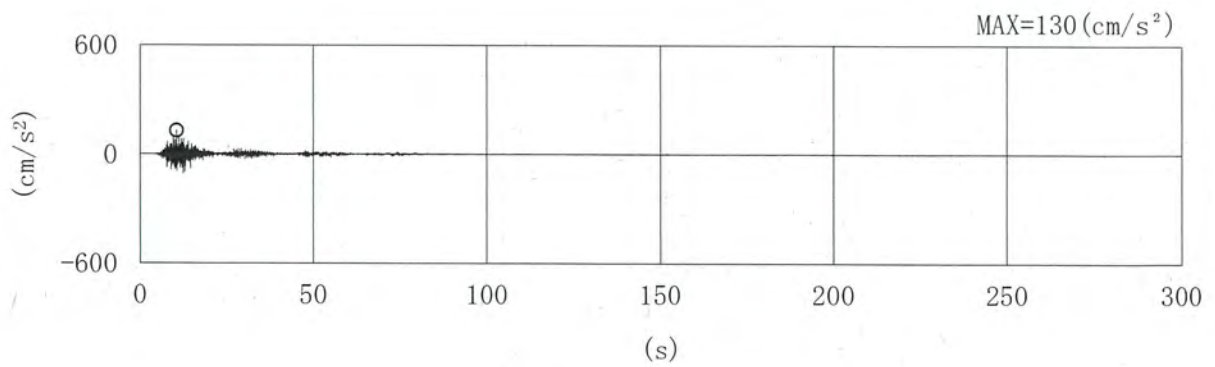
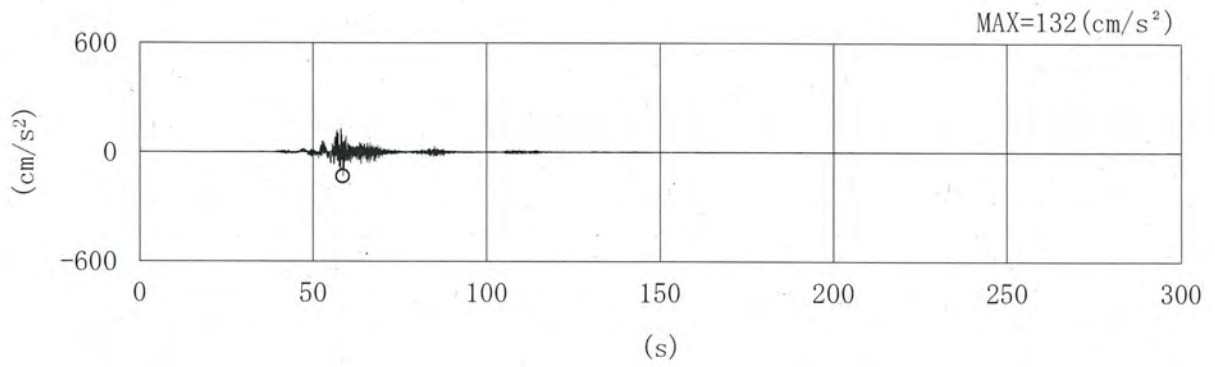
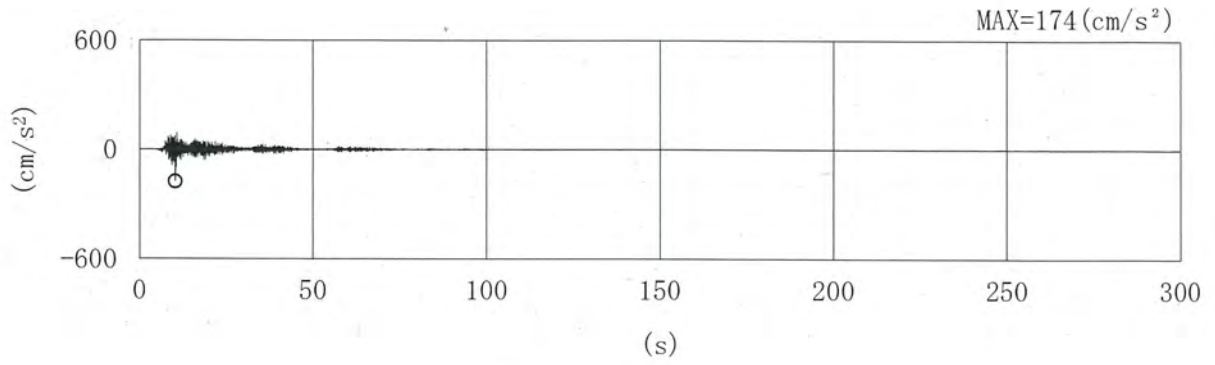


(b) Sd-2-1

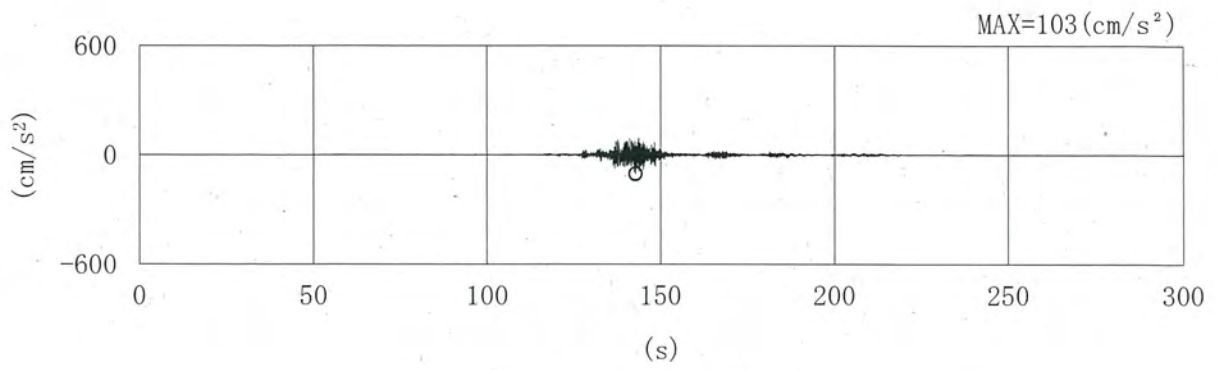


(c) Sd-2-2

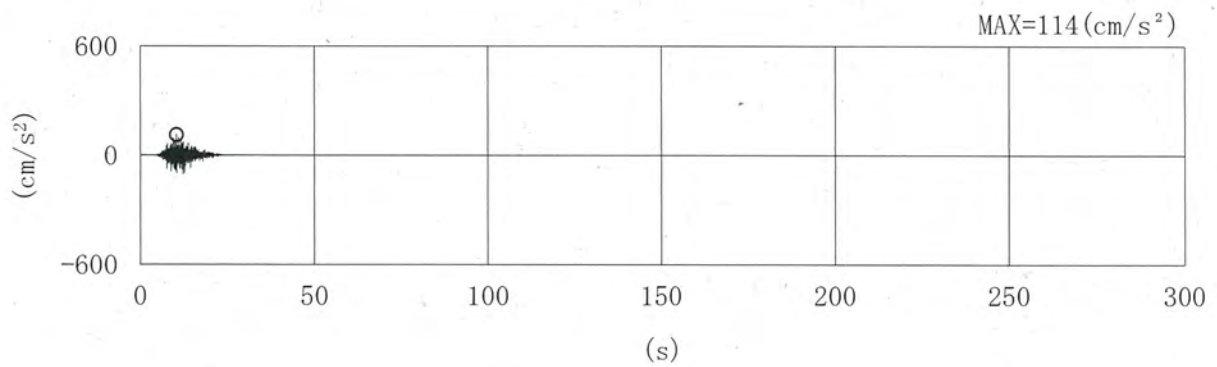
第 3-21 図 (1/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)



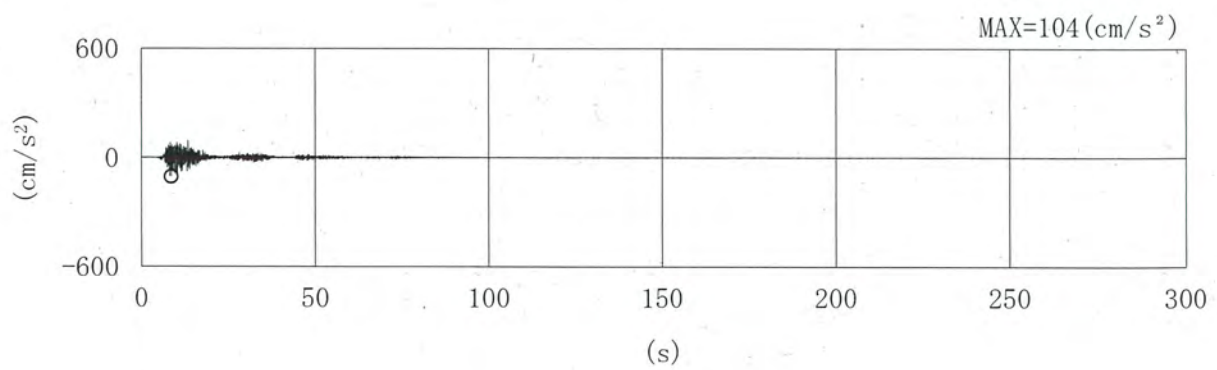
第 3-21 図 (2/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)



(g) Sd-2-6



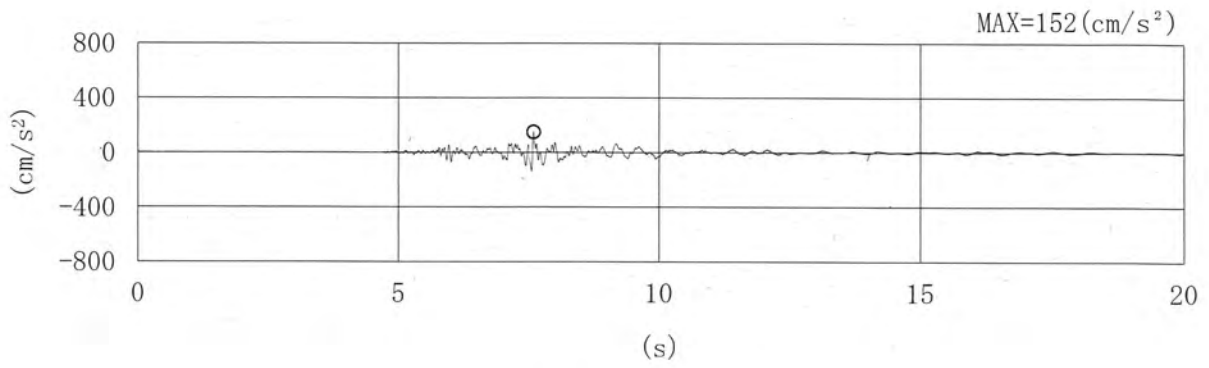
(h) Sd-2-7



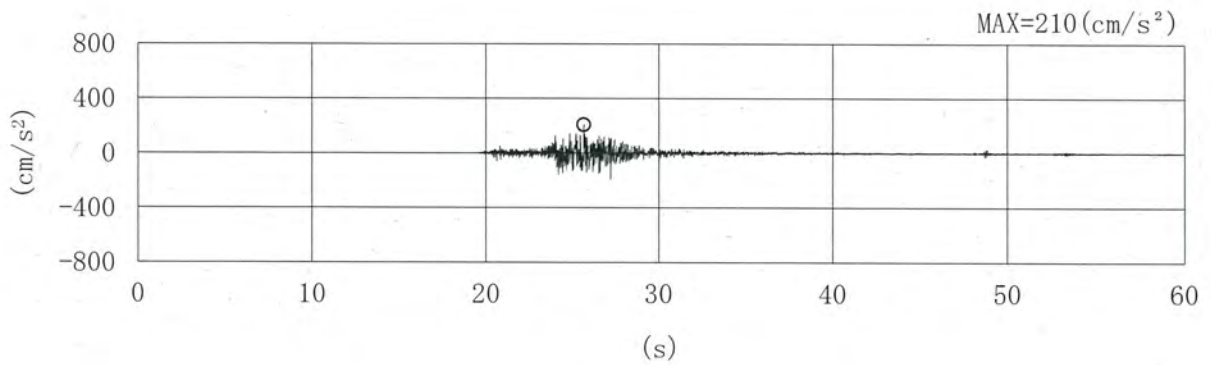
(i) Sd-2-8

第3-21 図 (3/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)

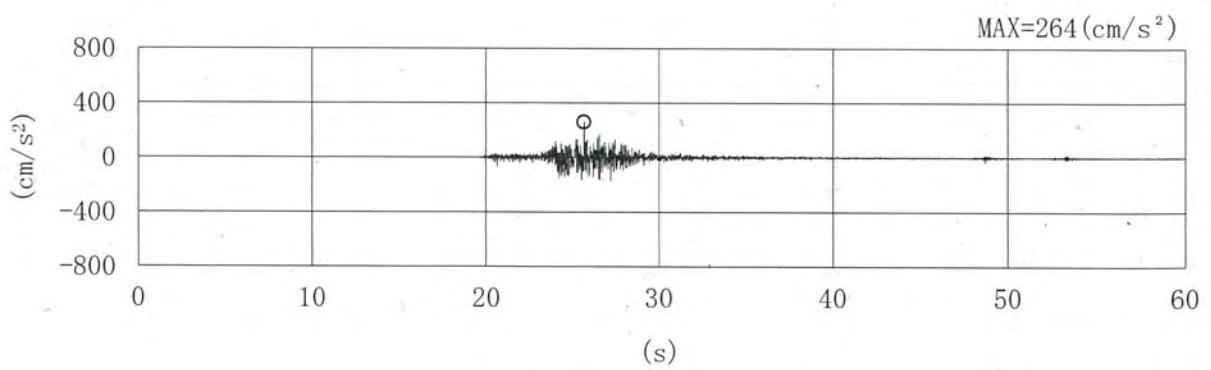




(j) Sd-3-1



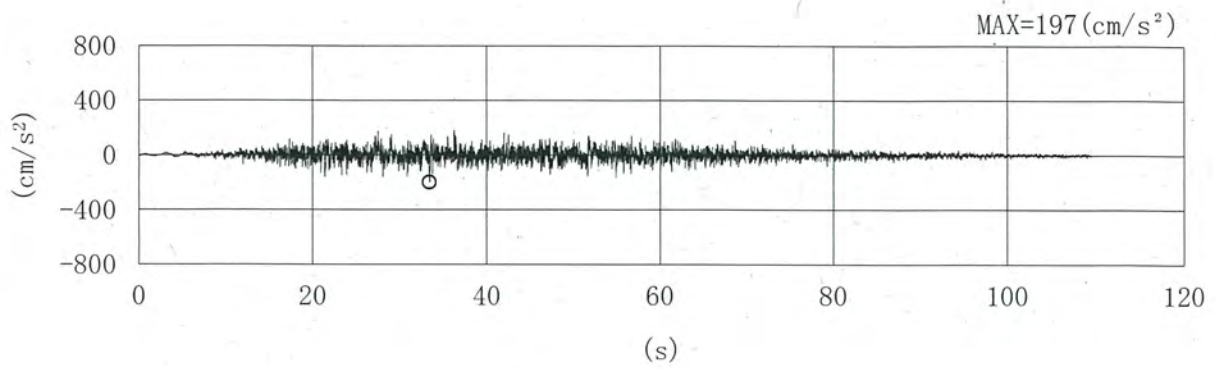
(k) Sd-3-2EW



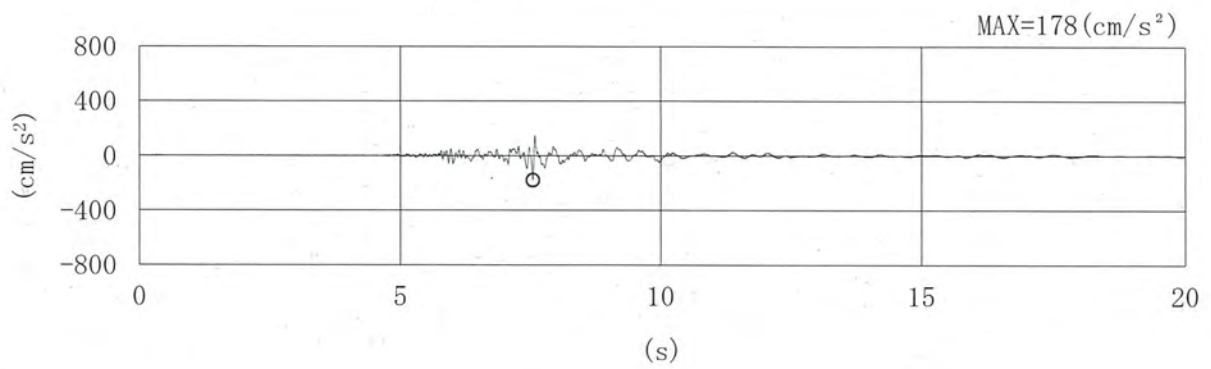
(l) Sd-3-2NS

第 3-21 図 (4/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)

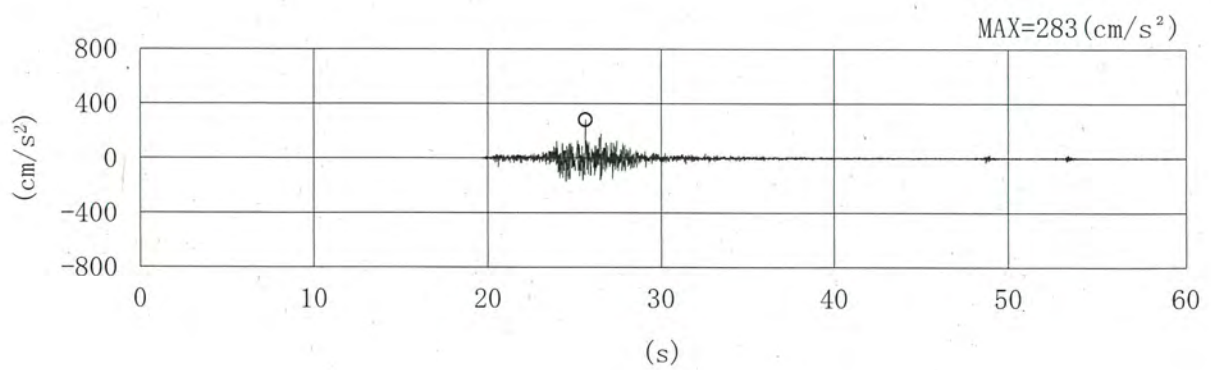




(m) Sd-1'

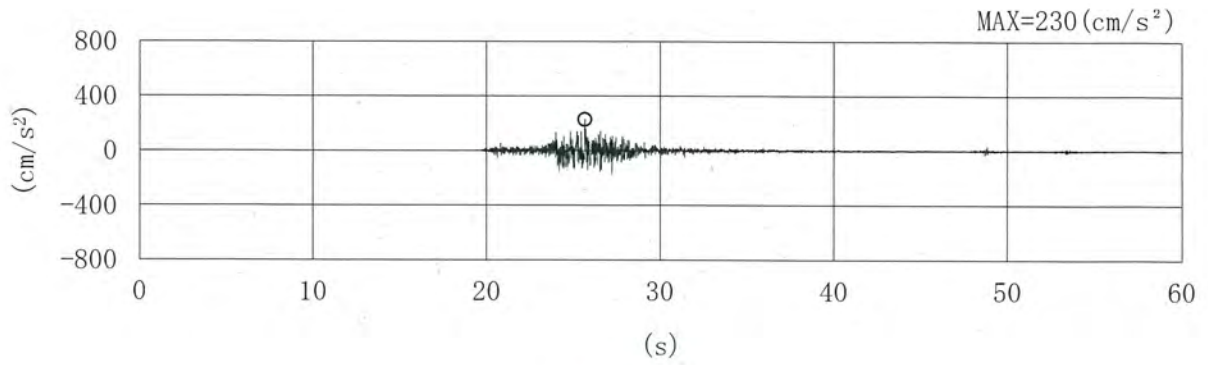


(n) Sd-3-1'



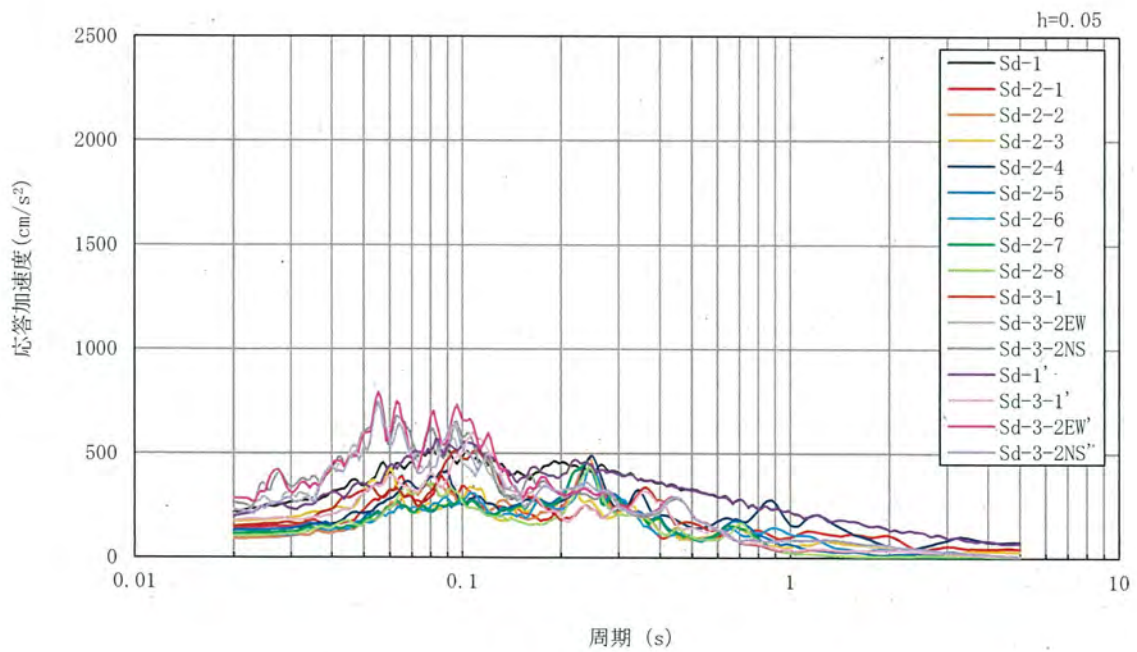
(o) Sd-3-2EW'

第3-21 図 (5/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)



(p) Sd-3-2NS'

第 3-21 図 (6/6) 加速度時刻歴波形 (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)



第 3-22 図 加速度応答スペクトル (鉛直方向 (NS 断面) : Sd)

### 3.3 解析方法

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析には、解析コード「NUPP4」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、資料17-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析法により実施する。

#### 3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ は、次式により算出する。

$$Q_{un}=D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

$D_s$  : 各層の構造特性係数

$F_{es}$  : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 $Q_{ud}$ は、次式により算出する。

$$Q_{ud}=n \cdot Z \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数(1.0)

$Z$  : 地震地域係数(1.0)

$C_i$  : 第 $i$ 層の地震層せん断力係数

$W_i$  : 第 $i$ 層が支える重量

地震層せん断力係数 $C_i$ は、基礎上端のEL. 24. 6mを基準面として次式により算出する。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

$R_t$  : 振動特性係数(0.8)

$A_i$  : 第 $i$ 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数(1.0)

また、 $A_i$ は水平方向の地震応答解析モデルを用いたモーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

ここで、

$$A_i' = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{m=1}^s w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t \right)^2}}{\sum_{m=1}^s w_m}$$

$k$  : 考慮すべき最高次数で通常3以上とする。

$s$  : 建築物の層数

$w_m$  : 第 $m$ 層の重量

$\beta_j \cdot U_{mj}$  : 第 $m$ 層の $j$ 次刺激関数

$R_t$  : 振動特性係数(0.8)

### 3.4 解析条件

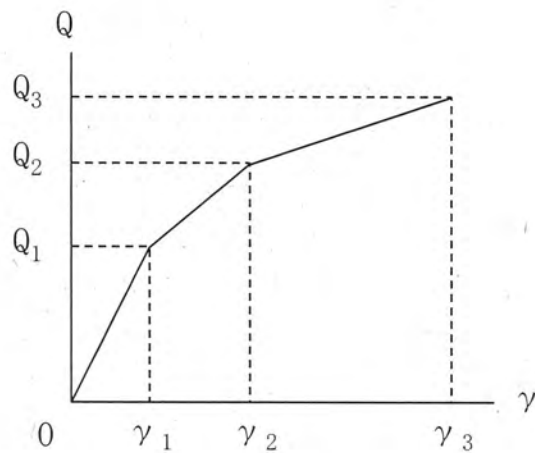
地震応答解析においては、耐震壁の復元力特性、地盤の回転ばねの復元力特性及び材料物性の不確かさ等を考慮する。

耐震壁のスケルトンカーブの設定には、解析コード「vb耐震壁」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.4.1 耐震壁の復元力特性

#### (1) せん断力-せん断ひずみ関係 (Q- $\gamma$ 関係)

耐震壁のせん断力-せん断ひずみ関係 (Q- $\gamma$  関係) は、JEAG4601-1991に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。せん断力-せん断ひずみ関係を第3-23図に示す。



$Q_1$  : 第1折点のせん断力

$Q_2$  : 第2折点のせん断力

$Q_3$  : 終局点のせん断力

$\gamma_1$  : 第1折点のせん断ひずみ

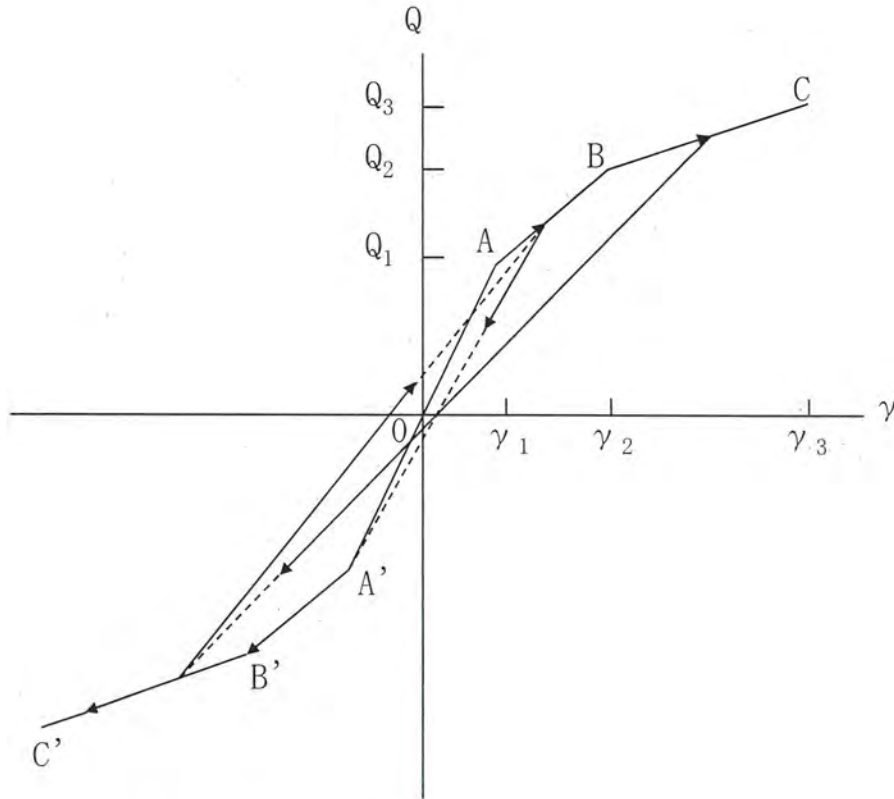
$\gamma_2$  : 第2折点のせん断ひずみ

$\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $4.0 \times 10^{-3}$ )

第3-23図 せん断力-せん断ひずみ関係

(2) せん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性

せん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性は、JEAG4601-1991に基づき、最大点指向型モデルとする。せん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性を第3-24図に示す。



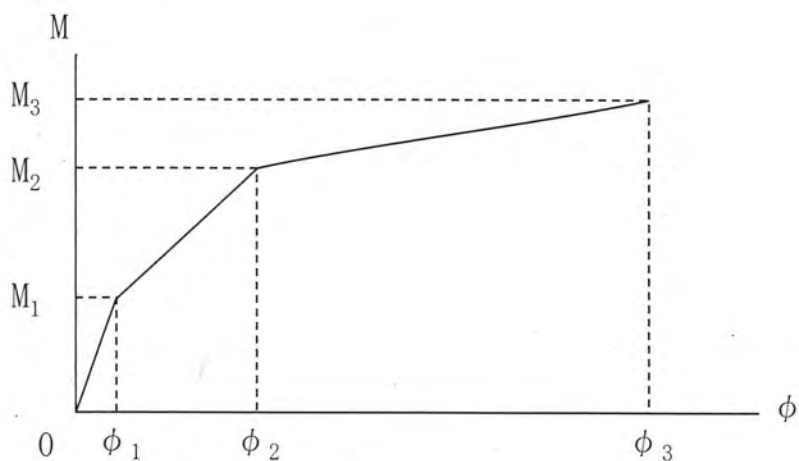
- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンの経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第1折点を越えていないときは第1折点に向う。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 安定ループは面積を持たない。

第3-24図 せん断力-せん断ひずみ関係の履歴特性



(3) 曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係) は、JEAG4601-1991に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。曲げモーメントー曲率関係を第3-25図に示す。



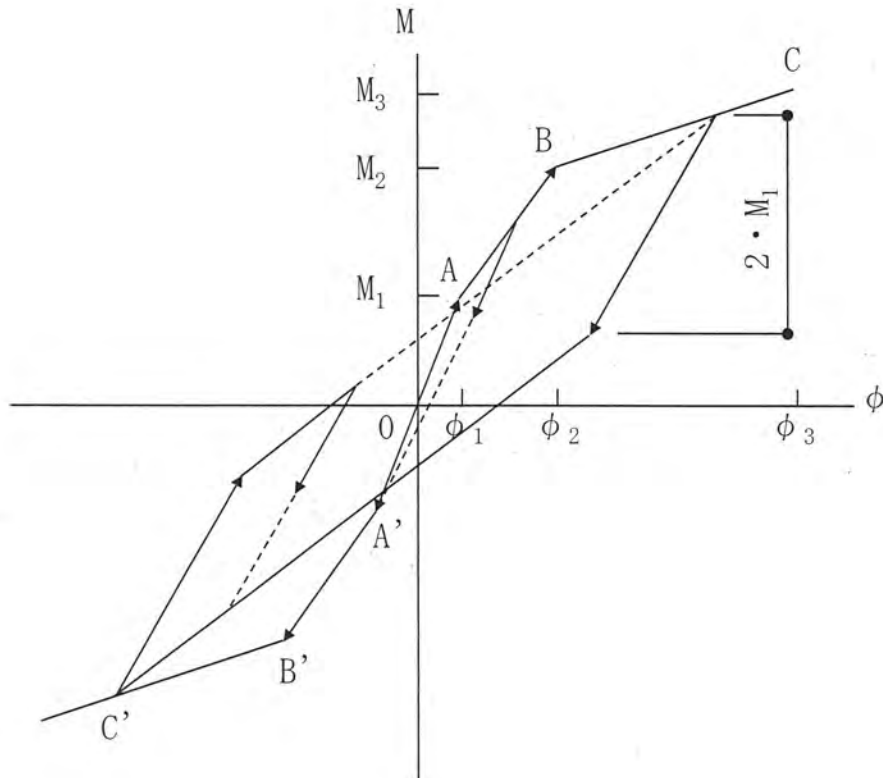
- $M_1$  : 第1折点の曲げモーメント
- $M_2$  : 第2折点の曲げモーメント
- $M_3$  : 終局点の曲げモーメント
- $\phi_1$  : 第1折点の曲率
- $\phi_2$  : 第2折点の曲率
- $\phi_3$  : 終局点の曲率

第3-25図 曲げモーメントー曲率関係



(4) 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、JEAG4601-1991に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を第3-26図に示す。



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

第3-26図 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

非常用ガスタービン発電機建屋の各耐震壁について算出したせん断及び曲げスケルトンカーブの諸数値を第3-7表及び第3-8表に示す。

第3-7表 (1/2) せん断スケルトンカーブ (Q- $\gamma$  関係) (EW方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	Q <sub>1</sub> (kN)	$\gamma_1$	Q <sub>2</sub> (kN)	$\gamma_2$	Q <sub>3</sub> (kN)	$\gamma_3$
1	$9.951 \times 10^4$	$1.810 \times 10^{-4}$	$1.343 \times 10^5$	$5.429 \times 10^{-4}$	$2.239 \times 10^5$	$4.000 \times 10^{-3}$
2	$2.308 \times 10^5$	$1.846 \times 10^{-4}$	$3.116 \times 10^5$	$5.537 \times 10^{-4}$	$7.620 \times 10^5$	$4.000 \times 10^{-3}$
3	$4.542 \times 10^5$	$1.860 \times 10^{-4}$	$6.132 \times 10^5$	$5.581 \times 10^{-4}$	$1.439 \times 10^6$	$4.000 \times 10^{-3}$

第3-7表 (2/2) せん断スケルトンカーブ (Q- $\gamma$  関係) (NS方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	Q <sub>1</sub> (kN)	$\gamma_1$	Q <sub>2</sub> (kN)	$\gamma_2$	Q <sub>3</sub> (kN)	$\gamma_3$
1	$7.042 \times 10^4$	$1.810 \times 10^{-4}$	$9.507 \times 10^4$	$5.429 \times 10^{-4}$	$1.602 \times 10^5$	$4.000 \times 10^{-3}$
2	$1.797 \times 10^5$	$1.846 \times 10^{-4}$	$2.426 \times 10^5$	$5.537 \times 10^{-4}$	$6.089 \times 10^5$	$4.000 \times 10^{-3}$
3	$4.008 \times 10^5$	$1.860 \times 10^{-4}$	$5.411 \times 10^5$	$5.581 \times 10^{-4}$	$1.259 \times 10^6$	$4.000 \times 10^{-3}$

第3-8表 (1/2) 曲げスケルトンカーブ (M- $\phi$  関係) (EW方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> (kN·m)	$\phi_1$ (1/m)	M <sub>2</sub> (kN·m)	$\phi_2$ (1/m)	M <sub>3</sub> (kN·m)	$\phi_3$ (1/m)
1	$1.016 \times 10^6$	$6.120 \times 10^{-6}$	$1.853 \times 10^6$	$6.511 \times 10^{-5}$	$2.857 \times 10^6$	$1.302 \times 10^{-3}$
2	$3.781 \times 10^6$	$5.797 \times 10^{-6}$	$1.162 \times 10^7$	$5.956 \times 10^{-5}$	$1.770 \times 10^7$	$1.069 \times 10^{-3}$
3	$7.253 \times 10^6$	$6.447 \times 10^{-6}$	$2.102 \times 10^7$	$6.564 \times 10^{-5}$	$3.211 \times 10^7$	$9.784 \times 10^{-4}$

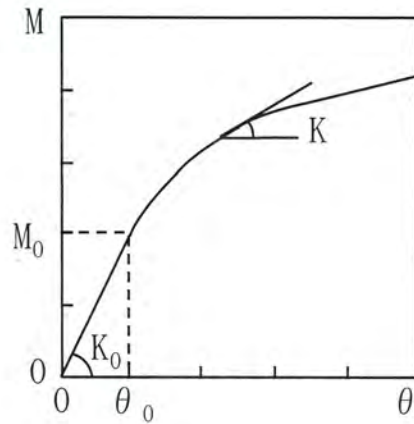
第3-8表 (2/2) 曲げスケルトンカーブ (M- $\phi$  関係) (NS方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> (kN·m)	$\phi_1$ (1/m)	M <sub>2</sub> (kN·m)	$\phi_2$ (1/m)	M <sub>3</sub> (kN·m)	$\phi_3$ (1/m)
1	$6.530 \times 10^5$	$8.225 \times 10^{-6}$	$1.168 \times 10^6$	$8.483 \times 10^{-5}$	$1.719 \times 10^6$	$1.697 \times 10^{-3}$
2	$2.233 \times 10^6$	$9.837 \times 10^{-6}$	$6.606 \times 10^6$	$9.890 \times 10^{-5}$	$9.434 \times 10^6$	$1.829 \times 10^{-3}$
3	$5.791 \times 10^6$	$7.336 \times 10^{-6}$	$1.726 \times 10^7$	$7.468 \times 10^{-5}$	$2.639 \times 10^7$	$1.377 \times 10^{-3}$

### 3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関するモーメントー回転角の関係は、JEAG4601-1991に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係を第3-27図に示す。

地盤の回転ばねの浮上り非線形は、基礎の形状に応じ、基礎に作用する鉛直力、転倒モーメント及び地反力のつり合いにより評価する。



- 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
- $K_0$  : 基礎底面の回転ばね定数 (浮上り前)
- K : 基礎底面の回転ばね定数 (浮上り後)

第3-27図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係



### 3.4.3 材料物性の不確かさ等

「4.1 動的解析」における地震応答解析では、「3.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさ等を考慮する。

材料物性の不確かさのうち、地盤物性の不確かさは、基礎底面及び建屋側面の地盤ばねの算定に用いた地盤のせん断波速度を基本ケースとし、同一岩盤等級における地盤のせん断波速度の変動係数（標準偏差／平均値）である0.08を変動の比率として考慮する。なお、建物・構築物の耐震評価において、建屋物性の不確かさについては、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性として考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮しない。

鉄筋コンクリート部の減衰定数は、5%を基本ケースとするが、耐震性向上の観点から3%とした場合についても考慮する。

材料物性の不確かさ等を考慮した地震応答解析ケースを第3-9表に示す。

第3-9表 材料物性の不確かさ等を考慮した地震応答解析ケース

ケース名	地盤のせん断波速度 $V_s^*$ (m/s)			鉄筋コンクリート部の 減衰定数 $h$ (%)
基本	1,700	2,300	2,700	5
$V_{s+1\sigma}$	1,836 (1.08)	2,484 (1.08)	2,916 (1.08)	5
$V_{s-1\sigma}$	1,564 (0.92)	2,116 (0.92)	2,484 (0.92)	5
減衰 3%	1,700	2,300	2,700	3

※：基礎底面及び建屋側面の地盤ばねの算定に用いた地盤のせん断波速度。

( )内は基本ケースに対する比率。

## 4. 解析結果

### 4.1 動的解析

基本ケースの解析結果を示す。地盤物性の不確かさ等を考慮した解析結果より算出した建物・構築物の動的地震力については、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」に示す。

#### 4.1.1 固有値解析結果

地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）を第4-1表～第4-3表、刺激関数図を第4-1図～第4-3図に示す。

#### 4.1.2 地震応答解析結果

##### (1) 基準地震動Ss

基準地震動Ssによる最大応答値を第4-4図～第4-17図及び第4-4表～第4-17表に示す。また、基準地震動Ssに対する最大応答値を第4-18図～第4-21図の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

浮上りの検討を第4-18表、最大接地圧を第4-19表に示す。

##### (2) 弾性設計用地震動Sd

弾性設計用地震動Sdによる最大応答値を第4-22図～第4-35図及び第4-20表～第4-33表に示す。また、弾性設計用地震動Sdに対する最大応答値を第4-36図～第4-39図の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

浮上りの検討を第4-34表、最大接地圧を第4-35表に示す。

第4-1表 固有値解析結果 (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	0.071	14.13	1.51	地盤連成
2	0.034	29.44	-0.52	—
3	0.029	34.66	-0.33	—
4	0.024	42.27	-0.55	—
5	0.019	52.12	0.05	—
6	0.017	59.13	0.72	—

※：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。

第4-2表 固有値解析結果 (NS方向)

次数	固有周期(s)	固有振動数(Hz)	刺激係数 <sup>※</sup>	卓越モード
1	0.081	12.27	1.50	地盤連成
2	0.038	26.39	-0.66	—
3	0.030	33.23	-0.13	—
4	0.026	37.81	-0.57	—
5	0.020	49.82	0.06	—
6	0.017	58.30	0.77	—

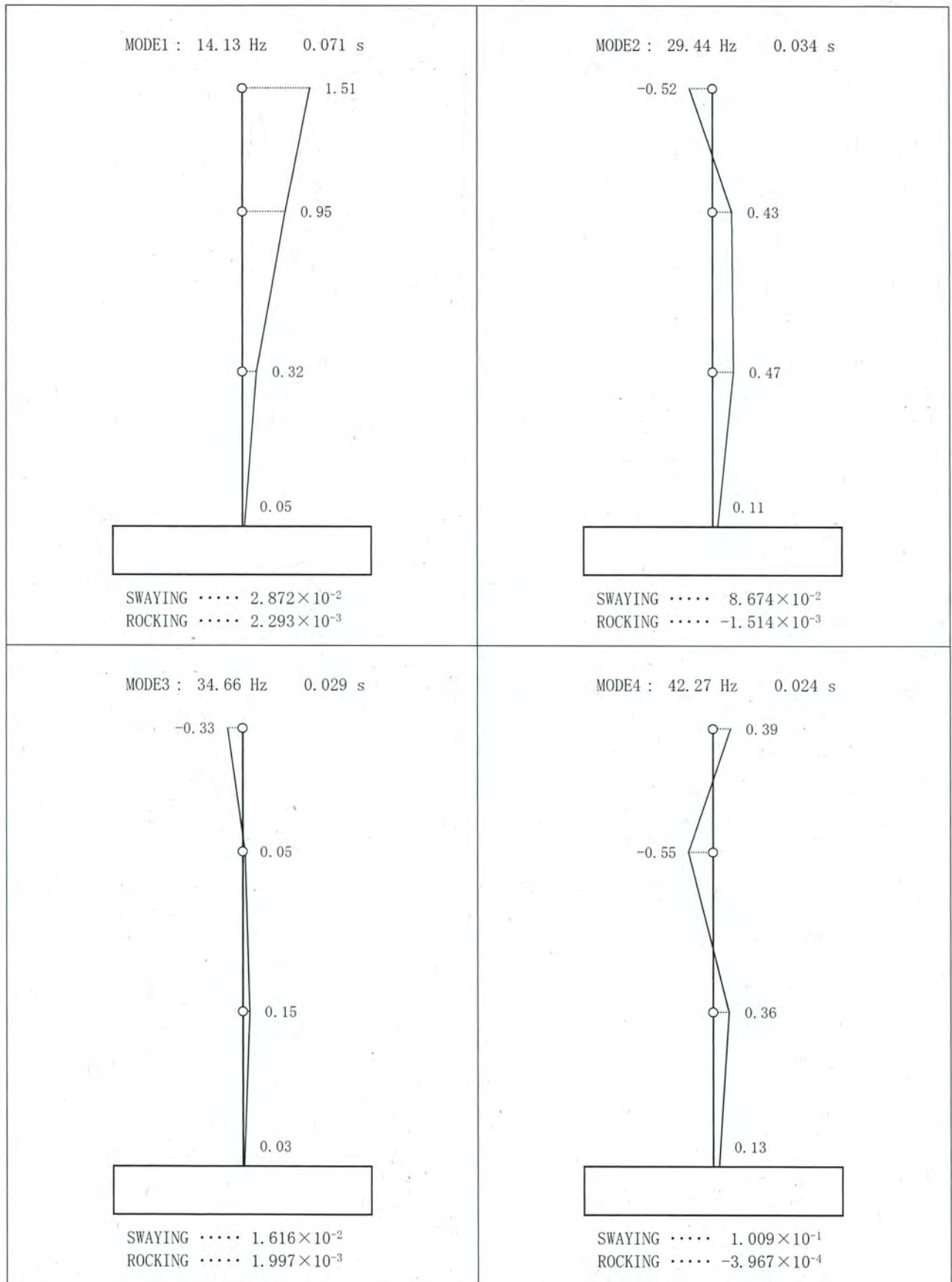
※：刺激係数は、各次の固有ベクトル {u} に対し、最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。



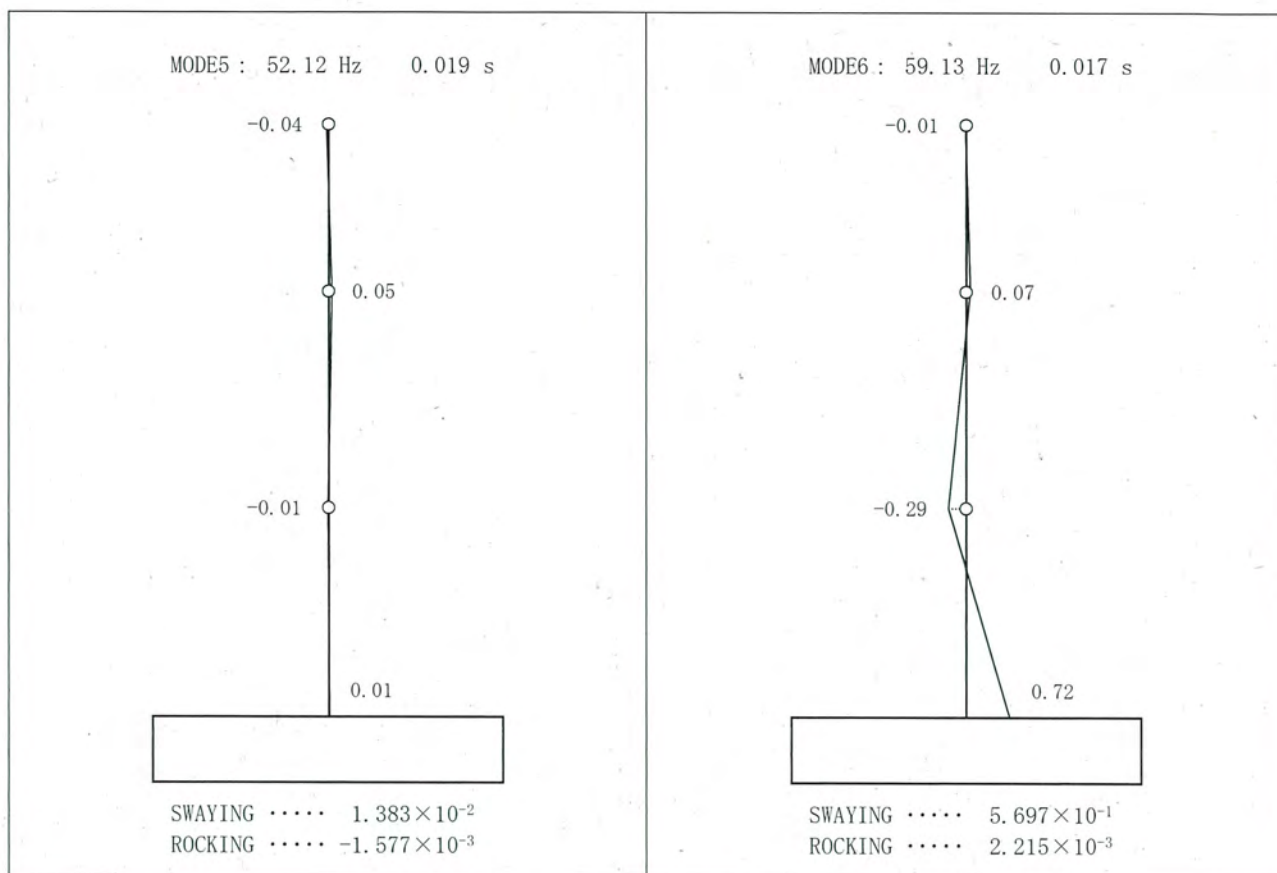
第4-3表 固有値解析結果（鉛直方向）

次数	固有周期(s)	固有振動数(Hz)	刺激係数 <sup>※</sup>	卓越モード
1	0.037	26.67	1.69	地盤連成
2	0.019	52.05	-0.99	—
3	0.013	76.79	0.41	—
4	0.011	91.73	-0.20	—

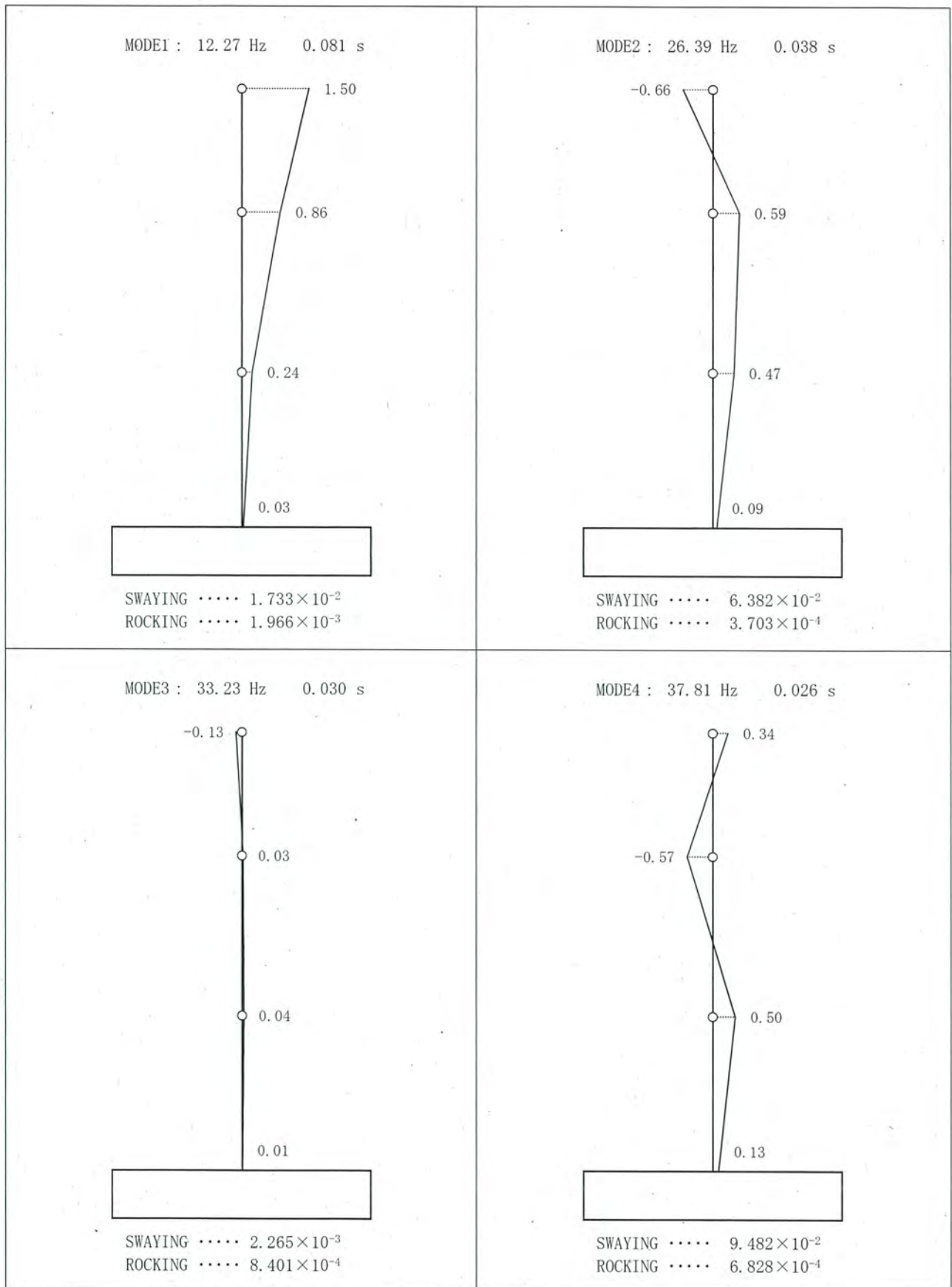
※：刺激係数は、各次の固有ベクトル {u} に対し、最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。



