

# 1. 添 付 資 料

## 目 次

- 資料 1 発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書
  - 資料 1-1 発電用原子炉設置変更許可申請書「本文（五号）」との整合性
  - 資料 1-2 発電用原子炉設置変更許可申請書「本文（十一号）」との整合性
  
- 資料 2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書
  
- 資料 3 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書
  
- 資料 4 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書
  
- 資料 5 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書
  
- 資料 6 安全避難通路に関する説明書
  
- 資料 7 非常用照明に関する説明書
  
- 資料 8 耐震性に関する説明書
  - 資料 8-1 耐震設計の基本方針
  - 資料 8-2 波及的影響に係る基本方針
  - 資料 8-3 申請設備に係る耐震設計の基本方針
  - 資料 8-4 耐震計算方法
  - 資料 8-5 耐震計算結果
  - 資料 8-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果
  - 別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要
  
- 資料 9 設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書
  - 資料 9-1 設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書
  - 資料 9-2 本設工認に係る設計の実績、工事及び検査の計画

資料 2 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添2-1
2. 基本方針 .....	04-添2-1
3. 外部からの衝撃への配慮 .....	04-添2-1
4. 組合せ .....	04-添2-1
5. まとめ .....	04-添2-1



## 1. 概要

本資料は、化学体積制御設備配管について、自然現象等の外部からの衝撃への配慮について説明するものである。「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第5条（地震による損傷の防止）及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）については、「耐震性に関する説明書」にてその適合性を説明するため、本資料においては、技術基準規則第6条（津波による損傷の防止）及び第7条（外部からの衝撃による損傷の防止）並びにそれらの解釈に基づき、化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更の内容が、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の自然現象等損傷防止に関する説明書」という。）において適合性が確認された地震を除く自然現象等の外部からの衝撃による損傷の防止に関する設計に影響を与えないことを説明する。

## 2. 基本方針

自然現象等による損傷の防止に関する基本方針は、新規制工事計画時の自然現象等損傷防止に関する説明書の2. から変更はない。

## 3. 外部からの衝撃への配慮

自然現象等による損傷の防止に関する外部からの衝撃への配慮は、新規制工事計画時の自然現象等損傷防止に関する説明書の3. から変更はない。

## 4. 組合せ

自然現象等による損傷の防止に関する組合せは、新規制工事計画時の自然現象等損傷防止に関する説明書の4. から変更はない。

## 5. まとめ

今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更については、想定される自然現象及び人為事象に対する防護措置や自然現象等の組合せを変更するものではなく、新規制工事計画時の自然現象等損傷防止に関する説明書において適合性が確認された地震を除く自然現象等による損傷の防止に関する設計に影響を与えないことを確認した。

資料 3 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添3-1
2. 基本方針 .....	04-添3-1
3. まとめ .....	04-添3-1

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第9条（発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止）及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に基づき、化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更の内容が、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料6「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の健全性に関する説明書」という。）において適合性が確認された安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する設計に影響を与えないことを説明するものである。

## 2. 基本方針

安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する基本方針は、新規制工事計画時の健全性に関する説明書の2. から変更はない。

## 3. まとめ

今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更については、新規制工事計画時の健全性に関する説明書のうち資料6－別添3「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止について」における発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止、出入り管理及び持込み物品の点検等及び不正アクセス行為の防止対策を変更するものではなく、新規制工事計画時の健全性に関する説明書において適合性が確認された安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する設計に影響を与えないことを確認した。

資料 4 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添4-1
2. 火災防護に関する評価 .....	04-添4-1
2.1 評価方法 .....	04-添4-1
2.2 評価結果 .....	04-添4-1

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第11条（火災による損傷の防止）及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」が適合することを要求している「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（平成25年6月19日制定）に基づき、化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更の内容が、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料7「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の火災説明書」という。）において適合性が確認された火災防護に関する設計及び評価に影響を与えないことを説明するものである。

## 2. 火災防護に関する評価

### 2.1 評価方法

今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更において、配管の取替えを実施することから、配管の取替えに係る工事計画変更の内容が火災防護に関する設計及び評価に影響を与えないことを確認する。

なお、配管設置箇所及び配管ルートについては、新規制工事計画時の火災説明書に示す設計から変更がないため、新規制工事計画時の火災説明書による。

### 2.2 評価結果

化学体積制御設備配管の取替えに係る今回の申請について、配管の材料に火災の発生防止として、不燃性材料を使用する設計とする新規制工事計画時の火災説明書から変更はない。

また、耐震クラス及び施設の区分に応じて十分な支持性能を持つ地盤に設置するとともに、耐震クラス及び施設の区分に応じた耐震設計とすることから新規制工事計画時の火災説明書より変更がなく、火災防護の対策に影響を及ぼさないことを確認した。

なお、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減については、化学体積制御設備配管の設置箇所に変更がないことから、設置される火災区域の火災感知設備及び消火設備並びに火災の影響軽減の設計は、新規制工事計画時の火災説明書の設計から変更がないことを確認した。

以上のことから、今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更については、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする新規制工事計画時の火災説明書に影響を及ぼさないため、技術基準規則に適合している。

資料 5 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添5-1
2. 溢水防護に関する評価 .....	04-添5-1

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第12条（発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止）及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に基づき、化学体積制御設備配管が発電所施設内における溢水の発生により、その要求される機能を損なうおそれがないことを説明するものである。

## 2. 溢水防護に関する評価

原子炉施設内において発生を想定する溢水に対し、没水、被水及び蒸気影響については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料8「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の溢水説明書」という。）及び平成31年2月6日付け原規規発第1902064号にて認可された工事計画の資料2「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」（以下「BF工事計画時の溢水説明書」という。）において、配管は構造が単純で外部からの動力の供給を必要としないため、溢水の影響を受けても要求される機能を損なうおそれがないことを確認しており、化学体積制御設備配管の取替えに係る今回の申請において、防護設計、溢水源、溢水量及び機能喪失高さに変更はないことから評価結果に影響を及ぼすものではない。また、機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等（以下「その他漏えい事象」という。）については、BF工事計画時の溢水説明書において、その他漏えい事象により要求される機能を損なうおそれがないことを確認しており、今回の申請において溢水源及び溢水量に変更がないことから確認結果に影響を及ぼすものではない。

資料 6 安全避難通路に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添6-1
2. 基本方針 .....	04-添6-1
3. 施設の詳細設計方針 .....	04-添6-1
4. まとめ .....	04-添6-1

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第13条第1項第1号に基づき、化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更の内容が、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料11「安全避難通路に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の安全避難通路に関する説明書」という。）において適合性が確認された安全避難通路に関する設計に影響を与えないことを説明するものである。

## 2. 基本方針

安全避難通路に関する基本方針は、新規制工事計画時の安全避難通路に関する説明書の2. から変更はない。

## 3. 施設の詳細設計方針

安全避難通路に関する施設の詳細設計方針は、新規制工事計画時の安全避難通路に関する説明書の3. から変更はない。

## 4. まとめ

今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更については、非常灯や誘導灯を配置した安全避難通路を変更するものではなく、新規制工事計画時の安全避難通路に関する説明書において適合性が確認された安全避難通路の設計に影響を与えないことを確認した。

資料 7 非常用照明に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添7-1
2. 基本方針 .....	04-添7-1
3. 施設の詳細設計方針 .....	04-添7-1
4. まとめ .....	04-添7-1

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第13条第1項第2号及び技術基準規則第13条第1項第3号並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に基づき、化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更の内容が、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料12「非常用照明に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の非常用照明に関する説明書」という。）において適合性が確認された非常用照明に関する設計に影響を与えないことを説明するものである。

## 2. 基本方針

非常用照明に関する基本方針は、新規制工事計画時の非常用照明に関する説明書の2.から変更はない。

## 3. 施設の詳細設計方針

非常用照明に関する施設の詳細設計方針は、新規制工事計画時の非常用照明に関する説明書の3.から変更はない。

## 4. まとめ

今回の化学体積制御設備配管取替えに係る工事計画変更については、作業用照明や避難用照明を変更するものではなく、新規制工事計画時の非常用照明に関する説明書において適合性が確認された非常用照明の設計に影響を与えないことを確認した。



資料 8 耐震性に関する説明書

## 目 次

- 資料 8-1 耐震設計の基本方針
- 資料 8-2 波及的影響に係る基本方針
- 資料 8-3 申請設備に係る耐震設計の基本方針
- 資料 8-4 耐震計算方法
- 資料 8-5 耐震計算結果
- 資料 8-6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果
- 別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要

資料 8 - 1 耐震設計の基本方針

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添8-1-1
2. 耐震設計の基本方針 .....	04-添8-1-1
2.1 基本方針 .....	04-添8-1-1
2.2 適用規格 .....	04-添8-1-1
3. 設計基準対象施設の耐震重要度分類 .....	04-添8-1-2
3.1 耐震重要度分類 .....	04-添8-1-2
3.2 波及的影響に対する考慮 .....	04-添8-1-2
4. 設計用地震力 .....	04-添8-1-2
5. 機能維持の基本方針 .....	04-添8-1-3
6. 構造計画と配置計画 .....	04-添8-1-3
7. ダクティリティに関する考慮 .....	04-添8-1-3
8. 機器・配管系の支持方針について .....	04-添8-1-3
9. 耐震計算の基本方針 .....	04-添8-1-3

## 1. 概要

本資料は、申請設備の耐震設計が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第4条（地盤）及び第5条（地震による損傷の防止）に適合す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

発電用原子炉施設の耐震設計は、設計基準対象施設については地震により安全機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合する設計とする。

申請設備及び申請設備を設置する原子炉格納施設等並びに原子炉格納施設等の地盤に関する耐震設計の基本方針は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の2.1項から変更はない。

なお、今回の工事で化学体積制御系統配管を仕様の異なるものに変更を行うが、設置場所に変更はなく、配管材質、継手形状の変更や配管支持構造物の増強に伴う質量増加は原子炉格納施設等の質量に対して極めて小さく、原子炉格納施設等の地震応答解析モデルに与える影響は極めて軽微であるため、原子炉格納施設等の耐震評価及び原子炉格納施設等の地盤の支持性能に関する評価は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-16-1「原子炉格納施設等の基礎の耐震計算書」、資料13-16-2「原子炉格納容器の耐震計算書」及び資料13-16-3「原子炉周辺建屋の耐震計算書」による。

### 2.2 適用規格

適用する規格は、以下のとおりである。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 - 1987」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補 - 1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 - 1991 追補版」（社）日本電気協会  
（以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。）
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）
- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））〈第I編 軽水炉規格〉 JSME S NC1-2005/2007」（社）日本機械学会（以下「JSME S NC1-2005/2007」という。）

ただし、JEAG4601に記載されているAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設とした上で、基準地震動S2、S1をそれぞれ基準地震動Ss、弾性設計用地震動Sdと読み替える。なお、Aクラスの施設をSクラスと読み替える際には基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdを適用するものとする。

また、JEAG4601中の「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号）に関する内容については、JSME S NC1-2005/2007に従うものとする。

### 3. 設計基準対象施設の耐震重要度分類

#### 3.1 耐震重要度分類

耐震重要度分類については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の3.1項によるものとする。

#### 3.2 波及的影響に対する考慮

波及的影響に対する考慮については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の3.3項によるものとする。

本工事において、この方針に基づき波及的影響に対する考慮を実施した結果については、資料8-2「波及的影響に係る基本方針」に示す。

### 4. 設計用地震力

設計用地震力は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の4項によるものとする。

5. 機能維持の基本方針

機能維持の基本方針については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の5項によるものとする。

6. 構造計画と配置計画

構造計画と配置計画は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の6項によるものとする。

7. ダクティリティに関する考慮

ダクティリティに関する考慮は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の8項によるものとする。

8. 機器・配管系の支持方針について

機器・配管系の支持方針については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の9項によるものとする。

9. 耐震計算の基本方針

耐震計算の基本方針は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-1「耐震設計の基本方針」の10項によるものとする。

また、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、資料8-6「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

資料 8-2 波及的影響に係る基本方針



## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添8-2-1
2. 基本方針 .....	04-添8-2-1
3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針 .....	04-添8-2-1
3.1 波及的影響を考慮した施設の設計の観点 .....	04-添8-2-1
4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設 .....	04-添8-2-2
5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討 .....	04-添8-2-2

## 1. 概要

本資料は、資料 8-1 「耐震設計の基本方針」の「3.2 波及的影響に対する考慮」に基づき、設計基準対象施設の耐震設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。

本資料の適用範囲は、設計基準対象施設である。

申請設備の波及的影響に係る基本方針について、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708255 号にて認可された工事計画の資料 13-5 「波及的影響に係る基本方針」から変更はない。

## 2. 基本方針

設計基準対象施設のうち耐震重要度分類の S クラスに属する施設（以下「S クラス施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれその安全機能に必要な機能を損なわないように設計する。

## 3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針

### 3.1 波及的影響を考慮した施設の設計の観点

S クラス施設の設計においては、「設置許可基準規則の解釈の別記 2」（以下「別記 2」という。）に記載の以下の 4 つの観点で実施する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ② 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- ③ 建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- ④ 建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

また、上記①～④以外に設計の観点に含める事項がないかを確認する。原子力発電情報公開ライブラリ(NUCIA:ニューシア)から、原子力発電所の被害情報を抽出し、その要因を整理する。地震被害の発生要因が「別記 2」①～④の検討事項に分類されない要因については、その要因も設計の観点に追加する。

以上の①～④の具体的な設計方法は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708255 号にて認可された工事計画の資料 13-1 「耐震設計の基本方針」の 3.2～3.5 項から変更はない。また、S クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に示す。

#### 4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-5「波及的影響に係る基本方針」では、Sクラス施設に対して波及的影響を考慮すべき下位クラス施設として廃棄物処理建屋、永久構台等があるが、今回取替を実施するSクラス施設のうち当該配管の設置場所及び下位クラス施設との位置関係には変更がないことから、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-5「波及的影響に係る基本方針」から変更はない。

また、原子力発電情報公開ライブラリ（NUCIA：ニューシア）から、原子力発電所の被害情報を抽出し、その要因を整理した結果、「別記2」①～④の検討事項に分類されない要因がないことを確認した。

#### 5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

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

工事段階における検討は、3.1項の4つの観点のうち、③及び④の観点、すなわち下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラントウォークダウンにより実施する。

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

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

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

また、工事段階における確認の後も、波及的影響を防止するように現場を保持するため、保安規定に機器設置時の配慮事項等を定めて管理する。

資料 8 - 3 申請設備に係る耐震設計の基本方針

# 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添8-3-1
2. 設備の耐震重要度分類 .....	04-添8-3-2
3. 耐震計算の基本事項 .....	04-添8-3-3
3.1 構造計画 .....	04-添8-3-3
3.2 設計用地震力 .....	04-添8-3-3
3.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	04-添8-3-6

## 1. 概要

化学体積制御設備配管の改造に伴い、配管が十分な耐震性を有することを確認するための耐震設計の基本方針を以下に述べる。

2. 設備の耐震重要度分類

今回の申請設備の耐震重要度分類を第2-1表に示す。

第2-1表 設備の耐震重要度分類

設備名称	機器等の名称	重要度分類
原子炉冷却系統施設 8 化学体積制御設備	化学体積制御設備配管 (原子炉格納容器内 再生熱交換器出口配管)	(注1)  Sクラス
	化学体積制御設備配管 (原子炉格納容器外 再生熱交換器出口配管) (非再生冷却器入口配管)	(注1)  Bクラス

(注1) 重要度分類は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の添付資料13-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の2.1項による。

### 3. 耐震計算の基本事項

#### 3.1 構造計画

配管系は、原則として剛構造とする。

#### 3.2 設計用地震力

##### 3.2.1 静的地震力

静的地震力は、第3-1表の震度に基づき算定する。

第3-1表 静的地震力

区分	重要度分類	水平震度	鉛直震度	摘要
配管	Sクラス	$3.6C_1$	0.288	(注1) $C_1$ : 機器が設置される建屋の床面ごとの層せん断力係数
	Bクラス	$1.8C_1$	—	

(注1) 層せん断力係数は下式による。

$$C_1 = R_t A_i C_0$$

$R_t$  : 振動特性係数 0.8

$A_i$  :  $C_1$ の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 0.2



### 3.2.2 動的地震力

動的地震力は、第3-2表の床応答曲線に基づく動的解析により算定する。

第3-2表 動的地震力

区分	重要度分類	水平地震動	鉛直地震動	摘要
配管	Sクラス	(注1) 設計用床応答曲線 Sd	(注1) 設計用床応答曲線 Sd	(注2) 荷重の組合せは、 二乗和平方根 (SRSS)法による。
		(注1) 設計用床応答曲線 Ss	(注1) 設計用床応答曲線 Ss	(注2) 荷重の組合せは、 二乗和平方根 (SRSS)法による。
	Bクラス	(注1) 設計用床応答曲線 Sdの1/2倍	(注1) 設計用床応答曲線 Sdの1/2倍	(注2) 荷重の組合せは、 二乗和平方根 (SRSS)法による。

