

## VI-2-1-8 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動	1
4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針	2
4.1 建物・構築物	2
4.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	2
4.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	3
4.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	3
4.2 機器・配管系	6
4.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	6
4.2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	6
4.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	7
4.3 屋外重要土木構造物等	10
4.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	10
4.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	12
4.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	15
4.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	18

## 1. 概要

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

## 2. 基本方針

施設の耐震設計では、設備の構造から地震力の方向に対して弱軸及び強軸を明確にし、地震力に対して配慮した構造としている。

今回、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある施設を評価対象施設として抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象は「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）」の第5条及び第50条に規定されている耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設とする。Bクラスの施設については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

評価にあたっては、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける部位を抽出し、その部位について水平2方向及び鉛直方向の荷重や応力を算出し、施設が有する耐震性への影響を確認する。

施設が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

## 3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 $S_s-D$ 、 $S_s-F1$ 、 $S_s-F2$ 、 $S_s-N1$ 及び $S_s-N2$ を用いる。基準地震動 $S_s$ は、VI-2-1-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の策定概要」による。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動 $S_s$ は、複数の基準地震動 $S_s$ における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

#### 4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針

##### 4.1 建物・構築物

##### 4.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、各水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルにそれぞれの方向ごとに入力し解析を行っている。また、原子炉施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に作用するせん断力は、地震時に生じる力の流れが明解になるように、直交する2方向に釣合よく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し、水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に作用する軸力は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、図4-1に示す。

また、VI-2-2「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書」、VI-2-3～VI-2-10の申請設備の耐震性に関する説明書及びVI-2-11「波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書」のうち、建物・構築物の局部評価は、地震応答解析により算出された応答を水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。

排気筒については、斜め方向に作用する地震力に対して隅柱（主柱材）の軸力が大きくなる場合を想定した検討も実施している。

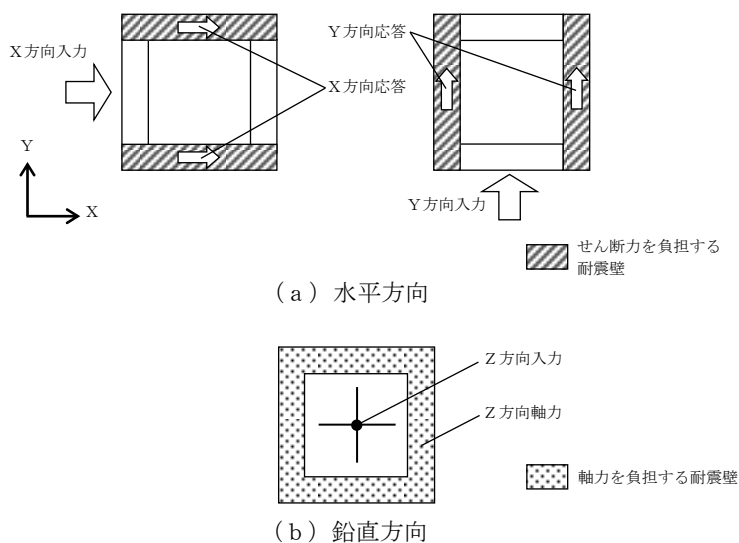


図4-1 入力方向ごとの耐震要素

#### 4.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設の部位とする。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位を抽出する。

応答特性から抽出された水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性がある部位は、従来の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

#### 4.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

建物・構築物において、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある耐震評価上の構成部位について、応答特性から抽出し、耐震性への影響を評価する。

影響評価のフローを図4-2に示す。

##### (1) 影響評価部位の抽出

##### ① 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

##### ② 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱、はり）を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

##### ③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、荷重の組合せによる応答特性により、有する耐震性への影

響が想定される部位を抽出する。

④ 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位のうち、3次元的な応答特性が想定される部位を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3次元的な応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

⑤ 3次元FEMモデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3次元FEMモデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3次元FEMモデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する3次元FEMモデルによる精査は、施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、原子炉建物について地震応答解析を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価において、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局所評価の荷重又は応力の算出結果を組み合わせることにより評価を行う場合は、米国 Regulatory Guide 1.92\*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

③及び⑤で、施設が有する耐震性への影響が想定され、評価対象として抽出された部位が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系に対し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、⑤の精査にて、建物・構築物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、3次元FEMモデルによる地震応答解析結果から、機器・配管系への影響の可能性が想定される部位について検討対象として抽出する。

注記\* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

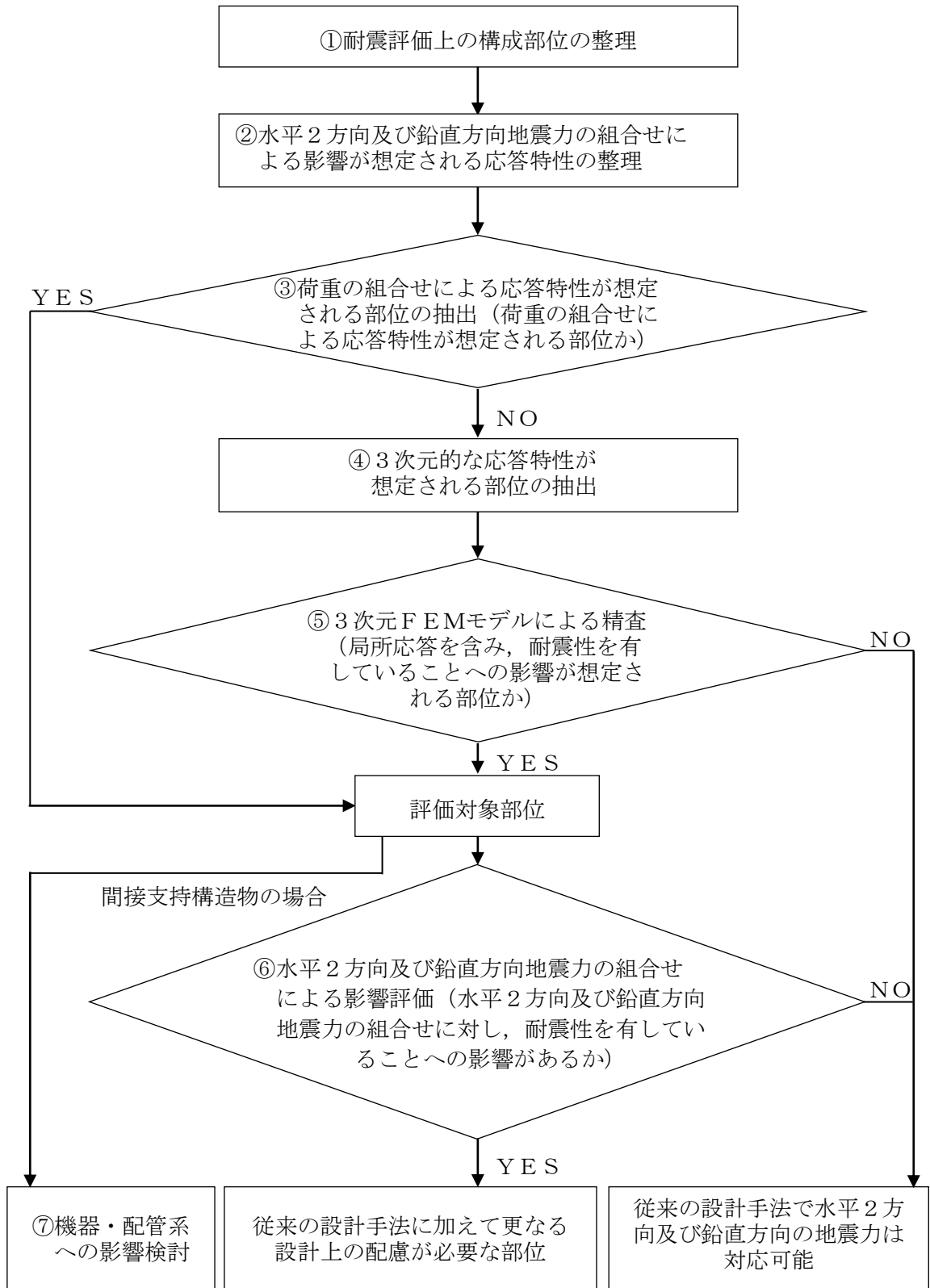


図 4-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー（建物・構築物）

## 4.2 機器・配管系

### 4.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法では、建物・構築物の振動特性を考慮し、変形するモードが支配的となり応答が大きくなる方向（応答軸方向）に基準地震動  $S_s$  を入力して得られる各方向の地震力（床応答）を用いている。

応答軸（強軸・弱軸）が明確となっている設備の耐震評価においては、水平各方向の地震力を包絡し、変形モードが支配的となる応答軸方向に入力するなど、従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方、応答軸が明確となっていない設備で3次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に3次元のモデル化を行っており、建物・構築物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し、この入力により算定される荷重や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。

更に、応答軸以外の振動モードが生じ難い構造の採用、応答軸以外の振動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮など、水平方向の入力に対して配慮した設計とする。

### 4.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に、影響を受ける可能性がある設備（部位）の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。

対象とする設備を機種ごとに分類し、それぞれの構造上の特徴により荷重の伝達方向、その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平2方向の地震力による影響を受ける可能性がある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性がある設備（部位）は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の検討を実施する。水平各方向の地震力が1:1で入力された場合の発生値の算出方法として、従来の評価結果の荷重又は算出応力等を水平2方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる方法又は新たな解析等により高度化した手法を用いることにより、水平2方向の地震力による設備（部位）に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた荷重や応力の結果が従来の発生値と同等である場合は影響のない設備とし、評価対象には抽出せず、従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は、設備が有する耐震性への影響を確認する。

設備が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。



#### 4.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

機器・配管系において、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響の可能性のある設備について、構造及び発生値の増分の観点から抽出し、耐震性への影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。

影響評価のフローを図4-3に示す。

なお、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する際は、地震時に水平2方向及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとした考え方である Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法（最大応答の非同時性を考慮した S R S S 法）又は組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を適用する。この組合せ方法については、現状の耐震評価が基本的におおむね弾性範囲でとどまる体系であることに加え、国内と海外の機器の耐震解析は、基本的に線形モデルで実施している等類似であり、水平2方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れることから、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考としているものである。

##### ① 評価対象となる設備の整理

耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備を評価対象とし、代表的な機種ごとに分類し整理する。（図4-3①）

##### ② 構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平2方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図4-3②）

##### ③ 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（図4-3③）

##### ④ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認

する。(図 4-3④)

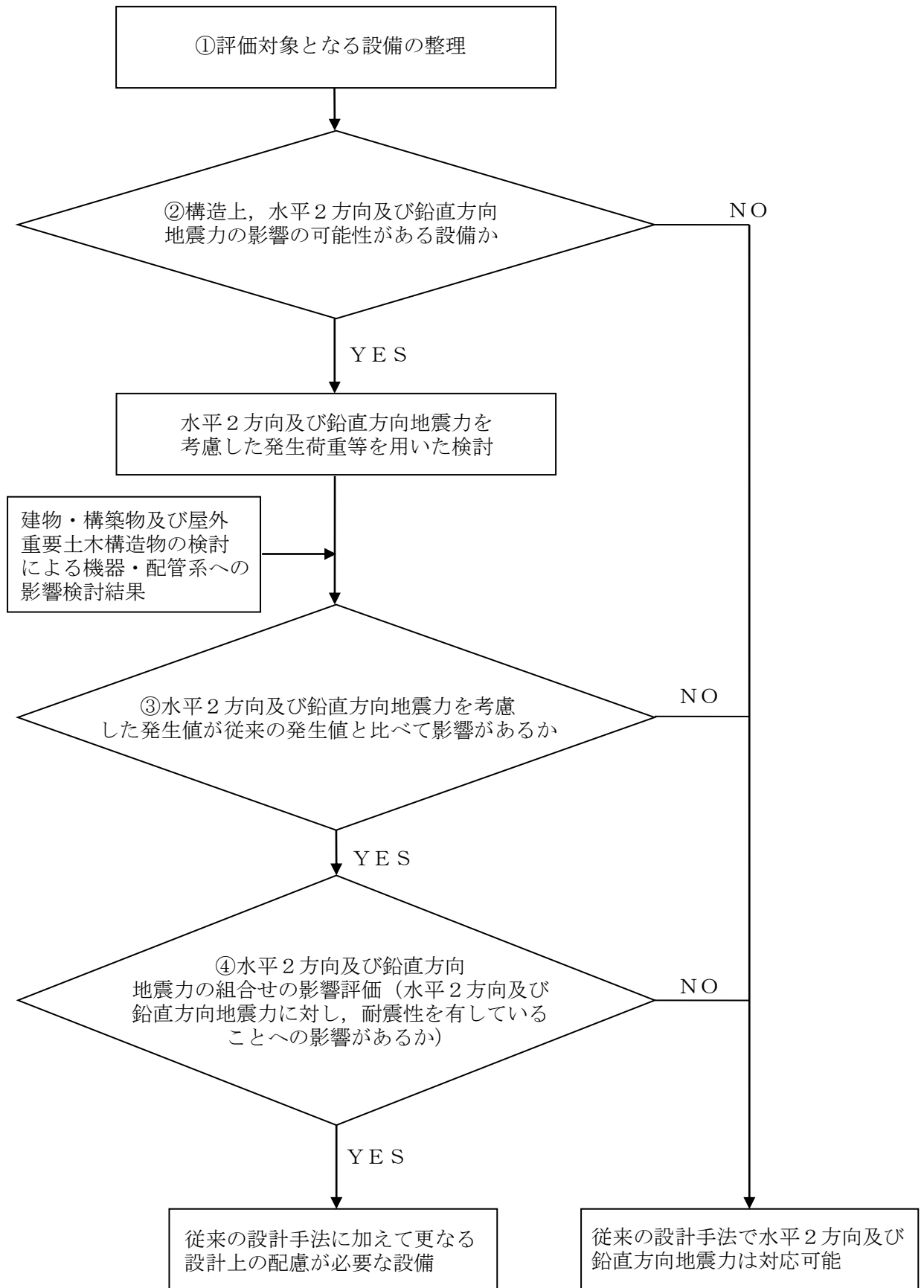


図 4-3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー（機器・配管系）

### 4.3 屋外重要土木構造物等

#### 4.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

従来の設計手法の考え方について、取水槽を例に表4-1に示す。

一般的な地上構造物では、躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し、屋外重要土木構造物等\*は、おおむね地中に埋設されているため、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。また、屋外重要土木構造物等は、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行き方向に連続する構造的特徴を有することから、3次元的な応答の影響は小さいため、2次元断面での耐震評価を行っている。

屋外重要土木構造物等は、主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため、通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから、構造上の特徴として、明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来設計手法では、弱軸方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

図4-4に示すとおり、従来設計手法では、屋外重要土木構造物等の構造上の特徴から、弱軸方向の地震荷重に対して、保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

また、VI-2-2「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書」、VI-2-3～VI-2-10の申請設備の耐震性に関する説明書及びVI-2-11「波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書」における屋外重要土木構造物等の耐震評価では、弱軸方向を評価対象断面とし、水平1方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。

屋外重要土木構造物等のうち取水口及びガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、海水の通水機能や配管等の間接支持機能を有する構造物と比較して、強軸及び弱軸が明確ではないことから、従来設計手法では、直交2方向ともに評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

注記\*：屋外重要土木構造物、重大事故等対処施設のうち土木構造物及び波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

なお、重大事故等対処施設は以下のとおり分類される。

- ・常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのものが設置される重大事故等対処施設に該当する土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備に該当する土木構造物

表 4-1 従来設計手法における評価対象断面の考え方（取水槽の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計の評価対象断面の考え方	<p>加振方向に平行な部材が少ない</p>	<p>加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができる</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・横断方向は、加振方向に平行な壁部材が少なく、弱軸方向にあたる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができ、強軸方向にあたる。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさない。</li> <li>・弱軸方向を評価対象断面とする。</li> </ul>		

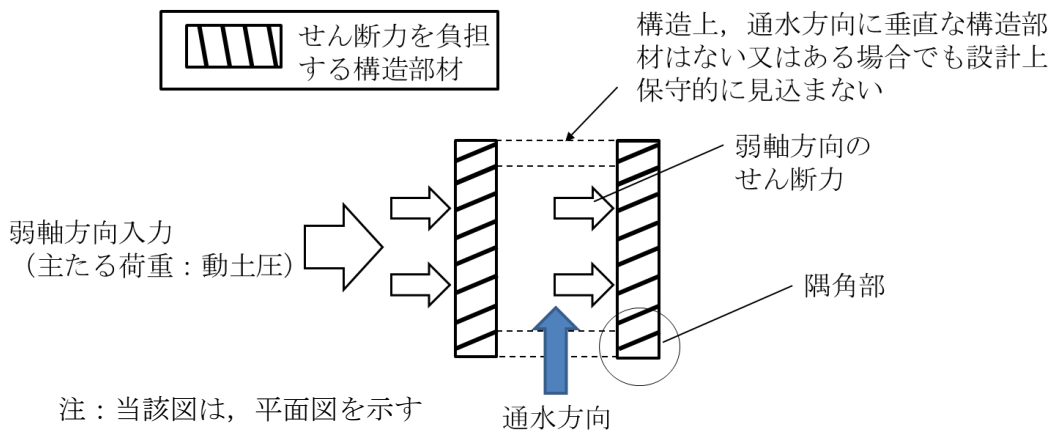


図 4-4 従来設計手法の考え方

#### 4.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、取水槽、取水管、取水口、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）、B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽、第1ベントフィルタ格納槽、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）、緊急時対策所用燃料地下タンク及び波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物（免震重要棟遮蔽壁、復水貯蔵タンク遮蔽壁、1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版、仮設耐震構台、土留め工（親杭））とする。また、津波防護施設である防波壁、1号機取水槽流路縮小工及び防波壁通路防波扉、津波防護施設の間接支持構造物である1号機取水槽北側壁も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし、評価対象に含める（「4.4 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備」参照）。

表4-2に屋外重要土木構造物等の施設分類を、表4-3に屋外重要土木構造物及び重大事故等対処施設の分類を示す。

屋外重要土木構造物等を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある構造形式を抽出する。

抽出された構造形式については、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

表 4-2 屋外重要土木構造物等の施設分類

評価対象構造物	施設分類		
	屋外重要土木構造物	重大事故等対処施設*	波及的影響
取水槽	○	○	—
取水管	○	○	—
取水口	○	○	—
屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)	○	○	—
屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)	○	—	—
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	○	○	—
屋外配管ダクト(B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	○	○	—
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	—	○	—
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	—	○	—
第1ベントフィルタ格納槽	—	○	—
屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	—	○	—
緊急時対策所用燃料地下タンク	—	○	—
免震重要棟遮蔽壁	—	—	○
復水貯蔵タンク遮蔽壁	—	—	○
1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版	—	—	○
仮設耐震構台	—	—	○
土留め工(親杭)	—	—	○

注記\*：重大事故等対処施設は以下のとおり分類される。

- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備に該当する土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設に該当する土木構造物

表 4-3 屋外重要土木構造物及び重大事故等対処施設の分類

設備名称	① ② ③			①又は③に設置される設備					
	屋外重要土木構造物	常設重大事故等対処設備	常設重大事故等対処施設	名称	耐震	耐津波		常設重大事故等対処設備	
						浸水防止設備	津波監視設備		
取水槽*1	○	○	○	原子炉補機海水ポンプ	○	-	-	○	
				原子炉補機海水ストレーナ	○	-	-	○	
				原子炉補機海水系 配管・弁	○	-	-	○	
				高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	○	-	-	○	
				高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ	○	-	-	○	
				高圧炉心スプレイ補機海水系 配管・弁	○	-	-	○	
				タービン補機海水ポンプ	-	○	-	-	*2
				タービン補機海水系 配管・弁 (ポンプ出口~第二出口弁)	-	○	-	-	*2
				循環水ポンプ	-	○	-	-	*2
				循環水系 配管・弁 (ポンプ出口~タービン建物外壁)	-	○	-	-	*2
				除じんポンプ	-	○	-	-	*2
				除じん系 配管・弁 (ポンプ入口配管, ポンプ出口~取水槽海水ポンプエリア境界壁)	-	○	-	-	*2
				貫通部止水処置	-	○	-	-	*2
				取水槽除じん機エリア防水壁	-	○	-	-	*2
				取水槽除じん機エリア水密扉	-	○	-	-	*2
				取水槽漏えい検知器	-	○	-	-	*2
取水槽床ドレン逆止弁	-	○	-	-	*2				
取水槽水位計	-	-	○	-	-	*2			
屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒)	○	-	○	非常用ガス処理系 配管・弁	○	-	-	○	
				非常用ディーゼル発電設備 A-燃料配管 配管・弁	○	-	-	○	
				高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料配管 配管・弁	○	-	-	○	
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	○	-	○	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	○	-	-	○	
				非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク	○	-	-	○	
				非常用ディーゼル発電設備 B-燃料配管 配管・弁	○	-	-	○	
屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)	○	-	○	非常用ディーゼル発電設備 B-燃料配管 配管・弁	○	-	-	○	
屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽)	○	-	○	非常用ディーゼル発電設備 A-燃料配管 配管・弁	○	-	-	○	
				原子炉補機海水系 配管 (放水配管)	-	○	-	*2	
				タービン補機海水系 配管・弁 (放水配管) (逆止弁下流)	-	○	-	*2	
				液体廃棄物処理系 配管・弁 (逆止弁下流)	-	○	-	*2	
				タービン建物漏えい検知器 (屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽))	-	○	-	*2	
				貫通部止水処置	-	○	-	*2	
取水管*1	○	○	-	-	-	-	-		
取水口*1	○	○	-	-	-	-	-		
第1ペントフィルタ格納槽	-	-	○	第1ペントフィルタ スクラバ容器	-	-	-	○	
				第1ペントフィルタ 銀ゼオライト容器	-	-	-	○	
				第1ペントフィルタ出口放射線モニタ (低レンジ)	-	-	-	○	
				圧力開放板	-	-	-	○	
				格納容器フィルタペント系 配管・弁	-	-	-	○	
				第1ペントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ)	-	-	-	○	
				スクラバ容器圧力	-	-	-	○	
				スクラバ容器温度	-	-	-	○	
スクラバ容器水位	-	-	-	○					
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	-	○*3	○	低圧原子炉代替注水ポンプ	-	-	-	○	
				低圧原子炉代替注水系 配管・弁	-	-	-	○	
				SAロードセンタ	-	-	-	○	
				SA1コントロールセンタ	-	-	-	○	
				代替注水流量 (常設)	-	-	-	○	
				低圧原子炉代替注水槽水位	-	-	-	○	
低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力	-	-	-	○					
緊急時対策所用燃料地下タンク	-	○	-	-	-	-	-		
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	-	-	○	ガスタービン発電機用軽油タンク	-	-	-	○	
				ガスタービン発電機 燃料配管 配管・弁	-	-	-	○	
屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)	-	-	○	ガスタービン発電機 燃料配管 配管・弁	-	-	-	○	

屋外重要土木構造物：Sクラスの機器・配管系を間接支持する支持機能若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物  
 常設重大事故等対処設備：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備に該当する土木構造物  
 常設重大事故等対処施設：常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) (当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのものが設置される重大事故等対処施設に該当する土木構造物)

耐震：耐震重要施設 (浸水防止設備、津波監視設備を除く)

注記\*1：非常用取水設備

\*2：常設重大事故等対処設備に対する浸水防止設備又は津波監視設備

\*3：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽のうち低圧原子炉代替注水槽



#### 4.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物等において、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響の可能性のある構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。

影響評価のフローを図4-5に示す。

##### (1) 影響評価対象構造物の抽出

###### ① 構造形式の分類

評価対象構造物について、各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

###### ② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

###### ③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される構造形式を抽出する。

###### ④ 従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所への抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により3次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

###### ⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出するとともに構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮して選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物等の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

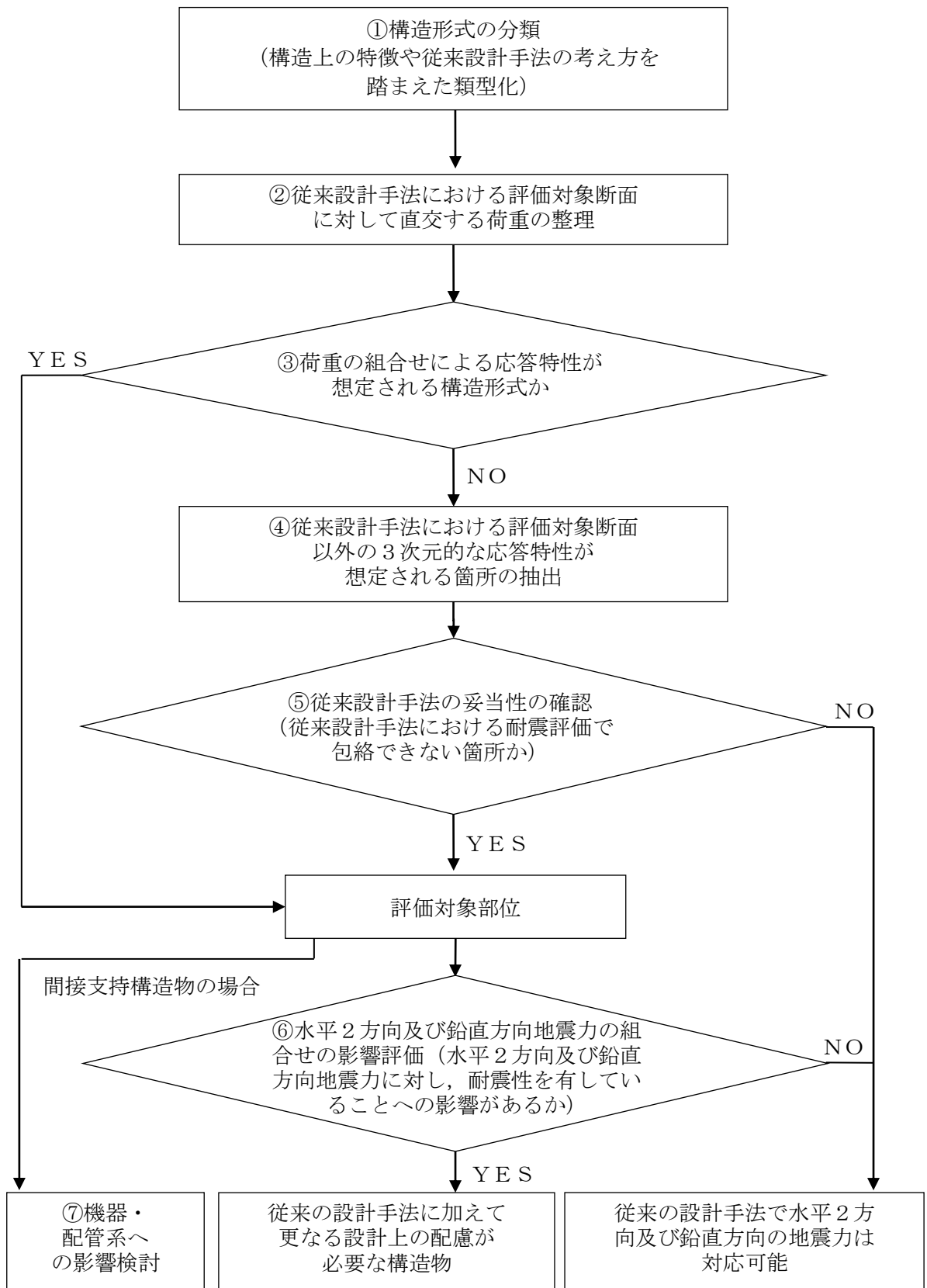


図 4-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー（屋外重要土木構造物等）

#### 4.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備

津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備は, 「建物・構築物」, 「機器・配管系」又は「屋外重要土木構造物等」に区分し設計をしていることから, 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は, 施設及び設備の区分に応じて「4.1 建物・構築物」, 「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物等」の方針に基づいて実施する。

## VI-2-1-9 機能維持の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力	2
3. 構造強度	11
3.1 構造強度上の制限	11
3.2 変位, 変形の制限	100
4. 機能維持	101
4.1 動的機能維持	101
4.2 電氣的機能維持	104
4.3 気密性の維持	104
4.4 止水性の維持	105
4.5 遮蔽性の維持	106
4.6 支持機能の維持	106
4.7 通水機能の維持	107
4.8 貯水機能の維持	107

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法及び「5. 機能維持の基本方針」に示す機能維持の考え方に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の機能維持に関する基本的な考え方を説明するものである。

2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法に基づくこととし、具体的な算定法は表 2-1 に示す。



表 2-1 設計用地震力

(1) 静的地震力

(設計基準対象施設)

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

種別	耐震クラス	地震層せん断力係数 及び水平震度	地震層せん断力係数 (必要保有水平耐力算出用)	鉛直震度
建物・構築物*5	S	$3.0 \cdot C_i^{*1}$	$1.0 \cdot C_i^{*2}$	$1.0 \cdot C_v^{*3}$ (0.24)
	B	$1.5 \cdot C_i^{*1}$	$1.0 \cdot C_i^{*2}$	—
	C	$1.0 \cdot C_i^{*1}$	$1.0 \cdot C_i^{*2}$	—
機器・配管系	S	$3.6 \cdot C_i^{*1}$	—	$1.2 \cdot C_v^{*3}$ (0.29)
	B	$1.8 \cdot C_i^{*1}$	—	—
	C	$1.2 \cdot C_i^{*1}$	—	—
土木構造物	C	$1.0 \cdot C_i^{*1}$	—	—
浸水防止設備*4	S	$3.6 \cdot C_i^{*1}$	—	$1.2 \cdot C_v^{*3}$ (0.29)

注記\*1:  $C_i$  は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

$R_t$  : 振動特性係数 0.8

$A_i$  :  $C_i$  の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 0.2

\*2:  $C_i$  は、標準せん断力係数を 1.0 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

$R_t$  : 振動特性係数 0.8

$A_i$  :  $C_i$  の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 1.0

\*3: 震度 0.3 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定とする。また次式より求めた値を表に記載した。

$$C_v = 0.3 \cdot R_v$$

$R_v$  : 振動特性係数 0.8

\*4: 浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管に適用する。

\*5: 原子炉格納容器については、建物・構築物の静的地震力を適用する。

(重大事故等対処施設)

静的地震力は、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）及び当該設備が設置される重大事故等対処施設に適用するものとし、以下の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

種別	*1 設備分類 施設区分	*2 耐震 クラス	地震層せん断力係数 及び水平震度	地震層せん断力係数 (必要保有水平耐力算出用)	鉛直震度
建物・ 構築物	②	B	$1.5 \cdot C_i^{*3}$	$1.0 \cdot C_i^{*4}$	—
	②	C	$1.0 \cdot C_i^{*3}$	$1.0 \cdot C_i^{*4}$	—
機器・ 配管系	①	B	$1.8 \cdot C_i^{*3}$	—	—
	①	C	$1.2 \cdot C_i^{*3}$	—	—
土木構造物	①	C	$1.0 \cdot C_i^{*3}$	—	—

注記\*1：重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

①：常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）

②：①が設置される重大事故等対処施設

\*2：常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が属する耐震重要度分類のクラス

\*3： $C_i$ は標準せん断力係数を0.2とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

$R_t$ ：振動特性係数 0.8

$A_i$ ： $C_i$ の分布係数

$C_0$ ：標準せん断力係数 0.2

\*4： $C_i$ は標準せん断力係数を1.0とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

$R_t$ ：振動特性係数 0.8

$A_i$ ： $C_i$ の分布係数

$C_0$ ：標準せん断力係数 1.0

(2) 動的地震力

(設計基準対象施設)

動的地震力は、以下の入力地震動に基づき算定する。

種別	耐震 クラス	入力地震動		
		水平	鉛直	
建物・ 構築物	S	弾性設計用地震動 S d	弾性設計用地震動 S d	
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	
	B	弾性設計用地震動 S d ・ 1/2 <sup>*1</sup>	弾性設計用地震動 S d ・ 1/2 <sup>*1</sup>	
		弾性設計用地震動 S d	弾性設計用地震動 S d	
機器・ 配管系	S	弾性設計用地震動 S d	弾性設計用地震動 S d	
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	
	B	弾性設計用地震動 S d ・ 1/2 <sup>*1</sup>	弾性設計用地震動 S d ・ 1/2 <sup>*1</sup>	
		弾性設計用地震動 S d	弾性設計用地震動 S d	
土木 構造 物	屋外重要 土木構造物	C	基準地震動 S s	基準地震動 S s
津波防護施設・ 浸水防止設備 <sup>*2</sup> ・ 津波監視設備		S	基準地震動 S s	基準地震動 S s

注記\*1：水平方向及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

\*2：浸水防止設備のうち隔離弁，ポンプ及び配管については，基準地震動 S s 及び弾性設計用地震動 S d による地震力を適用する。

(重大事故等対処施設)

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

種別	*1 設備分類 施設区分	*2 耐震 クラス	入力地震動	
			水平	鉛直
建物・ 構築物	*3 ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦	S	弾性設計用地震動 $S_d$	弾性設計用地震動 $S_d$
			基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$
	①, ②	B	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*4}$	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*4}$
機器・ 配管系	*3 ③, ⑤	S	弾性設計用地震動 $S_d$	弾性設計用地震動 $S_d$
			基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$
	①	B	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*4}$	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*4}$
土木構築物	③, ⑤	S	基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$
			①, ④, ⑥	C

注記\*1：重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

- ①：常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）
- ②：①が設置される重大事故等対処施設
- ③：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）
- ④：③が設置される重大事故等対処施設
- ⑤：常設重大事故緩和設備
- ⑥：⑤が設置される重大事故等対処施設
- ⑦：緊急時対策所

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

\*3：事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。

\*4：水平方向及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

\*5：屋外重要土木構築物の機能を代替する重大事故等対処施設に適用する。

## (3) 設計用地震力

(設計基準対象施設)

種別	耐震 クラス	設計用地震力		摘要
		水平	鉛直	
建物・ 構築物	S	地震層せん断力係数 $3.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	静的震度 $1.0 \cdot C_v$ (0.24) に基づく地震力	*1, *3 荷重の組合せは、水平 方向及び鉛直方向が静 的地震力の場合は同時 に不利な方向に作用す るものとし、絶対値和 による。 水平方向及び鉛直方向 が動的地震力の場合は 組合せ係数法による。
		弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	
		基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	*1 荷重の組合せは、組合 せ係数法による。
	B	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
		弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*2	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*2	荷重の組合せは、組合 せ係数法による。
	C	地震層せん断力係数 $1.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
機器・ 配管系	S	静的震度 $3.6 \cdot C_i$ に基づく地震力	静的震度 $1.2 \cdot C_v$ (0.29) に基づく地震力	*3, *4 荷重の組合せは、水平 方向及び鉛直方向が静 的地震力の場合は同時 に不利な方向に作用す るものとし、絶対値和 による。 水平方向及び鉛直方向 が動的地震力の場合は 二乗和平方根 (SRSS) 法又は組合せ係数 法による。
		弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	
	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	*4 荷重の組合せは、二乗 和平方根 (SRSS) 法又は組合せ係数法に よる。	

種別	耐震 クラス	設計用地震力		摘要
		水平	鉛直	
機器・配管系	B	静的震度 $1.8 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	*4, *5 水平方向及び鉛直方向 が動的地震力の場合は 二乗和平方根（SRSS） 法又は組合せ係数 法による。
		弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*2	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*2	
	C	静的震度 $1.2 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
土木 構造物	C	静的震度 $1.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
		基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	
その他の 土木構造物	C	静的震度 $1.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
津波防護施設・ 浸水防止設備*6・ 津波監視設備	S	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	*4 荷重の組合せは、鉛直 地震力と水平地震力の 同時作用、組合せ係数 法又は二乗和平方根 （SRSS）法によ る。

注記\*1：建物・構築物のうち原子炉格納容器については、水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合には二乗和平方根（SRSS）法、組合せ係数法又は絶対値和を適用する。

\*2：水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

\*3：水平方向における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直方向における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和で組み合わせてもよいものとする。

\*4：水平方向における動的地震力と、鉛直方向における動的地震力とを、絶対値和で組み合わせてもよいものとする。

\*5：水平方向における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直方向における動的地震力とを、絶対値和で組み合わせてもよいものとする。

\*6：浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管については、Sクラスの機器・配管系に対する設計用地震力を適用する。

(重大事故等対処施設)

種別	*1 設備分類 施設区分	*2 耐震 クラス	設計用地震力		摘要
			水平	鉛直	
建物・ 構築物	*3 ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦	S	弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	*4 荷重の組合せ は、組合せ係数 法による。
			基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	
	①, ②	B	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
			弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*5	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*5	荷重の組合せ は、組合せ係数 法による。
		C	地震層せん断力係数 $1.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
	機器・ 配管系	*3 ③, ⑤	S	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力
弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力				弾性設計用地震動 $S_d$ に基づく地震力	
①		B	静的震度 $1.8 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	*6, *7 水平方向及び鉛 直方向が動的地 震力の場合は二 乗和平方根 (S RSS) 法又は 組合せ係数法に よる。
			弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*5	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2$ に基づく地震力*5	
		C	静的震度 $1.2 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—
土木 構築物		③, ⑤	S	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力
	①, ④, ⑥	C	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力*8	基準地震動 $S_s$ に基づく地震力*8	鉛直地震力は、 水平地震力と同 時に作用するも のとする。
	①	C	静的震度 $1.0 \cdot C_i$ に基づく地震力	—	—

注記\*1：重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

- ①：常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）
  - ②：①が設置される重大事故等対処施設
  - ③：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）
  - ④：③が設置される重大事故等対処施設
  - ⑤：常設重大事故緩和設備
  - ⑥：⑤が設置される重大事故等対処施設
  - ⑦：緊急時対策所
- \*2：常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が属する耐震重要度分類のクラス  
また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。
- \*3：事象の発生確率，継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ，適切な地震力と組み合わせる。
- \*4：建物・構築物のうち原子炉格納容器については，水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根（SRSS）法，組合せ係数法又は絶対値和を適用する。
- \*5：水平方向及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。
- \*6：水平方向における動的地震力と，鉛直方向における動的地震力とを，絶対値和で組み合わせてもよいものとする。
- \*7：水平方向における動的と静的の大きい方の地震力と，鉛直方向における動的地震力とを，絶対値和で組み合わせてもよいものとする。
- \*8：屋外重要土木建造物の機能を代替する重大事故等対処施設に適用する。



### 3. 構造強度

#### 3.1 構造強度上の制限

発電用原子炉施設の耐震設計については、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.1 構造強度」に示す考え方にに基づき、設計基準対象施設における各耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた設計用地震力が加わった場合、これらに生じる応力とその他の荷重によって生じる応力の合計値等を許容限界以下とする設計とする。

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

地震力による応力とその他の荷重による応力の組合せに対する許容値は、表 3-1 に示すとおりとする。

機器・配管系の基準地震動  $S_s$  又は弾性設計用地震動  $S_d$  のみによる疲労解析に用いる等価繰返し回数は、設置場所等に関係なく複数の設備に対して適用が可能になるように設定した値（基準地震動  $S_s$  : 150 回，弾性設計用地震動  $S_d$  : 300 回），又は設備ごとに個別に設定した値を用いる。

また、建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有する設計とする。支持性能が必要となる施設の基礎地盤については、接地圧が安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の支持力度と比べて妥当な安全余裕を有する設計とし、設計基準対象施設における耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた許容限界を設定する。

耐震設計においては、地震力に加えて、自然条件として積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

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

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

- (1) 「運転状態Ⅰ」とは、発電用原子炉施設の通常運転時の状態をいう。ここで通常運転とは、運転計画等で定める起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替等の発電用原子炉施設の運転をいう。
- (2) 「運転状態Ⅱ」とは、運転状態Ⅰから逸脱した運転状態であって、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ、運転状態Ⅴ及び試験状態以外の状態をいう。「試験状態」とは、耐圧試験により原子炉施設に最高使用圧力を超える圧力が加えられている状態をいう。
- (3) 「運転状態Ⅲ」とは、発電用原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態をいう。

- (4) 「運転状態Ⅳ」とは、発電用原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態をいう。
- (5) 「運転状態Ⅴ」とは、発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、又は重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる運転状態をいう。なお、Ⅵ-3「強度に関する説明書」に記載の「運転状態Ⅳを超える事象」に相当するものである。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容限界

(1) 建物・構築物

(設計基準対象施設)

	耐震クラス	荷重の組合せ	許容限界	
			建物・構築物	基礎地盤の支持性能
建物・構築物	Sクラス	$G + P + S_d^{*1}$	質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えること又は部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値若しくはCCV規格 <sup>*2, *3</sup> における荷重状態Ⅲの許容値を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。
		$G + P + S_s$	質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみが $2.0 \times 10^{-3}$ を超えないこと、部材に生じる応力が終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること又は部材に生じる応力若しくはひずみがCCV規格 <sup>*2</sup> における荷重状態Ⅳの許容値を超えないこととする。	地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。
	Bクラス	$G + P + S_B$	部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。
	Cクラス	$G + P + S_C$	部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_d^{*}$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  により定まる地震力又はSクラスの施設に適用される静的地震力のいずれか大きいほうの地震力

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  により定まる地震力

$S_B$  : Bクラスの施設に適用される静的地震力又は動的地震力

$S_C$  : Cクラスの施設に適用される静的地震力

注：屋外配管ダクト（排気筒）の耐震評価は表 3-1(3)を適用

注記\*1：設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重は、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力又は静的地震力と組み合わせる。

\*2：発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）

\*3：燃料プール（キャスク置場を含む）の耐震評価に適用

(重大事故等対処施設)

	*1 設備分類 施設区分	*2 耐震クラス	荷重の組合せ	許容限界	
				建物・構築物	基礎地盤の 支持性能
建物・ 構築物	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦	Sクラス	$G + P + A + S_s$	要求機能が維持される こととする。	地盤の極限支持力度に 対して妥当な安全余裕 を持たせる。
	①, ②	Bクラス	$G + P + S_B$	部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。
		Cクラス	$G + P + S_C$	部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

A : 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれのある事象による荷重、又は重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち長期的な荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

$S_B$  : Bクラスの施設に適用される地震動より求まる地震力又はBクラスの施設に適用される静的地震力

$S_C$  : Cクラスの施設に適用される静的地震力

注：屋外配管ダクト（排気筒）の耐震評価は表 3-1(3)を適用

注記\*1：重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

①：常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）

②：①が設置される重大事故等対処施設

③：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）

④：③が設置される重大事故等対処施設

⑤：常設重大事故緩和設備

⑥：⑤が設置される重大事故等対処施設

⑦：緊急時対策所

\*2：常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が属する耐震重要度分類のクラス

また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをSと表記する。

(2) 機器・配管系

a. 記号の説明

- D : 死荷重
- P : 地震と組み合わせすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く。）における圧力荷重
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く。）で設備に作用している機械的荷重  
〔各運転状態におけるP及びMについては、安全側に設定された値（最高使用圧力、設計機械荷重等）を用いてもよい。〕
- P<sub>L</sub> : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き、その後に生じている圧力荷重
- M<sub>L</sub> : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- 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
- P<sub>SAL</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（L））に作用する圧力荷重
- M<sub>SAL</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（L））に作用する機械的荷重
- P<sub>SALL</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（L））より更に長期的（長期（LL））に作用する圧力荷重
- M<sub>SALL</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（L））より更に長期的（長期（LL））に作用する機械的荷重
- P<sub>SAD</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重
- M<sub>SAD</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S<sub>d</sub> : 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>により定まる地震力
- S<sub>d</sub><sup>\*</sup> : 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のいずれか大きい方の地震力
- 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> : Bクラス設備に適用される地震動より定まる地震力又は静的地震力
- S<sub>C</sub> : Cクラス設備に適用される静的地震力

- III<sub>A</sub>S : 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））  
J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・  
建設規格」という。）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 : 設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生  
じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- V<sub>A</sub>S : 運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生  
じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- B<sub>A</sub>S : Bクラス設備の地震時の許容応力状態
- C<sub>A</sub>S : Cクラス設備の地震時の許容応力状態
- S<sub>y</sub> : 設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値
- S<sub>u</sub> : 設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値
- S<sub>m</sub> : 設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定される値  
ただし、耐圧部テンションボルトにあつては設計・建設規格 付録  
材料図表 Part5 表 2 に規定される値
- S : 許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定される値  
ただし、クラスMC容器にあつては設計・建設規格 付録材料図表  
Part5 表 3 に規定される値  
また、耐圧部テンションボルトについては、クラスMCにあつては  
設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 4 に規定される値  
その他については設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定  
される値
- F : 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に規定される値
- f<sub>t</sub> : 許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-  
3121.1(1)により規定される値  
ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される  
値
- f<sub>s</sub> : 許容せん断応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-  
3121.1(2)により規定される値  
ボルト等に対しては、設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定さ  
れる値
- f<sub>c</sub> : 許容圧縮応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-  
3121.1(3)により規定される値
- f<sub>b</sub> : 許容曲げ応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-  
3121.1(4)により規定される値
- f<sub>p</sub> : 許容支圧応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-  
3121.1(5)により規定される値

$f_t^*$ ,  $f_s^*$ ,  $f_c^*$ ,  $f_b^*$ ,  $f_p^*$

上記の  $f_t$ ,  $f_s$ ,  $f_c$ ,  $f_b$ ,  $f_p$  の値を算出する際に設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する値とあるのを設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する値の 1.2 倍の値と読み替えて計算した値

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、設計・建設規格 SSB-3121.1(1)a の F 値は  $S_y$  及び  $0.7 \cdot S_u$  のいずれか小さい方の値

ただし、使用温度が  $40^\circ\text{C}$  を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、 $1.35 \cdot S_y$ ,  $0.7 \cdot S_u$  又は  $S_y(RT)$  のいずれか小さい方の値

また、 $S_y(RT)$  は  $40^\circ\text{C}$  における設計降伏点の値

$T_L$  : 形式試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重(N) (同一仕様につき 3 個の試験の最小値又は 1 個の試験の 90%)

$S_{y d}$  : 最高使用温度における設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値

$S_{y t}$  : 試験温度における設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値

A S S : オーステナイト系ステンレス鋼

H N A : 高ニッケル合金

## b. 荷重の組合せ及び許容応力

(a) Sクラスの機器・配管系，常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのものの）の機器・配管系

イ. クラス1容器及び重大事故等クラス2容器（クラス1容器）  
（クラス1容器）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界					
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力	特別な応力限界	
							純せん 断応力	支圧応力
S	D+P+M+S <sub>d</sub> * <sup>*</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$S_y$ と $\frac{2}{3} \cdot S_u$ の小さい方 ただし，ASS及びHNA については $1.2 \cdot S_m$ とする。	左欄の $\alpha$ 倍の値 <sup>*6</sup>	$3 \cdot S_m$ <sup>*2</sup> S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動 のみによる応力振幅 について評価する。	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動 のみによる疲労解析 を行い，運転状態Ⅰ， Ⅱにおける疲労累積 係数との和が1.0以 下であること。	$0.6 \cdot S_m$	<sup>*5</sup> $S_y$ ( $1.5 \cdot S_y$ )
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S <sub>d</sub> * <sup>*1</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし，ASS及びHNA については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	左欄の $\alpha$ 倍の値 <sup>*6</sup>				$0.4 \cdot S_u$
	D+P+M+S <sub>s</sub>							

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては，許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとする。

\*2： $3 \cdot S_m$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。）の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要

ただし，PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*4：運転状態Ⅰ，Ⅱにおいて疲労解析を要しない場合は，地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

\*5：（ ）内は，支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*6：設計・建設規格 PVB-3111に基づき，純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値（ $\alpha$ ）を用いる。



(重大事故等クラス2容器 (クラス1容器))

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界					
		一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力	特別な応力限界	
						純せん断応力	支圧応力
D + P + M + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし, ASS及び HNAについては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と 2.4・S <sub>m</sub> の小さい方	左欄の α倍の値*6	3・S <sub>m</sub> *2 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震 動のみによる応力 振幅について評価 する。	*3, *4 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震 動のみによる疲労 解析を行い, 運転状 態I, IIにおける疲 労累積係数との和 が1.0以下である こと。	0.4・S <sub>u</sub>	S <sub>u</sub> *5 (1.5・S <sub>u</sub> )
D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> * *1							
D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を用 いる。)						
D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub>							

注記\*1: 非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては, 許容応力状態III<sub>A</sub>Sとする。

\*2: 3・S<sub>m</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3: 設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要

ただし, PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*4: 運転状態I, IIにおいて疲労解析を要しない場合は, 地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

\*5: ( )内は, 支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*6: 設計・建設規格 PVB-3111に基づき, 純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

ロ. クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器 (クラスMC容器)  
(クラスMC容器)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界					
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力	特別な応力限界*8	
							純せん 断応力	支圧応力
S	D+P+M+S <sub>d</sub> * <sup>*</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*7	3・S* <sup>2</sup>	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震 *3, *4 動のみによる疲労 解析を行い、運転状 態Ⅰ,Ⅱにおける疲 労累積係数との和 が1.0以下である こと。	0.6・S	S <sub>y</sub> * <sup>5</sup> (1.5・S <sub>y</sub> )
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S <sub>d</sub> * <sup>*1</sup>							
	D+P+M+S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	構造上の連続な部分は、 0.6・S <sub>u</sub> 、不連続な部分は、 S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方 ただし、ASS及びHNA については、構造上の連続 な部分は2・Sと0.6・S <sub>u</sub> の小さい方、不連続な部分 は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*7	3・S* <sup>2</sup>	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震 *3, *4 動のみによる疲労 解析を行い、運転状 態Ⅰ,Ⅱにおける疲 労累積係数との和 が1.0以下である こと。	0.4・S <sub>u</sub>	S <sub>u</sub> * <sup>5</sup> (1.5・S <sub>u</sub> )
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S <sub>d</sub> * <sup>*6</sup>							

注記\*1：P<sub>L</sub>は、冷却材喪失事故後10<sup>-1</sup>年後の最大内圧を考慮する。

\*2：3・Sを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。S<sub>m</sub>はSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*4：運転状態Ⅰ,Ⅱにおいて疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

\*5 : ( )内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*6 : 原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

\*7 : 設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値( $\alpha$ )を用いる。

\*8 : 座屈に対する評価は、J E A G 4 6 0 1 ・補-1984の第2種容器の軸圧縮荷重及び曲げモーメントによる座屈に対する評価式を用いる。

(重大事故等クラス2容器 (クラスMC容器))

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界					
		一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力	特別な応力限界* <sup>9</sup>	
						純せん断応力	支圧応力
$D + P_L + M_L + S_d^{**1}$	III <sub>A</sub> S	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方ただし、ASS及びHNAについては $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の $\alpha$ 倍の値* <sup>8</sup>	$3 \cdot S^{*4}$ $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる応力振幅について評価する。	* <sup>5</sup> , * <sup>6</sup> $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態I, IIにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。	$0.6 \cdot S$	$S_y^{*7}$ ( $1.5 \cdot S_y$ )
$D + P + M + S_s$	IV <sub>A</sub> S	構造上の連続な部分は、 $0.6 \cdot S_u$ 、不連続な部分は、 $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方ただし、ASS及びHNAについては、構造上の連続な部分は $2 \cdot S$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方、不連続な部分は $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の $\alpha$ 倍の値* <sup>8</sup>			$0.4 \cdot S_u$	$S_u^{*7}$ ( $1.5 \cdot S_u$ )
$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*2, *3}$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)						
$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s^{*3}$							

注記\*1:  $P_L$ は、冷却材喪失事故後 $10^{-1}$ 年後の最大内圧を考慮する。

\*2: 重大事故等後の最高圧力、最高温度 (最高圧力時の飽和温度) との組合せを考慮する。

\*3: 原子炉格納容器バウンダリ設備に対しても本荷重の組合せを適用する。

\*4:  $3 \cdot S$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。  $S_m$ は $S$ と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

\*5: 設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「 $S_d$ 又は $S_s$ 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*6: 運転状態I, IIにおいて疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

\*7: ( )内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*8：設計・建設規格 PVB-3111に基づき，純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値( $\alpha$ )を用いる。

\*9：座屈に対する評価は，J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 の第2種容器の軸圧縮荷重及び曲げモーメントによる座屈に対する評価式を用いる。

ハ. クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器 (クラス 2, 3 容器)

(クラス 2 容器及びクラス 3 容器)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1			
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$ <sup>*2</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	<sup>*3</sup> $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行 い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の 変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値		

注記\*1: 座屈に対する評価が必要な場合には, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*2:  $P_D$ 及び $M_D$ について, 非常用炉心冷却系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。

\*3:  $2 \cdot S_y$ を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(重大事故等クラス2容器 (クラス2, 3容器))

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1			
		一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5倍の値	*2 $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
*3 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。 )				

注記\*1: 座屈に対する評価が必要な場合には, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*2:  $2 \cdot S_y$  を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3: 原子炉格納容器内の設備については, 原子炉格納容器の最高使用圧力を考慮する。

ニ. クラス1管及び重大事故等クラス2管 (クラス1管)  
(クラス1管)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	D+P+M+S <sub>d</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot S_m^{*2}$	$2.25 \cdot S_m^{*3}$ ただし、ねじりによる応力が $0.55 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げ とねじりによる応力について $1.8 \cdot S_m$ とする。	$3 \cdot S_m^{*3, *4}$ S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみに よる応力振幅について評価 する。	<sup>*3</sup> S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみ による疲労解析を行い、運 転状態Ⅰ,Ⅱにおける疲労 累積係数との和が1.0以 下であること。
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S <sub>d</sub> * <sup>*1</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S	$2 \cdot S_m^{*2}$	$3 \cdot S_m^{*3}$ ただし、ねじりによる応力が $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げ とねじりによる応力について $2.4 \cdot S_m$ とする。		
	D+P+M+S <sub>s</sub>					

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとする。

\*2：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。

\*3：サポート用ラグ等が配管に直接溶接されている場合、配管に発生する局部的応力についても応力評価を行う。

\*4： $3 \cdot S_m$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。) 又はPPB-3536(1), (2), (4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いる。



(重大事故等クラス2管 (クラス1管) )

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
D + P + M + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	2・S <sub>m</sub> <sup>*2</sup>	3・S <sub>m</sub> <sup>*3</sup> ただし、ねじりによる応力が 0.73・S <sub>m</sub> を超える場合は、 曲げとねじりによる応力につ いて2.4・S <sub>m</sub> とする。	3・S <sub>m</sub> <sup>*3, *4</sup> S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動の みによる応力振幅につ いて評価する。	*3 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動の みによる疲労解析を行 い、運転状態Ⅰ、Ⅱに おける疲労累積係数と の和が1.0以下である こと。
D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> <sup>*1</sup>					
D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして右に 示すIV <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)				
D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub>					

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとする。

\*2：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(1.5・S<sub>m</sub>)の0.8倍の値とする。

\*3：サポート用ラグ等が配管に直接溶接されている場合、配管に発生する局部的応力についても応力評価を行う。

\*4：3・S<sub>m</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。) 又はPPB-3536(1), (2), (4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いる。

ホ. クラス2, 3管及び重大事故等クラス2管 (クラス2, 3管)  
(クラス2, 3管)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^{*1}$	Ⅲ <sub>A</sub> S	<sup>*2</sup> $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNAにつ いては上記の値と $1.2 \cdot S$ のう ち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS及びHNA については上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方と する。	<sup>*3</sup> $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析 を行い, 疲労累積係数が1.0以下である こと。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力 の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析 は不要	
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u^{*2}$	左欄の1.5倍の値		

注記\*1:  $P_D$ 及び $M_D$ について, 非常用炉心冷却系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。

\*2: 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。

\*3:  $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5) (ただし,  $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(重大事故等クラス2管 (クラス2, 3管) )

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$0.6 \cdot S_u^{*1}$	左欄の 1.5 倍の値	<sup>*2</sup> $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
<sup>*3</sup> $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。)				

注記\*1: 軸力による全断面平均応力については, 許容応力状態 $III_A S$ の一次一般膜応力の許容値 ( $S_y$ と  $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし,  $A S S$ 及び $HNA$ については上記の値と  $1.2 \cdot S$ との大きい方) の 0.8 倍の値とする。

\*2:  $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5) (ただし,  $S_m$ は  $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3: 原子炉格納容器内の設備については, 原子炉格納容器の最高使用圧力を考慮する。

へ、クラス4管及び重大事故等クラス2管（クラス4管）  
（クラス4管）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
			一次一般膜応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$ <sup>*1</sup>	III <sub>A</sub> S	地震時の加速度及び相対変位に対し、機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。 <span style="float: right;">*2</span>
	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S	

注記\*1： $P_D$ 及び $M_D$ について、非常用炉心冷却系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。

\*2：クラス4管であって非常用ガス処理系のように管を使用する場合、クラス2管の規定によることができる。

(重大事故等クラス2管 (クラス4管) )

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界
		一次一般膜応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_{AS}$	<p style="text-align: right;">*</p> 地震時の加速度及び相対変位に対し、機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。
$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として右に示す $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。)	

注記\* : クラス4管であって非常用ガス処理系のように管を使用する場合、クラス2管の規定によることができる。

ト. クラス1ポンプ及び重大事故等クラス2ポンプ (クラス1ポンプ)  
(クラス1ポンプ)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	D+P+M+S <sub>d</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	$S_y$ と $\frac{2}{3} \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNA については $1.2 \cdot S_m$ とする。	左欄の 1.5倍の値	$3 \cdot S_m^{*2}$ S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみ による応力振幅について 評価する。	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみ による疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下 であること。
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S <sub>d</sub> * <sup>*1</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし, ASS及びHNA については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と	左欄の 1.5倍の値		
	D+P+M+S <sub>s</sub>		$2.4 \cdot S_m$ の小さい方			

注記\*1: 非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては, 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとし, それ以外の設備に対しては許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sとする。

\*2:  $3 \cdot S_m$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。) の簡易弾塑性解析を用いる。

(重大事故等クラス2ポンプ (クラス1ポンプ) )

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
$D + P_L + M_L + S_d^{*1}$	IV <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし, ASS及びHNA については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と 2.4・S <sub>m</sub> の小さい方	左欄の 1.5倍の値	$3 \cdot S_m^{*2}$ S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみ による応力振幅について 評価する。	S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみ による疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下 であること。
$D + P + M + S_s$					
$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして右に示すIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)				
$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$					

注記\*1: 非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては, 許容応力状態III<sub>A</sub>Sとし, それ以外の設備に対しては許容応力状態IV<sub>A</sub>Sとする。

\*2:  $3 \cdot S_m$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。) の簡易弾塑性解析を用いる。

チ. クラス2ポンプ, クラス3ポンプ, その他のポンプ及び重大事故等クラス2ポンプ (クラス2, 3, その他のポンプ)  
(クラス2ポンプ, クラス3ポンプ, その他のポンプ)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$ <sup>*1</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNA については上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方と する。	左欄の 1.5倍の値	*2 $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行 い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の 変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5倍の値		

注記\*1:  $P_D$ 及び $M_D$ について, 非常用炉心冷却系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。

\*2:  $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。



(重大事故等クラス2ポンプ (クラス2ポンプ, クラス3ポンプ, その他のポンプ) )

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値	* $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。)				

注記\* :  $2 \cdot S_y$  を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。  $S_m$  は  $2/3 \cdot S_y$  と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

リ. クラス1弁（弁箱）及び重大事故等クラス2弁（クラス1弁（弁箱））  
（クラス1弁（弁箱））

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D+P+M+S d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S	<div style="text-align: center;"> <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> <p>*2</p> </div>			
	$D+P_L+M_L+S d^*$ <sup>*1</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S				
	$D+P+M+S s$					

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとし、それ以外の設備に対しては許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sとする。

\*2：外径が115mm以下の管に接続される弁のうち、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、設計・建設規格 VVB-3330 の評価を行う。ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

(重大事故等クラス2弁 (クラス1弁 (弁箱))

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
$D + P_L + M_L + S_d^*$ <sup>*1</sup>	IV <sub>A</sub> S				
$D + P + M + S_s$					
$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を用いる。)				
$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$					

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとし、それ以外の設備に対しては許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sとする。

\*2：外径が115mm以下の管に接続される弁のうち、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、設計・建設規格 VVB-3330 の評価を行う。ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

ヌ. クラス2弁（弁箱）及び重大事故等クラス2弁（クラス2弁（弁箱））  
（クラス2弁（弁箱））

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S d^*$ <sup>*1</sup>	III <sub>A</sub> S	_____ <sup>*2</sup>			
	$D + P_D + M_D + S s$	IV <sub>A</sub> S				

注記\*1： $P_D$ 及び $M_D$ について、非常用炉心冷却系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。

\*2：バルブの肉厚が接続配管と同等の場合で、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、設計・建設規格 VVB-3330 の評価を行う。  
ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

(重大事故等クラス2弁 (クラス2弁 (弁箱))

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	<hr style="width: 50%; margin: auto;"/> *1			
$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ *2 ( $V_A S$ として右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。 )				

39 注記\*1：バルブの肉厚が接続配管と同等の場合で、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、設計・建設規格 VVB-3330 の評価を行う。ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

\*2：原子炉格納容器内の設備については、原子炉格納容器の最高使用圧力を考慮する。

ル. 炉心支持構造物  
(設計基準対象施設)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 (ボルト等以外) *4					許容限界 (ボルト等)		
			一次一般膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般 膜応力	一次一般膜 応力+一次 曲げ応力	一次+ 二次応力
					純せん断 応力	支圧応力	ねじり 応力			
S	D + P + M + S d *	III <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot S_m^{*1}$	<sup>*1</sup> 左欄の 1.5 倍の値	$0.9 \cdot S_m$	$1.5 \cdot S_y^{*2}$ ( $2.25 \cdot S_y$ )	$1.2 \cdot S_m$	$1.5 \cdot S_m^{*1}$	<sup>*1</sup> 左欄の 1.5 倍の値	—
	D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S d *	IV <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*3}$ ただし, ASS 及 びHNAについては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	<sup>*3</sup> 左欄の 1.5 倍の値	$1.2 \cdot S_m$	$2 \cdot S_y^{*2}$ ( $3 \cdot S_y$ )	$1.6 \cdot S_m$	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*3}$ ただし, ASS 及び HNAについては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	<sup>*3</sup> 左欄の 1.5 倍の値	—
	D + P + M + S s									

注記\*1: 設計・建設規格 CSS-3160(2)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は, この限りではない。

\*2: ( ) 内は, 支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*3: 設計・建設規格 CSS-3160(3)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は, この限りではない。

\*4: 座屈に対する評価が必要な場合, 柱状の炉心支持構造物にあつては, クラス1支持構造物の座屈評価による。また, 円筒形状の炉心支持構造物にあつては, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

(重大事故等対処施設)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 (ボルト等以外) *3					許容限界 (ボルト等)		
		一次一般膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般膜応力	一次一般膜 応力+一次 曲げ応力	一次+ 二次応力
				純せん断 応力	支圧応力	ねじり 応力			
D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> *	IV <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*1}$ ただし, ASS及び HNAについては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	*1 左欄の 1.5倍の値	1.2 · S <sub>m</sub>	*2 2 · S <sub>y</sub> (3 · S <sub>y</sub> )	1.6 · S <sub>m</sub>	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*1}$ ただし, ASS 及びHNAにつ いては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さ い方	*1 左欄の 1.5倍の値	—
D + P + M + S <sub>s</sub>									
D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を 用いる。)								
D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub>									

注記\*1: 設計・建設規格 CSS-3160(3)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は、この限りではない。

\*2: ( )内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*3: 座屈に対する評価が必要な場合、柱状の炉心支持構造物にあっては、クラス1支持構造物の座屈評価による。また、円筒形状の炉心支持構造物にあっては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

## フ. 炉内構造物

(設計基準対象施設)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)		
			一次一般膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般 膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力	一次+ 二次応力
					純せん断 応力	支圧応力	ねじり 応力			
S	$D + P_D + M_D + S_d^{*1}$	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot S_m^{*2}$	左欄の 1.5倍の値 <sup>*2</sup>	$0.9 \cdot S_m$	$1.5 \cdot S_y^{*3}$ ( $2.25 \cdot S_y$ )	$1.2 \cdot S_m$	$1.5 \cdot S_m^{*2}$	左欄の <sup>*2</sup> 1.5倍の値	—
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*4}$ ただし, ASS及 びHNAについて は $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	左欄の <sup>*4</sup> 1.5倍の値	$1.2 \cdot S_m$	$2 \cdot S_y^{*3}$ ( $3 \cdot S_y$ )	$1.6 \cdot S_m$	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*4}$ ただし, ASS及 びHNAについて は $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	左欄の <sup>*4</sup> 1.5倍の値	—

注記\*1:  $P_D$ 及び $M_D$ について, 非常用炉心冷却系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。

\*2: 設計・建設規格 CSS-3160(2)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は, この限りではない。

\*3: ( )内は, 支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

\*4: 設計・建設規格 CSS-3160(3)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は, この限りではない。



(重大事故等対処施設)

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)		
		一次一般膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般膜応力	一次一般膜 応力+一次 曲げ応力	一次+ 二次応力
				純せん断 応力	支圧応力	ねじり 応力			
D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*1}$ ただし, ASS 及びHNAにつ いては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と	<sup>*1</sup> 左欄の 1.5倍の値	1.2 · S <sub>m</sub>	2 · S <sub>y</sub> <sup>*2</sup> (3 · S <sub>y</sub> )	1.6 · S <sub>m</sub>	$\frac{2}{3} \cdot S_u^{*1}$ ただし, ASS及び HNAにつ いては $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と 2.4 · S <sub>m</sub> の 小さい方	<sup>*1</sup> 左欄の 1.5倍の値	—
D + P <sub>SAD</sub> + M <sub>SAD</sub> + S <sub>s</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとし て右に示す IV <sub>A</sub> Sの許容 限界を用い る。)	2.4 · S <sub>m</sub> の小さい方							

注記\*1: 設計・建設規格 CSS-3160(3)の崩壊荷重の下限に基づく評価を適用する場合は、この限りではない。

\*2: ( )内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

ワ. クラス1支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物（クラス1支持構造物）  
（クラス1支持構造物）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 <sup>*1, *2, *3</sup> (ボルト等以外)										許容限界 <sup>*2, *4</sup> (ボルト等)		形式試験に よる場合  許容荷重
			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	座屈 <sup>*5</sup>	引張	せん断	
S	D+P+M+S d <sup>*</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>b</sub>	1.5・f <sub>p</sub>	3・f <sub>t</sub>	3・f <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	3・f <sub>b</sub> <sup>*7</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*7, *8</sup> 1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S d <sup>*9</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*</sup>	〔 S d又はS s地震動 のみによる応力振幅 について評価する。〕			1.5・f <sub>p</sub> <sup>*8</sup>	又は 1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	D+P+M+S s														

注記\*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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、据付状態等のばらつき等を考慮して、Ⅲ<sub>A</sub>S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>A</sub>S→Ⅲ<sub>A</sub>Sとして応力評価を行う。

\*5：薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*6：すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5・f<sub>s</sub>とする。

\*7：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

\*8：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。

\*9：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sとする。

(重大事故等クラス2支持構造物 (クラス1支持構造物) )

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (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*5	引張	せん断			
D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> * <sup>*9</sup>	IV <sub>A</sub> S						3・f <sub>t</sub>	3・f <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	3・f <sub>b</sub> <sup>*7</sup>							
D + P + M + S <sub>s</sub>																
D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sと して右に示 すIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を 用いる。)	1.5・f <sub>t</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>c</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>b</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>p</sub> * <sup>*</sup>	$\left( S_d \text{ 又は } S_s \text{ 地震動} \right)$ のみによる応力振幅 について評価する。			1.5・f <sub>p</sub> * <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> , <sup>*7, *8</sup> 1.5・f <sub>s</sub> 又は 1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>t</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> * <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$		
D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub>																

注記\*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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、据付状態等のばらつき等を考慮して、IV<sub>A</sub>S→III<sub>A</sub>S（一次引張応力に対しては 1.5・f<sub>t</sub>、一次せん断応力に対しては 1.5・f<sub>s</sub>）として応力評価を行う。

\*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。

\*6：すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5・f<sub>s</sub>とする。

\*7：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f<sub>b</sub>とする。

\*8：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。

\*9：非常用炉心冷却系等に属する設備に対しては、許容応力状態III<sub>A</sub>Sとする。

カ. クラスMC支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物 (クラスMC支持構造物)  
(クラスMC支持構造物)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (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*5	引張	せん断		
S	D + P + M + S d *	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5 · f <sub>t</sub>	1.5 · f <sub>s</sub>	1.5 · f <sub>c</sub>	1.5 · f <sub>b</sub>	1.5 · f <sub>p</sub>	3 · f <sub>t</sub>	3 · f <sub>s</sub> <sup>*7</sup>	3 · f <sub>b</sub> <sup>*8</sup>	1.5 · f <sub>p</sub> <sup>*9</sup>	1.5 · f <sub>b</sub> <sup>*8, *9</sup>	1.5 · f <sub>s</sub>	1.5 · f <sub>t}</sub>	1.5 · f <sub>s}</sub>	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S d *															
	D + P + M + S s	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5 · f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>p</sub> <sup>*</sup>	〔S d 又は S s 地震動の みによる応力振幅につ いて評価する。〕					1.5 · f <sub>c</sub>	1.5 · f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S d *															

注記\*1 : 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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, 据付状態等のばらつき等を考慮して, Ⅲ<sub>A</sub>S 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>A</sub>S → Ⅲ<sub>A</sub>S として応力評価を行う。

\*5 : 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*6 : P<sub>L</sub> は, 冷却材喪失事故後 10<sup>-1</sup>年後の最大内圧を考慮する。

- \*7 : すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。
- \*8 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた  $f_b$  とする。
- \*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。
- \*10 : 原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから, 構造体全体としての安全裕度を確認する意味で, 冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

(重大事故等クラス2支持構造物(クラスMC支持構造物))

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (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*5	引張	せん断	
$D + P_L + M_L + S_d^*$ <sup>*6</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ <sup>*7</sup>	$3 \cdot f_b$ <sup>*8</sup>	$1.5 \cdot f_p$ <sup>*9</sup>		$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y,d}}{S_{y,t}}$
$D + P + M + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S										$1.5 \cdot f_b$ , $1.5 \cdot f_s$ <sup>*8, *9</sup>			$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y,d}}{S_{y,t}}$
$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ <sup>*10</sup>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして右に示す)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	〔S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる応力振幅について評価する。〕			$1.5 \cdot f_p^*$ <sup>*9</sup>	又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	
$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)													

注記\*1 : 鋼構造設計規準(日本建築学会 2005 改定)等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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、据付状態等のばらつき等を考慮して、Ⅳ<sub>A</sub>S→Ⅲ<sub>A</sub>S(一次引張応力に対しては $1.5 \cdot f_t$ 、一次せん断応力に対しては $1.5 \cdot f_s$ )として応力評価を行う。

\*5 : 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*6 : P<sub>L</sub>は、冷却材喪失事故後 10<sup>-1</sup>年後の最大内圧を考慮する。

\*7 : すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

\*8 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f<sub>b</sub>とする。

\*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。

\*10 : 重大事故等後の最高圧力, 最高温度 (最高圧力時の飽和温度) との組合せを考慮する。

ヨ. クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物 (クラス 2, 3 支持構造物)  
(クラス 2, 3 支持構造物)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (ボルト等)		形式試験に よる場合  許容荷重
			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	座屈*5	引張	せん断	
S	$D + P_D + M_D + S_d$ *9	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ *6	$3 \cdot f_b$ *7	$1.5 \cdot f_p$ *8	$1.5 \cdot f_b$ , $1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	〔S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動の みによる応力振幅につ いて評価する。〕			$1.5 \cdot f_p$ *8	又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

注記\*1: 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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, 据付状態等のばらつき等を考慮して, Ⅲ<sub>A</sub>S の許容応力を一次引張応力に対しては  $f_t$ , 一次せん断応力に対しては  $f_s$  として, またⅣ<sub>A</sub>S → Ⅲ<sub>A</sub>S として応力評価を行う。

\*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。

\*6: すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*7: 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた  $f_b$  とする。

\*8: 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。

\*9:  $P_D$  及び  $M_D$  について, 非常用炉心冷却系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。



(重大事故等クラス2支持構造物(クラス2, 3支持構造物))

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2, *3</sup> (ボルト等以外)										許容限界 <sup>*2, *4</sup> (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 <sup>*5</sup>	引張	せん断			
D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S						3・f <sub>t</sub>	3・f <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	3・f <sub>b</sub> <sup>*7</sup>							
D + P <sub>SAD</sub> + M <sub>SAD</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*9</sup>	VA S (VA Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を用 いる。)	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*</sup>	$\left[ \begin{array}{l} S_s \text{ 地震動のみによる} \\ \text{応力振幅について評価} \\ \text{する。} \end{array} \right]$			1.5・f <sub>p</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*7, *8</sup> 1.5・f <sub>s</sub> 又は 1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$		

注記\*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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，据付状態等のばらつき等を考慮して，IV<sub>A</sub>S→III<sub>A</sub>S（一次引張応力に対しては1.5・f<sub>t</sub>，一次せん断応力に対しては1.5・f<sub>s</sub>）として応力評価を行う。

\*5：薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*6：すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5・f<sub>s</sub>とする。

\*7：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

\*8：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。

\*9：原子炉格納容器内の設備については，原子炉格納容器の最高使用圧力を考慮する。

タ. その他の支持構造物  
(設計基準対象施設)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2, *3, *10 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4, *10 (ボルト等)	形式試験に よる場合  許容荷重	
			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	座屈*5	引張		せん断
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*6}$	$3 \cdot f_b^{*7}$	$1.5 \cdot f_p^{*8}$	$1.5 \cdot f_b^{*7, *8}$ $1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y,d}}{S_{y,t}}$
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	〔S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動の みによる応力振幅につ いて評価する。〕				$1.5 \cdot f_p^{*8}$	又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1 : 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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, 据付状態等のばらつき等を考慮して, Ⅲ<sub>A</sub>S の許容応力を一次引張応力に対しては  $f_t$ , 一次せん断応力に対しては  $f_s$  として, またⅣ<sub>A</sub>S → Ⅲ<sub>A</sub>S として応力評価を行う。

\*5 : 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては, クラスMC 容器の座屈に対する評価式による。

\*6 : すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*7 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4) により求めた  $f_b$  とする。

\*8 : 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。

\*9 :  $P_D$  及び  $M_D$  について, 非常用炉心冷却系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。

\*10：電気計装設備，換気空調設備の評価においても準用する。

(重大事故等対処施設)

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 <sup>*1, *2, *3, *10</sup> (ボルト等以外)										許容限界 <sup>*2, *4, *10</sup> (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 <sup>*5</sup>	引張	せん断			
D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S						3・f <sub>t</sub>	3・f <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	3・f <sub>b</sub> <sup>*7</sup>							
D + P <sub>SAD</sub> + M <sub>SAD</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*9</sup>	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして 右に示すIV <sub>A</sub> S の許容限界を 用いる。)	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*</sup>	$\left( S_s \text{地震動のみによる} \right)$ 応力振幅について評価 する。					1.5・f <sub>p</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*7, *8</sup> 1.5・f <sub>s</sub> 又は 1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

注記\*1 : 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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, 据付状態等のばらつき等を考慮して, IV<sub>A</sub>S → III<sub>A</sub>S (一次引張応力に対しては 1.5・f<sub>t</sub>, 一次せん断応力に対しては 1.5・f<sub>s</sub>) として応力評価を行う。

\*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。

\*6 : すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5・f<sub>s</sub> とする。

\*7 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4) により求めた f<sub>b</sub> とする。

\*8 : 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。

\*9 : 原子炉格納容器内の設備については，原子炉格納容器の最高使用圧力を考慮する。

\*10 : 電気計装設備，換気空調設備の評価においても準用する。

- レ. クラス1 耐圧部テンションボルト (容器以外) 及び重大事故等クラス2 耐圧部テンションボルト (容器以外) (クラス1 耐圧部テンションボルト (容器以外) )  
(クラス1 耐圧部テンションボルト (容器以外) )

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
			平均引張応力
S	D+P+M+S d *	III <sub>A</sub> S	1.5・S <sub>m</sub> <sup>*2, *3, *4</sup>
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +S d * <sup>*1</sup>		
	D+P+M+S s	IV <sub>A</sub> S	2・S <sub>m</sub> <sup>*2, *3, *4</sup>

注記\*1：非常用炉心冷却系等に属する設備に対して評価を行う。

\*2：使用圧力及び外荷重を考慮する。

\*3：クラス1 容器耐圧部テンションボルトと同等の詳細解析を行う場合、クラス1 容器耐圧部テンションボルトの許容応力を用いることができる。

\*4：クラス1 ポンプの耐圧部テンションボルトに当たっては、S<sub>m</sub>をSと読み替える。

(重大事故等クラス2 耐圧部テンションボルト (容器以外) (クラス1 耐圧部テンションボルト (容器以外) )

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
		平均引張応力
$D+P+M+S_s$	$IV_{AS}$	$2 \cdot S_m$ *1, *2, *3
$D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として右に 示す $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)	
$D+P_{SALL}+M_{SALL}+S_s$		

注記\*1：使用圧力及び外荷重を考慮する。

\*2：クラス1 容器耐圧部テンションボルトと同等の詳細解析を行う場合、クラス1 容器耐圧部テンションボルトの許容応力を用いることができる。

\*3：クラス1 ポンプの耐圧部テンションボルトに当たっては、 $S_m$ をSと読み替える。

ソ. クラス 2, 3 耐圧部テンションボルト及び重大事故等クラス 2 耐圧部テンションボルト (クラス 2, 3 耐圧部テンションボルト)  
(クラス 2, 3 耐圧部テンションボルト)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
			平均引張応力
S	$D + P_D + M_D + S d^{*1}$	III <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot S^{*2, *3}$
	$D + P_D + M_D + S s$	IV <sub>A</sub> S	$2 \cdot S^{*2, *3}$

注記\*1:  $P_D$ 及び $M_D$ について, 非常用炉心冷却系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。

\*2: 使用圧力及び外荷重を考慮する。

\*3: 継手接続部 (配管等) の許容応力から定まる荷重が作用するものと仮定した場合において, 耐圧部テンションボルトの応力が上記の許容応力を満たすことを確認するときは, 発生応力に対する評価を行うことを要しない。

評価方法としては, 「配管の応力解析を用いる方法」等がある。



(重大事故等クラス2 耐圧部テンションボルト (クラス2, 3 耐圧部テンションボルト) )

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
		平均引張応力
$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$2 \cdot S$ <sup>*1, *2</sup>
$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として右に示す $IV_A S$ の許容限界を用いる。)	

注記\*1：使用圧力及び外荷重を考慮する。

\*2：継手接続部（配管等）の許容応力から定まる荷重が作用するものと仮定した場合において、耐圧部テンションボルトの応力が上記の許容応力を満たすことを確認するときは、発生応力に対する評価を行うことを要しない。

評価方法としては、「配管の応力解析を用いる方法」等がある。

## ツ. 埋込金物

荷重の組合せに対する許容応力状態は、埋込金物が支持する支持構造物と同等とする。また、以下では、設計基準対象施設の許容限界を示すが、重大事故等対処施設における許容応力状態Ⅴ<sub>A</sub>Sの許容限界については、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの許容限界と読み替える。

## (イ) 鋼構造物の許容応力

鋼構造物の許容応力は次による。

- i. 板、スタッド等は、その他の支持構造物（ボルト等以外）の規定による。
- ii. アンカボルトは、その他の支持構造物（ボルト等）の規定による。

## (ロ) コンクリート部の許容基準

コンクリート部の強度評価における許容荷重はJ E A G 4 6 0 1-1991 追補版に基づき、次のとおりとする。また、アンカ部にじん性が要求される場合にあつては、原則として基礎ボルトが先に降伏するような設計とする。

## i. 基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価

## (i) コンクリートにせん断補強筋がない場合

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

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

ここに、

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

$$p_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_o \cdot F_c$$

$p$  : 基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重(N)

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

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

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

$K_1$  : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数

$K_2$  : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数

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

$A_c$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(mm<sup>2</sup>)

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

$A_o$  : 支圧面積(mm<sup>2</sup>)

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

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 (K <sub>1</sub> )	支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 (K <sub>2</sub> )
S	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	0.45	2/3
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	0.6	0.75

(ii) コンクリートにせん断補強筋を配する場合

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

$$\text{鉄筋比} : P_t = \frac{\sum A_w}{A_c}$$

A<sub>w</sub> : せん断補強筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

A<sub>c</sub> : 有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)

ii. 基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価

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

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

ここに、

$$q_{a1} = 0.5 \cdot K_3 \cdot A_b \cdot \sqrt{E_c \cdot F_c}$$

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

q : 基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重 (N)

q<sub>a</sub> : 基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)

q<sub>a1</sub> : 基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊 (複合破壊) する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断荷重 (N)

q<sub>a2</sub> : へり側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断荷重 (N)

K<sub>3</sub> : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数

K<sub>4</sub> : へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数

A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの谷径断面積 (スタッドの場合は軸部断面積) (mm<sup>2</sup>)

E<sub>c</sub> : コンクリートのヤング率 (N/mm<sup>2</sup>)

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

a : へりあき距離 (mm)

A<sub>c1</sub> : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm<sup>2</sup>) = π a<sup>2</sup>/2

ただし、 $\sqrt{E_c \cdot F_c}$  の値は、500N/mm<sup>2</sup> 以上、880N/mm<sup>2</sup> 以下とする。880N/mm<sup>2</sup> を超える場合は、 $\sqrt{E_c \cdot F_c} = 880\text{N/mm}^2$  として計算する。また、各許容応力状態に対するせん断耐力の低減係数 (K<sub>3</sub> 及び K<sub>4</sub>) の値を以下に示す。

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数 (K <sub>3</sub> )	へり側コンクリート破壊の場合の低減係数 (K <sub>4</sub> )
S	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	0.6	0.45
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	0.8	0.6

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

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

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

ここに，

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

$$= \text{Min}(p_{a1}, p_{a2})$$

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

$$= \text{Min}(q_{a1}, q_{a2})$$

p : 基礎ボルト1本当たりの引張荷重(N)

q : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重(N)

iv. コンクリート部の面内せん断力が大きい場合の評価

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

- (i) 耐震壁の面内せん断ひずみ度と基礎ボルトの面外引張力に関する許容限界の目安値  
地震力による各層の面内せん断ひずみ度 $\gamma$ と機器・配管系のアンカ部に作用する面外の引張力 $p$ を $p_u$ で除した値 $p/p_u$ が，以下に示す図の網掛け部の許容限界ゾーン内にあることとする。

ここで， $p_u$ は定着部のコンクリートのコーン状破壊耐力で，下記の式による。また，面内せん断ひずみ度 $\gamma$ は，J E A G 4 6 0 1で定まる復元力特性を用いた応答解析結果に基づく値とする。

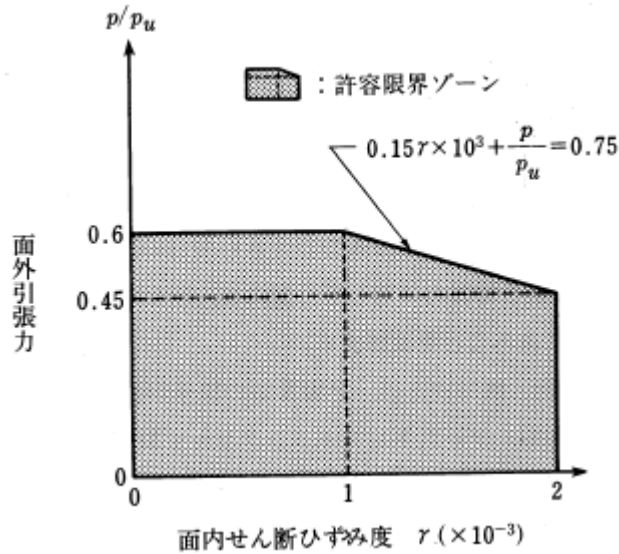
$$p_u = 0.31 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c}$$

ここに，

p<sub>u</sub> : 定着部のコンクリートのコーン状破壊耐力(N)

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

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



面内せん断ひずみ度と面外引張力に関する許容限界ゾーン

- (ii) 耐震壁の面内せん断力と基礎ボルトの面外引張力に関する許容限界の目安値  
地震力による各層の面内せん断力  $Q$  を終局せん断耐力  $Q_u$  で除した値  $Q/Q_u$  と前記の  $p/p_u$  が、以下に示す図の網掛け部の許容限界ゾーン内にあることを目安とする。

ここで、 $Q_u$  は各層の終局せん断耐力で、下記の式による。

$$Q_u = \tau_u \cdot A_s$$

ここに、

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

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

ただし、 $M/QD > 1$  のとき、 $M/QD = 1$  とする。

$$\tau_s = (P_v + P_H) \cdot \sigma_y / 2 + (\sigma_v + \sigma_H) / 2$$

$Q_u$  : 終局せん断耐力 (N)

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

$A_s$  : 有効せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

$P_v$  : 縦筋比

$P_H$  : 横筋比

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

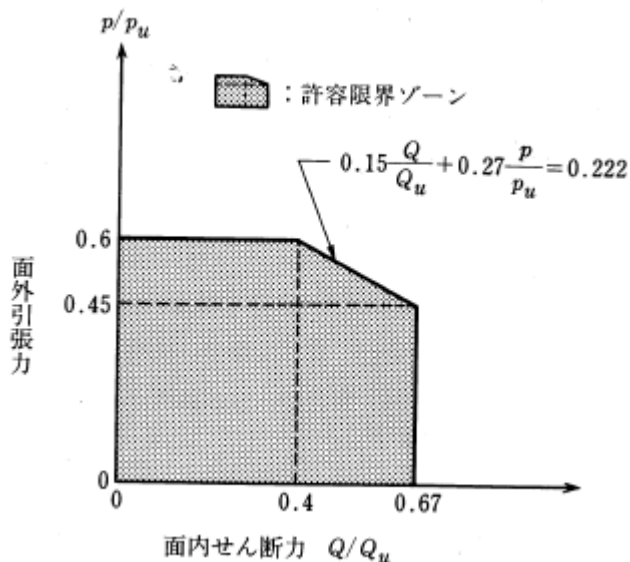
$\sigma_H$  : 横軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

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

$D$  : 引張, 圧縮フランジの芯々間距離 (mm)

(ボックス壁であれば地震荷重加力方向の壁長, 円筒壁の場合は外径)

- Q : 当該耐震壁面内せん断力(N)  
M : 当該耐震壁曲げモーメント(N・mm)



面内せん断力と面外引張力に関する許容限界ゾーン

- v. コンクリートの許容圧縮応力度  
コンクリートの許容圧縮応力度は下表に示す値とする。

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

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容圧縮応力度*
S	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	2/3 · F <sub>C</sub>
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	0.75 · F <sub>C</sub>

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

- vi. コンクリートの許容せん断応力度  
コンクリートの許容せん断応力度は下表に示す値とする。

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

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

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

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

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

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

- viii. コンクリートの許容支圧応力度  
 コンクリートの許容支圧応力度は下表に示す値とする。

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

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

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

$A_1$  = 局部圧縮を受ける面積 (支圧面積)

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

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

また、本評価法以外に、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984」の「2.9.4章 埋込金物の許容応力」の解説(7).bに示される米国コンクリート学会の規定を用いる場合もある。

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

ここで、

P = 引抜き力又は押抜き力 (N)

$\alpha_D$  = 1.5 (定数)

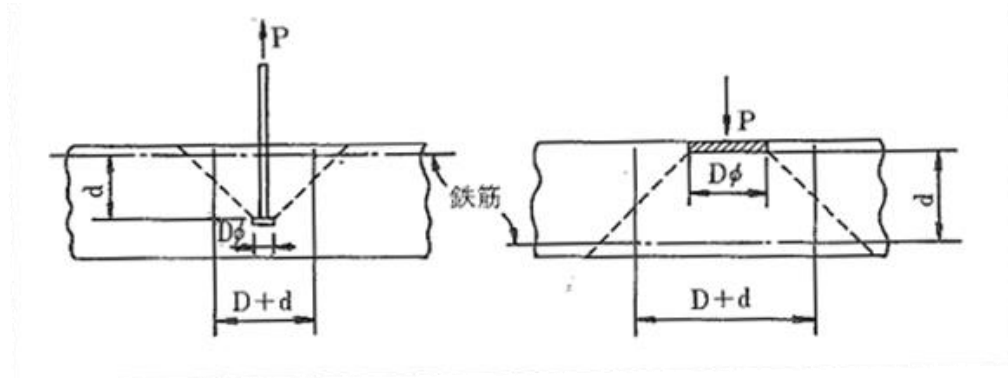
$b_0$  = せん断力算定断面の延べ幅 (mm)

j = (7/8) d (mm)

d = せん断力算定断面の有効せい (mm)

ただし、せん断力算定断面は次のように考える。

$$\left( \begin{array}{l} \text{スタッド, アンカボルトの引抜き} \\ \text{の例, ただし } b_0 = \pi \cdot (D + d) \end{array} \right) \left( \begin{array}{l} \text{ベースプレートの押抜きの例,} \\ \text{ただし } b_0 = \pi \cdot (D + d) \end{array} \right)$$



(ハ) 形式試験による場合

埋込金物に対し形式試験により標準設計荷重を求める場合は次による。

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

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容荷重
S	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S	$(T_L)_{min} \cdot 1/2$
	$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$(T_L)_{min} \cdot 0.6$

(二) スタッドの評価

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



## (ホ) メカニカルアンカ、ケミカルアンカの許容応力

建物施工後に設置する後打ちアンカには、メカニカルアンカ及びケミカルアンカがあり、その許容値は、「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会，2010年改定）又はJ E A G 4 6 0 1・補-1984に基づき設計する。

## i. メカニカルアンカ

「各種合成構造設計指針・同解説 第4編 各種アンカーボルト設計指針・解説 資料5 金属拡張アンカーボルトの設計」に基づき設計する。また、J E A G 4 6 0 1・補-1984に基づく場合は、前記ツ.(イ),(ロ)の許容値に更に20%の低減を行うものとする。

## (i) 引張力を受ける場合

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

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

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

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

ここで、

$p_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重(N)

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

$\alpha_c$  : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$  とする。

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数であり、以下の表に従う。

	$\phi_1$	$\phi_2$
短期荷重用	1.0	2/3

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

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

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

$c \sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度で  $c \sigma_t = 0.31 \sqrt{F_c}$  とする。

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

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

$D$  : アンカボルト本体の直径(mm)

$\ell$  : アンカボルトの埋込み深さで、母材表面から拡張面先端までの距離(mm)

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

## (ii) せん断力を受ける場合

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

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

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

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

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

ここで、

$q_{a1}$  : ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重(N)

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

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

$\alpha_c$  : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$  とする。

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数であり、(i)において示す表に従う。

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

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

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

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

$A_{qc}$  : せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi c^2 \text{ とする。 (mm}^2\text{)}$$

$c$  : へりあき寸法(mm)

### (iii) 組合せ

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

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

### ii. ケミカルアンカ

「各種合成構造設計指針・同解説 第4編 各種アンカーボルト設計指針・解説 4.5 接着系アンカーボルトの設計」又は J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に基づき設計する。「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく場合は以下のとおりである。また、J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に基づく場合は、前記ツ.(イ)、(ロ)の許容値に更に20%の低減を行うものとする。

#### (i) 引張力を受ける場合

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

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

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

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

ここで、

$p_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重(N)

$p_{a3}$  : ボルトの付着力により決まる許容引張荷重(N)

$\phi_1, \phi_3$  : 低減係数であり、以下の表に従う。

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

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

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

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

$sca$  : ボルトの断面積で、軸部断面積とねじ部有効断面積の小さい方の値(mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : ボルトの径(mm)

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

$l_e$  : ボルトの有効埋込み深さ(mm)

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

$\alpha_n$  : へりあき及びボルトピッチによる付着強度の低減係数で  $\alpha_n = 0.5 \left( \frac{c_n}{l_c} \right) + 0.5$ とする ( $n=1, 2, 3$ )。ただし、 $(c_n/l_e) \geq 1.0$ の場合は  $(c_n/l_e) = 1.0$ 、 $l_e \geq 10d_a$ の場合は  $l_e = 10d_a$ とする。

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

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

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

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

(ii) せん断力を受ける場合

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

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

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

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

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

ここで、

$q_{a1}$  : ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重(N)

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

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

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数であり、(i)において示す表に従う。

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

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

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

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

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

$c$  : へりあき寸法(mm)

また、ボルトの有効埋込み長さが  $l_e$  以下となるようにする。

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

(iii) 組合せ

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

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

ネ. 燃料集合体（燃料被覆管）

(イ) 崩壊熱除去可能な形状維持

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界
		一次応力
D+P+M+S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	III <sub>A</sub> S	0.7・S <sub>u</sub> <sup>*1, *2</sup>
D+P+M+S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	

注記\*1：せん断ひずみエネルギー説に基づく相当応力に対して評価する。

\*2：使用温度及び照射の効果を考慮して許容値を設定する。

(ロ) 閉じ込め機能維持

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>*4</sup>	
		一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
D+P+M+S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	III <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> <sup>*1, *2</sup>	*3 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、Ⅱにおける累積疲労係数との和が1.0以下であること。
D+P+M+S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	S <sub>u</sub> <sup>*1, *2</sup>	

注記\*1：せん断ひずみエネルギー説に基づく相当応力に対して評価する。

\*2：使用温度及び照射の効果を考慮して許容値を設定する。

\*3：運転時の異常な過渡変化時として、運転状態Ⅲの制御棒引抜きについても考慮する。

\*4：「実用発電用原子炉の燃料体に対する地震の影響の考慮について（平成29年2月15日, 原子力規制庁）」に基づき許容限界を設定する。

(b) B, Cクラスの機器・配管系, 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故防止取備 (設計基準拡張) (当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの) の機器・配管系

イ. クラス2, 3容器及び重大事故等クラス2容器 (クラス2, 3容器)

(クラス2, 3容器)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNAについては上記 の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS及びHNAについては上記 の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$		

(重大事故等クラス2容器 (クラス2, 3容器) )

*1 耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNAについては上記 の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS及びHNAについては上記 の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$		

注記\*1: 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) が属する耐震重要度分類のクラス

\*2: 設計基準事故等の状態で作用する荷重を除く。

ロ. クラス2管及び重大事故等クラス2管 (クラス2管)  
(クラス2管)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界		
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	<sup>*1</sup> $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	— <sup>*2</sup>
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$			

注記\*1: 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。

\*2: 異なる建物間に設置される等、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 $2 \cdot S_y$ とする。

(重大事故等クラス2管 (クラス2管) )

*1 耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界		
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_{AS}$	*3 $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし、ASS及びHNAにつ いては上記の値と $1.2 \cdot S$ のう ち大きい方とする。	—*4
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_{AS}$			

注記\*1：常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が属する耐震重要度分類のクラス

\*2：設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。

\*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。

\*4：異なる建物間に設置される等、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 $2 \cdot S_y$ とする。



ハ. クラス3管及び重大事故等クラス2管 (クラス3管)  
(クラス3管)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_{AS}$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。 <sup>*1</sup>	$S_y$ ただし、ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	—	
	$D + P_D + M_D + S_d$ <sup>*4</sup>	$IV_{AS}$	$0.6 \cdot S_u$ <sup>*2</sup>	左欄の1.5倍の値	<sup>*3</sup> $S_s$ 又は $S_d$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
	$D + P_d + M_d + S_s$ <sup>*5</sup>					
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_{AS}$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。 <sup>*1</sup>	$S_y$ ただし、ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	—	

注記\*1：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。

\*2：軸力による全断面平均応力については、許容応力状態 $B_{AS}$ の一次一般膜応力の許容値 ( $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方) の0.8倍の値とする。

\*3： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5) (ただし、 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

\*4：主蒸気系主配管 (弾性設計用地震動 $S_d$ に対し破損しないことの確認を行う範囲) について適用する。

\*5：主蒸気逃がし安全弁排気管について適用する。

(重大事故等クラス2管 (クラス3管) )

*1 耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	*3 $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ の うち大きい方とする。	—	—
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$	*3 $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	—	—

注記\*1：常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が属する耐震重要度分類のクラス

\*2：設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。

\*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。

ニ. クラス4管及び重大事故等クラス2管（クラス4管）  
（クラス4管）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界
			一次一般膜応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_{AS}$	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスペン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_{AS}$	

（重大事故等クラス2管（クラス4管））

耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界
			一次一般膜応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_{AS}$	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスペン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_{AS}$	

注記\*1: 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備(設

計基準拡張) が属する耐震重要度分類のクラス

\*2: 設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。

ホ. クラス 2, 3 ポンプ, その他のポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ (クラス 2, 3 ポンプ, その他のポンプ)  
(クラス 2, 3 ポンプ, その他のポンプ)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS 及び HNA については上記の 値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS 及び HNA については上 記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とす る。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$		

78

(重大事故等クラス 2 ポンプ (クラス 2, 3 ポンプ, その他のポンプ) )

耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS 及び HNA については上記の値 と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS 及び HNA については上 記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とす る。
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$		

注記\*1: 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)が属する耐震重要度分類のクラス

\*2: 設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。

へ. クラス2支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物 (クラス2支持構造物)  
(クラス2支持構造物)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)										許容限界*2, *6 (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	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$																
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$\left[ \begin{array}{l} \text{地震荷重のみによる応} \\ \text{力振幅について評価す} \\ \text{る。} \end{array} \right]$			$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_b$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$			

注記\*1: 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*3: すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*4: 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた  $f_b$  とする。

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

\*6: 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つて, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のばらつき等を考慮して, 一次引張応力に対しては  $f_t$ , 一次せん断応力に対しては  $f_s$  として応力評価を行う。

(重大事故等クラス2支持構造物 (クラス2支持構造物))

*1 耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界*3, *4 (ボルト等以外)										許容限界*4, *8 (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	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$							$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*5}$	$3 \cdot f_b^{*6}$		$1.5 \cdot f_b^{*6, *7}$			$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	地震荷重のみによる応力振幅について評価する。		$1.5 \cdot f_p^{*7}$	$1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$			

08

注記\*1:常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)が属する耐震重要度分類のクラス

- \*2:設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。
- \*3:鋼構造設計規準(日本建築学会2005改定)等の幅厚比の制限を満足させる。
- \*4: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。
- \*5:すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。
- \*6:設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた $f_b$ とする。
- \*7: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。
- \*8: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つて,トルク管理,材料の照合等を行わないものについては,材料の品質,据付状態等のばらつき等を考慮して,一次引張応力に対しては $f_t$ ,一次せん断応力に対しては $f_s$ として応力評価を行う。

ト. その他の支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物 (その他の支持構造物)  
(その他の支持構造物)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 <sup>*1, *2, *7</sup> (ボルト等以外)										許容限界 <sup>*2, *6, *7</sup> (ボルト等)		形式試験に よる場合  許容荷重
			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	座屈	引張	せん断	
B	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$						$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*3}$	$3 \cdot f_b^{*4}$		$1.5 \cdot f_b^{*4, *5}$			$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	地震荷重のみによる 応力振幅について評 価する。			$1.5 \cdot f_p^{*5}$	$1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	

注記\*1: 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*3: すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*4: 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた  $f_b$  とする。

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

\*6: 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つて, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のばらつき等を考慮して, 一次引張応力に対しては  $f_t$ , 一次せん断応力に対しては  $f_s$  として応力評価を行う。

\*7: 電気計装設備, 換気空調設備の評価においても準用する。

(重大事故等クラス2支持構造物 (その他の支持構造物))

*1 耐震 クラス	荷重の組合せ*2	許容応力 状態	許容限界*3, *4, *9 (ボルト等以外)										許容限界*4, *8, *9 (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	$D + P_d + M_d + S_B$	$B_A S$																
C	$D + P_d + M_d + S_C$	$C_A S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$\left[ \begin{array}{l} \text{地震荷重のみによる} \\ \text{応力振幅について評} \\ \text{価する。} \end{array} \right]$			$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y,d}}{S_{y,t}}$			

注記\*1:常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)が属する耐震重要度分類のクラス

\*2:設計基準事故時の状態で作用する荷重を除く。

\*3:鋼構造設計規準(日本建築学会2005改定)等の幅厚比の制限を満足させる。

\*4: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。

\*5:すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

\*6:設計・建設規格SSB-3121.1(4)により求めた $f_b$ とする。

\*7: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。

\*8: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つて、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のばらつき等を考慮して、一次引張応力に対しては $f_t$ 、一次せん断応力に対しては $f_s$ として応力評価を行う。

\*9:電気計装設備、換気空調設備の評価においても準用する。



(3) 土木構造物

(設計基準対象施設)

		荷重の組合せ	許容限界		
			曲げ	せん断	基礎地盤の支持性能
土木構造物	屋外重要土木構造物	G + P + S <sub>s</sub>	限界層間変形角* <sup>1</sup> , 限界ひずみ* <sup>1,2</sup> , 降伏曲げモーメント* <sup>1</sup> , 終局曲げモーメント* <sup>1</sup> 又は短期許容応力度とする。	せん断耐力* <sup>1</sup> , 短期許容応力度又は限界せん断ひずみ* <sup>1,2</sup> とする。	地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。
		G + P + S <sub>c</sub>	短期許容応力度とする。	短期許容応力度とする。	地盤の短期許容支持力度とする。
	その他の土木構造物	G + P + S <sub>c</sub>	短期許容応力度とする。	短期許容応力度とする。	地盤の短期許容支持力度とする。

注記\*1：各種安全係数を見込むことで、妥当な安全余裕を持たせる。

\*2：貯水機能及び止水機能の維持が要求される部位については、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に伴い生じる荷重又は応力に対して、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

〔記号の説明〕

G：固定荷重

P：積載荷重

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

S<sub>c</sub>：Cクラスの施設に適用される静的地震力

(重大事故等対処施設)

	*1 設備分類 施設区分	荷重の組合せ	許容限界		
			曲げ	せん断	基礎地盤の 支持性能
土木 構造物	①*2, ③, ④*2 ⑤, ⑥*2	G+P+S <sub>s</sub>	限界層間変形角*3, 限界ひずみ*3,4, 降伏曲げモーメント*3, 終局曲げモーメント*3又は短期許容応力度とする。	せん断耐力*3, 短期許容応力度又は限界せん断ひずみ*3,4とする。	地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。
	①	G+P+S <sub>c</sub>	短期許容応力度とする。	短期許容応力度とする。	地盤の短期許容支持力度とする。

注記\*1：重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

- ①：常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）
- ②：①が設置される重大事故等対処施設
- ③：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）
- ④：③が設置される重大事故等対処施設
- ⑤：常設重大事故緩和設備
- ⑥：⑤が設置される重大事故等対処施設

\*2：屋外重要土木構造物の機能を代替する重大事故等対処施設に適用する。

\*3：各種安全係数を見込むことで、妥当な安全余裕を持たせる。

\*4：貯水機能及び止水機能の維持が要求される部位については、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に伴い生じる荷重又は応力に対して、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

[記号の説明]

G：固定荷重

P：積載荷重

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

S<sub>c</sub>：Cクラスの施設に適用される静的地震力

## (4) 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備

## (a) 土木構造物

## 津波防護施設

	荷重の組合せ	許容限界		
		構造部材の健全性	基礎地盤の支持性能	構造物の変形性
防波壁	G + P + S <sub>s</sub>	短期許容応力度, 許容アンカー力又は降伏モーメント*, 短期許容せん断力, 材料強度及び許容ひずみとする。	地盤の極限支持力度とする。*	有意な漏えいが生じないことを確認した変位量とする。
防波壁通路防波扉	G + P + S <sub>s</sub>	短期許容応力度, 許容耐力, 許容アンカー力又は降伏モーメント*とする。	地盤の極限支持力度とする。*	—
1号機取水槽流路縮小工	G + S <sub>s</sub>	短期許容応力度とする。	—	—

注記\* : 妥当な安全余裕を考慮する。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

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

(b) 建物・構築物  
浸水防止設備

		荷重の組合せ	許容限界
			部材
浸水防止設備	防水壁 水密扉	$G + P + S_s$	短期許容応力度を基本とする。

〔記号の説明〕

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

## (c) 機器・配管系

## イ. 記号の説明

D : 死荷重

$P_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重

$M_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  により定まる地震力

## ロ. 荷重の組合せ及び許容応力

浸水防止設備（床ドレン逆止弁）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 <sup>*2, *3</sup> (ボルト等以外)		許容限界 <sup>*2, *4</sup> (ボルト等)	
			一次応力		一次応力	
			引張	曲げ	引張	せん断
S	$D + S_s$	$III_A S^{*1}$	$1.2 \cdot S$	$1.2 \cdot S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