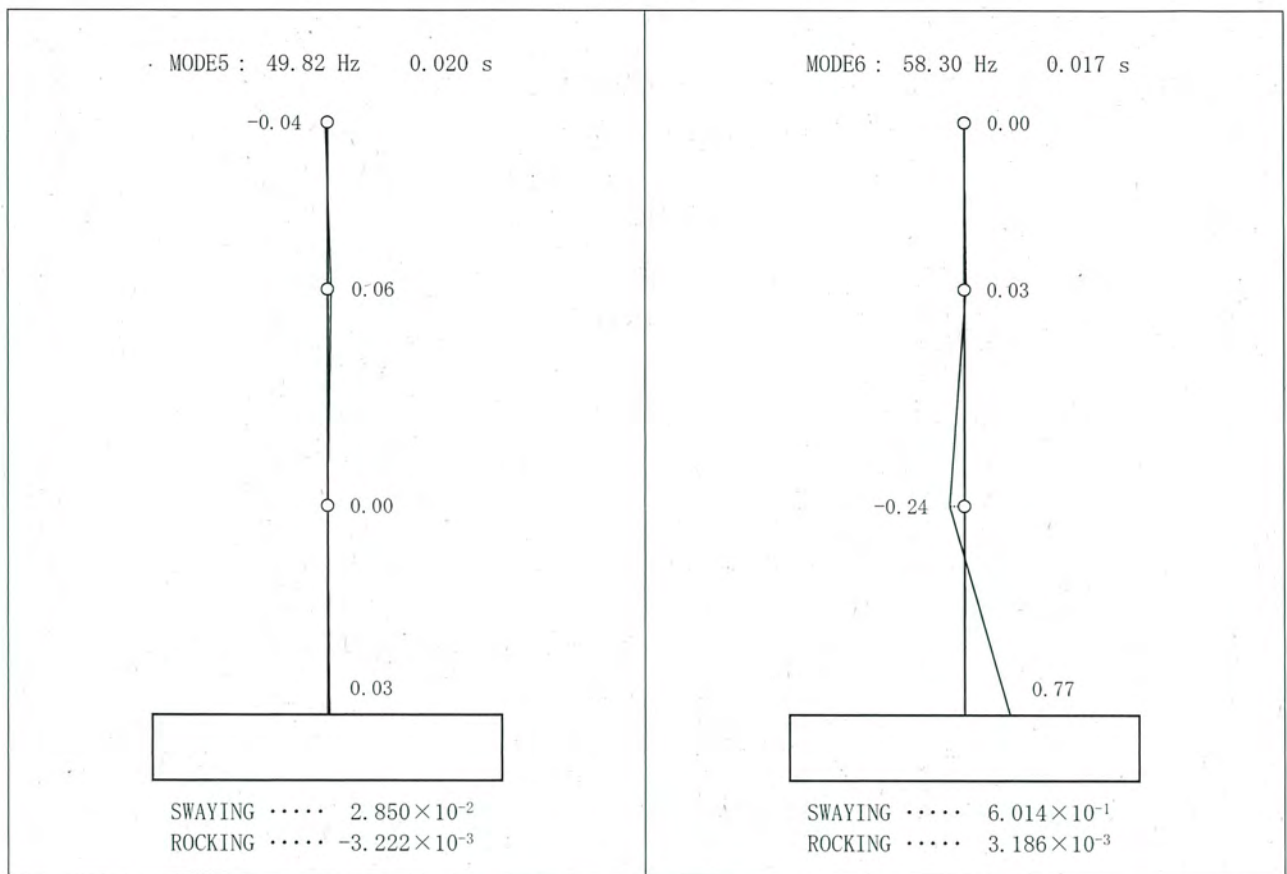
第 4-1 図 (1/2) 刺激関数図 EW 方向



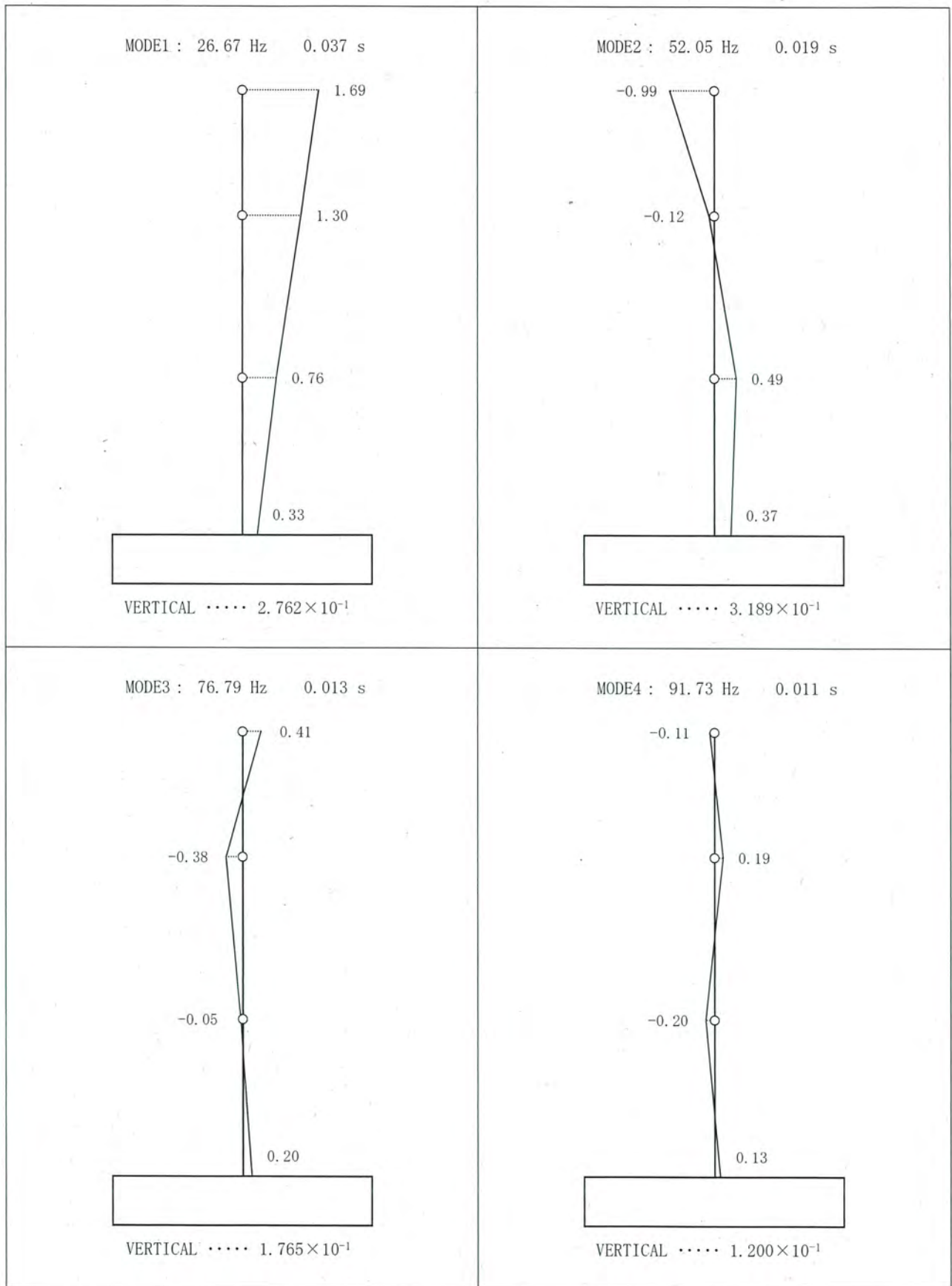
第 4-1 図 (2/2) 刺激関数図 EW 方向



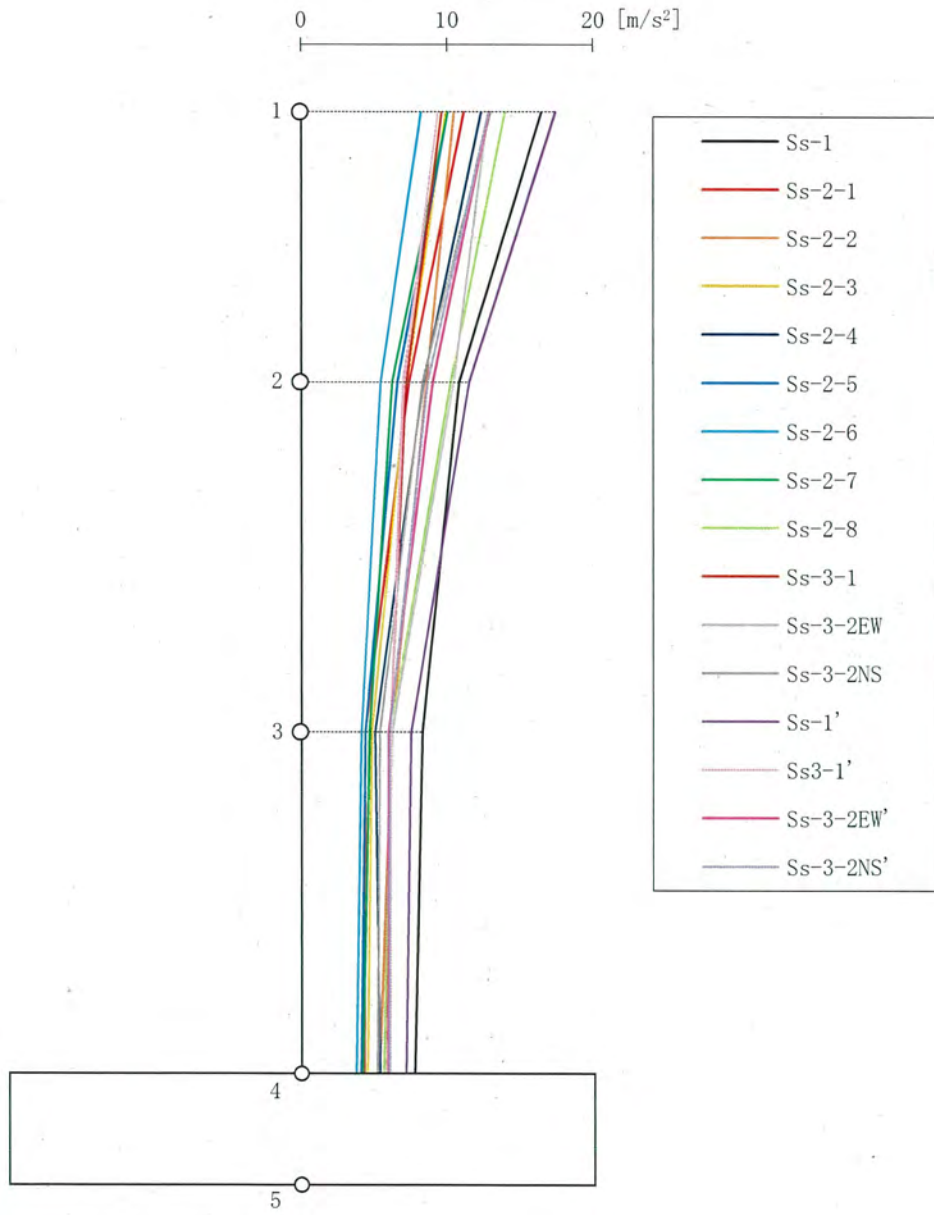
第 4-2 図 (1/2) 刺激関数図 NS 方向



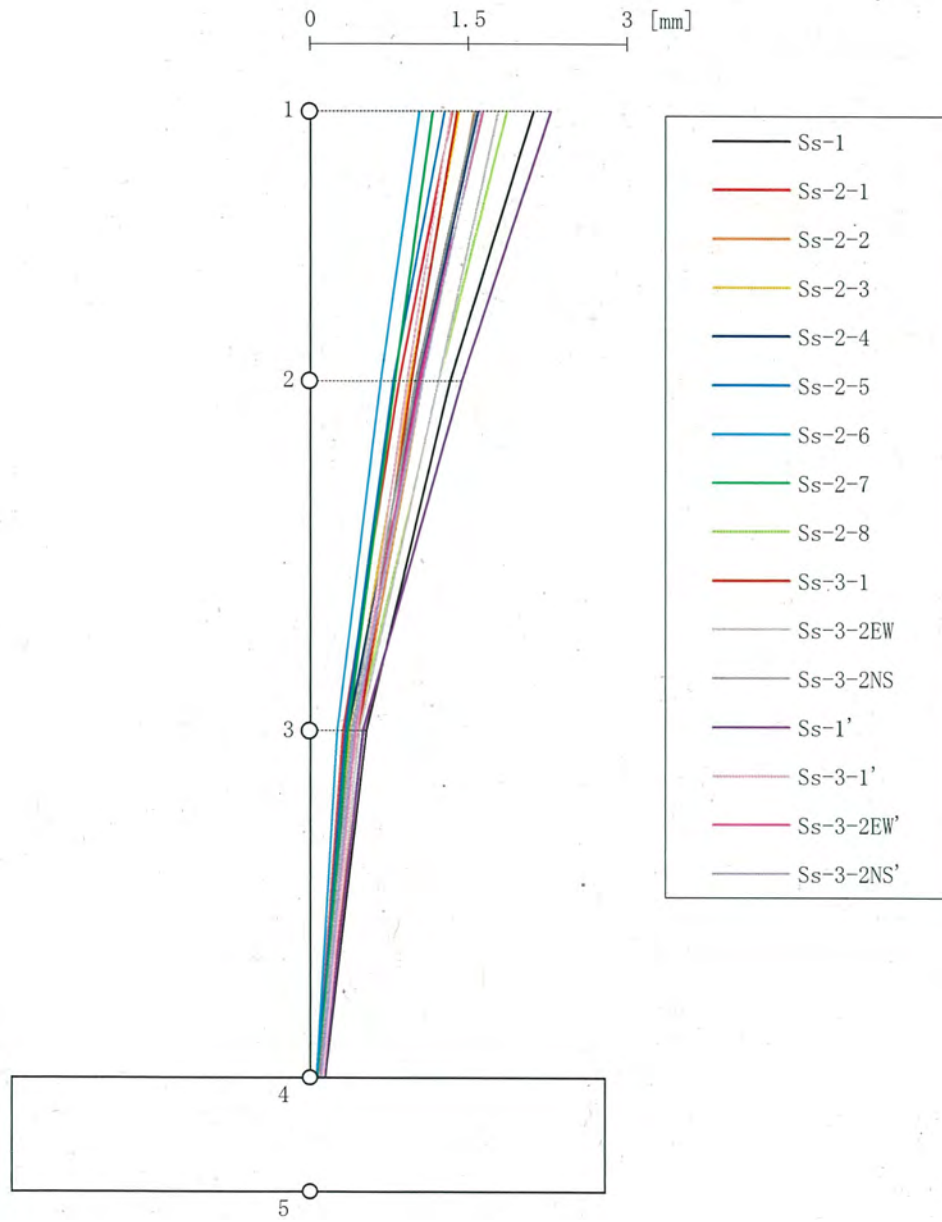
第 4-2 図 (2/2) 刺激関数図 NS 方向



第 4-3 図 刺激関数図 鉛直方向

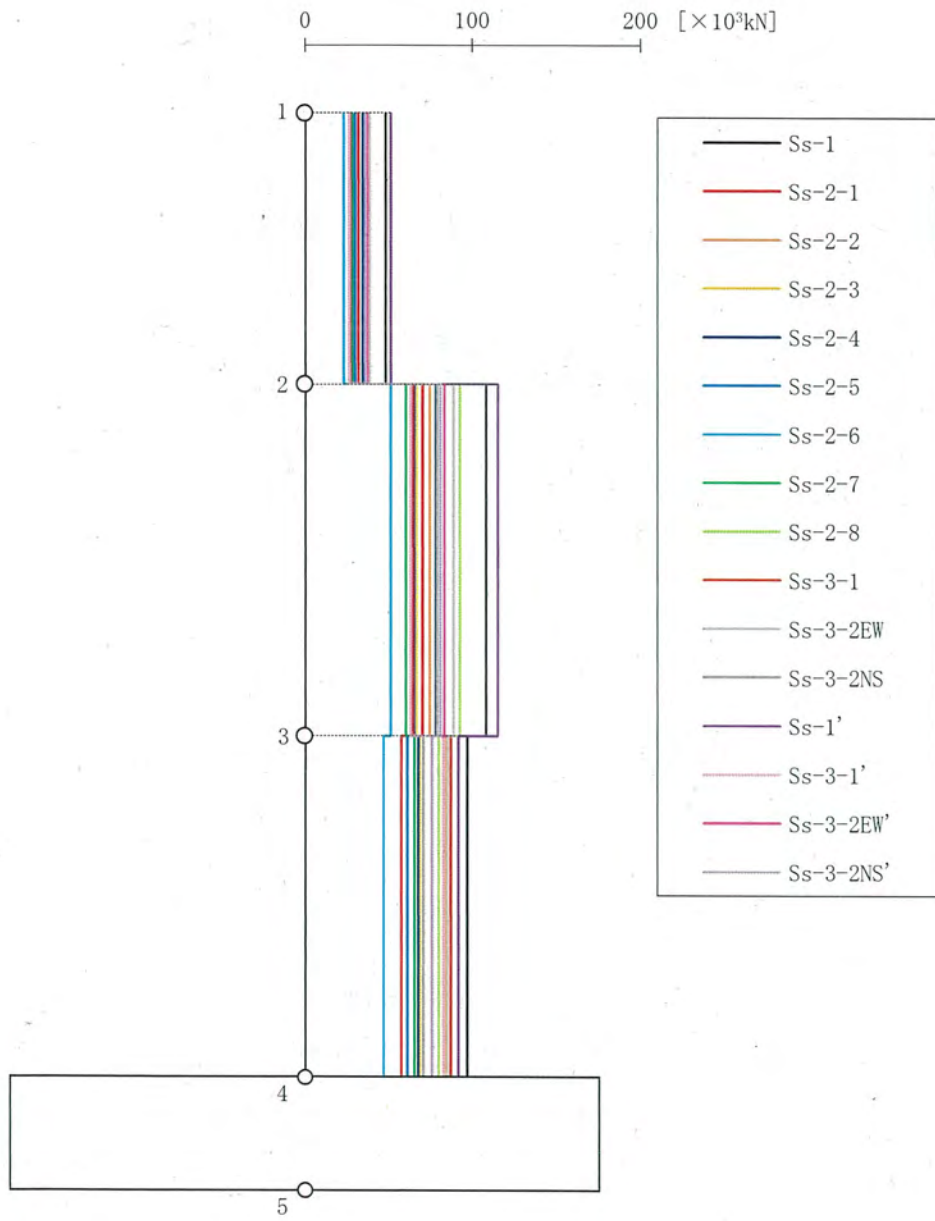


第4-4図 Ss 基本ケース EW方向 最大応答加速度

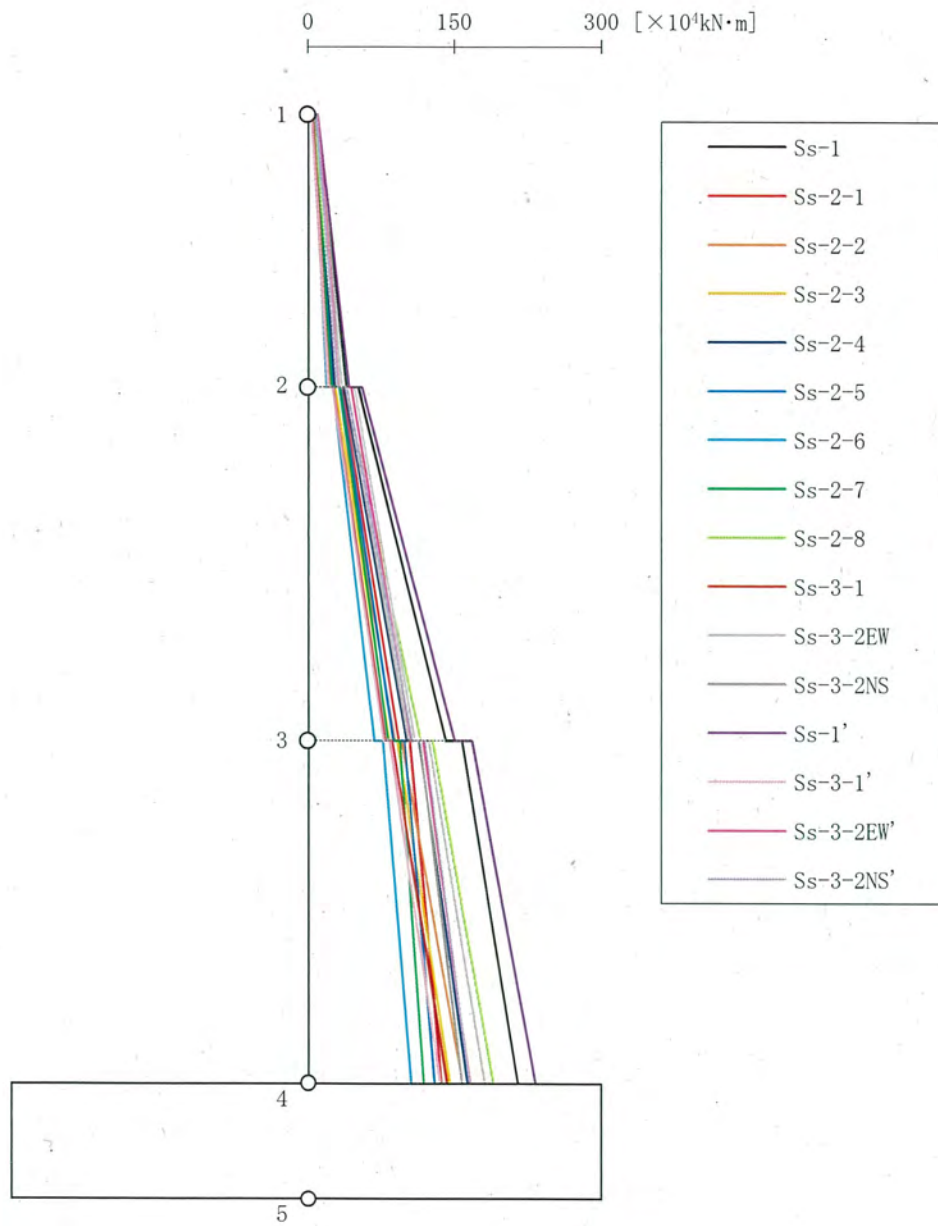


第 4-5 図 Ss 基本ケース EW 方向 最大応答変位

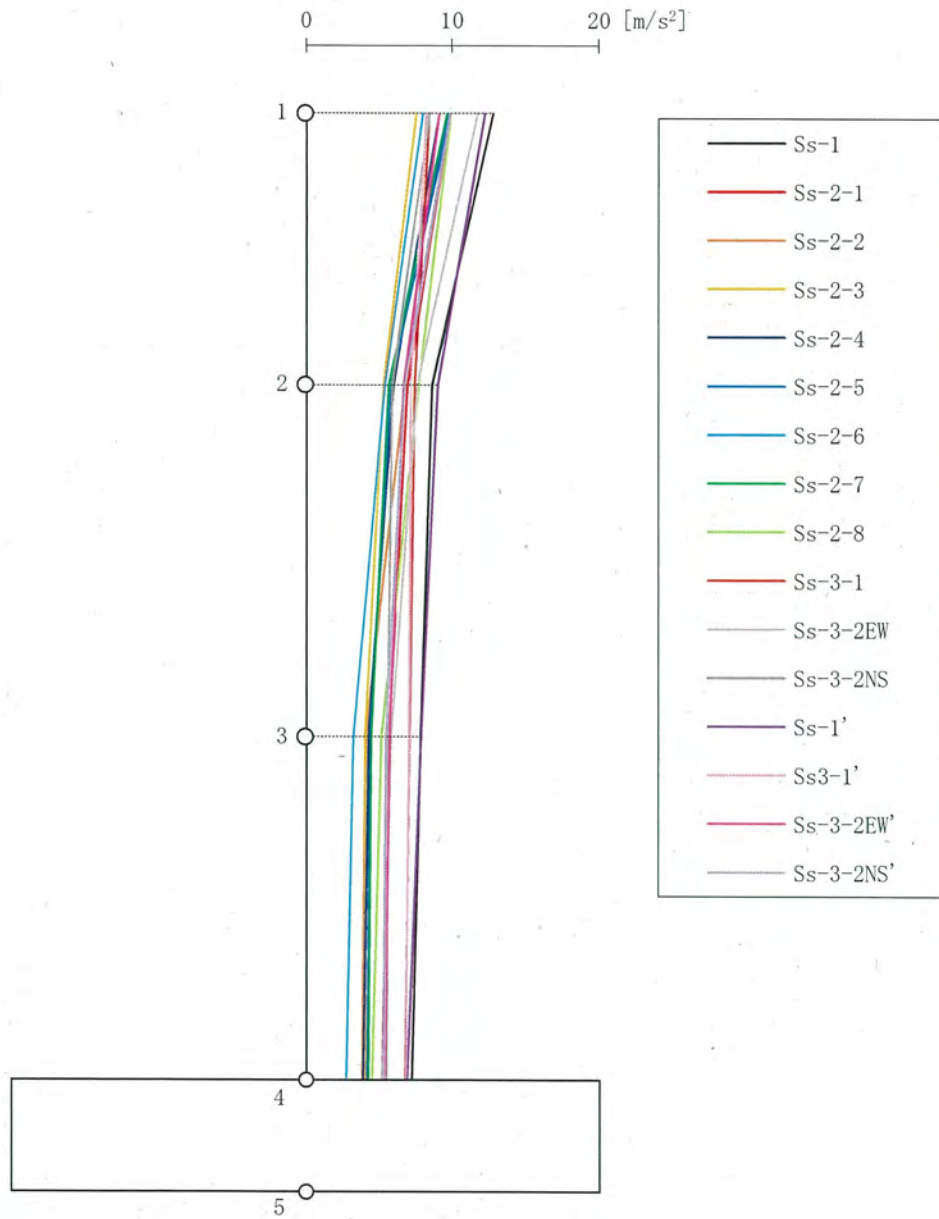




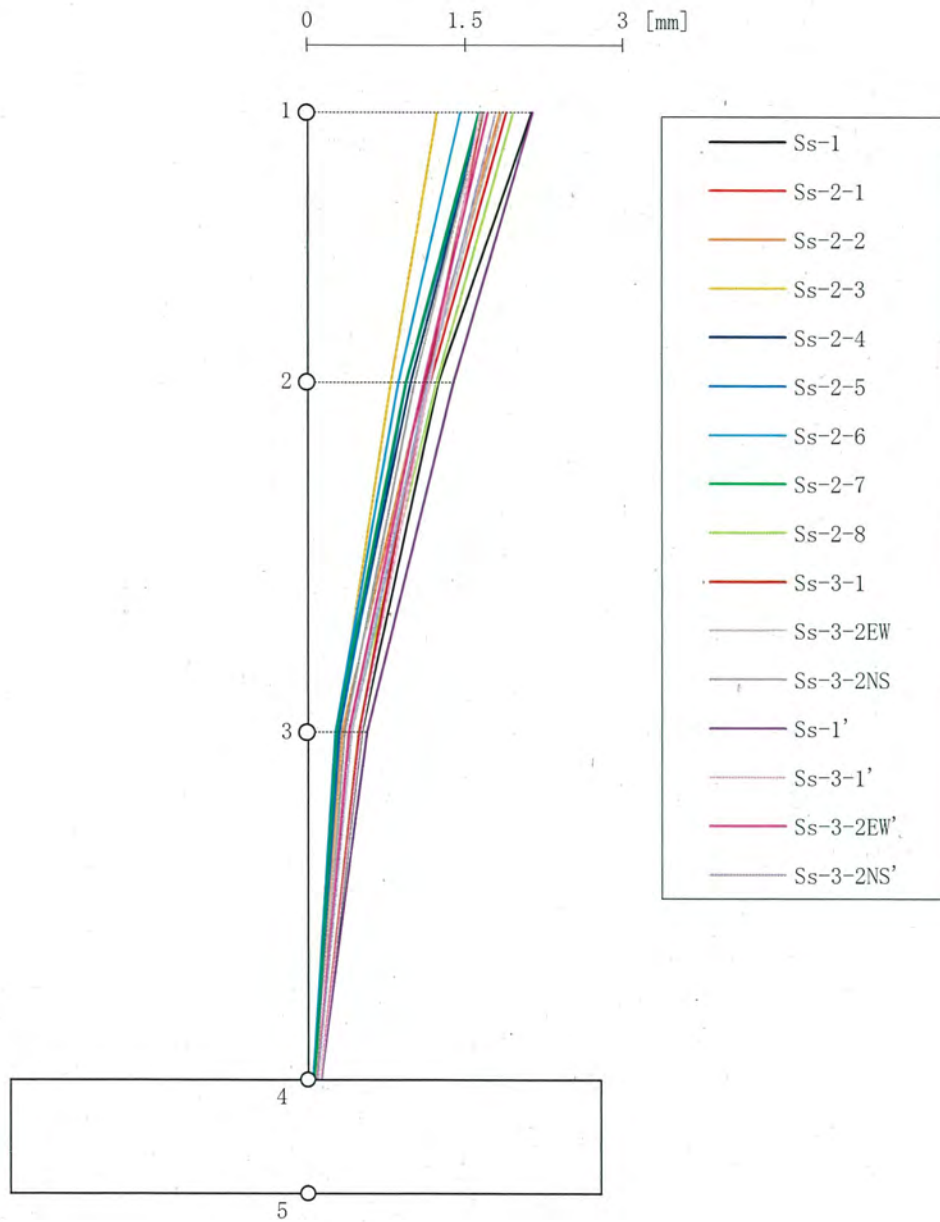
第 4-6 図 Ss 基本ケース EW 方向 最大応答せん断力



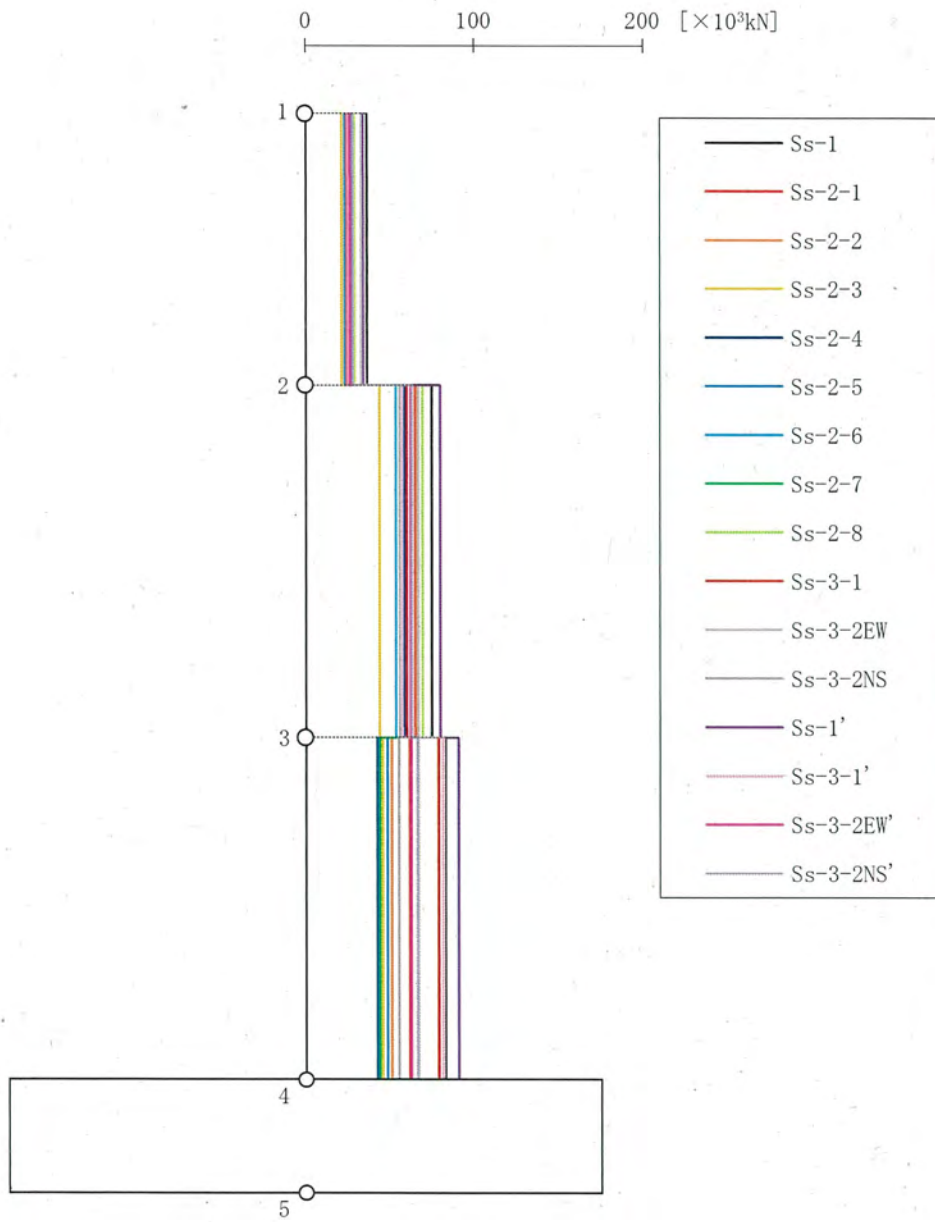
第 4-7 図 Ss 基本ケース EW 方向 最大応答曲げモーメント



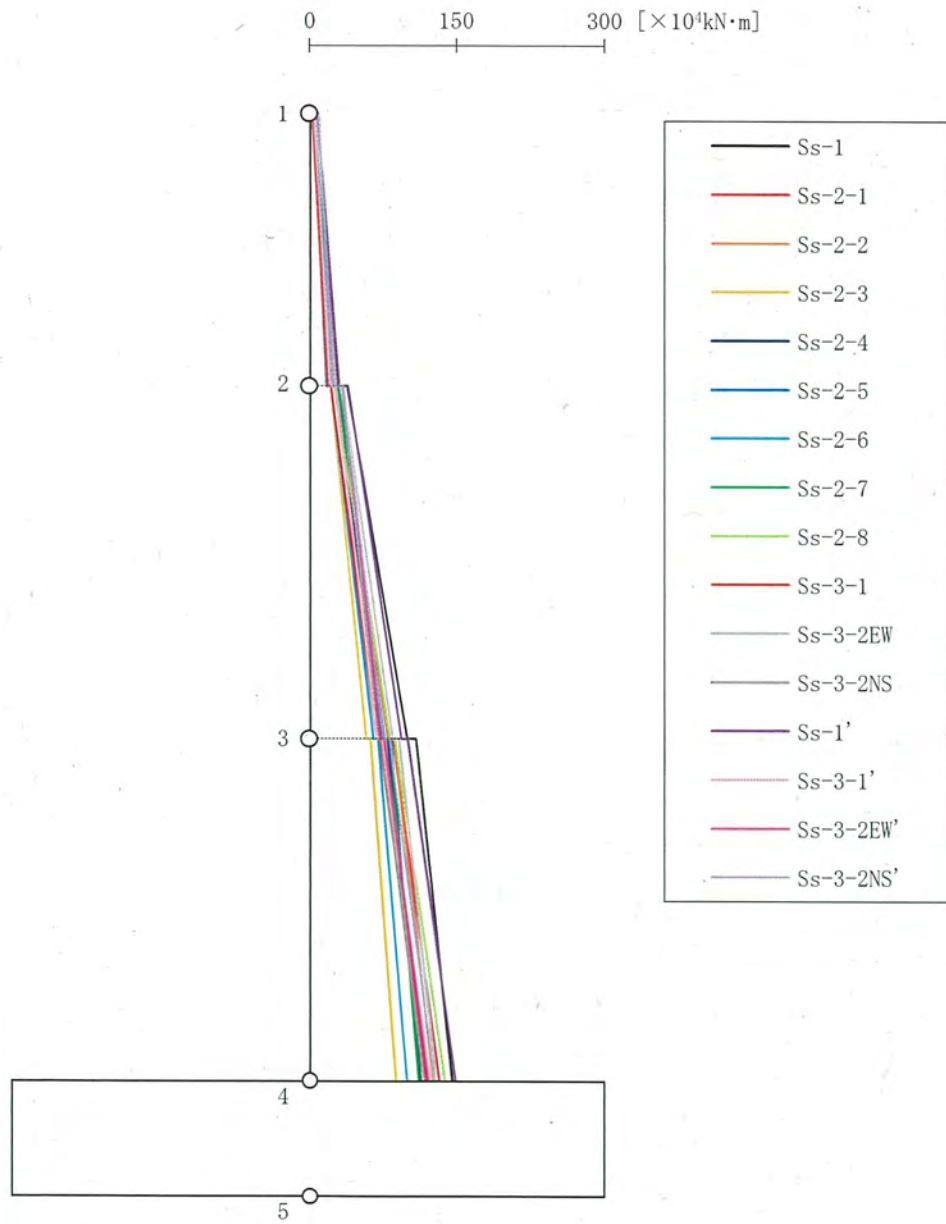
第4-8図 Ss 基本ケース NS方向 最大応答加速度



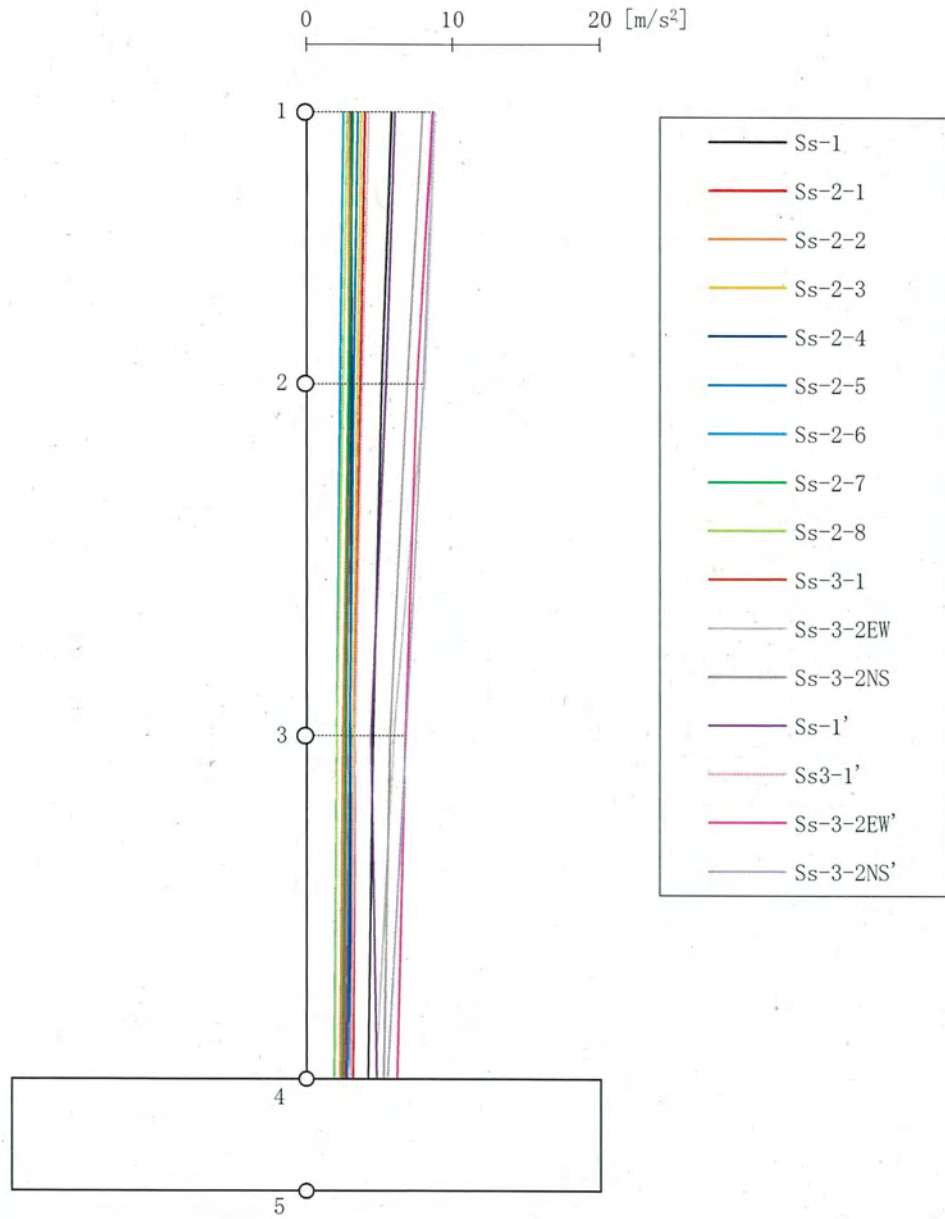
第 4-9 図 Ss 基本ケース NS 方向 最大応答変位



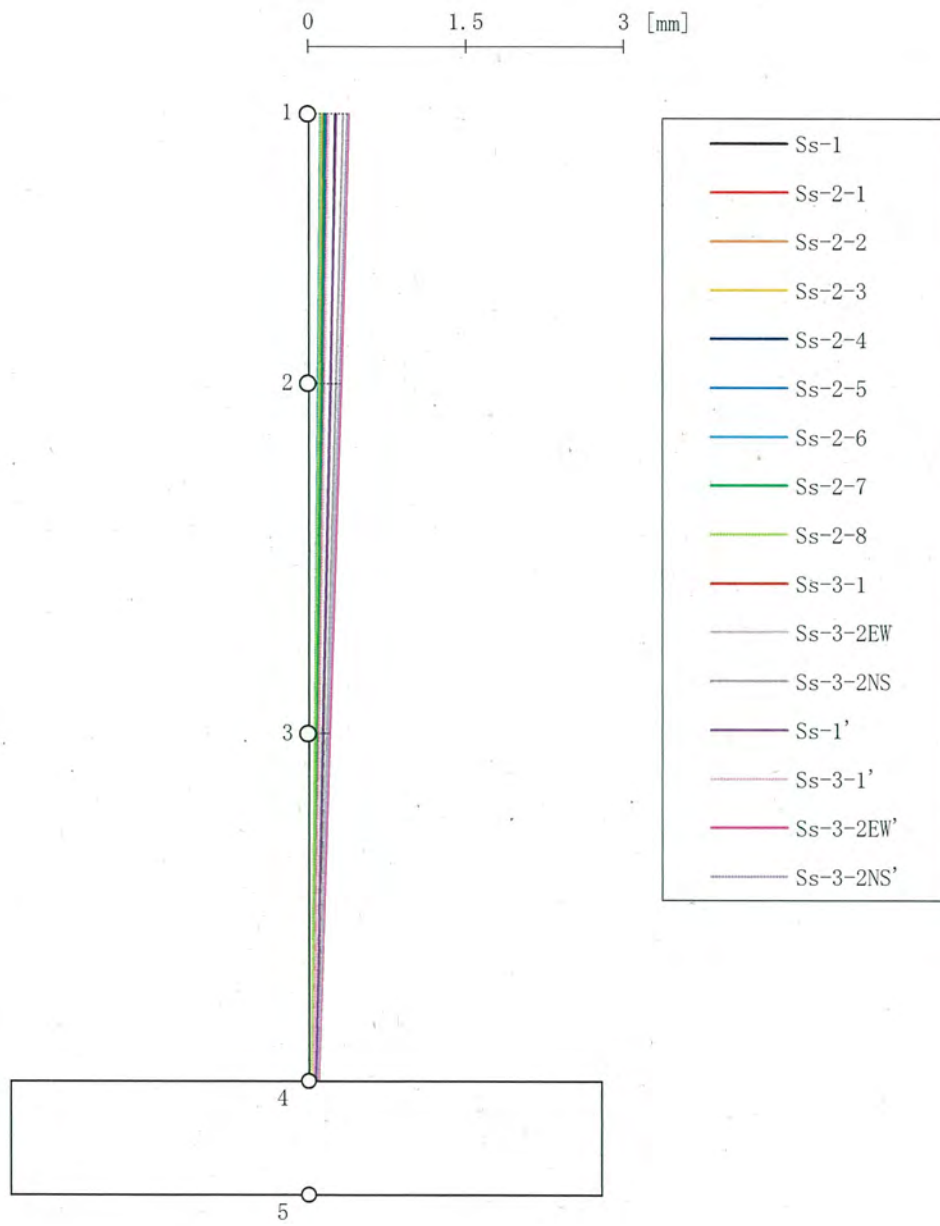
第 4-10 図 Ss 基本ケース NS 方向 最大応答せん断力



第4-11図 Ss 基本ケース NS方向 最大応答曲げモーメント

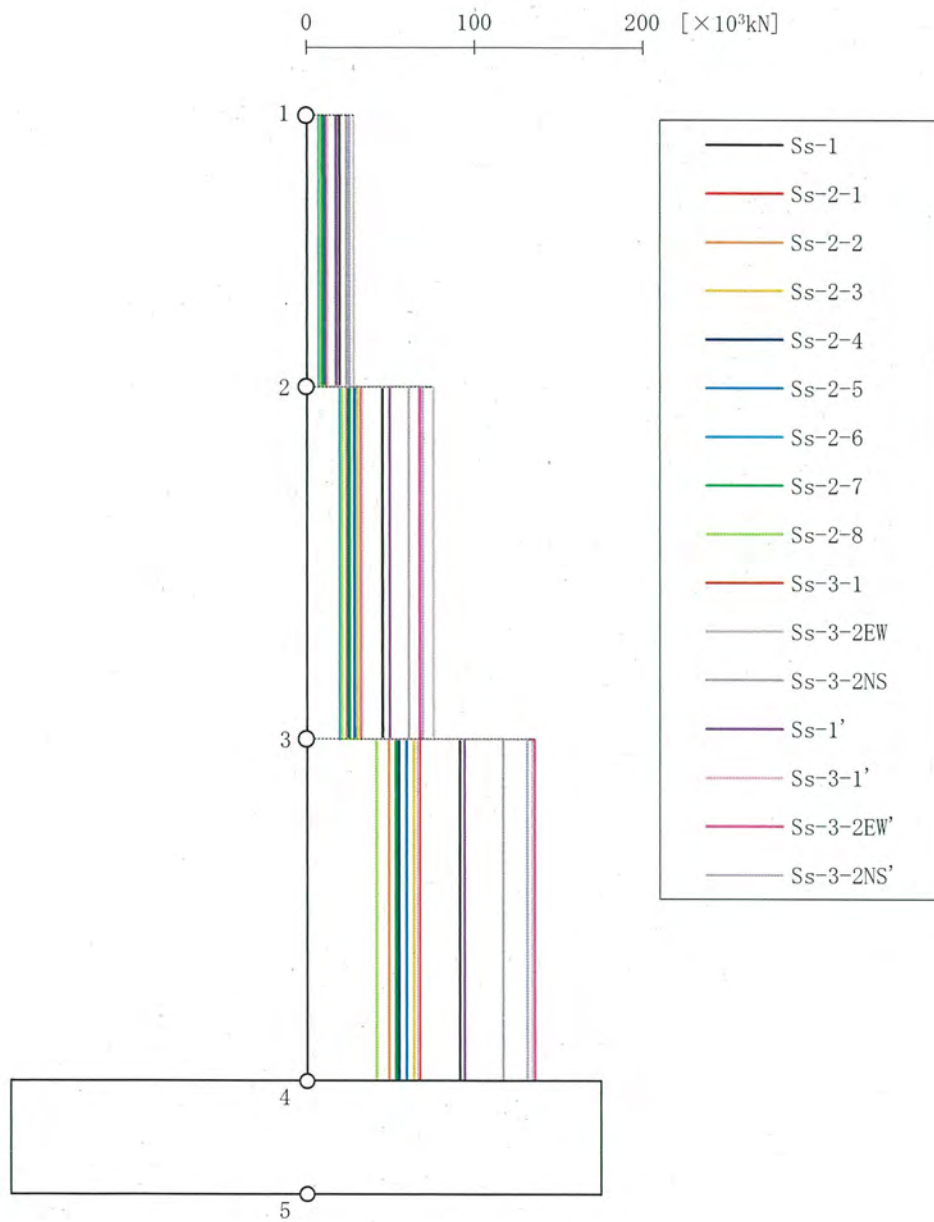


第 4-12 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答加速度

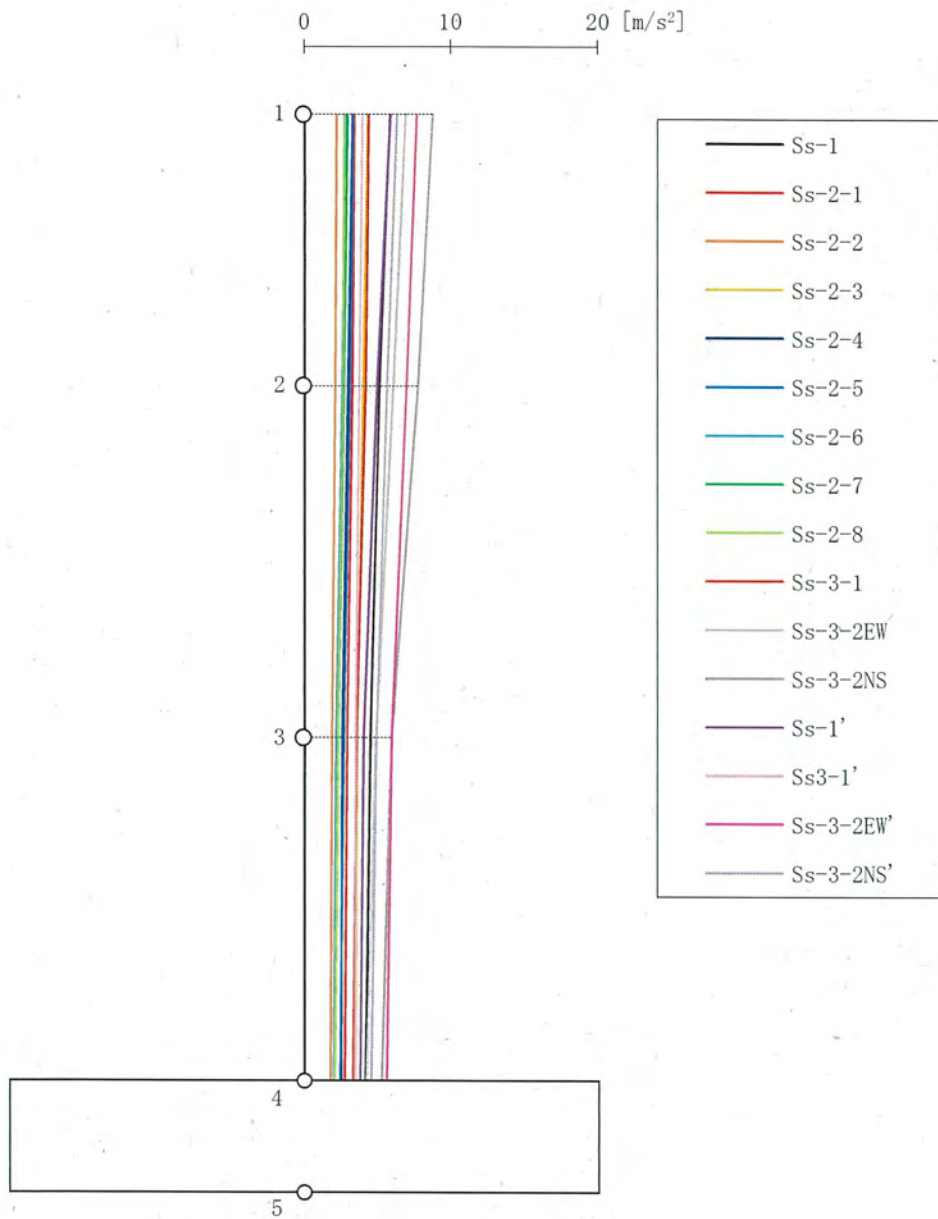


第 4-13 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答変位

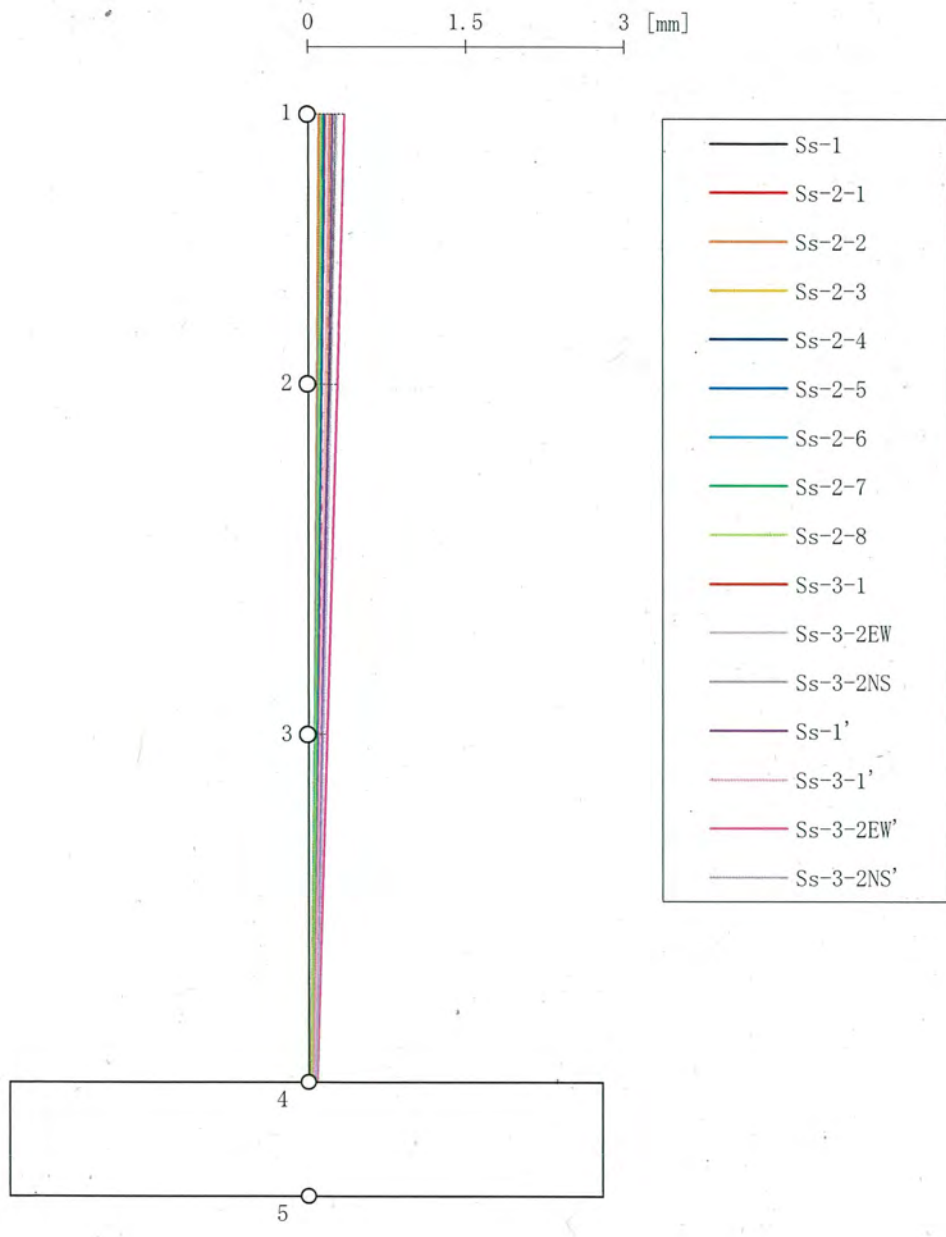




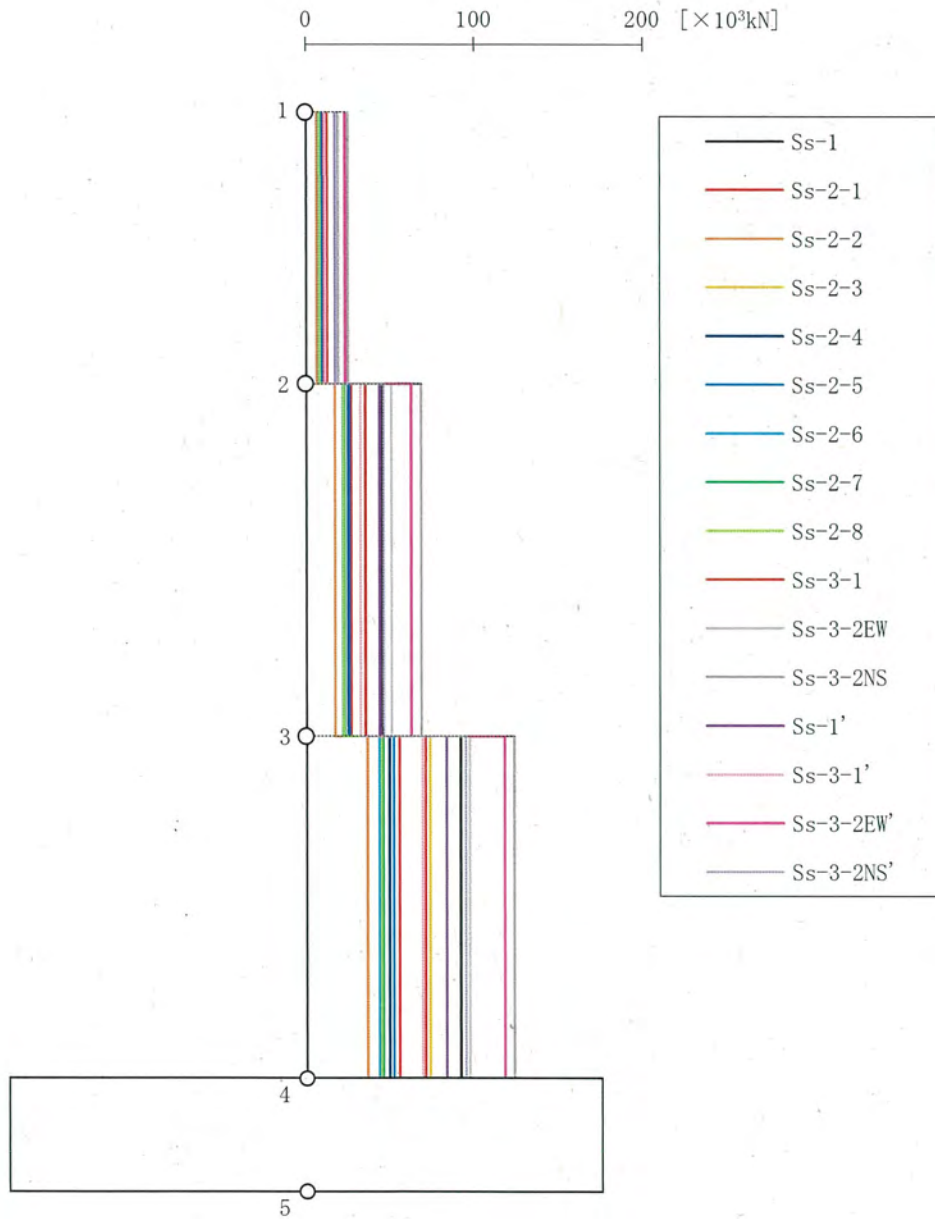
第 4-14 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答軸力



第 4-15 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答加速度



第 4-16 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答変位



第 4-17 図 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答軸力

第4-4表 Ss 基本ケース EW方向 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	16.47	11.16	10.51	9.97	12.35	8.24	10.09	10.07	13.99	9.66	12.83	12.97	9.42	12.87	12.84	17.46
	2	10.82	7.44	8.60	7.26	8.42	5.51	6.64	6.31	10.27	7.23	10.47	8.36	7.03	9.03	8.70	11.51
	3	8.32	4.45	6.27	4.88	5.11	4.44	4.16	4.74	6.15	6.16	6.26	5.43	6.20	6.04	6.09	8.32
基礎	4	7.81	4.33	5.41	4.55	5.44	4.13	4.13	4.24	5.72	5.90	5.95	5.29	6.14	6.00	6.05	7.81

第4-5表 Ss 基本ケース EW方向 最大応答変位

部位	質点番号	最大応答変位 (mm)															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	2.1	1.4	1.6	1.4	1.6	1.3	1.0	1.2	1.9	1.4	1.8	1.6	1.3	1.6	1.6	2.3
	2	1.3	0.8	1.1	0.9	1.0	0.8	0.7	0.8	1.2	1.0	1.2	1.0	0.9	1.0	1.1	1.4
	3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
基礎	4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2



第4-6表 Ss 基本ケース EW方向 最大応答せん断力

部位	部材番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	48.3	31.6	29.7	28.1	34.5	29.9	23.1	28.1	39.0	26.8	39.0	36.0	51.5	37.3	36.1	51.5
	2	108.4	70.6	74.8	66.9	78.4	65.6	51.3	60.4	92.8	64.9	89.2	79.4	115.4	83.7	81.3	115.4
	3	97.3	57.6	83.9	68.9	68.0	61.5	47.0	65.7	80.2	87.2	85.3	71.2	91.9	76.2	76.6	97.3
基礎底面	-	194.7	103.1	138.8	120.8	142.5	106.0	88.9	113.4	119.2	170.5	139.8	123.8	186.6	137.3	141.4	194.7

第4-7表 Ss 基本ケース EW方向 最大応答曲げモーメント

部位	部材番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>3</sup> kN・m)															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1U	9.9	6.8	5.5	6.0	6.8	6.2	5.4	6.2	5.9	5.0	10.1	8.9	10.0	9.8	9.0	10.1
	1D	39.5	26.2	22.3	22.2	28.3	25.1	19.4	24.2	30.7	21.1	34.9	29.5	42.2	31.6	30.3	42.2
	2U	51.7	34.5	27.8	28.0	36.7	33.4	25.6	32.7	38.9	25.9	47.5	38.8	55.4	44.3	40.0	55.4
基礎底面	2D	141.4	93.0	89.1	83.5	101.7	87.7	68.0	82.5	115.7	79.6	109.8	103.7	150.8	106.6	107.3	150.8
	3U	158.2	104.4	95.9	91.7	113.8	99.2	77.1	94.4	127.8	86.3	124.3	114.8	168.8	118.1	120.1	168.8
	3D	215.5	137.5	159.2	146.0	164.0	130.2	106.6	119.1	190.5	143.1	181.9	158.9	233.7	166.5	166.3	233.7
基礎底面	-	241.0	154.8	192.7	172.7	187.1	143.3	122.0	143.0	220.3	175.7	213.9	183.4	262.2	188.4	192.6	262.2

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。

第4-8表 Ss 基本ケース NS方向 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	12.83	9.91	9.90	7.60	9.18	9.91	8.04	9.74	9.98	8.49	11.78	8.50	12.28	9.18	9.90	12.83
	2	8.69	6.97	6.80	5.33	6.03	5.84	5.45	5.70	7.75	7.48	7.66	5.93	9.08	6.72	6.78	9.08
	3	7.89	5.72	4.10	4.08	4.31	4.42	3.28	4.51	5.21	7.16	5.87	5.63	7.93	5.73	5.51	7.93
基礎	4	7.31	5.25	3.86	4.07	3.95	4.22	2.81	4.29	4.56	6.85	5.29	5.56	6.99	5.45	5.34	7.31

第4-9表 Ss 基本ケース NS方向 最大応答変位

部位	質点番号	最大応答変位 (mm)															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	2.1	1.9	1.8	1.2	1.7	1.6	1.5	1.6	2.0	1.7	1.9	1.7	2.1	1.7	1.8	2.1
	2	1.2	1.2	1.1	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	1.2	1.1	1.1	1.0	1.4	1.1	1.1	1.4
	3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6
基礎	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1



第4-10表 Ss 基本ケース NS方向 最大応答せん断力

部位	部材番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)														最大値	
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'		Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1	36.3	28.7	28.7	21.5	26.8	28.0	23.3	27.7	28.6	24.3	32.9	25.5	34.0	26.0	27.7	36.3
	2	74.7	64.9	65.7	43.7	58.8	57.0	53.4	56.4	69.5	59.7	66.8	55.7	80.0	61.9	62.7	80.0
	3	82.8	61.3	50.7	45.3	42.2	48.3	43.2	43.6	66.8	78.8	65.9	55.2	90.8	62.2	66.7	90.8
基礎底面	-	169.4	129.4	86.7	101.1	90.6	90.0	70.6	92.3	111.8	164.5	129.1	135.1	179.0	125.6	130.6	179.0

第4-11表 Ss 基本ケース NS方向 最大応答曲げモーメント

部位	部材番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>3</sup> kN・m)														最大値	
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'		Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1U	7.9	4.3	3.7	4.7	4.6	5.2	3.9	5.1	4.1	3.3	8.7	9.4	8.3	8.8	9.1	9.4
	1D	30.0	22.0	21.7	17.1	20.7	23.0	17.5	22.8	21.1	18.4	26.0	22.8	29.3	24.8	24.3	30.0
	2U	38.3	26.8	26.5	21.8	25.6	29.6	21.7	29.3	24.9	21.9	32.9	32.9	39.4	34.0	33.7	39.4
基礎底面	2D	100.1	80.4	80.9	57.9	74.3	76.5	65.5	75.5	82.5	68.7	85.4	69.1	94.3	72.3	75.7	100.1
	3U	109.1	85.5	86.3	62.6	79.6	83.0	70.0	82.0	87.2	71.7	91.6	73.2	100.4	75.9	81.6	109.1
	3D	146.5	133.6	127.2	89.0	113.6	112.4	100.2	112.1	139.4	119.2	129.8	117.4	150.1	121.3	128.3	150.1
基礎底面	-	171.8	157.4	146.3	107.4	129.4	125.2	113.8	124.9	166.2	152.7	151.9	139.4	189.7	145.0	156.4	189.7

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。



第 4-12 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答加速度

部位	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )												最大値			
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS		Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1	5.86	3.09	3.00	3.79	3.14	3.54	2.58	3.24	2.83	4.04	8.84	8.00	6.10	8.69	8.78	8.84
	2	5.19	3.01	2.89	3.50	3.09	3.24	2.35	2.94	2.55	3.69	8.11	6.96	5.49	7.60	8.05	8.11
	3	4.61	2.74	2.54	3.21	3.02	3.00	2.12	2.70	2.12	3.37	6.04	5.76	4.48	6.83	6.87	6.87
基礎	4	4.28	2.63	2.35	3.15	3.02	2.81	1.95	2.51	1.98	3.23	4.79	5.36	4.86	6.28	5.61	6.28

第 4-13 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答変位

部位	質点 番号	最大応答変位 (mm)												最大値			
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS		Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4
	2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
基礎	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

第 4-14 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答軸力

部位	部材 番号	最大応答軸力 ( $\times 10^3\text{kN}$ )															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	19.6	9.4	8.6	11.2	9.1	10.5	7.4	9.6	8.1	12.0	28.3	24.1	17.7	25.7	25.8	28.3
	2	45.3	25.6	24.0	30.2	25.0	28.7	20.0	25.8	21.2	32.6	75.3	60.9	49.5	67.1	69.1	75.3
	3	90.9	53.0	48.8	63.7	54.8	59.4	41.7	53.2	41.8	67.2	134.9	117.3	94.0	136.0	131.9	136.0
基礎底面	—	161.3	94.7	86.7	114.3	104.5	105.6	74.3	94.3	72.3	117.5	203.7	201.3	153.9	237.5	224.2	237.5

第 4-15 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )												最大値			
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS		Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1	5.88	3.44	2.24	4.37	3.33	3.35	2.83	2.98	2.77	4.42	6.94	8.81	5.89	7.69	6.35	8.81
	2	5.14	3.30	2.13	4.04	3.01	3.11	2.64	2.75	2.65	4.20	6.09	7.80	4.98	6.98	5.67	7.80
基礎	3	4.53	2.94	1.92	3.66	2.59	2.69	2.20	2.34	2.30	3.59	4.94	5.95	4.08	5.98	4.97	5.98
	4	4.19	2.78	1.82	3.49	2.55	2.47	2.05	2.11	2.12	3.32	4.26	5.31	3.83	5.63	4.59	5.63

第 4-16 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答変位

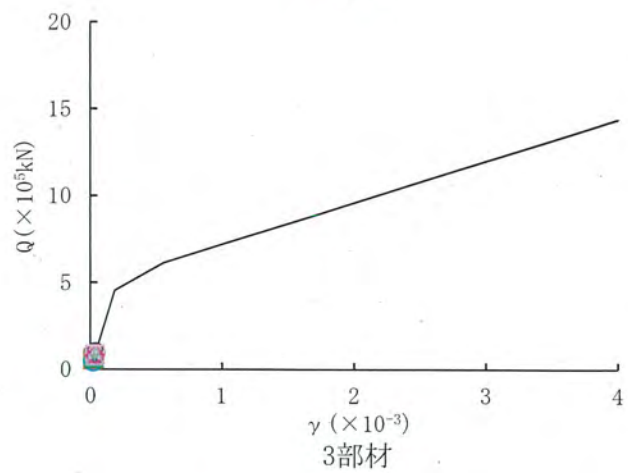
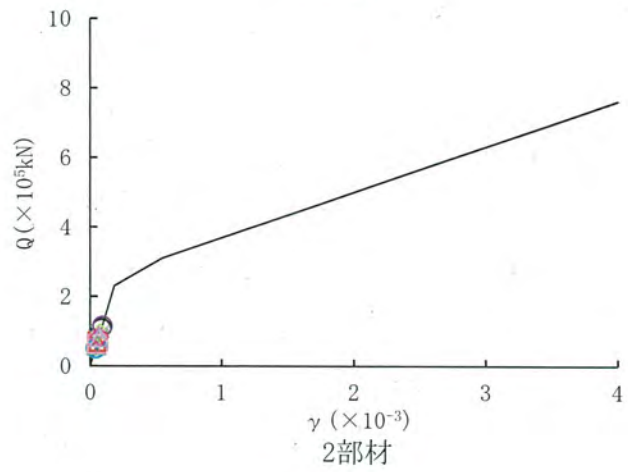
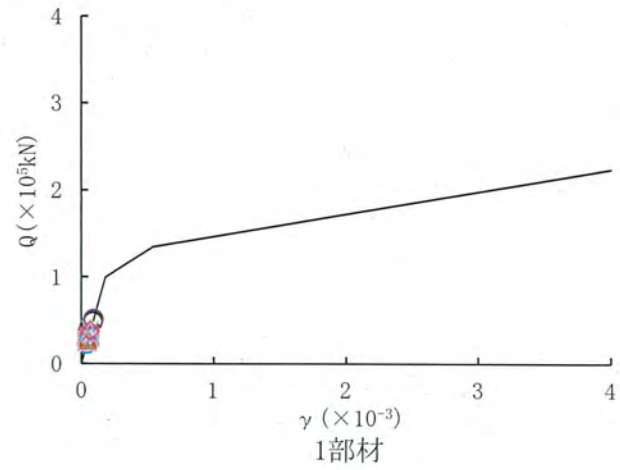
部位	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値			
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS		Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'
上部 構造物	1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4
	2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
基礎	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

第 4-17 表 Ss 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答軸力

部位	部材 番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)															
		Ss-1	Ss-2-1	Ss-2-2	Ss-2-3	Ss-2-4	Ss-2-5	Ss-2-6	Ss-2-7	Ss-2-8	Ss-3-1	Ss-3-2 EW	Ss-3-2 NS	Ss-3-1'	Ss-3-2 EW'	Ss-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	18.6	9.8	6.6	13.0	9.5	9.4	7.9	8.4	8.2	12.5	19.7	25.1	17.9	23.3	18.0	25.1
	2	45.5	26.9	17.5	35.4	25.1	25.7	21.9	22.8	22.2	35.4	51.2	68.8	44.1	62.8	46.6	68.8
	3	91.9	55.7	36.6	74.0	49.8	52.2	43.7	46.0	45.0	71.2	97.2	123.6	83.5	117.9	94.9	123.6
基礎底面	—	161.6	101.3	66.7	131.5	89.3	92.7	75.8	80.8	78.8	123.7	164.6	203.5	144.9	208.6	170.2	208.6

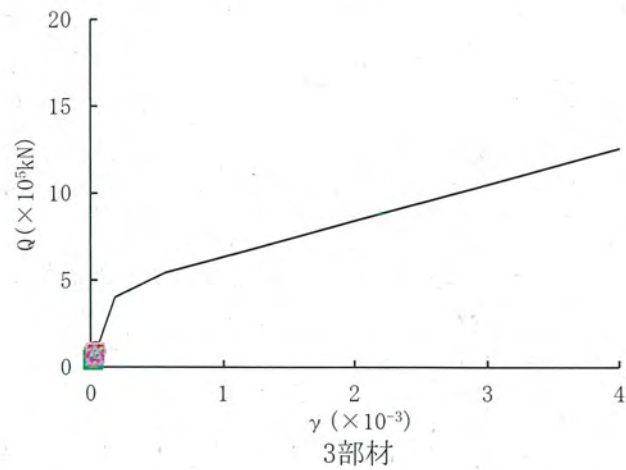
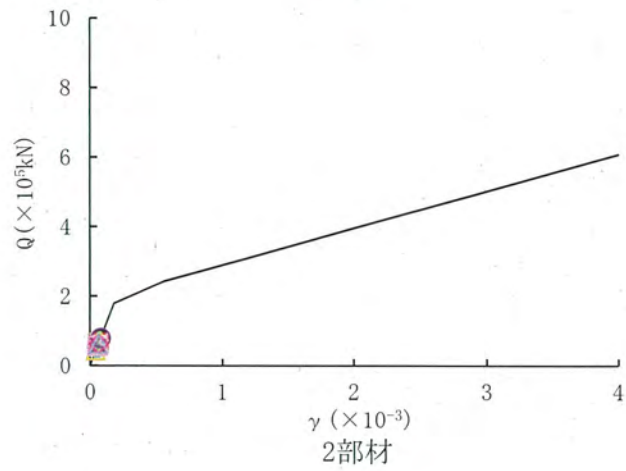
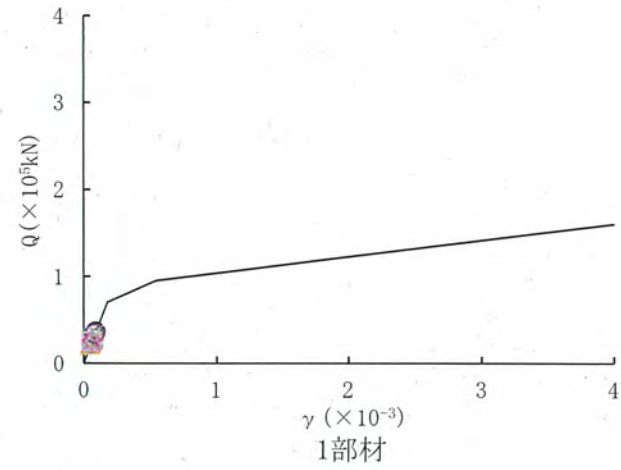


○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



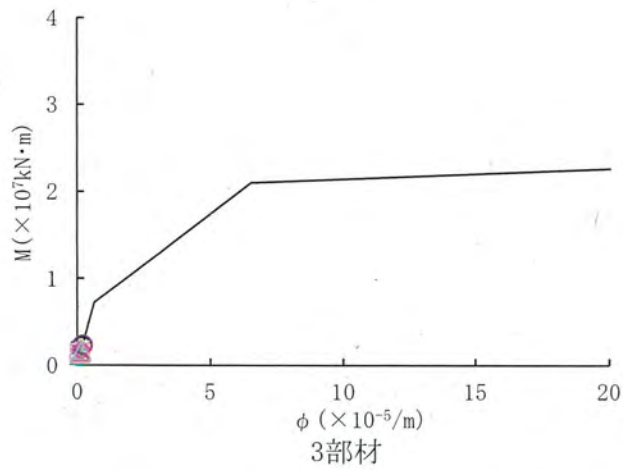
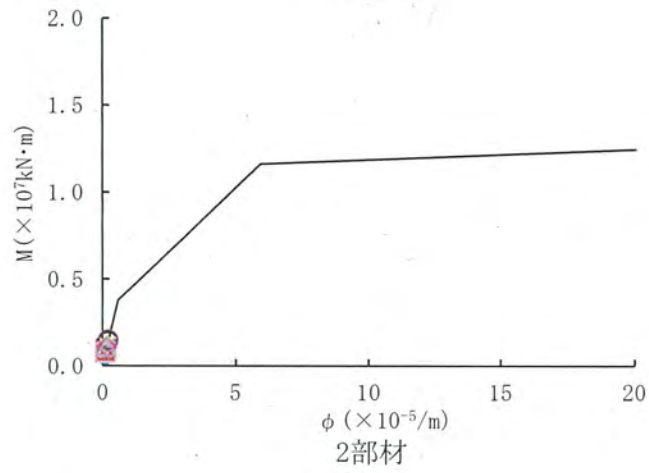
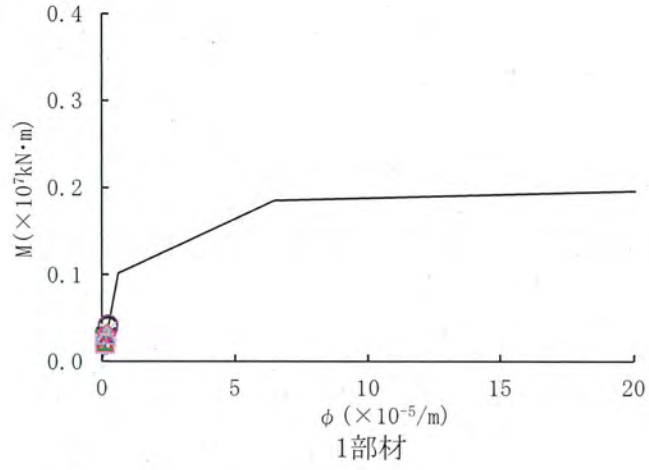
第 4-18 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース EW 方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



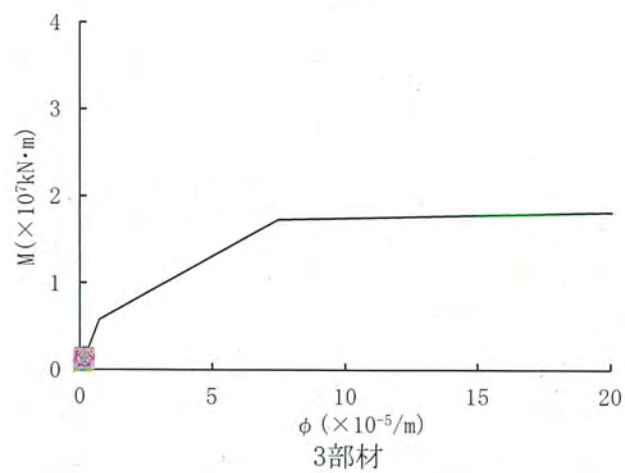
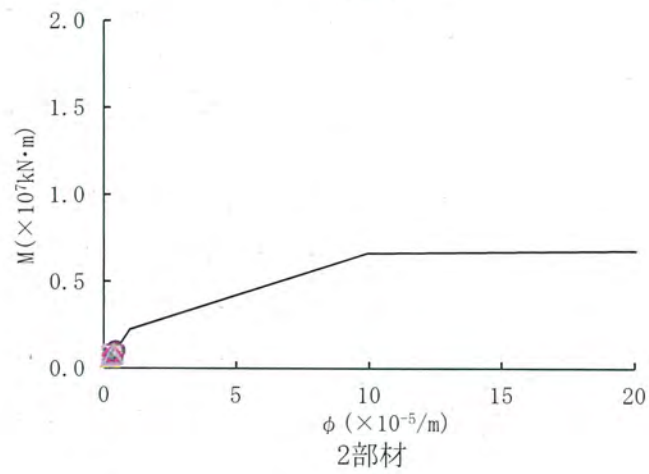
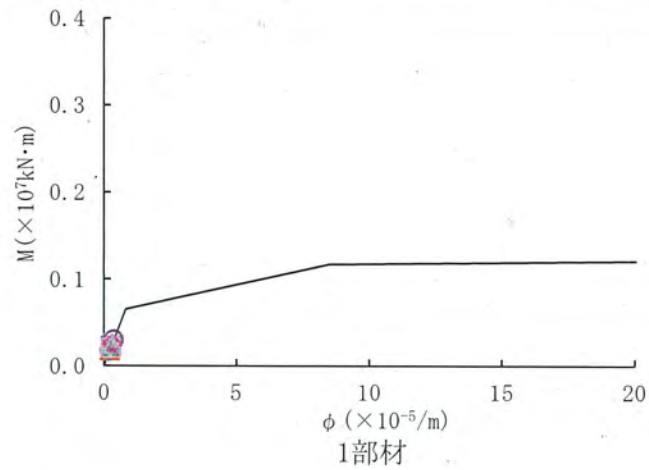
第 4-19 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース NS 方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



第4-20図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース EW 方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



第4-21図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース NS方向)



第4-18表 (1/2) 浮上り検討 Ss 基本ケース EW方向

地震動		浮上り 限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最大転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss	Ss-1	2.35	2.41	98.8
	Ss-2-1		1.55	100.0
	Ss-2-2		1.93	100.0
	Ss-2-3		1.73	100.0
	Ss-2-4		1.87	100.0
	Ss-2-5		1.43	100.0
	Ss-2-6		1.22	100.0
	Ss-2-7		1.43	100.0
	Ss-2-8		2.20	100.0
	Ss-3-1		1.76	100.0
	Ss-3-2EW		2.14	100.0
	Ss-3-2NS		1.83	100.0
	Ss-1'		2.62	94.3
	Ss-3-1'		1.67	100.0
	Ss-3-2EW'		1.88	100.0
	Ss-3-2NS'		1.93	100.0

第4-18表 (2/2) 浮上り検討 Ss 基本ケース NS方向

地震動		浮上り 限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最大転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Ss	Ss-1	1.93	1.72	100.0
	Ss-2-1		1.57	100.0
	Ss-2-2		1.46	100.0
	Ss-2-3		1.07	100.0
	Ss-2-4		1.29	100.0
	Ss-2-5		1.25	100.0
	Ss-2-6		1.14	100.0
	Ss-2-7		1.25	100.0
	Ss-2-8		1.66	100.0
	Ss-3-1		1.53	100.0
	Ss-3-2EW		1.52	100.0
	Ss-3-2NS		1.39	100.0
	Ss-1'		1.90	100.0
	Ss-3-1'		1.61	100.0
	Ss-3-2EW'		1.45	100.0
	Ss-3-2NS'		1.56	100.0

第 4-19 表 (1/2) 最大接地圧 S<sub>s</sub> 基本ケース

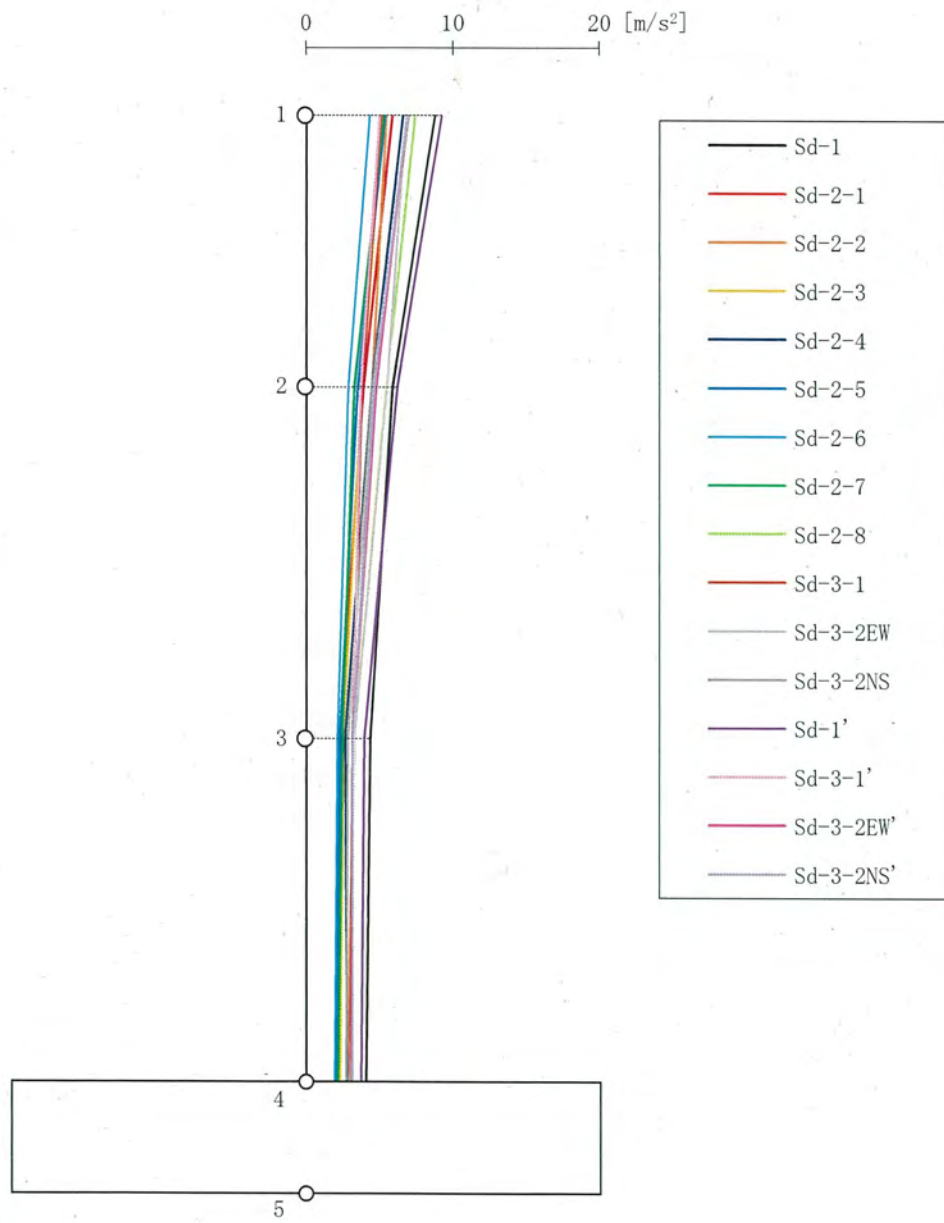
地震動	方向		最大接地圧※ (kN/m <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -1	EW	鉛直上向き	433
		鉛直下向き	514
	NS	鉛直上向き	395
		鉛直下向き	483
S <sub>s</sub> -2-1	EW	鉛直上向き	359
		鉛直下向き	411
	NS	鉛直上向き	393
		鉛直下向き	449
S <sub>s</sub> -2-2	EW	鉛直上向き	398
		鉛直下向き	446
	NS	鉛直上向き	390
		鉛直下向き	426
S <sub>s</sub> -2-3	EW	鉛直上向き	371
		鉛直下向き	434
	NS	鉛直上向き	325
		鉛直下向き	398
S <sub>s</sub> -2-4	EW	鉛直上向き	388
		鉛直下向き	446
	NS	鉛直上向き	363
		鉛直下向き	412
S <sub>s</sub> -2-5	EW	鉛直上向き	344
		鉛直下向き	403
	NS	鉛直上向き	357
		鉛直下向き	408
S <sub>s</sub> -2-6	EW	鉛直上向き	332
		鉛直下向き	373
	NS	鉛直上向き	348
		鉛直下向き	390
S <sub>s</sub> -2-7	EW	鉛直上向き	347
		鉛直下向き	399
	NS	鉛直上向き	360
		鉛直下向き	405

※：最大接地圧は、組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により算定した最大値を示す。

第 4-19 表 (2/2) 最大接地圧 S<sub>s</sub> 基本ケース

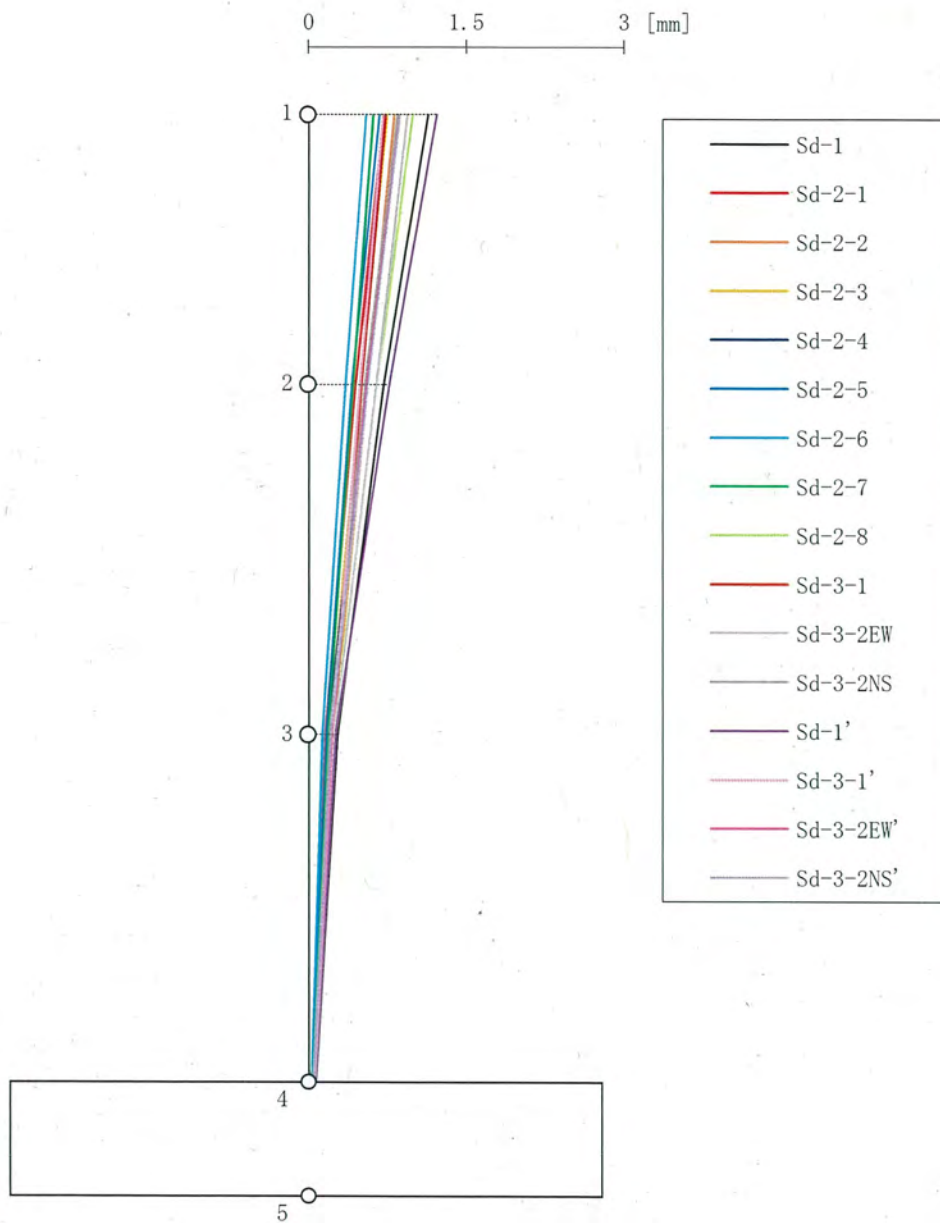
地震動	方向		最大接地圧※ (kN/m <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -2-8	EW	鉛直上向き	430
		鉛直下向き	469
	NS	鉛直上向き	410
		鉛直下向き	454
S <sub>s</sub> -3-1	EW	鉛直上向き	373
		鉛直下向き	438
	NS	鉛直上向き	382
		鉛直下向き	450
S <sub>s</sub> -3-2EW	EW	鉛直上向き	391
		鉛直下向き	499
	NS	鉛直上向き	369
		鉛直下向き	460
S <sub>s</sub> -3-2NS	EW	鉛直上向き	358
		鉛直下向き	469
	NS	鉛直上向き	343
		鉛直下向き	456
S <sub>s</sub> -1'	EW	鉛直上向き	464
		鉛直下向き	533
	NS	鉛直上向き	424
		鉛直下向き	500
S <sub>s</sub> -3-1'	EW	鉛直上向き	365
		鉛直下向き	428
	NS	鉛直上向き	392
		鉛直下向き	461
S <sub>s</sub> -3-2EW'	EW	鉛直上向き	354
		鉛直下向き	484
	NS	鉛直上向き	349
		鉛直下向き	464
S <sub>s</sub> -3-2NS'	EW	鉛直上向き	362
		鉛直下向き	484
	NS	鉛直上向き	373
		鉛直下向き	467

※：最大接地圧は、組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により算定した最大値を示す。

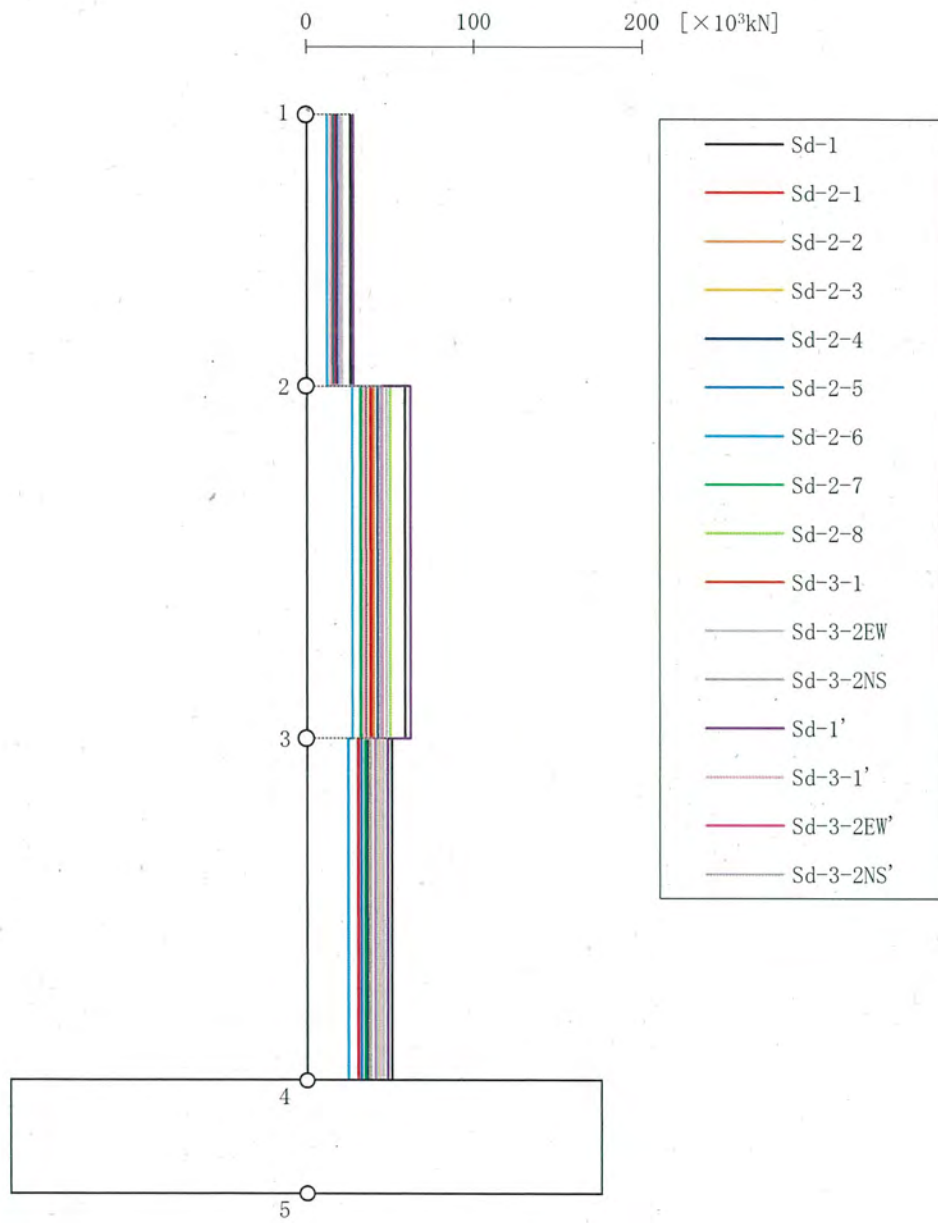


第 4-22 図 Sd 基本ケース EW 方向 最大応答加速度

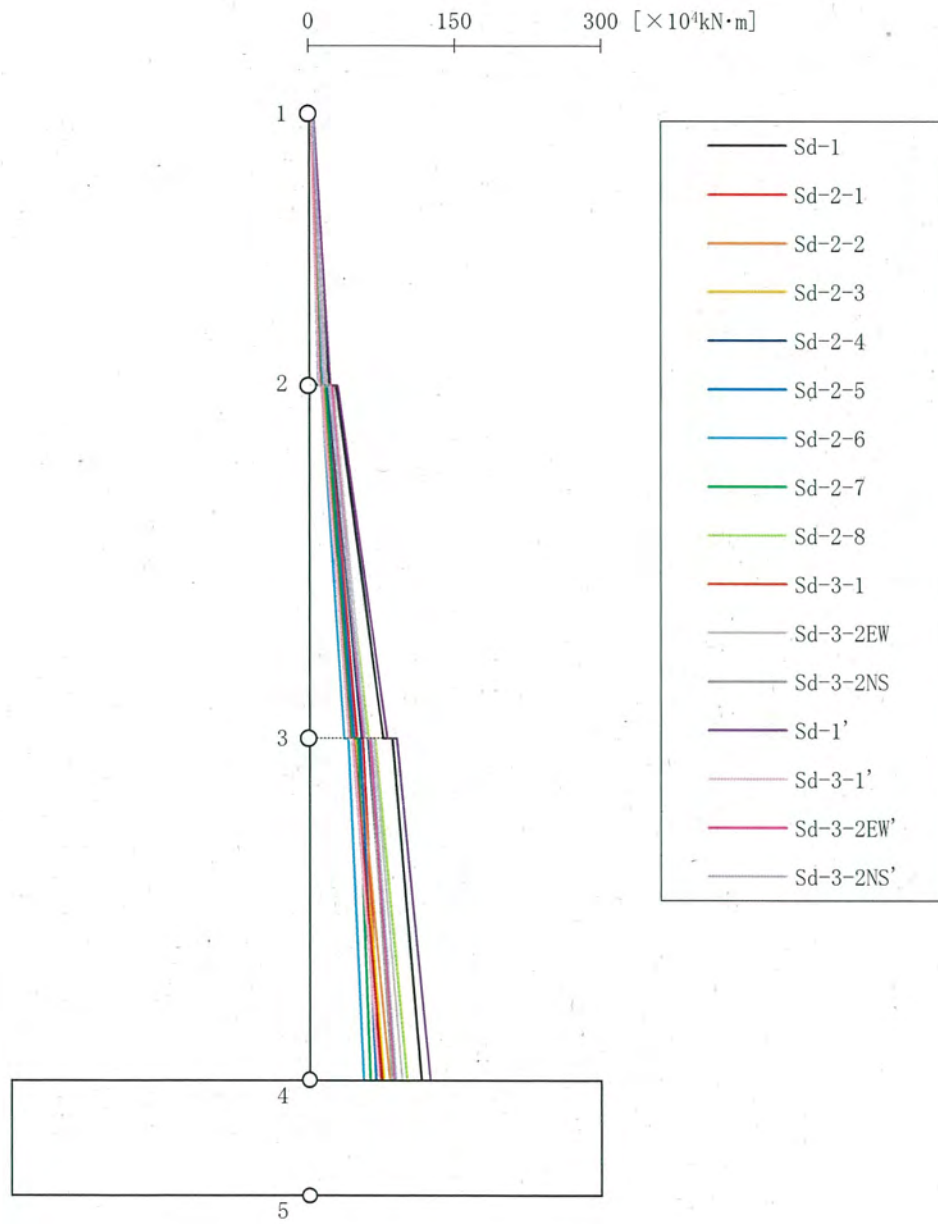




第4-23図 Sd 基本ケース EW方向 最大応答変位

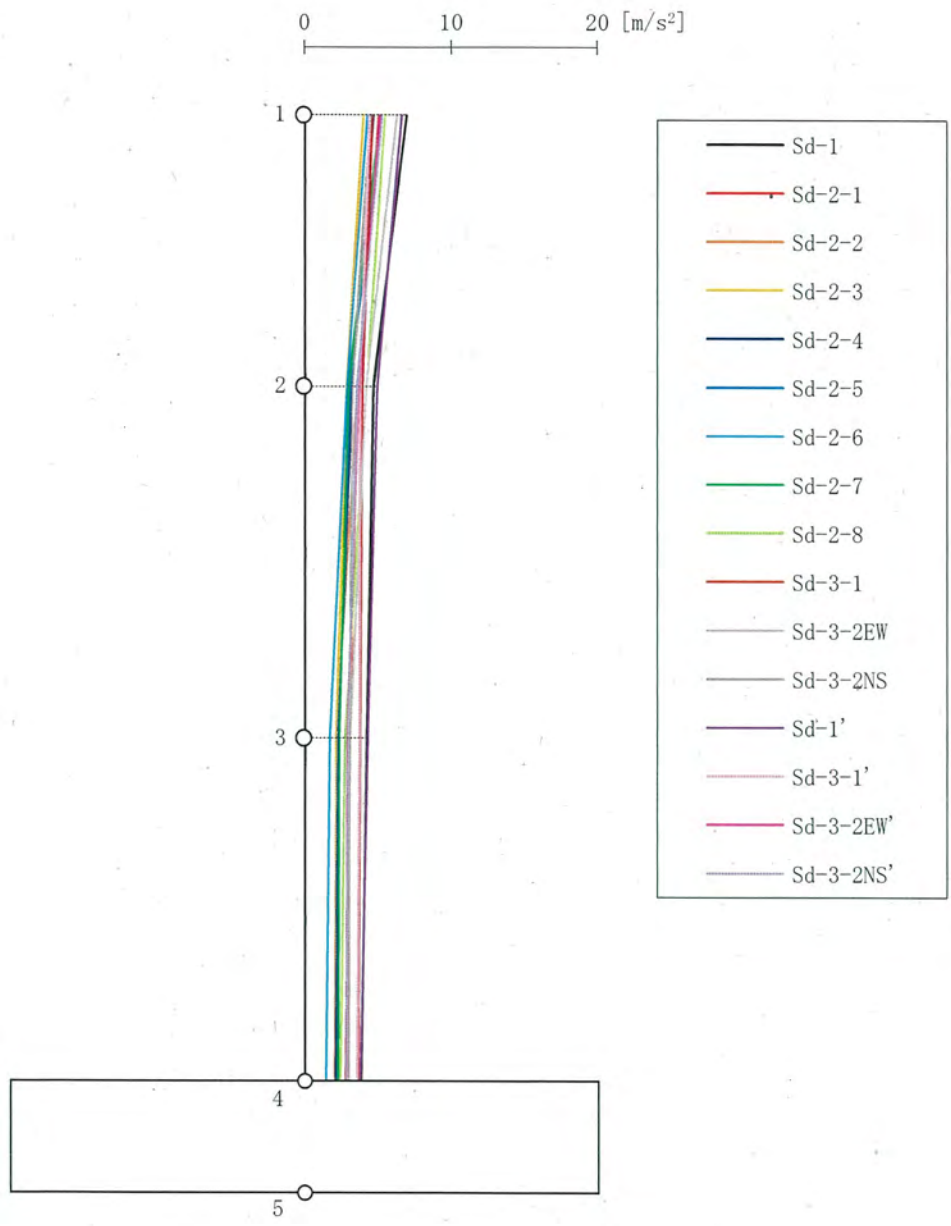


第 4-24 図 Sd 基本ケース・EW 方向 最大応答せん断力

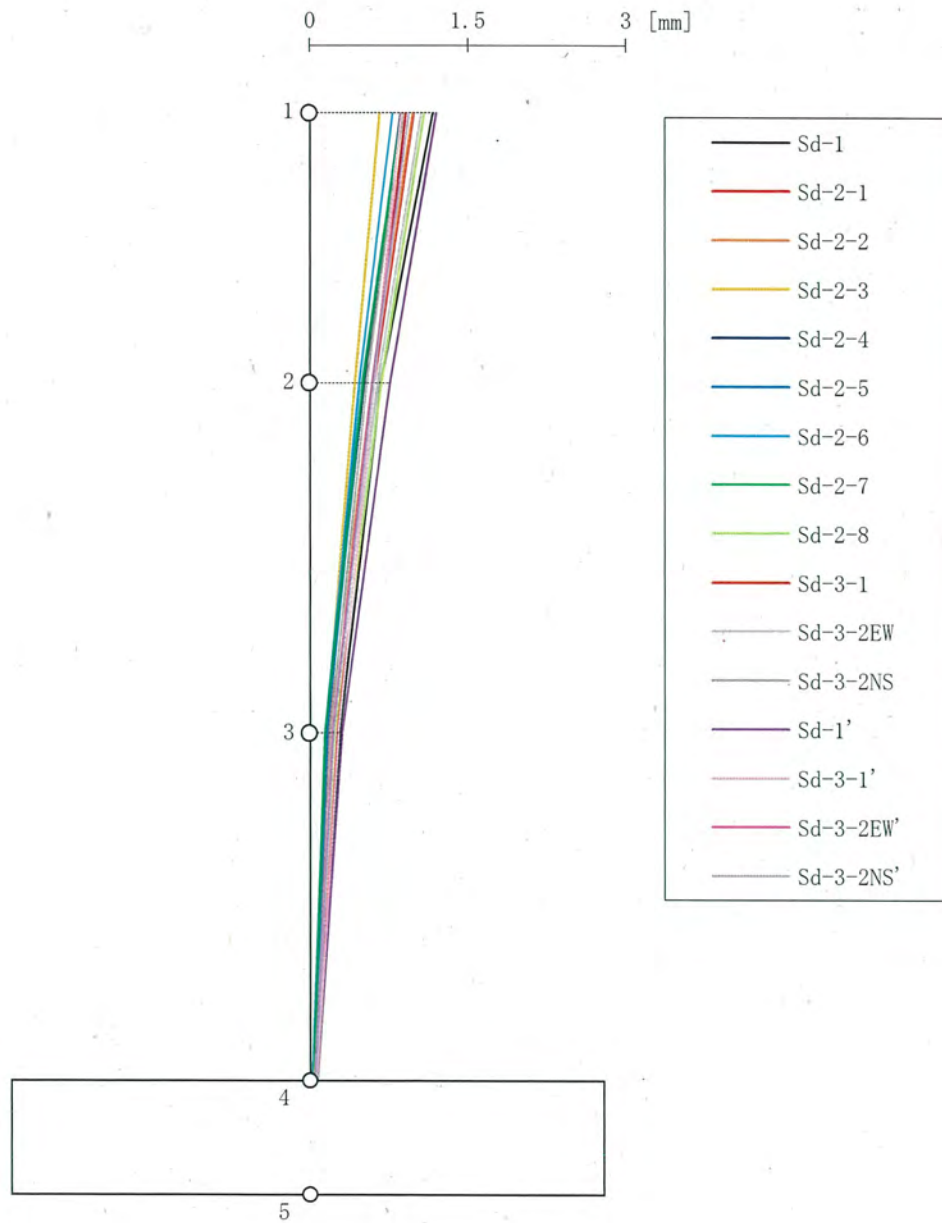


第 4-25 図 Sd 基本ケース EW 方向 最大応答曲げモーメント

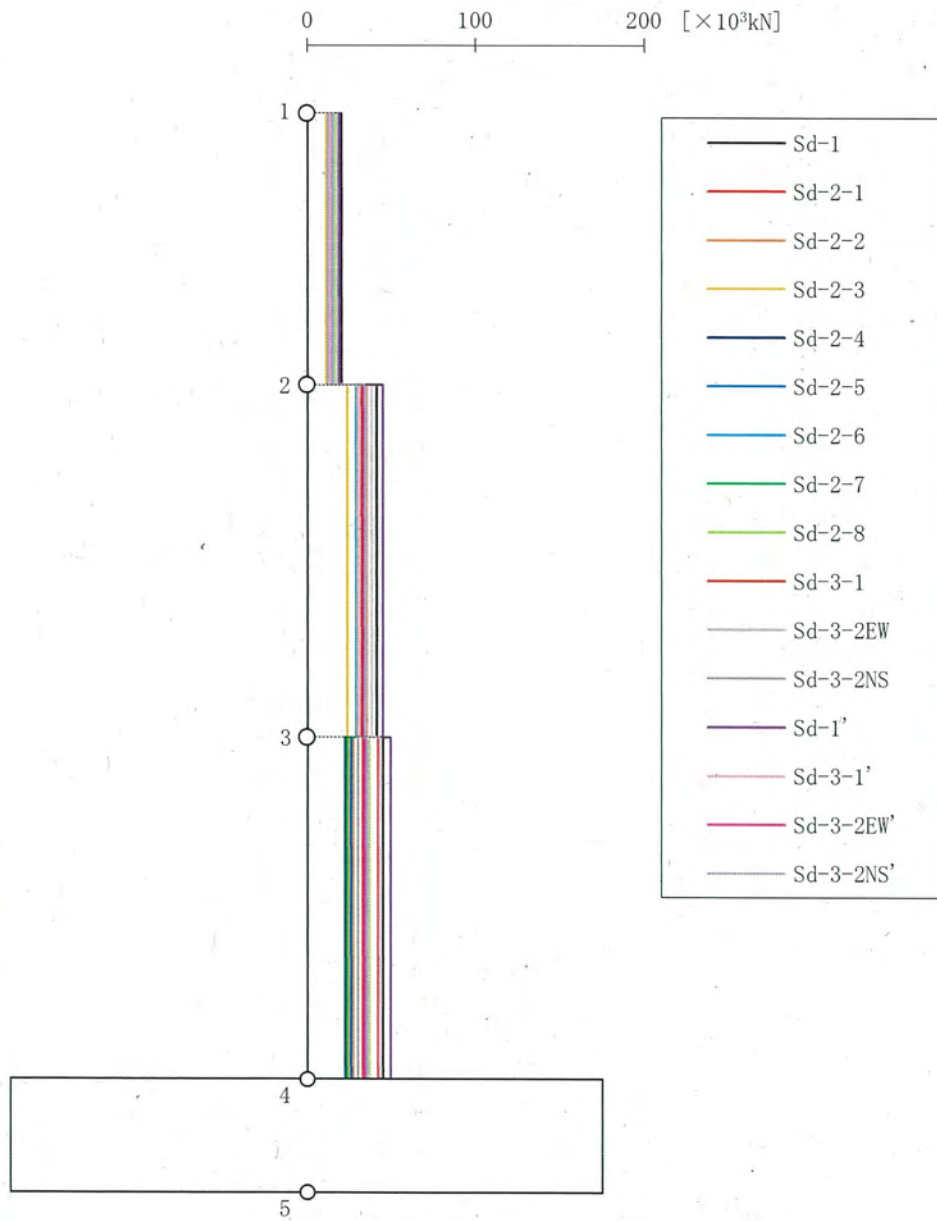




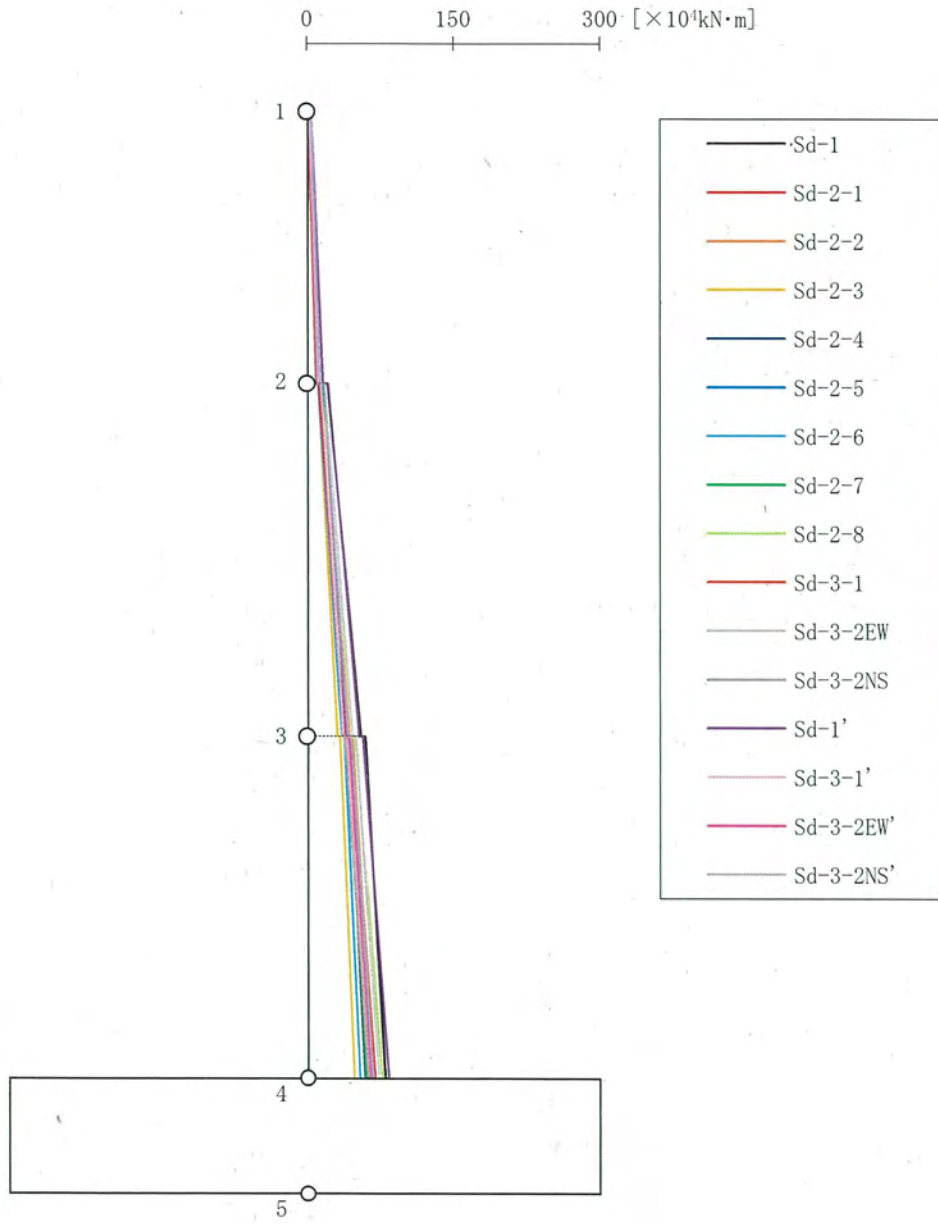
第 4-26 図 Sd 基本ケース NS 方向 最大応答加速度



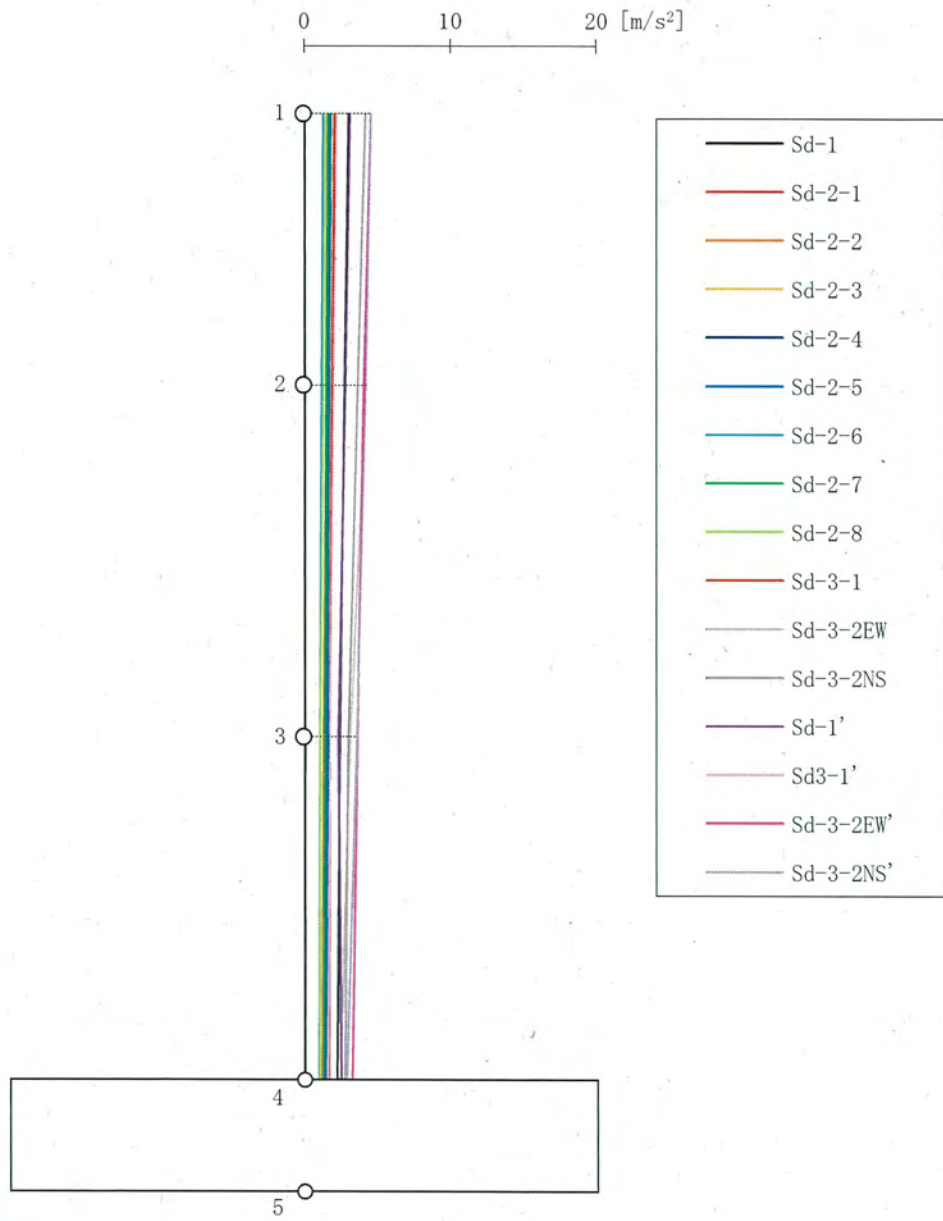
第 4-27 図 Sd 基本ケース NS 方向 最大応答変位



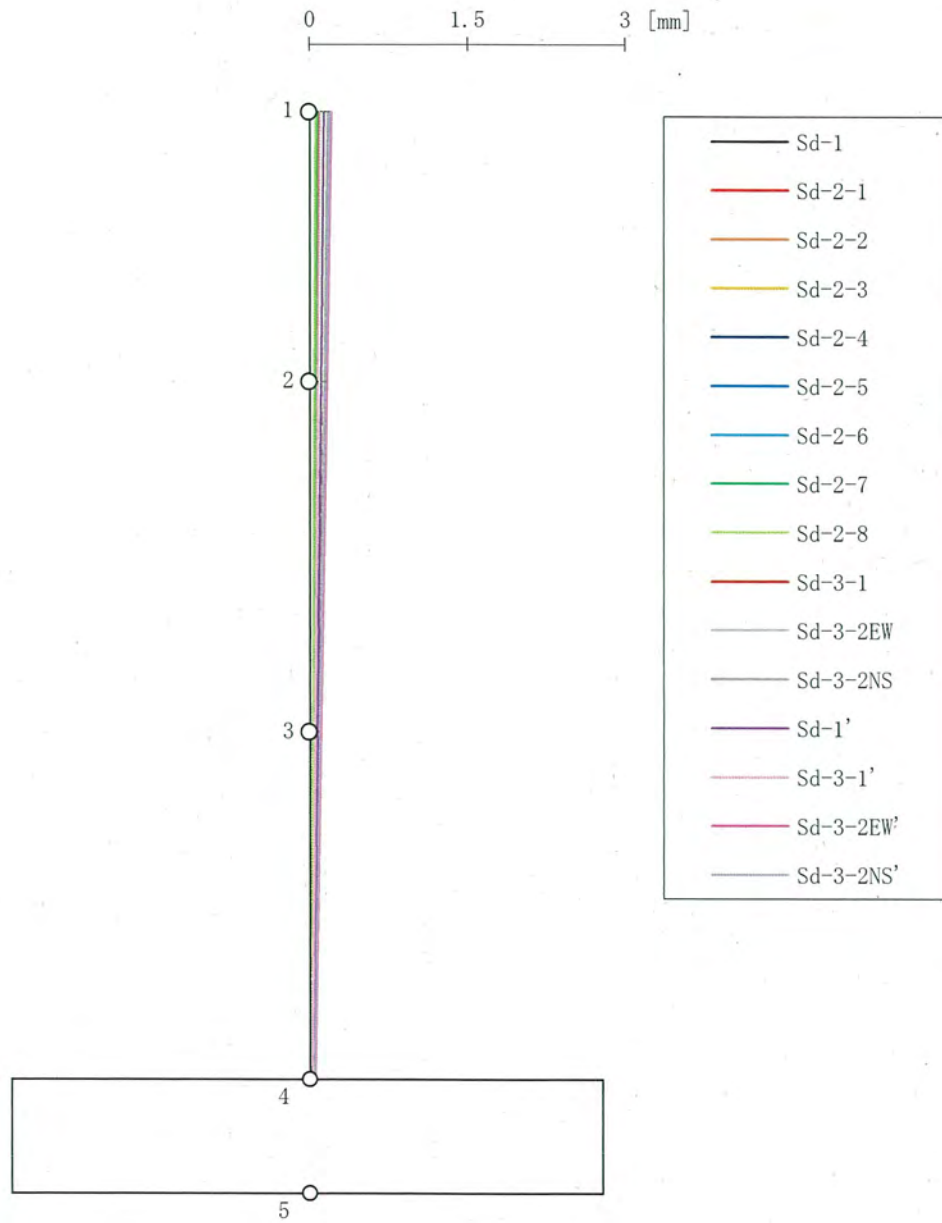
第 4-28 図 Sd 基本ケース NS 方向 最大応答せん断力



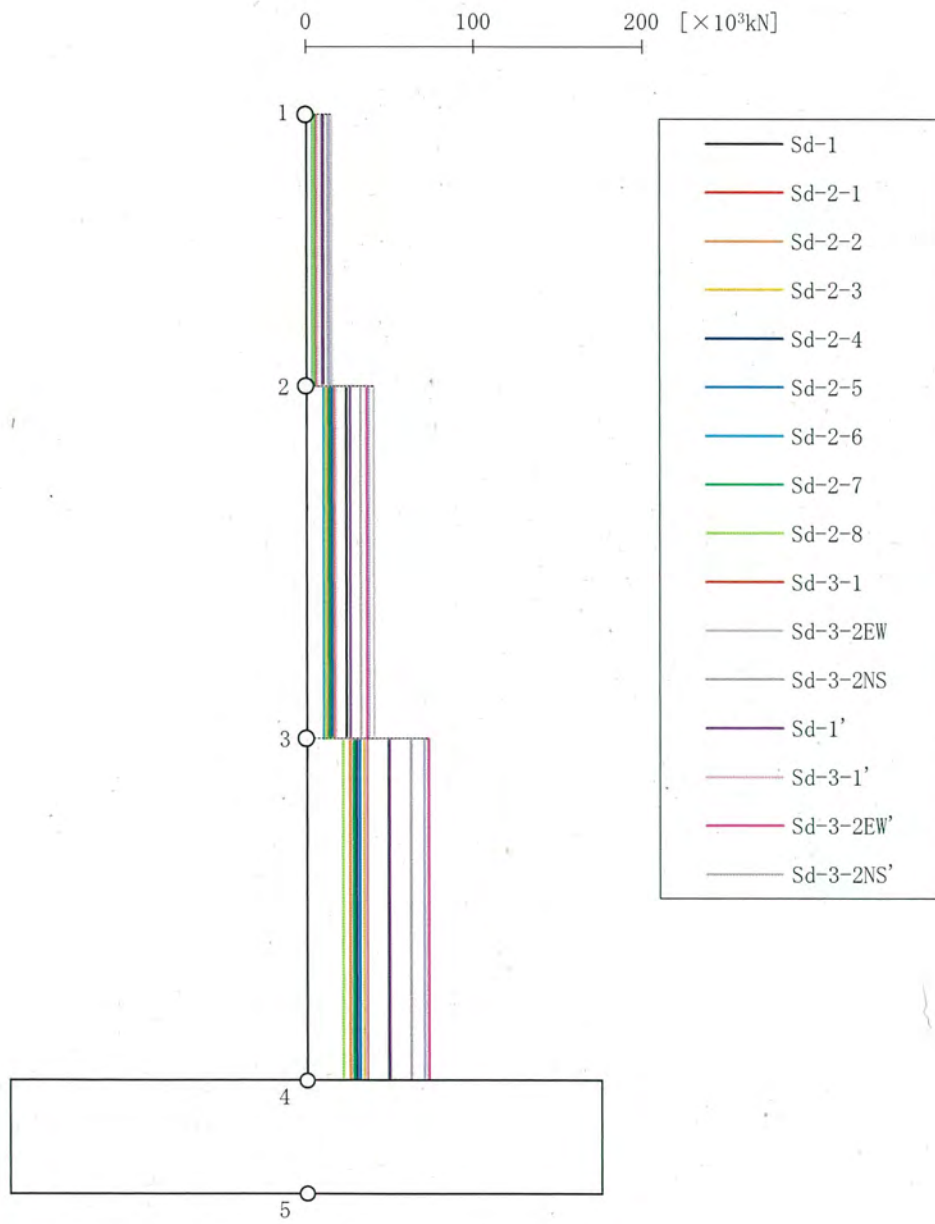
第 4-29 図 Sd 基本ケース NS 方向 最大応答曲げモーメント



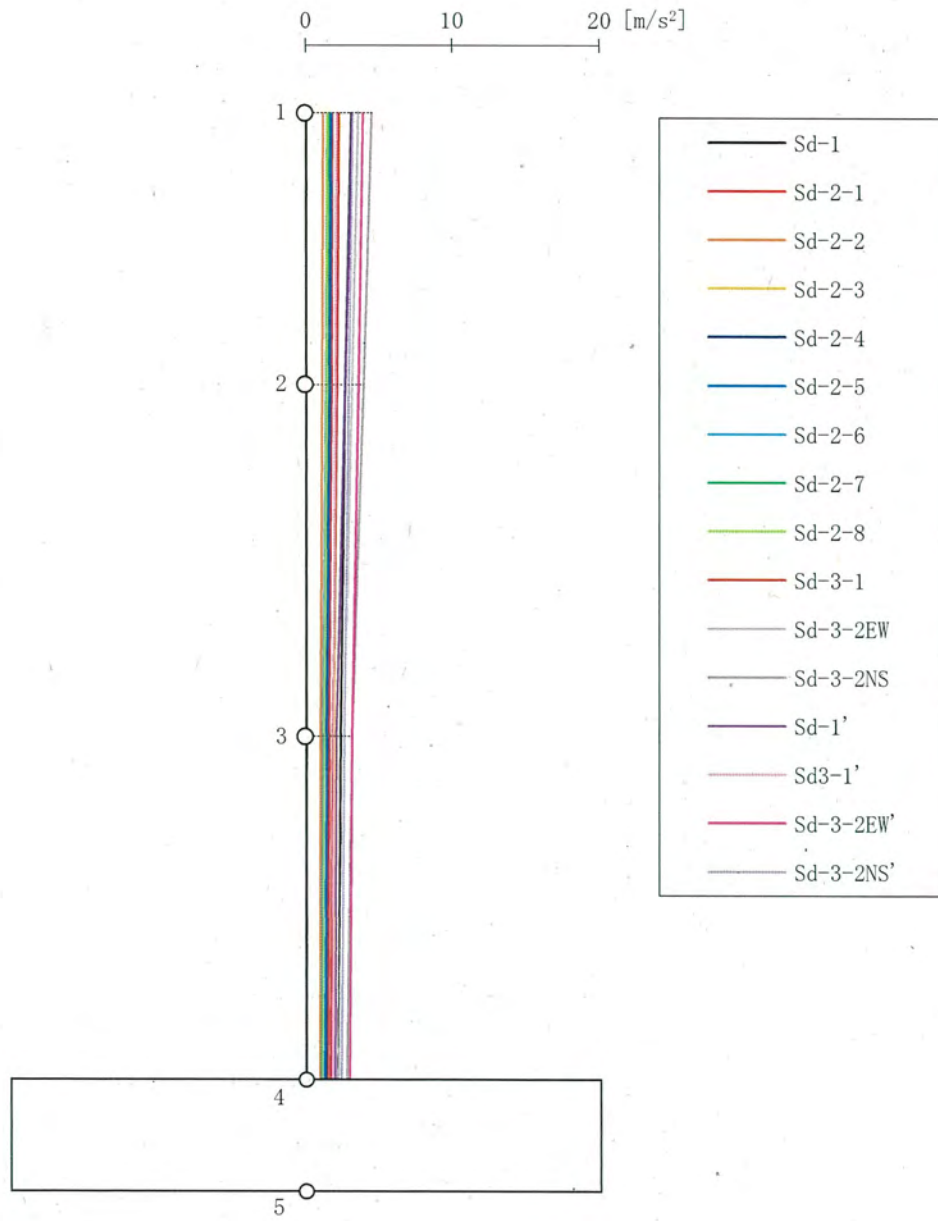
第 4-30 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答加速度