(注1) 設計用床応答曲線は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の添付資料13-7「設計用床応答曲線の作成方針」によるものとする。

(注2) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

### 3.2.3 設計用地震力

Sd地震時の評価では、水平方向と鉛直方向は静的地震力と動的地震力のいずれか大きい方とする。水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。

Ss地震時の評価では、水平方向と鉛直方向は動的地震力とする。

設計用地震力を第3-3表に示す。

第 3-3 表 設計用地震力

許容応力 状 態	水平		鉛直	摘 要
	動的地震力	静的地震力		
Ⅲ <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 Sd (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 Sd (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	
	—	静的震度 (3.6C <sub>I</sub> )	静的震度 (0.288)	
Ⅳ <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 Ss (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 Ss	節点ごとに、2 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 Ss (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 Ss	
B <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 Sd の 1/2 倍 (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd の 1/2 倍	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 Sd の 1/2 倍 (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd の 1/2 倍	
	—	静的震度 (1.8C <sub>I</sub> )	—	

### 3.3 荷重の組合せ及び許容応力

#### 3.3.1 記号の説明

記号の説明を第3-4表に示す。

第3-4表 記号の説明 (1/2)

記号	単位	定 義
D	—	死荷重
P <sub>D</sub>	—	地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
M <sub>D</sub>	—	地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
P <sub>d</sub>	—	当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
M <sub>d</sub>	—	当該設備に設計上定められた機械的荷重
S <sub>d</sub>	—	弾性設計用地震動S <sub>d</sub> により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力
S <sub>s</sub>	—	基準地震動S <sub>s</sub> により定まる地震力
S <sub>B</sub>	—	耐震Bクラスの設備に適用される地震動により定まる地震力又は静的地震力
Ⅲ <sub>A</sub> S	—	JSME S NC1-2005/2007の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
Ⅳ <sub>A</sub> S	—	JSME S NC1-2005/2007の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
B <sub>A</sub> S	—	耐震Bクラス設備の地震時の許容応力状態
S <sub>y</sub>	MPa	設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表8に規定される値
S <sub>u</sub>	MPa	設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表9に規定される値
S	MPa	許容引張応力 JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表5又は表6に規定される値

第3-4表 記号の説明 (2/2)

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

3.3.2 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力を第3-5表及び第3-6表に示す。

第3-5表 荷重の組合せ及び許容応力 (クラス2管)

(クラス2管)

区分	許容 力 状 態	荷重の 組 合 せ	許 容 限 界			
			一次一般 膜 応 力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S ク ラ ス / ク ラ ス 2 管	III <sub>A</sub> S	$D + P_D + M_D + S_d$	(注1) $S_y$ と $0.6S_u$ の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と $1.2S$ との大きい方とする	$S_y$  ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と $1.2S$ との大きい方とする	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わないものとする	(注2)
	IV <sub>A</sub> S	$D + P_D + M_D + S_s$	(注1) $0.6S_u$	左欄の1.5倍の値		
B ク ラ ス / ク ラ ス 2 管	B <sub>A</sub> S	$D + P_d + M_d + S_B$	(注3) $S_y$ と $0.6S_u$ の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と $1.2S$ との大きい方とする	$S_y$  ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と $1.2S$ との大きい方とする	(注4) —	—

(注1) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub> S の一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

(注2)  $2S_y$  を超えるときは、簡易弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PPB-3536 ((3)、(6)及び(7)を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える) による。

(注3) 軸力による全断面平均応力については、本欄の0.8倍の値とする。

(注4) 異なる建屋間に設置される等、地震時相対変位を考慮する場合は、地震のみによる一次+二次応力の振幅に対して $2S_y$ とする。

第3-6表 荷重の組合せ及び許容応力（クラス2支持構造物）（1/2）

（クラス2支持構造物）

耐震 クラス	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)										(注2) (注4) 許容限界 (ボルト等)		形式試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	(注5) 座屈	引張	せん断	
S	Ⅲ <sub>AS</sub>	(注6) D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + Sd	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	(注7) 3f <sub>s</sub>	(注8) 3f <sub>b</sub>	(注9) 1.5f <sub>p</sub>	(注8) (注9) 1.5f <sub>b</sub> ,	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
	Ⅳ <sub>AS</sub>	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + Ss	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	〔Sd又はSs地震動の みによる応力振幅 について評価す る。〕			(注9) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	$T_L \times 0.6 \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

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

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

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

(注4) コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、Ⅲ<sub>AS</sub>の許容応力を一次引張応力に対してはf<sub>t</sub>、一次せん断応力に対してはf<sub>s</sub>として、また、Ⅳ<sub>AS</sub>→Ⅲ<sub>AS</sub>として応力評価を行う。

(注5) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあっては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(注6) P<sub>D</sub>及びM<sub>D</sub>について、ECCS等に属する設備に対しては運転状態Ⅳ(L)の荷重を含むものとする。

(注7) すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注8) JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注9) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

第3-6表 荷重の組合せ及び許容応力（クラス2支持構造物）（2/2）

耐震 クラス	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許 容 限 界 (注1) (注2) ( ボ ル ト 以 外 )										(注2) (注3) 許容限界 (ボルト等)		形式試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
B	B <sub>A</sub> S	D + P <sub>d</sub> + M <sub>d</sub> + S <sub>B</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	(注4) 3f <sub>s</sub>	(注5) 3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub>	(注5) (注6) 1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

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

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

(注3) コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、許容応力を一次引張応力に対してはf<sub>t</sub>、一次せん断応力に対してはf<sub>s</sub>として応力評価を行う。

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

(注5) JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

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



### 3.3.3 使用材料の許容応力

今回の申請設備に使用する材料の許容応力を第3-7表に示す。

第3-7表 使用材料の許容応力

#### (1) クラス2管

材 料 名	温度条件 (°C)		(注1)	(注2)	(注3)	適 用
			S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	
SUS316TP	最高使用温度	200	127	149	440	原子炉格納容器外 再生熱交換器出口配管  非再生冷却器入口配管  原子炉格納容器内 再生熱交換器出口配管

(注1) JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表5による。

(注2) JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表8による。

(注3) JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表Part5表9による。

資料 8 - 4 耐震計算方法

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添8-4-1
2. 配管の耐震計算方法 .....	04-添8-4-1
2.1 概要 .....	04-添8-4-1
2.2 耐震計算方法 .....	04-添8-4-1
2.3 応力解析 .....	04-添8-4-7
3. 支持構造物の強度及び耐震性に関する説明 .....	04-添8-4-8
3.1 概要 .....	04-添8-4-8
3.2 支持構造物の耐震計算方法 .....	04-添8-4-9

## 1. 概要

本資料は、資料 8-3 「申請設備に係る耐震設計の基本方針」に従い、配管及び支持構造物の耐震計算方法を説明するものである。

## 2. 配管の耐震計算方法

### 2.1 概要

本資料は、資料 8-3 「申請設備に係る耐震設計の基本方針」に基づき、申請範囲及び申請範囲外も含めた解析範囲の配管の計算方法を示す。

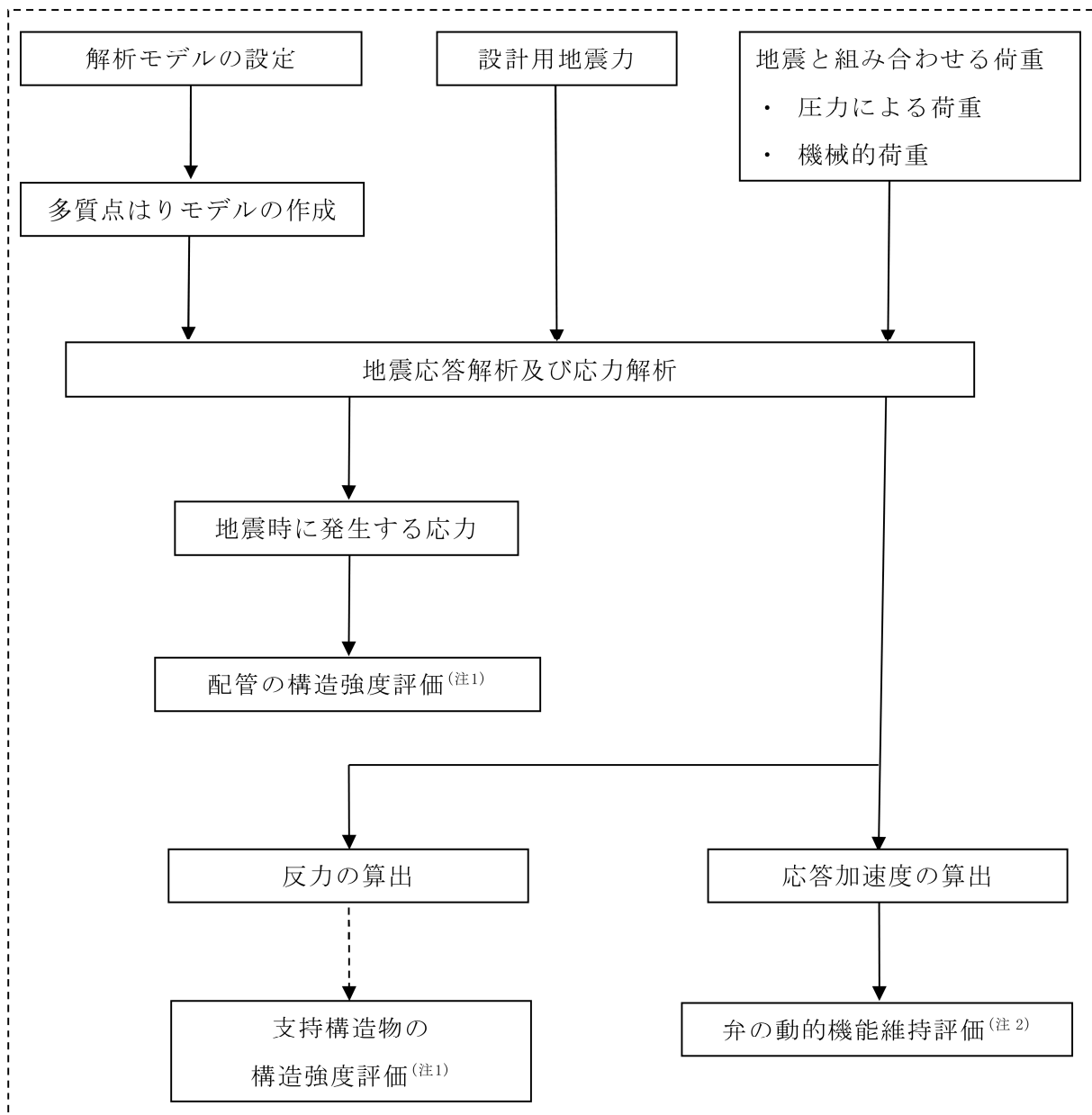
### 2.2 耐震計算方法

#### 2.2.1 基本事項

計算はスペクトルモーダル法によるものとし、計算に用いる設計用床応答曲線及び適用減衰定数を第 2-2 表「設計用床応答曲線区分及び減衰定数」に示す。

また、荷重の組合せ及び許容応力については、資料 8-3 「申請設備に係る耐震設計の基本方針」に基づくものとする。

配管の耐震評価フローを第 2-1 図に示す。

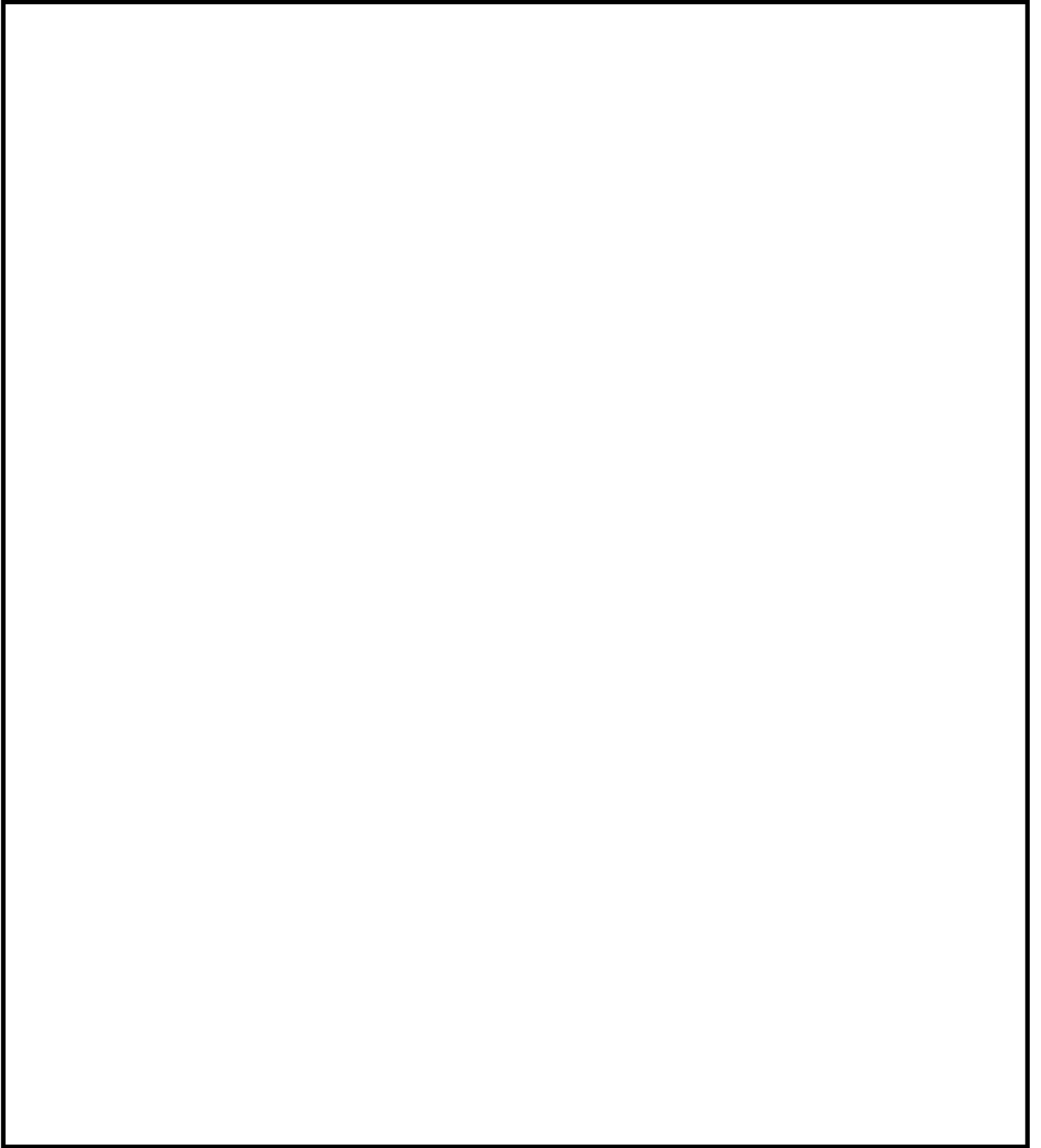


(注1) 本資料にて記載。

(注2) 今回の申請範囲に動的機能維持弁は無い。

第2-1図 配管・配管支持構造物・弁の耐震評価フロー

### 2.2.2 解析モデルの作成方法



### 2.2.3 設計用地震力

解析に使用する設計用地震力は、次のとおりである。

#### (1) 静的地震力

静的地震力を第2-1表に示す。

第 2-1 表 静的地震力

重要度分類	建 屋	EL. (m)	水平震度	鉛直震度	摘 要
Sクラス	内部コンクリート			0.288	(注1)  $C_1$ : 機器が設置される建屋の床面ごとの層せん断力係数
Bクラス	原子炉格納容器			—	
	原子炉周辺建屋				

(注1) 層せん断力係数は下式による。

$$C_1 = R_t A_i C_0$$

$R_t$  : 振動特性係数 0.8

$A_i$  :  $C_1$  の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 0.2

(2) 動的地震力

動的地震力は、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の添付資料13-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、第2-2表に示す条件の設計用床応答曲線 $S_s$ 及び設計用床応答曲線 $S_d$ を用いて算定した値とする。ブロックごとに、設計用床応答曲線を包絡させて使用する。また、減衰定数は平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された工事計画の資料13-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