注記\*1：地震後、津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

\*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。

\*3：クラス2，3配管に対する許容限界に準じて設定する。

\*4：その他の支持構造物（設計基準対象施設）に対する許容限界に準じて設定する。

## 浸水防止設備（屋外排水路逆止弁）

		荷重の組合せ	許容限界
			部材
浸水防止設備	屋外排水路逆止弁	D + S <sub>s</sub>	短期許容応力度を基本とする。

## 浸水防止設備（管）

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
S	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	<sup>*1</sup> S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方 ただし、ASS及びHNAについては上記の値と1.2・Sのうち大きい方とする。	S <sub>y</sub> ただし、ASS及びHNAについては上記の値と1.2・Sのうち大きい方とする。	<sup>*2</sup> S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要	
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	0.6・S <sub>u</sub> <sup>*1</sup>	左欄の1.5倍の値		

注記\*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。

\*2：2・S<sub>y</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし、S<sub>m</sub>は2/3・S<sub>y</sub>と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

## 浸水防止設備（ポンプ）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、ASS及びHNAに ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ の うち大きい方とする。	左欄の 1.5倍の値	* $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲 労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値 が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要	
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5倍の値		

注記\*： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

## 浸水防止設備（隔離弁（弁箱））

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S	* _____			
	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S				

注記\*：バルブの肉厚が接続配管と同等の場合で、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、設計・建設規格 VVB-3330 の評価を行う。ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。



## 浸水防止設備（支持構造物）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 <sup>*1, *2, *3</sup> (ボルト等以外)										許容限界 <sup>*2, *4</sup> (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 <sup>*5</sup>	引張	せん断		
S	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>c</sub>	1.5・f <sub>b</sub>	1.5・f <sub>p</sub>	3・f <sub>t</sub>	3・f <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	3・f <sub>b</sub> <sup>*7</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*7, *8</sup>	1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>c</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>p</sub> <sup>*</sup>	〔S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動の みによる応力振幅につ いて評価する。〕				1.5・f <sub>c</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>b</sub> <sup>*8</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

注記\*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

\*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。

\*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。

\*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，据付状態等のばらつき等を考慮して，Ⅲ<sub>A</sub>S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>A</sub>S→Ⅲ<sub>A</sub>Sとして応力評価を行う。

\*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。

\*6：すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5・f<sub>s</sub>とする。

\*7：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f<sub>b</sub>とする。

\*8：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。

浸水防止設備（貫通部止水処置）

貫通部止水処置にモルタルを用いる場合の許容荷重はコンクリート標準示方書【構造性能照査編】（（社）土木学会 2002 年制定）に準じて、次のとおりとする。

耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界	
			付着荷重*1	圧縮荷重*2
S	D + S <sub>s</sub>	短期許容応力度とする。	f <sub>s</sub>	f <sub>c</sub>

注記\*1：貫通部がせん断荷重を受ける場合のモルタルの評価

荷重の算定で得られた貫通物のせん断荷重は、以下に示す貫通部の周囲に充填したモルタルの付着強度に対する許容値以下となるようにする。

$$F_s \leq f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

ここに、

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

F<sub>s</sub> : 貫通物によるせん断荷重 (kN)

f<sub>s</sub> : モルタルの許容付着荷重 (kN)

f'\_{bok} : モルタルの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

S : 貫通物の周長 (mm)

L : モルタルの充填深さ (mm)

f'\_{ck} : モルタル圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

γ<sub>c</sub> : 材料定数として 1.3 を用いる。

\*2：貫通物が圧縮荷重を受ける場合のモルタルの評価

荷重の算定で得られた貫通物の圧縮荷重は、以下に示す貫通部の周囲に充填したモルタルの圧縮強度に対する許容値以下となるようにする。

$$F_c \leq f_c = f'_{ck} \cdot A_p / \gamma_c$$

ここに、

F<sub>c</sub> : 貫通物による圧縮荷重 (kN)

f<sub>c</sub> : モルタルの許容圧縮荷重 (kN)

f'\_{ck} : モルタル圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

A<sub>p</sub> : 貫通物の投影面積 (mm<sup>2</sup>)

γ<sub>c</sub> : 材料定数として 1.3 を用いる。

## 津波監視設備

		耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*2, *3 (ボルト等以外)				許容限界*2, *3 (ボルト等)	
					一次応力				一次応力	
					引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
津波 監視 設備	取水槽 水位計	S	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅲ <sub>A</sub> S* <sup>1</sup>	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
	津波監視 カメラ	S	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅲ <sub>A</sub> S* <sup>1</sup>	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

注記\*1：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

\*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。

\*3：その他の支持構造物（設計基準対象施設）に対する許容限界に準じて設定する。

(5) 地盤  
(設計基準対象施設)

	荷重の組合せ	許容限界
Sクラス	$G + P + S_d^*$	短期許容支持力度とする。
	$G + P + S_s$	極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。
Bクラス	$G + P + S_B$	短期許容支持力度とする。
Cクラス	$G + P + S_C$	短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_d^*$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

$S_B$  : Bクラスの施設に適用される静的地震力

$S_C$  : Cクラスの施設に適用される静的地震力

(重大事故等対処施設)

	設備分類*1 施設区分	耐震*2 クラス	荷重の組合せ	許容限界
基礎地盤	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦	S	$G + P + S_s$	極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。
	①, ②	B	$G + P + S_B$	短期許容支持力度とする。
	①, ②	C	$G + P + S_C$	短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

$S_B$  : Bクラスの施設に適用される静的地震力

$S_C$  : Cクラスの施設に適用される静的地震力

注記\*1 : 重大事故等対処施設の設備分類及び施設区分

① : 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) (当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの)

② : ①が設置される重大事故等対処施設

③ : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) (当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)

④ : ③が設置される重大事故等対処施設

⑤ : 常設重大事故緩和設備

⑥ : ⑤が設置される重大事故等対処施設

⑦ : 緊急時対策所

\*2 : 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス

また，常設重大事故緩和設備については，当該クラスをSと表記する。

表 3-2 地震力と積雪荷重及び風荷重の組合せ

(1) 考慮する荷重の組合せ

(○：考慮する荷重を示す。)

	施設の配置	荷重	
		風荷重 ( $P_K$ )	積雪荷重 ( $P_S$ )
建物・構築物	屋外	○*1	○*2
機器・配管系	屋内	—	—
	屋外	○*1	○*2
土木構造物	屋外	○*1	○*2
津波防護施設、浸水防止 設備及び津波監視設備	屋内	—	—
	屋外	○*1	○*2

注記\*1：屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除く。

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

(2) 検討対象の施設・設備

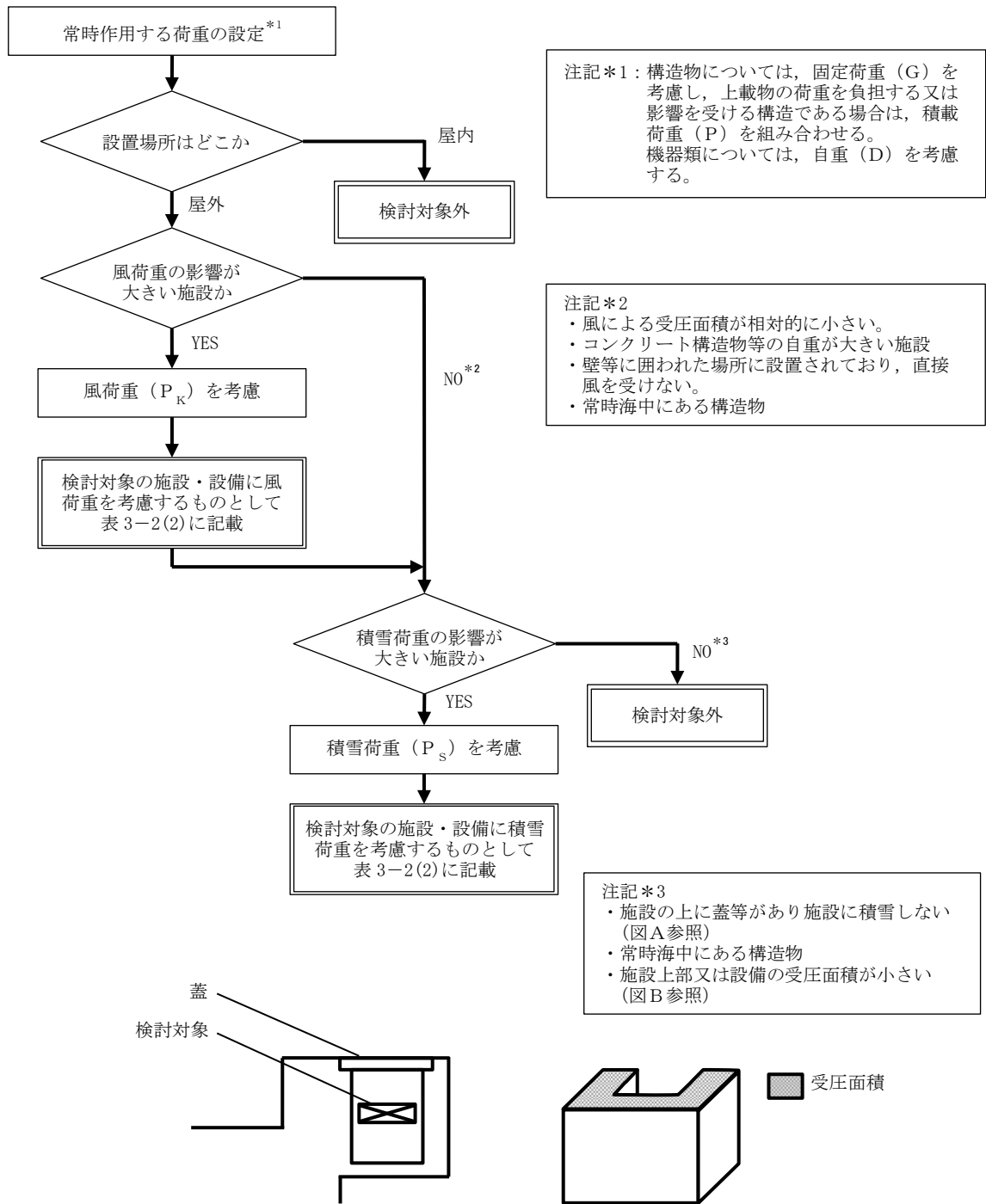
	施設・設備	
	風荷重*1	積雪荷重*1
建物・構築物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排気筒*2</li> <li>・1号機排気筒*2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建物</li> <li>・制御室建物</li> <li>・タービン建物</li> <li>・廃棄物処理建物</li> <li>・緊急時対策所</li> <li>・ガスタービン発電機建物</li> <li>・屋外配管ダクト（排気筒）</li> <li>・1号機原子炉建物</li> <li>・1号機タービン建物</li> <li>・1号機廃棄物処理建物</li> <li>・サイトバンカ建物</li> <li>・サイトバンカ建物（増築部）</li> <li>・排気筒モニタ室</li> <li>・ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備</li> <li>・ディーゼル燃料貯蔵タンク室</li> </ul>
機器・配管系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）</li> <li>・高圧発電機車接続プラグ収納箱</li> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク</li> <li>・緊急用メタクラ接続プラグ盤</li> <li>・緊急時対策所 発電機接続プラグ盤</li> <li>・衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）</li> <li>・衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）</li> <li>・無線通信設備用アンテナ（中央制御室）</li> <li>・無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）</li> <li>・発信用アンテナ（1・2号）</li> <li>・受信用アンテナ（1・2号）</li> <li>・高光度航空障害灯管制器</li> <li>・統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）</li> <li>・高圧発電機車接続プラグ収納箱</li> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク</li> <li>・緊急用メタクラ接続プラグ盤</li> <li>・緊急時対策所 発電機接続プラグ盤</li> <li>・衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）</li> <li>・取水槽ガントリクレーン</li> <li>・高光度航空障害灯管制器</li> <li>・建物開口部竜巻防護対策設備</li> </ul>
土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎</li> <li>・免震重要棟遮蔽壁</li> <li>・復水貯蔵タンク遮蔽壁</li> <li>・取水槽海水ポンプエリア防護対策設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水槽</li> <li>・屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）</li> <li>・B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽</li> <li>・屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）</li> <li>・屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）</li> <li>・第1ベントフィルタ格納槽</li> <li>・低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽</li> <li>・緊急時対策所用燃料地下タンク</li> </ul>

	施設・設備	
	風荷重*1	積雪荷重*1
土木構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎</li> <li>・屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）</li> <li>・免震重要棟遮蔽壁</li> <li>・復水貯蔵タンク遮蔽壁</li> <li>・1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版</li> <li>・取水槽海水ポンプエリア防護対策設備</li> <li>・取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備</li> <li>・土留め工（親杭）</li> <li>・仮設耐震構台</li> </ul>
津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波壁</li> <li>・防波壁通路防波扉</li> <li>・取水槽除じん機エリア防水壁</li> <li>・取水槽除じん機エリア水密扉</li> <li>・津波監視カメラ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波壁</li> <li>・防波壁通路防波扉</li> <li>・津波監視カメラ</li> <li>・取水槽水位計（発信器）</li> </ul>

注記\*1：風荷重及び積雪荷重については、VI-1-1-3「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」のうち、VI-1-1-3-1-1「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基本方針」の「4. 組合せ」のとおり、風荷重については30m/s、積雪荷重については100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し、適切に算出する。

\*2：風荷重の影響が大きいと考えられる鉄塔構造物について、組合せを考慮する。





図A : 蓋等により積雪しない場合の例

図B : 上部の受圧面積が小さい場合の例

図 3-1 耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フロー

### 3.2 変位，変形の制限

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

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

#### (1) 建物間相対変位に対する配慮

原子炉格納容器を貫通する配管，ダクト等，又は異なった建物間を渡る配管等の設計においては，十分安全側に算定された建物間相対変位に対し，配管ルート，支持方法又は伸縮継手の採用等でこれを吸収できるように配慮する。

#### (2) 燃料集合体の変位に対する配慮

地震時における原子炉スクラム時，燃料集合体の地震応答変位は制御棒の挿入時間に影響を与える。そのため，炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め，地震応答解析から求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

#### 4. 機能維持

##### 4.1 動的機能維持

動的機能維持が要求される機器は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1) 動的機能維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、その機能種別により制御棒挿入機能に係る機器、回転機器及び弁に分類し、それぞれについて、以下の方法により機能維持を満足する設計とする。

##### (1) 制御棒挿入機能に係る機器

地震時における制御棒の挿入性(制御棒が目安とする設計時間内に挿入できること)については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果等から駆動機能が地震時にも維持されることを確認する。

##### (2) 回転機器及び弁

地震時及び地震後に動作機能の維持が要求される回転機器及び弁については、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動による応答加速度が、加振試験等の既往の研究によって機能維持を確認した加速度（以下「動的機能確認済加速度」という。）以下とするか、若しくは応答加速度による解析等により機能維持を満足する設計とする。動的機能確認済加速度を超える場合には、詳細検討により機能維持を満足する設計とする。標準的な機種の動的機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1の適用形式を外れる場合は、地震時の応答加速度が地震動を模擬した加振試験又は設備が十分に剛であることを踏まえ、地震動による応答を模擬した静的荷重試験によって得られる、機能維持を確認した加速度以下であること、又は既往知見に基づいた解析により機能維持を満足する設計とする。

具体的な動的機能維持評価について、以下に示す。

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

地震時及び地震後に動的機能維持を要求されるポンプについては、次のいずれかにより、必要な機能を有することを確認する。また、クラス1ポンプについては、地震時及び地震後において、動的機能を必要としないが、地震によって軸固着が生じないことを同様の方法で確認する。

##### (a) 計算による機能維持の評価

静的若しくは動的解析により地震荷重を求め、軸受に負荷する荷重が、軸受の許容荷重以内であることを確認する。また、その他の必要な機能についても計算により確認する。

##### (b) 実験による機能維持の評価

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

- b. クラス1弁, クラス2弁及び重大事故等クラス2弁(クラス1弁, クラス2弁)について地震時及び地震後に動的機能維持を要求される弁については, 次のいずれかにより, 必要な機能を有することを確認する。
- (a) 計算による機能維持の評価
- 次のいずれかにより, 弁の設計荷重を決める。
- イ. 配管系の解析により, 弁の最大加速度を求める。
- ロ. あらかじめ弁に対して許容設計加速度を定める。
- これらのいずれかにより, 与えられた設計荷重により, ヨーク, 弁本体, ステム等のうち, もっとも機能に影響の強い部分(一般にはボンネット付根部)の応力等が降伏点, 又は機能維持に必要な限界値を超えないことを確認する。
- (b) 実験による機能維持の評価
- 地震を模擬した加振試験又は地震時に作用する相当荷重を模擬した静的実験により, 機能維持の確認をする。

表 4-1 動的機能確認済加速度

種別	機種	加速度 確認部位	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平方向	鉛直方向
立形ポンプ	ピットバレル形ポンプ	コラム 先端部	10.0	1.0
	立形斜流ポンプ			
横形ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	軸位置	3.2 (軸直角方向)	1.0
	横形多段遠心式ポンプ		1.4 (軸方向)	
ポンプ駆動用 タービン	原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用 蒸気タービン	重心位置	2.4	1.0
電動機	横形ころがり軸受電動機	軸受部	4.7	1.0
	横形すべり軸受電動機		2.6	
	立形ころがり軸受電動機		2.5	
	立形すべり軸受電動機			
ファン	遠心直結型ファン	軸受部及びメカ ニカルシール ケーシング	2.3	1.0
	遠心直動型ファン	軸受部	2.6	
非常用ディーゼル 発電機	中速形ディーゼル機関	機関 重心位置	1.1	1.0
		ガバナ 取付位置	1.8	1.0
往復動式ポンプ	横形 3 連往復動式ポンプ	重心位置	1.6	1.0
弁 (一般弁及び 特殊弁)	一般弁 (グローブ弁, ゲート 弁, バタフライ弁, 逆止弁)	駆動部	6.0	6.0
	ゴムダイヤフラム弁		2.7	6.0
	主蒸気隔離弁		10.0	6.2
	主蒸気逃がし安全弁		9.6	6.1
	制御棒駆動系スクラム弁		6.0	6.0

(参考文献)

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H10~H13)」

#### 4.2 電氣的機能維持

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

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

#### 4.3 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(3) 気密性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、事故時に放射性気体の放出、流入を防ぐことを目的として、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」等による構造強度を確保すること及び同じく地震動に対して機能を維持できる設計とする換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。

気密性の維持が要求される施設のうち、鉄筋コンクリート造の施設は、施設区分に応じた地震動に対して、地震時及び地震後において、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本とする。その状態にとどまらない場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ることで必要な気密性を維持する設計とする。

気密性の維持が要求される施設のうち、鋼製の構造物を含む原子炉格納容器バウンダリは、設計基準事故及び重大事故等時における内圧と地震力との組合せを考慮した荷重に対しても、「3.1 構造強度上の制限」による構造強度を確保する設計とする。この場合、格納容器貫通部においては相対変位量を考慮した処置を施す等、相対変位量を考慮した設計を行う。また、使用材料、製作及び保守に関しても管理を行うことで、地震時及び地震後において、気密性維持の境界において気圧差を確保し十分な気密性を維持する設計とする。

原子炉建物原子炉棟の鉄筋コンクリート造の部分において、耐震壁については、「3. 構造強度」に定める建物・構築物の許容限界であるせん断ひずみを用いて空気漏えい量を算定し、事故時に原子炉格納容器から漏えいした空気を非常用ガス処理系で処理できることを確認することで、スラブについては、地震時に生じる応力に対して弾性域内にとどまる設計とすることで、気密性維持の境界において気圧差を確保し、気密性を維持する設計とする。

緊急時対策所及び中央制御室は、地震時及び地震後においてもその機能を維持できるよう

に、耐震壁については、「3. 構造強度」に定める建物・構築物の許容限界であるせん断ひずみを用いて空気漏えい量を算定し、設置する換気設備の性能以下であることを確認する。また、スラブについては、地震時に生じる応力に対して弾性域内にとどまる設計とすることで、気密性維持の境界において気圧差を確保し、居住性を維持する設計とする。

中央制御室待避室は、地震時及び地震後においてもその機能を維持できるように、鋼製部材については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し「3.1 構造強度上の制限」による構造強度を確保する設計とする。耐震壁については、「3. 構造強度」に定める建物・構築物の許容限界であるせん断ひずみを用いて空気漏えい量を算定し、設置する換気設備の性能以下であることを確認することで、気密性維持の境界において気圧差を確保し、居住性を維持する設計とする。

#### 4.4 止水性の維持

止水性の維持が要求される施設は、津波防護施設及び浸水防止設備であり、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(4) 止水性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、防護対象設備を設置する建物及び区画に、津波に伴う浸水による影響を与えないことを目的として、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、「3.1 構造強度上の制限」に示す構造強度の確保に加え、主要な構造体の境界部に設置する材料については、有意な漏えいが生じない変形にとどめることで、止水性を維持する設計とする。

##### (1) 津波防護施設及び浸水防止設備（隔離弁、ポンプ及び配管を除く）

止水性の維持が要求される施設の母材部については、基準地震動 $S_s$ による地震力に伴い生じる荷重又は応力に対して、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。加えて、止水性の維持が要求される施設の取付部及び閉止部等のうち、間隙が生じる可能性のある境界部に設置した材料については、境界部において基準地震動 $S_s$ による地震力に伴い生じる相対変位量が、材料の試験により確認した止水性が維持できる変位量未満であることを計算により確認する。また、止水性の維持が要求される施設が取付けられた、建物・構築物及び土木構造物の壁など、止水性の維持が要求される部位についても、基準地震動 $S_s$ による地震力に伴い生じる荷重又は応力に対して、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

各施設の母材部並びに取付部及び閉止部等の境界部は、使用材料、製作及び保守についても十分な管理を行い、止水性が維持できるよう考慮する。

##### (2) 浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管

浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、浸水防止機能に影響を及ぼさないように、また、動的機器等については、基準地震動 $S_s$ による応答に対して、その設備に要求される機能を保持することを確認する。また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は $S$ クラスの施設に適用する静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対し

て、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられることを確認する。

#### 4.5 遮蔽性の維持

遮蔽性の維持が要求される施設は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(5) 遮蔽性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、鉄筋コンクリート造として設計することを基本とし、遮蔽性の維持が要求される生体遮蔽装置については、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」による構造強度を確保し、遮蔽体の形状及び厚さを確保することで、地震後における残留ひずみを小さくし、ひび割れがほぼ閉鎖し、貫通するひび割れが直線的に残留しないこととすることで、遮蔽性を維持する設計とする。

#### 4.6 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を支持する機能の維持が要求される施設は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(6) 支持機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、被支持設備が設計基準対象施設の場合は耐震重要度分類、重大事故等対処施設の場合は施設区分に応じた地震動に対して、以下に示すとおり、支持機能を維持する設計とする。

##### (1) 建物・構築物の支持機能の維持

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

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

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

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

##### (2) 屋外重要土木構造物の支持機能の維持

Sクラスの機器・配管系の間接支持機能を求められる屋外重要土木構造物については、地震動に対して、構造部材の曲げについては限界層間変形角、限界ひずみ、降伏曲げモーメン



ト、終局曲げモーメント又は短期許容応力度、面外せん断についてはせん断耐力又は短期許容応力度、面内せん断については限界せん断ひずみを許容限界とする。なお、限界層間変形角、限界ひずみ、降伏曲げモーメント、終局曲げモーメント、せん断耐力及び限界せん断ひずみに対しては妥当な安全余裕をもたせることとし、機器・配管系の支持機能が維持できる設計とする。

#### (3) 車両型の間接支持構造物における支持機能の維持

車両型の間接支持構造物については、地震動に対して、被支持設備の機能を維持できる構造強度を確保する設計とする。

また、地震時に車両等の転倒を防止するよう、加振試験等で車両全体が安定性を有し、転倒しないことを確認する設計、若しくは地震応答解析から得られた重心相対変位が転倒条件の相対変位以下となるよう設計することで、設置箇所における機能維持を満足する設計とする。

#### 4.7 通水機能の維持

通水機能の維持が要求される施設は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(7) 通水機能の維持」の考え方にに基づき、非常時に冷却する海水を確保するための通水機能の維持が要求される非常用取水設備は、地震時及び地震後において、通水機能を維持するため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、構造強度を確保することで、通水機能が維持できる設計とする。

地震力が作用した場合において、構造部材の曲げについては限界層間変形角、限界ひずみ、降伏曲げモーメント、終局曲げモーメント又は短期許容応力度、面外せん断についてはせん断耐力又は短期許容応力度、面内せん断については限界せん断ひずみを許容限界とする。なお、限界層間変形角、限界ひずみ、降伏曲げモーメント、終局曲げモーメント、せん断耐力及び限界せん断ひずみに対しては妥当な安全余裕を持たせることとし、通水機能が維持できる設計とする。

#### 4.8 貯水機能の維持

貯水機能の維持が要求される施設は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(8) 貯水機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、貯水機能を維持するため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

地震力が作用した場合において、構造部材の曲げについては限界ひずみ、降伏曲げモーメント又は短期許容応力度、面外せん断についてはせん断耐力又は短期許容応力度、面内せん断については限界せん断ひずみを許容限界とする。なお、限界ひずみ、降伏曲げモーメント、せん断耐力及び限界せん断ひずみに対しては妥当な安全余裕を持たせることとし、貯水機能が維持できる設計とする。

## VI-2-1-10 ダクティリティに関する設計方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 構造計画	2
2.1 建物・構築物	2
2.2 機器・配管系	2
3. 材料の選択	3
3.1 建物・構築物	3
3.2 機器・配管系	3
4. 耐力，強度等に対する制限	5
4.1 建物・構築物	5
4.2 機器・配管系	5
5. 品質管理上の配慮	6
5.1 建物・構築物	6
5.2 機器・配管系	6

## 1. 概要

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

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

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「8. ダクティリティに関する考慮」に基づき、各施設のダクティリティを維持するために必要と考えられる構造計画、材料の選択、耐力・強度等に対する制限及び品質管理上の配慮を各項目別に説明するものである。なお、構造特性等の違いから、施設を建物・構築物と機器・配管系に分けて示す。

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

## 2. 構造計画

### 2.1 建物・構築物

#### (1) 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、原子炉建物の中央部に位置する容器で、シヤラグを設けて原子炉圧力容器から原子炉格納容器に伝えられる水平力及び原子炉格納容器にかかる水平力の一部を周囲の生体遮蔽壁に伝える構造となっている。

#### (2) 原子炉圧力容器ペDESTAL

原子炉圧力容器ペDESTALについては、構造形態に合った解析法によって解析し、構造設計を行う。

原子炉圧力容器ペDESTALの主体構造は、内外にある円筒鋼板であり、鋼板間にコンクリートを充填している。設計では自重、温度荷重、地震時荷重等を適切に組み合わせる。また、原子炉圧力容器ペDESTALには、機能上開口部が多いが、応力集中に対して十分考慮した設計を行う。

#### (3) 原子炉建物等

原子炉建物は、二次格納施設である原子炉棟と耐震上の観点からその周囲に配置された原子炉建物付属棟より成り立っている。主体構造は、鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造）で、鉄骨造陸屋根を持つ建物である。

構造方式としては、耐震壁を主体とする壁式構造とし、地震時水平力は耐震壁で負担する。

また、床スラブは剛性を確保するために十分な厚さを持たせるものとする。

壁の配置及び壁厚は、構造全体としての剛心と重心の偏心によるねじれモーメントができるだけ小さくなるように定め、バランスのとれた安定性のある構造とする。

基礎スラブは、上部構造に生じる応力を支持地盤に伝達させるに十分な剛性を持ち、原則として岩盤に支持させる。

原子炉建物以外の建物についても、偏心の影響をできるだけ小さくして、各々の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた設計を行う。

### 2.2 機器・配管系

機器・配管系に対して十分なダクティリティを持たせるために構造及び配置上、次の点に注意する。

機器・配管系は、構造上、過度な応力集中が生じるような設計は避けるとともに、製作、施工面から溶接及び加工しやすい構造、配置とし、十分な施工管理を行う。また、熱処理等によりできる限り残留応力を除去する製作法を採用する。

さらに、疲労累積のレベルをできるだけ低く保つ設計とし、必要な場合には疲労評価を行い、疲労破壊に対して十分な余裕を持つことを確認する。

配管系に関しては、同一経路内で著しく剛性が異なることなく、応力集中が生じないような全体のバランスのとれた配管経路及び支持構造計画を立て、系全体の強度設計の余裕を向上させるものとする。

### 3. 材料の選択

建物・構築物及び機器・配管系の材料について、ダクティリティを維持するために必要と考えられる方針を示す。

#### 3.1 建物・構築物

建物・構築物に使用される材料は「建築基準法・同施行令」等に準拠し、鉄筋コンクリート材料については「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（（社）日本建築学会，2013改定）」（以下「J A S S 5 N」という。），「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999改定）」等、鉄骨材料は「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）」等により選定する。

なお、鉄筋コンクリート材料についての例を以下に示す。

##### (1) セメント

セメントは J A S S 5 N の規定による。

##### (2) 骨材

使用する骨材の品質，粒形，大きさ，粒度等は J A S S 5 N の規定による。

##### (3) 水

コンクリートの練混ぜに使用する水は J A S S 5 N の規定による。

##### (4) 混和材，混和剤

コンクリートに用いる混和材及び混和剤としてはコンクリート用フライアッシュ及びコンクリート用化学混和剤等がある。これらの混和材及び混和剤は J A S S 5 N の規定による。

##### (5) 鉄筋

鉄筋は「J I S G 3 1 1 2（鉄筋コンクリート用棒鋼）」に適合するものを使用する。

#### 3.2 機器・配管系

機器・配管系に使用される構造材料は，安全運転の見地から信頼性の高いものが必要である。したがって，「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）」，「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）」（以下「設計・建設規格」という。）等に示されるもの及び化学プラント，火力プラントや国内外の原子力プラントにおいて十分な使用実績があり，かつ，その材料特性が十分把握されているものを使用する。

機器・配管系に使用される材料の鋼種は，原則として規格・基準に示される，炭素鋼及び低合金鋼（以下「フェライト鋼」という。），オーステナイト系ステンレス鋼，ニッケルクロム鉄合金及び非鉄金属を用いる。このうちフェライト鋼については，使用条件に対して脆性破壊防止の観点から延性を確保できるよう必要な確認を行う。

特に考慮すべき事項を以下に示す。

- (1) 均質な組成と機械的性質を持ち，強度上有意な影響を及ぼす可能性のある欠陥がない材料を使用する。
- (2) 使用温度及び供用期間中に対し，著しい材料強度特性，破壊靱性の低下が生じにくい材料

を使用する。

- (3) 中性子照射による脆化を考慮して材料を選択する。また原子炉压力容器内には監視試験片を配置し、材料の機械的性質の変化を監視する。
- (4) 素材として優れた特性を有するとともに、溶接施工、成形加工においても、その優れた特性を持つ材料を使用する。
- (5) 溶接材料は、溶接継手部が母材と同等の機械的強度が得られるよう選定する。
- (6) 冷却材等に対する耐食性の良い材料を使用する。
- (7) 冷却材と接する材料には、放射化生成物を生じる元素が少ない材料を使用する。

#### 4. 耐力，強度等に対する制限

建物・構築物及び機器・配管系の強度設計に関しては，通常運転時の荷重に対してのみならず，地震時荷重等のように短期間に作用する荷重に対して十分な耐力・強度及びダクティリティを有するように考慮する。

以下にその内容を示す。

##### 4.1 建物・構築物

建物・構築物の強度設計に関する基準，規格等としては「建築基準法・同施行令」，「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）」，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」，「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）」，「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」等があり，これらの規格・基準を適用するものとする。

##### 4.2 機器・配管系

機器・配管系の構造強度及び設計においては，設計・建設規格を適用するとともに，ASME「Boiler and Pressure Vessel Code」等を準用する。

以下，機器・配管系のダクティリティを維持するために必要な破壊防止の基本的考え方を示す。

- (1) 脆性破壊が生じないように，十分な靱性を有する材料を選定する。また，使用材料が設計・建設規格の破壊靱性試験に対する要求に適合していることを確認する。
- (2) 延性破壊又は疲労破壊が生じないようにVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき応力制限を行うとともに，必要に応じて疲労解析を行う。
- (3) 座屈現象が生じないように，発生荷重を許容座屈荷重以下に制限する。
- (4) クリープに関しては，使用温度において供用期間中に支障が生じないように材料を選定する。
- (5) 応力腐食割れが生じないように，水質管理，材料選定及び残留応力の低減等の配慮を行う。



## 5. 品質管理上の配慮

建物・構築物及び機器・配管系のダクティリティを維持するためには前項で示したように構造計画上の配慮，材料の選択及び耐力・強度等に対する制限に留意するとともに，VI-1-10「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」に基づき品質管理を十分に行う。

以下に建物・構築物及び機器・配管系について，計画，設計した耐力・強度等が得られるように，品質管理上特に留意すべき事項を示す。

### 5.1 建物・構築物

建物・構築物に対する品質管理は J A S S 5 N 等に準拠するが，ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

#### (1) 材料管理

セメント，水，骨材，鉄筋，鉄骨等が規定の仕様を満たしていることを確認する。

#### (2) 配筋管理

配筋が設計図書，仕様書どおりであることを確認する。

#### (3) 鉄骨等の溶接管理

規定どおりに溶接されていることを確認する。

#### (4) 調合管理

規定どおりに調合されていることを確認する。

#### (5) 打込み，養生管理

規定，仕様書どおり打込み，養生が行われていることを確認する。

#### (6) 強度管理

設計した強度等が得られていることを確認するため，規定等に従って試験し管理する。

### 5.2 機器・配管系

機器・配管系に対する品質管理は，設計・建設規格，ASME「Boiler and Pressure Vessel Code」等に準拠するが，ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

#### (1) 材料管理

素材，溶接材料について設計仕様書等に示すものが使用されていることを確認する。

#### (2) 強度管理

素材，溶接部の試験片による強度， $RT_{NDT}$ 等の試験，耐圧，漏えい及び振動試験によって確認する。

#### (3) 製作・据付管理

設計仕様書，設計図書等に示すとおり製作，据付けが行われていることを確認する。

#### (4) 保守・点検

据付け後も供用期間中検査等必要な管理を行う。

## VI-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 機器の支持構造物	2
2.1 基本原則	2
2.2 支持構造物の設計	2
2.2.1 設計手順	2
2.2.2 支持構造物及び基礎の設計	6
2.2.3 機器の支持方法	10
3. 電気計測制御装置	14
3.1 基本原則	14
3.2 支持構造物の設計	14
3.2.1 設計手順	14
3.2.2 支持構造物及び埋込金物の設計	16
4. 配管の支持構造物	20
4.1 基本原則	20
4.2 支持構造物の設計	20
4.2.1 設計手順	20
4.2.2 支持装置、支持架構及び埋込金物の設計	22
5. その他特に考慮すべき事項	34
別紙 電気計測制御装置等の耐震設計方針	

## 1. 概要

機器・配管の耐震設計を行う場合、基本設計条件（耐震重要度，設計温度・圧力，動的・静的機器等），プラントサイト固有の環境条件（地震，風，雪，気温等），形状，設置場所等を考慮して各々に適した支持条件（拘束方向，支持反力，相対変位等）を決め，支持構造物を選定する必要がある。

また，現地施工性や機器等の運転操作・保守点検の際に支障とならないこと等についても配慮し設計する。

本資料は，VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「9. 機器・配管系の支持方針について」に基づき，各々の機器・配管の支持方法及び支持構造物の耐震設計方針を説明するものである。

## 2. 機器の支持構造物

### 2.1 基本原則

機器の耐震支持方針は下記によるものとする。

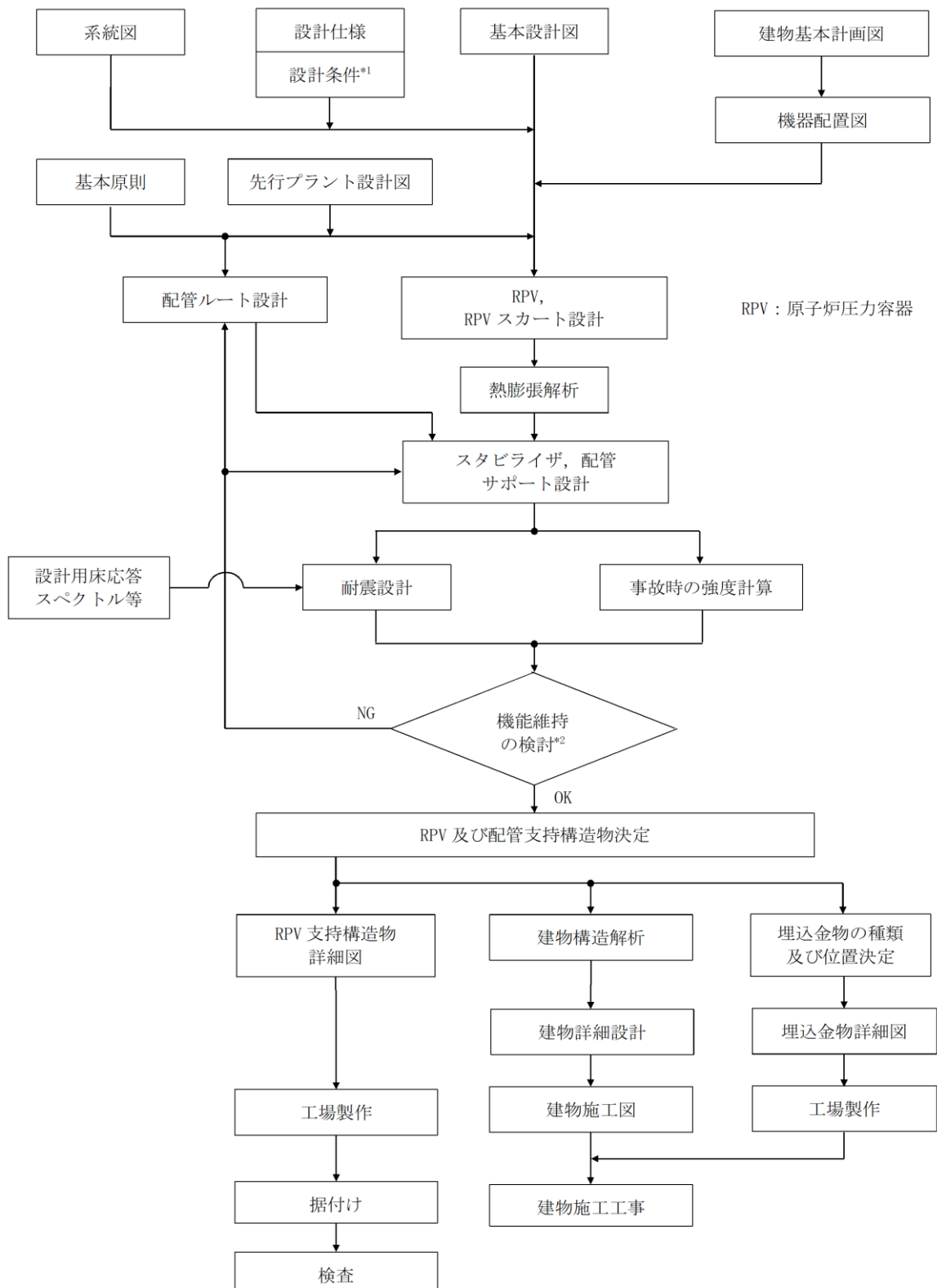
- (1) 重要な機器は岩盤上に設けた強固な基礎又は岩盤により支持され十分耐震性を有する構築物内の基礎上に設置する。
- (2) 支持構造物を含め十分剛に設計することで建物との共振を防止する。
- (3) 剛性を十分に確保できない場合は、機器系の振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (4) 重心位置を低くおさえる。
- (5) 配管反力をできる限り機器に持たせない構造とする。
- (6) 偏心荷重を避ける。
- (7) 高温機器は熱膨張を拘束しない構造とする。
- (8) 動的機能が要求されるものについては地震時に機能を喪失しない構造とする。
- (9) 内部構造物については容器との相互作用を考慮した構造とする。
- (10) 支持架構上に設置される機器については架構を十分剛に設計すると同時に、必要に応じ架構の剛性を考慮した耐震設計を行う。

### 2.2 支持構造物の設計

#### 2.2.1 設計手順

機器類の配置及び構造計画に際しては、建物・構築物、配管、ダクト等機器類以外の設備との関連、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、機器類の特性、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等についての配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。設計手順を図 2-1～図 2-3 に示す。

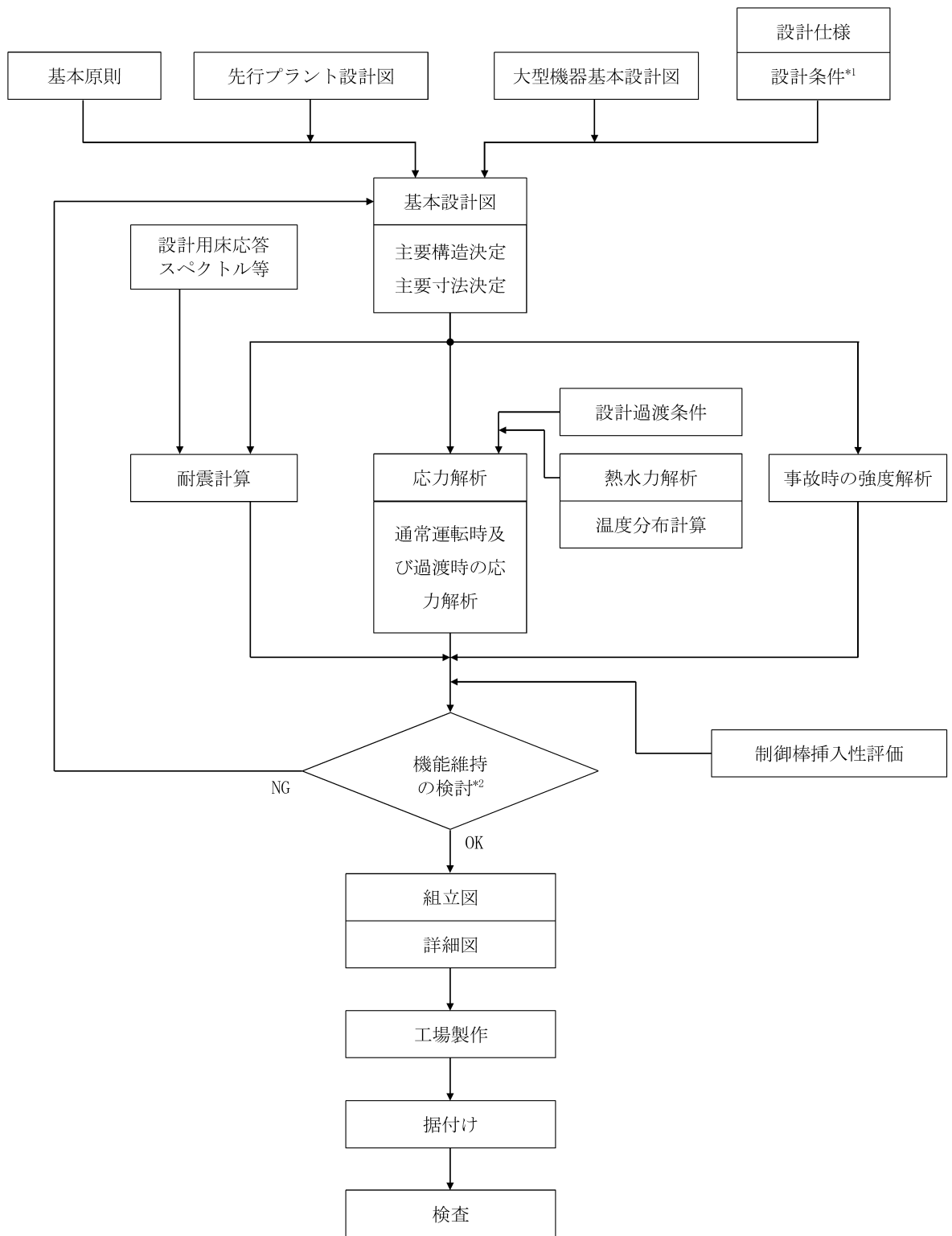
支持構造物の設計は、建物基本計画及び機器の基本設計条件等から配置設計を行い、支持する機器、配管の熱膨張解析、耐震解析及び機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し、詳細設計を行う。このとき、高温機器については、熱膨張解析による熱膨張変位を拘束しない設計とするよう配慮する。



注記\*1 : 環境条件, 現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

\*2 : 判断基準についてはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」参照

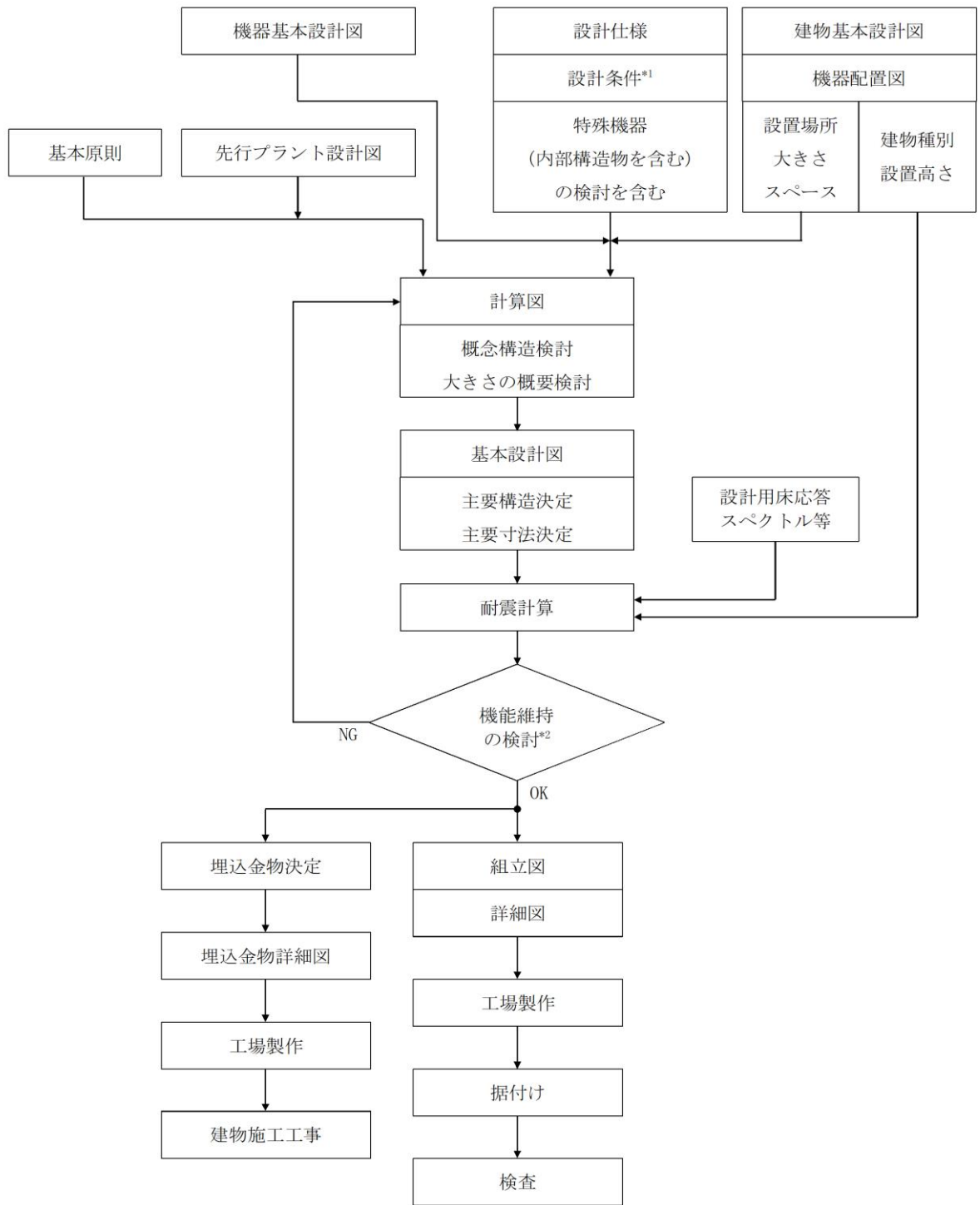
図 2-1 主要機器支持構造物設計フロー



注記\*1：環境条件，現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

\*2：判断基準についてはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」参照

図 2-2 炉心支持構造物設計フロー



注記\*1：環境条件，現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

\*2：判断基準についてはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」参照

図 2-3 一般機器支持構造物設計フロー



## 2.2.2 支持構造物及び基礎の設計

### (1) 支持構造物の設計（埋込金物を除く。）

#### a. 設計方針

支持構造物の設計は、機器を剛に支持することを原則とし、機器の重心位置をできる限り低くするとともに、偏心荷重をおさえるよう設計する。

また、熱膨張変位の大きいものについては、その変位を拘束することなく、自重、地震荷重等に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

#### b. 荷重条件

支持構造物設計にあたっては機器の自重、積載荷重、運転荷重等通常時荷重の他に、地震時荷重及び事故時荷重を考慮する。

また、屋外機器については積雪荷重及び風荷重の屋外特有の荷重を考慮する。荷重の種類及び組合せについてはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

#### c. 種類及び選定

支持構造物は大別して、機能材と構造材とに分け設計を行い、下記に従い選定する。

##### (a) 機能材

耐圧母材の機能維持に必須のもので、母材に直接接合されており構造物境界が明瞭でなく、当該支持構造物材の部分的損傷が直接母材の機能低下をもたらすおそれのある重要なものに使用する。また、部材については、容器と同等の応力算定を行い、十分な強度を有するよう設計する。

（代表例）容器の支持構造物取付用ラグ、ブラケット等

##### (b) 構造材

当該支持構造物が単に耐圧母材を支持することのみを目的とするものであり、当該材と母材との構造物境界が明瞭で、当該材の部分的損傷は直接母材の機能低下をもたらさないようなものに使用する。また、部材については、鋼構造設計規準等に準拠して設計する。

（代表例）支持脚、支持柱、支持架構、ボルト、スナッパ

### (2) 埋込金物の設計

#### a. 設計方針

機器の埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え、支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は、機器の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。このとき、機器の埋込金物及び定着部は、原則としてボルトの限界引き抜き力に対して、コンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで、基礎ボルトに対して十分な余裕を持つように設計する。

#### b. 荷重条件

埋込金物の設計は、機器から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

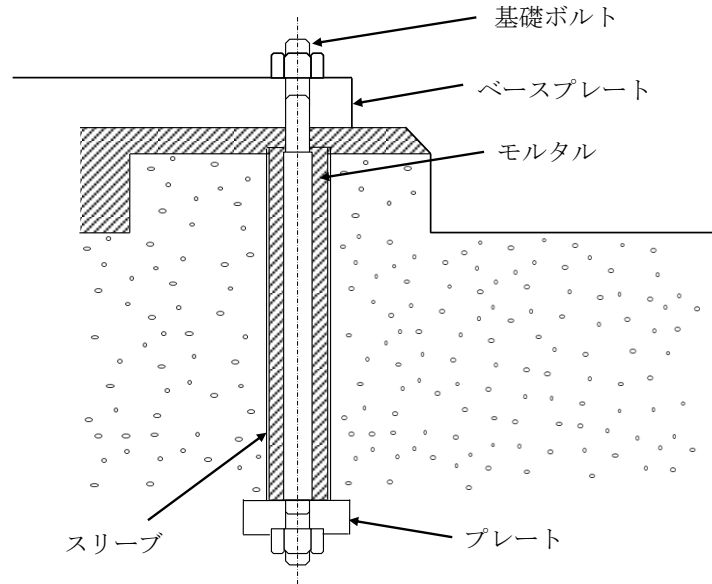
c. 種類及び選定

埋込金物には下記の種類があり、それぞれ使用用途に合わせて選定する。

(a) 基礎ボルト形式（スリーブ付）

タンク、ポンプ等、基礎ボルト本数が多く、高い据付精度が必要な機器に使用する。

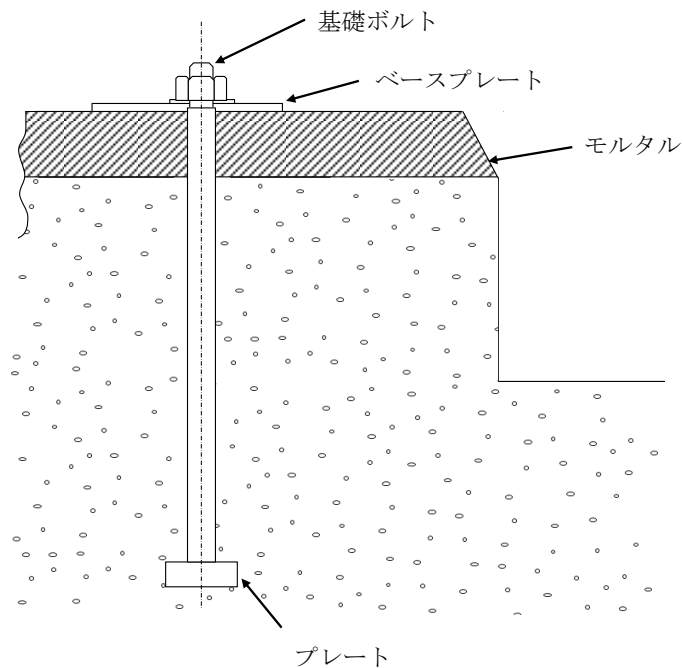
（代表例）残留熱除去ポンプ



(b) 基礎ボルト形式（スリーブ無し）

基礎ボルト本数が少ない機器の支持構造物、あるいは高い据付精度が必要でない一般機器、タンク等に多く使用する。

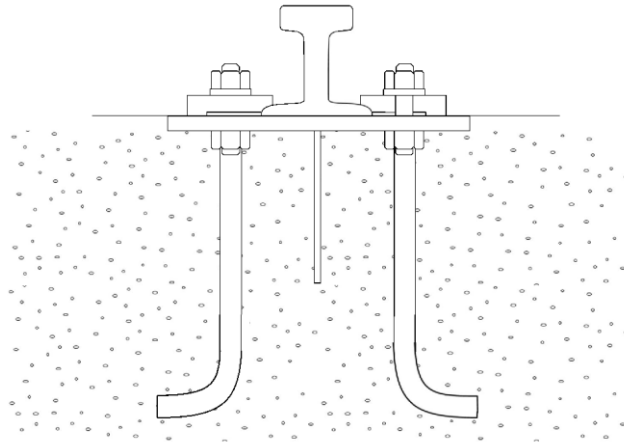
（代表例）濃縮廃液タンクベントデミスタ



(c) 基礎ボルト形式（曲り棒使用）

荷重条件として引張荷重や曲げモーメントが小さい機器に使用する。

（代表例）取水槽ガントリクレーン走行レール

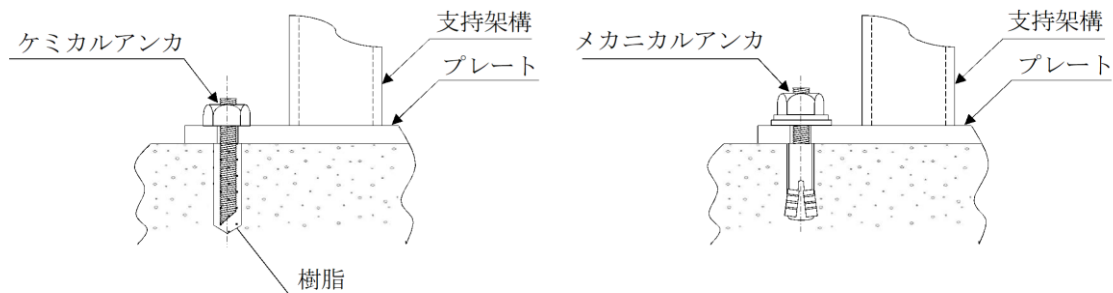


(d) 後打ちアンカ

打設後のコンクリートに穿孔機で孔をあけて設置するもので、ケミカルアンカ又はメカニカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件で使用する。メカニカルアンカは振動が大きい箇所に使用しない。

後打ちアンカの設計は、J E A G 4 6 0 1・補-1984 又は「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会，2010 年改定）に基づき設計する。また、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。

（代表例）電気盤



### (3) 基礎の設計

#### a. 設計方針

機器の基礎は、支持構造物から加わる自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、機器の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

#### b. 荷重条件

基礎の設計は、機器から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

#### c. 種類及び選定

基礎は機器の種類、設置場所により、下記に従い選定する。

##### (a) 大型機器の基礎

###### イ. 原子炉本体基礎

原子炉本体基礎は、原子炉圧力容器の支持構造物から加わる自重、熱膨張荷重、地震荷重、事故時荷重等の鉛直・水平荷重に対して、鋼板のみで十分耐える構造とする。

##### (b) 一般機器の基礎

###### イ. 屋内の基礎

屋内に設置される一般機器の支持構造物は、建物・構築物の床壁あるいは天井を基礎として設置される。したがって、建物・構築物の設計に際しては、これら機器からの荷重を十分考慮した堅固な鉄筋コンクリート造とする。

機器を床に設置する場合、一般に基礎は水はけをよくするためかさ上げする。支持構造物は、鉄筋コンクリート造に十分深く埋め込んだ基礎ボルトにより基礎に固定する。

機器を壁あるいは天井から支持する場合は、一般にあらかじめ壁あるいは天井の鉄筋コンクリート造に埋込金物を埋め込み、支持構造物を溶接あるいはボルトにより固定する。

###### ロ. 屋外の基礎

屋外に設置される重要な機器は岩盤上に設けた強固な基礎上に設置する。

基礎は基礎自身の自重、地震荷重の他に基礎上に設置される機器からの通常時荷重、地震時荷重、積雪荷重及び風荷重を考慮して十分強固であるよう設計する。

機器支持構造物は一般に基礎中に埋め込んだ基礎ボルトにより固定する。

### 2.2.3 機器の支持方法

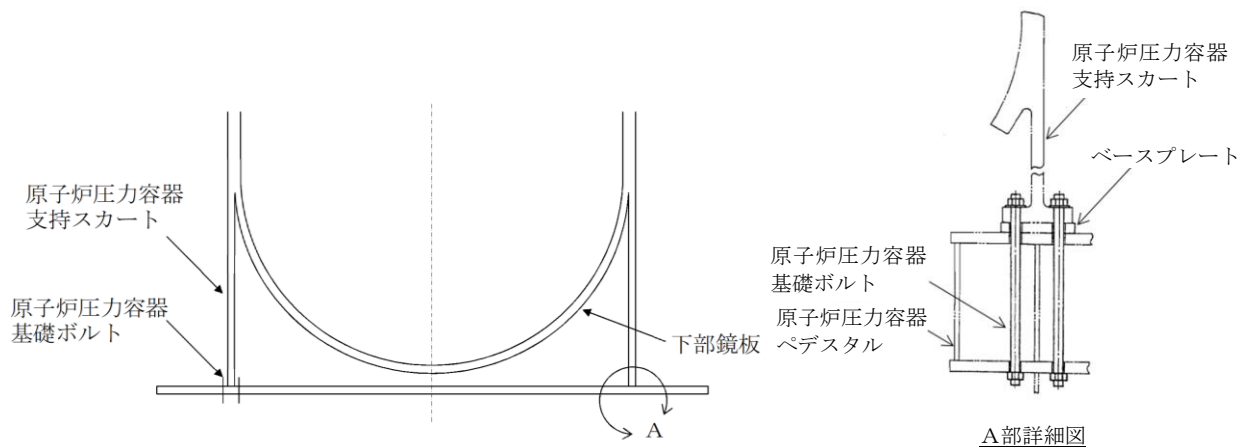
#### (1) たて置の機器

##### a. スカートによる支持

スカートはベースプレートを介して基礎ボルトにより基礎に固定する。スカート剛性、基礎ボルトサイズは、容器重量及び地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造は原子炉圧力容器及びたて置のタンク類に採用する。

(代表例) 原子炉圧力容器



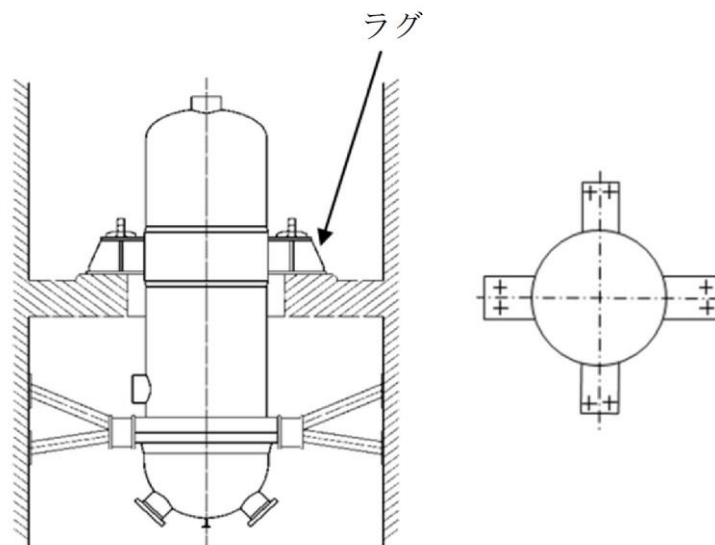
##### b. ラグによる支持

下図のように機器本体に取り付けられたラグにより支持する形式のものである。

この形式は機器本体の半径方向の熱膨張を自由にし、円周方向及び鉛直方向のラグ剛性で支持するものとする。

この型式の支持構造物は熱膨張を拘束しない機器に採用する。

(代表例) 残留熱除去系熱交換器

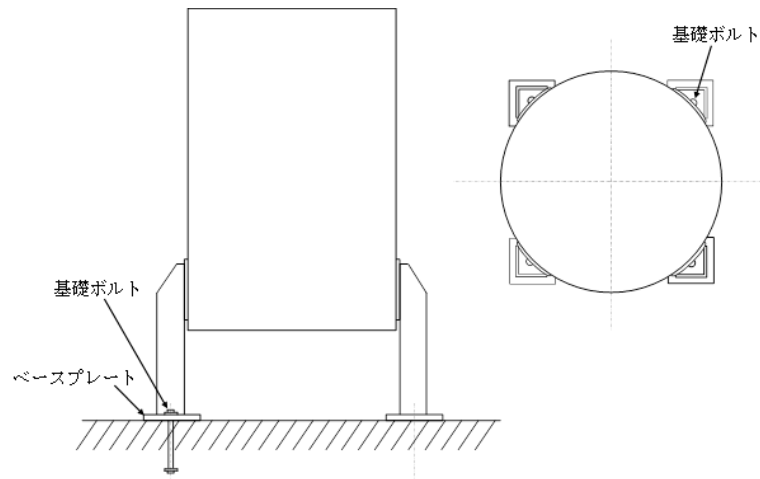


c. 支持脚による支持

下図のとおり，形鋼を胴周囲対角線上の4箇所に取り付け，ベースプレートを基礎ボルト又は溶接により基礎に固定する。脚剛性，基礎ボルトサイズは，容器重量及び地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この型式の支持構造は比較的軽中量のタンク等に採用する。

(代表例) ほう酸水注入テストタンク

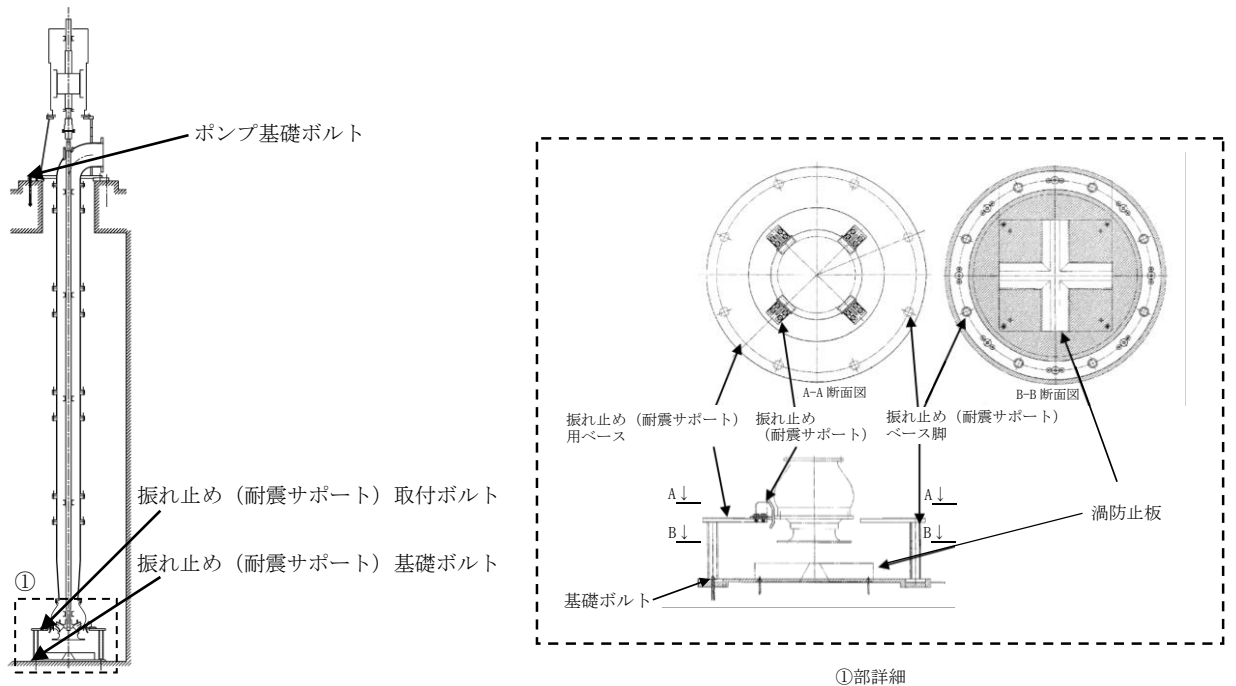


d. 振れ止めによる支持

下図のようにケーシングの長い立形ポンプは，上部基礎だけでなく，下部にも振れ止めを設ける設計とする。振れ止め（耐震サポート）は，振れ止め部の地震荷重に対し，十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造は立形ポンプに採用する。

(代表例) 原子炉補機海水ポンプ



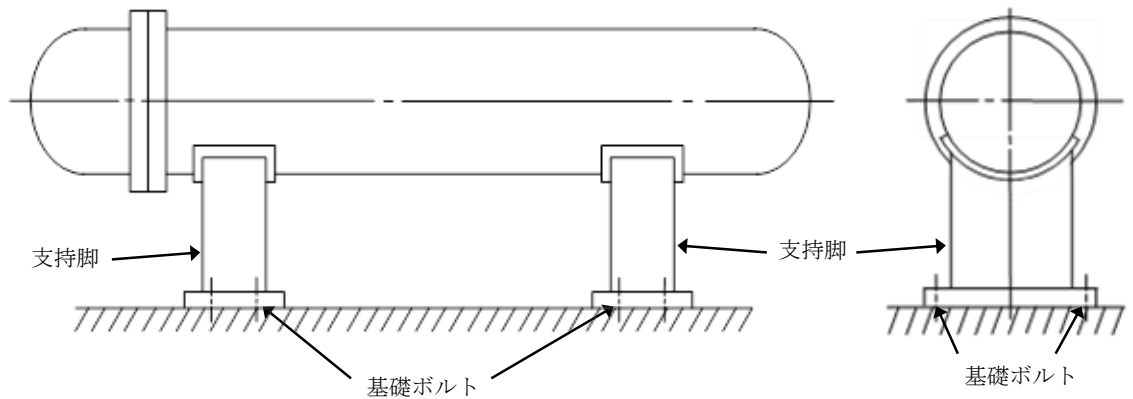
## (2) 横置の機器

## a. 支持脚による支持

支持脚は鋼板製の溶接構造とし、多数の基礎ボルトで基礎に固定する。支持脚は十分な剛性及び強度を持たせ、基礎ボルトは、地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造は容量の大きい横置の熱交換器、タンク類に採用する。

(代表例) 原子炉補機冷却系熱交換器

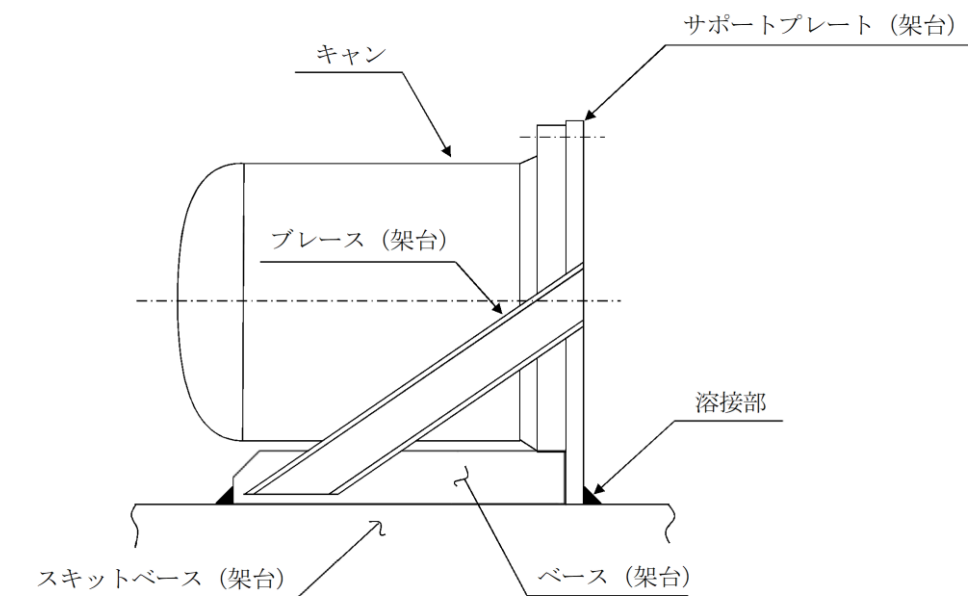


## b. 架台支持

架台は鋼板又は形鋼を組み合わせた溶接構造とし、機器は取付ボルトで架台に固定する。架台は十分な剛性及び強度を持たせる設計とする。

この形式の支持構造はポンプ、ブロワ等に採用する。

(代表例) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ



(3) 内部構造物

a. 原子炉本体

原子炉圧力容器内にある構造物は、燃料集合体を直接支持又は拘束する炉心支持構造物と、それ以外の炉内構造物に大別できる。

炉心支持構造物は炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具及び制御棒案内管から構成され、炉内構造物は蒸気乾燥器、気水分離器及びスタンドパイプ、シュラウドヘッド、スパージャ、ジェットポンプ及び内部配管等から構成される。

燃料集合体上部の水平方向は上部格子板で支持し、下部の水平方向は燃料支持金具及び制御棒案内管を介して炉心支持板で支持される。燃料集合体の鉛直方向の荷重は燃料支持金具を介して制御棒案内管で支持し、制御棒案内管は原子炉圧力容器下部鏡板に取り付けられた制御棒駆動機構ハウジングで支持される。

上部格子板は炉心シュラウドの中間部リング上に設置し、炉心支持板は炉心シュラウドの下部リング上にボルトにより固定される。炉心シュラウドは下端をシュラウドサポートに溶接され、シュラウドサポートは原子炉圧力容器下部鏡板に溶接される。

気水分離器及びスタンドパイプはシュラウドヘッドに溶接され、シュラウドヘッドは炉心シュラウド上にボルトによりフランジ接続される。

蒸気乾燥器、スパージャ及び内部配管は、原子炉圧力容器内部に取り付けられたブラケット等により支持される。

b. 熱交換器

熱交換器には、伝熱管がU字管式のものと直管式のものがあり、いずれもじゃま板によって伝熱管を剛に支持し、地震及び流体による振動を防止する。

c. タンク類

タンク類でその内部にスプレイノズル、スパージャ、ヒータ等が設けられるものについては、それらを機器本体からのサポートにより取り付ける。



### 3. 電気計測制御装置

#### 3.1 基本原則

電気計測制御装置の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 電気計測制御装置は取付ボルト等により支持構造物に固定される。支持構造物は、剛な床、壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め十分剛に設計することで建物との共振を防止する。
- (3) 剛性を十分に確保できない場合は、振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (4) 地震時に要求される電氣的機能を喪失しない構造とする。電気計測制御装置の電氣的機能維持の設計方針を別紙に示す。

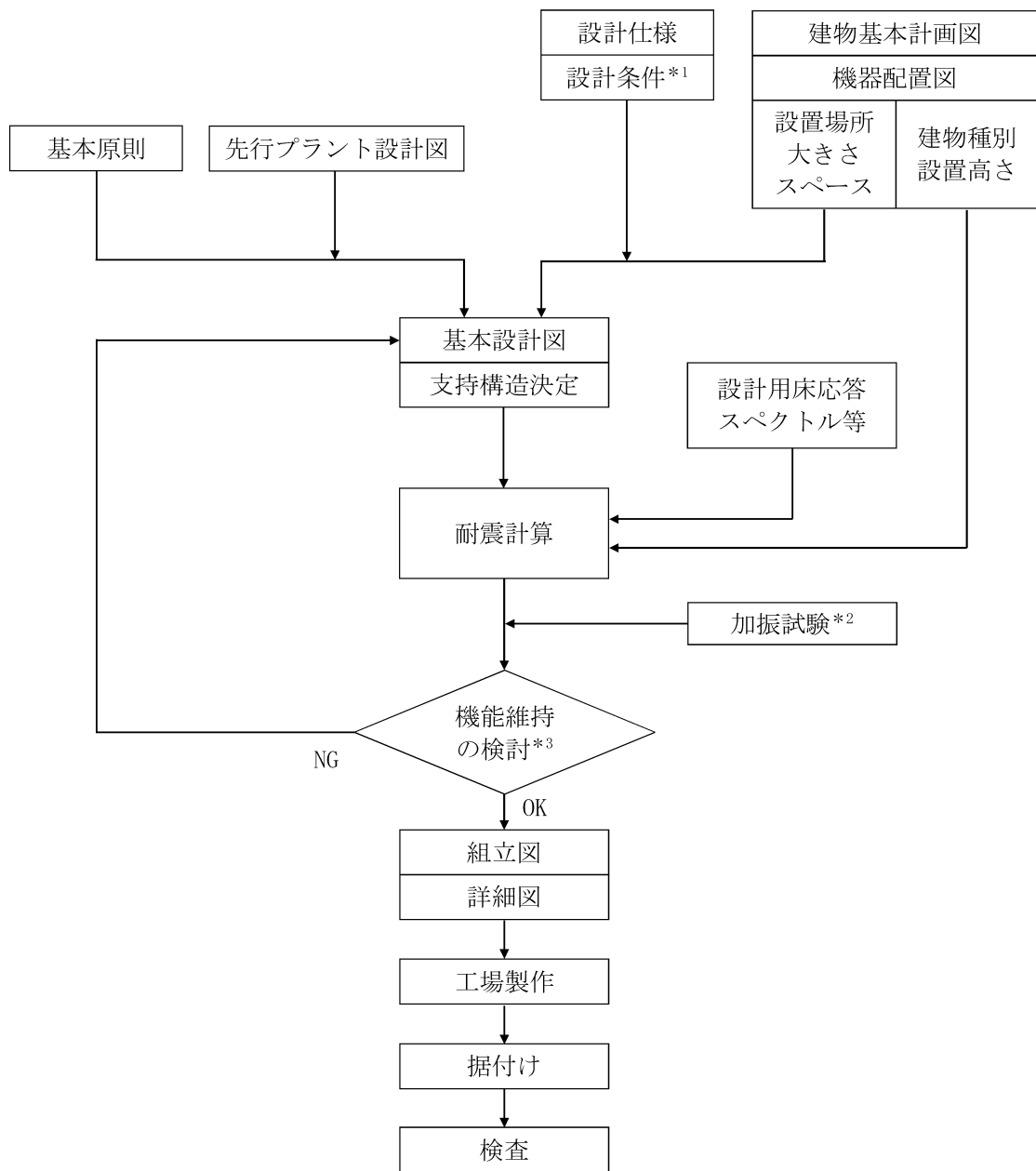
#### 3.2 支持構造物の設計

##### 3.2.1 設計手順

電気計測制御装置の配置，構造計画に際しては，設置場所の環境条件，現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い，電気計測制御装置類の特性，運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等についての配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。

設計手順を図 3-1 に示す。

支持構造物の設計は，建物基本計画及び電気計測制御装置の基本設計条件等から配置設計を行い，耐震解析，機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し，詳細設計を行う。



注記\*1：環境条件，現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

\*2：J E A G 4 6 0 1-1987 より，一般に剛構造である装置（変圧器，蓄電池等）は，構造健全性が保たれている限りその機能が失われることはないことから，変圧器，蓄電池については加振試験を実施するのではなく，構造健全性が保たれていることを確認することで機能を保持していると判断する。

\*3：判断基準についてはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」参照

図 3-1 電気計測制御装置の支持構造物設計フロー

### 3.2.2 支持構造物及び埋込金物の設計

#### (1) 盤の設計

##### a. 設計方針

盤に実装される器具は取付ボルトにより盤に固定する。

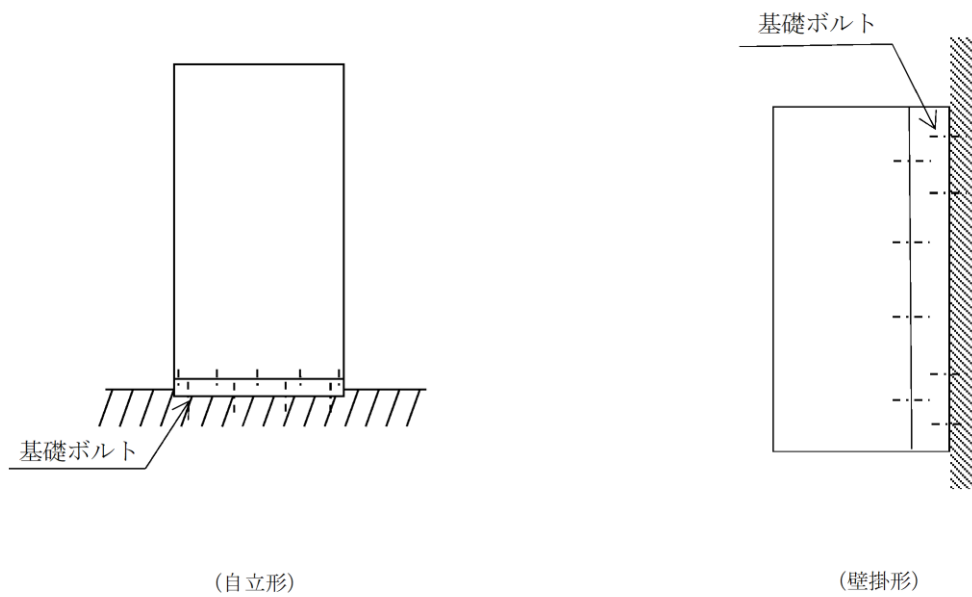
盤には自立形と壁掛形があり、鋼材及び鋼板を組み合わせたフレーム及び筐体で構成される箱型構造とする。

自立形の盤は基礎ボルトにより、あるいは床面に埋め込まれた埋込金物に溶接することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

壁掛形の盤は基礎ボルトにより、あるいは埋込金物に溶接することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

##### b. 荷重条件

荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。



(2) 架台の設計

a. 設計方針

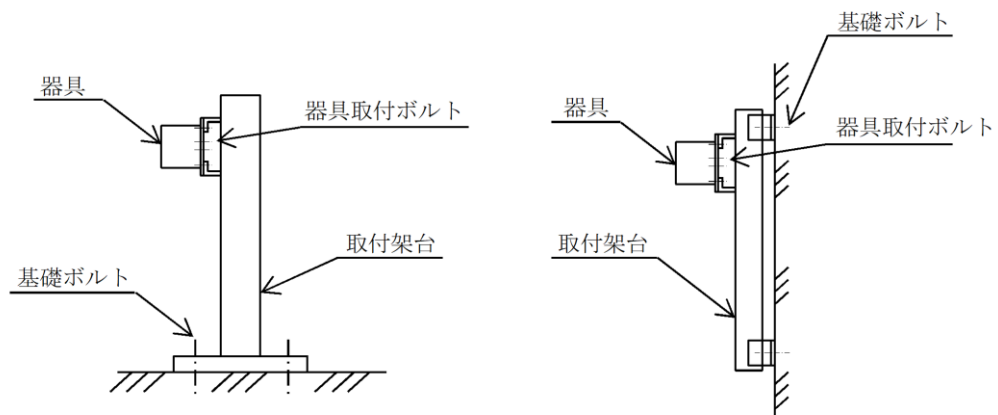
架台に実装される器具は取付ボルトにより架台に固定する。

架台は鋼材を組み合わせた溶接構造又はボルト締結構造とし、自重及び地震荷重に対し、機能低下を起こすような変形を生じさせないように設計する。

架台は基礎ボルトにより、あるいは埋込金物に固定することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

b. 荷重条件

荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。



## (3) 埋込金物の設計

## a. 設計方針

埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え、支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は、支持荷重及び配置を考慮して行う。

## b. 荷重条件

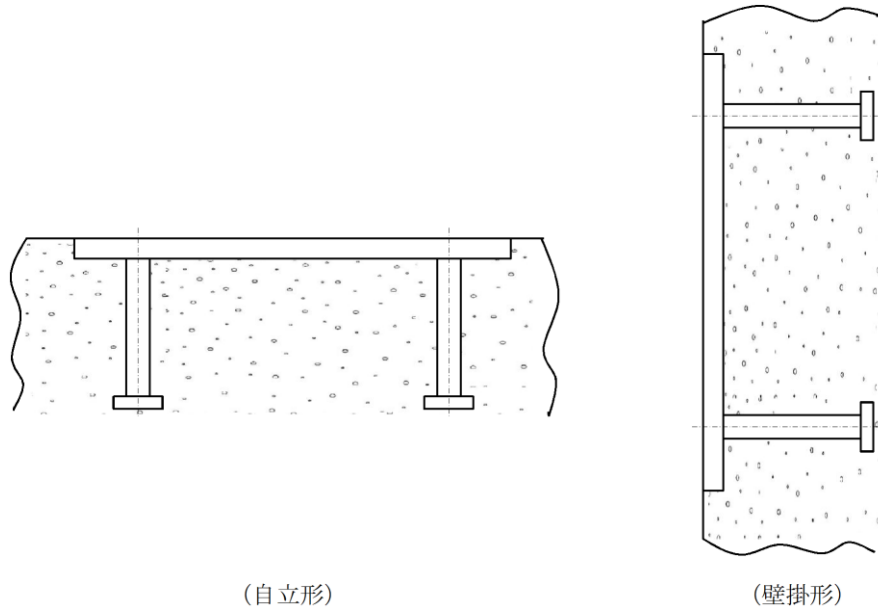
荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

## c. 種類及び選定

埋込金物には下記の種類があり、それぞれの使用用途にあわせて選定する。

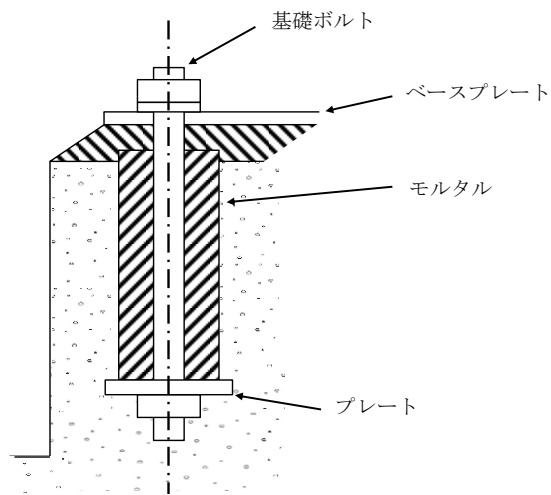
## (a) 埋込金物形式

機器の配置計画時に基礎との取合い形状が確定できない場合に使用する。



## (b) 基礎ボルト形式

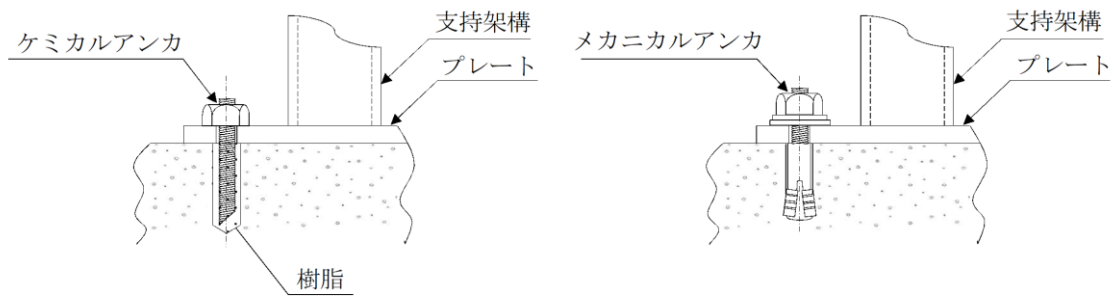
機器の配置計画時に基礎との取合い形状が確定できる場合に使用する。



## (c) 後打ちアンカ

打設後のコンクリートに穿孔機で孔をあけて設置するもので、ケミカルアンカ又はメカニカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件で使用する。また、メカニカルアンカは振動が大きい箇所に使用しない。

後打ちアンカの設計は、J E A G 4 6 0 1・補-1984 又は「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会，2010 年改定）に基づき設計する。また、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。



## (4) 基礎の設計

## a. 設計方針

電気計測制御装置の基礎は、支持構造物から加わる自重、地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、電気計測制御装置の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

## b. 荷重条件

基礎の設計は、電気計測制御装置から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

#### 4. 配管の支持構造物

支持装置，支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の基本原則，設計方針及び機能による種別の選定方法を示す。また，配管系及びその支持構造物について耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項は，VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に定める。

##### 4.1 基本原則

配管及び弁の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 支持構造物は，剛な床，壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め建物との共振を防止する。
- (3) 支持構造物は，拘束方向の支持点荷重に対して十分な強度があり，かつ剛性を有するものを選定する。
- (4) 機器管台に接続される配管については，機器管台の許容荷重を超えないように支持構造物の設計を行う。
- (5) 高温となる配管については，熱膨張変位を過度に拘束しない設計とする。
- (6) 熱膨張変位を過度に拘束しないために，配管系の剛性を十分に確保できない場合は，配管系の振動特性に応じた地震応答解析により，応力評価に必要な荷重等を算定し，その荷重等に耐える設計とする。
- (7) 地震時の建物間相対変位を考慮する場所については，その変位に対して十分耐える設計とする。
- (8) 水撃現象が生じる可能性のある場所については，その荷重に十分耐える設計とする。

##### 4.2 支持構造物の設計

###### 4.2.1 設計手順

配管の配置，構造計画に際しては，建物・構築物，取合い機器類との関連，設置場所の環境条件，現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い，運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等について配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。設計手順を図4-1に示す。

支持構造物の設計は，建物基本計画及び配管の基本設計条件等から配置設計を行い，熱応力計算（自重，機械的荷重及び事故時荷重による強度計算を含む），耐震解析，機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し，詳細設計を行う。このとき，高温となる配管については，熱膨張変位を過度に拘束しない設計とするよう配慮する。支持装置は，標準化された製品の中から，配管から受ける荷重に対し十分な強度があるものを選定する。

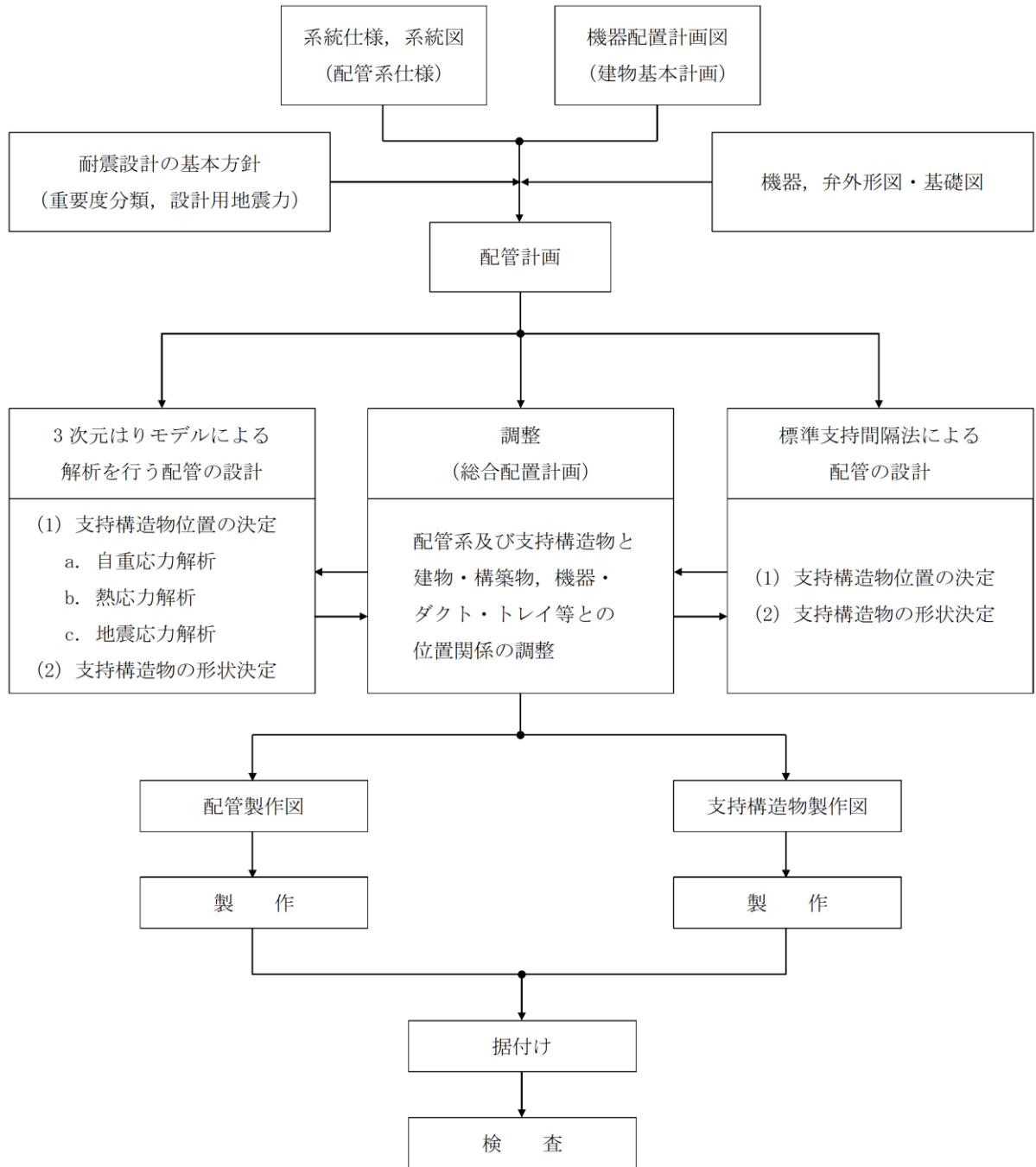


図4-1 配管支持構造物設計フロー



#### 4.2.2 支持装置，支持架構及び埋込金物の設計

##### (1) 支持装置の設計

###### a. 設計方針

支持装置にはアンカ，レストレイント，スナッパ，ハンガ及び粘性ダンパがあり，物量が多いことから標準化が図られている。標準化された製品の中から使用条件に適合するものを選定する。これらの支持装置は，定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な強度があり，かつ多くの使用実績を有している。支持装置の機能と用途について，表 4-1 に示す。

###### b. 荷重条件

支持装置の設計は，配管から伝わる荷重に対し，その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

表 4-1 支持装置の機能と用途 (例) (1/2)

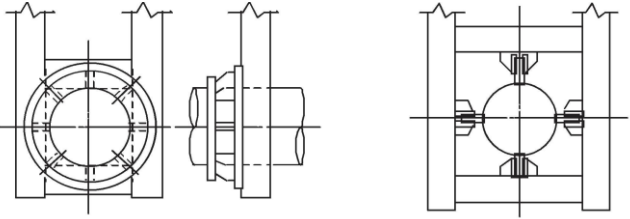
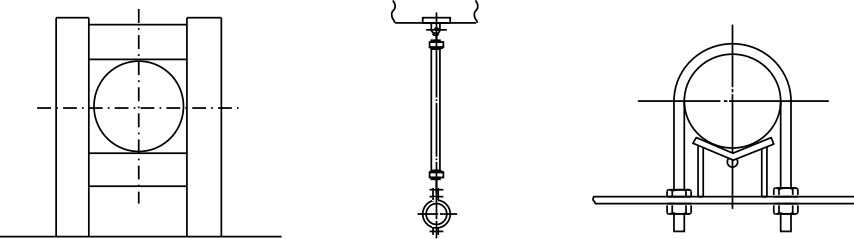

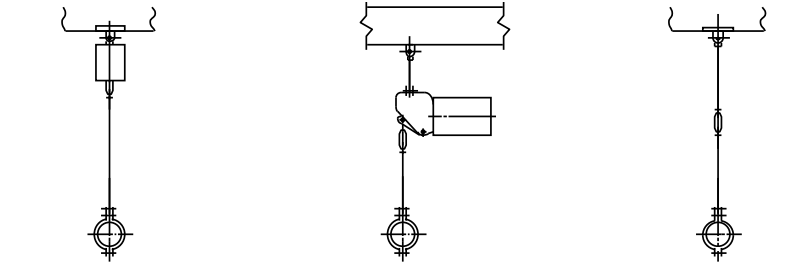
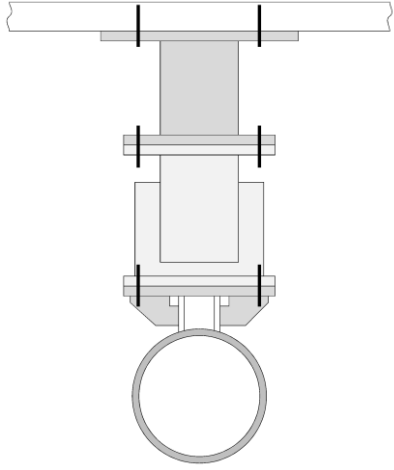
支持構造物名称	概略図	機能	用途
アンカ (アンカサポート) (ガイドサポート)	 <p style="text-align: center;">アンカサポート                      ガイドサポート</p>	地震及び熱による変位、軸まわりの回転を完全に拘束する。 ガイドサポートは、一定方向の移動を許すが軸まわりの回転を拘束する。	固定用サポートとして使用する。また、配管応力解析上の解析モデルの境界として使用する。
レストレイント (架構式レストレイント) (ロッドレストレイント) (Uボルト)	 <p style="text-align: center;">架構式レストレイント      ロッドレストレイント      Uボルト</p>	地震及び熱による一定方向の変位を拘束する。	配管の回転を許すが変位を防ぐ場合に使用する。
スナップ (オイルスナップ) (メカニカルスナップ)	 <p style="text-align: center;">オイルスナップ                      メカニカルスナップ</p>	配管の熱膨張のような緩やかな移動に対しては拘束せず、地震時のような急激な荷重発生時に拘束する。	地震等の急激な荷重により生じる応力の低減を目的として使用する。

表 4-1 支持装置の機能と用途 (例) (2/2)

支持構造物名称	概略図	機能	用途
ハンガ (スプリングハンガ) (コンスタントハンガ) (リジットハンガ)	 <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">スプリングハンガ</span> <span style="margin-right: 100px;">コンスタントハンガ</span> <span>リジットハンガ</span> </p>	<p>配管の自重を支持する目的で使用する。なお、地震荷重に対する拘束効果はなく、耐震支持機能は有していない。</p>	<p>耐震支持機能を有していないことから、地震応力解析上は考慮されない。</p>
粘性ダンパ (3軸粘性ダンパ)	 <p style="text-align: center;">3軸粘性ダンパ</p>	<p>配管の熱膨張のような緩やかな移動に対しては拘束せず、粘性体の流動抵抗を利用してエネルギーを吸収する。</p>	<p>地震応答を低減させることで、地震等の急激な荷重により生じる応力の低減を目的として使用する。</p>

c. 種類及び選定

支持装置の機能別選定要領を、図 4-2 に示す。

(a) アンカ

アンカサポートは、配管に直接溶接されるラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成され、周囲の構造物との関係や支持点荷重を基に選定する。

なお、アンカサポートと同様な構造及び機能であるが、一定の方向だけ熱変位を許容する場合は、ガイドサポートを選定する。

(b) レストレイント

レストレイントは、配管軸直角方向又は配管にラグを設置して配管軸方向の拘束に使用する。架構式レストレイント又はUボルトにおいて、支持点荷重がUボルトの最大使用荷重を超える場合は架構式レストレイントを、支持点荷重がUボルトの最大使用荷重以下の場合はUボルトを選定する。ロッドレストレイントの場合は、定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のロッドレストレイントを選定する。

なお、周囲の構造物との関係にもよるが、支持点と床、壁等が接近している場合は架構式レストレイント又はUボルトを使用し、支持点から床、壁等までの距離が離れている場合はロッドレストレイントを使用する。

(c) スナップ

定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のスナップを選定する。

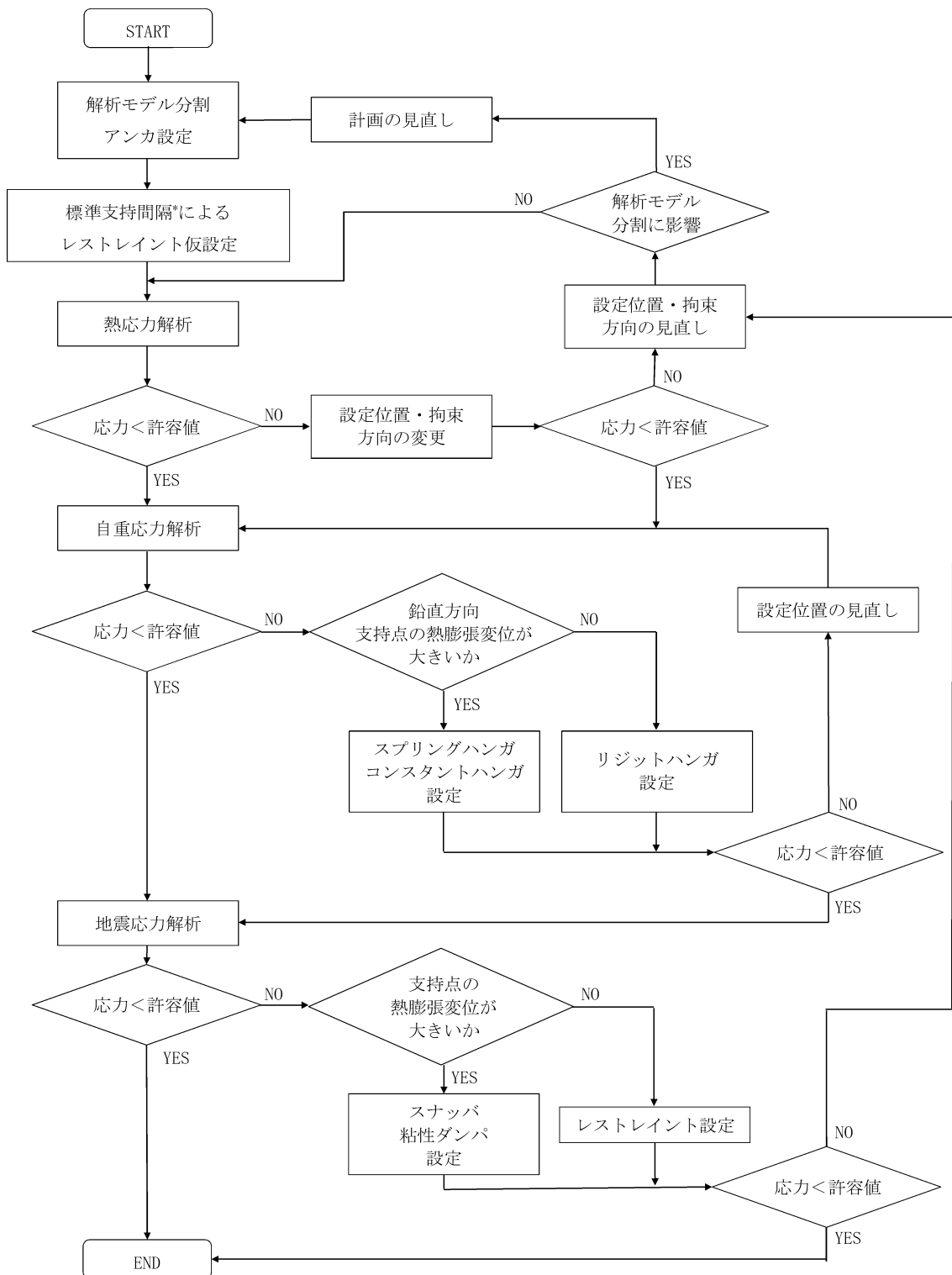
(d) ハンガ

支持点荷重及び熱膨張による変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のハンガを選定する。

通常はスプリングハンガを使用するが、配管の熱膨張によって生じる支持点の変位が大きい場合はコンスタントハンガを、極めて小さい場合はリジットハンガを使用する。

(e) 粘性ダンパ

3軸粘性ダンパは、ピストン、粘性体、ハウジング及び保護スリーブから構成され、ラグ又は配管固定用クランプ及び架構にて支持されており、周囲の構造物との関係や支持点荷重を基に選定する。



注記\*：配管の自重応力が 39.2MPa となる支持間隔を目安に軸直角 2 方向レストレイントを仮設定

図 4-2 支持構造物の選定フロー

## (2) 支持架構の設計

### a. 設計方針

配管及び弁の支持架構は、非常に物量が多いことから、図 4-3 に示す基本形状ごとに、以下の要領で鋼材選定の標準化を図って設計に適用する。

- (a) 配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力の比較による応力評価又は最大使用荷重と支持点荷重の比較による荷重評価により設計する。
- (b) 支持点荷重を条件とした強度及び耐震評価を行い、発生応力が許容応力を超えないように使用する鋼材（山形鋼，溝形鋼，H形鋼，角形鋼，鋼管等）を決定する。

### b. 荷重条件

支持架構の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

### c. 種類及び選定

支持架構の選定要領を、図 4-4 に示す。

#### (a) 支持条件の設定

配管の支持点と床、壁面等からの距離及び周囲の設備配置状況から、図 4-3 に示す支持架構の基本形状の中から適用タイプを選定する。

支持点荷重は、地震時や各運転状態で生じる荷重又は直管部標準支持間隔における地震時の荷重を用いる。また、支持点荷重を低減する必要がある場合は、実支持間隔による荷重を適用する。

#### (b) 支持点荷重に基づいた応力評価による鋼材選定

地震時の支持点荷重により鋼材を選定する。

#### (c) 鋼材と諸設備間との配置調整

決定した鋼材が、他の配管及び周囲の設備との干渉がないか確認する。干渉がある場合は、支持架構の形状寸法又は基本形状の見直しを行って、再度鋼材選定を行う。配管の支持架構の例を、図 4-5 に示す。