第 4-31 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答変位

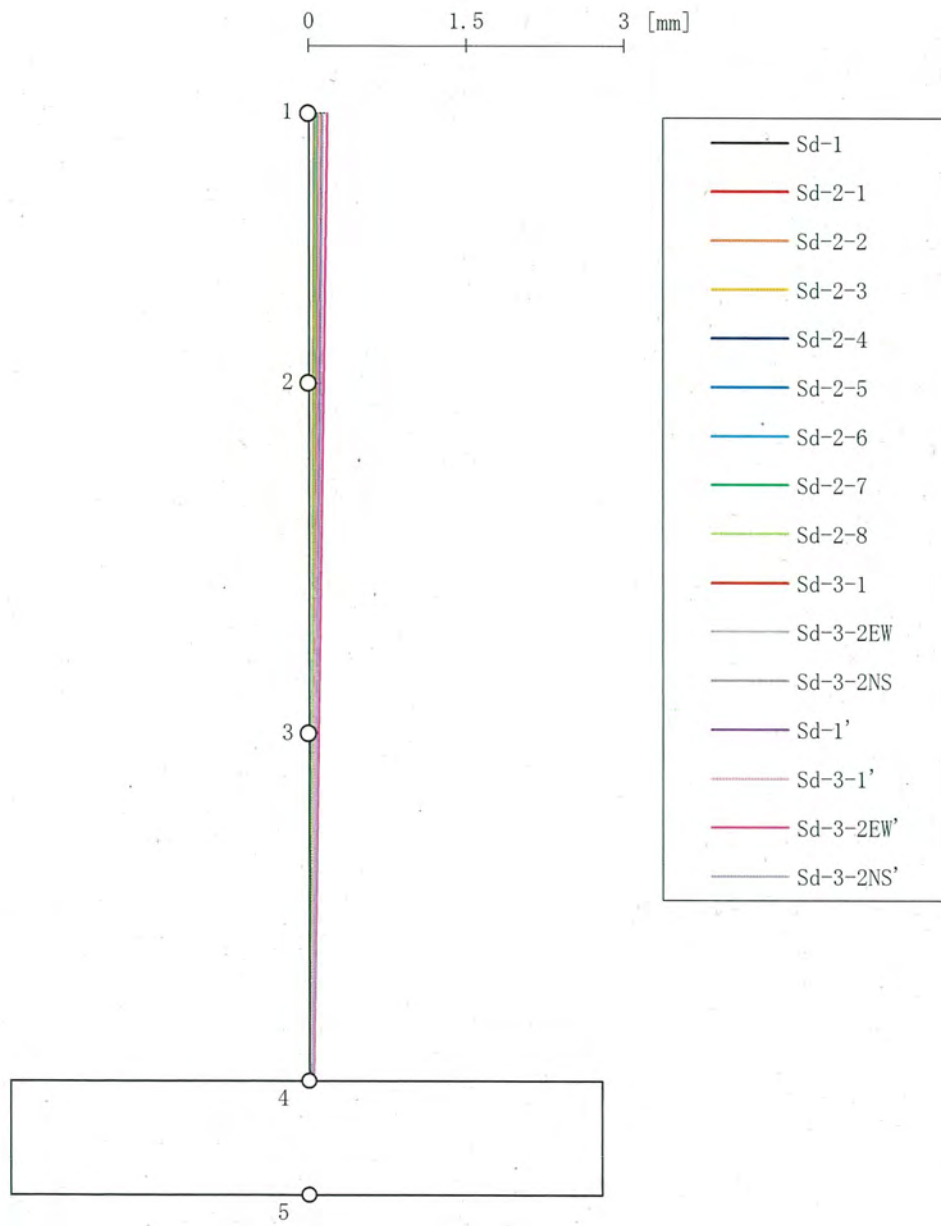


第 4-32 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答軸力

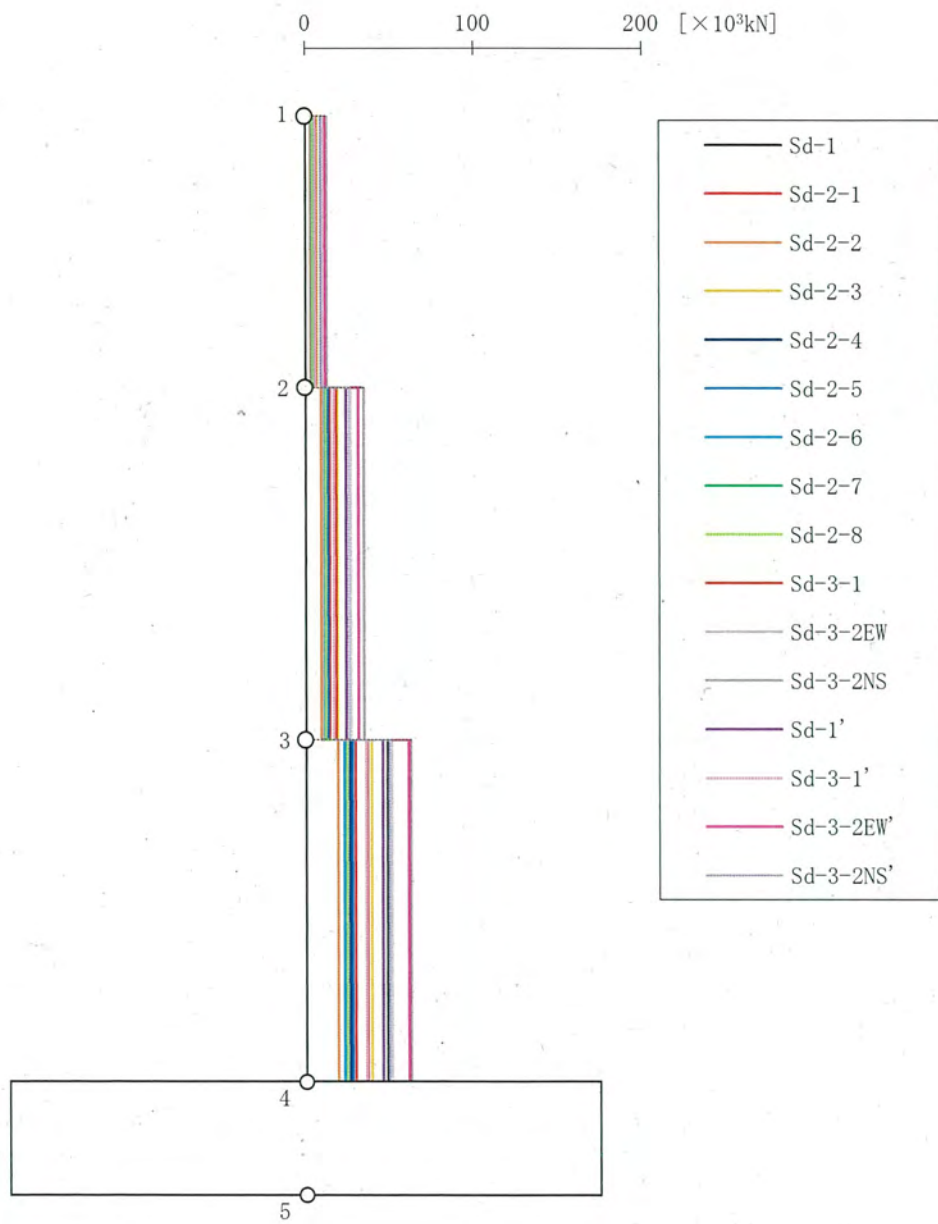


第 4-33 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答加速度





第 4-34 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答変位



第 4-35 図 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答軸力

第4-20表 Sd 基本ケース EW方向 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	8.80	5.92	5.52	5.28	6.61	5.40	4.38	5.36	7.47	5.14	6.83	7.02	5.04	6.90	6.89	9.27
	2	5.91	3.94	4.52	3.83	4.48	3.54	2.93	3.33	5.47	3.84	5.55	4.52	3.75	4.83	4.68	6.24
基礎	3	4.41	2.34	3.31	2.58	2.70	2.35	2.20	2.50	3.30	3.23	3.32	2.89	3.27	3.22	3.23	4.41
	4	4.15	2.28	2.85	2.39	2.86	2.19	2.02	2.25	3.05	3.09	3.16	2.80	3.23	3.19	3.22	4.15

第4-21表 Sd 基本ケース EW方向 最大応答変位

部位	質点番号	最大応答変位 (mm)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	1.1	0.7	0.8	0.8	0.9	0.7	0.6	0.6	1.0	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	1.2
	2	0.7	0.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8
基礎	3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
	4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

第4-22表 Sd 基本ケース EW方向 最大応答せん断力

部位	部材番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	26.1	16.9	15.6	15.0	18.4	15.8	12.3	15.0	20.9	14.3	21.0	19.5	27.6	19.8	19.5	27.6
	2	58.6	37.6	39.4	35.5	41.9	34.8	27.3	32.0	49.6	34.4	47.4	43.0	61.9	44.5	43.9	61.9
	3	50.7	30.3	44.1	36.2	35.6	32.2	24.7	34.5	42.7	45.4	45.1	37.6	47.9	40.5	40.8	50.7
基礎底面	-	102.1	54.0	72.9	63.4	74.3	55.5	47.0	59.5	63.3	88.9	73.4	64.8	97.8	72.6	74.2	102.1

第4-23表 Sd 基本ケース EW方向 最大応答曲げモーメント

部位	部材番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1U	5.4	3.6	2.9	3.2	3.7	3.3	2.9	3.3	3.1	2.7	5.5	4.8	5.5	5.3	4.9	5.5
	1D	21.4	14.0	11.7	11.8	15.2	13.4	10.3	12.9	16.4	11.3	18.9	16.1	22.7	17.0	16.4	22.7
	2U	28.1	18.4	14.9	15.1	19.7	17.8	13.7	17.4	20.8	13.9	25.6	20.8	29.9	23.9	21.7	29.9
基礎底面	2D	76.5	49.6	46.9	44.4	54.4	46.5	36.2	43.9	61.9	42.4	59.2	56.4	81.0	56.5	58.0	81.0
	3U	85.7	55.7	50.5	48.8	60.9	52.7	41.0	50.3	68.3	46.0	66.9	62.6	90.8	63.1	65.0	90.8
	3D	116.3	73.1	83.7	77.3	87.5	69.0	56.6	63.2	101.7	75.5	96.2	85.8	125.3	88.3	89.6	125.3
基礎底面	-	129.9	82.0	101.2	91.3	99.6	75.9	64.8	75.2	117.4	92.4	112.9	98.7	140.7	99.7	103.5	140.7

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。



第4-24表 Sd 基本ケース NS方向 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	7.00	5.13	5.29	4.09	4.75	5.31	4.35	5.21	5.55	4.65	6.37	4.54	4.48	5.20	5.35	7.00
	2	4.74	3.66	3.63	2.88	3.27	3.12	2.95	3.03	4.25	3.98	4.23	3.32	3.82	3.70	3.62	4.99
基礎	3	4.27	3.09	2.20	2.19	2.33	2.37	1.76	2.42	2.81	3.83	3.17	3.11	3.77	2.97	2.99	4.33
	4	3.90	2.85	2.08	2.17	2.14	2.27	1.51	2.31	2.48	3.67	2.89	3.07	3.63	2.91	2.87	3.90

第4-25表 Sd 基本ケース NS方向 最大応答変位

部位	質点番号	最大応答変位 (mm)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	1.2	1.0	1.0	0.7	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2
	2	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8
基礎	3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
	4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

第4-26表 Sd 基本ケース NS方向 最大応答せん断力

部位	部材番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)														最大値		
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-1'	Sd-3-1'		Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'
上部 構造物	1	19.9	14.9	15.3	11.5	13.9	15.0	12.7	14.8	16.0	13.3	17.8	13.5	18.8	13.3	14.5	14.9	19.9
	2	41.1	33.9	35.1	23.6	30.7	30.5	28.9	30.1	38.5	32.2	38.2	29.8	44.8	30.5	33.8	34.3	44.8
	3	45.0	32.9	27.0	24.4	22.4	25.7	23.3	23.2	36.6	41.9	35.6	30.0	49.3	42.8	33.8	35.3	49.3
基礎底面	-	90.7	69.7	46.3	53.7	48.8	48.1	37.9	49.1	60.3	87.9	67.7	72.2	96.2	87.8	67.5	69.9	96.2

第4-27表 Sd 基本ケース NS方向 最大応答曲げモーメント

部位	部材番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>3</sup> kN・m)														最大値		
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-1'	Sd-3-1'		Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'
上部 構造物	1U	4.3	2.4	2.0	2.5	2.6	2.7	2.1	2.7	2.3	1.8	4.5	5.0	4.5	2.6	4.7	4.8	5.0
	1D	16.4	11.4	11.6	9.1	10.7	12.3	9.5	12.2	11.8	10.1	14.1	12.4	16.3	10.9	12.9	13.0	16.4
	2U	20.8	13.8	14.2	11.6	13.2	15.8	11.6	15.6	14.1	11.9	17.8	17.8	21.8	14.0	17.7	18.1	21.8
基礎底面	2D	54.8	41.8	43.2	31.1	38.7	40.9	35.6	40.3	46.0	37.4	46.3	36.4	53.2	36.8	40.2	41.3	54.8
	3U	59.6	44.4	46.1	33.6	41.4	44.4	38.0	43.8	48.7	39.1	49.7	38.5	56.8	39.8	42.3	44.4	59.6
基礎底面	3D	80.0	69.9	67.9	48.0	59.3	60.0	54.2	59.7	77.2	64.8	73.4	62.6	83.9	65.5	65.6	67.4	83.9
	-	91.8	82.6	78.1	58.0	67.7	66.7	61.5	66.4	91.8	82.3	86.2	74.6	103.4	84.7	78.3	82.1	103.4

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。



第 4-28 表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答加速度

部位	質点番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )												最大値			
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS		Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'
上部 構造物	1	3.09	1.66	1.58	2.03	1.68	1.87	1.34	1.71	1.47	2.15	4.68	4.28	3.18	4.68	4.66	4.68
	2	2.80	1.59	1.52	1.88	1.65	1.71	1.23	1.55	1.33	1.97	4.31	3.73	2.87	4.13	4.31	4.31
	3	2.47	1.45	1.34	1.71	1.62	1.59	1.11	1.43	1.11	1.80	3.21	3.07	2.36	3.68	3.66	3.68
基礎	4	2.27	1.39	1.24	1.68	1.62	1.49	1.05	1.33	1.06	1.71	2.51	2.84	2.56	3.32	2.97	3.32

第 4-29 表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW 断面) 最大応答変位

部位	質点番号	最大応答変位 (mm)												最大値			
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS		Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'
上部 構造物	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
	3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
基礎	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1

第4-30表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (EW断面) 最大応答軸力

部位	部材番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	10.2	5.0	4.5	6.0	4.9	5.5	3.9	5.0	4.2	6.4	15.2	12.8	9.6	13.8	13.7	15.2
	2	23.8	13.7	12.6	16.2	13.4	15.1	10.5	13.6	11.1	17.3	40.3	32.3	26.0	35.9	37.1	40.3
	3	48.9	28.3	25.7	34.0	29.4	31.4	21.9	28.1	21.8	35.7	72.2	62.4	49.3	72.8	70.3	72.8
基礎底面	—	86.3	50.0	45.7	61.1	56.0	39.0	49.9	37.9	62.6	108.8	107.0	81.5	127.0	119.2	127.0	



第 4-31 表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答加速度

部位	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	3.11	1.82	1.19	2.31	1.73	1.77	1.49	1.58	1.48	2.25	3.60	4.52	2.13	3.92	3.24	4.52
	2	2.72	1.74	1.12	2.14	1.56	1.64	1.39	1.46	1.42	2.14	3.18	3.97	2.00	3.63	2.96	3.97
基礎	3	2.39	1.55	1.02	1.94	1.40	1.42	1.15	1.24	1.23	1.82	2.62	3.15	1.85	3.15	2.63	3.15
	4	2.20	1.47	0.96	1.84	1.36	1.30	1.07	1.11	1.13	1.67	2.25	2.82	1.81	3.00	2.44	3.00

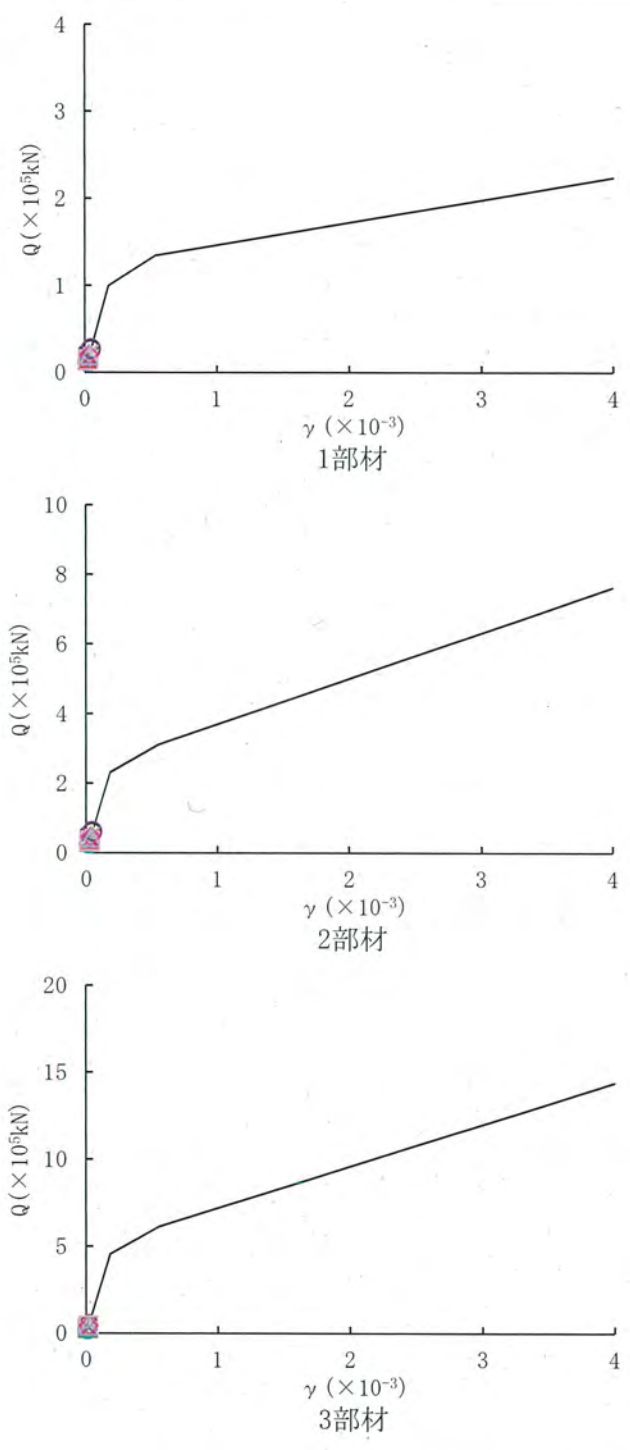
第 4-32 表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS 断面) 最大応答変位

部位	質点 番号	最大応答変位 (mm)															
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値
上部 構造物	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
	2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
基礎	3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第4-33表 Sd 基本ケース 鉛直方向 (NS断面) 最大応答軸力

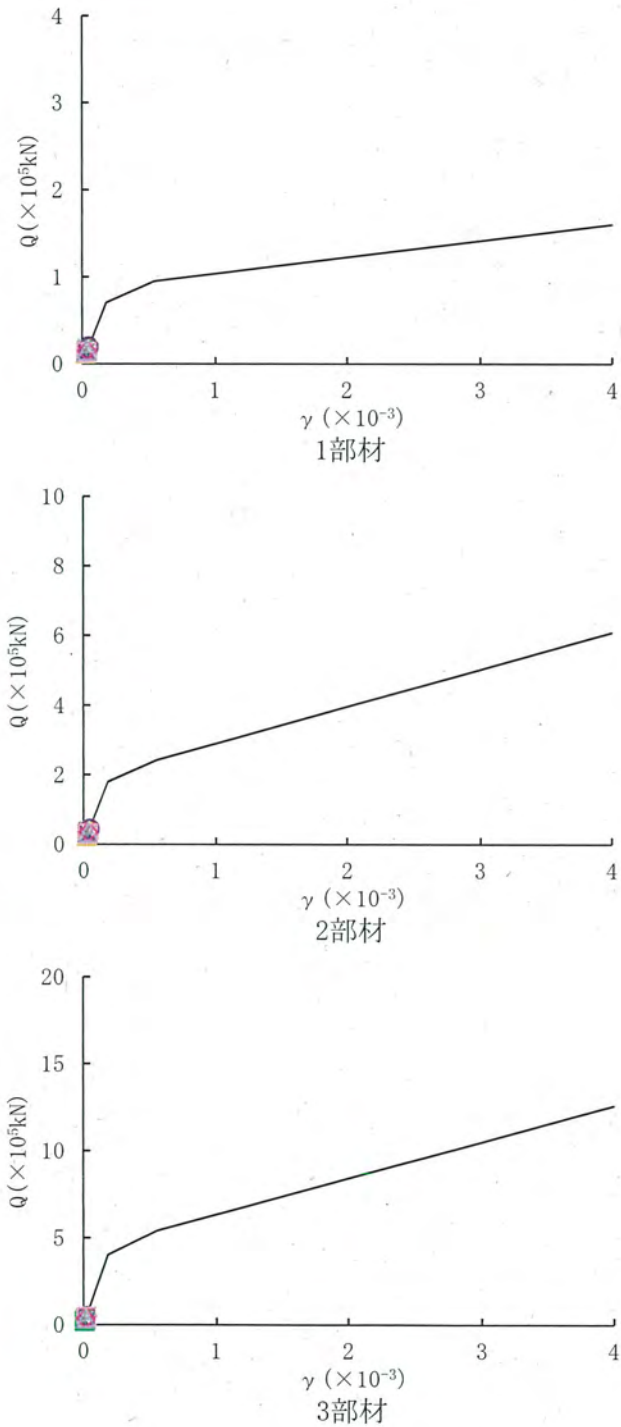
部位	部材番号	最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)																
		Sd-1	Sd-2-1	Sd-2-2	Sd-2-3	Sd-2-4	Sd-2-5	Sd-2-6	Sd-2-7	Sd-2-8	Sd-3-1	Sd-3-2 EW	Sd-3-2 NS	Sd-3-1'	Sd-3-2 EW'	Sd-3-2 NS'	最大値	
上部 構造物	1	10.0	5.2	3.6	6.9	4.9	5.0	4.2	4.5	4.4	6.5	10.2	12.8	9.6	6.1	11.9	9.8	12.8
	2	24.0	14.2	9.4	18.8	13.0	13.6	11.6	12.1	12.0	18.2	26.6	34.9	24.2	16.9	31.5	26.1	34.9
	3	48.4	29.6	19.3	39.2	26.0	27.5	23.0	24.3	24.3	36.5	50.8	62.5	45.7	35.9	61.2	49.7	62.5
基礎底面	—	85.1	53.7	35.2	69.6	47.9	48.8	39.8	42.7	42.3	62.9	87.0	107.3	74.0	65.1	109.8	89.7	109.8

○ : Sd-1	□ : Sd-2-1	◇ : Sd-2-2	△ : Sd-2-3	× : Sd-2-4	+ : Sd-2-5
○ : Sd-2-6	□ : Sd-2-7	◇ : Sd-2-8	△ : Sd-3-1	× : Sd-3-2EW	+ : Sd-3-2NS
○ : Sd-1'	□ : Sd-3-1'	◇ : Sd-3-2EW'	△ : Sd-3-2NS'		



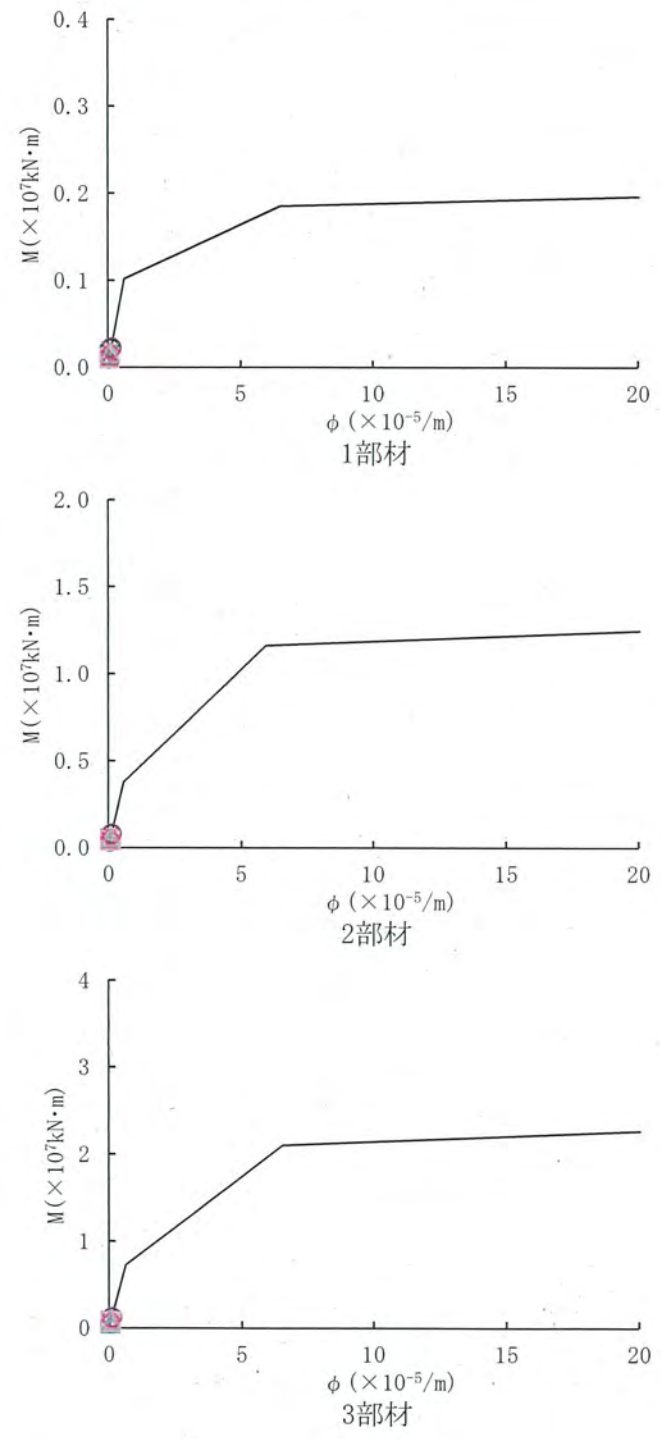
第 4-36 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Sd 基本ケース EW 方向)

○ : Sd-1	□ : Sd-2-1	◇ : Sd-2-2	△ : Sd-2-3	× : Sd-2-4	+ : Sd-2-5
○ : Sd-2-6	□ : Sd-2-7	◇ : Sd-2-8	△ : Sd-3-1	× : Sd-3-2EW	+ : Sd-3-2NS
○ : Sd-1'	□ : Sd-3-1'	◇ : Sd-3-2EW'	△ : Sd-3-2NS'		



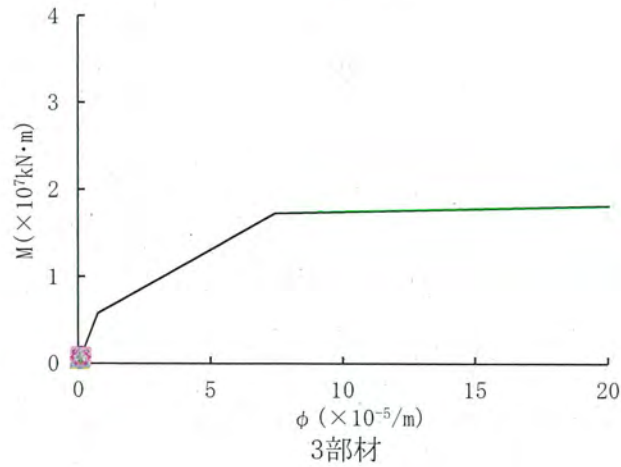
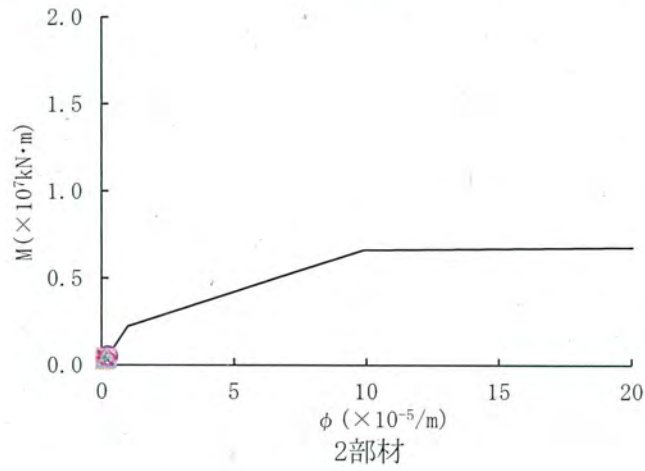
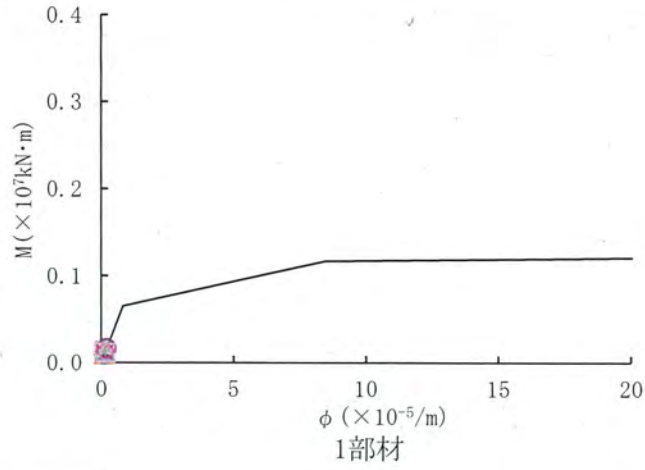
第 4-37 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Sd 基本ケース NS 方向)

○ : Sd-1	□ : Sd-2-1	◇ : Sd-2-2	△ : Sd-2-3	× : Sd-2-4	+ : Sd-2-5
○ : Sd-2-6	□ : Sd-2-7	◇ : Sd-2-8	△ : Sd-3-1	× : Sd-3-2EW	+ : Sd-3-2NS
○ : Sd-1'	□ : Sd-3-1'	◇ : Sd-3-2EW'	△ : Sd-3-2NS'		



第 4-38 図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値 (Sd 基本ケース EW 方向)

○ : Sd-1	□ : Sd-2-1	◇ : Sd-2-2	△ : Sd-2-3	× : Sd-2-4	+ : Sd-2-5
○ : Sd-2-6	□ : Sd-2-7	◇ : Sd-2-8	△ : Sd-3-1	× : Sd-3-2EW	+ : Sd-3-2NS
○ : Sd-1'	□ : Sd-3-1'	◇ : Sd-3-2EW'	△ : Sd-3-2NS'		



第4-39図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(Sd 基本ケース NS方向)



第4-34表 (1/2) 浮上り検討 Sd 基本ケース EW方向

地震動		浮上り 限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最大転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd	Sd-1	2.35	1.30	100.0
	Sd-2-1		0.82	100.0
	Sd-2-2		1.01	100.0
	Sd-2-3		0.91	100.0
	Sd-2-4		1.00	100.0
	Sd-2-5		0.76	100.0
	Sd-2-6		0.65	100.0
	Sd-2-7		0.75	100.0
	Sd-2-8		1.17	100.0
	Sd-3-1		0.92	100.0
	Sd-3-2EW		1.13	100.0
	Sd-3-2NS		0.99	100.0
	Sd-1'		1.41	100.0
	Sd-3-1'		0.88	100.0
	Sd-3-2EW'		1.00	100.0
	Sd-3-2NS'		1.03	100.0

第4-34表 (2/2) 浮上り検討 Sd 基本ケース NS方向

地震動		浮上り 限界転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	最大転倒 モーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	接地率 (%)
Sd	Sd-1	1.93	0.92	100.0
	Sd-2-1		0.83	100.0
	Sd-2-2		0.78	100.0
	Sd-2-3		0.58	100.0
	Sd-2-4		0.68	100.0
	Sd-2-5		0.67	100.0
	Sd-2-6		0.62	100.0
	Sd-2-7		0.66	100.0
	Sd-2-8		0.92	100.0
	Sd-3-1		0.82	100.0
	Sd-3-2EW		0.86	100.0
	Sd-3-2NS		0.75	100.0
	Sd-1'		1.03	100.0
	Sd-3-1'		0.85	100.0
	Sd-3-2EW'		0.78	100.0
	Sd-3-2NS'		0.82	100.0



第 4-35 表 (1/2) 最大接地圧 Sd 基本ケース

地震動	方向		最大接地圧* (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-1	EW	鉛直上向き	337
		鉛直下向き	384
	NS	鉛直上向き	319
		鉛直下向き	366
Sd-2-1	EW	鉛直上向き	299
		鉛直下向き	327
	NS	鉛直上向き	317
		鉛直下向き	346
Sd-2-2	EW	鉛直上向き	319
		鉛直下向き	345
	NS	鉛直上向き	316
		鉛直下向き	336
Sd-2-3	EW	鉛直上向き	305
		鉛直下向き	339
	NS	鉛直上向き	283
		鉛直下向き	321
Sd-2-4	EW	鉛直上向き	315
		鉛直下向き	346
	NS	鉛直上向き	300
		鉛直下向き	327
Sd-2-5	EW	鉛直上向き	292
		鉛直下向き	323
	NS	鉛直上向き	299
		鉛直下向き	326
Sd-2-6	EW	鉛直上向き	285
		鉛直下向き	307
	NS	鉛直上向き	295
		鉛直下向き	317
Sd-2-7	EW	鉛直上向き	293
		鉛直下向き	320
	NS	鉛直上向き	300
		鉛直下向き	324

※：最大接地圧は、組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により算定した最大値を示す。

第 4-35 表 (2/2) 最大接地圧 Sd 基本ケース

地震動	方向		最大接地圧* (kN/m <sup>2</sup> )
Sd-2-8	EW	鉛直上向き	338
		鉛直下向き	359
	NS	鉛直上向き	331
		鉛直下向き	354
Sd-3-1	EW	鉛直上向き	306
		鉛直下向き	341
	NS	鉛直上向き	314
		鉛直下向き	348
Sd-3-2EW	EW	鉛直上向き	314
		鉛直下向き	374
	NS	鉛直上向き	312
		鉛直下向き	360
Sd-3-2NS	EW	鉛直上向き	300
		鉛直下向き	359
	NS	鉛直上向き	292
		鉛直下向き	352
Sd-1'	EW	鉛直上向き	349
		鉛直下向き	394
	NS	鉛直上向き	336
		鉛直下向き	377
Sd-3-1'	EW	鉛直上向き	302
		鉛直下向き	336
	NS	鉛直上向き	316
		鉛直下向き	352
Sd-3-2EW'	EW	鉛直上向き	296
		鉛直下向き	366
	NS	鉛直上向き	296
		鉛直下向き	357
Sd-3-2NS'	EW	鉛直上向き	301
		鉛直下向き	367
	NS	鉛直上向き	306
		鉛直下向き	356

※：最大接地圧は、組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により算定した最大値を示す。

#### 4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 $Q_{un}$ を第4-36表に示す。

第4-36表 (1/2) 必要保有水平耐力 (EW方向)

部材 番号	EL. (m)	構造特性 係数 $D_s$	形状特性 係数 $F_{es}$	必要保有 水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN)
1	47.4 ~ 41.0	0.55	1.00	26.2
2	41.0 ~ 32.7	0.55	1.00	52.6
3	32.7 ~ 24.6	0.55	1.00	76.9

第4-36表 (2/2) 必要保有水平耐力 (NS方向)

部材 番号	EL. (m)	構造特性 係数 $D_s$	形状特性 係数 $F_{es}$	必要保有 水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN)
1	47.4 ~ 41.0	0.55	1.00	27.8
2	41.0 ~ 32.7	0.55	1.00	53.5
3	32.7 ~ 24.6	0.55	1.00	76.9

# 非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-15-2

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-15-2-1
2. 基本方針 .....	資17-15-2-2
2.1 位置 .....	資17-15-2-2
2.2 構造概要 .....	資17-15-2-3
2.3 評価方針 .....	資17-15-2-8
2.4 適用規格 .....	資17-15-2-11
3. 地震応答解析による評価方法 .....	資17-15-2-12
4. 応力解析による評価方法 .....	資17-15-2-16
4.1 評価対象部位及び評価方針 .....	資17-15-2-16
4.2 荷重及び荷重の組合せ .....	資17-15-2-18
4.3 許容限界 .....	資17-15-2-22
4.4 解析モデル及び諸元 .....	資17-15-2-24
4.5 評価方法 .....	資17-15-2-29
5. 評価結果 .....	資17-15-2-44
5.1 地震応答解析による評価結果 .....	資17-15-2-44
5.2 応力解析による評価結果 .....	資17-15-2-55

## 1. 概要

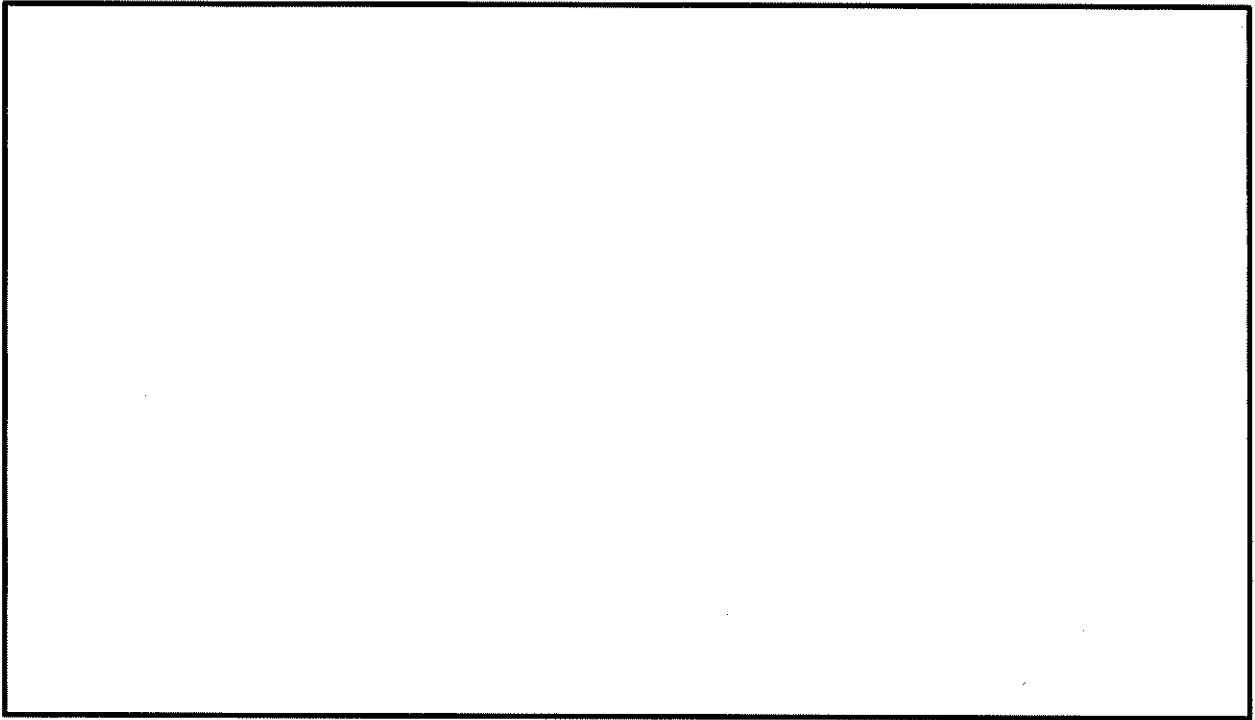
本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」に基づき、非常用ガスタービン発電機建屋の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

非常用ガスタービン発電機建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

非常用ガスタービン発電機建屋の設置位置を第2-1図に示す。



第2-1図 非常用ガスタービン発電機建屋の設置位置図

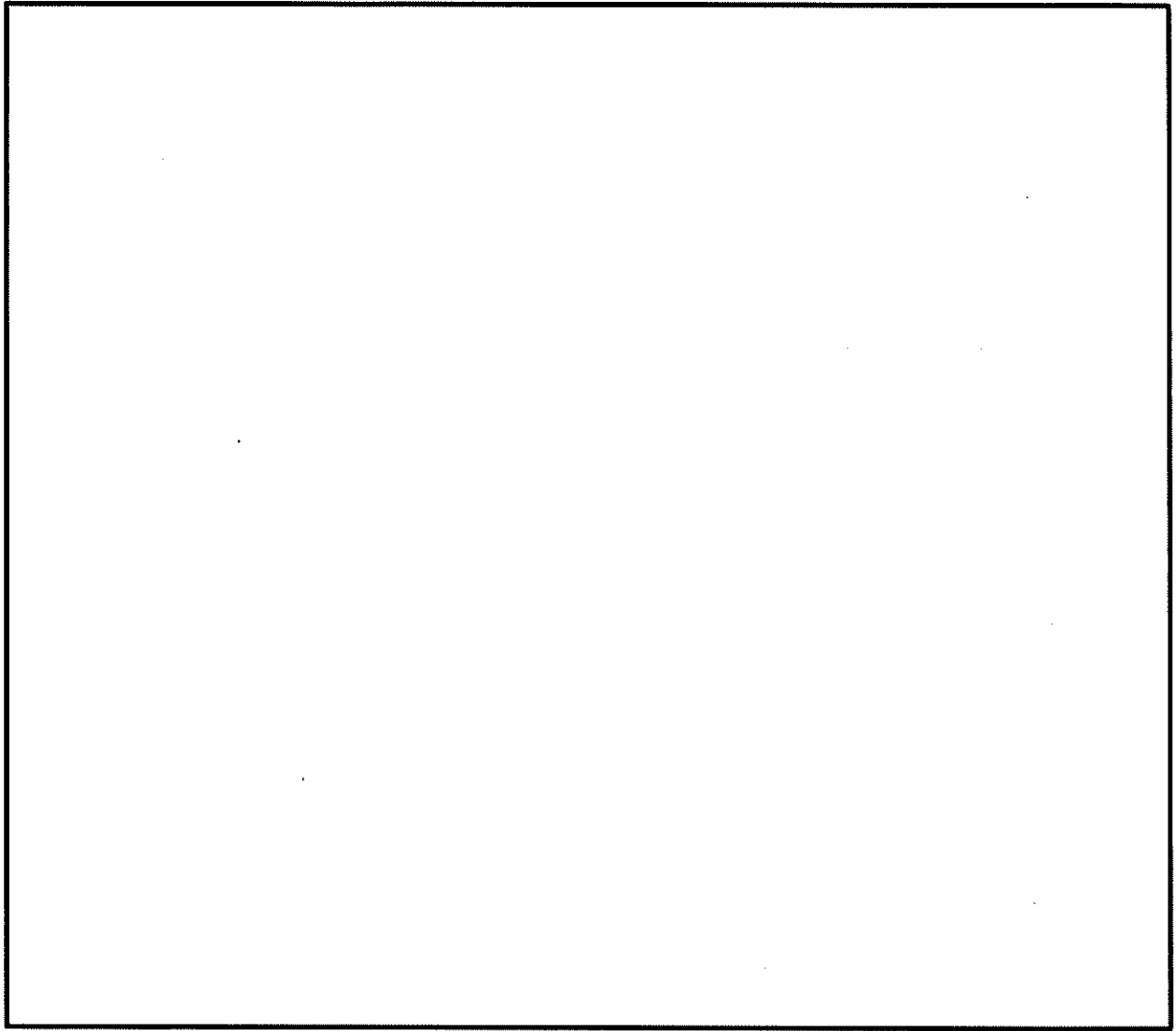
## 2.2 構造概要

非常用ガスタービン発電機建屋は、非常用ガスタービン発電機、非常用ガスタービン発電機附属設備等を収容する地上2階の鉄筋コンクリート構造物である。なお、地下には多目的に使用可能な淡水の貯水槽を収容する。

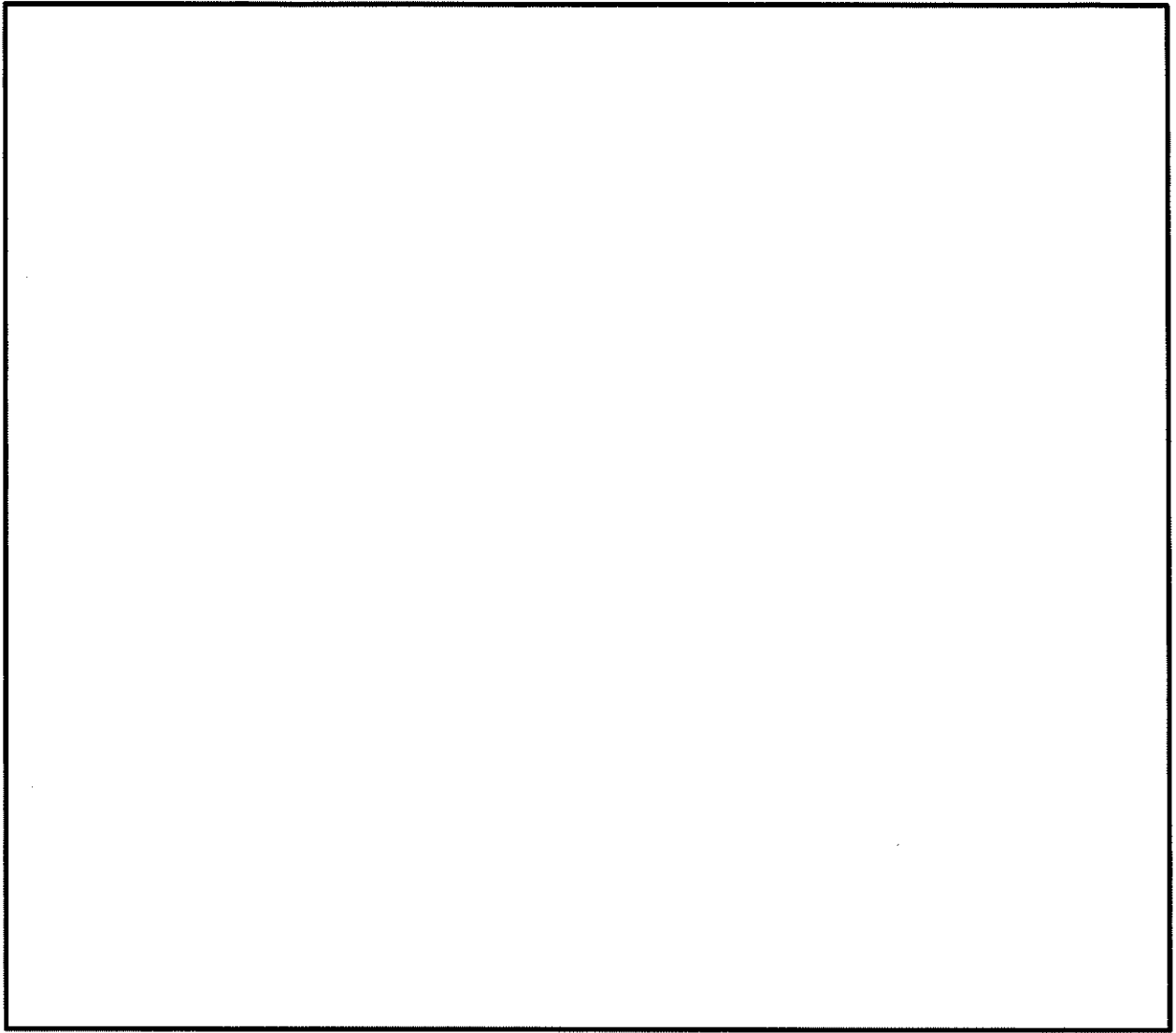
主要構造は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体としており、厚さ2.5m(一部2.0m)の基礎を介して直接岩盤に支持されている。

非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第2-2図及び第2-3図に示す。

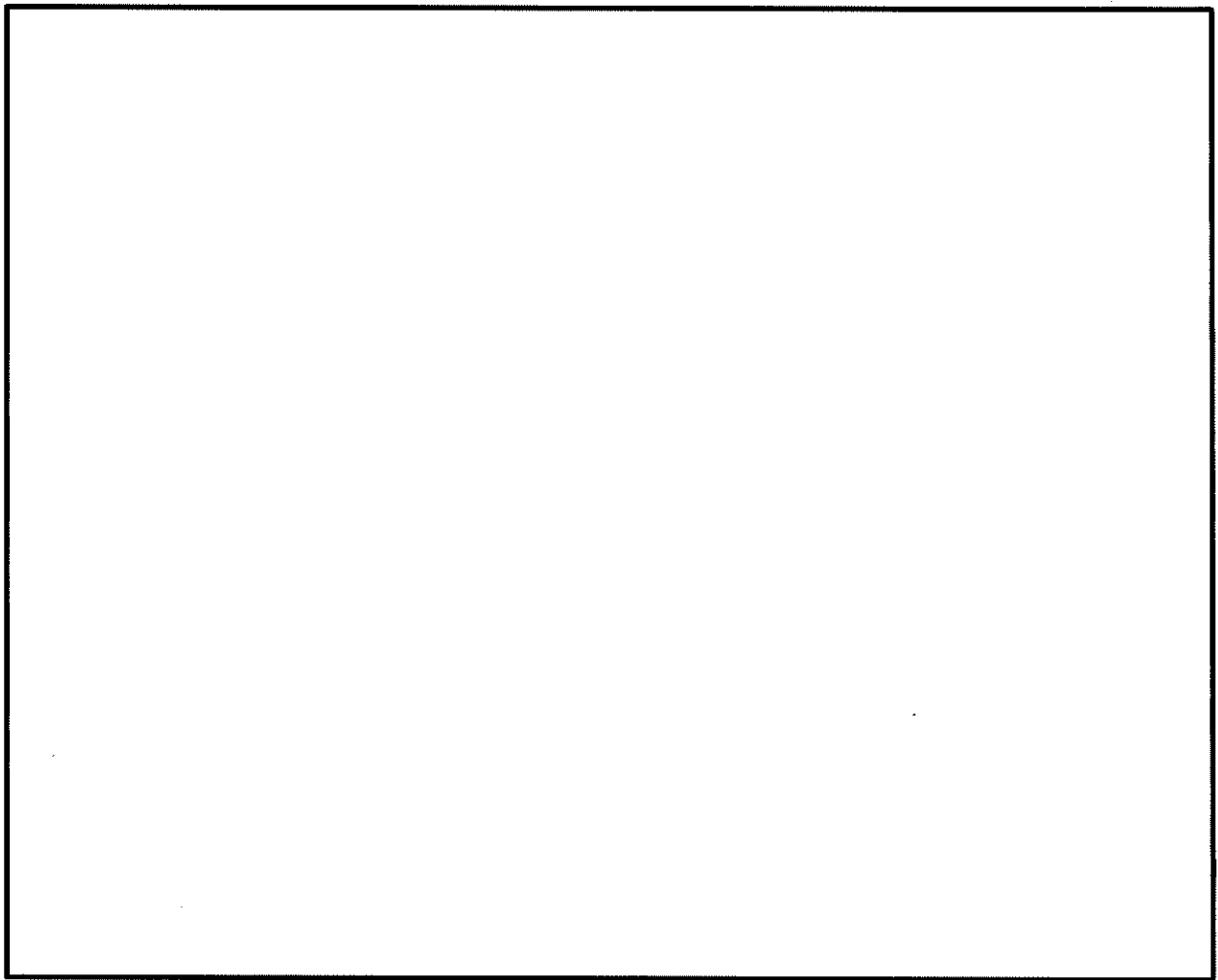




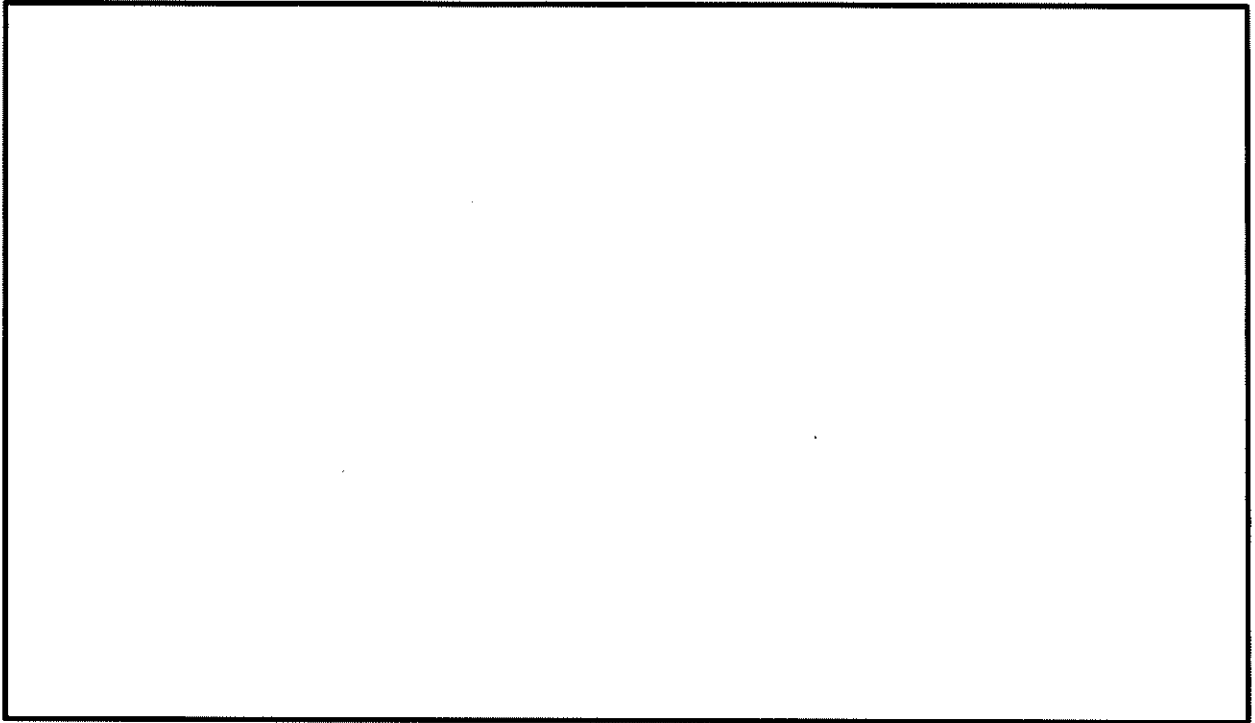
第2-2図 (1/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 24.6m)



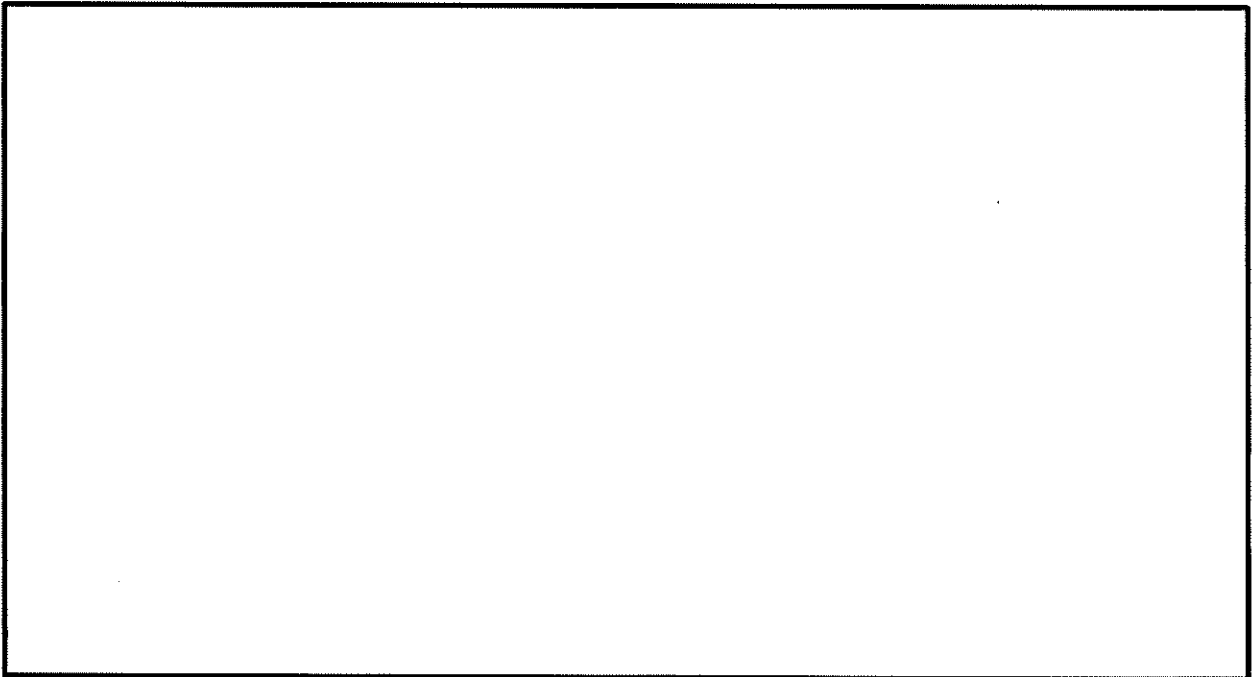
第2-2図 (2/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 32.7m)



第2-2図 (3/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 41.0m)



第2-3図 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (A-A断面)



第2-3図 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (B-B断面)

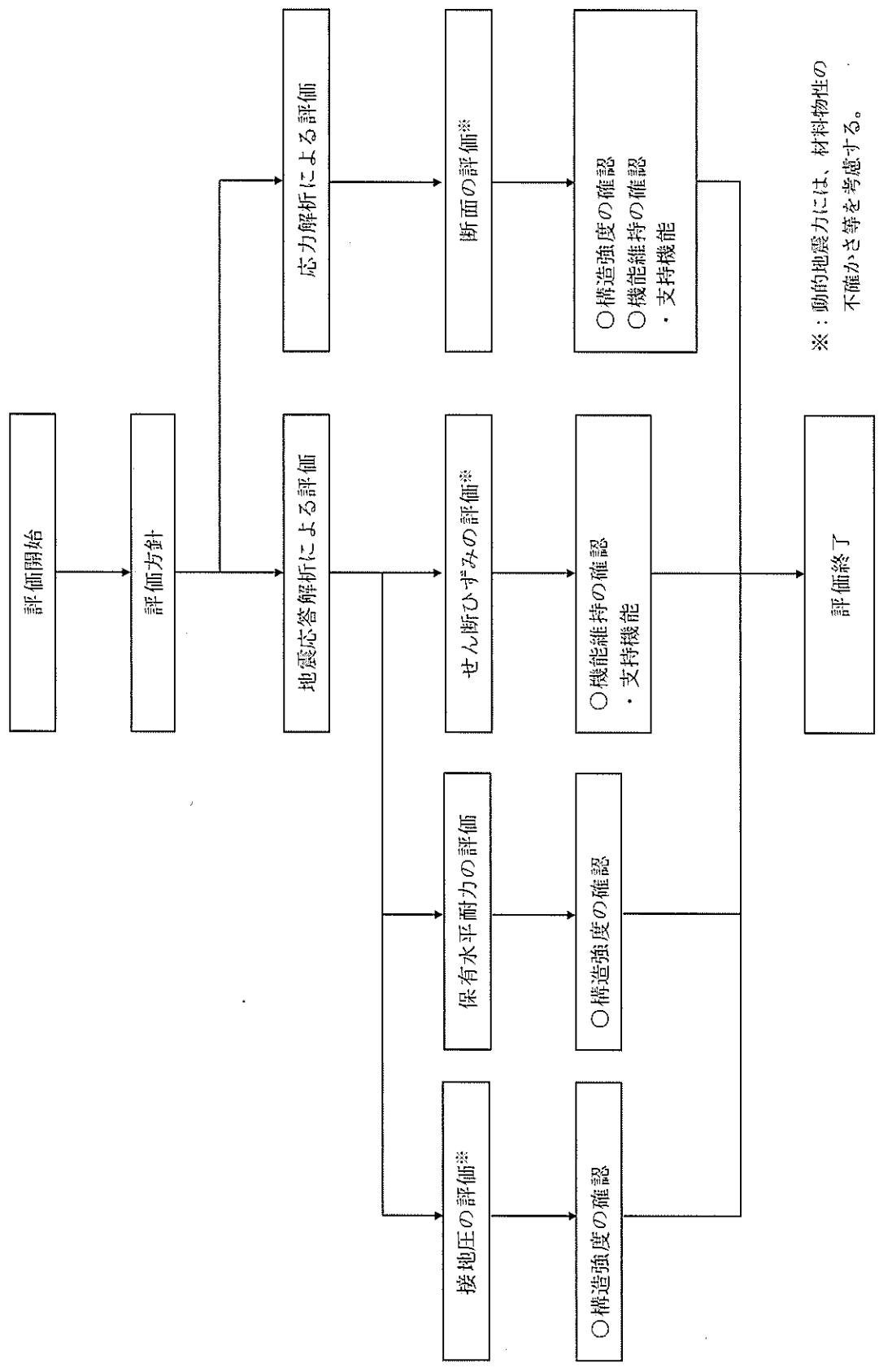
### 2.3 評価方針

非常用ガスタービン発電機建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

非常用ガスタービン発電機建屋の評価においては、基準地震動 $S_s$ による地震力が作用する状態（以下「 $S_s$ 地震時」という。）に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。なお、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて示す。

非常用ガスタービン発電機建屋の評価では、資料17-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみ、保有水平耐力及び接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、非常用ガスタービン発電機建屋の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に用いる動的地震力には、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による材料物性の不確かさ等を考慮する。

非常用ガスタービン発電機建屋の評価フローを第2-4図に、動的地震力に考慮する材料物性の不確かさ等を考慮した地震応答解析ケースを第2-1表に示す。



※：動的地震力には、材料物性の不確かさ等を考慮する。

第2-4図 非常用ガスタービン発電機建屋の評価フロー

第2-1表 材料物性の不確かさ等を考慮した地震応答解析ケース

ケース名	地盤のせん断波速度 $V_s$ ** (m/s)			鉄筋コンクリート部の 減衰定数 $h$ (%)
基本	1,700	2,300	2,700	5
$V_s+1\sigma$	1,836 (1.08)	2,484 (1.08)	2,916 (1.08)	5
$V_s-1\sigma$	1,564 (0.92)	2,116 (0.92)	2,484 (0.92)	5
減衰3%	1,700	2,300	2,700	3

※：資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」において、基礎底面及び建屋側面の地盤ばねの算定に用いた地盤のせん断波速度。

( ) 内は基本ケースに対する比率。

## 2.4 適用規格

非常用ガスタービン発電機建屋の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1987」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1991」という。)
- ・ 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改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005制定) (以下「RC-N規準」という。)

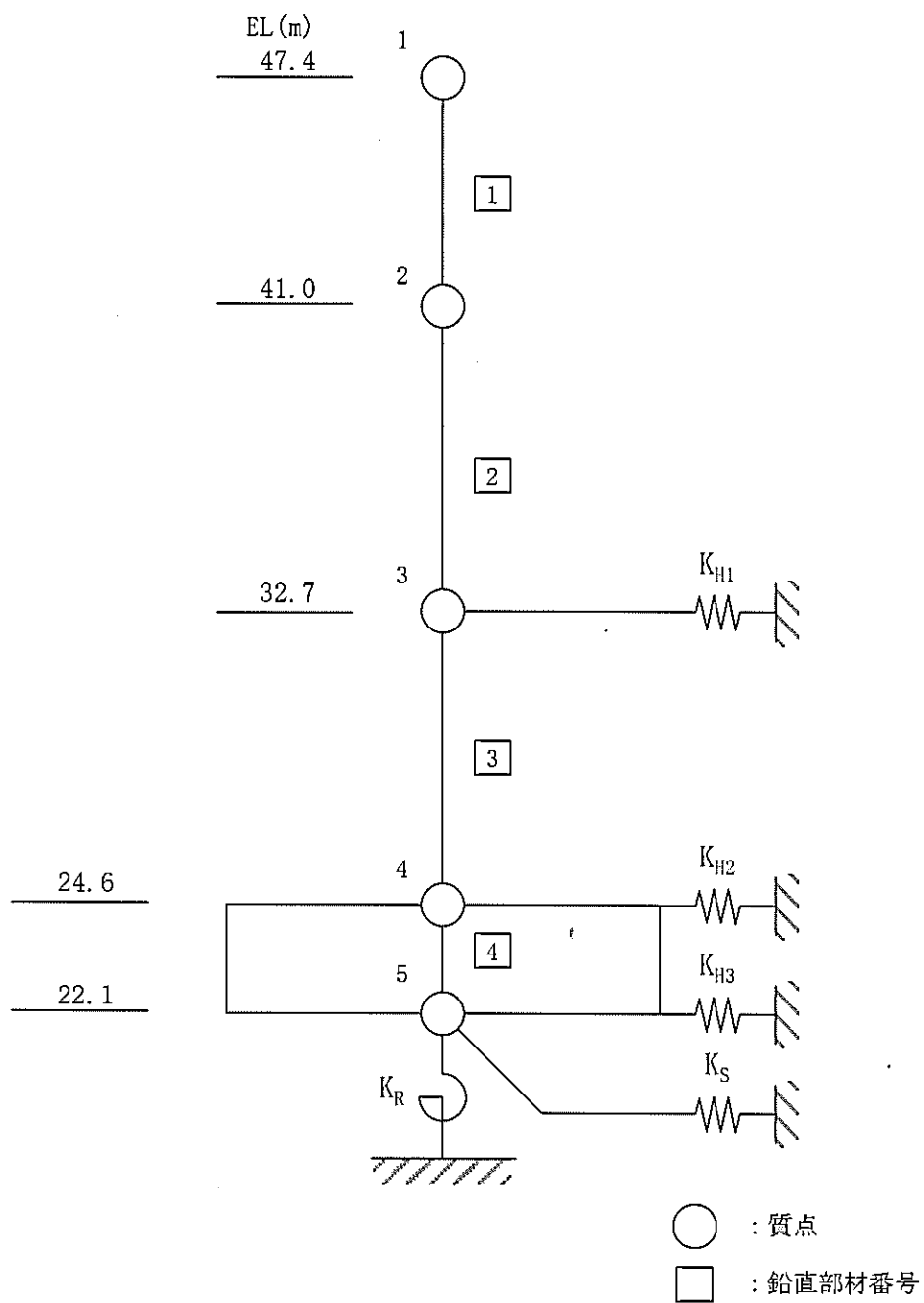


### 3. 地震応答解析による評価方法

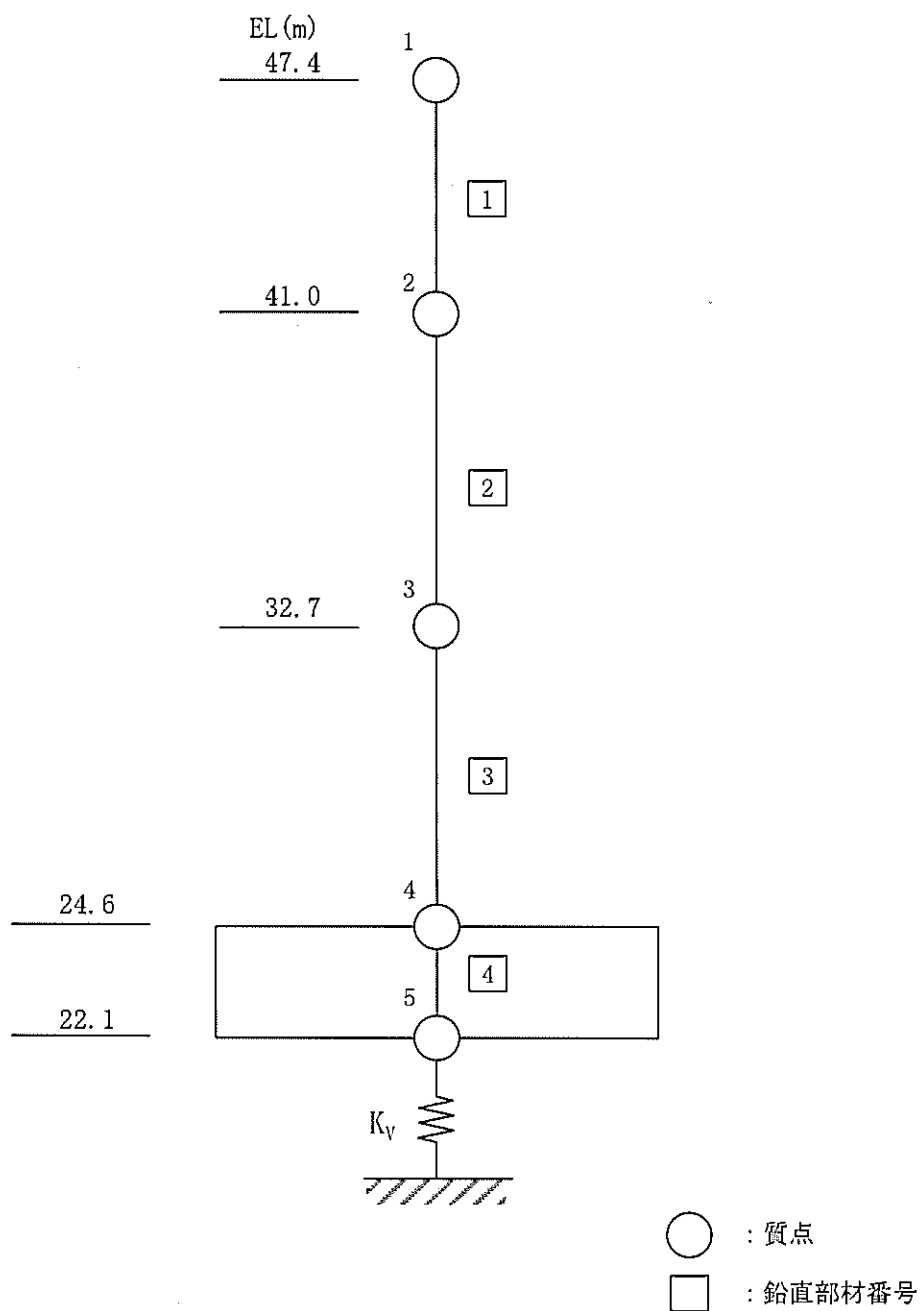
資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」における地震応答解析モデルを第3-1図及び第3-2図に示す。地震応答解析による評価において、非常用ガスタービン発電機建屋の構造強度については、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による結果に基づき、最大接地圧が許容限界を超えないこと及び保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、支持機能の維持については、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による結果に基づき、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における非常用ガスタービン発電機建屋の許容限界は、資料17-9「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 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第3-2図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第3-1表 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 Ss	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度 7.84N/mm <sup>2</sup> 以上 <sup>※1</sup>
		— (常時に対する検討)			長期許容支持力度 4.6N/mm <sup>2</sup> <sup>※1</sup>
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能 <sup>※2</sup>	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 Ss	耐震壁 <sup>※3</sup>	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>

※1：資料17-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定。

※2：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

※3：建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

#### 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

非常用ガスタービン発電機建屋の応力評価における評価対象部位は、基礎及び壁（地下部）とし、以下の方針に基づき評価を行う。なお、壁（地下部）については、面外方向に発生する応力の影響の確認を行うため、評価対象部位としている。

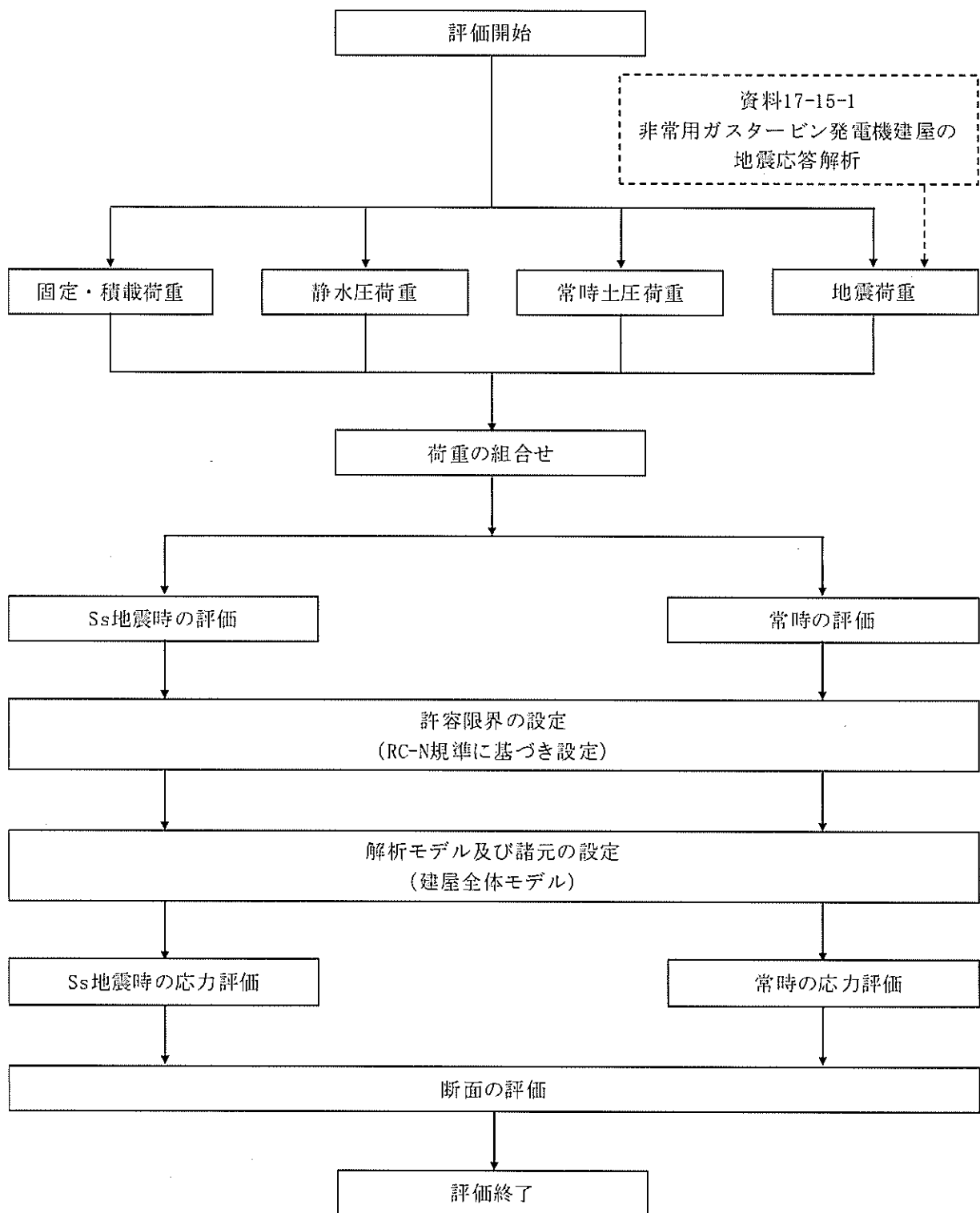
##### (1) Ss地震時に対する評価

Ss地震時に対する評価は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震荷重と地震荷重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。

##### (2) 常時に対する評価

常時に対する評価は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震荷重以外の常時作用する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。

3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析に当たっては、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを第4-1図に示す。



第4-1図 応力解析による評価フロー

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料17-9「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。なお、非常用ガスタービン発電機建屋の評価において、積雪荷重は積載荷重に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。また、非常用ガスタービン発電機建屋が鉄筋コンクリート構造物であり自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいと判断し、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

##### 4.2.1 荷重

###### (1) 固定荷重(G)及び積載荷重(P)

固定荷重及び積載荷重を第4-1表及び第4-2表に示す。

第4-1表 (1/2) 固定荷重 (床、屋根及び壁)

部位	固定荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	備考
床	24.00t	t : 部材厚さ (m)
屋根	24.00t + 4.10	
壁	24.00t	

第4-1表 (2/2) 固定荷重 (基礎)

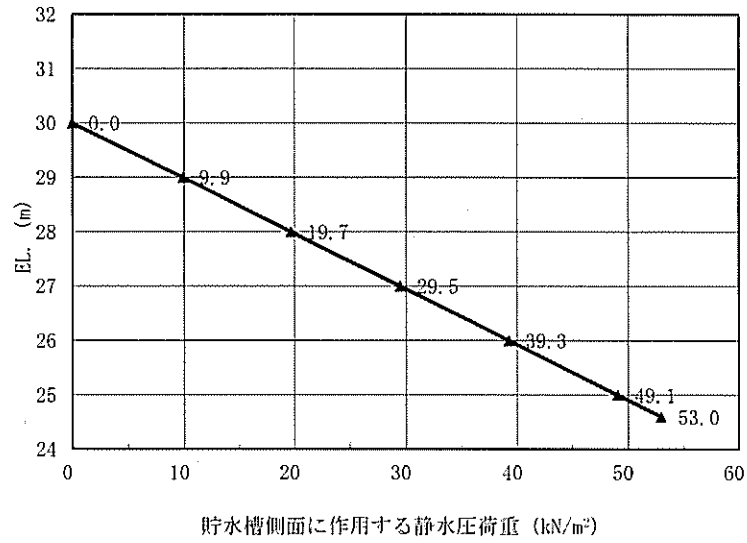
部位	固定荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	備考
基礎	24.00t + 0.20	t : 部材厚さ (m)

第4-2表 積載荷重 (床及び屋根)

部位	積載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
床	機器 + 配管サポート + 0.60
屋根	機器 + 配管サポート + 0.30

(2) 静水圧荷重( $H_0$ )

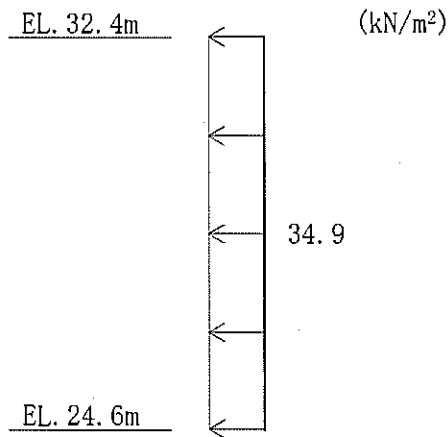
貯水槽内の静水圧荷重を第4-2図に示す。基礎にはEL. 24.6mにおける静水圧荷重を鉛直下方向に設定する。



第4-2図 静水圧荷重

(3) 常時土圧荷重( $E_0$ )

常時土圧荷重は、JEAG4601-1991に基づき算出する。常時土圧荷重を第4-3図に示す。



第4-3図 常時土圧荷重



(4) 地震荷重(Ks)

地震荷重は、水平地震力、鉛直地震力、貯水槽内の水のスロッシングによる動水圧（以下「水平地震力による動水圧荷重」という。）、貯水槽内の水の鉛直地震力による動水圧（以下「鉛直地震力による動水圧荷重」という。）及び地震時増分土圧荷重により構成される。

a. Ss地震荷重(Ks)

Ss地震荷重のうち水平地震力及び鉛直地震力は、地震応答解析結果における動的地震力より設定する。

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

① $1.0 \times$ 水平地震荷重 $+0.4 \times$ 鉛直地震荷重

② $0.4 \times$ 水平地震荷重 $+1.0 \times$ 鉛直地震荷重

#### 4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを第4-3表に示す。

第4-3表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss地震時	$GP + H_0 + E_0 + K_s$
常時	$GP + H_0 + E_0$

GP : 固定・積載荷重

$H_0$  : 静水圧荷重

$E_0$  : 常時土圧荷重

$K_s$  : Ss地震荷重

#### 4.3 許容限界

応力解析による評価における非常用ガスタービン発電機建屋の許容限界は、資料17-9「機能維持の基本方針」に基づき、第4-4表のとおり設定する。

また、RC-N規準に基づくコンクリート及び鉄筋の許容応力度を第4-5表及び第4-6表に示す。

第4-4表 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	— (常時に対する検討)	基礎壁(地下部)	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N規準における長期許容応力度
支持機能 ※1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動Ss	基礎壁(地下部)	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N規準における短期許容応力度※2

※1:「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

※2:許容限界は終局耐力であるが、耐震性向上の観点から短期許容応力度とする。

第4-5表 コンクリートの許容応力度

(単位: N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 Fc	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
30.0	10.00	0.79	20.00	1.18

第4-6表 鉄筋の許容応力度

(単位: N/mm<sup>2</sup>)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD345	195	195	345	345

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 モデル化の基本方針

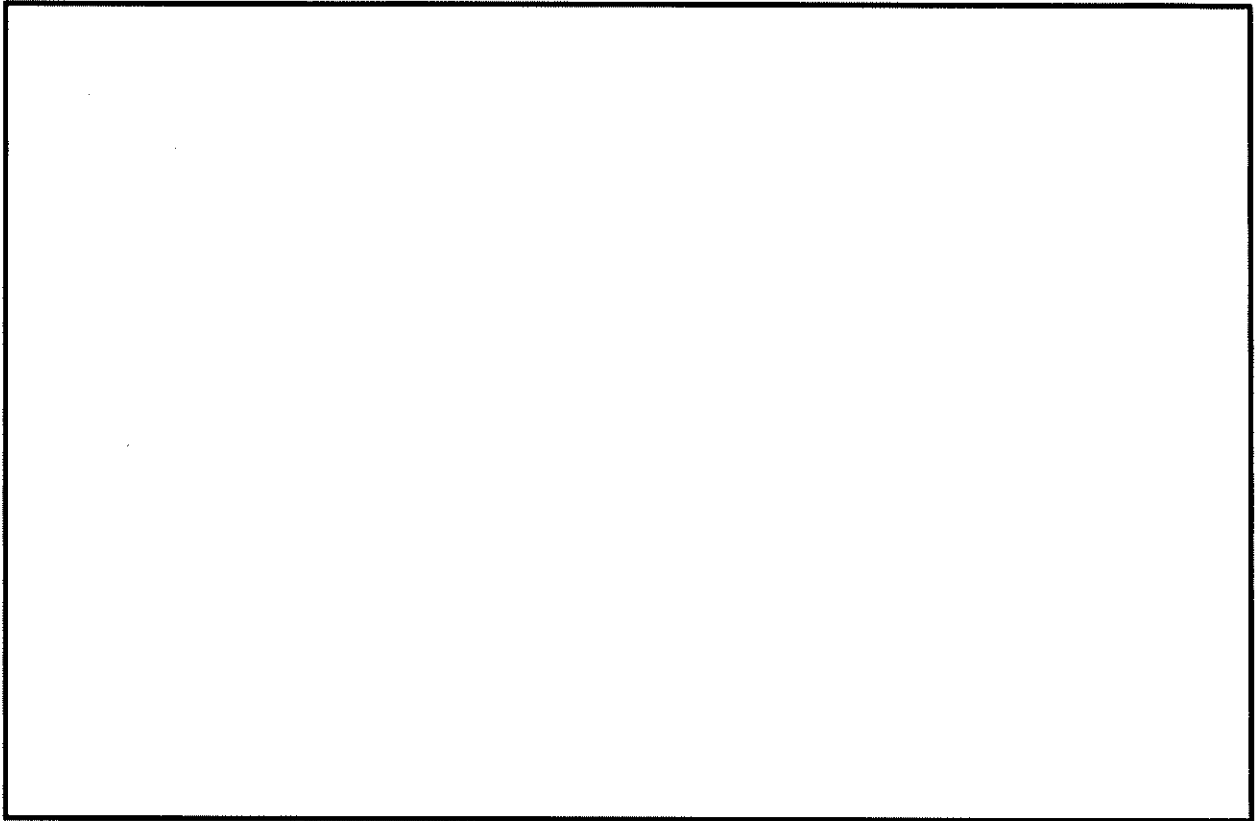
###### (1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析とする。解析モデルは、非常用ガスタービン発電機建屋の上部構造物と基礎を含めた建屋全体モデルとする。解析モデルを第4-4図及び第4-5図に示す。モデルの節点数は5,591、要素数は6,067である。

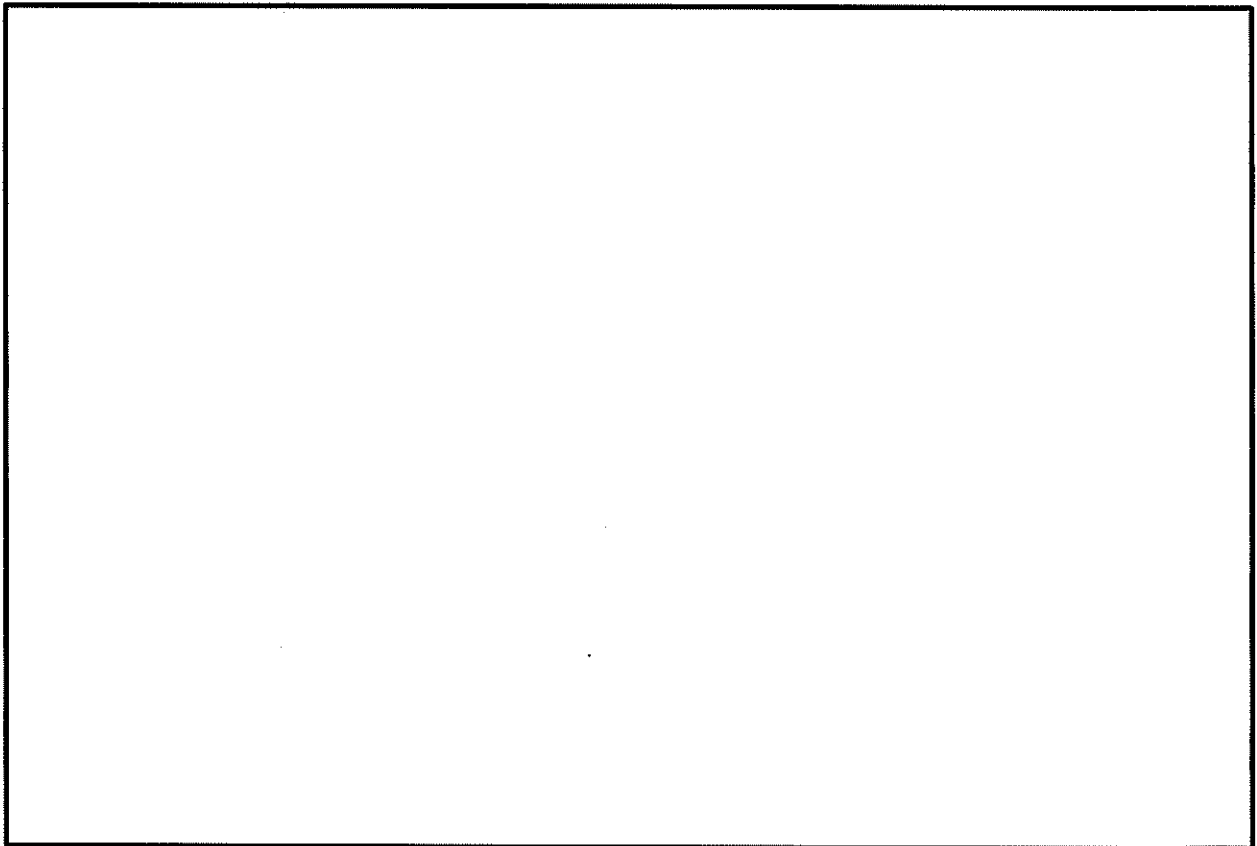
応力解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

###### (2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、天井、床、壁及び基礎について面材として扱いシェル要素とする。



第4-4図 建屋全体モデル



第4-5図 建屋全体モデル（基礎及び壁（地下部）の鳥瞰図）

(3) 境界条件

応力の算定に用いる基礎底面地盤の鉛直及び水平ばねは、以下の方法で求まる地盤反力係数に各ばねの水平投影面積による支配面積を乗じて設定する。また、浮上りを生じている部分の基礎下端の地盤反力はないものとして解析を行う。

a. Ss地震時

鉛直方向地盤反力係数  $k_v = {}_D K_R / J$  (kN/m<sup>3</sup>)

水平方向地盤反力係数  $k_s = {}_D K_S / A$  (kN/m<sup>3</sup>)

ここで、

${}_D K_R$ 、 ${}_D K_S$  : JEAG4601-1991に基づき、振動アドミッタンス理論により、地盤の動的物性値を用いて評価した回転ばね定数及び水平ばね定数

J : 基礎底面の断面2次モーメント (m<sup>4</sup>)

A : 基礎底面の面積 (m<sup>2</sup>)

${}_D K_R$ 、 ${}_D K_S$ の値は、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」において設定している値を用いる。地盤ばね定数の算出に用いる地盤の動的物性値を第4-7表に、算出した基礎底面の地盤ばね定数を第4-8表に示す。

第4-7表 地盤の動的物性値 (Ss地震時)

地層 EL (m)	地盤のせん断波速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
22.1 ~ 7.99	2,300	29.4	0.34
7.99 ~ -200.00	2,700	29.4	0.34

第4-8表 地盤ばね定数 (Ss地震時)

水平ばね	${}_D K_S$	ばね定数 (kN/m)	
		EW 方向	NS 方向
		$1.749 \times 10^9$	$1.778 \times 10^9$
回転ばね	${}_D K_R$	ばね定数 (kN・m/rad)	
		EW 方向	NS 方向
		$7.899 \times 10^{11}$	$5.972 \times 10^{11}$

b. 常時

鉛直方向地盤反力係数  $k_v = sK_z/A$  (kN/m<sup>3</sup>)

