

IV－1－1－7

水平2方向及び鉛直方向地震力の
組合せに関する影響評価方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
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 建物・構築物(4.1.2 に記載のものを除く。)	2
4.1.1.1 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
4.1.1.2 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	4
4.1.1.3 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	4
4.1.2 屋外重要土木構造物	8
4.1.2.1 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	8
4.1.2.2 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	11
4.1.2.3 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	11
4.2 機器・配管系	14
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	14
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	14
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	15

1. 概要

本資料は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち、「4.1 地震力の算定方法 4.1.2 動的地震力」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。

基本設計方針に基づき、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、当該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「再処理施設の技術基準に関する規則」の第六条及び第三十三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等対処設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設とする。耐震Bクラスの施設については共振のおそれのある施設を評価対象とする。

評価に当たっては、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による影響評価には、基準地震動 S_s を用いる。基準地震動 S_s は、「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」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 建物・構築物（4.1.2 に記載のものを除く。）

4.1.1.1 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

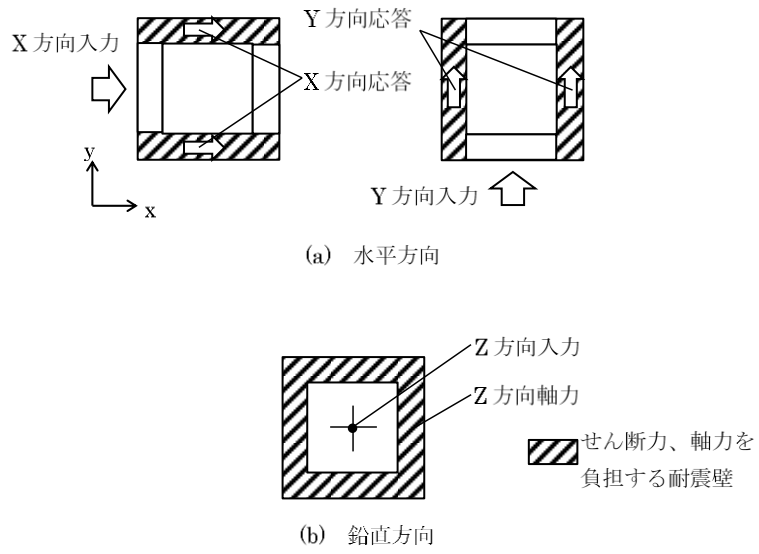
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、各水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデル又はフレームモデルにそれぞれの方向ごとに入力し解析を行っている。また、再処理施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁等で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対して、建物、構築物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 方向につり合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁等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 方向の耐震壁等に対して、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。ただし、水平方向の地震動に対し、負担する部位が明確ではないものについては、その構造特性を考慮した設計とする。

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等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、第 4.1-1 図に示す。

また、「IV-2-1 耐震重要施設等の耐震性に関する計算書」及び「IV-2-2-2 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性に関する計算書」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。



第 4. 1-1 図 入力方向ごとの耐震要素

4.1.1.2 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等対処設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設の部位とする。

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、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。

4.1.1.3 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、影響を評価する。影響評価のフローを第4.1-2図に示す。

(1) 影響評価部位の抽出

a. 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、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。(第4.1-2図①)

b. 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、梁、トラス構造では柱、梁及びブレース)を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。(第4.1-2図②)

c. 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。(第 4.1-2 図③)

d. 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。(第 4.1-2 図④)

e. 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、建屋規模及び構造特性を考慮して選定する建屋について、地震応答解析を行う。(第 4.1-2 図⑤)

(2) 影響評価手法

a. 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) 又は地震時に水平 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 (以下「非同時性を考慮した SRSS 法」という。)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。(第 4.1-

2 図⑥)

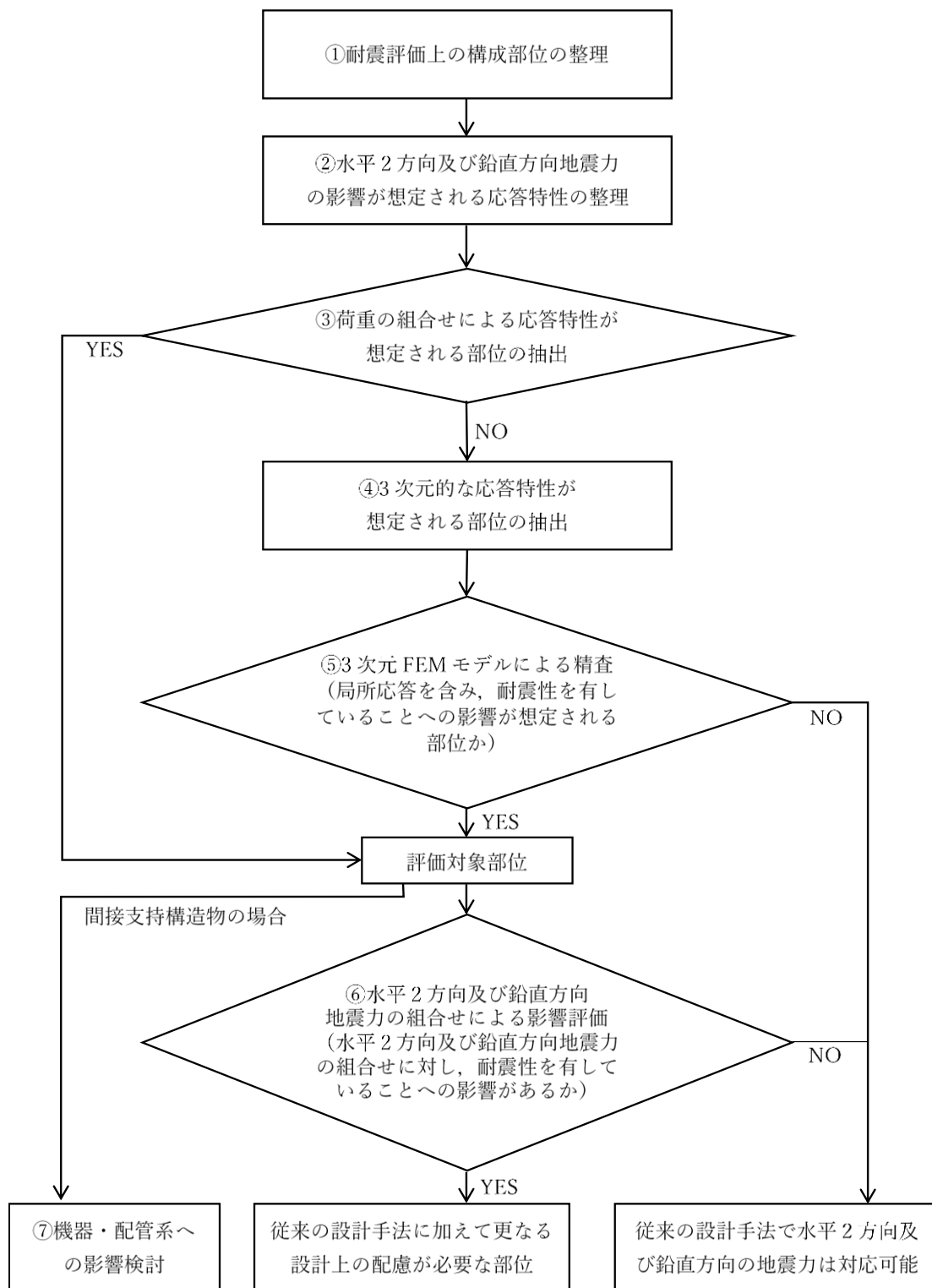
b. 機器・配管系への影響検討

(1)c. 及び(1)e. 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、耐震重要施設又は常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の間接支持機能を有する場合には、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、(1)e. 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。(第 4.1-2 図⑦)

注記 * : REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”



第 4.1-2 図 建物・構築物の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価フロー

4.1.2 屋外重要土木構造物

4.1.2.1 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

屋外重要土木構造物である洞道については、建屋間を連結する鉄筋コンクリート造の地中構造物である。構造的には、同一の断面形状が長手方向に連続する一般部と、建屋等に分岐する分岐部があり、洞道全体としては、ほぼ一般部が占めている。

従来の設計の考え方について、一般部の例を第 4.1-1 表に、分岐部の例を第 4.1-2 表に示す。

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、洞道は地中に埋設されているため、動土圧、動水圧等の外力が主たる荷重となる。

洞道の一般部は、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が長手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う。

洞道は、主に配管等の間接支持機能を維持するため、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。

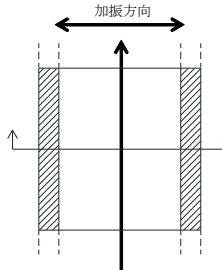
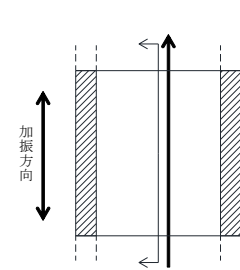
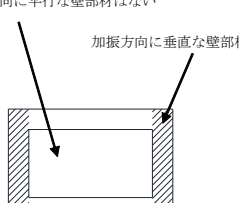
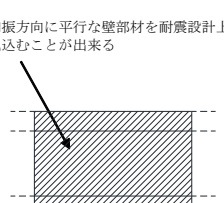
強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して、顕著な影響を及ぼさないことから、従来設計手法では、弱軸方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平 1 方向及び鉛直方向の地震力による耐震評価を実施する。

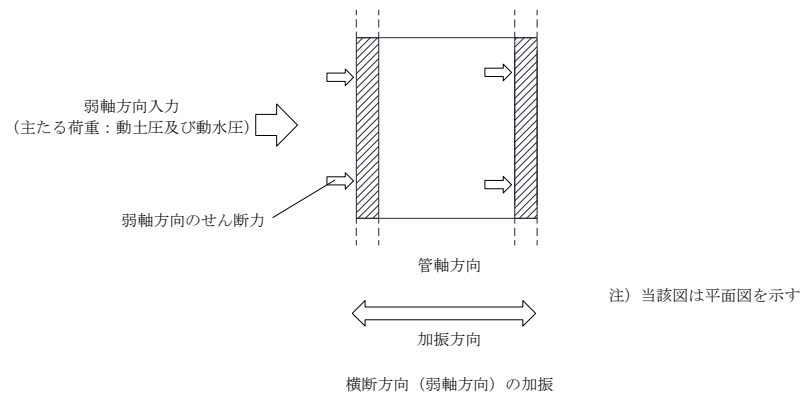
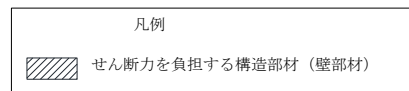
第 4.1-3 図に示すとおり、一般部では、弱軸方向の地震荷重に対して加振方向に垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計する。

また、分岐部の従来設計手法に係る基本的な考え方は一般部と同様であるが、分岐部においては、第 4.1-2 表に示すとおり、加振方向に平行な構造部材の配置状況も考慮し弱軸となる方向を評価対象とし、第 4.1-4 図に示すとおり、弱軸方向の地震荷重に対して、加振方向に垂直に配置された構造部材に加え加振方向に平行に配置された構造部材でも受けもつよう設計する。

「IV-2-1 耐震重要施設等の耐震性に関する計算書」における洞道の耐震評価では、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。

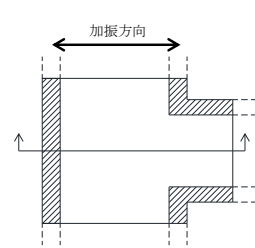
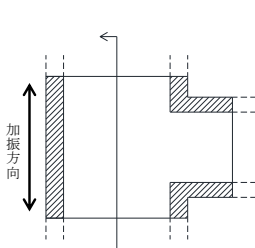
第 4.1-1 表 従来設計における評価対象断面の考え方(一般部)

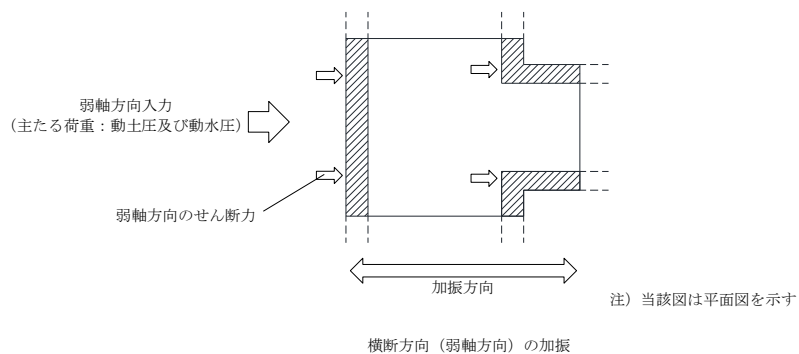
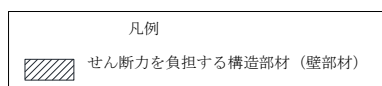
	横断方向(弱軸方向)の加振	縦断方向(強軸方向)の加振
従来設計の 評価対象断面の 考え方 (一般部)	 <p>平面図</p>	 <p>平面図</p>
	<p>加振方向に平行な壁部材はない</p>  <p>断面図</p>	<p>加振方向に平行な壁部材を耐震設計上、見込むことができる</p>  <p>断面図</p>



第 4.1-3 図 従来設計手法の考え方(一般部)

第 4.1-2 表 従来設計における評価対象断面の考え方(分岐部)

	横断方向（弱軸方向）の加振	縦断方向（強軸方向）の加振
従来設計の 評価対象断面 の考え方 (分岐部)	 <p>加振方向</p> <p>平面図</p> <p>加振方向に平行な壁部材 (耐震設計上、見込める壁部材は少ない)</p> <p>加振方向に垂直な構造部材</p> <p>断面図</p>	 <p>加振方向</p> <p>平面図</p> <p>加振方向に平行な壁部材 (耐震設計上、見込める壁部材は多い)</p> <p>断面図</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に平行な壁部材が少ないため、弱軸方向にあたる。 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。 弱軸方向を評価対象断面とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に平行な壁部材が多いため、強軸方向にあたる。



第 4.1-4 図 従来設計手法の考え方(分岐部)

4.1.2.2 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

洞道において、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。

洞道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から水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

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)に直交する断面(強軸方向)の応答が評価対象断面(弱軸方向)の地震応答解析に基づく構造部材の照査に影響を与える場合には、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。

4.1.2.3 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

洞道において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり、水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な構造物について、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。影響評価フローを第4.1-5図に示す。

(1) 影響評価対象構造形式の抽出

a. 構造形式の分類

洞道について、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。(第4.1-5図①)

b. 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。(第4.1-5図②)

c. 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

b.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。(第4.1-5図③)

d. 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の抽出

c. 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で、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。(第 4.1-5 図④)

e. 従来設計手法の妥当性の確認

d. 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。(第 4.1-5 図⑤)

(2) 影響評価手法

a. 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形式について、従来設計手法での評価対象断面(弱軸方向)に直交する断面(強軸方向)の応答が評価対象断面(弱軸方向)の地震応答解析に基づく構造部材の照査に影響を与える場合には、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共に構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

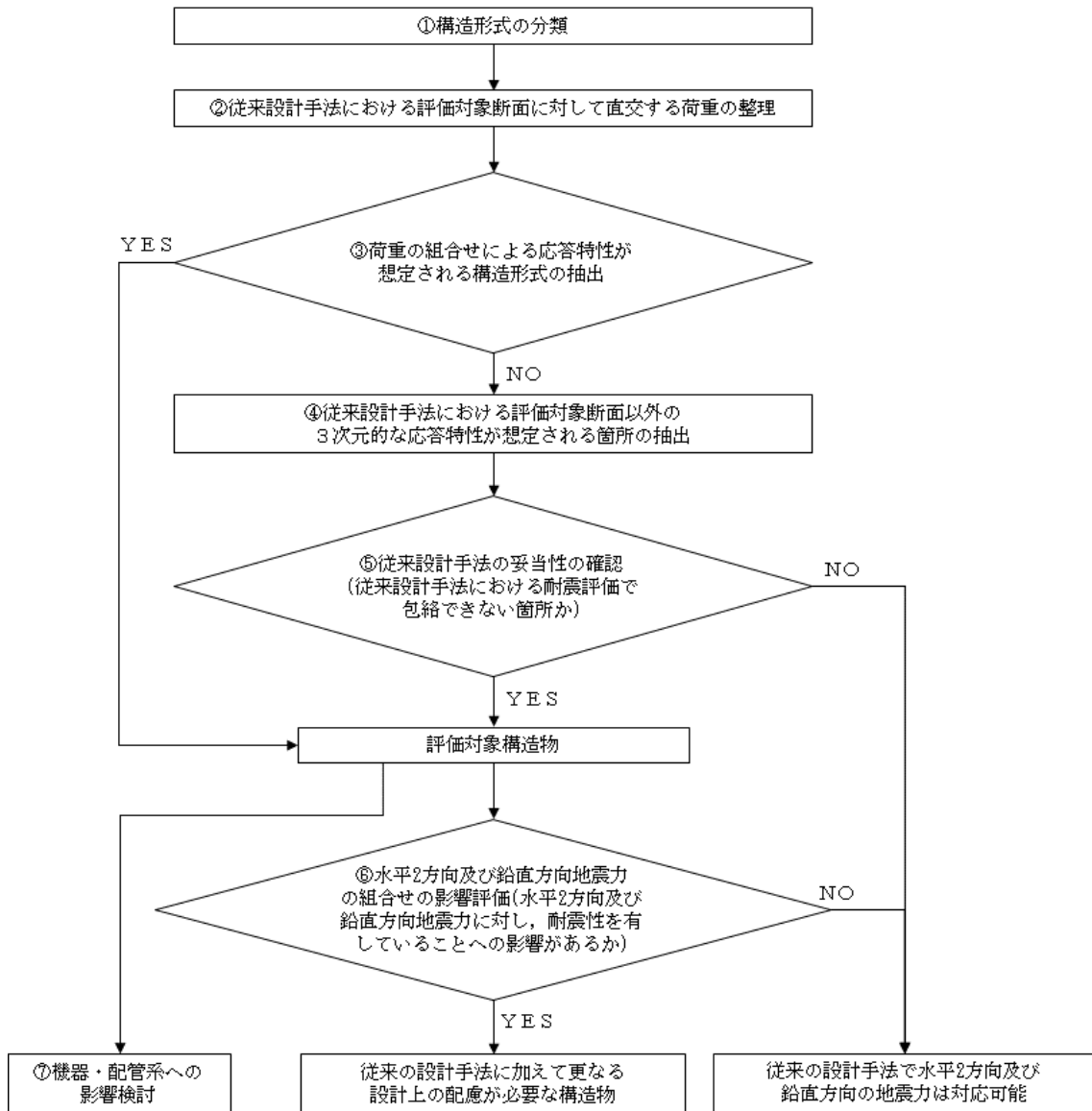
評価対象構造物については、「4.1.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方」に示す洞道の弱軸・強軸の考え方を考慮し、従来設計手法における評価対象断面(弱軸方向)における構造部材の耐震評価結果及び水平 2 方向の影響の程度を踏まえて選定する。(第 4.1-5 図⑥)

b. 機器・配管系への影響検討

(1)c. 及び(1)e. にて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物については、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、(1)d. 及び(1)e. の精査にて、洞道の影響の観点から抽出されなかった構造物であっても、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構造物については検討対象として抽出する。(第 4.1-5 図⑦)



第 4.1-5 図 屋外重要土木構造物の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価フロー

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。

さらに、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等、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。

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等対処設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系及び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のある設備(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を従来の評価結果の荷重、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又は新たな解析等により高度化した手法を用いる等により、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、水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた従来の耐震計算に対して、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を構造及び発生値の増分の観点から抽出し、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第4.2-1図に示す。

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非同時性を考慮したSRSS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小おおむね弾性範囲で留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) 影響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等対処設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系及び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、機種ごとに分類し整理する。

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、耐震性への影響が懸念される設備を抽出し、影響評価を行う(第4.2-1図①)。

(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方向の地震力が重複する観点、又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(第4.2-1図②)。

(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(第4.2-1図③)。

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

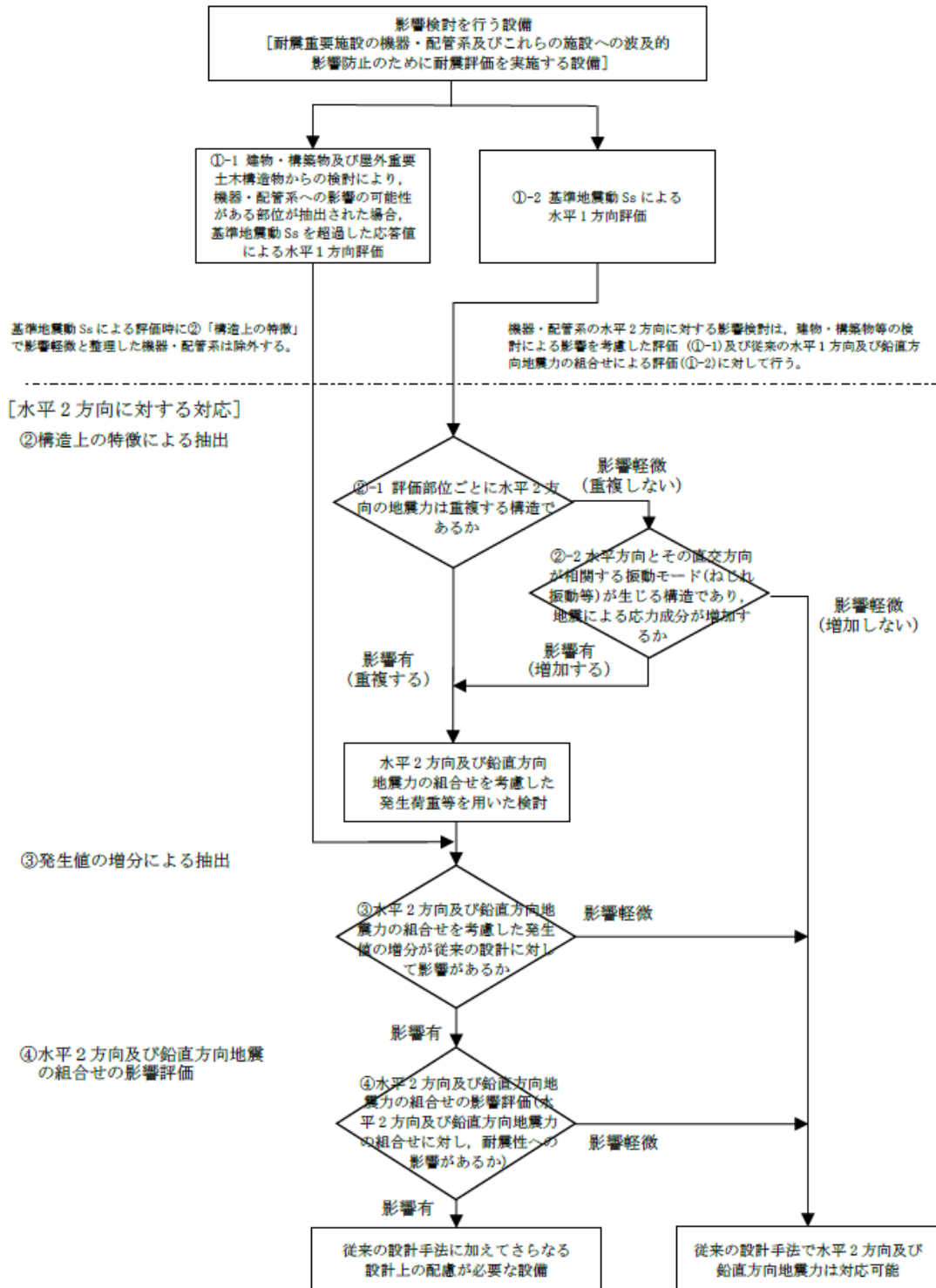
が小さい設備(部位)を対象とする。

(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(第4.2-1図④)。

[水平1方向に対する対応]

①影響評価対象となる設備の整理



第 4.2-1 図 機器・配管系の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価のフロー

IV－1－1－8
機能維持の基本方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力.....	1
3. 構造強度	8
3.1 構造強度上の制限.....	8
3.2 変位, 変形の制限.....	48
4. 機能維持	48

1. 概要

本資料は、「IV-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方法及び「5. 機能維持の基本方針」に示す機能維持の考え方にに基づき、安全機能を有する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、「IV-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方法に基づくこととし、具体的な算定方法は第2-1表に示す。

また、当該申請における機器・配管系の設計用地震力の算定に際しては、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に定める方法にて設定した設計用床応答曲線を用いる。

第 2-1 表 設計用地震力

(1) 静的地震力

a. 安全機能を有する施設

静的地震力及び必要保有水平耐力は、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	耐震重要度	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	S	$3.0 \cdot C_i^{*1}$	$1.0 \cdot C_i^{*2}$	$1.0 \cdot C_v^{*3}$ (0.240)
	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	$3.6 \cdot C_i^{*1}$	—	$1.2 \cdot C_v^{*3}$ (0.288)
	B	$1.8 \cdot C_i^{*1}$	—	—
	C	$1.2 \cdot C_i^{*1}$	—	—

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

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

R_t : 振動特性係数

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・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

R_t : 振動特性係数

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・構築物の振動特性及び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

b. 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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備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	設備分類 施設区分*1	耐震 重要度*2	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	①	B	$1.5 \cdot C_i^{*3}$	$1.0 \cdot C_i^{*4}$	二
	①	C	$1.0 \cdot C_i^{*3}$	$1.0 \cdot C_i^{*4}$	二
機器 ・ 配管系	②	B	$1.8 \cdot C_i^{*3}$	二	二
	②	C	$1.2 \cdot C_i^{*3}$	二	二

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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

②：常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

*2：常設重大事故等対処設備の代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度

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

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

R_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・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

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

R_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

a. 安全機能を有する施設

動的地震力は、以下の入力地震動又は入力地震力に基づき算定する。

種別	耐震 重要度	入力地震動又は入力地震力 ^{*1}	
		水平	鉛直
建物 ・ 構築物	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
		弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d
	B	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*2}$	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*2}$
機器 ・ 配管系	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s
		設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d
	B	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*2}$	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*2}$

注記 *1：設計用床応答曲線は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

*2：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。

b. 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	設備分類 施設区分*1	耐震 重要度*2	入力地震動又は入力地震力*3	
			水平	鉛直
建物 ・ 構築物	①, ②	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
	③, ④	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	①*5	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s
	③	B	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*4}$	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*4}$

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等対処設備

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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

④：③が設置される重大事故等対処施設

*2：常設重大事故等対処設備の代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度

*3：設計用床応答曲線は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

*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：常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち、Sクラスの施設を含む

(3) 設計用地震力

a. 安全機能を有する施設

種別	耐震重要度	水平	鉛直	摘要
建物・構築物	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	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させるものとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は、建物、構築物については組合せ係数法又は二乗和平方根 (SRSS) 法によるものとし、土木構築物については、動的解析において水平方向及び鉛直方向の動的地震力を同時に考慮するものとする。
		弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		地震層せん断力係数 $3.0 \cdot C_i$	静的震度 (0.240)	
	B	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	—	—
		弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*1}$	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*1}$	荷重の組合せは、建物、構築物については、組合せ係数法、二乗和平方根 (SRSS) 法又は絶対値和法によるものとし、土木構築物については、動的解析において水平方向及び鉛直方向の動的地震力を同時に考慮するものとする。
	C	地震層せん断力係数 $1.0 \cdot C_i$	—	—
機器・配管系	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	荷重の組合せは、二乗和平方根 (SRSS) 法又は絶対値和法による。
		設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	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させるものとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根 (SRSS) 法又は絶対値和法による。 ^{*2}
		静的震度 $3.6 \cdot C_i$	静的震度 (0.288)	
	B	静的震度 $1.8 \cdot C_i$	—	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) 法又は絶対値和法による。 ^{*3}
		設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*1}$	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*1}$	
	C	静的震度 $1.2 \cdot C_i$	—	—

注記 *1：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。

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

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

b. 重大事故等対処施設

種別	設備分類 施設区分*1	耐震 重要度*2	水平	鉛直	摘要
建物 ・ 構築物	①, ②	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	荷重の組合せは、組合せ係数法又は二乗和平方根 (SRSS) 法による。
	③, ④	B	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	—	—
			弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*3}$	弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1/2^{*3}$	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 $1.0 \cdot C_i$	—	—	
機器 ・ 配管系	①*4	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	荷重の組合せは、二乗和平方根 (SRSS) 法又は絶対値和法による。
	③	B	静的震度 $1.8 \cdot C_i$	—	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) 法又は絶対値和法による。*5
			設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*3}$	設計用床応答曲線 $S_d \cdot 1/2^{*3}$	—
	C	静的震度 $1.2 \cdot C_i$	—	—	

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等対処設備

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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

④：③が設置される重大事故等対処施設

*2：常設重大事故等対処設備の代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度

*3：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。

*4：常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち、Sクラスの施設を含む。

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

3. 構造強度

3.1 構造強度上の制限

再処理施設の耐震設計については、「IV-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、安全機能を有する施設における各耐震重要度及び重大事故等対処施設の設備分類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。

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又は重大事故等に対処するための機能が維持できる値とする。

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、第 3.1-1 表及び第 3.1-2 表に示す通りとする。

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、設備ごとに個別に設定した値を用いる。

弾性設計用地震動 S_d の疲労解析は、設備ごとに個別に設定した弾性設計用地震動 S_d の等価繰返し回数が基準地震動 S_s の疲労解析に用いた等価繰返し回数以下であれば省略しても良いものとする。

また、建物・構築物(構築物(屋外機械基礎), 土木構造物を除く。)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又は支持力度と比べて妥当な安全余裕を有する設計とし、安全機能を有する施設における耐震重要度及び重大事故等対処施設の設備分類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合せる。積雪荷重及び風荷重の設定フローを第 3.1-1 図に示す。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。第 3.1-3 表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。

第 3.1-1 表 安全機能を有する施設 荷重の組合せ及び許容限界

(1) 建物・構築物

	耐震重要度	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	D + L + 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度が 2.0×10^{-3} を超えないこと又は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あるいは部材に生じる応力又はひずみが CCV 規格 ^{*1} における荷重状態Ⅳの許容値を超えないこととする。土木構造物については、曲げについては限界層間変形角(層間変形角 1/100)又は終局曲率、せん断についてはせん断耐力を許容限界とし、限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力の許容限界に対しては妥当な安全余裕を持たせる。	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。
		^{*2} D + L + S _d	質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみ度がおおむね弾性状態に留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又は CCV 規格 ^{*1} における荷重状態Ⅲの許容値を超えないこととする。土木構造物については、短期許容応力度を許容限界とし、発生応力度が許容限界以下であることを確認する。	地盤の短期許容支持力度とする。
	B クラス	D + L + 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	D + L + 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

- D : 固定荷重
- L : 積載荷重
- S_s : 基準地震動 S_s による地震力
- 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
- S_B : 耐震 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 : 耐震 C クラスの施設に適用される静的地震力

注記 *1 : 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)

*2 : 地震力と組み合わせる荷重には、この他、建物・構築物の設置状況に応じて、土圧、水圧等を考慮するものとする。

(2) 機器・配管系

記号の説明

- D : 死荷重(自重)
- P_d : 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 : 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 による地震力
- 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
- S_B : 耐震Bクラスの設備に適用される地震力又は静的地震力
- S_c : 耐震Cクラスの設備に適用される静的地震力
- S_y : 設計降伏点「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値
- S_u : 設計引張強さ「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値
- S_m : 設計応力強さ「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 1 に規定される値
- S : 許容引張応力「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定される値
- F : 「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)により規定される値
- F^* : 「JSME S NC1」SSB-3121.3の規定により、SSB-3121.(1)a.における S_y 及び S_y (RT)を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y$ (RT)に読み替えた値
- f_t : 許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く。)に対して「JSME S NC1」SSB-3121.1により規定される値
ボルト等に対しては、「JSME S NC1」SSB-3131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「JSME S NC1」SSB3121.1により規定される値
ボルト等に対しては、「JSME S NC1」SSB-3131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「JSME S NC1」SSB-3121.1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「JSME S NC1」SSB-3121.1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「JSME S NC1」SSB-3121.1により規定される値
- f_t^* , f_s^* , f_c^* , f_b^* , f_p^* :

上記の f_t , f_s , f_c , f_b , f_p の値を算出する際に「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)a.本文中「 S_y 」及び「 S_y (RT)」とあるのを「 $1.2S_y$ 」及び「 $1.2S_y$ (RT)」と読み替えて算出した値(「JSME S NC1」SSB-3121.3 及び SSB-3133)。ただし、支持構造物の上記 $f_t \sim f_p^*$ においては、「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)a の F 値は S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値。また、使用温度が 40°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、 $1.35 S_y$ 、 $0.7 S_u$ 又は $S_y (RT)$ のいずれか小さい方の値。なお、 $S_y (RT)$ は40℃における設計降伏点の値。

なお、上記において用いる値は、「V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針」における別紙「容器等の材料及び構造に関する設計方針」に定められた値を適用する。

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

S_{yd} : 最高使用温度における設計降伏点
「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表8 に規定される値

S_{yt} : 試験温度における設計降伏点
「JSME S NC1」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

a. 容器

(a) Sクラス

耐震 重要度	荷重の 組合せ	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	$D + P_d + M_d + S_s$	$0.6 S_u$	左欄の1.5倍の値	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 $2 S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。*2	
	$D + P_d + M_d + S_d$	S_y と $0.6 S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。	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計算式による。

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

(b) B, Cクラス

耐震 重要度	荷重の 組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	S_y と $0.6 S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。	S_y ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。
C	$D + P_d + M_d + S_C$		

b. 配管系

(a) Sクラス

(配管)

耐震 重要度	荷重の 組合せ	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次応力	一次+二次 +ピーク応力
S	$D + P_d + M_d + S_s$	$0.6 S_u^{*1}$	左欄の1.5倍の値	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 $2S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 ^{*2}	
	$D + P_d + M_d + S_d$	S_y と $0.6 S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記値と $1.2S$ との大きい方。 ^{*1}	S_y ただし、ASS及びHNAについては上記値と $1.2S$ との大きい方。		

注記 *1：軸力による全断面平均応力については、配管(ダクトを除く。)における S_d との荷重の組合せの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

*2： $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、「JSME S NC1」PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5) (ただし、 S_m は $2/3 S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(ダクト)

耐震 重要度	荷重の 組合せ	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次応力	一次+二次 +ピーク応力
S	$D + P_d + M_d + S_s$	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ペン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。	—	—	—
	$D + P_d + M_d + S_d$				

(b) B, Cクラス

(配管)

耐震 重要度	荷重の 組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては 上記値と $1.2S$ との大きい方*。	S_y ただし、ASS及びHNAについては上 記値と $1.2S$ との大きい方。
C	$D + P_d + M_d + S_C$		

注記 * : 軸力による全断面平均応力については、Sクラスの配管(ダクトを除く。)における S_d との荷重の組合せの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

(ダクト)

耐震 重要度	荷重の 組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	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。	—
C	$D + P_d + M_d + S_C$		

c. ポンプ

(a) Sクラス

耐震 重要度	荷重の 組合せ	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	$D+P_d+M_d+S_s$	$0.6S_u$	左欄の1.5倍 の値	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 $2S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。*	
	$D+P_d+M_d+S_d$	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、ASS 及びHNAに ついては上記 値と $1.2S$ と の大きい方。	左欄の1.5倍 の値		

注記 * : $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、「JSME S NC1」PVB-3300 (PVB-3313を除く。 S_m は $2/3S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(b) B, Cクラス

耐震 重要度	荷重の組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む。)
B	$D+P_d+M_d+S_B$	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては 上記値と $1.2S$ との大きい方。	S_y ただし、ASS及びHNAについては 上記値と $1.2S$ との大きい方。
C	$D+P_d+M_d+S_C$		

d. 弁(弁箱)

耐震 重要度	荷重の組合せ	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	$D + P_d + M_d + S_s$				
	$D + P_d + M_d + S_d$				
B	$D + P_d + M_d + S_B$				
C	$D + P_d + M_d + S_C$				

注記 * : 弁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、「JSME S NC1」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。

e. 支持構造物

耐震 重要度	荷重の組合せ	許容限界(ボルト等を除く。)*1,*2,*3										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 _d + M _d + S _s	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *	1.5f _p *	3f _t	3f _s	3f _b	*8 1.5f _p *	*7 *8 1.5f _b 又は 1.5f _c	1.5f _t *	1.5f _s *	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
	D + P _d + M _d + S _d	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _p				*8 1.5f _p		1.5f _t (f _t)	1.5f _s (f _s)	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
B	D + P _d + M _d + S _B	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _p				S _s 又は S _d 地震動 のみによる応力振幅 について評価する。			*8 1.5f _p	*8 1.5f _c
C	D + P _d + M _d + S _C													

注記 *1: 「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: Sクラスで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: コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のゆらぎ等を考慮して()内の値を用いて応力評価を行う。

*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 1.5f_sとする。

*7: 「JSME S NC1」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。

f. 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。

(a) 鋼構造物の許容応力

鋼構造物の許容応力は次による。

- イ. 埋込板、アンカーフレーム、スタッド等は、支持構造物(ボルト以外)の規定による。
- ロ. アンカボルトは、支持構造物(ボルト等)の規定による。

(b) 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、JEAG4601に基づき、次のとおりとする。

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

イ. 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

(イ) コンクリートにせん断補強筋がない場合

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

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

ここに

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

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

- 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/mm²)
- A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)
- α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる定数, $= \sqrt{A_c/A_0}$ かつ 10 以下
- A_0 : 支圧面積 (mm²)

また、地震力とその他の荷重との組合せ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。

耐震重要度	荷重の組合せ	コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 (K_1)	支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 (K_2)
S	$D + P_D + M_D + S_s$	0.6	0.75
	$D + P_D + M_D + S_d$	0.45	2/3

(ロ) 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% 以上あれば基準地震動 S_s とその他の荷重との組合せに対する許容応力におけるコンクリート部の引張強度は、(イ) 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_w : せん断補強筋断面積 (mm^2)

A_c : 有効投影面積 (mm^2)

ロ. 基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価

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

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

ここに

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

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

q : 基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重 (N)

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

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

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

K_3 : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数

K_4 : へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数

A_b : 基礎ボルトの谷径断面積 (スタッドの場合は軸部断面積) (mm^2)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

a : へりあき距離 (mm)

A_{c1} : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²) = $\pi a^2/2$

ただし、 $\sqrt{E_c \cdot F_c}$ の値は、500N/mm² 以上、880N/mm² 以下とする。また、880N/mm² 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、地震力とその他の荷重との組合せに対するせん断耐力の低減係数 (K_3 及び K_4) の値を以下に示す。

耐震重要度	荷重の組合せ	複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数 (K_3)	へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数 (K_4)
S	$D + P_D + M_D + S_s$	0.8	0.6
	$D + P_D + M_D + S_d$	0.6	0.45

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

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

ここに

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

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

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

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

p : 基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重 (N)

q : 基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重 (N)

- ニ. コンクリート部の面内せん断力が大きい場合の評価

鉄筋コンクリート造建物・構築物において、耐震要素として地震時に生じる力を負担させる壁 (以下「耐震壁」という。) において地震力による各層の面内せん

断ひずみ度又は面内せん断力が著しく大きい場合は、鉄筋コンクリート造壁の機器・配管に対する支持機能の評価に、下記の許容限界を用いることとする。

(イ) 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 γ と機器・配管のアンカー部に作用する面外の引張力 p を p_u で除した値 p/p_u が、以下に示す図の網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 γ は、JEAG4601 で定まる復元力特性を用いた応答解析結果に基づく値とする。

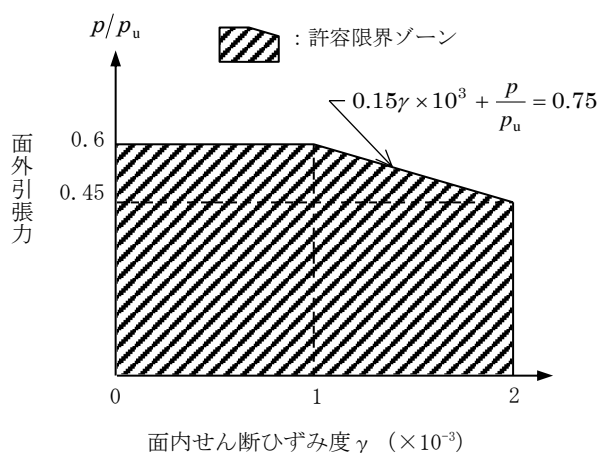
$$p_u = 0.31 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c}$$

ここに

p_u : 定着部のコンクリートのコーン状破壊耐力 (N)

A_c : 有効投影面積(「イ. 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^2)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)



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

(ロ) 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

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

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

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)

τ_u : 終局せん断応力度 (N/mm²)

A_s : 有効せん断断面積 (mm²)

F_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

P_v : 縦筋比

P_h : 横筋比

σ_v : 縦軸応力度 (N/mm²)

σ_h : 横軸応力度 (N/mm²)

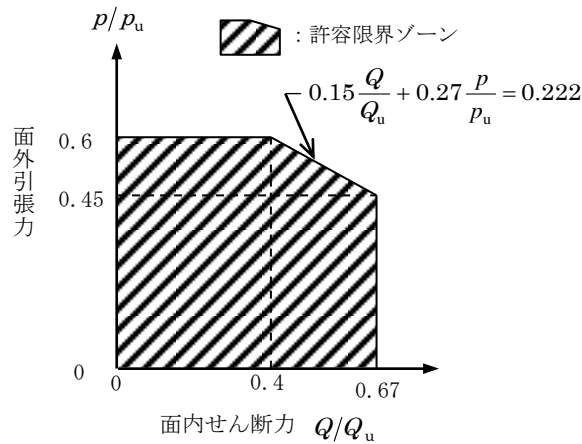
σ_y : 鉄筋の降伏応力度 (N/mm²)

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

ホ. 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/mm²)

耐震重要度	荷重の組合せ	許容圧縮応力度*
S	D+P _D +M _D +S _s	0.75・F _c
	D+P _D +M _D +S _d	2/3・F _c

注記 * : F_c=コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

へ. 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/mm²)

耐震重要度	荷重の組合せ	許容せん断応力度
S	D+P _D +M _D +S _s	$1.5 \cdot \min \left[\frac{1}{30} \cdot F_c, \left(0.49 + \frac{1}{100} \cdot F_c \right) \right]$
	D+P _D +M _D +S _d	$1.5 \cdot \min \left[\frac{1}{30} \cdot F_c, \left(0.49 + \frac{1}{100} \cdot F_c \right) \right]$

ト. 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/mm²)

耐震重要度	荷重の組合せ	許容付着応力度*
S	D+P _D +M _D +S _s	$1.5 \cdot \min \left[\frac{1}{10} \cdot F_c, \left(1.35 + \frac{1}{25} \cdot F_c \right) \right]$
	D+P _D +M _D +S _d	$1.5 \cdot \min \left[\frac{1}{10} \cdot F_c, \left(1.35 + \frac{1}{25} \cdot F_c \right) \right]$

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。

チ. 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/mm²)

耐震重要度	荷重の組合せ	許容支圧応力度*
S	D+P _D +M _D +S _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 _D +M _D +S _d	

注記 * : f_c = コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm²)

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)

リ. 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地震力とその他の荷重との組合せにおけるせん断応力度 τ_p は次式により計算し、へ. 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、JEAG4601・補-1984の「2.9.4章 埋込金物の許容応力」の解説(7).bに示される米国コンクリート学会の規定を用いる場合もある。

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

ここで

P = 引抜き力又は押抜き力 (N)

$\alpha_D = 1.5$ (定数)

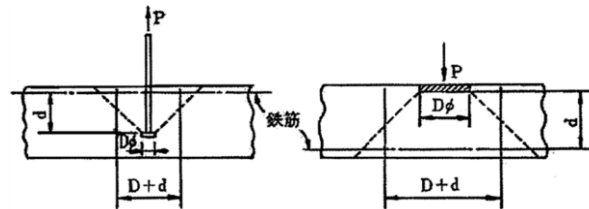
b_o = せん断力算定断面の延べ幅 (mm)

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

d = せん断力算定断面の有効性 (mm)

ただし、せん断力算定断面は次のように考える。

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



(c) 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。

- イ. 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。
- ロ. 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。
- ハ. 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。

耐震重要度	荷重の組合せ	許容荷重
S	$D + P_D + M_D + S_s$	$(T_L)_{\min} \cdot 0.6$
	$D + P_D + M_D + S_d$	$(T_L)_{\min} \cdot 1/2$

(d) 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(AIJ式)を用いることができる。

(e) 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」((社)日本建築学会、2010年改定)又はJEAG4601・補-1984に基づき設計する。

イ. 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、JEAG4601・補-1984に基づく場合は、前記f.(a),(b)の許容値に更に20%の低減を行うものとする。

(イ) 引張力を受ける場合

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

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

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

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

ここで、

p_{a1} : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重(N)

p_{a2} : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容引張荷重(N)

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

ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数であり、以下の表に従う。

	ϕ_1	ϕ_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/mm²)

$s \sigma_y$: ボルトの降伏点強度であり、 $s \sigma_y = S_y$ とする。(N/mm²)

$s c a$: ボルト各部の最小断面積(mm²)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/mm²)

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積で、 $A_c = \pi \cdot l_{ce} (l_{ce} + D)$ とする。(mm²)

D : アンカーボルト本体の直径(mm)

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

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

(ロ) せん断力を受ける場合

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

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

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

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c \sigma_{qa} \cdot s_{ca}$$

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

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せん断荷重(N)

$s \sigma_{qa}$: ボルトのせん断強度で、 $s \sigma_{qa} = 0.7 \cdot s \sigma_y$ とする。(N/mm²)

s_{ca} : ボルトのコンクリート表面における断面積(mm²)

$c \sigma_{qa}$: 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/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数(N/mm²)

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

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

c : へりあき寸法(mm)

(ハ) 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。

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

ロ. 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 JEAG4601・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、JEAG4601・補-1984に基づく場合は、前記 f. (a), (b) の許容値に更に 20% の低減を行うものとする。

(イ) 引張力を受ける場合

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

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

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot {}_s\sigma_{pa} \cdot {}_{sc}a$$

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

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)

ϕ_1, ϕ_3 : 低減係数であり、以下の表に従う。

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_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/mm²)

${}_s\sigma_y$: ボルトの降伏点強度であり、 ${}_s\sigma_y = S_y$ とする。(N/mm²)

α_{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。

${}_{sc}a$: 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(mm²)

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 $\ell_{ce} = \ell_e - 2d_a$ とする。(mm)

ℓ_e : ボルトの有効埋込み深さ(mm)

τ_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/mm²)

ここで、

α_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 $\alpha_n = 0.5$

$\left(\frac{c_n}{\ell_e}\right) + 0.5$ とする。(n = 1, 2, 3) ただし、 $(c_n/\ell_e) \geq 1.0$ の場合は

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

τ_{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/mm²)

(ロ) せん断力を受ける場合

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

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

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

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

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

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)

ϕ_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/mm²)

$c \sigma_{qa}$: 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/mm²)

$c \sigma_t$: 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/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

A_{qc} : せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で $A_{qc} = 0.5 \pi c^2$ とする。 (mm²)

c : へりあき寸法 (mm)

また、ボルトの有効埋込み長さ ℓ_e が以下となるようにする。

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

(ハ) 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。

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

(3) 地盤

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

記号の説明

D：固定荷重

L：積載荷重

S_s ：基準地震動 S_s による地震力

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

S_B ：耐震Bクラスの施設に適用される静的地震力

S_C ：耐震Cクラスの施設に適用される静的地震力

第 3.1-2 表 重大事故等対処施設 荷重の組合せ及び許容限界

(1) 建物・構築物

	設備分類 施設区分*1	耐震 重要度*2	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	①, ②	Sクラス	$D+L+A+S_s$	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。
	③, ④	Bクラス	$D+L+S_B$	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。
	④	Cクラス	$D+L+S_C$	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

D : 固定荷重

L : 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 : 耐震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 : 耐震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等対処設備

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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

④: ③が設置される重大事故等対処施設

*2: 常設重大事故等対処設備の代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度

(2) 機器・配管系

記号の説明

D : 死荷重(自重)

P_d : 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 : 当該設備に設計上定められた機械的荷重

P_{SAD} : 重大事故等時の状態における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重

M_{SAD} : 重大事故等時の状態における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震力

S_B : Bクラスの施設に適用される地震力

S_C : Cクラスの施設に適用される地震力

S_y : 設計降伏点「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値

S_u : 設計引張強さ「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値

S_m : 設計応力強さ「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 1 に規定される値

S : 許容引張応力「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定される値

F : 「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)により規定される値

F^* : 「JSME S NC1」SSB-3121.3の規定により、SSB-3121.(1)a.における S_y 及び S_y (RT)を $1.2 S_y$ 及び $1.2 S_y$ (RT)に読み替えた値

f_t : 許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く。)に対して「JSME S NC1」SSB-3121.1により規定される値

ボルト等に対しては、「JSME S NC1」SSB-3131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「JSME S NC1」SSB-3121.1により規定される値

ボルト等に対しては、「JSME S NC1」SSB-3131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「JSME S NC1」SSB-3121.1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「JSME S NC1」SSB-3121.1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「JSME S NC1」SSB-3121.1により規定される値

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

上記の f_t , f_s , f_c , f_b , f_p の値を算出する際に「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)a.本文中「 S_y 」及び「 S_y (RT)」とあるのを「 $1.2 S_y$ 」及び「 $1.2 S_y$ (RT)」と読み替えて算出した値(「JSME S NC1」SSB-3121.3及びSSB-

3133)。ただし、支持構造物の上記 $f_t \sim f_p^*$ においては、「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)a の F 値は S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値。また、使用温度が 40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、 $1.35S_y$ 、 $0.7S_u$ 又は $S_y(\text{RT})$ のいずれか小さい方の値。なお、 $S_y(\text{RT})$ は 40°C における設計降伏点の値。

なお、上記において用いる値は、「V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針」における別紙「容器等の材料及び構造に関する設計方針」に定められた値を適用する。

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
「JSME S NC1」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
「JSME S NC1」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

a. 容器

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備

荷重の組合せ	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
$\frac{D+P_d+M_d+S_s}{M_d+S_s}$	0.6S _u	左欄の1.5倍の値	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2S _y 以下であれば疲労解析は不要。 ^{*2}	
$\frac{D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s}{S_s}$				

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計算式による。

*2：2S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、「JSME S NC1」PVB-3300(PVB-3313を除く。S_mは2/3S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

荷重の組合せ	許容限界	
	一次一般膜応力	一次応力
$D+P_d+M_d+S_B$	S _y と0.6S _u の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。	S _y ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。
$D+P_d+M_d+S_C$		

b. 配管系

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備

(配管)

	荷重の 組合せ	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+ 二次応力	一次+ 二次+ ヒーク応力
配管	$\frac{D+P_d+M_d+S_s}{}$	$0.6S_u^{*1}$	左欄の 1.5 倍の値	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 $2S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 ^{*2}	
	$\frac{D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s}{}$				

注記*1：軸力による全断面平均応力については、配管(ダクトを除く。)における S_y と $0.6S_u$ の小さい方 (ただし、ASS及びHNAについては S_y と $0.6S_u$ の小さい方の値と $1.2S$ との大きい方。)の許容値の 0.8 倍の値とする。

*2： $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、「JSME S NC1」PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5) (ただし、 S_m は $2/3 S_y$ と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(ダクト)

	荷重の 組合せ	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+ 二次応力	一次+ 二次+ ピーク応力
ダ ク ト	$\frac{D+P_d+}{M_d+S_s}$	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。	二	二	二
	$\frac{D+P_{SAD}}{+M_{SAD}+}$ S_s				

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される
重大事故等対処施設

(配管)

	荷重の 組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	二次応力
配管	$\frac{D + P_d + M_d}{+ S_B}$	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記 値と $1.2S$ との大きい方。*1	S_y ただし、ASS及びHNAについては上記 値と $1.2S$ との大きい方。
	$\frac{D + P_d + M_d}{+ S_C}$		

注記*：軸力による全断面平均応力については、Sクラスの配管(ダクトを除く。)にお
ける S_d との荷重の組合せの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

(ダクト)

	荷重の 組合せ	許容限界	
		一次一般膜応力	二次応力
ダクト	$\frac{D + P_d + M_d}{+ S_B}$	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。	二
	$\frac{D + P_d + M_d}{+ S_C}$		

c. ポンプ

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備

荷重の 組合せ	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
$\frac{D+P_d+M_d+S_s}{M_d+S_s}$	0.6S _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2S _y 以下であれば疲労解析は不要。*	
$\frac{D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s}{S_s}$				

注記* : 2S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、「JSME S NC1」PVB-3300(PVB-3313を除く。S_mは2/3S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

荷重の組合せ	許容限界	
	一次一般膜応力	一次応力 (<u>曲げ応力を含む。</u>)
$\frac{D+P_d+M_d+S_B}{M_d+S_B}$	S _y と0.6S _u の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。	S _y ただし、ASS及びHNAについては上記値と1.2Sとの大きい方。
$\frac{D+P_d+M_d+S_C}{M_d+S_C}$		

d. 弁 (弁箱)

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備

荷重の組合せ	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
$D + P_d + M_d + S_s$	=====*			
$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$				

注記* : 弁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、「JSME S NC1」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。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

荷重の組合せ	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
$D + P_d + M_d + S_B$	=====*			
$D + P_d + M_d + S_C$				

注記* : 弁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、「JSME S NC1」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。

e. 支持構造物

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備

荷重の組合せ	許容限界(ボルト等を除く。)*1,*2,*3										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			
$\frac{D + P_d + M_d + S}{s}$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$1.5f_c$	$1.5f_b$	$1.5f_v$					$1.5f_v$ ^{*8}			$1.5f_t$ (f_t)	$1.5f_s$ (f_s)	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
$\frac{D + P_{SAD} + M_{SAD}}{+ S_s}$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_v^*$	$3f_t$	$3f_s$	$3f_b$		$1.5f_b$ $1.5f_s$ 又は $1.5f_c$			$1.5f_t^*$ ($1.5f_t$)	$1.5f_s^*$ ($1.5f_s$)	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

注記 *1: 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2005 年日本建築学会)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: Sクラスで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: コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して()内の値を用いて応力評価を行う。

*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 $1.5f_s$ とする。

*7: 「JSME S NC1」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。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

荷重の組合せ	許容限界(ボルト等を除く。)*1,*2,*3										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	
$D + P_d + M_d + S_B$										*7 *8			$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
$D + P_d + M_d + S_C$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$1.5f_c$	$1.5f_b$	$1.5f_p$	$3f_t$	$3f_s$	$3f_b$	$1.5f_p$	$1.5f_b$ $1.5f_s$ 又は $1.5f_c$	$1.5f_t$ (f_t)	$1.5f_s$ (f_s)	

地震荷重のみによる
応力振幅について評
価する。

注記 *1: 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2005 年日本建築学会)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: S クラスで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: コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のゆらぎ等を考慮して()内の値を用いて応力評価を行う。

*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 $1.5f_s$ とする。

*7: 「JSME S NC1」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。

f. 埋込金物

重大事故等対処施設の設計に当たっては、第3-1表「f. 埋込金物」の荷重の組合せにおける $D + P_d + M_d + S_s$ を適用する。また、重大事故等時の状態における運転状態等を考慮する場合は、「 P_d 」を「 P_{SAD} 」に、「 M_d 」を「 M_{SAD} 」に読み替えて適用する。

(3) 地盤

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

記号の説明

D : 固定荷重

L : 積載荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震力

S_B : 耐震Bクラスの施設に適用される地震力

S_C : 耐震Cクラスの施設に適用される地震力

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等対処設備

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等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

④: ③が設置される重大事故等対処施設

*2: 常設重大事故等対処設備の代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度

第 3.1-3 表 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

施設	施設の配置	荷重	
		積雪荷重	風荷重
建物・構築物	屋外	○*1	○*2
機器・配管系	屋内	—	—
	屋外	○*1	○*2

注記 *1：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：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) 検討対象の施設・設備

施設	施設・設備	
	風荷重*1	積雪荷重*1
建物・構築物	<ul style="list-style-type: none"> ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 B)*2 ・<u>主排気筒</u> ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 A) ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A) ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(東ブロック) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(西ブロック) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(中央ブロック) ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A) ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外) ・飛来物防護板(前処理建屋安全蒸気系設置室)の耐震計算書 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 B) ・安全冷却水 B 冷却塔基礎 ・<u>前処理建屋</u> ・<u>分離建屋</u> ・<u>精製建屋</u> ・<u>ハル・エンドピース貯蔵建屋</u> ・<u>制御建屋</u> ・<u>緊急時対策建屋</u> ・<u>安全冷却水 A 冷却塔基礎</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋</u> ・<u>チャンネルボックス・バーナブル・ポイズン処理建屋</u> ・<u>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋</u> ・<u>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用安全冷却水系冷却塔 A 基礎</u> ・<u>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用安全冷却水系冷却塔 B 基礎</u> ・<u>重油タンク室(基礎)</u> ・<u>非常用電源建屋</u> ・<u>冷却塔 A, B 基礎</u> ・<u>燃料油貯蔵タンク基礎</u> ・<u>第1軽油貯槽(基礎)</u> ・<u>第2軽油貯槽(基礎)</u> ・<u>重油貯槽(基礎)</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋</u> ・<u>第1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟</u> ・<u>主排気筒</u> ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 A)

(つづき)

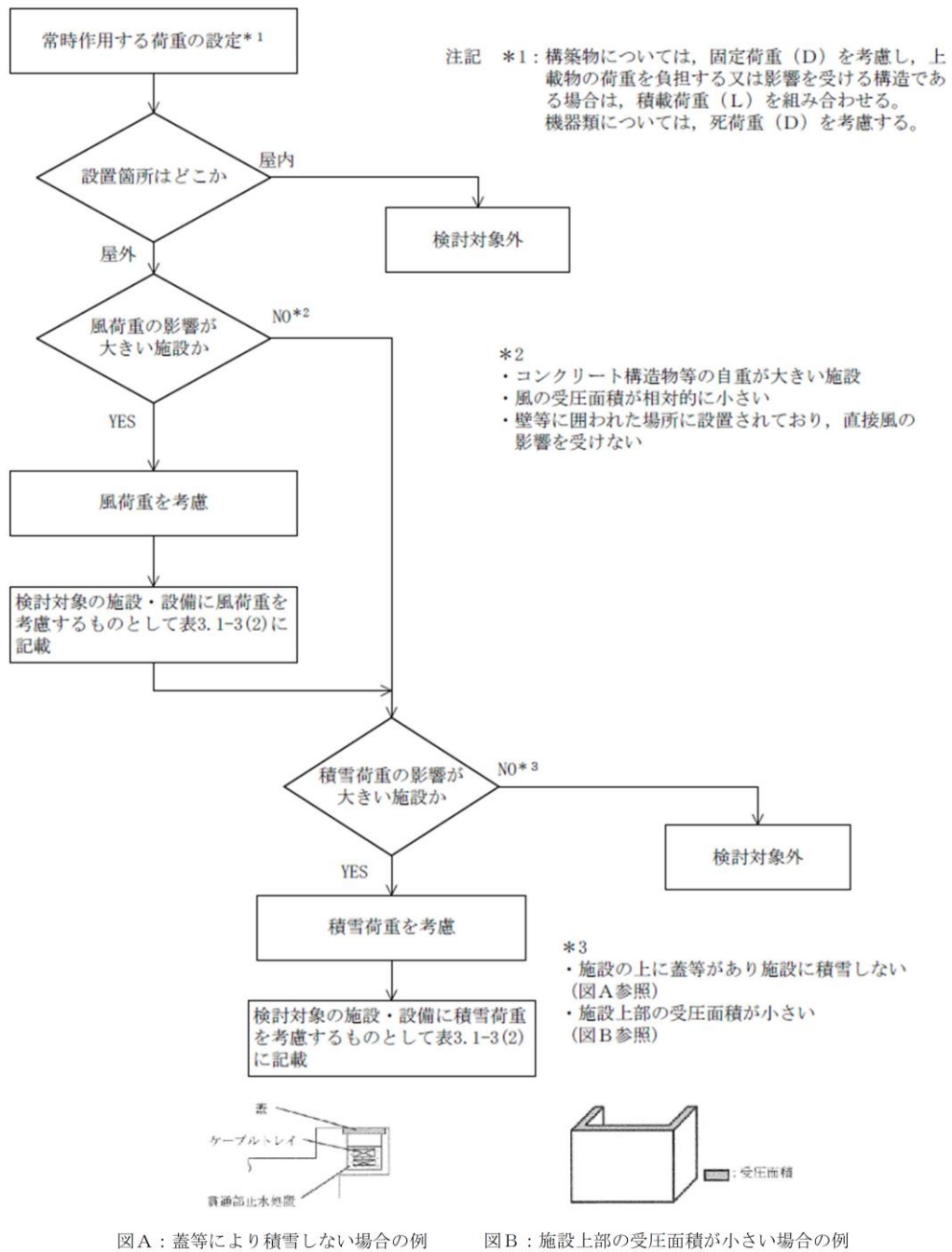
施設	施設・設備	
	風荷重 ^{*1}	積雪荷重 ^{*1}
建物・構築物	<ul style="list-style-type: none"> ・飛来物防護板(前処理建屋端子盤防護設備)の耐震計算書 ・北換気筒 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A) ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔B) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(東ブロック) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(西ブロック) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(中央ブロック) ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A) ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外) ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外) ・飛来物防護板(前処理建屋安全蒸気系設置室)の耐震計算書 ・飛来物防護板(前処理建屋端子盤防護設備)の耐震計算書 ・北換気筒

(つづき)

施設	施設・設備	
	風荷重 ^{*1}	積雪荷重 ^{*1}
機器・配管系	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>安全冷却水 A 冷却塔</u> ・ <u>安全冷却水 B 冷却塔</u> ・ <u>冷却塔 A, B</u> ・ <u>安全冷却水系冷却塔 A</u> ・ <u>安全冷却水系冷却塔 B</u> ・ <u>安全冷却水系膨張槽 A</u> ・ <u>安全冷却水系膨張槽 B</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>安全冷却水 A 冷却塔</u> ・ <u>安全冷却水 B 冷却塔</u> ・ <u>冷却塔 A, B</u> ・ <u>安全冷却水系冷却塔 A</u> ・ <u>安全冷却水系冷却塔 B</u> ・ <u>安全冷却水系膨張槽 A</u> ・ <u>安全冷却水系膨張槽 B</u>

注記 *1：組み合わせる荷重は、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づくものとし、積雪荷重については、六ヶ所村統計書における観測記録上の極値 190cm に、「建築基準法施行令」第八十二条に定めるところの建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せを適用して、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した積雪荷重を組み合わせる。また、風荷重については、「E の数値を算出する方法並びに V_D 及び風力係数を定める件」（平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号）に定められた六ヶ所村の基準風速 34m/s を用いて求める荷重を組み合わせる。

*2：風荷重の影響が大きいと考えられる鉄骨架構及びそれに類する構造物について、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：施設上部の受圧面積が小さい場合の例

第 3.1-1 図 積雪荷重及び風荷重設定フロー

3.2 変位, 変形の制限

再処理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ことが考えられる。

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

異なる施設間を渡る配管系の設計においては, 施設から生じる変位に対して, 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考慮する。

(2) 形状寸法管理に対する配慮

核的制限値の維持に必要な形状寸法管理を行う設備及び複数の機器間の面間距離を核的制限値として設定している設備のうち地震時において発生する変位及び変形を制限する必要がある設備は, これを配慮した設計とする。本方針については「IV-1-1-13 地震時の臨界安全性検討方針」にて説明する。

4. 機能維持

(1) 建物・構築物

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1) 建物・構築物」の考え方にに基づき, 建物・構築物における機能維持の方針を以下に示す。

a. 安全機能を有する施設

(a) 閉じ込め機能の維持

閉じ込め機能の維持が要求される施設は, 「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(a) 閉じ込め機能の維持」の考え方にに基づき, 地震時及び地震後において, 放射性物質を限定された区域に閉じ込めるため, 安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して, 「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで, 閉じ込め機能が維持できる設計とする。

閉じ込め機能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, 地震時及び地震後において, 放射性物質が漏えいした場合にその影響の拡大を防止するため, 閉じ込め機能の維持が要求される壁及び床が安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して構造強度を確保することで閉じ込め機能が維持できる設計とする。

また, 閉じ込め機能が要求される壁・床・天井に設置する扉及びハッチ等は, ク

クリアランスにより壁・床・天井の変形に追従が可能な構造とするため、建物・構築物の構造強度を満足することで、閉じ込め機能を確保できる。

(b) 火災防護機能の維持

火災防護機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(b) 火災防護機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、火災の影響を軽減するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、火災防護機能が維持できる設計とする。

(c) 遮蔽機能の維持

遮蔽機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(c) 遮蔽機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、再処理施設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、安全機能を有する施設の耐震重要度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、遮蔽機能が維持できる設計とする。

遮蔽機能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、安全機能を有する施設の耐震重要度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、ひび割れがほぼ閉塞し、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、遮蔽機能が維持できる設計とする。

また、遮蔽機能が要求される壁・床・天井に設置する扉及びハッチ等は、クリアランスにより壁・床・天井の変形に追従が可能な構造とするため、建物・構築物の構造強度を満足することで、遮蔽機能を確保できる。なお、扉及びハッチ等は線源を直接見通せないよう段付きの構造とすることで、建屋躯体に変形が生じたとしても、クリアランスからの放射線の漏えいを防止し、遮蔽機能を確保できる。

(d) 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を間接的に支持する機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(d) 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、被支持設備が安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して、以下に示すとおり、支持機能が維持できる設計とする。

イ. 建物・構築物(土木構造物以外)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。

ロ. 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(層間変形角 1/100)又は終局曲率、せん断についてはせん断耐力を許容限界とする。なお、限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力の許容限界に対しては妥当な安全余裕をもたせることとする。

その他の土木構造物については、安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

(e) 地下水排水機能の維持

地下水排水機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(e) 地下水排水機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、建物・構築物の周囲の地下水を排水するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、地下水排水機能が維持できる設計とする。

地下水排水機能の維持が要求される施設である地下水排水設備(サブドレン管、集水管、サブドレンピット及びサブドレンシャフト)については、耐震設計において地下水位の低下を期待する建物・構築物の周囲の地下水を排水するため、基準地

震動 S_s による地震力に対して機能が維持できる設計とする。

(f) 廃棄機能の維持

廃棄機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(f) 廃棄機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、気体廃棄物を排気筒より廃棄する又は固体廃棄物を保管廃棄するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、廃棄機能が維持できる設計とする。

(g) 飛来物防護機能の維持

飛来物防護機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)a.(g) 飛来物防護機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、設計竜巻によって発生する設計飛来物による竜巻防護対象施設への影響を防止するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、飛来物防護機能が維持できる設計とする。

b. 重大事故等対処施設

(a) 遮蔽機能の維持

遮蔽機能の維持が要求される施設は、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4.(1)a.(c) 遮蔽機能の維持」と同様の設計を行うことで、遮蔽機能が維持できる設計とする。

(b) 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)b.(b) 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、居住性の確保のため、事故時に放射性気体の流入を防ぐことを目的として、重大事故等対処施設の設備分類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の換気機能とあいまって、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が維持できる設計とする。

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、重大事故等対処施設の設備分類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留まることを基本とする。その状態に留まらない場合は、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することで必要な気密性が維持でき

る設計とする。

(c) 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を間接的に支持する機能の維持が要求される施設は、被支持設備の重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4. (1) a. (d) 支持機能の維持」と同様の設計を行うことで、支持機能を維持する設計とする。

(d) 操作場所及びアクセスルートの保持機能の維持

操作場所及びアクセスルートの保持機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)b. (d) 操作場所及びアクセスルートの保持機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、地震を要因として発生する重大事故等に対処するために必要となる操作場所及びアクセスルートを保持するため、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、操作場所及びアクセスルートの保持機能が維持できる設計とする。

操作場所及びアクセスルートの保持機能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、耐震壁のせん断ひずみの許容限界を満足することで、操作場所及びアクセスルートの保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ことで健全性が確保されており、操作場所及びアクセスルートの保持機能を確保できる。

(e) 地下水排水機能の維持

地下水排水機能の維持が要求される施設は、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4. (1) a. (e) 地下水排水機能の維持」と同様の設計を行うことで、地下水排水機能が維持できる設計とする。

(f) 貯水機能の維持

貯水機能の維持が要求される施設は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(1)b. (f) 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、重大事故等への対処に必要な水を確保するため、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震力に対して、「3.1 構造強度上の制限」に基づく構造強度を確保することで、貯水機能が維持できる設計とする。

貯水機能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、貯水機能の維持が要求される壁及び床が、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地

震動に対して、おおむね弾性状態に留まることを基本とする。

(2) 機器・配管系

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(2) 機器・配管系」の考え方に基
づき、機器・配管系における機能維持の方針を以下に示す。

a. 安全機能を有する施設

(a) 動的機能維持

動的機能が要求される設備は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち
「5.2(2)a.(a) 動的機能維持」の考え方に基づき、地震時及び地震後において、
その設備に要求される安全機能を維持するため、安全機能を有する施設の耐震重
要度に応じた地震動に対して、その機能種別により回転機器及び弁について、以下
の方法により機能維持を満足する設計とする。

イ. 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、安全機能を有する施設の耐震重要度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。)以下であること又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 of 動的機能確認済
加速度(JEAG4601)を第4-1表に示す。

第4-1表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。

(イ) 回転機器(ポンプ、ブロワ類)

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。

i. 計算による機能維持の評価

静的又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。

ii. 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。

(ロ) 弁

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。

i. 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。

(i) 配管系の解析により，弁の最大加速度を求める。

(ii) 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って，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。

ii. 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。

第 4-1 表 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*1	
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)		
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	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
	軸流式ファン				2.4
冷凍機	ターボ式冷凍機	圧縮機軸受部	2.2	1.0	
	スクリュー式冷凍機	圧縮機部	2.25		
	往復動式冷凍機	シリンダ部	1.9		
非常用 ディーゼル 発電機	高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		
	中速形ディーゼル機関(1)	機関重心位置	1.1		
		ガバナ取付位置	1.8*1		
	中速形ディーゼル機関(2)	機関重心位置	1.7*1		
		ガバナ取付位置	1.8*1		
制御用 空気圧縮機	V形2気筒圧縮機	シリンダ部	2.2	1.0	
	立形単気筒圧縮機				
弁	一般弁	駆動部	6.0	6.0	
	一般弁(逆止弁)				
	ゴムダイヤフラム弁		2.7		
ダンパ	空気作動式ダンパ	ケーシング重心位置	3.6	1.0	
		ベーン取付位置	5.0		
	電動式ダンパ	ケーシング重心位置	3.2		
		ベーン取付位置	3.5		
ブロワ	ルーツ式ブロワ	軸シール (メカニカル)	2.3	1.0	
		軸シール (オイル)	1.2*2	1.0	

(参考文献)

*1 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)」

*2 「ルーツブロワの地震時の動的機能維持評価に関する研究」平成6年12月(軸シール(オイル))

(b) 電氣的機能維持

電氣的機能が要求される設備は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(2)a.(b) 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、その設備に要求される安全機能を維持するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動による応答加速度が各々の盤、器具等に対する加振試験等により機能維持を確認した加速度(以下「電氣的機能確認済加速度」という。)以下であること又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。又は、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。

(c) 閉じ込め機能の維持

閉じ込め機能の維持が要求される設備のうち、グローブボックスは、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5.2(2)a.(c) 閉じ込め機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、グローブボックスに要求される安全機能を維持するため、安全機能を有する施設の耐震重要度に応じた地震動による応答加速度が樹脂製パネル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又は解析により、機能維持を満足する設計とする。

b. 重大事故等対処施設

(a) 動的機能維持

動的機能が要求される設備は、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4.(2)a.(a) 動的機能維持」と同様の設計を行うことで、機能維持を満足する設計とする。

(b) 電氣的機能維持

電氣的機能が要求される設備は、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4.(2)a.(b) 電氣的機能維持」と同様の設計を行うことで、機能維持を満足する設計とする。

(c) 閉じ込め機能の維持

閉じ込め機能の維持が要求される設備のうち、グローブボックスは、重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、「4.(2)a.(c) 閉じ込め機能の維持」と同様の設計を行うことで、機能維持を満足する設計とする。

IV－1－1－9

構造計画，材料選択上の留意点

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-9 構造計画, 材料選択上の留意点」から, 今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

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

1. 概要

再処理施設は、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耐えるように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、「IV-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

再処理施設の主要建屋は、主体構造が鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物である。

構造方式としては、壁構造とし、その床及び壁体は機器の配置を考慮しながらつとめて剛構造体となるよう配置し、鉛直荷重がスムーズに基礎に伝達されるように配慮し構造壁の有効性を高める。

内外壁は放射線遮蔽壁としての機能を要求されることが多く、そのために壁厚も厚く、地震時水平力はこの壁で分担する。

床スラブも壁同様、放射線遮蔽上の考慮と建屋の耐震一体構造化の配慮から厚くするため、このスラブの剛性は大きくなっている。

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限り小さくなるように壁の配置及び壁厚を定め、ダクティリティを確保するために最も重要なせん断に対する耐力を増加させるよう十分な配筋を行う。

基礎はべた基礎で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。

また、耐震設計において地下水位の低下を期待する建物・構築物は、周囲の地下水を排水し、基礎スラブ底面レベル以深に地下水位を維持できるように地下水排水設備(サブドレンポンプ、水位検出器等)を設置する。

再処理施設の構築物(屋外機械基礎を除く)は、主体構造がラーメン構造やトラス構造の鉄骨造であり、基礎は直接基礎又は杭基礎とし、岩盤又は建屋に支持させる。

なお、転倒モーメントの低減等の対策を講じる必要がある場合は、制振効果を持つ

座屈拘束ブレースやオイルダンパーを付加した制振構造とする。

座屈拘束ブレースは、ブレース材として働く中心鋼材を鋼管とコンクリート(モルタル)で拘束し、座屈させずに安定的に塑性化するようにしたブレースである。

オイルダンパーは、シリンダー内に設けた油の流体抵抗を利用し、安定的にエネルギー吸収をするようにした部材である。

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、以下の点に注意する。

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。

また、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解析を行い、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 JASS 5N 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「JASS 5N」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。

(1) 鉄筋コンクリート材料についての例

a. セメント

セメントは「JASS 5N」の規定による。

b. 骨材

使用する骨材の品質、粒形、大きさ、粒度等は「JASS 5N」の規定による。

c. 水

コンクリートの練混ぜに使用する水は「JASS 5N」の規定による。

d. 混和材

コンクリートに用いる混和材料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。これらの混和材料は「JASS 5N」の規定による。

e. 鉄筋

鉄筋は「JIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)」に適合するものを使用する。

(2) 鉄骨材料についての例

使用する鉄骨は「建築基準法第68条の25第1項」及び「JIS」に適合するものを使用する。また、鉄骨の内、座屈拘束ブレースは(財)日本建築センターが発行する「認定書(工法等)」にて保証されているものを使用する。

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501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)、JSME S NC1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(この2つを総称して「フェライト鋼」と呼ぶ。)、オーステナイト系ステンレス鋼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。

確認に当たって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) 素材として優れた特性を有するとともに、溶接施工及び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。
- (4) 溶接材料は、溶接継手部が母材と同等の性能が得られるよう選定する。
- (5) 冷却材等に対する耐食性の良い材料を使用する。

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、通常時の荷重に対してのみならず、地震時荷重等のように短時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 制定)」等があり、これらの規格・基準に準拠する。

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、JSME S NC1, 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。
- (2) 延性破壊又は疲労破壊が生じないように「IV-1-1-8 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、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「JASS 5N」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以下に示す。

(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
配筋が設計図書及び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
規定及び仕様書どおり打込み及び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、JSME S NC1, 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
素材及び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
素材及び溶接部の試験片による強度、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及び据付けが行われていることを確認する。
- (4) 保守・点検
据付け後も定期事業者検査等必要な管理を行う。

IV-1-1-10
機器の耐震支持方針

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「Ⅳ-1-1-10 機器の耐震支持方針」に同じである。

IV－1－1－11

配管系の耐震支持方針

IV－1－1－11－1 配管の耐震支持方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 配管の耐震支持方針	1
1.1 概要	1
1.2 配管の設計手順	1
1.2.1 基本原則	1
1.2.2 配管及び支持構造物の設計手順	1
1.3 配管の設計	4
1.3.1 基本方針	4
1.3.1.1 重要度による設計方針	4
1.3.1.2 配管の設計において考慮すべき事項	8
1.3.2 多質点系はりモデルを用いた評価方法	10
1.3.3 標準支持間隔を用いた評価方法	10
1.3.3.1 直管部の支持間隔	11
1.3.3.1.1 解析モデル	11
1.3.3.1.2 解析方法	11
1.3.3.1.3 解析条件	12
1.3.3.1.4 解析結果及び支持方針	14
1.3.3.2 曲がり部の支持間隔	15
1.3.3.2.1 解析モデル	15
1.3.3.2.2 解析条件及び解析方法	15
1.3.3.2.3 解析結果及び支持方針	16
1.3.3.3 集中質量部の支持間隔	18
1.3.3.3.1 解析モデル	18
1.3.3.3.2 解析条件及び解析方法	18
1.3.3.3.3 解析結果及び支持方針	19
1.3.3.4 分岐部の支持間隔	21
1.3.3.4.1 解析モデル	21
1.3.3.4.2 解析条件及び解析方法	21
1.3.3.4.3 解析結果及び支持方針	22
1.3.3.5 Z形部の支持間隔	24
1.3.3.5.1 解析モデル	24
1.3.3.5.2 解析条件及び解析方法	24
1.3.3.5.3 解析結果及び支持方針	25

1.3.3.6	門形部の支持間隔	28
1.3.3.6.1	解析モデル	28
1.3.3.6.2	解析条件及び解析方法	28
1.3.3.6.3	解析結果及び支持方針	29
1.3.3.7	分岐+曲がり部の支持間隔	30
1.3.3.7.1	解析モデル	30
1.3.3.7.2	解析条件及び解析方法	31
1.3.3.7.3	解析結果及び支持方針	31
1.3.3.8	支持点の設定方法	33
1.3.3.8.1	直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔	33
1.3.3.8.2	各要素の評価方向	33
1.3.3.8.3	支持点の設定方法及び手順	34
1.3.3.9	支持点を設定する上での考慮事項	41
1.3.3.9.1	分岐部	41
1.3.3.9.2	機器との接続部	42
1.3.3.9.3	建物・構築物の相対変位	42
1.3.3.9.4	弁	43
1.3.3.9.5	建屋階層	43
1.3.3.10	設計上の処置方法	43
2.	支持構造物の設計	44
2.1	概要	44
2.2	設計の基本方針	44
2.2.1	設計方針	44
2.2.2	荷重条件	44
2.2.3	種類及び選定	49
2.2.4	支持構造物の設計において考慮すべき事項	53
2.3	支持装置の設計	53
2.3.1	概要	53
2.3.2	支持装置の選定	53
2.3.3	支持装置の使用材料	58
2.3.4	支持装置の強度及び耐震評価方法	58
2.3.4.1	定格荷重	58
2.3.4.2	支持装置の強度計算式	58
2.3.4.2.1	記号の定義	58
2.3.4.2.2	強度計算式	68

2.4	支持架構及び付属部品の設計	100
2.4.1	概要	100
2.4.2	設計方針	101
2.4.3	荷重条件	101
2.4.4	種類及び選定	101
2.4.5	支持架構及び付属部品の選定	104
2.4.6	支持架構及び付属部品の使用材料	111
2.4.7	支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法	111
2.5	埋込金物の設計	132
2.5.1	概要	132
2.5.2	埋込金物の設計	134
2.5.3	基礎の設計	134
2.5.4	埋込金物の選定	134
2.5.5	埋込金物の強度及び耐震評価方法	136
3.	耐震評価結果	144
3.1	支持構造物の耐震評価結果	144
3.2	支持構造物の基本形状の耐震計算結果	213
3.2.1	支持構造物の耐震計算結果	213
3.2.2	個別の処置方法	213
4.	その他の考慮事項	229

1. 配管の耐震支持方針

1.1 概要

本方針は、「IV-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」に基づき、再処理施設の配管及びトレイ構造の漏えい液受皿（以下「配管」という。）並びに標準化された支持構造物を用いた設計について、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。

1.2 配管の設計手順

1.2.1 基本原則

配管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・構築物との共振を防止する。
- (3) 架台はり、内部鉄骨及びその他の設備から支持する場合は、支持部剛性、支持構造物の剛性を連成して設計する。なお、剛ではない設備から支持構造物を支持する場合、配管は共振を避けるため剛性を十分に確保した設計とする。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 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必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (8) 地震時の建屋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。
- (9) 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。

1.2.2 配管及び支持構造物の設計手順

配管経路は建屋形状、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、配管の熱膨張による変位の吸収、耐震設計上の重要度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。

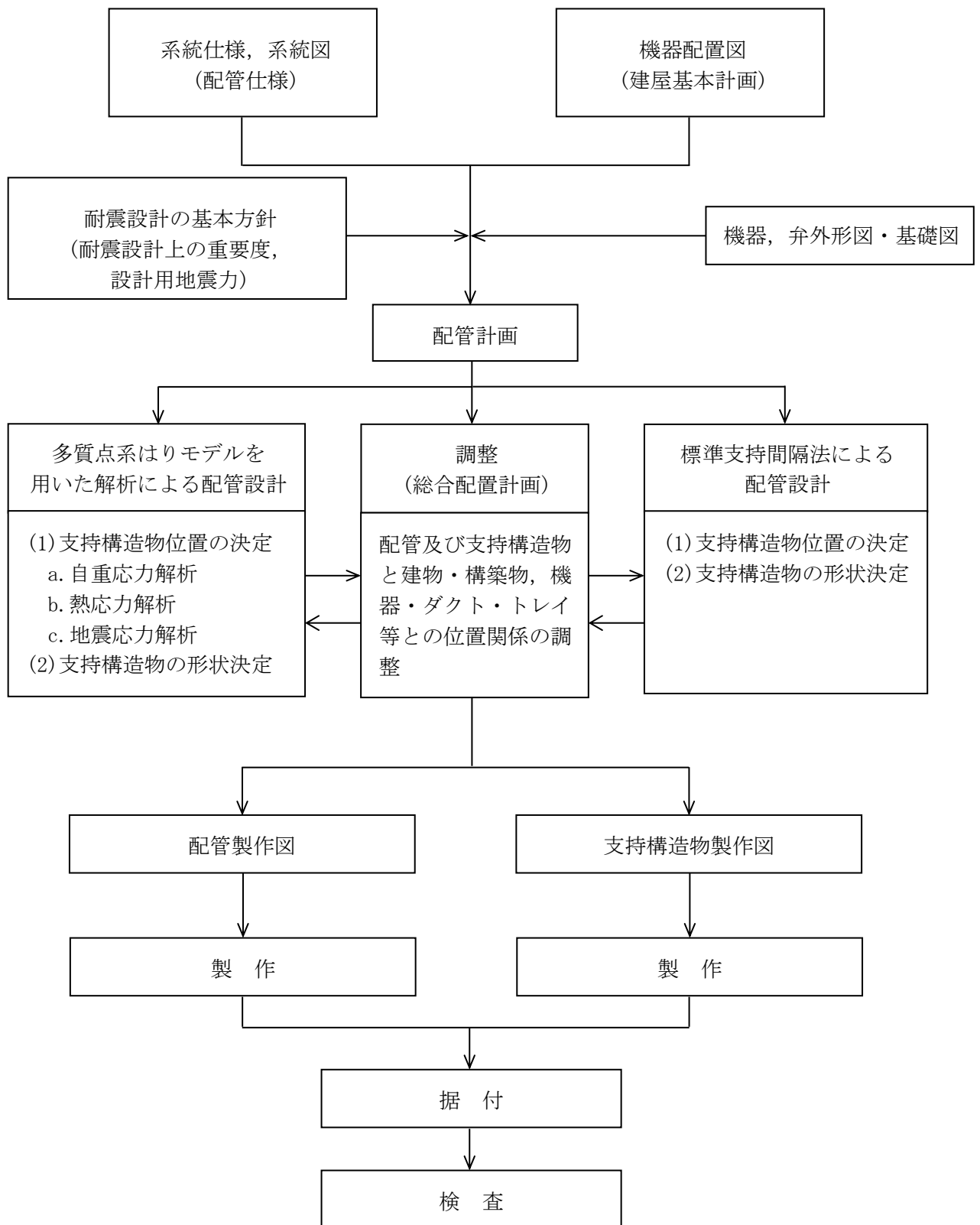
地震による建屋間等相対変位を考慮する必要のある場所に配置されるものにつ

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、多質点系はりモデル(3次元はりモデル)による解析又は標準支持間隔法により配管及び支持構造物の設計を行う。

支持構造物は、標準化された製品の中から、配管から受ける荷重に対して十分な強度があるものを選定する。

設計手順を第1.2.2-1図に示す。



第1.2.2-1図 配管支持構造物設計フロー

1.3 配管の設計

1.3.1 基本方針

1.3.1.1 重要度による設計方針

配管は設備の重要度，口径及び最高使用温度により，第1.3.1.1-1表のように分類して設計を行う。ただし，第1.3.1.1-1表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。また，設計及び工事の計画の申請範囲における解析方法の適用範囲を第1.3.1.1-2表に示す。

第1.3.1.1-1表 配管の重要度による解析方法

耐震重要度	配管分類		多質点系はりモデルを用いた評価方法*1	標準支持間隔を用いた評価方法*3
	口径	最高使用温度		
S*4	100A以上	151℃以上	○*2	—
		151℃未満	—	○
	80A以下	151℃以上	—	○
		151℃未満	—	○
B*5	100A以上	151℃以上	—	○
		151℃未満	—	○
	80A以下	151℃以上	—	○
		151℃未満	—	○
C*6	100A以上	151℃以上	—	○
		151℃未満	—	○
	80A以下	151℃以上	—	○
		151℃未満	—	○

記号○印：原則として適用する解析方法

注記 *1：耐震重要度Sクラス及びBクラスの配管で多質点系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、代表計算にて確認を行う場合には、配管の仕様条件が同等であることを確認した上で確認する。

*3：標準支持間隔法は、多質点系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等対処設備を含む。

*5：重大事故等時に耐震Bクラス設備の機能を代替する常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備を含む。

*6：重大事故等時に耐震Cクラス設備の機能を代替する常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備を含む。

第1.3.1.1-2表 解析方法の適用範囲(1/3)

施設区分	設備又は系	多質点系はりモデルを用いた評価方法	標準支持間隔を用いた評価方法
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	プール水冷却系	○	○
	補給水設備	○	○
	漏えい抑制設備	—	○
再処理設備本体	溶解設備	○	○
	清澄・計量設備	—	○
	代替可溶性中性子吸収材緊急供給系	○	○
	重大事故時可溶性中性子吸収材供給系	—	○
	分離設備	—	○
	分配設備	○	○
	分離建屋一時貯留処理設備	—	○
	プルトニウム精製設備	○	○
	精製建屋一時貯留処理設備	—	○
	溶液系	—	○
	ウラン・プルトニウム混合脱硝系	—	○
	第1酸回収系	—	○
	第2酸回収系	○	○
	分離・分配系	—	○
計測制御系統施設	計測制御設備	—	○
放射性廃棄物の廃棄施設	せん断処理・溶解廃ガス処理設備	○	○
	前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備	○	○
	塔槽類廃ガス処理系	○	○
	パルセータ廃ガス処理系	—	○
	塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）	○	○

第1.3.1.1-2表 解析方法の適用範囲(2/3)

施設区分	設備又は系	多質点系はりモデルを用いた評価方法	標準支持間隔を用いた評価方法
放射性廃棄物の廃棄施設	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○
	高レベル濃縮廃液廃ガス処理系	○	○
	不溶解残渣廃液廃ガス処理系	○	○
	高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備	○	○
	前処理建屋排気系	—	○
	分離建屋排気系	—	○
	精製建屋排気系	—	○
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋排気系	—	○
	高レベル廃液ガラス固化建屋給気系	○	○
	高レベル廃液ガラス固化建屋排気系	○	○
	代替換気設備	—	○
	廃ガス貯留設備	—	○
	高レベル廃液濃縮系	○	○
	アルカリ廃液濃縮系	—	○
	高レベル濃縮廃液貯蔵系	—	○
	不溶解残渣廃液貯蔵系	—	○
	アルカリ濃縮廃液貯蔵系	—	○
	共用貯蔵系	—	○
	高レベル廃液ガラス固化設備	○	○
	放射線管理施設	排気モニタリング設備	—
その他再処理設備の附属施設	一般圧縮空気系	—	○

第1.3.1.1-2表 解析方法の適用範囲(3/3)

施設区分	設備又は系	多質点系はりモデルを用いた評価方法	標準支持間隔を用いた評価方法
その他再処理設備の附属施設	安全圧縮空気系	—	○
	代替安全圧縮空気系	—	○
	臨界事故時水素掃気系	—	○
	給水処理設備	—	○
	一般冷却水系	—	○
	安全冷却水系	○	○
	代替安全冷却水系	—	○
	安全蒸気系	—	○
	分析設備	—	○
	化学薬品貯蔵供給系	—	○
	緊急時対策建屋換気設備	—	○
	緊急時対策建屋電源設備	—	○

配管の耐震評価は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルである。標準支持間隔を用いた評価方法又は多質点系はりモデルを用いた評価方法を適用して行う。

本基本方針では、標準支持間隔を用いた評価方法に適用する計算式を示し、多質点系はりモデルを用いた評価方法に適用する計算式については「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」及び「IV-1-3-2-3 多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の耐震計算書作成の基本方針」に示す。

1.3.1.2 配管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、原則大口径配管の近傍を支持する。ただし、大口径配管の熱膨張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) 異なる建屋，構築物間を結ぶ配管
異なる建屋，構築物間を結ぶ配管については，建屋，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又はフレキシブルジョイントを設ける等の配慮を行い，過大な応力を発生させない設計とする。
- (4) 弁
配管の途中に弁等の集中荷重がかかる部分については，この集中荷重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荷重を考慮して，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，発生応力が配管より小さくなるよう配管よりも厚肉構造とする。
- (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し，建屋内配管と同様の耐震設計とする。
- (6) 振動
配管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。
- (7) 耐震重要度が異なる配管との接続部
耐震重要度Sクラス又はBクラスの配管について，それぞれ下位のクラスに属する配管と弁等を境界として接続され，境界となる弁等が耐震支持されていない場合には，その影響を考慮し原則として境界以降第一番目の耐震上有効な軸直角方向拘束点までを耐震重要度Sクラス又はBクラスの配管と同様に扱い設計を行う。
- (8) 高温配管
最高使用温度が151℃以上であり，口径が100A以上の配管は，熱膨張による応力を低減するために一般に柔に設計する必要がある。また，耐震上の要求からは，剛に設計する必要がある。したがって，配管設計は双方の均衡をとった設計とする必要があり，支持位置及び支持条件を決めるに当たっては，原則として次のような事項を考慮し，地震及び熱膨張による応力の制限を満足する設計を行う。
- a. 自重を支持するために，あるいは耐震上剛性を高めるために，配管を拘束する場合には，配管の熱膨張による変位が少ない箇所にアンカサポート又はレストレイント等を設けるものとする。
 - b. 配管の熱膨張による変位がある特定の方向に大きい場合であって，その他の方向に上記a.と同じ理由によって拘束する必要がある場合は，熱膨張による変位方向を拘束せず，目的とする方向を拘束するガイド等を設けるものとする。

- c. 熱膨張による鉛直方向変位が大きい箇所で、配管の自重を支持する必要がある場合は、スプリングハンガを用いる。
- d. 熱膨張による変位が大きい方向を、耐震上の要求から拘束する場合はスナバを用いる。

1.3.2 多質点系はりモデルを用いた評価方法

多質点系はりモデルを用いた評価方法では、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。

その一例を以下に示す。

はじめに仮のアンカサポート、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サポート、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。次に、地震応力解析を行い、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バの追加により、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。この際、自重応力の確認もあわせて実施し、必要に応じてハンガの追加を検討する。

1.3.3 標準支持間隔を用いた評価方法

標準支持間隔法による配管の耐震計算は、配管を直管部、曲がり部、集中質量部、分岐部、Z形部、門形部及び分岐+曲がり部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。

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

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

配管の曲がり部、集中質量部、分岐部、Z形部、門形部及び分岐+曲がり部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。配管の曲がり部、集中質量部、分岐部、Z形部、門形部及び分岐+曲がり部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性を確保する。

多質点系はりモデルを用いた評価方法では、これらの部位に対しては応力係数を考慮しているが、標準支持間隔法では支持間隔比を考慮することにより、多質点系はりモデルを用いた評価方法より保守的な評価となるようにする。

複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界とな

るサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔をすべて抽出した上で、最も短いものを適用して評価を行う。

剛ではない設備のうち、グローブボックスに設置されるグローブボックス内配管については、配管が剛となるように支持間隔を設定し、共振しない設計とする。

セル、グローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を有する施設のうち二重配管については、標準支持間隔法を適用して設計を行う。標準支持間隔法の適用に当たっては、原則、外側の管(以下「外管」という。)及び内側の管(以下「内管」という。)の支持点を同一とし、内管と外管それぞれの支持間隔を算出した上で、双方の支持間隔のうち短い支持間隔を用いる。ただし、同一の支持点ではない場合は、「1.3.3.10 設計上の処置方法」に応じた設計を行う。この際、標準支持間隔法を用いる場合には、配管が剛となるように支持間隔を設定し、内管と外管が共振しない設計とする。

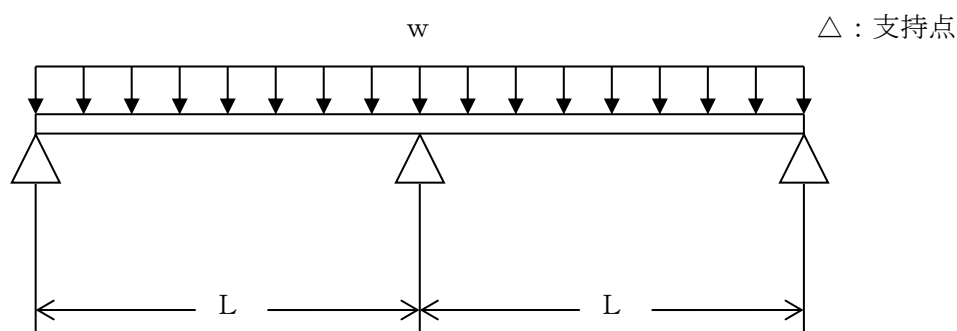
ここでは、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部、分岐部、Z形部、門形部及び分岐+曲がり部の支持間隔を基に配管に支持点を設定する場合の例を示す。

その他、標準支持間隔法により配管を設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

1.3.3.1 直管部の支持間隔

1.3.3.1.1 解析モデル

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



L : 直管部標準支持間隔

w : 単位長さ当たり重量

1.3.3.1.2 解析方法

解析モデルに対して、解析コードを用いて設計用地震力による応力を

算定するとともに、内圧及び自重の影響を考慮して、直管部の標準支持間隔を求める。

なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、「IV-6 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

1.3.3.1.3 解析条件

(1) 設計用地震力

「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「4.2 設計用地震力」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。

また、設計用床応答曲線は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

なお、設計用床応答曲線は、安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととする。

(2) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる設計用減衰定数は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に示す設計用減衰定数を適用する。

なお、適用に当たり配管系の支持点間隔は以下の条件を満たすよう配慮することとする。

$$\begin{aligned} & \text{配管系全長}/(\text{配管区分ごとに定められた支持具の支持点数}) \\ & \leq 15(\text{m}/\text{支持点}) \end{aligned}$$

ここで、支持点とは支持具が取り付けられている配管節点をいい、複数の支持具が取り付けられている場合も1支持点とする。

(3) 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとする。階層の区分は、本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故等対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。

(4) 配管重量

配管の重量は、配管自体の重量及び内部流体の重量を合計した値とする。さらに、保温材の付く配管については、その重量を考慮する。

直管部標準支持間隔を算出する配管の単位長さ当たり重量を、本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故等対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。

(5) 配管応力

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

なお、応力評価に当たっては、突合せ、すみ肉の溶接部ごと及び直管部、曲げ部、分岐部の形状変化部位ごとにJSME S NC1 PPC-3810に基づき算出した応力係数を考慮する。

応力係数の考慮の仕方として、曲げ部及び分岐部に対しては、直管部の標準支持間隔法で算出した応力を超えないよう溶接部及び形状変化部の両方の応力係数を満足する支持間隔グラフを作成する。直管部の応力係数としては、施工方法又は部品を標準的に用いることで溶接有無に関わらず、応力が同等となるよう考慮する。

$$S_{p r m} = P D_0 / 4 t + 0.75 i_1 (M_a + M_b) / Z$$

ここで、

$S_{p r m}$: 一次応力 (MPa)

P : 地震と組合せるべき運転状態における圧力 (MPa)

D_0 : 管の外径 (mm)

t : 管の厚さ (mm)

i_1 : 応力係数

M_a : 管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る) により生ずるモーメント (N・mm)

M_b : 管の機械的荷重 (地震を含めた短期的荷重) により生ずるモーメント (N・mm)

Z : 管の断面係数 (mm³)

許容応力については、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」に基づき算定する。

(6) 配管系の振動数

支持構造物を含めた配管系の固有振動数は、配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とする。

配管系の固有周期は、支持構造物を含めて算出し、配管の固有周期については次式で示す。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E I g}{w}}$$

ここで、

T : 固有周期 (s)

f : 固有振動数 (Hz)

λ : 振動数係数 (—)

π : 円周率 (—)

L : 標準支持間隔 (mm)

E : 縦弾性係数 (MPa)

I : 断面2次モーメント (mm⁴)

g : 重力加速度 (mm/s²)

w : 単位長さ当たり重量 (N/mm)

1.3.3.1.4 解析結果及び支持方針

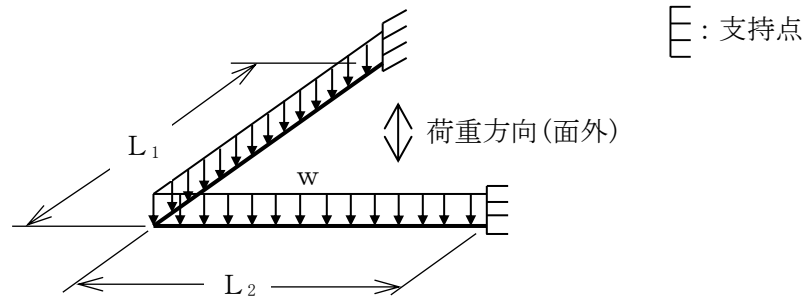
解析結果を本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故等対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。ただし、常設耐震重要重大事故等対処設備の標準支持間隔については、温度・圧力の評価条件がSクラス施設に包絡される場合、別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」によることとする。配管の直管部は、標準支持間隔以内で支持する。

なお、直管部に異径の配管が混在する場合は、最も短くなる標準支持間隔にて当該直管部を支持するものとする。

1.3.3.2 曲がり部の支持間隔

1.3.3.2.1 解析モデル

配管の曲がり部は、下図に示すようにピン結合両端固定の等分布荷重の連続はりにモデル化する。



L_1, L_2 : 曲がり部から支持点までの長さ

L_E : 曲がり部支持間隔 ($L_E = L_1 + L_2$)

w : 単位長さ当たり重量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

1.3.3.2.2 解析条件及び解析方法

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

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

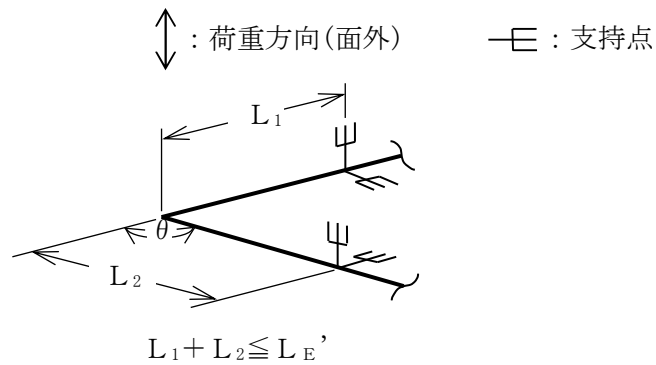
ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_1, L_E は「1.3.3.2.1 解析モデル」、 L_E' は「1.3.3.2.3 解析結果及び支持方針」参照。

- (5) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.2.3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

1.3.3.2.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第1.3.3.2.3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、曲がり部をはさむ支持点間距離を直管部標準支持間隔に対する比として示すものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、異径の配管が混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。



$L_{E'}$ は、 L_0 (直管部標準支持間隔)に、

第 1.3.3.2.3-1 図 「曲がり部支持間隔グラフ」よ

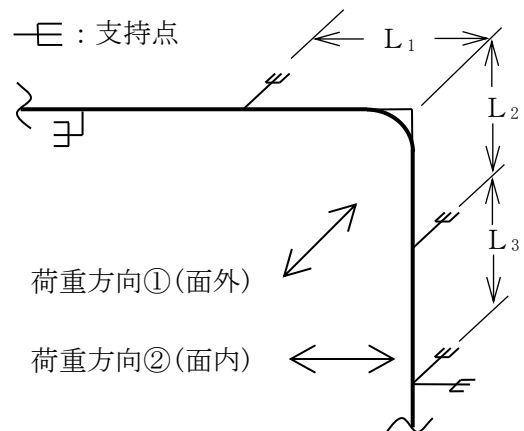
り求まる $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値 $\left(\frac{L_{E'}}{L_0}\right)$ を乗じた長さ。

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

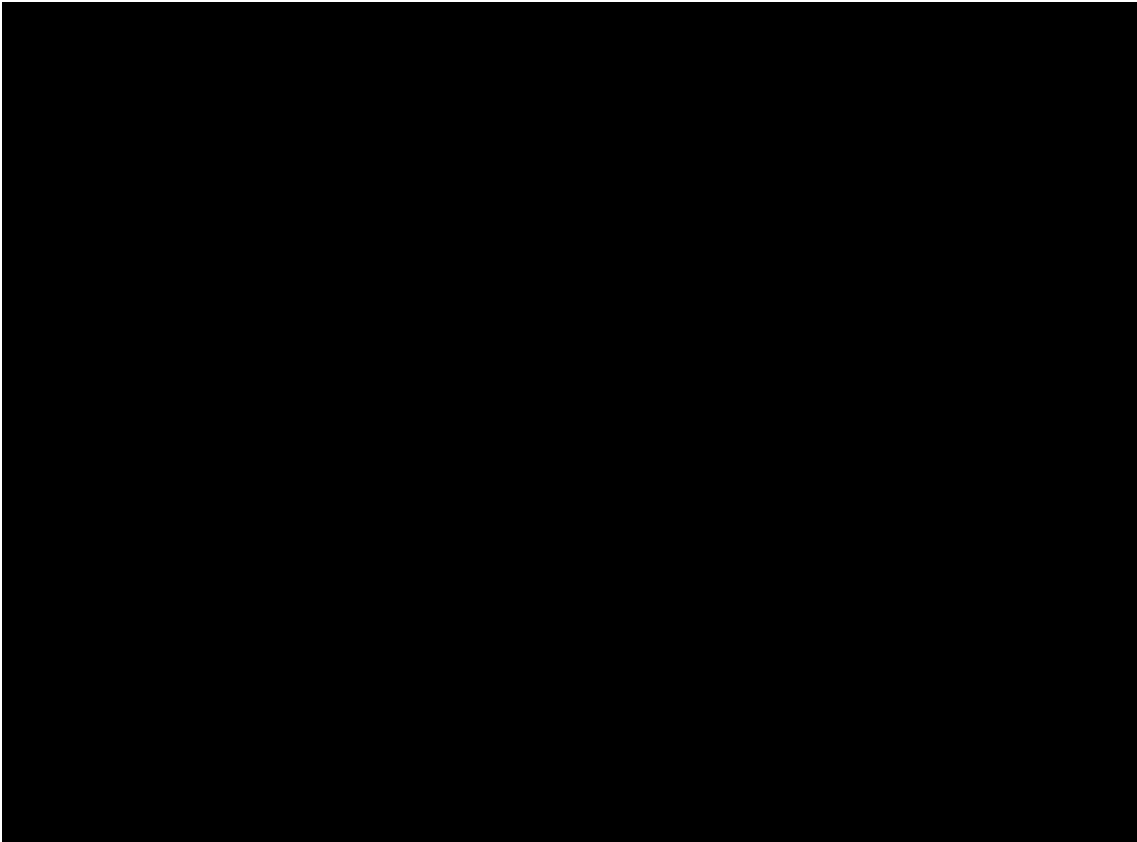
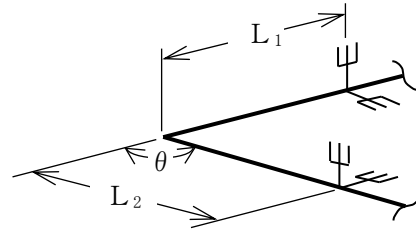
荷重方向①(面外)に対して
 $L_1 + L_2 \leq L_{E'}$

荷重方向②(面内)に対して
 $L_2 + L_3 \leq L_0$

面内：配管で構成される面に対して平行な方向



—E : 支持点 \updownarrow : 荷重方向(面外)

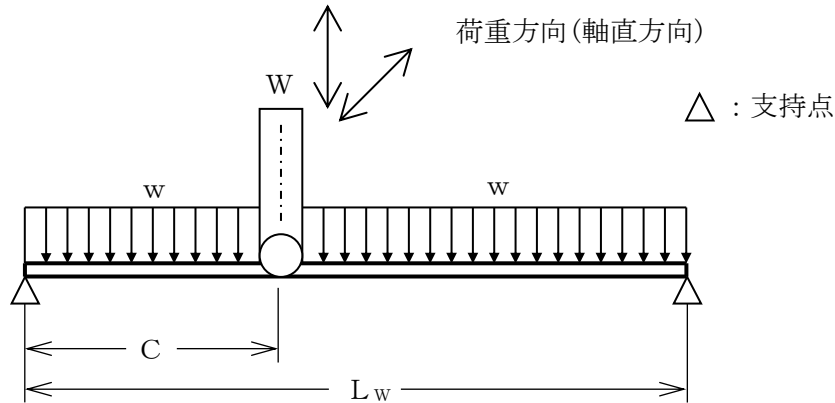


第1.3.3.2.3-1図 曲がり部支持間隔グラフ

1.3.3.3 集中質量部の支持間隔

1.3.3.3.1 解析モデル

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



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

1.3.3.3.2 解析条件及び解析方法

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

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

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_w , C , w , W は「1.3.3.3.1 解析モデル」参照。

- (5) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.3-1図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

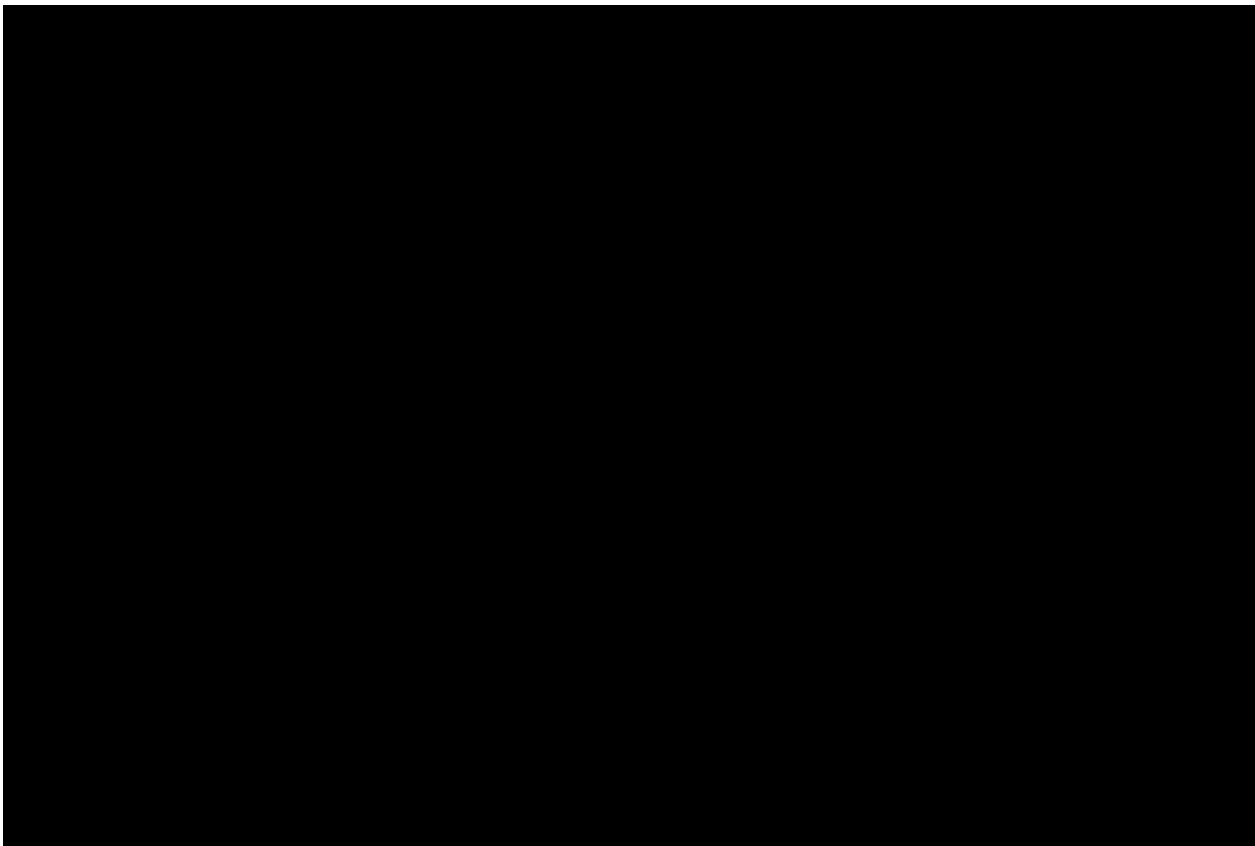
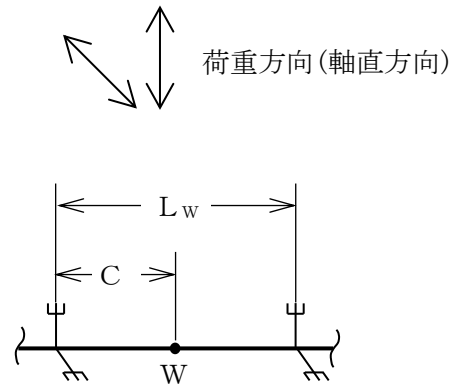
1.3.3.3.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第1.3.3.3-1図「集中質量部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、弁等の重量物が設置された場合の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

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

なお、異径の配管が混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。

また、集中荷重が複数の場合は、複数の集中荷重の総和を一つの集中荷重として設定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。この場合、荷重位置Cは、一律 $0.5L_w$ とする。

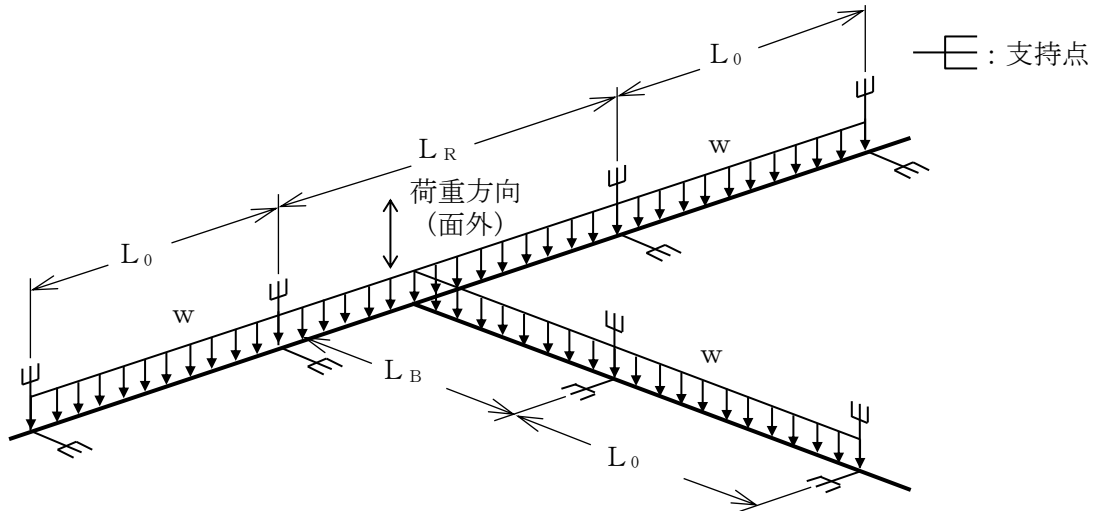


第1.3.3.3.3-1図 集中質量部支持間隔グラフ

1.3.3.4 分岐部の支持間隔

1.3.3.4.1 解析モデル

配管の分岐部は、下図に示すように分岐部の支持端を単純支持はりとする等分布荷重の連続はりにモデル化する。分岐管はピン結合とする。



L_R : 分岐部母管長さ	荷重方向 : 耐震性の評価方向
L_B : 枝管長さ	面外 : 配管で構成される面に 対して直角方向
L_0 : 直管部標準支持間隔	
w : 単位長さ当たり重量	

1.3.3.4.2 解析条件及び解析方法

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

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

を、 $\left(\frac{L_B}{L_0}\right)$ の関数として求める。解析結果は、分岐部の代表例として母管と枝管とが同一口径のものをまとめたものである。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_R 、 L_B は「1.3.3.4.1 解析モデル」参照。

- (5) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.4.3-1図「分岐部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

1.3.3.4.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第1.3.3.4.3-1図「分岐部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、分岐部の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

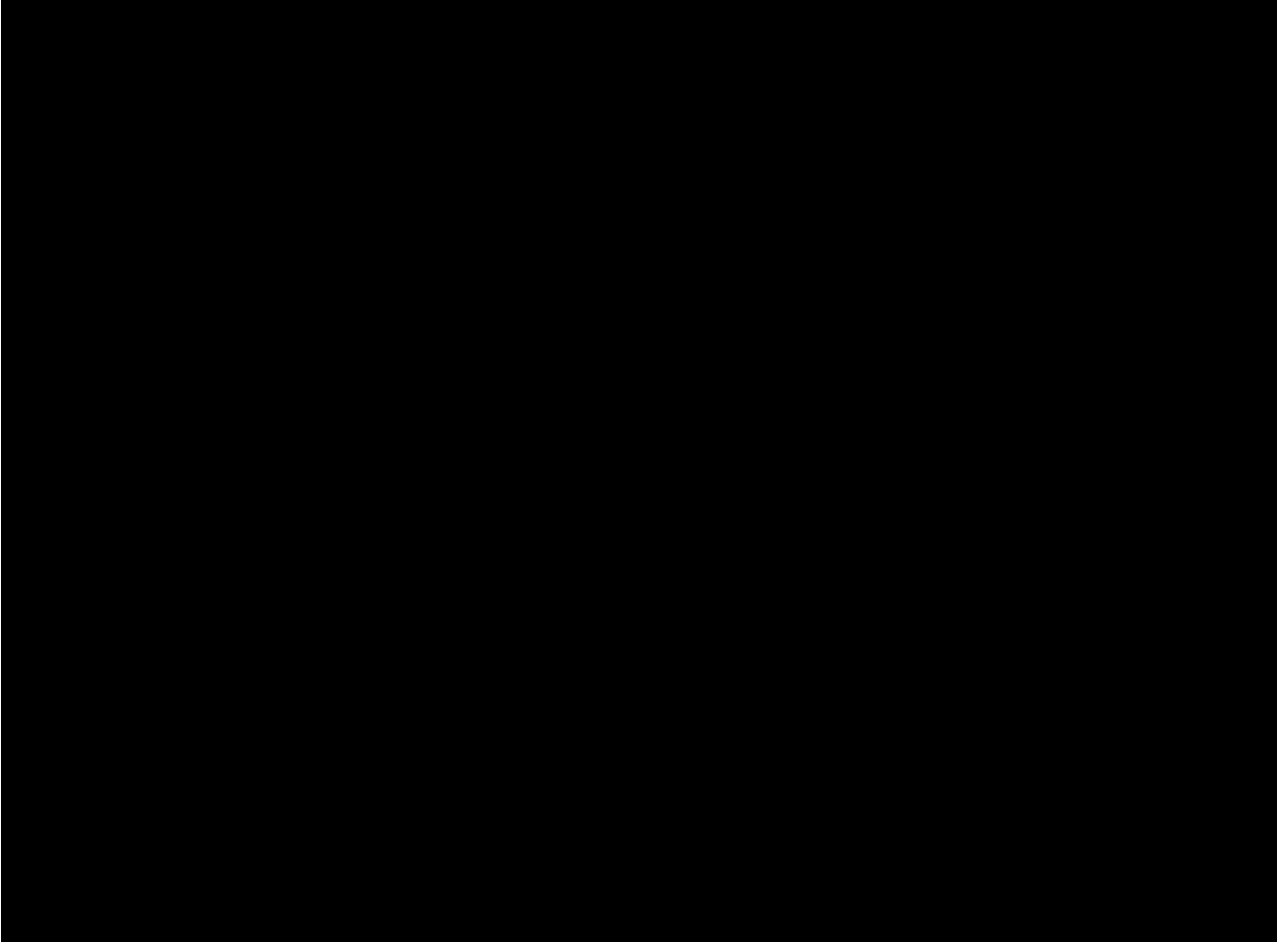
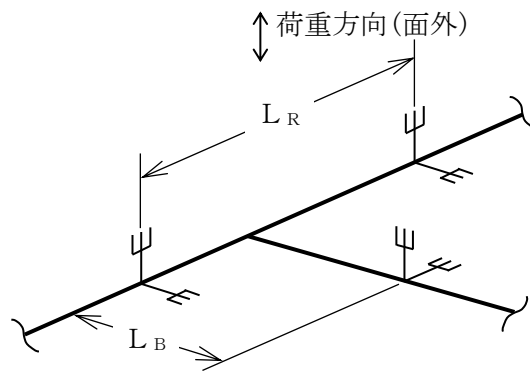
なお、母管と枝管の口径が異なる場合は、以下に従うものとする。

(1) $0.5 < \text{「枝管口径/母管口径」} < 1.0$

直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。

(2) 「枝管口径/母管口径」 ≤ 0.5

母管と枝管を切り離して考え、それぞれについて各要素の支持間隔グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。この場合、分岐点は枝管の支持点として扱う。

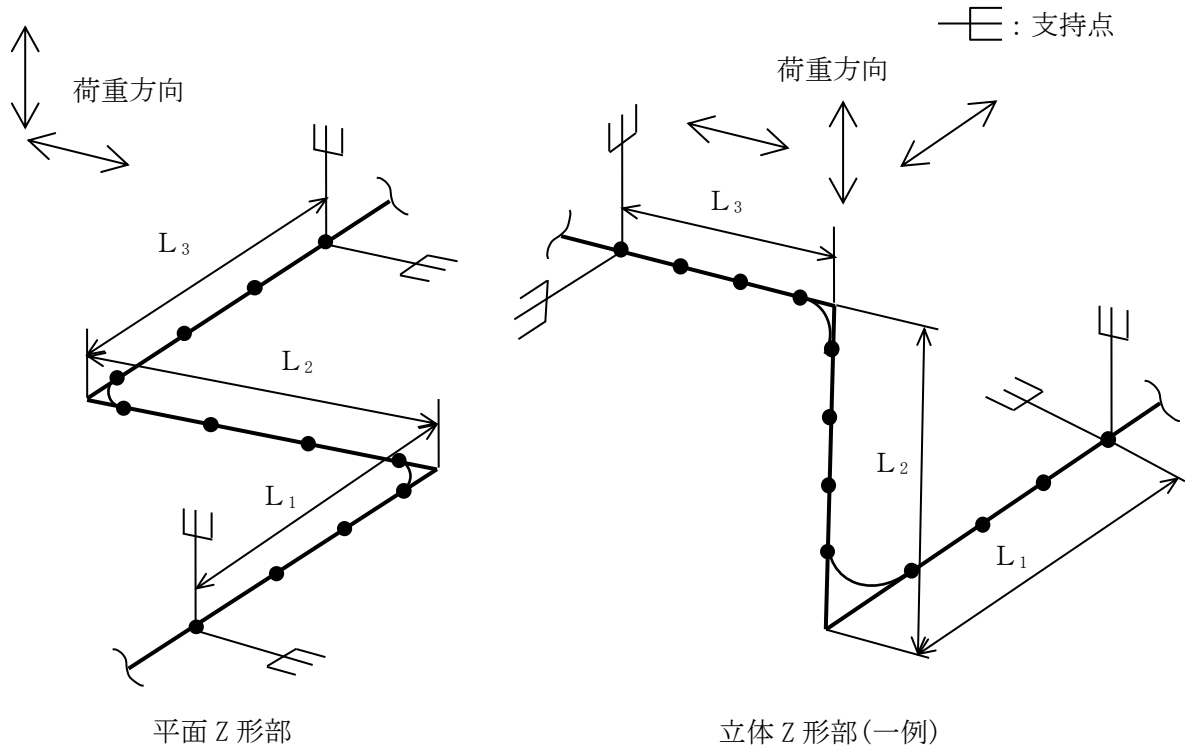


第1.3.3.4.3-1図 分岐部支持間隔グラフ

1.3.3.5 Z形部の支持間隔

1.3.3.5.1 解析モデル

配管のZ形部は、下図に示すように両端単純支持とする等分布荷重の多質点系はりモデルにモデル化する。



L_0 : 直管部標準支持間隔
 L_1, L_2, L_3 : 上図による
 荷重方向 : 耐震性の評価方向

1.3.3.5.2 解析条件及び解析方法

- (1) 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- (2) 地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- (3) 1.3.3.5.1の解析モデルに対し、解析コードによる固有値解析及び地震応答解析を行い、(1)、(2)の条件を満足する $\left(\frac{L_1}{L_0}\right)$ と $\left(\frac{L_2}{L_0}\right)$ の関係を反復収束計算により求める。

ただし、 $L_1 \geq L_3$ とする。

また、 L_0 は直管部標準支持間隔、 L_1, L_2, L_3 は「1.3.3.5.1 解析モデル」参照。

- (4) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.5.3-1図「平面Z形部支持間隔グ

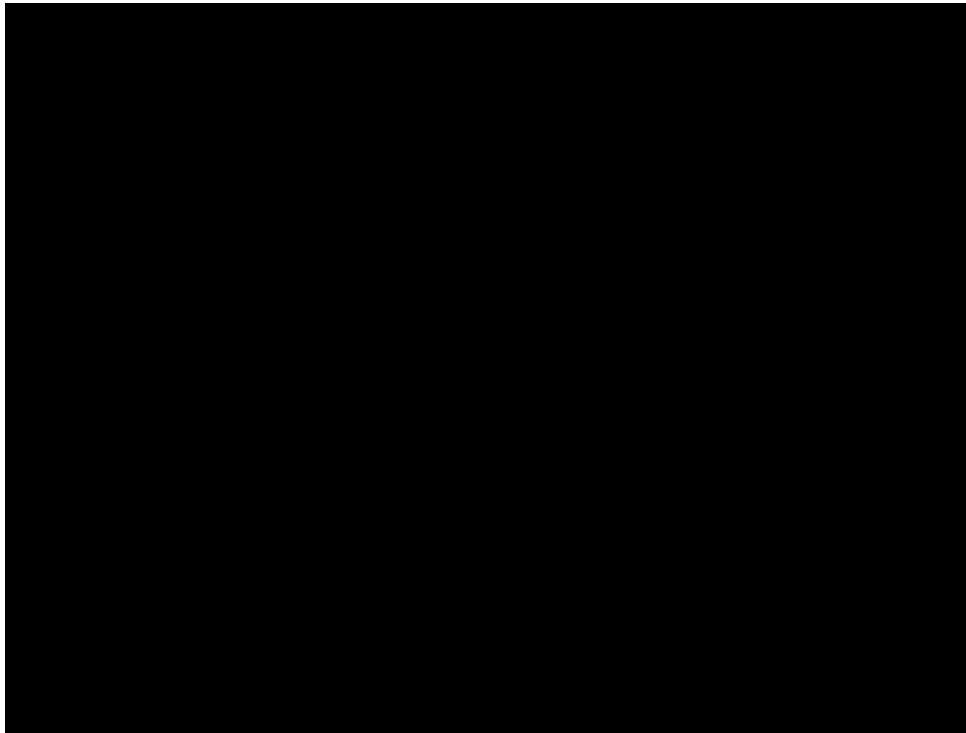
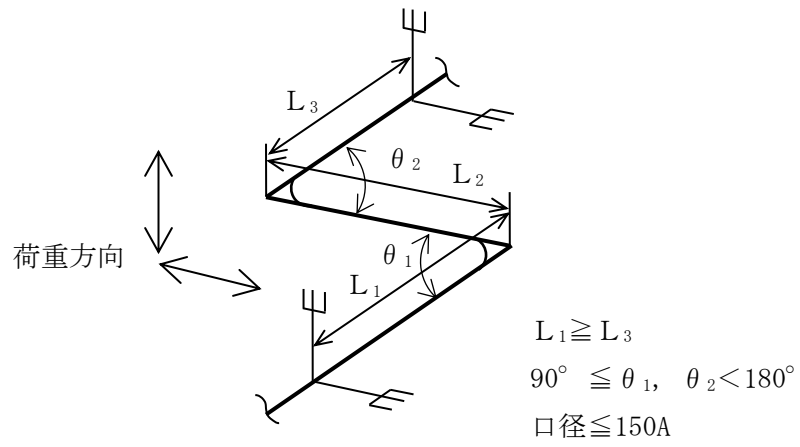
ラフ」及び第1.3.3.5.3-2図「立体Z形部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

1.3.3.5.3 解析結果及び支持方針

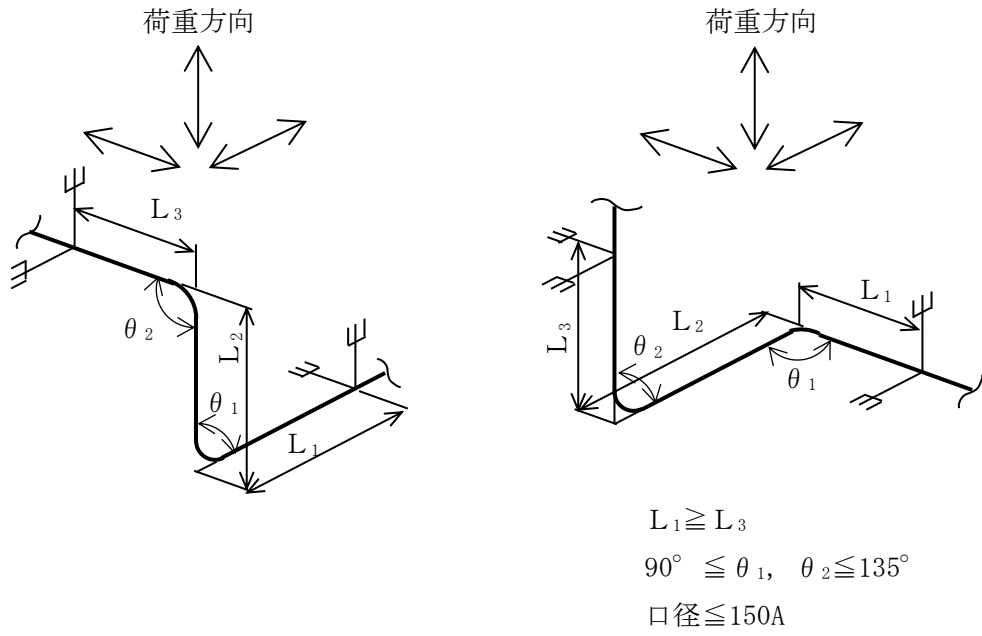
解析結果を第1.3.3.5.3-1図「平面Z形部支持間隔グラフ」及び第1.3.3.5.3-2図「立体Z形部支持間隔グラフ」に示す。

本グラフは、Z形部の許容支持間隔を直管部標準支持間隔に対する比として示したもので、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、異径の配管が混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。



第1.3.3.5.3-1図 平面Z形部支持間隔グラフ

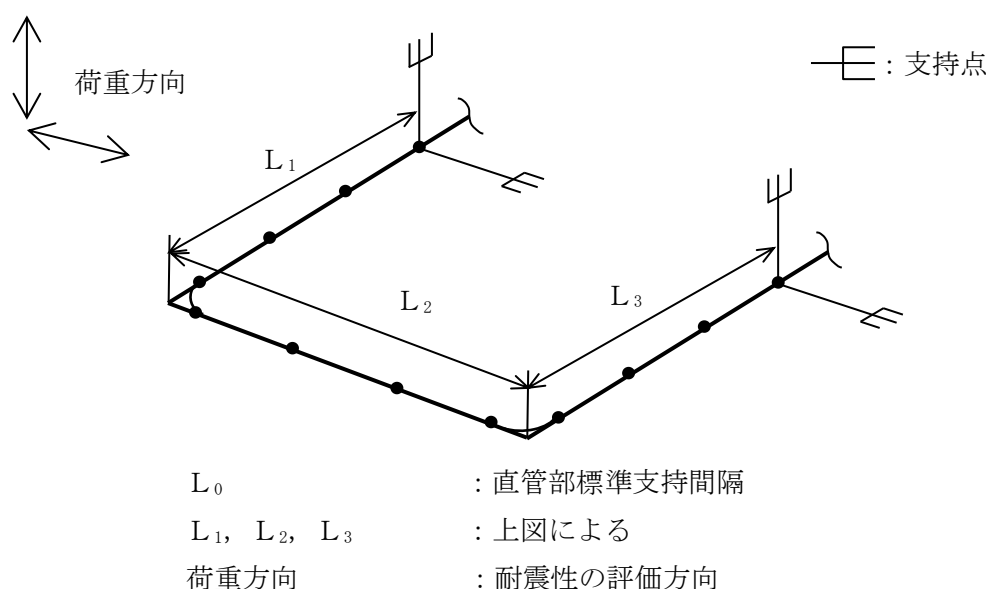


第1.3.3.5.3-2図 立体Z形部支持間隔グラフ

1.3.3.6 門形部の支持間隔

1.3.3.6.1 解析モデル

配管の門形部は、下図に示すように両端単純支持とする等分布荷重の多質点系はりモデルにモデル化する。



1.3.3.6.2 解析条件及び解析方法

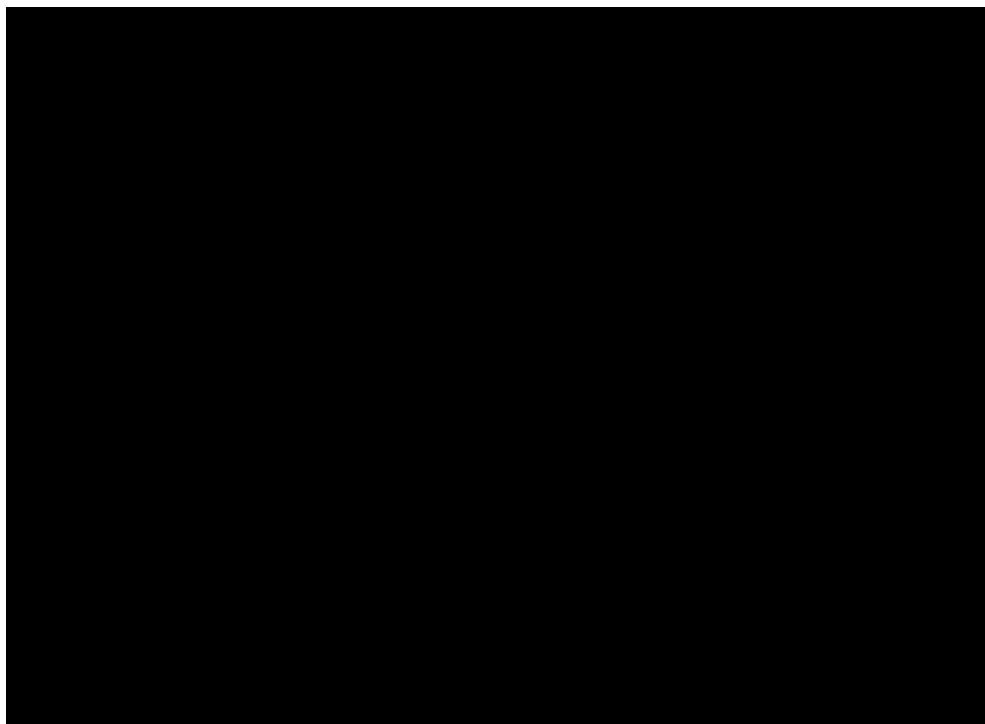
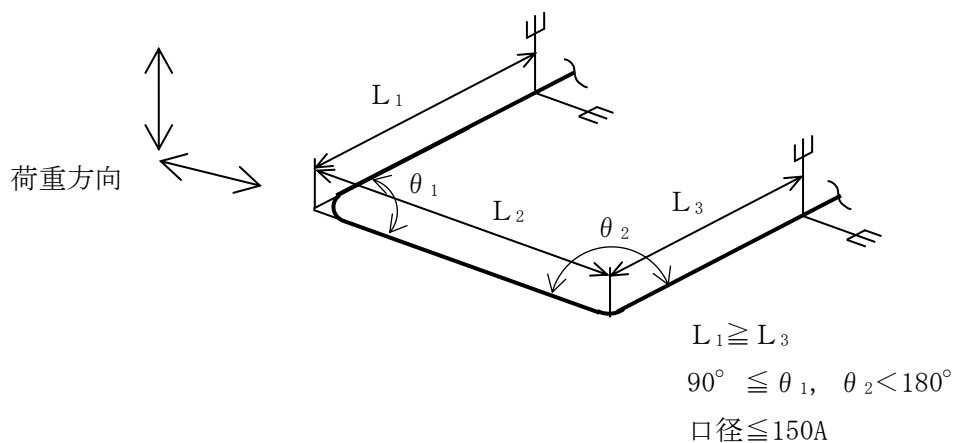
- (1) 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- (2) 地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- (3) 1.3.3.6.1の解析モデルに対し、解析コードによる固有値解析及び地震応答解析を行い、(1)、(2)の条件を満足する $\left(\frac{L_1}{L_0}\right)$ と $\left(\frac{L_2}{L_0}\right)$ の関係を反復収束計算により求める。
ただし、 $L_1 \geq L_3$ とする。
また、 L_0 は直管部標準支持間隔、 L_1, L_2, L_3 は「1.3.3.6.1 解析モデル」参照。
- (4) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.6.3-1図「門形部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

1.3.3.6.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第1.3.3.6.3-1図「門形部支持間隔グラフ」に示す。

本グラフは、門形部の許容支持間隔を直管部標準支持間隔に対する比として示したもので、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、異径の配管が混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。

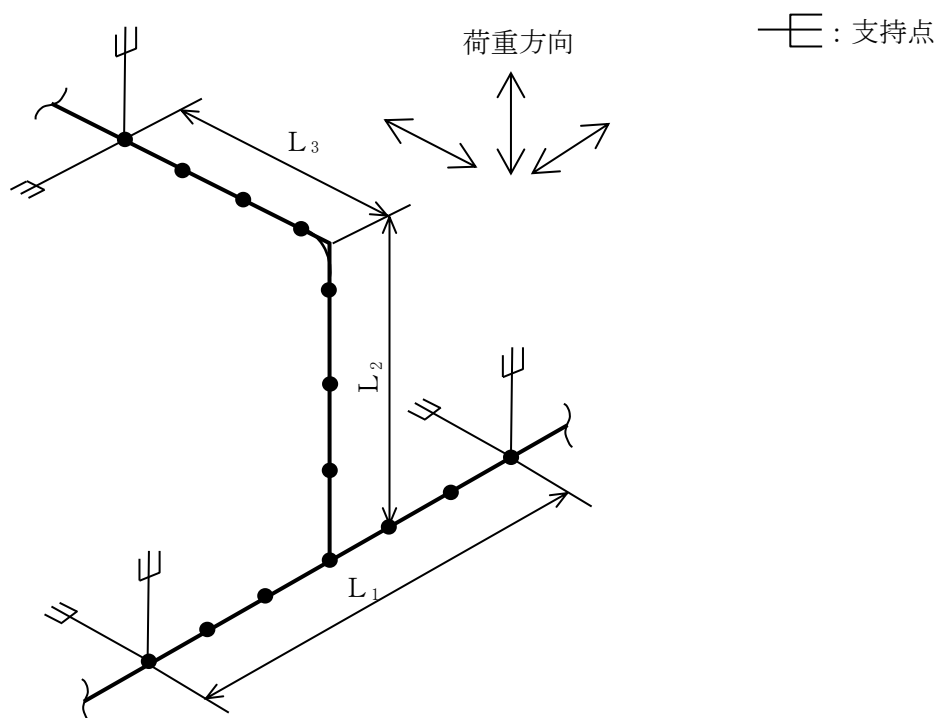


第1.3.3.6.3-1図 門形部支持間隔グラフ

1.3.3.7 分岐+曲がり部の支持間隔

1.3.3.7.1 解析モデル

配管の分岐+曲がり部は、下図に示すように3つの支持端を単純支持とする分布荷重の多質点系はりモデルにモデル化する。



- L_0 : 直管部標準支持間隔
- L_1, L_2, L_3 : 上図による
- 荷重方向 : 耐震性の評価方向

1.3.3.7.2 解析条件及び解析方法

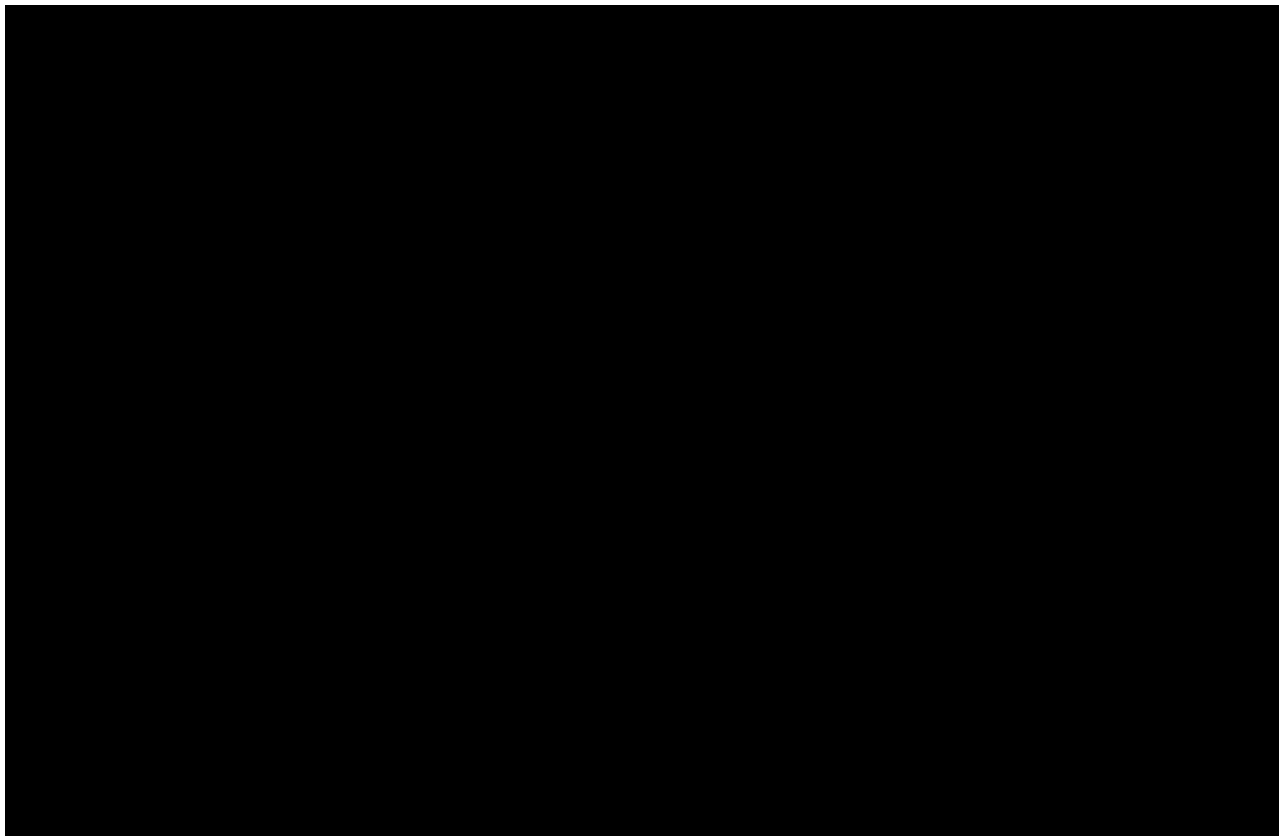
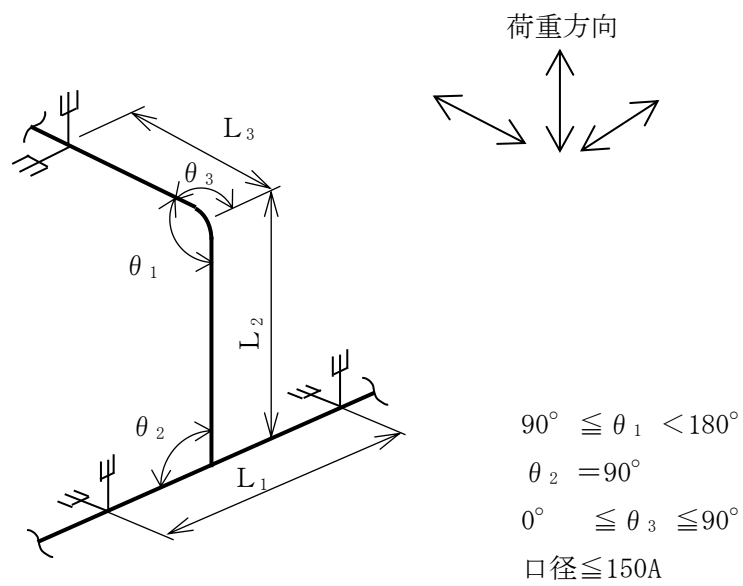
- (1) 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- (2) 地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- (3) 1.3.3.7.1の解析モデルに対し、解析コードによる固有値解析及び地震応答解析を行い、(1)、(2)の条件を満足する $\left(\frac{L_1}{L_0}\right)$ 、 $\left(\frac{L_2}{L_0}\right)$ 、 $\left(\frac{L_3}{L_0}\right)$ の関係を反復収束計算により求める。
また、 L_0 は直管部標準支持間隔、 L_1 、 L_2 、 L_3 は「1.3.3.7.1 解析モデル」参照。
- (4) 応力係数を考慮して作成した第1.3.3.7.3-1図「分岐+曲がり部支持間隔グラフ」に基づく支持間隔比を用いることで、応力係数に対する設計上の配慮を行う。

1.3.3.7.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第1.3.3.7.3-1図「分岐+曲がり部支持間隔グラフ」に示す。
本グラフは、分岐+曲がり部の許容支持間隔を直管部標準支持間隔に対する比として示したもので、許容領域内に配管を支持するものとする。
なお、異径の配管が混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。

また、母管と枝管の口径が異なる場合は、以下に従うものとする。

- (1) $0.5 < \text{「枝管口径/母管口径」} < 1.0$
直管部標準支持間隔が最も短くなる配管を選定して、本グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。
- (2) 「枝管口径/母管口径」 ≤ 0.5
母管と枝管を切り離して考え、それぞれについて各要素の支持間隔グラフの許容領域内に配管を支持するものとする。この場合、分岐点は枝管の支持点として扱う。



第1.3.3.7.3-1図 分岐+曲がり部支持間隔グラフ

1.3.3.8 支持点の設定方法

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

1.3.3.8.1 直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔

直管部標準支持間隔は、配管仕様(圧力、温度、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たり重量)、建屋、階層の区分及び減衰定数別に算出していることから、設計する配管仕様、建屋、階層の区分及び減衰定数に応じて選定する。直管部については、この直管部標準支持間隔以内で支持し、その他の要素については、各々の支持間隔比に直管部標準支持間隔を乗じた支持間隔以内で支持する。

1.3.3.8.2 各要素の評価方向

配管の各要素(直管部、曲がり部、集中質量部、分岐部、Z形部、門形部及び分岐+曲がり部)は、これらの形状が持つ特性から、同程度の荷重が負荷されても方向により各要素の応力又は固有振動数への影響が異なるため、影響が大きい方向を評価(荷重)方向と特定して支持間隔を定めている。

