

添付計算書 1-1 加工施設の耐震性に関する説明書  
(耐震設計の基本方針)

## 目 次

ページ

1. 概要	(1)	—添付計算書1-1-1
2. 耐震設計の基本方針	(1)	—添付計算書1-1-1
2.1 基本方針	(1)	—添付計算書1-1-1
2.2 適用規格	(1)	—添付計算書1-1-1
3. 耐震重要度分類	(1)	—添付計算書1-1-2
3.1 耐震重要度分類	(1)	—添付計算書1-1-2
3.2 波及的影響に対する考慮	(1)	—添付計算書1-1-2
4. 設計用地震力	(1)	—添付計算書1-1-2
4.1 建物	(1)	—添付計算書1-1-3
4.2 設備・機器	(1)	—添付計算書1-1-3
5. 安全機能（閉じ込め）維持の基本方針	(1)	—添付計算書1-1-3
5.1 構造強度	(1)	—添付計算書1-1-3
6. 構造計画と配置計画	(1)	—添付計算書1-1-4
7. 設備・機器の支持方針について	(1)	—添付計算書1-1-4
8. 耐震計算方針	(1)	—添付計算書1-1-4
8.1 建物	(1)	—添付計算書1-1-4
8.2 設備・機器	(1)	—添付計算書1-1-4

## 1. 概要

本資料は、本施設の耐震設計が「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及び「加工施設の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」並びに事業変更許可申請書（許可番号：原規発第1705174号（平成29年5月17日付け））に適合していることを説明するものである。

## 2. 耐震設計の基本方針

### 2.1 基本方針

本施設の耐震設計は、地震により安全機能が損なわれることがないこと、大きな事故を誘発することがないことを目的とし、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に適合する設計とする。

- (1) 本施設においては、安全上重要な施設はなく、Sクラスに該当する設備・機器等はないことを踏まえ、本施設のうち、UF<sub>6</sub>を内包する設備・機器及び当該設備・機器に求められる安全機能を維持するために必要な設備・機器並びにこれらを収納する建物は、地震の発生によって生じるおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線並びに化学的毒性による公衆への影響を防止する観点から、当該設備・機器の安全機能が喪失した場合の影響に応じて、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」で定める第1類、第2類又は第3類に分類（以下「耐震重要度分類」という。）し、それぞれの分類に応じた耐震設計を行う。
- (2) 本施設のうちUF<sub>6</sub>を内包する設備・機器及び当該設備・機器に求められる安全機能を維持するために必要な設備・機器並びにこれらを収納する建物は、耐震重要度分類に従い、濃縮・埋設事業所の敷地及びその周辺における過去の記録、現地調査を参照して、最も適切と考えられる設計地震力に十分耐える設計とする。
- (3) UF<sub>6</sub>を内包する設備・機器及び当該設備・機器に求められる安全機能を維持するために必要な設備・機器を収納する建物については、耐震重要度分類の各分類に応じて算定す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。
- (4) 耐震重要度分類の各分類とも、原則として静的設計法を基本とし、上位に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないものとする。また、下位の分類に属するものを上位の分類の施設と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。

### 2.2 適用規格

適用する規格としては、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請で適用実績のある規格のほか、最新の規格及び基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

なお、規格及び基準に規定のない評価手法を用いる場合は、既往研究等において、試験、研究等により妥当性が確認されている手法、設定等について、適用条件、適用範囲に留意し、その適用性を確認したうえで用いる。

主な適用規格を以下に示す。

- ・日本産業規格（JIS）
- ・鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会、2005）  
（以下「鋼構造設計規準（2005）」という。）
- ・建築設備耐震設計・施工指針 2014年版（（財）日本建築センター、2014）  
（以下「建築設備耐震設計・施工指針（2014）」という。）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会、2010）  
（以下「各種合成構造設計指針・同解説（2010）」という。）
- ・発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012（（社）日本機械学会、2012）  
（以下「発電用原子力設備規格 材料規格（2012）」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）  
（以下「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」という。）
- ・建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会、2001）  
（以下「建築基礎構造設計指針（2001）」という。）

- ・地震力に対する建築物の基礎の設計指針（(財)日本建築センター、1989）  
（以下「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1989）」という。）
- ・鋼構造塑性設計指針（(社)日本建築学会、2017）  
（以下「鋼構造塑性設計指針（2017）」という。）

### 3. 耐震重要度分類

#### 3. 1 耐震重要度分類

事業変更許可申請書（許可番号：原規規発第 1705174 号（平成 29 年 5 月 17 日付け））に基づき、本施設の建物、設備及び機器について、地震の発生による建物、設備及び機器の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて分類し、それぞれの分類に応じた耐震設計を行う。

耐震設計上の重要度を以下のとおり分類する。

##### (1) 第 1 類について

- 設備及び機器のうち、5 kg U 以上の UF<sub>6</sub> を内包するもの（隔離弁までの主要配管と隔離弁を含む）
- 汚染のおそれのある区域（以下「第 1 種管理区域」という。）からの排気処理するフィルタ、排風機及びフィルタ、排風機及びフィルタから排気口までのダクト（ダンパを含む）並びに送風機と第 1 種管理区域の各室をつなぐダクト（ダンパを含む）
- 上記 a.、b. の設備及び機器の安全機能の維持に必要な周辺設備
- 事故時の監視・操作、UF<sub>6</sub> の漏えい等の監視設備及びこれらの設備に電源を供給する設備
- 上記 a. ～ d. の設備及び機器を収納する建物及び構築物

##### (2) 第 2 類について

- 設備及び機器のうち、5 kg U 未満の UF<sub>6</sub> を内包するもの（これらをつなぐ主要配管（弁を含む）、ダクト（ダンパを含む）及びこれらの設備及び機器と第 1 類の設備及び機器間をつなぐ主要配管（弁を含む）を含む）
- 第 1 種管理区域の負圧及び排気経路を維持するために必要な設備及び機器並びにダクト（ダンパを含む）
- 上記 a.、b. の設備及び機器の安全機能の維持に必要な周辺機器
- 第 1 類以外の建物及び構築物

##### (3) 第 3 類について

第 1 類及び第 2 類以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される設備及び機器

#### 3. 2 波及的影響に対する考慮

上位の耐震重要度分類の施設に波及的破損を生じさせる可能性のある下位の分類の施設は、上位の分類の地震力を用いて設計を行い波及的破損が生じないようにする。下位の分類の設備・機器等を上位の分類の建物及び構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。

### 4. 設計用地震力

耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とし、設計に用いる静的地震力は次のとおりとする。

#### 4. 1 建物

建物の耐震設計に用いる静的地震力については、建築基準法施行令第88条に規定する地震層せん断力係数（ $C_i$ ）に、耐震重要度分類に応じた割り増し係数を乗じて算定する。ここで、地震層せん断力係数は、標準せん断力係数（ $C_0$ ）を0.2とする。

また、必要保有水平耐力の算定に使用する標準せん断力係数（ $C_0$ ）は1.0とする。なお、設計基準を超える条件に対する設計においては、1Gの静的地震力を用いる。

割り増し係数

耐震重要度分類第1類：1.5 以上

耐震重要度分類第2類：1.25 以上

#### 4. 2 設備・機器

設備・機器の耐震設計の一次設計に用いる静的地震力は、建築基準法施行令第88条により定まる地震層せん断力係数（ $C_i$ ）に、耐震重要度に応じた割り増し係数を乗じたものに20%増しして算定する。

二次設計に用いる静的地震力は、一次設計で求めた地震力に1.5を乗じたものとする。

また、設計基準を超える条件に対する設計においては、水平方向の1Gの静的地震力及び水平方向の1/2の大きさの垂直方向の静的地震力を用いる。

なお、設備・機器の設計に当たっては剛構造を基本とし、それが困難な場合には動的解析等適切な方法により設計する。

割り増し係数

耐震重要度分類第1類：1.5 以上

耐震重要度分類第2類：1.25 以上

耐震重要度分類第3類：1.0 以上

### 5. 安全機能（閉じ込め）維持の基本方針

耐震設計における安全機能（閉じ込め）維持は、耐震重要度分類に応じた静的地震力に対して、施設の構造強度を確保することを基本とする。

#### 5. 1 構造強度

加工施設は、耐震重要度分類に応じた静的地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せを適切に考慮したうえで、構造強度を確保する設計とする。

##### (1) 耐震設計上考慮する状態

###### a. 運転時の状態

加工施設が運転状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態

###### b. 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪）

##### (2) 荷重の種類

###### a. 加工施設のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重）

###### b. 運転時の状態で施設に作用する荷重

###### c. 地震力、風荷重、積雪荷重

##### (3) 荷重の組合せ

###### a. 建物

建築基準法等関係法令に基づき加工施設のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重及び積雪荷重、風荷重、静的地震力を適切に組み合わせる。

## b. 設備・機器

通常の運転時の状態で施設に作用する荷重と静的地震力とを組み合わせる。

### (4) 許容限界

各施設の静的地震力と他の荷重を組み合わせた状態に対する許容限界は、建築基準法等関係法令、鋼構造設計規準(2005)、鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)、日本産業規格等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

## 6. 構造計画と配置計画

本施設の建物、設備・機器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。

建物は、地震に対し十分な支持性能を有する地盤(N値50以上の十分な地耐力を有する地盤)に支持させる。

設備・機器は、適用する静的地震力に対して、必要な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、安定性のよい据付状態となるよう、「7. 設備・機器の支持方針について」に示す方針に従い配置する。

屋外には漏えい事故の起因となる重要度の高い設備・機器は設置しない設計とする。なお、屋外に設置する設備・機器は、事業変更許可申請書で確認された十分な支持性能を有する地盤に設置するとともに耐震設計において、判定基準に対して十分な安全余裕を確保することで、風、積雪が安全上の支障とならないように設計する。

また、建物間の地震時の相対変位を考慮しても、建物の耐震安全性を確保する設計とするとともに、これにより建物に収納されている設備・機器の機能に影響を及ぼさない設計とする。

## 7. 設備・機器の支持方針について

設備・機器本体については、「5. 安全機能(閉じ込め)維持の基本方針」に基づいて耐震設計を行う。それらを支持する構造物についての設計方針は以下のとおりとする。

機器、配管、ダクトの耐震支持材(支持架構、アンカサポート、Uボルト等)については、設計及び工事の方法の認可申請で使用実績のある建築設備耐震設計・施工指針(2014)、鋼構造設計規準(2005)及び各種合成構造設計指針・同解説(2010)等に基づき、適切に設計、施工する。なお、Uボルト等の支持装置の設計に当たっては、上記指針類に基づき、定格荷重又は最大使用荷重に対して、十分な強度のある部材を選定する。また、 $U_F$ を内包する設備・機器を支持する主要な架構については、計算により構造強度を確認し安全機能(閉じ込め)を維持できることを確認する。

## 8. 耐震計算方針

前述の各方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うに当たり、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請で実績があり、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うえで適用する。

### 8.1 建物

耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とし、建築基準法等関係法令に基づいて行う。なお、建築基準法等関係法令に基づく設計として、一次設計及び二次設計を行う。また、第1類の建物は、設計基準を超える条件に対する設計として、1Gの水平方向の静的地震力に対して、建物が終局に至らないことを確認する。

具体的な耐震計算方針は、「添付計算書1-2」に示す。

### 8.2 設備・機器

耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とし、耐震重要度分類の各類とも一次設計を行う。なお、第1類の設備・機器については、一次設計に加え、二次設計を行う。また、 $U_F$ を内包する第1類及び第2類の設備・機器は、1Gの水平方向の静的地震力及び水平方向の1/2

の大きさの垂直方向の静的地震力に対して降伏し、塑性変形する場合でも、過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを、設計基準を超える条件に対する設計として確認する。

具体的な耐震計算方針は、「添付計算書1-3」に示す。

添付計算書 1-2 加工施設の耐震性に関する説明書  
(建物の耐震計算方針)



## 目 次

ページ

1. 概要	(1)	－添付計算書1－2－1
2. 建物の耐震計算方針	(1)	－添付計算書1－2－1
2. 1 耐震計算の基本方針	(1)	－添付計算書1－2－1
2. 2 耐震計算手順	(1)	－添付計算書1－2－1

## 1. 概要

本資料は、「添付計算書1-1 加工施設の耐震性に関する説明書(耐震設計の基本方針)」(以下「耐震設計の基本方針」という。)に基づく、建物の耐震計算方針を示す。

## 2. 建物の耐震計算方針

耐震設計の基本方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うに当たり、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請で実績があり、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うえで適用する。

### 2. 1 耐震計算の基本方針

- (1) 耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とし、建築基準法等関係法令に基づいて行う。なお、建築基準法等関係法令に基づく設計として、各部材断面に生じる応力度が部材の許容応力度を超えないことを確認する一次設計と、変形能力に基づく耐震安全性を確認する二次設計を行う。
- (2) 一次設計で考慮する荷重は、建築基準法等関係法令に基づき、長期の検討において用いられる荷重(固定荷重、積載荷重、積雪荷重)に加え、短期の検討においては風荷重、地震荷重についても適切に組み合わせた荷重とし、耐震性に関する説明書の耐震性評価においては、既認可の設工認申請書での実績を踏まえ、地震荷重が風荷重を上回ることを確認したうえで、長期の検討において用いられる荷重(固定荷重、積載荷重、積雪荷重)に加え、地震荷重を組み合わせた荷重による応力度の確認を示す。
- (3) 設計基準を超える条件に対する設計として、第1類の建物は1Gの静的地震力に対して、建物が終局に至らないことを確認する。
- (4) 隣接する各建物間にクリアランスを設けることにより、耐震設計上独立した構造であることを前提として耐震計算を行う。

### 2. 2 耐震計算手順

- (1) 建築基準法等関係法令に基づく耐震設計の手順を図-1に示す。
- (2) 建物及び構築物の耐震設計に用いる静的地震力については、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」のとおり、建築基準法施行令第88条に規定する地震層せん断力係数( $C_i$ )に、耐震重要度に応じた割り増し係数( $n$ )を乗じて算定する。ここで、地震層せん断力係数は、標準せん断力係数( $C_0$ )を0.2とする。

割り増し係数( $n$ )

耐震重要度分類第1類: 1.5 以上

耐震重要度分類第2類: 1.25 以上

## 2. 2. 1 一次設計

- (1) 一次設計は、静的地震力等に対して弾性域に留まるよう、建物の各構成部材断面（梁、柱、壁等）に生じる応力度が各部材の許容応力度を超えないことを確認する。
- (2) 静的地震力等の荷重及び荷重の組合せは以下のとおり、建築基準法等関係法令に基づき、長期の検討において用いられる荷重（固定荷重、積載荷重、積雪荷重）に加え、短期の検討においては風荷重、地震荷重についても考慮したものとする。

### a. 荷重

#### (a) 鉛直荷重

鉛直荷重（VL）は、「建築基準法施行令第82、83条」に基づき、以下のとおり設定する。

##### ・固定荷重（DL）

建物の自重で仕上げ荷重を含む。

##### ・積載荷重（LL）

建物に設置される機器、配管等による荷重である。

##### ・積雪荷重（SL）

六ヶ所村の最大積雪量190 cmを用いて、単位荷重を建築基準法で規定する0.03 kN/m<sup>2</sup>（積雪量10 mm当たり）とし、5.70 kN/m<sup>2</sup>とする。ただし、地震荷重と組み合わせる際には0.35を乗じる。

#### (b) 水平荷重

##### i. 地震荷重（S）

地震荷重は、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づき、「建築基準法施行令第88条」により以下のとおり算定する。

##### ・地上部の地震層せん断力

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot \sum W_i$$

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

##### ・地下部の地震層せん断力

$$Q_F = n \cdot K \cdot W_F + Q_1$$

地震荷重の算定に用いる記号の説明

$Q_i$  : 建築物の地上部分の*i*階の地震層せん断力

$n$  : 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数

$C_i$  : 地震層せん断力係数

$W_i$  : 当該層の重量

$\sum W_i$  : 当該層が支える重量

$Z$  : 地震地域係数（ $Z=1.0$ ）

$R_t$  : 振動特性係数（ $R_t=1.0$ ）※

$A_i$  : 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（ $C_0=0.2$ ）

$Q_F$  : 地下部分の地震層せん断力

$K$  : 地下水平震度（ $K=0.1$ ）

$W_F$  : 地下重量

$Q_1$  : 1階における地震層せん断力

※  $R_t$ 及び $A_i$ の算定に用いる一次固有周期は、「昭和55年建設省告示第1793号」により算定する。

ii. 風荷重 (WL)

風荷重は、「建築基準法施行令第87条」に基づき以下のとおり算定する風圧力に、各建物の受圧面積を乗じて算定する。

$$w = q \cdot C_f$$

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2$$

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

$$C_f = C_{pe} - C_{pi}$$

風荷重の算定に用いる記号の説明

- w : 風圧力
- q : 速度圧
- $C_f$  : 風力係数
- E : 速度圧の高さ方向の分布を示す係数
- $V_0$  : 基準風速 34 m/s (青森県) \*
- $E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布を示す係数
- $G_f$  : ガスト影響係数
- $C_{pe}$  : 外圧係数
- $C_{pi}$  : 内圧係数

※ 基準風速は、再現期間が概ね 50 年である暴風の 10 分間平均風速に相当する。この基準風速から最大瞬間風速を算定すると 45 m/s 程度であり、日最大瞬間風速 (41.3 m/s) を上回る。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「建築基準法施行令第82条」に基づき設定する。

鉛直荷重については、固定荷重、積載荷重、積雪荷重を加え合わせたものを示しており、部材の厚さに応じた重量や、屋根には積雪荷重を作用させる等、その場所に応じて設定する。

水平荷重については、算出した風荷重と風荷重による層せん断力が同じ短期の水平荷重である地震荷重による層せん断力に比べて小さいことを確認し、地震荷重を用いる。

荷重の組合せを次表に示す。

荷重の組合せ

鉛直荷重	水平荷重	許容応力度
VL	地震荷重	短期

(3) 各部材 (梁、柱、壁等) に生じる応力度が各部材の許容応力度を超えないことを各部材の構成を踏まえた応力評価を行い確認する。各部材の評価方法を以下に示す。

a. 主要構造が鉄筋コンクリート構造の建物

(a) 上部構造

上部構造については、耐震要素である耐震壁が全水平力を負担できるよう設計する。

耐震壁の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」に基づいて行う。

なお、耐震壁に生じる応力については、各耐震壁の水平剛性に応じて分配されるせん断力に対して、構成する部材を踏まえた応力評価を行う。

耐震性に関する説明書の耐震性評価においては、検定比が最大となる部材を示す。

(b) 基礎

基礎については、上部構造から伝達する力を負担できるように設計する。

基礎の断面算定は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」、「建築基礎構造設計指針（2001）」「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1989）」に基づいて行う。

なお、基礎に生じる応力については、各基礎の構造に応じて上部構造から伝達される力に対して、構成する部材を踏まえた応力評価を行う。

耐震性に関する説明書の耐震性評価においては、検定比が最大となる部材を示す。

b. 主要構造が鉄骨構造の建物

(a) 上部構造

上部構造については、耐震要素である柱梁等のフレームが全水平力を負担できるように設計する。

柱梁等のフレームの断面算定は「鋼構造設計規準（2005）」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」に基づいて行う。

なお、フレームに発生する応力については、各フレームの水平剛性に応じて分配されるせん断力に対して、構成する部材を踏まえた応力評価を行う。

耐震性に関する説明書の耐震性評価においては、検定比が最大となる部材と当該部材を含むフレームを示す。

(b) 基礎

a. (b)と同様。

2. 2. 2 二次設計

(1) 建物の規模等による耐震計算ルート（ルート1、2、3）を選択する。

- ・ ルート1は、比較的小規模な建物（鉄骨造であれば、階数3階以下、高さ13 m以下、鉄筋コンクリート造であれば、高さ20 m以下）を対象に一定以上の壁量、柱量を確保することにより各部材の強度により建物の耐震性を確保させる場合に適用する。
- ・ ルート2、3は、層間変形角（水平方向における各階の変形度合い）を確認し、建物の高さが31 mを超える建物はルート3を選択する。
- ・ ルート2は、建物の高さが31 m以下で、剛性率（各階の変形しにくさの偏り）、偏心率（重心と剛心の偏りの度合い）を確認し、一定以上の強度、剛性及び靱性を確保している場合に適用する。
- ・ ルート3は、建物の高さが31 mを超える建物等で大地震時の弾塑性挙動を踏まえた評価により、安全性（建物が倒壊しない）を確保する場合に適用する。
- ・ ルート1、2、3の選択は、各建物の各部材（柱、壁等）の量・位置、開口部の有無・位置等を総合的に勘案して、設計者による判断<sup>\*</sup>を行い、選択する。

※ 例えば、設置される機器の構成を踏まえた初期の平面計画が、既にルート1の規定を満足している場合や、若干の柱、壁の断面の見直し等により満足可能な場合は、ルート1を選択し、大幅な平面計画の見直しを伴う場合にはルート3を選択する、といった総合的な判断

a. 層間変形角

地震荷重による層間変位を階の高さで除すことにより層間変形角を算出し、建築基準法等関係法令に定まる判定基準を満足することを確認する。

b. 剛性率

地震荷重による各階の層間変形角から剛性率を算出し、建築基準法等関係法令に定まる判定基準を満足することを確認する。

c. 偏心率

各階の偏心率を算出し、建築基準法等関係法令に定まる判定基準を満足することを確認する。

d. 保有水平耐力

各建物の崩壊形が形成された際の各階のせん断力の総和として保有水平耐力を算出し、必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

(a) 保有水平耐力 ( $Q_u$ ) は、水平力に抵抗する各部材の耐力を加え合わせたものとし、以下のとおり算定する。

i. 耐震壁

各耐震壁の水平耐力は次式により算定する。なお、耐震壁の曲げ耐力はせん断耐力を上回っていることから、せん断耐力 ( $Q_w$ ) を各耐震壁の水平耐力としている。

$$Q_w = \left\{ \frac{0.068 p_{te}^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{\sqrt{M/(Q \cdot D) + 0.12}} + 0.85 \cdot \sqrt{p_{wh} \cdot \sigma_{wh} + 0.1 \sigma_0} \right\} \cdot t_e \cdot j$$

(「平成19年国土交通省告示第594号」による)

保有水平耐力の算定に用いる記号の説明

$Q_w$	: せん断耐力
$p_{te}$	: 等価引張鉄筋比
$F_c$	: コンクリートの設計基準強度
$M/(Q \cdot D)$	: せん断スパン比
$\sigma_{wh}$	: せん断補強筋の材料強度
$p_{wh}$	: せん断補強筋比
$\sigma_0$	: 耐震壁の全断面積に対する平均軸方向応力度
$t_e$	: 耐震壁の厚さ
$j$	: 応力中心距離

ii. 柱梁等のフレーム

柱梁等のフレーム部材の耐力については、「鋼構造塑性設計指針 (2017)」に基づき、構造に応じて以下に示す式により算定する。

・強軸まわりに曲げを受けるH形断面及び矩形中空断面の曲げ耐力 (全塑性モーメント  $M_{PC}$ )

$$\begin{aligned} \frac{N}{N_Y} \leq \frac{A_w}{2 \cdot A} \text{ のとき} & \quad M_{PC} = M_P \\ \frac{N}{N_Y} > \frac{A_w}{2 \cdot A} \text{ のとき} & \quad M_{PC} = \frac{2 \cdot A}{A + 2 \cdot A_f} \cdot \left( 1 - \frac{N}{N_Y} \right) \cdot M_P \end{aligned}$$

$$\frac{N}{N_Y} \leq \frac{A_w}{A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = \left\{ 1 - \frac{A^2}{(4A_f + A_w) \cdot A_w} \left( \frac{N}{N_Y} \right)^2 \right\} \cdot M_P$$

$$\frac{N}{N_Y} > \frac{A_w}{A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = \frac{2 \cdot A}{4 \cdot A_f + A_w} \cdot \left( 1 - \frac{N}{N_Y} \right) \cdot M_P$$

$$\frac{N}{N_Y} \leq \frac{A_w}{2 \cdot A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = M_P$$

$$\frac{N}{N_Y} > \frac{A_w}{2 \cdot A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = 1.14 \cdot \left( 1 - \frac{N}{N_Y} \right) \cdot M_P$$

記号の説明

- N : 作用軸力
- $N_Y$  : 降伏軸力 ( $N_Y = A \cdot \sigma_Y$ )
- A : 部材の全断面積
- $A_w$  : ウェブの断面積
- $A_f$  : 片側フランジの断面積
- $M_{PC}$  : 全塑性モーメント
- $M_P$  : 軸力がない場合の全塑性モーメント ( $M_P = Z_P \cdot \sigma_Y$ )
- $\sigma_Y$  : 鋼材の降伏応力度
- $Z_P$  : 塑性断面係数

- ・筋かいの引張側軸耐力 ( ${}_B N_Y$ )

$${}_B N_Y = \sigma_Y \cdot A$$

記号の説明

- $\sigma_Y$  : 降伏応力度
- A : 筋かいの断面積

- ・一様曲げを受けるH形断面の曲げ耐力 (横座屈強度 $M_{cr}$ )

SN400 材の場合

$$0 \leq \frac{l_b \cdot H}{A_f} \leq 300 \text{ のとき} \quad M_{cr} = M_P$$

$$300 < \frac{l_b \cdot H}{A_f} \leq 835 \text{ のとき} \quad M_{cr} = \left\{ 1 - 0.00075 \cdot \left( \frac{l_b \cdot H}{A_f} - 300 \right) \right\} \cdot M_P$$

$$835 < \frac{l_b \cdot H}{A_f} \text{ のとき} \quad M_{cr} = \frac{500}{l_b \cdot H/A} \cdot M_P$$

SN490 材の場合

$$0 \leq \frac{l_b \cdot H}{A_f} \leq 220 \text{ のとき} \quad M_{cr} = M_P$$

$$220 < \frac{l_b \cdot H}{A_f} \leq 605 \text{ のとき} \quad M_{cr} = \left\{ 1 - 0.0010 \cdot \left( \frac{l_b \cdot H}{A_f} - 220 \right) \right\} \cdot M_P$$

$$605 < \frac{l_b \cdot H}{A_f} \text{ のとき} \quad M_{cr} = \frac{363}{l_b \cdot H/A} \cdot M_P$$

記号の説明

- $M_{cr}$  : 一様曲げを受ける H 形断面材の横座屈強度。ただし、圧縮側が拘束されている場合は $M_{cr} = M_P$ とする。
- $M_P$  : 全塑性モーメント ( $M_P = Z_P \cdot \sigma_Y$ )
- $Z_P$  : 塑性断面係数
- $\sigma_Y$  : 鋼材の降伏応力度
- $l_b$  : 横補剛材の間隔
- H : 梁せい
- $A_f$  : 圧縮フランジの断面積

・弱軸まわりに曲げを受けるH形断面及び矩形中空断面の曲げ耐力(全塑性モーメント $M_{PC}$ )

$$\frac{N}{N_Y} \leq \frac{A_w}{A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = M_P$$

$$\frac{N}{N_Y} > \frac{A_w}{A} \text{ のとき} \quad M_{PC} = \left\{ 1 - \left( \frac{N - N_{WY}}{N_Y - N_{WY}} \right)^2 \right\} \cdot M_P$$

記号の説明

$N$	: 作用軸力
$N_Y$	: 降伏軸力 ( $N_Y = A \cdot \sigma_Y$ )
$A$	: 全断面積
$A_w$	: ウェブ断面積
$M_{PC}$	: 全塑性モーメント
$M_P$	: 軸力がない場合の全塑性モーメント ( $M_P = Z_P \cdot \sigma_Y$ )
$Z_P$	: 塑性断面係数
$\sigma_Y$	: 鋼材の降伏応力度
$N_{WY}$	: ウェブ部分のみの降伏軸力

(b) 必要保有水平耐力は次式により算定する。

$$Q_{un} = n \cdot D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

$$Q_{ud} = C_i \cdot \sum W_i$$

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

必要保有水平耐力の算定に用いる記号の説明

$Q_{un}$	: 各層の必要保有水平耐力
$n$	: 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数
$D_s$	: 層の構造特性係数
$F_{es}$	: 各層の形状係数
$Q_{ud}$	: 地震力によって各層に生じる水平力
$Z$	: 地震地域係数 ( $Z=1.0$ )
$C_i$	: 地震層せん断力係数
$W_i$	: 当該層の重量
$\sum W_i$	: 当該層が支える重量
$R_t$	: 振動特性係数 ( $R_t=1.0$ ) ※
$A_i$	: 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 ( $C_0=1.0$ )

※  $R_t$ 及び $A_i$ の算定に用いる一次固有周期は、「昭和55年建設省告示第1793号」により算定する。



### 2. 2. 3 設計基準を超える条件に対する設計

(1) 第1類の建物は1Gの静的地震力に対して、建物が終局に至らないことを確認する。

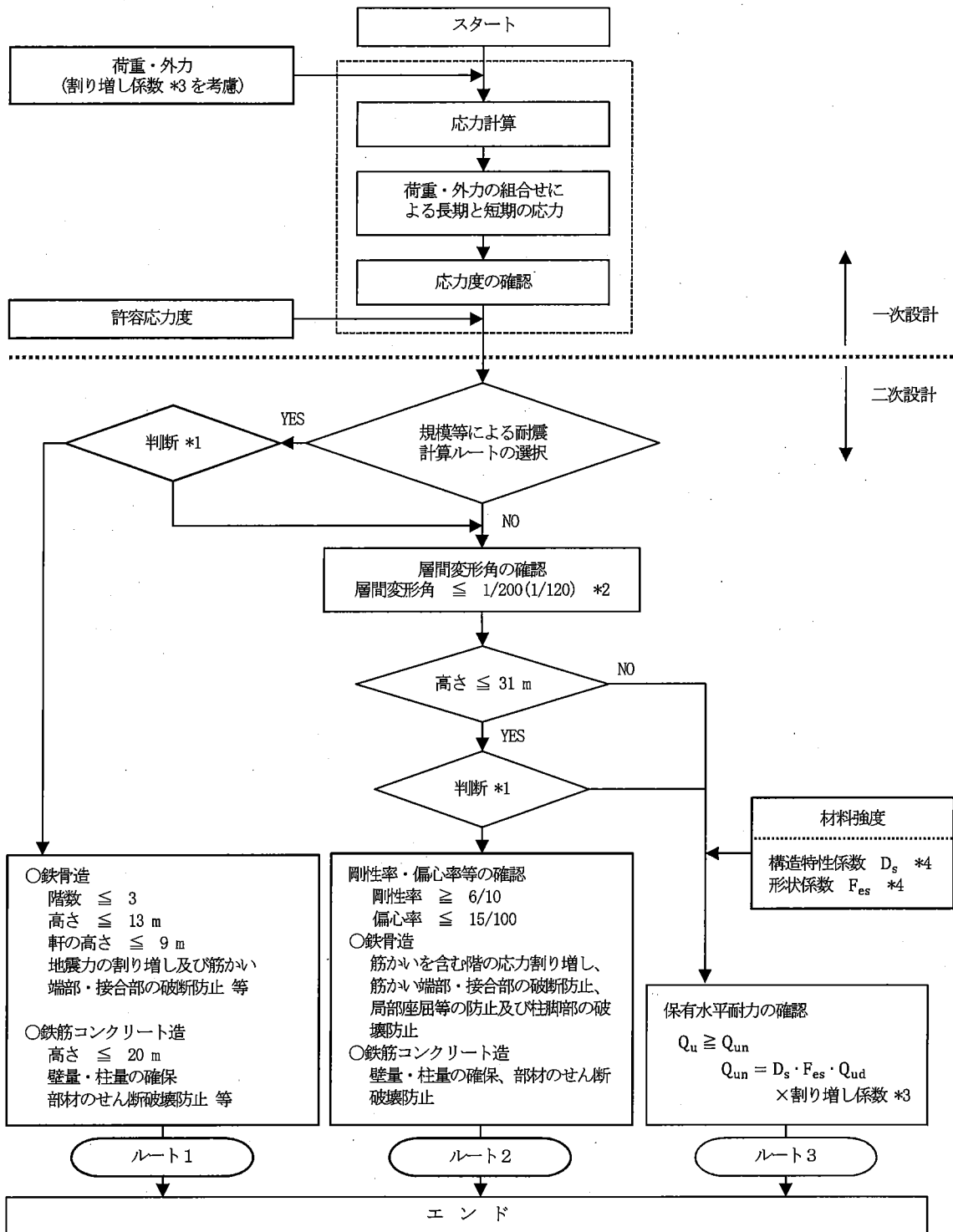
建物が終局に至らないことの確認は、保有水平耐力が1Gの静的地震力を上回っていることにより確認する。なお、考慮する1Gの静的地震力は2. 2. 2 (1) d. (b)に示す必要保有水平耐力と同一であり、標準せん断力係数 ( $C_0$ ) を1.0、耐震重要度分類に応じた第1類の割り増し係数 ( $n$ ) を1.5とする。

建物の耐震設計条件（耐震重要度分類等）

建物名称	耐震重要度 分類	設計基準を超える 条件に対する設計	備考
ウラン濃縮建屋 1号発回均質棟	第1類	○ <sup>※1</sup>	—
ウラン濃縮建屋 2号発回均質棟	第1類	○ <sup>※1</sup>	—
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 Aウラン貯蔵庫	第1類	○ <sup>※1</sup>	—
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 Bウラン貯蔵庫	第1類	○ <sup>※1</sup>	一体構造
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 ウラン貯蔵・廃棄物庫	第1類	○ <sup>※1</sup>	
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 搬出入棟	第2類	—	—
ウラン濃縮建屋 中央操作棟	第2類 <sup>※2</sup>	—	—
ウラン濃縮建屋 1号カスケード棟	第2類	—	—
ウラン濃縮建屋 2号カスケード棟	第2類	—	—
Aウラン濃縮廃棄物建屋	第2類	—	—
使用済遠心機保管建屋	第2類	—	—
補助建屋	第2類	—	—
渡り廊下（中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）	第2類	—	—
渡り廊下（中央操作棟-補助建屋間）	第2類	—	—
渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）	第2類	—	—

※1：1 Gの地震力に対して終局に至らないことを確認する。

※2：中央操作棟に収納する気体廃棄物の廃棄設備の第1類の機器への波及的影響防止の観点から、第1類の地震力に対して終局に至らないことを確認する。



- \*1 判断とは2. 2. 2 (1)耐震計算ルートを選択によるものである。
- \*2 層間変形角は「建築基準法施行令第82条の2」による。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-1 耐震設計の手順

添付計算書1-3 加工施設の耐震性に関する説明書  
(設備・機器の耐震計算方針)

## 目 次

ページ

1. 概要	(1)	－添付計算書1-3-1
2. 設備・機器の耐震計算方針	(1)	－添付計算書1-3-1
2. 1 耐震計算の基本方針	(1)	－添付計算書1-3-1
2. 2 静的地震力	(1)	－添付計算書1-3-2
2. 3 許容応力	(1)	－添付計算書1-3-3
2. 4 耐震計算手順	(1)	－添付計算書1-3-6

## 1. 概要

本資料は、「添付計算書 1-1 加工施設の耐震性に関する説明書(耐震設計の基本方針)」(以下、「耐震設計の基本方針」という。)に基づく、設備・機器の耐震計算方針を示す。

## 2. 設備・機器の耐震計算方針

耐震設計の基本方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うに当たり、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請で実績があり、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うえで適用する。

### 2. 1 耐震計算の基本方針

(1) 耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とする。

(2) 上位の分類の施設に波及的破損を生じさせる可能性のある下位の分類の施設は、上位の分類の地震力を用いて設計を行い波及的破損が生じないようにする。下位の分類の設備・機器等を上位の分類の建物及び構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。

(3) 設備・機器が剛構造(設備・機器の一次固有振動数が 20 Hz 以上)とならない場合には、建物との共振を考慮した設計として、「建築設備耐震設計・施工指針(2014)」に基づく設計用水平震度( $K_H$ )に通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重( $W$ )を乗じたものを静的地震力に用いる。

(4) 耐震重要度分類の各分類ともに一次設計を行う。この一次設計に用いる静的地震力は、建築基準法施行令第 88 条により定まる地震層せん断力係数に、耐震重要度に応じた割り増し係数を乗じたものに 20 %増しして算定する。ここで「一次設計」とは、通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする設計をいう。

割り増し係数

耐震重要度分類第 1 類： 1.5 以上

耐震重要度分類第 2 類： 1.25 以上

耐震重要度分類第 3 類： 1.0 以上

(5) 耐震重要度分類第 1 類については、上記の一次設計に加え、二次設計を行う。この二次設計に用いる静的地震力は、一次設計で求めた地震力に 1.5 を乗じたものとする。ここで「二次設計」とは、通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重と一次地震力を上回る二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも、過大な変形、亀裂、破損等が生じその施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計をいう。

(6) 一次設計及び二次設計は、静的地震力によって応力が高くなる部位について応力評価を行う。

(7) 本施設のうち、UF<sub>6</sub>を内包する設備・機器は、地震の発生によって生じるおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く UF<sub>6</sub>の漏えい、これに伴い発生する HF による公衆への影響を防止する観点から、設計基準を超える条件に対する設計として次の確認を行う。

耐震重要度分類 S クラスに要求される程度の地震力に対して、過度の変形・損傷を防止することにより、設計基準を超える条件でも公衆への放射線及び化学的毒性による影響を抑制し、大きな事故の誘因とならないことを確認する。

具体的には、UF<sub>6</sub>を内包する第 1 類及び第 2 類の設備・機器、これを直接支持する構造物は、工場等周辺の公衆に対する更なるリスク低減のため、次の a. ~f. に示すとおり、水平方向の 1 G の静的地震力及び水平方向の 1/2 の大きさの垂直方向の静的地震力に対して

降伏し、塑性変形する場合でも、過大な損傷、亀裂、破損等が生じないようにする。

a. ボルトの応力評価

静的地震力によりボルトに発生する応力、静的地震力により引抜力が発生する機器については基礎ボルトに作用する引抜力に対して、降伏し塑性変形する場合でも過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを確認する。

b. 脚部の応力評価

脚部を有する機器については、静的地震力により脚部に発生する応力に対して、降伏し塑性変形する場合でも過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを確認する。

c. 子台車又は搬送台車ストッパの応力評価

UF<sub>6</sub> シリンダ類又は付着ウラン回収容器を積載して槽内に収納する子台車又は搬送台車については、静的地震力により子台車及び搬送台車のストッパに発生する応力に対して、降伏し塑性変形する場合でも過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを確認する。

d. 機器の転倒評価

静的地震力により機器が転倒しないことを確認する。

e. 配管の応力評価

静的地震力により配管に発生する応力が、降伏し塑性変形する場合でも過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを確認する。

f. 配管支持構造物の応力評価

支持構造物（架構）と基礎ボルト、ベースプレート、埋込板、スタッドジベルに静的地震力により発生する応力に対して、降伏し塑性変形する場合でも過大な損傷、亀裂、破損等が生じないことを確認する。

(8) 二次設計及び設計基準を超える条件に対する設計において、以下に該当する場合は、一次設計、二次設計を省略する。

a. 二次設計において、発生する応力が一次設計の許容応力を下回る場合は、一次設計を省略する。

b. 設計基準を超える条件に対する設計において、発生する応力が一次設計の許容応力を下回る場合は、一次設計及び二次設計を省略する。

## 2. 2 静的地震力

### (1) 一次設計

一次設計に用いる静的地震力は、以下のとおりとする。

$$\text{第1類 } 0.20 W \times 1.5 \times 1.2 = 0.36 W$$

$$\text{第2類 } 0.20 W \times 1.25 \times 1.2 = 0.30 W$$

$$\text{第3類 } 0.20 W \times 1.0 \times 1.2 = 0.24 W$$

ここで、W は通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重である。

なお、設備・機器が剛構造（設備・機器の一次固有振動数が 20 Hz 以上）とならない場合には、建物との共振を考慮した設計として、建築設備耐震設計・施工指針（2014）に基づく設計用水平震度（ $K_H$ ）に通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重（W）を乗じたものを静的地震力に用いる。

$$\text{設計用水平震度 } K_H = Z \times K_s$$

記号

Z : 地域係数（青森県 上北郡 : 1.0）

$K_s$  : 設計用標準震度（次表参照）

設計用標準震度 (K<sub>s</sub>)

耐震重要度分類	第1類	第2類	第3類
1階	1.0	0.6	0.4
上層階 (2階)	2.0	1.5	1.0

(2) 二次設計

第1類の二次設計に用いる静的地震力は、以下のとおりとする。

$$0.36 W \times 1.5 = 0.54 W$$

ここで、Wは通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重である。

なお、設備・機器が剛構造（設備・機器の一次固有振動数が20Hz以上）とならない場合には、建物との共振を考慮した設計として、建築設備耐震設計・施工指針（2014）に基づく設計用水平震度 (K<sub>h</sub>) に通常の運転時の状態で設備・機器に作用する荷重 (W) を乗じたものを静的地震力に用いる。

(3) 設計基準を超える条件に対する設計

設計基準を超える条件に対する設計においては、水平方向の1Gの静的地震力及び水平方向の1/2の大きさの垂直方向の静的地震力を用いる。

2. 3 許容応力

加工施設の設計で用いる主要な材料の許容応力を以下に示す。本項に記載のない材料の許容応力については、各設備・機器の個別の設計において明確にする。

(1) 弾性域の許容応力

a. ボルトの許容引張応力、許容せん断応力

機器の基礎ボルト及び据付ボルトの許容引張応力、許容せん断応力は、原則として鋼構造設計規準（2005）に示す許容応力度のうち最も低い強度区分である強度区分：4.6を評価に用いる。許容応力度（短期）は、鋼構造設計規準（2005）に従い、次表に示すボルトの許容応力度（長期）の1.5倍とする。なお、ボルトの施工においては、強度区分：4.6と同等以上の引張強さを有するボルトを使用する。

ボルトの許容応力度（長期）(N/mm<sup>2</sup>)

強度区分	4.6	備考
許容応力度	4.6	使用温度：常温 <sup>※1</sup>
引張	160	
せん断	$\frac{160}{\sqrt{3}}$	

※1：鋼材の加熱や冷却を伴わない通常の環境下

許容引張応力  $f_{to} = 160 \times 1.5 = 240 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

許容せん断応力  $f_{so} = \frac{160}{\sqrt{3}} \times 1.5 \approx 135 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

b. ボルトの許容引抜力

基礎ボルトの許容引抜力（短期）は、各種合成構造設計指針・同解説（2010）の各種アンカーボルト設計指針に基づき、次の組合せ荷重により判定する。



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

記号

- pa : 引張力を受ける場合の許容引張力 (N)
- qa : せん断力を受ける場合の許容せん断力 (N)
- p : 作用する引張力 (N)
- q : 作用するせん断力 (N)

上記において、引張力を受ける場合の許容引張力(pa)及びせん断力を受ける場合の許容せん断力(qa)は、アンカーボルトの種類に応じて算定する。

c. 構造用部材の許容応力

- ① 軟鋼構造用部材の許容応力度(短期)は、原則として鋼構造設計規準(2005)に従い、次表のF値に基づき、許容応力度(長期)の1.5倍とし、以下により定める。

		F 値 (N/mm <sup>2</sup> )	
厚さ	鋼材質	SS400 STKR400	備考
	40 mm 以下		
40 mm を超え 100 mm 以下		215	使用温度：常温 <sup>*1</sup>

※1：鋼材の加熱や冷却を伴わない通常的环境下

・許容引張応力

$$f_{to} = \frac{F}{1.5} \times 1.5 = F$$

記号

f<sub>to</sub> : 許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)

・許容せん断応力

$$f_{so} = \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \times 1.5 = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

記号

f<sub>so</sub> : 許容せん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

- ② ステンレス鋼構造用部材の許容応力は、原則として鋼構造設計規準(2005)に基づき、降伏点と引張強さの70%のうち小さい方の値とする。ステンレス鋼の降伏点、引張強さは日本産業規格に基づく。なお、ステンレス鋼については、日本産業規格に基づき0.2%耐力を降伏点の代わりに用いる。

ステンレス鋼構造用部材の許容応力 (N/mm<sup>2</sup>)

材質	使用温度	許容応力
SUS304	100 °C以下	171

d. 配管の許容応力

配管の許容応力は、原則として鋼構造設計規準（2005）に基づき、降伏点と引張強さの70%のうち小さい方の値とする。配管の降伏点、引張強さは日本産業規格、発電用原子力設備規格 材料規格（2012）に基づく。なお、降伏現象を示さない材料については、日本産業規格に基づき0.2%耐力を降伏点の代わりに用いる。

次表に主な配管の許容応力を示す。

主な配管の許容応力 (N/mm<sup>2</sup>)

材質	使用温度	許容応力
STPG370	40 °C以下	215
	100 °C以下	187
SGP	40 °C以下	145

※1：120 °Cの許容応力については比例法により算出

e. ダクトの許容応力

ダクトの許容応力は、原則として鋼構造設計規準（2005）に基づき、降伏点と引張強さの70%のうち小さい方の値とする。ダクトの降伏点、引張強さは日本産業規格に基づく。

次表に主なダクトの許容応力を示す。

主なダクトの許容応力 (N/mm<sup>2</sup>)

材質	許容応力	備考
JIS G 3302 溶融亜鉛めっき鋼板	189※1	使用温度：常温※2
SS400	235	同上

※1：JIS G 3302 溶融亜鉛めっき鋼板に定められた種類の中で、最も引張強さの低い270 N/mm<sup>2</sup>を計算条件とした。

※2：鋼材の加熱や冷却を伴わない通常的环境下

## (2) 塑性域の許容応力

塑性域の許容応力は、原則として発電用原子力設備規格 材料規格 (2012) に基づき、「設計引張強さ  $S_u$ 」を用いる。なお、発電用原子力設備規格 材料規格 (2012) に記載のない材料は、日本産業規格の引張強さを用いる。ただし、材料証明書等において、引張強さが個別に確認できるものについては、材料証明書等に記載された引張強さを許容応力とする場合もある。次表に主な材料の塑性域の許容応力を示す。

塑性域の許容応力 (N/mm<sup>2</sup>)

材質	使用温度	許容応力
SS400	40 °C以下	400
STPG370	40 °C以下	370
	100 °C以下	345
SGP	40 °C以下	290
JIS G 3302 溶融亜鉛めっき鋼板	常温 <sup>※1</sup>	270 <sup>※3</sup>

※1：鋼材の加熱や冷却を伴わない通常的环境下

※2：120 °Cの許容応力については比例法により算出

※3：JIS G 3302 溶融亜鉛めっき鋼板に定められた種類の中で、最も引張強さの低い270 N/mm<sup>2</sup>を計算条件とした。

## 2. 4 耐震計算手順

設備・機器の耐震計算フローを図-1に、機器、配管、ダクト、架構の耐震計算に係る手順を以下に示す。

### (1) 機器の耐震計算手順

機器は、「耐震設計の基本方針」に示す耐震重要度分類に基づき、「2. 1 耐震計算の基本方針」に示す静的設計法により行う。

機器を適切にモデル化し、「2. 2 静的地震力」の地震力によって構造的に応力が高くなる部位（据付ボルト、基礎ボルト、脚部、ストッパ等）について、応力評価（一次設計、二次設計又は設計基準を超える条件に対する設計）を行い、発生するせん断応力、引張応力、引抜き力が「2. 3 許容応力」に基づく許容応力以下であることを確認する。

また、一次設計、二次設計において、機器を剛構造とする場合は、機器の一次固有振動数を計算により確認する。なお、横形ポンプ等の構造的に明らかに剛体とみなせる機器及び剛構造とならない機器については、一次固有振動数の計算を省略する。

本設計に係る計算書の作成の基本方針を「添付計算書1-4」に示す。

### (2) 配管の耐震計算手順

配管は、「耐震設計の基本方針」に示す耐震重要度分類に基づき、「2. 1 耐震計算の基本方針」に示す静的設計法により行う。

配管の形状等を考慮して、定ピッチスパンによる設計法又は実形状モデルでの設計法のどちらを使用するかを選択する。

定ピッチスパンによる設計法は、配管系を直管部、曲がり部、分岐部及び集中質量部等の標準的な構造要素に分け、各要素の最大支持間隔に対し、「2. 2 静的地震力」の地震力により応力評価（一次設計、二次設計又は設計基準を超える条件に対する設計）を行い、各要素において配管に発生する曲げ応力が「2. 3 許容応力」に基づく許容応力以下であることを確認する。

実形状モデルでの設計法は、構造解析ソフトウェア（有限要素法）を用い、配管、弁、フランジ等の寸法、質量、サポートの位置等をインプットに配管系を多質点の梁モデル化し、「2. 2 静的地震力」の地震力により応力解析（一次設計、二次設計又は設計基準を超え

る条件に対する設計)を行い、各モデルにおいて、最大となる配管の曲げ応力が「2. 3 許容応力」に基づく許容応力以下であることを確認する。

また、一次設計、二次設計においては、応力解析にあわせて同じモデルで一次固有振動数の解析を行う。

本設計に係る計算書の作成の基本方針を「添付計算書1-5」に示す。

#### (3) ダクトの耐震計算手順

ダクトは、「耐震設計の基本方針」に示す耐震重要度分類に基づき、「2. 1 耐震計算の基本方針」に示す静的設計法により行う。

ダクトは、ダクトの断面寸法、板厚、被覆の有無等をもとに、各種ダクトの構造ごとにモデル化し、各モデルにおける最大の支持間隔に対し、「2. 2 静的地震力」の地震力により応力評価（一次設計、二次設計又は設計基準を超える条件に対する設計）を行い、ダクトに発生する応力が「2. 3 許容応力」に基づく許容応力以下であることを確認する。

また、加工施設におけるダクトは一般的な薄肉構造であり、剛構造とする一次固有振動数を確保することは困難であるため、一次設計、二次設計においては、剛構造とならないものとして評価する。

本設計に係る計算書の作成の基本方針を「添付計算書1-5」に示す。

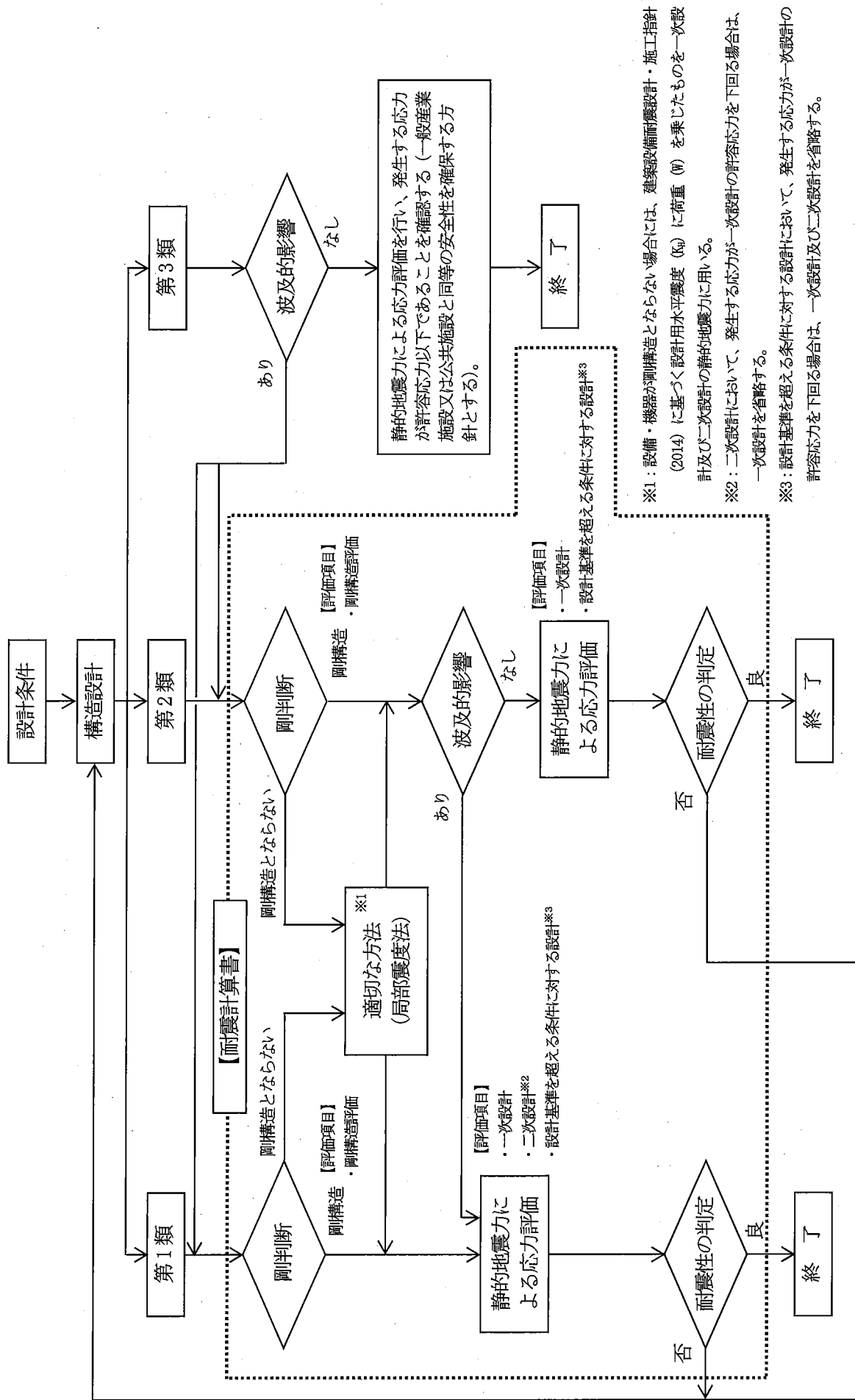
#### (4) 架構の耐震計算手順

UF<sub>6</sub>を内包する配管等を支持する主要な架構については、「耐震設計の基本方針」に示す耐震重要度分類に基づき、「2. 1 耐震計算の基本方針」に示す静的設計法により行う。

架構は、原則として構造解析ソフトウェア（有限要素法）を用い、構造用部材（梁、柱、ベースプレート等）の形状及び寸法、荷重（配管、弁等）の位置等をインプットにモデル化し、「2. 2 静的地震力」の地震力により応力解析（一次設計、二次設計又は設計基準を超える条件に対する設計）を行い、構造用部材、基礎ボルト等に発生する応力が「2. 3 許容応力」に基づく許容応力以下であることを確認する。

また、一次設計、二次設計において、応力解析に合わせて同じモデルで一次固有振動数の解析を行う。

本設計に係る計算書の作成の基本方針を「添付計算書1-5」に示す。



図一1 設備・機器の耐震計算フロー

添付計算書1-4 加工施設の耐震性に関する説明書  
(機器の耐震計算書作成の基本方針)

## 目 次

ページ

1. 一般事項 .....	(1) -添付計算書1-4-1
1. 1 計算条件.....	(1) -添付計算書1-4-1
1. 2 計算精度、数値の丸め方及び計算で用いる数値の裕度 の設定.....	(1) -添付計算書1-4-2
2. 計算方法 .....	(1) -添付計算書1-4-3
2. 1 一次固有振動数の計算方法.....	(1) -添付計算書1-4-3
2. 2 応力の計算方法（一次設計及び二次設計） .....	(1) -添付計算書1-4-5
2. 3 応力の計算方法（設計基準を超える条件に対する設計） .....	(1) -添付計算書1-4-11
3. 評価方法 .....	(1) -添付計算書1-4-16
3. 1 一次固有振動数の評価.....	(1) -添付計算書1-4-16
3. 2 応力の評価 .....	(1) -添付計算書1-4-16
4. 引用文献 .....	(1) -添付計算書1-4-16

## 1. 一般事項

本基本方針は、本施設のうち、機器の耐震性についての計算書作成の基本方針について説明するものである。

### 1. 1 計算条件

機器の耐震計算を行うに当たって考慮する事項を以下に示す。

- ・ 設備・機器の質量は原則として重心に集中するものとする。
- ・ 地震力は機器に対して、水平方向に作用するものとする。ただし、設計基準を超える条件に対する設計においては、水平方向及び垂直方向に作用するものとする。
- ・ 地震力の作用による機器と床面等の接触部との摩擦は考慮せず、機器はボルト等でのみ固定されているものとする。
- ・ 水平方向の地震力は、機器の長辺方向及び短辺方向に作用する場合を考慮し、厳しい方向の計算を行う。
- ・ 機器のボルト間隔、脚高さ等については、施工誤差等を踏まえ、一定の安全余裕を考慮し設定する。
- ・ 内容物（液体、固体）を有するシリンダ等の機器については、運転上想定される内容物の最大の充填量を機器の荷重に付加し評価する。



1. 2 計算精度、数値の丸め方及び計算で用いる数値の裕度の設定  
計算精度を示す計算結果及び計算で用いる数値の丸め方を以下に示す。
- 計算で用いる数値：有効数字4桁（有効数字5桁目を四捨五入）  
（ただし、寸法及び荷重において、小数点以下が0の数値は、小数点以下を省略する。  
ボルト応力評価及び転倒評価における  $(M2/M1)$  の数値も有効桁数4桁（有効数字5桁目を四捨五入）とする。）
  - 計算結果：有効数字3桁（有効数字4桁目を四捨五入）
  - 円周率： $\pi = 3.142$
  - 重力加速度： $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$   
（ただし、機器荷重等、工学単位系で既に丸められたものについて、「N」への荷重換算時は、10倍とする。）

## 2. 計算方法

### 2. 1 一次固有振動数の計算方法

機器の計算は、原則として表-1に示す計算モデル及び計算式にて求める。

なお、表-1の計算モデルに該当しない場合は、有限要素法を用いて一次固有振動数を求める場合がある。また、横型ポンプ等の構造的に明らかに剛体とみなせる機器については、一次固有振動数の計算を省略する。

表-1 (1/2) 一次固有振動数の計算モデル及び計算式

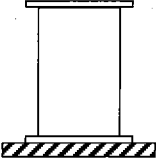
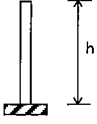
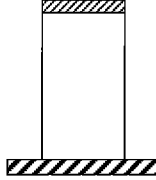
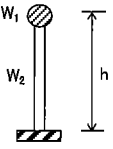
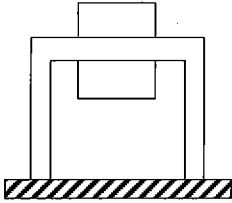
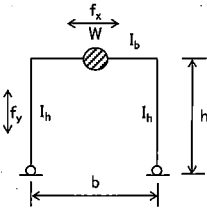
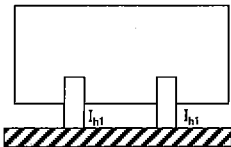
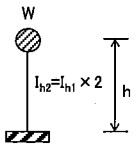
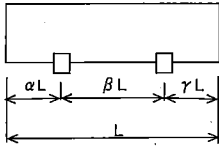
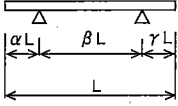
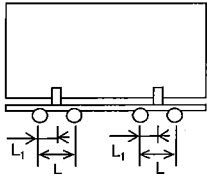
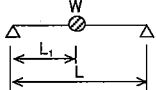
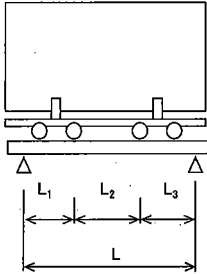
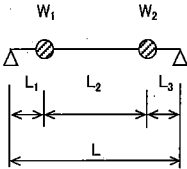
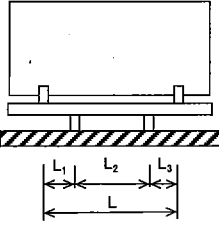
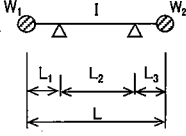
<p>自立型機器(1)</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント w: 単位長さ荷重 g: 重力加速度 h: モデル高さ</p> 	$f = \frac{\lambda^2}{2\pi h^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$ $\lambda = 1.875$	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケミカルトラップ(NaF)</li> <li>凝集槽</li> </ul>
<p>自立型機器(2) (頭部荷重付)</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント W: 等価荷重 W<sub>1</sub>: 上板荷重 W<sub>2</sub>: ケーシング荷重 h: モデル高さ g: 重力加速度</p> 	$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIg}{Wh^3}}$ $W = W_1 + 0.23W_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠心分離機(金属胴)</li> </ul>
<p>支持架台上の機器(1)</p> 	<p>E: ヤング係数 I<sub>h</sub>: 脚の断面二次モーメント I<sub>b</sub>: 梁の断面二次モーメント h: 脚の高さ b: 梁のスパン W: 機器荷重</p> 	$f_x = \frac{5.0}{\sqrt{\delta_x}} \quad f_y = \frac{5.0}{\sqrt{\delta_y}}$ $\delta_x = \frac{Wh^3}{6EI_h} (1 + I_b b / 2I_h h)$ $\delta_y = \frac{Wb^3}{192EI_b} \frac{1 + 8I_h h / 3I_b b}{1 + 2I_h h / 3I_b b}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>均質バージ系ブースタポンプ</li> <li>洗缶廃水貯槽</li> </ul>
<p>支持架台上の機器(2)</p> 	<p>E: ヤング係数 I<sub>h1</sub>: 脚の断面二次モーメント h: モデル高さ W: 機器荷重</p> 	$f = \frac{5.0}{\sqrt{\delta}}$ $\delta = \frac{Wh^3}{3EI_{h2}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>2号製品コールドトラップ(脚部)</li> <li>2号均質槽(脚部)</li> </ul>

表-1 (2/2) 一次固有振動数の計算モデル及び計算式

<p>脚支持の横型機器</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント L: ビーム長 <math>\mu</math>: 単位長さに対する機器荷重 <math>a_n</math>: モード係数 (<math>\alpha, \beta, \gamma</math>により求まる値) <math>\alpha, \beta, \gamma</math>: ビームの長さ比</p> 	$f = \frac{a_n}{2\pi} \sqrt{\frac{EI}{\mu L^4}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2号製品コールドラップ(本体)</li> <li>・2号均質槽(本体)</li> </ul>
<p>台車上のシリンダ類等(1)</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント W: 機器荷重 L, L1: 長さ</p> 	$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIL}{L_1^2(L-L_1)^2W}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2号発生槽(子台車)</li> <li>・2号原料シリンダ槽(子台車)</li> </ul>
<p>台車上のシリンダ類等(2)</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント W1, W2: 機器荷重 <math>\omega</math>: 角速度 <math>a_{11}, a_{12}, a_{22}</math>: 単位力が加わるときのたわみ L, L1, L2, L3: 長さ g: 重力加速度</p> 	$f = \frac{\omega}{2\pi}$ $\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{2} \left[ a_{11} \frac{W_1}{g} + a_{22} \frac{W_2}{g} + \sqrt{(a_{11} \frac{W_1}{g} - a_{22} \frac{W_2}{g})^2 + 4a_{12}^2 \frac{W_1 W_2}{g^2}} \right]$ $a_{11} = \frac{L_1^2(L-L_1)^2}{3EIL}$ $a_{12} = \frac{L_1 L_3 (L^2 - L_1^2 - L_3^2)}{6EIL}$ $a_{22} = \frac{L_3^2(L-L_3)^2}{3EIL}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2号発生槽(重量計)</li> <li>・2号原料シリンダ槽(載台)</li> </ul>
<p>台車上のシリンダ類等(3)</p> 	<p>E: ヤング係数 I: 断面二次モーメント W1, W2: 機器荷重 <math>\omega</math>: 角速度 <math>a_{11}, a_{12}, a_{22}</math>: 単位力が加わるときのたわみ L, L1, L2, L3: 長さ g: 重力加速度</p> 	$f = \frac{\omega}{2\pi}$ $\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{2} \left[ a_{11} \frac{W_1}{g} + a_{22} \frac{W_2}{g} + \sqrt{(a_{11} \frac{W_1}{g} - a_{22} \frac{W_2}{g})^2 + 4a_{12}^2 \frac{W_1 W_2}{g^2}} \right]$ $a_{11} = \frac{L_1^2(L_1+L_2)}{3EI}$ $a_{12} = \frac{L_1 L_2 L_3}{6EI}$ $a_{22} = \frac{L_3^2(L_3+L_2)}{3EI}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2号製品回収槽(台座)</li> </ul>

## 2. 2 応力の計算方法（一次設計及び二次設計）

### (1) ボルトの応力評価

#### a. 機器のモーメント比

図-1に示す計算モデルにおいて、静的地震力に対する抵抗モーメントと静的地震力による転倒モーメントの比 ( $M_2/M_1$ ) を次式で求める。

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{WL_1}{F_H H}$$

ここで、

- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $L_1$  : 重心とボルトの間隔 (mm)
- $H$  : 重心高さ (mm)

#### b. ボルトのせん断応力

a. の計算の結果、 $M_2/M_1 \geq 1$  の場合、ボルトにはせん断力のみが作用するため、ボルトのせん断応力が許容せん断応力以下であることを評価する。ボルトのせん断応力を次式で求める。

$$\tau = \frac{F_H}{NA}$$

ここで、

- $\tau$  : ボルトのせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $N$  : せん断荷重を受けるボルト本数 (本)
- $A$  : ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### c. ボルトの引張応力

a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合、ボルトにはせん断力に加えて引張力が作用するため、b. のボルトのせん断応力評価に加えて、ボルトの引張応力が許容引張応力以下であることを評価する。ボルトの引張応力を次式で求める。

$$f_t = \frac{M_1 - M_2}{nAL} = \frac{F_H H - WL_1}{nAL}$$

ここで、

- $f_t$  : ボルトの引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $L_1$  : 重心とボルトの間隔 (mm)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $L$  : 許容最小ボルト間隔 (mm)
- $n$  : 有効ボルト本数 (本)
- $A$  : ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

d. 基礎ボルトの引抜力の評価

基礎ボルトの応力評価においては、a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合、基礎ボルトのせん断応力及び引張応力評価に加えて、基礎ボルトの引抜力の判定値  $a_s$  が 1 以下であることを評価する。基礎ボルトの引抜力の判定値  $a_s$  は次式で求める。

$$a_s = \left( \frac{f_t \cdot A}{p_a} \right)^2 + \left( \frac{\tau \cdot A}{q_a} \right)^2 \leq 1$$

ここで、

- $f_t$  : ボルトの引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : ボルトのせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $p_a$  : ボルトの許容引張力 (N)
- $q_a$  : ボルトの許容せん断力 (N)
- $A$  : ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