水平方向地盤反力係数  $k_s = sK_s/A$  (kN/m<sup>3</sup>)

ここで、

$sK_z$ 、 $sK_s$  : JEAG4601-1991に基づき、振動アドミッタンス理論により、地盤の静的物性値を用いて評価した鉛直ばね定数及び水平ばね定数

A : 基礎底面の面積 (m<sup>2</sup>)

$sK_z$ 、 $sK_s$ の算出に用いる地盤の静的物性値は、資料17-3「地盤の支持性能に係る基本方針」において設定している値を用いる。地盤ばね定数の算出に用いる地盤の静的物性値を第4-9表に、算出した基礎底面の地盤ばね定数を第4-10表に示す。

第 4-9 表 地盤の静的物性値 (常時)

地層 EL (m)	地盤の静弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
22.1 ~ 7.99	3.63 × 10 <sup>6</sup>	29.4	0.29
7.99 ~ -200.00			

第 4-10 表 地盤ばね定数 (常時)

水平ばね	$sK_s$	ばね定数 (kN/m)	
		EW 方向	NS 方向
		1.322 × 10 <sup>8</sup>	1.340 × 10 <sup>8</sup>
鉛直ばね	$sK_z$	ばね定数 (kN/m)	
		1.603 × 10 <sup>8</sup>	



#### 4.4.2 解析諸元

基礎及び壁（地下部）について、RC-N規準に基づくコンクリート及び鉄筋の物性値を第4-11表に示す。

第4-11表 (1/2) コンクリートの物性値

設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
30.0	$2.44 \times 10^4$	0.2

第4-11表 (2/2) 鉄筋の物性値

鉄筋種類	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	$2.05 \times 10^5$

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力解析方法

基礎及び壁（地下部）について、Ss地震時及び常時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を行う。

#### (1) 荷重ケース

Ss地震時及び常時の応力は、組合せるべき荷重を全て同時に作用させて応力解析を行う。

単独荷重の記号を以下に示す。

GP	:	固定・積載荷重
H <sub>0</sub>	:	静水圧荷重
E <sub>0</sub>	:	常時土圧荷重
K <sub>SEW</sub> <sup>※</sup>	:	Ss地震時 E→W方向 地震力
K <sub>SNS</sub> <sup>※</sup>	:	Ss地震時 N→S方向 地震力
K <sub>S<sub>DU</sub></sub> <sup>※</sup>	:	Ss地震時 鉛直方向 地震力
H <sub>SEW</sub>	:	Ss地震時 E→W方向 水平地震力による動水圧荷重
H <sub>SWE</sub>	:	Ss地震時 W→E方向 水平地震力による動水圧荷重
H <sub>SNS</sub>	:	Ss地震時 N→S方向 水平地震力による動水圧荷重
H <sub>SSN</sub>	:	Ss地震時 S→N方向 水平地震力による動水圧荷重
H <sub>S<sub>DU</sub></sub> <sup>※</sup>	:	Ss地震時 鉛直方向 鉛直地震力による動水圧荷重
E <sub>SEW</sub>	:	Ss地震時 EW方向 地震時増分土圧荷重
E <sub>SNS</sub>	:	Ss地震時 NS方向 地震時増分土圧荷重

※：加力方向により絶対値の差異はないため、計算上の座標軸を基本として、E→W方向、N→S方向及び鉛直上向きを「+」、W→E方向、S→N方向及び鉛直下向きを「-」とする。

#### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを第4-12表に示す。

第4-12表 (1/2) 荷重の組合せケース (Ss地震時)

組合せ 係数	加力方向		ケース No.	荷重の組合せケース
	水平	鉛直		
水平1.0 鉛直0.4	E→W	下	1	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SDI}-0.4H_{SDI}$
	W→E		2	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SDI}-0.4H_{SDI}$
	E→W	上	3	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SDI}+0.4H_{SDI}$
	W→E		4	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SDI}+0.4H_{SDI}$
	N→S	下	5	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}-0.4K_{SDI}-0.4H_{SDI}$
	S→N		6	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}-0.4K_{SDI}-0.4H_{SDI}$
	N→S	上	7	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}+0.4K_{SDI}+0.4H_{SDI}$
	S→N		8	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}+0.4K_{SDI}+0.4H_{SDI}$
水平0.4 鉛直1.0	E→W	下	9	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SDI}-1.0H_{SDI}$
	W→E		10	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SDI}-1.0H_{SDI}$
	E→W	上	11	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SDI}+1.0H_{SDI}$
	W→E		12	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SDI}+1.0H_{SDI}$
	N→S	下	13	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}-1.0K_{SDI}-1.0H_{SDI}$
	S→N		14	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}-1.0K_{SDI}-1.0H_{SDI}$
	N→S	上	15	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}+1.0K_{SDI}+1.0H_{SDI}$
	S→N		16	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}+1.0K_{SDI}+1.0H_{SDI}$

第4-12表 (2/2) 荷重の組合せケース (常時)

ケース No.	荷重の組合せケース
17	$GP+H_0+E_0$

(3) 荷重の入力方法

a. 固定・積載荷重

応力解析モデルの各節点における支配領域の固定・積載荷重に応じた節点力として入力する。なお、節点力は地震応答解析モデルの各質点位置に対応した各節点に入力する。

b. 静水圧荷重

第4-2図に示す静水圧荷重を面荷重として入力する。

c. 常時土圧荷重

第4-3図に示す常時土圧荷重を面荷重として入力する。

d. 地震荷重

(a) Ss地震時

1. 水平及び鉛直地震力

水平地震力は、地震応答解析結果における動的地震力のうち、各部材のせん断力及び曲げモーメントをそれぞれ包絡し設定する。せん断力は水平力に置換し応力解析モデルの各節点における支配領域に応じた節点力として入力し、曲げモーメントは鉛直力に置換し各節点における支配領域に応じた節点力として入力する。

鉛直地震力は、地震応答解析結果における動的地震力のうち、各部材の軸力を包絡し設定する。軸力は鉛直力に置換し応力解析モデルの各節点における支配領域に応じた節点力として入力する。

なお、節点力は地震応答解析モデルの各質点位置に対応した各節点に入力する。また、水平及び鉛直地震力は、第2-1表に示す材料物性の不確かさ等を考慮した各ケースにおけるSs-1、Ss-2及びSs-3の最大値を包絡して用いる。

Ss地震時において応力解析モデルに入力する地震力を第4-13表～第4-15表に示す。

第4-13表 (1/2) 水平地震力 せん断力 EW方向 (Ss地震時)

( $\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答せん断力				設計用 地震力
			基本 <sup>※</sup>	Vs+1 $\sigma$ <sup>※</sup>	Vs-1 $\sigma$ <sup>※</sup>	減衰3% <sup>※</sup>	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	51.5	52.3	50.4	55.4	55.4
	2	41.0 ~ 32.7	115.4	117.3	113.2	123.2	123.3
	3	32.7 ~ 24.6	97.3	94.3	100.7	96.9	100.7
基礎底面	—	22.1	194.7	195.3	194.4	195.1	195.4

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第4-13表 (2/2) 水平地震力 せん断力 NS方向 (Ss地震時)

( $\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答せん断力				設計用 地震力
			基本 <sup>※</sup>	Vs+1 $\sigma$ <sup>※</sup>	Vs-1 $\sigma$ <sup>※</sup>	減衰3% <sup>※</sup>	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	36.3	36.6	35.8	38.1	38.2
	2	41.0 ~ 32.7	80.0	81.0	79.0	88.5	88.5
	3	32.7 ~ 24.6	90.8	87.3	94.6	92.2	94.7
基礎底面	—	22.1	179.0	179.3	178.9	180.6	180.6

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第4-14表 (1/2) 水平地震力 曲げモーメント EW方向 (Ss地震時)

( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )

部位	部材番号	EL. (m)	最大応答曲げモーメント				設計用 地震力
			基本 <sup>※</sup>	$V_{s+1}\sigma$ <sup>※</sup>	$V_{s-1}\sigma$ <sup>※</sup>	減衰3% <sup>※</sup>	
上部 構造物	1U	47.4 ~ 41.0	10.1	10.4	9.9	11.0	11.0
	1D	47.4 ~ 41.0	42.2	42.8	41.5	45.6	45.7
	2U	41.0 ~ 32.7	55.4	56.1	54.7	60.1	60.1
	2D	41.0 ~ 32.7	150.8	153.0	148.2	162.1	162.1
	3U	32.7 ~ 24.6	168.8	170.8	166.3	181.6	181.6
	3D	32.7 ~ 24.6	233.7	233.7	233.6	248.8	248.9
基礎底面	—	22.1	262.2	261.8	262.5	277.9	277.9

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第4-14表 (2/2) 水平地震力 曲げモーメント NS方向 (Ss地震時)

( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )

部位	部材番号	EL. (m)	最大応答曲げモーメント				設計用 地震力
			基本 <sup>※</sup>	$V_{s+1}\sigma$ <sup>※</sup>	$V_{s-1}\sigma$ <sup>※</sup>	減衰3% <sup>※</sup>	
上部 構造物	1U	47.4 ~ 41.0	9.4	9.5	9.4	10.8	10.8
	1D	47.4 ~ 41.0	30.0	30.3	29.6	32.6	32.7
	2U	41.0 ~ 32.7	39.4	40.0	38.9	44.1	44.2
	2D	41.0 ~ 32.7	100.1	101.0	99.1	105.2	105.3
	3U	32.7 ~ 24.6	109.1	109.9	108.1	115.1	115.1
	3D	32.7 ~ 24.6	150.1	149.5	154.1	163.5	163.5
基礎底面	—	22.1	189.7	184.9	195.1	191.3	195.1

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第4-15表 (1/2) 鉛直地震力 軸力 EW断面 (Ss地震時)

( $\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答軸力				設計用 地震力
			基本 <sup>**</sup>	Vs+1 $\sigma$ <sup>**</sup>	Vs-1 $\sigma$ <sup>**</sup>	減衰3% <sup>**</sup>	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	28.3	28.6	27.9	29.7	29.8
	2	41.0 ~ 32.7	75.3	75.8	74.6	79.0	79.1
	3	32.7 ~ 24.6	136.0	136.6	135.5	139.8	139.8
基礎底面	—	22.1	237.5	237.7	237.6	242.1	242.1

※：Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第4-15表 (2/2) 鉛直地震力 軸力 NS断面 (Ss地震時)

( $\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答軸力				設計用 地震力
			基本 <sup>**</sup>	Vs+1 $\sigma$ <sup>**</sup>	Vs-1 $\sigma$ <sup>**</sup>	減衰3% <sup>**</sup>	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	25.1	25.3	24.8	26.0	26.1
	2	41.0 ~ 32.7	68.8	69.6	68.0	72.3	72.3
	3	32.7 ~ 24.6	123.6	124.4	122.6	128.5	128.5
基礎底面	—	22.1	208.6	207.3	210.1	208.9	210.2

※：Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

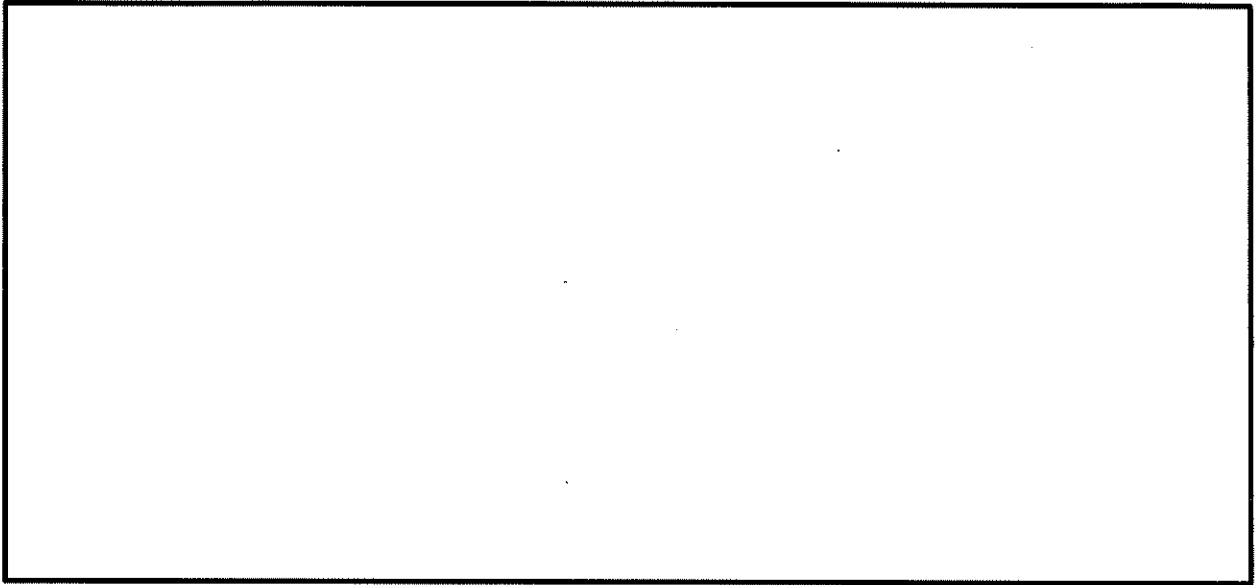
ロ. 動水圧荷重

水平地震力による動水圧荷重は、地震応答解析結果における質点3(EL. 32.7m)の加速度応答の包絡値をもとに、JEAG4601-1987におけるHousner理論により算出し、各要素に面荷重として入力する。

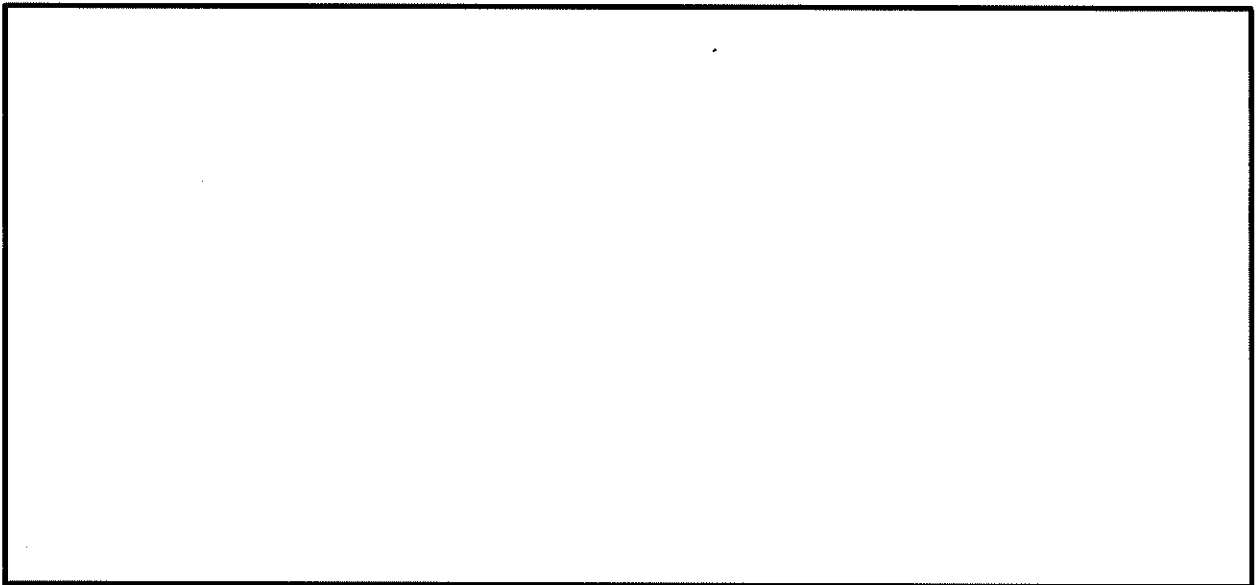
鉛直地震力による動水圧荷重は、地震応答解析結果における質点3(EL. 32.7m)の加速度応答の包絡値をもとに鉛直震度を算定し、静水圧荷重に乘じ面荷重として入力する。

水平地震力による動水圧荷重を第4-6図に、鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度を第4-16表に示す。



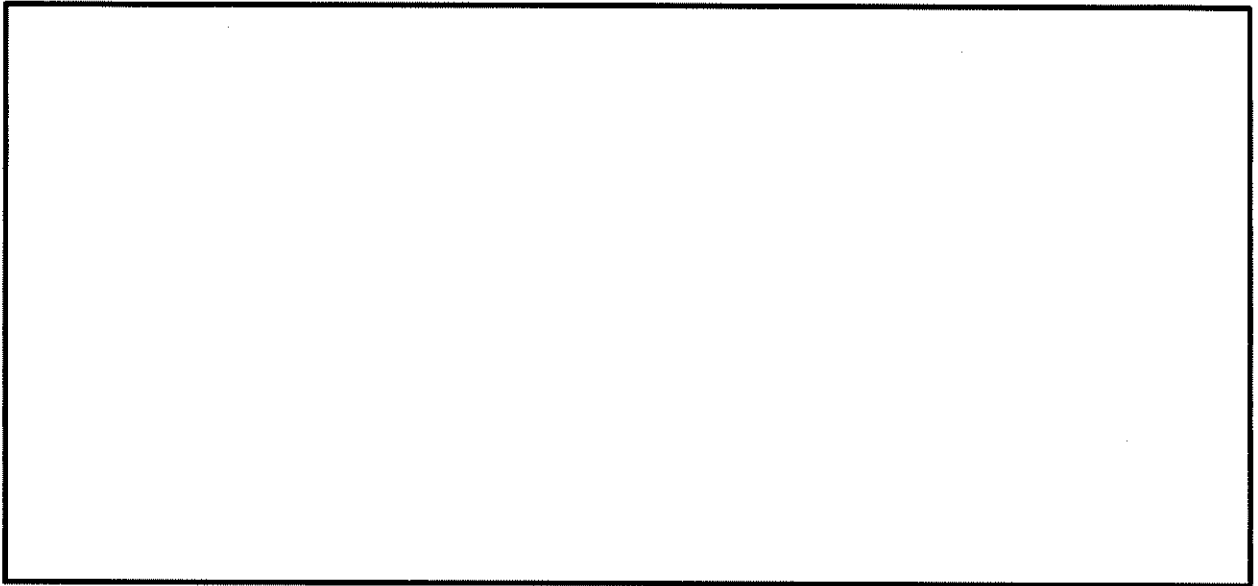


(a) 荷重A

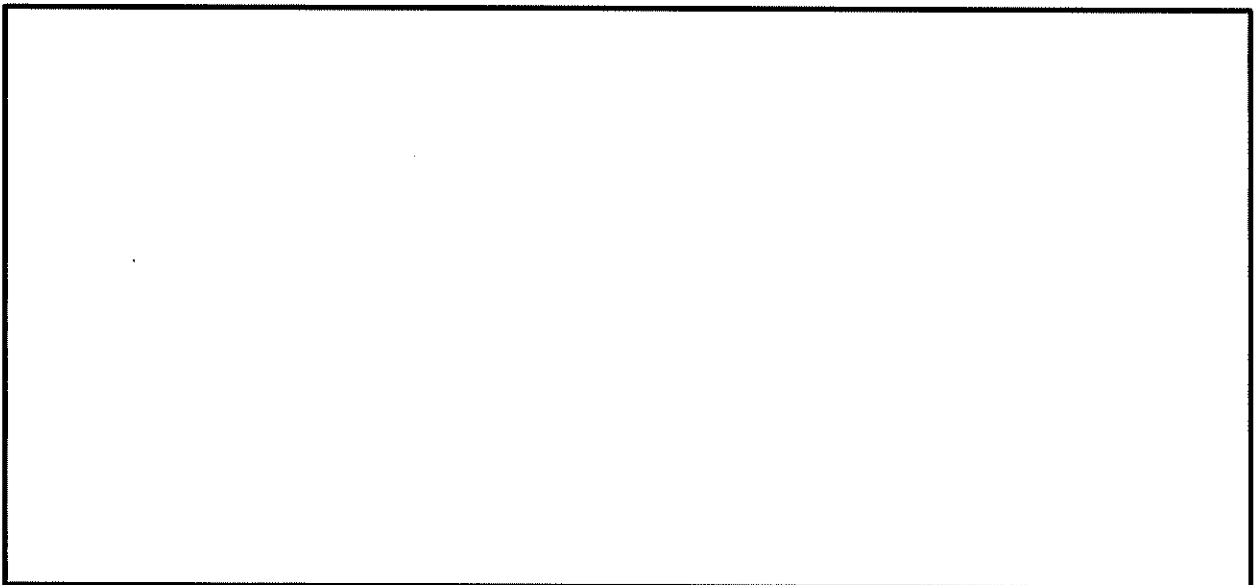


(b) 荷重B

第4-6図 (1/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (EW方向)

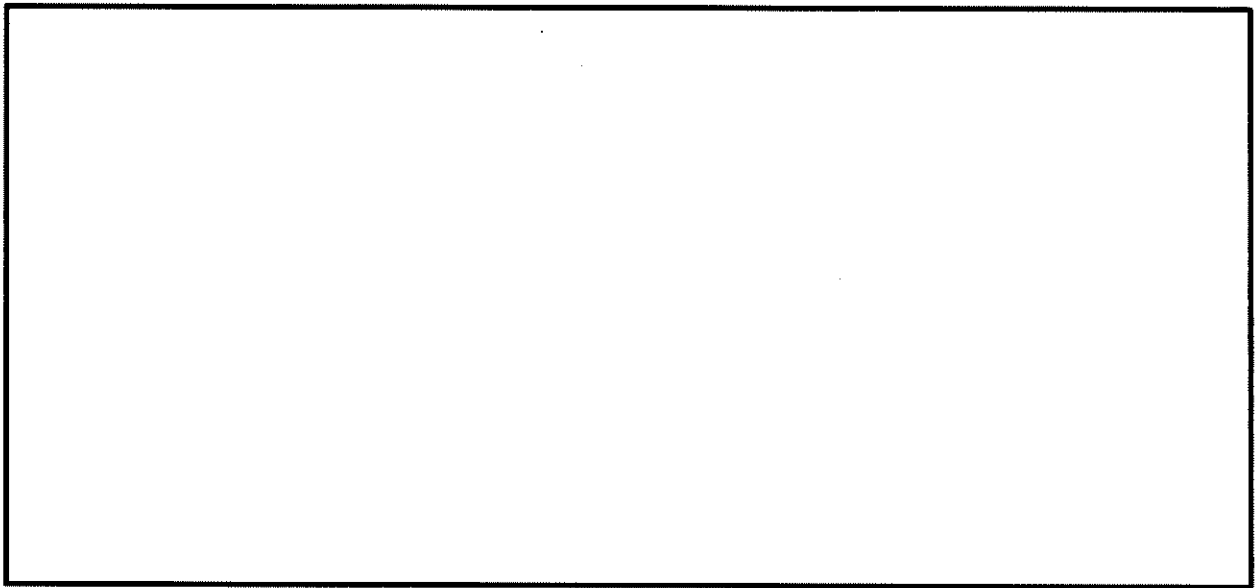


(c) 荷重C

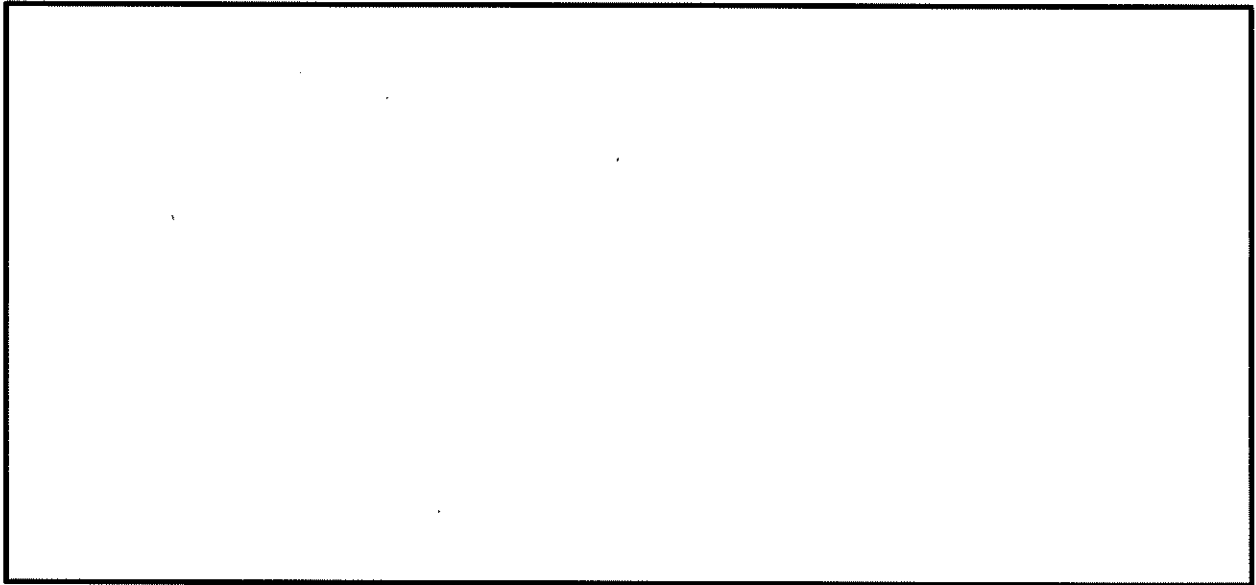


(d) 荷重D

第4-6図 (2/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (EW方向)

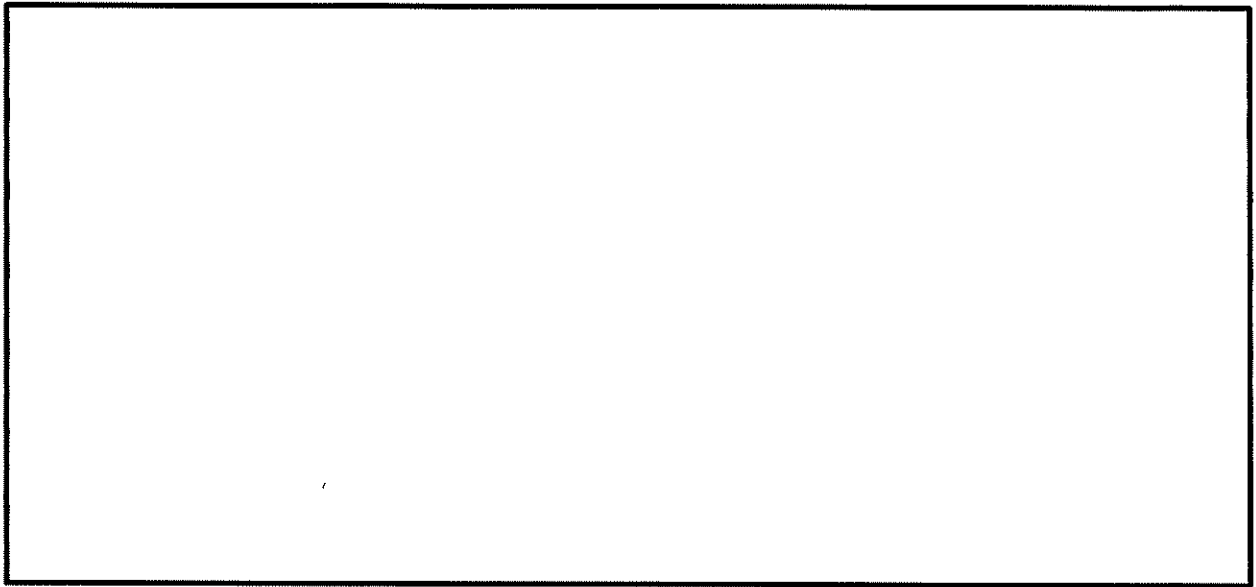


(e) 荷重E

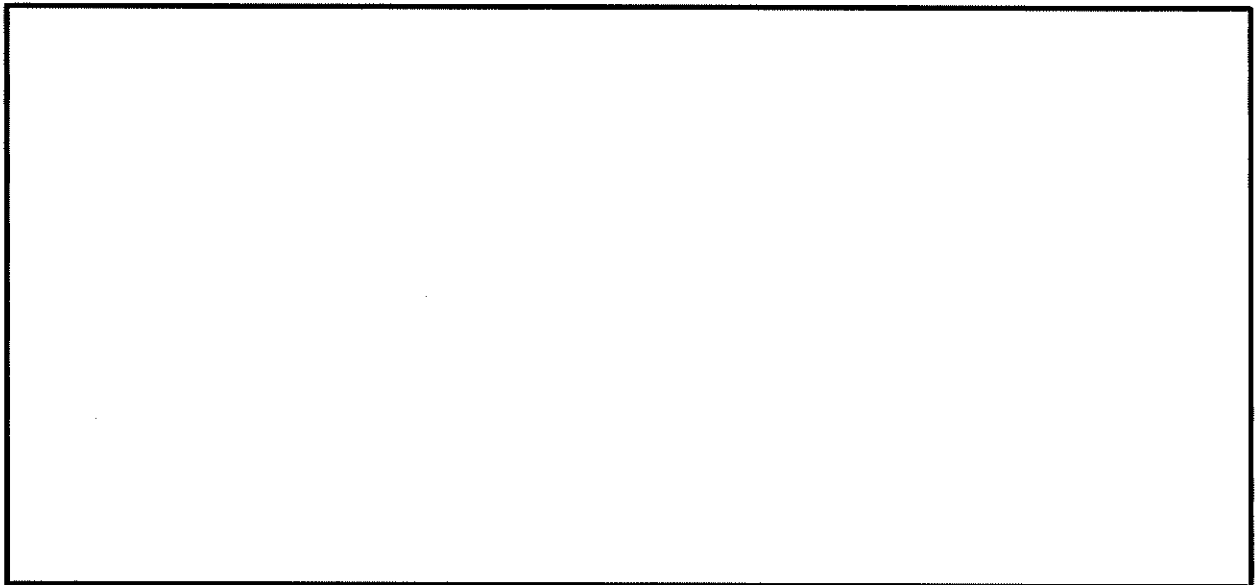


(f) 荷重F

第4-6図 (3/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)

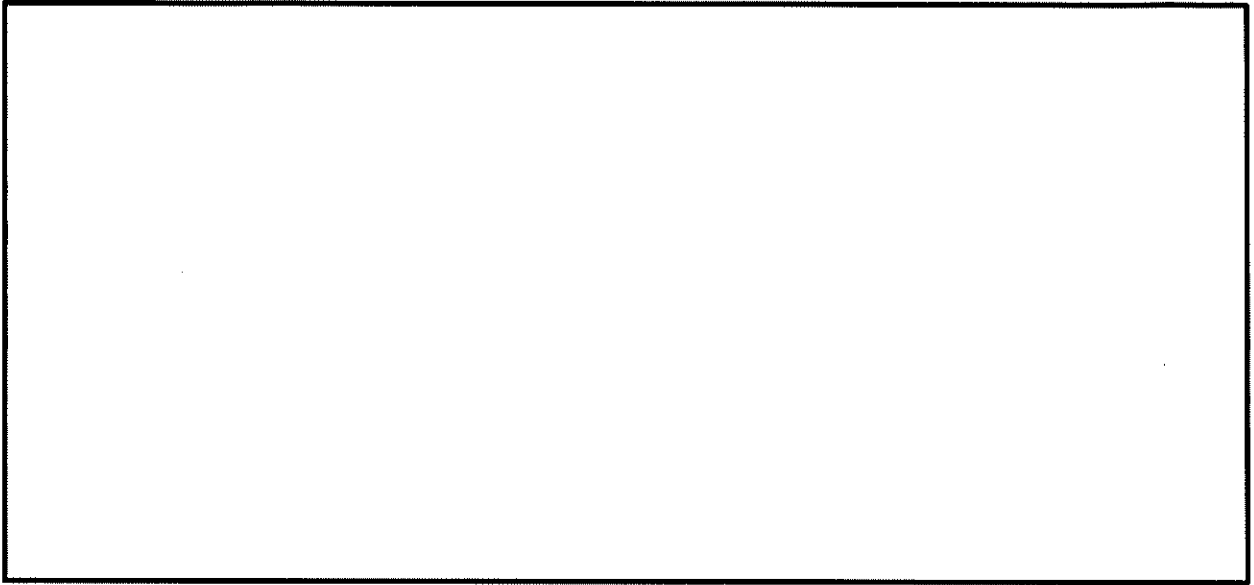


(g) 荷重G



(h) 荷重H

第4-6図 (4/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)



(i) 荷重I

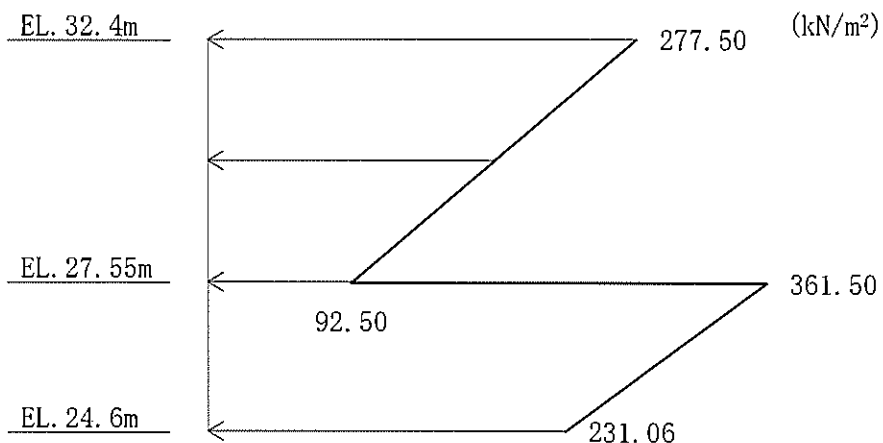
第4-6図 (5/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)

第4-16表 Ss地震時 鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度

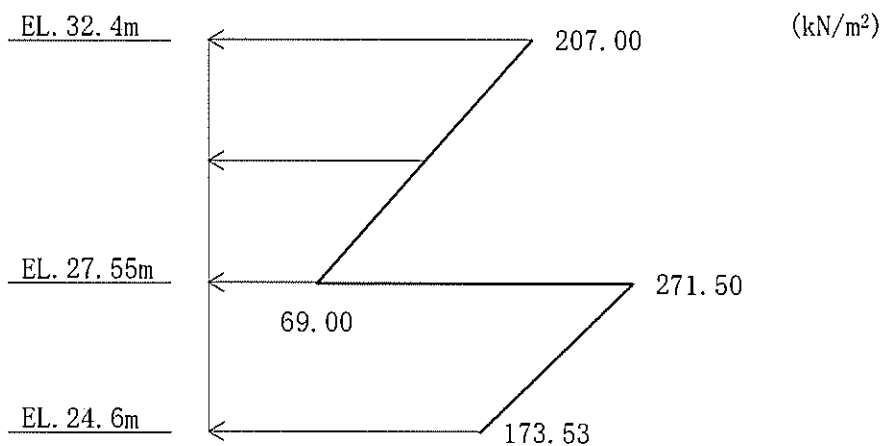
	鉛直震度 (動的)
鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度	0.70

ハ. 地震時増分土圧荷重

地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991に基づき算出し、各要素に面荷重として入力する。地震時増分土圧荷重を第4-7図に示す。



(a) EW方向



(b) NS方向

第4-7図 地震時増分土圧荷重 (Ss地震時)

#### 4.5.2 断面の評価方法

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

##### (1) 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力

Ss地震時及び常時に対する評価において、RC-N規準に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が、配筋量を超えないことを確認する。この際、軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量は、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（コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比は13とする）として評価する。また、評価対象部位に生じる面内せん断力は、鉄筋で全て負担するものとする。

$$\frac{a_t + a_s/2}{a} \leq 1$$

ここで、

$a_t$  : 軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量 ( $\text{mm}^2$ )

$a_s$  : 面内せん断力による必要鉄筋量 ( $\text{mm}^2$ )

$$a_s = \frac{Q}{f_t}$$

$Q$  : 面内せん断力 (N)

$f_t$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$a$  : 片側配筋量 ( $\text{mm}^2$ )

(2) 面外せん断応力度

Ss地震時及び常時に対する評価において、RC-N規準に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力度が、許容面外せん断応力度を超えないことを確認する。

$$\frac{\tau}{\tau_A} \leq 1$$

ここで、

$\tau$  : 面外せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_A$  : 許容面外せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

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

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

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

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 応力中心間距離 (= (7/8) d) (mm)

$d$  : 有効せい (mm)

$\alpha$  : せん断スパン比による割増係数

なお、引張軸応力度が2N/mm<sup>2</sup>を超える場合は考慮しない ( $\alpha=1$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \quad \text{かつ} \quad 1 \leq \alpha \leq 2$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : 面外せん断力 (N)

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

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



## 5. 評価結果

### 5.1 地震応答解析による評価結果

#### 5.1.1 せん断ひずみの評価結果

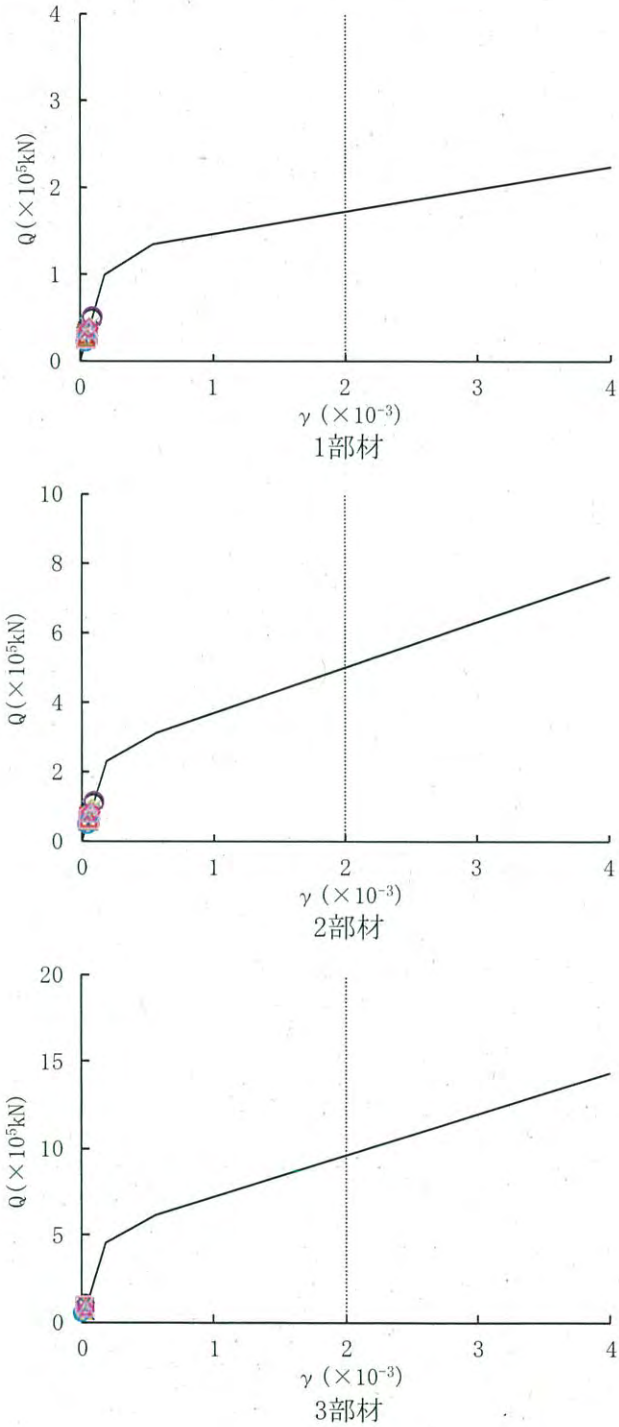
耐震壁について、第2-1表に示す材料物性の不確かさ等を考慮した各ケースにおけるSs地震時の地震応答解析結果による各層（1～3部材）のせん断スケルトンカーブ上の最大応答値を第5-1図～第5-8図に示す。

#### (1) Ss地震時に対する評価

耐震壁について、Ss地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認する。

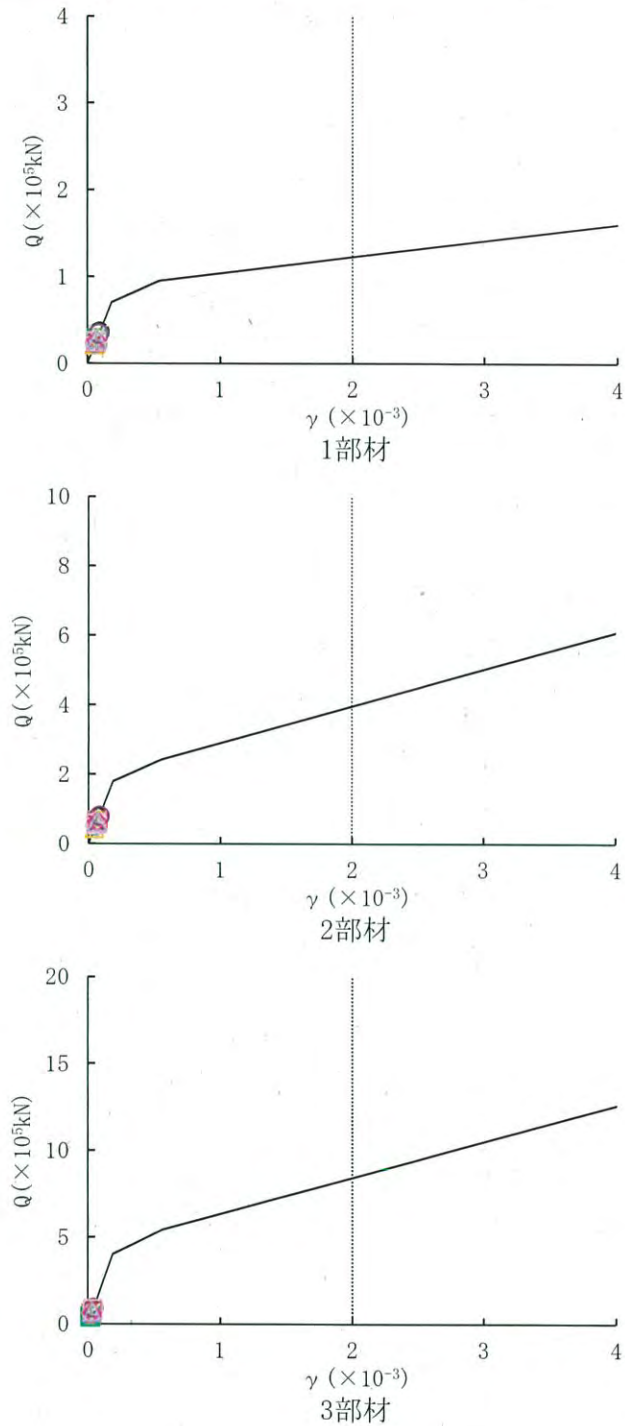
Ss地震時の最大せん断ひずみは $0.11 \times 10^{-3}$ （基準地震動Ss-1'、減衰3%ケース、EW方向、1部材）であり、許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認した。

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



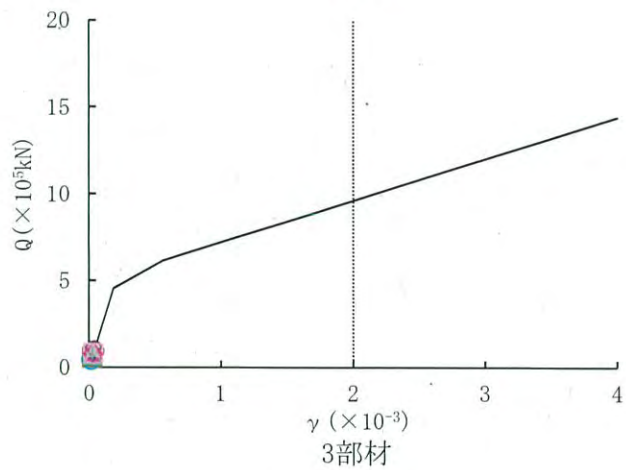
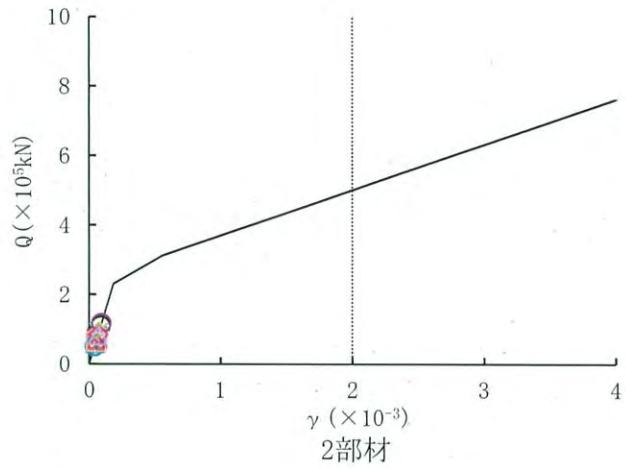
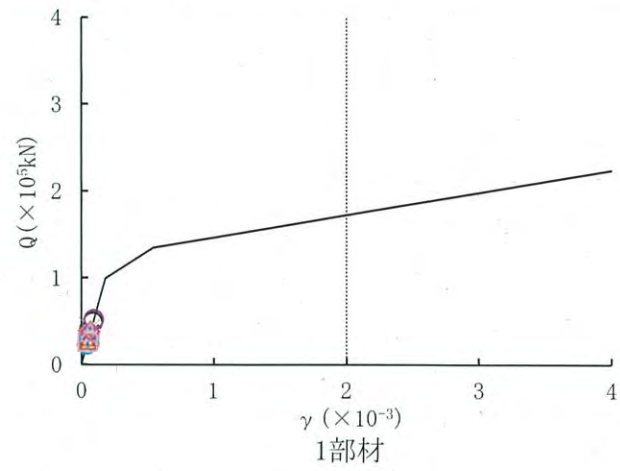
第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース EW方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+	Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+	Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'			



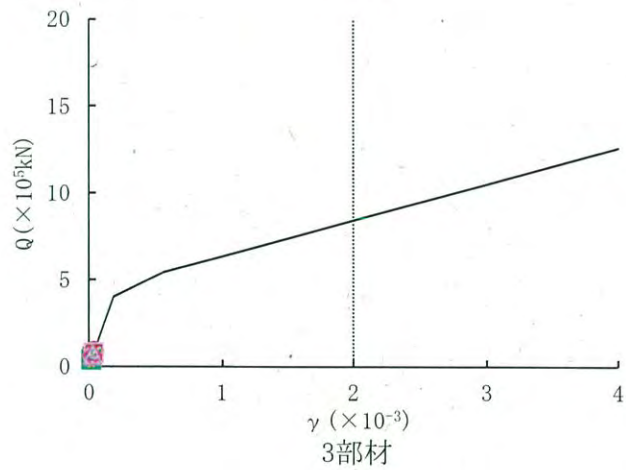
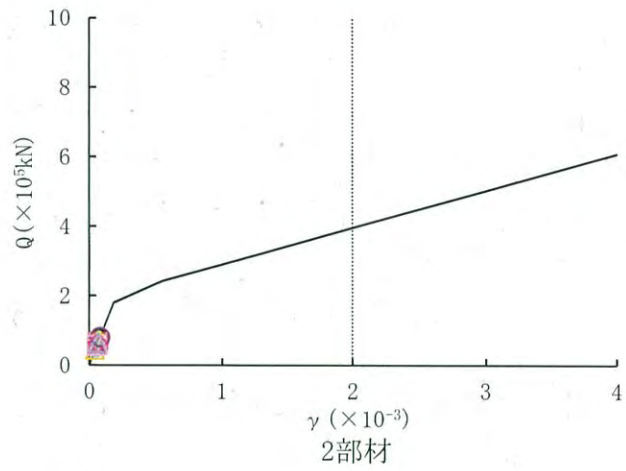
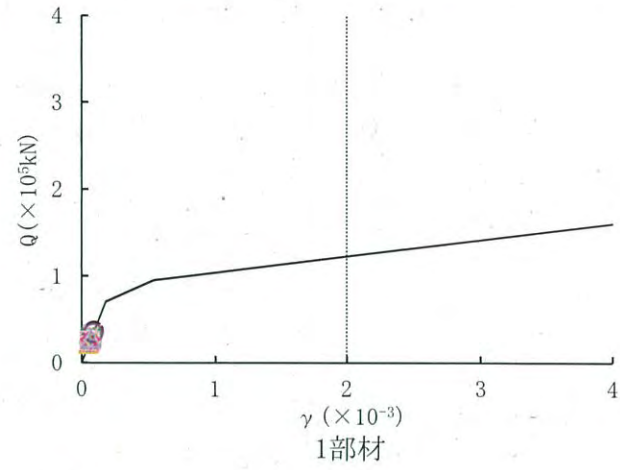
第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 基本ケース NS方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+	Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+	Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'			



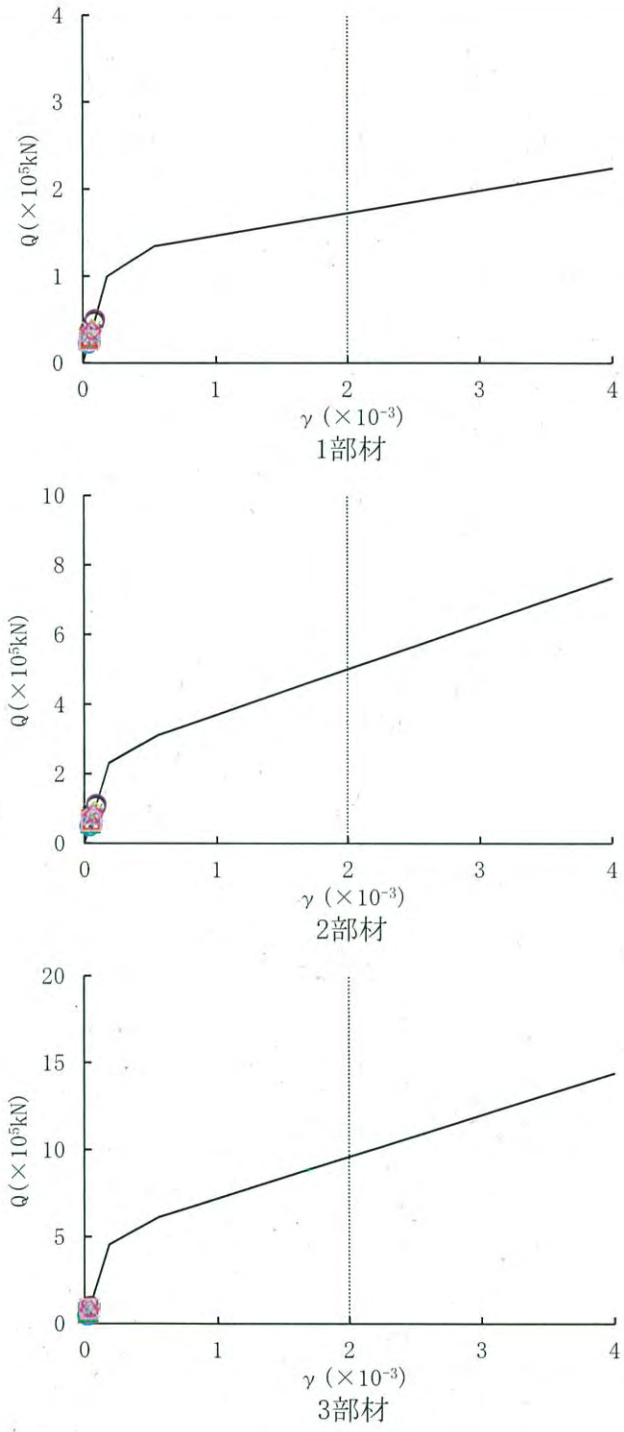
第5-3図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss Vs+1σ ケース EW方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



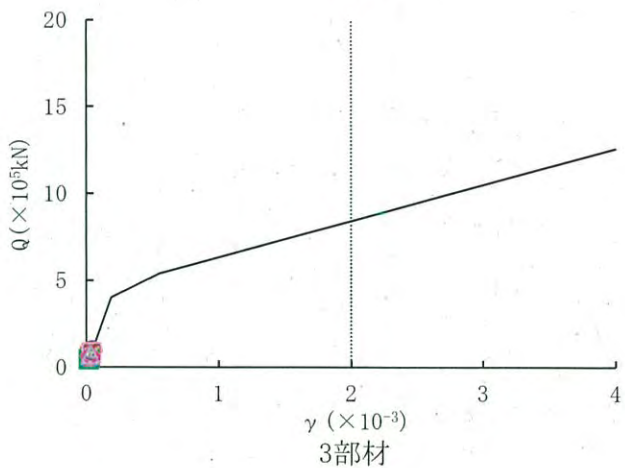
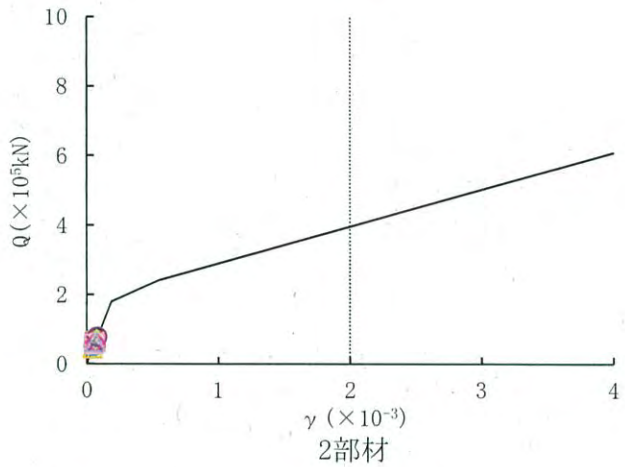
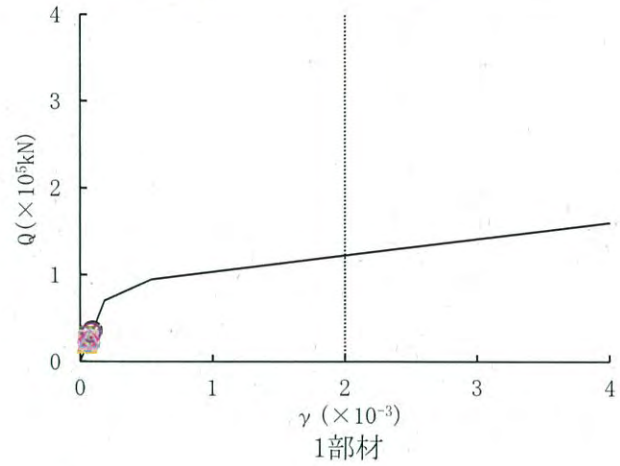
第5-4図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss Vs+1σ ケース NS方向)

○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



第5-5図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss Vs-1σ ケース EW方向)

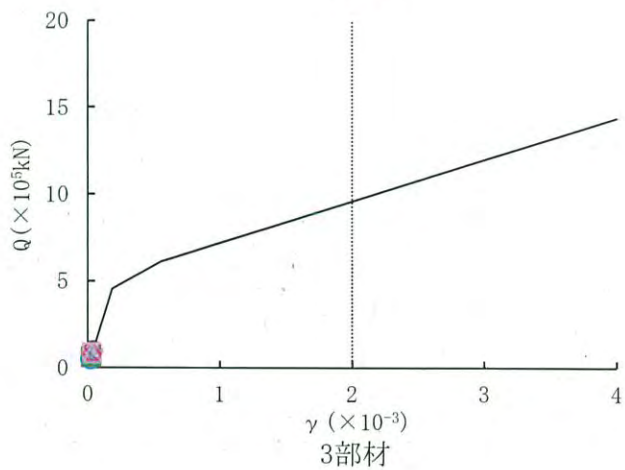
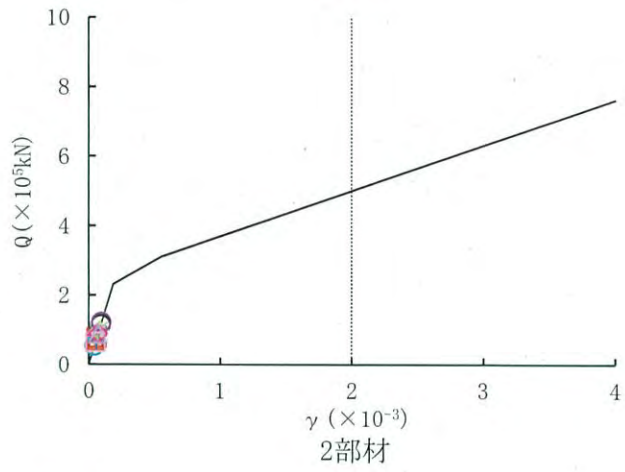
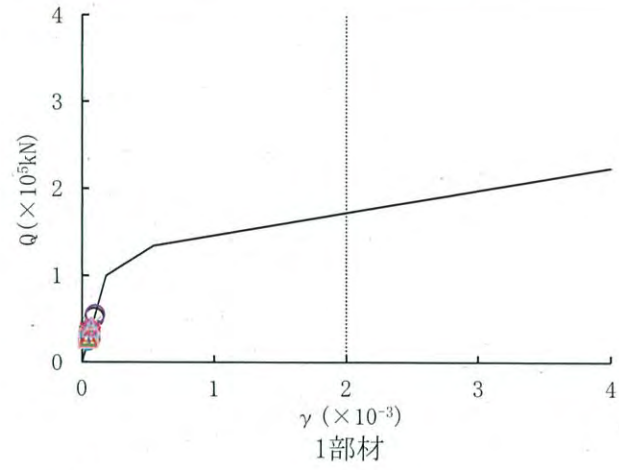
○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+	+	Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+	+	Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'				



第5-6図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss Vs-1σ ケース NS方向)



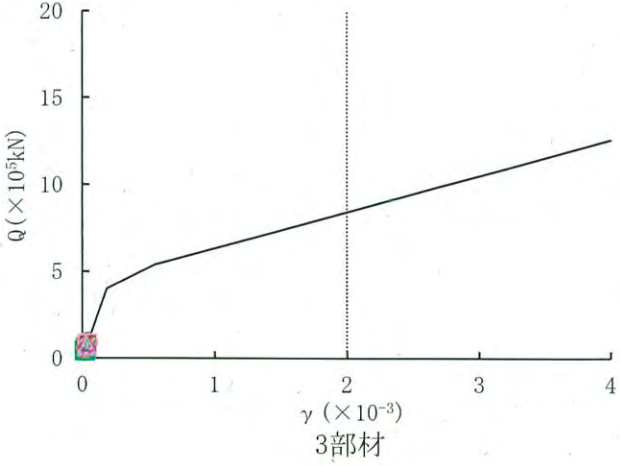
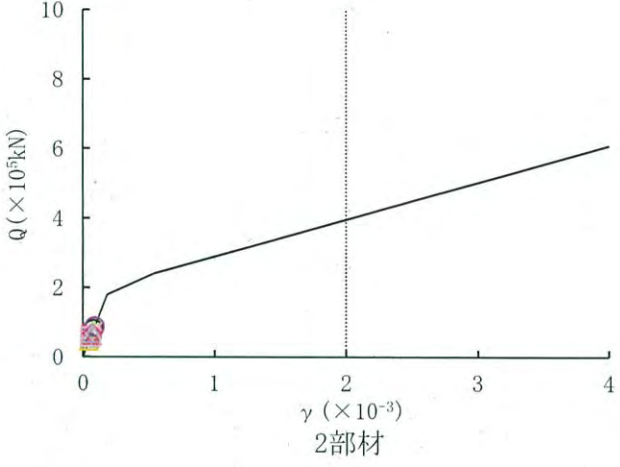
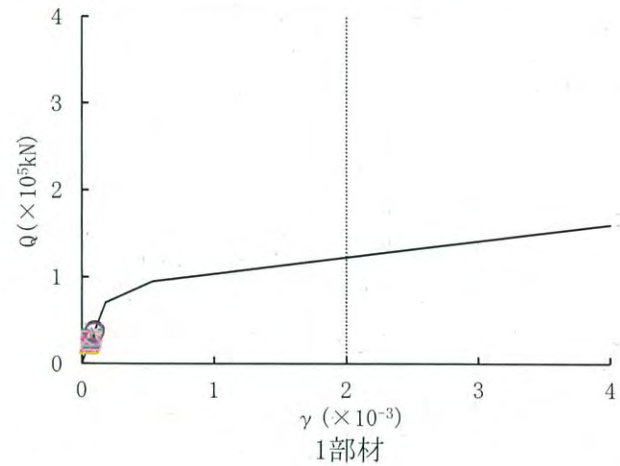
○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



第5-7図 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 減衰3%ケース EW方向)



○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



第5-8図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(Ss 減衰3%ケース NS方向)

### 5.1.2 保有水平耐力の評価結果

地震応答解析モデルにおける各層（1～3部材）の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ と保有水平耐力 $Q_u$ の比較結果を第5-1表に示す。各層において、保有水平耐力 $Q_u$ が必要保有水平耐力 $Q_{un}$ に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

第5-1表より、各層において、保有水平耐力 $Q_u$ が必要保有水平耐力 $Q_{un}$ に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。

なお、各層の保有水平耐力 $Q_u$ は、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」に示す耐震壁のせん断スケルトンカーブにおける終局点のせん断力 $Q_3$ の値とする。

第5-1表 (1/2) 必要保有水平耐力 $Q_{un}$ と保有水平耐力 $Q_u$ の比較結果 (EW方向)

部材 番号	EL. (m)	$Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN)	$Q_u$ ( $\times 10^3$ kN)	$Q_u/Q_{un}$
1	47.4 ~ 41.0	26.2	223.9	8.5
2	41.0 ~ 32.7	52.6	762.0	14.4
3	32.7 ~ 24.6	76.9	1439.0	18.7

第5-1表 (2/2) 必要保有水平耐力 $Q_{un}$ と保有水平耐力 $Q_u$ の比較結果 (NS方向)

部材 番号	EL. (m)	$Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN)	$Q_u$ ( $\times 10^3$ kN)	$Q_u/Q_{un}$
1	47.4 ~ 41.0	27.8	160.2	5.7
2	41.0 ~ 32.7	53.5	608.9	11.3
3	32.7 ~ 24.6	76.9	1259.0	16.3

### 5.1.3 接地圧の評価結果

「3. 地震応答解析による評価方法」に基づく基準地震動Ss及び常時に対する最大接地圧を第5-2表及び第5-3表に示す。

#### (1) Ss地震時に対する評価

Ss地震時の最大接地圧が地盤の極限支持力度（7,840kN/m<sup>2</sup>以上）を超えないことを確認する。

第5-2表より、Ss地震時の最大接地圧が550kN/m<sup>2</sup>であることから、Ss地震時の最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

#### (2) 常時に対する評価

常時の最大接地圧が地盤の長期許容支持力度（4,600kN/m<sup>2</sup>）を超えないことを確認する。

第5-3表より、常時の最大接地圧が233kN/m<sup>2</sup>であることから、常時の最大接地圧が地盤の長期許容支持力度を超えないことを確認した。

第5-2表 最大接地圧（Ss地震時）

方向	最大接地圧					極限支持力度
	基本※	Vs+1σ※	Vs-1σ※	減衰3%※	設計用接地圧	
EW	533	533	534	549	550	7,840以上
NS	500	494	507	502	507	

※：Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第5-3表 最大接地圧（常時）

最大接地圧※	長期許容支持力度
233	4,600

※：建屋重量と基礎底面の面積より算出

## 5.2 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果は、基礎及び壁（地下部）について、評価項目・方向ごとに、配筋量に対する必要鉄筋量の比率又は許容値に対する発生値の比率が最大となる要素を選定し示す。

断面の評価における各要素の配筋について、分類領域ごとの配筋一覧を第5-4表に、配筋の分類領域図を第5-9図に示す。また、断面の評価における応力の方向を第5-10図に示す。

### (1) Ss地震時に対する評価

Ss地震時に対する評価結果を第5-5表に、評価結果の位置を第5-11図に示す。

Ss地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が配筋量を超えないこと並びに面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。

### (2) 常時に対する評価

常時に対する評価結果を第5-6表に、評価結果の位置を第5-12図に示す。

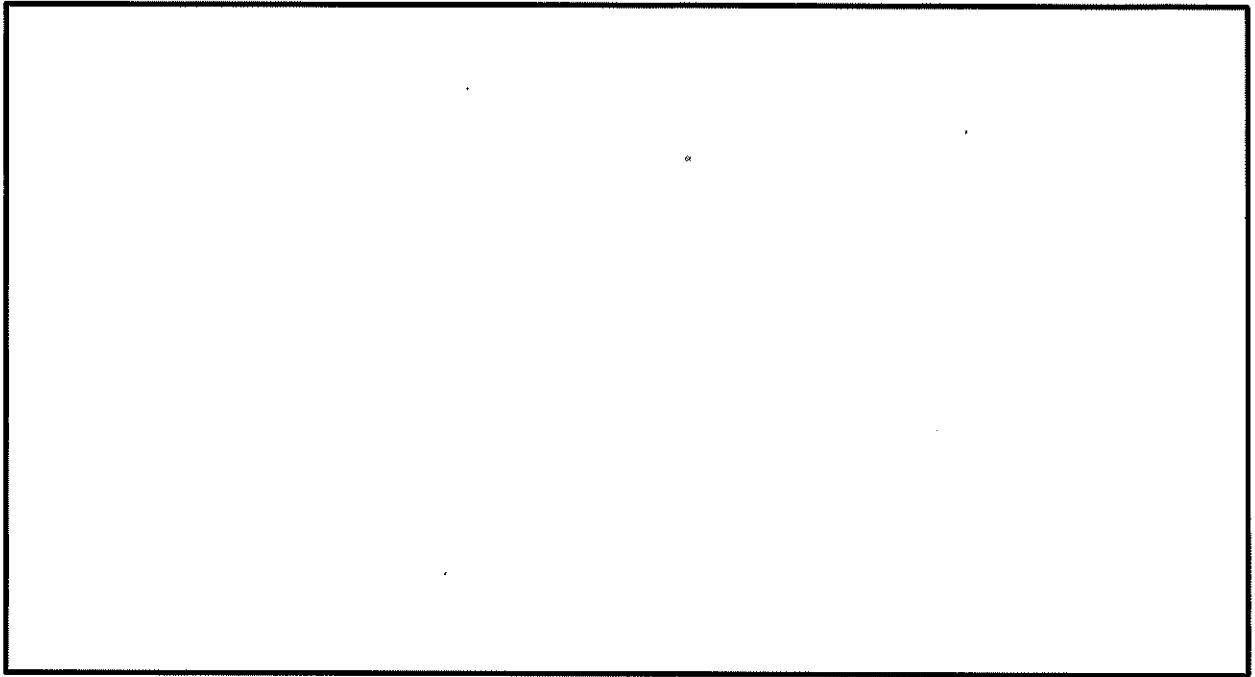
常時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が配筋量を超えないこと並びに面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。

第5-4表 (1/2) 分類領域ごとの配筋一覧 (基礎)

領域		方向	上端筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	下端筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	厚さ (mm)
FS1	A	EW	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	2,000
		NS	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	
FS2	B	EW	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	2,500
		NS	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	
	C	EW	D38@200 3段	17,100	D38@200 3段	17,100	2,500
		NS	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	
	D	EW	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	2,500
		NS	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	
	E	EW	D38@200 2段	11,400	D38@200 2段	11,400	2,500
		NS	D38@200 2段	11,400	D38@200 2段	11,400	

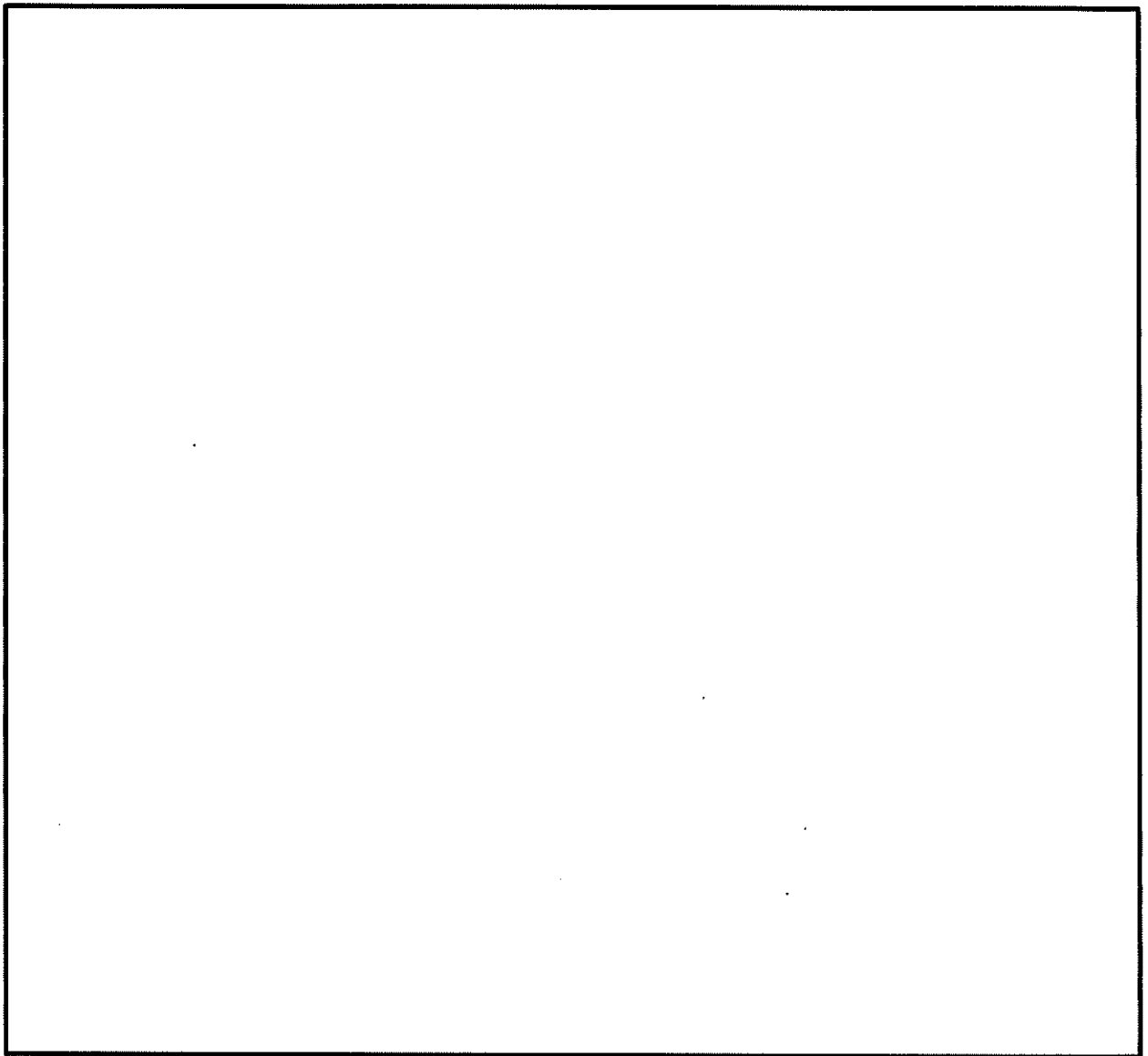
第5-4表 (2/2) 分類領域ごとの配筋一覧 (壁 (地下部))

領域		縦筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	横筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	厚さ (mm)
W1	F	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W2	G	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W3	H	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W4	I	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	700
W5	J	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	800
W6	K	D38@200 1段 ダブル D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 ダブル D38@400 1段	8,550	1,500
	L	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	1,700
W7	M	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,000
W8	N	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,000
W9	O	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W10	P	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
	Q	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,000
W11	R	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W12	S	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,000
W13	T	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W14	U	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	2,000
	V	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	2,000
W15	W	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,800



(a) FS1

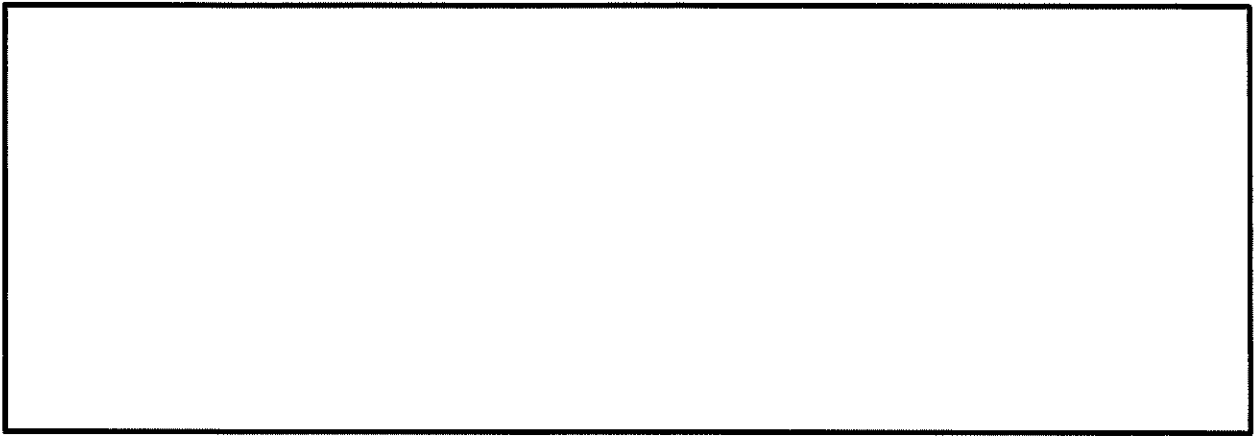
第5-9図 (1/7) 配筋の分類領域図 (基礎 EL. 32.7m)



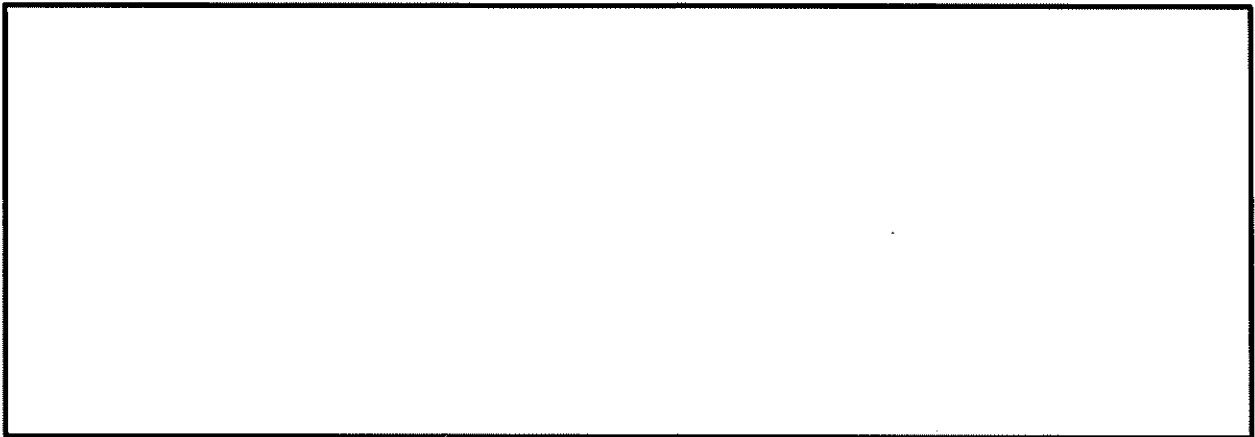
(b) FS2

第5-9図 (2/7) 配筋の分類領域図 (基礎 EL. 24.6m)

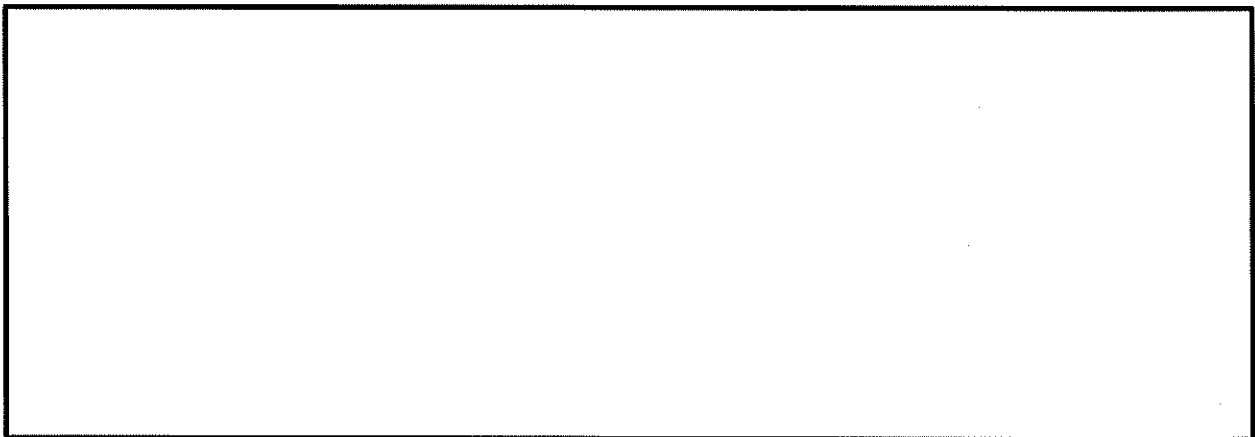




(c) W1

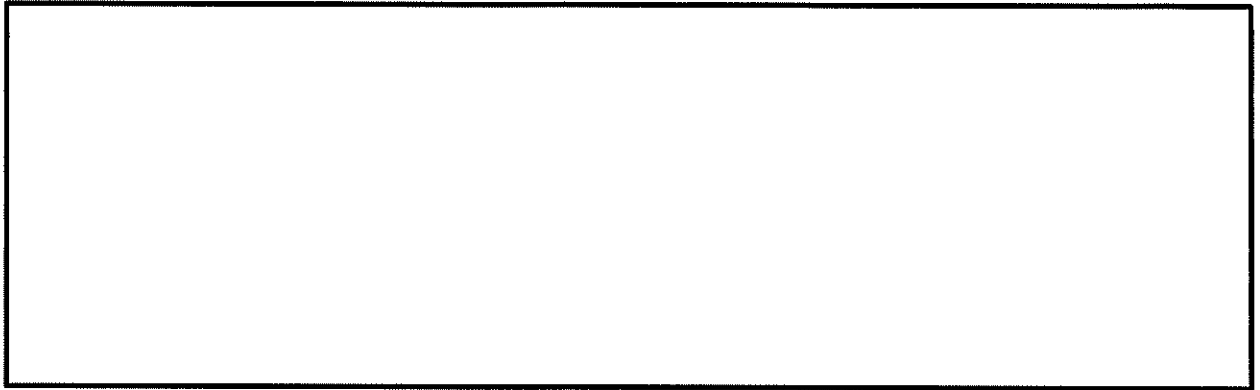


(d) W2

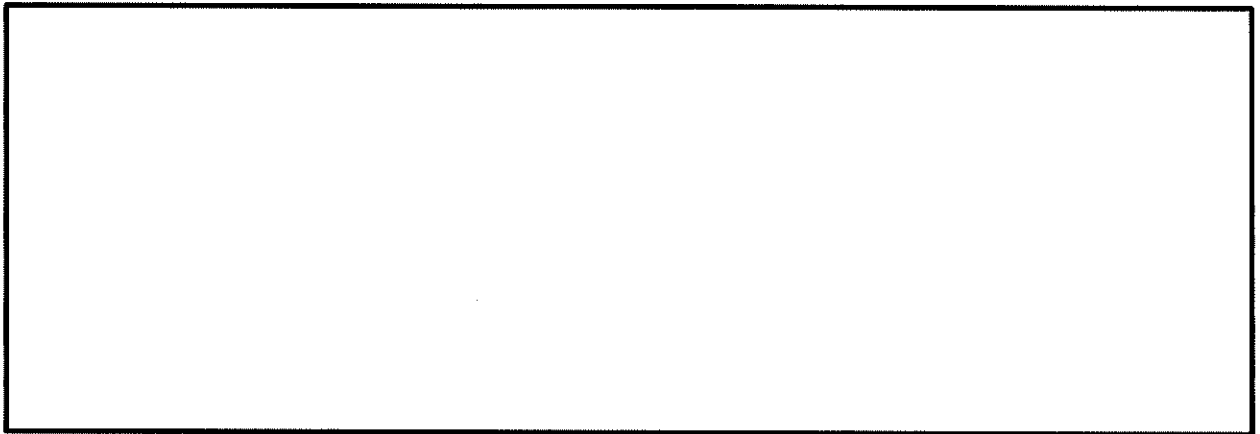


(e) W3

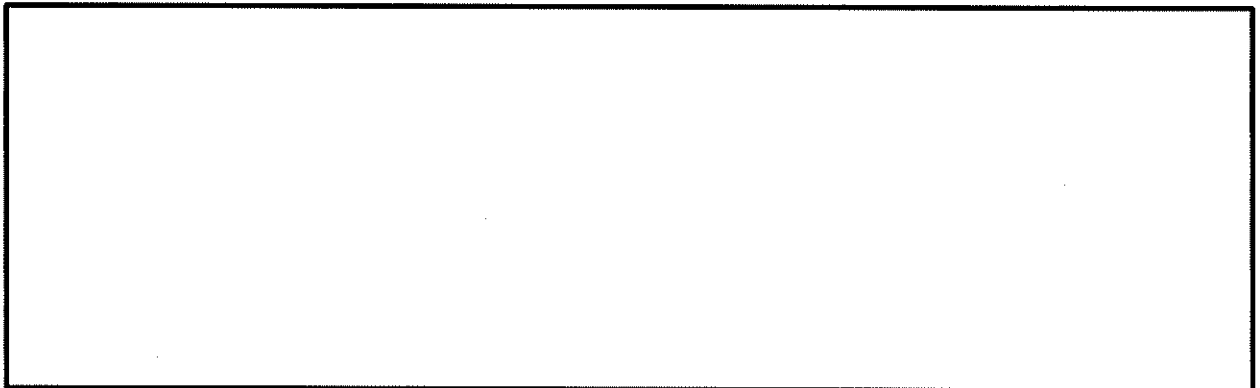
第5-9図 (3/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(f) W4

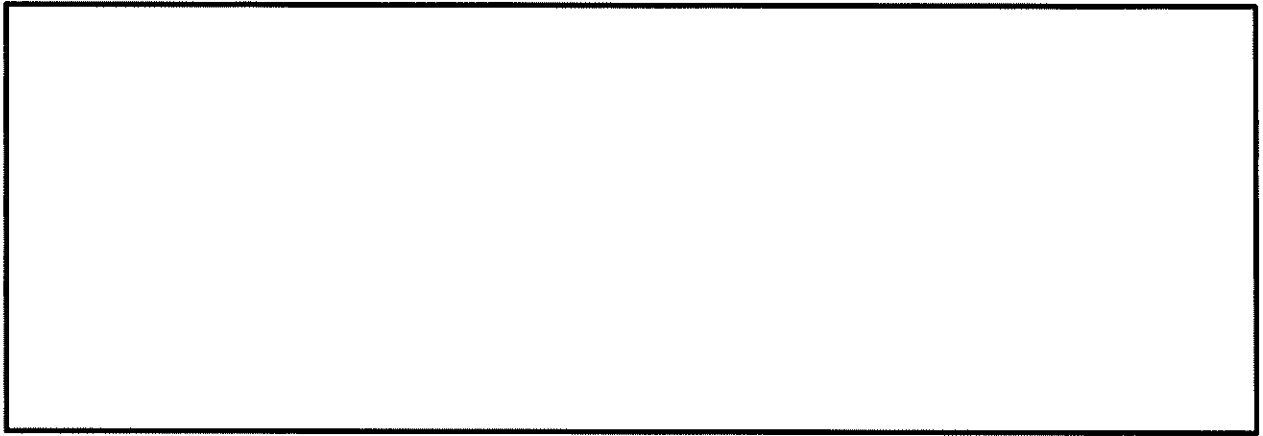


(g) W5

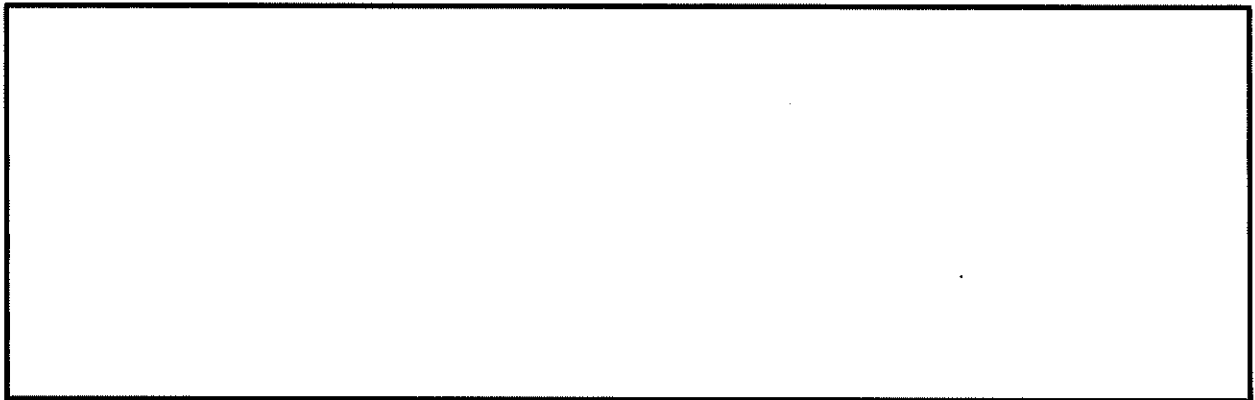


(h) W6

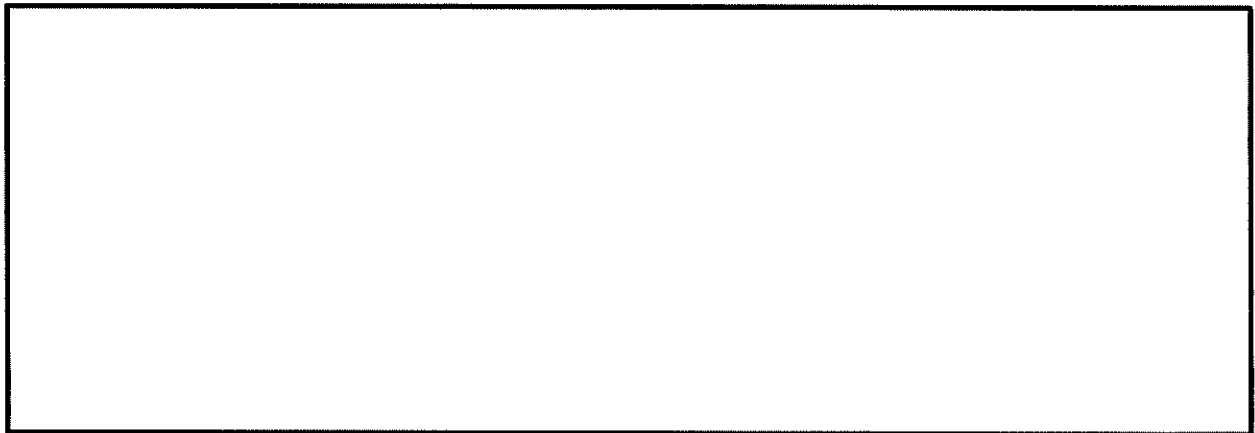
第5-9図 (4/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(i) W7

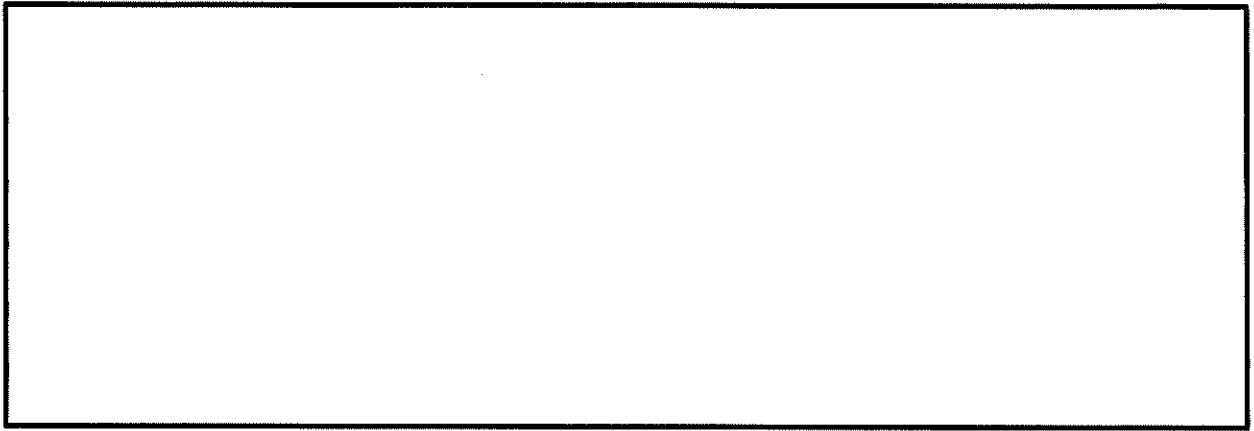


(j) W8

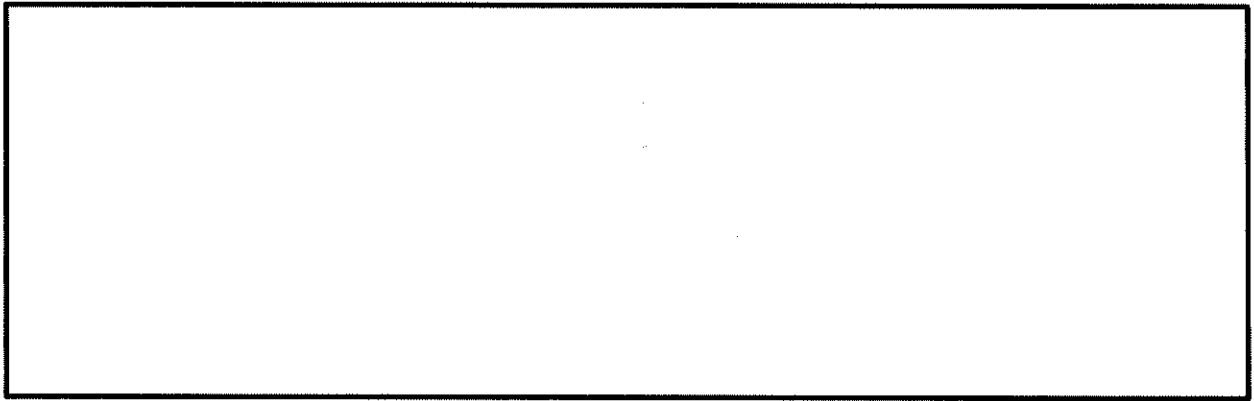


(k) W9

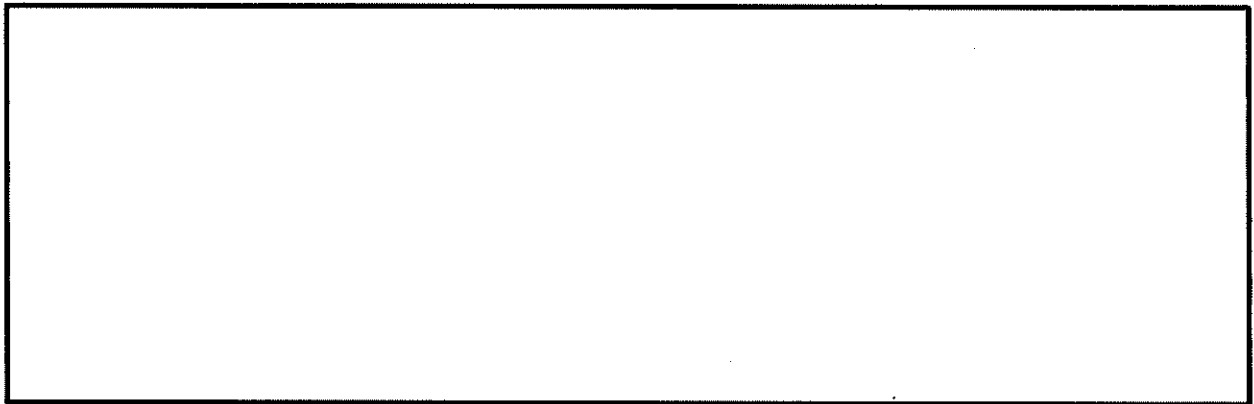
第5-9図 (5/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(l) W10