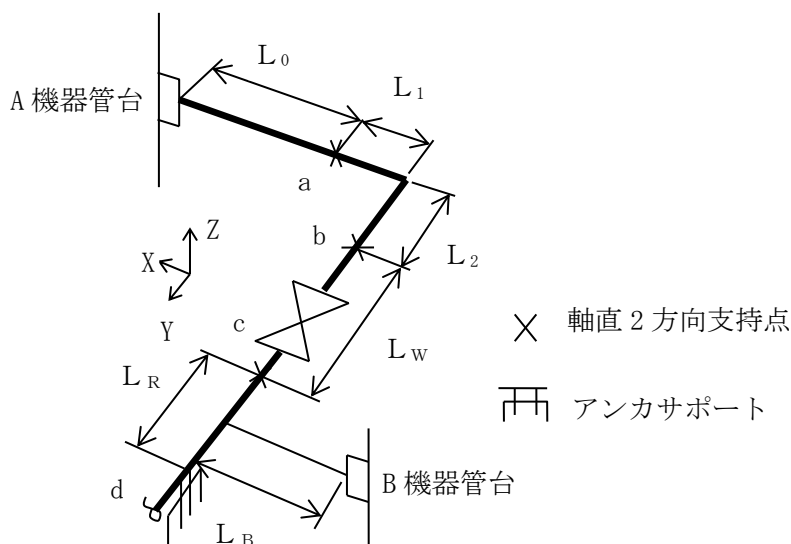
- (1) 直管部及び集中質量部の支持間隔は、配管軸直方向
- (2) 曲がり部の支持間隔は、曲がり部をはさむ両辺で作る面の面外方向
- (3) 分岐部の支持間隔は、母管と分岐管が作る面の面外方向
- (4) 平面Z形部の支持間隔は、配管軸直方向。立体Z形部は、配管軸直方向及び軸方向
- (5) 門形部の支持間隔は、配管軸直方向
- (6) 分岐+曲がり部の支持間隔は、配管軸直方向及び軸方向

なお、支持点の設定に当たっては、各要素の評価方向が拘束されるようにする。配管軸方向の評価は、配管軸方向の配管重量を集中荷重とみなし、それに直交する配管上の支持点で評価することとして、集中質量部の支持間隔を用いる。

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

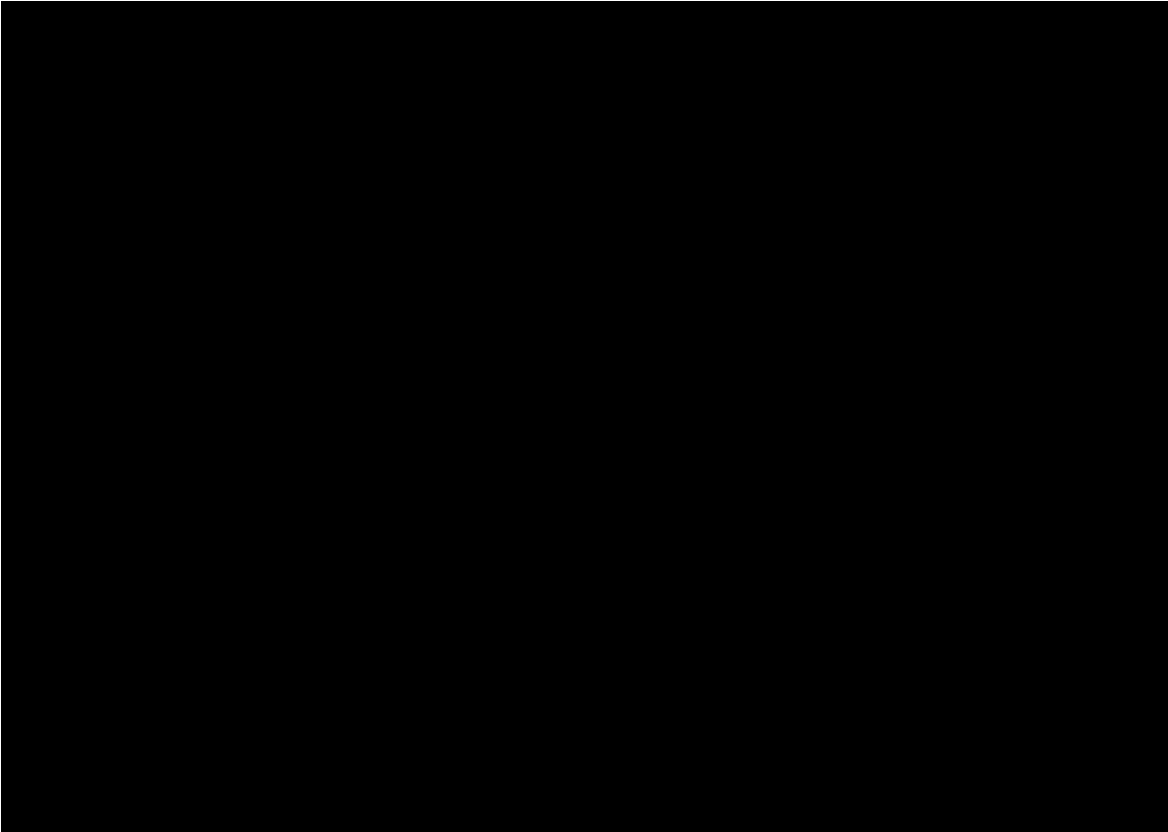
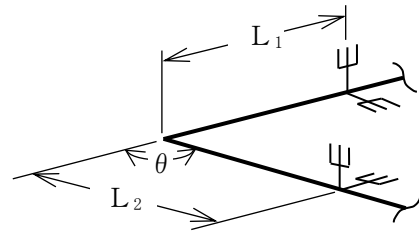
1.3.3.8.3 支持点の設定方法及び手順

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

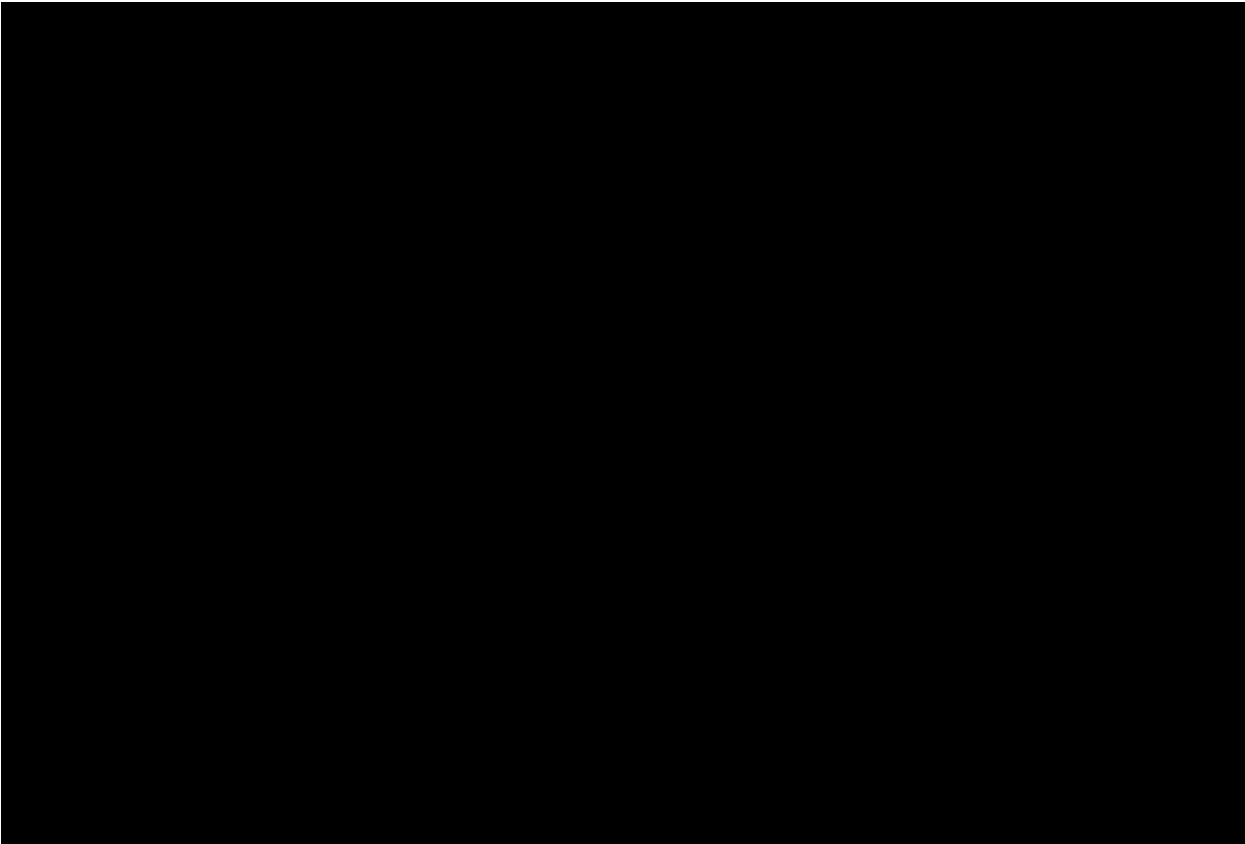
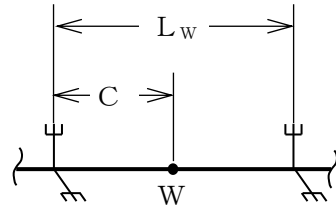
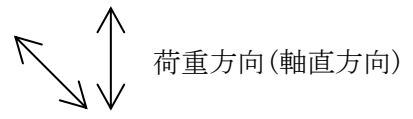


- (1) A機器管台を固定点(設計開始点)とし、直管部標準支持間隔以内に他の要素がない場合は、直管部標準支持間隔以内で支持点(a点)を決める。
- (2) a点の支持点は、Uボルト等を使用してY方向及びZ方向の2方向を拘束する。配管軸方向(X方向)は、A機器管台で拘束されていることから、管台からa点間の配管においてもX方向が拘束され、3方向がすべて拘束される。
- (3) a点から直管部標準支持間隔以内に他の要素(曲がり部)がある場合は、a点から曲がり部までの距離を、第1.3.3.2.3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」の L_1 とにおいて L_2 を仮設定する。曲がり部支持間隔 L_E は、第1.3.3.2.3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、 $L_E(L_2)$ を短くする。

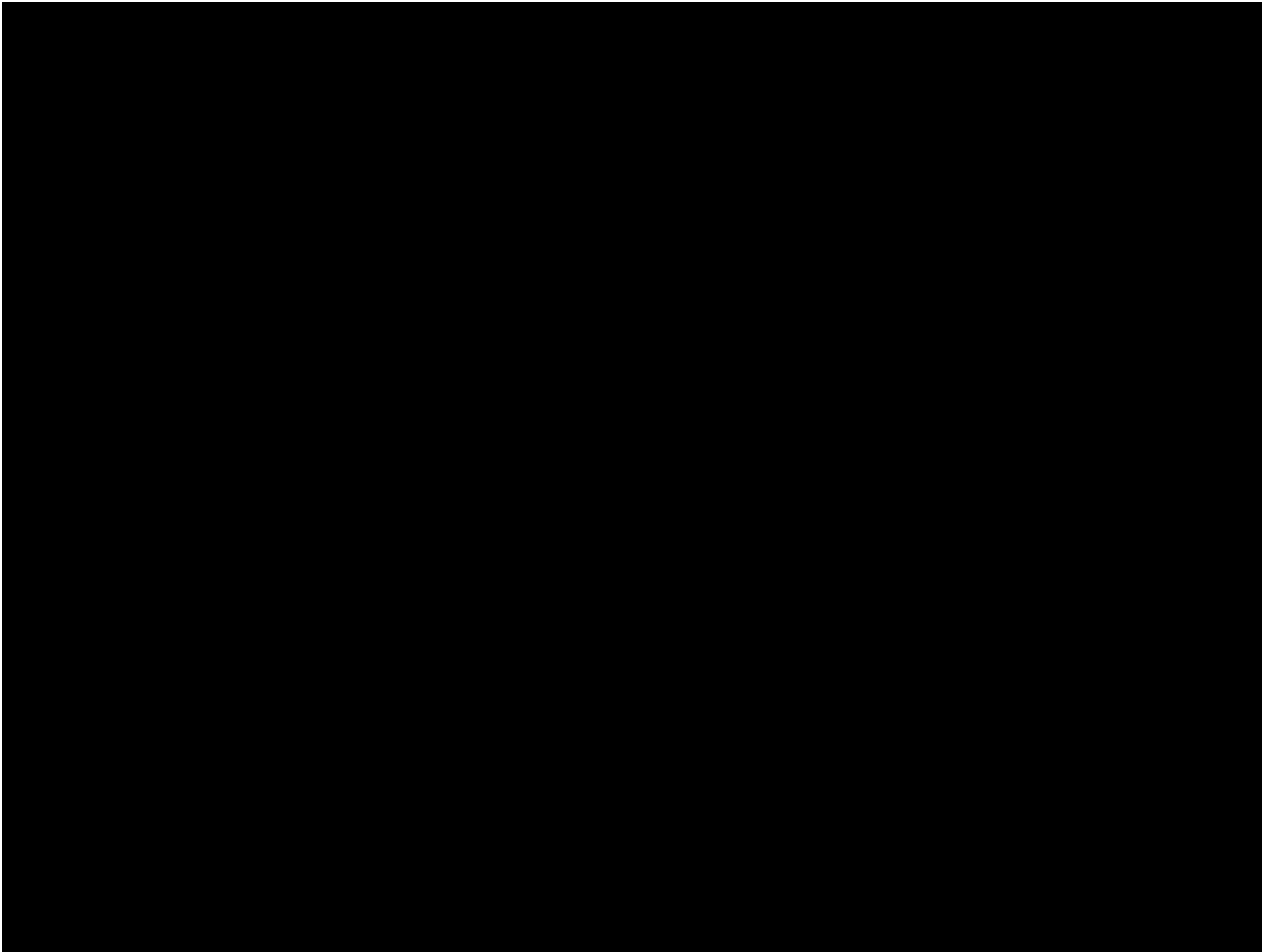
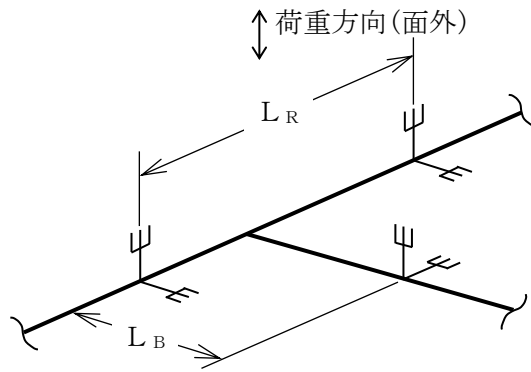
—E : 支持点 \updownarrow : 荷重方向(面外)



- (4) b点の支持点は、Uボルト等を使用してX方向及びZ方向の2方向を拘束する。a点からb点の曲がり部を含む配管の面外方向(Z方向)が、曲がり部の支持間隔で拘束される。この場合に、曲がり部における3方向の拘束状態を確認する。X方向は、機器管台で支持、Z方向は、曲がり部の支持間隔で支持、Y方向は、次の手順以降で決定する。
- (5) b点から直管部標準支持間隔以内に重量物(弁又はフランジ)がある場合は、重量物近傍の支持点cにUボルト等を仮設定後、弁の重量と直管部標準支持間隔における配管の重量との比を算出し、集中質量部支持間隔 L_w が、第1.3.3.3.3-1図「集中質量部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、 L_w を短くする。



- (6) b点からc点までの配管及び弁の拘束状態を確認する。X方向及びZ方向は、集中質量部の支持間隔で支持、Y方向は、次の手順以降で決定する。
- (7) c点から直管部標準支持間隔以内に分岐部が存在する場合は、母管及び分岐管の支持点dにUボルト等を仮設定する。この場合に、B機器管台の固定部があれば支持点とする。母管及び分岐管の直管部標準支持間隔に対する長さ比が、第1.3.3.4.3-1図「分岐部支持間隔グラフ」の許容領域内とする。許容領域を超える場合は、仮設定した母管(L_R)又は分岐管(L_B)の支持間隔を短くする。



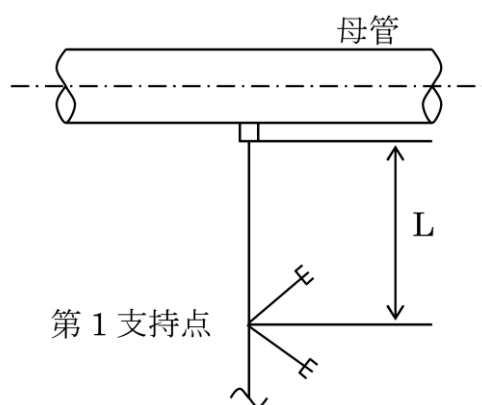
- (8) 分岐部の拘束状態を確認すると、X方向は、B機器管台で支持、Z方向は、分岐部の支持間隔で支持している。Y方向は、d点が配管軸方向を拘束しない場合においては曲がり部とd点上の配管軸直管部の重量及び弁重量を集中荷重とみなし、第1.3.3.3.3-1図「集中質量部支持間隔グラフ」でY方向を拘束するa点とd点以降のY方向を拘束する支持点との支持間隔を許容領域以内とする。許容領域を超える場合は、d点をUボルト等からアンカサポートに変更することで支持する。これにより(4)及び(6)項のY方向も同時に拘束される。
- (9) 以降配管が連続する場合は、前項までの手順に従って設計開始点から順番に支持点位置を決める。

1.3.3.9 支持点を設定する上での考慮事項

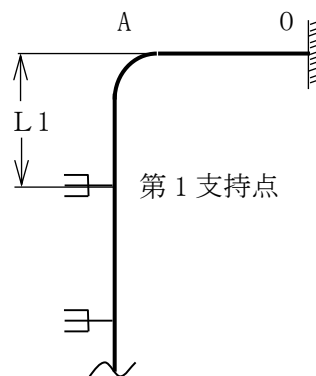
配管の各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設計する。

1.3.3.9.1 分岐部

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



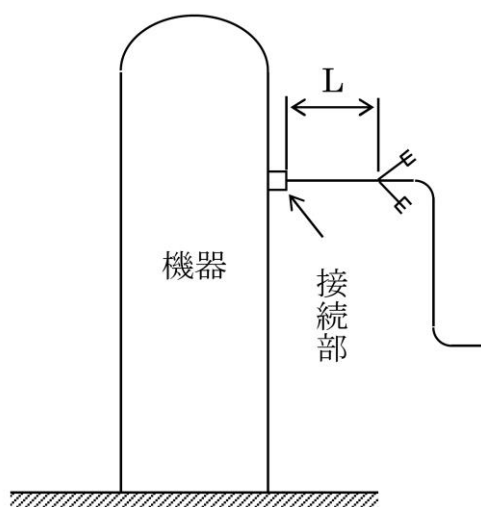
また、右図のような曲げ部でA0間の熱膨張変位がある場合は、曲げ部から第1支持点までの長さ $L1$ を、これらの変位により発生する応力が許容応力以下となるように定める。



1.3.3.9.2 機器との接続部

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

この場合のLは、「1.3.3.9.1 分岐部」と同様に機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。



1.3.3.9.3 建物・構築物の相対変位

建物・構築物間に渡って設置される配管については、地震時の建物・構築物間の相対変位により生じる二次応力を次式で求め、配管の設計及び支持方法を定める。

$$\sigma = i_2 M / Z$$

ここで、

σ : 二次応力 (MPa)

i_2 : 応力係数

M : 建屋間相対変位により生じるモーメント (N・mm)

Z : 管の断面係数 (mm³)

1.3.3.9.4 弁

配管に弁が設置される場合は、第1.3.3.3-1図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づき前後の支持点を決定する。

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

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

1.3.3.9.5 建屋階層

支持間隔は階層の区分ごとに設定するため、当該配管を敷設する床区分に応じて、上下階層の支持間隔を比較し、短い方の支持間隔を運用して評価を行う。なお、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔をすべて抽出した上で最も短い標準支持間隔を適用して評価を行う。

1.3.3.10 設計上の処置方法

標準支持間隔法による配管の耐震設計においては、各要素の支持間隔又は各要素の支持間隔を組み合わせた支持間隔を用いる。

標準支持間隔法によることが困難な場合は、次のいずれかの方法で対処する。

- (1) 配管系を多質点系はりモデルとして解析を行い、配管の設計及び支持方法を定める。実際の配管条件に基づいた直管部標準支持間隔法を算出し、配管間隔を設定する。
- (2) 当該配管が150℃以下又は口径100A未満であることを確認した上で、直管部標準支持間隔を算出する解析モデルを、当該配管固有の設計条件(制限振動数、適用床区分、適用減衰定数、解析ブロック範囲、配管系内最小必要支持点数、圧力、温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たり重量)に応じて設定する。

2. 支持構造物の設計

2.1 概要

支持構造物は、配管の地震荷重、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若しくは最大使用荷重と支持点荷重を比較する荷重評価又は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。

ここでは、支持装置、支持架構及び付属部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。

2.2 設計の基本方針

設計の基本方針は、多質点系はりモデルによる解析又は標準支持間隔法により得られる支持点荷重を用いて設計する支持構造物に適用する。

そのうち多質点系はりモデルによる解析で設計する支持構造物は解析モデルにて定めた拘束方向に対して設置し、標準支持間隔法で設計する支持構造物は水平及び鉛直方向の各方向に対し標準支持間隔以内で拘束するよう設置する。

2.2.1 設計方針

支持構造物にはアンカサポート、レストレイント、スナバ及びハンガがあり、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。これらの支持構造物は、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。支持構造物の設計方法、機能及び用途について、第2.2.1-1表に示す。

2.2.2 荷重条件

支持構造物の設計は、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、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

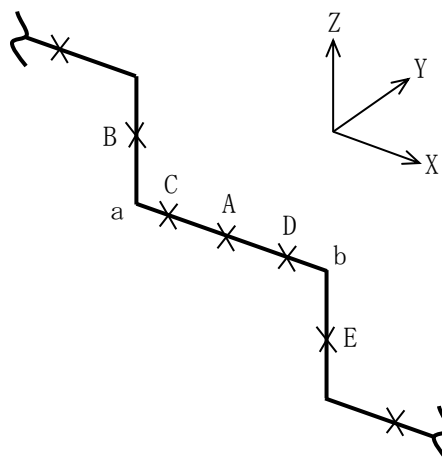
支持構造物の設計に用いる支持点荷重は、耐震設計上の重要度に基づく設計用地震力を条件とした配管の多質点系はりモデルによる解析又は標準支持間隔法により得られる支持点荷重を支持構造物の種別に応じて適切に組み合わせて求める。

組み合わせる荷重としては、多質点系はりモデルによる設計では、実際の拘束条件を模擬しているため、解析で得られた各支持点の荷重を用いる。

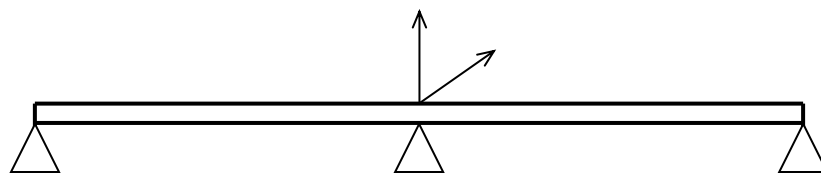
一方、標準支持間隔法による設計では、軸直2方向を拘束するモデルを用いるため、2方向に生じる荷重のうち支持構造物の拘束方向と同方向の荷重を組み合わせる。さらにアンカサポート及びUバンドは3方向を拘束することから、軸方向荷重

を集中質量として考慮する。3方向拘束以外ではガイドサポート及びUボルトは2方向，その他は1方向の荷重を組み合わせる。

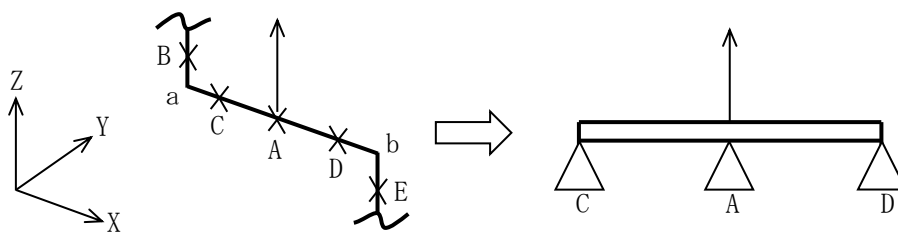
以下の配管を例に標準支持間隔法における荷重の組合せの具体的な手順を(1)～(4)に示す。



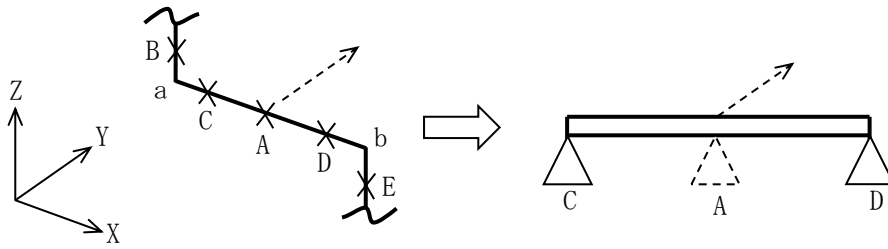
- (1) 2スパン3点支持モデル中央支持点における軸直2方向(Y方向及びZ方向)荷重を算出する。



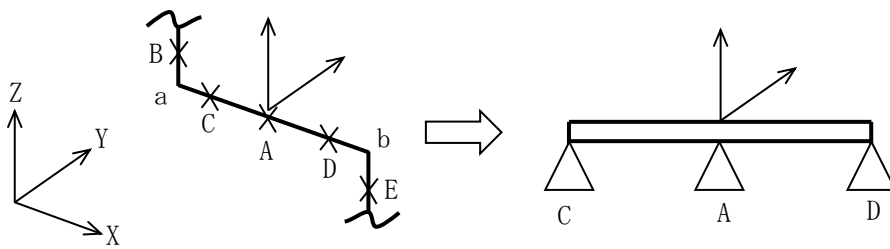
- (2) 支持点Aが1方向(Z方向)拘束の場合，その拘束方向の荷重(図の例ではZ方向荷重)を用いる。



なお，拘束していないY方向については支持点と考慮せず，Y方向を拘束している支持点C及びDに対し，同方向の荷重を用いる。

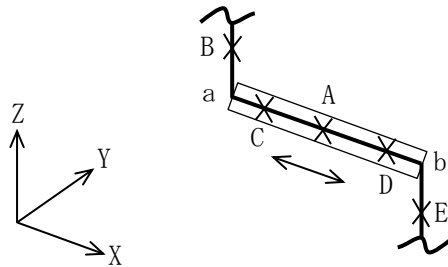


(3) 支持点Aが2方向(Y方向及びZ方向)拘束の場合、各方向の荷重(図の例ではY方向及びZ方向荷重)を用いる。

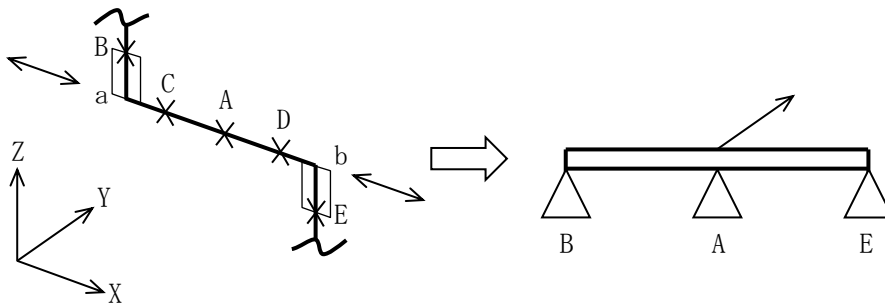


(4) 支持点Aが3方向(X方向, Y方向及びZ方向)拘束の場合、軸方向(X方向)荷重は以下の方法により算出する。

まずa-b間については集中質量部として荷重を算出する。



次にB-a間及びb-E間については、軸直方向荷重となり、2スパン3点支持モデルの軸直方向荷重より算出する(図の例ではX方向荷重)。



支持点Aの軸直方向(Y方向及びZ方向)荷重については(3)により算出し、軸直及び軸方向荷重を組み合わせる。

支持構造物の設計に当たり荷重評価を行う場合は、配管の支持点荷重と定格荷重又は最大使用荷重との比較を行う。

第2. 2. 1-1表 支持構造物の機能と用途(例)

支持構造物名称	概略図	設計方法	機能	用途
アンカサポート (ガイドサポート)	 <p>Uボルトの2本掛けによるアンカサポート</p>  <p>壁から直接アンカサポートをとる場合の図</p>  <p>アンカサポート荷重が大きい場合の例</p>	標準支持間隔法による設計及び多質点系はりモデルによる設計に用いる。	地震及び熱膨張による変位、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) (Uバンド) (二重配管ガイド)	 <p>架構式レストレイント</p>  <p>ロッドレストレイント</p>  <p>Uボルト等によるレストレイント</p>  <p>二重配管ガイドによるレストレイント</p>	標準支持間隔法による設計及び多質点系はりモデルによる設計に用いる。	地震及び熱膨張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。
スナバ (オイルスナバ) (メカニカルスナバ)	 <p>オイルスナバ</p>  <p>メカニカルスナバ</p>	標準支持間隔法による設計及び多質点系はりモデルによる設計に用いる。	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。
ハンガ (スプリングハンガ)	 <p>配管直管部に使用する例</p>  <p>配管曲がり部に使用する例</p>	多質点系はりモデルによる設計に用いる。	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無く、耐震支持機能は有していない。	運転温度が高い配管で、かつ立上がり部又は近傍で、鉛直方向支持点変位が大きい部位に使用する。 また、許容荷重が小さい機器管台部の自重支持を目的として使用する。

2.2.3 種類及び選定

支持構造物の機能別選定要領を、第2.2.3-1図「支持構造物の選定フロー」に示す。

(1) アンカサポート(ガイドサポート)

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る。支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。

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

(2) 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、Uバンド及び二重配管ガイド)

架構式レストレイント(支持架構)は、形鋼を組み合わせて架構として床、壁面等の近傍の配管を支持するもので、支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。

ロッドレストレイントは、配管軸直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もので、支持点荷重に基づき、定格荷重を超え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。

Uボルトは、配管軸直方向を拘束する機能を有し、支持点荷重を基にその仕様(材質、形状及び寸法)を配管口径ごとに決めていることから、配管口径に応じたUボルトを選定する。

Uバンドは、U形状の鋼板により配管軸直方向に加えて配管軸方向も拘束するもので、Uボルトと同様に配管口径に応じたUバンドを選定する。

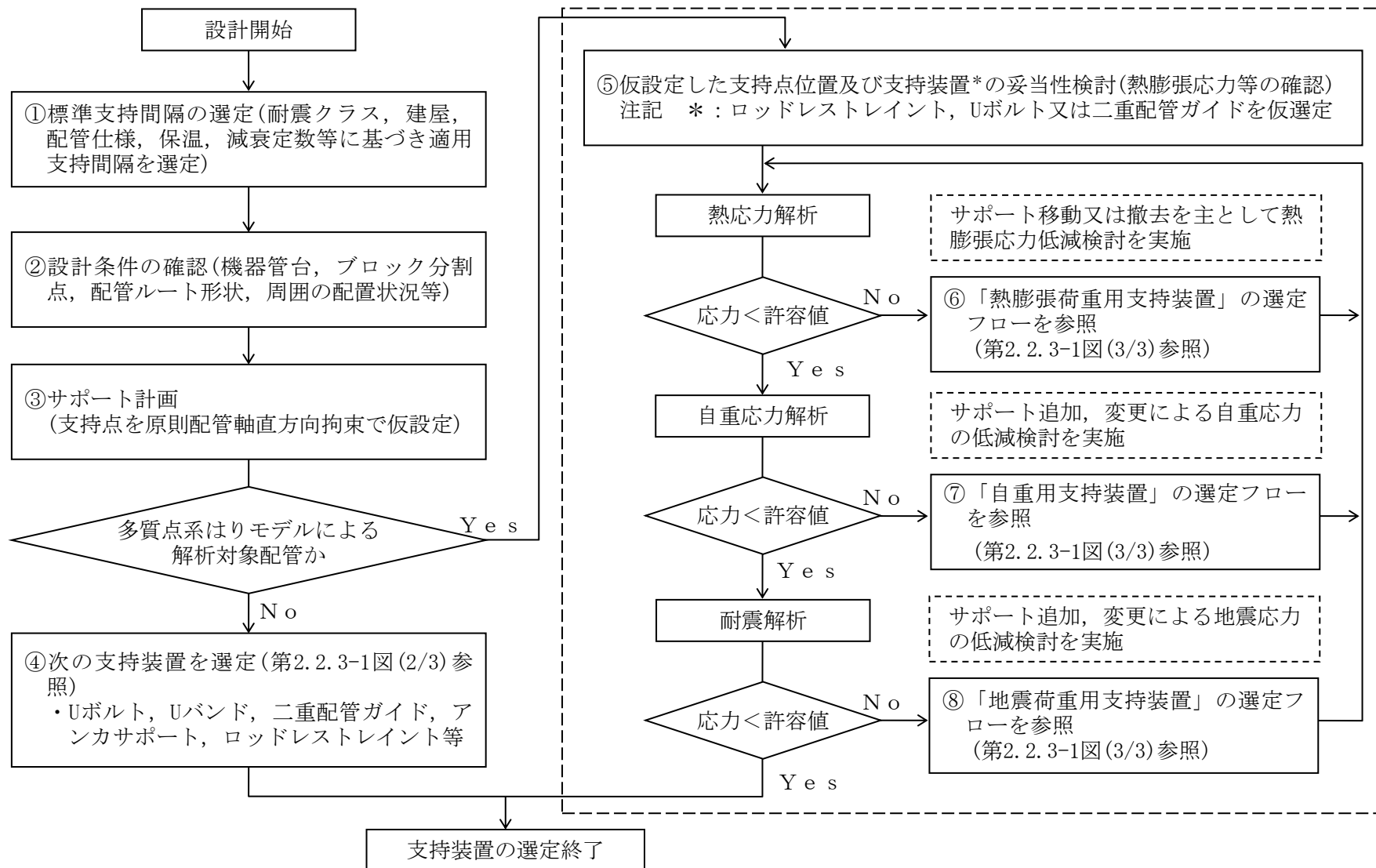
二重配管ガイドは、内管の軸直角方向を拘束するもので、Uボルトと同様に配管口径に応じた二重配管ガイドを選定する。

(3) スナバ(オイルスナバ及びメカニカルスナバ)

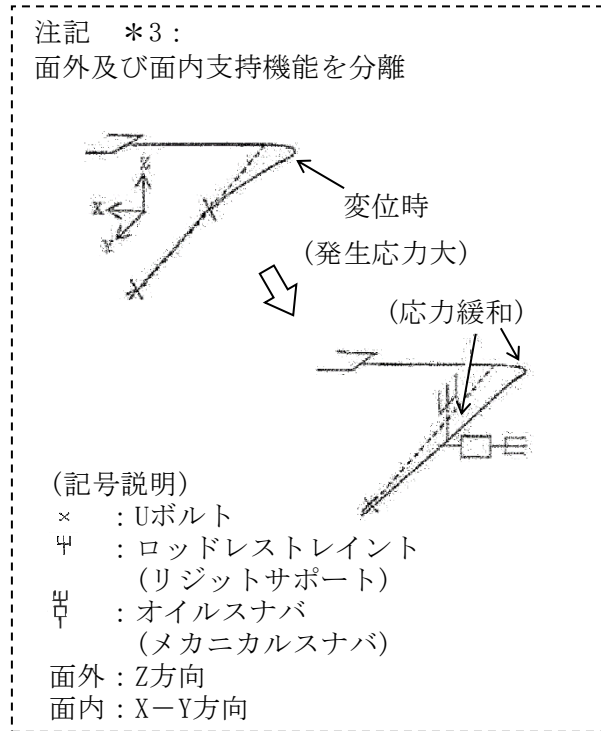
支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスナバを選定する。通常はオイルスナバを選定するが、保守が困難な場所に設置する場合は、メカニカルスナバを選定する。

(4) スプリングハンガ

スプリングハンガは、支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスプリングハンガを選定する。

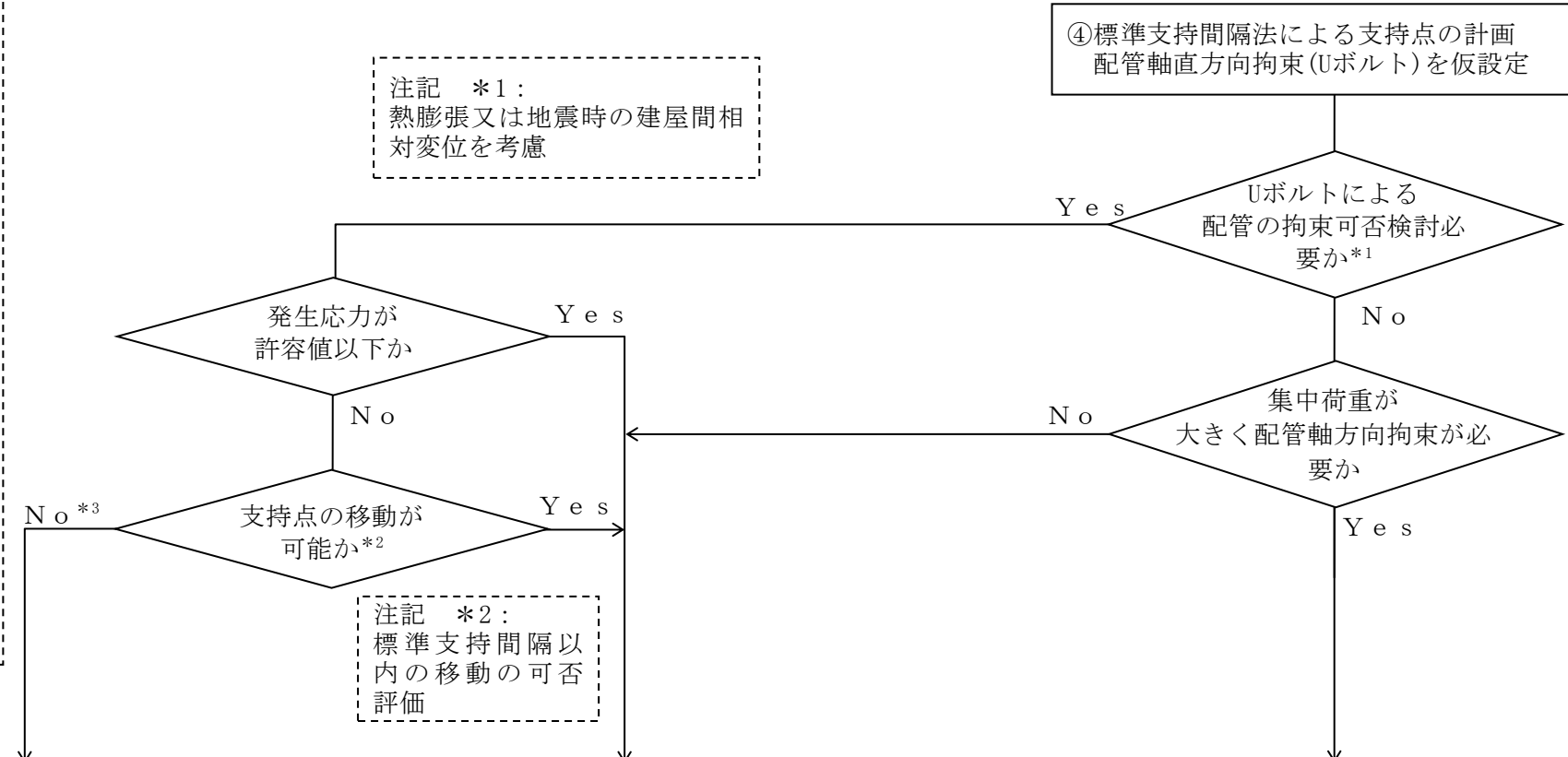


第2.2.3-1図(1/3) 支持構造物の選定フロー

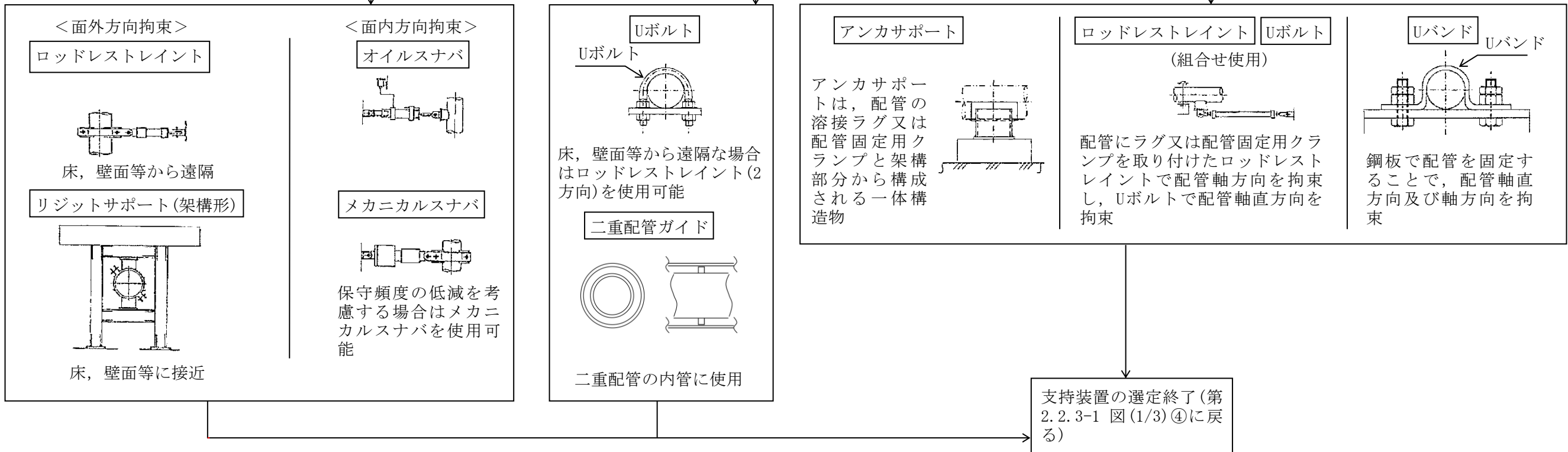


注記 *1:
熱膨張又は地震時の建屋間相対変位を考慮

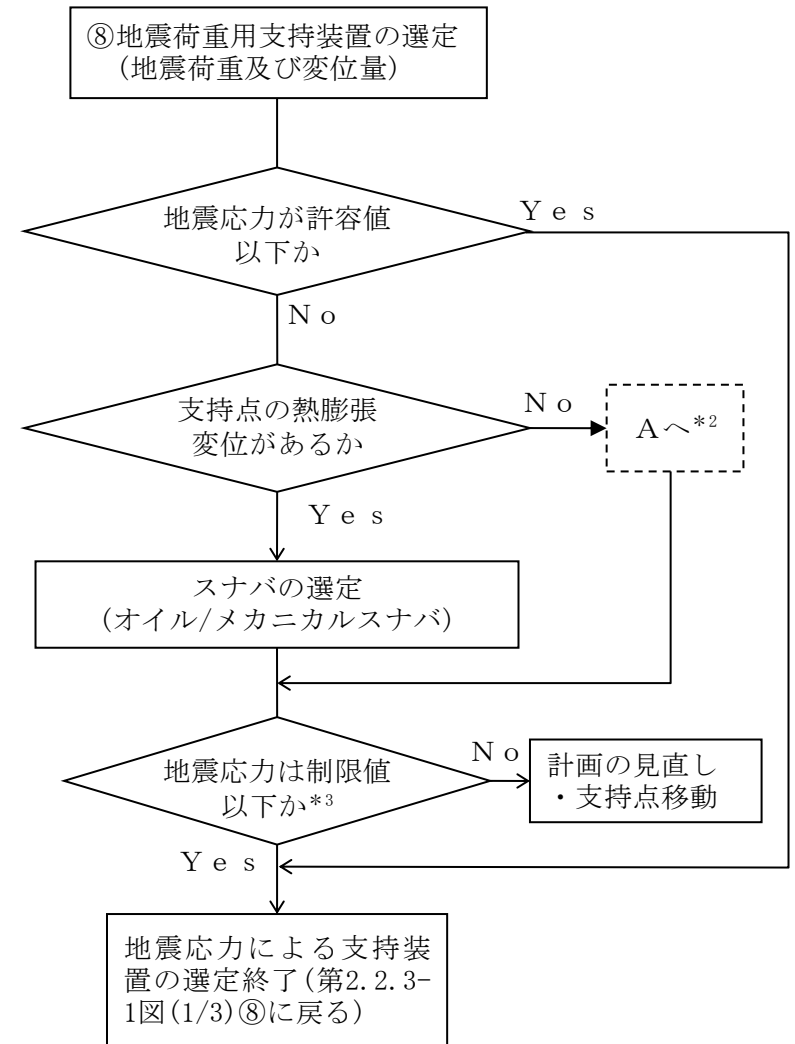
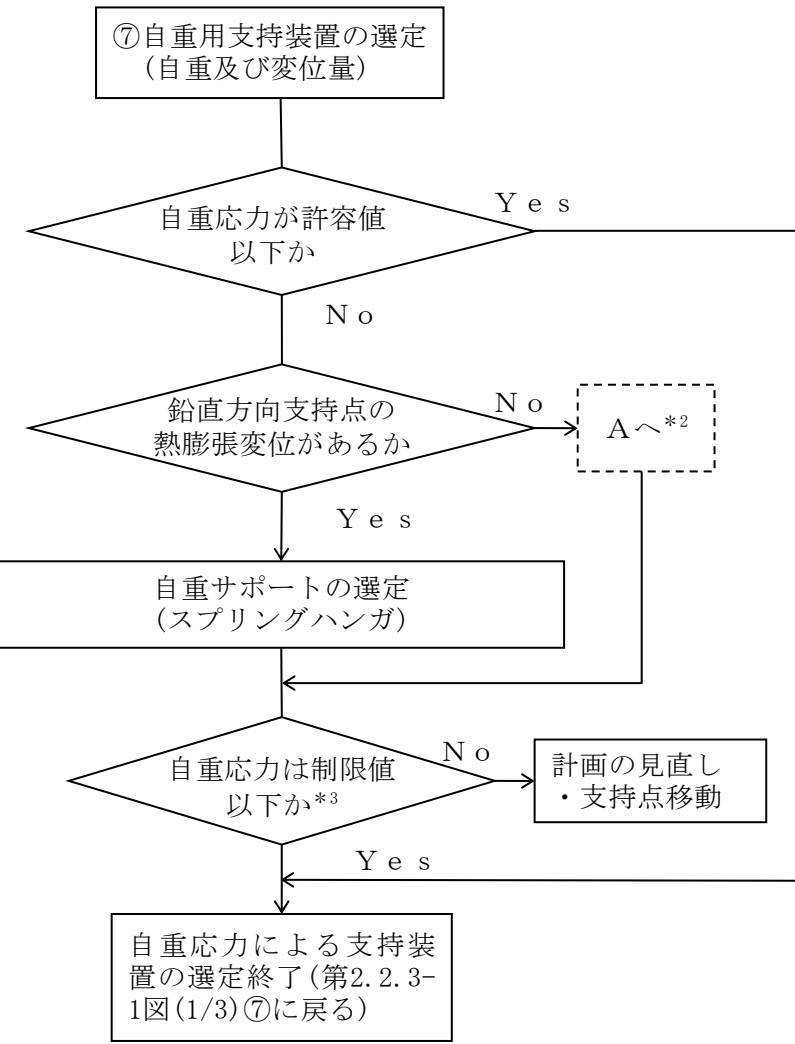
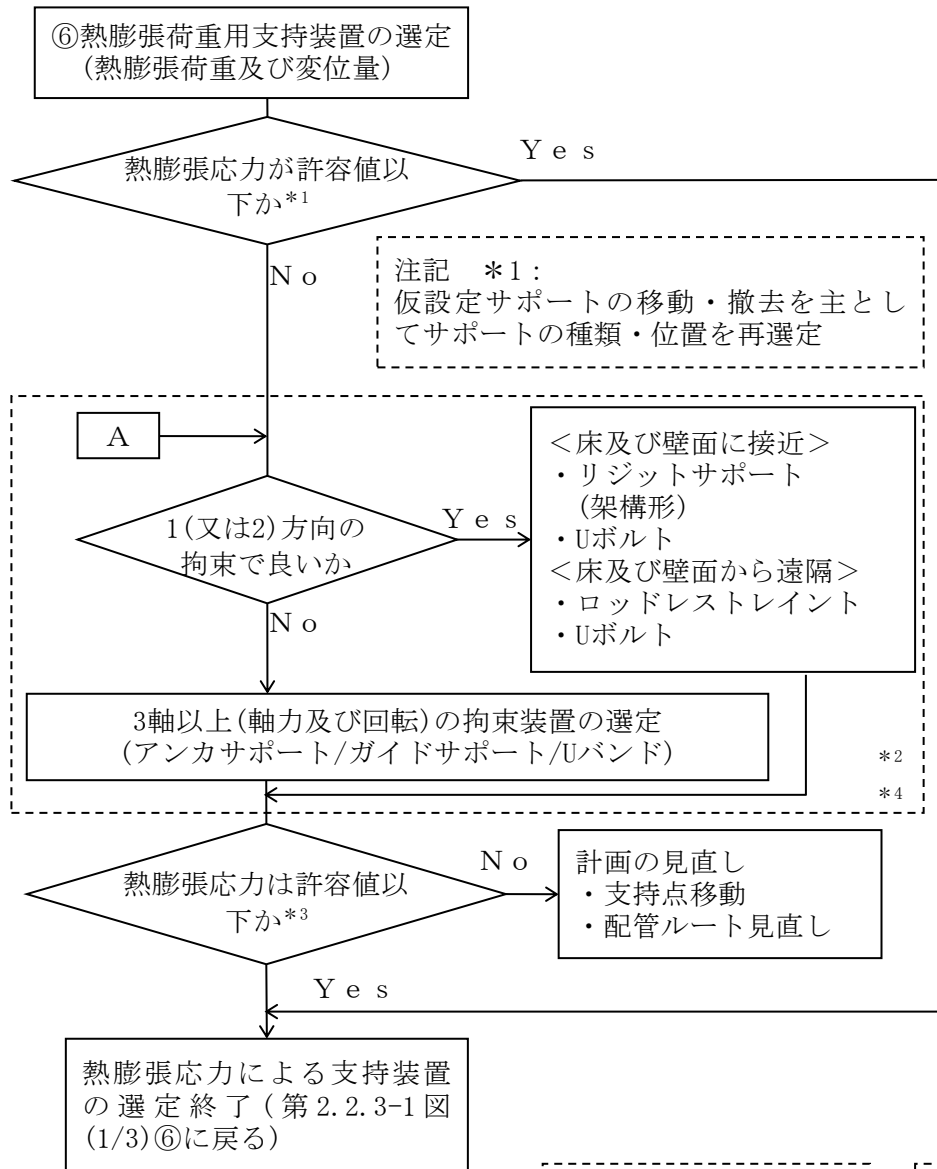
④標準支持間隔法による支持点の計画
配管軸直方向拘束(Uボルト)を仮設定



注記 *2:
標準支持間隔以内の移動の可否評価



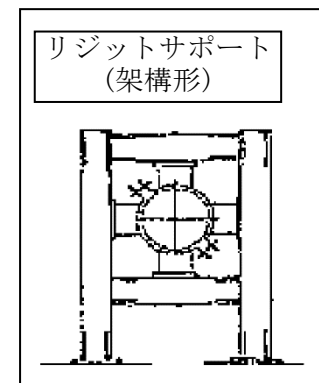
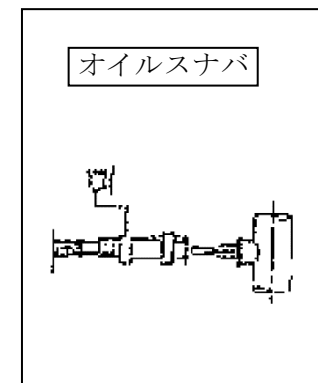
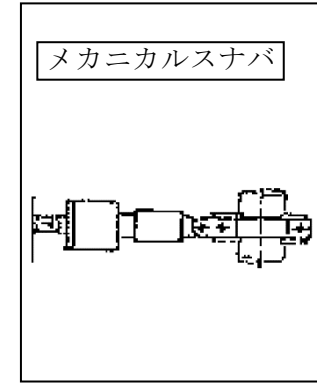
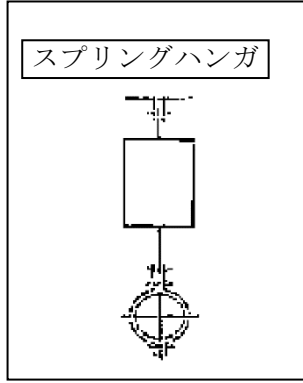
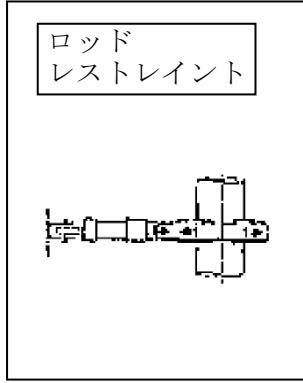
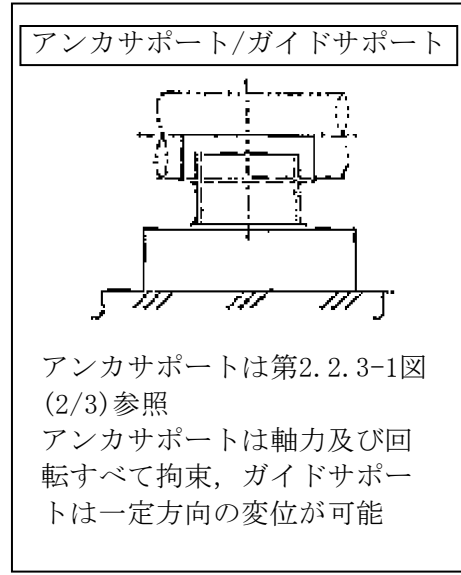
第2.2.3-1図(2/3) 支持構造物の選定フロー



注記 *2:
サポート選定の参照範囲を示す

注記 *3:
すべての部位で発生応力が許容値以下であることを確認

注記 *4:
支持点荷重が小さい場合はUボルト/Uバンドを選定する。なお、Uボルト/Uバンドの概念図は第2.2.3-1図(2/3)参照



第2.2.3-1図(3/3) 支持構造物の選定フロー

2.2.4 支持構造物の設計において考慮すべき事項

支持構造物は支持装置、支持架構・付属部品及び埋込金物に分類され、それぞれの設計方針を2.3項、2.4項及び2.5項に示す。なお、支持装置はロッドレストレイント、オイルスナバ、メカニカルスナバ及びスプリングハンガを、支持架構は架構式レストレイントを、付属部品はラグ、Uボルト等を示し、以下の点を考慮して設計する。

- (1) 支持装置及び付属部品は、配管の地震荷重、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付属部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) 地震荷重を拘束しないスプリングハンガ以外の支持構造物は、建物・構築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、埋込金物より建屋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、JSME S NC1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、JEAG4601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。

2.3 支持装置の設計

2.3.1 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の比較による荷重評価によって選定する。

2.3.2 支持装置の選定

支持装置は、以下の条件により選定する。

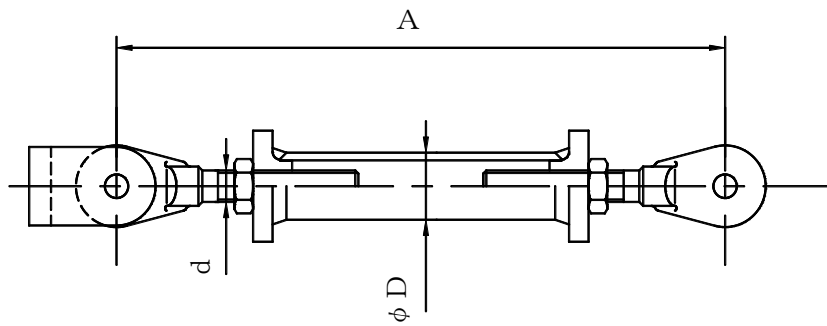
- (1) ロッドレストレイント
支持点荷重に基づき、定格荷重で選定する。
- (2) オイルスナバ及びメカニカルスナバ
支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。
- (3) スプリングハンガ
支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。

各支持装置の定格荷重及び主要寸法を第2.3.2-1表～第2.3.2-5表に示す。

なお、本表に示す型式及び定格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により選定を行う。

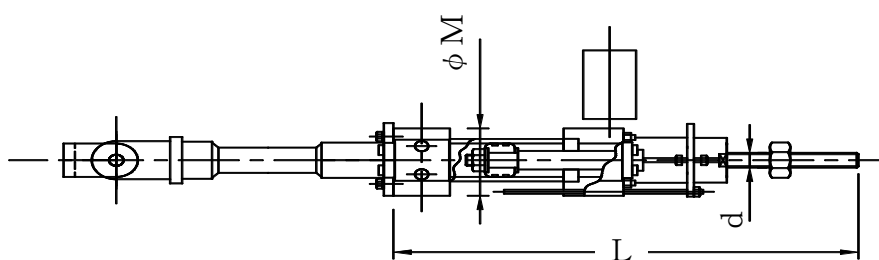
第2.3.2-1表 ロッドレストレイントの定格荷重及び主要寸法

型 式	定格荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	450	1,750	34.0	20
1	10	450	2,000	42.7	20
3	30	520	2,400	60.5	30
6	60	550	2,700	76.3	36
10	100	650	2,950	89.1	42
16	160	720	3,400	114.3	56
25	250	770	3,800	139.8	64



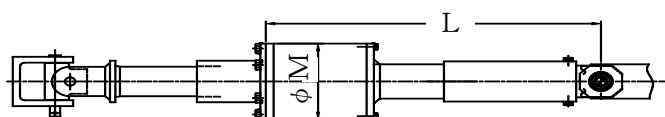
第2.3.2-2表 オイルスナバの定格荷重及び主要寸法

型 式	定格荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法 (mm)		
			L	M	d
03	3	100	445	78.0	16
		160	535		
		250	670		
06	6	100	450	83.0	20
		160	540		
		250	675		
1	10	100	465	93.0	20
		160	555		
		250	690		
3	30	100	500	128.0	30
		160	590		
		250	725		
6	60	100	545	155.0	36
		160	635		
		250	770		
10	100	100	600	186.0	42
		160	690		
		250	825		
16	160	100	640	227.0	56
		160	730		
		250	865		
25	250	100	670	267.0	64
		160	760		
		250	895		



第2.3.2-3表 メカニカルスナバの定格荷重及び主要寸法

型 式	定格荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法 (mm)	
			L	M
01	1	100	365	92
		160	455	
		250	590	
03	3	100	365	102
		160	455	
		250	590	
06	6	100	365	123
		160	455	
		250	590	
1	10	100	430	140
		160	520	
		250	655	
3	30	100	465	155
		160	555	
		250	690	
6	60	100	505	191
		160	595	
		250	730	
7.5	75	100	505	195
		160	595	
		250	730	
10	100	100	575	208
		160	665	
		250	800	
16	160	100	650	278
		160	740	
		250	875	
25	250	100	750	304
		160	840	
		250	975	
40	400	100	860	355
		160	950	
		250	1,085	
60	600	100	950	400
		160	1,040	
		250	1,175	

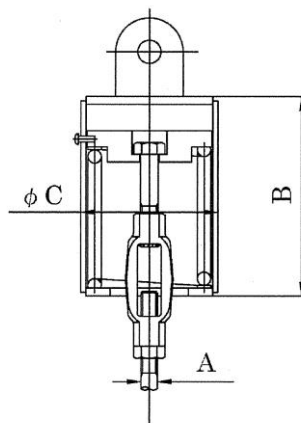


第2.3.2-4表 スプリングハンガの定格荷重

型 式	トラベルシリーズ				
	1	2	4	L2	L4
	荷重範囲 (kN)				
16	18.51~30.52			13.51~30.52	
19	44.72~72.96			32.95~72.96	
	最大トラベル (mm)				
16, 19	30	60	120	85	170

第2.3.2-5表 スプリングハンガの主要寸法

型 式	主要寸法 (mm)						
	A	B					C
		トラベルシリーズ					
		1	2	L2	4	L4	
16	30	240	345	370	590	640	258
19	48	315	450	475	770	820	328



2.3.3 支持装置の使用材料

JSME S NC1の適用を受ける箇所に使用する材料は、JSME S NC1 付録材料図表 Part1に従うものとする。

2.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法

支持装置及び付属部品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

2.3.4.1 定格荷重

支持装置の定格荷重は、JSME S NC1及びJEAG4601を満足するように設定されたものであり、支持点荷重を上回る定格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。

2.3.4.2 支持装置の強度計算式

2.3.4.2.1 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。

(1) ロッドレストレイント

記号	単位	定義
A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
B	mm	ブラケットせん断寸法
		クランプせん断寸法
		スヘリカルアイボルト穴部せん断寸法
		コネクティングイーヤ穴部せん断寸法
C	mm	ブラケット引張断寸法
		クランプ引張断寸法
		スヘリカルアイボルト溶接部せん断寸法
		イーヤせん断寸法
D	mm	ブラケット穴径
		クランプ穴径
		スヘリカルアイボルトの穴部の径
		コネクティングイーヤの穴部の径
		コネクティングパイプ外径
		ターンバックル外径
		パイプ外径
d	mm	ピン外径
E	MPa	縦弾性係数
F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値
F_c	MPa	圧縮応力
F_p	MPa	支圧応力
F_s	MPa	せん断応力
F_t	MPa	引張応力
f_c	MPa	許容圧縮応力
I	mm^4	断面2次モーメント
i	mm	断面2次半径

記号	単位	定義
L	mm	ピン間距離
l_k	mm	座屈長さ
P	kN, N	定格荷重
R	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径
		コネクティングイーヤ半径
T	mm	ブラケット板厚
		クランプ板厚
		イーヤ板厚
t	mm	パイプ板厚
		スヘリカルアイボルト穴部板厚
		コネクティングイーヤ穴部板厚
Λ	—	限界細長比
λ	—	細長比

(2) オイルスナバ及びメカニカルスナバ

記号	単位	定義
A_c	mm ²	圧縮応力計算に用いる断面積
A_p	mm ²	支圧応力計算に用いる断面積
A_s	mm ²	せん断応力計算に用いる断面積
A_t	mm ²	引張応力計算に用いる断面積
B	mm	イーヤ穴部せん断面寸法
		コネクティングチューブイーヤ穴部せん断面寸法
		ユニバーサルブラケット穴部せん断面寸法
		ダイレクトアタッチブラケット穴部せん断面寸法
		スヘリカルアイボルト穴部せん断面寸法
		クランプ穴部せん断面寸法
		ブラケット穴部せん断面寸法
		ユニバーサルボックス穴部せん断面寸法
		ロッドエンド穴部せん断面寸法
		各部品のせん断面寸法
C	mm	イーヤ引張断面寸法
		クランプ引張断面寸法
		コネクティングチューブイーヤ引張断面寸法
		ユニバーサルブラケット引張断面寸法
		ダイレクトアタッチブラケット引張断面寸法
		ブラケット引張断面寸法
		ロッドエンド引張断面寸法
C_1	mm	ユニバーサルボックス引張断面寸法
		各部品の引張断面寸法
C_2	mm	ユニバーサルボックス引張断面寸法
		各部品の引張断面寸法

記号	単位	定義
D	mm	イーヤ穴部の径
		スヘリカルアイボルト穴部の径
		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
		ターンバックルパイプ外径
		アダプタ外径
		コネクティングパイプ外径
		コネクティングロッド外径
		コネクティングチューブ外径
		ピストンロッド外径
		コネクティングチューブイーヤ部穴部の径
		ユニバーサルブラケット穴部の径
ダイレクトアタッチブラケット穴部の径		
ユニバーサルボックス穴部の径		
D ₁	mm	ロードコラム外径
		ケース内径
		ベアリング押え内径
		コンロッド外径
		アダプタ外径
		ジャンクションコラムアダプタ外径
		各部品の径

記号	単位	定義
D ₂	mm	ロードコラム内径
		ケース内径
		ベアリング押え内径
		コンロッド内径
		アダプタ内径
		ジャンクションコラムアダプタ内径
		各部品の径
D ₃	mm	ケース内径
		各部品の径
D ₄	mm	ケース外径
		各部品の径
d	mm	ピンの外径
		タイロッド最小断面部の径
		ピストンロッド最小断面部の径
E	MPa	縦弾性係数
F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値
F _c	MPa	圧縮応力
F _p	MPa	支圧応力
F _s	MPa	せん断応力
F _t	MPa	引張応力
		内圧による引張応力
f _c	MPa	許容圧縮応力
G	mm	ターンバックルの厚さ
H	mm	ターンバックルの幅
h	mm	すみ肉溶接部脚長
I	mm ⁴	断面2次モーメント
i	mm	断面2次半径
K	MPa	シリンダチューブ内圧

記号	単位	定義
L	mm	コネクティングチューブ長さ
		コネクティングパイプ長さ
l_k	mm	座屈長さ
M	mm	六角ボルト外径
		タイロッド外径
n	本	六角ボルトの本数
		タイロッドの本数
P	kN, N	定格荷重
R	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径
r_1	mm	シリンダチューブの内半径
r_2	mm	シリンダチューブの外半径
T	mm	クランプ板厚
		コネクティングチューブイーヤ板厚
		ユニバーサルブラケット板厚
		ダイレクトアタッチブラケット板厚
		イーヤ板厚
		ブラケット板厚
		各部品の厚さ

記号	単位	定義
t	mm	イーヤ穴部板厚
		ケース板厚
		ベアリング押え板厚
		コネクティングチューブ板厚
		シリンダカバー板厚
		ターンバックルパイプ板厚
		アダプタ最小断面部の板厚
		コネクティングパイプ板厚
		コネクティングロッド板厚
		ロッドエンドイーヤ板厚
t ₁	mm	ユニバーサルボックスの厚さ
t ₂	mm	ユニバーサルボックスの厚さ
Λ	—	限界細長比
λ	—	細長比

(3) スプリングハンガ

記号	単位	定義
A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
a	mm	上部カバー円板の外径
		ピストンプレートの外径
		下部カバー円板の外径
		スプリングの径
B	mm	イーヤ穴部せん断寸法
		クレビスブラケット穴部せん断寸法
		アイボルト穴部せん断寸法
		クランプ穴部せん断寸法
b	mm	上部カバー円板の内径
		ピストンプレートの内径
		スプリングの径
		下部カバー円板の径
C	mm	イーヤ幅引張断面寸法
		クレビスブラケット引張断面寸法
		クランプ引張断面寸法
D	mm	クレビスブラケット穴の径
		上部カバー円板の外径
		スプリングケースの内径
		ロードコラムの外径
		イーヤの穴径
		クランプ穴の径
		下部カバーの外径
d	mm	ピンの外径

記号	単位	定義
F_b	MPa	曲げ応力
F_m	MPa	ピンのせん断及び曲げ組合せ応力
F_p	MPa	支圧応力
F_s	MPa	せん断応力
F_t	MPa	引張応力
G	mm	ターンバックルの厚さ
H	mm	ターンバックルの幅
h	mm	すみ肉溶接脚長
J	mm	スプリングケース切欠き部の幅
		ターンバックル切欠き部の幅
L	mm	クレビスブラケット及びクランプの板と板の距離
		ロードコラムの長さ
M	mm	ネジ外径
M_0	N・mm	設計荷重によるモーメント
P	kN, N	定格荷重
T	mm	イーヤの板厚
		ピストンプレートの板厚
		スプリングケースの板厚
		下部カバーの板厚
		クレビスブラケットの板厚
		クランプの板厚
		各部品の厚さ
T_1	mm	上部カバーの板厚
Z	mm ³	断面係数
β_8	—	応力係数(「新版機械工学便覧」A4-図82による)
β_9	—	応力係数(「新版機械工学便覧」A4-図84による)
β_{10}'	—	応力係数(「新版機械工学便覧」A4-図84による)

2.3.4.2.2 強度計算式

支持装置の強度計算式を以下に示す。

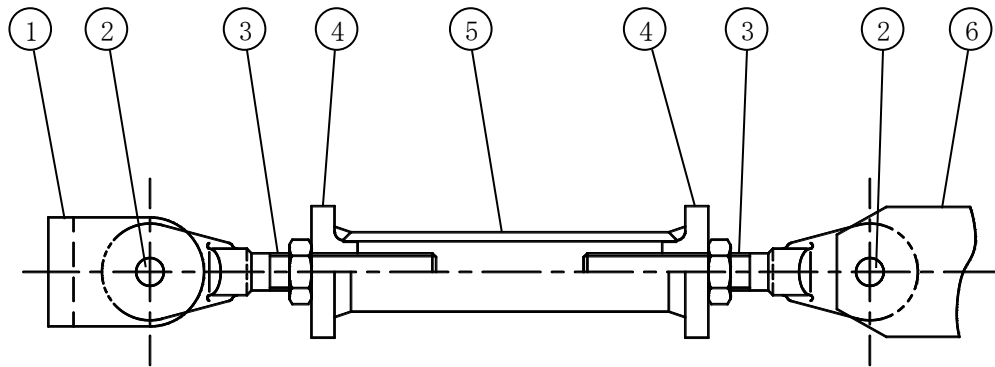
なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算する。

(1) 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。

a. 強度部材

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

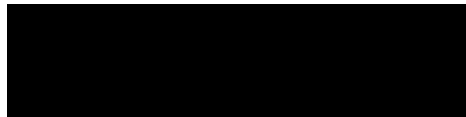


b. 各部材の計算式

(a) ブラケット(①)及びクランプ(⑥)

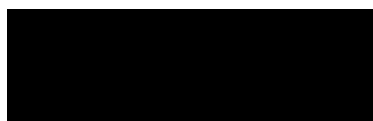
I 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



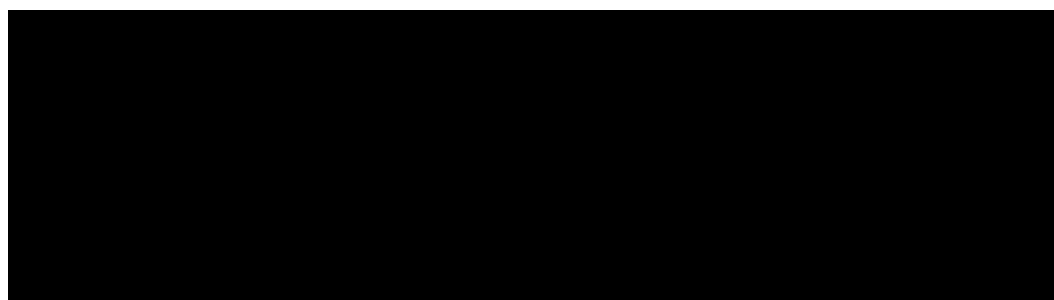
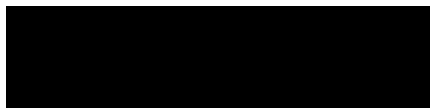
II せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



Ⅲ 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



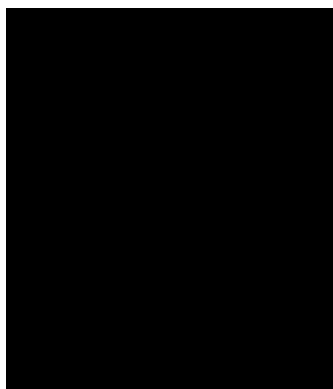
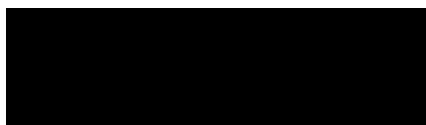
①ブラケット

⑥クランプ

(b) ピン(②)

I せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

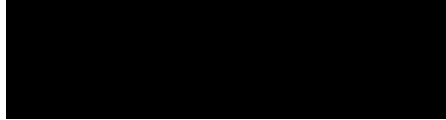


(c) スヘリカルアイボルト(③)

I 穴部

(I) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(II) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(III) 支圧応力評価

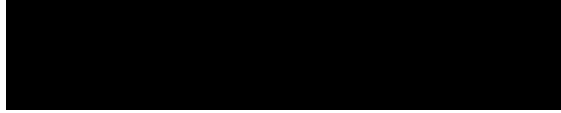
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



(d) アジャストナット溶接部(④)

I 引張応力評価

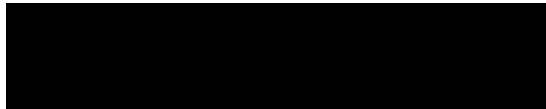
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



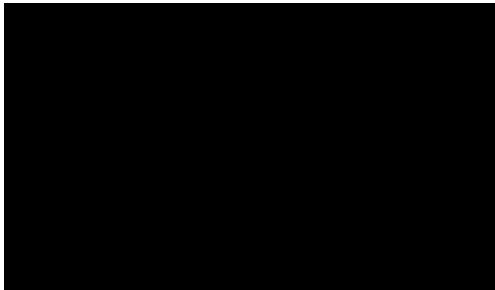
(e) パイプ(⑤)

I 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。



許容圧縮応力



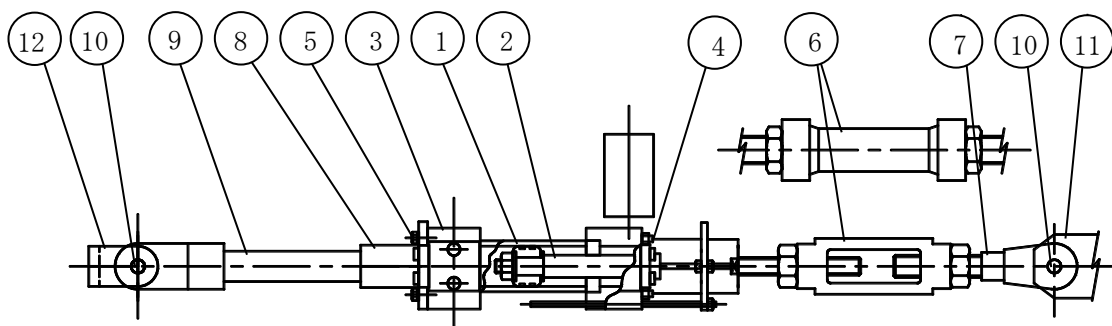


(2) オイルスナバ

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

a. 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、⑤六角ボルト、⑥ターンバックル、⑦スヘリカルアイボルト、⑧アダプタ、⑨コネクティングパイプ、⑩ピン、⑪クランプ及び⑫ブラケット

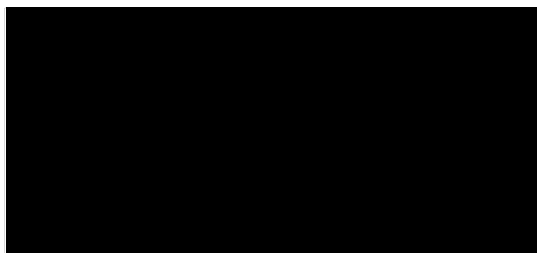
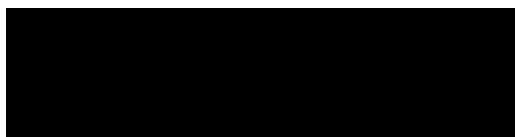


b. 各部材の計算式

(a) シリンダチューブ(①)

I 引張応力評価

内圧により生じる引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(b) ピストンロッド(②)

I 引張応力評価

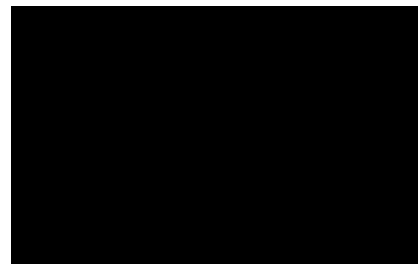
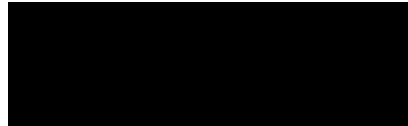
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(c) シリンダカバー(③)

I せん断応力評価

内圧により生じるせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(d) タイロッド(④)

I 引張応力評価

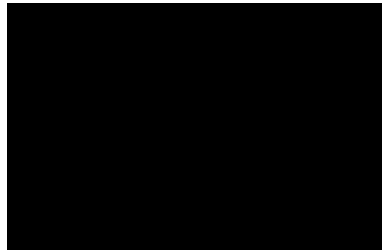
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(e) 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。



(f) ターンバックル(⑥)

I 引張応力評価

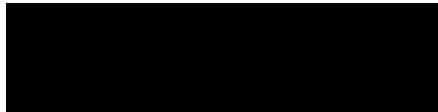
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(g) スヘリカルアイボルト(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。



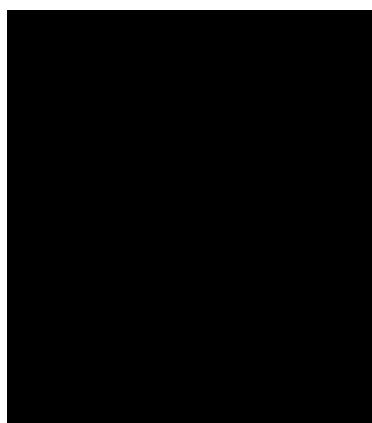
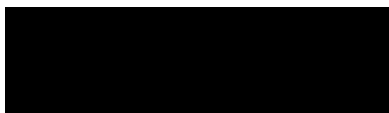
II せん断応力評価

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

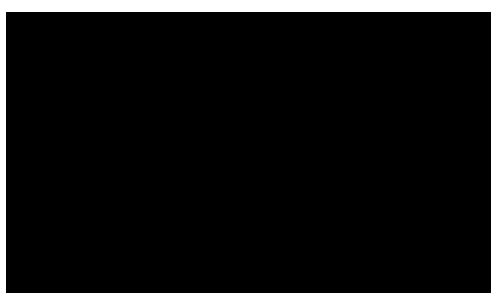
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



(h) アダプタ (⑧)

I 引張応力評価

アダプタ及び溶接部の引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



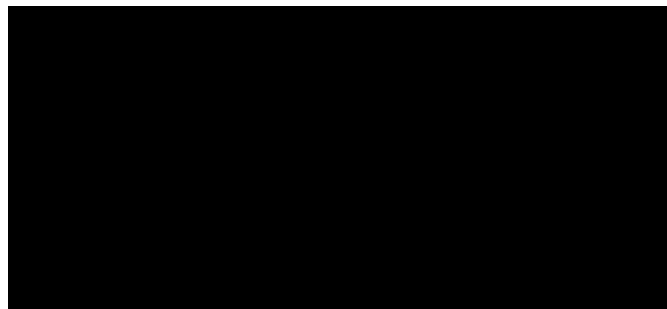
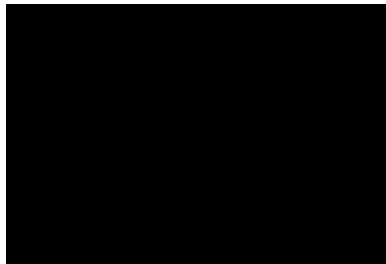
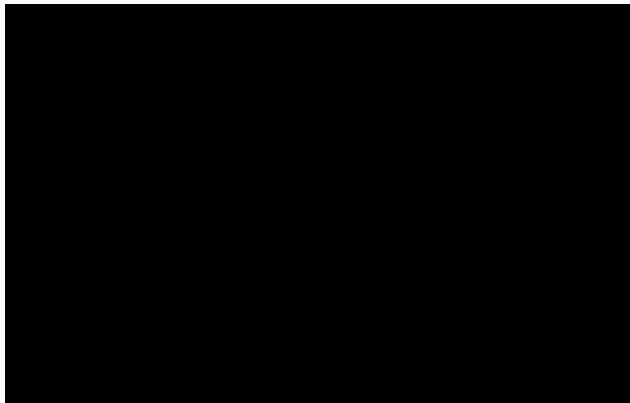
(i) コネクティングパイプ(⑨)

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。



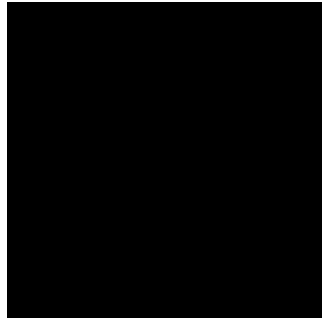
許容圧縮応力



(j) ピン(⑩)

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。



(k) クランプ(⑪)及びブラケット(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。



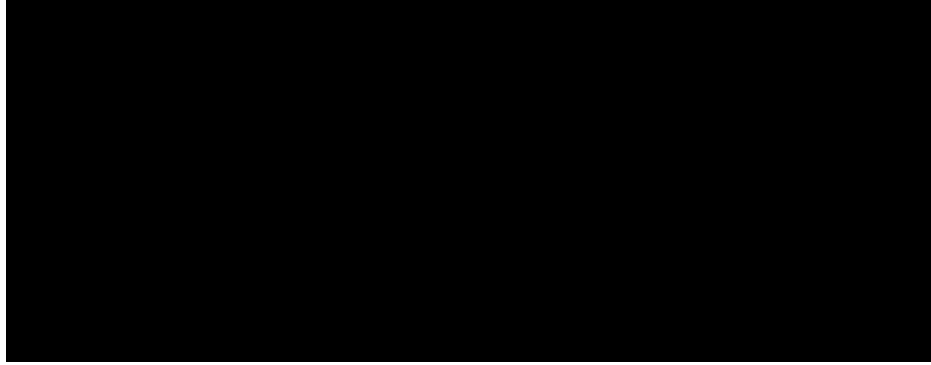
II せん断応力評価

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。

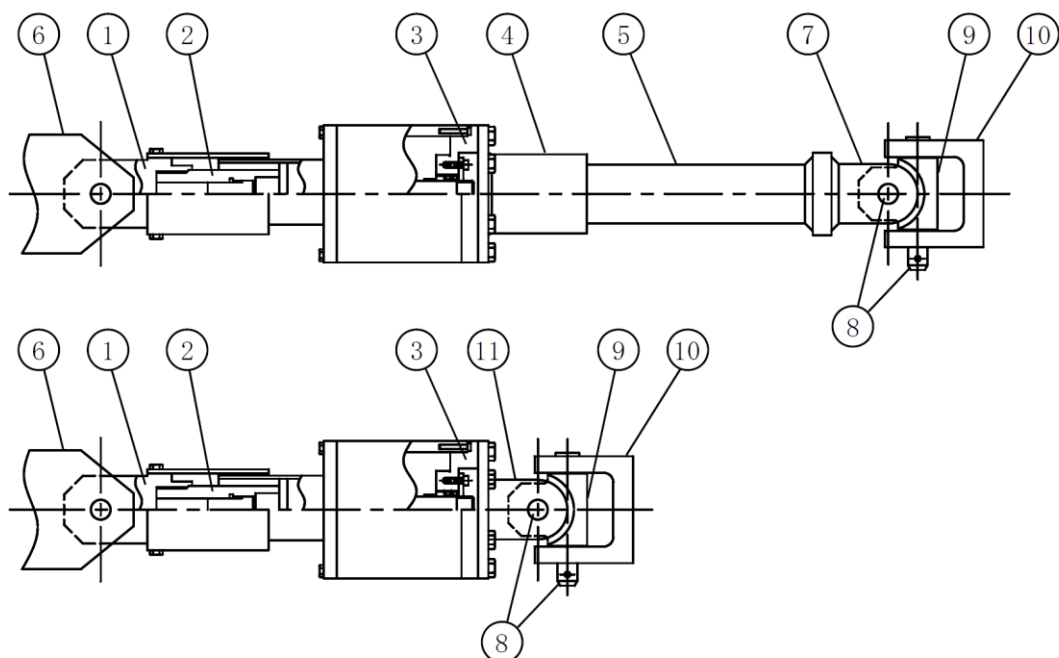


(3) メカニカルスナバ

応力評価は、次の強度部材である最弱部に発生する引張応力(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。

a. 強度部材

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



b. 各部材の計算式

(a) イーヤ(①)

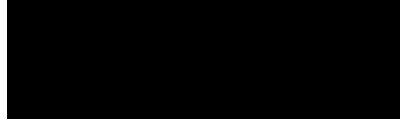
I 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



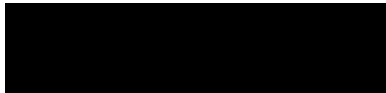
II せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



III 支圧応力評価

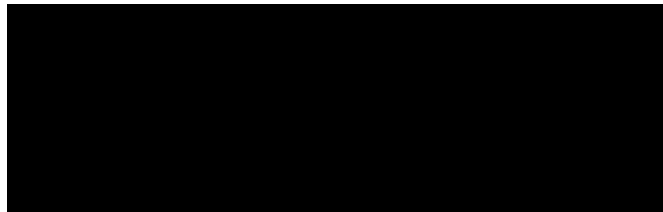
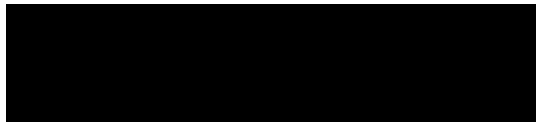
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



(b) ロードコラム(②)

I 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

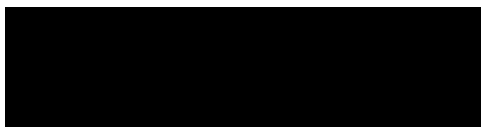


(c) ケース，ベアリング押さえ及び六角ボルト(③)

I ケース

(I) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



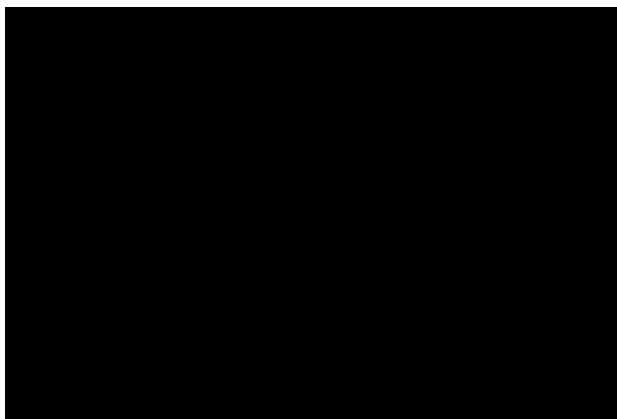
(II) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(III) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



II ベアリング押え

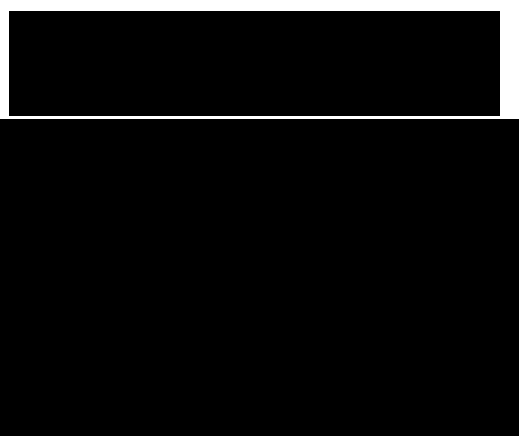
(I) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(II) 支圧応力評価

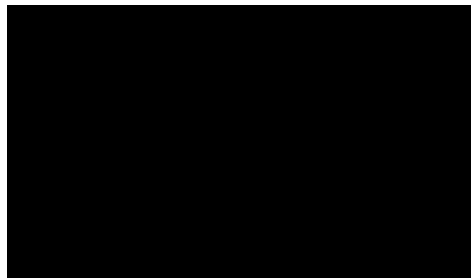
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



III 六角ボルト

(I) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

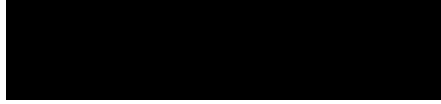


(d) ジャンクションコラムアダプタ (④)

I 六角ボルト

(I) 引張応力評価

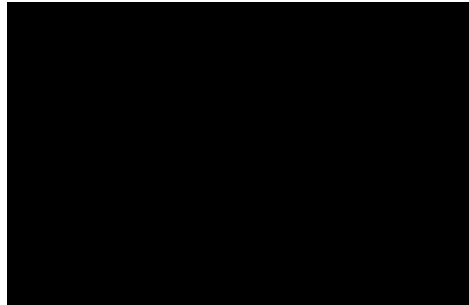
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



II 溶接部

(I) せん断応力評価

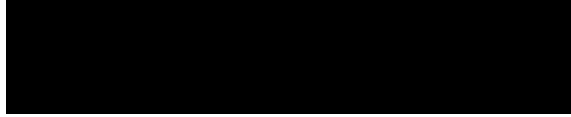
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



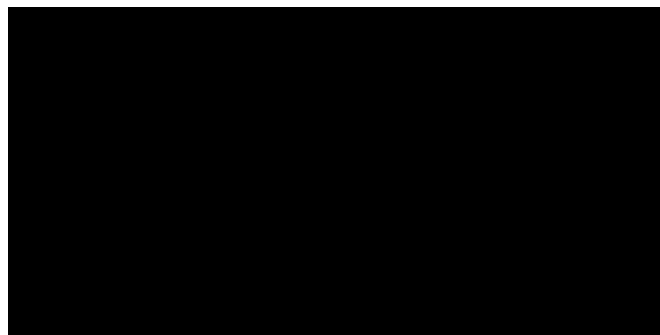
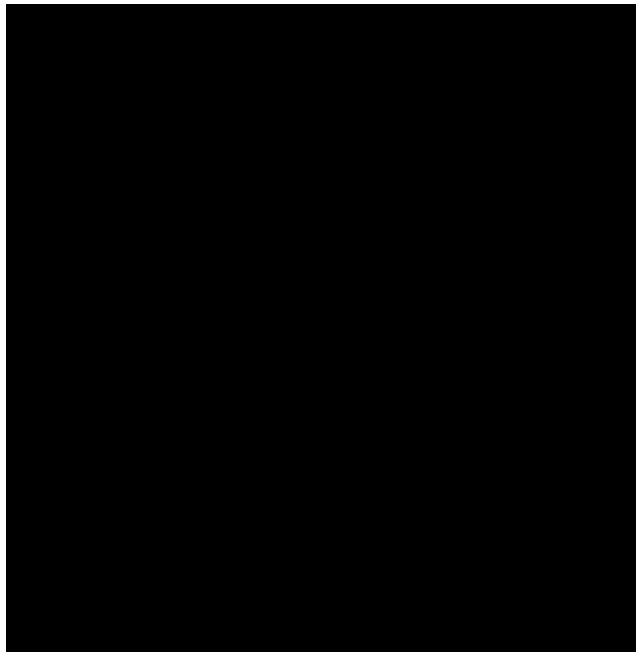
(e) コネクティングチューブ(⑤)

I 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。



許容圧縮応力



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

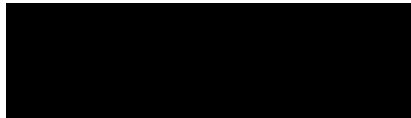
I 引張応力評価

引張応力が, 許容引張応力以下であることを確認する。



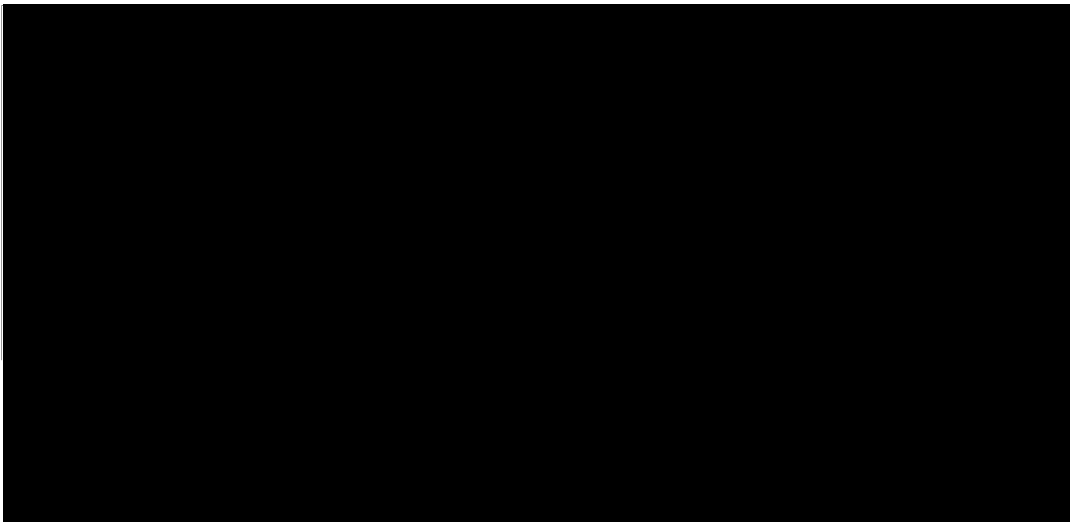
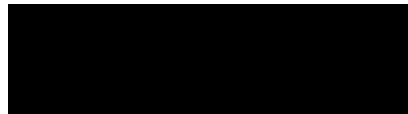
II せん断応力評価

せん断応力が, 許容せん断応力以下であることを確認する。



III 支圧応力評価

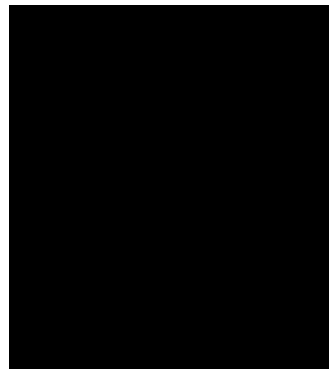
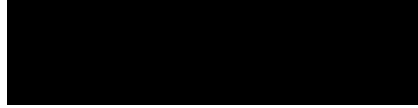
支圧応力が, 許容支圧応力以下であることを確認する。



(g) ピン(⑧)

I せん断応力評価

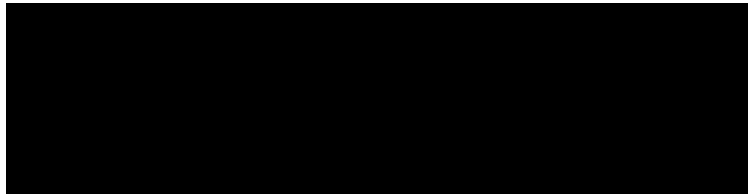
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(h) ユニバーサルボックス(⑨)

I 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



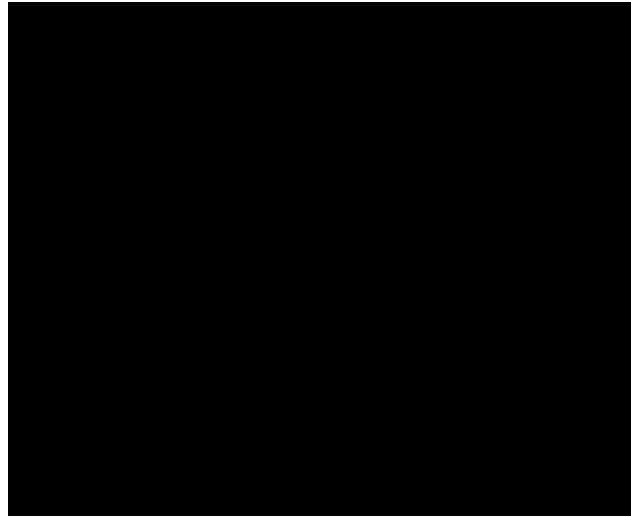
II せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



Ⅲ 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

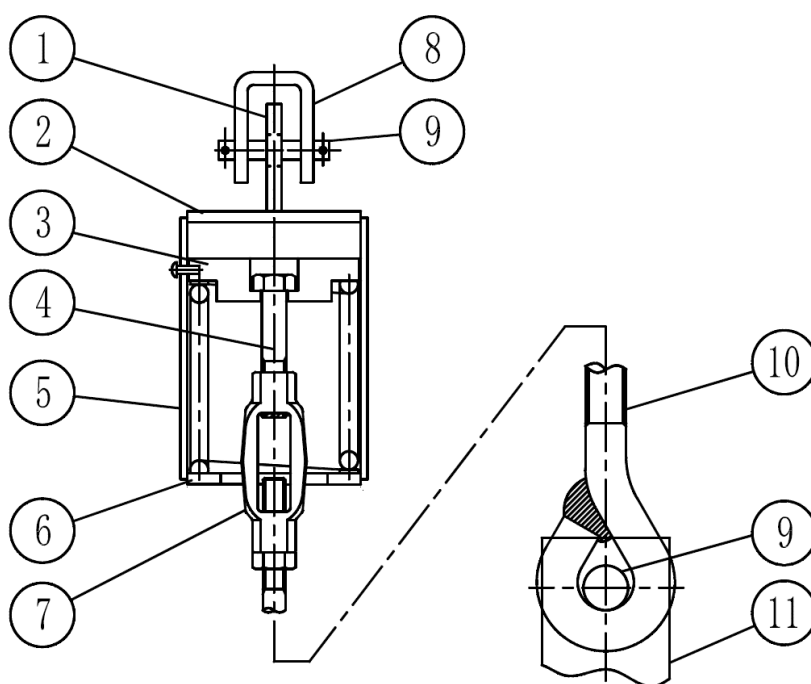


(4) スプリングハンガ

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、曲げ応力、支圧応力及び組合せ応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

a. 強度部材

①イーヤ、②上部カバー、③バネ座(ピストンプレート)、④ハンガロッド、⑤スプリングケース、⑥下部カバー、⑦ターンバックル、⑧クレビスブラケット、⑨ピン、⑩アイボルト及び⑪クランプ



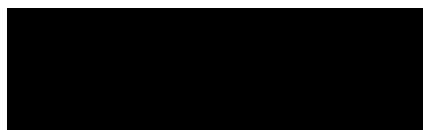
b. 各部材の計算式

(a) 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

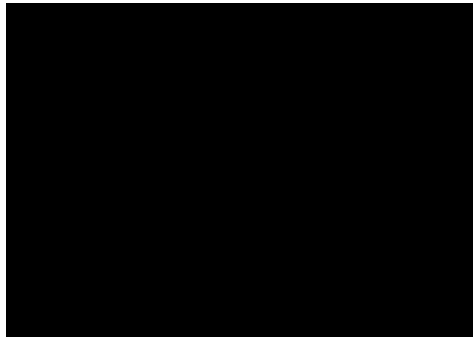
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



II イーヤ溶接部

(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。

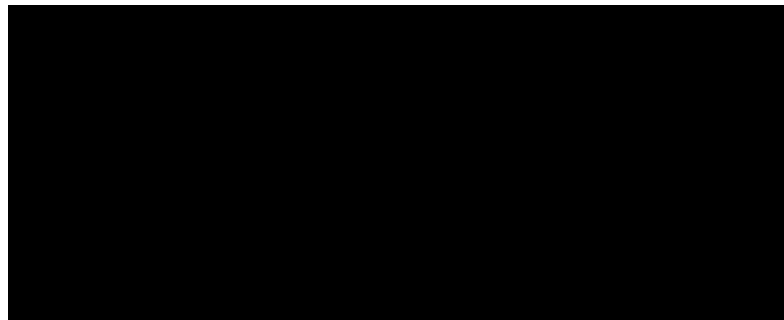


(b) 上部カバー(②)

I 本体

(I) 曲げ応力評価

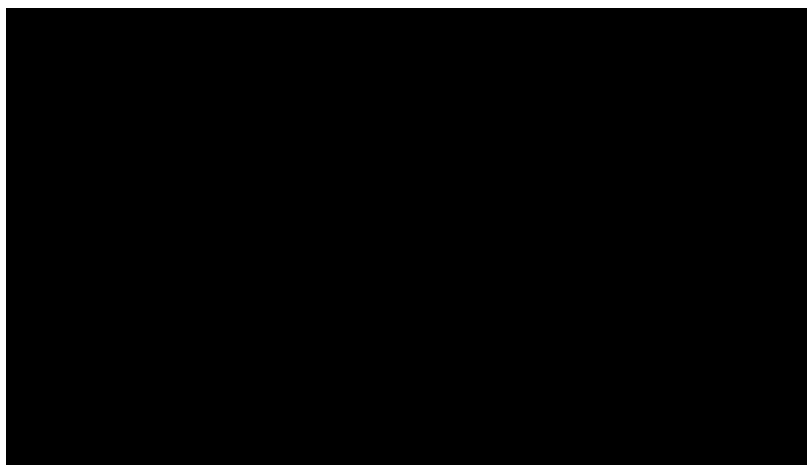
曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



II 溶接部

(I) せん断応力評価

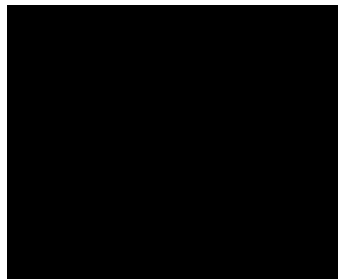
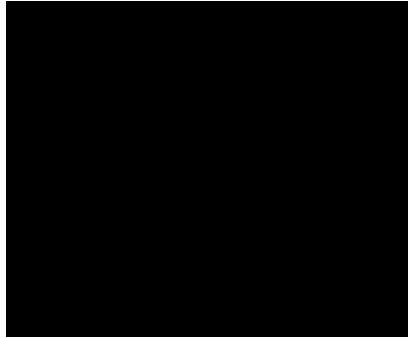
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(c) バネ座(ピストンプレート) (③)

I 曲げ応力評価

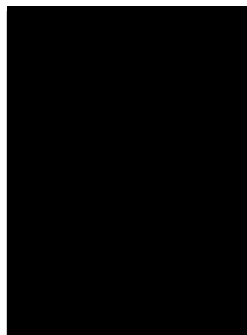
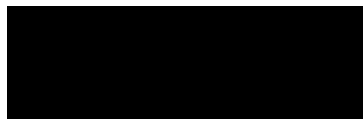
曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



(d) ハンガロッド (④)

I 引張応力評価

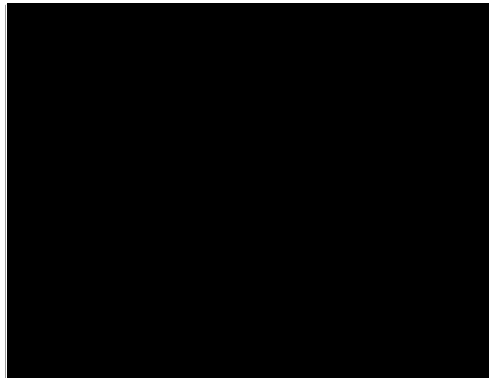
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(e) スプリングケース (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。

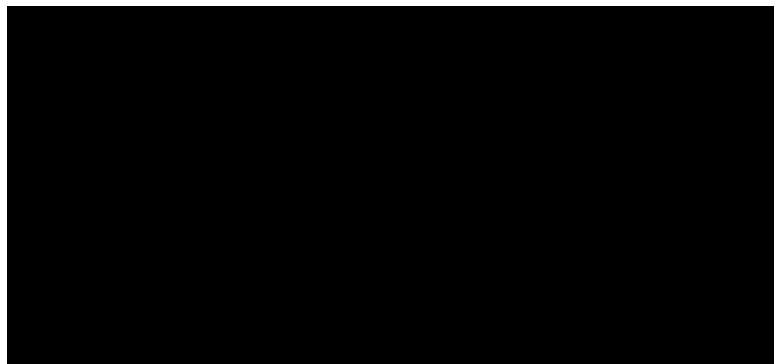
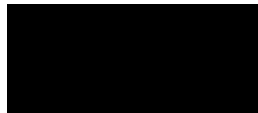


(f) 下部カバー (⑥)

I 本体

(I) 曲げ応力評価

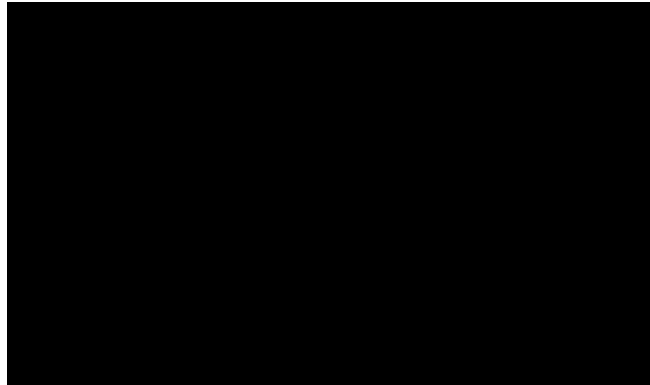
曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



II 溶接部

(I) せん断応力評価

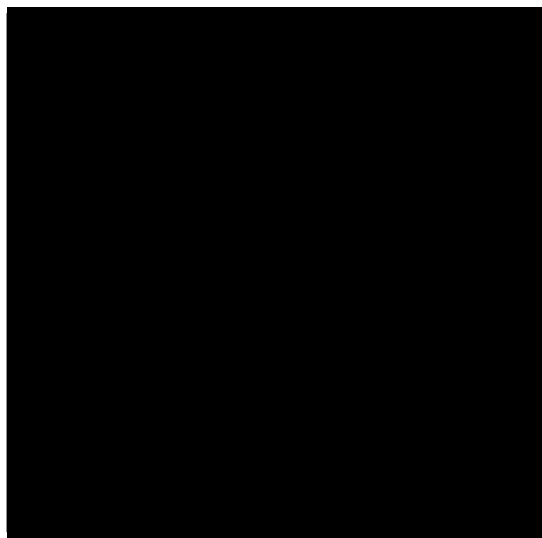
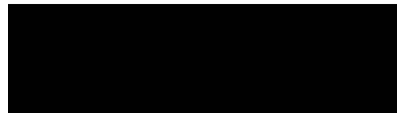
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(g) 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。



(h) クレビスブラケット(⑧)及びクランプ(⑩)

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。



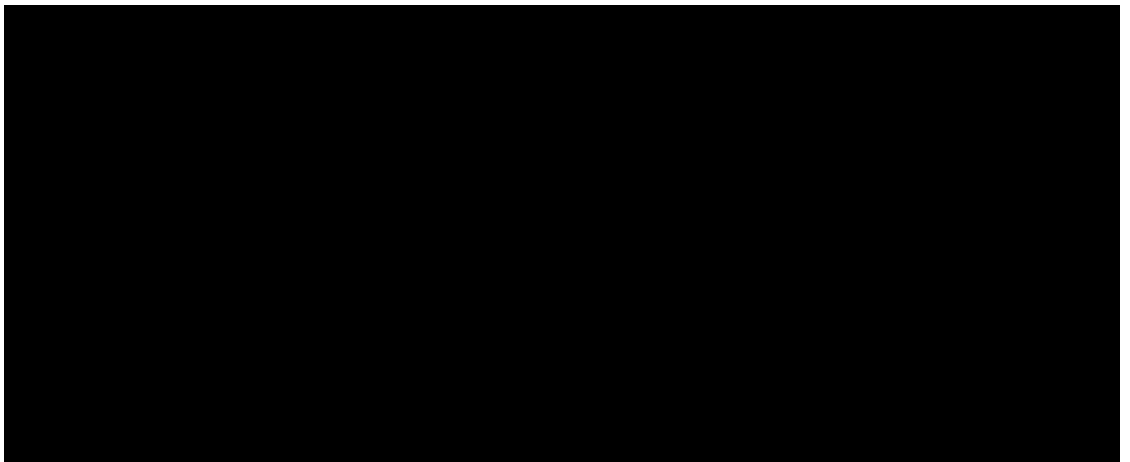
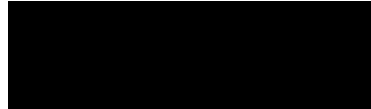
(II) せん断応力評価

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

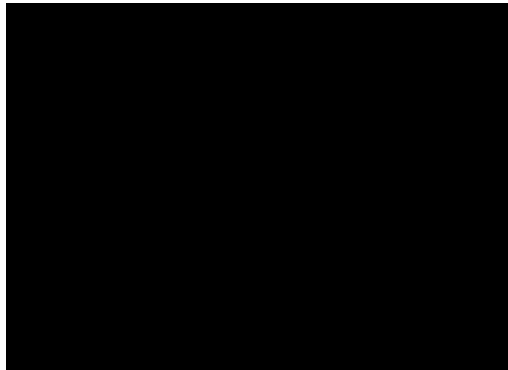
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



II クレビスブラケット溶接部

(I) せん断応力評価

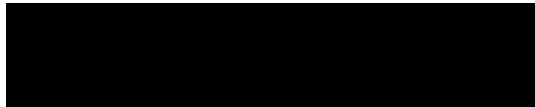
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(i) ピン(9)

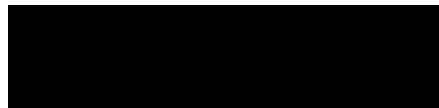
I 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



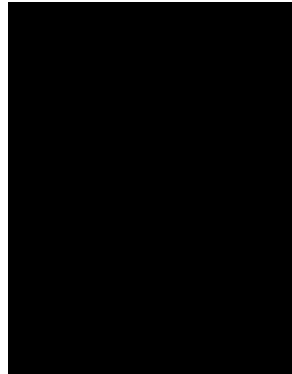
II せん断応力評価

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。

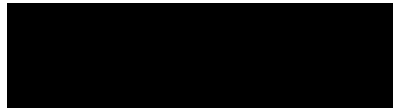


(j) アイボルト (Ⓐ)

I 穴部

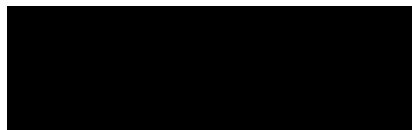
(I) 引張応力評価

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

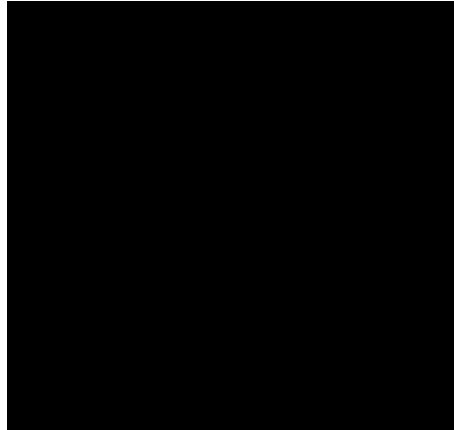
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



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。

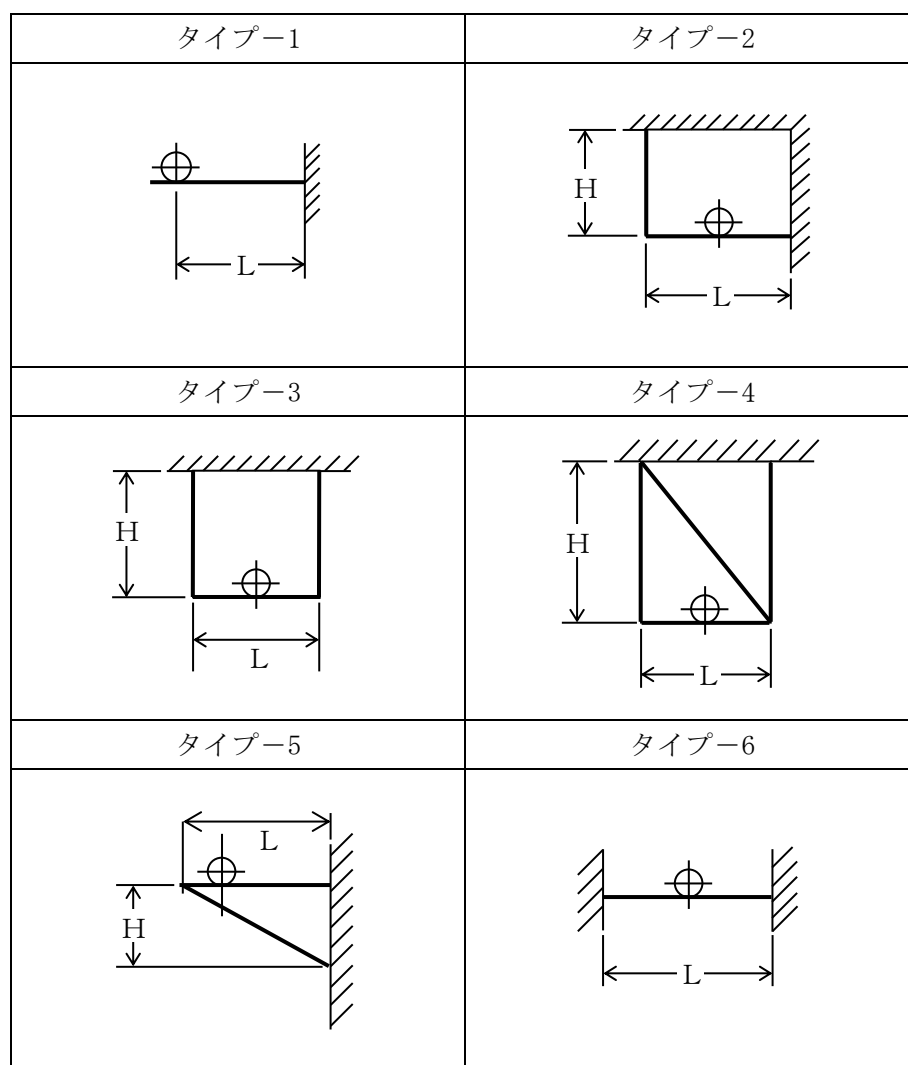


2.4 支持架構及び付属部品の設計

2.4.1 概要

配管の支持架構及び付属部品(ラグ、U ボルト等)は、配管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、保守点検上の配慮等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第2.4.1-1図に示す。



第2.4.1-1図 支持架構の代表構造例

2.4.2 設計方針

配管の支持架構は、非常に物量が多いことから、第 2.4.1-1 図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。

- (1) 配管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。
- (2) 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。

2.4.3 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、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

2.4.4 種類及び選定

支持架構の選定要領を、第2.4.4-1図に示す。

(1) 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、第2.4.1-1 図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。

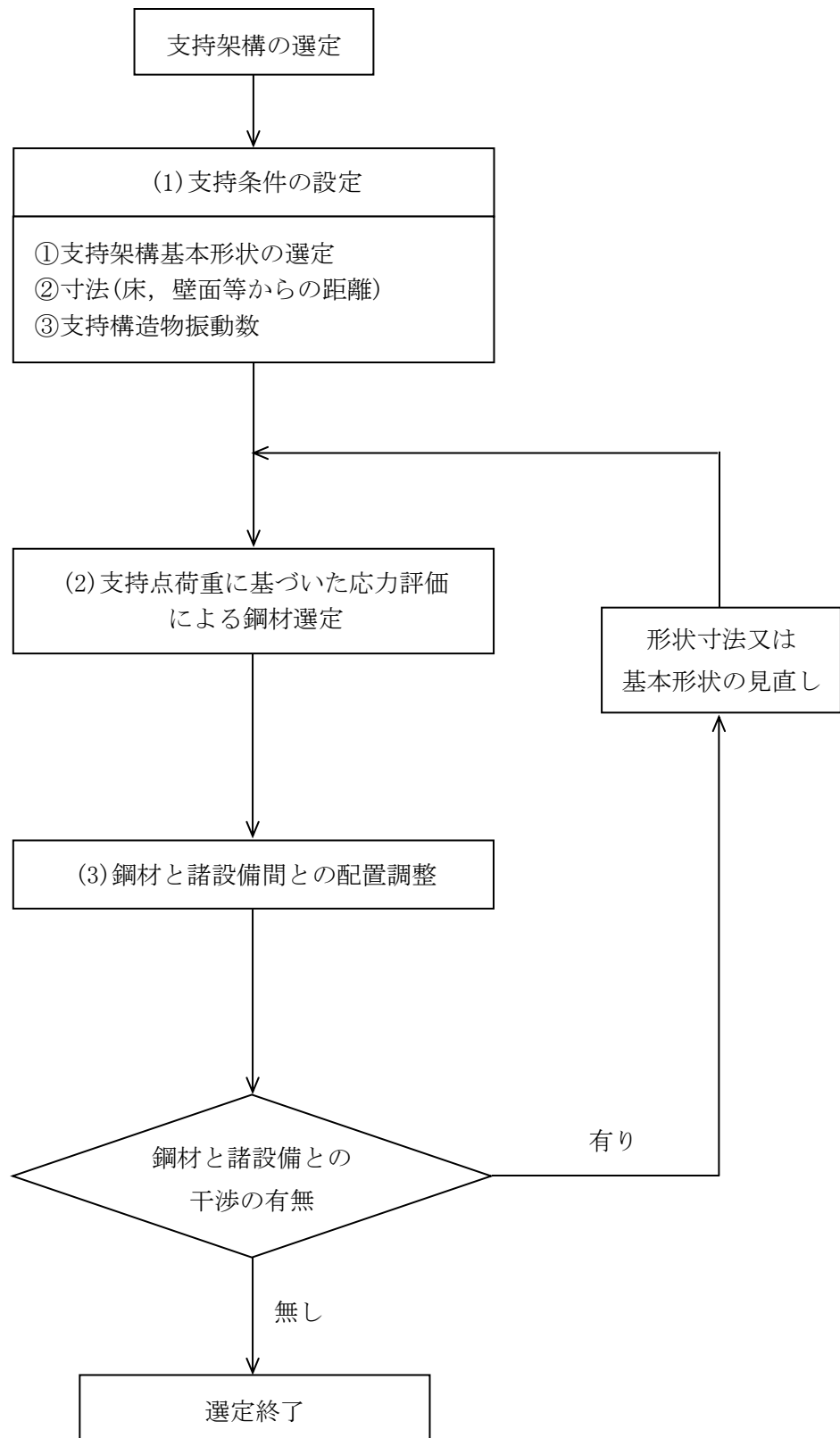
(2) 支持点荷重に基づいた応力評価による鋼材選定

地震時の支持点荷重により鋼材を選定する。

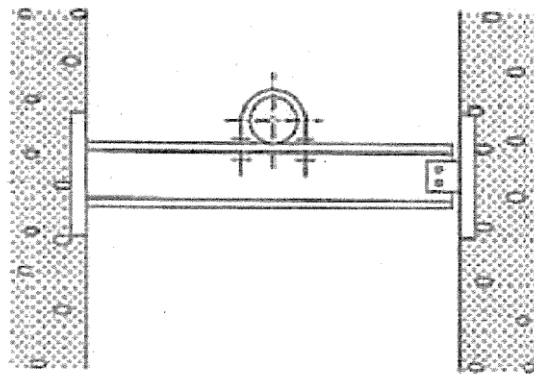
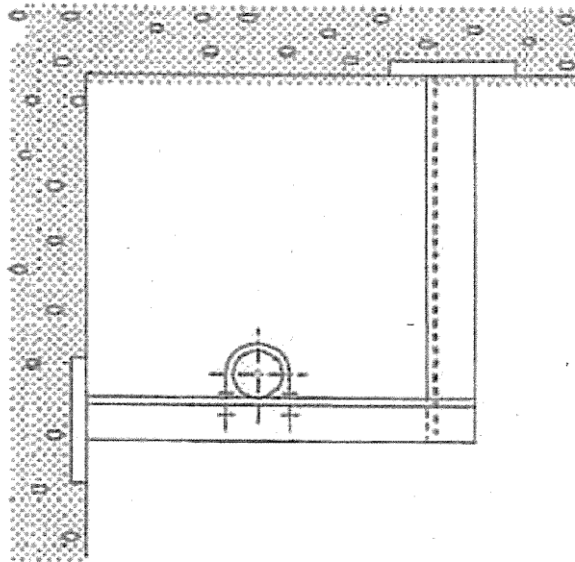
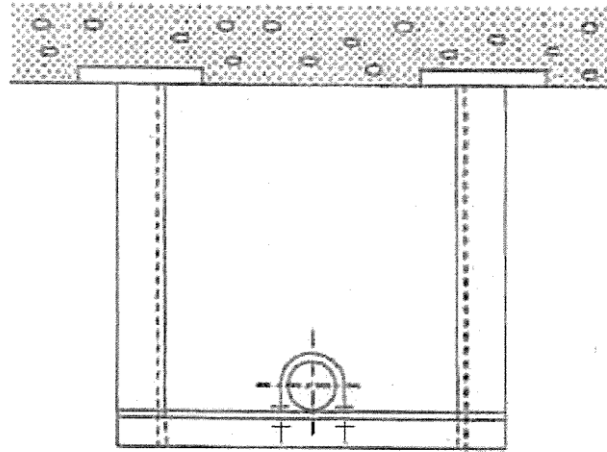
(3) 鋼材と諸設備間との配置調整

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、第2.4.4-2図に示す。



第2.4.4-1図 支持架構の設計フロー



第2.4.4-2図 支持架構の例

2.4.5 支持架構及び付属部品の選定

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。

付属部品については、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部品を選定する。

設計荷重としての最大使用荷重を設定するに当たっては、様々な荷重条件の組合せに適用できるように、設計上の配慮として各荷重成分を同値として定めている。

標準的に使用する鋼材及び付属部品の仕様を第 2.4.5-1 表～第 2.4.5-9 表に示す。

なお、付属部品については、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。

第2.4.5-1表 支持架構の標準鋼材仕様

鋼材名称	材質	鋼材サイズ
山形鋼		
溝形鋼		
H形鋼		
角形鋼		

第2.4.5-2表 標準ラグの選定表

型式	最大使用荷重*	
	F_x, F_y, F_z (N)	M_x, M_y, M_z (N·m)
S-3		
S-4		
S-6		
S-8		
S-10		
S-12		
S-14		
S-16		
S-18		
S-20		
S-22		
S-24		
S-26		
S-28		

注記 * : ラグは配管との取合い部を溶接で固定し6方向荷重を拘束する支持構造物であり、 F_x, F_y, F_z 及び M_x, M_y, M_z の荷重が生じることから、最大使用荷重を設定するに当たっては、様々な荷重条件の組合せに適用できるように、 F_x, F_y, F_z 及び M_x, M_y, M_z を同一の値とする。

第2.4.5-3表 標準ラグの主要寸法

(単位：mm)

型式	母管外径	パッド寸法		パッド厚さ	ラ グ			底 板			距 離	溶接脚長				
	D	l_1	l_2	t_1	l_3	l_4	t_2	l_5	l_6	t_3	H	h_1	h_2	h_3	h_4	
S-3																
S-4																
S-6																
S-8																
S-10																
S-12																
S-14																
S-16																
S-18																
S-20																
S-22																
S-24																
S-26																
S-28																



第2.4.5-4表 標準Uボルトの選定表

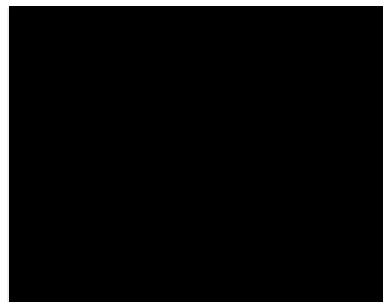
型式	呼び径	最大使用荷重(N)	
		P*	Q*
U-BOLT*15A	15A		
U-BOLT*20A	20A		
U-BOLT*25A	25A		
U-BOLT*32A	32A		
U-BOLT*40A	40A		
U-BOLT*50A	50A		
U-BOLT*65A	65A		
U-BOLT*80A	80A		
U-BOLT*100A	100A		
U-BOLT*125A	125A		
U-BOLT*150A	150A		

注記 * : P : 引張方向荷重

Q : せん断方向荷重

第2.4.5-5表 標準Uボルトの主要寸法

型式	材質	D ₀ (mm)
U-BOLT*15A	[Redacted]	[Redacted]
U-BOLT*20A		
U-BOLT*25A		
U-BOLT*32A		
U-BOLT*40A		
U-BOLT*50A		
U-BOLT*65A		
U-BOLT*80A		
U-BOLT*100A		
U-BOLT*125A		
U-BOLT*150A		



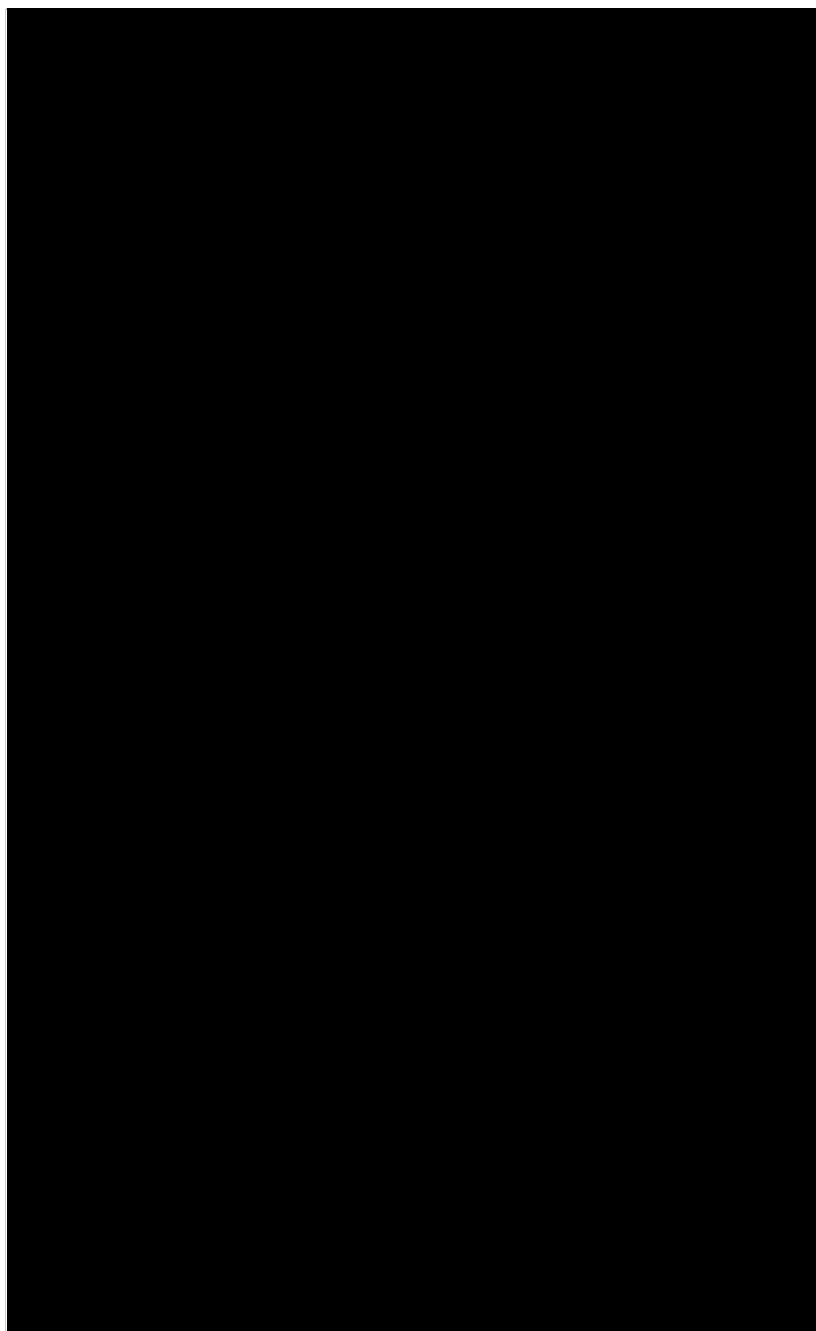
第2.4.5-6表 標準Uバンドの選定表

呼び径 (A)	パイプバ ンド厚さ (mm)	ボルト サイズ	最大使用荷重 (kN)		
			P*	Q*	F*
15	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
20					
25					
40					
50					
65					
80					

注記 * : P : 引張方向荷重
 Q : せん断方向荷重
 F : 配管軸方向荷重

第2.4.5-7表 標準Uバンドの主要寸法

呼び径 (A)	管外径 D (mm)	パイプバンド			ボルト サイズ	締付トルク (N・m)
		R (mm)	A (mm)	t (mm)		
15	21.7					
20	27.2					
25	34.0					
40	48.6					
50	60.5					
65	76.3					
80	89.1					

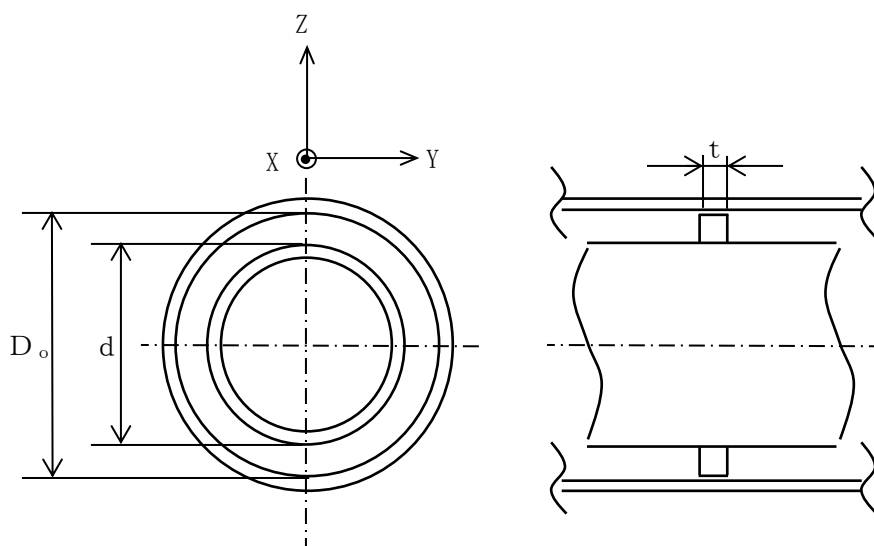


第2.4.5-8表 二重配管ガイドの選定表

型式	呼び径 (内径)	呼び径 (外径)	最大使用荷重(N)	
			F_y	F_z
ガイド(25A-65A)	25A	65A		
ガイド(50A-80A)	50A	80A		

第2.4.5-9表 二重配管ガイドの主要寸法

型式	材質	D_o (mm)	d (mm)	t (mm)
ガイド(25A-65A)				
ガイド(50A-80A)				



2.4.6 支持架構及び付属部品の使用材料

JSME S NC1 の適用を受ける箇所に使用する材料は、JSME S NC1 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。

2.4.7 支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属部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、JSME S NC1 及び JEAG4601 に基づくものとする。

荷重の組合せに対する許容応力を第 2.4.7-1 表に示す。

第2.4.7-1表 荷重の組合せに対する許容応力*7, *8

荷重の組合せ	一次応力						一次+二次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*5	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
D+P d+M d	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p	f_t	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*1}$	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p^{*3}$	$1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c^{*3}$
D+P d+M d+S s	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$3 \cdot f_t^{*6}$	$3 \cdot f_s^{*1, *6}$	$3 \cdot f_b^{*2, *6}$	$1.5 \cdot f_p^{*4}$	$1.5 \cdot f_b$ $1.5 \cdot f_s$
D+P d+M d+S d	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$				$1.5 \cdot f_p^{*4}$	$1.5 \cdot f_c^{*2, *4}$

- 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：JSME S NC1 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、JSME S NC1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、JSME S NC1 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、JSME S NC1 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JSME S NC1 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

- D : 死荷重(自重)
- P_d : 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 : 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 による地震力
- 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
- f_t : 許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対して JSME S NC1 SSB-312
1.1(1)により規定される値
ボルト等に対しては JSME S NC1 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 JSME S NC1 SSB-312
1.1(2)により規定される値
ボルト等に対しては JSME S NC1 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 JSME S NC1 SSB-312
1.1(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 JSME S NC1 SSB-312
1.1(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 JSME S NC1 SSB-312
1.1(5)により規定される値

(2) 支持架構及び付属部品の強度計算式

a. 記号の定義

支持架構及び付属部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	単位	定義
A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
F_b	MPa	曲げ応力
F_s	MPa	せん断応力
F_t	MPa	引張応力
f_t	MPa	許容引張応力
M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	モーメント
Z	mm^3	断面係数
P_1	N	せん断方向荷重
P_2	N	引張方向荷重

(b) ラグ

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

記号	単位	定義
t	mm	角形鋼管の厚さ
t_{wp}	mm	パッドと配管のすみ肉溶接脚長
		パッドと角形鋼管のすみ肉溶接脚長
		角形鋼管と底板のすみ肉溶接脚長
Z_x	mm ³	配管軸方向の断面係数
Z_y	mm ³	配管軸直方向の断面係数
σ_L	MPa	角形鋼管の曲げ応力
σ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部の曲げ応力
σ_P	MPa	パッドと配管の溶接部の曲げ応力
σ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部の曲げ応力
τ_L	MPa	角形鋼管のせん断応力
τ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部のせん断応力
τ_P	MPa	パッドと配管の溶接部のせん断応力
τ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部のせん断応力

(c) Uボルト

記号	単位	定義
A_0	mm^2	Uボルトの断面積
B	mm	Uボルトの曲げ半径
d_0	mm	Uボルトの呼び径
F_s	MPa	せん断応力
F_t	MPa	引張応力
f_s	MPa	許容せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力
l	mm	配管中心から鋼材上面までの距離
P	N	引張方向荷重
P'	N	引張方向荷重
Q	N	せん断方向荷重

(d) Uバンド

記号	単位	定義
D	mm	配管の外径
d_0	mm	Uバンドのボルト呼び径
F	N	軸方向荷重
F_b	MPa	曲げ応力
F_s	MPa	せん断応力
F_0	MPa	Uバンドの軸方向の許容荷重
F_t	MPa	引張応力
f_b	MPa	許容曲げ応力
f_s	MPa	許容せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力
l_1	mm	配管中心からボルト穴までの距離
l_2	mm	ナット2面幅の半分
M_0	N・mm	ボルトの締付けトルク
n	本	ボルトの本数
P	N	引張方向荷重
Q	N	せん断方向荷重
T	N	ボルトの締付け力
t	mm	Uバンドの厚さ
w	mm	Uバンドの幅
μ	—	摩擦係数

(e) 二重配管ガイド

記号	単位	定義
B	mm	せん断寸法
d	mm	支圧面寸法
F_y	N	内管軸直方向荷重
F_z	N	内管軸直方向荷重
f_s	MPa	許容せん断応力
f_p	MPa	許容支圧応力
σ_s	MPa	せん断応力
σ_p	MPa	支圧応力
t	mm	板厚

b. 強度計算式

支持架構及び付属部品の強度計算式を以下に示す。

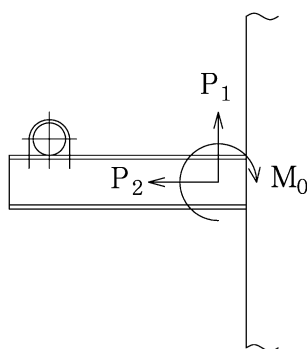
なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算する。また、許容応力は、荷重の組合せ(D + P_d + M_d + S_d)における一次応力評価(組合せ)を例として記載したものであり、荷重の組合せ及び応力種別に応じて適切な許容応力を用いる。

(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、次の計算式で計算する。

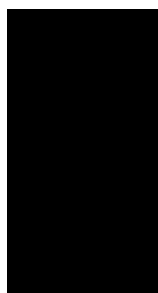
I 構造の代表例

支持架構の代表例として片持ち形状の支持架構について応力の計算式を示す。

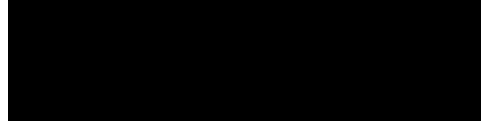


II 各鋼材の計算式

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



評価は、次に示す組合せ応力が許容応力以下であることを確認する。



(b) ラグ

I 評価部位

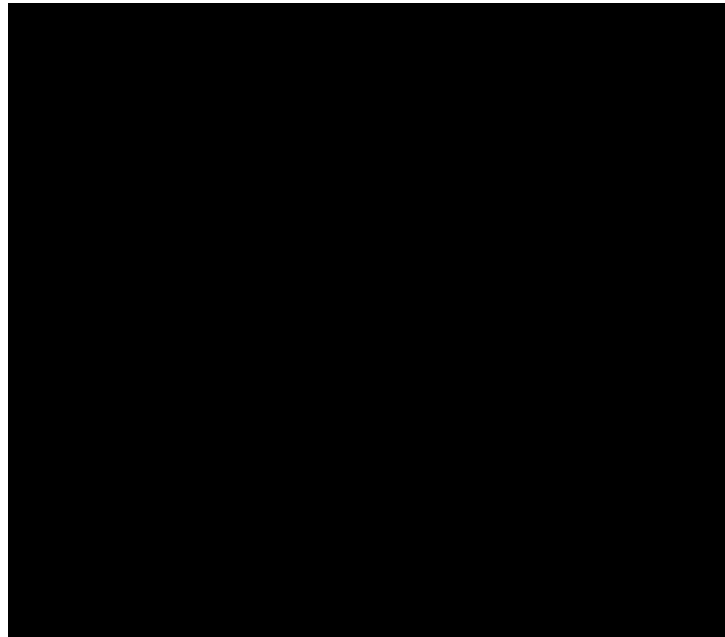
- (I) パッドと配管の溶接部
- (II) パッドと角形鋼管の溶接部
- (III) 角形鋼管
- (IV) 角形鋼管と底板の溶接部

II 各評価部位の計算式

- (I) パッドと配管の溶接部

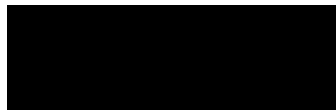
発生応力は、次の計算式により求める。

円周部の長さについては、安全側に管の直径とする。





評価は、次が成立することを確認する。

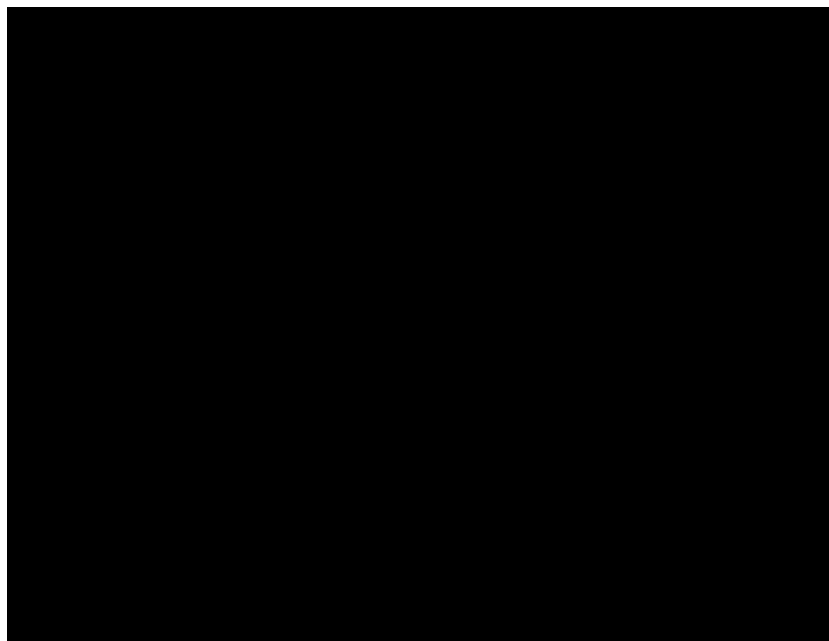


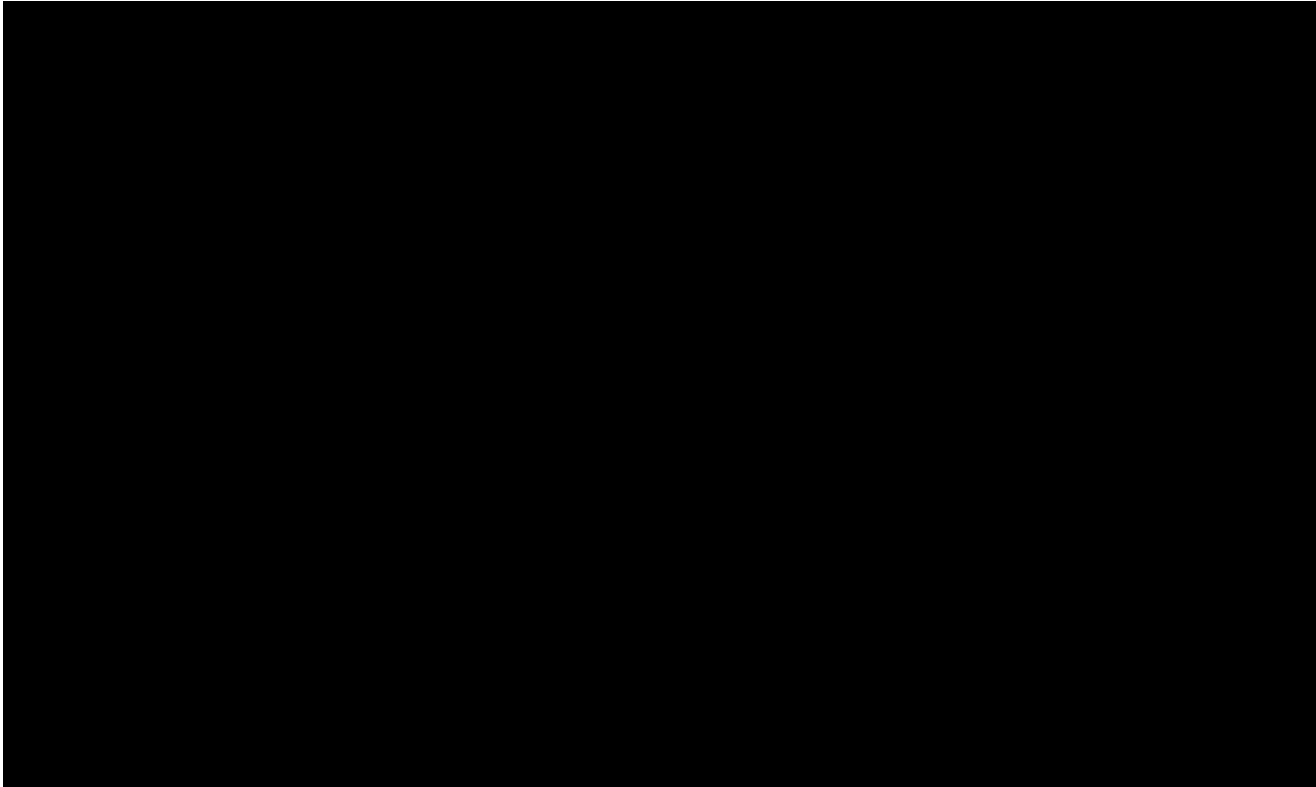
(II) パッドと角形鋼管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

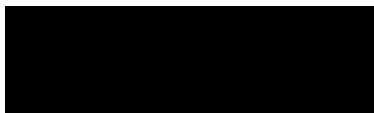
i すみ肉溶接

パッド溶接部の応力は、溶接のど厚にて評価する。



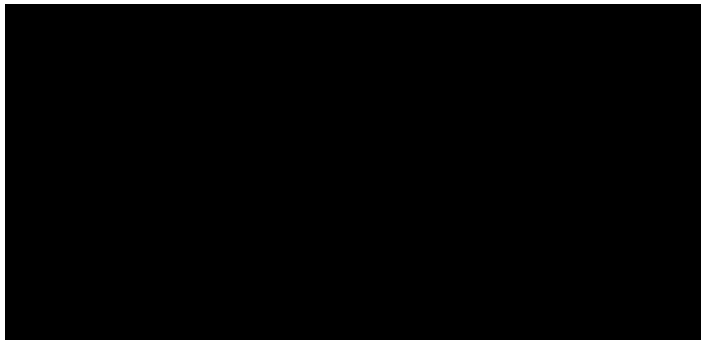
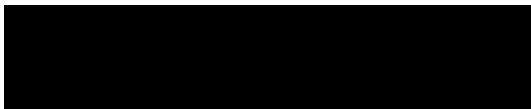