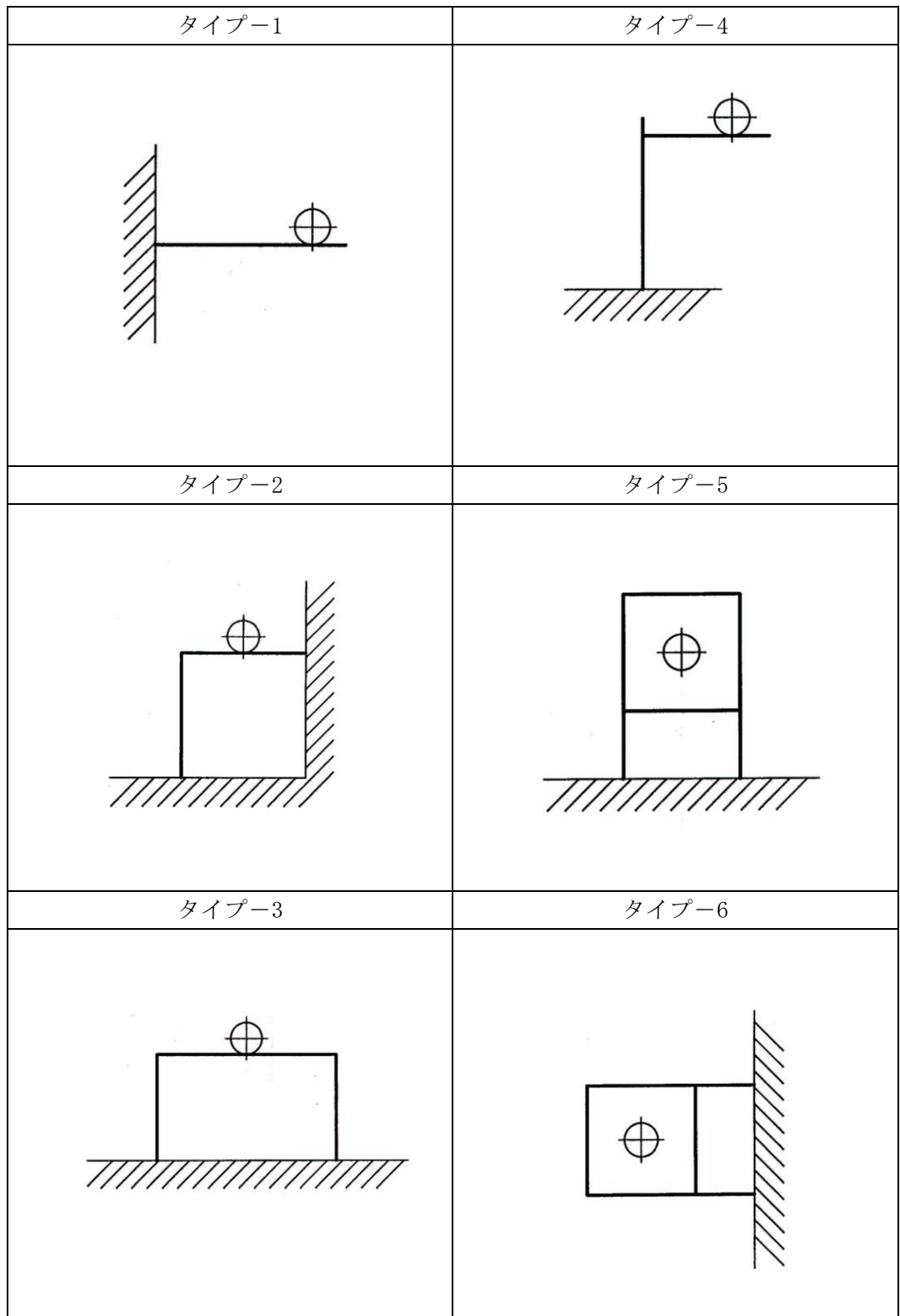


図 4-3 支持架構の基本形状例

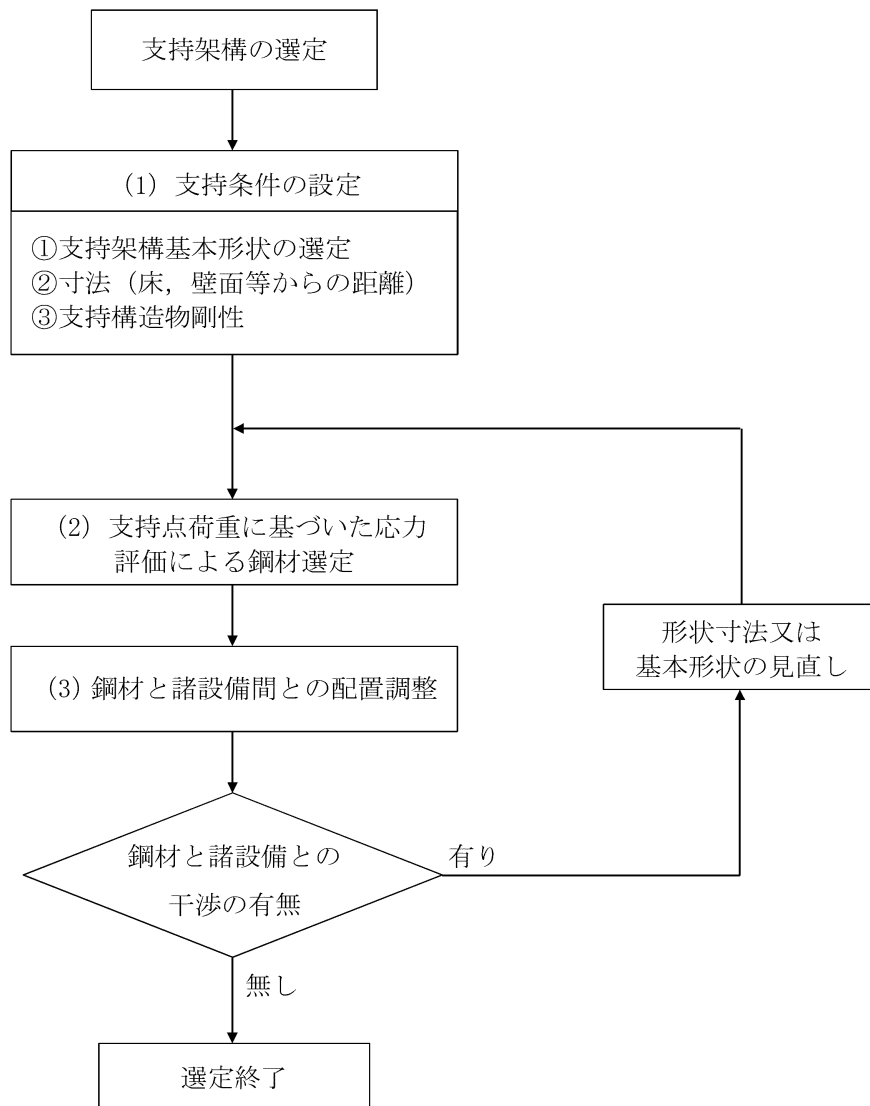


図 4-4 支持架構の設計フロー



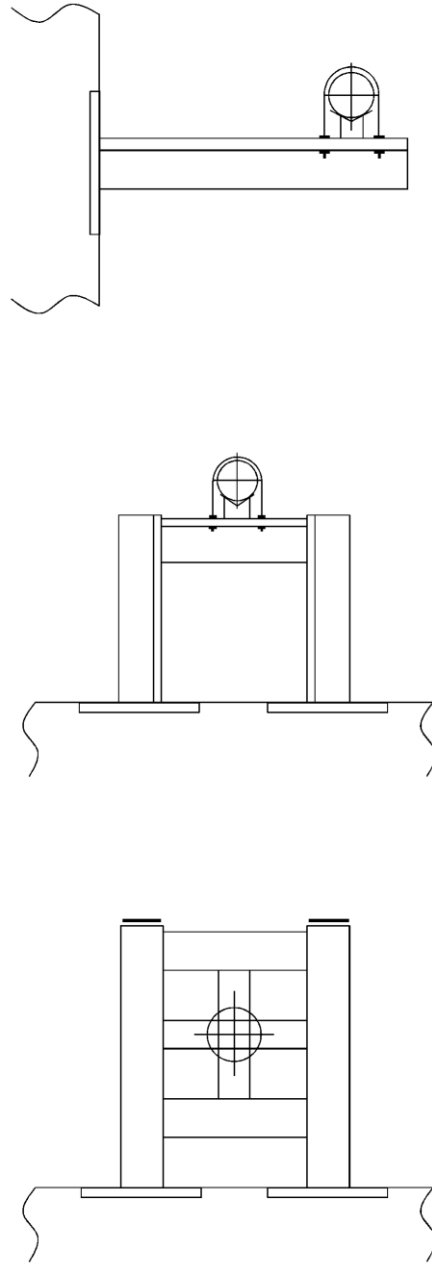


図 4-5 支持架構の例

### (3) 埋込金物の設計

#### a. 設計方針

埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え、支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は、支持荷重及び配置を考慮して行う。

#### b. 荷重条件

埋込金物の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

#### c. 種類及び選定

埋込金物は、コンクリート打設前に設置し、そのまま埋め込まれるものと、コンクリート打設後に後打ちアンカにより取り付けられるものとに分類され、施工時期に応じて適用する。

いずれの場合も支持装置又は支持架構を溶接により剛に建物側に取り付けることができる。

コンクリート打設前に設置する埋込金物は、鋼板にスタッドジベルを溶接した埋込板、基礎ボルトで、用途及び荷重により数種類の型式に分類される。コンクリート打設後に支持装置及び支持架構の取付けが必要な場合は、ケミカルアンカ又はメカニカルアンカを使用する。

ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件下で使用する。また、メカニカルアンカは振動が大きい箇所には使用しない。後打ちアンカの設計は、J E A G 4 6 0 1・補-1984 又は「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会、2010年改定）に基づき設計を行い、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。

埋込金物の形状の代表例を、図4-6に示す。

各種埋込金物の中から、地震時に生じる設計荷重に対して十分な耐震性を有するものを選定する。

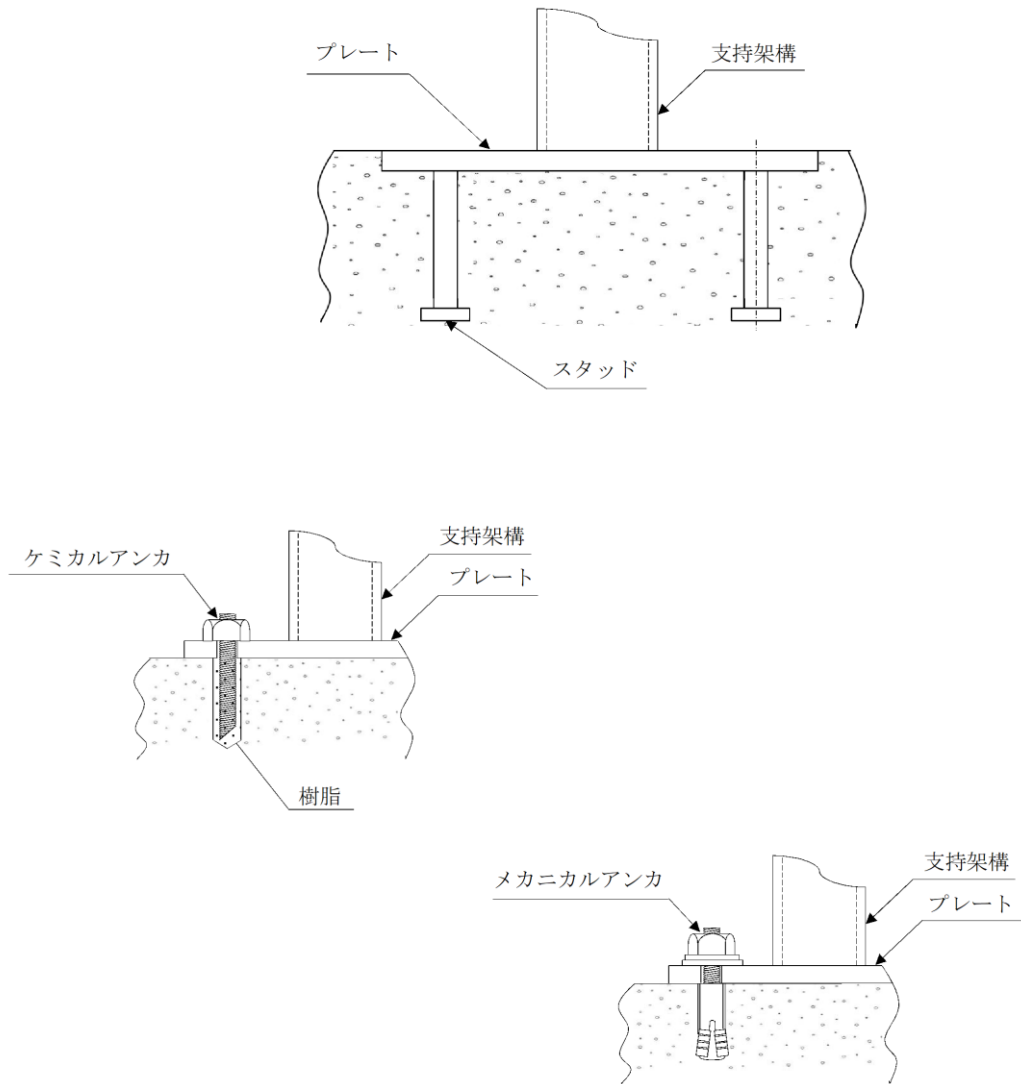


図 4-6 埋込金物の例

(4) 基礎の設計

a. 設計方針

配管の基礎は、支持構造物から加わる自重、地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、配管の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

基礎の設計は、配管から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

## 5. その他特に考慮すべき事項

### (1) 機器と配管の相対変位に対する考慮

機器と配管との相対変位に対しては、配管側のフレキシビリティでできる限り変位を吸収することとし、機器側管台部又は支持構造物に過大な反力を生じさせないよう配管側のサポート設計において考慮する。

### (2) 動的機器の支持に対する考慮

ポンプ、ファン等の動的機器に対しては地震力の他に機器の振動を考慮して支持構造物の強度設計を行う。

また、振動による軸芯のずれを起こさないよう、据付台の基礎へのグラウト固定、取付ボルトの回り止め等の処置を行う。

### (3) 建物・構築物との共振の防止

支持にあたっては据付場所に応じ、建物・構築物の共振領域からできるだけ外れた固有振動数を持つよう考慮する。また、共振領域近くで設計する場合は地震応答に対して十分な強度余裕を持つようにする。

### (4) 波及的影響の防止

耐震重要度分類における下位クラスの機器の破損によって上位クラスの機器に波及的影響を及ぼすことがないように配置等を考慮して設計するが、波及的影響が考えられる場合には、下位クラス機器の支持構造物は上位クラスに適用される地震動に対して設計する。

### (5) 隣接する設備

配管が他の配管又は諸設備と接近して設置される場合は、地震、自重、熱膨張及び機械的荷重による変位があっても干渉しないようにする。保温材を施工する配管については、保温材の厚みを含めても干渉しないようにする。

### (6) 材料の選定

材料選定にあたっては、使用条件下における強度に配慮し、十分な使用実績があり、材料特性が把握された安全上信頼性の高いものを使用する。

また、VI-2-1-10「ダクティリティに関する設計方針」の材料の選択方針に基づき、ダクティリティを持つよう配慮する。

別紙 電気計測制御装置等の耐震設計方針

## 1. 概要

本方針は、電気計測制御装置(以下「電気計装品」という。)の耐震設計の基本方針を示すものである。

## 2. 耐震設計の範囲

電気計装品の区分及び適用範囲を表 2-1 に示すとおりとし、設計基準対象施設のうち耐震重要度分類が S クラスの電気計装品及び重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する耐震重要度分類が S クラスのもの)に該当する電気計装品(以下「上位クラスの電気計装品」という。)を耐震設計の対象とする。

なお、上位クラスの電気計装品が、下位クラスの機器による波及的影響によって、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないように設計する。

表 2-1 電気計装品の区分及び適用範囲

区 分	定 義	適 用 範 囲	対 象
1. 盤	電気計装品の一部で、鋼材、鋼板等によって作られた構造物で器具、ケーブル等を含み、電気系、計装系の信号の処理、制御及び操作系の保護、開閉並びに電力の変換等の機能を持っているものをいう。	盤本体の他にチャンネルベース、盤とチャンネルベース取付ボルト及び基礎ボルトまで含む。	中央制御盤類、閉鎖配電盤、パワーセンタ、コントロールセンタ、計装ラック、現場操作盤、静止形インバータ、蓄電池用充電器等
2. 装置	電力の変換、あるいはエネルギーの変換を目的とした電気計装品の一部をいう。	ディーゼル発電機は発電機本体及び基礎ボルトを含む。 蓄電池は接続導体、架台及び基礎ボルトまで含む。	変圧器、ディーゼル発電機、補機用電動機、電動発電機、蓄電池等
3. 器具	電気計装品において取り扱われる信号又は電力に対し、検出、変換、演算、制御等の操作を行い、電気系、計装系の機能を作り出す要素をいう。これらは盤類に取り付けられ、あるいは所定の取付場所に設置される。	発信器、検出器等のように計装配管に取り付けられたり、現場に支持金物で据え付けられるものはその取付金物まで含む。	各種検出器、発信器、保護継電器、制御継電器、演算器、スイッチ、遮断器、指示計、計器用変成器、変流器等
4. 電路類	電線、ケーブル、導体等の形で電流が通じている回路が、鋼板その他の材料で構成された支持及び保護の役目をする構造物に収納されている場合、その構造物及び電気回路を含めて電路類という。	ケーブルトレイ、バスダクト、電線管等の支持構造物及び埋込金物を含む。 計装配管は、止め弁以降の計装配管、支持構造物及び埋込金物を含む。	ケーブルトレイ、バスダクト、電線管、ケーブルペネトレーション、計装配管等



### 3. 耐震設計の手順

具体的な手順は、構造上及び機能上の性質により異なるので、電気計装品を盤、装置、器具及び電路類の4種類に大別し、以下各々についてその手順を示す。

#### 3.1 盤の耐震設計手順（図3-1参照）

盤は、多種多様の器具を収納する集合体であるので、構造的、機能的に設計地震力に対して健全でなければならない。

解析モデル化が可能で解析が容易である場合は「振動特性解析による方法」を採用し、解析モデル化が不可能な場合若しくは解析モデル化が可能であっても実験によって耐震性を検定するのが容易な場合は、「振動特性試験による方法」を採用する。

振動特性解析又は振動特性試験によって剛構造かどうかを判定し、剛構造であれば静的解析により構造的及び機能的健全性を確認する。剛構造でない場合は、応答解析又は応答試験を実施する。

応答試験による場合は、取り付けられる器具を実装して行うことが容易な場合には、実装集合体応答試験により構造的及び機能的健全性を確認する。

また、器具を実装して行うことが困難な場合には物理的、構造的に実物を模擬したものを取り付けた模擬集合体応答試験を行い構造的健全性を確認するとともに、模擬器具取付点の応答を測定し、器具の単体で検定された検定スペクトルと比較することにより機能的健全性を確認する。

応答解析による場合は、解析により構造的健全性を確認するとともに器具の取付点の応答と器具単体で得られた検定スペクトルとを比較することにより、機能的健全性を確認する。

#### 3.2 装置の耐震設計手順（図3-2参照）

装置は、一般に剛構造であり、その機能は、構造的健全性が保たれている限り失われることはない。したがって、耐震性の検討は、静的解析を行って構造的健全性を確かめる。ただし剛構造でない場合は、盤と同様に応答解析又は応答試験によって構造的健全性を確認する。

#### 3.3 器具の耐震設計手順（図3-3参照）

器具の耐震性の検討は、構造、機能の両面について行う。器具は、構造的及び機能的健全性を保持し得る限界入力又は許容入力値を求める一般検定試験（又は限界性能試験）を行い、検定スペクトルを求め、これと取付位置の応答とを比較することにより耐震性を判定する。一般検定試験を行えない場合は、器具取付位置の動的入力によって応答試験を行うことにより耐震性を判定する。

器具の中で、計器用変成器等のように剛体と見なせるものであって構造的に健全であれば、その機能が維持されるものについては装置と同様に静的解析を行って構造的健全性を確認する。

#### 3.4 電路類の耐震設計手順（図3-4参照）

電路類は、構造的に健全ならば機能が維持されるので構造的検討のみを行う。この際には3

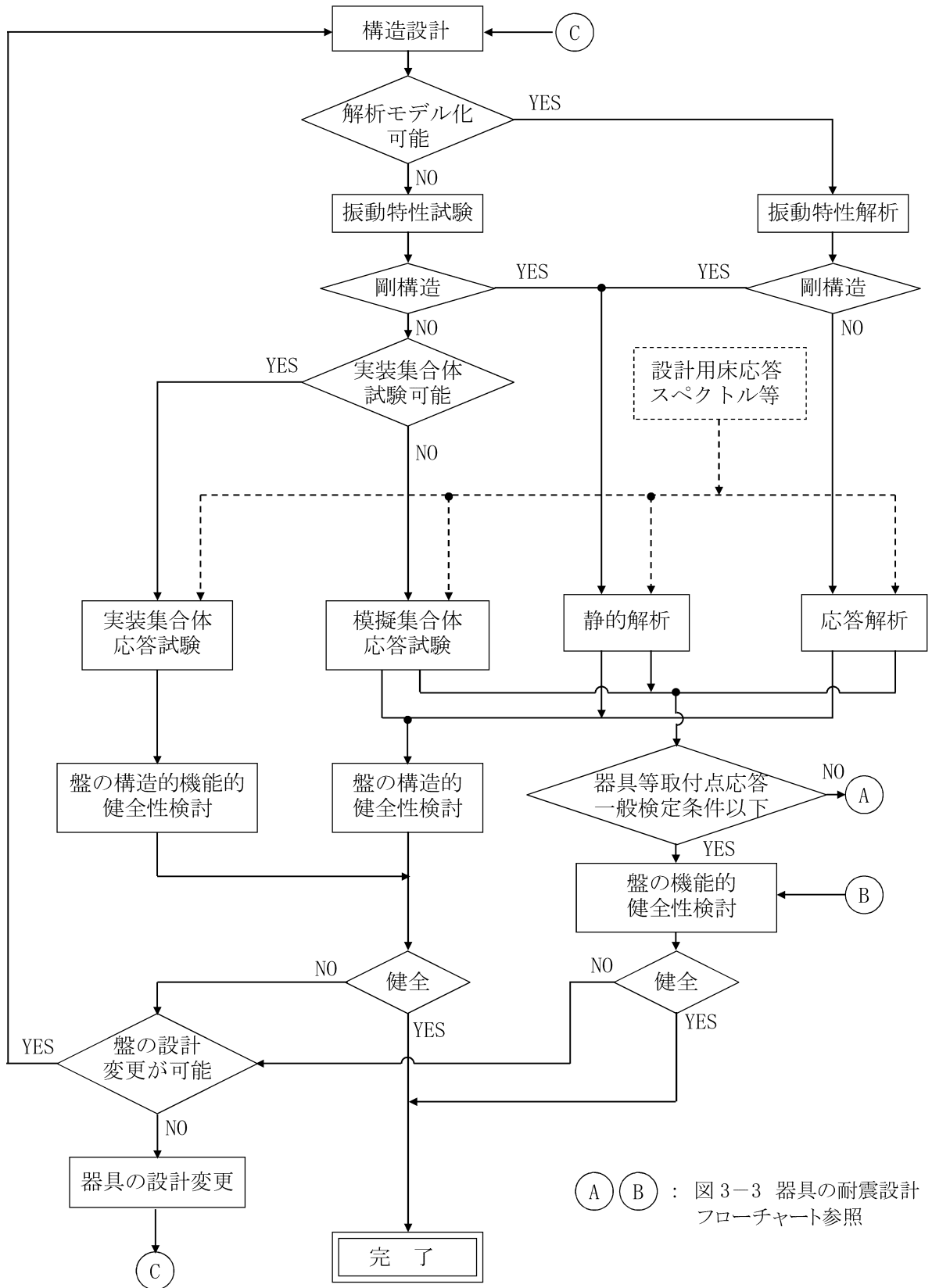
次元はりモデルによる解析又は定ピッチ支持方法を用いる。3次元はりモデルによる解析の場合は、固有振動数に応じて応答解析による方法又は静的解析による方法を用いて構造的健全性を確認する方針とする。また、定ピッチ支持方法を用いる場合は、振動数基準又は応力基準による定ピッチ支持方法を基本として標準支持間隔を設定し、標準支持間隔以内で支持することにより耐震性を確保する。

また、各建物間又は建物と建物外の地盤とにまたがって設置されるものについては、それらの地震時の相対変位を吸収できる構造とする。

熱膨張等を考慮しなければならないものについては、その荷重に対して構造的健全性を確認する方針とする。

### 3.5 既存資料の利用による耐震設計

電気計装品の耐震設計は、既に振動実験若しくは解析が行われており、かつ、その電気計装品が本原子力発電所に使用されるものと同様又は類似と判断される場合には、その実験データ若しくは解析値を利用して耐震設計を行う。



(A) (B) : 図 3-3 器具の耐震設計フローチャート参照

図 3-1 盤の耐震設計フローチャート

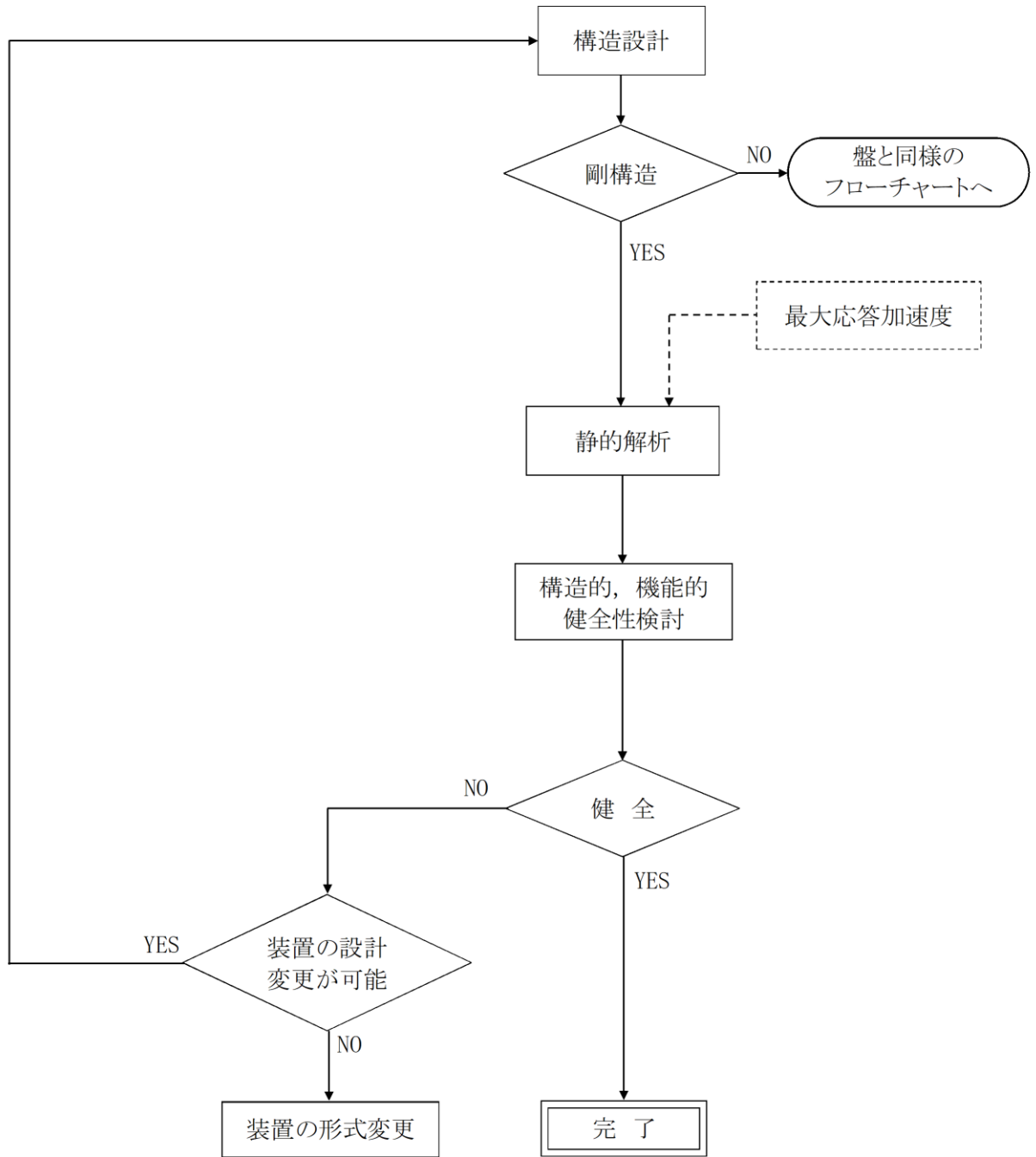


図3-2 装置の耐震設計フローチャート

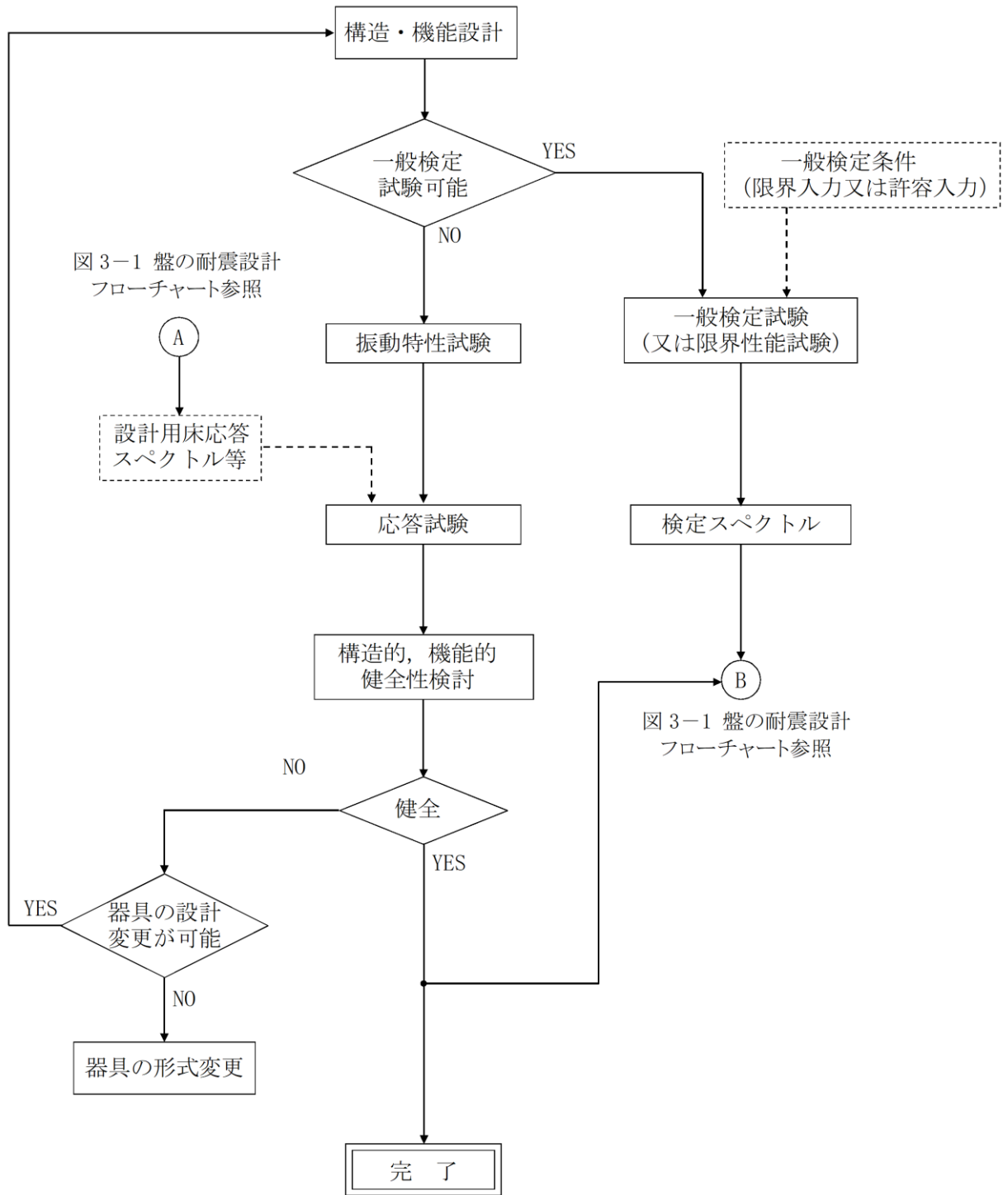


図 3-3 器具の耐震設計フローチャート

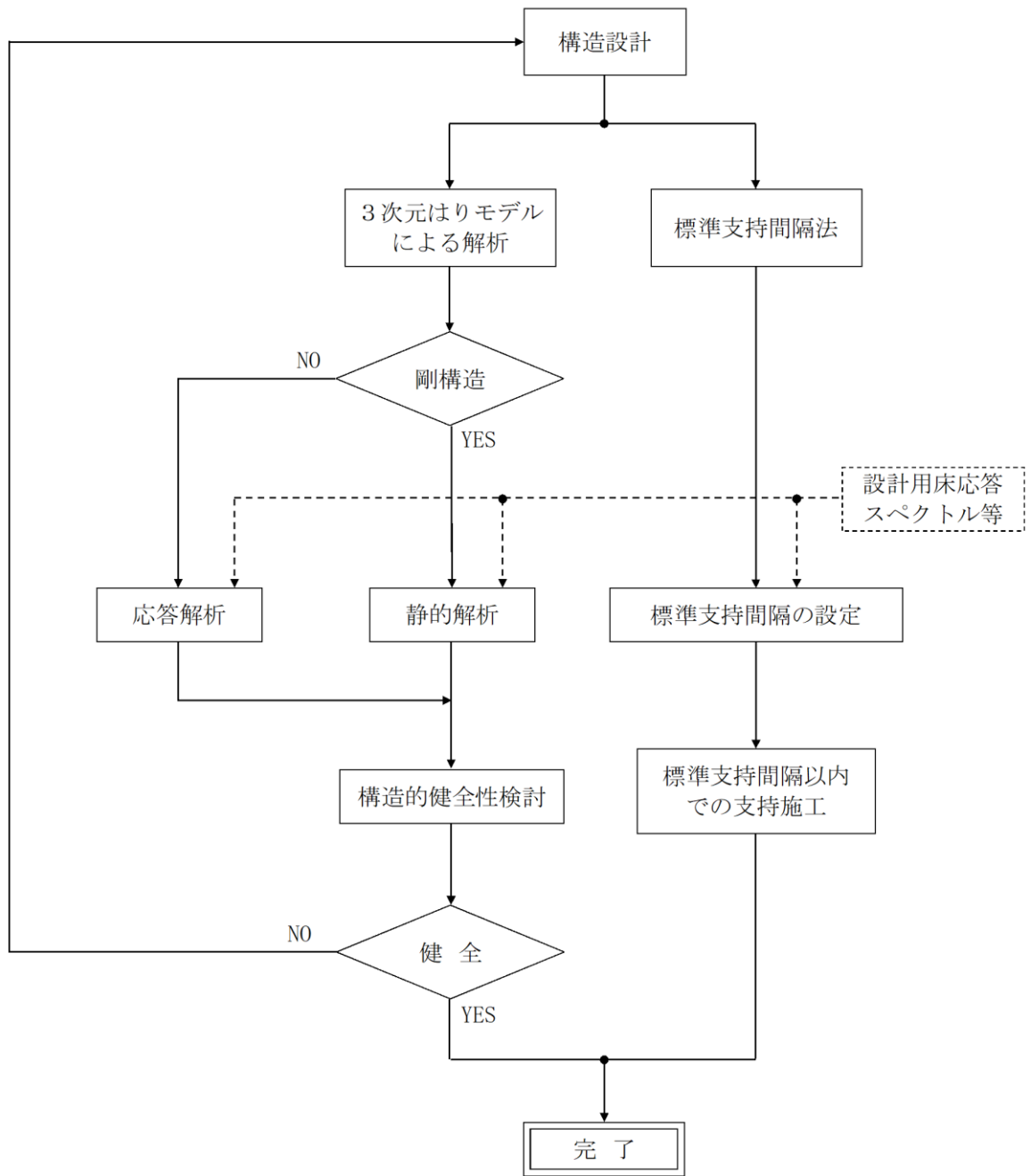


図 3-4 電路類の耐震設計フローチャート

VI-2-1-12 配管及び支持構造物の耐震計算について

目 次

1. 概要	1
2. 配管系及び支持構造物の設計手順	1
3. 配管系の設計	2
3.1 基本方針	2
3.1.1 重要度別による設計方針	2
3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項	3
3.2 3次元はりモデルによる解析	4
3.3 定ピッチ支持方法	4
3.3.1 応力を基準とした定ピッチ支持方法	4
3.3.2 振動数を基準とした定ピッチ支持方法	7
4. 支持構造物の設計	8
4.1 概要	8
4.2 基本原則	9
4.2.1 支持構造物の設計において考慮すべき事項	9
4.2.2 支持構造物の設計荷重	10
4.3 支持装置の設計	10
4.3.1 概要	10
4.3.2 支持装置の選定	10
4.3.3 支持装置の使用材料	23
4.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法	23
4.4 支持架構及び付属品の設計	99
4.4.1 概要	99
4.4.2 支持架構及び付属品の選定	101
4.4.3 支持架構及び付属品の使用材料	104
4.4.4 支持架構及び付属品の強度及び耐震評価方法	104
4.5 埋込金物の設計	112
4.5.1 概要	112
4.5.2 埋込金物の選定	113
4.5.3 埋込金物の強度及び耐震評価方法	115
5. 耐震評価結果	119
5.1 支持構造物の耐震評価結果	119
5.1.1 概要	119
5.1.2 支持構造物の耐震評価結果	119
5.2 代表的な支持構造物の耐震計算例	211
5.2.1 支持構造物の耐震計算例	211
5.2.2 個別の処置方法	211
別紙 支持装置の二次評価	



## 1. 概要

本方針は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」及びVI-2-1-11「機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、配管系及びその支持構造物について、耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

## 2. 配管系及び支持構造物の設計手順

配管経路は建物形状、機器配置計画とともに系統の運転条件、機器等への接近性、保守点検性の確保を考慮した上、配管系の熱による変位の吸収、耐震設計上の重要度分類に応じた耐震性の確保に関し最適設計となるよう配置を決定する。また、この際、配管内にドレンが溜まったり、エアポケットが生じたりしないようにするとともに、水撃現象の生じる可能性のあるものについては十分に配慮するものとする。地震による建物間相対変位を考慮する必要のある場所に配置されるものについては、その変位による変形に対して十分耐えられるようにし、また、ポンプ、容器等のノズルに対する配管反力が過大とならないよう併せて考慮する。

以上を考慮の上決定された配管経路について、多質点系モデル（3次元はりモデル）による解析又は定ピッチ支持方法により配管系及び支持構造物の設計を行う。

3. 配管系の設計

3.1 基本方針

3.1.1 重要度別による設計方針

配管系は耐震重要度分類，呼び径及び通常運転温度により，表 3-1 のように分類して設計を行う。ただし，表 3-1 以外の確認方法についても，その妥当性が確認できる範囲において採用するものとする。

表 3-1 配管の重要度別による解析法

耐震重要度 分類	分 類		3次元はりモデルによる解析 <sup>*1</sup>			定ピッチ <sup>*3</sup> 支持方法
	呼び径	通常運転 温 度	地震	自重	熱	
S <sup>*4</sup>	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	○	○	○	—
	50A 以下	121℃以上	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	—
		121℃未満	—	—	—	○
B <sup>*5</sup>	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	—
		121℃未満	—	—	—	○
C	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	○ <sup>*2</sup>	—
		121℃未満	—	—	—	○

注記\*1：耐震重要度分類がS及びBの配管で3次元はりモデルによる解析を行い，配管系の1次固有周期が0.05秒を超えた場合は，動的解析及び静的解析を実施する。

\*2：複数の配管が近接して配置され，配管の仕様条件が同等の場合には，代表計算にて確認を行うことができる。

\*3：定ピッチ支持方法は，3次元はりモデルによる解析にて代行することができる。

\*4：常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSのもの）を含む。

\*5：重大事故時に耐震重要度分類がBの設備の機能を代替する常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBのもの）を含む。

### 3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項

#### (1) 配管の分岐部

大口径配管からの分岐管については、なるべく大口径配管の近傍を支持するようにする。ただし、大口径配管の熱及び地震による変位が大きい場合には、分岐部及び分岐管に過大な応力を発生させないようにフレキシビリティを持たせた支持をする。

#### (2) 配管と機器の接続部

機器管台に加わる配管からの反力が許容反力以内となるように配管経路及び支持方法を決定する。

#### (3) 異なる建物、構築物間を結ぶ配管系

異なる建物、構築物間を結ぶ配管系については、建物、構築物間の相対変位を吸収できるように、配管にフレキシビリティを持たせた構造とするか又はフレキシブルジョイントを設けるなどの配慮を行い、過大な応力を発生させないようにする。

#### (4) 弁

配管の途中に弁等の集中質量がかかる部分については、この集中質量部にできる限り近い部分を支持し、特に駆動装置付きの弁は偏心質量を考慮して、必要に応じて弁本体を支持することにより過大な応力が生じないようにする。弁は、配管よりも厚肉構造であり、発生応力は配管より小さくなる。

#### (5) 屋外配管

主要な配管は岩盤で支持したダクト構造内に配置され、建物内配管と同様の耐震設計をする。

#### (6) 振動

配管系の支持方法及び支持点は、回転機器等の振動あるいは内部流体の乱れによる配管振動を生じないように考慮して決定する。

### 3.2 3次元はりモデルによる解析

3次元はりモデルによる解析では、原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして、地震荷重、自重、熱荷重等により配管に生じる応力が許容応力以下となるように配管経路及び支持方法を定める。

その具体例を示すと以下のようになる。

まず、仮のアンカ、レストレイント位置を定めて熱応力解析を行い、必要に応じてアンカ、レストレイント位置、個数等の変更あるいは配管経路の見直しを行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。加えて、自重応力解析を行い、ハンガを追加することにより配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。次に、地震応答解析を行い、必要に応じてレストレイント位置、個数等の変更あるいはスナップの追加により、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。また、レストレイント及びスナップでの地震応答低減が困難である場合、必要に応じて粘性ダンパの追加により、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。

### 3.3 定ピッチ支持方法

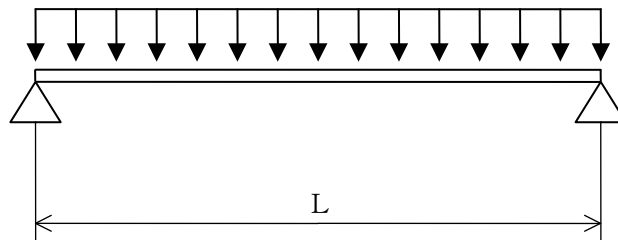
定ピッチ支持方法では、配管系を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部に分け、それぞれに定められた支持間隔内に支持点を設定する。

#### 3.3.1 応力を基準とした定ピッチ支持方法

直管部の最大支持間隔については、自重によるたわみを制限する目的として基本的に自重による応力が39.2MPa以下になるよう支持間隔を設定する。更に直管部をモデル化し、地震荷重、自重及び内圧を考慮した応力解析を行い、配管に生じる応力が許容応力を超える場合は支持間隔を調整し、許容応力以内に収まるような最大支持間隔を求める。直管部以外の配管要素は、各要素の地震荷重による曲げモーメントが、最大支持間隔とした直管部の曲げモーメントを超えないような最大支持間隔を求める。

##### a. 直管部の最大支持間隔の算出

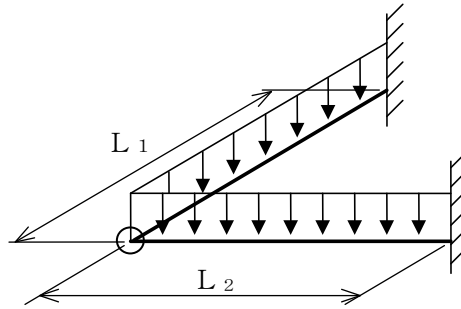
各種配管を下図のように、支持間隔Lの両端単純支持はりでモデル化し、静的解析により最大支持間隔を求め、これ以内になるよう支持する。



このモデルを用いて地震荷重、自重及び内圧を考慮した応力解析を行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるような最大支持間隔を求める。

b. 曲がり部の最大支持間隔の算出

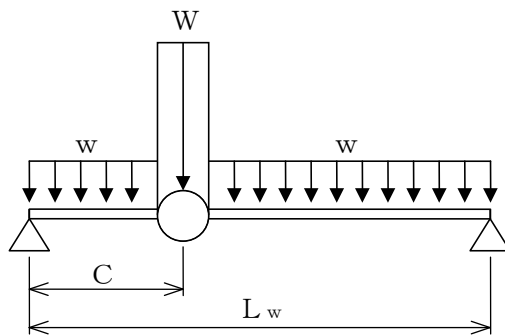
配管の曲がり部は下図のように、両端固定の等分布質量はりでモデル化する。



$L_1 + L_2 = L_E$ とした場合、 $L_E$ は $L_1$ 、 $L_2$ を任意の値として求めた地震荷重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の地震荷重による曲げモーメント以下となるように設定する。

c. 集中質量部の最大支持間隔の算出

配管に弁等の集中質量がかかる場合、下図のように任意の位置に集中質量を有する両端単純支持はりでモデル化する。

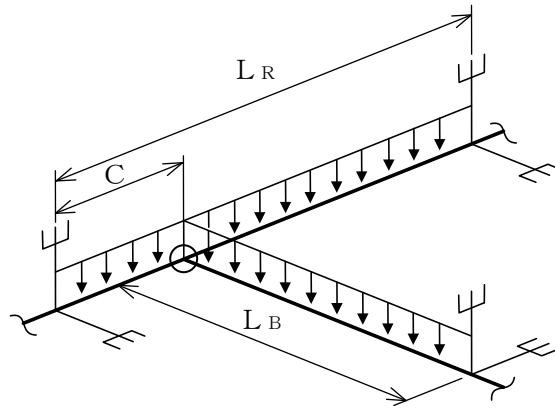


- $L_w$  : 集中質量部支持間隔
- $C$  : 支持点から集中質量点までの長さ
- $w$  : 配管の単位長さ当たりの質量
- $W$  : 集中質量

また、 $L_w$ は $C$ を任意の値として求めた地震荷重がかかった場合の集中荷重及び等分布荷重による合計曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の曲げモーメントより小さくなるようにする。

d. 分岐部の最大支持間隔の算出

配管の分岐部は、下図のように、三つの支持端を有する単純支持はりでモデル化する。



$L_R$  : T字部母管長さ

$C$  : 母管支持点から分岐管取付け点長さ

$L_B$  : 分岐管長さ

また、 $L_R$ 、 $L_B$ は $C$ を任意の値として求めた地震荷重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の曲げモーメントより小さくなるようにする。

### 3.3.2 振動数を基準とした定ピッチ支持方法

配管系を剛（20Hz 以上）にし，地震による過度の振動がないようにするために，配管系の各支持区間について，あらかじめ基準振動数をベースに定められた基準区間長以下になるように支持する。

#### (1) 直管部

##### a. 配管軸直角方向の支持

両端単純支持と仮定した場合の配管系と長さの関係を 1 次固有振動数が基準振動数となるように定めておく。

##### b. 配管軸方向の支持

配管長が長く，配管軸方向の動きが拘束されていない場合は軸方向の支持を行う。

#### (2) 曲がり部

曲がり部は曲がり面と直角な方向（面外方向：曲がり部前後の直管部により構成される平面に垂直な方向）の振動数が低下する。このため曲がり部の近くで面外振動を抑えるよう支持を行い，支持区間の長さを直管部の基準長さより縮小した値とし，曲がり部についても 1 次固有振動数が基準振動数を下回ることはないようにする。

#### (3) 集中質量部

配管に弁等の集中質量がかかる場合，直管部と比較して剛性が低くなり 1 次固有振動数が低下する。このため，原則として集中質量部自体又は近傍を支持するものとする。

#### (4) 分岐部

配管の分岐部は母管に分岐管の質量が加わるため，直管部と比較して母管側の剛性が低くなり 1 次固有振動数が低下する。このため，分岐管側の質量の影響を受けないように支持を行う。

#### 4. 支持構造物の設計

##### 4.1 概要

支持構造物は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等に対して十分な強度を持たせる必要がある。

支持構造物の設計に当たっては、支持構造物の型式ごとの定格荷重、使用荷重及び最大使用荷重と配管系の支持点荷重を比較する荷重評価、又は配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力を比較する応力評価を行う。表 4-1 に支持構造物の種別に応じた区分の整理を示す。

本章では、支持装置、支持架構及び付属品から構成される支持構造物並びに埋込金物の設計の基本原則、選定方針、強度及び耐震評価の方法等を示す。

表 4-1 支持構造物の区分の整理

No.	種 別		区 分	評 価 荷 重	評 価 方 法
1	ロッドレストレイント		支持装置	定格荷重 <sup>*1</sup>	荷重評価
2	オイルスナッパ			定格荷重 <sup>*1</sup>	
3	メカニカルスナッパ			定格荷重 <sup>*1</sup>	
4	粘性ダンパ			使用荷重 <sup>*2</sup>	
5	スプリングハンガ			定格荷重 <sup>*1</sup>	
6	コンスタントハンガ			定格荷重 <sup>*1</sup>	
7	リジットハンガ			定格荷重 <sup>*1</sup>	
8	レスト レイント	ラグ	付属品	最大使用荷重 <sup>*3</sup>	応力評価 荷重評価
9		Uボルト		最大使用荷重 <sup>*3</sup>	
10		支持架構	支持架構	設定荷重 <sup>*4</sup>	
11		埋込金物	埋込金物	最大使用荷重 <sup>*3</sup>	

注記\*1：支持装置（粘性ダンパを除く）の設計強度に基づき、支持装置メーカーが定めた、許容荷重

\*2：粘性ダンパの設計強度に基づき、島根 2 号機で定める許容荷重

\*3：付属品の設計強度に基づき、島根 2 号機で定める最大の許容荷重

\*4：設置箇所の支持点荷重に応じて設定される設計上の荷重であり、支持架構の構造強度評価は、設定荷重に基づく応力評価を実施する。



## 4.2 基本原則

### 4.2.1 支持構造物の設計において考慮すべき事項

支持構造物は、以下の点を考慮して設計する。

- (1) 支持装置及び付属品は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重が、使用される支持装置の定格荷重又は使用荷重若しくは付属品の最大使用荷重以下となるよう選定する。
- (2) 支持架構は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重から求まる支持架構に生じる応力が、許容応力以下となるよう構造を決定する。
- (3) アンカ及びブレストレイントとなる支持構造物は、建物と共振しないように十分な剛性を持たせるものとする。
- (4) 支持構造物は点検の容易な構造とする。
- (5) 原則として、支持構造物は、埋込金物より建物側へ荷重を伝える構造とする。
- (6) 支持構造物の設計に当たっては、発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む)) J S M E S N C 1-2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)に従い熱荷重、自重等に対して十分な強度を持たせるとともに、原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版)(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月)(以下「J E A G 4 6 0 1」という。)に従い、地震荷重に対して十分な強度を持たせるものとする。

#### 4.2.2 支持構造物の設計荷重

支持構造物の設計に用いる支持点荷重は、耐震設計上の重要度分類に基づく設計用地震力を条件とした配管系の3次元はりモデルによる解析、又は定ピッチ支持方法により得られる支持点荷重を支持構造物の種別に応じて適切に組み合わせて求める。

支持構造物の設計に当たり荷重評価を行う場合、配管系の支持点荷重と定格荷重、使用荷重又は最大使用荷重との比較を行う。

#### 4.3 支持装置の設計

##### 4.3.1 概要

支持装置は、型式ごとに基本形状が決まっており、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重と型式ごとに設定される定格荷重又は使用荷重の比較による荷重評価によって選定できる。

##### 4.3.2 支持装置の選定

支持装置は、以下の条件により選定する。

###### (1) ロッドレストレイント

支持点荷重に基づき、定格荷重で選定する。

なお、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重を超過する場合、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重×1.2を超過する場合は、二次評価を行う（詳細は別紙に示す）。

###### (2) オイルスナップ、メカニカルスナップ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。

なお、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重を超過する場合、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重×1.5を超過する場合は、二次評価を行う（詳細は別紙に示す）。

###### (3) 粘性ダンパ

支持点荷重に基づき、使用荷重で選定する。

###### (4) スプリングハンガ、コンスタントハンガ及びリジットハンガ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。

各支持装置の定格荷重及び主要寸法を表4-2-1～4-8に示す。

なお、本表に示す型式、定格荷重及び使用荷重は代表的な支持装置を示したものであり、記載のない型式であっても、同様に設定されている定格荷重又は使用荷重により選定を行う。

表 4-2-1 ロッドレストレイント (タイプ 1) の定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		L		D	d
		最小	最大		
06	9				
1	15				
3	45				
6	90				
10	150				
16	240				
25	375				

表 4-2-2 ロッドレストレイント (タイプ 2) の定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		L		D	d
		最小	最大		
1	23.6				
2	55.1				
3	106.2				



表 4-3 オイルスナップの定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法(mm)		
			L	D	d
03	3				
06	6				
1	10				
3	30				
6	60				
10	100				
16	160				
25	250				
40	400				
60	600				
100	1000				



表 4-4 メカニカルスナップの定格荷重及び主要寸法

本体型式	定格荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法 (mm)	
			L	D
01	1			
03	3			
06	6			
1	10			
3	30			
6	60			
10	100			
16	160			
25	250			
40	400			
60	600			



表 4-5 粘性ダンパの使用荷重及び主要寸法

本体 型式	許容荷重 (kN)		主要寸法 (mm)	
	水平方向	鉛直方向	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
108/57				
159/76				
219/108				
219/159				
325/159				
325/219				
426/219				
426/325				
630/325				
630/426				



表 4-6-1(1/2) スプリングハンガ (タイプ 1) の定格荷重

本体型式	荷重範囲 (kN)				
	トラベルシリーズ				
	30	60	120	80	160
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

注：吊り型と置き型で共通の値

表 4-6-1(2/2) スプリングハンガ (タイプ 2) の定格荷重

本体 型式	荷重範囲 (kN)				
	トラベルシリーズ				
	30	60	120	85	170
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

注：吊り型と置き型で共通の値



表 4-6-2(1/4) スプリングハンガ(タイプ1)の主要寸法(吊り型)

本体 型式	主要寸法(mm)						C
	A	B					
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	80	160	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

表 4-6-2(2/4) スプリングハンガ (タイプ 2) の主要寸法(吊り型)

本体 型式	主要寸法 (mm)						C
	A	B					
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	85	170	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

S2 補 -2-1-12 R1

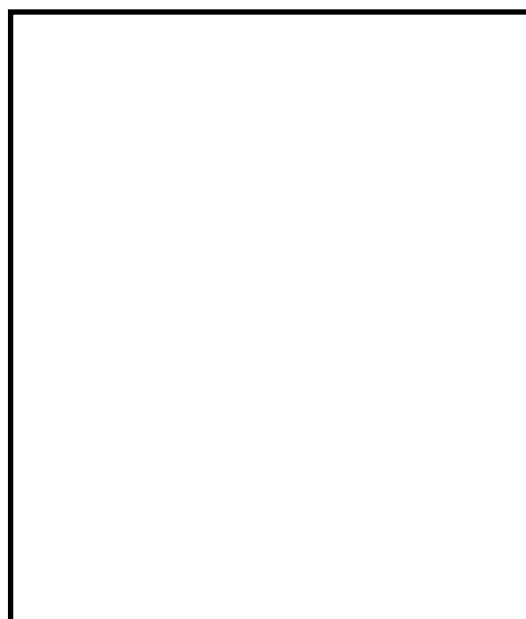


表 4-6-2(3/4) スプリングハンガ (タイプ1) の主要寸法(置き型)

本体 型式	主要寸法(mm)						C
	A	B					
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	80	160	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

表 4-6-2(4/4) スプリングハンガ (タイプ 2) の主要寸法(置き型)

本体 型式	主要寸法 (mm)						C
	A	B				170	
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	85		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

S2 補 -2-1-12 R1

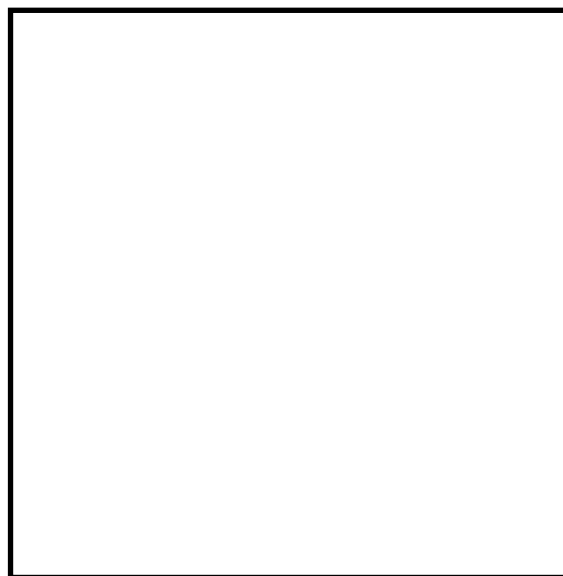


表 4-7 コンスタントハンガの定格荷重及び主要寸法

本体型式	荷重範囲 (kN)	主要寸法 (mm)		
		A	B	C
01				
02				
03				
04				
05				
06				

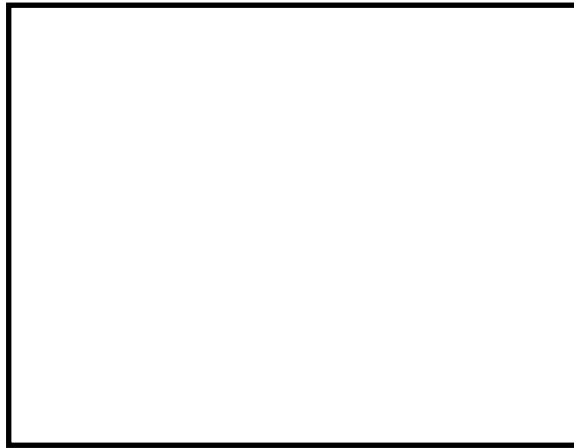
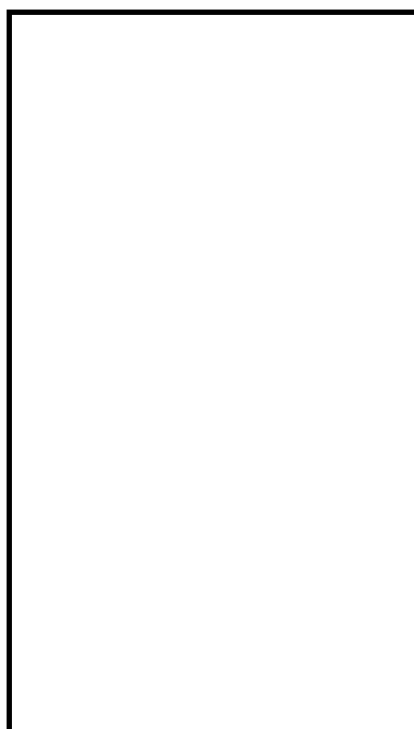


表 4-8 リジットハンガの定格荷重

本体型式(ロッド径) (mm) d	定格荷重 (kN)
10	
12	
16	
20	
24	
30	
36	
42	
48	
56	
64	
72	
80	



4.3.3 支持装置の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は、設計・建設規格 付録材料図表 Part1 に従うものとする。

4.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法

支持装置及び付属品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1) 定格荷重

支持装置の定格荷重は、設計・建設規格及び J E A G 4 6 0 1 を満足するよう設定されたものであり、支持点荷重を上回る定格荷重若しくは使用荷重が設定されている支持装置を選定することで、十分な強度及び耐震性が確保される。

(2) 支持装置の強度計算式

a. 記号の定義

支持装置の強度計算式に使用する記号は、下記のとおりとする。

(a) ロッドレストレイント

記 号	定 義	単 位
$A_c$	圧縮応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_p$	支圧応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	せん断応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_t$	引張応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$B$	ブラケットせん断断面寸法	mm
	クランプせん断断面寸法	
	スヘリカルアイボルト穴部せん断断面寸法	
$C$	ブラケット引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
$D$	ブラケット穴径	mm
	クランプ穴径	
	スヘリカルアイボルト穴径	
	パイプ外径	
$d$	ピン径	mm
	スヘリカルアイボルト穴部の軸径	
$E$	縦弾性係数	MPa
$F$	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
$F_c$	圧縮応力	MPa
$F_p$	支圧応力	MPa
$F_s$	せん断応力	MPa

記号	定義	単位
$F_t$	引張応力	MPa
$f_c$	許容圧縮応力	MPa
$I$	断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$i$	断面二次半径	mm
$L$	ピン間長さ	mm
$\ell_k$	座屈長さ	mm
$M$	スヘリカルアイボルト外径	mm
$P$	定格荷重	N
$R$	スヘリカルアイボルト半径	mm
$T$	ブラケット板厚	mm
	クランプ板厚	
$t$	パイプ板厚	mm
	スヘリカルアイボルト穴部板厚	
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—

(b) オイルスナップ

記号	定義	単位
$A_c$	圧縮応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_p$	支圧応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	せん断応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_t$	引張応力評価に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$B$	イーヤ穴部せん断断面寸法	mm
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	ロッドエンド穴部せん断断面寸法	
$C$	イーヤ引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
	ブラケット引張断面寸法	
	ロッドエンド引張断面寸法	



記号	定義	単位
D	イーヤ穴径	mm
	クランプ穴径	
	ブラケット穴径	
	ロッドエンド穴径	
	シリンダカバー内径	
	コネクティングパイプ外径	
	ピストンロッド外径	
D <sub>1</sub>	アダプタ外径	mm
D <sub>2</sub>	アダプタ内径	mm
d	ピン径	mm
	ピストンロッド最小断面部の径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F <sub>c</sub>	圧縮応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
	内圧による引張応力	
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h <sub>1</sub>	アダプタすみ肉溶接部脚長	mm
h <sub>2</sub>	アダプタすみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm
K	シリンダチューブ内圧	MPa
L	コネクティングパイプ長さ	mm
ℓ <sub>k</sub>	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
	タイロッドのねじ部呼び径	
n	六角ボルトの本数	本
	タイロッドの本数	
P	定格荷重	N

記号	定義	単位
$r_1$	シリンダチューブの内半径	mm
$r_2$	シリンダチューブの外半径	mm
T	クランプ板厚	mm
	イーヤ板厚	
	ブラケット板厚	
t	イーヤ穴部板厚	mm
	シリンダカバー板厚	
	コネクティングパイプ板厚	
	ロッドエンドイーヤ板厚	
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—

(c) メカニカルスナップ

記号	定義	単位
$A_c$	圧縮応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_p$	支圧応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	せん断応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_t$	引張応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	コネクティングチューブイーヤ部せん断断面寸法	
	ユニバーサルブラケット穴部せん断断面寸法	
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	ユニバーサルボックス穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
	コネクティングチューブイーヤ部引張断面寸法	
	ユニバーサルブラケット引張断面寸法	
	ブラケット引張断面寸法	
$C_1$	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
$C_2$	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm

記号	定義	単位
D	イーヤ穴径	mm
	クランプ穴径	
	ブラケット穴径	
	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	
	ユニバーサルボックス穴径	
D <sub>1</sub>	ロードコラム外径	mm
	ケースの支圧強度面内径	
	ベアリング押さえの支圧強度面内径	
	ジャンクションコラムアダプタ外径	
D <sub>2</sub>	ロードコラム内径	mm
	ケースのせん断強度面の径	
	ケースの支圧強度面外径	
	ベアリング押さえのせん断強度面の径	
	ベアリング押さえの支圧強度面外径	
	ジャンクションコラムアダプタ内径	
D <sub>3</sub>	ケースの引張強度面内径	mm
D <sub>4</sub>	ケースの引張強度面外径	mm
d	ピン径	mm
	イーヤ穴部の軸径	
	ユニバーサルボックス穴部の軸径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F <sub>c</sub>	圧縮応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm

記号	定義	単位
L	コネクティングチューブの長さ	mm
$l_k$	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
n	六角ボルトの本数	本
P	定格荷重	N
T	クランプ板厚	mm
	コネクティングチューブイーヤ部板厚	
	ユニバーサルブラケット板厚	
	イーヤ板厚	
	ブラケット板厚	
	ベアリング押さえ板厚	
	ケースの支圧強度面板厚	
t	コネクティングチューブ板厚	mm
$T_1$	ユニバーサルボックス板厚	mm
$T_2$	ユニバーサルボックス板厚	mm
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—

## (d) 粘性ダンパ

記号	定義	単位
$A_c$	圧縮応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	せん断応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_t$	引張応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
D	アウターピストン外径	mm
	インナーピストン外径	
	ピストン外径	
	ハウジング外径	
d	アウターピストン内径	mm
	インナーピストン内径	
	プレート内径	
	ハウジング内径	

記号	定義	単位
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定するための基準値	MPa
F <sub>b</sub>	曲げ応力	MPa
F <sub>c</sub>	圧縮応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
F <sub>m</sub>	組合せ応力	MPa
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力	MPa
h <sub>1</sub> , h <sub>2</sub>	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm
L	アウターピストン長さ	mm
	インナーピストン長さ	
L <sub>1</sub>	アウターピストンと粘性体の接する部分の長さ	mm
L <sub>2</sub>	ハウジングと粘性体の接する部分の長さ	mm
ℓ <sub>k</sub>	座屈長さ	mm
M	ねじ径	mm
M <sub>b</sub>	曲げモーメント	N・mm
n	六角ボルトの本数	本
P <sub>h</sub>	水平方向許容荷重	N
P <sub>v</sub>	鉛直方向許容荷重	N
T	プレート厚さ	mm
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
Λ	限界細長比	—
λ	部材有効細長比	—
β <sub>18</sub>	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図88による)	—

## (e) スプリングハンガ

記号	定義	単位
A <sub>c</sub>	圧縮応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	支圧応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	せん断応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>t</sub>	引張応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>

記号	定義	単位
a	上ブタ円板外径	mm
	下ブタ円板外径	
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	クレビス穴部せん断断面寸法	
b	ばね平均径	mm
	上ブタイーヤ円面積変換径	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クレビス引張断面寸法	
D	イーヤ穴径	mm
	ケース内径	
	クレビス穴径	
D <sub>1</sub>	ロードコラム外径	mm
	ばね平均径	
D <sub>2</sub>	ロードコラム内径	mm
	ばね座外輪内径	
D <sub>3</sub>	ばね座内輪外径	mm
D <sub>4</sub>	ばね座内輪内径	mm
d	ピン径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定するための基準値	MPa
F <sub>b</sub>	曲げ応力	MPa
F <sub>c</sub>	圧縮応力	MPa
F <sub>m</sub>	組合せ応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h <sub>1</sub>	クレビス溶接部脚長	mm
h <sub>2</sub>	クレビス溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm

記号	定義	単位
J	ケース切り欠き部の幅	mm
$K_d$	ターンバックル外径	mm
$K_t$	ターンバックルの厚さ	mm
L	クレビスの板と板の距離	mm
	ロードコラムからばね座(置き型)までの距離	
$l_k$	座屈長さ	mm
M	ハンガロッドのねじ部呼び径	mm
	ロッドのねじ部呼び径	
$M_0$	作用モーメント	$N \cdot mm$
P	定格荷重	N
T	イーヤ板厚	mm
	ケース板厚	
	下ブタ板厚	
	クレビス板厚	
$T_1$	ばね座外輪板厚	mm
	上ブタ板厚	
	ばね座板厚	
$T_2$	ばね座内輪板厚	mm
	ばね座板厚	
$T_3$	ばね座板厚	mm
$T_4$	ばね座板厚	mm
Z	断面係数	$mm^3$
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—
$\beta_8$	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図82による)	—
$\beta_9$	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—
$\beta_{10}$	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—
$\theta$	ターンバックル断面角度	deg

## (f) コンスタントハンガ

記号	定義	単位
A	ばね平均径	mm
$A_p$	支圧応力計算に用いる断面積	$mm^2$
$A_s$	せん断応力計算に用いる断面積	$mm^2$

記号	定義	単位
A <sub>t</sub>	引張応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
B	ラグプレート板厚	mm
	テンションロッド穴部せん断断面寸法	
	リンクプレート穴部せん断断面寸法	
	回転アーム穴部せん断断面寸法	
	イーヤ穴部せん断断面寸法	
	フレーム穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
C <sub>1</sub>	アッパープレートの寸法	mm
D	イーヤ穴径	mm
	ばね座内径	
	テンションロッド穴径	
	回転アーム穴径	
	リンクプレート穴径	
d	ピン径	mm
F	ばね荷重	N
F <sub>A</sub>	ばね座にかかる荷重	N
F <sub>b</sub>	曲げ応力	MPa
F <sub>m</sub>	組合せ応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
	ロードブロックの寸法	
H	溶接部のど厚	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h <sub>1</sub>	アッパープレートのすみ肉溶接部脚長	mm
K <sub>d</sub>	ターンバックル外径	mm
K <sub>t</sub>	ターンバックルの厚さ	mm
L	リンクプレートの板と板の距離	mm
	イーヤの板と板の距離	
	テンションロッド溶接長さ	



記号	定義	単位
M	ハンガロッドのねじ部呼び径	mm
	テンションロッドのねじ部呼び径	
M <sub>0</sub>	作用モーメント	N・mm
P	定格荷重	N
P F	メインピンにかかる荷重	N
R	リンクプレート半径	mm
	テンションロッド穴部半径	
	回転アーム穴部半径	
	イーヤ半径	
S	回転アームの板と板の距離	mm
S <sub>1</sub>	フレームの板と板の距離	mm
T	リンクプレート板厚	mm
	回転アーム板厚	
	イーヤ板厚	
	フレーム板厚	
	ばね座板厚	
T <sub>1</sub>	アッパープレート板厚	mm
	テンションロッド穴部板厚	
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
β <sub>9</sub>	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—
θ	ターンバックル断面角度	deg

(g) リジットハンガ

記号	定義	単位
A <sub>p</sub>	支圧応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	せん断応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>t</sub>	引張応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
B	クレビスブラケットせん断断面寸法	mm
	クランプせん断断面寸法	
	アイボルト穴部せん断断面寸法	
	アイボルト穴部引張断面寸法	
C	クレビスブラケット引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	

記号	定義	単位
D	クレビスブラケット穴径	mm
	クランプ穴径	
d	ピン径	mm
F <sub>b</sub>	曲げ応力	MPa
F <sub>m</sub>	組合せ応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
L	クレビスブラケットの板と板の距離	mm
	クランプの板と板の距離	
T	クレビスブラケット板厚	mm
	クランプ板厚	
	アイボルト穴部板厚	
M	アイボルトのねじ部呼び径	mm
M <sub>0</sub>	作用モーメント	N・mm
P	定格荷重	N
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>

b. 強度計算式

支持装置の強度計算式を以下に示す。

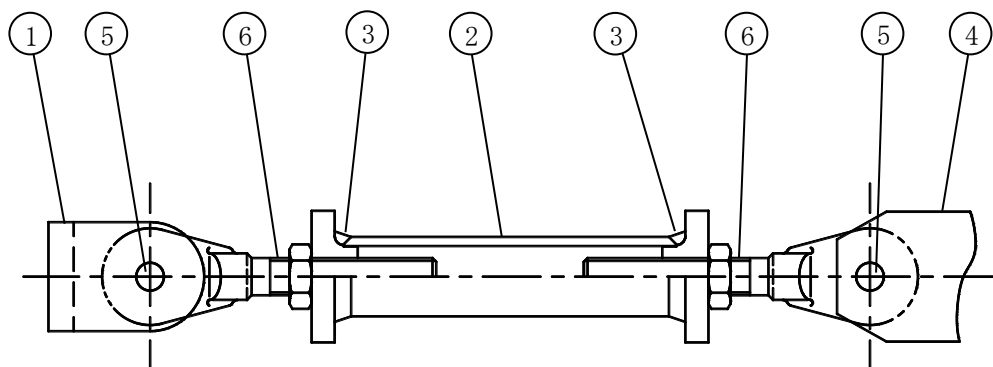
なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算できる。

(a) 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引張応力（又は圧縮応力）、せん断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。

イ. 強度部材

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



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット(①)及びクランプ(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。

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) パイプ(②)

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(ハ) アジャストナット溶接部(③)

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。

(ニ) ピン(⑤)

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) スヘリカルアイボルト(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 ボルト部

(i) 引張応力評価

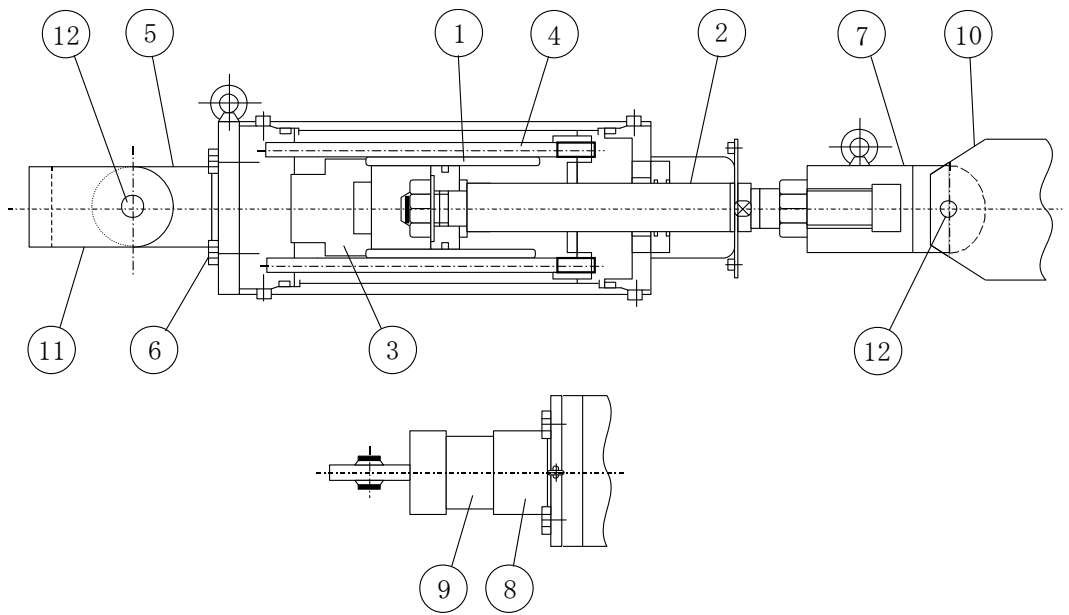
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(b) オイルスナッパ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生する引張応力（又は圧縮応力）、せん断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。

イ. 強度部材

- ①シリンダチューブ、②ピストンロッド、③シリンダカバー、
- ④タイロッド、⑤イーヤ、⑥六角ボルト、⑦ロッドエンド、
- ⑧アダプタ、⑨コネクティングパイプ、⑩クランプ、⑪ブラケット、
- ⑫ピン





ロ. 各部材の計算式

(イ) シリンダチューブ(①)

i 引張応力評価

内圧により生ずる引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。


--

(ロ) ピストンロッド(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) シリンダカバー(③)

i せん断応力評価

内圧により生ずるせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ニ) タイロッド(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) イーヤ(⑤)

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。

(へ) 六角ボルト(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) ロッドエンド(⑦)

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。

(チ) アダプタ(⑧)

i 本体

(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。

[Redacted]

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(リ) コネクティングパイプ(⑨)

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(ヌ) クランプ(⑩)及びブラケット(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。

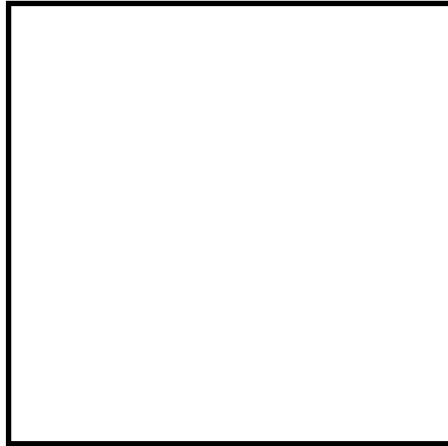
iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ル) ピン(⑫)

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。



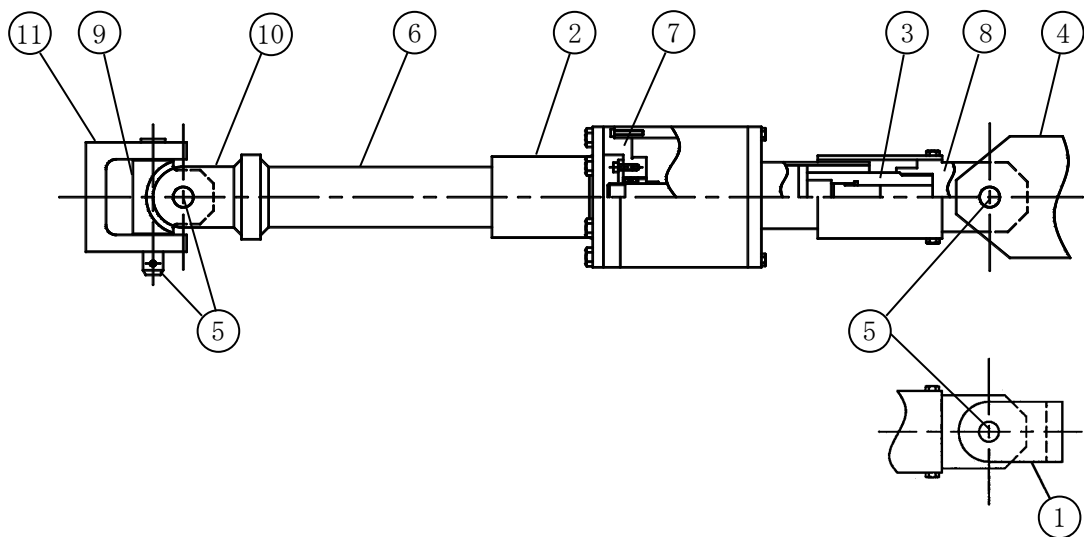


(c) メカニカルスナップ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生する引張応力（又は圧縮応力）、せん断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。

イ. 強度部材

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



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット(①), クランプ(④), コネクティングチューブイヤー部(⑩)  
及びユニバーサルブラケット(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。

(ロ) ジャンクションコラムアダプタ(②)

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

(i) せん断応力評価（本体型式 06 及び 1）

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) 引張応力評価（本体型式 3～25）

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ハ) ロードコラム(③)

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) ピン(⑤)

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) コネクティングチューブ(⑥)

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(へ) ケース，ベアリング押さえ及び六角ボルト(⑦)

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 ベアリング押さえ

(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。

(ト) イーヤ(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。



(チ) 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。

[Redacted]

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。

[Redacted]

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。

[Redacted]

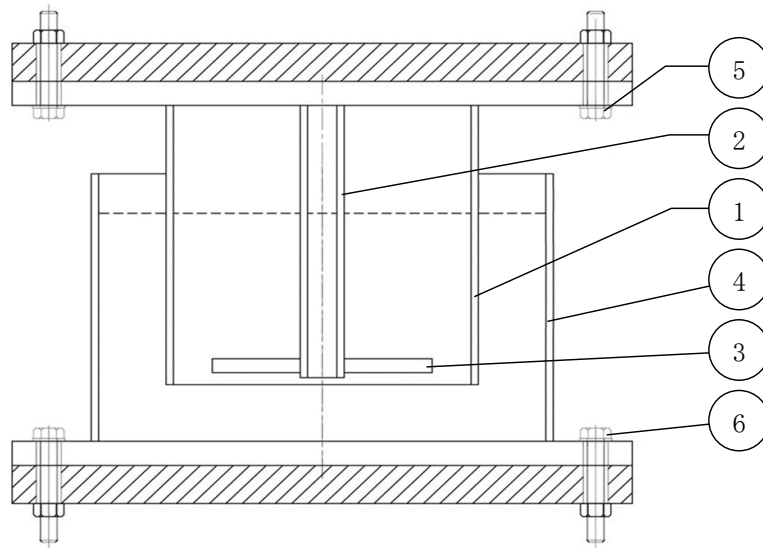
[Redacted]

(d) 粘性ダンパ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生する曲げ応力、せん断応力及び引張応力（又は圧縮応力）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。

イ. 強度部材

- ① アウターピストン
- ② インナーピストン
- ③ プレート
- ④ ハウジング
- ⑤ 上部六角ボルト
- ⑥ 下部六角ボルト



ロ. 各部材の計算式

(イ) アウターピストン(①)

i 本体

(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。

[Redacted]

(ii) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

[Redacted]

(iii) 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

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。

[Redacted]

[Redacted]

(ii) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

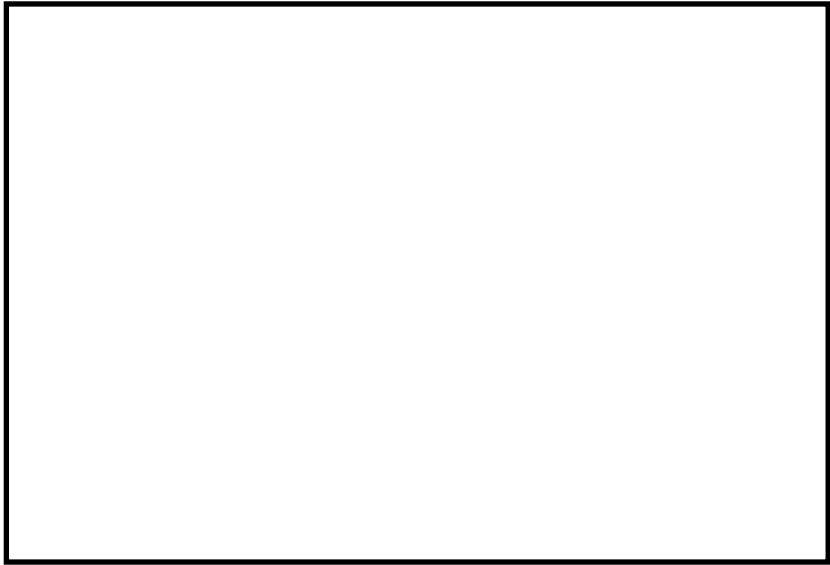
[Redacted]

[Redacted]

(iii) 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

[Redacted]



(ロ) インナーピストン(②)

i 本体

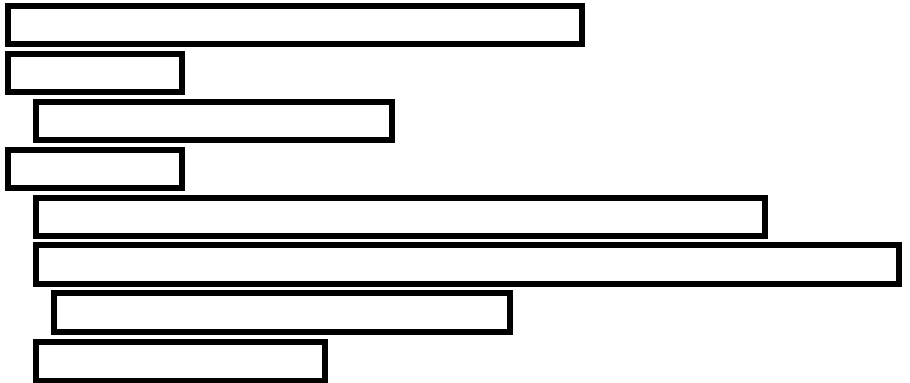
(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ii) 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。



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容引張応力以下であることを確認する。





(ハ) プレート(③)

i 本体

(i) 曲げ応力評価

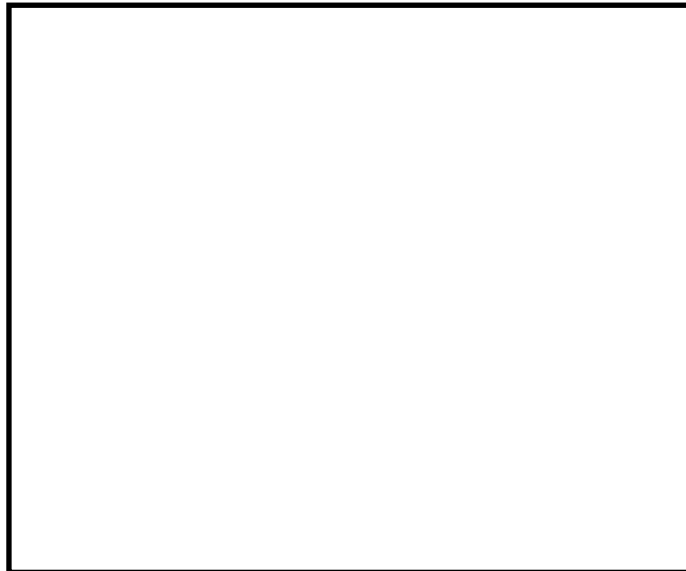
曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(二) ハウジング(④)

i 本体

(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。

[Redacted]

(ii) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

[Redacted]

(iii) 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

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。

[Redacted]

[Redacted]

(ii) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(iii) 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

[Redacted]



(ホ) 上部六角ボルト (⑤)

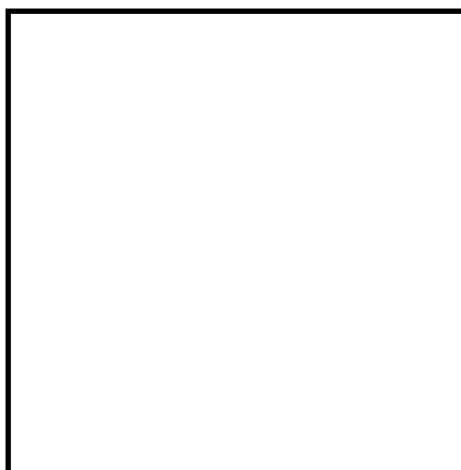
i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



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。



(へ) 下部六角ボルト (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。

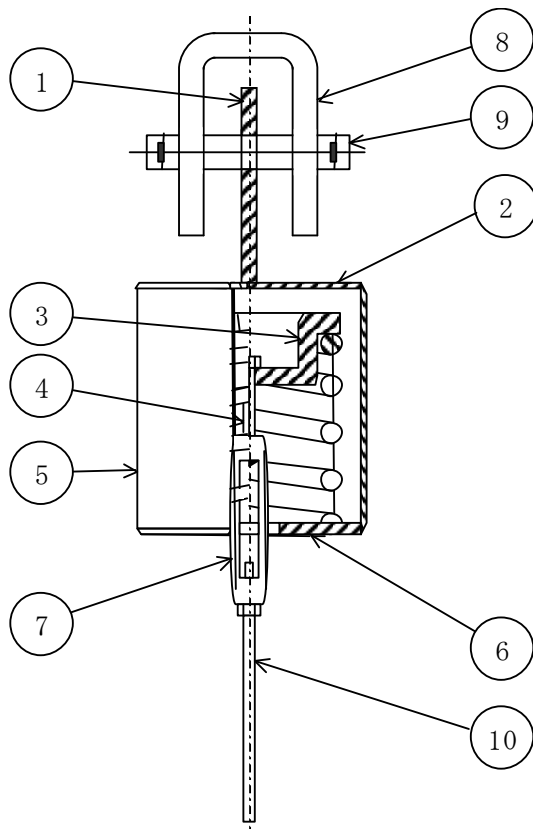


(e) スプリングハンガ

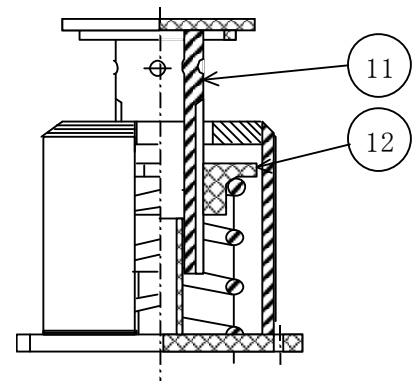
応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力（又は圧縮応力）及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①イーヤ
- ②上ブタ
- ③ばね座(吊り型)
- ④ハンガロッド
- ⑤ケース
- ⑥下ブタ
- ⑦ターンバックル
- ⑧クレビス
- ⑨ピン
- ⑩ロッド
- ⑪ロードコラム
- ⑫ばね座(置き型)



吊り型



置き型

ロ. 各部材の評価式

(イ) イーヤ(①)

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。

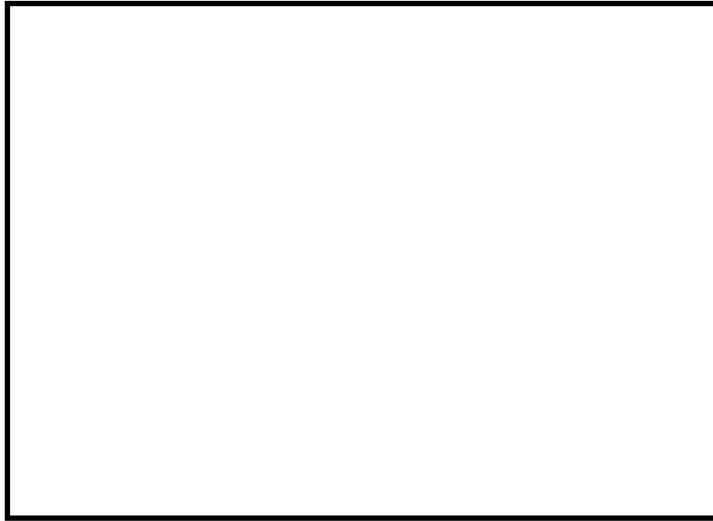
(iii) 支圧応力評価

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。



(ロ) 上ブタ(②)

i 本体

(i) 曲げ応力評価

曲げ応力が許容曲げ応力値以下であることを確認する。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



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。

[Redacted]



(ハ) ばね座(吊り型) (③)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 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) ハンガロッド(④)

i 引張応力評価

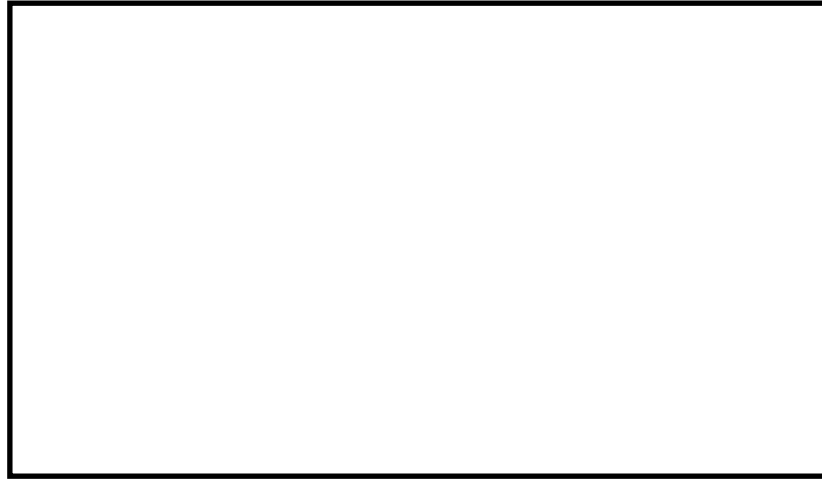
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) ケース(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。



(〜) 下ブタ(⑥)

i 本体

(i) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

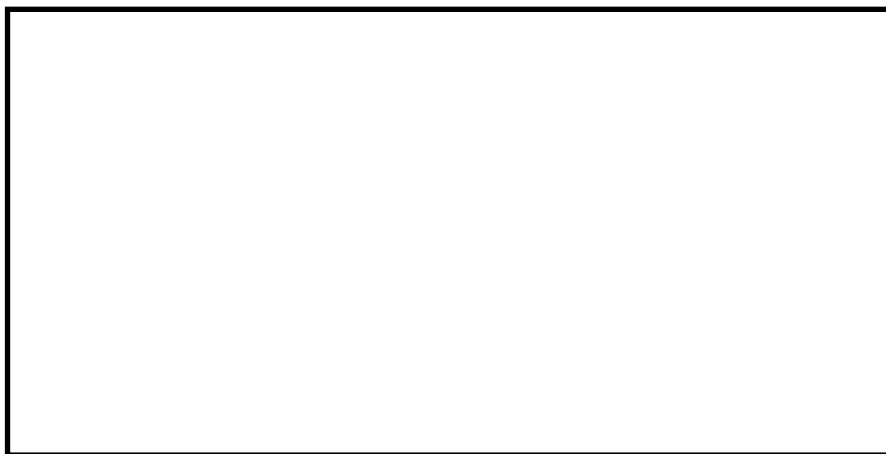


ii 溶接部

(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。

[Redacted]



(ト) ターンバックル(⑦)

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]





(チ) クレビス(⑧)

i 本体

(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。

(リ) ピン(⑨)

i 曲げ応力評価

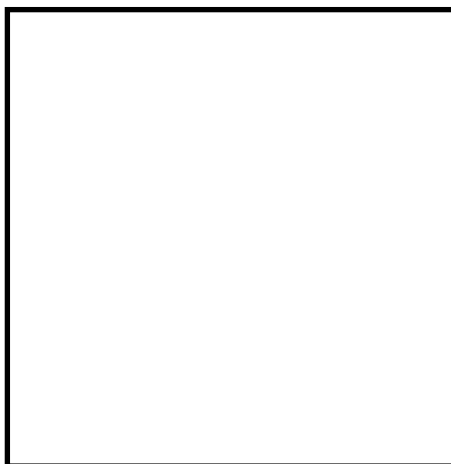
曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ヌ) ロッド(⑩)

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。



(ル) ロードコラム(Ⅱ)

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。

[Redacted]

許容圧縮応力

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(ヲ) ばね座(置き型) (㊹)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

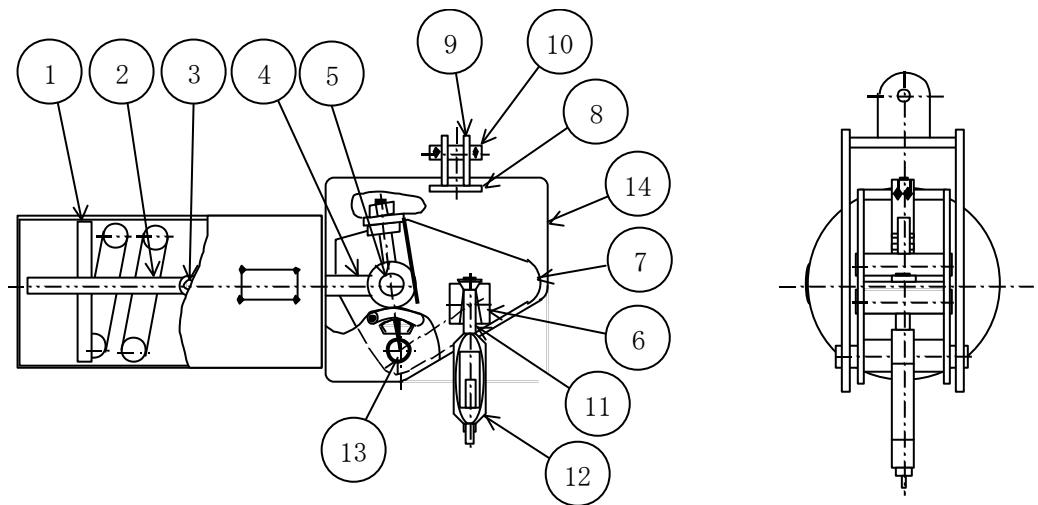
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(f) コンスタントハンガ

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。

イ. 強度部材

- ①ばね座
- ②テンションロッド
- ③テンションロッドピン
- ④リンクプレート
- ⑤アジャストピン
- ⑥ロードブロックピン
- ⑦回転アーム
- ⑧アッパープレート
- ⑨イーヤ
- ⑩ピン
- ⑪ハンガロッド
- ⑫ターンバックル
- ⑬メインピン
- ⑭フレーム



ロ. 各部材の評価式

(イ) ばね座(①)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が, 許容曲げ応力以下であることを確認する。

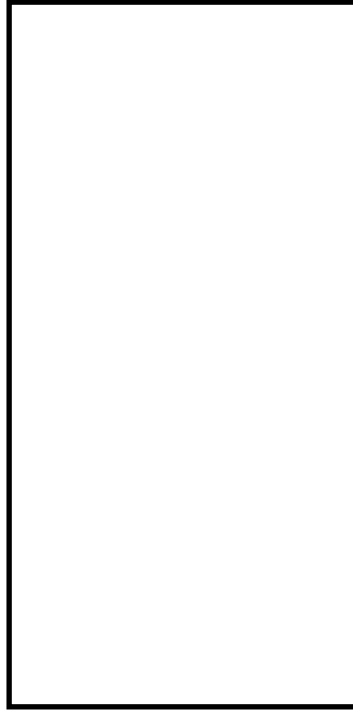


(ロ) テンションロッド(②)

i 本体

(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 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。

iii 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。



(ハ) テンションロッドピン(③)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

(二) リンクプレート(④)

i テンションロッド側穴部

(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 アジャストピン側穴部

(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。

(ホ) アジャストピン(⑤)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

--

--

(へ) ロードブロックピン(⑥)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

--

--

(ト) 回転アーム(⑦)

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。

(チ) アッププレート(⑧)

i 本体

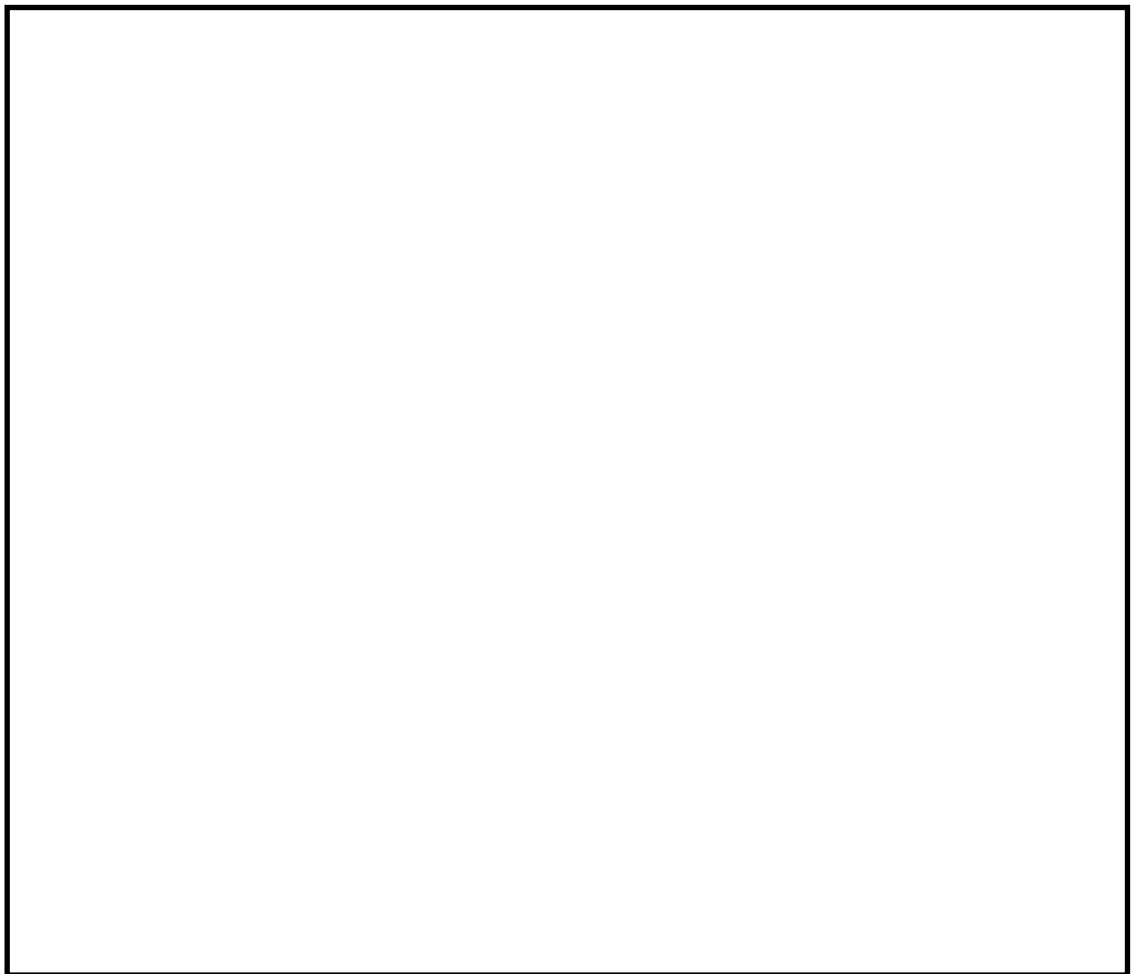
(i) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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。

(リ) イーヤ(⑨)

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。

(ヌ) ピン(⑩)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

--

--



(ル) ハンガロッド(⑩)

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。



(ヲ) ターンバックル(⑫)

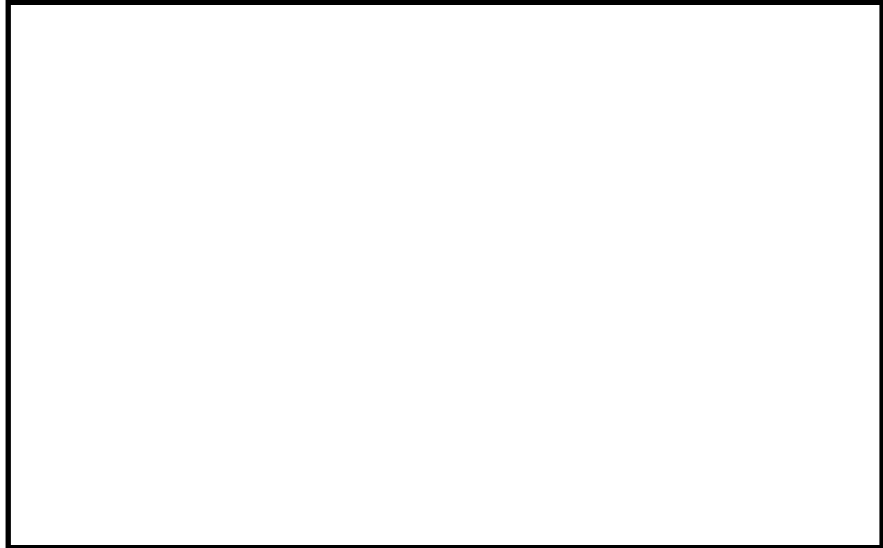
i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



(ワ) メインピン⑬

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

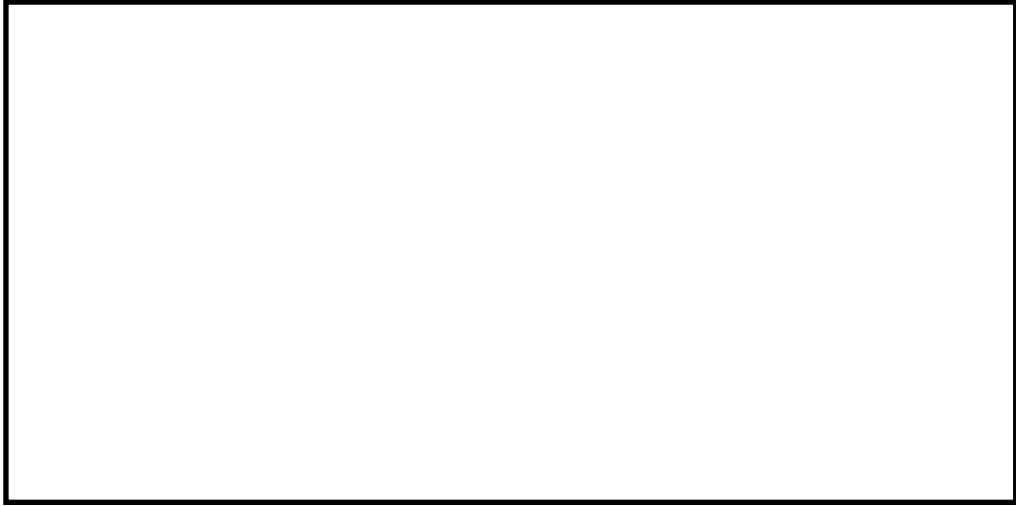
--

--

(カ) フレーム(14)

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。

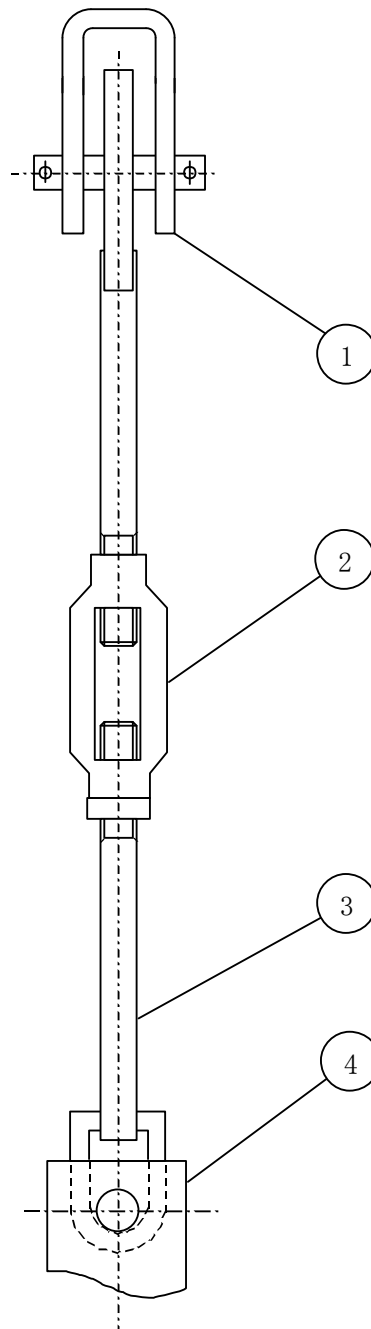


(g) リジットハンガ

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。

イ. 強度部材

- ①クレビスブラケット
- ②ターンバックル
- ③アイボルト
- ④クランプ



ロ. 各部材の評価式

(イ) クレビスブラケット(①)及びクランプ(④)

i 本体

(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。



iii ピン

(i) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ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) 組合せ応力評価