第2-2表 設計用床応答曲線区分及び減衰定数

機器名	建屋	床応答曲線高さ EL. (m)	減衰定数 (%)
化学体積制御設備配管 (原子炉格納容器外 再生熱交換器出口配管)	基礎		1.0
	原子炉格納容器		
	原子炉周辺建屋		
化学体積制御設備配管 (非再生冷却器入口配管)	基礎		0.5
	原子炉周辺建屋		
化学体積制御設備配管 (原子炉格納容器内 再生熱交換器出口配管)	基礎		1.5
	原子炉格納容器		
	内部コンクリート		



(3) 設計用地震力

Sd地震時の評価では、水平方向と鉛直方向は静的地震力と動的地震力のいずれか大きい方とする。水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。

Ss 地震時の評価では、水平方向と鉛直方向は動的地震力とする。

設計用地震力を第 2-3 表に示す。

第 2-3 表 設計用地震力

許容応力 状 態	水平		鉛直	摘 要
	動的地震力	静的地震力		
Ⅲ <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 Sd (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 Sd (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	
	—	静的震度 (0.725)	静的震度 (0.288)	
Ⅳ <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 Ss (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 Ss	節点ごとに、2 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 Ss (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 Ss	
B <sub>A</sub> S	設計用 床応答曲線 1/2Sd (E-W 方向)	—	設計用 床応答曲線 1/2Sd	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う
	設計用 床応答曲線 1/2Sd (N-S 方向)	—	設計用 床応答曲線 1/2Sd	
	—	静的震度 (0.288)	—	

## 2.3 応力解析

### 2.3.1 基本方針

#### (1) 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力は、資料 8-3 「申請設備に係る耐震設計の基本方針」によるものとする。

#### (2) 地震荷重の変動回数

疲労評価に用いる地震荷重の変動回数は、次のとおりとする。

Sd 地震時  回  
Ss 地震時  回

### 2.3.2 応力解析方法

応力解析は、平成 25 年 4 月 10 日付け原管 P 収第 130125001 号、20130125 商第 1 号にて認可された工事計画の添付資料 4-2 「強度計算方法」に準じて行う。

### 3. 支持構造物の強度及び耐震性に関する説明

#### 3.1 概要

本章は、資料 8-3 「申請設備に係る耐震設計の基本方針」に基づき、申請範囲及び申請範囲外も含めた解析範囲の配管及び弁の支持構造物の設計原則を示すとともに、支持構造物の種類及び型式ごとの耐震計算の方法を示す。

なお、支持構造物は、強度及び耐震評価における評価の基本式が同一であり、かつ地震荷重が支配的であることから、強度計算を含めた耐震計算の方法を示す。

##### 3.1.1 設計原則

###### (1) 支持構造物の設計要領

- a. 地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重<sup>(注)</sup>によって、支持構造物に生ずる応力が許容応力以下となるように設計する。
- b. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、地震時や各運転状態で生ずる荷重を算出し、その中で評価上最も厳しい条件で設計を実施する。

(注) 今回の申請を行う管には安全弁等が設置されておらず、評価上有意な機械的荷重（自重は除く。）は作用しない。

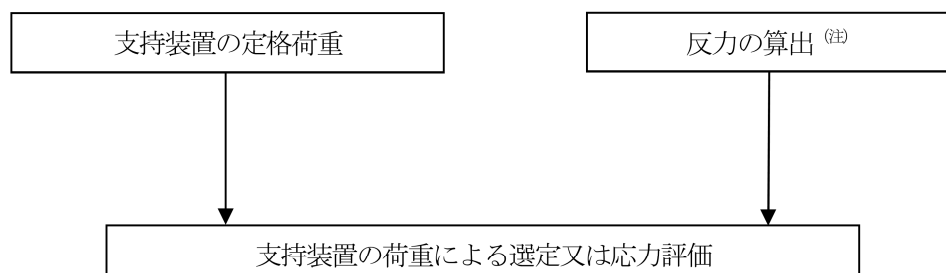
###### (2) 支持構造物の設計に用いる荷重

- a. 運転温度が高く運転状態Ⅰ及びⅡにおいて発生する荷重が大きい配管の支持構造物の場合は、運転状態Ⅰ及びⅡにおいて発生する荷重と地震時荷重を許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>及びⅡ<sub>A</sub>（供用状態A及びB）基準に換算した荷重を包絡した設計用荷重を最大発生荷重と定義し、最大発生荷重が許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>及びⅡ<sub>A</sub>（供用状態A及びB）を基準として支持構造物の型式ごとに許容し得る荷重として設定された定格荷重以下となるか、最大発生荷重による発生応力が許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>及びⅡ<sub>A</sub>（供用状態A及びB）以下となるように設計する。
- b. 最大発生荷重は、3次元はりモデルの解析結果による支持点荷重より算出する。なお、地震力は、動的地震力と静的地震力とで比較を行って大きい方を用いる。

### 3.2 支持構造物の耐震計算方法

#### 3.2.1 概要

申請範囲の支持構造物の耐震評価は、支持装置の種類及び型式ごとに最大発生荷重に対し標準的に定められた定格荷重との比較、又は発生応力と許容応力の比較により支持装置が十分な強度を有することを確認する。申請範囲の配管の支持構造物の評価フローを第3-1図に示す。



(注) 3次元はり解析から得られる反力を用いる。

第3-1図 配管支持構造物の評価フロー

### 3.2.2 基本方針

#### (1) 評価方針

申請範囲の支持装置の種類ごとの強度及び耐震評価は、以下の支持装置に分類し応力評価を行う。

##### a. メカニカルスナバ、ロッドレストレイント

本支持装置の評価は各支持点における最大発生荷重が支持装置の定格荷重以下であることを確認し、十分な強度及び耐震性を有することを確認する。

また、各支持装置の定格荷重における各強度部材の応力評価についても併せて行う。第3-2図にメカニカルスナバ、第3-3図にロッドレストレイントの概略図を示す。

##### (a) メカニカルスナバ



第3-2図 メカニカルスナバ概略図

##### (b) ロッドレストレイント



第3-3図 ロッドレストレイント概略図

b. ラグ

ラグは、配管に直接溶接されたパッドと架構部分から構成され、それを建屋側に剛に取り付けることで配管の軸力及び回転を完全に拘束する支持装置である。なお、ラグには作用する荷重によりせん断及び曲げ応力が発生する。

本評価では、パッドと配管の溶接部、パッドと角形鋼管の溶接部、角形鋼管及び角形鋼管と底板の溶接部に最大発生荷重が作用した場合に生じる最大発生応力と許容応力を比較し、十分な強度及び耐震性を有することを確認する。第 3-4 図にラグの概略図を示す。



第 3-4 図 ラグ概略図

c. U ボルト

U ボルトは配管軸直 2 方向を拘束する支持装置である。なお、U ボルトには作用する荷重により引張及びせん断応力が発生する。

本評価では、U ボルトに最大発生荷重が作用した場合に生じる最大発生応力と許容応力を比較し、十分な強度及び耐震性を有することを確認する。第 3-5 図に U ボルトの概略図を示す。



第 3-5 図 U ボルト概略図

d. Uバンド

Uバンドは配管軸直2方向及び軸方向を拘束する支持装置である。なお、Uバンドには作用する荷重により引張、せん断及び曲げ応力が発生する。

本評価では、Uバンドに最大発生荷重が作用した場合に生じる最大発生応力と許容応力を比較し、十分な強度及び耐震性を有することを確認する。第3-6図にUバンドの概略図を示す。

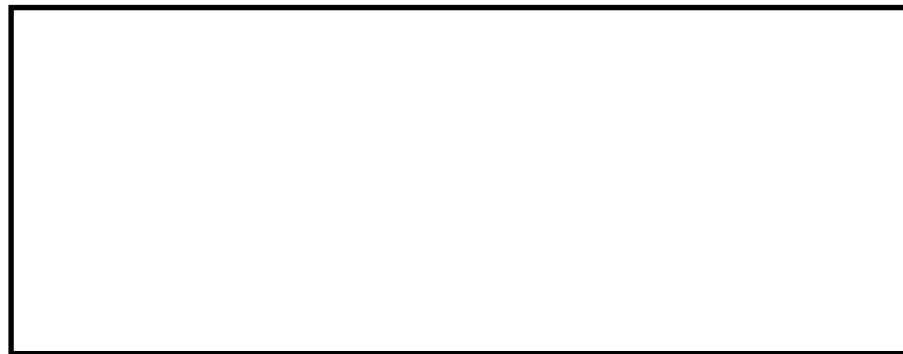


第3-6図 Uバンド概略図

e. ビーム

ビームは、鋼材を組み合わせて配管軸直方向を拘束する支持装置である。なお、ビームには作用する荷重により曲げ応力が発生する。

本評価では、ビームに最大発生荷重が作用した場合に生じる最大発生応力と許容応力を比較し、十分な強度及び耐震性を有することを確認する。第3-7図にビームの概略図を示す。



第3-7図 ビーム概略図

(2) 許容応力

支持装置に適用する許容応力状態を、第3-1表「支持装置に適用する許容応力状態」、各許容応力状態に対する許容応力を、第3-2表「各許容応力状態に対する許容応力」に示す。

第3-1表 支持装置に適用する許容応力状態

		許容応力状態
支持装置	メカニカルスナバ	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>
	ロッドレストレイント	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>
	アンカサポート (ラグ)	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>
	Uボルト	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>
	Uバンド	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>
	ビーム	I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>

第3-2表 各許容応力状態に対する許容応力

許容応力 状 態	許容応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ <sup>°</sup>	支圧
I <sub>A</sub> 、II <sub>A</sub>	f <sub>t</sub>	f <sub>s</sub>	f <sub>c</sub>	f <sub>b</sub>	f <sub>p</sub>
III <sub>A</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>
III <sub>A</sub> S					
B <sub>A</sub> S					
IV <sub>A</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>p</sub> <sup>*</sup>
IV <sub>A</sub> S					

(注) 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>、1.5f<sub>s</sub><sup>\*</sup>、1.5f<sub>c</sub><sup>\*</sup>、1.5f<sub>b</sub><sup>\*</sup>及び1.5f<sub>p</sub><sup>\*</sup> は JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.3による。



### 3.2.3 支持装置の耐震計算式

#### (1) 記号の定義

支持装置の耐震計算に使用する記号は、第3-3表～第3-7表に示すとおりとする。

第3-3表 スナバの耐震計算に使用する記号の定義 (1/2)

	記号	単位	定義
スナバの耐震計算に使用するもの	$A_c$	$\text{mm}^2$	圧縮応力計算に用いる断面積
	$A_p$	$\text{mm}^2$	支圧応力計算に用いる断面積
	$A_s$	$\text{mm}^2$	せん断応力計算に用いる断面積
	$A_t$	$\text{mm}^2$	引張応力計算に用いる断面積
	$B$	$\text{mm}$	イーヤ穴部せん断面寸法
			コネクティングチューブイーヤ穴部せん断面寸法
			ユニバーサルブラケット穴部せん断面寸法
			ダイレクトアタッチブラケット穴部せん断面寸法
			クランプ穴部せん断面寸法
			ユニバーサルボックス穴部せん断面寸法
	$C$	$\text{mm}$	イーヤ引張断面寸法
			クランプ引張断面寸法
			コネクティングチューブイーヤ引張断面寸法
			ユニバーサルブラケット引張断面寸法
			ダイレクトアタッチブラケット引張断面寸法
	$C_1$	$\text{mm}$	ユニバーサルボックス引張断面寸法
	$C_2$	$\text{mm}$	ユニバーサルボックス引張断面寸法
	$D$	$\text{mm}$	イーヤ穴径
			クランプ穴径
			コネクティングチューブ外径
			コネクティングチューブイーヤ部穴径
			ユニバーサルブラケット穴径
			ダイレクトアタッチブラケット穴径
ユニバーサルボックス穴径			
$D_1$	$\text{mm}$	ロードコラム外径	
		ベアリング押え内径	
		ケース内径	
		ジャンクションコラムアダプタ外径	

第 3-3 表 スナバの耐震計算に使用する記号の定義 (2/2)

	記号	単位	定義
スナバの耐震計算に使用するもの	D <sub>2</sub>	mm	ロードコラム内径
			ベアリング押え内径
			ケース内径
	D <sub>3</sub>	mm	ケース内径
	D <sub>4</sub>	mm	ケース外径
	d	mm	ピンの外径
	E	MPa	縦弾性係数
	F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値
	F <sub>c</sub>	MPa	圧縮応力
	F <sub>p</sub>	MPa	支圧応力
	F <sub>s</sub>	MPa	せん断応力
	F <sub>t</sub>	MPa	引張応力
	f <sub>c</sub>	MPa	許容圧縮応力
	h	mm	すみ肉溶接部脚長
	I	mm <sup>4</sup>	断面二次モーメント
	i	mm	断面二次半径
	L	mm	コネクティングチューブ長さ
	ℓ <sub>k</sub>	mm	座屈長さ
	M	mm	六角ボルト外径
	n	本	六角ボルトの本数
	P	kN、N	定格荷重
	T	mm	クランプ板厚
			コネクティングチューブイーヤ板厚
			ユニバーサルブラケット板厚
			ダイレクトアタッチブラケット板厚
	t	mm	イーヤ穴部板厚
			ケース板厚
			ベアリング押え板厚
コネクティングチューブ板厚			
t <sub>1</sub>	mm	ユニバーサルボックスの厚さ	
t <sub>2</sub>	mm	ユニバーサルボックスの厚さ	
Λ	—	限界細長比	
λ	—	細長比	

第3-4表 ロッドレストレイントの耐震計算に使用する記号の定義 (1/2)

	記号	単位	定義
ロッドレストレイントの耐震計算に使用するもの	$A_c$	$\text{mm}^2$	圧縮応力計算に用いる断面積
	$A_p$	$\text{mm}^2$	支圧応力計算に用いる断面積
	$A_s$	$\text{mm}^2$	せん断応力計算に用いる断面積
	$A_t$	$\text{mm}^2$	引張応力計算に用いる断面積
	$B$	$\text{mm}$	ブラケットせん断面寸法
			クランプせん断面寸法
			スヘリカルアイボルト穴部せん断面寸法
			イーヤ穴部せん断面寸法
	$C$	$\text{mm}$	ブラケット引張断面寸法
			クランプ引張断面寸法
			イーヤ引張断面寸法
			スヘリカルアイボルト溶接部せん断面寸法
			イーヤせん断面寸法
	$D$	$\text{mm}$	ブラケット穴径
			クランプ穴径
			スヘリカルアイボルトの穴径
			イーヤ穴径
			コンロッド外径
			コネクティングパイプ外径
			パイプ外径
$D_1$	$\text{mm}$	ターンバックル外径	
$D_2$	$\text{mm}$	ターンバックル内径	
$d$	$\text{mm}$	ピン外径	
$E$	$\text{MPa}$	縦弾性係数	
$e$	$\text{mm}$	スヘリカルアイボルト溶接部のど厚	
		イーヤ溶接部のど厚	
$F$	$\text{MPa}$	支持構造物の許容応力を決定するための基準値	
$F_c$	$\text{MPa}$	圧縮応力	

第3-4表 ロッドレストレイントの耐震計算に使用する記号の定義 (2/2)

	記号	単位	定義
ロッドレストレイントの耐震計算に使用するもの	$F_p$	MPa	支圧応力
	$F_s$	MPa	せん断応力
	$F_t$	MPa	引張応力
	$f_c$	MPa	許容圧縮応力
	$h$	mm	コネクティングパイプすみ肉溶接部脚長
			イーヤすみ肉溶接部脚長
	$I$	mm <sup>4</sup>	断面二次モーメント
	$i$	mm	断面二次半径
	$L$	mm	ピン間距離
	$l_k$	mm	座屈長さ
	$M$	mm	スヘリカルアイボルト外径
	$P$	kN、N	定格荷重
	$R$	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径
			イーヤ半径
	$T$	mm	ブラケット板厚
			クランプ板厚
			イーヤ板厚
$t$	mm	パイプ板厚	
		コンロッド板厚	
		スヘリカルアイボルトの穴部板厚	
		イーヤ穴部板厚	
$\Lambda$	—	限界細長比	
$\lambda$	—	細長比	

第3-5表 ラグの耐震計算に使用する記号の定義 (1/2)