評価は、次が成立することを確認する。



ii 突合せ溶接

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。





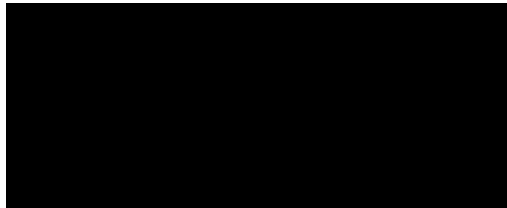
評価は、次が成立することを確認する。

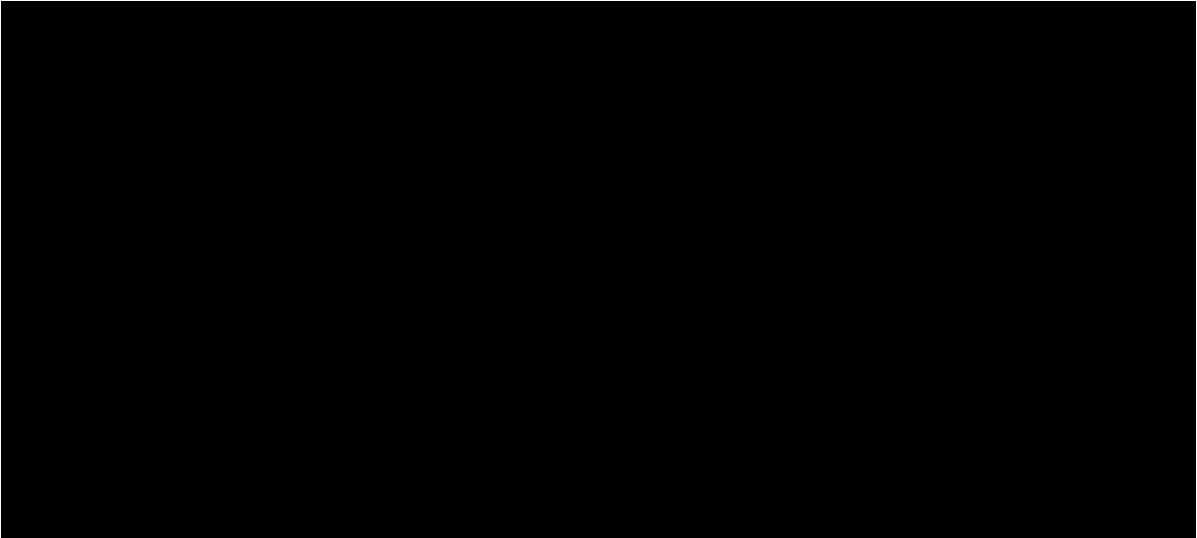


(Ⅲ) 角形鋼管

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。





評価は，次が成立することを確認する。

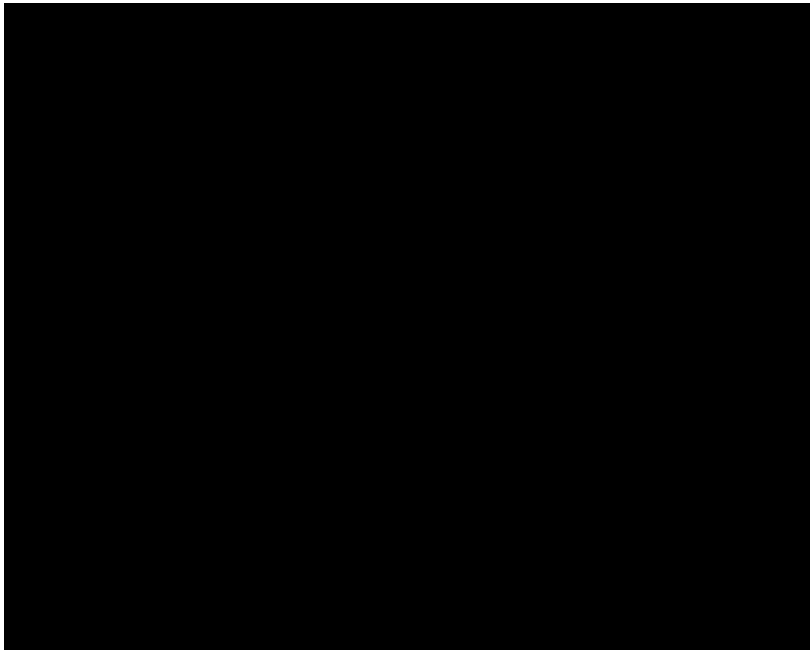


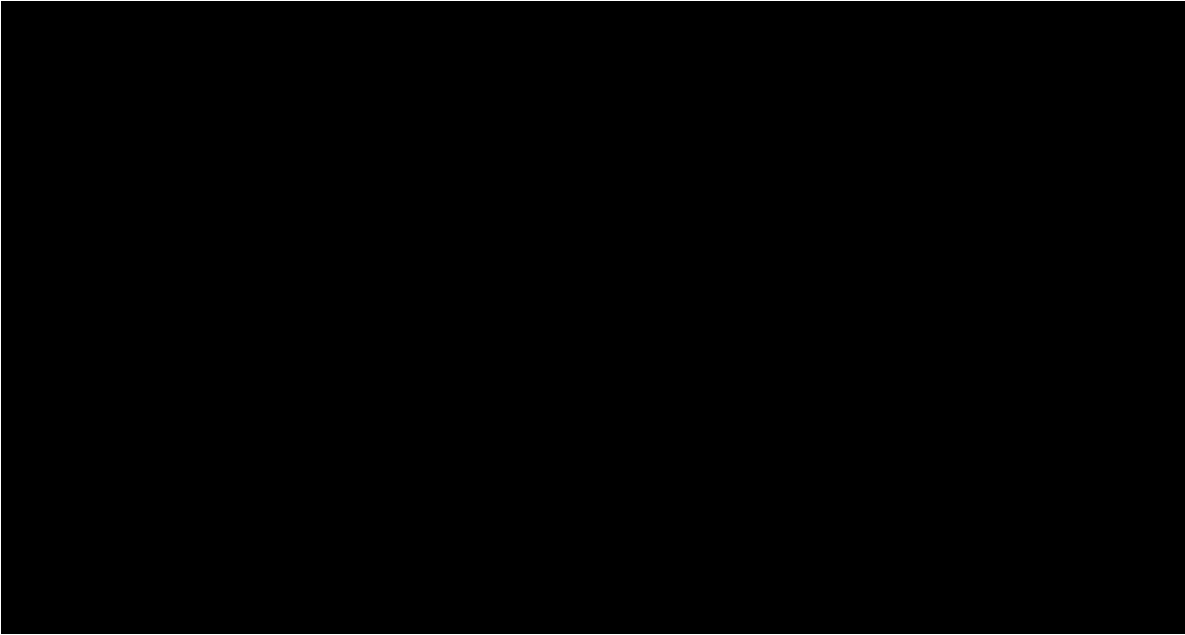
(IV) 角形鋼管と底板の溶接部

i すみ肉溶接

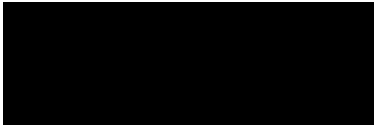
発生応力は，次の計算式により求める。

角形鋼管と底板の溶接部の応力は，溶接のど厚にて評価する。



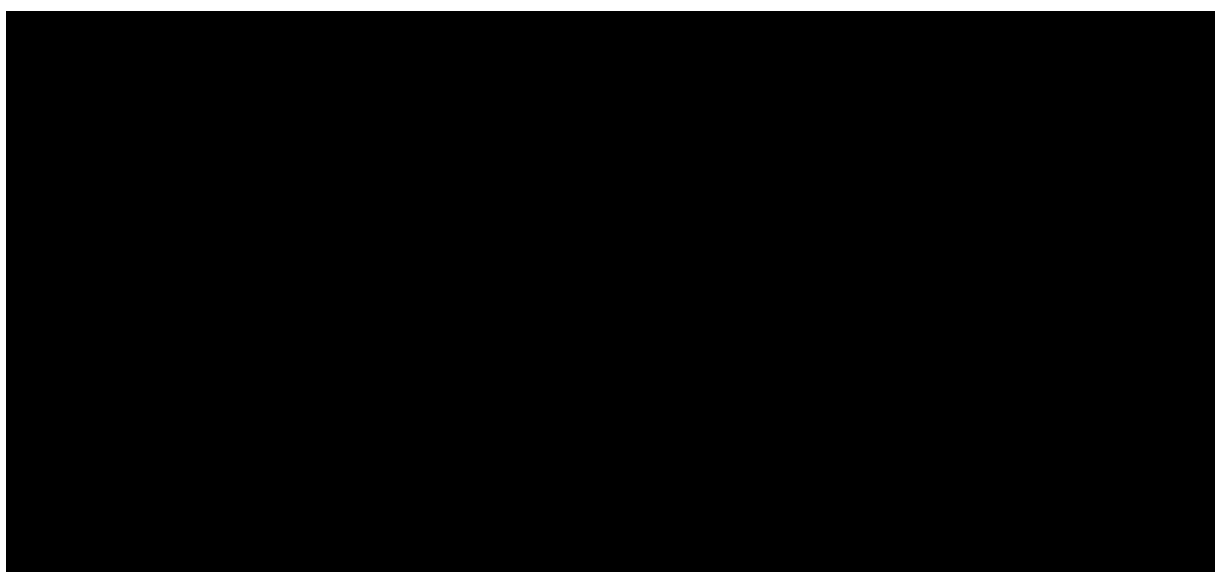
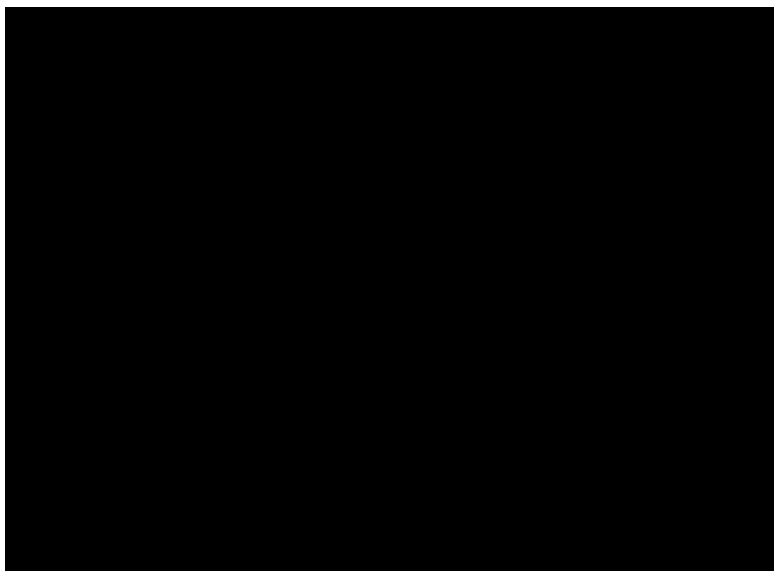


評価は、次が成立することを確認する。



ii 突合せ溶接

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



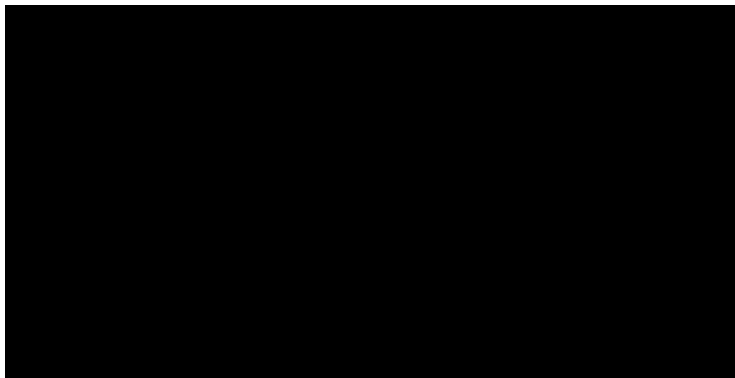
評価は、次が成立することを確認する。



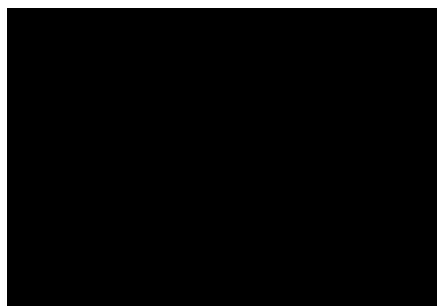
(c) Uボルト

Uボルトには，引張方向荷重による引張応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が同時に発生するものとして評価を行う。

発生応力は，次の計算式により求める。



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



(d) Uバンド

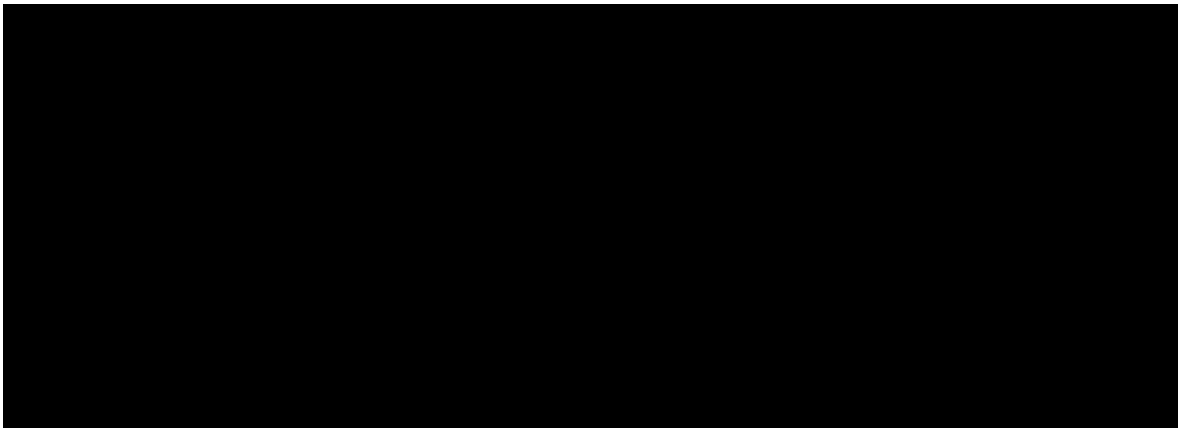
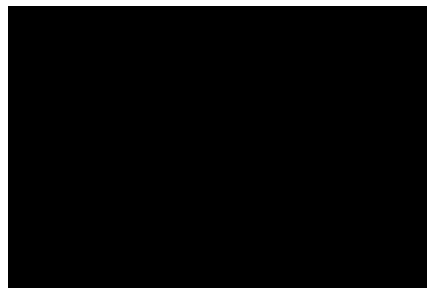
I ボルト

ボルトには，引張方向荷重による引張応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が同時に発生するものとして評価を行う。

発生応力は次の計算式により求める。



評価は，次に示すとおり引張，せん断及び組合せ応力が許容応力以下であることを確認する。

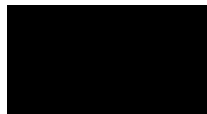


II パイプバンド

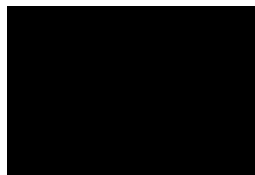
パイプバンドには、引張方向荷重による曲げ応力が発生する。
発生応力は次の計算式により求める。



評価は、次に示すとおり曲げ応力が許容応力以下であることを確認する。



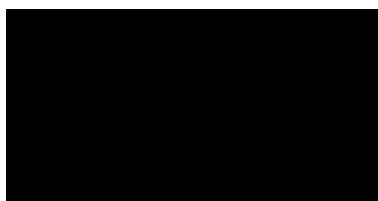
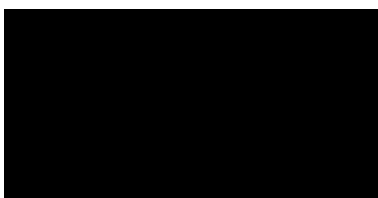
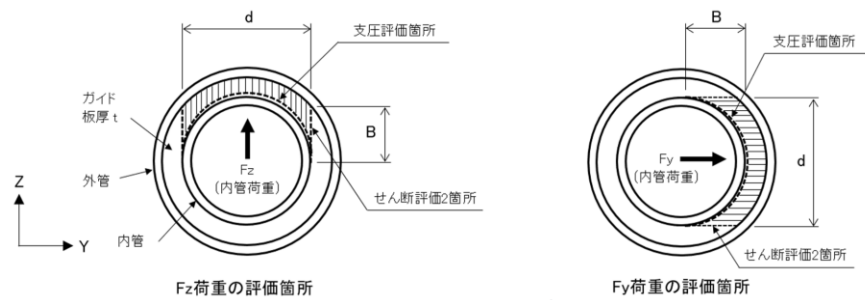
Uバンドの軸方向荷重に対する許容荷重は、ボルトの締付けトルクから決まる摩擦力に等しい。したがって、Uバンドの軸方向の許容荷重は、次の計算式で表され、軸方向荷重が軸方向の許容荷重以下となるようにする。



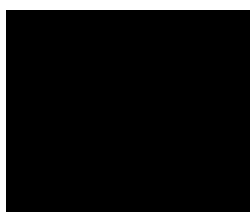
(e) 二重配管ガイド

二重配管ガイドには、圧縮方向荷重による支圧応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が発生するものとして評価を行う。

発生応力は、次の計算式により求める。



評価は、次に示すとおりせん断応力及び支圧応力が許容応力以下であることを確認する。

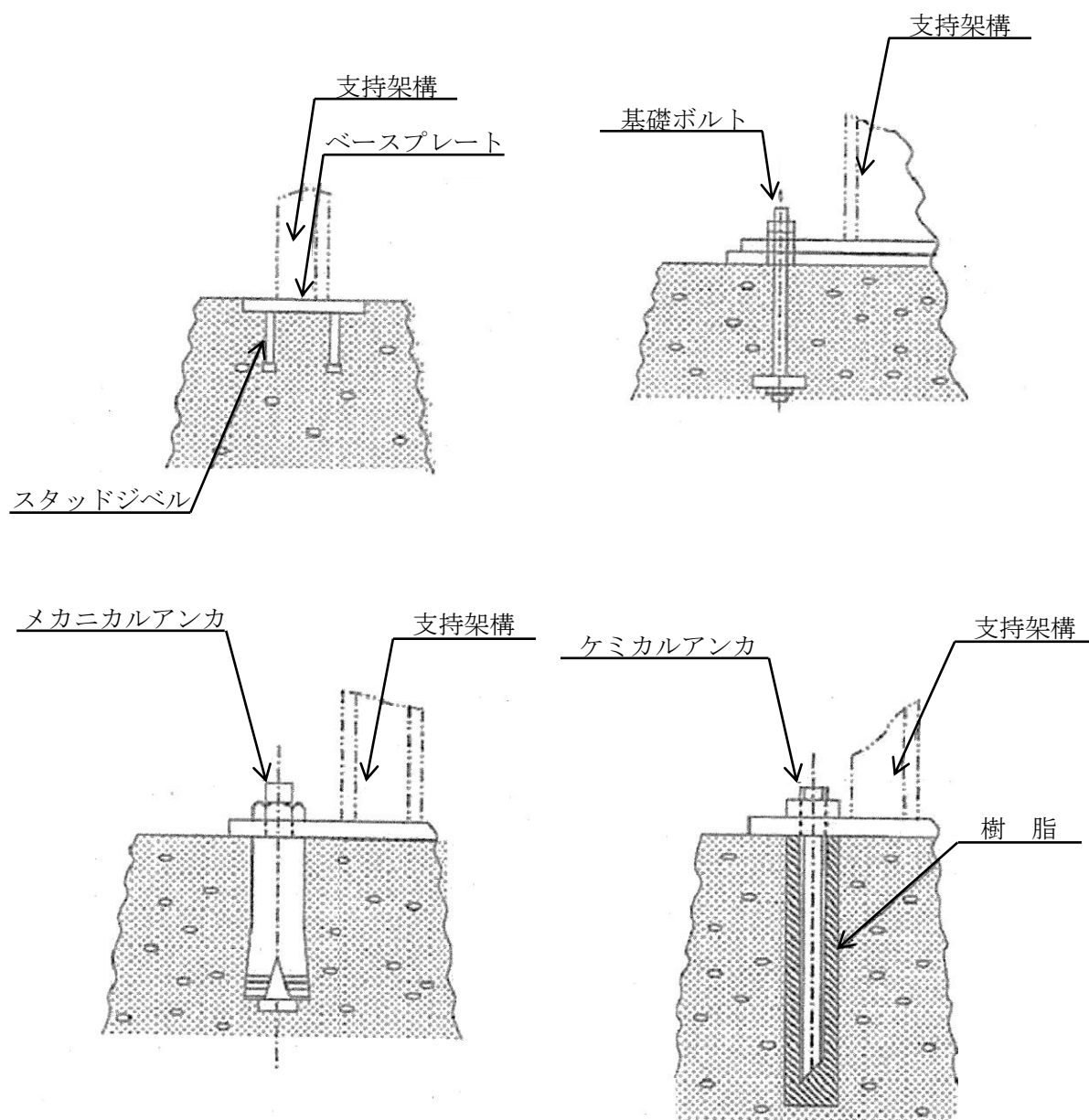


2.5 埋込金物の設計

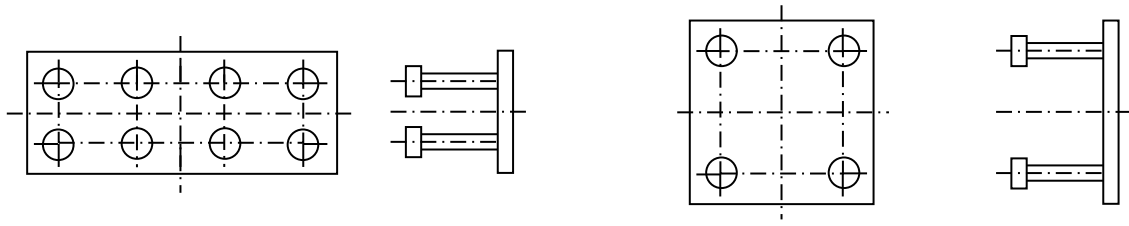
2.5.1 概要

埋込金物は、支持装置又は支持架構を建屋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。

埋込金物の概略図及び埋込金物の代表形状を第2.5.1-1図及び第2.5.1-2図に示す。

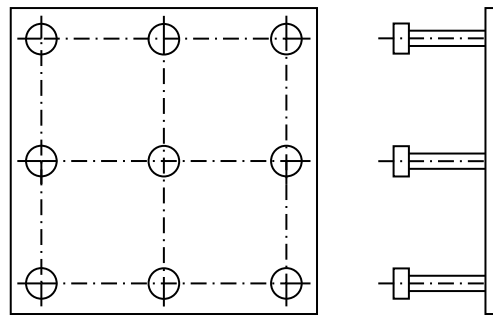


第2.5.1-1図 埋込金物の概略図



型式 B

型式 C



型式 E

第2.5.1-2図 埋込金物の代表形状

2.5.2 埋込金物の設計

(1) 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。

(2) 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、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

(3) 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屋側に取り付ける。

コンクリート打設前に設置する埋込金物は、鋼板(以下「ベースプレート」という。)にスタッドジベルを溶接した埋込板及び基礎ボルトで、用途及び荷重により数種類の形式に分類される。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、メカニカルアンカ又はケミ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。後打アンカの設計は、JEAG4601・補-1984又は「各種合成構造設計指針・同解説」((社)日本建築学会, 2010改定)に基づき設計を行い、アンカメーカが定める施工要領に従い設置する。

2.5.3 基礎の設計

(1) 設計方針

配管の基礎は、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、配管の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

(2) 荷重条件

基礎の設計は、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、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

2.5.4 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第2.5.4-1表及び第2.5.4-2表に示す。

また，ケミカルアンカ及びメカニカルアンカを用いる場合には，使用箇所に発生する荷重を許容できるものをカタログから選定する。

第2.5.4-1表 標準埋込金物の選定表

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B				
C				
E				

第2.5.4-2表 標準埋込金物の主要寸法

型式	ベースプレート			スタッドジベル				
	矩形 長辺側 の長さ D (mm)	矩形 短辺側 の長さ B (mm)	板厚 t (mm)	外径		長さ l (mm)	本数 N	スタッドピッチ 矩形長辺方向(mm) × 矩形短辺方向(mm)
				d (mm)	d' (mm)			
B								
C								
E								

2.5.5 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、JEAG4601に基づくものとする。

埋込金物における荷重の組合せに対する許容応力及び許容荷重を第2.5.5-1表に示す。

第2.5.5-1表 埋込金物における荷重の組合せに対する許容応力及び許容荷重

荷重の組合せ	ベース プレート	スタッドジベル		コンクリート*2		
	曲げ応力 (MPa)	引張応力*3 (MPa)	せん断応力 (MPa)	引張荷重*3 (N)	せん断荷重 (N)	圧縮応力 (MPa)
D+P d+M d	f_b	f_t	f_s	$0.3 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.4 \times 0.5_{s_c} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$\frac{F_c}{3}$
D+P d+M d +S s	$1.5 f_b^*$	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	$0.6 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.8 \times 0.5_{s_c} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$0.75 \times F_c$
D+P d+M d +S d	$1.5 f_b$	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$	$0.45 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.6 \times 0.5_{s_c} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$2 \times \frac{F_c}{3}$

注記 *1: $1.5 f_b^*$, $1.5 f_t^*$ 及び $1.5 f_s^*$ はJSME S NC1, SSB-3121.3による。

*2: コンクリートの評価においては、せん断荷重はスタッドジベルの評価荷重と同一であることから、許容値の関係よりスタッドジベルの評価で代表できる。圧縮評価においても形状及び荷重伝達の観点から引張評価で代表できることから引張荷重の評価を実施する。

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

*4: 許容値は、常温における物性値を用いて算出する。

記号の説明

D : 死荷重(自重)

P d : 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 : 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による地震力

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

f_t : 許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く)に対してJSME S NC1 SSB-3121.1(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JSME S NC1 SSB-31

f_b : 許容曲げ応力 21.1(2)により規定される値
支持構造物(ボルト等を除く)に対してJSME S NC1 SSB-31

$F_c, A_c, s_c A, E_c$ 21.1(3)により規定される値
(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	単位	定義
A_c	mm^2	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積
a_t	mm^2	片側スタッドジベルの断面積
B	mm	ベースプレートの矩形短辺側の長さ
D	mm	ベースプレートの矩形長辺側の長さ
d_t	mm	スタッドジベルからベースプレート端までの距離
E_c	MPa	コンクリートの縦弾性係数
e	mm	偏心距離
F	MPa	ベースプレート及びスタッドジベルの基準許容応力
F_A	N	軸方向荷重
F_c	MPa (kgf/cm^2)	コンクリートの設計基準強度
F_x	N	X軸方向の荷重
F_y	N	Y軸方向の荷重
F_z	N	Z軸方向の荷重
f_b	MPa	ベースプレートの許容曲げ応力
f_s	MPa	スタッドジベルの許容せん断応力
f_t	MPa	スタッドジベルの許容引張応力
H	mm	支持架構の幅
L	mm	スタッドジベル間最大距離
M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	曲げモーメント
M_x	$\text{N}\cdot\text{mm}$	X軸回りのモーメント
M_y	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Y軸回りのモーメント
M_z	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Z軸回りのモーメント
N	本	スタッドジベルの全本数

記 号	単 位	定 義
N'	本	スタッドジベルの片側本数
n	—	ボルトの縦弾性係数とコンクリートの縦弾性係数との比
P	N	コンクリートのコーン状破壊における引張荷重
P_{ca}	N	コンクリートのコーン状破壊における許容引張荷重
Q	N	スタッドジベルのせん断荷重
$s_c A$	mm ²	スタッドジベル1本当たりの断面積
t	mm	ベースプレートの板厚
U	mm	支持金物の圧縮側柱面からベースプレート端までの距離
X_n	mm	圧縮側最外端部から中立軸までの距離
Z_t	N	スタッドジベルの引張力
η	mm ²	ベースプレートの曲げ応力評価式に用いる係数 ($a_t \cdot n$)
σ_b	MPa	スタッドジベルの引張応力
σ_c	MPa	コンクリートの圧縮応力
σ_{pc}	MPa	ベースプレートの圧縮側の曲げ応力
σ_{pt}	MPa	ベースプレートの引張側の曲げ応力
τ_b	MPa	スタッドジベルのせん断応力

b. 強度計算式

埋込板には，支持架構より次の荷重が作用する。

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

以上の荷重により，

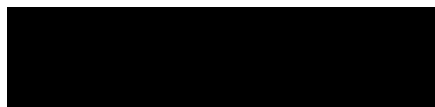
- I ベースプレートには，(a)項と(b)項の荷重の組合せにより，曲げ応力が発生する。
- II スタッドジベルには，(a)項と(b)項の荷重の組合せにより，引張応力が発生する。また，(c)項と(d)項の荷重の組合せにより，せん断応力が発生する。
- III コンクリートには，(a)項と(b)項の荷重の組合せにより，引張応力が発生する。

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

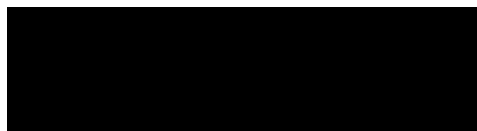
なお，以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり，記載のない形状についても，同様の計算式で計算する。

(I) ベースプレートの計算式

i ベースプレートの圧縮側の曲げ応力



ここで



ii ベースプレートの引張側の曲げ応力

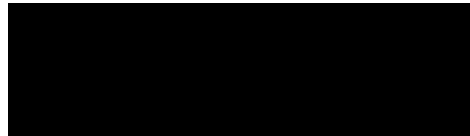


(II) スタッドジベルの計算式

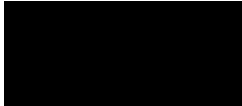
i スタッドジベルの引張応力



ここで

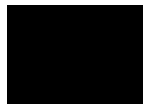


ii スタッドジベルのせん断応力

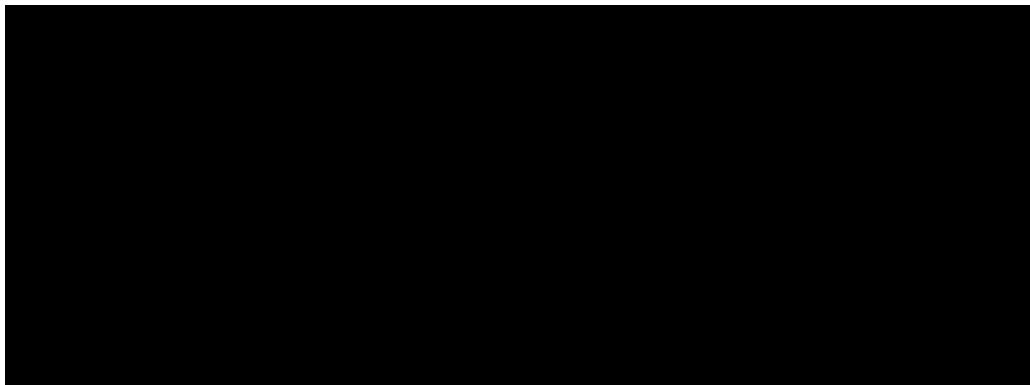


(III) コンクリートの計算式

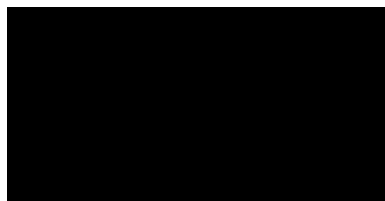
i コンクリートのコーン状破壊における引張荷重

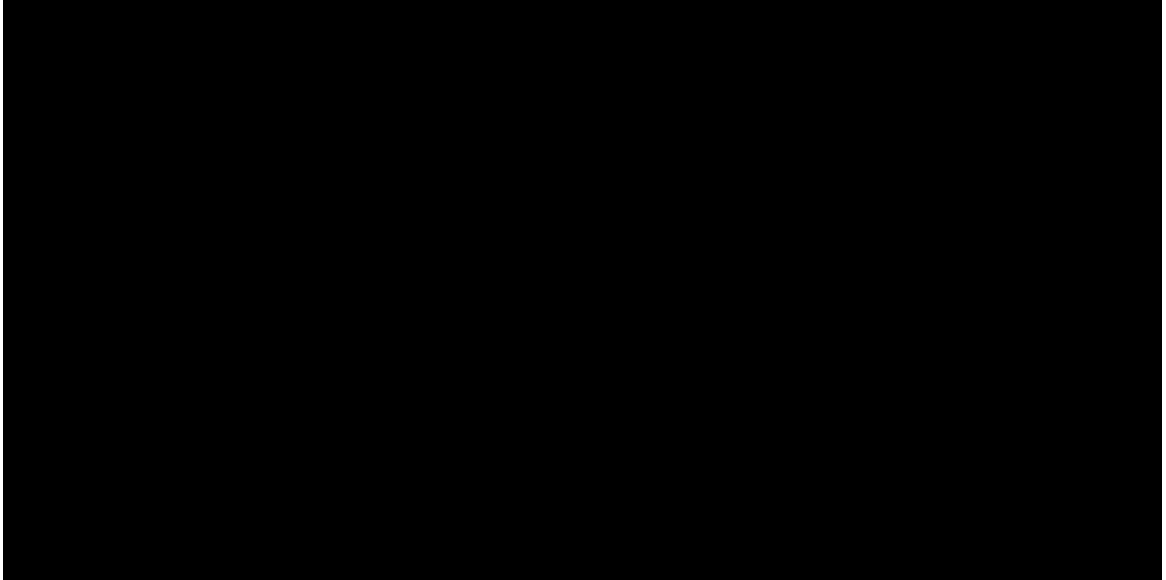


なお、(I)～(III)項の計算で使用する、 X_n 及び e を次に示す。



ここで

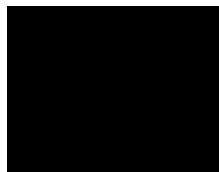




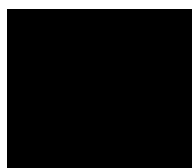
c. 応力評価

評価は、b項で求めた発生応力及び発生荷重が許容値以下であることを確認する。

(a) ベースプレートの評価



(b) スタッドジベルの評価



(c) コンクリートの評価



3. 耐震評価結果

耐震評価結果は、標準支持間隔法により得られる支持点荷重を用いて設計する支持構造物に適用する。

3.1 支持構造物の耐震評価結果

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示す。

なお、支持構造物は口径及び材質に応じた支持点荷重に対していずれも同等の耐震裕度となるよう設計しており、本項では代表的な型式に対する耐震評価結果を示す。

支持構造物における評価結果の纏め表を第3.1-1表に示す。

第3.1-1表 支持構造物の評価結果纏め表*

No.	種別	評価荷重	荷重の組合せ	設計温度	評価結果の表番号
1	ロッドレストレイント	定格荷重	$D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$	[Redacted]	第3.1-2表
2	オイルスナバ	定格荷重	$D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-3表
3	メカニカルスナバ	定格荷重	$D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-4表
4	スプリングハンガ	定格荷重	$D + P_d + M_d$		第3.1-5表
5	レストレイ ント	ラグ	最大使用荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-6表
6		Uボルト	最大使用荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-7表
7		Uバンド	最大使用荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-8表
8		二重配管 ガイド	最大使用荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-9表
9		支持架構	設定荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-10表
10		埋込金物	最大使用荷重 $D + P_d + M_d + S_s$ $D + P_d + M_d + S_d$		第3.1-11表

注記 * : 各評価において定格荷重又は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。

記号の説明

- D : 死荷重(自重)
- P_d : 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 : 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 による地震力
- 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

第3.1-2表(1/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：①ブラケット(材質：■)

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)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	203	○
1	10						12	149	10	86	28	203	○
3	30						25	149	20	86	64	203	○
6	60						30	149	22	86	60	203	○
10	100						33	149	24	86	66	203	○
16	160						37	149	26	86	65	203	○
25	250						35	149	25	86	66	203	○

第3.1-2表(2/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：②ピン(材質：■)

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)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	6	■	27	160	○
1	10	■	29	160	○
3	30	■	67	160	○
6	60	■	62	160	○
10	100	■	71	160	○
16	160	■	64	112	○
25	250	■	64	112	○

第3.1-2表(3/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：③スヘリカルアイボルト(材質：■)

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) D (mm) t (mm) R (mm)				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_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6	■				49	149	23	86	27	203	○
1	10					49	149	23	86	25	203	○
3	30					70	149	38	86	57	203	○
6	60					118	149	57	86	70	203	○
10	100					110	149	61	86	90	203	○
16	160					110	149	61	86	92	203	○
25	250					115	149	58	86	77	203	○

強度部材：④アジャストナット溶接部(型式06～6 材質：■，型式10～25 材質：■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm)		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
				F_t (MPa)	f_t (MPa)	
06	6	■		15	46*	○
1	10			18	46*	○
3	30			32	46*	○
6	60			40	46*	○
10	100			37	54*	○
16	160			38	54*	○
25	250			41	54*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第3.1-2表(4/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：⑤パイプ(型式06～6 材質：■■■■■，型式10～25 材質：■■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E* (MPa)	F* (MPa)	発生 応力 F _c (MPa)	許容 応力 f _c (MPa)	
06	6	■■■■■					15	29	○
1	10						18	37	○
3	30						32	52	○
6	60						40	60	○
10	100						37	67	○
16	160						38	76	○
25	250						41	83	○

注記 * : E : 縦弾性係数

F : 支持構造物の許容応力を決定するための基準値

強度部材：⑥クランプ(材質：■■■■■)

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)	d (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	許容 応力 f _p (MPa)	
06	6	■■■■■					14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	73	88	174	○
16	160						19	128	21	73	63	174	○
25	250						19	128	21	73	63	174	○

第3.1-3表(1/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：①シリンダチューブ(材質：■■■■)

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)	r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3	■■■■	■■■■	■■■■	19	103	○
06	6				28	103	○
1	10				27	103	○
3	30				43	103	○
6	60				64	103	○
10	100				67	103	○
16	160				76	103	○
25	250				89	103	○

第3.1-3表(2/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：②ピストンロッド(材質：■)

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)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3	■	39	278	○
06	6		42	278	○
1	10		70	278	○
3	30		133	278	○
6	60		114	194	○
10	100		129	194	○
16	160		113	194	○
25	250		128	194	○

第3.1-3表(3/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：③シリンダカバー(材質：■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm)		せん断応力		評 価
				発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
03	3			2	86	○
06	6			2	86	○
1	10			3	86	○
3	30			6	86	○
6	60			9	86	○
10	100			10	86	○
16	160			14	86	○
25	250			18	86	○

第3.1-3表(4/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：④タイロッド(材質：■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		d (mm)	n (本)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
03	3	■	■	40	278	○
06	6			80	278	○
1	10			74	278	○
3	30			139	278	○
6	60			188	278	○
10	100			168	278	○
16	160			173	278	○
25	250			186	278	○

第3.1-3表(5/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑤六角ボルト(材質：■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		M (mm)	n (本)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
03	3	■■■■	■■■■	27	296	○
06	6			54	296	○
1	10			50	296	○
3	30			96	296	○
6	60			133	296	○
10	100			125	296	○
16	160			128	296	○
25	250			139	296	○

第3.1-3表(6/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑥ターンバックル(材質：■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		G (mm)	H (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
03	3	■	■	11	149	○
06	6			22	149	○
1	10			37	149	○
3	30			56	149	○
6	60			79	149	○
10	100			91	149	○

第3.1-3表(7/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑦スヘリカルアイボルト(材質：■)

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) D (mm) t (mm) R (mm)				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_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
03	3	■				25	149	12	86	14	203	○
06	6					49	149	23	86	27	203	○
1	10					49	149	23	86	25	203	○
3	30					70	149	38	86	57	203	○
6	60					118	149	57	86	70	203	○
10	100					110	149	61	86	90	203	○
16	160					110	149	61	86	92	203	○
25	250					115	149	58	86	77	203	○

第3.1-3表(8/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑧アダプタ(材質：██████)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm)		引張応力		評 価
				発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
03	3	████████████████████	████████	9	46*	○
06	6			10	46*	○
1	10			12	46*	○
3	30			22	46*	○
6	60			26	46*	○
10	100			26	46*	○
16	160			27	46*	○
25	250			37	46*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

強度部材：⑨コネクティングパイプ(型式03～6 材質██████，型式10～25 材質██████)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm) L (mm) E* (MPa) F* (MPa)					圧縮応力		評 価
							発生 応力 F _c (MPa)	許容 応力 f _c (MPa)	
03	3	████████████████████	████████	████████	████████	████████	11	39	○
06	6						15	35	○
1	10						18	31	○
3	30						32	56	○
6	60						40	57	○
10	100						37	58	○
16	160						38	65	○
25	250						41	79	○

注記 *：E：縦弾性係数
F：支持構造物の許容応力を決定するための基準値

第3.1-3表(9/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑩ピン(材質：■)

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)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
03	3	■	14	160	○
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○

第3.1-3表(10/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑩クランプ(材質：■)

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)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
03	3	■					7	134	7	77	21	182	○
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	73	88	174	○
16	160						19	128	21	73	63	174	○
25	250						19	128	21	73	63	174	○

第3.1-3表(11/11) オイルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑫ブラケット(型式03～6 材質：■，型式10～25 材質：■)

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
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
03	3	■					9	149	7	86	18	203	○
06	6						18	149	14	86	36	203	○
1	10						12	149	10	86	28	203	○
3	30						25	149	20	86	64	203	○
6	60						30	149	22	86	60	203	○
10	100						28	117	20	67	55	160	○
16	160						32	117	22	67	56	160	○
25	250						29	117	21	67	55	160	○

第3.1-4表(1/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：①イーヤ(材質：■)

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)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	1	■				4	194	3	112	5	264	○
03	3					12	194	7	112	13	264	○
06	6					23	194	14	112	26	264	○
1	10					20	194	14	112	25	264	○
3	30					52	194	31	112	56	264	○
6	60					80	194	37	112	70	264	○
7.5	75					99	194	47	112	87	264	○
10	100					114	194	48	112	89	264	○
16	160					103	194	54	112	93	264	○
25	250					104	194	43	112	77	264	○
40	400					117	194	55	112	95	264	○
60	600					139	194	55	112	110	264	○

第3.1-4表(2/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：②ロードコラム(型式01～7.5 材質：■■■■，型式10～25 材質：■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
01	1	■■■■	■■■■	6	278	○
03	3			18	278	○
06	6			35	278	○
1	10			16	194	○
3	30			48	194	○
6	60			69	194	○
7.5	75			86	194	○
10	100			82	394	○
16	160			89	394	○
25	250			83	394	○

第3.1-4表(3/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：③ケース，ベアリング押え及び六角ボルト(1/3)

ケース(材質：■)

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 ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1	■					1	278	3	160	4	379	○
03	3						2	278	9	160	12	379	○
06	6						2	278	14	160	24	379	○
1	10						2	194	11	112	21	264	○
3	30						4	194	32	112	63	264	○
6	60						6	194	38	112	83	264	○
7.5	75						6	194	47	112	103	264	○
10	100						9	194	36	112	118	264	○
16	160						8	194	40	112	120	264	○
25	250						11	194	41	112	101	264	○
40	400						11	194	38	112	101	264	○
60	600						14	194	40	112	120	264	○

第3.1-4表(4/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：③ケース，ベアリング押え及び六角ボルト(2/3)

ベアリング押え(材質：■)

型 式	定格荷重	強度部材仕様			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	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	t (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1	■			3	160	4	379	○
03	3				8	160	12	379	○
06	6				16	160	24	379	○
1	10				10	160	21	379	○
3	30				29	160	63	379	○
6	60				35	160	83	379	○
7.5	75				43	160	103	379	○
10	100				37	160	118	379	○
16	160				41	160	120	379	○
25	250				42	160	101	379	○
40	400				39	160	101	379	○
60	600				41	160	120	379	○

第3.1-4表(5/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：③ケース，ベアリング押え及び六角ボルト(3/3)

六角ボルト(材質：■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		M (mm)	n (本)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
01	1	■■■■	■■■■	27	296	○
03	3			80	296	○
06	6			71	296	○
1	10			59	296	○
3	30			133	296	○
6	60			150	296	○
7.5	75			187	296	○
10	100			111	296	○
16	160			133	296	○
25	250			139	296	○
40	400			142	296	○
60	600			133	296	○

第3.1-4表(6/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：④ジャンクションコラムアダプタ(1/2)

六角ボルト(材質：■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		M (mm)	n (本)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
01	1	■■■■	■■■■	9	296	○
03	3			27	296	○
06	6			36	296	○
1	10			34	296	○
3	30			64	296	○
6	60			89	296	○
7.5	75			111	296	○
10	100			83	296	○
16	160			85	296	○
25	250			93	296	○
40	400			142	296	○
60	600			148	296	○

第3.1-4表(7/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：④ジャンクションコラムアダプタ(2/2)

溶接部(材質：■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		せん断応力		評 価
		D ₁ (mm)	h (mm)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
01	1	■■■■	■■■■	4	26*	○
03	3			12	26*	○
06	6			11	26*	○
1	10			16	26*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第3.1-4表(8/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑤コネクティングチューブ(型式01～25 材質：■■■■■，型式40及び60 材質：■■■■■)

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E* (MPa)	F* (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
01	1	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	4	45	○
03	3						11	45	○
06	6						15	39	○
1	10						18	32	○
3	30						32	57	○
6	60						40	62	○
7.5	75						50	62	○
10	100						52	67	○
16	160						57	71	○
25	250						65	80	○
40	400						51	79	○
60	600						62	86	○

注記 * : E : 縦弾性係数

F : 支持構造物の許容応力を決定するための基準値

第3.1-4表(9/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑥クランプ(材質：■)

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)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1	■					3	134	3	77	7	182	○
03	3						7	134	7	77	21	182	○
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
7.5	75						30	134	30	77	94	182	○
10	100						27	128	27	73	88	174	○
16	160						19	128	21	73	63	174	○
25	250						19	128	21	73	63	174	○
40	400						18	128	28	73	84	174	○
60	600						27	128	36	73	108	174	○

第3.1-4表(10/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑦コネクティングチューブイーヤ部(材質：■)

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
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	1	■					4	134	3	77	7	182	○
03	3						11	134	8	77	21	182	○
06	6						21	134	16	77	42	182	○
1	10						12	134	10	77	28	182	○
3	30						22	134	17	77	56	182	○
6	60						32	128	23	73	64	174	○
7.5	75						40	128	29	73	79	174	○
10	100						34	128	24	73	67	174	○
16	160						36	128	25	73	63	174	○
25	250						33	128	23	73	63	174	○
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

第3.1-4表(11/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑧ピン(材質：■)

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)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
01	1	■	5	160	○
03	3		14	160	○
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
7.5	75		77	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○
40	400		71	112	○
60	600		78	112	○

第3.1-4表(12/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑨ユニバーサルボックス(材質：XXXXXXXXXX)

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 ₁ (mm)	C ₂ (mm)	D (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1							3	128	2	73	4	174	○
03	3							8	128	5	73	12	174	○
06	6							16	128	10	73	24	174	○
1	10							16	128	10	73	27	174	○
3	30							31	128	18	73	59	174	○
6	60							43	128	26	73	73	174	○
7.5	75							54	128	33	73	91	174	○
10	100							55	117	31	67	91	160	○
16	160							50	117	29	67	87	160	○
25	250							42	117	27	67	75	160	○
40	400							53	117	33	67	88	160	○
60	600							64	117	36	67	100	160	○

第3.1-4表(13/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑩ユニバーサルブラケット(型式01～25 材質：■，型式40～60 材質：■)

型 式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) C (mm) D (mm) T (mm) d (mm)					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_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	1						4	149	3	86	7	203	○
03	3						11	149	8	86	21	203	○
06	6						21	149	16	86	42	203	○
1	10						16	149	13	86	38	203	○
3	30						30	149	23	86	74	203	○
6	60						38	149	27	86	75	203	○
7.5	75						47	149	34	86	94	203	○
10	100						29	149	22	86	67	203	○
16	160						30	149	22	86	67	203	○
25	250						32	149	23	86	63	203	○
40	400						30	117	21	67	54	160	○
60	600						31	117	23	67	66	160	○

第3.1-4表(14/14) メカニカルスナバ 強度評価結果

強度部材：⑩ダイレクトアタッチブラケット(材質：XXXXXXXXXX)

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)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1						4	134	3	77	7	182	○
03	3						11	134	8	77	21	182	○
06	6						21	134	16	77	42	182	○
1	10						12	134	10	77	28	182	○
3	30						22	134	17	77	56	182	○
6	60						32	128	23	73	64	174	○
7.5	75						40	128	29	73	79	174	○
10	100						34	128	24	73	67	174	○
16	160						36	128	25	73	63	174	○
25	250						33	128	23	73	63	174	○
40	400						35	117	25	67	67	160	○
60	600						36	117	26	67	72	160	○

第3.1-5表(2/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：①イーヤ(材質：■■■■) (2/2)

溶接部

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 (N)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VS-16	30,520	■■■■			23	33*	○
VS-19	72,960	■■■■			34	73	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第3.1-5表(4/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：②上部カバー(材質：■■■■) (2/2)

溶接部

型 式	定格荷重 P (N)	強度部材仕様			せん断応力		評 価
		J (mm)	D (mm)	h (mm)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
VS-16	30,520	■■■■	■■■■	■■■■	14	33*	○
VS-19	72,960	■■■■	■■■■	■■■■	26	33*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第3.1-5表(6/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：④ハンガロッド(材質：■)

型 式	定格荷重 P (N)	強度部材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
VS-16	30,520	■	44	128	○
VS-19	72,960	■	41	117	○

第3.1-5表(7/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑤スプリングケース(材質：■)

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 (N)	T (mm)	D (mm)	J (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
VS-16	30,520	■			9	134	○
VS-19	72,960				15	134	○

第3.1-5表(8/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑥下部カバー(材質：■)(1/2)

本 体

型 式	定格荷重 P (N)	強度部材仕様					曲げ応力		評 価
		a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$	β_{10}' *	発生 応力 F _b (MPa)	許容 応力 f _b (MPa)	
VS-16	30,520	■					21	154	○
VS-19	72,960						52	154	○

注記 * : β_{10}' : 応力係数(「新版機械工学便覧」A4-図84による。)

第3.1-5表(9/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑥下部カバー(材質：■■■■) (2/2)

溶接部

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 (N)	J (mm)	D (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VS-16	30,520	■■■■			14	33*	○
VS-19	72,960	■■■■			26	33*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第3.1-5表(10/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑦ターンバックル(材質：■■■■)

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 (N)	G (mm)	H (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
VS-16	30,520	■■■■	■■■■	57	149	○
VS-19	72,960	■■■■	■■■■	51	149	○

第3.1-5表(11/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑧クレビスブラケット(材質：■) (1/2)

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 (N)	B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
VS-16	30,520	■					12	134	16	77	27	182	○
VS-19	72,960	■					22	128	20	73	32	174	○

第3.1-5表(12/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑧クレビスブラケット(材質：■) (2/2)

溶接部

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 (N)	C (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VS-19	72,960	■		18	33*	○

注記 *：非破壊検査を実施しないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

強度部材：⑨ピン(材質：■)

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 (N)	L (mm)	d (mm)	F _b (MPa)	f _b (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _m (MPa)	f _t (MPa)	
VS-16	30,520	■		109	174	15	73	112	128	○
VS-19	72,960	■		82	160	13	67	86	117	○

第3.1-5表(13/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑩アイボルト(型式VS-16 材質：■，型式VS-19 材質：■)(1/2)

穴 部

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 (N)	B (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
VS-16	30,520	■	■	■	26	149	26	86	35	203	○
VS-19	72,960	■	■	■	20	128	26	73	49	174	○

第3.1-5表(14/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑩アイボルト(材質：■■■■)(2/2)

ボルト部

型 式	定格 荷重 P (N)	強度部材 仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生 応力 F_t (MPa)	許容 応力 f_t (MPa)	
VS-16	30,520	■■■■	44	96	○
VS-19	72,960	■■■■	41	88	○

第3.1-5表(15/15) スプリングハンガ 強度評価結果

強度部材：⑩クランプ(材質：■)

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 (N)	B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
VS-16	30,520	■					10	128	14	73	23	174	○
VS-19	72,960						7	128	5	73	22	174	○

第3.1-6表 標準ラグの耐震計算結果

(単位：MPa)

型式	角形鋼管		配管－パッド*		パッド－角形鋼管*		角形鋼管－底板*	
	組合せ応力		組合せ応力		組合せ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
S-3	59	135	24	86	66	77	59	77
S-4	60	135	24	86	70	77	64	77
S-6	63	135	39	86	70	77	62	77
S-8	61	135	32	86	70	77	64	77
S-10	62	135	35	86	71	77	64	77
S-12	61	135	28	86	71	77	65	77
S-14	63	135	33	86	71	77	64	77
S-16	62	135	49	86	71	77	65	77
S-18	49	135	77	86	58	77	55	77
S-20	50	135	78	86	60	77	57	77
S-22	58	135	81	86	70	77	66	77
S-24	61	135	83	86	73	77	69	77
S-26	62	135	85	86	75	77	71	77
S-28	63	135	29	86	76	77	72	77

注記 *：各々の材料の許容応力の小さい方の値を使用する。(パッド：■■■■，角形鋼管：■■■■，底板：■■■■)

第3.1-7表 標準Uボルトの耐震計算結果

型式	最大使用荷重 (N)		ボルト部				評価
			引張応力 (MPa)		組合せ応力 (MPa)		
	P	Q	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
U-BOLT*15A			47	155	195	217	○
U-BOLT*20A			47	155	195	217	○
U-BOLT*25A			47	155	195	217	○
U-BOLT*32A			47	155	195	217	○
U-BOLT*40A			47	155	195	217	○
U-BOLT*50A			47	155	195	217	○
U-BOLT*65A			47	155	195	217	○
U-BOLT*80A			47	155	195	217	○
U-BOLT*100A			47	155	195	217	○
U-BOLT*125A			47	155	195	217	○
U-BOLT*150A			47	155	195	217	○

第3.1-8表 標準Uバンドの耐震計算結果(ボルト材料：■未満■，■以上■，パイプバンド材料：■)

呼び径 (A)	鉛直荷重 P (kN)	水平荷重 Q (kN)	軸荷重 F (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		曲げ応力		許容荷重 F _a (kN)	評 価
				F _t (MPa)	1.5 f _t (MPa)	F _s (MPa)	1.5 f _s (MPa)	F _t + 1.6 F _s (MPa)	1.4 × 1.5 f _t (MPa)	F _b (MPa)	1.5 f _b (MPa)		
15	■	■	■	40	153	107	118	212	215	175	236	3.1	○
20				40	153	107	118	212	215	164	236	3.1	○
25				40	153	107	118	212	215	188	236	3.1	○
40				30	153	90	118	174	215	214	236	6.0	○
50				39	148	102	114	203	207	192	236	9.5	○
65				39	148	102	114	203	207	229	236	9.5	○
80				39	148	102	114	203	207	204	236	9.5	○

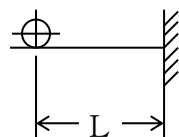
注記 * : ■以上のUバンドのボルトサイズは■以上を使用するため、引張、せん断及び組合せ応力の許容応力は、安全側に■の値を示す。ただし、パイプバンドについては、材質が■である方が曲げ応力に対する許容応力が小さいため、許容応力としては、■の値を示す。

第3.1-9表 二重配管ガイドの耐震計算結果

型式	最大使用荷重 (N)		せん断応力 (MPa)		支圧応力 (MPa)		評価
	F _y	F _z	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
ガイド(25A-65A)			46	101	72	238	○
ガイド(50A-80A)			54	101	42	238	○

第3. 1-10表(1/18) 支持架構の耐震計算結果

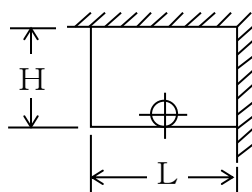
支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					87
					174
					45
					90
					154
					92
					154
					135
					116
					132
					59
					116
					120
					116
					105
					152
					145
					164
					72
					143
					146
					139
					125
					184
					116
					170
					99
					111
					94
					101
154					
151					
166					
57					
139					
155					
130					
139					
129					
135					



基本形状：タイプ-1
許容値：235MPa

第3. 1-10表 (2/18) 支持架構の耐震計算結果

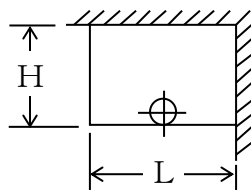
支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					16
					32
					80
					158
					78
					156
					167
					144
					24
					48
					118
					140
					98
					120
					131
					114
					45
					87
					125
					52
					154
					113
					95
					153
					65
					126
					180
					71
					122
					150
122					
107					
87					
166					
177					
90					
154					
90					
149					
130					



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

第3. 1-10表 (3/18) 支持架構の耐震計算結果

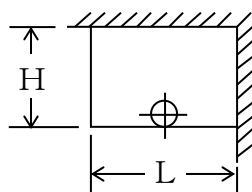
支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					17
					34
					83
					165
					81
					162
					174
					151
					25
					50
					123
					144
					100
					123
					135
					120
					46
					89
					128
					52
					154
					115
					99
					159
					67
					129
					183
					71
					123
					152
127					
112					
88					
169					
178					
90					
154					
94					
156					
137					



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

第3. 1-10表(4/18) 支持架構の耐震計算結果

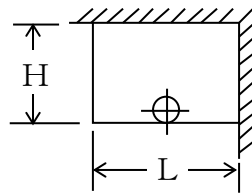
支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					18
					36
					88
					175
					88
					114
					151
					120
					27
					53
					130
					152
					104
					129
					142
					127
					49
					95
					135
					53
					158
					117
					101
					163
					70
					136
					143
					72
					124
					153
128					
114					
92					
177					
47					
91					
155					
94					
156					
138					



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

第3. 1-10表 (5/18) 支持架構の耐震計算結果

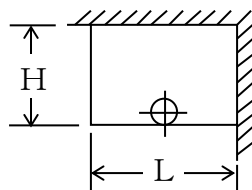
支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					19
					37
					91
					182
					92
					120
					136
					126
					28
					54
					134
					158
					108
					135
					148
					133
					50
					98
					140
					55
					163
					120
					104
					166
					73
					141
					149
					74
					127
					157
130					
116					
96					
183					
48					
93					
159					
95					
158					
139					



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

第3. 1-10表(6/18) 支持架構の耐震計算結果

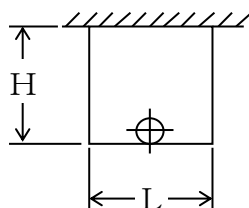
支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					19
					38
					94
					186
					97
					125
					142
					130
					28
					55
					137
					161
					112
					139
					154
					139
					52
					101
					143
					56
					98
					123
					106
					174
					75
					145
					153
					76
					130
					159
133					
117					
98					
188					
49					
95					
162					
97					
161					
141					



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

第3. 1-10表 (7/18) 支持架構の耐震計算結果

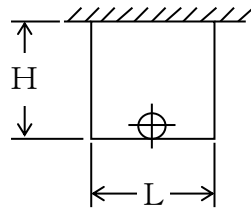
支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	組合せ応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					30
					60
					148
					171
					107
					128
					135
					113
					34
					68
					170
					145
					114
					132
					137
					111
					48
					94
					133
					51
					150
					106
					147
					141
					65
					127
					179
					68
					117
					143
118					
104					
86					
164					
174					
88					
149					
89					
147					
129					



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

第3. 1-10表(8/18) 支持架構の耐震計算結果

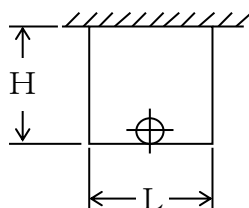
支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					44
					88
					127
					52
					155
					116
					100
					161
					49
					96
					138
					53
					158
					114
					96
					154
					60
					120
					170
					62
					105
					127
					103
					165
					74
					144
					152
					74
					126
					152
123					
107					
92					
177					
46					
90					
152					
88					
146					
128					



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

第3. 1-10表(9/18) 支持架構の耐震計算結果

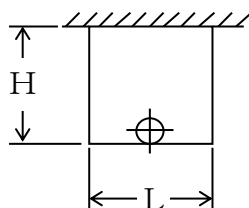
支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		発生応力
					81
					161
					174
					93
					164
					106
					182
					137
					84
					167
					178
					90
					156
					96
					160
					141
					95
					189
					48
					96
					163
					96
					160
					139
					108
					122
					54
					106
					108
					103
194					
149					
121					
136					
59					
117					
118					
112					
100					
147					



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

第3.1-10表(10/18) 支持架構の耐震計算結果

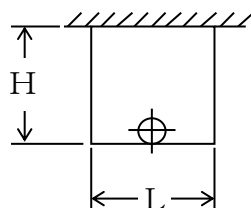
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					117
					136
					68
					135
					149
					152
					140
					134
					119
					137
					64
					127
					136
					135
					123
					176
					130
					148
					66
					131
					134
					129
					117
					170
					142
					161
					70
					140
					142
					135
121					
178					
155					
175					
76					
150					
151					
143					
128					
190					



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

第3.1-10表(11/18) 支持架構の耐震計算結果

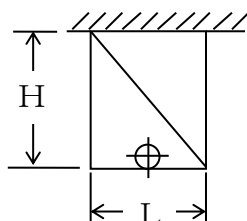
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					154
					178
					88
					104
					100
					110
					160
					171
					155
					178
					83
					95
					146
					188
					142
					151
					164
					139
					83
					94
					142
					183
					147
					135
					176
					148
					87
					98
					147
					190
149					
136					
189					
159					
92					
103					
88					
200					
144					
140					



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

第3.1-10表(12/18) 支持架構の耐震計算結果

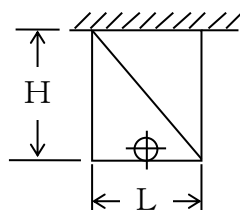
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					16
					32
					78
					155
					81
					161
					172
					147
					24
					48
					118
					137
					93
					115
					125
					107
					45
					87
					124
					50
					147
					148
					147
					141
					65
					126
					179
					69
					117
					143
116					
102					
87					
166					
175					
88					
149					
87					
145					
126					



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

第3.1-10表(13/18) 支持架構の耐震計算結果

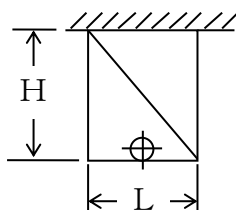
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					17
					33
					83
					164
					96
					127
					142
					125
					26
					50
					123
					143
					96
					124
					138
					123
					46
					90
					128
					51
					151
					109
					150
					150
					67
					129
					183
					70
					120
					146
119					
105					
88					
169					
178					
89					
151					
89					
148					
130					



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

第3.1-10表(14/18) 支持架構の耐震計算結果

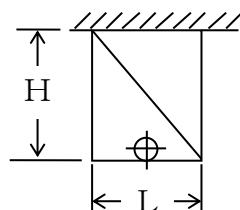
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					20
					38
					95
					189
					158
					143
					130
					118
					28
					55
					135
					157
					109
					153
					138
					147
					50
					97
					137
					53
					157
					113
					98
					157
					71
					137
					145
					72
					124
					151
124					
109					
93					
178					
47					
91					
155					
92					
153					
134					



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

第3.1-10表(15/18) 支持架構の耐震計算結果

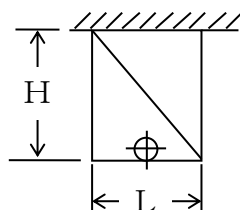
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					22
					42
					105
					159
					150
					111
					104
					142
					30
					59
					145
					169
					146
					146
					143
					132
					53
					102
					144
					55
					163
					116
					104
					166
					75
					144
					152
					75
					127
					155
127					
112					
97					
186					
48					
94					
159					
94					
156					
137					



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

第3.1-10表(16/18) 支持架構の耐震計算結果

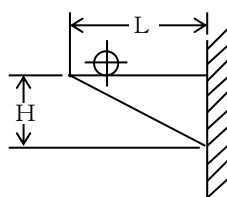
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					26
					51
					127
					97
					132
					145
					135
					131
					32
					62
					153
					180
					183
					142
					156
					137
					55
					107
					151
					57
					98
					120
					112
					172
					78
					150
					157
					77
					131
					159
					129
					114
101					
193					
50					
97					
163					
96					
159					
139					



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

第3.1-10表(17/18) 支持架構の耐震計算結果

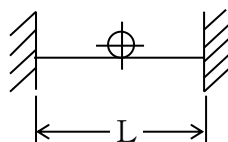
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					17
					33
					81
					161
					107
					138
					152
					131
					18
					36
					88
					176
					120
					162
					146
					155
					21
					40
					98
					118
					115
					160
					147
					156
					22
					42
					101
					122
					110
					152
					139
					147
					24
					44
103					
124					
110					
146					
134					
140					



基本形状：タイプ-5
許容値：235MPa

第3.1-10表(18/18) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力
					12
					24
					58
					116
					154
					96
					160
					159
					19
					38
					94
					187
					67
					133
					132
					135
					38
					74
					183
					155
					115
					132
					136
					108
					58
					111
					156
					56
					94
					114
92					
147					
78					
149					
155					
73					
122					
146					
117					
101					



基本形状：タイプ-6
許容値：235MPa

第3.1-11表(1/3) 埋込金物の耐震計算結果

(ベースプレート, 材料: XXXXXXXXXX)

(単位: MPa)

型式	ベースプレートの 圧縮側の曲げ応力	ベースプレートの 引張側の曲げ応力	許容応力	評 価
B	48	257	271	○
C	42	105	271	○
E	21	107	271	○

第3.1-11表(2/3) 埋込金物の耐震計算結果

(スタッドジベル, 材料: XXXXXXXXXX)

(単位: MPa)

型式	引張応力		せん断応力		評 価
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
B	113	235	123	135	○
C	133	235	105	135	○
E	98	235	125	135	○

第3.1-11表(3/3) 埋込金物の耐震計算結果

(コンクリート)

(単位: N)

型式	コンクリート コーン状破壊における引張荷重		評 価
	発生荷重	許容荷重	
B	22632	30600	○
C	26682	37400	○
E	37135	51100	○

3.2 支持構造物の基本形状の耐震計算結果

3.2.1 支持構造物の耐震計算結果

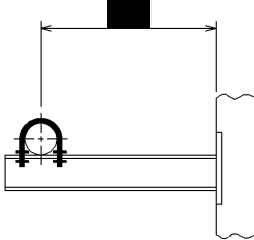
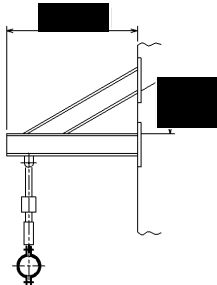
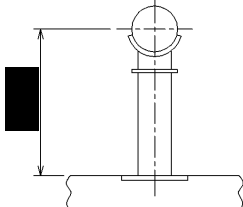
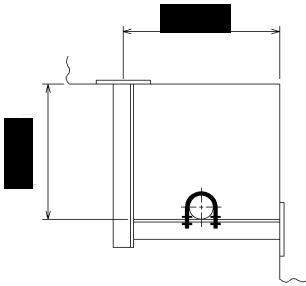
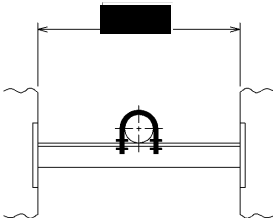
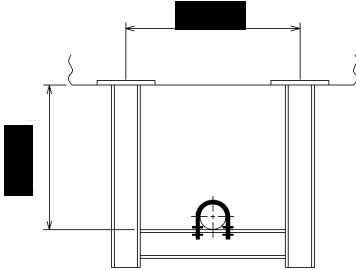
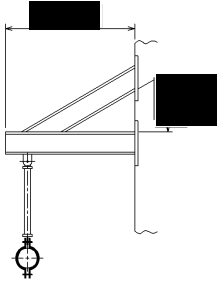
支持構造物の基本形状を第3.2.1-1表に，耐震計算結果を第3.2.1-2表～第3.2.1-8表に示す。

なお，本項における耐震計算結果は，支持構造物の基本形状を示したものである。本項に記載のない支持構造物については，基本形状を基に，設置状況に応じた架構寸法の変更，剛性を高めるための部材の追加又は基本形状を組み合わせた形状となり計算方法は同一であるため，耐震裕度としては同等である。

3.2.2 個別の処置方法

支持構造物の評価において，支持点荷重が最大使用荷重を超えた場合には，標準支持間隔法であれば支持間隔の短縮化等による支持点荷重低減，多質点系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。

第3.2.1-1表 支持構造物の基本形状

<p>タイプ-1-1</p> 	<p>タイプ-1-5</p> 
<p>タイプ-1-2</p> 	<p>タイプ-2</p> 
<p>タイプ-1-3</p> 	<p>タイプ-3</p> 
<p>タイプ-1-4</p> 	

第3.2.1-2表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

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
4000	—	4000

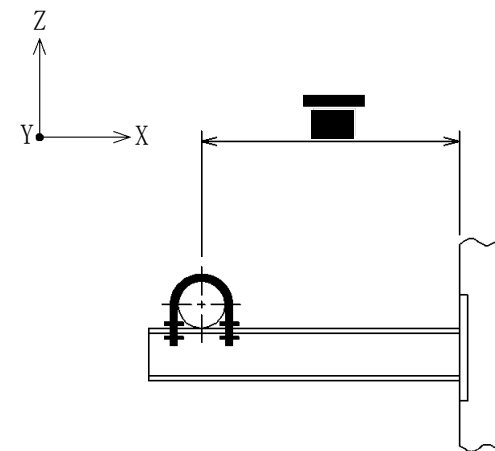
(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
	59	235

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。
----	---



支持構造物計画形状図

(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(kN)		最大使用荷重(kN)	
		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	100A	4	4	18	18

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。
----	---

第3.2.1-2表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
4	2.1	5	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-3表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

支持構造物評価(タイプ1-2)

(1) 支持点荷重

F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)	M_x (N·m)	M_y (N·m)	M_z (N·m)
1500	1500	1500	1500	1500	1500

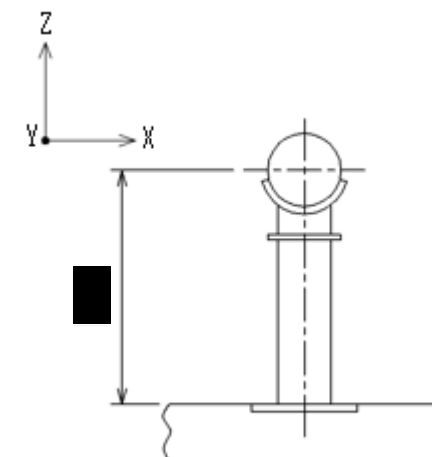
(2) 付属部品

① 最大使用荷重

付属部品名称	型式	最大使用荷重	
		F_x, F_y, F_z (N)	M_x, M_y, M_z (N·m)
ラグ	S-4	2400	2400

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。
----	---



支持構造物計画形状図

第3.2.1-3表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
2	4.8	3	1.5

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
C	50	6.0	35	4.0

③ 評価結果

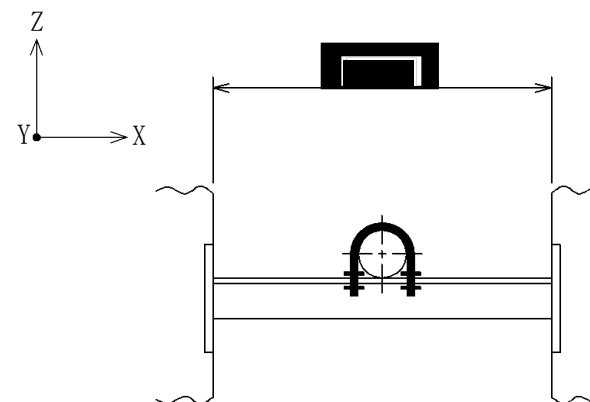
評価	以上より、当該埋込金物に作用する発生荷重は、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-4表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

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
4000	—	4000



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	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
	146	235

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(kN)		最大使用荷重(kN)	
		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	100A	4	4	18	18

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。
----	---

第3.2.1-4表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
2	0.6	3	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-5表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

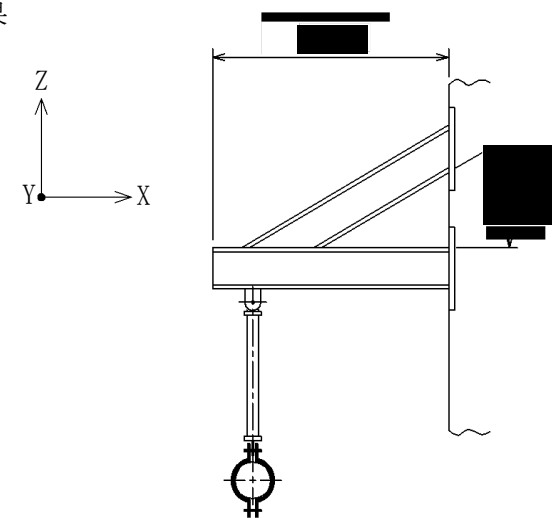
支持構造物評価(タイプ1-4)

(1) 支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
—	—	4000

(2) 支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
ロッドレストレイント	06	6.0



支持構造物計画形状図

評価	以上より、当該ロッドレストレイント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	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
■	36	235

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。
----	---

第3.2.1-5表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
7	0.1	4	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-6表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

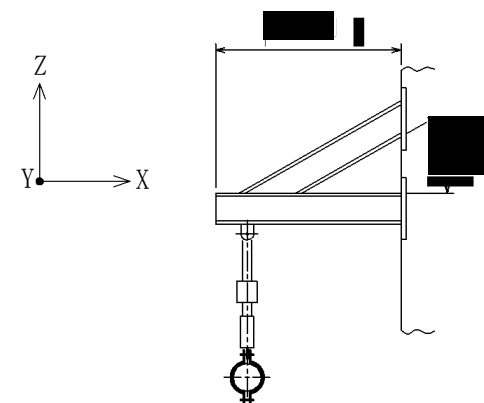
支持構造物評価(タイプ-1-5)

(1) 支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
—	—	4000

(2) 支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
メカニカルスナバ	06	6.0



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バ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	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
■	36	235

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。
----	---

第3.2.1-6表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
7	0.1	4	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-7表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

支持構造物評価(タイプ-2)

(1) 支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
4000	—	4000

(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
	108	235

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。
----	---

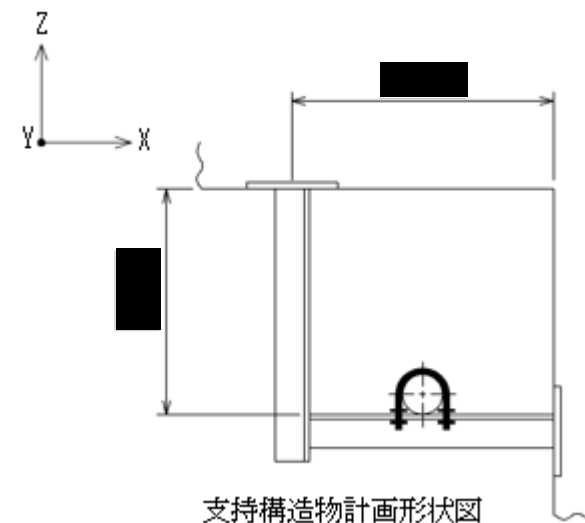
(3) 付属部品

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(kN)		最大使用荷重(kN)	
		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	100A	4	4	18	18

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。
----	---



第3.2.1-7表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
5	0.7	3	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

第3.2.1-8表(1/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

支持構造物評価(タイプ-3)

(1) 支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
4000	—	4000

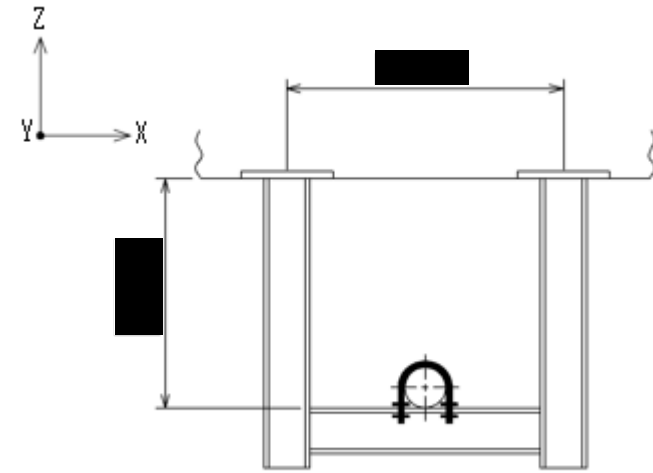
(2) 支持架構

① 最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
	最大発生応力	許容応力
	49	235

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。
----	---



支持構造物計画形状図

(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(kN)		最大使用荷重(kN)	
		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	100A	4	4	18	18

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。
----	---

第3.2.1-8表(2/2) 支持構造物の強度及び耐震計算結果

(4) 埋込金物

① 発生荷重

軸方向荷重と曲げモーメントの組合せ		せん断方向荷重と回転モーメントの組合せ	
軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
3	1.7	4	0.0

② 最大使用荷重

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
B	25	2.5	40	4.0

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、選定した型式の最大使用荷重以下であり健全性を確認した。
----	---

4. その他の考慮事項

(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) 建物・構築物との共振の防止

支持に当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。

(3) 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。

(4) 材料の選定

材料選定に当たっては、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が高いものを使用する。

また、「IV-1-1-9 構造計画，材料選択上の留意点」の「3. 材料の選択」に基づき、ダクティリティを持つよう配慮する。

IV－1－1－11－1 別紙1
安全機能を有する施設の直管部標準
支持間隔

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-1-11-1 別紙1 安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 準拠規格	2
3. 計算精度と数値の丸め方	2

1. 概要

本資料は、耐震Sクラスの配管について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した直管部標準支持間隔の解析結果を施設ごとにまとめたものである。

2. 準拠規格

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

第2-1表 準拠規格

準拠規格名	
原子力発電所耐震設計技術指針	JEAG4601-1987
原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編	JEAG4601-1987・補・1984
「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(2005年版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007*	

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

3. 計算精度と数値の丸め方

解析に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また、解析結果において数値を示す際の丸め方を第3-1表に示す。

第3-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第1位
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
単位長さ当たり重量	N/m	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
支持間隔	mm	十の位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 * : JSME S NC1 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。

別紙 1 - 1
使用済燃料受入・貯蔵建屋
の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 70℃
内部流体比重 : 1.25

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	1.97	5.77	6.69	—	—
2	10	20S	1.97	7.47	9.18	—	—
3	10	40	3.24	8.42	10.03	—	—
4	15	20S	1.97	11.77	14.46	—	—
5	15	40	1.97	12.94	15.45	—	—
6	20	20S	1.97	15.10	19.85	—	—
7	20	40	1.97	17.26	21.67	—	—
8	25	20S	1.97	22.75	30.30	—	—
9	25	40	1.97	25.40	32.52	—	—
10	32	20S	1.97	29.13	48.28	—	—
11	32	40	1.97	34.42	46.56	—	—
12	40	20S	1.97	33.44	50.91	—	—
13	40	40	1.97	40.60	56.94	—	—
14	50	20S	1.97	48.74	76.30	—	—
15	50	40	1.97	53.94	80.67	—	—
16	65	10S	1.92	53.74	101.33	—	—
17	65	20S	1.97	62.27	108.51	—	—
18	80	10S	1.92	63.06	129.55	—	—
19	80	20S	1.97	83.16	146.49	—	—
20	80	40	1.38	112.78	171.51	—	—

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 70℃
内部流体比重 : 1.25

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	100	10S	1.92	81.59	194.51	—	—
22	100	20S	1.97	107.87	216.67	—	—
23	100	40	1.38	158.87	259.62	—	—
24	125	10S	1.92	113.76	284.06	—	—
25	125	20S	1.97	164.75	326.95	—	—
26	125	40	1.38	214.77	369.07	—	—
27	150	10S	1.92	134.35	375.92	—	—
28	150	20S	1.97	196.13	428.04	—	—
29	150	40	0.36	274.59	494.11	—	—
30	200	10S	1.92	207.90	625.64	—	—
31	200	20S	1.97	333.43	731.34	—	—
32	200	40	0.36	416.78	801.51	—	—
33	250	10S	1.92	256.93	904.76	—	—
34	250	20S	1.97	413.84	1036.95	—	—
35	250	40	0.36	586.44	1182.40	—	—
36	300	40	1.18	775.71	1630.11	—	—
37	350	STD	1.18	803.16	1893.97	—	—
38	400	STD	1.18	920.84	2365.76	—	—
39	450	STD	1.18	1039.50	2888.20	—	—
40	500	STD	1.18	1157.18	3459.37	—	—

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 215℃
内部流体比重 : 1.25

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	1.97	—	—	34.50	35.42
2	10	20S	1.97	—	—	36.21	37.91
3	15	20S	1.97	—	—	46.09	48.78
4	15	40	1.97	—	—	47.27	49.77
5	20	20S	1.97	—	—	51.39	56.13
6	20	40	1.97	—	—	53.54	57.96
7	25	20S	1.97	—	—	61.98	69.53
8	25	40	1.97	—	—	64.63	71.75
9	32	20S	1.97	—	—	72.28	85.25
10	32	40	1.97	—	—	77.57	89.71
11	40	20S	1.97	—	—	78.55	96.02
12	40	40	1.97	—	—	85.71	102.05
13	50	20S	1.97	—	—	98.75	126.31
14	50	40	1.97	—	—	103.95	130.68
15	65	10S	1.92	—	—	110.62	158.21
16	65	20S	1.97	—	—	119.15	165.39
17	80	10S	1.92	—	—	124.84	191.33
18	80	20S	1.97	—	—	144.94	208.27
19	80	40	1.38	—	—	174.56	233.29
20	100	10S	1.92	—	—	179.66	292.58

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 215℃
内部流体比重 : 1.25

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	100	20S	1.97	—	—	205.94	314.73
22	100	40	1.38	—	—	256.93	357.69
23	125	10S	1.92	—	—	224.57	394.87
24	125	20S	1.97	—	—	275.57	437.77
25	125	40	1.38	—	—	325.58	479.89
26	150	10S	1.92	—	—	257.91	499.48
27	150	20S	1.97	—	—	319.70	551.60
28	150	40	0.36	—	—	398.15	617.67
29	200	10S	1.92	—	—	346.17	763.92
30	200	20S	1.97	—	—	471.70	869.61
31	200	40	0.36	—	—	555.06	939.78
32	250	10S	1.92	—	—	433.45	1081.28
33	250	20S	1.97	—	—	590.36	1213.47
34	250	40	0.36	—	—	762.96	1358.92
35	300	40	1.18	—	—	978.70	1833.11
36	350	STD	1.18	—	—	1024.79	2115.60
37	400	STD	1.18	—	—	1168.95	2613.86
38	450	STD	1.18	—	—	1355.28	3203.98
39	500	STD	1.18	—	—	1502.38	3804.57
以下 余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 70℃

内部流体比重 : 1.00

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.99	7.84	8.31	—	—
2	10	80	0.99	10.91	11.83	—	—
3	15	80	1.38	16.10	17.68	—	—
4	15	160	1.97	19.32	20.49	—	—
5	20	80	1.97	21.98	24.88	—	—
6	25	80	1.97	31.84	36.92	—	—
7	32	80	1.97	44.80	53.13	—	—
8	40	80	1.97	53.65	65.01	—	—
9	50	80	1.97	73.16	92.03	—	—
10	65	40	1.97	89.42	122.87	—	—
11	65	80	0.00	117.32	147.21	—	—
12	80	40	1.97	111.20	158.18	—	—
13	80	80	0.00	149.80	191.86	—	—
14	100	40	1.97	157.15	237.75	—	—
15	125	40	1.97	212.61	336.05	—	—
16	150	40	1.97	271.48	447.09	—	—
17	200	40	1.38	412.69	720.43	—	—
18	250	40	1.38	580.51	1057.28	—	—
19	300	40	1.38	767.73	1451.26	—	—
20	350	40	1.38	924.81	1780.94	—	—

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 215℃
内部流体比重 : 1.00

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.99	—	—	36.57	37.04
2	10	80	0.99	—	—	39.65	40.56
3	15	80	1.38	—	—	50.43	52.00
4	15	160	1.97	—	—	53.64	54.81
5	20	80	1.97	—	—	58.26	61.16
6	25	80	1.97	—	—	71.33	76.15
7	32	80	1.97	—	—	87.95	96.28
8	40	80	1.97	—	—	98.76	110.12
9	50	80	1.97	—	—	123.17	142.04
10	65	40	1.97	—	—	146.30	179.75
11	65	80	0.00	—	—	174.20	204.09
12	80	40	1.97	—	—	172.98	219.96
13	80	80	0.00	—	—	211.58	253.64
14	100	40	1.97	—	—	255.22	335.82
15	125	40	1.97	—	—	323.42	446.87
16	150	40	1.97	—	—	395.04	570.66
17	200	40	1.38	—	—	550.97	858.75
18	250	40	1.38	—	—	757.03	1233.80
19	300	40	1.38	—	—	970.73	1654.25
20	350	40	1.38	—	—	1146.44	2002.57

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 75.90m~55.30m	6.25	15
2	EL. 55.30m~40.50m		

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 75.90m~55.30m								EL. 55.30m~40.50m											
			気体				液体				気体				液体							
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
100	SCH20S	5200	0.106	94	169	4400	0.099	98	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	SCH40	5400	0.106	82	154	4900	0.104	90	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	SCH10S	5600	0.103	94	155	4400	0.093	100	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	SCH20S	5900	0.105	86	150	5200	0.104	100	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	SCH40	6100	0.106	81	152	5500	0.106	94	174	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	SCH10S	6200	0.104	99	163	4600	0.091	102	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	SCH20S	6500	0.105	89	155	5400	0.100	99	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	SCH40	6800	0.108	78	154	6000	0.106	90	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	SCH10S	7400	0.105	97	160	5200	0.089	102	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	SCH20S	7800	0.107	87	157	6500	0.103	101	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	SCH40	8100	0.110	77	155	6800	0.104	85	157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	SCH10S	8200	0.104	103	164	5200	0.084	102	158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	SCH20S	8600	0.105	88	150	6700	0.098	101	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	SCH40	9200	0.112	78	157	7600	0.106	90	171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
300	SCH40	9900	0.109	80	152	8200	0.105	94	169	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
350	STD	10400	0.108	81	152	8400	0.104	97	171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	STD	11100	0.108	81	150	8800	0.104	101	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
450	STD	11700	0.107	83	153	8900	0.100	101	172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	STD	12300	0.107	83	148	9000	0.097	100	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
以下余白																						

例) JN 前 A 追

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 75.90m~55.30m								EL. 55.30m~40.50m												
			気体				液体				気体				液体								
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss					
8	SCH20S	2100	0.110	96	199	1900	0.102	86	157	-	-	-	-	2600	0.159	137	222	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	2400	0.111	96	198	2200	0.106	96	187	-	-	-	-	2900	0.158	137	223	/	/	/	/	/	/
10	SCH40	2500	0.118	109	222	2300	0.112	109	224	-	-	-	-	2900	0.158	138	224	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	2700	0.112	97	199	2400	0.103	88	161	-	-	-	-	3200	0.154	130	216	/	/	/	/	/	/
15	SCH40	2700	0.112	98	202	2500	0.108	99	202	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	3100	0.114	98	201	2700	0.104	92	167	-	-	-	-	3600	0.157	137	224	/	/	/	/	/	/
20	SCH40	3000	0.110	94	192	2700	0.104	89	163	-	-	-	-	3600	0.156	132	218	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	3400	0.110	94	192	3100	0.108	102	207	-	-	-	-	4000	0.156	134	222	/	/	/	/	/	/
25	SCH40	3400	0.111	95	194	3100	0.107	98	195	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
32	SCH20S	3900	0.112	97	196	3400	0.111	120	244	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
32	SCH40	3900	0.113	97	199	3400	0.105	94	175	-	-	-	-	4500	0.157	137	224	/	/	/	/	/	/
40	SCH20S	4200	0.113	98	197	3600	0.106	105	204	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
40	SCH40	4200	0.114	98	200	3600	0.105	95	174	-	-	-	-	4700	0.153	133	220	/	/	/	/	/	/
50	SCH20S	4700	0.113	98	196	4000	0.106	106	206	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
50	SCH40	4700	0.114	98	197	4000	0.105	100	187	-	-	-	-	5200	0.153	138	226	/	/	/	/	/	/
65	SCH10S	5300	0.113	100	196	4200	0.103	109	192	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	5300	0.113	99	196	4300	0.104	105	187	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
80	SCH10S	5700	0.112	100	194	4500	0.104	116	205	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	5700	0.112	98	194	4700	0.105	108	201	-	-	-	-	6100	0.152	表2-1	243	/	/	/	/	/	/
80	SCH40	5700	0.113	95	194	4900	0.107	103	205	-	-	-	-	6300	0.153	136	225	/	/	/	/	/	/

例) JN 前 A 追

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 75.90m~55.30m								EL. 55.30m~40.50m															
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
100	SCH10S	6500	0.112	104	199	4700	0.099	118	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
100	SCH20S	6500	0.112	101	196	5100	0.103	114	200	-	-	-	-	6600	0.148	表2-2	251	-	-	-	-	-	-	-		
100	SCH40	6500	0.114	95	193	5400	0.105	100	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
125	SCH10S	7200	0.112	106	200	5100	0.098	120	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
125	SCH20S	7200	0.113	100	195	5700	0.104	114	202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
125	SCH40	7300	0.115	97	197	5900	0.105	102	187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
150	SCH10S	7800	0.111	108	200	5200	0.094	121	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
150	SCH20S	7900	0.114	104	200	6000	0.103	118	207	-	-	-	-	7600	0.142	表2-3	249	-	-	-	-	-	-	-		
150	SCH40	8000	0.116	93	193	6400	0.105	101	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
200	SCH10S	8800	0.109	107	196	5700	0.092	122	205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
200	SCH20S	9000	0.113	102	197	6900	0.104	119	209	-	-	-	-	8700	0.142	表2-4	249	-	-	-	-	-	-	-		
200	SCH40	9200	0.117	93	193	7200	0.105	102	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
250	SCH10S	9700	0.108	111	195	5800	0.087	125	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
250	SCH20S	10000	0.112	105	198	7100	0.098	120	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
250	SCH40	10200	0.116	92	191	7900	0.105	103	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
300	SCH40	11100	0.115	98	195	8600	0.105	114	216	-	-	-	-	11000	0.149	表2-5	251	-	-	-	-	-	-	-		
350	STD	11700	0.114	98	194	8800	0.105	119	218	-	-	-	-	11000	0.143	表2-6	252	-	-	-	-	-	-	-		
400	STD	12500	0.114	99	195	9000	0.102	120	213	-	-	-	-	11200	0.136	表2-7	249	-	-	-	-	-	-	-		
450	STD	13300	0.114	101	197	9100	0.099	119	210	-	-	-	-	11400	0.132	表2-8	248	-	-	-	-	-	-	-		
500	STD	14000	0.114	102	197	9200	0.096	119	209	-	-	-	-	11600	0.128	表2-9	250	-	-	-	-	-	-	-		

例) JN 前 A 追

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 75.90m~55.30m								EL. 55.30m~40.50m											
		気体				液体				気体				液体							
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
8	SCH80	1100	0.090	115	208	1100	0.090	117	211	1200	0.098	122	177	1200	0.099	123	179				
10	SCH80	1400	0.095	111	201	1400	0.096	114	205	1600	0.111	129	200	-	-	-	-				
15	SCH80	1000	0.079	110	193	1000	0.079	115	201	1100	0.084	125	177	1100	0.085	128	182				
15	SCH160	1400	0.089	111	197	1400	0.090	113	201	-	-	-	-	-	-	-	-				
20	SCH80	1300	0.083	118	202	1300	0.083	123	211	-	-	-	-	-	-	-	-				
25	SCH80	1900	0.093	118	205	1900	0.095	125	218	-	-	-	-	-	-	-	-				
32	SCH80	2500	0.103	125	219	2300	0.096	117	203	-	-	-	-	-	-	-	-				
40	SCH80	2700	0.101	115	200	2600	0.100	119	207	-	-	-	-	-	-	-	-				
50	SCH80	3200	0.103	110	190	3100	0.103	118	206	-	-	-	-	-	-	-	-				
65	SCH40	3600	0.104	120	208	3300	0.100	122	208	-	-	-	-	-	-	-	-				
65	SCH80	4600	0.114	93	189	4300	0.110	95	194	-	-	-	-	-	-	-	-				
80	SCH40	4000	0.104	114	195	3700	0.102	121	206	-	-	-	-	-	-	-	-				
80	SCH80	5000	0.113	88	179	4800	0.113	97	197	-	-	-	-	-	-	-	-				
100	SCH40	4600	0.104	114	196	4200	0.102	122	206	-	-	-	-	-	-	-	-				
125	SCH40	5300	0.105	109	189	4800	0.103	118	200	-	-	-	-	-	-	-	-				
150	SCH40	5900	0.105	105	180	5400	0.105	123	217	-	-	-	-	-	-	-	-				
200	SCH40	7200	0.107	100	186	6300	0.104	110	194	-	-	-	-	-	-	-	-				
250	SCH40	8300	0.109	101	189	7100	0.105	110	194	-	-	-	-	-	-	-	-				
300	SCH40	9800	0.113	96	183	8100	0.105	104	189	-	-	-	-	-	-	-	-				
350	SCH40	10500	0.114	96	181	8600	0.106	105	190	-	-	-	-	-	-	-	-				

例) JN 前 A 追

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 Sd : 186 Ss : 320 (MPa)

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 75.90m~55.30m								EL. 55.30m~40.50m															
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	2000	0.113	113	236	1900	0.108	107	221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	SCH80	2200	0.109	104	216	2200	0.112	113	236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	SCH80	1700	0.096	136	246	1600	0.092	133	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	SCH160	2100	0.103	115	211	2100	0.105	122	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	SCH80	2000	0.096	133	236	1900	0.094	135	240	-	-	-	-	2400	0.126	表4-1	表4-1	-	-	-	-	-	-	-	-
25	SCH80	2600	0.104	126	226	2500	0.104	134	241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	SCH80	3000	0.104	119	213	2900	0.105	130	241	3900	0.150	165	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	SCH80	3300	0.106	122	232	3100	0.104	127	229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	SCH80	3800	0.107	123	241	3500	0.104	125	223	4900	0.155	161	262	4600	0.153	表4-2	表4-2	-	-	-	-	-	-	-	
65	SCH40	4100	0.104	121	211	3800	0.104	139	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
65	SCH80	5400	0.123	108	227	4800	0.113	107	225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
80	SCH40	4600	0.106	126	237	4100	0.103	135	238	-	-	-	-	5200	0.143	表4-3	表4-3	-	-	-	-	-	-	-	
80	SCH80	5900	0.124	108	228	5200	0.114	108	227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
100	SCH40	5300	0.106	119	218	4700	0.104	136	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
125	SCH40	6100	0.108	124	238	5300	0.105	136	246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
150	SCH40	6800	0.110	125	241	5800	0.105	138	251	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
200	SCH40	8200	0.114	121	239	6700	0.105	131	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
250	SCH40	9300	0.115	118	234	7500	0.106	131	245	-	-	-	-	9700	0.152	表4-4	表4-4	-	-	-	-	-	-	-	
300	SCH40	10900	0.120	115	228	8500	0.106	126	241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
350	SCH40	11600	0.120	115	227	9000	0.107	128	246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

例) JN 前 A 追

別紙 1 - 2
安全冷却水系冷却塔 A 基礎
の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-3表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 70℃
内部流体比重 : 1.00

【安全冷却水系冷却塔 A 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	1.18	—	14.95	—	49.27
2	20	40	1.18	—	20.79	—	57.07
3	25	40	1.18	—	31.10	—	70.32
4	32	40	1.18	—	44.13	—	87.28
5	40	40	1.18	—	53.67	—	98.78
6	40	40	1.18	—	—	—	92.90
7	50	40	1.18	—	75.32	—	125.34
8	50	40	1.18	—	—	—	114.55
9	65	20S	1.18	—	99.26	—	156.14
10	80	20S	1.18	—	133.82	—	195.60
11	100	20S	1.18	—	194.91	—	292.97
12	125	20S	1.18	—	294.51	—	405.33
13	150	20S	1.18	—	381.66	—	505.22
14	200	20S	1.18	—	651.76	—	790.03
15	250	20S	1.18	—	912.32	—	1088.84
16	300	40	1.18	—	1459.23	—	1662.23
17	300	40	0.59	—	—	—	1662.23
18	300	40	1.18	—	—	—	1560.24
以下 余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 70℃

内部流体比重 : 1.00

【安全冷却水系冷却塔 A 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	1.38	—	17.68	—	—
2	15	160	1.38	—	20.49	—	—
3	20	80	1.38	—	24.88	—	—
4	25	80	1.38	—	36.92	—	—
5	32	80	1.38	—	53.13	—	—
6	40	80	1.38	—	65.01	—	—
7	50	80	1.38	—	92.03	—	—
8	65	40	1.38	—	122.87	—	—
9	80	40	1.38	—	158.18	—	—
10	100	40	1.38	—	237.75	—	—
11	125	40	1.38	—	336.05	—	—
12	150	40	1.38	—	447.09	—	—
13	200	40	1.38	—	720.47	—	—
14	250	40	1.38	—	1057.28	—	—
15	300	40	1.38	—	1451.26	—	—
16	350	40	1.38	—	1780.94	—	—
17	400	STD	1.38	—	2067.82	—	—
18	450	STD	1.38	—	2507.57	—	—
19	500	STD	1.38	—	2987.08	—	—
20	550	STD	1.38	—	3506.32	—	—

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 67.30m~55.30m	12.2	20
2	EL. 55.30m~53.30m		

【安全冷却水系冷却塔A基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~53.30m												
			気体				液体				気体				液体								
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss					
15	SCH40	-	-	-	-	1300	0.065	128	239	-	-	-	-	1400	0.069	49	77	/	/	/	/	/	/
20	SCH40	-	-	-	-	1500	0.064	115	212	-	-	-	-	1700	0.071	49	77	/	/	/	/	/	/
25	SCH40	-	-	-	-	1900	0.068	121	224	-	-	-	-	2000	0.071	45	70	/	/	/	/	/	/
32	SCH40	-	-	-	-	2200	0.068	116	213	-	-	-	-	2300	0.071	43	67	/	/	/	/	/	/
40	SCH40	-	-	-	-	2400	0.069	114	211	-	-	-	-	2500	0.072	42	66	/	/	/	/	/	/
40	SCH40	-	-	-	-	2400	0.068	108	199	-	-	-	-	2500	0.070	40	62	/	/	/	/	/	/
50	SCH40	-	-	-	-	2700	0.068	110	201	-	-	-	-	2800	0.071	41	63	/	/	/	/	/	/
50	SCH40	-	-	-	-	2900	0.071	116	212	-	-	-	-	2900	0.071	40	62	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	-	-	-	-	3000	0.068	114	207	-	-	-	-	3100	0.070	43	66	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	-	-	-	-	3400	0.070	117	213	-	-	-	-	3400	0.070	42	64	/	/	/	/	/	/
100	SCH20S	-	-	-	-	3600	0.068	118	213	-	-	-	-	3800	0.071	48	71	/	/	/	/	/	/
125	SCH20S	-	-	-	-	4200	0.070	118	214	-	-	-	-	4300	0.071	45	68	/	/	/	/	/	/
150	SCH20S	-	-	-	-	4500	0.069	120	217	-	-	-	-	4600	0.071	47	70	/	/	/	/	/	/
200	SCH20S	-	-	-	-	5300	0.070	117	210	-	-	-	-	5400	0.071	46	67	/	/	/	/	/	/
250	SCH20S	-	-	-	-	5700	0.069	122	218	-	-	-	-	5900	0.071	50	73	/	/	/	/	/	/
300	SCH40	-	-	-	-	6700	0.071	114	206	-	-	-	-	6700	0.071	43	63	/	/	/	/	/	/
300	SCH40	-	-	-	-	1800	0.050	21	36	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/
300	SCH40	-	-	-	-	6800	0.071	111	199	-	-	-	-	6800	0.071	42	62	/	/	/	/	/	/
以下余白																							

【安全冷却水系冷却塔A基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~53.30m															
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH40	-	-	-	-	1900	0.069	113	213	-	-	-	-	1900	0.069	33	52								
20	SCH40	-	-	-	-	2100	0.069	111	209	-	-	-	-	2100	0.069	32	51								
25	SCH40	-	-	-	-	2400	0.070	116	218	-	-	-	-	2400	0.070	34	54								
32	SCH40	-	-	-	-	2600	0.068	111	208	-	-	-	-	2700	0.071	35	56								
40	SCH40	-	-	-	-	2800	0.069	115	215	-	-	-	-	2900	0.071	36	58								
50	SCH40	-	-	-	-	3100	0.069	117	219	-	-	-	-	3200	0.071	37	59								
65	SCH20S	-	-	-	-	3400	0.069	125	233	-	-	-	-	3500	0.071	41	63								
80	SCH20S	-	-	-	-	3600	0.068	121	225	-	-	-	-	3800	0.071	41	64								
100	SCH20S	-	-	-	-	4000	0.068	130	240	-	-	-	-	4200	0.071	45	69								
125	SCH20S	-	-	-	-	4400	0.067	127	234	-	-	-	-	4600	0.070	44	67								
150	SCH20S	-	-	-	-	4700	0.068	133	245	-	-	-	-	4900	0.070	46	70								
200	SCH20S	-	-	-	-	5400	0.068	134	246	-	-	-	-	5700	0.071	48	72								
250	SCH20S	-	-	-	-	5700	0.066	137	249	-	-	-	-	6100	0.071	51	77								
300	SCH40	-	-	-	-	6600	0.068	130	240	-	-	-	-	6900	0.071	45	69								
以下余白																									

【安全冷却水系冷却塔A基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~53.30m												
			気体				液体				気体				液体								
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss					
15	SCH80	-	-	-	-	1800	0.066	102	193	-	-	-	-	1900	0.070	32	52	/	/	/	/	/	/
15	SCH160	-	-	-	-	1800	0.067	106	201	-	-	-	-	1900	0.070	33	54	/	/	/	/	/	/
20	SCH80	-	-	-	-	2100	0.068	109	206	-	-	-	-	2100	0.068	31	50	/	/	/	/	/	/
25	SCH80	-	-	-	-	2300	0.067	105	197	-	-	-	-	2400	0.070	33	53	/	/	/	/	/	/
32	SCH80	-	-	-	-	2600	0.068	106	200	-	-	-	-	2700	0.070	33	53	/	/	/	/	/	/
40	SCH80	-	-	-	-	2800	0.068	109	204	-	-	-	-	2900	0.070	34	54	/	/	/	/	/	/
50	SCH80	-	-	-	-	3100	0.068	109	204	-	-	-	-	3200	0.070	34	54	/	/	/	/	/	/
65	SCH40	-	-	-	-	3400	0.067	110	205	-	-	-	-	3600	0.071	37	58	/	/	/	/	/	/
80	SCH40	-	-	-	-	3700	0.068	114	212	-	-	-	-	3900	0.071	39	60	/	/	/	/	/	/
100	SCH40	-	-	-	-	4100	0.067	115	213	-	-	-	-	4300	0.070	39	60	/	/	/	/	/	/
125	SCH40	-	-	-	-	4500	0.067	118	217	-	-	-	-	4700	0.070	40	62	/	/	/	/	/	/
150	SCH40	-	-	-	-	4900	0.068	122	226	-	-	-	-	5100	0.070	42	64	/	/	/	/	/	/
200	SCH40	-	-	-	-	5500	0.067	124	229	-	-	-	-	5800	0.071	44	67	/	/	/	/	/	/
250	SCH40	-	-	-	-	6000	0.067	125	229	-	-	-	-	6400	0.071	46	69	/	/	/	/	/	/
300	SCH40	-	-	-	-	6400	0.066	124	226	-	-	-	-	6900	0.071	47	70	/	/	/	/	/	/
350	SCH40	-	-	-	-	6700	0.066	124	226	-	-	-	-	7300	0.071	48	71	/	/	/	/	/	/
400	STD	-	-	-	-	6800	0.065	133	240	-	-	-	-	7500	0.071	54	80	/	/	/	/	/	/
450	STD	-	-	-	-	7100	0.065	139	250	-	-	-	-	7800	0.071	57	83	/	/	/	/	/	/
500	STD	-	-	-	-	7200	0.064	139	249	-	-	-	-	8100	0.071	60	87	/	/	/	/	/	/
550	STD	-	-	-	-	7200	0.062	137	242	-	-	-	-	8400	0.071	64	92	/	/	/	/	/	/

別紙 1 - 3
安全冷却水冷却塔 B 基礎
の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-3表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 70℃
内部流体比重 : 1.00

【安全冷却水系冷却塔 B 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	1.18	—	14.95	—	49.27
2	20	40	1.18	—	20.79	—	57.07
3	25	40	1.18	—	31.10	—	70.32
4	32	40	1.18	—	44.13	—	87.28
5	40	40	1.18	—	53.67	—	98.78
6	40	40	1.18	—	—	—	92.90
7	50	40	1.18	—	75.32	—	125.34
8	50	40	1.18	—	—	—	114.55
9	65	20S	1.18	—	99.26	—	156.14
10	80	20S	1.18	—	133.82	—	195.60
11	100	20S	1.18	—	194.91	—	292.97
12	125	20S	1.18	—	294.51	—	405.33
13	150	20S	1.18	—	381.66	—	505.22
14	200	20S	1.18	—	651.76	—	790.03
15	250	20S	1.18	—	912.32	—	1088.84
16	300	40	1.18	—	1459.23	—	1662.23
17	300	40	0.59	—	—	—	1662.23
18	300	40	1.18	—	—	—	1560.24
以下 余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 70℃

内部流体比重 : 1.00

【安全冷却水系冷却塔 B 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	1.38	—	17.68	—	—
2	15	160	1.38	—	20.49	—	—
3	20	80	1.38	—	24.88	—	—
4	25	80	1.38	—	36.92	—	—
5	32	80	1.38	—	53.13	—	—
6	40	80	1.38	—	65.01	—	—
7	50	80	1.38	—	92.03	—	—
8	65	40	1.38	—	122.87	—	—
9	80	40	1.38	—	158.18	—	—
10	100	40	1.38	—	237.75	—	—
11	125	40	1.38	—	336.05	—	—
12	150	40	1.38	—	447.09	—	—
13	200	40	1.38	—	720.47	—	—
14	250	40	1.38	—	1057.28	—	—
15	300	40	1.38	—	1451.26	—	—
16	350	40	1.38	—	1780.94	—	—
17	400	STD	1.38	—	2067.82	—	—
18	450	STD	1.38	—	2507.57	—	—
19	500	STD	1.38	—	2987.08	—	—
20	550	STD	1.38	—	3506.32	—	—

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 67.30m~55.30m	9.09	20
2	EL. 55.30m~42.60m		

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰1.0%)

許容応力 Sd : 186 Ss : 426 (MPa)

【安全冷却水系冷却塔B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~42.60m															
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1800	0.093	117	203	/	/	/	/	/	/	/	/	
20	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2100	0.092	107	185	/	/	/	/	/	/	/	/	
25	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2500	0.094	100	172	/	/	/	/	/	/	/	/	
32	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2900	0.095	96	165	/	/	/	/	/	/	/	/	
40	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3100	0.093	92	157	/	/	/	/	/	/	/	/	
40	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3200	0.096	92	157	/	/	/	/	/	/	/	/	
50	SCH40	-	-	-	-	2700	0.066	表1-1	315	-	-	-	-	3600	0.096	94	159	/	/	/	/	/	/	/	/	
50	SCH40	-	-	-	-	2900	0.070	表1-2	338	-	-	-	-	3600	0.093	86	146	/	/	/	/	/	/	/	/	
65	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4000	0.096	98	165	/	/	/	/	/	/	/	/	
80	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4300	0.093	91	153	/	/	/	/	/	/	/	/	
100	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4800	0.096	101	169	/	/	/	/	/	/	/	/	
125	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5400	0.094	95	159	/	/	/	/	/	/	/	/	
150	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5900	0.096	101	167	/	/	/	/	/	/	/	/	
200	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6900	0.096	97	160	/	/	/	/	/	/	/	/	
250	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7500	0.096	103	170	/	/	/	/	/	/	/	/	
300	SCH40	-	-	-	-	6800	0.069	表1-3	335	-	-	-	-	8500	0.095	90	149	/	/	/	/	/	/	/	/	
300	SCH40	-	-	-	-	2300	0.050	26	45	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	
300	SCH40	-	-	-	-	7000	0.070	表1-4	333	-	-	-	-	8700	0.096	88	147	/	/	/	/	/	/	/	/	
以下余白																										

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 Sd : 186 Ss : 426 (MPa)

【安全冷却水系冷却塔B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~42.60m											
		気体				液体				気体				液体							
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
15	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400	0.092	81	144				
20	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2700	0.092	83	146				
25	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3100	0.096	89	153				
32	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3400	0.093	85	150				
40	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3600	0.093	86	150				
50	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4000	0.093	88	154				
65	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4400	0.094	95	165				
80	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4800	0.095	98	169				
100	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5300	0.095	104	179				
125	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5900	0.096	105	178				
150	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6300	0.096	111	187				
200	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7200	0.096	110	186				
250	SCH20S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7800	0.096	118	198				
300	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8800	0.095	106	181				
以下余白																					

【安全冷却水系冷却塔B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 67.30m~55.30m								EL. 55.30m~42.60m															
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400	0.092	81	144	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400	0.093	84	150	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2700	0.092	81	144	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3100	0.095	86	150	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3400	0.092	82	144	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3700	0.095	86	151	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4100	0.095	86	150	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4600	0.096	93	159	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4900	0.095	90	158	/	/	/	/	/	/	/	/
100	SCH40	-	-	-	-	4100	0.057	89	159	-	-	-	-	5500	0.095	94	162	/	/	/	/	/	/	/	/
125	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6000	0.094	95	164	/	/	/	/	/	/	/	/
150	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6500	0.095	98	169	/	/	/	/	/	/	/	/
200	SCH40	-	-	-	-	5500	0.056	88	155	-	-	-	-	7400	0.096	104	176	/	/	/	/	/	/	/	/
250	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8100	0.095	103	177	/	/	/	/	/	/	/	/
300	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8800	0.095	107	182	/	/	/	/	/	/	/	/
350	SCH40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9300	0.096	110	185	/	/	/	/	/	/	/	/
400	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9600	0.096	123	204	/	/	/	/	/	/	/	/
450	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10000	0.096	127	211	/	/	/	/	/	/	/	/
500	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10300	0.095	129	216	/	/	/	/	/	/	/	/
550	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10700	0.096	137	226	/	/	/	/	/	/	/	/

別紙 1 - 4

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/
安全冷却水系冷却塔A, B基礎間洞道
の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 70℃

【使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔 A, B 基礎間洞道】 内部流体比重 : 1.00

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	1.38	—	24.88	—	—
2	50	80	1.38	—	92.03	—	—
3	65	40	1.38	—	122.87	—	—
4	250	40	1.38	—	1057.28	—	—
5	300	40	1.38	—	1451.26	—	—
6	350	40	1.38	—	1780.94	—	—
7	400	STD	1.38	—	2067.82	—	—
8	450	STD	1.38	—	2507.57	—	—
9	500	STD	1.38	—	2987.08	—	—
10	550	STD	1.38	—	3506.32	—	—
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 52.95m～48.80m	6.25	15

別紙 1－5

前処理建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-3表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-3表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-6表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1. 1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	20S	■■■■				
2	6	80					
3	6	2.6t					
4	8	20S					
5	8	40					
6	8	80					
7	10	20S					
8	10	40					
9	10	80					
10	15	20S					
11	15	40					
12	15	80					
13	20	20S					
14	20	40					
15	20	80					
16	25	10S					
17	25	20S					
18	25	40					
19	25	80					
20	32	10S					

第 1. 1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	32	20S	■■■■				
22	32	80					
23	40	10S					
24	40	20S					
25	40	80					
26	50	20S					
27	50	40					
28	65	20S					
29	80	20S					
30	80	20S					
31	100	20S					
32	125	20S					
33	150	20S					
34	150	40					
35	150	160					
36	200	20S					
37	250	20S					
38	250	40					
39	250	80					
40	300	160					

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : ■℃

内部流体比重 : ■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80					
2	10	80					
3	15	80					
4	20	80					
5	25	80					
6	32	80					
7	40	80					
8	50	80					
9	65	40					
10	80	40					
11	90	40					
12	100	40					
13	125	40					
14	150	40					
15	200	30					
16	250	30					
17	300	30					
18	350	30					
19	400	30					
20	450	9.5t					

第 1. 1-3 表 配管設計条件 (ジルコニウム)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	■■■■				
2	8	40					
3	10	20S					
4	15	20S					
5	20	20S					
6	25	20S					
7	25	40					
8	32	20S					
9	40	20S					
10	50	20S					
11	65	20S					
12	80	20S					
13	90	20S					
14	100	20S					
15	100	40					
16	125	20S					
17	150	20S					
18	150	40					
19	200	40					
20	250	40					

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH20S																				
6	SCH80																				
6	2.6t																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH80																				
20	SCH20S																				
20	SCH80																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH80																				
32	SCH10S																				
32	SCH80																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH80																				
50	SCH20S																				

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH20S																				
6	2.6t																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
25	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
32	SCH20S																				

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
200	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH160																				
350	SCH20S																				
350	SCH160																				

表2-10 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)				EL.■■■m						EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m					
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体					
								支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH40																										
20	SCH40																										
20	SCH40																										
以下余白																											

表2-14 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰●%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL.●●m						EL.●●m~●●m						EL.●●m~●●m													
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体								
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss		
40	SCH20S	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●						
40	SCH20S								●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
40	SCH20S								●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
40	SCH20S								●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
以下余白																																

表2-16 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL.■■■m						EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m										
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
						気体		液体		Sd		Ss		支持 間隔 (mm)		固有 周期 (s)		一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)		固有 周期 (s)		一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)		固有 周期 (s)
50	SCH20S	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
以下余白																												

表2-20 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰██%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	配管設計条件					EL. █████ m						EL. █████ m ~ █████ m						EL. █████ m ~ █████ m																					
		内部流体 支持間隔	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																
							単位長さあたり 重量 (N/m)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)												
												気体	液体			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
		80	SCH20S																																					
以下余白																																								

表2-23 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL.■■■m						EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m						
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体				
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
150	SCH20S																									
150	SCH20S																									
以下余白																										

表2-24 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 ■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m																	
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体														
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)											
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss						
150	SCH40																																				
以下余白																																					

表2-27 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL.■■■m						EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m																	
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体														
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)											
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss						
350	SCH20S																																				
以下余白																																					

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材有り, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
50	SCH80																				
80	SCH40																				
100	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
550	9.5t																				
600	9.5t																				
以下余白																					

表3-2 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																		
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体														
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)											
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss								
50	SCH80																																				
以下余白																																					

表3-4 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材有り, 減衰■■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL.■■■m						EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m																					
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)													
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss										
100	SCH40																																						
以下余白																																							

表3-7 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材有り, 減衰■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																				
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体															
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)												
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss							
		気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss										
250	SCH30																																						
以下余白																																							

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰■%)

許容応力 Sd : ■ Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
90	SCH40																				
100	SCH40																				
125	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
300	SCH30																				
350	SCH30																				
400	SCH30																				
450	9.5t																				

【前処理建屋】

配管	内部流体	標高	EL.■■■ m						EL.■■■ m~■■■ m						EL.■■■ m~■■■ m									
			気体			液体			気体			液体			気体			液体						
			口径 (A)	支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
							Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
及び板厚																								
		500	9.5t																					
		550	9.5t																					
		600	9.5t																					
		以下余白																						

表4-2 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰10%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高		配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. 0~1 m						EL. 1 m~2 m						EL. 2 m~3 m																		
	内部流体 支持間隔	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体																		
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss													
20	SCH80																																							
以下余白																																								

表4-5 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	配管設計条件					EL.■■■m						EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m																		
		内部流体	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体											
									Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)								
											Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
65	SCH40																																				
以下余白																																					

表4-9 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高		配管設計条件					許容応力 (MPa)				EL. ■■■ m						EL. ■■■ m~■■■ m						EL. ■■■ m~■■■ m																
	内部流体 支持間隔	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体																		
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)														
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss									
300	SCH30																																							
以下余白																																								

表4-12 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL.■■■■ m						EL.■■■■ m~■■■■ m						EL.■■■■ m~■■■■ m																					
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)													
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss								
600	9.5t																																						
以下余白																																							

第2-5表 Sクラス直管部標準支持間隔 (ジルコニウム, 保温材無し, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
10	SCH20S																				
15	SCH20S																				
20	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
90	SCH20S																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
200	SCH40																				
250	SCH40																				

第2-5表 Sクラス直管部標準支持間隔 (ジルコニウム, 保温材無し, 減衰 ■%)

許容応力 Sd: ■ Ss: ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	EL. ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
	内部流体	気体			液体			気体			液体			気体			液体				
	支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
300	SCH40																				
300	SCH80																				
350	SCH40																				
350	SCH80																				
以下余白																					

表5-1 Sクラス直管部標準支持間隔（ジルコニウム，保温材無し，減衰■%）

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■ m						EL. ■■■ m～■■■ m						EL. ■■■ m～■■■ m										
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体						
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)			
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss
25	SCH20S																												
以下余白																													

別紙 1 - 6 分離建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第2.3-1表～第2.3-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第2.3-3表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、2.3-3表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第2.3-3表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第2.3-1表～第2.3-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	20S	■■■■				
2	6	40					
3	6	80					
4	8	20S					
5	8	40					
6	8	80					
7	10	20S					
8	10	40					
9	10	80					
10	15	20S					
11	15	40					
12	15	80					
13	15	160					
14	20	20S					
15	20	40					
16	20	80					
17	20	160					
18	25	10S					
19	25	20S					
20	25	40					

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	25	80	■■■■				
22	25	160					
23	32	10S					
24	32	20S					
25	32	40					
26	32	80					
27	32	160					
28	40	10S					
29	40	20S					
30	40	40					
31	40	80					
32	40	160					
33	50	10S					
34	50	20S					
35	50	40					
36	50	80					
37	50	160					
38	65	20S					
39	65	40					
40	80	20S					

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
41	80	40	■■■■				
42	90	20S					
43	90	40					
44	100	20S					
45	100	40					
46	100	80					
47	125	20S					
48	125	40					
49	125	80					
50	150	20S					
51	150	40					
52	150	80					
53	200	20S					
54	200	40					
55	200	80					
56	250	20S					
57	250	40					
58	300	20S					
59	300	40					
60	350	20S					

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
61	350	40	■■■■				
62	350	80					
63	400	20S					
64	400	40					
65	400	80					
66	450	20S					
67	450	40					
68	450	80					
69	500	20S					
70	800	20S					
71	800	40					
72	900	20S					
73	1000	20S					
以下余 白							

第2.3-2表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：■■■■℃
 内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
2	10	80					
3	15	80					
4	20	80					
5	25	80					
6	32	80					
7	40	80					
8	50	80					
9	65	40					
10	65	80					
11	80	40					
12	80	80					
13	90	40					
14	90	80					
15	100	40					
16	100	80					
17	125	40					
18	125	80					
19	150	40					
20	150	80					

第2.3-2表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	200	30	■■■■				
22	200	40					
23	200	60					
24	200	80					
25	250	30					
26	250	40					
27	250	80					
28	300	30					
29	300	40					
30	300	80					
31	350	30					
32	400	30					
以下余 白							

第2.3-3表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. [redacted] m ~ [redacted] m	[redacted]	[redacted]
2	EL. [redacted] m ~ [redacted] m		
3	EL. [redacted] m ~ [redacted] m		

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
			気体			液体			気体			液体			気体			液体				
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH20S																					
6	SCH40																					
6	SCH80																					
8	SCH20S																					
8	SCH40																					
8	SCH80																					
10	SCH20S																					
10	SCH40																					
10	SCH80																					
15	SCH20S																					
15	SCH40																					
15	SCH80																					
15	SCH160																					
20	SCH20S																					
20	SCH40																					
20	SCH80																					
20	SCH160																					
25	SCH10S																					
25	SCH20S																					
25	SCH40																					

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH40																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
80	SCH20S																				

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
80	SCH40																				
90	SCH20S																				
90	SCH40																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH20S																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				
200	SCH20S																				
200	SCH40																				
200	SCH80																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
300	SCH40																				
350	SCH20S																				

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰 \square \%)

許容応力 S_d : \square S_s : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. \square m ~ \square m								EL. \square m ~ \square m								EL. \square m ~ \square m							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s
350	SCH40																								
350	SCH80																								
400	SCH20S																								
400	SCH40																								
400	SCH80																								
450	SCH20S																								
450	SCH40																								
450	SCH80																								
以下余白																									

表1-3 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材料有り, 減衰 0%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL. ~ m				EL. ~ m				EL. ~ m																																								
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体																																		
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																																
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss																													
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
25	SCH20S																																																					
以下余白																																																						

表1-4 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰■%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件					EL. ■ m ~ ■ m				EL. ■ m ~ ■ m				EL. ■ m ~ ■ m													
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体								
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)						
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	
32	SCH20S																												
以下余白																													

表1-5 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰10%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL ■■■m~■■■n						EL ■■■m~■■■n						EL ■■■m~■■■n																								
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																			
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss											
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
40	SCH20S																																										
以下余白																																											

表1-8 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■■%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	配管設計条件					EL.■■■■m~■■■■m				EL.■■■■m~■■■■m				EL.■■■■m~■■■■m									
	内部流体	材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体				
	支持間隔					Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
	及び板厚	気体	液体	Sd	Ss					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
80	SCH20S																							
80	SCH20S																							
80	SCH20S																							
80	SCH20S																							
80	SCH20S																							
以下余白																								

表1-9 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰██%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ███m ~ ███m						EL. ███m ~ ███m						EL. ███m ~ ███m					
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体				
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
100	SCH20S	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	
100	SCH20S																									
100	SCH20S																									
以下余白																										

表1-10 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m						
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体					
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
125	SCH20S																										
125	SCH20S																										
125	SCH20S																										
125	SCH20S																										
125	SCH20S																										
125	SCH20S																										
以下余白																											

表1-14 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件				許容応力 (MPa)				EL. ■■■ n ~ ■■■ n						EL. ■■■ n ~ ■■■ n						EL. ■■■ n ~ ■■■ n																																
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体																																
							気体	液体	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																												
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss																					
							300	SCH20S																																															
以下余白																																																							

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH20S																				
6	SCH40																				
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH40																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
80	SCH40																				
90	SCH20S																				
90	SCH40																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH20S																				
125	SCH20S																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				
200	SCH20S																				
200	SCH40																				
200	SCH80																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
300	SCH40																				
350	SCH20S																				

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m											
		気体			液体			気体			液体			気体			液体								
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
350	SCH40																								
350	SCH80																								
400	SCH20S																								
400	SCH40																								
400	SCH80																								
450	SCH20S																								
450	SCH40																								
450	SCH80																								
500	SCH20S																								
800	SCH20S																								
800	SCH40																								
900	SCH20S																								
1000	SCH20S																								
以下余白																									

表2-3 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL. [] ~ []						EL. [] ~ []						EL. [] ~ []																					
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)			気体			液体			気体			液体			気体			液体													
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)											
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss						
8	SCH80	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]			
8	SCH80																																						
8	SCH80																																						
8	SCH80																																						
8	SCH80																																						
8	SCH80																																						
以下余白																																							

表2-10 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \blacksquare %)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. \blacksquare m ~ \blacksquare m						EL. \blacksquare m ~ \blacksquare m						EL. \blacksquare m ~ \blacksquare m																				
		材質	最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																	
						Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)														
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss							
20	SCH40																																							
20	SCH40																																							
以下余白																																								

表2-12 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■~■■■						EL. ■■■~■■■						EL. ■■■~■■■									
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)				気体			液体			気体			液体			気体			液体					
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
32	SCH20S																													
32	SCH20S																													
32	SCH20S																													
32	SCH20S																													
32	SCH20S																													
以下余白																														

表2-13 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 10%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. 0~n						EL. n~n						EL. n~n											
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)			気体			液体			気体			液体			気体			液体								
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体								
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
40	SCH20S								気体			液体			気体			液体			気体			液体			気体			液体		

表2-13 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■％）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■n~■■■n						EL. ■■■n~■■■n						EL. ■■■n~■■■n																				
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		Sd	Ss	気体			液体			気体			液体			気体			液体																
						気体	液体			支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss												
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
40	SCH20S																																								
以下余白																																									

表2-14 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■mm~■■■m						EL. ■■■mm~■■■m						EL. ■■■mm~■■■m									
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
50	SCH20S	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■			
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												
50	SCH20S																												

表2-14 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■mm~■■■mm				EL. ■■■mm~■■■mm				EL. ■■■mm~■■■mm												
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体								
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)				
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										
50	SCH20S																										

表2-14 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 \square ％）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. \square n ~ \square n						EL. \square n ~ \square n						EL. \square n ~ \square n					
		材質	最高 使用 温度 ($^{\circ}$ C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		Sd		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体		
						Sd	Ss	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
								Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
50	SCH20S	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
50	SCH20S																									
以下余白																										

表2-15 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰■%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■~■				EL. ■~■				EL. ■~■																							
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体																			
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)															
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss								
50	SCH40																																					
50	SCH40																																					
以下余白																																						

表2-17 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 ■%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL. ■■■mm~■■■mm						EL. ■■■mm~■■■mm						EL. ■■■mm~■■■mm																						
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)			気体			液体			気体			液体			気体			液体														
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)														
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss													
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							
80	SCH20S																																							

表2-18 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰〇%）

【分離建屋】

配管 口径（A） 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■■ n ~ ■■■■ n						EL. ■■■■ n ~ ■■■■ n						EL. ■■■■ n ~ ■■■■ n									
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		Sd	Ss	気体			液体			気体			液体			気体			液体					
						気体	液体			支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)			
		最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
100	SCH20S																													
以下余白																														

表2-21 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰%)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL []n~[]n						EL []n~[]n						EL []n~[]n																		
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体				気体		液体				気体		液体																	
						気体	液体	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																	
						Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss										
200	SCH20S																																						
200	SCH20S																																						
200	SCH20S																																						
200	SCH20S																																						
以下余白																																							

表2-22 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 $\square\%$ ）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. $\square\text{m} \sim \square\text{m}$						EL. $\square\text{m} \sim \square\text{m}$						EL. $\square\text{m} \sim \square\text{m}$																									
		材質	最高 使用 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																				
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																	
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss														
250	SCH20S																																											
250	SCH20S																																											
250	SCH20S																																											
以下余白																																												

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼、保温材有り、減衰 \square ％）

許容応力 Sd : \square Ss : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
65	SCH80																				
80	SCH40																				
80	SCH80																				
90	SCH40																				
90	SCH80																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰 $\frac{1}{2}$ ）

許容応力 S_d : S_s (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. $\frac{1}{2}$ n ~ $\frac{3}{4}$ n						EL. $\frac{3}{4}$ n ~ n						EL. n ~ $\frac{3}{2}$ n								
		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s	
200	SCH30																					
200	SCH40																					
200	SCH60																					
200	SCH80																					
250	SCH30																					
250	SCH40																					
250	SCH80																					
300	SCH30																					
300	SCH40																					
300	SCH80																					
350	SCH30																					
400	SCH30																					
以下余白																						

表3-1 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰 \square \%）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL. \square ~ \square m						EL. \square ~ \square m						EL. \square ~ \square m																							
		材質	最高 使用 温度 ($^{\circ}$ C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																		
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)															
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss										
150	SCH40																																								
150	SCH40																																								
以下余白																																									

表3-2 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰■■％）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件				許容応力 (MPa)				EL ■■■n~■■■n						EL ■■■n~■■■n						EL ■■■n~■■■n							
			材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体							
							気体	液体	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)			
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss
200	SCH40																													
以下余白																														

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼、保温材無し、減衰 γ ）

許容応力 S_d S_s : (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \sim \sim						EL \sim \sim						EL \sim \sim							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
65	SCH80																				
80	SCH40																				
80	SCH80																				
90	SCH40																				
90	SCH80																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰 $\frac{1}{2}$ ）

許容応力 S_d : S_s (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{2}$						EL. $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{2}$						EL. $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{2}$								
		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s	
200	SCH30																					
200	SCH40																					
200	SCH60																					
200	SCH80																					
250	SCH30																					
250	SCH40																					
250	SCH80																					
300	SCH30																					
300	SCH40																					
300	SCH80																					
350	SCH30																					
400	SCH30																					
以下余白																						

別紙 1 - 7

精製建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-3表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-3表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-6表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■°C

内部流体比重：■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	2.4t	■				
2	6	80					
3	8	20S					
4	8	40					
5	8	80					
6	10	20S					
7	10	80					
8	15	20S					
9	15	40					
10	20	20S					
11	20	40					
12	25	20S					
13	32	20S					
14	40	20S					
15	50	20S					
16	65	20S					
17	80	20S					
18	100	20S					
19	125	20S					
20	150	20S					

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■■ °C

内部流体比重 : ■■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	200	20S					
22	250	20S					
23	250	40					
24	300	20S					
25	550	20S					
以下余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80					
2	10	80					
3	15	80					
4	20	80					
5	25	80					
6	32	80					
7	40	80					
8	50	80					
9	150	40					
以下余白							

第 1. 1-3 表 配管設計条件 (ジルコニウム)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S					
2	10	20S					
3	15	20S					
4	20	20S					
5	25	20S					
6	50	20S					
7	80	20S					
以下余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m	■■■	■
3	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■％）

許容応力 Sd：■ Ss：■（MPa）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m												
			気体			液体			気体			液体			気体			液体									
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)						
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss			
6	2.4t																										
6	SCH80																										
8	SCH20S																										
10	SCH20S																										
15	SCH20S																										
15	SCH40																										
20	SCH20S																										
25	SCH20S																										
32	SCH20S																										
40	SCH20S																										
50	SCH20S																										
100	SCH20S																										
200	SCH20S																										
以下余白																											

表1-1 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m																	
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体														
							気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)										
																													Sd Ss		Sd Ss		Sd Ss		Sd Ss		Sd Ss	
8	SCH20S	SUS304TP																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																				
以下余白																																						

表1-2 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)			気体			液体			気体			液体			気体			液体													
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss								
																														支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)
10	SCH20S	SUS304TP																																			
10	SCH20S	SUS304LTP																																			
以下余白																																					

表1-4 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件							EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m									
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)
15	SCH40	R-SUS304ULC																												
15	SCH40	R-SUS304ULC																												
以下余白																														

表1-6 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■m ~ ■■■m								EL. ■■■m ~ ■■■m								EL. ■■■m ~ ■■■m																	
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体				液体				気体				液体				気体				液体											
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)									
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss				
25	SCH20S	SUS304TP																																						
25	SCH20S	SUS304TP																																						
以下余白																																								

表1-7 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																		
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	Sd		Ss		気体			液体			気体			液体			気体			液体													
							支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)										
									Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
32	SCH20S	SUS304TP																																					
32	SCH20S	SUS304TP																																					
以下余白																																							

表1-10 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件							EL. ■■■ m～■■■ m						EL. ■■■ m～■■■ m						EL. ■■■ m～■■■ m																									
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																					
							気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																			
100	SCH20S	SUS304TP																																													
以下余白																																															

表1-11 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰■%)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																					
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss												
						気体	液体																																	
200	SCH20S	SUS304LTP																																						
以下余白																																								

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
25	SCH20S																				
25	SCH20S																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s
80	SCH20S																				
100	SCH20S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH20S																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
550	SCH20S																				
以下余白																					

表2-1 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL.■■■m〜■■■m				EL.■■■m〜■■■m				EL.■■■m〜■■■m																																							
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体																																			
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																															
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss																										
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
8	SCH20S	SUS304LTP																																																				
以下余白																																																						

表2-2 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																						
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																			
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss									
8	SCH40	SUS304TP																																								
8	SCH40	SUS304TP																																								
8	SCH40	SUS304LTP																																								
8	SCH40	SUS304LTP																																								
8	SCH40	SUS304LTP																																								
以下余白																																										

表2-4 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	材質	配管設計条件				EL.■■■■m〜■■■■m						EL.■■■■m〜■■■■m						EL.■■■■m〜■■■■m																				
			最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)				気体			液体			気体			液体			気体			液体												
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)									
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss				
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss						
10	SCH20S	SUS304TP	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■										
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
10	SCH20S	SUS304LTP																																					
以下余白																																							

表2-5 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件						EL.■■■m~■■■m				EL.■■■m~■■■m				EL.■■■m~■■■m							
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体			
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
							気体	液体	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	R-SUS304ULC																						
10	SCH80	SUS304LTP																						
10	SCH80	SUS304LTP																						

表2-6 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰●%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ●●●m ~ ●●●m						EL. ●●●m ~ ●●●m						EL. ●●●m ~ ●●●m																					
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)															
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss										
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304TP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							
15	SCH20S	SUS304LTP																																							

表2-6 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚		標高	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL.■■■m~■■■m				EL.■■■m~■■■m				EL.■■■m~■■■m					
			内部流体	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)			比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		気体		液体		気体		液体		気体		液体
		支持間隔	気体							液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
15	SCH20S	SUS304LTP																				
以下余白																						

表2-7 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管	標高	内部流体	支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■m～■■■m						EL. ■■■m～■■■m						EL. ■■■m～■■■m																		
				材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)				気体			液体			気体			液体			気体			液体											
								氣體	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss				
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	R-SUS304ULC																																						
15	SCH40	SUS304TP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						
15	SCH40	SUS304LTP																																						

表2-8 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件					EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m																								
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																			
								Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss															
																														気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
20	SCH20S	SUS304LTP																																										
以下余白																																												

表2-9 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	配管設計条件								EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m						EL.■■■m～■■■m																	
		内部流体	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体													
											支持間隔	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)								
																																気体	液体	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	R-SUS304ULC																																					
20	SCH40	SUS304LTP																																					
20	SCH40	SUS304LTP																																					
20	SCH40	SUS304LTP																																					

表2-9 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				EL. ■■■ m～■■■ m				EL. ■■■ m～■■■ m				EL. ■■■ m～■■■ m										
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体				
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)
20	SCH40	SUS304LTP	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
20	SCH40	SUS304LTP																						
以下余白																								

表2-10 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		Sd		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体			
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
25	SCH20S	R-SUS304ULC																									
25	SCH20S	R-SUS304ULC																									
25	SCH20S	SUS304TP																									
25	SCH20S	SUS304TP																									
25	SCH20S	SUS304TP																									
25	SCH20S	SUS304TP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									
25	SCH20S	SUS304LTP																									

表2-10 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚		標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件							EL.■■■■m〜■■■■m						EL.■■■■m〜■■■■m						EL.■■■■m〜■■■■m																			
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体															
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)														
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss									
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
25	SCH20S	SUS304LTP																																							
以下余白																																									

表2-11 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件							EL. ■■■■■ m ~ ■■■■■ m						EL. ■■■■■ m ~ ■■■■■ m						EL. ■■■■■ m ~ ■■■■■ m															
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体											
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)										
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	R-SUS304ULC																																		
32	SCH20S	SUS304TP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		
32	SCH20S	SUS304LTP																																		

表2-11 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 \square %）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚		標高		配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m							
		内部流体		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重			単位長さあたり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体		
		支持間隔						気体		液体		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)
		Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss		
32	SCH20S											SUS304LTP																	
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
32	SCH20S	SUS304LTP																											
以下余白																													

表2-12 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. \square m~ \square m						EL. \square m~ \square m						EL. \square m~ \square m																			
		材質	最高 使用 温度 ($^{\circ}$ C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重			単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体														
						気体	液体	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa) Sd Ss														
		[Redacted Content]																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
40	SCH20S	SUS304LTP																																					
以下余白																																							

表2-13 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰 \square %)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m																						
		材質	最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり重量 (N/m)			気体			液体			気体			液体			気体			液体																			
						気体	液体	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)																
																												Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss
50	SCH20S	R-SUS304ULC	[Redacted]																																								
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	R-SUS304ULC																																									
50	SCH20S	SUS304TP																																									
50	SCH20S	SUS304TP																																									
50	SCH20S	SUS304TP																																									
50	SCH20S	SUS304TP																																									
50	SCH20S	SUS304LTP																																									
50	SCH20S	SUS304LTP																																									
50	SCH20S	SUS304LTP																																									
50	SCH20S	SUS304LTP																																									
50	SCH20S	SUS304LTP																																									

表2-16 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m																			
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																	
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss											
																														Sd		Ss		Sd		Ss		Sd		Ss
100	SCH20S	SUS304LTP																																						
100	SCH20S	SUS304LTP																																						
100	SCH20S	SUS304LTP																																						
100	SCH20S	SUS304LTP																																						
100	SCH20S	SUS304LTP																																						
以下余白																																								

表2-17 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■％）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																				
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体															
								Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)												
						気体	液体					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss							
125	SCH20S	SUS304TP																																						
以下余白																																								

表2-18 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 50%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m						EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m						EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m																									
		材質	最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																				
						Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)																			
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss																
150	SCH20S	R-SUS304ULC																																											
150	SCH20S	R-SUS304ULC																																											
150	SCH20S	SUS304TP																																											
150	SCH20S	SUS304TP																																											
150	SCH20S	SUS304TP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
150	SCH20S	SUS304LTP																																											
以下余白																																													

表2-20 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体		
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)
250	SCH20S	SUS304TP																									
250	SCH20S	SUS304LTP																									
250	SCH20S	SUS304LTP																									
以下余白																											

表2-22 Sクラス直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																									
		材質	最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり重量 (N/m)		気体			液体			気体			液体			気体			液体																						
						気体	液体	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	Sd	Ss																
		300	SCH20S	SUS304TP																																									
		以下余白																																											

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m								
		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	
8	SCH80	[Redacted]																				
10	SCH80	[Redacted]																				
15	SCH80	[Redacted]																				
20	SCH80	[Redacted]																				
25	SCH80	[Redacted]																				
32	SCH80	[Redacted]																				
40	SCH80	[Redacted]																				
50	SCH80	[Redacted]																				
以下余白																						

表3-1 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL. ■■■ m ~ ■■■ m				EL. ■■■ m ~ ■■■ m				EL. ■■■ m ~ ■■■ m																										
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さあたり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体		液体		気体		液体		気体		液体																						
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)																		
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss													
15	SCH80	STPG																																							
以下余白																																									

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. m ~ m						EL. m ~ m						EL. m ~ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s
40	SCH80																				
40	SCH80																				
150	SCH40																				
150	SCH40																				
以下余白																					

表4-2 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																																	
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		氣體		液体		氣體		液体		氣體		液体		氣體		液体																																
						氣體	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)	Sd	Ss																														
																									支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次 応力 (MPa)																					
150	SCH40	STPG	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
以下余白																																																						

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. \square m \sim \square m						EL. \square m \sim \square m						EL. \square m \sim \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s
		25	SCH20S																		
以下余白																					

第2-6表 Sクラス直管部標準支持間隔 (ジルコニウム, 保温材無し, 減衰■%)

許容応力 Sd : 105 Ss : 202 (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m								
	内部流体	気体			液体			気体			液体			気体			液体					
	支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
	及び板厚			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
8	SCH20S	[Redacted Data]																				
10	SCH20S																					
15	SCH20S																					
20	SCH20S																					
20	SCH20S																					
25	SCH20S																					
50	SCH20S																					
80	SCH20S																					
以下余白																						

表6-3 Sクラス直管部標準支持間隔（ジルコニウム，保温材無し，減衰■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件						EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m						EL. ■■■m~■■■m								
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)		許容応力 (MPa)			気体			液体			気体			液体			気体			液体		
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
										Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	Sd	Ss	
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
15	SCH20S	R-Zr																										
以下余白																												

表6-5 Sクラス直管部標準支持間隔（ジルコニウム，保温材無し，減衰■■%）

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	配管設計条件					EL.■■■■m〜■■■■m								EL.■■■■m〜■■■■m								EL.■■■■m〜■■■■m														
		材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ当たり 重量 (N/m)	許容応力 (MPa)		気体				液体				気体				液体				気体				液体								
							Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)						
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd
25	SCH20S	R-Zr																																			
25	SCH20S	R-Zr																																			
25	SCH20S	R-Zr																																			
以下余白																																					

別紙 1－8

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-17表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-17表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-28表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：60℃

内部流体比重：1.05

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	1.37			—	
2	20	40	1.37			—	
3	20	80	1.37			—	
4	25	40	1.37			—	
5	25	80	1.37			—	
6	32	40	1.37			—	
7	40	40	1.37			—	
8	50	80	1.37			—	
9	65	40	1.37			—	
10	80	40	1.37			—	
11	100	40	1.37			—	
12	125	40	1.37			—	
13	150	40	1.37			—	
14	350	10	1.37			—	
15	350	20	1.37			—	
以下余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 60°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.0

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	0.88			-	
2	50	80	0.88			-	
3	65	40	0.88			-	
4	80	40	0.88			-	
5	100	40	0.88			-	
6	125	40	0.88			-	
7	150	40	0.88			-	
8	350	10	0.88			-	
以下余白							

第 1.1-3 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 170°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.97				
2	10	40	0.97				
3	15	40	0.97				
4	20	40	0.97				
5	25	20S	0.97				
6	32	20S	0.97				
7	32	40	0.97				
8	40	20S	0.97				
9	50	20S	0.97				
10	50	40	0.97				
11	65	20S	0.97				
12	65	20	0.97				
13	80	10S	0.97				
14	80	20S	0.97				
15	100	10S	0.97				
16	100	20S	0.97				
17	125	10S	0.97				
18	150	10S	0.97				
19	200	10S	0.97				
20	250	10S	0.97				

第 1.1-3 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度：170℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	300	10S	0.97		-		-
22	350	10	0.97		-		-
以下余白							

第 1.1-4 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 60°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.97				-
2	15	40	0.97				-
3	20	40	0.97				-
4	25	20S	0.97				-
5	32	20S	0.97				-
6	32	40	0.97				-
7	40	20S	0.97				-
8	50	20S	0.97				-
9	50	40	0.97				-
10	65	20S	0.97				-
11	80	20S	0.97				-
12	100	10S	0.97				-
13	100	20S	0.97				-
14	150	10S	0.97				-
15	200	10S	0.97				-
16	250	10S	0.97				-
17	300	10S	0.97				-
18	350	10	0.97				-
以下余白							

第 1.1-5 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 150°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	40	0.97			—	—
2	25	20S	0.97			—	—
3	32	20S	0.97			—	—
4	40	20S	0.97			—	—
5	50	20S	0.97			—	—
6	65	20S	0.97			—	—
7	80	20S	0.97			—	—
以下余白							

第 1.1-6 表 配管設計条件 グローブボックス内（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：60℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.39			-	
2	20	40	0.39			-	
3	25	20S	0.39			-	
以下余白							

第 1.1-7 表 配管設計条件 グローブボックス内 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 60°C

内部流体比重 : 0

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.10	■	—	—	—
以下余白							

第 1.1-8 表 配管設計条件 グローブボックス内（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：60℃

内部流体比重：1.29

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.59	—	■	—	■
以下余白							

第 1.1-9 表 配管設計条件 グローブボックス内（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：60℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.97	—		—	—
2	20	40	0.97	—		—	—
3	25	20S	0.97	—		—	—
4	32	20S	0.97	—		—	—
以下余白							

第 1.1-11 表 配管設計条件 グローブボックス内（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：60℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.08

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	1.18			—	—
2	20	40	1.18			—	—
3	25	20S	1.18			—	—
4	32	20S	1.18			—	—
5	40	20S	1.18			—	—
6	50	20S	1.18			—	—
7	100	20S	1.18			—	—
以下余白							

第 1. 1-12 表 配管設計条件 グローブボックス内（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：60℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.58

番号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	40	0.59	—		—	—
2	25	20S	0.59	—		—	—
以下余白							

第 1.1-13 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 60°C

内部流体比重 : 1.05

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	1.37			—	
2	20	40	1.37			—	
3	20	80	1.37			—	
4	25	40	1.37			—	
5	25	80	1.37			—	
6	32	40	1.37			—	
7	40	40	1.37			—	
8	50	80	1.37			—	
9	65	40	1.37			—	
10	80	40	1.37			—	
11	100	40	1.37			—	
12	125	40	1.37			—	
13	150	40	1.37			—	
14	350	10	1.37			—	
15	350	20	1.37			—	
以下余白							

第 1.1-14 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 60°C

内部流体比重 : 1.00

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	0.88			—	
2	50	80	0.88			—	
3	65	40	0.88			—	
4	80	40	0.88			—	
5	100	40	0.88			—	
6	125	40	0.88			—	
7	150	40	0.88			—	
8	350	10	0.88			—	
以下余白							

第 1.1-15 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 170°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.97				
2	10	40	0.97				
3	15	40	0.97				
4	20	40	0.97				
5	25	20S	0.97				
6	32	20S	0.97				
7	32	40	0.97				
8	40	20S	0.97				
9	50	20S	0.97				
10	50	40	0.97				
11	65	20S	0.97				
12	65	20	0.97				
13	80	10S	0.97				
14	80	20S	0.97				
15	100	10S	0.97				
16	100	20S	0.97				
17	125	10S	0.97				
18	150	10S	0.97				
19	200	10S	0.97				
20	250	10S	0.97				

第 1. 1-15 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 170℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	300	10S	0.97				
22	350	10	0.97				
以下余白							