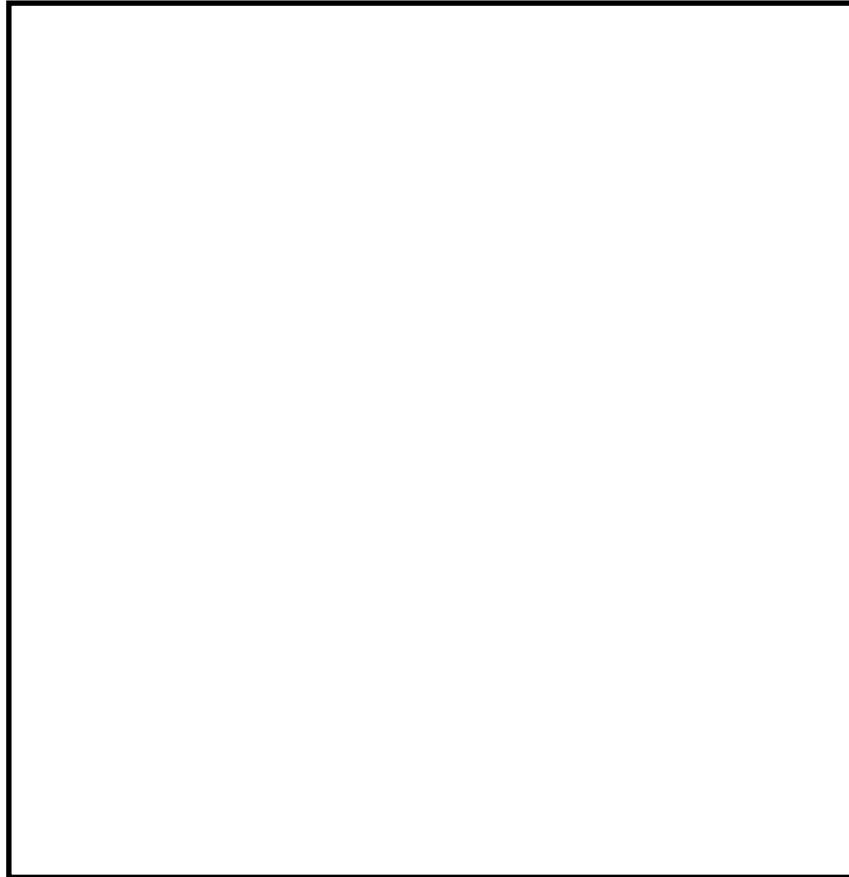
組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ロ) ターンバックル(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) 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。

#### 4.4 支持架構及び付属品の設計

##### 4.4.1 概要

配管系の支持架構及び付属品(ラグ, Uボルト等)は, 配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力の比較による応力評価, 又は最大使用荷重と支持点荷重の比較による荷重評価により設計する。

支持架構は, 上記応力評価によるほか, 特に機器配置, 保守点検上の配慮などを考慮して設計する必要があるため, その形状は多種多様である。支持架構の代表構造例を図 4-1 に示す。

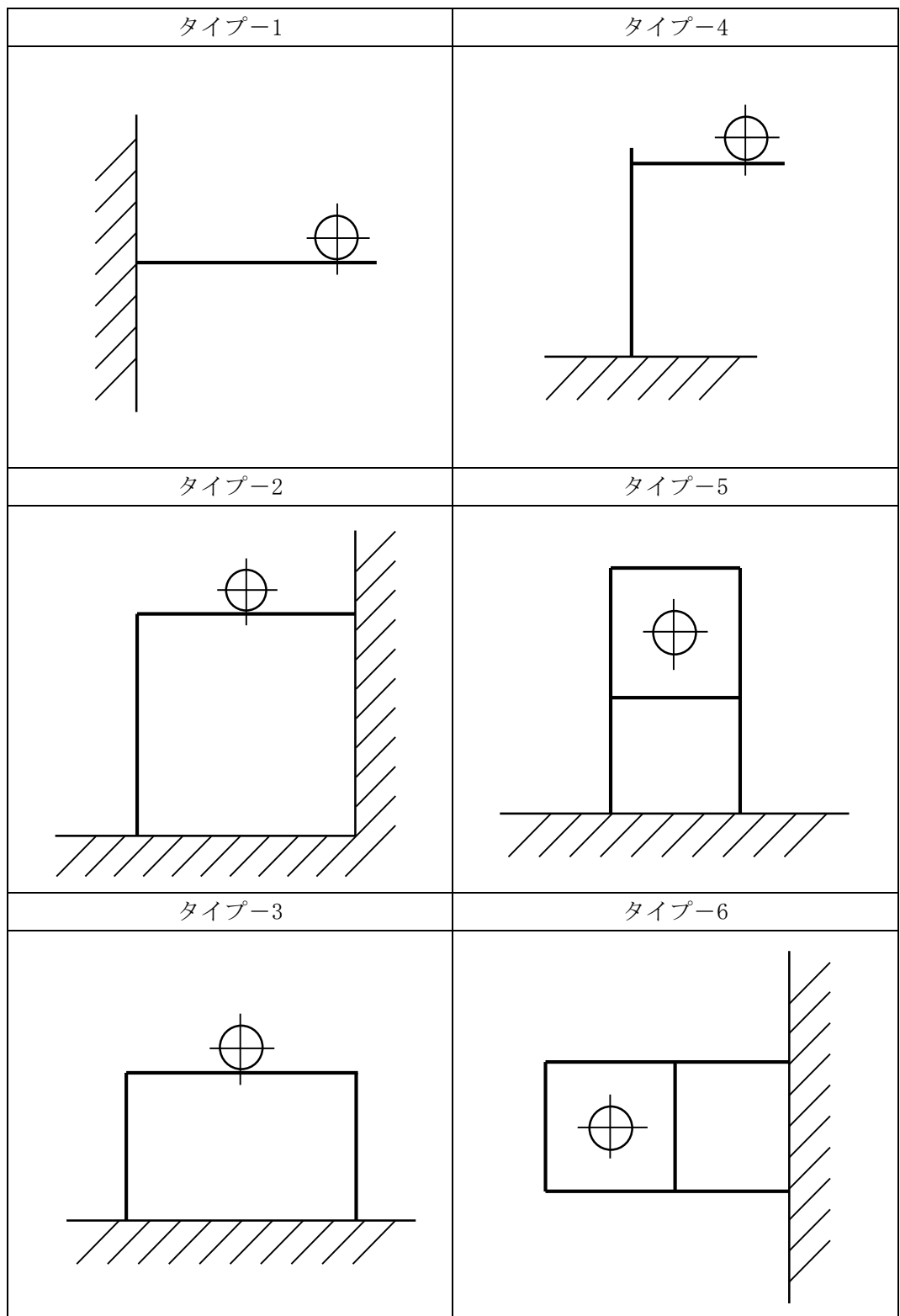


図 4-1 支持架構の代表構造例

4.4.2 支持架構及び付属品の選定

支持架構については，支持点荷重を条件とした強度及び耐震評価を行い，発生応力が許容応力を超えないように使用する鋼材(山形鋼，溝形鋼，H 形鋼，角形鋼，鋼管等)を決定する。

付属品については，支持点荷重が最大使用荷重を超えないように使用する付属品を選定する。

標準的に使用する鋼材及び付属品の仕様を表 4-9～表 4-13 に示す。

なお，付属品については，最大使用荷重を超える場合であっても個別の評価により健全性の確認を行うことが可能である。

表 4-9 支持架構の標準鋼材仕様

鋼材名称	材料	鋼材サイズ
山形鋼		
溝形鋼		
H 形鋼		
角形鋼		
鋼管		

表 4-10 標準ラグの選定表

型式番号	最大使用荷重(N)	
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
LU-100		
LU-150		
LU-250		
LU-450		
LU-600		
LU-800		
LU-1000		
LU-1350		

表 4-11 標準ラグの主要寸法 (mm)

型式番号*	W	L	H	t
LU-100				
LU-150				
LU-250				
LU-450				
LU-600				
LU-800				
LU-1000				
LU-1350				

注記\* : 材料は,  を使用



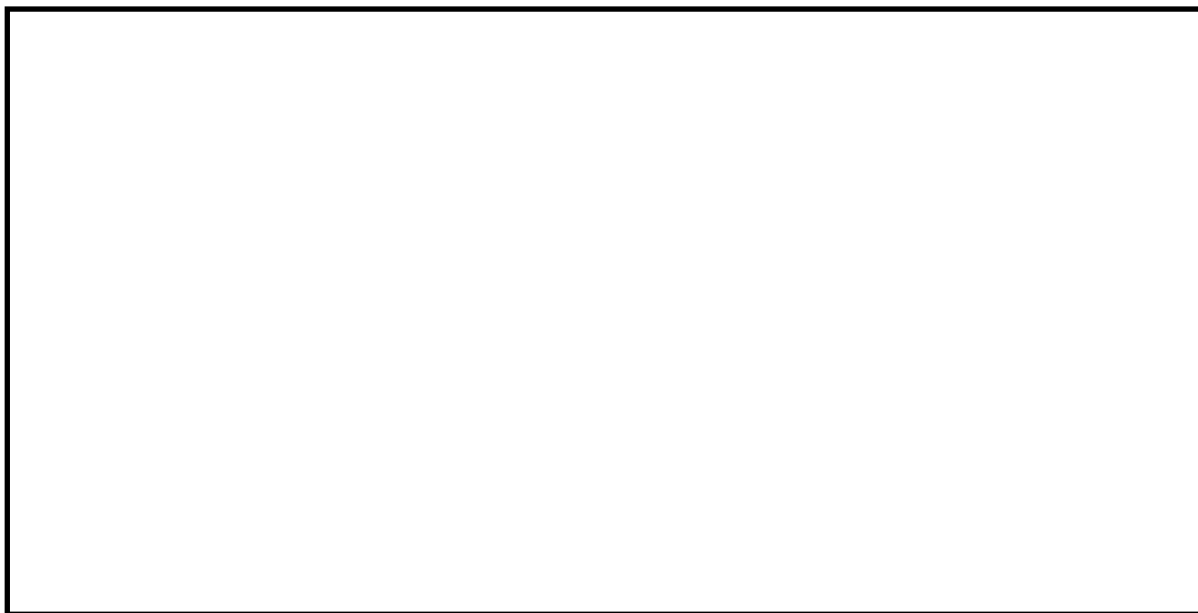
表 4-12 標準Uボルトの選定表

型式番号	呼び径	ボルト サイズ	最大使用荷重(N)	
			P <sub>V</sub>	P <sub>H</sub>
UN-80	80A			
UN-90	90A			
UN-100	100A			
UN-125	125A			
UN-150	150A			
UN-200	200A			
UN-250	250A			

表 4-13 標準Uボルト主要寸法 (mm)

型式番号*	タイプ	B	W	d	h	t	t <sub>f</sub>	t <sub>w</sub>
UN-80	I							
UN-90	I							
UN-100	I							
UN-125	I							
UN-150	II							
UN-200	II							
UN-250	II							

注記\* : 材料は、 (ボルト部, タイプIIサドル部) ,  (タイプIサドル部) を使用



4.4.3 支持架構及び付属品の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は、設計・建設規格 付録材料図表 Part1 に従うものとする。ただし、ラグの材料は当該配管に適用する材料とする。

4.4.4 支持架構及び付属品の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1) 許容応力

許容応力は、設計・建設規格及び J E A G 4 6 0 1 に基づくものとする。

各許容応力状態に対する許容応力を表 4-14 に示す。

表 4-14 各許容応力状態の許容応力<sup>\*7,\*8</sup>

許容応力 状態	一次応力						一次+二次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ <sup>*5</sup>	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
I A, II A	$f_t$	$f_s$	$f_c$	$f_b$	$f_p$	$f_t$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*1}$	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p^{*3}$	$1.5 \cdot f_s^{*3}$ 又は $1.5 \cdot f_c$
III A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$	$3 \cdot f_t^{*6}$	$3 \cdot f_s^{*1,*6}$	$3 \cdot f_b^{*2,*6}$	$1.5 \cdot f_p^{*4}$	$1.5 \cdot f_b^{*2,*4}$ $1.5 \cdot f_s$
IV A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$				$1.5 \cdot f_p^{*4}$	$1.5 \cdot f_c$

注記\*1：すみ肉溶接部にあつては、最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*2：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)a. により求めた  $f_b$  とする。

\*3：応力の最大圧縮値について評価する。

\*4：自重，熱等により常時作用する荷重に，地震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。

\*5：組合せ応力の許容応力は，設計・建設規格に基づく値とする。

\*6：地震動のみによる応力振幅について評価する。



\*7: 材料の許容応力を決定する場合の基準値 $F$ は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値又は表9に定める値の0.7倍のいずれか小さい方の値とする。ただし、使用温度が40度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、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.35倍の値、表9に定める0.7倍の値又は室温における表8に定める値のいずれか小さい値とする。

\*8:  $f_t^*$ ,  $f_s^*$ ,  $f_c^*$ ,  $f_b^*$ ,  $f_p^*$  は、 $f_t$ ,  $f_s$ ,  $f_c$ ,  $f_b$ ,  $f_p$ の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

#### 記号の説明

$f_t$	: 許容引張応力	支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値
$f_s$	: 許容せん断応力	支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(2)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値
$f_c$	: 許容圧縮応力	支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(3)により規定される値
$f_b$	: 許容曲げ応力	支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により規定される値
$f_p$	: 許容支圧応力	支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(5)により規定される値

## (2) 支持架構及び付属品の強度計算式

## a. 記号の定義

支持架構及び付属品の強度計算に使用する記号は、下記のとおりとする。

## (a) 支持架構

記号	定義	単位
$f_t$	許容引張応力	MPa
$\sigma_t$	引張(圧縮)応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\tau$	せん断応力	MPa
$\sigma$	組合せ応力	MPa
$A$	引張(圧縮)応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	せん断応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$Z$	曲げ応力評価に用いる断面係数	mm <sup>3</sup>
$N$	引張(圧縮)方向荷重	N
$Q$	せん断方向荷重	N
$M_o$	曲げモーメント	N・mm

## (b) ラグ

記号	定義	単位
$\sigma_c$	圧縮応力	MPa
$\tau$	せん断応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\sigma$	組合せ応力	MPa
$f_t$	許容引張応力	MPa
$A_c$	圧縮応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	せん断応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$Z$	曲げ応力評価に用いる断面係数	mm <sup>3</sup>
$F_x$	ラグに作用する荷重	N
$F_y$	ラグに作用する荷重	N
$M_o$	ラグに作用する曲げモーメント	N・mm
$L$	ラグの長さ	mm
$t$	ラグの板厚	mm

## (c) Uボルト

記号	定義	単位
$\sigma_t$	引張応力	MPa
$\sigma_c$	圧縮応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\tau$	せん断応力	MPa
$\sigma$	組合せ応力	MPa
$\rho_c$	溶接部圧縮応力	MPa
$\rho_b$	溶接部曲げ応力	MPa
$\rho_s$	溶接部せん断応力	MPa
$\rho$	溶接部組合せ応力	MPa
$f_t$	許容引張応力	MPa
$W f_t$	溶接部許容引張応力	MPa
$P_v, P_v'$	Uボルトに作用する荷重	N
$P_H$	Uボルトに作用する荷重	N
$h$	鋼材取合い面からサドルと配管の接触面までの距離	mm
$A_t$	引張応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_c$	圧縮応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	せん断応力評価に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$Z$	曲げ応力評価に用いる断面係数	mm <sup>3</sup>
$W A_c$	圧縮応力評価に用いる溶接部断面積	mm <sup>2</sup>
$W A_s$	せん断応力評価に用いる溶接部断面積	mm <sup>2</sup>
$W Z$	曲げ応力評価に用いる溶接部断面係数	mm <sup>3</sup>
$\theta$	サドル角度	rad

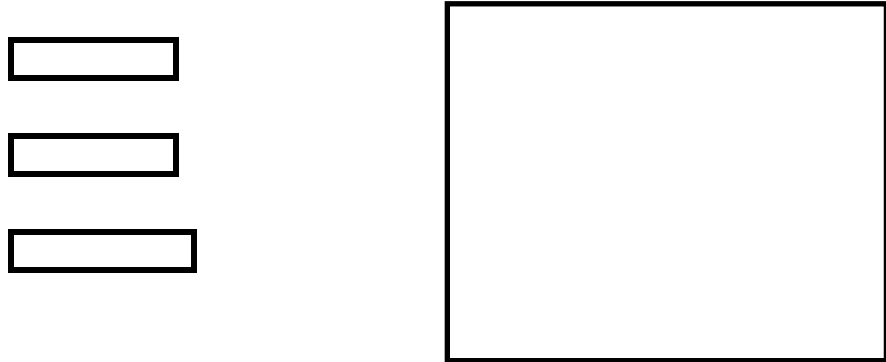
b. 強度計算式

支持架構及び付属品の強度計算式を以下に示す。

なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算できる。また、許容応力は、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける一次応力評価(組合せ)を例として記載したものであり、許容応力状態及び応力種別に応じて適切な許容応力を用いる。

(a) 支持架構

支持架構の引張(圧縮)、せん断、曲げ応力を生じる構造部分の応力は、次の計算式で計算できる。

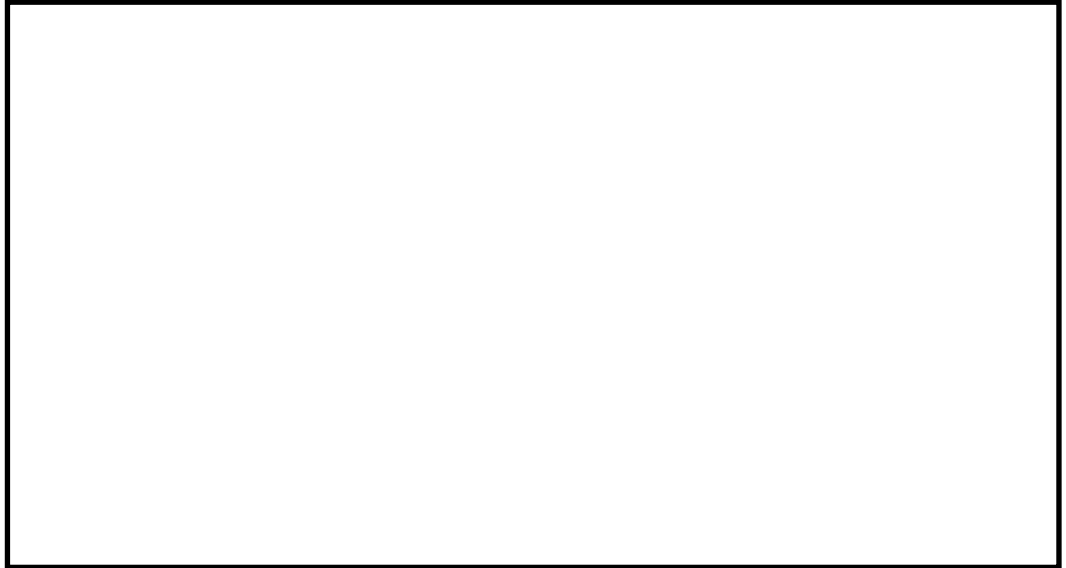


したがって、



(b) ラグ

ラグ本体の圧縮，せん断，曲げ応力を算出し，算出結果が許容応力以内であることを確認する。

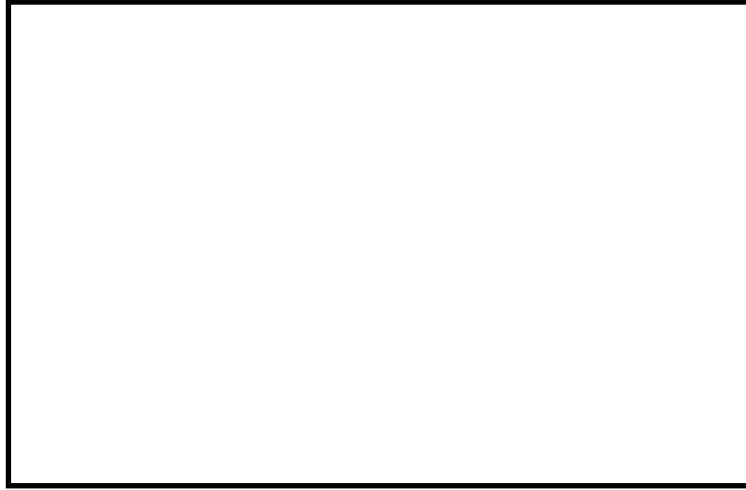


ラグに発生する応力は，

したがって，

(c) Uボルト

Uボルトには $P_H$ と $P_V(P_V')$ が作用する。 $P_V$ の場合はボルト部に引張力が生じ、 $P_V'$ の場合はサドルに圧縮力が生じる。



$P_H$ によりサドルに曲げモーメントとせん断力が生じ、また、A点におけるモーメントの釣合い式よりボルト部に引張力が生じる。これらの各荷重により発生する応力についてまとめると次式のようなになる。

ボルト部に発生する引張応力は、

$P_V$ の場合

[ ]

$P_V'$ の場合

[ ]

サドル部に発生する応力は、

[ ]

[ ]

[ ]

したがって、

[ ]

サドルと鋼材溶接部に発生する応力は、

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

したがって、

[Redacted]

#### 4.5 埋込金物の設計

##### 4.5.1 概要

埋込金物は、支持装置あるいは支持架構を建物側に取り付けるためのもので、コンクリート打設前に埋め込まれるものとコンクリート打設後に設置されるものがある。

埋込金物の概略図、埋込金物の代表形状を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

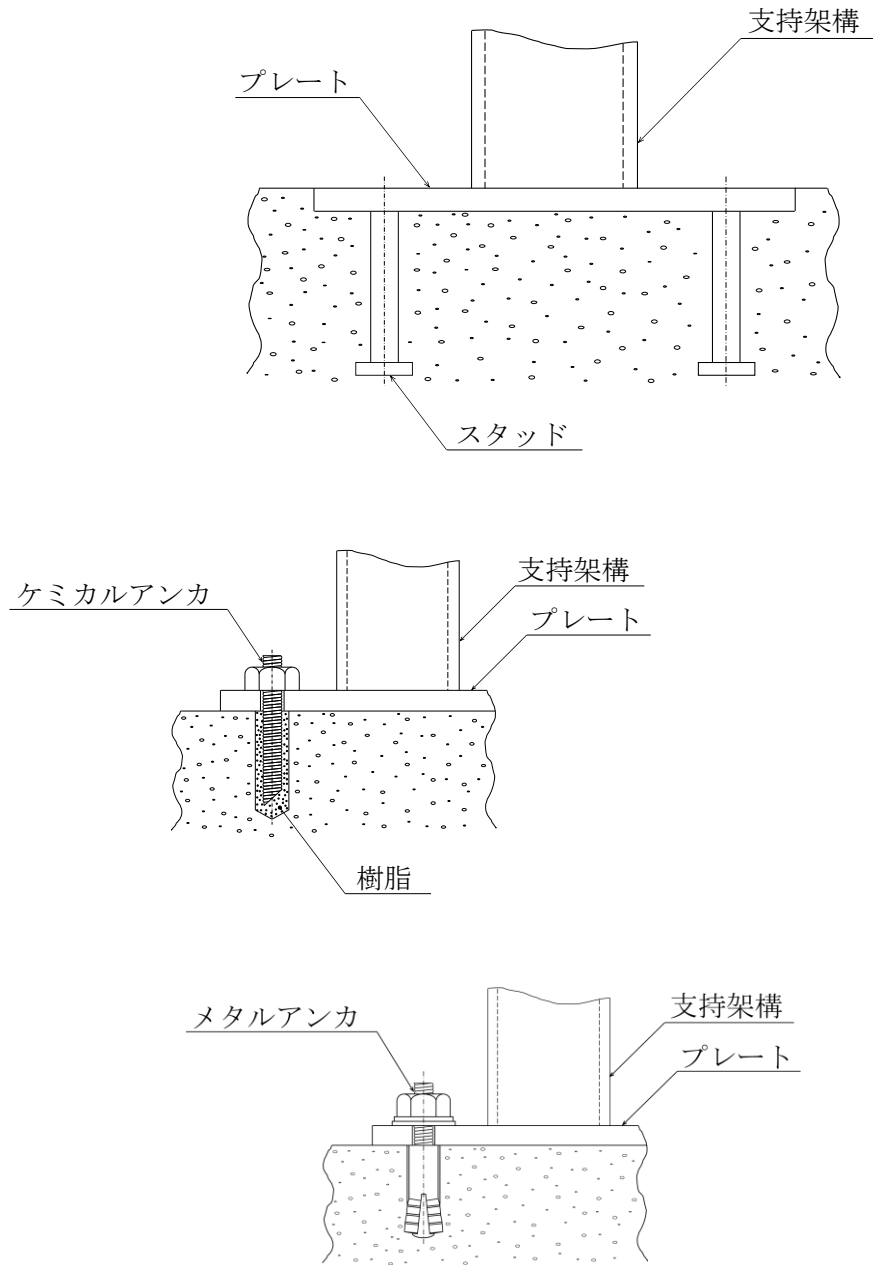


図 4-2 埋込金物の概略図



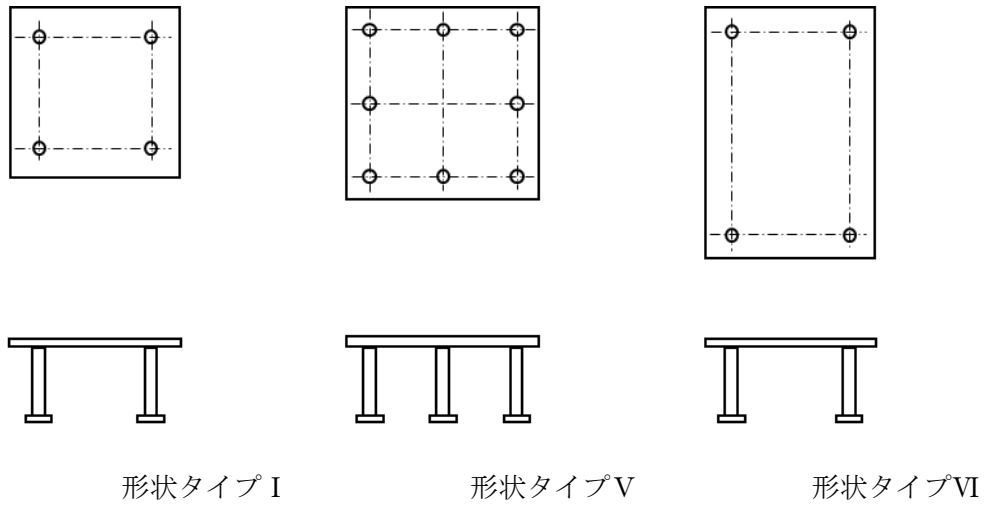


図 4-3 埋込金物の形状例

#### 4.5.2 埋込金物の選定

埋込金物は、発生する荷重に基づき、タイプごとに定められた最大使用荷重を超えない範囲でタイプを選定する。

なお、最大使用荷重を超える場合であっても発生する荷重の作用状態による個別の強度評価により健全性の確認を行うことが可能である。

標準的な埋込金物の最大使用荷重及び主要寸法を表 4-15、表 4-16 に示す。

また、ケミカルアンカ及びメタルアンカを用いる場合には、使用箇所に発生する荷重を支持できるものをカタログから選定する。

表 4-15 標準埋込金物の最大使用荷重

タイプ	最大使用荷重 (kN)	
	引張荷重	せん断荷重
I		
V		
VI		

表 4-16 標準埋込金物の主要寸法

タイプ*	プレート			スタッド				
	長辺側の長さ B (mm)	短辺側の長さ W (mm)	板厚 t (mm)	外径		長さ L (mm)	本数 N	スタッドの間隔 c 長辺方向 (mm) × 短辺方向 (mm)
				d (mm)	D (mm)			
I								
V								
VI								

注記\* : 材料は,  (タイプ I 及びタイプ VI のプレート),  (タイプ V のプレート),  
 (スタッド) を使用

#### 4.5.3 埋込金物の強度及び耐震評価方法

埋込金物の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

##### (1) 許容応力及び許容荷重

許容応力及び許容荷重は、J E A G 4 6 0 1に基づくものとする。

埋込金物における各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を表4-17に示す。

表4-17 埋込金物における各許容応力状態の許容応力及び許容荷重

許容応力 状態	プレート	スタッド	コンクリート*		
	曲げ・せん断 共存の応力	引張応力	引張荷重		せん断荷重
			シアコーン	支圧	
I <sub>A</sub> , II <sub>A</sub>	$f_t$	$2/3 \cdot S_y$	$(0.3 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(1/3 \cdot \alpha \cdot A_o \cdot F_c)$	$(0.4 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
III <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$S_y$	$(0.45 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(2/3 \cdot \alpha \cdot A_o \cdot F_c)$	$(0.6 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.2 \cdot S_y$	$(0.6 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(0.75 \cdot \alpha \cdot A_o \cdot F_c)$	$(0.8 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$

注1：コンクリートの圧縮応力が支配的の場合は圧縮応力について評価する。

注2：コンクリートの許容荷重は単位系の換算係数を用いて評価する。

注3：許容値を算出する設計温度は常温を使用するものとする。

注4：埋込金物の最大使用荷重は、プレート、スタッド及びコンクリートの評価のうち最も厳しい部位で決定する。

注5： $f_t^*$  は、 $f_t$ の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

注記\*：スタッド本数及び配列に応じた面積を考慮して算定する。詳細について(2)項に示す。

##### 記号の説明

$f_t$ ：許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値

$S_y$ ：設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定される値

$F_c, A_c, \alpha, A_o, E_c, A_b$ ：(2)項の記号の定義による

## (2) 強度計算式

## a. 記号の定義

埋込金物の強度計算に使用する記号は、下記のとおりとする。

記号	定義	単位
P	発生荷重	N
b	プレート幅	mm
t	プレート厚さ	mm
A	プレートの断面積	mm <sup>2</sup>
Z	プレートの断面係数	mm <sup>3</sup>
c	スタッドの間隔	mm
$\sigma$	プレートの曲げ・せん断共存時の応力	MPa
$f_t$	許容引張応力	MPa
N	スタッドの本数	—
d	スタッド軸部の径	mm
A <sub>b</sub>	スタッド軸部の断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$	スタッドの引張応力	MPa
S <sub>y</sub>	スタッド鋼材の降伏点	MPa
q <sub>a</sub>	スタッドとスタッド周辺のコンクリートが圧壊(複合破壊)する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容せん断荷重	N
E <sub>c</sub>	コンクリートのヤング係数	MPa
$\gamma$	コンクリートの気乾単位体積重量	kN/m <sup>3</sup>
F <sub>c</sub>	コンクリートの設計基準強度	MPa
p <sub>a1</sub>	コンクリートの躯体がコーン破壊する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容引張荷重	N
A <sub>c</sub>	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積	mm <sup>2</sup>
p <sub>a2</sub>	スタッド頭部のコンクリート部が支圧破壊する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容引張荷重	N
D	スタッド頭部の径	mm
A <sub>o</sub>	スタッド頭部の支圧面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha$	支圧面積と有効投影面積から定まる係数	—

b. 強度計算式

埋込金物の強度計算式を以下に示す。

なお、以下に示す許容応力及び許容荷重は、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける評価を例として記載したものであり、各評価部位の許容応力状態に応じて適切な許容応力及び許容荷重を用いる。



(a) プレーートの計算式



ここで、



(b) スタッドの計算式(引張応力)



ここで、



(c) コンクリートの計算式(せん断荷重)

[Redacted]

ここで,

[Redacted]

[Redacted]

(d) コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合のシアコーン)

[Redacted]

ここで,  $A_c$ はJ E A G 4 6 0 1に基づき算定する。

(e) コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合の支圧)

[Redacted]

ここで,

[Redacted]

[Redacted]

## 5. 耐震評価結果

## 5.1 支持構造物の耐震評価結果

## 5.1.1 概要

各支持構造物について、定められた評価荷重に対して十分な耐震強度を有することを確認した結果を以下に示す。

## 5.1.2 支持構造物の耐震評価結果

支持構造物における耐震評価結果の纏め表を表 5-1 に示す。

表 5-1 支持構造物の耐震評価結果纏め表

No.	種 別		評価荷重	許容応力状態	設計温度 (°C)	耐震評価結果の表番号
1	ロッドレストレイント		定格荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-2
2	オイルスナッパ		定格荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-3
3	メカニカルスナッパ		定格荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-4
4	粘性ダンパ		使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-5
5	スプリングハンガ		定格荷重	I <sub>A</sub> , II <sub>A</sub>		表 5-6
6	コンスタントハンガ		定格荷重	I <sub>A</sub> , II <sub>A</sub>		表 5-7
7	リジットハンガ		定格荷重	I <sub>A</sub> , II <sub>A</sub>		表 5-8
8	レスト レイント	ラグ	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-9
9		Uボルト	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-10
10		支持架構	設定荷重*	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-11-1～表 5-11-14
11		埋込金物	最大使用荷重	Ⅲ <sub>A</sub> S		表 5-12-1～表 5-12-3

注:各評価において最大使用荷重を超えた場合でも実際に使用される当該温度による個別の評価により、健全性の確認を行うことが可能である。

注記\*:設置箇所の支持点荷重に応じて設定される設計上の荷重であり、支持架構の構造強度評価は、設定荷重に基づく応力評価を実施する。表 5-11-1～表 5-11-14 に示す評価では、配管系に想定される代表的な荷重を設定している。

表 5-2(1/4) ロッドレストレイント 耐震評価結果

強度部材：①ブラケット（材料：）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力		許容 応力
											F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)		f <sub>p</sub> (MPa)
06	9									27	252	21	145	54	345	○	
1	15									18	252	14	145	42	345	○	
3	45									38	252	29	145	95	345	○	
6	90									45	252	33	145	90	345	○	
10	150									50	252	36	145	99	345	○	
16	240									56	252	38	145	97	345	○	
25	375									52	252	37	145	99	345	○	

120

強度部材：②パイプ（本体型式06～6 材料： 本体型式10～25 材料：）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価	
		P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> )	E (MPa)	F (MPa)	発生 応力		許容 応力
									F <sub>c</sub> (MPa)		f <sub>c</sub> (MPa)
06	9							22	45	○	
1	15							26	57	○	
3	45							48	84	○	
6	90							60	100	○	
10	150							56	108	○	
16	240							57	123	○	
25	375							61	133	○	



表 5-2(2/4) ロッドレストレイント 耐震評価結果

強度部材：③アジャストナット溶接部（本体型式06～6 材料  本体型式10～25 材料：）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
06	9				22	189	○
1	15				26	189	○
3	45				48	189	○
6	90				60	189	○
10	150				56	198	○
16	240				57	198	○
25	375				61	198	○

121

強度部材：④クランプ（材料：）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
06	9								20	234	19	135	63	318	○	
1	15								18	234	17	135	56	318	○	
3	45								25	234	27	135	111	318	○	
6	90								36	234	36	135	113	318	○	
10	150								40	225	40	129	132	306	○	
16	240								29	225	32	129	94	306	○	
25	375								28	225	32	129	94	306	○	

表 5-2(3/4) ロッドレストレイント 耐震評価結果

強度部材：⑤ピン（材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
06	9			40	259	○
1	15			43	259	○
3	45			100	259	○
6	90			92	259	○
10	150			107	259	○
16	240			96	190	○
25	375			96	190	○

表 5-2(4/4) ロッドレストレイント 耐震評価結果

強度部材：⑥スヘリカルアイボルト（材料：）

穴部

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	R (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
										F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
06	9									74	252	35	145	40	345	○
1	15									73	252	35	145	38	345	○
3	45									105	252	57	145	85	345	○
6	90									176	252	85	145	105	345	○
10	150									165	252	91	145	135	345	○
16	240									165	252	91	145	138	345	○
25	375									173	252	87	145	115	345	○

ボルト部

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評価
		M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	
				F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
06	9			29	189	○
1	15			48	189	○
3	45			64	189	○
6	90			89	189	○
10	150			109	189	○
16	240			98	189	○
25	375			117	189	○

表 5-3(1/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材 : ① シリンダチューブ (材料: )

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				引張応力		評価
		D (mm)	K (MPa)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	発生応力 F <sub>t</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>t</sub> (MPa)	
03	3					26	126	○
06	6					38	126	○
1	10					47	126	○
3	30					75	126	○
6	60					85	126	○
10	100					99	126	○
16	160					98	126	○
25	250					98	126	○

強度部材 : ② ピストンロッド (材料: )

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評価
		d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生応力 F <sub>t</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>t</sub> (MPa)	
03	3			55	301	○
06	6			75	301	○
1	10			92	301	○
3	30			128	301	○
6	60			112	220	○
10	100			127	220	○
16	160			149	220	○
25	250			147	220	○

表 5-3(2/8) オイルスナップ 耐震評価結果

強度部材 : ③シリンダカバー(材料: )

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
03	3				2	79	○
06	6				3	79	○
1	10				4	79	○
3	30				6	79	○
6	60				7	79	○
10	100				9	79	○
16	160				10	79	○
25	250				12	79	○

強度部材 : ④タイロッド(本体型式03~1 材料: , 本体型式3~25 材料: )

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
03	3				27	226	○
06	6				54	226	○
1	10				50	226	○
3	30				96	303	○
6	60				133	303	○
10	100				125	303	○
16	160				133	303	○
25	250				133	303	○

表 5-3(3/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑤イーヤ(材料：)  
穴部

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
									F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
03	3								29	156	14	90	14	212	○
06	6								58	156	27	90	27	212	○
1	10								48	156	23	90	25	212	○
3	30								70	156	38	90	57	212	○
6	60								118	150	57	86	70	204	○
10	100								110	150	61	86	90	204	○
16	160								110	150	61	86	92	204	○
25	250								115	150	58	86	77	204	○

126

溶接部

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				せん断応力		評価
		C (mm)	T (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	
						F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
03	3					15	40*	○
06	6					29	40*	○
1	10					27	40*	○
3	30					53	90	○
6	60					63	86	○
10	100					65	86	○
16	160					68	86	○
25	250					72	86	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-3(4/8) オイルスナック 耐震評価結果

強度部材：⑥六角ボルト(材料：)

本体 型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
03	3				27	303	○
06	6				54	303	○
1	10				50	303	○
3	30				96	303	○
6	60				133	303	○
10	100				125	303	○
16	160				133	303	○
25	250				133	303	○

表 5-3(5/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑦ロッドエンド(本体型式03~10 材料  本体型式16及び25 材料 )

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
03	3								42	150	17	86	13	204	○
06	6								56	150	26	86	26	204	○
1	10								62	137	25	79	25	187	○
3	30								80	137	42	79	56	187	○
6	60								99	137	51	79	70	187	○
10	100								96	137	55	79	89	187	○
16	160								115	168	62	97	93	230	○
25	250								135	168	64	97	77	230	○



表 5-3(6/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑧アダプタ(材料：)

本体

本体 型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
03	3				11	126	○
06	6				15	126	○
1	10				14	126	○
3	30				26	126	○
6	60				42	126	○
10	100				34	126	○
16	160				49	126	○
25	250				50	126	○

溶接部

本体 型式	定格荷重	強度部材仕様					せん断応力		評価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
03	3						14	32*	○
06	6						22	32*	○
1	10						28	72	○
3	30						47	72	○
6	60						51	72	○
10	100						59	72	○
16	160						55	72	○
25	250						58	72	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-3(7/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑨コネクティングパイプ(本体型式03～6 材料： 本体型式10～25 材料：)

本体型式	定格荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価
								発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> )	F (MPa)	F <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>c</sub> (MPa)	
03	3							11	41	○
06	6							15	36	○
1	10							18	33	○
3	30							32	61	○
6	60							40	62	○
10	100							37	61	○
16	160							38	69	○
25	250							41	85	○

130

強度部材：⑩クランプ(材料：)

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
03	3									7	156	7	90	21	212	○
06	6									14	156	13	90	42	212	○
1	10									12	156	12	90	38	212	○
3	30									17	156	18	90	74	212	○
6	60									24	156	24	90	75	212	○
10	100									27	150	27	86	88	204	○
16	160									19	150	21	86	63	204	○
25	250									19	150	21	86	63	204	○

表 5-3(8/8) オイルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑪ブラケット(本体型式03～6 材料：, 本体型式10～25 材料：)

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	
03	3									9	168	7	97	18	230	○
06	6									18	168	14	97	36	230	○
1	10									12	168	10	97	28	230	○
3	30									25	168	20	97	64	230	○
6	60									30	168	22	97	60	230	○
10	100									28	137	20	79	55	187	○
16	160									32	137	22	79	56	187	○
25	250									29	137	21	79	55	187	○

強度部材：⑫ピン(材料：)

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生応力	許容応力	
		P (kN)	d (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	
03	3			14	173	○
06	6			27	173	○
1	10			29	173	○
3	30			67	173	○
6	60			62	173	○
10	100			71	173	○
16	160			64	127	○
25	250			64	127	○

表 5-4(1/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：①ブラケット（材料：）

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力		許容 応力
											F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)		f <sub>p</sub> (MPa)
01	1									3	168	3	97	6	230	○	
03	3									9	168	7	97	18	230	○	
06	6									18	168	14	97	36	230	○	
1	10									12	168	10	97	28	230	○	
3	30									25	168	20	97	64	230	○	
6	60									30	168	22	97	60	230	○	
10	100									33	168	24	97	66	230	○	
16	160									37	168	26	97	65	230	○	
25	250									35	168	25	97	66	230	○	

表 5-4(2/12) メカニカルスナップ 耐震評価結果

強度部材：②ジャンクションコラムアダプタ (六角ボルト 材料：, パイプ 材料：)  
六角ボルト

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 M (mm), n (本), A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )			引張応力		評価
					発生応力 F <sub>t</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>t</sub> (MPa)	
01	1				9	303	○
03	3				27	303	○
06	6				36	303	○
1	10				34	303	○
3	30				64	303	○
6	60				89	303	○
10	100				83	303	○
16	160				85	303	○
25	250				93	303	○

溶接部

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D <sub>1</sub> (mm), D <sub>2</sub> (mm), h (mm), A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> ), A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )					引張応力		せん断応力		評価
							発生応力 F <sub>t</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>t</sub> (MPa)	発生応力 F <sub>s</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>s</sub> (MPa)	
01	1						—	—	4	72	○
03	3						—	—	12	72	○
06	6						—	—	11	72	○
1	10						—	—	16	72	○
3	30						12	126	—	—	○
6	60						16	126	—	—	○
10	100						21	126	—	—	○
16	160						23	126	—	—	○
25	250						27	126	—	—	○

表 5-4(3/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：③ロードコラム（型式01～6 材料：, 型式10～25 材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	1				6	301	○
03	3				18	301	○
06	6				35	301	○
1	10				16	220	○
3	30				48	220	○
6	60				69	220	○
10	100				82	404	○
16	160				89	404	○
25	250				83	404	○

表 5-4(4/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：④クランプ (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	1									3	156	3	90	7	212	○
03	3									7	156	7	90	21	212	○
06	6									14	156	13	90	42	212	○
1	10									12	156	12	90	38	212	○
3	30									17	156	18	90	74	212	○
6	60									24	156	24	90	75	212	○
10	100									27	150	27	86	88	204	○
16	160									19	150	21	86	63	204	○
25	250									19	150	21	86	63	204	○

表 5-4(5/12) メカニカルスナップ 耐震評価結果

強度部材：⑤ピン (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
01	1			5	173	○
03	3			14	173	○
06	6			27	173	○
1	10			29	173	○
3	30			67	173	○
6	60			62	173	○
10	100			71	173	○
16	160			64	127	○
25	250			64	127	○



表 5-4(6/12) メカニカルスナップ 耐震評価結果

強度部材：⑥コネクティングチューブ（型式01～6 材料：, 型式10～25 材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価
								発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> )	F (MPa)	F <sub>c</sub> (MPa)	
01	1							4	48	○
03	3							11	48	○
06	6							15	41	○
1	10							18	34	○
3	30							32	63	○
6	60							40	63	○
10	100							37	62	○
16	160							38	70	○
25	250							41	88	○

表 5-4(7/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑦ケース，ベアリング押さえ及び六角ボルト（ケース，ベアリング押さえ 材料： 六角ボルト 材料： (1/2)  
 ケース

本体 型式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		圧縮応力		評価
		D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
										F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	1								1	301	3	173	4	410	○	
03	3								2	301	9	173	12	410	○	
06	6								2	301	14	173	24	410	○	
1	10								2	220	11	127	21	300	○	
3	30								4	220	32	127	63	300	○	
6	60								6	220	38	127	83	300	○	
10	100								9	220	36	127	118	300	○	
16	160								8	220	40	127	120	300	○	
25	250								11	220	41	127	101	300	○	

ベアリング押さえ

本体 型式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様					せん断応力		圧縮応力		評価
		D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
							F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	1						3	127	4	300	○
03	3						8	127	12	300	○
06	6						16	127	24	300	○
1	10						10	127	21	300	○
3	30						29	127	63	300	○
6	60						35	173	83	410	○
10	100						37	173	118	410	○
16	160						41	173	120	410	○
25	250						42	173	101	410	○

表 5-4(8/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑦ケース，ベアリング押さえ及び六角ボルト（ケース，ベアリング押さえ 材料： 六角ボルト 材料：）（2/2）  
六角ボルト

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	1				28	303	○
03	3				82	303	○
06	6				72	303	○
1	10				60	303	○
3	30				133	303	○
6	60				150	303	○
10	100				111	303	○
16	160				133	303	○
25	250				139	303	○

表 5-4(9/12) メカニカルスナップ 耐震評価結果

強度部材：⑧イーヤ (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	1									4	220	3	127	5	300	○
03	3									12	220	7	127	13	300	○
06	6									23	220	14	127	26	300	○
1	10									19	220	14	127	24	300	○
3	30									52	220	31	127	56	300	○
6	60									80	220	37	127	70	300	○
10	100									114	220	48	127	89	300	○
16	160									103	220	54	127	93	300	○
25	250									104	220	43	127	77	300	○

表 5-4(10/12) メカニカルスナップ 耐震評価結果

強度部材：⑨ユニバーサルボックス (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様										引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		P (kN)	B (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	T <sub>2</sub> (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力		許容 応力
													F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)		f <sub>p</sub> (MPa)
01	1											3	150	2	86	4	204	○	
03	3											8	150	5	86	12	204	○	
06	6											16	150	10	86	24	204	○	
1	10											16	150	10	86	27	204	○	
3	30											31	150	18	86	59	204	○	
6	60											43	150	26	86	73	204	○	
10	100											55	137	31	79	91	187	○	
16	160											50	137	29	79	87	187	○	
25	250											42	137	27	79	75	187	○	

表 5-4(11/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑩コネクティングチューブイーヤ部 (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	1									3	168	3	97	6	230	○
03	3									9	168	7	97	18	230	○
06	6									18	168	14	97	36	230	○
1	10									12	168	10	97	28	230	○
3	30									25	168	20	97	64	230	○
6	60									30	168	22	97	60	230	○
10	100									33	168	24	97	66	230	○
16	160									37	168	26	97	65	230	○
25	250									35	168	25	97	66	230	○

表 5-4(12/12) メカニカルスナッパ 耐震評価結果

強度部材：⑩ユニバーサルブラケット (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力		許容 応力
											F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)		f <sub>p</sub> (MPa)
01	1									4	168	3	97	7	230	○	
03	3									11	168	8	97	21	230	○	
06	6									21	168	16	97	42	230	○	
1	10									16	168	13	97	38	230	○	
3	30									30	168	23	97	74	230	○	
6	60									38	168	27	97	75	230	○	
10	100									29	168	22	97	67	230	○	
16	160									30	168	22	97	67	230	○	
25	250									32	168	23	97	63	230	○	

表 5-5(1/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：①アウターピストン (1/2) (型式 108/57～426/219 材料： 型式 426/325～630/426 材料：)

本体

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様				せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向					発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	L (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>m</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2					3	109	20	190	21	190	○
159/76	8.1	4.5					8	109	53	190	55	190	○
219/108	15.5	8.5					10	109	51	190	54	190	○
219/159	10	7					3	109	11	190	13	190	○
325/159	68	27					18	109	97	190	102	190	○
325/219	46	25					9	109	33	190	37	190	○
426/219	120	47					23	109	97	190	105	190	○
426/325	80	44					10	189	29	328	34	328	○
630/325	260	100					33	189	134	328	146	328	○
630/426	350	140					27	189	85	328	97	328	○



表 5-5(2/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：①アウターピストン (2/2) (型式 108/57～426/219 材料：)，型式 426/325～630/426 材料：)

溶接部

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様				せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向					発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>m</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2					3	109	17	190	18	190	○
159/76	8.1	4.5					8	109	49	190	51	190	○
219/108	15.5	8.5					13	109	61	190	65	190	○
219/159	10	7					5	109	17	190	19	190	○
325/159	68	27					17	109	75	190	81	190	○
325/219	46	25					9	109	30	190	34	190	○
426/219	120	47					21	109	82	190	90	190	○
426/325	80	44					9	189	25	328	30	328	○
630/325	260	100					30	189	115	328	127	328	○
630/426	350	140					28	189	85	328	98	328	○

表 5-5(3/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：②インナーピストン (1/2) (型式 108/57～219/108 材料：)，型式 219/159～630/426 材料：

本体

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様			引張応力		圧縮応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向				発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	L (mm)	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>c</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2				16	235	16	217	○
159/76	8.1	4.5				23	235	23	223	○
219/108	15.5	8.5				18	225	18	219	○
219/159	10	7				8	190	8	189	○
325/159	68	27				29	190	29	187	○
325/219	46	25				27	190	27	187	○
426/219	120	47				50	190	50	186	○
426/325	80	44				41	190	41	187	○
630/325	260	100				73	190	73	186	○
630/426	350	140				77	190	77	186	○

表 5-5(4/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：②インナーピストン (2/2) (型式 108/57～219/108 材料：)，型式 219/159～630/426 材料：)

溶接部

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様			せん断応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向				発生 応力	許容 応力	
	$P_h$ (kN)	$P_v$ (kN)	D (mm)	d (mm)	$h_1$ (mm)	$F_s$ (MPa)	$f_s$ (MPa)	
108/57	1.75	1.2				11	135	○
159/76	8.1	4.5				22	135	○
219/108	15.5	8.5				22	129	○
219/159	10	7				11	109	○
325/159	68	27				41	109	○
325/219	46	25				38	109	○
426/219	120	47				72	109	○
426/325	80	44				56	109	○
630/325	260	100				85	109	○
630/426	350	140				88	109	○

表 5-5(5/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：③プレート (1/2) (材料：)

本体

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様			曲げ応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向				発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2				14	378	○
159/76	8.1	4.5				24	378	○
219/108	15.5	8.5				27	378	○
219/159	10	7				23	378	○
325/159	68	27				49	378	○
325/219	46	25				64	378	○
426/219	120	47				75	378	○
426/325	80	44				93	378	○
630/325	260	100				98	378	○
630/426	350	140				176	378	○

表 5-5(6/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：③プレート (2/2) (材料：  )

溶接部

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様			せん断応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向				発生 応力	許容 応力	
	$P_h$ (kN)	$P_v$ (kN)	D (mm)	d (mm)	$h_1$ (mm)	$F_s$ (MPa)	$f_s$ (MPa)	
108/57	1.75	1.2				11	189	○
159/76	8.1	4.5				22	189	○
219/108	15.5	8.5				22	189	○
219/159	10	7				11	189	○
325/159	68	27				41	189	○
325/219	46	25				38	189	○
426/219	120	47				72	189	○
426/325	80	44				56	189	○
630/325	260	100				94	189	○
630/426	350	140				88	189	○

表 5-5(7/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：④ハウジング (1/2) (型式 108/57～159/76 材料：)，型式 219/108～630/426 材料：)

本体

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様				せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向					発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>m</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2					1	109	3	190	4	190	○
159/76	8.1	4.5					3	109	5	190	8	190	○
219/108	15.5	8.5					3	189	6	328	8	328	○
219/159	10	7					2	189	4	328	6	328	○
325/159	68	27					9	189	16	328	23	328	○
325/219	46	25					6	189	11	328	16	328	○
426/219	120	47					12	189	18	328	28	328	○
426/325	80	44					8	189	12	328	19	328	○
630/325	260	100					14	189	22	328	33	328	○
630/426	350	140					18	189	29	328	43	328	○

表 5-5(8/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：④ハウジング (2/2) (型式 108/57～159/76 材料： 型式 219/108～630/426 材料：)

溶接部

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様				せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向					発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	D (mm)	d (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>m</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2					1	109	2	190	3	190	○
159/76	8.1	4.5					3	109	5	190	8	190	○
219/108	15.5	8.5					3	189	5	328	8	328	○
219/159	10	7					2	189	4	328	6	328	○
325/159	68	27					9	189	15	328	22	328	○
325/219	46	25					6	189	10	328	15	328	○
426/219	120	47					11	189	17	328	26	328	○
426/325	80	44					8	189	11	328	18	328	○
630/325	260	100					15	189	24	328	36	328	○
630/426	350	140					18	189	27	328	42	328	○

表 5-5(9/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：⑤上部六角ボルト（材料：）

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様		引張応力		せん断応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	M (mm)	n (本)	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2			4	480	6	370	○
159/76	8.1	4.5			15	480	26	370	○
219/108	15.5	8.5			27	480	50	370	○
219/159	10	7			23	480	32	370	○
325/159	68	27			22	480	55	370	○
325/219	46	25			20	480	37	370	○
426/219	120	47			26	480	67	370	○
426/325	80	44			25	480	45	370	○
630/325	260	100			25	480	64	370	○
630/426	350	140			35	465	86	370	○



表 5-5(10/10) 粘性ダンパ 耐震評価結果

強度部材：⑥下部六角ボルト（材料：）

本体 型式	使用荷重		強度部材仕様		引張応力		せん断応力		評価
	水平 方向	鉛直 方向			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P <sub>h</sub> (kN)	P <sub>v</sub> (kN)	M (mm)	n (本)	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
108/57	1.75	1.2			4	480	6	370	○
159/76	8.1	4.5			15	480	26	370	○
219/108	15.5	8.5			27	480	50	370	○
219/159	10	7			23	480	32	370	○
325/159	68	27			22	480	55	370	○
325/219	46	25			20	480	37	370	○
426/219	120	47			26	480	67	370	○
426/325	80	44			25	480	45	370	○
630/325	260	100			25	480	64	370	○
630/426	350	140			35	465	86	370	○

表 5-6(1/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：①イーヤ（材料：）（1/2）

穴部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	D (mm)	T (mm)	C (mm)	B (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.381								2	156	2	90	4	212	○	
02	0.541								3	156	3	90	6	212	○	
03	0.701								4	156	4	90	8	212	○	
04	0.906								5	156	5	90	10	212	○	
05	1.230								7	156	7	90	13	212	○	
06	1.640								9	156	9	90	18	212	○	
07	2.190								14	156	14	90	19	204	○	
08	2.920								18	156	18	90	25	204	○	
09	3.920								24	156	24	90	33	204	○	
10	5.230								16	156	16	90	25	204	○	
11	6.780								20	156	20	90	32	204	○	
12	8.770								14	156	14	90	25	204	○	
13	11.69								18	156	18	90	33	204	○	
14	15.78								27	156	27	90	37	204	○	
15	20.75								35	156	35	90	49	204	○	
16	28.05								47	156	47	90	65	204	○	
17	39.16								39	156	40	90	59	187	○	
18	52.31								59	156	59	90	69	187	○	
19	69.55								59	150	60	86	66	187	○	
20	92.06								53	150	53	86	66	187	○	
21	122.74								49	150	49	86	66	187	○	
22	163.65								40	150	40	86	57	187	○	
23	216.26								41	150	41	86	71	187	○	

表5-6(2/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：①イーヤ（材料：）（2/2）  
溶接部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生 応力	許容* 応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.381					2	40	○
02	0.541					2	40	○
03	0.701					3	40	○
04	0.906					3	40	○
05	1.230					4	40	○
06	1.640					6	40	○
07	2.190					7	40	○
08	2.920					10	40	○
09	3.920					13	40	○
10	5.230					10	40	○
11	6.780					13	40	○
12	8.770					13	40	○
13	11.69					17	40	○
14	15.78					22	40	○
15	20.75					29	40	○
16	28.05					28	40	○
17	39.16					28	40	○
18	52.31					30	40	○
19	69.55					29	38	○
20	92.06					30	38	○
21	122.74					29	38	○
22	163.65					29	38	○
23	216.26					30	38	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-6(3/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：②上ブタ（材料：）（1/2）

本体

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様							曲げ応力		評価
		T <sub>1</sub> (mm)	a (mm)	T (mm)	C (mm)	b (mm)	b / a	β <sub>s</sub>	発生 応力 F <sub>b</sub> (MPa)	許容 応力 f <sub>b</sub> (MPa)	
01	0.381								7	180	○
02	0.541								10	180	○
03	0.701								13	180	○
04	0.906								22	180	○
05	1.230								30	180	○
06	1.640								40	180	○
07	2.190								53	180	○
08	2.920								70	180	○
09	3.920								94	180	○
10	5.230								50	180	○
11	6.780								64	180	○
12	8.770								46	180	○
13	11.69								61	180	○
14	15.78								83	180	○
15	20.75								109	180	○
16	28.05								97	180	○
17	39.16								112	180	○
18	52.31								150	180	○
19	69.55								108	173	○
20	92.06								124	173	○
21	122.74								110	173	○
22	163.65								103	173	○
23	216.26								122	173	○

表 5-6(4/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：②上ブタ（材料：）（2/2）  
溶接部

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様				せん断応力		評価
		J (mm)	a (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力 F <sub>s</sub> (MPa)	許容* 応力 f <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.381					1	40	○
02	0.541					1	40	○
03	0.701					2	40	○
04	0.906					2	40	○
05	1.230					2	40	○
06	1.640					2	40	○
07	2.190					3	40	○
08	2.920					4	40	○
09	3.920					5	40	○
10	5.230					6	40	○
11	6.780					8	40	○
12	8.770					8	40	○
13	11.69					10	40	○
14	15.78					13	40	○
15	20.75					17	40	○
16	28.05					18	40	○
17	39.16					26	40	○
18	52.31					30	40	○
19	69.55					27	38	○
20	92.06					32	38	○
21	122.74					29	38	○
22	163.65					35	38	○
23	216.26					35	38	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-6(5/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：③ばね座（吊り型）(本体型式01～18 材料 , 本体型式19～23 プレート材料 , パイプ材料 )

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様													外輪 曲げ応力		内輪 曲げ応力		外輪せん 断応力		内輪せん 断応力		引張 応力		評価
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	外輪	内輪	外輪	内輪	A <sub>t</sub>	F <sub>b</sub>	f <sub>b</sub>	F <sub>b</sub>	f <sub>b</sub>	F <sub>s</sub>	f <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	f <sub>s</sub>	F <sub>t</sub>	f <sub>t</sub>	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	β <sub>g</sub>	β <sub>g</sub>	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
01	0.381														12	194	19	194	-	-	-	-	-	-	○
02	0.541														17	194	27	194	-	-	-	-	-	-	○
03	0.701														22	194	35	194	-	-	-	-	-	-	○
04	0.906														22	194	29	194	-	-	-	-	-	-	○
05	1.230														29	194	39	194	-	-	-	-	-	-	○
06	1.640														40	194	52	194	-	-	-	-	-	-	○
07	2.190														54	194	61	194	-	-	-	-	-	-	○
08	2.920														72	194	81	194	-	-	-	-	-	-	○
09	3.920														93	194	108	194	-	-	-	-	-	-	○
10	5.230														73	194	92	194	-	-	-	-	-	-	○
11	6.780														94	194	118	194	-	-	-	-	-	-	○
12	8.770														48	194	58	194	-	-	-	-	-	-	○
13	11.69														65	194	77	194	-	-	-	-	-	-	○
14	15.78														88	194	92	194	-	-	-	-	-	-	○
15	20.75														117	194	121	194	-	-	-	-	-	-	○
16	28.05														64	194	78	194	-	-	-	-	-	-	○
17	39.16														90	194	98	194	-	-	-	-	-	-	○
18	52.31														122	194	121	194	-	-	-	-	-	-	○
19	69.55														106	173	143	173	19	72	17	72	20	126	○
20	92.06														108	173	138	173	24	72	22	72	26	126	○
21	122.74														116	173	136	173	32	72	29	72	34	126	○
22	163.65														101	158	111	158	35	72	26	72	45	126	○
23	216.26														109	158	112	158	45	72	34	72	60	126	○

表 5-6(6/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：④ハンガロッド (材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.381			4	117	○
02	0.541			5	117	○
03	0.701			7	117	○
04	0.906			9	117	○
05	1.230			11	117	○
06	1.640			15	117	○
07	2.190			11	117	○
08	2.920			15	117	○
09	3.920			20	117	○
10	5.230			17	112	○
11	6.780			22	112	○
12	8.770			20	112	○
13	11.69			26	112	○
14	15.78			23	112	○
15	20.75			30	112	○
16	28.05			40	112	○
17	39.16			39	112	○
18	52.31			38	103	○
19	69.55			39	103	○
20	92.06			38	103	○
21	122.74			39	103	○
22	163.65			41	103	○
23	216.26			44	103	○

表 5-6(7/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑤ケース（材料：）

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様				引張応力		評価
						発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	T (mm)	D (mm)	J (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.381					1	156	○
02	0.541					1	156	○
03	0.701					1	156	○
04	0.906					1	156	○
05	1.230					1	156	○
06	1.640					2	156	○
07	2.190					2	156	○
08	2.920					3	156	○
09	3.920					3	156	○
10	5.230					4	156	○
11	6.780					5	156	○
12	8.770					5	156	○
13	11.69					6	156	○
14	15.78					8	156	○
15	20.75					11	156	○
16	28.05					12	156	○
17	39.16					16	156	○
18	52.31					22	156	○
19	69.55					17	156	○
20	92.06					23	156	○
21	122.74					20	156	○
22	163.65					25	156	○
23	216.26					25	156	○



表 5-6(8/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑥下ブタ（材料：）（1/2）

本体

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評価
							発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	b / a	$\beta_{10}$	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	
01	0.381						2	180	○
02	0.541						3	180	○
03	0.701						4	180	○
04	0.906						5	180	○
05	1.230						9	180	○
06	1.640						9	180	○
07	2.190						11	180	○
08	2.920						14	180	○
09	3.920						23	180	○
10	5.230						32	180	○
11	6.780						42	180	○
12	8.770						26	180	○
13	11.69						34	180	○
14	15.78						43	180	○
15	20.75						54	180	○
16	28.05						49	180	○
17	39.16						66	180	○
18	52.31						84	180	○
19	69.55						74	180	○
20	92.06						94	180	○
21	122.74						120	180	○
22	163.65						141	173	○
23	216.26						130	173	○

表 5-6(9/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑥下ブタ（材料：）（2/2）

溶接部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生 応力	許容* 応力	
		P (kN)	J (mm)	a (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.381					1	40	○
02	0.541					1	40	○
03	0.701					2	40	○
04	0.906					2	40	○
05	1.230					2	40	○
06	1.640					2	40	○
07	2.190					3	40	○
08	2.920					4	40	○
09	3.920					5	40	○
10	5.230					6	40	○
11	6.780					8	40	○
12	8.770					8	40	○
13	11.690					10	40	○
14	15.780					13	40	○
15	20.750					17	40	○
16	28.050					18	40	○
17	39.160					26	40	○
18	52.310					30	40	○
19	69.550					27	40	○
20	92.060					32	40	○
21	122.74					29	40	○
22	163.65					35	38	○
23	216.26					35	38	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-6(10/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑦ターンバックル（材料：）

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様				引張応力		評価
		$K_t$ (mm)	$K_d$ (mm)	G (mm)	$A_t$ (mm <sup>2</sup> )	発生 応力 $F_t$ (MPa)	許容 応力 $f_t$ (MPa)	
01	0.381					2	168	○
02	0.541					2	168	○
03	0.701					3	168	○
04	0.906					3	168	○
05	1.230					4	168	○
06	1.640					5	168	○
07	2.190					4	168	○
08	2.920					5	168	○
09	3.920					6	168	○
10	5.230					8	168	○
11	6.780					10	168	○
12	8.770					9	168	○
13	11.69					12	168	○
14	15.78					10	168	○
15	20.75					13	168	○
16	28.05					18	168	○
17	39.16					21	137	○
18	52.31					25	137	○
19	69.55					26	137	○
20	92.06					33	137	○
21	122.74					41	137	○
22	163.65					52	137	○
23	216.26					43	137	○

表 5-6(11/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑧クレビス（材料：）

本体

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
										F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01~06	1.640									5	156	5	90	9	212	○
07~09	3.920									12	156	12	90	17	204	○
10~11	6.780									10	156	12	90	16	204	○
12~13	11.69									12	156	11	90	17	204	○
14~16	28.05									15	156	15	90	25	204	○
17	39.16									14	150	13	86	25	187	○
18	52.31									20	150	17	86	29	187	○
19	69.55									20	150	19	86	33	187	○
20	92.06									29	150	23	86	38	187	○
21	122.74									44	150	30	86	44	187	○
22	163.65									75	156	45	90	64	187	○
23	216.26									76	156	63	90	80	187	○

溶接部

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様				せん断応力		評価
		C (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容* 応力	
						F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
22	163.65					22	38	○
23	216.26					25	38	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-6(12/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑨ピン（材料：）

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様				曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	L (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01~06	1.640					31	212	5	90	33	156	○
07~09	3.920					38	204	7	86	40	150	○
10~11	6.780					57	204	8	86	59	150	○
12~13	11.69					61	204	9	86	63	150	○
14~16	28.05					100	204	14	86	103	150	○
17	39.16					101	187	15	79	105	137	○
18	52.31					115	187	15	79	118	137	○
19	69.55					96	187	15	79	100	137	○
20	92.06					90	187	15	79	94	137	○
21	122.74					86	187	14	79	90	137	○
22	163.65					82	187	17	79	88	137	○
23	216.26					90	187	20	79	97	137	○

表 5-6(13/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑩ロッド（材料：）

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.381			4	117	○
02	0.541			5	117	○
03	0.701			7	117	○
04	0.906			9	117	○
05	1.230			11	117	○
06	1.640			15	117	○
07	2.190			11	117	○
08	2.920			15	117	○
09	3.920			20	117	○
10	5.230			17	112	○
11	6.780			22	112	○
12	8.770			20	112	○
13	11.69			26	112	○
14	15.78			23	112	○
15	20.75			30	112	○
16	28.05			40	112	○
17	39.16			39	112	○
18	52.31			38	103	○
19	69.55			39	103	○
20	92.06			38	103	○
21	122.74			39	103	○
22	163.65			41	103	○
23	216.26			44	103	○

表 5-6(14/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：①ロードコラム(本体型式01~18 材料：)，本体型式19~23 材料：)

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価
		P (kN)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	L (mm)	E (MPa)	A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> )	F (MPa)	発生 応力	
	F <sub>c</sub> (MPa)								f <sub>c</sub> (MPa)	
01	0.381							1	122	○
02	0.541							2	122	○
03	0.701							2	122	○
04	0.906							2	124	○
05	1.230							2	124	○
06	1.640							3	124	○
07	2.190							4	124	○
08	2.920							5	124	○
09	3.920							6	124	○
10	5.230							6	124	○
11	6.780							7	124	○
12	8.770							6	125	○
13	11.69							8	125	○
14	15.78							10	125	○
15	20.75							13	125	○
16	28.05							21	125	○
17	39.16							29	125	○
18	52.31							39	125	○
19	69.55							25	125	○
20	92.06							33	125	○
21	122.74							43	125	○
22	163.65							58	125	○
23	216.26							76	125	○

表 5-6(15/15) スプリングハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑫ばね座（置き型）(本体 型式01～18 材料 )，本体型 式19～23 プレ ート材料 )，パイプ材 料 )

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		評価
		D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	T <sub>2</sub> (mm)	$\beta_9$	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
								F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.381							12	194	-	-	○
02	0.541							17	194	-	-	○
03	0.701							22	194	-	-	○
04	0.906							22	194	-	-	○
05	1.230							29	194	-	-	○
06	1.640							40	194	-	-	○
07	2.190							54	194	-	-	○
08	2.920							72	194	-	-	○
09	3.920							93	194	-	-	○
10	5.230							73	194	-	-	○
11	6.780							94	194	-	-	○
12	8.770							48	194	-	-	○
13	11.69							65	194	-	-	○
14	15.78							88	194	-	-	○
15	20.75							117	194	-	-	○
16	28.05							64	194	-	-	○
17	39.16							90	194	-	-	○
18	52.31							122	194	-	-	○
19	69.55							106	173	19	72	○
20	92.06							108	173	24	72	○
21	122.74							116	173	32	72	○
22	163.65							101	158	35	72	○
23	216.26							109	158	45	72	○



表 5-7(1/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：①ばね座（材料：）

本体 型式	ばね座 にかか る荷重	強度部材仕様				曲げ応力		評価
						発生 応力	許容 応力	
	F A (kN)	A (mm)	D (mm)	T (mm)	$\beta_9$	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	
01	0.898					74	180	○
02	1.038					85	180	○
03	1.235					101	180	○
04	2.223					84	180	○
05	2.659					100	180	○
06	3.129					118	180	○

表 5-7(2/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：②テンションロッド（材料：）（1/3）  
 本体

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	F (kN)	M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.898			8	117	○
02	1.038			10	117	○
03	1.235			11	117	○
04	2.223			20	117	○
05	2.659			24	117	○
06	3.129			28	117	○

表 5-7(3/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：②テンションロッド（材料：）（2/3）  
穴部

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	F (kN)	R (mm)	B (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	D (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.898									5	156	5	90	15	212	○
02	1.038									6	156	6	90	18	212	○
03	1.235									7	156	7	90	21	212	○
04	2.223									14	156	14	90	24	212	○
05	2.659									16	156	16	90	28	212	○
06	3.129									19	156	19	90	33	212	○

表 5-7(4/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：②テンションロッド（材料：）(3/3)  
溶接部

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生 応力	許容* 応力	
	F (kN)	H (mm)	L (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.898				4	40	○
02	1.038				4	40	○
03	1.235				5	40	○
04	2.223				9	40	○
05	2.659				11	40	○
06	3.129				12	40	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため，設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-7(5/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：③テンションロッドピン (材料：)

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		F (kN)	L (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	
01	0.898						88	212	6	90	89	156	○
02	1.038						101	212	7	90	102	156	○
03	1.235						120	212	8	90	121	156	○
04	2.223						53	212	6	90	55	156	○
05	2.659						63	212	7	90	65	156	○
06	3.129						74	212	8	90	76	156	○

表 5-7(6/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：④リンクプレート（材料：）(1/2)  
 テンションロッド側穴部

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		F (kN)	R (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	B (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.898									6	156	7	90	8	212	○
02	1.038									7	156	8	90	9	212	○
03	1.235									8	156	9	90	11	212	○
04	2.223									14	156	16	90	12	212	○
05	2.659									17	156	19	90	14	212	○
06	3.129									20	156	22	90	17	212	○

表 5-7(7/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：④リンクプレート（材料：）(2/2)  
アジャストピン側穴部

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	F (kN)	R (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	B (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.898									8	156	8	90	7	212	○
02	1.038									9	156	9	90	8	212	○
03	1.235									11	156	11	90	9	212	○
04	2.223									16	156	16	90	12	212	○
05	2.659									19	156	19	90	14	212	○
06	3.129									22	156	22	90	17	212	○

表 5-7(8/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑤アジャストピン (材料：)

本体 型式	ばね 荷重	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
								発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	F (kN)	S (mm)	L (mm)	T (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.898							11	204	4	86	13	150	○
02	1.038							13	204	5	86	16	150	○
03	1.235							15	204	6	86	19	150	○
04	2.223							12	204	6	86	16	150	○
05	2.659							14	204	7	86	19	150	○
06	3.129							16	204	8	86	22	150	○



表 5-7(9/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑥ロードブロックピン（材料：）

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	S (mm)	G (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.638						4	204	2	86	6	150	○
02	0.864						6	204	3	86	8	150	○
03	1.155						8	204	3	86	10	150	○
04	1.617						11	204	5	86	14	150	○
05	2.211						14	204	6	86	18	150	○
06	2.981						19	204	8	86	24	150	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

表 5-7(10/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑦回転アーム（材料：）

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	R (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	B (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.638									2	156	2	90	4	212	○
02	0.864									3	156	3	90	5	212	○
03	1.155									4	156	4	90	7	212	○
04	1.617									5	156	5	90	9	212	○
05	2.211									6	156	6	90	12	212	○
06	2.981									8	156	8	90	16	212	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用。

表 5-7(11/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑧アッパープレート（材料：）（1/2）  
 本体

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評価
		S <sub>1</sub> (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	発生 応力	許容 応力	
							F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	
01	0.638						20	180	○
02	0.864						26	180	○
03	1.155						35	180	○
04	1.617						49	180	○
05	2.211						67	180	○
06	2.981						90	180	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

表 5-7(12/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑧アッパープレート（材料：）（2/2）  
溶接部

本体 型式	定格*1 荷重 P (kN)	強度部材仕様			せん断応力		評価
		C <sub>1</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力 F <sub>s</sub> (MPa)	許容 応力 f <sub>s</sub> *2 (MPa)	
01	0.638				3	40	○
02	0.864				4	40	○
03	1.155				5	40	○
04	1.617				6	40	○
05	2.211				8	40	○
06	2.981				11	40	○

注記\*1：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

\*2：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-7(13/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑨イーヤ（材料：）(1/2)  
穴部

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		P (kN)	d (mm)	D (mm)	T (mm)	R (mm)	B (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	
	F <sub>t</sub> (MPa)										f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
01	0.638									2	156	2	90	4	212	○
02	0.864									3	156	3	90	5	212	○
03	1.155									4	156	4	90	7	212	○
04	1.617									5	156	5	90	9	212	○
05	2.211									6	156	6	90	12	212	○
06	2.981									8	156	8	90	16	212	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用。

表 5-7(14/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑨イーヤ（材料：）（2/2）  
溶接部

本体 型式	定格 <sup>*1</sup> 荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生 応力	許容 <sup>*2</sup> 応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
01	0.638					2	40	○
02	0.864					2	40	○
03	1.155					2	40	○
04	1.617					3	40	○
05	2.211					4	40	○
06	2.981					5	40	○

注記\*1：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

\*2：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-7(15/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑩ピン（材料：）

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	L (mm)	B (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.638						3	212	2	90	5	156	○
02	0.864						4	212	3	90	7	156	○
03	1.155						5	212	3	90	8	156	○
04	1.617						7	212	5	90	12	156	○
05	2.211						9	212	6	90	14	156	○
06	2.981						12	212	8	90	19	156	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

表 5-7(16/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑩ハンガロッド（材料：）

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
01	0.638			6	117	○
02	0.864			8	117	○
03	1.155			11	117	○
04	1.617			15	117	○
05	2.211			20	117	○
06	2.981			27	117	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用



表 5-7(17/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑫ターンバックル（材料：）

本体 型式	定格* 荷重	強度部材仕様				引張応力		評価
						発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	$K_t$ (mm)	$K_d$ (mm)	G (mm)	$A_t$ (mm <sup>2</sup> )	$F_t$ (MPa)	$f_t$ (MPa)	
01	0.638					2	168	○
02	0.864					3	168	○
03	1.155					4	168	○
04	1.617					5	168	○
05	2.211					7	168	○
06	2.981					9	168	○

注記\*：荷重調整範囲の最大値として、定格荷重を1.1倍した値を使用

表 5-7(18/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑬メインピン（材料：）

本体 型式	メインピンにかか る荷重	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価	
		P F (kN)	S <sub>1</sub> (mm)	S (mm)	T (mm)	d (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力		許容 応力
									F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)		f <sub>t</sub> (MPa)
01	1.074							39	212	7	90	41	156	○	
02	1.315							47	212	9	90	50	156	○	
03	1.646							59	212	11	90	62	156	○	
04	2.679							56	212	12	90	60	156	○	
05	3.368							70	212	15	90	75	156	○	
06	4.207							88	212	19	90	94	156	○	

表 5-7(19/19) コンスタントハンガ 耐震評価結果

強度部材：⑭フレーム（材料：）

本体 型式	メインピ ンにかか る荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生 応力	許容 応力	
		P F (kN)	B (mm)	T (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	
01	1.074				2	90	○
02	1.315				2	90	○
03	1.646				3	90	○
04	2.679				4	90	○
05	3.368				5	90	○
06	4.207				6	90	○

表 5-8(1/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：①クレビスブラケット（材料：）（1/3）

本体

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		P	B	C	T	d	D	A <sub>t</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>p</sub>	F <sub>t</sub>	f <sub>t</sub>	F <sub>s</sub>	f <sub>s</sub>	F <sub>p</sub>	
	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
10	3.43									4	156	6	90	16	212	○
12	5.00									5	156	9	90	18	212	○
16	9.41									10	156	19	90	27	212	○
20	14.7									13	156	17	90	26	212	○
24	21.1									10	156	12	90	22	212	○
30	33.8									13	156	18	90	30	212	○
36	49.5									13	150	16	86	32	204	○
42	61.0									17	150	19	86	33	204	○
48	80.4									25	150	22	86	36	204	○
56	110.0									28	150	20	86	34	204	○
64	147.0									41	150	29	86	40	204	○
72	190.0									34	150	34	86	48	204	○
80	239.0									46	150	34	86	54	204	○

表 5-8(2/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：①クレビスブラケット（材料：）(2/3)  
溶接部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生 応力	許容* 応力	
	P (kN)	C (mm)	h (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	
56	110.0				22	38	○
64	147.0				29	38	○
72	190.0				24	38	○
80	239.0				31	38	○

注記\*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-8(3/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：①クレビスブラケット（材料：）（3/3）  
ピン

本体 型式	定格 荷重  P (kN)	強度部材仕様				曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		L (mm)	d (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	F <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>b</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>m</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
10	3.43					152	212	16	90	154	156	○
12	5.00					94	212	13	90	96	156	○
16	9.41					90	204	15	86	94	150	○
20	14.7					136	204	17	86	139	150	○
24	21.1					120	204	15	86	123	150	○
30	33.8					120	204	17	86	124	150	○
36	49.5					128	187	18	79	132	137	○
42	61.0					119	187	16	79	122	137	○
48	80.4					91	187	15	79	94	137	○
56	110.0					102	187	17	79	106	137	○
64	147.0					89	187	17	79	94	137	○
72	190.0					114	187	19	79	119	137	○
80	239.0					101	187	19	79	106	137	○

表 5-8(4/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：②ターンバックル（本体型式10～48 材料 ，本体形式56～80 材料：）

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	引張応力		評価
			発生応力 F <sub>t</sub> (MPa)	許容応力 f <sub>t</sub> (MPa)	
10	3.43	<input type="checkbox"/>	22	168	○
12	5.00	<input type="checkbox"/>	32	168	○
16	9.41	<input type="checkbox"/>	35	168	○
20	14.7	<input type="checkbox"/>	54	168	○
24	21.1	<input type="checkbox"/>	54	168	○
30	33.8	<input type="checkbox"/>	63	168	○
36	49.5	<input type="checkbox"/>	66	168	○
42	61.0	<input type="checkbox"/>	56	168	○
48	80.4	<input type="checkbox"/>	56	168	○
56	110.0	<input type="checkbox"/>	30	137	○
64	147.0	<input type="checkbox"/>	36	137	○
72	190.0	<input type="checkbox"/>	34	137	○
80	239.0	<input type="checkbox"/>	39	137	○

表 5-8(5/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：③アイボルト（材料：）（1/2）

穴部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様						引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B	T	d	A <sub>t</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>p</sub>	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	T (mm)	d (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
10	3.43							23	156	23	90	32	212	○
12	5.00							33	156	33	90	35	212	○
16	9.41							35	156	35	90	53	212	○
20	14.7							23	156	23	90	39	212	○
24	21.1							33	156	33	90	44	212	○
30	33.8							31	150	31	86	50	204	○
36	49.5							45	150	45	86	63	204	○
42	61.0							47	150	47	86	56	204	○
48	80.4							46	150	46	86	54	204	○
56	110.0							41	150	41	86	53	204	○
64	147.0							46	150	46	86	49	204	○
72	190.0							48	150	48	86	60	204	○
80	239.0							50	150	50	86	67	204	○



表 5-8(6/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：③アイボルト（材料：）（2/2）

ボルト部

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	
10	3.43			44	117	○
12	5.00			45	117	○
16	9.41			47	117	○
20	14.7			47	112	○
24	21.1			47	112	○
30	33.8			48	112	○
36	49.5			49	112	○
42	61.0			45	103	○
48	80.4			45	103	○
56	110.0			45	103	○
64	147.0			46	103	○
72	190.0			47	103	○
80	239.0			48	103	○

表 5-8(7/7) リジットハンガ 耐震評価結果

強度部材：④クランプ（材料：）

本体 型式	定格 荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B	C	T	d	D	A <sub>t</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>p</sub>	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	F <sub>s</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)	F <sub>p</sub> (MPa)	f <sub>p</sub> (MPa)	
10	3.43									16	156	8	90	24	212	○
12	5.00									5	156	9	90	18	212	○
16	9.41									10	156	19	90	27	212	○
20	14.7									13	156	17	90	26	212	○
24	21.1									10	156	12	90	22	212	○
30	33.8									13	156	18	90	30	212	○
36	49.5									13	150	16	86	32	204	○
42	61.0									17	150	19	86	33	204	○
48	80.4									25	150	22	86	36	204	○
56	110.0									28	150	20	86	34	204	○
64	147.0									41	150	29	86	40	204	○
72	190.0									34	150	34	86	48	204	○
80	239.0									46	150	34	86	54	204	○

表 5-9 標準ラグの耐震評価結果

型式番号	最大使用荷重(N)		組合せ応力(MPa)		評 価
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	発生応力	許容応力	
LU-100			51	168	○
LU-150			61	168	○
LU-250			77	168	○
LU-450			78	168	○
LU-600			60	168	○
LU-800			61	168	○
LU-1000			71	168	○
LU-1350			58	168	○

表 5-10 標準Uボルトの耐震評価結果

型式番号	最大使用荷重(N)		ボルト部		サドル部		サドルと鋼材溶接部		評価
			引張応力(MPa)		組合せ応力(MPa)		組合せ応力(MPa)		
	P <sub>v</sub>	P <sub>H</sub>	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
UN-80			163	214	118	214	88	123	○
UN-90			163	214	98	214	75	123	○
UN-100			110	214	120	214	91	123	○
UN-125			146	214	102	214	80	123	○
UN-150			117	205	117	214	82	123	○
UN-200			186	205	114	214	77	123	○
UN-250			186	205	74	214	55	123	○

表 5-11-1 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	88	234	○
				L-100×100×10	66	234	○
				L-100×100×10	131	234	○
				□125×125×6	108	216	○
				□175×175×6	117	216	○
				L-50×50×6	144	234	○
				L-100×100×10	107	234	○
				□100×100×6	88	216	○
				□150×150×6	114	216	○
				□200×200×9	93	216	○
				L-65×65×6	115	234	○
				L-100×100×10	148	234	○
				□100×100×6	120	216	○
				□175×175×6	111	216	○
				□200×200×9	121	216	○

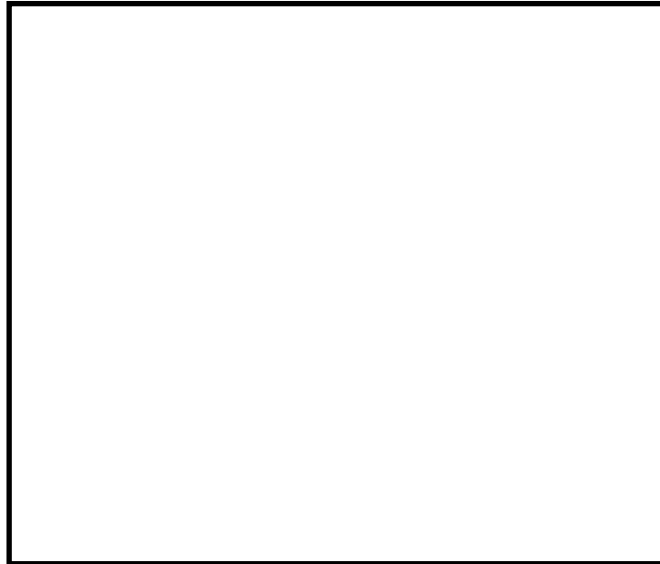


表 5-11-2 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	17	234	○
				L-50×50×6	82	234	○
				L-50×50×6	162	234	○
				L-100×100×10	86	234	○
				L-100×100×10	169	234	○
				L-50×50×6	25	234	○
				L-50×50×6	121	234	○
				L-65×65×6	142	234	○
				L-100×100×10	117	234	○
				□100×100×6	121	216	○
				L-50×50×6	33	234	○
				L-50×50×6	159	234	○
				L-75×75×6	138	234	○
				L-100×100×10	149	234	○
				□125×125×6	96	216	○

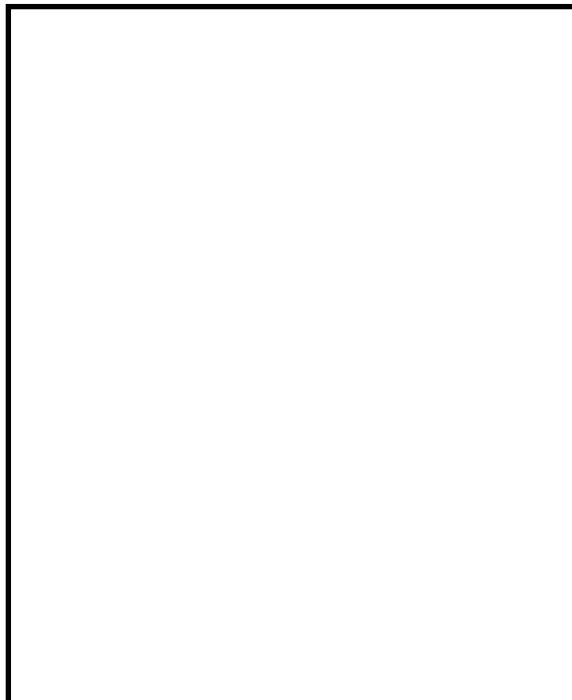


表 5-11-3 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	18	234	○
				L-50×50×6	84	234	○
				L-50×50×6	168	234	○
				L-100×100×10	89	234	○
				L-100×100×10	175	234	○
				L-50×50×6	26	234	○
				L-50×50×6	125	234	○
				L-65×65×6	146	234	○
				L-100×100×10	120	234	○
				□100×100×6	125	216	○
				L-50×50×6	34	234	○
				L-50×50×6	165	234	○
				L-75×75×6	143	234	○
				L-100×100×10	154	234	○
				□125×125×6	98	216	○

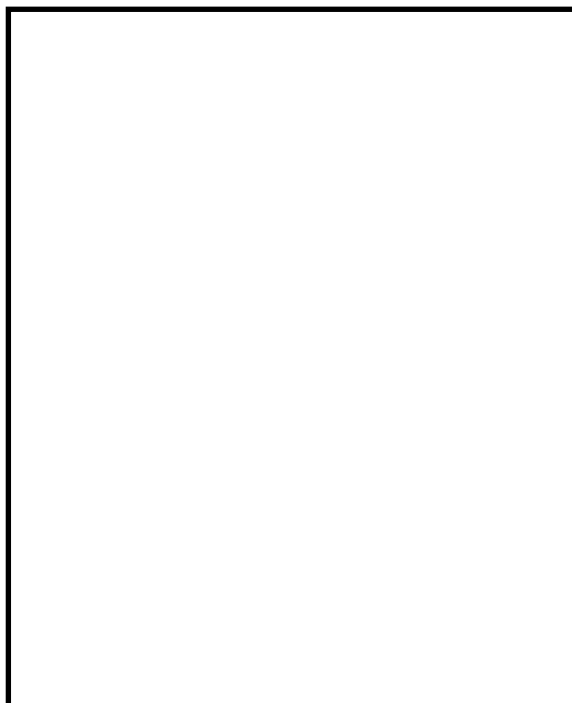


表 5-11-4 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	18	234	○
				L-50×50×6	87	234	○
				L-50×50×6	173	234	○
				L-100×100×10	93	234	○
				□100×100×6	112	216	○
				L-50×50×6	27	234	○
				L-50×50×6	129	234	○
				L-65×65×6	151	234	○
				L-100×100×10	125	234	○
				□100×100×6	131	216	○
				L-50×50×6	35	234	○
				L-50×50×6	171	234	○
				L-75×75×6	148	234	○
				L-100×100×10	159	234	○
				□125×125×6	103	216	○



表 5-11-5 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	46	234	○
				L-65×65×6	130	234	○
				□75×75×4.5	72	216	○
				□100×100×6	99	216	○
				□150×150×6	94	216	○
				L-50×50×6	50	234	○
				L-65×65×6	139	234	○
				L-100×100×10	74	234	○
				□100×100×6	99	216	○
				□125×125×6	128	216	○
				L-50×50×6	61	234	○
				L-65×65×6	169	234	○
				L-100×100×10	87	234	○
				□100×100×6	111	216	○
				□150×150×6	97	216	○





表 5-11-6 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	60	234	○
				L-75×75×6	130	234	○
				L-100×100×10	94	234	○
				□125×125×6	85	216	○
				□150×150×6	121	216	○
				L-50×50×6	63	234	○
				L-75×75×6	135	234	○
				L-100×100×10	96	234	○
				□100×100×6	126	216	○
				□150×150×6	116	216	○
				L-50×50×6	75	234	○
				L-75×75×6	156	234	○
				L-100×100×10	109	234	○
				□125×125×6	87	216	○
				□150×150×6	120	216	○



表 5-11-7 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-50×50×6	82	234	○
				L-100×100×10	66	234	○
				L-100×100×10	129	234	○
				□125×125×6	112	216	○
				□175×175×6	124	216	○
				L-50×50×6	85	234	○
				L-100×100×10	65	234	○
				L-100×100×10	129	234	○
				□125×125×6	106	216	○
				□175×175×6	114	216	○
				L-50×50×6	96	234	○
				L-100×100×10	72	234	○
				L-100×100×10	141	234	○
				□125×125×6	110	216	○
				□175×175×6	113	216	○



表 5-11-8 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-65×65×6	131	234	○
				□100×100×6	69	216	○
				□125×125×6	84	216	○
				□175×175×6	125	216	○
				□200×200×9	135	216	○
				L-65×65×6	162	234	○
				□100×100×6	85	216	○
				□125×125×6	104	216	○
				□200×200×9	84	216	○
				□250×250×12	84	216	○
				L-75×75×6	144	234	○
				□100×100×6	101	216	○
				□125×125×6	122	216	○
				□200×200×9	98	216	○
				□250×250×12	97	216	○

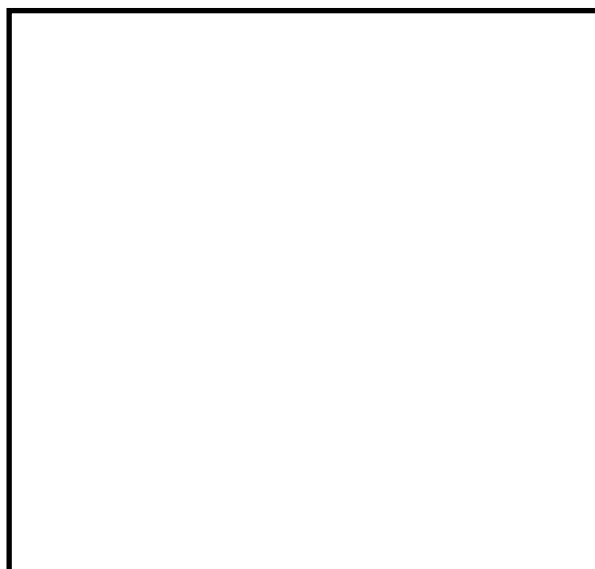


表 5-11-9 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-65×65×6	162	234	○
				□100×100×6	85	216	○
				□125×125×6	104	216	○
				□200×200×9	84	216	○
				□250×250×12	84	216	○
				L-75×75×6	144	234	○
				□100×100×6	101	216	○
				□125×125×6	122	216	○
				□200×200×9	98	216	○
				□250×250×12	97	216	○
				L-75×75×6	168	234	○
				□100×100×6	117	216	○
				□150×150×6	96	216	○
				□200×200×9	113	216	○
				□250×250×12	112	216	○



表 5-11-10 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				L-75×75×6	156	234	○
				□100×100×6	109	216	○
				□150×150×6	89	216	○
				□200×200×9	105	216	○
				□250×250×12	105	216	○
				L-100×100×10	63	234	○
				□100×100×6	125	216	○
				□150×150×6	103	216	○
				□200×200×9	120	216	○
				□250×250×12	119	216	○
				L-100×100×10	71	234	○
				□125×125×6	86	216	○
				□150×150×6	116	216	○
				□200×200×9	135	216	○
				□300×300×12	91	216	○

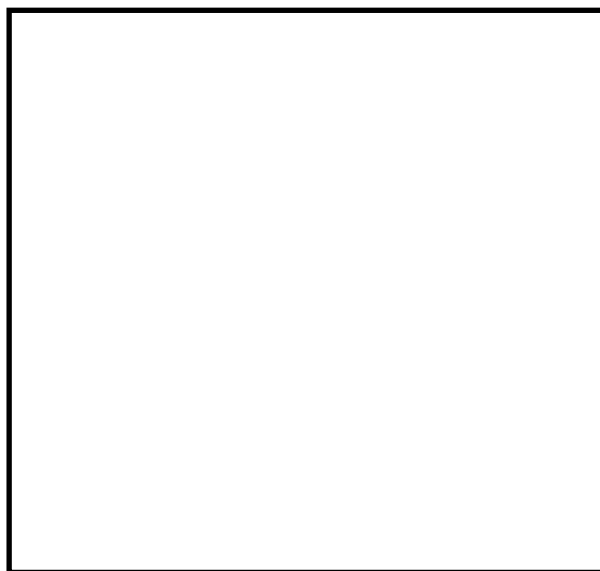


表 5-11-11 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)		評価
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				□75×75×4.5	8	216	○
				□75×75×4.5	34	216	○
				□75×75×4.5	67	216	○
				□100×100×6	89	216	○
				□125×125×6	121	216	○
				□75×75×4.5	13	216	○
				□75×75×4.5	59	216	○
				□100×100×6	54	216	○
				□125×125×6	108	216	○
				□175×175×6	121	216	○
				□75×75×4.5	18	216	○
				□75×75×4.5	87	216	○
				□100×100×6	80	216	○
				□150×150×6	114	216	○
				□200×200×9	97	216	○

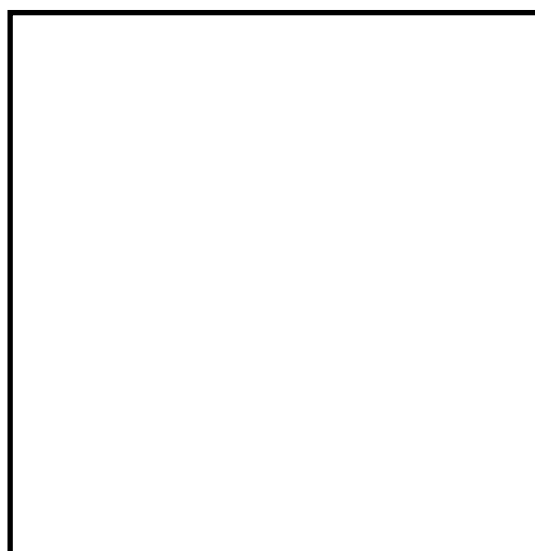


表 5-11-12 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)		評価
H (mm)	L (mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				□75×75×4.5	9	216	○
				□75×75×4.5	34	216	○
				□75×75×4.5	67	216	○
				□100×100×6	91	216	○
				□125×125×6	116	216	○
				□75×75×4.5	13	216	○
				□75×75×4.5	58	216	○
				□100×100×6	52	216	○
				□125×125×6	102	216	○
				□175×175×6	114	216	○
				□75×75×4.5	17	216	○
				□75×75×4.5	83	216	○
				□100×100×6	77	216	○
				□150×150×6	108	216	○
				□200×200×9	92	216	○

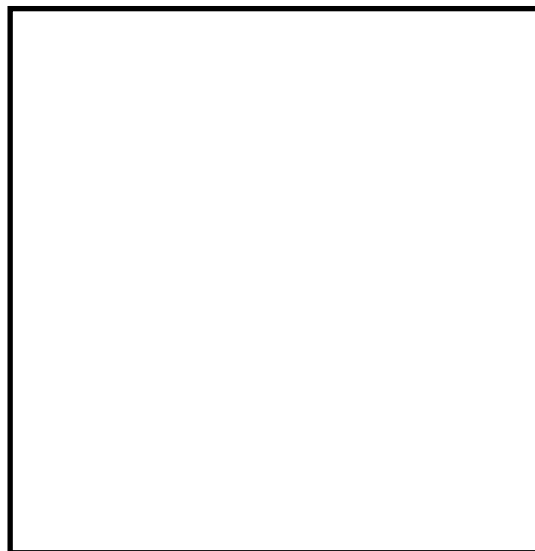


表 5-11-13 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)		評価
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				□75×75×4.5	8	216	○
				□75×75×4.5	32	216	○
				□75×75×4.5	62	216	○
				□100×100×6	88	216	○
				□125×125×6	119	216	○
				□75×75×4.5	13	216	○
				□75×75×4.5	59	216	○
				□100×100×6	54	216	○
				□125×125×6	107	216	○
				□175×175×6	120	216	○
				□75×75×4.5	18	216	○
				□75×75×4.5	87	216	○
				□100×100×6	80	216	○
				□150×150×6	114	216	○
				□200×200×9	97	216	○

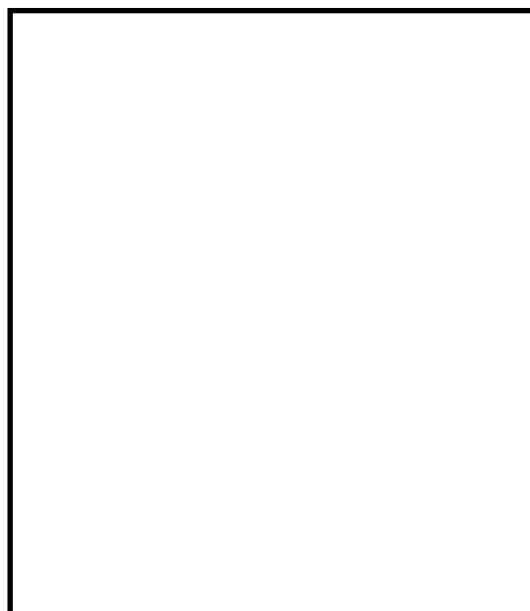




表 5-11-14 支持架構の耐震評価結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)		評価
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力	
				□75×75×4.5	8	216	○
				□75×75×4.5	30	216	○
				□75×75×4.5	60	216	○
				□100×100×6	84	216	○
				□125×125×6	114	216	○
				□75×75×4.5	13	216	○
				□75×75×4.5	56	216	○
				□100×100×6	52	216	○
				□125×125×6	102	216	○
				□175×175×6	114	216	○
				□75×75×4.5	17	216	○
				□75×75×4.5	83	216	○
				□100×100×6	77	216	○
				□150×150×6	108	216	○
				□200×200×9	92	216	○



表 5-12-1 埋込金物の耐震評価結果(プレート)

タイプ	最大使用荷重* (kN)		曲げ・せん断 共存時の応力 (MPa)		評価
	引張荷重	せん断荷重	発生応力	許容応力	
I			235	235	○
V			235	235	○
VI			235	235	○

注記\*：本資料に示す埋込金物の最大使用荷重については、最小裕度部位の発生応力が、許容応力と同値となる場合の荷重をあらかじめ算定し、その値を最大使用荷重として設定している。

表 5-12-2 埋込金物の耐震評価結果(スタッド)

タイプ	最大使用荷重* (kN)		引張応力 (MPa)		評価
	引張荷重	せん断荷重	発生応力	許容応力	
I			83	235	○
V			49	235	○
VI			25	235	○

注記\*：本資料に示す埋込金物の最大使用荷重については、最小裕度部位の発生応力が、許容応力と同値となる場合の荷重をあらかじめ算定し、その値を最大使用荷重として設定している。

表 5-12-3 埋込金物の耐震評価結果(コンクリート)

タイプ	最大使用荷重* (kN)		引張荷重 (kN)				せん断荷重 (kN)		評価
			シアコーン		支圧				
	引張荷重	せん断荷重	発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重	
I			93.9	150.1	93.9	430.6	234.0	300.0	○
V			147.0	634.8	147.0	1024.2	783.3	804.6	○
VI			19.9	85.8	19.9	303.2	206.8	212.7	○

注記\*：本資料に示すタイプの埋込金物の最大使用荷重については、最小裕度部位の発生応力が、許容応力と同値となる場合の荷重をあらかじめ算定し、その値を最大使用荷重として設定している。

## 5.2 代表的な支持構造物の耐震計算例

### 5.2.1 支持構造物の耐震計算例

支持構造物の代表例を表 5-13 に、耐震計算例を表 5-14-1～表 5-14-10 に示す。

なお、本項における耐震計算結果は、代表的な支持構造物の例を示したものであり、本項に記載のない支持構造物についても同様な評価を行う。

### 5.2.2 個別の処置方法

支持構造物の評価において、支持点荷重が定格荷重又は最大使用荷重を超えた場合には、定ピッチ支持方法であれば支持間隔の短縮化等による支持点荷重低減、3次元はりモデル解析であれば使用鋼材又は構造の見直し等により強度向上を図るものとする。

表 5-13 代表的な支持構造物

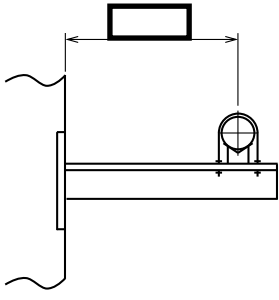
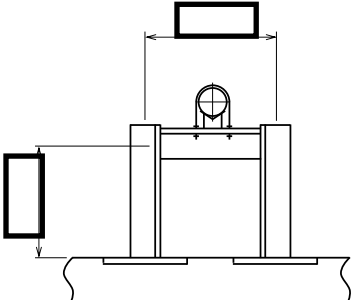
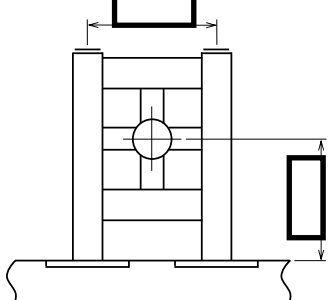
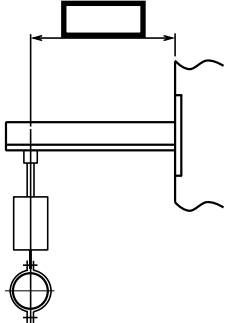
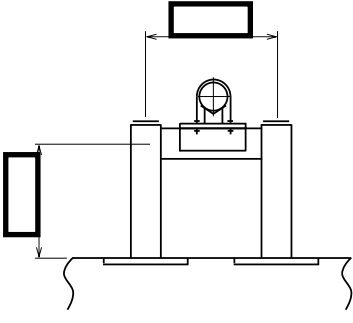
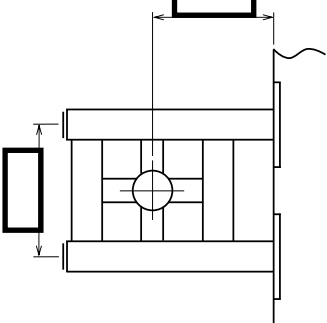
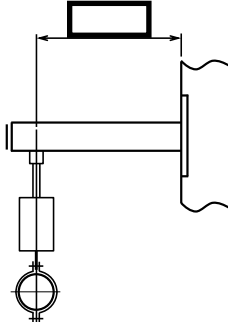
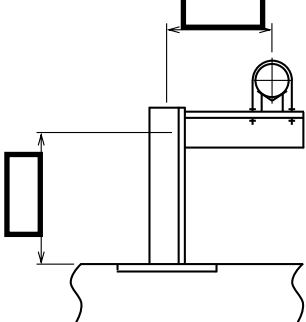
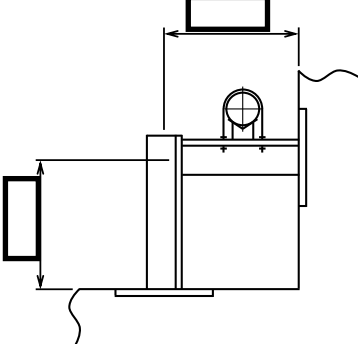
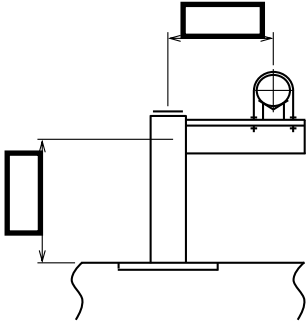
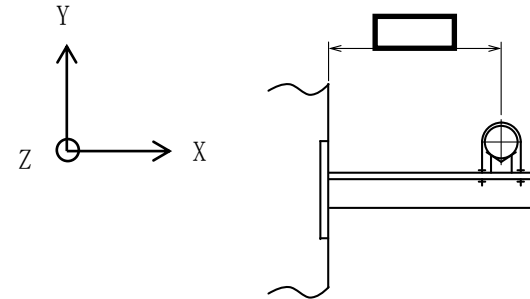
タイプ-1-1	タイプ-3-1	タイプ-5
		
タイプ-1-2	タイプ-3-2	タイプ-6
		
タイプ-1-3	タイプ-4-1	
		
タイプ-2	タイプ-4-2	
		

表 5-14-1 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-1-1)

(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
5000	5000	—



支持構造物計画形状図

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	107	234

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-100	5000	5000	12000	12000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-1 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
34500	5000

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	34500	5000	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-2 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