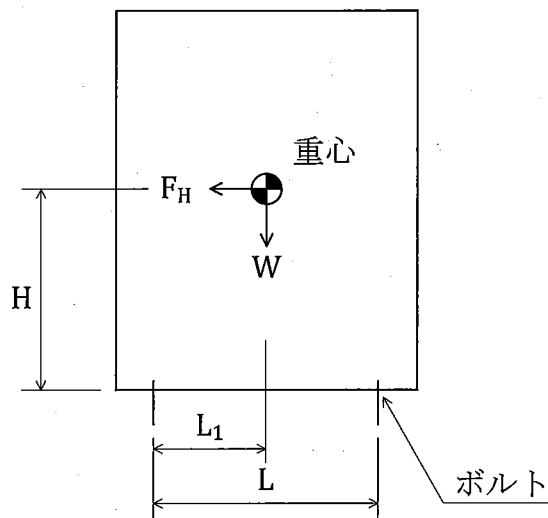


図-1 ボルト応力評価の計算モデル

(2) 脚部の応力評価

a. 脚部の組合せ応力

図-2に示す計算モデルにおいて、脚部の組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2}$$

ここで、

- $\sigma$  : 脚部の組合せ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_b$  : 静的地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_c$  : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : 静的地震力によるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

b. 静的地震力による曲げ応力

a. の式にて、静的地震力による曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ}$$

ここで、

- $\sigma_b$  : 静的地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $n$  : 脚数 (本)
- $Z$  : 脚部断面係数 (mm<sup>3</sup>)

c. 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力

a. の式にて、機器荷重及び静的地震力による圧縮応力を次式で求める。

$$\sigma_c = \frac{W}{nA} + \frac{F_H H}{LA}$$

ここで、

- $\sigma_c$  : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $n$  : 脚数 (本)
- $A$  : 脚部断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $L$  : 脚中心間距離 (mm)

d. 静的地震力によるせん断応力

a. の式にて、静的地震力によるせん断応力は次式で求める。

$$\tau = \frac{F_H}{nA_s}$$

ここで、

- $\tau$  : 静的地震力によるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $n$  : 脚数 (本)
- $A_s$  : せん断に対する有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

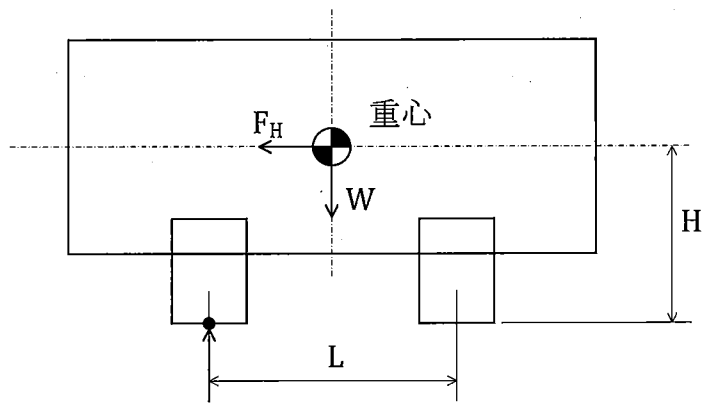


図-2 脚部応力評価の計算モデル

(3) ストップの応力評価

ストップの形状等は、ストップを設置する対象機器の構造的特徴により多種多様であるため、ここでは代表的なストップ（槽内子台車ストップ）の応力評価の方法を示す。

a. ストップの組合せ応力

図-3に示す計算モデルにおいて、ストップの組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

ここで、

$\sigma$  : ストップの組合せ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_b$  : 曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

b. ストップの曲げ応力

a. の式にて、ストップの曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ}$$

ここで、

$\sigma_b$  : 曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_H$  : 静的水平地震力 (N)

$H$  : 長さ (mm)

$n$  : ストップ本数 (本)

$Z$  : ストップ断面係数 (mm<sup>3</sup>)

c. ストップのせん断応力

a. の式にて、ストップのせん断応力を次式で求める。

$$\tau = \frac{F_H}{nA_s}$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_H$  : 静的水平地震力 (N)

$n$  : ストップ本数 (本)

$A_s$  : ストップせん断有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

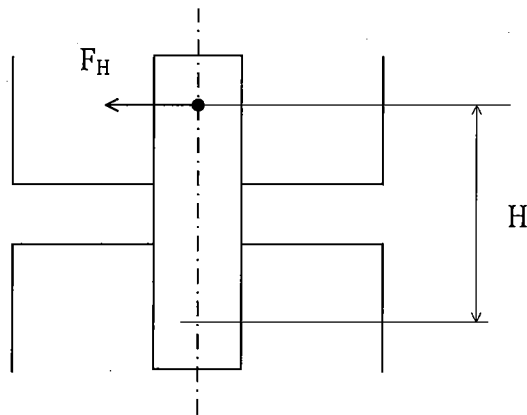


図-3 ストップ応力評価の計算モデル



(4) 転倒評価

a. モーメント比

図-4に示す計算モデルにおいて、静的地震力に対する抵抗モーメントと静的地震力による転倒モーメントの比 ( $M_2/M_1$ ) は次式で求める。

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{WL_1}{F_H H}$$

ここで、

- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $L_1$  : 重心と支点の間隔 (mm)

なお、a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合は、各機器の構造的特徴に合わせた適切な転倒防止用器具を設置することで、機器の転倒を防止する。設置する転倒防止用器具により機器が転倒しないことを転倒防止用器具に発生する応力等の耐震計算により示す。

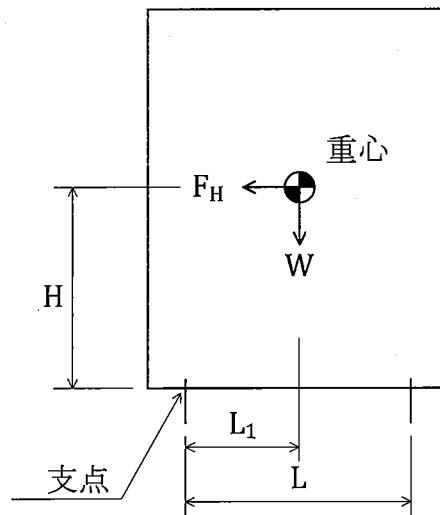


図-4 転倒評価の計算モデル

## 2. 3 応力の計算方法（設計基準を超える条件に対する設計）

### (1) ボルトの応力評価

#### a. モーメント比

図-5に示す計算モデルにおいて、静的地震力に対する抵抗モーメントと静的地震力による転倒モーメントの比 ( $M_2/M_1$ ) は次式で求める。

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{(W-F_V)L_1}{F_H H}$$

ここで、

- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $F_V$  : 静的垂直地震力 (N)
- $L_1$  : 重心とボルトの間隔 (mm)
- $H$  : 重心高さ (mm)

#### b. ボルトのせん断応力

a. の計算の結果、 $M_2/M_1 \geq 1$  の場合、ボルトにはせん断力のみが作用するため、ボルトのせん断応力が許容せん断応力以下であることを評価する。ボルトに作用するせん断力は次式で求める。

$$\tau = \frac{F_H}{NA}$$

ここで、

- $\tau$  : ボルトのせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $N$  : せん断荷重を受けるボルト本数 (本)
- $A$  : ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### c. ボルトの引張応力

a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合、ボルトにはせん断力に加えて引張力が作用するため、b. のボルトのせん断応力評価に加えて、ボルトの引張応力が許容引張応力以下であることを評価する。ボルトの引張応力は次式で求める。

$$f_t = \frac{M_1 - M_2}{nAL} = \frac{F_H H - (W - F_V)L_1}{nAL}$$

ここで、

- $f_t$  : ボルトの引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $F_V$  : 静的垂直地震力 (N)
- $L_1$  : 重心とボルトの間隔 (mm)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $n$  : 有効ボルト本数 (本)
- $A$  : ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $L$  : 許容最小ボルト間隔 (mm)

d. 基礎ボルトの引抜力の評価

基礎ボルトの応力評価においては、a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合、基礎ボルトのせん断応力及び引張応力評価に加えて、基礎ボルトの引抜力の判定値  $a_s$  が 1 以下であることを評価する。基礎ボルトの引抜力の判定値  $a_s$  は次式で求める。

$$a_s = \left( \frac{ft \cdot A}{pa} \right)^2 + \left( \frac{\tau \cdot A}{qa} \right)^2 \leq 1$$

ここで、

- $\tau$  : ボルトのせん断応力 ( $N/mm^2$ )
- $ft$  : ボルトの引張応力 ( $N/mm^2$ )
- $pa$  : ボルトの許容引張力 (N)
- $qa$  : ボルトの許容せん断力 (N)
- $A$  : ボルトの有効断面積 ( $mm^2$ )

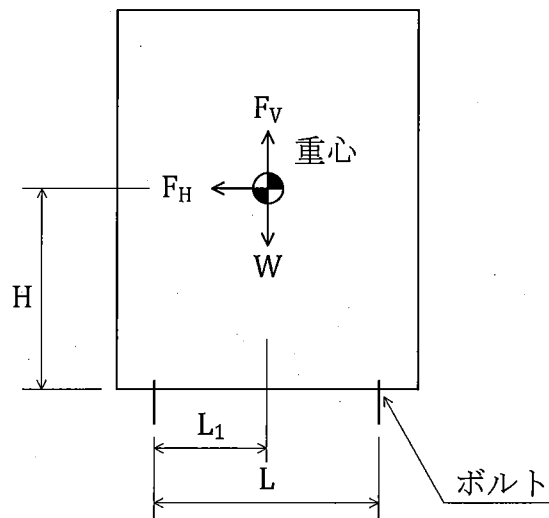


図-5 ボルト応力評価（設計基準を超える条件に対する設計）の計算モデル

(2) 脚部の応力評価

a. 脚部の組合せ応力

図-6に示す計算モデルにおいて、脚部の組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2}$$

ここで、

- $\sigma$  : 脚部の組合せ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_b$  : 静的地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_c$  : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : 静的地震力によるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

b. 静的地震力による曲げ応力

a. の式にて、静的地震力による曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ}$$

ここで、

- $\sigma_b$  : 静的地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $n$  : 脚数 (本)
- $Z$  : 脚部断面係数 (mm<sup>3</sup>)

c. 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力

a. の式にて、機器荷重及び静的地震力による圧縮応力を次式で求める。

$$\sigma_c = \frac{W + F_V}{nA} + \frac{F_H H}{LA}$$

ここで、

- $\sigma_c$  : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $F_V$  : 静的垂直地震力 (N)
- $H$  : 重心高さ (mm)
- $n$  : 脚数 (本)
- $A$  : 脚部断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $L$  : 脚中心間距離 (mm)

d. 静的地震力によるせん断応力

a. の式にて、静的地震力によるせん断応力を次式で求める。

$$\tau = \frac{F_H}{nA_s}$$

ここで、

- $\tau$  : 静的地震力によるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $n$  : 脚数 (本)
- $A_s$  : せん断に対する有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

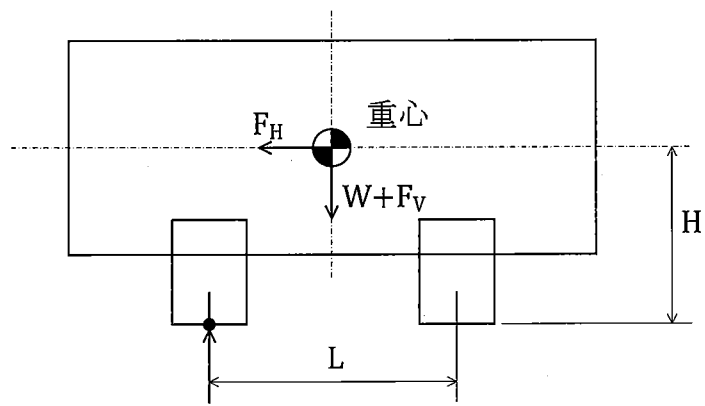


図-6 脚部応力評価（設計基準を超える条件に対する設計）の計算モデル

(3) ストップの応力評価

ストップ (槽内子台車ストップ) の設計基準を超える条件に対する設計における応力評価は、2. 2 (3) に示す応力計算式にて、静的水平地震力  $F_H$  を「添付計算書1-3」に示す水平方向の設計用地震力 (1 G) を用いて求める。

(4) 転倒評価

a. モーメント比

図-7に示す計算モデルにおいて、静的地震力に対する抵抗モーメントと静的地震力による転倒モーメントの比 ( $M_2/M_1$ ) を次式で求める。

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{(W-F_v)L_1}{F_H H}$$

ここで、

- $M_2$  : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)
- $M_1$  : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)
- $W$  : 機器荷重 (N)
- $F_H$  : 静的水平地震力 (N)
- $F_v$  : 静的垂直地震力 (N)
- $L_1$  : 重心と支点の間隔 (mm)
- $H$  : 重心高さ (mm)

なお、a. の計算の結果、 $M_2/M_1 < 1$  の場合、各機器の構造的特徴に合わせた適切な転倒防止用器具を設置することで、機器の転倒を防止する。設置する転倒防止用器具により機器が転倒しないことを転倒防止用器具に発生する応力等の耐震計算により示す。

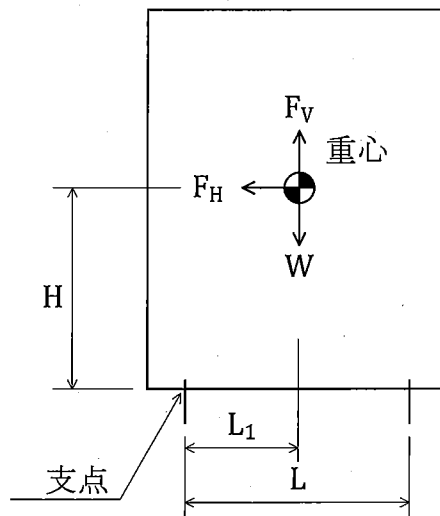


図-7 転倒評価 (設計基準を超える条件に対する設計) の計算モデル

### 3. 評価方法

#### 3. 1 一次固有振動数の評価

2. 1項の計算方法を用いて、「添付計算書1-3」に基づき、剛判断を行う。

#### 3. 2 応力の評価

2. 2項及び2. 3項で求めた応力が「添付計算書1-3」に基づく許容応力以下であることを確認する。

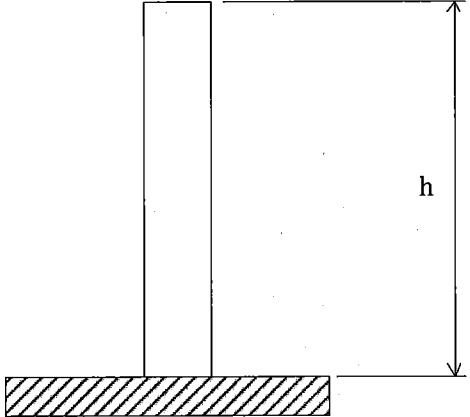
### 4. 引用文献

- (1) 構造計算便覧、水原 旭 他3名、昭和61年
- (2) 機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、昭和60年
- (3) 振動工学ハンドブック、谷口 修、昭和63年
- (4) 実用振動計算法、小堀 与一、昭和60年
- (5) 機械の研究 (第19巻)、養賢堂、昭和42年
- (6) 建築設備耐震設計・施工指針 (2014年版)、日本建築センター、2014年
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説、日本建築学会編、2010年
- (8) 機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM版

別添1 機器の耐震性についての計算書フォーマット

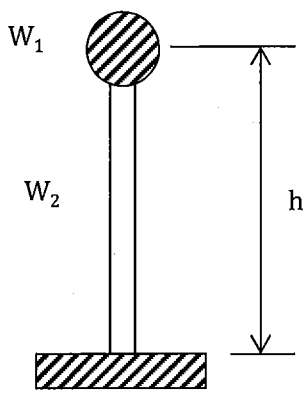


表-1 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名		機器名	第○類
計算式*	$f = \frac{\lambda^2}{2\pi h^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$ <p><math>\lambda = 1.875</math></p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)                      I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                      w : 単位長さ荷重 (N/mm)                      h : モデル高さ (mm)                      g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)</p>	 <p>計算モデル</p>	
計算条件	<p>E = (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>I = (mm<sup>4</sup>)</p> <p>w = (N/mm)</p> <p>h = (mm)</p> <p>g = (mm/s<sup>2</sup>)</p>	<p>機器の概略モデル図</p>	<p>単位 : mm</p>
計算結果及び判定	<p>計算値</p> <p>判定基準値</p> <p>判定</p>	剛構造評価	

\*1 : 出典 構造計算便覧、水原 旭 他3名、昭和61年

表-2 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名		機器名	第○類																												
計算式*1	$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIg}{Wh^3}}$ $W = W_1 + 0.23W_2$		 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>																												
計算条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">E</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">(N/mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm<sup>4</sup>)</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(N)</td> </tr> <tr> <td>W<sub>1</sub></td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(N)</td> </tr> <tr> <td>W<sub>2</sub></td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(N)</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm)</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm/s<sup>2</sup>)</td> </tr> </table>	E	=		(N/mm <sup>2</sup> )	I	=		(mm <sup>4</sup> )	W	=		(N)	W <sub>1</sub>	=		(N)	W <sub>2</sub>	=		(N)	h	=		(mm)	g	=		(mm/s <sup>2</sup> )		<p style="text-align: right;">単位：mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>
E	=		(N/mm <sup>2</sup> )																												
I	=		(mm <sup>4</sup> )																												
W	=		(N)																												
W <sub>1</sub>	=		(N)																												
W <sub>2</sub>	=		(N)																												
h	=		(mm)																												
g	=		(mm/s <sup>2</sup> )																												
計算結果及び判定	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">計 算 値</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">判 定 基 準 値</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">判 定</td> <td></td> </tr> </table>			計 算 値		判 定 基 準 値		判 定		<p>剛構造評価</p>																					
計 算 値																															
判 定 基 準 値																															
判 定																															

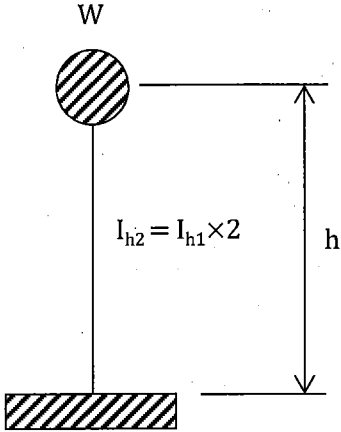
\*1：出典 機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、昭和60年

表-3 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名			機器名		第○類
計算式*1  $f_x = \frac{5.0}{\sqrt{\delta x}}$ $f_y = \frac{5.0}{\sqrt{\delta y}}$ $\delta x = \frac{Wh^3}{6EI_h} (1 + I_b h / 2I_h b)$ $\delta y = \frac{Wb^3}{192EI_b} \frac{1 + 8I_b h / 3I_h b}{1 + 2I_b h / 3I_h b}$ <p>                         E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)                          I<sub>h</sub> : 脚の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                          I<sub>b</sub> : 梁の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                          h : 脚の高さ (mm)                          b : 梁のスパン (mm)                          W : 機器荷重 (N)                     </p>				<p style="text-align: center;">計算モデル</p>	
計算条件	E =	(N/mm <sup>2</sup> )		機器の概略モデル図 単位 : mm	
	I <sub>h</sub> =	(mm <sup>4</sup> )			
	I <sub>b</sub> =	(mm <sup>4</sup> )			
	h =	(mm)			
	b =	(mm)			
	W =	(N)			
計算結果及び判定	剛構造評価				
	計算値				
	判定基準値				
	判定				

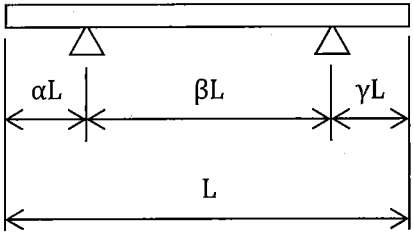
\*1 : 出典 実用振動計算法、小堀 与一、昭和60年

表-4 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名			機器名	第○類
計算式 <sup>*1</sup>	$f = \frac{5.0}{\sqrt{\delta}}$ $\delta = \frac{Wh^3}{3EI_{h2}}$			 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>
計算条件	E =	(N/mm <sup>2</sup> )		<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>
	I <sub>h2</sub> =	(mm <sup>4</sup> )		
	h =	(mm)		
	W =	(N)		
計算結果及び判定		剛構造評価		
	計算値			
	判定基準値			
	判定			

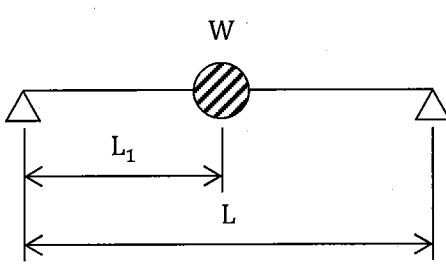
\*1 : 出典 振動工学ハンドブック、谷口 修、昭和63年

表-5 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名	機器名		第○類
<p>計算式*</p>	$f = \frac{an}{2\pi} \sqrt{\frac{EI}{\mu L^4}}$ <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)                      I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                      L : ビーム長 (mm)                      μ : 単位長さに対する機器荷重 (Ns<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>)                      an : モード係数 (-)                      (α、β、γにより求まる値)                      α、β、γ : ビームの長さ比 (-)</p>		 <p>計算モデル</p>
<p>計算条件</p>	<p>E = (N/mm<sup>2</sup>)                      I = (mm<sup>4</sup>)                      L = (mm)                      μ = (Ns<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>)                      an = (-)                      α = (-)                      β = (-)                      γ = (-)</p>		<p>機器の概略モデル図</p> <p>単位 : mm</p>
<p>計算結果及び判定</p>	<p>剛構造評価</p> <p>計算値</p> <p>判定基準値</p> <p>判定</p>		

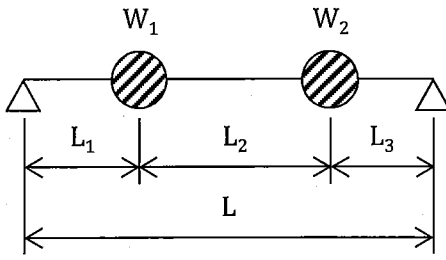
\*1 : 出典 機械の研究 (第19巻)、養賢堂、昭和42年

表-6 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名		機器名	第○類																				
計算式*1	$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIL}{L_1^2(L-L_1)^2W}}$ <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)                      I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                      W : 機器荷重 (N)                      L、L<sub>1</sub> : 長さ (mm)</p>	 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>																					
計算条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">E</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">(N/mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm<sup>4</sup>)</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(N)</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm)</td> </tr> <tr> <td>L<sub>1</sub></td> <td>=</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(mm)</td> </tr> </table>	E	=		(N/mm <sup>2</sup> )	I	=		(mm <sup>4</sup> )	W	=		(N)	L	=		(mm)	L <sub>1</sub>	=		(mm)		<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>
E	=		(N/mm <sup>2</sup> )																				
I	=		(mm <sup>4</sup> )																				
W	=		(N)																				
L	=		(mm)																				
L <sub>1</sub>	=		(mm)																				
計算結果及び判定		剛構造評価																					
	計算値																						
	判定基準値																						
判定																							

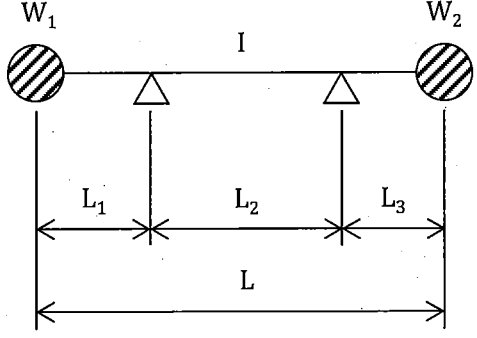
\*1 : 出典 実用振動計算法、小堀 与一、昭和60年

表-7 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名		機器名	第○類																								
計算式*1	$f = \frac{\omega}{2\pi}$ $\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{2} \left[ a_{11} \frac{W_1}{g} + a_{22} \frac{W_2}{g} + \sqrt{\left( a_{11} \frac{W_1}{g} - a_{22} \frac{W_2}{g} \right)^2 + 4a_{12}^2 \frac{W_1 W_2}{g^2}} \right]$ $a_{11} = \frac{L_1^2(L-L_1)^2}{3EIL}$ $a_{12} = \frac{L_1 L_3 (L^2 - L_1^2 - L_3^2)}{6EIL}$ $a_{22} = \frac{L_3^2(L-L_3)^2}{3EIL}$ <p>                     E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)                      I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)                      W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> : 機器荷重 (N)                      ω : 角速度 (rad/s)                      a<sub>11</sub>、a<sub>12</sub>、a<sub>22</sub> : 単位力が加わるときのたわみ (mm/N)                      L、L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> : 長さ (mm)                      g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)                 </p>	 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>																									
計算条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>E =</td><td>(N/mm<sup>2</sup>)</td></tr> <tr><td>I =</td><td>(mm<sup>4</sup>)</td></tr> <tr><td>W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> =</td><td>(N)</td></tr> <tr><td>a<sub>11</sub> =</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>a<sub>12</sub> =</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>a<sub>22</sub> =</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>L =</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>1</sub> =</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>2</sub> =</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>3</sub> =</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td><math>\frac{1}{\omega^2}</math> =</td><td>(s<sup>2</sup>/rad<sup>2</sup>)</td></tr> <tr><td>ω =</td><td>(rad/s)</td></tr> </table>	E =	(N/mm <sup>2</sup> )	I =	(mm <sup>4</sup> )	W <sub>1</sub> 、W <sub>2</sub> =	(N)	a <sub>11</sub> =	(mm/N)	a <sub>12</sub> =	(mm/N)	a <sub>22</sub> =	(mm/N)	L =	(mm)	L <sub>1</sub> =	(mm)	L <sub>2</sub> =	(mm)	L <sub>3</sub> =	(mm)	$\frac{1}{\omega^2}$ =	(s <sup>2</sup> /rad <sup>2</sup> )	ω =	(rad/s)	<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>	
E =	(N/mm <sup>2</sup> )																										
I =	(mm <sup>4</sup> )																										
W <sub>1</sub> 、W <sub>2</sub> =	(N)																										
a <sub>11</sub> =	(mm/N)																										
a <sub>12</sub> =	(mm/N)																										
a <sub>22</sub> =	(mm/N)																										
L =	(mm)																										
L <sub>1</sub> =	(mm)																										
L <sub>2</sub> =	(mm)																										
L <sub>3</sub> =	(mm)																										
$\frac{1}{\omega^2}$ =	(s <sup>2</sup> /rad <sup>2</sup> )																										
ω =	(rad/s)																										
計算結果及び判定	計算値	剛構造評価																									
	判定基準値																										
	判定																										

\*1 : 出典 振動工学ハンドブック、谷口 修、昭和63年

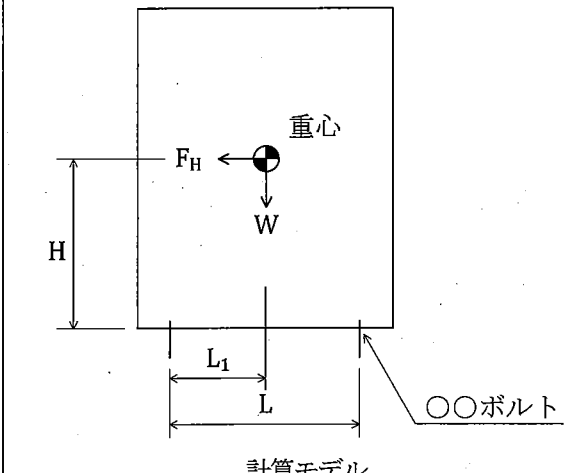
表-8 機器の固有振動数計算及び剛構造判定

設備名		機器名	第○類																																				
計算式*1 $f = \frac{\omega}{2\pi}$ $\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{2} \left[ a_{11} \frac{W_1}{g} + a_{22} \frac{W_2}{g} + \sqrt{\left( a_{11} \frac{W_1}{g} - a_{22} \frac{W_2}{g} \right)^2 + 4a_{12}^2 \frac{W_1 W_2}{g^2}} \right]$ $a_{11} = \frac{L_1^2(L_1 + L_2)}{3EI}$ $a_{12} = \frac{L_1 L_2 L_3}{6EI}$ $a_{22} = \frac{L_3^2(L_3 + L_2)}{3EI}$ E : ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) I : 断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> ) W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub> : 機器荷重 (N) ω : 角速度 (rad/s) a <sub>11</sub> , a <sub>12</sub> , a <sub>22</sub> : 単位力が加わるときのたわみ (mm/N) L, L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> , L <sub>3</sub> : 長さ (mm) g : 重力加速度 (m/s <sup>2</sup> )		 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>																																					
計算条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">E</td><td style="width: 50%;">=</td><td style="width: 50%;">(N/mm<sup>2</sup>)</td></tr> <tr><td>I</td><td>=</td><td>(mm<sup>4</sup>)</td></tr> <tr><td>W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub></td><td>=</td><td>(N)</td></tr> <tr><td>a<sub>11</sub></td><td>=</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>a<sub>12</sub></td><td>=</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>a<sub>22</sub></td><td>=</td><td>(mm/N)</td></tr> <tr><td>L</td><td>=</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>1</sub></td><td>=</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>2</sub></td><td>=</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td>L<sub>3</sub></td><td>=</td><td>(mm)</td></tr> <tr><td><math>\frac{1}{\omega^2}</math></td><td>=</td><td>(s<sup>2</sup>/rad<sup>2</sup>)</td></tr> <tr><td>ω</td><td>=</td><td>(rad/s)</td></tr> </table>	E	=	(N/mm <sup>2</sup> )	I	=	(mm <sup>4</sup> )	W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub>	=	(N)	a <sub>11</sub>	=	(mm/N)	a <sub>12</sub>	=	(mm/N)	a <sub>22</sub>	=	(mm/N)	L	=	(mm)	L <sub>1</sub>	=	(mm)	L <sub>2</sub>	=	(mm)	L <sub>3</sub>	=	(mm)	$\frac{1}{\omega^2}$	=	(s <sup>2</sup> /rad <sup>2</sup> )	ω	=	(rad/s)	<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>	
E	=	(N/mm <sup>2</sup> )																																					
I	=	(mm <sup>4</sup> )																																					
W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub>	=	(N)																																					
a <sub>11</sub>	=	(mm/N)																																					
a <sub>12</sub>	=	(mm/N)																																					
a <sub>22</sub>	=	(mm/N)																																					
L	=	(mm)																																					
L <sub>1</sub>	=	(mm)																																					
L <sub>2</sub>	=	(mm)																																					
L <sub>3</sub>	=	(mm)																																					
$\frac{1}{\omega^2}$	=	(s <sup>2</sup> /rad <sup>2</sup> )																																					
ω	=	(rad/s)																																					
計算結果及び判定	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%; text-align: center;">剛構造評価</td> </tr> <tr> <td>計算値</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>判定基準値</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			剛構造評価	計算値			判定基準値			判定																												
		剛構造評価																																					
計算値																																							
判定基準値																																							
判定																																							

\*1: 出典 振動工学ハンドブック、谷口 修、昭和63年



表-9 機器のボルトの応力計算（一次設計及び二次設計）

設備名	機器名		第○類																																
計算式*1	(1) $\frac{M_2}{M_1} = \frac{WL_1}{F_H H} = \frac{L_1}{\alpha H}$ (2) $\tau$ : ボルトのせん断応力 $\tau = \frac{F_H}{NA} = \frac{\alpha W}{NA}$ (3) $f_t$ : ボルトの引張応力 $f_t = \frac{M_1 - M_2}{nAL} = \frac{W(\alpha H - L_1)}{nAL}$																																		
	(4) $f_{ts}$ : 引張荷重とせん断荷重を同時に受けるボルトの許容引張応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $f_{to}$ 又は $f_{bi}$ のどちらか小さい方。ただし、 $f_{bi} = 1.4f_{to} - 1.6\tau$																																		
[記号] <table border="0" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">M<sub>2</sub> : 静的地震力に対する抵抗モーメント</td> <td style="width: 15%;">(N・mm)</td> <td style="width: 30%;">α : 水平震度</td> <td style="width: 25%;">(—)</td> </tr> <tr> <td>M<sub>1</sub> : 静的地震力による転倒モーメント</td> <td>(N・mm)</td> <td>H : 重心高さ</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>W : 機器荷重</td> <td>(N)</td> <td>n : 有効ボルト本数</td> <td>(本)</td> </tr> <tr> <td>L<sub>1</sub> : 重心とボルトの間隔</td> <td>(mm)</td> <td>L : 許容最小ボルト間隔</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>F<sub>H</sub> : 静的水平地震力</td> <td>(N)</td> <td>f<sub>so</sub> : ボルトの許容せん断応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>N : せん断荷重を受けるボルト本数</td> <td>(本)</td> <td>f<sub>to</sub> : ボルトの許容引張応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>A : ボルトの有効断面積</td> <td>(mm<sup>2</sup>)</td> <td>pa : ボルトの許容引張力</td> <td>(N) <sup>(註)</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>qa : ボルトの許容せん断力</td> <td>(N) <sup>(註)</sup></td> </tr> </table>				M <sub>2</sub> : 静的地震力に対する抵抗モーメント	(N・mm)	α : 水平震度	(—)	M <sub>1</sub> : 静的地震力による転倒モーメント	(N・mm)	H : 重心高さ	(mm)	W : 機器荷重	(N)	n : 有効ボルト本数	(本)	L <sub>1</sub> : 重心とボルトの間隔	(mm)	L : 許容最小ボルト間隔	(mm)	F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	f <sub>so</sub> : ボルトの許容せん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )	N : せん断荷重を受けるボルト本数	(本)	f <sub>to</sub> : ボルトの許容引張応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A : ボルトの有効断面積	(mm <sup>2</sup> )	pa : ボルトの許容引張力	(N) <sup>(註)</sup>			qa : ボルトの許容せん断力	(N) <sup>(註)</sup>
M <sub>2</sub> : 静的地震力に対する抵抗モーメント	(N・mm)	α : 水平震度	(—)																																
M <sub>1</sub> : 静的地震力による転倒モーメント	(N・mm)	H : 重心高さ	(mm)																																
W : 機器荷重	(N)	n : 有効ボルト本数	(本)																																
L <sub>1</sub> : 重心とボルトの間隔	(mm)	L : 許容最小ボルト間隔	(mm)																																
F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	f <sub>so</sub> : ボルトの許容せん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )																																
N : せん断荷重を受けるボルト本数	(本)	f <sub>to</sub> : ボルトの許容引張応力	(N/mm <sup>2</sup> )																																
A : ボルトの有効断面積	(mm <sup>2</sup> )	pa : ボルトの許容引張力	(N) <sup>(註)</sup>																																
		qa : ボルトの許容せん断力	(N) <sup>(註)</sup>																																
計算条件	W	(N)	機器の概略モデル図  単位 : mm																																
	H	(mm)																																	
	L <sub>1</sub>	(mm)																																	
	α	(—)																																	
	N	(本)																																	
	n	(本)																																	
	A	(mm <sup>2</sup> )																																	
	L	(mm)																																	
	f <sub>so</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )																																	
	f <sub>to</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )																																	
	pa <sup>(註)</sup>	(N)																																	
	qa <sup>(註)</sup>	(N)																																	
M <sub>2</sub> /M <sub>1</sub>	判定基準	1 . M <sub>2</sub> /M <sub>1</sub> ≥ 1 のとき : τ ≤ f <sub>so</sub> 2 . M <sub>2</sub> /M <sub>1</sub> < 1 のとき : τ ≤ f <sub>so</sub> 、f <sub>t</sub> ≤ f <sub>ts</sub> 、a <sub>s</sub> ≤ 1 <sup>(註)</sup>																																	
計算結果及び判定		せん断応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引抜力 <sup>(註)</sup>																															
	計算値																																		
	判定基準値																																		
判定																																			

\*1 : 出典 建築設備耐震設計・施工指針 (2014年版)、日本建築センター、2014年

(注) 基礎ボルトの応力評価時にのみ使用する。

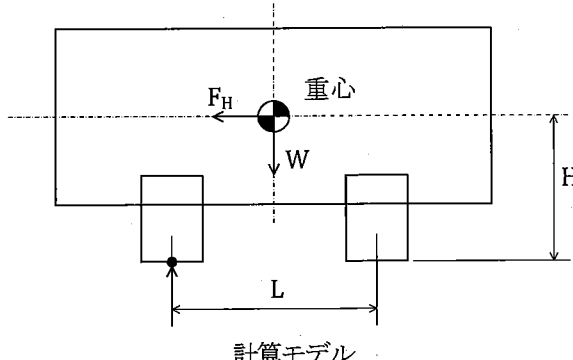
表-10 機器のボルトの応力計算 (設計基準を超える条件に対する設計)

設備名	機器名		第○類	
計算式*	(1) $\frac{M_2}{M_1} = \frac{(W-F_v)L_1}{F_H H} = \frac{(1-\frac{\alpha}{2})L_1}{\alpha H}$ (2) $\tau$ : ボルトのせん断応力 $\tau = \frac{F_H}{NA} = \frac{\alpha W}{NA}$ (3) $f_t$ : ボルトの引張応力 $f_t = \frac{M_1 - M_2}{nAL} = \frac{W\{\alpha H - (1-\frac{\alpha}{2})L_1\}}{nAL}$			
	(4) $f_{ts}$ : 引張荷重とせん断荷重を同時に受けるボルトの許容引張応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $f_{to}$ 又は $f_{bi}$ のどちらか小さい方。ただし、 $f_{bi} = 1.4f_{to} - 1.6\tau$			
計算条件	[記号]			
	$M_2$	: 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)	$\alpha$	: 水平震度 (—)
	$M_1$	: 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)	H	: 重心高さ (mm)
	W	: 機器荷重 (N)	n	: 有効ボルト本数 (本)
	$L_1$	: 重心とボルトの間隔 (mm)	L	: 許容最小ボルト間隔 (mm)
	$F_H$	: 静的水平地震力 (N)	$f_{so}$	: ボルトの許容せん断応力 (N/mm <sup>2</sup> )
	$F_v$	: 静的垂直地震力 (N)	$f_{to}$	: ボルトの許容引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )
	N	: せん断荷重を受けるボルト本数 (本)	$p_a$	: ボルトの許容引張力 (N) (注)
	A	: ボルトの有効断面積 (mm <sup>2</sup> )	$q_a$	: ボルトの許容せん断力 (N) (注)
	W	(N)	機器の概略モデル図 単位: mm	
	H	(mm)		
	$L_1$	(mm)		
$\alpha$	(—)			
N	(本)			
n	(本)			
A	(mm <sup>2</sup> )			
L	(mm)			
$f_{so}$	(N/mm <sup>2</sup> )			
$f_{to}$	(N/mm <sup>2</sup> )			
$p_a$ (注)	(N)			
$q_a$ (注)	(N)			
$M_2/M_1$	判定基準	1 . $M_2/M_1 \geq 1$ のとき: $\tau \leq f_{so}$ 2 . $M_2/M_1 < 1$ のとき: $\tau \leq f_{so}$ , $f_t \leq f_{ts}$ , $a_s \leq 1$ (注)		
計算結果及び判定		せん断応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引抜力 (注)
	計算値			
	判定			

\*1: 出典 建築設備耐震設計・施工指針 (2014年版)、日本建築センター、2014年

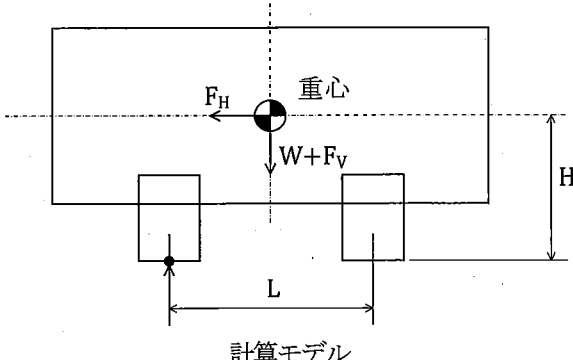
(注) 基礎ボルトの応力評価時にのみ使用する。

表-11 機器の脚部応力計算（一次設計及び二次設計）

設備名	機器名	第○類																												
計算式*1	$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2}$ $\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ} = \frac{\alpha W H}{nZ}$ $\sigma_c = \frac{W}{nA} + \frac{F_H H}{LA} = \frac{W}{nA} + \frac{\alpha W H}{LA}$ $\tau = \frac{F_H}{nA_s} = \frac{\alpha W}{nA_s}$																													
	 <p>計算モデル</p>																													
<p>〔記号〕</p> <table border="0"> <tr> <td><math>\sigma</math> : 脚部の組合せ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>A : 脚部断面積</td> <td>(mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_b</math> : 静的地震力による曲げ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>A<sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積</td> <td>(mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_c</math> : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>n : 脚数</td> <td>(本)</td> </tr> <tr> <td><math>\tau</math> : 静的地震力によるせん断応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>H : 重心高さ</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>W : 機器荷重</td> <td>(N)</td> <td>L : 脚中心間距離</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>F<sub>H</sub> : 静的水平地震力</td> <td>(N)</td> <td>Z : 脚部断面係数</td> <td>(mm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math> : 水平震度</td> <td>(-)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			$\sigma$ : 脚部の組合せ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A : 脚部断面積	(mm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ : 静的地震力による曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積	(mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力	(N/mm <sup>2</sup> )	n : 脚数	(本)	$\tau$ : 静的地震力によるせん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )	H : 重心高さ	(mm)	W : 機器荷重	(N)	L : 脚中心間距離	(mm)	F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	Z : 脚部断面係数	(mm <sup>3</sup> )	$\alpha$ : 水平震度	(-)		
$\sigma$ : 脚部の組合せ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A : 脚部断面積	(mm <sup>2</sup> )																											
$\sigma_b$ : 静的地震力による曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積	(mm <sup>2</sup> )																											
$\sigma_c$ : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力	(N/mm <sup>2</sup> )	n : 脚数	(本)																											
$\tau$ : 静的地震力によるせん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )	H : 重心高さ	(mm)																											
W : 機器荷重	(N)	L : 脚中心間距離	(mm)																											
F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	Z : 脚部断面係数	(mm <sup>3</sup> )																											
$\alpha$ : 水平震度	(-)																													
計算条件	W	(N)																												
	$\alpha$	(-)																												
	H	(mm)																												
	L	(mm)																												
	Z	(mm <sup>3</sup> )																												
	A	(mm <sup>2</sup> )																												
	A <sub>s</sub>	(mm <sup>2</sup> )																												
	n	(本)																												
	$\sigma_b$	(N/mm <sup>2</sup> )																												
	$\sigma_c$	(N/mm <sup>2</sup> )																												
	$\tau$	(N/mm <sup>2</sup> )																												
単位 : mm																														
脚部の概略モデル図																														
計算結果及び判定	組合せ応力 (N/mm <sup>2</sup> )																													
	計算値																													
	判定基準値																													
判定																														

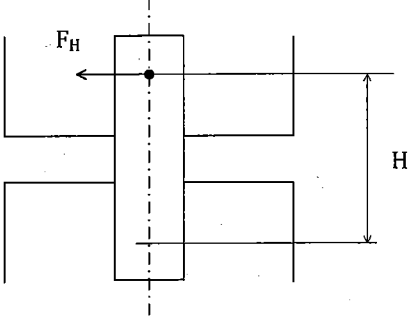
\*1 : 出典 機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM 版

表-12 機器の脚部応力計算 (設計基準を超える条件に対する設計)

設備名	機器名	第○類																												
<p>計算式*1</p>	$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2}$ $\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ} = \frac{\alpha W H}{nZ}$ $\sigma_c = \frac{W + F_v}{nA} + \frac{F_H H}{LA} = \frac{(1 + \frac{\alpha}{2})W}{nA} + \frac{\alpha W H}{LA}$ $\tau = \frac{F_H}{nA_s} = \frac{\alpha W}{nA_s}$																													
<p>計算条件</p>	<p>[記号]</p> <table border="0"> <tr> <td><math>\sigma</math> : 脚部の組合せ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td><math>\alpha</math> : 水平震度</td> <td>(-)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_b</math> : 静的地震力による曲げ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>A : 脚部断面積</td> <td>(mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_c</math> : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>A<sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積</td> <td>(mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td><math>\tau</math> : 静的地震力によるせん断応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>n : 脚数</td> <td>(本)</td> </tr> <tr> <td>W : 機器荷重</td> <td>(N)</td> <td>H : 重心高さ</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>F<sub>H</sub> : 静的水平地震力</td> <td>(N)</td> <td>L : 脚中心間距離</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>F<sub>v</sub> : 静的垂直地震力</td> <td>(N)</td> <td>Z : 脚部断面係数</td> <td>(mm<sup>3</sup>)</td> </tr> </table>	$\sigma$ : 脚部の組合せ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$ : 水平震度	(-)	$\sigma_b$ : 静的地震力による曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A : 脚部断面積	(mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積	(mm <sup>2</sup> )	$\tau$ : 静的地震力によるせん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )	n : 脚数	(本)	W : 機器荷重	(N)	H : 重心高さ	(mm)	F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	L : 脚中心間距離	(mm)	F <sub>v</sub> : 静的垂直地震力	(N)	Z : 脚部断面係数	(mm <sup>3</sup> )	<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">脚部の概略モデル図</p>
$\sigma$ : 脚部の組合せ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$ : 水平震度	(-)																											
$\sigma_b$ : 静的地震力による曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A : 脚部断面積	(mm <sup>2</sup> )																											
$\sigma_c$ : 機器荷重及び静的地震力による圧縮応力	(N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> : せん断に対する有効断面積	(mm <sup>2</sup> )																											
$\tau$ : 静的地震力によるせん断応力	(N/mm <sup>2</sup> )	n : 脚数	(本)																											
W : 機器荷重	(N)	H : 重心高さ	(mm)																											
F <sub>H</sub> : 静的水平地震力	(N)	L : 脚中心間距離	(mm)																											
F <sub>v</sub> : 静的垂直地震力	(N)	Z : 脚部断面係数	(mm <sup>3</sup> )																											
<p>計算結果及び判定</p>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">組合せ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>計算値</td> <td></td> </tr> <tr> <td>判定基準値</td> <td></td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td></td> </tr> </table>		組合せ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	計算値		判定基準値		判定																						
	組合せ応力 (N/mm <sup>2</sup> )																													
計算値																														
判定基準値																														
判定																														

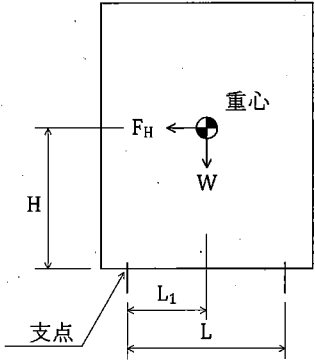
\*1 : 出典 機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM 版

表-13 ストップの応力計算（一次設計、二次設計及び設計基準を超える条件に対する設計）

設備名	機器名	第○類	
計算式*1	$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$ $\sigma_b = \frac{F_H H}{nZ} = \frac{\alpha W H}{nZ}$ $\tau = \frac{F_H}{nA_s} = \frac{\alpha W}{nA_s}$	 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>	
	[記号] $\sigma$ : ストップの組合せ応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $\sigma_b$ : 曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $\tau$ : せん断応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $W$ : 機器荷重 (N) $F_H$ : 静的水平地震力 (N) $\alpha$ : 水平震度 (-) $H$ : 長さ (mm) $A_s$ : ストップせん断有効断面積 (mm <sup>2</sup> ) $Z$ : ストップ断面係数 (mm <sup>3</sup> ) $n$ : ストップ本数 (本)		
計算条件	$W$	(N)	単位 : mm  ストップの概略モデル図
	$\alpha$	(-)	
	$H$	(mm)	
	$A_s$	(mm <sup>2</sup> )	
	$Z$	(mm <sup>3</sup> )	
	$n$	(本)	
	$\sigma_b$	(N/mm <sup>2</sup> )	
	$\tau$	(N/mm <sup>2</sup> )	
計算結果 及び判定	組合せ応力 (N/mm <sup>2</sup> )		
	計 算 値		
	判定基準値		
	判 定		

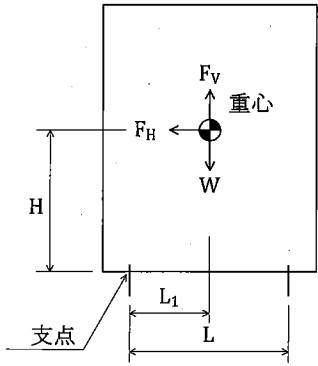
\*1 : 出典 機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM 版

表-14 機器の転倒計算 (一次設計及び二次設計)

設備名	機器名	第○類						
<p>計算式<sup>*1</sup></p>	<p>(1) <math>M_2/M_1</math></p> $\frac{M_2}{M_1} = \frac{WL_1}{F_H H} = \frac{L_1}{\alpha H}$	 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>						
	<p>〔記号〕</p> <p>M<sub>2</sub> : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm)</p> <p>M<sub>1</sub> : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm)</p> <p>W : 機器荷重 (N)</p> <p>L<sub>1</sub> : 重心と支点の間隔 (mm)</p> <p>F<sub>H</sub> : 静的水平地震力 (N)</p> <p>α : 水平震度 (-)</p> <p>H : 重心高さ (mm)</p>							
<p>計算条件</p>	<table border="1"> <tr> <td>L<sub>1</sub></td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>α</td> <td>(-)</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>(mm)</td> </tr> </table>	L <sub>1</sub>	(mm)	α	(-)	H	(mm)	<p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">機器の概略モデル図</p>
	L <sub>1</sub>	(mm)						
α	(-)							
H	(mm)							
<p>計算結果及び判定</p>	<p>計算値</p>	<p>転倒評価</p>						
	<p>判定基準値</p>							
	<p>判定</p>							

\*1 : 出典 建築設備耐震設計・施工指針 (2014年版)、日本建築センター、2014年

表-15 機器の転倒計算 (設計基準を超える条件に対する設計)

設備名			機器名	第○類
計算式*	(1) $M_2/M_1$  $\frac{M_2}{M_1} = \frac{(W-F_v)L_1}{F_H H} = \frac{(1-\frac{\alpha}{2})L_1}{\alpha H}$		 <p style="text-align: center;">計算モデル</p>	
	(記号) $M_2$ : 静的地震力に対する抵抗モーメント (N・mm) $M_1$ : 静的地震力による転倒モーメント (N・mm) $F_H$ : 静的水平地震力 (N) $F_v$ : 静的垂直地震力 (N) $W$ : 機器荷重 (N) $L_1$ : 重心と支点の間隔 (mm) $\alpha$ : 水平震度 (-) $H$ : 重心高さ (mm)			
計算条件	$L_1$		(mm)	
	$\alpha$		(-)	
	$H$		(mm)	
				単位 : mm  機器の概略モデル図
計算結果 及び判定	$\frac{M_2}{M_1}$		転倒評価	
	計算値			
	判定基準値			
	判定			

\*1 : 出典 建築設備耐震設計・施工指針 (2014年版)、日本建築センター、2014年

添付計算書1-5 加工施設の耐震性に関する説明書  
(配管、ダクト、架構の耐震計算書作成の基本方針)



## 目 次

ページ

1. 一般事項	(1)	一添付計算書1-5-1
1.1 計算条件	(1)	一添付計算書1-5-1
1.2 計算精度と数値の丸め方	(1)	一添付計算書1-5-1
2. 計算方法	(1)	一添付計算書1-5-2
2.1 配管	(1)	一添付計算書1-5-2
2.2 ダクト	(1)	一添付計算書1-5-6
2.3 架構	(1)	一添付計算書1-5-9
3. 評価方法	(1)	一添付計算書1-5-12
3.1 配管	(1)	一添付計算書1-5-12
3.2 ダクト	(1)	一添付計算書1-5-12
3.3 架構	(1)	一添付計算書1-5-12
4. 引用文献	(1)	一添付計算書1-5-12

## 1. 一般事項

本基本方針は、本施設のうち、配管、ダクト、架構の耐震性についての計算書作成の基本方針について説明するものである。

### 1. 1 計算条件

配管、ダクト、架構の耐震計算を行うに当たって考慮する事項を以下に示す。

- ・地震力は配管、ダクト、架構に対して、水平方向に作用するものとする。ただし、設計基準を超える条件に対する設計においては、水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- ・配管及び架構の応力計算で用いる荷重は、配管内の UF<sub>6</sub> 等の液体の荷重が加味されたものとする。配管内容物の荷重については、内容物が配管内に満たされていることとし、内容物の比重を踏まえ、等分布荷重として配管の荷重に付加する。
- ・配管及びダクトの計算において用いるモデルの支持条件は、ピン支持とする。
- ・配管系にフレキシブルホースが存在する場合は、フレキシブルホース端部にてモデルを分割し、フリー端として扱う。フリー端とした部分については、フレキシブルホースの総質量の2分の1を付加する。

### 1. 2 計算精度と数値の丸め方

配管、ダクト、架構の計算精度と数値の丸め方は「添付計算書1-4」に準ずる。

## 2. 計算方法

### 2. 1 配管

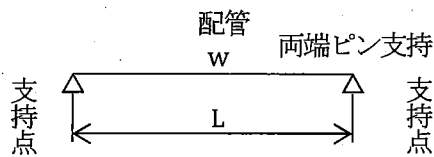
配管は、「添付計算書1-3」に記載のとおり、耐震重要度分類に応じた水平地震力に基づき、静的設計法により、配管の形状等を考慮して、定ピッチスパンによる設計法又は実形状モデルでの設計法で計算を行う。

定ピッチスパン法に用いる基本パターン（構造要素）のうち、有限要素法を用いない一次固有振動数の計算方法及び応力の計算方法を以下に示す。

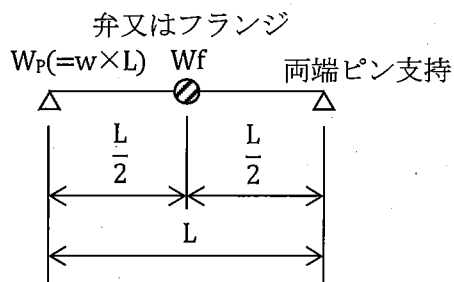
また、基本パターン（構造要素）のうち、直管以外の形状のものの計算及び実形状モデルでの計算は有限要素法により行う。

#### (1) モデル図

図-1に示す計算モデルにおいて、配管の一次固有振動数及び静的地震力による配管の応力を求める。



基本パターン1（単純支持の直管）



基本パターン2（中央に弁又はフランジのある直管）

図-1 基本パターンのモデル図

#### (2) 一次固有振動数の評価

##### a. 基本パターン1の一次固有振動数の評価

$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$$

ここで、

- f : 一次固有振動数 (Hz)  
L : 配管支持間隔 (mm)  
E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)  
 $\left( \begin{array}{l} =\pi (D^4 - d^4) / 64 \\ D : \text{外径 (mm)} \\ d : \text{内径 (mm)} \end{array} \right)$   
g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)  
w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)

b. 基本パターン2の一次固有振動数の評価

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{48EIg}{(Wf + 0.49W_p) L^3}}$$

ここで、

- f : 一次固有振動数 (Hz)  
L : 配管支持間隔 (mm)  
E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)  
 $\left( \begin{array}{l} =\pi (D^4 - d^4) / 64 \\ D : \text{外径 (mm)} \\ d : \text{内径 (mm)} \end{array} \right)$   
g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)  
Wf : 弁又はフランジ荷重 (N)  
W<sub>p</sub> : 配管荷重 (N)  
 $\left( \begin{array}{l} =w \times L \\ w : \text{配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)} \end{array} \right)$

(3) 応力の計算方法

a. 基本パターン1の応力評価

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bH}^2}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_{bH}}{Z}$$

$$M_{bv} = \frac{wL^2}{8} \quad M_{bH} = \frac{\alpha wL^2}{8}$$

$$Z = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

ここで、

- σ : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
σ<sub>bv</sub> : 自重による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
σ<sub>bH</sub> : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
M<sub>bv</sub> : 自重による曲げモーメント (N・mm)  
M<sub>bH</sub> : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)  
α : 水平震度 (-)  
w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)  
L : 配管支持間隔 (mm)  
Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)  
D : 外径 (mm)  
d : 内径 (mm)

b. 基本パターン2の応力評価

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bH}^2}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_{bH}}{Z}$$

$$M_{bv} = \frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8} \quad M_{bH} = \alpha \left( \frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8} \right)$$

$$Z = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

ここで、

- $\sigma$  : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{bv}$  : 自重による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_{bv}$  : 自重による曲げモーメント (N・mm)
- $M_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)
- $\alpha$  : 水平震度 (-)
- $Wf$  : 弁又はフランジ荷重 (N)
- $w$  : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)
- $L$  : 配管支持間隔 (mm)
- $Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- $D$  : 外径 (mm)
- $d$  : 内径 (mm)

(4) 応力の計算方法 (設計基準を超える条件に対する設計)

a. 基本パターン1の応力評価 (設計基準を超える条件に対する設計)

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bH}^2}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_{bH}}{Z}$$

$$M_{bv} = \frac{\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) wL^2}{8} \quad M_{bH} = \frac{\alpha wL^2}{8}$$

$$Z = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

ここで、

- $\sigma$  : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{bv}$  : 自重及び静的垂直地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_{bv}$  : 自重及び静的垂直地震力による曲げモーメント (N・mm)
- $M_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)
- $\alpha$  : 水平震度 (-)
- $w$  : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)
- $L$  : 配管支持間隔 (mm)
- $Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- $D$  : 外径 (mm)
- $d$  : 内径 (mm)

b. 基本パターン2の応力評価 (設計基準を超える条件に対する設計)

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bH}^2}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_{bH}}{Z}$$

$$M_{bv} = \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) \left(\frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8}\right) \quad M_{bH} = \alpha \left(\frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8}\right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{D}$$

ここで、

$\sigma$  : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bv}$  : 自重及び静的垂直地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_{bv}$  : 自重及び静的垂直地震力による曲げモーメント (N・mm)

$M_{bH}$  : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)

$\alpha$  : 水平震度 (-)

$Wf$  : 弁又はフランジ荷重 (N)

$w$  : 配管単位長さ当たりの荷重 (N/mm)

$L$  : 配管支持間隔 (mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$D$  : 外径 (mm)

$d$  : 内径 (mm)

2. 2 ダクト

ダクトは、「添付計算書1-3」に記載のとおり、耐震重要度分類に基づき、静的設計法により行う。

ダクトの応力計算の方法を以下に示す。

なお、加工施設におけるダクトは一般的な薄肉構造であり、剛構造とする一次固有振動数を確保することは困難であるため、一次設計、二次設計において剛構造の計算は行わず、剛構造とならないものとして評価する。

(1) 応力の計算方法

a. 角ダクトの応力評価

図-2に示す計算モデルにおいて、静的地震力による角ダクトの応力を次式で求める。

$$as = \frac{\sigma_{bv} + \sigma_{bH}}{ft}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_V}{Z_{ex}} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_H}{Z_{ey}}$$

$$M_V = \frac{wlox^2}{8} \quad M_H = \frac{\alpha wloy^2}{8}$$

$$Z_{ex} = \frac{2I_{ex}}{B} \quad Z_{ey} = \frac{2I_{ey}}{A}$$

$$I_{ex} = \frac{t}{6} \{b^3 - (B - dex)^3\} + \frac{dey}{12} (B^3 - b^3)$$

$$I_{ey} = \frac{t}{6} \{a^3 - (A - dey)^3\} + \frac{dex}{12} (A^3 - a^3)$$

	I <sub>ex</sub> 用	I <sub>ey</sub> 用
dex	$2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	$1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t$
dey	$1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	$2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t$

ここで、

- as : 応力評価値 (-)
- σ<sub>bv</sub> : 垂直方向曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- σ<sub>bH</sub> : 水平方向曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- ft : 許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- M<sub>V</sub> : 垂直曲げモーメント (N・mm)
- M<sub>H</sub> : 水平曲げモーメント (N・mm)
- w : ダクト単位長さ荷重 (N/mm)
- lox : 垂直方向ダクト最大支持間隔 (mm)
- loy : 水平方向ダクト最大支持間隔 (mm)
- α : 水平震度 (-)
- Z<sub>ex</sub> : X軸まわりダクト有効断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- Z<sub>ey</sub> : Y軸まわりダクト有効断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- I<sub>ex</sub> : X軸まわりダクト有効断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- I<sub>ey</sub> : Y軸まわりダクト有効断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- t : 板厚 (mm)
- dex : 垂直方向ダクト有効幅 (mm)
- dey : 水平方向ダクト有効幅 (mm)
- E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)
- F : F値 (N/mm<sup>2</sup>)
- A : 外形寸法 (水平) (mm)
- a : 断面寸法 (水平) (mm)

- B : 外形寸法 (垂直) (mm)  
 b : 断面寸法 (垂直) (mm)

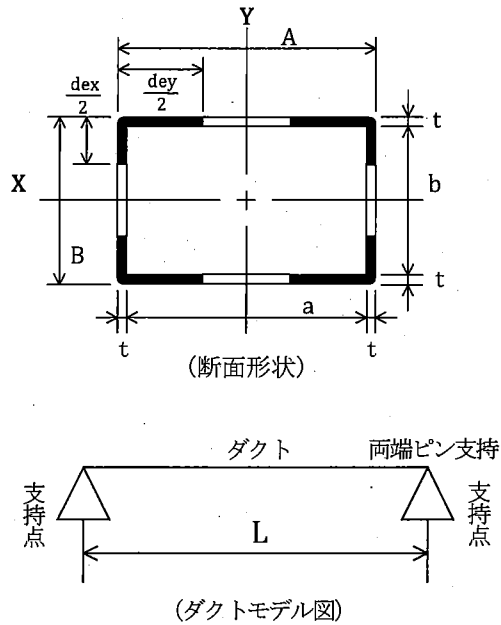


図-2 角ダクトの応力評価の計算モデル

b. 丸ダクトの応力評価

図-3に示す計算モデルにおいて、静的地震力による丸ダクトの応力を次式で求める。

$$as = \frac{\sigma_{bv} + \sigma_{bH}}{ft}$$

$$\sigma_{bv} = \frac{M_v}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_H}{Z}$$

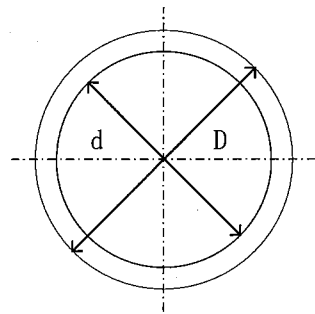
$$M_v = \frac{wlox^2}{8} \quad M_H = \frac{\alpha wloy^2}{8}$$

$$Z = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

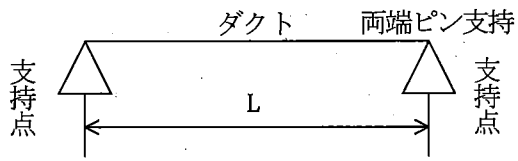
ここで、

- as : 応力評価値 (-)  
 $\sigma_{bv}$  : 垂直方向曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{bH}$  : 水平方向曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 ft : 許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $M_v$  : 垂直方向曲げモーメント (N・mm)  
 $M_H$  : 水平方向曲げモーメント (N・mm)  
 w : ダクト単位長さ荷重 (N/mm)  
 lox : 垂直方向ダクト最大支持間隔 (mm)  
 loy : 水平方向ダクト最大支持間隔 (mm)  
 $\alpha$  : 水平震度 (-)  
 Z : ダクト断面係数 (mm<sup>3</sup>)  
 D : 外径 (mm)  
 d : 内径 (mm)





(断面形状)



(ダクトモデル図)

図-3 丸ダクトの応力評価の計算モデル

## 2. 3 架構

UF<sub>0</sub>を内包する配管等を支持する主要な架構は、「添付計算書1-3」に記載のとおり、耐震重要度分類に基づき、静的設計法により行う。架構は、原則として有限要素法により、応力解析及び一次固有振動数の解析を行う。

有限要素法により確認された架構に生じる応力をもとに、ベースプレート、基礎ボルト、埋込板、スタッドジベルの応力計算を行う。

ベースプレート、基礎ボルト、埋込板、スタッドジベルの計算方法を以下に示す。

### (1) 応力の計算方法

#### a. ベースプレートの応力評価

図-4に示す計算モデルにおいて、静的地震力によるベースプレートの応力を次式で求める。

$$\sigma_b = \frac{6M}{t^2}$$

bの幅を持ったベースプレートの曲げモーメント

$$M' = M \cdot b$$

ベースプレートの曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M'}{Z} = \frac{M \cdot b}{\frac{1}{6}bt^2} = \frac{6M}{t^2}$$

$$M = \frac{1}{2}\sigma_c L^2$$

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

ここで、

- $\sigma_b$  : ベースプレートの最大曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M$  : ベースプレートの最大曲げモーメント (N・mm/mm)
- $b$  : ベースプレートの幅 (mm)
- $t$  : ベースプレートの板厚 (mm)
- $\sigma_c$  : ベースプレートの最大圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- $L$  : 柱ウェブからベースプレート端部までの距離 (mm)
- $F$  : 基礎への作用力 (N)
- $A$  : ベースプレートの面積 (mm<sup>2</sup>)

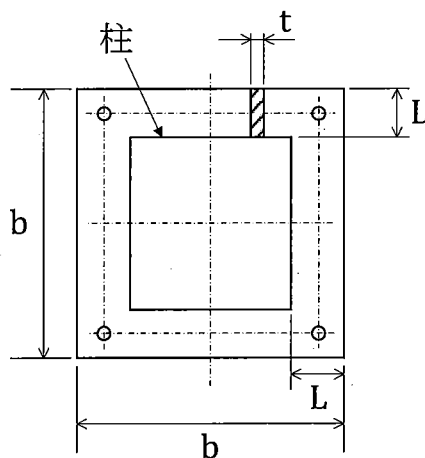


図-4 ベースプレートの応力評価の計算モデル

b. 基礎ボルトの応力評価

「添付計算書1-4」に記載の方法に準じて行う。

c. 埋込板の応力評価

図-5に示す計算モデルにおいて、静的地震力による埋込板の応力を次式で求める。

$$\sigma_b = \frac{6M}{bt^2}$$

ここで、

$\sigma_b$  : 埋込板の最大曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 埋込板の最大曲げモーメント (N・mm)

b : 埋込板の板幅 (mm)

t : 埋込板の板厚 (mm)