第 1.1-16 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 60°C

内部流体比重 : 0

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.97		—		—
2	15	40	0.97		—		—
3	20	40	0.97		—		—
4	25	20S	0.97		—		—
5	32	20S	0.97		—		—
6	32	40	0.97		—		—
7	40	20S	0.97		—		—
8	50	20S	0.97		—		—
9	50	40	0.97		—		—
10	80	20S	0.97		—		—
11	100	10S	0.97		—		—
12	100	20S	0.97		—		—
13	150	10S	0.97		—		—
14	200	10S	0.97		—		—
15	250	10S	0.97		—		—
16	300	10S	0.97		—		—
17	350	10	0.97		—		—
以下余白							

第 1.1-17 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 150°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	40	0.97			—	—
2	25	20S	0.97			—	—
3	32	20S	0.97			—	—
4	40	20S	0.97			—	—
5	50	20S	0.97			—	—
6	65	20S	0.97			—	—
7	80	20S	0.97			—	—
以下余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 70.80m~62.80m		
2	EL. 62.80m~39.80m		

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																								
		気体				液体				気体				液体				気体				液体				
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH80	-	-	-	-	1	-	112	186	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
20	SCH40	-	-	-	-	2	-	121	197	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
20	SCH80	-	-	-	-	2	-	118	191	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
25	SCH40	-	-	-	-	2	-	114	183	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
25	SCH80	-	-	-	-	2	-	101	163	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
32	SCH40	-	-	-	-	2	-	113	180	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
40	SCH40	-	-	-	-	3	-	110	175	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
50	SCH80	-	-	-	-	3	-	99	159	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
65	SCH40	-	-	-	-	4	-	106	170	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
80	SCH40	-	-	-	-	4	-	107	172	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
100	SCH40	-	-	-	-	5	-	105	167	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
125	SCH40	-	-	-	-	5	-	106	168	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
150	SCH40	-	-	-	-	6	-	106	168	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
350	SCH10	-	-	-	-	8	-	139	213	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
350	SCH20	-	-	-	-	8	-	126	196	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH80	2500		104	171	2400		103	170																
20	SCH40	2700		97	160	2600		110	181																
20	SCH80	2800		98	162	2700		103	171																
25	SCH40	3100		97	159	3000		114	187																
25	SCH80	3200		100	165	3000		99	164																
32	SCH40	3500		96	156	3300		110	180																
40	SCH40	3800		98	160	3500		110	181																
50	SCH80	4300		93	151	4100		108	177																
65	SCH40	4900		97	156	4500		111	181																
80	SCH40	5300		95	152	4800		109	179																
100	SCH40	6100		97	156	5400		113	184																
125	SCH40	6800		97	156	6000		118	192																
150	SCH40	7400		97	154	6500		122	197																
350	SCH10	10900		108	165	8500		167	263																
350	SCH20	11000		103	160	8800		147	235																
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 70.80m~62.80m																								
		気体				液体				気体				液体				気体				液体				
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH80	-	-	-	-	2		132	220																	
50	SCH80	-	-	-	-	3		117	195																	
65	SCH40	-	-	-	-	4		116	194																	
80	SCH40	-	-	-	-	4		117	194																	
100	SCH40	-	-	-	-	5		114	189																	
125	SCH40	-	-	-	-	5		114	189																	
150	SCH40	-	-	-	-	6		114	188																	
350	SCH10	-	-	-	-	8		147	237																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 70.80m~62.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH80	2800		109	187	2700		115	197																
50	SCH80	4300		102	174	4100		118	198																
65	SCH40	4900		105	176	4500		120	203																
80	SCH40	5300		103	174	4900		126	210																
100	SCH40	6100		105	175	5500		128	213																
125	SCH40	6800		105	174	6000		126	212																
150	SCH40	7400		103	172	6500		129	216																
350	SCH10	10900		110	178	8500		170	280																
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高		気体		液体		気体		液体		気体		液体			
		EL. 62.80m~39.80m		一次応力 (MPa)		一次応力 (MPa)		一次応力 (MPa)		一次応力 (MPa)		一次応力 (MPa)		一次応力 (MPa)			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	Sd	Ss
25	SCH20S	2700		表5-1	168	2500		表5-1	168								
32	SCH40	3100		92	147			-	-								
40	SCH20S	3300		95	150	3100		表5-2	177								
50	SCH20S	3700		97	155	3400		表5-3	175								
50	SCH40	3700		93	147	-	-	-	-								
65	SCH20S	4		94	147	-	-	-	-								
65	SCH20	4300		87	139	-	-	-	-								
80	SCH10S	4		97	152	-	-	-	-								
80	SCH20S	4		91	145	-	-	-	-								
100	SCH10S	5		97	152	-	-	-	-								
100	SCH20S	5		91	143	-	-	-	-								
125	SCH10S	5		95	147	-	-	-	-								
150	SCH10S	6		97	149	-	-	-	-								
200	SCH10S	7		93	143	-	-	-	-								
250	SCH10S	8		96	145	-	-	-	-								
300	SCH10S	9		96	145	-	-	-	-								
350	SCH10	10300		87	132	-	-	-	-								
以下余白																	

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	2000		92	152	1900		97	160																
10	SCH40	2300		95	156	2200		107	178																
15	SCH40	2600		95	156	2400		97	162																
20	SCH40	2900		89	147	2700		101	168																
25	SCH20S	3300		91	149	3000		104	173																
32	SCH20S	3700		88	145	3300		108	178																
32	SCH40	3700		89	146	3400		108	179																
40	SCH20S	4000		92	149	3500		表6-1	186																
50	SCH20S	4500		92	149	3900		表6-2	188																
50	SCH40	4500		92	149	3900		108	178																
65	SCH20S	5		88	142	-	-	-	-																
65	SCH20	5000		87	142	-	-	-	-																
80	SCH10S	5		94	151	-	-	-	-																
80	SCH20S	5		92	148	-	-	-	-																
100	SCH10S	6		94	148	-	-	-	-																
100	SCH20S	6		89	144	-	-	-	-																
125	SCH10S	6		94	149	-	-	-	-																
150	SCH10S	7		96	149	-	-	-	-																
200	SCH10S	8		98	155	-	-	-	-																
250	SCH10S	9		98	153	-	-	-	-																

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 70.80m~62.80m																							
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	1200		108	178	-	-	-	-																	
15	SCH40	1900		114	202	-	-	-	-																	
25	SCH20S	2		117	196	-	-	-	-																	
32	SCH20S	3		112	186	-	-	-	-																	
32	SCH40	3200		110	184	-	-	-	-																	
40	SCH20S	3		113	188	-	-	-	-																	
50	SCH20S	3		109	182	-	-	-	-																	
50	SCH40	3800		110	182	-	-	-	-																	
80	SCH20S	4		102	168	-	-	-	-																	
100	SCH10S	5		114	185	-	-	-	-																	
100	SCH20S	5		105	171	-	-	-	-																	
150	SCH10S	6		111	178	-	-	-	-																	
200	SCH10S	7		106	168	-	-	-	-																	
250	SCH10S	8		108	170	-	-	-	-																	
300	SCH10S	9		107	168	-	-	-	-																	
350	SCH10	10400		97	154	-	-	-	-																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 70.80m~62.80m																							
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	2000		103	177	-	-	-	-																	
15	SCH40	2600		105	178	-	-	-	-																	
20	SCH40	2900		100	171	-	-	-	-																	
25	SCH20S	3		101	172	-	-	-	-																	
32	SCH20S	3		99	168	-	-	-	-																	
32	SCH40	3700		99	168	-	-	-	-																	
40	SCH20S	4		101	170	-	-	-	-																	
50	SCH20S	4		102	170	-	-	-	-																	
50	SCH40	4500		102	170	-	-	-	-																	
65	SCH20S			-	-	2400	■	21	23																	
80	SCH20S	5		101	168	-	-	-	-																	
80	SCH20S			-	-	2600	■	21	23																	
100	SCH10S	6		103	170	-	-	-	-																	
100	SCH20S	6		99	165	-	-	-	-																	
150	SCH10S	7		105	171	-	-	-	-																	
200	SCH10S	8		108	174	-	-	-	-																	
250	SCH10S	9		112	177	-	-	-	-																	
300	SCH10S	10		112	177	-	-	-	-																	
350	SCH10	11200		106	170	-	-	-	-																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚		EL. 62.80m~39.80m																					
		内部流体		気体						液体				気体						液体			
		支持間隔	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)			
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s		
15	SCH40	-	-	-	-	1000	■	45	54														
以下余白																							

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管		標高	EL. 62.80m~39.80m																							
		内部流体	気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		口径 (A) 及び板厚	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss		
15	SCH40	-	-	-	-	1300	■	32	38																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	EL. 62.80m~39.80m																									
	内部流体	気体				液体				気体				液体				気体				液体					
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	
15	SCH40	-	-	-	-	1		40	47																		
20	SCH40	-	-	-	-	1		39	46																		
25	SCH20S	-	-	-	-	1		43	50																		
32	SCH20S	-	-	-	-	1		43	50																		
以下余白																											

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	EL. 62.80m~39.80m														
				気体		液体		気体		液体		気体		液体				
				一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)
				Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	
15	SCH40	1100		46	55	-	-	-	-									
20	SCH40	1300		44	52	-	-	-	-									
25	SCH20S	1		41	49	-	-	-	-									
32	SCH20S	1		38	46	-	-	-	-									
40	SCH20S	1		40	47	-	-	-	-									
50	SCH20S	2		40	48	-	-	-	-									
以下余白																		

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高		EL. 62. 80m~39. 80m																							
	内部流体		気体						液体						気体						液体					
	支持間隔	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)			
			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss
15	SCH40	1400	28	33	1300	29	36																			
20	SCH40	1600	28	34	1500	32	39																			
25	SCH20S	1800	28	33	1700	34	41																			
32	SCH20S	2100	29	35	1800	33	40																			
40	SCH20S	2200	28	34	2000	38	45																			
50	SCH20S	2500	29	35	2200	37	45																			
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 70.80m~62.80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
15	SCH40	1400		29	35	1400		33	40																
20	SCH40	1600		29	35	1500		31	37																
25	SCH20S	1800		29	35	1700		33	40																
32	SCH20S	2100		31	37	1900		35	42																
40	SCH20S	2200		31	36	2000		36	42																
50	SCH20S	2500		32	37	2300		38	46																
100	SCH20S	3500		35	41	3000		44	51																
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
15	SCH80	—	—	—	—	1	78	119	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
20	SCH40	—	—	—	—	2	84	128	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
20	SCH80	—	—	—	—	2	81	123	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
25	SCH40	—	—	—	—	2	78	118	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
25	SCH80	—	—	—	—	2	69	105	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
32	SCH40	—	—	—	—	2	78	116	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
40	SCH40	—	—	—	—	3	76	113	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
50	SCH80	—	—	—	—	3	69	103	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
65	SCH40	—	—	—	—	4	74	110	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
80	SCH40	—	—	—	—	4	75	112	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
100	SCH40	—	—	—	—	5	74	109	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
125	SCH40	—	—	—	—	5	75	110	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
150	SCH40	—	—	—	—	6	75	110	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
350	SCH10	—	—	—	—	8	101	144	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
350	SCH20	—	—	—	—	8	92	131	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH80	2500		64	100	2400		65	100																
20	SCH40	2700		62	97	2600		70	107																
20	SCH80	2800		62	96	2700		65	101																
25	SCH40	3100		62	95	3000		72	110																
25	SCH80	3200		63	97	3000		63	97																
32	SCH40	3500		61	94	3300		70	107																
40	SCH40	3800		63	97	3500		71	108																
50	SCH80	4300		59	91	4100		68	104																
65	SCH40	4900		61	94	4500		71	108																
80	SCH40	5300		61	92	4800		71	107																
100	SCH40	6100		62	94	5400		73	110																
125	SCH40	6800		63	95	6000		76	115																
150	SCH40	7400		62	94	6500		78	118																
350	SCH10	10900		75	105	8500		110	161																
350	SCH20	11000		70	100	8800		97	144																
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高		EL. 70.80m~62.80m																							
	内部流体		気体						液体						気体						液体					
	支持間隔	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)			
			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s		
20	SCH80	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
50	SCH80	—	—	—	—	3	89	144	79	127	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
65	SCH40	—	—	—	—	4	79	127	79	127	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
80	SCH40	—	—	—	—	4	79	127	79	127	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
100	SCH40	—	—	—	—	5	78	124	78	124	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
125	SCH40	—	—	—	—	5	78	124	78	124	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
150	SCH40	—	—	—	—	6	78	124	78	124	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
350	SCH10	—	—	—	—	8	102	158	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 70.80m~62.80m																								
			気体				液体				気体				液体				気体				液体				
			支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
						Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH80	2800	2800	69	114	2700	2700	72	120																		
50	SCH80	4300	4300	65	107	4100	4100	74	122																		
65	SCH40	4900	4900	66	109	4500	4500	76	126																		
80	SCH40	5300	5300	66	107	4900	4900	79	130																		
100	SCH40	6100	6100	67	108	5500	5500	81	132																		
125	SCH40	6800	6800	67	108	6000	6000	81	132																		
150	SCH40	7400	7400	66	107	6500	6500	82	134																		
350	SCH10	10900	10900	74	114	8500	8500	110	176																		
以下余白																											

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	1300		82	131	1200		71	106																
10	SCH40	1600		82	127	1500		75	119																
15	SCH40	2000		81	123	1900		78	120																
20	SCH40	2300		73	110	2200		75	114																
25	SCH20S	2700		72	108	2500		71	109																
32	SCH20S	3100		69	103	2900		76	114																
32	SCH40	3100		62	95	3000		73	110																
40	SCH20S	3300		65	97	3100		76	114																
50	SCH20S	3700		67	100	3400		75	113																
50	SCH40	3700		63	96	3500		75	112																
65	SCH20S	4200		65	97	3800		77	115																
65	SCH20	4300		60	90	4000		72	108																
80	SCH10S	4500		68	100	3900		82	122																
80	SCH20S	4700		63	94	4200		76	113																
100	SCH10S	5200		69	100	4200		82	122																
100	SCH20S	5400		63	94	4700		82	121																
125	SCH10S	5900		67	97	4700		83	124																
150	SCH10S	6500		70	100	4900		84	126																
200	SCH10S	7600		67	96	5600		86	128																
250	SCH10S	8500		70	98	5700		84	121																

第2-24表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰3.0%)

許容応力 $S_d : 109 \quad S_s : 333$ (MPa)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 62. 80m~39. 80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)				
					S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			
300	SCH10S	9500	■	71	99	6200	■	85	123	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/				
350	SCH10	10300	■	63	90	7400	■	86	127	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 62.80m~39.80m																							
			気体						液体						気体						液体					
			支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	2000		57	90	1900		60	95																	
10	SCH40	2300		59	92	2200		66	103																	
15	SCH40	2600		58	92	2400		61	96																	
20	SCH40	2900		56	87	2700		64	99																	
25	SCH20S	3300		57	89	3000		66	102																	
32	SCH20S	3700		56	86	3300		68	105																	
32	SCH40	3700		56	87	3400		68	105																	
40	SCH20S	4000		57	89	3500		71	110																	
50	SCH20S	4500		58	89	3900		72	111																	
50	SCH40	4500		57	89	3900		68	105																	
65	SCH20S	5000		56	86	4300		79	120																	
65	SCH20	5000		55	85	4400		71	109																	
80	SCH10S	5500		60	91	4400		85	130																	
80	SCH20S	5500		58	88	4600		77	117																	
100	SCH10S	6200		61	91	4800		94	142																	
100	SCH20S	6200		58	87	5100		85	130																	
125	SCH10S	6900		62	92	5300		97	147																	
150	SCH10S	7500		63	93	5600		104	157																	
200	SCH10S	8700		66	96	6300		108	163																	
250	SCH10S	9600		68	97	6500		110	167																	

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 62.80m~39.80m																				
		気体				液体				気体				液体								
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
300	SCH10S	10600		70	98	7000		111	169													
350	SCH10	11200		64	94	8100		108	162													
以下余白																						

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 70.80m~62.80m																							
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	1200		74	116	-	-	-	-																	
15	SCH40	1900		78	132	-	-	-	-																	
20	SCH40	2300		81	132	-	-	-	-																	
25	SCH20S	2		79	128	-	-	-	-																	
32	SCH20S	3		76	122	-	-	-	-																	
32	SCH40	3200		75	120	-	-	-	-																	
40	SCH20S	3		77	123	-	-	-	-																	
50	SCH20S	3		75	119	-	-	-	-																	
50	SCH40	3800		75	119	-	-	-	-																	
80	SCH20S	4		70	111	-	-	-	-																	
100	SCH10S	5		79	123	-	-	-	-																	
100	SCH20S	5		73	114	-	-	-	-																	
150	SCH10S	6		78	120	-	-	-	-																	
200	SCH10S	7		75	114	-	-	-	-																	
250	SCH10S	8		78	116	-	-	-	-																	
300	SCH10S	9		78	116	-	-	-	-																	
350	SCH10	10400		70	105	-	-	-	-																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 70.80m~62.80m																							
			気体				液体				気体				液体				気体				液体			
			支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40	2000		65	108	-	-	-	-																	
15	SCH40	2600		66	109	-	-	-	-																	
20	SCH40	2900		63	105	-	-	-	-																	
25	SCH20S	3		64	105	-	-	-	-																	
32	SCH20S	3		63	103	-	-	-	-																	
32	SCH40	3700		63	103	-	-	-	-																	
40	SCH20S	4		64	105	-	-	-	-																	
50	SCH20S	4		64	105	-	-	-	-																	
50	SCH40	4500		64	105	-	-	-	-																	
80	SCH20S	5		65	104	-	-	-	-																	
100	SCH10S	6		68	107	-	-	-	-																	
100	SCH20S	6		65	103	-	-	-	-																	
150	SCH10S	7		70	109	-	-	-	-																	
200	SCH10S	8		72	111	-	-	-	-																	
250	SCH10S	9		76	115	-	-	-	-																	
300	SCH10S	1		76	115	-	-	-	-																	
350	SCH10	11200		71	109	-	-	-	-																	
以下余白																										

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 62.80m~39.80m																				
		気体		液体		気体		液体		気体		液体		気体		液体						
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	
20	SCH40	2700		62	97	2500		69	108													
25	SCH20S	3100		65	99	2800		73	113													
32	SCH20S	3500		66	100	3100		79	121													
40	SCH20S	3700		64	98	3300		84	128													
50	SCH20S	4200		63	96	3700		82	125													
65	SCH20S	4700		63	95	4000		85	130													
80	SCH20S	5200		63	96	4400		86	131													
以下余白																						

IV－1－1－11－1 別紙1－9
制御建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 60℃

内部流体比重 : 1.00

【制御建屋】

番号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	1.37	—	—	—	49.72
2	250	30	1.37	—	—	—	1124.74
3	300	30	1.37	—	—	—	1501.34
以下余 白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 54.75m~40.05m	5.00	15

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材有り, 減衰1.0%)

許容応力 Sd : 196 Ss : 324 (MPa)

【制御建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	EL. 54.75m~40.05m																							
	内部流体 支持間隔	気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
20	SCH80	-	-	-	-	2300	0.159	110	171																
250	SCH30	-	-	-	-	7700	0.159	107	160																
300	SCH30	-	-	-	-	8400	0.161	111	164																
以下余白																									

別紙 1 - 1 0
高レベル廃液ガラス固化建屋の直管
部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-5表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表～第1.2-2表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表～1.2-2表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表～第1.2-2表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-5表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-39表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40					
2	10	20S					
3	10	80					
4	15	20S					
5	15	40					
6	20	20S					
7	20	40					
8	25	20S					
9	40	20S					
10	50	20S					
11	65	20S					
12	80	20S					
13	100	20S					
14	125	20S					
15	150	20S					
以下 余白							

例) JN 前 A 追

第1.1-2表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	80					
2	8	20S					
3	8	40					
4	8	80					
5	10	20S					
6	10	80					
7	15	20S					
8	15	40					
9	15	80					
10	15	160					
11	20	20S					
12	20	40					
13	20	80					
14	20	160					
15	25	20S					
16	25	40					
17	25	80					
18	32	20S					
19	40	20S					
20	40	40					

例) JN前 A追

第1.1-2表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

例) JN前A追

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	40	80					
22	50	20S					
23	50	40					
24	65	20S					
25	80	20S					
26	80	40					
27	100	20S					
28	125	20S					
29	150	20S					
30	200	10S					
31	200	20S					
32	250	10S					
33	250	20S					
34	300	20S					
35	350	20S					
36	350	40					
37	400	20S					
38	450	20S					
39	500	40					
以下余白							

第1.1-3表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度：■■■℃

内部流体比重：■■■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

例) JN 前 A 追

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	80					
2	8	20S					
3	8	40					
4	8	80					
5	10	20S					
6	10	80					
7	15	20S					
8	15	40					
9	15	80					
10	15	160					
11	20	20S					
12	20	40					
13	20	80					
14	20	160					
15	25	20S					
16	25	40					
17	25	80					
18	32	20S					
19	40	20S					
20	40	40					

第1.1-3表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■℃

内部流体比重：■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	40	80	■	■	■	■	■
22	50	20S					
23	50	40					
24	65	20S					
25	80	20S					
26	80	40					
27	100	20S					
28	125	20S					
29	150	20S					
30	200	10S					
31	200	20S					
32	250	10S					
33	250	20S					
34	300	20S					
35	350	20S					
36	350	40					
37	400	20S					
38	450	20S					
39	500	40					
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.1-4表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度：■℃

内部流体比重：■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80					
2	50	40					
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.1-5表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：■■℃
内部流体比重：■■■

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	1.96				
2	15	80	1.96				
3	20	80	1.96				
4	40	80	1.96				
5	50	40	1.96				
6	50	80	1.96				
7	65	40	1.96				
8	80	40	1.96				
9	100	40	1.96				
10	125	40	1.96				
11	150	40	1.96				
12	200	4.5t	1.96				
13	200	30	1.96				
14	250	6t	1.96				
15	250	30	1.96				
16	300	6t	1.96				
17	400	30	1.96				
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		

第1.2-2表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		

例) JN 前 A 追

第2-1表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	EL. ■■ m ~ ■■ m						EL. ■■ m ~ ■■ m															
	内部流体	気		液		体		気		液		体		気		液		体					
		支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		
	Sd				Ss	Sd			Ss	Sd			Ss	Sd			Ss	Sd			Ss		
	15	SCH20S																					
15	SCH40																						
20	SCH20S																						
20	SCH40																						
25	SCH20S																						
40	SCH20S																						
50	SCH20S																						
65	SCH20S																						
80	SCH20S																						
100	SCH20S																						
125	SCH20S																						
150	SCH20S																						
以下余白																							

例) JN 前 A 追

表1-1 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数 α %)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高	配管設計条件						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
	内部流体	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ 当たり重量 (N/m)		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
	支持間隔							支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)	
						Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH20S																										
以下余白																											

例) JN 前 A 追

第2-2表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数■%) 許容応力 Sd : ■ Ss : ■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

例) JN 前 A 追

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m													
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH40																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
25	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
以下余白																					

表2-1 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数■■%)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																									
	内部流体	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ あたり重量 (N/m)		気 体		液 体		気 体		液 体		気 体		液 体		気 体		液 体		気 体		液 体														
	支持間隔							支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)										
	及び板厚	気体	液体	Sd	Ss	Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss			
80	SCH20S																																							
以下余白																																								

例) JN 前 A 追

表2-2 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数 0.1%）

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. [] m ~ [] m						EL. [] m ~ [] m																														
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重			単位長さ 当たり重量 (N/m)		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体																			
						気体	液体	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)																		
						Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss																			
100	SCH20S																																											
以下余白																																												

例) JN 前 A 追

表2-3 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数■%)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m																							
		材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ 当たり重量 (N/m)		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体															
						気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)										
												Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
125	SCH20S																																					
以下余白																																						

例) JN 前 A 追

第2-5表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材料有り、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

例) JN前A追

配管 口径(A) 及び板厚	標高	EL. ■■ m ~ ■■ m						EL. ■■ m ~ ■■ m																					
	内部流体	気		体		液		体		気		体		液		体		気		体		液		体					
	支持間隔	支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)					
	及び板厚			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss
8	SCH40																												
10	SCH20S																												
10	SCH80																												
15	SCH20S																												
15	SCH40																												
20	SCH20S																												
20	SCH40																												
25	SCH20S																												
40	SCH20S																												
50	SCH20S																												
65	SCH20S																												
80	SCH20S																												
100	SCH20S																												
125	SCH20S																												
150	SCH20S																												
以下余白																													

第2-6表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数 \square %） 許容応力 S_d : \square S_s : \square (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. \square m ~ \square m						EL. \square m ~ \square m																	
		気			液			気			液			気			液								
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)					
				S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s			S_d	S_s				
8	SCH40																								
10	SCH20S																								
10	SCH80																								
15	SCH20S																								
15	SCH40																								
20	SCH20S																								
20	SCH40																								
25	SCH20S																								
40	SCH20S																								
50	SCH20S																								
65	SCH20S																								
80	SCH20S																								
100	SCH20S																								
125	SCH20S																								
150	SCH20S																								
以下余白																									

例) JN前A追

第2-9表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度100℃、減衰定数■■%) 許容応力 ■■■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				

例) JN 前 A 追

第2-9表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■■℃、減衰定数■■%） 許容応力 Sd :■■ Ss :■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■m ~ ■■■m						EL. ■■■m ~ ■■■m													
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH10S																				
200	SCH20S																				
250	SCH10S																				
250	SCH20S																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
350	SCH40																				
400	SCH20S																				
450	SCH20S																				
500	SCH40																				
以下余白																					

例) JN 前 A 追

第2-10表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■℃、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				

例) JN 前 A 追

第2-10表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■℃、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■m ~ ■■m						EL. ■■m ~ ■■m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH80																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH10S																				
200	SCH20S																				
250	SCH10S																				
250	SCH20S																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
350	SCH40																				
400	SCH20S																				
450	SCH20S																				
500	SCH40																				
以下余白																					

例) JN 前 A 追

表2-1 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%）

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件				許容応力 (MPa)		EL. ■■m ~ ■■m						EL. ■■m ~ ■■m																								
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ 当たり重量 (N/m)		気 体			液 体			気 体			液 体																					
							気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)																		
													Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss													
8	SCH80																																						
以下余白																																							

例) JN前 A追

表2-4 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																						
			材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ 当たり重量 (N/m)		Sd	Ss	気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体																		
							支持間隔 (mm)	固有周期 (S)			一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)													
											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss						
25	SCH20S																																											
以下余白																																												

例) JN 前 A 追

表2-9 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度██℃、減衰定数██％）

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高	配管設計条件					許容応力 (MPa)		EL. ███ m ~ ███ m						EL. ███ m ~ ███ m															
			材質	最高 使用 温度 (℃)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	単位長さ あたり重量 (N/m)		気 体		液 体		気 体		液 体		気 体		液 体												
							気体	液体	Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)										
													Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss					
50	SCH40																														
以下余白																															

例) JN 前 A 追

第2-11表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■℃、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m														
		気			液			気			液			気			液					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd
15	SCH20S																					
20	SCH20S																					
20	SCH80																					
20	SCH160																					
25	SCH20S																					
25	SCH40																					
25	SCH80																					
32	SCH20S																					
40	SCH20S																					
40	SCH40																					
40	SCH80																					
50	SCH20S																					
50	SCH40																					
65	SCH20S																					
80	SCH20S																					
80	SCH40																					
100	SCH20S																					
125	SCH20S																					
150	SCH20S																					
200	SCH10S																					

例) JN前A追

表3-1 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度●℃、減衰定数●%）

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

標高 配管 口径(A) 及び板厚		配管設計条件						EL. ●m ~ ●m						EL. ●m ~ ●m																	
		内部流体		材質	最高使用温度(℃)	最高使用圧力(MPa)	比重	単位長さ当たり重量(N/m)		許容応力(MPa)		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔										支持間隔(mm)	固有周期(S)	一次応力(MPa)		支持間隔(mm)	固有周期(S)	一次応力(MPa)		支持間隔(mm)	固有周期(S)	一次応力(MPa)		支持間隔(mm)	固有周期(S)	一次応力(MPa)		支持間隔(mm)	固有周期(S)	一次応力(MPa)	
		気体	液体											Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH20S			[Redacted]																											
15	SCH20S	[Redacted]																													
以下余白																															

例) JN 前 A 追

表3-2 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■■℃、減衰定数■■■%)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高	配管設計条件					EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
	内部流体 支持間隔	材質	最高 使用 温度 (°C)	最高 使用 圧力 (MPa)	比重	許容応力 (MPa)		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体			
						Sd	Ss	支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)
						氣體	液体	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	Sd	Ss	
	20	SCH20S																								
20	SCH20S																									
以下余白																										

例) JN前A追

第2-12表 Sクラス直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■℃、減衰定数■■%） 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				

例) JN 前 A 追

第2-12表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■m ~ ■■m						EL. ■■m ~ ■■m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH80																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH10S																				
200	SCH20S																				
250	SCH10S																				
250	SCH20S																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
350	SCH40																				
400	SCH20S																				
450	SCH20S																				
500	SCH40																				
以下余白																					

例) JN前A追

第2-13表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度●℃、減衰定数●%) 許容応力 Sd : ● Ss : ● (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ● m ~ ● m						EL. ● m ~ ● m																															
		気 体			液 体			気 体			液 体			気 体			液 体																						
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)																			
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss																
20	SCH80																																						
50	SCH40																																						
以下余白																																							

例) JN 前 A 追

第2-14表 Sクラス直管部最大支持間隔（炭素鋼、保温材有り、減衰定数■%）

許容応力 Sd : ■ Ss : ■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH40																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
100	SCH40																				
125	SCH40																				
150	SCH40																				
200	4.5t																				
200	SCH30																				
250	6t																				
250	SCH30																				
300	6t																				
400	SCH30																				
以下余白																					

例) JN 前 A 追

第2-15表 Sクラス直管部最大支持間隔 (炭素鋼、保温材無し、減衰定数■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■m ~ ■■■m								EL. ■■■m ~ ■■■m								EL. ■■■m ~ ■■■m																							
		気 体				液 体				気 体				液 体				気 体				液 体																			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)																	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss														
15	SCH40	■■■■																																							
15	SCH80	■■■■																																							
20	SCH80	■■■■																																							
40	SCH80	■■■■																																							
50	SCH40	■■■■																																							
50	SCH80	■■■■																																							
65	SCH40	■■■■																																							
80	SCH40	■■■■																																							
100	SCH40	■■■■																																							
125	SCH40	■■■■																																							
150	SCH40	■■■■																																							
200	4.5t	■■■■																																							
200	SCH30	■■■■																																							
250	6t	■■■■																																							
250	SCH30	■■■■																																							
300	6t	■■■■																																							
400	SCH30	■■■■																																							
以下余白																																									

例) JN前A追

第2-24表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd:■■ Ss■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. ■■ m ~ ■■ m						EL. ■■ m ~ ■■ m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				

例) JN 前 A 追

第2-24表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH80																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH10S																				
200	SCH20S																				
250	SCH10S																				
250	SCH20S																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
350	SCH40																				
400	SCH20S																				
450	SCH20S																				
500	SCH40																				
以下余白																					

例) JN前A追

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. █m ~ █m								EL. █m ~ █m																																
		気		体		液		体		気		体		液		体		気		体		液		体																		
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)																		
Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss															
6	SCH80	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
8	SCH20S	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH40	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH80	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH80	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH40	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH80	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH160	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH40	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH80	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH160	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH40	[Redacted]																				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH80	3800	0.185	61	95	3500	0.185	73	114	3900	0.192	58	90	3600	0.192	70	107	/	/	/	/	/	/	/																		
32	SCH20S	4400	0.184	61	93	4000	0.185	73	112	4500	0.192	59	88	4100	0.192	70	106	/	/	/	/	/	/	/																		
40	SCH20S	4700	0.185	61	93	3900	0.185	92	140	4800	0.192	59	89	3900	0.192	89	133	/	/	/	/	/	/	/																		
40	SCH40	4700	0.185	60	93	3600	0.185	104	158	4800	0.192	58	88	3700	0.192	101	151	/	/	/	/	/	/	/																		

例) JN 前 A 追

第2-25表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m								EL. ■■■ m ~ ■■■ m															
		気 体				液 体				気 体				液 体				気 体				液 体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH80																								
50	SCH20S																								
50	SCH40																								
65	SCH20S																								
80	SCH20S																								
80	SCH40																								
100	SCH20S																								
125	SCH20S																								
150	SCH20S																								
200	SCH10S																								
200	SCH20S																								
250	SCH10S																								
250	SCH20S																								
300	SCH20S																								
350	SCH20S																								
350	SCH40																								
400	SCH20S																								
450	SCH20S																								
500	SCH40																								
以下余白																									

例) JN 前 A 追

第2-26表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気			液			気			液			気			液				
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				

例) JN 前 A 追

第2-26表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%)

許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m														
		気		液		体		気		液		体		気		液		体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		
Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss					
40	SCH80																					
50	SCH20S																					
50	SCH40																					
65	SCH20S																					
80	SCH20S																					
80	SCH40																					
100	SCH20S																					
125	SCH20S																					
150	SCH20S																					
200	SCH10S																					
200	SCH20S																					
250	SCH10S																					
250	SCH20S																					
300	SCH20S																					
350	SCH20S																					
350	SCH40																					
400	SCH20S																					
450	SCH20S																					
500	SCH40																					
以下余白																						

JN 前 A 追 例)

第2-27表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m								EL. ■■■ m ~ ■■■ m															
		気 体				液 体				気 体				液 体				気 体				液 体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
6	SCH80																								
8	SCH20S																								
8	SCH40																								
8	SCH80																								
10	SCH20S																								
10	SCH80																								
15	SCH20S																								
15	SCH40																								
15	SCH80																								
15	SCH160																								
20	SCH20S																								
20	SCH40																								
20	SCH80																								
20	SCH160																								
25	SCH20S																								
25	SCH40																								
25	SCH80																								
32	SCH20S																								
40	SCH20S																								
40	SCH40																								

例) JN 前 A 追

第2-27表 Sクラス直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、最高使用温度■■°C、減衰定数■■%) 許容応力 Sd : ■■ Ss : ■■ (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気		液		体		気		液		体		気		液		体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力(MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
40	SCH80																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH10S																				
200	SCH20S																				
250	SCH10S																				
250	SCH20S																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
350	SCH40																				
400	SCH20S																				
450	SCH20S																				
500	SCH40																				
以下余白																					

例) JN前A追

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m																	
		気			液			気			液			気			液								
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)					
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
15	SCH40																								
15	SCH80																								
20	SCH80																								
40	SCH80																								
50	SCH40																								
50	SCH80																								
65	SCH40																								
80	SCH40																								
100	SCH40																								
125	SCH40																								
150	SCH40																								
200	4.5t																								
200	SCH30																								
250	6t																								
250	SCH30																								
300	6t																								
400	SCH30																								
以下余白																									

例) JN前A追

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m													
		気		体		液		気		体		液		気		体		液			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (S)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH40																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
100	SCH40																				
125	SCH40																				
150	SCH40																				
200	4.5t																				
200	SCH30																				
250	6t																				
250	SCH30																				
300	6t																				
400	SCH30																				
以下余白																					

例) JN 前 A 追

別紙 1 - 1 1
主排気筒管理建屋の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：50℃

内部流体比重：0

【主排気筒管理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	40	0.05	—	—	44.58	—
2	25	40	0.05	—	—	61.34	—
3	50	40	0.05	—	—	109.50	—
以下余 白							

放 施 A

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数* (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 59.40m~55.30m	—	20

注記 * : 配管系の固有振動数が20Hz以上であり、床応答スペクトルのピークが回避でき
ているため、「—」とする。

IV－1－1－11－1 別紙1－12
主排気筒（基礎）の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

1.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 55.50m~53.00m	—	20

【主排気筒基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 55.50m~53.00m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
50	40SCH	2300	0.049	17	25	—	—	—	—																
以下余白																									

【主排気筒基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高	EL. 55.50m~53.00m																															
			気体								液体								気体								液体							
			支持間隔	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)								
						Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss							
350	SCH20S	9900	0.098	61	107	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/								
550	SCH80	12500	0.097	59	104	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/									
650	SCH80	13600	0.098	59	104	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/									
以下余白																																		

IV－1－1－11－1 別紙1－13
主排気筒（筒身）の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 139. 22m～55. 50m	—	20

IV－1－1－11－1 別紙1－14
非常用電源建屋の直管部標準支持間
隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-3表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-3表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：90℃
内部流体比重：0

【非常用電源建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	3.24	5.81	—	26.40	—
2	10	20S	3.24	7.52	—	29.00	—
3	10	80	3.24	11.10	—	39.16	—
4	15	20S	3.24	11.80	—	40.53	—
5	15	80	3.24	16.38	—	53.14	—
6	20	20S	3.24	15.18	—	45.48	—
7	20	80	3.24	22.35	—	52.66	—
8	25	20S	3.24	22.87	—	55.13	—
9	25	80	3.24	32.65	—	73.68	—
10	32	20S	3.24	29.28	—	75.96	—
11	40	20S	3.24	33.64	—	82.38	—
12	40	80	3.24	54.54	—	114.77	—
13	50	20S	3.24	49.04	—	101.90	—
14	50	80	3.24	74.38	—	120.57	—
15	65	20S	3.24	62.64	—	131.29	—
16	65	80	3.24	119.27	—	187.92	—
17	80	20S	3.24	83.69	—	157.34	—
18	80	80	3.24	152.29	—	241.02	—
以下 余白							

第1.1-3表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：185℃

内部流体比重：0

【非常用電源建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.97	7.84	—	28.43	—
2	10	80	0.97	10.91	—	32.39	—
3	15	80	0.97	16.10	—	44.84	—
4	20	80	0.97	21.98	—	52.28	—
5	25	80	0.97	32.11	—	64.37	—
6	32	80	0.97	44.80	—	91.48	—
7	40	80	0.97	53.65	—	102.39	—
8	50	40	0.97	53.39	—	131.60	—
9	50	80	0.97	73.17	—	143.38	—
10	65	40	0.97	89.42	—	158.06	—
11	80	40	0.97	111.21	—	184.86	—
12	100	40	0.97	157.15	—	246.69	—
13	125	40	0.97	212.61	—	312.44	—
14	150	40	0.97	271.48	—	396.81	—
15	200	30	0.97	354.33	—	502.41	—
16	250	30	0.97	489.71	—	680.55	—
17	300	30	0.97	629.98	—	845.53	—
18	350	30	0.97	795.18	—	1040.84	—
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 68.80m~47.50m	8.89	15

【非常用電源建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 68.80m~47.50m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss				
8	SCH20S	1300	0.098	141	244	1300	0.099	142	249	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
10	SCH20S	1500	0.096	123	211	1500	0.097	124	216	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
10	SCH80	1500	0.096	123	213	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
15	SCH20S	1800	0.100	127	217	1700	0.095	113	196	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
15	SCH80	1700	0.095	113	195	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
20	SCH20S	2100	0.099	117	199	2000	0.096	108	188	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
20	SCH80	2100	0.095	97	166	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
25	SCH20S	2500	0.100	108	181	2400	0.098	102	178	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
25	SCH80	2400	0.096	95	163	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
32	SCH20S	2700	0.097	105	175	2600	0.097	103	178	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
40	SCH20S	3000	0.099	109	180	2800	0.096	101	174	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
40	SCH80	3000	0.097	94	160	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
50	SCH20S	3500	0.099	102	167	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
50	SCH80	3600	0.097	84	141	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
65	SCH20S	3900	0.098	102	165	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
65	SCH80	4100	0.098	84	140	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
80	SCH20S	4400	0.100	101	163	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
80	SCH80	4500	0.099	87	146	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
以下余白																									

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 気体 Sd : 175 Ss : 405
 液体 Sd : 193 Ss : 440 (MPa)

【非常用電源建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 68.80m~47.50m																													
		気体						液体				気体						液体				気体						液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)							
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss				
8	SCH20S	1900	0.098	92	164	1800	0.096	90	163																						
10	SCH20S	2100	0.096	87	153	2000	0.095	89	160																						
10	SCH80	2100	0.098	94	167	-	-	-	-																						
15	SCH20S	2400	0.097	90	158	2300	0.097	93	168																						
15	SCH80	2400	0.100	95	170	-	-	-	-																						
20	SCH20S	2700	0.097	89	155	2600	0.099	97	175																						
20	SCH80	2700	0.099	93	164	-	-	-	-																						
25	SCH20S	3100	0.099	93	161	2900	0.099	97	174																						
25	SCH80	3000	0.098	90	159	-	-	-	-																						
32	SCH20S	3500	0.099	94	161	3200	0.098	99	177																						
40	SCH20S	3700	0.098	93	158	3400	0.099	101	181																						
40	SCH80	3700	0.100	93	162	-	-	-	-																						
50	SCH20S	4200	0.099	95	162	-	-	-	-																						
50	SCH80	4100	0.098	90	157	-	-	-	-																						
65	SCH20S	4700	0.098	97	161	-	-	-	-																						
65	SCH80	4600	0.098	90	157	-	-	-	-																						
80	SCH20S	5100	0.099	97	162	-	-	-	-																						
80	SCH80	5000	0.098	91	157	-	-	-	-																						
以下余白																															

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材有り, 減衰1.0%)

許容応力 Sd : 151 Ss : 310 (MPa)

【非常用電源建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 68. 80m~47. 50m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	1200	0.092	120	207	1200	0.092	123	212																
10	SCH80	1500	0.097	119	209	1500	0.097	124	216																
15	SCH80	1700	0.095	109	190	1700	0.097	120	208																
20	SCH80	2000	0.095	99	173	2000	0.096	106	185																
25	SCH80	2400	0.097	93	161	2400	0.099	102	177																
32	SCH80	2700	0.097	92	160	2700	0.099	103	178																
40	SCH80	3000	0.099	92	160	2900	0.098	97	168																
50	SCH40	3100	0.097	104	180	3000	0.097	111	190																
50	SCH80	3300	0.097	89	154	3200	0.097	97	167																
65	SCH40	3900	0.099	89	153	3700	0.099	100	171																
80	SCH40	4300	0.099	86	148	4000	0.098	96	163																
100	SCH40	5000	0.099	85	144	4600	0.099	98	166																
125	SCH40	5600	0.098	79	135	5100	0.098	95	161																
150	SCH40	6200	0.100	82	139	5600	0.099	101	169																
200	SCH30	7100	0.099	80	134	6300	0.100	109	181																
250	SCH30	8000	0.099	80	134	6900	0.099	107	178																
300	SCH30	8900	0.100	81	134	7500	0.099	109	181																
350	SCH30	9500	0.100	79	131	8000	0.099	108	178																
以下余白																									

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 Sd : 151 Ss : 310 (MPa)

【非常用電源建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 68.80m~47.50m																													
		気体						液体				気体						液体				気体						液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)							
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss	Sd	Ss				
8	SCH80	1700	0.094	92	165	1700	0.096	99	179																						
10	SCH80	2000	0.098	98	176	1900	0.095	97	174																						
15	SCH80	2300	0.100	98	177	2200	0.098	100	180																						
20	SCH80	2600	0.100	96	173	2500	0.099	103	184																						
25	SCH80	2900	0.098	92	165	2800	0.099	100	180																						
32	SCH80	3300	0.099	91	164	3100	0.097	98	176																						
40	SCH80	3500	0.098	89	159	3300	0.097	98	176																						
50	SCH40	3900	0.098	92	163	3600	0.099	113	201																						
50	SCH80	4000	0.099	91	162	3700	0.098	100	179																						
65	SCH40	4500	0.099	90	161	4100	0.098	107	189																						
80	SCH40	4900	0.099	90	160	4400	0.098	108	190																						
100	SCH40	5600	0.100	90	159	5000	0.099	113	200																						
125	SCH40	6200	0.099	89	157	5500	0.099	115	203																						
150	SCH40	6800	0.099	89	157	5900	0.099	116	203																						
200	SCH30	7800	0.099	91	158	6600	0.100	128	223																						
250	SCH30	8700	0.099	90	157	7200	0.099	129	224																						
300	SCH30	9600	0.100	92	159	7800	0.099	134	232																						
350	SCH30	10100	0.099	90	155	8300	0.099	133	230																						
以下余白																															

IV-1-1-11-1 別紙1-15
非常用電源建屋燃料油貯蔵タンク
A, B基礎の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-4表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-4表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：90℃
内部流体比重：0

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA,B基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	3.24	5.81	—	26.40	—
2	10	20S	3.24	7.52	—	29.00	—
3	15	20S	3.24	11.80	—	40.53	—
4	20	20S	3.24	15.18	—	45.48	—
5	25	20S	3.24	22.87	—	55.13	—
6	32	20S	3.24	29.28	—	75.96	—
7	40	20S	3.24	33.64	—	82.38	—
8	50	20S	3.24	49.04	—	101.90	—
9	65	20S	3.24	62.64	—	131.29	—
10	80	20S	3.24	83.69	—	157.34	—
以下 余白							

第1.1-3表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：185℃

内部流体比重：0

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンク A, B 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.98	7.84	—	28.43	—
2	10	80	0.98	10.91	—	32.39	—
3	15	80	0.98	16.10	—	44.84	—
4	20	80	0.98	21.98	—	52.28	—
5	25	80	0.98	32.11	—	64.37	—
6	32	80	0.98	44.80	—	91.48	—
7	40	80	0.98	53.65	—	102.39	—
8	50	40	0.98	53.39	—	131.60	—
9	65	40	0.98	89.42	—	158.06	—
10	80	40	0.98	111.21	—	184.86	—
11	100	40	0.98	157.15	—	246.69	—
12	125	40	0.98	212.61	—	312.44	—
13	150	40	0.98	271.48	—	396.81	—
14	200	30	0.98	354.33	—	502.41	—
15	250	30	0.98	489.71	—	680.55	—
16	300	30	0.98	629.98	—	845.53	—
17	350	30	0.98	795.18	—	1040.84	—
以下 余白							

第 1.1-4 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 185°C

内部流体比重 : 1.10

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンク A, B 基礎】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	1.38	—	8.36	—	28.95
2	10	80	1.38	—	11.92	—	33.39
3	15	80	1.38	—	17.84	—	48.83
4	20	80	1.38	—	25.16	—	55.47
5	25	80	1.38	—	37.40	—	69.67
6	32	80	1.38	—	53.97	—	100.65
7	40	80	1.38	—	66.15	—	114.88
8	50	40	1.38	—	76.91	—	146.78
9	65	40	1.38	—	126.21	—	194.86
10	80	40	1.38	—	162.88	—	236.53
11	100	40	1.38	—	245.81	—	335.35
12	125	40	1.38	—	348.40	—	448.23
13	150	40	1.38	—	464.65	—	589.98
14	200	30	1.38	—	700.98	—	849.06
15	250	30	1.38	—	1026.88	—	1217.72
16	300	30	1.38	—	1401.15	—	1616.70
17	350	30	1.38	—	1755.10	—	2000.75
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 53.80m~47.68m	13.89	25

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 53.80m~47.68m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S	800	0.048	37	56	800	0.049	34	54																
10	SCH20S	1000	0.050	40	62	1000	0.051	37	59																
15	SCH20S	1200	0.052	41	62	1200	0.052	38	60																
20	SCH20S	1400	0.052	40	59	1400	0.052	36	57																
25	SCH20S	1600	0.050	35	51	1600	0.051	31	49																
32	SCH20S	1800	0.051	39	56	1800	0.052	34	54																
40	SCH20S	2000	0.052	40	58	1900	0.051	33	51																
50	SCH20S	2300	0.051	38	54	-	-	-	-																
65	SCH20S	2600	0.051	42	57	-	-	-	-																
80	SCH20S	2900	0.051	41	56	-	-	-	-																
以下余白																									

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 気体 Sd : 175 Ss : 405
 液体 Sd : 193 Ss : 440 (MPa)

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 53.80m~47.68m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S	1300	0.052	29	45	1200	0.050	24	39																
10	SCH20S	1400	0.050	28	41	1400	0.052	26	43																
15	SCH20S	1600	0.051	28	43	1500	0.050	24	39																
20	SCH20S	1800	0.051	29	43	1700	0.051	26	41																
25	SCH20S	2100	0.052	31	46	1900	0.051	26	42																
32	SCH20S	2300	0.051	32	46	2200	0.053	29	47																
40	SCH20S	2500	0.052	34	48	2300	0.052	29	47																
50	SCH20S	2800	0.052	35	49	-	-	-	-																
65	SCH20S	3200	0.052	39	53	-	-	-	-																
80	SCH20S	3400	0.051	38	52	-	-	-	-																
以下余白																									

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 53.80m~47.68m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	800	0.049	35	56	800	0.049	36	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
10	SCH80	1000	0.051	36	57	1000	0.051	37	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
15	SCH80	1200	0.052	36	58	1100	0.050	34	54	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
20	SCH80	1400	0.052	33	53	1400	0.053	36	57	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
25	SCH80	1600	0.051	28	45	1600	0.051	31	49	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
32	SCH80	1800	0.051	28	45	1800	0.052	32	50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
40	SCH80	2000	0.051	28	45	2000	0.053	33	51	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
50	SCH40	2100	0.052	35	53	2000	0.051	37	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
65	SCH40	2600	0.052	29	44	2500	0.052	34	51	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
80	SCH40	2900	0.052	29	44	2700	0.052	33	50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
100	SCH40	3400	0.053	29	44	3100	0.052	34	51	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
125	SCH40	3800	0.052	28	42	3500	0.052	35	52	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
150	SCH40	4200	0.053	29	43	3800	0.052	36	53	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
200	SCH30	4800	0.052	30	43	4200	0.052	39	57	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
250	SCH30	5400	0.052	30	43	4700	0.052	41	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
300	SCH30	6000	0.052	31	44	5100	0.052	43	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
350	SCH30	6400	0.052	30	43	5400	0.052	42	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
以下余白																									

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 保温材無し, 減衰0.5%)

許容応力 Sd : 151 Ss : 310 (MPa)

【非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B基礎】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. 53.80m~47.68m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	1200	0.052	27	45	1100	0.049	25	40																
10	SCH80	1300	0.050	25	41	1300	0.051	28	45																
15	SCH80	1500	0.051	25	41	1500	0.052	28	46																
20	SCH80	1700	0.051	25	41	1700	0.052	29	48																
25	SCH80	1900	0.051	24	39	1900	0.052	29	46																
32	SCH80	2200	0.051	25	40	2100	0.051	28	45																
40	SCH80	2400	0.052	26	42	2200	0.051	28	44																
50	SCH40	2600	0.051	27	42	2400	0.052	34	52																
65	SCH40	3000	0.052	26	41	2800	0.052	33	51																
80	SCH40	3300	0.052	27	42	3000	0.052	33	52																
100	SCH40	3800	0.052	28	43	3400	0.053	36	55																
125	SCH40	4200	0.052	28	43	3700	0.052	36	55																
150	SCH40	4600	0.052	28	43	4000	0.052	37	56																
200	SCH30	5300	0.052	31	46	4400	0.052	42	62																
250	SCH30	5900	0.052	31	46	4900	0.052	44	65																
300	SCH30	6500	0.053	32	47	5300	0.052	46	68																
350	SCH30	6900	0.053	32	46	5600	0.052	45	66																
以下余白																									

IV-1-1-11-1 別紙1-16
冷却塔の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 63.250m～60.150m	—	30
2	EL. 60.150m～55.900m		

IV-1-1-11-1 別紙1-17
安全冷却水A冷却塔の直管部標準支
持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：■℃
内部流体比重：■

【安全冷却水A冷却塔】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	■			—	—
2	25	80				—	—
3	100	40				—	—
4	150	40				—	—
5	200	40				—	—
6	350	40				—	—
7	500	30				—	—
8	600	30				—	—
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■ m ~ ■■■ m	—	■
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		

IV－1－1－11－1 別紙1－18
安全冷却水B冷却塔の直管部標準支
持間隔

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1 耐震設計の基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：■℃

内部流体比重：■

【安全冷却水B冷却塔】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	80	■			—	—
2	25	80				—	—
3	100	40				—	—
4	150	40				—	—
5	200	40				—	—
6	350	40				二	二
7	500	30				二	二
8	600	30				二	二
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■■■ m ~ ■■■■■ m	—	■
2	EL. ■■■■■ m ~ ■■■■■ m		

IV－1－1－11－1 別紙1－19
飛来物防護ネット(再処理設備本体
用 安全冷却水系冷却塔A)の直管部
標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 52.300m	6.25	15

IV-1-1-11-1 別紙1-20
前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高
レベル廃液ガラス固化建屋/ウラ
ン・プルトニウム合脱硝建屋/制御
建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の
安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管
理建屋間洞道の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋
 /ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋 最高使用温度：■■■℃
 /冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】 内部流体比重：■

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	20	20S	■■■■				
2	25	20S					
3	40	20S					
4	50	20S					
5	100	20S					
6	200	20S					
7	250	20S					
8	300	20S					
9	350	160					
10	350	20S					
11	400	20S					
12	550	80					
13	650	80					
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 54.60m~37.85m	3.85	15

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材有り, 減衰■%)

許容応力 Sd : ■ Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 54.60m~37.85m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
40	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
50	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
100	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
200	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
250	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
300	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
350	SCH160	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
350	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
400	SCH20S	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
550	SCH80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
650	SCH80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
以下余白																									

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 54.60m~37.85m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
20	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
25	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
40	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
50	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
100	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
200	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
250	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
300	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
350	SCH160	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
350	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
400	SCH20S	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
550	SCH80	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
650	SCH80	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■	■■
以下余白																									

IV-1-1-11-1 別紙1-21
分離建屋/高レベル廃液ガラス固化
建屋間洞道, 分離建屋/精製建屋/ウ
ラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウ
ム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理
建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析
建屋間洞道, 精製建屋/ウラン脱硝建
屋間洞道, 精製建屋/ウラン・プルト
ニウム混合脱硝建屋間洞道の直管部
標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

【分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道, 分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道, 精製建屋/ウラン脱硝建屋間洞道, 精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道】

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	■■■■			—	—
2	20	20S				—	—
3	20	40				—	—
4	25	20S				—	—
5	32	20S				—	—
6	40	20S				—	—
7	50	20S				—	—
8	65	20S				—	—
9	65	20S				—	—
10	80	20S				—	—
11	80	20S				—	—
12	100	20S				—	—
13	125	20S				—	—
14	150	20S				—	—
以下 余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 54.17m~44.66m	3.85	15

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 保温材無し, 減衰■■%)

許容応力 Sd:■■ Ss:■■ (MPa)

【分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道, 分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道, 精製建屋/ウラン脱硝建屋間洞道, 精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道】

配管 口径 (A) 及び板厚	支持間隔	標高 EL. 54.17m~44.66m																			
		内部流体										外部流体									
		気体					液体					気体					液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss								
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
25	SCH20S																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
以下余白																					

IV-1-1-11-1 別紙2
重大事故等対処施設の直管部標準支
持間隔

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 準拠規格	2
3. 計算精度と数値の丸め方	2

1. 概要

本資料は、重大事故等対処施設に分類される配管について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した直管部標準支持間隔の解析結果を施設ごとにまとめたものである。

2. 準拠規格

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

第2-1表 準拠規格

準拠規格名
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-1987・補・1984
「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(2005年版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007*

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

3. 計算精度と数値の丸め方

解析に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また、解析結果において数値を示す際の丸め方を第3-1表に示す。

第3-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第1位
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
単位長さ当たり重量	N/m	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
支持間隔	mm	十の位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 * : JSME S NC1 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。

別紙 2 - 1

前処理建屋の直管部標準支持間隔

前処 A

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-5表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-5表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-9表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	20S	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
2	6	80					
3	6	2.6t					
4	8	20S					
5	8	40					
6	8	80					
7	10	20S					
8	10	40					
9	10	80					
10	15	20S					
11	15	40					
12	15	80					
13	15	160					
14	20	20S					
15	20	40					
16	20	80					
17	20	160					
18	25	10S					
19	25	20S					
20	25	40					

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	25	80	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
22	25	160					
23	32	10S					
24	32	20S					
25	32	80					
26	32	160					
27	40	10S					
28	40	20S					
29	40	40					
30	40	80					
31	40	160					
32	50	10S					
33	50	20S					
34	50	40					
35	50	80					
36	50	160					
37	65	10S					
38	65	20S					
39	65	40					
40	65	14.0t					

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【前処理建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
41	80	10S	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
42	80	20S					
43	80	20S					
44	80	40					
45	80	15.2t					
46	90	20S					
47	100	10S					
48	100	20S					
49	100	80					
50	125	20S					
51	125	80					
52	150	20S					
53	150	40					
54	150	80					
55	150	160					
56	200	20S					
57	200	80					
58	200	160					
59	250	20S					
60	250	40					

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. ■■■ m		
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		
3	EL. ■■■ m ~ ■■■ m		

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■■%）

許容応力 Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL.■■■m						標高 EL.■■■m~■■■m						標高 EL.■■■m~■■■m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
6	SCH20S																				
6	SCH80																				
6	2.6t																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH10S																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
65	14.0t																				

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
80	SCH10S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
80	15.2t																				
90	SCH20S																				
100	SCH10S																				
100	SCH20S																				
100	SCH80																				
125	SCH20S																				
125	SCH80																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				
150	SCH160																				
200	SCH20S																				
200	SCH80																				
200	SCH160																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
250	SCH80																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

許容応力 Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■■ m						標高 EL. ■■ m ~ ■■ m						標高 EL. ■■ m ~ ■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
6	SCH20S																				
6	SCH80																				
6	2.6t																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 γ %）

許容応力 S_s : \square (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. \square m						標高 EL. \square m ~ \square m						標高 EL. \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
20	SCH160																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
25	SCH40																				
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

許容応力 Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m						標高 EL. ■■■ m ~ ■■■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH10S																				
65	SCH20S																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
65	14.0t																				
80	SCH10S																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				
80	SCH40																				
80	15.2t																				
90	SCH20S																				
100	SCH10S																				
100	SCH20S																				
100	SCH80																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■■%）

許容応力 Ss : ■■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	支持間隔	EL.■■■m						EL.■■■m~■■■m						EL.■■■m~■■■m							
			気体			液体			気体			液体			気体			液体				
			支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
					Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
125	SCH20S																					
125	SCH80																					
150	SCH20S																					
150	SCH40																					
150	SCH80																					
150	SCH160																					
200	SCH20S																					
200	SCH80																					
200	SCH160																					
250	SCH20S																					
250	SCH40																					
250	SCH80																					
250	SCH160																					
300	SCH20S																					
300	SCH80																					
300	SCH160																					
350	SCH20S																					
350	SCH80																					
350	SCH160																					
400	SCH20S																					

第2-3表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
90	SCH40																				
100	SCH40																				
125	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
300	SCH30																				
350	SCH30																				
400	SCH30																				
450	9.5t																				

第2-4表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
90	SCH40																				
100	SCH40																				
125	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
300	SCH30																				
350	SCH30																				
400	SCH30																				
450	9.5t																				

第2-5表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（ジルコニウム，保温材無し，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【前処理建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m						標高 EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
10	SCH20S																				
15	SCH20S																				
20	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				
32	SCH20S																				
40	SCH20S																				
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
90	SCH20S																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
200	SCH40																				
250	SCH40																				

別紙 2 - 2 分離建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第2.3-1表～第2.3-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第2.3-3表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、2.3-3表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第2.3-3表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第2.3-1表～第2.3-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	25	80	■■■■				
22	25	160					
23	32	10S					
24	32	20S					
25	32	40					
26	32	80					
27	32	160					
28	40	10S					
29	40	20S					
30	40	40					
31	40	80					
32	40	160					
33	50	10S					
34	50	20S					
35	50	40					
36	50	80					
37	50	160					
38	65	20S					
39	65	40					
40	80	20S					

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度 ■■■C

内部流体比重：■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
41	80	40	■■■■■				
42	90	20S					
43	90	40					
44	100	20S					
45	100	40					
46	100	80					
47	125	20S					
48	125	40					
49	125	80					
50	150	20S					
51	150	40					
52	150	80					
53	200	20S					
54	200	40					
55	200	80					
56	250	20S					
57	250	40					
58	300	20S					
59	300	40					
60	350	20S					

第2.3-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
61	350	40	■■■■				
62	350	80					
63	400	20S					
64	400	40					
65	400	80					
66	450	20S					
67	450	40					
68	450	80					
69	500	20S					
70	800	20S					
71	800	40					
72	900	20S					
73	1000	20S					
以下余 白							

第2.3-2表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：■■■■℃

内部流体比重：■■■■

【分離建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)				
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り		
				気体	液体	気体	液体	
21	200	30	■■■■					
22	200	40						
23	200	60						
24	200	80						
25	250	30						
26	250	40						
27	250	80						
28	300	30						
29	300	40						
30	300	80						
31	350	30						
32	400	30						
以下余 白								

第2.3-3表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. [REDACTED] m ~ [REDACTED] m	[REDACTED]	
2	EL. [REDACTED] m ~ [REDACTED] m		
3	EL. [REDACTED] m ~ [REDACTED] m		

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰 \square ％） 許容応力 S_s ： \square （MPa）

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL: \square m ~ \square m						EL: \square m ~ \square m						EL: \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
6	SCH20S																				
6	SCH40																				
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰 γ ） 許容応力 S_s (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL γ ~ γ m						EL γ ~ γ m						EL γ ~ γ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s	γ			S_s	γ			S_s	γ			S_s	γ			S_s	γ
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH40																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
80	SCH20S																				

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰 \square ％） 許容応力 S_s : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square
80	SCH40																				
90	SCH20S																				
90	SCH40																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH20S																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				
200	SCH20S																				
200	SCH40																				
200	SCH80																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
300	SCH40																				
350	SCH20S																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰 γ ） 許容応力 S_s : (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL \sim \sim m						EL \sim \sim m						EL \sim \sim m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
6	SCH20S																				
6	SCH40																				
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
15	SCH80																				
15	SCH160																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
20	SCH80																				
20	SCH160																				
25	SCH10S																				
25	SCH20S																				
25	SCH20S																				
25	SCH40																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰■%） 許容応力 S_s : ■ (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL ■■■n~■■■n						EL ■■■n~■■■n						EL ■■■n~■■■n							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
25	SCH80																				
25	SCH160																				
32	SCH10S																				
32	SCH20S																				
32	SCH40																				
32	SCH80																				
32	SCH160																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
40	SCH80																				
40	SCH160																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				
50	SCH20S																				
50	SCH40																				
50	SCH80																				
50	SCH160																				
65	SCH20S																				
65	SCH40																				
80	SCH20S																				
80	SCH20S																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰 γ ） 許容応力 S_s (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. γ m ~ γ m						EL. γ m ~ γ m						EL. γ m ~ γ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
80	SCH40																				
90	SCH20S																				
90	SCH40																				
100	SCH20S																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH20S																				
125	SCH20S																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH20S																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				
200	SCH20S																				
200	SCH40																				
200	SCH80																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
300	SCH40																				
350	SCH20S																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰 γ ） 許容応力 S_s : (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \sim m						EL \sim m						EL \sim m								
		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s		S_s
350	SCH40																					
350	SCH80																					
400	SCH20S																					
400	SCH40																					
400	SCH80																					
450	SCH20S																					
450	SCH40																					
450	SCH80																					
500	SCH20S																					
800	SCH20S																					
800	SCH40																					
900	SCH20S																					
1000	SCH20S																					
以下余白																						

第2-3表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰 \square ％）

許容応力 S_s \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
65	SCH80																				
80	SCH40																				
80	SCH80																				
90	SCH40																				
90	SCH80																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				

第2-4表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減 \square \%）

許容応力 S_s : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \square ~ \square m						EL \square ~ \square m						EL \square ~ \square m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square			S_s	\square
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
65	SCH80																				
80	SCH40																				
80	SCH80																				
90	SCH40																				
90	SCH80																				
100	SCH40																				
100	SCH80																				
125	SCH40																				
125	SCH80																				
150	SCH40																				
150	SCH80																				

第2-4表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰 \square ％）

許容応力 S_s : \square (MPa)

【分離建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m						EL \square m ~ \square m					
		気体			液体			気体			液体			気体			液体		
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa) S_s
200	SCH30																		
200	SCH40																		
200	SCH60																		
200	SCH80																		
250	SCH30																		
250	SCH40																		
250	SCH80																		
300	SCH30																		
300	SCH40																		
300	SCH80																		
350	SCH30																		
400	SCH30																		
以下余白																			

別紙 2 - 3

精製建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-5表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-5表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-10表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	50	20S	■■■■				
22	65	20S					
23	80	20S					
24	100	10S					
25	100	20S					
26	125	20S					
27	150	20S					
28	200	20S					
29	250	20S					
30	250	40					
31	300	20S					
32	350	20S					
33	500	20S					
34	550	20S					
35	600	20S					
36	600	12.7t					
37	750	20S					
38	750	40					
39	800	10S					
40	900	10S					

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : ■■■℃

内部流体比重 : ■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.98				
2	10	80	0.98				
3	15	80	0.98				
4	20	80	0.98				
5	25	80	0.98				
6	32	80	0.98				
7	40	80	0.98				
8	50	80	0.98				
9	65	40	0.98				
10	80	40	0.98				
11	100	40	0.98				
12	150	40	0.98				
13	200	30	0.98				
14	250	30	0.98				
15	300	30	0.98				
16	350	30	0.98				
17	400	30	0.98				
以下余白							

第 1.1-3 表 配管設計条件 (ジルコニウム)

最高使用温度 : ■■■℃
内部流体比重 : ■■■

【精製建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	5S	■■■■■				
2	8	20S					
3	10	5S					
4	10	20S					
5	15	5S					
6	15	20S					
7	20	5S					
8	20	20S					
9	25	5S					
10	25	20S					
11	50	10S					
12	50	20S					
13	80	20S					
以下余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. [] m ~ [] m		
2	EL. [] m ~ [] m		
3	EL. [] m ~ [] m		

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

許容応力 S_s : ■ (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
6	2.4t																				
6	SCH20S																				
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH10S																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
25	SCH20S																				
32	SCH20S																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
50	SCH10S																				
50	SCH20S																				

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
100	SCH10S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH20S																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
500	SCH20S																				
550	SCH20S																				
600	SCH20S																				
600	12.7t																				
750	SCH20S																				
750	SCH40																				
800	SCH10S																				
900	SCH10S																				
900	SCH20S																				

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
6	2.4t																				
6	SCH20S																				
6	SCH80																				
8	SCH20S																				
8	SCH40																				
8	SCH80																				
10	SCH20S																				
10	SCH40																				
10	SCH80																				
15	SCH10S																				
15	SCH20S																				
15	SCH40																				
20	SCH20S																				
20	SCH40																				
25	SCH20S																				
32	SCH20S																				
40	SCH10S																				
40	SCH20S																				
40	SCH40																				
50	SCH10S																				

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰■%）

許容応力 S_s : ■ (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				S_s	/			S_s	/			S_s	/			S_s	/			S_s	/
50	SCH20S																				
65	SCH20S																				
80	SCH20S																				
100	SCH10S																				
100	SCH20S																				
125	SCH20S																				
150	SCH20S																				
200	SCH20S																				
250	SCH20S																				
250	SCH40																				
300	SCH20S																				
350	SCH20S																				
500	SCH20S																				
550	SCH20S																				
600	SCH20S																				
600	12.7t																				
750	SCH20S																				
750	SCH40																				
800	SCH10S																				
900	SCH10S																				

第2-3表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼、保温材有り、減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
100	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
300	SCH30																				
350	SCH30																				
400	SCH30																				
以下余白																					

第2-4表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼、保温材無し、減衰■%）

許容応力 Ss : ■ (MPa)

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m							
		気体			液体			気体			液体			気体			液体				
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH80																				
10	SCH80																				
15	SCH80																				
20	SCH80																				
25	SCH80																				
32	SCH80																				
40	SCH80																				
50	SCH80																				
65	SCH40																				
80	SCH40																				
100	SCH40																				
150	SCH40																				
200	SCH30																				
250	SCH30																				
300	SCH30																				
350	SCH30																				
400	SCH30																				
以下余白																					

【精製建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m						EL. ■ m ~ ■ m								
		気体			液体			気体			液体			気体			液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss		
8	SCH5S																					
8	SCH20S																					
10	SCH5S																					
10	SCH20S																					
15	SCH5S																					
15	SCH20S																					
20	SCH5S																					
20	SCH20S																					
20	SCH20S																					
25	SCH5S																					
25	SCH20S																					
50	SCH10S																					
50	SCH20S																					
80	SCH20S																					
以下余白																						

別紙 2 - 4
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-14表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-14表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-22表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：130℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.05

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	0.98			-	
2	20	40	0.98			-	
3	20	80	0.98			-	
4	25	40	0.98			-	
5	25	80	0.98			-	
6	32	40	0.98			-	
7	40	40	0.98			-	
8	50	80	0.98			-	
9	65	40	0.98			-	
10	80	40	0.98			-	
11	100	40	0.98			-	
12	125	40	0.98			-	
13	150	40	0.98			-	
14	350	10	0.98			-	
15	350	20	0.98			-	
以下余白							

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：130℃

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重：1.05

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	80	0.98			-	
2	20	40	0.98			-	
3	20	80	0.98			-	
4	25	40	0.98			-	
5	25	80	0.98			-	
6	32	40	0.98			-	
7	40	40	0.98			-	
8	50	80	0.98			-	
9	65	40	0.98			-	
10	80	40	0.98			-	
11	100	40	0.98			-	
12	125	40	0.98			-	
13	150	40	0.98			-	
14	350	10	0.98			-	
15	350	20	0.98			-	
以下余白							

第 1.1-3 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 130°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 1.58

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.98				
2	10	40	0.98				
3	15	40	0.98				
4	20	40	0.98				
5	25	20S	0.98				
6	32	20S	0.98				
7	32	40	0.98				
8	40	20S	0.98				
9	50	20S	0.98				
10	50	40	0.98				
11	65	20S	0.98				
12	65	20	0.98				
13	80	10S	0.98				
14	80	20S	0.98				
15	100	10S	0.98				
16	100	20S	0.98				
17	125	10S	0.98				
18	150	10S	0.98				
19	200	10S	0.98				
20	250	10S	0.98				

第 1.1-4 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 130°C

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

内部流体比重 : 0

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.98		-		-
2	15	40	0.98		-		-
3	20	40	0.98		-		-
4	25	20S	0.98		-		-
5	32	20S	0.98		-		-
6	32	40	0.98		-		-
7	40	20S	0.98		-		-
8	50	20S	0.98		-		-
9	50	40	0.98		-		-
10	80	20S	0.98		-		-
11	100	10S	0.98		-		-
12	100	20S	0.98		-		-
13	150	10S	0.98		-		-
14	200	10S	0.98		-		-
15	250	10S	0.98		-		-
16	300	10S	0.98		-		-
17	350	10	0.98		-		-
以下余白							

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 70.80m～62.80m		
2	EL. 62.80m～39.80m		

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
15	SCH80	-	-	-	1900		185																		
20	SCH40	-	-	-	2100		196																		
20	SCH80	-	-	-	2300		191																		
25	SCH40	-	-	-	2500		182																		
25	SCH80	-	-	-	2600		162																		
32	SCH40	-	-	-	2900		178																		
40	SCH40	-	-	-	3100		173																		
50	SCH80	-	-	-	3600		158																		
65	SCH40	-	-	-	4100		168																		
80	SCH40	-	-	-	4500		170																		
100	SCH40	-	-	-	5100		165																		
125	SCH40	-	-	-	5700		166																		
150	SCH40	-	-	-	6200		166																		
350	SCH10	-	-	-	8200		207																		
350	SCH20	-	-	-	8600		191																		
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss					
15	SCH80	2500		171		2400		169																	
20	SCH40	2700		158		2600		179																	
20	SCH80	2800		162		2700		170																	
25	SCH40	3100		157		3000		186																	
25	SCH80	3200		165		3000		163																	
32	SCH40	3500		155		3300		178																	
40	SCH40	3800		159		3500		179																	
50	SCH80	4300		150		4100		177																	
65	SCH40	4900		154		4500		180																	
80	SCH40	5300		151		4800		177																	
100	SCH40	6100		155		5400		181																	
125	SCH40	6800		155		6000		191																	
150	SCH40	7400		152		6500		196																	
350	SCH10	10900		159		8500		258																	
350	SCH20	11000		155		8800		231																	
以下余白																									

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62.80m~39.80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss					
8	SCH40	1300		202		1200		169																	
10	SCH40	1600		198		1500		184																	
15	SCH40	2000		192		1900		187																	
20	SCH40	2300		172		2200		177																	
25	SCH20S	2700		167		2500		168																	
32	SCH20S	3100		159		2900		176																	
32	SCH40	3100		147		3000		171																	
40	SCH20S	3300		150		3100		177																	
50	SCH20S	3700		154		3400		175																	
50	SCH40	3700		147		3500		174																	
65	SCH20S	4200		147		3800		178																	
65	SCH20	4300		139		4000		167																	
80	SCH10S	4500		152		3900		187																	
80	SCH20S	4700		144		4200		175																	
100	SCH10S	5200		152		4200		186																	
100	SCH20S	5400		142		4700		185																	
125	SCH10S	5900		147		4700		188																	
150	SCH10S	6500		149		4900		190																	
200	SCH10S	7600		142		5600		193																	
250	SCH10S	8500		145		5700		178																	

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 62. 80m~39. 80m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss	
8	SCH40	2000		152		1900		160																	
10	SCH40	2300		157		2200		180																	
15	SCH40	2600		157		2400		162																	
20	SCH40	2900		147		2700		168																	
25	SCH20S	3300		150		3000		173																	
32	SCH20S	3700		146		3300		179																	
32	SCH40	3700		147		3400		181																	
40	SCH20S	4000		150		3500		187																	
50	SCH20S	4500		151		3900		190																	
50	SCH40	4500		151		3900		178																	
65	SCH20S	5000		143		4300		205																	
65	SCH20	5000		142		4400		186																	
80	SCH10S	5500		152		4400		218																	
80	SCH20S	5500		149		4600		198																	
100	SCH10S	6200		149		4800		237																	
100	SCH20S	6200		145		5100		222																	
125	SCH10S	6900		150		5300		249																	
150	SCH10S	7500		151		5600		265																	
200	SCH10S	8700		156		6300		273																	
250	SCH10S	9600		154		6500		272																	

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 70.80m~62.80m																							
		気体						液体						気体						液体					
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)					
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss					
15	SCH40	1400		34		1400		39																	
20	SCH40	1600		35		1500		37																	
25	SCH20S	1800		34		1700		39																	
32	SCH20S	2100		37		1900		41																	
40	SCH20S	2200		36		2000		42																	
50	SCH20S	2500		37		2300		45																	
100	SCH20S	3500		39		3000		50																	
以下余白																									

別紙 2 - 5

高レベル廃液ガラス固化建屋の直管 部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-5表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表～第1.2-2表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表～1.2-2表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表～第1.2-2表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-5表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-10表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.1-1表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：130℃

内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	40	0.98	6.28	7.24	28.79	29.75
2	10	20S	0.98	7.53	9.44	31.16	33.07
3	10	80	0.98	11.10	12.39	34.73	36.01
4	15	20S	0.98	11.81	14.82	36.81	39.82
5	15	40	0.98	13.01	15.82	38.02	40.83
6	20	20S	0.98	15.19	20.51	43.06	48.38
7	20	40	0.98	17.33	22.27	45.20	50.14
8	25	20S	0.98	22.87	31.33	52.73	61.19
9	40	20S	0.98	33.64	53.21	76.39	95.97
10	50	20S	0.98	49.05	79.92	95.81	126.68
11	65	20S	0.98	62.64	114.43	112.85	164.63
12	80	20S	0.98	83.69	154.62	140.25	211.19
13	100	20S	0.98	108.47	230.32	173.70	295.54
14	125	20S	0.98	165.71	347.39	265.36	447.04
15	150	20S	0.98	196.94	456.68	303.40	563.14
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.1-2表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：130℃
内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	80	0.98	4.79	5.14	19.92	20.27
2	8	20S	0.98	5.81	6.85	21.81	22.85
3	8	40	0.98	6.28	7.24	22.28	23.24
4	8	80	0.98	7.97	8.63	23.98	24.63
5	10	20S	0.98	7.53	9.44	24.46	26.37
6	10	80	0.98	11.10	12.39	28.03	29.31
7	15	20S	0.98	11.81	14.82	29.89	32.90
8	15	40	0.98	13.01	15.82	31.10	33.90
9	15	80	0.98	16.38	18.58	34.46	36.67
10	15	160	0.98	19.65	21.29	37.74	39.37
11	20	20S	0.98	15.19	20.51	34.73	40.04
12	20	40	0.98	17.33	22.27	36.86	41.81
13	20	80	0.98	22.35	26.41	41.88	45.94
14	20	160	0.98	29.35	32.19	48.89	51.72
15	25	20S	0.98	22.87	31.33	44.19	52.65
16	25	40	0.98	25.59	33.57	46.91	54.89
17	25	80	0.98	32.65	39.39	53.97	60.71
18	32	20S	0.98	29.28	43.81	52.90	67.42
19	40	20S	0.98	33.64	53.21	58.80	78.37
20	40	40	0.98	40.84	59.15	66.01	84.32

例) JN前 A追

第1.1-2表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：130℃
内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	40	80	0.98	54.54	70.45	79.71	95.61
22	50	20S	0.98	49.05	79.92	77.35	108.23
23	50	40	0.98	54.27	84.22	82.57	112.52
24	65	20S	0.98	62.64	114.43	95.10	146.89
25	80	20S	0.98	83.69	154.62	119.51	190.45
26	80	40	0.98	113.05	178.82	148.87	214.65
27	100	20S	0.98	108.47	230.32	150.93	272.78
28	125	20S	0.98	165.71	347.39	214.88	396.56
29	150	20S	0.98	196.94	456.68	252.80	512.53
30	200	10S	0.98	208.78	676.65	278.10	745.96
31	200	20S	0.98	335.27	780.94	404.58	850.26
32	250	10S	0.98	259.03	984.61	341.80	1067.38
33	250	20S	0.98	416.93	1114.80	499.70	1197.57
34	300	20S	0.98	498.59	1504.97	594.81	1601.19
35	350	20S	0.98	683.67	1927.25	789.65	2033.23
36	350	40	0.98	940.13	2138.72	1046.11	2244.70
37	400	20S	0.98	783.59	2427.05	902.95	2546.40
38	450	20S	0.98	883.50	2982.50	1016.23	3115.23
39	500	40	0.98	1829.83	4291.52	1975.94	4437.63
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.1-3表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：130℃

内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	6	80	0.98	4.79	5.14	26.26	26.62
2	8	20S	0.98	5.81	6.85	28.32	29.36
3	8	40	0.98	6.28	7.24	28.79	29.75
4	8	80	0.98	7.97	8.63	30.49	31.15
5	10	20S	0.98	7.53	9.44	31.16	33.07
6	10	80	0.98	11.10	12.39	34.73	36.01
7	15	20S	0.98	11.81	14.82	36.81	39.82
8	15	40	0.98	13.01	15.82	38.02	40.83
9	15	80	0.98	16.38	18.58	41.38	43.59
10	15	160	0.98	19.65	21.29	44.66	46.30
11	20	20S	0.98	15.19	20.51	43.06	48.38
12	20	40	0.98	17.33	22.27	45.20	50.14
13	20	80	0.98	22.35	26.41	50.22	54.28
14	20	160	0.98	29.35	32.19	57.22	60.06
15	25	20S	0.98	22.87	31.33	52.73	61.19
16	25	40	0.98	25.59	33.57	55.45	63.43
17	25	80	0.98	32.65	39.39	62.51	69.25
18	32	20S	0.98	29.28	43.81	69.99	84.51
19	40	20S	0.98	33.64	53.21	76.39	95.97
20	40	40	0.98	40.84	59.15	83.60	101.91

例) JN 前 A 追

第1.1-3表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：130℃
内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	40	80	0.98	54.54	70.45	97.30	113.21
22	50	20S	0.98	49.05	79.92	95.81	126.68
23	50	40	0.98	54.27	84.22	101.03	130.98
24	65	20S	0.98	62.64	114.43	112.85	164.63
25	80	20S	0.98	83.69	154.62	140.25	211.19
26	80	40	0.98	113.05	178.82	169.62	235.39
27	100	20S	0.98	108.47	230.32	173.70	295.54
28	125	20S	0.98	165.71	347.39	265.36	447.04
29	150	20S	0.98	196.94	456.68	303.40	563.14
30	200	10S	0.98	208.78	676.65	337.14	805.01
31	200	20S	0.98	335.27	780.94	463.63	909.30
32	250	10S	0.98	259.03	984.61	407.53	1133.10
33	250	20S	0.98	416.93	1114.80	565.42	1263.29
34	300	20S	0.98	498.59	1504.97	668.10	1674.48
35	350	20S	0.98	683.67	1927.25	868.40	2111.98
36	350	40	0.98	940.13	2138.72	1124.86	2323.45
37	400	20S	0.98	783.59	2427.05	989.21	2632.66
38	450	20S	0.98	883.50	2982.50	1110.00	3209.00
39	500	40	0.98	1829.83	4291.52	2077.22	4538.90
以下余白							

例) JN前 A追

第1.1-5表 配管設計条件（炭素鋼）

最高使用温度：130℃

内部流体比重：1.40

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.98	12.81	15.61	37.81	40.62
2	15	80	0.98	16.11	18.32	41.12	43.33
3	20	80	0.98	21.98	26.04	49.85	53.91
4	40	80	0.98	53.65	69.56	96.41	112.32
5	50	40	0.98	53.39	83.34	100.15	130.10
6	50	80	0.98	73.16	99.59	119.92	146.34
7	65	40	0.98	89.42	136.25	139.62	186.45
8	80	40	0.98	111.20	176.97	167.76	233.54
9	100	40	0.98	157.15	270.01	222.38	335.23
10	125	40	0.98	212.61	385.44	312.25	485.09
11	150	40	0.98	271.47	517.34	377.93	623.80
12	200	4.5t	0.98	230.50	693.88	358.85	822.24
13	200	30	0.98	354.31	795.61	482.67	923.97
14	250	6t	0.98	379.29	1082.66	527.78	1231.16
15	250	30	0.98	489.69	1173.37	638.18	1321.86
16	300	6t	0.98	453.44	1466.42	622.95	1635.93
17	400	30	0.98	911.84	2530.15	1117.46	2735.76
以下余白							

例) JN 前 A 追

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 69.80m~55.39m	3.846	15
2	EL. 55.39m~33.80m		

第1.2-2表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 69.80m~55.39m	3.846	15
2	EL. 55.39m~30.03m		

例) JN前 A追

第2-1表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 S_s : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 30.03m															
		気		体		液		体		気		体		液		体		気		体		液		体	
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)	
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s	
8	SCH40	1600	0.182	255	1600	0.182	259	1500	0.170	211	1500	0.168	211												
10	SCH20S	1800	0.165	212	1700	0.165	230	1800	0.172	196	1700	0.165	201												
10	SCH80	1900	0.166	197	1800	0.165	205	1900	0.172	182	1900	0.171	188												
15	SCH20S	2200	0.165	185	2100	0.165	201	2200	0.172	170	2100	0.172	185												
15	SCH40	2200	0.165	180	2100	0.165	195	2200	0.171	165	2100	0.171	179												
20	SCH20S	2500	0.165	172	2400	0.165	193	2600	0.172	160	2400	0.171	177												
20	SCH40	2500	0.165	169	2400	0.165	183	2600	0.172	156	2500	0.171	169												
25	SCH20S	3000	0.165	156	2800	0.165	176	3000	0.172	144	2900	0.171	162												
40	SCH20S	3600	0.166	154	3300	0.166	179	3700	0.172	142	3400	0.172	166												
50	SCH20S	4200	0.166	143	3800	0.166	179	4300	0.172	133	3800	0.173	166												
65	SCH20S	4900	0.166	139	4300	0.167	174	5000	0.173	128	4400	0.173	161												
80	SCH20S	5400	0.167	135	4700	0.167	177	5500	0.173	125	4800	0.174	164												
100	SCH20S	6200	0.168	134	5300	0.169	181	6300	0.174	124	5400	0.175	167												
125	SCH20S	6800	0.170	136	5800	0.172	190	7000	0.176	126	5900	0.178	172												
150	SCH20S	7500	0.169	133	6300	0.172	191	7700	0.176	124	6500	0.178	175												
以下余白																									

例) JN前A追

第2-2表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数0.5%） 許容応力 S_s : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 33.80m																
		気		体		液		体		気		体		液		体		気		体		液		体		
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		
				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s				S_s		S_s
8	SCH40	2400	0.182	158		2300	0.182	169		2400	0.188	142		2300	0.189	152										
10	SCH20S	2600	0.165	138		2400	0.165	163		2600	0.172	124		2400	0.171	145										
10	SCH80	2500	0.165	146		2400	0.165	158		2500	0.171	130		2400	0.171	141										
15	SCH20S	2900	0.165	139		2700	0.165	161		2900	0.171	124		2700	0.172	144										
15	SCH40	2900	0.165	139		2700	0.165	160		2900	0.171	125		2700	0.171	143										
20	SCH20S	3300	0.165	135		3000	0.165	166		3300	0.171	121		3000	0.171	147										
20	SCH40	3200	0.165	138		3000	0.165	161		3300	0.171	122		3000	0.171	144										
25	SCH20S	3700	0.165	135		3300	0.165	165		3700	0.172	121		3400	0.172	148										
40	SCH20S	4500	0.165	135		3900	0.165	175		4500	0.171	121		4000	0.172	158										
50	SCH20S	5000	0.165	135		4200	0.166	186		5100	0.172	120		4300	0.172	168										
65	SCH20S	5600	0.166	135		4800	0.166	189		5700	0.172	121		4800	0.173	171										
80	SCH20S	6100	0.166	135		5000	0.167	198		6200	0.173	122		5100	0.173	179										
100	SCH20S	7000	0.167	137		5700	0.168	208		7100	0.173	124		5800	0.175	187										
125	SCH20S	7700	0.168	140		6200	0.171	215		7800	0.175	127		6300	0.177	194										
150	SCH20S	8400	0.168	140		6700	0.171	220		8500	0.174	127		6800	0.177	198										
以下余白																										

例) JN前A追

第2-3表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 30.03m												
		気 体				液 体				気 体				液 体								
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		
				Ss				Ss				Ss				Ss						
6	SCH80	1400	0.186	264		1400	0.186	267		1400	0.192	244		1400	0.191	244						
8	SCH20S	1700	0.186	232		1700	0.185	237		1700	0.192	215		1700	0.193	221						
8	SCH40	1700	0.186	229		1700	0.186	234		1800	0.193	213		1700	0.192	216						
8	SCH80	1700	0.185	221		1300	0.146	248		1800	0.192	206		1300	0.146	211						
10	SCH20S	2000	0.186	212		2000	0.185	219		2100	0.192	196		2000	0.193	204						
10	SCH80	2100	0.185	197		1600	0.165	248		2100	0.193	184		1600	0.165	218						
15	SCH20S	2400	0.186	187		2400	0.185	196		2500	0.193	174		2400	0.193	182						
15	SCH40	2400	0.185	183		2300	0.185	198		2500	0.193	170		2400	0.193	185						
15	SCH80	2500	0.185	179		2100	0.186	238		2500	0.193	166		2200	0.193	220						
15	SCH160	2500	0.185	178		2100	0.185	246		2500	0.193	165		2100	0.189	223						
20	SCH20S	2800	0.185	174		2700	0.186	187		2900	0.192	162		2800	0.193	173						
20	SCH40	2800	0.186	171		2700	0.186	188		2900	0.193	158		2800	0.193	175						
20	SCH80	2900	0.185	165		2800	0.186	173		2900	0.193	153		2900	0.193	160						
20	SCH160	2900	0.186	165		2500	0.186	212		2900	0.193	152		2600	0.193	196						
25	SCH20S	3300	0.186	160		2900	0.186	205		3400	0.193	148		3000	0.193	192						
25	SCH40	3300	0.186	159		2700	0.185	245		3400	0.193	147		2700	0.185	219						
25	SCH80	3400	0.186	154		3100	0.186	177		3400	0.193	143		3200	0.193	165						
32	SCH20S	3800	0.186	154		3600	0.186	173		3900	0.193	143		3600	0.193	160						
40	SCH20S	4100	0.186	152		3500	0.186	208		4200	0.193	141		3600	0.193	192						
40	SCH40	4200	0.186	147		3300	0.186	231		4200	0.193	136		3400	0.193	215						

例) JN前A追

第2-3表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m						EL. 55.39m ~ 30.03m															
		気			液			気			液			気			液						
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)			
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss			
40	SCH80	4200	0.186	144		3400	0.186	224		4300	0.194	133		3400	0.193	209							
50	SCH20S	4700	0.186	144		4300	0.186	172		4800	0.194	134		4400	0.194	160							
50	SCH40	4700	0.186	143		3800	0.187	228		4800	0.193	133		3800	0.194	212							
65	SCH20S	5100	0.169	129		4500	0.170	168		5200	0.176	120		4600	0.177	156							
80	SCH20S	5600	0.170	126		4300	0.170	220		5700	0.176	117		4400	0.177	205							
80	SCH40	5700	0.170	124		4400	0.171	211		5800	0.177	115		4500	0.177	195							
100	SCH20S	6500	0.171	127		5500	0.172	177		6600	0.177	118		5600	0.178	164							
125	SCH20S	7300	0.172	125		6200	0.175	172		7400	0.178	116		6400	0.181	157							
150	SCH20S	8000	0.172	125		6700	0.175	179		8100	0.178	116		6800	0.181	165							
200	SCH10S	9100	0.171	131		7100	0.175	213		9300	0.178	122		7200	0.181	197							
200	SCH20S	9300	0.172	121		7700	0.175	177		9400	0.178	112		7800	0.181	163							
250	SCH10S	10100	0.171	132		7600	0.175	229		10300	0.178	124		7600	0.172	199							
250	SCH20S	10300	0.172	121		8300	0.175	188		10500	0.178	113		8500	0.181	174							
300	SCH20S	11300	0.172	124		8800	0.175	201		11500	0.178	116		9000	0.181	186							
350	SCH20S	12100	0.172	120		9500	0.175	192		12300	0.178	111		9700	0.181	177							
350	SCH40	12100	0.172	116		10000	0.175	172		12400	0.178	108		10200	0.181	157							
400	SCH20S	12900	0.172	122		10000	0.175	202		13200	0.178	113		10100	0.182	187							
450	SCH20S	13700	0.171	123		10400	0.175	211		14000	0.178	114		10600	0.182	197							
500	SCH40	14600	0.172	114		11900	0.175	173		14900	0.178	107		12200	0.181	159							
以下余白																							

例) JN前A追

第2-4表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数0.5%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m						EL. 55.39m ~ 30.03m																
		気			液			気			液			気			液							
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)				
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss				
40	SCH80	4600	0.186	155		3600	0.186	251		4700	0.193	141		3700	0.193	228								
50	SCH20S	5300	0.186	150		4600	0.186	193		5400	0.193	136		4700	0.193	175								
50	SCH40	5300	0.186	151		4000	0.186	258		5400	0.193	137		3900	0.170	205								
65	SCH20S	5700	0.169	137		4800	0.170	192		5800	0.176	125		4900	0.176	174								
80	SCH20S	6200	0.170	138		4500	0.170	259		6300	0.176	126		4400	0.158	207								
80	SCH40	6100	0.170	140		4600	0.170	251		6200	0.177	127		4700	0.177	227								
100	SCH20S	7000	0.170	141		5700	0.172	212		7200	0.177	127		5800	0.178	192								
125	SCH20S	7800	0.171	143		6400	0.174	206		7900	0.178	129		6600	0.180	187								
150	SCH20S	8500	0.171	142		6900	0.174	217		8600	0.178	129		7000	0.181	196								
200	SCH10S	9800	0.171	146		7300	0.175	258		9900	0.177	133		7100	0.165	214								
200	SCH20S	9700	0.172	142		7800	0.174	218		9900	0.178	129		8000	0.181	197								
250	SCH10S	10900	0.171	148		7800	0.175	281		11100	0.177	135		7100	0.146	204								
250	SCH20S	10800	0.171	143		8500	0.174	232		11000	0.178	130		8600	0.181	211								
300	SCH20S	11800	0.171	145		9000	0.175	249		12100	0.178	133		9000	0.174	217								
350	SCH20S	12500	0.171	144		9600	0.175	239		12700	0.178	131		9800	0.181	216								
350	SCH40	12400	0.172	142		10100	0.175	215		12700	0.178	129		10300	0.181	194								
400	SCH20S	13400	0.171	145		10100	0.175	251		13600	0.178	132		10000	0.171	215								
450	SCH20S	14200	0.171	147		10500	0.175	264		14500	0.177	134		10100	0.162	214								
500	SCH40	14900	0.172	142		12000	0.175	218		15200	0.178	129		12300	0.181	197								
以下余白																								

例) JN前A追

第2-5表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 30.03m												
		気 体				液 体				気 体				液 体								
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		
				Ss				Ss				Ss				Ss						
6	SCH80	1200	0.168	274		1200	0.166	273		1200	0.153	212		1200	0.151	210						
8	SCH20S	1600	0.181	258		1600	0.181	262		1500	0.166	208		1500	0.163	207						
8	SCH40	1600	0.182	255		1600	0.182	259		1500	0.170	212		1500	0.168	212						
8	SCH80	1600	0.182	244		1600	0.182	248		1600	0.171	206		1600	0.172	208						
10	SCH20S	1900	0.182	233		1800	0.181	240		1800	0.172	197		1800	0.171	202						
10	SCH80	2000	0.181	216		1900	0.182	226		2000	0.189	201		1900	0.189	209						
15	SCH20S	2300	0.182	203		2200	0.182	212		2300	0.189	189		2300	0.189	196						
15	SCH40	2300	0.182	199		2200	0.182	206		2300	0.189	184		2300	0.189	190						
15	SCH80	2300	0.182	192		2300	0.182	197		2400	0.189	178		2300	0.189	183						
15	SCH160	2300	0.182	190		2300	0.182	193		2400	0.189	176		2400	0.189	180						
20	SCH20S	2600	0.182	190		2600	0.182	201		2700	0.189	176		2600	0.189	186						
20	SCH40	2700	0.182	185		2600	0.182	202		2700	0.189	172		2600	0.189	187						
20	SCH80	2700	0.182	177		2700	0.182	184		2800	0.189	165		2700	0.189	171						
20	SCH160	2800	0.182	175		2700	0.182	179		2800	0.189	162		2800	0.189	166						
25	SCH20S	3100	0.182	171		2900	0.182	193		3200	0.189	159		3000	0.190	179						
25	SCH40	3200	0.182	168		3000	0.182	180		3200	0.190	157		3100	0.190	167						
25	SCH80	3200	0.183	163		3100	0.182	171		3300	0.189	151		3200	0.189	158						
32	SCH20S	3500	0.182	173		3300	0.183	190		3600	0.189	160		3400	0.189	177						
40	SCH20S	3800	0.182	169		3600	0.183	189		3900	0.190	157		3700	0.189	175						
40	SCH40	3900	0.183	162		3700	0.183	179		4000	0.190	150		3800	0.190	166						

例) JN 前 A 追

第2-5表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m						EL. 55.39m ~ 30.03m																
		気			液			気			液			気			液							
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力 (MPa)				
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss				
40	SCH80	4000	0.183	155		3800	0.183	167		4000	0.190	144		3900	0.190	155								
50	SCH20S	4400	0.183	158		4100	0.183	181		4500	0.190	146		4200	0.190	168								
50	SCH40	4500	0.183	155		4200	0.183	176		4500	0.190	143		4300	0.190	163								
65	SCH20S	4900	0.166	139		4400	0.167	167		5000	0.173	129		4500	0.173	155								
80	SCH20S	5400	0.167	135		4800	0.168	165		5500	0.173	125		4900	0.174	153								
80	SCH40	5500	0.167	130		5000	0.168	153		5600	0.173	120		5100	0.174	142								
100	SCH20S	6200	0.168	134		5400	0.169	174		6300	0.174	124		5500	0.175	162								
125	SCH20S	6800	0.170	136		6000	0.172	179		7000	0.176	127		6100	0.178	163								
150	SCH20S	7500	0.169	133		6400	0.172	184		7700	0.176	124		6600	0.178	168								
200	SCH10S	8600	0.169	141		6600	0.157	194		8700	0.175	130		6300	0.144	160								
200	SCH20S	8900	0.169	127		7500	0.172	179		9000	0.175	118		7600	0.178	163								
250	SCH10S	9600	0.168	141		6700	0.141	186		9800	0.175	131		6600	0.137	161								
250	SCH20S	9900	0.169	127		8100	0.172	190		10100	0.175	118		8300	0.178	173								
300	SCH20S	10900	0.168	128		8600	0.172	201		11100	0.175	119		7800	0.141	146								
350	SCH20S	11700	0.169	123		9300	0.172	192		11900	0.175	115		9500	0.178	175								
350	SCH40	11800	0.169	119		9800	0.172	171		12000	0.175	110		10000	0.178	156								
400	SCH20S	12500	0.168	124		9800	0.172	201		12700	0.175	116		8700	0.137	140								
450	SCH20S	13300	0.168	126		9600	0.153	184		13500	0.175	118		8800	0.130	137								
500	SCH40	14300	0.169	115		11700	0.172	171		14600	0.175	107		12000	0.178	156								
以下余白																								

例) JN 前 A 追

第2-6表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数0.5%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m						EL. 55.39m ~ 30.03m																		
		気		体		液		気		体		液		気		体		液		体						
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss		Ss
6	SCH80	2000	0.182	167		1900	0.182	173		1900	0.171	136		1900	0.171	141										
8	SCH20S	2400	0.181	155		2300	0.182	168		2300	0.172	127		2200	0.171	137										
8	SCH40	2400	0.182	158		2300	0.182	169		2400	0.188	143		2300	0.189	152										
8	SCH80	2300	0.181	165		2200	0.182	173		2200	0.171	135		2200	0.171	139										
10	SCH20S	2700	0.182	152		2500	0.182	170		2600	0.172	125		2500	0.171	138										
10	SCH80	2600	0.181	161		2500	0.182	174		2700	0.189	146		2600	0.189	157										
15	SCH20S	3000	0.182	152		2900	0.182	170		3100	0.189	138		2900	0.189	154										
15	SCH40	3000	0.182	153		2900	0.182	169		3100	0.189	139		2900	0.189	152										
15	SCH80	2900	0.182	159		2900	0.182	169		3000	0.189	144		2900	0.189	153										
15	SCH160	2900	0.182	166		2800	0.182	173		2900	0.189	150		2900	0.189	156										
20	SCH20S	3400	0.182	149		3200	0.182	173		3500	0.189	135		3200	0.189	156										
20	SCH40	3400	0.182	151		3100	0.182	177		3500	0.189	137		3200	0.189	160										
20	SCH80	3400	0.182	155		3200	0.182	169		3400	0.189	141		3300	0.189	152										
20	SCH160	3300	0.182	165		3200	0.182	172		3300	0.189	149		3200	0.189	156										
25	SCH20S	3900	0.182	148		3500	0.182	182		3900	0.189	134		3600	0.189	164										
25	SCH40	3800	0.182	151		3600	0.182	172		3900	0.189	136		3600	0.189	156										
25	SCH80	3800	0.182	154		3600	0.182	169		3800	0.189	139		3700	0.189	153										
32	SCH20S	4400	0.182	147		3900	0.182	179		4400	0.189	134		4000	0.189	162										
40	SCH20S	4700	0.182	148		4200	0.182	184		4800	0.189	134		4200	0.189	167										
40	SCH40	4600	0.182	149		4200	0.183	178		4700	0.189	135		4300	0.189	161										

例) JN前A追

第2-6表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼、保温材無し、減衰定数0.5%） 許容応力 Ss : 326 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高 内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m						EL. 55.39m ~ 30.03m															
		気			液			気			液			気			液						
		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)			
				Ss				Ss				Ss				Ss				Ss			
40	SCH80	4600	0.182	153		4300	0.182	173		4700	0.190	137		4400	0.190	156							
50	SCH20S	5200	0.182	148		4600	0.183	187		5300	0.189	133		4700	0.190	170							
50	SCH40	5200	0.183	149		4700	0.183	185		5300	0.189	135		4800	0.190	167							
65	SCH20S	5600	0.166	135		4800	0.166	182		5700	0.172	122		4900	0.173	164							
80	SCH20S	6100	0.166	135		5200	0.167	184		6200	0.173	123		5300	0.173	167							
80	SCH40	6100	0.167	138		5400	0.168	173		6200	0.173	124		5500	0.174	157							
100	SCH20S	7000	0.167	137		5800	0.168	200		7100	0.173	125		5900	0.175	181							
125	SCH20S	7700	0.168	140		6400	0.171	203		7800	0.175	127		6500	0.177	183							
150	SCH20S	8400	0.168	140		6800	0.171	213		8500	0.174	127		6900	0.177	192							
200	SCH10S	9700	0.168	144		6700	0.148	220		9800	0.174	131		6300	0.132	168							
200	SCH20S	9600	0.168	140		7800	0.171	213		9800	0.174	127		7700	0.166	181							
250	SCH10S	10800	0.167	146		6800	0.135	217		11000	0.174	134		6700	0.131	180							
250	SCH20S	10700	0.168	141		8400	0.171	229		10900	0.174	128		7800	0.148	173							
300	SCH20S	11700	0.168	143		8700	0.163	233		11900	0.174	131		7900	0.136	167							
350	SCH20S	12400	0.168	142		9500	0.172	235		12600	0.174	129		8700	0.143	169							
350	SCH40	12300	0.168	140		10000	0.171	211		12600	0.175	128		10000	0.169	181							
400	SCH20S	13300	0.168	143		9600	0.158	228		13500	0.174	131		8800	0.135	166							
450	SCH20S	14100	0.168	144		9700	0.150	227		14300	0.174	132		8900	0.128	165							
500	SCH40	14800	0.168	140		11900	0.172	213		15000	0.175	127		11900	0.170	185							
以下余白																							

例) JN前A追

第2-9表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（炭素鋼、保温材有り、減衰定数1.0%） 許容応力 S_s : 309 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	標高	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 30.03m													
		気 体				液 体				気 体				液 体									
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)			
				S_s				S_s				S_s				S_s							
15	SCH40	2300	0.182	200		2300	0.182	207		2300	0.189	185		2300	0.189	192							
15	SCH80	2300	0.182	192		2300	0.182	197		2400	0.189	179		2400	0.189	184							
20	SCH80	2700	0.182	177		2700	0.182	185		2800	0.189	165		2700	0.189	171							
40	SCH80	4000	0.183	156		3800	0.183	168		4100	0.190	144		3900	0.190	155							
50	SCH40	4500	0.183	155		4200	0.183	176		4600	0.190	144		4300	0.190	163							
50	SCH80	4600	0.183	147		4400	0.184	163		4700	0.190	137		4400	0.191	151							
65	SCH40	5000	0.167	130		4700	0.167	151		5100	0.173	121		4800	0.173	140							
80	SCH40	5500	0.167	130		5100	0.168	153		5600	0.174	120		5200	0.174	142							
100	SCH40	6400	0.169	128		5700	0.170	157		6500	0.175	118		5800	0.176	145							
125	SCH40	7000	0.170	130		6300	0.172	164		7100	0.176	121		6400	0.178	150							
150	SCH40	7700	0.170	127		6800	0.172	165		7900	0.176	118		6900	0.178	151							
200	4.5t	8700	0.169	136		7100	0.172	206		8900	0.175	127		7200	0.179	189							
200	SCH30	8900	0.169	126		7600	0.172	176		9100	0.175	117		7700	0.178	161							
250	6t	9900	0.169	129		8000	0.172	197		10100	0.175	120		8200	0.178	180							
250	SCH30	10100	0.169	123		8400	0.172	179		10300	0.175	115		8600	0.178	163							
300	6t	10900	0.168	130		8600	0.172	208		11100	0.175	122		8700	0.178	190							
400	SCH30	12700	0.169	121		10100	0.172	188		12900	0.175	113		10300	0.178	173							
以下余白																							

例) JN前A追

第2-10表 常設耐震重要重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部最大支持間隔（炭素鋼、保温材無し、減衰定数0.5%） 許容応力 Ss : 309 (MPa)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 69.80m ~ 55.39m								EL. 55.39m ~ 30.03m													
		気 体				液 体				気 体				液 体									
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (S)	一次応力(MPa)			
				Ss				Ss				Ss				Ss							
15	SCH40	3000	0.182	153		2900	0.182	168		3100	0.189	138		2900	0.189	152							
15	SCH80	3000	0.182	159		2900	0.182	170		3000	0.189	144		2900	0.189	153							
20	SCH80	3400	0.182	155		3200	0.182	168		3400	0.189	140		3300	0.189	152							
40	SCH80	4600	0.183	152		4300	0.183	173		4700	0.189	137		4400	0.190	156							
50	SCH40	5300	0.183	149		4700	0.183	185		5400	0.190	135		4800	0.190	167							
50	SCH80	5200	0.183	151		4800	0.183	176		5300	0.190	136		4900	0.190	159							
65	SCH40	5600	0.166	136		5100	0.167	168		5700	0.173	124		5100	0.173	152							
80	SCH40	6100	0.167	138		5400	0.168	173		6200	0.173	124		5500	0.174	157							
100	SCH40	6900	0.168	139		6100	0.169	183		7100	0.174	126		6200	0.175	165							
125	SCH40	7700	0.169	140		6600	0.171	189		7900	0.175	127		6800	0.177	170							
150	SCH40	8400	0.169	140		7100	0.171	194		8600	0.175	127		7300	0.177	175							
200	4.5t	9700	0.168	142		7400	0.171	242		9900	0.174	130		7500	0.178	220							
200	SCH30	9700	0.168	140		7900	0.171	210		9900	0.175	127		8000	0.177	190							
250	6t	10800	0.168	141		8300	0.171	236		11000	0.174	129		8500	0.178	214							
250	SCH30	10800	0.168	141		8600	0.171	216		11000	0.175	128		8800	0.177	195							
300	6t	11800	0.168	144		8800	0.172	252		12000	0.174	131		9000	0.178	229							
400	SCH30	13300	0.168	142		10300	0.172	233		13600	0.174	129		10500	0.178	210							
以下余白																							

例) JN前A追

別紙 2 - 6

主排気筒管理建屋の直管部標準支持 間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数* (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 59.40m~55.30m	—	20

注記 * : 配管系の固有振動数が20Hz以上であり、床応答スペクトルのピークが回避できているため、「—」とする。

IV－1－1－11－1 別紙2－7
主排気筒（基礎）の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

1.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 55.50m~53.00m	-	20

IV－1－1－11－1 別紙2－8
主排気筒（筒身）の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第1.2-1表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第1.2-1表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、地震応力が弾性設計用震動 S_d 又は静的震度に対するものを S_d 、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 139. 22m～55. 50m	—	20

IV-1-2-11-1 別紙2-9
緊急時対策建屋の
直管部標準支持間隔

目 次

1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第 1.1-1 表～第 1.1-4 表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第 1.2-1 表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、1.2-1 表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第 1.2-1 表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第 1.1-1 表～第 1.1-4 表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第 2-1 表～第 2-4 表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 65°C

内部流体比重 : 0.00

【緊急時対策建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	0.00	5.88		26.48	
2	8	20S	0.98	5.88		26.48	
3	8	40	0.00	6.28		26.87	
4	10	20S	0.00	7.55		29.03	
5	10	20S	0.98	7.55		29.03	
6	10	40	0.00	8.53		30.01	
7	15	20S	0.00	11.87		40.60	
8	15	20S	0.98	11.87		40.60	
9	15	40	0.00	13.04		41.78	
10	15	160	22.00	19.71		48.44	
11	20	20S	0.00	15.20		45.50	
12	20	20S	0.98	15.20		45.50	
13	20	40	0.00	17.36		47.66	
14	20	160	22.00	29.42		59.72	
15	25	20S	0.00	22.95		55.21	
16	25	20S	0.98	22.95		55.21	
17	25	40	0.00	25.60		57.86	
18	25	160	22.00	43.44		75.71	
19	32	20S	0.00	29.32		76.00	
20	32	20S	0.98	29.32		76.00	

第 1.1-1 表 配管設計条件（オーステナイト系ステンレス鋼）

最高使用温度：65℃

【緊急時対策建屋】

内部流体比重：0.00

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	32	40	0.00	34.62		81.30	
22	32	160	22.00	57.17		103.95	
23	40	20S	0.00	33.64		82.38	
24	40	20S	0.98	33.64		82.38	
25	40	40	0.00	40.89		89.63	
26	40	160	22.00	72.47		121.60	
27	50	20S	0.00	49.13		101.99	
28	50	20S	0.98	49.13		101.99	
29	50	40	0.00	54.33		107.87	
30	50	160	22.00	110.82		163.77	
31	65	20S	0.00	62.66		131.41	
32	65	20S	0.98	62.66		131.41	
33	65	XXS	22.00	203.98		272.62	
34	80	20S	0.00	83.75		157.89	
35	80	20S	0.98	83.75		157.89	
36	80	XXS	22.00	276.55		350.10	
37	90	20S	0.00	96.01		186.33	
38	90	20S	0.98	96.01		186.33	
39	100	20S	0.00	108.85		198.09	
40	100	20S	0.98	108.85		198.09	

第 1.1-1 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 65°C

内部流体比重 : 0.00

【緊急時対策建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
41	125	20S	0.00	165.73		265.76	
42	125	20S	0.98	165.73		265.76	
43	150	20S	0.00	197.11		322.64	
44	150	20S	0.98	197.11		322.64	
45	200	20S	0.00	335.39		483.47	
46	200	20S	0.98	335.39		483.47	
47	250	20S	0.98	417.76		608.01	
48	300	20S	0.98	499.16		714.90	
49	350	20S	0.98	684.50		917.90	
50	400	20S	0.98	784.53		1078.73	
51	450	20S	0.98	883.58		1206.22	
以下 余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 65°C

【緊急時対策建屋】

内部流体比重 : 1.00

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	20S	0.00	/	6.67	/	27.26
2	8	20S	0.98	/	6.67	/	27.26
3	8	40	0.00	/	6.96	/	27.56
4	10	20S	0.00	/	8.92	/	30.40
5	10	20S	0.98	/	8.92	/	30.40
6	10	40	0.00	/	9.81	/	31.28
7	15	20S	0.00	/	14.02	/	42.76
8	15	20S	0.98	/	14.02	/	42.76
9	15	40	0.00	/	15.10	/	43.84
10	15	160	22.00	/	20.89	/	49.62
11	20	20S	0.00	/	19.02	/	49.33
12	20	20S	0.98	/	19.02	/	49.33
13	20	40	0.00	/	20.89	/	51.19
14	20	160	22.00	/	31.48	/	61.78
15	25	20S	0.00	/	29.03	/	61.29
16	25	20S	0.98	/	29.03	/	61.29
17	25	40	0.00	/	31.38	/	63.65
18	25	160	22.00	/	46.97	/	79.24
19	32	20S	0.00	/	39.72	/	86.40
20	32	20S	0.98	/	39.72	/	86.40

第 1.1-2 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 65°C

内部流体比重 : 1.00

【緊急時対策建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
21	32	40	0.00	/	44.33	/	91.01
22	32	160	22.00	/	64.14	/	110.82
23	40	20S	0.00	/	47.66	/	96.40
24	40	20S	0.98	/	47.66	/	96.40
25	40	40	0.00	/	54.03	/	102.97
26	40	160	22.00	/	81.59	/	130.43
27	50	20S	0.00	/	71.20	/	124.54
28	50	20S	0.98	/	71.20	/	124.54
29	50	40	0.00	/	75.81	/	129.45
30	50	160	22.00	/	125.53	/	178.48
31	65	20S	0.00	/	100.03	/	168.67
32	65	20S	0.98	/	100.03	/	168.67
33	65	XXS	22.00	/	219.67	/	288.32
34	80	20S	0.00	/	135.33	/	208.88
35	80	20S	0.98	/	135.33	/	208.88
36	80	20S	0.98	/	160.83	/	—
37	80	XXS	22.00	/	303.03	/	376.58
38	90	20S	0.00	/	163.77	/	253.99
39	90	20S	0.98	/	163.77	/	253.99
40	100	20S	0.00	/	196.13	/	285.37

第 1.1-2 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 : 65°C

【緊急時対策建屋】

内部流体比重 : 1.00

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
41	100	20S	0.98		196.13		285.37
42	125	20S	0.00		296.16		396.19
43	125	20S	0.98		296.16		396.19
44	150	20S	0.00		383.44		507.98
45	150	20S	0.98		383.44		507.98
46	200	20S	0.00		654.10		802.18
47	200	20S	0.98		654.10		802.18
48	250	20S	0.98		915.94		1108.15
49	300	20S	0.98		1225.83		1441.58
50	350	20S	0.98		1578.87		1814.23
51	400	20S	0.98		1961.33		2245.72
52	450	20S	0.98		2383.02		2706.64
以下 余白							

第 1.1-3 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 65°C

内部流体比重 : 0.00

【緊急時対策建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.98	7.85		28.44	
2	10	80	0.98	10.98		32.46	
3	15	80	0.98	16.18		44.91	
4	20	80	0.98	22.06		52.37	
5	25	80	0.98	32.17		64.43	
6	32	80	0.98	44.82		91.50	
7	40	80	0.98	53.74		102.97	
8	50	80	0.98	73.16		126.51	
9	65	40	0.98	89.44		158.87	
10	80	40	0.98	111.80		185.35	
11	90	40	0.98	132.39		222.61	
12	100	40	0.98	157.89		247.13	
13	125	40	0.98	212.80		312.83	
14	150	40	0.98	271.64		397.17	
15	200	30	0.98	355.00		503.08	
16	250	30	0.98	490.33		680.58	
17	300	30	0.98	630.57		846.31	
18	350	30	0.98	795.32		1029.70	
19	400	30	0.98	912.02		1206.22	
20	450	9.5t	0.98	1029.70		1343.51	

第 1.1-4 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度：65℃

内部流体比重：1.00

【緊急時対策建屋】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	8	80	0.98		8.34		28.93
2	10	80	0.98		11.96		33.44
3	15	80	0.98		17.85		46.58
4	20	80	0.98		25.01		55.31
5	25	80	0.98		37.07		69.33
6	32	80	0.98		53.25		100.03
7	40	80	0.98		65.12		114.74
8	50	80	0.98		92.08		145.14
9	65	40	0.98		123.56		192.21
10	80	40	0.98		158.87		232.42
11	90	40	0.98		195.15		285.37
12	100	40	0.98		238.30		327.54
13	125	40	0.98		336.37		436.40
14	150	40	0.98		447.18		572.71
15	200	30	0.98		669.79		817.87
16	250	30	0.98		978.70		1176.80
17	300	30	0.98		1333.70		1549.45
18	350	30	0.98		1667.13		1902.49
19	400	30	0.98		2069.20		2363.40
20	450	9.5t	0.98		2510.50		2824.32

第 1.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 63.60m~42.30m	5.3Hz	15Hz

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 0.5%）

許容応力 $S_s : 433$ (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S	1500	0.081	/	61	1400	0.079	/	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH20S	1500	0.081	/	63	1400	0.079	/	57	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH40	1500	0.081	/	62	1400	0.079	/	54	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	1800	0.083	/	70	1600	0.079	/	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	1700	0.080	/	61	1600	0.079	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH40	1700	0.081	/	61	1600	0.079	/	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	2000	0.083	/	69	1800	0.080	/	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	2000	0.083	/	71	1800	0.080	/	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH40	2000	0.083	/	70	1800	0.080	/	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH160	1600	0.075	/	67	1600	0.075	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	2300	0.084	/	69	2000	0.079	/	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	2200	0.081	/	64	2000	0.079	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH40	2300	0.084	/	71	2100	0.082	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH160	1800	0.075	/	68	1800	0.075	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	2600	0.084	/	70	2300	0.081	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	2500	0.082	/	68	2300	0.081	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH40	2600	0.085	/	71	2300	0.081	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH160	2000	0.075	/	68	1900	0.074	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH20S	2900	0.084	/	67	2500	0.080	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH20S	2900	0.084	/	71	2500	0.080	/	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

第2-1表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰0.5%）

許容応力 $S_s : 433$ (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体	標高 EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持 間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
32	SCH40	2900	0.084	/	69	2600	0.081	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH160	2100	0.072	/	69	2000	0.072	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH20S	3200	0.085	/	71	2700	0.081	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH20S	3100	0.083	/	70	2700	0.081	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH40	3100	0.084	/	68	2700	0.080	/	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH160	2300	0.073	/	71	2100	0.072	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH20S	3600	0.086	/	71	3000	0.081	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH20S	3400	0.082	/	68	2900	0.079	/	63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH40	3500	0.084	/	68	3000	0.080	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH160	2500	0.072	/	70	2400	0.072	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	4100	0.086	/	71	3300	0.080	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	3900	0.083	/	70	3200	0.079	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	XXS	3000	0.075	/	70	2900	0.075	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	4400	0.086	/	70	3500	0.080	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	4200	0.083	/	69	3500	0.080	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	-	-	/	-	3300	0.079	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	XXS	3300	0.075	/	71	3100	0.074	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90	SCH20S	4700	0.086	/	69	3700	0.080	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90	SCH20S	4500	0.083	/	70	3600	0.078	/	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100	SCH20S	5000	0.086	/	69	3900	0.080	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材無し，減衰 0.5%）

許容応力 $S_s : 433$ (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
100	SCH20S	4800	0.083	/	71	3800	0.079	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
125	SCH20S	5600	0.087	/	71	4300	0.080	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
125	SCH20S	5300	0.083	/	70	4200	0.078	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
150	SCH20S	6100	0.087	/	70	4600	0.080	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
150	SCH20S	5700	0.082	/	70	4400	0.078	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
200	SCH20S	7000	0.087	/	70	5200	0.079	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
200	SCH20S	6600	0.083	/	71	5100	0.078	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
250	SCH20S	7200	0.082	/	69	5400	0.077	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
300	SCH20S	7900	0.082	/	71	5600	0.076	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
350	SCH20S	8300	0.081	/	69	6100	0.077	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
400	SCH20S	8900	0.082	/	71	6200	0.076	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
450	SCH20S	9400	0.081	/	71	6300	0.075	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
以下余白																									

第2-2表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰1.0%）

許容応力 S_s : 433 (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH20S	900	0.075	/	67	900	0.075	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH20S	900	0.075	/	69	900	0.075	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	SCH40	900	0.075	/	65	900	0.075	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	1100	0.076	/	65	1100	0.077	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH20S	1100	0.076	/	67	1100	0.077	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH40	1100	0.076	/	61	1100	0.076	/	63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	1300	0.077	/	65	1300	0.078	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH20S	1300	0.077	/	67	1300	0.078	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH40	1300	0.077	/	62	1300	0.077	/	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH160	1100	0.071	/	64	1100	0.071	/	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	1600	0.079	/	71	1500	0.077	/	63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH20S	1500	0.076	/	60	1500	0.077	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH40	1600	0.078	/	64	1500	0.077	/	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH160	1400	0.073	/	68	1400	0.073	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	1900	0.079	/	64	1800	0.078	/	60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH20S	1900	0.079	/	67	1800	0.078	/	63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH40	1900	0.079	/	60	1900	0.080	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH160	1700	0.074	/	69	1700	0.074	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH20S	2100	0.079	/	64	2000	0.078	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH20S	2100	0.079	/	68	2000	0.078	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

第2-2表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（オーステナイト系ステンレス鋼，保温材有り，減衰1.0%）

許容応力 S_s : 433 (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
32	SCH40	2200	0.080	/	68	2100	0.079	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH160	1700	0.071	/	68	1700	0.071	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH20S	2300	0.079	/	64	2200	0.079	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH20S	2300	0.079	/	68	2100	0.077	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH40	2400	0.080	/	66	2300	0.080	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH160	1900	0.072	/	69	1900	0.072	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH20S	2800	0.082	/	68	2600	0.080	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH20S	2700	0.080	/	65	2500	0.078	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH40	2900	0.083	/	70	2600	0.080	/	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH160	2300	0.073	/	70	2200	0.072	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	3200	0.082	/	69	2900	0.080	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH20S	3100	0.081	/	69	2800	0.079	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	XXS	2900	0.077	/	71	2800	0.076	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	3700	0.085	/	71	3200	0.081	/	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH20S	3500	0.081	/	69	3100	0.079	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	XXS	3200	0.076	/	70	3100	0.075	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90	SCH20S	3900	0.084	/	71	3300	0.079	/	64	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90	SCH20S	3700	0.081	/	69	3300	0.079	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100	SCH20S	4300	0.086	/	71	3600	0.081	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100	SCH20S	4000	0.081	/	68	3500	0.079	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

第 2-3 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰 0.5%）

許容応力 $S_s : 322$ (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径 (A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	1400	0.080	/	69	1400	0.081	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
10	SCH80	1600	0.080	/	71	1500	0.078	/	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
15	SCH80	1800	0.080	/	66	1700	0.078	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
20	SCH80	2100	0.081	/	74	2000	0.081	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
25	SCH80	2400	0.082	/	76	2200	0.079	/	66	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
32	SCH80	2700	0.082	/	73	2500	0.080	/	69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
40	SCH80	2900	0.082	/	73	2700	0.081	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
50	SCH80	3300	0.082	/	74	3000	0.080	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
65	SCH40	3700	0.082	/	74	3300	0.080	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
80	SCH40	4000	0.082	/	73	3500	0.080	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
90	SCH40	4400	0.083	/	76	3700	0.079	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
100	SCH40	4600	0.082	/	74	3900	0.079	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
125	SCH40	5200	0.083	/	76	4300	0.079	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
150	SCH40	5700	0.083	/	76	4600	0.079	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
200	SCH30	6400	0.082	/	75	5000	0.078	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
250	SCH30	7200	0.083	/	76	5500	0.078	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
300	SCH30	7900	0.083	/	76	5900	0.078	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
350	SCH30	8400	0.083	/	76	6300	0.078	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
400	SCH30	8900	0.082	/	76	6500	0.077	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
450	9.5t	9400	0.082	/	76	6700	0.077	/	76	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

第2-4表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材有り，減衰1.0%）

許容応力 $S_s : 322$ (MPa)

【緊急時対策建屋】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	EL. 63.60m~42.30m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
8	SCH80	900	0.075	/	72	900	0.075	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	SCH80	1100	0.076	/	68	1100	0.076	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	SCH80	1300	0.077	/	68	1300	0.077	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	SCH80	1600	0.079	/	72	1500	0.077	/	63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	SCH80	1900	0.079	/	67	1900	0.080	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32	SCH80	2200	0.080	/	74	2100	0.079	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
40	SCH80	2400	0.080	/	71	2300	0.080	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50	SCH80	2900	0.083	/	76	2700	0.081	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
65	SCH40	3200	0.082	/	75	2900	0.079	/	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80	SCH40	3600	0.083	/	75	3200	0.080	/	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90	SCH40	3800	0.082	/	73	3400	0.080	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100	SCH40	4200	0.084	/	74	3700	0.080	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
125	SCH40	4900	0.086	/	75	4200	0.081	/	76	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
150	SCH40	5400	0.086	/	76	4500	0.081	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
200	SCH30	6200	0.086	/	76	4900	0.079	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
250	SCH30	7000	0.086	/	76	5400	0.079	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
300	SCH30	7800	0.086	/	76	5900	0.079	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
350	SCH30	8400	0.087	/	75	6300	0.079	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
400	SCH30	8800	0.086	/	75	6600	0.079	/	76	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
450	9.5t	9400	0.086	/	76	6800	0.078	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

IV-1-1-11-1 別紙2-10
重油貯蔵所の直管部標準支持間隔

目 次

1. 解析条件	1
1.1 配管設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第 1.1-1 表～第 1.1-2 表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第 1.2-1 表に示す階層の区分とする。

配管系の固有振動数については配管系の設計に用いる建屋床応答スペクトルのピークの固有振動数領域より短周期側に避けることを原則とするため、第 1.2-1 表に示すピーク振動数以上となるように設計する。なお、配管系の固有振動数は支持構造物を含めた固有振動数であり、支持構造物の固有振動数は第 1.2-1 表に示す値以上とする。

2. 解析結果

第 1.1-1 表～第 1.1-2 表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第 2-1 表に示す。

なお、一次応力は内圧応力、自重応力及び地震応力の和とし、基準地震動 S_s に対するものを S_s と表している。

第 1.1-1 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 40°C

内部流体比重 : 0.00

【重油貯蔵所】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.00	12.80			
2	20	40	0.00	17.05			
3	25	40	0.00	25.17			
4	32	40	0.00	34.05			
5	40	40	0.00	40.18			
6	50	40	0.00	53.39			
7	65	40	0.00	89.42			
8	80	40	0.00	111.21			
9	100	40	0.00	157.16			
以下 余白							

第 1.1-2 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 : 40°C

内部流体比重 : 0.85

【重油貯蔵所】

番 号	配管仕様		最高使用 圧力 (MPa)	単位長さ当たり重量 (N/m)			
	口径 (A)	板厚 SCH		保温材無し		保温材有り	
				気体	液体	気体	液体
1	15	40	0.39		14.50		
2	20	40	0.39		20.05		
3	25	40	0.39		30.01		
4	32	40	0.39		42.30		
5	40	40	0.39		51.29		
6	50	40	0.39		71.57		
7	65	40	0.39		117.85		
8	80	40	0.39		151.14		
9	100	40	0.39		225.67		
以下 余白							

第 1.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 55.70m~50.15m	18.1Hz	35Hz

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，保温材無し，減衰 0.5%）

許容応力 $S_s : 333$ (MPa)

【重油貯蔵所】

配管 口径(A) 及び板厚	内部流体 支持間隔	標高 EL. 55.70m~50.15m																							
		気体				液体				気体				液体				気体				液体			
		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)		支持間隔 (mm)	固有 周期 (s)	一次応力 (MPa)	
				Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss			Sd	Ss
15	SCH40	1800	0.052	/	58	1800	0.055	/	74	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
20	SCH40	2100	0.055	/	68	2000	0.054	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
25	SCH40	2400	0.055	/	67	2200	0.052	/	61	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
32	SCH40	2700	0.055	/	66	2500	0.053	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
40	SCH40	2900	0.055	/	66	2700	0.054	/	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
50	SCH40	3200	0.054	/	60	3000	0.054	/	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
65	SCH40	3700	0.055	/	62	3400	0.053	/	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
80	SCH40	4000	0.054	/	60	3700	0.054	/	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
100	SCH40	4600	0.055	/	62	4200	0.055	/	76	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
以下余白																									

IV-1-1-11-2
ダクトの耐震支持方針

目 次

	ページ
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 重要度による設計方針	3
4.2 荷重の組合せ	3
4.3 解析条件	4
4.4 ダクト支持点の設計方法	5
4.4.1 標準支持間隔を用いた評価方法	6
4.5 標準支持間隔	7
4.5.1 角ダクトの固有周期	7
4.5.2 丸ダクトの固有周期	8
4.5.3 角ダクトの座屈評価	9
4.5.4 丸ダクトの座屈評価	11
4.6 支持方法	12
4.6.1 直管部	12
4.6.2 曲がり部	14
4.6.3 集中質量部	14
4.6.4 分岐部	14
4.7 ダクトの構造	14
4.8 ダクトの設計において考慮すべき事項	16
5. 支持構造物の設計	16
5.1 支持構造物の構造及び種類	16
5.2 支持架構の設計	20
5.3 支持架構の選定	22
5.4 支持架構の耐震評価結果	25

1. 概要

本方針は、「IV-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」に基づき、再処理施設のダクト、配管収納容器及び矩形構造の漏えい液受皿(以下「ダクト」という。)並びに標準化された支持構造物を用いた設計について、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. 耐震設計の原則

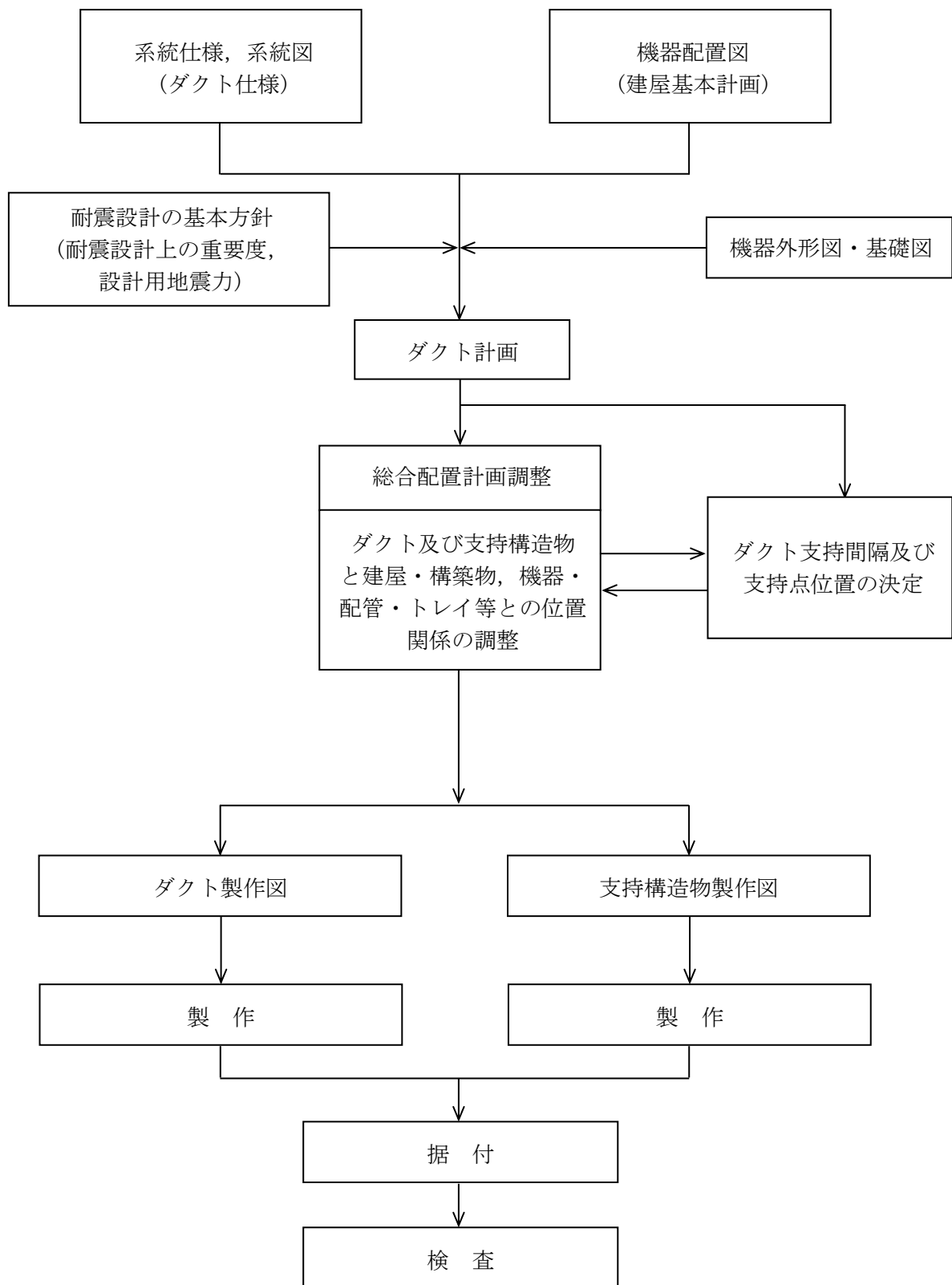
ダクト及びその支持構造物は、耐震設計上の重要度に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

3. ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建屋の形状、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。

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。

ダクト支持構造物の設計、製作、据付までの作業の流れを概念的に第3-1図に示す。



第3-1図 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 重要度による設計方針

ダクトは、耐震設計上の重要度に応じてクラス分類し、第4.1-1表に示す設計方針とする。

第4.1-1表 重要度と設計方針

耐震重要度	設 計 方 針
Sクラス* ¹	地震時の加速度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。
Bクラス* ²	
Cクラス* ²	

注記 *1：常設耐震重要重大事故等対処設備(常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち、Sクラスの施設を含む。)についても適用する。

*2：常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備についても適用する。

4.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、Sクラス及び常設耐震重要重大事故等対処設備については、以下のとおりとする。

(1) Sクラス

$$D + P_D + M_D + S_s \dots\dots\dots (4.2-1)$$

$$D + P_D + M_D + S_d \dots\dots\dots (4.2-2)$$

ここで、

D：死荷重*¹

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により定まる地震力*¹

S_d：弾性設計用地震動S_dにより定まる地震力又は静的地震力*²

注記 *1：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。

*2：ダクトの標準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あたり、評価手法上、ダクト材の降伏点を用いており、基準地震動S_sに対する評価と弾性設計用地震動S_dに対する評価に用いる係数、許容値に差異はないため、発生曲げモーメントの算出に当た

っては、 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。

(2) 常設耐震重要重大事故等対処設備

$$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s \cdots \cdots \cdots (4.2-3)$$

ここで、

P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重

M_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重

4.3 解析条件

(1) 設計用地震力

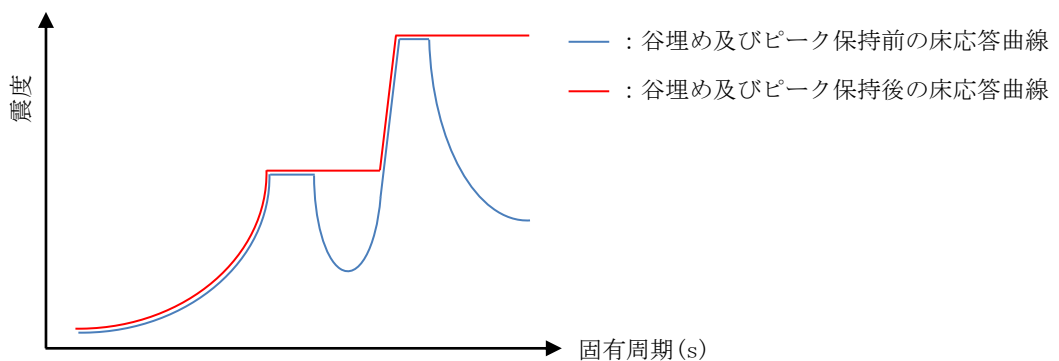
ダクトについては、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行うこととし、設計用床応答曲線、1.2ZPA、静的震度を用いる。

また、設計用床応答曲線は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

減衰定数は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

この際に使用する設計用床応答曲線は、第4.3-1図に示すように安全側に谷埋め及びピーク保持を行う。

なお、ダクトの固有周期は、ダクトの設計に用いる建屋床応答スペクトルの最も大きいピークの固有周期よりも短周期側に避けることを原則とする。



第4.3-1図 床応答曲線の谷埋め及びピーク保持の例

(2) 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとする。階層の区分は、本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故等対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。

(3) ダクト重量

ダクトの重量としては、補強材重量を含めた値とする。さらに、保温材の付くダクトについては、その重量を考慮する。

直管部標準支持間隔を算出するダクトの単位長さ当たり重量を、本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故等対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。

4.4 ダクト支持点の設計方法

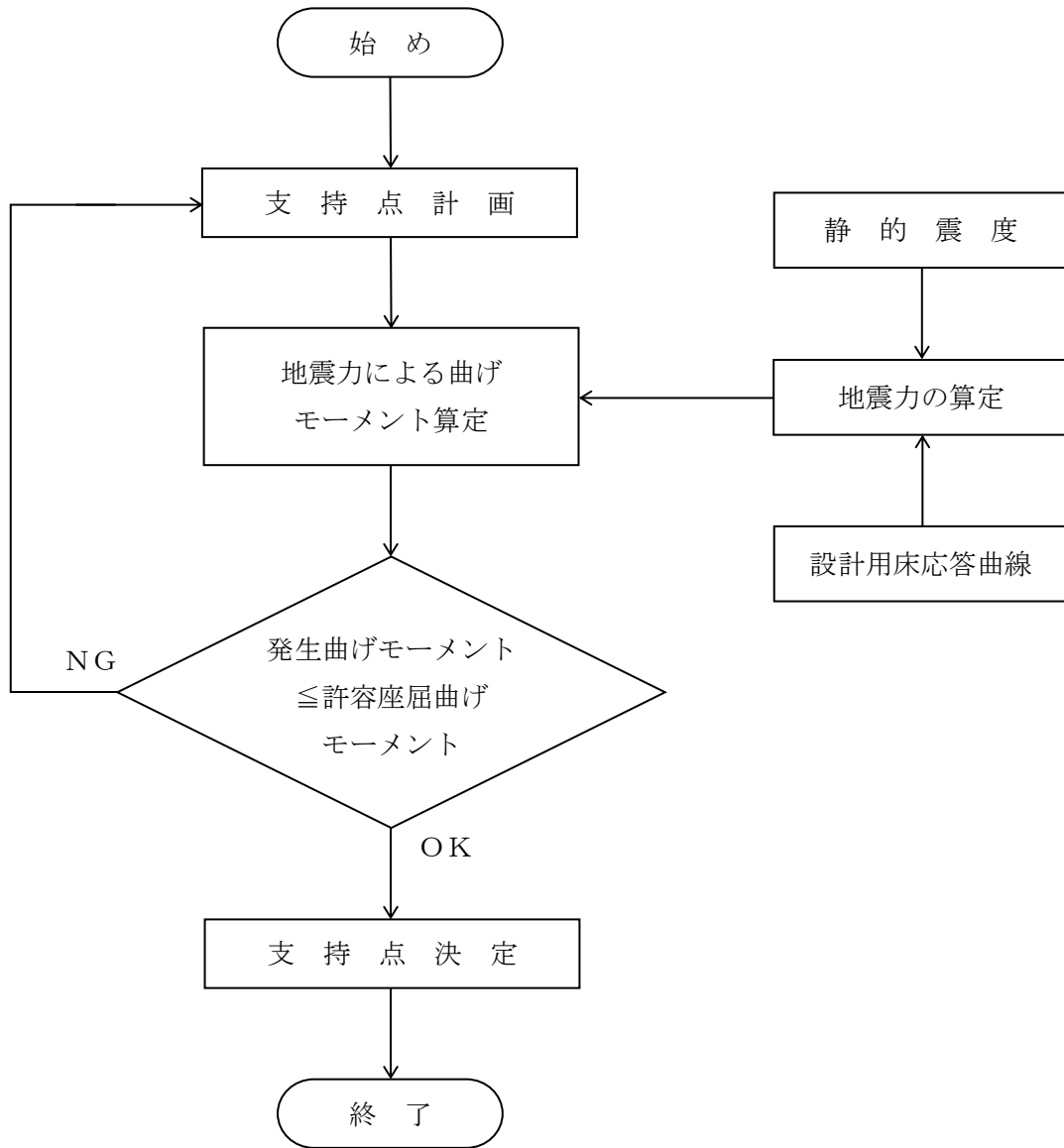
ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有するとともに、許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。

支持間隔の算定は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルである、標準支持間隔を用いた評価方法を適用し、ダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する。

本基本方針では、標準支持間隔法に適用する計算式を「4.5 標準支持間隔」にて示す。

4.4.1 標準支持間隔を用いた評価方法

静的震度，1.2ZPA及び設計用床応答曲線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。支持点決定までの設計手順を，第4.4.1-1図に示す。



第4.4.1-1図 ダクトの支持点設計手順

4.5 標準支持間隔

ダクトの標準支持間隔は、ダクトが薄板構造であることを考慮した剛性評価及び座屈強度に基づき解析コードを用いて定める。

なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、「IV-6 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

4.5.1 角ダクトの固有周期

両端単純支持された角ダクトの固有周期は、次式で与えられる。

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (4.5.1-1)$$

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}} \dots\dots\dots (4.5.1-2)$$

ここで、第4.5.1-1図に示す角ダクトの断面2次モーメントは、

$$I = \left(\frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right) \cdot \beta \dots\dots\dots (4.5.1-3)$$

(4.5.1-2)及び(4.5.1-3)式の出典：電力共通研究「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、

T：固有周期(s)

f：固有振動数(Hz)

π ：円周率(-)

L：標準支持間隔(mm)

E：縦弾性係数(MPa)

I：断面2次モーメント(mm⁴)

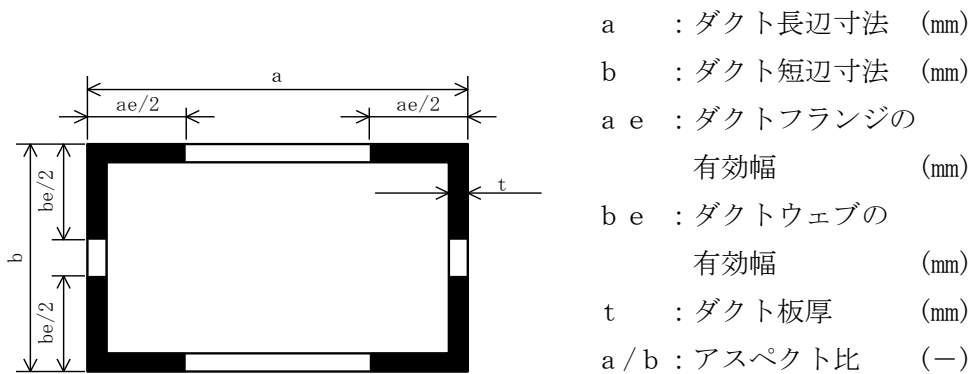
g：重力加速度(mm/s²)

w：ダクト単位長さ当たり重量(N/mm)

β ：断面2次モーメントの安全係数*(-)

(幅厚比 $b/t \leq 600 \dots \beta = 0.75$, $b/t > 600 \dots \beta = 0.6$)

注記 *：出典 電力共通研究「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。



第4.5.1-1図 角ダクトの断面図

4.5.2 丸ダクトの固有周期

両端単純支持された丸ダクトの固有周期は、次式で与えられる。

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (4.5.2-1)$$

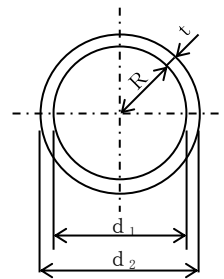
$$f = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}} \dots\dots\dots (4.5.2-2)$$

第4.5.2-1図に示す丸ダクトの断面2次モーメントは、

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^4 - d_1^4) \dots\dots\dots (4.5.2-3)$$

ここで、

- T : 固有周期 (s)
- f : 固有振動数 (Hz)
- π : 円周率 (—)
- L : 標準支持間隔 (mm)
- E : 縦弾性係数 (MPa)
- I : 断面2次モーメント (mm⁴)
- g : 重力加速度 (mm/s²)
- w : ダクト単位長さ当たり重量 (N/mm)

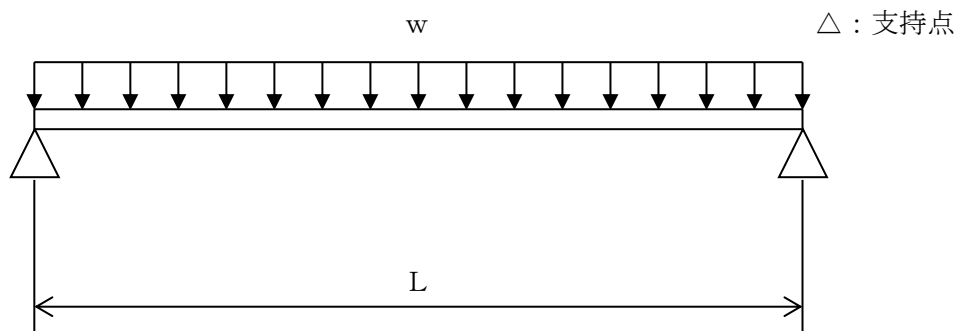


d_1 : ダクト内径寸法 (mm)
 d_2 : ダクト外径寸法 (mm)
 R : ダクト内半径寸法 (mm)
 t : ダクト板厚 (mm)

第4.5.2-1図 丸ダクトの断面図

4.5.3 角ダクトの座屈評価

地震時，両端単純支持された角ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。



L : 直管部標準支持間隔
 w : 単位長さ当たり重量

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot w \cdot L^2}{8} \dots\dots\dots (4.5.3-1)$$

ここで，角ダクトの座屈による大変形を防ぐために角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。

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (4.5.3-2)$$

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。

$$L = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (4.5.3-3)$$

ここで,

$$M = S \cdot M_T \quad \dots\dots\dots (4.5.3-4)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1-\nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots (4.5.3-5)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \dots\dots\dots (4.5.3-6)$$