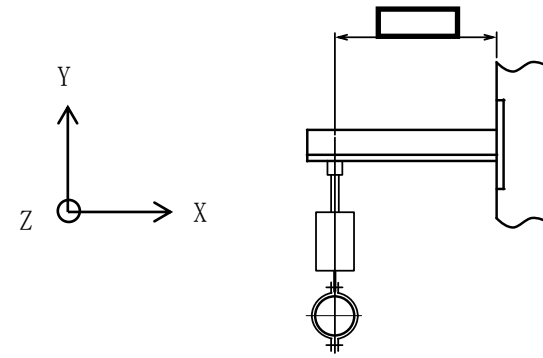
支持構造物評価(タイプ-1-2)

(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
—	5000	—

(2) 支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
オイルスナッパ	06	6



支持構造物計画形状図

評 価	以上より、当該オイルスナッパに作用する支持点荷重は、定格荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

(3) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	104	234

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-2 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
29500	5000

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	29500	5000	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--



表 5-14-3 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

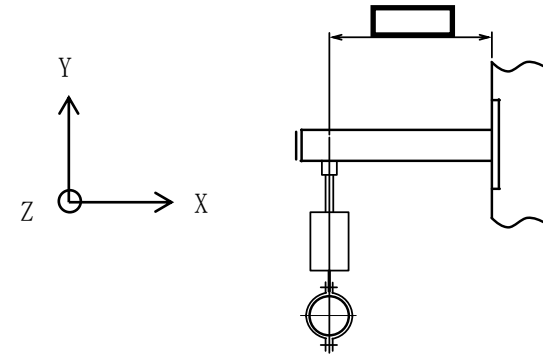
支持構造物評価(タイプ-1-3)

(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
—	10000	—

(2) 支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
メカニカルスナッパ	1	10



支持構造物計画形状図

評 価	以上より、当該メカニカルスナッパに作用する支持点荷重は、定格荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

(3) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	84	216

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-3 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
59000	10000

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	59000	10000	93600	240700

## ③ 評価結果

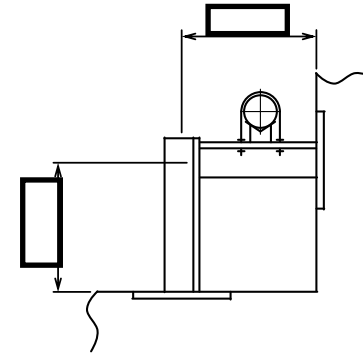
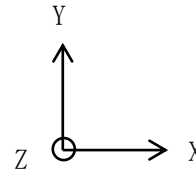
評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-4 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-2)

(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
10000	10000	—



支持構造物計画形状図

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	148	234

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-100	10000	10000	12000	12000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-4 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
22804	6100

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	22804	6100	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-5 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-3-1)

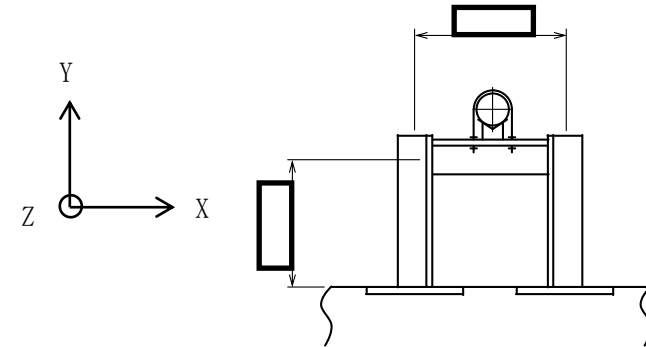
(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
10000	10000	—

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	141	234



支持構造物計画形状図

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-100	10000	10000	12000	12000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-5 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
47848	6212

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	47848	6212	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-6 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-3-2)

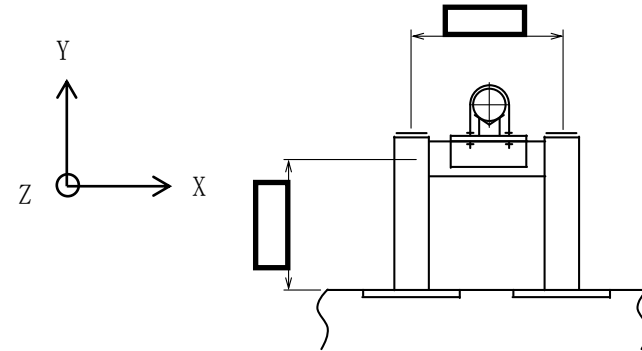
(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
30000	30000	—

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	123	216



支持構造物計画形状図

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-200	30000	30000	32000	32000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-6 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
93608	20496

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
VI	93608	20496	146400	780400

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--



表 5-14-7 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-4-1)

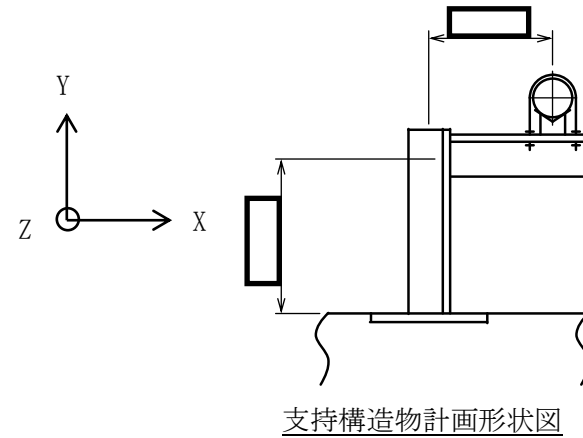
(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
1000	1000	—

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	71	234



② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-100	1000	1000	12000	12000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-7 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
21060	1000

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	21060	1000	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-8 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-4-2)

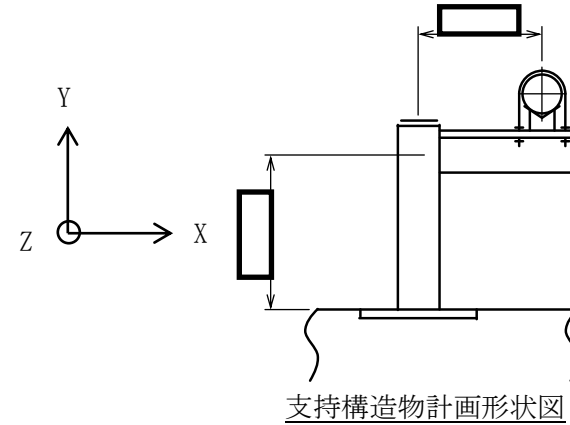
(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
5000	5000	—

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	109	216



② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	UN-100	5000	5000	12000	12000

② 評価結果

評 価	以上より、当該Uボルトに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-8 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
81700	5000

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	81700	5000	93600	240700

## ③ 評価結果

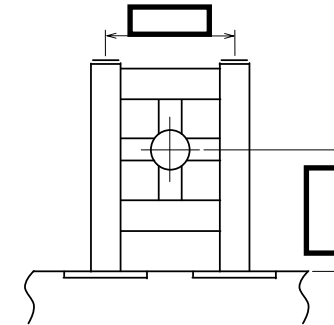
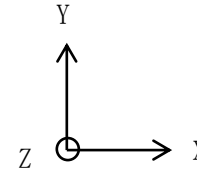
評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-9 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-5)

(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
5000	5000	—



支持構造物計画形状図

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	58	216

② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		圧縮荷重方向	せん断荷重方向	圧縮荷重方向	せん断荷重方向
ラグ	LU-100	5000	5000	9570	9570

② 評価結果

評 価	以上より、当該ラグに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-9 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
24884	2540

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	24884	2540	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--

表 5-14-10 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ-6)

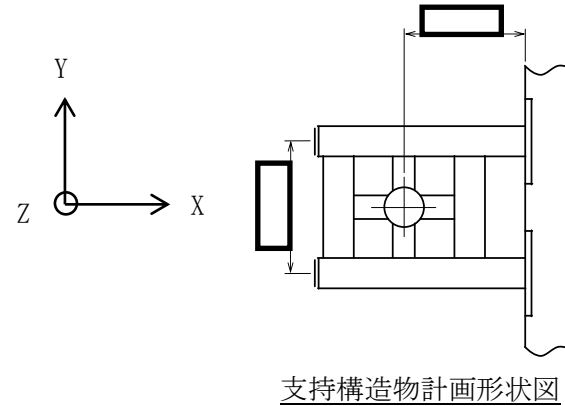
(1) 支持点荷重(N)

$F_x$	$F_y$	$F_z$
5000	5000	—

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	56	216



② 評価結果

評 価	以上より、選定した鋼材サイズの最大発生応力は、許容応力以下であり健全性を確認した。
-----	---

(3) 付属部品

① 支持点荷重及び最大使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		最大使用荷重(N)	
		圧縮荷重方向	せん断荷重方向	圧縮荷重方向	せん断荷重方向
ラグ	LU-100	5000	5000	9570	9570

② 評価結果

評 価	以上より、当該ラグに作用する支持点荷重は、最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	---

表 5-14-10 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

## (4) 埋込金物

## ① 発生荷重

引張 (N)	せん断 (N)
24848	2536

## ② 発生荷重及び最大使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		最大使用荷重 (N)	
	引張	せん断	引張	せん断
I	24848	2536	93600	240700

## ③ 評価結果

評 価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定したタイプの最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
-----	--



## 支持装置の二次評価

## 目 次

1. 二次評価対象の支持装置	1
2. 支持装置の二次評価荷重	1
3. 二次評価荷重適用対象の支持装置の強度評価方法	6
4. 支持装置の二次評価荷重による強度評価結果	47

## 1. 二次評価対象の支持装置

### (1) ロッドレストレイント

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重を超過するもの、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重×1.2を超過するものについては、二次評価を行い、評価を満足するか確認する。

二次評価においては、定格荷重の評価と同様に、ロッドレストレイントの型式ごとの二次評価荷重と配管系の支持点荷重を比較する荷重評価を行う。

### (2) オイルスナップ及びメカニカルスナップ

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重を超過するもの、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける支持点荷重が定格荷重×1.5を超過するものについては、二次評価を行い、評価を満足するか確認する。

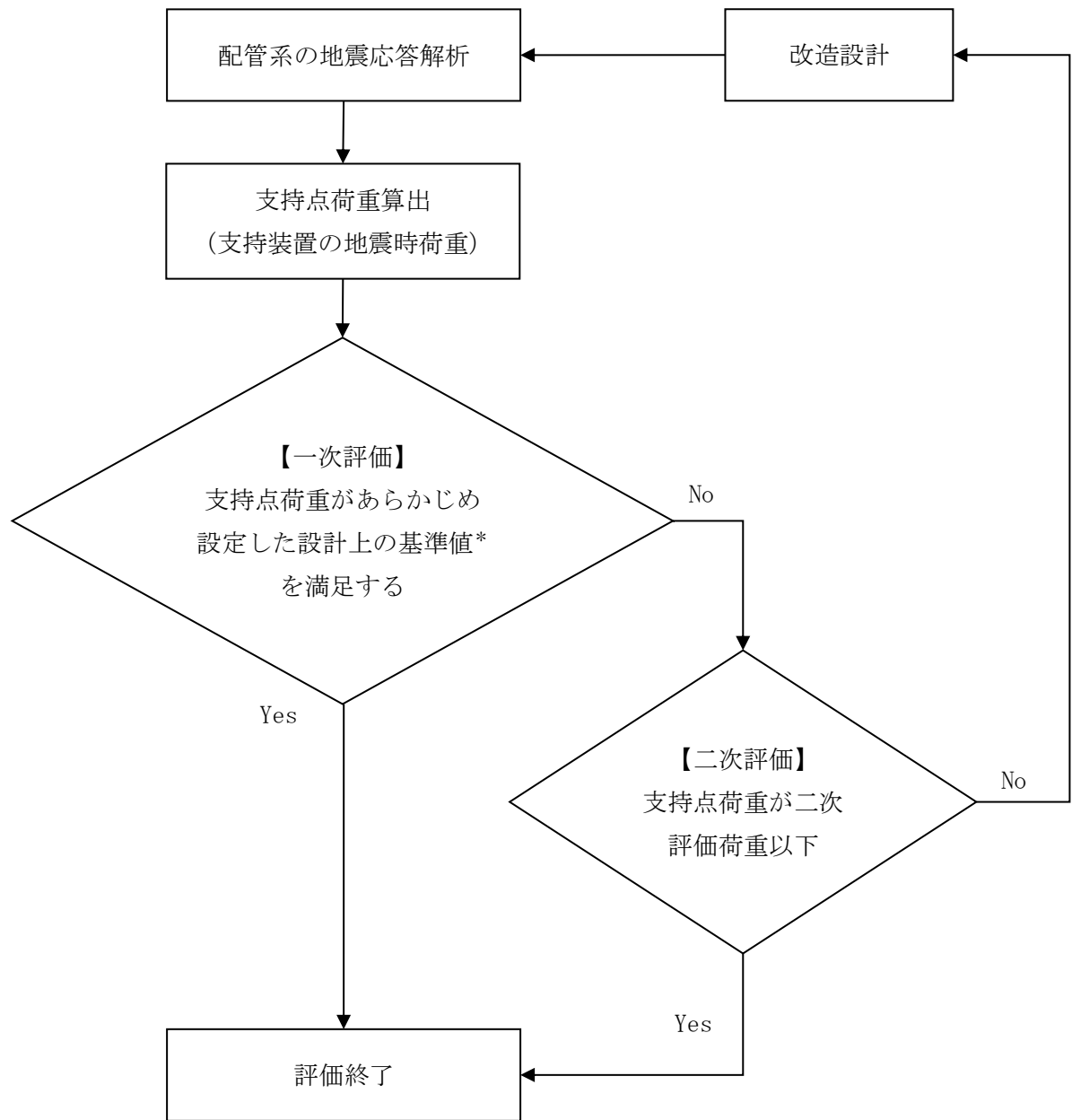
二次評価においては、定格荷重の評価と同様に、オイルスナップ及びメカニカルスナップの型式ごとの二次評価荷重と配管系の支持点荷重を比較する荷重評価を行う。

## 2. 支持装置の二次評価荷重

二次評価荷重は、既往知見における限界耐力値を踏まえて設定した。なお、二次評価荷重設定の際、二次評価荷重に対する構造部材の強度評価を実施し、J E A G 4 6 0 1に規定の許容限界を満足することを確認している。強度評価方法を3章、強度評価結果を4章に示す。

支持装置の地震時荷重が二次評価荷重以下であることを確認し、支持装置の耐震性を担保する。支持装置の評価手順を図2-1に示す。

支持装置の種類及び型式ごとの二次評価荷重を表2-1～表2-3に示す。



注記\*：ロッドレストレイントについては，許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重，許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重×1.2の値，オイルスナップ及びメカニカルスナップについては，許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重，許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重×1.5の値

図 2-1 支持装置の評価手順

表 2-1 ロッドレストレイントの二次評価荷重

本体 型式	定格荷重 (kN)	二次評価荷重Ⅲ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*1</sup>	二次評価荷重Ⅳ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*2</sup>	支持装置 種類
06	9			RSA 型
1	15			RSA 型
3	45			RSA 型
6	90			RSA 型
10	150			RSA 型
16	240			RSA 型
25	375			RSA 型
06	9			RTS 型
1	15			RTS 型
3	45			RTS 型
6	90			RTS 型
10	150			RTS 型
16	240			RTS 型
25	375			RTS 型
60	900			RTS 型

注記\*1：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に、二次評価を行うための許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

\*2：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に、二次評価を行うための許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

表 2-2 オイルスナップの二次評価荷重

本体 型式	定格荷重 (kN)	二次評価荷重Ⅲ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*1</sup>	二次評価荷重Ⅳ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*2</sup>	支持装置 種類
03	3			SHP 型
06	6			SHP 型
1	10			SHP 型
3	30			SHP 型
6	60			SHP 型
10	100			SHP 型
16	160			SHP 型
25	250			SHP 型
03	3			SN-A 型
06	6			SN-A 型
1	10			SN-A 型
3	30			SN-A 型
6	60			SN-A 型
10	100			SN-A 型
16	160			SN-A 型
25	250			SN-A 型
40	400			SN-B 型
60	600			SN-B 型
100	1000			SN-B 型

注記\*1：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に、二次評価を行うための許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

\*2：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に、二次評価を行うための許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

表 2-3 メカニカルスナップの二次評価荷重

本体 型式	定格荷重 (kN)	二次評価荷重Ⅲ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*1</sup>	二次評価荷重Ⅳ <sub>A</sub> S (kN) <sup>*2</sup>	支持装置 種類
01	1			SMS 型
03	3			SMS 型
06	6			SMS 型
1	10			SMS 型
3	30			SMS 型
6	60			SMS 型
10	100			SMS 型
16	160			SMS 型
25	250			SMS 型
40	400			SMS 型
60	600			SMS 型

注記\*1：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に，二次評価を行うための許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

\*2：支持点荷重が定格荷重を超えた場合に，二次評価を行うための許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する許容荷重を示す。

## 3. 二次評価荷重適用対象の支持装置の強度評価方法

二次評価荷重適用対象の支持装置の強度評価方法を以下に示す。

## (1) 記号の定義

支持装置の強度計算式に使用する記号は、次のとおりとする。

記号	単位	定 義
A <sub>c</sub>	mm <sup>2</sup>	圧縮応力計算に用いる断面積
A <sub>p</sub>	mm <sup>2</sup>	支圧応力計算に用いる断面積
A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断応力計算に用いる断面積
A <sub>t</sub>	mm <sup>2</sup>	引張応力計算に用いる断面積
B	mm	せん断面寸法
C, C <sub>1</sub>	mm	引張断面寸法
D, d, D <sub>1</sub> ~D <sub>4</sub>	mm	外径, 内径, 穴径, 軸径
E	MPa	縦弾性係数
e, T <sub>e1</sub> , T <sub>e2</sub>	mm	溶接部のど厚
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, h <sub>1</sub>	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
K	MPa	内圧
L	mm	部材長さ
l <sub>k</sub>	mm	座屈長さ
M	mm	ねじ径
n	本	本数
P	kN, N	許容荷重
R, r <sub>1</sub> , r <sub>2</sub>	mm	半径, 内半径, 外半径
T, t	mm	厚さ
Λ	—	限界細長比
λ	—	部材有効細長比



(2) 強度計算式

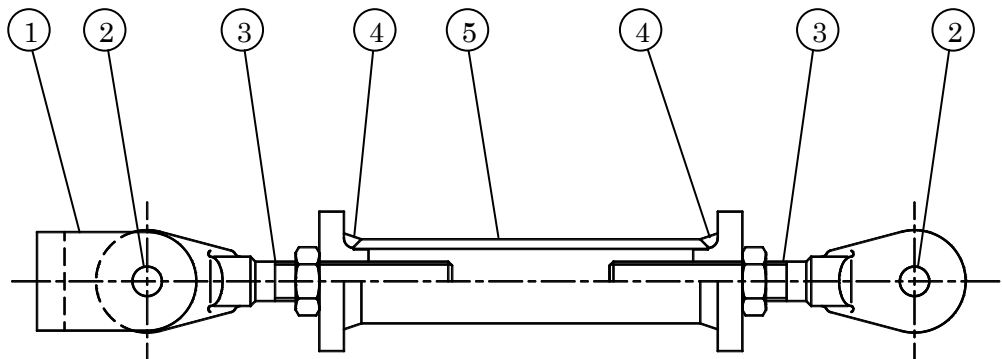
各強度部位の最弱部に発生する各応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

なお、適用型式を明記している評価項目以外は評価部位及び評価式について、型式ごとの違いはない。

a. ロッドレストレイント (RSA 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

- 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



① ブラケット

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 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。

② ピン

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。

③ スヘリカルアイボルト

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。

④ アジャストナット溶接部

i 引張応力評価

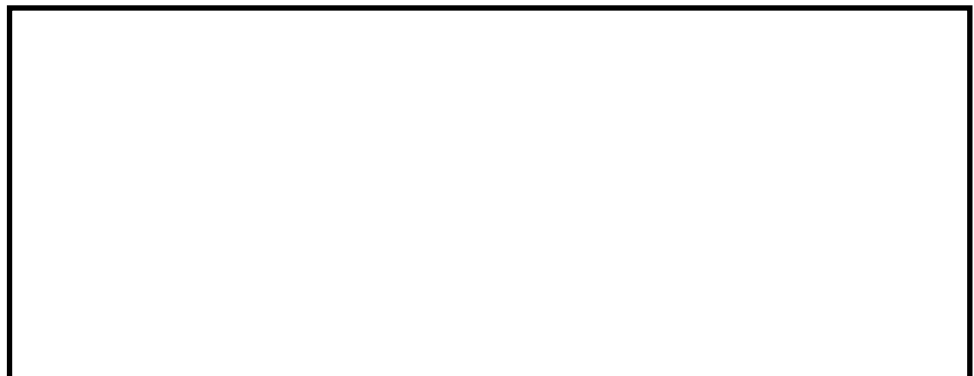
引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。



⑤ パイプ

i 圧縮応力評価

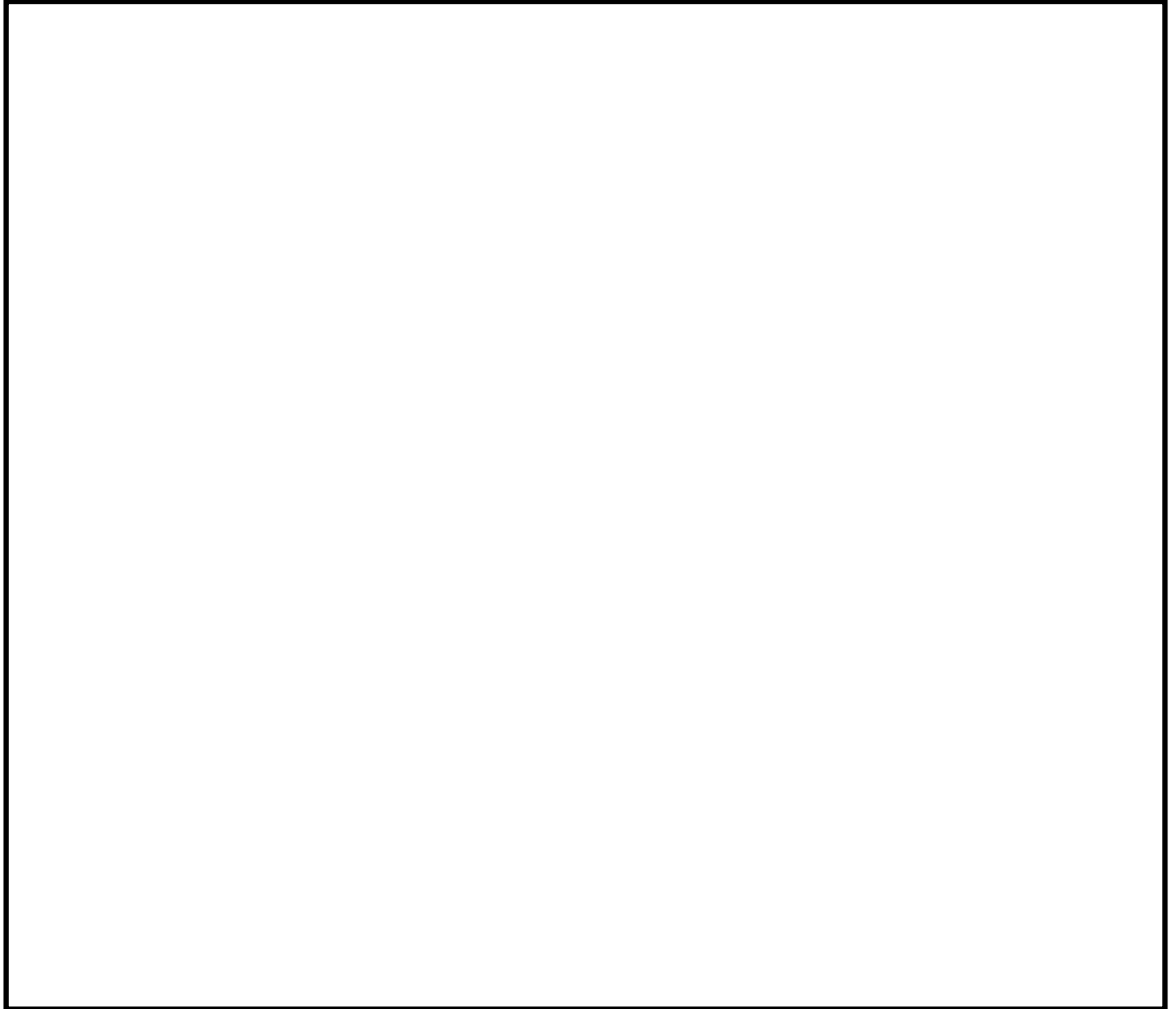
圧縮応力が許容圧縮応力以下であることを確認する。



b. ロッドレストレイント (RTS 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

- ①ブラケット、②ピン、③パイプ、④コネクティングパイプ溶接部、
- ⑤コネクティングイーヤ、⑥インナーチューブ



① ブラケット

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 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。

② ピン

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。

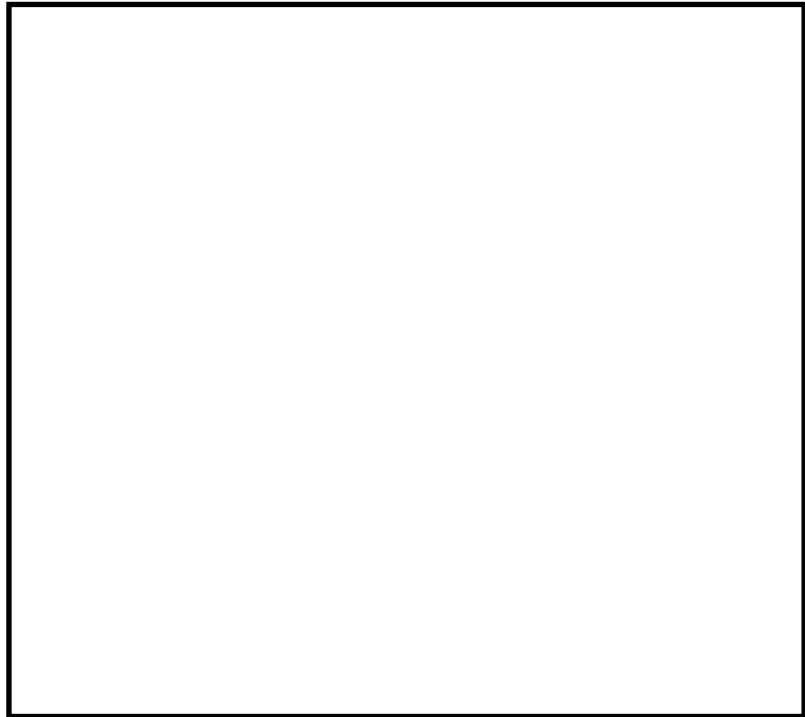
③ パイプ

i パイプ部

(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。

[Redacted content]



ii 溶接A部 (型式 60)

(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 溶接B部 (型式 60)

(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。

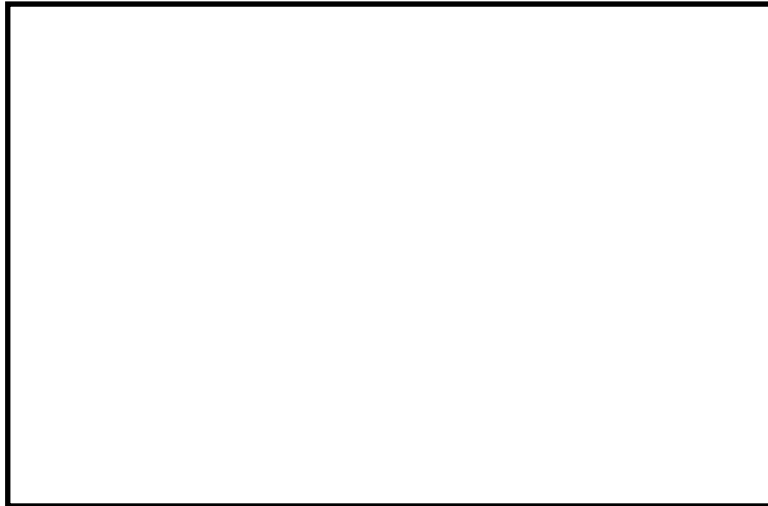
④ コネクティングパイプ溶接部 (型式 06～25)

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。

[Redacted]

[Redacted]



⑤ コネクティングイーヤ (型式 06～25)

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。

[Redacted]

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。

[Redacted]

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。

[Redacted]





⑥ インナーチューブ (型式 60)

i イーヤ穴部

(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

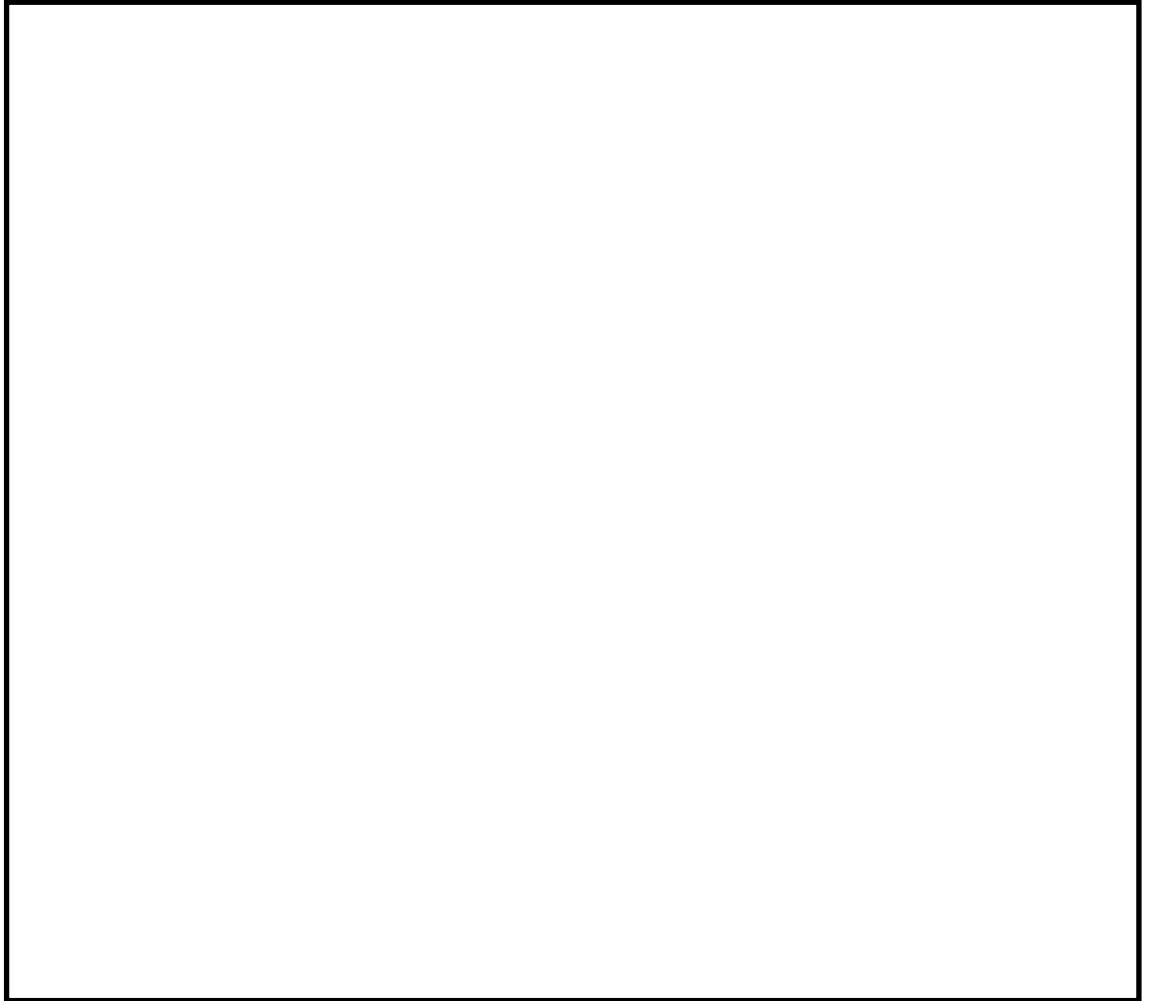
(ii) せん断応力評価

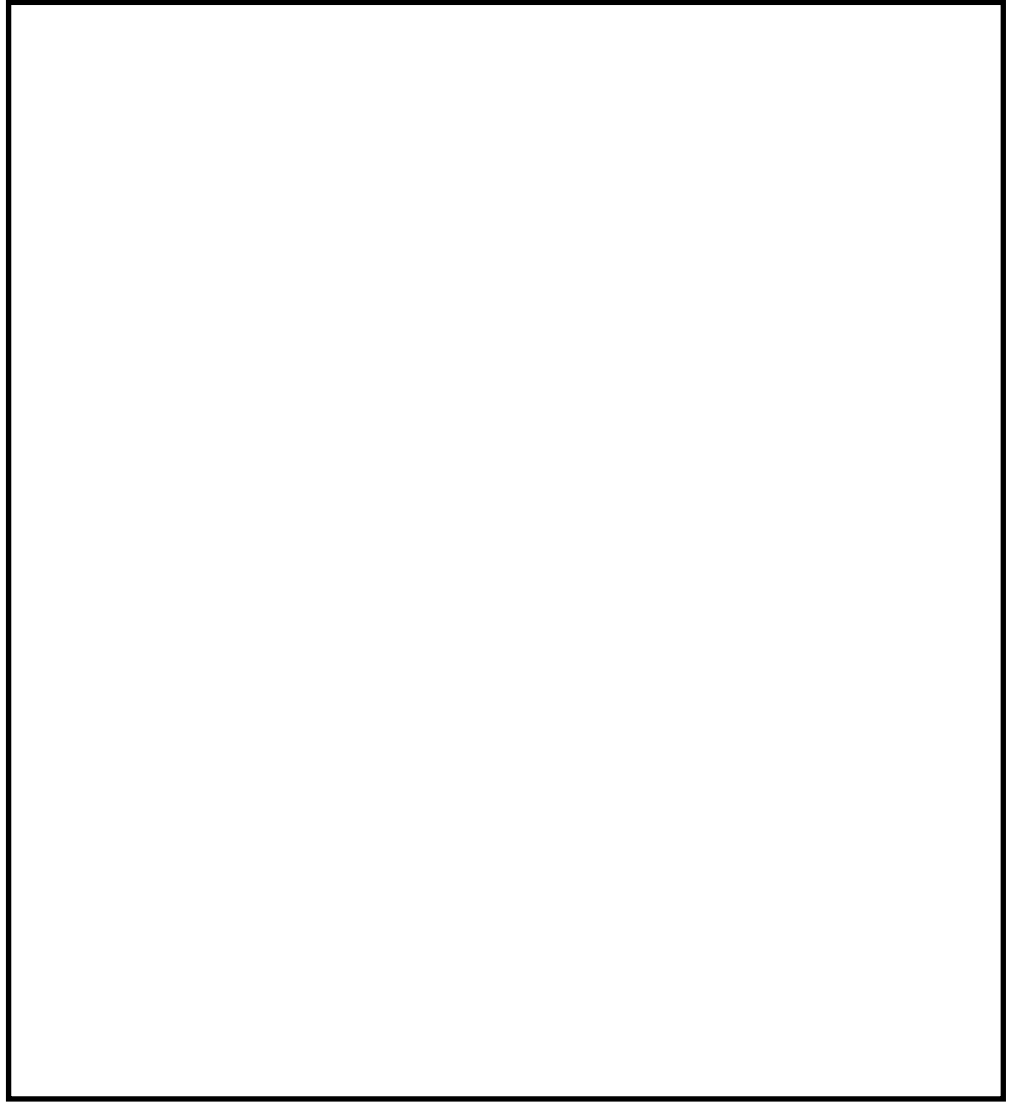
せん断応力が許容せん断応力以下であることを確認する。

c. オイルスナッパ (SHP 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

- ①ブラケット, ②ピストンロッド, ③コネクティングパイプ, ④ピン,
- ⑤シリンダチューブ, ⑥六角ボルト, ⑦イーヤ, ⑧スヘリカルアイボルト,
- ⑨コンロッド (Bタイプ), ⑩コンロッド (Cタイプ), ⑪ターンバックル,
- ⑫シリンダカバー, ⑬タイロッド, ⑭アダプタ





① ブラケット

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 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。

② ピストンロッド

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。

③ コネクティングパイプ(Aタイプ及びBタイプ)

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。

[Redacted content]

[Redacted content]

④ ピン

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。

[Redacted content]

[Redacted content]

⑤ シリンダチューブ

i 引張応力評価

内圧により生ずる引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。

⑥ 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。

⑦ イーヤ (Cタイプ)

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。

⑧ スペリカルアイボルト（Aタイプ）

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。



⑨ コンロッド (Bタイプ), ⑩ コンロッド (Cタイプ)

i ロッド部

(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 ロッド溶接部

(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。

⑪ ターンバックル (Aタイプ)

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。



⑫ シリンダカバー

i せん断応力評価

内圧により生ずる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。



⑬ タイロッド

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。



⑭ アダプタ(Aタイプ及びBタイプ)

i 引張応力評価

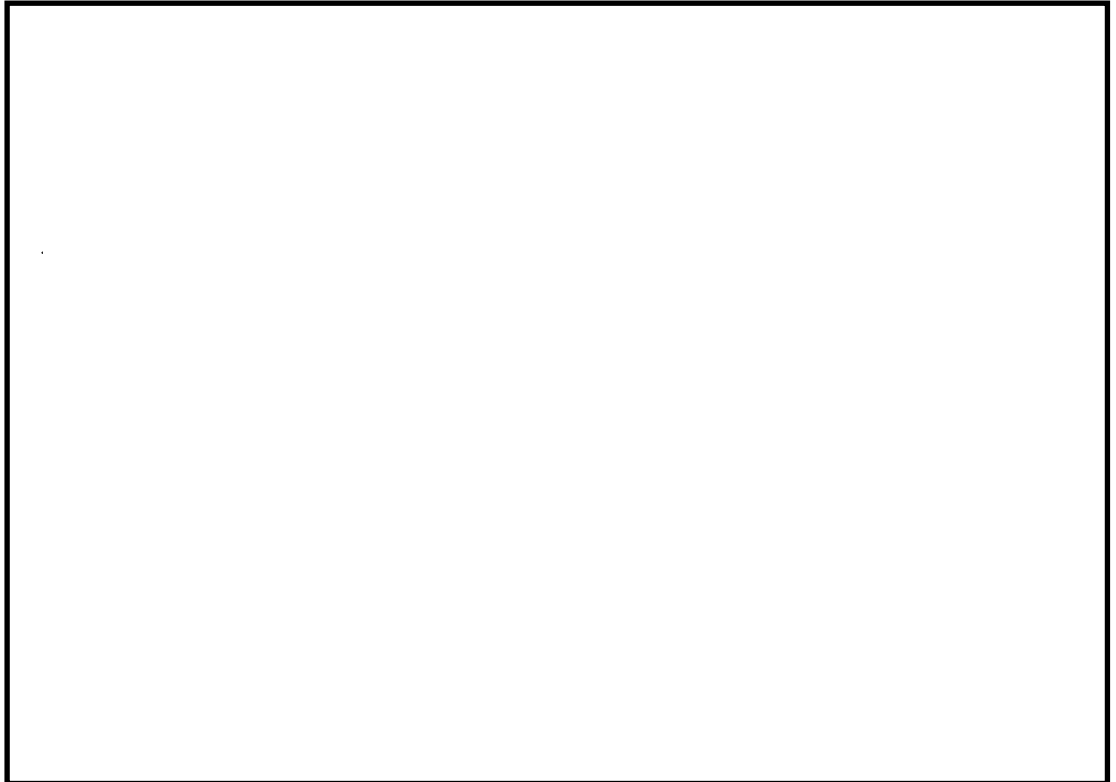
引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。



d. オイルスナッパ (SN-A 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

- ①ブラケット, ②ピストンロッド, ③コネクティングパイプ, ④ピン,
- ⑤シリンダチューブ, ⑥六角ボルト, ⑦イーヤ, ⑧ロッドエンド, ⑨シリンダカバー,
- ⑩タイロッド, ⑪アダプタ



① ブラケット

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 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。

② ピストンロッド

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。

③ コネクティングパイプ

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。

A large rectangular area containing multiple horizontal bars of varying lengths, representing redacted information for the connecting pipe stress evaluation.

④ ピン

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。

A rectangular area containing a single horizontal bar and a larger square below it, representing redacted information for the pin shear stress evaluation.

⑤ シリンダチューブ

i 引張応力評価

内圧により生ずる引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。



⑥ 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。



⑦ イーヤ

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。



⑧ ロッドエンド

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。

⑨ シリンダカバー

i せん断応力評価

内圧により生ずる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。

⑩ タイロッド

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。

[Redacted]

[Redacted]

⑪ アダプタ

i 本体

(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。

[Redacted]

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。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

e. オイルスナッパ (SN-B 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

- ①ブラケット, ②ピストンロッド, ③ロッドカバー, ④ピン, ⑤シリンダチューブ,
- ⑥六角ボルト, ⑦ダイレクトイヤー, ⑧ロッドエンド



① ブラケット

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 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。



② ピストンロッド

i ロッド部

(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 ねじ部

(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。

iii カラー部

(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。

③ ロッドカバー

i せん断応力評価

内圧により生ずる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。



④ ピン

i せん断応力評価

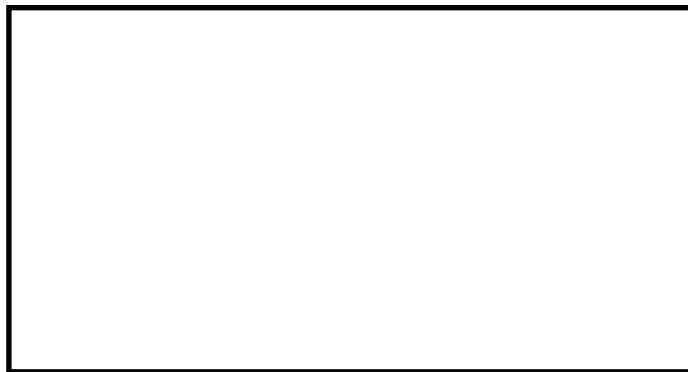
せん断応力が許容せん断応力以下であることを確認する。



⑤ シリンダチューブ

i 引張応力評価

内圧により生ずる引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。



⑥ 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。



⑦ ダイレクトイーヤ

i イーヤ部

(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。

[Redacted]

(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。

[Redacted]

(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。

[Redacted]

ii パイプ部

(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。

[Redacted]



⑧ ロッドエンド

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

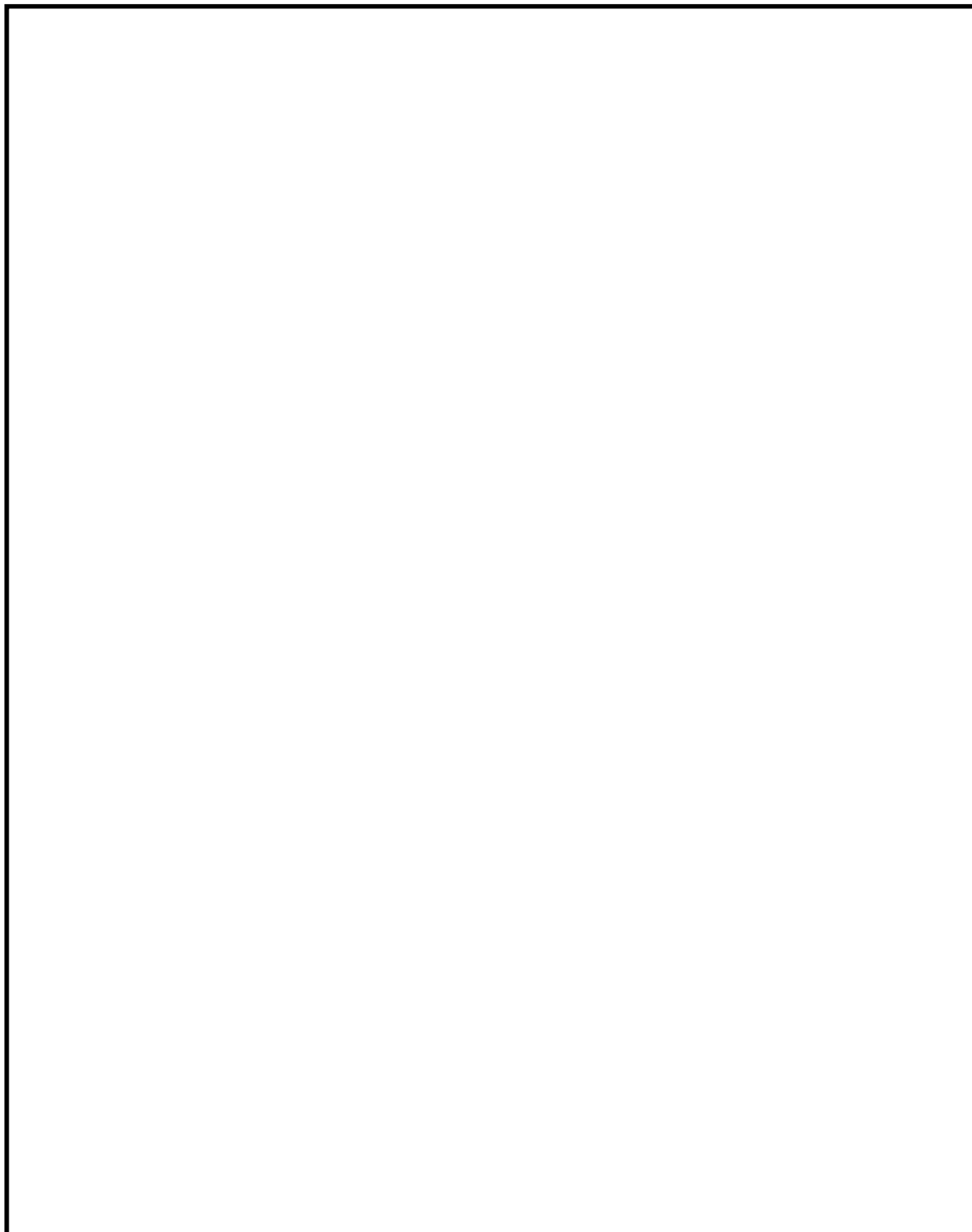
支圧応力が許容支圧応力以下であることを確認する。



f. メカニカルスナッパ (SMS 型)

以下の部材について、耐震計算を実施する。

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



- ① ブラケット, ⑨ コネクティングチューブイーヤ部 (Aタイプ),
- ⑩ ユニバーサルブラケット, ⑪ ダイレクトアタッチブラケット (Bタイプ)

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。

② ジャンクションコラム (Aタイプ)

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

(i) せん断応力評価 (型式 01~1)

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) 引張応力評価 (型式 3~60)

引張応力が許容引張応力以下であることを確認する。

③ ロードコラム (型式 01~25)

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。

④ ピン

i せん断応力評価

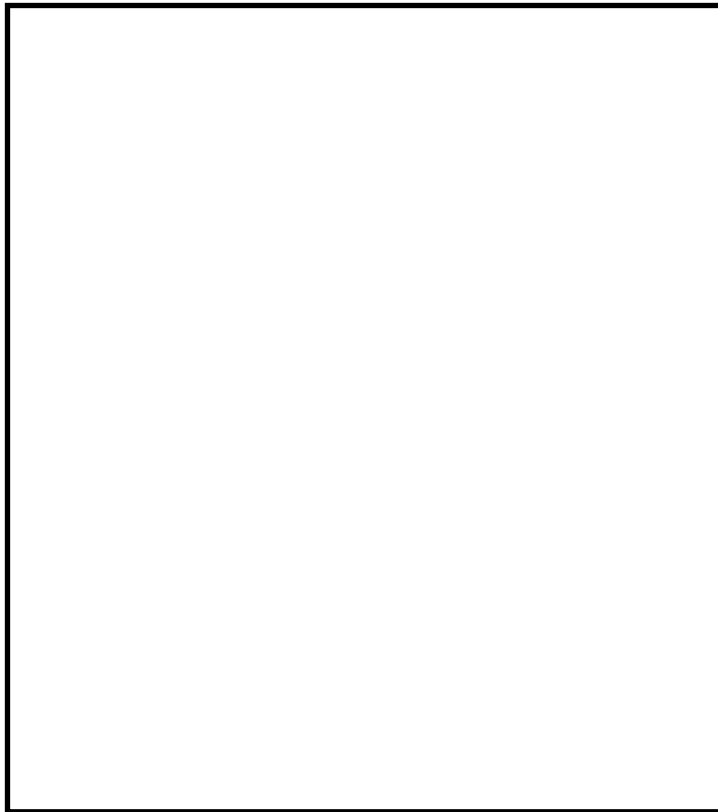
せん断応力が許容せん断応力以下であることを確認する。



⑤ コネクティングチューブ (Aタイプ)

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。



⑥ ケース，ベアリング押さえ及び六角ボルト

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 ベアリング押さえ

(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。

⑦ イーヤ

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。

⑧ ユニバーサルボックス

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。



4. 支持装置の二次評価荷重による強度評価結果

支持装置について、定められた二次評価荷重に対して耐震強度を有することを確認した結果を以下に示す。

表 4-1 支持装置の二次評価結果

種別	評価荷重	許容応力 状態	設計 温度 (°C)	表番号	
				強度部材 仕様	評価結果
ロッドレストレイント	二次評価 荷重 $IV_{AS}$	$IV_{AS}$		表 4-2	表 4-5
オイルスナッパ	二次評価 荷重 $IV_{AS}$	$IV_{AS}$		表 4-3	表 4-6
メカニカルスナッパ	二次評価 荷重 $IV_{AS}$	$IV_{AS}$		表 4-4	表 4-7

注：評価荷重を超えた場合でも実際に使用される当該温度による個別の評価により、健全性の確認を行うことが可能である。

表 4-2 (1/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RSA 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (2/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 1

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (3/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 3

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—	—
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (4/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 6

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (5/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 10

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (6/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 16

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	

表 4-2 (7/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 25

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	スヘリカル アイボルト	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—	—
④	アジャストナット 溶接部	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑤	パイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	



表 4-2 (8/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	h (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (9/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 1

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	h (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (10/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 3

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	h (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (11/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	e (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (12/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	e (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (13/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 16

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	e (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (14/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
溶接B部	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—		
④	コネクティングパイプ 溶接部	材料	D (mm)	e (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	
								—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	
		溶接部	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	

表 4-2 (15/15) 支持装置強度部材仕様 (ロッドレストレイント)

支持装置種類: RTS 型

本体型式: 60

強度部材名称		強度部材仕様							
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
②	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—	—	—
③	パイプ	パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—
							—	—	—
		溶接A部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	T <sub>e1</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
		溶接B部	材料	D <sub>2</sub> (mm)	T <sub>e2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
④	コネクティングパイプ 溶接部	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	
⑤	コネクティングイーヤ	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—
									—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—
							—	—	—



表 4-3 (1/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 03

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (2/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 03

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (3/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (4/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 06

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (5/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 1

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	

表 4-3 (6/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 1

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (7/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 3

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (8/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナック)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 3

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	



表 4-3 (9/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
								—	—	
	ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	

表 4-3 (10/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナップ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 6

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (11/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (12/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナップ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 10

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	C (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (13/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 16

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
										—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (14/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナップ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 16

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (15/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ (Cタイプ)	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部	材料	B (mm)	D (mm)	d (mm)	R (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
		ボルト部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—

表 4-3 (16/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナップ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 25

強度部材名称			強度部材仕様							
⑨ ⑩	コンロッド (Bタイプ 及び Cタイプ)	ロッド部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		ロッド 溶接部	材料	D (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
⑪	ターンバックル (Aタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑫	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑬	タイロッド	材料	d (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑭	アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	



表 4-3 (17/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 03

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (18/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 03

強度部材名称		強度部材仕様								
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—

表 4-3 (19/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (20/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様								
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—

表 4-3 (21/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 1

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (22/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 1

強度部材名称		強度部材仕様							
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	

表 4-3 (23/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 3

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	—
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (24/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 3

強度部材名称		強度部材仕様								
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
		溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—



表 4-3 (25/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (26/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様							
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
		溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—

表 4-3 (27/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (28/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様							
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	—	—	—	—	
					—	—	—	—	

表 4-3 (29/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 16

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
									—	—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
								—	—	
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (30/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 16

強度部材名称		強度部材仕様							
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—

表 4-3 (31/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストンロッド	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
③	コネクティングパイプ	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	イーヤ	穴部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
	溶接部	材料	C (mm)	h (mm)	T (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
⑨	シリンダカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	

表 4-3 (32/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-A 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様							
⑩	タイロッド	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—
⑪	アダプタ	本体	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	—	—	—	—
						—	—	—	—



表 4-3 (33/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-B 型

本体型式: 40

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストン ロッド	ロッド部	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		ねじ部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		カラー部	材料	D (mm)	L (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
③	ロッドカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
		パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—	
									—	—

表 4-3 (34/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-B 型

本体型式: 60

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストン ロッド	ロッド部	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		ねじ部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		カラー部	材料	D (mm)	L (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
③	ロッドカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
		パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—	
									—	—

表 4-3 (35/35) 支持装置強度部材仕様 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SN-B 型

本体型式: 100

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—	
									—	—
②	ピストン ロッド	ロッド部	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		ねじ部	材料	M (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
		カラー部	材料	D (mm)	L (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
③	ロッドカバー	材料	D (mm)	t (mm)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
④	ピン	材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	
⑤	シリンダチューブ	材料	D (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	
						—	—	—	—	
⑥	六角ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	
					—	—	—	—	—	
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—
										—
		パイプ部	材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑧	ロッドエンド	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	—	—	
									—	—

表 4-4 (1/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 01

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	-	-	-	-	-	-
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	-
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	-
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
		ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-

表 4-4 (2/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 01

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (3/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 03

強度部材名称		強度部材仕様									
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-	
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
						-	-	-	-	-	
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	-	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
						-	-	-	-	-	-
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	-	-
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	-	
							-	-	-	-	-
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-	
		ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	-
							-	-	-	-	-
		六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-	

表 4-4 (4/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 03

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (5/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様									
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-	
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	-	-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-	
		ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	-
		六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	-
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-	



表 4-4 (6/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 06

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (7/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 1

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
										-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	h (mm)	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-	-
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-	-
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	-
							-	-	-	-
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
										-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-	-
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
										-

表 4-4 (8/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 1

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (9/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 3

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
		溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	
						-	-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
		ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-
							-	-	-	-
		六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-

表 4-4 (10/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 3

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (11/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
										-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	
						-	-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
									-	-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	
									-	

表 4-4 (12/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 6

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (13/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
									-	-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	
						-	-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
									-	-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
									-	-



表 4-4 (14/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 10

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (15/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 16

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	-
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	-
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	-
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	-
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	-
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-

表 4-4 (16/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類： SMS 型

本体型式： 16

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (17/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	
						-	-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-

表 4-4 (18/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 25

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (19/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 40

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
										-
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
③	ロードコラム		-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	
④	ピン		材料	d (mm)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	-	-	-	
							-	-	-	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	-	-
										-
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	-	-	-	-	
						-	-	-	-	
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	-	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	-	-
										-

表 4-4 (20/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 40

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-4 (21/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 60

強度部材名称		強度部材仕様								
①	ブラケット		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
										—
②	ジャンクシ ョンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
	溶接部	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
③	ロードコラム		—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—
④	ピン		材料	d (mm)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		材料	D (mm)	L (mm)	t (mm)	—	—	—	—
							—	—	—	—
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	T (mm)	—	—
										—
	ベアリン グ押さえ	材料	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	T (mm)	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
	六角 ボルト	材料	M (mm)	n (本)	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	—
⑦	イーヤ		材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
										—



表 4-4 (22/22) 支持装置強度部材仕様 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 60

強度部材名称		強度部材仕様							
⑧	ユニバーサル ボックス	材料	B (mm)	C (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	t (mm)
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑩	ユニバーサル ブラケット	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)	材料	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	—	—
								—	—

表 4-5 (1/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 06

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピン	-	-			-	-	-	-	○
③ スpherical アイボルト	穴部				-	-			○
	ボルト部				-	-	-	-	○
④ アジャストナット 溶接部			-	-	-	-	-	-	○
⑤ パイプ	-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (2/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 1

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価		
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力			
①	ブラケット						-	-		○	
②	ピン		-	-			-	-	-	-	○
③	スpherical アイボルト	穴部					-	-			○
		ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
④	アジャストナット 溶接部				-	-	-	-	-	-	○
⑤	パイプ		-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (3/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 3

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピン	-	-			-	-	-	-	○
③ スpherical アイボルト	穴部				-	-			○
	ボルト部				-	-	-	-	○
④ アジャストナット 溶接部			-	-	-	-	-	-	○
⑤ パイプ	-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (4/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 6

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価		
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力			
①	ブラケット						-	-		○	
②	ピン		-	-			-	-	-	-	○
③	スpherical アイボルト	穴部					-	-			○
		ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
④	アジャストナット 溶接部				-	-	-	-	-	-	○
⑤	パイプ		-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (5/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 10

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピン	-	-			-	-	-	-	○
③ スpherical アイボルト	穴部				-	-			○
	ボルト部				-	-	-	-	○
④ アジャストナット 溶接部			-	-	-	-	-	-	○
⑤ パイプ	-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (6/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 16

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピン	-	-			-	-	-	-	○
③ スpherical アイボルト	穴部				-	-			○
	ボルト部				-	-	-	-	○
④ アジャストナット 溶接部			-	-	-	-	-	-	○
⑤ パイプ	-	-	-	-			-	-	○

表 4-5 (7/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RSA 型

本体型式： 25

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピン	-	-			-	-	-	-	○
③ スpherical アイボルト	穴部				-	-			○
	ボルト部				-	-	-	-	○
④ アジャストナット 溶接部			-	-	-	-	-	-	○
⑤ パイプ	-	-	-	-			-	-	○



表 4-5 (8/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 06

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (9/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 1

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (10/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 3

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (11/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 6

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (12/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 10

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (13/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 16

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (14/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 25

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接B部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングイーヤ					-	-			○	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4-5 (15/15) 支持装置強度評価結果 (ロッドレストレイント)

支持装置種類： RTS 型

本体型式： 60

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
③	パイプ	パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
		溶接A部	-	-			-	-	-	-	○
		溶接B部	-	-			-	-	-	-	○
④	コネクティングパイプ 溶接部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
⑤	コネクティングイーヤ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
⑥	インナー チューブ	イーヤ 穴部					-	-			○
		溶接部	-	-			-	-	-	-	○



表 4-6 (1/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 03

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○
	溶接部	-	-			-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○
	ボルト部			-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○

表 4-6 (2/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 06

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
① ブラケット					-	-			○	
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○	
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○	
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○	
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○	
	溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○	
	ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○	
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○	
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	

表 4-6 (3/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 1

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
① ブラケット					-	-			○	
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○	
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○	
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○	
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○	
	溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○	
	ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○	
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○	
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	

表 4-6 (4/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 3

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
① ブラケット					-	-			○	
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○	
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○	
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○	
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○	
	溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○	
	ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○	
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○	
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	

表 4-6 (5/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 6

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
① ブラケット					-	-			○	
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○	
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○	
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○	
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○	
	溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○	
	ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○	
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○	
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	

表 4-6 (6/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 10

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
① ブラケット					-	-			○	
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○	
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○	
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○	
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○	
	溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○	
	ボルト部			-	-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○	
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○	
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○	

表 4-6 (7/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 16

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○
	溶接部	-	-			-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○
	ボルト部			-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○

表 4-6 (8/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類: SHP 型

本体型式: 25

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
① ブラケット					-	-			○
② ピストンロッド			-	-	-	-	-	-	○
③ コネクティングパイプ (Aタイプ及びBタイプ)	-	-	-	-			-	-	○
④ ピン	-	-			-	-	-	-	○
⑤ シリンダチューブ			-	-	-	-	-	-	○
⑥ 六角ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦ イーヤ (Cタイプ)	穴部				-	-			○
	溶接部	-	-			-	-	-	○
⑧ スヘリカル アイボルト (Aタイプ)	穴部				-	-			○
	ボルト部			-	-	-	-	-	○
⑨ コンロッド (Bタイプ 及び ⑩ Cタイプ)	ロッド部			-	-	-	-	-	○
	ロッド 溶接部	-	-			-	-	-	○
⑪ ターンバックル (Aタイプ)			-	-	-	-	-	-	○
⑫ シリンダカバー	-	-			-	-	-	-	○
⑬ タイロッド			-	-	-	-	-	-	○
⑭ アダプタ (Aタイプ及びBタイプ)			-	-	-	-	-	-	○



表 4-6 (9/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 03

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (10/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 06

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (11/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 1

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (12/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 3

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (13/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 6

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (14/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 10

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (15/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 16

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-

表 4-6 (16/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-A 型

本体型式： 25

(単位：MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-		○
②	ピストンロッド				-	-	-	-	-	○
③	コネクティングパイプ		-	-	-	-			-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ	穴部					-	-		○
		溶接部	-	-			-	-	-	-
⑧	ロッドエンド						-	-		○
⑨	シリンダカバー		-	-			-	-	-	○
⑩	タイロッド				-	-	-	-	-	○
⑪	アダプタ	本体			-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-



表 4-6 (17/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-B 型

本体型式： 40

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-			○
②	ピストン ロッド	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
		ねじ部			-	-	-	-	-	-	○
		カラー部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロッドカバー		-	-			-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	-	○
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部					-	-			○
		パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
⑧	ロッドエンド						-	-			○

表 4-6 (18/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-B 型

本体型式： 60

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-			○
②	ピストン ロッド	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
		ねじ部			-	-	-	-	-	-	○
		カラー部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロッドカバー		-	-			-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	-	○
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部					-	-			○
		パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
⑧	ロッドエンド						-	-			○

表 4-6 (19/19) 支持装置強度評価結果 (オイルスナッパ)

支持装置種類： SN-B 型

本体型式： 100

(単位：MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット						-	-			○
②	ピストン ロッド	ロッド部			-	-	-	-	-	-	○
		ねじ部			-	-	-	-	-	-	○
		カラー部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロッドカバー		-	-			-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	シリンダチューブ				-	-	-	-	-	-	○
⑥	六角ボルト				-	-	-	-	-	-	○
⑦	ダイレクト イーヤ	イーヤ部					-	-			○
		パイプ部	-	-	-	-			-	-	○
⑧	ロッドエンド						-	-			○

表 4-7 (1/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 01

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

表 4-7 (2/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 03

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価		
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力			
①	ブラケット						-	-		○	
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	○	
		溶接部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	○	
④	ピン		-	-			-	-	-	○	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-		○	
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-		○	
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-		○	
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-		○	
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-		○	

表 4-7 (3/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 06

(単位: MPa)

強度部材名称	引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価		
	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力			
①	ブラケット						-	-		○	
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	○	
		溶接部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	○	
④	ピン		-	-			-	-	-	○	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-		○	
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-		○	
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-		○	
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-		○	
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-		○	

表 4-7 (4/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 1

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部	-	-			-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

表 4-7 (5/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 3

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○



表 4-7 (6/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 6

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

表 4-7 (7/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 10

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

表 4-7 (8/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 16

(単位: MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム			-	-	-	-	-	-	○	
④	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース				-	-			○	
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ					-	-			○	
⑧	ユニバーサル ボックス					-	-			○	
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)					-	-			○	
⑩	ユニバーサル ブラケット					-	-			○	
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)					-	-			○	

表 4-7 (9/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 25

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム				-	-	-	-	-	-	○
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

表 4-7 (10/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 40

(単位: MPa)

強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価	
		発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力		
①	ブラケット					-	-			○	
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
④	ピン	-	-			-	-	-	-	○	
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)	-	-	-	-			-	-	○	
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ					-	-			○	
⑧	ユニバーサル ボックス					-	-			○	
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)					-	-			○	
⑩	ユニバーサル ブラケット					-	-			○	
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)					-	-			○	

表 4-7 (11/11) 支持装置強度評価結果 (メカニカルスナッパ)

支持装置種類: SMS 型

本体型式: 60

(単位: MPa)

①	強度部材名称		引張応力		せん断応力		圧縮応力		支圧応力		評価
			発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
①	ブラケット						-	-			○
②	ジャンクショ ンコラム (Aタイプ)	六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
		溶接部			-	-	-	-	-	-	○
③	ロードコラム		-	-	-	-	-	-	-	-	-
④	ピン		-	-			-	-	-	-	○
⑤	コネクティングチューブ (Aタイプ)		-	-	-	-			-	-	○
⑥	ケース, ベアリング 押さえ及び 六角ボルト	ケース					-	-			○
		ベアリン グ押さえ	-	-			-	-			○
		六角 ボルト			-	-	-	-	-	-	○
⑦	イーヤ						-	-			○
⑧	ユニバーサル ボックス						-	-			○
⑨	コネクティングチューブ イーヤ部(Aタイプ)						-	-			○
⑩	ユニバーサル ブラケット						-	-			○
⑪	ダイレクトアタッチ ブラケット(Bタイプ)						-	-			○

VI-2-1-13 ダクト及び支持構造物の耐震計算について

## 目 次

1. 概要	1
2. 耐震設計の原則	1
3. ダクト及び支持構造物の設計手順	1
4. ダクト設計の基本方針	3
4.1 重要度別による設計方針	3
4.2 荷重の組合せ	3
4.3 設計用地震力	4
4.4 ダクトの設計方法	5
4.4.1 手法1の支持間隔算定方法	5
4.4.2 手法2の支持間隔算定方法	5
4.4.3 手法3の設計方法	5
4.5 耐震支持間隔	7
4.5.1 手法1及び手法2の座屈評価	7
4.5.2 手法3の座屈評価	13
4.6 支持方法	13
4.7 ダクトの構造	13
4.8 伸縮継手の使用	15
5. 支持構造物設計の基本方針	16
5.1 支持構造物の構造及び種類	16
5.2 支持構造物に関する考慮事項	16



## 1. 概要

本方針は、空調換気系ダクトに適用し、ダクト及び支持構造物について耐震設計上十分安全である設計とするために考慮すべき事項を定めたものである。

## 2. 耐震設計の原則

- (1) ダクト及びその支持構造物は、耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。
- (2) ダクトが建物又は構築物相互間を通過する場合は、建物又は構築物の相対変位を考慮し、これに対して問題ない構造とする。

## 3. ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建物の形状、機器の配置、配管、ケーブルトレイ等の経路を考慮し、耐震性を加味して決定する。また、建物及び構築物間の相対変位に十分耐えられるようにする。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて、ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

ダクト及び支持構造物の設計、製作、据付までの作業の流れを図3-1に示す。

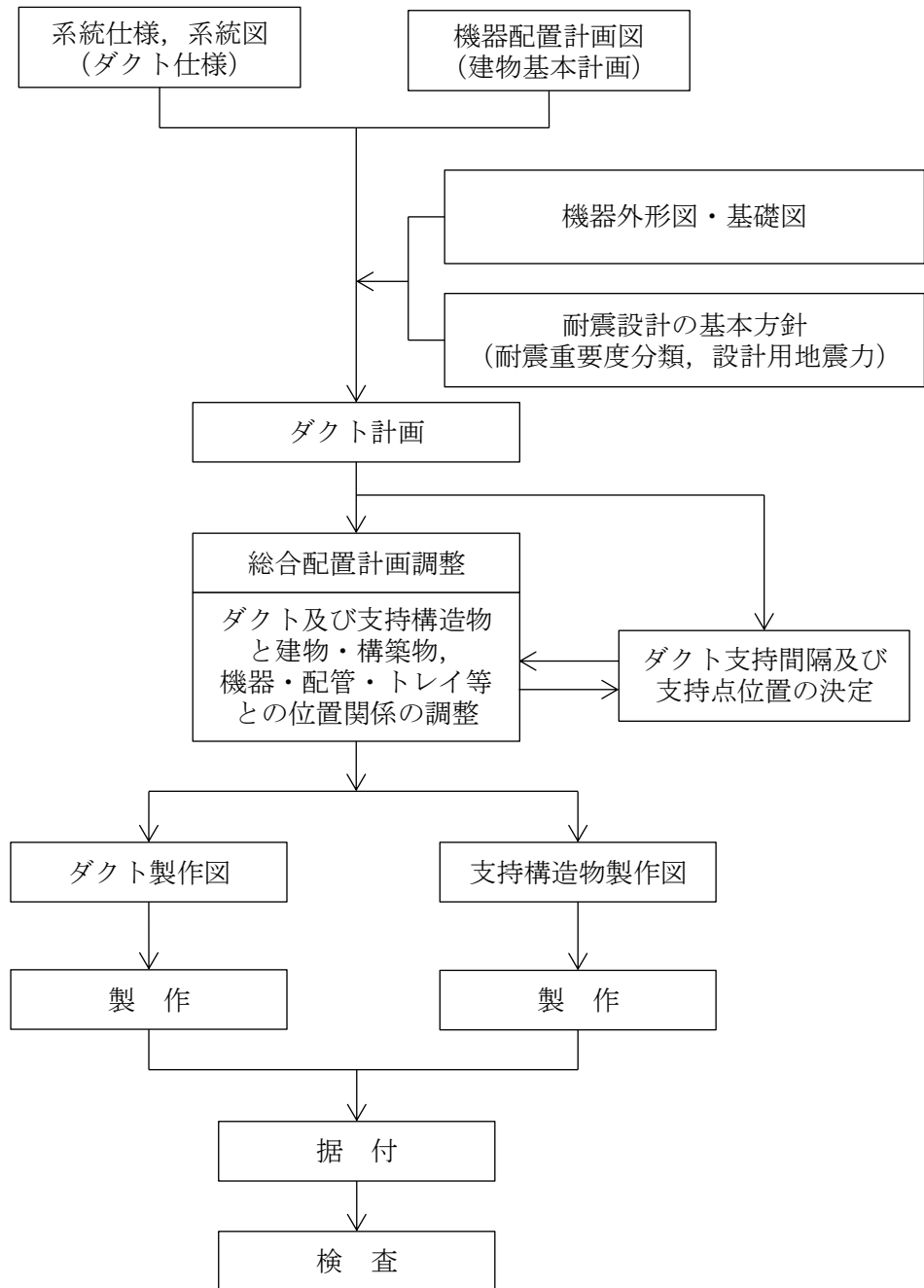


図 3-1 ダクト及び支持構造物の設計作業手順

#### 4. ダクト設計の基本方針

##### 4.1 重要度別による設計方針

ダクトは、耐震重要度分類に応じてクラス分類し、表4-1に示す設計方針とする。

表4-1 耐震重要度分類と設計方針

分類	耐震重要度分類	機器等の区分	設計方針
設計基準 対象施設	Sクラス	—	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスペン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。または、加速度及び相対変位に対し構造健全性が保たれるよう、ダクトの発生曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下になるようにすること。
	Bクラス		
	Cクラス		
重大事故等 対処設備	—	重大事故等 クラス2管	

##### 4.2 荷重の組合せ

$$\begin{aligned}
 D + P_D + M_D + S_s & \dots\dots\dots (4. 1)^{*1} \\
 D + P_D + M_D + S_{d^*} & \dots\dots\dots (4. 2) \\
 D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s & \dots\dots\dots (4. 3)
 \end{aligned}$$

ここで、

D：死荷重<sup>\*2</sup>

$P_D$ ：最高使用圧力による機械的荷重

$M_D$ ：設計上定められた機械的荷重

$S_s$ ：基準地震動 $S_s$ より定まる地震力<sup>\*2</sup>

$S_{d^*}$ ：弾性設計用地震力 $S_d$ より定まる地震力又は静的地震力<sup>\*3</sup>

$P_{SAD}$ ：SA時における最高使用圧力による機械的荷重

$M_{SAD}$ ：SA時における設計上定められた機械的荷重

注記\*1：(4. 3)式「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」が(4. 1)式「 $D + P_D + M_D + S_s$ 」の評価に包絡される場合は、(4. 3)式「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」による評価を省略する。

\*2：ダクトは座屈評価のため、死荷重(D)、地震荷重( $S_s$ )を考慮して評価を行う。

\*3：ダクトの耐震支持間隔の算出においては、許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり、評価手法上、ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため、 $S_s$ に対する評価と $S_{d^*}$ に対する評価に用いる係数、許容値に差異はない。したがって、発生曲げモーメントの算出に当たり、表4-2に示すように $S_{d^*}$ が $S_s$ に包絡される場合は、 $S_{d^*}$ に対する評価を省略する。

表4-2 「基準地震動 S<sub>s</sub>」と「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的地震力」の比較例

建物・構築物	設計用地震力	標高 (EL) (m)	震度				
			静的震度又は 1.2・ZPA		設計用床応答*2 スペクトル		
			水平	鉛直	固有周期 (s)	水平	鉛直
原子炉建物	基準地震動 S <sub>s</sub>	42.8	1.75	1.81	0.066	4.96	7.49
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的地震力*1		1.36	0.98		2.64	3.83

注記\*1：静的震度及び1.2・ZPAのうち、大きな値を示す。（1.2・ZPA：基準床の最大応答加速度の1.2倍の値）

\*2：ダクトの固有周期は、設計用床応答スペクトルのピーク周期の1/√2倍よりも短周期側であり、水平、鉛直震度は、それぞれ当該固有周期よりも短周期側における最大応答を示す。

#### 4.3 設計用地震力

ダクトについては、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。なお、「4.4 ダクトの設計方法」のうち、手法1はダクトの固有振動数が十分剛（20Hz以上）となる領域で設計することから、静的震度及び1.2・ZPAを使用する。

また、手法2はダクトの固有周期が0.05秒よりも長周期側で、かつ設計用床応答スペクトルのピーク周期の1/√2倍よりも短周期側となる領域で設計することから、設計用床応答スペクトルの震度を使用する。減衰は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

なお、手法2に使用する設計用床応答スペクトルの震度は、図4-1に示すように谷埋め／ピーク保持を行い、右肩上がりの領域で設計することで保守性を担保する。

手法3はダクトを多質点系モデルにモデル化して地震応答解析を実施することから、1.2・ZPA並びに設計用床応答スペクトルの震度を使用する。減衰は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

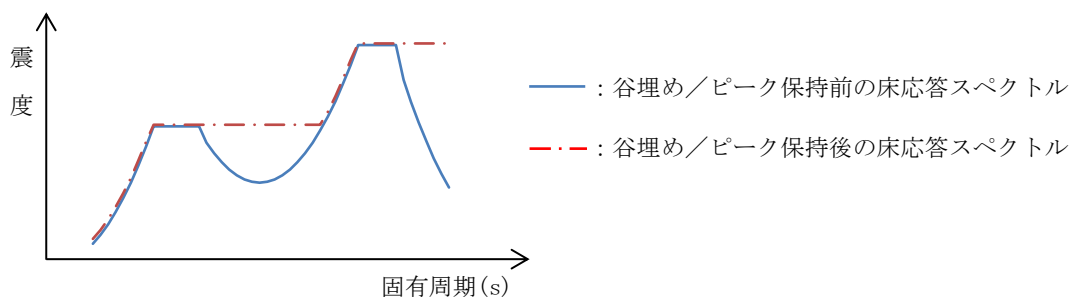


図4-1 手法2における床応答スペクトルの谷埋め／ピーク保持の例

#### 4.4 ダクトの設計方法

ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有する設計とする。また、ダクトは長尺物であるため曲げによる影響が強度評価上支配的であることから、許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすること又は支持点位置を設定することにより耐震性を確保する。

支持間隔の算定は、ダクトの固有振動数( $f$ )が十分剛(20Hz以上)となるよう算定する手法とダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する手法があり、このうち前者を手法1、後者を手法2と呼ぶ。

一方、ダクトのモデル化及び地震応答解析を行い、支持点位置を設定する手法があり、これを手法3と呼ぶ。手法3は個別に耐震評価を行う場合に適用する。この3つの手法を用いてダクトの設計を行う。

手法1もしくは手法2を適用する場合、ダクトの支持点は、まず手法1の支持間隔で計画し、施工性及びダクトの周辺条件等を考慮して手法1の支持間隔以内に収まらない場合は、手法2の設計手法で計画する。

以上、3つの手法による支持点決定までの設計手順を図4-2に示す。

##### 4.4.1 手法1の支持間隔算定方法

ダクトの固有振動数が20Hz以上となる支持間隔と静的震度及び1.2・ZPAによりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し、いずれか小さい方を支持間隔とする。

##### 4.4.2 手法2の支持間隔算定方法

静的震度及び1.2・ZPA並びに設計用床応答スペクトルから地震力を算定し、ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるように支持間隔を算定する。

##### 4.4.3 手法3の設計方法

ダクトを多質点系のはり要素にモデル化し、有限要素法によりはりに生じる曲げモーメントを求め、ダクトの許容座屈曲げモーメント以下となるように支持点位置を設定する。

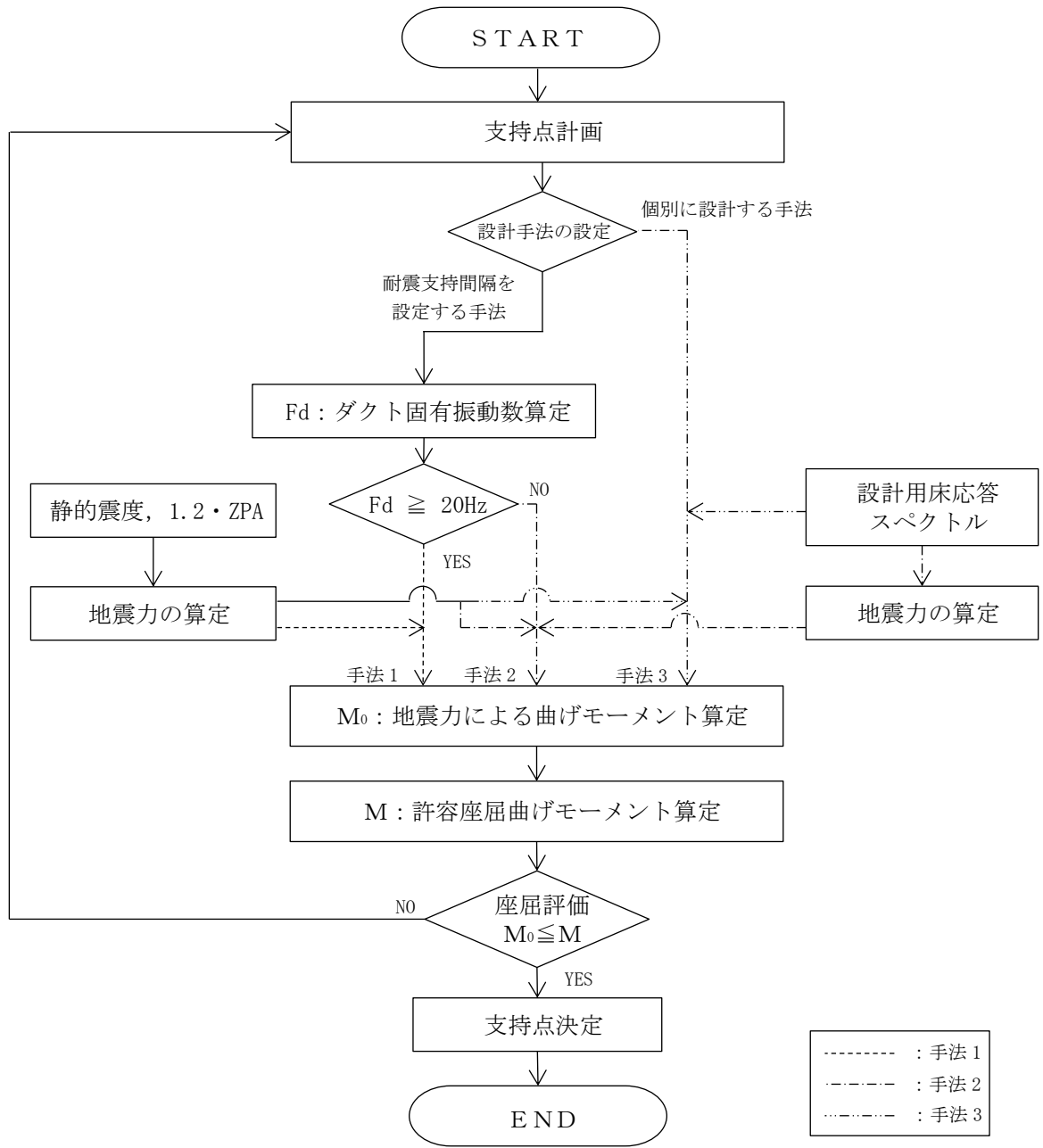


図4-2 ダクトの耐震設計手順

#### 4.5 耐震支持間隔

ダクトの耐震支持間隔は、ダクトが薄板構造であることを考慮し、手法1及び手法2は、4.5.1項に、手法3は4.5.2項に示す剛性評価及び座屈強度に基づき定める。

##### 4.5.1 手法1及び手法2の座屈評価

###### (1) 矩形ダクトの固有振動数

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

ここで、図4-3に示す矩形ダクトの断面二次モーメントは、次式で与えられる。

$$I = \left( \frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right) \cdot \beta \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

(4.4)及び(4.5)式の出典：共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」(S60～S61)

なお、上式はダクト長辺に対して平行軸回りの断面二次モーメントであるが、矩形ダクトの断面二次モーメントは、ダクト長辺に対して平行軸回りが弱軸となるため、弱軸における評価としている。

ここで、

- f：固有振動数 (Hz)
- π：円周率 (—)
- ℓ：両端単純支持間隔 (mm)
- E：縦弾性係数 (MPa)
- g：重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)
- I：断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- W：ダクト単位長さ重量 (N/mm)
- β：断面二次モーメントの安全係数\* (—)

(幅厚比 b / t ≤ 600… β = 0.75, b / t > 600… β = 0.6)

注記\*：出典 共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」(S60～S61)より、理論値と実験値の比率から定まる係数を用いる。

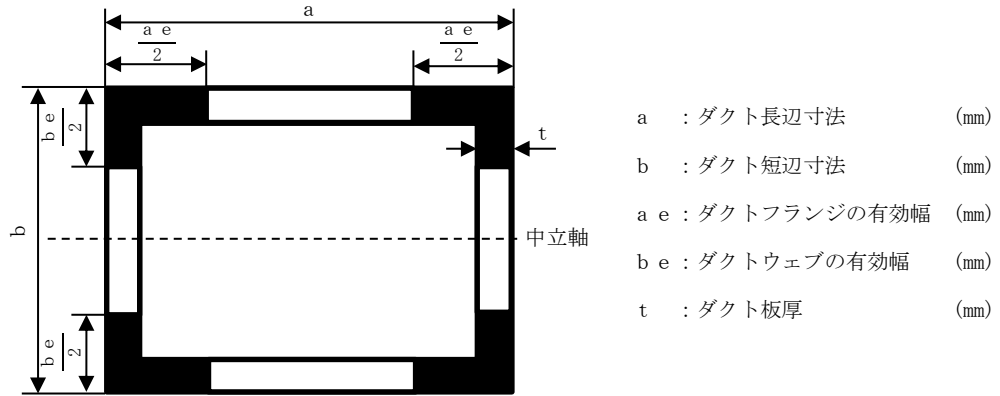


図4-3 矩形ダクトの断面図

(2) 円形ダクトの固有振動数

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。

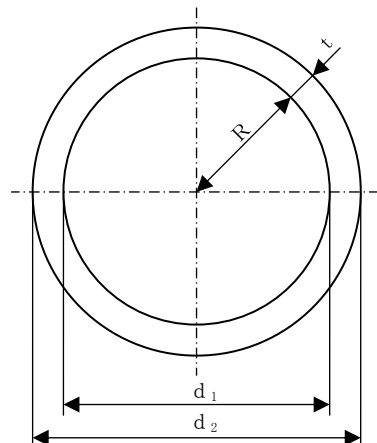
$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \dots\dots\dots (4. 6)$$

ここで、図4-4に示す円形ダクトの断面二次モーメントは、次式で与えられる。

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^4 - d_1^4) \dots\dots\dots (4. 7)$$

ここで、

- f : 固有振動数 (Hz)
- π : 円周率 (—)
- ℓ : 両端単純支持間隔 (mm)
- E : 縦弾性係数 (MPa)
- g : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)
- I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- W : ダクト単位長さ重量 (N/mm)



- d<sub>1</sub> : ダクト内径寸法 (mm)
- d<sub>2</sub> : ダクト外径寸法 (mm)
- R : ダクト内半径寸法 (mm)
- t : ダクト板厚 (mm)

図4-4 円形ダクトの断面図



(3) 矩形ダクトの座屈評価

両端単純支持はりモデルを図4-5に示す。地震時，両端支持されたダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \dots\dots\dots (4. 8)$$

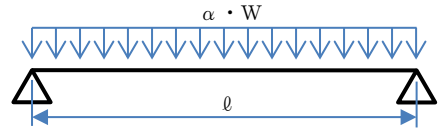


図4-5 両端単純支持はり

ここで，設計震度  $\alpha$  は水平震度又は鉛直震度の大きい方をダクト短辺寸法に考慮する。なお，鉛直震度の評価では自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \quad \dots\dots\dots (4. 9)$$

(4. 8)，(4. 9)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \dots\dots\dots (4. 10)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \dots\dots\dots (4. 11)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma} \quad \dots\dots\dots (4. 12)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a \cdot e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \dots\dots\dots (4. 13)$$

(4. 9)から(4. 13)式の出典：共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」(S60～S61)

ここで,

$M_0$	: 発生曲げモーメント	(N・mm)
$\alpha$	: 設計震度 (水平震度又は鉛直震度の大きい方 <sup>*1</sup> )	(-)
$W$	: ダクト単位長さ重量	(N/mm)
$\ell$	: 両端単純支持間隔	(mm)
$M$	: 許容座屈曲げモーメント	(N・mm)
$S$	: 許容座屈曲げモーメントの安全係数 (=0.7)	(-)
$M_T$	: 座屈限界曲げモーメント	(N・mm)
$\lambda$	: 座屈限界曲げモーメントの補正係数 <sup>*2</sup>	(-)
$t$	: ダクト板厚	(mm)
$I$	: 断面二次モーメント	(mm <sup>4</sup> )
$\nu$	: ポアソン比 (=0.3)	(-)
$b$	: ダクト短辺寸法	(mm)
$E$	: 縦弾性係数	(MPa)
$\sigma_y$	: 降伏点	(MPa)
$\gamma$	: 座屈限界曲げモーメントの安全係数 (=0.6) <sup>*2</sup>	(-)
$a_e$	: ダクトフランジの有効幅	(mm)

注記\*1: 矩形ダクトは, 形状から弱軸が明確であることから, 水平震度又は鉛直震度の大きい方を設計震度に適用する。

\*2: 出典 共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」(S60~S61)より, 理論値と実験値の比率から定まる係数を用いる。

(4) 円形ダクトの座屈評価

両端単純支持はりモデルを図4-6に示す。地震時，両端支持されたダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \dots\dots\dots (4. 14)$$

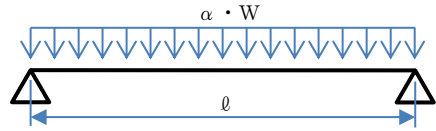


図4-6 両端単純支持はり

ここで，設計震度  $\alpha$  は軸直角2方向の震度をベクトル和で組み合わせ，自重が軸直角方向に作用する場合は，自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \quad \dots\dots\dots (4. 15)$$

(4. 14)，(4. 15)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \dots\dots\dots (4. 16)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \dots\dots\dots (4. 17)$$

$$M_T = \min(\sigma_{cr}, \sigma_y) \cdot Z \quad \dots\dots\dots (4. 18)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \quad \dots\dots\dots (4. 19)$$

$$M_{cr} = \frac{C \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1 - \nu^2)} \quad \dots\dots\dots (4. 20)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \quad \dots\dots\dots (4. 21)$$

ここで,

$M_0$	: 発生曲げモーメント	(N・mm)
$\alpha$	: 設計震度 (軸直角2方向の震度のベクトル和*)	(-)
$W$	: ダクト単位長さ重量	(N/mm)
$\ell$	: 両端単純支持間隔	(mm)
$M$	: 許容座屈曲げモーメント	(N・mm)
$S$	: 許容座屈曲げモーメントの安全係数 (=0.7)	(-)
$M_T$	: 座屈限界曲げモーメント	(N・mm)
$\sigma_{cr}$	: 弾性座屈応力	(MPa)
$\sigma_y$	: 降伏点	(MPa)
$Z$	: 断面係数	(mm <sup>3</sup> )
$M_{cr}$	: 弾性座屈曲げモーメント	(N・mm)
$C$	: 弾性座屈曲げモーメントの補正係数 (=0.72)	(-)
$E$	: 縦弾性係数	(MPa)
$R$	: ダクト内半径寸法	(mm)
$t$	: ダクト板厚	(mm)
$\nu$	: ポアソン比 (=0.3)	(-)
$\pi$	: 円周率	(-)
$d_1$	: ダクト内径寸法	(mm)
$d_2$	: ダクト外径寸法	(mm)

注記\*: 円形ダクトは, 形状から弱軸となる方向がないため, 軸直角2方向の震度のベクトル和を設計震度に適用する。自重が軸直角方向に作用する場合は, 自重も考慮する。

#### 4.5.2 手法3の座屈評価

手法3は個別の設備における耐震評価に適用する手法とすることから、手法3における断面二次モーメント及び許容座屈曲げモーメントの算出方法については、適用する耐震計算書に個別に示す。

#### 4.6 支持方法

手法1及び2の場合、以下の(1)～(6)を考慮し、支持構造物を設ける設計とする。手法3では、ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるよう、支持構造物を設ける設計とする。

##### (1) 直管部

ダクトの直管部は、4.5項で求まる支持間隔以下で支持するものとする。また、直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設ける設計とする。

##### (2) 曲管部

曲管部は、直管部に比べ剛性及び強度が低下するが、4.5項で求まる支持間隔は、これら曲管部の支持間隔縮小率を包絡する支持間隔としている。

##### (3) 分岐部

分岐部は、4.5項で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

##### (4) 重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ等の重量物が取付く場合は、その近傍又は重量物自体を支持するものとする。なお、近傍を支持する場合には、4.5項で求まる支持間隔と、当該重量物を考慮した支持間隔を用いて、支持点を設計する。

##### (5) 伸縮継手部

ダクトに伸縮継手がある場合は、双方接続部の近傍を支持するものとする。

##### (6) ダクトの支持構造物は、原則として建物の壁、天井等に埋め込まれた埋込金物より支持するものとする。

#### 4.7 ダクトの構造

空調換気系ダクトは、構造上、溶接型、ハゼ折型及びスパイラル型に大別され、また、その断面形状から矩形ダクトと円形ダクトがある。ダクト構造の代表例を図4-7に示す。

##### (1) 溶接ダクトは、二隅あるいは四隅を溶接継手とする。補強材として圧力及び自重による面外荷重に対して必要な強度を有するように定ピッチで全周を形鋼で囲い、ダクトに断続溶接する。

##### (2) ハゼ折ダクトの補強は、定ピッチで全周を形鋼で囲い、ダクトにリベット止めする。

##### (3) スパイラルダクトの継目は甲ハゼとし、ダクトの接続はフランジ又は差込み継手とする。

なお、ダクトと差込み継手は鋼製の鉄板ビスを用いて固定する。

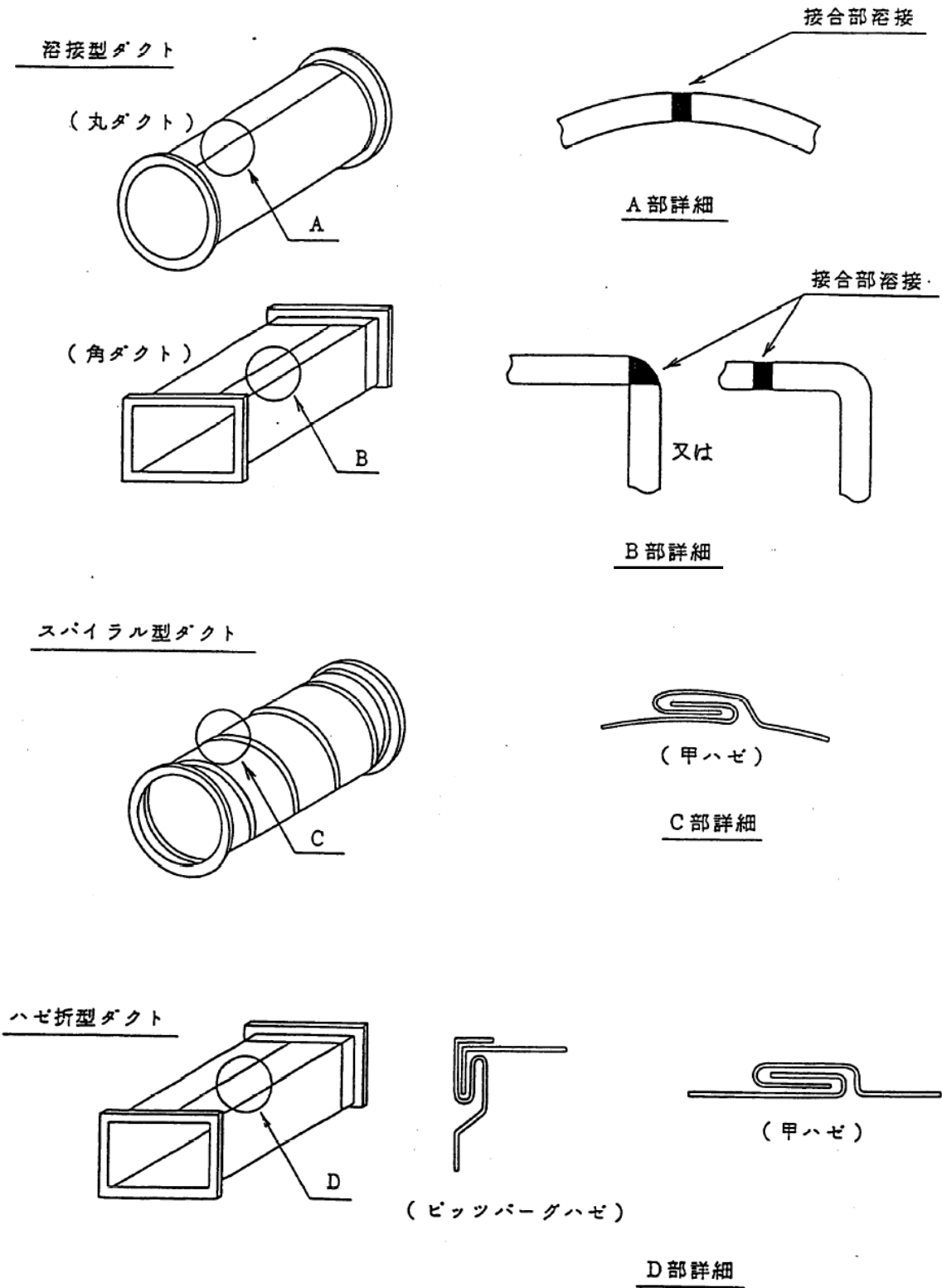


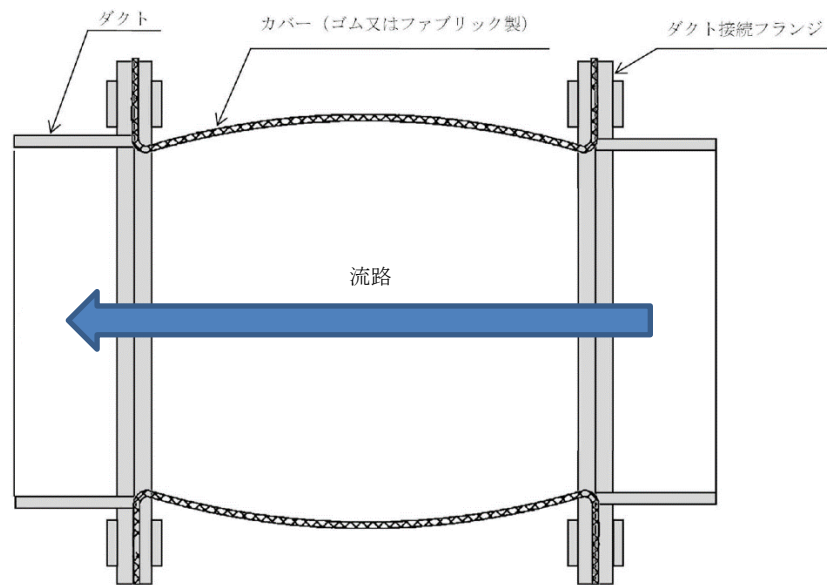
図4-7 ダクト構造の代表例

#### 4.8 伸縮継手の使用

伸縮継手は、設置場所及び設置条件に応じてフレクター又は金属ベローズを使用する。また、その用途は以下に大別される。伸縮継手構造の代表例を図4-8に示す。

- (1) ダクトが建物又は構築物相互間を通過する場合は、必要に応じて相対変位を吸収できる伸縮継手を設ける設計とする。
- (2) ダクトを他の機器類に接続する場合は、必要に応じて相互作用を吸収できる伸縮継手を設ける設計とする。

##### フレクター（断面図）



##### 金属ベローズ（断面図）

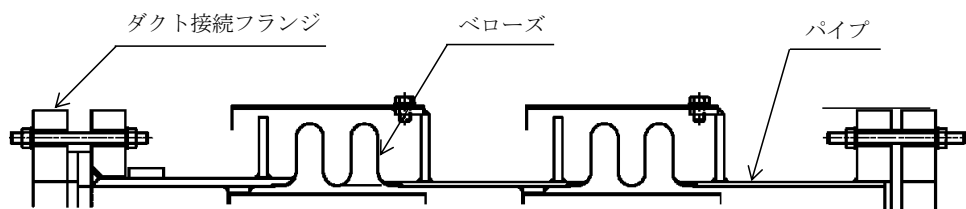


図4-8 伸縮継手構造の代表例

## 5. 支持構造物設計の基本方針

### 5.1 支持構造物の構造及び種類

支持構造物は、形鋼及び角形鋼管を組み合わせた溶接構造を原則とし、その用途に応じて以下に大別する。

- (1) ダクト軸直角の2方向を拘束するもの
- (2) ダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの
- (3) ダクト軸方向及び軸直角の3方向並びにモーメントを拘束するもの（アンカ）

図5-1～図5-4に支持構造物の代表例を示す。

### 5.2 支持構造物に関する考慮事項

支持構造物の構造は、ダクトに作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。なお、ダクトの荷重は、隣接する支持構造物の距離より定まる負担割合（ダクト長さ）から求めたダクト重量（ダクトに取付くダンパ等の重量物も考慮する）に地震力（震度）を乗じて算出する。また、ダクトを多質点系モデルにモデル化し、有限要素法による支持点反力を使用する。

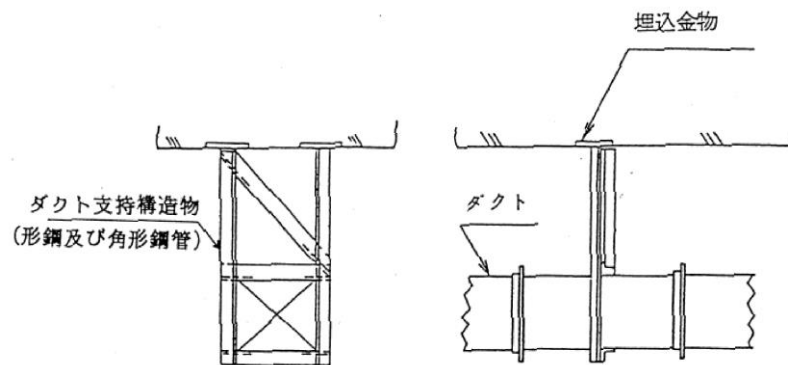


図5-1 2方向(軸直角方向)拘束の代表例

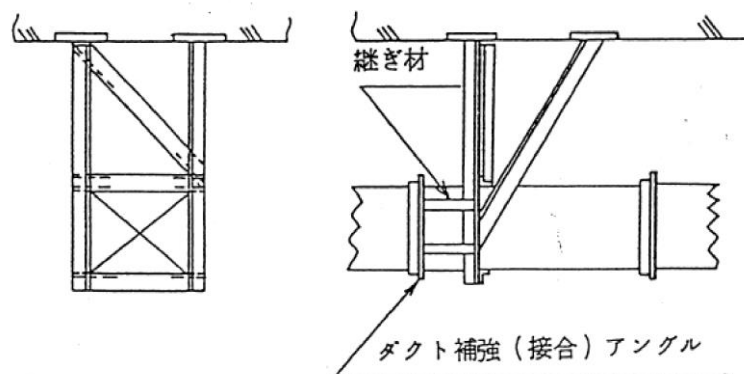


図5-2 3方向(軸方向及び軸直角方向)拘束の代表例



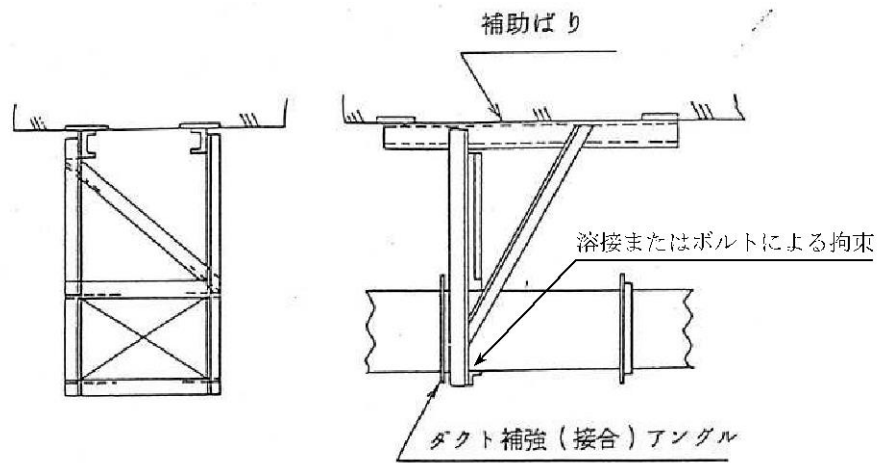


図5-3 3方向(軸方向及び軸直角方向)並びにモーメント拘束の代表例

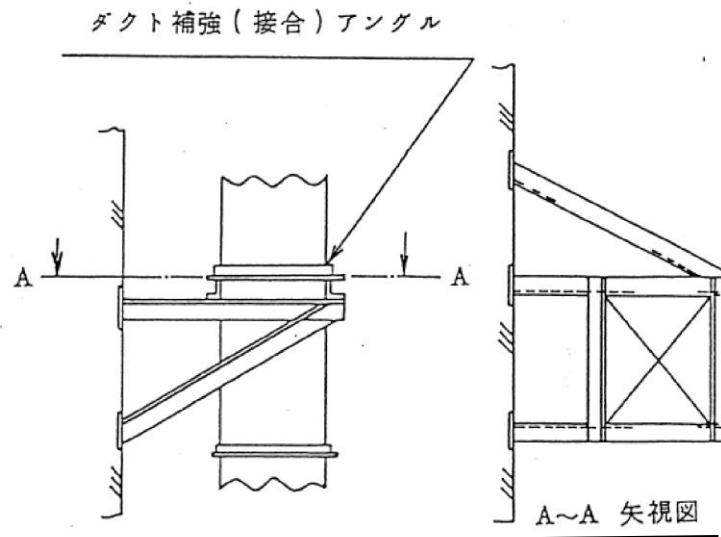


図5-4 垂直ダクトの支持の代表例

## VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法

## 目 次

- 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-4 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針
- 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針

## 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 設計用地震力	6
4.3 計算方法	6
4.4 応力の評価	13
5. 機能維持評価	14
5.1 動的機能維持評価方法	14
6. 耐震計算書のフォーマット	14

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている横形ポンプ（耐震重要度分類Sクラス又はS s 機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

なお、本基本方針は横形ブロワ及びファンにも適用する（その場合は、ポンプをブロワ又はファンと読み替える。）。

ただし、本基本方針が適用できない横形ポンプにあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

横形ポンプの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、横形ポンプの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 耐震計算書のフォーマット」にて示す。