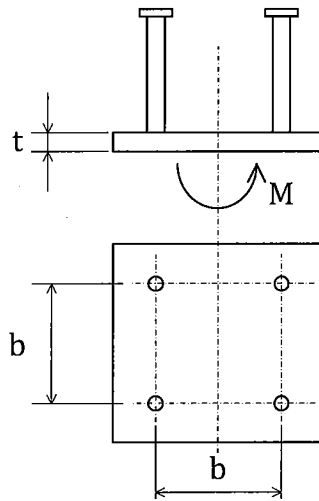


図-5 埋込板の応力評価の計算モデル

d. スタッドジベルの応力評価

(a) 引張力

コンクリート躯体中に定着されたスタッドジベル1本当たりの許容引張力 $p_a$ は、以下2式のうち小なる方の値とする。

$$p_{a1} = \Phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_{ca}$$

$$p_{a2} = \Phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c$$

スタッドジベルの許容引張力時の頭部支圧応力度は、コンクリートの支圧強度 $f_n$ 以下とする。

$$\frac{p_a}{A_0} \leq f_n$$

(b) せん断力

コンクリート躯体中に定着されたスタッドジベル1本当たりの許容せん断力 $q_a$ は、以下3式のうちいずれか小なる方の値とする。

$$q_{a1} = \Phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_{ca}$$

$$q_{a2} = \Phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_{ca}$$

$$q_{a3} = \Phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$$

(c) 組合せ荷重

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

$$p = \frac{F_z}{N}$$

$$q = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{N}$$

ここで、

- $p_{a1}$  : スタッドジベルの降伏により定まる場合のスタッドジベル1本当たりの許容引張力 (N)
- $p_{a2}$  : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により定まる場合のスタッドジベル1本当たりの許容引張力 (N)

$\Phi_1$ 、 $\Phi_2$  : 低減係数であり、次の値を用いる。短期荷重に対し、 $\Phi_1=1.0$ 、 $\Phi_2=2/3$

$s \cdot \sigma_{pa}$  : スタッドジベルの引張強度で、 $s \cdot \sigma_{pa} = s \cdot \sigma_y$  (N/mm<sup>2</sup>)

$s \cdot \sigma_y$  : スタッドジベルの規格降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_{ca}$  : スタッドジベル1本当たりの軸部断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

$A_0$  : スタッドジベル1本当たりの頭部支圧面積で、 $A_0 = (D^2 - d^2)/4$  (mm<sup>2</sup>)

$f_n$  : コンクリートの支圧強度で、 $f_n = \sqrt{A_c/A_0} \cdot F_c$  (N/mm<sup>2</sup>)

ただし、 $\sqrt{A_c/A_0}$  が6を超える場合は6とする。

$l_{ce}$  : スタッドジベルの強度算定用埋込み長さで、 $l_{ce} = l_e$  (mm)

$l_e$  : スタッドジベルのコンクリート内への有効埋込み長さ (mm)

$d$  : スタッドジベルの軸部の直径 (mm)

$D$  : スタッドジベルの頭部の直径 (mm)

$q_{a1}$  : スタッドジベルのせん断強度より決まる場合のスタッドジベル1本当たりの許容せん断力 (N)

- $q_{a2}$  : 定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力 (N)
- $q_{a3}$  : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力 (N)
- $s\sigma_{qa}$  : スタッドジベルのせん断強度で、 $s\sigma_{qa}=0.7s\sigma_y$  (N/mm<sup>2</sup>)
- $c\sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で、 $c\sigma_{qa}=0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$  (N/mm<sup>2</sup>)
- $E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)
- $A_{qc}$  : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)
- $p$  : スタッドジベル 1 本当たりの引張力 (N)
- $q$  : スタッドジベル 1 本当たりのせん断力 (N)
- $F_x$  : スタッドジベルに作用する x 軸方向のせん断力 (N)
- $F_y$  : スタッドジベルに作用する y 軸方向のせん断力 (N)
- $F_z$  : スタッドジベルに作用する z 軸方向の引張力 (N)
- $N$  : スタッドジベルの全本数

### 3. 評価方法

#### 3. 1 配管

##### (1) 一次固有振動数の評価

2. 1項又は解析で求めた一次固有振動数から「添付計算書 1-3」に基づき、剛判断を行う。

##### (2) 応力の評価

2. 1項又は解析で求めた応力が「添付計算書 1-3」に基づく許容応力以下であることを確認する。

#### 3. 2 ダクト

##### (1) 応力の評価

2. 2項で求めた応力が「添付計算書 1-3」に基づく許容応力以下であることを確認する。

#### 3. 3 架構

##### (1) 一次固有振動数の評価

2. 3項より解析で求めた一次固有振動数から「添付計算書 1-3」に基づき、剛判断を行う。

##### (2) 応力の評価

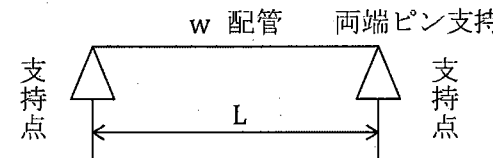
2. 3項又は解析で求めた応力が「添付計算書 1-3」に基づく許容応力以下であることを確認する。

### 4. 引用文献

- (1) 強度設計データブック、強度設計データブック編集委員会、昭和 62 年
- (2) 機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM 版
- (3) 鋼構造設計規準、日本建築学会、2005 年
- (4) 建築学便覧 II 構造、日本建築学会編、日本建築学会、昭和 52 年
- (5) 機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、平成 4 年
- (6) 各種合成構造設計指針・同解説、日本建築学会編、2010 年

別添1 配管、ダクト、架構の耐震性についての計算書フォーマット

表-1 (1/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン1)

パターンNo.	基本パターン1	設備名	第○類
計算式*	<p>a. 一次固有振動数計算</p> $f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$ <p>b. 応力計算</p> $\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bh}^2}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z}$ $\sigma_{bh} = \frac{M_{bh}}{Z}$ $M_{bv} = \frac{wL^2}{8}$ $M_{bh} = \frac{\alpha wL^2}{8}$ $Z = \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	 <p style="text-align: center;">w 配管 両端ピン支持</p> <p style="text-align: center;">支持点 ← L → 支持点</p> <p style="text-align: center;">配管モデル図</p>	
	<p>(記号)</p> <p>f : 一次固有振動数 (Hz)</p> <p>L : 配管支持間隔 (mm)</p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)</p> $\left( = \pi (D^4 - d^4) / 64 \right)$ <p style="margin-left: 20px;">D : 外径 (mm)</p> <p style="margin-left: 20px;">d : 内径 (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)</p> <p>σ : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bv</sub> : 自重による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>M<sub>bv</sub> : 自重による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>M<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>α : 水平震度 (-)</p> <p>w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)</p> <p>Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)</p>		
計算結果及び判定	剛構造評価		
	計算値		
	判定基準値		
	判定		

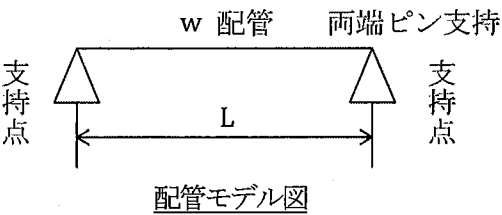
\*1 : 出典 強度設計データブック、強度設計データブック編集委員会、昭和62年  
機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM版

表-1 (2/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン1)

パターンNo.	基本パターン1	設備名	第〇類		
計算結果 及び判定  (許容最大 支持間隔)	口径 (A)	許容最大支持間隔*2 L (mm)	判定基準値 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	判定
	*2 : f = 20 Hz となる支持間隔				



表-2 (1/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン1)  
(設計基準を超える条件に対する設計)

パターンNo.	基本パターン1	設備名	第〇類
計算式*1	<p>a. 一次固有振動数計算</p> $f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{\gamma A}}$ <p>b. 応力計算</p> $\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bh}^2}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z}$ $\sigma_{bh} = \frac{M_{bh}}{Z}$ $M_{bv} = \frac{\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) wL^2}{8}$ $M_{bh} = \frac{\alpha wL^2}{8}$ $Z = \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{D}$		 <p style="text-align: center;">w 配管 両端ピン支持</p> <p style="text-align: center;">← L →</p> <p style="text-align: center;">支持点 支持点</p> <p style="text-align: center;">配管モデル図</p>
	<p>(記号)</p> <p>f : 一次固有振動数 (Hz)</p> <p>L : 配管支持間隔 (mm)</p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)  <math>\left( = \pi (D^4 - d^4) / 64 \right)</math>  D : 外径 (mm)  d : 内径 (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)</p> <p>σ : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bv</sub> : 自重及び静的垂直地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>α : 水平震度 (-)</p> <p>w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)</p> <p>Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)</p> <p>M<sub>bv</sub> : 自重及び静的垂直地震力による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>M<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)</p>		
計算結果及び判定		剛構造評価	
	計 算 値		
	判 定 基 準 値		
	判 定		

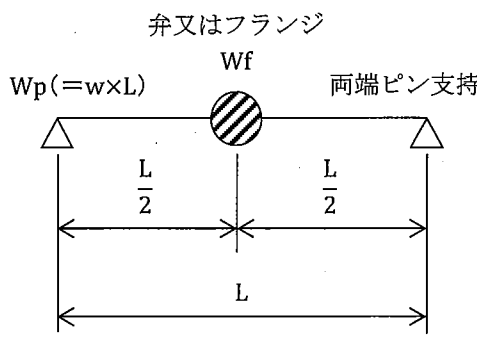
\*1 : 出典 強度設計データブック、強度設計データブック編集委員会、昭和62年  
機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM版

表-2 (2/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン1)  
(設計基準を超える条件に対する設計)

パターンNo.	基本パターン1	設備名	第〇類		
計算結果 及び判定  (許容最大 支持間隔)	口径 (A)	許容最大支持間隔*2 L (mm)	判定基準値 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	判定

\*2 : f = 20 Hz となる支持間隔

表-3 (1/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン2)

パターンNo.	基本パターン2	設備名	第○類
計算式*	<p>a. 一次固有振動数計算</p> $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{48EIg}{(Wf+0.49Wp) L^3}}$ <p>b. 応力計算</p> $\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bH}^2}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z}$ $\sigma_{bH} = \frac{M_{bH}}{Z}$ $M_{bv} = \frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8}$ $M_{bH} = \alpha \left( \frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8} \right)$ $Z = \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	<p>弁又はフランジ</p> <p>Wp (=w×L)      Wf      両端ピン支持</p>  <p>配管モデル図</p>	
	<p>〔記号〕</p> <p>f : 一次固有振動数 (Hz)</p> <p>L : 配管支持間隔 (mm)</p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)</p> $\left( = \pi \frac{(D^4 - d^4)}{64} \right)$ <p>D : 外径 (mm)</p> <p>d : 内径 (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)</p> <p>Wf : 弁又はフランジ荷重 (N)</p> <p>Wp : 配管荷重 (N)</p> $\left( = w \times L \right)$ <p>w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)</p> <p>σ : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bv</sub> : 自重による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bH</sub> : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>M<sub>bv</sub> : 自重による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>M<sub>bH</sub> : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>α : 水平震度 (-)</p> <p>Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)</p>		
計算結果及び判定		剛構造評価	
	計算値		
	判定基準値		
	判定		

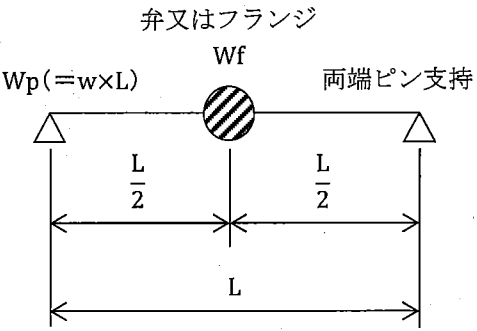

\*1 : 出典 強度設計データブック、強度設計データブック編集委員会、昭和62年  
機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM版

表-3 (2/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン2)

パターンNo.	基本パターン2		設備名	第○類			
計算結果 及び判定  (許容最大 支持間隔)	口径 (A)	許容最大支持間隔*2			判定基準値  (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ応力  (N/mm <sup>2</sup> )	判定
		中央に 手動弁あり  L (mm)	中央に 自動弁あり  L (mm)	中央に フランジあり  L (mm)			

\*2 : f = 20 Hz となる支持間隔

表-4 (1/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン2)  
(設計基準を超える条件に対する設計)

パターンNo.	基本パターン2	設備名	第○類	
計算式*	<p>a. 一次固有振動数計算</p> $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{48EIg}{(Wf+0.49Wp) L^3}}$ <p>b. 応力評価計算</p> $\sigma = \sqrt{\sigma_{bv}^2 + \sigma_{bh}^2}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_{bv}}{Z}$ $\sigma_{bh} = \frac{M_{bh}}{Z}$ $M_{bv} = \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) \left(\frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8}\right)$ $M_{bh} = \alpha \left(\frac{WfL}{4} + \frac{wL^2}{8}\right)$ $Z = \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	 <p style="text-align: center;">配管モデル図</p>		
	<p>〔記号〕</p> <p>f : 一次固有振動数 (Hz)</p> <p>L : 配管支持間隔 (mm)</p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)  <math>\left[ = \pi (D^4 - d^4) / 64 \right]</math>  D : 外径 (mm)  d : 内径 (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)</p> <p>Wf : 弁又はフランジ荷重 (N)</p> <p>Wp : 配管荷重 (N)  <math>\left[ = w \times L \right]</math>  w : 配管単位長さ当りの荷重 (N/mm)</p> <p>σ : 配管の曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bv</sub> : 自重及び静的垂直地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>σ<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>M<sub>bv</sub> : 自重及び静的垂直地震力による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>M<sub>bh</sub> : 静的水平地震力による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>α : 水平震度 (-)</p> <p>Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)</p>			
計算結果及び判定		剛構造評価		
		計算値		
		判定基準値		
		判定		

\*1 : 出典 強度設計データブック、強度設計データブック編集委員会、昭和62年  
機械工学便覧、日本機械学会、DVD-ROM版

表-4 (2/2) 配管の一次固有振動数計算及び応力計算 (基本パターン2)  
 (設計基準を超える条件に対する設計)

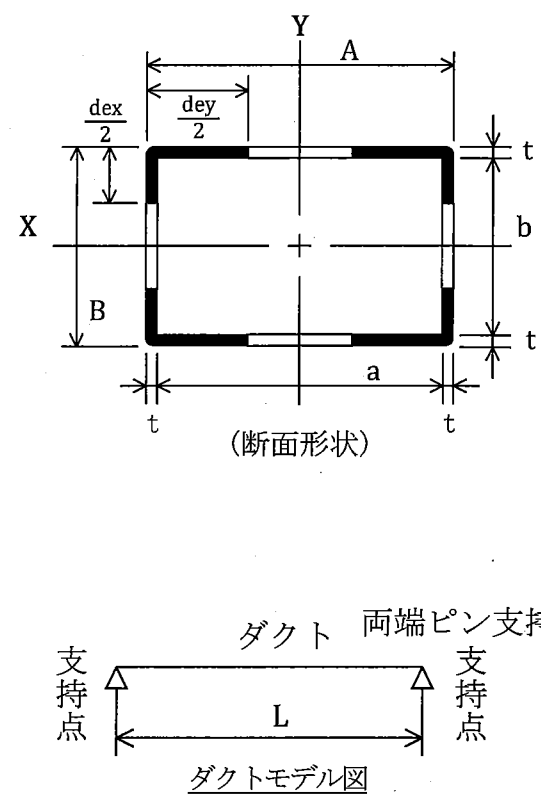
パターンNo.	基本パターン2	設備名	第○類				
計算結果 及び判定 (許容最大 支持間隔)	許容最大支持間隔 <sup>*2</sup>			判定基準値 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	判定	
	口径 (A)	中央に 手動弁あり	中央に 自動弁あり				中央に フランジあり
		L (mm)	L (mm)				L (mm)

\*2 : f = 20 Hz となる支持間隔

表一 5 モデルNo. (有限要素法による配管の応力等の評価結果)

設備名	第○類																																																																																								
<p>1. 形状</p>	<p>2. 評価条件</p> <p>(1) 配管条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">位置</th> <th style="width: 15%;">口径 (A)</th> <th style="width: 25%;">寸法 (mm)</th> <th style="width: 45%;">備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	位置	口径 (A)	寸法 (mm)	備考																																																																																				
位置	口径 (A)	寸法 (mm)	備考																																																																																						
	<p>(2) 荷重条件</p>																																																																																								
	<p>3. 応力評価結果 (モデルNo.                      における最大値)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">最大曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</th> <th style="width: 25%;">計算値</th> <th style="width: 15%;">判定基準</th> <th style="width: 10%;">判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(一次固有振動数 (Hz) :                      、 静的地震力 :                      W)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	最大曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	計算値	判定基準	判定	(一次固有振動数 (Hz) :                      、 静的地震力 :                      W)																																																																																			
最大曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	計算値	判定基準	判定																																																																																						
(一次固有振動数 (Hz) :                      、 静的地震力 :                      W)																																																																																									

表-6 (1/2) ダクト応力計算 (角ダクト)

設備名	機器名	第○類							
<p>計算式*1</p> $as = \frac{\sigma_{bv} + \sigma_{bH}}{ft}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_V}{Z_{ex}} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_H}{Z_{ey}}$ $M_V = \frac{wlox^2}{8} \quad M_H = \frac{\alpha wloy^2}{8}$ $Z_{ex} = \frac{2I_{ex}}{B} \quad Z_{ey} = \frac{2I_{ey}}{A}$ $I_{ex} = \frac{t}{6} \{ b^3 - (B - dex)^3 \} + \frac{dey}{12} (B^3 - b^3)$ $I_{ey} = \frac{t}{6} \{ a^3 - (A - dey)^3 \} + \frac{dex}{12} (A^3 - a^3)$	 <p>(断面形状)</p> <p>ダクト 両端ピン支持</p> <p>支持点</p> <p>支持点</p> <p>ダクトモデル図</p>								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I<sub>ex</sub> 用</th> <th>I<sub>ey</sub> 用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>dex</td> <td><math>2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t</math></td> <td><math>1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t</math></td> </tr> <tr> <td>dey</td> <td><math>1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t</math></td> <td><math>2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t</math></td> </tr> </tbody> </table>		I <sub>ex</sub> 用	I <sub>ey</sub> 用	dex	$2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	$1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	dey
	I <sub>ex</sub> 用	I <sub>ey</sub> 用							
dex	$2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	$1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t$							
dey	$1.6 \sqrt{\frac{E}{F}} t$	$2.4 \sqrt{\frac{E}{F}} t$							

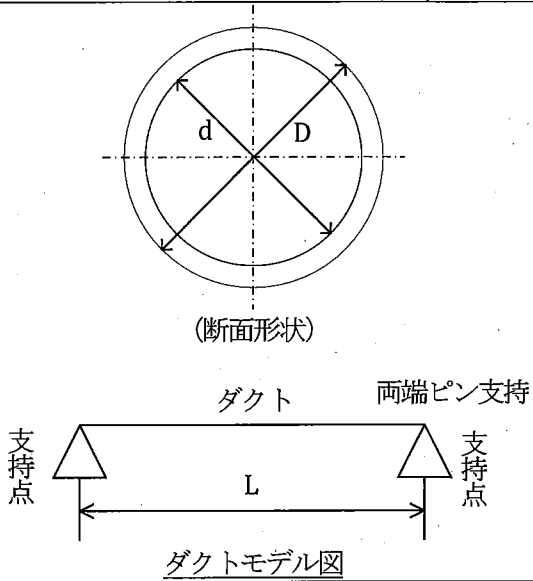
\*1: 出典 鋼構造設計規準、日本建築学会、2005年  
 建築学便覧 II 構造、日本建築学会編、日本建築学会、昭和52年



表-6 (2/2) ダクト応力計算 (角ダクト)

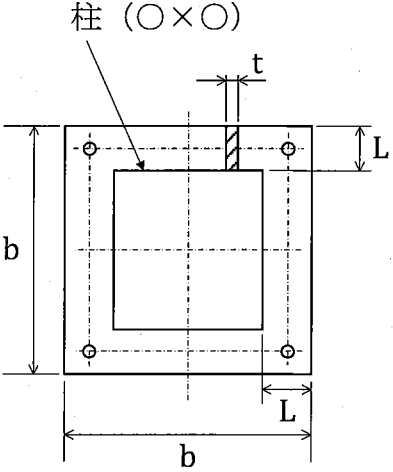
設備名		機器名	第○類																																				
計算式	(記号) as : 応力評価値 (—) $\sigma_{bv}$ : 垂直方向曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> ) $\sigma_{bh}$ : 水平方向曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> ) ft : 許容引張応力 (N/mm <sup>2</sup> ) Mv : 垂直曲げモーメント (N・mm) MH : 水平曲げモーメント (N・mm) w : ダクト単位長さ荷重 (N/mm) lox : 垂直方向ダクト最大支持間隔 (mm) loy : 水平方向ダクト最大支持間隔 (mm) α : 水平震度 (—) Zex : X軸まわりダクト有効断面係数 (mm <sup>3</sup> ) Zey : Y軸まわりダクト有効断面係数 (mm <sup>3</sup> ) Iex : X軸まわりダクト有効断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> ) Iey : Y軸まわりダクト有効断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> ) t : 板厚 (mm) dex : 垂直方向ダクト有効幅 (mm) dey : 水平方向ダクト有効幅 (mm) E : ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) F : F値 (N/mm <sup>2</sup> ) A : 外形寸法 (水平) (mm) a : 断面寸法 (水平) (mm) B : 外形寸法 (垂直) (mm) b : 断面寸法 (垂直) (mm)																																						
計算条件																																							
計算結果及び判定	(1) (収納建屋名称) <table border="1" data-bbox="438 1473 1311 1697" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">種類</th> <th>ダクト 水平寸法 A</th> <th>ダクト 断面寸法 a×b</th> <th rowspan="2">板厚 t</th> <th colspan="2">ダクト最大支持間隔</th> <th rowspan="2">計算値 as</th> <th rowspan="2">判定</th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(mm)</th> <th>垂直方向 lox (mm)</th> <th>水平方向 loy (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(—)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			種類	ダクト 水平寸法 A	ダクト 断面寸法 a×b	板厚 t	ダクト最大支持間隔		計算値 as	判定	(mm)	(mm)	垂直方向 lox (mm)	水平方向 loy (mm)							(—)																	
種類	ダクト 水平寸法 A	ダクト 断面寸法 a×b	板厚 t		ダクト最大支持間隔			計算値 as	判定																														
	(mm)	(mm)		垂直方向 lox (mm)	水平方向 loy (mm)																																		
						(—)																																	

表-7 ダクト応力計算 (丸ダクト)

設備名		機器名	第○類																																										
計算式 <sup>*1</sup>	$as = \frac{\sigma_{bv} + \sigma_{bH}}{ft}$ $\sigma_{bv} = \frac{M_V}{Z} \quad \sigma_{bH} = \frac{M_H}{Z}$ $M_V = \frac{wlox^2}{8} \quad M_H = \frac{\alpha wloy^2}{8}$ $Z = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$		 <p>(断面形状)</p> <p>ダクト 両端ピン支持</p> <p>支持点 支持点</p> <p>ダクトモデル図</p>																																										
	<p>(記号)</p> <table border="0"> <tr> <td>as</td> <td>: 応力評価値</td> <td>(-)</td> <td>lox</td> <td>: 垂直方向ダクト最大支持間隔</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_{bv}</math></td> <td>: 垂直方向曲げ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>loy</td> <td>: 水平方向ダクト最大支持間隔</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_{bH}</math></td> <td>: 水平方向曲げ応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td><math>\alpha</math></td> <td>: 水平震度</td> <td>(-)</td> </tr> <tr> <td>ft</td> <td>: 許容引張応力</td> <td>(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>Z</td> <td>: ダクト断面係数</td> <td>(mm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>M<sub>V</sub></td> <td>: 垂直方向曲げモーメント</td> <td>(N・mm)</td> <td>D</td> <td>: 外径</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>M<sub>H</sub></td> <td>: 水平方向曲げモーメント</td> <td>(N・mm)</td> <td>d</td> <td>: 内径</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>w</td> <td>: ダクト単位長さ荷重</td> <td>(N/mm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			as	: 応力評価値	(-)	lox	: 垂直方向ダクト最大支持間隔	(mm)	$\sigma_{bv}$	: 垂直方向曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	loy	: 水平方向ダクト最大支持間隔	(mm)	$\sigma_{bH}$	: 水平方向曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$	: 水平震度	(-)	ft	: 許容引張応力	(N/mm <sup>2</sup> )	Z	: ダクト断面係数	(mm <sup>3</sup> )	M <sub>V</sub>	: 垂直方向曲げモーメント	(N・mm)	D	: 外径	(mm)	M <sub>H</sub>	: 水平方向曲げモーメント	(N・mm)	d	: 内径	(mm)	w	: ダクト単位長さ荷重	(N/mm)			
as	: 応力評価値	(-)	lox	: 垂直方向ダクト最大支持間隔	(mm)																																								
$\sigma_{bv}$	: 垂直方向曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	loy	: 水平方向ダクト最大支持間隔	(mm)																																								
$\sigma_{bH}$	: 水平方向曲げ応力	(N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$	: 水平震度	(-)																																								
ft	: 許容引張応力	(N/mm <sup>2</sup> )	Z	: ダクト断面係数	(mm <sup>3</sup> )																																								
M <sub>V</sub>	: 垂直方向曲げモーメント	(N・mm)	D	: 外径	(mm)																																								
M <sub>H</sub>	: 水平方向曲げモーメント	(N・mm)	d	: 内径	(mm)																																								
w	: ダクト単位長さ荷重	(N/mm)																																											
計算条件																																													
計算結果及び判定	<p>(1) (収納建屋名称)</p> <table border="1" data-bbox="363 1400 1142 1626"> <thead> <tr> <th rowspan="2">種類</th> <th rowspan="2">内径 d (mm)</th> <th colspan="2">ダクト最大支持間隔</th> <th rowspan="2">水平震度 <math>\alpha</math> (-)</th> <th rowspan="2">計算値 as (-)</th> <th rowspan="2">判定</th> </tr> <tr> <th>垂直方向 lox (mm)</th> <th>水平方向 loy (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			種類	内径 d (mm)	ダクト最大支持間隔		水平震度 $\alpha$ (-)	計算値 as (-)	判定	垂直方向 lox (mm)	水平方向 loy (mm)																																	
種類	内径 d (mm)	ダクト最大支持間隔				水平震度 $\alpha$ (-)	計算値 as (-)				判定																																		
		垂直方向 lox (mm)	水平方向 loy (mm)																																										

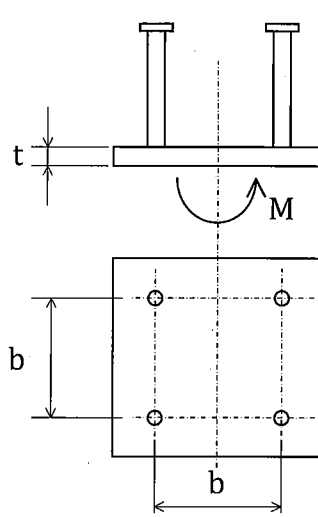
\*1: 出典 鋼構造設計規準、日本建築学会、2005年  
機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、平成4年

表-8 配管架構のベースプレートの応力評価

設備名	機器名	第○類						
<p>計算式*1</p>	$\sigma_b = \frac{6M}{t^2}$ <p>bの幅を持ったベースプレートの 曲げモーメント <math>M' = M \cdot b</math> ベースプレートの曲げ応力</p> $\sigma_b = \frac{M'}{Z} = \frac{M \cdot b}{\frac{1}{6}bt^2} = \frac{6M}{t^2}$ $M = \frac{1}{2}\sigma_c L^2$ $\sigma_c = \frac{F}{A}$	 <p style="text-align: right;">単位 : mm</p> <p style="text-align: center;">ベースプレートの概略モデル図</p>						
	<p>[記号]</p> <p><math>\sigma_b</math> : ベースプレートの最大曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>M : ベースプレートの最大曲げモーメント (N・mm/mm)</p> <p>b : ベースプレートの幅 (mm)</p> <p>t : ベースプレートの板厚 (mm)</p> <p><math>\sigma_c</math> : ベースプレートの最大圧縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>L : 柱ウェブからベースプレート端部までの距離 (mm)</p> <p>F : 基礎への作用力 (N)</p> <p>A : ベースプレートの面積 (mm<sup>2</sup>)</p>							
<p>計算条件</p>								
<p>計算結果及び判定</p>	<p style="text-align: center;">ベースプレートの曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">計 算 値</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準値</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">判 定</td> <td></td> </tr> </table>		計 算 値		判定基準値		判 定	
計 算 値								
判定基準値								
判 定								

\*1 : 出典 機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、平成4年

表-9 配管架構の埋込板の応力評価

設備名		機器名	第○類
計算式*1	$\sigma_b = \frac{6M}{bt^2}$	 <p style="text-align: right;">単位：mm</p> <p style="text-align: center;">埋込板の概略モデル図</p>	
	<p>[記号]</p> <p><math>\sigma_b</math> : 埋込板の最大曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>M : 埋込板の最大曲げモーメント (N・mm)</p> <p>b : 埋込板の板幅 (mm)</p> <p>t : 埋込板の板厚 (mm)</p>		
計算条件			
計算結果 及び判定	埋込板の曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )		
	計 算 値		
	判 定 基 準 値		
判 定			

\*1：出典 機械設計便覧、機械設計便覧編集委員会、平成4年

表-10 (1/2) 配管架構のスタッドジベルの引抜き評価

設備名		機器名	第○類
計算式*1	<p>(1) 引張力                      コンクリート躯体中に定着されたスタッドジベル 1 本当たりの許容引張力<math>p_a</math>は、以下 2 式のうち小なる方の値とする。</p> $p_{a1} = \Phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot s_c a$ $p_{a2} = \Phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_c$ <p>スタッドジベルの許容引張力時の頭部支圧応力度は、コンクリートの支圧強度<math>f_n</math>以下とする。</p> $\frac{p_a}{A_0} \leq f_n$ <p>(2) せん断力                      コンクリート躯体中に定着されたスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力<math>q_a</math>は、以下 3 式のうちいずれか小なる方の値とする。</p> $q_{a1} = \Phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot s_c a$ $q_{a2} = \Phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot s_c a$ $q_{a3} = \Phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc}$ <p>(3) 組合せ荷重</p> $\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1$ $p = \frac{F_z}{N}$ $q = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{N}$		
	<p>〔記号〕</p> <p><math>p_{a1}</math> : スタッドジベルの降伏により定まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容引張力 (N)</p> <p><math>p_{a2}</math> : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により定まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容引張力 (N)</p> <p><math>\Phi_1</math>、<math>\Phi_2</math> : 低減係数であり、次の値を用いる。短期荷重に対し、<math>\Phi_1=1.0</math>、<math>\Phi_2=2/3</math></p> <p><math>s\sigma_{pa}</math> : スタッドジベルの引張強度で、<math>s\sigma_{pa}=s\sigma_y</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>s\sigma_y</math> : スタッドジベルの規格降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>s_c a</math> : スタッドジベル 1 本当たりの軸部断面積 (mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>c\sigma_t</math> : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、<math>c\sigma_t=0.31\sqrt{F_c}</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>F_c</math> : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>A_c</math> : コーン状破壊面の有効水平投影面積 <math>A_c = \pi \cdot l_{ce}(l_{ce} + D)</math> (mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>A_0</math> : スタッドジベル 1 本当たりの頭部支圧面積で、<math>A_0=(D^2-d^2)/4</math> (mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>f_n</math> : コンクリートの支圧強度で、<math>f_n=\sqrt{A_c/A_0} \cdot F_c</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>ただし、<math>\sqrt{A_c/A_0}</math> が 6 を超える場合は 6 とする。</p>		

\*1 : 出典 各種合成構造設計指針・同解説、日本建築学会編、2010 年

表-10 (2/2) 配管架構のスタッドジベルの引抜き評価

設備名		機器名	第○類
計算式*1	<p>[記号]</p> <p><math>l_{ce}</math> : スタッドジベルの強度算定用埋込み長さで、<math>l_{ce}=l_e</math> (mm)</p> <p><math>l_e</math> : スタッドジベルのコンクリート内への有効埋込み長さ (mm)</p> <p><math>d</math> : スタッドジベルの軸部の直径 (mm)</p> <p><math>D</math> : スタッドジベルの頭部の直径 (mm)</p> <p><math>q_{a1}</math> : スタッドジベルのせん断強度より決まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力 (N)</p> <p><math>q_{a2}</math> : 定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力 (N)</p> <p><math>q_{a3}</math> : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のスタッドジベル 1 本当たりの許容せん断力 (N)</p> <p><math>{}_s\sigma_{qa}</math> : スタッドジベルのせん断強度で、<math>{}_s\sigma_{qa}=0.7{}_s\sigma_y</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>{}_c\sigma_{qa}</math> : コンクリートの支圧強度で、<math>{}_c\sigma_{qa}=0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>E_c</math> : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>A_{qc}</math> : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)</p> <p><math>p</math> : スタッドジベル 1 本当たりの引張力 (N)</p> <p><math>q</math> : スタッドジベル 1 本当たりのせん断力 (N)</p> <p><math>F_x</math> : スタッドジベルに作用する x 軸方向のせん断力 (N)</p> <p><math>F_y</math> : スタッドジベルに作用する y 軸方向のせん断力 (N)</p> <p><math>F_z</math> : スタッドジベルに作用する z 軸方向の引張力 (N)</p> <p><math>N</math> : スタッドジベルの全本数</p>		
計算条件			
計算結果及び判定	\	スタッドジベルの引抜き力 (-)	
	計 算 値		
	判 定 基 準 値		
	判 定		

\*1 : 出典 各種合成構造設計指針・同解説、日本建築学会編、2010年

表-11 配管架構の耐震評価（有限要素法による配管架構の応力等の評価結果）

設備名			機器名				第○類
計算条件	(1) 配管架構モデル図： (2) 水平震度： (3) 垂直震度：						
	計算結果及び判定		固有振動数 (Hz)	応力 (N/mm <sup>2</sup> ) 及び引抜力 (-)			
構造部材				天井、壁、床			
		ベースプレート	基礎ボルト	埋込板	スタッドジベル		
計算値							
判定基準値							
判定							

添付計算書 2-1 加工施設の耐震性に関する説明書  
(建物の耐震性評価結果)



## 目 次

ページ

1. 建物の耐震性評価	
(1) 耐震重要度分類	(1) -添付計算書2-1-1
(2) 耐震性評価結果	(1) -添付計算書2-1-2
2. ウラン濃縮建屋のうち1号発回均質棟の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-3
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-6
(3) 耐震壁の設計	(1) -添付計算書2-1-10
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-13
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-15
(6) 設計基準を超える条件に対する検討	(1) -添付計算書2-1-16
3. ウラン濃縮建屋のうち2号発回均質棟の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-17
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-20
(3) 耐震壁の設計	(1) -添付計算書2-1-24
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-27
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-29
(6) 設計基準を超える条件に対する検討	(1) -添付計算書2-1-30
4. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちAウラン貯蔵庫の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-31
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-34
(3) 耐震壁の設計	(1) -添付計算書2-1-39
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-42
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-45
(6) 設計基準を超える条件に対する検討	(1) -添付計算書2-1-46
5. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちウラン貯蔵・廃棄物庫 (Bウラン貯蔵庫と一体構造) の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-47
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-50
(3) 耐震壁の設計	(1) -添付計算書2-1-54
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-57
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-60
(6) 設計基準を超える条件に対する検討	(1) -添付計算書2-1-61

6. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうち搬出入棟の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-62
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-64
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-69
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-77
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-83
7. ウラン濃縮建屋のうち1号カスケード棟の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-84
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-87
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-91
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-101
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-106
8. ウラン濃縮建屋のうち2号カスケード棟の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-107
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-109
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-113
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-123
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-125
9. A ウラン濃縮廃棄物建屋の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-126
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-128
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-133
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-141
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-147
10. 使用済遠心機保管建屋の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-148
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-150
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-155
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-165
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-170
11. 渡り廊下（中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）の耐震計算書	
(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針	(1) -添付計算書2-1-171
(2) 耐震設計	(1) -添付計算書2-1-173
(3) フレームの設計	(1) -添付計算書2-1-177
(4) 基礎の設計	(1) -添付計算書2-1-186
(5) 二次設計	(1) -添付計算書2-1-188

1 2. 渡り廊下（中央操作棟-補助建屋間）の耐震計算書

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針 | (1) -添付計算書2-1-189 |
| (2) 耐震設計            | (1) -添付計算書2-1-191 |
| (3) フレームの設計         | (1) -添付計算書2-1-195 |
| (4) 基礎の設計           | (1) -添付計算書2-1-204 |
| (5) 二次設計            | (1) -添付計算書2-1-206 |

1 3. 渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の耐震計算書

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針 | (1) -添付計算書2-1-207 |
| (2) 耐震設計            | (1) -添付計算書2-1-210 |
| (3) フレームの設計         | (1) -添付計算書2-1-214 |
| (4) 基礎の設計           | (1) -添付計算書2-1-225 |
| (5) 二次設計            | (1) -添付計算書2-1-227 |

1 4. 建物のクリアランスの評価

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| (1) 建物の配置          | (1) -添付計算書2-1-228 |
| (2) 建物のクリアランスの評価結果 | (1) -添付計算書2-1-230 |

1. 建物の耐震性評価

今回の申請対象の建屋に係る耐震性の評価内容、評価結果を以下に示す。

(1) 耐震重要度分類

今回の申請に係る建物の耐震重要度分類、評価項目は次表のとおりとする。

建物の耐震重要度分類、評価項目

建物名称	耐震重要度分類	設計基準を超える条件に対する設計	備考
ウラン濃縮建屋 1号発回均質棟	第1類	○	—
ウラン濃縮建屋 2号発回均質棟	第1類	○	—
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 Aウラン貯蔵庫	第1類	○	—
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 Bウラン貯蔵庫	第1類	○	一体構造
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 ウラン貯蔵・廃棄物庫	第1類	○	
ウラン貯蔵・廃棄物建屋 搬出入棟	第2類	—	—
ウラン濃縮建屋 1号カスケード棟	第2類	—	—
ウラン濃縮建屋 2号カスケード棟	第2類	—	—
Aウラン濃縮廃棄物建屋	第2類	—	—
使用済遠心機保管建屋	第2類	—	—
渡り廊下 (中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間)	第2類	—	—
渡り廊下 (中央操作棟-補助建屋間)	第2類	—	—
渡り廊下 (中央操作棟-2号発回均質棟間)	第2類	—	—

## (2) 耐震性評価結果

耐震性評価の結果一覧を次表に示す。各建屋の耐震計算書を次頁以降に示す。

耐震性評価の結果一覧

No.	建物名称	耐震重要度分類	割り増し係数	構造計算ルート※1			二次設計※1			
				1	2	3	層間変形角※2	剛性率※2	偏心率※2	保有水平耐力比※2
1	ウラン濃縮建屋 1号発回均質棟	第1類	1.5	—	—	○	1/15100	—	—	1.65
2	ウラン濃縮建屋 2号発回均質棟	第1類	1.5	—	—	○	1/21900	—	—	1.68
3	ウラン貯蔵・廃棄物建屋 A ウラン貯蔵庫	第1類	1.5	—	—	○	1/14900	—	—	1.58
4	ウラン貯蔵・廃棄物建屋 B ウラン貯蔵庫	第1類	1.5	—	—	○	1/11500	—	—	1.09
5	ウラン貯蔵・廃棄物建屋 ウラン貯蔵・廃棄物庫	第1類	1.5	—	—	○				
6	ウラン貯蔵・廃棄物建屋 搬出入棟	第2類	1.25	—	○	—	1/349	1.0	0.001	—
7	ウラン濃縮建屋 1号カスケード棟	第2類	1.25	—	—	○	1/122	—	—	1.18
8	ウラン濃縮建屋 2号カスケード棟	第2類	1.25	—	—	○	1/175	—	—	1.19
9	A ウラン濃縮廃棄物建屋	第2類	1.25	—	○	—	1/490	1.0	0.0	—
10	使用済遠心機保管建屋	第2類	1.25	—	—	○	1/384	—	—	1.50
11	渡り廊下 (中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間)	第2類	1.25	—	○	—	1/317	1.0	0.0	—
12	渡り廊下 (中央操作棟-補助建屋間)	第2類	1.25	—	—	○	1/150	—	—	1.26
13	渡り廊下 (中央操作棟-2号発回均質棟間)	第2類	1.25	—	—	○	1/280	—	—	1.61

※1 (一) は評価対象外を示す。

※2 二次設計の評価基準値を次表に示す。

層間変形角	1/200 以内 (No. 1~5、10) 1/120 以内 (No. 6~9、11~13)
剛性率	6/10 以上
偏心率	15/100 以下
保有水平耐力比	1 以上 (保有水平耐力と必要保有水平耐力の比)

## 2. ウラン濃縮建屋のうち1号発回均質棟の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

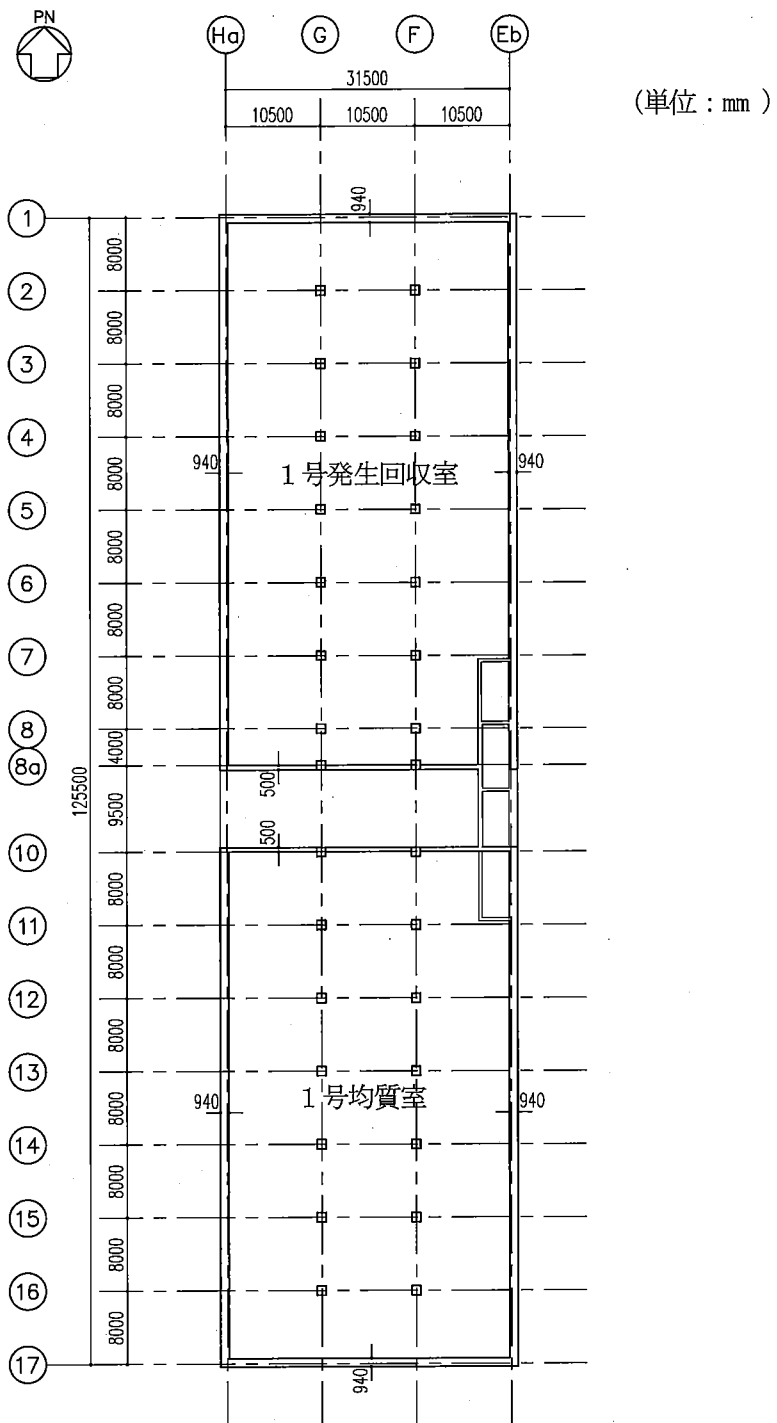
ウラン濃縮建屋のうち1号発回均質棟（以下「1号発回均質棟」という。）は、主要構造が鉄筋コンクリート構造で地上1階（一部2階）建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

1号発回均質棟の平面寸法は、主要部材で約125.5 m（NS）×約31.5 m（EW）<sup>※1</sup>であり、地上高さは約7.2 m（EL+36.1 mから1階の屋根スラブ水下上端まで）である。なお、1号発回均質棟は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS、EW方向共に、耐震壁により地震時における水平力を負担させる設計とする。

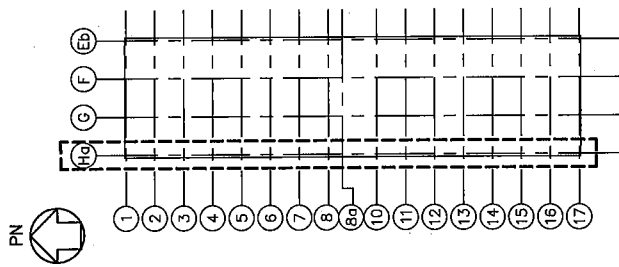
基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

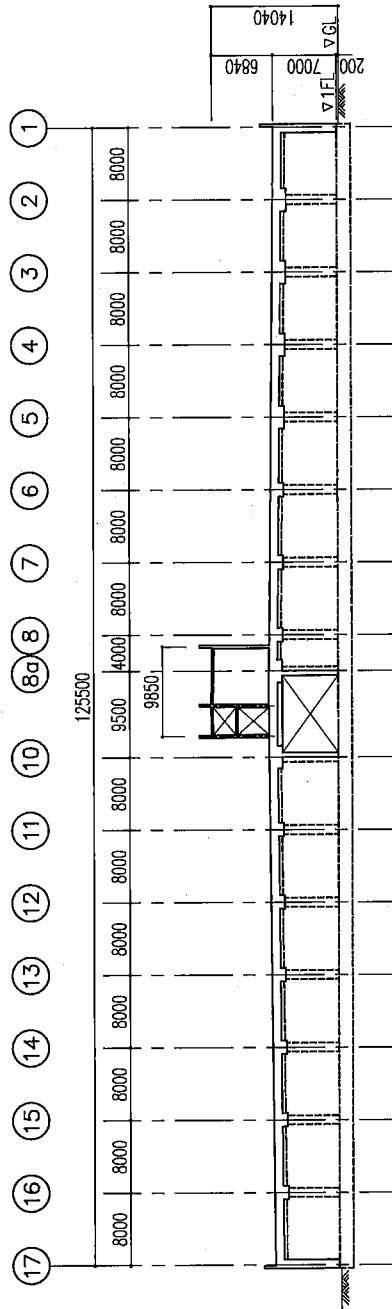


1階伏図

図-1 (1/2) 構造概要図



(单位: mm)



軸組図

図-1 (2/2) 構造概要図

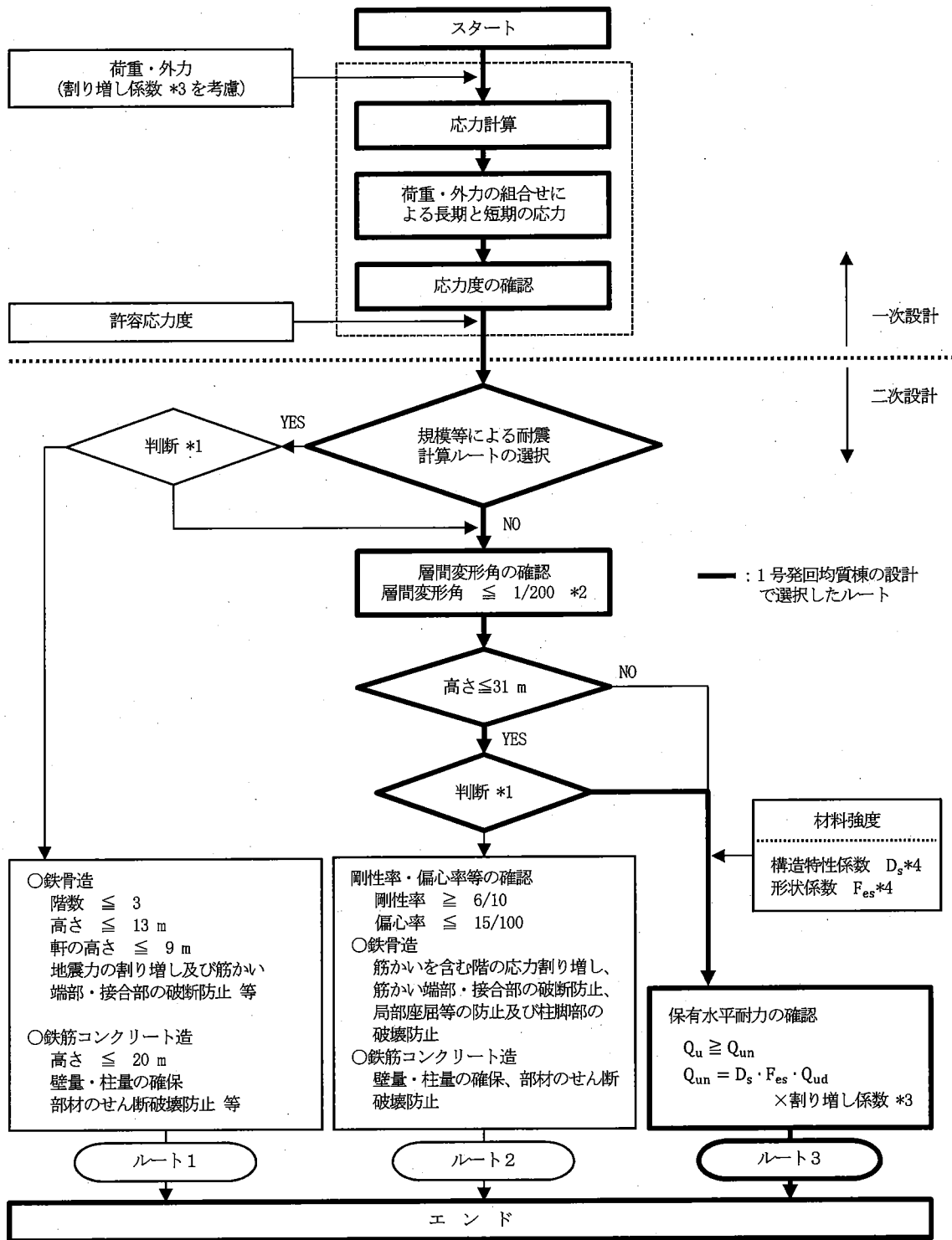


(2) 耐震設計

1号発回均質棟の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

1号発回均質棟の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/200以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。1号発回均質棟では1.5である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 1号発回均質棟の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD35 (SD345相当。以下、本書ではSD345と記載) を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-2に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-3に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-4に、地震荷重と風荷重の比較を表-5に示す。

表-4 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$\Sigma W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$A_i$	$1.5C_i$	$Q_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )
NS	1	172	172	1.000	0.3	51.5
EW	1	172	172	1.000	0.3	51.5

表-5 地震荷重と風荷重の比較

(単位 :  $\times 10^3\text{kN}$  )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	51.5	51.5	0.50	1.89

(3) 耐震壁の設計

耐震壁は地震時の全水平力を負担できるよう設計する。

耐震壁の位置及び断面積を図-3に、断面算定結果を表-7に示す。

水平荷重としては、表-5に示す地震荷重を考慮する。

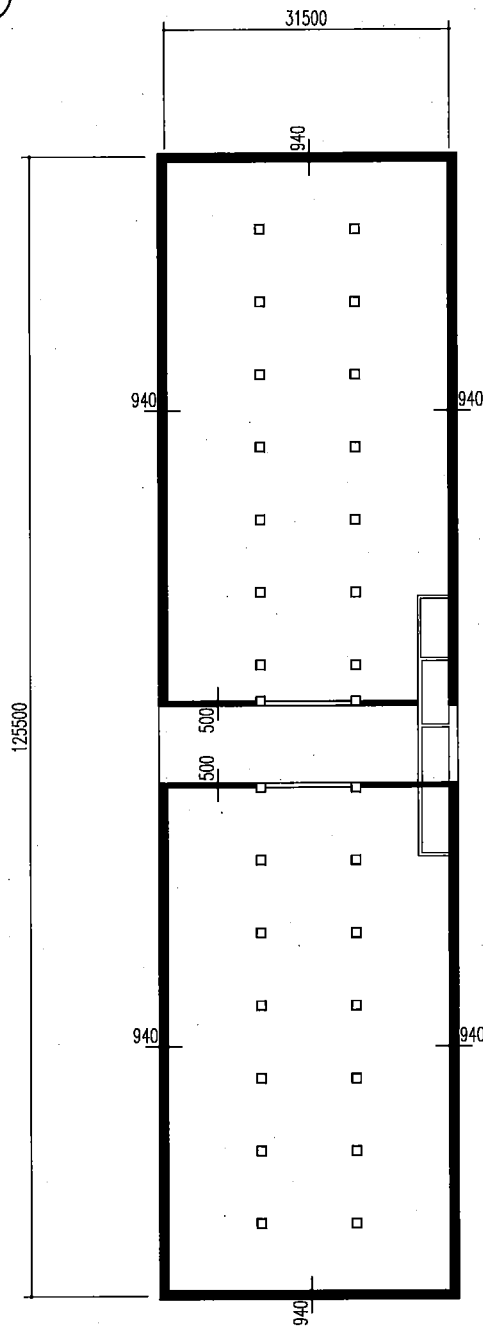
断面算定（表-7）に用いる記号の説明

$Q$  : せん断力

$\tau$  : せん断応力度

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度

(単位：mm)



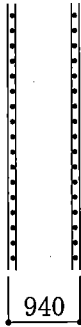
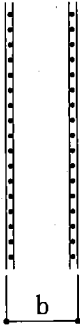
考慮した耐震壁の断面積

NS 方向 : 221.3 m<sup>2</sup>

EW 方向 : 83.6 m<sup>2</sup>

図-3 耐震壁の位置及び断面積

表-7 耐震壁の断面算定結果

方向	NS	EW
断面積 ( $m^2$ )	221.3	83.6
$Q$ ( $\times 10^3 kN$ )	51.5	51.5
$\tau$ ( $N/mm^2$ ) <sup>※1</sup>	0.24	0.65
$f_s$ ( $N/mm^2$ )	1.09	1.09
$\tau / f_s$	$0.23 < 1.0$	$0.60 < 1.0$
断面図	<p>(単位 : mm)</p>  <p>940</p> <p>2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>	<p>(単位 : mm)</p>  <p>b</p> <p>b=0.5m : 2-D25@150 (タテ、ヨコ共) b=0.94m : 2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>

※1 下記に示すねじりによるせん断力補正係数の最大値を考慮した値

NS 方向 : 1.00

EW 方向 : 1.05

(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

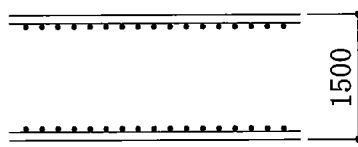
基礎の断面算定結果を表-8に示す。

断面算定（表-8）に用いる記号の説明

- $M_T$  : 転倒モーメント
- $N$  : 軸力
- $\sigma$  : 接地圧 ( $\sigma = N/A$ ,  $A$  は基礎底面の面積)
- $\sigma_{max}$  : 最大接地圧 ( $\sigma_{max} = \sigma \cdot a$ )
- $\sigma_{min}$  : 最小接地圧 ( $\sigma_{min} = \sigma \cdot a'$ )
- $a, a'$  : 偏心がない場合の接地圧に対する底面縁端部接地圧の倍率
- $M$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力 (地震時せん断力を1.5倍して算定)
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $D$  : 基礎の厚さ
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離 ( $7d/8$ )
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度
- $\alpha$  : せん断スパン比 ( $M/(Q \cdot d)$ ) による割り増し係数



表-8 基礎の断面算定結果

方向		EW
断面	D (mm)	1500
	d (mm)	1400
	j (mm)	1225
設計配筋	上端筋	D38@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	5700
	下端筋	D38@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	5700
軸力に対する検討	N (×10 <sup>3</sup> kN)	361
	M <sub>r</sub> (×10 <sup>3</sup> kN・m)	496
	σ (kN/m <sup>2</sup> )	87
	σ <sub>max</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	109
	σ <sub>min</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	66
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	σ <sub>max</sub> /qa	0.06 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m/m)	1184
	M/(f <sub>t</sub> ・j) (mm <sup>2</sup> /m) ※1	2802 (< 5700)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN/m)	993
	α	1.76
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	2350
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.43 < 1.0
断面図		(単位: mm)
		 <p>2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-9に示すとおりであり、判定基準1/200以内を満足している。

表-9 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	0.182	7300	1/40100	≦ 1/200
EW	1	0.481	7300	1/15100	

b. 保有水平耐力の検討

1号発回均質棟の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-10に示す。

1号発回均質棟の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-10 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN )	保有水平耐力 $Q_u$ ( $\times 10^3$ kN )	$Q_u/Q_{un}$
NS	1	0.55	1.00	141.7	516.6	3.64
EW	1	0.55	1.00	141.7	233.9	1.65

(6) 設計基準を超える条件に対する検討

1 Gの静的地震力による層せん断力は、(5)b. に示す必要保有水平耐力と同一であり、1号発回均質棟の保有水平耐力以下であることを確認している。

### 3. ウラン濃縮建屋のうち2号発回均質棟の耐震計算書

#### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン濃縮建屋のうち2号発回均質棟（以下「2号発回均質棟」という。）は、主要構造が鉄筋コンクリート構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

2号発回均質棟の平面寸法は、主要部材で約47.5 m( NS )×約120.0 m( EW )<sup>※1</sup>であり、地上高さは約7.6 m ( EL+36.1 mから水下スラブ上端まで) である。なお、2号発回均質棟は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS、EW方向共に、耐震壁により地震時における水平力を負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

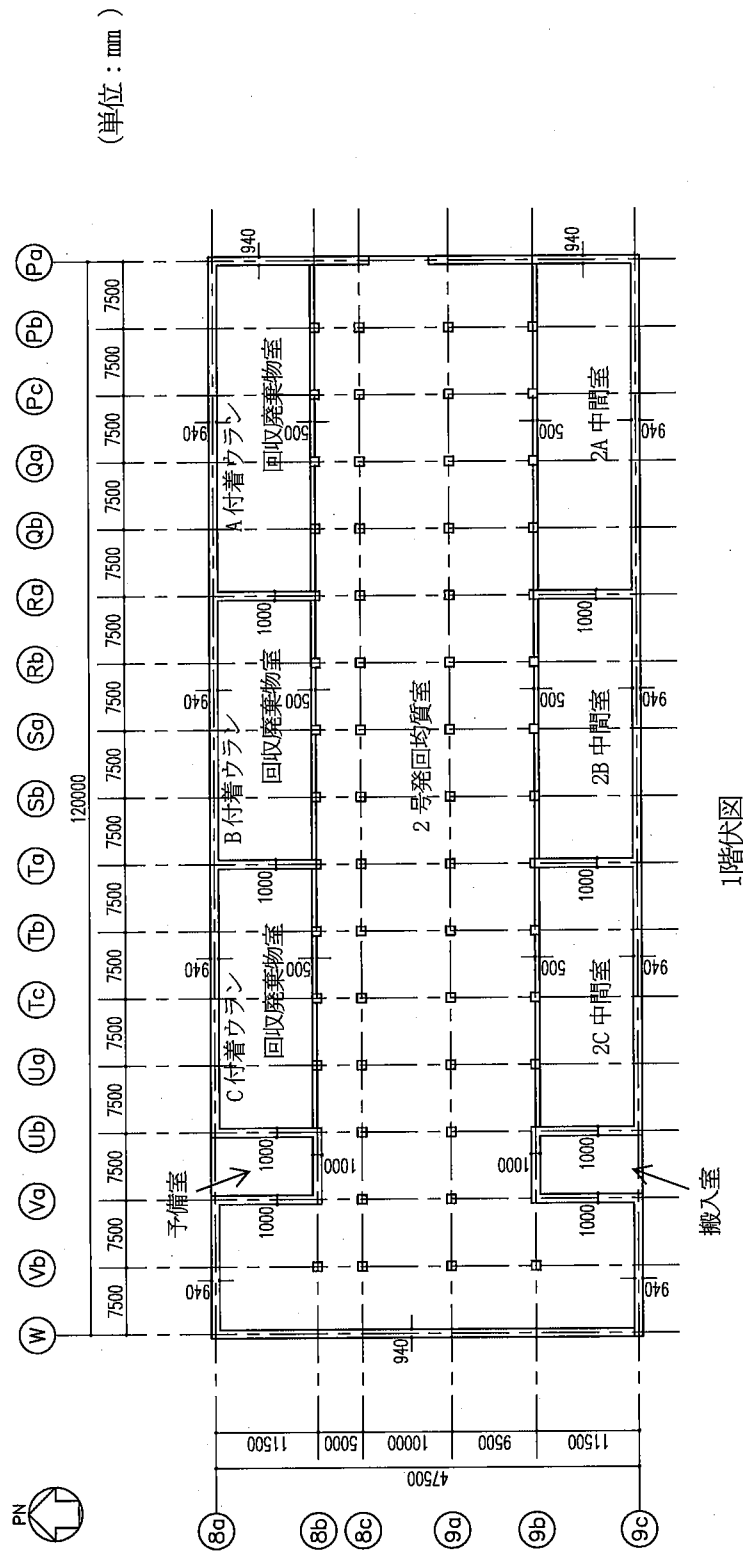


図-1 (1/2) 構造概要図

(单位: mm)

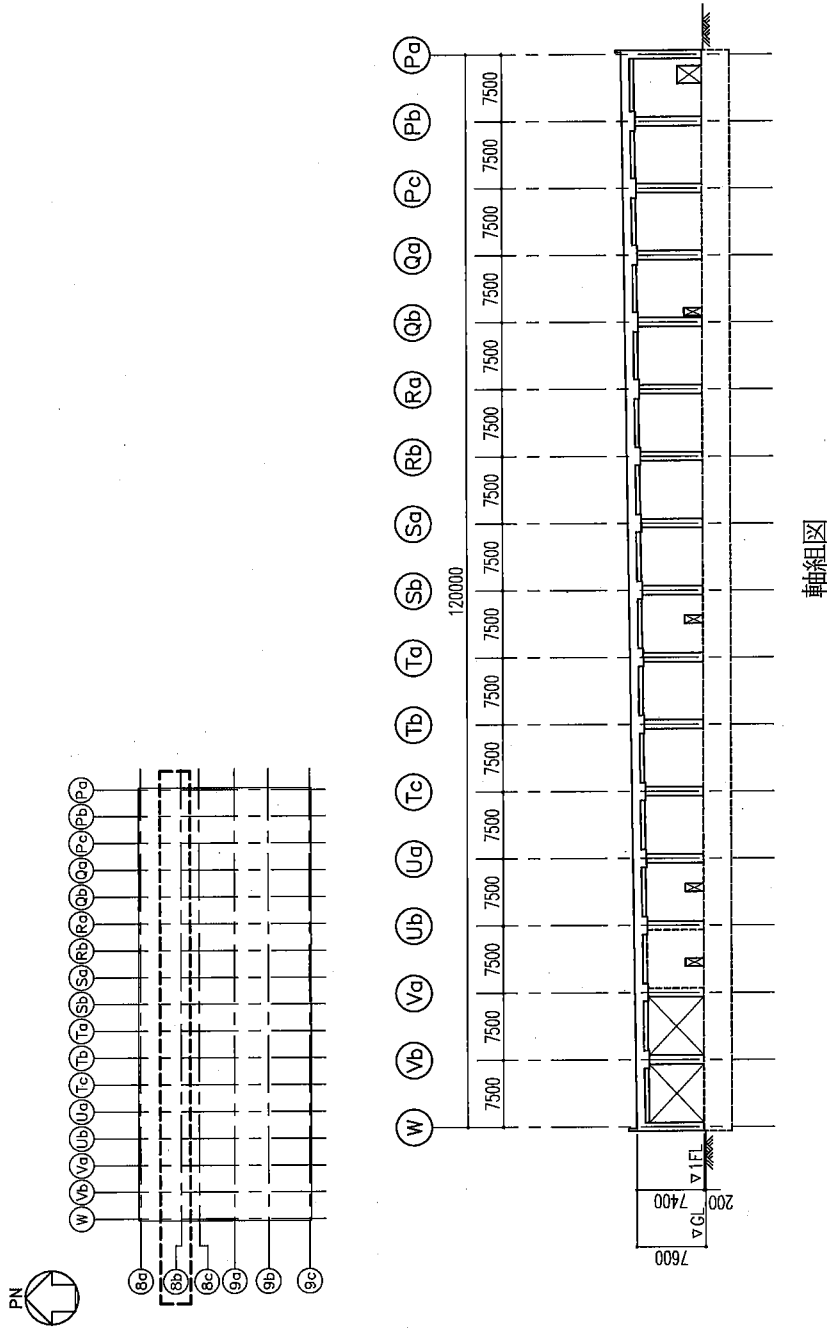


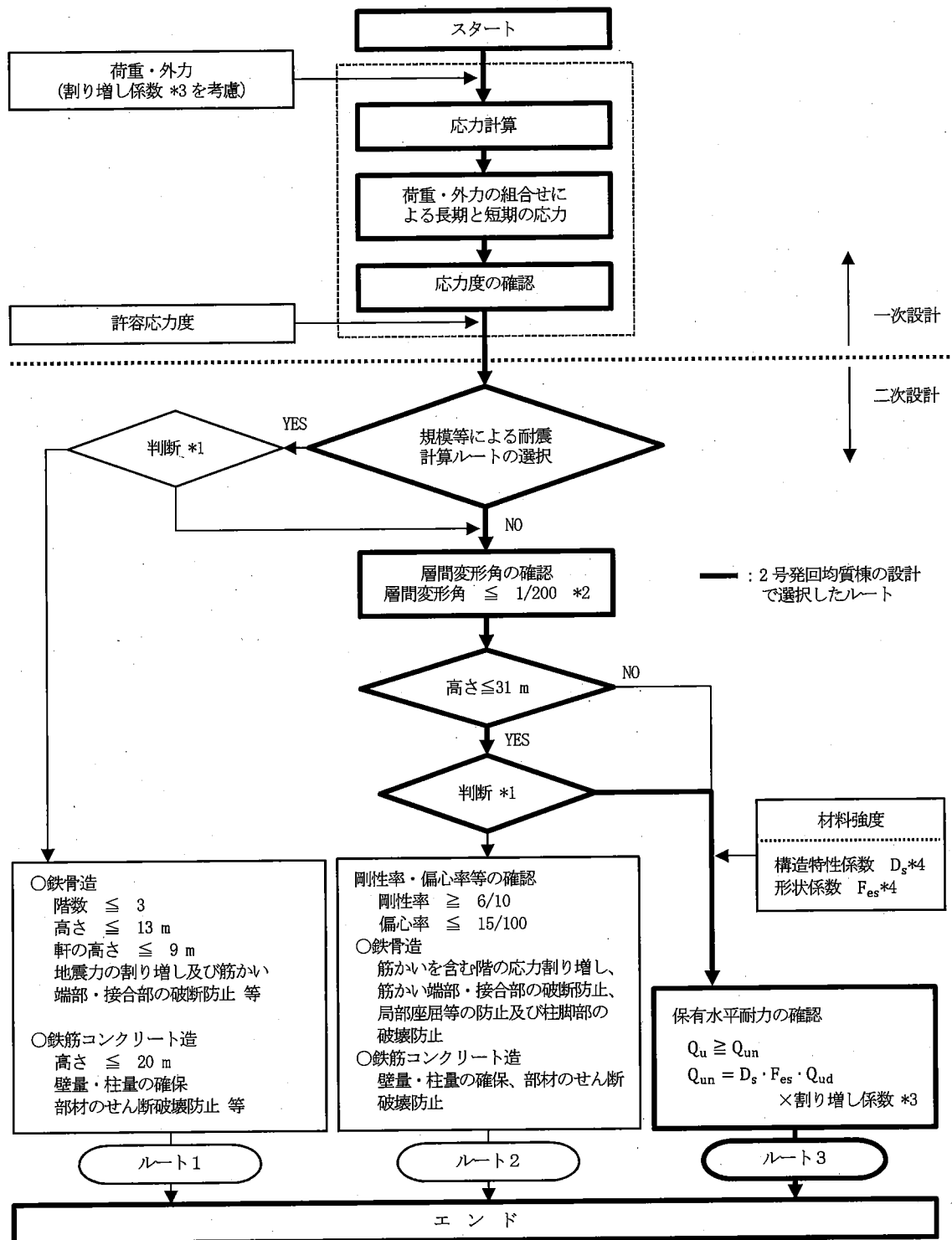
図-1 (2/2) 構造概要図

(2) 耐震設計

2号発回均質棟の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

2号発回均質棟の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/200以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。2号発回均質棟では1.5である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 2号発回均質棟の耐震設計ルート



b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-2に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-3に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-3 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-4に、地震荷重と風荷重の比較を表-5に示す。