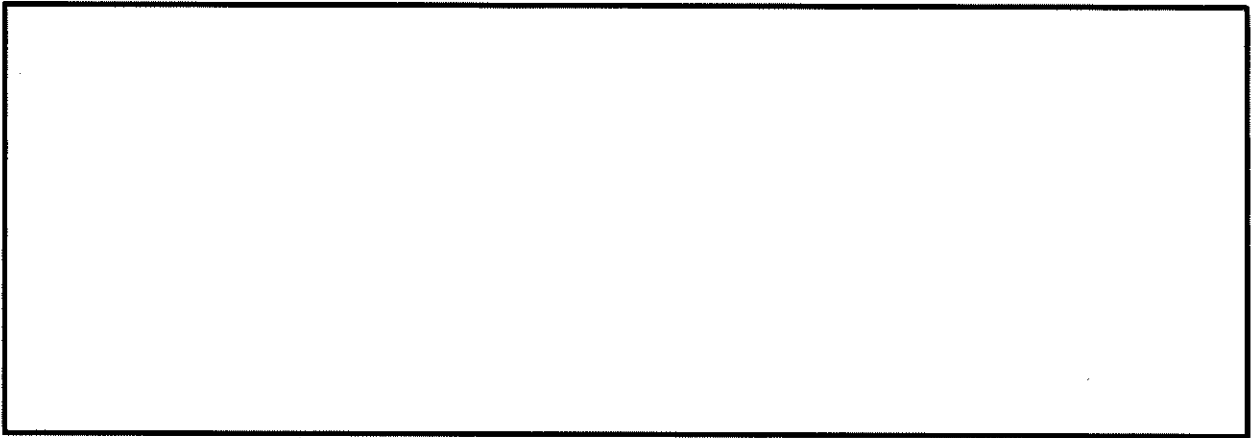


(m) W11

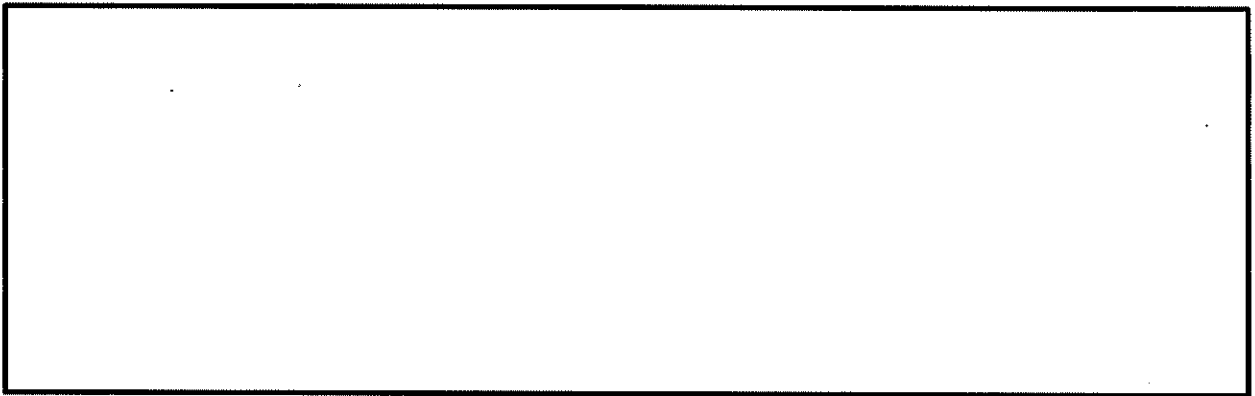


(n) W12

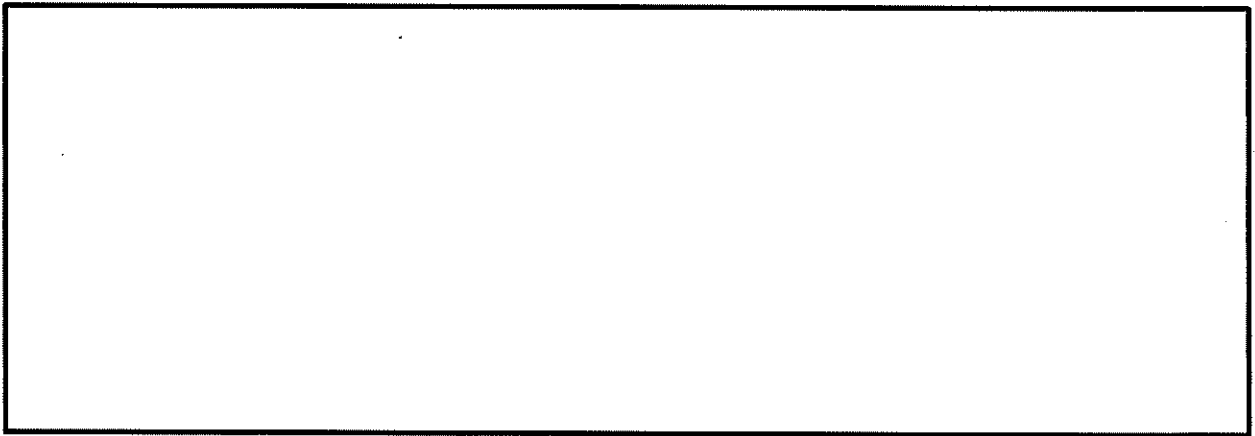
第5-9図 (6/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(o) W13

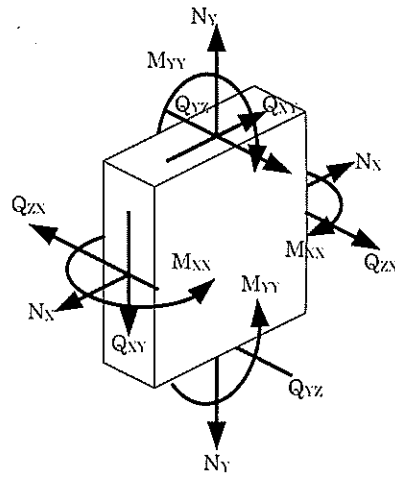


(p) W14



(q) W15

第5-9図 (7/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



[記号の説明]

軸力	: $N_x, N_y$
曲げモーメント	: $M_{xx}, M_{yy}$
面内せん断力	: $Q_{xy}$
面外せん断力	: $Q_{zx}, Q_{yz}$

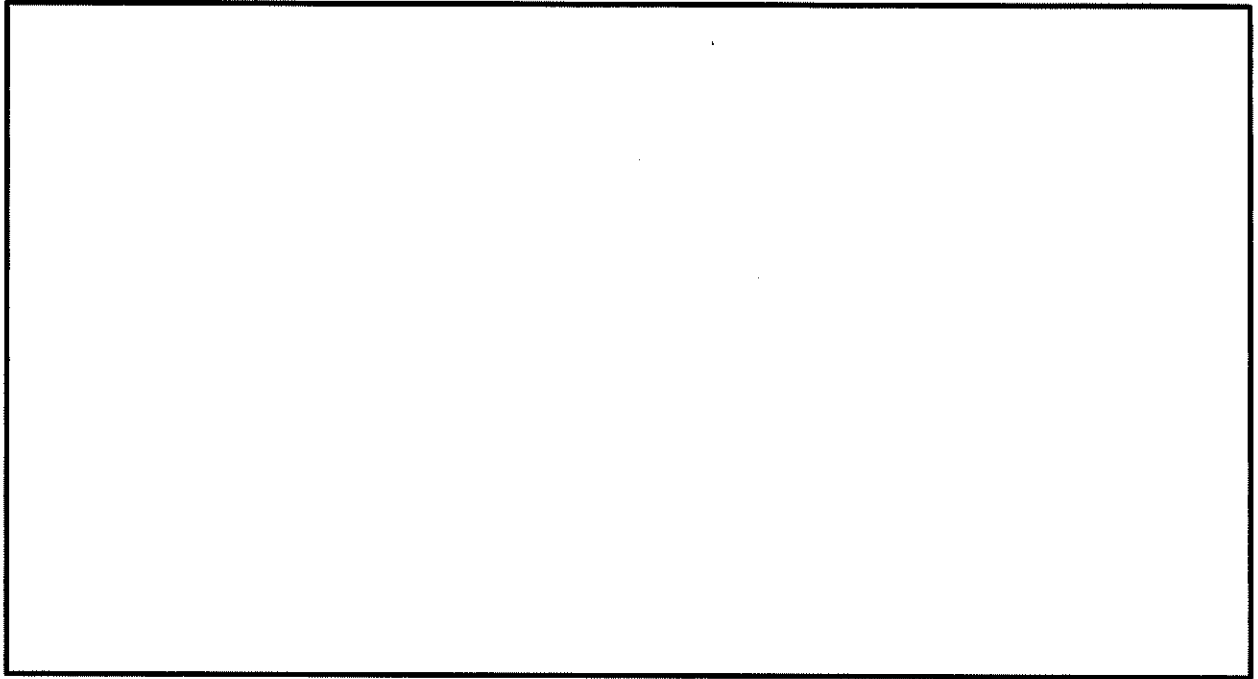
第5-10図 応力の方向

第5-5表 (1/2) 評価結果 Ss地震時 (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	①解析結果	②許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	EW	1201	7	3,716	8,550	0.44	可
		NS	1299	8	2,750	8,550	0.33	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	1299	7	0.63	2.36	0.27	可
		NS	1303	7	0.51	2.36	0.22	可

第5-5表 (2/2) 評価結果 Ss地震時 (壁 (地下部))

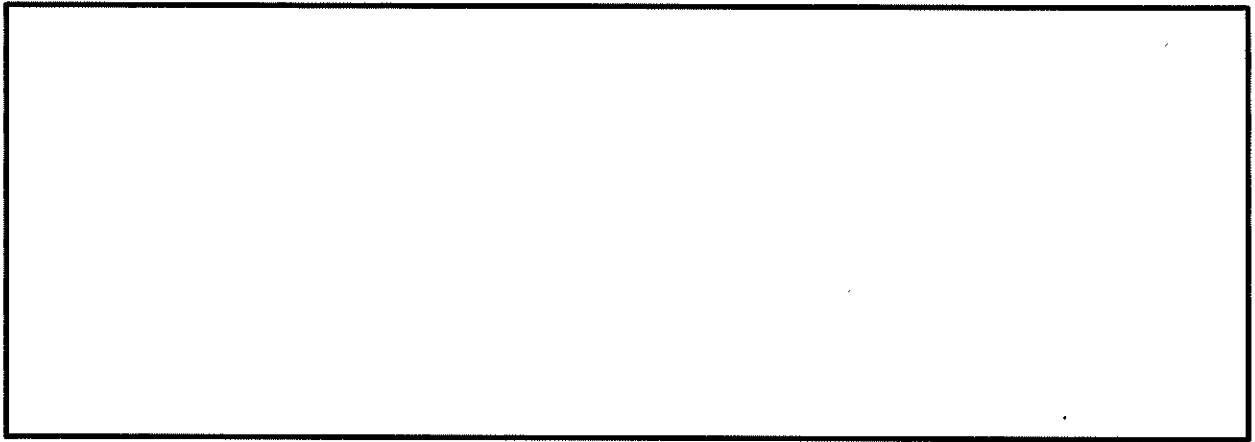
	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	①解析結果	②許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	横筋	11292	7	1,625	5,700	0.29	可
		縦筋	796	7	3,614	11,400	0.32	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	横筋	10723	4	0.96	2.36	0.41	可
		縦筋	10285	1	1.49	2.31	0.65	可



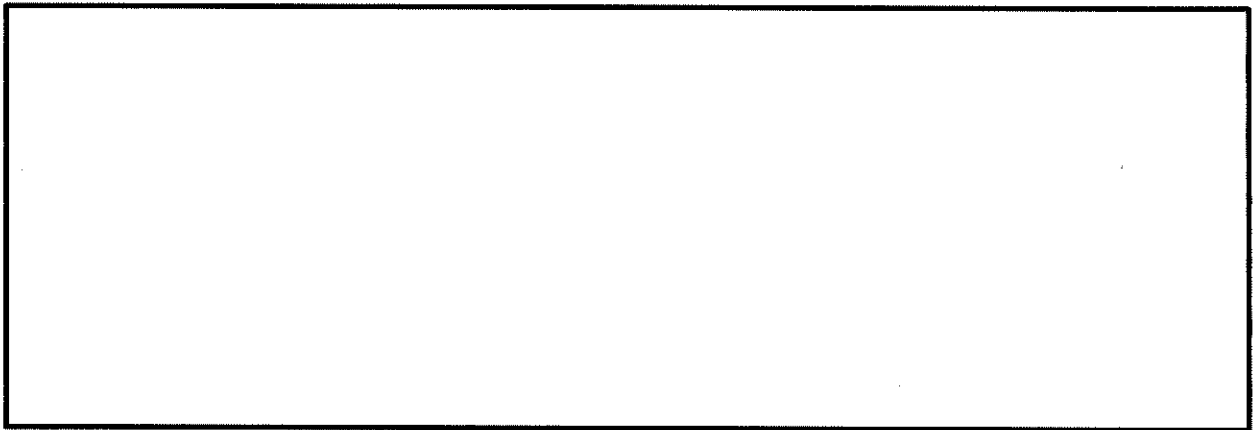
(a) FS1

第5-11図 (1/2) 評価結果の位置 (Ss地震時 基礎)

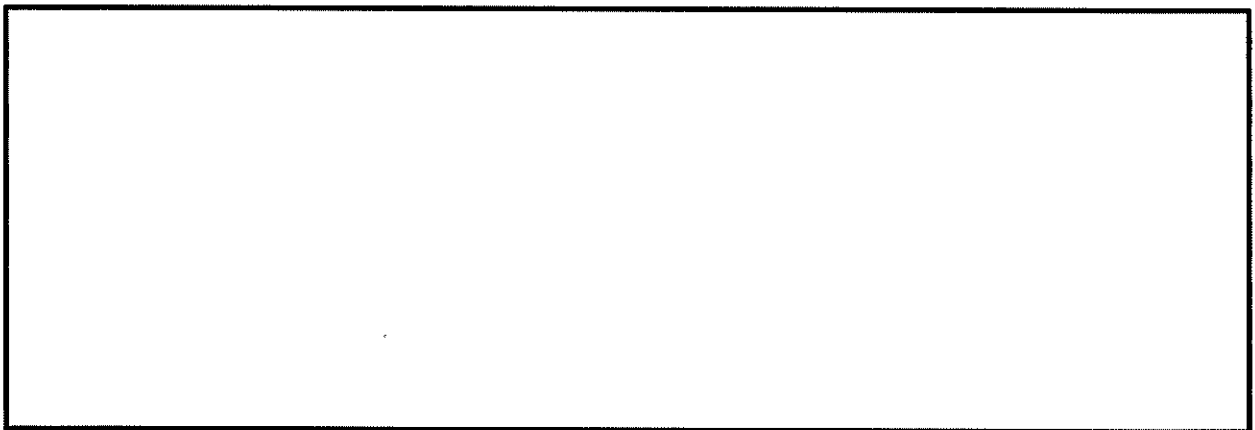




(b) W8



(c) W10



(d) W14

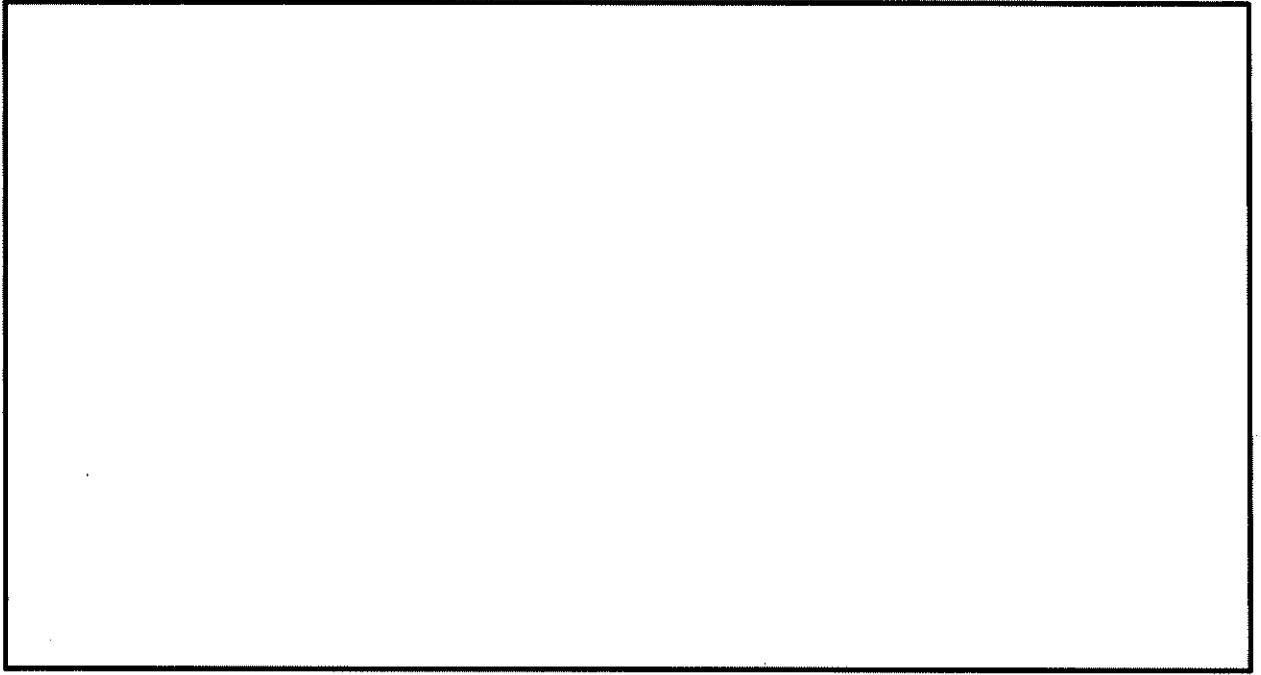
第5-11図 (2/2) 評価結果の位置 (Ss地震時 壁 (地下部))

第5-6表 (1/2) 評価結果 常時 (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	① 解析結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	EW	169	17	1,407	8,550	0.17	可
		NS	1295	17	1,263	8,550	0.15	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	156	17	0.25	1.58	0.16	可
		NS	1303	17	0.21	1.58	0.14	可

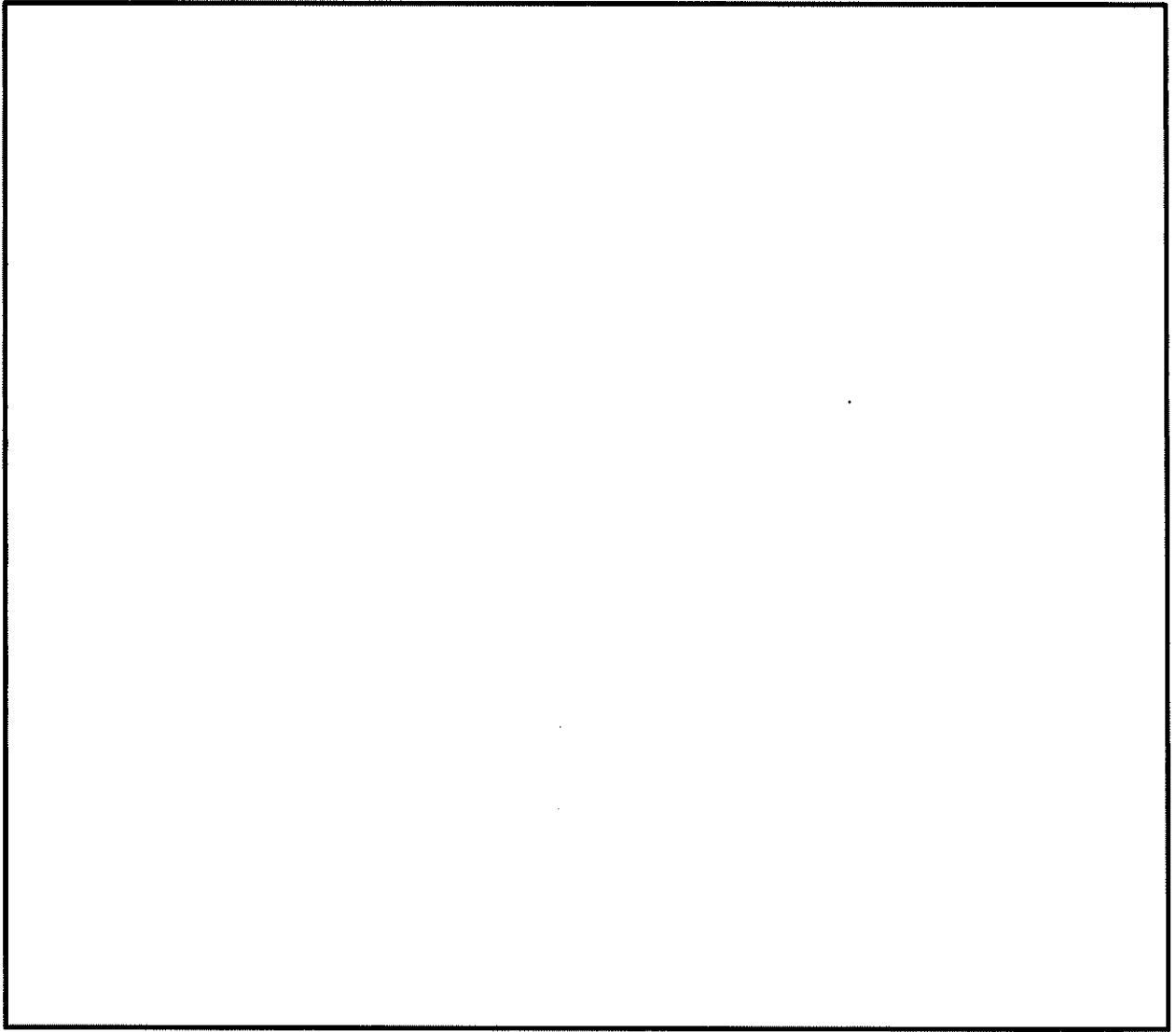
第5-6表 (2/2) 評価結果 常時 (壁 (地下部))

	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	① 解析結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	横筋	11294	17	651	5,700	0.12	可
		縦筋	11294	17	651	5,700	0.12	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	横筋	10888	17	0.13	1.58	0.09	可
		縦筋	11166	17	0.17	1.45	0.12	可



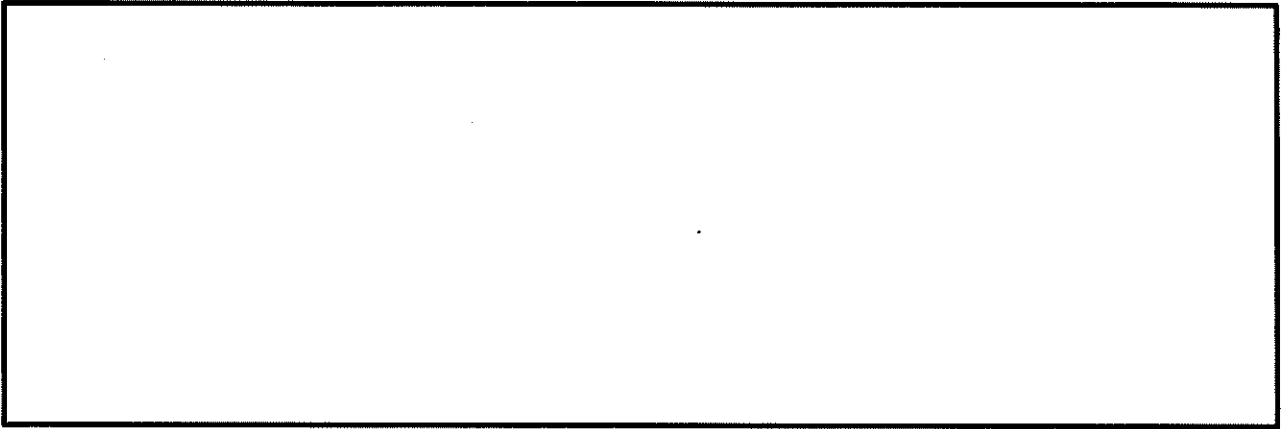
(a) FS1

第5-12図 (1/3) 評価結果の位置 (常時 基礎)

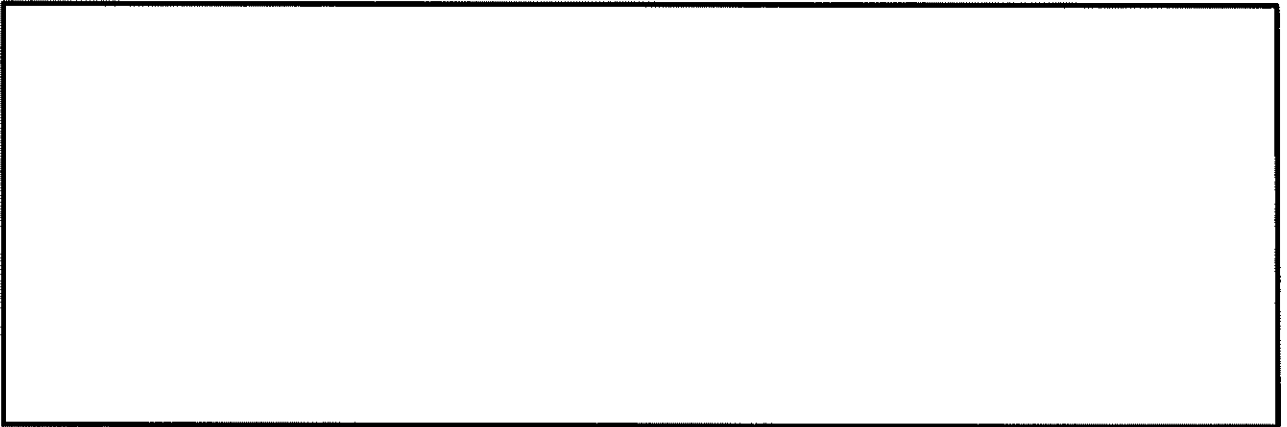


(b) FS2

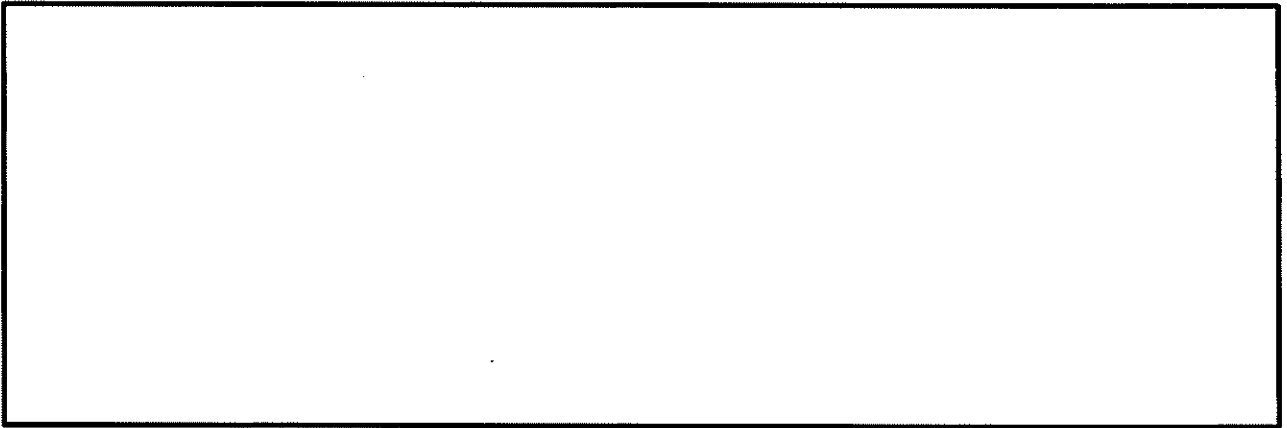
第5-12図 (2/3) 評価結果の位置 (常時 基礎)



(c) W7



(d) W8



(e) W15

第5-12図 (3/3) 評価結果の位置 (常時 壁 (地下部))

# 申請設備の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16

伊方発電所第3号機

# 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1

伊方発電所第3号機

非常用ガスタービン発電機の耐震計算書は以下の資料より構成されている。

- 資料17-16-1-1 非常用ガスタービン発電機ガスタービンの耐震計算書
- 資料17-16-1-2 非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプの耐震計算書
- 資料17-16-1-3 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンクの耐震計算書
- 資料17-16-1-4 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽の耐震計算書
- 資料17-16-1-5 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書
- 資料17-16-1-6 非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震計算書
- 資料17-16-1-7 非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置の耐震計算書



# 非常用ガスタービン発電機ガスタービンの耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-1

伊方発電所 第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-1-1
2. 基本方針 .....	資17-16-1-1-1
2.1 構造の説明 .....	資17-16-1-1-1
2.2 評価方針 .....	資17-16-1-1-4
3. 耐震評価箇所 .....	資17-16-1-1-6
4. 地震応答解析 .....	資17-16-1-1-6
4.1 基本方針 .....	資17-16-1-1-6
4.2 設計用地震力 .....	資17-16-1-1-7
4.3 解析モデル及び諸元 .....	資17-16-1-1-8
4.4 固有値解析結果 .....	資17-16-1-1-9
4.5 地震応答解析結果 .....	資17-16-1-1-12
5. 評価用加速度 .....	資17-16-1-1-13
5.1 基本方針 .....	資17-16-1-1-13
5.2 評価用加速度 .....	資17-16-1-1-13
6. 応力評価 .....	資17-16-1-1-14
6.1 基本方針 .....	資17-16-1-1-14
6.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-1-15
6.3 応力評価方法 .....	資17-16-1-1-18
7. 機能維持評価 .....	資17-16-1-1-22
7.1 軸とケーシングのクリアランスに関する機能維持評価 .....	資17-16-1-1-22
7.2 軸受に関する機能維持評価 .....	資17-16-1-1-30
7.3 ガスタービン機関燃料制御ユニットに関する機能維持評価 .....	資17-16-1-1-33
8. 評価結果 .....	資17-16-1-1-35

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」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、非常用ガスタービン発電機ガスタービン（以下「非常用ガスタービン」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能及び電氣的機能が維持されることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

非常用ガスタービンは、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

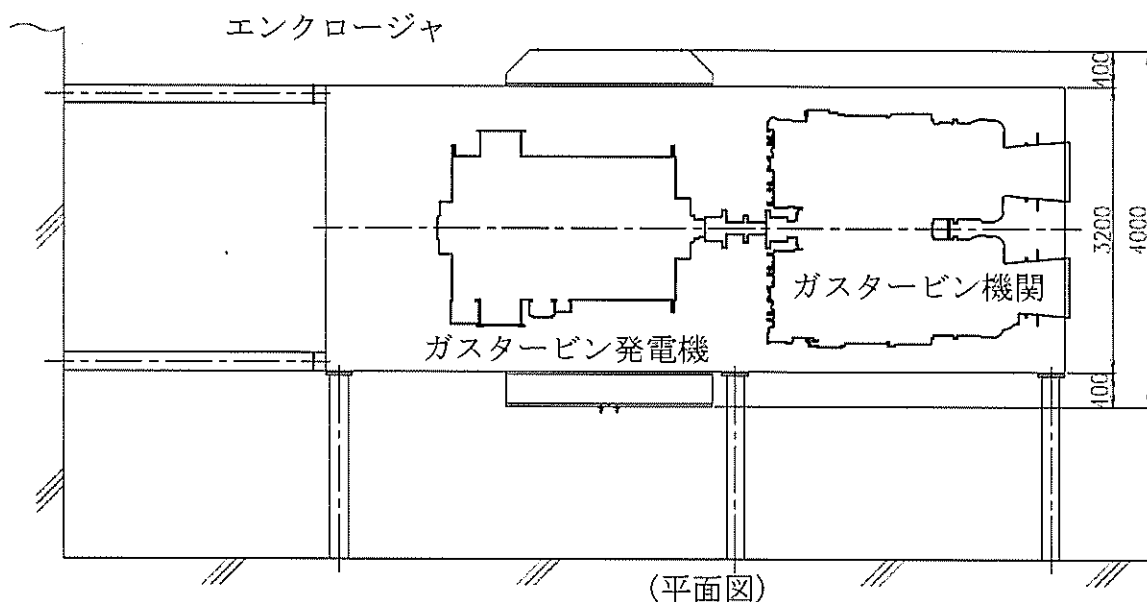
## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

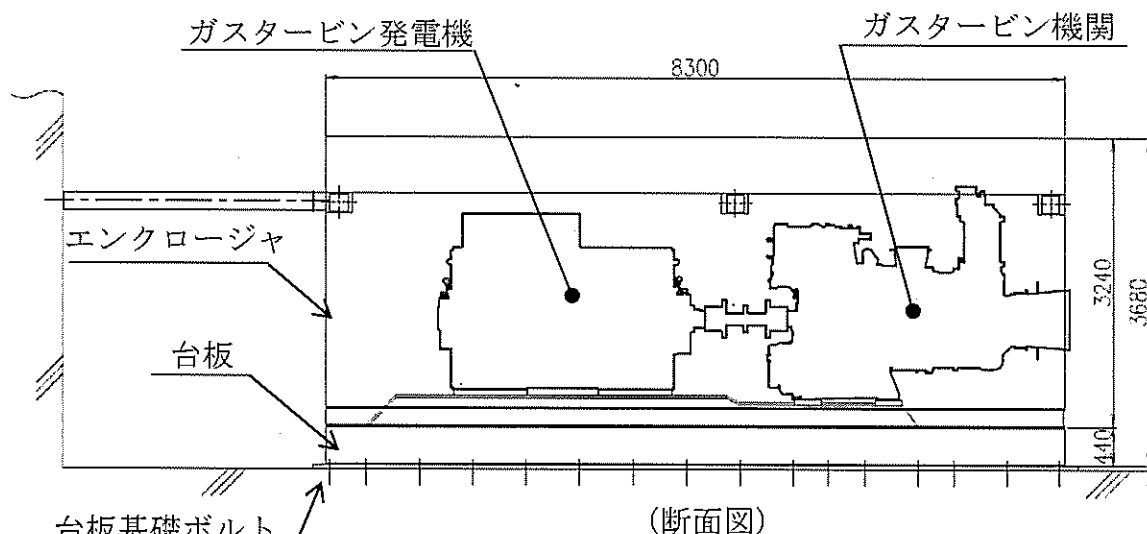
資料17-11「機器・配管の耐震支持方針」にて設定した機器の支持方針に基づき設計した非常用ガスタービンの構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 非常用ガスタービンの構造計画

設備名称	評価の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
非常用 ガスタービン	単純開放サイクル1軸式 ガスタービン機関	台板に取付ボルトにて固定する。台板は基礎ボルトにて床面に固定する。	第2-1図 第2-2図 第2-3図 第2-4図
	ガスタービン機関 燃料制御ユニット (調速装置)	ガスタービン機関に取付ボルトにて固定する。	

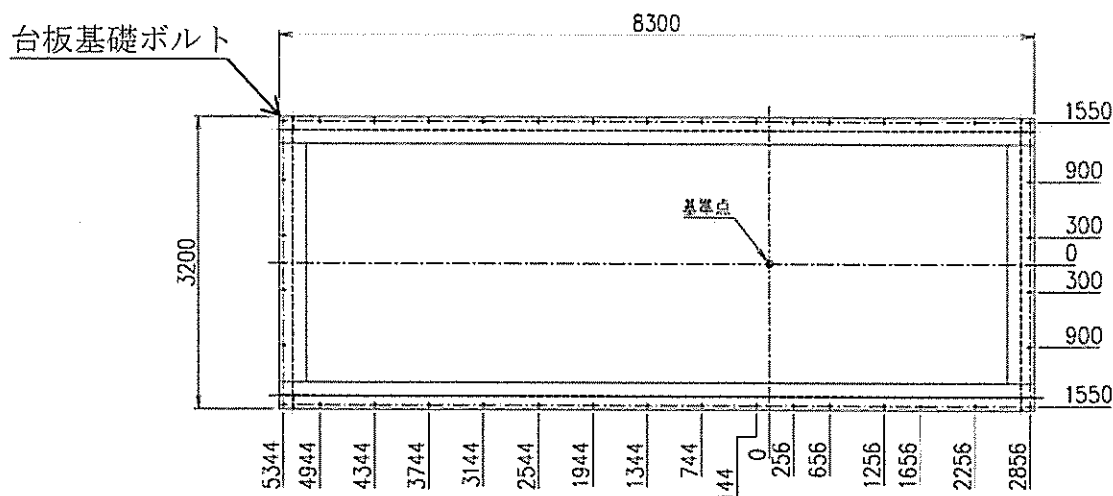


(平面図)

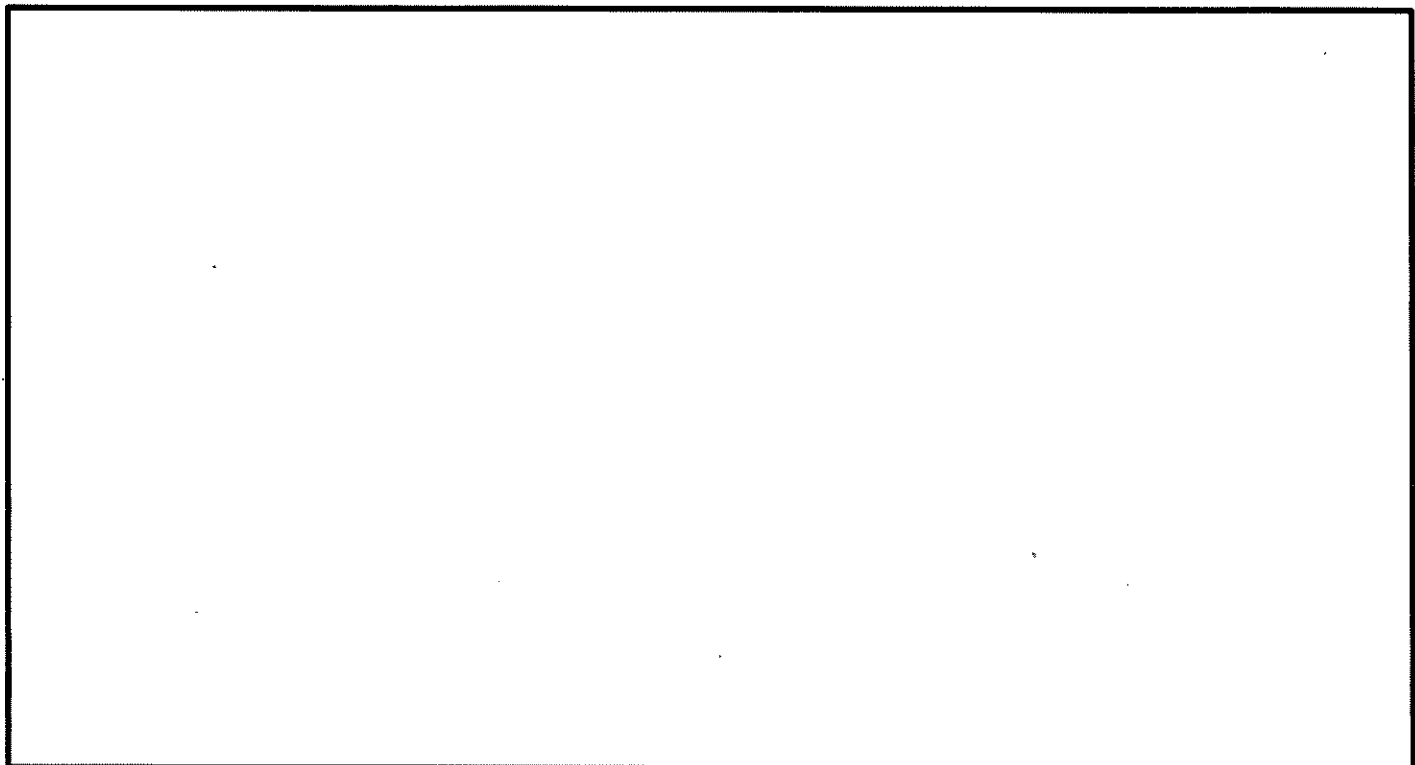


(断面図)

第2-1図 非常用ガスタービン発電機の構造図

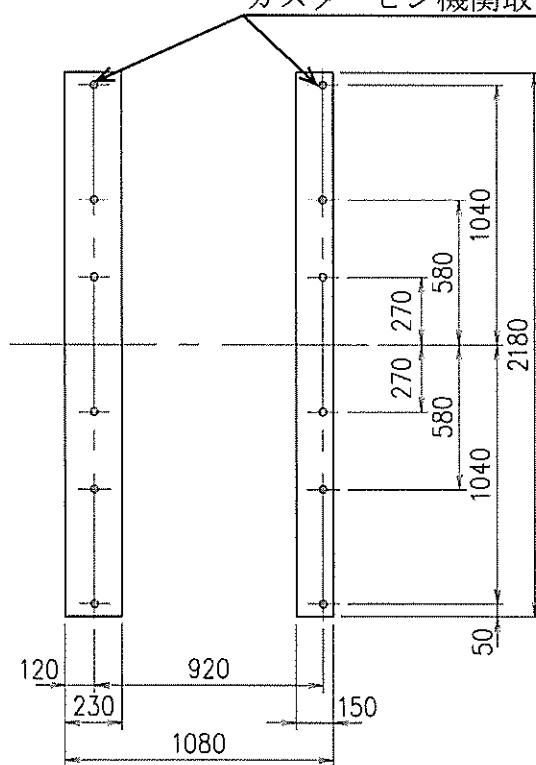


第2-2図 台板基礎ボルトの配置図



第2-3図 ガスタービン機関の外形図

ガスタービン機関取付ボルト

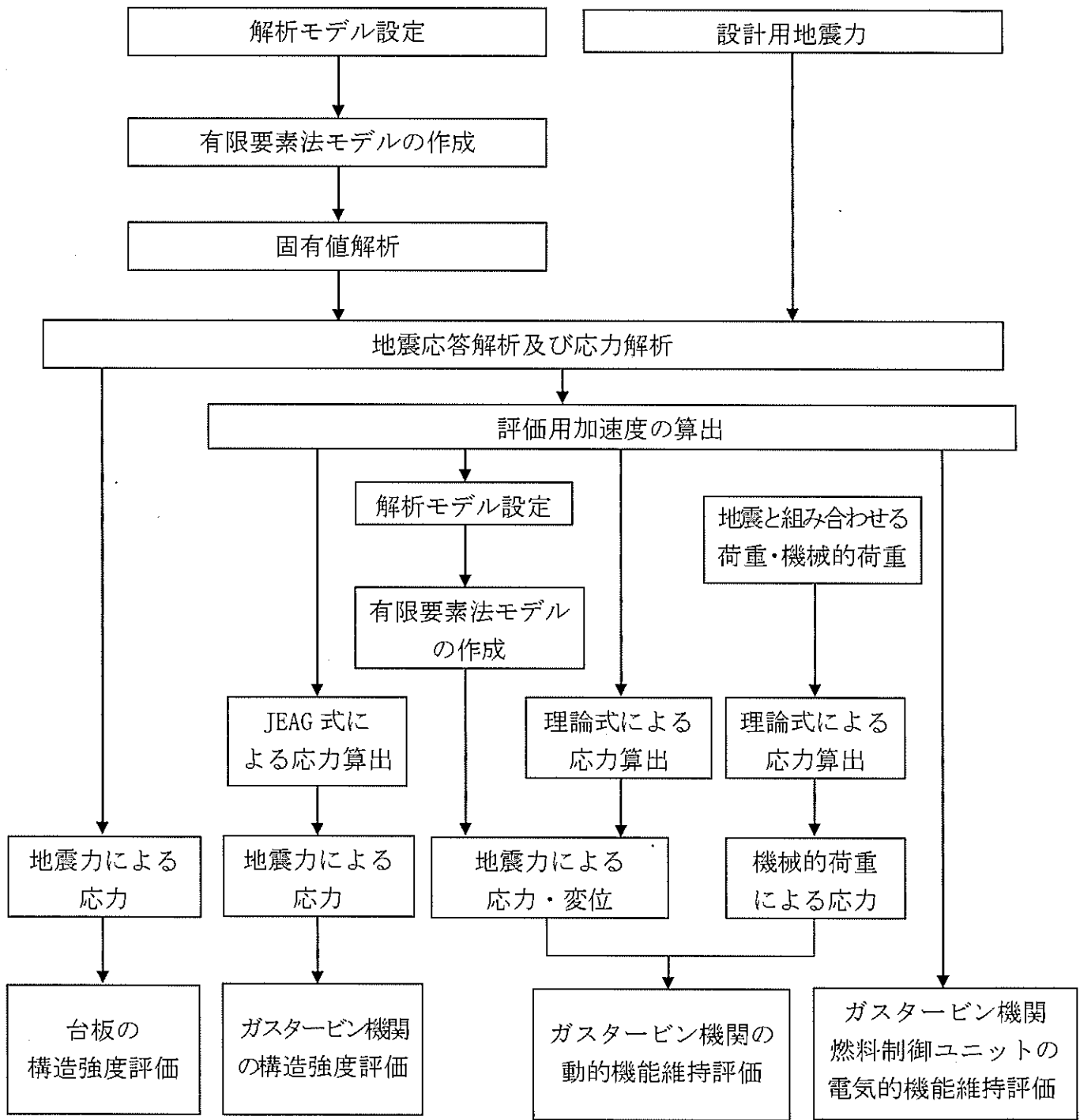


第2-4図 ガスタービン機関取付ボルトの配置図

## 2.2 評価方針

非常用ガスタービンのうち、ガスタービン機関の応力評価は、資料 17-9「機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示すガスタービン機関の部位を踏まえ、「4. 地震応答解析」にて固有値解析及び地震応答解析を行った上で最大応答加速度を抽出し、当該加速度値と最大床応答加速度及び静的加速度を比較し、最大となる値を「5. 評価用加速度」として使用し、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界に収まることを「6. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、ガスタービン機関及びガスタービン機関燃料制御ユニットの機能維持評価は、「7. 機能維持評価」にて示す方法にて実施する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

ガスタービン機関及びガスタービン機関燃料制御ユニットの耐震評価フローを第 2-5 図に示す。



第2-5図 非常用ガスタービンの耐震評価フロー

### 3. 耐震評価箇所

非常用ガスタービンのうち、ガスタービン機関の耐震評価は、構造強度評価として耐震評価上厳しくなるガスタービン機関を固定するガスタービン機関取付ボルトを、動的機能維持評価としてガスタービン機関の軸とケーシングのクリアランス及びガスタービン機関の軸受を評価対象部位とする。また、電氣的機能維持としてガスタービン機関燃料制御ユニットを評価対象部位とする。

ガスタービン機関及びガスタービン発電機の台板の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる台板基礎ボルトを選定して実施する。

### 4. 地震応答解析

共通の台板の上に設置されるガスタービン機関及びガスタービン発電機の固有振動数及び応力評価に用いる地震荷重を求めるため、固有値解析及び地震応答解析を実施する。

なお、非常用ガスタービン発電機に関する地震応答解析の結果は、資料17-16-1-5「非常用ガスタービン発電機の耐震計算書」にて使用する。

#### 4.1 基本方針

- (1) 台板をシェル要素を用いてモデル化し、エンクロージャ（配管、ケーブル類、扉、外板を除くフレーム）をはり要素を用いてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。解析の結果、固有振動数が30Hz以上である場合は、剛体として評価を実施する。固有振動数が30Hz未満である場合は、スペクトルモーダル解析による地震応答解析を実施する。
- (2) 主要機器及び主要補機は、1質点系モデルとして、各機器の重心位置に集中質量を設定し、固定点と剛はりで接続する。エンクロージャの扉は、質量のみ考慮することとし、扉取付部周辺フレームに付加する。エンクロージャの外板も質量のみ考慮し、フレームに分散して付加する。配管、ケーブルトレイは、等分布荷重として、当該質量のみをモデル全体に付加する。
- (3) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.4」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 拘束条件は、基礎ボルト部を完全拘束とする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



#### 4.2 設計用地震力

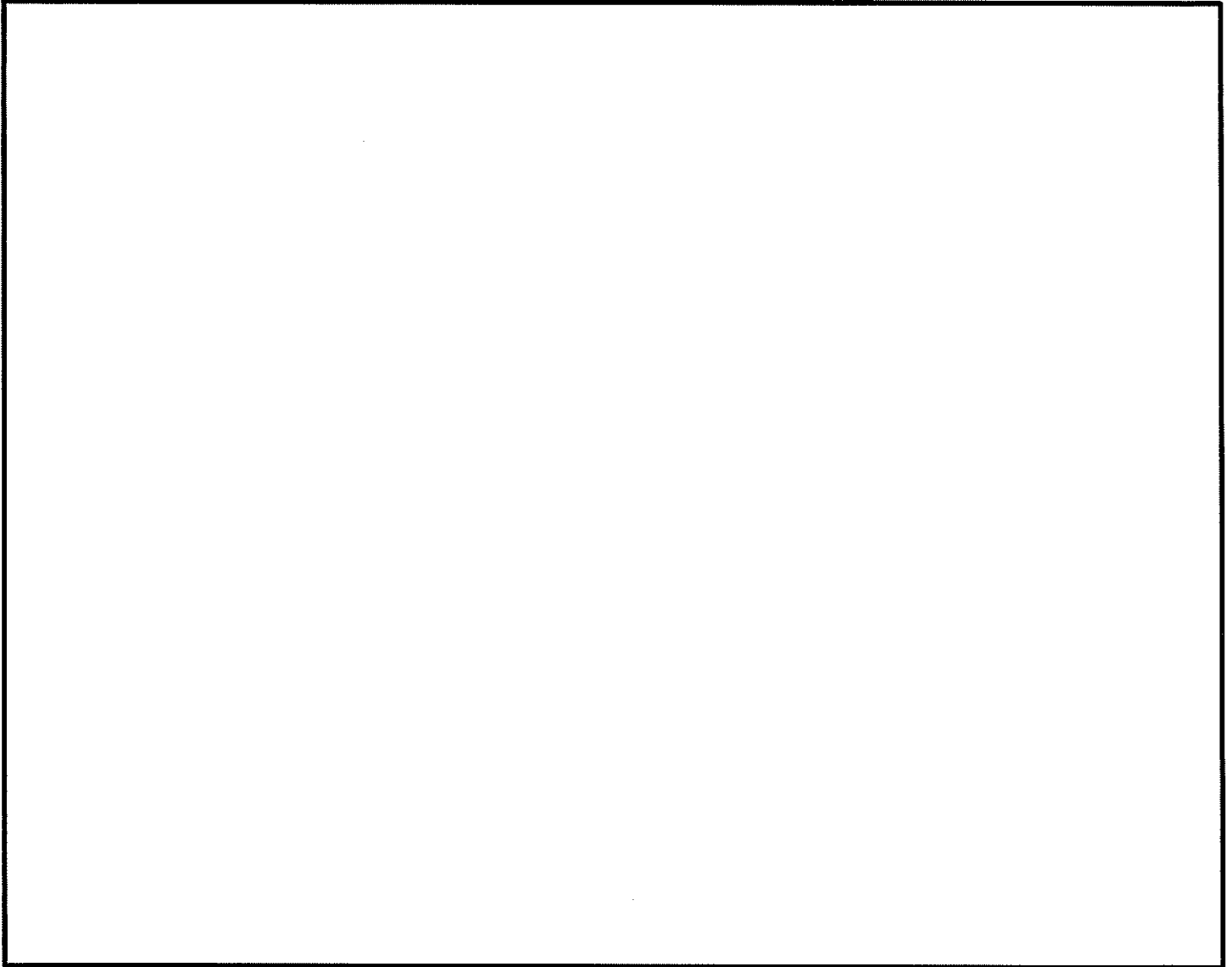
耐震計算に用いる入力地震力には、資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-1表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料17-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に記載の減衰定数を用いる。

第4-1表 設計用地震力

設置場所及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
非常用 ガスタービン 発電機建屋 EL. 32.7	非常用 ガスタービン 発電機建屋 EL. 41.0	水平	1.0	水平方向はSs-1～3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1～3の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

#### 4.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを第 4-1 図に、機器諸元を第 4-2 表に示す。



第 4-1 図 解析モデル

第 4-2 表 機器諸元

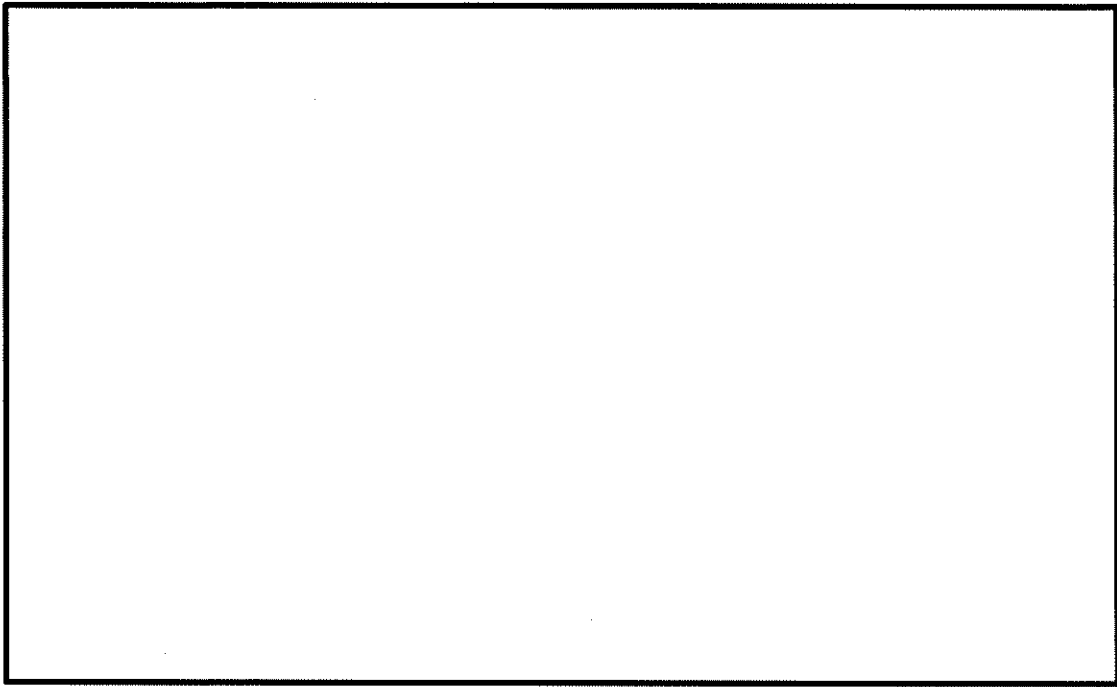
項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	
質量	ガスタービン機関	—	kg	
	ガスタービン発電機	—	kg	
	台板	—	kg	
	総質量	$m_d$	kg	
温度条件 (雰囲気温度)		T	°C	75
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		$\nu$	—	
要素数		—	個	
節点数		—	個	
寸法		—	—	第 2-1 図～ 第 2-4 図参照

4.4 固有値解析結果

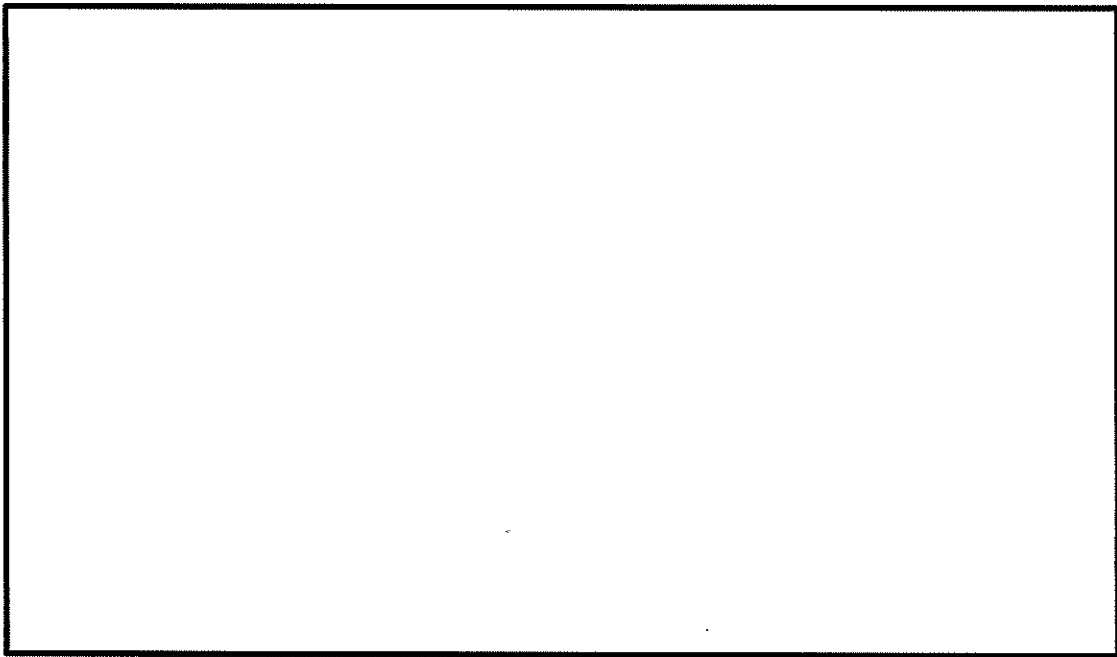
ガスタービン機関及びガスタービン発電機（台板及びエンクロージャを含む。）の固有振動数を第 4-3 表に、振動モード図を第 4-2 図から第 4-5 図に示す。

第 4-3 表 固有値解析結果

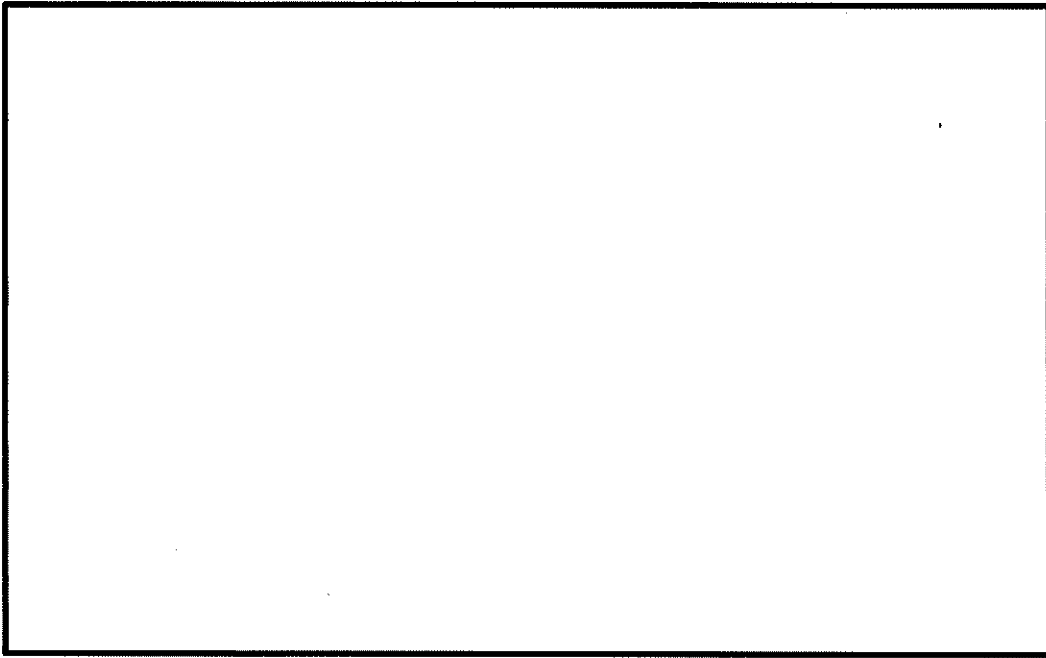
振動次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		X 方向	Y 方向	Z 方向	
1 次	22.1	-0.052	-2.747	0.093	エンクロージャ
2 次	26.0	2.002	0.130	-3.340	エンクロージャ及び台板
3 次	26.4	2.764	-0.399	2.506	エンクロージャ及び台板
4 次	27.0	0.156	4.695	0.307	エンクロージャ及び台板
5 次	28.3	0.024	1.328	-0.292	エンクロージャ
6 次	28.8	0.513	-0.238	-2.337	エンクロージャ
7 次	29.0	-0.786	-0.403	-1.506	エンクロージャ
8 次	30.6	3.144	-0.091	2.924	エンクロージャ



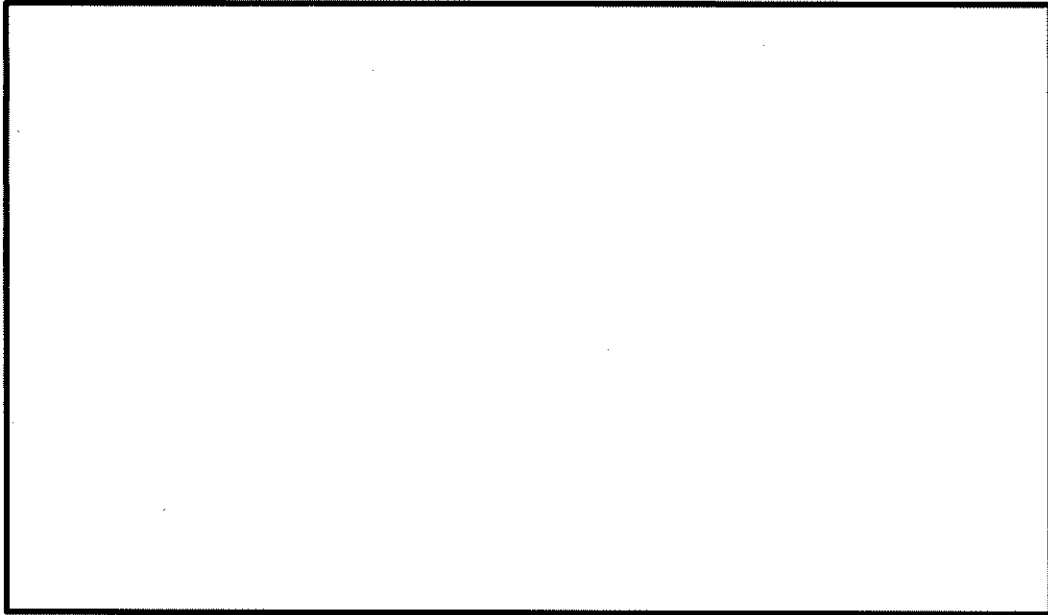
第 4-2 図 振動モード (1 次 22.1Hz)



第 4-3 図 振動モード (2 次 26.0Hz)



第 4-4 図 振動モード (3 次 26.4Hz)



第 4-5 図 振動モード (4 次 27.0Hz)

#### 4.5 地震応答解析結果

地震応答解析の結果からガスタービン機関及びガスタービン発電機の重心位置における最大応答加速度を抽出し、評価用加速度として使用する。ガスタービン機関及びガスタービン発電機の最大応答加速度を第4-4表に示す。

第 4-4 表 最大応答加速度結果

項目	基準地震動 $S_s$	
	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
ガスタービン機関	2.39	1.16
ガスタービン発電機	2.25	1.38

## 5. 評価用加速度

ガスタービン機関の構造強度評価、ガスタービン機関の動的機能維持評価及びガスタービン機関燃料制御ユニットの電氣的機能維持評価に用いる評価用加速度を以下に示す。

### 5.1 基本方針

- (1) 基準地震動 $S_s$ による構造強度評価用加速度は、「4. 地震応答解析」の結果である基準地震動 $S_s$ による地震応答解析結果から算出したガスタービン機関の最大応答加速度と資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した基準地震動 $S_s$ による最大床加速度の1.2倍の値を比較し、最大値の加速度を採用する。
- (2) 機能維持評価用加速度は、基準地震動 $S_s$ による地震応答解析結果から算出したガスタービン機関の最大応答加速度と資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した基準地震動 $S_s$ による最大床加速度の1.0倍の値を比較し、最大値の加速度を採用する。

### 5.2 評価用加速度

評価用加速度の一覧を第5-1表に示す。

第 5-1 表 評価用加速度

項目	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
基準地震動 $S_s$ による地震応答解析結果から算出したガスタービン機関の最大応答加速度	2.39	1.16
基準地震動 $S_s$ による最大床加速度の 1.0 倍	1.17	0.83
基準地震動 $S_s$ による最大床加速度の 1.2 倍	1.40	1.00

## 6. 応力評価

### 6.1 基本方針

#### 6.1.1 台板基礎ボルト評価の基本方針

- (1) 「4. 地震応答解析」の解析モデルを使用し、台板基礎ボルトの応力評価を実施する。
- (2) 「4. 地震応答解析」の結果、固有振動数が30Hz未満であったため、「4.2 設計用地震力」を用い、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (3) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 6.1.2 ガスタービン機関取付ボルト評価の基本方針

- (1) ガスタービン機関の解析モデルは、1質点系モデルとし、ガスタービン機関の重心位置に地震荷重、ガスタービン機関の回転体振動による加速度及びガスタービン機関の回転体回転により働くモーメントが作用するものとする。
- (2) ガスタービン機関は、厚肉構造の低重心であるため、剛として取り扱うこととする。
- (3) 評価用加速度は「5.1 基本方針」により採用した第6-1表の値を適用する。
- (4) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



第6-1表 ガスタービン機関取付ボルトの評価用加速度

項目	基準地震動 $S_s$	
	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
ガスタービン機関取付ボルト	2.39	1.16

## 6.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 6.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

台板基礎ボルト及びガスタービン機関取付ボルトの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第6-2表に示す。

### 6.2.2 許容応力

台板基礎ボルト及びガスタービン機関取付ボルトの許容応力を第6-3表に示す。

### 6.2.3 使用材料の許容応力

台板基礎ボルト及びガスタービン機関取付ボルトの使用材料の許容応力評価条件を第6-4表に示す。

第6-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態 (重大事故等対処施設)

施設区分	機器名称	設備分類 (注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	非常用 発電装置	常設耐震／防止 常設／緩和	— (注2)	$D + P_b + M_b + S_s$ (注3)	$IV_{AS}$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の 許容限界を用いる。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第6-3表 許容応力 (その他の支持構造物 (重大事故等対処施設))

許容応力 状態	許容限界 (注) (ボルト等) 一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)		

(注) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第6-4表 使用材料の許容応力 (重大事故等対処施設)

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
		雰囲気温度	40			
台板基礎ボルト		雰囲気温度	75			
ガスタービン機関取付ボルト		雰囲気温度	40			

### 6.3 応力評価方法

#### 6.3.1 台板基礎ボルトの応力評価方法

##### (1) 記号の説明

記号	定義	単位
$m_d$	台板質量 (ガスタービン機関、ガスタービン発電機、エンクロージャ含む)	kg
$A_{btd}$	基礎ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$n_d$	基礎ボルト総本数	本
$f_t$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_s$	せん断力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$S_y$	設計降伏点	MPa
$S_u$	設計引張強さ	MPa
$\sigma_{bt}$	ボルト引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトせん断応力	MPa
$F_x$	基礎ボルト1本あたりに作用するX軸方向のせん断力	N
$F_y$	基礎ボルト1本あたりに作用するY軸方向のせん断力	N
$F_z$	基礎ボルト1本あたりに作用する引張力	N

##### (2) 応力計算方法

地震応答解析の結果から得られる台板基礎ボルトの最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を計算する。

応力の種類	単位	応力計算式
基礎ボルト引張応力 $\sigma_{bt}$	MPa	$\frac{F_z}{A_{btd}}$
基礎ボルトせん断応力 $\tau_b$	MPa	$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{A_{btd}}$
基礎ボルト組合せ応力 $\sigma_{bt}$	MPa	$\frac{F_z}{A_{btd}}$

### 6.3.2 ガスタービン機関取付ボルトの応力評価方法

#### (1) 記号の説明

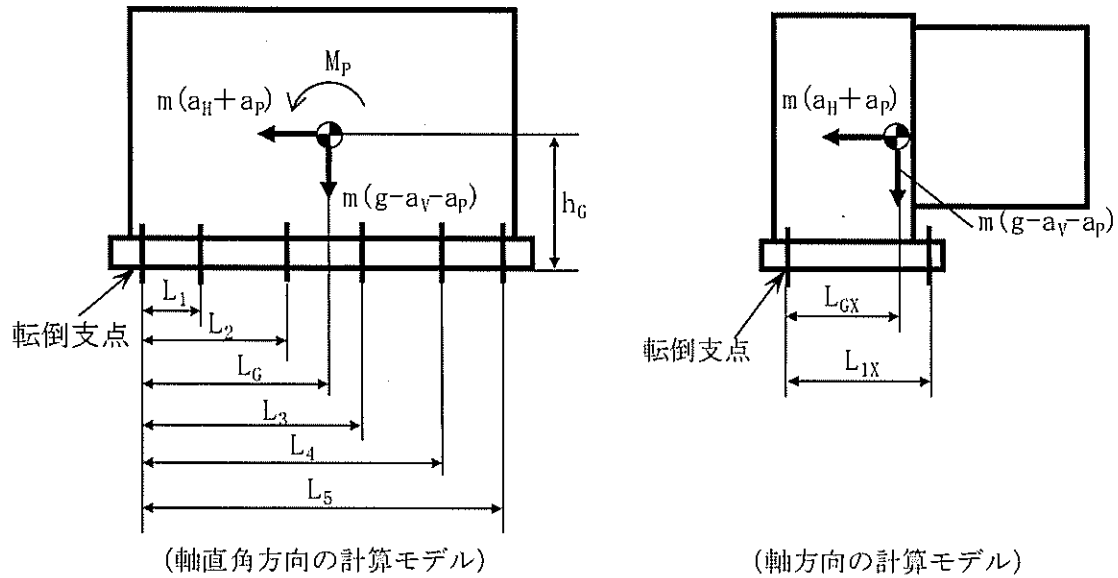
記号	定義	単位
$A_{bt}$	取付ボルト軸断面積	$\text{mm}^2$
$a_H$	水平方向評価用加速度	$\text{m/s}^2$
$a_V$	鉛直方向評価用加速度	$\text{m/s}^2$
$a_p$	回転体振動による加速度	$\text{m/s}^2$
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_G$	取付面からガスタービン機関重心までの高さ	mm
$L_1$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)	mm
$L_2$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)	mm
$L_3$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)	mm
$L_4$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)	mm
$L_5$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)	mm
$L_{1X}$	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離 (軸方向)	mm
$L_{GX}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離 (軸方向)	mm
$L_G$	支点となる取付ボルトから重心までの距離 (軸直角方向)	mm
$m$	ガスタービン機関質量	kg
$M_p$	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$n$	取付ボルト総本数	本
$n_{t1}$	軸直角方向 ( $L_1$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$n_{t2}$	軸直角方向 ( $L_2$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$n_{t3}$	軸直角方向 ( $L_3$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$n_{t4}$	軸直角方向 ( $L_4$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$n_{t5}$	軸直角方向 ( $L_5$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$n_{t1X}$	軸方向 ( $L_{1X}$ の長さ面) に設けた取付ボルトの片側本数	本
$p$	回転体の許容振幅	$\mu\text{m}$
$P$	原動機出力	kW
$R$	発電機定格回転数	$\text{min}^{-1}$
$\sigma_{bt}$	取付ボルト引張応力	MPa
$\tau_b$	取付ボルトせん断応力	MPa

(2) 応力計算方法

ガスタービン機関取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては、第6-1図に示す地震による水平及び鉛直加速度、運転により作用するモーメントによって生じる引張力にて評価を行う。

a. 引張応力の評価

引張応力は、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して計算する。



第6-1図 ガスタービン機関の取付ボルト計算モデル図

第6-1図に示すモーメントの釣り合い式より以下の各計算式が得られる。

【軸直角方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\{m \times (a_H + a_p) \times h_G + M_p - m \times (g - a_v - a_p) \times L_G\} \times L_5}{(n_{t1} \times L_1^2 + n_{t2} \times L_2^2 + n_{t3} \times L_3^2 + n_{t4} \times L_4^2 + n_{t5} \times L_5^2) \times A_{bt}}$$

【軸方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \times (a_H + a_p) \times h_G - m \times (g - a_v - a_p) \times L_{GX}}{n_{t1X} \times A_{bt} \times L_{1X}}$$

$\sigma_{bt}$ は、上式で得られる大きい方の値とする。

ここで、回転体回転により働くモーメント $M_p$ は、発電機の実出力及び定格回転速度を考慮して定める値である。回転体振動による加速度 $a_p$ は、回転体の許容振幅及び発電機の定格回転速度を考慮して定める値である。

【回転体回転により働くモーメントの計算式】

$$M_p = \frac{60P}{2\pi R} \times 10^6$$

【回転体振動による加速度の計算式】

$$a_p = \frac{p}{2} \times \left( \frac{2\pi R}{60} \right)^2 \times 10^{-6}$$

b. せん断応力の評価

せん断応力は、全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \times (a_H + a_p)}{n \times A_{bt}}$$

c. 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をJSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づき次式で評価する。

【IV<sub>A</sub>S評価】

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$$

## 7. 機能維持評価

ガスタービン機関及びガスタービン機関燃料制御ユニットに対して、地震後にその機能の維持がされるよう動的機能維持及び電氣的機能維持の評価を行う。

ガスタービン機関における評価対象部位は、JEAG4601-1991追補版に記載の非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンの機能維持評価項目にならい、以下の部位とする。

- ・ 軸とケーシングのクリアランス
- ・ 軸受
- ・ ガスタービン機関燃料制御ユニット

### 7.1 軸とケーシングのクリアランスに関する機能維持評価

#### 7.1.1 基本方針

- (1) 軸とケーシングのクリアランスは、ガスタービン機関回転軸の地震時のたわみ量（変位量）を解析にて算出することにより評価する。ガスタービン機関回転軸の解析モデルは、1次元はり要素を用いたモデルとし、評価モデルの各要素に自重、地震荷重、アンバランスにより生じる荷重を付加し、静的解析を実施する。
- (2) ケーシングは、運転時の高圧に耐えかつ高速回転する回転軸を支える厚肉構造であることから、変形しない剛体として扱う。
- (3) 評価用加速度は、「5.1 基本方針」により採用した第7-1表の値を適用する。
- (4) 評価基準値として、メーカ既定の最小クリアランス値を設定する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

第7-1表 軸とケーシングのクリアランス評価用加速度

項目	基準地震動 $S_s$	
	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
軸とケーシングのクリアランス	2.39	1.16



## 7.1.2 評価方法

### (1) 評価内容

「a. 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せが作用することによりガスタービン機関回転軸に発生するたわみ量(変位量)を「(2) 評価モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて算出する。なお、両端を軸受で支持された軸のたわみ量の算出において、軸受自体の剛性による変位は  と許容クリアランスに比べると十分小さく、軸とケーシングのクリアランスを評価する上では有意とはならないため考慮しない。一方、軸受による軸の支持条件は単純支持として、軸のたわみ量が大きくなるよう保守的に評価する。

各評価部位のたわみ量が「(3) 評価基準値」に示す許容クリアランス内に収まることを確認する。評価部位を第7-1図に示す。



なお、水平方向地震動による変位量と鉛直方向地震動による変位量は、安全側の評価として絶対値和とする。

#### a. 荷重及び荷重の組合せ

##### (a) 荷重の種類

たわみ量算出に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### イ. 死荷重 (D)

死荷重は、ガスタービン機関回転軸の自重とする。

##### ロ. 地震荷重 (Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

##### ハ. アンバランス (A)

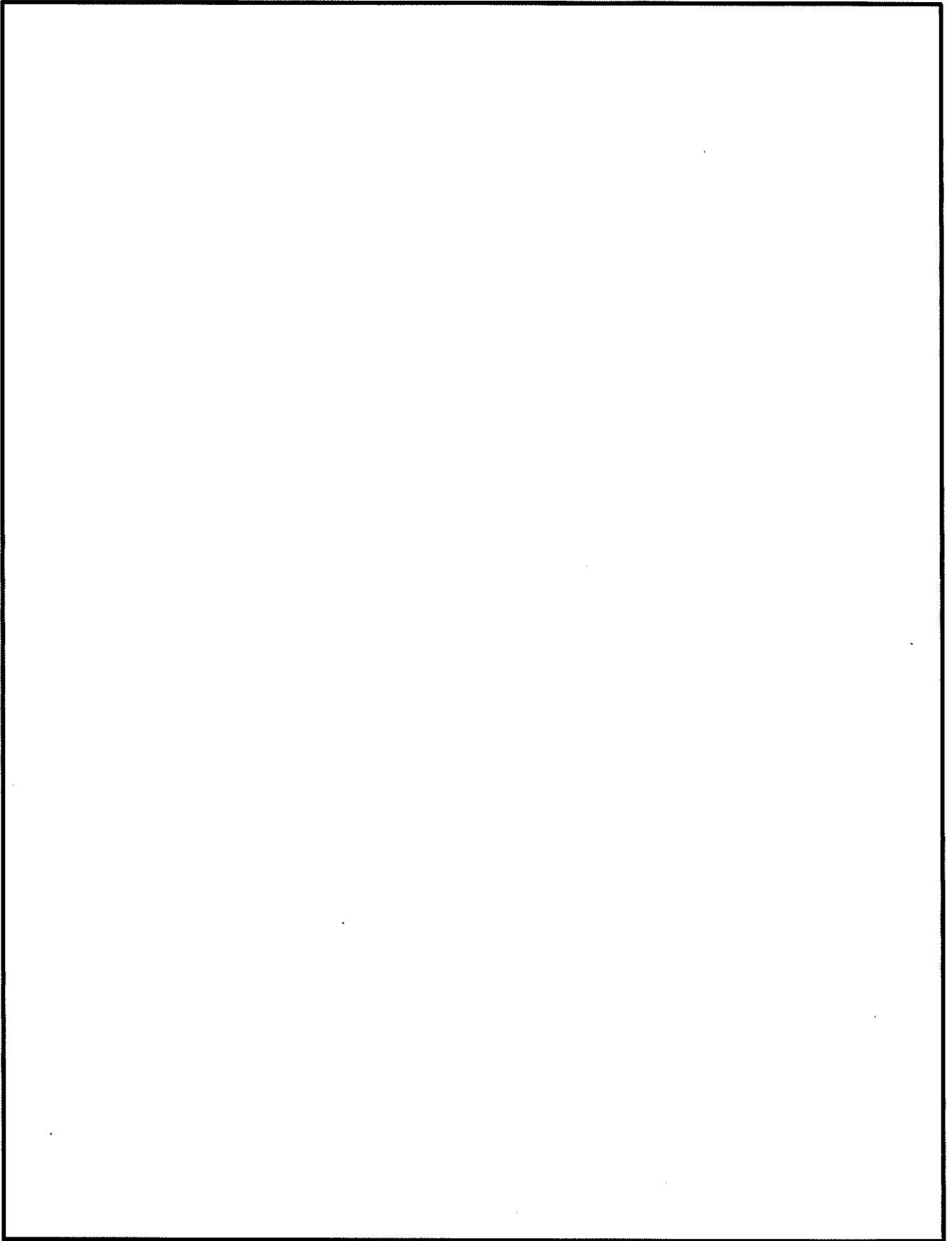
アンバランス荷重は、ガスタービン機関回転軸のたわみ量の算出において考慮する。なお、アンバランス荷重に相当するたわみ量として、主軸振動に対するメーカー管理値を用いるものとする。

##### (b) 荷重の組合せ

たわみ量算出に用いる荷重の組合せを第7-2表に示す。

第 7-2 表 荷重の組合せ

項目	地震動	荷重の組合せ
ガスタービン機関回転軸	基準地震動 Ss	D+Ss+A



第7-1図 軸とケーシングのクリアランス評価部位

(2) 評価モデル及び諸元

- a. クリアランスの評価にあたっては、ガスタービン機関回転軸とケーシングとの相対変位が評価対象となるが、ケーシングは運転時の高圧に耐えかつ高速回転する回転軸を支える厚肉構造であることから変形しない剛体として扱い、回転軸のみモデル化して地震時の応答加速度に対するたわみ量（変位量）を評価する。
- b. ガスタービン機関回転軸は、中心のメインシャフトの外周に位置するインペラ、カップリングロータ及びタービンディスク（以下これらを「ロータ」という。）並びにメインシャフトからなる2重構造である。この内外2つの構造を各々はり要素でモデル化する。特に、インペラ、タービンディスク等の複雑な翼形状を持つロータ部品は、全体を一様なはり要素でモデル化できないため、実機構造と等価な剛性、質量を持つ円筒形状に諸元を置き換えてモデル化する。
- c. 内側の中実形状のメインシャフトと外周の円筒形状に置き換えたロータを各々はり要素でモデル化し、2つのモデルを実機構造と同様に両端の第1段インペラ部及びNO. 2ベアリングシャフト部と中央のカップリングロータ部の3箇所て結合する。
- d. 軸受は、軸受自体の変位は地震時に  と許容クリアランスに比べると十分小さいため剛とし、拘束条件としては、軸受部A（玉軸受）を並進3方向固定、軸受部B（ころ軸受）を並進2方向（軸直方向）固定として設定する。
- e. アンバランス荷重による変位は、運転中に生じる主軸振動の管理値以下になるよう調整されているため、保守的に主軸振動に対するメーカ管理値をアンバランス荷重による変位として用いる。この変位を解析モデルから算出したたわみ量（変位量）に重畳（絶対値和）する。
- f. 解析コードはMSC NASTRAN Ver. 2011. 1（以下「MSC NASTRAN」という。）を使用する。なお、評価に用いる解析コードMSC NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

各評価部位の解析モデルの諸元を第7-3表に、ガスタービン機関回転軸の構成図と2つのはり要素を結合した解析モデルを第7-2図に示す。

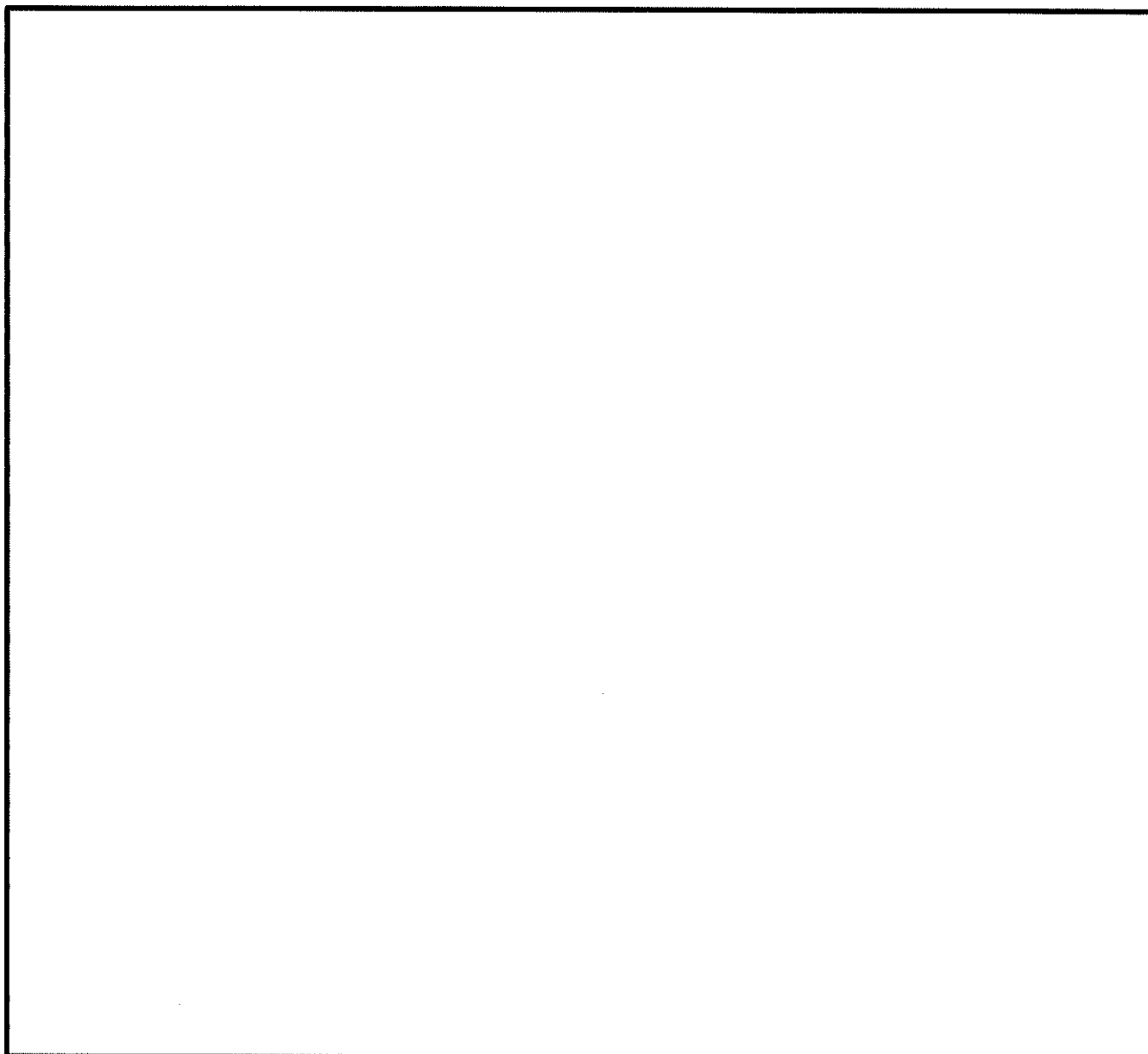
また、円筒形状に置き換えたガスタービン機関回転軸のイメージ図を第7-3図に示す。

第7-3表 解析モデルの諸元 (1/2)

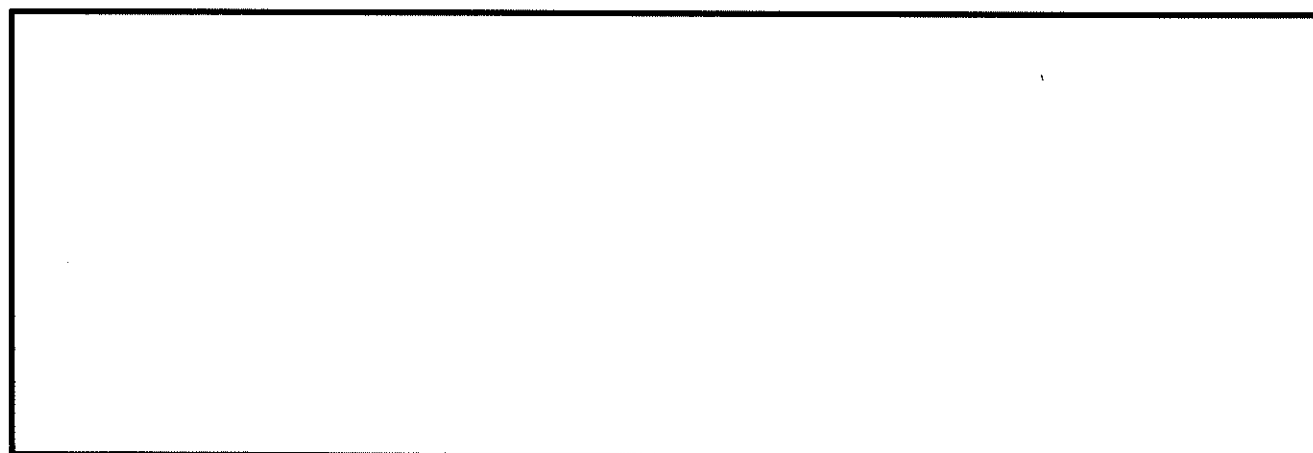
項目	温度条件 (°C)	質量 (kg)	ポアソン比	アンバランス (mm)
ガスタービン機関 回転軸				

第7-3表 解析モデルの諸元 (2/2)

項目	材質	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )



第7-2図 ガスタービン機関回転軸の構成図及び解析モデル図



第7-3図 円筒形状に置き換えたガスタービン機関回転軸のイメージ図

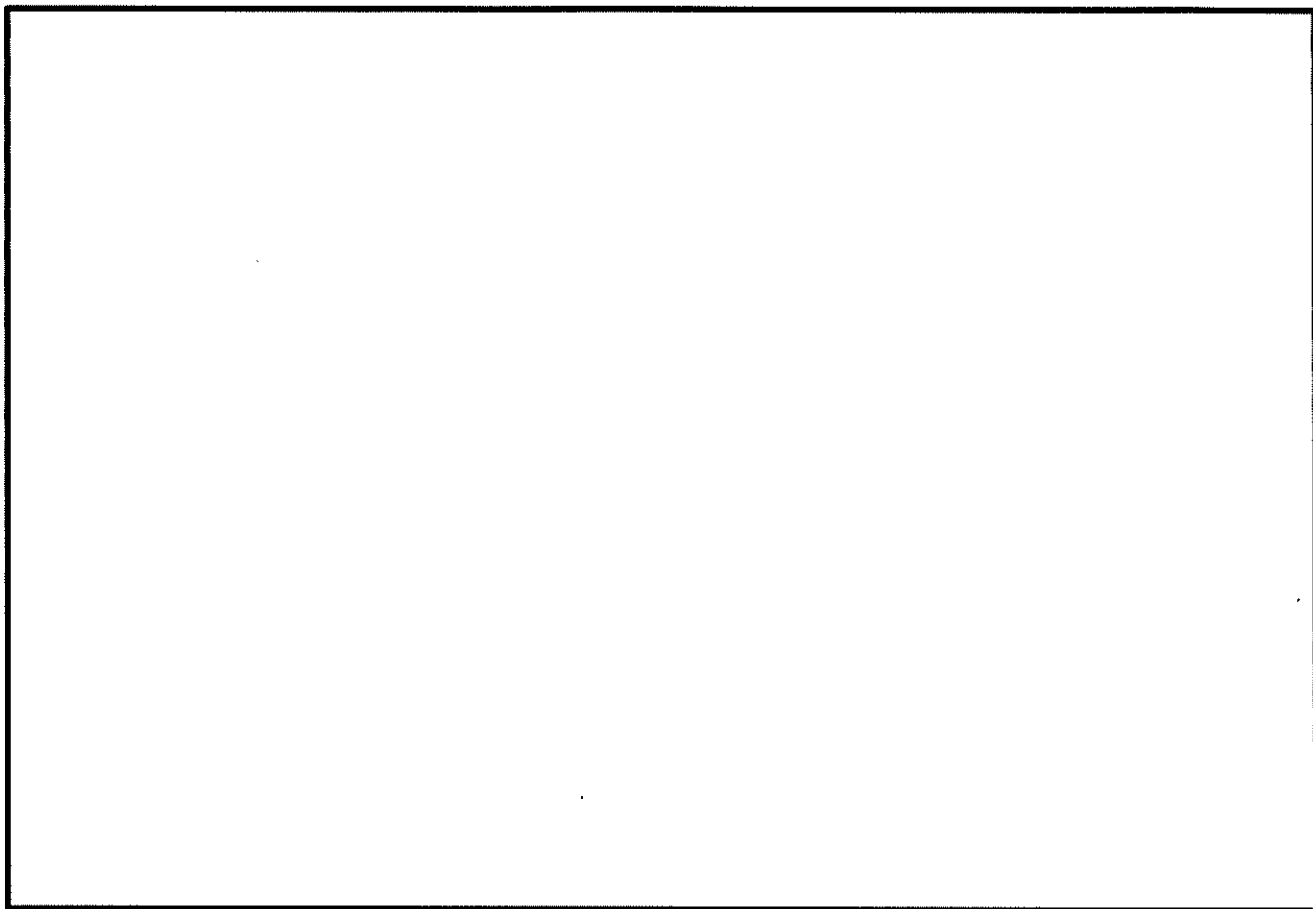
(3) 評価基準値

軸とケーシングのクリアランスは、メーカー規定の最小クリアランス値を評価基準値として設定する。

各評価部位の許容クリアランスを第7-4表に、ガスタービン機関回転軸のたわみ変形図を第7-4図に示す。

第 7-4 表 軸とケーシングの許容クリアランス

評価部位	許容クリアランス (mm)



第7-4図 ガスタービン機関回転軸のたわみ変形図

## 7.2 軸受に関する機能維持評価

### 7.2.1 基本方針

- (1) 軸受は、軸受に作用する荷重が許容される荷重以下であることで評価する。
- (2) 軸受には、アキシアル荷重、ラジアル荷重が作用するものとする。これらの荷重とJIS(JIS B 1519-2009)に基づく計算式を用いて、地震時に軸受に作用する静等価荷重を評価する。
- (3) 軸受荷重の許容値は、メーカー規定の基本静定格荷重（メーカー保証値）を用いる。
- (4) 評価用加速度は、「5.1 基本方針」により基準地震動 $S_s$ による地震応答解析結果から算出したガスタービン機関の重心位置における最大応答加速度を適用する。適用した評価用加速度を第7-5表に示す。

第7-5表 軸受の評価用加速度

項目	基準地震動 $S_s$	
	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
軸受	2.39	1.16

### 7.2.2 評価方法

#### (1) 評価内容

ガスタービン機関回転軸に地震力が作用することにより軸受に発生する静等価荷重を求め、メーカー規定の軸受の基本静定格荷重（メーカー保証値）以下であることを確認する。地震力により回転軸に生じる全荷重を2箇所の軸受が均等に受けるものとする。軸受に作用する荷重には、アキシアル荷重とラジアル荷重がある。アキシアル荷重は水平方向評価用加速度から算出した荷重と運転中に生じるスラスト荷重を重畳（絶対値和）したものであり、ラジアル荷重は鉛直方向評価用加速度と重力加速度を重畳した加速度から算出したものである。両者を合成する2種類の算出式から最大となる方の荷重を静等価荷重として評価する。評価に使用する記号説明を(2)に、軸受に発生する静等価荷重の計算式を(3)に示す。また、軸受の評価部位を第7-5図に示す。



(2) 記号の説明

記号	定義	単位
$a_H$	水平方向評価用加速度	$m/s^2$
$a_V$	鉛直方向評価用加速度	$m/s^2$
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$m/s^2$
$X_0$	静ラジアル荷重係数	—
$Y_0$	静アキシアル荷重係数	—
$P_0$	軸受に発生する静等価荷重	N
$F_a$	軸受に作用するアキシアル荷重	N
$F_r$	軸受に作用するラジアル荷重	N
$F_s$	運転時の最大スラスト荷重	N
$M_m$	回転軸の質量	kg
$M_{m1}$ 、 $M_{m2}$	片側の軸受にかかる質量	kg

(3) 軸受に発生する静等価荷重の計算式

【アキシアル荷重】

$$F_a = M_m \cdot a_H + F_s$$

【ラジアル荷重】

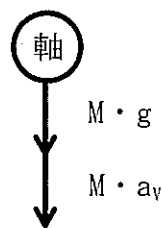
$$F_r = M(g + a_V) \text{ (注)}$$

(注) 片側の軸受にかかる質量Mは発電機・反発電機側それぞれの値である $M_{m1}$ 、 $M_{m2}$ を用いて両方評価する。

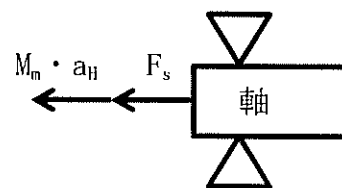
【静等価荷重】

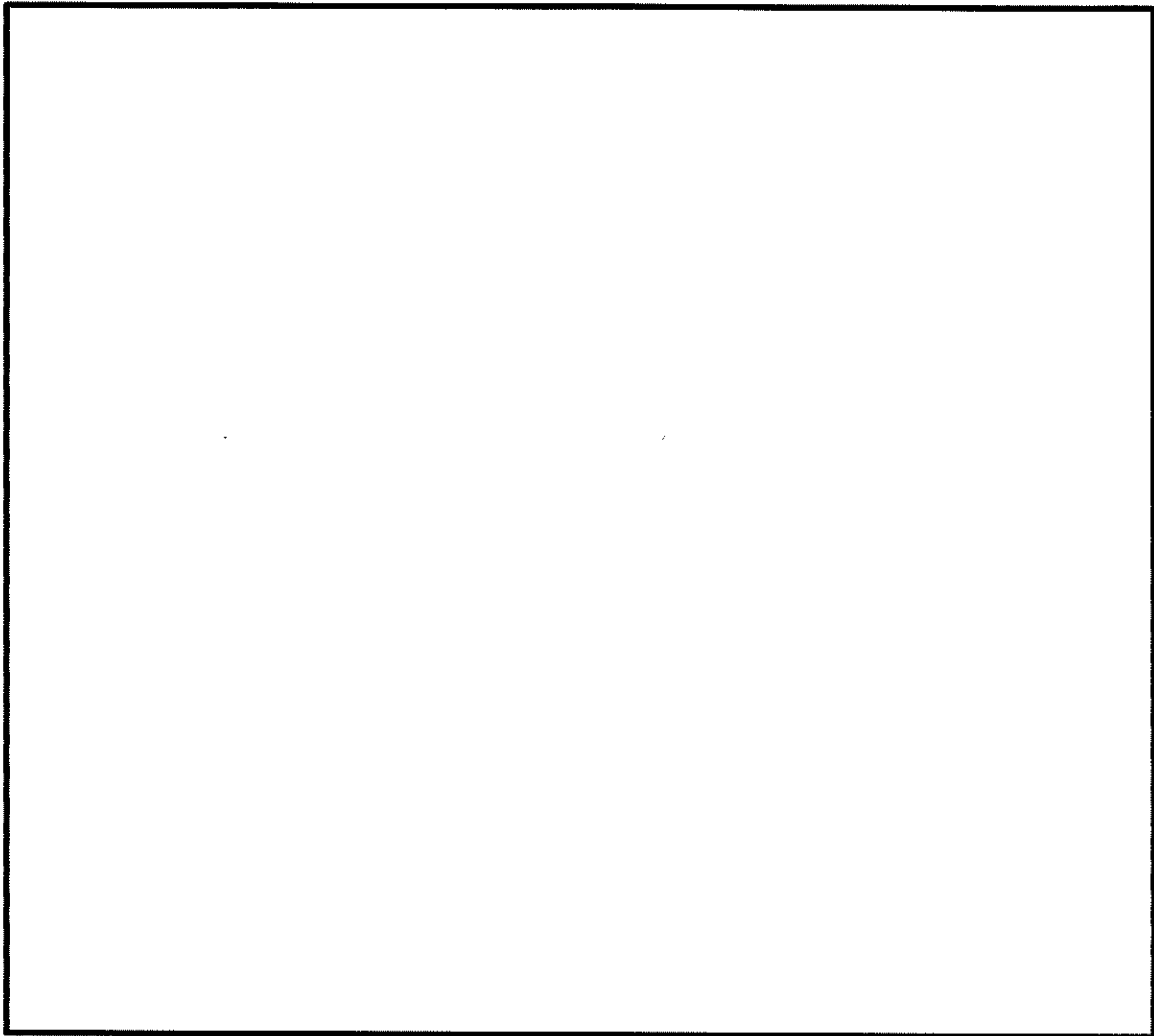
$$P_0 = \max(X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a, F_r)$$

ラジアル荷重： $F_r$



アキシアル荷重： $F_a$





第7-5図 軸受の評価部位

(4) 評価基準値

軸受は、メーカー規定の軸受の基本静定格荷重を評価基準値として設定する。

メーカー規定の軸受の基本静定格荷重を第7-6表に示す。

第7-6表 軸受の基本静定格荷重

軸受型式	基本静定格荷重 (N)
玉軸受	
ころ軸受	

### 7.3 ガスタービン機関燃料制御ユニットに関する機能維持評価

#### 7.3.1 基本方針

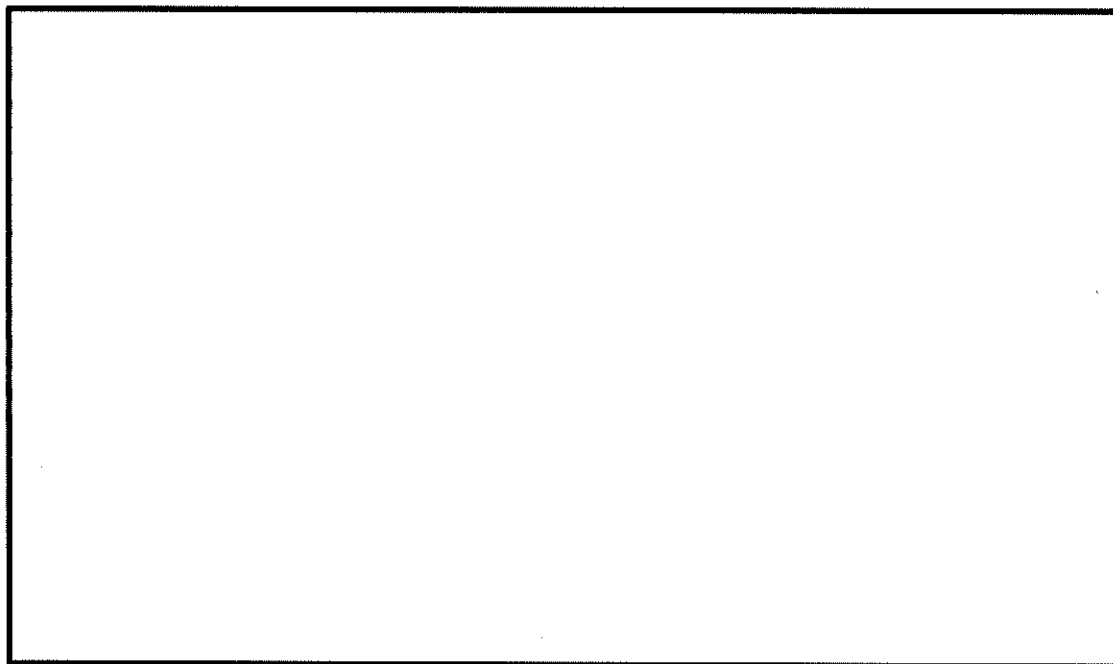
- (1) ガスタービン機関燃料制御ユニットの電氣的機能維持について、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。
- (2) ガスタービン機関燃料制御ユニットは、加振試験の結果から、固有振動数は前後、左右及び鉛直方向において30Hz以上であるため、剛として扱い、ガスタービン機関と一様に挙動するものとする。

#### 7.3.2 評価方法

##### (1) 評価内容

ガスタービン機関燃料制御ユニットの評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、ガスタービン機関燃料制御ユニットの正弦波加振試験(掃引試験及びビート試験)において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

評価対象となるガスタービン機関燃料制御ユニットの外形図を第7-6図に示す。



第7-6図 ガスタービン機関燃料制御ユニットの外形図

(2) 評価基準値

ガスタービン機関燃料制御ユニットの機能確認済加速度を第7-7表に示す。

第7-7表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	13.0
鉛直	13.0

## 8. 評価結果

非常用ガスタービンの耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能及び電氣的機能が維持されることを確認した。

### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する評価

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

### (2) 機能維持に対する評価

動的機能維持評価結果及び電氣的機能維持評価結果を次頁以降に示す。

伊方発電所第3号機 非常用ガスタービンの耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	ボルト配置状態	評価用温度 (°C)	
						雰囲気温度	雰囲気温度
						取付ボルト	基礎ボルト
重大事故等対処施設	—	—	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.7	矩形配置	75	40

2. 評価用加速度

減衰定数 (%)	基準地震動Ssによる加速度 (m/s <sup>2</sup> )				回転体振動による加速度 (m/s <sup>2</sup> )		回転体回転により働く モーメント M <sub>p</sub> (N・mm)
	評価用加速度** (応力評価)		評価用加速度** (機能維持評価)		水平 (a <sub>H</sub> )	鉛直 (a <sub>V</sub> )	
	水平 (a <sub>H</sub> )	鉛直 (a <sub>V</sub> )	水平 (a <sub>H</sub> )	鉛直 (a <sub>V</sub> )			
1.0	23.46	11.33	23.46	11.33	0.89	0.89	27,600,000

※ 水平方向はSs-1~3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向はSs-1~3の包絡曲線を用いる。

3. 機器要目

a. 台板

評価部位	m <sub>d</sub> (kg)	A <sub>bt,d</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>d</sub> (本)
基礎ボルト			

b. ガスタービン機関

R (min <sup>-1</sup> )	p (μm)	P (kW)
		5,200

評価部位	m (kg)	h <sub>G</sub> (mm)	A <sub>bt</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (本)	n <sub>t1</sub> (本)	n <sub>t2</sub> (本)	n <sub>t3</sub> (本)	n <sub>t4</sub> (本)	n <sub>t5</sub> (本)	n <sub>t1X</sub> (本)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)	L <sub>5</sub> (mm)	L <sub>1X</sub> (mm)	L <sub>GX</sub> (mm)	L <sub>G</sub> (mm)
取付ボルト																		

c. 軸受

評価部位	M <sub>m</sub> (kg)	軸受型式	M <sub>m1</sub> (kg)	F <sub>s</sub> (N)	X <sub>0</sub> (-)	Y <sub>0</sub> (-)	軸受型式	M <sub>m2</sub> (kg)	F <sub>s</sub> (N)	X <sub>0</sub> (-)	Y <sub>0</sub> (-)
軸受		玉軸受					ころ軸受				

4. 結論

4.1 非常用ガスタービンの構造強度評価結果

a. 台板

評価部位	材料	評価応力	基準地震動S <sub>s</sub> による評価	
			発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト		引張	109	
		せん断	222	
		組合せ	109	

発生応力はすべて許容応力以下である。

b. ガスタービン機関

評価部位	材料	評価応力	基準地震動S <sub>s</sub> による評価	
			発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト		引張	94	
		せん断	43	
		組合せ	94	

発生応力はすべて許容応力以下である。

4.2 非常用ガスタービンの機能維持評価結果

a. ガスタービン機関の動的機能維持評価結果

(1) 軸とケーシングのクリアランス

評価部位	たわみ量 (mm)	許容クリアランス (mm)
	0.075	
	0.091	
	0.111	

たわみ量は許容クリアランス内に収まっている。

(2) 軸受

評価部位	軸受型式	地震力の 組合せ	静等価荷重 (N)	基本静定格荷重 (N)
軸受	玉軸受	鉛直+軸平行	7,030	
		鉛直+軸直角	6,490	
	ころ軸受	鉛直+軸平行	3,080	
		鉛直+軸直角	6,490	

静等価荷重は、すべて基本静定格荷重以下である。

b. ガスタービン機関燃料制御ユニットの電氣的機能維持評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度※	機能確認済加速度
ガスタービン機関燃料制御ユニット	水平	2.39	13.0
	鉛直	1.16	13.0

※ 水平方向はSs-1~3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向はSs-1~3の包絡曲線を用いる。

評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。



非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ  
の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-2

伊方発電所 第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-2-1
2. 応力評価 .....	資17-16-1-2-1
2.1 基本方針 .....	資17-16-1-2-1
2.2 構造の説明 .....	資17-16-1-2-1
2.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-2-2
3. 機能維持評価 .....	資17-16-1-2-6
3.1 機能維持評価方法 .....	資17-16-1-2-6
4. 評価結果 .....	資17-16-1-2-7

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ(以下「燃料油移送ポンプ」という。)が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

燃料油移送ポンプは、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 応力評価

### 2.1 基本方針

応力評価は、資料17-14「補機（ポンプ類）の耐震計算について」に記載の横置ポンプの耐震計算方法に基づき実施する。

### 2.2 構造の説明

燃料油移送ポンプの構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 燃料油移送ポンプの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
燃料油移送ポンプ	(ポンプ) 横置単段遠心式ポンプ	ポンプ及び原動機は、台板にポンプ取付ボルト及び原動機取付ボルトにて固定する。台板は、基礎ボルトで床面に固定する。	
	(原動機) 横置ころがり軸受電動機		

## 2.3 荷重の組合せ及び許容応力

### 2.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料油移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を第2-2表に示す。

### 2.3.2 許容応力

燃料油移送ポンプの許容応力を第2-3表に示す。

### 2.3.3 使用材料の許容応力

燃料油移送ポンプの使用材料の許容応力を第2-4表に示す。

第2-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分	機器名称	設備分類 (注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	常設耐震／防止 常設／緩和	— (注2)	$D + P_D + M_D + S_S$ (注3)	$IV_{AS}$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の 許容限界を用い る。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) 重大事故等クラス2ポンプ及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第2-3表 許容応力 (重大事故等クラス2支持構造物(クラス2,3支持構造物))

許容応力状態	許容限界 <sup>(注)</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容 限界を用いる。)		

(注) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第2-4表 使用材料の許容応力(重大事故等対処施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト		雰囲気温度	40			
ポンプ取付ボルト		雰囲気温度	40			
原動機取付ボルト		雰囲気温度	40			

### 3. 機能維持評価

燃料油移送ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

#### 3.1 機能維持評価方法

燃料油移送ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため、資料17-9「機能維持の基本方針」第4-1表に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を第3-1表に示す。

第3-1表 機能確認済加速度

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
ポンプ	横置単段遠心式ポンプ	水平	4.0
		鉛直	2.0
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	7.0
		鉛直	2.0



#### 4. 評価結果

燃料油移送ポンプの耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動 $S_s$ に対して動的機能が維持されることを確認した。

##### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する評価

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

##### (2) 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を次頁以降に示す。

伊方発電所第3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプの耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	ボルト配置状態	評価用温度 (°C)		
						雰囲気温度	雰囲気温度	雰囲気温度
						基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
重大事故等対処施設	-	-	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 24.85	矩形配置	40		

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	基準地震動 $S_s$ (注)		回転体振動による 加速度 $a_p$ ( $m/s^2$ )	回転体回転により働くモーメント $M_p$ ( $N \cdot mm$ )		
	評価用加速度 ( $m/s^2$ )			基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
	水平	鉛直				
1.0						

(注) 水平方向は  $S_s-1 \sim 3$  の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は  $S_s-1 \sim 3$  の包絡曲線を用いる。

3. 機器要目

評価部位	m (kg)	h (mm)	$A_b$ ( $mm^2$ )	n (-)	N (-)	L (mm)	$\ell$ (mm)
基礎ボルト							
ポンプ取付ボルト							
原動機取付ボルト							

P (kW)	R ( $min^{-1}$ )	p ( $\mu m$ )
2.2	3,600	
2.2	3,600	
2.2	3,600	

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

評価部位	基準地震動 $S_s$		
	基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
摩擦力 $F'$ (N)			
水平地震力 $F_H$ (N)			
評価結果	$F' \geq F_H$ より、せん断力は作用しない。	$F' \geq F_H$ より、せん断力は作用しない。	$F' \geq F_H$ より、せん断力は作用しない。

4.2 評価結果 ( $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ )

評価部位	材 料	応 力	基準地震動 $S_s$	
			評価応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト		引張		
ポンプ取付ボルト		引張		
原動機取付ボルト		引張		

評価応力はすべて許容応力以下である。

4.3 機能確認済加速度との比較

		基準地震動 $S_s$	
		評価用加速度 (G)	機能確認済加速度 (G)
ポンプ	水平		4.0
	鉛直		2.0
原動機	水平		7.0
	鉛直		2.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク  
の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-3

伊方発電所 第3号機

目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-3-1
2. 応力評価 .....	資17-16-1-3-1
2.1 基本方針 .....	資17-16-1-3-1
2.2 構造の説明 .....	資17-16-1-3-1
2.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-3-2
3. 評価結果 .....	資17-16-1-3-6

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク（以下「燃料油サービスタンク」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

燃料油サービスタンクは、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 応力評価

### 2.1 基本方針

燃料油サービスタンクは横置円筒形容器(2脚支持)であり、応力評価は、資料17-13「補機（容器）の耐震計算について」に記載の横置円筒形容器(2脚支持)の耐震計算方法に基づき評価する。

### 2.2 構造の説明

燃料油サービスタンクの構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 燃料油サービスタンクの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
燃料油サービスタンク	横置円筒形容器 (2脚支脚)	燃料油サービスタンクは、コンクリート躯体に基礎ボルトにて固定する。	

## 2.3 荷重の組合せ及び許容応力

### 2.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料油サービスタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態を第2-2表に示す。

### 2.3.2 許容応力

燃料油サービスタンクの許容応力を第2-3表及び第2-4表に示す。

### 2.3.3 使用材料の許容応力

燃料油サービスタンクの使用材料の許容応力を第2-5表に示す。

第2-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分	機器名称	設備分類 (注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	燃料油 サービスタンク	— (注2)	$D + P_D + M_D + S_S$ (注3)	$IV_{AS}$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の 許容限界を用い る。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) 重大事故等クラス2容器(クラス2容器)及び重大事故等クラス2支持構造物(クラス2支持構造物)の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。



第2-3表 許容応力（重大事故等クラス2容器(クラス2,3容器)）

許容応力状態	許容限界 (注1)			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV <sub>A</sub> S	0.6S <sub>u</sub>	左欄の1.5倍の値	(注2)	
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)			S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2S <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) 座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注2) 2S<sub>y</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300（同PVB-3313を除く。また、S<sub>m</sub>は2/3S<sub>y</sub>に読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

第2-4表 許容応力（重大事故等クラス2支持構造物（クラス2、3支持構造物））

許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)(注3)</sup> (ボルト以外)				許容限界 <sup>(注2)</sup> (ボルト等)		
	一次応力				一次+二次応力	一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	座屈 <sup>(注4)</sup>	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	(注5)(注6) 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用い る。)							

(注1)「鋼構造設計基準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあっては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注5) JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

第2-5表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
		胴板	[ ]	最高使用温度	40	[ ]	[ ]	[ ]
支持脚	最高使用温度	40						
基礎ボルト	雰囲気温度	40						

### 3. 評価結果

燃料油サービスタンクの耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

伊方発電所第3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンクの耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	評価用圧力 $P_r$ (MPa)			評価用温度 (°C)			液体の比重 $\rho$
						最高使用圧力	最高使用圧力	最高使用圧力	最高使用温度	最高使用温度	雰囲気温度	
						胴板	支持脚	基礎ボルト	胴板	支持脚	基礎ボルト	
重大事故等対処施設	—	—	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 37.5	横置円筒形 (2脚支持)	大気圧			40			<input type="text"/>

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 $S_s$	
		設計用加速度 ( $m/s^2$ )	
		水平	鉛直
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. 機器要目

$m_0$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$t_e$ (mm)	$\phi_o$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,030	6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

$I_x$ ( $mm^4$ )	$I_y$ ( $mm^4$ )	$Z_{sx}$ ( $mm^3$ )	$Z_{sy}$ ( $mm^3$ )	$\theta_o$ (rad)	$A_s$ ( $mm^2$ )	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ ( $mm^2$ )	$A_{s2}$ ( $mm^2$ )	$A_{s3}$ ( $mm^2$ )	$A_{s4}$ ( $mm^2$ )
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

s (-)	n (-)	$n_1$ (-)	$n_2$ (-)	a (mm)	b (mm)	$A_b$ ( $mm^2$ )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

評価部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)
胴板	<input type="text"/>				
支持脚					
基礎ボルト					

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

基準地震動Ss	
摩擦力 F (N)	
水平地震力 F <sub>H</sub> (N)	
評価結果	F ≥ F <sub>H</sub> より、基礎ボルトにせん断力は作用しない。

4.2 評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+Ss)

評価部材	材 料	応 力	基準地震動Ss	
			評価応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SM400B	一次一般膜		
		一次		
		一次+二次		
支持脚		組合せ		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		
基礎ボルト		引 張		

評価応力はすべて許容応力以下である。

非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽  
の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-4

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-4-1
2. 応力評価 .....	資17-16-1-4-1
2.1 基本方針 .....	資17-16-1-4-1
2.2 構造の説明 .....	資17-16-1-4-1
2.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-4-2
3. 評価結果 .....	資17-16-1-4-6

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽（以下「燃料油貯油槽」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

燃料油貯油槽は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 応力評価

### 2.1 基本方針

燃料油貯油槽は横置円筒形容器(3脚支持)であり、応力評価は、資料17-13「補機(容器)の耐震計算について」に記載の横置円筒形容器(3脚支持)の耐震計算方法に基づき評価する。

### 2.2 構造の説明

燃料油貯油槽の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 燃料油貯油槽の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
燃料油貯油槽	横置円筒形容器(3脚支持)	燃料油貯油槽は、コンクリート躯体に基礎ボルトにて固定する。	



## 2.3 荷重の組合せ及び許容応力

### 2.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料油貯油槽の荷重の組合せ及び許容応力状態を第2-2表に示す。

### 2.3.2 許容応力

燃料油貯油槽の許容応力を第2-3表及び第2-4表に示す。

### 2.3.3 使用材料の許容応力

燃料油貯油槽の使用材料の許容応力を第2-5表に示す。

第2-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>(注1)</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	燃料油貯油槽	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>(注2)</sup>	$D + P_D + M_D + S_S$ <sup>(注3)</sup>	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の 許容限界を用い る。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) 重大事故等クラス2容器(クラス2容器)及び重大事故等クラス2支持構造物(クラス2支持構造物)の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第2-3表 許容応力（重大事故等クラス2容器(クラス2, 3容器)）

許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)</sup>			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV <sub>A</sub> S	0.6S <sub>0</sub>	左欄の1.5倍の値	<sup>(注2)</sup>	
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)			S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2S <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) 座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注2) 2S<sub>y</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300（同PVB-3313を除く。また、S<sub>m</sub>は2/3S<sub>y</sub>に読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

第2-4表 許容応力（重大事故等クラス2支持構造物（クラス2、3支持構造物））

許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)(注3)</sup> (ボルト以外)					許容限界 <sup>(注2)</sup> (ボルト等)	
	一次応力				一次+二次応力	一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	座屈 <sup>(注4)</sup>	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	(注5)(注6) 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用い る。)							

(注1)「鋼構造設計基準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) 薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注5) JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

第2-5表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	SM400B	最高使用温度	40	215	400	100	—	—
支持脚	SM400B	最高使用温度	40	235	400	—	235	280
基礎ボルト	SNB7	雰囲気温度	40	725	860	—	602	602

### 3. 評価結果

燃料油貯油槽の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

伊方発電所第3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽の耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	評価用圧力 $P_r$ (MPa)			評価用温度 (°C)			液体の比重 $\rho$
						最高使用圧力	最高使用圧力	最高使用圧力	最高使用温度	最高使用温度	雰囲気温度	
						胴板	支持脚	基礎ボルト	胴板	支持脚	基礎ボルト	
重大事故等対処施設	-	-	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 24.6	横置円筒形 (3脚支持)	大気圧			40			

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 $S_s$	
		設計用加速度 ( $m/s^2$ )	
		水平	鉛直
1.0	0.033	9.41	7.53

3. 機器要目

$m_0$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$t_e$ (mm)	$\phi_o$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)
		4,600	20						

$I_x$ ( $mm^4$ )	$I_y$ ( $mm^4$ )	$Z_{sx}$ ( $mm^3$ )	$Z_{sy}$ ( $mm^3$ )	$\theta_o$ (rad)	$A_s$ ( $mm^2$ )	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ ( $mm^2$ )	$A_{s2}$ ( $mm^2$ )	$A_{s3}$ ( $mm^2$ )	$A_{s4}$ ( $mm^2$ )

s (-)	n (-)	$n_1$ (-)	$n_2$ (-)	a (mm)	b (mm)	$A_b$ ( $mm^2$ )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	$d_3$ (mm)

評価部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	215	400	100	-	-
支持脚	235	400	-	235	280
基礎ボルト	725	860	-	602	602

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

	基準地震動S <sub>s</sub>
摩擦力 F (N)	1.6×10 <sup>6</sup>
水平地震力 F <sub>H</sub> (N)	2.4×10 <sup>6</sup>
評価結果	F<F <sub>H</sub> より、基礎ボルトにせん断力は作用する。

4.2 評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+S<sub>s</sub>)

評価部材	材 料	応 力	基準地震動S <sub>s</sub>	
			評価応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SM400B	一次一般膜	$\sigma_0 = 17$	S <sub>0</sub> = 240
		一次	$\sigma_1 = 64$	S <sub>I</sub> = 360
		一次+二次	$\sigma_2 = 112$	S <sub>II</sub> = 215
支持脚	SM400B	組合せ	$\sigma_s = 49$	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup> = 279
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\sigma_{scb}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sbb}}{1.5f_b} \leq 1$ 0.12	
基礎ボルト	SNB7	引 張	$\sigma_b = 150$	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup> = 451
		せん断	$\tau_b = 54$	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup> = 346
		組合せ	$\sigma_b = 150$	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup> = 451

評価応力はすべて許容応力以下である。

# 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-5

伊方発電所 第3号機



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-5-1
2. 基本方針 .....	資17-16-1-5-1
2.1 構造の説明 .....	資17-16-1-5-1
2.2 評価方針 .....	資17-16-1-5-3
3. 耐震評価箇所 .....	資17-16-1-5-4
4. 応力評価 .....	資17-16-1-5-4
4.1 基本方針 .....	資17-16-1-5-4
4.2 設計用地震力 .....	資17-16-1-5-5
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-5-5
4.4 応力評価方法 .....	資17-16-1-5-8
5. 機能維持評価 .....	資17-16-1-5-11
5.1 機能維持評価方法 .....	資17-16-1-5-11
6. 評価結果 .....	資17-16-1-5-12

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」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、非常用ガスタービン発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

非常用ガスタービン発電機は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

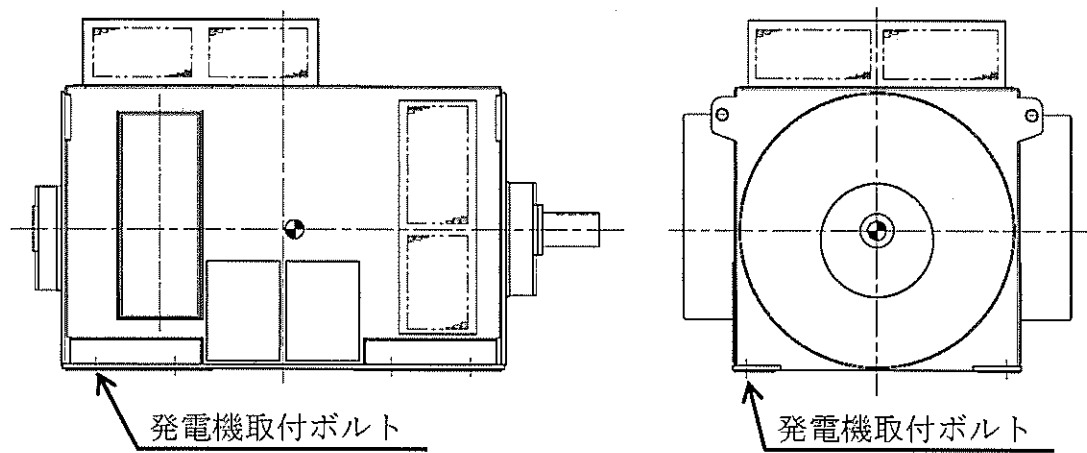
## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

資料17-11「機器・配管の耐震支持方針」にて設定した機器の支持方針に基づき設計した非常用ガスタービン発電機の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 非常用ガスタービン発電機の構造計画

設備名称	評価の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
非常用 ガスタービン 発電機	横置・円筒回転界磁形・ 開放保護形・自由通流自 力通流形・三相同期発電 機	発電機はガスタービン機 関との共通台板に取付ボ ルトにて固定する。	第2-1図

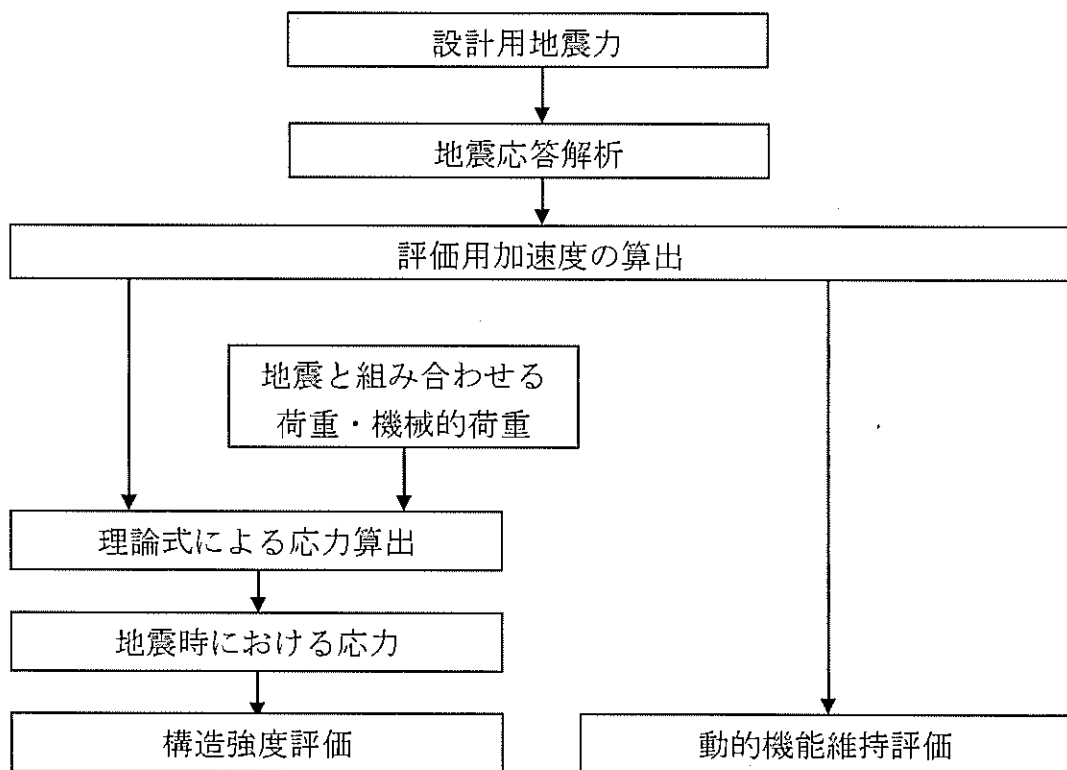


第2-1図 非常用ガスタービン発電機の外形図

## 2.2 評価方針

非常用ガスタービン発電機の応力評価は、資料 17-9「機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す非常用ガスタービン発電機の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界に収まることを「4. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、非常用ガスタービン発電機の機能維持評価は、簡易評価又は詳細評価を「5. 機能維持評価」にて示す方法にて実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

非常用ガスタービン発電機の耐震評価フローを第 2-2 図に示す。



第2-2図 非常用ガスタービン発電機の耐震評価フロー

### 3. 耐震評価箇所

非常用ガスタービン発電機の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる取付ボルトを選定して実施する。

### 4. 応力評価

#### 4.1 基本方針

- (1) 非常用ガスタービン発電機の解析モデルは1質点系モデルとし、発電機の重心位置に地震荷重、発電機の運転による加速度及び発電機運転により働くモーメントが作用するものとする。
- (2) 非常用ガスタービン発電機は、JEAG 4601-1987に従い一つの剛体として取り扱うこととする。
- (3) 資料17-16-1-1「非常用ガスタービン発電機ガスタービンの耐震計算書」の「4.地震応答解析」で得られたガスタービン発電機の最大応答加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。
- (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 4.2 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料17-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-1表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料17-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に記載の減衰定数を用いる。

第4-1表 設計用地震力

設置場所及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
非常用 ガスタービン 発電機建屋 EL. 32.7	非常用 ガスタービン 発電機建屋 EL. 41.0	水平	1.0	水平方向はSs-1~3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1~3の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

#### 4.3 荷重の組合せ及び許容応力

##### 4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ガスタービン発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-2表に示す。

##### 4.3.2 許容応力

非常用ガスタービン発電機の許容応力を第4-3表に示す。

##### 4.3.3 使用材料の許容応力

非常用ガスタービン発電機の使用材料の許容応力について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-4表に示す。

第4-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態 (重大事故等対処施設)

施設区分	機器名称	設備分類 (注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	非常用ガスタービン 発電機	常設耐震／防止 常設／緩和	— (注2)	$D + P_0 + M_0 + Ss$ (注3)	$IV_{AS}$
				$D + P_{SID} + M_{SID} + Ss$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許 容限界を用いる。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

(注3) 「 $D + P_{SID} + M_{SID} + Ss$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-3表 許容応力 (その他の支持構造物 (重大事故等対処施設))

許容応力 状態	許容限界 (注1) (注2) (ボルト等) 一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *

(注1) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注2) 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

第4-4表 使用材料の許容応力 (重大事故等対処施設)

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
		75	75			
取付ボルト	SCM435	75	75	712	847	592



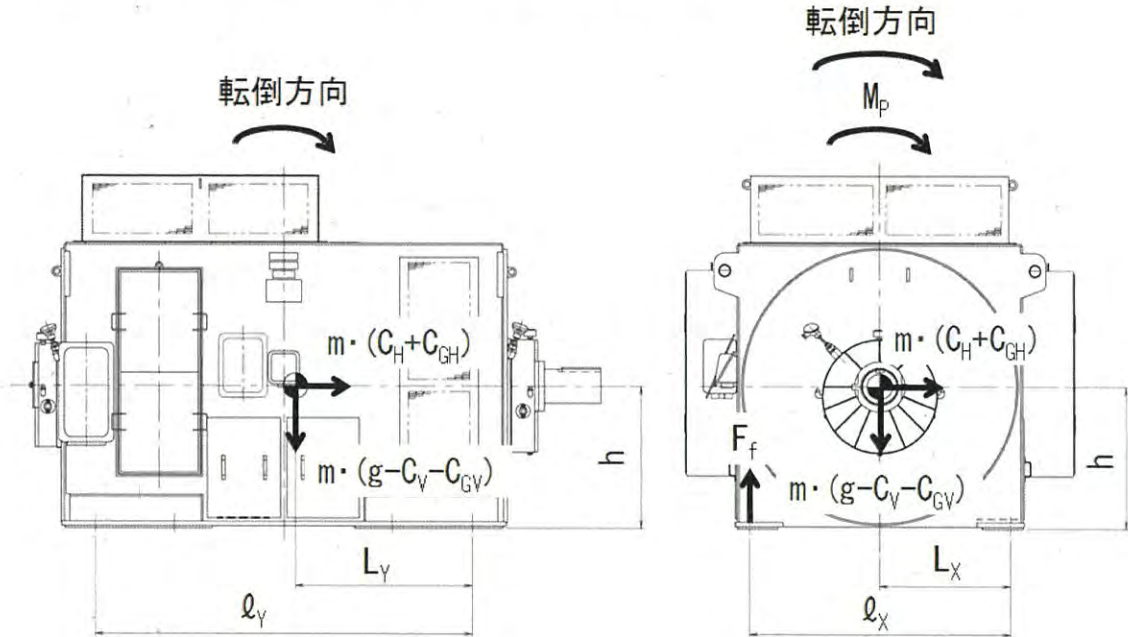
#### 4.4 応力評価方法

##### 4.4.1 記号の説明

記号	定義	単位
$A_b$	取付ボルトの軸部断面積（呼び径断面積）	$\text{mm}^2$
$C_H$	評価用加速度（水平）	$\text{m/s}^2$
$C_V$	評価用加速度（鉛直）	$\text{m/s}^2$
$C_{GH}$	発電機振動による水平加速度	$\text{m/s}^2$
$C_{GV}$	発電機振動による鉛直加速度	$\text{m/s}^2$
$F_f$	取付ボルト1本当りの締付力	N
$F_h$	取付ボルトに生じる水平地震力	N
$g$	重力加速度（=9.80665）	$\text{m/s}^2$
$h$	取付面から発電機重心までの高さ	mm
$L$	発電機重心と支点としている取付ボルト間の水平方向距離	mm
$l$	支点としている発電機取付ボルトから最大引張力が加わる 発電機取付ボルト間の距離	mm
$m$	発電機の質量	kg
$M_p$	発電機運転によるモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$N$	引張力の作用する取付ボルトの評価本数	本
$n$	取付ボルトの総本数	本
$a$	発電機運転時の許容振幅（両振幅で水平・鉛直同値）	$\mu\text{m}$
$P$	発電機出力	kW
$R$	同期回転速度	$\text{min}^{-1}$
$\sigma_{bt}$	取付ボルト引張応力	MPa
$\tau_{bs}$	取付ボルトせん断応力	MPa
$\mu$	摩擦係数（共通台板と発電機接合面との摩擦係数）	—

#### 4.4.2 取付ボルトの応力計算方法

応力評価に当たっては、第4-1図に示す地震による水平及び鉛直加速度、運転により作用するモーメントによって生じる引張力にて評価を行う。



軸方向の計算モデル

軸直角方向の計算モデル

第4-1図 非常用ガスタービン発電機の取付ボルト計算モデル図

##### (1) 引張応力の評価

発電機の共通台板部分を剛とみなし、発電機の転倒モーメントがすべて取付ボルトの引張力として働くものとする。取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、発電機運転によるモーメント<sup>(注1)</sup>は転倒方向が軸方向の場合の取付ボルトには作用しない。また、 $C_{GH}$ <sup>(注2)</sup>及び $C_{GV}$ <sup>(注2)</sup>は発電機振動による振幅を考慮して定める値である。

モーメントの釣り合い式は

$$N \cdot A_b \cdot \sigma_{bt} \cdot \ell + m \cdot (g - C_V - C_{GV}) \cdot L = m \cdot (C_H + C_{GH}) \cdot h + M_P$$

引張応力は

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (C_H + C_{GH}) \cdot h + M_P - m \cdot (g - C_V - C_{GV}) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

$$(注1) \quad M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

$$(注2) \quad C_{GH} = C_{GV} = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \times \frac{a \times 10^{-6}}{2}$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断応力は、取付ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (C_H + C_{GH})}{n \cdot A_b}$$

4.4.3 共通台板と発電機接合面との摩擦力の確認

(1) 摩擦力

$$F = \mu \cdot \{F_f \cdot n + m \cdot (g - C_V - C_{GV})\}$$

但し、取付ボルトの締付トルク値は考慮しないので、自重 ( $F_f=0$ ) による摩擦力評価を実施する。

(2) 水平方向地震並びに発電機運転時振動による水平方向荷重

$$F_h = m \cdot (C_H + C_{GH})$$

(3) 上記 (1) 及び (2) の算定結果に基づき、下記 a. 及び b. 項の評価を実施する。

a.  $F \geq F_h$  の場合

取付ボルトにせん断力は発生しない。

b.  $F < F_h$  の場合

取付ボルトにせん断力が発生する。

発生応力が許容応力以下であることを確認することとし、発生応力は水平方向荷重  $F_h$  を取付ボルト全数の総面積で除した値とする。

4.4.4 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力を JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133 に基づき次式で評価する。

【IV<sub>A</sub>S評価】

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$$

## 5. 機能維持評価

非常用ガスタービン発電機に対して、地震後にその機能の維持がされるよう動的機能維持の評価を行う。

### 5.1 機能維持評価方法

非常用ガスタービン発電機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため、資料17-9「機能維持の基本方針」第4-1表に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を第5-1表に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度	
	水平 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	鉛直 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
横形ころがり軸受	7.0	2.0

## 6. 評価結果

非常用ガスタービン発電機の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能が維持されることを確認した。

### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する評価

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

### (2) 機能維持に対する評価

動的機能維持評価結果を次頁以降に示す。

伊方発電所第3号機 非常用ガスタービン発電機の耐震計算書

1. 設計条件

	機器等の区分	耐震重要度分類	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	ボルト配置状態	評価用温度 (°C)
						雰囲気温度
						取付ボルト
重大事故等対処施設	—	—	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.7	矩形配置	75

2. 評価用加速度

減衰定数 (%)	基準地震動Ssによる加速度 (m/s <sup>2</sup> )				回転体振動による加速度 (m/s <sup>2</sup> )		回転体回転により働く モーメント M <sub>p</sub> (N・mm)
	評価用加速度* (応力評価)		評価用加速度* (機能維持評価)		水平 (C <sub>GH</sub> )	鉛直 (C <sub>GV</sub> )	
	水平 (C <sub>H</sub> )	鉛直 (C <sub>V</sub> )	水平 (C <sub>H</sub> )	鉛直 (C <sub>V</sub> )			
1.0	22.09	13.51	22.09	13.51	1.42	1.42	2.55×10 <sup>7</sup>

※水平方向はSs-1～3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向はSs-1～3の包絡曲線を用いる。

3. 機器要目

a. 非常用ガスタービン発電機

R (min <sup>-1</sup> )	a (μm)	P (kW)
1,800	80	4,800

評価部位	m (kg)	h (mm)	A <sub>bt</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (本)	N (本)	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	ℓ <sub>x</sub> (mm)	ℓ <sub>y</sub> (mm)
取付ボルト	13,500	795	1,018 (M36)	8	2	730	990	1,460	2,110

#### 4. 結論

##### 4.1 摩擦力と水平地震力の比較

	基準地震動S <sub>s</sub>
評価部位	取付ボルト
摩擦力 F' (N)	0
水平地震力 F <sub>H</sub> (N)	3.18×10 <sup>5</sup>
評価結果	F' < F <sub>H</sub> より、せん断力は作用する。

##### 4.2 評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+S<sub>s</sub>)

評価部位	材料	評価応力	基準地震動S <sub>s</sub> による評価	
			発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	SCM435 (M36)	引張	75	444
		せん断	40	340
		組合せ	75	444

発生応力はすべて許容応力以下である。

##### 4.3 機能確認済加速度との比較

###### a. 動的機能維持評価結果

(単位: ×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度*	機能維持確認済加速度
ガスタービン発電機	水平	2.25	7.0
	鉛直	1.38	2.0

※ 水平方向はS<sub>s</sub>-1~3のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向はS<sub>s</sub>-1~3の包絡曲線を用いる。  
評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。

# 非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-6

伊方発電所第3号機



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資 17-16-1-6-1
2. 基本方針 .....	資 17-16-1-6-1
2.1 構造の説明 .....	資 17-16-1-6-1
2.2 評価方針 .....	資 17-16-1-6-5
3. 耐震評価箇所 .....	資 17-16-1-6-6
4. 固有値解析 .....	資 17-16-1-6-7
4.1 基本方針 .....	資 17-16-1-6-7
4.2 解析モデル及び諸元 .....	資 17-16-1-6-8
4.3 固有値 .....	資 17-16-1-6-10
5. 応力評価 .....	資 17-16-1-6-12
5.1 基本方針 .....	資 17-16-1-6-12
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資 17-16-1-6-12
5.3 設計用地震力 .....	資 17-16-1-6-15
5.4 応力評価方法 .....	資 17-16-1-6-16
5.5 応力評価条件 .....	資 17-16-1-6-23
6. 機能維持評価 .....	資 17-16-1-6-26
6.1 機能維持評価方法 .....	資 17-16-1-6-26
7. 評価結果 .....	資 17-16-1-6-27

## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」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非常用ガスタービン発電機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電气的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は固有値解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

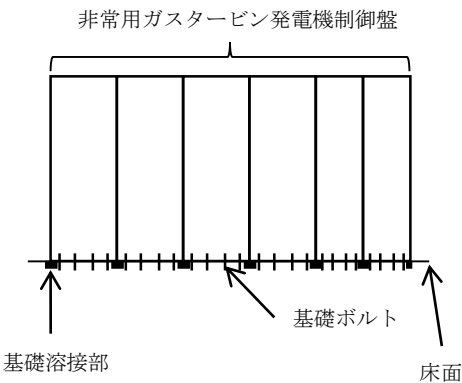
非常用ガスタービン発電機制御盤は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

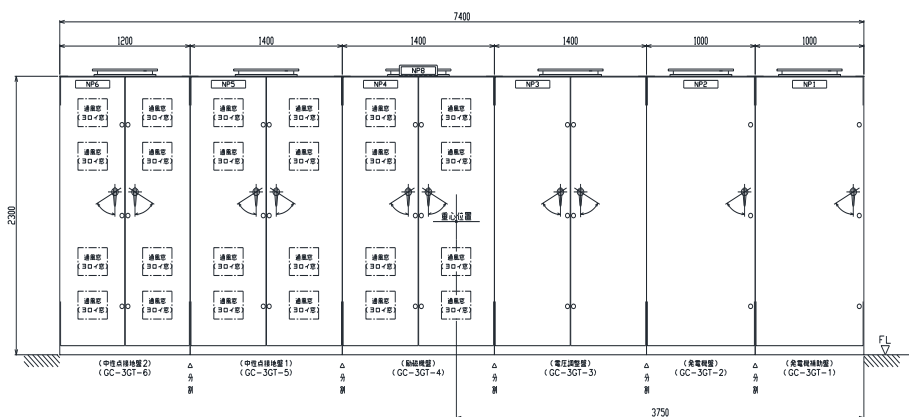
## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

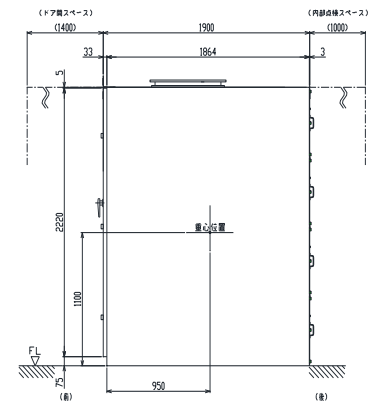
非常用ガスタービン発電機制御盤の構造計画を第2-1表に、構造図を第2-1図に示す。

第2-1表 非常用ガスタービン発電機制御盤の構造計画

設備名称	計画概要		説明図
	主体構造	支持構造	
非常用ガスタービン 発電機制御盤	自立閉鎖型	盤を基礎ボルトにて建屋の床に据え付ける。 また、盤と基礎を溶接にて固定する。	 <p>非常用ガスタービン発電機制御盤</p> <p>基礎溶接部</p> <p>基礎ボルト</p> <p>床面</p>



(正面図)



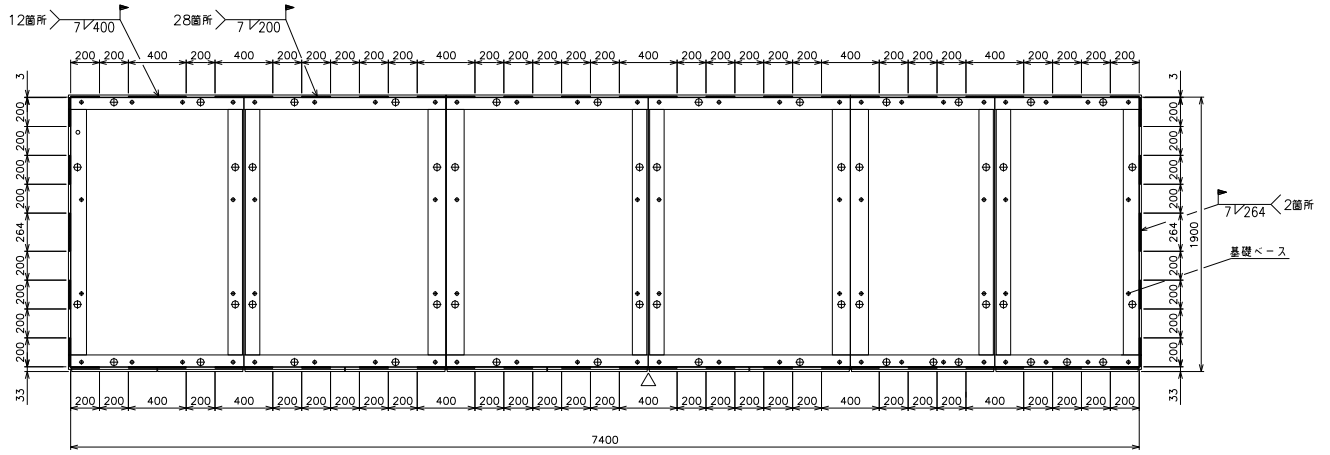
(側面図)

(単位 mm)

第 2-1 図 非常用ガスタービン発電機制御盤の構造図(1/3)

〈基礎溶接部〉

(後面)



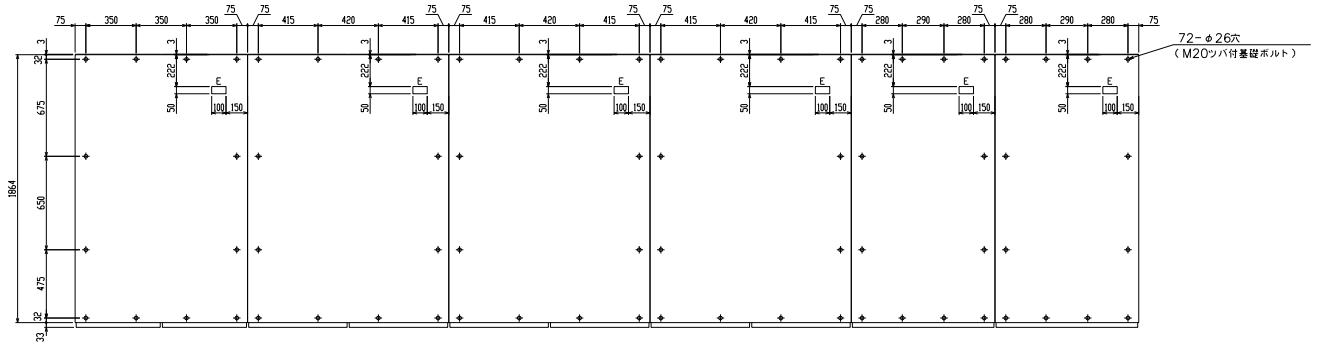
(単位:mm)

(前面)

第2-1図 非常用ガスタービン発電機制御盤の構造図(2/3)

〈基礎ボルト〉

(後面)



(前面)

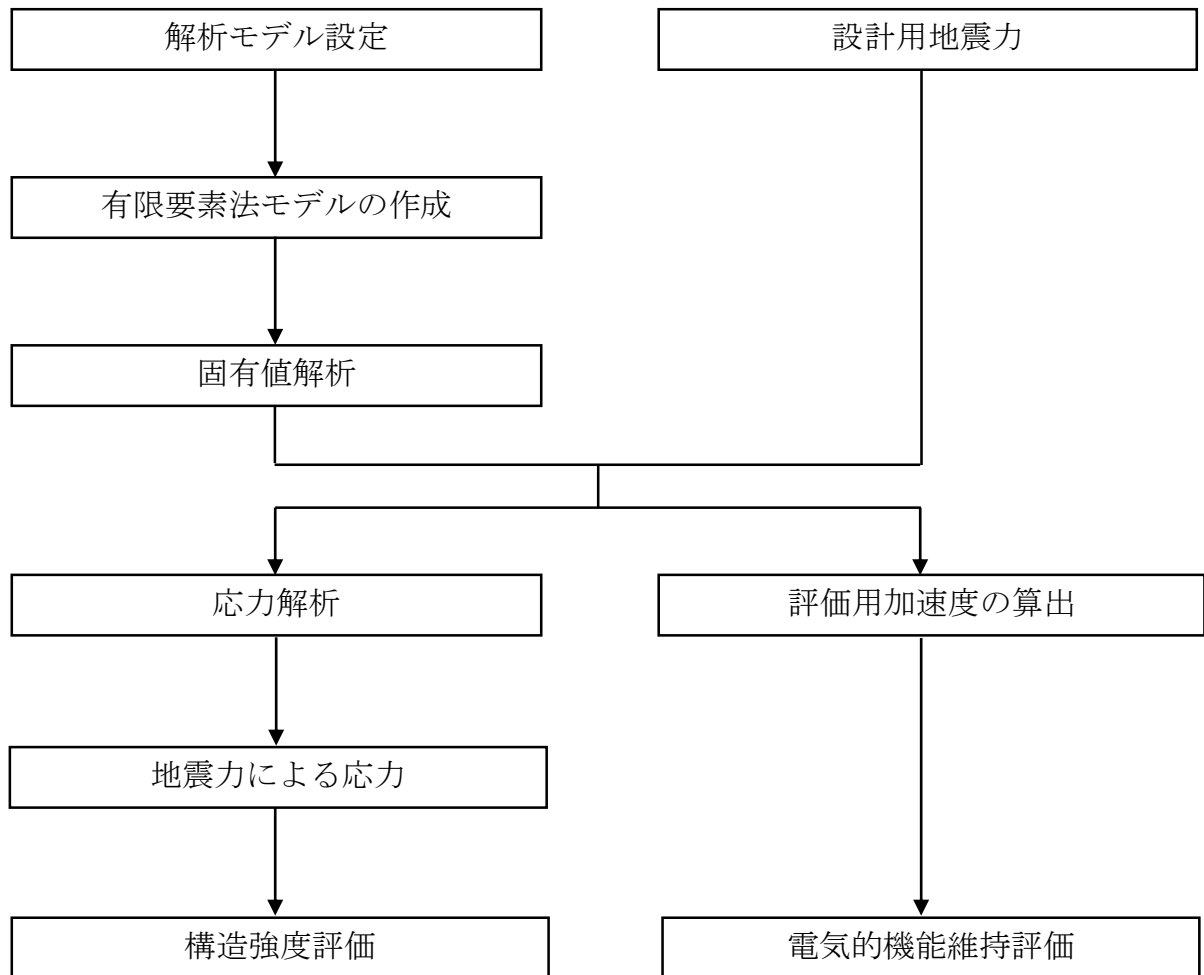
(単位:mm)

第2-1図 非常用ガスタービン発電機制御盤の構造図(3/3)

## 2.2 評価方針

非常用ガスタービン発電機制御盤の応力評価は、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す非常用ガスタービン発電機制御盤の部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、非常用ガスタービン発電機制御盤の機能維持評価は、同資料にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震評価フロー

### 3. 耐震評価箇所

非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び基礎溶接部を選定して実施する。非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震評価箇所については、第 2-1 表の説明図に示す。

## 4. 固有値解析

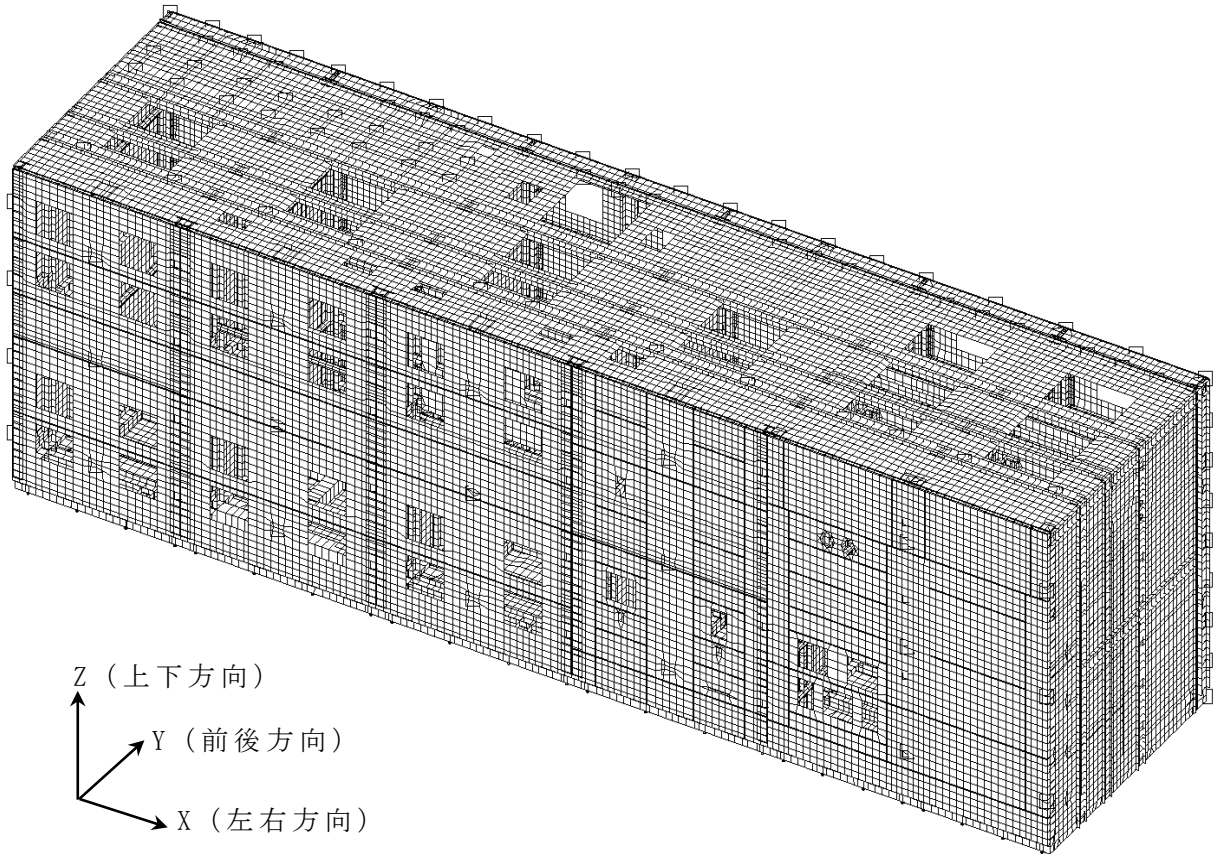
### 4.1 基本方針

- (1) 盤を構成する鋼材をはり要素、鋼板をシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。
- (2) 取付器具は、取付位置に質量要素として付加する。
- (3) 解析コードはMSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 4を用いる。なお、評価に用いる解析コードMSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 4の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 拘束条件として、基礎ボルトをばね要素としてモデル化し、基礎側端部及び基礎溶接部を固定する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



## 4.2 解析モデル及び諸元

解析モデルを第 4-1 図に、機器の諸元を第 4-1 表に示す。



第 4-1 図 解析モデル

要素数 : 68,389

節点数 : 61,863

第 4-1 表 機器諸元

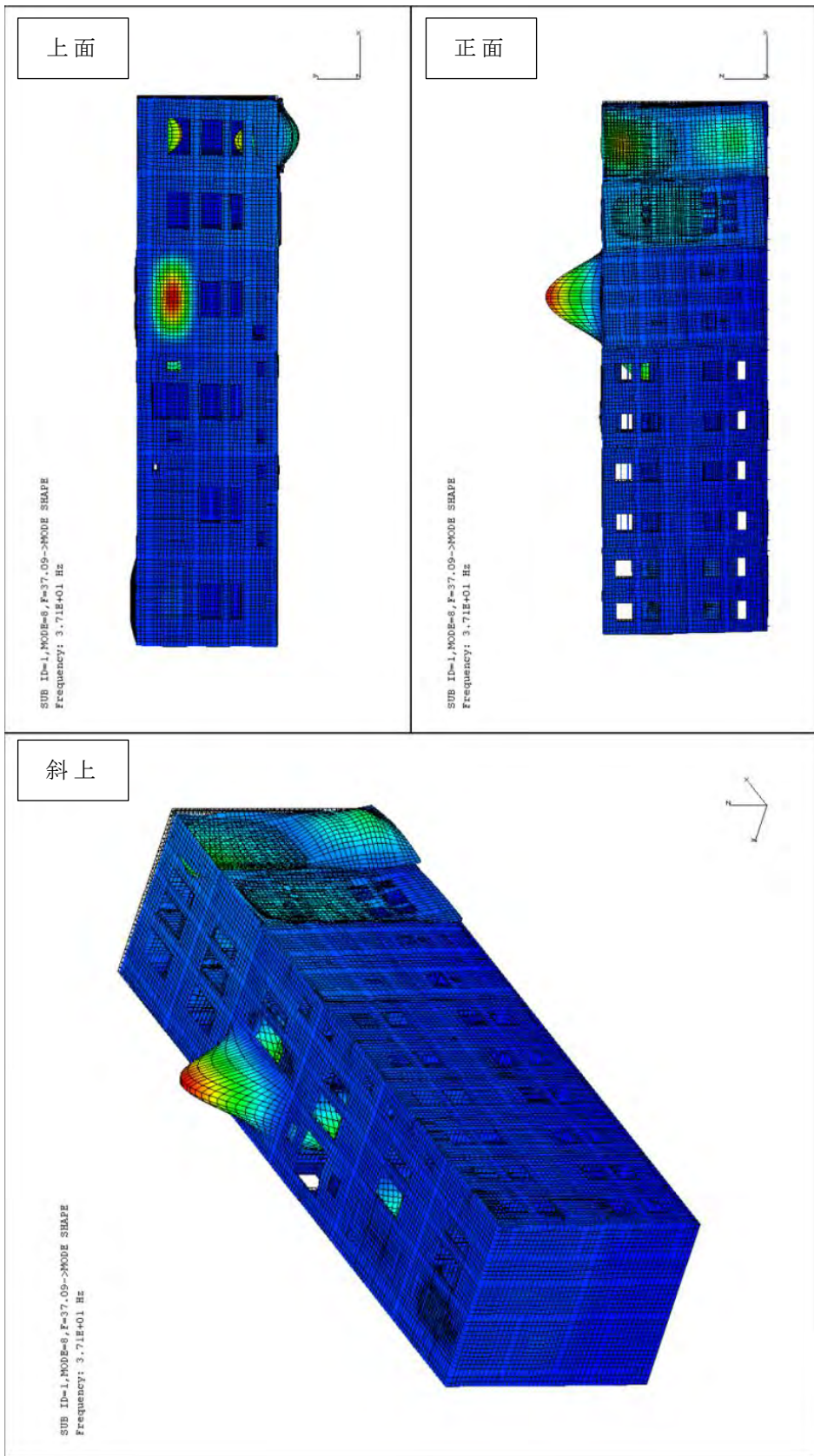
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
質量	—	kg	13,000
温度条件(雰囲気温度)	T	°C	40
縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	68,389
節点数	—	個	61,863

#### 4.3 固有値

非常用ガスタービン発電機制御盤の固有振動数を第 4-2 表に、振動モード図を第 4-2 図に示す。

第 4-2 表 固有値解析結果

加振方向	固有振動数 (Hz)
左右方向	37.0
前後方向	50Hz 以上
上下方向	50Hz 以上



第 4-2 図 振動モード (左右方向 37.0Hz)

## 5. 応力評価

### 5.1 基本方針

- (1) 応力計算モデルは、1 質点系モデルとし、非常用ガスタービン発電機制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ガスタービン発電機制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態を第 5-1 表に示す。

#### 5.2.2 許容応力

非常用ガスタービン発電機制御盤の許容応力を第 5-2 表に示す。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力

非常用ガスタービン発電機制御盤の使用材料の許容応力を第 5-3 表に示す。

第 5-1 表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>(注1)</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発 電設備	非常用ガス タービン発 電機制御盤	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>(注2)</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>(注3)</sup>	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許 容応力を用いる。)

(注 1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注 2) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注 3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第 5-2 表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup> (ボルト以外)				許容限界 <sup>(注2)</sup> (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> S としてIV <sub>A</sub> S の許容応力を用 いる。)						

(注 1) 「鋼構造設計基準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足される。

(注 2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第 5-3 表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

部位	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎溶接部	SS400	雰囲気 温度	40	245	400	245	280
基礎ボルト	SS400 (16mm<t<40mm)			235	400	245	280

### 5.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料 17-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 5-4 表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 17-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に記載の減衰定数を用いる。

第 5-4 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
基準地震動 Ss	非常用ガス タービン発 電機建屋 EL. 32.7	非常用ガス タービン発 電機建屋 EL. 32.7	水平	4.0	水平方向はSs-1～3 のX方向及びY方向の 包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1～3 の包絡曲線を用い る。
			鉛直	1.0	



## 5.4 応力評価方法

### 5.4.1 記号の説明

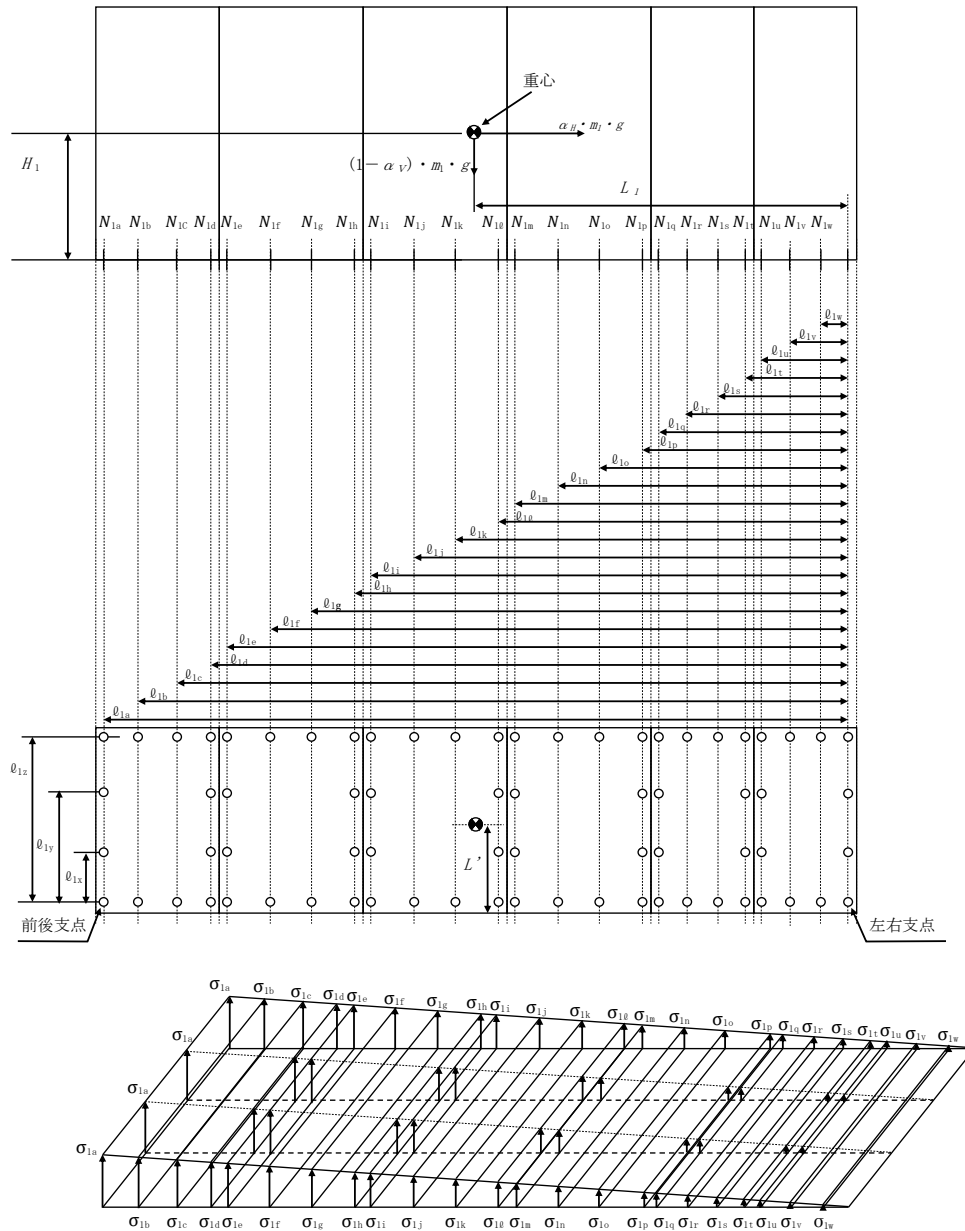
記号	説明	単位
$\sigma_1, \sigma_2$	引張応力	MPa
$\tau_1, \tau_2$	せん断応力	MPa
$f_{max}$	最大応力	MPa
$m_1$	全体の質量(盤)	kg
G	重力加速度	$m/s^2$
$\alpha_H$	設計用加速度(左右)	—
$\alpha_H'$	設計用加速度(前後)	—
$\alpha_V$	設計用加速度(鉛直)	—
$H_1$	全体重心位置(鉛直) (盤)	mm
$L_1$	全体重心位置(左右)	mm
$L_1'$	全体重心位置(前後)	mm
$L_2$	全体重心位置(左右)	mm
$L_2'$	全体重心位置(前後)	mm
$N_1$	ボルト本数	本
$l_1$	転倒支点からボルトまでの距離	mm
$l_2$	転倒支点から溶接部までの距離	mm
$S_1$	ボルト呼び径断面積	$mm^2$
$S_2$	溶接部の有効断面積	$mm^2$
A	溶接のど厚	mm

(注) 第5-1図の添字a、b、c、xはボルト列、第5-2図の添字a、b、c、d、e、nは溶接列を示す。

### 5.4.2 基礎ボルトの計算モデル及び計算式

基礎ボルトの引張力は、基礎ボルト端列を支点とし、各基礎ボルトに働く力は支点からの距離に比例するものとしてモーメントの釣り合い式より求める。また、計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

計算モデル図を第5-1図に示す。



第5-1図 ボルト配置概念図

(1)左右方向

地震時の引張応力は、ボルト端列を支点とし各ボルト列応力が支点からの距離に比例するとして、モーメントの釣り合い式より算出する。

$$\begin{aligned}
 & (N_{1a} \times \sigma_{1a} \times \ell_{1a} + N_{1b} \times \sigma_{1b} \times \ell_{1b} + N_{1c} \times \sigma_{1c} \times \ell_{1c} + N_{1d} \times \sigma_{1d} \times \ell_{1d} + N_{1e} \times \sigma_{1e} \times \ell_{1e} \\
 & + N_{1f} \times \sigma_{1f} \times \ell_{1f} + N_{1g} \times \sigma_{1g} \times \ell_{1g} + N_{1h} \times \sigma_{1h} \times \ell_{1h} + N_{1i} \times \sigma_{1i} \times \ell_{1i} + N_{1j} \times \sigma_{1j} \times \ell_{1j} \\
 & + N_{1k} \times \sigma_{1k} \times \ell_{1k} + N_{1l} \times \sigma_{1l} \times \ell_{1l} + N_{1m} \times \sigma_{1m} \times \ell_{1m} + N_{1n} \times \sigma_{1n} \times \ell_{1n} + N_{1o} \times \sigma_{1o} \times \ell_{1o} \\
 & + N_{1p} \times \sigma_{1p} \times \ell_{1p} + N_{1q} \times \sigma_{1q} \times \ell_{1q} + N_{1r} \times \sigma_{1r} \times \ell_{1r} + N_{1s} \times \sigma_{1s} \times \ell_{1s} + N_{1t} \times \sigma_{1t} \times \ell_{1t} \\
 & + N_{1u} \times \sigma_{1u} \times \ell_{1u} + N_{1v} \times \sigma_{1v} \times \ell_{1v} + N_{1w} \times \sigma_{1w} \times \ell_{1w}) S_1 \\
 & = m_1 \alpha_H g \times H_1 - m_1 (1 - \alpha_V) g \times L_1 \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\sigma_{1a}}{\ell_{1a}} &= \frac{\sigma_{1b}}{\ell_{1b}} = \frac{\sigma_{1c}}{\ell_{1c}} = \frac{\sigma_{1d}}{\ell_{1d}} = \frac{\sigma_{1e}}{\ell_{1e}} = \frac{\sigma_{1f}}{\ell_{1f}} = \frac{\sigma_{1g}}{\ell_{1g}} = \frac{\sigma_{1h}}{\ell_{1h}} = \frac{\sigma_{1i}}{\ell_{1i}} = \frac{\sigma_{1j}}{\ell_{1j}} = \frac{\sigma_{1k}}{\ell_{1k}} = \frac{\sigma_{1l}}{\ell_{1l}} = \frac{\sigma_{1m}}{\ell_{1m}} = \frac{\sigma_{1n}}{\ell_{1n}} \\
 &= \frac{\sigma_{1o}}{\ell_{1o}} = \frac{\sigma_{1p}}{\ell_{1p}} = \frac{\sigma_{1q}}{\ell_{1q}} = \frac{\sigma_{1r}}{\ell_{1r}} = \frac{\sigma_{1s}}{\ell_{1s}} = \frac{\sigma_{1t}}{\ell_{1t}} = \frac{\sigma_{1u}}{\ell_{1u}} = \frac{\sigma_{1v}}{\ell_{1v}} = \frac{\sigma_{1w}}{\ell_{1w}} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}
 \end{aligned}$$

①、②式より

$$\sigma_{\max} = \sigma_{1a} = \frac{\ell \cdot m_1 \cdot g \{ \alpha_H \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) \cdot L_1 \}}{(N_{1a} \cdot \ell_{1a}^2 + N_{1b} \cdot \ell_{1b}^2 + N_{1c} \cdot \ell_{1c}^2 + N_{1d} \cdot \ell_{1d}^2 + N_{1e} \cdot \ell_{1e}^2 + N_{1f} \cdot \ell_{1f}^2 + N_{1g} \cdot \ell_{1g}^2 + N_{1h} \cdot \ell_{1h}^2 + N_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + N_{1j} \cdot \ell_{1j}^2 + N_{1k} \cdot \ell_{1k}^2 + N_{1l} \cdot \ell_{1l}^2 + N_{1m} \cdot \ell_{1m}^2 + N_{1n} \cdot \ell_{1n}^2 + N_{1o} \cdot \ell_{1o}^2 + N_{1p} \cdot \ell_{1p}^2 + N_{1q} \cdot \ell_{1q}^2 + N_{1r} \cdot \ell_{1r}^2 + N_{1s} \cdot \ell_{1s}^2 + N_{1t} \cdot \ell_{1t}^2 + N_{1u} \cdot \ell_{1u}^2 + N_{1v} \cdot \ell_{1v}^2 + N_{1w} \cdot \ell_{1w}^2) S_1} \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

せん断応力は以下の式より算出する。

$$\tau_1 = \frac{m_1 \cdot \alpha_H \cdot g}{N_1 \cdot S_1}$$

(2) 前後方向

左右方向と同様にモーメントの釣り合い式より算出する。

$$\begin{aligned} & (N_{1x} \times \sigma_{1x} \times \ell_{1x} + N_{1y} \times \sigma_{1y} \times \ell_{1y} + N_{1z} \times \sigma_{1z} \times \ell_{1z}) S_1 \\ & = m_1 \cdot \alpha_H' \cdot g \cdot H_1 - m_1 \cdot g (1 - \alpha_V) \cdot L_1' \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{1x} = \frac{m_1 \cdot g \left\{ \alpha_H' \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) \cdot L_1' \right\}}{(N_{1x} \cdot \ell_{1x}^2 + N_{1y} \cdot \ell_{1y}^2 + N_{1z} \cdot \ell_{1z}^2) S_1}$$

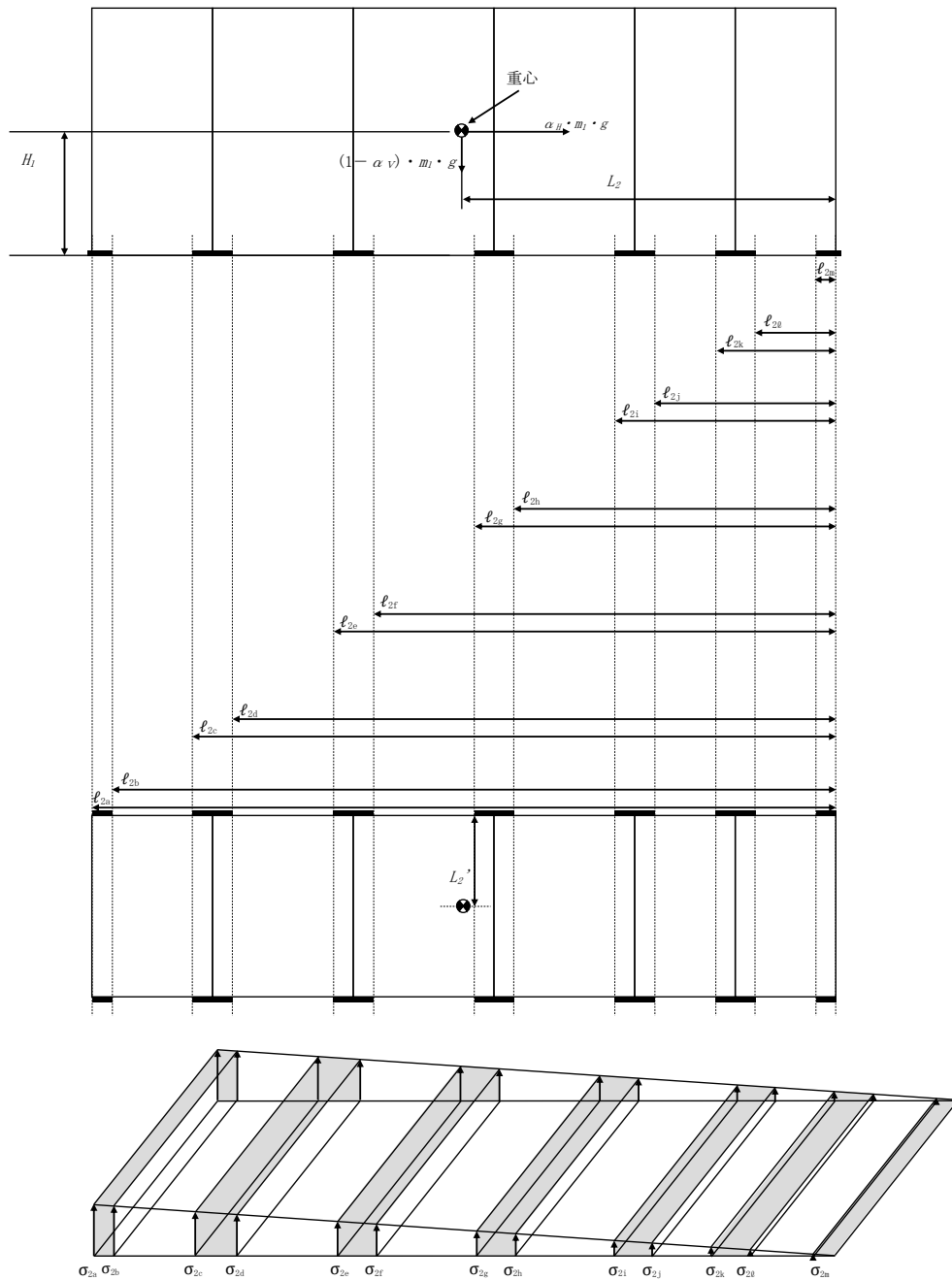
せん断応力は以下の式より算出する。

$$\tau_1 = \frac{m_1 \cdot \alpha_H' \cdot g}{N_1 \cdot S_1}$$

### 5.4.3 基礎溶接部の計算モデル及び計算式

基礎溶接部の引張応力は、盤の転倒により溶接部ののど面に加わる力を求め、せん断応力は、盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わる力を求める。また、計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

計算モデル図を第5-2図に示す。



第5-2図 基礎溶接部の配置概念図

(1) 左右方向

盤の転倒による引張力により溶接部ののど面に加わる引張応力

$$\begin{aligned}
 & \frac{\sigma_2}{\ell_{2a}} = \frac{\sigma_2(x)}{x} \\
 & m_1 \cdot g \{ \alpha_H \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) L_2 \} \\
 & = 2 \left\{ \int_{\ell_{2b}}^{\ell_{2a}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_{2d}}^{\ell_{2c}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_{2f}}^{\ell_{2e}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx \right. \\
 & \quad + \int_{\ell_{2h}}^{\ell_{2g}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_{2j}}^{\ell_{2i}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_{2l}}^{\ell_{2k}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx \\
 & \quad \left. + \int_0^{\ell_{2m}} \sigma_2(x) \cdot x \cdot dx \right\} \\
 & = \frac{2 \cdot \sigma_2 \cdot a}{\ell_{2a}} \left\{ \int_{\ell_{2b}}^{\ell_{2a}} x^2 dx + \int_{\ell_{2d}}^{\ell_{2c}} x^2 dx + \int_{\ell_{2f}}^{\ell_{2e}} x^2 dx + \int_{\ell_{2h}}^{\ell_{2g}} x^2 dx \right. \\
 & \quad \left. + \int_{\ell_{2j}}^{\ell_{2i}} x^2 dx + \int_{\ell_{2l}}^{\ell_{2k}} x^2 dx + \int_0^{\ell_{2m}} x^2 dx \right\} \\
 & = \frac{2 \cdot \sigma_2 \cdot a}{3 \cdot \ell_{2a}} \left\{ (\ell_{2a}^3 - \ell_{2b}^3) + (\ell_{2c}^3 - \ell_{2d}^3) + (\ell_{2e}^3 - \ell_{2f}^3) + (\ell_{2g}^3 - \ell_{2h}^3) \right. \\
 & \quad \left. + (\ell_{2i}^3 - \ell_{2j}^3) + (\ell_{2k}^3 - \ell_{2l}^3) + \ell_{2m}^3 \right\} \\
 \sigma_2 & = \frac{3 \cdot \ell_{2a} \cdot m_1 \cdot g \{ \alpha_H \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) L_2 \}}{2 \cdot a \left\{ (\ell_{2a}^3 - \ell_{2b}^3) + (\ell_{2c}^3 - \ell_{2d}^3) + (\ell_{2e}^3 - \ell_{2f}^3) + (\ell_{2g}^3 - \ell_{2h}^3) + (\ell_{2i}^3 - \ell_{2j}^3) + (\ell_{2k}^3 - \ell_{2l}^3) + \ell_{2m}^3 \right\}}
 \end{aligned}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断応力

$$\tau_2 = \frac{m_1 \cdot \alpha_H \cdot g}{S_2}$$

左右方向の振動により、溶接部に加わるせん断応力が最大となるのは、上記  $\sigma_2$  と  $\tau_2$  が同時に加わった場合であるから、左右方向に発生する最大応力は次式で表せる。

$$f_{\max} = \sqrt{\sigma_2^2 + \tau_2^2}$$

(2) 前後方向

盤の転倒による引張力により溶接部ののど面に加わる引張応力

$$m_1 \cdot g \{ \alpha_H' \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) L_2' \} = \sigma_2' \cdot \frac{S_2}{2} \ell_{2n}$$

$$\sigma_2' = \frac{2 \cdot m_1 \cdot g}{S_2 \cdot \ell_{2n}} \{ \alpha_H' \cdot H_1 - (1 - \alpha_V) L_2' \}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断応力

$$\tau_2' = \frac{m_1 \cdot \alpha_H' \cdot g}{S_2}$$

前後方向の振動により、溶接部に加わるせん断応力が最大となるのは、上記  $\sigma_2'$  と  $\tau_2'$  が同時に加わった場合であるから、前後方向に発生する最大の応力は次式で表せる。

$$f_{\max} = \sqrt{\sigma_2'^2 + \tau_2'^2}$$

## 5.5 応力評価条件

### 5.5.1 支持構造物の応力評価条件

#### (1) 基礎ボルト

項目	記号	単位	数値
機器質量(盤)	$m_1$	kg	13,000
重力加速度	$g$	$m/s^2$	9.80665
基礎ボルト支点から機器重心までの左右方向の距離	$L_1$	mm	3,675
基礎ボルト支点から機器重心までの前後方向の距離	$L_1'$	mm	918
基礎ボルト本数 (左右方向)	$N_1$	本	72
基礎ボルト本数 (前後方向)	$N_1'$	本	72
基礎ボルトの断面積 (M20)	$S_1$	$mm^2$	314
支点からの基礎ボルト距離 (左右方向)	$l_{1a}$	mm	7,250
	$l_{1b}$	mm	6,900
	$l_{1c}$	mm	6,550
	$l_{1d}$	mm	6,200
	$l_{1e}$	mm	6,050
	$l_{1f}$	mm	5,635
	$l_{1g}$	mm	5,215
	$l_{1h}$	mm	4,800
	$l_{1i}$	mm	4,650
	$l_{1j}$	mm	4,235
	$l_{1k}$	mm	3,815
	$l_{1l}$	mm	3,400
	$l_{1m}$	mm	3,250
	$l_{1n}$	mm	2,835
	$l_{1o}$	mm	2,415
	$l_{1p}$	mm	2,000
	$l_{1q}$	mm	1,850
	$l_{1r}$	mm	1,570
	$l_{1s}$	mm	1,280
	$l_{1t}$	mm	1,000
支点からのボルト距離 (前後方向)	$l_{1u}$	mm	850
	$l_{1v}$	mm	570
	$l_{1w}$	mm	280
支点からのボルト距離 (前後方向)	$l_{1x}$	mm	1,800
	$l_{1y}$	mm	1,125
	$l_{1z}$	mm	475
機器重心高さ	$H_1$	mm	1,100