	記号	単位	定義
ラグの耐震計算に使用するもの	$A_L$	$\text{mm}^2$	角形鋼管の断面積
	$A_p$	$\text{mm}^2$	パッドと配管の溶接部の断面積
			パッドと角形鋼管の溶接部の断面積
			角形鋼管と底板の溶接部の断面積
	$a$	$\text{mm}$	角形鋼管の幅
	$a_1$	$\text{mm}$	強度評価有効長（配管軸方向長さ）内のり寸法
	$a_2$	$\text{mm}$	強度評価有効長（配管軸方向長さ）外のり寸法
	$b_1$	$\text{mm}$	パッド幅（配管周方向長さ：配管外径）
	$b_2$	$\text{mm}$	$b_1 + \sqrt{2}t_{wp}$
	$D_1$	$\text{mm}$	強度評価有効長（配管軸直方向長さ）内のり寸法
	$D_2$	$\text{mm}$	強度評価有効長（配管軸直方向長さ）外のり寸法
	$F_x$	$\text{N}$	配管軸方向荷重
	$F_y$	$\text{N}$	配管軸直方向荷重
	$F_z$	$\text{N}$	配管軸直方向荷重
	$f_t$	$\text{MPa}$	許容引張応力
	$f_s$	$\text{MPa}$	許容せん断応力
	$h_1$	$\text{mm}$	パッド長さ（配管軸方向長さ）
	$h_2$	$\text{mm}$	$h_1 + \sqrt{2}t_{wp}$
	$I_x$	$\text{mm}^4$	配管軸方向の断面二次モーメント
	$I_y$	$\text{mm}^4$	配管軸直方向の断面二次モーメント
	$\ell$	$\text{mm}$	配管中心から評価部位までの距離
	$M_x$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	配管軸方向に生ずるモーメント
	$M_y$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント
	$M_z$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント
	$t$	$\text{mm}$	角形鋼管の厚さ

第3-5表 ラグの耐震計算に使用する記号の定義 (2/2)

	記号	単位	定義
ラグの耐震計算に使用するもの	$t_{wp}$	mm	パッドと配管のすみ肉溶接脚長
	$Z_x$	$mm^3$	配管軸方向の断面係数
	$Z_y$	$mm^3$	配管軸直方向の断面係数
	$\sigma_L$	MPa	角形鋼管の曲げ応力
	$\sigma_{LB}$	MPa	角形鋼管と底板の溶接部の曲げ応力
	$\sigma_P$	MPa	パッドと配管の溶接部の曲げ応力
	$\sigma_{PL}$	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部の曲げ応力
	$\tau_L$	MPa	角形鋼管のせん断応力
	$\tau_{LB}$	MPa	角形鋼管と底板の溶接部のせん断応力
	$\tau_P$	MPa	パッドと配管の溶接部のせん断応力
	$\tau_{PL}$	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部のせん断応力

第3-6表 Uボルト及びUバンドの耐震計算に使用する記号の定義

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

第3-7表 ビームの耐震計算に使用する記号の定義

	記号	単位	定義
に ビ ー ム の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	$F_b$	MPa	曲げ応力
	$L_1$	mm	ビームの長さ
	$M$	$N \cdot mm$	作用する荷重によるモーメント
	$P$	N	最大使用荷重
	$Z$	$mm^3$	ビームの断面係数



(2) 耐震計算式

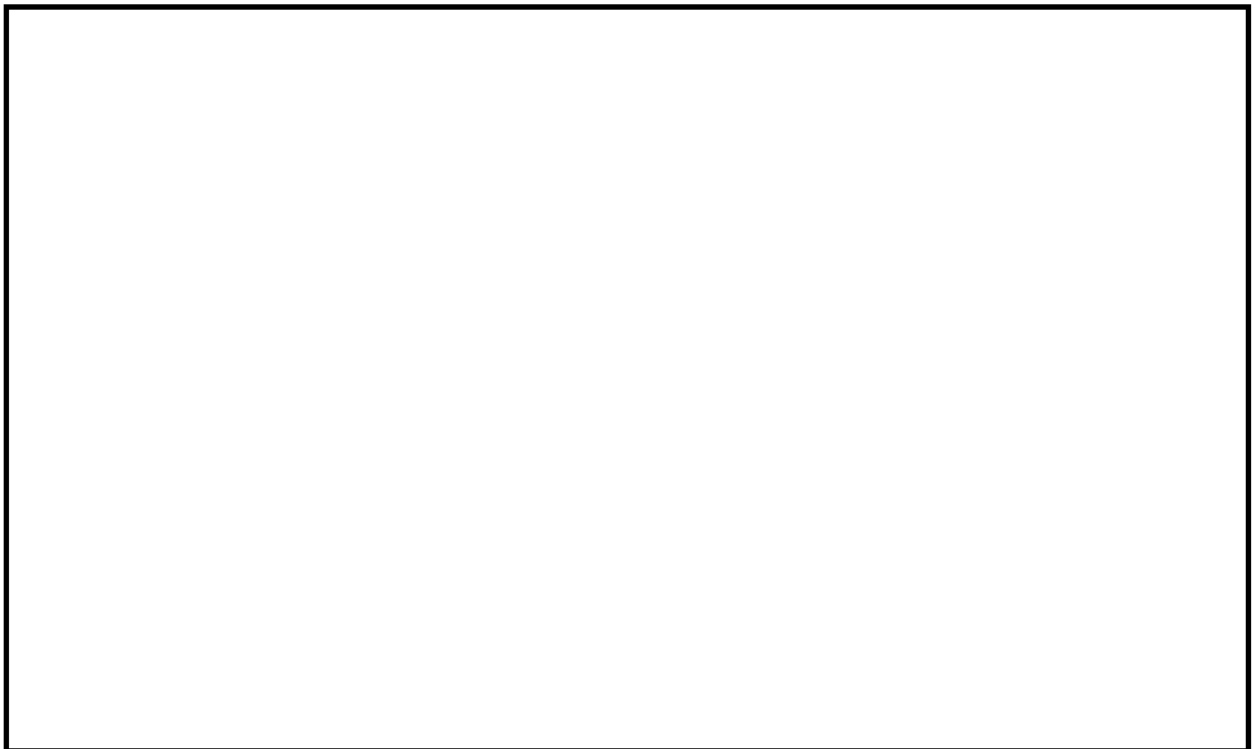
a. メカニカルスナバ

応力評価は、次の強度部材である最弱部に発生するせん断応力、引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

(a) SMSタイプ

イ. 強度部材

- ①イーヤ、②ロードコラム、
- ③ケース、ベアリング押さえ及び六角ボルト、
- ④ジャンクションコラムアダプタ、⑤コネクティングチューブ、
- ⑥クランプ、⑦コネクティングチューブイーヤ部、⑧ピン、
- ⑨ユニバーサルボックス、
- ⑩ユニバーサルブラケット及び⑪ダイレクトアタッチブラケット



ロ. 各部材の計算式

(イ) イーヤ (①)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ロードコラム (②)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ハ) ケース、ベアリング押え及び六角ボルト (③)

i. ケース

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ベアリング押え

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



iii. 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(二) ジャンクションコラムアダプタ (④)

i. 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. 溶接部

せん断及び引張応力が、許容応力以下であることを確認する。

(i) せん断応力評価

(ii) 引張応力評価

(ホ) コネクティングチューブ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

許容圧縮応力

(ハ) クランプ (⑥) 、コネクティングチューブイヤー部 (⑦) 、ユニバーサルブラケット (⑩) 及びダイレクトアタッチブラケット (⑪)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ト) ピン (⑧)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。





(f) ユニバーサルボックス (9)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

b. ロッドレストレイント

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力（又は圧縮応力）及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

(a) RSAタイプ

Ⅰ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
- ④アジャストナット溶接部、⑤パイプ、⑥クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ニ) アジャストナット溶接部 (④)

i. 引張応力評価

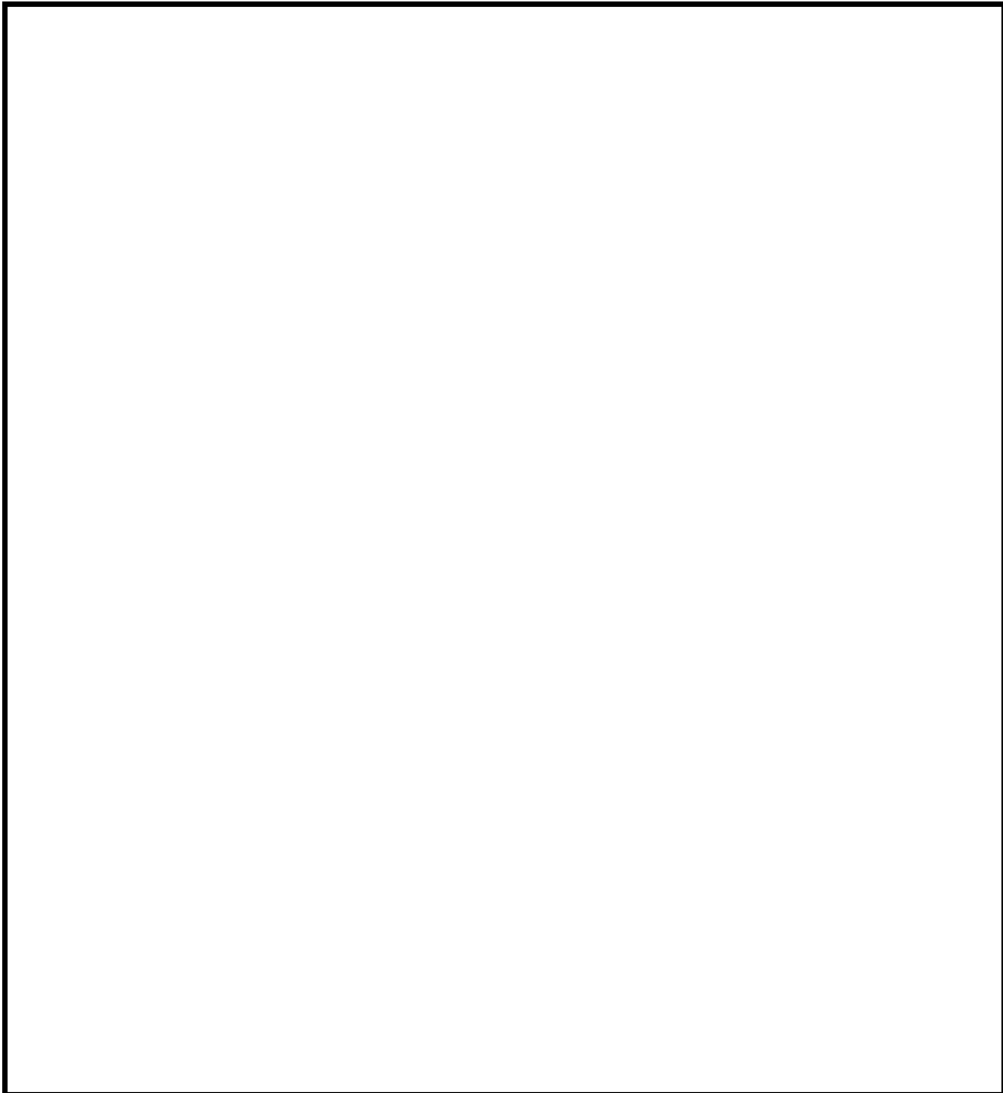
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(b) RSAMタイプ

イ. 強度部材

①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、

④コネクティングパイプ溶接部、⑤パイプ、

⑥ターンバックル、⑦イーヤ、⑧クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑧)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スヘリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。





ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

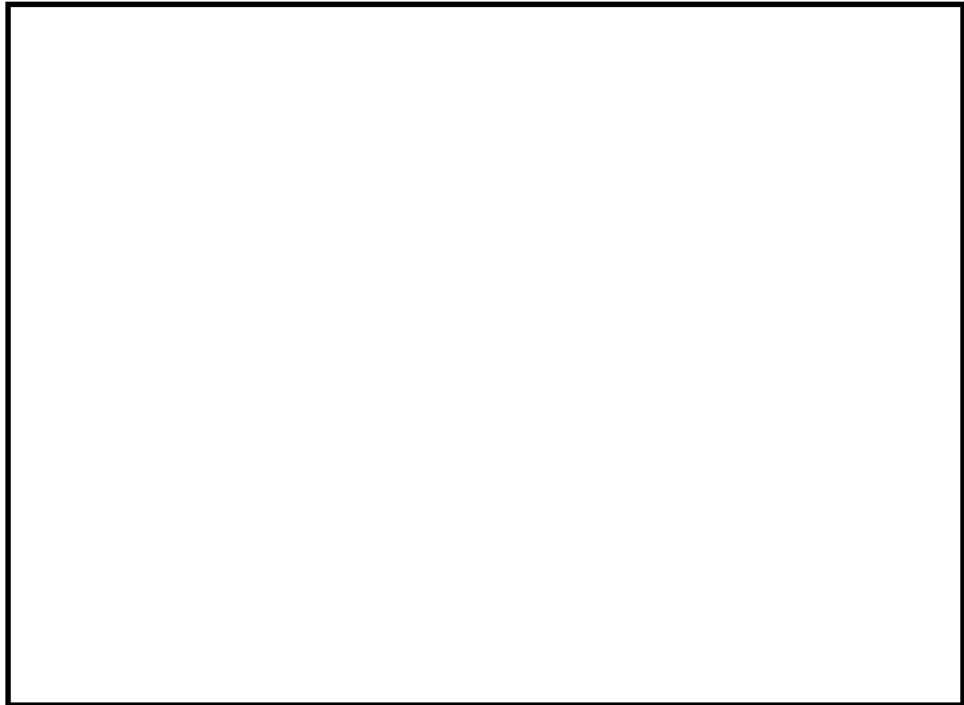
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(二) コネクティングパイプ溶接部 (④)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

許容圧縮応力

(ハ) ターンバックル (⑥)

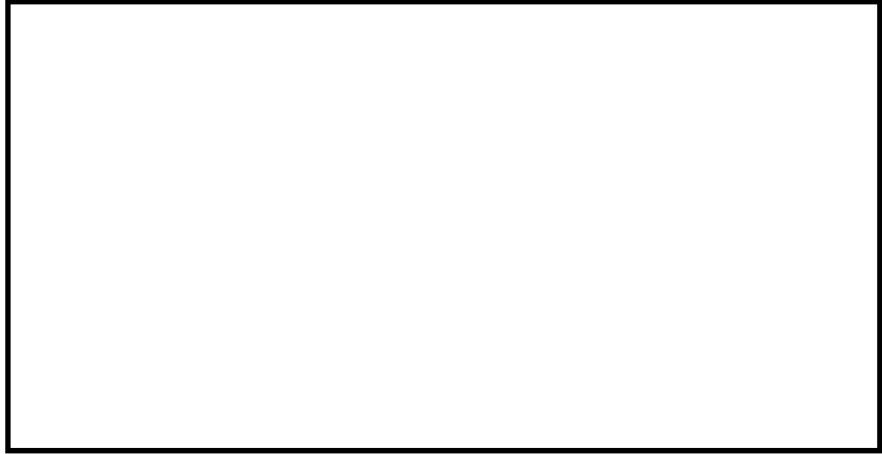
i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ト) イーヤ (㉗)

i. せん断応力評価

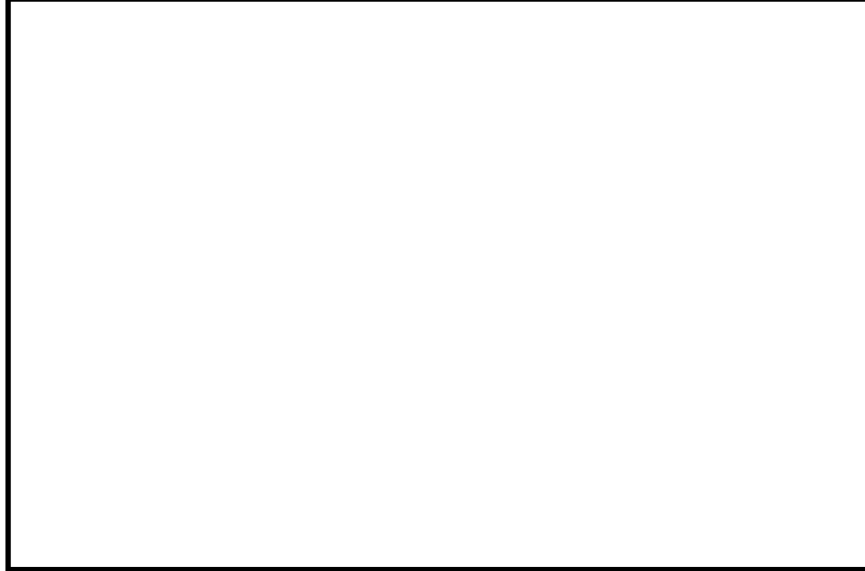
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(c) RSAM-Mタイプ

4. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、④コンロッド、
- ⑤ターンバックル、⑥イーヤ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(二) コンロッド (④)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

--

許容圧縮応力

--

(ホ) ターンバックル (⑤)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ハ) イーヤ (⑥)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