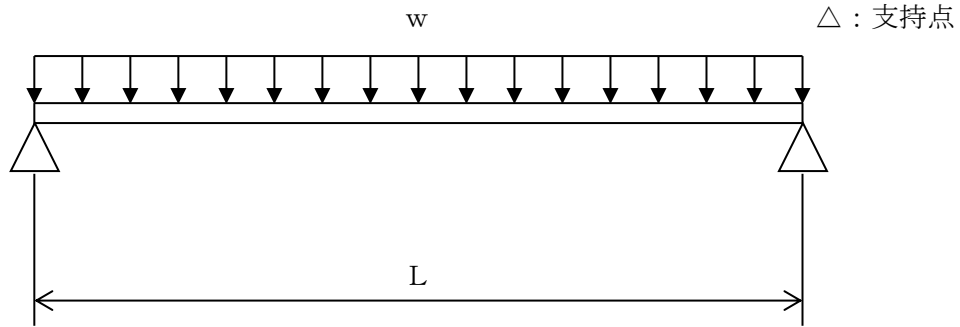
(4.5.3-2)～(4.5.3-6)式の出典：電力共通研究「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究(S60～S61)」

- M_0 : 発生曲げモーメント(N・mm)
- α : 設計震度(－)
- w : ダクト単位長さ当たり重量(N/mm)
- L : 標準支持間隔(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)
- λ : 座屈限界曲げモーメントの補正係数*(－)
- π : 円周率(－)
- t : ダクト板厚(mm)
- I : 断面2次モーメント(mm⁴)
- ν : ポアソン比(=0.3)(－)
- b : ダクト短辺寸法(mm)
- E : 縦弾性係数(MPa)
- σ_y : 降伏点(MPa)
- γ : 座屈限界曲げモーメントの安全係数(=0.6)*(－)
- $a e$: ダクトフランジの有効幅(mm)

注記 * : 出典 電力共通研究「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近似曲線を用いる。

4.5.4 丸ダクトの座屈評価

地震時，両端単純支持された丸ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。



L：直管部標準支持間隔
w：単位長さ当たり重量

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot w \cdot L^2}{8} \dots\dots\dots (4.5.4-1)$$

ここで，丸ダクトの座屈による大変形を防ぐために丸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。

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (4.5.4-2)$$

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。

$$L = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (4.5.4-3)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \dots\dots\dots (4.5.4-4)$$

$$M_T = \frac{\beta \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1 - \nu^2)} \dots\dots\dots (4.5.4-5)$$

M_0 ：発生曲げモーメント(N・mm)
 α ：設計震度(-)
w：ダクト単位長さ当たり重量(N/mm)

- L : 標準支持間隔(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)
- β : 座屈限界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)
- ν : ポアソン比(=0.3)(-)

4.6 支持方法

4.6.1 直管部

直管部は、「4.5 標準支持間隔」で求まる支持間隔以下で支持するものとし、標準支持間隔については、本資料の別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」及び別紙2「重大事故対処施設の直管部標準支持間隔」に示す。

なお、常設耐震重要重大事故等対処設備の標準支持間隔については、温度・圧力の評価条件がSクラス施設に包絡される場合は、別紙1「安全機能を有する施設の直管部標準支持間隔」によることとする。

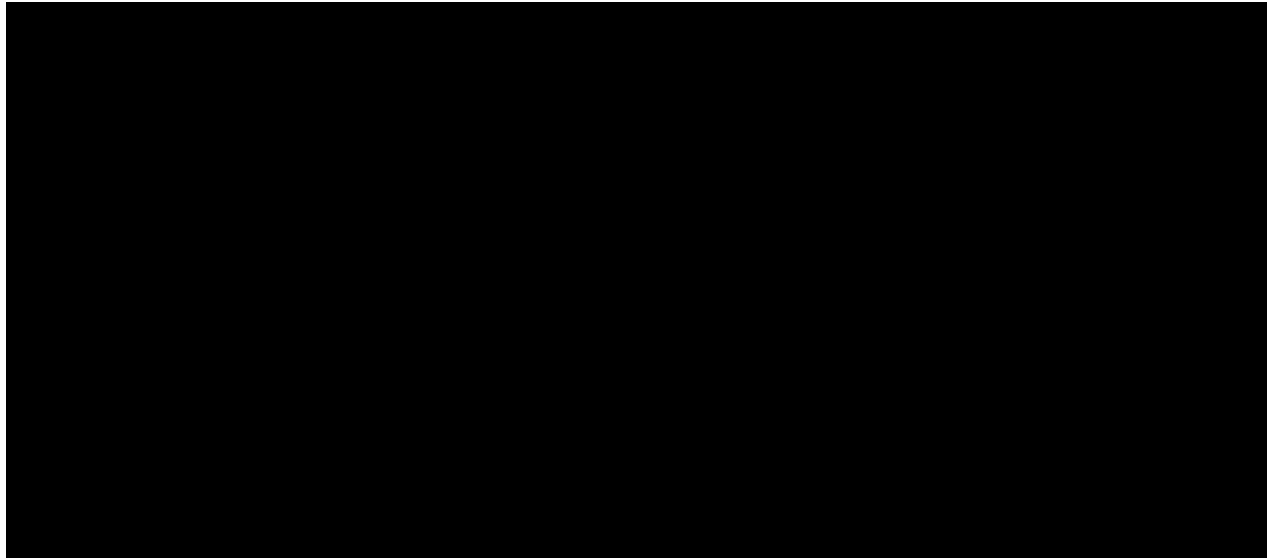
矩形断面の角ダクトの支持間隔については、短辺長さを基準とし、角ダクトの直管部標準支持間隔に第4.6.1-1図に示す支持間隔比を乗じた値を支持間隔とする。

第4.6.1-1図は、基準となる正方形断面の角ダクトに比べて固有振動数が高くなるように、かつ、曲げモーメントが小さくなるように求めた辺長比及び板厚比と支持間隔比との関係を示すものである。

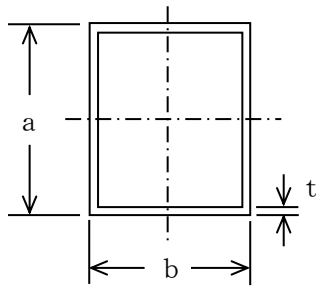
なお、異径・幅のダクトが混在する場合は、直管部標準支持間隔が最も短くなるダクトを選定する。

また、小口径の丸ダクトについて、気密性、施工性の観点から配管と同じ鋼管を用いる場合は、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に基づき設計する。

支持間隔比 $\left(\frac{L}{L_0} \right)$



ダクト辺長比 (a/b)



- a : 矩形断面の角ダクト長辺
- b : 矩形断面の角ダクト短辺
- L : 矩形断面の角ダクトの支持間隔
- L_0 : 矩形断面の角ダクト短辺を基にした角ダクトの直管部標準支持間隔
- t : 矩形断面の角ダクト板厚
- t_0 : 矩形断面の角ダクト短辺を基にした角ダクトの直管部標準支持間隔算出における板厚

第4.6.1-1図 矩形断面の角ダクトの支持間隔

4.6.2 曲がり部

曲がり部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル，解析方法，解析条件，解析結果及び曲がり部の支持方針については，「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す。

4.6.3 集中質量部

ダクトにダンパ等の重量物を取り付く場合は，重量物自体又は近傍を支持するものとする。

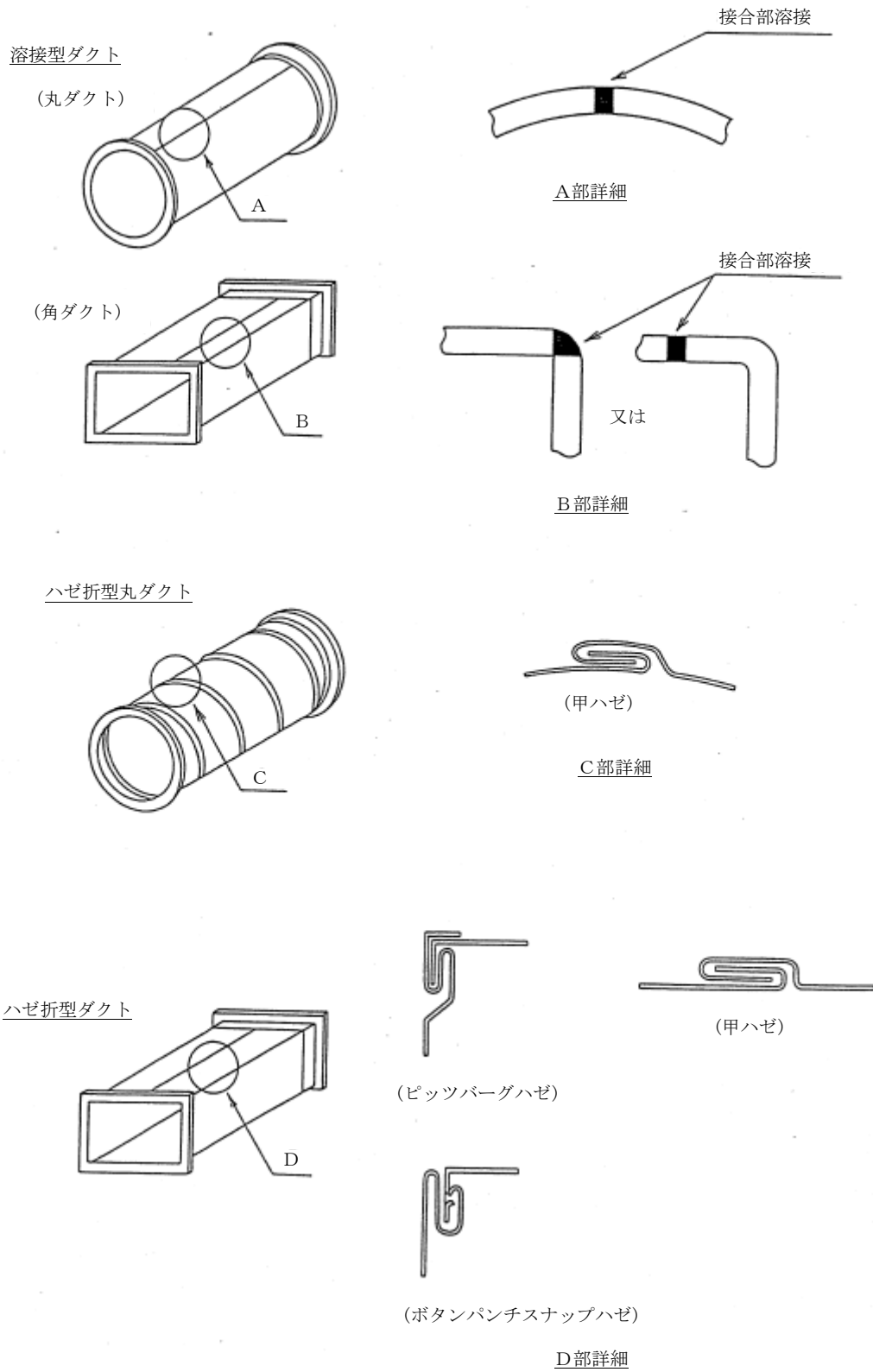
集中質量部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル，解析方法，解析条件，解析結果及び集中質量部の支持方針については，「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す。

4.6.4 分岐部

分岐部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル，解析方法，解析条件，解析結果及び分岐部の支持方針については，「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す。

4.7 ダクトの構造

ダクトは，構造上，溶接型，ハゼ折型に大別され，また断面形状は角及び丸ダクトがある。ダクト構造の例を第4.7-1図に示す。



第4.7-1図 ダクト構造の例

4.8 ダクトの設計において考慮すべき事項

(1) ダンパ

ダンパが設置される場合は、「4.6.3 集中質量部」に基づき前後の支持点を決定する。

ダンパは十分剛であるフレームやフランジで固定されており、フレーム系全体が剛である。また、ダンパの面間はダクトよりも短く、大きな駆動部を有する場合は駆動部に支持点を設け、応答増幅を防ぐことで耐震上十分な構造強度を有する設計とする。

地震時に動的機能維持が要求されるダンパに対しては、駆動部の応答加速度と機能維持確認済加速度の比較による評価を行い、駆動部の機能維持確認済加速度を超える場合は、駆動部を支持する。

(2) 伸縮継手の使用

- a. ダクトが建物・構築物相互間を通過する場合は、相対変位を吸収できるよう、必要に応じて伸縮継手を設ける。
- b. ダクトを他の機器類に接続する場合は、相互作用を吸収できるよう、必要に応じて伸縮継手を設ける。

5. 支持構造物の設計

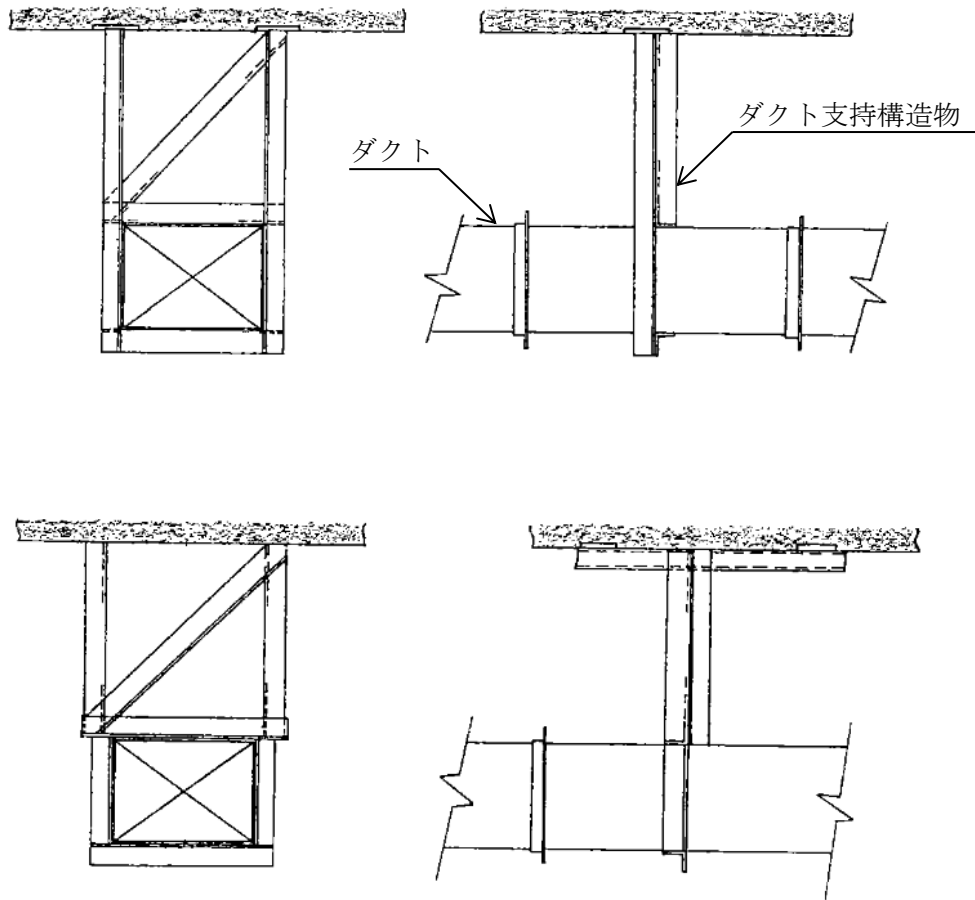
5.1 支持構造物の構造及び種類

(1) 支持構造物は、形鋼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。

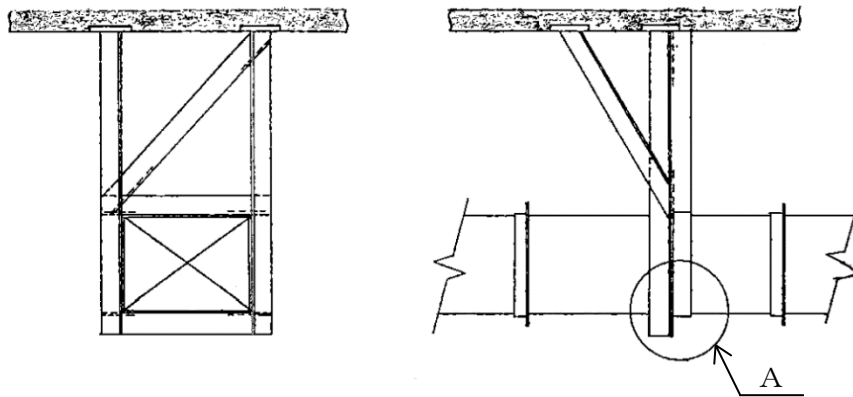
- a. ダクト軸直角の2方向を拘束するもの
- b. ダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの

第5.1-1図～第5.1-4図に支持構造物の代表例を示す。

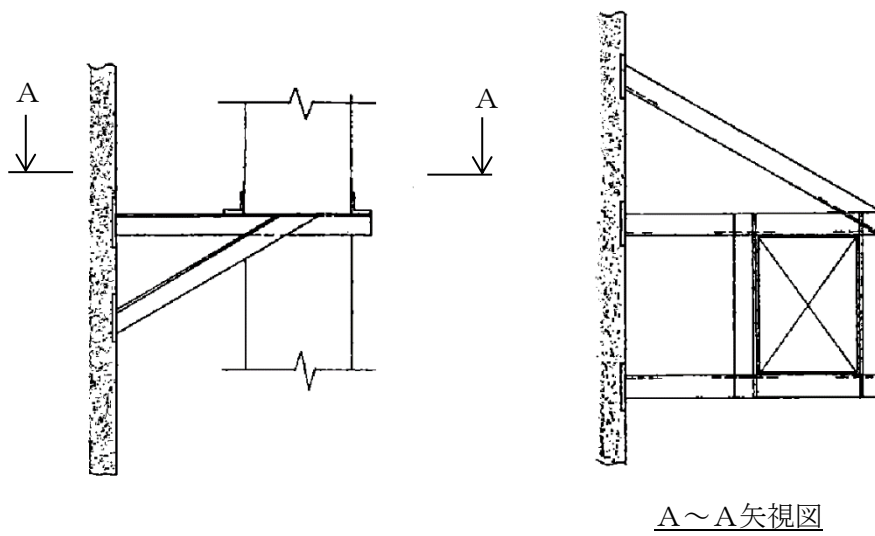
(2) 支持構造物の構造は、ダクトより作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。なお、ダクトの荷重は隣接する支持構造物の距離より定まる荷重の負担割合(ダクト長さ)と地震力から算定する。



第5.1-1図 2方向(軸直角方向)拘束の代表例



第5.1-2図 3方向(軸方向及び軸直角方向)拘束の代表例

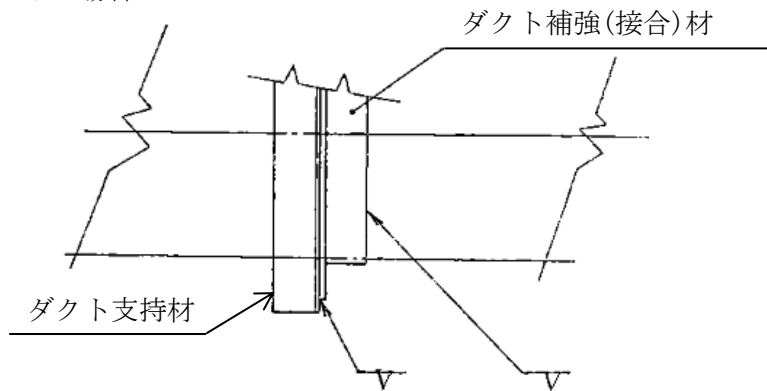


A~A矢視図

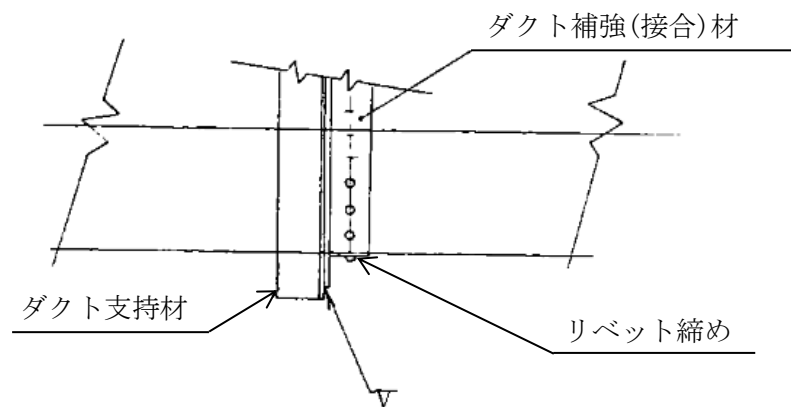
第5.1-3図 垂直ダクトの支持の代表例

第 5.1-2 図における A 部

溶接ダクトの場合



ハゼ折ダクトの場合



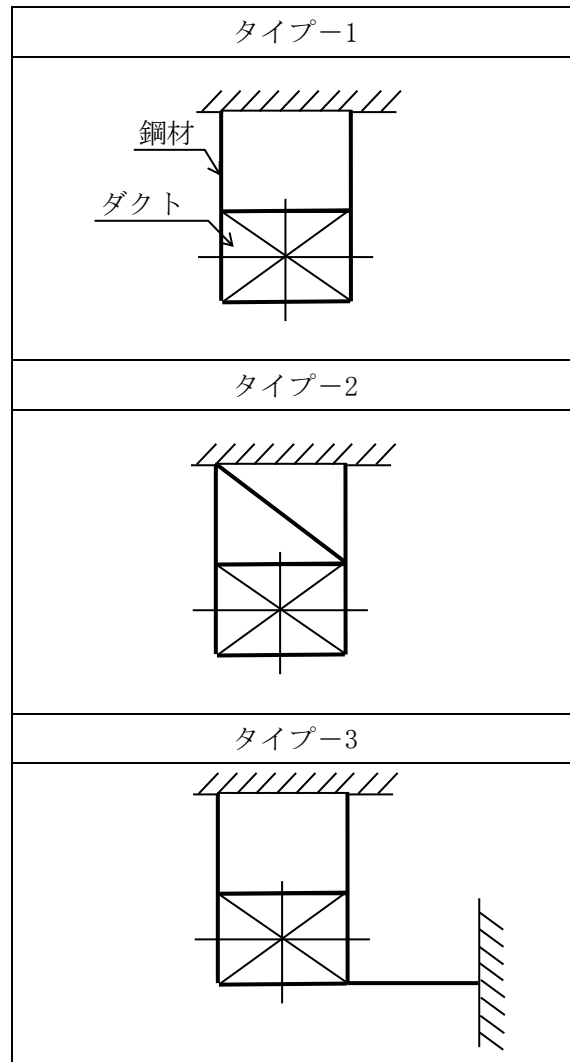
第5.1-4図 ダクトと支持構造物の接合

5.2 支持架構の設計

ダクトの支持架構は、地震時にダクトに発生する荷重を支持する必要がある。支持架構の設計に当たっては、あらかじめ許容し得る設計荷重に対する健全性を型式ごとに確認し、支持点に発生する支持点荷重が設計荷重以下になる支持架構を選定する。これにより支持架構の耐震性が確保できる。

支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の設計原則、設計方法及び、選定方法については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す。

なお、ダクトの支持架構は、非常に物量が多いことから、第5.2-1図に示す基本形状ごとに、鋼材選定の標準化を図って設計に適用する。



第5.2-1図 支持架構の基本形状例

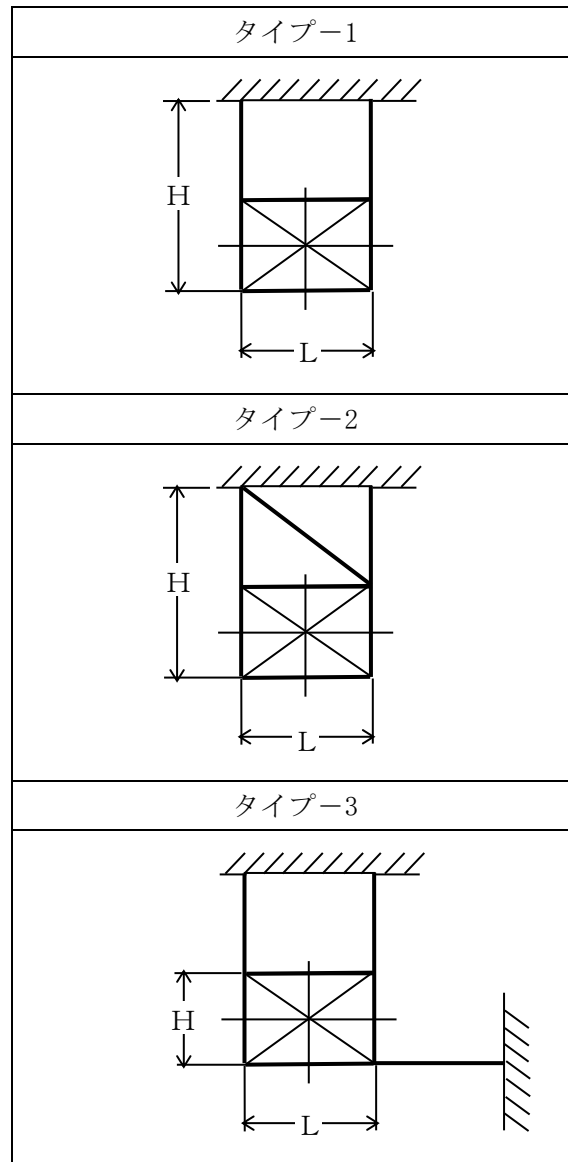
5.3 支持架構の選定

支持架構に用いる標準的な鋼材表を，第5.3-1表に示す。また，基本構造を，第5.3-1図に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが，同等以上の強度を持つほかの鋼材も使用可能とする。

設計荷重としての最大使用荷重を設定するにあたっては，様々な荷重条件の組合せに適用できるように，設計上の配慮として各荷重成分を同値として定めている。

第5.3-1表 支持架構の標準鋼材仕様

鋼材名称	材質	鋼材サイズ
山形鋼	[Redacted]	[Redacted]
溝形鋼		
H形鋼		
角形鋼		



第5.3-1図 基本構造形状図

5.4 支持架構の耐震評価結果

各支持架構について、定められた最大使用荷重に対して十分な耐震性を有することを確認した結果を示す。

なお、支持架構は口径、材質に応じた支持点荷重に対していずれも同等の耐震裕度となるよう設計しており、本項では代表的な型式に対する耐震評価結果を示す。

支持架構における評価結果の纏め表を第5.4-1表に示す。

第5.4-1表 支持架構の評価結果纏め表

種別	評価荷重	荷重の組合せ	設計温度	評価結果の表番
支持架構	最大使用荷重	D + P _d + M _d + S _d D + P _d + M _d + S _s		第5.4-2表(1/12~12/12)

記号の説明

D : 死荷重(自重)

P_d : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重

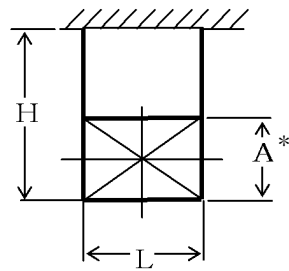
M_d : 当該設備に設計上定められた機械的荷重

S_s : 基準地震動S_sによる地震力

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

第5.4-2表(1/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					21
					37
					85
					166
					101
					149
					34
					58
					133
					159
					139
					197
					94
					156
					163
					101
					177
					98
					168
					172
89					
158					
179					
149					



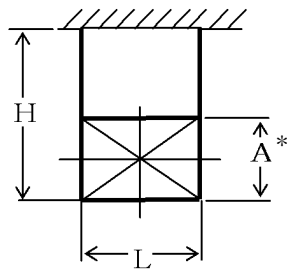
基本形状：タイプ-1
許容値：237MPa

注記 *



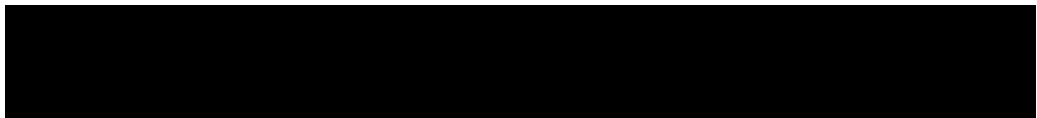
第5.4-2表(2/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					23
					41
					92
					178
					96
					199
					32
					53
					119
					138
					115
					165
					80
					129
					169
					79
					137
					160
					153
					152
73					
128					
143					
119					



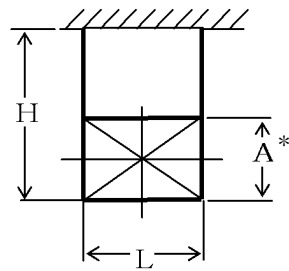
基本形状：タイプ-1
許容値：237MPa

注記 *



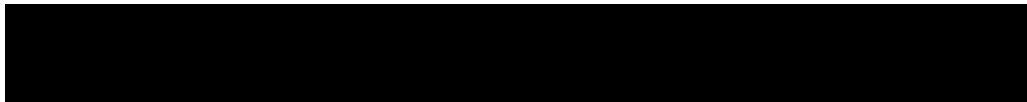
第5.4-2表(3/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					97
					149
					187
					77
					128
					142
					125
					190
					174
					92
					150
					166
					207
					195
					83
					137
					144
					118
					176
					72
116					
121					
108					
157					



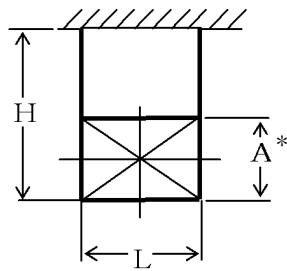
基本形状：タイプ-1
許容値：237MPa

注記 *



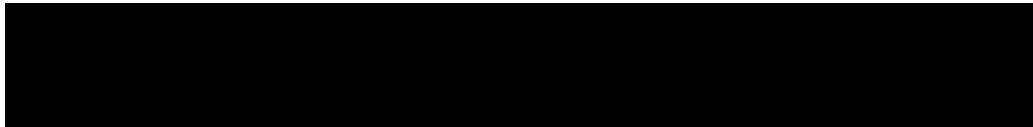
第5.4-2表(4/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					116
					173
					162
					82
					132
					141
					148
					214
					197
					97
					153
					162
					184
					171
					71
					114
					175
					184
					191
					204
99					
157					
157					
129					



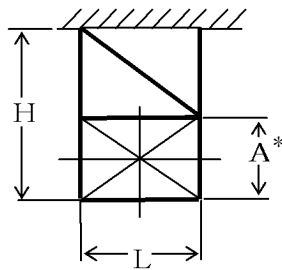
基本形状：タイプ-1
許容値：237MPa

注記 *



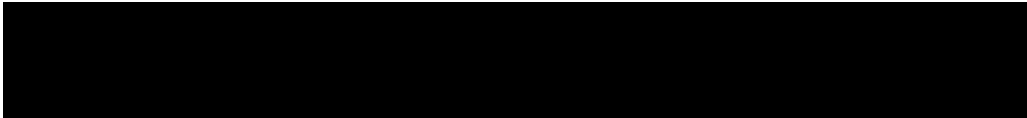
第5.4-2表(5/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					16
					29
					67
					130
					192
					184
					22
					40
					91
					177
					147
					216
					34
					53
					109
					204
					178
					110
					66
					96
187					
148					
117					
171					



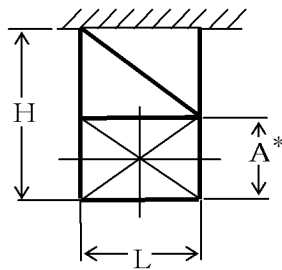
基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

注記 *



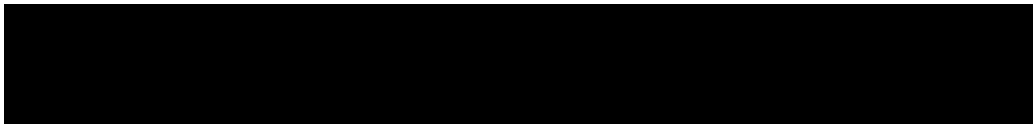
第5.4-2表(6/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					19
					32
					74
					143
					193
					231
					33
					56
					124
					142
					123
					189
					37
					65
					146
					165
					170
					170
					40
					67
146					
163					
171					
114					



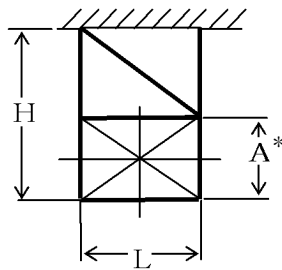
基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

注記 *



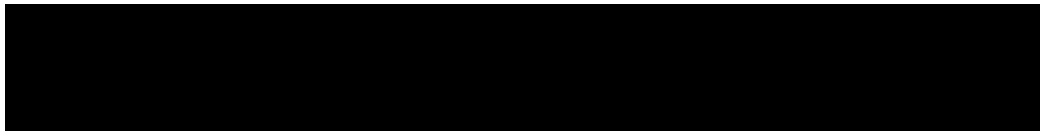
第5.4-2表(7/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					49
					80
					172
					192
					143
					232
					102
					155
					189
					72
					190
					158
					92
					144
					181
					68
					185
					169
					98
					150
185					
80					
193					
161					



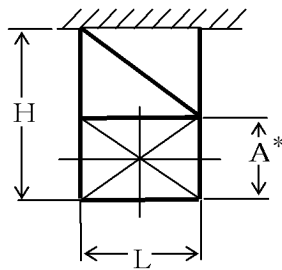
基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

注記 *



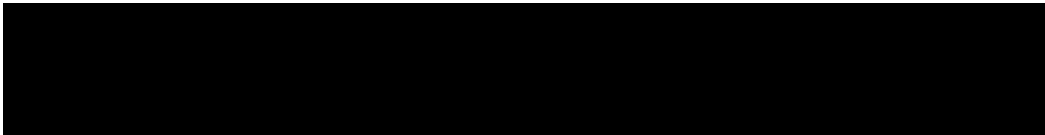
第5.4-2表(8/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					63
					97
					200
					220
					144
					227
					119
					175
					209
					77
					200
					150
					188
					173
					67
					108
					164
					163
					184
					170
236					
107					
163					
170					



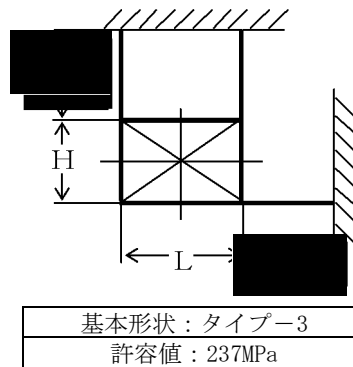
基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

注記 *



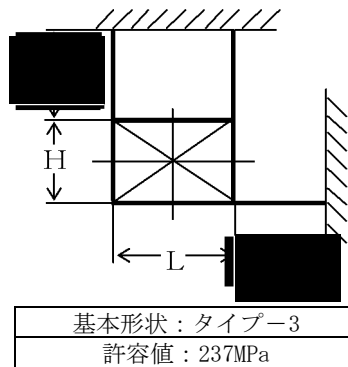
第5.4-2表(9/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					62
					89
					178
					192
					103
					124
					91
					123
					139
					179
					131
					156
					113
					151
					167
					64
					153
					179
					158
					206
171					
78					
180					
113					



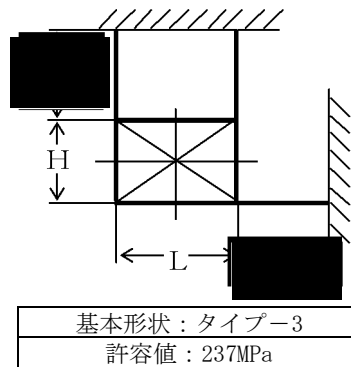
第5.4-2表(10/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					72
					104
					200
					162
					111
					132
					101
					135
					150
					192
					138
					162
					125
					165
					180
					68
					160
					185
					162
					209
178					
82					
118					
116					



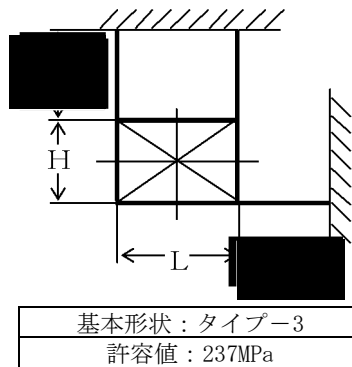
第5.4-2表(11/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					86
					120
					138
					180
					120
					140
					111
					146
					160
					203
					144
					169
					137
					178
					193
					72
					167
					192
					179
					157
193					
88					
124					
120					



第5.4-2表(12/12) 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水平	鉛直		発生応力
					130
					167
					176
					61
					142
					158
					136
					175
					186
					68
					157
					181
					161
					205
					173
					80
					182
					110
					211
					183
68					
98					
137					
129					



IV－1－1－11－2 別紙1
安全機能を有する施設の直管部標準
支持間隔

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 準拠規格	2
3. 計算精度と数値の丸め方.....	2

1. 概要

本資料は、耐震Sクラスのダクトについて、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び「IV-1-1-11-2 ダクトの耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した直管部標準支持間隔の解析結果を施設ごとにまとめたものである。

2. 準拠規格

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

第2-1表 準拠規格

準拠規格名
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-1987・補・1984
「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(2005年版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007*

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

3. 計算精度と数値の丸め方

解析に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また、解析結果において数値を示す際の丸め方を第3-1表に示す。

第3-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
幅・外径	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
単位長さ当たり重量	N/m	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
支持間隔	mm	整数2桁目	切捨て	整数位
モーメント比	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位

別紙 1 - 1

前処理建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-5表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-5表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-5表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1. 1-1 表 ダクト設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	200	3.0		
2	300	3.0		
3	450	3.0		
4	600	3.0		
5	700	3.0		
6	800	3.0		
7	900	3.0		
8	1000	3.0		
9	1000	4.5		
10	1200	3.0		
11	1200	4.5		
12	1500	3.0		
13	1500	4.5		
14	1800	3.0		
15	1800	4.5		
16	2000	3.0		
17	2000	4.5		
18	2200	3.0		
19	2200	4.5		
20	2400	3.0		

第 1. 1-2 表 ダクト設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼, 気密丸ダクト)

【前処理建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	100	3.0		
2	200	3.0		
3	300	3.0		
4	450	3.0		
5	600	3.0		
6	700	3.0		
7	800	3.0		
8	900	3.0		
9	1000	3.0		
10	1200	3.0		
11	1500	3.0		
12	1500	4.5		
13	1800	3.0		
14	1800	4.5		
15	2100	3.0		
16	2100	4.5		
17	2100	6.0		
18	2400	3.0		
19	2400	4.5		
20	2400	6.0		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	200	1.6		
2	200	2.3		
3	300	1.6		
4	300	2.3		
5	450	1.6		
6	450	2.3		
7	600	1.6		
8	600	2.3		
9	700	1.6		
10	700	2.3		
11	700	3.2		
12	800	1.6		
13	800	2.3		
14	800	3.2		
15	900	1.6		
16	900	2.3		
17	900	3.2		
18	1000	1.6		
19	1000	2.3		
20	1000	3.2		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	1200	1.6		
22	1200	2.3		
23	1200	3.2		
24	1500	1.6		
25	1500	3.2		
26	1800	1.6		
27	1800	3.2		
28	2000	1.6		
29	2000	3.2		
30	2000	4.5		
31	2200	1.6		
32	2200	3.2		
33	2200	4.5		
34	2400	1.6		
35	2400	3.2		
36	2400	4.5		
37	2600	1.6		
38	2600	3.2		
39	2600	4.5		
40	2800	1.6		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	2800	3.2	[Redacted]	[Redacted]
42	2800	4.5		
43	3000	1.6		
44	3000	3.2		
45	3000	4.5		
46	3500	1.6		
47	3500	4.5		
48	3500	6.0		
49	4000	2.3		
50	4000	4.5		
51	4000	6.0		
以下余白				

第 1.1-4 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	200	2.3		
2	300	2.3		
3	450	2.3		
4	600	2.3		
5	700	2.3		
6	700	3.2		
7	800	2.3		
8	800	3.2		
9	900	2.3		
10	900	3.2		
11	1000	2.3		
12	1000	3.2		
13	1200	2.3		
14	1200	3.2		
15	1200	4.5		
16	1500	2.3		
17	1500	3.2		
18	1500	4.5		
19	1800	3.2		
20	1800	4.5		

第 1.1-4 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	2000	3.2		
22	2000	4.5		
23	2200	3.2		
24	2200	4.5		
25	2400	3.2		
26	2400	4.5		
27	2600	3.2		
28	2600	4.5		
29	2800	3.2		
30	2800	4.5		
31	3000	3.2		
32	3000	4.5		
33	3500	3.2		
34	3500	4.5		
35	3500	6.0		
36	4000	3.2		
37	4000	4.5		
38	4000	6.0		
以下余白				

第 1.1-5 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	100	1.6		
2	100	2.3		
3	200	1.6		
4	200	2.3		
5	300	1.6		
6	300	2.3		
7	450	1.6		
8	450	2.3		
9	600	1.6		
10	600	2.3		
11	700	1.6		
12	700	2.3		
13	800	1.6		
14	800	2.3		
15	900	1.6		
16	900	2.3		
17	900	3.2		
18	1000	1.6		
19	1000	2.3		
20	1000	3.2		

第 1.1-5 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	1200	1.6		
22	1200	3.2		
23	1500	1.6		
24	1500	3.2		
25	1800	1.6		
26	1800	3.2		
27	1800	4.5		
28	2100	1.6		
29	2100	3.2		
30	2100	4.5		
31	2400	1.6		
32	2400	2.3		
33	2400	4.5		
34	2400	6.0		
35	3000	1.6		
36	3000	2.3		
37	3000	4.5		
38	3000	6.0		
39	3600	2.3		
40	3600	6.0		

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. ■■■ m
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m
3	EL. ■■■ m ~ ■■■ m

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
200×3.0																		
300×3.0																		
450×3.0																		
600×3.0																		
700×3.0																		
800×3.0																		
900×3.0																		
1000×3.0																		
1000×4.5																		
1200×3.0																		
1200×4.5																		
1500×3.0																		
1500×4.5																		
1800×3.0																		
1800×4.5																		
2000×3.0																		
2000×4.5																		
2200×3.0																		
2200×4.5																		
2400×3.0																		

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼, 気密丸ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
100×3.0																		
200×3.0																		
300×3.0																		
450×3.0																		
600×3.0																		
700×3.0																		
800×3.0																		
900×3.0																		
1000×3.0																		
1200×3.0																		
1500×3.0																		
1500×4.5																		
1800×3.0																		
1800×4.5																		
2100×3.0																		
2100×4.5																		
2100×6.0																		
2400×3.0																		
2400×4.5																		
2400×6.0																		

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
200×1.6																		
200×2.3																		
300×1.6																		
300×2.3																		
450×1.6																		
450×2.3																		
600×1.6																		
600×2.3																		
700×1.6																		
700×2.3																		
700×3.2																		
800×1.6																		
800×2.3																		
800×3.2																		
900×1.6																		
900×2.3																		
900×3.2																		
1000×1.6																		
1000×2.3																		
1000×3.2																		

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1200×1.6																		
1200×2.3																		
1200×3.2																		
1500×1.6																		
1500×3.2																		
1800×1.6																		
1800×3.2																		
2000×1.6																		
2000×3.2																		
2000×4.5																		
2200×1.6																		
2200×3.2																		
2200×4.5																		
2400×1.6																		
2400×3.2																		
2400×4.5																		
2600×1.6																		
2600×3.2																		
2600×4.5																		
2800×1.6																		

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
2800×3.2																		
2800×4.5																		
3000×1.6																		
3000×3.2																		
3000×4.5																		
3500×1.6																		
3500×4.5																		
3500×6.0																		
4000×2.3																		
4000×4.5																		
4000×6.0																		
以下余白																		

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
200×2.3																		
300×2.3																		
450×2.3																		
600×2.3																		
700×2.3																		
700×3.2																		
800×2.3																		
800×3.2																		
900×2.3																		
900×3.2																		
1000×2.3																		
1000×3.2																		
1200×2.3																		
1200×3.2																		
1200×4.5																		
1500×2.3																		
1500×3.2																		
1500×4.5																		
1800×3.2																		
1800×4.5																		

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 気密角ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
2000×3.2																		
2000×4.5																		
2200×3.2																		
2200×4.5																		
2400×3.2																		
2400×4.5																		
2600×3.2																		
2600×4.5																		
2800×3.2																		
2800×4.5																		
3000×3.2																		
3000×4.5																		
3500×3.2																		
3500×4.5																		
3500×6.0																		
4000×3.2																		
4000×4.5																		
4000×6.0																		
以下余白																		

第2-5表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m		EL. ■■■ m ~ ■■■ m		EL. ■■■ m ~ ■■■ m	
保温材	無し	有り	無し	有り	無し	有り
口径×板厚 (mm)						
100×1.6						
100×2.3						
200×1.6						
200×2.3						
300×1.6						
300×2.3						
450×1.6						
450×2.3						
600×1.6						
600×2.3						
700×1.6						
700×2.3						
800×1.6						
800×2.3						
900×1.6						
900×2.3						
900×3.2						
1000×1.6						
1000×2.3						
1000×3.2						

第2-5表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋】

標高	EL. ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1200×1.6																		
1200×3.2																		
1500×1.6																		
1500×3.2																		
1800×1.6																		
1800×3.2																		
1800×4.5																		
2100×1.6																		
2100×3.2																		
2100×4.5																		
2400×1.6																		
2400×2.3																		
2400×4.5																		
2400×6.0																		
3000×1.6																		
3000×2.3																		
3000×4.5																		
3000×6.0																		
3600×2.3																		
3600×6.0																		

別紙 1 - 2

分離建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第2.3-1表～第2.3-4表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第2.3-5表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第2.3-1表～第2.3-4表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-6表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	2.3		
2	150	3.2		
3	150	4.5		
4	150	6.0		
5	200	2.3		
6	200	3.2		
7	200	4.5		
8	200	6.0		
9	250	2.3		
10	250	3.2		
11	250	4.5		
12	250	6.0		
13	300	2.3		
14	300	3.2		
15	300	4.5		
16	300	6.0		
17	350	2.3		
18	350	3.2		
19	350	4.5		
20	350	6.0		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	400	2.3		
22	400	3.2		
23	400	4.5		
24	400	6.0		
25	450	3.2		
26	450	4.5		
27	450	6.0		
28	500	3.2		
29	500	4.5		
30	500	6.0		
31	550	3.2		
32	550	4.5		
33	550	6.0		
34	580	3.2		
35	580	4.5		
36	580	6.0		
37	600	3.2		
38	600	4.5		
39	600	6.0		
40	640	3.2		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	640	4.5		
42	640	6.0		
43	650	3.2		
44	650	4.5		
45	650	6.0		
46	680	3.2		
47	700	3.2		
48	700	4.5		
49	700	6.0		
50	750	3.2		
51	750	4.5		
52	750	6.0		
53	800	3.2		
54	800	4.5		
55	800	6.0		
56	850	3.2		
57	850	4.5		
58	850	6.0		
59	900	3.2		
60	900	4.5		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
61	900	6.0		
62	950	3.2		
63	950	4.5		
64	950	6.0		
65	1000	3.2		
66	1000	4.5		
67	1000	6.0		
68	1050	3.2		
69	1050	4.5		
70	1050	6.0		
71	1100	3.2		
72	1100	4.5		
73	1100	6.0		
74	1150	3.2		
75	1150	4.5		
76	1150	6.0		
77	1200	3.2		
78	1200	4.5		
79	1200	6.0		
80	1250	3.2		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
81	1250	4.5		
82	1250	6.0		
83	1300	3.2		
84	1300	4.5		
85	1300	6.0		
86	1400	3.2		
87	1400	4.5		
88	1400	6.0		
89	1465	3.2		
90	1465	4.5		
91	1465	6.0		
92	1500	3.2		
93	1500	3.2		
94	1500	4.5		
95	1500	6.0		
96	1600	3.2		
97	1600	4.5		
98	1600	6.0		
99	1700	3.2		
100	1700	4.5		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
101	1700	6.0		
102	1800	3.2		
103	1800	4.5		
104	1800	6.0		
105	1900	3.2		
106	1900	4.5		
107	1900	6.0		
108	2000	3.2		
109	2000	4.5		
110	2000	6.0		
111	2100	3.2		
112	2100	4.5		
113	2100	6.0		
114	2200	3.2		
115	2200	4.5		
116	2200	6.0		
117	2300	3.2		
118	2300	4.5		
119	2300	6.0		
120	2400	3.2		

第 2.3-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【分離建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
121	2400	4.5		
122	2400	6.0		
123	2500	3.2		
124	2500	4.5		
125	2500	6.0		
126	2600	3.2		
127	2600	4.5		
128	2600	6.0		
129	2700	3.2		
130	2700	4.5		
131	2700	6.0		
132	2800	3.2		
133	2800	4.5		
134	2800	6.0		
135	2900	3.2		
136	2900	4.5		
137	2900	6.0		
138	3000	3.2		
139	3000	4.5		
140	3000	6.0		

第 2.3-4 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【分離建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	78.1	5.5		
2	80.7	4.2		
3	126.6	6.6		
4	151.0	7.1		
5	199.9	8.2		
6	200.0	3.2		
7	200.0	8.15		
8	204.7	5.8		
9	250.0	3.2		
10	248.8	9.3		
11	300.0	3.2		
12	300.0	6.0		
13	500.0	3.2		
14	500.0	6.0		
15	700.0	3.2		
16	700.0	6.0		
17	1075.0	3.2		
18	1125.0	3.2		
19	1125.0	4.5		
20	2100.0	4.5		

第2.3-5表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL [REDACTED] m
2	EL [REDACTED] m ~ [REDACTED] m
3	EL [REDACTED] m ~ [REDACTED] m

第2-3表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接角ダクト）

【分離建屋】

標高	EL ■■■■						EL ■■■■～■■■■						EL ■■■■～■■■■					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×2.3																		
150×3.2																		
150×4.5																		
150×6.0																		
200×2.3																		
200×3.2																		
200×4.5																		
200×6.0																		
250×2.3																		
250×3.2																		
250×4.5																		
250×6.0																		
300×2.3																		
300×3.2																		
300×4.5																		
300×6.0																		
350×2.3																		
350×3.2																		
350×4.5																		
350×6.0																		

第2-4表 Sクラス直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接丸ダクト）

【分離建屋】

標高	EL ■■■■						EL ■■■■～■■■■						EL ■■■■～■■■■					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
78.1×5.5																		
80.7×4.2																		
126.6×6.6																		
151.0×7.1																		
199.9×8.2																		
200.0×3.2																		
200.0×8.15																		
204.7×5.8																		
248.8×9.3																		
250.0×3.2																		
300.0×3.2																		
300.0×6.0																		
500.0×3.2																		
500.0×6.0																		
700.0×3.2																		
700.0×6.0																		
1075.0×3.2																		
1125.0×3.2																		
1125.0×4.5																		
2100.0×4.5																		

別紙 1 - 3

精製建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-3表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表、第1.2-2表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-3表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-4表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	3.2		
2	200	3.2		
3	250	3.2		
4	300	3.2		
5	300	4.5		
6	350	3.2		
7	350	4.5		
8	400	3.2		
9	400	4.5		
10	450	3.2		
11	450	4.5		
12	500	3.2		
13	500	4.5		
14	550	3.2		
15	550	4.5		
16	600	3.2		
17	600	4.5		
18	650	4.5		
19	700	4.5		
20	750	4.5		

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	800	4.5		
22	850	4.5		
23	900	4.5		
24	950	4.5		
25	1000	4.5		
26	1050	4.5		
27	1100	4.5		
28	1150	4.5		
29	1200	4.5		
30	1250	4.5		
31	1300	4.5		
32	1350	4.5		
33	1400	4.5		
34	1450	4.5		
35	1500	4.5		
36	1550	4.5		
37	1600	4.5		
38	1650	4.5		
39	1700	4.5		
40	1750	4.5		

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	1800	4.5		
42	1850	4.5		
43	1900	4.5		
44	1950	4.5		
45	2000	4.5		
46	2050	4.5		
47	2100	4.5		
48	2150	4.5		
49	2200	4.5		
50	2250	4.5		
51	2300	4.5		
52	2350	4.5		
53	2400	4.5		
54	2450	4.5		
55	2500	4.5		
56	2550	4.5		
57	2600	4.5		
58	2650	4.5		
59	2700	4.5		
60	2750	4.5		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	0.5		
2	200	0.5		
3	250	0.5		
4	250	0.6		
5	300	0.5		
6	300	0.6		
7	350	0.5		
8	350	0.6		
9	400	0.5		
10	400	0.6		
11	400	0.8		
12	450	0.5		
13	450	0.6		
14	450	0.8		
15	500	0.6		
16	500	0.8		
17	550	0.6		
18	550	0.8		
19	600	0.6		
20	600	0.8		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	650	0.6		
22	650	0.8		
23	700	0.6		
24	700	0.8		
25	750	0.6		
26	750	0.8		
27	750	1.0		
28	800	0.8		
29	800	1.0		
30	850	0.8		
31	850	1.0		
32	900	0.8		
33	900	1.0		
34	950	0.8		
35	950	1.0		
36	1000	0.8		
37	1000	1.0		
38	1050	0.8		
39	1050	1.0		
40	1100	0.8		

第 1.1-3 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【精製建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	1100	1.0		
42	1150	0.8		
43	1150	1.0		
44	1200	0.8		
45	1200	1.0		
46	1250	0.8		
47	1250	1.0		
48	1300	0.8		
49	1300	1.0		
50	1350	0.8		
51	1350	1.0		
52	1400	0.8		
53	1400	1.0		
54	1450	1.0		
55	1500	1.0		
以下余白				

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. ■■■ m ~ ■■■ m
2	EL. ■■■ m ~ ■■■ m
3	EL. ■■■ m ~ ■■■ m

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×3.2																		
200×3.2																		
250×3.2																		
300×3.2																		
300×4.5																		
350×3.2																		
350×4.5																		
400×3.2																		
400×4.5																		
450×3.2																		
450×4.5																		
500×3.2																		
500×4.5																		
550×3.2																		
550×4.5																		
600×3.2																		
600×4.5																		
650×4.5																		
700×4.5																		
750×4.5																		

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
800×4.5																		
850×4.5																		
900×4.5																		
950×4.5																		
1000×4.5																		
1050×4.5																		
1100×4.5																		
1150×4.5																		
1200×4.5																		
1250×4.5																		
1300×4.5																		
1350×4.5																		
1400×4.5																		
1450×4.5																		
1500×4.5																		
1550×4.5																		
1600×4.5																		
1650×4.5																		
1700×4.5																		
1750×4.5																		

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【精製建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1800×4.5																		
1850×4.5																		
1900×4.5																		
1950×4.5																		
2000×4.5																		
2050×4.5																		
2100×4.5																		
2150×4.5																		
2200×4.5																		
2250×4.5																		
2300×4.5																		
2350×4.5																		
2400×4.5																		
2450×4.5																		
2500×4.5																		
2550×4.5																		
2600×4.5																		
2650×4.5																		
2700×4.5																		
2750×4.5																		

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板、角ダクト）

【精製建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×0.5																		
200×0.5																		
250×0.5																		
250×0.6																		
300×0.5																		
300×0.6																		
350×0.5																		
350×0.6																		
400×0.5																		
400×0.6																		
400×0.8																		
450×0.5																		
450×0.6																		
450×0.8																		
500×0.6																		
500×0.8																		
550×0.6																		
550×0.8																		
600×0.6																		
600×0.8																		

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板、角ダクト）

【精製建屋】

標高	EL. ■■■■■m~■■■■■m						EL. ■■■■■m~■■■■■m						EL. ■■■■■m~38.30m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
650×0.6																		
650×0.8																		
700×0.6																		
700×0.8																		
750×0.6																		
750×0.8																		
750×1.0																		
800×0.8																		
800×1.0																		
850×0.8																		
850×1.0																		
900×0.8																		
900×1.0																		
950×0.8																		
950×1.0																		
1000×0.8																		
1000×1.0																		
1050×0.8																		
1050×1.0																		
1100×0.8																		

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板，角ダクト）

【精製建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m						EL. ■■■ m ~ ■■■ m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1100×1.0																		
1150×0.8																		
1150×1.0																		
1200×0.8																		
1200×1.0																		
1250×0.8																		
1250×1.0																		
1300×0.8																		
1300×1.0																		
1350×0.8																		
1350×1.0																		
1400×0.8																		
1400×1.0																		
1450×1.0																		
1500×1.0																		
以下余白																		

第1.2-2表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m
2	EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m
3	EL. ■■■■ m ~ ■■■■ m

別紙 1 - 4

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	3.2		
2	150	4.5		
3	200	3.2		
4	200	4.5		
5	250	3.2		
6	250	4.5		
7	300	3.2		
8	300	4.5		
9	350	3.2		
10	350	4.5		
11	400	3.2		
12	400	4.5		
13	450	3.2		
14	450	4.5		
15	500	3.2		
16	500	4.5		
17	550	3.2		
18	550	4.5		
19	600	3.2		
20	600	4.5		

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	600	6.0		
22	650	4.5		
23	650	6.0		
24	700	4.5		
25	700	6.0		
26	750	4.5		
27	750	6.0		
28	800	4.5		
29	800	6.0		
30	850	4.5		
31	850	6.0		
32	900	4.5		
33	900	6.0		
34	950	4.5		
35	950	6.0		
36	1000	4.5		
37	1000	6.0		
38	1050	4.5		
39	1050	6.0		
40	1100	4.5		

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	1100	6.0		
42	1150	4.5		
43	1150	6.0		
44	1200	4.5		
45	1200	6.0		
46	1250	4.5		
47	1250	6.0		
48	1300	4.5		
49	1300	6.0		
50	1350	4.5		
51	1350	6.0		
52	1400	4.5		
53	1400	6.0		
54	1450	4.5		
55	1450	6.0		
56	1500	4.5		
57	1500	6.0		
58	1550	4.5		
59	1550	6.0		
60	1600	4.5		

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
61	1600	6.0		
62	1650	4.5		
63	1650	6.0		
64	1700	4.5		
65	1700	6.0		
66	1750	4.5		
67	1750	6.0		
68	1800	4.5		
69	1800	6.0		
70	1850	4.5		
71	1850	6.0		
72	1900	4.5		
73	1900	6.0		
74	1950	4.5		
75	1950	6.0		
76	2000	4.5		
77	2000	6.0		
以下余白				

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 70.80m
2	EL. 62.80m
3	EL. 55.30m～39.80m

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

標高	EL. 70. 80m						EL. 62. 80m						EL. 55. 30m~39. 80m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×3.2	7200		0.09	7100		0.09	7200		0.08	7100		0.08	7200		0.07	7100		0.07
150×4.5	7200		0.06	7100		0.07	7200		0.06	7100		0.06	7200		0.05	7100		0.05
200×3.2	8200		0.12	8000		0.12	8200		0.11	8000		0.11	8200		0.09	8000		0.10
200×4.5	8300		0.08	8200		0.09	8300		0.08	8200		0.08	8300		0.07	8200		0.07
250×3.2	8800		0.16	8700		0.16	8800		0.14	8700		0.15	8800		0.12	8700		0.13
250×4.5	9300		0.10	9200		0.11	9300		0.09	9200		0.10	9300		0.08	9200		0.08
300×3.2	9400		0.20	9200		0.20	9400		0.18	9200		0.19	9400		0.16	9200		0.16
300×4.5	9900		0.13	9800		0.13	9900		0.12	9800		0.12	9900		0.10	9800		0.11
350×3.2	10000		0.24	9800		0.25	10000		0.22	9800		0.23	10000		0.19	9800		0.20
350×4.5	10500		0.16	10300		0.16	10500		0.14	10300		0.15	10500		0.13	10300		0.13
400×3.2	10400		0.28	10300		0.30	10400		0.26	10300		0.27	10400		0.22	10300		0.24
400×4.5	10900		0.19	10800		0.19	10900		0.17	10800		0.17	10900		0.15	10800		0.15
450×3.2	10900		0.33	10700		0.34	10900		0.30	10700		0.31	10900		0.26	10700		0.27
450×4.5	11400		0.22	11300		0.23	11400		0.20	11300		0.20	11400		0.17	11300		0.18
500×3.2	11400		0.38	11100		0.39	11400		0.34	11100		0.35	11400		0.30	11100		0.31
500×4.5	11800		0.25	11700		0.26	11800		0.22	11700		0.23	11800		0.20	11700		0.20
550×3.2	11800		0.42	11600		0.43	11800		0.38	11600		0.39	11800		0.33	11600		0.34
550×4.5	12000		0.29	11900		0.30	12000		0.26	11900		0.27	12000		0.23	11900		0.24
600×3.2	11800		0.43	11300		0.41	12200		0.42	11900		0.42	12200		0.37	12000		0.38
600×4.5	12400		0.32	12300		0.33	12400		0.29	12300		0.30	12400		0.26	12300		0.26

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

標高	EL. 70. 80m						EL. 62. 80m						EL. 55. 30m~39. 80m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
600×6.0	13000		0.22	12900		0.23	13000		0.20	12900		0.21	13000		0.18	12900		0.18
650×4.5	12800		0.36	12600		0.36	12800		0.33	12600		0.33	12800		0.28	12600		0.29
650×6.0	13400		0.25	13200		0.25	13400		0.23	13200		0.23	13400		0.20	13200		0.20
700×4.5	13100		0.39	13000		0.40	13100		0.35	13000		0.36	13100		0.31	13000		0.32
700×6.0	13700		0.27	13600		0.28	13700		0.25	13600		0.25	13700		0.21	13600		0.22
750×4.5	13500		0.43	13200		0.42	13500		0.39	13300		0.39	13500		0.34	13300		0.34
750×6.0	14200		0.29	14100		0.30	14200		0.26	14100		0.27	14200		0.23	14100		0.24
800×4.5	13400		0.43	13000		0.42	13800		0.42	13700		0.43	13800		0.36	13700		0.37
800×6.0	14600		0.32	14400		0.32	14600		0.29	14400		0.29	14600		0.25	14400		0.25
850×4.5	13200		0.41	12900		0.41	13900		0.43	13500		0.42	14200		0.39	14000		0.40
850×6.0	14900		0.34	14700		0.34	14900		0.31	14700		0.31	14900		0.27	14700		0.27
900×4.5	13000		0.41	12700		0.41	13700		0.41	13400		0.40	14500		0.42	14300		0.43
900×6.0	15200		0.37	15100		0.37	15200		0.33	15100		0.34	15200		0.29	15100		0.30
950×4.5	12900		0.41	12600		0.39	13500		0.39	13200		0.39	14500		0.43	14200		0.43
950×6.0	15500		0.39	15400		0.40	15500		0.35	15400		0.36	15500		0.31	15400		0.31
1000×4.5	12700		0.35	12400		0.35	13400		0.40	13100		0.40	14400		0.43	14000		0.41
1000×6.0	15700		0.43	15500		0.43	15700		0.38	15500		0.39	15700		0.34	15500		0.34
1050×4.5	12600		0.35	12300		0.35	13300		0.38	13000		0.36	14200		0.39	13900		0.39
1050×6.0	15600		0.42	15400		0.43	16000		0.41	15800		0.41	16000		0.36	15800		0.36
1100×4.5	12500		0.35	12200		0.35	13100		0.34	12800		0.33	14100		0.39	13800		0.39

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

標高	EL. 70. 80m						EL. 62. 80m						EL. 55. 30m~39. 80m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1100×6.0	15500		0.43	15200		0.42	16300		0.43	16000		0.43	16300		0.38	16100		0.38
1150×4.5	12100		0.35	11800		0.35	12700		0.32	12500		0.33	13600		0.37	13300		0.35
1150×6.0	15300		0.41	15100		0.41	16100		0.43	15800		0.42	16500		0.39	16400		0.40
1200×4.5	12000		0.35	11700		0.35	12600		0.32	12400		0.32	13500		0.33	13200		0.33
1200×6.0	15200		0.41	14900		0.41	16000		0.43	15700		0.41	16800		0.42	16700		0.43
1250×4.5	11900		0.35	11700		0.35	12500		0.32	12300		0.32	13400		0.33	13200		0.34
1250×6.0	14700		0.39	14500		0.39	15500		0.40	15200		0.39	16600		0.43	16300		0.43
1300×4.5	11800		0.33	11600		0.32	12400		0.32	12200		0.32	13300		0.33	13100		0.33
1300×6.0	14600		0.37	14400		0.37	15400		0.40	15100		0.40	16500		0.43	16200		0.43
1350×4.5	11700		0.30	11500		0.30	12400		0.32	12100		0.32	13300		0.33	13000		0.33
1350×6.0	14500		0.35	14300		0.35	15300		0.40	15000		0.38	16400		0.41	16100		0.39
1400×4.5	11500		0.29	11300		0.30	12100		0.30	11900		0.30	13000		0.33	12700		0.33
1400×6.0	14400		0.35	14200		0.35	15100		0.36	14900		0.36	16200		0.39	16000		0.39
1450×4.5	11000		0.29	10800		0.29	11600		0.28	11400		0.29	12500		0.33	12200		0.33
1450×6.0	14300		0.35	14000		0.35	15000		0.34	14800		0.34	16100		0.39	15900		0.39
1500×4.5	10900		0.29	10700		0.28	11400		0.28	11200		0.28	12300		0.32	12000		0.31
1500×6.0	14200		0.35	14000		0.35	14900		0.33	14700		0.33	16000		0.39	15800		0.39
1550×4.5	10800		0.27	10700		0.28	11300		0.28	11000		0.28	12100		0.31	11800		0.31
1550×6.0	14100		0.35	13900		0.35	14800		0.32	14600		0.32	15900		0.37	15700		0.37
1600×4.5	10800		0.27	10600		0.26	11100		0.28	11000		0.29	11900		0.31	11700		0.31

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋】

標高	EL. 70. 80m						EL. 62. 80m						EL. 55. 30m~39. 80m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1600×6.0	14000		0.35	13800		0.35	14800		0.32	14500		0.32	15800		0.35	15600		0.35
1650×4.5	10600		0.25	10400		0.25	11100		0.28	11000		0.28	11700		0.31	11500		0.31
1650×6.0	13900		0.35	13700		0.35	14700		0.32	14400		0.32	15700		0.34	15500		0.34
1700×4.5	10500		0.26	10300		0.25	11200		0.29	11000		0.28	11600		0.31	11300		0.31
1700×6.0	13900		0.35	13600		0.34	14600		0.32	14400		0.32	15700		0.34	15400		0.33
1750×4.5	10500		0.26	10400		0.26	11000		0.26	10800		0.26	11500		0.32	11400		0.33
1750×6.0	13800		0.34	13600		0.34	14500		0.32	14300		0.32	15600		0.33	15300		0.33
1800×4.5	10500		0.16	10400		0.16	10900		0.26	10700		0.26	11500		0.31	11400		0.32
1800×6.0	13700		0.32	13500		0.31	14500		0.32	14200		0.32	15500		0.33	15200		0.33
1850×4.5	10600		0.17	10300		0.17	10800		0.26	10700		0.27	11600		0.33	11400		0.31
1850×6.0	13500		0.30	13300		0.30	14200		0.32	14000		0.31	15200		0.33	15000		0.33
1900×4.5	10600		0.17	10500		0.18	10900		0.27	10700		0.17	11500		0.30	11300		0.30
1900×6.0	13300		0.30	13100		0.29	14000		0.30	13800		0.30	15000		0.33	14800		0.33
1950×4.5	10600		0.18	10400		0.18	10900		0.18	10800		0.18	11400		0.29	11200		0.29
1950×6.0	13100		0.29	12900		0.29	13800		0.29	13600		0.29	14800		0.33	14600		0.33
2000×4.5	10500		0.18	10300		0.18	10900		0.18	10700		0.18	11300		0.29	11100		0.29
2000×6.0	13000		0.29	12800		0.29	13700		0.29	13400		0.28	14600		0.33	14400		0.33
以下余白																		

別紙 1 - 5

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵
建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 直管部の支持間隔	2
2.1 解析モデル	2
2.2 解析方法	2
2.3 解析条件	2
2.3.1 配管設計条件	2
2.3.2 階層の区分	2
2.4 解析結果	2

1. 概要

本資料は、ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の全てのダクトのうち耐震Sクラスの支持間隔を、添付書類「IV-1-1-11-2 ダクトの耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した結果をまとめたものである。

2. 直管部の支持間隔

2.1 解析モデル

ダクトの解析モデルは、両端を支持構造物で支持された両端単純支持はりにモデル化する。

2.2 解析方法

設計用地震力による曲げモーメントを算定するとともに、自重の影響を考慮して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標準支持間隔を算定する。

2.3 解析条件

2.3.1 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第2.3.1-1表～第2.3.1-2表に示す。

2.3.2 階層の区分

解析に当たっては、大きな差のない設計用床応答曲線の床面ごとに支持間隔を求めるものとし、第2.3.2-1表に示す階層の区分とする。

2.4 解析結果

第2.3.1-1表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔及び曲げモーメントの解析結果を第2.4-1表～第2.4-2表に示す。

なお、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和とする。

第 2.3.1-1 表 ダクト設計条件（炭素鋼，気密角ダクト）
 【ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	200	2.3	171	—
2	250	2.3	212	—
3	300	2.3	253	—
4	350	2.3	295	—
5	400	2.3	336	—
6	500	2.3	447	—
7	550	2.3	474	—
8	800	2.3	710	—
9	1100	2.3	1184	—
10	1150	2.3	1237	—
11	1150	3.2	1654	—
12	1200	3.2	1632	—
13	1300	4.5	2449	—
14	1350	4.5	2542	—
15	1400	3.2	1901	—
16	1400	4.5	2841	—
17	1500	3.2	2148	—
18	1500	4.5	2822	—
19	1550	3.2	2216	—
20	1700	3.2	2428	—

第 2.3.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	床面レベル (m)
1	EL. 63.30m～38.30m

第2.4-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 気密角ダクト)

【ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋】

標高	EL. 63.30m~38.30m																	
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
200×2.3	7800	0.142	0.48	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
250×2.3	8400	0.141	0.55	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
300×2.3	9000	0.141	0.63	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
350×2.3	9600	0.143	0.72	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
400×2.3	10000	0.141	0.78	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
500×2.3	9500	0.119	0.69	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
550×2.3	9700	0.116	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
800×2.3	9800	0.102	0.68	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1100×2.3	10000	0.098	0.84	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1150×2.3	10000	0.097	0.83	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1150×3.2	11000	0.099	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1200×3.2	11300	0.099	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1300×4.5	13000	0.105	0.69	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1350×4.5	13100	0.104	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1400×3.2	12400	0.104	0.89	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1400×4.5	12800	0.102	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1500×3.2	12100	0.101	0.86	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1500×4.5	13300	0.102	0.70	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1550×3.2	12100	0.099	0.85	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1700×3.2	12100	0.097	0.84	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

IV-1-1-11-2 別紙1-6
制御建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【制御建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	3.2	189.27	206.93
2	200	3.2	249.09	270.67
3	250	3.2	308.91	334.41
4	300	3.2	368.74	398.15
5	350	3.2	427.57	460.92
6	400	3.2	487.40	525.64
7	450	3.2	547.22	588.40
8	500	3.2	607.04	652.15
9	550	3.2	665.88	715.89
10	600	3.2	725.70	779.63
11	650	3.2	785.52	843.38
12	700	3.2	845.34	907.12
13	750	3.2	904.18	970.86
14	800	3.2	964.00	1034.61
15	850	3.2	1022.84	1098.35
16	900	3.2	1082.66	1162.09
17	950	3.2	1236.62	1319.98
18	1000	3.2	1301.35	1388.63
19	1050	3.2	1365.09	1456.29
20	1100	3.2	1429.81	1524.94

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 角ダクト)

【制御建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	1150	3.2	1643.60	1742.65
22	1200	3.2	1714.21	1817.18
23	1250	3.2	1783.83	1891.71
24	1260	3.2	1798.54	1907.40
25	1300	3.2	1854.44	1966.24
26	1350	3.2	1925.05	2040.77
27	1400	3.2	1995.66	2115.30
28	1450	3.2	2065.29	2189.83
29	1500	3.2	2136.87	2264.36
30	1550	3.2	2341.83	2474.22
31	1600	3.2	2416.36	2552.68
32	1650	3.2	2490.89	2631.13
33	1700	3.2	2565.42	2710.56
34	1750	3.2	2639.96	2788.04
35	1800	3.2	2714.49	2867.47
36	1850	3.2	2788.04	2945.92
37	1900	3.2	2863.55	3024.38
38	1950	3.2	2937.10	3102.83
39	2000	3.2	3012.61	3181.28
以下余白				

第 1.1-2 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【制御建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	0.5	36.29	52.96
2	200	0.5	48.06	68.65
3	250	0.5	58.84	84.34
4	250	0.6	79.44	104.94
5	300	0.5	70.61	100.03
6	300	0.6	95.13	124.55
7	330	0.5	77.48	108.86
8	330	0.6	104.94	136.32
9	350	0.5	81.40	114.74
10	350	0.6	110.82	143.18
11	400	0.5	93.17	130.43
12	400	0.6	125.53	162.80
13	400	0.8	166.72	203.98
14	450	0.5	104.94	146.12
15	450	0.6	141.22	182.41
16	450	0.8	187.31	228.50
17	500	0.6	155.93	202.02
18	500	0.8	206.93	253.02
19	550	0.6	171.62	220.65
20	550	0.8	227.52	276.55

第 1.1-2 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【制御建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	600	0.6	187.31	240.27
22	600	0.8	247.13	301.07
23	650	0.6	202.02	259.88
24	650	0.8	267.73	325.59
25	700	0.6	217.71	279.49
26	700	0.8	287.34	349.12
27	750	0.6	232.42	298.13
28	750	0.8	307.93	373.64
29	750	1.0	428.56	494.26
30	800	0.8	327.55	398.15
31	800	1.0	456.99	526.62
32	850	0.8	348.14	421.69
33	850	1.0	483.47	558.00
34	900	0.8	367.75	446.21
35	900	1.0	511.91	590.37
36	950	0.8	462.88	546.24
37	950	1.0	665.88	748.25
38	1000	0.8	483.47	569.77
39	1000	1.0	693.34	780.61
40	1050	0.8	503.09	594.29

第 1.1-2 表 ダクト設計条件（亜鉛鉄板，角ダクト）

【制御建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	1050	1.0	720.79	812.00
42	1100	0.8	523.68	618.80
43	1100	1.0	749.23	844.36
44	1150	0.8	543.29	642.34
45	1150	1.0	776.69	875.74
46	1200	0.8	563.89	666.86
47	1200	1.0	805.13	908.10
48	1250	0.8	583.50	691.37
49	1250	1.0	831.61	939.48
50	1300	0.8	604.09	715.89
51	1300	1.0	860.05	971.84
52	1350	0.8	623.71	739.43
53	1350	1.0	887.51	1003.23
54	1400	0.8	644.30	763.94
55	1400	1.0	915.95	1035.59
56	1450	1.0	943.40	1066.97
57	1500	1.0	970.86	1099.33
以下余白				

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 72.65m
2	EL. 66.25m~61.25m
3	EL. 54.75m~40.05m

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【制御建屋】

標高	EL. 72.65m						EL. 66.25m~61.25m						EL. 54.75m~40.05m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×3.2	7300	0.184	0.13	7100	0.182	0.13	7300	0.184	0.11	7100	0.182	0.12	7300	0.184	0.08	7100	0.182	0.08
200×3.2	8200	0.181	0.18	8100	0.184	0.19	8200	0.181	0.15	8100	0.184	0.16	8200	0.181	0.10	8100	0.184	0.11
250×3.2	8900	0.184	0.24	8700	0.183	0.25	8900	0.184	0.21	8700	0.183	0.22	8900	0.184	0.14	8700	0.183	0.14
300×3.2	9400	0.181	0.30	9300	0.184	0.31	9400	0.181	0.26	9300	0.184	0.27	9400	0.181	0.17	9300	0.184	0.18
350×3.2	10000	0.184	0.37	9800	0.183	0.38	10000	0.184	0.32	9800	0.183	0.33	10000	0.184	0.21	9800	0.183	0.22
400×3.2	10500	0.184	0.43	10300	0.184	0.45	10500	0.184	0.38	10300	0.184	0.39	10500	0.184	0.25	10300	0.184	0.26
450×3.2	10900	0.182	0.50	10700	0.182	0.52	10900	0.182	0.44	10700	0.182	0.45	10900	0.182	0.29	10700	0.182	0.30
500×3.2	11400	0.184	0.57	11200	0.184	0.60	11400	0.184	0.50	11200	0.184	0.52	11400	0.184	0.33	11200	0.184	0.35
550×3.2	11800	0.183	0.64	11600	0.184	0.67	11800	0.183	0.56	11600	0.184	0.58	11800	0.183	0.37	11600	0.184	0.39
600×3.2	11600	0.185	0.59	11400	0.185	0.62	12200	0.183	0.62	12000	0.184	0.65	12200	0.183	0.42	12000	0.184	0.43
650×3.2	11900	0.183	0.60	11700	0.183	0.62	12600	0.184	0.69	11700	0.183	0.54	12600	0.184	0.46	12400	0.184	0.48
700×3.2	12000	0.176	0.56	11600	0.170	0.56	12300	0.185	0.58	12100	0.185	0.65	13000	0.185	0.50	12700	0.182	0.52
750×3.2	11900	0.163	0.56	11400	0.155	0.55	12600	0.183	0.62	12300	0.181	0.64	13300	0.183	0.54	13100	0.184	0.56
800×3.2	11700	0.150	0.52	11300	0.145	0.50	12500	0.171	0.57	12100	0.166	0.57	13700	0.184	0.59	13400	0.182	0.61
850×3.2	11600	0.140	0.45	11200	0.136	0.42	12400	0.160	0.57	12000	0.156	0.57	14000	0.183	0.63	13800	0.184	0.66
900×3.2	11500	0.132	0.41	11100	0.127	0.41	12300	0.151	0.54	11800	0.144	0.47	14300	0.182	0.67	13400	0.185	0.58
950×3.2	11300	0.127	0.44	11000	0.124	0.44	11700	0.136	0.44	11300	0.131	0.43	13600	0.183	0.62	13400	0.184	0.64
1000×3.2	11400	0.123	0.47	11200	0.123	0.48	11500	0.126	0.43	11300	0.125	0.45	13900	0.184	0.67	13600	0.182	0.69
1050×3.2	11500	0.121	0.49	11100	0.116	0.49	11600	0.123	0.46	11400	0.122	0.46	13700	0.171	0.68	13300	0.167	0.69
1100×3.2	11300	0.112	0.49	11000	0.110	0.50	11800	0.122	0.48	11500	0.120	0.48	13400	0.157	0.68	13000	0.153	0.65

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 角ダクト)

【制御建屋】

標高	EL. 72.65m						EL. 66.25m~61.25m						EL. 54.75m~40.05m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1150×3.2	10900	0.105	0.52	10600	0.103	0.51	11200	0.111	0.49	10800	0.106	0.48	12500	0.138	0.53	12100	0.134	0.51
1200×3.2	10900	0.102	0.51	10600	0.099	0.49	11100	0.105	0.50	10900	0.105	0.50	12300	0.129	0.52	11900	0.125	0.52
1250×3.2	11000	0.100	0.52	10800	0.099	0.53	11100	0.102	0.49	10900	0.101	0.50	12000	0.119	0.52	11700	0.116	0.52
1260×3.2	11000	0.099	0.52	10800	0.098	0.53	11200	0.103	0.52	10900	0.100	0.51	12000	0.118	0.52	11600	0.114	0.51
1300×3.2	11100	0.098	0.55	10800	0.096	0.53	11100	0.098	0.50	11000	0.099	0.52	11800	0.111	0.52	11500	0.109	0.52
1350×3.2	11100	0.095	0.55	10900	0.094	0.56	11300	0.099	0.53	11100	0.098	0.54	11700	0.106	0.52	11500	0.105	0.54
1400×3.2	11100	0.092	0.56	10900	0.092	0.58	11300	0.096	0.54	11100	0.095	0.55	11700	0.102	0.52	11500	0.102	0.54
1450×3.2	11000	0.088	0.56	10700	0.086	0.57	11400	0.094	0.56	11100	0.092	0.56	11800	0.101	0.55	11500	0.099	0.54
1500×3.2	10900	0.084	0.57	10600	0.081	0.57	11400	0.092	0.57	11100	0.089	0.57	11900	0.100	0.57	11700	0.099	0.58
1550×3.2	10500	0.078	0.54	10200	0.075	0.51	11000	0.085	0.57	10700	0.083	0.57	11700	0.097	0.60	11500	0.096	0.61
1600×3.2	10400	0.074	0.51	10100	0.072	0.50	11000	0.083	0.59	10700	0.081	0.59	11800	0.095	0.62	11500	0.093	0.63
1650×3.2	10400	0.072	0.51	10100	0.070	0.51	10900	0.079	0.59	10600	0.077	0.56	11800	0.093	0.64	11500	0.091	0.64
1700×3.2	10400	0.070	0.52	10100	0.068	0.52	10700	0.074	0.52	10500	0.074	0.51	11700	0.089	0.65	11400	0.087	0.65
1750×3.2	10400	0.068	0.54	10200	0.068	0.55	10600	0.071	0.50	10500	0.072	0.52	11500	0.084	0.64	11200	0.082	0.64
1800×3.2	10400	0.067	0.55	10200	0.066	0.56	10600	0.069	0.51	10500	0.070	0.53	11400	0.080	0.65	11100	0.078	0.64
1850×3.2	10400	0.065	0.55	10200	0.064	0.31	10700	0.069	0.53	10500	0.068	0.54	11300	0.077	0.62	11000	0.075	0.59
1900×3.2	10400	0.064	0.32	10100	0.062	0.31	10700	0.067	0.55	10500	0.067	0.56	11200	0.074	0.58	10900	0.072	0.57
1950×3.2	10300	0.061	0.32	10000	0.059	0.32	10700	0.066	0.55	10400	0.064	0.32	11100	0.071	0.57	10900	0.070	0.58
2000×3.2	10200	0.058	0.32	9900	0.057	0.32	10600	0.063	0.32	10400	0.062	0.33	11100	0.069	0.58	10900	0.069	0.59
以下余白																		

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板、角ダクト）

【制御建屋】

標高	EL. 72.65m						EL. 66.25m～61.25m						EL. 54.75m～40.05m					
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×0.5	3500	0.084	0.38	3200	0.085	0.49	3500	0.084	0.35	3200	0.085	0.45	3500	0.084	0.32	3200	0.085	0.41
200×0.5	4000	0.086	0.59	3400	0.076	0.51	4000	0.086	0.54	3600	0.084	0.66	4000	0.086	0.49	3600	0.084	0.61
250×0.5	4000	0.070	0.52	3400	0.065	0.57	4100	0.074	0.49	3500	0.068	0.55	4400	0.085	0.67	3700	0.074	0.59
250×0.6	4300	0.084	0.62	3700	0.072	0.49	4300	0.084	0.57	4000	0.083	0.67	4300	0.084	0.52	4000	0.083	0.61
300×0.5	4600	0.079	0.94	4000	0.071	0.92	4800	0.086	0.92	4100	0.075	0.91	4800	0.086	0.83	4200	0.078	0.97
300×0.6	4200	0.068	0.53	3700	0.063	0.31	4300	0.072	0.49	3900	0.068	0.56	4700	0.086	0.69	4100	0.074	0.59
330×0.5	3900	0.055	0.34	3300	0.053	0.37	3900	0.055	0.33	3500	0.057	0.38	4100	0.059	0.32	3500	0.057	0.35
330×0.6	4200	0.063	0.32	3600	0.056	0.32	4300	0.066	0.52	3800	0.060	0.33	4600	0.075	0.59	4000	0.065	0.32
350×0.5	3900	0.054	0.36	3300	0.053	0.39	3900	0.054	0.34	3400	0.055	0.38	4000	0.056	0.32	3500	0.057	0.36
350×0.6	4100	0.057	0.32	3600	0.053	0.33	4300	0.062	0.32	3700	0.055	0.33	4500	0.068	0.56	3900	0.059	0.32
400×0.5	3700	0.051	0.36	3200	0.051	0.40	3900	0.054	0.37	3300	0.053	0.40	4000	0.056	0.35	3400	0.055	0.38
400×0.6	4100	0.052	0.35	3600	0.050	0.36	4200	0.054	0.34	3800	0.053	0.38	4300	0.057	0.32	3800	0.053	0.34
400×0.8	5000	0.072	0.51	4600	0.067	0.55	5400	0.084	0.69	4700	0.070	0.51	5400	0.084	0.63	5100	0.083	0.63
450×0.5	3600	0.050	0.38	3200	0.052	0.44	3800	0.053	0.39	3200	0.052	0.41	3900	0.055	0.37	3300	0.054	0.40
450×0.6	4000	0.049	0.37	3600	0.050	0.40	4200	0.053	0.38	3700	0.051	0.40	4300	0.056	0.36	3800	0.053	0.37
450×0.8	5000	0.065	0.31	4500	0.058	0.32	5100	0.068	0.52	4700	0.063	0.32	5400	0.076	0.58	4900	0.069	0.56
500×0.6	4000	0.049	0.40	3600	0.050	0.43	4100	0.051	0.39	3600	0.050	0.41	4200	0.053	0.37	3700	0.051	0.39
500×0.8	4800	0.054	0.31	4400	0.050	0.33	5100	0.061	0.33	4500	0.053	0.33	5300	0.066	0.58	4800	0.060	0.33
550×0.6	4000	0.049	0.43	3600	0.050	0.46	4000	0.049	0.40	3600	0.050	0.43	4100	0.051	0.38	3600	0.050	0.39
550×0.8	4900	0.054	0.35	4500	0.051	0.37	4900	0.054	0.33	4600	0.053	0.36	5100	0.058	0.32	4700	0.055	0.34

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板、角ダクト）

【制御建屋】

標高	EL. 72.65m						EL. 66.25m～61.25m						EL. 54.75m～40.05m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
600×0.6	4000	0.050	0.45	3600	0.051	0.48	4000	0.050	0.43	3600	0.051	0.46	4000	0.050	0.39	3600	0.051	0.42
600×0.8	4900	0.052	0.38	4400	0.047	0.39	5000	0.053	0.37	4600	0.051	0.39	5100	0.055	0.35	4700	0.053	0.37
650×0.6	3900	0.049	0.46	3600	0.051	0.52	4000	0.051	0.45	3600	0.051	0.49	4000	0.051	0.41	3600	0.051	0.44
650×0.8	4800	0.048	0.39	4500	0.048	0.43	5000	0.051	0.39	4500	0.048	0.40	5100	0.053	0.37	4600	0.050	0.38
700×0.6	3900	0.050	0.48	3600	0.052	0.54	3900	0.050	0.46	3600	0.052	0.51	3900	0.050	0.42	3600	0.052	0.47
700×0.8	5000	0.050	0.44	4700	0.050	0.48	5000	0.050	0.41	4700	0.050	0.46	5100	0.051	0.39	4700	0.050	0.42
750×0.6	3900	0.051	0.51	3500	0.051	0.54	3900	0.051	0.48	3500	0.051	0.51	3900	0.051	0.44	3500	0.051	0.46
750×0.8	5000	0.050	0.46	4700	0.051	0.51	5000	0.050	0.44	4700	0.051	0.48	5000	0.050	0.40	4700	0.051	0.44
750×1.0	5200	0.048	0.37	4900	0.047	0.38	5500	0.053	0.39	5100	0.050	0.39	5500	0.053	0.36	5200	0.051	0.37
800×0.8	5000	0.050	0.49	4700	0.051	0.54	5000	0.050	0.46	4700	0.051	0.51	5000	0.050	0.42	4700	0.051	0.46
800×1.0	5300	0.048	0.41	5100	0.048	0.44	5300	0.048	0.39	5100	0.048	0.41	5500	0.050	0.38	5100	0.048	0.37
850×0.8	5000	0.051	0.51	4600	0.050	0.54	5000	0.051	0.48	4600	0.050	0.51	5000	0.051	0.44	4600	0.050	0.46
850×1.0	5400	0.047	0.44	5200	0.048	0.47	5400	0.047	0.42	5200	0.048	0.45	5500	0.048	0.40	5200	0.048	0.41
900×0.8	5000	0.051	0.53	4600	0.050	0.56	5000	0.051	0.50	4600	0.050	0.53	5000	0.051	0.46	4600	0.050	0.48
900×1.0	5500	0.047	0.48	5300	0.049	0.52	5500	0.047	0.46	5300	0.049	0.49	5500	0.047	0.41	5300	0.049	0.44
950×0.8	4600	0.051	0.58	4300	0.050	0.60	4600	0.051	0.54	4300	0.050	0.57	4600	0.051	0.49	4300	0.050	0.52
950×1.0	5200	0.049	0.55	5000	0.050	0.58	5200	0.049	0.52	5000	0.050	0.54	5200	0.049	0.48	5000	0.050	0.49
1000×0.8	4600	0.051	0.59	4300	0.050	0.62	4600	0.051	0.56	4300	0.050	0.59	4600	0.051	0.51	4300	0.050	0.53
1000×1.0	5200	0.049	0.57	5000	0.050	0.59	5200	0.049	0.54	5000	0.050	0.56	5200	0.049	0.49	5000	0.050	0.51
1050×0.8	4600	0.051	0.61	4300	0.051	0.64	4600	0.051	0.58	4300	0.051	0.61	4600	0.051	0.52	4300	0.051	0.55

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔（亜鉛鉄板、角ダクト）

【制御建屋】

標高	EL. 72.65m						EL. 66.25m～61.25m						EL. 54.75m～40.05m					
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1050×1.0	5200	0.049	0.59	5000	0.050	0.61	5200	0.049	0.55	5000	0.050	0.58	5200	0.049	0.50	5000	0.050	0.52
1100×0.8	4500	0.050	0.60	4200	0.050	0.63	4500	0.050	0.57	4200	0.050	0.59	4500	0.050	0.51	4200	0.050	0.54
1100×1.0	5200	0.049	0.60	5000	0.050	0.63	5200	0.049	0.57	5000	0.050	0.59	5200	0.049	0.52	5000	0.050	0.54
1150×0.8	4500	0.051	0.62	4200	0.050	0.64	4500	0.051	0.58	4200	0.050	0.61	4500	0.051	0.53	4200	0.050	0.55
1150×1.0	5200	0.050	0.62	5000	0.050	0.65	5200	0.050	0.59	5000	0.050	0.61	5200	0.050	0.53	5000	0.050	0.55
1200×0.8	4500	0.051	0.63	4200	0.051	0.66	4500	0.051	0.60	4200	0.051	0.63	4500	0.051	0.54	4200	0.051	0.57
1200×1.0	5200	0.050	0.64	5000	0.050	0.66	5200	0.050	0.60	5000	0.050	0.63	5200	0.050	0.55	5000	0.050	0.57
1250×0.8	4400	0.050	0.62	4100	0.049	0.65	4400	0.050	0.59	4200	0.051	0.64	4400	0.050	0.53	4100	0.049	0.56
1250×1.0	5100	0.049	0.63	5000	0.051	0.68	5100	0.049	0.59	5000	0.051	0.64	5100	0.049	0.54	5000	0.051	0.58
1300×0.8	4400	0.050	0.64	4100	0.050	0.66	4400	0.050	0.60	4100	0.050	0.63	4400	0.050	0.55	4100	0.050	0.57
1300×1.0	5100	0.049	0.64	4900	0.050	0.67	5100	0.049	0.61	5000	0.051	0.66	5100	0.049	0.55	5000	0.051	0.60
1350×0.8	4400	0.051	0.65	4100	0.050	0.68	4400	0.051	0.61	4100	0.050	0.64	4400	0.051	0.56	4100	0.050	0.58
1350×1.0	5100	0.049	0.66	4900	0.050	0.69	5100	0.049	0.62	5000	0.051	0.67	5100	0.049	0.56	5000	0.051	0.61
1400×0.8	4400	0.051	0.66	4000	0.049	0.66	4400	0.051	0.63	4100	0.051	0.66	4300	0.050	0.55	4100	0.051	0.60
1400×1.0	5100	0.050	0.67	4800	0.049	0.68	5100	0.050	0.63	4900	0.050	0.66	5100	0.050	0.58	4900	0.050	0.60
1450×1.0	5100	0.050	0.68	4700	0.048	0.67	5100	0.050	0.65	4900	0.050	0.68	5100	0.050	0.59	4900	0.050	0.62
1500×1.0	5000	0.049	0.67	4700	0.048	0.68	5100	0.050	0.66	4800	0.050	0.67	5100	0.050	0.60	4900	0.051	0.63
以下余白																		

別紙 1 - 7

高レベル廃液ガラス固化建屋の直管 部標準支持間隔

が固 A

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-3表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-3表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-5表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-3 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【高レベル廃液ガラス固化建屋建屋】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	350	2.3		
2	400	2.3		
3	450	2.3		
4	500	2.3		
5	550	2.3		
6	600	2.3		
7	650	2.3		
8	700	2.3		
9	750	2.3		
10	900	3.2		
11	1100	3.2		
12	1200	3.2		
13	1220	3.2		
14	1300	3.2		
15	1700	3.2		
16	2100	6.0		
以下余白				

例) JN 前 A 追

第1.2 -1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. ■■■■m ~ ■■■■m
2	EL. ■■■■m ~ ■■■■m

第2-3表 Sクラス直管部最大支持間隔 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

標高	EL. ■■■m ~ ■■■m						EL. ■■■m ~ ■■■m											
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
350 × 2.3																		
400 × 2.3																		
450 × 2.3																		
500 × 2.3																		
550 × 2.3																		
600 × 2.3																		
650 × 2.3																		
700 × 2.3																		
750 × 2.3																		
900 × 3.2																		
1100 × 3.2																		
1200 × 3.2																		
1220 × 3.2																		
1300 × 3.2																		
1700 × 3.2																		
2100 × 6.0																		
以下余白																		

例) JN前 A追

第2-5表 Bクラス直管部最大支持間隔（炭素鋼，溶接丸ダクト）

【高レベル廃液ガラス固化建屋】

標高	EL. ■■■ m ~ ■■■ m						E. L. ■■■ m ~ ■■■ m											
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
350 × 2.3																		
400 × 2.3																		
450 × 2.3																		
500 × 2.3																		
550 × 2.3																		
600 × 2.3																		
650 × 2.3																		
700 × 2.3																		
750 × 2.3																		
900 × 3.2																		
1100 × 3.2																		
1200 × 3.2																		
2100 × 6.0																		
以下余白																		

例) JN前 A追

IV-1-1-11-2 別紙1-8
主排気筒（基礎）の直管部標準支持
間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 55.50m～53.00m

IV-1-1-11-2 別紙1-9
前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高
レベル廃液ガラス固化建屋/ウラ
ン・プルトニウム混合脱硝建屋/制
御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備
の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒
管理建屋間洞道の直管部標準支持間
隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-1 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/
冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	600	4.5	952.23	1120.90
2	800	4.5	1268.00	1489.63
3	1000	4.5	1648.50	1924.06
4	1200	4.5	1976.04	2304.56
5	1500	4.5	2653.68	3062.62
6	1800	4.5	3313.67	3804.00
7	2100	4.5	3857.94	4428.68
8	2100	6.0	4860.18	5430.92
9	2400	4.5	4408.09	5060.23
10	2400	6.0	5636.86	6289.00
11	2700	4.5	4955.30	5687.86
12	2700	6.0	6766.59	7498.16
13	3000	4.5	5611.37	6424.34
14	3000	6.0	8058.12	8871.10
15	3500	6.0	9389.87	10336.21
16	4000	6.0	10720.63	11802.30
17	4500	6.0	12874.17	14090.19
18	5000	6.0	14725.67	16075.06
19	5500	6.0	16786.04	18270.77
20	6000	6.0	20800.89	22419.96

第 1.1-2 表 ダクト設計条件 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/
冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

番 号	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	600	4.5	753.15	890.44
2	900	4.5	1124.82	1324.88
3	1200	4.5	1616.14	1878.95
4	1500	4.5	1945.64	2273.18
5	1800	4.5	2331.04	2721.35
6	2100	6.0	3590.21	4044.26
7	2400	6.0	4099.18	4615.99
8	2700	6.0	4608.14	5188.70
9	3000	6.0	5117.11	5760.43
10	3500	6.0	6364.52	7113.74
11	4000	6.0	7266.73	8120.89
12	4500	6.0	8820.10	9780.17
13	5000	6.0	9790.96	10855.96
14	5500	6.0	11198.21	12369.13
以下余白				

第1.2-1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 54.60m~37.85m

第2-1表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接角ダクト)

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

標高	EL. 54.60m~37.85m																	
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
600×4.5	11200	0.116	0.42	10700	0.116	0.45												
800×4.5	12400	0.116	0.51	11900	0.116	0.55												
1000×4.5	13300	0.116	0.61	12800	0.116	0.66												
1200×4.5	13400	0.106	0.60	12400	0.101	0.58												
1500×4.5	12100	0.090	0.48	10500	0.083	0.42												
1800×4.5	10300	0.078	0.34	12800	0.095	0.66												
2100×4.5	12600	0.087	0.55	11000	0.081	0.48												
2100×6.0	11200	0.077	0.29	10500	0.076	0.27												
2400×4.5	11500	0.079	0.45	10700	0.078	0.43												
2400×6.0	10800	0.074	0.26	10100	0.073	0.25												
2700×4.5	11200	0.077	0.40	10300	0.075	0.37												
2700×6.0	9900	0.072	0.22	9300	0.071	0.22												
3000×4.5	10700	0.074	0.35	9900	0.073	0.34												
3000×6.0	9000	0.070	0.19	8200	0.069	0.18												
3500×6.0	7700	0.068	0.14	7000	0.068	0.13												
4000×6.0	6800	0.067	0.11	6100	0.067	0.10												
4500×6.0	5600	0.067	0.08	5100	0.067	0.07												
5000×6.0	4900	0.067	0.06	4500	0.067	0.06												
5500×6.0	4300	0.067	0.05	3900	0.067	0.05												
6000×6.0	3500	0.067	0.04	3200	0.067	0.04												

第2-2表 Sクラス直管部標準支持間隔 (炭素鋼, 溶接丸ダクト)

【前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道】

標高	EL. 54.60m~37.85m																	
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
口径×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
600×4.5	8000	0.114	0.06	7600	0.113	0.07												
900×4.5	7300	0.114	0.05	7000	0.114	0.06												
1200×4.5	6700	0.114	0.05	6500	0.115	0.05												
1500×4.5	6400	0.113	0.04	6200	0.114	0.05												
1800×4.5	6200	0.114	0.04	6000	0.115	0.04												
2100×6.0	6000	0.114	0.03	5800	0.113	0.03												
2400×6.0	5800	0.113	0.03	5700	0.115	0.03												
2700×6.0	5700	0.114	0.03	5500	0.113	0.03												
3000×6.0	5500	0.112	0.03	5400	0.114	0.03												
3500×6.0	5300	0.114	0.03	5100	0.112	0.03												
4000×6.0	5100	0.113	0.02	5000	0.114	0.03												
4500×6.0	4900	0.113	0.02	4800	0.114	0.02												
5000×6.0	4800	0.114	0.02	4400	0.105	0.02												
5500×6.0	4300	0.103	0.02	3900	0.095	0.02												
以下余白																		

IV-1-1-11-2 別紙1-10
分離建屋/高レベル廃液ガラス固化
建屋間洞道, 分離建屋/精製建屋/ウ
ラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウ
ム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理
建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析
建屋間洞道, 精製建屋/ウラン脱硝建
屋間洞道, 精製建屋/ウラン・プルト
ニウム混合脱硝建屋間洞道の配管収
納容器の標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第1.2表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 54.17~44.66m

第 2-1 表 S クラス配管収納容器直管部標準支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼)

【分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道, 分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道, 精製建屋/ウラン脱硝建屋間洞道, 精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道】

標高		EL. 54. 17~44. 66m		
幅 (mm)	板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
540	4.0			
540	6.0			
640	4.0			
670	4.0			
725	4.0			
770	4.0			
900	4.0			
1150	4.0			
以下余白				

IV－1－1－11－2 別紙2
重大事故等対処施設の直管部標準支
持間隔

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 準拠規格	2
3. 計算精度と数値の丸め方.....	2

1. 概要

本資料は、重大事故等対処施設に分類されるダクトについて、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」及び「IV-1-1-11-2 ダクトの耐震支持方針」に基づき標準支持間隔法により算出した直管部標準支持間隔の解析結果を施設ごとにまとめたものである。

2. 準拠規格

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

第2-1表 準拠規格

準拠規格名
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-1987・補・1984
「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(2005年版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007*

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

3. 計算精度と数値の丸め方

解析に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。
 また、解析結果において数値を示す際の丸め方を第3-1表に示す。

第3-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
幅・外径	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
単位長さ当たり重量	N/m	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
支持間隔	mm	整数2桁目	切捨て	整数位
モーメント比	-	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位

別紙 2 - 1

分離建屋の直管部標準支持間隔

目 次

	ページ
1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第1.1-1表～第1.1-2表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第1.2 -1表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL [REDACTED]
2	EL [REDACTED] ~ [REDACTED]
3	EL [REDACTED] ~ [REDACTED]

IV-1-1-11-2 別紙 2-2
緊急時対策建屋の
直管部標準支持間隔

目 次

1. 解析条件	1
1.1 ダクト設計条件	1
1.2 階層の区分	1
2. 解析結果	1

1. 解析条件

1.1 ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を第 1.1-1 表～第 1.1-2 表に示す。

1.2 階層の区分

解析に当たっては、設計用床応答曲線をいくつかの階層に区分し、支持間隔を求めるものとし、第1.2-1表に示す階層の区分とする。

2. 解析結果

第1.1-1表～第1.1-2表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及びモーメント比の解析結果を第2-1表～第2-2表に示す。

なお、モーメント比は曲げモーメントから算出しており、曲げモーメントは、自重による曲げモーメント及び地震力による曲げモーメントの和を表している。

第 1.1-1 表 ダクト設計条件（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	300	1.6	196.13	290.28
2	300	2.3	258.90	353.04
3	350	1.6	210.84	318.72
4	400	1.6	240.26	361.87
5	450	1.6	291.26	425.61
6	450	2.3	385.40	519.75
7	500	1.6	314.79	461.89
8	550	1.6	345.19	506.02
9	550	2.3	469.74	630.57
10	600	1.6	386.38	560.94
11	600	2.3	558.00	732.56
12	650	1.6	406.98	595.26
13	700	1.6	438.36	639.39
14	700	2.3	715.89	916.92
15	750	1.6	507.98	722.75
16	800	1.6	541.33	768.84
17	800	2.3	815.91	1044.41
18	850	1.6	574.67	815.91
19	900	1.6	608.01	862.99
20	900	2.3	1084.62	1339.59

第 1.1-1 表 ダクト設計条件（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
21	900	3.2	1260.15	1516.11
22	950	1.6	689.41	958.11
23	1000	1.6	849.26	1131.69
24	1000	2.3	1202.30	1484.73
25	1000	3.2	1398.43	1679.88
26	1100	1.6	796.30	1106.19
27	1100	2.3	1320.96	1629.87
28	1150	1.6	832.58	1155.22
29	1200	1.6	867.89	1204.26
30	1200	3.2	1972.12	2307.50
31	1300	1.6	1118.94	1481.78
32	1300	3.2	2444.80	2807.64
33	1400	1.6	1416.08	1805.40
34	1400	3.2	2293.78	2683.10
35	1450	2.3	1784.81	2187.86
36	1500	2.3	1844.63	2261.41
37	1500	3.2	2811.57	3228.35
38	1550	2.3	1905.43	2335.94
39	1550	3.2	2535.02	2965.53
40	1600	2.3	1966.23	2409.49

第 1.1-1 表 ダクト設計条件（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
41	1700	2.3	2374.19	2843.93
42	1700	3.2	3178.34	3648.07
43	1750	3.2	3269.54	3753.00
44	1800	2.3	1938.77	2435.97
45	1800	3.2	3619.63	4116.83
46	1900	2.3	2019.19	2542.86
47	1900	3.2	3544.12	4068.78
48	1950	3.2	3914.81	4452.22
49	2000	2.3	2785.09	3336.22
50	2000	3.2	4012.88	4564.01
51	2050	3.2	4111.93	4675.81
52	2200	2.3	3059.67	3663.76
53	2200	3.2	4406.13	5011.20
54	2250	3.2	4505.18	5122.99
55	2300	2.3	2815.49	3447.04
56	2300	3.2	4603.24	5234.79
57	2400	2.3	3333.28	3992.29
58	2400	4.5	6156.61	6814.64
59	2500	2.3	3612.77	4298.25
60	2500	3.2	4996.49	5681.97

第 1.1-2 表 ダクト設計条件（炭素鋼，溶接丸ダクト）

【緊急時対策建屋】

番 号	幅 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たり重量 (N/m)	
			保温材無し	保温材有り
1	150	1.6	70.61	112.78
2	200	1.6	93.16	146.12
3	250	1.6	115.72	178.48
4	300	1.6	138.27	211.82
5	300	2.3	207.90	281.45
6	350	1.6	159.85	244.19
7	400	1.6	182.40	277.53
8	450	1.6	204.96	310.87
9	500	1.6	237.32	353.04
10	600	1.6	283.41	420.71
11	900	2.3	611.93	812.97
12	1150	3.2	1095.40	1348.41
13	1200	3.2	1142.47	1406.27
14	1500	1.6	745.31	1072.85
15	1500	3.2	1423.93	1751.47
16	1550	1.6	856.12	1193.47
17	1550	3.2	1471.00	1808.35
18	1800	1.6	992.43	1382.74
19	1800	3.2	1705.38	2096.66
20	2100	1.6	1312.13	1765.20

第 1.2-1 表 設計用床応答曲線区分

床応答曲線区分	標高 (m)
1	EL. 63.60m~42.30m

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

標高	EL. 63.60m~42.30m																	
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
300×1.6	5900	0.090	0.37	5100	0.087	0.41												
300×2.3	6300	0.090	0.27	5900	0.091	0.33												
350×1.6	6400	0.091	0.40	5300	0.084	0.41												
400×1.6	6500	0.088	0.42	5300	0.082	0.41												
450×1.6	6300	0.085	0.41	5200	0.079	0.40												
450×2.3	7400	0.091	0.37	6800	0.090	0.42												
500×1.6	6400	0.083	0.41	5200	0.078	0.38												
550×1.6	6400	0.081	0.41	5300	0.077	0.40												
550×2.3	7900	0.090	0.42	6800	0.085	0.41												
600×1.6	6300	0.079	0.40	5200	0.075	0.38												
600×2.3	7500	0.086	0.41	6600	0.082	0.41												
650×1.6	6400	0.079	0.40	5300	0.075	0.39												
700×1.6	6400	0.078	0.40	5300	0.074	0.39												
700×2.3	7200	0.082	0.41	6300	0.078	0.39												
750×1.6	6100	0.076	0.38	5100	0.073	0.37												
800×1.6	6100	0.075	0.38	5100	0.073	0.37												
800×2.3	7200	0.079	0.40	6400	0.077	0.40												
850×1.6	6100	0.075	0.38	5100	0.072	0.37												
900×1.6	6100	0.074	0.38	5100	0.072	0.37												
900×2.3	6600	0.076	0.39	5900	0.074	0.38												

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

標高	EL. 63.60m~42.30m																	
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
900×3.2	8600	0.084	0.42	7800	0.081	0.41												
950×1.6	5900	0.073	0.38	5000	0.071	0.37												
1000×1.6	5500	0.072	0.38	4700	0.071	0.36												
1000×2.3	6600	0.075	0.38	6000	0.074	0.39												
1000×3.2	8600	0.082	0.41	7800	0.079	0.40												
1100×1.6	5900	0.072	0.37	5000	0.071	0.37												
1100×2.3	6600	0.074	0.38	6000	0.073	0.38												
1150×1.6	5900	0.072	0.37	5000	0.071	0.37												
1200×1.6	5900	0.072	0.37	5000	0.070	0.37												
1200×3.2	7900	0.077	0.39	7300	0.075	0.39												
1300×1.6	5400	0.071	0.37	4700	0.070	0.37												
1300×3.2	7400	0.075	0.39	6900	0.074	0.38												
1400×1.6	5000	0.070	0.37	4400	0.069	0.36												
1400×3.2	7900	0.075	0.39	7300	0.074	0.38												
1450×2.3	6500	0.072	0.37	5900	0.071	0.37												
1500×2.3	6500	0.072	0.37	5900	0.071	0.37												
1500×3.2	7400	0.074	0.38	6900	0.073	0.38												
1550×2.3	6600	0.072	0.38	5900	0.071	0.37												
1550×3.2	7900	0.074	0.38	7300	0.073	0.38												
1600×2.3	6600	0.072	0.38	5900	0.071	0.37												

第 2-1 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接角ダクト）

【緊急時対策建屋】

標高	EL. 63.60m~42.30m																	
保温材	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
1700×2.3	6100	0.071	0.37	5600	0.070	0.37												
1700×3.2	7400	0.073	0.38	6900	0.072	0.38												
1750×3.2	7400	0.073	0.38	6900	0.072	0.38												
1800×2.3	7000	0.072	0.37	6200	0.070	0.37												
1800×3.2	7100	0.072	0.37	6700	0.071	0.38												
1900×2.3	7000	0.071	0.37	6300	0.070	0.37												
1900×3.2	7400	0.072	0.38	6900	0.071	0.37												
1950×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.071	0.37												
2000×2.3	6200	0.070	0.38	5600	0.069	0.37												
2000×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.071	0.37												
2050×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.071	0.37												
2200×2.3	6200	0.070	0.38	5600	0.069	0.37												
2200×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.070	0.37												
2250×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.070	0.37												
2300×2.3	6600	0.070	0.37	5900	0.069	0.37												
2300×3.2	7100	0.071	0.37	6700	0.070	0.37												
2400×2.3	6200	0.069	0.37	5600	0.069	0.36												
2400×4.5	6500	0.068	0.20	5900	0.068	0.18												
2500×2.3	6000	0.069	0.36	5500	0.069	0.36												
2500×3.2	7200	0.070	0.38	6700	0.070	0.37												

第 2-2 表 常設重大事故等対処設備（重大事故時の荷重との組合せ）直管部標準支持間隔（炭素鋼，溶接丸ダクト）

【緊急時対策建屋】

標高	EL. 63.60m~42.30m																	
	無し			有り			無し			有り			無し			有り		
幅×板厚 (mm)	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比	支持間隔 (mm)	固有周期 (s)	モーメント比
150×1.6	4000	0.089	0.05	3600	0.090	0.06												
200×1.6	4700	0.090	0.06	4200	0.090	0.07												
250×1.6	5200	0.090	0.07	4700	0.090	0.09												
300×1.6	5700	0.091	0.09	5100	0.090	0.10												
300×2.3	5600	0.090	0.06	5200	0.090	0.07												
350×1.6	6000	0.090	0.09	5400	0.090	0.12												
400×1.6	6300	0.090	0.10	5700	0.090	0.13												
450×1.6	6500	0.090	0.11	5900	0.090	0.14												
500×1.6	6600	0.090	0.12	6000	0.091	0.14												
600×1.6	6500	0.091	0.11	5800	0.090	0.13												
900×2.3	5900	0.090	0.07	5500	0.090	0.08												
1150×3.2	5600	0.091	0.05	5300	0.090	0.05												
1200×3.2	5500	0.090	0.04	5200	0.090	0.05												
1500×1.6	5200	0.090	0.08	4700	0.089	0.09												
1500×3.2	5300	0.091	0.04	5000	0.090	0.04												
1550×1.6	5000	0.090	0.08	4600	0.090	0.09												
1550×3.2	5200	0.090	0.04	5000	0.091	0.04												
1800×1.6	4900	0.091	0.08	4500	0.091	0.09												
1800×3.2	5000	0.089	0.04	4800	0.090	0.04												
2100×1.6	4500	0.089	0.07	4200	0.090	0.09												

IV－1－1－12

電気計測制御装置等の耐震支持方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-1-12 電気計測制御装置等の耐震支持方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を
下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本原則	1
3. 支持構造物の設計	1
3.1 設計手順	1
3.2 支持構造物及び埋込金物の設計	3
4. 電気計測制御装置等の耐震設計方針	7
4.1 耐震設計の範囲	7
4.2 耐震設計の手順	9
4.2.1 盤の耐震設計手順	9
4.2.2 装置の耐震設計手順	11
4.2.3 器具の耐震設計手順	12
4.2.4 電路類の耐震設計手順	14
4.2.5 既存資料の利用による耐震設計	16

1. 概要

本方針は、「IV-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」に基づき、再処理施設の電気計測制御装置等及び標準化された支持構造物を用いた設計について、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. 基本原則

電気計測制御装置等の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 電気計測制御装置等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構造とすることで建物・構築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。

電気計測制御装置等の電氣的機能維持の設計方針を 4. 以降に示す。

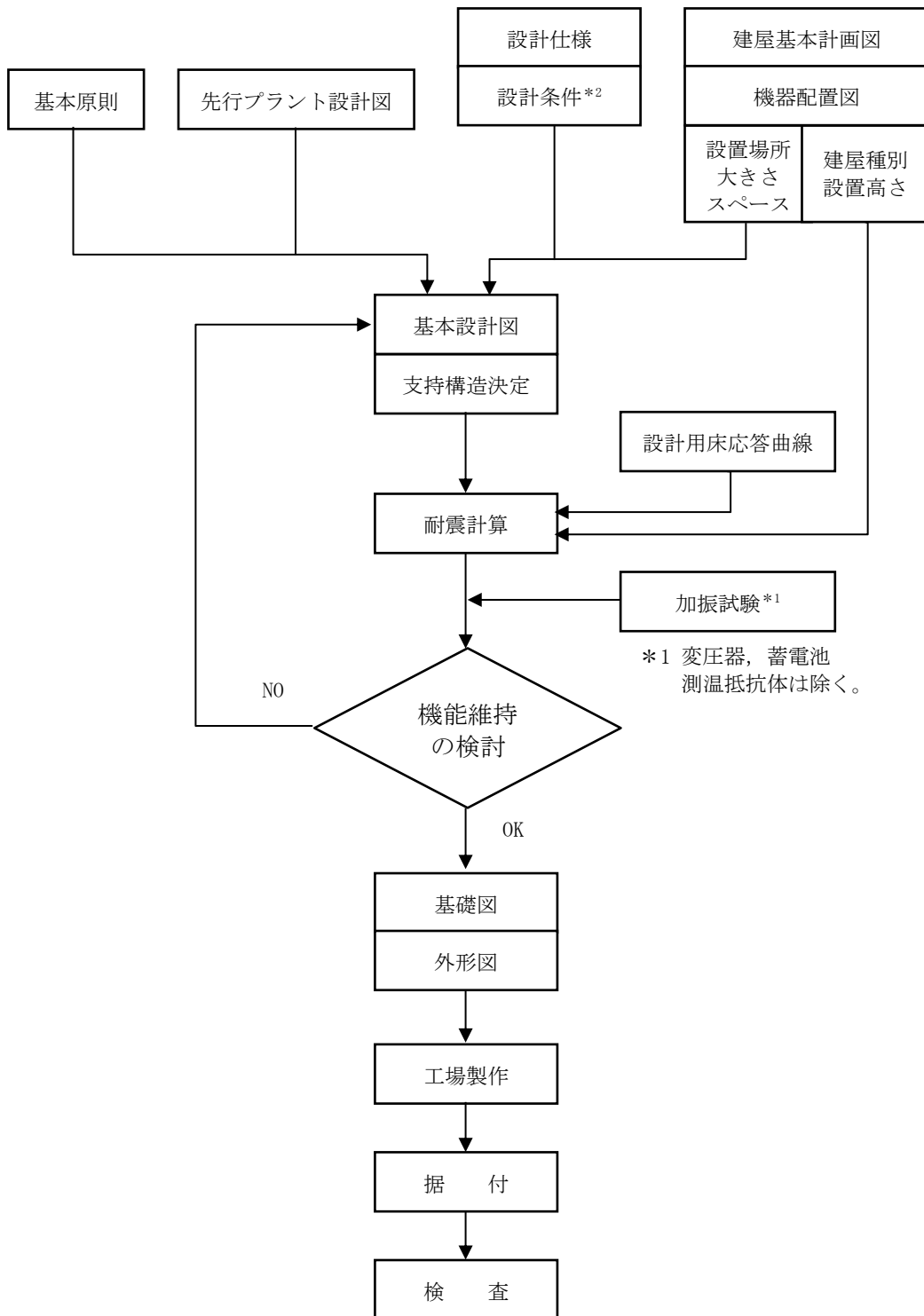
3. 支持構造物の設計

3.1 設計手順

電気計測制御装置等の配置及び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、電気計測制御装置等の特性、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。

設計手順を第3.1-1図に示す。

支持構造物の設計は、建物・構築物基本計画、電気計測制御装置等の基本設計条件等から配置設計を行い、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。



*1 変圧器，蓄電池
測温抵抗体は除く。

*2 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。

第 3. 1-1 図 支持構造物の耐震設計フローチャート

3.2 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。

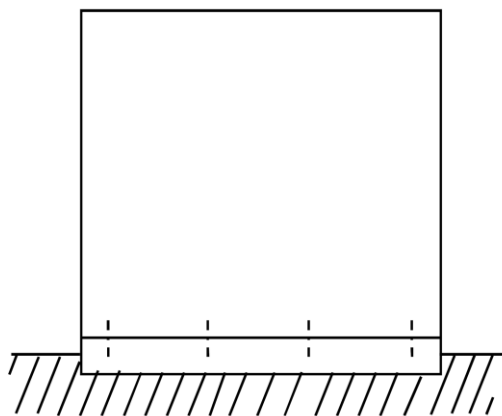
盤には垂直自立形と壁掛形があり，鋼材及び鋼板を組み合わせたフレーム及び筐体で構成される箱型構造とする。

垂直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「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。



(垂直自立形)



基礎ボルト

(壁掛形)

(2) 架台の設計

a. 設計方針

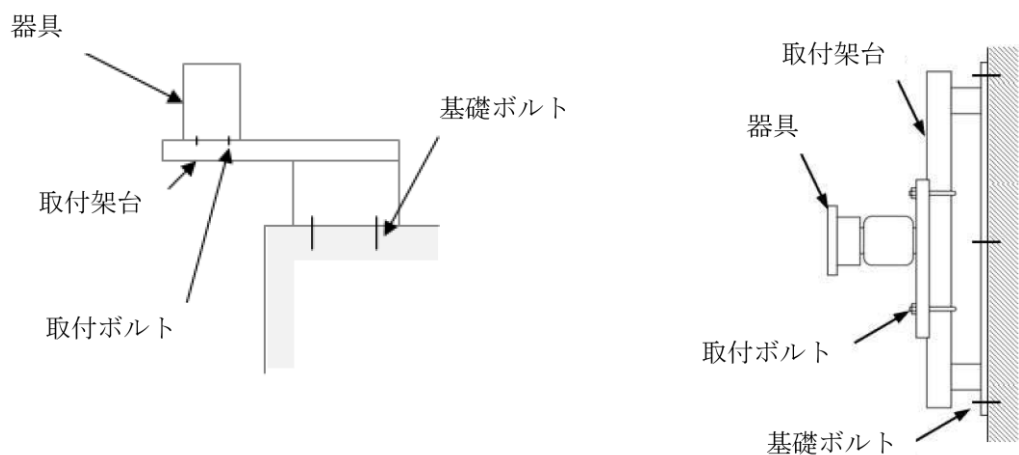
架台に実装される器具は取付ボルトにより架台に固定する。

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起こさないよう設計する。

架台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「IV-1-1-8 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

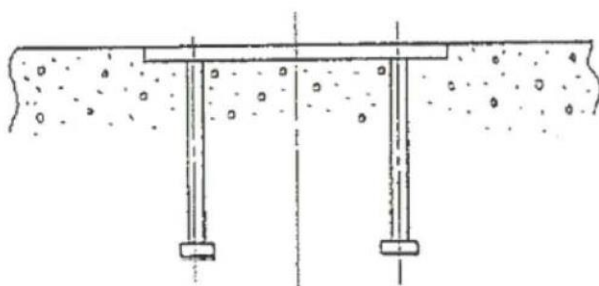
荷重の種類及び組合せについては「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

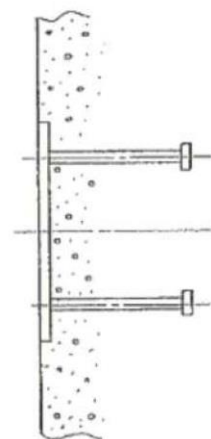
埋込金物には下記の種類があり、それぞれの使用用途に合わせて選定する。

(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。



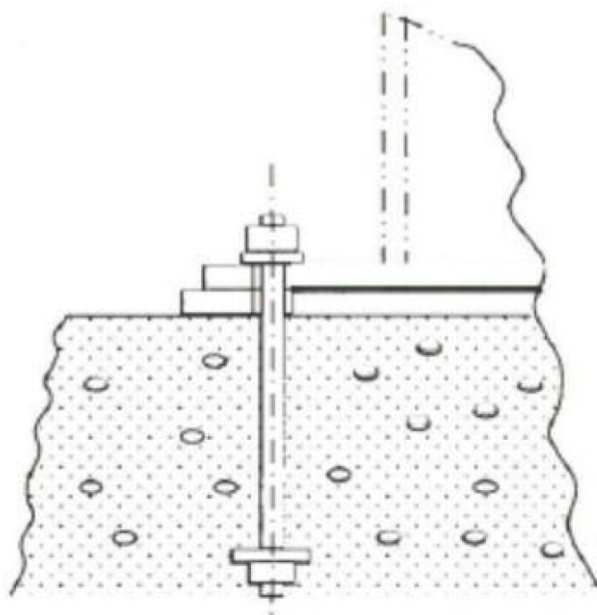
(自立式)



(壁掛式)

(b) 基礎ボルト形式

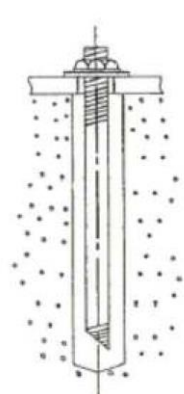
機器の配置計画時に基礎との取合い形状が確定できる場合に使用する。



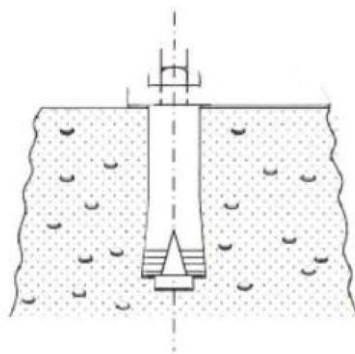
(c) 後打アンカ

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適用する。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。

後打アンカの設計は、JEAG4601・補-1984 又は「各種合成構造設計指針・同解説」((社)日本建築学会, 2010 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。



ケミカルアンカ



メカニカルアンカ

(4) 基礎の設計

a. 設計方針

電気計測制御装置等の基礎は、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、電気計測制御装置等の支持方法、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、電気計測制御装置等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、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に従う。

4. 電気計測制御装置等の耐震設計方針

4.1 耐震設計の範囲

電気計測制御装置等の区分及び適用範囲を第 4.1-1 表に示すとおりとし、安全機能を有する施設のうち耐震重要度 S クラスの電気計測制御装置等及び重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故等対処設備に分類される電気計測制御装置等に該当する電気計測制御装置等を対象とする。

なお、耐震重要度 S クラスの電気計測制御装置等及び重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故等対処設備に分類される電気計測制御装置等が下位クラスの電気計測制御装置等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。

第 4.1-1 表 電気計測制御装置等の区分及び適用範囲

区 分	定 義	適 用 範 囲	対 象
1. 盤	電気計測制御装置等の一部で、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も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測制御装置等の一部をいう。	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、電動機、電動発電機、蓄電池等
3. 器具	電気計測制御装置等において取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

4.2 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、電気計測制御装置等を盤、装置、器具及び回路類の4種類に大別し、以下各々についてその手順を示す。

4.2.1 盤の耐震設計手順

盤は、多種多様の器具を収納する集合体であるので、構造的及び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又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。

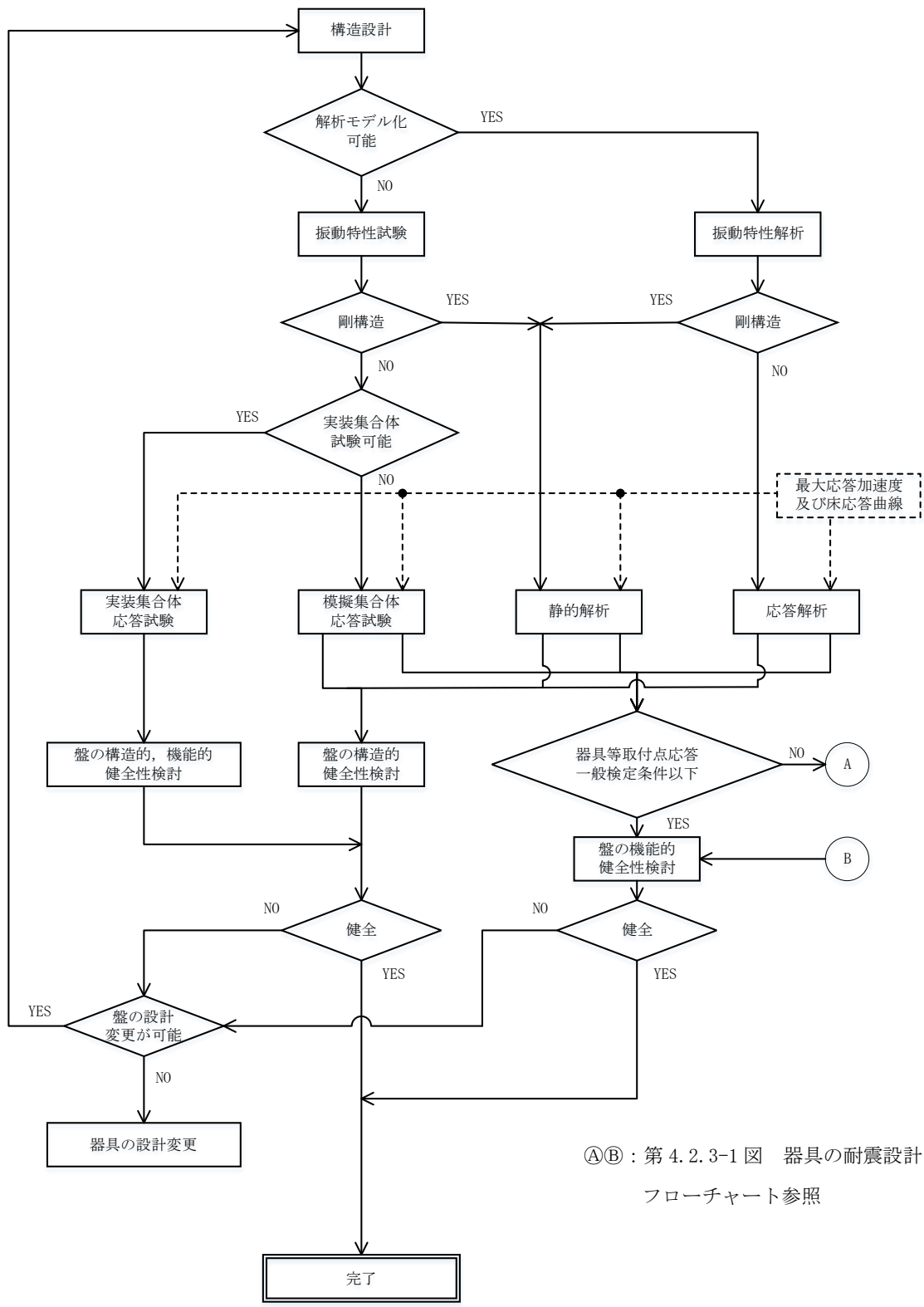
振動特性解析又は振動特性試験によって剛構造かどうかを判定し、剛構造であれば静的解析により構造及び機能的健全性を確認する。剛構造でない場合は、応答解析又は応答試験を実施する。

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及び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。

第4.2.1-1図に盤の耐震設計フローチャートを示す。



ⒶⒷ：第 4.2.3-1 図 器具の耐震設計
フローチャート参照

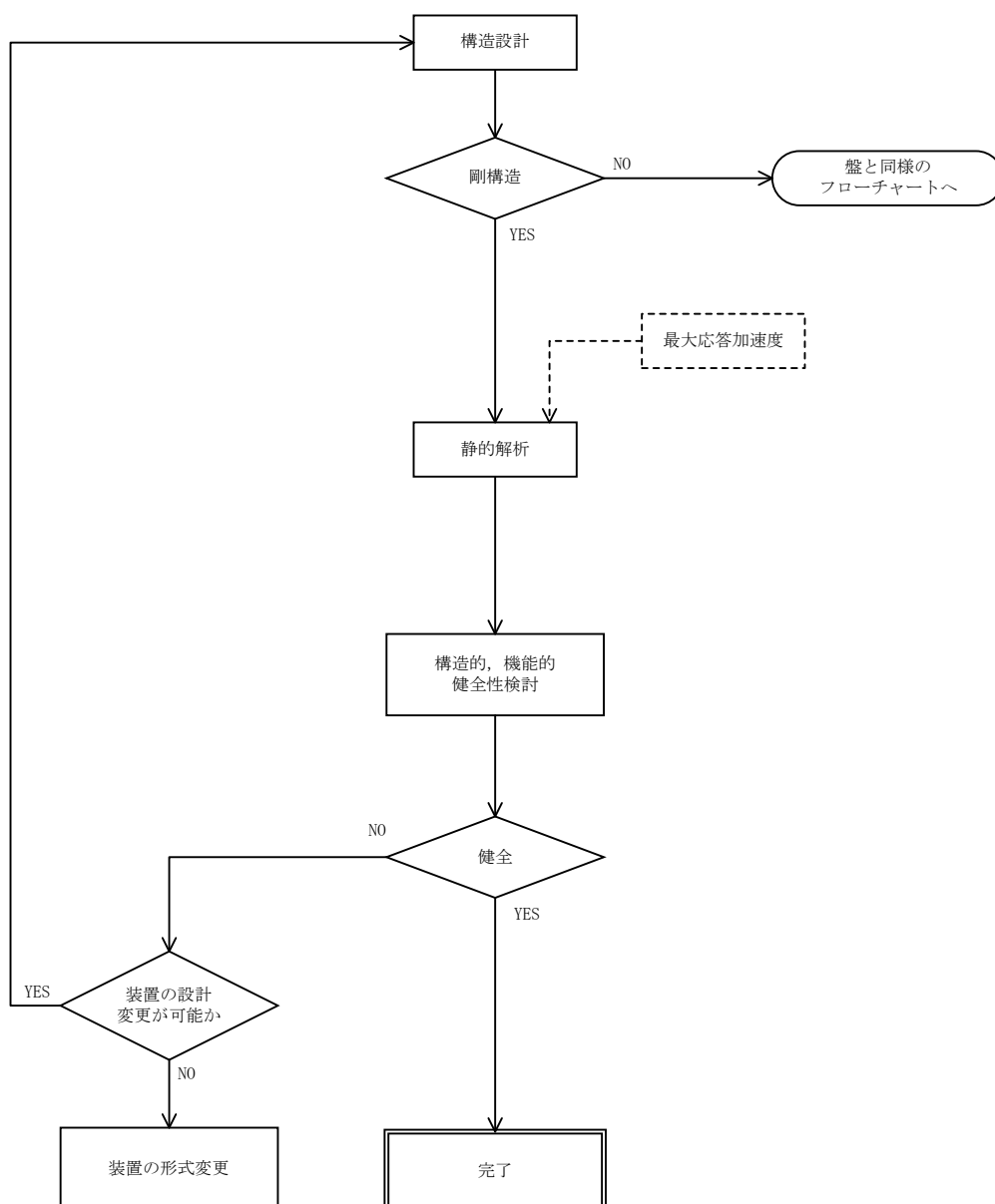
第 4.2.1-1 図 盤の耐震設計フローチャート

4.2.2 装置の耐震設計手順

装置は、一般的に剛構造であり、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。

第 4.2.2-1 図に装置の耐震設計フローチャートを示す。



第 4.2.2-1 図 装置の耐震設計フローチャート

4.2.3 器具の耐震設計手順

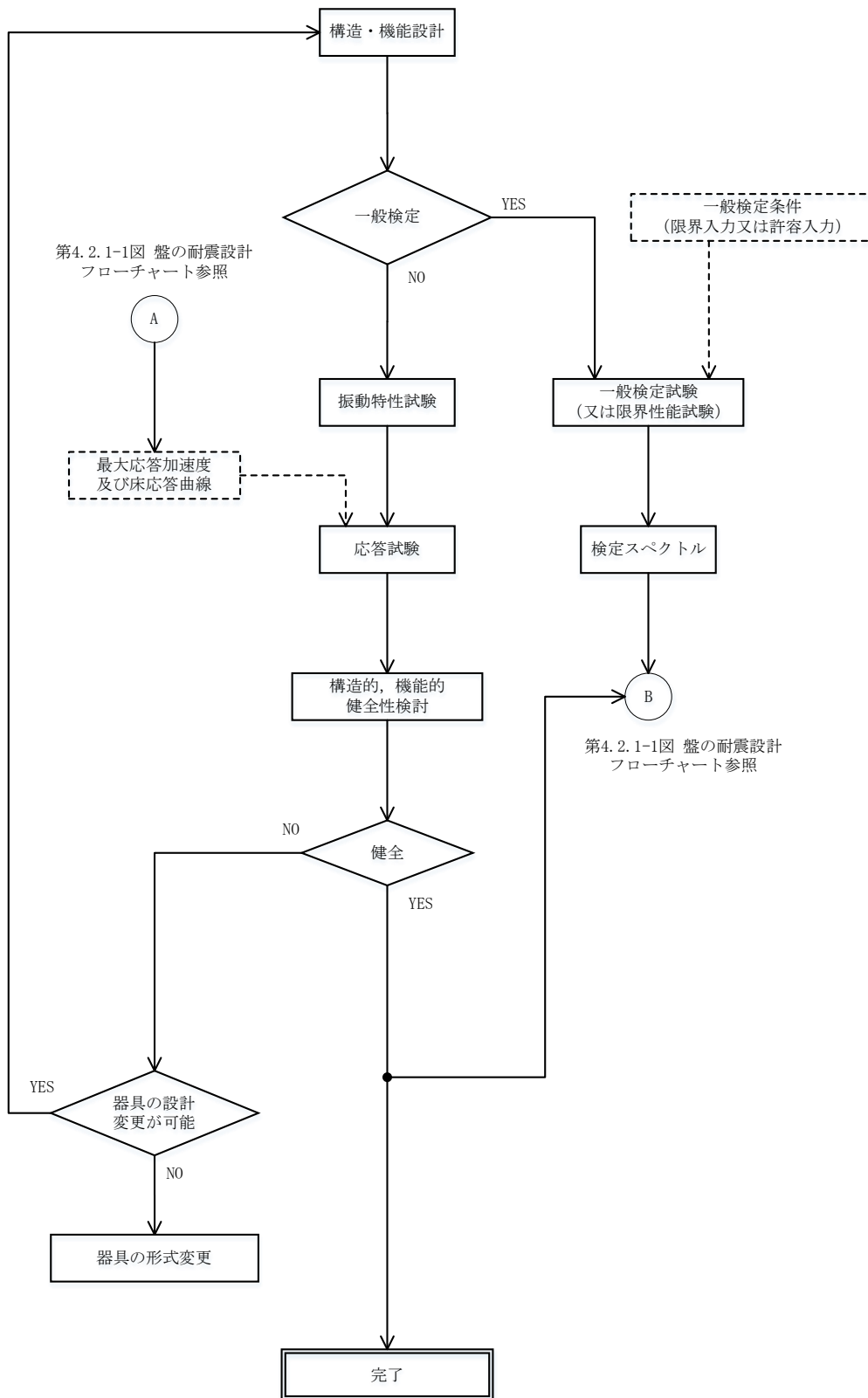
器具の耐震性の検討は、構造及び機能の両面について行う。

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、これと取付け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、器具取付け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。

第4.2.3-1図に器具の耐震設計フローチャートを示す。



第 4. 2. 3-1 図 器具の耐震設計フローチャート

4.2.4 電路類の耐震設計手順

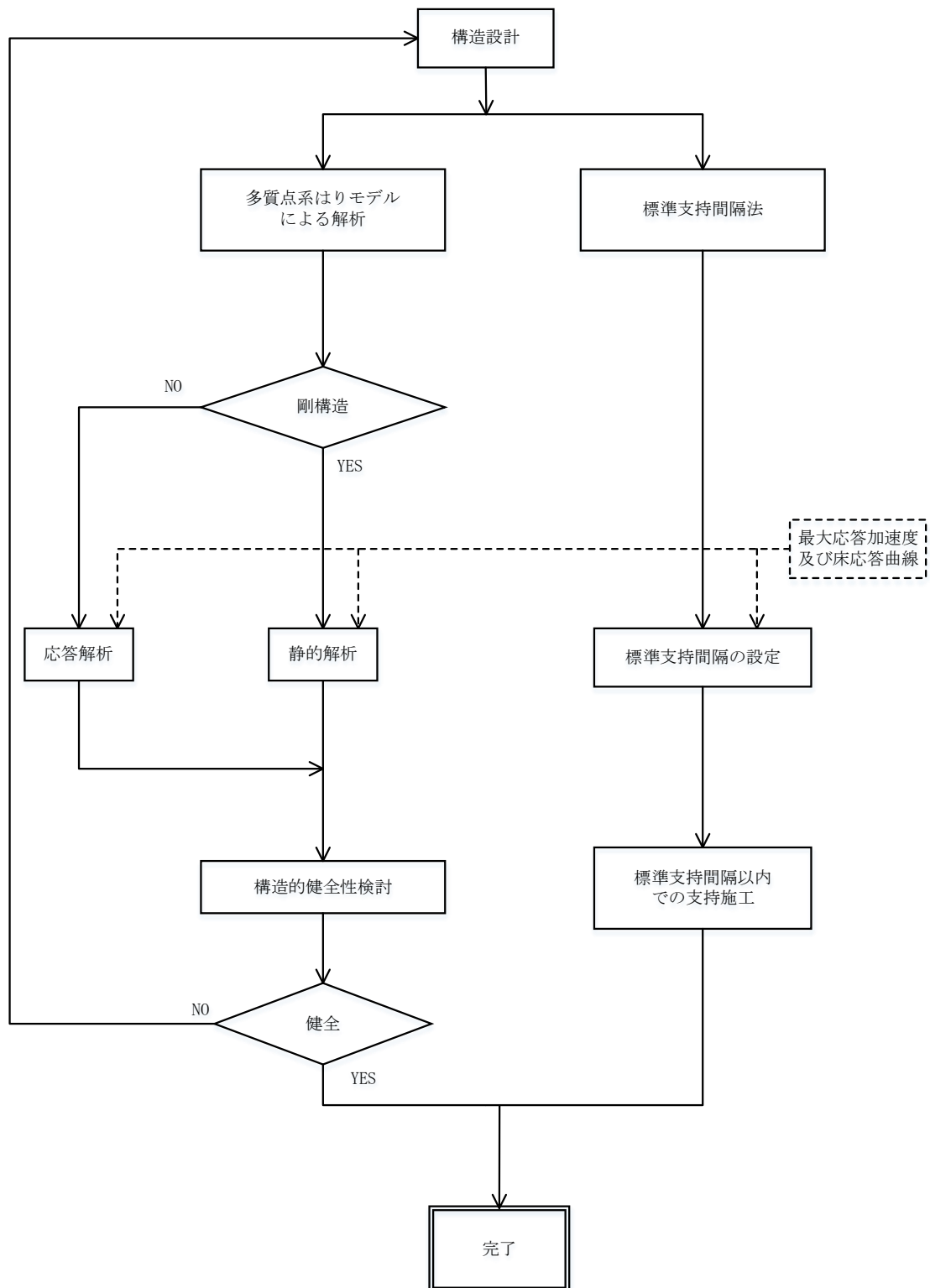
電路類は、構造的に健全ならば機能が維持されるので構造的検討のみを行う。この際には多質点系はりモデルによる解析又は標準支持間隔法を用いる。多質点系はりモデルによる解析の場合は、固有振動数に応じて応答解析による方法又は静的解析による方法を用いて構造的健全性を確認する方針とする。

また、標準支持間隔法を用いる場合は、静的又は動的地震力による応力が許容応力以下となる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。

第4.2.4-1図に電路類の耐震設計フローチャートを示す。

また各建屋間、建屋と建屋外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。



第 4. 2. 4-1 図 電路類の耐震設計フローチャート

4.2.5 既存資料の利用による耐震設計

電気計測制御装置等の耐震設計は、既に振動実験又は解析が行われており、かつ、その電気計測制御装置等が本再処理施設に使用されるものと同等又は類似と判断される場合には、その実験データ又は解析値を利用して耐震設計を行う。

IV－1－1－13

地震時の臨界安全性検討方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 地震時の臨界安全性に対する検討内容	1
2.1 地震時の臨界安全性に対する確認方法	2
3. 耐震評価方針	2

1. 概要

本資料は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.2(2) 形状寸法管理に対する配慮」に基づき、「第四条 核燃料物質の臨界防止」にて核的制限値(寸法)を設定している設備について、安全機能を有する施設の耐震重要度及び重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して容器としての構造強度を保つとともに、地震時において発生する変位及び変形を制限し、臨界防止機能を維持するための臨界安全性に対する検討として、地震時の臨界安全性に対する検討内容及び確認方法を説明するものである。

2. 地震時の臨界安全性に対する検討内容

核的制限値の維持に必要な形状寸法管理を行う設備及び複数の機器間の距離を核的制限値として設定している設備のうち地震時において発生する変位及び変形を制限する必要がある設備は、地震時の荷重のように短期的に作用する荷重により発生する変位及び変形を考慮しても核的制限値を満足することで臨界防止機能を維持する設計であることを確認する。

確認に当たっては、以下(1)から(3)の既設工認に基づき確認対象設備を選定する。

選定された設備を対象に、臨界計算に基づき、平常運転時に実効増倍率が0.95以下となる核燃料物質収納部の変位(以下「許容変位」という。)を設定する。

次に、選定された設備の地震時の変位が、設備ごとに設定した許容変位以下であることを確認する。また、許容変位の設定において中性子吸収材の存在を考慮した設備は、中性子吸収材固定部機能が維持されることを確認する。

- (1) 平成9年5月27日付け9安(核規)第245号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-3 申請設備に係る地震時の臨界安全性の検討方針」及び「IV-2-2-1-2 再処理設備本体の地震時の臨界安全性の評価書」による。
- (2) 平成10年6月9日付け9安(核規)第596号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-4 申請設備に係る地震時の臨界安全性の検討方針」及び「IV-2-2-2-4 再処理設備本体の地震時の臨界安全性の評価書」による。
- (3) 平成11年1月29日付け10安(核規)第538号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-4 申請設備に係る地震時の臨界安全性の検討方針」, 「IV-2-2-2-3 再処理設備本体の地震時の臨界安全性の評価書」及び「IV-2-2-3-2 製品貯蔵施設の地震時の臨界安全性の評価書」による。

2.1 地震時の臨界安全性に対する確認方法

臨界の発生を防止するために設定した核的制限値が地震力に対して十分な構造強度を維持し、変位が許容変位に収まることで維持できることを以下の方法により確認する。

(1) 変位の確認方法

地震時の変位については、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき、地震応答解析により設備に生じる変位を算定し、許容変位以下であることを確認する。

ただし、設備が剛の場合は臨界安全性に影響を与える変位は生じないため、当該設備が剛であることの確認をもって許容変位以下であると判定する。

(2) 中性子吸収材固定部の確認方法

中性子吸収材を設置している設備については、中性子吸収材固定部の支持機能が維持されることを確認する。

3. 耐震評価方針

地震時の臨界安全性に対する確認に必要な耐震評価方針については、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」に示す。

上記に基づく耐震評価結果については、「IV-2 耐震重要施設等の耐震性に関する計算書」に示す。

IV－1－2

耐震計算に関する基本方針

IV-1-2-1
建物・構築物

IV－1－2－1－1

建物・構築物の耐震計算に関する 基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 耐震設計のプロセス	1
2.1 地震応答解析	1
2.2 耐震評価	1
3. 耐震計算プロセスの詳細	3
3.1 解析モデルの設定	3
3.1.1 地盤モデル	3
3.1.2 建物・構築物の地震応答解析モデル	3
3.2 入力地震動の算定	3
3.3 建物・構築物の地震応答解析	4
3.4 荷重の組合せの設定	4
3.5 許容限界の設定	4
3.6 各部位の耐震評価	5
3.6.1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）	5
3.6.2 屋外重要土木構造物	5
4. 耐震性に関する影響評価	6
4.1 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	6
4.2 一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響評価	6
4.3 隣接建屋に関する影響評価	6
4.4 液状化に関する影響評価	7
5. 地下水排水設備の耐震計算に関する基本方針	7