横形ポンプの耐震評価フローを図2-1に示す。

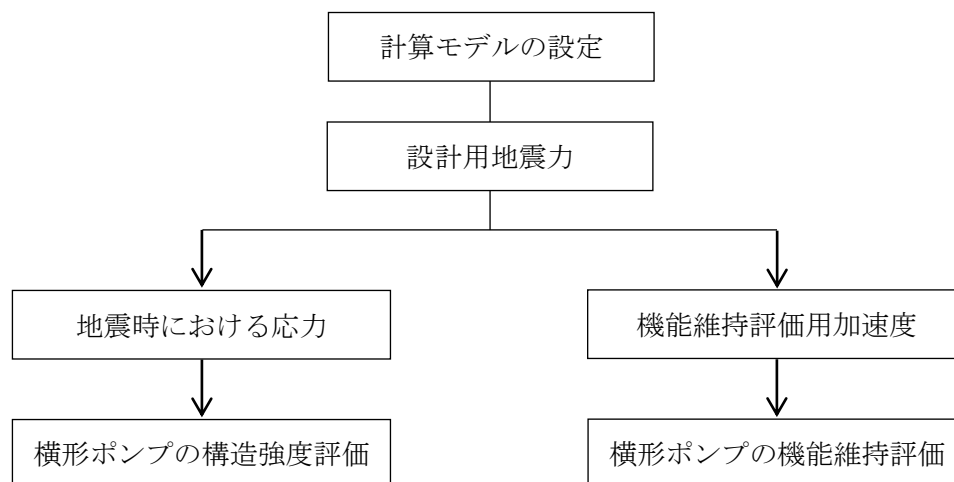


図2-1 横形ポンプの耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_p$	ポンプ振動による震度	—
$C_v$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$H_p$	予想最大両振幅	μm
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$M_p$	ポンプ回転により作用するモーメント	N・mm
$m_i$	運転時質量* <sup>2</sup>	kg
$N$	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$P$	原動機出力	kW
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*<sup>1</sup>:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字 $i$ の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 基礎ボルト

$i=2$ : ポンプ取付ボルト

$i=3$ : 原動機取付ボルト

なお、ポンプと原動機間に減速機がある場合は、次のように定義する。



i = 4 : 減速機取付ボルト

\*2 :  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

i = 1 : 据付面

i = 2 : ポンプ取付面

i = 3 : 原動機取付面

なお、ポンプと原動機間に減速機がある場合は、次のように定義する。

i = 4 : 減速機取付面

\*3 :  $l_{1i} \leq l_{2i}$

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1 : 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2 : 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3 : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

横形ポンプの耐震評価は「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 構造強度評価方法

- (1) 横形ポンプは構造的に 1 個の大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ、下面が基礎ボルトにて固定されている。

したがって、全体的に一つの剛体と見なせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

- (2) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。  
 (3) 地震力はポンプに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。  
 (4) ポンプは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。  
 (5) 転倒方向は図 4-1 概要図における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

- (6) 設計用地震力は VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

なお、横形ポンプは剛体として扱うため、設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の値を用いて評価する。

- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

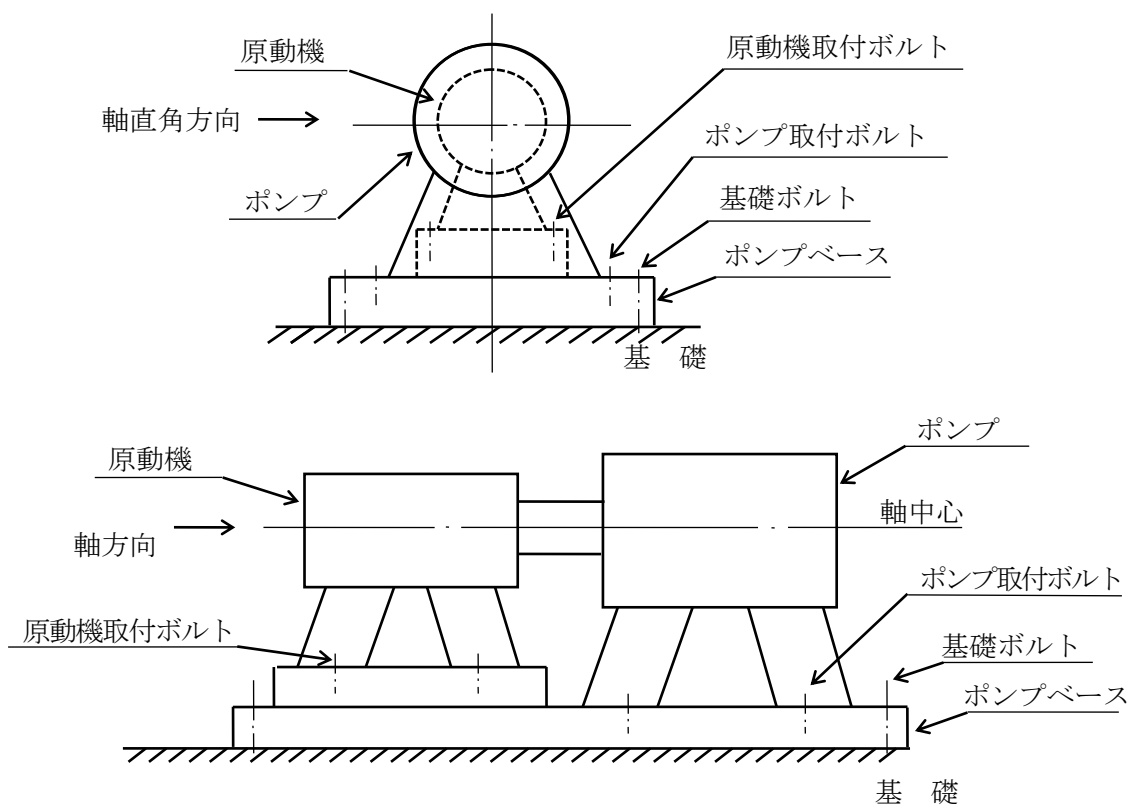


図 4-1 概要図

4.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

4.3 計算方法

4.3.1 応力の計算方法

4.3.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は地震による震度，ポンプ振動による震度及びポンプ回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

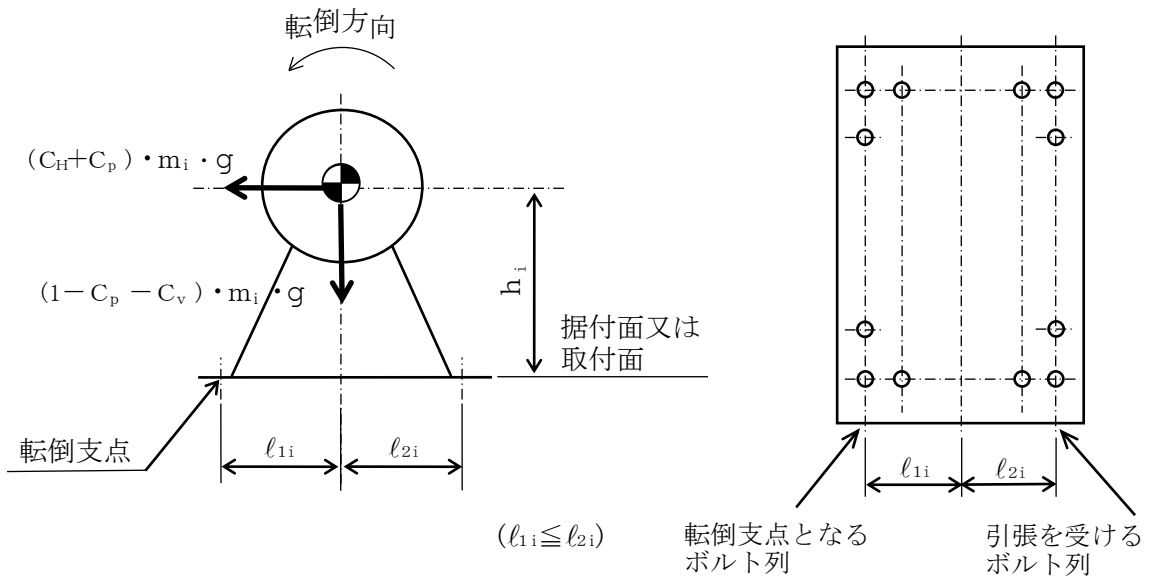


図 4-2(1) 計算モデル

(軸直角方向転倒-1  $(1 - C_p - C_v) \geq 0$  の場合)

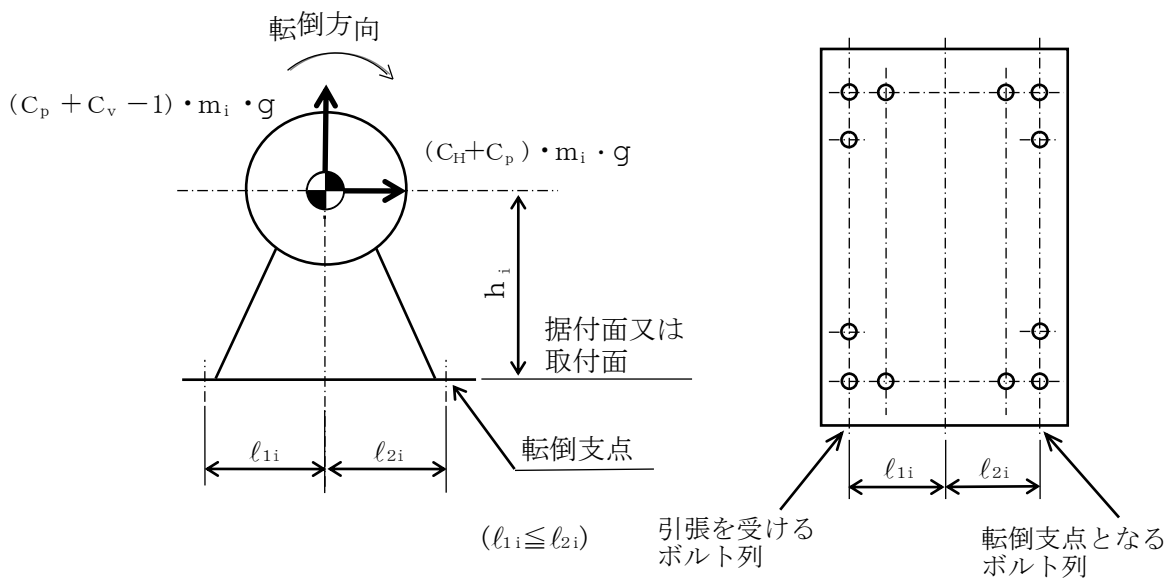


図 4-2(2) 計算モデル

(軸直角方向転倒-2  $(1 - C_p - C_v) < 0$  の場合)

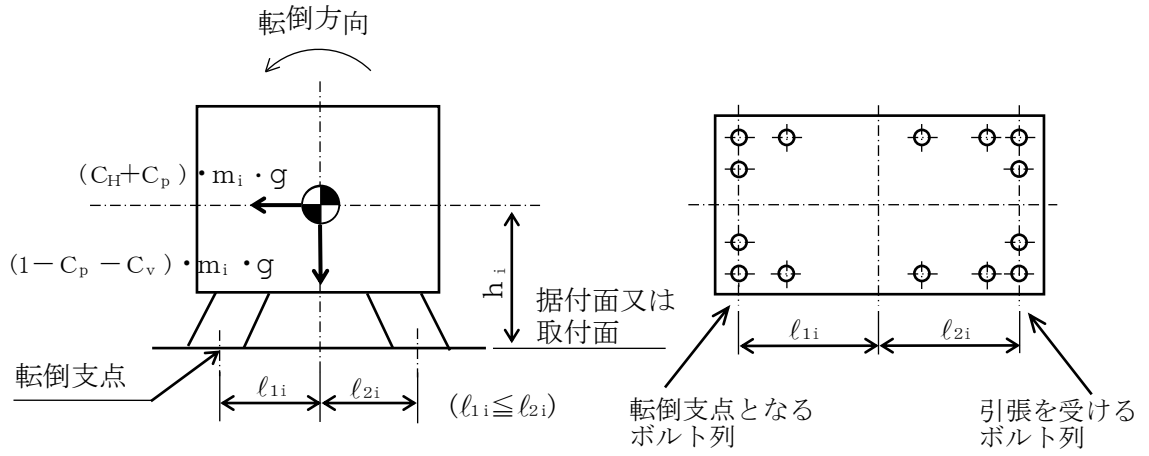


図 4-3(1) 計算モデル  
 (軸方向転倒-1  $(1 - C_p - C_v) \geq 0$  の場合)

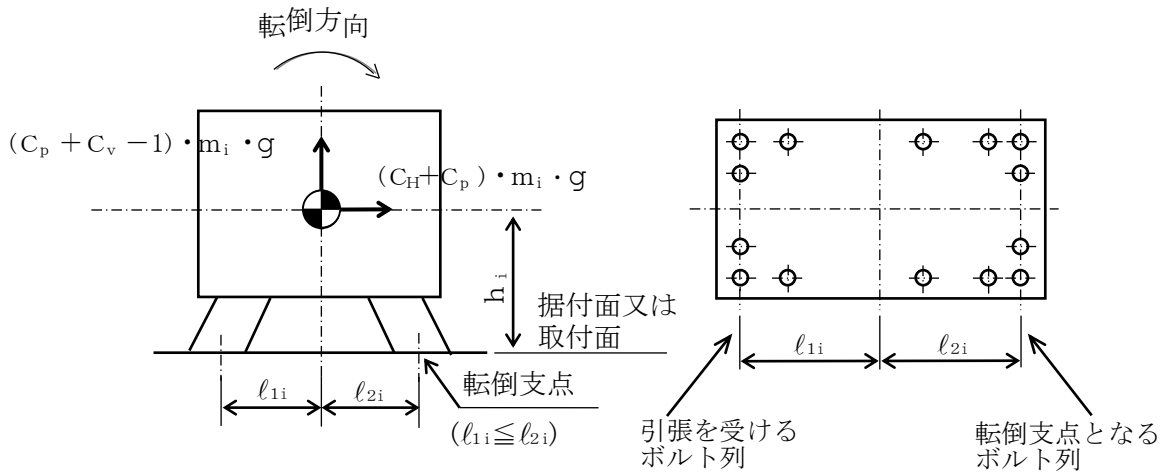


図 4-3(2) 計算モデル  
 (軸方向転倒-2  $(1 - C_p - C_v) < 0$  の場合)

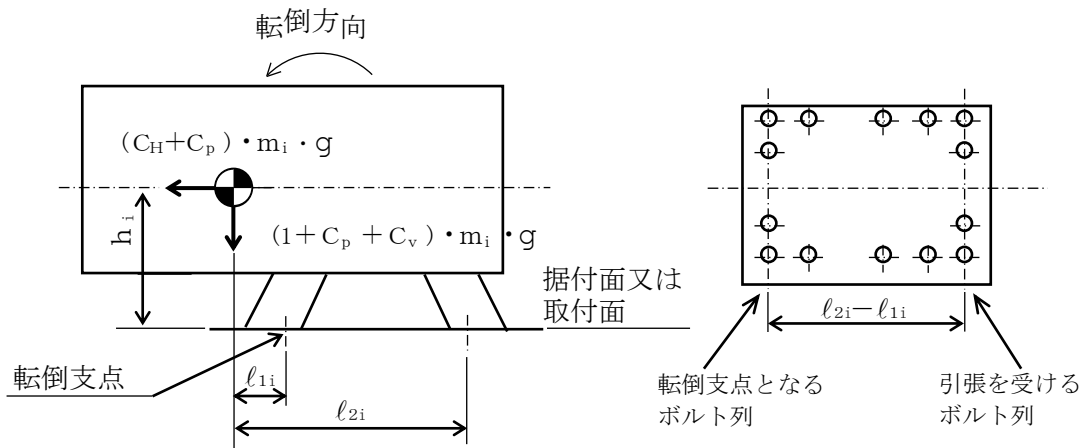


図 4-3(3) 計算モデル

(軸方向転倒-3 軸方向の重心位置が、両端のボルトの間でない場合で  $(l_{2i} + l_{1i}) / (l_{2i} - l_{1i}) \geq (C_v + C_p)$  の場合)

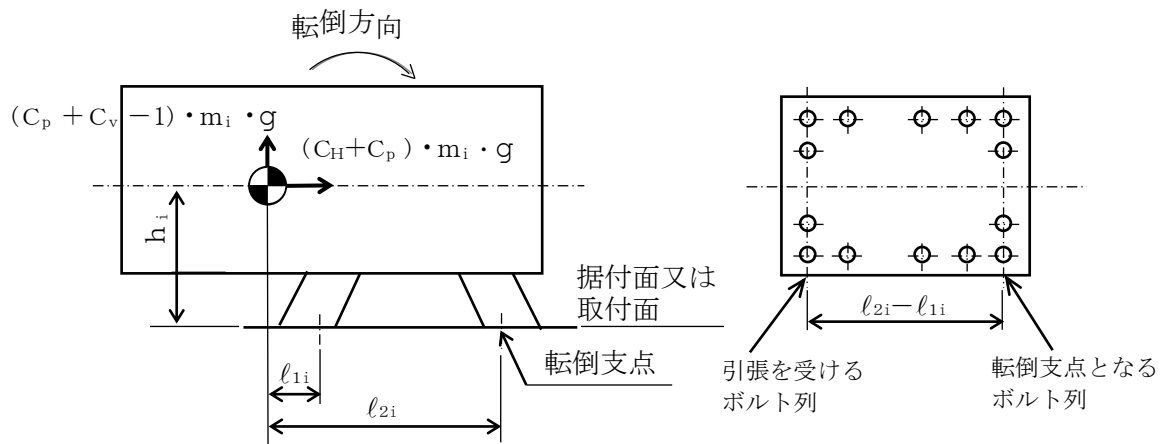


図 4-3(4) 計算モデル

(軸方向転倒-4 軸方向の重心位置が、両端のボルトの間でない場合で  $(l_{2i} + l_{1i}) / (l_{2i} - l_{1i}) < (C_v + C_p)$  の場合)

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 4-2 及び図 4-3 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

なお、ポンプと原動機のベースが共通である場合の基礎ボルト (i=1) 及び計算モデル図 4-3 の場合のボルト (i=1~4) については、ポンプ回転によるモーメントは作用しない。

引張力

計算モデル図 4-2(1) 及び 4-3(1) の場合の引張力

【絶対値和】

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_i + M_p - m_i \cdot g \cdot (1 - C_P - C_V) \cdot l_{1 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

$$= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_V \cdot l_{1 i}) + m_i \cdot C_P \cdot g \cdot (h_i + l_{1 i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{1 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

..... (4.3.1.1.1)

【SRSS法】

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot \sqrt{(C_H \cdot h_i)^2 + (C_V \cdot l_{1 i})^2} + m_i \cdot g \cdot C_P \cdot (h_i + l_{1 i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{1 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

..... (4.3.1.1.2)

計算モデル図 4-2(2) 及び 4-3(2) の場合の引張力

【絶対値和】

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_i + M_p - m_i \cdot g \cdot (1 - C_P - C_V) \cdot l_{2 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

$$= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_V \cdot l_{2 i}) + m_i \cdot C_P \cdot g \cdot (h_i + l_{2 i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{2 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

..... (4.3.1.1.3)

【SRSS法】

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot \sqrt{(C_H \cdot h_i)^2 + (C_V \cdot l_{2 i})^2} + m_i \cdot g \cdot C_P \cdot (h_i + l_{2 i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{2 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})}$$

..... (4.3.1.1.4)

計算モデル図 4-3(3) の場合の引張力

【絶対値和】

$$\begin{aligned}
 F_{bi} &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_p) \cdot h_i + M_p + m_i \cdot g \cdot (1 + C_p + C_v) \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_v \cdot l_{1i}) + m_i \cdot C_p \cdot g \cdot (h_i + l_{1i}) + M_p + m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &\dots\dots\dots (4.3.1.1.5)
 \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}
 F_{bi} &= \frac{m_i \cdot g \cdot \sqrt{(C_H \cdot h_i)^2 + (C_v \cdot l_{1i})^2} + m_i \cdot g \cdot C_p \cdot (h_i + l_{1i}) + M_p + m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &\dots\dots\dots (4.3.1.1.6)
 \end{aligned}$$

計算モデル図 4-3(4) の場合の引張力

【絶対値和】

$$\begin{aligned}
 F_{bi} &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_p) \cdot h_i + M_p + m_i \cdot g \cdot (C_p + C_v - 1) \cdot l_{2i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_v \cdot l_{2i}) + m_i \cdot C_p \cdot g \cdot (h_i + l_{2i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{2i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &\dots\dots\dots (4.3.1.1.7)
 \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}
 F_{bi} &= \frac{m_i \cdot g \cdot \sqrt{(C_H \cdot h_i)^2 + (C_v \cdot l_{2i})^2} + m_i \cdot g \cdot C_p \cdot (h_i + l_{2i}) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_{2i}}{n_{fi} \cdot (l_{2i} - l_{1i})} \\
 &\dots\dots\dots (4.3.1.1.8)
 \end{aligned}$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント $M_p$ は次式で求める。

$$\begin{aligned}
 M_p &= \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \dots\dots\dots (4.3.1.1.9) \\
 &\quad (1kW = 10^6 N \cdot mm/s)
 \end{aligned}$$

ただし、ベースが共通でポンプと原動機間に減速機がある場合、ポンプ及び減速機取付ボルト（ $i=2$ 及び $4$ ）における（4.3.1.1.9）式中の $N$ はポンプ回転数とする。

また、 $C_p$ はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left( 2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60} \right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (4.3.1.1.10)$$



引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (4.3.1.1.11)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_{b i}$  は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (4.3.1.1.12)$$

ただし、 $F_{b i}$  が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b i} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \dots\dots\dots (4.3.1.1.13)$$

せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \dots\dots\dots (4.3.1.1.14)$$

#### 4.4 応力の評価

##### 4.4.1 ボルトの応力評価

4.3.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容組合せ応力  $f_{tsi}$  以下であること。ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (4.4.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{toi}$	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 5. 機能維持評価

### 5.1 動的機能維持評価方法

機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により，地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。

機能維持評価用加速度は，VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき，基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」による。

なお，この適用形式を外れる場合は，加振試験等に基づき確認した加速度を用いることとし，個別計算書にその旨を記載する。

## 6. 耐震計算書のフォーマット

横形ポンプの耐震計算書のフォーマットは，以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡを使用するものとする。ただし，評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○○ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		○○建物 EL *1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	C <sub>H</sub> = *4	C <sub>V</sub> = *4	C <sub>P</sub> =		

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

\*3：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*4：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト (i=1)					(M )			
ポンプ取付ボルト (i=2)					(M )			
原動機取付ボルト (i=3)					(M )			
減速機取付ボルト (i=4)					(M )			

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>p</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト (i=1)	*2	*2					
ポンプ取付ボルト (i=2)	*3	*3					
原動機取付ボルト (i=3)	*2	*2					
減速機取付ボルト (i=4)	*2	*2					

注記\*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2：周囲環境温度で算出

\*3：最高使用温度で算出

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

注記\* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向		
	鉛直方向		
原動機	水平方向		
	鉛直方向		

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果】

【○○○○○ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		○○建物 EL *1	—*2	—*2	—	—	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	C <sub>p</sub> =		

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

\*3：設計用震度 I（基準地震動S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト (i=1)					(M )			
ポンプ取付ボルト (i=2)					(M )			
原動機取付ボルト (i=3)					(M )			
減速機取付ボルト (i=4)					(M )			

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>p</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト (i=1)	*2	*2	—		—		
ポンプ取付ボルト (i=2)	*3	*3	—		—		
原動機取付ボルト (i=3)	*2	*2	—		—		
減速機取付ボルト (i=4)	*2	*2	—		—		

注記\*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2：周囲環境温度で算出

\*3：最高使用温度で算出

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	
減速機取付ボルト (i=4)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

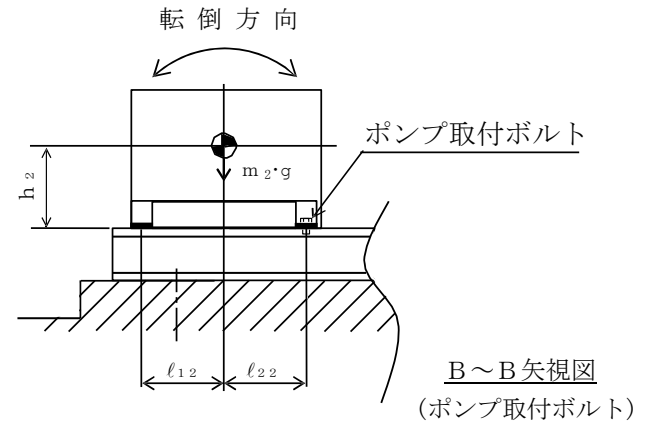
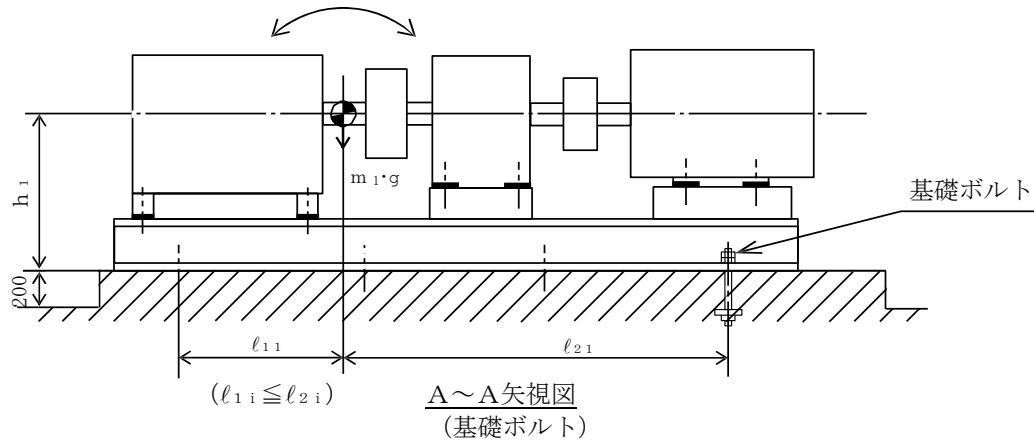
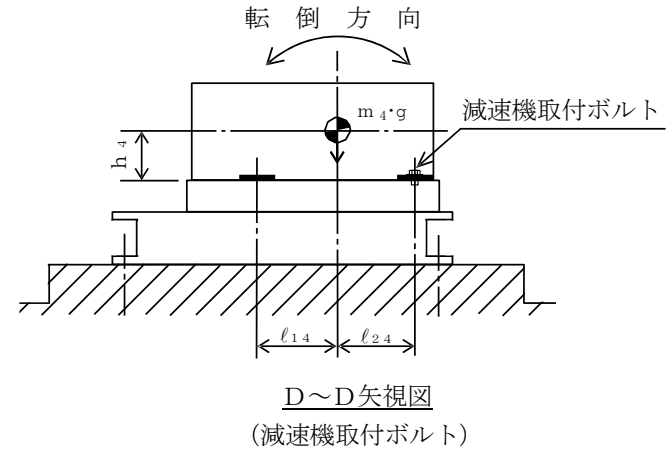
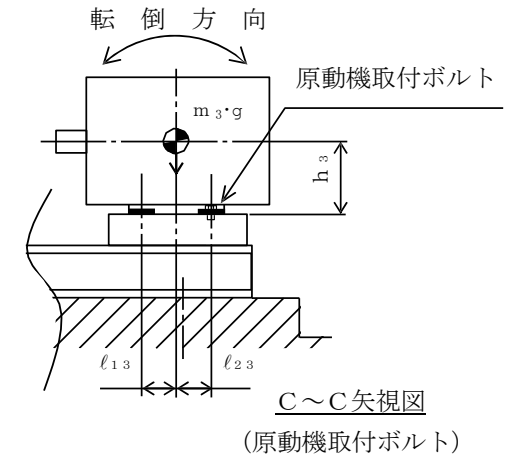
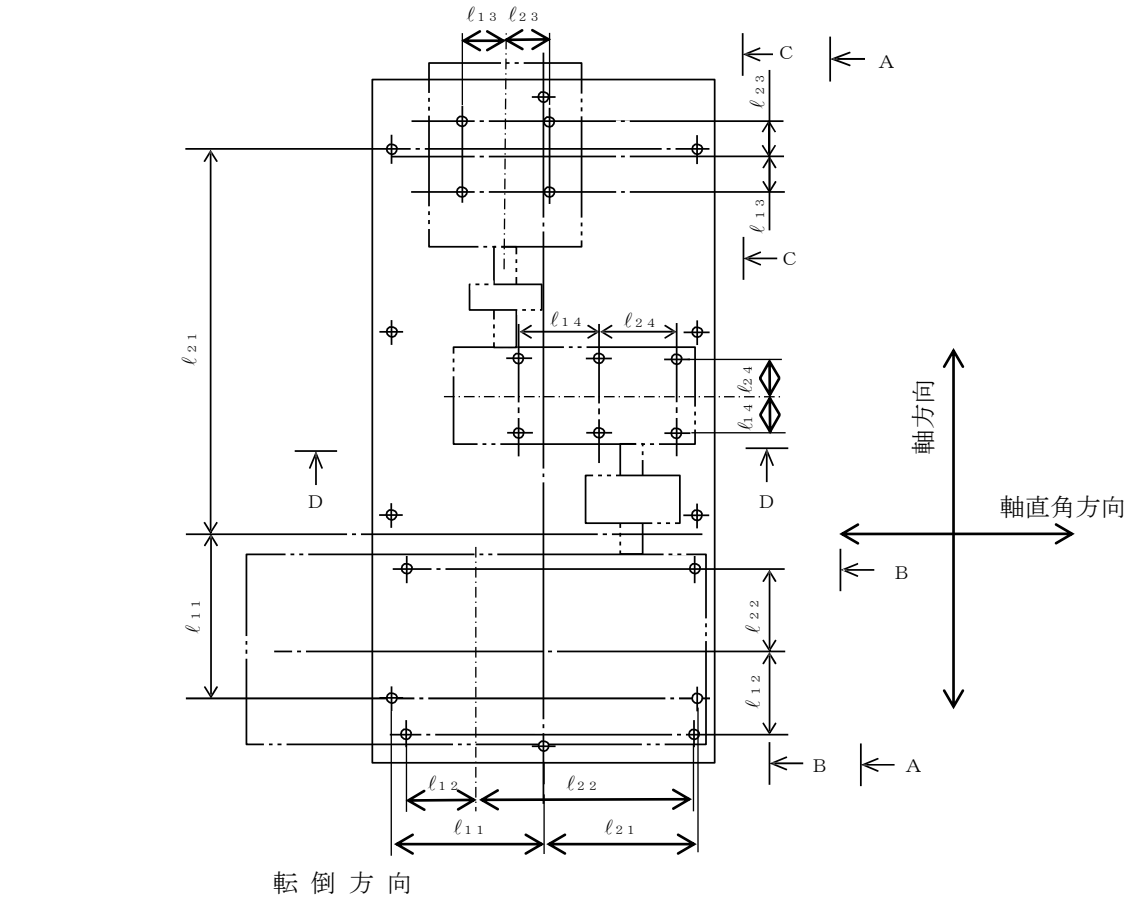
注記\*:  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 動的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向		
	鉛直方向		
原動機	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





## 添付資料-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	6
4. 固有値解析及び構造強度評価	7
4.1 固有値解析及び構造強度評価方法	7
4.2 固有周期の計算	8
4.3 設計用地震力	8
4.4 計算方法	8
4.5 応力の評価	12
5. 機能維持評価	14
5.1 動的機能維持評価方法	14
6. 耐震計算書のフォーマット	14

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている立形ポンプ（耐震重要度分類Sクラス又はS s機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従う。

ただし、本基本方針が適用できない立形ポンプにあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

立形ポンプの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.2 固有周期の計算」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 固有値解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、立形ポンプの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

立形ポンプの耐震評価フローを図2-1に示す。

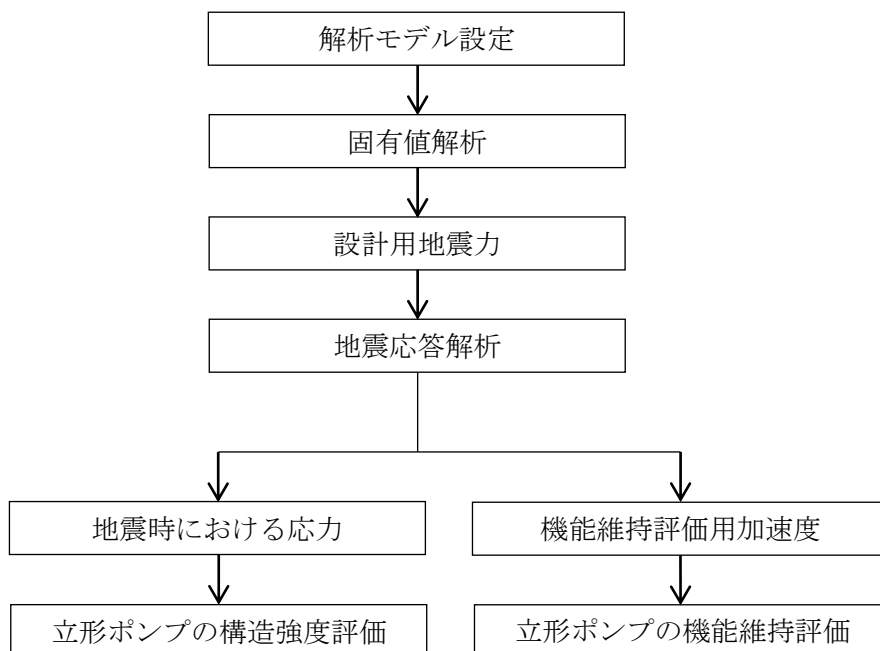


図2-1 立形ポンプの耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ( (社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A b i	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
A c	バレルケーシング又はコラムパイプの断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>p</sub>	ポンプ振動による震度	—
C <sub>v</sub>	鉛直方向設計震度	—
D c	バレルケーシング又はコラムパイプの内径	mm
D i	ボルトのピッチ円直径* <sup>1</sup>	mm
d i	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
F i *	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
F b i	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
f s b i	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
f t o i	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
f t s i	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * <sup>1</sup>	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
H <sub>p</sub>	予想最大両振幅	μm
M	図 4-2 計算モデルによる多質点解析により求められる水平方向地震及び水平方向のポンプ振動によるモーメント	N・mm
M <sub>0</sub>	図 4-2 計算モデルによる多質点解析により求められる水平方向地震によるモーメント	N・mm
M <sub>cp</sub>	図 4-2 計算モデルによる多質点解析により求められる水平方向のポンプ振動によるモーメント	N・mm
M <sub>i</sub>	図 4-2 計算モデルの①, ②, ③及び④を支点とする水平方向地震及び水平方向のポンプ振動による転倒モーメント* <sup>2</sup>	N・mm
M <sub>0i</sub>	図 4-2 計算モデルの①, ②, ③及び④を支点とする水平方向地震による転倒モーメント* <sup>2</sup>	N・mm
M <sub>cp<i>i</i></sub>	図 4-2 計算モデルの①, ②, ③及び④を支点とする水平方向のポンプ振動による転倒モーメント* <sup>2</sup>	N・mm
M <sub>p</sub>	ポンプ回転により作用するモーメント	N・mm
m	バレルケーシング付根部に対しては, ポンプ床下部質量 コラムパイプ付根部に対しては, コラムパイプ総質量	kg
m <sub>i</sub>	運転時質量* <sup>3</sup>	kg
N	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
n <sub>i</sub>	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
n <sub>f i</sub>	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
P	原動機出力	kW
P <sub>c</sub>	バレルケーシング又はコラムパイプの内圧	MPa
Q <sub>b i</sub>	図 4-2 計算モデルの①, ②, ③及び④における水平方向地震及び水平方向のポンプ振動によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N

記号	記号の説明	単位
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S <sub>a</sub>	バレルケーシング又はコラムパイプの許容応力	MPa
S <sub>u</sub> , S <sub>ui</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa
S <sub>y</sub> , S <sub>yi</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa
S <sub>yi</sub> (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値*1	MPa
T <sub>Hi</sub>	水平方向固有周期*4	s
T <sub>Vi</sub>	鉛直方向固有周期*4	s
t	バレルケーシング又はコラムパイプの厚さ	mm
Z	バレルケーシング又はコラムパイプの断面係数	mm <sup>3</sup>
π	円周率	—
σ	バレルケーシング又はコラムパイプの一次一般膜応力の最大値	MPa
σ <sub>bi</sub>	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
σ <sub>cH</sub>	水平方向地震及び水平方向のポンプ振動によりバレルケーシング又はコラムパイプに生じる応力	MPa
σ <sub>cH1</sub>	σ <sub>cH</sub> のうち水平方向地震により生じる応力	MPa
σ <sub>cH2</sub>	σ <sub>cH</sub> のうち水平方向のポンプ振動により生じる応力	MPa
σ <sub>cv</sub>	鉛直方向地震、自重及び鉛直方向のポンプ振動によりバレルケーシング又はコラムパイプに生じる応力	MPa
σ <sub>cv1</sub>	σ <sub>cv</sub> のうち鉛直方向地震により生じる応力	MPa
σ <sub>cv2</sub>	σ <sub>cv</sub> のうち自重及び鉛直方向のポンプ振動により生じる応力	MPa
σ <sub>zP</sub>	バレルケーシング又はコラムパイプの内圧による軸方向応力	MPa
σ <sub>θP</sub>	バレルケーシング又はコラムパイプの内圧による周方向応力	MPa
τ <sub>bi</sub>	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $D_i$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 基礎ボルト

$i=2$ : ポンプ取付ボルト

$i=3$ : 原動機台取付ボルト

$i=4$ : 原動機取付ボルト

なお、ポンプ取付ボルト（上）、（下）がある場合は、 $i=2$ : ポンプ取付ボルト（下）、 $i=3$ : ポンプ取付ボルト（上）とし、 $i=3$ を $i=4$ 、 $i=4$ を $i=5$ とする。

\*2:  $M_i$ ,  $M_{0i}$ 及び $M_{cpi}$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : ㊶

$i=2$ : ㊷

$i=3$ : ㊸

$i=4$ : ㊹

\*3 :  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : ポンプ取付面

$i = 3$  : 原動機台取付面

$i = 4$  : 原動機取付面

なお、ポンプ取付面（上）、（下）がある場合は、 $i = 2$  : ポンプ取付面（下）、 $i = 3$  : ポンプ取付面（上）とし、 $i = 3$  を  $i = 4$ 、 $i = 4$  を  $i = 5$  とする。

\*4 :  $T_{Hi}$ 、 $T_{Vi}$  の添字  $i$  の意味は、固有周期の次数を示す。

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

## 3. 評価部位

立形ポンプの耐震評価は「4.1 固有値解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト、取付ボルト並びにバレルケーシング及びコラムパイプについて評価を実施する。また、海水ポンプのように、コラムパイプ端部をサポートで水平方向の支持をする場合には、サポート基礎ボルトについて評価を実施する。



#### 4. 固有値解析及び構造強度評価

##### 4.1 固有値解析及び構造強度評価方法

立形ポンプの固有値解析及び構造評価に用いる解析モデルの作成条件を以下に示す。

- (1) ポンプは基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。
- (2) ポンプは原動機も含めて多質点モデルにてモデル化し，軸とケーシングとを分け軸受部をばねで接続した複列式多質点モデルとする。また，解析モデルは水平方向及び鉛直方向の応答を考慮した2次元の解析モデルとする。
- (3) モデル化に際しては，原動機，ポンプ及び内容物の質量は各質点に集中するものとする。
- (4) ピットバレル形立形ポンプの下部サポートは水平方向に対して剛性が十分に大きく鉛直方向は拘束しないため，ローラ支点としてモデル化し，水平方向の地震力を受ける。
- (5) 地震力はポンプに対して水平方向及び鉛直方向から作用する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。
- (7) 固有値解析及び地震応答解析に用いる解析コードは「MSC NASTRAN」とする。

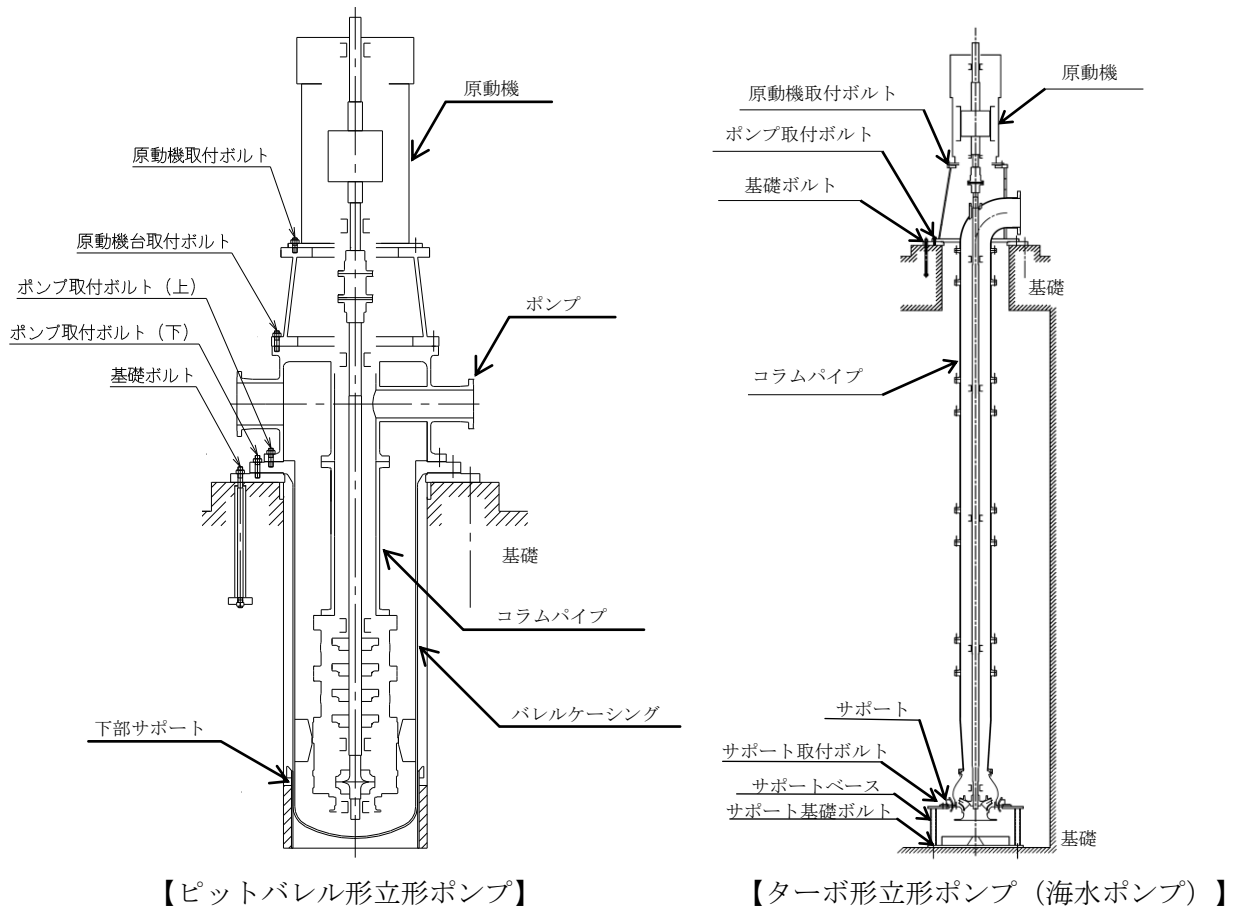


図 4-1 概要図

4.2 固有周期の計算

立形ポンプの固有周期について、「4.1 固有値解析及び構造強度評価方法」に基づき作成した解析モデルにより計算する。

4.3 設計用地震力

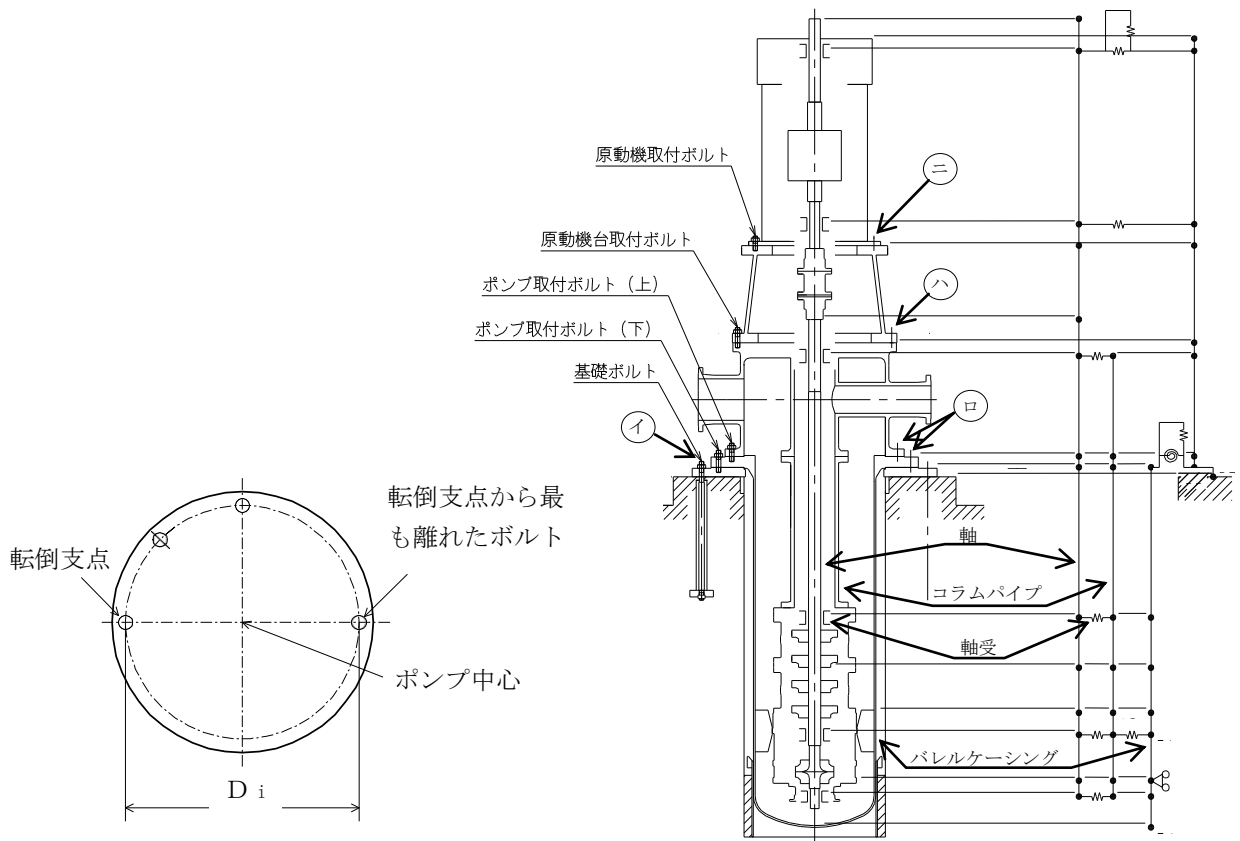
「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

4.4 計算方法

4.4.1 応力の計算方法

ポンプが鉛直方向について剛構造であることを確認のうえ、以下の式により応力の計算を行う。

4.4.1.1 ボルトの計算方法



$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : ポンプ取付ボルト\*

$i = 3$  : 原動機台取付ボルト\*

$i = 4$  : 原動機取付ボルト\*

注記\* : ポンプ取付ボルト (上), (下) がある場合は,  $i = 2$  : ポンプ取付ボルト (下),  $i = 3$  : ポンプ取付ボルト (上) とし,  $i = 3$  を  $i = 4$ ,  $i = 4$  を  $i = 5$  とする。

図 4-2 計算モデル

ボルトの応力は地震による震度、ポンプ振動による震度及びポンプ回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

なお、転倒モーメント及びせん断力は、水平方向には設計震度とポンプ振動による震度を考慮し、地震応答解析により算出する。

(1) 引張応力

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

引張力

【絶対値和】

$$F_{b i} = \frac{M_i - (1 - C_p - C_v) \cdot m_i \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_{f i} \cdot D_i} \dots\dots\dots (4.4.1.1.1)$$

【SRSS法】

$$F_{b i} = \frac{\sqrt{M_{0 i}^2 + \left(C_v \cdot m_i \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}\right)^2} + M_{c p i} + (C_p - 1) \cdot m_i \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_{f i} \cdot D_i} \dots\dots\dots (4.4.1.1.2)$$

ここで、 $M_i$ 、 $M_{0 i}$ 及び $M_{c p i}$ は解析により求める。

また、 $C_p$ はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (4.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (4.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_{b i}$ は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (4.4.1.1.5)$$

ただし、 $F_{b i}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

## (2) せん断応力

ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。なお、基礎ボルト（ $i=1$ ）については、ポンプ回転によるモーメントは作用しない。

せん断力

せん断力は地震応答解析により求める  $Q_{bi}$  及びポンプ回転により作用するモーメント  $M_p$  を考慮して求める。

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi} + 2 \cdot M_p / D_i}{n_i \cdot A_{bi}} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.1.6)$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント  $M_p$  は次式で求める。

$$M_p = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots\dots\dots (4.4.1.1.7)$$

$$(1kW = 10^6 N \cdot mm/s)$$

## 4.4.1.2 バレルケーシング及びコラムパイプの計算方法

バレルケーシング及びコラムパイプの応力は次式により求める。

## (1) 水平方向地震及びポンプ振動による応力

多質点モデルを用いて応答計算を行い、得られた各部に働くモーメントにより、曲げ応力は以下ようになる。

【絶対値和】

$$\sigma_{cH} = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.2.1)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{cH1} = \frac{M_0}{Z} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.2.2)$$

$$\sigma_{cH2} = \frac{M_{cp}}{Z} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.2.3)$$

## (2) 鉛直方向地震及びポンプ振動による応力

【絶対値和】

$$\sigma_{cv} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot m \cdot g}{A_c} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.2.4)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{cvI} = \frac{C_v \cdot m \cdot g}{A_c} \quad \dots\dots\dots (4.4.1.2.5)$$

$$\sigma_{cv2} = \frac{(1 + C_p) \cdot m \cdot g}{A_c} \dots\dots\dots (4.4.1.2.6)$$

(3) 内圧による応力

$$\sigma_{\theta P} = \frac{P_c \cdot D_c}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (4.4.1.2.7)$$

$$\sigma_{zP} = \frac{P_c \cdot D_c}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (4.4.1.2.8)$$

以上の(1)～(3)の各応力から、一次一般膜応力は

**【絶対値和】**

$$\sigma = \text{Max} (\sigma_{cH} + \sigma_{cv} + \sigma_{zP}, \sigma_{\theta P}) \dots\dots\dots (4.4.1.2.9)$$

**【S R S S法】**

$$\sigma = \text{Max} (\sqrt{(\sigma_{cH1})^2 + (\sigma_{cv1})^2} + \sigma_{cH2} + \sigma_{cv2} + \sigma_{zP}, \sigma_{\theta P}) \dots\dots\dots (4.4.1.2.10)$$

一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

#### 4.5 応力の評価

##### 4.5.1 ボルトの応力評価

4.4.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容組合せ応力  $f_{tsi}$  以下であること。ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (4.5.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{toi}$	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.5.2 バレルケーシング及びコラムパイプの応力評価

4.4.1.2 項で求めた応力が最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許容応力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の 0.6 倍のいずれか小さい方の値。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あっては許容引張応力 $S$ の 1.2 倍の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。	設計引張強さ $S_u$ の 0.6 倍

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあつては軸受部）の応答加速度又は設置床の最大応答加速度のいずれか大きい方とする。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」による。

なお、この適用形式を外れる場合は、加振試験等に基づき確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6. 耐震計算書のフォーマット

立形ポンプの耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。



S2 補 VI-2-1-14(2) R1

【フォーマット I 設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		ポンプ振動による震度	最高使用温度(°C)	周囲環境温度(°C)	最高使用圧力(MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				吸込側	吐出側
		○○建物 EL <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> = <sup>*2</sup> 又は*3	C <sub>V</sub> = <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> = <sup>*4</sup> 又は*5	C <sub>V</sub> = <sup>*4</sup>	C <sub>P</sub> =				

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) により得られる震度

\*4: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

\*5: 設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により得られる震度

1.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m <sub>i</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>f i</sub>	M <sub>p</sub> (N・mm)	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )					*2	*2		
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)			(M )					*1	*1		
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)			(M )					*1	*1		
原動機台取付ボルト (i=4)			(M )					*1	*1		
原動機取付ボルト (i=5)			(M )					*2	*2		

注記\*1: 最高使用温度で算出

\*2: 周囲環境温度で算出

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

(2) パレルケーシング, コラムパイプ

部材	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	D <sub>c</sub> (mm)	t (mm)
パレルケーシング	*	*	*		
コラムパイプ	*	*	*		

注記\*: 最高使用温度で算出

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>bi</sub> (N)		Q <sub>bi</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)						
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)						
原動機台取付ボルト (i=4)						
原動機取付ボルト (i=5)						

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力  
(単位: N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
バレルケーシング		
コラムパイプ		

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	T <sub>H1</sub> =
鉛直方向	T <sub>V1</sub> =

1.4.2 ボルトの応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
原動機台取付ボルト (i=4)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$
原動機取付ボルト (i=5)		引張	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$
		せん断	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$

1.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力 (単位: MPa)

部材	材料	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =
		基準地震動 S <sub>s</sub>	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =
		基準地震動 S <sub>s</sub>	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =

すべて許容応力以下である。

注記\*:  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

## 1.4.4 動的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向		
	鉛直方向		
原動機	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S s）により定まる加速度。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあつては軸受部）の応答加速度又は設置床の最大応答加速度のいずれか大きい方とする。  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

## (2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				

## (3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数	ばねの方向
1	15	(N/mm)	
3	17	(N/mm)	
6	20	(N/mm)	
9	23	(N/mm)	
12	38	(N/mm)	
13	39	(N/mm)	
17	27	(N/mm)	
31	33	(N・mm/rad)	

## (4) 節点の質量

節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1					
2					
3					
4					
5					

【フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果】

【○○○○ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		ポンプ振動による震度	最高使用温度(°C)	周囲環境温度(°C)	最高使用圧力(MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				吸込側	吐出側
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2 又は*3	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>P</sub> =				

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

\*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により得られる震度

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m <sub>i</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>f i</sub>	M <sub>p</sub> (N・mm)	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M)					*2	*2	—	
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)			(M)					*1	*1	—	
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)			(M)					*1	*1	—	
原動機台取付ボルト (i=4)			(M)					*1	*1	—	
原動機取付ボルト (i=5)			(M)					*2	*2	—	

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部材	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	D <sub>c</sub> (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—	*	*		
コラムパイプ	—	*	*		

注記\*：最高使用温度で算出

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)



2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力

(単位: N・mm)

部材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>bi</sub> (N)		Q <sub>bi</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—		—	
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)	—		—		—	
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)	—		—		—	
原動機台取付ボルト (i=4)	—		—		—	
原動機取付ボルト (i=5)	—		—		—	

部材	M	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
バレルケーシング	—	
コラムパイプ	—	

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位: s)

方向	固有周期
水平方向	T <sub>H1</sub> =
鉛直方向	T <sub>V1</sub> =

2.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
原動機台取付ボルト (i=4)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$
原動機取付ボルト (i=5)		引張	—	—	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$

2.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部材	材料	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S <sub>s</sub>	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S <sub>s</sub>	$\sigma =$	S <sub>a</sub> =

すべて許容応力以下である。

注記\*:  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

## 2.4.4 動的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向		
	鉛直方向		
原動機	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S s）により定まる加速度。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあつては軸受部）の応答加速度

又は設置床の最大応答加速度のいずれか大きい方とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

## (2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				

## (3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数	ばねの方向
1	15	(N/mm)	
3	17	(N/mm)	
6	20	(N/mm)	
9	23	(N/mm)	
12	38	(N/mm)	
13	39	(N/mm)	
17	27	(N/mm)	
31	33	(N・mm/rad)	

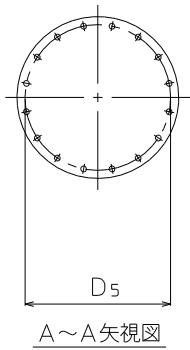
## (4) 節点の質量

節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

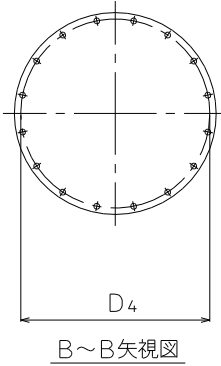
(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1					
2					
3					
4					
5					

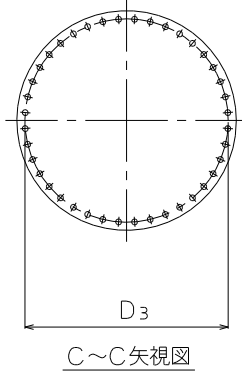
原動機取付ボルト



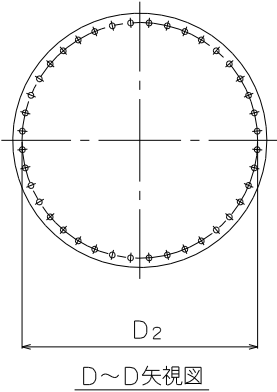
原動機台取付ボルト



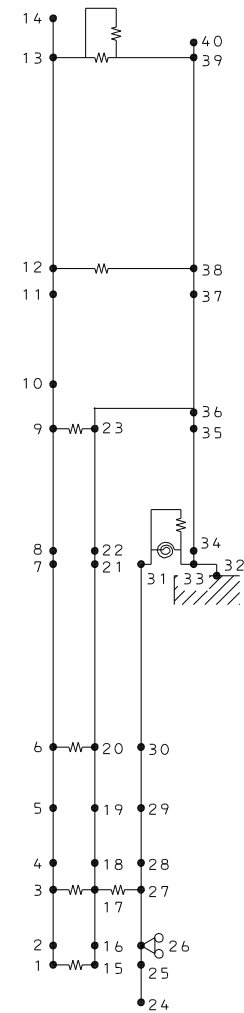
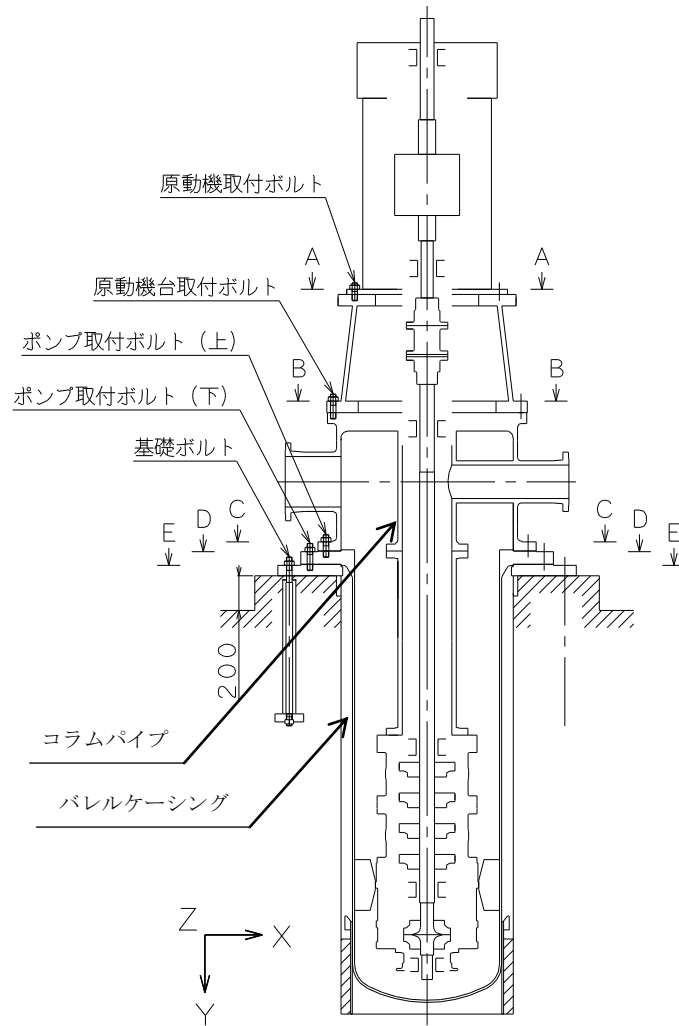
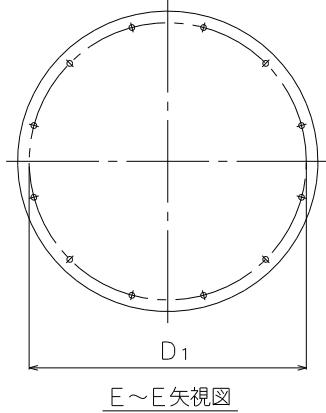
ポンプ取付ボルト (上)



ポンプ取付ボルト (下)



基礎ボルト



添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての  
計算書作成の基本方針



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の計算方法	7
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 設計用地震力	11
5.3 計算方法	12
5.4 応力の評価	20
6. 耐震計算書のフォーマット	24

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められているスカート支持たて置円筒形容器(耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの)が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用できないスカート支持たて置円筒形容器にあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

スカート支持たて置円筒形容器の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 耐震計算書のフォーマット」にて示す。

スカート支持たて置円筒形容器の耐震評価フローを図2-1に示す。

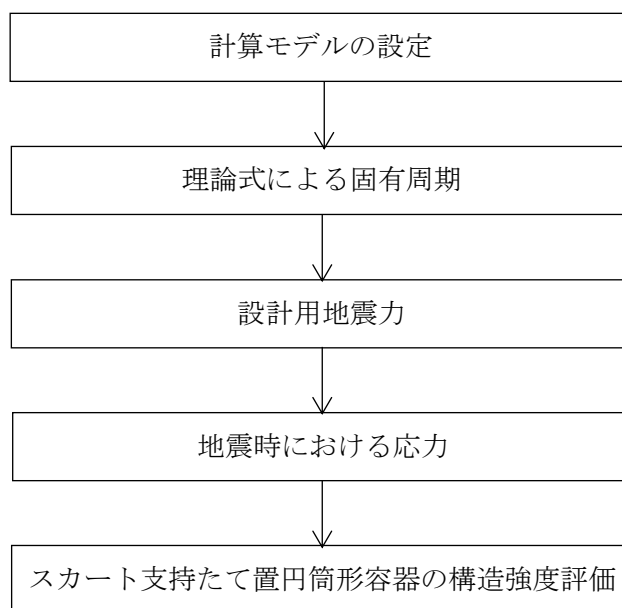


図2-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>e</sub>	胴の有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	スカートの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>se</sub>	スカートの有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>c</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>t</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>v</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>bi</sub>	ベースプレートの内径	mm
D <sub>bo</sub>	ベースプレートの外径	mm
D <sub>c</sub>	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
D <sub>j</sub>	スカートに設けられた各開口部の穴径 (j=1, 2, 3…j <sub>1</sub> )	mm
D <sub>s</sub>	スカートの内径	mm
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E <sub>s</sub>	スカートの縦弾性係数	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F <sup>*</sup>	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F <sub>c</sub>	基礎に作用する圧縮力	N
F <sub>t</sub>	基礎ボルトに作用する引張力	N
f <sub>bm</sub>	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f <sub>cm</sub>	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>tm</sub>	スカートの許容引張応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G <sub>s</sub>	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>s</sub>	スカートの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
j <sub>1</sub>	スカートに設けられた開口部の穴の個数	—

記号	記号の説明	単位
$K_H$	水平方向ばね定数	N/m
$K_V$	鉛直方向ばね定数	N/m
$k$	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$l$	胴のスカート接合点から重心までの距離	mm
$l_1, l_2$	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離 (図5-2に示す距離)	mm
$l_r$	容器の重心から上端支持部までの距離	mm
$l_s$	スカートの長さ	mm
$M_s$	スカートに作用する転倒モーメント	N・mm
$M_{s1}$	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
$M_{s2}$	スカートの下端部に作用する転倒モーメント	N・mm
$m_o$	容器の運転時質量	kg
$m_e$	容器のスカート接合部から上部の空質量	kg
$n$	基礎ボルトの本数	—
$P_r$	最高使用圧力	MPa
$Q$	重心に作用する任意の水平力	N
$Q'$	$Q$ により上端の支持部に作用する反力	N
$S$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
$S_a$	胴の許容応力	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
$s$	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
$T_H$	水平方向固有周期	s
$T_V$	鉛直方向固有周期	s
$t$	胴板の厚さ	mm
$t_1$	基礎ボルト面積相当板幅	mm
$t_2$	圧縮側基礎相当幅	mm
$t_s$	スカートの厚さ	mm
$Y$	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ	mm
$z$	基礎ボルト計算における係数	—
$\alpha$	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
$\delta$	荷重 $Q$ による容器の上端での変位量	mm
$\delta'$	荷重 $Q'$ による容器の上端での変位量	mm
$\delta_o$	荷重 $Q, Q'$ による容器の重心での変位量	mm
$\eta$	座屈応力に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—

記号	記号の説明	単位
$\rho'$	液体の密度	kg/mm <sup>3</sup>
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	胴の組合せ圧縮応力	MPa
$\sigma_{0t}$	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_2$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2c}$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (圧縮側)	MPa
$\sigma_{2t}$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (引張側)	MPa
$\sigma_{2xc}$	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (圧縮側)	MPa
$\sigma_{2xt}$	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (引張側)	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_c$	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_s$	スカートの組合せ応力	MPa
$\sigma_{s1}$	スカートの運転時質量による軸方向応力	MPa
$\sigma_{s2}$	水平方向地震によりスカートに生じる曲げモーメントによる 軸方向応力	MPa
$\sigma_{s3}$	スカートの鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	胴の運転時質量による軸方向引張応力	MPa
$\sigma_{x3}$	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
$\sigma_{x5}$	胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
$\sigma_{x6}$	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
$\sigma_{xc}$	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
$\sigma_{xt}$	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
$\sigma_{\phi}$	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
$\tau$	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_s$	地震によりスカートに生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-1に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 <sup>*1</sup>
	胴板の厚さ	mm	—	小数点以下第1位
	スカート厚さ	mm	—	小数点以下第1位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

スカート支持たて置円筒形容器の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴、スカート及び基礎ボルトについて評価を実施する。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

スカート支持たて置円筒形容器の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

モデル化に当たっては次の条件で行う。

- a. 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- b. 容器はスカートで支持され、スカート下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- c. 胴とスカートをはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- d. スカートの部材において、マンホール等の開口部があつて補強をしていない場合は、欠損の影響を考慮する。
- e. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

本容器は、前記の条件より図4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルあるいは下端固定上端支持の1質点系振動モデルとして考える。

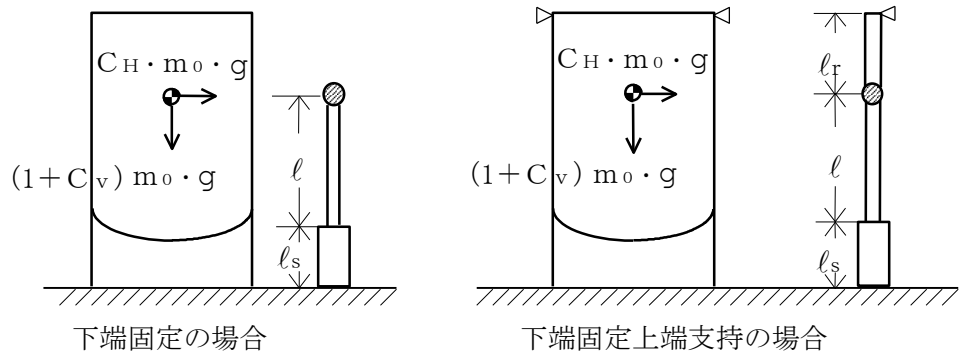


図4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

a. 下端固定の場合

曲げ及びせん断変形によるばね定数 $K_H$ は次式で求める。

$$K_H = 1000 \left\{ \frac{l^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{1}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot (3 \cdot l^2 \cdot l_s + 3 \cdot l \cdot l_s^2 + l_s^3) + \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{s e}} \right\} \dots \dots \dots (4.1.1)$$



ここで、スカートの開口部（図4-2参照）による影響を考慮し、胴及びスカートの断面性能は次のように求める。

胴の断面性能は次式で求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \quad \dots\dots\dots (4.1.2)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad \dots\dots\dots (4.1.3)$$

スカートの断面性能は次式で求める。

$$I_s = \frac{\pi}{8} \cdot (D_s + t_s)^3 \cdot t_s - \frac{1}{4} \cdot (D_s + t_s)^2 \cdot t_s \cdot Y \quad \dots\dots\dots (4.1.4)$$

スカート開口部の水平断面における最大円周長さは次式で求める。

(図4-2及び図4-3参照)

$$Y = \sum_{j=1}^{j-1} (D_s + t_s) \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_j}{D_s + t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (4.1.5)$$

$$A_{se} = \frac{2}{3} \cdot \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (4.1.6)$$

したがって、固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots\dots\dots (4.1.7)$$

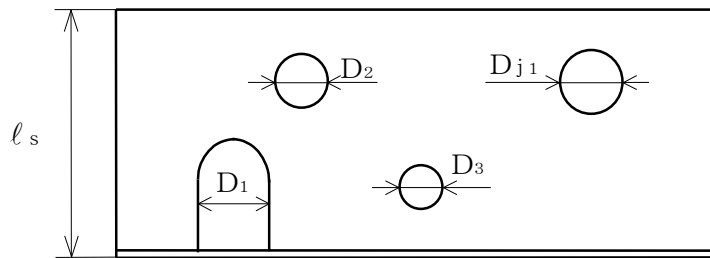


図4-2 スカートの開口部の形状

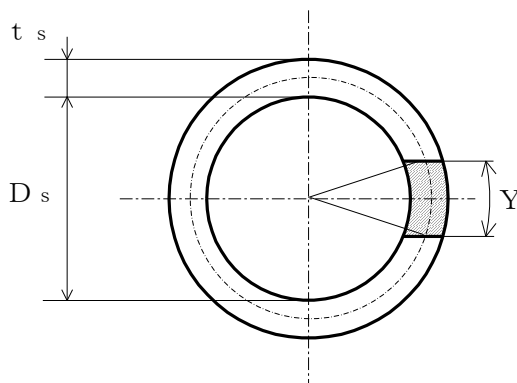


図4-3 スカートの開口部の水平断面における最大円周長さ

b. 下端固定上端支持の場合

重心の位置に水平方向の荷重Qが作用したときに上端の支持部に生じる反力Q' は、  
 図4-4に示すように荷重Q及び反力Q' による上端の変位量  $\delta$  と  $\delta'$  が等しいとして求める。

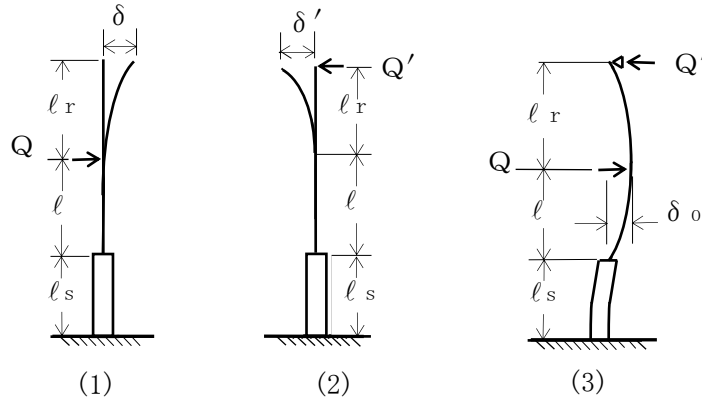


図4-4 下端固定上端支持の場合の変形モデル

図4-4の(1)の場合

$$\delta = \frac{Q \cdot l^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2 \cdot l + 3 \cdot l_r) + \frac{Q}{6 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{ 2 \cdot l_s^3 + 3 \cdot l_s^2 \cdot l_r + 6 \cdot l_s \cdot l \cdot (l_s + l + l_r) \} + \frac{Q \cdot l}{G \cdot A_e} + \frac{Q \cdot l_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (4.1.8)$$

図4-4の(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q' \cdot (l + l_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{Q'}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{ 3 \cdot (l + l_r)^2 \cdot l_s + 3 \cdot (l + l_r) \cdot l_s^2 + l_s^3 \} + \frac{Q' \cdot (l + l_r)}{G \cdot A_e} + \frac{Q' \cdot l_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (4.1.9)$$

(4.1.8) 式と (4.1.9) 式を等しく置くことにより、

$$Q' = Q \cdot \left\{ \frac{l^2 \cdot (2 \cdot l + 3 \cdot l_r)}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot l_s^3 + 3 \cdot l_s^2 \cdot l_r + 6 \cdot l_s \cdot l \cdot (l_s + l + l_r)}{6 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \Bigg/ \left\{ \frac{(l + l_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot (l + l_r)^2 \cdot l_s + 3 \cdot (l + l_r) \cdot l_s^2 + l_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{l + l_r}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \dots \dots \dots (4.1.10)$$

したがって、図4-4の(3)に示す重心位置での変位量  $\delta_0$  は図4-4の(1)及び(2)の重心位置での変位量の重ね合わせから求めることができ、ばね定数  $K_H$  は次式で求める。

$$K_H = \frac{Q}{\delta_0} = 1000 \left/ \left\{ \frac{l^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot l^2 \cdot l_s + 3 \cdot l \cdot l_s^2 + l_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right. \right. \\ \left. \left. + \left( 1 - \frac{Q'}{Q} \right) \cdot \left( \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right) - \frac{Q'}{Q} \cdot \left( \frac{2 \cdot l^3 + 3 \cdot l^2 \cdot l_r}{6 \cdot E \cdot I} \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \frac{3 \cdot l_s^2 \cdot l + l_s^3 + 3 \cdot l_s \cdot l^2 + 3 \cdot l_s \cdot l \cdot l_r + \frac{3}{2} \cdot l_s^2 \cdot l_r}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right) \right\} \right. \quad (4.1.11)$$

固有周期は (4.1.7) 式により求める。

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数  $K_v$  は、次式で求める。

$$K_v = 1000 \left/ \left( \frac{l}{E \cdot A} + \frac{l_s}{E_s \cdot A_s} \right) \right. \quad (4.1.12)$$

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad (4.1.13)$$

$$A_s = \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad (4.1.14)$$

したがって、固有周期  $T_v$  は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_v}} \quad (4.1.15)$$

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項a.～e.のほか、次の条件で計算する。概要図を図5-1に示す。

- (1) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

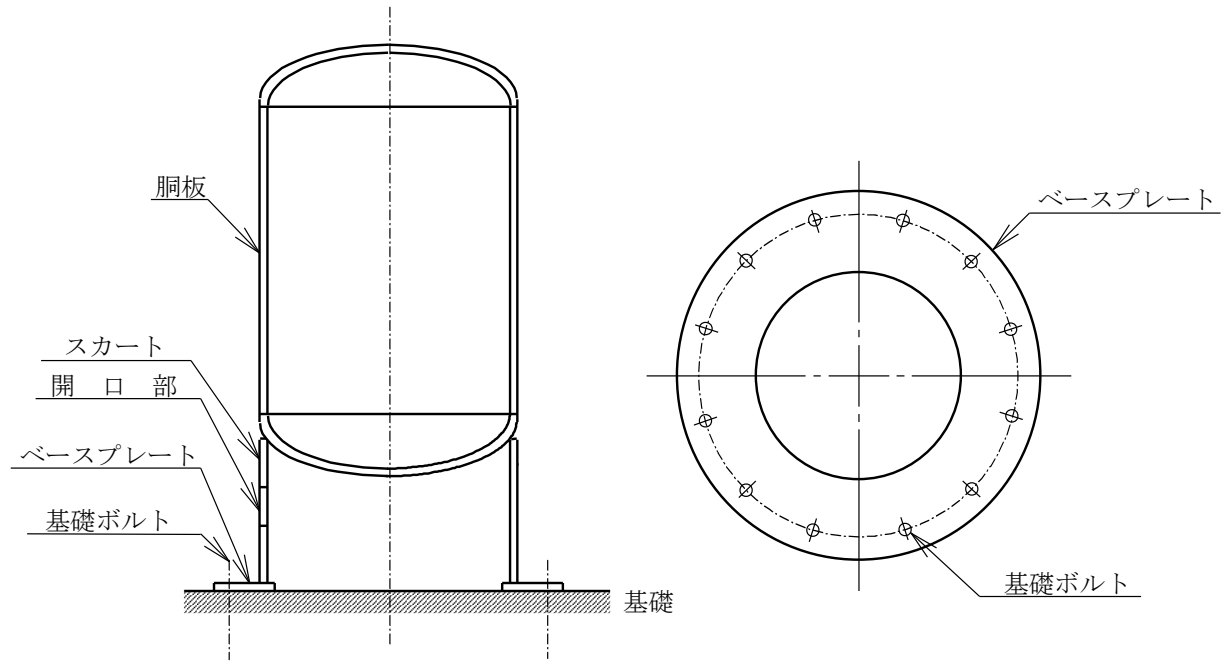


図5-1 概要図

### 5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

### 5.3 計算方法

#### 5.3.1 応力の計算方法

応力計算における水平方向と鉛直方向の組合せについて、静的地震力を用いる場合は絶対値和を用いる。動的地震力を用いる場合は、絶対値和又はS R S S法を用いる。

##### 5.3.1.1 胴の計算方法

###### (1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む。）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

###### (2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がスカートと接合する点を境界として、上部には胴自身の質量による圧縮応力が、下部には下部の胴自身の質量と内容物の質量による引張応力が生じる。

下部の胴について

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

$$\sigma_{x 5} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

上部の胴について

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

$$\sigma_{x 6} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はスカート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。  
この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \ell}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \ell - \frac{Q'}{Q} \cdot (\ell + \ell_r) \right|}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots (5.3.1.1.13)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.14)$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.15)$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.1.16)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sigma_{x5} \dots\dots\dots (5.3.1.1.17)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x5}^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.18)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.19)$$

$\sigma_{xc}$ が正の値（圧縮側）のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.1.20)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.21)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x6}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.22)$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_o = \text{Max} \{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.23)$$

とする。

一次応力は一次一般膜応力と同じ値になるので省略する。

b. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{2\phi} = \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.24)$$

$$\sigma_{2t} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xt} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.25)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{2xt} = \sigma_{x4} + \sigma_{x5} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.26)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{2xt} = \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x5}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.27)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{2\phi} = -\sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.28)$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xc} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.29)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{2xc} = \sigma_{x4} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.30)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{2xc} = \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x6}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.31)$$

したがって、胴の地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_2 = \text{Max} \{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{2t}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{2c}) \} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.32)$$

とする。

## 5.3.1.2 スカートの計算方法

## (1) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

スカート底部に生じる運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力は次式で求める。

$$\sigma_{s1} = \frac{m_0 \cdot g}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.1)$$

$$\sigma_{s3} = \frac{m_0 \cdot g \cdot C_v}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.2)$$

## (2) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力によりスカートに作用する曲げモーメントにより生じる軸方向応力及び水平方向地震力によるせん断応力は次のように求める。

## a. 下端固定の場合

$$\sigma_{s2} = \frac{M_s}{(D_s + t_s) \cdot t_s \cdot \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.3)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.4)$$

ここで、

$$M_s = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot (l_s + l) \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.5)$$

## b. 下端固定上端支持の場合

軸方向応力は(5.3.1.2.3)式で表されるが、曲げモーメント $M_s$ は次の $M_{s1}$ 又は $M_{s2}$ のいずれか大きい方の値とする。

$$M_{s1} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| l - \frac{Q'}{Q} \cdot (l + l_r) \right| \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.6)$$

$$M_{s2} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| l_s + l - \frac{Q'}{Q} \cdot (l_s + l + l_r) \right| \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.7)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.8)$$



## (3) 組合せ応力

組合せ応力は次式で求める。

【絶対値和】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.2.9)$$

【SRSS法】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s3}^2})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \quad \dots\dots (5.3.1.2.10)$$

5.3.1.3 基礎ボルトの計算方法

(1) 引張応力

基礎に作用する転倒モーメント $M_s$ は下端固定の場合、(5.3.1.2.5)式を、下端固定上端支持の場合は(5.3.1.2.6)式又は(5.3.1.2.7)式のいずれか大きい方を用いる。

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める(図5-2参照)。

以下にその手順を示す。

- a.  $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数 $k$ を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \dots\dots\dots (5.3.1.3.1)$$

- b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 $\alpha$ を求める。

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot k) \dots\dots\dots (5.3.1.3.2)$$

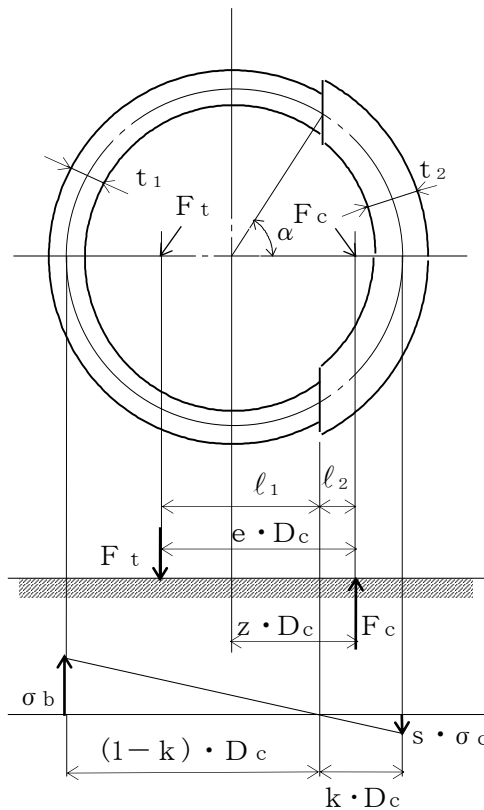


図5-2 基礎の荷重説明図

c. 各定数  $e$ ,  $z$ ,  $C_t$  及び  $C_c$  を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.3.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.3.4)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{ (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \}}{1 + \cos \alpha} \dots\dots\dots (5.3.1.3.5)$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (5.3.1.3.6)$$

d. 各定数を用いて  $F_t$  及び  $F_c$  を求める。

**【絶対値和】**

$$F_t = \frac{M_s - (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (5.3.1.3.7)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.3.8)$$

**【SRSS法】**

$$F_t = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.3.9)$$

$$F_c = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} + \left(1 - \frac{z}{e}\right) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.3.10)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 $\alpha$  が  $\pi$  に等しくなったときであり、(5.3.1.3.3) 式及び (5.3.1.3.4) 式において  $\alpha$  を  $\pi$  に近づけた場合の値  $e = 0.75$  及び  $z = 0.25$  を (5.3.1.3.7) 式又は (5.3.1.3.9) 式に代入し、得られる  $F_t$  の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$  ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$  ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e.  $\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t} \dots\dots\dots (5.3.1.3.11)$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c} \dots\dots\dots (5.3.1.3.12)$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c} \dots\dots\dots (5.3.1.3.13)$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \dots\dots\dots (5.3.1.3.14)$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.3.1.3.15)$$

$\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  が a 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の  $\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

a. 下端固定の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.3.16)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.3.17)$$

## 5.4 応力の評価

## 5.4.1 胴の応力評価

5.3.1.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許容応力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ のいずれか小さい方の値。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あつては $1.2 \cdot S$ の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。	$0.6 \cdot S_u$
一次+二次応力	地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要とする。	
一次+二次 +ピーク応力		

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

## 5.4.2 スカートの応力評価

- (1) 5.3.1.2項で求めたスカートの組合せ応力が許容引張応力  $f_{tm}$  以下であること。ただし、 $f_{tm}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{tm}$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

- (2) 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。  
 （座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

ここで、 $f_{cm}$ は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = F \quad \dots\dots\dots (5.4.2.2)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left( \frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (5.4.2.3)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = \phi_1 \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.2.4)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[ 1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp \left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right] \quad \dots\dots (5.4.2.5)$$

また、 $f_{bm}$ は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = F \quad \dots\dots\dots (5.4.2.6)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left( \frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (5.4.2.7)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = \phi_2 \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.2.8)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[ 1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \quad \dots\dots (5.4.2.9)$$

$\eta$ は安全率で次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \dots\dots (5.4.2.10)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \dots\dots (5.4.2.11)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \dots\dots (5.4.2.12)$$

5.4.3 基礎ボルトの応力評価

5.3.1.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.4.3.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



6. 耐震計算書のフォーマット

スカート支持たて置円筒形容器の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 設計基準対象施設としての評価結果】

【〇〇〇〇容器の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		〇〇建物 EL *1			$C_H =$ *2	$C_V =$ *2	$C_H =$ *3	$C_V =$ *3			

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

$m_o$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$D_s$ (mm)	$t_s$ (mm)	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	G (MPa)	$G_s$ (MPa)
						*1	*2	*1	*2

$l$ (mm)	$l_s$ (mm)	$D_1$ (mm)	$D_2$ (mm)	$D_3$ (mm)	s	n	$D_c$ (mm)	$D_{bo}$ (mm)

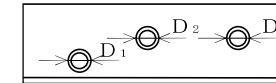
$D_{bi}$ (mm)	d (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	Y (mm)	$M_s$ (N・mm)	
				弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
	(M )				

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (スカート) (MPa)	$S_u$ (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	$F^*$ (スカート) (MPa)
*1	*1	*1	*2	*2		

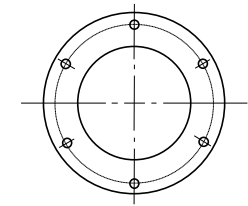
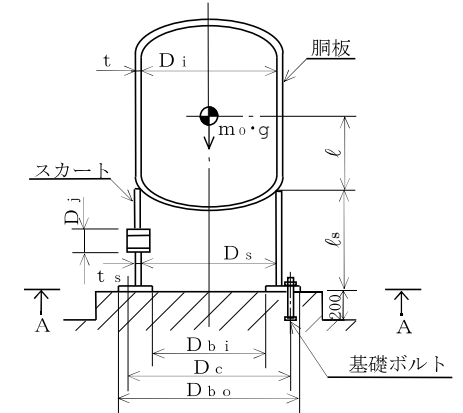
$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	$F^*$ (基礎ボルト) (MPa)
*2	*2		

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭又は内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—	
運転時質量による引張応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	
鉛直方向地震による引張応力	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—	
空質量による圧縮応力	—	$\sigma_{x 3} =$	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—	
鉛直方向地震による圧縮応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	
	圧縮側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	
組合せ応力	引張	$\sigma_{0 t} =$			$\sigma_{0 t} =$		
	圧縮	—			—		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による引張応力	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—	
鉛直方向地震による圧縮応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	
	圧縮側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	
組合せ応力 (変動値)	引張	$\sigma_{2t} =$			$\sigma_{2t} =$		
	圧縮	$\sigma_{2c} =$			$\sigma_{2c} =$		

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
	応力	組合せ応力	応力	組合せ応力	
運転時質量による応力	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_s =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_s =$	
鉛直方向地震による応力	$\sigma_{s3} =$		$\sigma_{s3} =$		
水平方向地震による応力	曲げ		$\sigma_{s2} =$		$\sigma_{s2} =$
	せん断		$\tau_s =$		$\tau_s =$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
引張応力	$\sigma_b =$	$\sigma_b =$
せん断応力	$\tau_b =$	$\tau_b =$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$
鉛直方向	$T_V =$

1.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_a =$	$\sigma_0 =$	$S_a =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_a =$	$\sigma_2 =$	$S_a =$
スカート		組合せ	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
		圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$	
			(無次元)		(無次元)	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

【〇〇〇容器の耐震性についての計算結果】

【静水頭の場合】  
(圧力容器と様式が異なるページのみ掲載)

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		〇〇建物 EL *1			$C_H =$ *2	$C_V =$ *2	$C_H =$ *3	$C_V =$ *3	静水頭			

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

$m_o$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$D_s$ (mm)	$t_s$ (mm)	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	G (MPa)	$G_s$ (MPa)
						*1	*2	*1	*2

$l$ (mm)	$l_s$ (mm)	$D_1$ (mm)	$D_2$ (mm)	$D_3$ (mm)	H (mm)	s	n	$D_c$ (mm)	$D_{b_o}$ (mm)

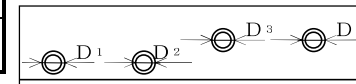
$D_{b_i}$ (mm)	d (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	Y (mm)	$M_s$ (N・mm)	
				弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
	(M )				

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (スカート) (MPa)	$S_u$ (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	$F^*$ (スカート) (MPa)
*1	*1	*1	*2	*2		

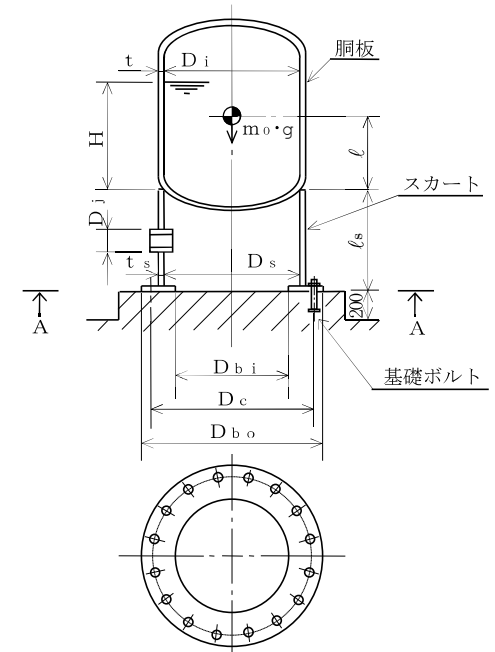
$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	$F^*$ (基礎ボルト) (MPa)
*2	*2		

注記\*1: 最高使用温度で算出

\*2: 周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A~A 矢視図

本記載例は、最高使用圧力が静水頭の容器を示したものである。

【フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果】

【○○○○容器の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3			

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）

2.2 機器要目

m <sub>o</sub> (kg)	m <sub>e</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	D <sub>s</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)	E (MPa)	E <sub>s</sub> (MPa)	G (MPa)	G <sub>s</sub> (MPa)
						*1	*2	*1	*2

ℓ (mm)	ℓ <sub>s</sub> (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	s	n	D <sub>c</sub> (mm)	D <sub>b o</sub> (mm)

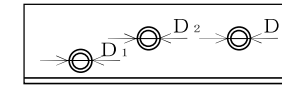
D <sub>b i</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	Y (mm)	M <sub>s</sub> (N・mm)	
				弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
	(M )			—	

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S <sub>y</sub> (スカート) (MPa)	S <sub>u</sub> (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F* (スカート) (MPa)
*1	*1	—	*2	*2		

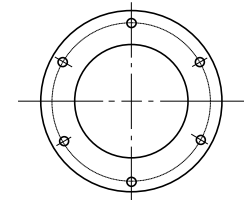
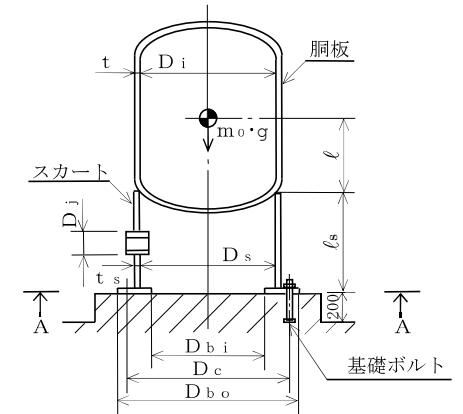
S <sub>y</sub> (基礎ボルト) (MPa)	S <sub>u</sub> (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
*2	*2	—	

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



△～△矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—
運転時質量による引張応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—
組合せ応力	引張	—	—	$\sigma_{o t} =$		
	圧縮	—	—	—		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 5} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—
組合せ応力 (変動値)	引張	—	—	$\sigma_{2t} =$		
	圧縮	—	—	$\sigma_{2c} =$		

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力	—	—	$\sigma_{s 1} =$	$\sigma_s =$
鉛直方向地震による応力	—		$\sigma_{s 3} =$	
水平方向地震による応力	曲げ		$\sigma_{s 2} =$	
	せん断		$\tau_s =$	

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
引張応力	—	$\sigma_b =$
せん断応力	—	$\tau_b =$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$
鉛直方向	$T_V =$

2.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	—	—	$\sigma_0 =$	$S_a =$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2 =$	$S_a =$
スカート		組合せ	—	—	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
		圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	—		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$	
			—		(無次元)	
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。



【○○○容器の耐震性についての計算結果】

【静水頭の場合】  
(圧力容器と様式が異なるページのみ掲載)

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	静水頭			

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

m <sub>o</sub> (kg)	m <sub>e</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	D <sub>s</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)	E (MPa)	E <sub>s</sub> (MPa)	G (MPa)	G <sub>s</sub> (MPa)
						*1	*2	*1	*2

ℓ (mm)	ℓ <sub>s</sub> (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	H (mm)	s	n	D <sub>c</sub> (mm)	D <sub>b o</sub> (mm)

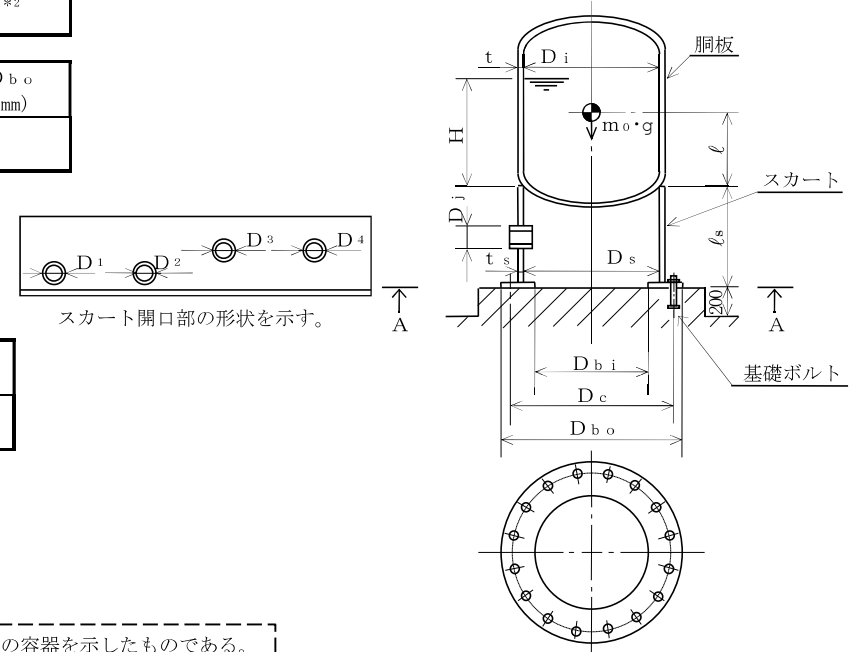
D <sub>b i</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	Y (mm)	M <sub>s</sub> (N・mm)	
				弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
	(M )			—	

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S <sub>y</sub> (スカート) * (MPa)	S <sub>u</sub> (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)
*1	*1	—	*2	*2		

S <sub>y</sub> (基礎ボルト) (MPa)	S <sub>u</sub> (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)
*2	*2	—	

注記\*1: 最高使用温度で算出

\*2: 周囲環境温度で算出



A~A 矢視図

本記載例は、最高使用圧力が静水頭の容器を示したものである。

添付資料-4 横置一胴円筒形容器の耐震性についての  
計算書作成の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 固有周期	9
4.1 固有周期の計算方法	9
5. 構造強度評価	12
5.1 構造強度評価方法	12
5.2 設計用地震力	12
5.3 計算方法	12
5.4 応力の評価	26
6. 耐震計算書のフォーマット	28
7. 引用文献	28

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている横置一胴円筒形容器（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用できない横置一胴円筒形容器にあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

横置一胴円筒形容器の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

横置一胴円筒形容器の耐震評価フローを図2-1に示す。

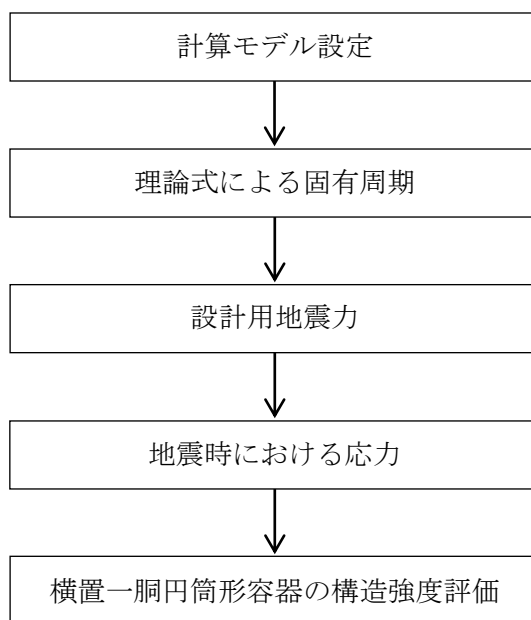


図2-1 横置一胴円筒形容器の耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	第1脚の断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s1}$	第1脚の長手方向に対する有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s2}$	第1脚の横方向に対する有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s3}$	第1脚の長手方向に対するせん断断面積	$\text{mm}^2$
$A_{s4}$	第1脚の横方向に対するせん断断面積	$\text{mm}^2$
$a$	第1脚底板の長手方向幅	mm
$b$	第1脚底板の横方向幅	mm
$C_1$	第1脚の胴付根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
$C_2$	第1脚の胴付根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
$C_{cj}$	周方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) ( $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力)	—
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_{lj}$	軸方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) ( $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力)	—
$C_v$	鉛直方向設計震度	—
$D_i$	胴の内径	mm
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$d_1$	第1脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
$d_2$	第1脚底板端面から基礎ボルト (外側) 中心までの横方向の距離	mm
$d_3$	第1脚底板端面から基礎ボルト (内側) 中心までの横方向の距離	mm
$E_s$	脚の縦弾性係数	MPa
$e$	第1脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{tm}$	脚の許容引張応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
$G_s$	脚のせん断弾性係数	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$H$	水頭	mm
$h_1$	基礎から第1脚の胴付根部までの高さ	mm
$h_2$	基礎から胴の中心までの高さ	mm
$I_{sx}$	第1脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	$\text{mm}^4$

記号	記号の説明	単位
$I_{s y}$	第1脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$j_1$	荷重分布で分割する荷重の数	—
$j_2$	第1脚より第2脚と反対の方向に作用する荷重の数（第1脚上の荷重は含まない。）	—
$j_3$	第2脚より第1脚と反対の方向に作用する荷重の数（第2脚上の荷重は含まない。）	—
$K_{1 j}, K_{2 j}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 ( $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力)	—
$K_c$	第1脚のばね定数（胴の横方向に水平力が作用する場合）	$\text{N/m}$
$K_\ell$	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	$\text{N/m}$
$K_v$	第1脚のばね定数（胴に鉛直力が作用する場合）	$\text{N/m}$
$K_{c j}, K_{\ell j}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 ( $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力)	—
$\ell_0$	脚中心間距離	$\text{mm}$
$\ell_i$	第1脚より各荷重までの距離（ここで第2脚側の距離は正, その反対側は負とする。） ( $i=1, 2, 3 \cdots j_1$ )	$\text{mm}$
$\ell_w$	当板における脚の取り付けられない部分の長手方向長さ	$\text{mm}$
$M$	第1脚底板に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_1$	第1脚付根部における胴の運転時質量によるモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_2$	第2脚付根部における胴の運転時質量によるモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_c$	横方向地震により胴の第1脚付根部に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{c 1}$	横方向地震により第1脚底面に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_\ell$	長手方向地震により胴の第1脚付根部に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{\ell 1}$	長手方向地震により第1脚底面に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_x$	胴に生じる軸方向の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$
$M_\phi$	胴に生じる周方向の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$
$m_0$	容器の運転時質量	$\text{kg}$
$m_i$	容器各部の質量 ( $i=1, 2, 3 \cdots j_1$ )	$\text{kg}$
$m_{s 1}$	第1脚の質量	$\text{kg}$
$m_{s 2}$	第2脚の質量	$\text{kg}$
$N_x$	胴に生じる軸方向の膜力	$\text{N}/\text{mm}$
$N_\phi$	胴に生じる周方向の膜力	$\text{N}/\text{mm}$
$n$	脚1個当たりの基礎ボルトの本数	—
$n_1$	長手方向及び鉛直方向地震時に引張を受ける基礎ボルトの本数	—
$n_2$	横方向及び鉛直方向地震時に引張を受ける基礎ボルトの本数	—
$P$	運転時質量により胴の第1脚付根部に作用する反力	$\text{N}$
$P_e$	鉛直方向地震により胴の第1脚付根部に作用する反力	$\text{N}$
$P_\ell$	長手方向地震により胴の第1脚付根部に作用する鉛直荷重	$\text{N}$
$P_r$	最高使用圧力	$\text{MPa}$
$P_s$	長手方向及び鉛直方向地震により第1脚底部に作用する鉛直荷重	$\text{N}$

記号	記号の説明	単位
$P_{s1}$	横方向及び鉛直方向地震により第1脚底部に作用する鉛直荷重	N
$R_1$	第1脚の受ける荷重	N
$R_2$	第2脚の受ける荷重	N
$r_m$	第1脚付根部における胴の平均半径	mm
$r_o$	第1脚付根部における胴の外半径	mm
$S$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
$S_a$	胴の許容応力	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
$s$	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
$T_1$	長手方向固有周期	s
$T_2$	横方向固有周期	s
$T_3$	鉛直方向固有周期	s
$t$	第1脚側胴板の厚さ	mm
$t_e$	第1脚付根部における胴の有効板厚	mm
$X_n$	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
$Z$	引用文献(1)による胴の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sx}$	第1脚の長手方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sy}$	第1脚の横方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$\beta, \beta_1, \beta_2$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータ	—
$\gamma$	引用文献(2)によるシェルパラメータ	—
$\theta$	引用文献(1)による胴の有効範囲角の2分の1	rad
$\theta_o$	胴の第1脚端部より鉛直軸までの角度	rad
$\theta_w$	胴の第1脚端部より当板端部までの角度	Rad
$\pi$	円周率	—
$\rho$	液体の密度	kg/mm <sup>3</sup>
$\sigma_o$	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{oc}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{ocx}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{oc\phi}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{ol}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{olx}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa



記号	記号の説明	単位
$\sigma_{ol\phi}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_1$	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{1c}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1cx}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1l}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1lx}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1l\phi}$	長手方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_2$	地震動のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2c}$	横方向及び鉛直方向地震のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2cx}$	横方向及び鉛直方向地震のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	横方向及び鉛直方向地震のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2l}$	長手方向及び鉛直方向地震のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2lx}$	長手方向及び鉛直方向地震のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2l\phi}$	長手方向及び鉛直方向地震のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$	長手方向及び鉛直方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b2}$	横方向及び鉛直方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_s$	第1脚の組合せ応力の最大値	MPa
$\sigma_{sc}$	横方向及び鉛直方向地震が作用した場合の第1脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{sl}$	鉛直方向と長手方向地震が作用した場合の第1脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{s1}$	運転時質量により第1脚に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{s2}$	長手方向地震により第1脚に生じる曲げ及び圧縮応力の和	MPa
$\sigma_{s3}$	横方向地震により第1脚に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{s4}$	鉛直方向地震により第1脚に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭により胴に生じる軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による長手方向曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{x3}$	運転時質量により胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{x41}, \sigma_{x42}$	長手方向地震により胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力の和及び二次応力の和	MPa
$\sigma_{x411}, \sigma_{x421}$	長手方向地震による曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{x412}, \sigma_{x422}$	長手方向地震による鉛直荷重により胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{x413}$	長手方向地震による水平方向荷重により胴に生じる軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{x51}, \sigma_{x52}$	横方向地震による曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{x6}$	鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{x71}, \sigma_{x72}$	鉛直方向地震により胴の第1脚付根部に生じる軸方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭により胴に生じる周方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直地震力が加わり胴に生じる周方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 3}$	運転時質量により胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 41}, \sigma_{\phi 42}$	長手方向地震により胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力の和及び二次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 411}, \sigma_{\phi 421}$	長手方向地震による曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 412}, \sigma_{\phi 422}$	長手方向地震による鉛直荷重により胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 51}, \sigma_{\phi 52}$	横方向地震による曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力及び二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 71}, \sigma_{\phi 72}$	鉛直方向地震により胴の第1脚付根部に生じる周方向一次応力及び二次応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b1}$	長手方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b2}$	横方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_c$	横方向地震により胴の第1脚付根部に生じるせん断応力	MPa
$\tau_\ell$	長手方向地震により胴の第1脚付根部に生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s2}$	長手方向地震により第1脚に生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s3}$	横方向地震により第1脚に生じるせん断応力	MPa

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
最高使用圧力		MPa	—	—	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
比重		—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
質量		kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
	胴板の厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 位
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
角度		rad	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

横置一胴円筒形容器の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴、脚及び基礎ボルトについて評価を実施する。

### 4. 固有周期

#### 4.1 固有周期の計算方法

##### (1) 計算モデル

モデル化に当たっては次の条件で行う。

- 容器及び内容物の質量は胴の中心軸に集中するものとする。
- 容器の胴は2個の脚で支持され、脚はそれぞれ基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- 胴は剛体とし、脚をはりと考え、変形モードは脚の曲げ及びせん断変形を考慮する。
- 脚が長手方向に変形する場合、脚を基礎に取り付ける基礎ボルトが、脚の変形方向に直角な方向より見て脚1個につき1列の場合は下端を単純支持とする。  
その他の場合は、固定とする。
- 第2脚は長手方向にスライドするものとし、その方向の力はすべて第1脚で受けるものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