表-4 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$\Sigma W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$A_i$	$1.5C_i$	$Q_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )
NS	1	259	259	1.000	0.3	77.7
EW	1	259	259	1.000	0.3	77.7

表-5 地震荷重と風荷重の比較

(単位 :  $\times 10^3\text{kN}$  )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	77.7	77.7	2.11	0.85

(3) 耐震壁の設計

耐震壁は地震時の全水平力を負担できるよう設計する。

耐震壁の位置及び断面積を図-3に、断面算定結果を表-6に示す。

水平荷重としては、表-4に示す地震荷重を考慮する。

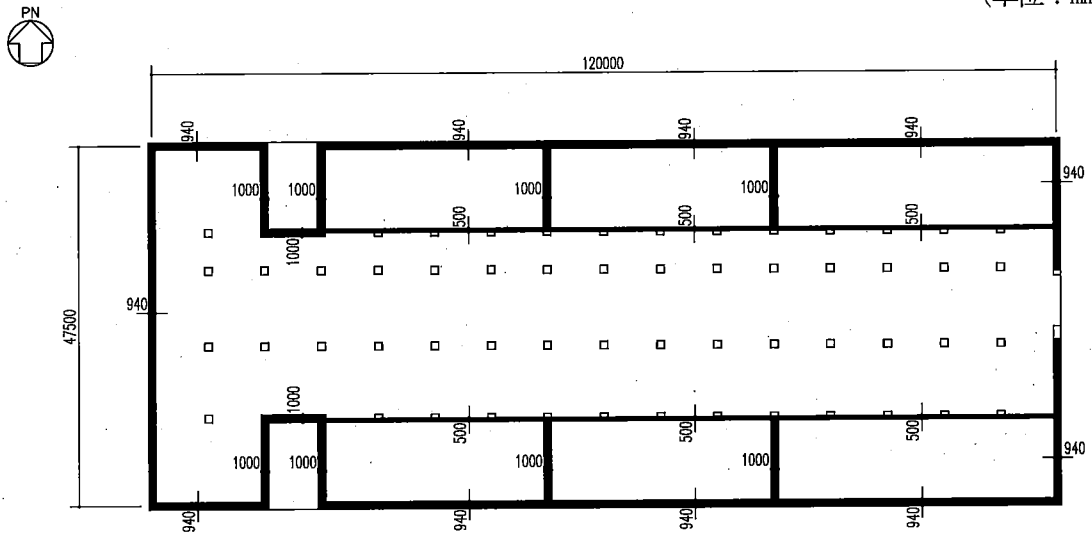
断面算定（表-6）に用いる記号の説明

Q：せん断力

$\tau$ ：せん断応力度

$f_s$ ：コンクリートの短期許容せん断応力度

(単位：mm)



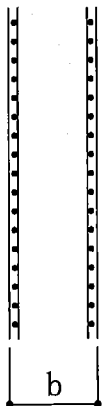
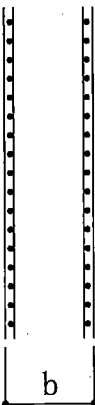
考慮した耐震壁の断面積

NS 方向 : 182.4 m<sup>2</sup>

EW 方向 : 329.1 m<sup>2</sup>

図-3 耐震壁の位置及び断面積

表-6 耐震壁の断面算定結果

方向	NS	EW
断面積 ( m <sup>2</sup> )	182.4	329.1
Q ( ×10 <sup>3</sup> kN )	77.7	77.7
$\tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )※1	0.64	0.24
$f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	1.09	1.09
$\tau / f_s$	0.59 < 1.0	0.23 < 1.0
断面図	 <p>b=0.94m, 1.0m : 2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>	 <p>b=0.5m : 2-D25@200 (タテ、ヨコ共) b=0.94m, 1.0m : 2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>

※1 下記に示すねじりによるせん断力補正係数の最大値を考慮した値

NS 方向 : 1.48

EW 方向 : 1.01

#### (4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

基礎の断面算定結果を表-7に示す。

断面算定（表-7）に用いる記号の説明

- $M_T$  : 転倒モーメント
- $N$  : 軸力
- $\sigma$  : 接地圧 (  $\sigma = N/A$ ,  $A$  は基礎底面の面積 )
- $\sigma_{max}$  : 最大接地圧 (  $\sigma_{max} = \sigma \cdot a$  )
- $\sigma_{min}$  : 最小接地圧 (  $\sigma_{min} = \sigma \cdot a'$  )
- $a, a'$  : 偏心が無い場合の接地圧に対する底面縁端部接地圧の倍率
- $M$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力 (地震時せん断力を 1.5 倍して算定)
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $D$  : 基礎の厚さ
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離 (  $7d/8$  )
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度
- $\alpha$  : せん断スパン比 (  $M / ( Q \cdot d )$  ) による割り増し係数

表-7 基礎の断面算定結果

方向		NS
断面	D (mm)	3100
	d (mm)	3000
	j (mm)	2625
設計配筋	上端筋	D38@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	5700
	下端筋	D38@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	5700
軸力に対する検討	N (×10 <sup>3</sup> kN)	765
	M <sub>T</sub> (×10 <sup>3</sup> kN・m)	1110
	σ (kN/m <sup>2</sup> )	131
	σ <sub>max</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	154
	σ <sub>min</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	109
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	σ <sub>max</sub> /qa	0.08 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m/m)	1874
	M/(f <sub>t</sub> ・j) (mm <sup>2</sup> /m) ※1	2070 (< 5700)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN/m)	1551
	α	2.00
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	5722
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.28 < 1.0
断面図		(単位: mm)
		<p>2-D38@200 (タテ、ヨコ共)</p>

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-8に示すとおりであり、判定基準1/200以内を満足している。

表-8 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	0.371	8150	1/21900	≤ 1/200
EW	1	0.206	8150	1/39500	

b. 保有水平耐力の検討

2号発回均質棟の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-9に示す。

2号発回均質棟の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-9 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN )	保有水平耐力 $Q_u$ ( $\times 10^3$ kN )	$Q_u/Q_{un}$
NS	1	0.55	1.50	320.6	540.3	1.68
EW	1	0.55	1.00	213.7	836.8	3.91



(6) 設計基準を超える条件に対する検討

1 Gの静的地震力による層せん断力は、(5)b. に示す必要保有水平耐力と同一であり、2号発回均質棟の保有水平耐力以下であることを確認している。

#### 4. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちAウラン貯蔵庫の耐震計算書

##### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちAウラン貯蔵庫（以下「Aウラン貯蔵庫」という。）は、主要構造が鉄筋コンクリート構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

Aウラン貯蔵庫の平面寸法は、約96.0 m(NS)×約68.0 m(EW)<sup>※1</sup>であり、地上高さは約8.7 m (EL+36.1 mから水下スラブ上端まで) である。なお、Aウラン貯蔵庫は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS、EW方向共に、耐震壁により地震時における水平力を負担させる設計とする。

基礎は、杭基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

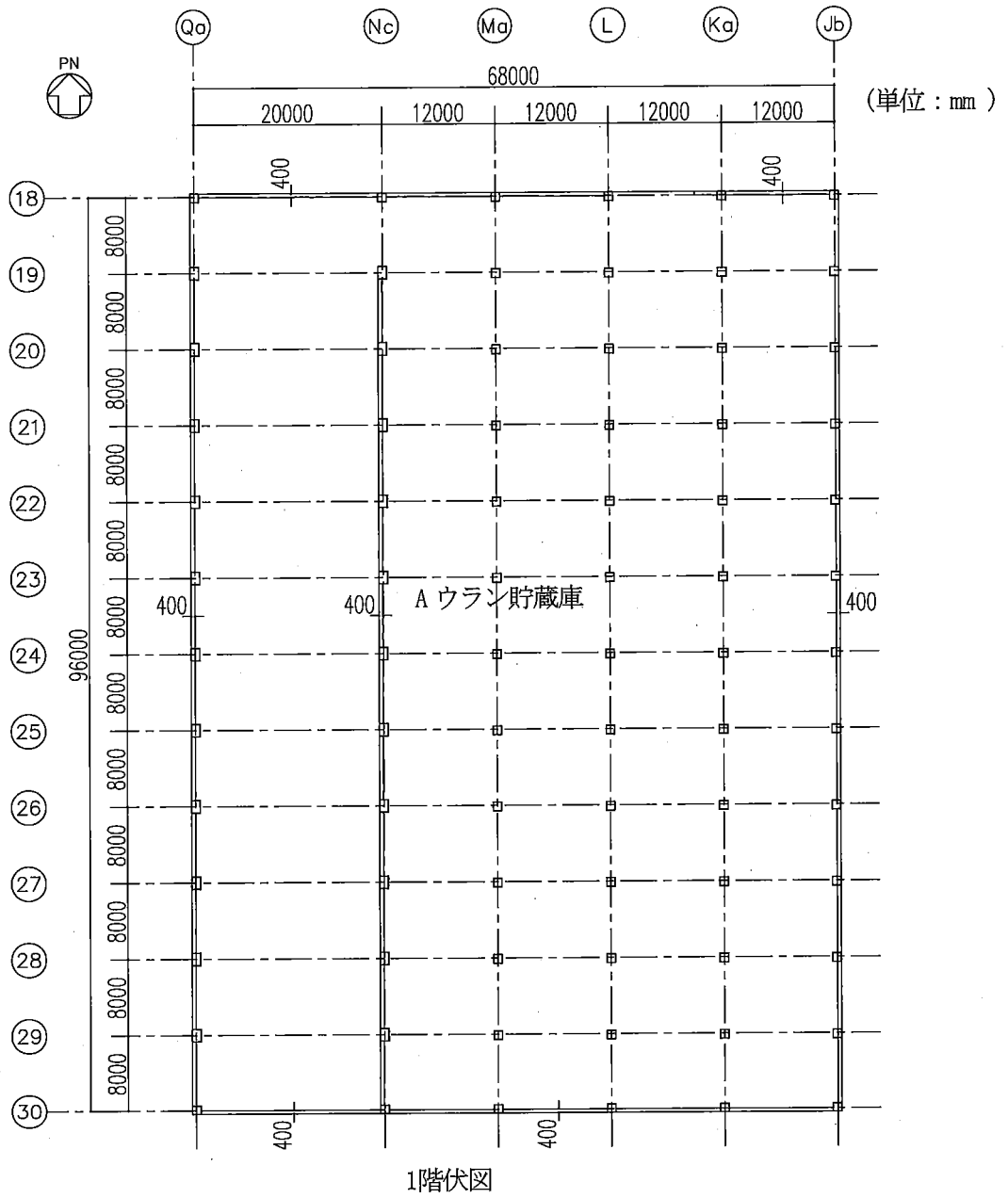
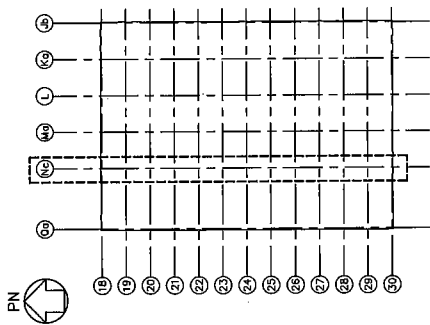
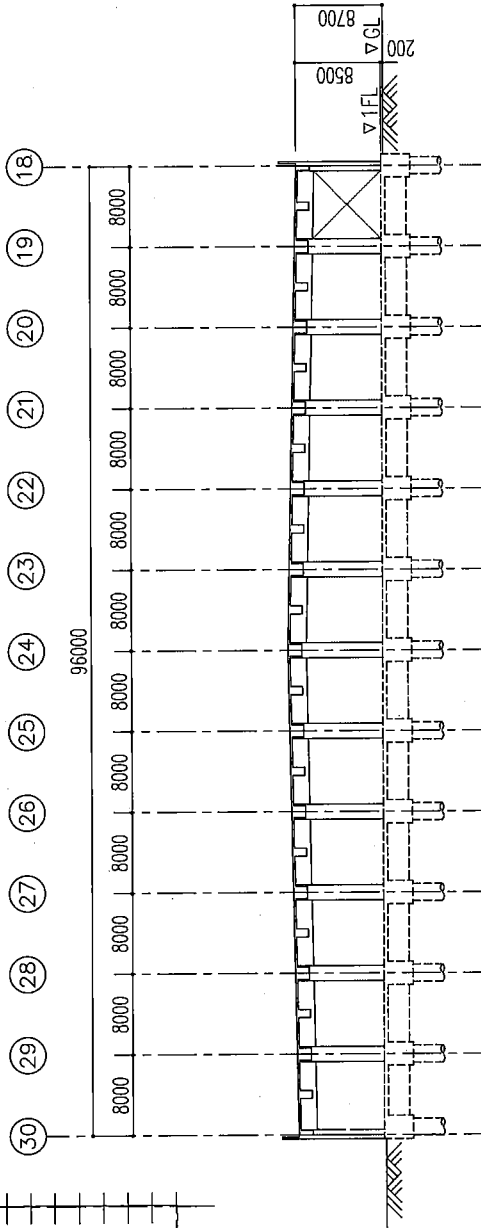


図-1 構造概要図 (1/2)



(单位: mm)



軸組図

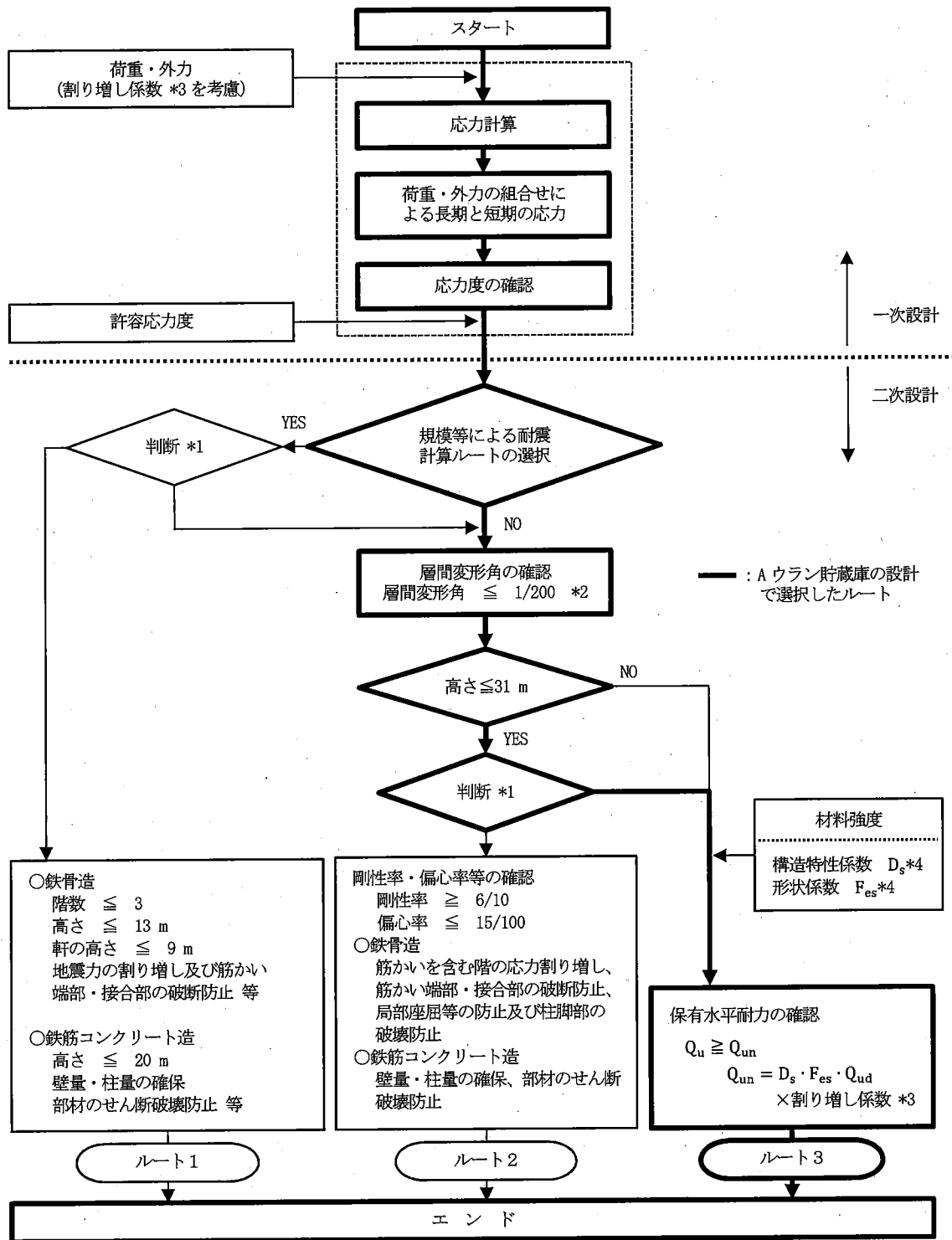
図-1 構造概要図 (2/2)

(2) 耐震設計

Aウラン貯蔵庫の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

Aウラン貯蔵庫の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/200以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。Aウラン貯蔵庫では1.5である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 Aウラン貯蔵庫の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-2に示す。また、場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度及び場所打ちコンクリート杭の許容支持力をそれぞれ表-3～表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-3 場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	せん断	付着	圧縮	せん断	付着
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	5.2	0.52	1.56	10.4	0.78	2.34

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

表-4 場所打ちコンクリート杭の許容支持力

	長 期	短 期
算定式	$R_a = \frac{1}{3}(\alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot \varphi)$	$R_a = \frac{2}{3}(\alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot \varphi)$

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

場所打ちコンクリート杭の許容支持力の算定に用いる記号の説明

- $R_a$  : 地盤の許容支持力
- $N$  : 杭の先端付近のN値 (  $N=50$  )
- $A_p$  : 杭の先端の有効断面積
- $N_s$  : 杭の周囲の地盤のうち砂質地盤のN値 (  $N_s=50$  )
- $L_s$  : 杭が周囲の地盤のうち砂質地盤に接する長さ (  $L=1.0$  m )
- $\varphi$  : 杭の周長
- $\alpha, \beta$  : 現地鉛直載荷試験結果に基づき、 $\alpha=147.0$ 、 $\beta=4.9$  とした。



c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ ( $\times 10^3$ kN )	$\Sigma W_i$ ( $\times 10^3$ kN )	$A_i$	$1.5C_i$	$Q_i$ ( $\times 10^3$ kN )
NS	1	107	107	1.000	0.30	32.1
EW	1	107	107	1.000	0.30	32.1

方向	階	$W_F$ ( $\times 10^3$ kN )	$1.5 K$	$Q_F$ ( $\times 10^3$ kN )
NS	地下	223	0.15	65.5
EW	地下	223	0.15	65.5

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位 :  $\times 10^3$  kN )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	32.1	32.1	1.31	1.84

(3) 耐震壁の設計

耐震壁は地震時の全水平力を負担できるよう設計する。

耐震壁の位置及び断面積を図-3に、断面算定結果を表-7に示す。

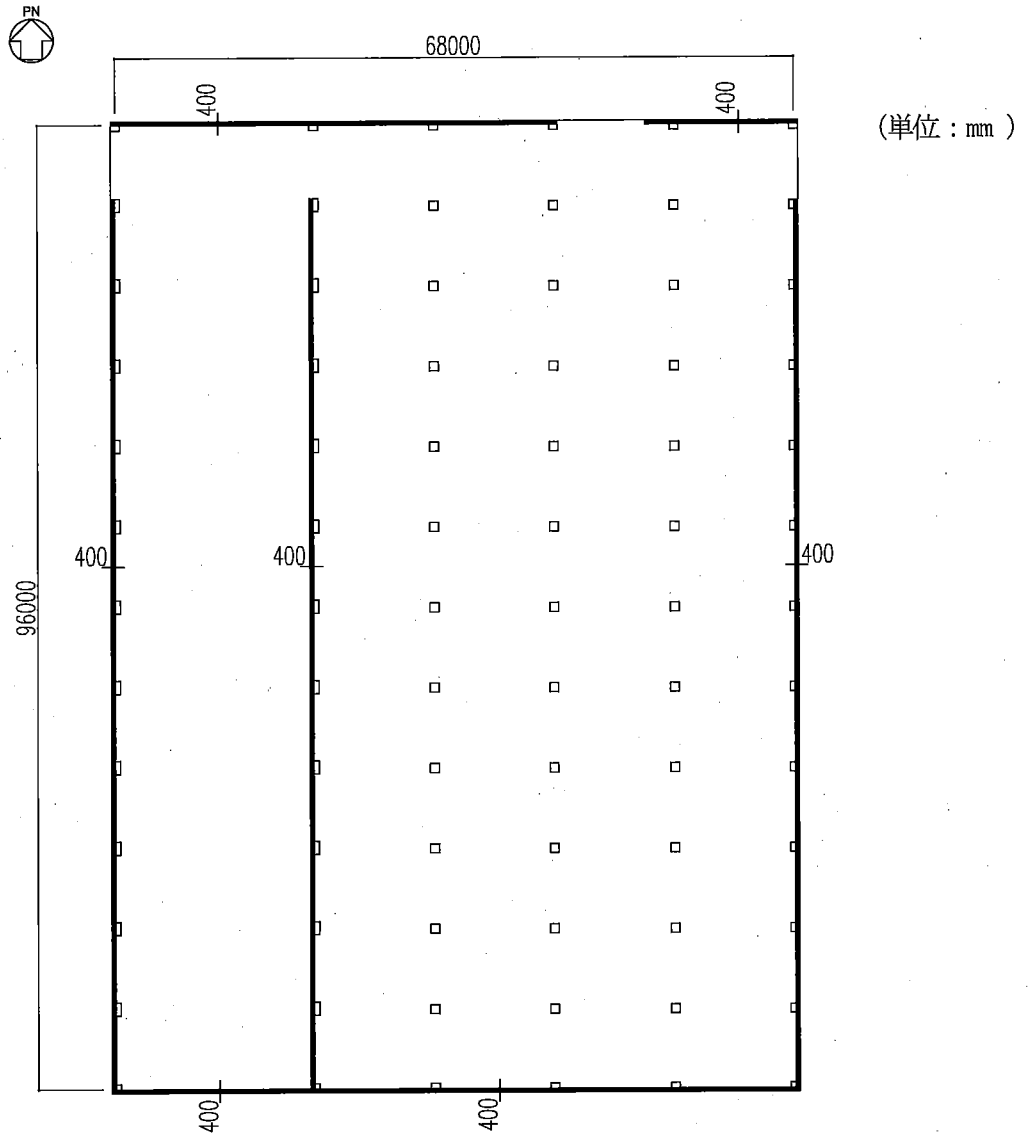
水平荷重としては、表-5に示す地震荷重を考慮する。

断面算定（表-7）に用いる記号の説明

Q：せん断力

$\tau$ ：せん断応力度

$f_s$ ：コンクリートの短期許容せん断応力度



(単位 : mm )

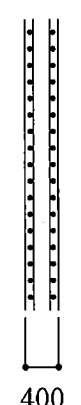
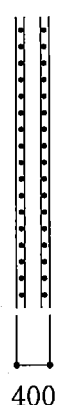
考慮した耐震壁の断面積

NS 方向 : 107.0 m<sup>2</sup>

EW 方向 : 51.1 m<sup>2</sup>

図-3 耐震壁の位置及び断面積

表-7 耐震壁の断面算定結果

方向	NS	EW
断面積 ( $m^2$ )	107.0	51.1
$Q$ ( $\times 10^3 kN$ )	32.1	32.1
$\tau$ ( $N/mm^2$ ) <sup>※1</sup>	0.34	0.67
$f_s$ ( $N/mm^2$ )	1.09	1.09
$\tau / f_s$	$0.32 < 1.0$	$0.62 < 1.0$
断面図	(単位: mm)	(単位: mm)
	 <p>400</p> <p>2-D19@200 (タテ、ヨコ共)</p>	 <p>400</p> <p>2-D19@200 (タテ、ヨコ共)</p>

※1 下記に示すねじりによるせん断力補正係数の最大値を考慮した値

NS 方向 : 1.11

EW 方向 : 1.06

(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」、「建築基礎構造設計指針（2001）」及び「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1995）」に基づいて行う。

図-4に示す代表的部材の断面算定結果を表-8に示す。

断面算定（表-8）に用いる記号の説明

- D : 杭の直径
- L : 杭長
- N : 軸力
- Q<sub>d</sub> : 設計用せん断力（杭頭の水平力の1.5倍）
- Q<sub>a</sub> : 短期許容せん断力

Q<sub>a</sub>は次式により算定する。

$$Q_a = \frac{3}{4} \cdot f_s \cdot A_s$$

短期許容せん断力の算定に用いる記号の説明

- f<sub>s</sub> : コンクリートの許容せん断応力度
- A<sub>s</sub> : 杭の断面積

- M : 曲げモーメント

Mは次式より算定する。

$$M = \frac{Q}{2 \cdot \beta} \cdot R_{M0}$$

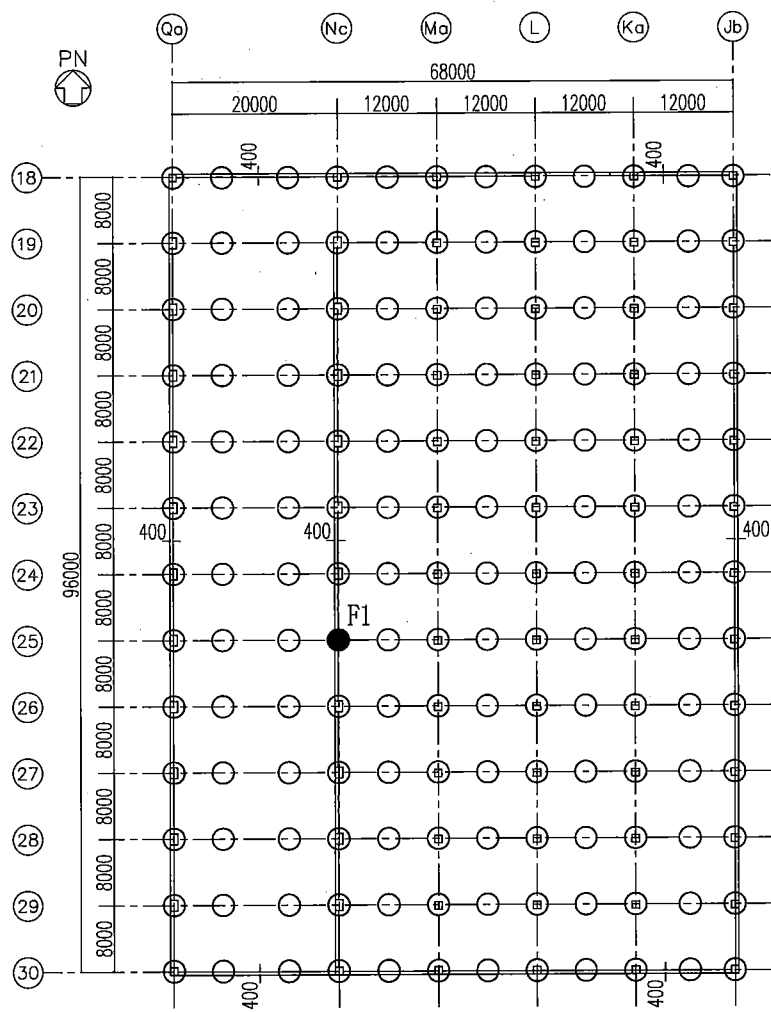
ただし、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$$

$$R_{M0} = 1.359$$

曲げモーメントの算定に用いる記号の説明

- Q : 杭頭の水平力  
(地下部分の地震層せん断力を杭の剛性で分配する。)
- K<sub>h</sub> : 水平方向地盤反力係数  
(K<sub>h</sub>は現地水平載荷試験結果より1.45 × 10<sup>4</sup> kN/m<sup>3</sup>)
- E : 杭のヤング係数
- I : 杭の断面二次モーメント
- R<sub>M0</sub> : 杭長と杭頭固定度より求まる係数
- R<sub>a</sub> : 杭の許容支持力
- p<sub>g</sub> : 必要鉄筋比
- a<sub>g</sub> : 必要鉄筋断面積



(単位：mm)

杭本数156本

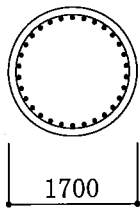
(凡例)

○：杭位置

●：場所打ちコンクリート杭の断面算定箇所

図-4 基礎の断面算定箇所

表-8 場所打ちコンクリート杭の断面算定結果

部材番号		F1
部材位置		25×Nc通り
D (mm)		1700
設計配筋	主筋	30-D38
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	34200
	帯筋	D25@150
軸力に対する検討	N (kN)	4818
	R <sub>a</sub> (kN)	11995
	N/R <sub>a</sub>	0.41 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m)	1777
	p <sub>g</sub> (%)	0.0
	a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> ) ※1	0 (< 34200)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	632
	Q <sub>a</sub> (kN)	1327
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.48 < 1.0
断面図		<p>(単位: mm)</p>  <p>1700</p> <p>L=約5.8 m</p> <p>30-D38</p>

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-9に示すとおりであり、判定基準1/200以内を満足している。

表-9 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	0.288	8980	1/31100	≤ 1/200
EW	1	0.601	8980	1/14900	

b. 保有水平耐力の検討

Aウラン貯蔵庫の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-10に示す。

Aウラン貯蔵庫の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-10 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN )	保有水平耐力 $Q_u$ ( $\times 10^3$ kN )	$Q_u/Q_{un}$
NS	1	0.55	1.00	88.3	277.9	3.14
EW	1	0.55	1.00	88.3	139.6	1.58



(6) 設計基準を超える条件に対する検討

1 Gの静的地震力による層せん断力は、(5)b. に示す必要保有水平耐力と同一であり、Aウラン貯蔵庫の保有水平耐力以下であることを確認している。

5. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちウラン貯蔵・廃棄物庫（Bウラン貯蔵庫と一体構造）の耐震計算書

(1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうちウラン貯蔵・廃棄物庫（Bウラン貯蔵庫と一体構造）（以下「ウラン貯蔵・廃棄物庫」という。）は、主要構造が鉄筋コンクリート構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

ウラン貯蔵・廃棄物庫の平面寸法は、主要部材で約112.0 m（NS）×約120.0 m（EW）※1であり、地上高さは約8.7 m（EL+36.1 mから水下スラブ上端まで）である。なお、ウラン貯蔵・廃棄物庫は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS、EW方向共に、耐震壁により地震時における水平力を負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

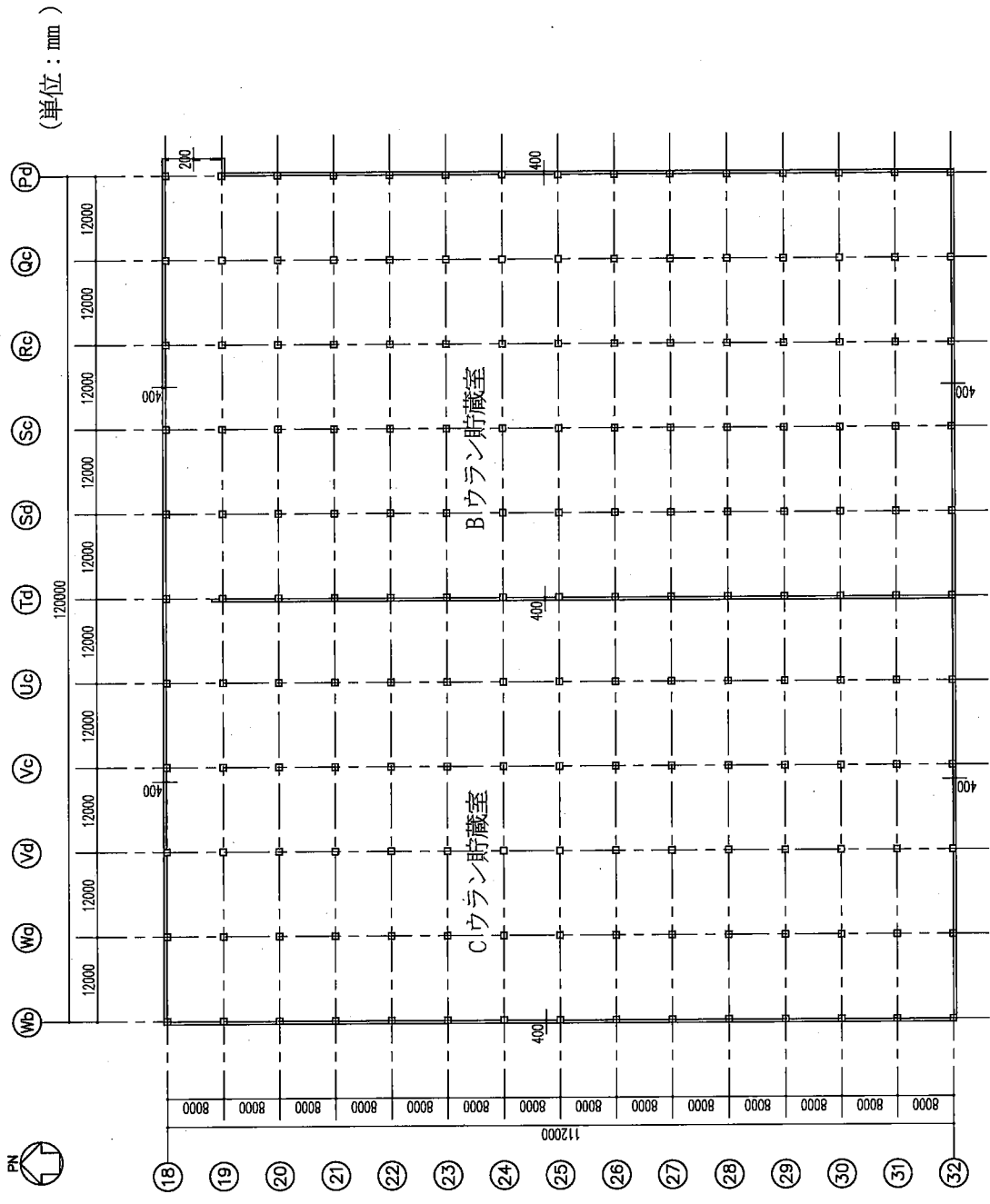
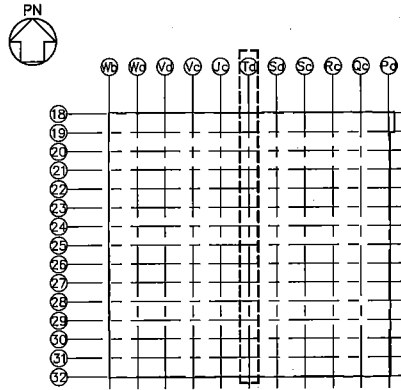


図-1 (1/2) 構造概要図



(単位 : mm)

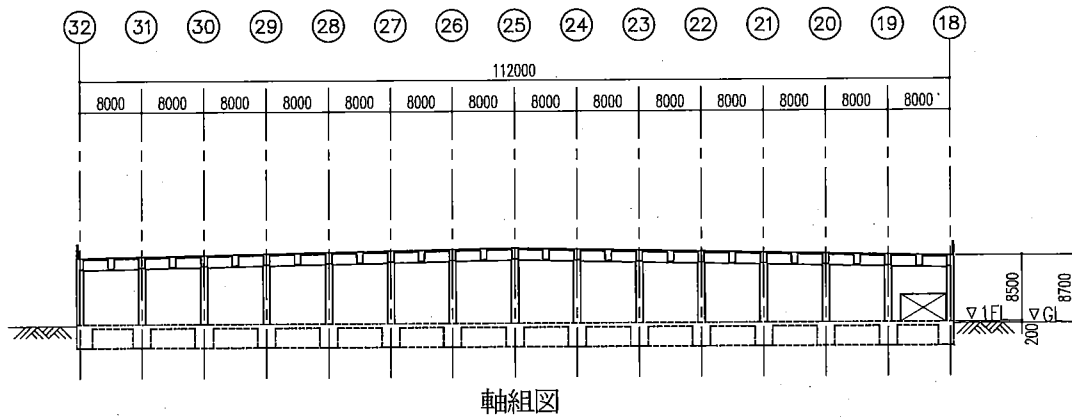


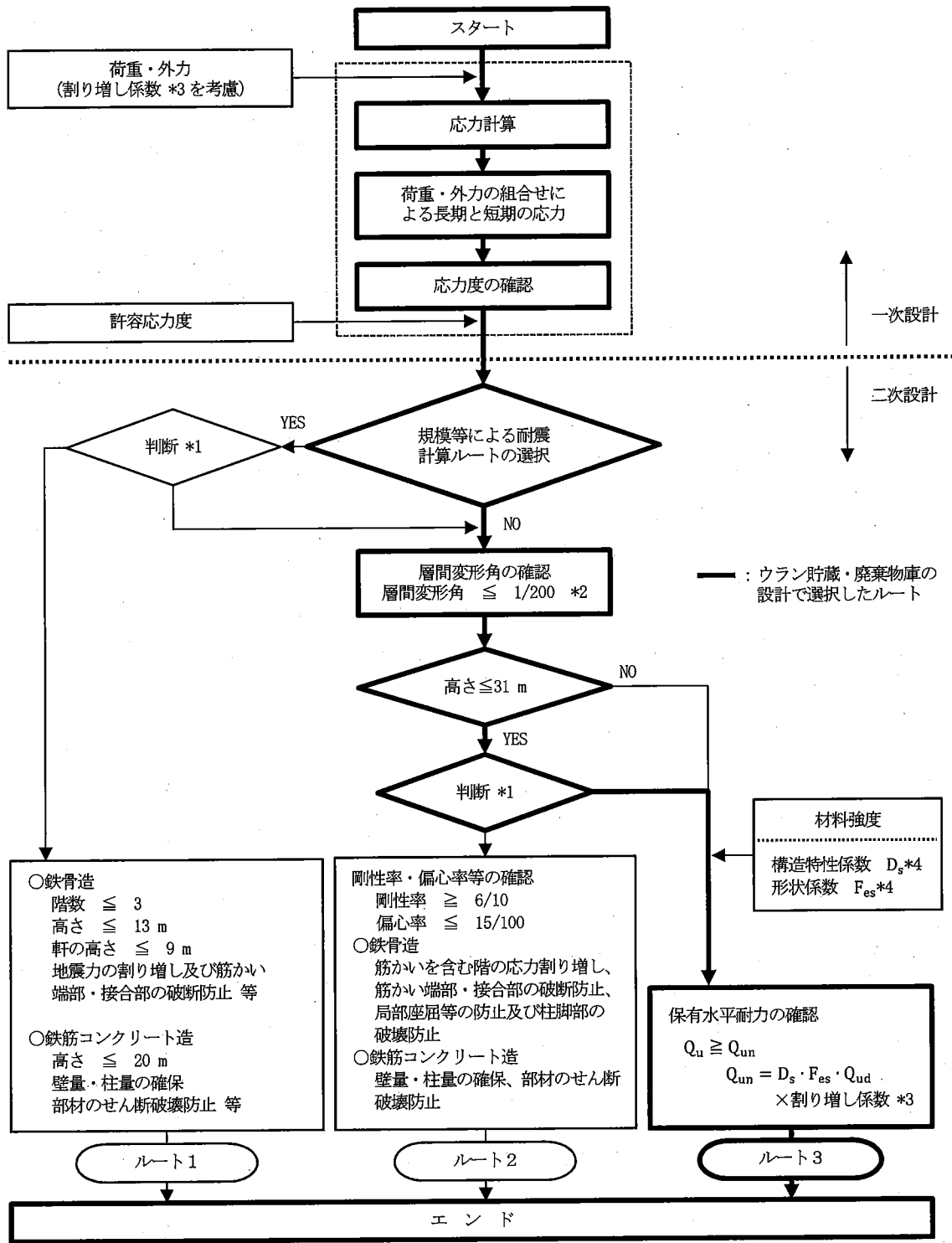
図-1 (2/2) 構造概要図

(2) 耐震設計

ウラン貯蔵・廃棄物庫の耐震設計は、「添付計算書 1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

ウラン貯蔵・廃棄物庫の耐震設計ルートを図-2に示す。



\*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。  
 \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/200以内とする。  
 \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。ウラン貯蔵・廃棄物庫では1.5である。  
 \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図ー2 ウラン貯蔵・廃棄物庫の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-2に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-3に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-3 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-4に、地震荷重と風荷重の比較を表-5に示す。

表-4 各階の地震荷重

方向	階	$W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$\sum W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$A_i$	$1.5C_i$	$Q_i (\times 10^3 \text{kN})$
NS	1	261	261	1.000	0.3	78.3
EW	1	261	261	1.000	0.3	78.3

表-5 地震荷重と風荷重の比較

(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	78.3	78.3	2.34	2.15



(3) 耐震壁の設計

耐震壁は地震時の全水平力を負担できるよう設計する。

耐震壁の位置及び断面積を図-3に、断面算定結果を表-6に示す。

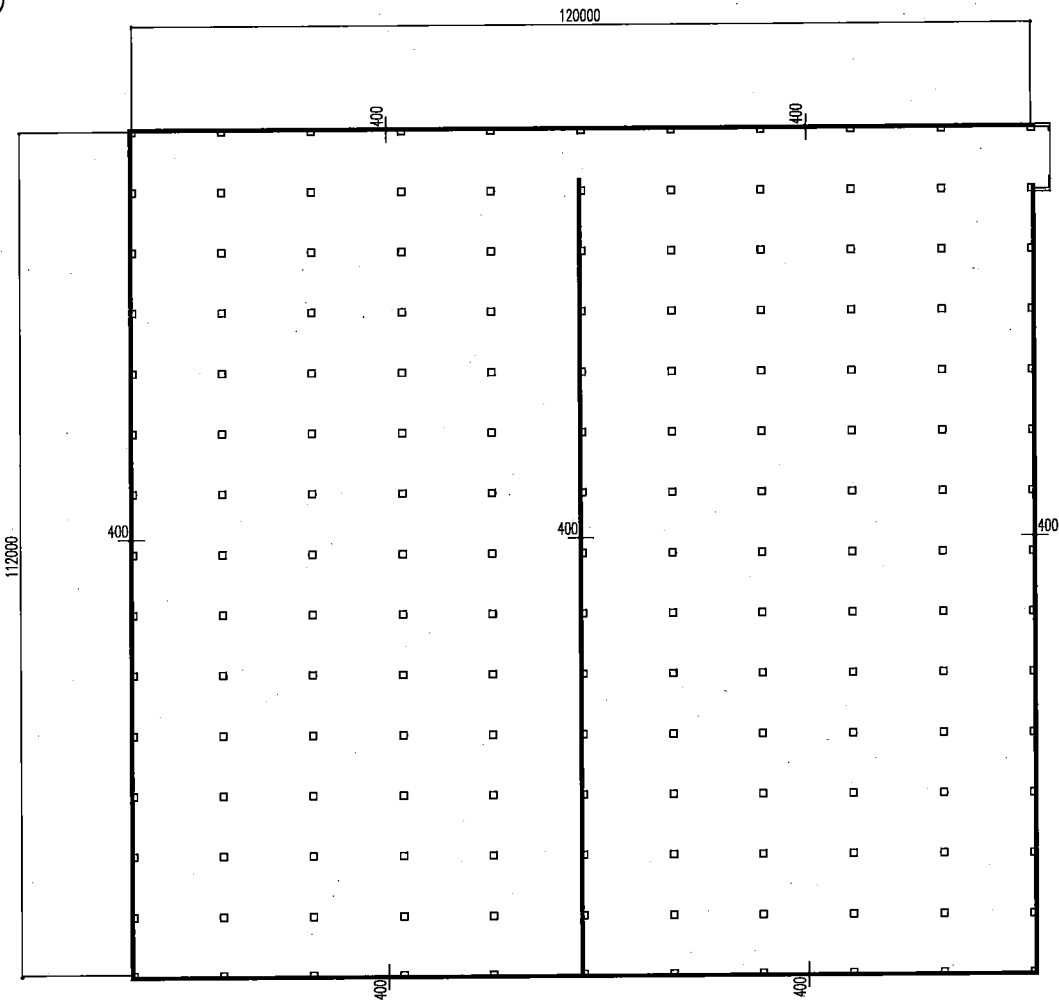
水平荷重としては、表-4に示す地震荷重を考慮する。

断面算定（表-6）に用いる記号の説明

Q：せん断力

$\tau$ ：せん断応力度

$f_s$ ：コンクリートの短期許容せん断応力度



(単位：mm)

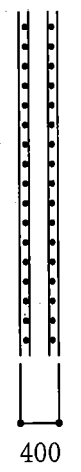
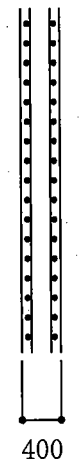
考慮した耐震壁の断面積

NS 方向：129.0 m<sup>2</sup>

EW 方向：96.7 m<sup>2</sup>

図-3 耐震壁の位置及び断面積

表-6 耐震壁の断面算定結果

方向	NS	EW
断面積( $m^2$ )	129.0	96.7
$Q$ ( $\times 10^3 kN$ )	78.3	78.3
$\tau$ ( $N/mm^2$ ) <sup>※1</sup>	0.62	0.81
$f_s$ ( $N/mm^2$ )	1.09	1.09
$\tau / f_s$	$0.57 < 1.0$	$0.75 < 1.0$
断面図	(単位: mm)	(単位: mm)
		
	2-D19@200 (タテ、ヨコ共)	2-D19@200 (タテ、ヨコ共)

※1 下記に示すねじりによるせん断力補正係数の最大値を考慮した値

NS 方向: 1.02

EW 方向: 1.00

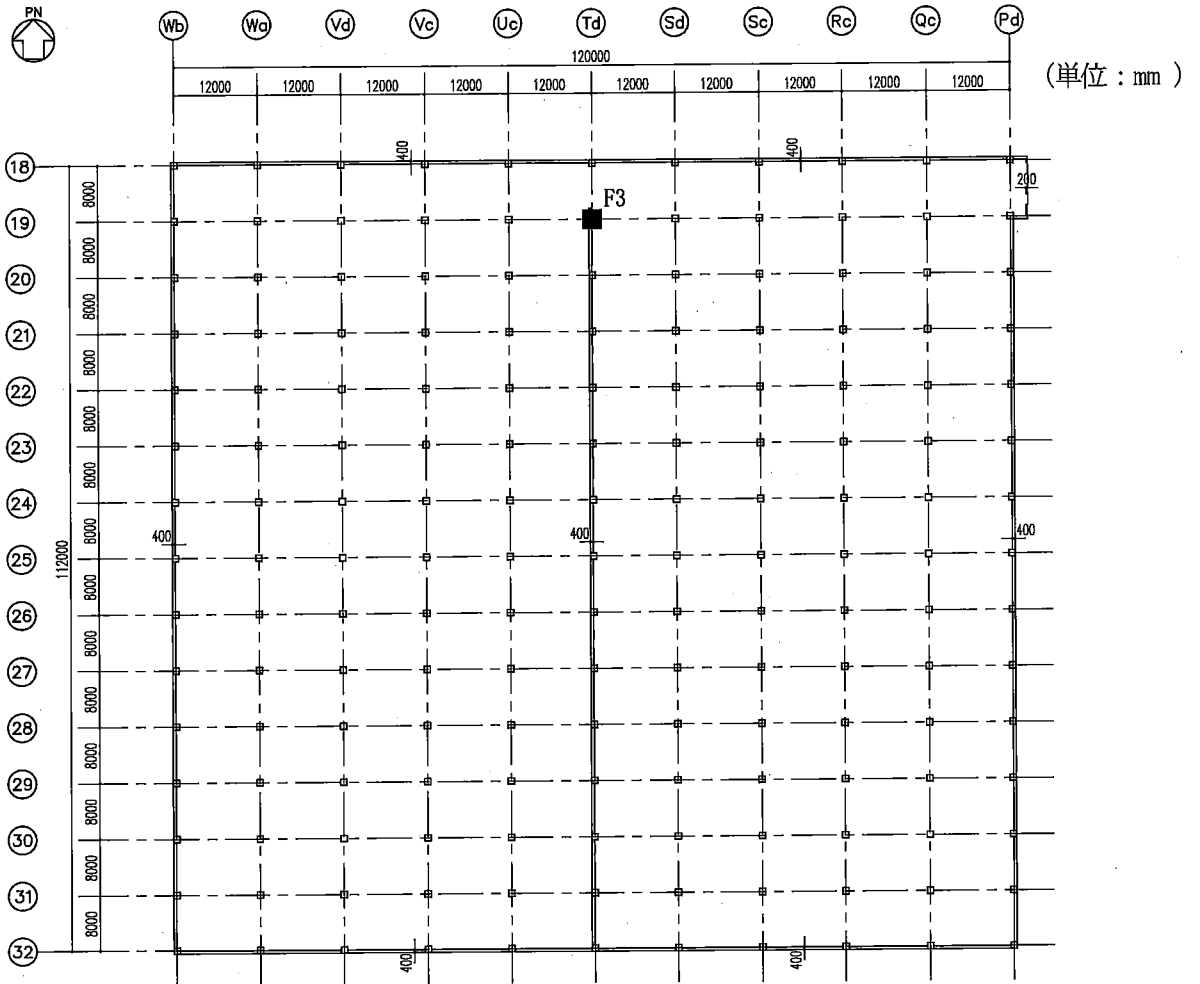
(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

図－4に示す代表的部材の断面算定結果を表－7に示す。

断面算定（表－7）に用いる記号の説明

- $l, l'$  : 基礎の幅
- $D$  : 基礎のせい
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $N$  : 軸力
- $\sigma$  : 接地圧（ $\sigma = N/A$ 、 $A$ は基礎底面の面積）
- $M$  : 曲げモーメント
- $Q$  : せん断力
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度

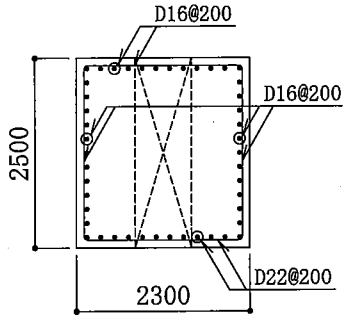


(凡例)

■ : 基礎の断面算定箇所

図-4 基礎の断面算定箇所

表-7 基礎の断面算定結果

部材番号		F3
部材位置		19×Td通り
断面	$\ell \times \ell' \times D$ (mm)	2300×2300×2500
	d (mm)	2400
	j (mm)	2100
設計配筋	上端筋	D16@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	995
	下端筋	D22@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	1935
軸力に対する 検討	N (kN)	5354
	$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	1012
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	$\sigma/qa$	0.52 < 1.0
曲げモーメントに 対する検討	M (kN・m/m)	188
	$M/(f_t \cdot j)$ (mm <sup>2</sup> /m) ※1	260 (< 1935)
せん断力に 対する検討	Q (kN/m)	405
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	2289
	Q/Q <sub>a</sub>	0.18 < 1.0
断面図		(単位: mm) 

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-8に示すとおりであり、判定基準1/200以内を満足している。

表-8 層間変形角

方向	階	層間変位 d ( mm )	高さ h ( mm )	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	0.587	9060	1/15400	≦ 1/200
EW	1	0.783	9060	1/11500	

b. 保有水平耐力の検討

ウラン貯蔵・廃棄物庫の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。  
必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-9に示す。

ウラン貯蔵・廃棄物庫の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-9 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ ( $\times 10^3$ kN )	保有水平耐力 $Q_u$ ( $\times 10^3$ kN )	$Q_u/Q_{un}$
NS	1	0.55	1.00	215.4	319.1	1.48
EW	1	0.55	1.00	215.4	234.8	1.09

(6) 設計基準を超える条件に対する検討

1 Gの静的地震力による層せん断力は、(5)b. に示す必要保有水平耐力と同一であり、ウラン貯蔵・廃棄物庫の保有水平耐力以下であることを確認している。



## 6. ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうち搬出入棟の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン貯蔵・廃棄物建屋のうち搬出入棟（以下「搬出入棟」という。）は、主要構造が鉄骨構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

搬出入棟の平面寸法は、主要部材で約32.0 m( NS )×約20.0 m( EW )<sup>※1</sup>であり、地上高さは約9.1 m ( EL+36.1 mから水下鉄骨上端まで) である。なお、搬出入棟は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、杭基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

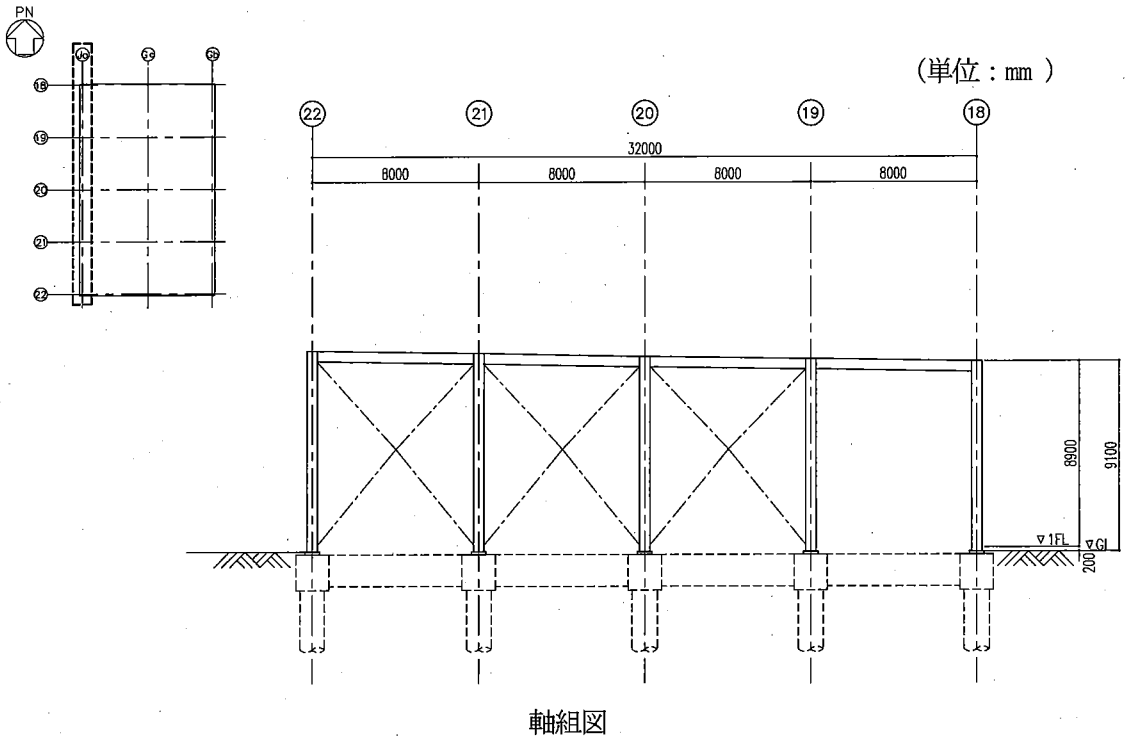
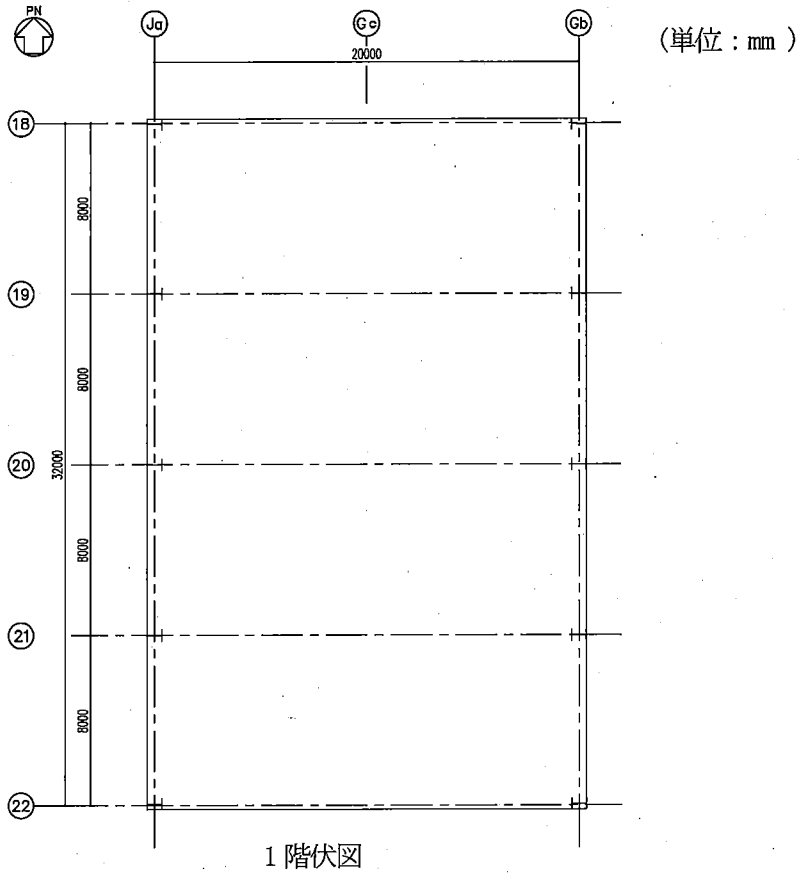


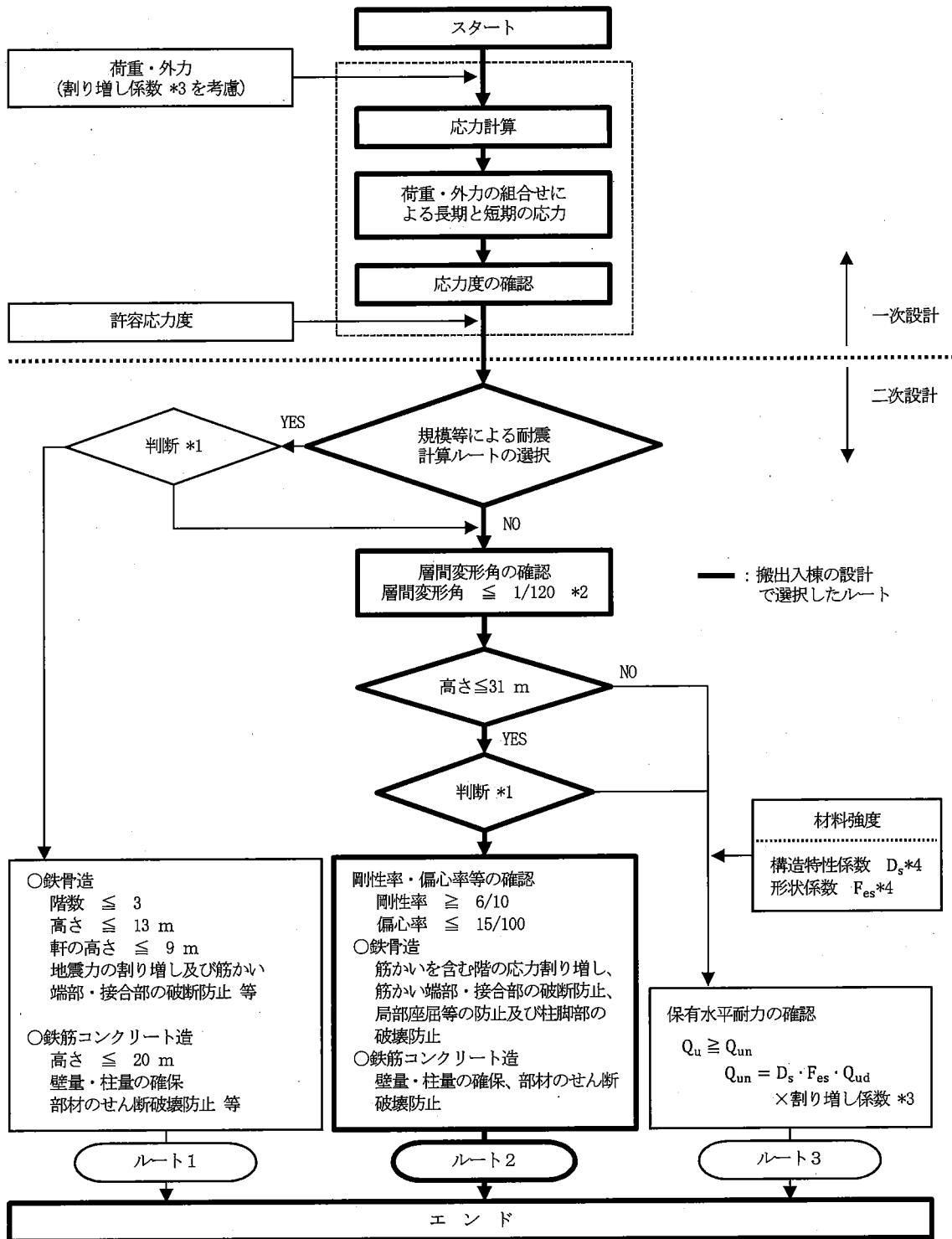
図-1 構造概要図

(2) 耐震設計

搬出入棟の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

搬出入棟の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/120以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。搬出入棟では1.25である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 搬出入棟の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。構造用鋼材はSS41 (SS400相当。以下、本書ではSS400と記載) 及びSM50A (SM490A相当。以下、本書ではSM490Aと記載) を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度を表-4に、場所打ちコンクリート杭の許容支持力を表-5に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度

(単位: N/mm<sup>2</sup>)

種 別	長 期			短 期		
	圧 縮	せん断	付 着	圧 縮	せん断	付 着
普通コンクリート Fc=23.5 N/mm <sup>2</sup> (Fc=240 kg/cm <sup>2</sup> )	5.2	0.52	1.56	10.4	0.78	2.34

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

表-5 場所打ちコンクリート杭の許容支持力

算定式	長 期	短 期
		$R_a = \frac{1}{3}(\alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot \varphi)$

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

場所打ちコンクリート杭の許容支持力の算定に用いる記号の説明

- R<sub>a</sub> : 地盤の許容鉛直支持力
- N : 杭の先端付近のN値 ( N=50 )
- A<sub>p</sub> : 杭の先端の有効断面積
- N<sub>s</sub> : 杭の周囲の地盤のうち砂質地盤のN値 ( N<sub>s</sub>=50 )
- L<sub>s</sub> : 杭が周囲の地盤のうち砂質地盤に接する長さ ( L=1.0 m )
- φ : 杭の周長
- α、β : 現地鉛直載荷試験結果に基づき、α=147.0、β= 4.9 とした。

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-6に、地震荷重と風荷重の比較を表-7に示す。

表-6 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ (kN)	$\Sigma W_i$ (kN)	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ (kN)
NS	1	5550	5550	1.000	0.25	1390
EW	1	5550	5550	1.000	0.25	1390

方向	階	$W_F$ (kN)	$1.25 K$	$Q_F$ (kN)
NS	地下	21000	0.125	4130
EW	地下	21000	0.125	4130

表-7 地震荷重と風荷重の比較

(単位: kN)

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	1390	1390	410	630

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

搬出入棟は、NS方向2フレーム、EW方向5フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示すJa通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