1. 概要

本基本方針は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づく建物・構築物の耐震計算の方法について説明するものである。

建物・構築物の耐震計算方針は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づく評価方法の違いに基づき、集中質点系に置換した解析モデルを採用する「建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）」と、有限要素法によるモデルを用いる「屋外重要土木構造物」に類別される。本資料では、上記2分類における耐震設計のプロセス及び計算方法について示す。

また、上記類別の考え方に従って、具体的な計算方法を、「IV-1-3 耐震性に関する計算書作成の基本方針」の「IV-1-3-1 建物・構築物」において、分類ごとに示す。

2. 耐震設計のプロセス

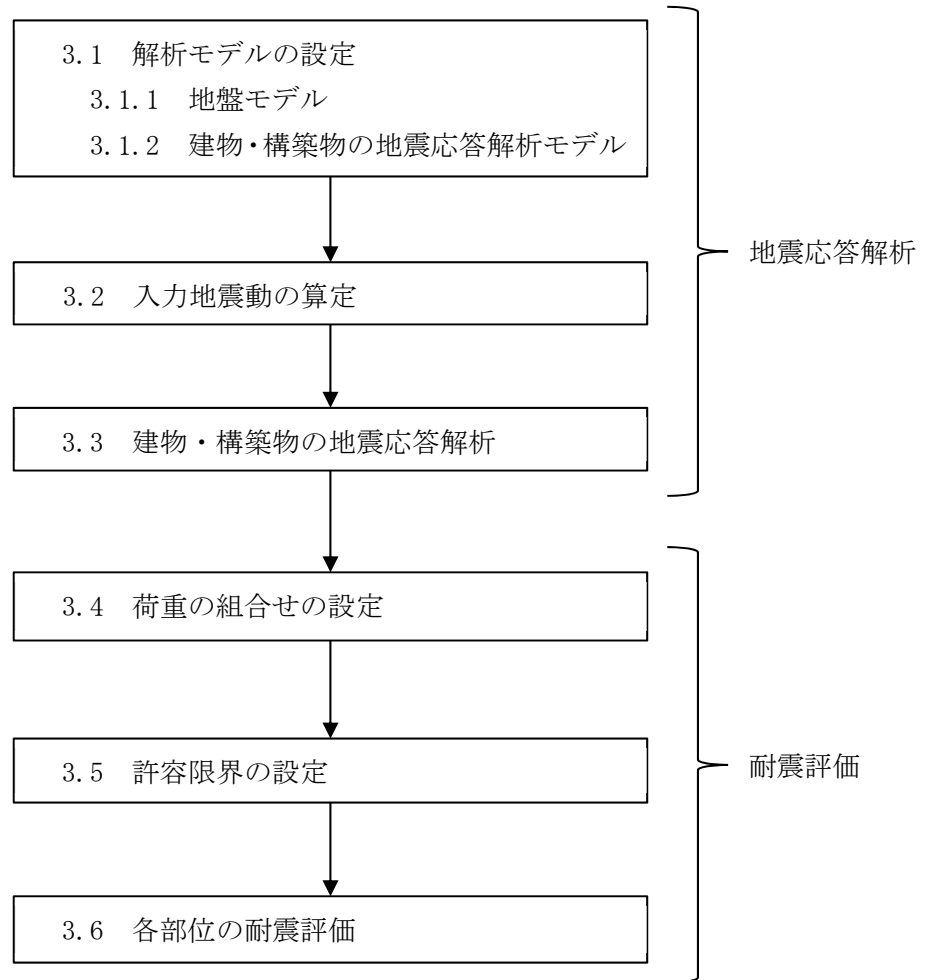
2.1 地震応答解析

建物・構築物の地震応答解析としては、まず、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.1.1(2) 解析方法及び解析モデル」に基づき地盤及び当該建物・構築物の解析モデルを設定する。次に、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.1.1(1) 入力地震動」に基づき入力地震動を算定した上で、地震応答解析により建物・構築物各位置の応答を算定する。

2.2 耐震評価

建物・構築物の耐震評価に用いる地震力は上記地震応答解析結果に基づく建物・構築物各位置の応答を用いる。その上で、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に基づき、地震力とその他の荷重を組み合わせる算定した応力等が、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示される許容限界以下となることを確認する。

これら、建物・構築物として共通の耐震設計のプロセスについて第2-1図に示す。



※各項目の番号は「3. 耐震計算プロセスの詳細」に対応する

第2-1図 建物・構築物の耐震設計プロセス

3. 耐震計算プロセスの詳細

耐震計算は、「2. 耐震設計のプロセス」に基づき実施しており、以下では各耐震計算プロセスの詳細を説明する。

これらの耐震計算は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格に準拠する。

3.1 解析モデルの設定

3.1.1 地盤モデル

地盤モデルは「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」に基づき、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造及び対象建物・構築物の直下又は周辺の地質・速度構造の特徴を踏まえて適切に設定することとし、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」の「6. 地盤の速度構造」に記載のモデルを用い、地盤の非線形性としてひずみ依存特性を考慮する。

3.1.2 建物・構築物の地震応答解析モデル

3.1.2.1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）

地震応答解析モデルは「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」の「2.1.1 建物・構築物（2.1.2 に記載のものを除く。）」に基づき、水平方向及び鉛直方向それぞれについて、建物・構築物の重量及び剛性を考慮したモデルを設定する。また、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、質点系モデルに地盤ばねを設定した建物・構築物-地盤連成モデルによるモデルを用いる。

地震応答解析モデルについては、建物・構築物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮する。

3.1.2.2 屋外重要土木構造物

地震応答解析モデルは「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」の「2.1.2 屋外重要土木構造物」に基づき、屋外重要土木構造物と地盤の相互作用を考慮するものとし、2次元動的有限要素法による屋外重要土木構造物-地盤連成モデルを用いる。

3.2 入力地震動の算定

建物・構築物の入力地震動は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」に基づき算定する。1次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対し、地震応答解析モデル底面の地盤の応答として評価する。

3.3 建物・構築物の地震応答解析

建物・構築物の動的解析は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2. 地震応答解析の方針」に基づき、時刻歴応答解析により実施する。解析においては、「3.1 解析モデルの設定」にて設定したモデルを基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。

3.4 荷重の組合せの設定

建物・構築物の耐震評価においては、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に基づき、固定荷重、積載荷重、土圧及び水圧、運転時の状態で施設に作用する荷重及び地震力に加えて、自然条件として積雪荷重及び風荷重を必要に応じて組み合わせる。

3.5 許容限界の設定

許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に基づき、評価対象部位が有する安全機能が維持できるように十分に余裕を見込んだ値を設定する。基礎地盤の支持性能については、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」の「4. 地盤の支持力」に記載の地盤の支持力度を設定する。

3.6 各部位の耐震評価

3.6.1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）

(1) 地震応答解析による評価方法

耐震壁及び支持地盤に対する耐震評価は、「3.3 建物・構築物の地震応答解析」による地震応答解析に基づく建物・構築物の耐震壁のせん断ひずみ度及び接地圧が、「3.5 許容限界の設定」にて設定した許容限界を下回ることを確認を行う。

(2) 応力解析による評価方法

応力解析による耐震評価は、「3.3 建物・構築物の地震応答解析」による地震応答解析に基づく建物・構築物各部位に生じる地震力を用いて行う。応力解析においては、各評価対象部位の特徴を踏まえた解析モデルを用い、「3.4 荷重の組合せの設定」による地震力と地震力以外の荷重を組合せた応力解析を行い、評価対象部位に発生する応力又はひずみが「3.5 許容限界の設定」にて設定した許容限界を超えないことを確認を行う。

3.6.2 屋外重要土木構造物

屋外重要土木構造物の構造部材及び支持地盤に対する耐震評価は、「3.3 建物・構築物の地震応答解析」による地震応答解析に基づく層間変形角、せん断力及び接地圧が、「3.5 許容限界の設定」にて設定した許容限界を下回ることを確認を行う。

4. 耐震性に関する影響評価

上記で示した耐震評価の結果を踏まえて、以下の影響評価を実施することとしており、ここでは、これらの影響評価の方法を説明する。

- ・ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価
- ・ 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価
- ・ 隣接建屋に関する影響評価
- ・ 液状化に関する影響評価

4.1 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

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価に当たっては、従来設計手法に対して水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位を抽出し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた応力解析により、耐震評価結果に対する影響を確認する。

この影響評価の詳細条件は、「IV-2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に記載し、その別紙に各建物・構築物に対する評価結果を示す。

4.2 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価

一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価に当たっては、一関東評価用地震動(鉛直)による地震応答解析結果又はその影響を考慮した応答比率に基づき、耐震評価結果に対する影響を確認する。

この影響評価の詳細条件は、「IV-2-4-1 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価」に記載し、その別紙に各建物・構築物に対する評価結果を示す。

4.3 隣接建屋に関する影響評価

建物・構築物の隣接建屋に関する影響評価に当たっては、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置した場合の地震応答解析モデルを用いた地震応答解析結果又はその影響を考慮した応答比率に基づき、耐震評価結果に対する影響を確認する。

ただし、地中構造物や杭を有する構造物で、耐震計算に用いる地震応答解析モデルとして 2 次元 FEM モデル等を用いて隣接する建屋を含めたモデル化を行っている場合には、隣接建屋による影響は考慮されていることになる。

この影響評価の詳細条件は、「IV-2-4-2 隣接建屋に関する影響評価」に記載し、その別紙に各建物・構築物に対する評価結果を示す。

4.4 液状化に関する影響評価

建物・構築物の液状化に関する影響評価に当たっては、施設の構造上の特徴、施設の周辺地盤及び周辺施設の配置状況を踏まえ、施設設計への影響が想定される因子に対する液状化影響評価を行い、耐震評価結果に対する影響を確認する。液状化の影響確認に当たり、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮する場合は、有効応力解析を実施する。

この影響評価の詳細条件は、「IV-2-4-3 液状化に関する影響評価」に記載し、その別紙に各建物・構築物に対する評価結果を示す。

5. 地下水排水設備の耐震計算に関する基本方針

地下水排水設備の耐震計算のプロセス及び計算方法の考えは、建物・構築物及び機器・配管系の考えを参考にするものとし、各設備における具体的な計算方法については、「IV-1-3-1-5 地下水排水設備の耐震計算書作成の基本方針」に示す。

IV-1-2-2
機器・配管系

IV-1-2-2-1

機器の耐震計算に関する基本方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 耐震設計のプロセス	1
3. 耐震設計プロセスの詳細	3
3.1 解析モデルの設定	3
3.1.1 解析モデルの選定	3
3.1.2 解析モデルの設定条件	3
3.2 固有周期の算出	5
3.3 設計用地震力の設定	5
3.3.1 設計用地震力	5
3.3.2 減衰定数	6
3.4 荷重の組合せの設定	6
3.4.1 機械的荷重	6
3.4.2 積雪荷重, 風荷重	7
3.5 許容限界の設定	7
3.5.1 構造強度評価における許容限界	7
3.5.2 機能維持評価における許容限界	7
4. 計算式の設定	7
4.1 各モデルの計算式	7
4.2 疲労評価の計算式	8
5. 耐震性に関する影響評価	8
5.1 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	8
5.2 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価	9
5.3 隣接建屋に関する影響評価	9
5.4 液状化に関する影響評価	9
6. 耐震計算書の記載に係る共通的な方針	9
6.1 耐震計算書の構成及び記載内容	9
6.2 計算精度と数値の丸め方	10
7. 各機器に該当する設計プロセスの条件	11

1. 概要

本基本方針は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき設計した機器が、設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認するための耐震設計プロセス、計算式の設定及び耐震計算書の記載に係る共通的な方針について説明するものである。

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

耐震計算に用いる計算式等は、「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」及び「IV-1-3-2-2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」に示す。

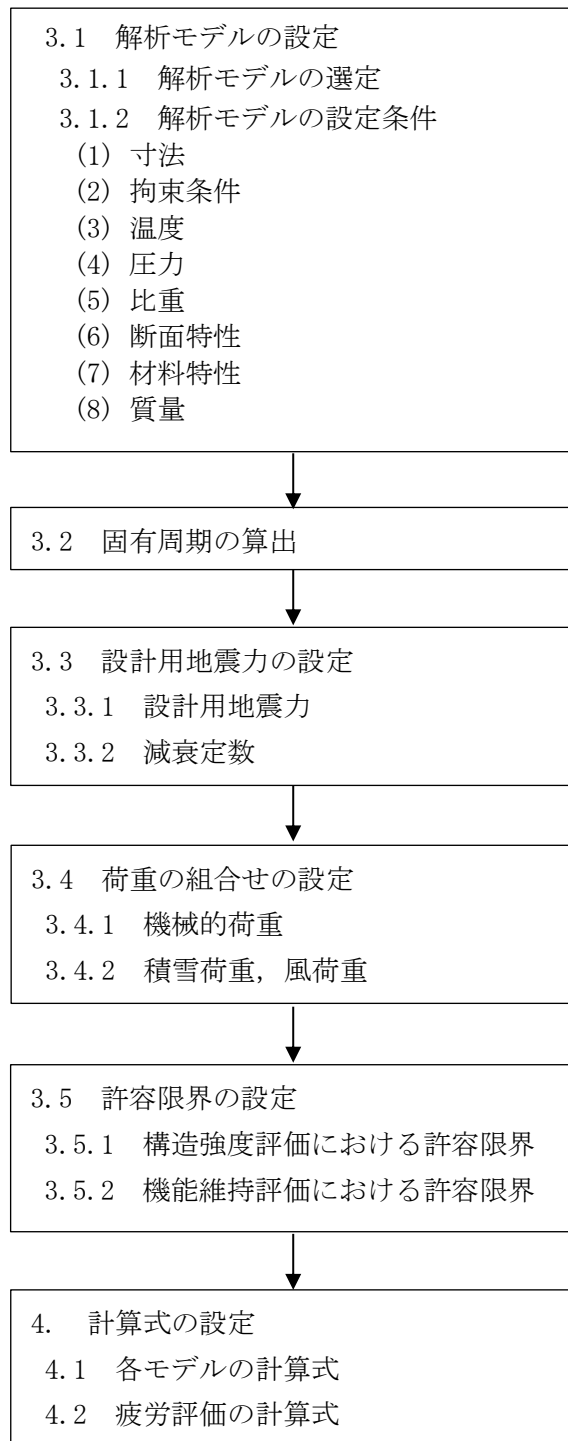
2. 耐震設計のプロセス

設備の構造設計は、必要な機能を踏まえ、使用圧力、温度条件及び扱う流体等の設計条件に応じて、形状、設置位置及び材料等を決定する。

これを受けて、耐震設計のプロセスとしては、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に基づき解析モデルを設定し、固有周期を算出した上で、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した設計用地震力又は建屋応答から求める加速度時刻歴応答波を用いることとしている。

その上で、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重の組合せを踏まえて、各設備の構造及び機能に応じて設定した計算式により算出した応力等が「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示される許容限界以下となることを確認する。また、設備の要求機能を踏まえて、必要に応じて機器の動的機能、電気的機能及び閉じ込め機能が維持できること並びに臨界安全性が確保できることを解析により確認する。

これら、耐震設計のプロセスについて第2-1図に示す。



※各項目の番号は「3. 耐震設計プロセスの詳細」及び「4. 計算式の設定」に対応する

第 2-1 図 機器の耐震設計プロセス

3. 耐震設計プロセスの詳細

耐震計算は、「2. 耐震設計のプロセス」に基づき実施しており、以下では各耐震設計プロセスの詳細を説明する。

これらの耐震計算に当たっては、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格に準拠する。

3.1 解析モデルの設定

3.1.1 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す質点系モデル又は、はりやシェル要素等に置換した有限要素モデルを用いる。

(1) 質点系モデル

JEAG4601 に掲載されている容器やポンプ等は、JEAG4601 に基づき機器の重心位置に質量を集中させる質点系モデルを選定する。なお、JEAG4601 に記載のない構造であっても、重心位置に質量を集中して評価できる構造の機器については質点系モデルとする。質点の位置は、機器の支持点が本体端部か本体中間部かを踏まえて、質量の集中する位置を設定する。

(2) 有限要素モデル

長い胴部に複数の支持点を持つ機器やクレーンのように構造が複雑な機器は、質量がモデル全体に分布し、振動モードを複数有する構造であるため、機器の構造に応じてはり又はシェル等の要素に置換した有限要素モデルを選定する。

はりモデルについては、主に柱やはり等の柱状の部材をはり要素としてモデル化する。シェルモデルについては、主に胴板等の板状の部材をシェル要素としてモデル化し、更に詳細なモデル化が必要な場合はソリッドモデルを選定し、ソリッド要素としてモデル化する。

なお、これらのモデル化に当たっては、振動モードを適切に表現し、部材に生じる応力を適切に算出できるよう、実機の拘束点や断面特性の不連続部等を考慮し、質点、節点及び要素数を適切に設定する。

3.1.2 解析モデルの設定条件

(1) 寸法

質点系モデルでは、機器の寸法、支持点位置及び質量から、重心位置及び断面特性を設定する。

有限要素モデルでは、それぞれの形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

なお、腐食を考慮する場合においては、「V-2 強度評価書」に示す腐食代を考慮した寸法を設定する。

(2) 拘束条件

拘束条件は、建物・構築物との取合いに対して、機器への支持構造物の取付位置、ボルトの取付方法等を考慮して設定する。

機器には、溶接又はボルト等により建物・構築物の基礎上に設置される固定式設備と、建物・構築物の基礎上に設置されない移動式設備が存在する。

固定式設備については、並進3方向拘束、固定等、拘束方法を踏まえ、支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定する。

また、ボルトにより固定している設備は、JEAG4601では変形方向に対して複数のボルトで固定されている場合には、固定として設定できることが示されていることから、原則として、同様の構造の場合は固定として設定する。ただし、トラス構造のように複数の柱と斜材で構成されるような設備については、複数のボルトで固定されている場合であっても、振動性状を適切に表現できること、及びこのような構造では並進荷重が支配的になることから、せん断力を安全側に見積もることができる並進3方向拘束として設定する。

移動式設備については、並進方向の拘束等、拘束方法を踏まえ、支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定する。

なお、地震力がレールと車輪の摩擦係数以上の地震力となる場合には、移動方向の拘束条件はすべりを考慮して設定する。

(3) 温度

温度は、機器の運転状態や環境温度によって変化し得るが、一般的に高温条件が耐震計算上厳しくなるため、想定される温度のうち高温となる条件を適用する。

具体的には、機器の構造に応じて本体及び本体に直接取り付く支持部等には本体の最高使用温度を設定し、支持部を介して取り付く部位には環境温度を評価に用いる条件として設定する。

(4) 圧力

圧力は、機器の運転状態によって変化し得るが、一般的に高圧条件が耐震計算上厳しくなるため、想定される圧力のうち外圧あるいは内圧を考慮して耐震計算上厳しくなる条件を適用する。

有限要素モデルのうち、シェルモデル等においては、解析モデルに静圧として入力するが、その他のモデルについては、地震による荷重と組み合わせて評価に用いる条件として設定する。

(5) 比重

内包流体を有する機器については、解析モデルに設定する質量には、内包流体の比重を考慮した値を用いる。

(6) 断面特性

質点系モデルに設定する断面特性については、機器によっては方向ごとに剛性が異なることから、実構造を考慮し、地震力を受ける方向を踏まえて設定する。

有限要素モデルに設定する断面特性については、機器の実構造を踏まえ、振動特性を表現できるように設定する。

(7) 材料特性

材料特性は、部位ごとに「3.1.2(3) 温度」に示す温度条件(機器の最高使用温度や機器の設置場所の環境温度)を踏まえて設定する。

材料特性として考慮するものには、材料剛性と許容応力があり、材料剛性は「3.1.2 解析モデルの設定条件」の入力条件に、許容応力は「3.5 許容限界の設定」の算出条件に適用する。

(8) 質量

質点系モデルについては、構造及び拘束条件に応じて、各質点の質量を設定する。有限要素モデルについては、各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

なお、内包流体を有する機器については、内包流体の量が運転状態によって変化するため、これらを包絡する条件を設定する。

3.2 固有周期の算出

質点系モデルの固有周期については、片端固定や中間固定等の構造に応じた計算式により算出する。

有限要素モデルの固有周期については、解析プログラムを用いて算出する。

また、盤等の機器については、振動特性試験(加振試験又は打振試験)又は解析にて求める。

これ以外に JEAG4601 において、横型ポンプ等の一部の構造の機器は「構造的に一つの剛体とみなせる」として、固有周期の算出を省略することとされているため、これらの構造とみなせるものは、JEAG4601 の扱いに準じて、剛構造(固有周期 0.05s 以下)として扱う。

3.3 設計用地震力の設定

3.3.1 設計用地震力

設計用地震力は、耐震重要度に応じた地震力として、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した、機器据付位置に応じた設計用地震力として、静的地震力又は動的地震力を用いる。

基本的には機器の据付位置の設計用地震力を用いるが、建屋モデルの質点間の床面に支持する場合と壁支持の場合は、設置位置の上下階の地震力のうち安全側となる設計用地震力を設定する。また、建屋上下階を貫通する場合や異なる建物・

構築物を渡る場合等、複数の質点の応答を適用する必要がある場合は、それぞれの据付位置の地震力を包絡又は安全側の設計用地震力を設定する。

評価に用いる動的地震力としては、「3.2 固有周期の算出」に示す固有周期及び「3.3.2 減衰定数」に示す減衰定数を踏まえて、適切な床応答スペクトルを適用し、床応答スペクトルの固有周期に該当する設計用地震力を入力地震力として適用する。また、支持架構で構成する機器に搭載する設備は、支持架構の剛性を考慮した応答解析によって得られた床応答スペクトルを適用する。

剛な機器の構造強度評価に用いる設計用地震力については、据付床面の最大床応答加速度を1.2倍した加速度を適用する。

その他、非線形現象を模擬する機器の構造強度評価については、衝突やすべり等の非線形現象を模擬することから、時刻歴応答波を適用する。時刻歴応答波の適用に当たっては、機器の据付位置及び支持位置を考慮して入力とする時刻歴応答波を適切に選定する。

なお、床応答スペクトル又は時刻歴応答波を用いる場合は材料物性のばらつき等を適切に考慮する。具体的には、床応答スペクトルは、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の「2.1 基本方針」のとおり、周期方向に±10%の拡幅を行った床応答スペクトルを用い、時刻歴応答波については、床応答スペクトルの±10%の拡幅に相当するように時間軸を調整した時刻歴応答波を用いる。

3.3.2 減衰定数

減衰定数は、溶接構造物、ボルト及びリベット構造物、ポンプ・ファン等の機械装置、電気盤等の各機器の構造に応じた値を適用する。

上記の減衰定数は、規格基準や試験等で妥当性が確認された減衰定数を適用する。

3.4 荷重の組合せの設定

荷重の組合せに当たっては、地震応答解析により算出した荷重を、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示す組合せ方法を用いる。

地震力と組み合わせる荷重は、「3.1.2(8) 質量」を踏まえた自重、「3.1.2(4) 圧力」を踏まえた圧力荷重に加えて、以下に示す機械的荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せを考慮する。

3.4.1 機械的荷重

機械的荷重は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示すとおり、設計上定められた機械的荷重を用いる。

機械的荷重は、回転機器等の駆動部を持つ設備については、構造図等に示す回転体の出力に応じた振動・モーメントによる荷重を設定する。

評価に当たっては、地震力・自重・圧力荷重に機械的荷重を組み合わせ適用す

る。

3.4.2 積雪荷重，風荷重

屋外に設置される機器については，積雪荷重及び風荷重を適切に組み合わせることとし，積雪荷重は設置位置及び設備形状に応じて，「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に示すとおり，積雪190cmとし，係数0.35を評価条件として用いる。

また，風荷重は「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に示すとおり風速34m/s及び建屋形状を考慮して算出した風力係数を評価条件として用いる。

これらの荷重は，機器の配置，構造に応じた受圧面積等に応じて設定する。

評価においては，これらの荷重を考慮すべき必要がある場合に，自重及び地震力と組み合わせて適用する。

3.5 許容限界の設定

3.5.1 構造強度評価における許容限界

構造強度評価における許容限界は，「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に基づき，機器の部位ごとに応じた許容応力を用いる。

許容限界は，耐震重要度及び容器，ポンプ，支持構造物等の種類及び用途に応じて設定する。この際，温度条件については，「3.1.2(3) 温度」に基づき設定する。

3.5.2 機能維持評価における許容限界

動的機能維持評価における許容限界は，「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機器の種別及び機種に応じた動的機能確認済加速度を用いる。

動的機能確認済加速度の設定に当たっては，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を動的機能確認済加速度として設定し，評価に当たっては，機器に応じた動的機能確認済加速度を適用する。

なお，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がない構造又は，機器の設置位置に生じる加速度が機能確認済加速度を上回る場合は，動的機能が要求される部位の健全性を詳細評価により確認するため，機器の構造を踏まえて許容応力や許容変位等，適切な許容限界を設定する。

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

臨界防止機能維持評価における許容限界は，「IV-1-1-13 地震時の臨界安全性検討方針」の地震時の臨界安全性に対する検討内容を踏まえて適切な許容変位を設定する。

4. 計算式の設定

4.1 各モデルの計算式

耐震計算に用いる計算式は、JEAG4601 の計算式又は機械工学便覧等の計算式を参考として設定した計算式を用いる。

質点系モデルについては、機器の形状、支持部の形状及び支持点位置に応じて固有周期を算出する計算式、重心点に対して地震加速度を加えた場合に生じる部位ごとの荷重を算出する計算式及び生じた荷重を方向ごとに組み合わせて応力を算出する計算式を設定する。

有限要素モデルのうち、はりモデルについては、部材に作用する荷重を求め、得られた荷重を方向ごとに組み合わせて応力を算出する計算式を設定する。

有限要素モデルのうちシェルモデル又はソリッドモデルについては、部材に作用する応力を直接算出し、発生した応力を方向ごとに組み合わせる計算式を設定する。

4.2 疲労評価の計算式

構造強度評価において、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が「IV－1－1－8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す許容限界 $2S_y$ を超える場合に適用する疲労評価は JEAG4601 及び JSME S NC1 に記載された計算式に基づき疲労累積係数を算出する。

以上、「3. 耐震設計プロセスの詳細」にて設定する各種条件を踏まえて、「4. 計算式の設定」に示す計算式を用いて地震時の発生応力等を算出し、「3.5 許容限界の設定」に示す許容限界を満足することを確認する。

5. 耐震性に関する影響評価

各機器の耐震計算書では、「3. 耐震設計プロセスの詳細」にて設定する各種条件を踏まえて、「4. 計算式の設定」に示す計算式を用いて地震時の発生応力等を算出し、耐震評価を実施するが、上記で示した耐震評価の結果を踏まえて、以下の影響評価を実施することとしている。

- ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価
- ・一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価
- ・隣接建屋に関する影響評価
- ・液状化に関する影響評価

以下では、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、一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価、隣接建屋に関する影響評価及び液状化に関する影響評価の評価方法を示す。

5.1 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

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響に対しては、「IV－1－1－7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す方針にて、機器

の影響評価を実施する。

具体的な評価内容については、「IV-2-3-2-1 機器・配管系の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

5.2 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価

一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響に対しては、一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた地震力と設計用地震力との比較等により、機器の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV-2-4-1-2-1 機器・配管系の一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価」に示す。

5.3 隣接建屋に関する影響評価

隣接建屋に関する影響に対しては、隣接建屋の影響を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた隣接建屋の影響を考慮した地震力と設計用地震力との比較等により、機器の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV-2-4-2-2-1 機器・配管系の隣接建屋に関する影響評価」に示す。

5.4 液状化に関する影響評価

液状化に関する影響に対しては、液状化の影響を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた地震力と設計用地震力との比較等により、機器の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV-2-4-3-2-1 機器・配管系の建物・構築物における液状化に関する影響評価」に示す。

6. 耐震計算書の記載に係る共通的な方針

耐震計算書を示すに当たり、記載に係る共通的な方針を以下に示す。

6.1 耐震計算書の構成及び記載内容

「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」及び「IV-1-3-2-2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」においては、機器の種類及び構造によって適用する計算式を設定するため、耐震計算書は機器の種類及び構造ごとに、設置建屋及び主要設備リスト順に整理し、設計条件、機器要目及び結論を一覧表で示す。

なお、通常時又は重大事故時において設計条件が異なるため、耐震計算書は、耐震重要施設、安全機能を有する施設を兼ねる重大事故等対処施設及び安全機能を有する施設を兼ねない重大事故等対処施設に分けて示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、水平2方向影響に対する形状ごとの分類に整理し、影響評価結果を一覧表で示す。

一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価，隣接建屋に関する影響評価及び液化化に関する影響評価については，建屋ごとかつ機器の構造ごとに影響評価結果を一覧表で示す。

なお，同一機種の種類や盤等については，次の方法により評価結果を示す。

(1) 同一仕様で設置位置が異なる場合

設置位置の中で最も大きな地震力を適用して評価した機器を，その機種の評価結果として示す。

(2) 仕様のうち，質量が異なる場合

質量条件が最も厳しくなる機器を評価した結果を，その機種の評価結果として示す。

(3) 仕様のうち，寸法及び使用条件（圧力，温度）が異なる場合

これらの条件を全て包含し，最も厳しい条件を設定して評価した機器を，その機種の評価結果として示す。

(4) 上記 (1) ～ (3) が複合条件となる場合

(1) ～ (3) の影響を包含し，最も厳しい条件を設定して評価した機器を，その機種の評価結果として示す。

6.2 計算精度と数値の丸め方

耐震評価に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また，耐震計算書において数値を示す際の数値の丸め方は，原則として第 6.2-1 表に基づき，健全性の確認に影響を与える場合は切上げ，切捨てによる処理をした上で表示する。

第 6. 2-1 表 表示する数値の丸め方

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

注記 *1：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

7. 各機器に該当する設計プロセスの条件

各機器に該当する設計プロセスの条件について、機器の計算方針である「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」又は「IV-1-3-2-2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」ごとに整理し、第7-1表に示す。

この際、各機器の設計プロセスの条件を整理した上で、整理結果としては、設計プロ

セスの条件が多く該当する機器及びその機器の設計プロセスに対して差分がある機器に
該当する設計プロセスの条件を示すこととする。

第7-1表 各機器において該当する設計プロセスの条件 (1/2)

No.	評価分類*1	設置場所	計算条件など 機器又はモデル名称	申請 回次	耐震設計プロセス*1*2																				
					3.1 解析モデルの設定										3.2 固有周期 の算出	3.3 設計用地震力の設定					3.4 荷重の組合せの設定			3.5 許容限界 の設定	
					3.1.1 解析モデルの選定				3.1.2 解析モデルの設定条件							3.3.1 設計用地震力			3.3.2 減衰定数		3.4.1 機械的 荷重	3.4.2 積雪荷重, 風荷重		3.5.2 機能維持 評価における 許容限界	
					(1)質点 系モデル	(2)有限要素モデル			(2)拘束条件		(3)温度		(4)圧力	(5)比重	解析 プログラ ム	床応答 スペクト ル	最大 床応答 加速度	時刻歴 応答波	規格基準 による減 衰定数	試験等 による減 衰定数	機械的 荷重	積雪 荷重	風 荷重	機能 確認 済 加速 度	詳細 評価 *3
質点系 モデル	はり モデル	シェル モデル	ソリッド モデル	固定式		移動式	最高 使用 温度	環境 温度																	
1	定式化	安全冷却水系冷却塔	安全冷却水系膨張槽	第2回	○	-	-	-	○	-	○	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-	○	○	-	-
2	定式化	使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	空気だめ	第2回	○	-	-	-	○	-	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
3	定式化	使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	プール水冷却系ポンプ	第2回	○	-	-	-	○	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	○	-

注記 *1 : 凡例

定式化 : 質点系モデルによる定式化された計算式を用いた解析手法

FEM等 : FEM等を用いた応力解析手法

○ : 各機器に該当する設計プロセス

- : 該当なし

*2 : 3.1.2(1) 寸法, 3.1.2(6) 断面特性, 3.1.2(7) 材料特性, 3.1.2(8) 質量, 3.3.1 設計用地震力のうち静的震度, 3.5.1 構造強度評価における許容限界については, 各機器の共通事項となるため, 表中に示していない。

*3 : 詳細評価において設定する許容応力や許容変位等。

第7-1表 各機器において該当する設計プロセスの条件 (2/2)

No.	評価分類*1	設置場所	計算条件など 機器又はモデル名称	申請 回次	耐震設計プロセス*1*2																				
					3.1 解析モデルの設定										3.2 固有周期 の算出	3.3 設計用地震力の設定				3.4 荷重の組合せの設定			3.5 許容限界 の設定		
					3.1.1 解析モデルの選定				3.1.2 解析モデルの設定条件							3.3.1 設計用地震力		3.3.2 減衰定数		3.4.1 機械的 荷重	3.4.2 積雪荷重, 風荷重		3.5.2 機能維持 評価における 許容限界		
					(1)質点 系モデル	(2)有限要素モデル			(2)拘束条件		(3)温度		(4)圧力	(5)比重	解析 プログラ ム	床応答 スペクト ル	最大 床応答 加速度	時刻歴 応答波	規格基準 による減 衰定数	試験等 による減 衰定数	機械的 荷重	積雪 荷重	風 荷重	機能 確認 済 加速 度	詳細 評価 *3
						質点系 モデル	はり モデル	シェル モデル	ソリッド モデル	固定式	移動式	最高 使用 温度													
1	FEM等	安全冷却水B冷却塔	安全冷却水B冷却塔	第1回	○	○	-	-	○	-	○	○	○	-	○	○	○	-	○	○*4	○	○	○	○	○
2	FEM等	使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	低残留濃縮度BWR燃料貯蔵 ラック	第2回	-	○	○	-	○	-	-	○	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-
3	FEM等	使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	燃料取扱装置 (BWR燃料及 びPWR燃料用)	第2回	-	○	-	-	-	○	-	○	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-
4	FEM等	分離建屋	抽出塔	第2回	-	○	-	-	○	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	-	-	-	-	-	-

注記 *1: 凡例

- 定式化: 質点系モデルによる定式化された計算式を用いた解析手法
- FEM等: FEM等を用いた応力解析手法
- : 各機器に該当する設計プロセス
- : 該当なし

*2: 3.1.2(1) 寸法, 3.1.2(6) 断面特性, 3.1.2(7) 材料特性, 3.1.2(8) 質量, 3.3.1 設計用地震力のうち静的震度, 3.5.1 構造強度評価における許容限界については, 各機器の共通事項となるため, 表中に示していない。

*3: 詳細評価において設定する許容応力や許容変位等。

*4: 減衰定数の適用において, 基本方針上のボルト及びリベット構造物の2.0%に対し, 設計上の保守性を考慮した減衰定数を適用する。

IV-1-2-2-2

配管の耐震計算に関する基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 耐震設計のプロセス	1
3. 耐震設計プロセスの詳細	3
3.1 解析モデルの設定	3
3.1.1 解析モデルの選定	3
3.1.2 解析モデルの設定条件	3
3.2 固有周期の算出	4
3.3 設計用地震力の設定	4
3.3.1 設計用地震力	4
3.3.2 減衰定数	5
3.4 荷重の組合せの設定	5
3.4.1 機械的荷重	5
3.4.2 積雪荷重, 風荷重	5
3.5 許容限界の設定	6
3.5.1 構造強度評価における許容限界	6
3.5.2 機能維持評価における許容限界	6
4. 計算式の設定	6
4.1 計算式	6
4.2 疲労評価の計算式	7
5. 耐震性に関する影響評価	7
5.1 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	7
5.2 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価	7
5.3 隣接建屋に関する影響評価	8
5.4 液状化に関する影響評価	8
6. 耐震計算書の記載に係る共通的な方針	8
6.1 耐震計算書の構成及び記載内容	8
6.2 評価対象配管のモデル	8
6.3 評価結果の記載方法	9
6.4 計算精度と数値の丸め方	9

7. 各配管に該当する設計プロセスの条件.....	10
---------------------------	----

1. 概要

本基本方針は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき設計した配管が、設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認するための耐震設計プロセス、計算式の設定及び耐震計算書の記載に係る共通的な方針について説明するものである。

配管の耐震評価は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルである、多質点系はりモデルによる解析手法を適用して行う。

耐震計算に用いる計算式等は、「IV-1-3-2-3 多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の耐震計算書作成の基本方針」に示す。

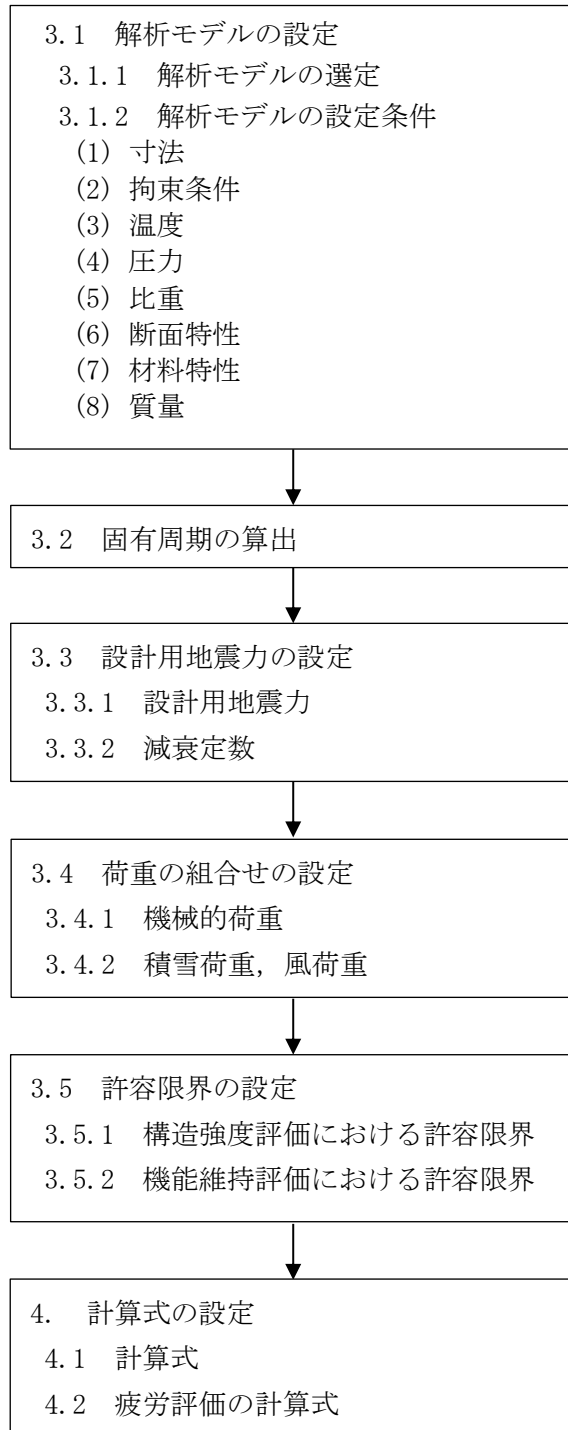
2. 耐震設計のプロセス

配管の構造設計においては、必要な機能を踏まえ、使用圧力、温度条件及び扱う流体等の設計条件に応じて、配管ルート及び材料等を決定する。

これを受けて、耐震設計のプロセスとしては、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に基づき解析モデルを設定し、固有周期を算出した上で、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した設計用地震力を用いることとしている。

その上で、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重の組合せを踏まえて、構造及び機能に応じて設定した計算式により算出した応力等が「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示される許容限界以下となることを確認する。また、弁の要求機能を踏まえて、必要に応じて動的機能が確保できることを解析により確認する。

これら、耐震設計のプロセスについて第2-1図に示す。



※各項目の番号は「3. 耐震設計プロセスの詳細」及び「4. 計算式の設定」に対応する

第 2-1 図 配管の耐震設計プロセス

3. 耐震設計プロセスの詳細

耐震計算は、「2. 耐震設計のプロセス」に基づき実施しており、以下では各耐震設計プロセスの詳細を説明する。

これらの耐震計算に当たっては、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格に準拠する。

3.1 解析モデルの設定

3.1.1 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す多質点系はりモデルを用いる。

本モデルでは、配管等をはり要素としてモデル化し、配管や弁等の質量については集中質量として取り扱う。

なお、多質点系はりモデルの評価対象範囲は、高温・大口径の配管としており、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の第 1.3.1.1-2 表に示す解析方法の適用範囲で用いる。また、モデル化範囲は、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「1.3.2 多質点系はりモデルを用いた評価方法」のとおり、固定点から固定点までとする。

3.1.2 解析モデルの設定条件

(1) 寸法

対象配管それぞれの板厚、配管ルート及び支持点位置寸法等を設定する。

なお、板厚の設定において腐食を考慮する場合には、「V-2 強度評価書」に示す腐食代を考慮した寸法を設定する。

(2) 拘束条件

拘束条件は、建物・構築物との取合いに対して、配管への支持構造物の取付位置、方向等を考慮して設定する。

なお、配管の支持構造物は、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ととしており、その拘束条件は「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「第 2.2.1-1 表 支持構造物の機能と用途(例)」に示す各支持構造物の種類に応じて設定する。

(3) 温度

温度は、施設の運転状態や環境温度によって変化し得るが、一般的に高温条件が耐震計算上厳しくなるため、想定される温度のうち高温となる条件を適用する。

具体的には、配管及び配管に直接取り付く支持部等には配管の最高使用温度を設定し、支持部を介して取り付く部位には環境温度を評価に用いる条件として設

定する。

(4) 圧力

圧力は、施設の運転状態によって変化し得るが、一般的に高圧条件が耐震計算上厳しくなるため、想定される圧力のうち外圧あるいは内圧を考慮して耐震計算上厳しくなる条件を適用する。

(5) 比重

内包流体を有する配管については、解析モデルに設定する質量に、内包流体の比重を考慮した値を用いる。

(6) 断面特性

配管の口径、板厚から実構造の剛性を考慮した断面特性を設定する。

(7) 材料特性

材料特性は、部位ごとに「3.1.2(3) 温度」に示す温度条件(配管の最高使用温度や設置場所の環境温度)を踏まえて設定する。

材料特性として考慮するものには、材料剛性と許容応力があり、材料剛性は「3.1.2 解析モデルの設定条件」の入力条件に、許容応力は「3.5 許容限界の設定」の算出条件に適用する。

(8) 質量

配管質量は、「3.1.2(5) 比重」に示す比重を考慮した内包流体質量、配管本体質量、保温材質量を踏まえて設定し、弁等を有する部位については、別途集中質量として考慮する。

3.2 固有周期の算出

配管の多質点系はりモデルでは、解析プログラムを用いて固有周期を算出する。

3.3 設計用地震力の設定

3.3.1 設計用地震力

設計用地震力は、耐震重要度に応じた地震力として、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定した、配管据付位置に応じた設計用地震力として、静的地震力又は動的地震力を用いる。

基本的には配管の据付位置の設計用地震力を用いるが、建屋モデルの質点間の床面に支持する場合と壁支持の場合は、設置位置の上下階の地震力のうち安全側となる設計用地震力を設定する。また、建屋上下階を貫通する場合や異なる建物・構築物を渡る場合等、複数の質点の応答を適用する必要がある場合は、それぞれの

据付位置の地震力を包絡又は安全側の設計用地震力を設定する。

評価に用いる動的地震力としては、「3.2 固有周期の算出」に示す固有周期及び「3.3.2 減衰定数」に示す減衰定数を踏まえて、適切な床応答スペクトルを適用し、床応答スペクトルの固有周期に該当する設計用地震力を入力地震力として適用する。なお、支持架構から支持する場合、支持架構の剛性を考慮して固有値及び応答解析を実施する。また、剛な配管の設計用地震力については、据付床面の最大床応答加速度を1.2倍した加速度を使用する。

なお、床応答スペクトルを用いる場合は材料物性のばらつき等を適切に考慮する。具体的には、床応答スペクトルは、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の「2.1 基本方針」のとおり、周期方向に±10%の拡幅を行った床応答スペクトルを用いる。

また、建物・構築物間に渡って設置される配管については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「1.3.3.9.3 建物・構築物の相対変位」に基づく相対変位を考慮する。

3.3.2 減衰定数

減衰定数は、支持具の種類及び数並びに保温材の有無に応じて規格基準や試験等で妥当性が確認された減衰定数を適用する。

3.4 荷重の組合せの設定

荷重の組合せに当たっては、地震応答解析により算出した荷重を、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示す組合せ方法を用いる。

地震力と組み合わせる荷重は、「3.1.2(8) 質量」を踏まえた自重、「3.1.2(4) 圧力」を踏まえた圧力荷重に加えて、以下に示す機械的荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せを考慮する。

3.4.1 機械的荷重

機械的荷重は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表及び第3.1-2表に示すとおり、設計上定められた機械的荷重を用いる。

評価に当たっては、地震力・自重・圧力荷重に機械的荷重を組み合わせ適用する。

3.4.2 積雪荷重，風荷重

屋外に設置される配管については、積雪荷重及び風荷重を適切に組み合わせることとし、積雪荷重は設置位置及び設備形状に応じて、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に示すとおり、積雪190cmとし、係数0.35を評価条件として用いる。

また、風荷重は「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に示すと

おり風速 34m/s 及び建屋形状を考慮して算出した風力係数を評価条件として用いる。

これらの荷重は、配管の配置、構造に応じた受圧面積等に応じて設定する。

評価においては、これらの荷重を考慮すべき必要がある場合に、自重、圧力及び地震力と組み合わせて適用する。

3.5 許容限界の設定

3.5.1 構造強度評価における許容限界

構造強度の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 3.1-1 表及び第 3.1-2 表に示す許容応力を用いる。

許容限界は、耐震重要度に応じて設定する。この際、温度条件については、「3.1.2(3) 温度」に基づき設定する。

3.5.2 機能維持評価における許容限界

配管における動的機能維持対象設備は弁であり、動的機能維持評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第 4-1 表に示す弁の種類に応じた動的機能確認済加速度又は加振試験で確認した機能確認済加速度を用いる。

動的機能確認済加速度の設定に当たっては、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を動的機能確認済加速度として設定し、評価に当たっては、弁の種類に応じた動的機能確認済加速度を適用する。

なお、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がない構造又は、配管の設置位置に生じる加速度が機能確認済加速度を上回る場合は、動的機能が要求される部位の健全性を詳細評価により確認するため、弁の構造を踏まえて適切な許容応力を設定する。

4. 計算式の設定

4.1 計算式

配管の耐震計算は、解析により配管に作用する荷重を求め、得られた荷重に対して JEAG4601 に記載された計算式に基づき応力を算出する。

支持構造物については、上記モデルの解析結果として得られる支持点反力を用いて JEAG4601 または JSME S NC1 に記載された計算式に基づき評価を実施する。

なお、種々の支持構造物に対する計算式の詳細は、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す。

弁の構造強度評価については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「1.3.3.9.4 弁」に示すとおり、配管より厚肉構造であることから、発生応力は配管より小さくなるため、配管評価に包含される。また、動的機能維持評価については、多質点系はりモデルによる解析から応答加速度を算出する。

4.2 疲労評価の計算式

構造強度評価において、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が「IV－1－1－8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す許容限界 $2S_y$ を超える場合に適用する疲労評価は JEAG4601 及び JSME S NC1 に記載された計算式に基づき疲労累積係数を算出する。

以上、「3. 耐震設計プロセスの詳細」にて設定する各種条件を踏まえて、「4. 計算式の設定」に示す計算式を用いて地震時の発生応力等を算出し、「3.5 許容限界の設定」に示す許容限界を満足することを確認する。

5. 耐震性に関する影響評価

各配管の耐震計算書では、「3. 耐震設計プロセスの詳細」にて設定する各種条件を踏まえて、「4. 計算式の設定」に示す計算式を用いて地震時の発生応力等を算出し、耐震評価を実施するが、上記で示した耐震評価の結果を踏まえて、以下の影響評価を実施することとしている。

- ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価
- ・一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価
- ・隣接建屋に関する影響評価
- ・液状化に関する影響評価

以下では、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、一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価、隣接建屋に関する影響評価及び液状化に関する影響評価の評価方法を示す。

5.1 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

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響に対しては、「IV－1－1－7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す方針にて、配管の影響評価を実施する。

具体的な評価内容については、「IV－2－3－2－1 機器・配管系の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

5.2 一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価

一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響に対しては、一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた地震力と設計用地震力との比較等により、配管の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV－2－4－1－2－1 機器・配管系の一関東評価用地震動(鉛直)に関する影響評価」に示す。

5.3 隣接建屋に関する影響評価

隣接建屋に関する影響に対しては、隣接建屋の影響を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた地震力と設計用地震力との比較等により、配管の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV-2-4-2-2-1 機器・配管系の隣接建屋に関する影響評価」に示す。

5.4 液状化に関する影響評価

液状化に関する影響に対しては、液状化の影響を考慮した建物・構築物の応答結果を踏まえた地震力と設計用地震力との比較等により、配管の耐震安全性への影響評価を実施することとする。

具体的な評価内容については、「IV-2-4-3-2-1 機器・配管系の建物・構築物における液状化に関する影響評価」に示す。

6. 耐震計算書の記載に係る共通的な方針

耐震計算書を示すに当たり、記載に係る共通的な方針を以下に示す。

6.1 耐震計算書の構成及び記載内容

耐震計算は、「IV-1-3-2-3 多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の耐震計算書作成の基本方針」に示す計算式等に基づき実施することとしており、耐震計算書は配管の設置建屋及び主要設備リスト順に整理し、モデル諸元、入力条件及び評価結果を一覧表で示す。

なお、通常時又は重大事故等時において設計条件が異なるため、耐震計算書は、安全機能を有する施設である設計基準対象の施設、設計基準対象の施設と兼用する重大事故等対処施設及び設計基準対象の施設と兼用しない重大事故等対処施設に分けて示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、影響評価結果を一覧表で示す。

一関東評価用地震動(鉛直)、隣接建屋及び液状化に関する影響評価については、建屋ごとに影響評価結果を一覧表で示す。

6.2 評価対象配管のモデル

(1) モデル化範囲

モデル化範囲については「主要設備リスト」に示す申請対象配管のうち、「3.1.1 解析モデルの選定」に示すとおり、高温・大口径の配管を評価対象とし、評価対象配管を含む固定点から固定点までをモデル化する。多質点系はりモデルのモデル化範囲以外の配管については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す標準支持間隔法を用いて耐震性を確認する。

(2) モデルの示し方

耐震計算書では、配管ルート、支持条件及び支持点間距離を明確に示すために鳥瞰図を示す。

また、支持構造物の種類は「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「第2.2.1-1表 支持構造物の機能と用途(例)」に示す支持構造物を用いているが、耐震計算書では、「第2.2.1-1表 支持構造物の機能と用途(例)」に記載のスナバは、レストレイントと読み替えて鳥瞰図に記載する。

6.3 評価結果の記載方法

多質点系はりモデルの耐震計算書の構成は「6.1 耐震計算書の構成及び記載内容」のとおり一覧表で示す。その記載方法は以下のとおりとする。

(1) 配管

配管の評価結果として、解析モデルごとに発生応力値/許容値(応力比)が最大となる評価結果を記載する。

(2) 支持構造物

配管の支持構造物の評価結果として、反力が最大となる支持点の評価結果を支持構造物の種類ごとに記載する。

(3) 弁

弁については、評価対象それぞれの評価結果を記載する。ただし、同一仕様の配管に設置する弁については、同一仕様の配管に設置するいずれかの弁の評価結果を代用して記載する。

6.4 計算精度と数値の丸め方

耐震評価に用いる計算精度は耐震性の結果に影響を及ぼさない桁数を確保する。

また、耐震計算書において数値を示す際の数値の丸め方は、原則として第6.4-1表に基づき、健全性の確認に影響を与える場合は切上げ、切捨てによる処理をした上で表示する。

第 6. 4-1 表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
寸法	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
変位量	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位*1
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
集中重量	N	小数点以下第1位	切上げ	整数位
単位長さ 当たり重量	N/m	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
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
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*2	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出荷重	kN	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容荷重	kN	小数点以下第1位	切捨て	整数位
疲労累積係数	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
弁応答加速度	× 9.8m/s ²	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位

注記 *1：必要に応じて小数点以下第3位表示とする。

*2：JSME S NC1 付録材料図表に記載された温度の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。

7. 各配管に該当する設計プロセスの条件

各配管に該当する設計プロセスの条件について、第7-1表に示す。この際、各配管の設計プロセスの条件を整理した上で、整理結果としては、設計プロセスの条件が多く該当する配管及びその配管の設計プロセスに対して差分がある配管に該当する設計プロセスの条件を示すこととする。

第7-1表 各配管において該当する設計プロセスの条件

No.	評価分類*1	建屋名称	計算条件など 名称	申請 回次	3.1 解析モデルの設定															3.2 固有周期の算出		3.3 設計用地震力の設定				3.4 荷重の組合せの設定			3.5 許容限界の設定	
					3.1.2 解析モデルの設定条件					(2)拘束条件	(3)温度		(4)圧力	(5)比重	解析プログラム	床応答スペクトル	最大床応答加速度	時刻歴応答波	3.3.2 減衰定数		3.4.1 機械的荷重	3.4.2 積雪荷重, 風荷重		3.5.2 機能維持評価における許容限界						
					(2)拘束条件	最高使用温度	環境温度	規格基準による減衰定数	試験等による減衰定数		機械的荷重	積雪荷重							風荷重	機能確認済加速度		詳細評価*3								
						(2)拘束条件	最高使用温度																環境温度	機能確認済加速度	詳細評価*3					
1	多質点系はり	分離建屋	高レベル廃液濃縮缶()～第1エジェクタ()	第2回	○	○	-	-	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-								
2	多質点系はり	前処理建屋	廃ガス加熱器A() ～ 第1高性能粒子フィルタA() 廃ガス加熱器() ～ 第1高性能粒子フィルタ() 廃ガス加熱器() ～ 第1高性能粒子フィルタ()	第2回	○	○	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
3	多質点系はり	前処理建屋	主要弁()	第2回	○	○	-	-	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	○	-									

注記 *1: 凡例

- : 各機器に該当する設計プロセス
- : 該当なし

*2: 3.1.1 解析モデルの選定, 3.1.2(1) 寸法, 3.1.2(6) 断面特性, 3.1.2(7) 材料特性, 3.1.2(8) 質量, 3.3.1 設計用地震力のうち静的震度, 3.5.1 構造強度評価における許容限界については, 各配管の共通事項となるため, 表中に示していない。

*3: 詳細評価において設定する許容応力や許容変位等。

IV－1－3

耐震性に関する計算書作成の 基本方針

IV-1-3-1
建物・構築物

IV－1－3－1－1

建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の地震応答計算書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価方針	2
2.1 評価フロー	2
2.2 地震応答解析に用いる地震動	4
2.3 準拠規格・基準等	5
3. 地震応答解析モデルの設定方針	6
3.1 地盤モデルの設定方針	6
3.2 地震応答解析モデルの設定方針	6
3.3 地盤-建屋相互作用モデルの設定方針	7
3.3.1 スウェイ・ロッキングモデルの地盤ばねの設定方針	7
3.3.2 地盤 3次元 FEM モデルの設定方針	12
3.5 建物・構築物の復元力特性の設定方針	13
3.5.1 耐震壁の復元力特性	13
4. 入力地震動の設定方針	17
4.1 スウェイ・ロッキングモデルの入力地震動の設定方針	17
4.2 地盤 3次元 FEM モデルの入力地震動の設定方針	22
5. 地震応答解析の方法	23
6. 静的地震力の算定方法	26
7. 必要保有水平耐力の算定方法	28

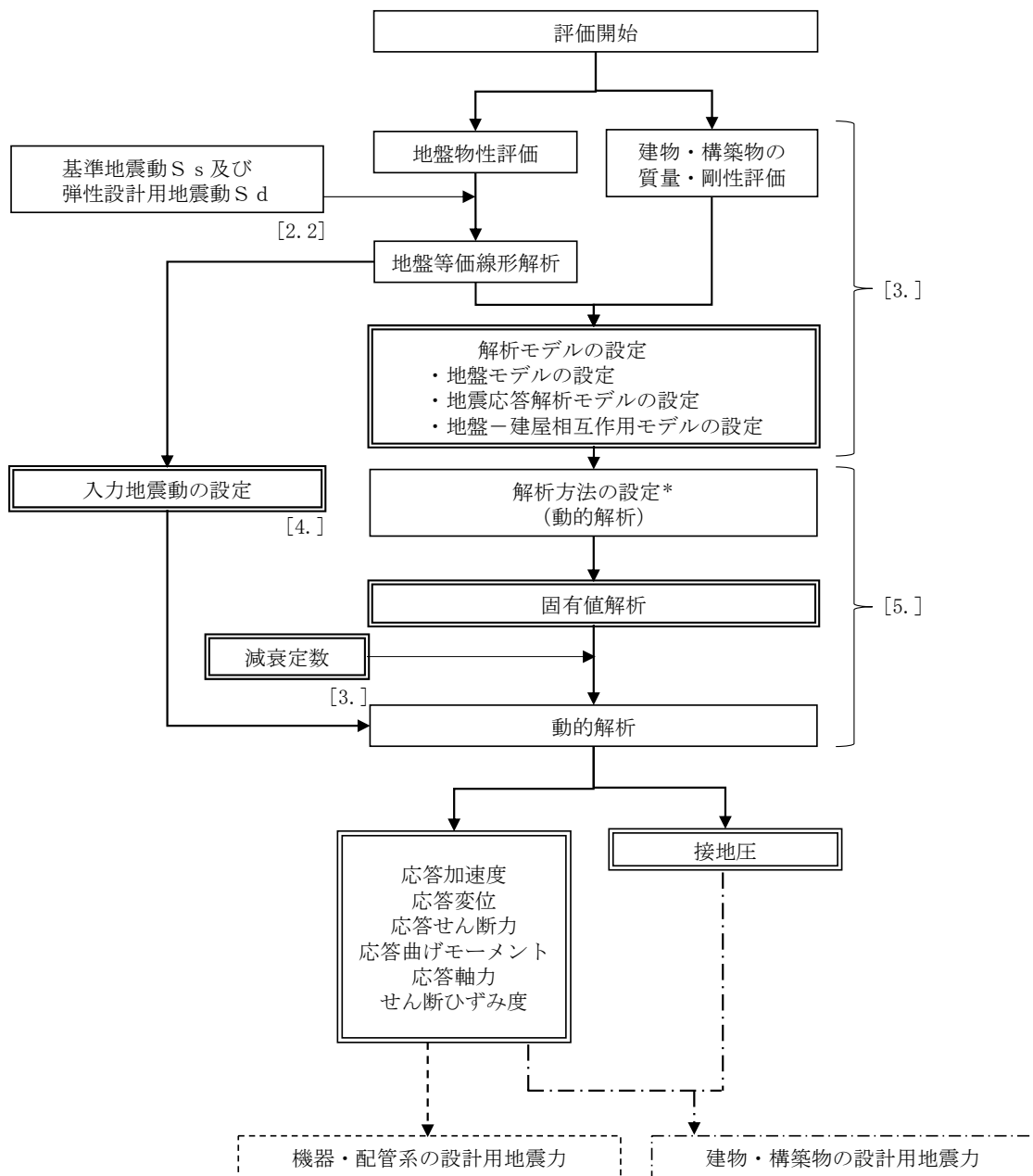
1. 概要

本資料は、「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計のプロセスのうち、建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の地震応答解析に係るプロセスの詳細な内容を示すものである。

2. 評価方針

2.1 評価フロー

「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力を設定するにあたり、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1.2 動的地震力」に基づき、動的地震力を算定する。第2.1-1図に地震応答解析フローを示す。また、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1.1 静的地震力」に基づき、静的地震力及び必要保有水平耐力を算定する。地震応答解析は第2.1-1図のフロー図に基づき実施し、建物・構築物の地震応答計算書において、各設定の結果及び地震応答解析結果を示す。



注記 * : 材料物性のばらつきを考慮する。
 1 : []内は本資料における章番号を示す。
 2 : □は建物・構築物の地震応答計算書においてその結果を示す。

第 2.1-1 図 地震応答解析フロー

2.2 地震応答解析に用いる地震動

地震応答解析に用いる地震動は、「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」に基づく解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d とする。

なお、基準地震動 $S_s-B1\sim B5$ 及び弾性設計用地震動 $S_d-B1\sim B5$ については、建物・構築物への入力地震動を評価する際に、建物・構築物に応じた適切な方位に変換を行う。具体的には、第2保管庫・貯水所及び第2軽油貯蔵所以外の建物・構築物に対しては、プラントノース(真北に対し、時計回りに 13° の方向)に、第2保管庫・貯水所及び第2軽油貯蔵所に対しては、真北に対し、時計回りに 27° の方向に変換を行う。

2.3 準拠規格・基準等

地震応答解析において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－
（(社)日本建築学会，1999）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（(社)日本電気協会）
（以下，「JEAG 4601-1987」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・
補-1984（(社)日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）
（以下，「JEAG 4601-1991 追補版」という。）
- ・ 鋼構造設計規準（(社)日本建築学会，2005）
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築物の構造関係技術基準解説書編
集委員会）
- ・ 容器構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010改定（第三次））
- ・ 煙突構造設計指針（日本建築学会 2007制定）
- ・ 煙突構造設計施工指針（日本建築センター 1982年版）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010改定）

3. 地震応答解析モデルの設定方針

3.1 地盤モデルの設定方針

地盤モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を基本ケースとして用いる。なお、建物・構築物の基礎底面以深については鷹架層をモデル化し、側面地盤ばねを考慮する建物・構築物の基礎底面以浅については埋戻し土をモデル化する。

また、地盤物性のばらつきについては、敷地内のボーリング調査結果等に基づき、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の物性値を基本として、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮した物性値を設定する。

なお、「3.3 地盤-建屋相互作用モデルの設定方針」及び「4. 入力地震動の設定方針」に用いる地盤定数は、ひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。

3.2 地震応答解析モデルの設定方針

地震応答解析モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、水平方向及び鉛直方向それぞれについて剛性及び質量を評価し、設定する。

建物・構築物の地震応答解析モデルは、建物・構築物と地盤の相互作用を考慮した建物・構築物-地盤連成モデルとし、曲げ、せん断剛性及び軸剛性を評価した多質点系モデルを用いる。

排気筒の地震応答解析モデルは、排気筒と地盤の相互作用を考慮した構築物-地盤連成モデルとし、曲げ、せん断剛性及び軸剛性を評価した要素によるフレームモデルを用いる。

減衰定数については、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき、鉄筋コンクリートは5%、鉄骨は2%とする。また、排気筒の鋼材（筒身）については1%とする。

3.3 地盤－建屋相互作用モデルの設定方針

3.3.1 スウェイ・ロッキングモデルの地盤ばねの設定方針

地盤ばねは、「IV－1－1－5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。

基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを、近似法により定数化して用いる。基礎底面地盤ばねの定数化の概要を第 3.3.1-1 図に示す。

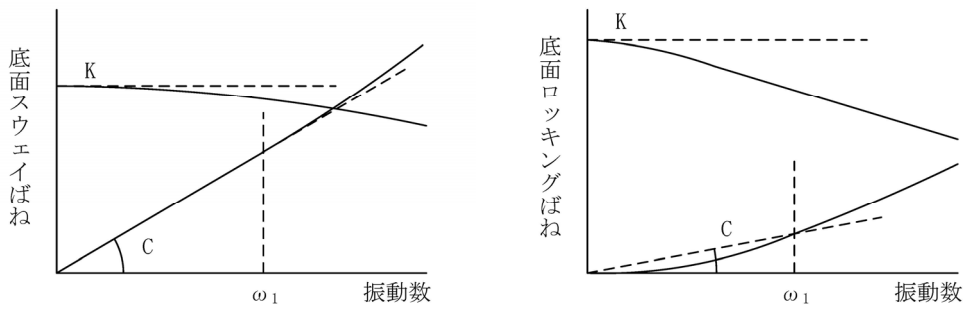
基礎底面地盤ばねのうち、基礎底面のロッキング地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面のロッキングばねに関する曲げモーメント－回転角の関係は、「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。ロッキングばねの曲げモーメント－回転角の関係を第 3.3.1-2 図に示す。

浮上り時の地盤のロッキングばねの剛性は、第 3.3.1-2 図の曲線で表され、減衰係数は、ロッキングばねの接線剛性に比例するものとして考慮する。

側面地盤ばねについては、建物・構築物の側面位置の地盤定数を用いて、「JEAG 4601-1991 追補版」により、Novak の手法、有限要素法又は境界要素法に基づき求めた水平ばねを、基礎底面地盤ばねと同様に、近似法により定数化して用いる。側面地盤ばねの定数化の概要を第 3.3.1-3 図に示す。

「5. 地震応答解析の方法」に示す誘発上下動を考慮するモデルでは、水平加振により励起される鉛直応答を評価するために、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC 4601-2008 ((社)日本電気協会)」を参考に、水平・回転の 2 自由度からなる SR (スウェイ・ロッキング) モデルに、鉛直方向の自由度を考慮し、鉛直ばね及び回転・鉛直連成ばねを設定する。なお、鉛直ばね、回転・鉛直連成ばね及び回転ばねは、接地率 η_t に応じて時々刻々と変化する。

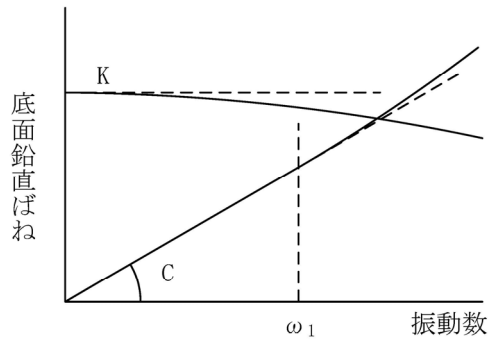
第 3.3.1-4 図に誘発上下動を考慮する場合の地震応答解析モデルの概念図を、第 3.3.1-1 表に基礎が浮上った場合の基礎底面につく地盤ばねの剛性と減衰の評価式を示す。



ばね定数：0Hz のばね定数 K で定数化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾き C で定数化

(a) 水平方向

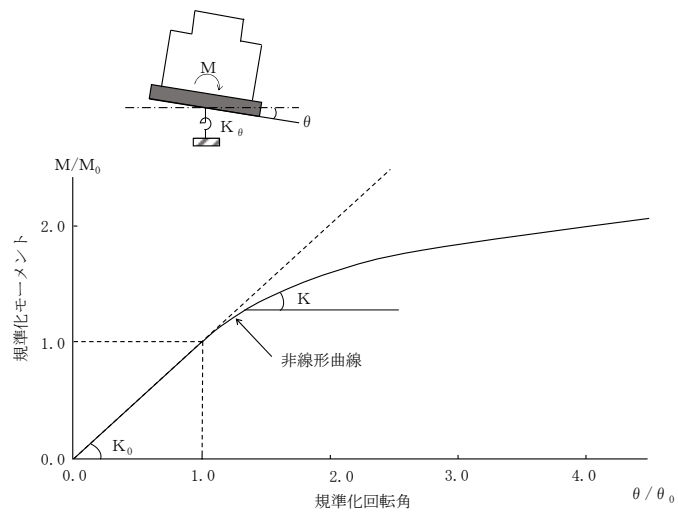


ばね定数：0Hz のばね定数 K で定数化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾き C で定数化

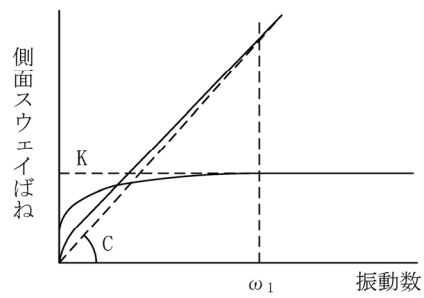
(b) 鉛直方向

第 3.3.1-1 図 基礎底面地盤ばねの定数化の概要



- M : 転倒モーメント
- M_0 : 浮上り限界転倒モーメント
- θ : 回転角
- θ_0 : 浮上り限界回転角
- K_0 : 底面ロッキングばねのばね定数 (浮上り前)
- K : 底面ロッキングばねのばね定数 (浮上り後)

第 3.3.1-2 図 ロッキングばねの曲げモーメントー回転角の関係



ばね定数：ばね定数 K の極大値で定数化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾き C で定数化

第 3.3.1-3 図 側面地盤ばねの定数化の概要

$$\begin{Bmatrix} P \\ N \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{HH} & 0 & 0 \\ 0 & K_{VV} & K_{VR} \\ 0 & K_{VR} & K_{RR} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_0 \\ w_0 \\ \theta \end{Bmatrix}$$

ここで、P：水平方向慣性力

N：鉛直方向慣性力

M：転倒モーメント

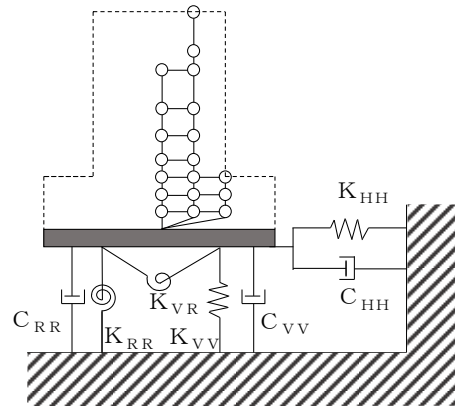
K_{HH} , K_{VV} , K_{RR}

：水平，鉛直，回転ばねの対角項

K_{VR} ：回転・鉛直連成ばね

u_0 , w_0 , θ ：基礎底面中心の各変位

及び回転角



第 3.3.1-4 図 誘発上下動を考慮する場合の地震応答解析モデルの概念図

第 3.3.1-1 表 誘発上下動考慮モデルの基礎浮上り時の地盤ばねの剛性と減衰

	剛性	減衰係数
鉛直ばね	$K_{VV} = \eta_t^\beta \cdot K_{V0}$	$C_{VV} = C_{V0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$
回転・鉛直連成ばね	$K_{VR} = \frac{1 - \eta_t}{2} L \cdot K_{VV}$	$C_{VR} = 0$
回転ばね	$K_{RR} = \frac{M - K_{VR} \cdot w_0}{\theta}$	$C_{RR} = C_{R0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$
$\eta_t = \left(\frac{\theta_0}{\theta} \right)^{\frac{2}{\alpha-2}}$ θ ：回転角	M：転倒モーメント w_0 ：基礎スラブ中心の鉛直変位 θ_0 ：浮上り限界回転角 L：建屋基礎幅 K_{V0} ：線形域の鉛直ばね剛性 β ：0.46 α ：地反力分布に応じた値 C_{V0} ：線形域の鉛直ばねの減衰係数 C_{R0} ：線形域の回転ばねの減衰係数	

3.3.2 地盤3次元FEMモデルの設定方針

「5. 地震応答解析の方法」に示す地盤3次元FEMモデルの基礎底面地盤については成層補正後の物性値を用いて等価な一様地盤とし、側面地盤についてはひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いて、ソリッド要素で地盤をモデル化する。

基礎底面と地盤の各節点の間には剥離を考慮したジョイント要素を設けることにより基礎の浮上りを評価する。基礎底面のジョイント要素の剛性は、解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値を設定する。

建物・構築物の側方地盤は、建物・構築物に追随して変形すると考えられることから、側面地盤と建物・構築物の質点間の地盤節点には、線形補間で平面を保持するような多点拘束を設定する。

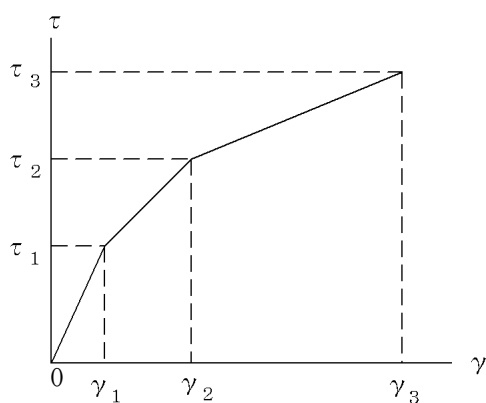
地盤3次元FEMモデルの側面及び底面の境界条件は粘性境界とする。

3.5 建物・構築物の復元力特性の設定方針

3.5.1 耐震壁の復元力特性

(1) 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係 ($\tau-\gamma$ 関係)

耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係 ($\tau-\gamma$ 関係) は, 「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係を第3.5.1-1図に示す。

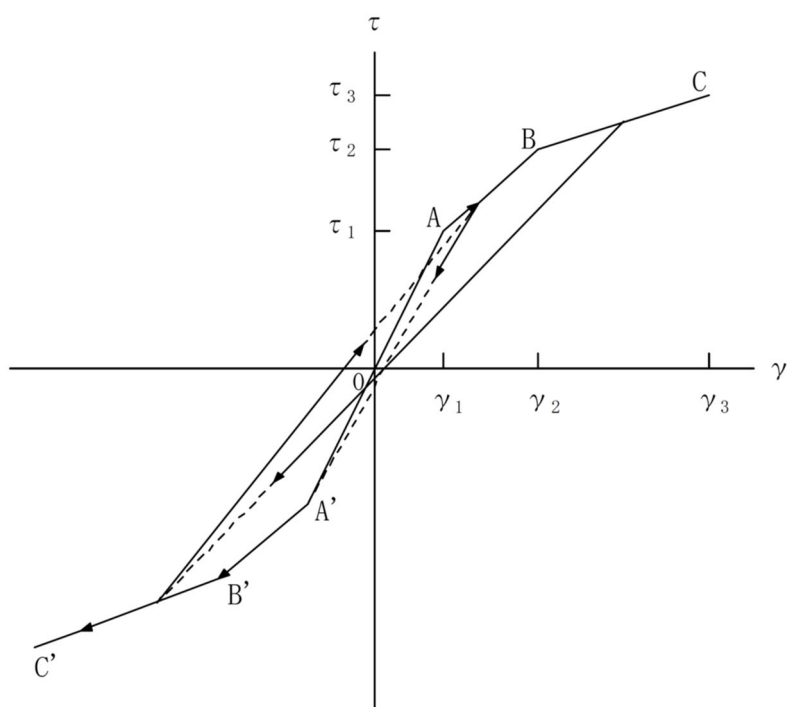


- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ度
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ度
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ度 ($\gamma_3 = 4.0 \times 10^{-3}$)

第3.5.1-1図 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ度関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ度関係の履歴特性は、「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき，最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ度関係の履歴特性を第 3.5.1-2 図に示す。

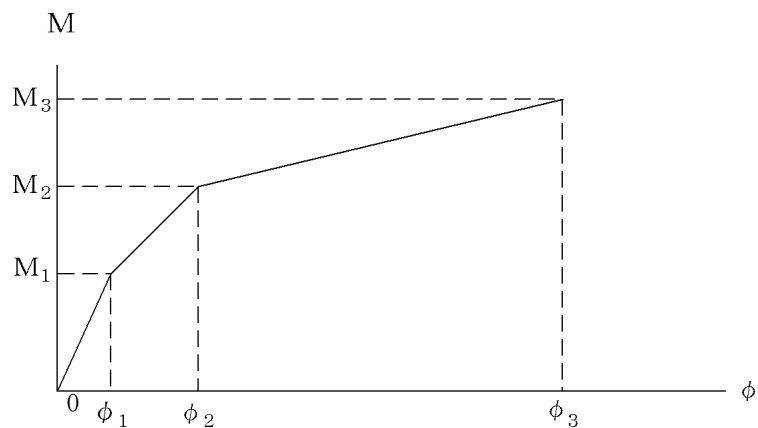


- 0-A 間：弾性範囲。
- A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし，負側最大点が第 1 折点を越えていなければ，負側第 1 折点に向う。
- B-C 間：負側最大点指向。
- 各最大点は，スケルトン上を移動することにより更新される。
- 安定ループは面積を持たない。

第 3.5.1-2 図 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ度関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係) は, 「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を第 3.5.1-3 図に示す。

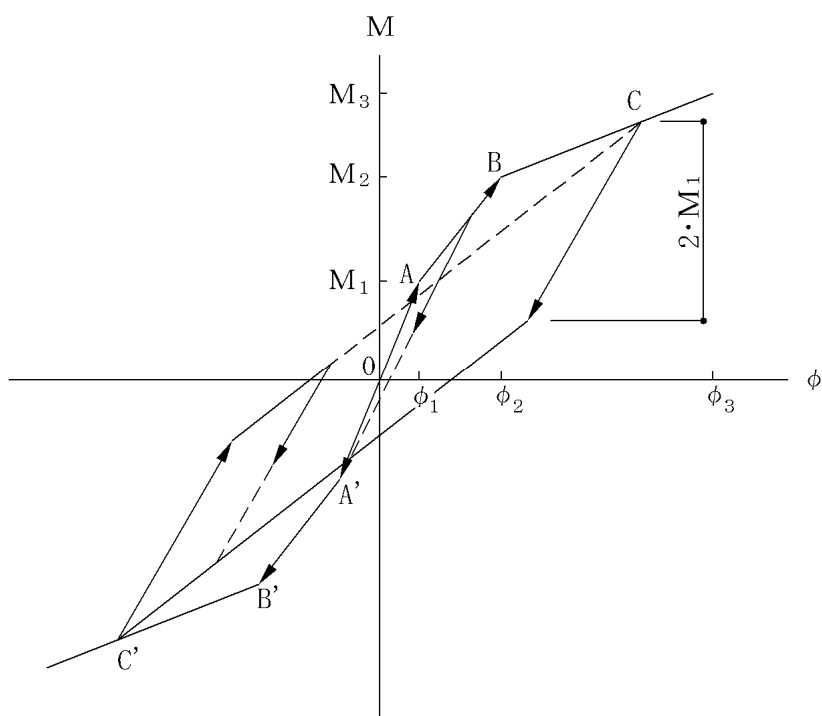


- M_1 : 第1折点の曲げモーメント
- M_2 : 第2折点の曲げモーメント
- M_3 : 終局点の曲げモーメント
- ϕ_1 : 第1折点の曲率
- ϕ_2 : 第2折点の曲率
- ϕ_3 : 終局点の曲率

第 3.5.1-3 図 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「JEAG 4601-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を第 3.5.1-4 図に示す。



- a. 0-A 間：弾性範囲。
- b. A-B 間：負側スケルトンの経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第 1 折点を過ぎていなければ、負側第 1 折点に向う。
- c. B-C 間：負側最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は、最大値から $2 \cdot M_1$ を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を過ぎていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

第 3.5.1-4 図 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

4. 入力地震動の設定方針

入力地震動は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。

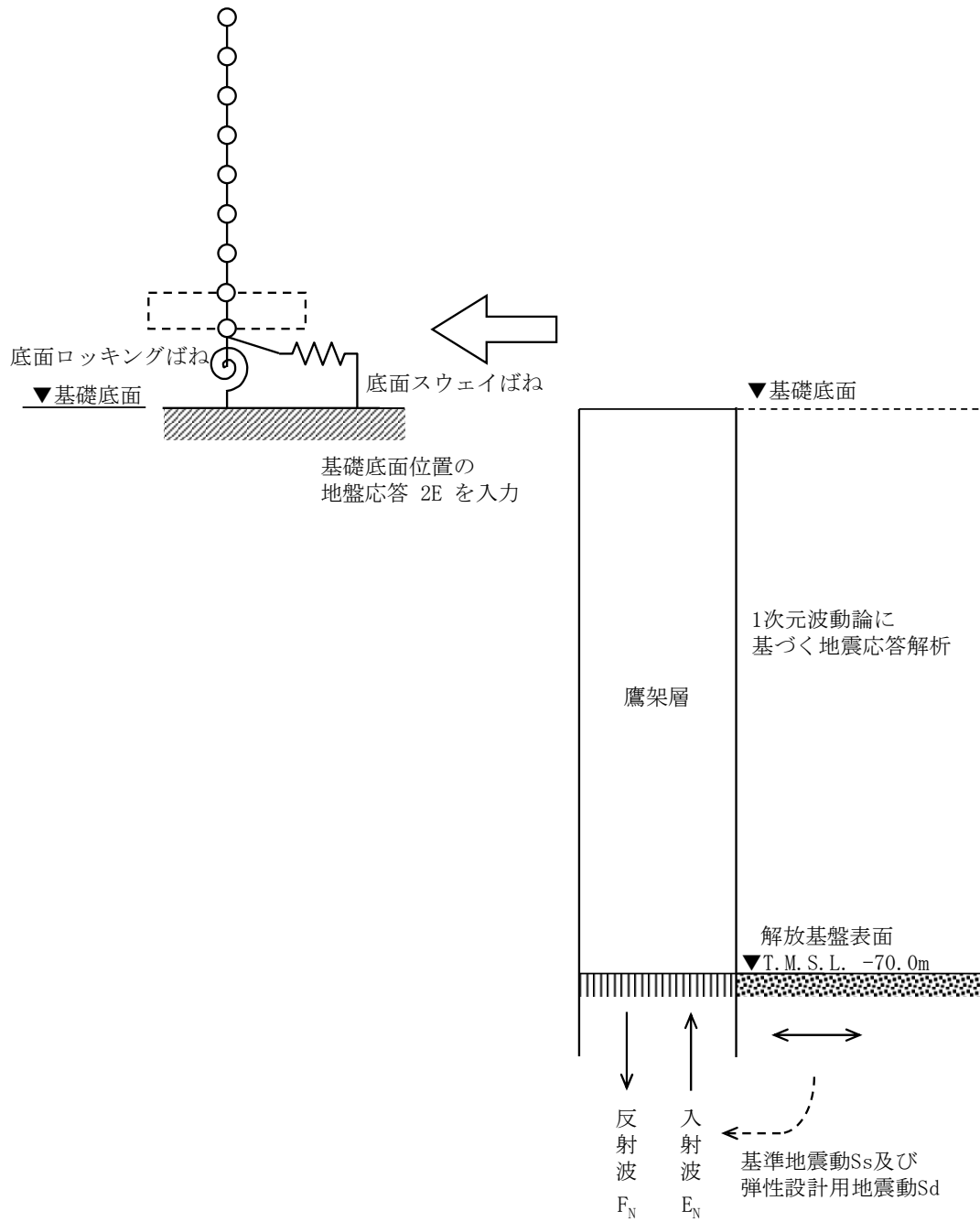
4.1 スウェイ・ロッキングモデルの入力地震動の設定方針

(1) 側面地盤ばねを考慮しない建物・構築物

1 次元波動論により、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する基礎底面レベルで評価した入力地震動を設定する。側面地盤ばねを考慮しない建物・構築物の地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を第 4.1-1 図に示す。

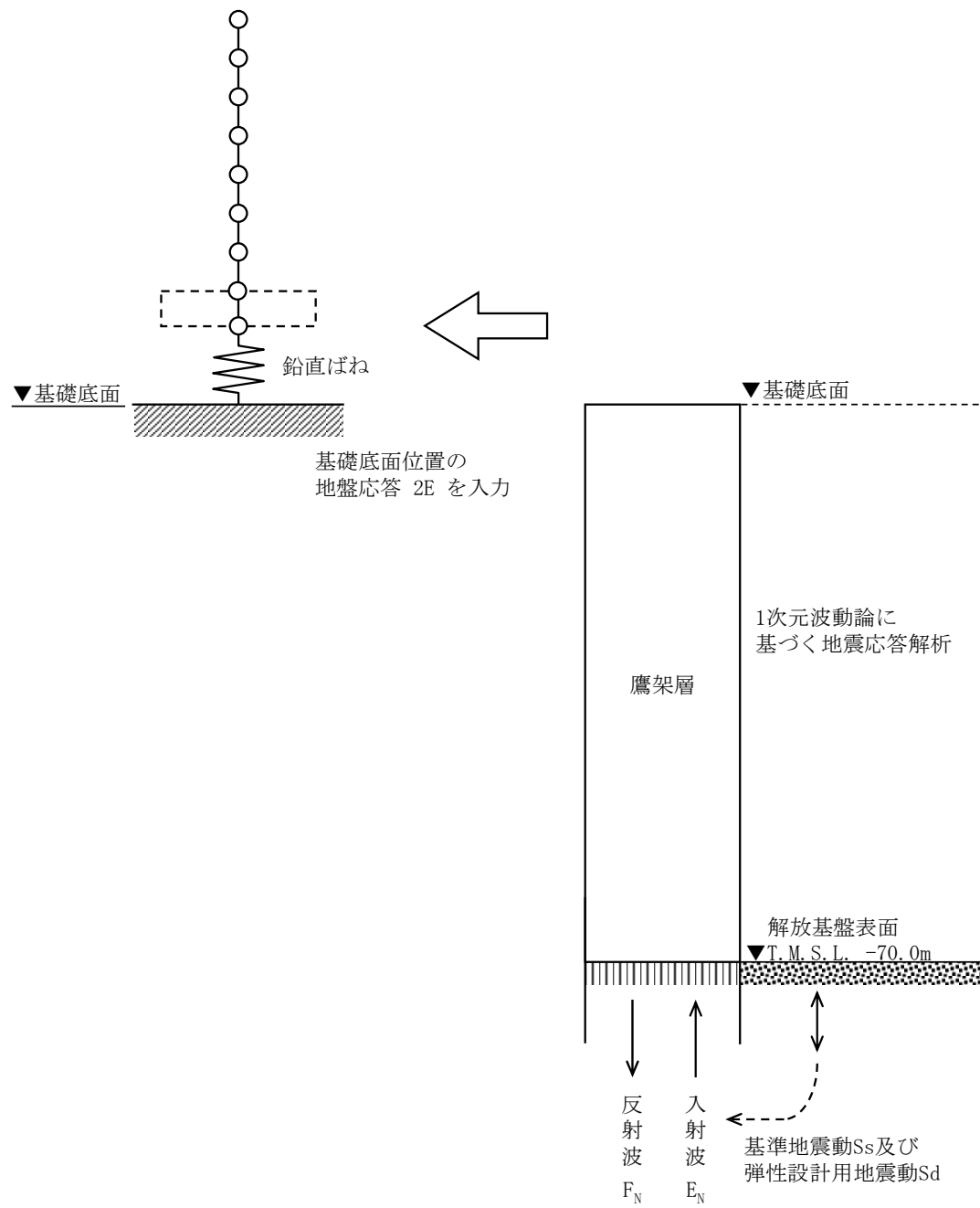
(2) 側面地盤ばねを考慮する建物・構築物

1 次元波動論により、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する基礎底面レベル及び側面地盤ばねレベルで評価した入力地震動を設定する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下、「切欠き力」という。）を付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。側面地盤ばねを考慮する建物・構築物の地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を第 4.1-2 図に示す。



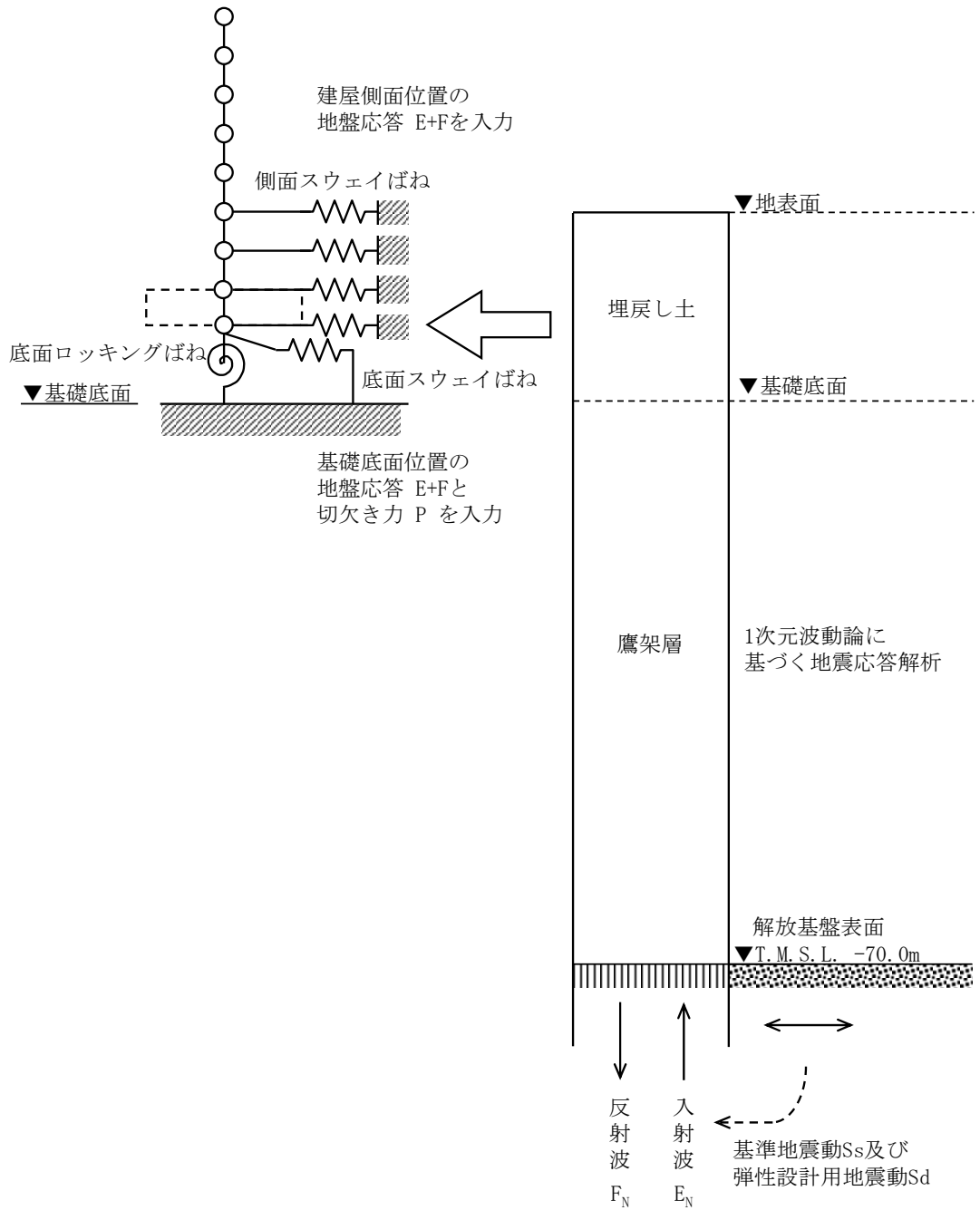
(a) 水平方向

第 4.1-1 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(側面地盤ばねを考慮しない建物・構築物)



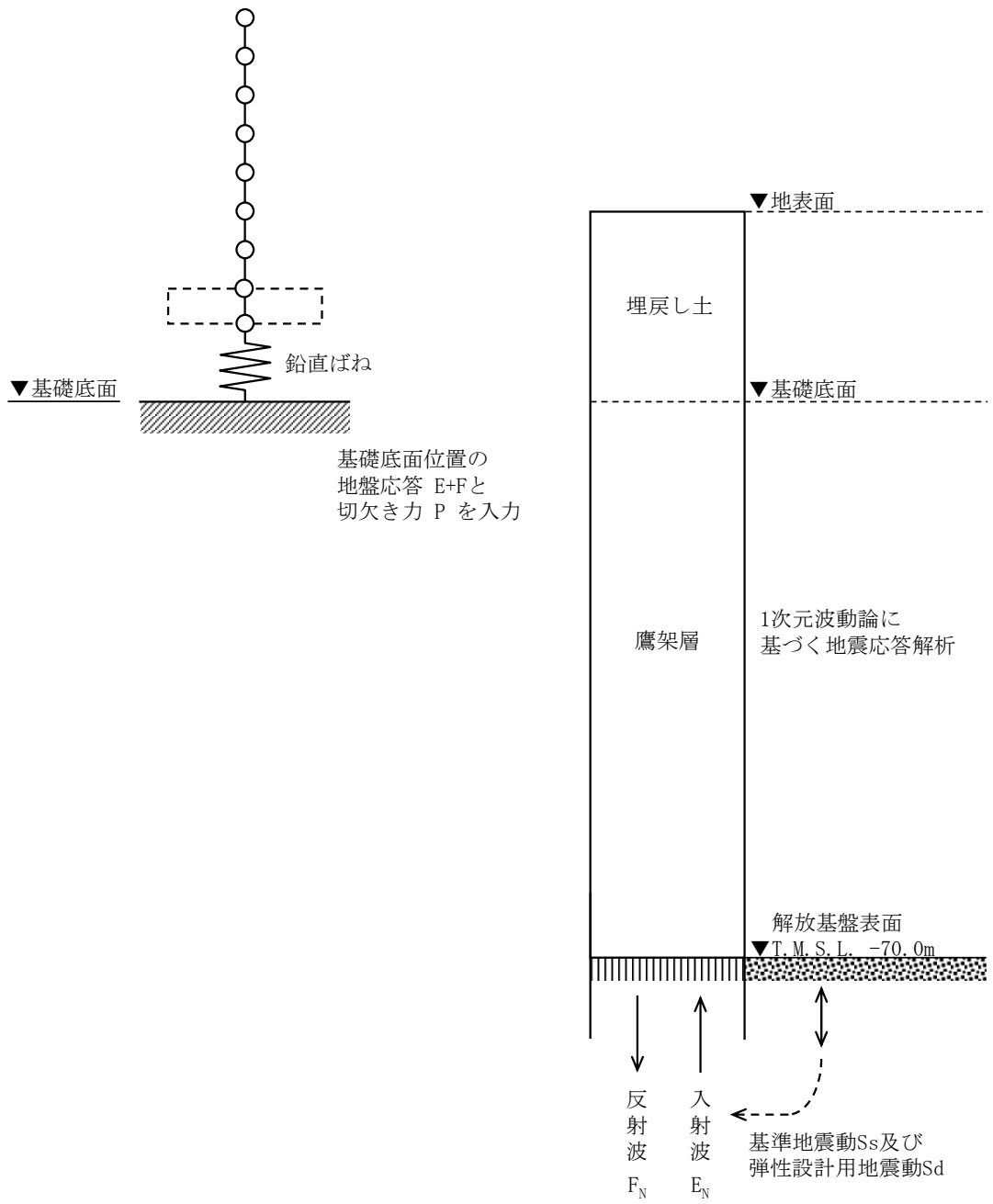
(b)鉛直方向

第 4.1-1 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(側面地盤ばねを考慮しない建物・構築物)



(a) 水平方向

第 4.1-2 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(側面地盤ばねを考慮する建物・構築物)

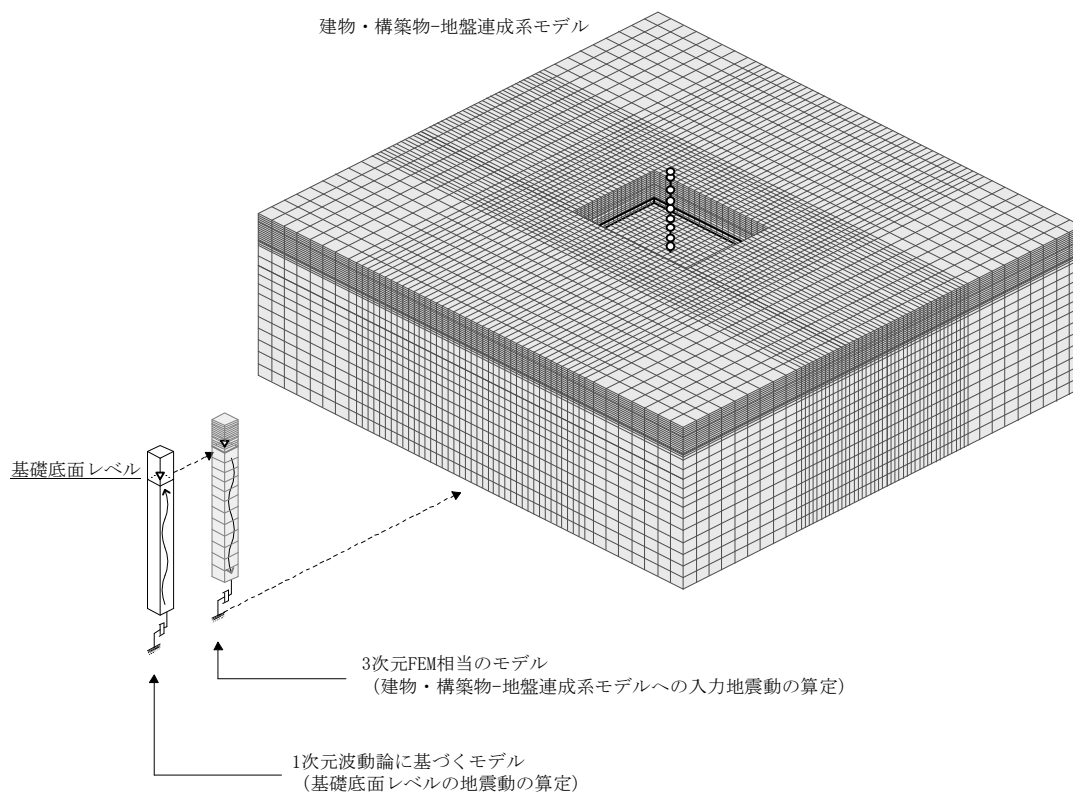


(b) 鉛直方向

第 4.1-2 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(側面地盤ばねを考慮する建物・構築物)

4.2 地盤3次元FEMモデルの入力地震動の設定方針

「5. 地震応答解析の方法」に示す地盤 3 次元 FEM モデルの入力地震動は、地盤 3 次元 FEM モデルの基礎底面レベルにおける地盤の応答が、1 次元波動論により求めた基礎底面レベルの地盤の応答と一致するように補正した地震動を設定する。第 4.2-1 図に入力地震動の補正方法を示す。



第 4.2-1 図 地盤 3 次元 FEM モデルへの入力地震動の補正方法

5. 地震応答解析の方法

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

また、第5-1図に示すとおり、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」の基礎浮上りの評価法を参考に、応答のレベルに応じて異なる地震応答解析モデルを用いる。

固有値解析における刺激係数は、各次の固有ベクトル $\{u\}$ に対し、最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

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

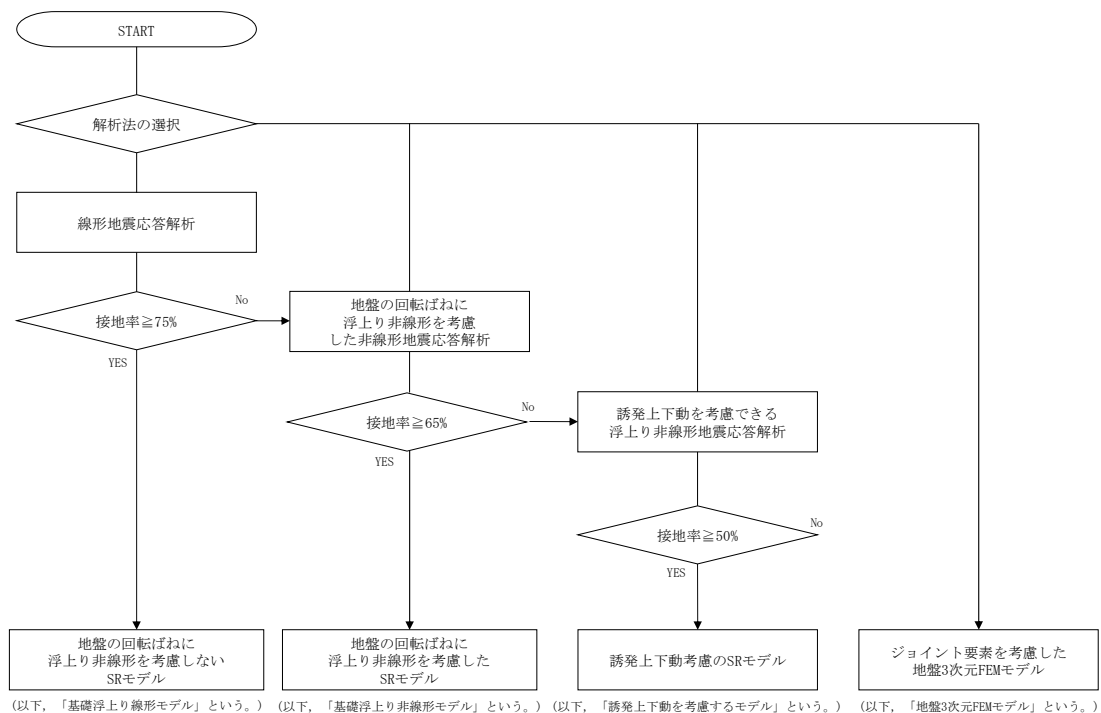
建物及び屋外機械基礎の材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、建物及び屋外機械基礎の応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地震応答解析において応答値(加速度, 変位, せん断力*, 曲げモーメント及び軸力)が、各層において最大となっている地震動に対して実施する。

排気筒の材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、排気筒の各部材に発生する応答値(せん断, 曲げモーメント及び軸力)に応じて影響の大きい地震動に対して実施する。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきについては、「3.1 地盤モデルの設定方針」に示す方針に基づく物性値を考慮する。なお、建物・構築物の剛性のばらつきについては、コンクリート強度の実強度は設計基準強度よりも大きくなることから保守的に考慮しない。また、鉄骨部材は品質管理された規格品であり、剛性及び耐力のばらつきは小さいため考慮しない。

材料物性のばらつきを考慮する解析ケースを第5-1表に示す。

注記 * : せん断力とせん断ひずみ度には相関性があり、それぞれが最大となる地震動は対応するため、代表してせん断力の最大応答値を確認する。



第 5-1 図 解析モデル選定フロー

第 5-1 表 材料物性のばらつきを考慮する解析ケース

ケース No.	解析ケース	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d
0	基本ケース	全波	全波
1	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース (+1 σ)	影響の大きい地震 動に対して実施	影響の大きい地震 動に対して実施
2	地盤物性の ばらつきを考慮した ケース (-1 σ)	影響の大きい地震 動に対して実施	影響の大きい地震 動に対して実施

6. 静的地震力の算定方法

(1) 水平地震力

水平地震力算定用の基準面は地表面相当又は基礎スラブ上面とし、基準面より上の部分の地震力は、地震層せん断力係数を用いて、次式により算出する。

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

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

ここで、

- Q_i : 第 i 層に生じる水平地震力
- n : 施設の重要度分類に応じた係数*
- C_i : 第 i 層の地震層せん断力係数
- W_i : 第 i 層が支える重量
- Z : 地震地域係数 (1.0)
- R_t : 振動特性係数
- A_i : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数
- C_0 : 標準せん断力係数 (0.2)

基準面より下の部分の地震力は、当該部分の重量に、次式によって算定する地下部分の水平震度を乗じて定める。

$$K = 0.1 \cdot n \cdot (1 - H/40) \cdot Z \cdot \alpha$$

ここで、

- K : 地下部分の水平震度
- n : 施設の重要度分類に応じた係数*
- H : 地下の各部分の基準面からの深さ
- α : 建物・構築物の側方地盤の影響を考慮した水平地下震度の補正係数

注記 * : Sクラス : 3.0, Bクラス : 1.5, Cクラス 1.0

また、 A_i はモーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

ここで、

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=1}^n W_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t(T_j) \right)^2} / \sum_{m=1}^n W_m$$

n : 建物・構築物の層数

W_m : 第 m 層の重量

$\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

T_j : 固有値解析により得られる建物・構築物の j 次固有周期

$R_t(T_j)$: 周期 T_j に対応する加速度応答スペクトルの値

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする

(2) 鉛直地震力

鉛直地震力は、鉛直震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して、次式によって算定する鉛直震度を用いて定める。

$$C_v = R_v \cdot 0.3$$

ここで、

C_v : 鉛直震度

R_v : 鉛直方向振動特性係数

7. 必要保有水平耐力の算定方法

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

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

ここで、

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot Z \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

n : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)

Z : 地震地域係数 (1.0)

C_i : 第 i 層の地震層せん断力係数

W_i : 第 i 層が支える重量

地震層せん断力係数は、次式により算出する。

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

ここで、

R_t : 振動特性係数

A_i : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 (1.0)

また、 A_i は水平方向の地震応答解析モデルを用いたモーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

ここで、

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=i}^n W_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t(T_j) \right)^2} / \sum_{m=i}^n W_m$$

n : 建物・構築物の層数

W_m : 第 m 層の重量

$\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

T_j : 固有値解析により得られる建物・構築物の j 次固有周期

$R_t(T_j)$: 周期 T_j に対応する加速度応答スペクトルの値

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする

基準面より下の部分（地下部分）の水平地震力は、当該部分の重量に、次式にて算定する地下部分の水平震度を乗じて算定する。なお、地上部分の考え方と整合させるために5倍とする。

$$K' = 5 \cdot 0.1 \cdot n \cdot (1 - H/40) \cdot Z \cdot \alpha$$

ここで、

- K' : 地下部分の水平震度
- n : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)
- H : 地下の各部分の基準面からの深さ
- α : 建物・構築物の側方地盤の影響を考慮した水平地下震度の補正係数

IV－1－3－1－2

建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震計算書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価方針	2
2.1 評価フロー	2
2.2 準拠規格・基準等	4
3. 地震応答解析による評価方法	5
3.1 せん断ひずみ度の評価方法	5
3.2 接地圧の評価方法	8
3.3 保有水平耐力の評価方法	8
4. 応力解析による評価方法	9
4.1 評価方針	9
4.2 荷重及び荷重の組合せ	12
4.2.1 荷重	12
4.2.2 荷重の組合せ	13
4.3 許容限界	14
4.4 評価方法	21
4.4.1 基礎の評価方法	21
4.4.2 セル等の壁の評価方法	26
4.4.3 セル等の床の評価方法	27
4.4.4 緊対床の評価方法	29
4.4.5 貯蔵区域の壁の評価方法	31
4.4.6 貯蔵区域の天井スラブ（鉄骨ばり）の評価方法	33
4.4.7 プールの壁・床の評価方法	37
4.4.8 プールの天井の評価方法	41
4.4.9 貯水槽の壁の評価方法	42
4.4.10 貯水槽の床の評価方法	44
4.4.11 主排気筒の筒身・鉄塔の評価方法	47

1. 概要

本資料は、「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計のプロセスのうち、建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震評価に係るプロセスの詳細な内容を示すものである。

2. 評価方針

2.1 評価フロー

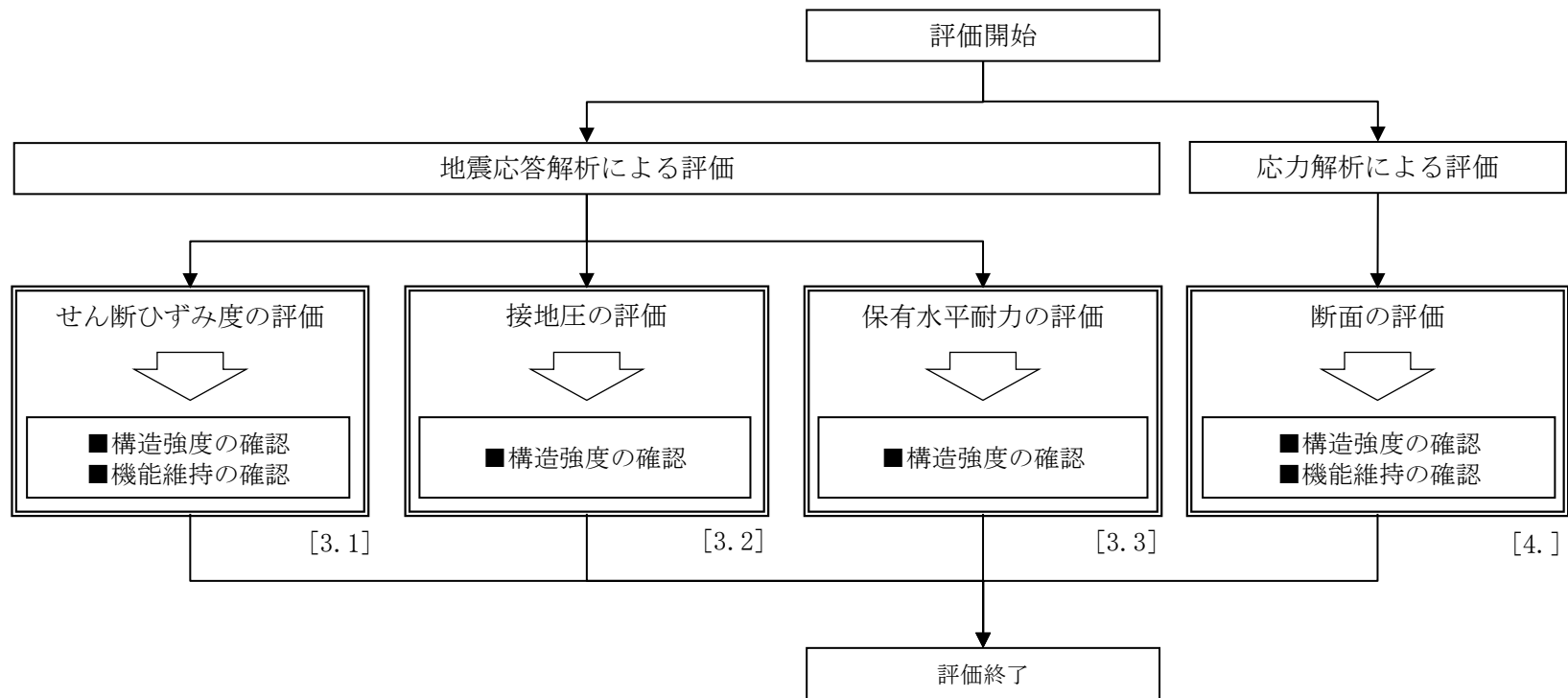
安全機能を有する施設としての地震時の評価において、「Sクラス施設」については、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下、「 S_s 地震時に対する評価」という。）、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下、「 S_d 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力に対する評価を、「Sクラス施設の間接支持構造物」については、 S_s 地震時に対する評価及び保有水平耐力に対する評価を行う。

また、重大事故等対処施設としての地震時の評価においては、 S_s 地震時に対する評価及び保有水平耐力に対する評価を行う。

評価は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、評価対象部位*に対して、地震応答解析により耐震壁のせん断ひずみ度、接地圧及び保有水平耐力の評価を、応力解析により断面の評価を行うことで、構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては地盤物性のばらつきを考慮する。

評価フローを第2.1-1図に示す。耐震評価は本フロー図に基づき実施し、建物・構築物の耐震計算書において、各設定の結果及び耐震評価結果を示す。

注記 *：「耐震壁」，「基礎」，「セル・貯蔵室等・受入れ室（以下、「セル等」という。）の壁」，「セル等の床」，「緊急時対策建屋の遮蔽設備の壁・緊急時対策所の壁」，「緊急時対策建屋の遮蔽設備の床・緊急時対策所の床（以下、「緊対床」という。）」，「貯蔵区域の壁」，「貯蔵区域の天井スラブ」，「プールの壁・床」，「プールの天井」，「貯水槽の壁」，「貯水槽の床」及び「主排気筒の筒身・鉄塔」



33

注記 1：[]内は本資料における章番号を示す。
 2：▭は建物・構築物の耐震計算書においてその結果を示す。
 3：応力解析による評価については「4. 応力解析による評価方法」にて
 詳細な評価フローを示す。

第2.1-1図 評価フロー

2.2 準拠規格・基準等

準拠する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令・同告示
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説「許容応力度設計法」
（(社)日本建築学会, 1999）（以下, 「RC規準」という。）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会, 2005）
（以下, 「RC-N規準」という。）
- 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）（以下, 「CCV規格」という。）
- 鋼構造設計規準「許容応力度設計法」（(社)日本建築学会, 2005）
（以下, 「S規準」という。）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（(社)日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984
（(社)日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）
（以下, 「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。）
- 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会）
- 容器構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010改定（第三次））
- 煙突構造設計指針（日本建築学会 2007制定）
- 煙突構造設計施工指針（日本建築センター 1982年版）
- 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010改定）
- 日本産業規格（JIS）

3. 地震応答解析による評価方法

3.1 せん断ひずみ度の評価方法

せん断ひずみ度については、地盤物性のばらつきを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみ度が許容限界を超えないことを確認する。せん断ひずみ度の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第3.1-1表のとおり設定する。

第3.1-1表 せん断ひずみ度の評価における許容限界 (1/2)

(a) 安全機能を有する施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
支持機能*1	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	耐震壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³
遮蔽機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	セル等の壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³
			貯蔵区域の壁*2		
閉じ込め機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	セルの壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認*3	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³

注記 *1: 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

*2: 建屋全体としては、地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみ度の許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*3: 機能維持のための考え方は「セルの壁及び床が諸室としての構成を喪失しないこと」であるが、さらなる安全余裕を考慮して、評価基準値としては、耐震壁の構造強度の確認に用いる許容限界を採用する。

第3.1-1表 せん断ひずみ度の評価における許容限界 (2/2)

(b) 重大事故等対処施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
支持機能*1	構造強度を有すること	基準地震動 S s	耐震壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
遮蔽機能	構造強度を有すること	基準地震動 S s	緊急時対策建屋の遮蔽設備の壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
気密性	構造強度を有すること	基準地震動 S s	緊急時対策所の壁*2,3	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性
操作場所、保管場所及びアクセスルートの保持機能	構造強度を有すること	基準地震動 S s	耐震壁*2	最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}

注記 *1: 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

*2: 建屋全体としては、地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみ度の許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*3: 緊急時対策所の壁は、緊急時対策建屋の気密バウンダリを構成する壁であり、事故時に換気機能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

3.2 接地圧の評価方法

接地圧については、最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認する。接地圧の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第3.2-1表のとおり設定する。

第3.2-1表 接地圧の評価における許容限界

設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
建物を十分に支持できること	基準地震動 S _s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認	極限支持力度

3.3 保有水平耐力の評価方法

保有水平耐力については、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。保有水平耐力の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第3.3-1表のとおり設定する。

第3.3-1表 保有水平耐力の評価における許容限界

設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
構造強度を有すること	保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力

4. 応力解析による評価方法

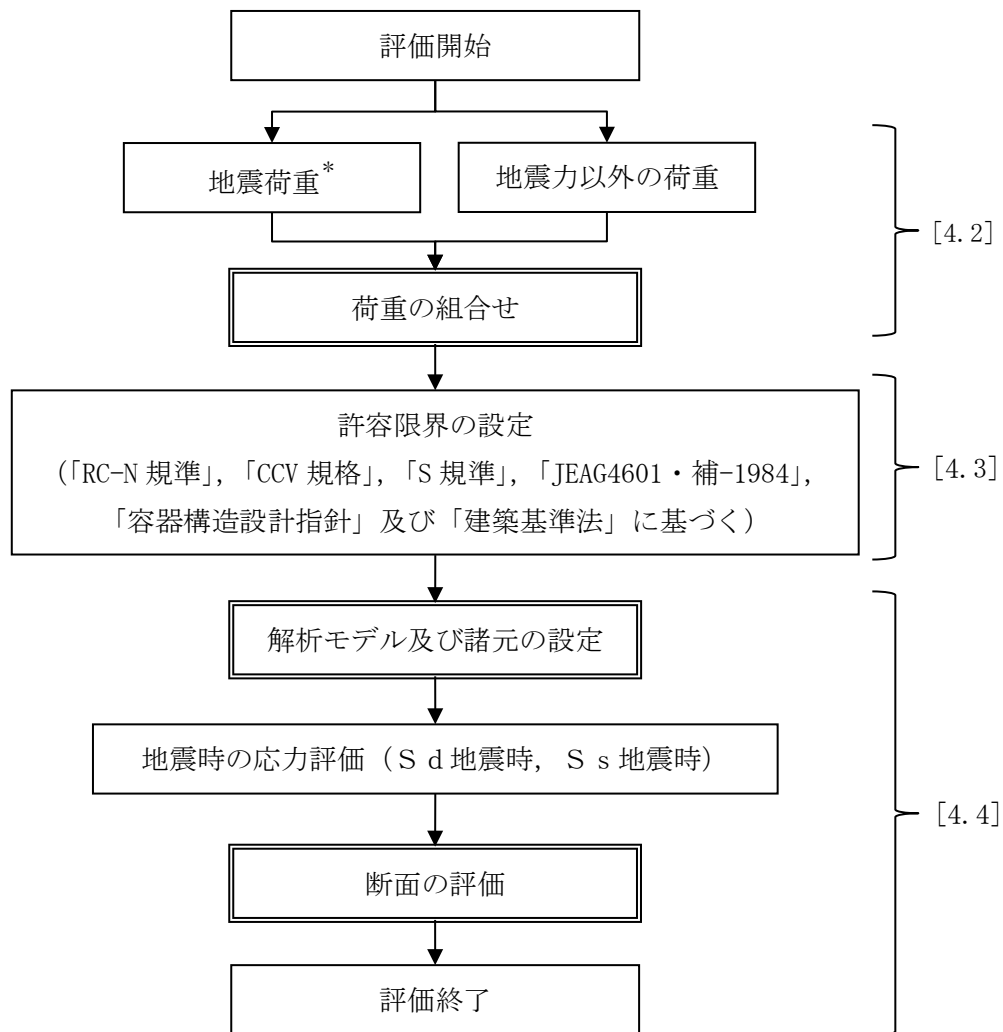
4.1 評価方針

応力解析による評価対象部位は基礎，セル等の壁，セル等の床，緊対床，貯蔵区域の壁，貯蔵区域の天井スラブ，プールの壁・床，プールの天井，貯水槽の壁，貯水槽の床及び主排気筒の筒身・鉄塔とし，S_d地震時及びS_s地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

応力解析による評価フローを第4.1-1図に示す。応力解析にあたっては，地震応答解析の結果を用いて荷重の組合せを行う。また，地震荷重の設定においては，地盤物性のばらつきを考慮する。

- ・基礎のS_s地震時に対する評価は，FEMモデルを用いた弾性応力解析又は弾塑性応力解析によることとし，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力及びひずみ度が，「RC-N規準」及び「CCV規格」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・セル等の壁のS_d地震時に対する評価は，せん断力分配解析を用いた弾性応力解析によることとし，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する面内応力が，「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・セル等の床のS_d地震時及びS_s地震時に対する評価は，弾性応力解析によることとし，鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する面外応力が，「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・緊対床のS_s地震時に対する評価は，弾性応力解析によることとし，鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する面外応力が，「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・貯蔵区域の壁のS_d地震時に対する評価は，FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・貯蔵区域の天井スラブ(鉄骨ばり)のS_d地震時及びS_s地震時に対する評価は，単純梁モデル及びFEMモデルを用いた弾性評価によることとし，鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が「S規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。

- ・プールの壁・床のS_d地震時及びS_s地震時に対する評価は、FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力及びひずみ度が、「RC-N規準」及び「CCV規格」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・プールの天井のS_d地震時及びS_s地震時に対する評価は、FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「S規準」及び「JEG4601・補-1984」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・貯水槽の壁のS_s地震時に対する評価は、せん断力分配解析モデル及び連続梁モデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・貯水槽の床のS_s地震時に対する評価は、FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づく許容限界を超えないことを確認する。
- ・主排気筒の筒身・鉄塔のS_d地震時及びS_s地震時に対する評価は、地震応答解析で算出した各部材に生じる応力と立体フレームモデルを用いた静的応力解析による応力の組合せの結果、発生する応力が「容器構造設計指針」及び「建築基準法」に基づき設定した許容限界をこえないことを確認する。



注記 * : 地盤物性のばらつきを考慮する。

1 : []内は本資料における章番号を示す。

2 : は建物・構築物の耐震計算書においてその結果を示す。

第4.1-1図 応力解析の評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

各部位の評価における荷重及び荷重の組合せは、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5. 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重

各部位の評価において考慮する荷重を第4.2.1-1表に示す。

第4.2.1-1表 考慮する荷重

荷重名称		内容
鉛直荷重 (VL)	固定荷重 (DL)	建物・構築物の自重
	配管荷重 (PL)	配管による荷重
	機器荷重 (EL)	建物・構築物に格納される主要機器の荷重
	積載荷重 (LL)	家具, 什器, 人員荷重の他, 機器荷重に含まれない小さな機器類の荷重
積雪荷重 (SL)		積雪量 190cm 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重 (S)		地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重
土圧荷重 (G)		地下外壁に加わる土圧
温度荷重 (T)		評価対象部位に作用する温度荷重
水圧荷重 (W)		評価対象部位に作用する水圧荷重
風荷重 (W_L)		建物・構築物に作用する風による荷重
浮力 (B)		地下水位に応じた浮力による荷重

4.2.2 荷重の組合せ

各部位の評価において考慮する荷重の組合せを第4.2.2-1表に示す。

第4.2.2-1表 荷重の組合せ

検討部位	外力の状態	荷重の組合せ
基礎	S _s 地震時	VL+SL+S+G+B
セル等の壁	S _d 地震時	VL+SL+S
セル等の床	S _d 地震時	VL+S
	S _s 地震時	
緊対床	S _s 地震時	VL+SL+S
貯蔵区域の壁	S _d 地震時	VL+SL+S+G+T
貯蔵区域の 天井スラブ	S _d 地震時	VL+S+T
	S _s 地震時	VL+S
プールの壁・床	S _d 地震時	VL+SL+S+G+T+W
	S _s 地震時	VL+SL+S+G+W
プールの天井	S _d 地震時	VL+S+T
	S _s 地震時	VL+S
貯水槽の壁	S _s 地震時	VL+SL+S+G+W
貯水槽の床	S _s 地震時	VL+SL+S+G+W+B
主排気塔の 筒身・鉄塔	S _d 地震時	VL+SL+S+W _L
	S _s 地震時	

4.3 許容限界

応力解析による評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第4.3-1表～第4.3-9表のとおり設定する。

第4.3-1表 応力解析による評価における基礎（弾性応力解析の場合）の許容限界

(a) 安全機能を有する施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
支持機能*	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	基礎	部材に生じる応力及びひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局強度

注記 *：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

(b) 重大事故等対処施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
支持機能*	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	基礎	部材に生じる応力及びひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局強度

注記 *：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

第4.3-2表 応力解析による評価における基礎（弾塑性応力解析の場合）の許容限界

(a) 安全機能を有する施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
支持機能*	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	基礎	部材に生じる応力及びひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度及び「CCV規格」に基づく許容ひずみ度

注記 *：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

(b) 重大事故等対処施設としての評価

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
支持機能*	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	基礎	部材に生じる応力及びひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度及び「CCV規格」に基づく許容ひずみ度

注記 *：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

第4.3-3表 応力解析による評価におけるセル等の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
遮蔽機能	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	セル等の壁	部材に生じる応力*2が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
			セル等の床*1		
		基準地震動 S_s	セル等の床	部材に生じる応力*2が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*3
閉じ込め機能	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	セルの壁	部材に生じる応力*2が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
			セルの床*1		
		基準地震動 S_s	セルの床	部材に生じる応力*2が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認*4	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*3

- 注記 *1: S_d 地震時及び S_s 地震時に対する評価の判定値は短期許容応力度であり、弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力による地震力よりも基準地震動 S_s による地震力の方が上回ることから、 S_s 地震時の評価に包含される。
- *2: 壁については面内方向の応力に対して、床については面外方向の応力に対して評価を実施する。
- *3: 許容限界は終局耐力であるが、評価基準値は安全余裕を有するものとして短期許容応力度を採用する。
- *4: 機能維持のための考え方は「セルが諸室としての構成を喪失しないこと」であるが、さらなる安全余裕を考慮して、評価基準値としては、セルの床の構造強度の確認に用いる許容限界を採用し、短期許容応力度とする。

第 4.3-4 表 応力解析による評価における緊対床の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
遮蔽機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	緊急時対策 建屋の 遮蔽設備の 床	部材に生じる応力 *1が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*2
気密性	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	緊急時対策 所の床	部材に生じる応力 *1が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*3

注記 *1：緊対床については面外方向の応力に対して評価を実施する。

*2：許容限界は終局耐力であるが、評価基準値は安全余裕を有するものとして短期許容応力度を採用する。

*3：事故時、換気機能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

第 4.3-5 表 応力解析による評価における貯蔵区域の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
遮蔽機能	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	貯蔵区域の壁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
			貯蔵区域の天井スラブ(鉄骨ばり)		「S規準」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	貯蔵区域の天井スラブ(鉄骨ばり)	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく短期許容応力度*

注記 * : 許容限界は終局耐力であるが、評価基準値は安全余裕を有するものとして短期許容応力度を採用する。

第 4.3-6 表 応力解析による評価におけるプールの壁・床の許容限界

設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	プールの壁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
		プールの床		
	基準地震動 S_s	プールの壁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態IVの許容値
		プールの床		

第4.3-7表 応力解析による評価におけるプールの天井の許容限界

機能設計上の 確認事項	地震力	部位	機能維持のための考 え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度を有 すること	弾性設計用 地震動 S_d 及び 静的地震力	プールの 天井 (鉄骨)	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	「JEAG4601・補 -1984」に基づ く許容応力度*1
	基準地震動 S_s	プールの 天井 (鉄骨)	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	「S規準」及び 「JEAG4601・補 -1984」に基づ く許容応力度

注記 *1：温度荷重による応力度の評価方法は、「S規準」に規定されていないため、
「JEAG4601・補-1984」の第1種支持構造物の評価方法に準拠する。

第4.3-8表 応力解析による評価における貯水槽の許容限界

要求 機能	機能設計上の 確認事項	地震力	部位	機能維持のための考 え方	許容限界 (評価基準値)
貯水 機能	構造強度を 有すること	基準 地震動 S_s	貯水槽の壁	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	「RC-N規準」 に基づく 短期許容応力度
			貯水槽の床	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	「RC-N規準」 に基づく 短期許容応力度

第 4.3-9 表 応力解析による評価における主排気筒の筒身・鉄塔の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
放出経路の維持機能	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	筒身	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「容器構造設計指針」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	筒身	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界*
支持機能	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	鉄塔	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界*

注記 * : 許容限界は終局耐力に対して適切な裕度を有する弾性限強度を用いる。鋼材の基準強度 F を「建設省告示第 2464 号」に準拠して $1.1F$ と読み替え、筒身の許容限界は「容器構造設計指針」によって求めた地震時許容応力度、鉄塔の許容限界は「平 13 国交告第 1024 号」による材料強度とする。

4.4 評価方法

「4.3 許容限界」に示した各機能を有する建物・構築物の部位に対して、以下に示す方法により応力解析を行う。

4.4.1 基礎の評価方法

(1) 解析モデル

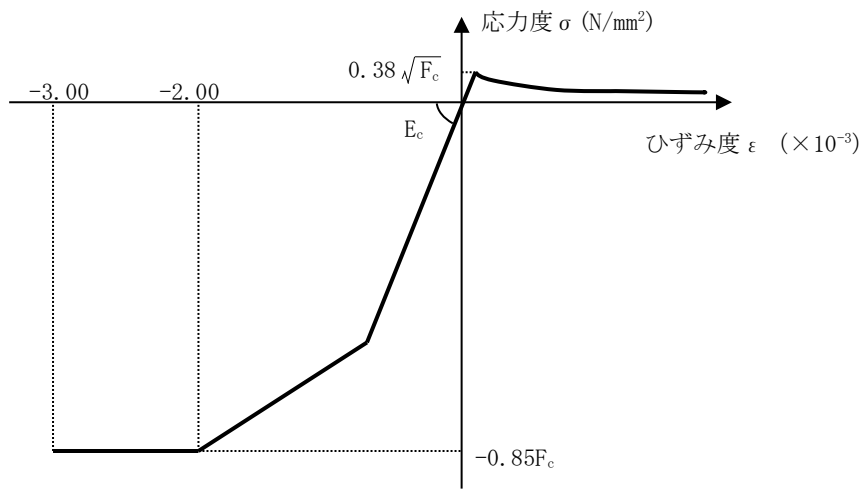
応力解析は、FEM モデルを用いた弾性応力解析又は弾塑性応力解析を実施する。

基礎のモデル化においては、上部構造の拘束を考慮し、シェル要素又はソリッド要素にてモデル化する。また、基礎底面に水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。なお、基礎底面に設置した地盤ばねについては、浮上りを考慮する。

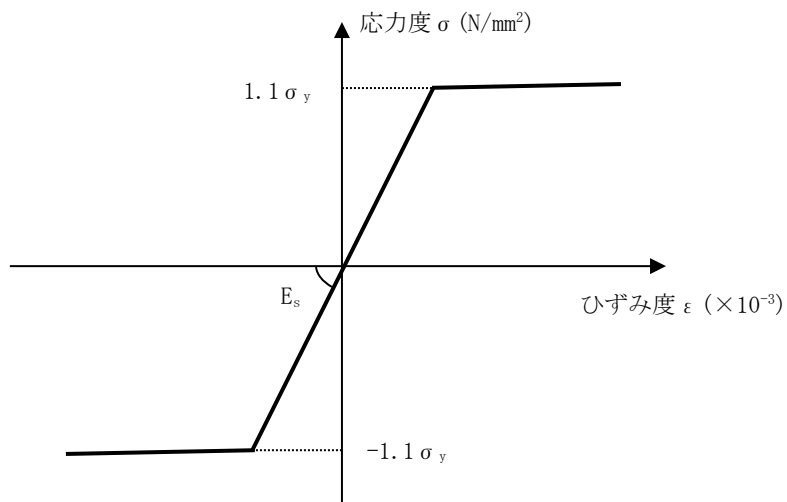
弾塑性応力解析を実施する場合、基礎のシェル要素については、コンクリート及び鉄筋（主筋）の非線形特性を考慮する。それぞれの基礎に関する応力度-ひずみ度関係*を第4.4.1-1図及び第4.4.1-2図に示す。

注記 *：コンクリートの非線形特性に関する参考文献

出雲, 島, 岡村：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol. 25, No. 9, 1987. 9 Comite
Euro-International Du Beton, CEB-FIP MODEL
CODE 1990 : DESIGN CODE, 1993



第4.4.1-1図 基礎に関するコンクリートの応力度-ひずみ度関係



第4.4.1-2図 基礎に関する鉄筋（主筋）の応力度-ひずみ度関係

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

基礎の重量は鉄筋コンクリートの単位体積重量を FEM モデルの各要素に与える。上部構造物から伝達される重量は、集中荷重として基礎と上部構造物の壁及び柱の取合い部の節点に入力する。

b. 地震荷重 (S)

地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地震応答解析から得られる結果より設定する。上部構造物から基礎へ伝達される荷重としては、せん断力、曲げモーメント及び軸力を考慮し、上部構造物脚部に対応する節点に入力する。また、基礎の慣性力として、上部構造物から伝達される荷重と基礎底面に発生する荷重の差を、FEM モデルの各節点に、その支配面積又は支配重量に応じて分配する。基礎底面に発生する荷重は、地震応答解析から得られる、底面スウェイばねの反力であるせん断力、底面ロッキングばねの反力である曲げモーメント及び底面鉛直ばねの反力である軸力を考慮する。

c. 土圧荷重 (G)

土圧荷重については、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき静止土圧荷重に地震時増分土圧荷重を加えて設定する。地震時増分土圧荷重は、加力側増分土圧荷重及び支持側増分土圧荷重を包絡した値とする。荷重の入力については、土圧が作用する地下外壁と取り合う基礎の節点に集中荷重として入力する。この集中荷重は、当該地下外壁に土圧荷重により発生する面外せん断力及び面外曲げモーメントとする。

d. 浮力 (B)

浮力は、基礎に一様に上向きの等分布荷重として入力する。

(3) 断面の評価方法

a. 弾性応力解析の場合

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_u$$

ここで

M : 発生曲げモーメント
 M_u : 許容限界 (曲げ終局強度)

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_u$$

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M/(Qd) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj$$

ここで

Q : 発生面外せん断力
 Q_u : 許容限界 (面外せん断終局強度)
 p_t : 引張鉄筋比 (%)
 F_c : コンクリートの圧縮強度
 M/Q : 強度算定断面における曲げモーメントMと面外せん断力Qの比
 d : 有効せい
 p_w : 面外せん断補強筋比
 σ_{wy} : 面外せん断補強筋の降伏強度
 σ_0 : 平均軸方向応力度
 b : 部材幅
 j : 応力中心間距離

b. 弾塑性応力解析の場合

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。ひずみ度に対する評価は、「CCV規格」に基づき、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対して行い、評価対象部位に生じるコンクリート及び鉄筋（主筋）のひずみ度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\varepsilon_c \leq 3.00 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_s \leq 5.00 \times 10^{-3}$$

ここで

ε_c : コンクリートの発生ひずみ度

ε_s : 鉄筋（主筋）の発生ひずみ度

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s \quad (p_w < 0.002)$$

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot f_t \} \quad (p_w \geq 0.002)$$

ここで、

Q : 発生面外せん断力

Q_A : 許容限界（短期許容面外せん断力）

b : 部材幅

j : 応力中心間距離

α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

M : 発生曲げモーメント

d : 断面の有効せい

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

f_t : 面外せん断補強筋の短期許容引張応力度

p_w : 面外せん断補強筋比

4.4.2 セル等の壁の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、せん断力分配解析モデルを用いた弾性応力解析を実施し、各耐震壁が負担する水平方向の地震荷重を算定する。

せん断力分配解析モデルは、地震荷重の全てを耐震壁が負担するものとし、各通りの耐震壁を梁要素でモデル化し、脚部を固定とする。また、各層床位置における水平変位は同一と仮定する。

(2) 荷重の入力方法

せん断力分配解析には、各床レベルに水平方向の地震荷重を入力するが、これは地震応答解析から得られる結果より設定する。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

(3) 断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋引張応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$${}_s\sigma_t/f_t + {}_s\sigma_s/{}_s f_t \leq 1.0$$

ここで、

${}_s\sigma_t$: 軸力と曲げモーメントによる鉄筋引張応力度

${}_s\sigma_s$: 面内せん断力による鉄筋引張応力度

f_t : 許容限界（鉄筋の短期許容引張応力度）

${}_s f_t$: 許容限界（鉄筋のせん断補強用短期許容引張応力度）

4.4.3 セル等の床の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、床の支持条件を考慮した弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

鉛直荷重及び地震荷重を分布荷重として与える。地震荷重は、地震応答解析から得られる鉛直方向の最大応答加速度より鉛直震度を評価し、床の鉛直荷重に鉛直震度を乗じたものとする。

(3) 断面の評価方法

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_A$$

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

- M : 発生曲げモーメント
- M_A : 許容限界 (短期許容曲げモーメント)
- a_t : 引張鉄筋断面積
- f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度
- j : 応力中心間距離

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

- Q : 発生面外せん断力
- Q_A : 許容限界 (短期許容面外せん断力)
- b : 断面の幅
- j : 応力中心間距離
- α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)
- M : 発生曲げモーメント
- d : 断面の有効せい
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

4.4.4 緊対床の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、床の支持条件を考慮した弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

鉛直荷重及び地震荷重を分布荷重として与える。地震荷重は、地震応答解析から得られる鉛直方向の最大応答加速度より鉛直震度を評価し、床の鉛直荷重に鉛直震度を乗じたものとする。

(3) 断面の評価方法

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_A$$

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

- M : 発生曲げモーメント
- M_A : 許容限界 (短期許容曲げモーメント)
- a_t : 引張鉄筋断面積
- f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度
- j : 応力中心間距離

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

- Q : 発生面外せん断力
- Q_A : 許容限界 (短期許容面外せん断力)
- b : 断面の幅
- j : 応力中心間距離
- α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)
- M : 発生曲げモーメント
- d : 断面の有効せい
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

4.4.5 貯蔵区域の壁の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。

貯蔵区域は周辺状況による拘束を考慮し、貯蔵区域の壁及び天井スラブをシェル要素にて、また天井スラブの鉄骨ばりを梁要素にてモデル化する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

鉛直荷重 (VL) のうち、躯体重量は鉄筋コンクリートの単位体積重量を FEM モデルの各要素に与え、機器等の考慮すべき重量は、当該位置に集中荷重又は分布荷重として FEM モデルの各節点に入力する。また、積雪荷重については分布荷重として FEM モデルの各節点に入力する。

b. 地震荷重 (S)

(a) 水平方向

水平方向の地震荷重は、耐震壁とスラブの取合い節点に入力する。また、入力荷重の算定については、せん断力分配解析を用いるものとする。

(b) 鉛直方向

鉛直方向の地震荷重は、地震応答解析結果から得られる鉛直震度を、鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL) に乗じたものとする。

c. 土圧荷重 (G)

地下外壁に作用する土圧荷重を考慮する。荷重の入力について、土圧が作用する地下外壁に、土圧分布に沿った分布荷重として入力する。

d. 温度荷重 (T)

温度荷重は、部位に応じた温度勾配を入力する。なお、温度応力については、「RC-N 規準」に基づき、荷重状態に応じて部材の剛性を一律に低減する一律低減法により評価する。

(3) 断面の評価方法

a. 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋引張応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$${}_s\sigma_t/f_t + {}_s\sigma_s/{}_s f_t \leq 1.0$$

ここで、

- ${}_s\sigma_t$: 軸力と曲げモーメントによる鉄筋引張応力度
- ${}_s\sigma_s$: 面内せん断力による鉄筋引張応力度
- f_t : 許容限界 (鉄筋の許容引張応力度)
- ${}_s f_t$: 許容限界 (鉄筋のせん断補強用許容引張応力度)

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s \quad (p_w < 0.002)$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002)\} \quad (p_w \geq 0.002)$$

ここで、

- Q : 面外せん断力
- Q_A : 許容限界 (許容面外せん断力)
- b : 部材幅
- j : 応力中心間距離
- α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)
- M : 発生曲げモーメント
- d : 断面の有効せい
- f_s : コンクリートの許容せん断応力度
- ${}_w f_t$: 面外せん断補強筋の許容引張応力度
- p_w : 面外せん断補強筋比

4.4.6 貯蔵区域の天井スラブ（鉄骨ばり）の評価方法

(1) 解析モデル

鉛直荷重及び地震荷重に対する応力解析は、貯蔵区域の天井スラブ（鉄骨ばり）の支持条件を考慮した弾性応力解析を実施する。温度荷重に対する応力解析は、「4.4.5 貯蔵区域の壁の評価方法」に示す FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

a. 鉛直荷重（VL）及び地震荷重（S）

鉛直荷重及び地震荷重を分布荷重として与える。地震荷重は、地震応答解析から得られる最大応答加速度より鉛直震度を評価し、天井スラブ（鉄骨ばり）の鉛直荷重に鉛直震度を乗じたものとする。

b. 温度荷重（T）

温度荷重の入力方法は、「4.4.5 貯蔵区域の壁の評価方法」に示す。

(3) 断面の評価方法

a. S d 地震時に対する評価

(a) 圧縮力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる圧縮力及び曲げモーメントによる圧縮応力度及び曲げ応力度による組合せ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\sigma_c + {}_c\sigma_b}{f_c} \leq 1.0 \quad \text{かつ} \quad \frac{{}_t\sigma_b - \sigma_c}{f_t} \leq 1.0$$

ここで、

- σ_c : 部材の圧縮応力度
- ${}_c\sigma_b, {}_t\sigma_b$: 部材の曲げ応力度 (左添字 c : 圧縮側, t : 引張側)
- f_c : 圧縮に対する許容限界
- f_b : 曲げに対する許容限界
- f_t : 引張に対する許容限界

(b) 引張力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる引張力及び曲げモーメントによる引張応力度及び曲げ応力度による組合せ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\sigma_t + {}_t\sigma_b}{f_t} \leq 1.0 \quad \text{かつ} \quad \frac{{}_c\sigma_b - \sigma_t}{f_b} \leq 1.0$$

ここで、

- σ_t : 部材の引張応力度
- ${}_t\sigma_b, {}_c\sigma_b$: 部材の曲げ応力度 (左添字 t : 引張側, c : 圧縮側)
- f_b : 曲げに対する許容限界
- f_t : 引張に対する許容限界

(c) 圧縮力及びせん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる圧縮力及びせん断力による圧縮応力度及びせん断応力度による組合せ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2}}{f_t} \leq 1.0$$

ここで、

- σ_c : 部材の圧縮応力度
- τ : 部材のせん断応力度
- f_t : 引張に対する許容限界

(d) 引張力及びせん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる引張力及びせん断力による引張応力度及びせん断応力度による組合せ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2}}{f_t} \leq 1.0$$

ここで、

- σ_t : 部材の圧縮応力度
- τ : 部材のせん断応力度
- f_t : 引張に対する許容限界

b. S s 地震時に対する評価

(a) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントによる曲げ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\sigma_b \leq f_b$$

ここで、

σ_b : 部材の曲げ応力度

f_b : 曲げに対する許容限界

(b) せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じるせん断力によるせん断応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\tau \leq f_s$$

ここで、

τ : 部材のせん断応力度

f_s : せん断に対する許容限界

4.4.7 プールの壁・床の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

プールの壁・床は、周辺状況による拘束を考慮し、プール壁及びプール床をシェル要素にてモデル化する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重 (VL) のうち、躯体重量は鉄筋コンクリートの単位体積重量をFEMモデルの各要素に与える。また、機器等の考慮すべき重量は、FEMモデルの各節点及び要素に集中荷重及び分布荷重として入力する。

b. 地震荷重 (S)

(a) 水平方向

水平方向の地震荷重は、耐震壁とスラブの取合い節点に、集中荷重として入力する。入力荷重の算定については、せん断力分配解析を用いるものとする。せん断力分配解析モデルは、地震荷重の全てを耐震壁が負担するものとして、各通りの耐震壁を梁要素でモデル化し、脚部を固定とし、各層床位置における水平変位は同一と仮定する。なお、せん断力分配解析には、各床レベルに水平方向の地震荷重を入力するが、これは地震応答解析から得られる結果より設定する。

(b) 鉛直方向

鉛直方向の地震荷重は、FEMモデルの各節点及び要素に分布荷重として入力する。床面に入力する分布荷重は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する地震応答解析より得られる鉛直震度を、鉛直荷重 (VL) 及び雪荷重 (SL) に乗じたものとする。

c. 温度荷重 (T)

温度荷重は、部位に応じた温度勾配を入力する。なお、温度応力については、「RC-N 規準」に基づき、荷重状態に応じて部材の剛性を一律に低減する一律低減法により評価する。

d. 水圧荷重 (W)

静水圧， S_d 地震時水圧及び S_s 地震時水圧を考慮する。荷重の入力については，プールを形成する壁及び床の節点に，水圧分布に沿った集中荷重として入力する。

e. 土圧荷重 (G)

土圧荷重は，地震時静止土圧及び地震時増分土圧を，外力として外壁面に作用させる。

(5) 断面の評価方法

a. S d 地震時に対する評価

ア. 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋引張応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$${}_s\sigma_t/f_t + {}_s\sigma_s/{}_s f_t \leq 1.0$$

ここで、

${}_s\sigma_t$: 軸力と曲げモーメントにより生じる鉄筋引張応力度

${}_s\sigma_s$: 面内せん断力により生じる鉄筋引張応力度

f_t : 許容限界（鉄筋の短期許容引張応力度）

${}_s f_t$: 許容限界（鉄筋のせん断補強用短期許容引張応力度）

イ. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b j \alpha f_s \quad (p_w < 0.002)$$

$$Q_A = b j \{ \alpha f_s + 0.5 {}_w f_t (p_w - 0.002) \} \quad (p_w \geq 0.002)$$

ここで、

Q : 発生面外せん断力

Q_A : 許容限界（短期許容面外せん断力）

b : 部材幅

j : 応力中心間距離

α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

M : 発生曲げモーメント

d : 断面の有効せい

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

${}_w f_t$: 面外せん断補強筋の短期許容引張応力度

p_w : 面外せん断補強筋比

b. S s 地震時に対する評価

(a) プール壁

ア. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3511.2 に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメントによるコンクリート及び鉄筋のひずみ度が、許容値を超えないことを確認する。ここで、鉄筋のひずみ度算定において、発生応力度が鉄筋の降伏応力度を超える場合は、エネルギー一定則に基づきひずみを算定する。

イ. 軸力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3511.3 に基づき、評価対象部位に生じる軸力が、コンクリートの設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認する。

ウ. 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3512.2 に基づき、評価対象部位に生じる面内せん断力が、許容値を超えないことを確認する。

エ. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3513.2 に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容値を超えないことを確認する。

(b) プール床

ア. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3521.2 に基づき、評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントによるコンクリート及び鉄筋のひずみ度が、許容値を超えないことを確認する。ここで、鉄筋のひずみ度算定において、発生応力度が鉄筋の降伏応力度を超える場合は、エネルギー一定則に基づきひずみを算定する。

イ. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3522 に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容値を超えないことを確認する。

4.4.8 プールの天井の評価方法

(1) 解析モデル

鉛直荷重及び地震荷重に対する応力解析は、プールの天井（鉄骨）の支持条件を考慮した弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（（社）日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