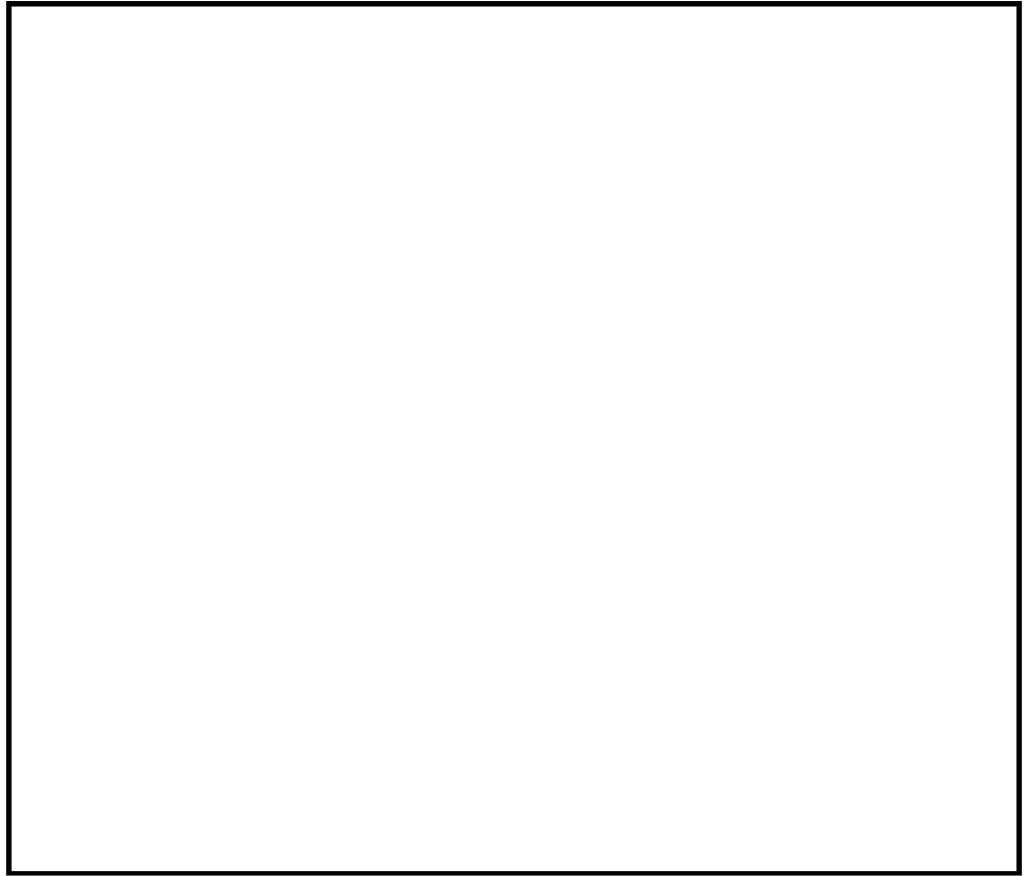
支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



ii. 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



c. ラグ

(a) 評価部位

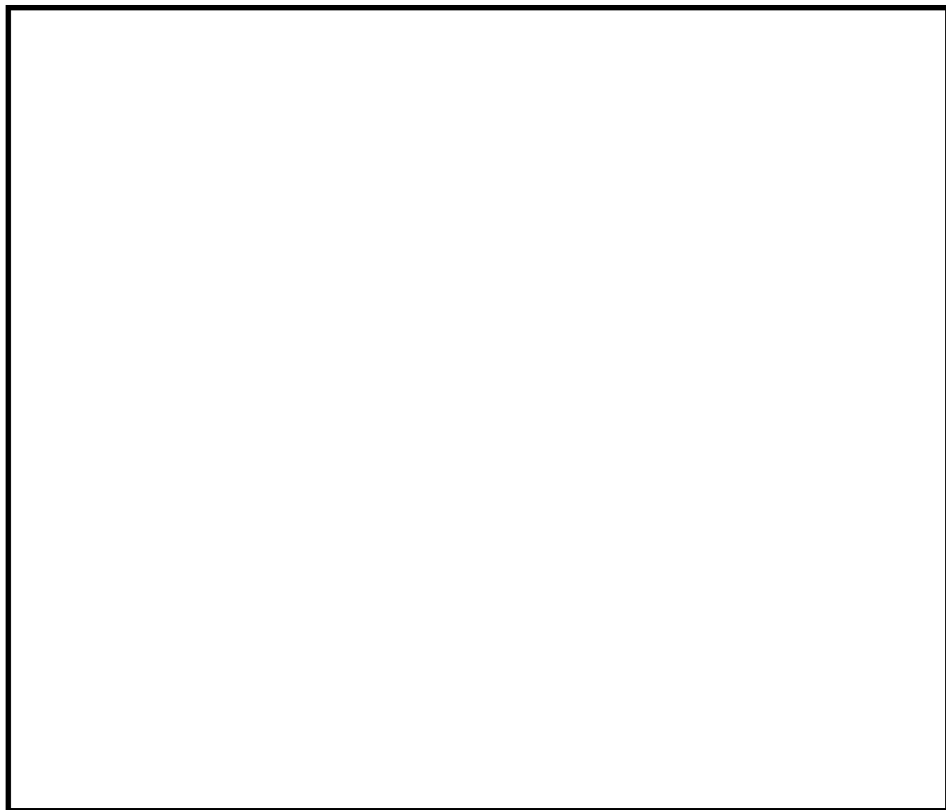
- イ. パッドと配管の溶接部
- ロ. パッドと角形鋼管の溶接部
- ハ. 角形鋼管
- ニ. 角形鋼管と底板の溶接部

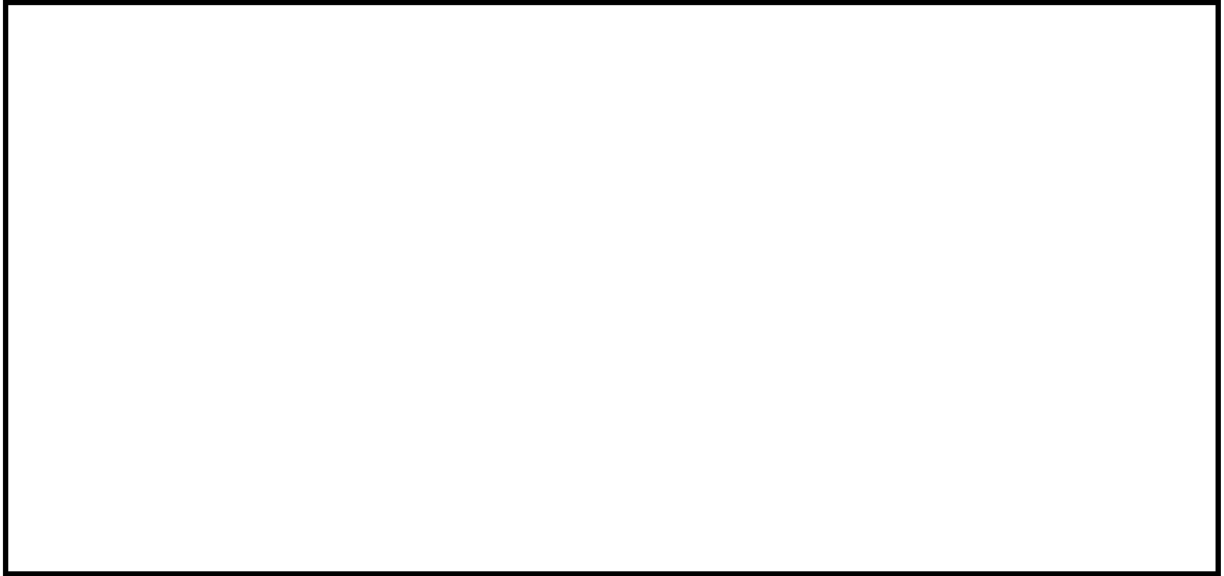
(b) 各評価部位の計算式

- イ. パッドと配管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

円周部の長さについては、安全側に管の直径とする。





評価は、次が成立することを確認する。



ロ. パッドと角形鋼管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。


角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。

評価は、次が成立することを確認する。

ハ. 角形鋼管

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



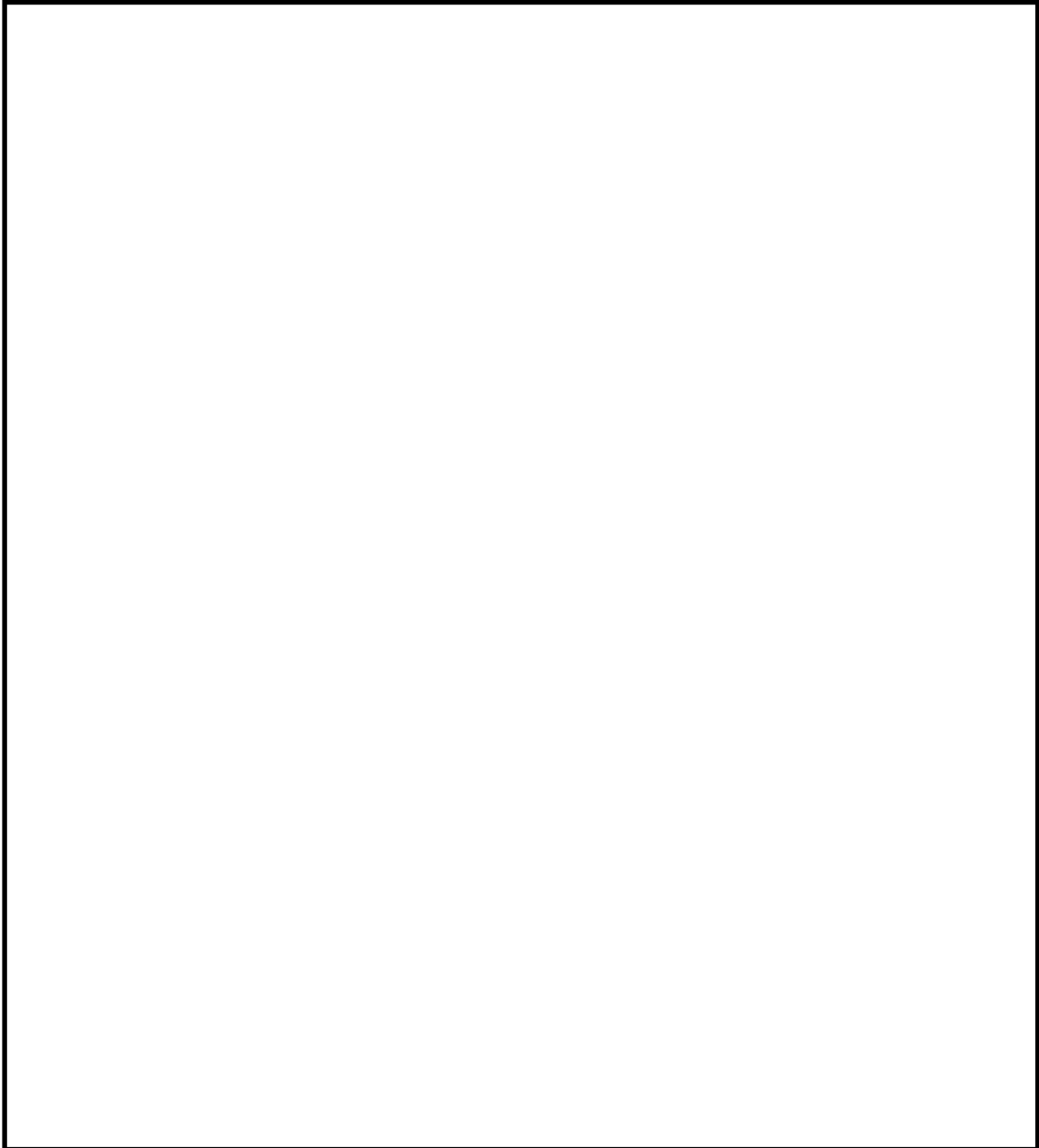
評価は、次が成立することを確認する。



ニ. 角形鋼管と底板の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



評価は、次が成立することを確認する。



d. Uボルト

(a) 小口径配管用Uボルト（適用口径：2B及び3B、ストッパー無）

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



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



e. Uバンド

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

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

(a) ボルトの評価

(b) パイプバンドの評価

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



f. ビーム

曲げ応力を算出し、許容曲げ応力以下であることを確認する。



資料 8 - 5 耐震計算結果

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	04-添8-5-1
2. 配管の耐震計算結果 .....	04-添8-5-1
2.1 概要 .....	04-添8-5-1
2.2 耐震計算結果 .....	04-添8-5-1
3. 解析範囲における最大発生応力点の評価 .....	04-添8-5-36
3.1 概要 .....	04-添8-5-36
3.2 評価結果 .....	04-添8-5-36
4. 支持構造物の強度及び耐震性に関する説明 .....	04-添8-5-40
4.1 概要 .....	04-添8-5-40
4.2 基本方針 .....	04-添8-5-40
4.3 支持構造物の評価箇所 .....	04-添8-5-41
4.4 配管の支持構造物の評価 .....	04-添8-5-43
4.5 応力評価結果 .....	04-添8-5-48

## 1. 概要

本資料は、資料 8-4 「耐震計算方法」に従い、配管及び支持構造物の耐震計算結果についてまとめたものである。

## 2. 配管の耐震計算結果

### 2.1 概要

本項は、資料 8-4 「耐震計算方法」に従い、配管の耐震計算結果についてまとめたものである。

### 2.2 耐震計算結果

申請範囲外も含むモデルを作成し、応力計算を行った。モデルの範囲を第2-1図「化学体積制御設備配管モデルブロック図（ブロック①、ブロック②及びブロック③）」に示す。

計算条件及び計算結果は、第2-1表に記載の図及び表に示す。

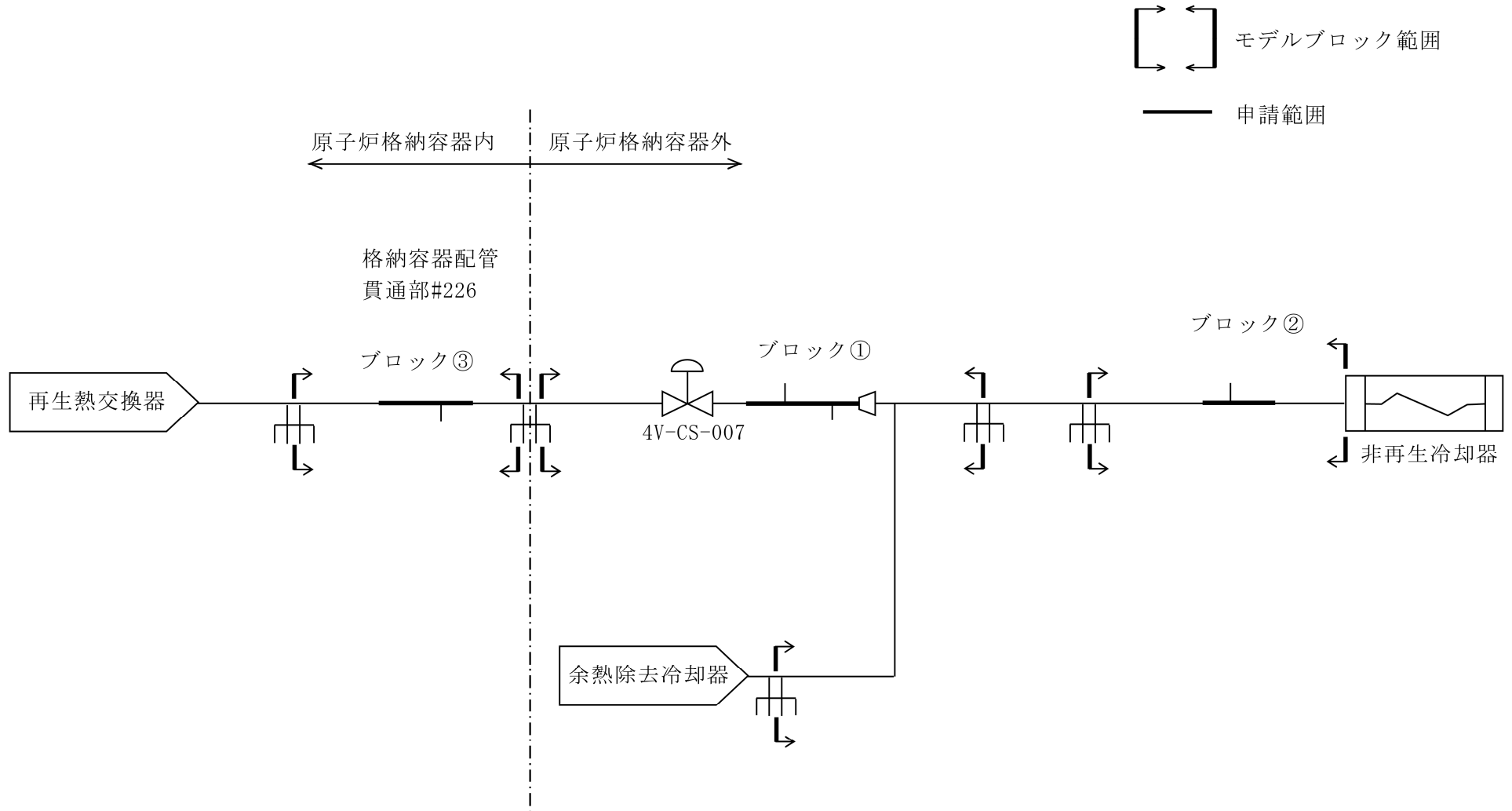
なお、計算結果については、申請範囲にある節点数が15点以下である場合はすべてを記載するが、16点以上である場合は下記条件で選んだ15点を代表として記載する。