Ja通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。



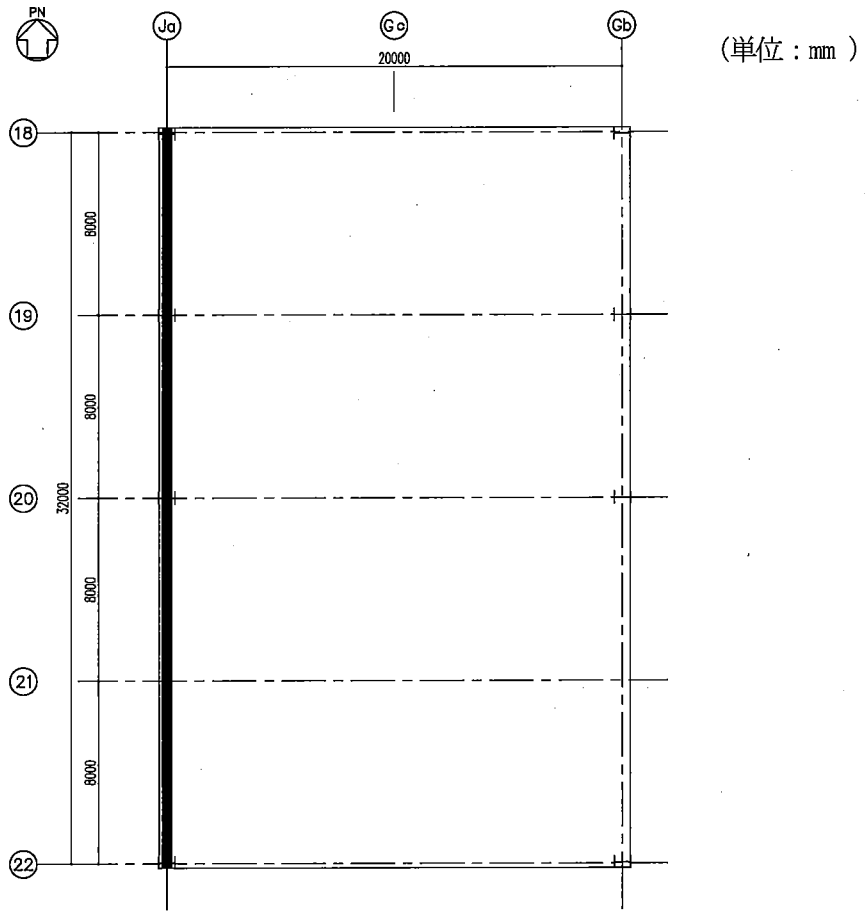


図-3 応力解析対象フレーム (Ja通り)

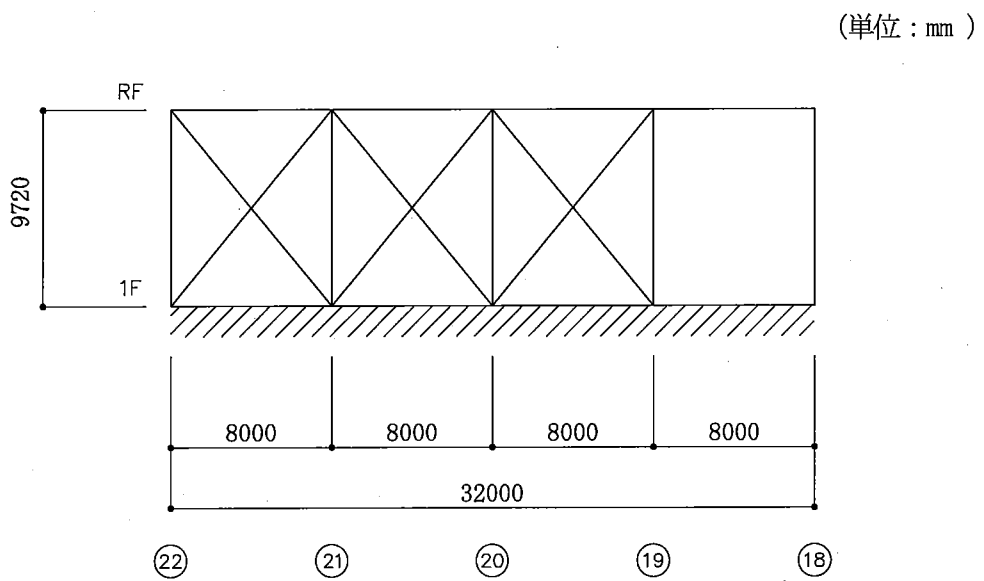


図-4 応力解析モデル (Ja通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

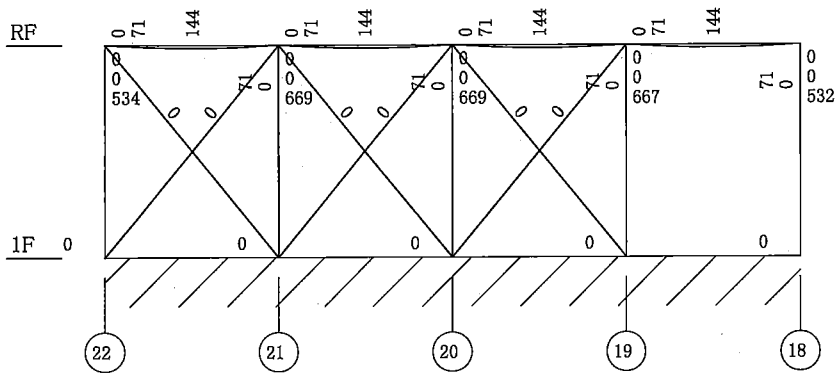
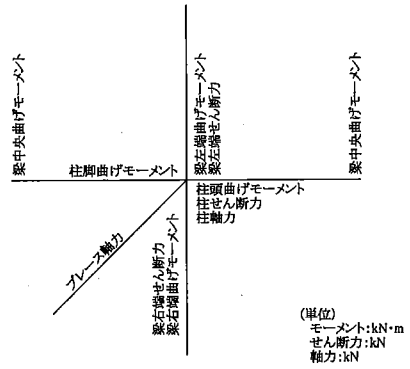


図-5 鉛直荷重による応力解析結果(Ja通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

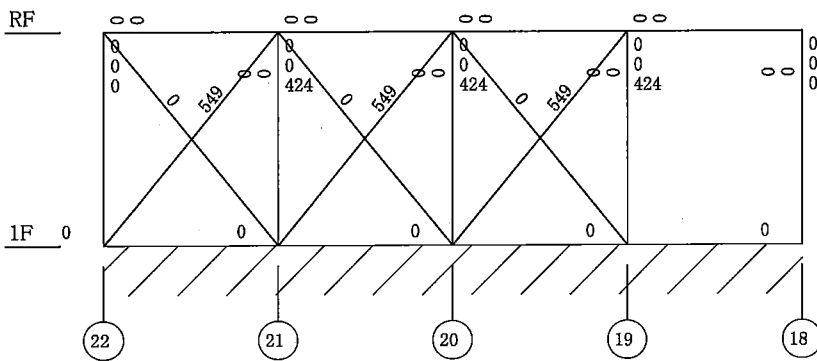
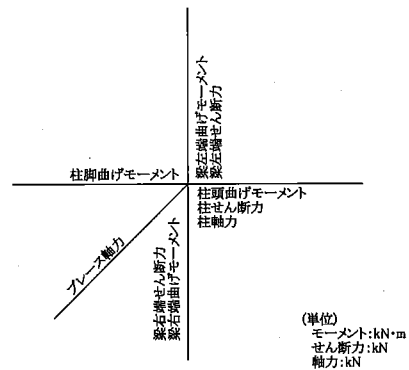


図-6 地震荷重による応力解析結果(Ja通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準（2005）」に基づいて行う。

図-7～図-8に示す代表的部材の断面算定結果を表-8～表-10に示す。

断面算定（表-8～表-10）に用いる記号の説明

$M_s$	: 曲げモーメント
$Q_s$	: せん断力
$N_s$	: 軸力
$A_n$	: 鉄骨の軸断面積
$A_s$	: 鉄骨のせん断断面積
$Z_e$	: 鉄骨の断面係数
$f_t$	: 鋼材の短期許容引張応力度
$f_b$	: 鋼材の短期許容曲げ応力度
$f_s$	: 鋼材の短期許容せん断応力度
$f_c$	: 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
$\sigma_t$	: 鋼材に生じる引張応力度
$\sigma_b$	: 鋼材に生じる曲げ応力度
$\tau$	: 鋼材に生じるせん断応力度
$\sigma_c$	: 鋼材に生じる圧縮応力度

(単位 : mm )

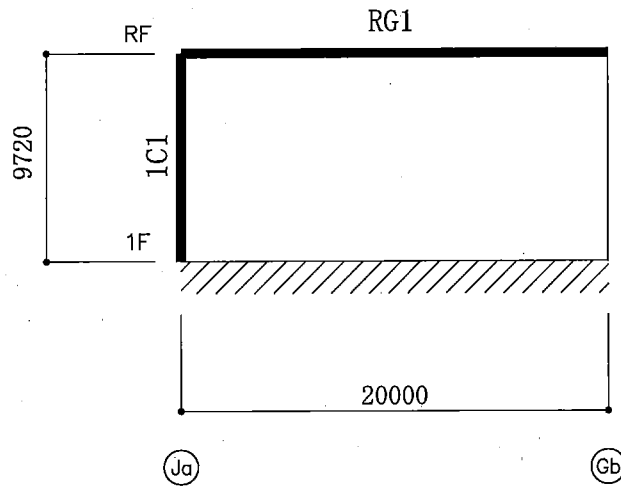


図-7 断面算定箇所(20通り)

(単位 : mm )

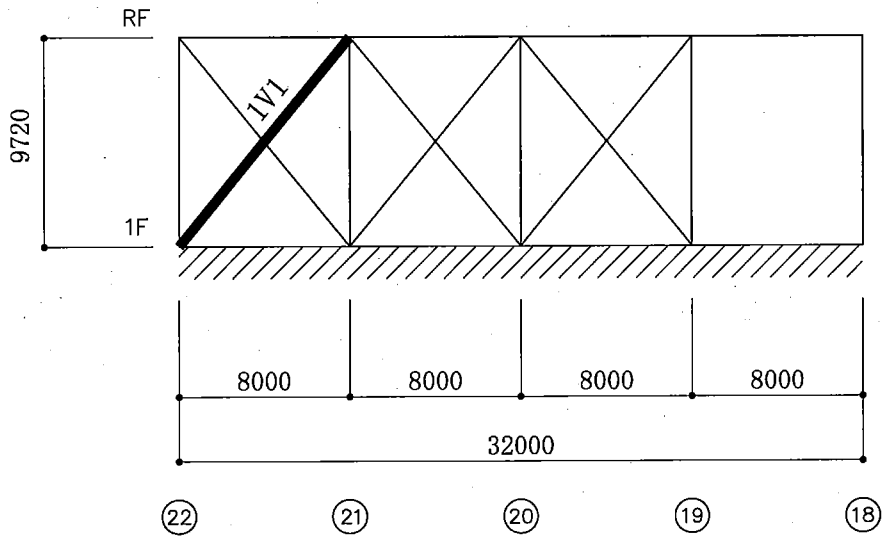


図-8 断面算定箇所(Ja通り)

表-8 大梁の断面算定結果

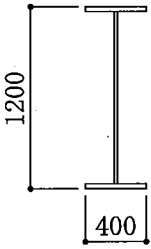
部材番号		RG1	
部材位置		20通りRF Ja-Gb間	
算定位置		Ja端	Gb端
部材断面 (材料)		BH-1200×400×22×32 ( SM490A )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1857	1856
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	18200	18200
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	103	102
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.32 < 1.0	0.32 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	578	578
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	23452	23452
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	25	25
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.14 < 1.0	0.14 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	112	111
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.35 < 1.0	0.35 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  BH-1200×400×22×32	

表-9 柱の断面算定結果

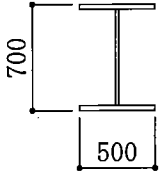
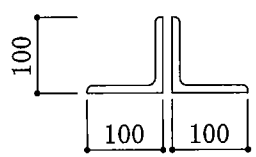
部材番号		1C1	
部材位置		1F 20×Ja通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BH-700×500×22×32 ( SM490A )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1856	1144
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	11500	11100
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	162	104
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.50 < 1.0	0.32 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	741	741
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	45992	44452
	${}_s \sigma_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	17	17
	${}_s f_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	189	189
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.09 < 1.0	0.09 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	310	310
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	13992	12452
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	23	25
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.13 < 1.0	0.14 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.59 < 1.0	0.41 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	184	129
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.57 < 1.0	0.40 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	
			
		BH-700×500×22×32	

表-10 筋かいの断面算定結果

部材番号		1V1
部材位置		Ja通り1F 22-21 間
部材断面 (材料)		2Ls-100×100×10 ( SS400 )
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	549
	$A_n$ ( $\text{mm}^2$ )	3370
	${}_s\sigma_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	163
	${}_s f_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	235
	${}_s\sigma_t/{}_s f_t$	$0.70 < 1.0$
断面図		<p>(単位 : mm )</p>  <p>2Ls-100×100×10</p>

#### (4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」、「建築基礎構造設計指針（2001）」及び「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1995）」に基づいて行う。

断面算定箇所を図-9に示す。

また、22通り基礎梁の鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-10～図-11に示す。

図-9に示す代表的部材の断面算定結果を表-11～表-12に示す。

断面算定（表-11）に用いる記号の説明

- b : 部材の幅
- D : 部材の全せい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力（地震時せん断力を1.5倍して算定）
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積
- $\alpha$  : せん断スパン比（ $M/(Q \cdot d)$ ）による割り増し係数



断面算定（表-12）に用いる記号の説明

- D : 杭の直径  
L : 杭長  
N : 軸力  
Q<sub>d</sub> : 設計用せん断力（杭頭の水平力の1.5倍）  
Q<sub>a</sub> : 短期許容せん断力  
Q<sub>a</sub>は次式により算定する。

$$Q_a = \frac{3}{4} \cdot f_s \cdot A_s$$

短期許容せん断力の算定に用いる記号の説明

- f<sub>s</sub> : コンクリートの許容せん断応力度  
A<sub>s</sub> : 杭の断面積  
M : 曲げモーメント  
Mは次式より算定する。

$$M = \frac{Q}{2 \cdot \beta} \cdot R_{M0}$$

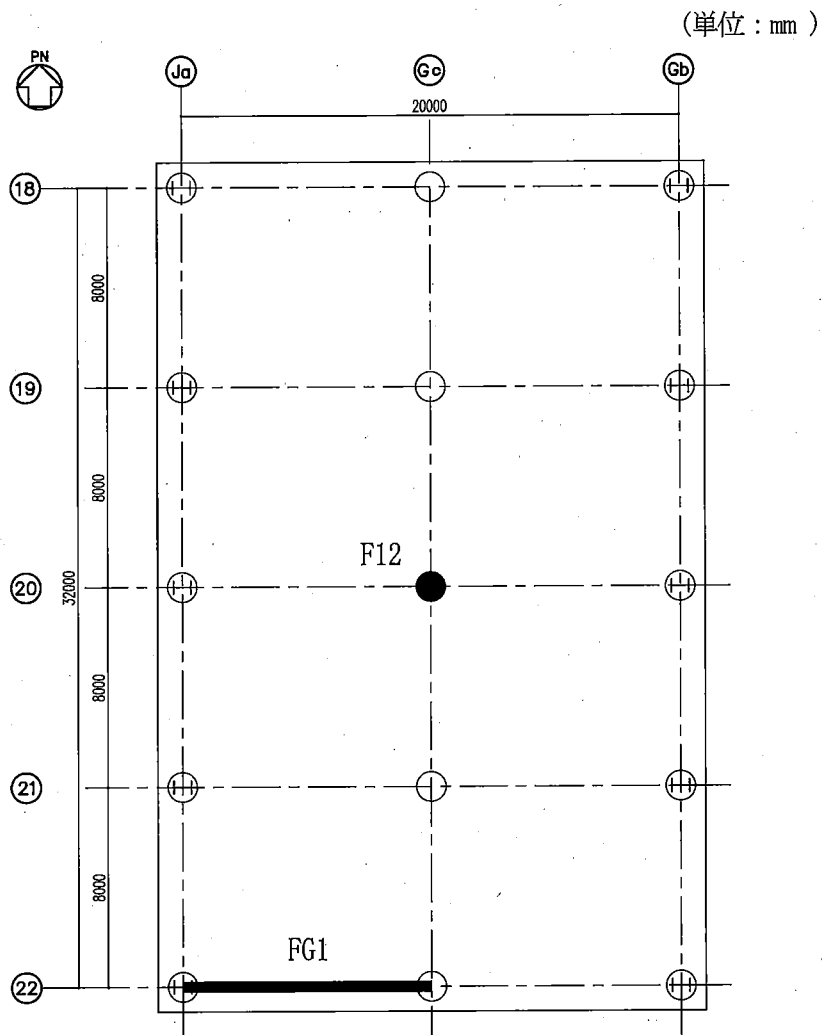
ただし、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$$

$$R_{M0} = 1.274$$

曲げモーメントの算定に用いる記号の説明

- Q : 杭頭の水平力  
(地下部分の地震層せん断力を杭の剛性で分配する。)  
K<sub>h</sub> : 水平方向地盤反力係数  
(K<sub>h</sub>は現地水平載荷試験結果より1.88×10<sup>4</sup> kN/m<sup>3</sup>)  
E : 杭のヤング係数  
I : 杭の断面二次モーメント  
R<sub>M0</sub> : 杭長と杭頭の固定度より求まる係数  
R<sub>a</sub> : 杭の許容支持力  
p<sub>g</sub> : 必要鉄筋比  
a<sub>g</sub> : 必要鉄筋断面積



- (凡例)
- : 杭位置
  - : 場所打ちコンクリート杭の断面算定箇所
  - : 基礎梁の断面算定箇所

図-9 基礎の断面算定箇所

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

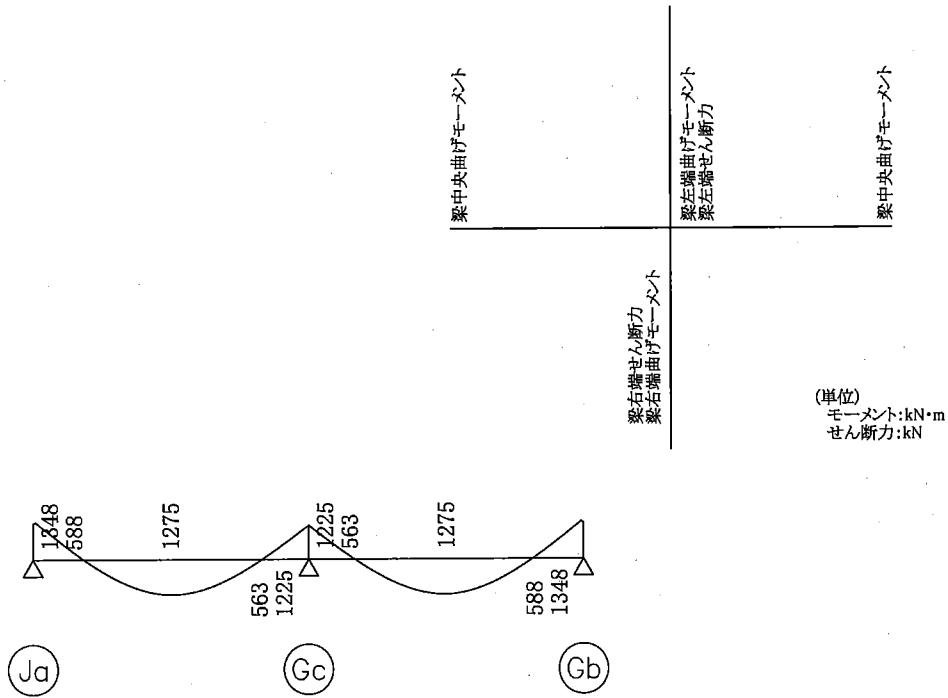


図-10 鉛直荷重による応力解析結果 (22 通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

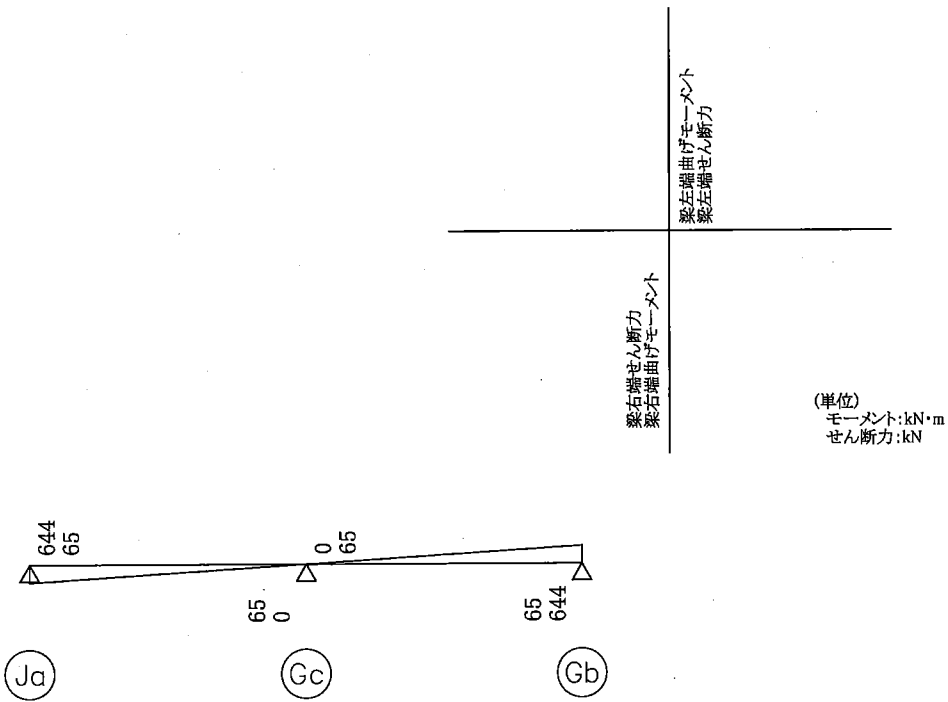
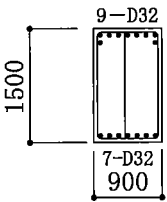
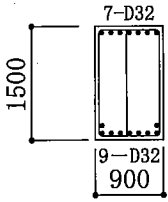
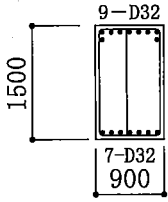


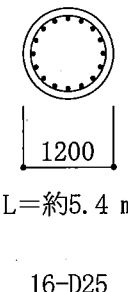
図-11 地震荷重による応力解析結果 (22 通り)

表-11 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG1		
部材位置		22通り Ja-Gc間		
算定位置		Ja 端	中央	Gc 端
断面	b×D (mm)	900×1500	900×1500	900×1500
	d (mm)	1400	1400	1400
	j (mm)	1225	1225	1225
	bd <sup>2</sup> (×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	1764	1764	1764
設計配筋	上端筋	9-D32	7-D32	9-D32
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	7146	5558	7146
	下端筋	7-D32	9-D32	7-D32
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	5558	7146	5558
	あばら筋	3-D16@200	3-D16@200	3-D16@200
	あばら筋比 (%)	0.33	0.33	0.33
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> (kN・m)	1992	1275	1225
	M <sub>s</sub> / bd <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	1.13	0.72	0.69
	p <sub>t</sub> (%)	0.36	0.23	0.22
	a <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> ) ※1 ( < 7146 )	4536 ( < 7146 )	2898 ( < 7146 )	2772 ( < 7146 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	686	—	661
	α	1.25	—	1.67
	Q <sub>a</sub> (kN)	1749	—	2254
	Q <sub>d</sub> / Q <sub>a</sub>	0.40 < 1.0	—	0.30 < 1.0
断面図	(単位: mm)	(単位: mm)	(単位: mm)	
				

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

表-12 場所打ちコンクリート杭の断面算定結果

部材番号		F12
部材位置		20×Gc通り
D (mm)		1200
設計配筋	主筋	16-D25
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	8112
	帯筋	D13@150
軸力に対する検討	N (kN)	3079
	R <sub>a</sub> (kN)	6152
	N/R <sub>a</sub>	0.51 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m)	769
	p <sub>g</sub> (%)	0.0
	a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> ) ※1	0 (< 8112)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	404
	Q <sub>a</sub> (kN)	661
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.62 < 1.0
断面図		<p>(単位: mm)</p>  <p>1200</p> <p>L=約5.4 m</p> <p>16-D25</p>

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-13に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-13 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	9.4	9720	1/1034	≤ 1/120
EW	1	27.8	9720	1/349	

b. 剛性率

剛性率は、表-14に示すとおりであり、判定基準6/10以上を満足している。

表-14 剛性率

方向	階	層間変形角の逆数 $r_s$	$r_s$ の全階にわたる 平均値 $\bar{r}_s$	剛性率 $r_s/\bar{r}_s$	判定基準
NS	1	1034	1034	1.0	≥ 6/10
EW	1	349	349	1.0	

c. 偏心率

偏心率は、表-15に示すとおりであり、判定基準15/100以下を満足している。

表-15 偏心率

方向	階	偏心率	判定基準
NS	1	0.001	≤ 15/100
EW	1	0.000	

## 7. ウラン濃縮建屋のうち1号カスケード棟の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン濃縮建屋のうち1号カスケード棟（以下「1号カスケード棟」という。）は、主要構造が鉄骨構造で地上1階（一部2階）建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

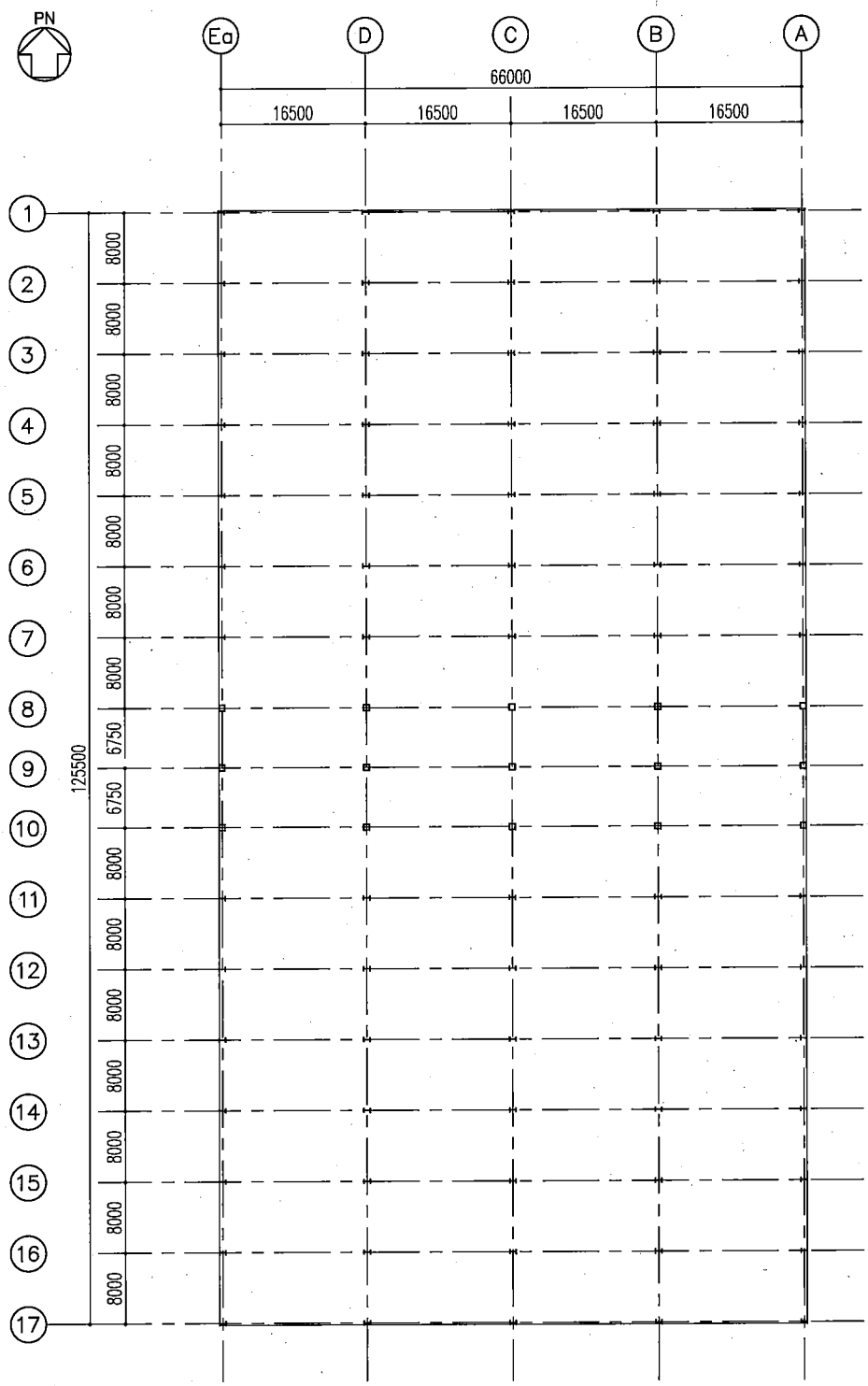
1号カスケード棟の平面寸法は、主要部材で約125.5 m ( NS ) × 約66.0 m ( EW )<sup>※1</sup>であり、地上高さは約6.5 m ( EL+36.1 mから1階の屋根鉄骨水下上端まで) である。なお、1号カスケード棟は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

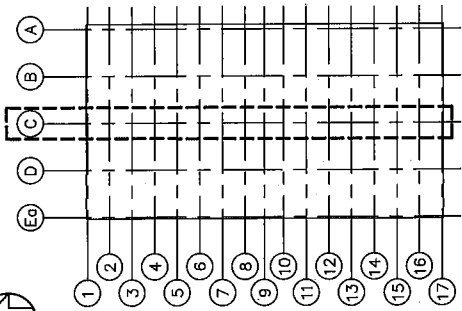
(単位：mm)



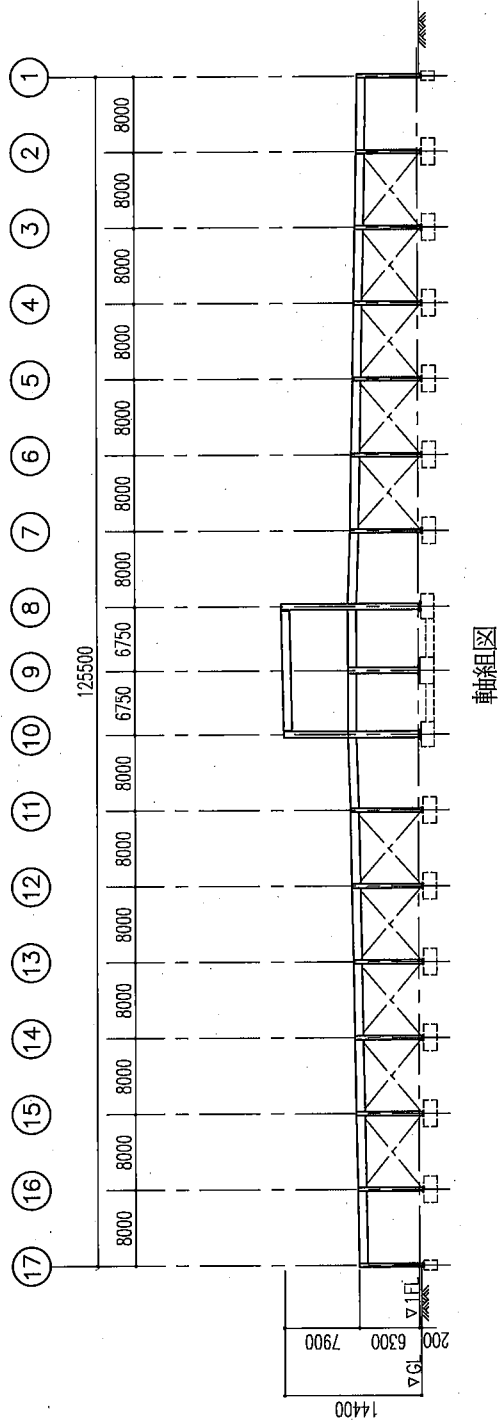
1階伏図

図-1 (1/2) 構造概要図





(单位: mm)



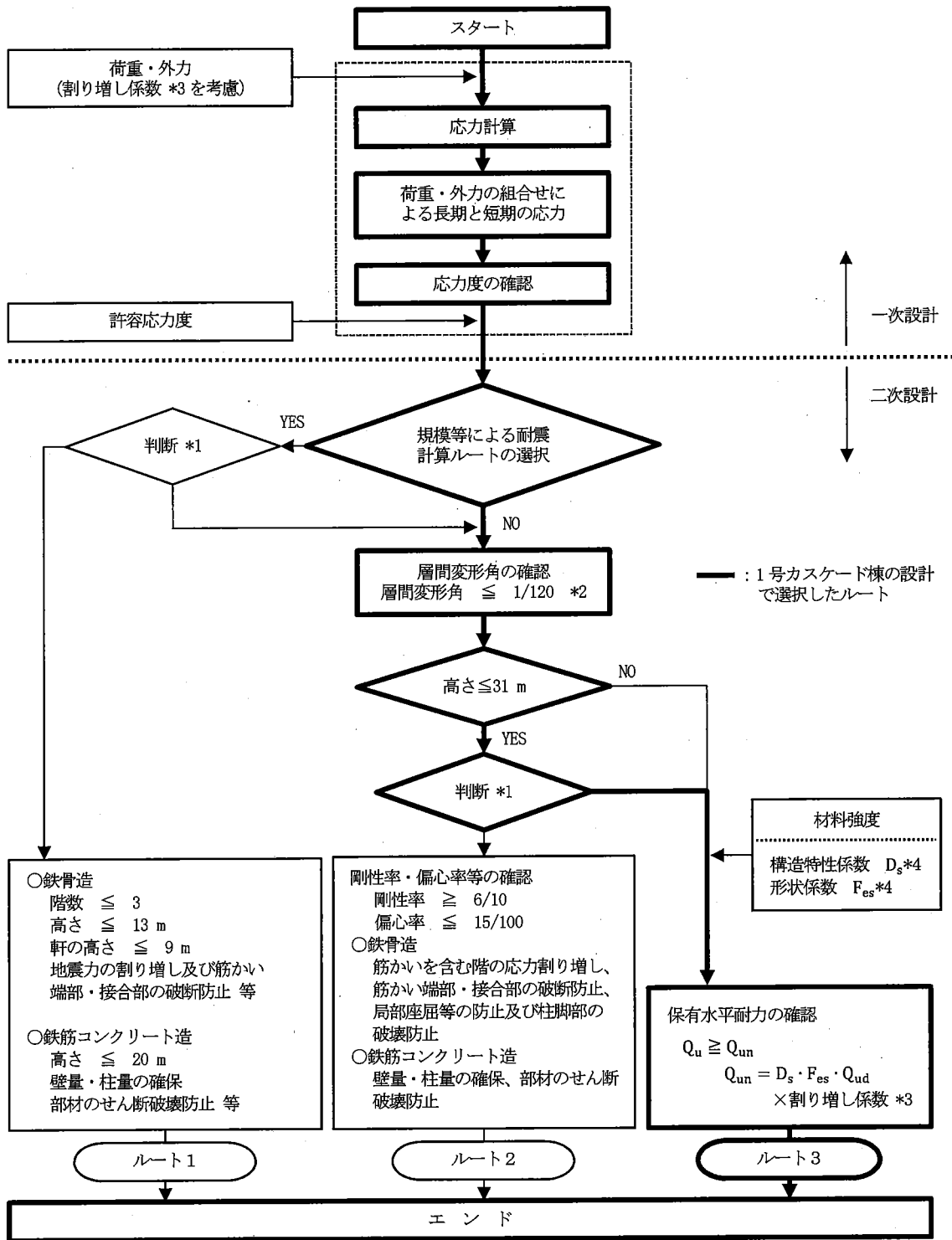
図一 1 ( 2 / 2 ) 構造概要図

(2) 耐震設計

1号カスケード棟の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

1号カスケード棟の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/120以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。1号カスケード棟では1.25である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 1号カスケード棟の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。構造用鋼材はSS400及びSM490Aを使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階	$W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$\Sigma W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i (\times 10^3 \text{kN})$
NS	2	10.4	10.4	1.976	0.50	5.2
	1	66.4	76.8	1.000	0.25	19.2
EW	2	10.4	10.4	1.976	0.50	5.2
	1	66.4	76.8	1.000	0.25	19.2

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
2	5.2	5.2	0.58	0.13
1	19.2	19.2	2.12	2.28

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

1号カスケード棟は、NS方向5フレーム、EW方向17フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示すC通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

C通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。

(単位 : mm )

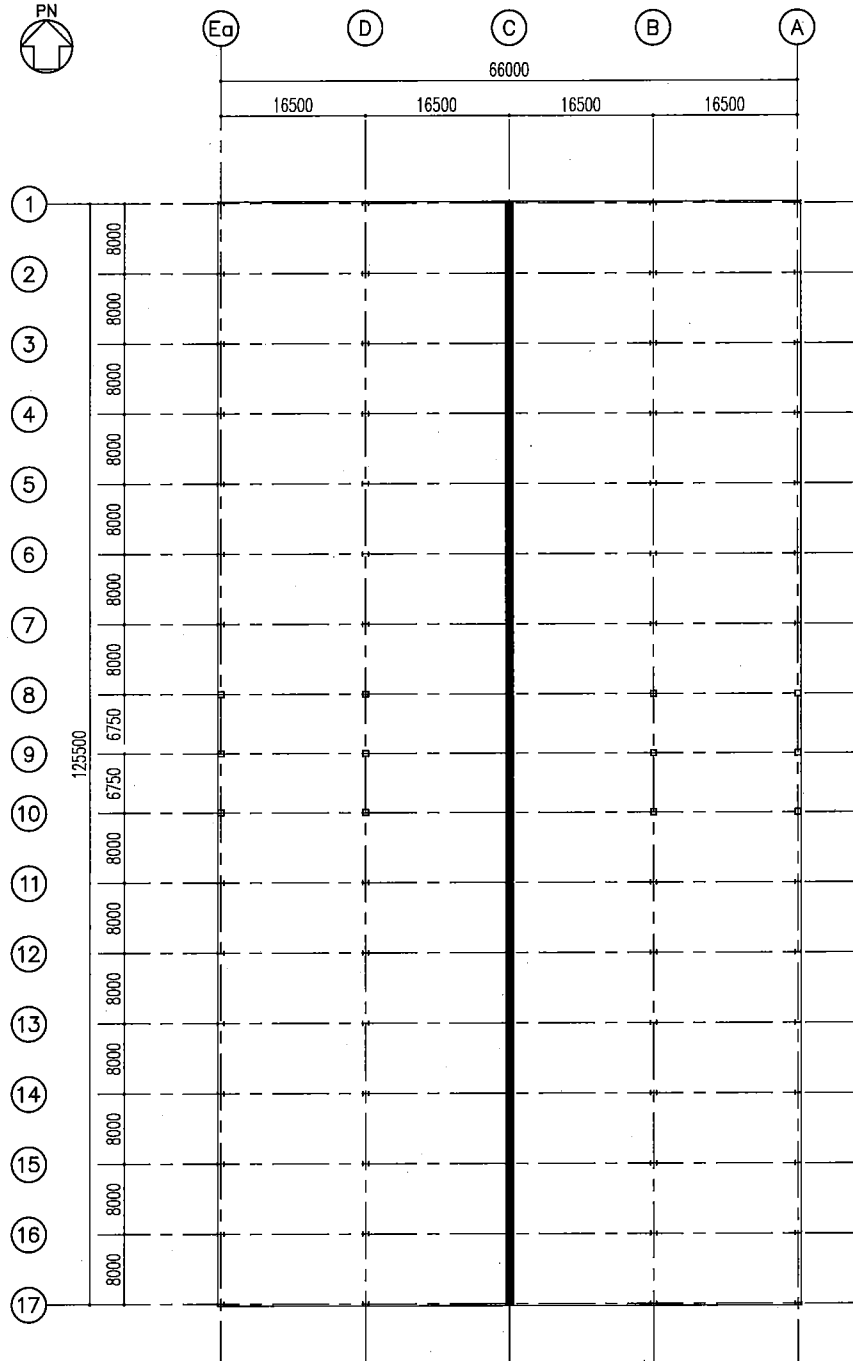


図-3 応力解析対象フレーム (C通り)

(単位 : mm)

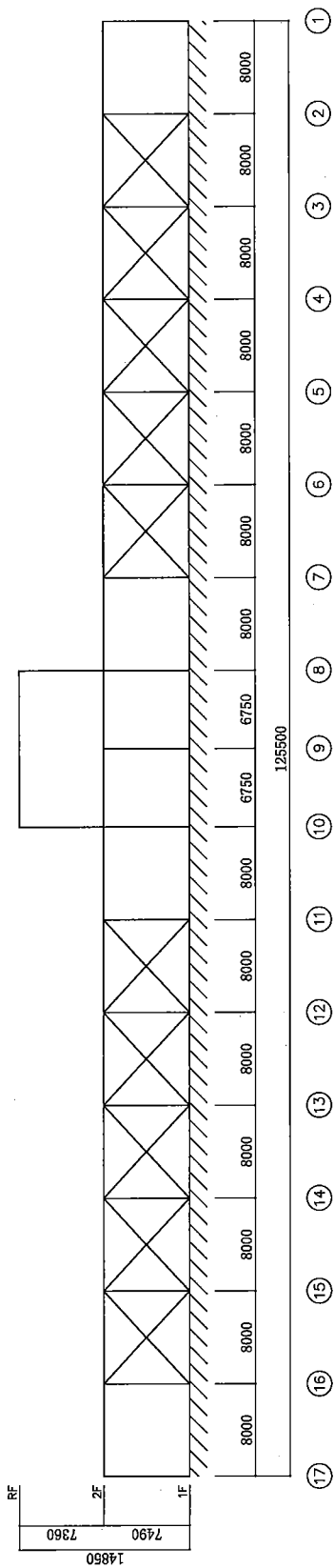
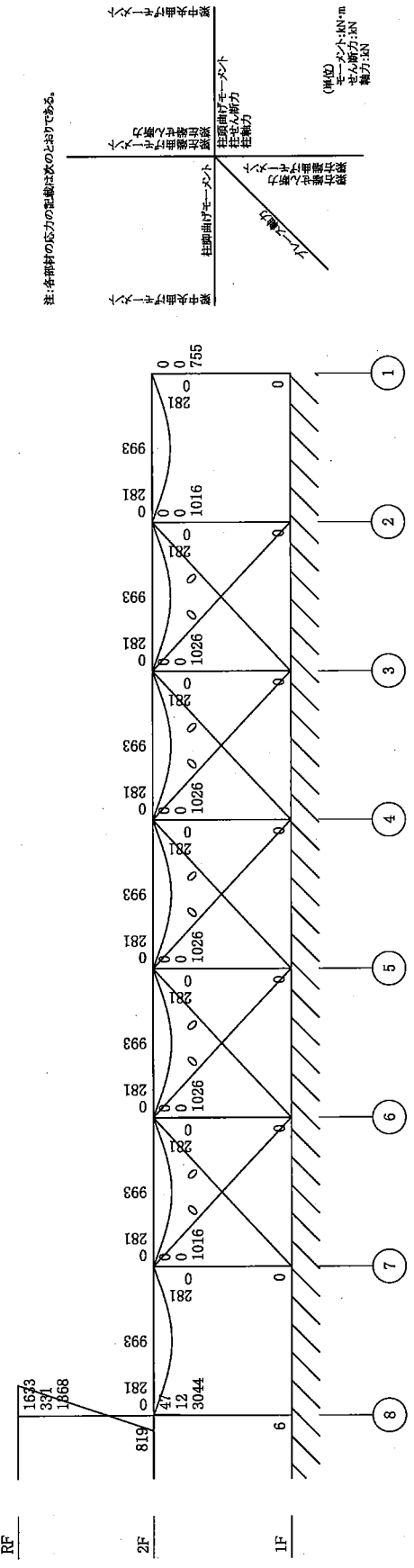
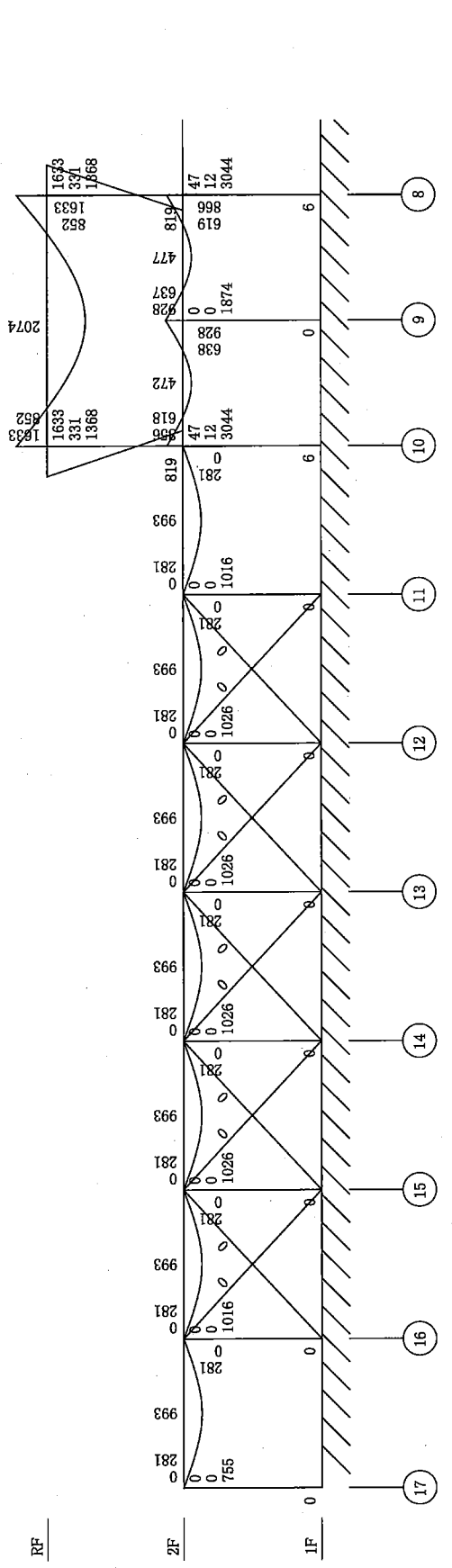


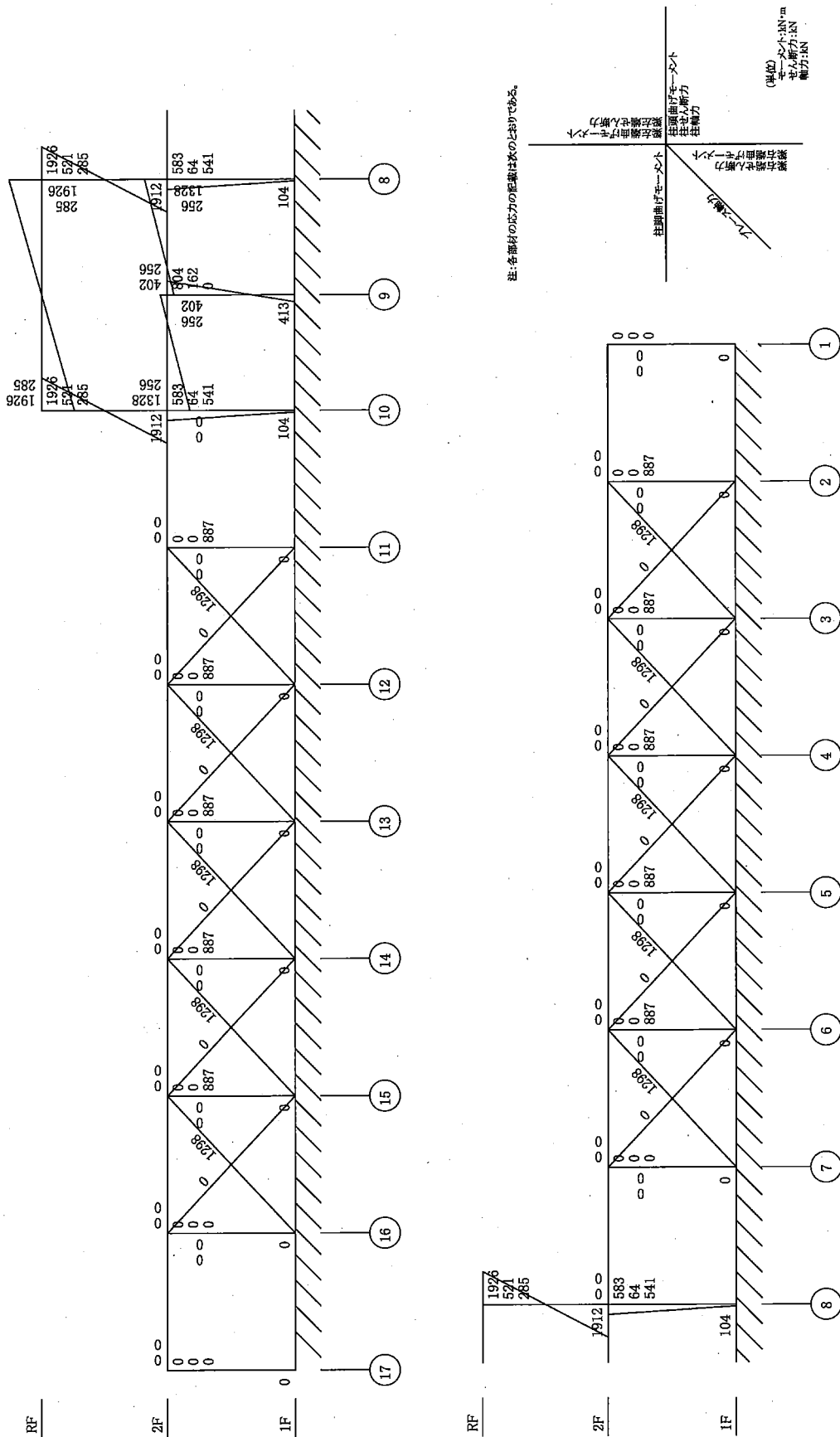
図-4 応力解析モデル(C通り)





注:各部分の応力の正負は次のとおりである。

図-5 鉛直荷重による応力解析結果(C通り)



図一6 地震荷重による応力解析結果(C通り)

b. 断面算定

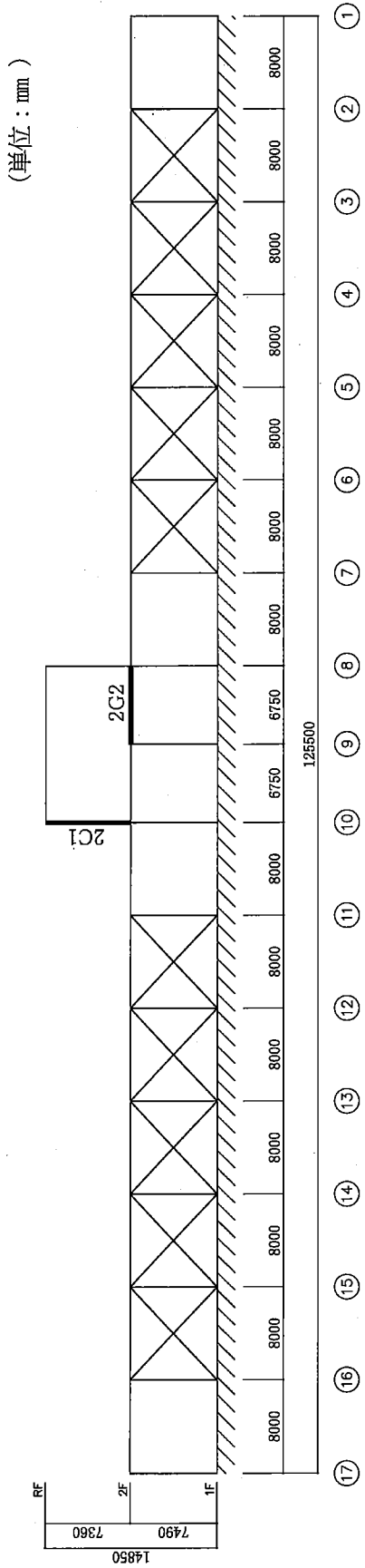
フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準（2005）」に基づいて行う。

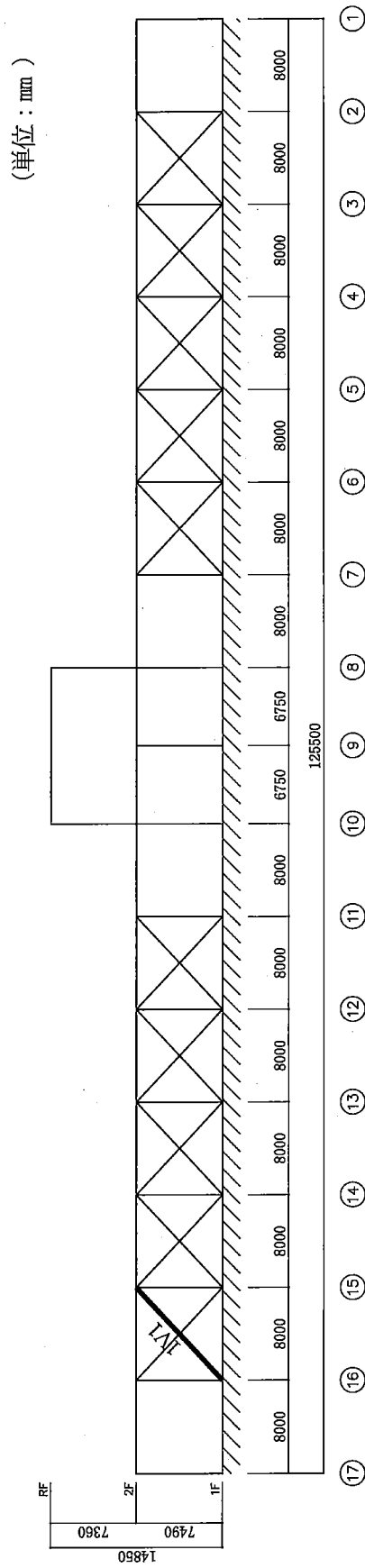
図-7に示す代表的部材の断面算定結果を表-7～表-9に示す。

断面算定(表-7～表-9)に用いる記号の説明

- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- ${}_s f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- ${}_s f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- ${}_s f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- ${}_s f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- ${}_s \sigma_t$  : 鋼材に生じる引張応力度
- ${}_s \sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- ${}_s \tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- ${}_s \sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度



(a) C通り



(b) A通り

図-7 断面算定箇所

表-7 大梁の断面算定結果

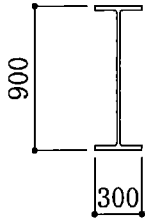
部材番号		2G2	
部材位置		C通り2F 9-8 間	
算定位置		9 端	8 端
部材断面 (材料)		H-900×300×16×28 ( SM490A )	
曲げモーメントに対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1330	2194
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	8310	8310
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	161	265
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.50 < 1.0	0.82 < 1.0
せん断力に対する検討	$Q_s$ ( kN )	893	875
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	11904	11904
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	76	74
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.41 < 1.0	0.40 < 1.0
組合せ応力に対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	208	295
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.64 < 1.0	0.91 < 1.0
断面図		<p>(単位 : mm )</p>  <p>H-900×300×16×28</p>	

表-8 柱の断面算定結果

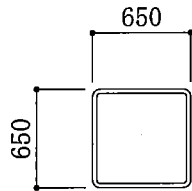
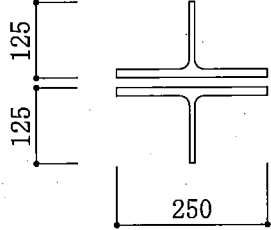
部材番号		2C1	
部材位置		2F 10×C通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BOX-650×650×28×28 ( SM490A )	
曲げモーメントに対する検討	$M_s$ ( kN・m )	3559	2731
	$Z_c$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	12500	12500
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	285	219
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.88 < 1.0	0.68 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	1653	1653
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	65630	65630
	${}_s \sigma_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	26	26
	${}_s f_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	279	279
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.10 < 1.0	0.10 < 1.0
せん断力に対する検討	$Q_s$ ( kN )	852	852
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	33264	33264
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	26	26
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.14 < 1.0	0.14 < 1.0
組合せ応力に対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.98 < 1.0	0.78 < 1.0
組合せ応力に対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	315	250
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.97 < 1.0	0.77 < 1.0
断面図		(単位: mm)  BOX-650×650×28×28	

表-9 筋かいの断面算定結果

部材番号		1V1
部材位置		A通り1F 16-15 間
部材断面 (材料)		2CTs-125×250×9×14 ( SS400 )
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	1315
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	8014
	${}_s\sigma_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	165
	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235
	${}_s\sigma_t / {}_s f_t$	0.71 < 1.0
断面図		<p>(単位 : mm )</p>  <p>2CTs-125×250×9×14</p>

(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

断面算定箇所を図－8に示す。

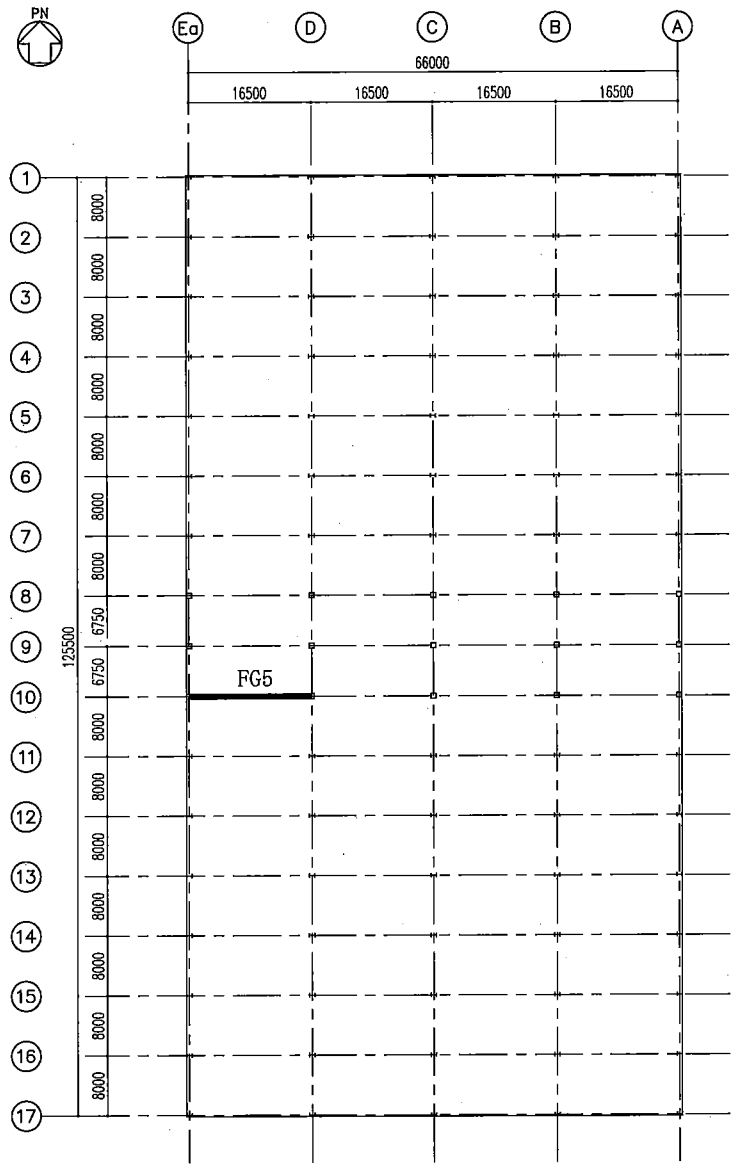
また、10通りの布基礎の鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図－9～図－10に示す。

図－8に示す代表的部材の断面算定結果を表－10に示す。

断面算定（表－10）に用いる記号の説明

- b : 部材の幅
- D : 部材の全せい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力（地震時せん断力を1.5倍して算定）
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積
- $\alpha$  : せん断スパン比（ $M/(Q \cdot d)$ ）による割り増し係数
- $\sigma$  : 接地圧
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度

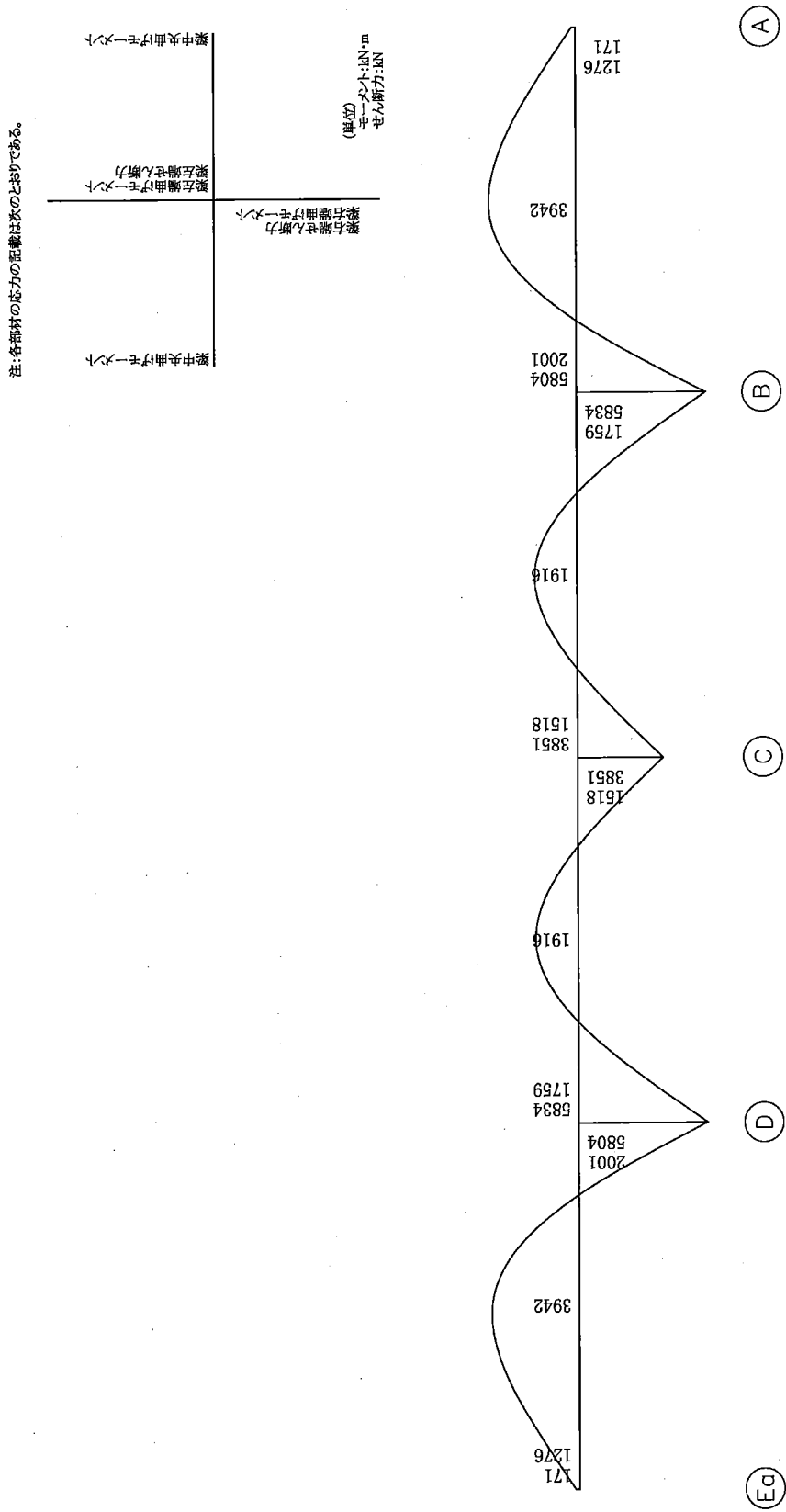




(単位：mm)

(凡例)  
 ■ : 基礎の断面算定箇所

図-8 基礎の断面算定箇所



図一 6 鉛直荷重による応力解析結果 (10 通り)

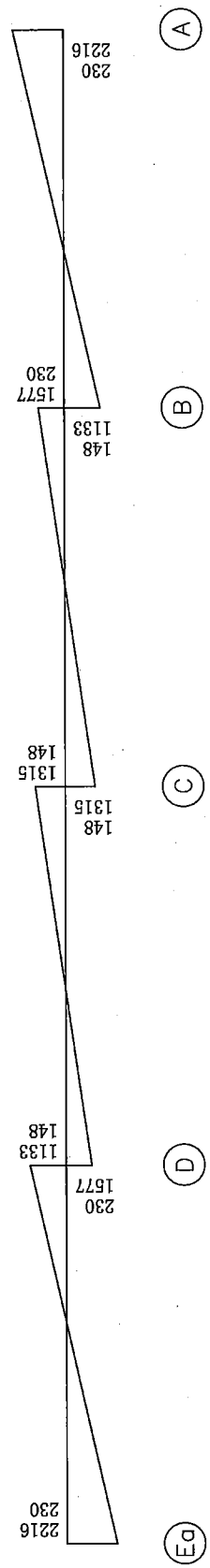
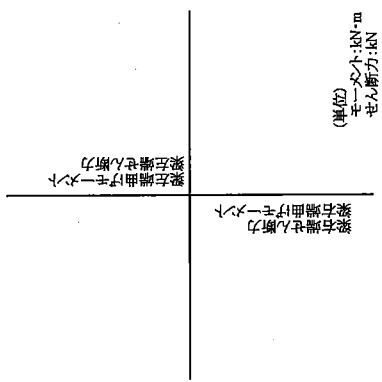


図 1-0 地震荷重による応力解析結果 (10 通り)

注: 各材料の応力の部割は次のとおりである。



梁左端曲げモーメント  
梁右端せん断力  
(単位)

表-10 布基礎の断面算定結果

部材番号		FG5		
部材位置		10通り Ea-D間		
算定位置		Ea端	中央	D端
断面	b×D (mm)	2620×1350	2620×1350	2620×1350
	d (mm)	1250	1250	1250
	j (mm)	1094	1094	1094
	bd <sup>2</sup> (×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	4094	4094	4094
設計配筋	上端筋	23-D32	27-D32	23-D32
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	18262	21438	18262
	下端筋	23-D32	23-D32	38-D32
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	18262	18262	30172
	あばら筋 あばら筋比 (%)	6-D16@200 0.23	6-D16@200 0.23	6-D16@200 0.23
鉛直力に 対する検討	σ (kN/m <sup>2</sup> )	76	76	76
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960	1960	1960
	σ/qa	0.04 < 1.0	0.04 < 1.0	0.04 < 1.0
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> (kN・m)	2387	3942	7381
	M <sub>s</sub> /bd <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	0.58	0.96	1.80
	p <sub>t</sub> (%)	0.19	0.31	0.58
	a <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> ) ※1 ( <18262 )	6223 ( <18262 )	10153 ( <21438 )	18995 ( <30172 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	1621	—	2346
	α	1.91	—	1.09
	Q <sub>a</sub> (kN)	6115	—	3553
	Q <sub>d</sub> / Q <sub>a</sub>	0.27 < 1.0	—	0.67 < 1.0
断面図		(単位: mm) 	(単位: mm) 	(単位: mm) 