温度荷重は、「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）」に基づき、考慮する。

a. 鉛直荷重 (VL)

プールの天井の全重量を FEM モデルの各要素に与える。

b. 地震荷重 (S)

(a) 水平方向

水平方向の地震荷重は、プールの壁とプールの天井の取合い節点に、強制変位として入力する。

(b) 鉛直方向

鉛直方向の地震荷重は、プールの天井に作用する加速度として入力する。

c. 温度荷重 (T)

温度荷重は、クレーンホール側（低温側）と貯蔵プール側（高温側）の温度勾配を FEM モデルの各要素に与え、プール壁とプールの天井の取合い節点にプール熱変形による強制変位を与える。

(3) 断面の評価方法

断面の評価は、「S規準」及び「JEAG4601・補-1984」に基づき、プールの天井に生じる垂直応力度とせん断応力度の組合せ応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\text{組合せ応力度} : \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)}$$

ここで、

σ_x, σ_y : 垂直応力度

τ_{xy} : せん断応力度

4.4.9 貯水槽の壁の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、面内方向の応力についてはせん断力分配解析モデルを用いた弾性応力解析を、面外方向の応力については連続梁モデルを用いた弾性応力解析を実施し、それぞれの応力を組み合わせて評価対象部位に発生する応力を算定する。

せん断力分配解析モデルは、地震荷重の全てを耐震壁が負担するものとし、各通りの耐震壁を、その耐震壁の剛性を有する梁要素でモデル化し、脚部を固定とする。また、各層床位置における水平変位は同一と仮定する。連続梁モデルは、外壁を梁要素でモデル化し、脚部を固定、床位置をピン支持とする。

(2) 荷重の入力方法

せん断力分配解析には、各床レベルに水平方向の地震荷重を入力するが、これは地震応答解析から得られる結果より設定する。なお、連続梁モデルの応力解析には、外壁面に作用する土圧荷重及び貯水槽に作用する水圧荷重を入力する。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 ((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

(3) 断面の評価方法

a. 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋引張応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$${}_s\sigma_t/f_t + {}_s\sigma_s/{}_s f_t \leq 1.0$$

ここで、

- ${}_s\sigma_t$: 軸力と曲げモーメントにより生じる鉄筋引張応力度
- ${}_s\sigma_s$: 面内せん断力により生じる鉄筋引張応力度
- f_t : 許容限界 (鉄筋の短期許容引張応力度)
- ${}_s f_t$: 許容限界 (鉄筋のせん断補強用短期許容引張応力度)

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$
$$Q_A = bj\alpha f_s \quad (p_w < 0.002)$$
$$Q_A = bj\{\alpha f_s + 0.5 {}_w f_t (p_w - 0.002)\} \quad (p_w \geq 0.002)$$

ここで、

- Q : 発生面外せん断力
- Q_A : 許容限界 (短期許容面外せん断力)
- b : 部材幅
- j : 応力中心間距離
- α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)
- M : 発生曲げモーメント
- d : 断面の有効せい
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度
- ${}_w f_t$: 面外せん断補強筋の短期許容引張応力度
- p_w : 面外せん断補強筋比

4.4.10 貯水槽の床の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。

貯水槽の床は、上部構造の拘束を考慮し、シェル要素にてモデル化する。また、貯水槽床底面に水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。なお、貯水槽床底面に設置した地盤ばねについては、浮上りを考慮する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 ((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

貯水槽床の重量は鉄筋コンクリートの単位体積重量を FEM モデルの各要素に与える。上部構造物から伝達される重量は、集中荷重として貯水槽床と上部構造物の壁及び柱の取合い部の節点に入力する。

b. 地震荷重 (S)

地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地震応答解析から得られる結果より設定する。上部構造物から貯水槽床へ伝達される荷重としては、せん断力、曲げモーメント及び軸力を考慮し、上部構造物脚部に対応する節点に入力する。また、貯水槽床の慣性力として、上部構造物から伝達される荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を、FEMモデルの各節点に、その節点の支配面積に応じて分配する。貯水槽床底面に発生する荷重は、地震応答解析から得られる底面スウェイばねの反力であるせん断力、底面ロッキングばねの反力である曲げモーメント及び底面鉛直ばねの反力である軸力を考慮する。

c. 土圧荷重 (G)

土圧荷重については、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき静止土圧荷重に地震時増分土圧荷重を加えて設定する。地震時増分土圧荷重は、加力側増分土圧荷重及び支持側増分土圧荷重を包絡した値とする。荷重の入力については、土圧が作用する地下外壁と取り合う基礎スラブの節点に集中荷重として入力する。この集中荷重は、当該地下外壁に土圧荷重により発生する面外せん断力及び面外曲げモーメントとする。

d. 水圧荷重 (W)

静水圧及び動水圧を考慮する。荷重の入力については、貯水槽床に直接作用する水圧を FEM モデルの各要素に分布荷重として入力する。また貯水槽壁から貯水槽床に作用する静水圧反力及び動水圧反力を考慮する。荷重の入力について、水圧が作用する貯水槽壁と取り合う貯水槽床の節点に入力する。なお、この水圧荷重は、当該貯水槽壁に発生する面外せん断力及び面外曲げモーメントとする。

e. 浮力 (B)

浮力は、貯水槽床に一様に上向きの等分布荷重として入力する。

(3) 断面の評価方法

a. 軸力、曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_A$$

ここで、

M : 発生曲げモーメント

M_A : 許容限界 (短期許容曲げモーメント)

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = bj\alpha f_s \quad (p_w < 0.002)$$

$$Q_A = bj\{\alpha f_s + 0.5 p_w f_t (p_w - 0.002)\} \quad (p_w \geq 0.002)$$

ここで、

Q : 発生面外せん断力

Q_A : 許容限界 (短期許容面外せん断力)

b : 部材幅

j : 応力中心間距離

α : 許容せん断力の割増し係数 ($= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$, 2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

M : 発生曲げモーメント

d : 断面の有効せい

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

$p_w f_t$: 面外せん断補強筋の短期許容引張応力度

p_w : 面外せん断補強筋比

4.4.11 主排気筒の筒身・鉄塔の評価方法

(1) 解析モデル

応力解析は、立体フレームモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

主排気筒の筒身・鉄塔のモデル化においては、筒身、鉄塔及び基礎の剛性を評価して梁要素にてモデル化する。地震力の入力の際には基礎底面に水平方向、回転方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。なお、鉛直荷重、積雪荷重及び風荷重の入力の際には基礎底面を固定とする。

(2) 荷重の入力方法

荷重の組合せには、各部材の部材応力を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL)

鉄塔及び筒身の自重の他に、歩廊等の付属設備及び主排気筒に設置される竜巻防護対策設備等の重量を考慮する。部材応力は解析モデルに固定荷重を入力し、静的応力解析から算出する。

b. 積雪荷重 (SL)

鉄塔部及び筒身部のプラットホームの床面に積雪荷重を考慮する。なお、積雪荷重は、単位重量 $30 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として垂直積雪量 190cm を考慮する。部材応力は解析モデルに積雪荷重を入力し、静的応力解析から算出する。

c. 地震荷重 (S)

基準地震動 S_s の入力地震動による部材応力、弾性設計用地震動 S_d の入力地震動による地震荷重又は排気筒に適用される静的地震力による地震荷重による部材応力は地震応答解析結果による。

d. 風荷重 (W_L)

風荷重は、「建築基準法施行令」に定められた速度圧に風力係数と受風面積を乗じて得られる風荷重を考慮し、各接点に集中荷重として入力する。部材応力は解析モデルに風荷重を入力し、静的応力解析から算出する。

(3) 断面の評価方法

a. 筒身の断面の評価方法

断面の評価は、煙突構造設計指針を準用し、筒身の各部材が許容限界を超えないことを下式で確認する。筒身部材について、板厚 2mm(内側 2mm)の腐食代を考慮する。

$$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}} \leq 1$$

ここに

σ_c : 圧縮応力度 $\sigma_c = N/A$ (N/mm²)

N : 軸力 (N)

A : 筒身の断面積 (mm²)

σ_b : 曲げ応力度 $\sigma_b = M/Z$ (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 筒身の断面係数 (mm³)

$c f_{cr}$: 局部座屈を考慮した圧縮応力度に対する許容値 (N/mm²)

$b f_{cr}$: 局部座屈を考慮した曲げ応力度に対する許容値 (N/mm²)

$c f_{cr}$ 及び $b f_{cr}$ は「Sd地震時に対する評価」及び「静的地震時の評価」では「容器構造設計指針」による短期許容応力度とし、「Ss地震時に対する評価」では「容器構造設計指針」による地震時許容応力度の評価式に「建設省告示第 2464 号」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。

(a) 局部座屈を考慮した圧縮応力度に対する許容値 $f_{c r}$

地震時応力に対する許容圧縮応力度は、以下の式により求める。

$$\overline{f_{c r}} = F \quad \left(\frac{r}{t} \leq 0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \right)$$

$$\overline{f_{c r}} = 0.6 F + 0.4 F \left[\frac{2.567 - \frac{r}{t} \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72}}{2.190} \right] \quad \left(0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \leq 2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \right)$$

$$\overline{f_{c r}} = 0.6 E \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \right\} \right] / \frac{r}{t} \quad \left(2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \right)$$

$\overline{f_{c r}}$: 内圧が存在しない場合の $f_{c r}$ (N/mm²)

F : 許容応力度の基準値 (N/mm²)

E : ヤング率 (N/mm²)

r : 内半径 (mm)

t : 壁厚 (mm)

(b) 局部座屈を考慮した曲げ応力度に対する許容値 $f_{b r}$

地震時応力に対する許容曲げ応力度は、以下の式により求める。

$$\overline{f_{b r}} = F \quad \left(\frac{r}{t} \leq 0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \right)$$

$$\overline{f_{b r}} = 0.6 F + 0.4 F \left[\frac{2.106 - \frac{r}{t} \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78}}{1.832} \right] \quad \left(0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \leq 2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \right)$$

$$\overline{f_{b r}} = 0.6 E \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \right\} \right] / \frac{r}{t} \quad \left(2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \right)$$

$\overline{f_{b r}}$: 内圧が存在しない場合の $f_{b r}$ (N/mm²)

F : 許容応力度の基準値 (N/mm²)

E : ヤング率 (N/mm²)

r : 半径 (mm)

t : 壁厚 (mm)

b. 鉄塔の断面の評価方法

断面の評価は、煙突構造設計指針を準用し、鉄塔の各部材が許容限界を超えないことを確認する。支柱材、斜材、水平材について、次式の応力度比によって断面検定を行う。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここに

σ_c : 圧縮応力度 $\sigma_c = N/A$ (N/mm²)

N : 軸力 (N)

A : 鉄塔の断面積 (mm²)

σ_b : 曲げ応力度 $\sigma_b = M/Z$ (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 鉄塔の断面係数 (mm³)

f_c : 圧縮応力度に対する許容値 (N/mm²)

f_b : 曲げ応力度に対する許容値 (N/mm²)

f_c 及び f_b は「S s 地震時に対する評価」では「平 13 国交告第 1024 号」による材料強度の評価式に「建設省告示第 2464 号」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。

IV－1－3－1－3

屋外重要土木構造物の地震応答計算 書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価方針	2
2.1 評価フロー	2
2.2 地震応答解析に用いる地震動	3
2.3 準拠規格・基準等	3
3. 地震応答解析モデルの設定方針	4
3.1 地盤モデルの設定方針	4
3.2 地震応答解析モデルの設定方針	4
4. 入力地震動の設定方針	6
5. 地震応答解析の方法	7

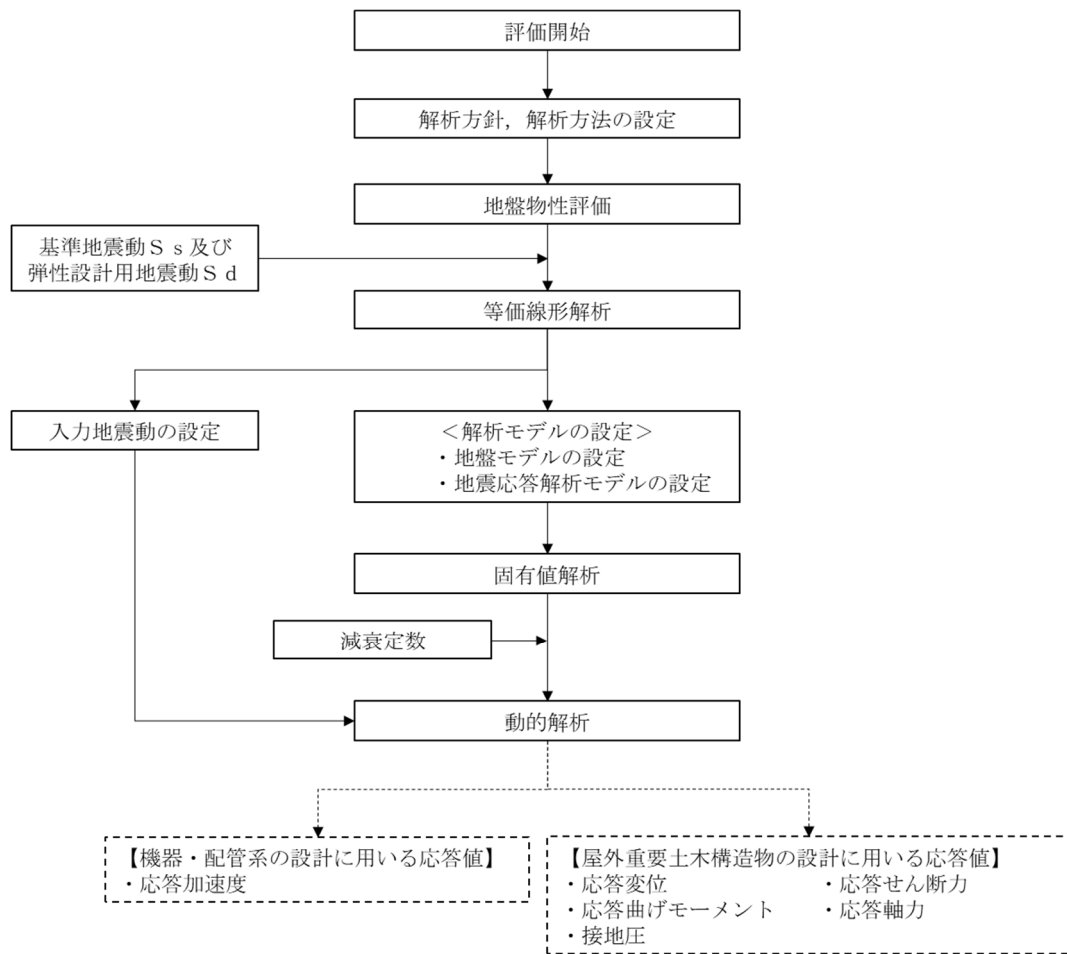
1. 概要

本資料は、「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計のプロセスのうち、屋外重要土木構造物の地震応答解析に係るプロセスの詳細な内容を示すものである。

2. 評価方針

2.1 評価フロー

「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す屋外重要土木構造物及び機器・配管系の設計に用いる応答値を設定するにあたり、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1.2 動的地震力」に基づき、動的地震力を算定する。第2.1-1図に地震応答解析フローを示す。地震応答解析は本フロー図に基づき実施し、屋外重要土木構造物の地震応答計算書において、各設定の結果及び地震応答解析結果を示す。



第2.1-1図 地震応答解析フロー

2.2 地震応答解析に用いる地震動

地震応答解析に用いる地震動は、「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」に基づく解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d とする。

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

また、屋外重要土木構造物の地震応答解析については、「5. 地震応答解析の方法」に示すとおり、水平地震動と鉛直地震動の同時加振にて行うが、基準地震動 S_s-C4 及び弾性設計用地震動 S_d-C4 は水平方向の地震動のみであるため、 S_s-C4 及び S_d-C4 の地震応答解析においては、鉛直方向の地震動として「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に示す一関東評価用地震動(鉛直)及び一関東評価用地震動(鉛直)に対して係数0.5を乗じた地震動を用いるものとする。

2.3 準拠規格・基準等

地震応答解析において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル((社)土木学会, 2005年)
(以下、「土木学会マニュアル」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年)
- ・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)
(以下、「コンクリート標準示方書2002」という。)
- ・コンクリート標準示方書[設計編]((社)土木学会, 2012年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015((社)日本電気協会)
- ・道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説((社)日本道路協会, 2002年)
- ・港湾構造物設計事例集((財)沿岸開発技術センター, 2007年)

3. 地震応答解析モデルの設定方針

3.1 地盤モデルの設定方針

地盤モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を基本ケースとして用いる。

また、地盤物性のばらつきについては、敷地内のボーリング調査結果等に基づき、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の物性値を基本として、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮した物性値を設定する。

屋外重要土木構造物の地震応答解析モデルにおいて、岩盤である鷹架層及びマンメイドロックは線形材料とし、埋戻し土、六ヶ所層、流動化処理土、改良地盤A及び改良地盤Bは、Ramberg-Osgoodモデルを適用し、動せん断弾性係数及び減衰定数の非線形特性を考慮する。

また、構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることにより、構造物と地盤の剥離・すべりを考慮する。

減衰は、固有値解析にて算定される固有振動数及び減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また、埋戻し土、六ヶ所層、流動化処理土、改良地盤A及び改良地盤Bの履歴減衰を考慮する。

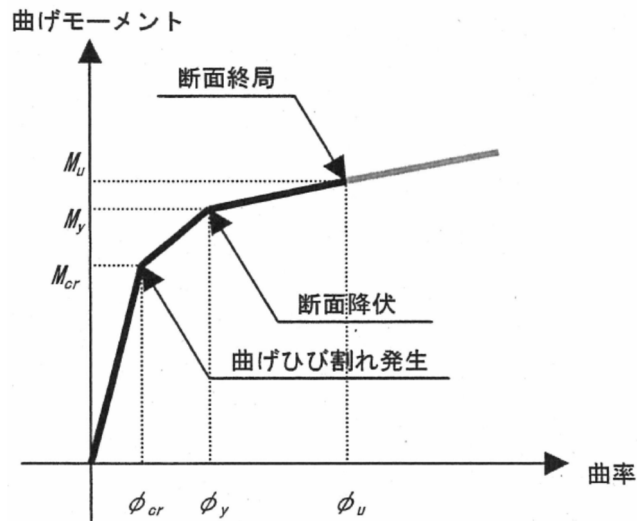
3.2 地震応答解析モデルの設定方針

地震応答解析モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。

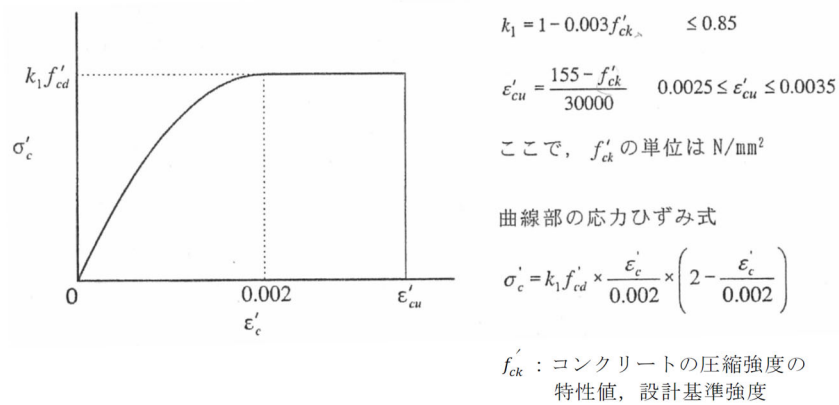
地震応答解析モデルの設定に当たっては、屋外重要土木構造物と地盤の相互作用を考慮するものとし、2次元動的有限要素法による屋外重要土木構造物-地盤連成モデルを用いる。

地震応答解析モデルにおいて、屋外重要土木構造物は、はり要素でモデル化することとし、コンクリート及び鉄筋についてそれぞれの非線形特性を考慮する。減衰定数については5%とする。

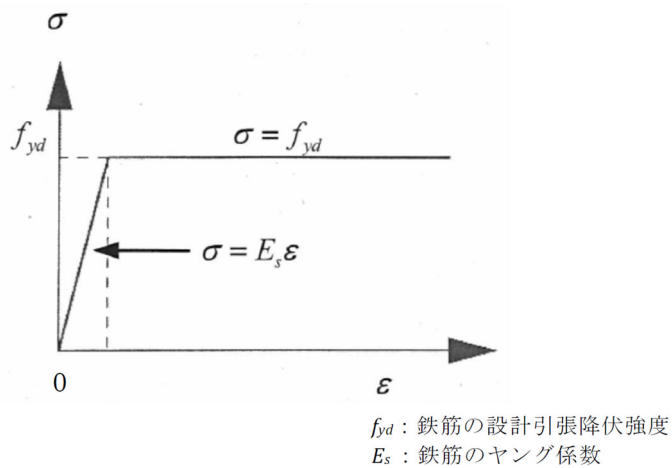
構造部材の非線形特性を第3.2-1図(土木学会マニュアルより引用)及び第3.2-2図(コンクリート標準示方書2002より引用)に示す。



第 3.2-1 図 M-φ 関係のトリリニアモデル



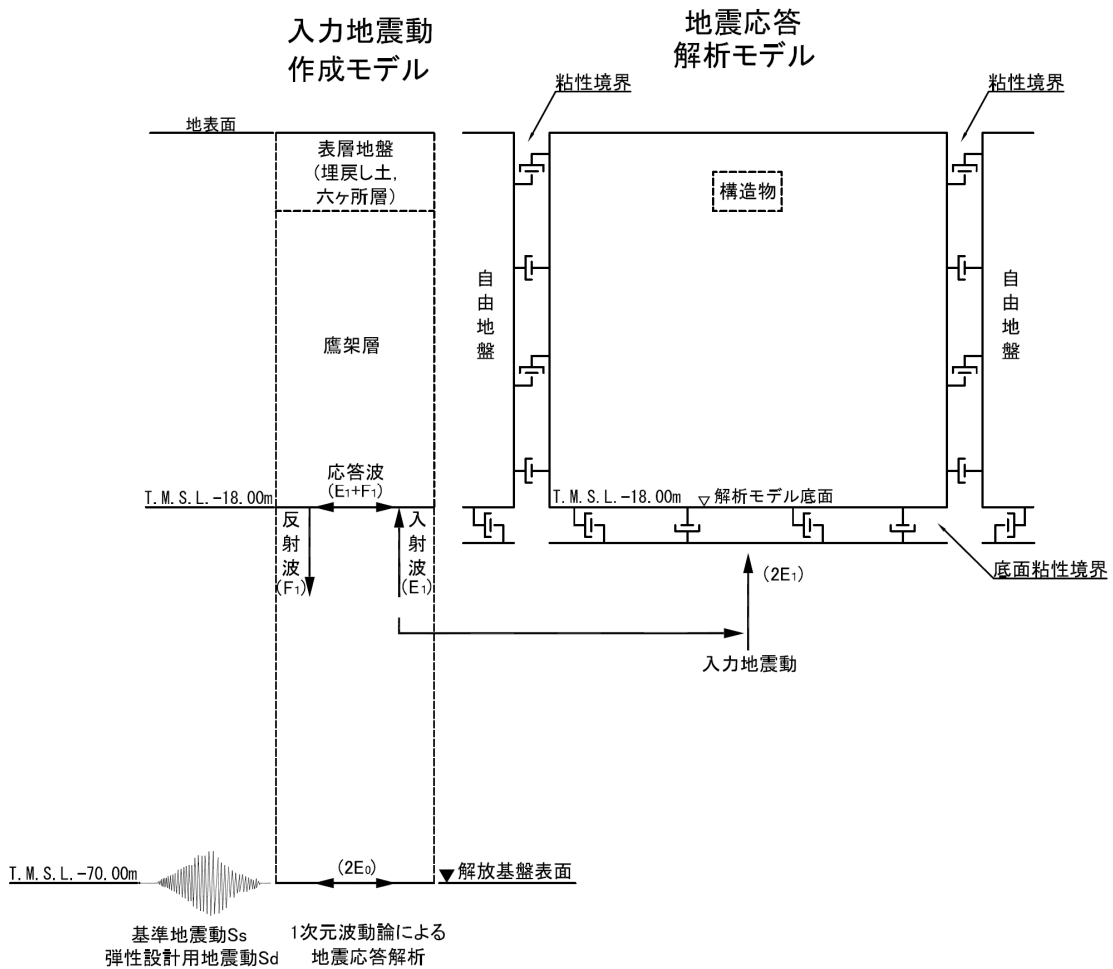
第 3.2-2 図(1) 構造部材の非線形特性(コンクリートの応力-ひずみ関係)



第 3.2-2 図(2) 構造部材の非線形特性(鉄筋の応力-ひずみ関係)

4. 入力地震動の設定方針

入力地震動は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、1次元波動論により、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析モデルの底面位置で評価した入力地震動を設定する。第4-1図に入力地震動設定の概念図を示す。



第4-1図 入力地震動設定の概念図

5. 地震応答解析の方法

地震応答解析は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法を用いて、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴非線形解析を行う。

地震応答解析に当たっては、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力と固定荷重（躯体自重）、積載荷重（機器・配管荷重及び上載荷重）、土圧及び水圧（土被り荷重、静止土圧及び外水圧）を組み合わせるものとし、地震応答解析によって求められる地震荷重に基づき、「IV-1-3-1-4 屋外重要土木構造物の耐震計算書作成の基本方針」に示す許容限界の設定を行うものとする。

地震応答解析には、解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認の概要については、「IV-6 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

IV－1－3－1－4

屋外重要土木構造物の耐震計算書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価方針	2
2.1 評価フロー	2
2.2 準拠規格・基準等	3
3. 耐震評価方法	4
3.1 耐震評価方針	4
3.2 荷重及び荷重の組合せ	6
3.3 許容限界	7
3.4 評価方法	13

1. 概要

本資料は、「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計のプロセスのうち、屋外重要土木構造物の耐震評価に係るプロセスの詳細な内容を示すものである。

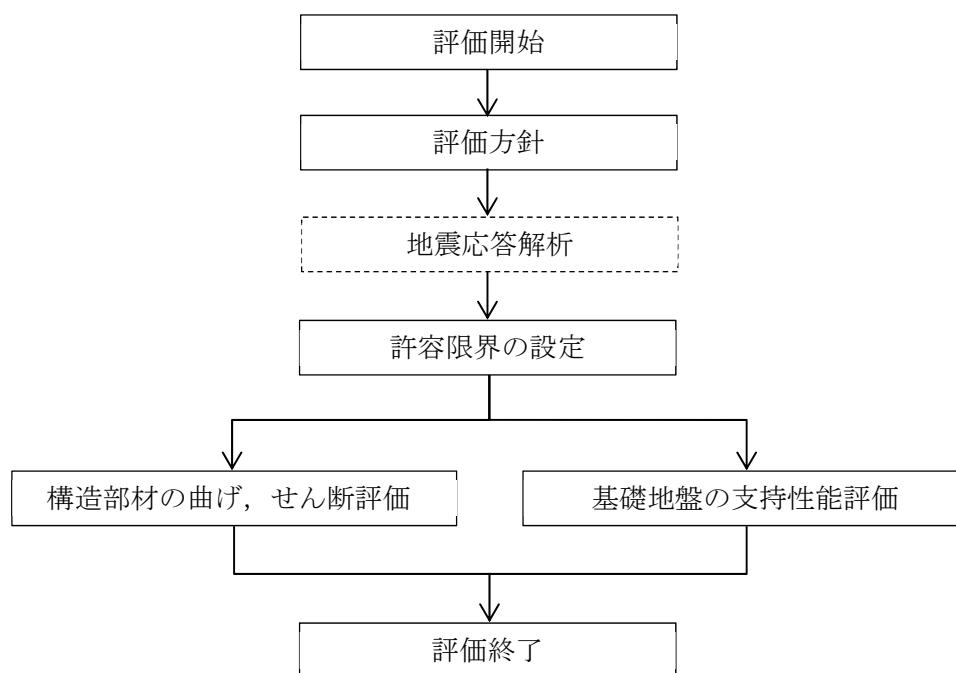
2. 評価方針

2.1 評価フロー

屋外重要土木構造物の耐震評価においては、基準地震動 S_s による地震力に対する評価を行うこととする。また、一部の S クラスの屋外重要土木構造物については、弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する評価も行うこととする。

評価は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、地震応答解析結果に基づく構造部材の曲げ、せん断評価及び基礎地盤の支持性能評価により行うことで、構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては地盤物性のばらつきを考慮する。

評価フローを第 2.1-1 図に示す。耐震評価は本フロー図に基づき実施し、屋外重要土木構造物の耐震計算書において、各設定の結果及び耐震評価結果を示す。



第 2.1-1 図 屋外重要土木構造物の耐震評価フロー

2.2 準拠規格・基準等

準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル((社)土木学会, 2005年)
(以下, 「土木学会マニュアル」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年)
- ・ 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年)
(以下, 「RC-N規準」という。)
- ・ 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)
(以下, 「コンクリート標準示方書2002」という。)
- ・ コンクリート標準示方書[設計編]((社)土木学会, 2012年)
(以下, 「コンクリート標準示方書2012」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015((社)日本電気協会)
- ・ 道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説((社)日本道路協会, 2002年)
- ・ 港湾構造物設計事例集((財)沿岸開発技術センター, 2007年)

3. 耐震評価方法

3.1 耐震評価方針

屋外重要土木構造物の基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する耐震評価方針を以下に示す。

屋外重要土木構造物は、Sクラスの機器・配管系の間接支持構造物であることから、屋外重要土木構造物の耐震評価においては基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度を有することを確認することで、支持機能が維持されることを確認する。また、一部の屋外重要土木構造物の構造部材については、Sクラスとしての閉じ込め機能及び遮蔽機能の維持が要求されており、当該屋外重要土木構造物の耐震評価においては基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して構造強度を有することを確認することで、閉じ込め機能及び遮蔽機能が維持されることを確認する。

以上を踏まえ、屋外重要土木構造物の耐震評価においては、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して構造強度を有することの確認として、第 3.1-1 表に示すとおり、構造部材の曲げ、せん断評価を行う。また、支持地盤に係る評価として、第 3.1-2 表に示すとおり、基礎地盤の支持性能評価を行う。

基準地震動 S_s による地震力に対する耐震評価において、構造部材の曲げ、せん断評価については、閉じ込め機能が維持されること、並びに、支持機能が維持されることの評価として、地震応答解析に基づく最大層間変形角及び発生せん断力が許容限界を下回ることを確認し、遮蔽機能が維持されることの評価としては、地震応答解析に基づく発生曲げモーメント及び発生せん断力が許容限界を下回ることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、地震応答解析に基づく最大接地圧が許容限界を下回ることを確認する。なお、限界層間変形角及びせん断耐力の許容限界に対しては妥当な安全余裕をもたせることとする。

弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する耐震評価において、構造部材の曲げ、せん断評価については、閉じ込め機能が維持されること、並びに、遮蔽機能が維持されることの評価として、地震応答解析に基づく発生応力度が許容限界を下回ることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、地震応答解析に基づく最大接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

第 3.1-1 表 屋外重要土木構造物の構造部材の曲げ，せん断評価における許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	評価方法	許容限界
閉じ込め機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	全構造部材	最大層間変形角 [※] 及び発生せん断力 [※] が許容限界を下回ることを確認	限界層間変形角 [※] せん断耐力 [※]
		弾性設計用地震動 S _d	全構造部材	発生応力度が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
遮蔽機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	全構造部材	発生曲げモーメント及び発生せん断力 [※] が許容限界を下回ることを確認	降伏曲げモーメント せん断耐力 [※]
		弾性設計用地震動 S _d	全構造部材	発生応力度が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
支持機能	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	全構造部材	最大層間変形角 [※] 及び発生せん断力 [※] が許容限界を下回ることを確認	限界層間変形角 [※] せん断耐力 [※]

※妥当な安全余裕を考慮する

第 3.1-2 表 屋外重要土木構造物の基礎地盤の支持性能評価における許容限界

設計上の確認事項	地震力	部位	評価方法	許容限界
屋外重要土木構造物を十分に支持できること	基準地震動 S _s	基礎地盤	最大接地圧が許容限界を下回ることを確認	極限支持力度
	弾性設計用地震動 S _d	基礎地盤	最大接地圧が許容限界を下回ることを確認	短期許容支持力度

3.2 荷重及び荷重の組合せ

屋外重要土木構造物の耐震評価における荷重及び荷重の組合せは、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5. 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。荷重の組み合わせを第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 荷重の組み合わせ

荷重		荷重の概要
地震荷重	地震力	水平・鉛直同時加振とし、躯体及び機器・配管の慣性力並びに動土圧を考慮
固定荷重	躯体自重	対象構造物の体積に材料の単位体積重量を乗じて設定
積載荷重	機器・配管荷重	側壁、底版または中床版に考慮
	上載荷重	地表面に 15.0 kN/m ² として考慮
土圧及び水圧	土被り荷重	常時応力解析により設定
	静止土圧	常時応力解析により設定
	外水圧	地下水位(地表面)に応じた静水圧として設定

3.3 許容限界

3.3.1 基準地震動 S_s による地震力に対する耐震評価における許容限界

(1) 曲げに対する許容限界

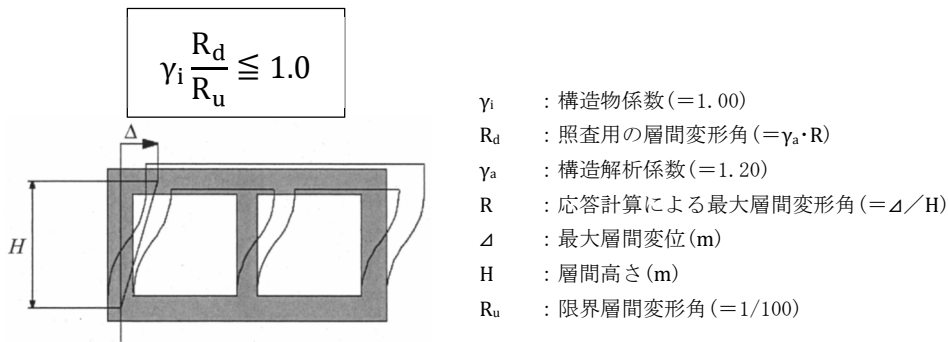
a. 限界層間変形角

構造部材の曲げに対する耐震評価のうち層間変形角による照査における許容限界は、土木学会マニュアルに準拠し、第 3.3.1-1 図に示す限界層間変形角 ($=1/100$) とする。

土木学会マニュアルにおいて、曲げ系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しない状態とされている。

圧縮縁コンクリートひずみが 1% の状態及び層間変形角が $1/100$ に至る状態は、かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したボックスラーメン構造の破壊実験、コンクリートの圧縮試験及び数値シミュレーションの結果より確認されている。これらの状態を限界値とすることで構造全体としての安定性が確保できるものとして設定されている。

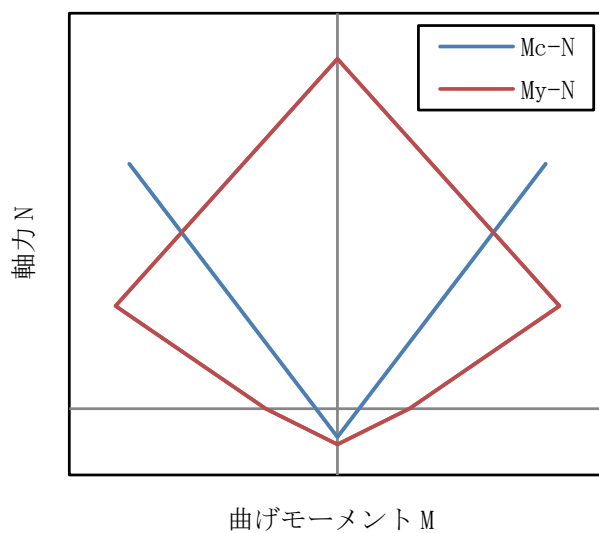
当該許容値は、屋外重要土木構造物を模したボックスラーメン構造に対する載荷実験結果を基に定められたものであり、屋外重要土木構造物の構造部材の曲げに対する許容限界として妥当である。



第 3.3.1-1 図 層間変形角による曲げ照査

b. 降伏曲げモーメント

構造部材の曲げに対する耐震評価のうち曲げモーメントによる照査における許容限界は、第 3. 3. 1-2 図に示す降伏曲げモーメントとする。降伏曲げモーメントは鉄筋が降伏に至る状態を示す。



Mc-N はひび割れ曲げモーメント，My-N は降伏曲げモーメントの破壊包絡線

第 3. 3. 1-2 図 曲げモーメントによる曲げ照査

(2) せん断に対する許容限界

a. せん断耐力評価式を用いる方法

構造部材のせん断に対する許容限界は、土木学会マニュアルに準拠し、以下の式で算定されるせん断耐力のうち、いずれか大きい方とする。

(a) 棒部材式

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

ここで、 V_{cd} : コンクリートが分担するせん断耐力

V_{sd} : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc}$$

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad \text{ただし、} f_{vcd} > 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ となる場合は } f_{vcd} = 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100P_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_o/M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_o/M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし、} \beta_a < 1.0 \text{ となる場合は } \beta_a = 1.0$$

f'_{cd} : コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm²)であり、設計基準強度 f'_{ck} を材料係数 γ_{mc} (1.3)で除したもの

$P_v = A_s / (b_w \cdot d)$: 引張鉄筋比

A_s : 引張側鋼材の断面積

b_w : 部材の有効幅

d : 部材の有効高さ

N'_d : 設計軸圧縮力

M_d : 設計曲げモーメント

$$M_o = N'_d \cdot D/6$$

: M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打消すのに必要なモーメント(デコンプレッションモーメント)

D : 断面高さ

a/d : せん断スパン比

γ_{bc} : 部材係数(1.3)

$$V_{sd} = \{A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s\} z / \gamma_{bs}$$

A_w : 区間 s におけるせん断補強鉄筋の総断面積

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の降伏強度を材料係数 γ_{ms} (1.0)で除したもので400N/mm²以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値 f'_{ck} が60N/mm²以上のときは、800N/mm²以下とする。

- α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度
 s : せん断補強鉄筋の配置間隔
 z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離であり、
 $d/1.15$ とする。
 γ_{bs} : 部材係数(1.1)

(b) デイープビーム式

$$V_{yd} = V_{cdd} + V_{sdd}$$

ここで、 V_{cdd} : コンクリートが分担するせん断耐力

V_{sdd} : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc}$$

$$f_{dd} = 0.19 \sqrt{f'_{cd}}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は} \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100P_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は} \beta_p = 1.5$$

$$\beta_a = \frac{5}{1+(a/d)^2}$$

γ_{bc} : 部材係数(1.3)

$$V_{sdd} = \varphi \cdot V_{sd}$$

$$\varphi = -0.17 + 0.3a/d + 0.33/p_{wb} \quad \text{ただし、} 0 \leq \varphi \leq 1$$

p_{wb} : せん断補強鉄筋比(%)

当該許容値は、屋外重要土木構造物を模した連続ばりの載荷実験及び数値シミュレーションの結果を基に定められたものであり、屋外重要土木構造物の構造部材のせん断に対する許容限界として妥当である。

なお、部材に引張軸力が発生し、棒部材式のコンクリートが分担するせん断耐力 V_{cd} が0になる場合については、以下に示すコンクリート標準示方書 2002 及びコンクリート標準示方書 2012 に基づく β_n の算定式を用いて、せん断耐力を算定する。

$$\beta_n = 1 + 2M_o/M_{ud} \quad (N'_d \geq 0 \text{ の場合}) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2 \text{ となる場合は} 2 \text{ とする}$$

$$= 1 + 4M_o/M_{ud} \quad (N'_d < 0 \text{ の場合}) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は} 0 \text{ とする}$$

N'_d : 設計軸方向圧縮力

M_{ud} : 軸方向力を考慮しない純曲げ耐力

M_o : 設計曲げモーメント M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打消すのに必要な曲げモーメント

b. 材料非線形解析を用いる方法

構造部材のせん断に対する評価において、発生せん断力がせん断耐力評価式によるせん断耐力を上回る部材については、材料非線形解析により算定されるせん断耐力を許容限界とする。

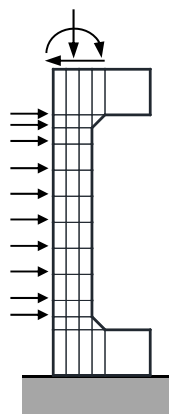
材料非線形解析においては、せん断耐力評価式によるせん断評価結果が最も厳しくなる時刻における断面力を再現できる荷重を、荷重比率を維持しながら漸増载荷し、载荷過程における荷重－変位曲線にて明確な破壊点が認められる時点の荷重をせん断耐力とする。なお、荷重－変位曲線にて破壊点を判定する際には、ひび割れ性状やひび割れ面のひずみ分布についても参考にする。

材料非線形解析には、解析コード「WCOMD-SJ」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、「IV－6 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(a) 解析モデル

材料非線形解析の解析モデルの例を第 3.3.1-3 図に示す。

解析モデルは平面応力要素でモデル化し、評価部材を非線形要素、評価部材と接続する張出し部材を線形要素とする。非線形要素は、鉄筋位置と無筋領域を考慮して要素分割を行う。また、張出し部材の一方を固定境界、他方を自由境界とする。



第 3.3.1-3 図 材料非線形解析モデルの例(側壁)

(b) 材料特性

圧縮応力下のコンクリートの応力－ひずみ関係は、最大応力点を越えた軟化域まで考慮する。また、引張応力下の応力－ひずみ関係は、鉄筋コンクリートにおけるコンクリートと鉄筋の付着による相互作用を考慮する。

(3) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、鷹架層の極限支持力度とする。

3.3.2 弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する耐震評価における許容限界

(1) 曲げ，せん断に対する許容限界

構造部材の曲げ，せん断に対する許容限界は，RC-N 規準に準拠し，短期許容応力度を許容限界とする。短期許容応力度を第 3.3.2-1 表及び第 3.3.2-2 表に示す。

第 3.3.2-1 表 コンクリートの許容応力度

設計基準強度 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	圧縮	引張	せん断
29.4	19.6	—	1.18

第 3.3.2-2 表 鉄筋の許容応力度

	短期許容応力度 (N/mm ²)
	引張及び圧縮
S D345	345

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は，鷹架層の短期許容支持力度とする。

3.4 評価方法

3.4.1 基準地震動 S_s による地震力に対する耐震評価における評価方法

(1) 基本ケースの評価

屋外重要土木構造物の基準地震動 S_s による地震力に対する耐震評価は、地震応答解析結果に基づく最大層間変形角、曲げモーメント、せん断力及び最大接地圧が「3.3 許容限界」に示す許容限界を下回ることを確認する。

構造部材の曲げに対する評価については、最大の水平相対変位が生じる時刻において、照査用層間変形角が限界層間変形角を下回ることを確認する。照査用層間変形角の算定に当たっては、第 3.3.1-1 図に示す最大層間変形角に構造解析係数 (γ_a)1.2 を考慮する。また、最大の曲げモーメントが生じる時刻において、発生曲げモーメントが降伏曲げモーメントを下回ることを確認する。

構造部材のせん断に対する評価については、構造部材ごとに発生せん断力が最も大きくなるそれぞれの時刻において、照査用せん断力がせん断耐力を下回ることを確認する。照査用せん断力の算定に当たっては、構造部材に発生するせん断力に構造解析係数 (γ_a)1.05 を考慮する。なお、材料非線形解析による評価においては、評価時刻における断面力を再現した荷重時の固定端荷重に、部材係数 (γ_b)1.24 及び構造解析係数 (γ_a)1.05 を考慮したものを照査用せん断力とする。

基礎地盤の支持性能に対する評価については、基礎地盤に作用する最大接地圧が極限支持力度を下回ることを確認する。

(2) 物性のばらつきに関する影響評価

屋外重要土木構造物の耐震評価において支配的な構造部材の曲げ、せん断評価において、物性のばらつきに関する影響評価として、物性のばらつきに関する安全係数を考慮した最大層間変形角及びせん断力が「3.3 許容限界」に示す許容限界を下回ることを確認する。物性のばらつきに関する安全係数は、材料及び周辺地盤の物性のばらつきを考慮した地震応答解析により設定したものである。

構造部材の曲げに対する影響評価については、基本ケースの評価結果における最大照査値のケースについて、曲げに対する物性のばらつきに関する安全係数 1.3 を考慮した層間変形角が限界層間変形角を下回ることを確認する。

構造部材のせん断に対する影響評価については、基本ケースの評価結果における各構造部材の最大照査値のケースについて、せん断に対する物性のばらつきに関する安全係数 1.2 を考慮したせん断力がせん断耐力を下回ることを確認する。なお、材料非線形解析による評価においては、評価時刻における断面力を再現した荷重時の固定端荷重に、部材係数 (γ_b)1.24、構造解析係数 (γ_a)1.05 及びせん断に対する物性のばらつきに関する安全係数 1.2 を考慮したものを照査用せん断力とする。

3.4.2 弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する耐震評価における評価方法

屋外重要土木構造物の弾性設計用地震動 S_d による地震力に対する耐震評価は、地震応答解析結果に基づく発生応力度及び最大接地圧が「3.3 許容限界」に示す許容限界を下回ることを確認する。

構造部材の曲げに対する評価については、構造部材の評価位置(支承前面, 中央)ごとに発生曲げモーメントが最も大きくなるそれぞれの時刻において、コンクリート及び鉄筋の発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認する。

構造部材のせん断に対する評価については、構造部材の評価位置(支承前面から $D/2$ の位置, D : 部材高さ)ごとに発生せん断力が最も大きくなるそれぞれの時刻において、発生せん断応力度が短期許容応力度を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能に対する評価については、基礎地盤に作用する最大接地圧が短期許容支持力度を下回ることを確認する。

IV－1－3－1－5

地下水排水設備の耐震計算書作成の 基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 地盤応答解析の評価方針	2
2.1 地盤応答解析の評価フロー	2
2.2 地盤応答解析に用いる地震動	3
2.3 地盤応答解析の準拠規格・基準等	4
3. 地盤応答解析モデルの設定方針	5
3.1 サブドレンシャフト・サブドレンピット	5
3.2 集水管・サブドレン管	5
4. 入力地震動の設定方針	6
5. 地盤応答解析の方法	6
6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）	7
6.1 応力解析の評価フロー	7
6.2 応力解析の準拠規格・基準等	9
7. 地震応答解析による評価方法	10
7.1 接地圧の評価方法	10
7.2 せん断ひずみ度の評価方法	10
8. 応力解析による評価方法	12
8.1 応力解析の評価フロー	12
8.1.1 サブドレンシャフトの評価方針	13
8.1.2 サブドレンピットの評価方針	15
8.1.3 集水管の評価方針	17
8.1.4 サブドレン管の評価方針	18
8.2 荷重及び荷重の組合せ	19
8.2.1 荷重	19
8.2.2 荷重の組合せ	19
8.3 許容限界	20
8.4 評価方法	23

8.4.1	サブドレンシャフトの評価方法	23
8.4.2	サブドレンピット壁の評価方法	26
8.4.3	サブドレンピット上部スラブの評価方法	28
8.4.4	サブドレンピット底部スラブの評価方法	30
8.4.5	集水管の評価方法	31
8.4.6	サブドレン管の評価方法	33
9.	応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）	35
9.1	地下水排水設備 地下排水ポンプの応力解析	36
9.1.1	構造計画	36
9.1.2	評価方針	36
9.1.3	設計用地震力	36
9.2	水位検出器の応力解析	40
9.2.1	構造計画	40
9.2.2	評価方針	40
9.2.3	設計用地震力	40
9.3	地下水排水ポンプ現場制御盤の応力解析	42
9.3.1	構造計画	42
9.3.2	評価方針	42
9.3.3	設計用地震力	42
9.4	排水配管の応力解析	44
9.4.1	評価方針	44
9.4.2	設計用地震力	44
9.4.3	排水配管の設計条件及び解析結果	44
9.5	発電機装置の応力解析	50
9.5.1	構造計画	50
9.5.2	評価方針	50
9.5.3	設計用地震力	50
9.6	燃料油貯槽の応力解析	54
9.6.1	構造計画	54
9.6.2	評価方針	54
9.6.3	設計用地震力	54
9.7	燃料油配管の応力解析	57
9.7.1	評価方針	57
9.7.2	設計用地震力	57
9.7.3	配管設計条件及び評価結果	57

1. 概要

本資料は、「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計のプロセスのうち、地下水排水設備の耐震計算に係るプロセスの詳細な内容を示すものである。

第1-1表に地下水排水設備の構成設備を示す。サブドレンシャフト、サブドレンピット、集水管及びサブドレン管については、本資料の「6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）」にて耐震評価に係るプロセスの詳細な内容を示す。地下水排水ポンプ、水位検出器、地下水排水ポンプ現場制御盤、排水配管、発電機装置、燃料油貯槽及び燃料油配管については、本資料の「9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）」にて耐震評価に係るプロセスの詳細な内容を示す。

なお、対象施設において、本資料に示す内容に差分がある場合には、各地下水排水設備の地下水排水設備の耐震性に関する計算書にて示す。

第 1-1 表 地下水排水設備の構成設備及び対応する章

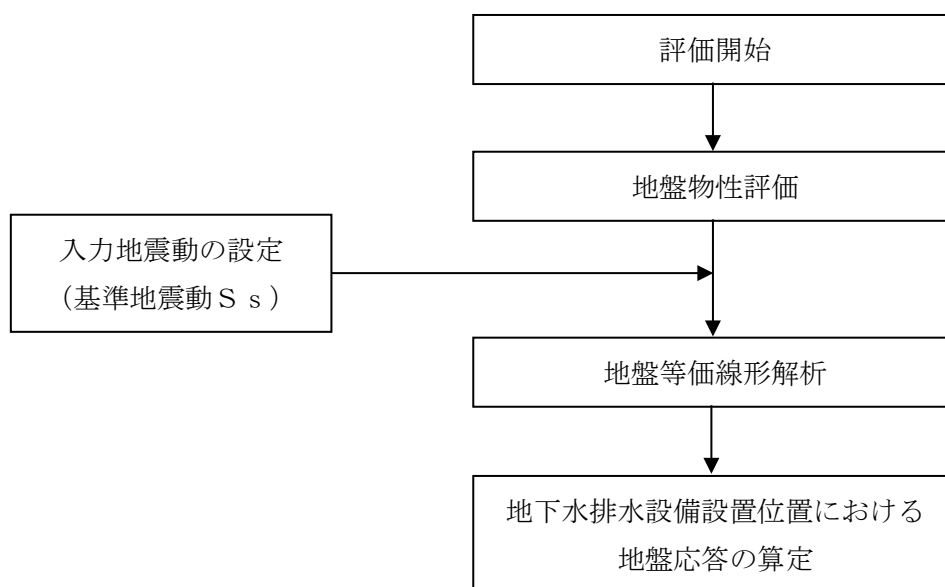
構成設備	対応する本資料の章
サブドレンシャフト	6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）
サブドレンピット	6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）
集水管	6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）
サブドレン管	6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）
地下水排水ポンプ	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
水位検出器	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
地下水排水ポンプ現場制御盤	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
排水配管	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
発電機装置	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
燃料油貯槽	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）
燃料油配管	9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）

2. 地盤応答解析の評価方針

2.1 地盤応答解析の評価フロー

地下水排水設備の設計用地震力は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力の設定に準じて、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1.2 動的地震力」に基づき、動的地震力を算定する。

第 2.1-1 図に地盤応答解析フローを示す。地盤応答解析は本フロー図に基づき実施し、地下水排水設備の耐震性に関する計算書において、各設定の結果及び地盤応答解析結果を示す。



第 2.1-1 図 地盤応答解析の評価フロー

2.2 地盤応答解析に用いる地震動

地盤応答解析に用いる地震動は、「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」に基づく解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s とする。

なお、基準地震動 $S_s-B1 \sim B5$ 及び弾性設計用地震動 $S_d-B1 \sim B5$ については、地下水排水設備への入力地震動を評価する際に、地下水排水設備に応じた適切な方位に変換を行う。具体的には、第2保管庫・貯水所及び第2軽油貯蔵所以外の建物・構築物近傍にある地下水排水設備に対しては、プラントノース(真北に対し、時計回りに 13° の方向)に、第2保管庫・貯水所及び第2軽油貯蔵所近傍にある地下水排水設備に対しては、真北に対し、時計回りに 27° の方向に変換を行う。

2.3 地盤応答解析の準拠規格・基準等

地盤応答解析において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社)日本電気協会)
(以下, 「JEAG 4601-1987」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・
補-1984 ((社)日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
(以下, 「JEAG 4601-1991 追補版」という。)

3. 地盤応答解析モデルの設定方針

3.1 サブドレンシャフト・サブドレンピット

地盤応答解析モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を基本ケースとして用いる。

また、地盤物性のばらつきについては、敷地内のボーリング調査結果等に基づき、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の物性値を基本として、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮した物性値を設定する。

モデル化の際は、サブドレンシャフト・ピット周囲の地盤改良土等を考慮することとし、必要に応じて2次元FEMにてモデル化を実施する。

解析は地盤のひずみ依存特性を考慮した等価線形解析を実施する。

3.2 集水管・サブドレン管

地盤応答解析モデルは、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤の初期物性値を基本ケースとして用いる。

また、地盤物性のばらつきについては、敷地内のボーリング調査結果等に基づき、「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の物性値を基本として、標準偏差 $\pm 1\sigma$ の変動幅を考慮した物性値を設定する。

モデル化の際は、当該集水管・サブドレン管が設置される近傍の建物・構築物の地震応答解析で用いている1次元地盤モデルを用いる。

解析は地盤のひずみ依存特性を考慮した等価線形解析を実施する。

4. 入力地震動の設定方針

入力地震動は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき設定することとし、「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」に基づく解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s とする。

1次元地盤モデルの場合は、水平方向及び鉛直方向の各方向で解析を実施する。2次元地盤モデルの場合は、水平1方向及び鉛直方向地震動を同時入力した解析を実施する。

5. 地盤応答解析の方法

地下水排水設備の地盤応答解析は、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき実施する。

材料物性のばらつきを考慮した地盤応答解析は、地下水排水設備の応答への影響が大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地盤応答解析において応答値(加速度)が、評価対象物がある各部位において最大となっている地震動に対して実施する。材料物性のばらつきのうち、地盤物性のばらつきについては、「3.1 地盤モデル」に示す方針に基づく物性値を考慮する。

6. 応力解析の評価方針（建物・構築物の基本方針を参考にする設備）

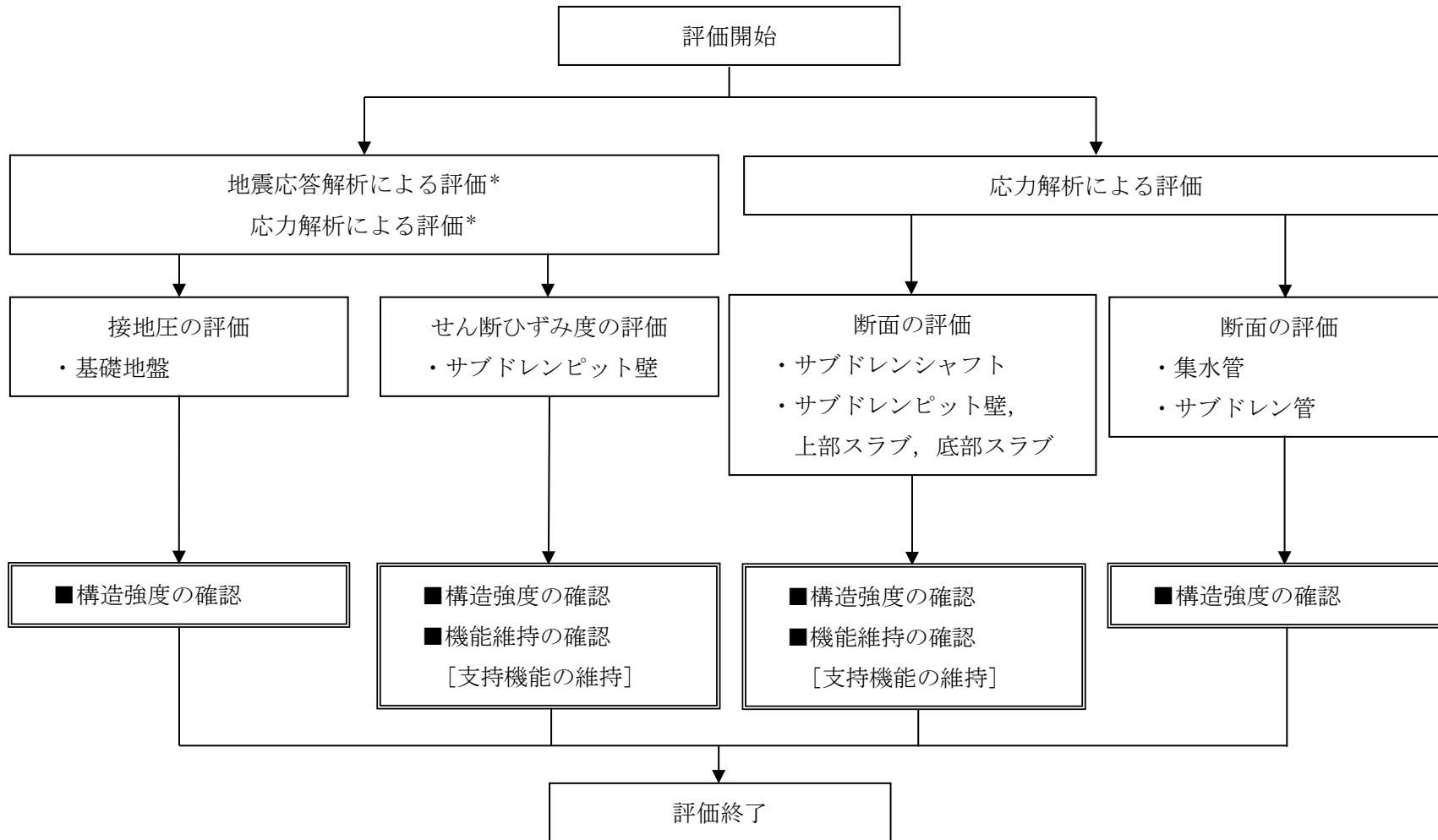
本章では、第1-1表で示した地下水排水設備の構成設備のうち、サブドレンシャフト、サブドレンピット、集水管及びサブドレン管について、応力解析の評価方針を示す。

6.1 応力解析の評価フロー

安全機能を有する施設としての地震時の評価においては、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下、「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。

評価は、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、地盤応答解析及び応力解析による接地圧及び断面の評価を行うことで、構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては地盤物性のばらつきを考慮する。

評価フローを第 6.1-1 図に示す。耐震評価は本フロー図に基づき実施し、地下水排水設備の耐震性に関する計算書において、各設定の結果及び耐震評価結果を示す。



注記 * : 地盤応答解析結果及びサブドレンシャフト応力解析結果を踏まえた評価を行う。

第 6.1-1 図 評価フロー

6.2 応力解析の準拠規格・基準等

応力解析において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令・同告示
- 日本産業規格
- 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005改訂)
(以下「S規準」という。)
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー
((社) 日本建築学会, 1999) (以下, 「RC規準」という。)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005)
(以下, 「RC-N規準」という。)
- 道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編) ・同解説
((社) 日本道路協会, 平成14年3月)
- トンネル・ライブラリー第27号 シールド工用立坑の設計 (土木学会, 2015)
- 道路土工ーカルバート工指針 (平成21年度版) ((社) 日本道路協会)
- 水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料 (塩化ビニル管・継手協会)
- 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計 「パイプライン」 (農林水産省)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984
((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
(以下, 「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)

7. 地震応答解析による評価方法

7.1 接地圧の評価方法

接地圧については、最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認する。接地圧の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第7.1-1表のとおり設定する。

第7.1-1表 接地圧の評価における許容限界

設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
地下水排水設備を十分に支持できること	基準地震動 S _s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認	極限支持力度

7.2 せん断ひずみ度の評価方法

せん断ひずみ度については、サブドレンピット壁がJEAG4601に示す耐震壁の最大せん断ひずみ度の許容限界を超えないことを確認する。せん断ひずみ度の評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第7.2-1表のとおり設定する。

第7.2-1表 せん断ひずみ度の評価における許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレンピット壁*	サブドレンピット壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレンピット壁*	サブドレンピット壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
地下水排水機能	地下水排水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレンピット壁*	サブドレンピット壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}

注記 * : サブドレンピット壁の評価は、応力解析結果も踏まえることとする。

8. 応力解析による評価方法

8.1 応力解析の評価フロー

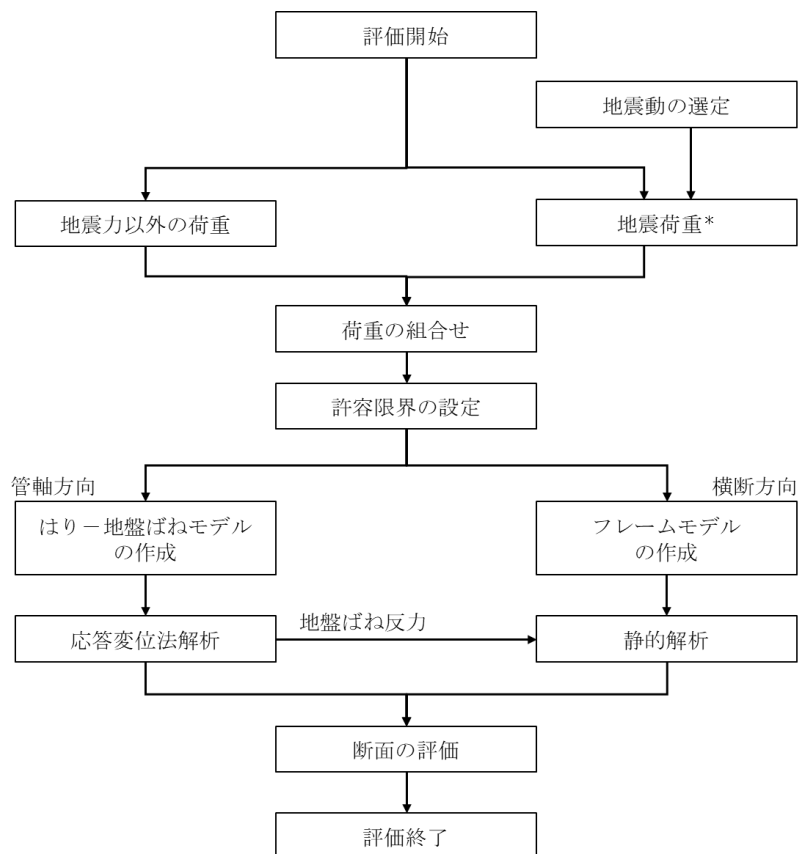
応力解析による評価対象部位はサブドレンシャフト，サブドレンピット（壁，上部スラブ，底部スラブ），集水管，サブドレン管とし， S_s 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

8.1.1 サブドレンシャフトの評価方針

応力解析によるサブドレンシャフトの評価フローを第8.1.1-1図に示す。応力解析にあたっては、地盤応答解析の結果を用いて荷重の組合せを行う。また、地震荷重の設定においては、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

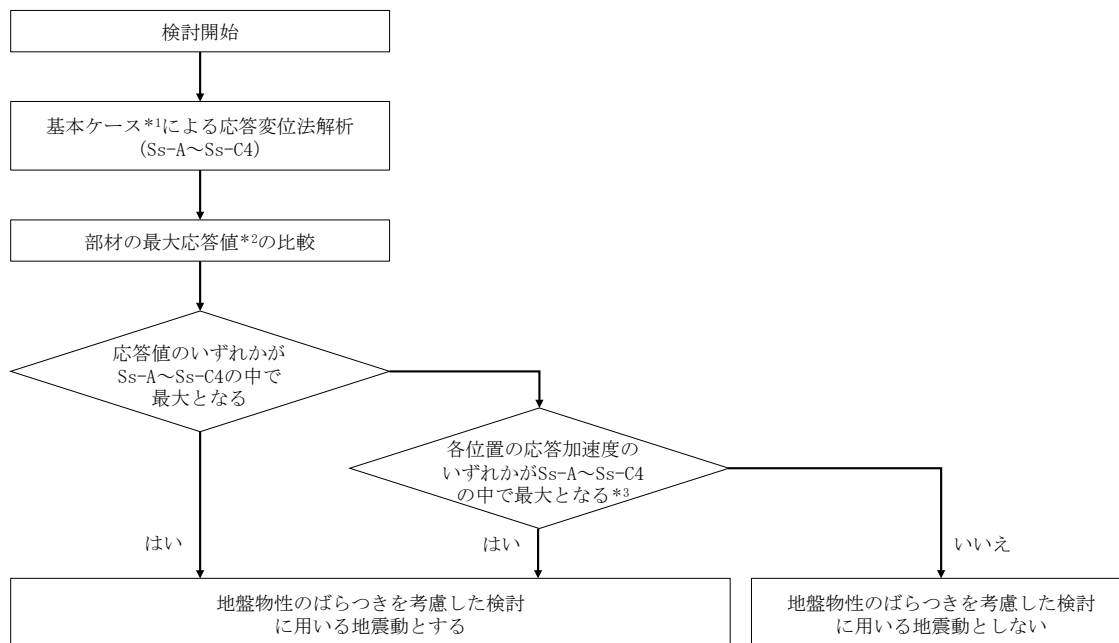
サブドレンシャフトのS_s地震時に対する評価は、サブドレンシャフト及びサブドレンピットをモデル化したはり-地盤ばねモデルを用いた応答変位法による非線形応力解析により行うこととし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。

なお、地盤物性のばらつきを考慮する際は、「5. 地盤応答解析の方法」にて実施した地震動に加え、基本ケースの応答変位法解析において応答値（曲げモーメント、せん断力、サブドレンピットのせん断ひずみ）が、各評価対象部位において最大となっている地震動に対して実施する。地震動の選定フローを第8.1.1.-2図に示す。



注記 *：地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重とする。

第8.1.1-1図 応力解析によるサブドレンシャフトの評価フロー



注記 *1：標準地盤

*2：応答値は、曲げモーメント、せん断力及びサブドレンピットのせん断ひずみとする。

*3：地盤応答解析結果の評価対象部位位置の水平加速度及び鉛直加速度を対象とする

第 8.1.1-2 図 地震動の選定フロー

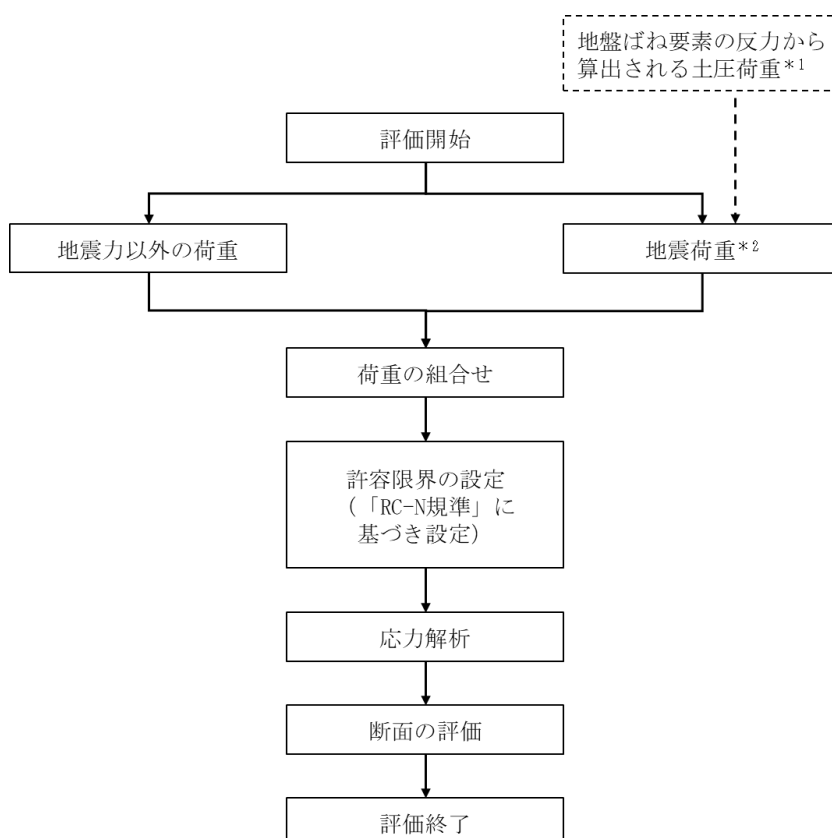
8.1.2 サブドレンピットの評価方針

応力解析によるサブドレンピット壁の評価フローを第8.1.2-1図に、応力解析によるサブドレンピットスラブ（上部スラブ、底部スラブ）の評価フローを第8.1.2-2図に示す。応力解析にあたっては、地盤応答解析の結果を用いて荷重の組合せを行う。また、地震荷重の設定においては、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

サブドレンピット壁のS s地震時に対する評価は、はり—地盤ばねモデルまたは理論解を用いた弾性応力解析により行うこととし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。

サブドレンピットスラブ（上部スラブ、底部スラブ）のS s地震時に対する評価は、FEMモデルまたは理論解を用いた弾性応力解析により行うこととし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。

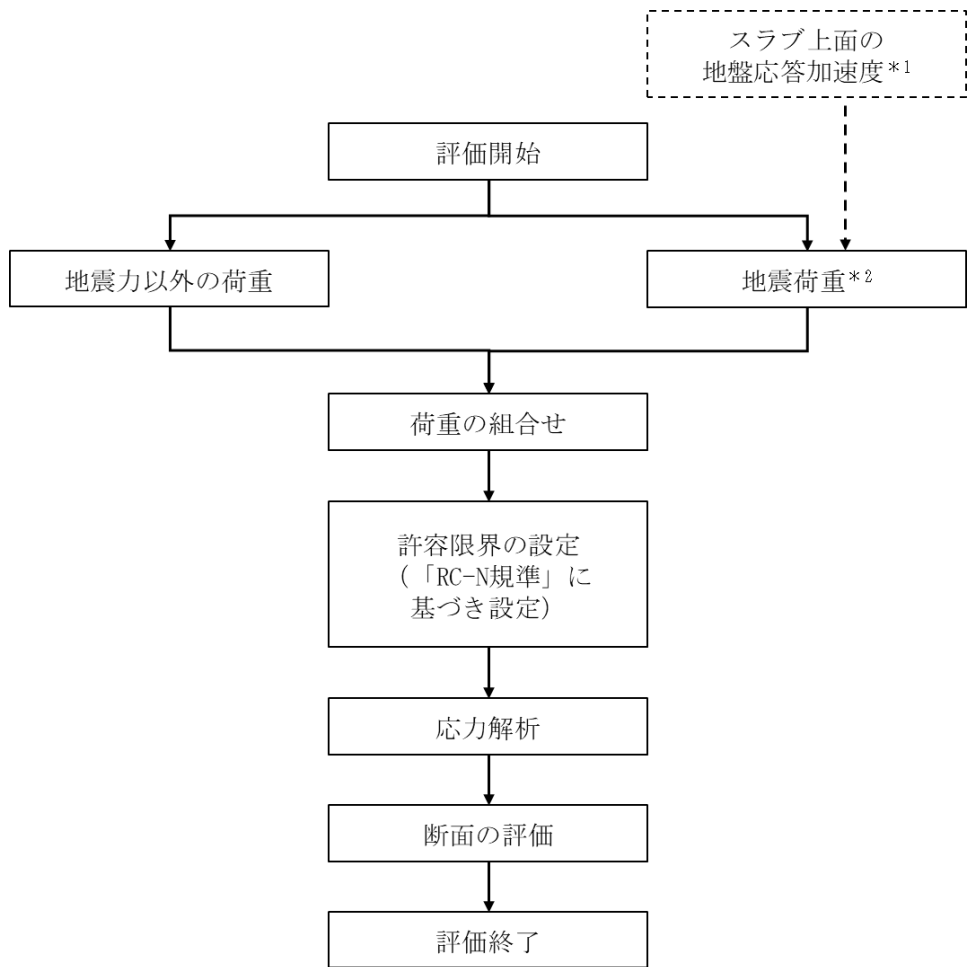
なお、地盤物性のばらつきを考慮する際は、「8.1.1 サブドレンシャフトの評価方針」にて記載の方法に準拠する。



注記 *1：サブドレンシャフトの応答変位法解析結果により算出された値を用いる。

*2：地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重とする。

第8.1.2-1図 応力解析によるサブドレンピット壁の評価フロー



注記 *1：地盤応答解析結果により算出された値を用いる。

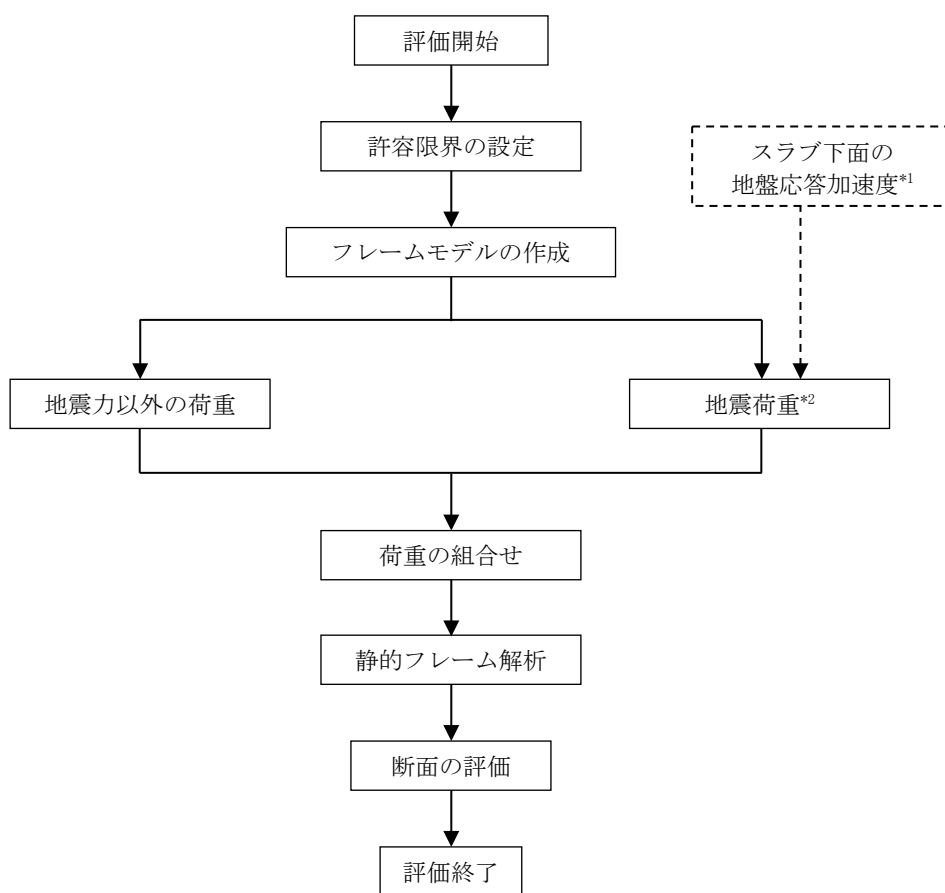
*2：地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重とする。

第 8.1.2-2 図 応力解析によるサブドレンピットスラブ（上部スラブ，底部スラブ）
の評価フロー

8.1.3 集水管の評価方針

応力解析による集水管の評価フローを第8.1.3-1図に示す。応力解析にあたっては、地盤応答解析の結果を用いて荷重の組合せを行う。また、地震荷重の設定においては、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

集水管のS_s地震時に対する評価は、はりモデルを用いた弾性応力解析により行うこととし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、集水管に発生する変形量が許容限界を超えないことを確認する。



注記 *1：地盤応答解析結果により算出された値を用いる。

*2：地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重とする。

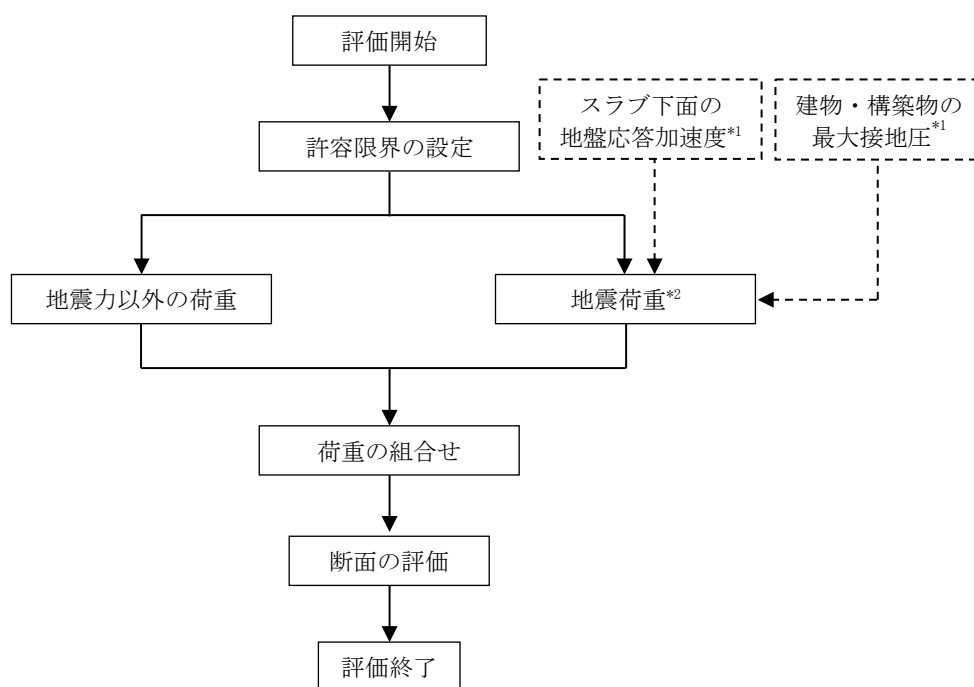
第8.1.3-1図 応力解析による集水管の評価フロー

8.1.4 サブドレン管の評価方針

応力解析によるサブドレン管（塩ビ管，ポリエチレン管）の評価方針は，「8.1.3 集水管の評価方針」に準拠する。

サブドレン管（ポラコン成形管）の評価フローを第8.1.4-1図に示す。応力解析にあたっては，集水管同様に地盤応答解析の結果を用いた荷重の組合せを行うこととし，地盤応答解析により算出される最大接地圧を地震荷重に加える。また，地震荷重の設定においては，地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

サブドレン管（ポラコン成形管）のS_s地震時に対する評価は，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。



注記 *1 : 地盤応答解析結果により算出された値を用いる。

*2 : 地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重とする。

第8.1.4-1図 応力解析によるサブドレン管（ポラコン成形管）の評価フロー

8.2 荷重及び荷重の組合せ

各部位の評価における荷重及び荷重の組合せは、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「5. 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

8.2.1 荷重

各部位の評価において考慮する荷重を第8.2.1-1表に示す。

第8.2.1-1表 考慮する荷重

荷重名称		内容
鉛直荷重(VL)	固定荷重(DL)	構造物（上部RC蓋，機器配管荷重を含む）の自重
	積載荷重(LL)	サブドレンシャフト上部RC蓋における人員荷重や，小さな機器類の荷重
積雪荷重(SL)		積雪量 190cm 地震荷重と組み合わせる場合は0.35の係数を乗じた値とする。
地震荷重(S)		地盤物性のばらつきを考慮した地震荷重
土圧荷重(G)		構造物に加わる土圧

8.2.2 荷重の組合せ

各部位の評価において考慮する荷重の組合せを第8.2.2-1表に示す。

第8.2.2-1表 荷重の組合せ

検討部位	荷重状態	荷重の組合せ
サブドレンシャフト	S s 地震時	VL+SL+G+S
サブドレンピット壁	S s 地震時	G+S
サブドレンピット上部スラブ	S s 地震時	VL+SL+G+S
サブドレンピット底部スラブ	S s 地震時	VL+SL+G+S
集水管	S s 地震時	VL+G+S
サブドレン管	S s 地震時	VL+G+S

8.3 許容限界

応力解析による評価における許容限界は、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、第8.3-1表のとおり設定する。

第8.3-1表 (1) 応力解析評価における評価対象部位の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレン シャフト	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限強度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン シャフト	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限強度
地下水排水機能	地下水排水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン シャフト	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限強度
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレン ピット 壁 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 または 弾性限強度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン ピット 壁 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 または 弾性限強度
地下水排水機能	地下水排水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン ピット 壁 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 または 弾性限強度

第8.3-1表 (2) 応力解析評価における評価対象部位の許容限界

要求機能	機能設計上の確認事項	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	集水管	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「道路土木—カルバート工指針」に基づく許容ひずみ率
地下水排水機能	通水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	集水管	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「道路土木—カルバート工指針」に基づく許容ひずみ率
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレン管 (塩ビ管, ポリエチレン管)	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「道路土木—カルバート工指針」に基づく許容ひずみ率
地下水排水機能	通水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン管 (塩ビ管, ポリエチレン管)	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「道路土木—カルバート工指針」に基づく許容ひずみ率
-	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレン管 (ポラコン成形管)	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	製品の規格強度に基づく短期許容圧縮応力度
地下水排水機能	通水機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン管 (ポラコン成形管)	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	製品の規格強度に基づく短期許容圧縮応力度

8.4 評価方法

「8.3 許容限界」に示した各機能を有する建物・構築物の部位に対して、以下に示す方法により応力解析を行う。

8.4.1 サブドレンシャフトの評価方法

(1) 解析モデル

サブドレンシャフトの応力解析においては、管軸方向断面(鉛直断面)と横断方向断面(水平断面)について評価を行う。

a. 管軸方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの管軸方向断面(鉛直断面)の応力解析は、応答変位法を用いた非線形応力解析を実施する。

サブドレンシャフトのモデル化においては、サブドレンシャフト及びサブドレンピットは曲げ及びせん断剛性を考慮した線形はり要素としてモデル化し、地盤は「道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき、線形または非線形地盤ばねでモデル化する。

b. 横断方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの横断方向断面(水平断面)の応力解析は、フレームモデルを用いた非線形応力解析を実施する。

サブドレンシャフトのモデル化においては、サブドレンシャフトは線形はり要素として円形にモデル化し、地盤は「道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき、非線形地盤ばねでモデル化する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 ((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

a. 鉛直荷重(VL)及び積雪荷重(SL)

鉛直荷重については、固定荷重及び積載荷重を考慮する。固定荷重は、サブドレンシャフトの管体自重の他に、シャフト内に設置される配管・サポート重量を考慮する。

モデルには直接入力せず、断面評価時に管軸方向の軸力として考慮する。

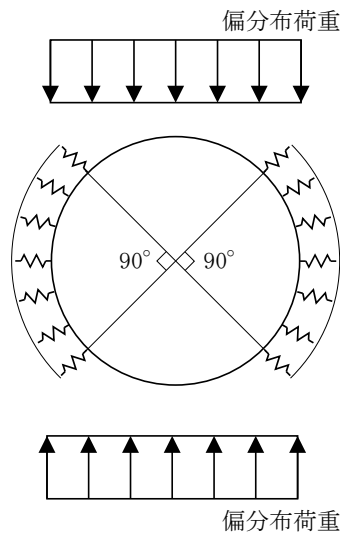
b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)

地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より設定する。

管軸方向の地震荷重については、水平方向の地震荷重としては、地盤応答解析結果の応答変位を考慮する。管軸方向はりモデルには、各節点に設けた水平方向の地盤ばねを介して地盤の応答変位を時々刻々に作用させる。また、鉛直方向の地震荷重としては、鉛直荷重に対し、「5. 地盤応答解析の方法」に基づき、地表面位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直地震力を考慮する。鉛直地震力はモデルには直接入力せず、断面評価時に管軸方向の軸力として考慮する。

横断方向の地震荷重及び土圧荷重については、管軸方向断面の応力解析において、はり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧に、地震時静止土圧を加算して算定される地震時土圧を考慮する。横断方向フレームモデルには、「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)」の杭基礎の設計における地震時の荷重状態に倣って地震時土圧を静的に載荷する。

第 8.4.1-1 図に横断方向断面の応力解析モデル概要図を示す。



第 8.4.1-1 図 横断方向断面の応力解析モデル概念図

(3) 断面の評価方法

断面の評価方法は、管軸方向の評価と横断方向の評価は共に同一の式を用いる。

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、シャフトに生じる圧縮応力度及び曲げ応力度の組合せ応力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\sigma_c + {}_c\sigma_b}{f_c + f_b} \leq 1.0$$

ここで、

σ_c : 部材の圧縮応力度

${}_c\sigma_b$: 部材の曲げ圧縮応力度

f_c : 圧縮に対する弾性限強度*

f_b : 曲げに対する弾性限強度*

注記 * : 材料強度は降伏強度を 1.1 倍して算出する。

b. せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、シャフトに生じるせん断応力度が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

ここで、

τ : 部材のせん断応力度

f_s : 許容せん断応力度*

注記 * : 材料強度は降伏強度を 1.1 倍して算出する。

8.4.2 サブドレンピット壁の評価方法

(1) 解析モデル

サブドレンピット壁の応力解析は、ピット形状が円筒形の部分については、横断方向断面に対して評価を実施し、解析方法は「8.4.1 サブドレンシャフトの評価方法 (1) 解析モデル」の「b. 横断方向断面の応力解析」に準拠する。

ピット形状が矩形の部分については、理論解を用いた弾性応力解析を実施する。サブドレンピット壁のモデル化においては、スラブによる拘束を考慮する。

(2) 荷重の入力方法

入力荷重については、地震荷重及び土圧荷重を考慮する。

地震荷重及び土圧荷重については、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析またはサブドレンシャフトの応力解析結果から得られる結果より設定する。

ピット形状が円筒形の部分については、「8.4.1 サブドレンシャフトの評価方法 (2) 荷重の入力方法」の「b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)」に準拠する。

ピット形状が矩形の部分については、「8.4.1 サブドレンシャフトの評価方法 (1) 解析モデル」の「b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)」に示す方法で算定した壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として入力する。

(3) 断面の評価方法

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、サブドレンピット壁に生じる曲げモーメントが許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$M \leq M_A$$

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M : 発生曲げモーメント

M_A : 許容限界 (許容曲げモーメント)

a_t : 引張主筋断面積

f_t : 引張鉄筋の弾性限強度*

j : 応力中心間距離

注記 * : 材料強度は降伏強度を 1.1 倍して算出する。

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、ピット壁に生じるせん断応力度の組合せ応力が許容限界を超えないことを下式で確認する。

$$Q \leq Q_A$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s \quad (\text{せん断補強筋を考慮しない場合})$$

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot p_w \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \} \quad (\text{せん断補強筋を考慮する場合})$$

ここで、

Q : 発生面外せん断力

Q_A : 許容限界 (短期許容面外せん断力)

b : 断面の幅

j : 応力中心間距離

α : 許容せん断力の割り増し係数

$(= \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}, 2 \text{ を超える場合は } 2, 1 \text{ 未満の場合は } 1 \text{ とする。})$

M : 曲げモーメント

Q : 面外せん断力

d : 断面の有効せい

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

$p_w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度

p_w : 面外せん断補強筋比

8.4.3 サブドレンピット上部スラブの評価方法

(1) 解析モデル

サブドレンピット上部スラブの応力解析は、理論解又はFEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

サブドレンピット上部スラブのモデル化においては、壁による拘束を考慮し、FEMモデルを用いる場合はシェル要素にてモデル化する。

(2) 荷重の入力方法

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

鉛直荷重については、固定荷重及び積載荷重を考慮する。固定荷重は、サブドレンピット上部スラブ自重の他に、サブドレンピット上部スラブに伝達される上部構造物の自重を考慮し、サブドレンピットの形状を踏まえ、等分布荷重又は集中荷重として入力する。

b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)

土圧荷重については、上部スラブへの上載土圧を考慮し、等分布荷重として入力する。

地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析及び応答解析から得られる結果より設定する。

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する応力解析から得られる上部構造からの反力及びサブドレンピット上部スラブ位置での鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直地震力とする。

上部構造物から上部スラブに伝達される荷重として、「8.4.1 サブドレンシャフトの評価方法 (1) 解析モデル」の「a. 管軸方向断面の応力解析」から算出されたサブドレンピット上部スラブ位置の曲げモーメントを鉛直方向に換算した集中荷重として入力する。また、上部スラブの慣性力及び地震時増分土圧として、鉛直荷重及び土圧荷重に対し、「5. 地盤応答解析の方法」に基づき、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として入力する。

(3) 断面の評価方法

サブドレンピット上部スラブの断面の評価方法は、曲げモーメント及び面外せん断力に対して実施するのとし、計算式は「8.4.2 サブドレンピットの評価方法」の(3) 断面の評価方法」に準拠する。

8.4.4 サブドレンピット底部スラブの評価方法

(1) 解析モデル

サブドレンピット底部スラブの応力解析は、理論解を用いた弾性応力解析を実施する。

サブドレンピット底部スラブのモデル化においては、壁による拘束を考慮する。

(2) 荷重の入力方法

a. 鉛直荷重 (VL) 及び積雪荷重 (SL)

鉛直荷重については、固定荷重及び積載荷重を考慮する。固定荷重は、サブドレンピット底部スラブ自重を考慮し、等分布荷重として入力する。

b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)

地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より設定する。

地震荷重は、サブドレンピット上部スラブ、底部スラブ、壁、サブドレンシヤフトの固定荷重、積載荷重に対し、「5. 地盤応答解析の方法」に基づき、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として入力する。

土圧荷重は、等分布荷重として入力する。

(3) 断面の評価方法

サブドレンピット底部スラブの断面の評価方法は、曲げモーメント及び面外せん断力に対して実施するものとし、計算式は「8.4.2 サブドレンピットの評価方法」の(3) 断面の評価方法」に準拠する。

8.4.5 集水管の評価方法

(1) 解析モデル

集水管の応力解析は、横断方向断面に対して、その形状を考慮したフレームモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

集水管に作用する荷重は、集水管が岩盤又はマンメイドロックを掘り込んだ建物・構築物周辺の空隙内に設置されていることを踏まえて設定する。

第8.4.5-1図に、集水管の横断方向断面のフレーム解析モデルを示す。

a. 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重については、固定荷重を考慮する。固定荷重は、集水管管体の自重を考慮する。

b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)

土圧については、上載土による鉛直土圧、水平土圧を考慮する。水平土圧は、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）に準拠し、鉛直土圧に静止土圧係数0.50を乗じて算定する。

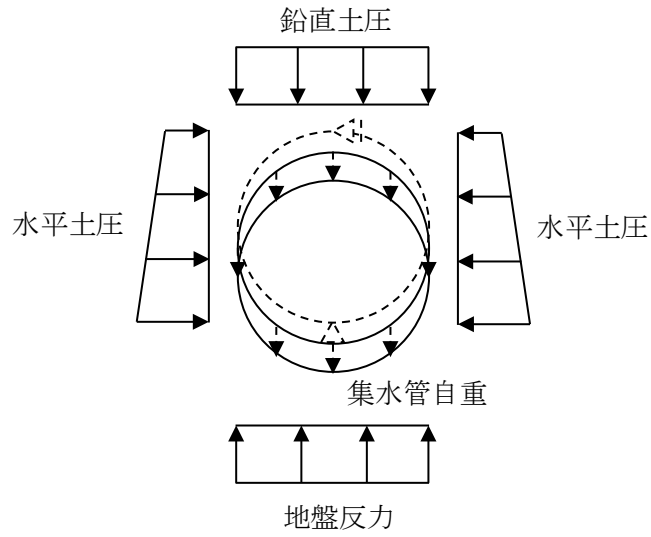
地震荷重については、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より設定する。

地震荷重は、固定荷重及び鉛直土圧に対して、「5. 地盤応答解析の方法」に基づき、建物・構築物基礎スラブ下端レベルの鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた慣性力及び鉛直増分土圧を考慮する。また、鉛直増分土圧に対する水平増分土圧を考慮する。

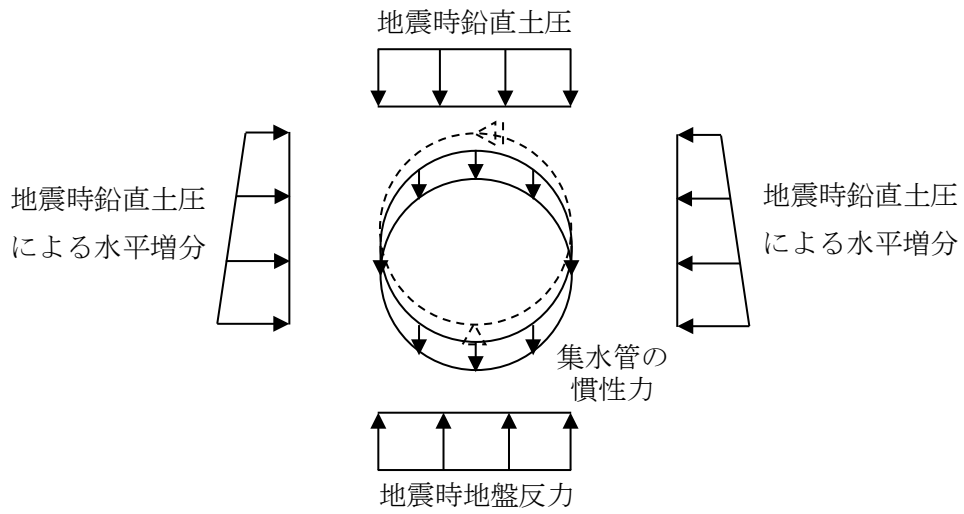
(3) 断面の評価方法

断面の評価は、横断方向断面フレーム解析結果で集水管に生じるひずみ率が、「道路土工—カルバート工指針」に基づき設定した許容限界（ひずみ率5%）を超えないことを確認する。

鉛直荷重及び常時土圧



地震荷重及び地震時土圧



注記 * : 鉛直土圧による水平増分は $k_0 D = \nu d / (1 - \nu d)$ を鉛直応力に乗じる。
 ここで νd は埋戻し土の動ポアソン比 0.39 とする。

第8.4.5-1図 集水管の横断方向断面のフレーム解析モデル

8.4.6 サブドレン管の評価方法

(1) 解析モデル

サブドレン管（塩ビ管，ポリエチレン管）の応力解析は，横断方向断面に対して，その形状を考慮したフレームモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(2) 荷重の入力方法

サブドレン管（塩ビ管，ポリエチレン管）に作用する荷重は，サブドレン管が岩盤またはマンメイドロックを掘り込んだ建物・構築物基礎スラブ底面の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

サブドレン管（ポラコン成形管）に作用する荷重は，サブドレン管が建物・構築物直下に，均しコンクリートを介して設置されていることを踏まえ設定する。

第8.4.6-1図に，サブドレン管の横断方向断面のフレーム解析モデルを示す。

a. 鉛直荷重 (VL)

サブドレン管（塩ビ管，ポリエチレン管）のフレーム解析における鉛直荷重については，固定荷重を考慮する。固定荷重は，サブドレン管管体の自重を考慮する。

b. 地震荷重 (S) 及び土圧荷重 (G)

土圧については，上載土（管上部の均しコンクリート含む）による鉛直土圧を考慮する。

地震荷重については，基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より設定する。

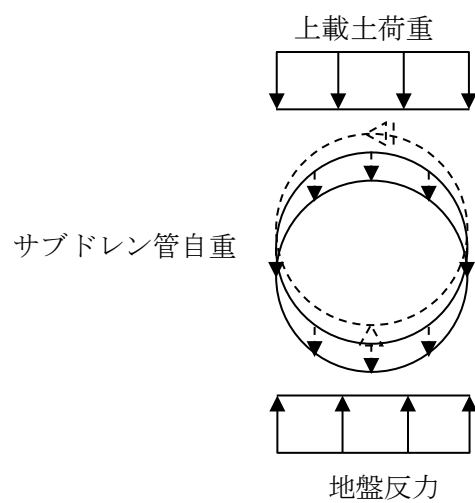
地震荷重は，固定荷重及び鉛直土圧に対して，「5. 地盤応答解析の方法」に基づき，検討対象建物・構築物基礎スラブ下端レベルの鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた慣性力及び鉛直増分土圧を考慮する。

(3) 断面の評価方法

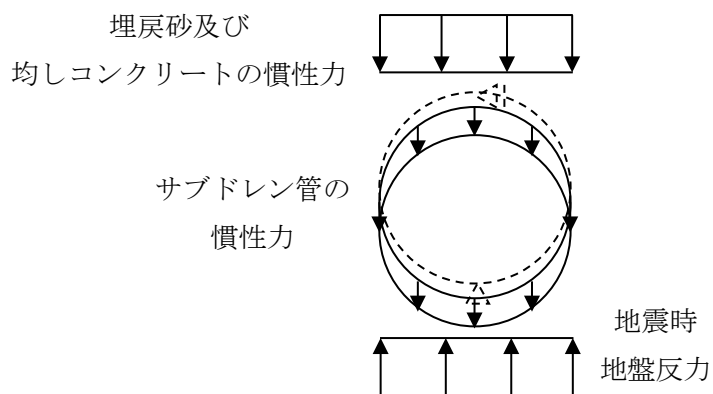
サブドレン管（塩ビ管，ポリエチレン管）の断面の評価は，横断方向断面フレーム解析結果でサブドレン管に生じるひずみ率が，「道路土工—カルバート工指針」に基づき設定した許容限界（ひずみ率5%）を超えないことを確認する。

サブドレン管（ポラコン成形管）の断面の評価は，サブドレン管に生じる応力がポラコン成形管の規格強度に基づく許容限界（短期許容圧縮応力度 2800 kN/m²）を超えないことを確認する。

鉛直荷重及び常時土圧



地震荷重及び地震時土圧



第8.4.6-1図 サブドレン管の横断方向断面のフレーム解析モデル

9. 応力解析の評価方針（機器・配管系の基本方針を参考にする設備）

本章では、第1-1表で示した地下水排水設備の構成設備のうち、地下排水ポンプ、水位検出器、地下水排水ポンプ現場制御盤、排水配管、発電機装置、燃料油貯槽及び燃料油配管について、応力解析の評価方針を示す。

9.1 地下水排水設備 地下排水ポンプの応力解析

9.1.1 構造計画

地下排水ポンプの構造計画を第9.1.1-1表，第9.1.1-2表に示す。

9.1.2 評価方針

地下水排水ポンプの応力評価は，添付書類「IV-1-1-8 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，「9.1.1 構造計画」にて示す地下水排水ポンプの部位を踏まえ耐震評価上厳しくなるポンプ取付ボルトについて，「IV-1-3-2-1 定形化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.4.1.1 計算方法（イ）」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。また，地下水排水ポンプの機能維持評価は，添付書類「IV-1-1-8 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，掃引試験により固有周期を確認する。その後，地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを，振動試験（加振試験）により動的機能の健全性を確認する。

地下水排水ポンプの機能確認済加速度は，添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき，評価部位の加速度を適用する。

なお，機能維持評価用加速度は，サブドレンピットの設計用床応答曲線に基づき設定する。

なお，地下水排水ポンプは，各地下水排水設備の耐震計算書で示すように，剛構造（固有周期 0.05s 以下）であることを確認している。

9.1.3 設計用地震力

設計用地震力は，基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には，地下水排水ポンプを設置するサブドレンピットの地盤応答解析によるサブドレンピット底部スラブ上端レベル及び地表面レベルの最大応答加速度を包絡して設計用震度を設定する。地下水排水ポンプ設置位置の最大床応答加速度を第9.1.3-1表に示す。

第 9.1.1-1 表 地下水排水ポンプ（15kW）の構造計画

計画の概要		概略構造図
37 基礎・支持構造	主体構造	
地下水排水ポンプは、ポンプ取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで床に固定する。	水中ポンプ	<p>平面図 (A-A 矢視)</p> <p>平面図 (B-B 矢視)</p> <p>正面図</p> <p>(単位 : mm)</p>

第 9. 1. 1-2 表 地下水排水ポンプ (5. 5kW) の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>地下水排水ポンプは、ポンプ取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで床に固定する。</p>	<p>水中ポンプ</p>	<p>平面図 (A-A 矢視)</p> <p>平面図 (B-B 矢視)</p> <p>正面図</p> <p>(単位: mm)</p>

第9.1.3-1表 地下水排水ポンプ設置位置の最大床応答加速度

建物・ 構築物*1	質点 番号	T. M. S. L. (m)	最大床応答加速度 (G)		
			基準地震動 Ss		
			水平方向		鉛直方向
			EW 方向	NS 方向	
地下水排水設備(地下水排水ポンプ)	—	28.10 ~55.00*2	1.17	1.17	0.75

注記 * 1 : 精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟/緊急時対策建屋/第2保管庫・貯水所/非常用電源建屋/ハル・エンドピース貯蔵建屋/制御建屋/分析建屋

* 2 : 各地下水排水設備のサブドレンピット底部スラブ上端レベル及び地表面レベルのうち、最高レベルと最低レベルを示す。

9.2 水位検出器の応力解析

9.2.1 構造計画

水位検出器の構造計画を第9.2.1-1表に示す。

9.2.2 評価方針

水位検出器の応力評価は、添付書類「IV-1-1-8 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、「9.2.1 構造計画」にて示す水位検出器の部位を踏まえ耐震評価上厳しくなる水位検出器基礎ボルト又は架台溶接部について、「IV-1-3-2-1 定形化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.4.1.26 計算方法(ノ)」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。また、水位検出器の機能維持評価は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的の機能維持の方針に基づき、掃引試験により固有周期を確認する。その後、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、振動試験(加振試験)により電氣的機能の健全性を確認する。

水位検出器の機能確認済加速度は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、評価部位の加速度を適用する。

なお、機能維持評価用加速度は、サブドレンピットの設計用床応答曲線に基づき設定する。

なお、水位検出器は、各地下水排水設備の耐震計算書で示すように、剛構造(固有周期0.05s以下)であることを確認している。

9.2.3 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には、水位検出器を設置するサブドレンピットの地盤応答解析によるサブドレンピット底部スラブ上端レベル及び地表面レベルの最大応答加速度を包絡して設計用震度を設定する。水位検出器設置位置の最大床応答加速度には、第9.1.3-1表の数値を用いる。

第 9.2.1-1 表 水位検出器の構造計画計画の概要

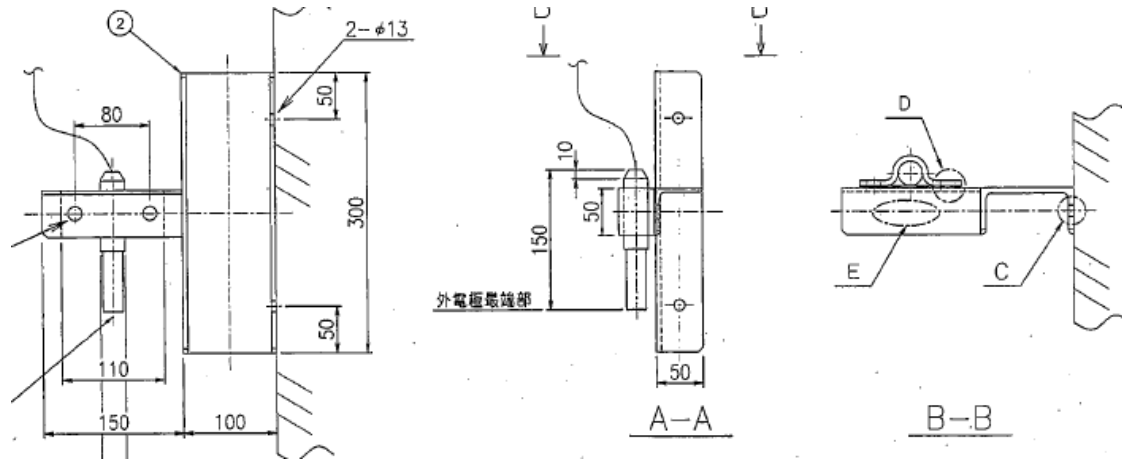
概略構造図

基礎・支持構造

主体構造

水位検出は架台に固定する。架台は基礎ボルト又は溶接でピット壁に固定する。

水位検出器



(単位：mm)

9.3 地下水排水ポンプ現場制御盤の応力解析

9.3.1 構造計画

地下水排水ポンプ現場制御盤の構造計画を第9.3.1-1表に示す。

9.3.2 評価方針

地下水排水ポンプ現場制御盤の応力評価は、添付書類「IV-1-1-8 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、「9.3.1 構造計画」にて示す制御盤の部位を踏まえ耐震評価上厳しくなる制御盤取付ボルトについて、「IV-1-3-2-1 定形化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.4.1.26 計算方法(ノ)」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。また、地下水排水ポンプ現場制御盤の機能維持評価は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的の機能維持の方針に基づき、振動特性試験(掃引試験又は打診試験)により固有周期を確認する。その後、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、振動試験(加振試験)により電氣的機能の健全性を確認する。

地下水排水ポンプ現場制御盤の機能確認済加速度は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、評価部位の加速度を適用する。

なお、機能維持評価用加速度は、各設置建屋の設計用床応答曲線又は制御盤位置の設計用床応答曲線に基づき設定する。

なお、制御盤は、各地下水排水設備の耐震計算書で示すように、剛構造(固有周期0.05s以下)であることを確認している。

9.3.3 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

建屋外壁に取り付く地下水排水ポンプ現場制御盤については、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に準拠する。制御盤基礎に取り付く地下水排水ポンプ現場制御盤については、制御盤基礎が建屋近傍の地表面に設置されることから、近傍の建屋の地盤応答解析による地表面レベルの最大応答加速度を包絡して設計用震度を設定する。地下水排水ポンプ現場制御盤の最大床応答加速度には、「IV-1-1-6 別紙1 安全機能を有する施設の設計用床応答曲線」のうち、建屋外壁に地下水排水ポンプ現場制御盤が取り付く建物・構築物の1階及び2階に対応する質点の最大床応答加速度を用いる。

第 9.3.1-1 表 地下水排水ポンプ現場制御盤の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
地下水排水ポンプ 現場制御盤は取付 ボルトにより、チャ ンネルベースに固 定する。チャンネル ベースは建屋壁又 は基礎に、基礎ボル トで固定する。	制御盤	<p>(横) 2000</p> <p>(高さ) 1500</p> <p>(たて) 840</p> <p>(単位 : mm)</p>

9.4 排水配管の応力解析

9.4.1 評価方針

排水配管の応力評価は、「IV-1-1-1-1 配管の耐震支持方針」のうち、「1.3.3 標準支持間隔を用いた評価方法」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。

9.4.2 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には、排水配管を設置するサブドレンピットの地盤応答解析によるサブドレンピット底部スラブ上端レベル及び地表面レベルの床応答曲線を包絡した設計用床応答曲線を設定する。設計用床応答曲線は、排水配管を設置する各サブドレンピットの応答から算定した床応答曲線を包絡したものを設定する。

設計用床応答曲線の作成方法は「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」による。排水配管の評価に用いる設計用床応答曲線を第9.4.2-1図、第9.4.2-2図及び第9.4.2-3図に示す。

9.4.3 排水配管の設計条件及び解析結果

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第9.4.3-1表に、排水配管の設計用床応答曲線区分を第9.4.3-2表に、第9.4.3-1表及び第9.4.3-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の解析結果を第9.4.3-3表に示す。

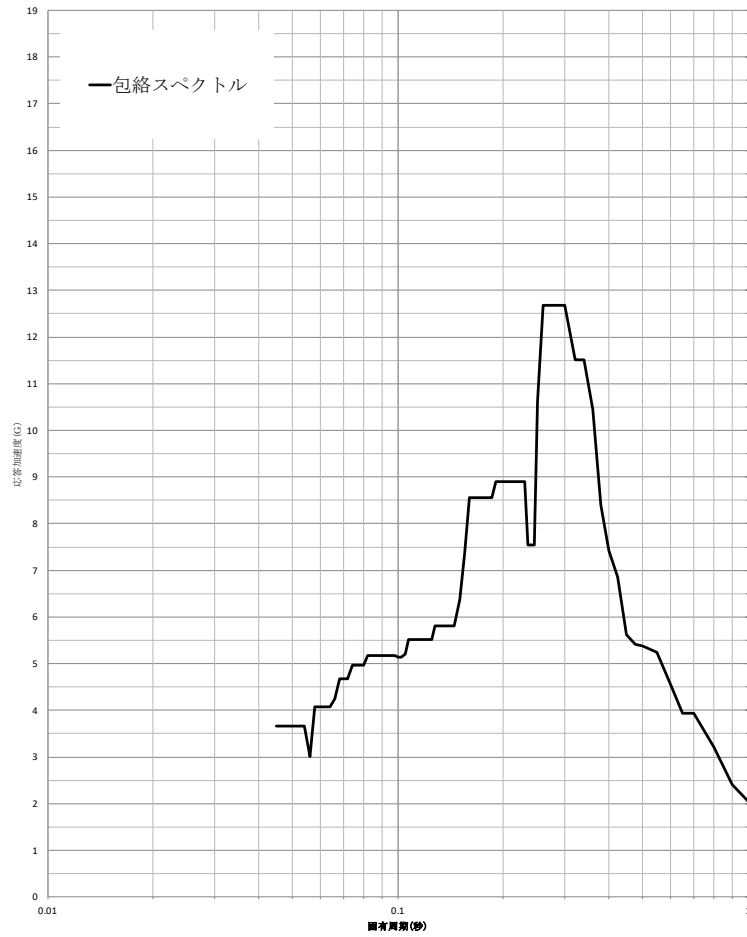
第9.4.3-2表 排水配管の設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 55.00~28.10	3.85	15

第9.4.2-1図

設計用床応答曲線

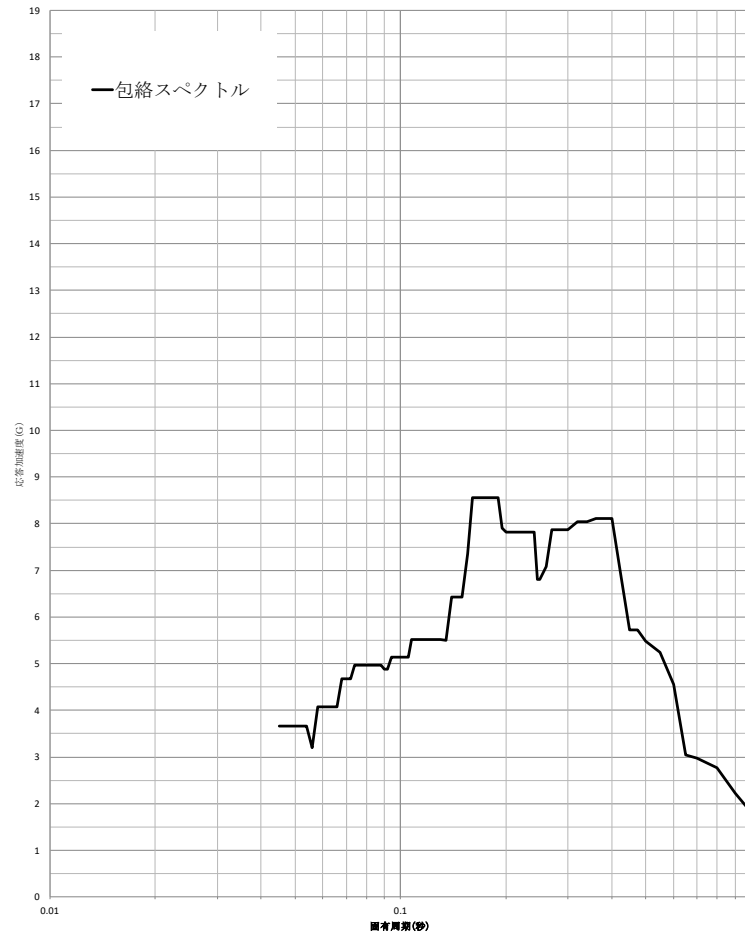
建屋名： サブドレンビット
 地震波名： Ss
 方向： EW
 床レベル： 地表面， ビット底部スラブ上端
 減衰定数： 0.5 (%)



第9.4.2-2図

設計用床応答曲線

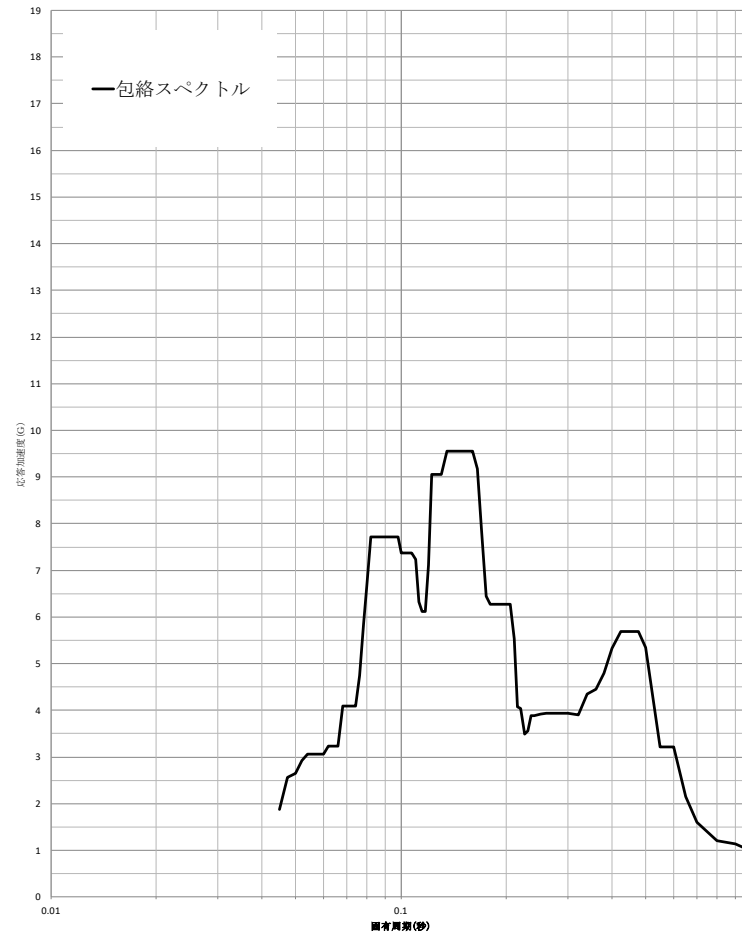
建屋名： サブドレンビット
 地震波名： Ss
 方向： NS
 床レベル： 地表面， ビット底部スラブ上端
 減衰定数： 0.5 (%)



第9.4.2-3図

設計用床応答曲線

建屋名： サブドレンビット
地震波名： Ss
方向： UD
床レベル： 地表面， ビット底部スラブ上端
減衰定数： 0.5 (%)



9.5 発電機装置の応力解析

9.5.1 構造計画

発電機装置の構造計画を第9.5.1-1表に示す。

9.5.2 評価方針

発電機装置の応力評価は、添付書類「IV-1-1-8 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、「9.5.1 構造計画」にて示す発電機装置の部位を踏まえ耐震評価上厳しくなる発電機装置基礎ボルトについて、「IV-1-3-2-1 定形化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.4.1.21 計算方法(ナ)」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。また、発電機装置の機能維持評価は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」にて設定した動的及び電氣的の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的及び電氣的機能確認済加速度以下であることを、振動試験(加振試験)により動的及び電氣的機能の健全性を確認する。

発電機装置の機能確認済加速度は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に基づき、評価部位の加速度を適用する。

なお、機能維持評価用加速度は、設置位置の設計用床応答曲線に基づき設定する。

9.5.3 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には、発電機装置設置位置の近傍の建屋の地盤応答解析による地表面レベルの床応答曲線を包絡した設計用床応答曲線を設定する。設計用床応答曲線は、発電機装置設置位置の各位置の応答から算定した床応答曲線を包絡したものを設定する。

設計用床応答曲線の作成方法は「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」による。発電機装置の評価に用いる設計用床応答曲線を第9.5.3-1図、第9.5.3-2図及び第9.5.3-3図に示す。

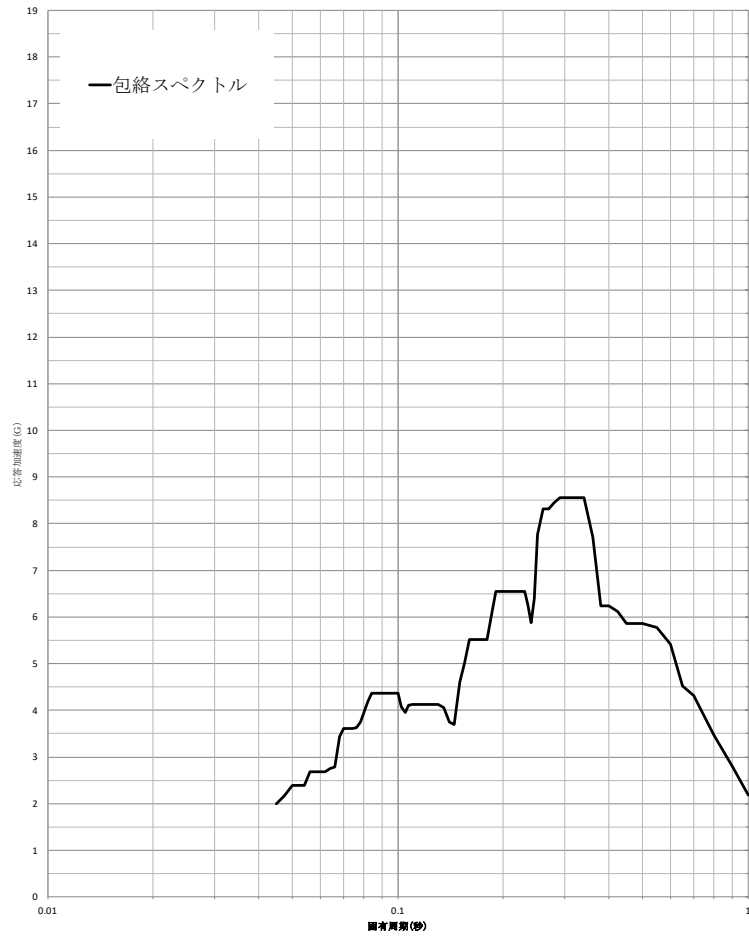
第 9.5.1-1 表 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
地下水排水設備 発電機装置は、 基礎ボルトで基 礎に固定する。	発電機装置	<p>The diagram shows a generator unit with the following specifications:</p> <ul style="list-style-type: none"> Overall width: 1688 mm Overall height: 1200 mm Top section width: 693 mm Bottom section width: 790 mm Labels: 発電機装置 (Generator unit), 基礎ボルト (Foundation bolts) <p>(単位：mm)</p>

第9.5.3-1図

設計用床応答曲線

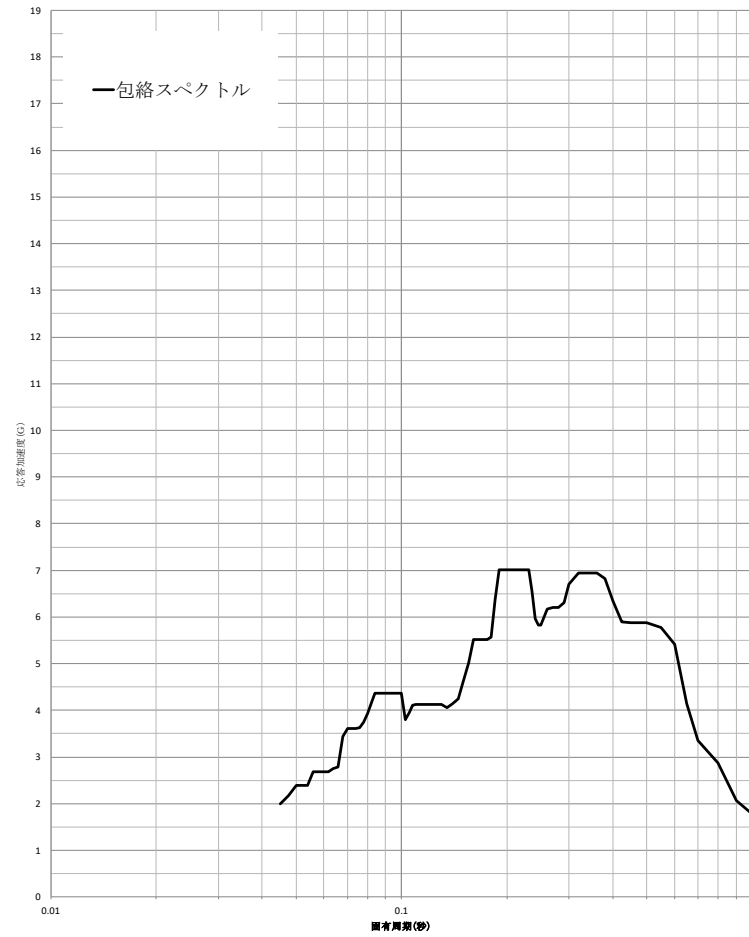
建屋名： 発電機装置
 地震波名： Ss
 方向： EW
 床レベル： 地表面
 減衰定数： 1.0 (%)



第9.5.3-2図

設計用床応答曲線

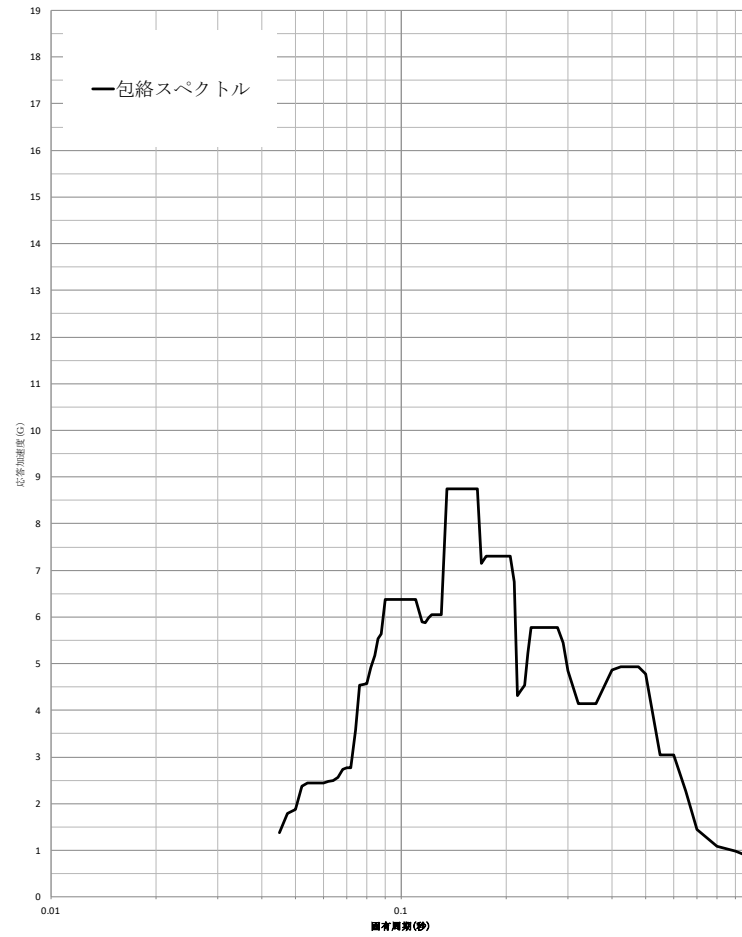
建屋名： 発電機装置
 地震波名： Ss
 方向： NS
 床レベル： 地表面
 減衰定数： 1.0 (%)



第9.5.3-3図

設計用床応答曲線

建屋名： 発電機装置
地震波名： Ss
方向： UD
床レベル： 地表面
減衰定数： 1.0 (%)



9.6 燃料油貯槽の応力解析

9.6.1 構造計画

燃料油貯槽の構造計画を第9.6.1-1表に示す。

9.6.2 評価方針

燃料油貯槽の応力評価は、添付書類「IV-1-1-8 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、「9.6.1 構造計画」にて示す燃料油貯槽の部位を踏まえ耐震評価上厳しくなる胴板及び取付ボルトについて、「IV-1-3-2-1 定形化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.4.1.22 計算方法(ラ)」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。

なお、燃料油貯槽は、各地下水排水設備の耐震計算書で示すように、剛構造(固有周期0.05s以下)であることを確認している。

9.6.3 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には燃料油貯槽設置位置の近傍の建屋の地盤応答解析による地表面レベルの最大応答加速度を包絡して設計用震度を設定する。燃料油貯槽設置位置の最大床応答加速度を第9.6.3-1表に示す。

第 9.6.1-1 表 燃料油貯槽の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴と接続された底板を取付ボルトにて架台に据え付ける。</p>	<p>平底たて置円筒形。</p>	<p>(単位 : mm)</p>

第 9. 6. 3-1 表 燃料油貯槽設置位置の最大床応答加速度

建物・ 構築物*	質点 番号	T. M. S. L. (m)	最大床応答加速度 (G)		
			基準地震動 Ss		
			水平方向		鉛直方向
			EW 方向	NS 方向	
地下 水排 水設 備 (燃 料 油 貯 槽)	—	55.00	1.16	1.16	0.80

56

注記 * : 第 2 保管庫・貯水所/ハル・エンドピース貯蔵建屋

9.7 燃料油配管の応力解析

9.7.1 評価方針

燃料油配管の応力評価は、「IV-1-1-1-1 配管の耐震支持方針」のうち、「1.3.3 標準支持間隔を用いた評価方法」にて示す評価方法に基づき評価を実施する。

9.7.2 設計用地震力

設計用地震力は、基準地震動 S_s に対する、地盤応答解析から得られる結果より動的地震力を設定する。

具体的には、燃料油配管設置位置の近傍の建屋の地盤応答解析による地表面レベルの床応答曲線を包絡した設計用床応答曲線を設定する。設計用床応答曲線は、燃料油配管設置位置の近傍の各建屋の応答から算定した床応答曲線を包絡したものを設定する。

設計用床応答曲線の作成方法は「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」による。燃料油配管の評価に用いる設計用床応答曲線を第9.7.2-1図、第9.7.2-2図及び第9.7.2-3図に示す。

9.7.3 配管設計条件及び評価結果

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を第9.7.3-1表に、排水配管の設計用床応答曲線区分を第9.7.3-2表に、第9.7.3-1表及び第9.7.3-2表の各種配管の設計条件をもとに計算した直管部標準支持間隔、固有周期及び応力の評価結果を第9.7.3-3表に示す。

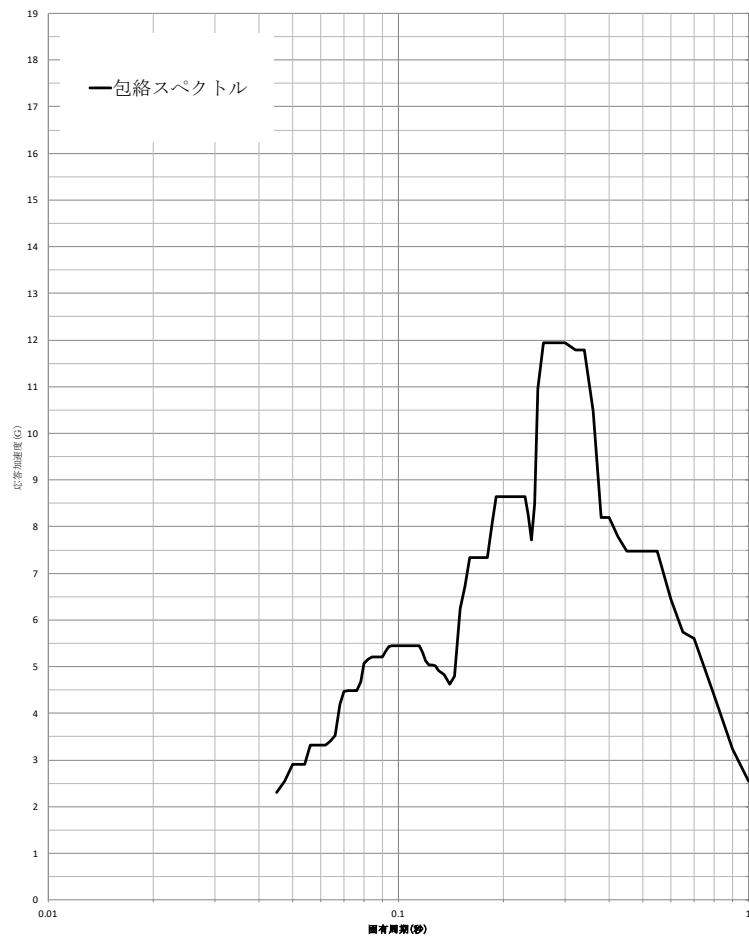
第9.7.3-2表 燃料油配管の設計用床応答曲線区分

床応答 曲線区分	標高 (m)	ピーク 振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
1	EL. 55.00	3.85	15

第9.7.2-1図

設計用床応答曲線

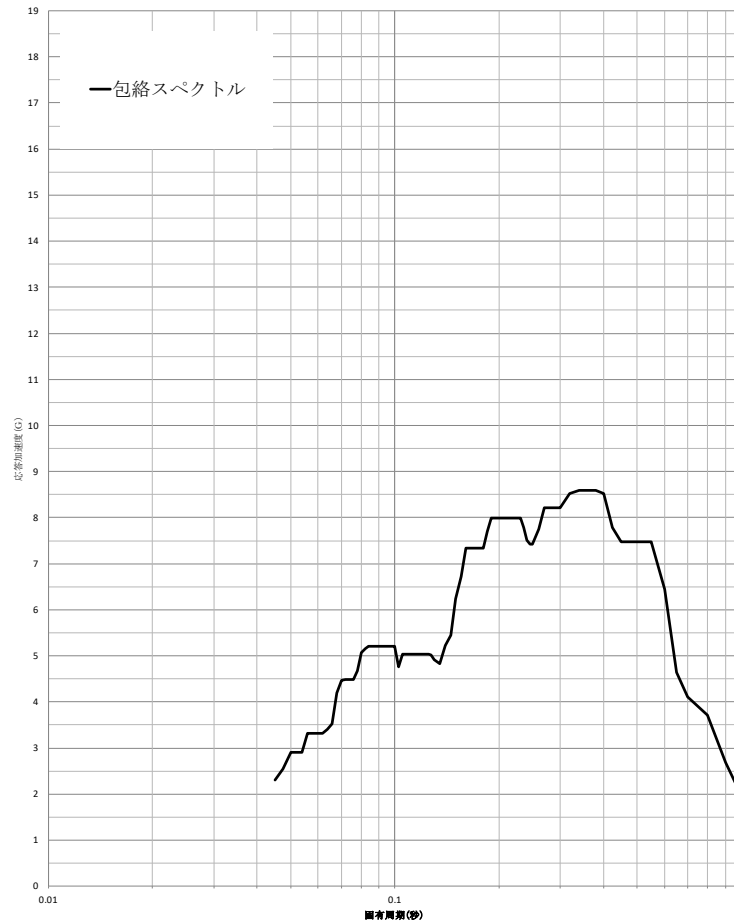
建屋名： 燃料油配管
 地震波名： Ss
 方向： EW
 床レベル： 地表面，ピット底部スラブ上端
 減衰定数： 0.5 (%)



第9.7.2-2図

設計用床応答曲線

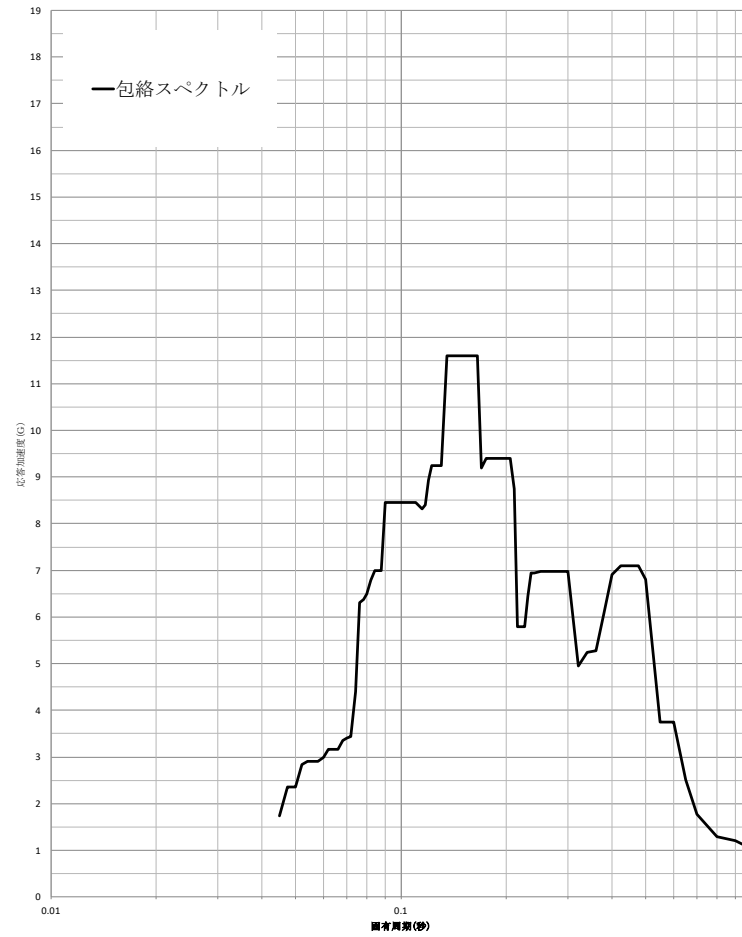
建屋名： 燃料油配管
 地震波名： Ss
 方向： NS
 床レベル： 地表面，ピット底部スラブ上端
 減衰定数： 0.5 (%)



第9.7.2-3図

設計用床応答曲線

建屋名： 燃料油配管
地震波名： Ss
方向： UD
床レベル： 地表面，ピット底部スラブ上端
減衰定数： 0.5 (%)



IV - 1 - 3 - 2
機器・配管系

IV－1－3－2－1

定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 計算条件	2
2.1 解析モデルの詳細設定	2
2.2 解析モデルの入力条件	4
2.2.1 寸法	4
2.2.2 拘束条件	4
2.2.2 温度	4
2.2.4 圧力	4
2.2.5 比重	4
2.2.6 断面特性	4
2.2.7 材料特性	5
2.2.8 質量	5
2.3 設計用地震力	5
2.3.1 設計用地震力	5
2.3.2 減衰定数	5
2.4 荷重の組合せ	5
2.4.1 機械的荷重	6
2.4.2 積雪荷重, 風荷重	6
2.5 許容限界	6
2.5.1 構造強度評価における許容限界	6
2.5.2 機能維持評価における許容限界	6
3. 計算式	8
3.1 構造強度評価	9
3.1.1 記号の説明	9
3.1.2 固有周期の計算方法	35
3.1.3 応力の計算方法	79
3.2 評価	249
3.2.1 応力評価	249
3.2.2 疲労評価	249

4. 動的機能維持評価	251
4.1 ギヤ式ポンプ	251
4.1.1 構造の説明	251
4.1.2 評価方針	251
4.2 スクリュー式ポンプ	256
4.2.1 構造の説明	256
4.2.2 評価方針	256
4.3 評価	261
5. 電氣的機能維持評価	262
6. 地震時の臨界安全性評価	263
6.1 評価方針	263
6.1.1 地震時の変位評価	263
6.1.2 中性子吸収材固定部の強度評価	263

1. 概要

本資料は、定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、構造強度の確認及び動的機能、電氣的機能等が維持できることを確認するための各計算条件の引用元と耐震計算式を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する計算条件については、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「2. 耐震設計のプロセス」に示す。

また、本資料の「2. 計算条件」及び「3. 計算式」により、各機器の耐震健全性を確認し、耐震計算書では、評価に用いた計算条件及び計算結果を示す。

2. 計算条件

定式化された計算式を用いて評価を行う機器について、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3. 耐震設計プロセスの詳細」に示す耐震計算の条件とその引用元を以下に示す。

耐震計算に当たっては、機器ごとにこれらの計算条件を設定し、耐震計算書では、各機器の構造、解析モデル及び計算条件となる機器要目を示す。

2.1 解析モデルの詳細設定

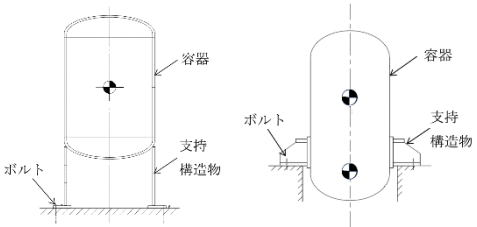
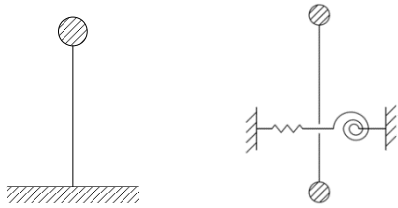
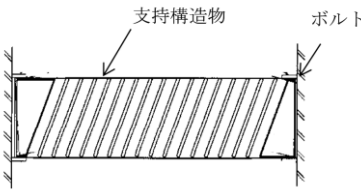
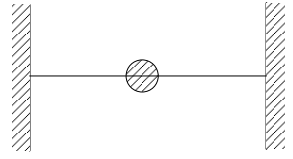
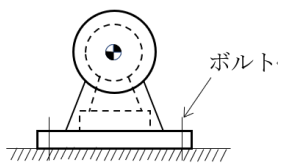
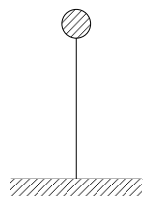
解析モデルの設定に当たっては、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、本体の構造に応じて、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、質点系モデルとする。

質点の位置は、機器の支持点が本体端部か本体中間部かを踏まえて、質量の集中する位置を設定する。

また、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、片端固定や中間固定等の構造に応じた計算式により固有周期の算出を行う。

第2.1-1表に定式化された計算式を用いて評価を行う機器の構造例、モデル例及び評価部位の一覧を示す。

第 2.1-1 表 機器の構造例，モデル例及び評価部位

種別	構造例	モデル例	評価部位 *1		
			容器	支持構造物	ボルト等
<p>容器</p> <p>耐圧部の容器，容器を支える支持構造物，支持構造物を固定するボルト等で構成される。</p>			3.1.3.1 項	3.1.3.2 項	3.1.3.3 項
<p>架構設備</p> <p>フレーム等で構成される支持構造物，支持構造物を固定するボルト等で構成される。</p>			/	3.1.3.2 項	3.1.3.3 項
<p>剛体設備</p> <p>剛な機器と機器を固定するボルト等で構成される。</p>			/	/	3.1.3.3 項

注記 * 1 : 応力評価式が記載されている項番号を示す

2.2 解析モデルの入力条件

2.2.1 寸法

寸法は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(1) 寸法」に基づき、仕様表又は構造図、設計図書等に記載の値を用いて、機器の寸法、支持点位置及び質量から、重心位置や各部材の断面特性を設定する。

2.2.2 拘束条件

拘束条件は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(2) 拘束条件」に基づき設定する。具体的には、固定式設備として、並進3方向拘束、固定等、拘束方法を踏まえ、支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定する。

2.2.2 温度

温度は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(3) 温度」に基づき、仕様表に記載の最高使用温度又は「VI-1-1-4-1 安全機能を有する施設が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」に記載の環境温度を踏まえて設定する。

2.2.4 圧力

圧力は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(4) 圧力」に基づき、外圧あるいは内圧を考慮して耐震計算上厳しくなる条件として、仕様表、設計図書等から設定する。

2.2.5 比重

内包流体の比重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(5) 比重」に基づき、構造図、設計図書等から内包流体の種類、温度及び圧力を踏まえて設定する。

2.2.6 断面特性

断面特性は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(6) 断面特性」に基づき、「2.2.1 寸法」の実構造を考慮し、地震力を受ける方向を踏まえて設定する。

2.2.7 材料特性

材料特性は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(7) 材料特性」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」とおり、各材料について「2.2.3 温度」の温度条件に応じた物性値により設定する。

2.2.8 質量

質量は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(8) 質量」に基づき、構造図、設計図書等から構造及び拘束条件に応じ、質点を設定する。

2.3 設計用地震力

2.3.1 設計用地震力

設計用地震力は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に基づき、以下の地震力を適用する。

静的地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙に示す設備据付位置に応じた静的震度を用いる。

動的地震力は、以下のとおり設計用床応答曲線、最大床応答加速度を用いる。剛でない機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の基準地震動 S_s の設計用床応答曲線又は弾性設計用地震動 S_d の設計用床応答曲線から固有周期に応じた読み取り加速度を用いる。剛な機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の最大床応答加速度を用いる。

また、屋外構築物に設置する機器は、機器の剛性に応じて「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。

2.3.2 減衰定数

減衰定数は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.2 減衰定数」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数を踏まえ、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

2.4 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4 荷重の組合せの設定」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示される耐震重要度に応じた荷重の組合せを設定する。

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

2.4.1 機械的荷重

機械的荷重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.1 機械的荷重」に基づき、構造図、設計図書等から設定する。

また、回転機器等の振動による荷重については、回転体の出力に応じた振動モーメントによる荷重を踏まえて算出する。

2.4.2 積雪荷重，風荷重

積雪荷重，風荷重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.2 積雪荷重，風荷重」に基づき設定することとし、屋外に設置される機器について、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき、機器の設置位置及び形状に応じて荷重条件として考慮する。

2.5 許容限界

2.5.1 構造強度評価における許容限界

構造強度評価における許容限界は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示すとおり、耐震重要度や設備の構造を踏まえて設定する。

なお、設備の構造から、容器、ポンプ及び支持構造物で許容応力が異なることに留意し、部位に応じた適切な許容限界を設定する。

2.5.2 機能維持評価における許容限界

機能維持の確認は、機器設置位置に生じる加速度と機能確認済加速度との比較を行う場合と、機能確認済加速度との比較による確認で妥当性の確認をできない場合に、動的機能を維持できる部位の健全性を確認するために詳細評価を行うこととしており、それぞれ以下のとおり許容限界を設定する。

(1) 動的機能維持評価

動的機能確認済加速度は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能確認済加速度」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機能確認済加速度を機器の構造に応じて設定する。

健全性を詳細評価により確認する場合は、それぞれ以下のとおり許容限界を用いる。

- a. JEAG4601 に評価方法が示されている機種
JEAG4601に示される評価項目に対して，機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。
 - b. JEAG4601 に示されている機種とは異なる構造であり，既往の研究等を参考に異常要因分析に基づき評価を行う機種
異常要因分析に基づき設定した評価項目に対して，機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。
- (2) 電氣的機能維持評価
電氣的機能確認済加速度は，加振試験を踏まえて機器ごとに設定した値を用いる。
 - (3) 臨界防止機能維持評価
臨界防止機能維持評価に用いる許容限界は，臨界防止機能維持が要求される機器の単一ユニット相互間距離を用いる。
また、設備が剛の場合は、地震時の変位は許容変位に比べて十分小さいと判断できるため、当該設備が剛であることの確認をもって許容変位以下であると判定する。

なお、計算条件は上記のとおり設定するが、より保守的な計算条件を適用している場合は、その旨を耐震計算書に示す。

3. 計算式

「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「4. 計算式の設定」に基づき、定式化された計算式を用いて評価を行う機器の評価項目及び部位に応じた計算式を以下に示す。