本容器の荷重状態及び胴に生じるモーメントを図4-1～図4-4に示す。

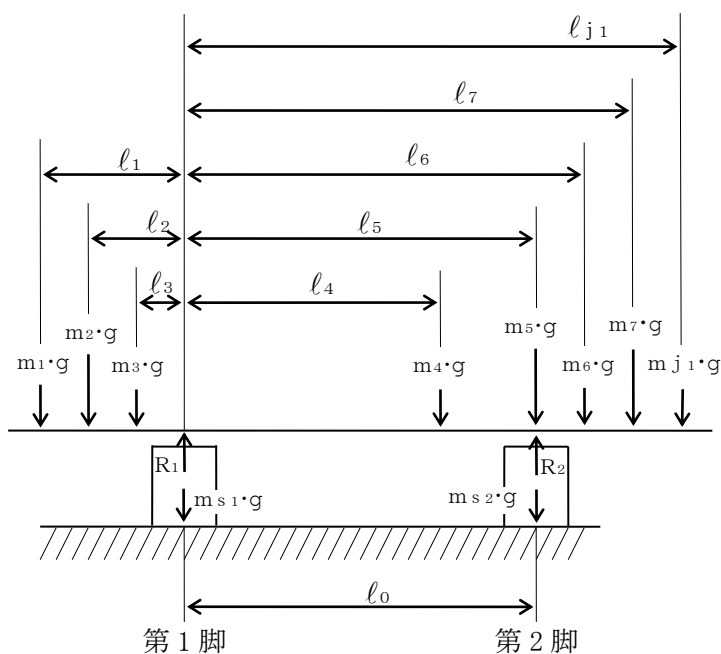


図4-1 荷重状態

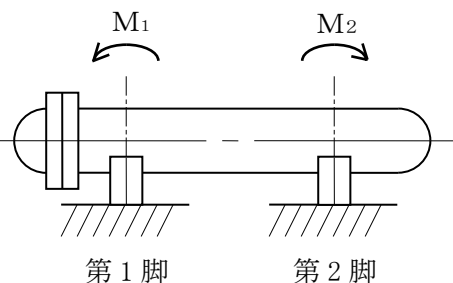


図4-2 脚の位置での曲げモーメント

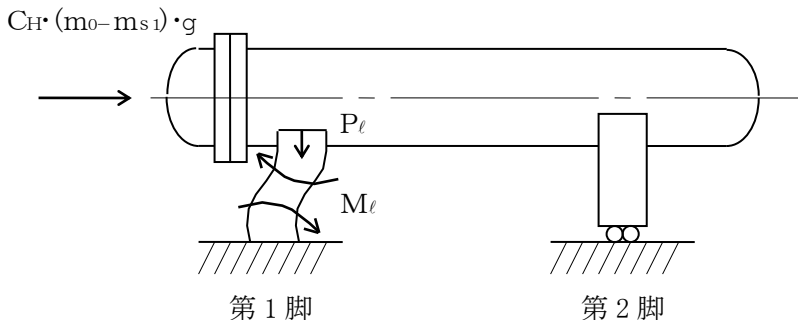


図4-3 長手方向荷重による胴の第1脚付根部のモーメント及び鉛直荷重

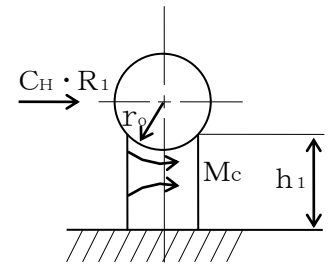


図4-4 横方向荷重による胴の第1脚付根部のモーメント

本容器は、前記の条件より図4-5、図4-6及び図4-7のような1質点系振動モデルとして考える。

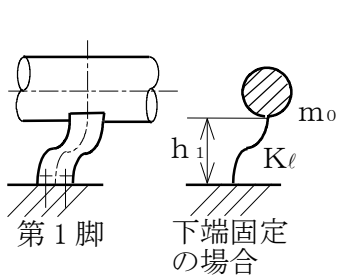


図4-5 長手方向の固有周期計算モデル

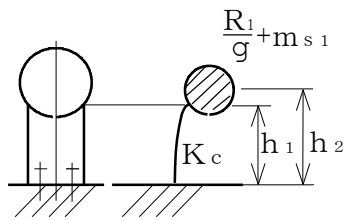


図4-6 横方向の固有周期計算モデル

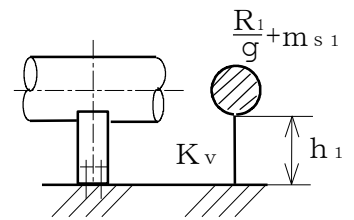


図4-7 鉛直方向の固有周期計算モデル

(2) 脚の受ける荷重

脚の受ける荷重はモーメントの釣合いより求める。図4-1において第1脚回りのモーメントの釣合いは次式で求める。

$$\sum_{i=1}^{j1} m_i \cdot g \cdot l_i - R_2 \cdot l_0 = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.1)$$

したがって、脚の受ける荷重は次式で求める。

$$R_2 = \sum_{i=1}^{j1} m_i \cdot g \cdot l_i / l_0 \quad \dots\dots\dots (4.1.2)$$

$$R_1 = \sum_{i=1}^{j1} m_i \cdot g - R_2 \quad \dots\dots\dots (4.1.3)$$

## (3) 長手方向の固有周期

図4-5におけるばね定数は次式で求める。

$$K_{\ell} = \frac{1000}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{s y}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s 1}}} \quad \dots \quad (4.1.4)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell}}} \quad \dots \quad (4.1.5)$$

## (4) 横方向の固有周期

図4-6におけるばね定数は次式で求める。

$$K_c = \frac{1000}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h_2 - h_1)}{6 \cdot E_s \cdot I_{s x}} + \frac{(h_2 - h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2 - h_1 / 2)}{E_s \cdot I_{s x}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s 2}}} \quad \dots \quad (4.1.6)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\frac{R_1}{g} + m_{s 1}}{K_c}} \quad \dots \quad (4.1.7)$$

ただし、脚の受ける荷重が  $R_2 > R_1$  となる場合は、 $R_1$  を  $R_2$  に置き換える。

## (5) 鉛直方向の固有周期

図4-7におけるばね定数は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h_1}{A_s \cdot E_s}} \quad \dots \quad (4.1.8)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\frac{R_1}{g} + m_{s 1}}{K_v}} \quad \dots \quad (4.1.9)$$

ただし、脚の受ける荷重が  $R_2 > R_1$  となる場合は、 $R_1$  を  $R_2$  に置き換える。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項a.～f.のほか、次の条件で計算する。概要図を図5-1に示す。

- (1) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。ここで、水平方向地震力は胴の長手方向に作用する場合と胴の横方向に作用する場合を考慮する。
- (2) 第1脚と第2脚は同形状であり、受ける荷重の大きい方の脚についての評価を計算書に記載する。

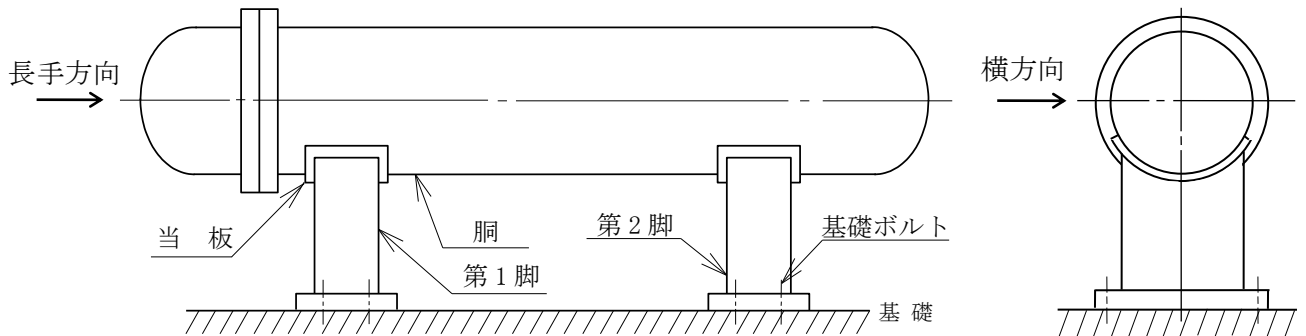


図5-1 概要図

5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

5.3 計算方法

5.3.1 応力の計算方法

応力計算における水平方向と鉛直方向の組合せについて、静的地震力を用いる場合は絶対値和を用いる。動的地震力を用いる場合は、絶対値和又は SRS 法を用いる。

5.3.1.1 胴の計算方法

(1) 曲げモーメント

図4-1に示すように胴を集中荷重を受けるはりとして考える。

図4-2において脚付根部における曲げモーメント M<sub>1</sub> 及び M<sub>2</sub> は次式で求める。

$$M_1 = \sum_{i=1}^{j_2} m_i \cdot g \cdot |l_i| \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

$$M_2 = \sum_{i=j_1-j_3+1}^{j_1} m_i \cdot g \cdot |l_i - l_0| \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

(2) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む。）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

(3) 運転時質量及び鉛直方向地震により生じる長手方向曲げモーメントによる応力

(1)で求めた曲げモーメントにより胴の第1脚付根部に生じる応力は次のように求める。

引用文献(1)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置き換えられ、胴の局部変形を生じさせようとする。

長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を脚上  $\frac{\theta_0}{6}$  の点とすると長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は図5-2に  $2 \cdot \theta$  で示される円殻である。したがって、運転時質量による応力は次式で求める。

$$\sigma_{x 2} = \frac{M_1}{Z} \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

また、鉛直方向地震による応力は次式で求める。

$$\sigma_{x 6} = \frac{M_1}{Z} \cdot C_v \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$



ここで,

$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

$$Z = r_m^2 \cdot t_e \cdot \left\{ \frac{\theta + \sin \theta \cdot \cos \theta - 2 \cdot \sin^2 \theta / \theta}{(\sin \theta / \theta) - \cos \theta} \right\} \dots\dots (5.3.1.1.12)$$

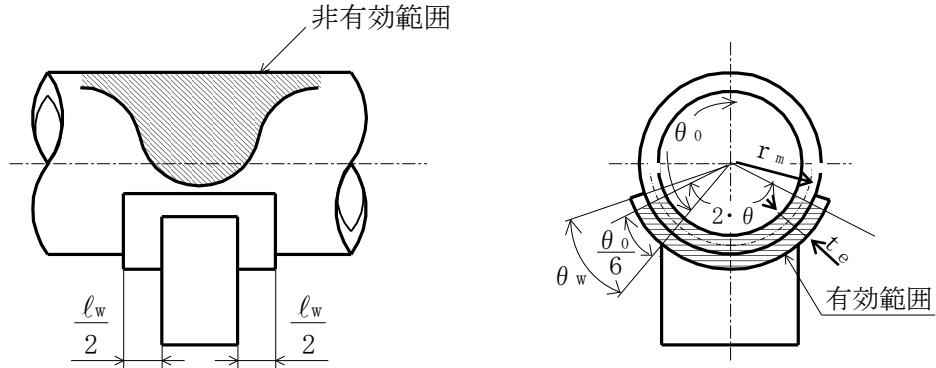


図 5-2 脚付根部の有効範囲

胴の脚付根部に取り付く当板の大きさが

$$\text{周方向範囲} \quad \theta_w \geq \frac{\theta_0^{*1}}{6} \dots\dots\dots (5.3.1.1.13)$$

$$\text{長手方向範囲} \quad l_w \geq 1.56 \cdot \sqrt{\left( \frac{D_i + t}{2} \right) \cdot t}^{*2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.14)$$

である場合、脚付根部における胴の有効板厚  $t_e$  は胴板の厚さと当板の厚さの合計とする。また、当板が上記の範囲を満たさない場合、 $t_e$  は胴板の厚さとする。

注記\*1：引用文献(1)より引用

\*2：引用文献(3)より引用

(4) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚付根部の応力

脚の受ける荷重が  $R_2 > R_1$  となる場合は、 $R_1$  を  $R_2$  に置き換える。

胴の脚付根部には脚反力による周方向応力及び軸方向応力が生じる。胴の第1脚付根部に作用する反力は次式で求める。

運転時質量による反力は、

$$P = R_1 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.15)$$

鉛直方向地震による反力は、

$$P_e = C_v \cdot R_1 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.16)$$

この反力  $P$  及び  $P_e$  により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は、引用文献(2)により次のように求める。

脚が胴に及ぼす力の関係を図5-3に示す。

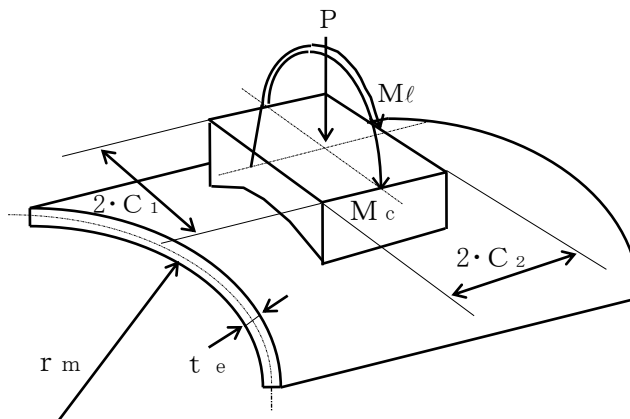


図5-3 脚が胴に及ぼす力の関係

ここで、シェルパラメータ  $\gamma$  及びアタッチメントパラメータ  $\beta$  は以下のように定義する。

$$\gamma = r_m / t_e \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.17)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.18)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.19)$$

$4 \geq \beta_1 / \beta_2 \geq 1$  のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} \cdot (\beta_1 / \beta_2 - 1) \cdot (1 - K_{1j}) \right\} \cdot \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.20)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

$\frac{1}{4} \leq \beta_1 / \beta_2 < 1$  のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} \cdot (1 - \beta_1 / \beta_2) \cdot (1 - K_{2j}) \right\} \cdot \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.21)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

シェルパラメータ  $\gamma$  及びアタッチメントパラメータ  $\beta$  によって引用文献(2)の図より値（以下\*を付記するもの）を求めることにより応力は次式で求める。

反力  $P$  による応力は、

一次応力

$$\sigma_{\phi 3} = \left( \frac{N_{\phi}}{P / r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P}{r_m \cdot t_e} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.22)$$

$$\sigma_{x 3} = \left( \frac{N_x}{P / r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P}{r_m \cdot t_e} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.23)$$

反力  $P_e$  による応力は、

一次応力

$$\sigma_{\phi 71} = \left( \frac{N_{\phi}}{P_e / r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P_e}{r_m \cdot t_e} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.24)$$

$$\sigma_{x 71} = \left( \frac{N_x}{P_e / r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P_e}{r_m \cdot t_e} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.25)$$

二次応力

$$\sigma_{\phi 72} = \left( \frac{M_{\phi}}{P_e} \right)^* \cdot \left( \frac{6 \cdot P_e}{t_e^2} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.26)$$

$$\sigma_{x 72} = \left( \frac{M_x}{P_e} \right)^* \cdot \left( \frac{6 \cdot P_e}{t_e^2} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.27)$$

(5) 長手方向地震による脚付根部の応力

第2脚は長手方向に自由にスライドできるので第1脚は図4-3のように変形し、脚付根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重は次式で求める。

$$M_{\ell} = \frac{1}{2} \cdot C_H \cdot (m_0 - m_{s1}) \cdot g \cdot h_1 \dots\dots\dots (5.3.1.1.28)$$

$$P_{\ell} = C_H \cdot (m_0 - m_{s1}) \cdot g \cdot \frac{h_2 - \frac{1}{2} \cdot h_1}{\ell_0} \dots\dots\dots (5.3.1.1.29)$$

曲げモーメント  $M_{\ell}$  と鉛直荷重  $P_{\ell}$  により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は、シェルパラメータ  $\gamma$  及びアタッチメントパラメータ  $\beta$  によって引用文献(2)の図より値（以下\*を付記するもの）を求めることにより（5.3.1.1.31）式～（5.3.1.1.38）式で求める。

ここで、シェルパラメータ  $\gamma$  及び  $P_{\ell}$  の場合のアタッチメントパラメータ  $\beta$  は(4)と同じであるが、 $M_{\ell}$  の場合のアタッチメントパラメータ  $\beta$  は次式による。

ただし、二次応力を求める場合は更に  $K_{\ell j}$  を乗じた値とする。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.30)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

曲げモーメント $M_\ell$ により生じる応力は次式で求める。

一次応力

$$\sigma_{\phi 411} = \left\{ \frac{N_\phi}{M_\ell / (r m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{M_\ell}{r m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) \cdot C_{\ell 1} \quad \dots \quad (5.3.1.1.31)$$

$$\sigma_{x 411} = \left\{ \frac{N_x}{M_\ell / (r m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{M_\ell}{r m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) \cdot C_{\ell 2} \quad \dots \quad (5.3.1.1.32)$$

二次応力

$$\sigma_{\phi 421} = \left\{ \frac{M_\phi}{M_\ell / (r m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{6 \cdot M_\ell}{r m \cdot \beta \cdot t_e^2} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.33)$$

$$\sigma_{x 421} = \left\{ \frac{M_x}{M_\ell / (r m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{6 \cdot M_\ell}{r m \cdot \beta \cdot t_e^2} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.34)$$

鉛直荷重 $P_\ell$ により生じる応力は次式で求める。

一次応力

$$\sigma_{\phi 412} = \left( \frac{N_\phi}{P_\ell / r m} \right)^* \cdot \left( \frac{P_\ell}{r m \cdot t_e} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.35)$$

$$\sigma_{x 412} = \left( \frac{N_x}{P_\ell / r m} \right)^* \cdot \left( \frac{P_\ell}{r m \cdot t_e} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.36)$$

二次応力

$$\sigma_{\phi 422} = \left( \frac{M_\phi}{P_\ell} \right)^* \cdot \left( \frac{6 \cdot P_\ell}{t_e^2} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.37)$$

$$\sigma_{x 422} = \left( \frac{M_x}{P_\ell} \right)^* \cdot \left( \frac{6 \cdot P_\ell}{t_e^2} \right) \quad \dots \quad (5.3.1.1.38)$$

また、水平方向荷重により胴には、次式で求める引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 413} = \frac{C_H \cdot (m_0 - m_{s1}) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots \quad (5.3.1.1.39)$$

したがって、曲げモーメント $M_\ell$ 、鉛直荷重 $P_\ell$ 及び水平方向荷重により生じる胴の応力は次式で求める。

一次応力

$$\sigma_{\phi 41} = \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 412} \quad \dots \quad (5.3.1.1.40)$$

$$\sigma_{x 41} = \sigma_{x 411} + \sigma_{x 412} + \sigma_{x 413} \quad \dots \quad (5.3.1.1.41)$$

二次応力

$$\sigma_{\phi 42} = \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 422} \quad \dots \quad (5.3.1.1.42)$$

$$\sigma_{x 42} = \sigma_{x 421} + \sigma_{x 422} \quad \dots \quad (5.3.1.1.43)$$

また、長手方向地震が作用した場合、第1脚付根部に生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_\ell = \frac{C_H \cdot (m_0 - m_{s1}) \cdot g}{4 \cdot C_2 \cdot t} \quad \dots \quad (5.3.1.1.44)$$

(6) 横方向地震による脚付根部の応力

脚の受ける荷重が  $R_2 > R_1$  となる場合は、 $R_1$  を  $R_2$  に置き換える。

横方向地震が作用した場合、第1脚の付根部に生じる曲げモーメント  $M_c$  は次式で求める。

$$M_c = C_H \cdot R_1 \cdot r_o \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.45)$$

$$r_o = \frac{D_i}{2} + t_e \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.46)$$

この曲げモーメント  $M_c$  により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は、シェルパラメータ  $\gamma$  及びアタッチメントパラメータ  $\beta$  によって引用文献(2)の図より値（以下\*を付記するもの）を求めることにより（5.3.1.1.48）式～（5.3.1.1.51）式で求める。

ここで、シェルパラメータ  $\gamma$  は(4)と同じであるが、アタッチメントパラメータ  $\beta$  は次式による。ただし、二次応力を求める場合は更に  $K_{c_j}$  を乗じた値とする。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.47)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

したがって、応力は次式で求める。

一次応力

$$\sigma_{\phi 51} = \left\{ \frac{N_\phi}{M_c / (r m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{M_c}{r m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) \cdot C_{c1} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.48)$$

$$\sigma_{x 51} = \left\{ \frac{N_x}{M_c / (r m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{M_c}{r m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) \cdot C_{c2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.49)$$

二次応力

$$\sigma_{\phi 52} = \left\{ \frac{M_\phi}{M_c / (r m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{6 \cdot M_c}{r m \cdot \beta \cdot t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.50)$$

$$\sigma_{x 52} = \left\{ \frac{M_x}{M_c / (r m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left( \frac{6 \cdot M_c}{r m \cdot \beta \cdot t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.51)$$

また、横方向地震が作用した場合、第1脚付根部に生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_c = \frac{C_H \cdot R_1}{4 \cdot C_1 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.52)$$

## (7) 組合せ応力

(2)～(6)によって求めた第1脚付根部に生じる胴の応力は以下のように組み合わせる。

## a. 一次一般膜応力

鉛直方向と長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max} \{ \text{周方向応力}(\sigma_{0\ell\phi}), \text{軸方向応力}(\sigma_{0\ell x}) \} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.53)$$

ここで,

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.54)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 413} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.55)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 6}^2 + \sigma_{x 413}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.56)$$

鉛直方向と横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0c} = \text{Max} \{ \text{周方向応力}(\sigma_{0c\phi}), \text{軸方向応力}(\sigma_{0cx}) \} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.57)$$

ここで,

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.58)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.59)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.60)$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法、それぞれに対して、

$$\sigma_0 = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\sigma_{0\ell}), \text{横方向地震時応力}(\sigma_{0c}) \} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.61)$$

とする。

b. 一次応力

鉛直方向と長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1l} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{1l\phi} + \sigma_{1lx}) + \sqrt{(\sigma_{1l\phi} - \sigma_{1lx})^2 + 4 \cdot \tau_l^2} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.1.62)$$

ここで,

**【絶対値和】**

$$\sigma_{1l\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 41} + \sigma_{\phi 71} \dots\dots\dots (5.3.1.1.63)$$

$$\sigma_{1lx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x41} + \sigma_{x6} + \sigma_{x71} \dots\dots\dots (5.3.1.1.64)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{1l\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 41}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 71})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.65)$$

$$\sigma_{1lx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x41}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x71})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.66)$$

鉛直方向と横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) + \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4 \cdot \tau_c^2} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.1.67)$$

ここで,

**【絶対値和】**

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 71} \dots\dots\dots (5.3.1.1.68)$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x51} + \sigma_{x6} + \sigma_{x71} \dots\dots\dots (5.3.1.1.69)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 51}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 71})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.70)$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x51}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x71})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.71)$$

したがって、胴に生じる一次応力の最大値は、絶対値和、SRSS法、それぞれに対して、

$$\sigma_1 = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\sigma_{1l}), \text{横方向地震時応力}(\sigma_{1c}) \} \dots\dots\dots (5.3.1.1.72)$$

とする。

- c. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値  
鉛直方向と長手方向地震が作用した場合の変動値

$$\sigma_{2l} = (\sigma_{2l\phi} + \sigma_{2lx}) + \sqrt{(\sigma_{2l\phi} - \sigma_{2lx})^2 + 4 \cdot \tau_l^2}$$

..... (5.3.1.1.73)

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{2l\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 41} + \sigma_{\phi 42} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72} \quad \text{..... (5.3.1.1.74)}$$

$$\sigma_{2lx} = \sigma_{x41} + \sigma_{x42} + \sigma_{x6} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72} \quad \text{..... (5.3.1.1.75)}$$

【S R S S法】

$$\sigma_{2l\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72})^2 + (\sigma_{\phi 41} + \sigma_{\phi 42})^2}$$

..... (5.3.1.1.76)

$$\sigma_{2lx} = \sqrt{(\sigma_{x41} + \sigma_{x42})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72})^2}$$

..... (5.3.1.1.77)

鉛直方向と横方向地震が作用した場合の変動値

$$\sigma_{2c} = (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4 \cdot \tau_c^2}$$

..... (5.3.1.1.78)

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72} \quad \text{..... (5.3.1.1.79)}$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x51} + \sigma_{x52} + \sigma_{x6} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72} \quad \text{..... (5.3.1.1.80)}$$

【S R S S法】

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72})^2 + (\sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52})^2}$$

..... (5.3.1.1.81)

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x51} + \sigma_{x52})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72})^2}$$

..... (5.3.1.1.82)

したがって、胴に生じる地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値の最大値は、絶対値和、S R S S法、それぞれに対して、

$$\sigma_2 = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\sigma_{2l}), \text{横方向地震時応力}(\sigma_{2c}) \}$$

..... (5.3.1.1.83)

とする。



## 5.3.1.2 脚の計算方法

脚の受ける荷重が $R_2 > R_1$ となる場合は、 $R_1$ を $R_2$ に置き換える。

- (1) 運転時荷重による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \dots\dots\dots (5.3.1.2.1)$$

- (2) 鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{s4} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \cdot C_v \dots\dots\dots (5.3.1.2.2)$$

- (3) 長手方向地震による応力

曲げ及び圧縮応力は次式で求める。

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s} \dots\dots\dots (5.3.1.2.3)$$

ここで、

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2} \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot h_1 \dots\dots\dots (5.3.1.2.4)$$

せん断応力は次式で求める。

$$\tau_{s2} = \frac{C_H \cdot m_0 \cdot g}{A_{s3}} \dots\dots\dots (5.3.1.2.5)$$

- (4) 横方向地震による応力

曲げ応力は次式で求める。

$$\sigma_{s3} = \frac{C_H \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g) \cdot h_2}{Z_{sx}} \dots\dots\dots (5.3.1.2.6)$$

せん断応力は次式で求める。

$$\tau_{s3} = \frac{C_H \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g)}{A_{s4}} \dots\dots\dots (5.3.1.2.7)$$

- (5) 組合せ応力

鉛直方向と長手方向地震が作用した場合

【絶対値和】

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3 \cdot \tau_{s2}^2} \dots\dots\dots (5.3.1.2.8)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s4}^2})^2 + 3 \cdot \tau_{s2}^2} \dots\dots\dots (5.3.1.2.9)$$

鉛直方向と横方向地震が作用した場合

【絶対値和】

$$\sigma_{sc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + 3 \cdot \tau_{s3}^2} \dots\dots\dots (5.3.1.2.10)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{sc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s3}^2 + \sigma_{s4}^2})^2 + 3 \cdot \tau_{s3}^2} \dots\dots\dots (5.3.1.2.11)$$

したがって、脚に生じる最大応力は、絶対値和、SRSS法、それぞれに対して、

$$\sigma_s = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\sigma_{s\ell}), \text{横方向地震時応力}(\sigma_{sc}) \} \dots\dots\dots (5.3.1.2.12)$$

とする。

5.3.1.3 基礎ボルトの計算方法

(1) 鉛直方向と長手方向地震が作用した場合

a. 引張応力

長手方向地震が作用した場合に脚底面に作用するモーメントは次式で求める。

$$M = M_{\ell 1} \quad \dots \dots \dots (5.3.1.3.1)$$

鉛直荷重は

【絶対値和】

$$P_s = (1 - C_v) \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g) - P_{\ell} \quad \dots \dots \dots (5.3.1.3.2)$$

【SRSS法】

$$P_s = R_1 + m_{s1} \cdot g - \sqrt{\{C_v \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g)\}^2 + P_{\ell}^2} \quad \dots \dots \dots (5.3.1.3.3)$$

である。ここで、モーメントと鉛直荷重の比を

$$e = M / P_s \quad \dots \dots \dots (5.3.1.3.4)$$

とする。

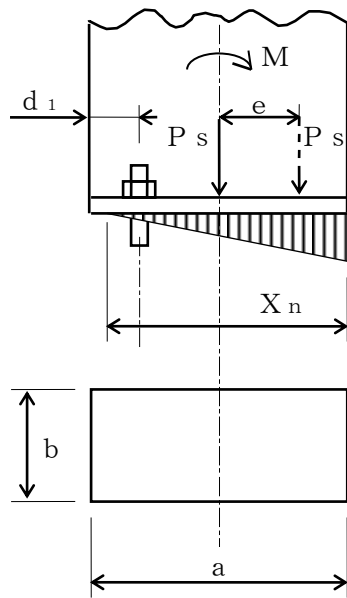


図5-4 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係 (その1)

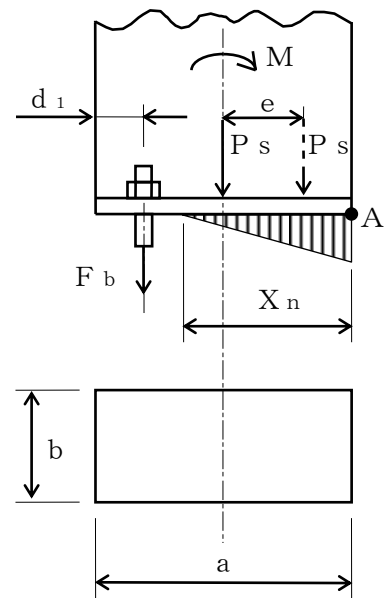


図5-5 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係 (その2)

図5-4のように脚底面においてボルト位置に圧縮荷重がかかる状況では基礎ボルトに引張力は作用しないため、引張力の評価は行わない。

一方、図5-5のように、ボルト位置に圧縮荷重がかからない状況に相当する

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3} \quad \dots \dots \dots (5.3.1.3.5)$$

のとき、基礎ボルトに引張力が生じる。

このとき図5-5において、鉛直荷重の釣合い、A点回りのモーメントの釣合い、基礎ボルトの伸びと基礎の縮みの関係から中立軸の位置 $X_n$ は

$$X_n^3 + 3 \cdot \left(e - \frac{a}{2}\right) \cdot X_n^2 - \frac{6 \cdot s \cdot A_b \cdot n_1}{b} \cdot \left(e + \frac{a}{2} - d_1\right) \cdot (a - d_1 - X_n) = 0 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.6)$$

より求めることができ、基礎ボルトに生じる引張力は

$$F_b = \frac{P_s \cdot \left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3}\right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.7)$$

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.8)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.9)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{C_H \cdot m_0 \cdot g}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.10)$$

(2) 鉛直方向と横方向地震が作用した場合

脚の受ける荷重が $R_2 > R_1$ となる場合は、

$R_1$ を $R_2$ に置き換える。

a. 引張応力

(a) 長手方向から見て図5-6のように応力を2列の基礎ボルトで受ける場合

鉛直方向と横方向地震が作用した場合に脚底面に作用するモーメントは

$$M_{c1} = C_H \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g) \cdot h_2 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.11)$$

鉛直荷重は

$$P_{s1} = (1 - C_v) \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g) \quad \dots\dots\dots (5.3.1.3.12)$$

で求める。

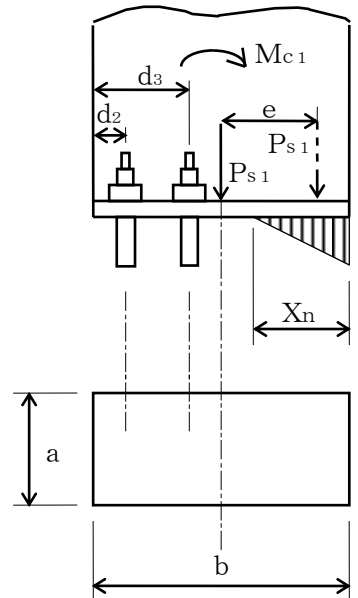


図5-6 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係 (その3)

(1)と同様にして中立軸の位置  $X_n$  を

$$X_n^3 + 3 \cdot \left(e - \frac{b}{2}\right) \cdot X_n^2 - \frac{6 \cdot s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \cdot X_n - \left\{ \left(e + \frac{b}{2} - d_2\right) \cdot (b - X_n - d_2) + \left(e + \frac{b}{2} - d_3\right) \cdot (b - X_n - d_3) \right\} = 0$$

..... (5.3.1.3.13)

ただし

$$e = M_{c1} / P_{s1} \text{ ..... (5.3.1.3.14)}$$

より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は

$$F_b = \frac{P_{s1} \cdot \left(e - \frac{b}{2} + \frac{X_n}{3}\right) \cdot (b - X_n - d_2)}{\left(b - d_2 - \frac{X_n}{3}\right) \cdot (b - X_n - d_2) + \left(b - d_3 - \frac{X_n}{3}\right) \cdot (b - X_n - d_3)}$$

..... (5.3.1.3.15)

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b2} = \frac{F_b}{n_2 \cdot A_b} \text{ ..... (5.3.1.3.16)}$$

(b) 長手方向から見て応力を1列の基礎ボルトで受ける場合

(1)と同様にして引張応力は求められるが、 $M$ を $M_{c1}$ 、 $P_s$ を $P_{s1}$ 、 $d_1$ を $d_2$ 、 $a$ を $b$ 、 $b$ を $a$ 及び $n_1$ を $n_2$ に置き換え、得られた基礎ボルトの応力を $\sigma_{b2}$ とする。

b. せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{C_H \cdot (R_1 + m_{s1} \cdot g)}{n \cdot A_b} \text{ ..... (5.3.1.3.17)}$$

(3) 基礎ボルトに生じる最大応力

(1)及び(2)より求められた基礎ボルトの応力のうち最大のものを $\sigma_b$ 及び $\tau_b$ とする。

a. 基礎ボルトの最大引張応力

$$\sigma_b = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\sigma_{b1}), \text{横方向地震時応力}(\sigma_{b2}) \}$$

..... (5.3.1.3.18)

b. 基礎ボルトの最大せん断応力

$$\tau_b = \text{Max} \{ \text{長手方向地震時応力}(\tau_{b1}), \text{横方向地震時応力}(\tau_{b2}) \}$$

..... (5.3.1.3.19)

5.4 応力の評価

5.4.1 胴の応力評価

5.3.1.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許容応力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ のいずれか小さい方の値。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あつては $1.2 \cdot S$ の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。	$0.6 \cdot S_u$
一次応力 (一次膜応力＋ 一次曲げ応力)	上記の1.5倍の値	
一次＋二次応力	地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要とする。	
一次＋二次 ＋ピーク応力		

5.4.2 脚の応力評価

5.3.1.2項で求めた脚の組合せ応力が許容引張応力  $f_{tm}$  以下であること。ただし、 $f_{tm}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{tm}$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.4.3 基礎ボルトの応力評価

5.3.1.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.4.3.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ はせん断力のみ受ける基礎ボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S <sub>s</sub> による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 耐震計算書のフォーマット

横置一胴円筒形容器の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

## 7. 引用文献

- (1) Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports, Welding Research Supplement, Sep. 1951.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107 / August 1965.
- (3) 日本産業規格 J I S B 8 2 7 8 (2003) 「サドル支持の横置圧力容器」

【フォーマット I 設計基準対象施設としての評価結果】

【〇〇〇〇〇タンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		〇〇建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3			

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

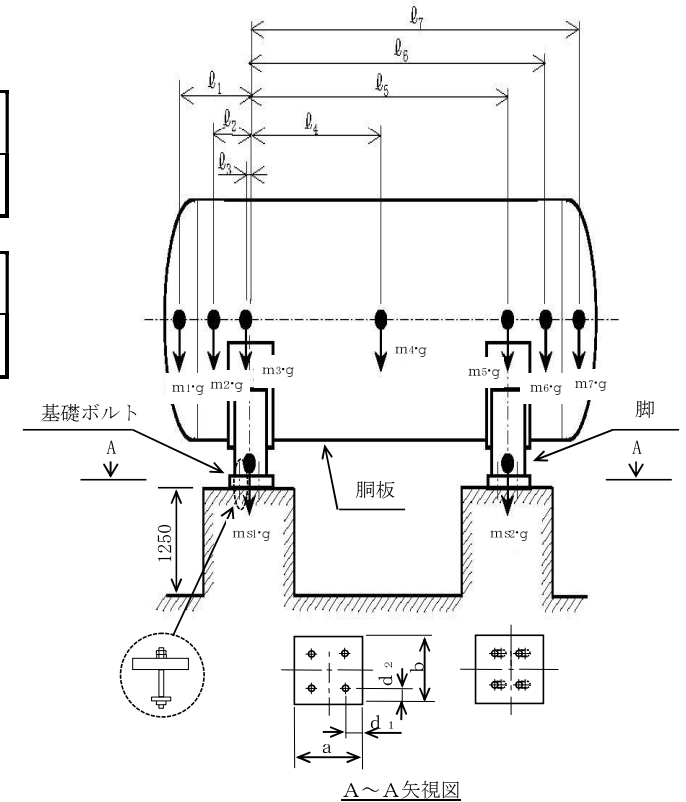
m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)

29

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
					*1					

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)





A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (MPa)	G <sub>s</sub> (MPa)	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s3</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s4</sub> (mm <sup>2</sup> )
	*4	*4				

K <sub>11</sub> *2	K <sub>12</sub> *2	K <sub>21</sub> *2	K <sub>22</sub> *2	K <sub>ℓ1</sub>	K <sub>ℓ2</sub>	K <sub>c1</sub>	K <sub>c2</sub>	C <sub>ℓ1</sub>	C <sub>ℓ2</sub>	C <sub>c1</sub>	C <sub>c2</sub>

s	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)
						(M )			

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S <sub>y</sub> (脚) (MPa)	S <sub>u</sub> (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	S <sub>y</sub> (基礎ボルト) (MPa)	S <sub>u</sub> (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
*3	*3	*3	*4	*4			*4	*4		

30

注記\*1: 本計算においては当板を有効とした。

\*2: 表中で上段は一次応力, 下段は二次応力の係数とする。

\*3: 最高使用温度で算出

\*4: 周囲環境温度で算出

胴板と当板の材料が異なる場合  
当板の S<sub>y</sub>, S<sub>u</sub> 及び S 値を記載する。

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)
*3 (*5)	*3 (*5)	*3 (*5)	

注記\*1: 本計算においては当板を有効とした。

\*2: 表中で上段は一次応力, 下段は二次応力の係数とする。

\*3: 最高使用温度で算出

\*4: 周囲環境温度で算出

\*5: 当板の材料を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 4 1 3} =$	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3} =$	—	—
組合せ応力	$\sigma_{o \ell} =$		$\sigma_{o c} =$		$\sigma_{o \ell} =$		$\sigma_{o c} =$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	
水平方向地震 による応力	引張	$\sigma_{\phi 4 1 1} =$	$\sigma_{x 4 1 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$	$\sigma_{\phi 4 1 1} =$	$\sigma_{x 4 1 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$
		$\sigma_{\phi 4 1 2} =$	$\sigma_{x 4 1 2} =$			$\sigma_{\phi 4 1 2} =$	$\sigma_{x 4 1 2} =$		
		$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$			$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$		
	せん断	$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$		$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$	
組合せ応力	$\sigma_{1 \ell} =$		$\sigma_{1 c} =$		$\sigma_{1 \ell} =$		$\sigma_{1 c} =$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s				
	地震の方向		地震の方向		地震の方向		地震の方向		
	長手方向	横方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 71} =$ $\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 71} =$ $\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 71} =$ $\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 71} =$ $\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 71} =$ $\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 71} =$ $\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 71} =$ $\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 71} =$ $\sigma_{x 72} =$	
水平方向地震 による応力	引張	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$
		$\sigma_{\phi 421} =$	$\sigma_{x 421} =$	$\sigma_{\phi 52} =$	$\sigma_{x 52} =$	$\sigma_{\phi 421} =$	$\sigma_{x 421} =$	$\sigma_{\phi 52} =$	$\sigma_{x 52} =$
		$\sigma_{\phi 422} =$	$\sigma_{x 422} =$			$\sigma_{\phi 422} =$	$\sigma_{x 422} =$		
	せん断	$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$		$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$	
組合せ応力	$\sigma_{2\ell} =$		$\sigma_{2c} =$		$\sigma_{2\ell} =$		$\sigma_{2c} =$		

1.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

32

地震の種類	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		
	地震の方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2} =$	$\sigma_{s3} =$	$\sigma_{s2} =$	$\sigma_{s3} =$
	せん断	$\tau_{s2} =$	$\tau_{s3} =$	$\tau_{s2} =$	$\tau_{s3} =$
組合せ応力		$\sigma_{s\ell} =$	$\sigma_{sc} =$	$\sigma_{s\ell} =$	$\sigma_{sc} =$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		
	地震の方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水 平方向地震による応力	引張	$\sigma_{b1} =$	$\sigma_{b2} =$	$\sigma_{b1} =$	$\sigma_{b2} =$
水平方向地震による 応力	せん断	$\tau_{b1} =$	$\tau_{b2} =$	$\tau_{b1} =$	$\tau_{b2} =$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	$T_1 =$
横方向	$T_2 =$
鉛直方向	$T_3 =$

1.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_a =$	$\sigma_0 =$	$S_a =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_a =$	$\sigma_1 =$	$S_a =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_a =$	$\sigma_2 =$	$S_a =$
脚		組合せ	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

胴板と当板の材料が異なる場合、当板の材料名及び許容応力を記載する。

1.4.2 応力 (単位: MPa)

部材	材料	許容応力
胴板	( *1)	$S_a =$ ( *1)
		$S_a =$ ( *1)
脚		$f_{tm} =$
基礎ボルト		$f_{ts} =$ *2
		$f_{sb} =$

注記\*1: 当板の材料を示す。

\*2:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

【○○○○○タンクの耐震性についての計算結果】

【静水頭の場合】

(圧力容器と様式が異なるページのみ掲載)

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		○○建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	静水頭			

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

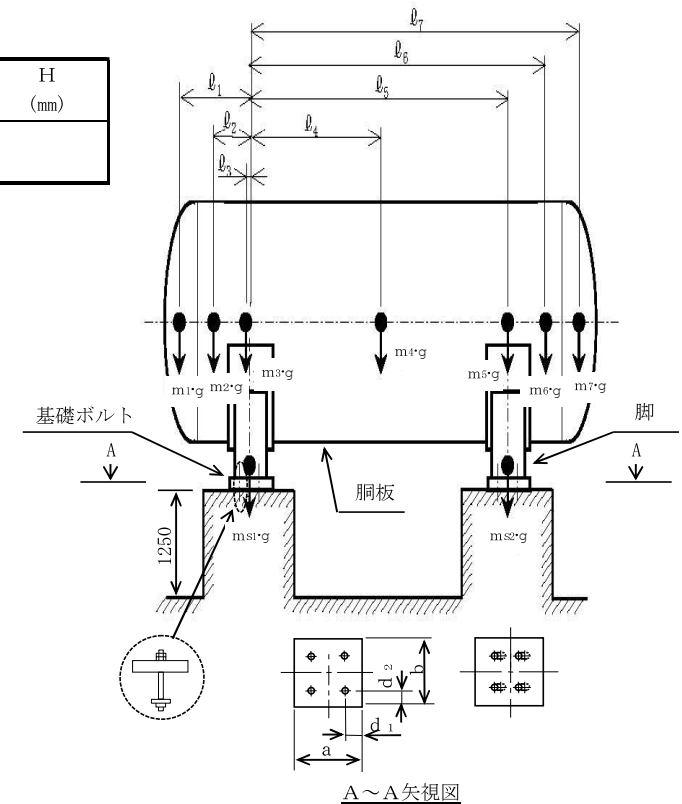
m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)

34

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
					*1					

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)



1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 413} =$	—	—	—	$\sigma_{x 413} =$	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell} =$		$\sigma_{0c} =$		$\sigma_{0\ell} =$		$\sigma_{0c} =$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

35

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
静水頭による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	
水平方向地震 による応力	引張	$\sigma_{\phi 411} =$	$\sigma_{x 411} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$	$\sigma_{\phi 411} =$	$\sigma_{x 411} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$
		$\sigma_{\phi 412} =$	$\sigma_{x 412} =$			$\sigma_{\phi 412} =$	$\sigma_{x 412} =$		
	せん断	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\tau_{\ell} =$	$\tau_{c} =$		
組合せ応力	$\sigma_{1\ell} =$		$\sigma_{1c} =$		$\sigma_{1\ell} =$		$\sigma_{1c} =$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	$\sigma_{\phi 71} =$	$\sigma_{x 71} =$	
	$\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 72} =$	$\sigma_{\phi 72} =$	$\sigma_{x 72} =$	
水平方向地震 による応力	引張	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$	$\sigma_{\phi 41} =$	$\sigma_{x 41} =$	$\sigma_{\phi 51} =$	$\sigma_{x 51} =$
		$\sigma_{\phi 421} =$	$\sigma_{x 421} =$	$\sigma_{\phi 52} =$	$\sigma_{x 52} =$	$\sigma_{\phi 421} =$	$\sigma_{x 421} =$	$\sigma_{\phi 52} =$	$\sigma_{x 52} =$
		$\sigma_{\phi 422} =$	$\sigma_{x 422} =$			$\sigma_{\phi 422} =$	$\sigma_{x 422} =$		
	せん断	$\tau_{\ell} =$	$\tau_{c} =$	$\tau_{\ell} =$	$\tau_{c} =$				
組合せ応力	$\sigma_{2\ell} =$	$\sigma_{2c} =$	$\sigma_{2\ell} =$	$\sigma_{2c} =$					

36

1.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_{s1} =$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$	$\sigma_{s4} =$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2} =$	$\sigma_{s3} =$	$\sigma_{s2} =$	$\sigma_{s3} =$
	せん断	$\tau_{s2} =$	$\tau_{s3} =$	$\tau_{s2} =$	$\tau_{s3} =$
組合せ応力	$\sigma_{s\ell} =$	$\sigma_{sc} =$	$\sigma_{s\ell} =$	$\sigma_{sc} =$	

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
鉛直方向地震及び水 平方向地震による応力	引張	$\sigma_{b1} =$	$\sigma_{b2} =$	$\sigma_{b1} =$	$\sigma_{b2} =$
水平方向地震による 応力	せん断	$\tau_{b1} =$	$\tau_{b2} =$	$\tau_{b1} =$	$\tau_{b2} =$

【フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2			

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

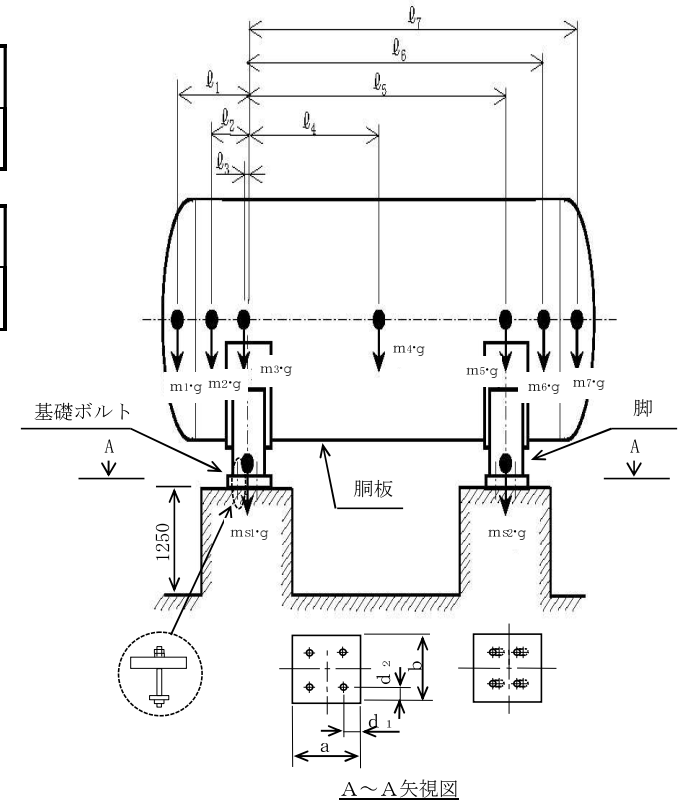
m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
					*1					

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)

37





S2 補 VI-2-1-14(4) R1

$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )
	*4	*4				

$K_{11}$ *2	$K_{12}$ *2	$K_{21}$ *2	$K_{22}$ *2	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	$K_{c1}$	$K_{c2}$	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	$C_{c1}$	$C_{c2}$

s	n	$n_1$	$n_2$	a (mm)	b (mm)	d (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
						(M )			

38

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (脚) (MPa)	$S_u$ (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
*3	*3	—	*4	*4	—		*4	*4	—	

注記\*1: 本計算においては当板を有効とした。

\*2: 表中で上段は一次応力, 下段は二次応力の係数とする。

\*3: 最高使用温度で算出

\*4: 周囲環境温度で算出

胴板と当板の材料が異なる場合  
当板の  $S_y$ ,  $S_u$  及び S 値を記載する。

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$F^*$ (基礎ボルト) (MPa)
(*3 *5)	(*3 *5)	(*3 *5)	

注記\*1: 本計算においては当板を有効とした。

\*2: 表中で上段は一次応力, 下段は二次応力の係数とする。

\*3: 最高使用温度で算出

\*4: 周囲環境温度で算出

\*5: 当板の材料を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3} =$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{o \ell} =$		$\sigma_{o c} =$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

39

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1} =$	$\sigma_{x 4 1 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1 2} =$	$\sigma_{x 4 1 2} =$		
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$		
せん断	—		—		$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$		
組合せ応力	—		—		$\sigma_{1 \ell} =$		$\sigma_{1 c} =$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	
	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 2} =$	$\sigma_{x 7 2} =$	$\sigma_{\phi 7 2} =$	$\sigma_{x 7 2} =$	
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 2 1} =$	$\sigma_{x 4 2 1} =$	$\sigma_{\phi 5 2} =$	$\sigma_{x 5 2} =$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 2 2} =$	$\sigma_{x 4 2 2} =$		
	—	—			$\sigma_{\phi 4 2} =$	$\sigma_{x 4 2} =$			
せん断	—		—		$\tau_{\ell} =$		$\tau_{c} =$		
組合せ応力	—		—		$\sigma_{2\ell} =$		$\sigma_{2c} =$		

40

2.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s 1} =$	$\sigma_{s 1} =$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s 4} =$	$\sigma_{s 4} =$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s 2} =$	$\sigma_{s 3} =$
	せん断	—	—	$\tau_{s 2} =$	$\tau_{s 3} =$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s \ell} =$	$\sigma_{s c} =$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水 平方向地震による応力	引張	—	—	$\sigma_{b 1} =$	$\sigma_{b 2} =$
水平方向地震による 応力	せん断	—	—	$\tau_{b 1} =$	$\tau_{b 2} =$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	$T_1 =$
横方向	$T_2 =$
鉛直方向	$T_3 =$

2.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	—	—	$\sigma_o =$	$S_a =$
		一次	—	—	$\sigma_1 =$	$S_a =$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2 =$	$S_a =$
脚		組合せ	—	—	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

胴板と当板の材料が異なる場合、当板の材料名及び許容応力を記載する。

2.4.2 応力 (単位: MPa)

部材	材料	許容応力
胴板	( *1)	$S_a =$ ( *1)
		$S_a =$ ( *1)
脚		$f_{tm} =$
基礎ボルト		$f_{ts} = *2$
		$f_{sb} =$

注記\*1: 当板の材料を示す。

\*2:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

【静水頭の場合】  
(圧力容器と様式が異なるページのみ掲載)

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	静水頭			

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

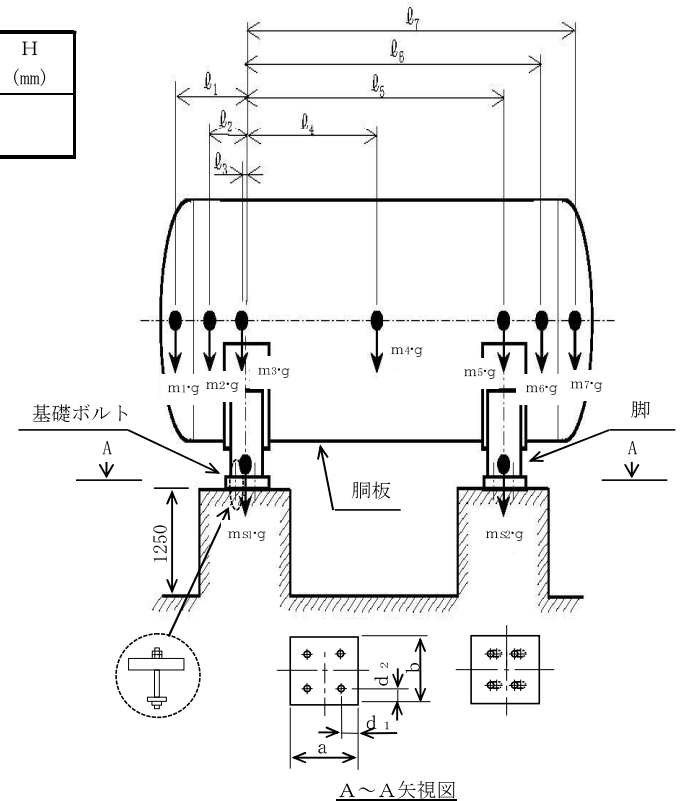
m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)

l <sub>1</sub> (mm)	l <sub>2</sub> (mm)	l <sub>3</sub> (mm)	l <sub>4</sub> (mm)	l <sub>5</sub> (mm)	l <sub>6</sub> (mm)	l <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	l <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	l <sub>w</sub> (mm)
					*1					

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)

42



2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3} =$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{o l} =$		$\sigma_{o c} =$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

43

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
静水頭による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	$\sigma_{x 2} =$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	$\sigma_{\phi 3} =$	$\sigma_{x 3} =$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$	$\sigma_{x 7 1} =$	
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1} =$	$\sigma_{x 4 1 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1 2} =$	$\sigma_{x 4 1 2} =$		
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell} =$	$\tau_{c} =$		
組合せ応力	—		—		$\sigma_{1 \ell} =$		$\sigma_{1 c} =$		

S2 補 VI-2-1-14(4) R1E

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度				基準地震動 S <sub>s</sub>			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—	$\sigma_{x 6} =$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1} =$ $\sigma_{\phi 7 2} =$	$\sigma_{x 7 1} =$ $\sigma_{x 7 2} =$	$\sigma_{\phi 7 1} =$ $\sigma_{\phi 7 2} =$	$\sigma_{x 7 1} =$ $\sigma_{x 7 2} =$
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1} =$	$\sigma_{x 4 1} =$	$\sigma_{\phi 5 1} =$	$\sigma_{x 5 1} =$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 2 1} =$ $\sigma_{\phi 4 2 2} =$	$\sigma_{x 4 2 1} =$ $\sigma_{x 4 2 2} =$	$\sigma_{\phi 5 2} =$	$\sigma_{x 5 2} =$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 2} =$	$\sigma_{x 4 2} =$		
	せん断	—	—	—	—	$\tau_{\ell} =$	$\tau_{c} =$		
組合せ応力		—	—	—	—	$\sigma_{2\ell} =$	$\sigma_{2c} =$		

2.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s 1} =$	$\sigma_{s 1} =$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s 4} =$	$\sigma_{s 4} =$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s 2} =$	$\sigma_{s 3} =$
	せん断	—	—	$\tau_{s 2} =$	$\tau_{s 3} =$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\ell} =$	$\sigma_{sc} =$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水 平方向地震による応力	引張	—	—	$\sigma_{b 1} =$	$\sigma_{b 2} =$
水平方向地震による 応力	せん断	—	—	$\tau_{b 1} =$	$\tau_{b 2} =$

添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての  
計算書作成の基本方針



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 固有周期	6
4.1 固有周期の計算方法	6
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 設計用地震力	8
5.3 計算方法	9
5.4 応力の評価	14
6. 耐震計算書のフォーマット	17

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている平底たて置円筒形容器（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用されない平底たて置円筒形容器にあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

平底たて置円筒形容器の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

平底たて置円筒形容器の耐震評価フローを図2-1に示す。

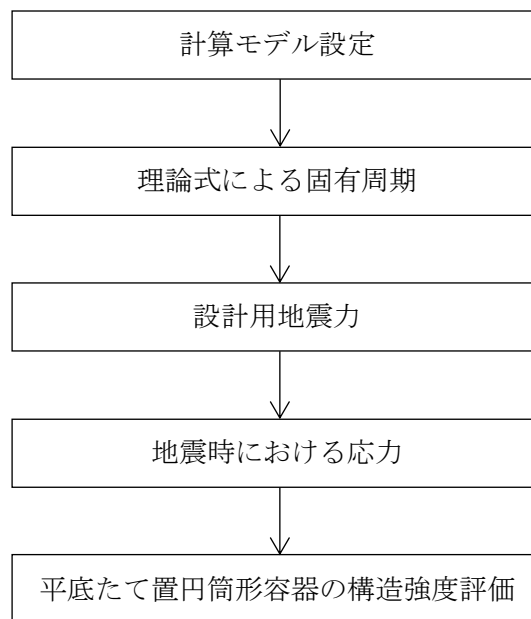


図2-1 平底たて置円筒形容器の耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>e</sub>	胴の有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>c</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>t</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>v</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>b i</sub>	ベースプレートの内径	mm
D <sub>b o</sub>	ベースプレートの外径	mm
D <sub>c</sub>	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F <sup>*</sup>	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F <sub>c</sub>	基礎に作用する圧縮力	N
F <sub>t</sub>	基礎ボルトに作用する引張力	N
f <sub>b m</sub>	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f <sub>c m</sub>	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s <sup>2</sup>
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
K <sub>H</sub>	水平方向ばね定数	N/m
K <sub>V</sub>	鉛直方向ばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
l <sub>1</sub> , l <sub>2</sub>	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離 （図5-2に示す距離）	mm
l <sub>g</sub>	基礎から容器重心までの距離	mm
M <sub>s</sub>	基礎に作用する転倒モーメント	N・mm
m <sub>o</sub>	容器の運転時質量	kg
m <sub>e</sub>	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
S a	胴の許容応力	MPa
S u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T <sub>H</sub>	水平方向固有周期	s
T <sub>V</sub>	鉛直方向固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
t <sub>1</sub>	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t <sub>2</sub>	圧縮側基礎相当幅	mm
Z	基礎ボルト計算における係数	—
$\alpha$	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
$\eta$	座屈応力に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—
$\rho'$	液体の密度	kg/mm <sup>3</sup>
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	胴の組合せ圧縮応力	MPa
$\sigma_{0t}$	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_2$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2c}$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値(圧縮側)	MPa
$\sigma_{2t}$	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値(引張側)	MPa
$\sigma_{2xc}$	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(圧縮側)	MPa
$\sigma_{2xt}$	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(引張側)	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_c$	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
$\sigma_{x3}$	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
$\sigma_{xc}$	胴の軸方向応力の和(圧縮側)	MPa
$\sigma_{xt}$	胴の軸方向応力の和(引張側)	MPa
$\sigma_{\phi}$	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
$\tau$	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
比重		—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
質量		kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
	胴板の厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 位
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

平底たて置円筒形容器の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴及び基礎ボルトについて評価を実施する。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

モデル化に当たっては次の条件で行う。

- a. 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- b. 容器は胴下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- c. 胴をはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

本容器は、前記の条件より図4-1に示すような下端固定の1質点系振動モデルとして考える。

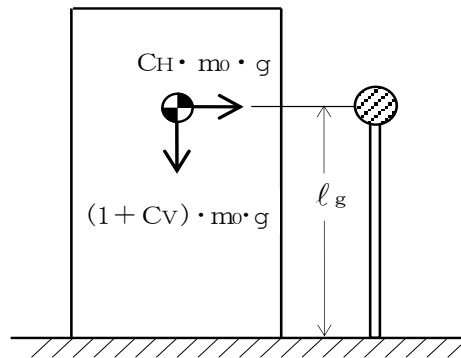


図4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数 $K_H$ は次式で求める。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{l_g^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{l_g}{G \cdot A_e}} \quad \dots \quad (4.1.1)$$

ここで、胴の断面性能は次のように求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \quad \dots \quad (4.1.2)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad \dots \quad (4.1.3)$$

したがって、固有周期 $T_H$ は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots \quad (4.1.4)$$

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 $K_v$ は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}} \dots\dots\dots (4.1.5)$$

ここで、胴の断面性能は次のように求める。

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \dots\dots\dots (4.1.6)$$

したがって、固有周期 $T_v$ は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_e}{K_v}} \dots\dots\dots (4.1.7)$$



5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項a.～d.のほか、次の条件で計算する。概要図を図5-1に示す。

- (1) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

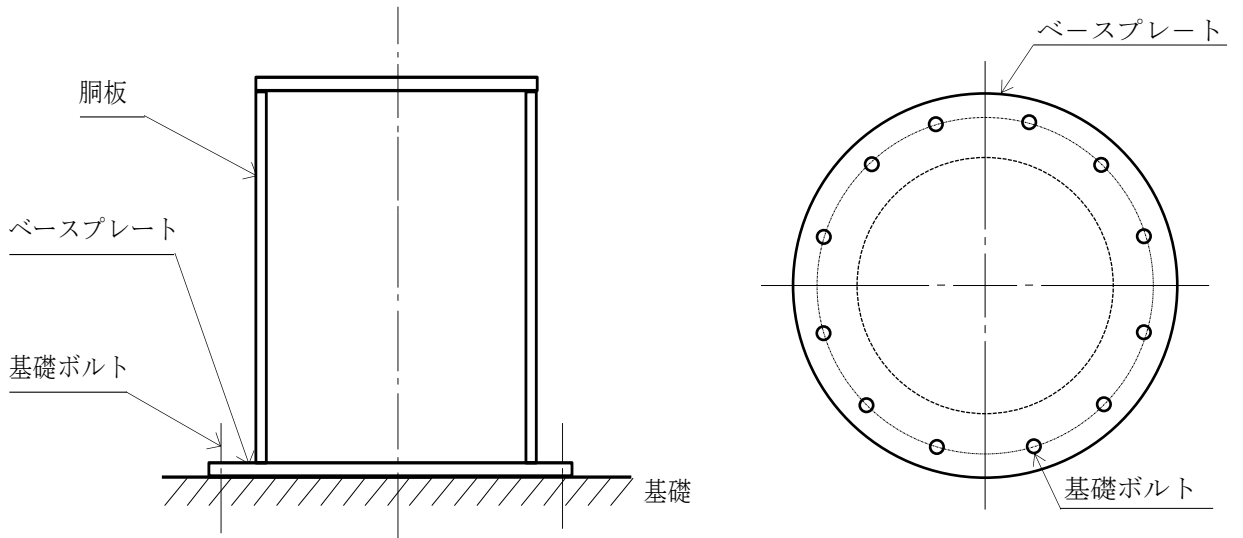


図5-1 概要図

5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

## 5.3 計算方法

## 5.3.1 応力の計算方法

応力計算における水平方向と鉛直方向の組合せについて、静的地震力を用いる場合は、絶対値和を用いる。動的地震力を用いる場合は、絶対値和又はS R S S法を用いる。

## 5.3.1.1 胴の計算方法

## (1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

## (2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には、胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

## (3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \ell_g}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

## (4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

## a. 一次一般膜応力

## (a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

$$\sigma_{0 t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{x t} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{x t})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

ここで、

【絶対値和】

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

【S R S S法】

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 3}^2 + \sigma_{x 4}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

## (b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

$\sigma_{xc}$  が正の値（圧縮側）のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.13)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.14)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.15)$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_o = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \right\} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.16)$$

とする。

一次応力は一次一般膜応力と同じ値になるので省略する。

## b. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

## (a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{2\phi} = \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.17)$$

$$\sigma_{2t} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xt} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.18)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{2xt} = \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.19)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{2xt} = \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.20)$$

## (b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{2\phi} = -\sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.21)$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xc} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.22)$$

ここで、

**【絶対値和】**

$$\sigma_{2xc} = \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.23)$$

**【SRSS法】**

$$\sigma_{2xc} = \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.24)$$

したがって、胴の地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_2 = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{2t}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{2c}) \right\} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.25)$$

とする。

5.3.1.2 基礎ボルトの計算方法

(1) 引張応力

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める（図5-2参照）。

以下にその手順を示す。

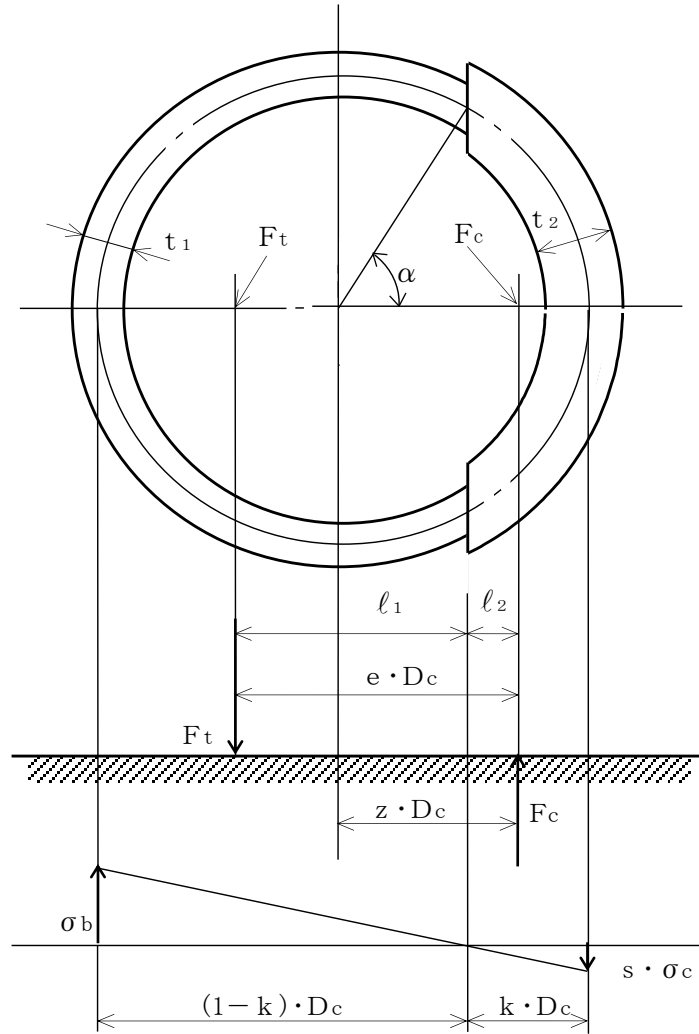


図5-2 基礎の荷重説明図

- a.  $\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数  $k$  を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \dots\dots\dots (5.3.1.2.1)$$

b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度  $\alpha$  を求める。

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - 2 \cdot k) \dots\dots\dots (5.3.1.2.2)$$

c. 各定数  $e$ ,  $z$ ,  $C_t$  及び  $C_c$  を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \dots\dots\dots (5.3.1.2.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.2.4)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{ (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \}}{1 + \cos \alpha} \dots\dots\dots (5.3.1.2.5)$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (5.3.1.2.6)$$

d. 各定数を用いて  $F_t$  及び  $F_c$  を求める。

【絶対値和】

$$F_t = \frac{M_s - (1 - C_v) \cdot m_o \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (5.3.1.2.7)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_v) \cdot m_o \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.2.8)$$

【SRSS法】

$$F_t = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_o \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_o \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.2.9)$$

$$F_c = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_o \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} + \left(1 - \frac{z}{e}\right) \cdot m_o \cdot g \dots\dots\dots (5.3.1.2.10)$$

ここで,

$$M_s = C_H \cdot m_o \cdot g \cdot l_g \dots\dots\dots (5.3.1.2.11)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 $\alpha$  が  $\pi$  に等しくなったときであり、(5.3.1.2.3) 式及び (5.3.1.2.4) 式において  $\alpha$  を  $\pi$  に近づけた場合の値  $e = 0.75$  及び  $z = 0.25$  を (5.3.1.2.7) 式又は (5.3.1.2.9) 式に代入し、得られる  $F_t$  の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$  ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$  ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e.  $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t} \dots\dots\dots (5.3.1.2.12)$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c} \dots\dots\dots (5.3.1.2.13)$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c} \dots\dots\dots (5.3.1.2.14)$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \dots\dots\dots (5.3.1.2.15)$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.3.1.2.16)$$

$\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ がa項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.2.17)$$

5.4 応力の評価

5.4.1 胴の応力評価

- (1) 5.3.1.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許容応力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ のいずれか小さい方の値。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あつては $1.2 \cdot S$ の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。	$0.6 \cdot S_u$
一次+二次応力	地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要とする。	
一次+二次 +ピーク応力		

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

- (2) 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。（座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

ここで、 $f_{cm}$  は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = F \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left( \frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_{cm} = \phi_1 \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[ 1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right]$$

..... (5.4.1.5)

また、 $f_{bm}$ は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = F \quad \text{..... (5.4.1.6)}$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2\left(\frac{9600 \cdot g}{F}\right) \right\} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

..... (5.4.1.7)

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_{bm} = \phi_2\left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t}\right) \quad \text{..... (5.4.1.8)}$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[ 1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right]$$

..... (5.4.1.9)

$\eta$ は安全率で次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \text{..... (5.4.1.10)}$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \text{..... (5.4.1.11)}$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \text{..... (5.4.1.12)}$$



5.4.2 基礎ボルトの応力評価

5.3.1.2項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 耐震計算書のフォーマット

平底たて置円筒形容器の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 設計基準対象施設としての評価結果】

【〇〇〇容器の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		〇〇建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3				

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

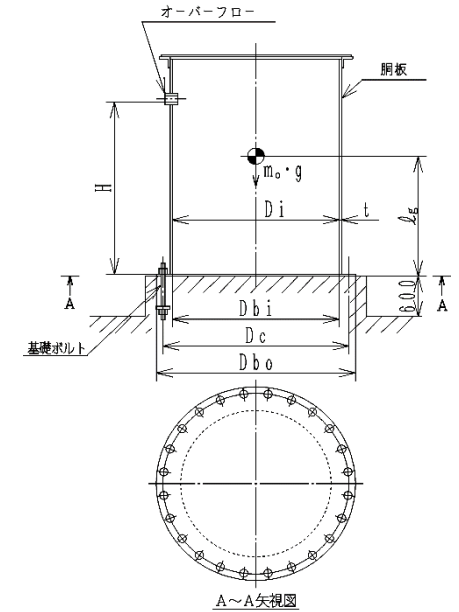
m <sub>o</sub> (kg)	m <sub>e</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ <sub>g</sub> (mm)	H (mm)	s	n
				*1	*1				

D <sub>c</sub> (mm)	D <sub>bo</sub> (mm)	D <sub>bi</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	M <sub>s</sub> (N・mm)	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
			(M )			

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	F (胴板) (MPa)	S <sub>y</sub> (基礎ボルト) (MPa)	S <sub>u</sub> (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
*1	*1	*1		*2	*2		

注記\*1: 最高使用温度で算出

\*2: 周囲環境温度で算出



1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭による応力	$\sigma_{\phi 1} =$	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	—	—	
鉛直方向地震による引張応力	$\sigma_{\phi 2} =$	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	—	
空質量による圧縮応力	—	$\sigma_{x 2} =$	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—	
鉛直方向地震による軸方向応力	—	$\sigma_{x 3} =$	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	
	圧縮側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	
組合せ応力	引張	$\sigma_{0 t} =$			$\sigma_{0 t} =$		
	圧縮	$\sigma_{0 c} =$			$\sigma_{0 c} =$		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による応力	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 3} =$	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 3} =$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	
	圧縮側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	
組合せ応力 (変動値)	引張	$\sigma_{2t} =$			$\sigma_{2t} =$		
	圧縮	$\sigma_{2c} =$			$\sigma_{2c} =$		

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
引張応力	$\sigma_b =$	$\sigma_b =$
せん断応力	$\tau_b =$	$\tau_b =$

S2 補 VI-2-1-14(5) R1

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$
鉛直方向	$T_V =$

1.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_a =$	$\sigma_0 =$	$S_a =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_a =$	$\sigma_2 =$	$S_a =$
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

【フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果】

【○○○容器の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
		○○建物 EL *1			—	—	$C_H =$ *2	$C_V =$ *2				

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）

2.2 機器要目

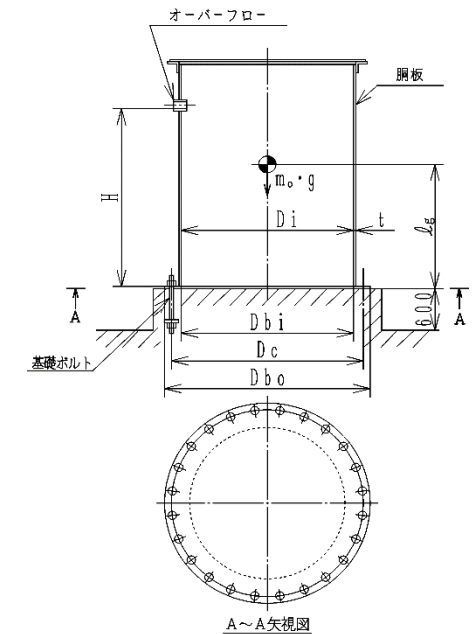
$m_o$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$E$ (MPa)	$G$ (MPa)	$l_g$ (mm)	$H$ (mm)	$s$	$n$
				*1	*1				

$D_c$ (mm)	$D_{b_o}$ (mm)	$D_{b_i}$ (mm)	$d$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$M_s$ (N・mm)	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
			(M )		—	

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	$S$ (胴板) (MPa)	$F$ (胴板) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	$F$ (基礎ボルト) (MPa)	$F^*$ (基礎ボルト) (MPa)
*1	*1	—		*2	*2	—	

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出



2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	—	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	—	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—
組合せ応力	引張	—			$\sigma_{o t} =$	
	圧縮	—			$\sigma_{o c} =$	

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} =$	$\sigma_{x 3} =$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—
組合せ応力 (変動値)	引張	—			$\sigma_{2t} =$	
	圧縮	—			$\sigma_{2c} =$	

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—	$\sigma_b =$
せん断応力	—	$\tau_b =$

S2 補 VI-2-1-14(5) R1E

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$
鉛直方向	$T_V =$

2.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	—	—	$\sigma_0 =$	$S_a =$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2 =$	$S_a =$
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	—		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1$	
			—		(無次元)	
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。



## 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の計算方法	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	13
5.5 応力の評価	15
6. 機能維持評価	16
6.1 動的機能維持評価方法	16
7. 耐震計算書のフォーマット	16

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている管（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）並びに管に取り付く支持構造物及び弁が十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

管及び管に取り付く支持構造物の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、管に取り付く弁の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

管並びに管に取り付く支持構造物及び弁の耐震評価フローを図2-1に示す。

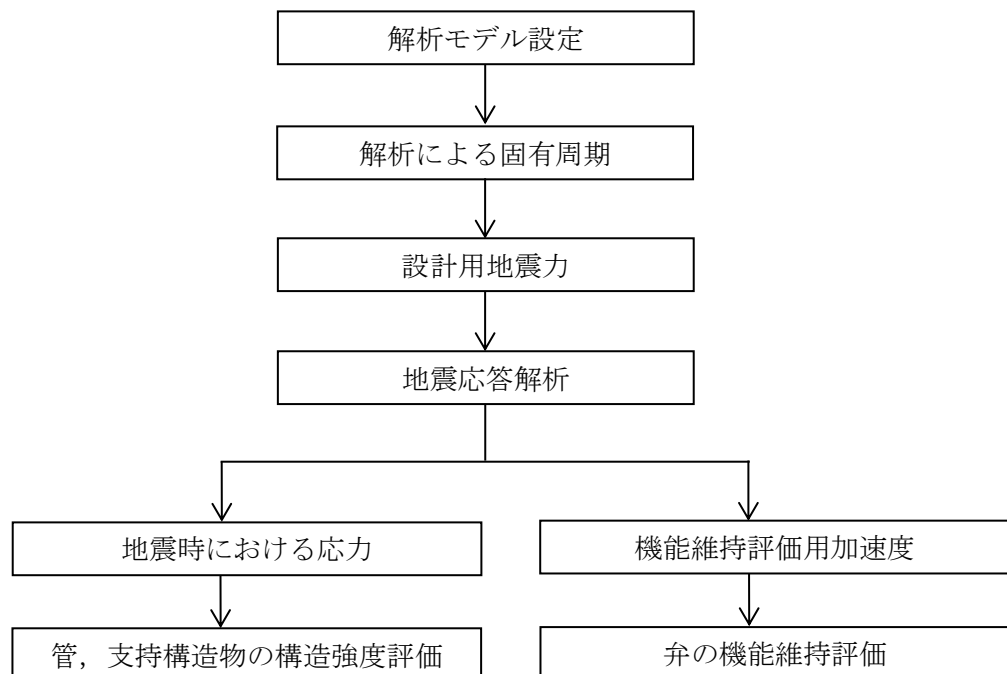


図2-1 管並びに管に取り付く支持構造物及び弁の耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 （（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$B_1, B_2, B_{2b}, B_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（一次応力の計算に使用するもの）	—
$C_2, C_{2b}, C_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（一次＋二次応力の計算に使用するもの）	—
$D_0$	管の外径	mm
$E$	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定する縦弾性係数	MPa
$i_1$	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値	—
$i_2$	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値	—
$K_2, K_{2b}, K_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（ピーク応力の計算に使用するもの）	—
$M_a$	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生じるモーメント	N・mm
$M_b$	耐震性についての計算：管の機械的荷重（地震を含めた短期的荷重）により生じるモーメント	N・mm
$M_b^*$	地震による慣性力により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{bp}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm
$M_{bs}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_c$	耐震性についての計算：地震による相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{ip}$	耐震性についての計算：管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm
$M_{is}$	耐震性についての計算：管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{rp}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm

記号	記号の説明	単位
$M_{r s}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$n_i$	繰返し荷重 $i$ の実際の繰返し回数	回
$N_i$	繰返し荷重 $i$ に対し，設計・建設規格 PPB-3534 に従って算出された許容繰返し回数	回
$P$	耐震性についての計算：地震と組合せるべき運転状態における圧力	MPa
$S$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力	MPa
$S_\ell$	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_m$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ	MPa
$S_n$	一次＋二次応力	MPa
$S_p$	ピーク応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
$S_t$	ねじりによる応力	MPa
$S_t + S_b$	曲げとねじりによる応力	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定する材料の設計引張強さ	MPa
$t$	管の厚さ	mm
$U$	運転状態 I，II における疲労累積係数	—
$U_{S d}$	$S_d$ 地震動のみによる疲労累積係数	—
$U_{S s}$	$S_s$ 地震動のみによる疲労累積係数	—
$Z, Z_i$	管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_b$	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_r$	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\varepsilon_e$	$S_p$ を求めたピーク応力強さのサイクルに対して，弾性解析により計算したときのひずみであり，次の計算式により計算した値 $\varepsilon_e = \bar{\sigma}^* / E$ $\bar{\sigma}^*$ ：弾性解析によるミーゼス相当応力	—

記号	記号の説明	単位
$\varepsilon_{ep}$	<p>S<sub>p</sub>を求めたピーク応力強さのサイクルに対して，材料の応力－ひずみ関係として，降伏応力をS<sub>m</sub>の1.5倍の値とした弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみであり，次の計算式により計算した値</p> $\varepsilon_{ep} = \bar{\sigma} / E + \bar{\varepsilon}_p$ <p><math>\bar{\sigma}</math> : 弾塑性解析によるミーゼス相当応力  <math>\bar{\varepsilon}_p</math> : 弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ</p>	—

## 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-1に示すとおりである。

表2-1 表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第1位	四捨五入	整数位
	変位量	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
計算条件	圧力	MPa	小数点第3位	四捨五入	小数点第2位 <sup>*1</sup>
	温度	℃	小数点第1位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	厚さ	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	縦弾性係数	MPa	小数点第1位 <sup>*2</sup>	四捨五入	整数位 <sup>*2</sup>
	質量	kg	小数点第1位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第1位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	方向余弦	—	小数点第5位	四捨五入	小数点第4位
	許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
	減衰定数	%	—	—	小数点第1位
解析結果 及び評価	固有周期	s	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
	震度	—	小数点第3位	切上げ	小数点第2位
	刺激係数	—	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
	計算応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
	許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
	計算荷重及び反力	kN	小数点第1位	切上げ	整数位 <sup>*4</sup>
	モーメント	kN・m	小数点第1位	切上げ	整数位 <sup>*4</sup>
	許容荷重	kN	小数点第1位	切捨て	整数位 <sup>*4</sup>
	疲労累積係数	—	小数点第5位	切上げ	小数点第4位
	機能維持評価用 加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	小数点第2位	切上げ	小数点第1位
	機能確認済加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	—	—	小数点第1位

注記\*1：必要に応じて小数点第3位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

\*2：必要に応じて処理桁を有効数字4桁、表示桁を有効数字3桁とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

\*4：必要に応じて小数点第1位表示とする。



### 3. 評価部位

管の耐震評価については、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき一次応力評価、一次＋二次応力評価及び疲労評価を実施する。

管に取り付く支持構造物の耐震評価については、「5.1 構造強度評価方法」に基づき、種類及び型式に区分して評価を実施する。

管に取り付く弁の耐震評価については、「6.1 動的機能維持評価方法」に基づき、動的機能維持要求弁に対する動的機能維持評価を実施し、計算により求めた機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

### 4. 固有周期

#### 4.1 固有周期の計算方法

管の固有周期の計算は三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の解析モデルの作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は三次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
  - (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
  - (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
  - (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
  - (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
  - (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
    - a. レストレイント：支持構造物の剛性を考慮したばね\*にて支持する並進方向を拘束、回転方向を自由として扱う。
    - b. スナッパ：支持構造物の剛性を考慮したばねにて支持する並進方向を拘束、回転方向を自由として扱う。
    - c. アンカ：支持構造物の剛性を考慮したばね\*にて並進方向及び回転方向を拘束として扱う。
    - d. ガイド：支持構造物の剛性を考慮したばね\*にて支持する並進方向及び回転方向を拘束として扱う。
- 注記\*：実機支持構造物の剛性を考慮し、一律設定したばね定数を適用する。
- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮するものとする。
  - (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

(1) 管の構造強度評価は、「4.1 固有周期の計算方法」に基づき作成した解析モデルによる地震応答解析を行い、得られたモーメント等から「5.4 計算方法」に記載した方法で実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。評価に当たっては、以下の荷重を考慮する。また、水平2方向及び鉛直方向地震力は個別に作用させる。

水平2方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S法を適用する。

- a. 内圧
- b. 機械的荷重（自重その他の長期的荷重）
- c. 機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力及びその他の短期的荷重）
- d. 地震荷重（基準地震動  $S_s$ ，弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度による慣性力並びに相對変位）

(2) 管に取り付く支持構造物の構造強度評価は、VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき、以下に示す種類及び型式に区分して実施する。

- a. オイルスナッパ
- b. メカニカルスナッパ
- c. ロッドレストレイント
- d. スプリングハンガ
- e. コンスタントハンガ
- f. リジットハンガ
- g. レストレイント
- h. アンカ

上記の支持構造物のうち、a. ～f. については、VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」において、種類及び型式単位に設定した許容荷重に対する応力評価を実施し、計算応力が許容応力以下であることを確認していることから、荷重確認による評価を実施し、計算荷重が許容荷重以下であることを確認する。なお、支持構造物は強度計算及び耐震性についての計算の基本式が同一であることから、強度計算を耐震性についての計算に含めて実施する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

耐震性についての計算において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を表 5-1～表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

施設分類*1	設備	管クラス	荷重の組合せ*2	許容応力状態
設計基準 対象施設	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	クラス 1 管	I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	
			Ⅳ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub> *3	
			I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
			Ⅳ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub> *4	
	上記を除く設備	クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 火力技術基準適用の管	I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	
			Ⅳ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub> *3	
			I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>				
重大事故等 対処設備	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	重大事故等クラス 2 管	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
			Ⅳ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub>	Ⅴ <sub>A</sub> S
			Ⅴ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub>	
			Ⅴ <sub>L</sub> (LL) + S <sub>s</sub>	
	原子炉格納容器 バウンダリ	重大事故等クラス 2 管	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
			Ⅴ <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub> *5, *6	Ⅴ <sub>A</sub> S
			Ⅴ <sub>L</sub> (LL) + S <sub>s</sub> *7	
	上記を除く設備	重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 火力技術基準適用の管	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
			Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
			Ⅴ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> *8	Ⅴ <sub>A</sub> S

注記\*1：設計基準対象施設と重大事故等対処設備の兼用範囲は設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の荷重の組合せを考慮する。

\*2： $I_L$ ,  $II_L$ ,  $IV_L(L)$ ,  $V_L$ ,  $V_L(L)$ ,  $V_L(LL)$  はそれぞれ、運転状態 I, II, IV (L), V, V (L), V (LL) において作用する荷重を示す。なお、(L) は長期的に荷重が作用している状態、(LL) は更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*3：ECCS等（非常用炉心冷却系及びそれに関連する系統）のみにおいて考慮する。

\*4：ECCS等（非常用炉心冷却系及びそれに関連する系統）以外において考慮する。

\*5：原子炉格納容器バウンダリは、事象の進展によっては、重大事故等時の最大荷重の発生タイミングが遅くなる可能性があることから、保守的に重大事故等時の最大荷重と S d 地震力の組合せを考慮する。

\*6：原子炉格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用しない場合）における荷重条件を適用する。

\*7：原子炉格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用する場合）における荷重条件を適用する。

\*8：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、重大事故等時の最大荷重と S s 地震力の組合せを考慮する。

表 5-2 許容応力（クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管）

許容応力 状態	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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot S_m^{*1}$	$2.25 \cdot S_m$ ただし、ねじりによる応力が $0.55 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げとねじりによる応力について $1.8 \cdot S_m$ とする。	$3 \cdot S_m^{*2}$ S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる応力振幅について評価する。	S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
Ⅳ <sub>A</sub> S Ⅴ <sub>A</sub> S <sup>*3</sup>	$2 \cdot S_m^{*1}$	$3 \cdot S_m$ ただし、ねじりによる応力が $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げとねじりによる応力について $2.4 \cdot S_m$ とする。		

注記\*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 ( $1.5 \cdot S_m$ ) の 0.8 倍の値とする。

\*2： $3 \cdot S_m$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格PVB-3300（同PVB-3313を除く）又はPPB-3536(1), (2), (4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3：許容応力状態Ⅴ<sub>A</sub>Sは許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

表 5-3 許容応力（「クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管」を除く管で耐震重要度分類 S クラス及び S<sub>s</sub> 機能維持対象）

許容応力状態	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
Ⅲ <sub>A</sub> S	Min( $S_y$ , $0.6 \cdot S_u$ )* <sup>1</sup> ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方	$S_y$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方	$S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要である。* <sup>2</sup>	
Ⅳ <sub>A</sub> S Ⅴ <sub>A</sub> S* <sup>3</sup>	$0.6 \cdot S_u$ * <sup>1</sup>	$0.9 \cdot S_u$		

注記\*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。

\*2： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし、 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

\*3：許容応力状態Ⅴ<sub>A</sub>Sは許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

### 5.3 設計用地震力

設計用地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した設計用床応答スペクトルを用いる。また、減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。なお、設計用床応答スペクトルは配管系の重心レベルの上階の設計用床応答スペクトルを適用する。ただし、設計用床応答スペクトルの運用において合理性が示される場合には、その方法を採用できるものとする。

### 5.4 計算方法

#### (1) クラス1管及び重大事故等クラス2管であってクラス1管

##### a. 一次応力

###### (a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r$$

###### (b) (a)以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_{ip} / Z_i$$

##### b. 一次+二次応力

###### (a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n = C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r$$

###### (b) (a)以外の管

$$S_n = C_2 \cdot M_{is} / Z_i$$

##### c. ピーク応力

###### (a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = K_{2b} \cdot C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + K_{2r} \cdot C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r$$

###### (b) (a)以外の管

$$S_p = K_2 \cdot C_2 \cdot M_{is} / Z_i$$

##### d. 繰返しピーク応力強さ

$$S_e = K_e \cdot S_p / 2$$

$K_e$  : 次の計算式により計算した値

##### イ. $S_n < 3 \cdot S_m$ の場合

$$K_e = 1$$

ロ.  $S_n \geq 3 \cdot S_m$ の場合

(イ)  $K < B_0$ の場合

$$i. \quad S_n / (3 \cdot S_m) < [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{の場合}$$

$$K_e = K_{e^*} = 1 + A_0 \cdot \{S_n / (3 \cdot S_m) - 1 / K\}$$

$$ii. \quad S_n / (3 \cdot S_m) \geq [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{の場合}$$

$$K_e = K_{e'} = 1 + (q - 1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$$

(ロ)  $K \geq B_0$ の場合

$$i. \quad S_n / (3 \cdot S_m) < [(q - 1) - \sqrt{\{(A_0 \cdot (1 - 1 / K) \cdot (q - 1)\}}] / a \text{の場合}$$

$$K_e = K_{e^{**}} = a \cdot S_n / (3 \cdot S_m) + A_0 \cdot (1 - 1 / K) + 1 - a$$

$$ii. \quad S_n / (3 \cdot S_m) \geq [(q - 1) - \sqrt{\{(A_0 \cdot (1 - 1 / K) \cdot (q - 1)\}}] / a \text{の場合}$$

$$K_e = K_{e'} = 1 + (q - 1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$$

ここで,

$$K = S_p / S_n,$$

$$a = A_0 \cdot (1 - 1 / K) + (q - 1) - 2 \cdot \sqrt{\{(A_0 \cdot (1 - 1 / K) \cdot (q - 1)\}}$$

$q, A_0, B_0$ : 下表に掲げる材料の種類に応じ, それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	$A_0$	$B_0$
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

$S_n \geq 3 \cdot S_m$ の場合, 5.4(1)d.ロ.に関わらず, 次の計算式により計算した値を用いてもよい。

$$K_e = \varepsilon_{ep} / \varepsilon_e$$

e. 疲労累積係数

$$\Sigma (n_i / N_i) \leq 1.0$$



(2) (1)を除く管

a. 一次応力

$$S_{pr m} = P \cdot D_o / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) / Z$$

b. 一次+二次応力

$$S_n = (0.75 \cdot i_1 \cdot M_b^* + i_2 \cdot M_c) / Z$$

c. ピーク応力

(1)c. に同じ。

d. 繰返しピーク応力強さ

(1)d. に同じ。

ただし、 $K_e$ の計算においては、 $S_m$ を $2/3 \cdot S_y$ に読み替えるものとする。

e. 疲労累積係数

(1)e. に同じ。

#### 5.5 応力の評価

5.4項で求めた応力及び疲労累積係数が5.2項に示す許容値以下であることを確認する。

## 6. 機能維持評価

### 6.1 動的機能維持評価方法

配管系の地震応答解析から得られた弁の機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

なお、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し、機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

## 7. 耐震計算書のフォーマット

管の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

### (1) 概要

本資料及びVI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示す旨を記載する。

なお、支持構造物は強度計算及び耐震性についての計算の基本式が同一であることから、強度計算を耐震性についての計算に含めて実施している旨を記載する。

また、評価結果の記載方法は以下とする旨を記載する。

#### a. 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

#### b. 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。





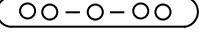
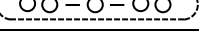

#### c. 弁

評価結果を記載する対象弁は、工認主要弁かつ動的機能維持要求弁とし、機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

a. 概略系統図






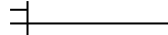
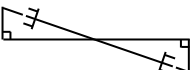
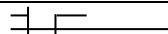
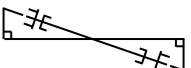

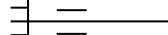
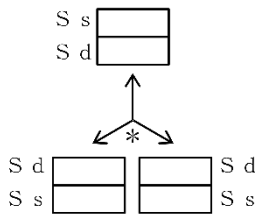
工事計画記載範囲の系統の概略を示した図面を添付する。概略系統図の記号凡例を下表に示す。

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、当該計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、当該計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、当該系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ

## b. 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

なお、複数建物・構築物に跨る解析モデルについては、建物・構築物の境界を記載する。また、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の兼用範囲を含む解析モデルについては、設計基準対象施設に該当する範囲を示した鳥瞰図と重大事故等対処設備に該当する範囲を示した鳥瞰図に分けて添付する。鳥瞰図の記号凡例を下表に示す。

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、当該計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、当該系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)

## (3) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 耐-1~耐-7 に示す。

## (4) 解析結果及び評価

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 耐-8~耐-13 に示す。

・FORMAT 耐-1 :

荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5

注記\*1 : DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2 : 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備, 「常設/防止 (DB拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張), 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3 : 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5 : 許容応力状態V<sub>AS</sub>は許容応力状態IV<sub>AS</sub>の許容限界を使用し, 許容応力状態IV<sub>AS</sub>として評価を実施する。

・FORMAT 耐-2-1 :

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し, 管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
		III <sub>AS</sub>		
		IV <sub>AS</sub>		
		V <sub>AS</sub>		

・FORMAT 耐-2-2 :

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し, 管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度分類	縦弾性係数 (MPa)

・FORMAT 耐-3 :

配管の付加質量, フランジ部の質量, 弁部の質量

鳥瞰図番号

質量	対応する評価点

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される質量を示す。

・FORMAT 耐-4 :

弁部の寸法

鳥瞰図番号

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

・FORMAT 耐-5 :

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm) *			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad) *		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
** **						

注：支持点番号における\*\*印は斜め拘束を示す。また、下段は方向余弦を示す。

注記\*：拘束のない方向については「—」と記載する。

・FORMAT 耐-6 :

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa) *			
		S m	S y	S u	S

注記\*：評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

・FORMAT 耐-7 :

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>

・FORMAT 耐-8 :

固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 及び静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
...							
8次							
n次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6					—	—	—

注：本表はSクラスの場合を示す。なお、S<sub>s</sub>機能維持評価の場合は、「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 及び静的震度」欄及び「静的震度」欄を削除したものを使用する。

注記\*1：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。0.020s 以上 0.050s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が 0.050s 未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により得られる震度

\*4：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

\*5：最大応答加速度を 1.2 倍した震度

\*6：3.6・C<sub>I</sub>及び 1.2・C<sub>V</sub>より定めた震度

・FORMAT 耐-9 :

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図番号

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
...				
8次				
n次				

注：3次モードまでを代表として、各質点の変位の相対量・方向を示した振動モード図を添付する。

なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを添付する。

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

・FORMAT 耐-10-1 :

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)		鳥瞰図 番号	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	応力評価		疲労評価
						計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積 係数
Ⅲ <sub>A</sub> S	一次 応力	膜+曲げ $S_{pr m}(2.25 \cdot S_m)$				$S_{pr m}$	$2.25 \cdot S_m$	—
		ねじり $S_t(0.55 \cdot S_m)$				$S_t$	$0.55 \cdot S_m$	—
		ねじり+曲げ $S_t + S_b(1.8 \cdot S_m)$				$S_t + S_b^{*1}$	$1.8 \cdot S_m$	—
	一次+二次応力 $S_n(3 \cdot S_m)$					$S_n$	$3 \cdot S_m$	$U + U S_d^{*2}$
	疲労累積係数 $U + U S_d$					—	—	$U + U S_d$
Ⅳ <sub>A</sub> S	一次 応力	膜+曲げ $S_{pr m}(3 \cdot S_m)$				$S_{pr m}$	$3 \cdot S_m$	—
		ねじり $S_t(0.73 \cdot S_m)$				$S_t$	$0.73 \cdot S_m$	—
		ねじり+曲げ $S_t + S_b(2.4 \cdot S_m)$				$S_t + S_b^{*1}$	$2.4 \cdot S_m$	—
	一次+二次応力 $S_n(3 \cdot S_m)$					$S_n$	$3 \cdot S_m$	$U + U S_s^{*2}$
	疲労累積係数 $U + U S_s$					—	—	$U + U S_s$

注記\*1：ねじり応力が許容応力以下の場合は、「—」と記載する。

\*2：一次+二次応力が $3 \cdot S_m$ 以下の場合は、「—」と記載する。



・FORMAT 耐-10-2 :

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)		鳥瞰図 番号	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	応力評価		疲労評価
						計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積 係数
IV <sub>A</sub> S	一次 応力	膜+曲げ $S_{pr m}(3 \cdot S_m)$				$S_{pr m}$	$3 \cdot S_m$	—
		ねじり $S_t(0.73 \cdot S_m)$				$S_t$	$0.73 \cdot S_m$	—
		ねじり+曲げ $S_t + S_b(2.4 \cdot S_m)$				$S_t + S_b^{*1}$	$2.4 \cdot S_m$	—
	一次+二次応力 $S_n(3 \cdot S_m)$					$S_n$	$3 \cdot S_m$	$U + U_s^{*2}$
	疲労累積係数 $U + U_s$					—	—	$U + U_s$
V <sub>A</sub> S	一次 応力	膜+曲げ $S_{pr m}(3 \cdot S_m)$				$S_{pr m}$	$3 \cdot S_m$	—
		ねじり $S_t(0.73 \cdot S_m)$				$S_t$	$0.73 \cdot S_m$	—
		ねじり+曲げ $S_t + S_b(2.4 \cdot S_m)$				$S_t + S_b^{*1}$	$2.4 \cdot S_m$	—
	一次+二次応力 $S_n(3 \cdot S_m)$					$S_n$	$3 \cdot S_m$	$U + U_s^{*2}$
	疲労累積係数 $U + U_s$					—	—	$U + U_s$

注：本表は重大事故等クラス2管であってクラス1管範囲に適用する。

注記\*1：ねじり応力が許容応力以下の場合、「—」と記載する。

\*2：一次+二次応力が  $3 \cdot S_m$  以下の場合、「—」と記載する。

・FORMAT 耐-10-3 :

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)		鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
					計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積 係数 $U S_d$ $U S_s$
III <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{pr m}(S_y^{*1})$				$S_{pr m}$	$S_y^{*1}$	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$				$S_n$	$2 \cdot S_y$	$U S_d^{*2}$
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$				$S_{pr m}$	$0.9 \cdot S_u$	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$				$S_n$	$2 \cdot S_y$	$U S_s^{*2}$

注記\*1：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、 $S_y$ と  $1.2 \cdot S$  のうち大きい方とする。

\*2：一次+二次応力が  $2 \cdot S_y$  以下の場合、「—」と記載する。

・FORMAT 耐-10-4 :

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管\*1

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積 係数 U S s
IVAS	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$			$S_{pr m}$	$0.9 \cdot S_u$	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$			$S_n$	$2 \cdot S_y$	U S s *2
VAS	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$			$S_{pr m}$	$0.9 \cdot S_u$	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$			$S_n$	$2 \cdot S_y$	U S s *2

注記\*1 : 本表は原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲に適用する。なお、同一計算書にて原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の重大事故等クラス2管の結果を示す場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲の結果である旨を記載する。

\*2 : 一次+二次応力が  $2 \cdot S_y$  以下の場合は、「—」と記載する。

・FORMAT 耐-11 :

支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持 構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重(kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
	メカニカルスナッパ		VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照				
	オイルスナッパ						
	ロッドレストレイント						
	スプリングハンガ						
	コンスタントハンガ						
	リジットハンガ						

注記\*1 : あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2 : 計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「一」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持 構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
	レストレイント												
	アンカ												

注 : 評価対象がない場合はすべての欄に「一」と記載する。

評価結果のうち、裕度が最小の結果を記載する。

・FORMAT 耐-12 :

弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁 番号	形式	要求 機能*1	機能維持評価用 加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済 加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価*2, *3					
								動作機能確認済 加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)			
			水平	鉛直	合成*3, *4	水平	鉛直	水平	鉛直	評価 部位	応力 分類	計算 応力	許容 応力

注：評価対象がない場合はすべての欄に「—」と記載する。

構造強度評価については裕度が最小となる部位の評価結果を記載する。

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

• FORMAT 耐-13-1 :

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス1管

No	鳥瞰図 番号	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	疲 勞 累 積 係 数	代 表

注：本表は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの場合を示す。許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sについても同様の表を作成する。

• FORMAT 耐-13-2 :

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図 番号	許容応力状態Ⅴ <sub>A</sub> S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	疲 勞 累 積 係 数	代 表

注：本表は重大事故等クラス2管であってクラス1管範囲に適用する。なお，本表は許容応力状態Ⅴ<sub>A</sub>Sの場合を示す。許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sについても同様の表を作成する。

・FORMAT 耐-13-3 :

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図 番号	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	疲 労 累 積 係 数	代 表 <sup>*</sup>

注：本表は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの場合を示す。許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sについても同様の表を作成する。

注記\*：計算応力が許容応力を超過するモデルがある場合は、疲労累積係数が最大のものを代表とする。

・FORMAT 耐-13-4 :

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管<sup>\*1</sup>

No	鳥瞰図 番号	許容応力状態Ⅴ <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	疲 労 累 積 係 数	代 表 <sup>*2</sup>

注：本表は許容応力状態Ⅴ<sub>A</sub>Sの場合を示す。許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sについても同様の表を作成する。

注記\*1：本表は原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲に適用する。なお、同一計算書にて原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の重大事故等クラス2管の結果を示す場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲の結果であることを記載する。

\*2：計算応力が許容応力を超過するモデルがある場合は、疲労累積係数が最大のものを代表とする。

## 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	4
3. 評価部位	5
4. 固有周期	5
5. 構造強度評価	5
5.1 構造強度評価方法	5
5.2 設計用地震力	6
5.3 計算方法	7
5.4 応力の評価	12
6. 機能維持評価	13
6.1 電氣的機能維持評価方法	13
7. 耐震計算書のフォーマット	13
7.1 直立形計装ラックの耐震計算書のフォーマット	13
7.2 壁掛形計装ラックの耐震計算書のフォーマット	13



## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている計装ラック（耐震重要度分類Sクラス又はS s 機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用できない計装ラックにあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

計装ラックの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、計装ラックの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

計装ラックの耐震評価フローを図2-1に示す。

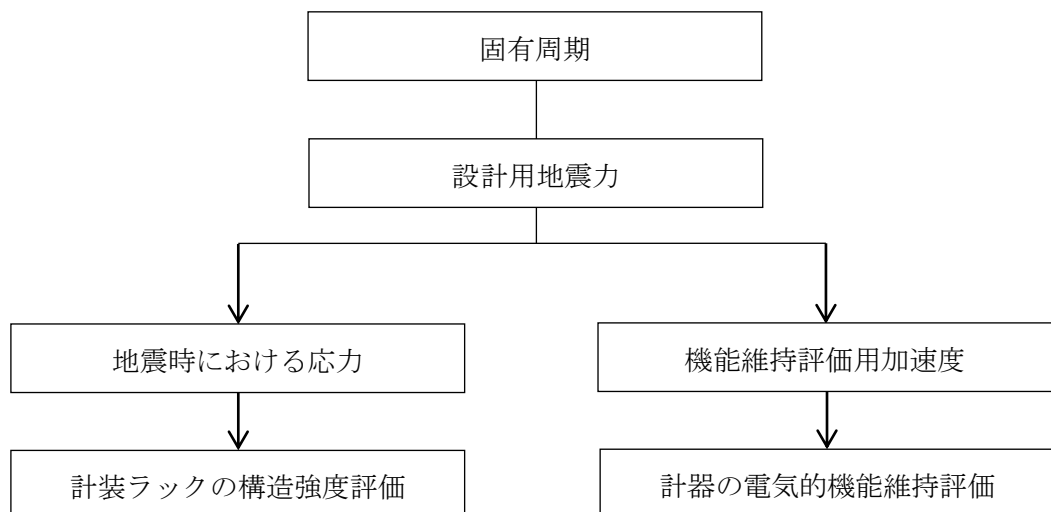


図2-1 計装ラックの耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力(許容組合せ応力) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1, 3</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1, 3</sup>	mm
$l_{2i}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$m_i$	計装ラックの質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_{i}$ ,  $F_{i}$ ,  $F_{i}^{*}$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_{i}$ ,  $n_{fi}$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字 $i$ の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 基礎ボルト

$i=2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_{i}$ 及び $m_{i}$ の添字 $i$ の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 据付面

$i=2$ : 取付面

\*3:  $l_{1i} \leq l_{2i}$

#### 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-1に示すとおりである。

表2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記\*1: 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2: 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

計装ラックの耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

### 4. 固有周期

計装ラックの固有周期は、振動試験（加振試験又は自由振動試験）にて求める。なお、振動試験により固有周期が求められていない計装ラックについては、構造が同等な計装ラックに対する振動試験より算定された固有周期を使用する。

### 5. 構造強度評価

#### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 計装ラックの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計装ラックに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 計装ラックは取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルト又は埋込金物で基礎と固定されており、固定端とする。
- (5) 床面据付の計装ラックの転倒方向は、図 5-1 概要図（直立形）における長辺方向及び短辺方向<sup>\*1</sup>について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。壁掛形の計装ラック<sup>\*2</sup>については、図 5-2 概要図（壁掛形）における正面方向及び側面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (6) 計装ラックの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*1：長辺、短辺方向の寸法が同じ直立形の計装ラックの転倒方向は、計装ラックを正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