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-11に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-11 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	2	44.1	7360	1/166	≤ 1/120
	1	7.0	7490	1/1070	
EW	2	57.6	7360	1/127	
	1	60.9	7490	1/122	

b. 保有水平耐力の検討

1号カスケード棟の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-12に示す。

1号カスケード棟の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-12 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un} (\times 10^3 \text{kN})$	保有水平耐力 $Q_u (\times 10^3 \text{kN})$	$Q_u/Q_{un}$
NS	2	0.25	1.50	9.8	11.6	1.18
	1	0.35	1.00	33.6	62.3	1.85
EW	2	0.30	1.00	7.8	12.9	1.65
	1	0.30	1.00	28.8	44.9	1.55

## 8. ウラン濃縮建屋のうち2号カスケード棟の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

ウラン濃縮建屋のうち2号カスケード棟（以下「2号カスケード棟」という。）は、主要構造が鉄骨構造で地上1階（一部2階）建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

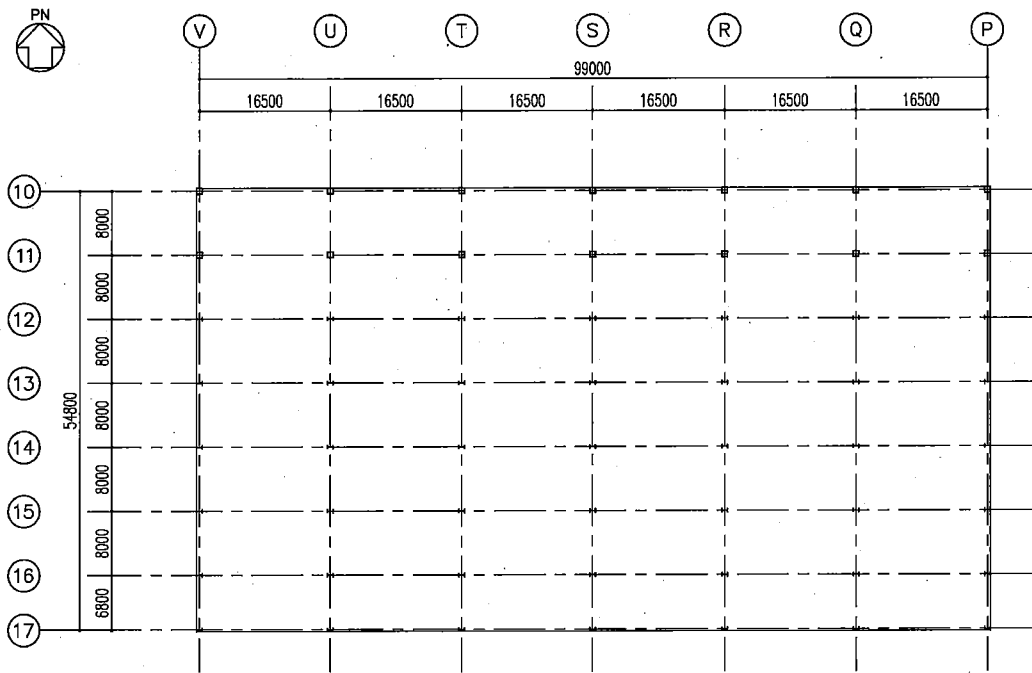
2号カスケード棟の平面寸法は、主要部材で約54.8 m( NS )×約99.0 m( EW )<sup>※1</sup>であり、地上高さは約6.5 m ( EL+36.1 mから1階の屋根鉄骨水下上端まで) である。なお、2号カスケード棟は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

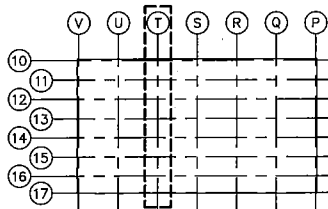
基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

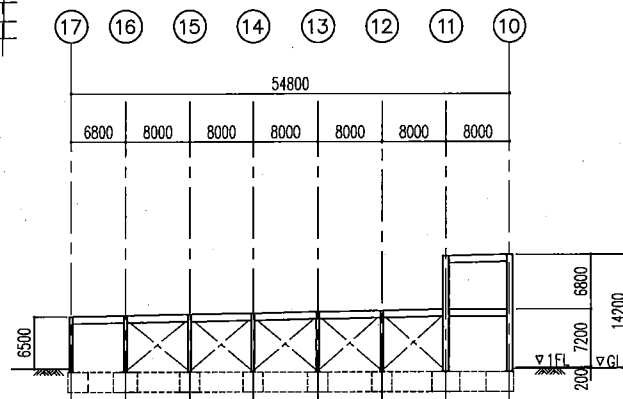
(単位：mm)



1階伏図



(単位：mm)



軸組図

図-1 構造概要図

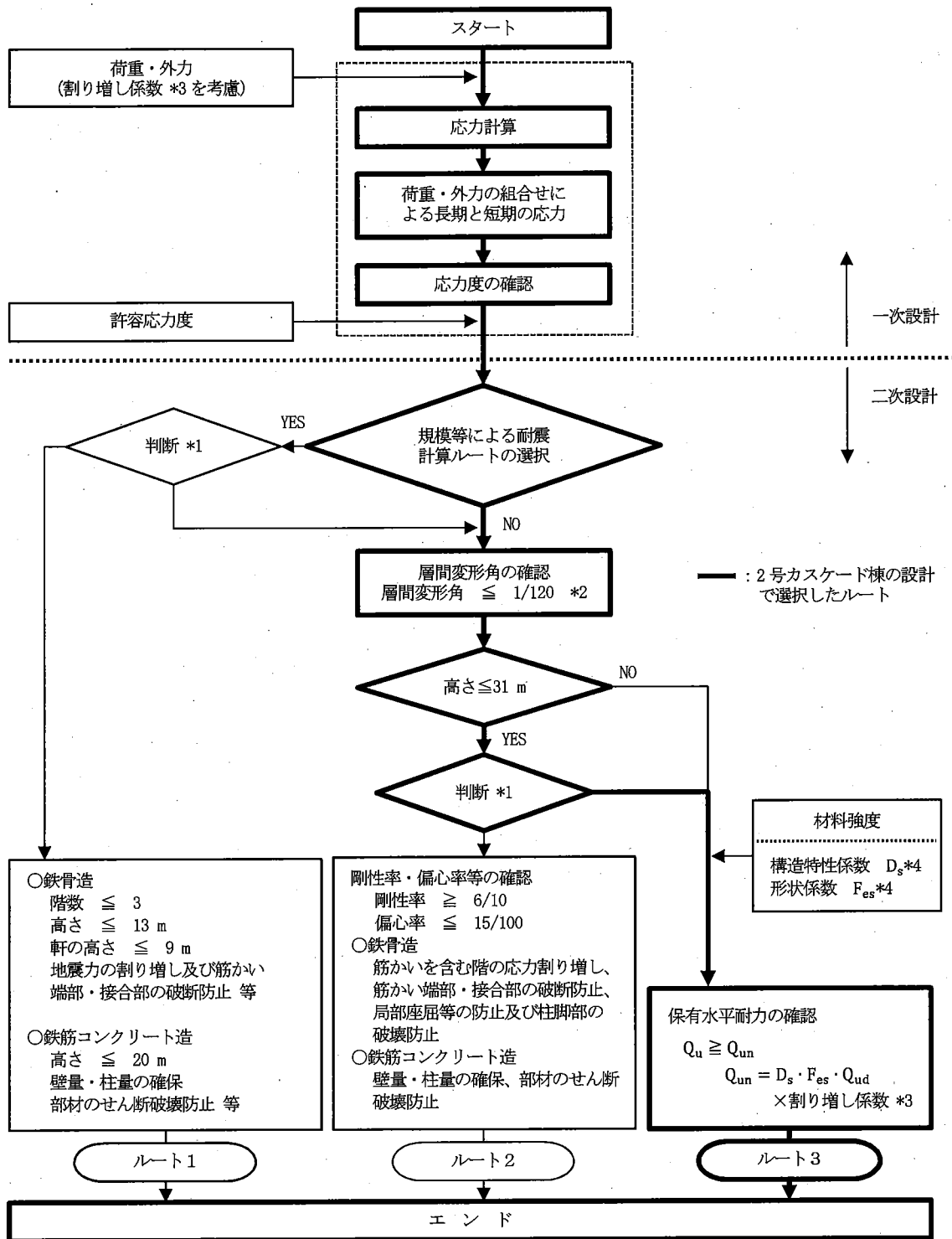
(2) 耐震設計

2号カスケード棟の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

2号カスケード棟の耐震設計ルートを図-2に示す。





- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/120以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。2号カスケード棟では1.25である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 2号カスケード棟の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。構造用鋼材はSS400及びSM490Aを使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準(2005)」による)

表-4 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階	$W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$\Sigma W_i (\times 10^3 \text{kN})$	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i (\times 10^3 \text{kN})$
NS	2	13.1	13.1	1.764	0.45	6.0
	1	52.4	65.5	1.000	0.25	16.4
EW	2	13.1	13.1	1.764	0.45	6.0
	1	52.4	65.5	1.000	0.25	16.4

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
2	6.0	6.0	0.91	0.09
1	16.4	16.4	3.14	1.03

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

2号カスケード棟は、NS方向7フレーム、EW方向8フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示す17通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

フレームの設計に考慮する荷重は、鉛直荷重及び水平荷重であり、その組合せは表-8による。

17通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。

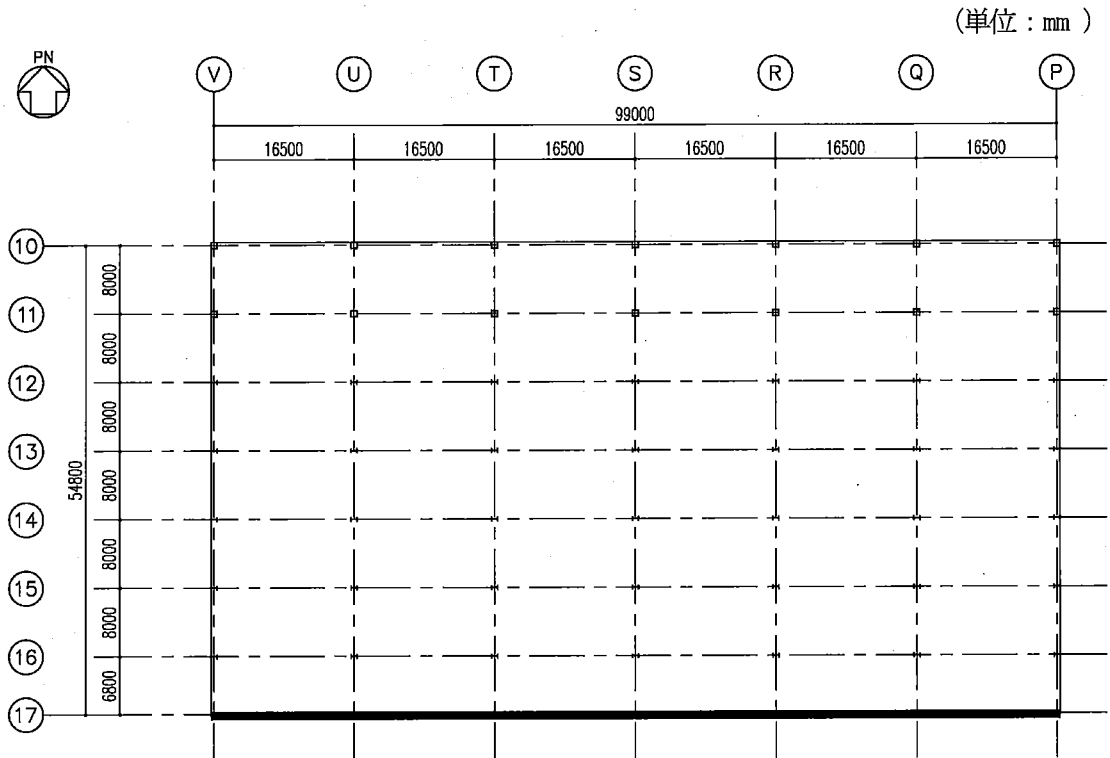


図-3 応力解析対象フレーム (17通り)

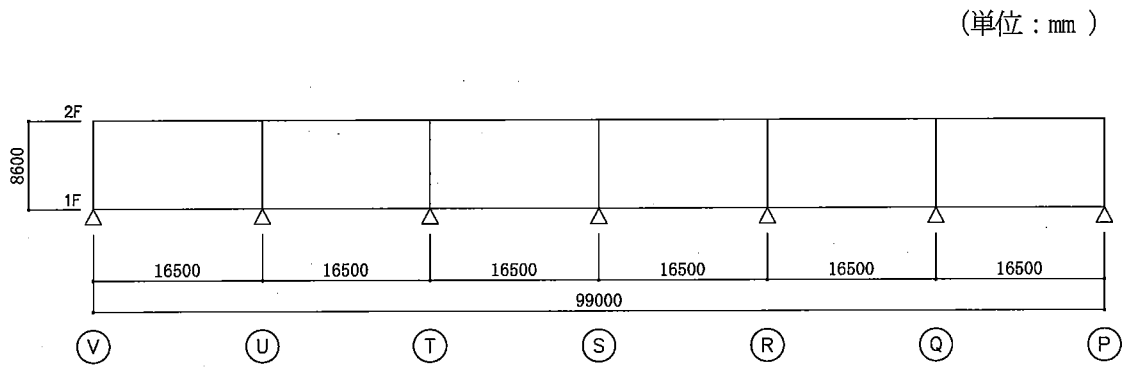
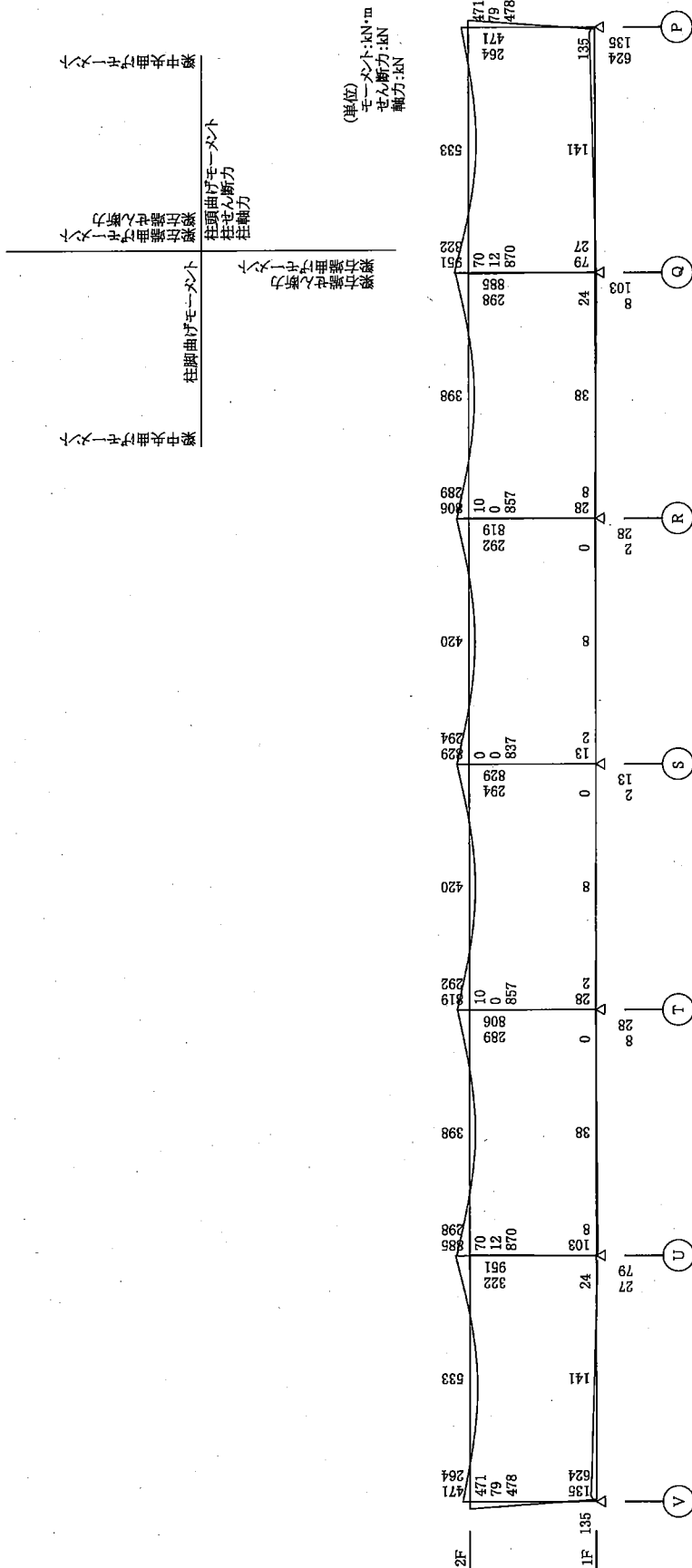


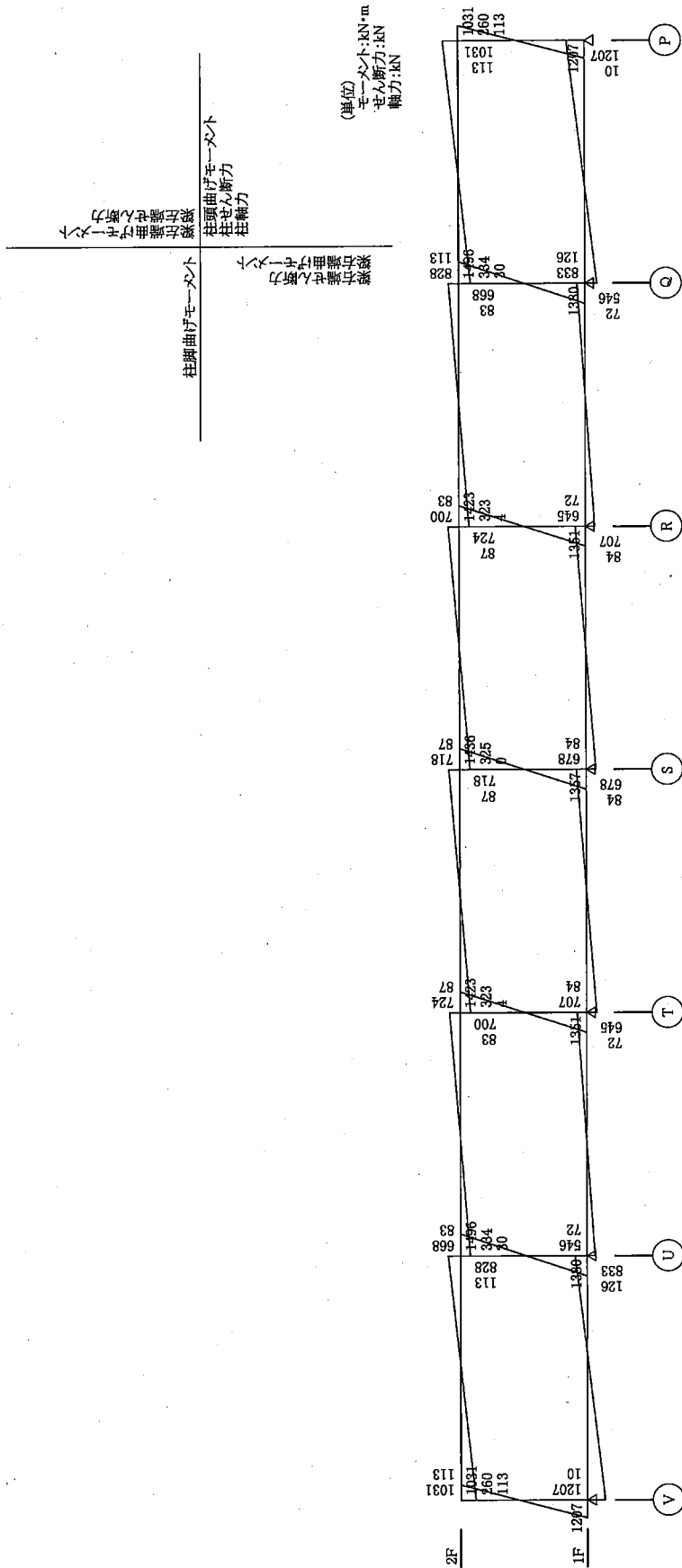
図-4 応力解析モデル (17通り)

注:各部分の応力の記載は次のとおりである。



図一5 鉛直荷重による応力解析結果(17通り)

注:各部分材の応力の距離は次のとおりである。



図一6 地震荷重による応力解析結果(17通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準(2005)」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」に基づいて行う。

図-7～図-9に示す代表的部材の断面算定結果を表-7～表-10に示す。

断面算定(表-7～表-10)に用いる記号の説明

- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $Q_d$  : 設計用せん断力(地震時せん断力を1.5倍して算定)
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- $s.f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- $s.f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- $s.f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- $s.f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- $s\sigma_t$  : 鋼材に生じる引張応力度
- $s\sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- $s\tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- $s\sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度
- $b$  : 部材の幅
- $D$  : 部材のせい
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離(有効せい)
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離(  $7d/8$  )
- $\alpha$  : せん断スパン比(  $M/(Q \cdot d)$  )による割り増し係数
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積



(単位：mm)

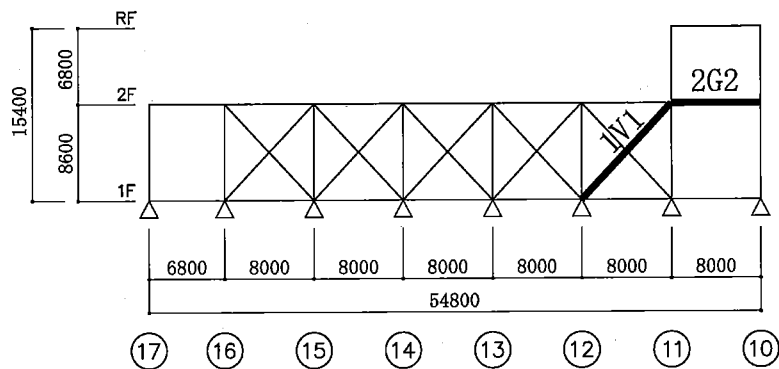


図-7 断面算定箇所(T通り)

(単位：mm)

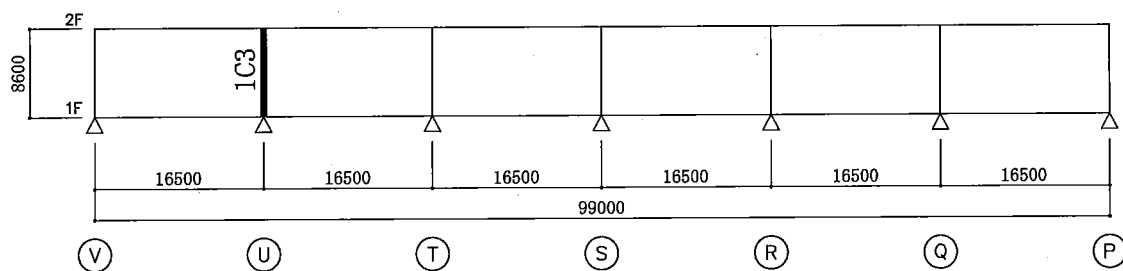


図-8 断面算定箇所(17通り)

(単位：mm)

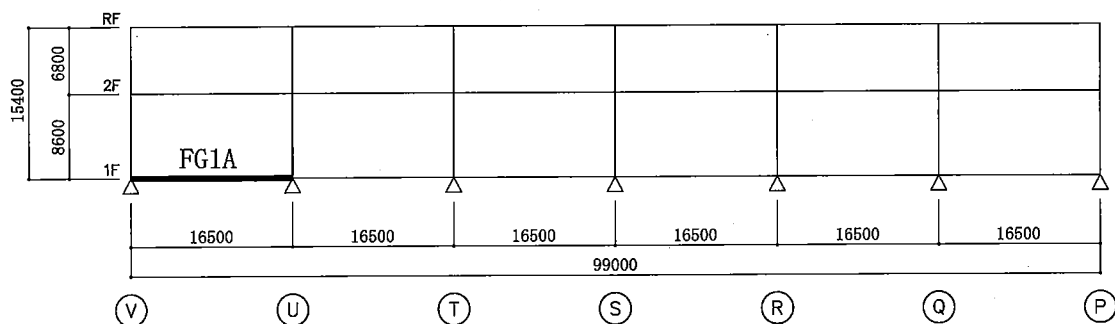


図-9 断面算定箇所(11通り)

表-7 大梁の断面算定結果

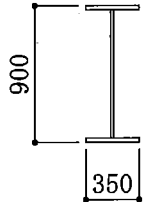
部材番号		2G2	
部材位置		T通り2F 11-10 間	
算定位置		11 端	10 端
部材断面 (材料)		BH-900×350×19×28 ( SM490A )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	2407	2425
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	9910	9910
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	243	245
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.75 < 1.0	0.76 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	1065	1051
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	14706	14706
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	73	72
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.40 < 1.0	0.39 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	274	275
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.85 < 1.0	0.85 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  BH-900×350×19×28	

表-8 柱の断面算定結果

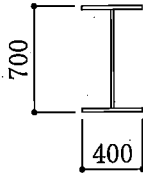
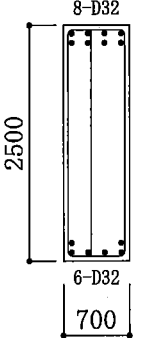
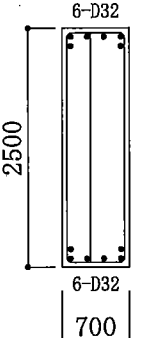
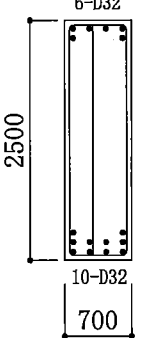
部材番号		1C3	
部材位置		1F 17×U通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BH-700×400×19×25 ( SM490A )	
曲げモーメントに対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1566	1404
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	7750	7390
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	276	276
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	203	190
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.74 < 1.0	0.69 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	900	900
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	32350	31020
	${}_s \sigma_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	28	30
	${}_s f_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	151	151
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.19 < 1.0	0.20 < 1.0
せん断力に対する検討	$Q_s$ ( kN )	346	346
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	12350	11020
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	29	32
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.16 < 1.0	0.18 < 1.0
組合せ応力に対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.93 < 1.0	0.89 < 1.0
組合せ応力に対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	237	227
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.73 < 1.0	0.70 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  BH-700×400×19×25	

表-9 筋かいの断面算定結果

部材番号		1V1
部材位置		T通り1F 12-11 間
部材断面 (材料)		2CTs-125×250×9×14 ( SS400 )
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	1712
	$A_n$ ( $\text{mm}^2$ )	8014
	${}_s\sigma_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	214
	${}_s f_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	235
	${}_s\sigma_t/{}_s f_t$	$0.92 < 1.0$
断面図		<p>(単位 : mm )</p> <p>2CTs-125×250×9×14</p>

表-10 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG1A		
部材位置		11通り V-U間		
算定位置		V端	中央	U端
断面	b×D(mm)	700×2500	700×2500	700×2500
	d(mm)	2300	2300	2300
	j(mm)	2013	2013	2013
	bd <sup>2</sup> (×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	3703	3703	3703
設計配筋	上端筋	8-D32	6-D32	6-D32
	断面積(mm <sup>2</sup> )	6352	4764	4764
	下端筋	6-D32	6-D32	10-D32
	断面積(mm <sup>2</sup> )	4764	4764	7940
	あばら筋	3-D16@200	3-D16@200	3-D16@200
あばら筋比(%)	0.43	0.43	0.43	
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> (kN・m)	3059	842	1376
	M <sub>s</sub> /bd <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	0.83	0.23	0.37
	p <sub>t</sub> (%)	0.27	0.07	0.12
	a <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )※1	4347 ( < 6352 )	1127 ( < 4764 )	1932 ( < 7940 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	363	—	363
	α	1.00	—	1.28
	Q <sub>a</sub> (kN)	2094	—	2525
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.18 < 1.0	—	0.15 < 1.0
断面図	(単位: mm)	(単位: mm)	(単位: mm)	
				

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(4) 基礎の設計

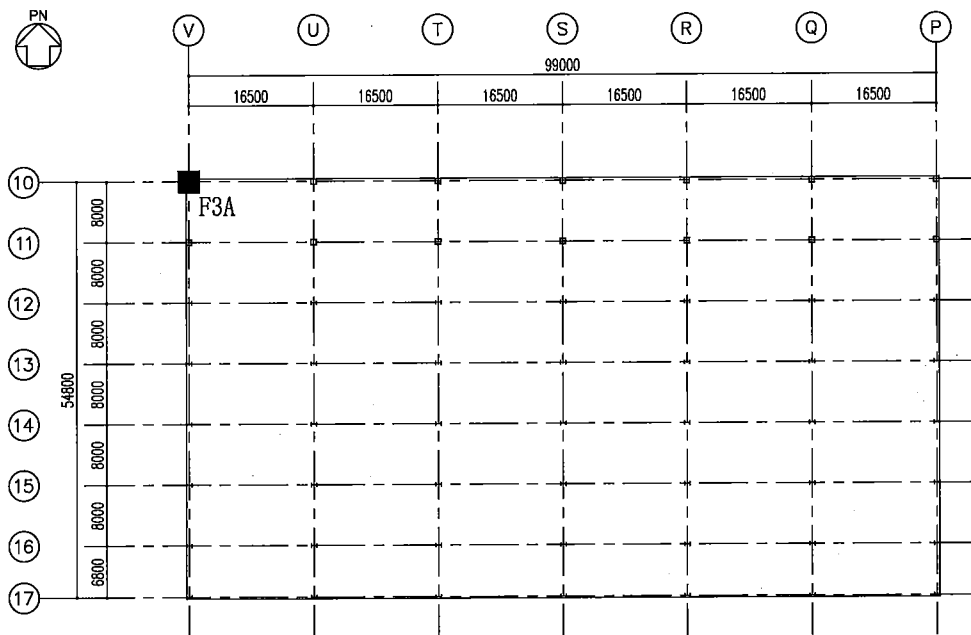
各部材の断面算定は、フレーム応力解析により求まる応力を用い、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

図-10に示す代表的部材の断面算定結果を表-11に示す。

断面算定（表-11）に用いる記号の説明

- $\ell, \ell'$  : 基礎の幅
- D : 基礎のせい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- N : 軸力
- M : 曲げモーメント
- Q : せん断力
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $\sigma$  : 接地圧
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度

（単位：mm）



（凡例）

■ : 基礎の断面算定箇所

図-10 基礎の断面算定箇所

表-11 基礎の断面算定結果

部材番号		F3A
部材位置		10×V通り
断面	$\phi \times \phi' \times D$ (mm)	3000×3000×2500
	d (mm)	2400
	j (mm)	2100
設計配筋	上端筋	D16@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	995
	下端筋	D22@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	1935
軸力に対する 検討	N (kN)	3162
	$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	352
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	$\sigma/qa$	0.18 < 1.0
曲げモーメントに 対する検討	M (kN・m/m)	512
	$M/(f_t \cdot j)$ (mm <sup>2</sup> /m) ※1	707 (< 1935)
せん断力に 対する検討	Q (kN/m)	392
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	2289
	Q/Q <sub>a</sub>	0.18 < 1.0
断面図	<p>(単位: mm)</p>	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-12に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-12 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	2	28.4	6800	1/239	≤ 1/120
	1	10.7	8600	1/803	
EW	2	38.8	6800	1/175	
	1	47.1	8600	1/182	

b. 保有水平耐力の検討

2号カスケード棟の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-13に示す。

2号カスケード棟の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-13 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un} (\times 10^3 \text{kN})$	保有水平耐力 $Q_u (\times 10^3 \text{kN})$	$Q_u/Q_{un}$
NS	2	0.30	1.20	10.8	12.9	1.19
	1	0.35	1.00	28.7	39.5	1.37
EW	2	0.30	1.00	9.0	19.3	2.14
	1	0.30	1.00	24.6	36.3	1.47



## 9. A ウラン濃縮廃棄物建屋の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

Aウラン濃縮廃棄物建屋は、主要構造が鉄骨構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

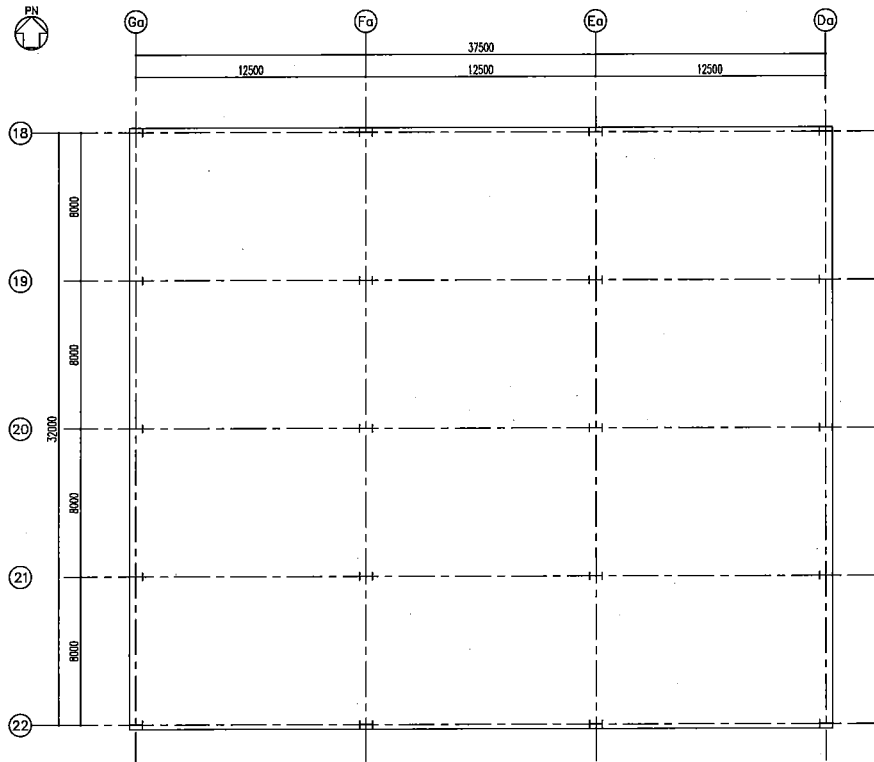
Aウラン濃縮廃棄物建屋の平面寸法は、主要部材で約32.0 m ( NS ) ×約37.5 m ( EW ) ※<sup>1</sup>であり、地上高さは約5.5 m ( EL+36.1 mから水下鉄骨上端まで) である。なお、Aウラン濃縮廃棄物建屋は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

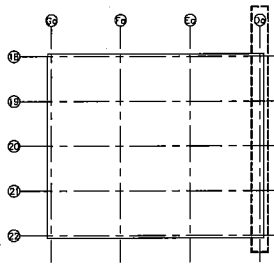
基礎は、杭基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

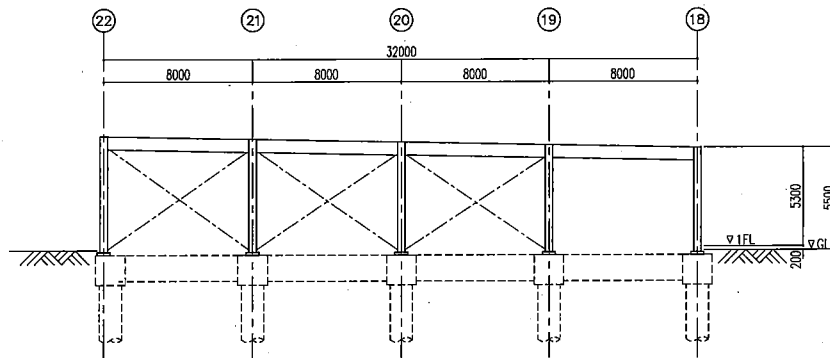
(单位: mm)



1階伏図



(单位: mm)



軸組図

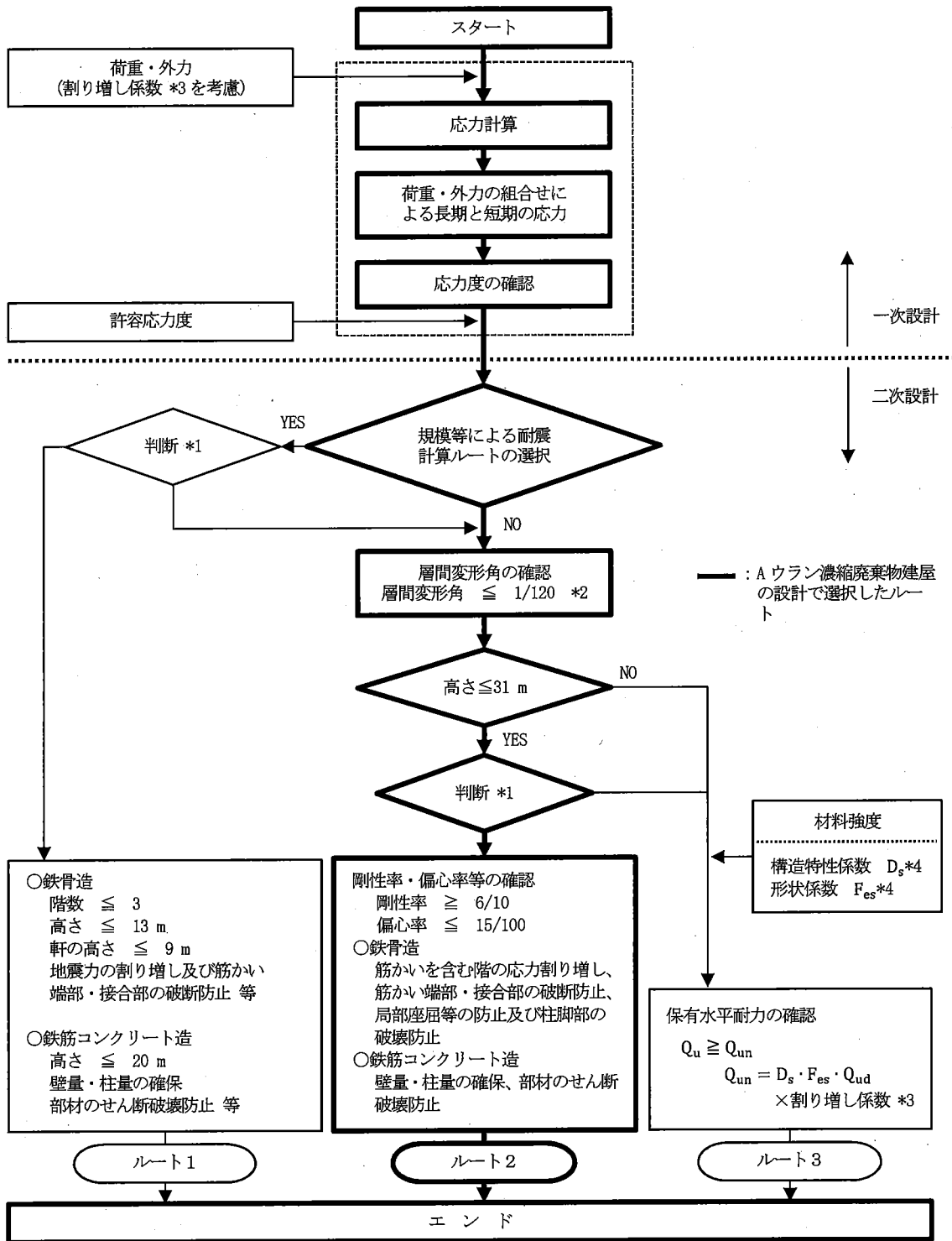
図-1 構造概要図

(2) 耐震設計

A ウラン濃縮廃棄物建屋の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

A ウラン濃縮廃棄物建屋の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第82条の2」により、1/120以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。  
Aウラン濃縮廃棄物建屋では1.25である。
- \*4 構造特性係数 $D_s$ 及び形状係数 $F_{es}$ は、「昭和55年建設省告示第1792号」による。

図-2 Aウラン濃縮廃棄物建屋の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD35 (SD345相当。以下、本書ではSD345と記載) を使用する。構造用鋼材はSS41 (SS400相当。以下、本書ではSS400と記載) 及びSM50A (SM490A相当。以下、本書ではSM490Aと記載) を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度及び場所打ちコンクリート杭の許容支持力を表-4～表-5に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c = 23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 場所打ちコンクリート杭のコンクリートの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

種 別	長 期			短 期		
	圧 縮	せん断	付 着	圧 縮	せん断	付 着
普通コンクリート Fc=23.5 N/mm <sup>2</sup> (Fc=240 kg/cm <sup>2</sup> )	5.2	0.52	1.56	10.4	0.78	2.34

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

表-5 場所打ちコンクリート杭の許容支持力

算定式	長 期	短 期
		$R_a = \frac{1}{3}(\alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot \varphi)$

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

場所打ちコンクリート杭の許容支持力の算定に用いる記号の説明

- R<sub>a</sub> : 地盤の許容鉛直支持力
- N : 杭の先端付近のN値 ( N=50 )
- A<sub>p</sub> : 杭の先端の有効断面積
- N<sub>s</sub> : 杭の周囲の地盤のうち砂質地盤のN値 ( N<sub>s</sub>=50 )
- L<sub>s</sub> : 杭が周囲の地盤のうち砂質地盤に接する長さ ( L=1.0 m )
- φ : 杭の周長
- α、β : 現地鉛直載荷試験結果に基づき、α=147.0、β=4.9とした。

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-6に、地震荷重と風荷重の比較を表-7に示す。

表-6 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ (kN)	$\Sigma W_i$ (kN)	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ (kN)
NS	1	9690	9690	1.000	0.25	2420
EW	1	9690	9690	1.000	0.25	2420

方向	階	$W_F$ (kN)	$1.25 K$	$Q_F$ (kN)
NS	地下	54200	0.125	9470
EW	地下	54200	0.125	9470

表-7 地震荷重と風荷重の比較

(単位: kN)

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	2420	2420	430	360

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

Aウラン濃縮廃棄物建屋は、NS方向4フレーム、EW方向5フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示すDa通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

Da通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。



(単位 : mm)

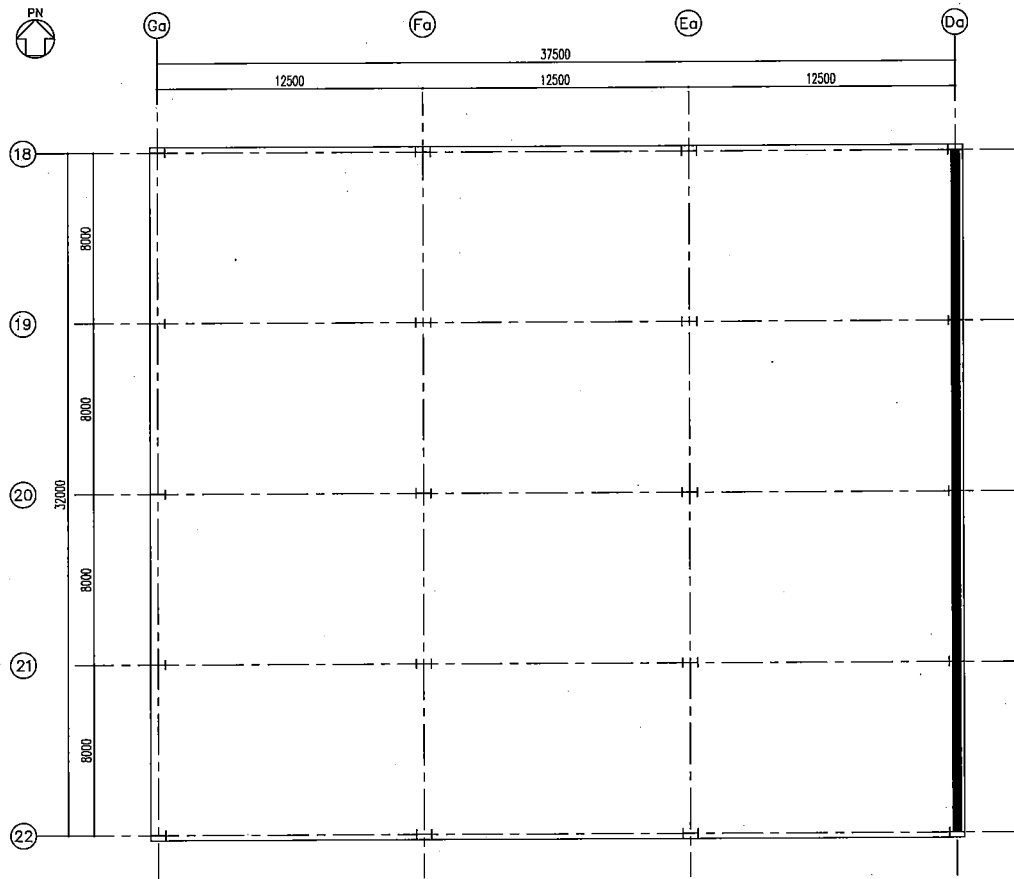


図-3 応力解析対象フレーム (Da通り)

(単位 : mm)

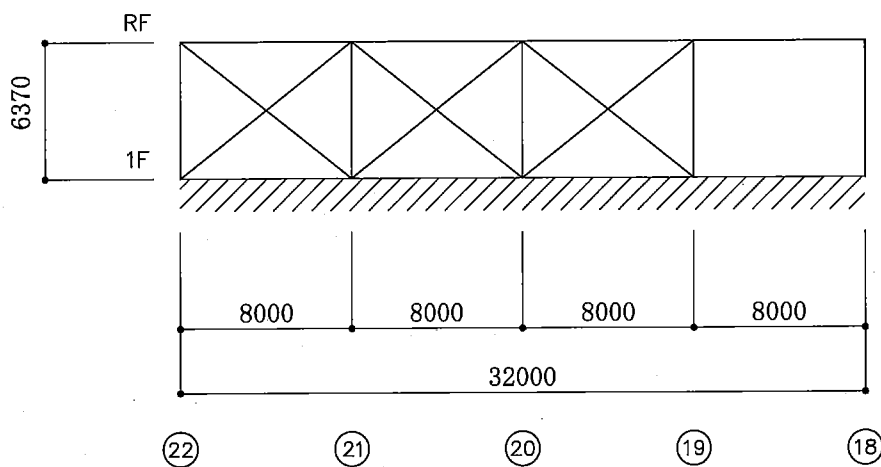


図-4 応力解析モデル (Da通り)

注:各材の応力の記載は次のとおりである。

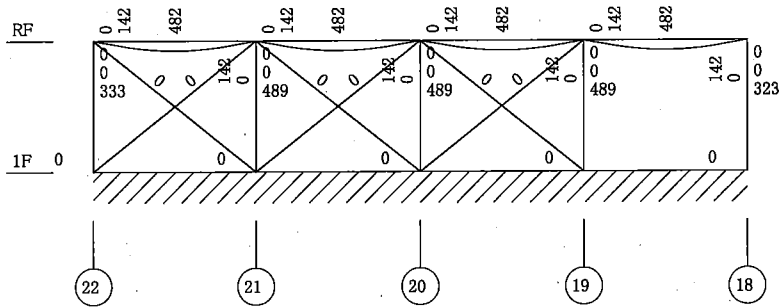
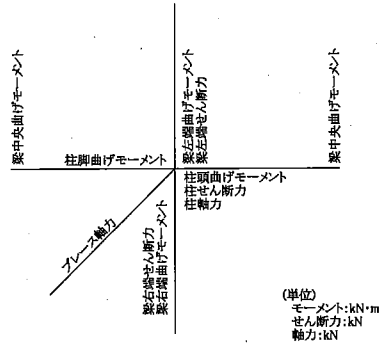


図-5 鉛直荷重による応力解析結果 (Da 通り)

注:各材の応力の記載は次のとおりである。

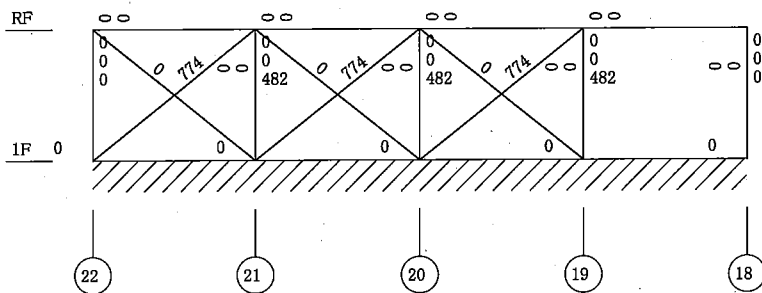
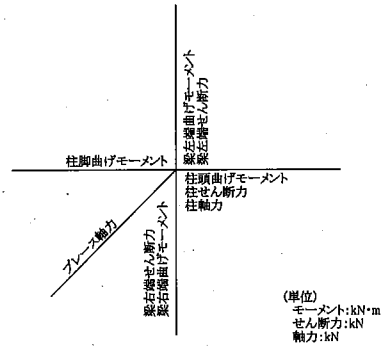


図-6 地震荷重による応力解析結果 (Da 通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準（2005）」に基づいて行う。

図－7～図－8に示す代表的部材の断面算定結果を表－8～表－10に示す。

断面算定(表－8～表－10)に用いる記号の説明

$M_s$	: 曲げモーメント
$Q_s$	: せん断力
$N_s$	: 軸力
$A_n$	: 鉄骨の軸断面積
$A_s$	: 鉄骨のせん断断面積
$Z_e$	: 鉄骨の断面係数
${}_s f_t$	: 鋼材の短期許容引張応力度
${}_s f_b$	: 鋼材の短期許容曲げ応力度
${}_s f_s$	: 鋼材の短期許容せん断応力度
${}_s f_c$	: 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
${}_s \sigma_t$	: 鋼材に生じる引張応力度
${}_s \sigma_b$	: 鋼材に生じる曲げ応力度
${}_s \tau$	: 鋼材に生じるせん断応力度
${}_s \sigma_c$	: 鋼材に生じる圧縮応力度

(単位 : mm )

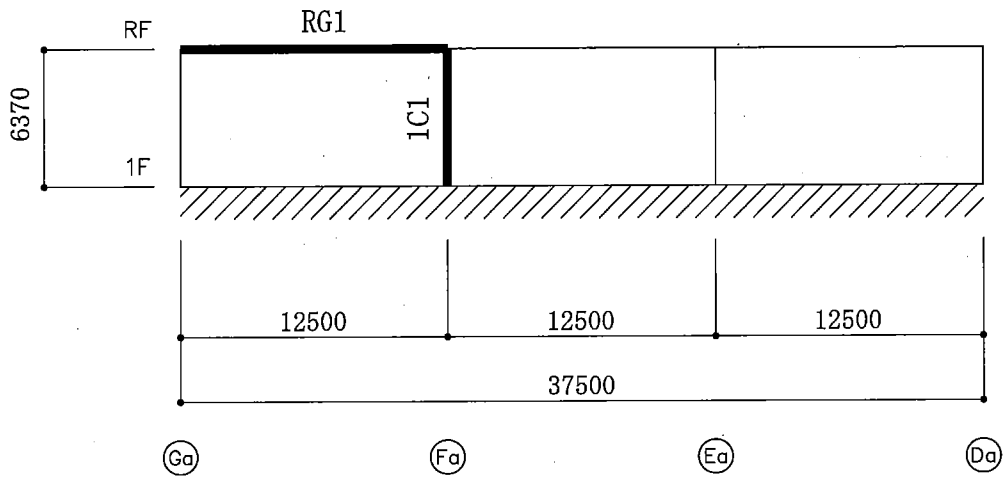


図-7 断面算定箇所(20通り)

(単位 : mm )

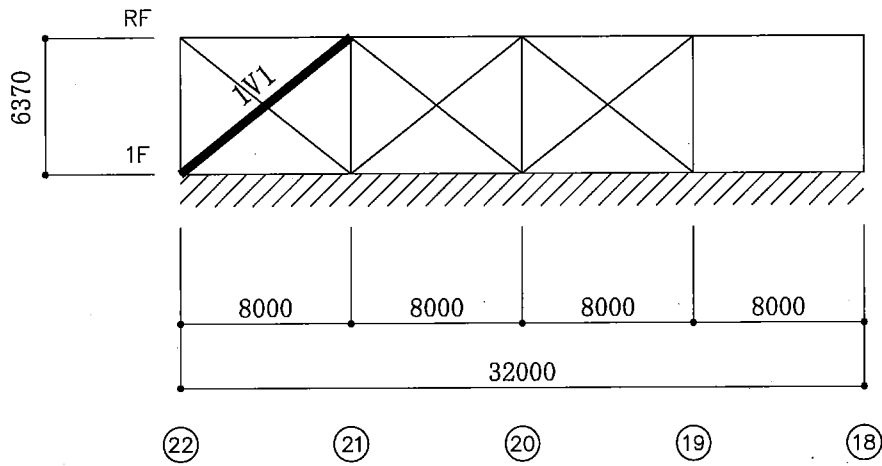


図-8 断面算定箇所(Da通り)

表-8 大梁の断面算定結果

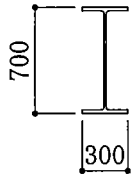
部材番号		RG1	
部材位置		20通りRF Ga-Fa 間	
算定位置		Ga端	Fa端
部材断面 (材料)		H-700×300×13×24 ( SM490A )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	554	661
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	5310	5310
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	105	125
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.33 < 1.0	0.39 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	215	237
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	7566	7566
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	29	32
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.16 < 1.0	0.18 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	117	137
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.36 < 1.0	0.43 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	
			
		H-700×300×13×24	

表-9 柱の断面算定結果

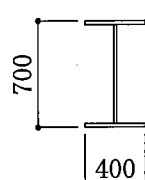
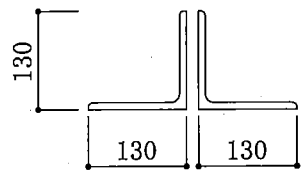
部材番号		1C1	
部材位置		1F 20×Fa通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BH-700×400×19×25 ( SM490A )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	474	492
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	7750	7390
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	62	67
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.20 < 1.0	0.21 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	779	779
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	32350	31020
	${}_s \sigma_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	25	26
	${}_s f_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	217	217
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.12 < 1.0	0.12 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	153	153
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	12350	11020
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	13	14
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.07 < 1.0	0.08 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.32 < 1.0	0.33 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	325
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	90	97
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.28 < 1.0	0.30 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  BH-700×400×19×25	

表-10 筋かいの断面算定結果

部材番号		1V1
部材位置		Da1通り1F 22-21 間
部材断面 (材料)		2Ls-130×130×9 ( SS400 )
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	774
	$A_n$ ( $\text{mm}^2$ )	3774
	${}_s\sigma_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	206
	${}_s f_t$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	235
	${}_s\sigma_t / {}_s f_t$	$0.88 < 1.0$
断面図		<p>(単位 : mm.)</p>  <p>2Ls-130×130×9</p>

(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」、「建築基礎構造設計指針（2001）」及び「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1995）」に基づいて行う。

断面算定箇所を図－9に示す。

また、20通りの基礎梁の鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図－10～図－11に示す。

図－9に示す代表的部材の断面算定結果を表－11～表－12に示す。

断面算定（表－11）に用いる記号の説明

- b : 部材の幅
- D : 部材の全せい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力（地震時せん断力を1.5倍して算定）
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積
- $\alpha$  : せん断スパン比（ $M/(Q \cdot d)$ ）による割り増し係数



断面算定 (表-12) に用いる記号の説明

D : 杭の直径

L : 杭長

N : 軸力

$Q_d$  : 設計用せん断力 (杭頭の水平力の1.5倍)

$Q_a$  : 短期許容せん断力

$Q_a$ は次式により算定する。

$$Q_a = \frac{3}{4} \cdot f_s \cdot A_s$$

短期許容せん断力の算定に用いる記号の説明

$f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度

$A_s$  : 杭の断面積

M : 曲げモーメント

Mは次式より算定する。

$$M = \frac{Q}{2 \cdot \beta} \cdot R_{M0}$$

ただし、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$$

$$R_{M0} = 1.143$$

曲げモーメントの算定に用いる記号の説明

Q : 杭頭の水平力

(地下部分の地震層せん断力を杭の剛性で分配する。)

$K_h$  : 水平方向地盤反力係数

( $K_h$ は現地水平載荷試験結果より $1.68 \times 10^4$  kN/m<sup>3</sup>)

E : 杭のヤング係数

I : 杭の断面二次モーメント

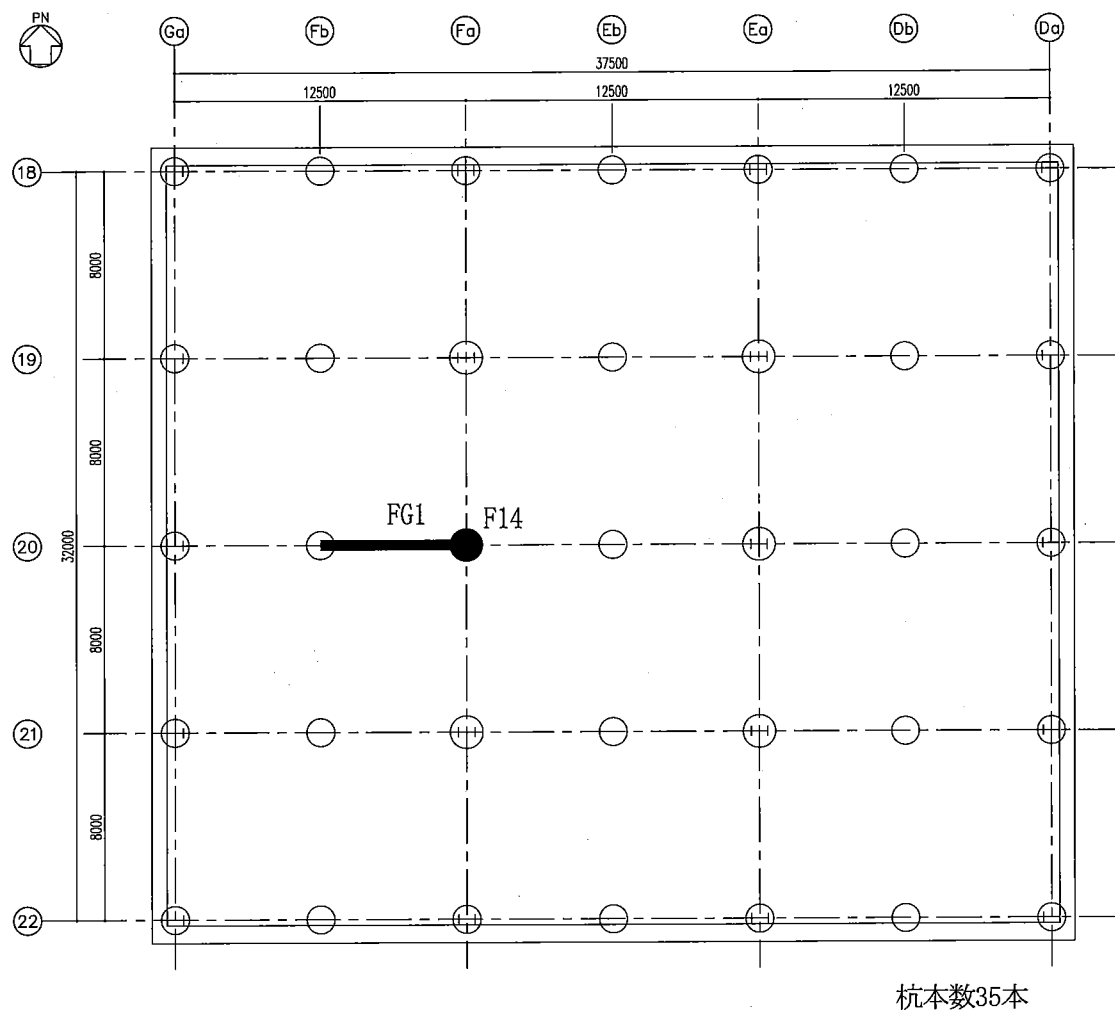
$R_{M0}$  : 杭長と杭頭固定度より求まる係数

$R_a$  : 杭の許容支持力

$p_g$  : 必要鉄筋比

$a_g$  : 必要鉄筋断面積

(単位：mm)



(凡例)

- ：杭位置
- ：場所打ちコンクリート杭の断面算定箇所
- ：基礎梁の断面算定箇所

図-9 基礎の断面算定箇所

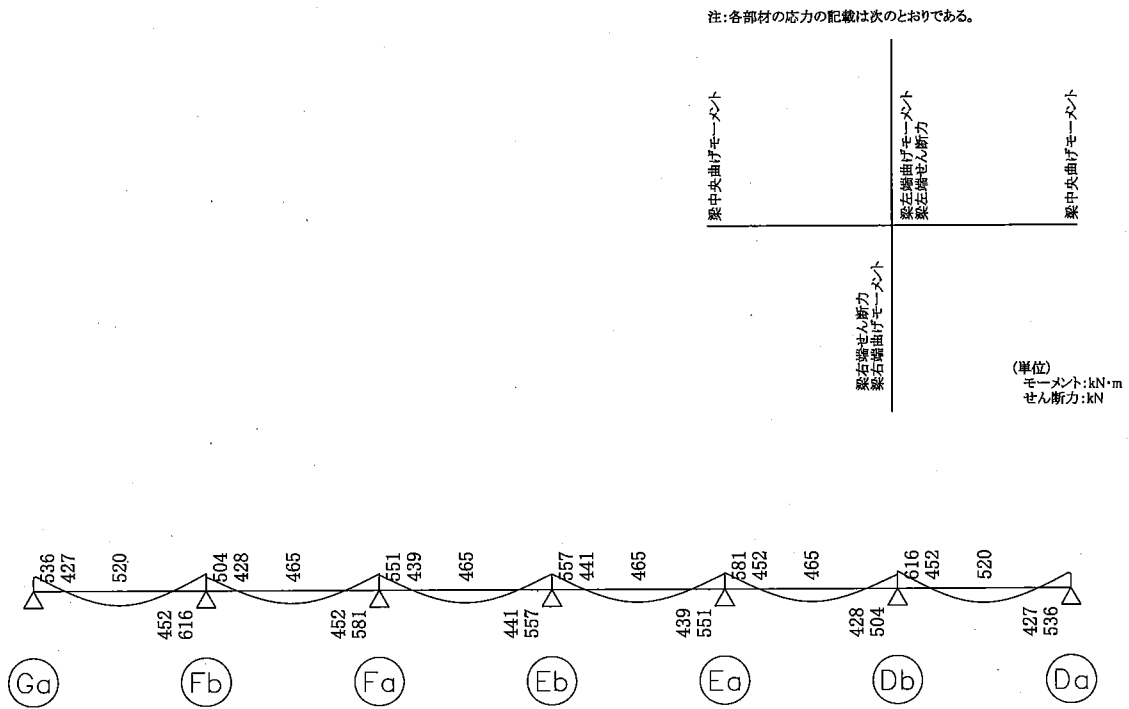


図-1.0 鉛直荷重による応力解析結果 (20通り)

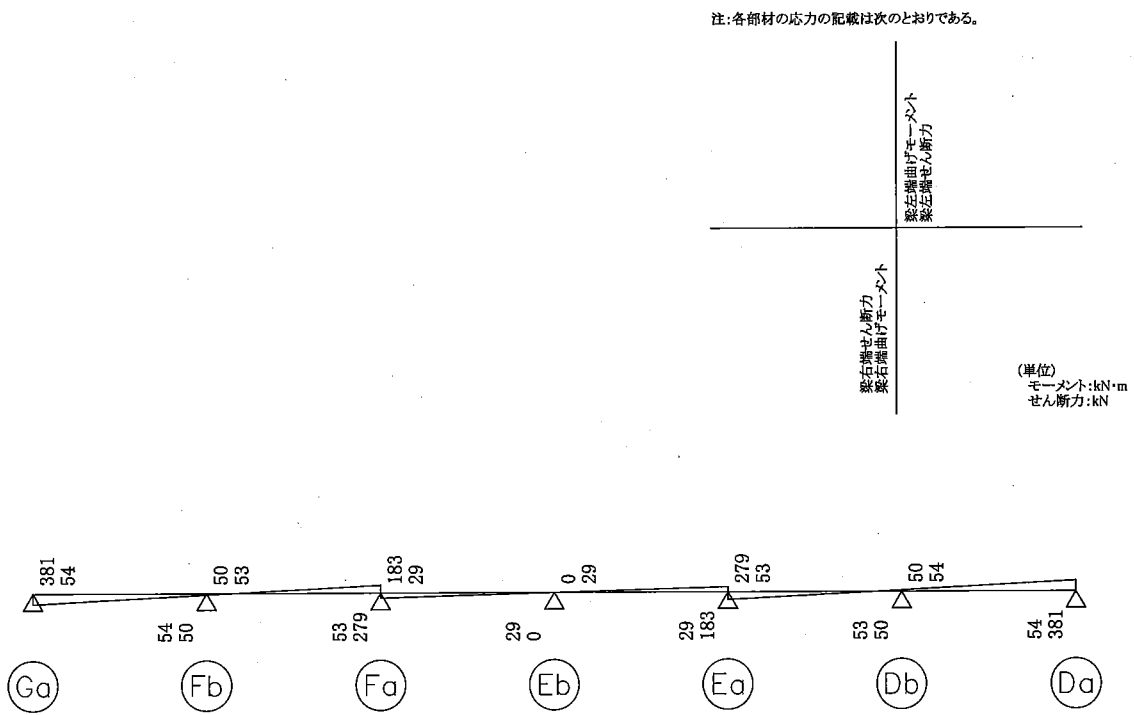


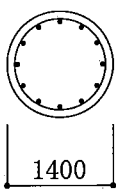
図-1.1 地震荷重による応力解析結果 (20通り)