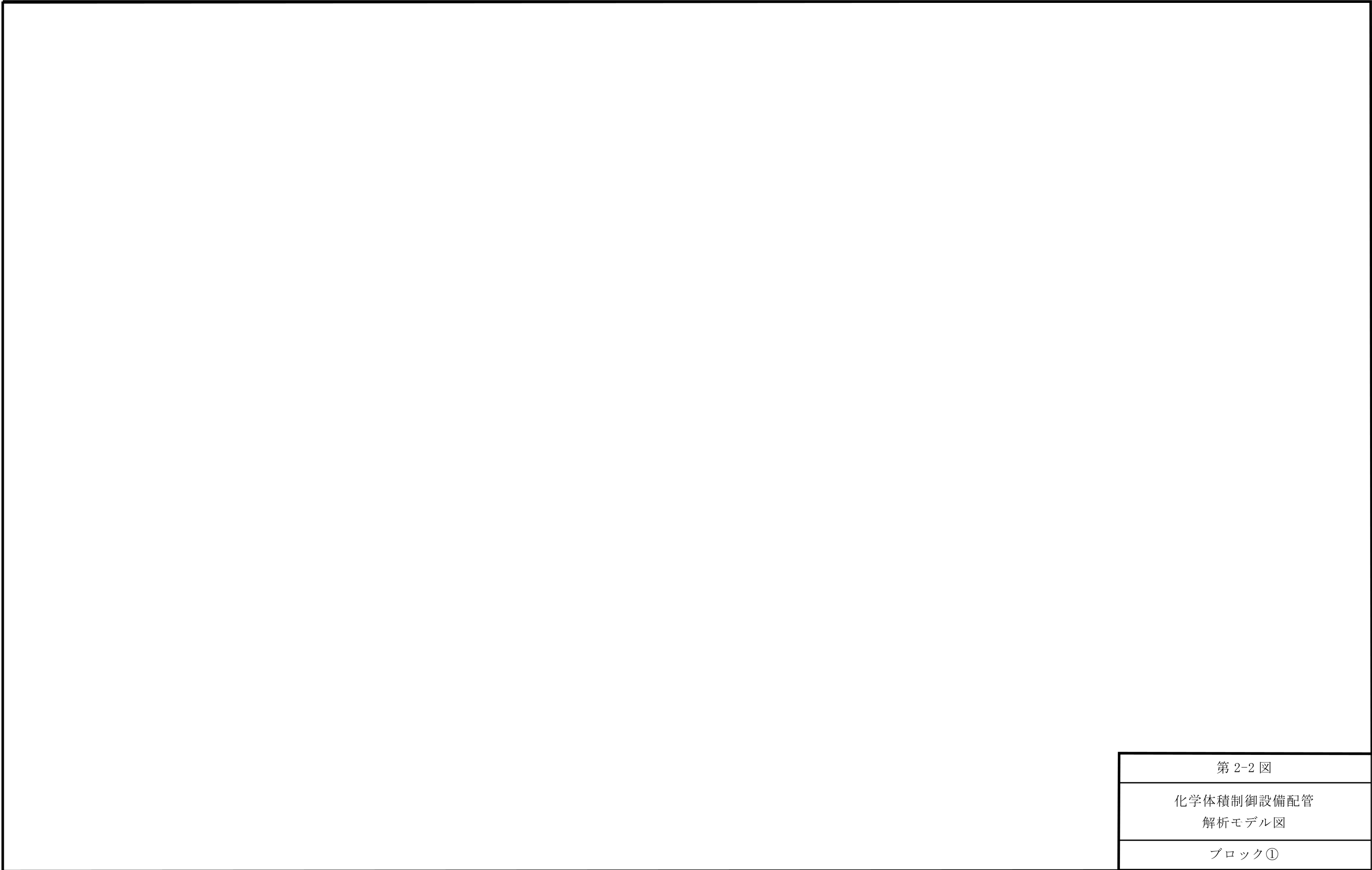
応力計算に使用した計算機コードは「MSAP 」である。

第2-1表 計算条件及び計算結果

		ブロック①	ブロック②	ブロック③
配管名称		原子炉格納容器外 再生熱交換器 出口配管	非再生冷却器 入口配管	原子炉格納容器内 再生熱交換器 出口配管
計 算 条 件	解析モデル図	第2-2図	第2-3図	第2-4図
	配管仕様	第2-2表	第2-7表	第2-12表
	質点質量	第2-3表	第2-8表	第2-13表
計 算 結 果	固有値表	第2-4表	第2-9表	第2-14表
	振動モード図	第2-5図～ 第2-7図	第2-8図～ 第2-10図	第2-11図～ 第2-13図
	地震時の配管応力計算結果 ( $D+P_D+M_D+S_d$ )	—	—	第2-15表
	地震時の配管応力計算結果 ( $D+P_D+M_D+S_s$ )	—	—	第2-16表
	地震時の配管応力計算結果 ( $D+P_D+M_D+S_B$ )	第2-5表	第2-10表	—
	総合評価	第2-6表	第2-11表	第2-17表



第2-1図 化学体積制御設備配管モデルブロック図（ブロック①、ブロック②及びブロック③）



第 2-2 図
化学体積制御設備配管 解析モデル図
ブロック①



第 2-3 図
化学体積制御設備配管 解析モデル図
ブロック②





第 2-4 図
化学体積制御設備配管 解析モデル図
ブロック③

化学体積制御設備配管  
(ブロック①)

第2-2表 ブロック① 配管仕様 (1/2)

名 称	単 位	節点番号 2226~901	節点番号 901~523	節点番号 523~517
外 径	mm	60.5	60.5	60.5
厚 さ	mm	5.5	3.5	3.5
材 料	—	SUS316LTP	SUS304TP	SUS316TP
(注1) 縦弾性係数	×10 <sup>5</sup> MPa			
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200	200
許容引張応力 (S)	MPa	107	111	127
設計降伏点 (S <sub>y</sub> )	MPa	120	144	149
設計引張強さ (S <sub>u</sub> )	MPa	407	402	440

第2-2表 ブロック① 配管仕様 (2/2)

名 称	単 位	節点番号	
		518～530～1002	1001～530
外 径	mm	89.1	
厚 さ	mm	4.0	
材 料	—	SUS304TP	
(注1) 縦弾性係数	$\times 10^5$ MPa	<div style="border: 2px solid black; width: 80px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div>	
最高使用圧力	MPa	4.5	
最高使用温度	°C	200	
許容引張応力 (S)	MPa	111	
設計降伏点 (S <sub>y</sub> )	MPa	144	
設計引張強さ (S <sub>u</sub> )	MPa	402	



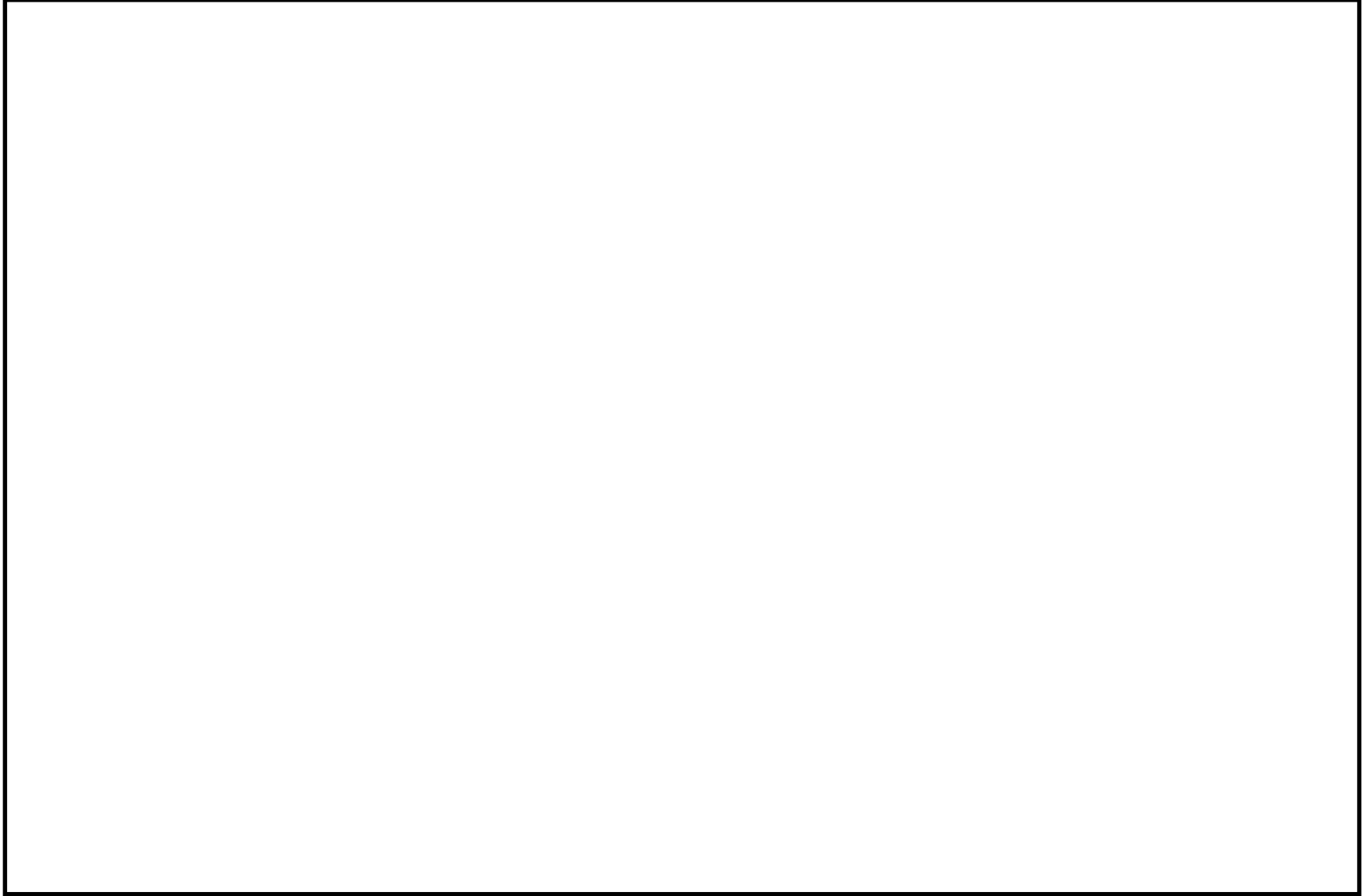
(注4) 節点番号517～518はレギュレーサである。

第2-3表 ブロック① 質点質量<sup>(注1)</sup>

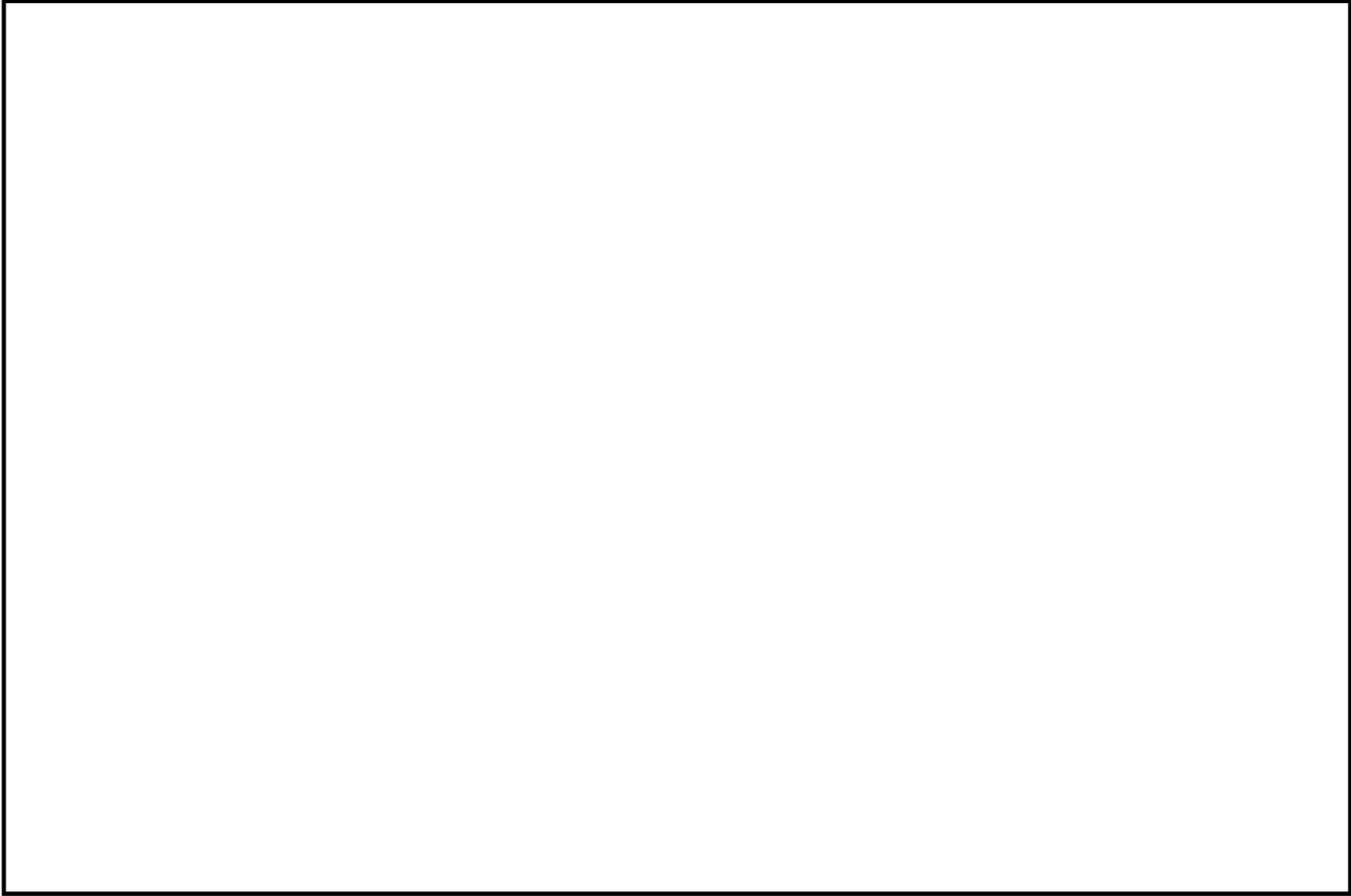
(単位：kg)