\*2：壁掛形の計装ラックの転倒方向は、計装ラックを正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

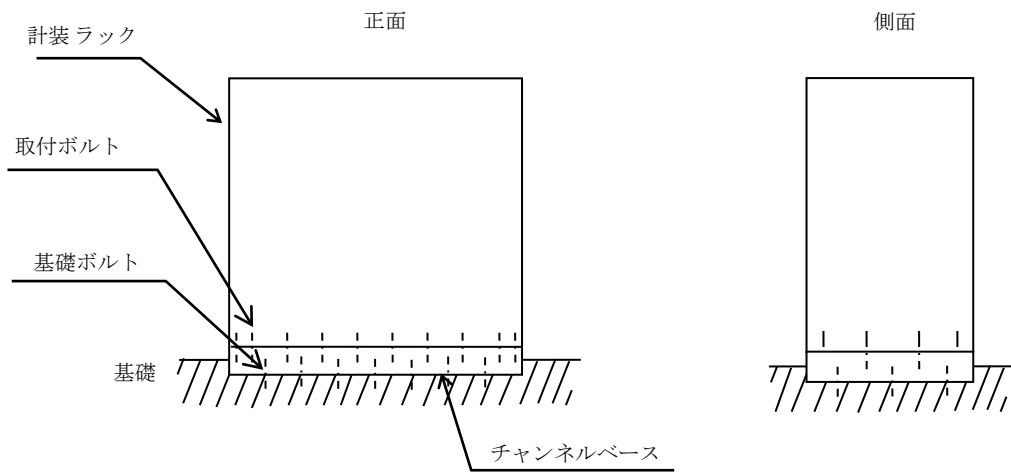


図 5-1 概要図 (直立形)

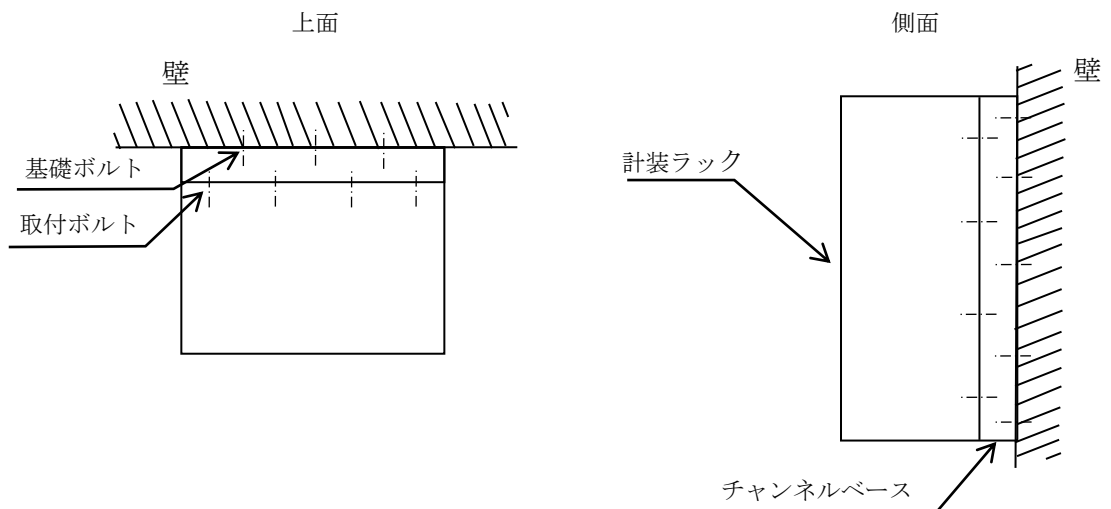


図 5-2 概要図 (壁掛形)

## 5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。なお、壁掛形の計装ラックの設計用地震力については、設置床上下階のいずれか大きい方を用いる。

### 5.3 計算方法

#### 5.3.1 応力の計算方法

##### 5.3.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルは、取付ボルトの場合を示す。

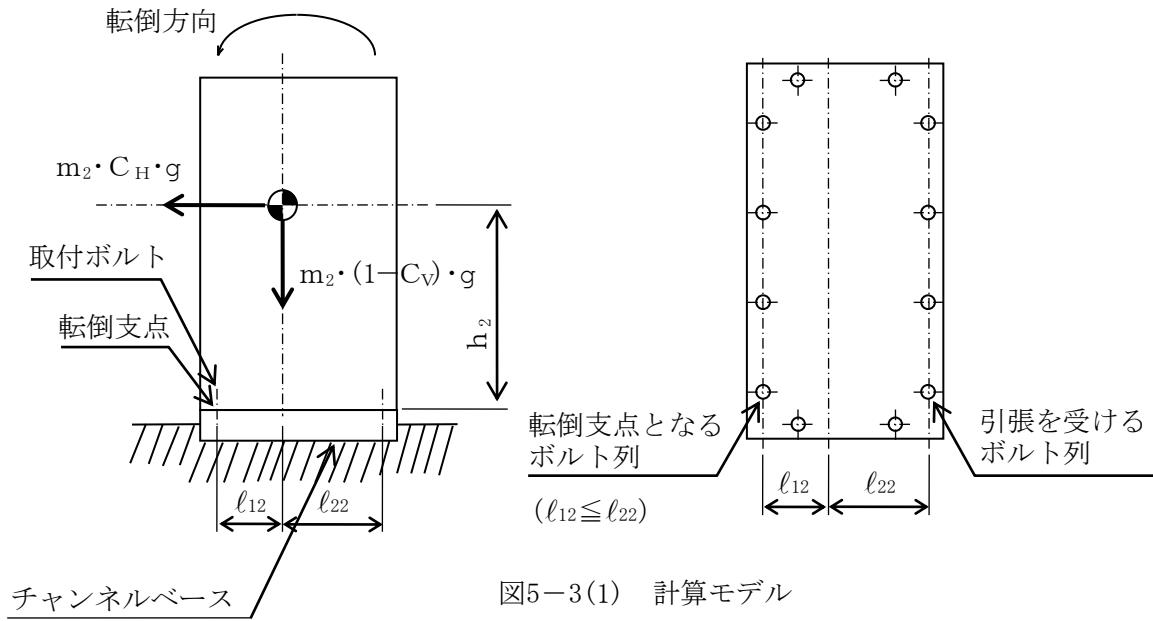


図5-3(1) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒-1 ( $1 - C_v \geq 0$  の場合))

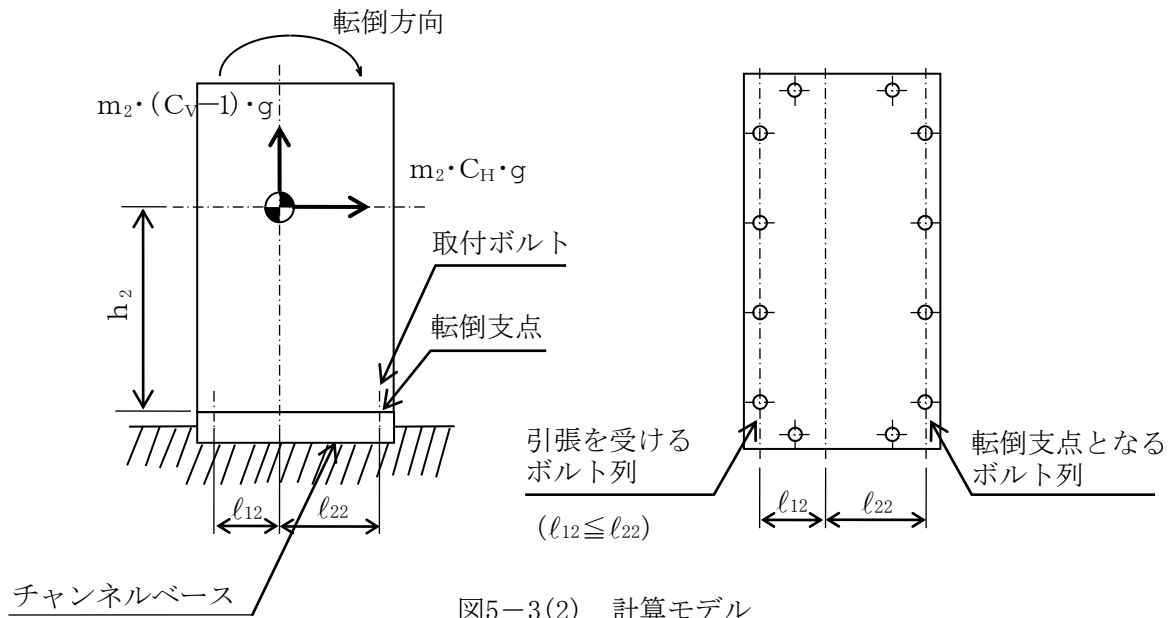


図5-3(2) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒-2 ( $1 - C_v < 0$  の場合))

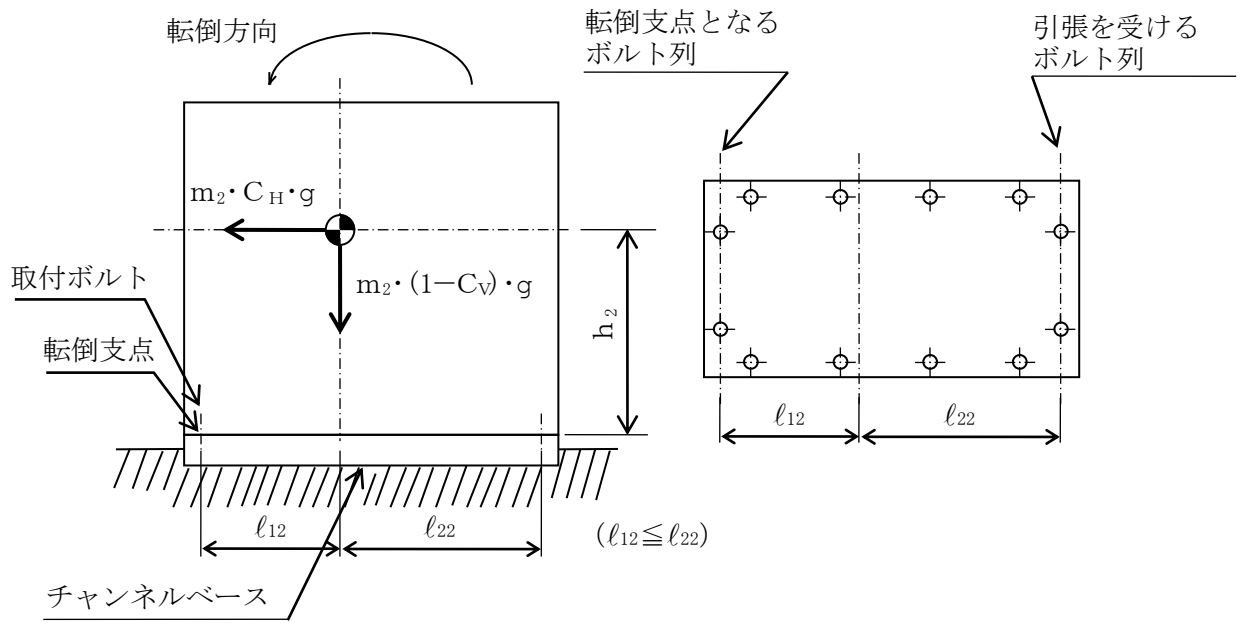


図5-3(3) 計算モデル  
 (直立形 長辺方向転倒-1 ( $1 - C_v \geq 0$ ) の場合)

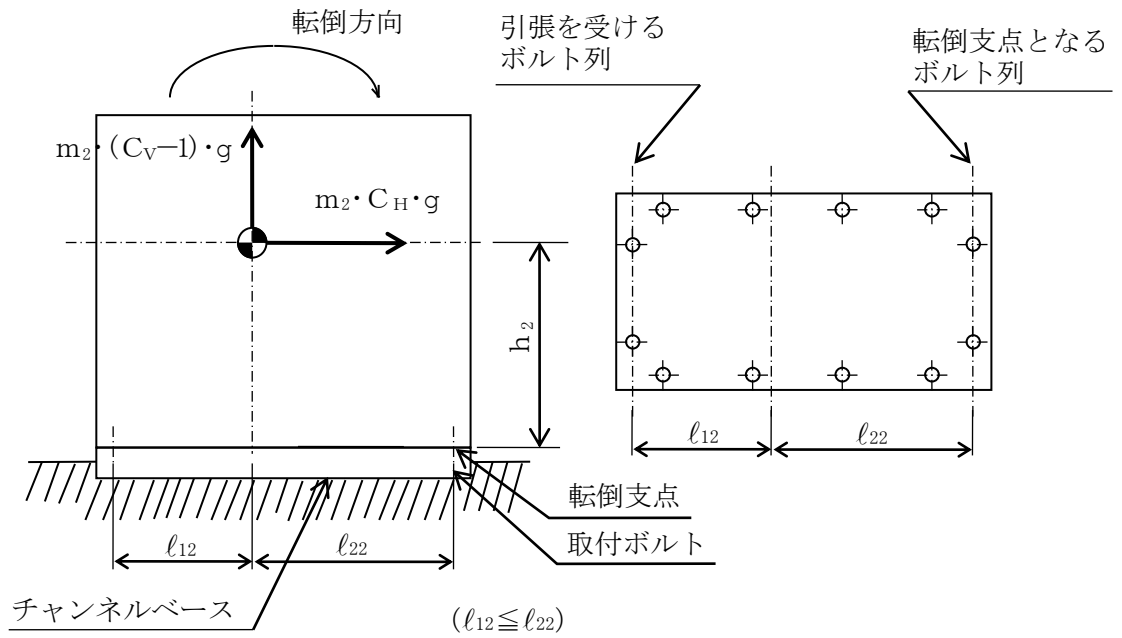


図5-3(4) 計算モデル  
 (直立形 長辺方向転倒-2 ( $1 - C_v < 0$ ) の場合)



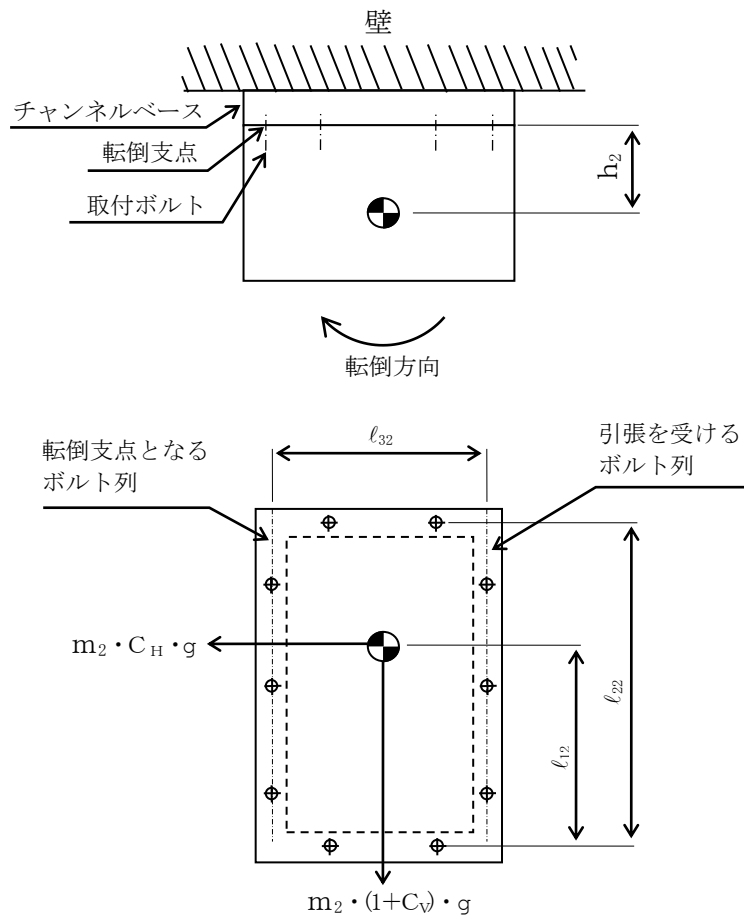


図 5-4(1) 計算モデル (壁掛形 左右方向転倒の場合)

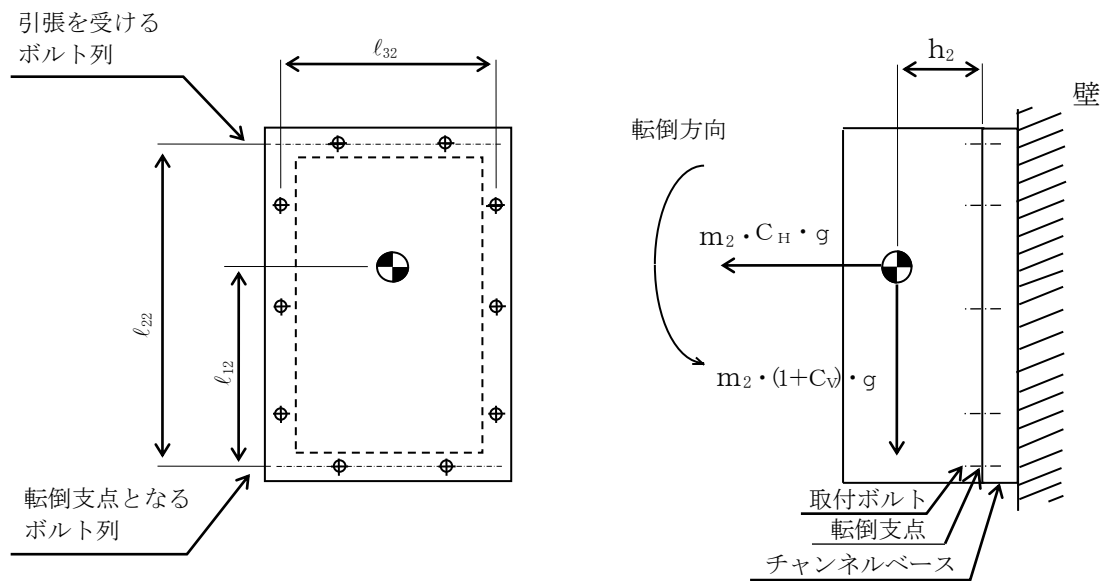


図 5-4(2) 計算モデル (壁掛形 前後方向転倒の場合)

## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-3及び図5-4で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-3(1)及び図5-3(3)の場合の引張力

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot C_H \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_{1 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})} \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

計算モデル図5-3(2)及び図5-3(4)の場合の引張力

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot g \cdot C_H \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_{2 i}}{n_{f i} \cdot (l_{1 i} + l_{2 i})} \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

計算モデル図5-4(1)及び図5-4(2)の場合の引張力

$$F_{b 1 i} = \frac{m_i \cdot (1 + C_V) \cdot h_i \cdot g}{n_{f v i} \cdot l_{2 i}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{f H i} \cdot l_{3 i}} \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

$$F_{b 2 i} = \frac{m_i \cdot (1 + C_V) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot l_{1 i} \cdot g}{n_{f v i} \cdot l_{2 i}} \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

$$F_{b i} = \text{Max}(F_{b 1 i}, F_{b 2 i}) \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_{b i}$ は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

ただし、 $F_{b i}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

a. 直立形の場合

$$Q_{b i} = m_i \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b 1 i} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

$$Q_{b 2 i} = m_i \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

$$Q_{b i} = \sqrt{(Q_{b 1 i})^2 + (Q_{b 2 i})^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

## 5.4 応力の評価

### 5.4.1 ボルトの応力評価

5.3.1.1項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容組合せ応力  $f_{tsi}$  以下であること。ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{toi}$	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能維持を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

## 7. 耐震計算書のフォーマット

### 7.1 直立形計装ラックの耐震計算書のフォーマット

直立形計装ラックの耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

### 7.2 壁掛形計装ラックの耐震計算書のフォーマット

壁掛形計装ラックの耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅢ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡ及びⅣを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 直立形計装ラックの設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○ (○○○○) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)		*1	(M )				
取付ボルト (i=2)		*1	(M )				

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	*1	*1					
	*1	*1					
取付ボルト (i=2)	*1	*1					
	*1	*1					

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅡ 直立形計装ラックの重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		〇〇建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)		*1	(M )				
取付ボルト (i=2)		*1	(M )				

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					
取付ボルト (i=2)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

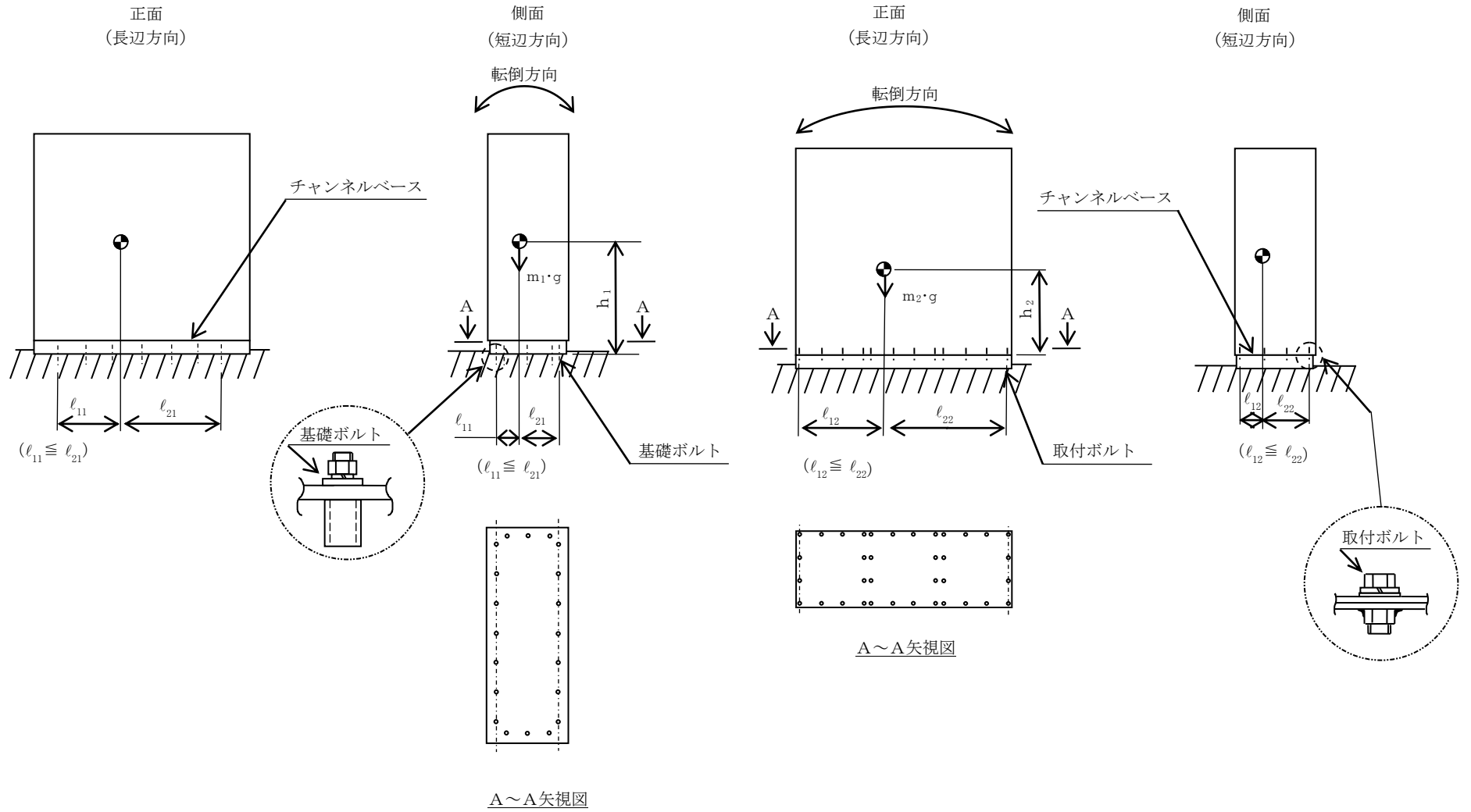
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【フォーマットⅢ 壁掛形計装ラックの設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○ (○○○○) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL (EL *1)			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )				
取付ボルト (i=2)			(M )				

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)									
取付ボルト (i=2)									

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅣ 壁掛形計装ラックの重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL (EL *1)			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M)				
取付ボルト (i=2)			(M)				

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)						—		—	
取付ボルト (i=2)						—		—	

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

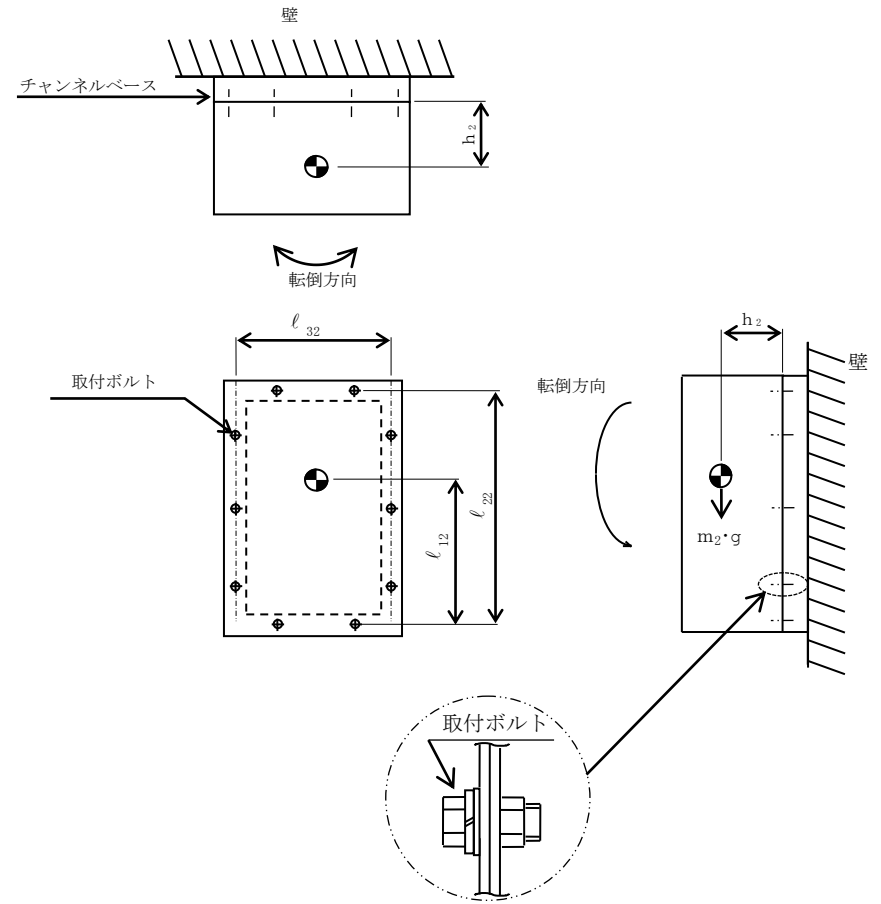
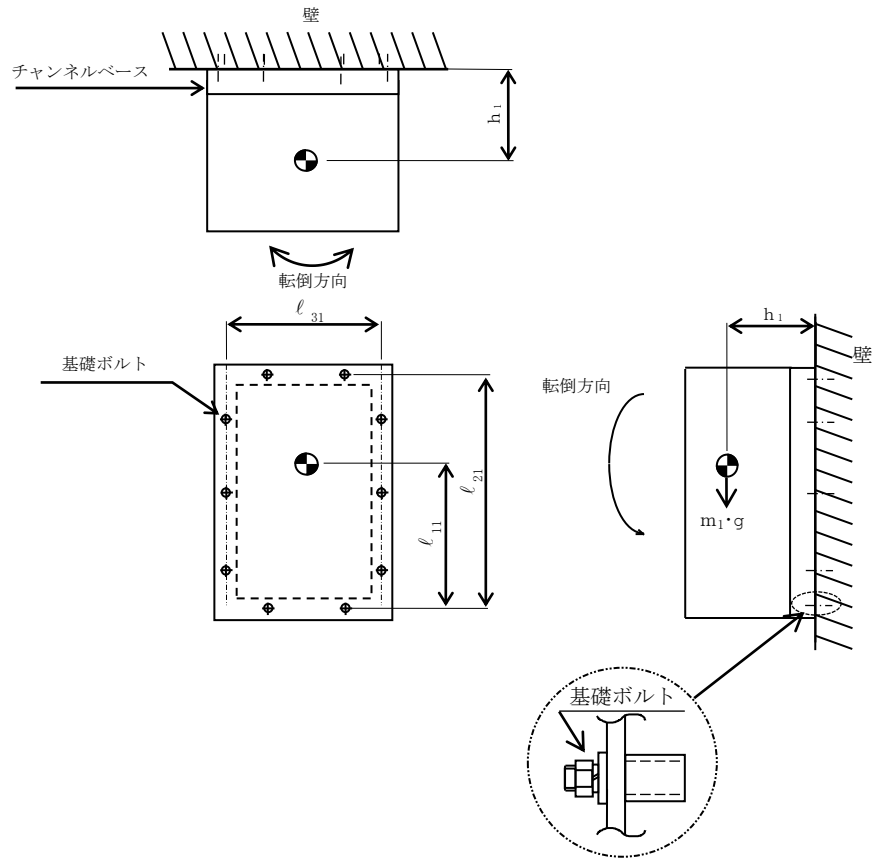
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての  
計算書作成の基本方針



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	4
3. 評価部位	5
4. 固有周期	5
5. 構造強度評価	5
5.1 構造強度評価方法	5
5.2 設計用地震力	7
5.3 計算方法	7
5.4 応力の評価	13
6. 機能維持評価	14
6.1 電氣的機能維持評価方法	14
7. 耐震計算書のフォーマット	14
7.1 直立形計器スタンションの耐震計算書のフォーマット	14
7.2 壁掛形計器スタンションの耐震計算書のフォーマット	14

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている計器スタンション（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用できない計器スタンションにあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

計器スタンションの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、計器スタンションの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

計器スタンションの耐震評価フローを図2-1に示す。

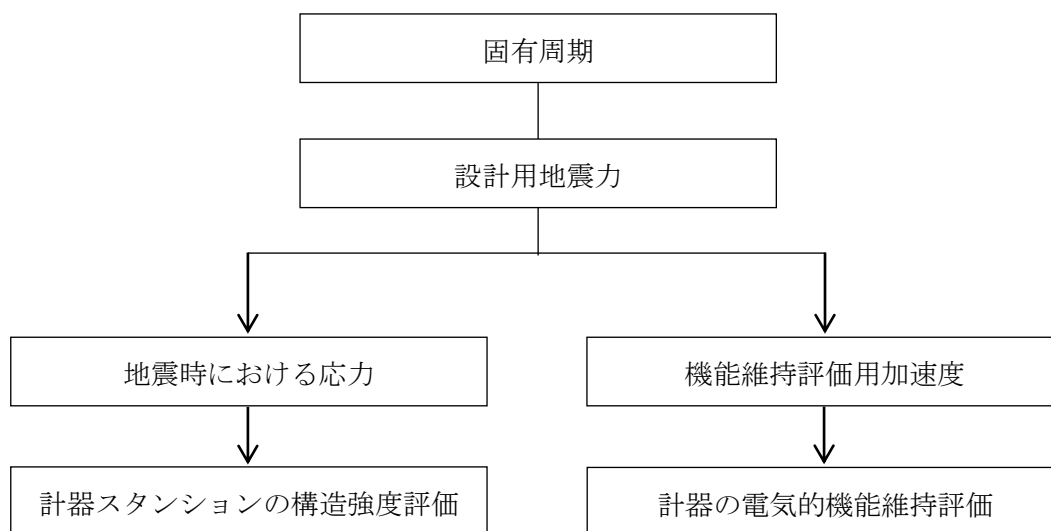


図2-1 計器スタンションの耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A <sub>b</sub>	ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F <sub>b</sub>	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F <sub>b1</sub>	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F <sub>b2</sub>	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h <sub>1</sub>	取付面から重心までの距離	mm
h <sub>2</sub>	取付面から重心までの距離 (壁掛形)	mm
l <sub>1</sub>	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l <sub>2</sub>	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l <sub>3</sub>	重心と下側ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
l <sub>a</sub>	側面 (左右) ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
l <sub>b</sub>	上下ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n	ボルトの本数	—
n <sub>f</sub>	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
n <sub>fV</sub>	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形)	—
n <sub>fH</sub>	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形)	—
Q <sub>b</sub>	ボルトに作用するせん断力	N
Q <sub>b1</sub>	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
Q <sub>b2</sub>	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値	MPa
π	円周率	—
σ <sub>b</sub>	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ <sub>b</sub>	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$

#### 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1 : 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2 : 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3 : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

計器スタンションの耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

### 4. 固有周期

計器スタンションの固有周期は、振動試験（加振試験又は自由振動試験）にて求める。なお、振動試験により固有周期が求められていない計器スタンションについては、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験より算定された固有周期を使用する。

### 5. 構造強度評価

#### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 計器スタンションは基礎ボルトで床面及び壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向\*は、図 5-1 概要図（直立形）における正面方向及び側面方向並びに図 5-2 概要図（壁掛形）における正面方向及び側面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 計器スタンションの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*：計器スタンションの転倒方向は、計器スタンションを正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

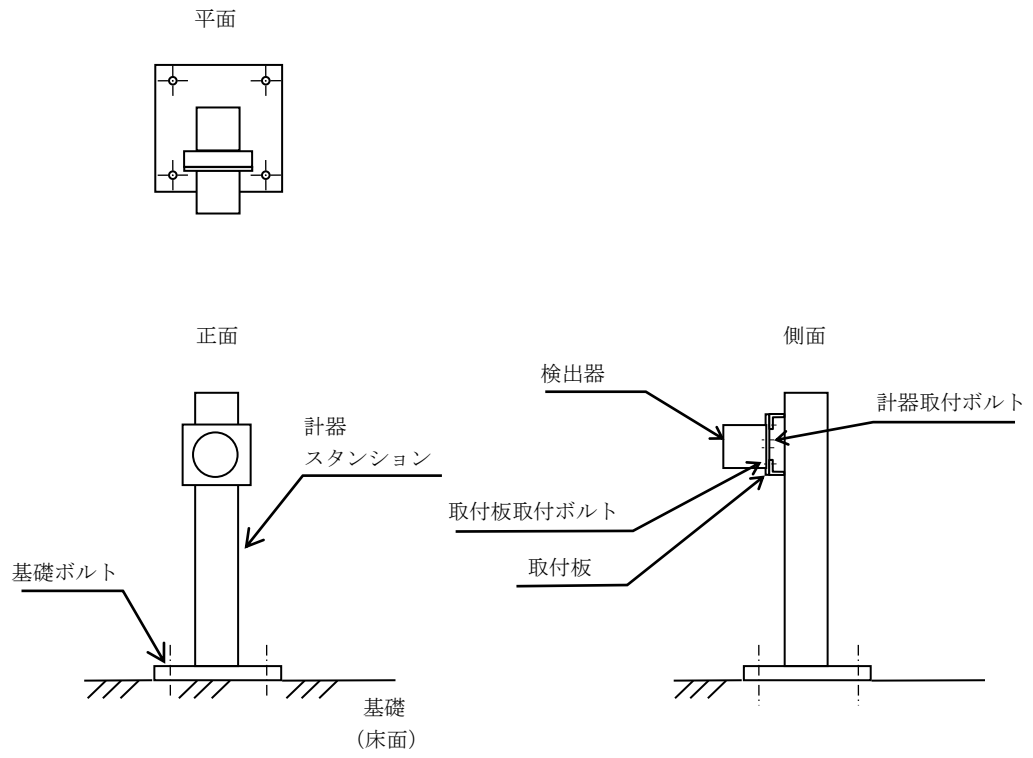


図 5-1 概要図 (直立形)

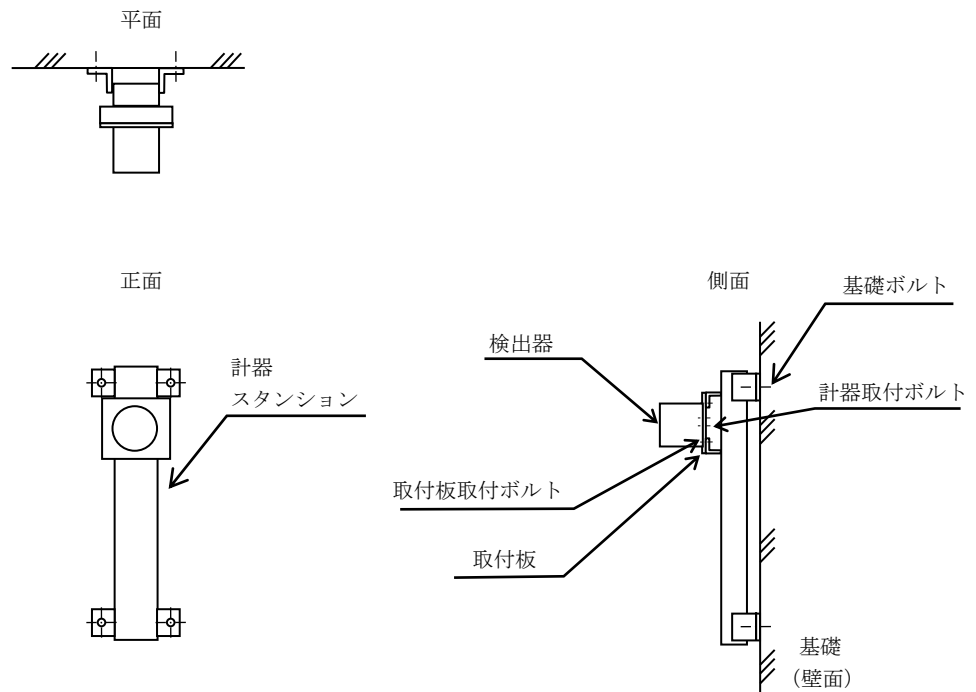


図 5-2 概要図 (壁掛形)

## 5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。なお、壁掛形の計器スタンションの設計用地震力については、設置床上下階のいずれか大きい方を用いる。

## 5.3 計算方法

### 5.3.1 応力の計算方法

#### 5.3.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

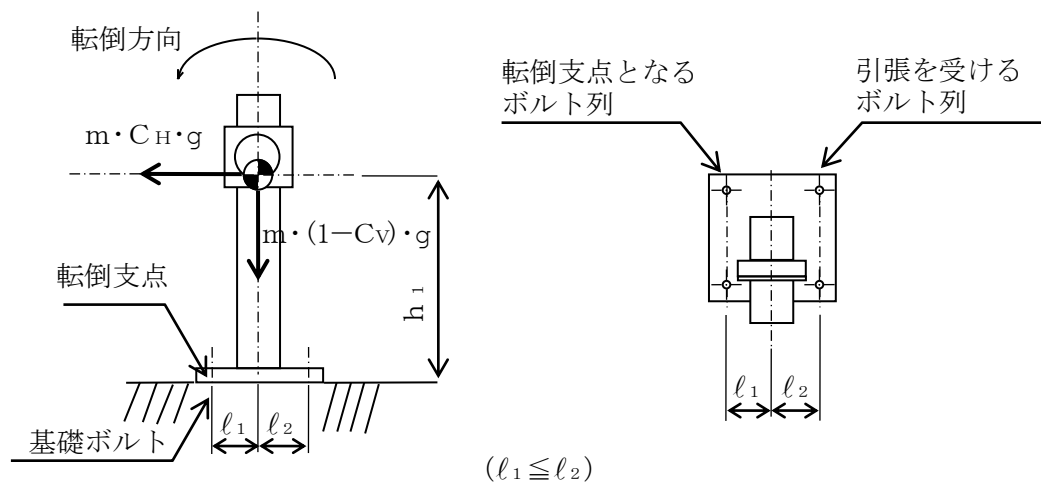


図5-3(1) 計算モデル

(直立形 左右方向転倒-1  $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

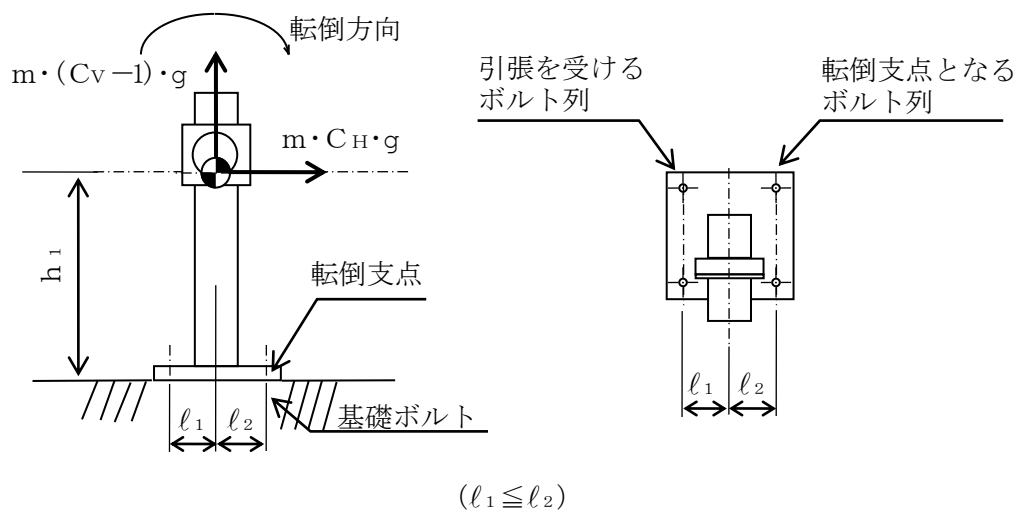


図5-3(2) 計算モデル

(直立形 左右方向転倒-2  $(1 - C_v) < 0$ の場合)



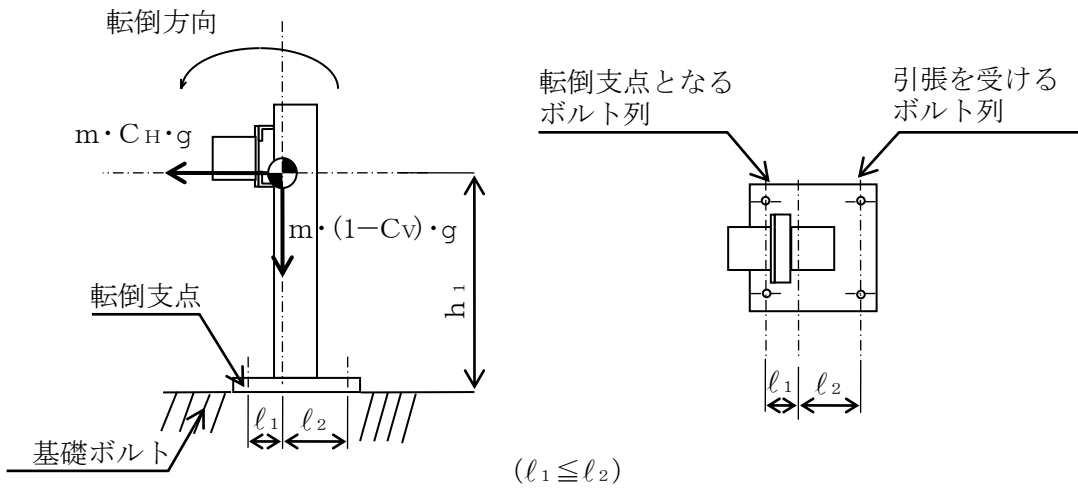


図5-4(1) 計算モデル  
(直立形 前後方向転倒-1 ( $1 - C_v$ )  $\geq 0$ の場合)

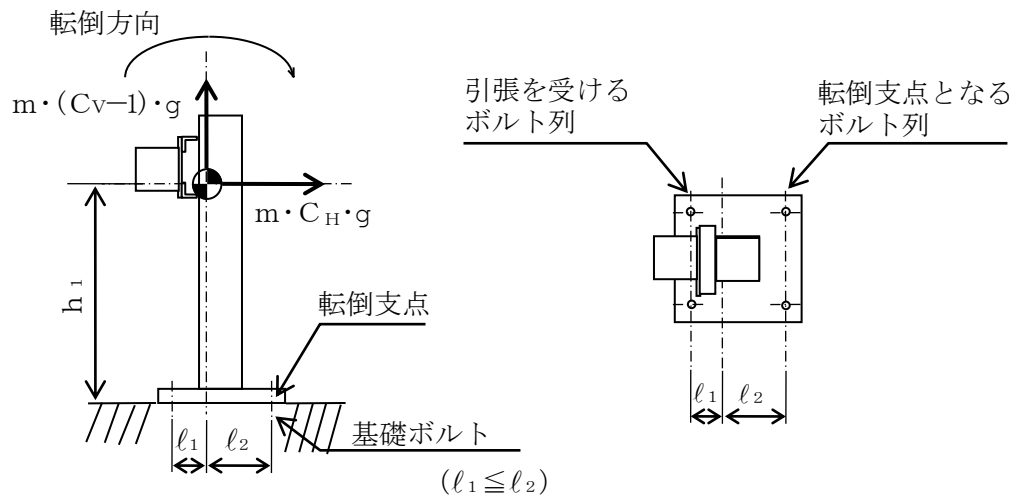


図5-4(2) 計算モデル  
(直立形 前後方向転倒-1 ( $1 - C_v$ )  $< 0$ の場合)

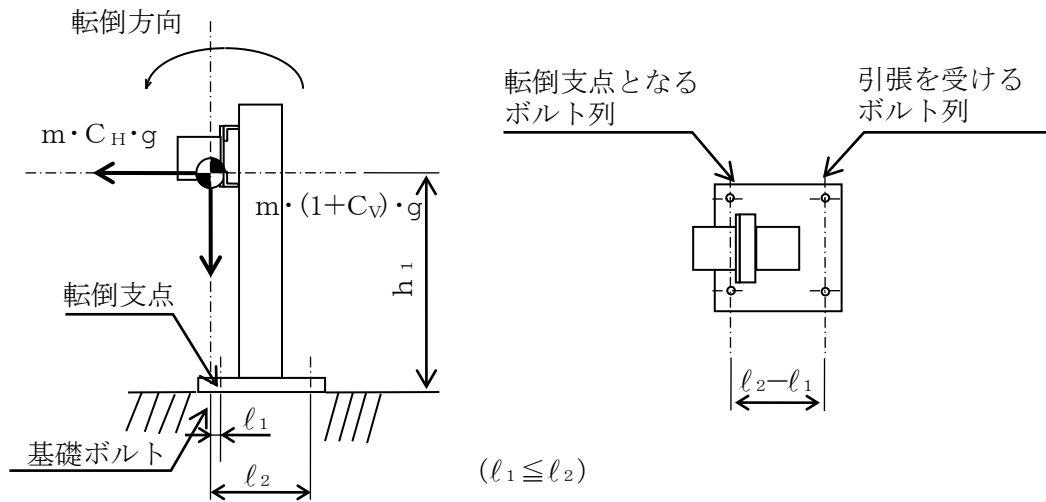


図5-4(3) 計算モデル

(直立形 前後方向転倒-3 重心位置が両端のボルトの間でない場合で  $(l_2 + l_1) / (l_2 - l_1) \geq C_V$  の場合)

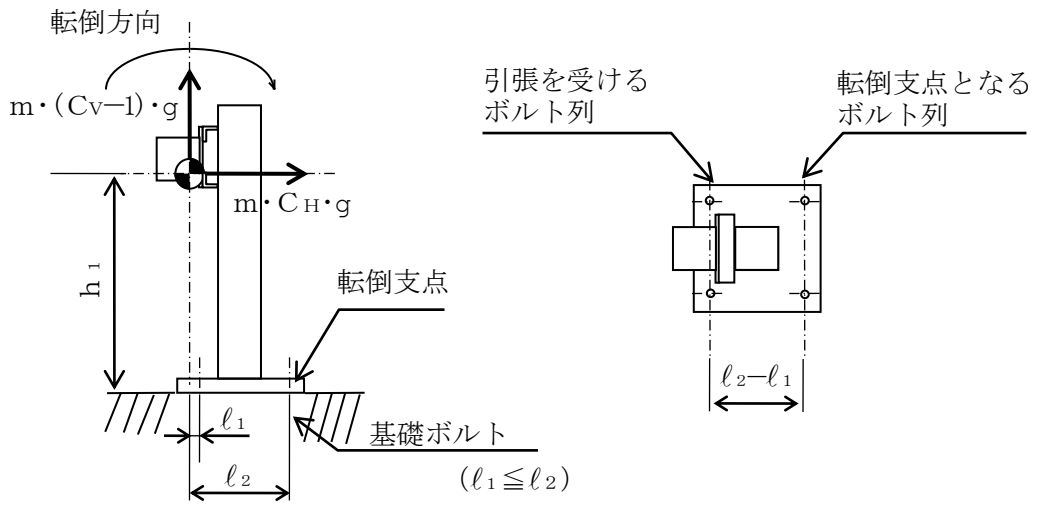


図5-4(4) 計算モデル

(直立形 前後方向転倒-4 重心位置が両端のボルトの間でない場合で  $(l_2 + l_1) / (l_2 - l_1) < C_V$  の場合)

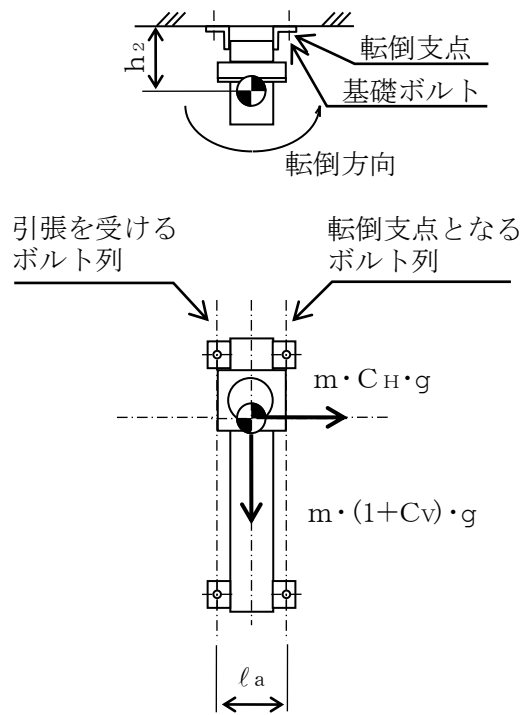


図5-5(1) 計算モデル  
(壁掛形 左右方向転倒の場合)

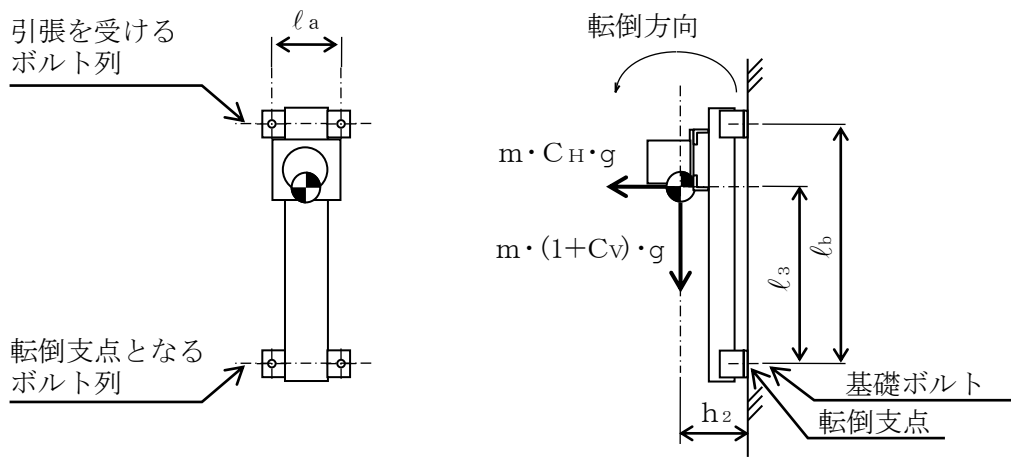


図5-5(2) 計算モデル  
(壁掛形 前後方向転倒の場合)

## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-3、図5-4及び図5-5で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-3(1)及び5-4(1)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

計算モデル図5-3(2)及び5-4(2)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

計算モデル図5-4(3)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot l_1}{n_f \cdot (l_2 - l_1)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

計算モデル図5-4(4)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_f \cdot (l_2 - l_1)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

計算モデル図5-5(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

計算モデル図5-5(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

ただし、 $F_b$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

a. 直立形の場合

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.13)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.1.14)$$

## 5.4 応力の評価

### 5.4.1 ボルトの応力評価

5.3.1.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \cdots \cdots (5.4.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能維持を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

## 7. 耐震計算書のフォーマット

### 7.1 直立形計器スタンションの耐震計算書のフォーマット

直立形計器スタンションの耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

### 7.2 壁掛形計器スタンションの耐震計算書のフォーマット

壁掛形計器スタンションの耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅢ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡ及びⅣを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 直立形計器スタンションの設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○ (○○○○) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト			(M )				

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト							

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				



1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位 : MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅡ 直立形計器スタンションの重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		〇〇建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト			(M )				

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				—		—	

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

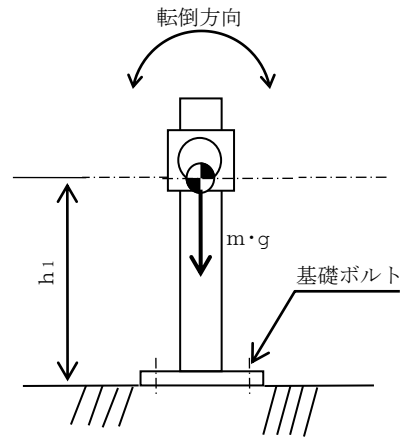
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

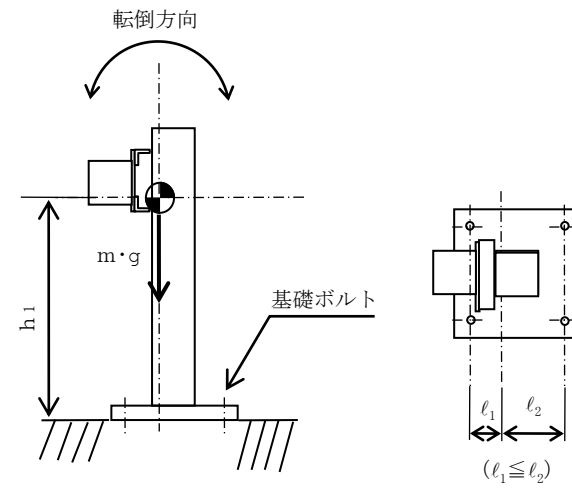
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動  $S_s$ ) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(左右方向)



(前後方向)

【フォーマットⅢ 壁掛形計器スタクションの設計基準対象施設としての評価結果】

【○○○○ (○○○○) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL (EL *1)			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト			(M )				

部材	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト									

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅣ 壁掛形計器スタンションの重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		〇〇建物 EL (EL *1)			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>z</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト			(M)				

部材	l <sub>3</sub> * (mm)	l <sub>a</sub> * (mm)	l <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト						—		—	

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

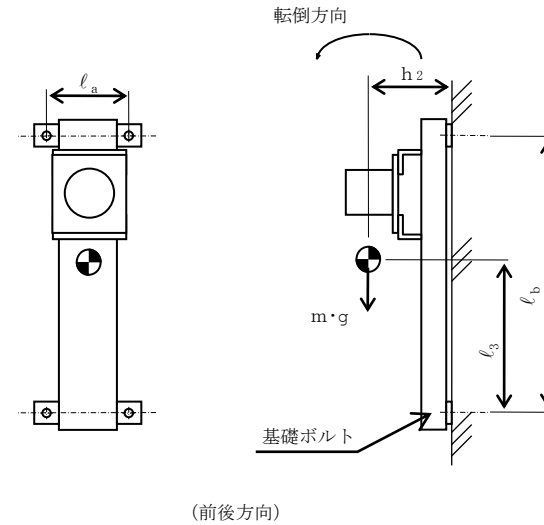
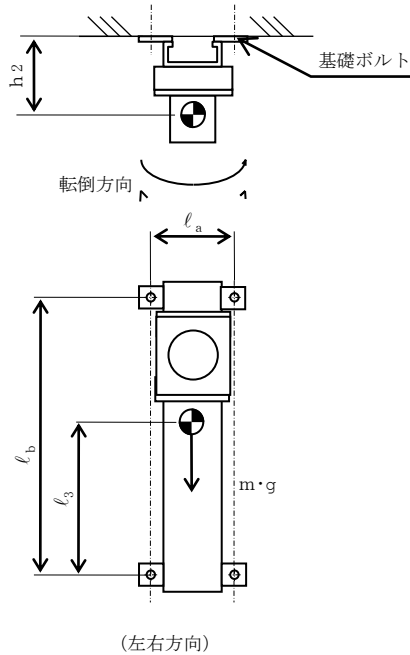
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



## 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	2
2.3 記号の説明	3
2.4 計算精度と数値の丸め方	4
3. 評価部位	5
4. 固有周期	5
5. 構造強度評価	5
5.1 構造強度評価方法	5
5.2 設計用地震力	7
5.3 計算方法	7
5.4 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 耐震計算書のフォーマット	19
7.1 直立形盤の耐震計算書のフォーマット	19
7.2 壁掛形盤の耐震計算書のフォーマット	19

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている盤（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

ただし、本基本方針が適用できない盤にあつては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 耐震計算書のフォーマット」に示す。

盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

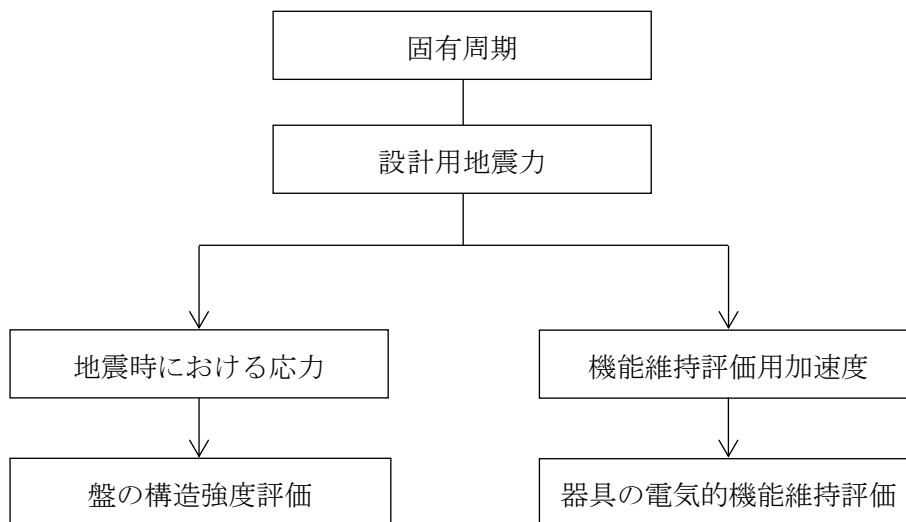


図2-1 盤の耐震評価フロー

## 2.2 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A b i	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
F i *	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
F b i	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
F b <sub>1i</sub>	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
F b <sub>2i</sub>	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
f <sub>s b i</sub>	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
f <sub>t o i</sub>	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
f <sub>t s i</sub>	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * <sup>1</sup>	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h i	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
l <sub>1i</sub>	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
l <sub>1i</sub>	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
l <sub>2i</sub>	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
l <sub>2i</sub>	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
l <sub>3i</sub>	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
m i	盤の質量* <sup>2</sup>	kg
n i	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * <sup>1</sup>	—
n f v i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
n f H i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
Q b i	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
Q b <sub>1i</sub>	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
Q b <sub>2i</sub>	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
S y i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
S y i (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
π	円周率	—
σ b i	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
τ b i	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fhi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}$  (RT),  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

$i = 2$ : 取付面

\*3:  $l_{1i} \leq l_{2i}$

#### 2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

盤の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

### 4. 固有周期

盤の固有周期は、振動試験（加振試験又は自由振動試験）にて求める。なお、振動試験により固有周期が求められていない盤については、構造が同等な盤に対する振動試験より算定された固有周期を使用する。

### 5. 構造強度評価

#### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルト又は埋込金物で基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 床面据付の盤の転倒方向は、図 5-1 概要図（直立形）における長辺方向及び短辺方向<sup>\*1</sup>について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。壁掛形の盤<sup>\*2</sup>については、図 5-2 概要図（壁掛形）における正面方向及び側面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*1：長辺、短辺方向の寸法が同じ盤の転倒方向は、盤を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

\*2：壁掛形の盤の転倒方向は、盤を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

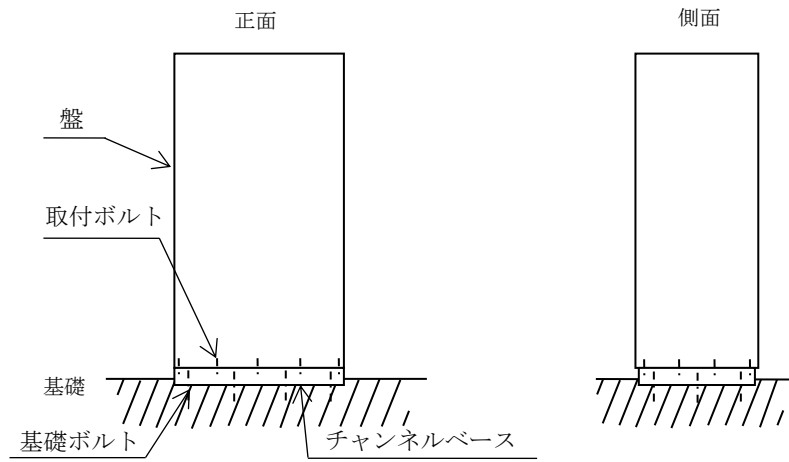


図 5-1 概要図 (直立形)

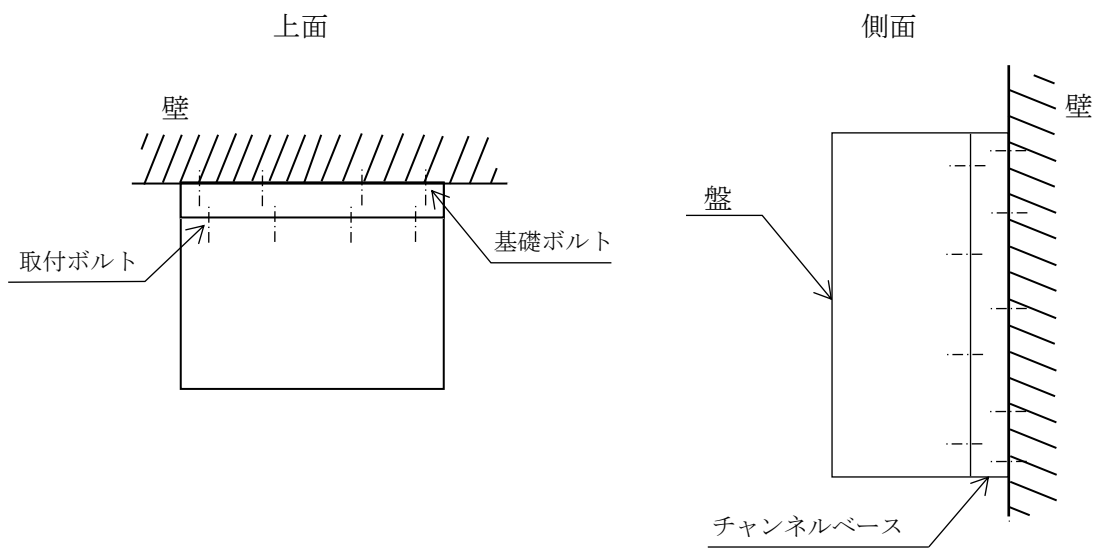


図 5-2 概要図 (壁掛形)

5.2 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。なお、壁掛形の盤の設計用地震力については、設置床上下階のいずれか大きい方を用いる。

5.3 計算方法

5.3.1 応力の計算方法

5.3.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルは、取付ボルトの場合を示す。

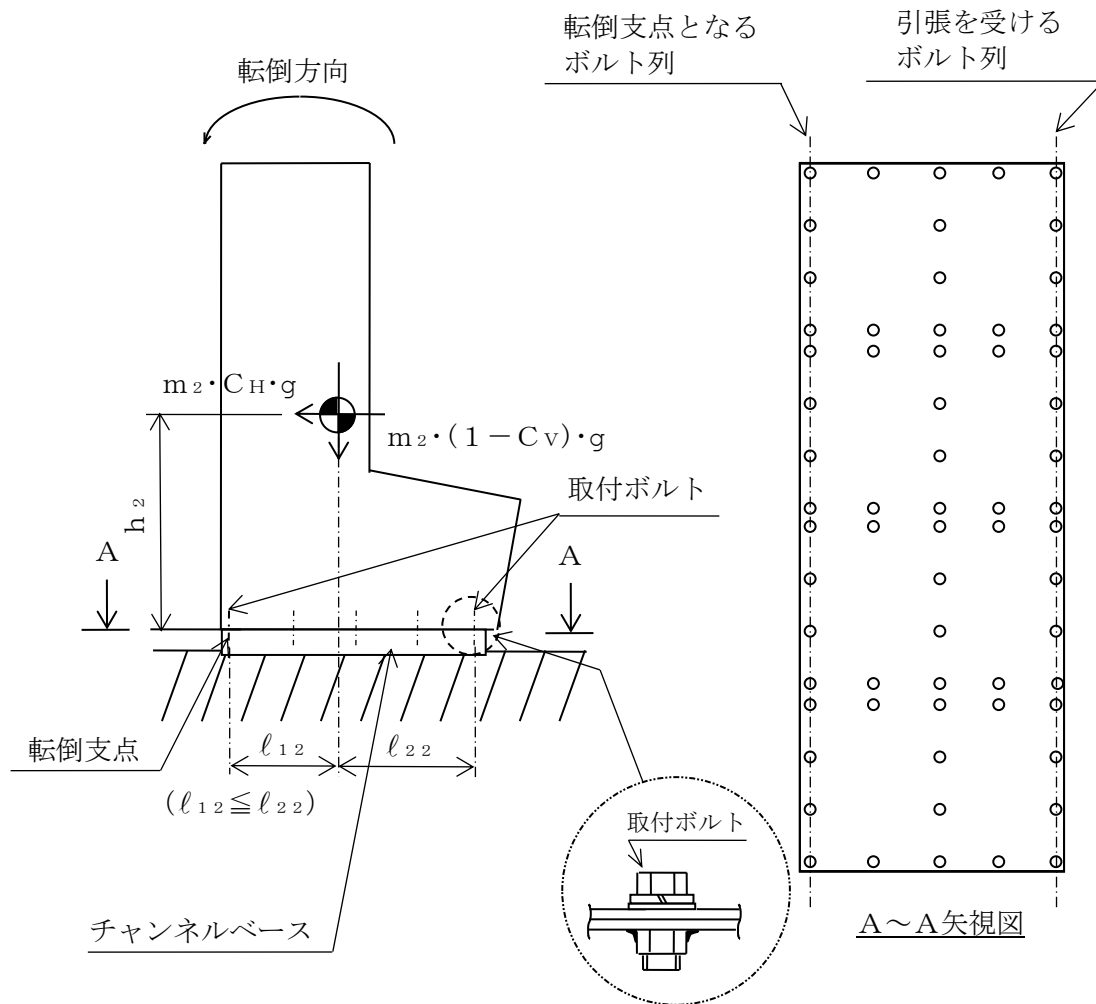


図5-3(1) 計算モデル  
(ベンチ形 短辺方向転倒  $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)



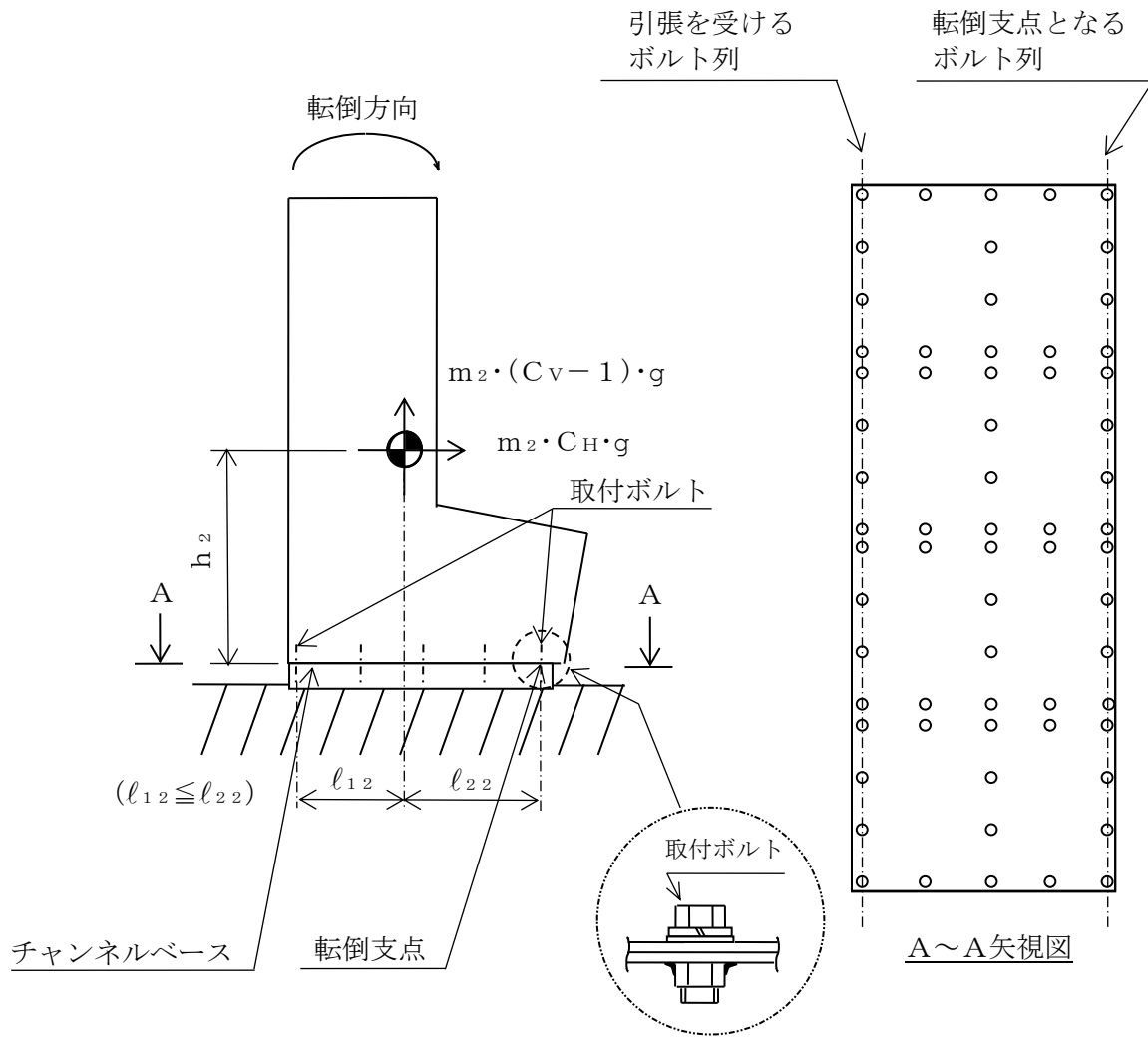


図5-3(2) 計算モデル  
 (ベンチ形 短辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$ の場合)

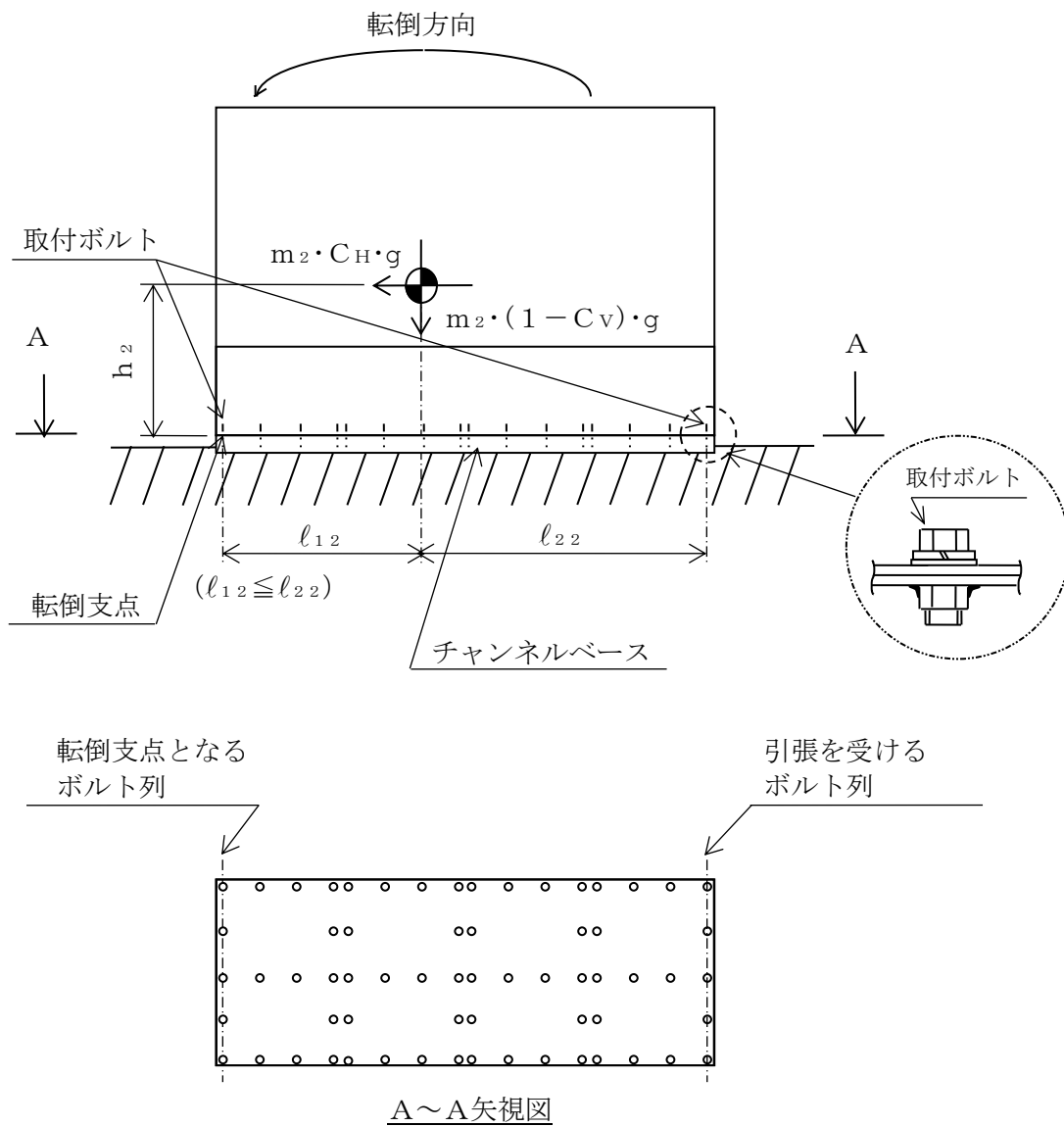


図5-3(3) 計算モデル  
(ベンチ形 長辺方向転倒  $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)

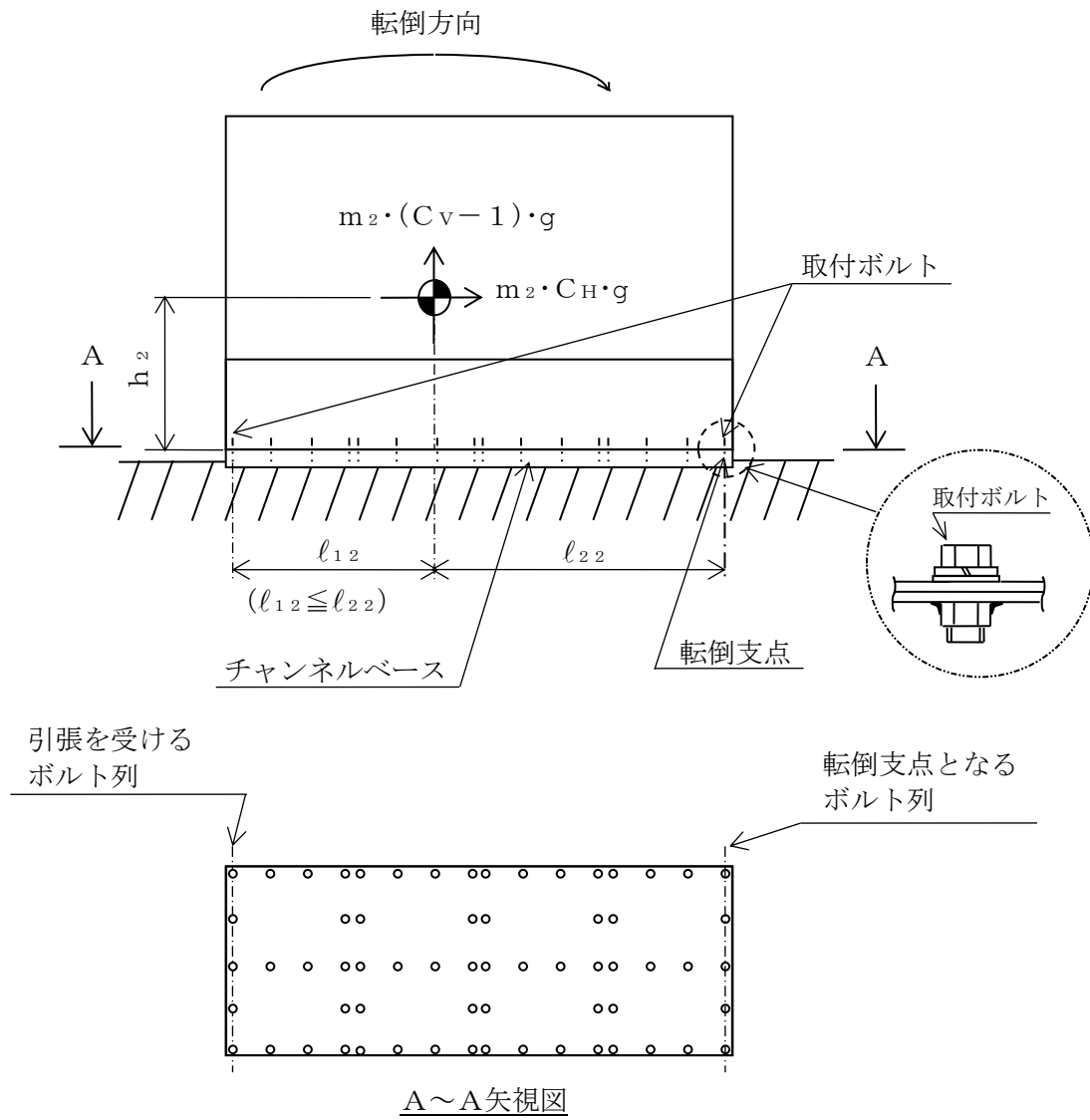


図5-3(4) 計算モデル  
 (ベンチ形 長辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$ の場合)

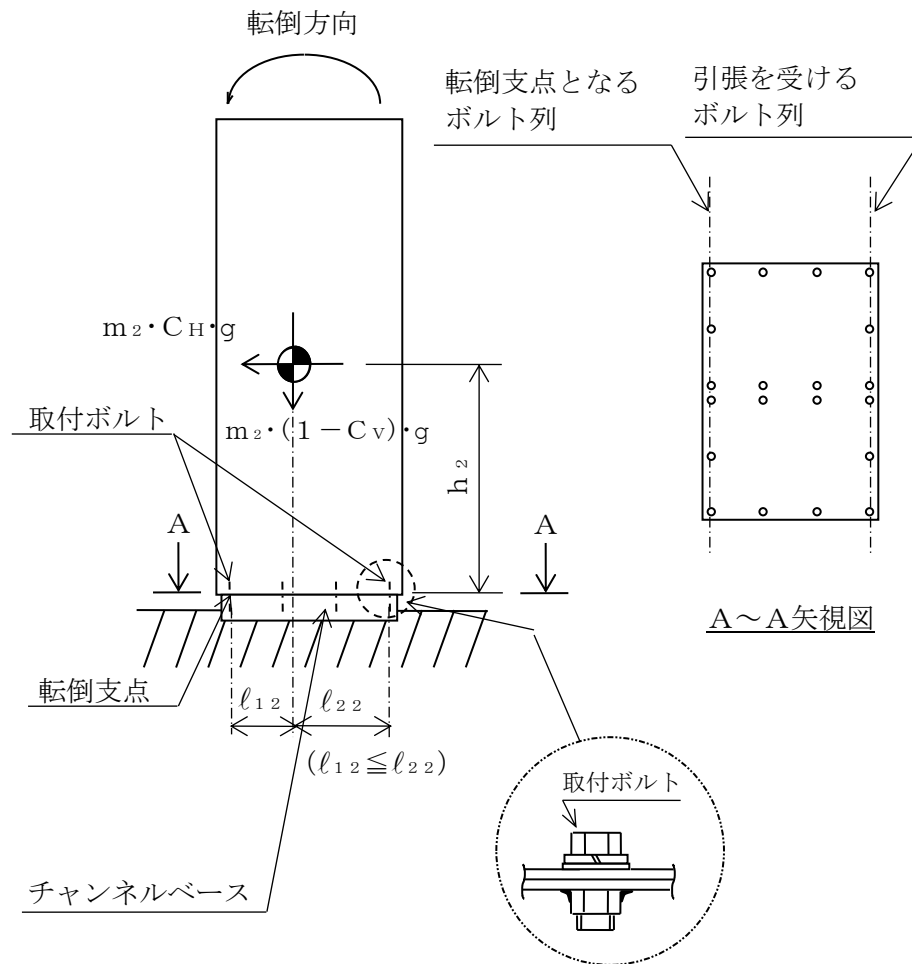


図5-4(1) 計算モデル  
 (直立形 短辺方向転倒  $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

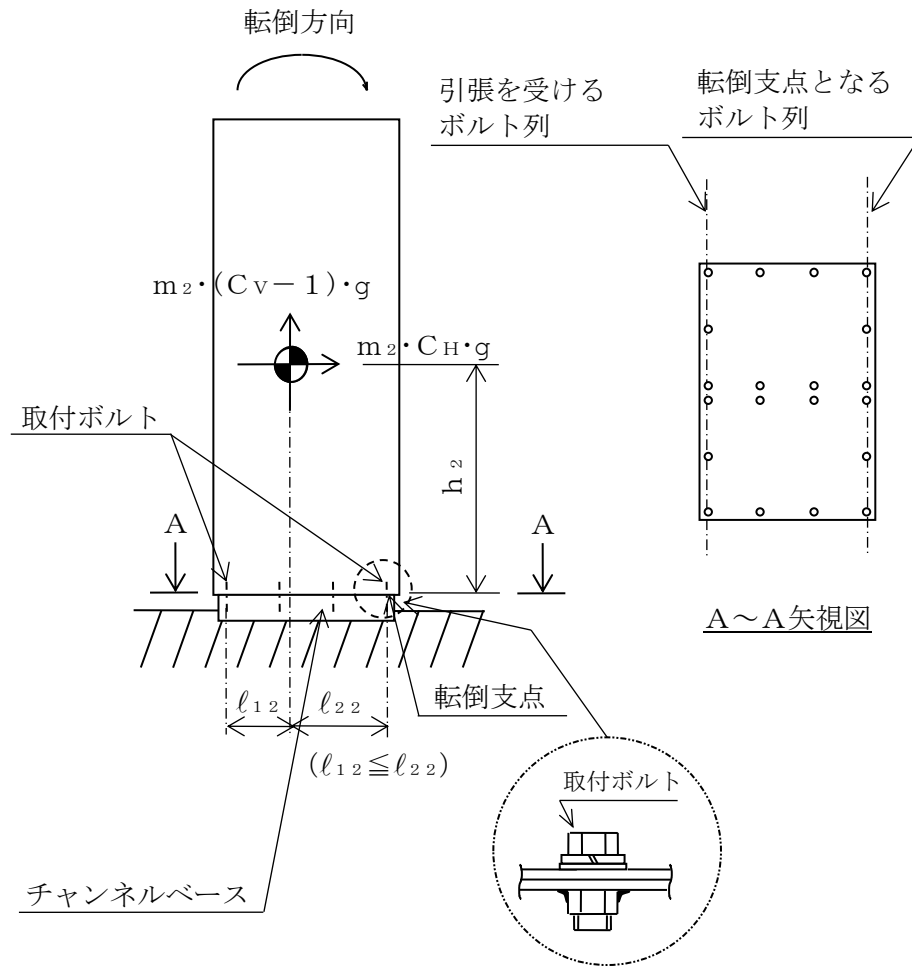


図5-4(2) 計算モデル  
 (直立形 短辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$ の場合)

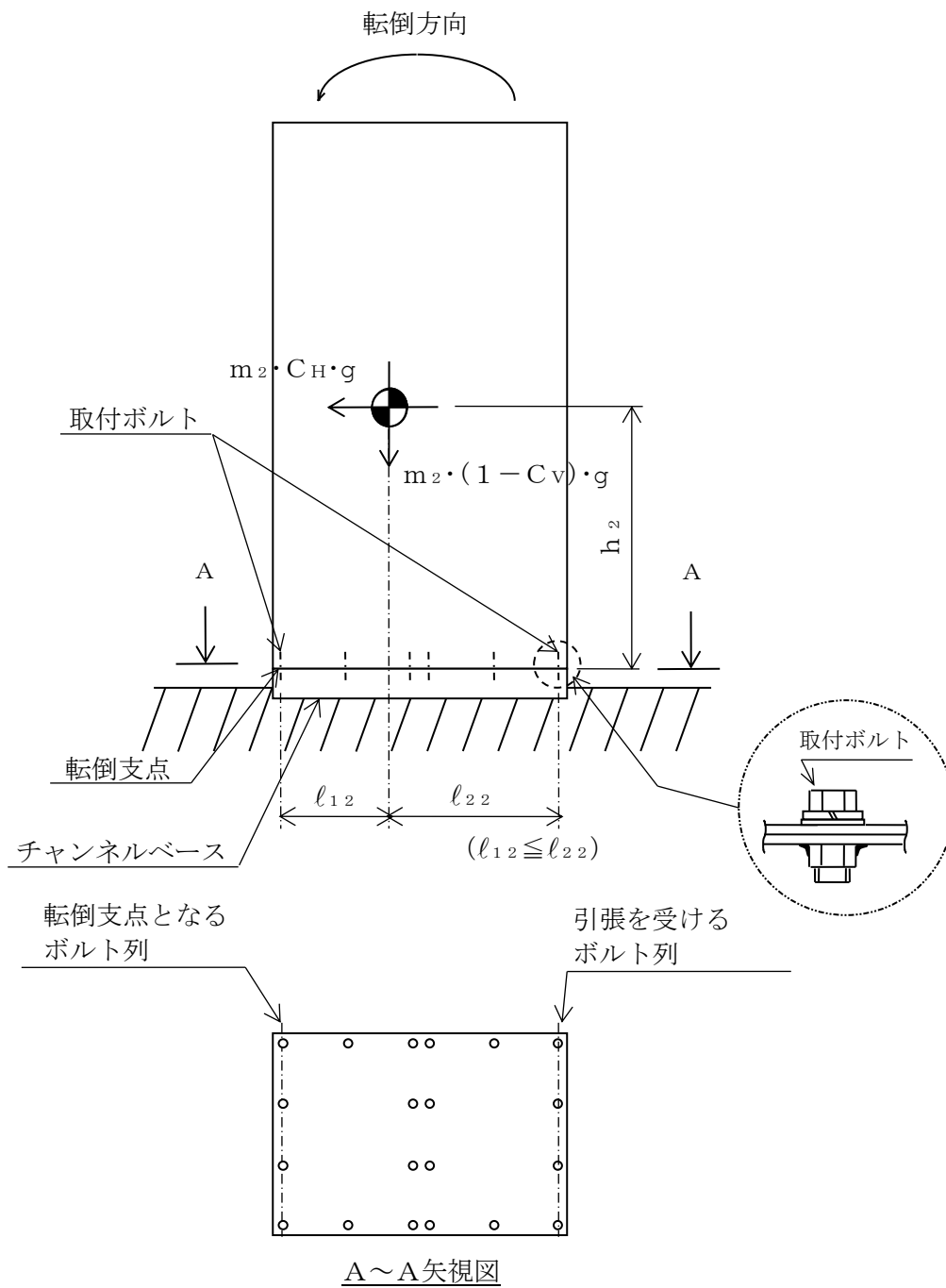


図5-4(3) 計算モデル  
(直立形 長辺方向転倒  $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)

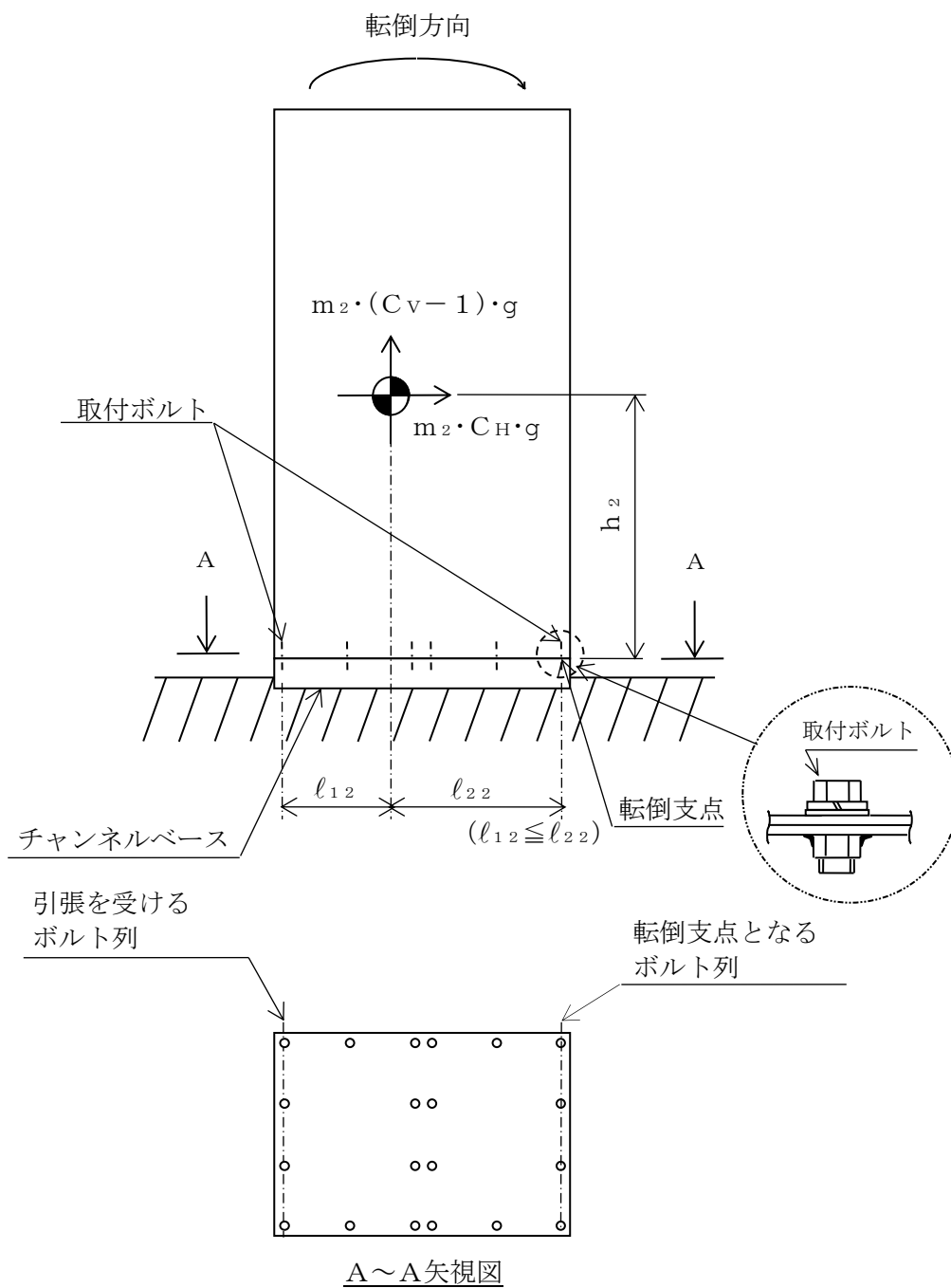


図5-4(4) 計算モデル  
 (直立形 長辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$  の場合)

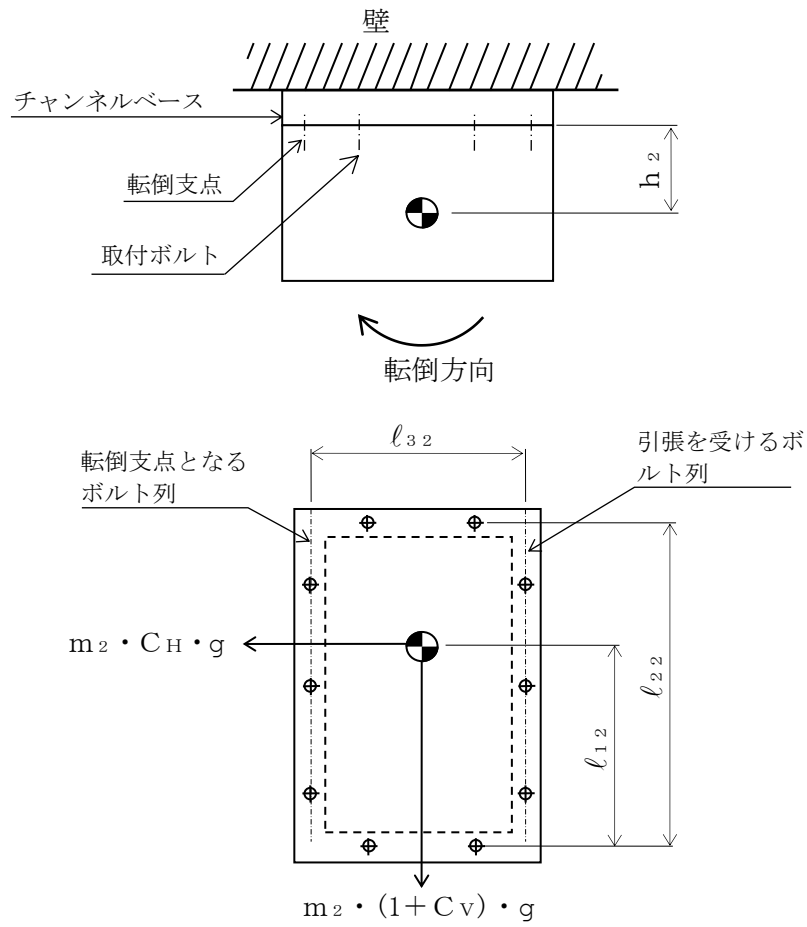


図 5-5(1) 計算モデル (壁掛形 左右方向転倒の場合)

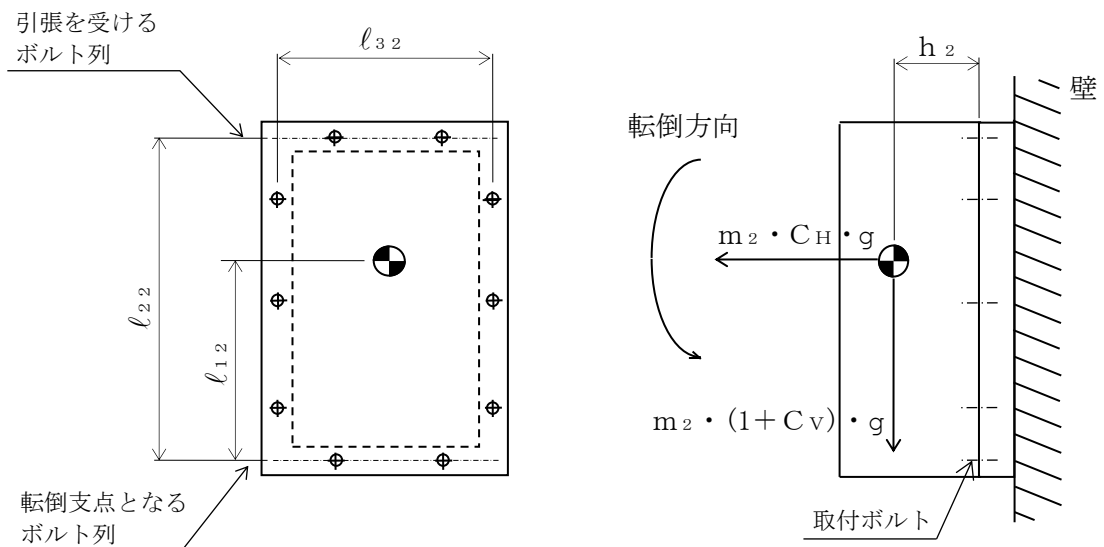


図 5-5(2) 計算モデル (壁掛形 前後方向転倒の場合)



## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-3、図5-4及び図5-5で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-3(1)、5-3(3)、5-4(1)及び5-4(3)の場合の引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{1i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})} \quad \dots\dots (5.3.1.1.1)$$

計算モデル図5-3(2)、5-3(4)、5-4(2)及び5-4(4)の場合の引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})} \quad \dots\dots (5.3.1.1.2)$$

計算モデル図5-5(1)及び5-5(2)の場合の引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1 + C_V) \cdot h_i \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{2i}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fHi} \cdot \ell_{3i}} \quad \dots\dots (5.3.1.1.3)$$

$$F_{b2i} = \frac{m_i \cdot (1 + C_V) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot \ell_{1i} \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{2i}} \quad \dots\dots (5.3.1.1.4)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{b1i}, F_{b2i}) \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_{bi}$ は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

ただし、 $F_{bi}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

- a. ベンチ形，直立形の場合

$$Q_{b\ i} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

- b. 壁掛形の場合

$$Q_{b\ 1\ i} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

$$Q_{b\ 2\ i} = m_i \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

$$Q_{b\ i} = \sqrt{(Q_{b\ 1\ i})^2 + (Q_{b\ 2\ i})^2} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

せん断応力

$$\tau_{b\ i} = \frac{Q_{b\ i}}{n_i \cdot A_{b\ i}} \quad \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

## 5.4 応力の評価

### 5.4.1 ボルトの応力評価

5.3.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sbi}$ 以下であること。ただし、 $f_{sbi}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{toi}$	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能維持を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

## 7. 耐震計算書のフォーマット

### 7.1 直立形盤の耐震計算書のフォーマット

直立形盤の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅠ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅡ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

### 7.2 壁掛形盤の耐震計算書のフォーマット

壁掛形盤の耐震計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

[設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の場合]

フォーマットⅢ 設計基準対象施設としての評価結果

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果

[重大事故等対処設備単独の場合]

フォーマットⅣ 重大事故等対処設備としての評価結果\*

注記\*：重大事故等対処設備単独の場合は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に示すフォーマットⅡ及びⅣを使用するものとする。ただし、評価結果表に記載の章番を「2.」から「1.」とする。

【フォーマット I 直立形盤の設計基準対象施設としての評価結果】

【○○盤 (○○○○) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL *1			C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	C <sub>H</sub> = *3	C <sub>V</sub> = *3	

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )				
取付ボルト (i=2)			(M )				

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)							
取付ボルト (i=2)							

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅡ 直立形盤の重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL *1			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )				
取付ボルト (i=2)			(M )				

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				—		—	
取付ボルト (i=2)				—		—	

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

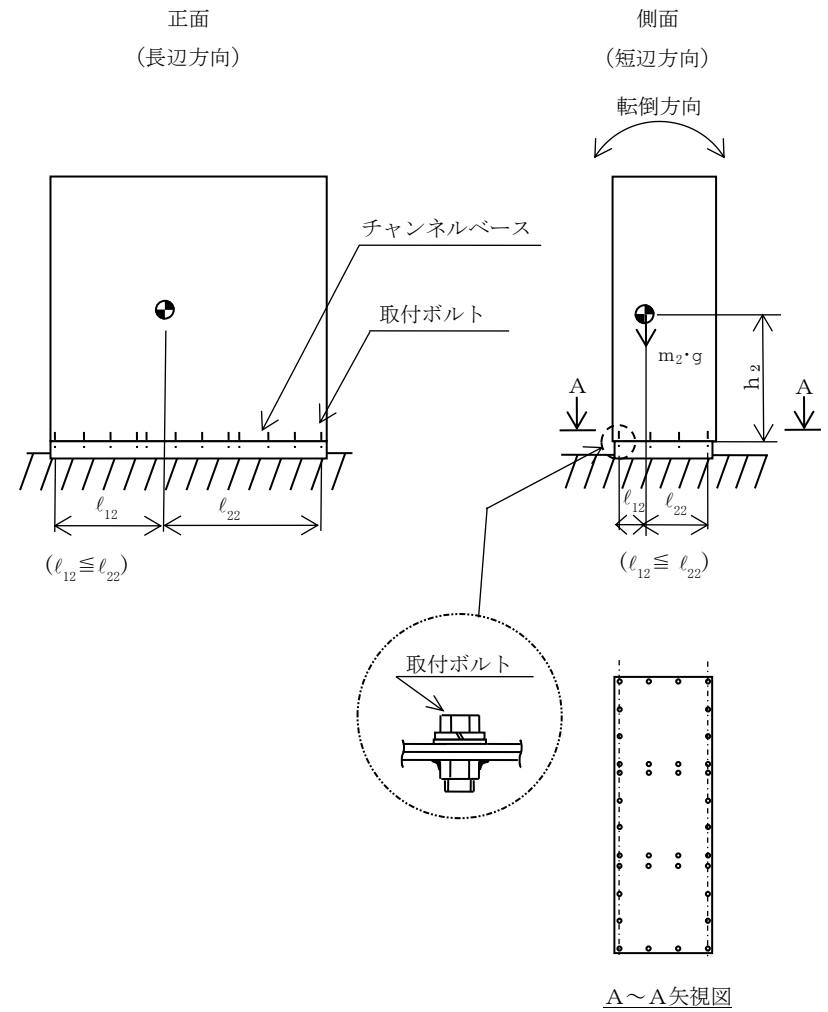
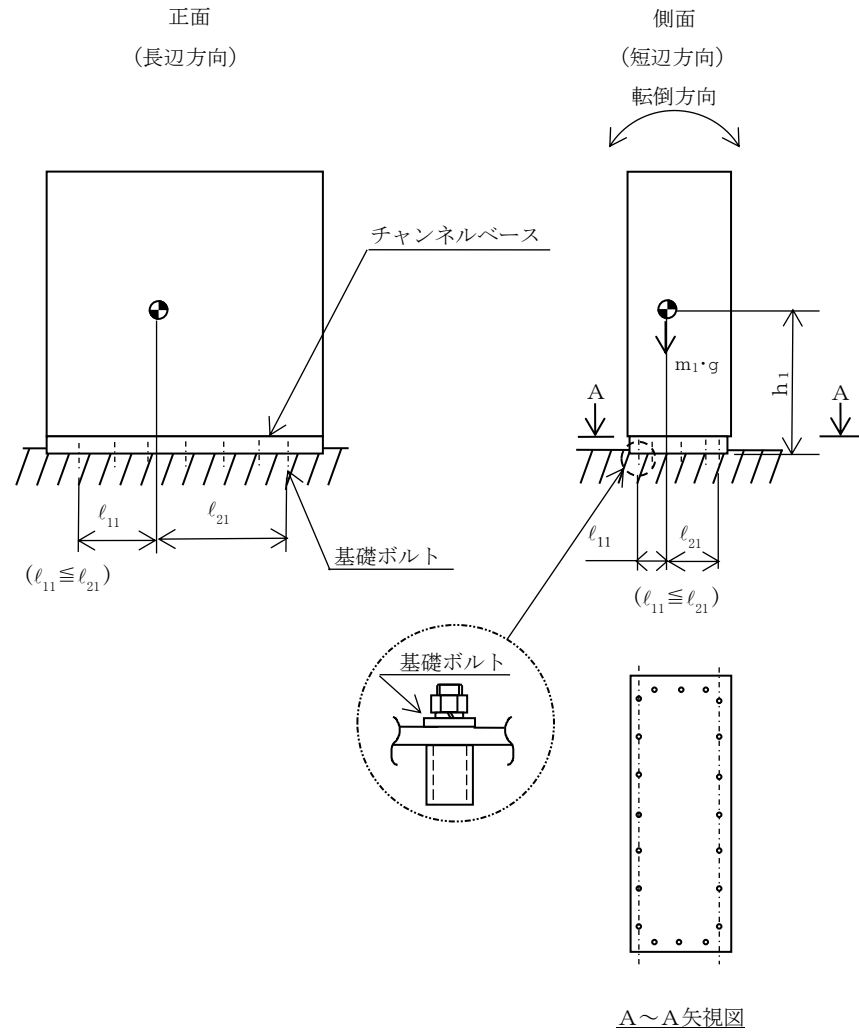
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





【フォーマットⅢ 壁掛形盤の設計基準対象施設としての評価結果】

【○○盤（○○○○）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL (EL *1)			$C_H =$ *2	$C_V =$ *2	$C_H =$ *3	$C_V =$ *3	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$d_i$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )				
取付ボルト (i=2)			(M )				

部材	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$l_{3i}^*$ (mm)	$n_{fvi}^*$	$n_{fhi}^*$	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)									
取付ボルト (i=2)									

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【フォーマットⅣ 壁掛形盤の重大事故等対処設備としての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
		○○建物 EL (EL *1)			—	—	C <sub>H</sub> = *2	C <sub>V</sub> = *2	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M )				
取付ボルト (i=2)			(M )				

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)						—		—	
取付ボルト (i=2)						—		—	

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

注記\*:  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向		
	鉛直方向		

注記\*: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