## (2) 溶接部

項目	記号	単位	数値
機器質量 (盤)	$m_1$	kg	13,000
重力加速度	g	$m/s^2$	9.80665
溶接部支点から機器重心までの左右方向の距離	$L_2$	mm	3,743.5
溶接部支点から機器重心までの前後方向の距離	$L_2'$	mm	914
溶接のど厚	a	mm	4.55
溶接部の有効断面積	$S_2$	$mm^2$	21,011
溶接部支点から溶接部までの距離 (左右方向)	$l_{2a}$	mm	7,387
	$l_{2b}$	mm	7,200
	$l_{2c}$	mm	6,387
	$l_{2d}$	mm	6,000
	$l_{2e}$	mm	4,987
	$l_{2f}$	mm	4,600
	$l_{2g}$	mm	3,587
	$l_{2h}$	mm	3,200
	$l_{2i}$	mm	2,187
	$l_{2j}$	mm	1,800
	$l_{2k}$	mm	1,187
	$l_{2l}$	mm	800
	$l_{2m}$	mm	187
溶接部支点から溶接部までの距離 (前後方向)	$l_{2n}$	mm	1,864
機器重心高さ	$H_1$	mm	1,100

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 <sup>(注)</sup> ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平(前後方向)	$\alpha_H'$	1.02
水平(左右方向)	$\alpha_H$	1.02
鉛直	$\alpha_V$	0.84

(注) 水平方向、鉛直方向の固有振動数は30Hz以上であることから、設計用加速度は最大床加速度の1.2倍とする。

## 6. 機能維持評価

非常用ガスタービン発電機制御盤は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

### 6.1 機能維持評価方法

非常用ガスタービン発電機制御盤の応答加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を第6-1表に示す。

なお、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度には最大床加速度を使用する。

第6-1表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$ )
水平	5.20
鉛直	3.00

## 7. 評価結果

非常用ガスタービン発電機制御盤の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動 $S_s$ に対して電気的機能が維持されることを確認した。

### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する評価

基準地震動 $S_s$ による応力評価結果を第7-1表に示す。

### (2) 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を第 7-2 表に示す。

第 7-1 表 基準地震動  $S_s$  による評価結果 ( $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ )

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	評価基準値
					MPa	MPa
非常用電源設備	非常用発電装置	非常用ガスタービン発電機制御盤	基礎ボルト	引張応力	8	210
				せん断応力	6	160
				組合せ応力	8	210 (注)
			基礎溶接部	組合せ応力	9	160

(注) 引張応力 ( $\sigma_{bt}$ ) とせん断応力 ( $\tau_{bs}$ ) との組合せ応力の評価基準値は  $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$  とする。

第 7-2 表 電氣的機能維持評価結果

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 ( $\times 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)})$		鉛直加速度 ( $\times 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)})$		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
非常用ガスタービン発電機制御盤	-	0.85	5.20	0.70	3.00	-

非常用ガスタービン発電機  
メタルクラッド開閉装置の耐震計算書

工事計画認可申請 資料17-16-1-7

伊方発電所 第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-16-1-7-1
2. 基本方針 .....	資17-16-1-7-1
2.1 構造の説明 .....	資17-16-1-7-1
2.2 評価方針 .....	資17-16-1-7-3
3. 耐震評価箇所 .....	資17-16-1-7-4
4. 応力評価 .....	資17-16-1-7-5
4.1 基本方針 .....	資17-16-1-7-5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	資17-16-1-7-5
4.3 設計用地震力 .....	資17-16-1-7-8
4.4 応力評価方法 .....	資17-16-1-7-9
4.5 応力評価条件 .....	資17-16-1-7-13
5. 機能維持評価 .....	資17-16-1-7-14
5.1 機能維持評価方法 .....	資17-16-1-7-14
6. 評価結果 .....	資17-16-1-7-15



## 1. 概要

本資料は、資料17-9「機能維持の基本方針」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、非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置(以下「メタルクラッド開閉装置」という。)が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

メタルクラッド開閉装置は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

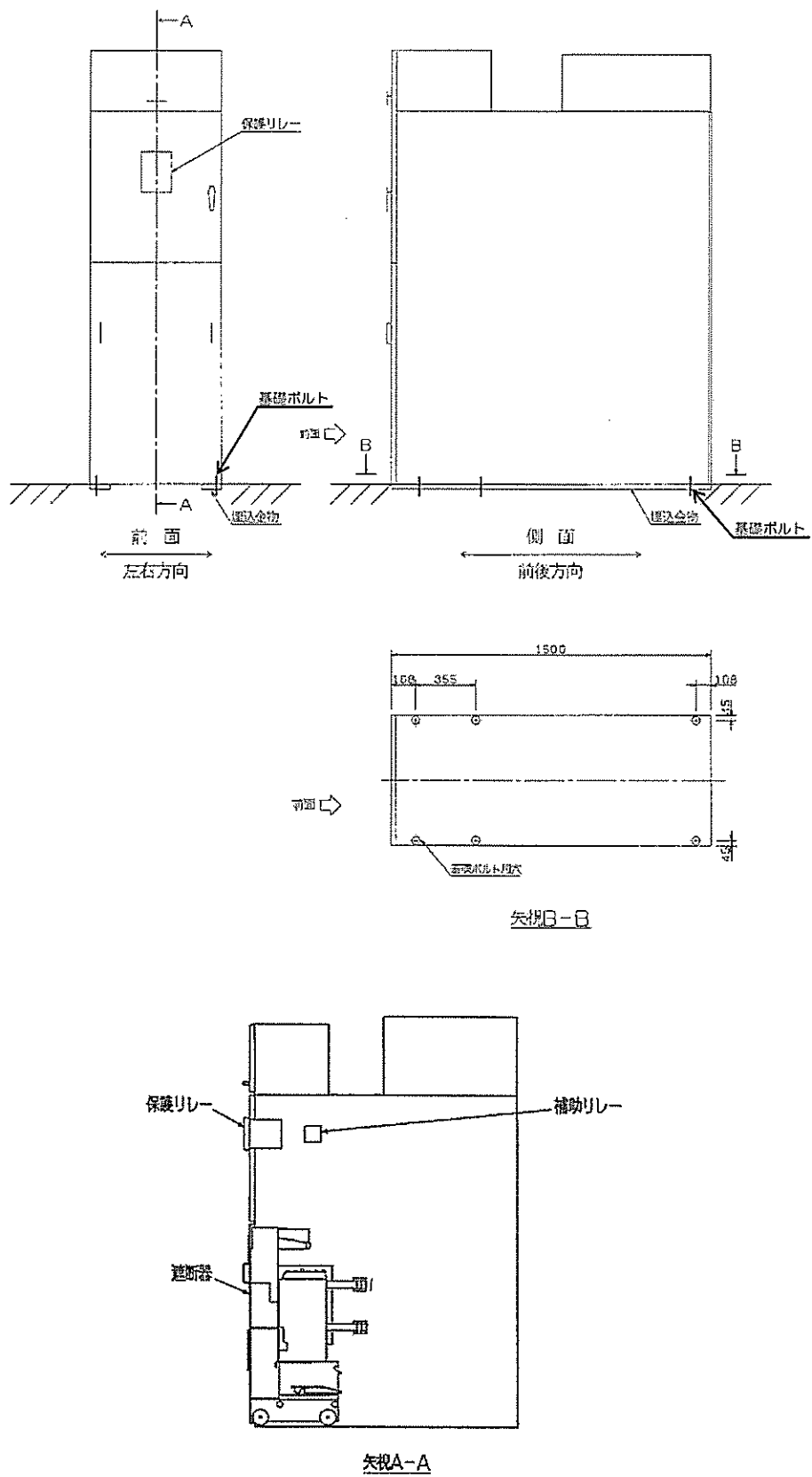
## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

メタルクラッド開閉装置の構造計画を第2-1表に、外形図を第2-1図に示す。

第2-1表 メタルクラッド開閉装置の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
メタルクラッド 開閉装置	自立閉鎖型	建屋床面に埋め込まれた埋込金物に基礎ボルトにより据え付ける。	第2-1図

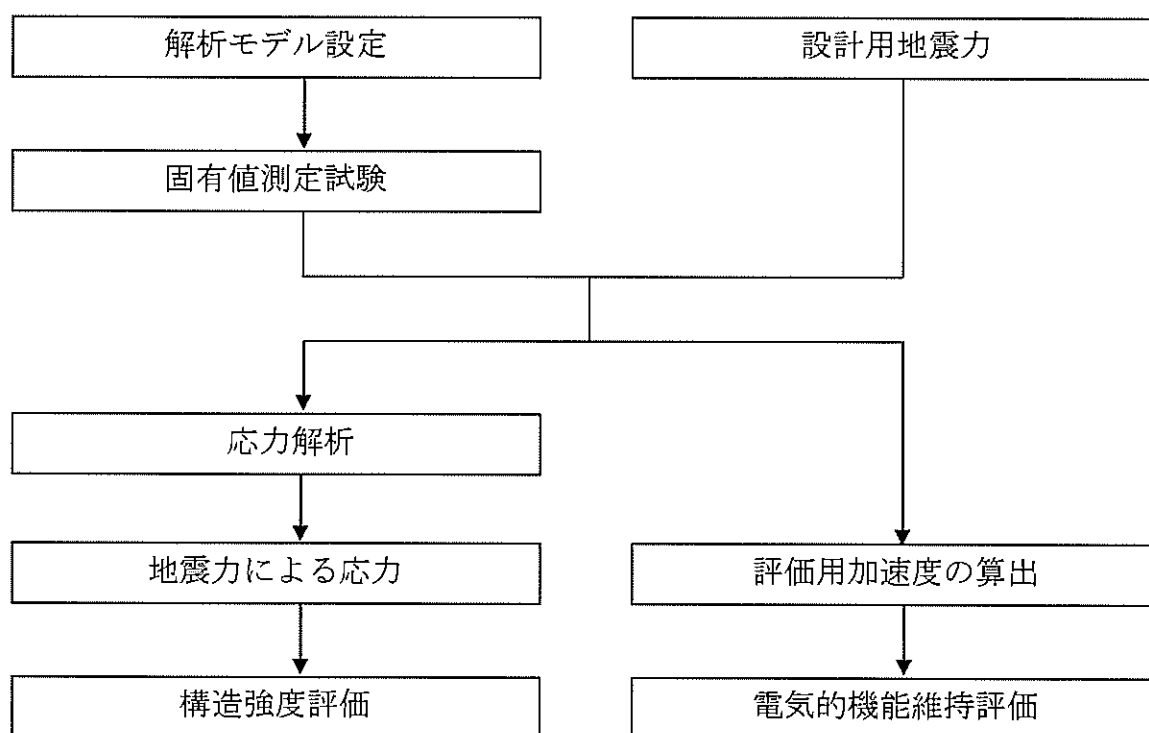


第2-1図 メタルクラッド開閉装置の外形図

## 2.2 評価方針

メタルクラッド開閉装置の応力評価は、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示すメタルクラッド開閉装置の部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、メタルクラッド開閉装置の機能維持評価は、同資料にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

メタルクラッド開閉装置の耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 メタルクラッド開閉装置の耐震評価フロー

### 3. 耐震評価箇所

メタルクラッド開閉装置の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。メタルクラッド開閉装置の耐震評価箇所については、第2-1表及び第2-1図に示す。

#### 4. 応力評価

メタルクラッド開閉装置の応力評価方法について以下に示す。

##### 4.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態を第4-1表に示す。

###### 4.2.2 許容応力

メタルクラッド開閉装置の許容応力を第4-2表に示す。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力

メタルクラッド開閉装置の使用材料の許容応力を第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>(注1)</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	その他	メタルクラッド 開閉装置	常設耐震／防止 常設／緩和	- <sup>(注2)</sup>	$D+P_D+M_D+S_S$ <sup>(注3)</sup>	$IV_{AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容応力を用 いる。)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注2) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注3) 「 $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許 容 限 界 <sup>(注)</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容応力を用いる。)		

(注) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第4-3表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

部位	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)
		基礎ボルト	SS400	雰囲気温度	40	235

### 4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料 17-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4-4 表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 17-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
基準地震動 Ss	非常用ガス タービン 発電機建屋 EL. 41.0	非常用ガス タービン 発電機建屋 EL. 41.0	水平	4.0	水平方向はSs-1~3 のX方向及びY方向 の包絡曲線を用い る。鉛直方向はSs-1 ~3の包絡曲線を用 いる。
			鉛直	1.0	



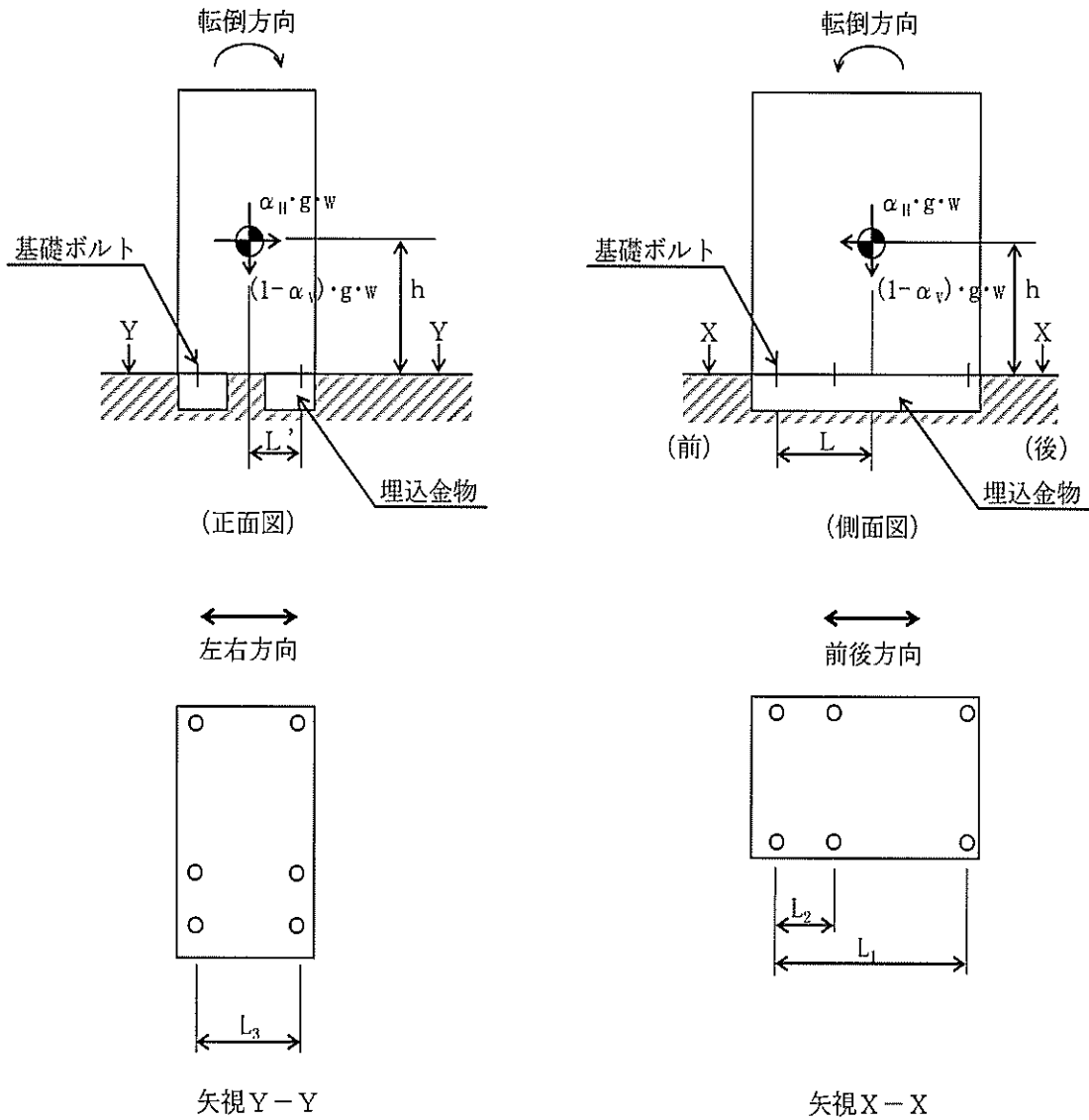
#### 4.4 応力評価方法

##### 4.4.1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L	基礎ボルト支点から機器重心までの前後方向の距離	mm
L'	基礎ボルト支点から機器重心までの左右方向の距離	mm
N	基礎ボルトの本数	本
$\alpha_H$	設計用水平震度	—
$\alpha_V$	設計用鉛直震度	—
W	機器質量	kg
g	重力加速度 (=9.80665m/s <sup>2</sup> )	m/s <sup>2</sup>
A	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
L <sub>n</sub>	支点からの基礎ボルト距離	mm
h	機器重心高さ	mm
P <sub>n</sub>	基礎ボルト1本当たりの引張力	N
P	基礎ボルト1本当たりの引張応力	MPa
T	基礎ボルト1本当たりのせん断力	N
$\tau$	基礎ボルト1本当たりのせん断応力	MPa

#### 4.4.2 計算モデル

計算モデル及び応力分布の概念図を第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 計算モデル及び応力分布の概念図

#### 4.4.3 応力計算

##### (1) 前後方向

モーメントの釣り合いより

$$2 \times P_1 \times L_1 + 2 \times P_2 \times L_2 = \alpha_H \times g \times W \times h - (1 - \alpha_V) \times g \times W \times L$$

$$\frac{P_1}{L_1} = \frac{P_2}{L_2} \text{ より、 } P_2 = P_1 \frac{L_2}{L_1}$$

よって、基礎ボルト 1 本当たりの最大引張力  $P_1$  は、

$$2P_1(L_1^2 + L_2^2) = L_1 \{ \alpha_H \times g \times W \times h - (1 - \alpha_V) \times g \times W \times L \}$$

$$P_1 = \frac{L_1 \times W \times \{ \alpha_H \times g \times h - (1 - \alpha_V) \times g \times L \}}{2(L_1^2 + L_2^2)}$$

基礎ボルトに作用する引張応力  $P$  は、

$$P = \frac{P_1}{A}$$

基礎ボルト 1 本当たりのせん断力  $T$  は、水平方向の力を基礎ボルト本数で除することで求められる。

$$T = \frac{\alpha_H \times g \times W}{N}$$

盤へのせん断力により基礎ボルトに加わるせん断応力  $\tau$  は、

$$\tau = \frac{T}{A}$$

(2)左右方向

モーメントの釣り合いより

$$3 \times P_3 \times L_3 = \alpha_H \times g \times W \times h - (1 - \alpha_V) \times g \times W \times L'$$

よって、基礎ボルト 1 本当たりの最大引張力  $P_3$  は、

$$P_3 = \frac{W \times \{ \alpha_H \times g \times h - (1 - \alpha_V) \times g \times L' \}}{3 \times L_3}$$

基礎ボルトに作用する引張応力  $P$  は、

$$P = \frac{P_3}{A}$$

基礎ボルト 1 本当たりのせん断力  $T$  は、水平方向の力を基礎ボルト本数で除することで求められる。

$$T = \frac{\alpha_H \times g \times W}{N}$$

盤へのせん断力により基礎ボルトに加わるせん断応力  $\tau$  は、

$$\tau = \frac{T}{A}$$

#### 4.5 応力評価条件

##### 4.5.1 応力計算条件

###### (1) 盤関係

項目	記号	単位	数値
機器質量	W	kg	1,700
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
基礎ボルト支点から機器重心までの前後方向の距離	L	mm	532
基礎ボルト支点から機器重心までの左右方向の距離	L'	mm	355
基礎ボルト本数	N	本	6
基礎ボルトの軸断面積 (M20)	A	mm <sup>2</sup>	314
支点からの基礎ボルト距離 (前後方向)	L <sub>1</sub>	mm	1,224
	L <sub>2</sub>	mm	355
支点からの基礎ボルト距離 (左右方向)	L <sub>3</sub>	mm	710
機器重心高さ	h	mm	1,100

###### (2) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平 (前後方向)	$\alpha_H$	1.41
水平 (左右方向)	$\alpha_H$	2.01
鉛直	$\alpha_V$	1.00

(注) 加振試験結果から固有振動数は、

である。

であることから、最大床加速度の1.2倍とする。

の最大床応答加速度と最大床加速度の1.2倍とを比較すると、の最大床応答加速度の方が大きいため、支持構造物の設計用水平加速度は、の最大床応答加速度を使用する。

## 5. 機能維持評価

メタルクラッド開閉装置は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

### 5.1 機能維持評価方法

固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、を適用する。機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

なお、加振試験結果から、固有振動数は、であるため、評価用加速度は左右方向の固有振動数における下式で計算した盤頂部の応答加速度とする。ただし、遮断器は床面設置なので最大床加速度とする。

$$\alpha_T = \alpha_F + \frac{H}{h}(\alpha_G - \alpha_F)$$

ここで、

$\alpha_T$  : 盤頂部応答加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$\alpha_F$  : 最大床加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$\alpha_G$  : 重心位置応答加速度 (m/s<sup>2</sup>)

H : 盤高さ (=2100 mm)

h : 盤重心高さ (=1100 mm)

また、であることから、評価用加速度は最大床加速度とする。

第 5-1 表 機能確認済加速度

評価部位	項目	機能確認済加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
遮断器	水平	2.45
	鉛直	1.53
保護リレー	水平	10
	鉛直	3
補助リレー	水平	6
	鉛直	3

## 6. 評価結果

メタルクラッド開閉装置の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動 $S_s$ に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する評価

基準地震動 $S_s$ に対する応力評価結果を第6-1表に示す。

### (2) 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を第6-2表に示す。

第6-1表 弾性設計用地震動Ssによる評価結果 (D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+Ss)

評価対象設備			評価部位	応力分類	方向	発生値	評価基準値
						MPa	MPa
非常用 電源設備	その他	メタルクラッド 開閉装置	基礎ボルト	引張応力	前後	32	210
					左右	56	
				せん断応力	前後	13	160
					左右	18	
				組合せ応力	前後	32	210 <sup>(注)</sup>
					左右	56	

(注) 引張応力(P)とせん断応力(τ)との組合せ応力の評価基準値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6\tau, 1.5f_t^*)$ とする。



第6-2表 電氣的機能維持評価結果

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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
				評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
非常用 電源設備	その他	メタルクラッド 開閉装置	遮断器	1.17	2.45	0.83	1.53	—
			保護リレー	2.78	10	0.83	3	
			補助リレー	2.78	6	0.83	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

工事計画認可申請 資料17-17

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資17-17-1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動 .....	資17-17-1
3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価結果	資17-17-2
3.1 建物・構築物 .....	資17-17-2
3.2 機器・配管系 .....	資17-17-26

## 1. 概要

本資料は、資料17-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」及び資料17-8「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により、施設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による影響評価に用いる地震動

伊方発電所の基準地震動 $Ss-1$ ～ $Ss-3$ について、原則としてすべての地震動を評価対象とする。ただし、各施設の評価を行う際には必要に応じてその包絡関係を確認し、代表できると判断できるものについては、個別に代表地震動を選定して評価を行うものとする。

### 3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価結果

#### 3.1 建物・構築物

水平2方向及び鉛直方向地震力により建物・構築物が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。なお、評価においては、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」で評価した建屋（以下「既認可建屋」という。）に非常用ガスタービン発電機建屋を加えて行う。

##### 3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

###### (1) 耐震評価上の構成部位の整理

非常用ガスタービン発電機建屋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。確認した結果を既認可建屋と併せて第3.1-1表に示す。

###### (2) 応答特性の整理

非常用ガスタービン発電機建屋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表に示す非常用ガスタービン発電機建屋における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。抽出した結果を既認可建屋と併せて第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、基礎を抽出した。

また、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として、壁（地下部）を抽出した。

###### (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表に示す非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、第3.1-3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。抽出した結果を既認可建屋と併せて第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」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する部位として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位は抽出されなかった。

(5) 3次元FEMモデルによる精査

非常用ガスタービン発電機建屋について、3次元的な応答特性が想定される部位のうち、応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する部位として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位は抽出されなかった。

さらに、耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元FEMモデルによる精査を行った。

非常用ガスタービン発電機建屋は、直交する2方向に配置された耐震壁を主な耐震要素としており、構造特性については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の補足説明資料-9において局所応答の検討を行った原子炉補助建屋と類似している。このため、同資料の知見を用いて、非常用ガスタービン発電機建屋の局所応答に対する3次元FEMモデルによる精査を行った。

同資料では、原子炉建屋及び原子炉補助建屋について、水平1方向入力時に対する水平2方向及び鉛直方向入力時の応答値の増分を考慮した局所応答の影響を検討した結果、建屋が有する耐震性への影響は想定されず、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、非常用ガスタービン発電機建屋についても、建屋が有する耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を行う必要がある部位は抽出しない。3次元FEMモデルを用いた精査の結果を第3.1-6表に示す。

第3.1-1表 建物・構築物<sup>(注1)</sup>における耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価部位	原子炉建屋					原子炉 補助建屋	緊急時 対策所	タービン 建屋 <sup>(注2)</sup>	外周コン クリート 壁(1号 機) <sup>(注2)</sup>	待機 所 <sup>(注2)</sup>	非常用 ガスタ ービン 発電機 建屋	
	外周コン クリート 壁	内部コン クリート	原子炉周 辺補機棟	燃料取扱棟								
				使用済燃 料ピット	鉄骨 部 <sup>(注2)</sup>							
RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造		
柱	一般部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	隅部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
壁	一般部	○	○	○	○	—	○	○	—	○	○	○
	斜め部	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	○	—	—	○	—	—	—
	水密扉	—	—	○ <sup>(注3)</sup>	—	—	○ <sup>(注3)</sup>	—	—	—	—	—
床 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○
基礎	矩形	○					○	○	○	—	○	○
	円形	—					—	—	—	○	—	—

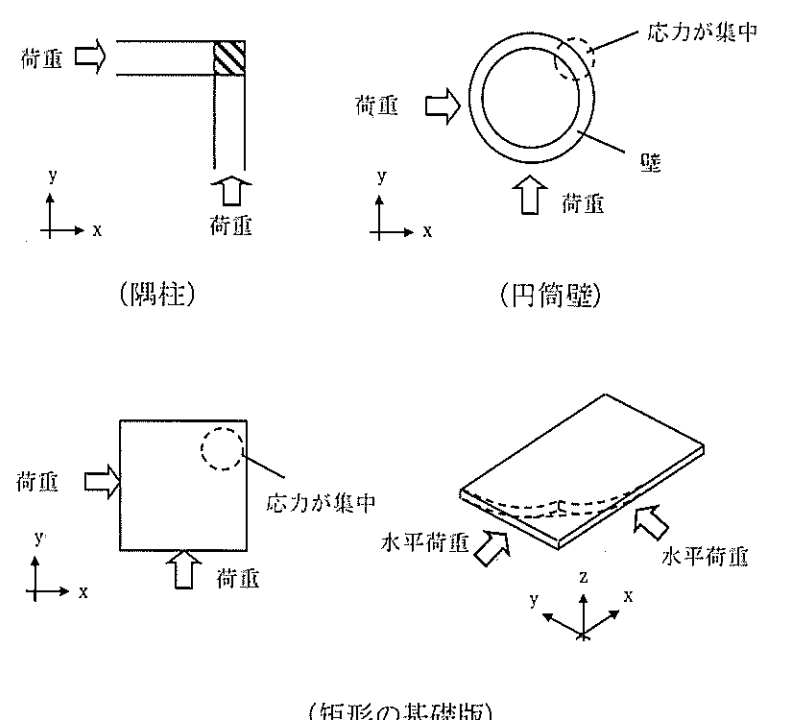
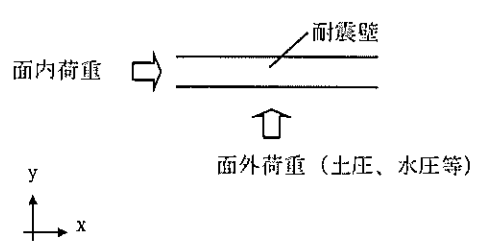
凡例 ○：対象となる部位あり、—：対象となる部位なし

(注1) 耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する建物・構築物

(注2) (注1)のうち、波及的影響防止のために耐震評価を実施する建物・構築物

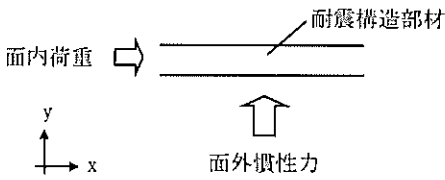
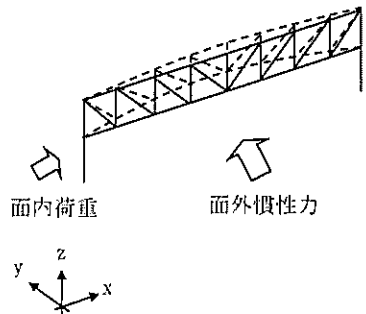
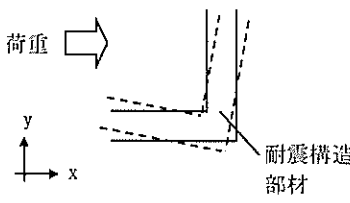
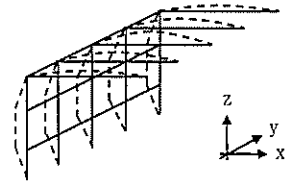
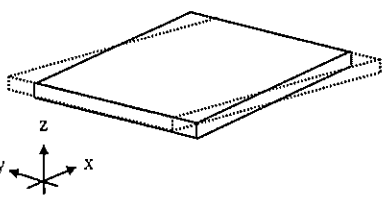
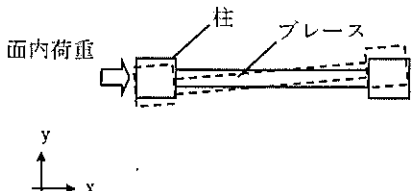
(注3) 海水ピットポンプ室に設置している水密扉を含む。

第3.1-2表 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  
(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
①-1	直交する水平2 方向の荷重 が、応力とし て集中	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>(隅柱) (円筒壁) (矩形の基礎版)</p>
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	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット等</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 耐震壁 面外荷重 (土圧、水圧等)</p>



第3.1-3表 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  
(3次元的な応答特性)

3次元的な応答特性		影響想定部位
②-1	面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力</p> <p>(耐震構造部材)</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力</p> <p>(トラス)</p>
②-2	加振方向以外の方向に励起される振動	<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</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 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 → 柱 プレース</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による影響の確認が必要な部位の抽出  
(荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング)

耐震評価部位	原子炉建屋					原子炉補助建屋	緊急時対策所	タービン建屋	外周コンクリート壁 (1号機)	待機所	非常用ガスタービン発電機建屋	
	外周コンクリート壁	内部コンクリート	原子炉周辺補機棟	燃料取扱棟								
				使用済燃料ピット	鉄骨部							
RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造		
柱	一般部	—	—	該当なし	—	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	—
	隅部	—	—	該当なし	—	①-1要	該当なし	—	①-1要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	該当なし	—	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	該当なし	—	—	—
壁	一般部	①-1要	該当なし	該当なし	①-2要	—	該当なし	該当なし	—	①-1要	該当なし	該当なし
	斜め部	—	該当なし	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	①-2要
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—	—	—
	水密扉	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—	—	—	—	—
床屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし	
基礎	矩形	①-1要					①-1要	①-1要	該当なし	—	該当なし	①-1要
	円形	—					—	—	—	該当なし	—	—

凡例 要：評価必要

①-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

第3.1-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位の抽出  
(3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震評価部位	原子炉建屋					原子炉補助建屋	緊急時対策所	タービン建屋 <sup>(注2)</sup>	外周コンクリート壁 (1号機)	待機所	非常用ガスタービン発電機建屋	
	外周コンクリート壁	内部コンクリート	原子炉周辺補機棟	燃料取扱棟								
				使用済燃料ピット	<sup>(注1)</sup> 鉄骨部							
RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造		
柱	一般部	—	—	不要	—	不要	不要	—	不要	—	—	—
	隅部	—	—	不要	—	要	不要	—	要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	不要	—	不要	不要	—	不要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	不要	—	—	—
壁	一般部	要	②-2要	②-1要	要	—	②-1要	不要	—	要	不要	不要
	斜め部	—	②-2要	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	要
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	不要	—	—	不要	—	—	—
	水密扉	—	—	不要	—	—	不要	—	—	—	—	—
床屋根	一般部	不要 <sup>(注3)</sup>	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要	
基礎	矩形	要					要	要	不要	—	不要	要
	円形	—					—	—	—	不要	—	—

凡例 要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み

不要：評価不要

②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注1) S造については、大スパンの梁を有し、下部に耐震Sクラスである使用済燃料ピットがある燃料取扱棟（鉄骨部）は3次元FEMモデルによる精査を行う。

(注2) 平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-18-2における評価内容に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はないと判断できることから、影響評価対象外とする。

(注3) 外周コンクリート壁ドーム部については壁部の3次元的な応答特性に伴う影響が考えられるため、3次元FEMモデルによる精査を行う。

第3.1-6表 3次元FEMモデルを用いた精査

耐震評価 部位	評価対象 <small>(注)</small>	3次元的な 応答特性 (②-1、②-2)	3次元FEMモデルを 用いた精査方法	3次元FEMモデルを 用いた精査結果
耐震評価 部位全般	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常用ガスター ビン発電機建屋</li> <li>・ <u>原子炉建屋</u></li> <li>・ <u>原子炉補助建屋</u></li> </ul>	局所的な 応答	水平2方向及び鉛 直方向入力時の応 答の、水平1方向入 力時の応答に対す る増分が小さいこ とを確認	水平2方向及び鉛 直方向地震力の組 合せによる、原子 炉建屋及び原子炉 補助建屋の有する 耐震性への影響は 想定されないため 抽出しない。

(注) 下線を代表して評価する。

### 3.1.2 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

#### (1) 影響評価部位の抽出結果

非常用ガスタービン発電機建屋において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるとして抽出した部位を既認可建屋と併せて第3.1-7表に示す。

非常用ガスタービン発電機建屋の基礎については、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」する部位として抽出されるものの、建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋及び原子炉補助建屋を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

非常用ガスタービン発電機建屋の壁（地下部）については、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」する部位として抽出されるものの、上部に床などの拘束がなく、また、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料ピットの壁を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

ここで、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の基礎並びに使用済燃料ピットの壁に対する影響評価については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、水平2方向及び鉛直方向地震力に対して、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認している。

なお、耐震性向上の観点から、非常用ガスタービン発電機建屋の基礎及び壁（地下部）についても、「3.1.3 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」に基づき実施し、評価結果を「3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果」に示す。

(2) 機器・配管系への影響の可能性のある部位の抽出結果

非常用ガスタービン発電機建屋において、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について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

基礎は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が集中する部位であるが、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。

壁（地下部）は、設置されている機器・配管系が水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、水平1方向の地震力のみ負担する構造となっているため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる機器・配管系への影響の可能性はない。

第3.1-7表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物 <sup>(注)</sup>	代表評価部位
	柱	隅部		
①-1	柱	隅部	・ <u>燃料取扱棟（鉄骨部）</u>	—
	壁	一般部	・ <u>外周コンクリート壁（円筒部）</u> ・ 外周コンクリート壁（1号機）	基準地震動 $S_s$ に対する裕度が小さい外周コンクリート壁（円筒部）を評価する。
	基礎	矩形	・ <u>原子炉建屋</u> ・ <u>原子炉補助建屋</u> ・ 緊急時対策所 ・ 非常用ガスタービン発電機建屋	建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋及び原子炉補助建屋を評価する。
①-2	壁	一般部	・ <u>使用済燃料ピット</u>	上部に床などの拘束がなく、また、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料ピットの壁を評価する。
		地下部	・ 非常用ガスタービン発電機建屋	

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(注) 下線は評価する建物・構築物を示す。

### 3.1.3 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

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動Ssを用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価する。評価は、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」の解析モデル及び地震力を用いる。影響評価に用いる地震動を第3.1-8表に示す。また、影響評価に用いる地震力は、基準地震動Ssの各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として、米国REGULATORY GUIDE1.92<sup>(注)</sup>の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて評価する。

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

第3.1-8表 影響評価に用いる地震動

耐震評価部位	影響評価に用いる地震動	備考
基礎	基準地震動 Ss	資料17-15-2と同様の地震力を用いるため、Ss-1～Ss-3の地震力を包絡して用いる。
壁(地下部)		



#### 3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

非常用ガスタービン発電機建屋の基礎及び壁（地下部）について、基準地震動 $S_s$ による地震力（以下「 $S_s$ 地震時」という。）を水平2方向及び鉛直方向に作用させ、3次元FEMモデルによる弾性応力解析を行う。3次元FEM解析による断面の評価は、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005制定）に基づき実施する。

非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図及び概略断面図を第3.1-1図及び第3.1-2図に示す。

地震荷重は、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」のうち、基準地震動 $S_s$ により算定される動的地震力を包絡させたものを用いる。その他、水圧荷重及び土圧荷重を考慮する。地震荷重以外の荷重については資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」に基づいて評価を実施する。

荷重の組合せは、非常用ガスタービン発電機建屋が鉄筋コンクリート構造物であり自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいと判断し、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、積雪荷重は積載荷重に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

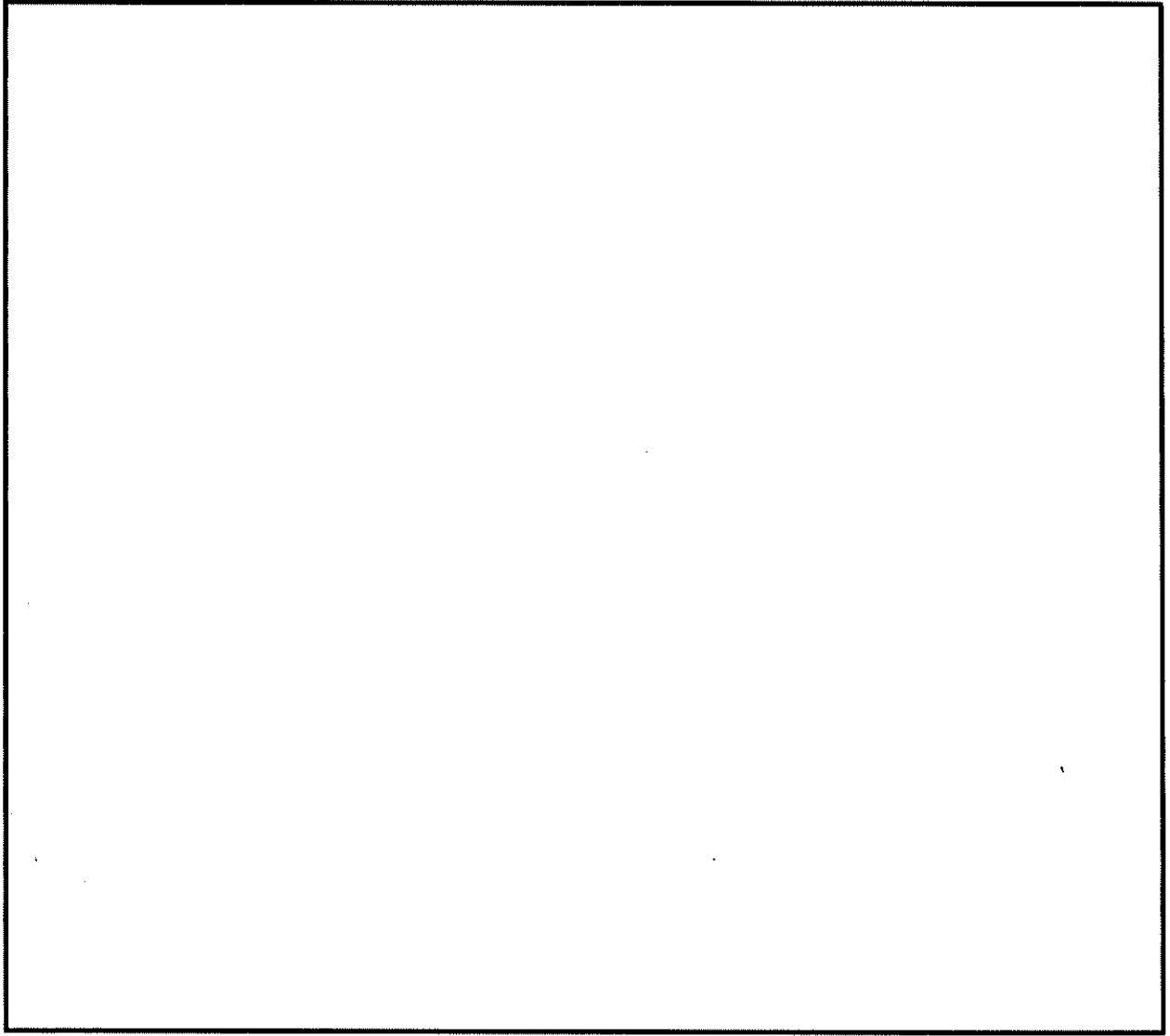
非常用ガスタービン発電機建屋の3次元FEMモデルは、壁、床、屋根及び基礎を含めた建屋全体モデルとする。解析モデルに使用するFEM要素は、天井、床、壁及び基礎について面材として扱いシェル要素とする。基礎下端には、支持地盤を表現する地盤ばねを設ける。解析モデルを第3.1-3図及び第3.1-4図に、応力解析に用いる材料物性値を第3.1-9表及び第3.1-10表に示す。

評価の結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が配筋量を超えないこと並びに面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。

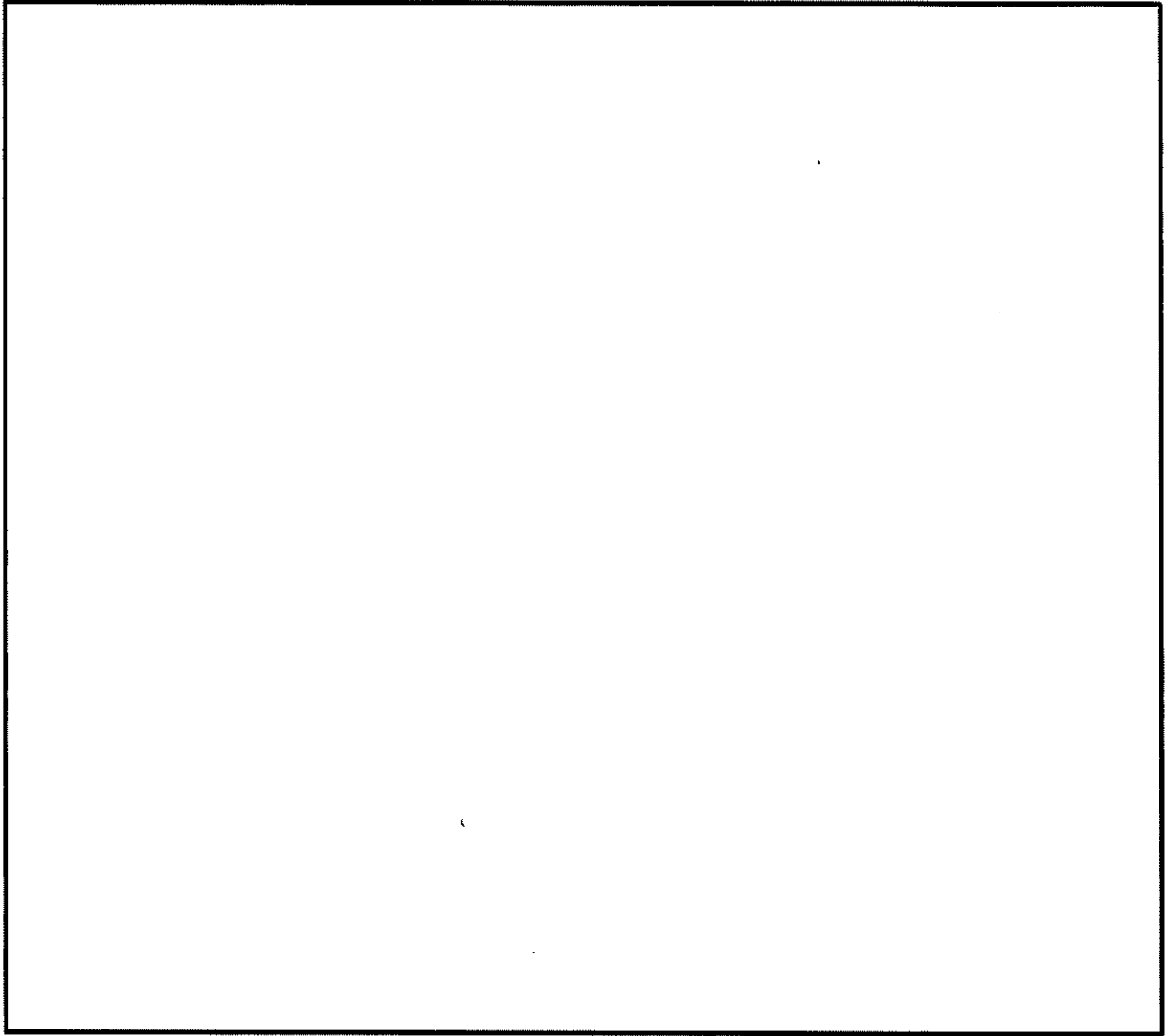
ここで、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果と比較すると、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力の検定値並びに面外せん断力の検定値は、全体的に同等又は増加傾向であることを確認した。

評価結果を第3.1-11表に、断面の評価対象要素番号を第3.1-5図に示す。

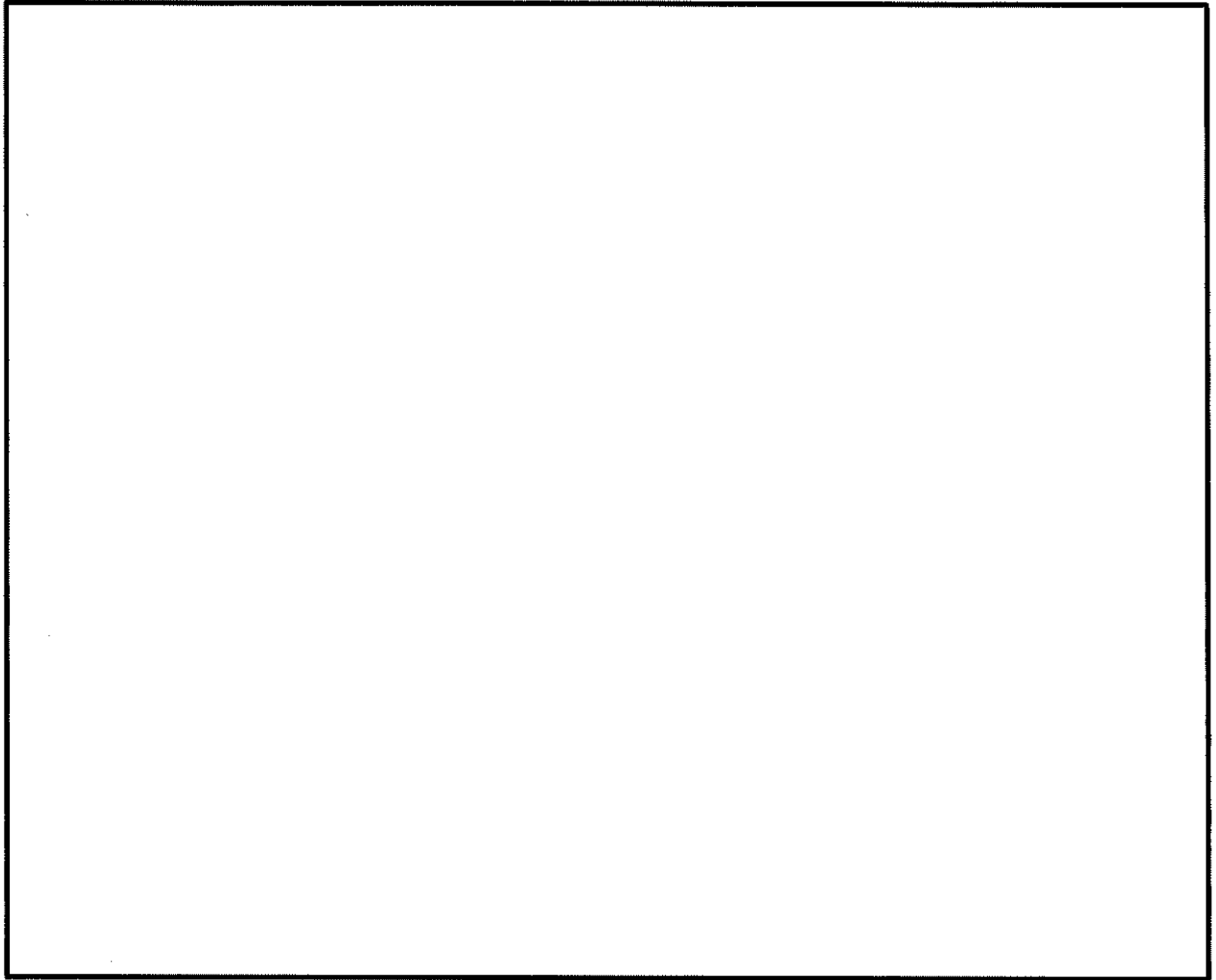
以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、非常用ガスタービン発電機建屋が有する耐震性への影響はないことを確認した。



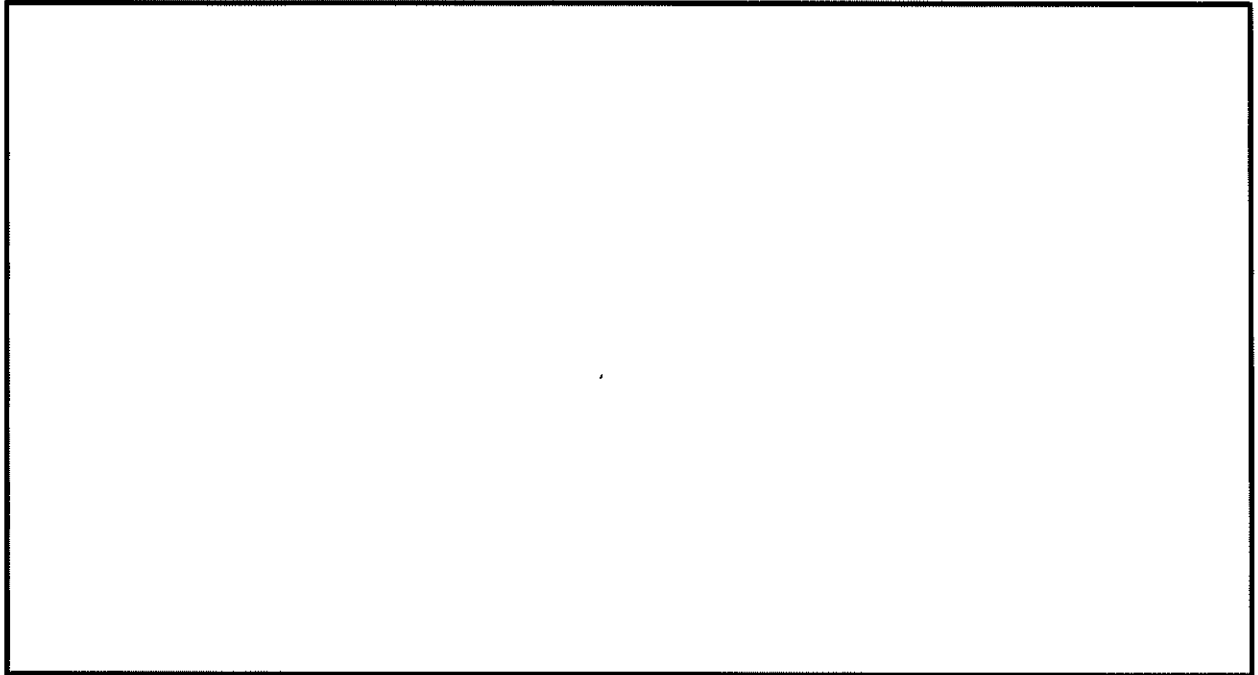
第3.1-1図 (1/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 24.6m)



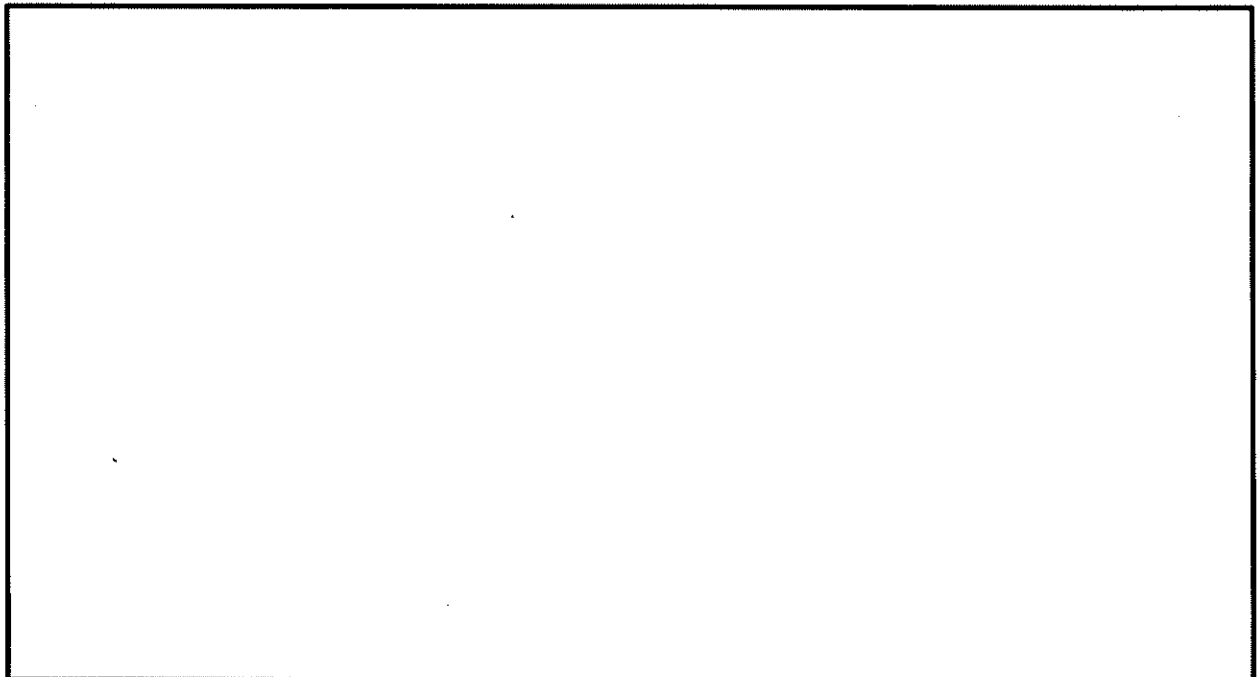
第3.1-1図 (2/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 32.7m)



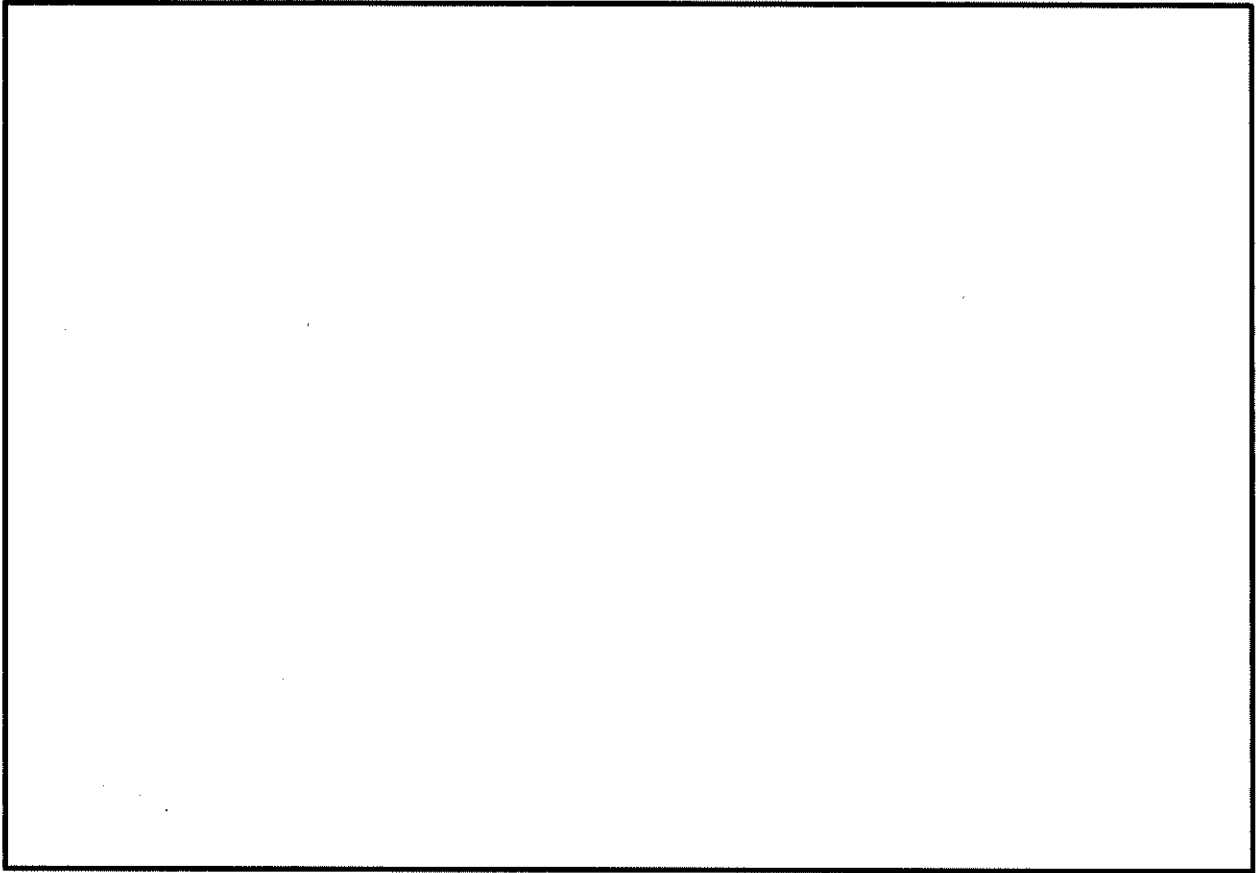
第3.1-1図 (3/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 41.0m)



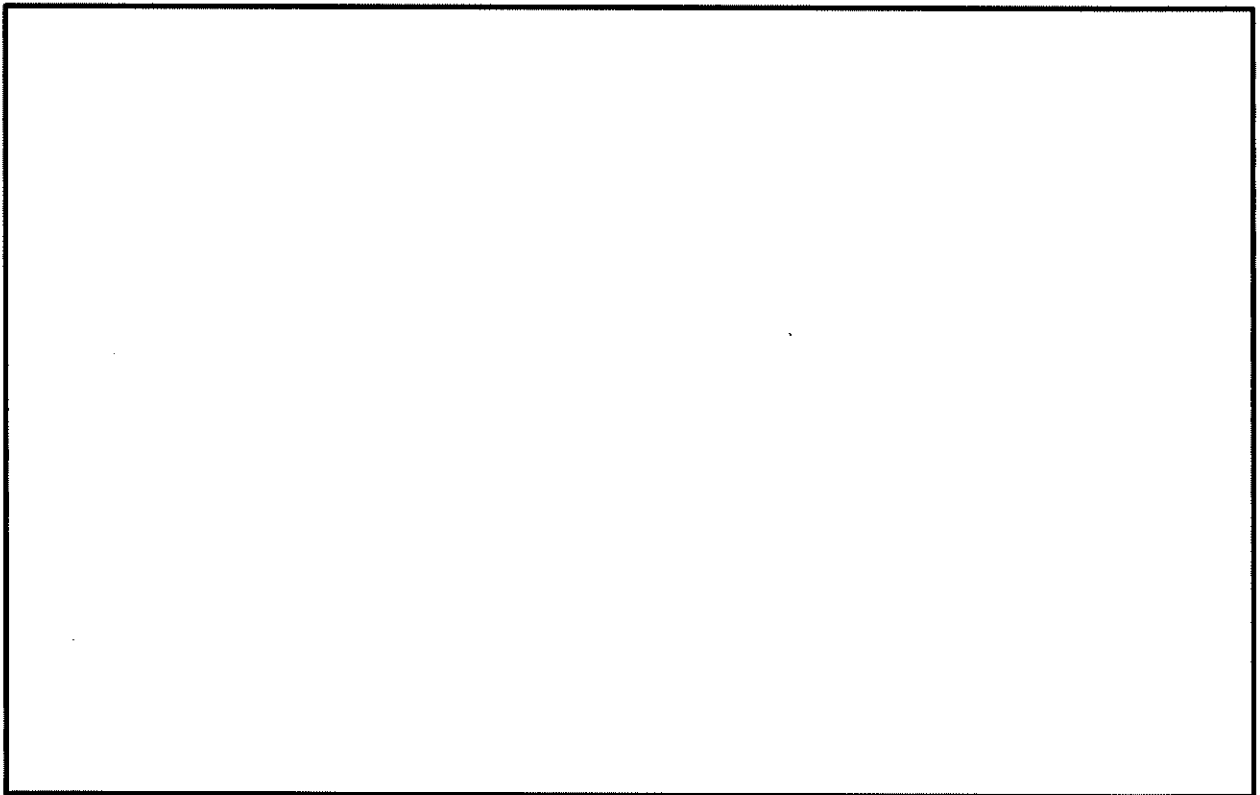
第3.1-2図 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (A-A断面)



第3.1-2図 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (B-B断面)



第3.1-3図 建屋全体モデル



第3.1-4図 建屋全体モデル（基礎及び壁（地下部）の鳥瞰図）

第3.1-9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 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
30.0	2.44 × 10 <sup>4</sup>	0.2

第3.1-10表 鉄筋の物性値

鉄筋種類	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	2.05 × 10 <sup>5</sup>

第3.1-11表 (1/2) 評価結果 (Ss地震時)

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	EW	1201	3,872	8,550	0.46	可
		NS	1299	2,711	8,550	0.32	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	1291	0.76	2.36	0.33	可
		NS	1206	0.65	2.36	0.28	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	EW	1201	3,716	8,550	0.44	可
		NS	1299	2,750	8,550	0.33	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	1299	0.63	2.36	0.27	可
		NS	1303	0.51	2.36	0.22	可



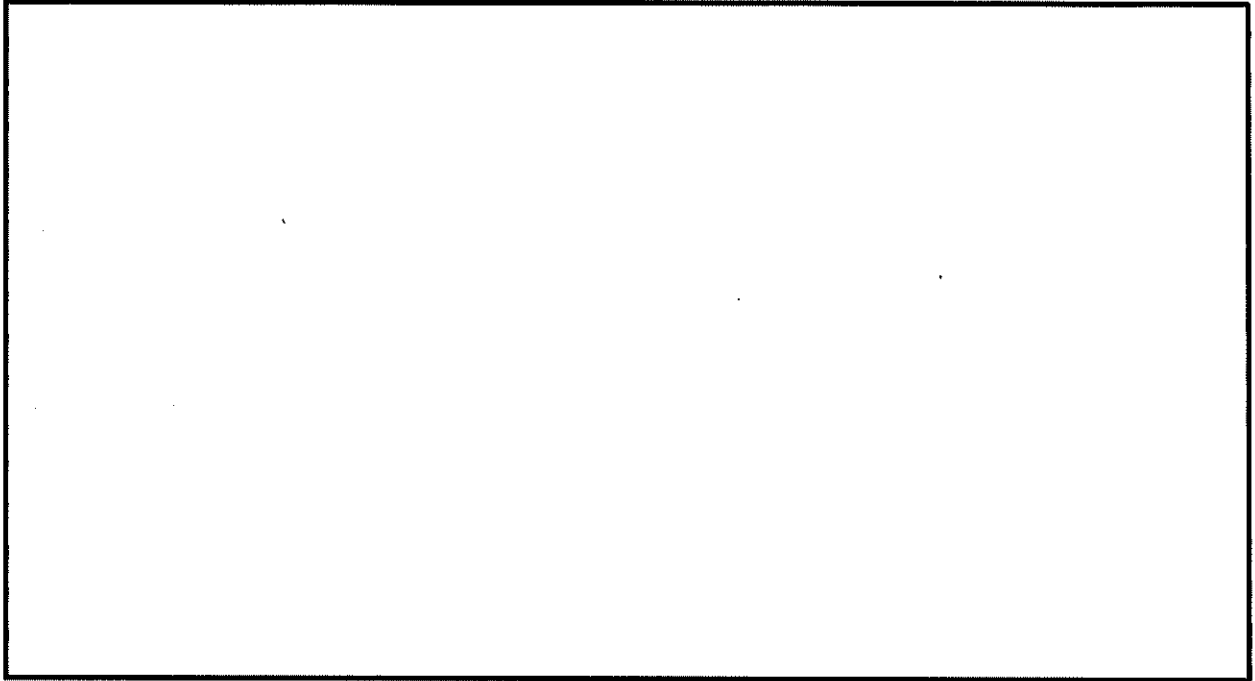
第3.1-11表 (2/2) 評価結果 (Ss地震時)

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ (壁 (地下部))




	評価項目	方向	要素番号	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	横筋	11292	2,050	5,700	0.36	可
		縦筋	796	4,219	11,400	0.38	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	横筋	10723	0.99	2.36	0.42	可
		縦筋	10285	1.49	2.30	0.65	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ (壁 (地下部))

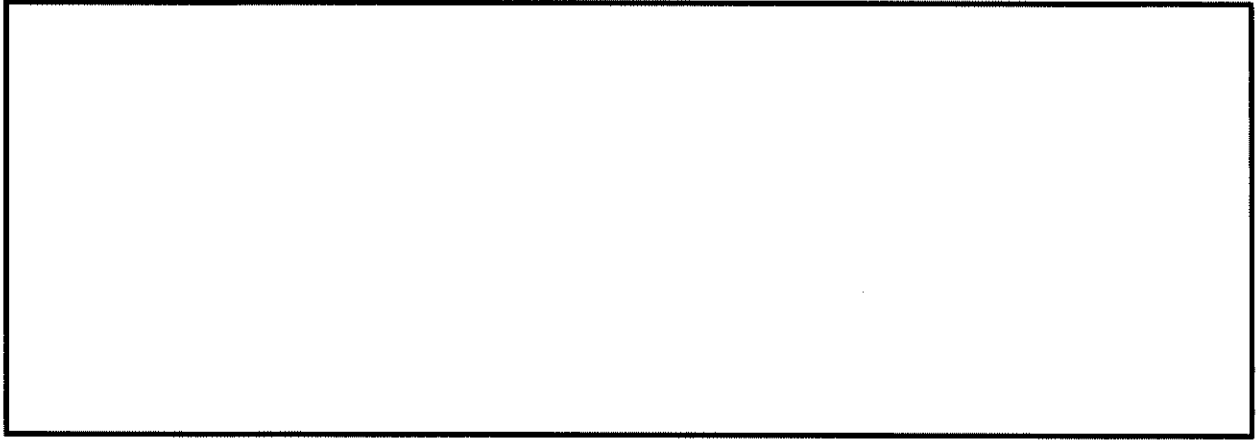
	評価項目	方向	要素番号	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	横筋	11292	1,625	5,700	0.29	可
		縦筋	796	3,614	11,400	0.32	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	横筋	10723	0.96	2.36	0.41	可
		縦筋	10285	1.49	2.31	0.65	可



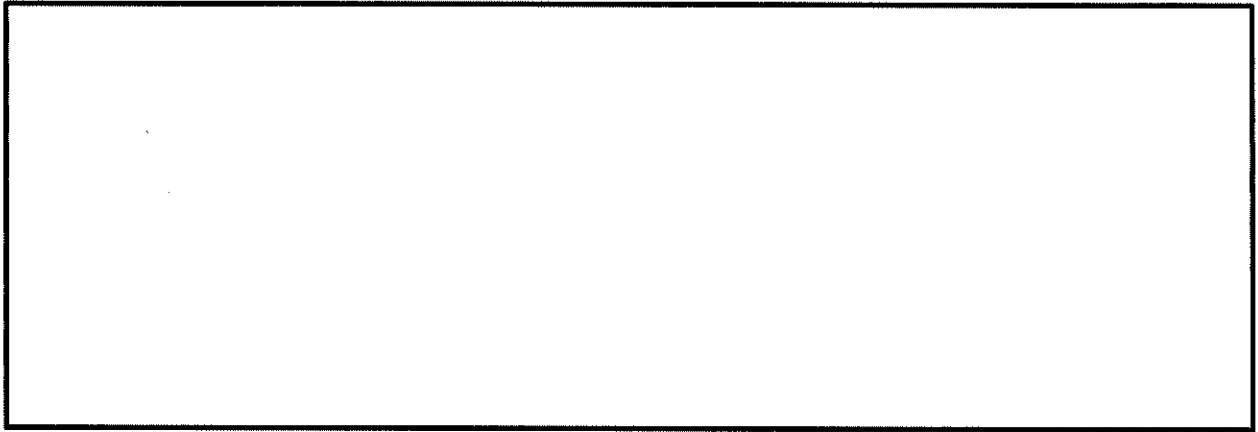
(a) FS1

-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに並びに水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

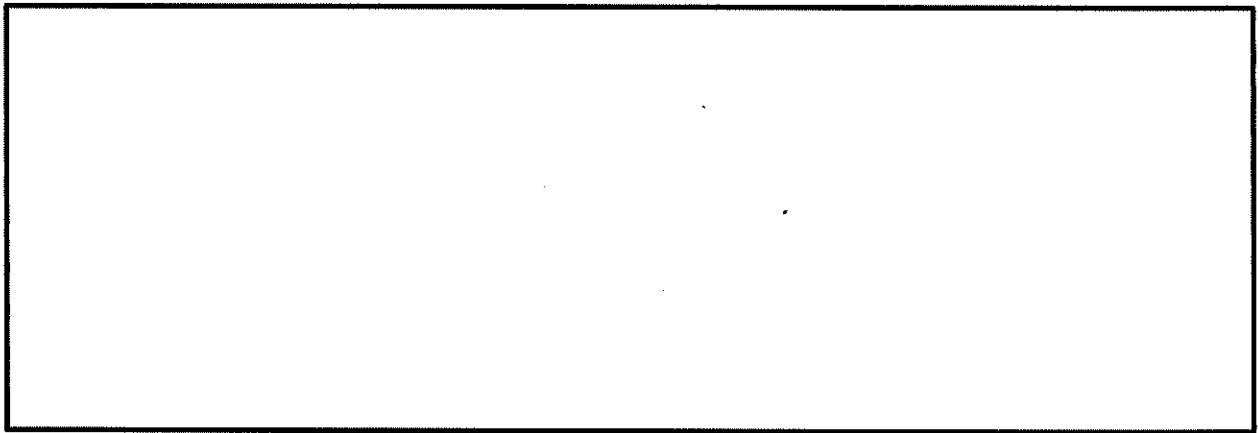
第3.1-5図 (1/2) 評価結果の位置 (基礎)






(b) W8



(c) W10



(d) W14

-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに並びに水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

第 3.1-5 図 (2/2) 評価結果の位置 (壁 (地下部))

### 3.1.5 まとめ

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等は、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、同等又は増加する傾向があった。応力等が増加する場合でも、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等が許容値を満足することから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

また、機器・配管系への影響の可能性のある部位については、抽出されなかった。

### 3.2 機器・配管系

#### 3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種毎に分類した結果を第3.2-1表に示す。機種毎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により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

第3.2-1表 水平2方向入力の影響検討対象設備

設備	部位
電気盤	基礎ボルト、溶接部
非常用ガスタービン発電機ガスタービン	基礎ボルト、取付ボルト
非常用ガスタービン発電機 (横形機器用電動機)	基礎ボルト、取付ボルト
非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク、非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽 (横置き容器)	胴板
	支持脚
	基礎ボルト
非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ (横形ポンプ、横形機器用電動機)	基礎ボルト、取付ボルト
配管本体 (定ピッチスパン法)	直管配管 (水平)
	直管配管 (鉛直)
	曲り部、分岐部

#### (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、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。

##### 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

電気盤（基礎ボルトせん断、溶接部以外）、非常用ガスタービン発電機ガスタービン（基礎ボルトせん断以外）、横形機器用電動機（基礎ボルトせん断以外）、横形ポンプ（基礎ボルトせん断以外）、横置き容器（基礎ボルトせん断以外）は、水平2方向の地震力を想定した場合においても、その構造により水平1方向の地震力と同程度の地震力しか負担しないことから、水平2方向の影響が軽微である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などは、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。
- c. 水平2方向の地震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いえるもの  
配管（定ピッチスパン法）は、水平2方向の地震力を想定した場合においても、水平1方向の地震力による応答と同等となることから、水平2方向の影響が軽微であるものとして分類した。
- d. 従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても影響が軽微であるもの  
今回申請設備の各部位について、該当するものは無い。

(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、さらに新たな応力成分が作用する可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系の設備について、一般的な補機の場合は水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじれ振動等は発生しない。

(3) 地震力を水平2方向入力としたことによる発生応力等の増分の観点

(1)(2)に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、機種毎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 Guidel.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法（以下「非同時性を考慮したSRSS法」という。）により組合せ、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や、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、地震以外の応力と組み合わせ算出する。
- ・設備（部位）によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものは水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・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。

電気盤（基礎ボルトせん断、溶接部）、非常用ガスタービン発電機ガスタービン（基礎ボルトせん断）、横形機器用電動機（基礎ボルトせん断）、横形ポンプ（基礎ボルトせん断）、横置き容器（基礎ボルトせん断）は、応答軸が明確な設備であり、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ため、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

### 3.2.2 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

3.1項における建物・構築物の影響評価において、機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価部位の抽出結果

3.2.1項で抽出した結果を第3.2-2表に示す。

今回申請範囲においては、影響評価対象となる設備は抽出されなかった。

第3.2-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり

△：影響軽微

－：該当なし

設備（機種）及び部位	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響の可能性		
	3.2.1項(1)及び(2)の観点	3.2.1項(3)の観点	検討結果
電気盤	○ (基礎ボルトせん断、溶接部)	△	明確な応答軸を有している
非常用ガスタービン発電機ガスタービン	○ (基礎ボルトせん断)	△	明確な応答軸を有している
横形ポンプ、横形機器用電動機	○ (基礎ボルトせん断)	△	明確な応答軸を有している
横置き容器	○ (基礎ボルトせん断)	△	明確な応答軸を有している

3.2.4 まとめ

機器・配管系における水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、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結果、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。



# 強度に関する説明書

工事計画認可申請 資料18

伊方発電所第3号機

## 目 次

資料18-1 強度計算の基本方針

資料18-1-1 クラス3機器の強度計算の基本方針

資料18-2 強度計算方法

資料18-2-1 クラス3管の強度計算方法

資料18-3 強度計算書

資料18-3-1 クラス3管の強度計算書

別添1 発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書

## 強度計算の基本方針

工事計画認可申請 資料18-1

伊方発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概要 .....	資18-1-1

## 1. 概要

本資料は、今回申請対象設備となる火災防護設備に係る材料及び構造の設計について、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日原子炉規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第17条に規定されている設計基準対象施設に属するクラス3機器の設計に準じることから、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することを説明するものである。

強度計算の基本方針については以下の資料により構成する。

また、技術基準規則の機器区分に該当しない機器のうちガスタービン（燃料系含む。）の評価を別添1に示す。

資料18-1-1 クラス3機器の強度計算の基本方針

# クラス3機器の強度計算の基本方針

工事計画認可申請 資料18-1-1

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資18-1-1-1
2. クラス3機器の強度計算の基本方針 .....	資18-1-1-2

## 1. 概要

クラス3機器の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第17条第1項第3号及び第10号に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本資料は、その他発電用原子炉の附属施設（火災防護設備）のうちクラス3機器として設計する容器及び管が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。



## 2. クラス3機器の強度計算の基本方針

クラス3機器のうち管の評価は、「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 NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME」という。）による評価を実施する。

管継手については、JSME PPD-3415に適合するものを使用する設計とする。

クラス3機器のうち容器であって完成品としてそれぞれ高圧ガス保安法及び消防法の規制を受ける全域ハロン自動消火設備の容器（ボンベ）（以下「消火設備用ボンベ」という。）及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に基づき設定する火災区域又は火災区画に配備する消火器（以下「消火器」という。）については、技術基準規則第17条第1項第3号及び第10号におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の規定と、高圧ガス保安法及び消防法の材料、構造及び強度の規定が同等の水準であることを平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料14-1-3「クラス3機器の強度計算の基本方針」にて確認しているため、高圧ガス保安法及び消防法に適合したものを使用する設計とする。

## 強度計算方法

工事計画認可申請 資料18-2

伊方発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概要 .....	資18-2-1

## 1. 概要

本資料は、資料18-1「強度計算の基本方針」に基づき、クラス3機器が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「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 NC1-2005/2007」(日本機械学会)の規定を基本とした強度計算方法について説明するものであり、以下の資料により構成する。

なお、消火設備用ポンベ及び消火器については、資料18-1-1「クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、高圧ガス保安法及び消防法に適合したものを使用する。

資料18-2-1 クラス3管の強度計算方法

## クラス3管の強度計算方法

工事計画認可申請 資料18-2-1

伊方発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	資18-2-1-1
2. クラス3管の強度計算方法 .....	資18-2-1-2
2.1 クラス3管の規定に基づく強度計算方法 .....	資18-2-1-2
2.1.1 記号の定義 .....	資18-2-1-2
2.1.2 強度計算方法 .....	資18-2-1-4
3. 強度計算書のフォーマット .....	資18-2-1-6
3.1 強度計算書のフォーマットの概要 .....	資18-2-1-6
3.2 記載する数値に関する注意事項 .....	資18-2-1-6
3.3 強度計算書のフォーマット .....	資18-2-1-6

## 1. 概要

本資料は、資料18-1-1「クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、クラス3管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「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 NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、クラス3管の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

## 2. クラス3管の強度計算方法

### 2.1 クラス3管の規定に基づく強度計算方法

#### 2.1.1 記号の定義

管の厚さ計算に用いる記号について以下に説明する。

	記号	単位	定 義
管の厚さ計算に使用するもの	$D_o$	mm	管の外径
	$P$	MPa	最高使用圧力
	$S$	MPa	最高使用温度におけるJSME付録材料図表Part5表5に規定する材料の許容引張応力 <sup>(注1)</sup>
	$t$	mm	管の計算上必要な厚さ
	$\eta$	—	長手継手の効率 <sup>(注2)</sup>

(注1) 溶接鋼管又は鍛接鋼管の許容引張応力は、JSME付録材料図表Part5表5（備考）に規定する材料規格及び非破壊検査程度に応じた品質係数を乗じた値とする。



(注2) 継手効率 $\eta$ については、JSME PPD-3411の規定によりJSME PVD-3110に定められたものを採用することとし、以下のとおりとする。

ただし、品質係数が1未満となる場合は、継手の効率は1.00とする。

JSME表PVD-3110-1 継手効率の値

継手の種類	効 率	
		その他のもの
	「発電用原子力設備規格 溶接規格（2007年版）JSME S NB1-2007」（日本機械学会）（以下「溶接規格」という。）N-4140の規定において準用する溶接規格N-1100(1)a.項の規定に準じて放射線透過試験を行い、同規格(2)a.項の規定に適合するもの	
突合せ両側溶接、裏当金を使用した突合せ片側溶接（溶接後裏当金を取り除いたものに限る。）及びこれらと同等以上の効果が得られる方法による溶接	1.00	0.70
裏当金を使用した突合せ片側溶接（溶接後裏当金を取り除いたものを除く。）	0.90	0.65
裏当金を使用しない突合せ片側溶接	0.60	0.60
両側全厚すみ肉重ね溶接	0.55	0.55
プラグ溶接を行う片側全厚すみ肉重ね溶接	0.50	0.50
プラグ溶接を行わない片側全厚すみ肉重ね溶接	0.45	0.45

### 2.1.2 強度計算方法

ここでは、クラス3管の計算上必要な厚さ計算の方法を示す。

材料の許容引張応力は、JSME付録材料図表Part5表5により管の最高使用温度に応じた値を用いる。

JSME付録材料図表Part5表5記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算はJSMEに基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

#### (1) 管の厚さ計算 (JSME PPD-3411)

管の厚さは、以下の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを示して、強度に対する要求事項に適合することを確認する。

区 分	適用規格番号	計算式
内圧を受ける管	JSME PPD-3411(1)	$t = \frac{P \cdot D_o}{2S \cdot \eta + 0.8P}$ <small>(注)</small>
炭素鋼鋼管	JSME PPD-3411(3)	第2-1表の必要最小厚さを満足すること。

(注) 継手効率 $\eta$ は、前述する2.1.1項(注2)のJSME表PVD-3110-1の値を用いる。

第2-1表 炭素鋼鋼管の必要最小厚さ

管の外径 (mm)	管の厚さ (mm)
25未満	1.4
25以上38未満	1.7
38以上45未満	1.9
45以上57未満	2.2
57以上64未満	2.4
64以上82未満	2.7
82以上101未満	3.0
101以上127未満	3.4
127以上	3.8

(2) 穴の補強計算 (JSME PPD-3420)

今回申請範囲のクラス3管に補強計算が必要となる穴は設けない。

### 3. 強度計算書のフォーマット

#### 3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、管の種類及び構造について以下の3.3項のフォーマットを必要に応じて組み合わせるものとし、フォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

#### 3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄に 

—
---

 として記載する。

#### 3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

##### (1) クラス3管の規定に基づく強度計算

FORMAT-I 管の厚さ計算結果

(1) クラス3管の規定に基づく強度計算

FORMAT-I

管の厚さ計算結果

設備区分		施設			設備			クラス3管	
番号	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材 料	許容引張応力 S (MPa)	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	継手の効率 η	計算上 必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管 の必要最小 厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
評 価:									

# 強度計算書

工事計画認可申請 資料18-3

伊方発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概要 .....	資18-3-1

## 1. 概要

本資料は、クラス3機器が十分な強度を有することの確認結果を示すものであり、以下の資料により構成されている。

資料18-3-1 クラス3管の強度計算書



# クラス3管の強度計算書

工事計画認可申請 資料18-3-1

伊方発電所第3号機

目 次

	頁
1. その他発電用原子炉の附属施設（火災防護設備）のクラス3管の 強度計算書 .....	資18-3-1-1
(1) 消火設備（主配管）のクラス3管の強度計算書 .....	資18-3-1-2

1. その他発電用原子炉の附属施設（火災防護設備）のクラス3管の強度計算書

(1) 消火設備（主配管）のクラス3管の強度計算書

1. 消火設備（主配管）のクラス3管の強度計算結果

1.1 管の設計仕様

名 称	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料	番 号	
消 火 設 備	非常用ガスタービン発電機建屋付近 屋外消火栓 供給ライン分岐点 ～ 非常用ガスタービン発電機建屋屋外 消火栓 供給ライン分岐点	1.2	40	(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	1
	非常用ガスタービン発電機建屋屋外 消火栓 供給ライン分岐点 ～ 非常用ガスタービン発電機建屋 消火水供給ライン 分岐点	1.2	40	(注1) 60.5	(注1) 3.9	SUS304TP	2
	グループG1 ～ 弁3V-FSG-09, 弁3V-FSG-10, 弁3V-FSG-11, 弁3V-FSG-12, 弁3V-FSG-13, 弁3V-FSG-14 及び弁3V-FSG-15	5.2	40	(注1) 42.7	(注1) 3.6	SUS304TP	3
				(注1) 48.6	(注1) 3.7	SUS304TP	4
				(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	5
				(注1) 89.1	(注1) 5.5	SUS304TP	6

名 称	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料	番 号
弁3V-FSG-11 ～ GT/B-4	5.2	40	(注1) 42.7	(注1) 3.6	SUS304TP	7
弁3V-FSG-12 ～ GT/B-3	5.2	40	(注1) 48.6	(注1) 3.7	SUS304TP	8
弁3V-FSG-15 ～ GT/B-13	5.2	40	(注1) 48.6	(注1) 3.7	SUS304TP	9
弁3V-FSG-14 ～ GT/B-12	5.2	40	(注1) 42.7	(注1) 3.6	SUS304TP	10
弁3V-FSG-10 ～ GT/B-15	5.2	40	(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	11
弁3V-FSG-09 ～ GT/B-7	5.2	40	(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	12
弁3V-FSG-13 ～ GT/B-6	5.2	40	(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	13
GT/B-6 ～ GT/B-14	5.2	40	(注1) 60.5	(注1) 3.9	SUS304TP	14
			(注1) 76.3	(注1) 5.2	SUS304TP	15

消火設備

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料	番 号	
消 火 設 備	グループG2 ～ GT/B-5	5.2	40	(注1) 60.5	(注1) 3.9	SUS304TP	16	
				(注1) 89.1	(注1) 5.5		SUS304TP	17
	グループG3 ～ 弁3V-FSG-04, 弁3V-FSG-05, 弁3V-FSG-06 及び弁3V-FSG-07	5.2	40	(注1) 48.6	(注1) 3.7	SUS304TP	18	
				(注1) 89.1	(注1) 5.5		SUS304TP	19
	弁3V-FSG-06 ～ GT/B-11	5.2	40	(注1) 48.6	(注1) 3.7	SUS304TP	20	
	グループG4 ～ 弁3V-FSG-01, 弁3V-FSG-02 及び弁3V-FSG-03	5.2	40	(注1) 34.0	(注1) 3.4	SUS304TP	21	
				(注1) 42.7	(注1) 3.6		SUS304TP	22
				(注1) 89.1	(注1) 5.5		SUS304TP	23
	弁3V-FSG-01 ～ GT/B-8	5.2	40	(注1) 34.0	(注1) 3.4	SUS304TP	24	
	弁3V-FSG-03 ～ GT/B-16	5.2	40	(注1) 34.0	(注1) 3.4	SUS304TP	25	
	弁3V-FSG-02 ～ GT/B-9	5.2	40	(注1) 42.7	(注1) 3.6	SUS304TP	26	

(注1) 公称値

1.2 管の厚さ計算結果 (JSME PPD-3411)

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設 (火災防護設備) 消火設備 (主配管) クラス3管

番号	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	材料	許容引張応力 S (MPa)	外径 D <sub>o</sub> (mm)	継手の効率 η	計算上必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の必要最小厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1	1.2	40	SUS304TP	103 (注1)	76.3	1.00 (注1)	0.5	-	5.2 (4.6)
1	1.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	0.4	-	5.2 (4.5)
2	1.2	40	SUS304TP	129	60.5	1.00	0.3	-	3.9 (3.4)
3	5.2	40	SUS304TP	129	42.7	1.00	0.9	-	3.6 (3.1)
4	5.2	40	SUS304TP	129	48.6	1.00	1.0	-	3.7 (3.2)
5	5.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	1.6	-	5.2 (4.5)
6	5.2	40	SUS304TP	129	89.1	1.00	1.8	-	5.5 (4.8)
7	5.2	40	SUS304TP	129	42.7	1.00	0.9	-	3.6 (3.1)
8	5.2	40	SUS304TP	129	48.6	1.00	1.0	-	3.7 (3.2)
9	5.2	40	SUS304TP	129	48.6	1.00	1.0	-	3.7 (3.2)
10	5.2	40	SUS304TP	129	42.7	1.00	0.9	-	3.6 (3.1)

評 価：上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ及び炭素鋼鋼管の必要最小厚さ以上である。

(注1) 継手の効率を1.00とし、許容引張応力に品質係数0.80を乗じた値を示す。



管の厚さ計算結果 (JSME PPD-3411)

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設 (火災防護設備) 消火設備 (主配管) クラス3管

番号	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	材料	許容引張応力 S (MPa)	外径 D <sub>o</sub> (mm)	継手の効率 η	計算上必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の必要最小厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
11	5.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	1.6	-	5.2 (4.5)
12	5.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	1.6	-	5.2 (4.5)
13	5.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	1.6	-	5.2 (4.5)
14	5.2	40	SUS304TP	129	60.5	1.00	1.3	-	3.9 (3.4)
15	5.2	40	SUS304TP	129	76.3	1.00	1.6	-	5.2 (4.5)
16	5.2	40	SUS304TP	129	60.5	1.00	1.3	-	3.9 (3.4)
17	5.2	40	SUS304TP	129	89.1	1.00	1.8	-	5.5 (4.8)
18	5.2	40	SUS304TP	129	48.6	1.00	1.0	-	3.7 (3.2)
19	5.2	40	SUS304TP	129	89.1	1.00	1.8	-	5.5 (4.8)