節点番号	配管 <sup>(注2)</sup>	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量



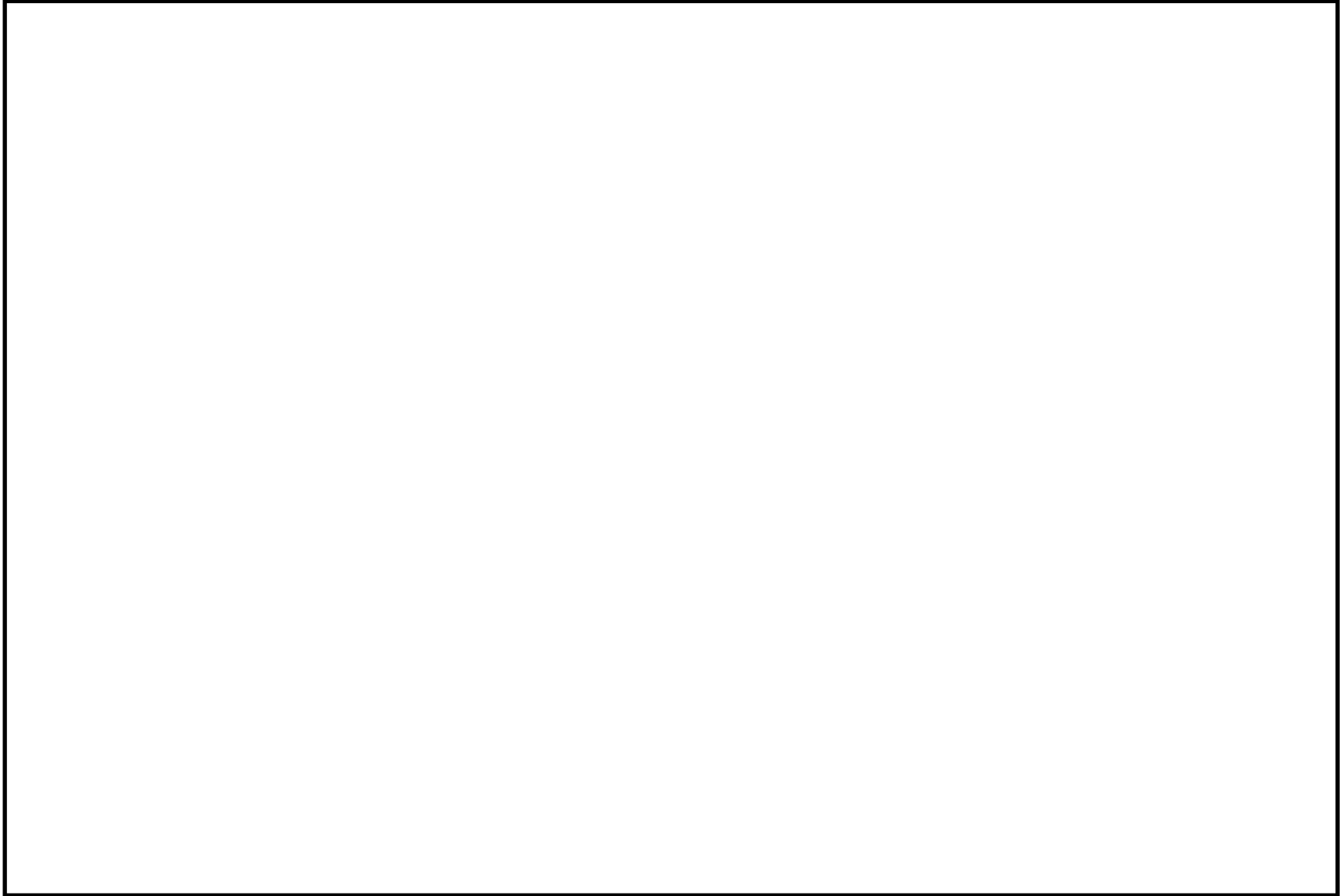


第2-5図 ブロック① 振動モード図 (1次  Hz)



第2-6図 ブロック① 振動モード図 (2次  Hz)





第2-7図 ブロック① 振動モード図 (3次  Hz)

第2-5表 ブロック① 地震時の配管応力計算結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+S<sub>B</sub>) (注1)

(単位：MPa)

節点番号	一次応力 (曲げ応力を含む)			許容応力	地震による 二次応力	地震による 一次+ 二次応力の 変動値	許容応力
	地震を除く 一次応力	地震による 一次応力	合計応力				
523	19.6	1.1	21	152	11.3	14	298
502	20.1	1.2	22		14.3	17	
524	19.8	1.1	21		11.5	14	
602	19.9	1.0	21		15.2	18	
802	21.9	1.4	24		22.6	26	
102	20.6	1.0	22		24.2	27	
104	21.0	0.6	22		19.1	21	
603	20.0	2.5	23		9.8	15	
105	20.1	0.5	21		12.1	14	
107	20.3	1.0	22		13.2	16	
803	20.3	1.0	22		14.2	17	
604	20.5	1.3	22		9.0	12	
804	24.1	2.6	27		7.7	13	
108	21.0	1.1	23		8.0	11	
605	23.3	2.2	26		5.5	10	

(注1) 1/2S<sub>d</sub>地震時には静的地震力による評価を含む。

第2-6表 ブロック① 総合評価

(単位：MPa)

機器等の区分	項目		最大値 <sup>(注1)</sup>	許容値
クラス2管	(注2) 1/2 Sd 地震時	一次応力 <sup>(注3)</sup> (曲げ応力を含む)	27 (節点番号 804)	152
		一次+二次応力 <sup>(注4)</sup>	27 (節点番号 102)	298

(注1) ( ) 内は最大値となった節点番号である。

(注2) 1/2Sd地震時には静的地震力による評価を含む。

(注3) 内圧、自重及び地震による一次応力

(注4) 地震による一次+二次応力の変動値

第2-6表「ブロック① 総合評価」に示すとおり、管に発生する応力はすべてJEAG4601・補-1984 第3章「耐震Bクラス施設の許容応力」3.2.1「クラス2管の許容応力」に規定される許容値以下であるので、十分な耐震性を有している。

化学体積制御設備配管  
(ブロック②)

第2-7表 ブロック② 配管仕様

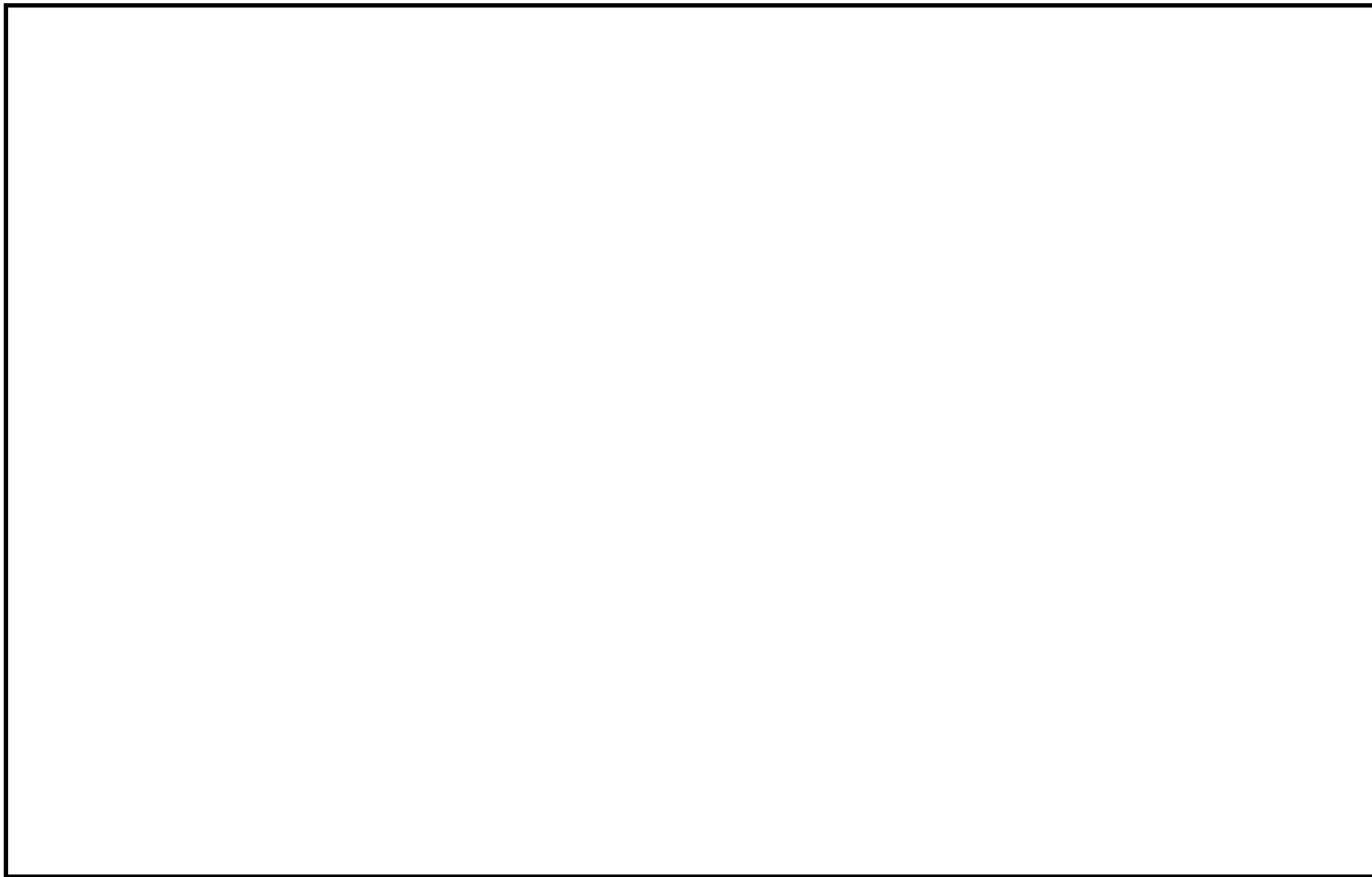
名 称	単 位	節点番号	
		1003~529 517~1004	529~517
外 径	mm	89.1	89.1
厚 さ	mm	4.0	4.0
材 料	—	SUS304TP	SUS316TP
(注1) 縦弾性係数	$\times 10^5$ MPa		
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200
許容引張応力 (S)	MPa	111	127
設計降伏点 (S <sub>y</sub> )	MPa	144	149
設計引張強さ (S <sub>u</sub> )	MPa	402	440

第2-8表 ブロック② 質点質量<sup>(注1)</sup>

(単位：kg)

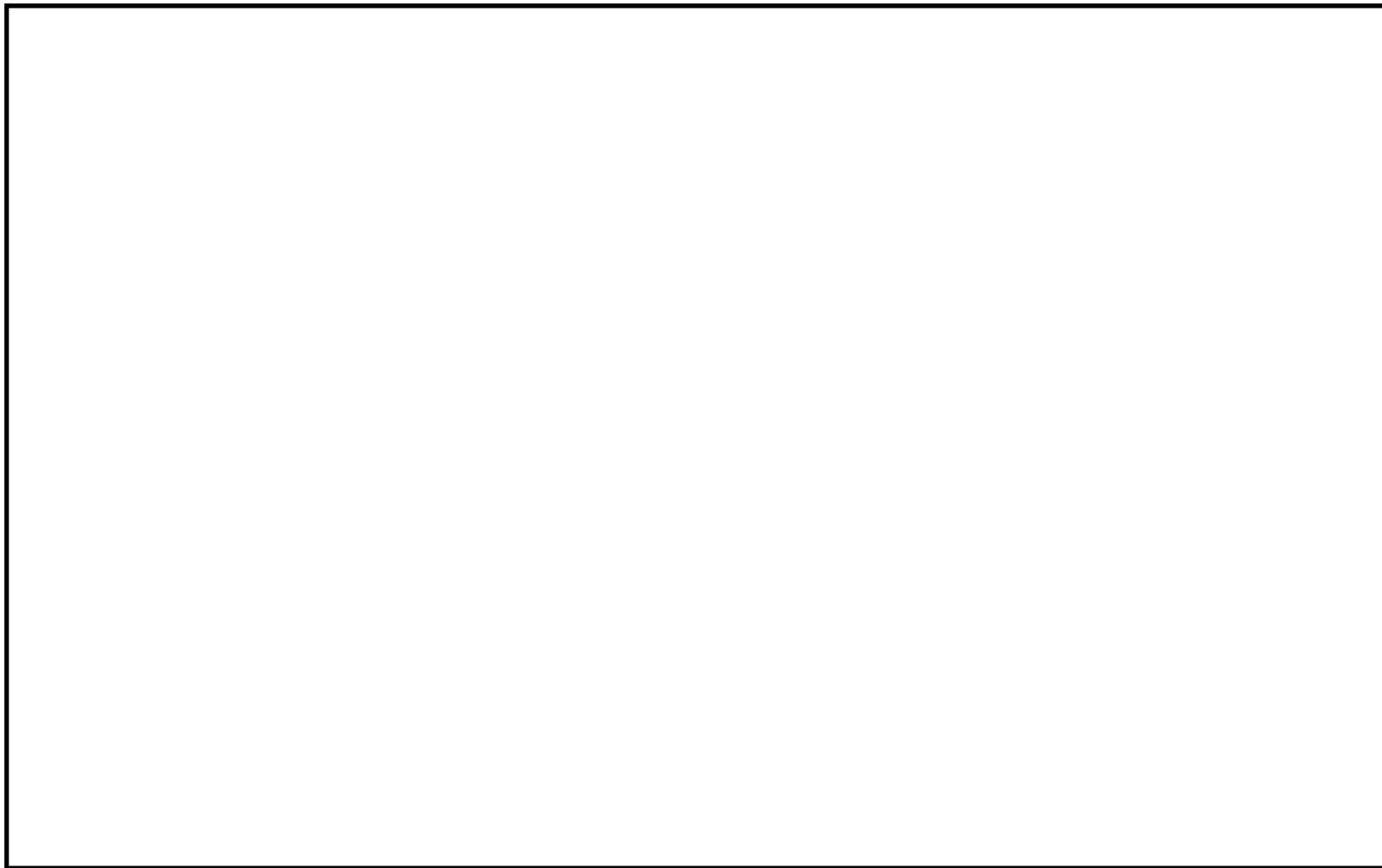
節点番号	配管 <sup>(注2)</sup>	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量



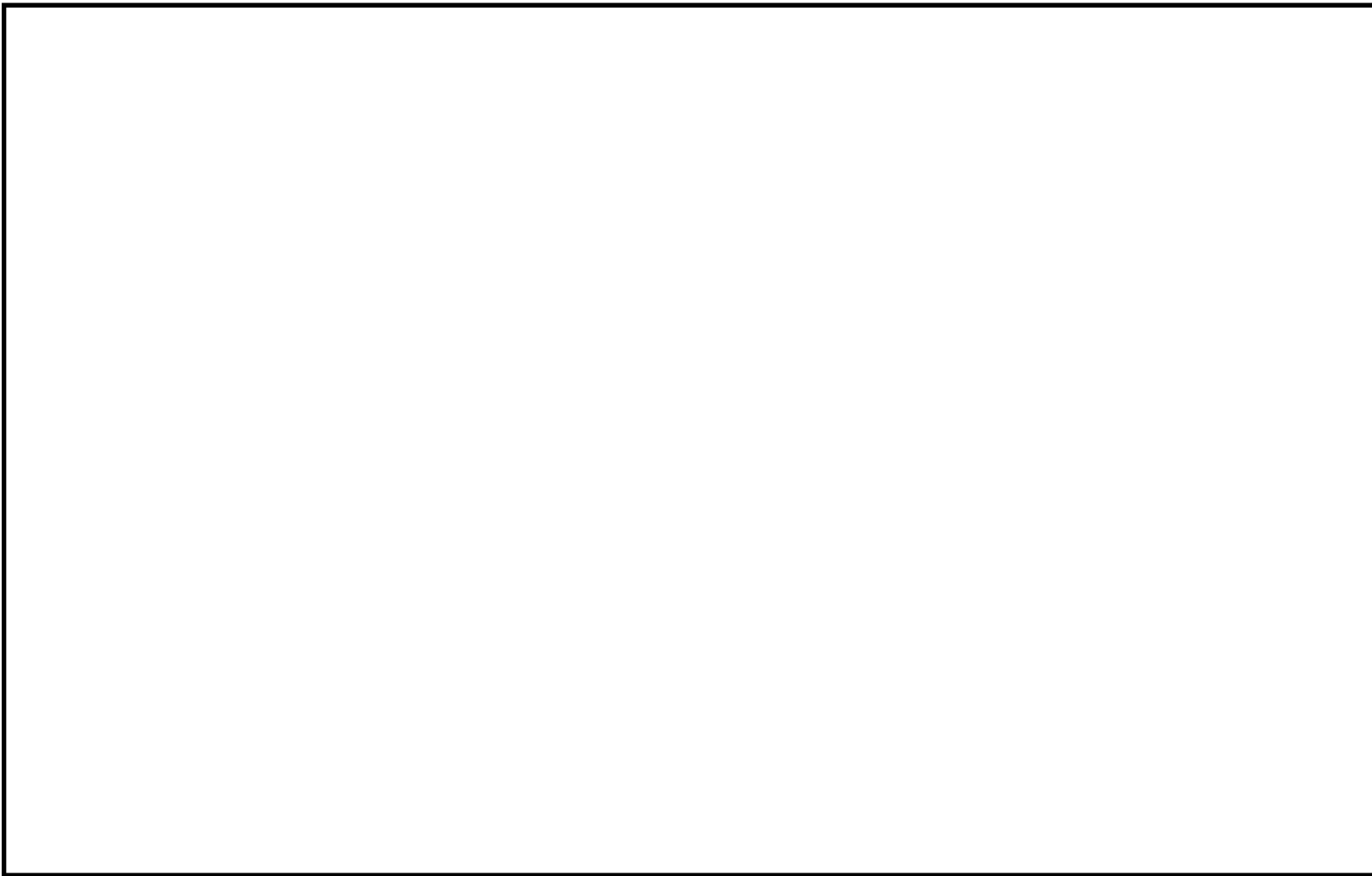


第2-8図 ブロック② 振動モード図 (1次  Hz)





第2-9図 ブロック② 振動モード図 (2次  Hz)



第2-10図 ブロック② 振動モード図 (3次  Hz)

第2-10表 ブロック② 地震時の配管応力計算結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+S<sub>B</sub>) (注1)