表-1.1 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG1	
部材位置		20通り Fb-Fa間	
算定位置		Fb 端	Fa 端
断面	$b \times D$ (mm)	700×1400	700×1400
	$d$ (mm)	1300	1300
	$j$ (mm)	1138	1138
	$bd^2$ ( $\times 10^6 \text{mm}^3$ )	1183	1183
設計配筋	上端筋	5-D32	5-D32
	断面積 ( $\text{mm}^2$ )	3970	3970
	下端筋	5-D32	5-D32
	断面積 ( $\text{mm}^2$ )	3970	3970
	あばら筋	2-D16@200	2-D16@200
	あばら筋比 (%)	0.28	0.28
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ (kN·m)	554	860
	$M_s / bd^2$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	0.47	0.73
	$P_t$ (%)	0.15	0.23
	$a_t$ ( $\text{mm}^2$ ) ※1	1365 ( < 3970 )	2093 ( < 3970 )
せん断力に 対する検討	$Q_d$ (kN)	508	532
	$\alpha$	2.00	1.73
	$Q_a$ (kN)	1846	1612
	$Q_d/Q_a$	0.28 < 1.0	0.34 < 1.0
断面図		(単位: mm)	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

表-12 場所打ちコンクリート杭の断面算定結果

部材番号		F14
部材位置		20×Fa通り
D (mm)		1400
設計配筋	主筋	12-D32
	断面積 (mm <sup>2</sup> )	9528
	帯筋	D13@150
軸力に対する検討	N (kN)	3361
	R <sub>a</sub> (kN)	8264
	N/R <sub>a</sub>	0.41 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m)	907
	p <sub>g</sub> (%)	0.0
	a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> ) ※1	0 (< 9528)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN)	459
	Q <sub>a</sub> (kN)	900
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.51 < 1.0
断面図	(単位: mm)  L = 約7.6 m 12-D32	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-13に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-13 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	7.3	6370	1/872	≤ 1/120
EW	1	13.0	6370	1/490	

b. 剛性率

剛性率は、表-14に示すとおりであり、判定基準6/10以上を満足している。

表-14 剛性率

方向	階	層間変形角の逆数 $r_s$	$r_s$ の全階にわたる 平均値 $\bar{r}_s$	剛性率 $r_s/\bar{r}_s$	判定基準
NS	1	872	872	1.0	≥ 6/10
EW	1	490	490	1.0	

c. 偏心率

偏心率は、表-15に示すとおりであり、判定基準15/100以下を満足している。

表-15 偏心率

方向	階	偏心率	判定基準
NS	1	0.0	≤ 15/100
EW	1	0.0	

## 10. 使用済遠心機保管建屋の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

使用済遠心機保管建屋は、主要構造が鉄骨構造で地上1階（一部2階）建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

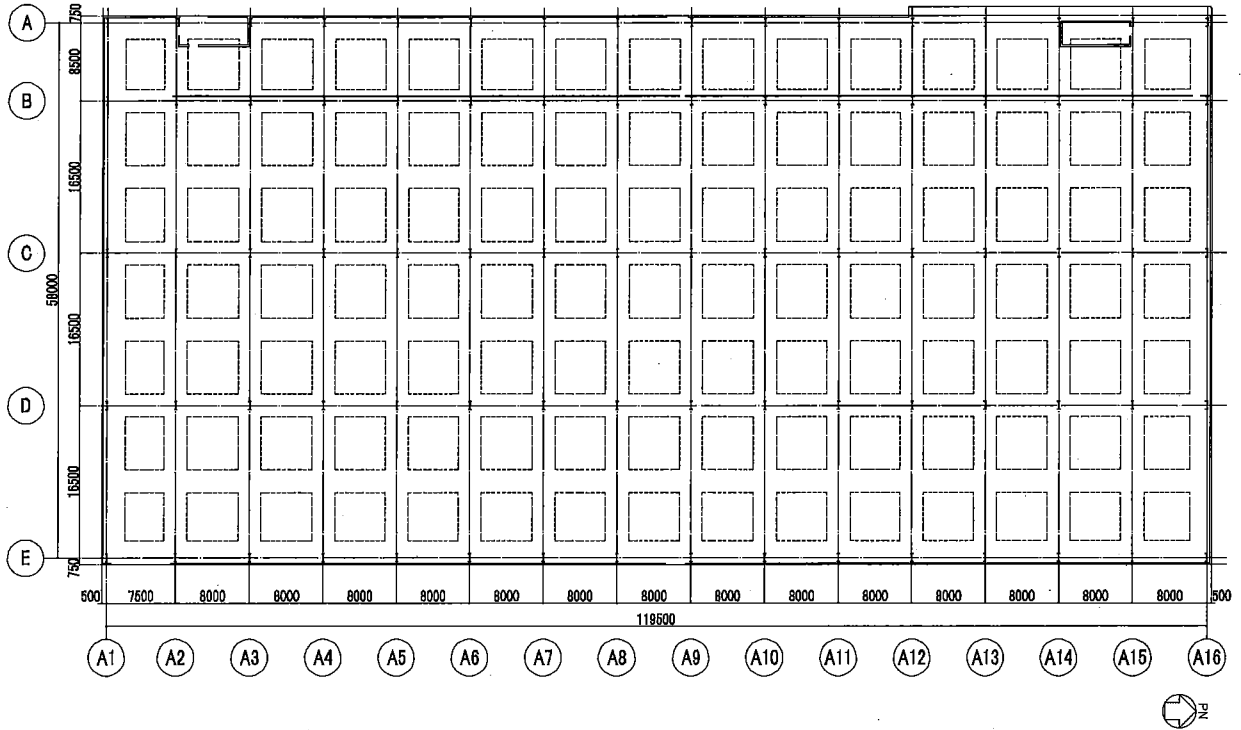
使用済遠心機保管建屋の平面寸法は、主要部材で約119.5 m( NS )×約58.0 m( EW )<sup>※1</sup>であり、地上高さは約9.4 m( EL+36.1 mから水下鉄骨天端まで)である。なお、使用済遠心機保管建屋は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を主に筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、杭基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

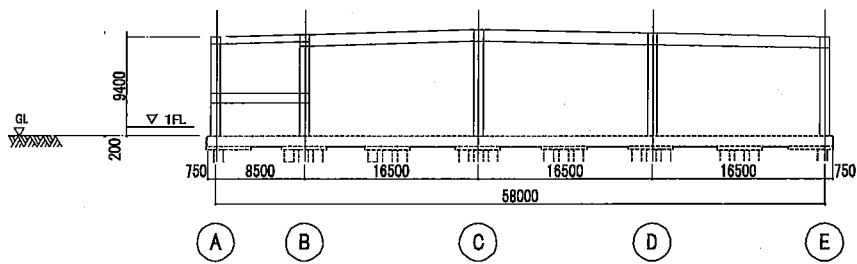
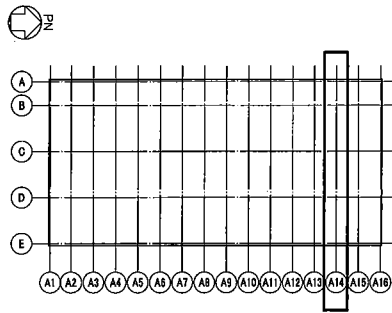
※1 建物寸法は、通り芯押えとする。

( 単位 : mm )



1階伏図

( 単位 : mm )



軸組図

図-1 構造概要図

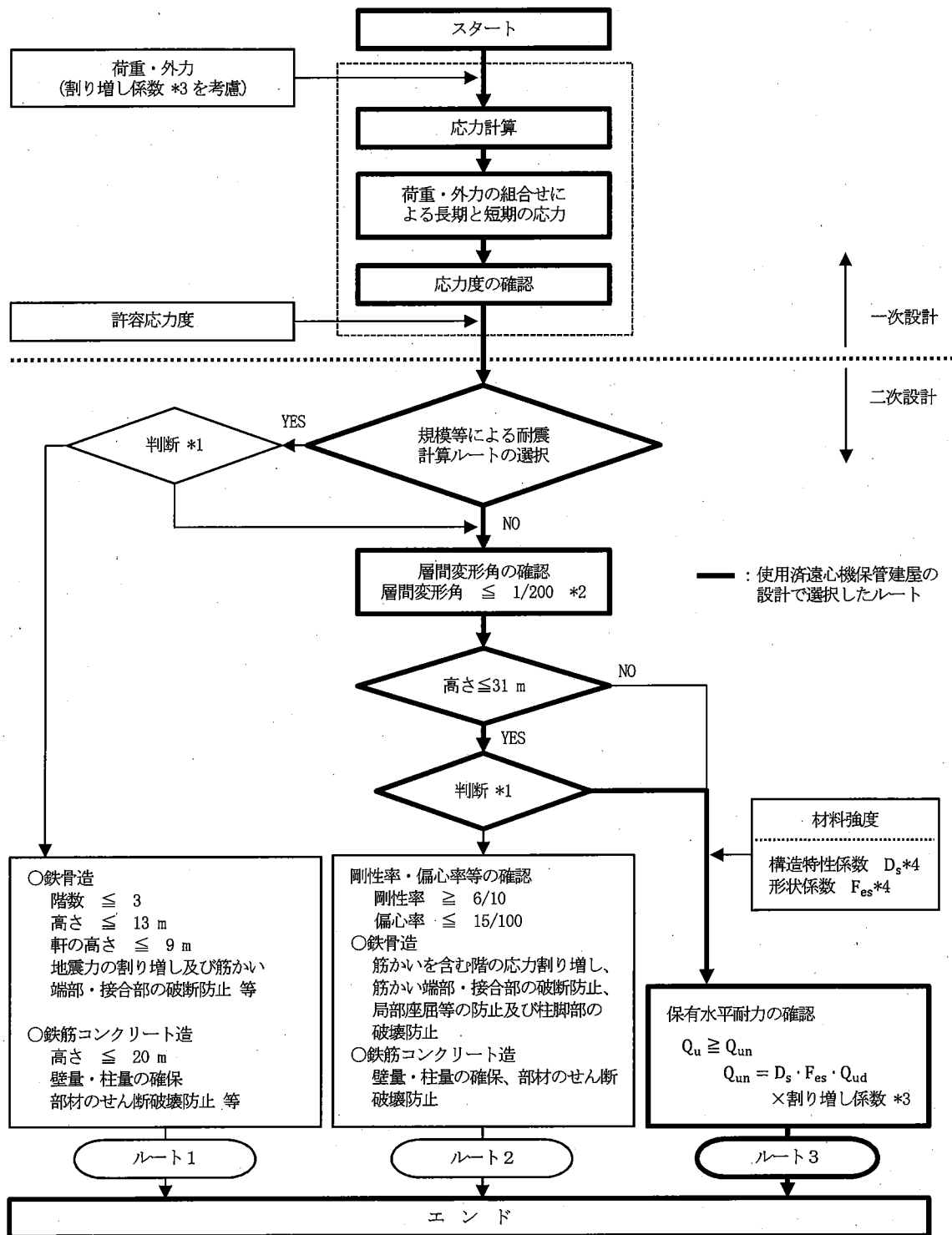


(2) 耐震設計

使用済遠心機保管建屋の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

使用済遠心機保管建屋の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第 82 条の 2」により、1/200 以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。使用済遠心機保管建屋では 1.25 である。
- \*4 構造特性係数  $D_s$  及び形状係数  $F_{es}$  は、「昭和 55 年建設省告示第 1792 号」による。

図-2 使用済遠心機保管建屋の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $24.0 \text{ N/mm}^2$  とする。鉄筋はSD390及びSD295Aを使用する。構造用鋼材は SN400B及びSN490Bを使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、既製コンクリート杭のコンクリートの許容応力度を表-4に、既製コンクリート杭の許容支持力を表-5に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=24.0 \text{ N/mm}^2$	8.0	-	0.74	16.0	-	1.11

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD295A	D16 以下	200	200	295	295
SD390	D29 未満	220	200	390	390
	D29 以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SN400B	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SN490B	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 既製コンクリート杭の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	長期			短期		
	圧縮	曲げ引張	斜張	圧縮	曲げ引張	斜張
F=85 N/mm <sup>2</sup>	24	-	1.2	48	-	-

(「BCJ評定-FD0166-01」による)

表-5 既製コンクリート杭の許容支持力

算定式	長期	短期
		$R_a = \frac{1}{3}(\alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot \phi)$

(「平成13年国土交通省告示第1113号」による)

既製コンクリート杭の許容支持力の算定に用いる記号の説明

- R<sub>a</sub> : 地盤の許容支持力
- N : 杭の先端付近のN値 ( N=50 )
- A<sub>p</sub> : 杭の先端の有効断面積
- N<sub>s</sub> : 杭の周囲の地盤のうち砂質地盤のN値 ( N<sub>s</sub>=50 )
- L<sub>s</sub> : 杭が周囲の地盤のうち砂質地盤に接する長さ ( L=1.0 m )
- φ : 杭の周長
- α、β : α=25、β= 1/5

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-6に、地震荷重と風荷重の比較を表-7に示す。

表-6 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$\Sigma W_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )
NS	2	30	30	1.344	0.336	10.0
	1	39	69	1.000	0.250	17.1
EW	2	30	30	1.344	0.336	10.0
	1	39	69	1.000	0.250	17.1

方向	階	$W_F$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )	$1.25K$	$Q_F$ ( $\times 10^3\text{kN}$ )
NS	地下	503	0.125	80
EW	地下	503	0.125	80

表-7 地震荷重と風荷重の比較

(単位 :  $\times 10^3\text{kN}$  )

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
2	10.0	10.0	0.42	0.85
1	17.1	17.1	1.07	2.16

### (3) フレームの設計

#### a. 解析概要及び解析結果

使用済遠心機保管建屋は、NS方向5フレーム、EW方向16フレームで構成されるが、ここでは代表として図-3に示すA14通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

A14通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-7に示す。

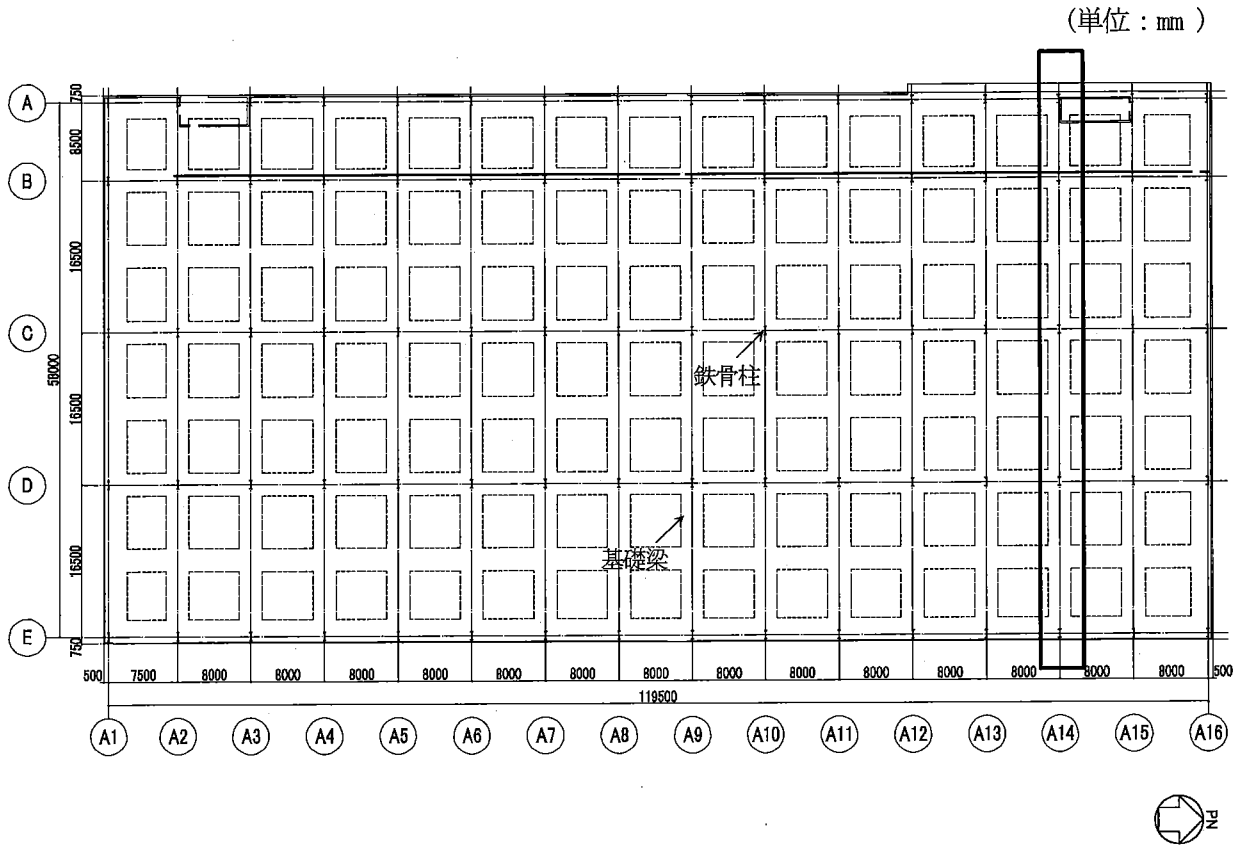


図-3 応力解析対象フレーム(A14 通り)

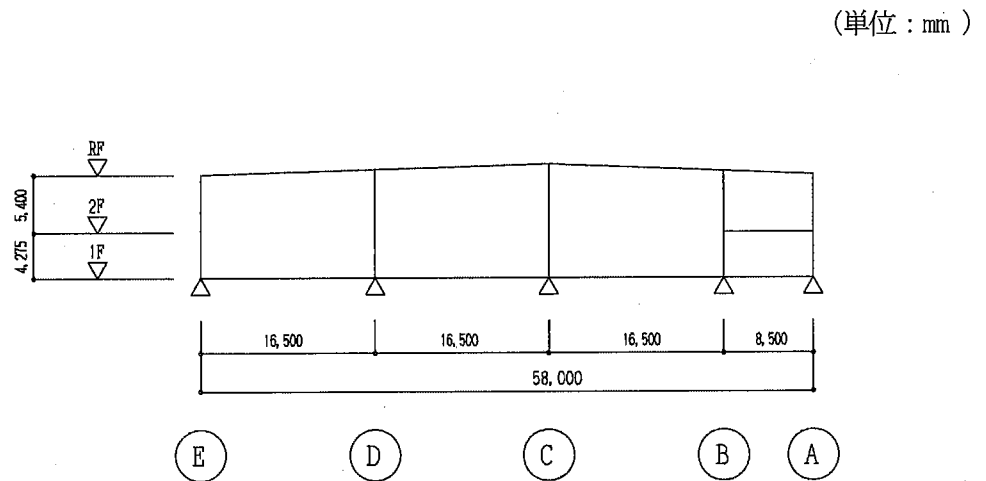
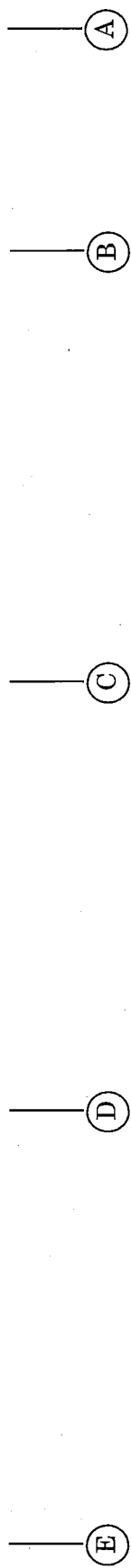
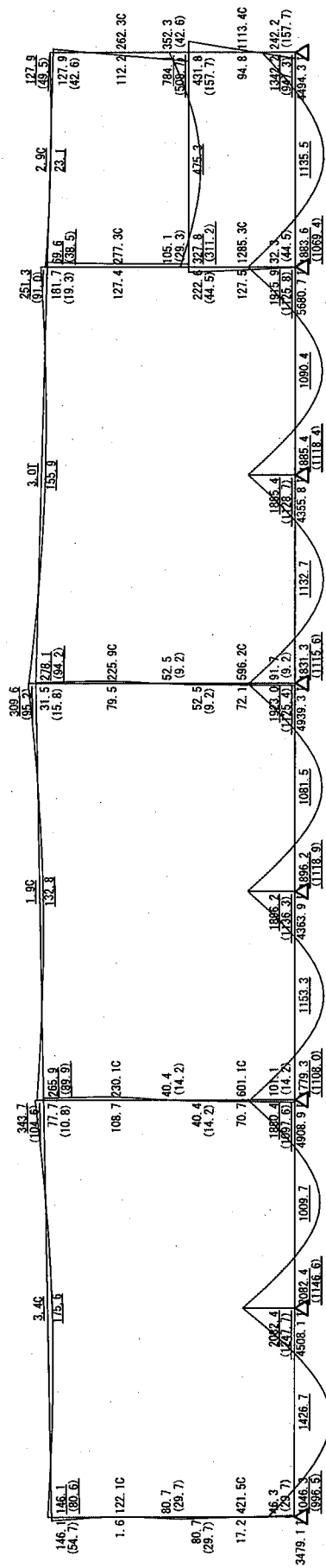


図-4 応力解析モデル(A14 通り)



(単位)  
 モーメント : kN-m  
 セン断力 : kN  
 軸力 : kN

(凡例)

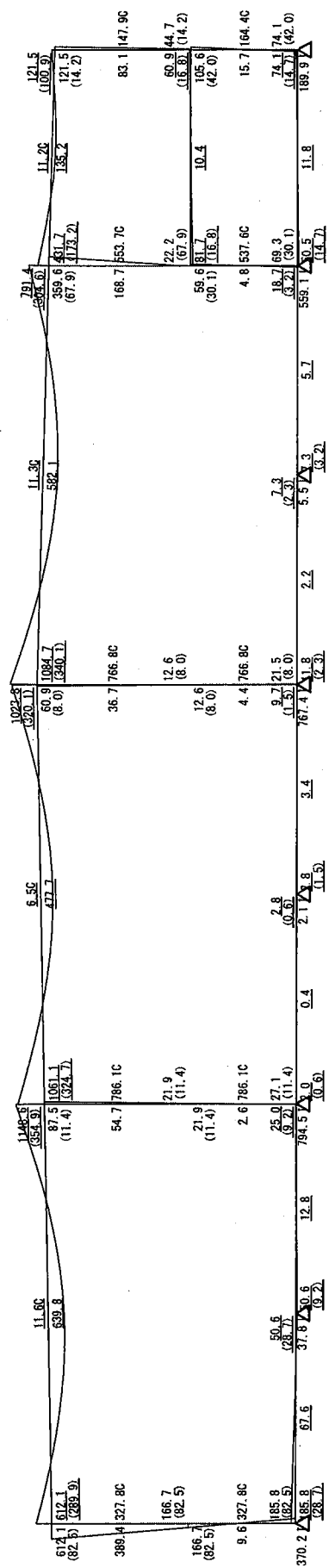
C. Mt	(C. Qt)	C. N	C. Mb	G. N	G. Ql	G. N
		C. Mc	G. Mr	(C. Qb)		
		(G. Qr)				
		F. N	G. Ml	G. N		
				G. Mc		
				(G. Ql)		

G. Ml : 大梁左端部の曲げモーメント  
 G. Mr : 大梁右端部の曲げモーメント  
 G. Mc : 大梁中央の曲げモーメント  
 G. N : 大梁軸力 (T : 引張, C : 圧縮)  
 G. Ql : 大梁左端部のせん断力  
 G. Qr : 大梁右端部のせん断力  
 F. N : 支点反力

C. Mt : 柱頭の曲げモーメント  
 C. Mc : 柱中央の曲げモーメント  
 C. Mb : 柱脚の曲げモーメント  
 C. N : 柱軸力 (T : 引張, C : 圧縮)  
 C. Qt : 柱頭のせん断力  
 C. Qb : 柱脚のせん断力

図-5 鉛直荷重による応力解析結果 (A14 通り)



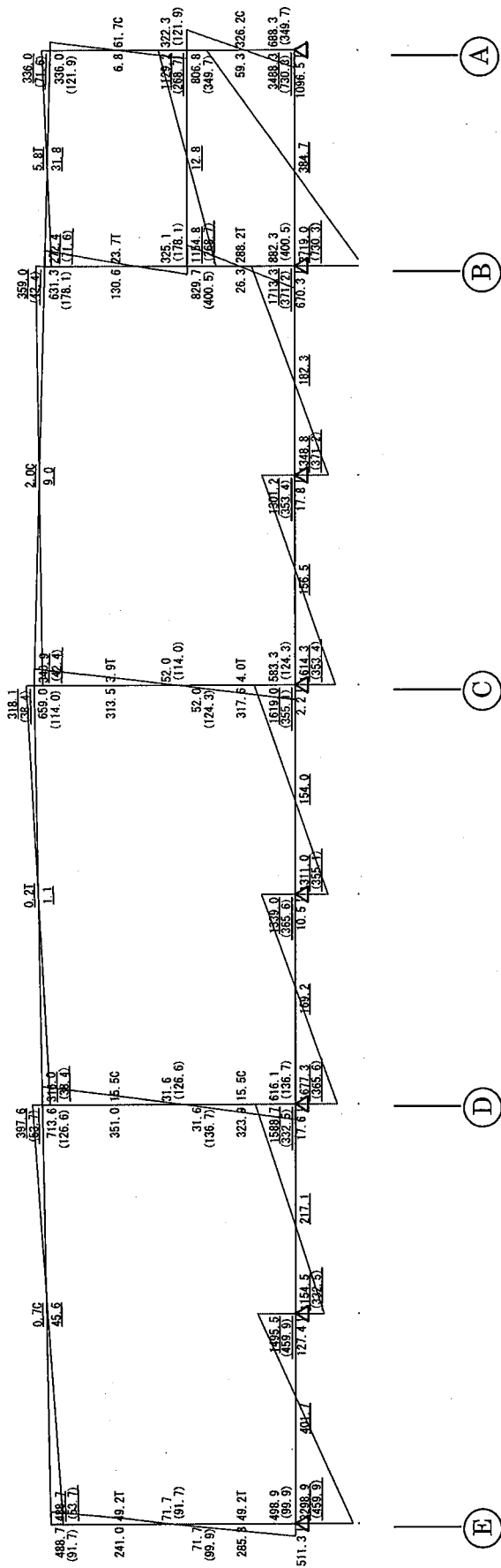


(凡例)

C. Mt	: 柱頭の曲げモーメント	G. M1	: 大梁左端部の曲げモーメント
(C. Qt)	: 柱中央の曲げモーメント	G. M2	: 大梁右端部の曲げモーメント
C. Mc	: 柱脚の曲げモーメント	G. M3	: 大梁中央の曲げモーメント
C. N	: 柱軸力 (T: 引張, C: 圧縮)	G. N	: 大梁軸力 (T: 引張, C: 圧縮)
C. Mb	: 柱頭のせん断力	G. Q1	: 大梁左端部のせん断力
(C. Qb)	: 柱中央のせん断力	G. Q2	: 大梁右端部のせん断力
C. Qc	: 柱脚のせん断力	F. N	: 支点反力
(G. Qr)	: 大梁中央のせん断力		
G. M1	: 大梁左端部の曲げモーメント		
(G. Q1)	: 大梁左端部のせん断力		

(単位)  
 モーメント: kN-m  
 せん断力: kN  
 軸力: kN

図-6 積雪荷重による応力解析結果 (A14 通り)



(凡例)

C. Mt	G. Mt
(C. Qt)	(G. Ql)
C. Mc	C. N
G. Mt	(C. Qb)
(G. Qt)	G. N
F. N	G. Mt
	(G. Ql)

C. Mt : 柱頭の曲げモーメント  
 C. Mc : 柱中央の曲げモーメント  
 C. Mb : 柱脚の曲げモーメント  
 C. N : 柱軸力 (T: 引張, C: 圧縮)  
 C. Qt : 柱頭のせん断力  
 C. Qb : 柱脚のせん断力

G. Mt : 大梁左端部の曲げモーメント  
 G. Mc : 大梁右端部の曲げモーメント  
 G. Mb : 大梁中央の曲げモーメント  
 G. N : 大梁軸力 (T: 引張, C: 圧縮)  
 G. Ql : 大梁左端部のせん断力  
 G. Qr : 大梁右端部のせん断力  
 F. N : 支点反力

(単位)  
 モーメント: kNm  
 せん断力: kN  
 軸力: kN

図-7 地震荷重による応力解析結果 (A14通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。  
各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準（2005）」に基づいて行う。

図-8～図-9に示す代表的部材の断面算定結果を表-8～表-10に示す。

断面算定（表-8～表-10）に用いる記号の説明

- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- ${}_s f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- ${}_s f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- ${}_s f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- ${}_s f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- ${}_s \sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- ${}_s \tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- ${}_s \sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度

(単位：mm)

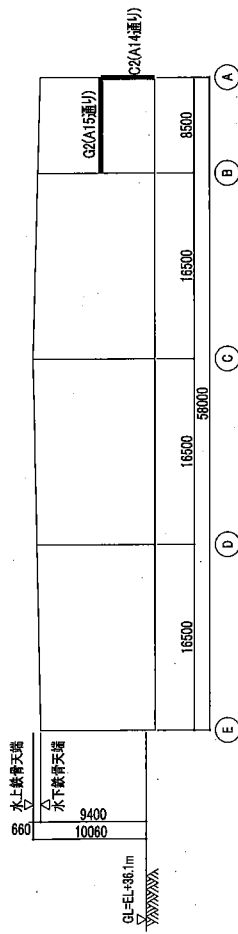


図-8 断面算定箇所 (A14, A15 通り)

(単位：mm)

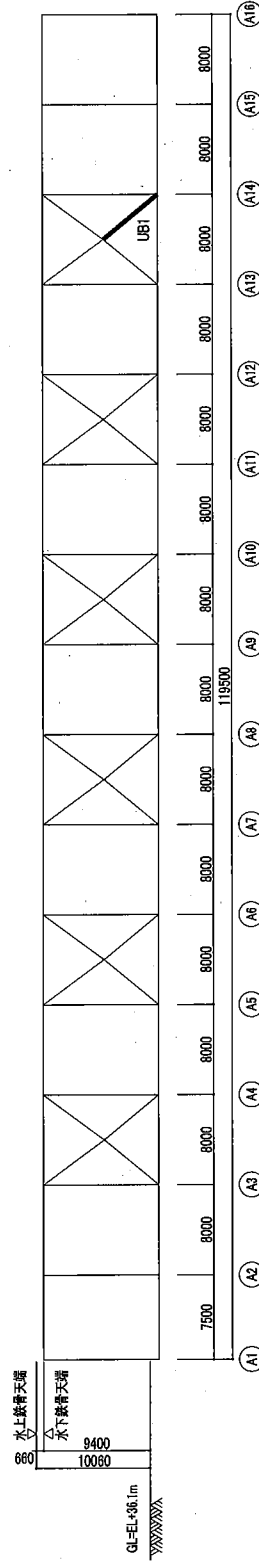


図-9 断面算定箇所 (A 通り)

表-8 大梁の断面算定結果

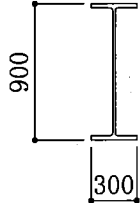
部材番号		G2		
部材位置		A15通り2F B-A 間		
算定位置		B 端	中央	A 端
部材断面 (材料)		H-900×300×16×28 ( SN490B )		
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1494	489	1991
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	8473	8881	8473
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	308	308	308
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	177	56	235
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.58 < 1.0	0.19 < 1.0	0.77 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	581	-	802
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	12384	-	12384
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	187	-	187
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	47	-	65
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.26 < 1.0	-	0.35 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	325	-	325
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	195	-	261
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.60 < 1.0	-	0.81 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  H-900×300×16×28		

表-9 柱の断面算定結果

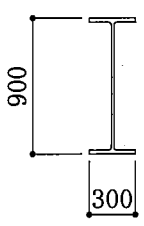
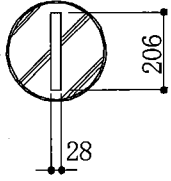
部材番号		C2	
部材位置		1F A14×A通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		H-900×300×19×32 ( SN400B )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	1276	957
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	9622	9622
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	133	100
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.57 < 1.0	0.43 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ ( kN )	1498	1498
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	33754	33754
	${}_s \sigma_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	45	45
	${}_s f_c$ ( N/mm <sup>2</sup> )	184	184
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.25 < 1.0	0.25 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	523	523
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	14554	14554
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	36	36
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.27 < 1.0	0.27 < 1.0
(フランジ) 組合せ応力に 対する検討	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.82 < 1.0	0.68 < 1.0
(ウェブ) 組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	189	158
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.81 < 1.0	0.68 < 1.0
断面図		(単位 : mm )  H-900×300×19×32	

表-10 筋かいの断面算定結果

部材番号		UB1
部材位置		A 通り 1F A13-A14 間
部材断面 (材料)		PL-28×206 (SN400B)
軸力に対する検討	$N_s$ (kN)	1037
	$A_n$ (mm <sup>2</sup> )	5768
	${}_s\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	180
	${}_sf_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	235
	${}_s\sigma_c / {}_sf_c$	$0.77 < 1.0$
断面図		<p>(単位 : mm )</p>  <p>PL-28×206</p>

#### (4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」、「建築基礎構造設計指針（2001）」及び「地震力に対する建築物の基礎の設計指針（1995）」に基づいて行う。

図-10に示す代表的部材の断面算定結果を表-11～表-12に示す。

#### 断面算定（表-11）に用いる記号の説明

- b : 部材の幅
- D : 部材の全せい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力（地震時せん断力を1.5倍して算定）
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積
- $\alpha$  : せん断スパン比（ $M/(Q \cdot d)$ ）による割り増し係数



断面算定（表－１２）に用いる記号の説明

- D : 杭の直径  
 L : 杭長  
 N : 軸力  
 R<sub>a</sub> : 杭の許容支持力  
 Q<sub>d</sub> : 設計用せん断力  
 Q<sub>a</sub> : 短期許容せん断力

Q<sub>a</sub>は次式により算定する。

$$Q_a = \frac{2}{3} \left[ 0.8 \cdot b_e \cdot j \left\{ \frac{0.115 k_u \cdot k_p (\sigma_{cu} + 17.7)}{M/(Q \cdot d) + 0.115} + 0.657 P_w \cdot \sigma_{spa} + 0.102 (\sigma_{ce} + \sigma_0') \right\} \right]$$

短期許容せん断力の算定に用いる記号の説明

- b<sub>e</sub> : 有効断面幅  
 d : 有効せい  
 j : 応力中心間距離 ( 7d/8 )  
 P<sub>g</sub> : 主筋比  
 P<sub>w</sub> : せん断補強筋比  
 σ<sub>ce</sub> + σ<sub>0</sub>' : 複合軸方向応力度  
 σ<sub>cu</sub> : コンクリートの設計基準強度  
 k<sub>u</sub> : 断面寸法による補正係数  
 k<sub>p</sub> : 引張鉄筋比による補正係数  
 M/(Q · d) : せん断スパン比  
 σ<sub>spa</sub> : せん断補強筋の短期許容応力度

M : 曲げモーメント

Mは次式より算定する。

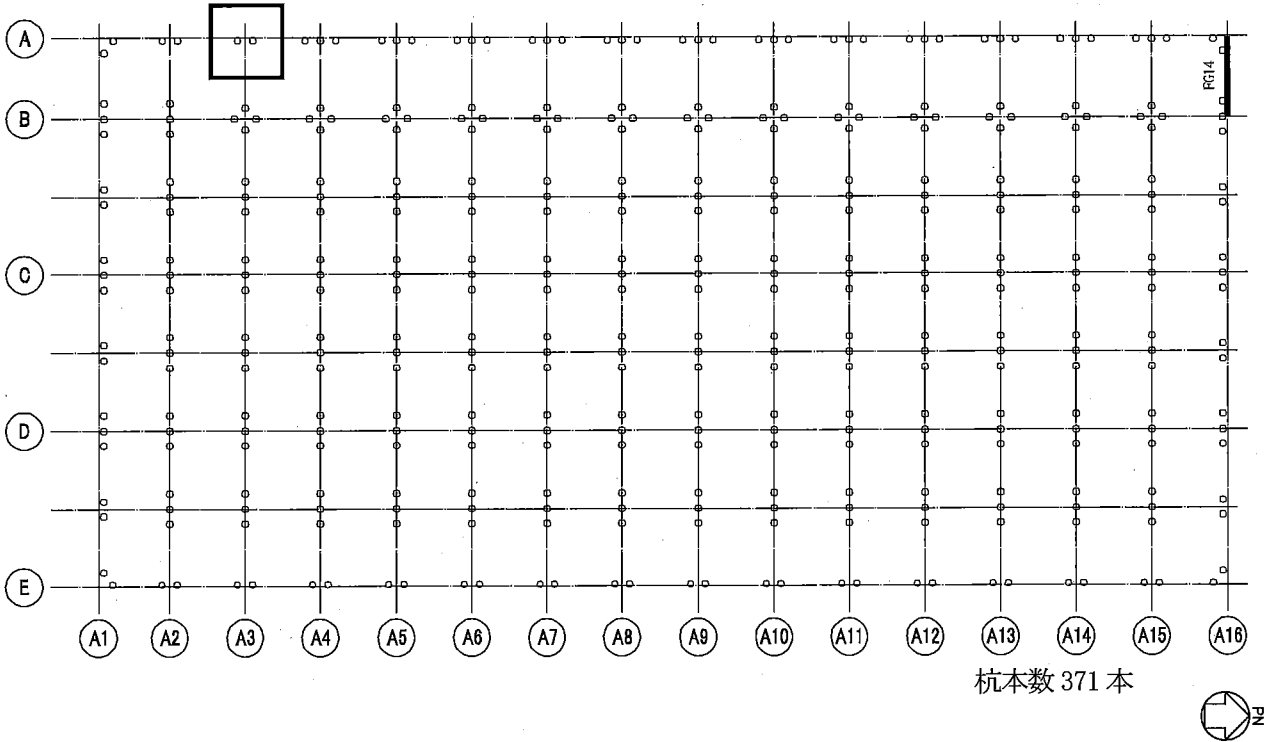
$$M = \frac{Q}{2 \cdot \beta} \cdot R_{M0}$$

ただし、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$$

曲げモーメントの算定に用いる記号の説明

- Q : 杭頭の水平力  
 (地下部分の地震層せん断力を杭の剛性で分配する。)  
 K<sub>h</sub> : 水平方向地盤反力係数  
 (N値より K<sub>h</sub> = 1.69 × 10<sup>3</sup> kN/m<sup>3</sup>)  
 E : 杭のヤング係数  
 I : 杭の断面二次モーメント  
 R<sub>M0</sub> : 杭長と杭頭固定度より求まる係数



- (凡例)
- : 杭位置
  - : 杭の断面算定箇所
  - : 基礎梁の断面算定箇所

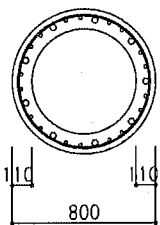
図-10 基礎の断面算定箇所

表-11 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG14		
部材位置		A16通り B-A間		
算定位置		B端	中央	A端
断面	b×D( mm )	2500 ×1000	2500 ×1000	2500 ×1000
	d( mm )	870	870	870
	j( mm )	761	761	761
	bd <sup>2</sup> ( ×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	1892	1892	1892
設計配筋	上端筋	22-D32	14-D32	28-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	17468	11116	22232
	下端筋	14-D32	16-D32	18-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	11116	12704	14292
	あばら筋	7-D16@150	7-D16@150	7-D16@150
あばら筋比( % )	0.371	0.371	0.371	
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> ( kN・m )	3542	871	5279
	M <sub>s</sub> /bd <sup>2</sup> ( N/mm <sup>2</sup> )	1.87	0.46	2.79
	p <sub>t</sub> ( % )	0.55	0.14	0.82
	a <sub>t</sub> ( mm <sup>2</sup> ) ※1	11963 ( < 17468 )	3045 ( < 12704 )	17835 ( < 22232 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> ( kN )	1750	-	2001
	α	1.00	-	1.00
	Q <sub>a</sub> ( kN )	2591	-	2591
	Q <sub>d</sub> / Q <sub>a</sub>	0.68 < 1.0	-	0.78 < 1.0
断面図	(単位: mm)	(単位: mm)	(単位: mm)	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

表-12 既製コンクリート杭の断面算定結果

部材位置		A×A3通り
D ( mm )		800
軸力に対する検討	N ( kN )	2566
	R <sub>a</sub> ( kN )	5200
	N/R <sub>a</sub>	0.50 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M ( kN・m )	770
	M <sub>a</sub> ( kN・m )	1074
	M/M <sub>a</sub>	0.72 < 1.0
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> ( kN )	219
	Q <sub>a</sub> ( kN )	626
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.35 < 1.0
断面図	(単位 : mm )  L=9m	

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-13に示すとおりであり、判定基準1/200以内を満足している。

表-13 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	2	7.64	5200	1/680	≤ 1/200
	1	11.19	4300	1/384	
EW	2	12.34	5200	1/421	
	1	10.66	4300	1/403	

b. 保有水平耐力の検討

使用済遠心機保管建屋の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-14に示す。

使用済遠心機保管建屋の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-14 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un} (\times 10^3 \text{kN})$	保有水平耐力 $Q_u (\times 10^3 \text{kN})$	$Q_u/Q_{un}$
NS	2	0.30	1.00	15.0	26.2	1.74
	1	0.35	1.00	30.0	45.1	1.50
EW	2	0.30	1.00	15.0	36.5	2.43
	1	0.35	1.00	30.0	62.8	2.09

## 1 1. 渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

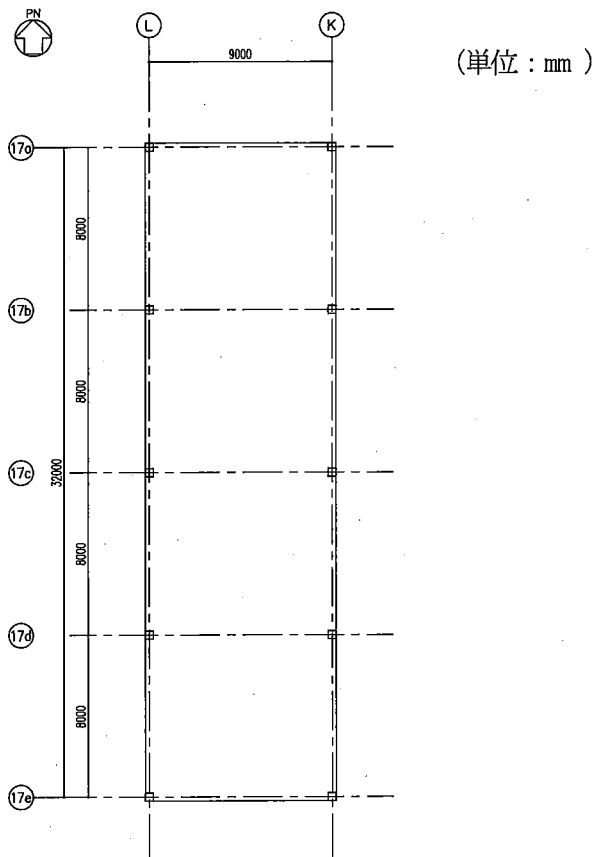
渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）は、主要構造が鉄骨構造で地上1階建ての建物である。構造概要図を図－1に示す。

渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）の平面寸法は、主要部材で約32.0 m（NS）×約9.0 m（EW）<sup>※1</sup>であり、地上高さは約4.4 m（EL+36.1 mから水下鉄骨上端まで）である。なお、渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

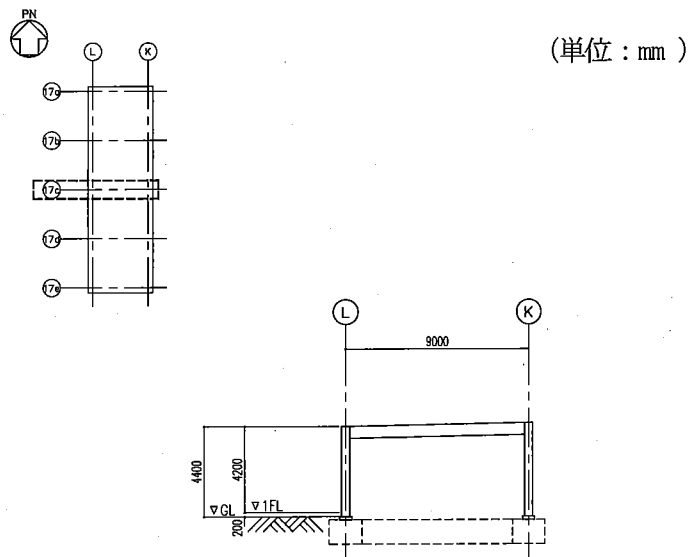
NS、EW方向共に、ラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。



1階伏図



軸組図

※ 躯体は柱スパン間のみ表示

図-1 構造概要図

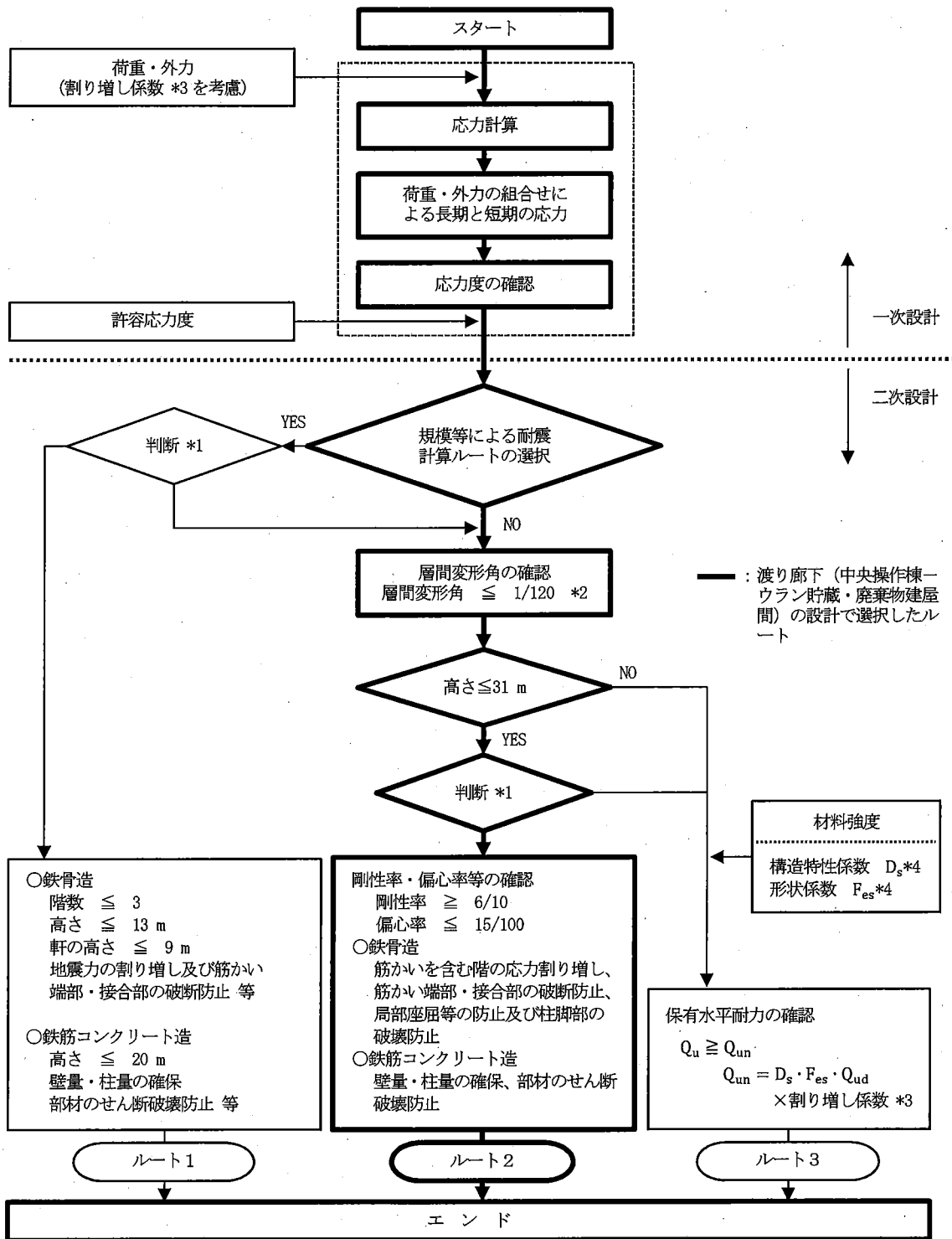
(2) 耐震設計

渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）の耐震設計は、「添付計算書 1－2」  
に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）の耐震設計ルートを図－2に示す。





- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第 82 条の 2」により、 $1/120$  以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。渡り廊下 (中央操作棟—ウラン貯蔵・廃棄物建屋間) では  $1.25$  である。
- \*4 構造特性係数  $D_s$  及び形状係数  $F_{es}$  は、「昭和 55 年建設省告示第 1792 号」による。

図-2 渡り廊下 (中央操作棟—ウラン貯蔵・廃棄物建屋間) の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。構造用鋼材はSS400及びSM490Aを使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ (kN)	$\sum W_i$ (kN)	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ (kN)
NS	1	2920	2920	1.000	0.25	735
EW	1	2920	2920	1.000	0.25	735

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位: kN)

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
1	735	735	80	270

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

渡り廊下（中央操作棟－ウラン貯蔵・廃棄物建屋間）は、NS方向2フレーム、EW方向5フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図－3に示す17c通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図－4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

17c通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図－5～図－6に示す。

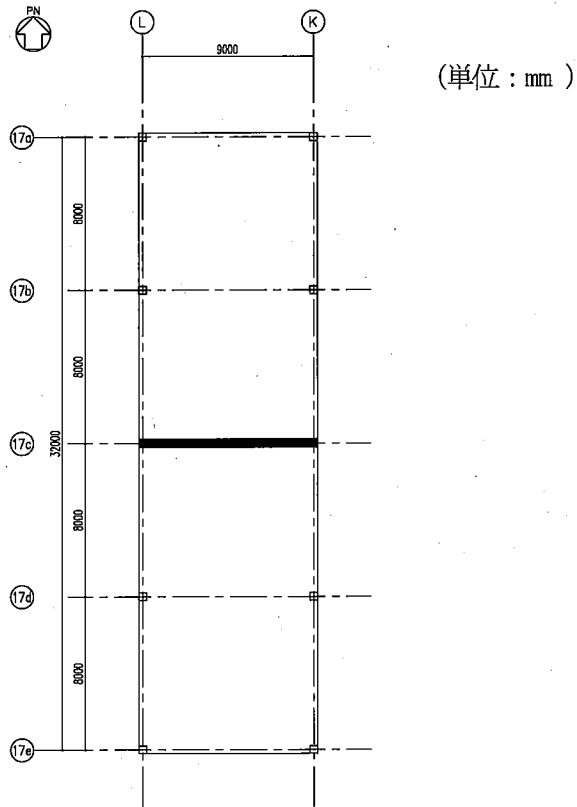


図-3 応力解析対象フレーム (17c通り)

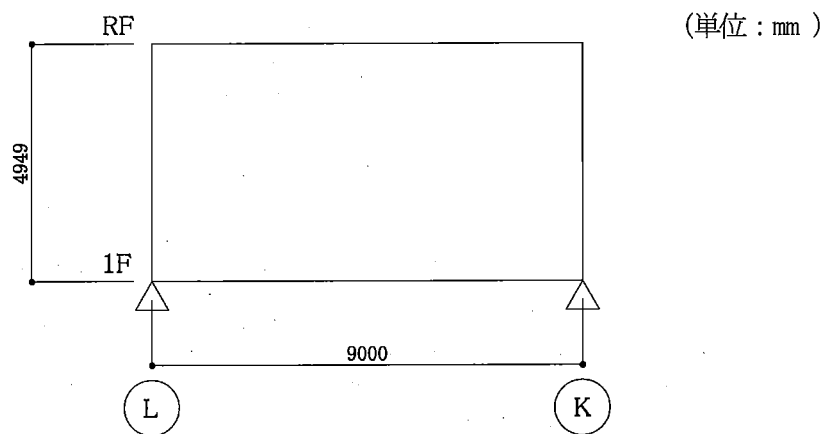


図-4 応力解析モデル (17c通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

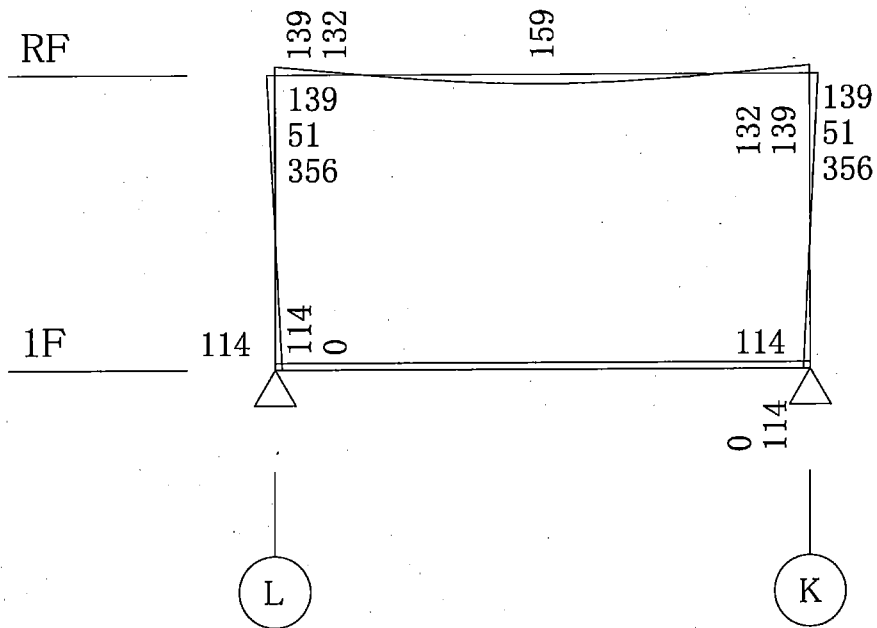
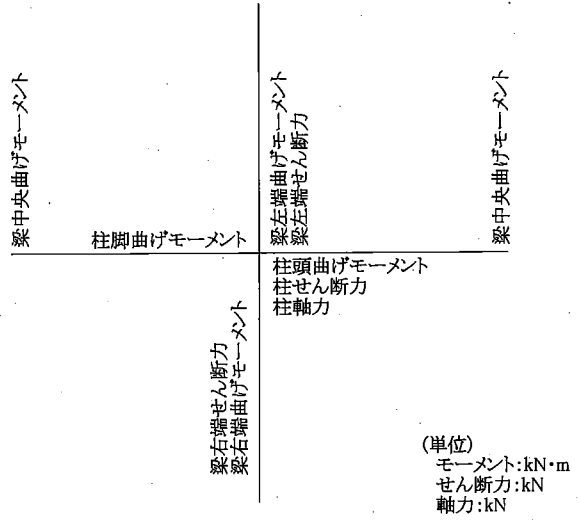


図-5 鉛直荷重による応力解析結果 (17c通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

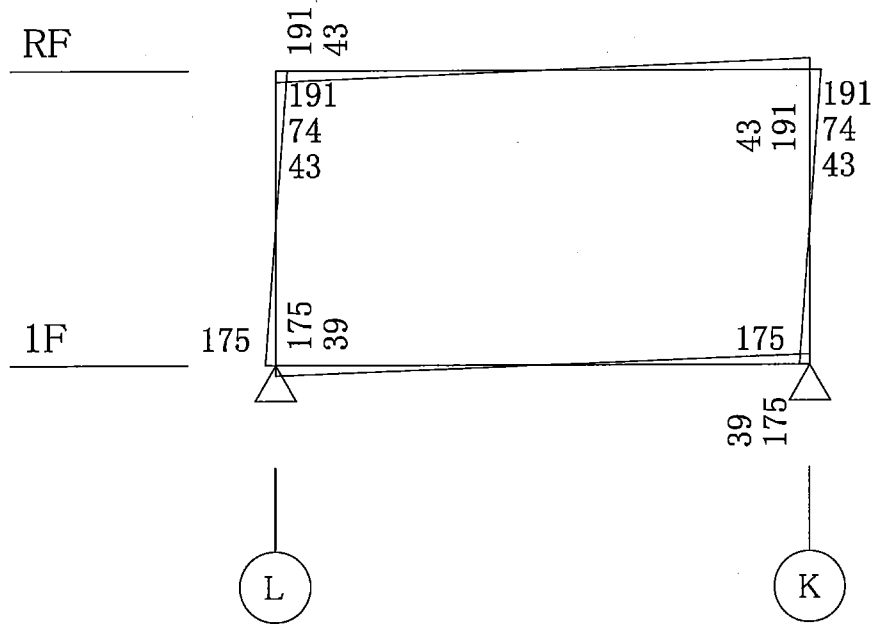
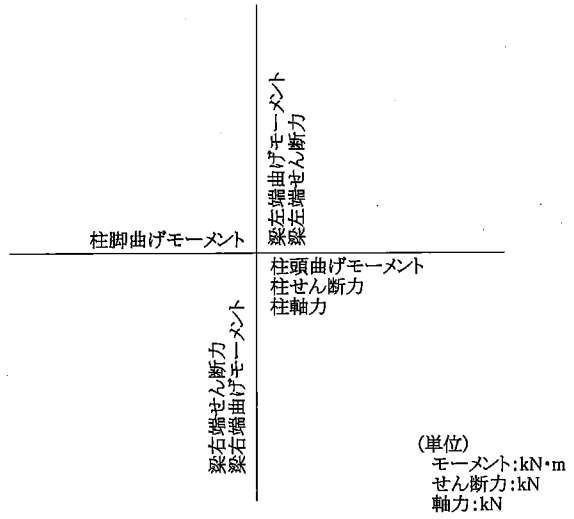


図-6 地震荷重による応力解析結果 (17c通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準(2005)」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」に基づいて行う。

図-7～図-8に示す代表的部材の断面算定結果を表-7～表-9に示す。

断面算定(表-7～表-9)に用いる記号の説明

- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $Q_d$  : 設計用せん断力(地震時せん断力を1.5倍して算定)
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- $s f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- $s f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- $s f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- $s f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- $s \sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- $s \tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- $s \sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度
- $b$  : 部材の幅
- $D$  : 部材のせい
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離(有効せい)
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離(  $7d/8$  )
- $\alpha$  : せん断スパン比(  $M / ( Q \cdot d )$  )による割り増し係数
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積



(単位：mm)

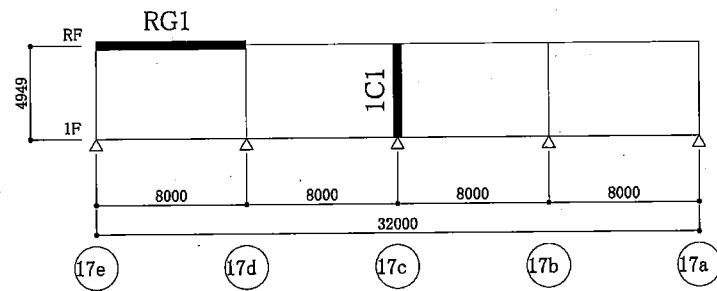


図-7 断面算定箇所(L通り)

(単位：mm)

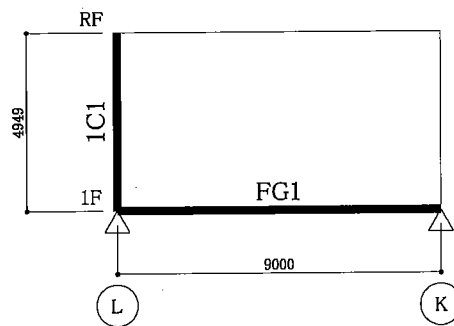


図-8 断面算定箇所(17c通り)

表-7 大梁の断面算定結果

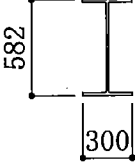
部材番号		RG1	
部材位置		L通りRF 17e-17d 間	
算定位置		17e 端	17d 端
部材断面 (材料)		H-582×300×12×17 ( SS400 )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	259	350
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	3170	3170
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	82	111
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.35 < 1.0	0.48 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	131	163
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	5736	5736
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	23	29
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.18 < 1.0	0.22 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	92	122
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.40 < 1.0	0.52 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	
			
		H-582×300×12×17	

表-8 柱の断面算定結果

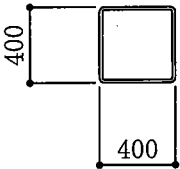
部材番号		1C1	
部材位置		1F 17c×L通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BOX-400×400×16×16 (SS400)	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ (kN・m)	330	289
	$Z_e$ (×10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	2760	2760
	${}_s f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	120	105
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.52 < 1.0	0.45 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ (kN)	399	399
	$A_n$ (mm <sup>2</sup> )	23260	23260
	${}_s \sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	18	18
	${}_s f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	214	214
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.09 < 1.0	0.09 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ (kN)	125	125
	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	11776	11776
	${}_s f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	11	11
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.09 < 1.0	0.09 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.61 < 1.0	0.54 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	140	125
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.60 < 1.0	0.54 < 1.0
断面図		(単位: mm)	
			
		BOX-400×400×16×16	

表-9 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG1	
部材位置		17c通り L-K間	
算定位置		L端	K端
断面	b×D( mm )	450×1200	450×1200
	d( mm )	1100	1100
	j( mm )	963	963
	bd <sup>2</sup> ( ×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	545	545
設計配筋	上端筋	3-D32	3-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	2382	2382
	下端筋	3-D32	3-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	2382	2382
	あばら筋	2-D16@200	2-D16@200
	あばら筋比( % )	0.44	0.44
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> ( kN・m )	289	289
	M <sub>s</sub> /bd <sup>2</sup> ( N/mm <sup>2</sup> )	0.53	0.53
	p <sub>t</sub> ( % )	0.17	0.17
	a <sub>t</sub> ( mm <sup>2</sup> ) ※1	842 ( < 2382 )	842 ( < 2382 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> ( kN )	59	59
	α	1.00	1.00
	Q <sub>a</sub> ( kN )	651	651
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.10 < 1.0	0.10 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

図-9に示す代表的部材の断面算定結果を表-10に示す。

断面算定（表-10）に用いる記号の説明

- $\ell, \ell'$  : 基礎の幅
- D : 基礎のせい
- d : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- j : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- N : 軸力
- M : 曲げモーメント
- Q : せん断力
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $\sigma$  : 接地圧
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度

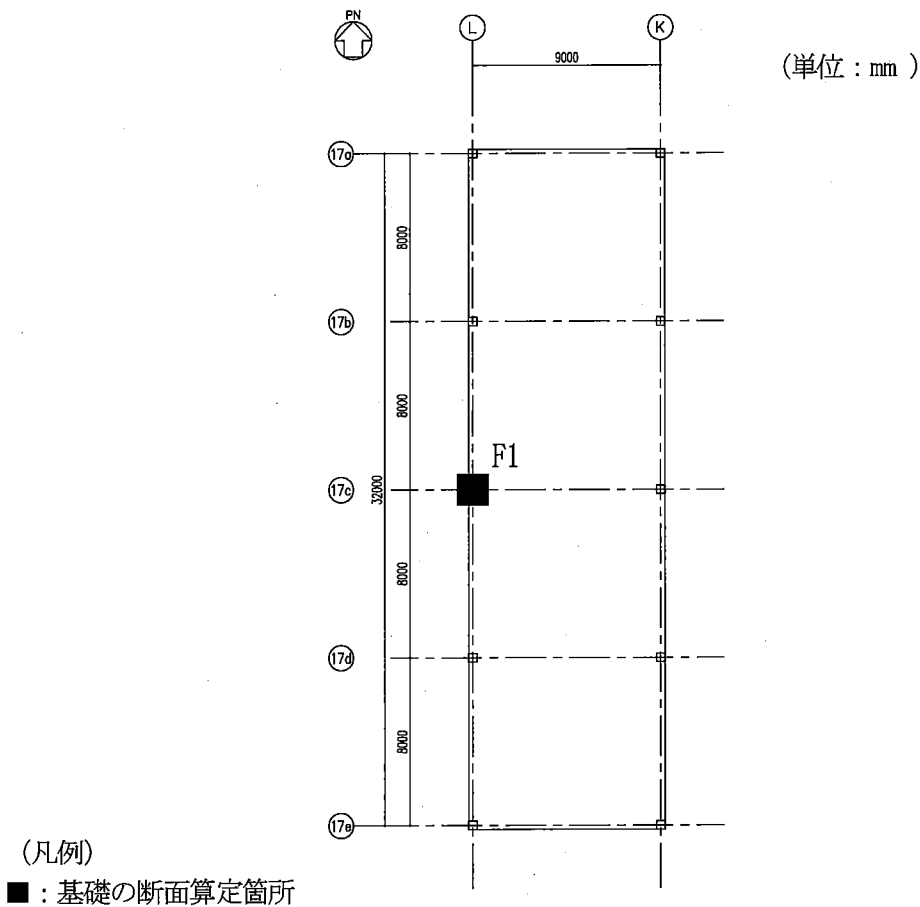


図-9 基礎の断面算定箇所

表-10 基礎の断面算定結果

部材番号		F1
部材位置		17c×L通り
断面	$\phi \times \phi' \times D$ (mm)	1600×1600×1200
	d (mm)	1100
	j (mm)	963
設計配筋	上端筋	D16@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	995
	下端筋	D16@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	995
軸力に対する 検討	N (kN)	419
	$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	164
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	$\sigma/qa$	0.09 < 1.0
曲げモーメントに 対する検討	M (kN・m/m)	25
	$M/(f_t \cdot j)$ (mm <sup>2</sup> /m) ※1	76 (< 995)
せん断力に 対する検討	Q (kN/m)	81
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	1049
	Q/Q <sub>a</sub>	0.08 < 1.0
断面図		(単位: mm)

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-11に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-11 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	1	13.9	4949	1/356	≤ 1/120
EW	1	15.6	4949	1/317	

b. 剛性率

剛性率は、表-12に示すとおりであり、判定基準6/10以上を満足している。

表-12 剛性率

方向	階	層間変形角の逆数 $r_s$	$r_s$ の全階にわたる 平均値 $\bar{r}_s$	剛性率 $r_s / \bar{r}_s$	判定基準
NS	1	356	356	1.0	≥ 6/10
EW	1	317	317	1.0	

c. 偏心率

偏心率は、表-13に示すとおりであり、判定基準15/100以下を満足している。

表-13 偏心率

方向	階	偏心率	判定基準
NS	1	0.0	≤ 15/100
EW	1	0.0	

## 1 2. 渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）の耐震計算書

### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）は、主要構造が鉄骨構造で地上2階建ての建物である。構造概要図を図－1に示す。