評価：上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ及び炭素鋼鋼管の必要最小厚さ以上である。

管の厚さ計算結果 (JSME PPD-3411)

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設 (火災防護設備) 消火設備 (主配管)

クラス3管

番号	最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	材料	許容引張応力 S (MPa)	外径 D <sub>o</sub> (mm)	継手の効率 η	計算上必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の必要最小厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
20	5.2	40	SUS304TP	129	48.6	1.00	1.0	-	3.7 (3.2)
21	5.2	40	SUS304TP	129	34.0	1.00	0.7	-	3.4 (2.9)
22	5.2	40	SUS304TP	129	42.7	1.00	0.9	-	3.6 (3.1)
23	5.2	40	SUS304TP	129	89.1	1.00	1.8	-	5.5 (4.8)
24	5.2	40	SUS304TP	129	34.0	1.00	0.7	-	3.4 (2.9)
25	5.2	40	SUS304TP	129	34.0	1.00	0.7	-	3.4 (2.9)
26	5.2	40	SUS304TP	129	42.7	1.00	0.9	-	3.6 (3.1)

評価: 上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ及び炭素鋼鋼管の必要最小厚さ以上である。

# 発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書

## 目 次

別添1-1 発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針

別添1-2 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法

別添1-3 発電用火力設備の技術基準による強度評価書

## 発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資18 別添1-1-1
2. 強度評価の基本方針 .....	資18 別添1-1-2
2.1 評価対象設備 .....	資18 別添1-1-2
2.2 評価方法の選定 .....	資18 別添1-1-2

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第78条第1項に基づき、資料16「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」で「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」（平成9年3月27日通商産業省令第51号）（以下「火力省令」という。）を準用する設備として対象としている重大事故等対処施設に施設するガスタービンが、十分な強度を有することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

## 2. 強度評価の基本方針

重大事故等対処施設に施設するガスタービンについては、技術基準規則第78条第1項に基づき、火力省令第19条から第23条の規定を準用し、強度評価においては、火力省令第19条第4項を適用する。

よって、ガスタービンについては、火力省令第19条第4項を受けた「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成25年5月17日20130507商局第2号）（以下「火力基準解釈」という。）第32条第1項第3号に基づき、同解釈第5条を準用した水圧試験による強度評価又は最高使用圧力の1.3倍の水圧に耐える強度を有することを確認するための強度計算による評価を実施する。

### 2.1 評価対象設備

重大事故等対処施設に施設するガスタービンとして、資料16「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に基づき、強度評価を実施する設備について以下に示す。

- ・非常用ガスタービン発電機のガスタービン

また、ガスタービンに係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）についても強度評価対象とする。

### 2.2 評価方法の選定

強度評価については、火力基準解釈第32条第1項第3号にて、同解釈第5条（水圧試験）を準用することが規定されている。

ただし、最高使用圧力の1.3倍の水圧に耐える強度を有することが強度計算等で確認できるもの並びに当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室において火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するものについては、水圧試験を要しないことが規定されている。

よって、上記規定のいずれかの方法により強度評価を行うこととするが、評価対象設備において水圧試験の試験結果があるもの並びに評価対象設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室において火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の試験結果があるものについては、それらの試験結果の確認により強度評価を実施する。なお、開放型タンクについては、最高使用圧力が0MPaであることから耐圧部分に該当せず火力基準解釈第5条要求に該当しないものの、消防法に準じた水圧試験を実施する。

水圧試験の試験結果を用いた評価ができないものについては、最高使用圧力の1.3倍の水圧に耐える強度を有することを強度計算で確認する。



## 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資18 別添1-2-1
2. 強度評価方法 .....	資18 別添1-2-2
2.1 水圧試験 .....	資18 別添1-2-2
2.2 ガスタービン車室の水圧試験 .....	資18 別添1-2-4
2.3 強度計算方法 .....	資18 別添1-2-5
2.3.1 記号の定義 .....	資18 別添1-2-5
2.3.2 管の厚さの計算 .....	資18 別添1-2-6
3. 強度評価書のフォーマット .....	資18 別添1-2-7
3.1 強度評価書のフォーマットの概要 .....	資18 別添1-2-7
3.2 記載する数値に関する注意事項 .....	資18 別添1-2-7
3.3 強度評価書のフォーマット .....	資18 別添1-2-7

## 1. 概 要

本資料は、別添1-1「発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針」に基づき、非常用ガスタービン発電機のガスタービン及びガスタービンに係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認するための強度評価方法について説明するものであり、強度評価方法及び強度評価書のフォーマットにより構成する。

## 2. 強度評価方法

「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成25年5月17日20130507商局第2号）（以下「火力基準解釈」という。）の第32条第1項第3号に基づき、以下の(1)に示す水圧試験の試験結果の確認による強度評価を基本とする。

ただし、評価対象設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室の水圧試験の試験結果があるものについては(2)に示す水圧試験の試験結果の確認により強度評価を実施する。

水圧試験の試験結果を用いた評価ができないものについては、(3)に示す強度計算により強度評価を実施する。

### (1) 水圧試験

火力基準解釈第5条の水圧試験に耐え、これに適合するものであることを確認する。

### (2) ガスタービン車室の水圧試験

当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室において火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するものについては、その結果を確認する。

### (3) 強度計算

火力基準解釈第5条の水圧試験に耐える強度を有することを強度計算により確認する。

## 2.1 水圧試験

ガスタービンのうち水圧試験により評価を実施するものについては、火力基準解釈第5条に基づき、最高使用圧力の1.3倍以上の水圧まで昇圧した後、適切な時間保持したとき、これに耐えることを確認する。また、上記試験に引き続き最高使用圧力以上の水圧で点検を行ったときに、漏えいがないものであることを確認する。

試験条件を以下に示す。

名 称		最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 圧力 (MPa)
その他発電用原子炉の附属施設 (非常用電源設備)	非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	(注1) 0.5	1.3以上	(注2) 0.65以上
	非常用ガスタービン発電機 燃料油サービスタンク	大気圧	(注3)	
	非常用ガスタービン発電機 燃料油貯油槽	大気圧	(注3)	

(注1) 重大事故等時における使用時の値。

(注2) 本耐圧試験圧力における水圧試験に合格したものを使用する設計とする。

(注3) 消防法に準じた水圧試験に合格したものを使用する設計とする。

## 2.2 ガスタービン車室の水圧試験

ガスタービン車室の水圧試験の実績により評価を実施するものについては、火力基準解釈第32条第1項第3号において、「当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室において火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するもの」にあつては水圧試験を要しないと規定されていることから、圧力バウンダリとして主要な耐圧部であるガスタービン車室の水圧試験の試験結果を確認する。また、水圧試験の実績には、「当該設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室において火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するもの」として当該評価対象機種のガスタービン車室における水圧試験を含める。

試験条件を以下に示す。

	名称	最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 圧力 (MPa)
(非常用電源設備) その他発電用原子炉 の附属施設	非常用ガスタービン発電機 ガスタービン	1.10 (注1)	1.3以上	1.43以上

(注1) ガスタービン車室における圧力を記載。

## 2.3 強度計算方法

ガスタービンのうち強度計算を実施する燃料配管については、火力基準解釈第32条第1項第3号ロに定める強度計算において、火力基準解釈第12条を準用し、ガスタービンの管として最高使用圧力の1.3倍の水圧に耐える強度を有することを確認する。以下に方法を説明する。

火力基準解釈別表第1に記載されている材料の許容引張応力を用いて強度計算する際に、温度が記載値の中間値の場合は、比例法を用いて許容引張応力を計算し、その場合の端数処理は、小数第1位以下を切捨てた値を用いるものとする。

強度計算は火力基準解釈に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

フランジについては、火力基準解釈第13条第1項に規定される日本産業規格等に適合するものを使用する。

### 2.3.1 記号の定義

管の厚さ計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
管の厚さ計算に使用するもの	P	MPa	最高使用圧力
	$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	最高使用温度における火力基準解釈別表第1に規定する材料の許容引張応力
	d <sub>o</sub>	mm	管の外径
	t	mm	管の計算上必要な厚さ
	$\eta$	—	継手の効率

### 2.3.2 管の厚さの計算

管の厚さが、以下の計算式から求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

区 分	適用基準	計 算 式
その他管	火力基準解釈第12条 第1項第7号	$t = \frac{P \cdot d_o}{2 \sigma_a \cdot \eta + 0.8P}$ <small>(注)</small>

(注) 継手の効率  $\eta$

長手継手の効率は、火力基準解釈第12条第1項に規定されるJIS B 8201 における表21を用いるが、今回の評価では継手の種類から以下のとおりとする。

継手の種類	溶接継手の効率	
	ボイラー等及び独立節炭器に属する容器及び管にあつては火力基準解釈第125条及び第127条第2項第1号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第3項第1号の規定に適合するもの、それ以外のものにあつては同解釈第143条及び第145条第2項第1号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第3項第1号の規定に適合するもの	
突合せ両側溶接又はこれと同等以上とみなされる突合せ片側溶接継手	1.00	0.70



### 3. 強度評価書のフォーマット

#### 3.1 強度評価書のフォーマットの概要

水圧試験結果のフォーマットは、試験条件及び結果を記載し、強度計算書のフォーマットは、耐圧部分を構成する部材についてフォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

#### 3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には 

—
---

 として記載する。

#### 3.3 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは、以下のとおりである。

- FORMAT-I 水圧試験結果
- FORMAT-II ガスタービン車室の水圧試験結果
- FORMAT-III 管の厚さ計算結果

FORMAT-I 水压試驗結果

設備区分

名稱	最高使用压力 (MPa)	耐圧試驗压力 (MPa)	耐圧試驗 倍率	耐圧試驗 結果	評價

FORMAT-II ガスタービン車室の水圧試験結果

設備区分

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価



## 発電用火力設備の技術基準による強度評価書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	資18 別添1-3-1
2. その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）の ガスタービンの強度評価書 .....	資18 別添1-3-2
2.1 水圧試験結果 .....	資18 別添1-3-3
2.2 ガスタービン車室の水圧試験結果 .....	資18 別添1-3-4
2.3 強度計算結果 .....	資18 別添1-3-5
2.3.1 管の設計仕様 .....	資18 別添1-3-5
2.3.2 管の厚さ計算結果 .....	資18 別添1-3-6

## 1. 概 要

本資料は、別添1-2「発電用火力設備の技術基準による強度評価方法」に基づき、非常用ガスタービン発電機のカスタービン及びガスタービンに係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認した結果を示す。

2. その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）のガスタービンの強度評価書



2.1 水圧試験結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価
非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	0.5	0.75	1.5	良	適合

2.2 ガスタービン車室の水圧試験結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価
非常用ガスタービン発電機 ガスタービン	1.10 (注1)	1.65 (注1)	1.5	良	適合

(注1) ガスタービン車室における圧力を記載。

## 2.3 強度計算結果

### 2.3.1 管の設計仕様

名 称		最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	(注1) 外径 (mm)	(注1) 厚さ (mm)	材料	番号
非常用発電装置	非常用ガスタービン 発電機 燃料油貯油槽 ～	0	40	60.5	3.9	STPT370	(注2)
	非常用ガスタービン 発電機 燃料油移送ポンプ	0.5	40	60.5	3.9	STPT370	1
				48.6	3.7		2
	非常用ガスタービン 発電機 燃料油移送ポンプ ～	0.5	40	34.0	3.4	STPT370	3
				48.6	3.7		4
	非常用ガスタービン 発電機 燃料油サービスタンク	0	40	48.6	3.7	STPT370	(注2)
	非常用ガスタービン 発電機 燃料油サービスタンク ～ 燃料油こし器	0	40	48.6	3.7	STPT370	(注2)
				42.7	3.6		
	燃料油こし器 ～ 非常用ガスタービン 発電機 ガスタービン	0	40	42.7	3.6	STPT370	(注2)
				60.5	3.9		

(注1) 公称値

(注2) 管の厚さ計算に使用する圧力が0MPaであり、計算上必要な厚さも0mmとなるため計算は行わない。

2.3.2 管の厚さ計算結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設 (非常用電源設備) 非常用発電装置

番号	最高使用 圧 (MPa)	最高使用 温 (°C)	材 料	許容引張応力 $\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	外 径 $d_o$ (mm)	継手の効率 $\eta$	計算上 必要な厚さ $t$ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1	0.5	40	STPT370	106	60.5	1.00		
2	0.5	40	STPT370	106	48.6	1.00		
3	0.5	40	STPT370	106	34.0	1.00		
4	0.5	40	STPT370	106	48.6	1.00		

評 価：上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。

## 2. 添付図面

## 目 次

### <施設共通図面>

- 第1-1-1図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（発電所全体図）
- 第1-1-2図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図（1/2））
- 第1-1-3図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図（2/2））
- 第1-1-4図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図（1/2））
- 第1-1-5図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図（2/2））
- 第1-2-1図 単線結線図
- 第1-3-1図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面（1/3）
- 第1-3-2図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面（2/3）
- 第1-3-3図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面（3/3）
- 第1-4-1図 安全避難通路を明示した図面（1/4）
- 第1-4-2図 安全避難通路を明示した図面（2/4）
- 第1-4-3図 安全避難通路を明示した図面（3/4）
- 第1-4-4図 安全避難通路を明示した図面（4/4）
- 第1-5-1図 非常用照明の取付箇所を明示した図面（1/4）
- 第1-5-2図 非常用照明の取付箇所を明示した図面（2/4）
- 第1-5-3図 非常用照明の取付箇所を明示した図面（3/4）
- 第1-5-4図 非常用照明の取付箇所を明示した図面（4/4）

<非常用電源設備>

- 第2-1-1図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）（1/2）
- 第2-1-2図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）（2/2）
- 第2-1-3図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備））（1/5）
- 第2-1-4図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備））（2/5）
- 第2-1-5図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備））（3/5）
- 第2-1-6図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備））（4/5）
- 第2-1-7図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備））（5/5）

[第2-1-3図から第2-1-7図の補足]

- 第2-2-1図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の燃料系統図（非常用発電装置（燃料設備））（1/1）（重大事故等対処設備）
- 第2-3-1図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機ガスタービン
- 第2-3-2図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ

[第2-3-2図の補足]

- 第2-3-3図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク

[第2-3-3図の補足]

第2-3-4図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽

[第2-3-4図の補足]

第2-3-5図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機

[第2-3-5図の補足]

第2-3-6図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機励磁装置

第2-3-7図 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機保護継電器

<火災防護設備>

第3-1-1-1図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（1/8）

第3-1-1-2図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（2/8）

第3-1-2-1図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（3/8）

第3-1-2-2図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（4/8）

第3-1-3-1図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（5/8）

第3-1-3-2図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（6/8）



第3-1-4-1図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（7/8）

第3-1-4-2図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）（8/8）

[第3-1-1-1図、第3-1-2-1図、第3-1-3-1図及び第3-1-4-1図の補足]

第3-1-5図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（1/2）

第3-1-6図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（2/2）

第3-1-7図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（1/28）

第3-1-8図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（2/28）

第3-1-9図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（3/28）

第3-1-10図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（4/28）

[第3-1-7図から第3-1-10図の補足]

第3-1-11図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（5/28）

第3-1-12図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（6/28）

第3-1-13図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（7/28）

第3-1-14図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（8/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-15図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（9/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-16図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（10/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-17図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（11/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-18図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（12/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-19図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（13/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-20図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（14/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-21図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（15/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-22図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（16/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-23図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（17/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-24図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（18/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明
第3-1-25図	その他発電用原子炉の附属施設 示した図面（消火設備）（19/28）	火災防護設備に係る主配管の配置を明

第3-1-26図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（20/28）
第3-1-27図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（21/28）
第3-1-28図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（22/28）
第3-1-29図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（23/28）
第3-1-30図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（24/28）
第3-1-31図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（25/28）
第3-1-32図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（26/28）
第3-1-33図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（27/28）
第3-1-34図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）（28/28）

[第3-1-11図から第3-1-34図の補足]

第3-2-1図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備の系統図（消火設備）（1/6）
第3-2-2図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備の系統図（消火設備）（2/6）
第3-2-3図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備の系統図（消火設備）（3/6）
第3-2-4図	その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備の系統図（消火設備）（4/6）

第3-2-5図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の系統図（消火設備）(5/6)

第3-2-6図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の系統図（消火設備）(6/6)

第3-3-1図 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の構造図（消火設備）ハロ  
ンボンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）

[第3-3-1図の補足]

工事計画認可申請	第 1-1-1 図
----------	-----------

伊方発電所第3号機
-----------

主要設備の配置の状況を明示した 平面図及び断面図 (発電所全体図)
---

四国電力株式会社
----------

工事計画認可申請

第 1-1-2 図

伊方発電所第3号機

主要設備の配置の状況を明示した  
平面図及び断面図  
(平面図(1/2))

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第 1-1-3 図

伊方発電所第3号機

主要設備の配置の状況を明示した  
平面図及び断面図  
(平面図(2/2))

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-1-4 図

伊方発電所第3号機

主要設備の配置の状況を明示した  
平面図及び断面図  
(断面図(1/2))

四国電力株式会社

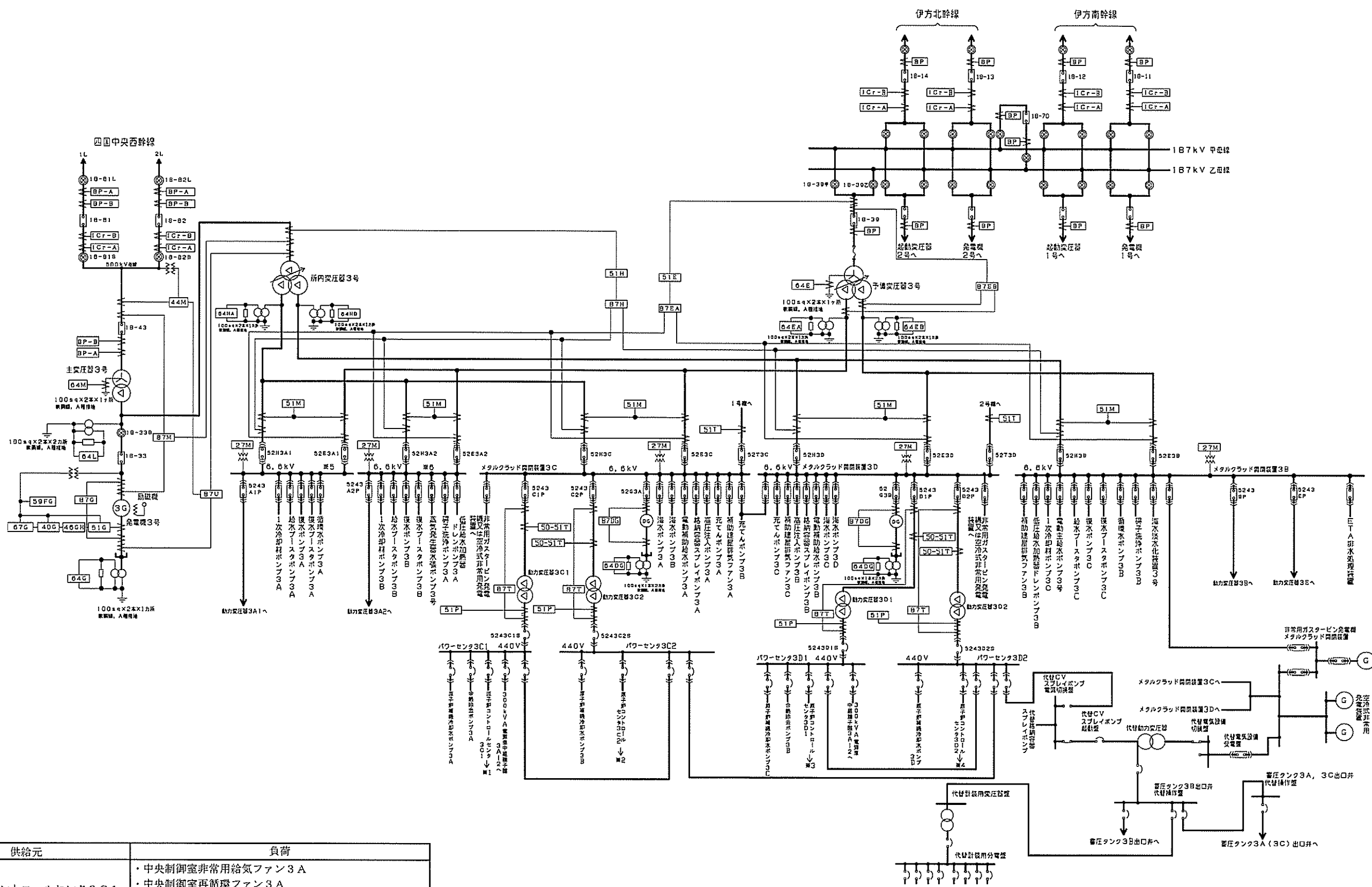


工事計画認可申請 第 1-1-5 図

伊方発電所第3号機

主要設備の配置の状況を明示した  
平面図及び断面図  
(断面図(2/2))

四国電力株式会社



供給元	負荷
※1 原子炉コントロールセンタ 3C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央制御室非常用給気ファン 3A</li> <li>中央制御室再循環ファン 3A</li> <li>中央制御室空調ファン 3A</li> <li>ほう酸ポンプ 3A</li> </ul>
※2 原子炉コントロールセンタ 3C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>アニュラス排気ファン 3A</li> <li>可搬型使用済燃料ピット監視カメラ冷却設備</li> <li>可搬型使用済燃料ピットエリアモニタ</li> </ul>
※3 原子炉コントロールセンタ 3D1	<ul style="list-style-type: none"> <li>イグナイタ</li> <li>中央制御室非常用給気ファン 3B</li> <li>中央制御室再循環ファン 3B</li> <li>中央制御室空調ファン 3B</li> <li>ほう酸ポンプ 3B</li> <li>衛星電話設備 (衛星電話 (固定型))</li> </ul>

供給元	負荷
※4 原子炉コントロールセンタ 3D2	<ul style="list-style-type: none"> <li>アニュラス排気ファン 3B</li> <li>可搬型代替冷却水ポンプ</li> <li>代替格納容器雰囲気ガスサンプリング圧縮装置</li> </ul>

※5 メタルクラッド開閉装置 3A1  
 ※6 メタルクラッド開閉装置 3A2

工事計画認可申請	第 1-2-1 図
伊方発電所第 3 号機	
単線結線図	
四国電力株式会社	

工事計画認可申請

第 1-3-1 図

伊方発電所第 3 号機

通信連絡設備の  
取付箇所を明示した図面  
(1/3)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-3-2 図

伊方発電所第 3 号機

通信連絡設備の  
取付箇所を明示した図面  
(2/3)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-3-3 図

伊方発電所第 3 号機

通信連絡設備の  
取付箇所を明示した図面  
(3/3)

四国電力株式会社

工事計画認可申請	第 1-4-1 図
----------	-----------

伊方発電所第3号機
-----------

安全避難通路を明示した図面 (1/4)
------------------------

四国電力株式会社
----------

工事計画認可申請

第 1-4-2 図

伊方発電所第 3 号機

安全避難通路を明示した図面  
(2/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-4-3 図

伊方発電所第 3 号機

安全避難通路を明示した図面  
(3/4)

四国電力株式会社



工事計画認可申請

第 1-4-4 図

伊方発電所第 3 号機

安全避難通路を明示した図面  
(4/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-5-1 図

伊方発電所第3号機

非常用照明の  
取付箇所を明示した図面  
(1/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-5-2 図

伊方発電所第 3 号機

非常用照明の  
取付箇所を明示した図面  
(2/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-5-3 図

伊方発電所第 3 号機

非常用照明の  
取付箇所を明示した図面  
(3/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 1-5-4 図

伊方発電所第3号機

非常用照明の  
取付箇所を明示した図面  
(4/4)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第2-1-1 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置  
を明示した図面  
(非常用発電装置) (1/2)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 2-1-2 図

伊方発電所第 3 号機

その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置  
を明示した図面  
(非常用発電装置) (2/2)

四国電力株式会社

工事計画認可申請	第2-1-3図
伊方発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の 配置を明示した図面 (非常用発電装置(燃料設備)) (1/5)	
四国電力株式会社	



工事計画認可申請 | 第2-1-4図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(非常用発電装置(燃料設備)) (2/5)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第2-1-5図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(非常用発電装置(燃料設備)) (3/5)

四国電力株式会社

工事計画認可申請	第2-1-6図
伊方発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の 配置を明示した図面 (非常用発電装置(燃料設備)) (4/5)	
四国電力株式会社	

工事計画認可申請 第2-1-7図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(非常用発電装置(燃料設備)) (5/5)

四国電力株式会社

第 2-1-3 図から第 2-1-7 図「その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備に係る主配管の配置を明示した図面（非常用発電装置（燃料設備）」の補足

(1) 配管の寸法許容範囲

工事計画記載の管に関する公称値（外径、厚さ）の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法	外径 (mm)	厚さ (mm)	備 考	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備	管	1B	最大値		第 2-1-5 図	
			公称値	34.0		3.4
			最小値			
		1 1/4B	最大値		第 2-1-6 図 第 2-1-7 図	
			公称値	42.7		3.6
			最小値			
		1 1/2B	最大値		第 2-1-4 図 第 2-1-5 図 第 2-1-6 図	
			公称値	48.6		3.7
			最小値			
		2B	最大値		第 2-1-3 図 第 2-1-4 図 第 2-1-7 図	
			公称値	60.5		3.9
			最小値			

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる日本産業規格 (JIS) に定める許容差は次のとおり。

名 称		外 径 (mm)	厚 さ (mm)	根 拠
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備	1B			JIS G 3456
	1 1/4B			JIS G 3456
	1 1/2B			JIS G 3456
	2B			JIS G 3456

出典：日本産業規格 JIS G 3456 「高温配管用炭素鋼鋼管」

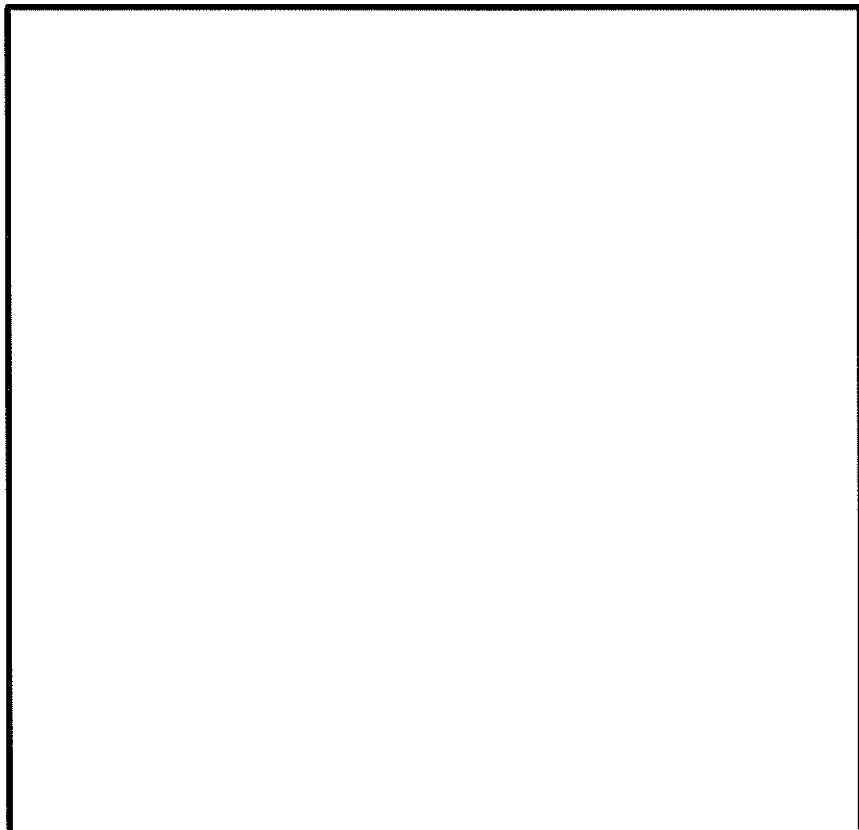
工事計画認可申請 第2-2-1図

伊方発電所第3号機

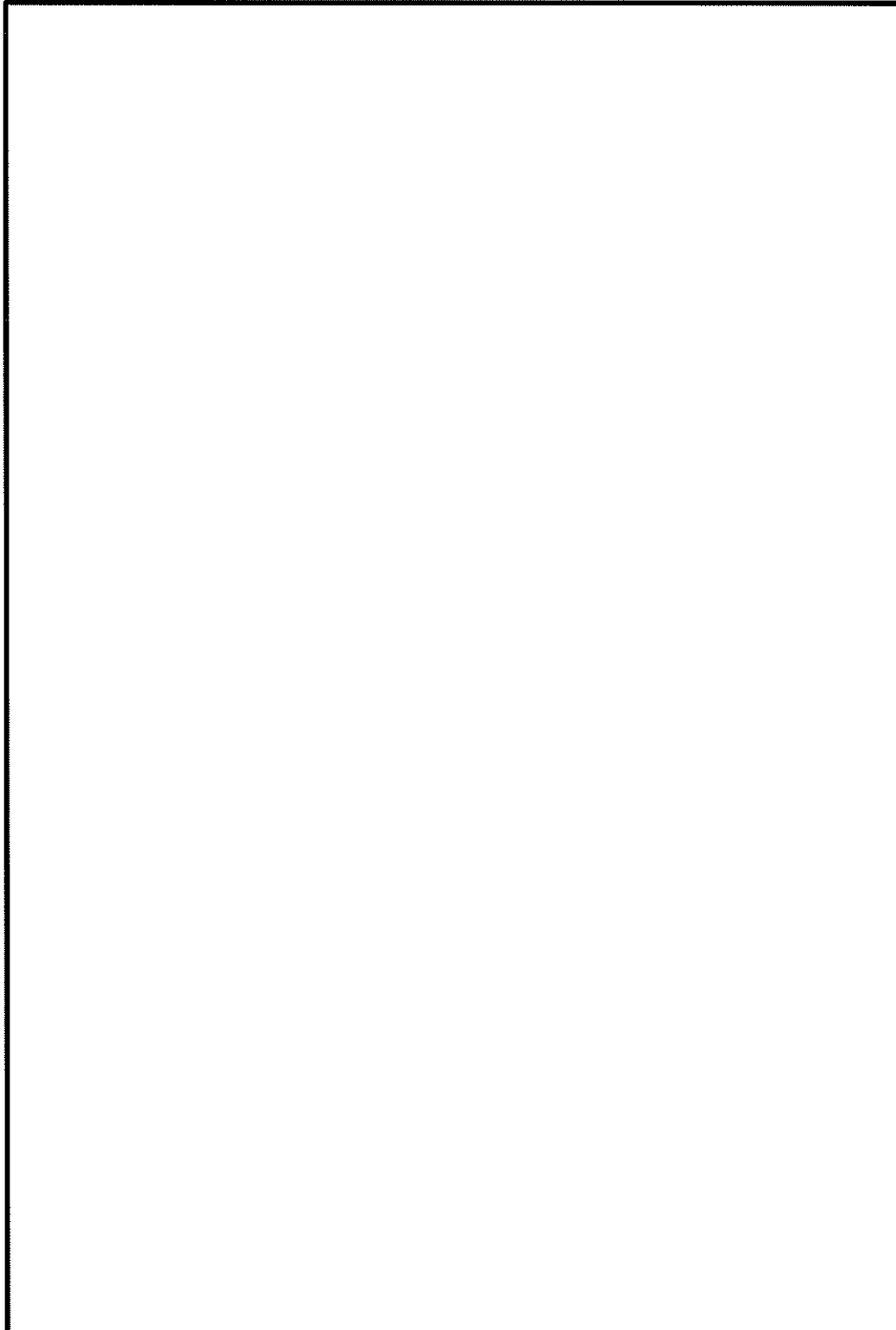
その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の燃料系統図  
(非常用発電装置(燃料設備))  
(1/1) (重大事故等対処設備)

四国電力株式会社

主 要 目 表				
ガ ス タ ー ビ ン	種 類	—	[ ]	
	出 力	kW/個	5,200	
	入 口 圧 力	MPa	[ ]	
	出 口 圧 力	MPa	[ ]	
	入 口 温 度	℃	[ ]	
	出 口 温 度	℃	[ ]	
	設 計 外 気 温 度	℃	40	
	回 転 速 度	min <sup>-1</sup>	18,000	
	被 動 機 一 体 の 危 険 速 度	min <sup>-1</sup>	一次	[ ]
			二次	[ ]
三次			[ ]	
排 出 ガ ス 量	m <sup>3</sup> /h/個	[ ]		
個 数	—	1		



主 要 目 表			
ガ ス タ ー ビ ン	取 付 箇 所	系 統 名 (ライン名)	— 非常用ガスタービン発電機
		設 置 床	— 非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.7m
		溢 水 防 護 上 の 区 画 番 号	— GT-2-A
		溢 水 防 護 上 の 配 慮 が 必 要 な さ 高 さ	— EL. 32.7m 以上

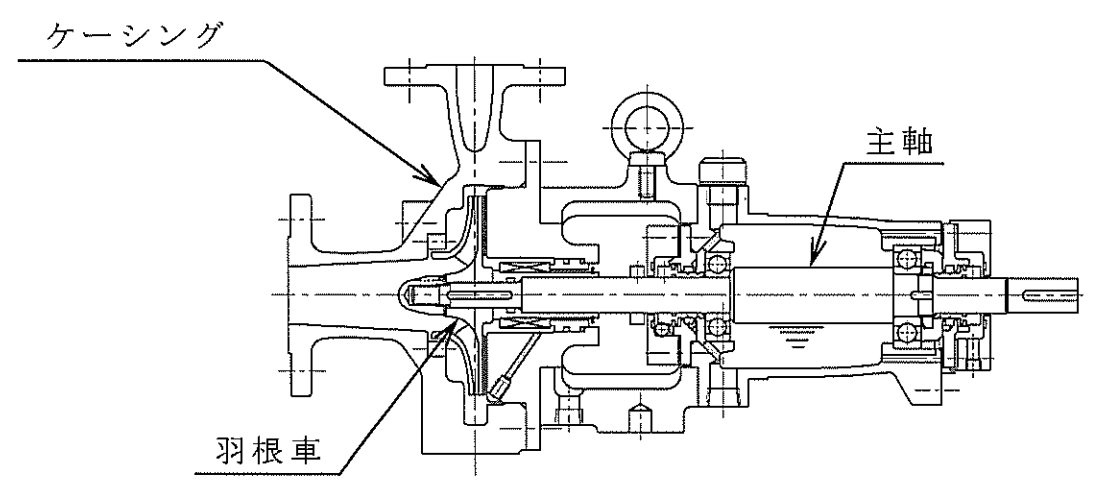
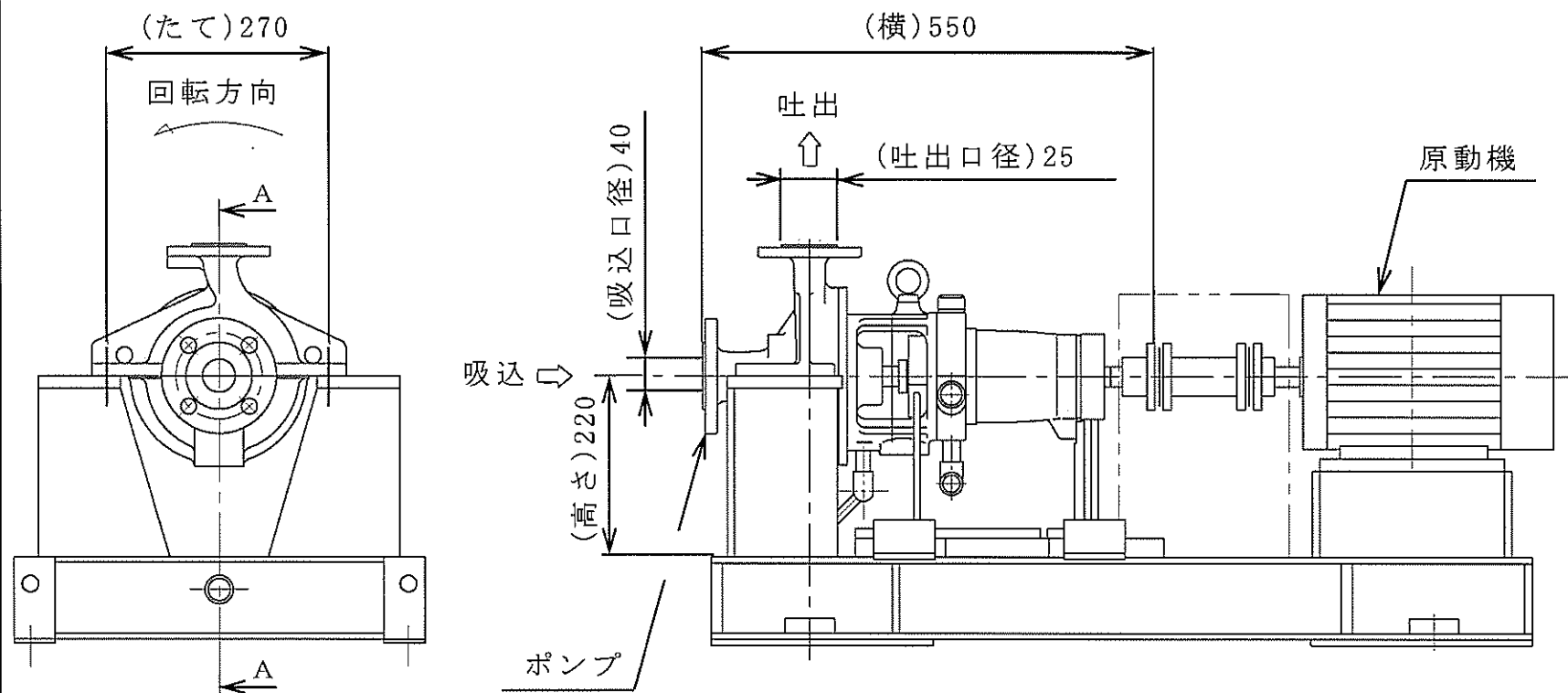


主 要 目 表			
非常用ガスタービン発電機 調速装置	種 類	—	電気式
非常用ガスタービン発電機 非常調速装置	種 類	—	電気式

非常用ガスタービン発電機  
非常調速装置

非常用ガスタービン発電機  
調速装置

工事計画認可申請	第 2-3-1 図
伊 方 発 電 所 第 3 号 機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機 ガスタービン	
四 国 電 力 株 式 会 社	



A-A 断面

主 要 目 表				
ポ ン プ	種 類	—	うず巻形	
	容 量	m <sup>3</sup> /h/個	□以上 (4.4)	
	揚 程	m	□以上 (30)	
	最 高 使 用 圧 力	MPa	0.5	
	最 高 使 用 温 度	℃	40	
	材 料	ケーシング	—	SCS13
	個 数	—	—	1
	取 付 箇 所	系 統 名 (ライン名)	—	非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ 非常用ガスタービン発電機燃料油ライン
	取 付 箇 所	設 置 床	—	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 24.85m
	取 付 箇 所	溢水防護上の 区画番号	—	GT-1-A
取 付 箇 所	溢水防護上の 配慮が必要な 高さ	—	EL. 25.2m 以上	
原 動 機	種 類	—	三相誘導電動機	
	出 力	kW/個	2.2	
	個 数	—	1	
	取 付 箇 所	—	ポンプと同じ	

(注) 寸法の単位は mm である。

工事計画認可申請	第 2-3-2 図
伊方発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	
四国電力株式会社	



第2-3-2図 「その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ」の補足

(1) 非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプの寸法許容範囲

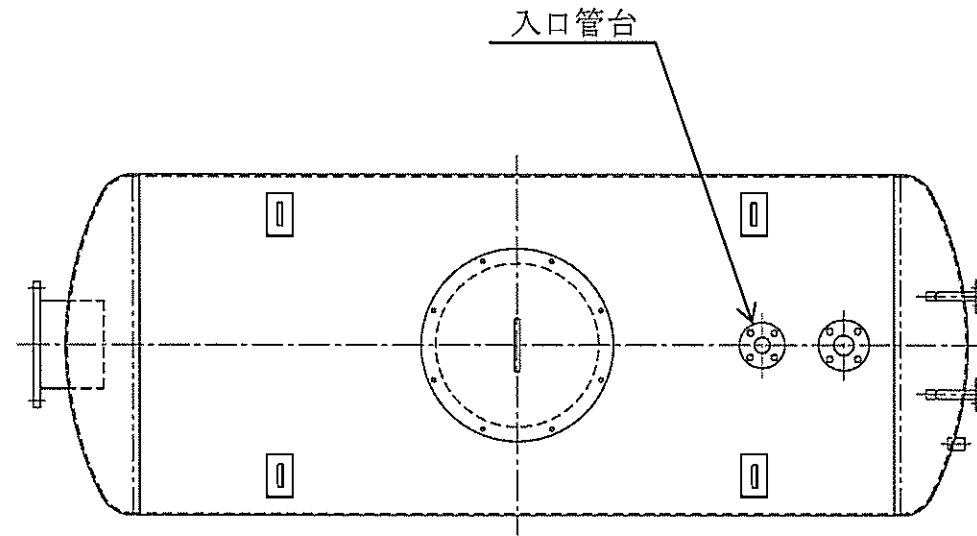
工事計画記載の非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプに関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法 (mm)			備 考
		最大値	公称値	最小値	
非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	吸込口径		40		第2-3-2図
	吐出口径		25		
	たて		270		
	横		550		
	高さ		220		

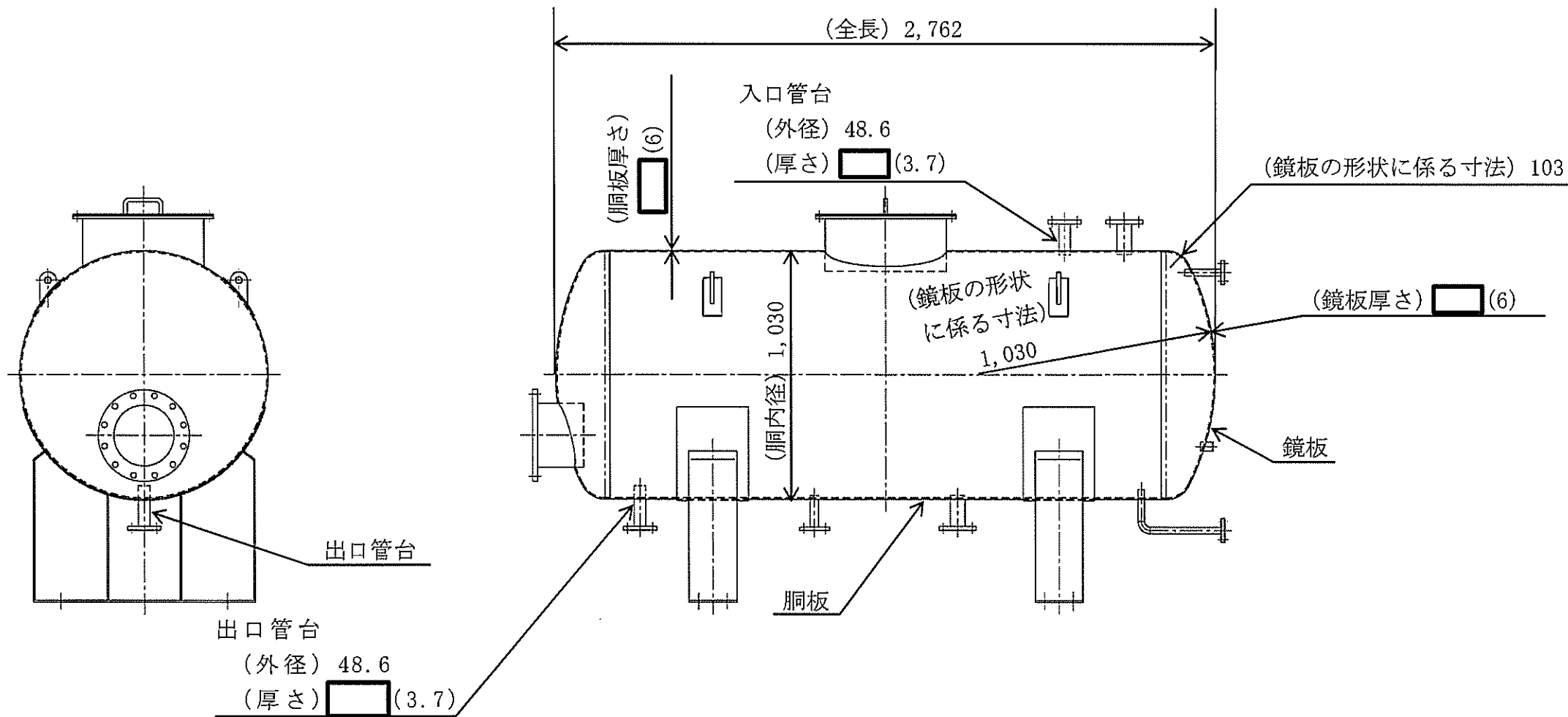
(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称		許容差 (mm)	根 拠
非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	吸込口径		メーカー基準
	吐出口径		メーカー基準
	たて		メーカー基準
	横		メーカー基準
	高さ		メーカー基準



主要目表			
種類	—	横置円筒形	
容量	kℓ/個	□以上 (1.95)	
最高使用圧力	MPa	大気圧	
最高使用温度	℃	40	
材料	胴板	—	SM400B
	鏡板	—	SM400B
個数	—	1	
取付箇所	系統名 (ライン名)	—	非常用ガスタービン発電機 燃料油サービスタンク 非常用ガスタービン発電機燃料油ライン
	設置床	—	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 37.5m
	溢水防護上の 区画番号	—	—
	溢水防護上の 配慮が必要な 高さ	—	



(注) 寸法の単位は mm である。

工事計画認可申請	第 2-3-3 図
伊方発電所第 3 号機 その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機 燃料油サービスタンク	
四国電力株式会社	

第2-3-3図「その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図(非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク」の補足

(1) 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンクの寸法許容範囲

工事計画記載の非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンクに関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法 (mm)			備 考
		最大値	公称値	最小値	
非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク	胴側	胴内径		1,030	第2-3-3図
		胴板厚さ		6	
	鏡側	鏡板厚さ		6	
		鏡板の形状に係る寸法		1,030 (注1) 103 (注2)	
	入口管台外径		48.6		
	入口管台厚さ		3.7		
	出口管台外径		48.6		
	出口管台厚さ		3.7		
	全長		2,762		

(注1) 鏡板の中央部における内面の半径を示す。

(注2) 鏡板のすみの丸みの内半径を示す。

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

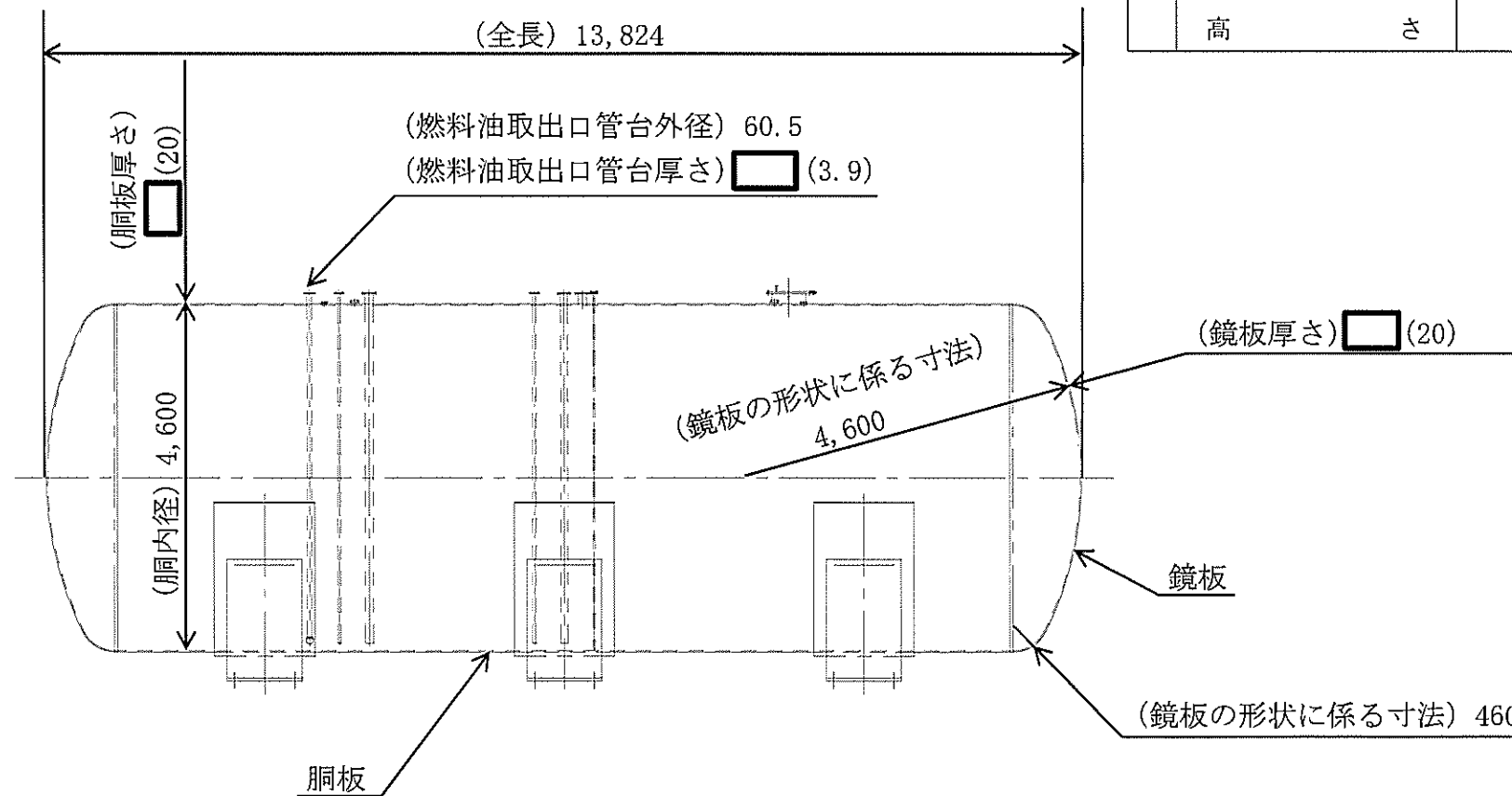
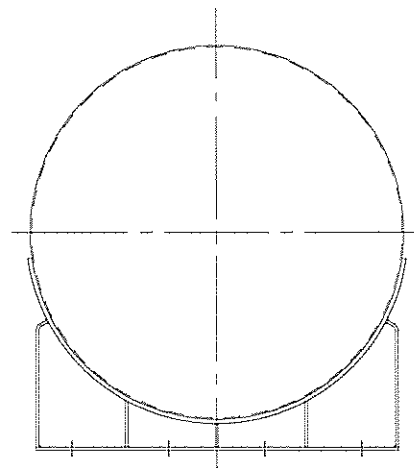
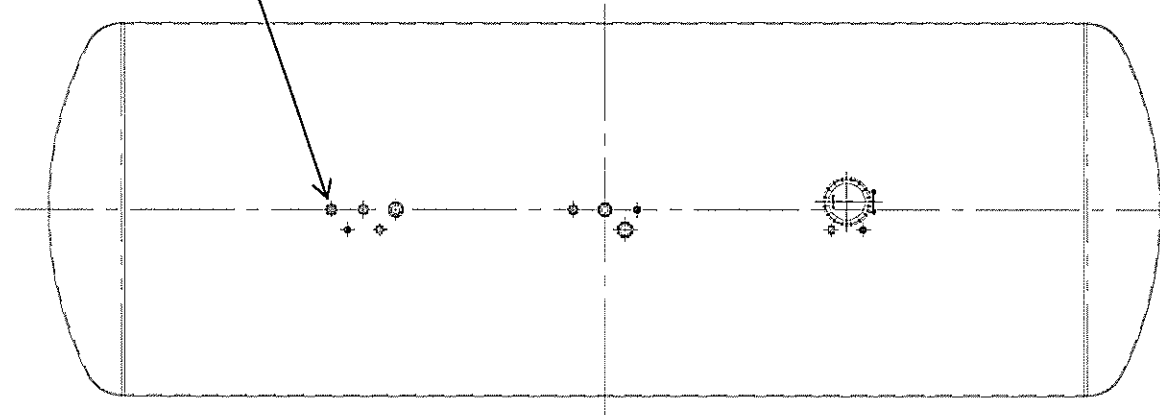
名 称		許容差	根 拠
非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク	胴側	胴内径	メーカー基準
		胴板厚さ	メーカー基準
	鏡側	鏡板厚さ	メーカー基準
		鏡板の形状に係る寸法	JIS B 8247
			JIS B 8247
	入口管台外径	JIS G 3456	
	入口管台厚さ	メーカー基準	
	出口管台外径	JIS G 3456	
	出口管台厚さ	メーカー基準	
	全長	メーカー基準	

出典：日本産業規格 JIS B 8247 「圧力容器用鏡板」

日本産業規格 JIS G 3456 「高温配管用炭素鋼管」



燃料油取出口管台



主 要 目 表			
種 類	—	横置円筒形	
容 量	kℓ/個	□以上 (200.0)	
最 高 使 用 圧 力	MPa	大気圧	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
材 料	胴 板	—	SM400B
	鏡 板	—	SM400B
個 数	—	2	
取 付 箇 所	系 統 名 (ライン名)	—	非常用ガスタービン発電機 燃料油貯油槽 3A A 非常用ガスタービン発電機 燃料油ライン
	設 置 床	—	屋外 EL. 24.6m 地下埋設
	溢水防護上の 区画番号	—	—
	溢水防護上の 配慮が必要な 高 さ	—	—
			非常用ガスタービン発電機 燃料油貯油槽 3B B 非常用ガスタービン発電機 燃料油ライン
			屋外 EL. 24.6m 地下埋設

(注) 寸法の単位は mm である。

工事計画認可申請	第 2-3-4 図
伊方発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置)	
非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽	
四国電力株式会社	

第2-3-4図「その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽」の補足

(1) 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽の寸法許容範囲

工事計画記載の非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法 (mm)			備 考	
		最大値	公称値	最小値		
非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽	胴側	胴内径	□	4,600	□	第2-3-4図
		胴板厚さ		20		
	鏡側	鏡板厚さ		20		
	鏡板の形状に係る寸法	4,657.5 <sup>(注1)</sup> —	4,600 <sup>(注1)</sup> 460 <sup>(注2)</sup>	4,571.25 <sup>(注1)</sup> 460 <sup>(注2)</sup>		
	燃料油取出口管台外径	61.105	60.5	59.895		
	燃料油取出口管台厚さ	□	3.9	□		
	全長	□	13,824	□		

(注1) 鏡板の中央部における内面の半径を示す。

(注2) 鏡板のすみの丸みの内半径を示す。

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

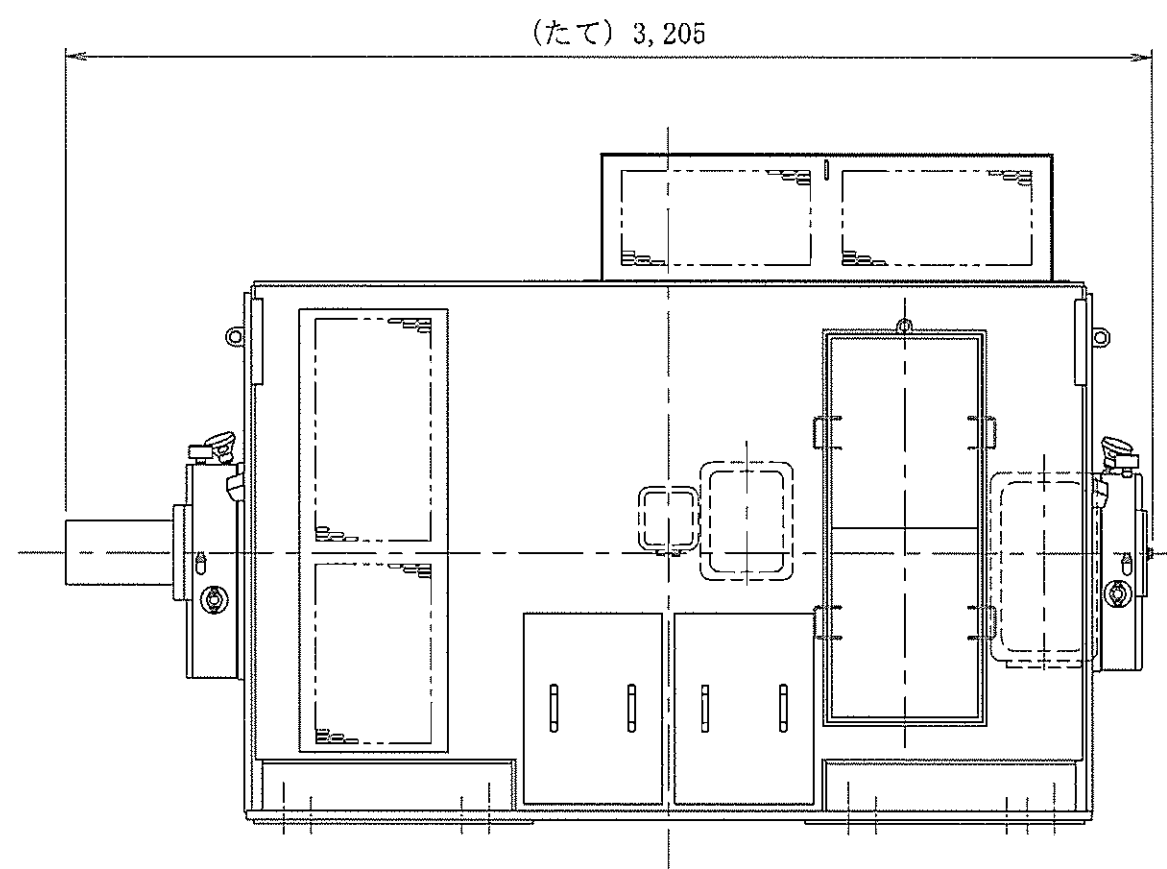
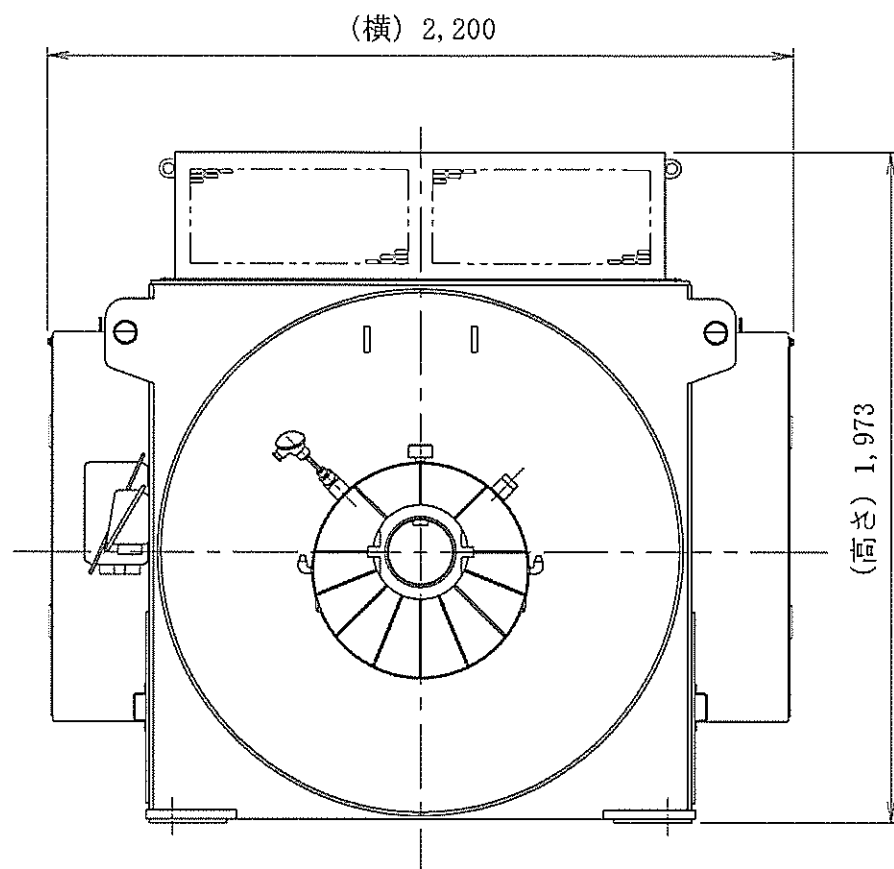
名 称		許容差	根 拠	
非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽	胴側	胴内径	メーカー基準	
		胴板厚さ		メーカー基準
	鏡側	鏡板厚さ		メーカー基準
		鏡板の形状に係る 寸法	公称値 +57.5mm、-28.75mm <sup>(注1)</sup>	JIS B 8247
			公称値 +規定しない、-0mm <sup>(注2)</sup>	JIS B 8247
	燃料油取出口管台外径	公称値 ±0.605mm	JIS G 3456	
	燃料油取出口管台厚さ	メーカー基準		
全長	メーカー基準			

出典：日本産業規格 JIS B 8247 「圧力容器用鏡板」

日本産業規格 JIS G 3456 「高温配管用炭素鋼管」

(注1) 鏡板の中央部における内面の半径を示す。

(注2) 鏡板のすみの丸みの内半径を示す。



主 要 目 表			
種 類	—	横置・円筒回転界磁形・開放保護形(IP20)・自由通流自力通流形・三相同期発電機	
容 量	kVA/個	6,000	
力 率	%	80 (遅れ)	
電 圧	V	6,900	
相	—	3	
周 波 数	Hz	60	
回 転 速 度	min <sup>-1</sup>	1,800	
結 線 法	—	星形	
冷 却 方 法	—	空冷	
個 数	—	1	

主 要 目 表			
取 付 箇 所	系 統 名 ( ラ イ ン 名 )	—	非常用ガスタービン発電機
	設 置 床	—	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.7m
	溢 水 防 護 上 の 区 画 番 号	—	GT-2-A
	溢 水 防 護 上 の 配 慮 が 必 要 な 高 さ	—	EL. 32.7m 以上

(注) 寸法の単位は mm である。

工事計画認可申請	第 2-3-5 図
伊方発電所第 3 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機	
四国電力株式会社	



第2-3-5図「その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）非常用ガスタービン発電機」の補足

(1) 非常用ガスタービン発電機の寸法許容範囲

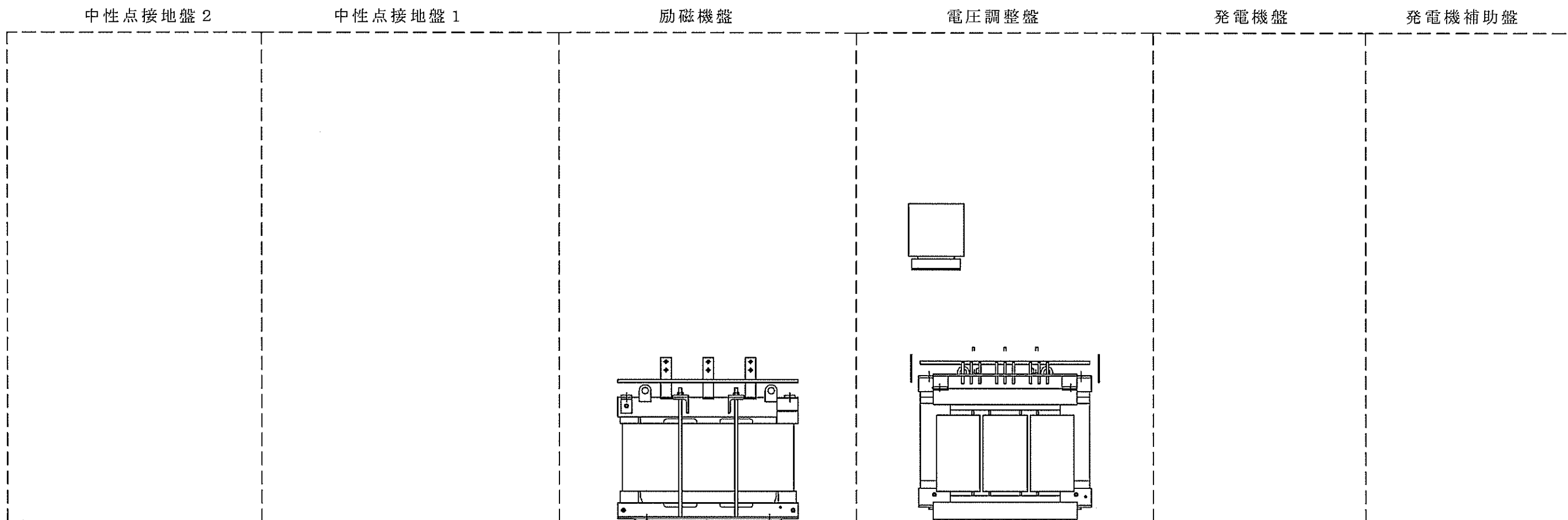
工事計画記載の非常用ガスタービン発電機に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法(mm)			備 考
		最大値	公称値	最小値	
ガ ス ター ビ ン 非 常 用 発 電 機	たて	3,235	3,205	3,175	
	横	2,230	2,200	2,170	
	高さ	1,998	1,973	1,948	

(2) 許容範囲の根拠

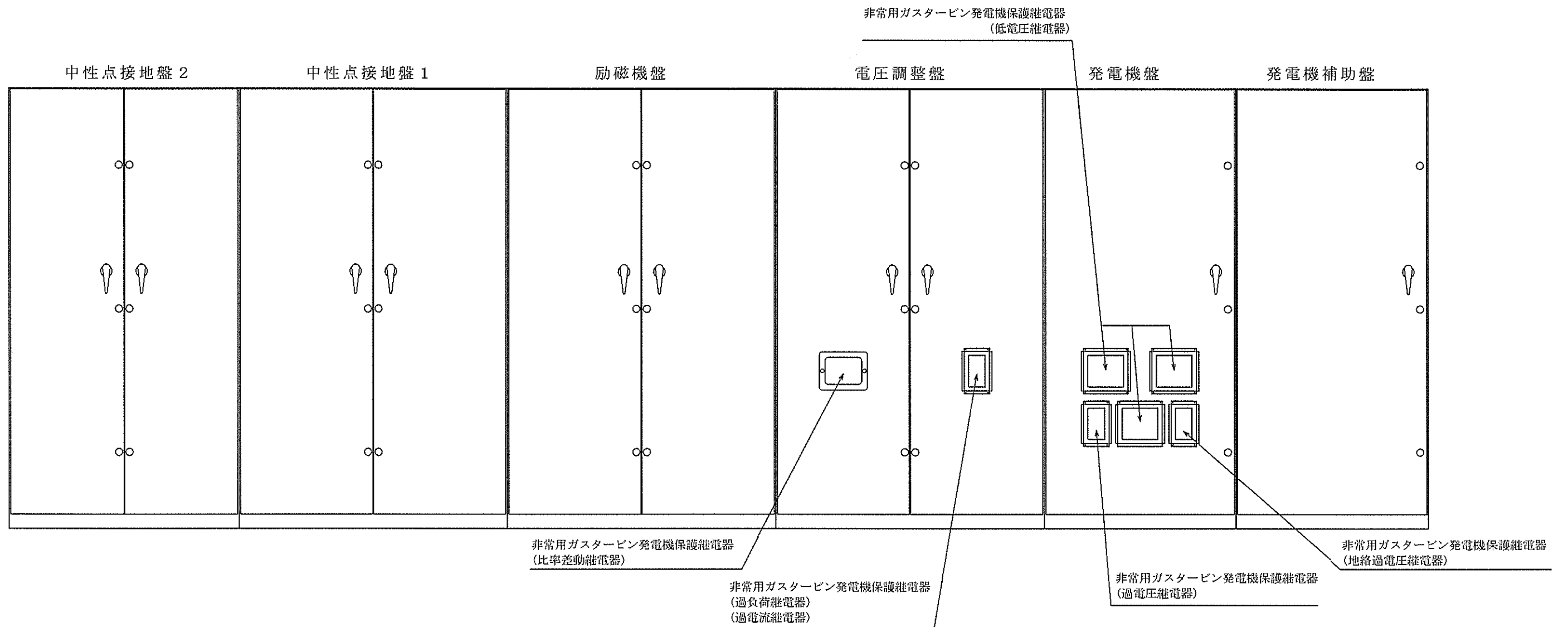
許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称		許容差(mm)	根 拠
ガ ス ター ビ ン 非 常 用 発 電 機	たて	公称値±30	メーカー基準
	横	公称値±30	メーカー基準
	高さ	公称値±25	メーカー基準



主 要 目 表			
種	類	—	静止励磁装置
容	量	kW/個	50
個	数	—	1
取 付 箇 所	系 統 名 ( ラ イ ン 名 )	—	非常用ガスタービン発電機
	設 置 床	—	非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.725m
	溢水防護上の区画番号	—	GT-2-B
	溢水防護上の 配慮が必要な高さ	—	EL. 32.725m 以上

工事計画認可申請	第 2-3-6 図
伊方発電所第 3 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機励磁装置	
四国電力株式会社	



主 要 目 表		
種	類	—
		(a) 自動遮断用 比率差動継電器 過電流継電器
		(b) 警報用 地絡過電圧継電器 過電圧継電器 過負荷継電器 低電圧継電器

工事計画認可申請	第 2-3-7 図
伊方発電所第 3 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備の構造図 (非常用発電装置) 非常用ガスタービン発電機保護継電器	
四国電力株式会社	

工事計画認可申請 第 3-1-1-1 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(1/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-1-1-2 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(2/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第 3-1-2-1 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(3/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第 3-1-2-2 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(4/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-1-3-1 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(5/8)

四国電力株式会社



工事計画認可申請

第 3-1-3-2 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(6/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第3-1-4-1 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(7/8)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-4-2 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面及び構造図  
(火災区域構造物及び火災区画構造物)  
(8/8)

四国電力株式会社

第3-1-1-1図、第3-1-2-1図、第3-1-3-1図及び第3-1-4-1図「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図(火災区域構造物及び火災区画構造物)」の補足

(1) 火災区域構造物及び火災区画構造物の寸法許容差

工事計画記載の火災区域構造物及び火災区画構造物に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法(mm)			備 考
		最大値 <sup>(注1)</sup>	公称値	最小値	
非常用ガスタービン 発電機建屋	壁	—			第3-1-2-1図 第3-1-3-1図 第3-1-4-1図
非常用ガスタービン 発電機燃料油貯油槽	壁	—			第3-1-1-1図

(注1) 火災区域又は火災区画構造物の耐火能力として、+側の許容差は規定しない

(注2) 公称値のうち最小のもの

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称		許容差(mm)		備 考
非常用ガスタービン 発電機建屋	壁	公称値	+ 規定しない <sup>(注1)</sup> - 5 <sup>(注2)</sup>	
非常用ガスタービン 発電機燃料油貯油槽	壁	公称値	+ 規定しない <sup>(注1)</sup> - 5 <sup>(注2)</sup>	

(注1) 火災区域又は火災区画構造物の耐火能力として、+側の許容差は規定しない

(注2) 出典：日本建築学会 「建築工事標準仕様書・同解説 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事 JASS 5N」

工事計画認可申請

第 3-1-5 図

伊方発電所第 3 号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面  
(消火設備) (1/2)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第 3-1-6 図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を  
明示した図面  
(消火設備) (2/2)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-1-7図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (1/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第3-1-8図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (2/28)

四国電力株式会社



工事計画認可申請

第3-1-9図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (3/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-10図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (4/28)

四国電力株式会社

第 3-1-7 図から第 3-1-10 図「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）」の補足

(1) 配管の寸法許容範囲

工事計画記載の管に関する公称値（外径、厚さ）の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法	外径(mm)	厚さ(mm)	備 考	
その他発電 用原子炉の 附属施設 火災防護 設備	管	2B	最大値	61.105	4.4	第 3-1-10 図
			公称値	60.5	3.9	
			最小値	59.895	3.4	
	管	2 1/2B	最大値	77.063	5.72	第 3-1-7 図
			公称値	76.3	5.2	
			最小値	75.537	4.68	
	管	2 1/2B	最大値	77.063	5.85	第 3-1-7 図 第 3-1-8 図 第 3-1-9 図 第 3-1-10 図
			公称値	76.3	5.2	
			最小値	75.537	4.55	

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる日本産業規格(JIS)に定める許容差は次のとおり。

名 称		外 径(mm)	厚 さ(mm)	根 拠	
その他発電 用原子炉の 附属施設 火災防護 設備	管	2B	公称値±1% (60.5+0.605/-0.605)	公称値±0.5 (3.9+0.5/-0.5)	JIS G 3459
	管	2 1/2B	公称値±1% (76.3+0.763/-0.763)	公称値±10% (5.2+0.52/-0.52)	JIS G 3459
	管	2 1/2B	公称値±1% (76.3+0.763/-0.763)	公称値±12.5% (5.2+0.65/-0.65)	JIS G 3459

出典：日本産業規格 JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼鋼管」

工事計画認可申請 | 第3-1-11図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (5/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-12図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (6/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-1-13図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (7/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-14図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (8/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-15図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (9/28)

四国電力株式会社



工事計画認可申請 | 第3-1-16図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (10/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請

第3-1-17図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (11/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-18図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (12/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-19図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (13/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-20図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (14/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-21図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (15/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-22図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (16/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-23図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (17/28)

四国電力株式会社



工事計画認可申請 | 第3-1-24図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (18/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-1-25図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (19/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-26図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (20/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-27図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (21/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-28図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (22/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-29図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (23/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-30図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (24/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-31図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (25/28)

四国電力株式会社



工事計画認可申請 | 第3-1-32図

伊方発電所第3号機  
その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (26/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-33図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (27/28)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 | 第3-1-34図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る主配管の  
配置を明示した図面  
(消火設備) (28/28)

四国電力株式会社

第 3-1-11 図から第 3-1-34 図「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る主配管の配置を明示した図面（消火設備）」の補足

(1) 配管の寸法許容範囲

工事計画記載の管に関する公称値（外径、厚さ）の許容範囲は次のとおり。

名	称	適用寸法	外径(mm)	厚さ(mm)	備 考	
火災防護 設備	管	1B	最大値	34.5	3.9	第 3-1-31 図 第 3-1-32 図 第 3-1-33 図
			公称値	34.0	3.4	
			最小値	33.5	2.9	
		1 1/4B	最大値	43.2	4.1	第 3-1-11 図 第 3-1-12 図 第 3-1-13 図 第 3-1-19 図 第 3-1-20 図 第 3-1-21 図 第 3-1-31 図 第 3-1-34 図
			公称値	42.7	3.6	
			最小値	42.2	3.1	
		1 1/2B	最大値	49.1	4.2	
			公称値	48.6	3.7	
			最小値	48.1	3.2	

名 称		適用寸法	外径 (mm)	厚さ (mm)	備 考	
火災防護 設備	管	2B	最大値	61.105	4.4	第 3-1-26 図 第 3-1-27 図 第 3-1-28 図
			公称値	60.5	3.9	
			最小値	59.895	3.4	
		2 1/2B	最大値	77.063	5.85	第 3-1-11 図 第 3-1-22 図 第 3-1-23 図 第 3-1-24 図 第 3-1-25 図 第 3-1-26 図
			公称値	76.3	5.2	
			最小値	75.537	4.55	
		3B	最大値	89.991	6.1875	第 3-1-11 図 第 3-1-28 図 第 3-1-29 図 第 3-1-31 図
			公称値	89.1	5.5	
			最小値	88.209	4.8125	

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる日本産業規格(JIS)に定める許容差は次のとおり。

名 称		外 径(mm)	厚 さ(mm)	根 拠
火災防護 設備	管	1B 公称値±0.5 (34.0+0.5/-0.5)	公称値±0.5 (3.4+0.5/-0.5)	JIS G 3459
		1 1/4B 公称値±0.5 (42.7+0.5/-0.5)	公称値±0.5 (3.6+0.5/-0.5)	JIS G 3459
		1 1/2B 公称値±0.5 (48.6+0.5/-0.5)	公称値±0.5 (3.7+0.5/-0.5)	JIS G 3459
		2B 公称値±1% (60.5+0.605/-0.605)	公称値±0.5 (3.9+0.5/-0.5)	JIS G 3459
		2 1/2B 公称値±1% (76.3+0.763/-0.763)	公称値±12.5% (5.2+0.65/-0.65)	JIS G 3459
		3B 公称値±1% (89.1+0.891/-0.891)	公称値±12.5% (5.5+0.6875/-0.6875)	JIS G 3459

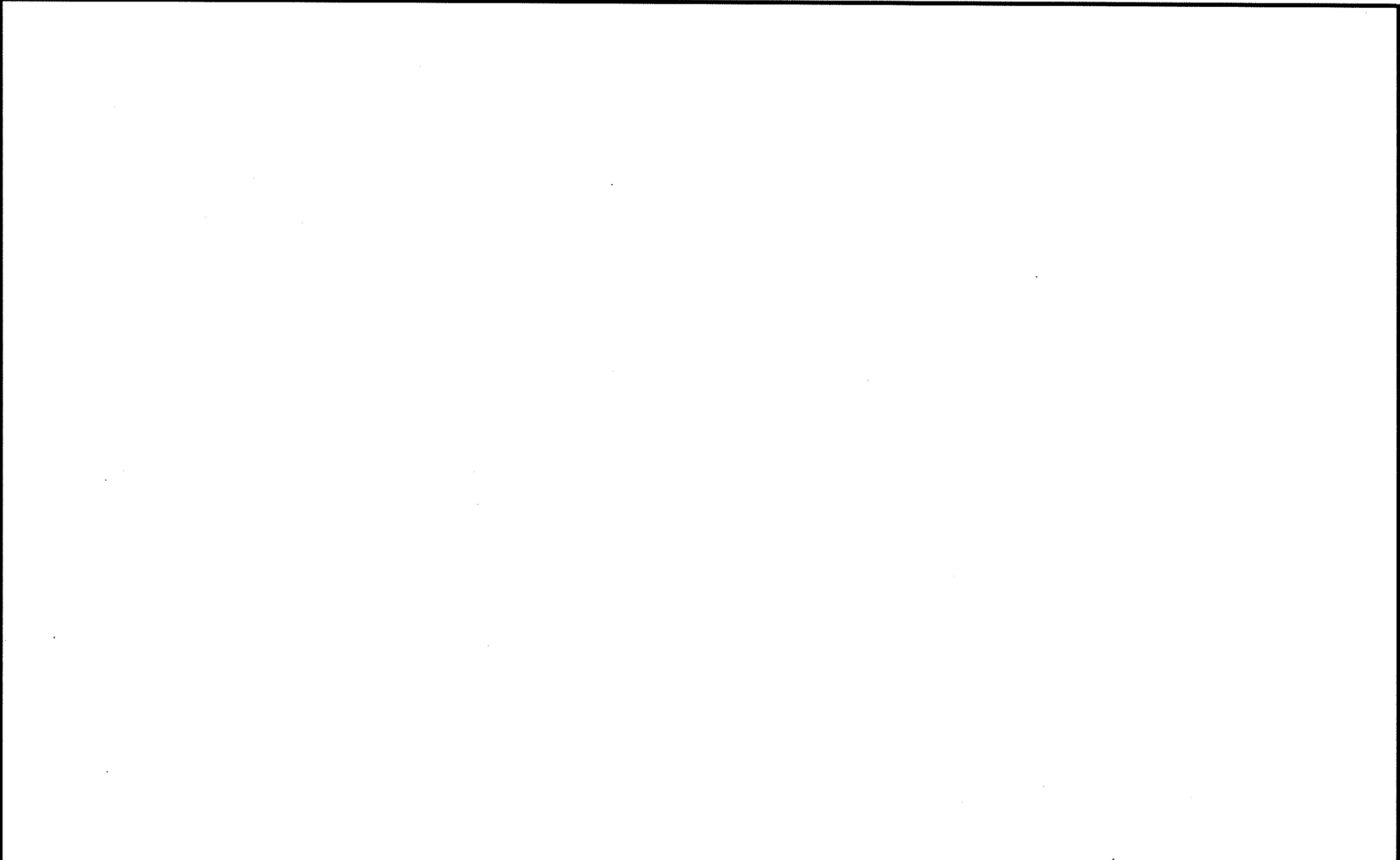
出典：日本産業規格 JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼鋼管」

工事計画認可申請 | 第3-2-1図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図  
(消火設備)  
(1/6)

四国電力株式会社



工事計画認可申請 | 第3-2-2図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図  
(消火設備)  
(2/6)

四国電力株式会社

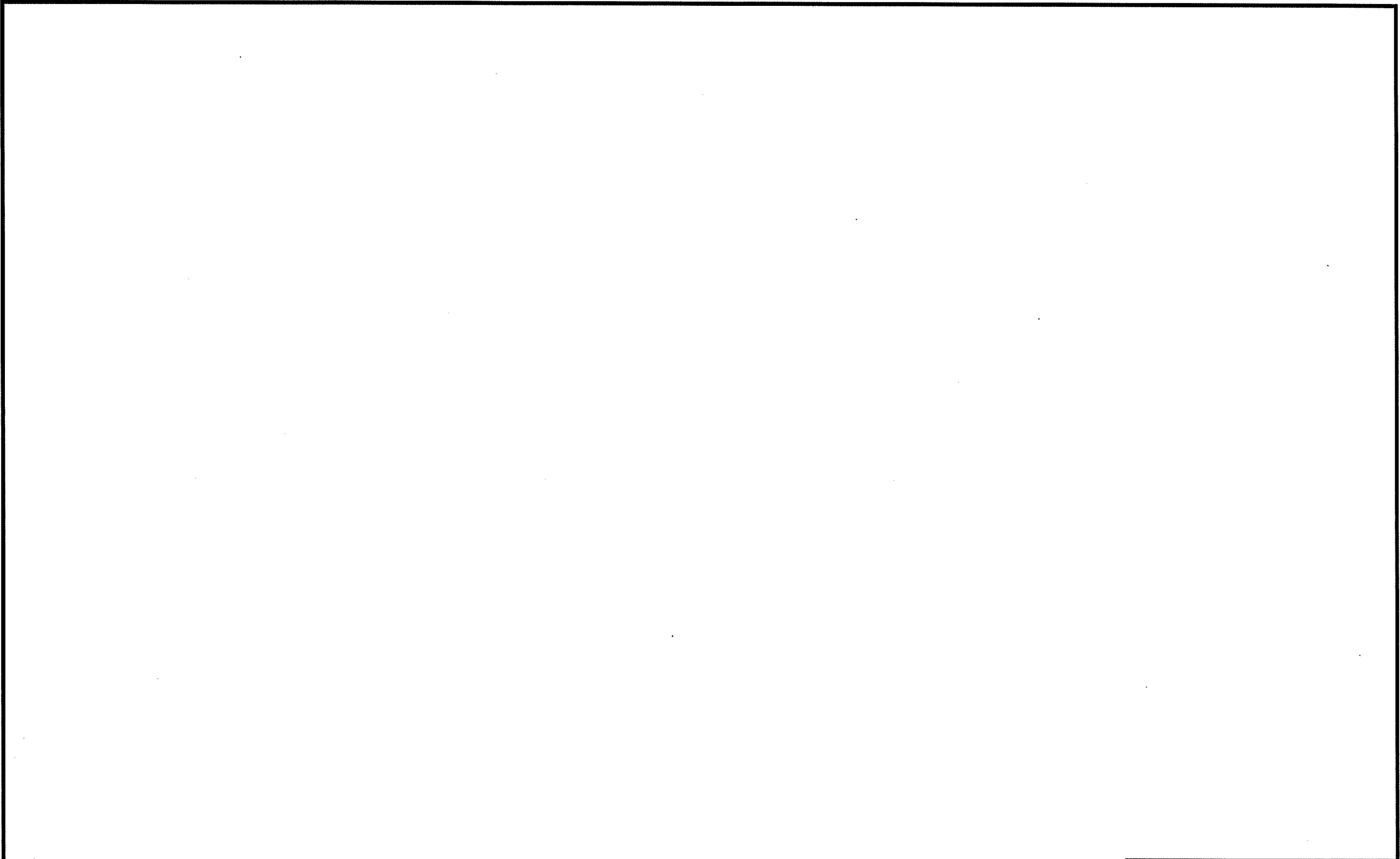


工事計画認可申請 | 第3-2-3図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図  
(消火設備)  
(3/6)

四国電力株式会社



工事計画認可申請	第3-2-4図
伊方発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の系統図 (消火設備) (4/6)	
四国電力株式会社	

工事計画認可申請 第3-2-5図

伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図  
(消火設備)  
(5/6)

四国電力株式会社

工事計画認可申請 第3-2-6図

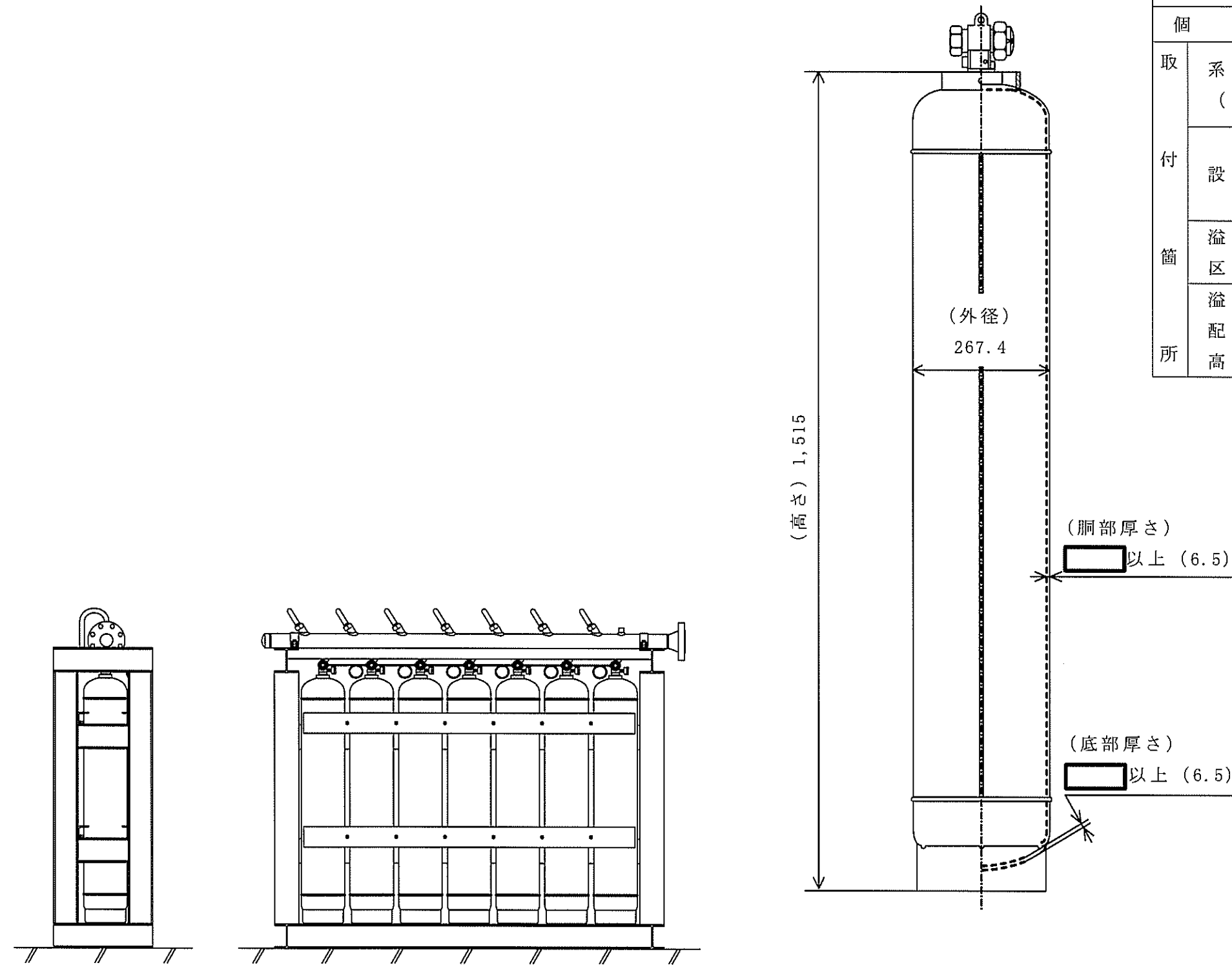
伊方発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図  
(消火設備)  
(6/6)

四国電力株式会社

主 要 目 表

種 類	—	溶接容器	
容 量	ℓ/個	□以上 (70)	
最 高 使 用 圧 力	MPa	5.2	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
材 料	—	SM520B	
個 数	—	19	
取 付 箇 所	系 統 名 (ライン名)	—	ハロン消火系統
	設 置 床	—	非常用ガスタービン発電機建屋 〔 EL. 32.7m : 7本 EL. 41.0m : 12本 〕
筒 所	溢水防護上の 区画番号	—	—
	溢水防護上の 配慮が必要なき 高 さ	—	



設置例

(注) 寸法の単位は mm である。

工事計画認可申請	第 3-3-1 図
伊方発電所第 3 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の構造図 (消火設備) ハロンボンベ (非常用ガスタービン発電機建屋)	
四国電力株式会社	

第3-3-1図 「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の構造図（消火設備）ハロンポンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）」の補足

(1) ハロンポンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）の寸法許容範囲

工事計画記載のハロンポンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法 (mm)			備 考
		最大値	公称値	最小値	
ハロンポンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）	外径		267.4		第3-3-1図
	高さ		1,515		
	胴部厚さ		6.5		
	底部厚さ		6.5		

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称		許容差 (mm)	根 拠
ハロンポンベ（非常用ガスタービン発電機建屋）	外径		高圧ガス保安法（容器保安規則）
	高さ		メーカー基準
	胴部厚さ		高圧ガス保安法（容器保安規則）及びメーカー基準
	底部厚さ		高圧ガス保安法（容器保安規則）及びメーカー基準