(単位：MPa)

節点番号	一次応力 (曲げ応力を含む)			許容応力	地震による 二次応力	地震による 一次+ 二次応力の 変動値	許容応力
	地震を除く 一次応力	地震による 一次応力	合計応力				
529	29.0	0.7	30	152	0.3	2	298
516	27.5	1.1	29		0.4	3	
531	25.9	0.9	27		0.2	2	
159	30.2	1.5	32		0.4	4	
603	30.9	1.6	33		0.5	4	
161	31.2	1.1	33		0.7	3	
860	30.7	1.5	33		0.5	4	
517	30.0	1.3	32		0.5	4	

(注1) 1/2S<sub>d</sub>地震時には静的地震力による評価を含む。

第2-11表 ブロック② 総合評価

(単位：MPa)

機器等の区分	項目		最大値 <sup>(注1)</sup>	許容値
クラス2管	(注2) 1/2 Sd 地震時	一次応力 <sup>(注3)</sup> (曲げ応力を含む)	33 (節点番号 603)	152
		一次+二次応力 <sup>(注4)</sup>	4 (節点番号 603)	298

(注1) ( ) 内は最大値となった節点番号である。

(注2) 1/2Sd地震時には静的地震力による評価を含む。

(注3) 内圧、自重及び地震による一次応力

(注4) 地震による一次+二次応力の変動値

第2-11表「ブロック② 総合評価」に示すとおり、管に発生する応力はすべてJEAG4601・補-1984 第3章「耐震Bクラス施設の許容応力」3.2.1「クラス2管の許容応力」に規定される許容値以下であるので、十分な耐震性を有している。

化学体積制御設備配管  
(ブロック③)

第2-12表 ブロック③ 配管仕様

名 称	単 位	節点番号 1002～243	節点番号 243～253	節点番号 253～2226
外 径	mm	60.5	60.5	60.5
厚 さ	mm	3.5	3.5	5.5
材 料	—	SUS304TP	SUS316TP	SUS316LTP
(注1) 縦弾性係数	×10 <sup>5</sup> MPa			
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200	200
許容引張応力 (S)	MPa	111	127	107
設計降伏点 (S <sub>y</sub> )	MPa	144	149	120
設計引張強さ (S <sub>u</sub> )	MPa	402	440	407

第2-13表 ブロック③ 質点質量<sup>(注1)</sup>

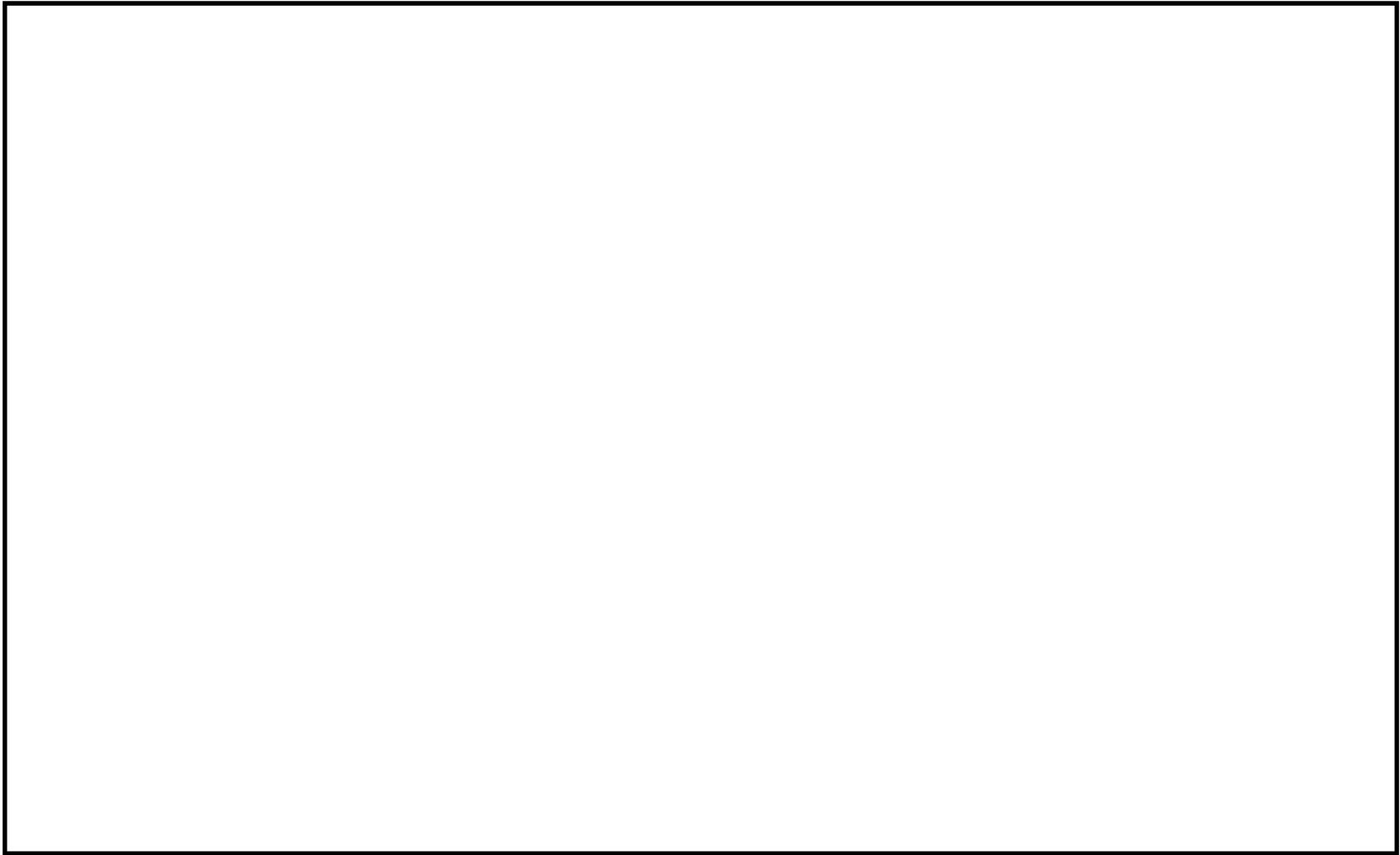
(単位：kg)

節点番号	配管 <sup>(注2)</sup>	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量
<div style="border: 2px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>					
<div style="border: 2px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>					

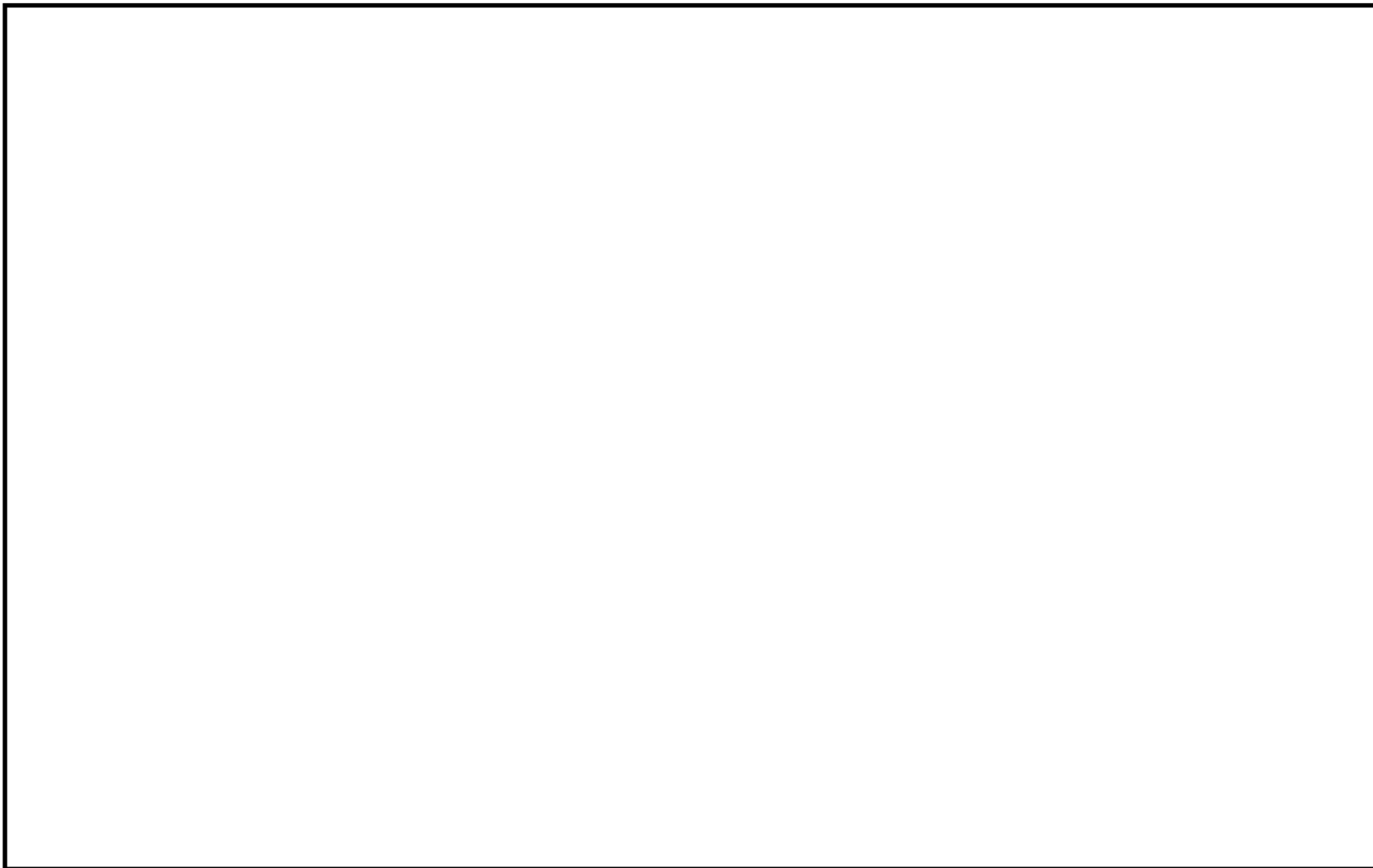
第2-14表 ブロック③ 固有値表

振動次数	固有振動数 (Hz)	刺 激 係 数		
		X	Y	Z

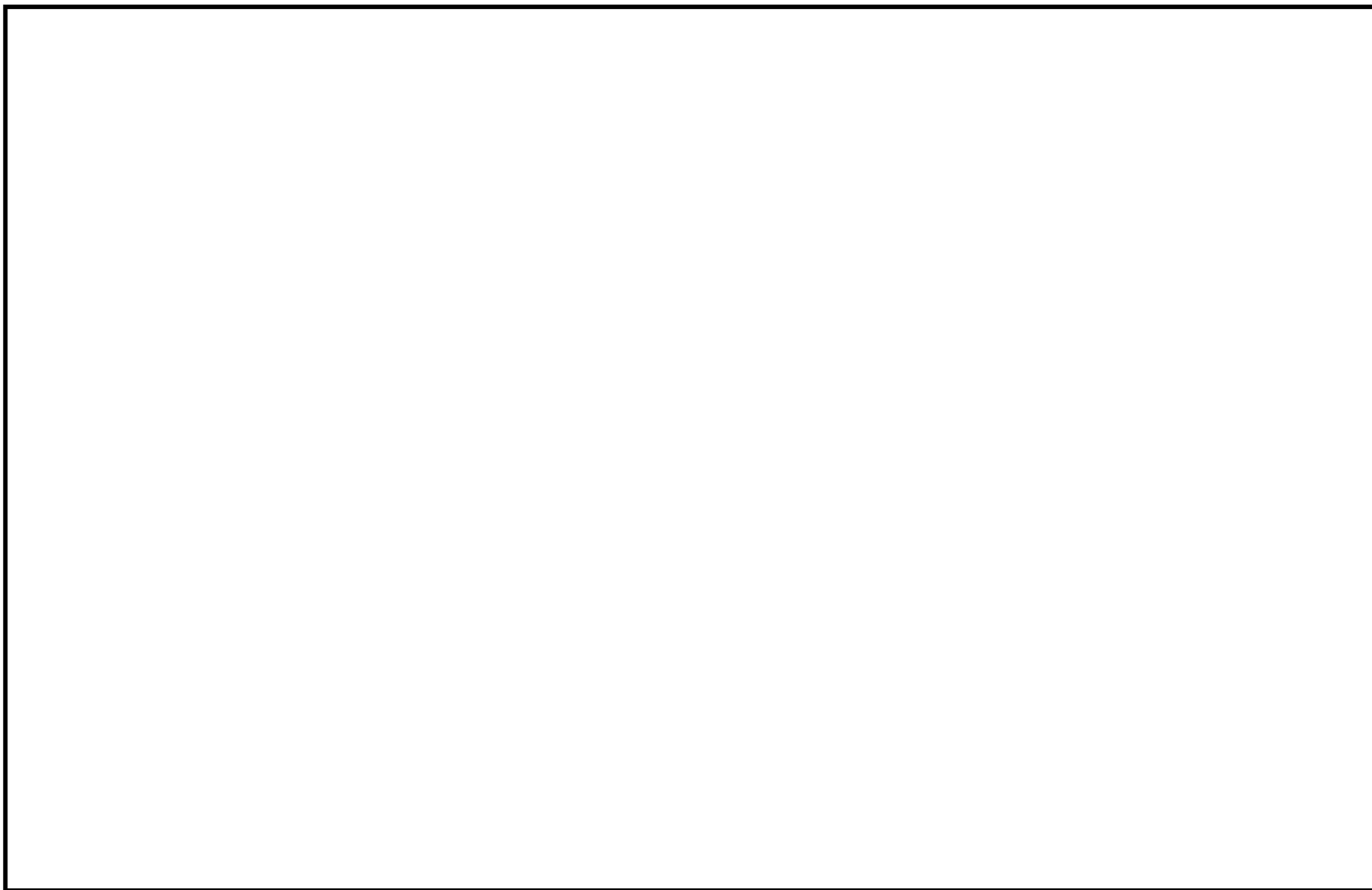




第2-11図 ブロック③ 振動モード図 (1次  Hz)



第2-12図 ブロック③ 振動モード図 (2次  Hz)



第2-13図 ブロック③ 振動モード図 (3次  Hz)

第2-15表 ブロック③ 地震時の配管応力計算結果 (D+P<sub>D</sub>+M<sub>D</sub>+S<sub>d</sub>) (注1)

(単位：MPa)

節点番号	一次応力 (曲げ応力を含む)				地震による 二次応力	地震による 一次+ 二次応力の 変動値	許容応力
	地震を除く 一次応力	地震による 一次応力	合計応力	許容応力			
243	21.3	1.4	23	152	5.5	9	298
246	21.7	3.1	25		14.6	21	
247	21.8	3.8	26		23.3	31	
250	21.1	3.4	25		16.4	24	
253	20.3	3.2	24		21.1	28	

(注1) S<sub>d</sub>地震時には静的地震力による評価を含む。

第2-16表 ブロック③ 地震時の配管応力計算結果 (D+P<sub>b</sub>+M<sub>b</sub>+S<sub>s</sub>)

(単位：MPa)

節点番号	一次応力 (曲げ応力を含む)				地震による 二次応力	地震による 一次+ 二次応力の 変動値	許容応力
	地震を除く 一次応力	地震による 一次応力	合計応力	許容応力			
243	21.3	3.2	25	396	15.6	22	298
246	21.7	6.8	29		41.0	55	
247	21.8	8.4	31		65.7	83	
250	21.1	7.4	29		46.2	62	
253	20.3	7.1	28		59.6	74	

第2-17表 ブロック③ 総合評価

(単位：MPa)

機器等の区分	項目		最大値 <sup>(注1)</sup>	許容値
クラス2管	Sd 地震時 <sup>(注2)</sup>	一次応力 <sup>(注3)</sup> (曲げ応力を含む)	26 (節点番号 247)	152
		一次+二次応力 <sup>(注4)</sup>	31 (節点番号 247)	298
	Ss 地震時	一次応力 <sup>(注3)</sup> (曲げ応力を含む)	31 (節点番号 247)	396
		一次+二次応力 <sup>(注4)</sup>	83 (節点番号 247)	298

(注1) ( )内は最大値となった節点番号である。

(注2) Sd地震時には静的地震力による評価を含む。

(注3) 内圧、自重及び地震による一次応力

(注4) 地震による一次+二次応力の変動値

第2-17表「ブロック③ 総合評価」に示すとおり、管に発生する応力はすべてJEAG4601・補-1984 第2章「耐震Sクラス施設の許容応力」2.2.2「クラス2管の許容応力」に規定される許容値以下であるので、十分な耐震性を有している。

なお、一次+二次応力については $2S_y$ 以下であり、疲労解析及び簡易弾塑性解析は実施しない。