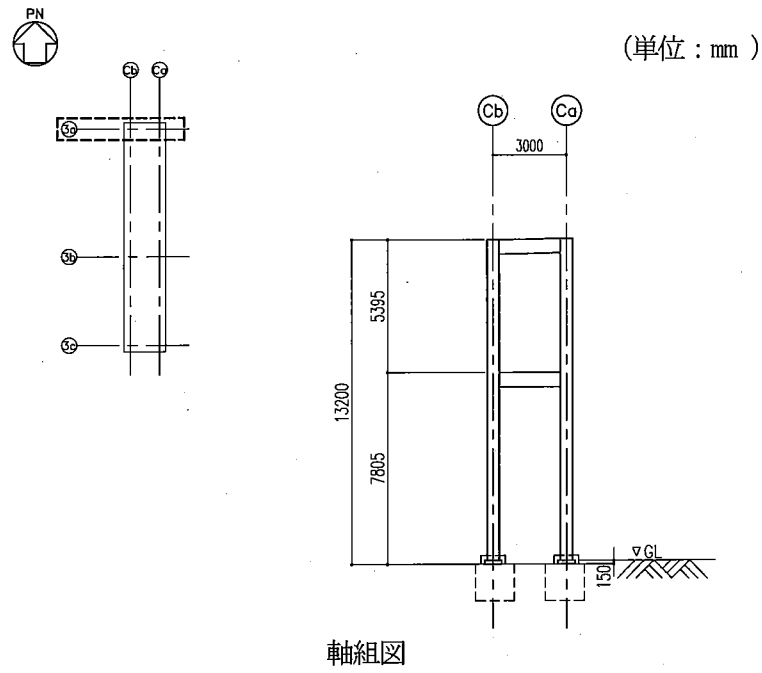
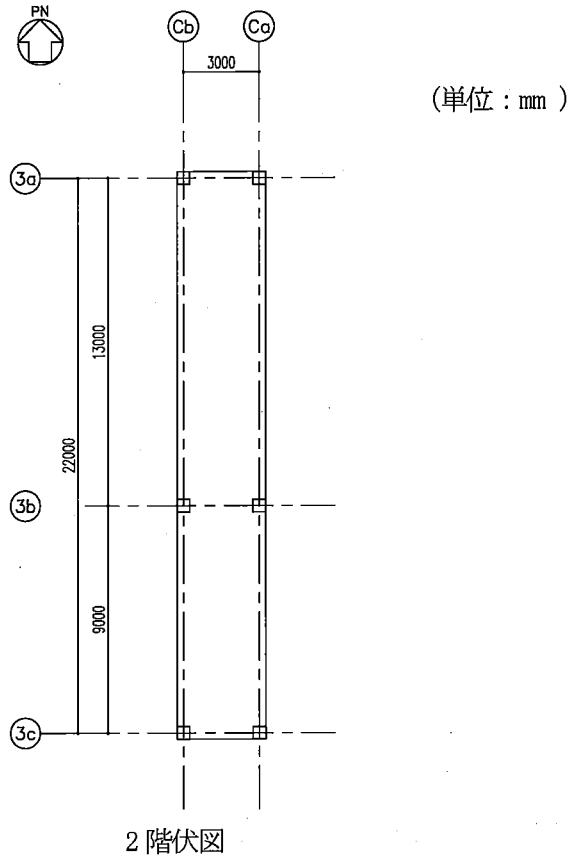
渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）の平面寸法は、主要部材で約22.0 m（NS）×約3.0 m（EW）※1であり、地上高さは約13.1 m（EL+36.1 mから水下鉄骨上端まで）である。なお、渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS、EW方向共に、ラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

※1 建物寸法は、通り芯押えとする。





※ 躯体は柱スパン間のみ表示

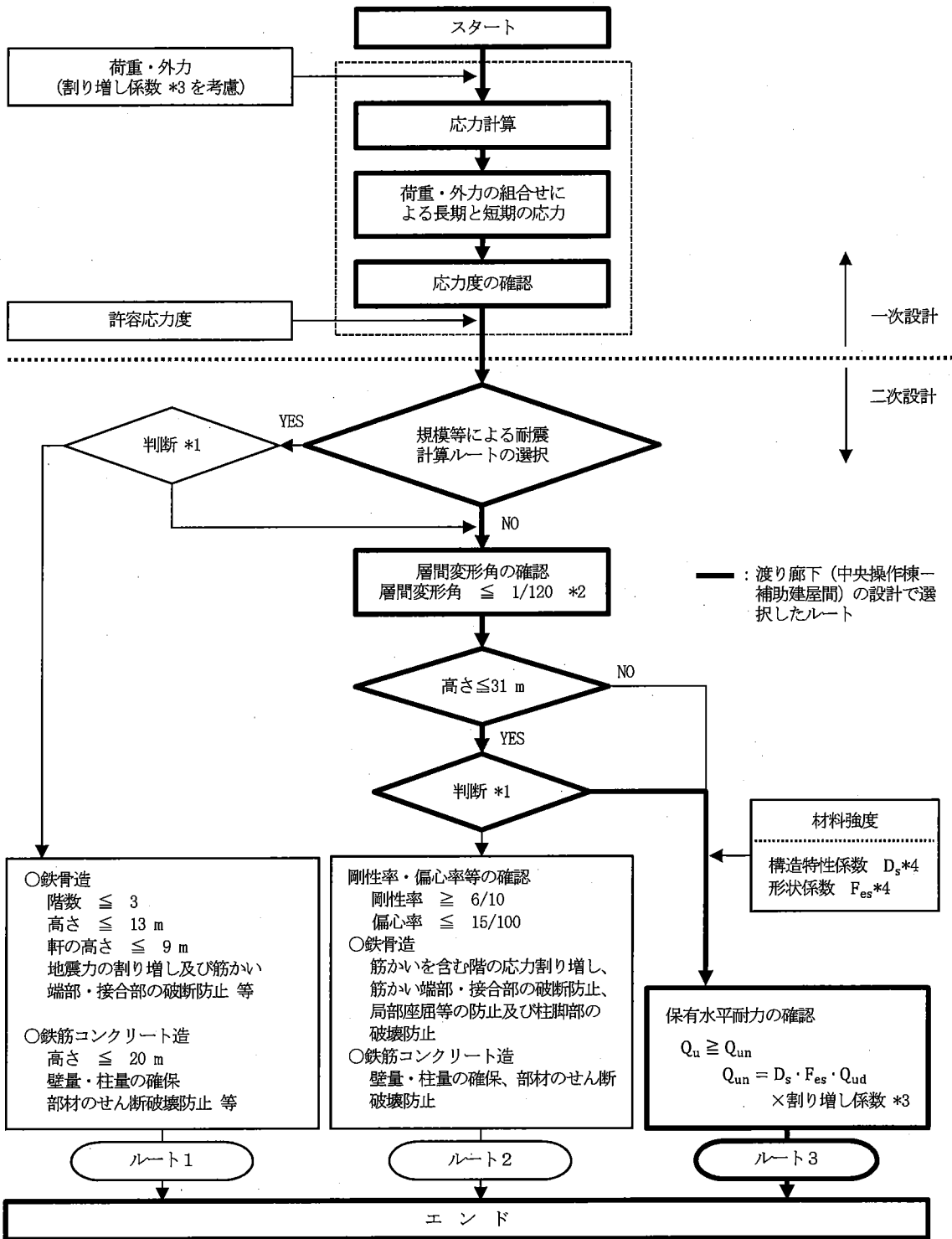
図-1 構造概要図

(2) 耐震設計

渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）の耐震設計は、「添付計算書1－2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）の耐震設計ルートを図－2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第 82 条の 2」により、1/120 以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）では 1.25 である。
- \*4 構造特性係数  $D_s$  及び形状係数  $F_{es}$  は、「昭和 55 年建設省告示第 1792 号」による。

図－2 渡り廊下（中央操作棟－補助建屋間）の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345を使用する。構造用鋼材はSS400及びSM490Aを使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215
SM490A	$t \leq 40 \text{ mm}$	325
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	295

(「鋼構造設計規準(2005)」による)

表-4 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階	$W_i$ (kN)	$\Sigma W_i$ (kN)	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ (kN)
NS	2	1550	1550	1.303	0.33	520
	1	1350	2900	1.000	0.25	730
EW	2	1550	1550	1.303	0.33	520
	1	1350	2900	1.000	0.25	730

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位: kN)

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
2	520	520	30	190
1	730	730	100	430

(3) フレームの設計

a. 解析概要及び解析結果

渡り廊下（中央操作棟一補助建屋間）は、NS方向2フレーム、EW方向3フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示す3a通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

3a通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。

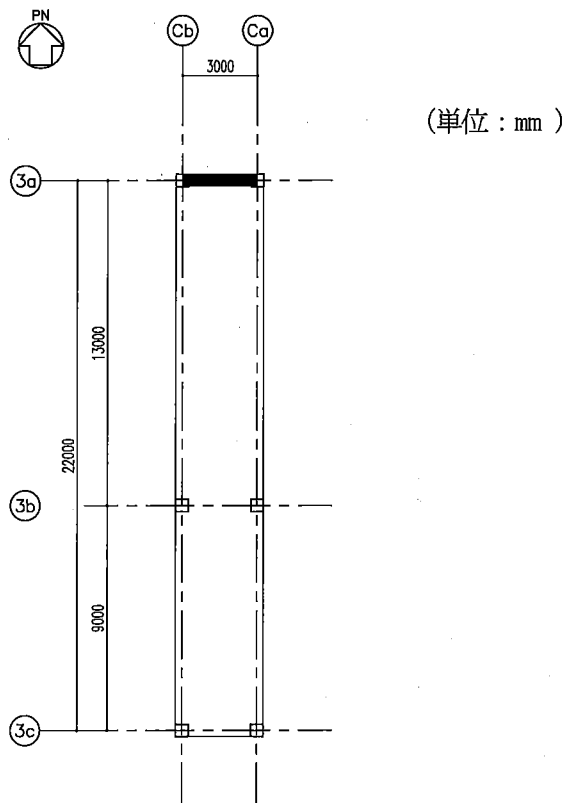


図-3 応力解析対象フレーム (3a通り)

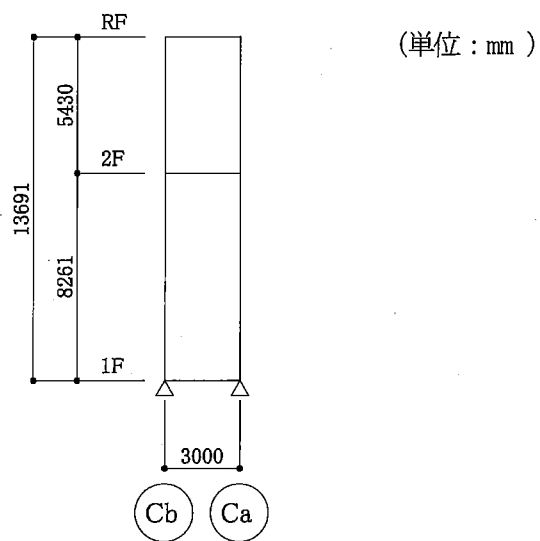


図-4 応力解析モデル (3a通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

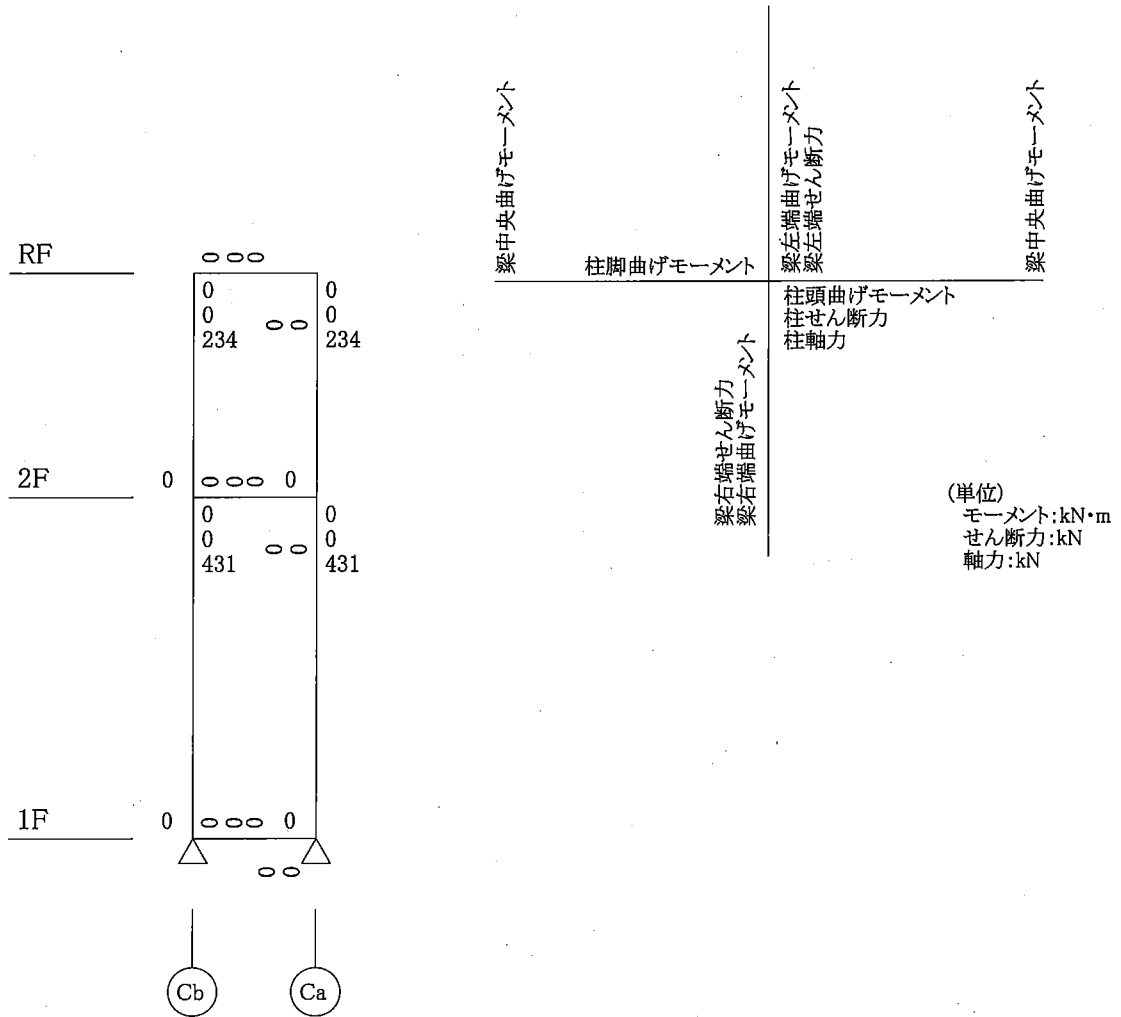


図-5 鉛直荷重による応力解析結果 (3a通り)



注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

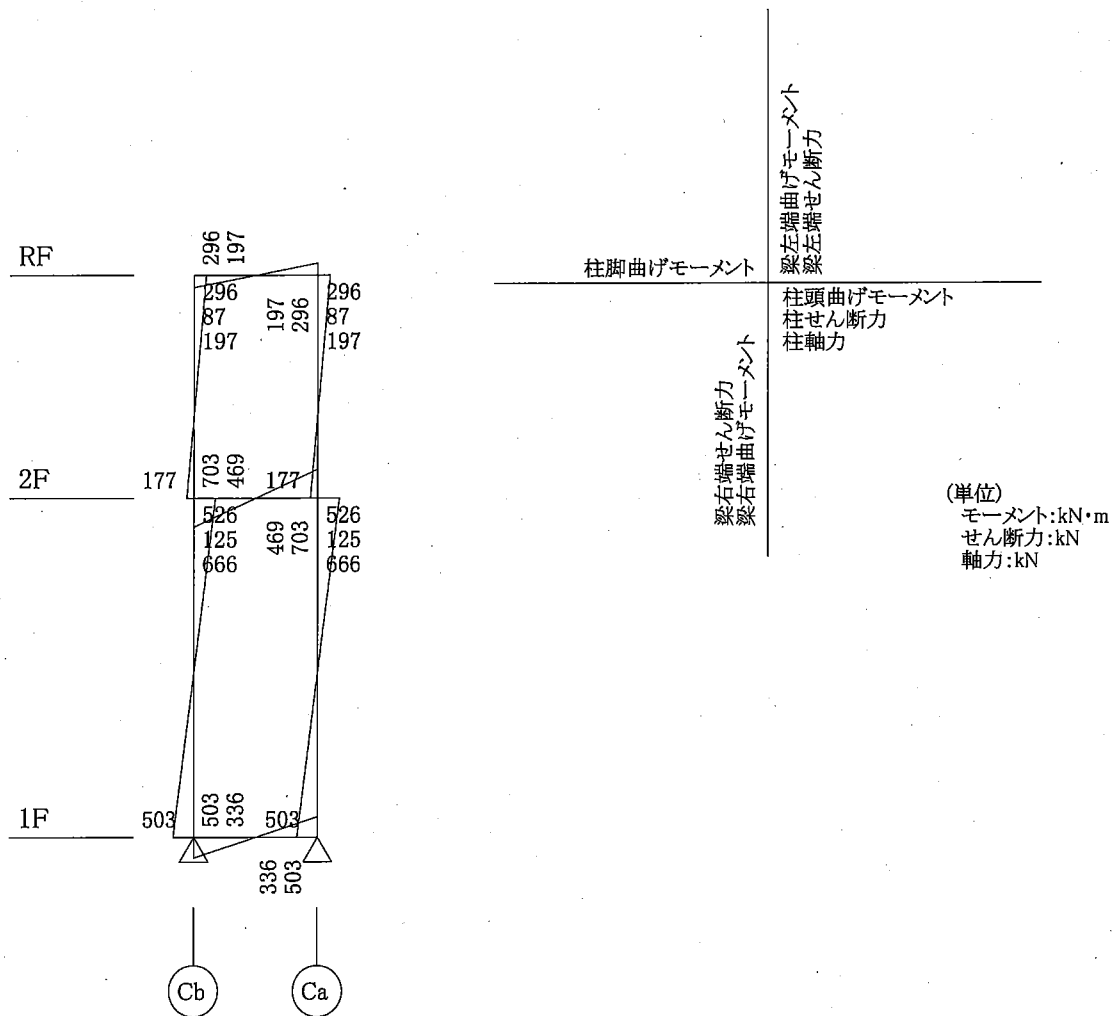


図-6 地震荷重による応力解析結果 (3a通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。  
各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準 (2005)」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・  
同解説 (1999)」に基づいて行う。

図-7に示す代表的部材の断面算定結果を表-7～表-9に示す。

断面算定 (表-7～表-9) に用いる記号の説明

- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $Q_d$  : 設計用せん断力 (地震時せん断力を1.5倍して算定する)
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- $s f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- $s f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- $s f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- $s f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- $s \sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- $s \tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- $s \sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度
- $b$  : 部材の幅
- $D$  : 部材のせい
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離 (有効せい)
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離 (  $7d/8$  )
- $\alpha$  : せん断スパン比 (  $M / ( Q \cdot d )$  ) による割り増し係数
- $p_t$  : 必要引張鉄筋比
- $a_t$  : 必要な引張鉄筋の断面積

(単位：mm)

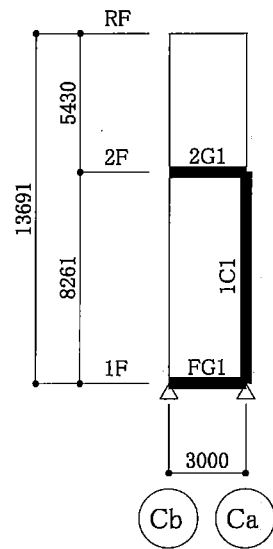


図-7 断面算定箇所(3a通り)

表-7 大梁の断面算定結果

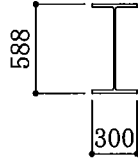
部材番号		2G1	
部材位置		3a通り2F Cb-Ca 間	
算定位置		Cb 端	Ca 端
部材断面 (材料)		H-588×300×12×20 ( SS400 )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	703	703
	$Z_e$ ( $\times 10^3 \text{mm}^3$ )	3660	3660
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	193	193
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.83 < 1.0	0.83 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	469	469
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	5736	5736
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	82	82
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.61 < 1.0	0.61 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	230	230
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.98 < 1.0	0.98 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	
			
		H-588×300×12×20	

表-8 柱の断面算定結果

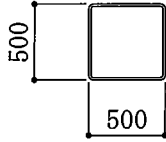
部材番号		1C1	
部材位置		1F 3a×Ca通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		BOX-500×500×16×16 (SS400)	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ (kN・m)	526	503
	$Z_e$ (×10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	4510	4510
	${}_s f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	117	112
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.50 < 1.0	0.48 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ (kN)	1097	1097
	$A_n$ (mm <sup>2</sup> )	29660	29660
	${}_s \sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	37	37
	${}_s f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	187	187
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.20 < 1.0	0.20 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ (kN)	125	125
	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	14976	14976
	${}_s f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	9	9
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.07 < 1.0	0.07 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.70 < 1.0	0.68 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	155	150
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.66 < 1.0	0.64 < 1.0
断面図		(単位: mm)  BOX-500×500×16×16	

表-9 基礎梁の断面算定結果

部材番号		FG1	
部材位置		3a通り Cb-Ca間	
算定位置		Cb端	Ca端
断面	b×D( mm )	500×1500	500×1500
	d( mm )	1400	1400
	j( mm )	1225	1225
	bd <sup>2</sup> ( ×10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> )	980	980
設計配筋	上端筋	5-D32	5-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	3970	3970
	下端筋	5-D32	5-D32
	断面積( mm <sup>2</sup> )	3970	3970
	あばら筋	2-D16@200	2-D16@200
	あばら筋比( % )	0.40	0.40
曲げモーメントに 対する検討	M <sub>s</sub> ( kN・m )	503	503
	M <sub>s</sub> /bd <sup>2</sup> ( N/mm <sup>2</sup> )	0.51	0.51
	p <sub>t</sub> ( % )	0.16	0.16
	a <sub>t</sub> ( mm <sup>2</sup> ) ※1	1120 ( < 3970 )	1120 ( < 3970 )
せん断力に 対する検討	Q <sub>d</sub> ( kN )	504	504
	α	1.93	1.93
	Q <sub>a</sub> ( kN )	1499	1499
	Q <sub>d</sub> / Q <sub>a</sub>	0.34 < 1.0	0.34 < 1.0
断面図		(単位 : mm )	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

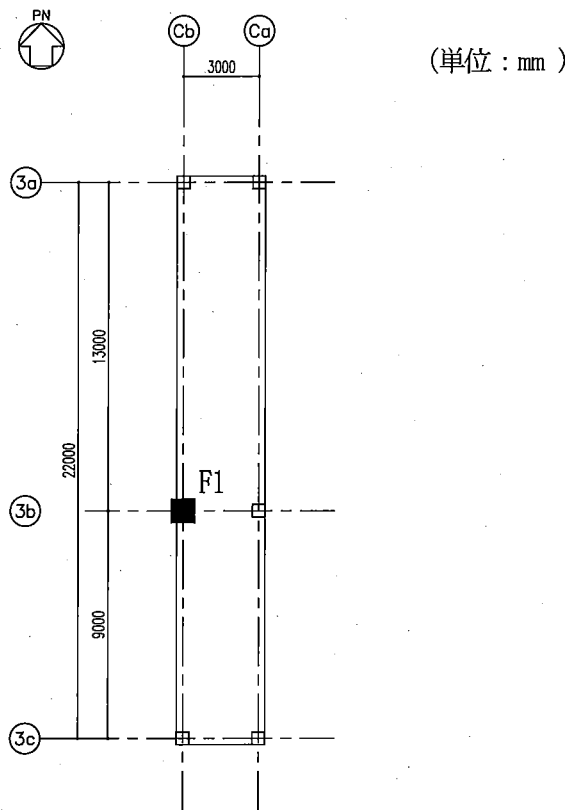
(4) 基礎の設計

部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

図-8に示す代表的部材の断面算定結果を表-10に示す。

断面算定（表-10）に用いる記号の説明

- $l, l'$  : 基礎の幅
- $D$  : 基礎のせい
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離（有効せい）
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $N$  : 軸力
- $M$  : 曲げモーメント
- $Q$  : せん断力
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $\sigma$  : 接地圧
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度

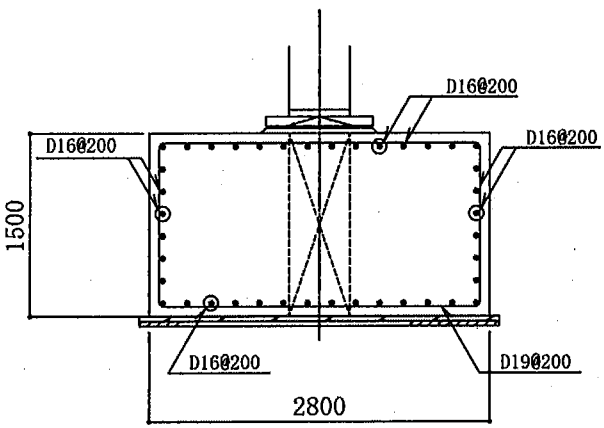


(凡例)

■ : 基礎の断面算定箇所

図-8 基礎の断面算定箇所

表-10 基礎の断面算定結果

部材番号		F1
部材位置		3b×Cb通り
断面	$\ell \times \ell' \times D$ (mm)	1600×2800×1500
	d (mm)	1400
	j (mm)	1225
設計配筋	上端筋	D16@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	995
	下端筋	D19@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	1435
軸力に対する 検討	N (kN)	830
	$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	510
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	$\sigma/qa$	0.27 < 1.0
曲げモーメントに 対する検討	M (kN・m/m)	251
	$M/(f_t \cdot j)$ (mm <sup>2</sup> /m) ※1	594 (< 1435)
せん断力に 対する検討	Q (kN/m)	381
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	1335
	Q/Q <sub>a</sub>	0.29 < 1.0
断面図	<p style="text-align: right;">(単位: mm)</p> 	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。



(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-11に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-11 層間変形角

方向	階	層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	2	21.5	5430	1/252	≤ 1/120
	1	54.8	8261	1/150	
EW	2	14.6	5430	1/371	
	1	47.3	8261	1/174	

b. 保有水平耐力の検討

渡り廊下（中央操作棟-補助建屋間）の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-12に示す。

渡り廊下（中央操作棟-補助建屋間）の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

表-12 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階	$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
NS	2	0.25	1.00	650	1770	2.72
	1	0.25	1.00	920	1450	1.57
EW	2	0.25	1.00	650	1600	2.46
	1	0.25	1.00	920	1160	1.26

### 1 3. 渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の耐震計算書

#### (1) 建物概要と耐震設計上の基本方針

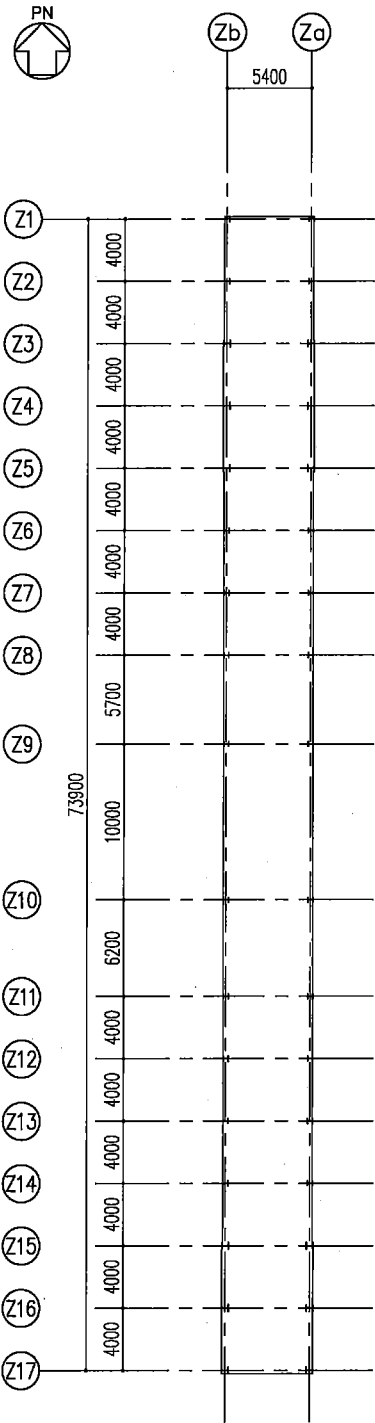
渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）は、主要構造が鉄骨構造で地上1階（一部2階）建ての建物である。構造概要図を図-1に示す。

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の平面寸法は、主要部材で約73.9 m（NS）×約5.4 m（EW）<sup>※1</sup>であり、地上高さは約7.2 m（EL+36.1 mから1階の屋根鉄骨水下上端まで）である。なお、渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）は、隣接する他の建物と構造的に分離されている。

NS方向は筋かいを設け、地震時における水平力を筋かいに負担させる設計とする。EW方向はラーメン構造とし、地震時における水平力を柱・大梁に負担させる設計とする。

基礎は、直接基礎とし、支持地盤である鷹架層中部層にて支持させる。

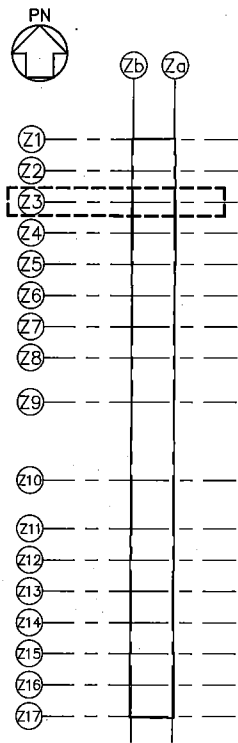
※1 建物寸法は、通り芯押えとする。



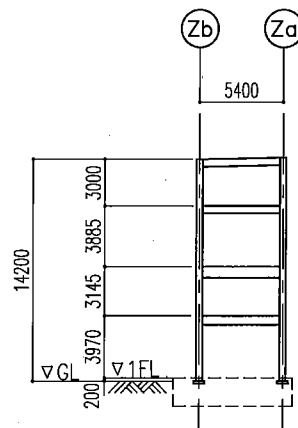
(单位：mm)

1階伏図

图-1 (1/2) 構造概要図



(単位 : mm )



軸組図

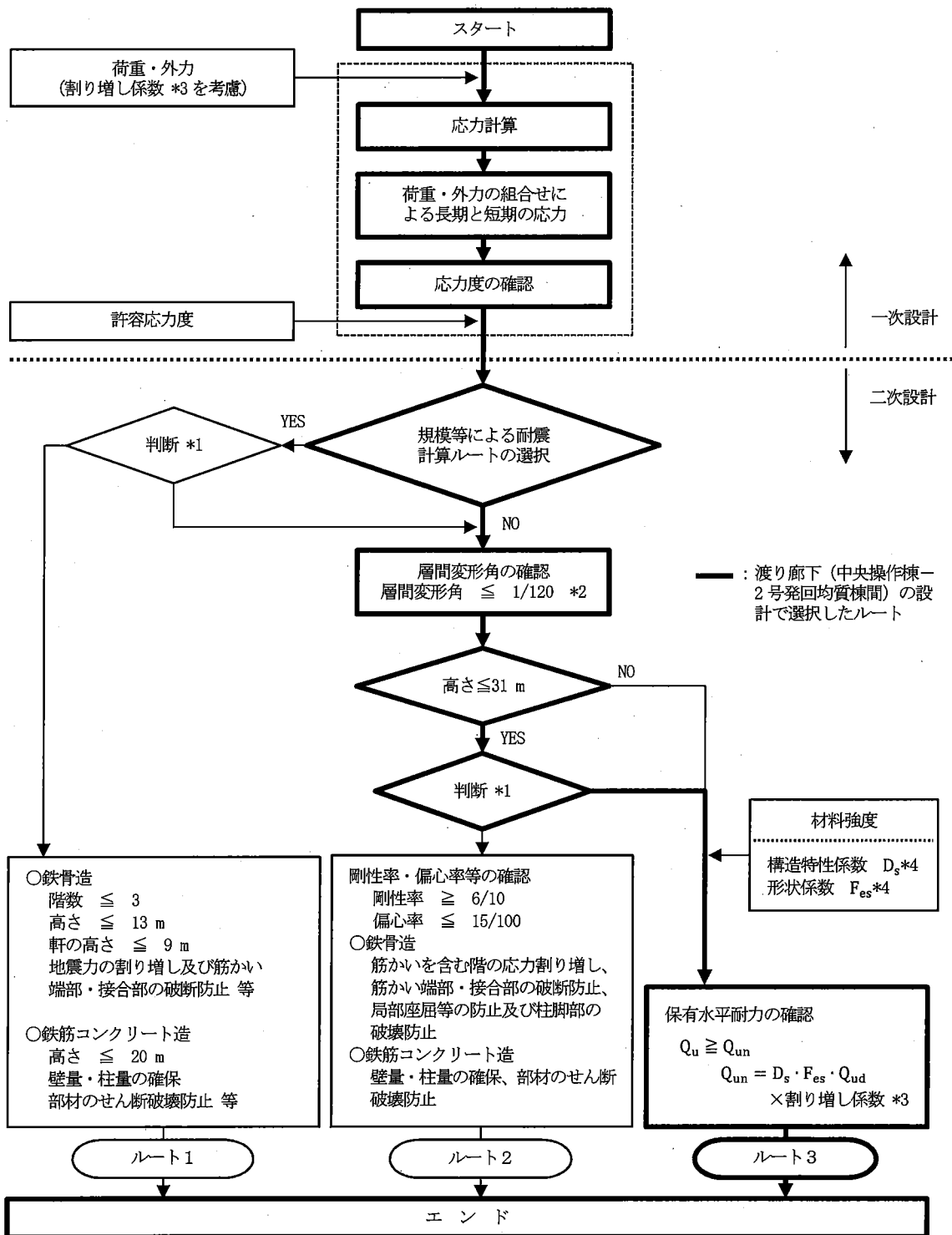
図-1 (2/2) 構造概要図

(2) 耐震設計

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の耐震設計は、「添付計算書1-2」に示すとおりとする。

a. 耐震設計の手順

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の耐震設計ルートを図-2に示す。



- \*1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。
- \*2 建物の地震時層間変形角は、「建築基準法施行令第 82 条の 2」により、1/120 以内とする。
- \*3 「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震重要度分類に応じた割り増し係数。渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）では 1.25 である。
- \*4 構造特性係数  $D_s$  及び形状係数  $F_{es}$  は、「昭和 55 年建設省告示第 1792 号」による。

図-2 渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の耐震設計ルート

b. 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは、普通コンクリートとし、設計基準強度  $F_c$  は  $23.5 \text{ N/mm}^2$  ( $240 \text{ kg/cm}^2$ ) とする。鉄筋はSD345 を使用する。構造用鋼材は SS400 を使用する。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。また、支持地盤の許容応力度を表-4に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート $F_c=23.5 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$ )	7.8	-	0.73	15.6	-	1.09

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	鉄筋径	長 期		短 期	
		圧縮及び引張	せん断補強	圧縮及び引張	せん断補強
SD345	D29未満	220	200	345	345
	D29以上	200			

(「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1999)」による)

表-3 構造用鋼材の許容応力度

(単位:  $\text{N/mm}^2$ )

種 別	板 厚	F 値
SS400	$t \leq 40 \text{ mm}$	235
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	215

(「鋼構造設計規準 (2005)」による)

表-4 支持地盤の許容応力度

(単位:  $\text{kN/m}^2$ )

支 持 地 盤	長 期	短 期
鷹架層のN値50以上の岩盤	980	1960

(「平成13年国土交通省告示第1113号」の平板載荷試験による)

c. 荷重及び荷重の組合せ

各階の地震荷重を表-5に、地震荷重と風荷重の比較を表-6に示す。

表-5 各階の地震荷重

方向	階		$W_i$ (kN)	$\Sigma W_i$ (kN)	$A_i$	$1.25C_i$	$Q_i$ (kN)
NS	2	M3	2070	2070	1.734	0.44	910
		2	290	2360	1.671	0.42	1000
	1	M2	5370	7730	1.123	0.29	2250
		1	1990	9720	1.000	0.25	2430
EW	2	M3	2070	2070	1.734	0.44	910
		2	290	2360	1.671	0.42	1000
	1	M2	5370	7730	1.123	0.29	2250
		1	1990	9720	1.000	0.25	2430

表-6 地震荷重と風荷重の比較

(単位: kN)

階	地震荷重		風荷重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
2	1000	1000	140	160
1	2430	2430	400	1460



### (3) フレームの設計

#### a. 解析概要及び解析結果

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）は、NS方向2フレーム、EW方向17フレームで構成されるが、ここでは代表的なフレームとして図-3に示すZ3通りのフレームについて、解析概要及び解析結果を以下に示す。

解析モデルは、図-4に示すように大梁、柱等の各部材を線材に置換したフレームモデルとする。

Z3通りの鉛直荷重による応力解析結果及び地震荷重による応力解析結果を図-5～図-6に示す。

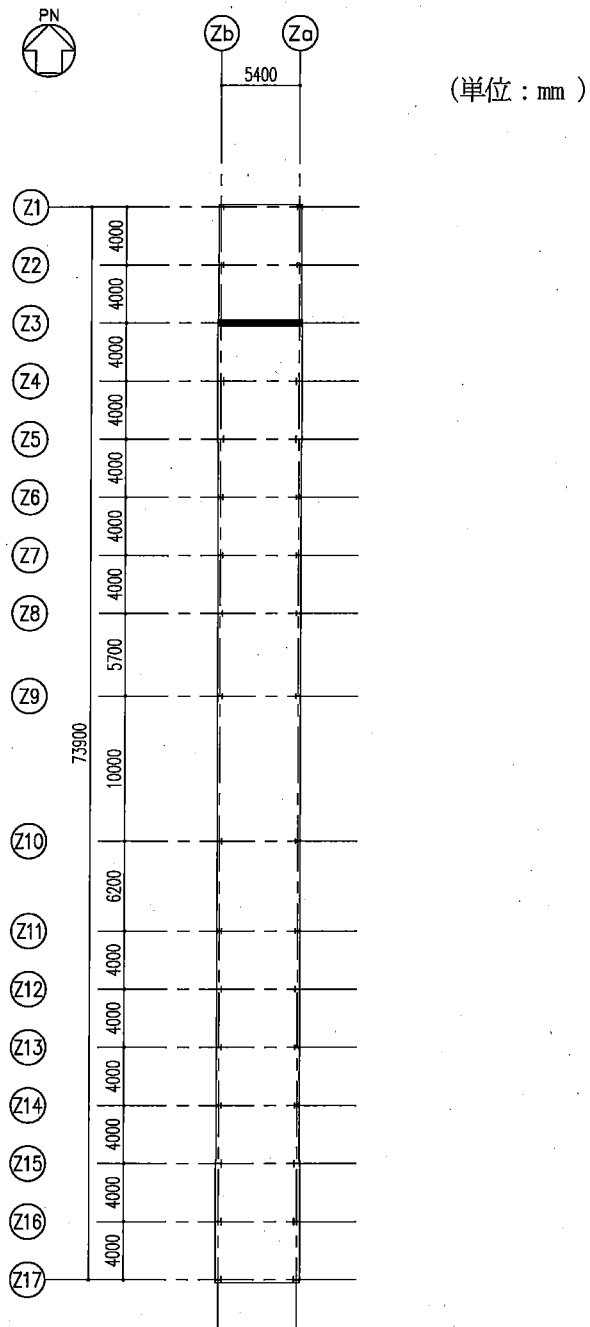
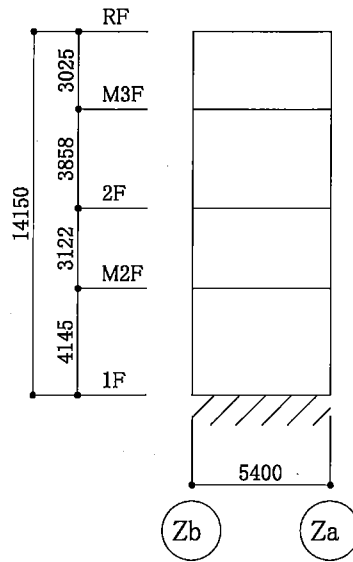


図-3 応力解析対象フレーム (Z3通り)



(単位：mm)

図-4 応力解析モデル (Z3通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。

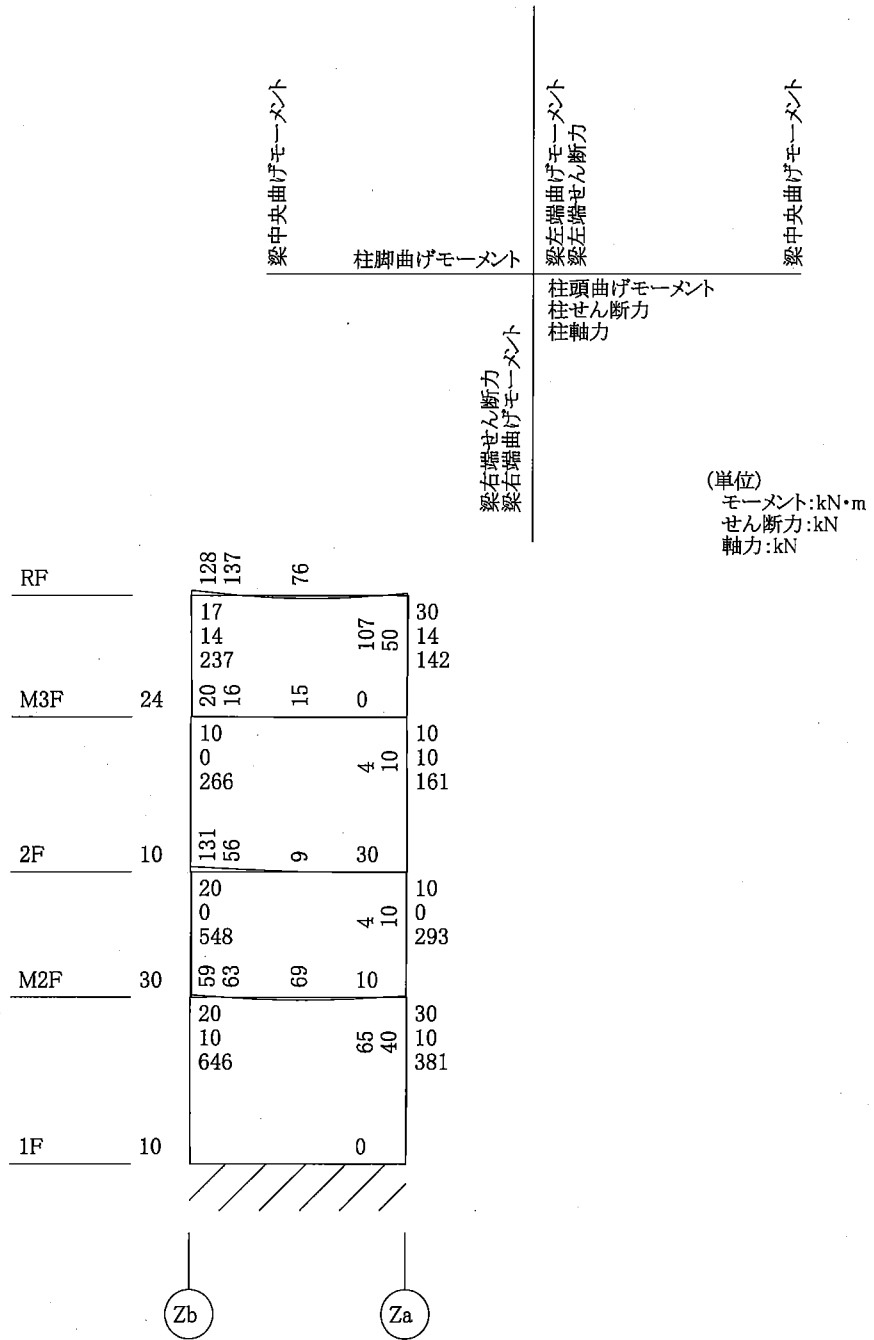
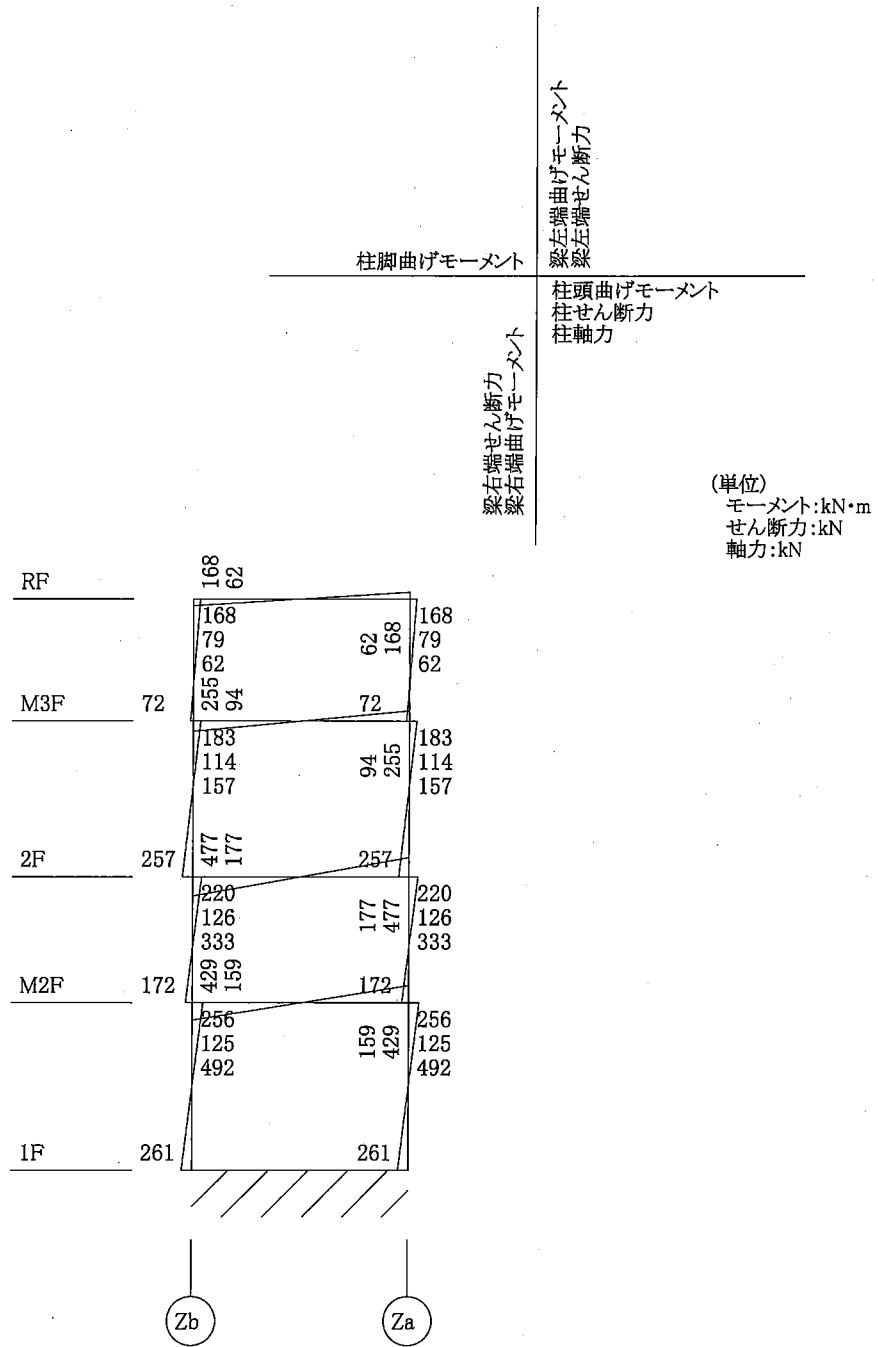


図-5 鉛直荷重による応力解析結果 (Z3通り)

注:各部材の応力の記載は次のとおりである。



(単位)  
 モーメント:kN・m  
 せん断力:kN  
 軸力:kN

図-6 地震荷重による応力解析結果 (Z3通り)

b. 断面算定

フレーム部材の断面算定は、荷重の組合せに対して最も不利な応力について行う。

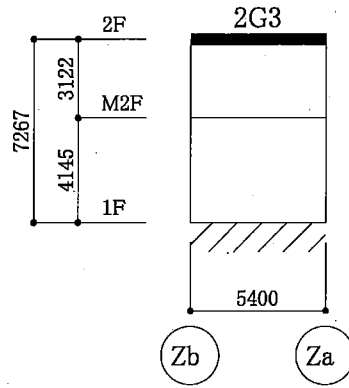
各部材の断面算定は、「鋼構造設計規準（2005）」に基づいて行う。

図-7～図-9に示す代表的部材の断面算定結果を表-7～表-9に示す。

断面算定（表-7～表-9）に用いる記号の説明

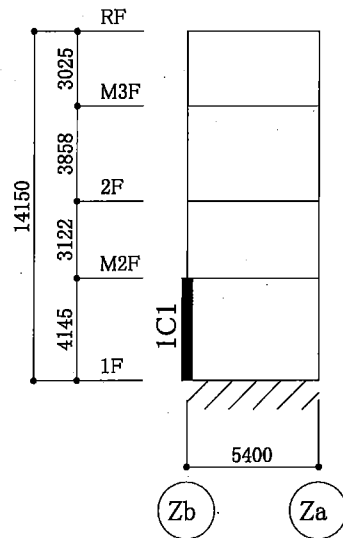
- $M_s$  : 曲げモーメント
- $Q_s$  : せん断力
- $N_s$  : 軸力
- $A_n$  : 鉄骨の軸断面積
- $A_s$  : 鉄骨のせん断断面積
- $Z_e$  : 鉄骨の断面係数
- ${}_s f_t$  : 鋼材の短期許容引張応力度
- ${}_s f_b$  : 鋼材の短期許容曲げ応力度
- ${}_s f_s$  : 鋼材の短期許容せん断応力度
- ${}_s f_c$  : 座屈を考慮した鋼材の短期許容圧縮応力度
- ${}_s \sigma_t$  : 鋼材に生じる引張応力度
- ${}_s \sigma_b$  : 鋼材に生じる曲げ応力度
- ${}_s \tau$  : 鋼材に生じるせん断応力度
- ${}_s \sigma_c$  : 鋼材に生じる圧縮応力度

(単位 : mm )



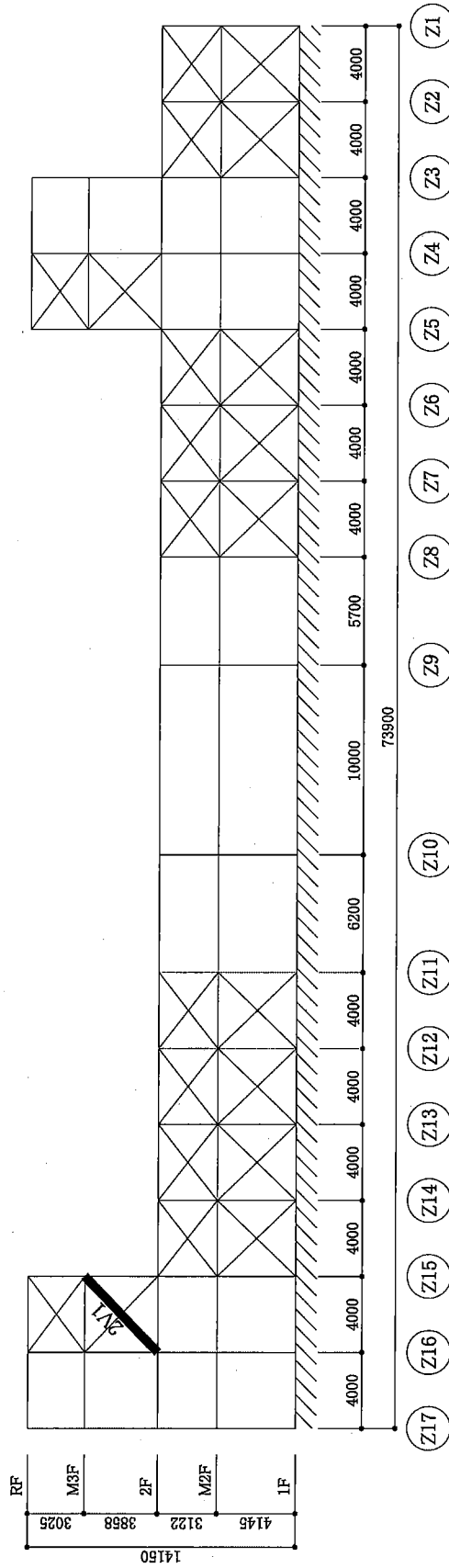
図一 7 断面算定箇所(Z2通り)

(単位 : mm )



図一 8 断面算定箇所(Z3通り)

(単位：mm)



図一9 断面算定箇所 (Zb 通り)



表-7 大梁の断面算定結果

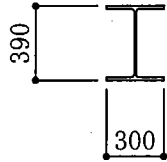
部材番号		2G3	
部材位置		Z2通り2F Zb-Za 間	
算定位置		Zb 端	Za 端
部材断面 (材料)		H-390×300×10×16 ( SS400 )	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ ( kN・m )	237	132
	$Z_e$ ( $\times 10^3$ mm <sup>3</sup> )	1820	1820
	${}_s f_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ ( N/mm <sup>2</sup> )	131	73
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.56 < 1.0	0.32 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ ( kN )	138	98
	$A_s$ ( mm <sup>2</sup> )	2880	2880
	${}_s f_s$ ( N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ ( N/mm <sup>2</sup> )	48	35
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.36 < 1.0	0.26 < 1.0
組合せ応力に 対する検討	${}_s f_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2}$ ( N/mm <sup>2</sup> )	156	95
	$\sqrt{{}_s \sigma_b^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.67 < 1.0	0.41 < 1.0
断面図		<p style="text-align: right;">(単位 : mm )</p>  <p style="text-align: center;">H-390×300×10×16</p>	

表-8 柱の断面算定結果

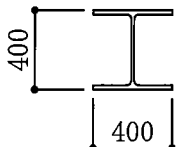
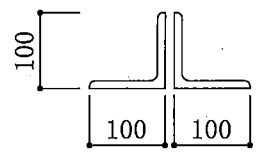
部材番号		1C1	
部材位置		1F Z3×Zb通り	
算定位置		柱頭	柱脚
部材断面 (材料)		H-400×400×13×21 (SS400)	
曲げモーメントに 対する検討	$M_s$ (kN・m)	276	271
	$Z_e$ (×10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	3330	3140
	${}_s f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	${}_s \sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	83	87
	${}_s \sigma_b / {}_s f_b$	0.36 < 1.0	0.38 < 1.0
軸力に対する検討	$N_s$ (kN)	1138	1138
	$A_n$ (mm <sup>2</sup> )	21870	20544
	${}_s \sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	53	56
	${}_s f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	211	211
	${}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.26 < 1.0	0.27 < 1.0
せん断力に 対する検討	$Q_s$ (kN)	135	135
	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	4654	3744
	${}_s f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	135	135
	${}_s \tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	30	37
	${}_s \tau / {}_s f_s$	0.23 < 1.0	0.28 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (フランジ)	${}_s \sigma_b / {}_s f_b + {}_s \sigma_c / {}_s f_c$	0.62 < 1.0	0.65 < 1.0
組合せ応力に 対する検討 (ウェブ)	${}_s f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	235
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	146	157
	$\sqrt{({}_s \sigma_b + {}_s \sigma_c)^2 + 3 {}_s \tau^2} / {}_s f_t$	0.63 < 1.0	0.67 < 1.0
断面図		<p>(単位: mm)</p>  <p>H-400×400×13×21</p>	

表-9 筋かいの断面算定結果

部材番号		2V1
部材位置		Zb通り2F Z16-Z15 間
部材断面 (材料)		2Ls-100×100×10 ( SS400 )
軸力に対する 検討	$N_s$ ( kN )	504
	$A_n$ ( mm <sup>2</sup> )	3370
	${}_s\sigma_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	150
	${}_sf_t$ ( N/mm <sup>2</sup> )	235
	${}_s\sigma_t/{}_sf_t$	0.64 < 1.0
断面図		<p style="text-align: right;">(単位 : mm )</p>  <p style="text-align: center;">2Ls-100×100×10</p>

(4) 基礎の設計

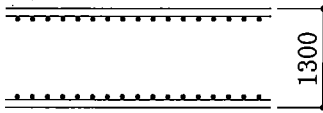
部材の断面算定は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999）」及び「建築基礎構造設計指針（2001）」に基づいて行う。

基礎の断面算定結果を表-10に示す。

断面算定（表-10）に用いる記号の説明

- $M_T$  : 転倒モーメント
- $N$  : 軸力
- $\sigma$  : 接地圧（ $\sigma = N/A$ 、 $A$ は基礎底面の面積）
- $\sigma_{max}$  : 最大接地圧（ $\sigma_{max} = \sigma \cdot a$ ）
- $\sigma_{min}$  : 最小接地圧（ $\sigma_{min} = \sigma \cdot a'$ ）
- $a, a'$  : 偏心がない場合の接地圧に対する底面縁端部接地圧の倍率
- $M$  : 曲げモーメント
- $Q_d$  : 設計用せん断力（地震時せん断力を1.5倍して算定）
- $Q_a$  : 短期許容せん断力
- $D$  : 基礎の厚さ
- $d$  : 曲げ部材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離
- $j$  : 曲げ部材の応力中心間距離（ $7d/8$ ）
- $q_a$  : 支持地盤の許容応力度
- $f_t$  : 鉄筋の短期許容引張応力度
- $\alpha$  : せん断スパン比（ $M / (Q \cdot d)$ ）による割り増し係数

表-10 基礎の断面算定結果

方向		EW
断面	D (mm)	1300
	d (mm)	1200
	j (mm)	1050
設計配筋	上端筋	D32@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	3970
	下端筋	D32@200
	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)	3970
軸力に対する検討	N (×10 <sup>2</sup> kN)	492
	M <sub>T</sub> (×10 <sup>2</sup> kN・m)	440
	σ (kN/m <sup>2</sup> )	101
	σ <sub>max</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	183
	σ <sub>min</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	18
	qa (kN/m <sup>2</sup> )	1960
	σ <sub>max</sub> /qa	0.10 < 1.0
曲げモーメントに対する検討	M (kN・m/m)	695
	M/(f <sub>t</sub> ・j) (mm <sup>2</sup> /m) ※1	1919 (< 3970)
せん断力に対する検討	Q <sub>d</sub> (kN/m)	761
	α	1.86
	Q <sub>a</sub> (kN/m)	2128
	Q <sub>d</sub> /Q <sub>a</sub>	0.36 < 1.0
断面図	(単位: mm)	
	 <p>2-D32@200 (タテ・ヨコ共)</p>	

※1 設計配筋より小さいことを確認する。

(5) 二次設計

a. 層間変形角

地震荷重による層間変形角は、表-11に示すとおりであり、判定基準1/120以内を満足している。

表-11 層間変形角

方向	階		層間変位 d (mm)	高さ h (mm)	層間変形角 d/h	判定基準
NS	2	M3	3.9	3025	1/775	≤ 1/120
		2	4.7	3858	1/820	
	1	M2	1.9	3122	1/1643	
		1	2.6	4145	1/1594	
EW	2	M3	8.1	3025	1/373	
		2	12.9	3858	1/299	
	1	M2	9.2	3122	1/339	
		1	14.8	4145	1/280	

b. 保有水平耐力の検討

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認する。

必要保有水平耐力と保有水平耐力を比較したものを表-12に示す。

渡り廊下（中央操作棟-2号発回均質棟間）の保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回っている。

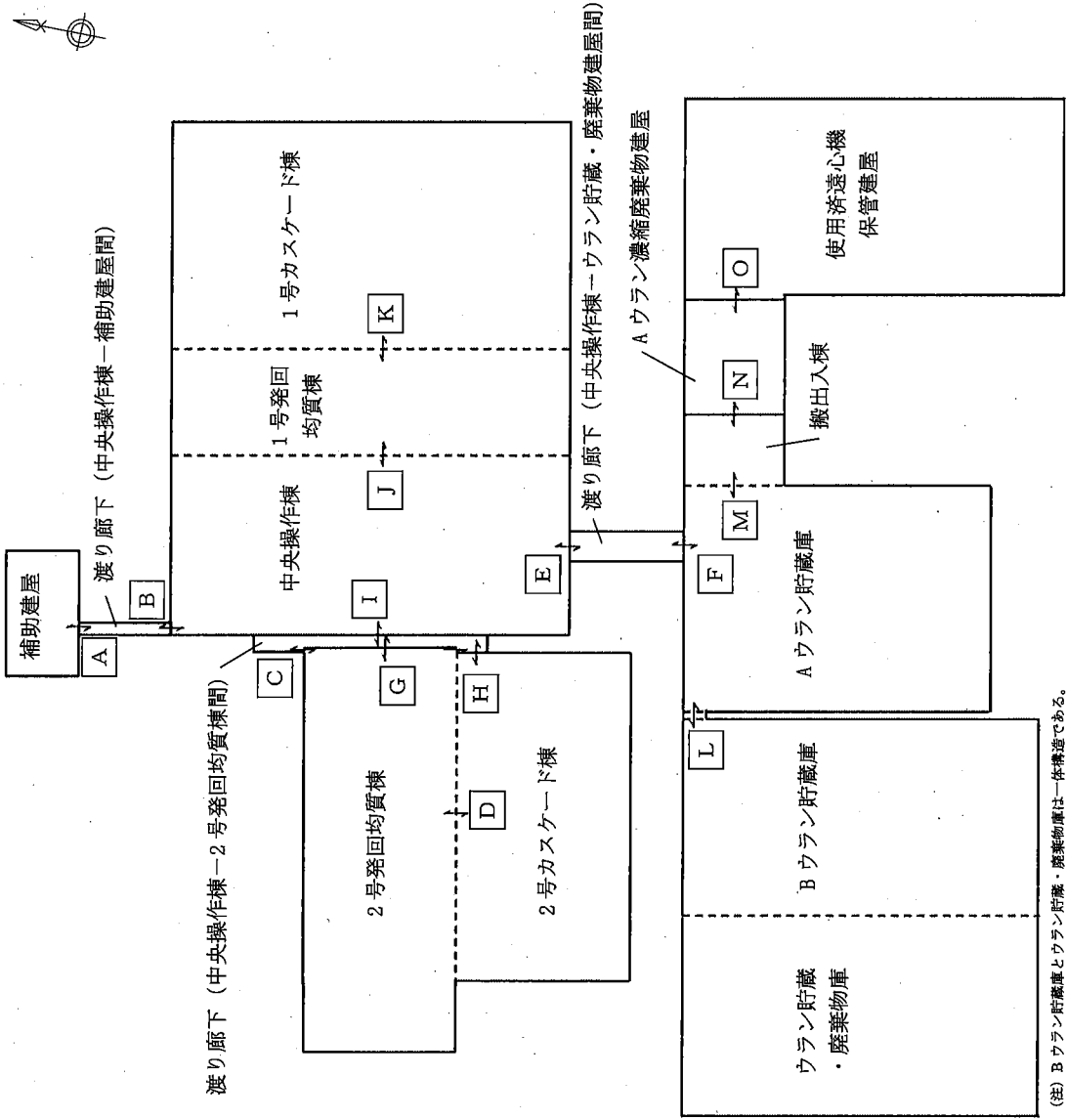
表-12 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

方向	階		$D_s$	$F_{es}$	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
NS	2	M3	0.35	1.00	1600	3070	1.91
		2	0.35	1.00	1750	2830	1.61
	1	M2	0.35	1.00	3940	11110	2.81
		1	0.35	1.00	4260	10400	2.44
EW	2	M3	0.30	1.00	1370	4640	3.38
		2	0.30	1.00	1500	3230	2.15
	1	M2	0.30	1.00	3380	8710	2.57
		1	0.30	1.00	3650	6610	1.81

14. 建物のクリアランスの評価

(1) 建物の配置

クリアランスの評価位置を図-1に示す。



(注) Bウラン貯蔵庫とウラン貯蔵・廃棄物庫は一体構造である。

—: クリアランスの評価位置

図-1 クリアランスの評価位置図



(2) 建物のクリアランスの評価結果

建物のクリアランスの評価は、隣り合う各建物の地震時変位の合計である建屋相対変位の値がクリアランスの設計許容値以下であることを確認する。

図-1のA～Oで示した位置での評価結果を表-1に示す。

表-1 評価結果

(単位: mm)

位置	地震による建屋相対変位					設計許容値	判定		
	相対する各建屋の変位*1				合計				
A	補助建屋	-	渡り廊下*2	56.63	-	80.04	136.67	140	良
B	渡り廊下*2	-	中央操作棟	80.04	-	64.65	144.69	170	良
C	2号発回均質棟	-	渡り廊下*3	0.44	-	7.72	8.16	50	良
D	2号発回均質棟	-	2号カスケード棟	0.44	-	22.39	22.83	60	良
E	中央操作棟	-	渡り廊下*4	31.94	-	16.72	48.66	80	良
F	渡り廊下*4	-	Aウラン貯蔵庫	16.72	-	0.21	16.93	50	良
G	2号発回均質棟	-	渡り廊下*3	0.21	-	27.81	28.02	70	良
H	2号カスケード棟	-	渡り廊下*3	95.26	-	48.66	143.92	160	良
I	渡り廊下*3	-	中央操作棟	48.66	-	81.07	129.73	140	良
J	中央操作棟	-	1号発回均質棟	81.07	-	1.01	82.08	100	良
K	1号発回均質棟	-	1号カスケード棟	1.01	-	130.38	131.39	150	良
L	Bウラン貯蔵庫	-	Aウラン貯蔵庫	1.04	-	0.77	1.81	60	良
M	Aウラン貯蔵庫	-	搬出入棟	0.77	-	32.38	33.15	60	良
N	搬出入棟	-	Aウラン濃縮廃棄物建屋	22.07	-	15.72	37.79	50	良
O	Aウラン濃縮廃棄物建屋	-	使用済遠心機保管建屋	15.72	-	17.13	32.85	150	良

\*1 各建屋の耐震性評価にて算出した層間変形角を用いて算出する。

\*2 渡り廊下 (中央操作棟-補助建屋間)

\*3 渡り廊下 (中央操作棟-2号発回均質棟間)

\*4 渡り廊下 (中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間)