計算式の設定においては、容器の傾斜の有無や支持方法の違い等、各設備の構造上の特徴に応じた計算式を設定し、構造に応じて適用した計算式を計算書に示す。

評価結果として、本項にて設定した計算式による算出値が、「2.5 許容限界」の許容限界を満足していることで耐震健全性を確認する。

また、耐震計算書では、機器の評価項目及び部位ごとに適用した計算式を示す。

3.1 構造強度評価

3.1.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
A	容器の断面積	mm ²
₁ A ₁	ルーバ振れ止めの断面積	mm ²
A ₁	容器のせん断断面積	mm ²
_r A ₂	保持金具に拘束されているサポート板の断面積	mm ²
₁ A ₂	中央支柱上端部の断面積	mm ²
_r A ₃	圧縮力を受けるサポート板の断面積	mm ²
_r A ₄	保持金具溶接部の評価面積	mm ²
_r A ₅	保持金具及び固定金具の溶接部の評価面積	mm ²
_r A ₆	固定金具取付溶接部の評価面積	mm ²
_r A _{1i}	各ラック箱の断面積 i=A, B, C, D	mm ²
_r A _{7i}	各ラック箱の止め板溶接部の評価面積	mm ²
₁ A _b	昇降装置取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _b	ボルトの軸断面積	mm ²
_▽ A _{b1}	ジブ取付ボルトの断面積	mm ²
_▽ A _{b2}	クレーン取付ボルトの断面積	mm ²
₁ A _{bA}	ブラケット取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _{be}	ボルトの有効断面積	mm ²
A _{bi}	ボルトの軸断面積 iは3.1.3.1.14項, 3.1.3.1.15項又は以下による i=1: 固定子取付ボルト i=2: 機関側軸受台取付ボルト i=3: 軸受台取付ボルト i=4: 中間台取付ボルト	mm ²
A _{bs}	ボルトの谷径断面積	mm ²
A _e	容器の有効せん断断面積	mm ²
A _{ex}	容器のX方向荷重に対する有効せん断断面積	mm ²
A _{ez}	容器のZ方向荷重に対する有効せん断断面積	mm ²
A _f	脚の圧縮フランジの断面積	mm ²
_R A _i	ケーシングの断面積 iは3.1.3.1.15項による	mm ²
_r A _i	各ラック箱の脚部断面積 i=A, B, C, D	mm ²
a _R	ラグの半径方向端面又は基礎台の半径方向端面から胴の板厚中心までの距離	mm
₁ A _s	昇降シャフトの断面積	mm ²
a _s	脚底板の半径(長手)方向幅	mm
A _s	支持構造物の断面積	mm ²
A _{s1}	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm ²
A _{s2}	脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm ²
₁ A _{s3}	昇降シャフトの長手方向に対するせん断断面積	mm ²
A _{s3}	支持構造物の長手(ラグの鉛直)方向に対するせん断断面積	mm ²
₁ A _{s4}	昇降シャフトの横方向に対するせん断断面積	mm ²
A _{s4}	支持構造物の横(ラグの直角)方向に対するせん断断面積	mm ²
A _{s5}	鉛直方向荷重に対する支持構造物のせん断断面積	mm ²
A _{s6}	周方向荷重に対する支持構造物のせん断断面積	mm ²

記号	表示内容	単位
A_{s7}	半径方向荷重に対する支持構造物のせん断断面積	mm^2
A_{se}	支持構造物の有効せん断断面積	mm^2
A_{sf}	脚の圧縮フランジとせいとの1/6からなるT形断面の断面積	mm^2
A_{si}	最小有効せん断断面積 i は3. 1. 3. 1. 15項による	mm^2
A_{sr}	脚の半径方向軸に対する有効せん断断面積	mm^2
rA_{ss}	昇降用シリンダの断面積	mm^2
A_{ss}	支持構造物のせん断断面積	mm^2
A_{st}	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	mm^2
$R A_{sxi}$	水平方向に対する有効せん断断面積 i は3. 1. 3. 1. 15項による	mm^2
$R A_{syi}$	鉛直方向に対する有効せん断断面積 i は3. 1. 3. 1. 15項による	mm^2
a_{t1}	胴の最小内径のり(幅方向)	mm
a_{t2}	締付ボルト間の幅方向最大距離	mm
a_w	溶接部の有効のど厚	mm
ΓA_{wf}	吊具の断面積	mm^2
$r a$	振動振幅	mm
$R A$	断面積	mm^2
$c A$	ジブの断面積	mm^2
b_R	ラグの半径方向端面又は基礎台の半径方向端面からボルト中心までの距離	mm
b_s	脚底板の周(横)方向幅	mm
b_{t1}	胴の最大内径のり(高さ方向)	mm
b_{t2}	締付ボルト間の高さ方向最大距離	mm
${}_1 B$	中央支柱上端部幅	mm
${}_1 b$	ルーバの長さ及び支柱の幅	mm
C_1	支持構造物と容器つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1(容器の周方向)	mm
C_2	支持構造物と容器つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1(容器の軸方向)	mm
C_c	引用文献(1)より得られる値	—
C_{bc}	ボルト計算における係数	—
C_H	水平方向設計震度	—
$\times C_{hi}$	各ラック箱の水平方向設計震度 $i=A, B, C, D$	—
C_1	引用文献(1)より得られる値	—
$R C_P$	回転機器の振動による震度	—
c_R	基礎台端面からボルト中心までの距離	mm
C_{bt}	ボルト計算における係数	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
$\times C_{vi}$	各ラック箱の鉛直方向設計震度 $i=A, B, C, D$	—
d	ボルトの呼び径	mm
d_3	脚底板端面からボルト中心までの長手方向(半径方向)の距離	mm
d_4	脚底板端面からボルト中心までの横方向(周方向)の距離	mm
d_1, d_2	外側, 内側のボルト中心間の距離	mm
${}_r d_A$	ブラケット取付ボルトの呼び径	mm
d_b	ボルトの外径	mm
D_{bi}	ベースプレートの内径	mm

記号	表示内容	単位
D_{bo}	ベースプレートの外径	mm
D_c	ボルトのピッチ円径	mm
r_{di}	ボルトの呼び径 i は3.1.3.1.14項, 3.1.3.1.15項又は以下による $i=1$: 固定子取付ボルト $i=2$: 機関側軸受台取付ボルト $i=3$: 軸受台取付ボルト $i=4$: 中間台取付ボルト	mm
p_{Di}	ボルトのピッチ円直径 i は3.1.3.1.15項による	mm
D_i	耐圧部の内径	mm
D_j	支持構造物(スカート)に設けられた開口部の穴径($j=1, 2, 3$)	mm
D_o	耐圧部の外径	mm
D_s	支持構造物の内径	mm
y_d	昇降装置取付ボルトの呼び径	mm
e	脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
E	耐圧部の縦弾性係数	MPa
${}_iE_0$	縦弾性係数	MPa
${}_i e_1$	基礎ボルト計算における係数	—
e_1	ボルト計算における係数	—
${}_i E$	胴の縦弾性係数	MPa
${}_h e$	脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
E_b	ボルトの縦弾性係数	MPa
E_i	縦弾性係数 i は3.1.3.1.15項による	MPa
e_R	ラグの底板幅の2分の1	mm
E_s	支持構造物の縦弾性係数	MPa
${}_i E$	運転温度の縦弾性係数	MPa
F	「JSME S NC1」のSSB-3121.1(1)に定める値	MPa
${}_t F_{01}$	運転時質量における取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_1$	振動モデル系の上部重心における水平力	N
${}_t F_1$	振動モデル系の上部重心における水平力	N
${}_t F_1$	運転時質量による底板に作用する鉛直力	N
${}_t F_{02}$	運転時質量における基礎台端面に作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_2$	振動モデル系の下部重心における水平力	N
${}_t F_2$	振動モデル系の下部重心における水平力	N
${}_t F_{11}$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による第1ラグ取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{12}$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による第1ラグの半径方向端面に作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{21}$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による第3ラグ取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{22}$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による第3ラグ半径方向端面に作用する鉛直方向反力	N
F^*	「JSME S NC1」のSSB-3121.1(1)に定める値 ただし、「 S_y 」「 $1.2S_y$ 」に読み替える	MPa
${}_t F_{01D}$	鉛直下向き地震力により取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{01U}$	鉛直上向き地震力により取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{01V}$	鉛直方向地震における取付ボルトに作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{02U}$	運転時質量により基礎台端面に作用する鉛直方向反力	N
${}_t F_{31}, {}_t F_{32}$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による第1ラグ及び第2ラグ取付ボルトに作用する鉛直方向反力(X方向地震)	N
${}_h F_b$	取付ボルトに作用する引張力	N

記号	表示内容	単位
$\text{ホ}F_b$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{ニ}F_b$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{R}F_b$	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
$\text{リ}F_b$	昇降装置取付ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
$\text{ホ}F_{b1}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{ホ}F_{b2}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{ホ}F_{b3}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{ホ}F_{b4}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{ホ}F_{b5}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$\text{リ}F_{bA}$	ブラケット取付ボルトに作用する引張力	N
$\text{R}F_{bi}$	ボルトに作用する引張力(1本当たり) i は3.1.3.1.14項, 3.1.3.1.15項 又は以下による $i=1$: 固定子取付ボルト $i=2$: 機関側軸受台取付ボルト $i=3$: 軸受台取付ボルト $i=4$: 中間台取付ボルト	N
$f_b, f_b^*,$ $1.5f_b, 1.5f_b^*$	許容曲げ応力	MPa
$1.5f_{br}, 1.5f_{br}^*$	容器の半径方向軸まわりの許容曲げ応力	MPa
$1.5f_{bt}, 1.5f_{bt}^*$	容器の半径方向に直角な軸まわりの許容曲げ応力	MPa
$\text{イ}F_c$	基礎に作用する圧縮力	N
$f_c, f_c^*,$ $1.5f_c, 1.5f_c^*$	許容圧縮応力	MPa
$\text{ワ}F_{hi}$	クレーン取付面の $\text{ワ}M_{H2}$ による水平方向 i 列目の取付ボルト1本当たりの引抜力	N
$\text{ヌ}F_i$	各ラック箱に作用するせん断力 $i=A, B, C, D$	N
$\text{ト}F_o$	振動モデル系における水平力	N
$\text{ニ}F_o$	振動モデル系における水平力	N
$\text{ホ}F_s$	運転時質量により胴の脚つけ根又は第1脚つけ根に生じる長手方向の接線力	N
$f_s, f_s^*,$ $1.5f_s, 1.5f_s^*$	許容せん断応力	MPa
$f_{sb}, f_{sb}^*,$ $1.5f_{sb}, 1.5f_{sb}^*$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$\text{ロ}F_{sc}$	横方向地震による底板に作用する鉛直力	N
$\text{ホ}F_{se}$	鉛直地震力により胴の脚つけ根又は第1脚つけ根に生じる長手方向の接線力	N
$\text{ロ}F_{sl}$	長手方向地震による底板に作用する鉛直力	N
$\text{イ}F_t$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$f_t, f_t^*,$ $1.5f_t, 1.5f_t^*$	許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}, f_{ts}^*,$ $1.5f_{ts}, 1.5f_{ts}^*$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
$\text{ト}F_v$	単位鉛直力	N
$\text{ニ}F_v$	振動モデル系における鉛直方向荷重	N
$\text{ヌ}F_{vi}$	各ラック箱の止め板に作用する鉛直方向荷重 $i=A, B, C, D$	N

記号	表示内容	単位
ψF_{Vj}	クレーン取付面の ψM_{V2} による鉛直方向j列目の取付ボルト1本当たりの引抜力	N
ψF_{Vj}^{\prime}	クレーン取付面の ψM_{V2}^{\prime} による鉛直方向j列目の取付ボルト1本当たりの引抜力	N
ψF_w	吊荷の浮上がり挙動によりワイヤロープに発生する荷重	N
ψF_y	軸力	N
ψF_z	せん断力	N
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
G	耐圧部のせん断弾性係数	MPa
G _s	支持構造物のせん断弾性係数	MPa
H	静水頭	mm
h ₁	据付面から支持構造物の胴つけ根部までの高さ	mm
H ₁	容器支持点より上部重心までの距離	mm
h ₂	据付面から胴の中心までの高さ	mm
H ₂	容器支持点より下部重心までの距離	mm
h ₃	第1脚における基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
h ₄	第1脚における基礎から胴の中心までの高さ	mm
h ₅	第2脚における基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
h ₆	第2脚における基礎から胴の中心までの高さ	mm
${}^L h_A$	ベースプレート上部からブラケット, 昇降シャフト等の重心までの距離	mm
${}^L h_B$	ブラケット上部から上部の重心までの距離	mm
h _i	据付面から重心までの距離iは以下による i=5: 据付面から上部重心までの距離 i=6: 据付面から下部(内部ケーシング)重心までの距離 i=7: 据付面から下部(外部ケーシング)重心までの距離	mm
ρh_i	距離 iは3.1.3.1.14項又は3.1.3.1.15項による	mm
ρh_i	取付面から各重心までの距離 i=1: 固定子取付ボルト i=2: 機関側軸受台取付ボルト i=3: 軸受台取付ボルト i=4: 中間台取付ボルト	mm
h _L	脚断面のせい	mm
h _R	ラグの高さ	mm
_R H	据付面からサポート位置までの距離	mm
h	据付面から重心までの距離	mm
_L h	ルーバの高さ	mm
i	脚の弱軸についての断面二次半径	mm
I	容器の断面二次モーメント	mm ⁴
_L I ₁	中央支柱の断面二次モーメント	mm ⁴
_L I ₂	端部支柱の断面二次モーメント	mm ⁴
i _f	脚の圧縮フランジとせいの1/6からなるT形断面のウェブ軸まわりの断面二次半径	mm ⁴
I _i	断面二次モーメント iは3.1.3.1.15項による	mm ⁴
_r I _i	各ラック箱の断面二次モーメント i=A, B, C, D	mm ⁴
I _s , I _{s1} , I _{s2}	支持構造物の断面二次モーメント	mm ⁴
I _{sf}	脚の圧縮フランジとせいの1/6からなるT形断面のウェブ軸まわりの断面二次モーメント	mm ⁴
I _{sr}	支持構造物の半径方向軸に対する断面二次モーメント	mm ⁴

記号	表示内容	単位
I_{st}	支持構造物の周方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
I_x	容器のX軸に関する断面二次モーメント	mm^4
I_x	支持構造物の長手方向軸（ラグの鉛直）に対する断面二次モーメント	mm^4
$R I_{xi}$	水平方向軸に対する断面二次モーメント i は3. 1. 3. 1. 15項による	mm^4
I_y	容器のY軸に関する断面二次モーメント	mm^4
I_y	支持構造物の横方向軸（ラグの直角）に対する断面二次モーメント	mm^4
$R I_{yi}$	鉛直方向軸に対する断面二次モーメント i は3. 1. 3. 1. 15項による	mm^4
I_z	容器のZ軸に関する断面二次モーメント	mm^4
ψi	クレーン取付面取付ボルトの水平方向の列番号 ($i=1\sim 7$)	—
j_1	荷重分布で分けられた容器各部の荷重の数	—
j_2	第1脚より第2脚と反対の方向に作用する容器各部の荷重の数(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容器各部の荷重の数(第2脚上の荷重は含まない)	—
J_s	支持構造物のねじりモーメント係数	mm^4
ψj	クレーン取付面取付ボルトの鉛直方向の列番号 ($j=1\sim 11$)	—
k	ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$\downarrow k_1$	胴の中心軸の傾きに対するばね定数	$\text{N} \cdot \text{mm}/\text{rad}$
∇k_1	胴の中心軸の傾きに対するばね定数	$\text{N} \cdot \text{mm}/\text{rad}$
$\uparrow k_1$	水平方向の下部のばね定数	N/mm
$\downarrow k_2$	胴の中心軸の水平移動に対するばね定数	N/mm
∇k_2	上部胴の曲げ及びびせん断による変形ばね定数	N/mm
$\uparrow k_2$	水平方向の上部のばね定数	N/mm
∇k_3	下部胴の曲げ及びびせん断による変形ばね定数	N/mm
$\uparrow k_3$	鉛直方向の下部のばね定数	N/mm
$\uparrow k_4$	鉛直方向の上部のばね定数	N/mm
$\downarrow k_5$	胴の鉛直方向変位に対するばね定数	N/mm
K_1, K_2	引用文献(1)より得られる値	—
$\downarrow k_3, \downarrow k_4$	上部胴及び下部胴の曲げ及びびせん断による変形ばね定数	N/mm
$\downarrow k_6, \downarrow k_7$	鉛直荷重による上部及び下部側の胴の伸び変形によるばね定数	N/mm
$\square K_{bi}$	基礎ボルトの剛性	N/mm
K_c	胴のラグ（脚）つけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数(引用文献(2)より得られる値)	—
$\square K_{c0}$	側板の横方向ばね定数	N/mm
k_{c1}, k_{11}	引用文献(1)より得られる値	—
k_{c2}, k_{12}	引用文献(2)より得られる値	—
$\square K_{cPb}$	横方向における支持剛性によるばね定数	N/mm
$K_e, K_e^*, K_e^{**}, K_e'$	弾塑性解析に用いる繰返しピーク強さの補正係数	—
K_H	水平方向ばね定数	N/mm
K_l	胴のラグ（脚）つけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数(引用文献(2)より得られる値)	—
$\square K_{l0}$	側板の長手方向ばね定数	N/mm
$\square K_{lPb}$	長手方向における支持剛性によるばね定数	N/mm
$\square K_{Pi}$	底板の剛性 ($i=1\sim 4$)	N/mm
K_r	胴のラグ（脚）つけ根部における半径方向荷重に対する局部ばね定数(引用文献(2)より得られる値)	—

記号	表示内容	単位
$\square K_{Si}$	支持剛性 (i=1~4)	N/mm
K_V	鉛直方向ばね定数	N/mm
$\square K_{Vo}$	側板の鉛直方向ばね定数	N/mm
$\square K_{VPb}$	鉛直方向における支持剛性によるばね定数	N/mm
$\sphericalangle k$	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$\sphericalcap k$	クレーン取付面取付ボルトの水平方向の列番号 (k=1~7)	—
K, a, q, A ₀ , B ₀	疲労評価における係数	—
l	容器接合点から重心までの距離	mm
d _l	重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
_L l ₁	機器重心から昇降装置取付ボルトまでの距離 (l ₁ ≤ l ₂)	mm
_c l ₁	荷重からジブ取付面間での距離	mm
l ₁	重心とボルト間の距離 (l ₁ ≤ l ₂)	mm
_L l ₂	機器重心から昇降装置取付ボルトまでの距離	mm
_c l ₂	荷重からクレーン取付面間での距離	mm
_c l ₂	ジブ取付面の鉛直方向 (鉛直下向き) モーメントを受けるボルトの間隔	mm
l ₂	重心とボルト間の距離 (l ₁ ≤ l ₂)	mm
l ₃	重心とボルト間の距離 (l ₃ ≤ l ₄)	mm
l ₄	重心とボルト間の距離 (l ₃ ≤ l ₄)	mm
_c l ₂₁	ジブ取付面の水平方向モーメントを受けるボルトの間隔	mm
_c l ₂₂	ジブ取付面の鉛直方向 (鉛直上向き) モーメントを受けるボルトの間隔	mm
l ₁ ~ ₉	支持構造物より各荷重までの距離	mm
_L l _{1A}	ブラケット, 昇降シャフト等の重心位置からブラケット取付ボルトまでの距離 (l _{1A} ≤ l _{2A})	mm
l _{1i}	ポンプ重心とボルト間の水平方向距離 iは3.1.3.1.14項による	mm
_r l _{1i}	各ラック箱のほり上端から支点1までの長さ i=A, B, C, D	mm
_L l _{2A}	ブラケット, 昇降シャフト等の重心位置からブラケット取付ボルトまでの距離	mm
l _{2i}	ポンプ重心とボルト間の水平方向距離 iは3.1.3.1.14項による	mm
_r l _{2i}	各ラック箱のほりの支点1から支点2までの長さ i=A, B, C, D	mm
_r l _{3i}	各ラック箱のほり下端から支点2までの長さ i=A, B, C, D	mm
l _a	ボルトにおける非ねじ部の長さ	mm
L _b	ボルトの有効長さ	mm
l _b	容器軸心とボルト間の距離	mm
l _{b1} , l _{b2}	ボルトの中心間距離	mm
l _{bs}	ボルトにおけるねじ部の長さ	mm
l _c	脚の中立軸間の距離	mm
l _{d1}	支持構造物の中心より左側荷重点までの距離	mm
l _{d2}	支持構造物の中心より右側荷重点までの距離	mm
l _g	据付面から容器重心までの距離	mm
_∇ l _{Hi}	クレーン取付面水平方向における中心軸からi列目までのボルト間距離	mm
\sphericalcap l _i	第3.1.3.1.5-1~5図に示す距離	mm
_R l _i	重心位置からボルトまでの水平方向距離 iは3.1.3.1.15項による	mm
_r L _i	各ラック箱の脚部長さ i=A, B, C, D	mm
_r l _i	各ラック箱のほり長さ i=A, B, C, D	mm

記号	表示内容	単位
l_{Ni}, l_{Nj}	長手方向における側板中心からボルトまでの距離($i, j=1, 2$)	mm
l_o	脚中心軸間距離	mm
${}_{\neq}L_R$	一方のラグ端面ともう一方のラグ端面との距離	mm
${}_{\neq}l_R$	ラグのX方向幅	mm
l_r	容器の重心から上端支持部までの距離	mm
l_R	ラグのX方向幅	mm
L_R	一方のラグ端面ともう一方のラグ端面との距離	mm
l_s	支持構造物の長さ	mm
$\cup l_{vi}$	クレーン取付面鉛直方向における中心軸からj列目までのボルト間距離	mm
l_{w1}	最大溶接有効長間の距離	mm
l_{w2}	最大溶接有効長間の距離より反転側側の溶接有効長を引いた距離	mm
l_{w3}	重心と溶接間の距離	mm
l_{w4}	溶接間の距離	mm
l_{w5}, l_{w6}	溶接有効長	mm
l_{xi}	ラグのX方向端面よりi番目のボルトまでの距離	mm
l_{Yi}, l_{Yj}	横方向における側板中心からボルトまでの距離($i, j=1, 2$)	mm
l_{zj}	一方のラグのZ方向端面よりj番目のボルトまでの距離	mm
L	はりのスパン	mm
${}_R l$	重心と溶接有効長間の距離	mm
${}_l l$	ルーバの幅	mm
${}_b l$	はりの長さ	mm
${}_c L$	荷重の最大半径	mm
m_0	容器の有効運転時質量	kg
$\cup M_1$	運転時質量による底板に作用する曲げモーメント	N・mm
${}_{\neq} M_1$	Z方向地震が作用した場合の水平力 ${}_{\neq} F_1$ 及び ${}_{\neq} F_2$ によるラグのねじりモーメント	N・mm
$\wedge M_1$	第1ラグ又は第1脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$\equiv M_1$	Z方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
${}_p m_i$	運転時質量 i は3.1.3.1.15項による	kg
${}_F m_1$	フィルタケーシングの質量	kg
${}_r m_1$	下部の質量	kg
${}_l m_1$	支柱への付加質量(各支柱が負担するルーバ質量)	kg
$\cup M_1$	ジブ質量によるジブの鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
${}_{\neq} M_2$	X方向地震が作用した場合の水平力 ${}_{\neq} F_1$ 及び ${}_{\neq} F_2$ によるラグのねじりモーメント	N・mm
$\wedge M_2$	第2ラグ又は第2脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
${}_F m_2$	遮蔽体の質量	kg
${}_r m_2$	上部の質量	kg
${}_l m_2$	ルーバ1基の質量	kg
$\cup M_2$	トルリ質量によるジブの鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
${}_t M_3$	水平力 ${}_t F_1$ 及び ${}_t F_2$ による胴のラグつけ根部のねじりモーメント	N・mm
$\wedge M_3$	第3脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$\equiv M_3$	Z方向地震による胴の脚つけ根部のねじりモーメント	N・mm
$\cup M_3$	巻上荷重によるジブの鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\wedge M_4$	第4脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$\cup M_4$	水平地震力によるジブ質量に対するジブの水平方向の曲げモーメント	N・mm

記号	表示内容	単位
$\sim M_5$	第5脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$\cup M_5$	水平地震力によるトロリ質量に対するジブの水平方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_6$	ジブ取付面のジブ質量による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_7$	ジブ取付面のトロリ質量による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_8$	ジブ取付面の巻上荷重による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_9$	クレーン取付面のクレーン質量による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_{10}$	クレーン取付面のトロリ質量による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\cup M_{11}$	水平方向の地震より昇降シャフト底面に作用するモーメント	N・mm
$\cup M_{11}$	クレーン取付面の巻上荷重による鉛直方向の曲げモーメント	N・mm
$\text{ホ}M$	脚底板に作用するモーメント	N・mm
$\text{ト}M_1, \text{ト}M_2$	水平力 $\text{ト}F_1$ 及び $\text{ト}F_2$ による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$m_{1\sim 9}$	容器各部の質量	kg
$\text{L}m_A$	ブラケット取付ボルトにかかるブラケット, 昇降シャフト等の質量	kg
$\text{L}m_B$	昇降シャフト等の質量	kg
$\text{ロ}M_c$	横方向地震による側板に作用する曲げモーメント	N・mm
$\text{ト}M_c$	水平力 $\text{ト}F_1$ 及び $\text{ト}F_2$ による胴のラグつけ根部の周方向モーメント	N・mm
$\sim M_c$	胴の脚又はラグつけ根部に作用する周方向モーメント	N・mm
$\text{ニ}M_c$	Z方向地震による胴の脚つけ根部の周方向モーメント	N・mm
$\text{L}m_C$	昇降シリンダにかかるブラケット, 昇降シャフト等の質量	kg
$\text{ホ}M_{c1}$	横方向地震により脚底面に作用するモーメント	N・mm
$\text{ホ}M_{c2}$	横方向地震により第2脚底面に作用するモーメント	N・mm
m_{d1}	脚の中心より左側の有効運転時質量	kg
m_{d2}	脚の中心より右側の有効運転時質量	kg
m_e	容器圧縮応力算出に用いる質量	kg
$\text{c}m_h$	トロリ質量(トロリ本体及び巻上装置等を含む)	kg
$\cup M_{H1}$	水平地震力によるジブ取付面の水平方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{H2}$	水平地震力によるクレーン取付面の水平方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{Hi}$	水平地震力によるジブの水平方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\sim m_i$	容器各部の質量	kg
$\text{p}m_i$	有効運転時質量 i は3. 1. 3. 1. 14項による	kg
$\text{又}M_i$	各ラック箱に作用する曲げモーメント $i=A, B, C, D$	N・mm
$\text{r}m_i$	各ラック箱の単位長さ当たりの質量 $i=A, B, C, D$	$N \cdot s_2 / \text{mm}^3$
$\text{ロ}M_1$	長手方向地震による側板に作用する曲げモーメント	N・mm
$\text{ト}M_1$	運転時質量による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\text{ホ}M_1$	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	N・mm
$\text{ニ}M_1$	運転時質量による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\text{ホ}M_{11}$	長手方向地震により脚底面に作用するモーメント	N・mm
$\sim M_{11D}$	運転時質量によりラグに作用するモーメント	N・mm
$\sim M_{1c}$	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\sim M_{1c1}$	鉛直方向地震によりラグに作用するモーメント	N・mm
$\text{ト}M_{1D}$	鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\sim M_{1D}$	運転時質量による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\sim M_{1e}$	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\text{ニ}M_{1e}$	鉛直方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm

記号	表示内容	単位
$\downarrow M_{1U}$	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\downarrow M_{1V}$	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$\downarrow M_o$	鉛直方向荷重による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
M_p	回転機器の回転により作用するモーメント	N・mm
m_{R1}	容器支持点より上部の有効運転時質量	kg
m_{R2}	容器支持点より下部の有効運転時質量	kg
$\wedge M_s$	ベースフレームに作用する転倒モーメント	N・mm
$\sphericalangle M_s$	スカートに作用する転倒モーメント	N・mm
m_s	支持構造物の質量	kg
$\wedge M_{s1}$	ベースフレームの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
$\sphericalangle M_{s1}$	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
m_{s1}	支持構造物(第1脚)の質量	kg
$\wedge M_{s2}$	ベースフレームの下端部に作用する転倒モーメント	N・mm
$\sphericalangle M_{s2}$	スカートの下端部に作用する転倒モーメント	N・mm
m_{s2}	支持構造物(第2脚)の質量	kg
$\sum M_{Ti}$	各ラック箱及びびラック箱に作用する燃料集合体の合計質量 $i=A, B, C, D$	kg
$\cup M_V$	自重によるジブの鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_V \sim$	鉛直地震力によるジブの鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{V1}$	自重によるジブ取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{V1} \sim$	鉛直地震力によるジブ取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{V2}$	自重によるクレーン取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{V2} \sim$	鉛直地震力によるクレーン取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計	N・mm
$\cup M_{wf}$	吊具に作用する曲げモーメント	N・mm
M_x	引用文献(1)による胴に生じる軸方向曲げモーメント	N・mm/mm
$\approx M_{x1}$	X方向地震により第1脚～第4脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
$\approx M_{z1}$	Z方向地震により第1脚及び第3脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
$\approx M_{z2}$	Z方向地震により第2脚及び第4脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
M_ϕ	引用文献(1)による胴に生じる周方向曲げモーメント	N・mm/mm
	有効運転時質量	
	各部に作用する質量	
m	固定子取付ボルト 機関側軸受台取付ボルト 軸受台取付ボルト 中間台取付ボルト	kg
l_m	機器の質量	kg
$\cup M$	曲げモーメント	N・mm
l_m	迷路板及び架構の質量(はり1本が負担する質量)	kg
n	ボルトの本数	—
c_n1	ジブ取付ボルトの全本数	—
c_n2	クレーン取付ボルトの全本数	—
n_1, n_2	引張を受けるボルトの本数	—
l_nA	ブラケット取付ボルトの本数	—
l_nf	引張力を受ける側の昇降装置取付ボルトの評価本数	—
n_f	引張力の作用するボルトの評価本数又は溶接部の箇所数	—
l_nfA	引張力を受ける側のブラケット取付ボルトの評価本数	—
n_{fh}	引張力が作用するボルトの本数(水平方向)	—

記号	表示内容	単位
n_{fi}	引張力を受ける側のボルトの評価本数 i は3.1.3.1.14項による	—
$p n_{fi}$	引張力を受ける側のボルトの評価本数 i は3.1.3.1.15項による	—
$r n_{fi}$	引張荷重を受けるボルトの本数 $i=1$: 固定子取付ボルト $i=2$: 機関側軸受台取付ボルト $i=3$: 軸受台取付ボルト $i=4$: 中間台取付ボルト	—
n_{fv}	引張力が作用するボルトの本数(鉛直方向)	—
ωn_{Hi}	クレーン取付面水平方向 i 列目のボルトの数	—
n_i	ボルトの本数 i は3.1.3.1.14項による	—
$r n_i$	ボルトの本数 i は3.1.3.1.15項による	—
$r n_i$	各ラック箱の数 $i=A, B, C, D$	—
$i n_i$	地震時の等価繰返し回数	—
$i N_i$	地震時の許容繰返し回数	—
$c n_{11}$	ジブ取付ボルトの鉛直力(鉛直下向き)による引張側ボルトの数	—
$c n_{12}$	ジブ取付ボルトの水平力による引張側ボルトの数	—
$c n_{13}$	ジブ取付ボルトの鉛直力(鉛直上向き)による引張側ボルトの数	—
n_r	ラグ(脚)1個当たりのボルトの本数	—
n_{s1}	鉛直方向及び水平方向地震力(長手方向)により引張りを受けるボルトの本数	—
n_{s2}	鉛直方向及び水平方向地震力(横方向)により引張りを受けるボルトの本数	—
$r n_{si}$	せん断荷重を受けるボルトの本数 $i=1$: 固定子取付ボルト $i=2$: 機関側軸受台取付ボルト $i=3$: 軸受台取付ボルト $i=4$: 中間台取付ボルト	—
ωn_{vi}	クレーン取付面鉛直方向 j 列目のボルトの数	—
N_x	引用文献(1)による胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_{xi}	ラグのX方向端面からの距離 l_{xi} にあるボルトの本数	—
N_{zj}	一方のラグのZ方向端面からの距離 l_{zi} にあるボルトの本数	—
N_ϕ	引用文献(1)による胴に生じる周方向の膜力	N/mm
N	機関の同期回転速度	min^{-1}
$l n$	昇降装置取付ボルトの本数	—
$l n$	連続設置のルーバの基数	—
ωo	クレーン取付面取付ボルトの鉛直方向の列番号($\omega o=1\sim 11$)	—
$=P_1$	Z方向地震による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
$ホP_D$	胴の脚つけ根部に作用する運転時質量による反力	N
$ホP_e$	胴の脚つけ根部に作用する鉛直方向地震による反力	N
$=P_e$	鉛直方向地震による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
$\sim P_h$	胴のラグつけ根部に作用する水平方向地震による反力	N
$\downarrow P_1$	Z方向地震による胴のラグつけ根部の半径方向荷重	N
$\sim P_{1c}$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に作用する水平方向反力	N
$\sim P_{1D}$	運転時質量により胴のラグつけ根部に作用する水平方向反力	N
$ホP_{1v}$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に作用する鉛直荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
$ホP_s$	長手方向地震により脚底部に作用する鉛直荷重	N
$ホP_{s1}$	横方向地震により脚底部に作用する鉛直荷重	N

記号	表示内容	単位
P_{s2}	横方向地震により第2脚底部に作用する鉛直荷重	N
P_{wf}	吊荷の浮上がり挙動により吊具に作用する荷重	N
P	運転時質量による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
P	原動機出力	kW
P	サポート板, 保持金具及び固定金具に作用する圧縮力, 引張力及びせん断力	N
Q_1	ジブ質量によるジブの鉛直方向のせん断力	N
Q_2	トロリ質量によるジブの鉛直方向のせん断力	N
Q_3	巻上荷重によるジブの鉛直方向のせん断力	N
Q_4	ジブ取付面のジブ質量による鉛直方向のせん断力	N
Q_5	ジブ取付面のトロリ質量による鉛直方向のせん断力	N
Q_6	ジブ取付面の定格荷重による鉛直方向のせん断力	N
Q_7	クレーン取付面のクレーン質量による鉛直方向のせん断力	N
Q_8	クレーン取付面のトロリ質量による鉛直方向のせん断力	N
Q_9	クレーン取付面の定格荷重による鉛直方向のせん断力	N
Q	水平力 F_1 及び F_2 による胴のラグつけ根部の周方向荷重	N
Q	胴のラグつけ根部に作用する水平方向反力	N
Q'	Qにより上端支持部に作用する反力	N
Q_b	胴板の水平方向地震によるせん断応力	MPa
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_b	昇降装置取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	運転時質量により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
Q_{b2}	横方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
Q_{b3}	Z方向地震により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
Q_{b4}	鉛直方向地震による取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
Q_{bA}	ブラケット取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力 i は3. 1. 3. 1. 14項, 3. 1. 3. 1. 15項又は以下による i=1: 固定子取付ボルト i=2: 機関側軸受台取付ボルト i=3: 軸受台取付ボルト i=4: 中間台取付ボルト	N
Q_H	ジブの水平地震力による水平方向のせん断力の合計	N
Q_{H1}	ジブ取付ボルトの水平地震力による水平方向のせん断力の合計	N
Q_{H2}	クレーン取付ボルトの水平地震力による水平方向のせん断力の合計	N
Q_V	ジブの自重による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q_V	ジブの鉛直地震力による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q_{V1}	ジブ取付ボルトの自重による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q_{V1}	ジブ取付ボルトの鉛直地震力による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q_{V2}	クレーン取付ボルトの自重による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q_{V2}	クレーン取付ボルトの鉛直地震力による鉛直方向のせん断力の合計	N
Q	重心に作用する任意の水平力	N
Q	重心に作用する任意の水平力	N
Q	Z方向地震による胴の脚つけ根部の周方向荷重	N
Q'	Q により上端の支持部に作用する反力	N
r_0	胴の外半径	mm
R_1	第1ラグ又は第1脚に受ける荷重	N

記号	表示内容	単位
r_1	円筒形アタッチメントの半径	mm
$\sim R_2$	第2ラグ又は第2脚に受ける荷重	N
$\sim R_3$	第3脚に受ける荷重	N
$\sim R_4$	第4脚に受ける荷重	N
$\sim R_5$	第5脚に受ける荷重	N
$\downarrow R$	運転時質量によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
$\sim R$	運転時質量により胴のラグつけ根部に作用する鉛直方向反力	N
$\downarrow R_D$	鉛直下向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
$\sim R_e$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に作用する鉛直方向反力	N
$= R_e$	鉛直方向地震による脚の軸力	N
$\times R_i$	各ラック箱に作用する反力 $i=A, B, C, D$	N
$= R_1$	Z方向地震により脚に作用する軸力	N
r_m	胴の平均半径	mm
$\downarrow R_o$	鉛直方向荷重によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
$\downarrow R_U$	鉛直上向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
$\downarrow R_V$	鉛直方向地震によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
$= R_{x1}$	X方向地震により第1脚～第4脚に作用する軸力	N
$= R_{z1}$	Z方向地震により第1脚及び第3脚に作用する軸力	N
$= R_{z2}$	Z方向地震により第2脚及び第4脚に作用する軸力	N
$= R$	運転時質量による脚の軸力	N
$\downarrow R$	(おそらく) 機関の同期回転速度	min^{-1}
s	ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
S_1	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_1'	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S_n	一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて、その最大値と最小値との差	MPa
S_p	地震荷重のみにおける一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S_u	「JSME S NC1」付録材料図表Part5表9に定める値	MPa
S_y	「JSME S NC1」付録材料図表Part5表8に定める値	MPa
S_a	胴板の許容応力	MPa
S_w	1箇所当たりの溶接部有効断面積	mm^2
S_{w1}	1箇所当たりの鉛直方向溶接部有効断面積	mm^2
S_{w2}	1箇所当たりの水平方向溶接部有効断面積	mm^2
T	固有周期	s
t	容器の板厚	mm
$1t_1$	ルーバ振れ止めの厚さ	mm
t_1	ボルト面積相当板幅	mm
$1t_2$	中央支柱上端部厚さ	mm
t_2	圧縮側基礎相当幅	mm
$1t_3$	支柱の厚さ(ルーバ板用溝部の最小厚さ)	mm
t_B	底板の板厚	mm
t_e	支持構造物取付部における容器の有効板厚	mm
t_s	支持構造物の板厚	mm
t_w	支持構造物取付部の当板板厚	mm
u	脚の中心軸から胴板の板厚中心までの距離	mm
W	側板の幅	mm

記号	表示内容	単位
W_{B1}, W_{B2}	底板の有効幅	mm
cW_F	巻上荷重(定格荷重)	N
rW_i	各燃料及び各燃料収納缶の質量 $i=A, B, C, D$	kg
w	ジブ単位長さ当たりの質量	kg/mm
X_n	基礎が圧縮力を受ける幅	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	ボルト計算における係数	—
Z_e	引用文献(3)による容器の断面係数	mm^3
rZ_i	各ラック箱の断面係数 $i=A, B, C, D$	mm^3
Z_s	支持構造物の断面係数	mm^3
$\uparrow Z_{s1}$	ラグの半径方向軸に対する断面係数	mm^3
Z_{s1}, Z_{sr}	ラグの胴平板における面外方向軸に対する断面係数	mm^3
Z_{sr}	支持構造物の半径方向軸に対する断面係数	mm^3
Z_{sp}	支持構造物のねじり断面係数	mm^3
Z_{st}	支持構造物の周方向軸に対する断面係数	mm^3
LZ_{sx}, LZ_{sy}	昇降シャフト水平方向軸に対する断面係数	mm^3
Z_{sx}	支持構造物の長手方向軸(ラグの鉛直)に対する断面係数	mm^3
Z_{sy}	支持構造物の横方向軸(ラグの直角)に対する断面係数	mm^3
$\uparrow Z_{wf}$	吊具の断面係数	mm^3
Z_x	容器のX方向軸(幅方向軸)に対する断面係数	mm^3
$\uparrow Z_{xt1}$	ジブのx軸に関する断面係数(引張側)	mm^3
$\uparrow Z_{xt2}$	ジブのx軸に関する断面係数(圧縮側)	mm^3
Z_y	容器のY方向軸に対する断面係数	mm^3
$\uparrow Z_{yt1}$	ジブのy軸に関する断面係数(引張側)	mm^3
$\uparrow Z_{yt2}$	ジブのy軸に関する断面係数(圧縮側)	mm^3
Z_z	容器のZ方向軸(奥行方向軸)に対する断面係数	mm^3
$\uparrow Z$	部材の断面係数	mm^3
α_1	ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
α	脚の開き角	rad
$\beta, \beta_1, \beta_2, \beta_1, \beta_c$	引用文献(1)及び(2)によるアタッチメントパラメータ	—
γ	引用文献(1)及び(2)によるシェルパラメータ	—
$\wedge \delta_0$	荷重Q, Q'による容器の重心での変位量	mm
$\wedge \delta_0$	荷重Q及びQ'による容器の重心での変位量	mm
$\uparrow \delta_{11}$	上部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
$\wedge \delta_{11}$	上部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
$\uparrow \delta_{12}$	下部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
$\wedge \delta_{12}$	下部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
$\uparrow \delta_{21}$	上部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
$\wedge \delta_{21}$	上部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
$\uparrow \delta_{22}$	下部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
$\wedge \delta_{22}$	下部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
$\wedge \delta'$	荷重Q'による容器の上端での変位量	mm
$\uparrow \delta_{11V}, \uparrow \delta_{21V}$	上部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部及び下部重心の鉛直方向変位量	mm
$\uparrow \delta_{12V}, \uparrow \delta_{22V}$	下部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部及び下部重心の水平方向変位量	mm

記号	表示内容	単位
Δ_r	運転時質量による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{r1}	水平力 $\pm F_0$ による胴の半径方向局部変位量	mm
δ_v	鉛直荷重 $\pm F_V$ による変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による胴の中心軸の水平方向変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 $\pm F_1$ による上部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 $\pm F_0$ による第1脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{x2}	水平力 $\pm F_1$ による上部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
Δ_{x2}	水平力 $\pm F_2$ による下部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力 $\pm F_2$ による下部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力 $\pm F_0$ による第2脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{y1}	水平力 $\pm F_0$ による第1脚の鉛直方向変位量	mm
Δ_{y2}	$\pm F_V$ による支持脚の圧縮変位	mm
Δ_{y3}	$\pm F_V$ による胴の圧縮変位	mm
Δ_{y4}	局部傾き角 θ による鉛直変位	mm
δ	荷重Qによる容器の上端での変位量	mm
δ	荷重Qによる容器の上端での変位量	mm
δ	水平力 $\pm F_0$ による胴重心の変位量	mm
δ'	荷重 Q' による容器の上端での変位量	mm
ε	拘束係数 ラグの回転を拘束する場合：1 ラグの回転を拘束しない場合：0	—
ζ	胴の傾斜角度	rad
η	座屈応力に対する安全率	—
θ_0	水平力 $\pm F_0$ による胴の中心軸の傾き角	rad
θ_0	胴の脚端部より鉛直軸までの角度	rad
θ	脚取付部における胴の有効範囲角の2分の1	rad
θ_1	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による胴の第1ラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_1	水平力 $\pm F_0$ による第1脚の傾き角	rad
θ_2	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による胴の第3ラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_3	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による第2, 第4ラグの周方向ねじれ角	rad
θ_3	水平力 $\pm F_0$ による第2脚の傾き角	rad
θ_{0U}	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ'_1	水平力 $\pm F_0$ による胴の第1脚つけ根部における局部傾き角	rad
θ_{s0}	運転時質量によるラグの基礎に対する傾き角	rad
θ_{s0U}	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_{s1}	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による第1ラグの基礎に対する傾き角	rad
θ_{s2}	水平力 $\pm F_1$ 及び $\pm F_2$ による第3ラグの基礎に対する傾き角	rad
θ	運転時質量による胴の脚つけ根部における局部傾き角	rad
λ_1	定数(=1.875)	—
λ_i	各ラック箱のモード係数 $i=A, B, C, D$	—
λ	定数 (両端支持： π , 両端固定：4.730)	—
ρ	液体の比重	—
ρ'	液体の比重量(=10 ⁻⁶ ×g ρ)	N/mm ³
σ_0	容器の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_1	ジブ取付ボルトの引張応力の合計	MPa
σ_1	容器の一次応力の最大値	MPa
σ_2	サポート板に生じる圧縮応力	MPa

記号	表示内容	単位
σ_2	クレーン取付ボルトの引張応力の合計	MPa
σ_2	容器の地震動のみによる一次+二次応力の変動値	MPa
σ_3	固定金具溶接部に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{11} \sim \sigma_{14}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次応力	MPa
σ_{15}, σ_{16}	X方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次応力	MPa
σ_{21}, σ_{22}	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の一次+二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{21} \sim \sigma_{24}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
σ_{23}, σ_{24}	Z方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の一次+二次応力の変動値	MPa
σ_{25}, σ_{26}	X方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{111}, \sigma_{112}$	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{211}, \sigma_{212}$	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
σ_{0c}	胴板の組合せ一次一般膜応力(圧縮側)	MPa
σ_{0c}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0c}	胴板の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0c1}	据付面から下部の胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0cu}	据付面から上部の胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0cx}	横方向地震が作用した場合の側板高さ方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0cy}	横方向地震が作用した場合の側板幅方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0l}	長手方向地震が作用した場合の側板の一次一般膜応力	MPa
σ_{0l}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	長手方向地震が作用した場合の側板高さ方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0ly}	長手方向地震が作用した場合の側板幅方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0t}	胴板の組合せ一次一般膜応力(引張側)	MPa
σ_{0t1}	据付面から下部の胴の組合せ引張応力	MPa
σ_{0tu}	据付面から上部の胴の組合せ引張応力	MPa
σ_{0x}	胴板の軸方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	胴板の軸方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	胴板の軸方向の一次一般膜応力	MPa
σ_{0xy}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板高さ方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0xz}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板幅方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x\phi}, \sigma_{0xx}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の周方向及び軸方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0z}	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の一次一般膜応力	MPa
σ_{0z}	Z方向地震による胴板の一次一般膜応力の最大値	MPa

記号	表示内容	単位
$\tau \sigma_{0zx}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板幅方向一次一般膜応力	MPa
$\tau \sigma_{0zy}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板高さ方向一次一般膜応力	MPa
$\wedge \sigma_{0z\phi}, \wedge \sigma_{0zx}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の周方向及び軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\tau \sigma_{0\phi}$	胴板の周方向一次一般膜応力	MPa
$\wedge \sigma_{0\phi}$	胴板の周方向一次一般膜応力	MPa
$= \sigma_{0\phi}$	胴板の周方向の一次一般膜応力	MPa
$\tau \sigma_{11} \sim \tau \sigma_{16}$	Z方向地震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
$\tau \sigma_{17} \sim \tau \sigma_{110}$	X方向地震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
σ_{1c}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次応力	MPa
σ_{1cx}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
$\times \sigma_{1i}$	各ラック箱に生じる曲げ応力 $i=A, B, C, D$	MPa
σ_{11}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次応力	MPa
σ_{11x}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{11\phi}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
$\tau \sigma_{1s} \sim \tau \sigma_{3s}$	Z方向地震によるラグの組合せ応力	MPa
$\tau \sigma_{21} \sim \tau \sigma_{26}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の一次+二次応力の変動値	MPa
$\tau \sigma_{27} \sim \tau \sigma_{210}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の一次+二次応力の変動値	MPa
$\square \sigma_{2c}$	横方向地震が作用した場合の側板の一次+二次応力	MPa
$\triangle \sigma_{2c}$	胴板の一次+二次応力の変動値(圧縮側)	MPa
σ_{2c}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
$\triangle \sigma_{2c}$	胴板の一次+二次応力の変動値(圧縮側)	MPa
$\triangle \sigma_{2e1}$	据付面から下部の胴板の一次+二次応力の変動値(圧縮側)	MPa
$\triangle \sigma_{2cu}$	据付面から上部の胴板の一次+二次応力の変動値(圧縮側)	MPa
$\square \sigma_{2cx}$	横方向地震が作用した場合の側板高さ方向一次+二次応力	MPa
σ_{2cx}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\square \sigma_{2cy}$	横方向地震が作用した場合の側板幅方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\square \sigma_{21}$	長手方向地震が作用した場合の側板の一次+二次応力	MPa
σ_{21}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
$\square \sigma_{21x}$	長手方向地震が作用した場合の側板高さ方向一次+二次応力	MPa
σ_{21x}	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\square \sigma_{21y}$	長手方向地震が作用した場合の側板幅方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{21\phi}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\tau \sigma_{2s}$	X方向地震が作用した場合のラグの組合せ応力	MPa
$\triangle \sigma_{2t}$	胴板の一次+二次応力の変動値(引張側)	MPa

記号	表示内容	単位
$\text{イ } \sigma_{2t1}$	据付面から下部の胴板の一次+二次応力の変動値(引張側)	MPa
$\text{イ } \sigma_{2tu}$	据付面から上部の胴板の一次+二次応力の変動値(引張側)	MPa
$\text{ハ } \sigma_{2x}$	胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{チ } \sigma_{2x}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
$\text{ヘ } \sigma_{2x3}$	X方向地震が作用した場合の胴のラグつけ根部に生じる軸方向二次応力	MPa
$\text{ヘ } \sigma_{2x4}$	Z方向地震又は長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力の和	MPa
$\text{ヘ } \sigma_{2x5}$	鉛直方向地震が作用した場合に生じる鉛直方向モーメントによる胴板の軸方向二次応力	MPa
$\text{イ } \sigma_{2xc}$	胴板の軸方向一次+二次応力の和(圧縮側)	MPa
$\text{イ } \sigma_{2xt}$	胴板の軸方向一次+二次応力の和(引張側)	MPa
$\text{ヘ } \sigma_{2xx1}, \text{ヘ } \sigma_{2xx2}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ト } \sigma_{2xx1}, \text{ト } \sigma_{2xx2}$	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ト } \sigma_{2xx1} \sim \text{ト } \sigma_{2xx4}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ニ } \sigma_{2xx1}, \text{ニ } \sigma_{2xx2}$	X方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{チ } \sigma_{2xy}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板高さ方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ト } \sigma_{2xy1} \sim \text{ト } \sigma_{2xy4}$	Y方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{チ } \sigma_{2xz}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板幅方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ヘ } \sigma_{2xz1}, \text{ヘ } \sigma_{2xz2}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ト } \sigma_{2xz1} \sim \text{ト } \sigma_{2xz6}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ニ } \sigma_{2xz1} \sim \text{ニ } \sigma_{2xz4}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{チ } \sigma_{2z}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ一次+二次応力の変動値	MPa
$\text{チ } \sigma_{2zx}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板幅方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{チ } \sigma_{2zy}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板高さ方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ハ } \sigma_{2\phi}$	胴板の周方向一次+二次応力	MPa
$\text{イ } \sigma_{2\phi}$	胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 10}, \text{ト } \sigma_{2x10}$	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 10}, \text{ト } \sigma_{2x10}$	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 10D}, \text{ト } \sigma_{2x10D}$	鉛直方向下向き地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 10U}, \text{ト } \sigma_{2x10U}$	鉛直方向上向き地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ニ } \sigma_{2\phi 10}, \text{ニ } \sigma_{2x10}$	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 11}, \text{ト } \sigma_{2x11}$	Y方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ニ } \sigma_{2\phi 11}, \text{ニ } \sigma_{2x11}$	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 12}, \text{ト } \sigma_{2x12}$	Y方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2ラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa

記号	表示内容	単位
$\text{ト } \sigma_{2\phi 13}$, $\text{ト } \sigma_{2x13}$	Y方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 13}$, $= \sigma_{2x13}$	鉛直方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 14}$, $\text{ト } \sigma_{2x14}$	Y方向地震が作用した場合の半径方向荷重により生じる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 14}$, $= \sigma_{2x14}$	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 3}$	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 32}$, $\sim \sigma_{2x32}$	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 3}$, $\text{ト } \sigma_{2x3}$	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 3D}$, $\text{ト } \sigma_{2x3D}$	鉛直下向き地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 3U}$, $\text{ト } \sigma_{2x3U}$	鉛直上向き地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 4}$	Z方向地震又は長手方向地震が作用した場合に生じる周方向モーメントによる胴板の周方向二次応力	MPa
$\text{ホ } \sigma_{2\phi 41}$, $\text{ホ } \sigma_{2x41}$	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ホ } \sigma_{2\phi 42}$, $\text{ホ } \sigma_{2x42}$	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直荷重により生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ホ } \sigma_{2\phi 5}$, $\text{ホ } \sigma_{2x5}$	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 5V}$, $\sim \sigma_{2x5V}$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力の和	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 51}$, $\sim \sigma_{2x51}$	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部のモーメントにより生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi 52}$, $\sim \sigma_{2x52}$	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の水平方向反力により生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 5}$, $\text{ト } \sigma_{2x5}$	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 6}$, $= \sigma_{2x6}$	Z方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 6}$, $\text{ト } \sigma_{2x6}$	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ホ } \sigma_{2\phi 7}$, $\text{ホ } \sigma_{2x7}$	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 7}$, $= \sigma_{2x7}$	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 7}$, $\text{ト } \sigma_{2x7}$	Z方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 8}$, $= \sigma_{2x8}$	Z方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 8}$, $\text{ト } \sigma_{2x8}$	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1及び第4ラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 8}$, $\text{ト } \sigma_{2x8}$	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$= \sigma_{2\phi 9}$, $= \sigma_{2x9}$	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\text{ト } \sigma_{2\phi 9}$, $\text{ト } \sigma_{2x9}$	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2及び第3ラグつけ根部の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力	MPa
$\sim \sigma_{2\phi x1}$, $\sim \sigma_{2xx1}$	X方向地震が作用した場合の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力の和(第1評価点)	MPa
$\sim \sigma_{2\phi x1}$, $\sim \sigma_{2\phi x2}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa

記号	表示内容	単位
$\sim \sigma_{2\phi x2}$, $\sim \sigma_{2xx2}$	X方向地震が作用した場合の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力の和(第2評価点)	MPa
$\uparrow \sigma_{2\phi x1}$, $\uparrow \sigma_{2\phi x2}$	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\uparrow \sigma_{2\phi x1} \sim \uparrow \sigma_{2\phi x4}$ $= \sigma_{2\phi x1}$, $= \sigma_{2\phi x2}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\uparrow \sigma_{2\phi y1} \sim \uparrow \sigma_{2\phi y4}$	X方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和 Y方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\sim \sigma_{2\phi z1}$, $\sim \sigma_{2xz1}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力の和(第1評価点)	MPa
$\sim \sigma_{2\phi z1}$, $\sim \sigma_{2\phi z2}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\sim \sigma_{2\phi z2}$, $\sim \sigma_{2xz2}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向二次応力及び軸方向二次応力の和(第2評価点)	MPa
$\uparrow \sigma_{2\phi z1} \sim \uparrow \sigma_{2\phi z6}$ $= \sigma_{2\phi z1} \sim = \sigma_{2\phi z4}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和 Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\uparrow \sigma_{3s}$, $\uparrow \sigma_{4s}$ $\uparrow \sigma_{4s}$, $\uparrow \sigma_{5s}$ $\uparrow \sigma_{5s}$	Y方向及び鉛直方向地震が作用した場合のラグの組合せ応力 X方向地震によるラグの組合せ応力 X方向及び鉛直方向地震が作用した場合のラグの組合せ応力	MPa
$\curlywedge \sigma_b$ σ_b	曲げ応力 ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\chi \sigma_{b1}$ $= \sigma_{b1}$, $= \sigma_{b2}$	Z方向地震により生じる取付ボルトの引張応力 Z方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\uparrow \sigma_{b1} \sim \uparrow \sigma_{b3}$ $\chi \sigma_{b2}$	Z方向地震及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じる引張応力 X方向地震により生じる取付ボルトの引張応力	MPa
$\uparrow \sigma_{b3}$, $\uparrow \sigma_{b4}$ $= \sigma_{b4}$	Y方向及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じる引張応力 X方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\uparrow \sigma_{b4}$, $\uparrow \sigma_{b5}$ $\uparrow \sigma_{b5}$	X方向地震及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じる引張応力 X方向及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\uparrow \sigma_{bA}$ $\uparrow \sigma_{bC}$ $\uparrow \sigma_{bC}$	ブラケット取付ボルトに生じる引張応力 横方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力 ジブの曲げ応力の合計(圧縮側)	MPa
$R \sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力 i は3. 1. 3. 1. 14項, 3. 1. 3. 1. 15項又は以下による $i=1$: 固定子取付ボルト $i=2$: 機関側軸受台取付ボルト $i=3$: 軸受台取付ボルト $i=4$: 中間台取付ボルト	MPa
$\uparrow \sigma_{b1}$ $\uparrow \sigma_{bt}$	長手方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力 ジブの曲げ応力の合計(引張側)	MPa
$\uparrow \sigma_c$ $\uparrow \sigma_c$	横方向地震が作用した場合の側板の一次一般膜応力 基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\uparrow \sigma_c$ $\uparrow \sigma_{p1}$ $\uparrow \sigma_{p2}$ σ_s	圧縮応力 内圧により生じる側板高さ方向の応力 内圧により生じる側板幅方向の応力 支持構造物の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1} , σ_{s1i} σ_{s2} , σ_{s2i}	運転時質量により支持構造物に生じる応力 鉛直方向地震により支持構造物に生じる応力	MPa

記号	表示内容	単位
σ_{s3} , σ_{s3i} , σ_{s4} , σ_{s4i} , σ_{s5} , σ_{s5i}	水平方向地震により支持構造物に生じる応力	MPa
σ_{s1}	昇降シャフトの運転時質量による圧縮応力	MPa
σ_{s1s}	昇降用シリンダの運転時質量による圧縮応力	MPa
σ_{s2}	昇降シャフトの長手方向地震による曲げ, 圧縮応力	MPa
σ_{s3}	昇降シャフトの横方向地震による曲げ, 圧縮応力	MPa
σ_{s4}	昇降シャフトの鉛直方向地震による圧縮応力	MPa
σ_{s4s}	昇降用シリンダの鉛直方向地震による圧縮応力	MPa
σ_{sc}	脚の圧縮応力の和	MPa
σ_{sc}	横方向地震が作用した場合の昇降シャフト組合せ応力	MPa
σ_{s1}	長手方向地震が作用した場合の昇降シャフト組合せ応力	MPa
σ_{s1s}	昇降用シリンダ組合せ応力	MPa
σ_{sr}	脚の半径方向軸まわりの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_{st}	脚の半径方向に直角な軸まわりの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_t	引張応力	MPa
σ_{wf}	吊具の組合せ応力	MPa
σ_x	胴板の軸方向応力の和	MPa
σ_{x1}	運転時質量により側板に生じる圧縮応力	MPa
σ_{x12}	鉛直方向地震による胴板の軸方向応力	MPa
σ_{x12}	鉛直方向地震による胴板の軸方向応力	MPa
σ_{x2}	鉛直地震により側板に生じる圧縮応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量により胴のラグつけ根に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量による容器の軸方向応力	MPa
σ_{x23}	運転時質量による胴板に生じる軸方向引張応力	MPa
σ_{x21}	据付面から下部の胴の運転時質量による軸方向応力	MPa
σ_{x2u}	据付面から上部の胴の運転時質量による軸方向応力	MPa
σ_{x3}	胴板の水平方向地震による曲げ応力	MPa
σ_{x3}	長手方向地震により側板に生じる曲げ応力	MPa
σ_{x3}	Z方向地震による胴の曲げ応力	MPa
σ_{x3}	胴板の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x3}	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の軸方向一次応力	MPa
σ_{x3}	胴板の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{X31}	X方向地震による胴のラグつけ根部の曲げモーメントにより生じる軸方向応力	MPa
σ_{x31}	据付面から下部の胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x3u}	据付面から上部の胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	胴板の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	横方向地震により側板に生じる曲げ応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震が作用した場合の転倒モーメントによる胴板の軸方向応力	MPa
σ_{x4}	X方向地震による胴の曲げ応力	MPa
σ_{x4}	胴板の水平方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	Z方向地震が作用した場合に生じる周方向モーメントによる胴板の軸方向一次応力	MPa
σ_{x4}	胴板の水平方向地震による軸方向応力	MPa

記号	表示内容	単位
ホ σ_{x43}	長手方向地震により生じる水平方向荷重による胴の応力	MPa
チ σ_{x5}	鉛直方向地震による胴板の高さ方向の応力	MPa
へ σ_{x5}	鉛直方向地震が作用した場合に生じる鉛直方向モーメントによる胴板の軸方向一次応力	MPa
イ σ_{x5}	胴板の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
ニ σ_{x5}	地震が作用した場合の転倒モーメントによる胴板の軸方向応力	MPa
へ σ_{x53}	鉛直方向地震による胴板に生じる軸方向引張応力	MPa
ホ σ_{x6}	胴の鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより胴に生じる軸方向一次応力	MPa
イ σ_{x6}	胴板の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
ト σ_{x9}	鉛直方向地震による胴板の軸方向応力	MPa
イ σ_{xc}	胴板の軸方向一次一般膜応力の和(圧縮側)	MPa
へ σ_{xc1} , へ σ_{xc2}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ軸方向一次応力	MPa
イ σ_{xt}	胴板の軸方向一次一般膜応力の和(引張側)	MPa
へ σ_{xx1} , へ σ_{xx2}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ニ σ_{xx1} , ニ σ_{xx2}	X方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ト σ_{xx1} , ト σ_{xx2}	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{xx1} \sim$ ト σ_{xx4}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{xy1} \sim$ ト σ_{xy4}	Y方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
へ σ_{xz1} , へ σ_{xz2}	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ニ $\sigma_{xz1} \sim$ ニ σ_{xz4}	Z方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{xz1} \sim$ ト σ_{xz6}	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の軸方向一次応力の和	MPa
へ σ_{zc1} , へ σ_{zc2}	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の組合せ軸方向一次応力	MPa
ハ σ_{ϕ}	胴板の周方向応力	MPa
イ σ_{ϕ}	胴板の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 1}$, σ_{x1}	静水頭又は内圧による容器の周方向応力及び軸方向応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 10}$, ニ σ_{x10}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 10}$, ト σ_{x10}	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト2 $\sigma_{\phi 10}$, ト2 σ_{x10}	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト2 $\sigma_{\phi 10D}$, ト2 σ_{x10D}	鉛直下向き地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト2 $\sigma_{\phi 10U}$, ト2 σ_{x10U}	鉛直上向き地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 11}$, ニ σ_{x11}	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 11}$, ト σ_{x11}	Y方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 12}$, ト σ_{x12}	Y方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 3}$, ニ σ_{x13}	鉛直方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向応力及び軸方向応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 13}$, ト σ_{x13}	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト2 $\sigma_{\phi 13}$, ト2 σ_{x13}	Y方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa

記号	表示内容	単位
ト $\sigma_{\phi 13D}$, ト σ_{x13D}	鉛直下向き地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 13U}$, ト σ_{x13U}	鉛直上向き地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 3}$, ニ σ_{x14}	鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 14}$, ト σ_{x14}	Y方向地震が作用した場合の半径方向荷重により生じる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震力が加わり容器に生じる周方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 21}$, ヘ σ_{x21}	運転時質量による胴のラグつけ根部のモーメントにより生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 22}$, ヘ σ_{x22}	運転時質量による胴のラグつけ根部の水平方向反力により生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 3}$	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 3}$, ニ σ_{x3}	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ホ $\sigma_{\phi 3}$, ホ σ_{x3}	運転時質量により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 3}$, ト σ_{x3}	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 32}$, ヘ σ_{x32}	X方向地震による胴のラグつけ根部の水平方向反力により生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 3h}$, ヘ σ_{x3h}	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 4}$	Z方向地震が作用した場合に生じる周方向モーメントによる胴板の周方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 4}$, ニ σ_{x4}	運転時質量により生じる半径方向荷重による胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ホ $\sigma_{\phi 4}$, ホ σ_{x4}	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力の和	MPa
ホ $\sigma_{\phi 41}$, ホ σ_{x41}	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ホ $\sigma_{\phi 42}$, ホ σ_{x42}	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直荷重により生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 4h}$, ヘ σ_{x4h}	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向二次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 5}$	鉛直方向地震が作用した場合に生じる鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力	MPa
ホ $\sigma_{\phi 5}$, ホ σ_{x5}	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 5}$, ト σ_{x5}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによるラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 51}$, ヘ σ_{x51}	鉛直方向地震による胴のラグつけ根部のモーメントにより生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 52}$, ヘ σ_{x52}	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部の水平方向反力により生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ヘ $\sigma_{\phi 5V}$, ヘ σ_{x5V}	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
イ $\sigma_{\phi 6}$	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
ヘ $\sigma_{\phi 6}$	静水頭に鉛直方向地震力が加わり胴板に生じる周方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 6}$, ニ σ_{x6}	Z方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 6}$, ト σ_{x6}	Z方向及び鉛直方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ニ $\sigma_{\phi 7}$, ニ σ_{x7}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa

記号	表示内容	単位
ホ $\sigma_{\phi 7}$, ホ σ_{x7}	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
= $\sigma_{\phi 8}$, = σ_{x8}	Z方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 8}$, ト σ_{x8}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1及び第4ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト2 $\sigma_{\phi 8}$, ト2 σ_{x8}	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる第1ラグ及び第2ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
= $\sigma_{\phi 9}$, = σ_{x9}	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
ト $\sigma_{\phi 9}$, ト σ_{x9}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2及び第3ラグつけ根部の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力	MPa
へ $\sigma_{\phi x1}$, へ σ_{xx1}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力の和(第1評価点)	MPa
= $\sigma_{\phi x1}$, = $\sigma_{\phi x2}$	X方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{\phi x1}$, ト $\sigma_{\phi x2}$	X方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{\phi x1} \sim$ ト $\sigma_{\phi x4}$	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
へ $\sigma_{\phi x2}$, へ σ_{xx2}	X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力の和(第2評価点)	MPa
ト $\sigma_{\phi y1} \sim$ ト $\sigma_{\phi y4}$	Y方向及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
へ $\sigma_{\phi z1}$, へ σ_{xz1}	Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力の和(第1評価点)	MPa
= $\sigma_{\phi z1} \sim$ = $\sigma_{\phi z4}$	Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
ト $\sigma_{\phi z1} \sim$ ト $\sigma_{\phi x6}$	Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力の和	MPa
へ $\sigma_{\phi z2}$, へ σ_{xz2}	Z方向地震が作用した場合の胴板の周方向一次応力及び軸方向一次応力の和(第2評価点)	MPa
□ τ_1	長手方向地震により側板に生じるせん断応力	MPa
R $\tau_{1,R} \tau_{1i}$	引張力により生じるせん断応力(i=1, 2, 3)	MPa
ル τ_1	ルーバ振れ止めのせん断応力	MPa
ワ τ_1	ジブ取付ボルトのせん断応力	MPa
□ τ_2	横方向地震により側板に生じるせん断応力	MPa
R $\tau_{2,R} \tau_{2i}$	せん断力により生じるせん断応力(i=1, 2)	MPa
ヌ τ_2	サポート板に生じるせん断応力	MPa
ル τ_2	中央支柱上端部のせん断応力	MPa
ワ τ_2	クレーン取付ボルトのせん断応力	MPa
ト τ_3	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
ト2 τ_3	X方向地震により胴板のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
= τ_3	Z方向地震により胴の脚つけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
ヌ τ_3	保持金具溶接部に生じるせん断応力	MPa
ヌ τ_4	保持金具と固定金具の溶接部に生じるせん断応力	MPa
ト τ_6	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
ト2 τ_6	Y方向地震により胴板のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
= τ_6	X方向地震により胴の脚つけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
イ τ	地震により胴板に生じるせん断応力	MPa

記号	表示内容	単位
$\times \tau_{1i}$	各ラック箱に生じるせん断応力 $i=A, B, C, D$	MPa
$ホ \tau_{11}, ホ \tau_{21}$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$\times \tau_{5i}$	各ラック箱の止め板溶接部に生じるせん断応力 $i=A, B, C, D$	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$チ \tau_{b1}$	Z方向地震により生じる取付ボルトのせん断応力	MPa
$= \tau_{b1}, = \tau_{b2}$	Z方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{b1}, ト \tau_{b2}$	Z方向及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$チ \tau_{b2}$	X方向地震により生じる取付ボルトのせん断応力	MPa
$ト \tau_{b3}, ト \tau_{b4}$	Y方向及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$= \tau_{b4}$	X方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{b4}, ト \tau_{b5}$	X方向地震により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{b5}$	X方向及び鉛直方向地震により取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$リ \tau_{bA}$	ブラケット取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$R \tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力 i は3.1.3.1.14項, 3.1.3.1.15項又は以下による i=1: 固定子取付ボルト i=2: 機関側軸受台取付ボルト i=3: 軸受台取付ボルト i=4: 中間台取付ボルト	MPa
$へ \tau_c$	横方向地震により胴の脚又はラグつけ根部に生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{c1}$	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$ト2 \tau_{c1}$	X方向地震により胴板のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$チ \tau_{c1}$	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる幅方向せん断応力	MPa
$ホ \tau_{c1}$	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$= \tau_{c1}$	Z方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$ト \tau_{c4}$	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$ト2 \tau_{c4}$	Y方向地震により胴板のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$= \tau_{c4}$	X方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$へ \tau_1$	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じるせん断応力	MPa
$ホ \tau_1$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{11}$	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$チ \tau_{11}$	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じる高さ方向せん断応力	MPa
$ホ \tau_{11}$	運転時質量により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$= \tau_{11}$	運転時質量により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$へ \tau_{11V}$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{12}$	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$チ \tau_{12}$	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる高さ方向せん断応力	MPa
$ホ \tau_{12}$	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$= \tau_{12}$	Z方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$ト \tau_{13}$	鉛直方向地震により胴板のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$チ \tau_{13}$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に生じる高さ方向せん断応力	MPa
$ホ \tau_{13}$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
$ト \tau_{13D}$	鉛直下向き地震力により胴板のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$ト \tau_{13U}$	鉛直上向き地震力により胴板のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$ト \tau_{14}$	鉛直方向地震により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa

記号	表示内容	単位
τ_{14D}	鉛直下向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{14U}	鉛直上向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{15}	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{15}	Y方向地震により胴板のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{15}	X方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{17}	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{1V}	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_M	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_s	スカートの水平方向地震によるせん断応力	MPa
τ_{s1}, τ_{s1i}	運転時質量により支持構造物に生じるせん断応力	MPa
τ_{s2}, τ_{s2i}	鉛直方向地震により支持構造物に生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s3}, \tau_{s3i}, \tau_{s4}, \tau_{s4i}, \tau_{s5}, \tau_{s5i}$	水平方向地震により支持構造物に生じるせん断応力	MPa
τ_{s1}	運転時質量によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s1}	運転時質量によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s11}	運転時質量によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s2}	Z方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s2}	長手方向地震により昇降シャフトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{s2}, \tau_{s3}, \tau_{s4}$	Z方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s21}	鉛直方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s3}	X方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s3}	横方向地震により昇降シャフトに生じるせん断応力	MPa
τ_{s31}	横方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_{s4}	鉛直方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s4}, τ_{s5}	Y方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s41}	Z方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s5}, τ_{s6}	X方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s6}	X方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s7}	鉛直方向地震によるラグのせん断応力	MPa
τ	ジブのせん断応力	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
ω_H	水平方向振動系の角速度	rad/s
$r\omega_i$	各ラック箱の単位長さ当たりの重量 $i=A, B, C, D$	N/mm
ω_V	鉛直方向振動系の角速度	rad/s

3.1.2 固有周期の計算方法

(1) 水平方向固有周期の計算方法

機器の水平方向固有周期の計算方法は、大きく分類すると10種類の計算方法を使用し、また、固有周期計算に使用するばね定数は、9種類の計算方法がある。

以下に固有周期計算方法及びばね定数計算方法を示す。

a. 水平方向固有周期計算方法1

水平方向固有周期計算方法1における固有周期は、次式により算出する。

本申請範囲の中で最も多く使用されている計算方法である。(JEAG4601でも使用されている一般的な式である。)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 K_H}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-1)$$

上記、ばね定数 K_H は、設備の支持構造と考慮する変形モードに応じ、次式により計算する。

(a) ばね定数計算方法1(下端固定, 下端単純支持の場合)(第3.1.2-1図参照)

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3E I} + \frac{l_g}{G A_e}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-2)$$

ただし、せん断変形を無視できる場合は、次式により算出する。

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3E I}}$$

または、

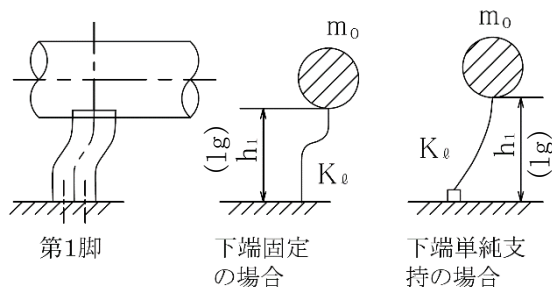
$$K_H = \frac{1}{\frac{h_1^3}{3E_s I_y} + \frac{h_1}{G_s A_{s1}}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-3)$$

ただし、せん断変形を無視できる場合は、次式により算出する。

$$K_H = \frac{1}{\frac{h_1^3}{3E_s I_y}}$$

(b) ばね定数計算方法2(下端固定の場合)(第3.1.2-1図参照)

$$K_H = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12E_s I_y} + \frac{h_1}{G_s A_{s1}}} \dots\dots\dots (3.1.2-4)$$



第 3. 1. 2-1 図 ばね定数計算方法 1 及び 2 の変形

(c) ばね定数計算方法3 (下端固定の場合)

$$K_H = \frac{1}{\frac{l^3}{3E I} + \frac{1}{3E_s I_s} (3l^2 l_s + 3l l_s^2 + l_s^3) + \frac{1}{G A_e} + \frac{l_s}{G_s A_{s_e}}} \dots\dots\dots (3.1.2-5)$$

ここで、スカート断面に現れるマンホール等の穴による影響を考慮する場合の胴及びスカートの断面性能は、次式で表される。

$$I_s = \frac{\pi}{8} (D_s + t_s)^3 t_s - \frac{1}{4} (D_s + t_s)^2 t_s Y$$

$$Y = \sum_j (D_s + t_s) \sin^{-1} \left(\frac{D_j}{D_s + t_s} \right)$$

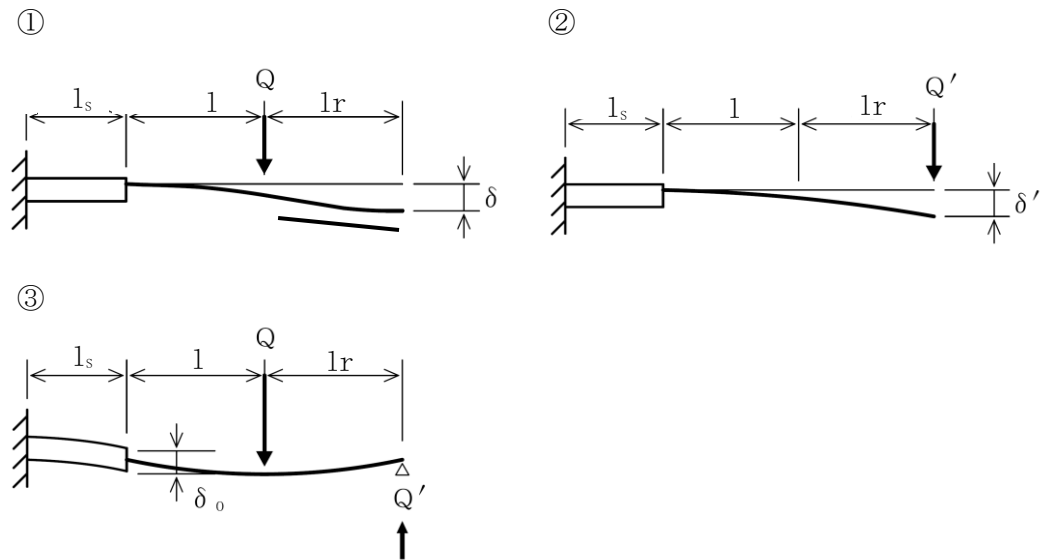
$$A_{s_e} = \frac{2}{3} \{ \pi (D_s + t_s) - Y \} t_s$$

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$

(d) ばね定数計算方法4 (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、第3.1.2-2図に示すような各々の荷重による上端の変位量が等しいとして求めることができる。



第3.1.2-2図 下端固定及び上端支持の場合の変形

第3.1.2-2図の①の場合

$$\delta = \frac{Q l^2}{6 E I} (2l + 3l_r) + \frac{Q}{6 E_s I_s} \{ 2l_s^3 + 3l_s^2 l_r + 6l_s l (l_s + l + l_r) \} + \frac{Q l}{G A_e} + \frac{Q l_s}{G_s A_{s_e}}$$

第3.1.2-2図の②の場合

$$\delta' = \frac{Q' (1+l_r)^3}{3 E I} + \frac{Q'}{3 E_s I_s} \{ 3(1+l_r)^2 l_s + 3(1+l_r) l_s^2 + l_s^3 \} + \frac{Q' (1+l_r)}{G A_e} + \frac{Q' l_s}{G_s A_{s_e}}$$

上記2式を等しく置くことにより、

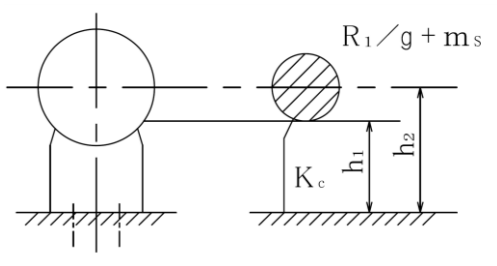
$$Q' = Q \left\{ \frac{l^2 (2l + 3l_r)}{6 E I} + \frac{2l_s^3 + 3l_s^2 l_r + 6l_s l (l_s + l + l_r)}{6 E_s I_s} + \frac{1}{G A_e} + \frac{l_s}{G_s A_{s_e}} \right\} / \left\{ \frac{(1+l_r)^3}{3 E I} + \frac{3(1+l_r)^2 l_s + 3(1+l_r) l_s^2 + l_s^3}{3 E_s I_s} + \frac{1+l_r}{G A_e} + \frac{l_s}{G_s A_{s_e}} \right\}$$

したがって、重心位置での変位量 δ_0 は第3.1.2-2図の③より求めることができ、ばね定数 K_H は、次式で表される。

$$K_H = \frac{Q}{\delta_0} = 1 / \left\{ \frac{l^3}{3 E I} + \frac{3l_s^2 l_r + 3l l_s^2 + l_s^3}{3 E_s I_s} + \left(1 - \frac{Q'}{Q} \right) \left(\frac{1}{G A_e} + \frac{l_s}{G_s A_{s_e}} \right) - \frac{Q'}{Q} \left(\frac{2l^3 + 3l^2 l_r}{6 E I} + \frac{3l_s^2 l_r + l_s^3 + 3l_s l^2 + 3l l l_r + 3 / 2 l_s^2 l_r}{3 E_s I_s} \right) \right\} \dots \dots \dots (3.1.2-6)$$

(e) ばね定数計算方法5 (下端固定の場合) (第3.1.2-3図参照)

$$K_H = \frac{1}{\frac{h_1^2 (3h_2 - h_1)}{6E_s I_x} + \frac{(h_2 - h_1)h_1 (h_2 - h_1 / 2)}{E_s I_x} + \frac{h_1}{G_s A_{s_2}}} \dots\dots\dots (3.1.2-7)$$



第3.1.2-3図 ばね定数計算方法5の変形

(f) ばね定数計算方法6 (下端固定の場合)

$$K_H = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12E_s I_y} + \frac{h_1}{G_s A_{s_1}}} \dots\dots\dots (3.1.2-8)$$

(g) ばね定数計算方法7 (下端支持条件(a)~(d)の場合)

$$K_H = \frac{F_0}{\delta} \dots\dots\dots (3.1.2-9)$$

本計算方法においては、脚下端の支持条件を組み合わせた下記の4ケースとし、第3.1.2-1図~第3.1.2-4図に示す変形モードを考慮する。

- (a) 第1脚及び第2脚とも固定の場合
- (b) 第1脚及び第2脚とも単純支持の場合
- (c) 第1脚固定及び第2脚単純支持の場合
- (d) 第1脚単純支持及び第2脚固定の場合

それぞれの脚及び胴について、荷重、モーメント及び変形の釣合条件の方程式を作ることにより、以下のように固有周期が求められる。

イ. 第1脚及び第2脚とも固定の場合(第3.1.2-4図参照)

水平力の釣合いより

$$2P_1 + 2Q = F_0$$

転倒モーメントの釣合いより

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l) \quad (1)$$

ただし、

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

第1脚の水平方向変位量，傾き角及び鉛直方向変位量は

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) l^2}{2E_s I_{st}}$$

ここで，

$$u = \frac{l_c}{2} - r_m$$

$$\theta_1 = \frac{(M_1 - R_1 u) l}{E_s I_{st}} + \frac{P_1 l^2}{2E_s I_{st}}$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s}$$

胴の半径方向局部変位量と局部傾き角は

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

$$\theta'_1 = \frac{K_l M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

ここで， K_r ， K_l は引用文献(2)に基づく胴の半径方向荷重による局部変位と長手方向曲げモーメントによる局部傾き角に対する定数であり，シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 は以下のように定義する。

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_1 = k_{12} \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

第2脚の傾き角と水平方向変位量は

$$\theta_0 = \frac{-M_3 l}{E_s I_{sr}} + \frac{Q l^2}{2E_s I_{sr}}$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q l^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q l}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 l^2}{2E_s I_{sr}}$$

第1脚と胴の傾き角の釣合より

$$\theta_1 + \theta'_1 - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Q \cdot u - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

ここで、 K_c は引用文献(2)に基づく胴の周方向曲げモーメントによる局部傾き角に対する定数であり、 β_c は以下のように定義する。

$$\beta_c = k_{c2} \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

脚と胴の水平方向変位量の釣合いより

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

さらに鉛直方向の釣合いより

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

上記式へ Δ_{y1} , θ_1 及び θ_0 をを代入して

$$\frac{R_1 l}{A_s E_s} - \frac{u(M_1 - R_1 u) l}{E_s I_{st}} - \frac{u P_1 l^2}{2 E_s I_{st}} + \frac{r_m M_3 l}{E_s I_{sr}} - \frac{r_m Q l^2}{2 E_s I_{sr}} = 0 \quad (2)$$

上記 $\theta_1 + \theta_1' - \theta_0 = 0$ 式へ θ_1 , θ_1' 及び θ_0 を代入して

$$\frac{M_3 l}{E_s I_{sr}} - \frac{Q l^2}{2 E_s I_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) l}{E_s I_{st}} + \frac{P_1 l^2}{2 E_s I_{st}} + \frac{K_1 M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E} = 0 \quad (3)$$

θ_3 式を変形して

$$\frac{u Q l}{G_s J_s} - \frac{M_c l}{G_s J_s} - \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} = 0$$

$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$ 式へ Δ_{x1} , Δ_{r1} , Δ_{x3} 及び θ_3 式を代入して

$$\begin{aligned} \frac{P_1 l^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) l^2}{2 E_s I_{st}} + \frac{K_r P_1}{r_m E} - \frac{Q l^3}{3 E_s I_{sr}} - \frac{Q l}{G_s A_{st}} \\ + \frac{M_3 l^2}{2 E_s I_{sr}} - \frac{u K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} = 0 \quad (4) \end{aligned}$$

したがって6変数 P_1 , Q , R_1 , M_1 , M_3 , M_c に対して式(1)～式(4)を連立させることにより方程式ができる。

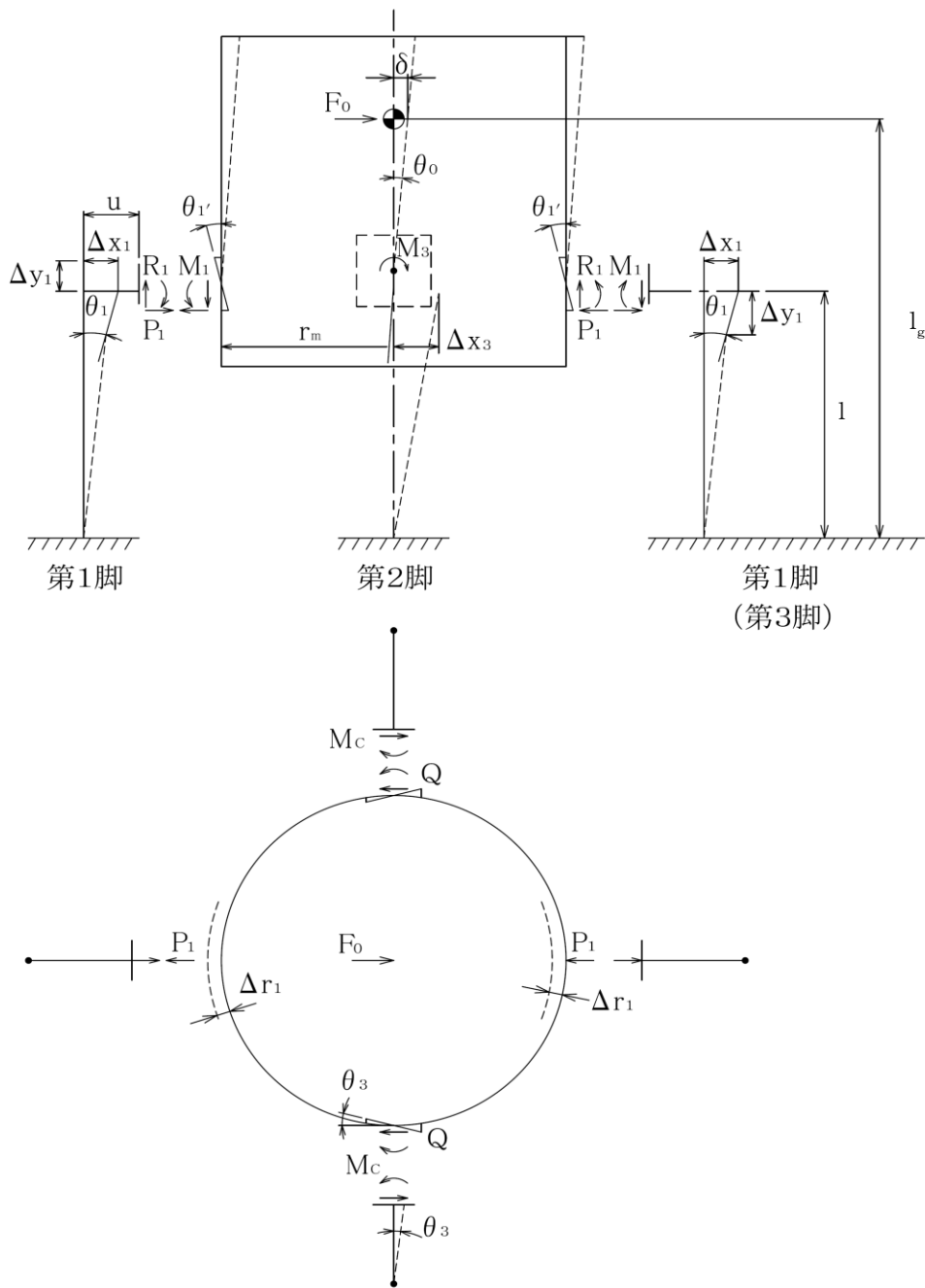
胴重心の変位量 δ , ばね定数 K_H 及び固有周期は、次式で表される。

$$\delta = \Delta_{x1} + \Delta_{r1} + (1_g - 1) \theta_0 + \frac{(1_g - 1)^3}{3 E I} F_0 + \frac{(1_g - 1)}{G A_e} F_0$$

ここで、胴の断面性能は、次式で表される。

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$



第 3.1.2-4 図 第 1 脚及び第 2 脚とも脚下端が固定されているときの变形

ロ. 第1脚及び第2脚とも単純支持の場合(第3. 1. 2-5図参照)

イ. の場合と同様にして, 次式で表される。

$$2P_1 + 2Q = F_0$$

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l)$$

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{s_t}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{s_r}} + l \theta_1$$

$$P_1 l + M_1 = R_1 u$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s}$$

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

$$\theta_1' = \frac{K_l M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$M_3 = Ql$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Ql^3}{3E_s I_{s_r}} + \frac{Ql}{G_s A_{s_t}} + l \theta_0$$

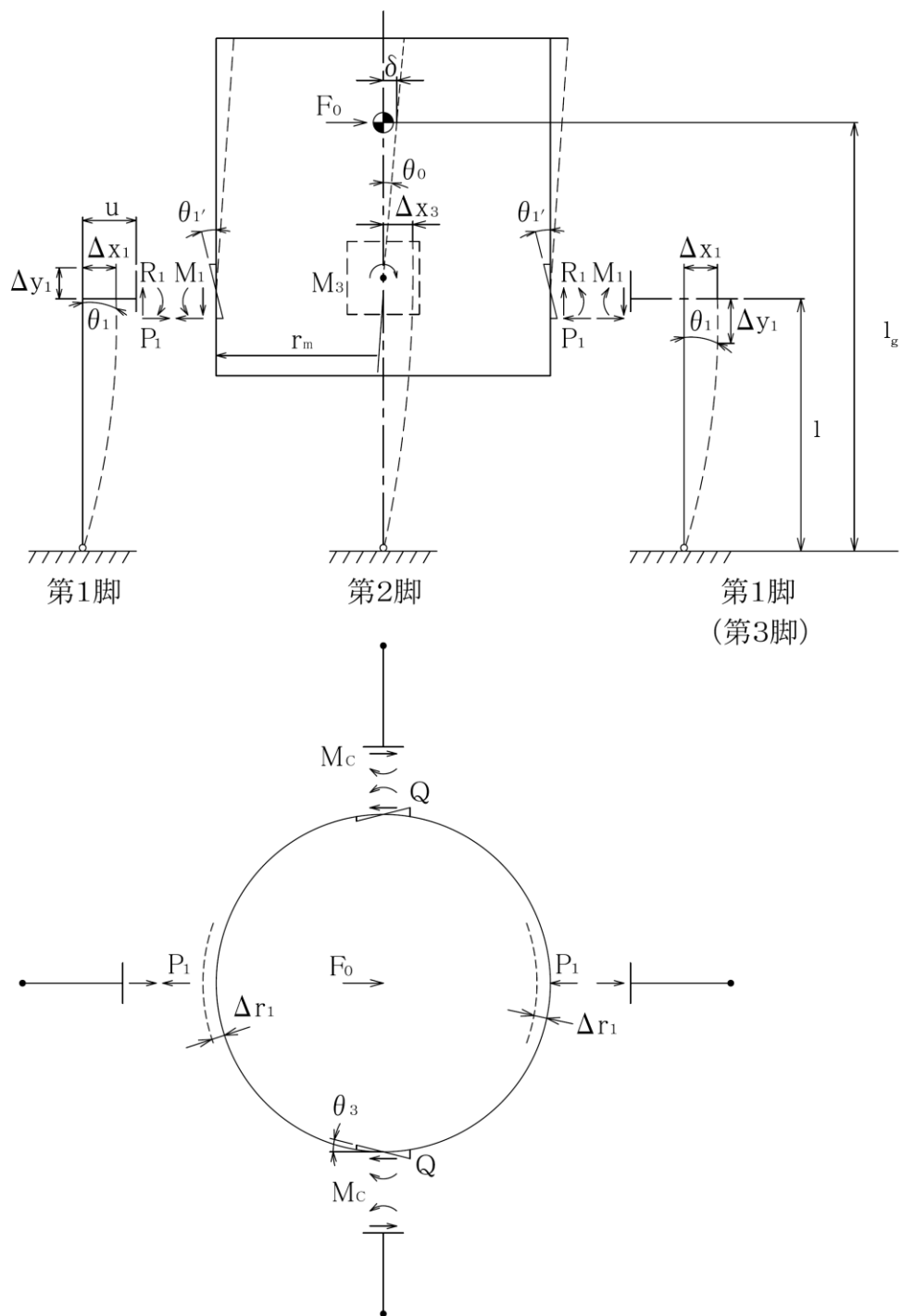
$$\theta_1 + \theta_1' - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Q \cdot u - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

以下イ. と同様にして固有周期を算出することができる。



第 3. 1. 2-5 図 第 1 脚及び第 2 脚とも脚下端が単純支持されているときの変形

ハ. 第1脚固定及び第2脚単純支持の場合(第3. 1. 2-6図参照)

この場合は、次式で表される。

$$2P_1 + 2Q = F_0$$

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l)$$

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) l^2}{2E_s I_{st}}$$

$$\theta_1 = \frac{(M_1 - R_1 u) l}{E_s I_{st}} + \frac{P_1 l^2}{2E_s I_{st}}$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s}$$

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

$$\theta_1' = \frac{K_1 M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$M_3 = Ql$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Ql^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Ql}{G_s A_{st}} + l \theta_0$$

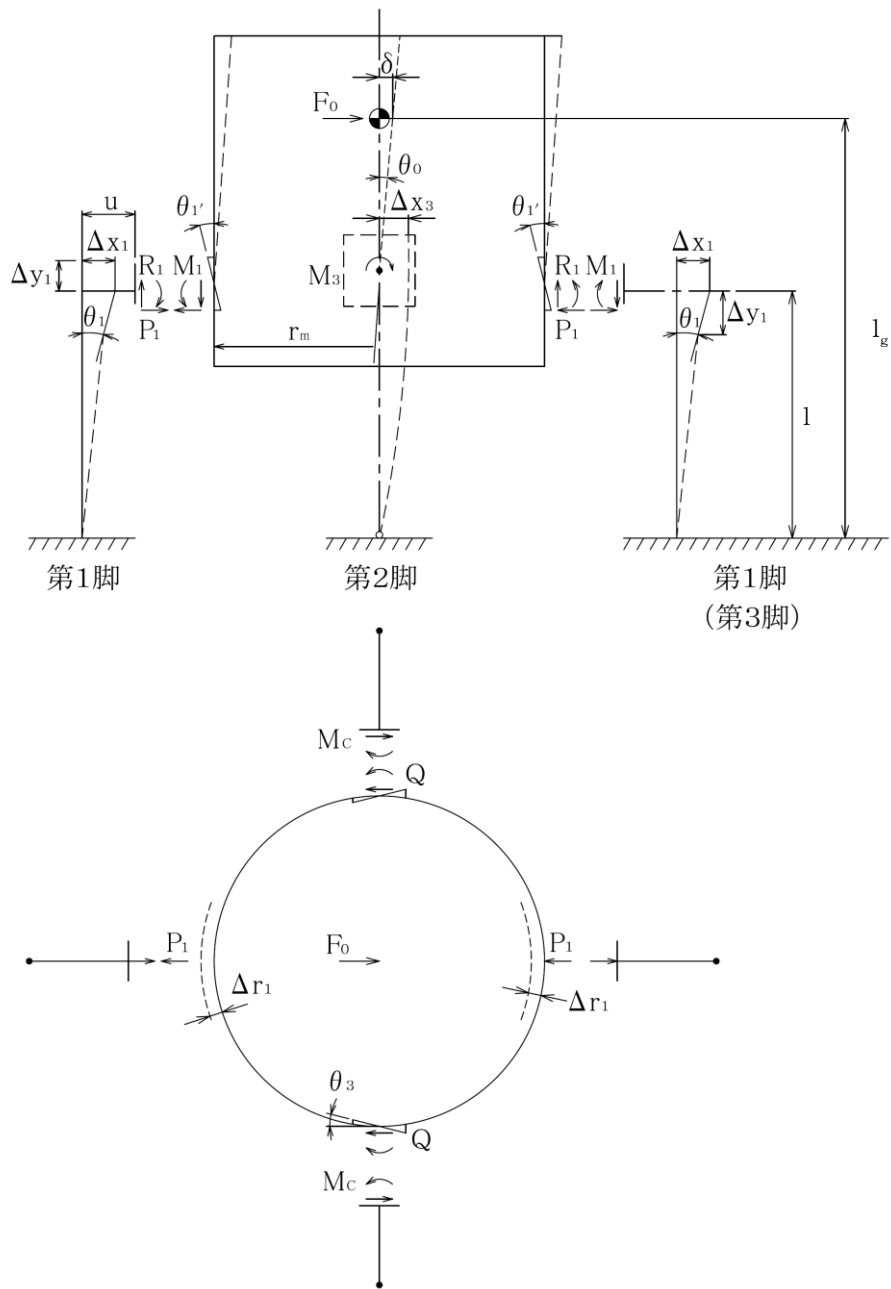
$$\theta_1 + \theta_1' - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Qu - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

以下イ.と同様にして固有周期を算出することができる。



第 3. 1. 2-6 図 脚下端が第 1 脚は固定及び第 2 脚は単純支持されている場合の変形

二. 第1脚単純支持及び第2脚固定の場合(第3. 1. 2-7図参照)

この場合は, 次式で表される。

$$2P_1 + 2Q = F_0$$

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l)$$

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + l \theta_1$$

$$P_1 l + M_1 = R_1 u$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s}$$

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

$$\theta'_1 = \frac{K_1 M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$\theta_0 = \frac{-M_3 l}{E_s I_{sr}} + \frac{Q l^2}{2E_s I_{sr}}$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q l^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q l}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 l^2}{2E_s I_{sr}}$$

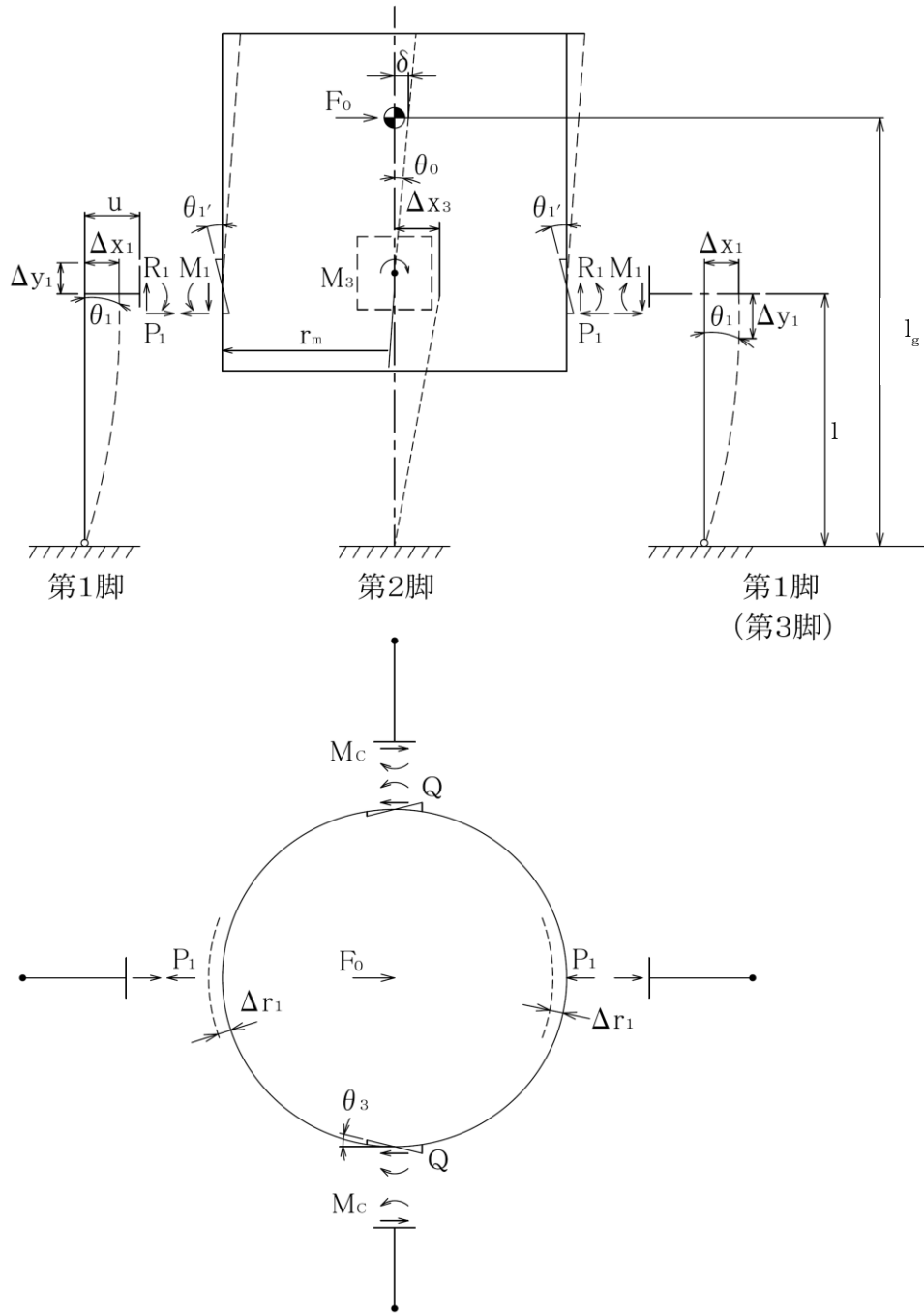
$$\theta_1 + \theta'_1 - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Q \cdot u - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

以下イ. と同様にして固有周期を算出することができる。



第 3. 1. 2-7 図 脚下端が第 1 脚は単純支持及び第 2 脚は固定されている場合の変形

b. 水平方向固有周期計算方法2

水平方向固有周期計算方法2における固有周期は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R_1 + m_s}{10^3 K_c}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-10)$$

上記、ばね定数 (K_c) は、ばね定数計算方法1,2及びばね定数計算方法5と同様である。

c. 水平方向固有周期計算方法3

水平方向固有周期計算方法3における固有周期は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \times 2K_1}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-11)$$

上記水平方向固有周期計算方法3は、水平方向固有周期計算方法1を基本式として二つの支持構造物により全体質量を受けもつため、 $m_0/2$ としてばね定数を算出している。

上記、ばね定数 (K_1) は、設備の支持構造と考慮する変形モードに応じ、次式により計算する。

(a) ばね定数計算方法8 (下端固定の場合) (第3.1.2-9図参照)

長手方向

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{K_{10}} + \frac{1}{K_{1pb}}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-12)$$

ここで、 K_{10} は、ばね定数計算方法3と同様である。

K_{1pb} は次式で表される。

$$K_{1pb} = K_{s1} \left(\frac{l_{N1}}{h} \right)^2 + K_{s2} \left(\frac{l_{N1}}{h} \right)^2 + K_{s3} \left(\frac{l_{N2}}{h} \right)^2 + K_{s4} \left(\frac{l_{N2}}{h} \right)^2$$

ここで、 K_{s_i} は次式で表される。

$$K_{s_i} (i = 1 \sim 4) = \frac{1}{\frac{1}{K_{p_i}} + \frac{1}{K_{b_i}}}$$

ここで、 K_{p_i} 及び K_{b_i} は次式で表される。

$$K_{p_i} (i = 1, 2) = \frac{3E_s I_{s1}}{(l_{N1})^3}$$

$$K_{P_i} (i = 3, 4) = \frac{3 E_s I_{s2}}{(l_{N2})^3}$$

$$K_{b_i} (i = 1 \sim 4) = \frac{E_b}{\left(\frac{l_a}{A_b} + \frac{l_s}{A_{b_s}} \right)}$$

横方向

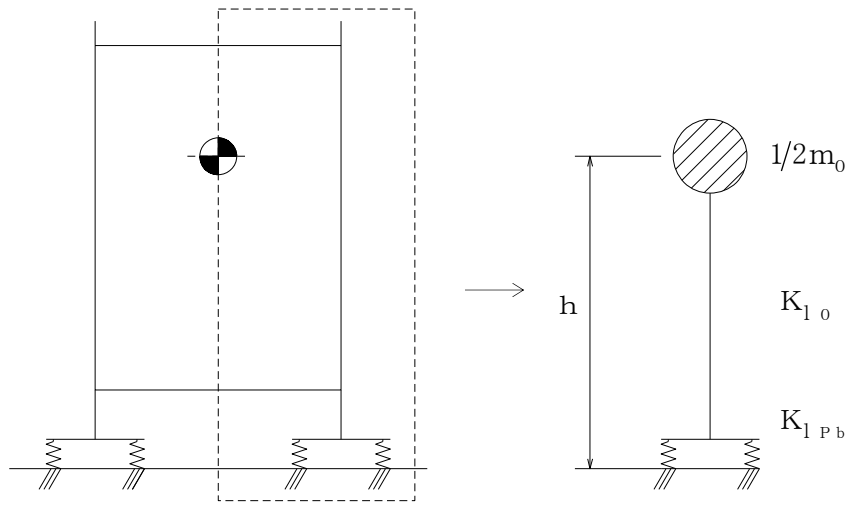
$$K_c = \frac{1}{\frac{1}{K_{c0}} + \frac{1}{K_{cPB}}}$$

ここで、 K_{c0} は、ばね定数3と同様である。

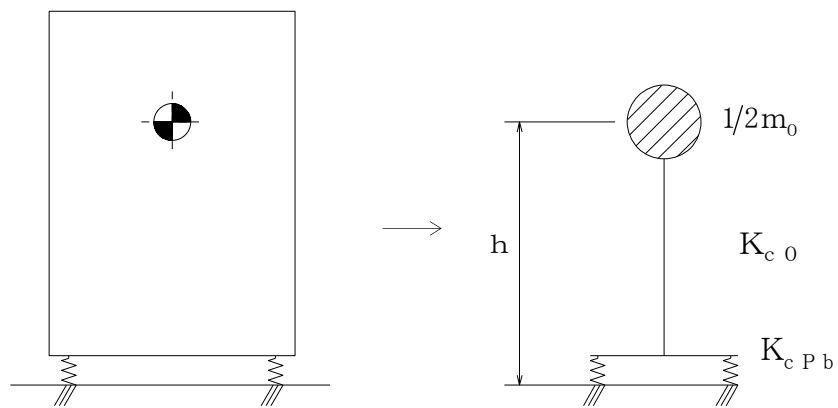
K_{cPB} は次式で表される。

$$K_{cPB} = K_{S1} \left(\frac{l_{Y1}}{h} \right)^2 + K_{S2} \left(\frac{l_{Y2}}{h} \right)^2 + K_{S3} \left(\frac{l_{Y1}}{h} \right)^2 + K_{S4} \left(\frac{l_{Y2}}{h} \right)^2$$

ここで、 K_{S1} 、 K_{P1} 及び K_{b1} は、長手方向と同様である。



第 3. 1. 2-8 図 長手方向の荷重条件



第 3. 1. 2-9 図 横方向の荷重条件

d. 水平方向固有周期計算方法4(第3.1.2-10図参照)

水平方向固有周期計算方法4における固有周期は、次式により算出する。

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \dots\dots\dots (3.1.2-13)$$

上記、振動系の角速度 (ω) は、次式により計算する。

(a) 振動系の角速度の計算方法1(4ラグ)

$$10^{-6} \times m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12} \delta_{21}) \omega^4 - 10^{-3} (\delta_{11} m_1 + \delta_{22} m_2) \omega^2 + 1 = 0$$

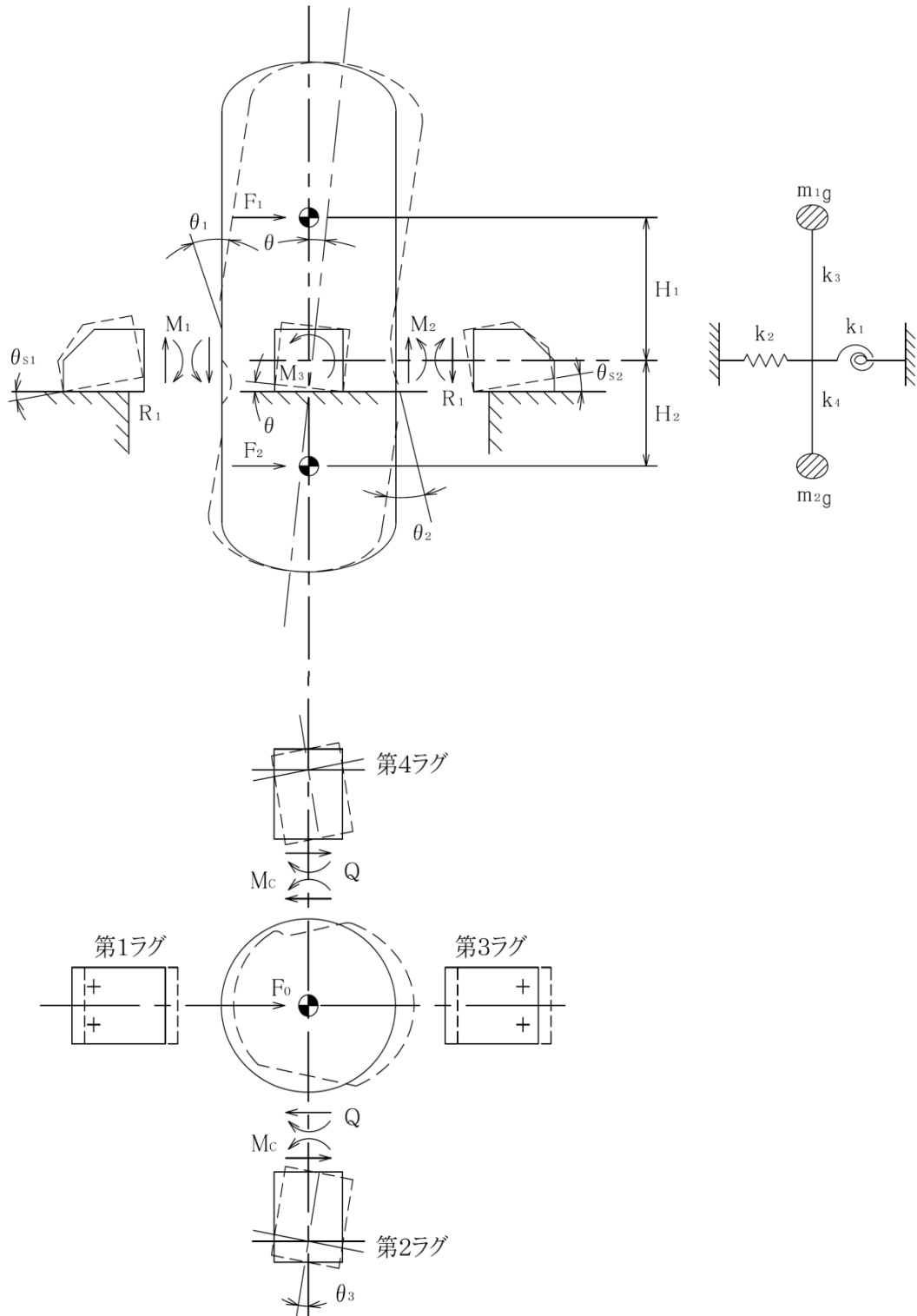
ここで、 δ_{11} 及び δ_{21} は容器上部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平変位量であり、 δ_{12} 及び δ_{22} は容器下部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平変位量である。

これらは、次式で表される。

$$\delta_{11} = \frac{H_1^2}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \frac{1}{k_2} - \frac{H_1 H_2}{k_1}$$

$$\delta_{22} = \frac{H_2^2}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_4}$$



第 3. 1. 2-10 図 水平方向固有周期 4 の変形

ばね定数の k_1 , k_2 , k_3 及び k_4 は、次式により算出する。

イ. 胴の中心軸の傾きに対するばね定数 k_1

ばね定数は、次式で表される。

$$k_1 = \frac{|F_1 H_1 - F_2 H_2|}{\theta}$$

ここで、 θ はそれぞれのラグ、取付ボルト及び胴について荷重、モーメント及び変位量の釣合条件の方程式を作ることにより、以下の計算により求める。

胴への荷重、モーメント及び胴の変位量について
水平力の釣合いより

$$F_0 = F_1 + F_2 = 2Q$$

モーメントの釣合いより

$$F_1 H_1 - F_2 H_2 - M_1 - M_2 - 2M_3 - 2R_1 r_m = 0$$

ここで、

$$r_m = (D_i + t)/2$$

モーメントによる第1及び第3ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は、シエルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 によって引用文献(2)の表より値を求めることにより、次式で表される。

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_1 = k_{12} \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

局部傾き角は、次式で表される。

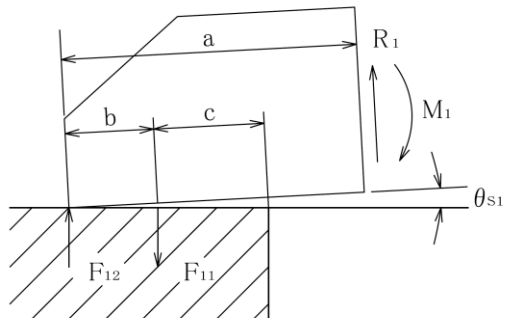
$$\theta_1 = \frac{M_1 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$\theta_2 = \frac{M_2 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

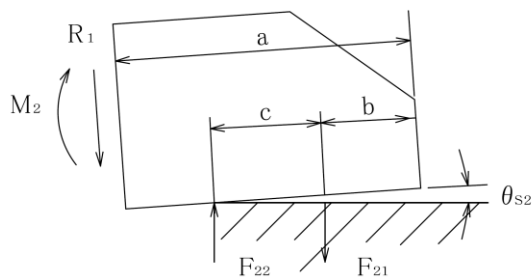
ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ 場合は、

$$\theta_1 = \frac{-M_1 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

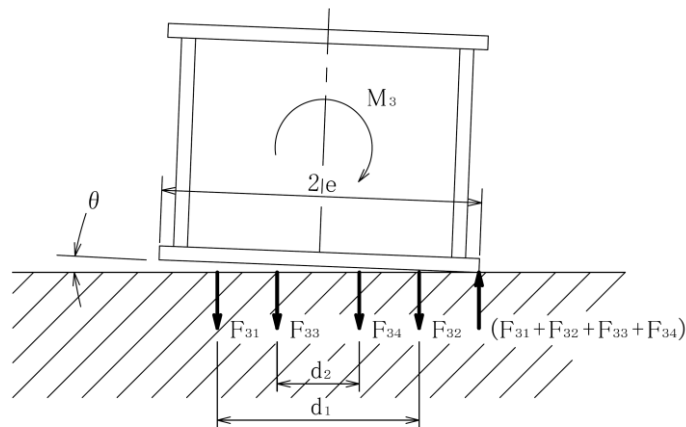
$$\theta_2 = \frac{-M_2 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$



第3.1.2-11図 第1ラグに作用する
モーメントと力



第3.1.2-12図 第3ラグに作用する
モーメントと力



第3.1.2-13図 第2及び第4ラグに作用するモーメントと力

第1ラグについて第3.1.2-11図のように傾いたとき

モーメントの釣合いより,

$$F_{12} a - F_{11} (a-b) + M_1 = 0$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$F_{12} (a-b-c) - F_{11} (a-b) + M_1 = 0$$

鉛直力の平衡条件より,

$$F_{12} - F_{11} + R_1 = 0$$

第3ラグについて第3.1.2-12図のように傾いたとき

モーメントの釣合いより,

$$F_{21} (a-b) - F_{22} (a-b-c) + M_2 = 0$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$F_{21} (a-b) - F_{22} a + M_2 = 0$$

鉛直力の平衡条件より,

$$F_{22} - F_{21} - R_1 = 0$$

第2及び第4ラグについて第3. 1. 2-13図のように傾いたとき

(イ) 取付ボルトが2本の場合

モーメントの釣合いより,

$$-F_{31} \frac{d_1}{2} + F_{32} \frac{d_1}{2} - (F_{31} + F_{32})e + M_3 = 0$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$-F_{31} \frac{d_1}{2} + F_{32} \frac{d_1}{2} + (F_{31} + F_{32})e + M_3 = 0$$

取付ボルトの伸びと力の関係より,

$$\frac{F_{31}}{e + \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{32}}{e - \frac{d_1}{2}}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$\frac{F_{31}}{e - \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{32}}{e + \frac{d_1}{2}}$$

ラグの基礎に対する傾き角は, 取付ボルトの伸びと力の平衡条件より, 次式で表される。

第1ラグについて,

$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b b}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

第3ラグについて,

$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b b}$$

第2及び第4ラグについて,

$$\theta = \frac{F_{31} L_b}{A_{be} E_b \left(e + \frac{d_1}{2} \right)}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は

$$\theta = \frac{F_{32} L_b}{A_{be} E_b \left(e + \frac{d_1}{2} \right)}$$

(ロ) 取付ボルトが4本の場合

モーメントの釣合いより,

$$-F_{31} \frac{d_1}{2} + F_{32} \frac{d_1}{2} - F_{33} \frac{d_2}{2} + F_{34} \frac{d_2}{2} - (F_{31} + F_{32} + F_{33} + F_{34}) e + M_3 = 0$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$-F_{31} \frac{d_1}{2} + F_{32} \frac{d_1}{2} - F_{33} \frac{d_2}{2} + F_{34} \frac{d_2}{2} + (F_{31} + F_{32} + F_{33} + F_{34}) e + M_3 = 0$$

取付ボルトの伸びと力の関係より,

$$\frac{F_{31}}{e + \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{32}}{e - \frac{d_1}{2}}, \quad \frac{F_{33}}{e + \frac{d_2}{2}} = \frac{F_{34}}{e - \frac{d_2}{2}}, \quad \frac{F_{31}}{e + \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{33}}{e + \frac{d_2}{2}}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$\frac{F_{31}}{e - \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{32}}{e + \frac{d_1}{2}}, \quad \frac{F_{33}}{e - \frac{d_2}{2}} = \frac{F_{34}}{e + \frac{d_2}{2}}, \quad \frac{F_{31}}{e - \frac{d_1}{2}} = \frac{F_{33}}{e - \frac{d_2}{2}}$$

ラグの基礎に対する傾き角は, 取付ボルトの伸びと力の平衡条件より, 次式で表される。

第1ラグについて,

$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b b}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

第3ラグについて,

$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

ただし, $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は,

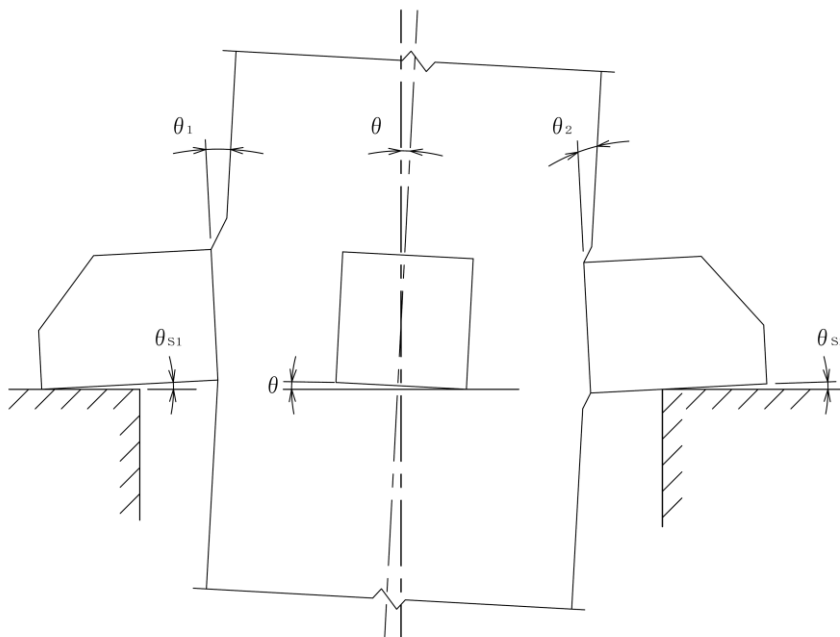
$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b b}$$

第2及び第4ラグについて,

$$\theta = \frac{F_{31} L_b}{A_{be} E_b \left(e + \frac{d_1}{2} \right)}$$

ただし、 $F_1H_1 < F_2H_2$ の場合は、

$$\theta = \frac{F_{32} L_b}{A_{be} E_b \left(e + \frac{d_1}{2} \right)}$$



第 3.1.2-14 図 モーメントによる胴及びラグの傾き角

$M_c = Q(a-b)(1-\epsilon)$ 胴中心軸の傾き角 θ 、ラグつけ根部の局部傾き角 θ_1 と θ_2 及びラグの基礎に対する傾き角 θ_{s1} と θ_{s2} の間には次の関係が成立する。

$$\theta_{s1} - \theta_1 + \theta = 0$$

$$\theta_{s2} - \theta_2 + \theta = 0$$

$$a\theta_{s1} - 2r_m\theta + (a-b-c)\theta_{s2} = 0$$

ただし、 $F_1H_1 < F_2H_2$ の場合は、

$$(a-b-c)\theta_{s1} - 2r_m\theta + a\theta_{s2} = 0$$

胴中心軸の傾き角 θ は、以上の式を連立させて解くことにより算出する。

- ロ. 胴の水平方向移動に対するばね定数 k_2
 ばね定数は、次式で表される。

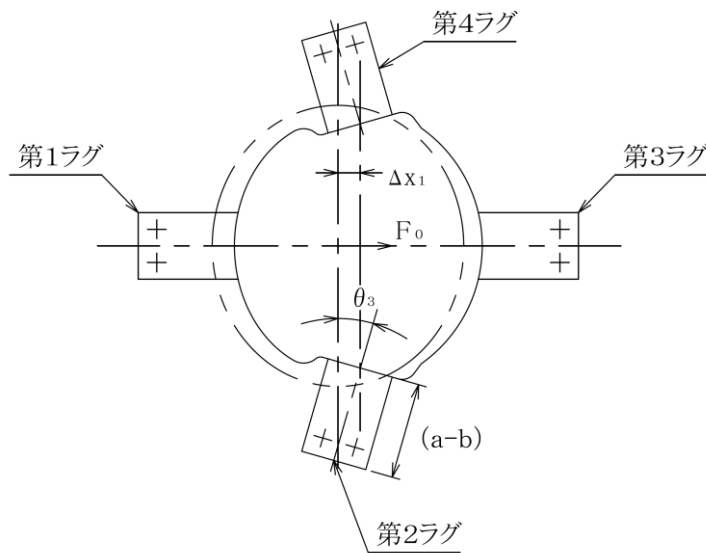
$$k_2 = \frac{F_0}{\Delta x_1}$$

ここで、

$$\Delta x_1 = (a-b) \theta_3$$

θ_3 は、次式により算出する。

第2及び第4ラグのモーメントの釣合いより、



第 3. 1. 2-15 図 水平力による胴の中心軸の変位量

水平力による第2及び第4ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は、同様にして、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_c によって引用文献(2)の表より値を求めることにより、次式で表される。

$$\theta_3 = \frac{M_c K_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

ここで、

$$\beta_c = k_{c2} \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

- ハ. 水平力による上部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_3
ばね定数は、次式で表される。

$$k_3 = \frac{F_1}{\Delta_{x2}}$$

ここで、

$$\Delta_{x2} = \frac{F_1 H_1^3}{3EI} + \frac{F_1 H_1}{G A_e}$$

胴の断面性能は、次式で表される。

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$

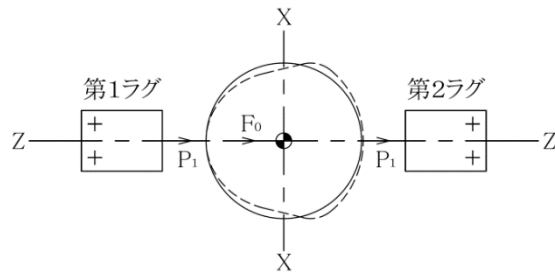
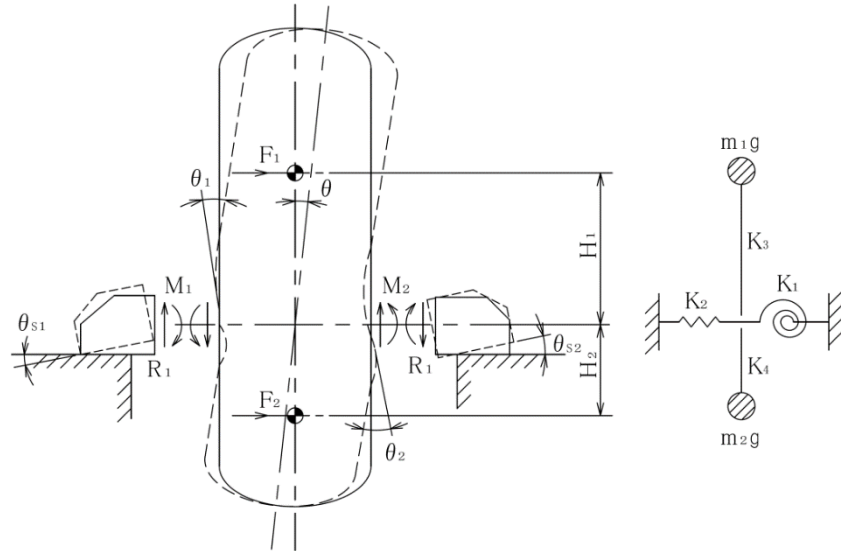
- 二. 水平力による下部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_4
ばね定数は、次式で表される。

$$k_4 = \frac{F_2}{\Delta_{x3}}$$

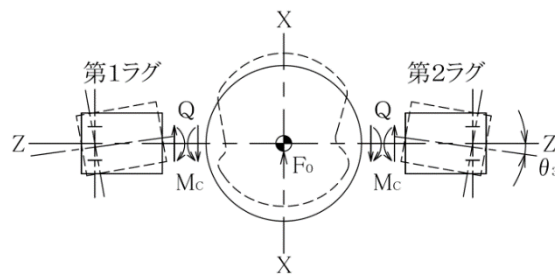
ここで、

$$\Delta_{x3} = \frac{F_2 H_2^3}{3EI} + \frac{F_2 H_2}{G A_e}$$

(b) 振動系の角速度の計算方法2(2ラグ)
 δ_{11} , δ_{21} , δ_{12} 及び δ_{22} は4ラグ同様。



a. Z方向地震の場合



b. X方向地震の場合

第 3. 1. 2-16 図 水平方向固有周期 4 の変形

ばね定数の k_1 , k_2 , k_3 及び k_4 は、次式により算出する。

イ. Z 方向

(イ) 胴の中心軸の傾きに対するばね定数 k_1

ばね定数は、次式で表される。

$$k_1 = \frac{|F_1 H_1 - F_2 H_2|}{\theta}$$

ここで、 θ はそれぞれのラグ、取付ボルト及び胴について荷重、モーメント及び変位量の釣合条件の方程式を作ることにより、以下の計算により求める。

胴への荷重、モーメント及び胴の変位量について
水平力の釣合いより、

$$F_0 = F_1 + F_2 = 2P_1$$

モーメントの釣合いより、

$$F_1 H_1 - F_2 H_2 - M_1 - M_2 - 2R_1 r_m = 0$$

ここで、

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

モーメントによる第1ラグ及び第2ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 によって引用文献(2)の表より値を求めることにより、次式で表される。

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_1 = k_{12} \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

局部傾き角は、次式で表される。

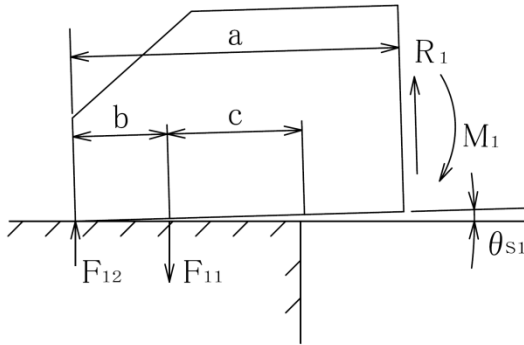
$$\theta_1 = \frac{M_1 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$\theta_2 = \frac{M_2 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

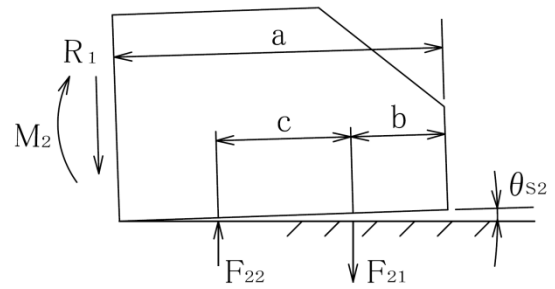
ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

$$\theta_1 = \frac{-M_1 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

$$\theta_2 = \frac{-M_2 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$



第3.1.2-17図 第1ラグに作用する
モーメントと力



第3.1.2-18図 第2ラグに作用する
モーメントと力

第1ラグについて第3.1.2-17図のように傾いたとき
モーメントの釣合いより、

$$F_{12}a - F_{11}(a-b) + M_1 = 0$$

ただし、 $F_1H_1 < F_2H_2$ の場合は、

$$F_{12}(a-b-c) - F_{11}(a-b) + M_1 = 0$$

鉛直力の平衡条件より、

$$F_{12} - F_{11} + R_1 = 0$$

第2ラグについて第3.1.2-18図のように傾いたとき
モーメントの釣合いより、

$$F_{21}(a-b) - F_{22}(a-b-c) + M_2 = 0$$

ただし、 $F_1H_1 < F_2H_2$ の場合は、

$$F_{21}(a-b) - F_{22}a + M_2 = 0$$

鉛直力の平衡条件より、

$$F_{22} - F_{21} - R_1 = 0$$

ラグの基礎に対する傾き角は、取付ボルトの伸びと力の平衡条件により、次式で表される。

第1ラグについて、

$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b b}$$

ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

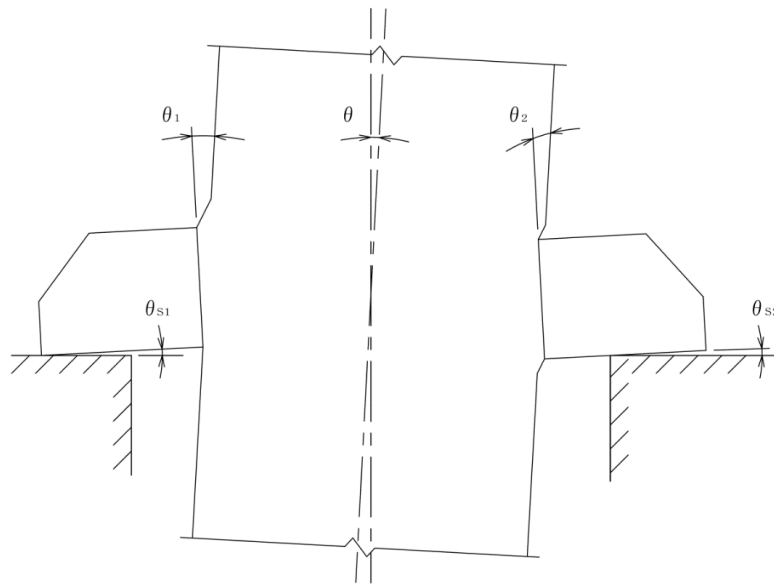
$$\theta_{s1} = \frac{F_{11} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

第2ラグについて、

$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b c}$$

ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

$$\theta_{s2} = \frac{F_{21} L_b}{n A_{be} E_b b}$$



第 3. 1. 2-19 図 転倒モーメントによる胴及びラグの傾き角

胴中心軸の傾き角 θ 、ラグつけ根部の局部傾き角 θ_1 と θ_2 及びラグの基礎に対する傾き角 θ_{s1} と θ_{s2} の間には次の関係が成立する。

$$\theta_{s1} - \theta_1 + \theta = 0$$

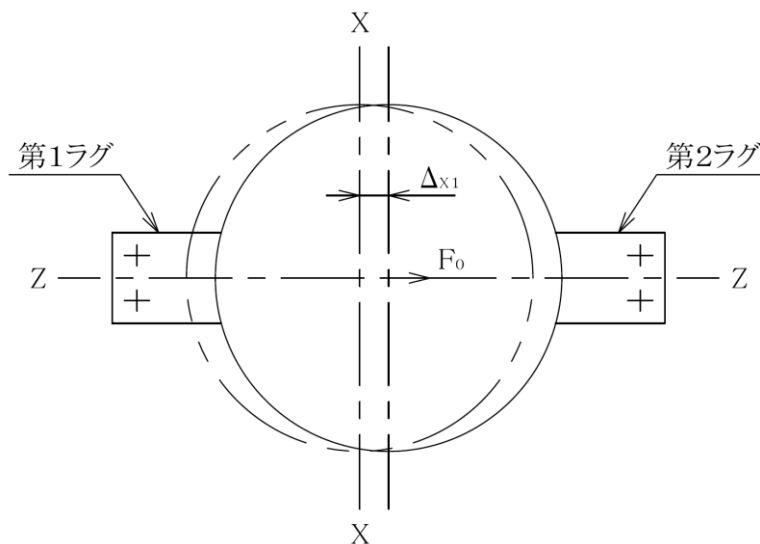
$$\theta_{s2} - \theta_2 + \theta = 0$$

$$a\theta_{s1} - 2r_m\theta + (a-b-c)\theta_{s2} = 0$$

ただし、 $F_1H_1 < F_2H_2$ の場合は、

$$(a-b-c)\theta_{s1} - 2r_m\theta + a\theta_{s2} = 0$$

胴中心軸の傾き角 θ は、以上の式を連立させて解くことにより算出する。



第 3. 1. 2-20 図 水平力による胴の中心軸の変位量

(ロ) 胴の水平方向移動に対するばね定数 k_2

ばね定数は、次式で表される。

$$k_2 = \frac{F_0}{\Delta_{x1}}$$

ここで、

$$\Delta_{x1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

- (ハ) 水平力による上部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_3
ばね定数は、次式で表される。

$$k_3 = \frac{F_1}{\Delta_{x2}}$$

ここで、

$$\Delta_{x2} = \frac{F_1 H_1^3}{3EI} + \frac{F_1 H_1}{GA_e}$$

胴の断面性能は、次式で表される。

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$

- (二) 水平力による下部側の胴の曲げ及びせん断せん断変形によるばね定数 k_4

ばね定数は、次式で表される。

$$k_4 = \frac{F_2}{\Delta_{x3}}$$

ここで、

$$\Delta_{x3} = \frac{F_2 H_2^3}{3EI} + \frac{F_2 H_2}{GA_e}$$

ロ. X方向

- (イ) 胴の中心軸の傾きに対するばね定数 k_1

ばね定数は、次式で表される。

$$k_1 = \frac{|F_1 H_1 - F_2 H_2|}{\theta}$$

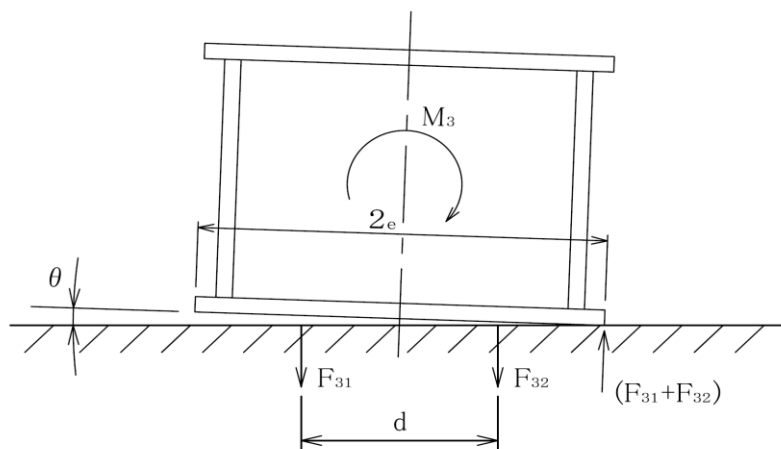
ここで、 θ はそれぞれのラグ、取付ボルト及び胴について荷重、モーメント及び変位量の釣合条件の方程式を作ることにより、次式で表される。

胴への荷重、モーメント及び胴の変位量について
水平力の釣合いより、

$$F_0 = F_1 + F_2 = 2Q$$

モーメントの釣合いより、

$$F_1 H_1 - F_2 H_2 - 2M_3 = 0$$



第3.1.2-21図 第1ラグ及び第2ラグに作用するモーメントと力

第1ラグ及び第2ラグについて第3.1.2-21図のように傾いたときモーメントの釣合いにより、

$$-F_{31} \frac{d}{2} + F_{32} \frac{d}{2} - (F_{31} + F_{32})e + M_3 = 0$$

ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

$$-F_{31} \frac{d}{2} + F_{32} \frac{d}{2} + (F_{31} + F_{32})e + M_3 = 0$$

取付ボルトの伸びと力の関係より、

$$\frac{F_{31}}{e + \frac{d}{2}} = \frac{F_{32}}{e - \frac{d}{2}}$$

ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

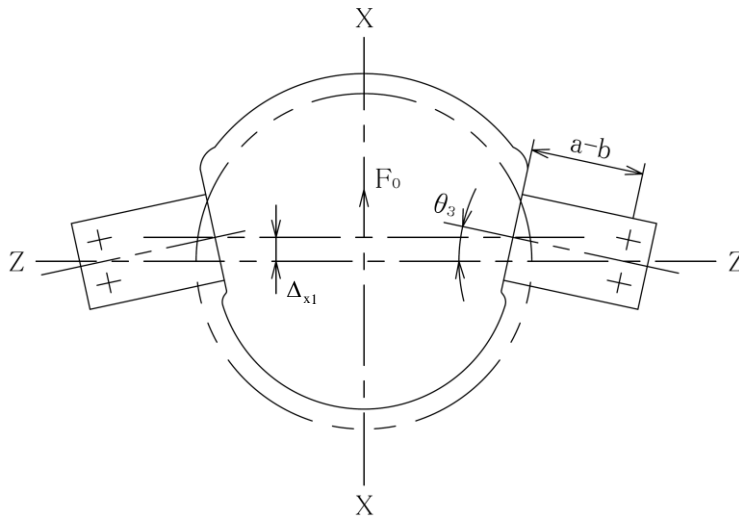
$$\frac{F_{31}}{e - \frac{d}{2}} = \frac{F_{32}}{e + \frac{d}{2}}$$

第1ラグ及び第2ラグについて、

$$\theta = \frac{F_{31} L_b}{A_{b e} E_b \left(e + \frac{d}{2} \right)}$$

ただし、 $F_1 H_1 < F_2 H_2$ の場合は、

$$\theta = \frac{F_{32} L_b}{A_{b e} E_b \left(e + \frac{d}{2} \right)}$$



第 3. 1. 2-22 図 水平力による胴の中心軸の変位量

(ロ) 胴の水平方向移動に対するばね定数 k_2

ばね定数は下記計算より算出する。

$$k_2 = \frac{F_0}{\Delta_{x1}}$$

ここで、

$$\Delta_{x1} = (a-b)\theta_3$$

θ_3 は、次式により算出する。

第1ラグ及び第2ラグのモーメントの釣合いより、

$$M_c = Q(a-b)(1-\epsilon)$$

水平力による第1ラグ及び第2ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は、同様に、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_c によって引用文献(2)の表より値を求めることにより、次式で表される。

$$\theta_3 = \frac{M_c K_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

ここで、

$$\beta_c = k_{c2} \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

- (ハ) 水平力による上部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_3
ばね定数は、次式で表される。

$$k_3 = \frac{F_1}{\Delta_{x2}}$$

ここで、

$$\Delta_{x2} = \frac{F_1 H_1^3}{3EI} + \frac{F_1 H_1}{GA_e}$$

胴の断面性能は、次式で表される。

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$

- (二) 水平力による下部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_4
ばね定数は、次式で表される。

$$k_4 = \frac{F_2}{\Delta_{x3}}$$

ここで、

$$\Delta_{x3} = \frac{F_2 H_2^3}{3EI} + \frac{F_2 H_2}{GA_e}$$

(c) 振動系の角速度の計算方法3 (2ラグ角型) (第3.1.2-23図参照)

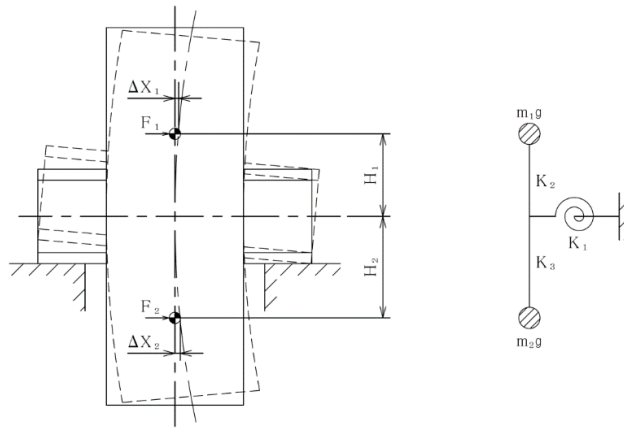
δ_{11} 及び δ_{21} は容器上部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部重心及び下部重心の水平方向変位量であり、 δ_{12} 及び δ_{22} は容器下部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平方向変位量である。

これらは、次式で表される。

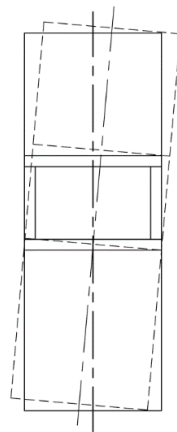
$$\delta_{11} = \frac{H_1^2}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \frac{H_1 H_2}{k_1}$$

$$\delta_{22} = \frac{H_2^2}{k_1} + \frac{1}{k_3}$$

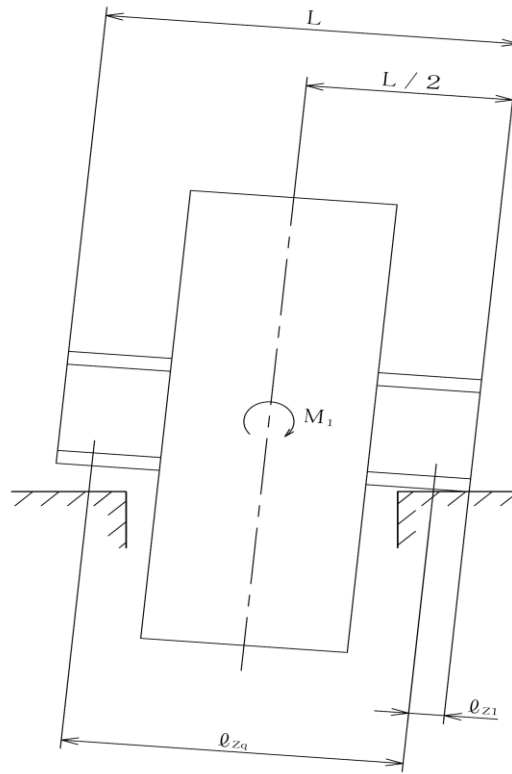


(a) Z方向の場合

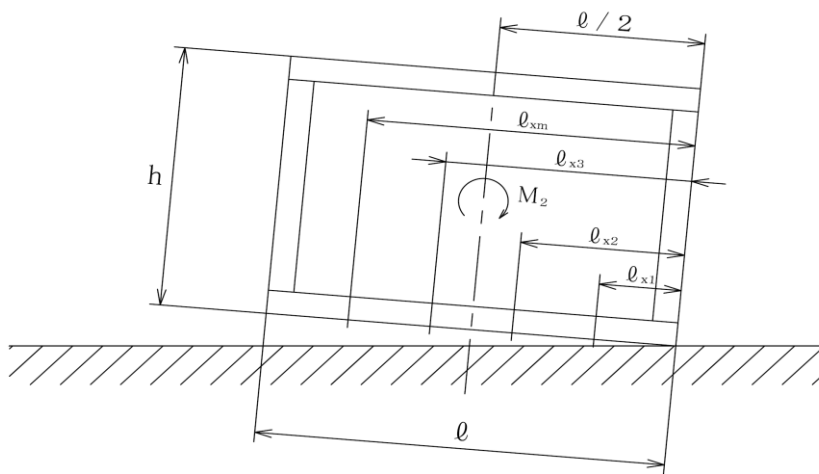


(b) X方向の場合

第3.1.2-23図 計算モデル3の変形



第 3. 1. 2-24 図 Z 方向地震によりラグに作用するモーメント



第 3. 1. 2-25 図 X 方向地震によりラグに作用するモーメント

ばね定数の k_1 , k_2 及び k_3 は、次式により算出する。

イ. 胴の中心軸の傾きに対するばね定数 k_1

ばね定数は、次式で表される。

(イ) Z方向の場合

$$k_1 = \frac{A_b E_b \left(\sum_{j=1}^n N_{z j} l_{z j}^2 \right)}{L_b}$$

(ロ) X方向の場合

$$k_1 = \frac{A_b E_b \left(\sum_{i=1}^m N_{x i} l_{x i}^2 \right)}{L_b}$$

ロ. 水平力による上部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_2

ばね定数

$$k_2 = \frac{F_1}{\Delta_{x 1}}$$

(イ) Z方向の場合

$$\Delta_{x 1} = \frac{F_1 H_1^3}{3 E I_x} + \frac{F_1 H_1}{G A_{e z}}$$

(ロ) X方向の場合

$$\Delta_{x 1} = \frac{F_1 H_1^3}{3 E I_z} + \frac{F_1 H_1}{G A_{e x}}$$

ハ. 水平力による下部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数 k_3

ばね定数は、次式で表される。

$$k_3 = \frac{F_2}{\Delta_{x 2}}$$

ここで、

(イ) Z方向地震の場合

$$\Delta_{x 2} = \frac{F_2 H_2^3}{3 E I_x} + \frac{F_2 H_2}{G A_{e z}}$$

(ロ) X方向地震の場合

$$\Delta_{x 2} = \frac{F_2 H_2^3}{3 E I_z} + \frac{F_2 H_2}{G A_{e x}}$$

- (d) 振動系の角速度の計算方法 4

$$\omega_v^2 = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{k_3 + k_4}{m_1} + \frac{k_4}{m_2} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{k_3 + k_4}{m_1} + \frac{k_4}{m_2} \right)^2 - \frac{4k_3 k_4}{m_1 m_2}} \right\}$$

- e. 水平方向固有周期計算方法 5

水平方向固有周期計算方法 5 は、次式により算出する。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_5}{10^3} \left(\frac{L^3}{48E_5 I_{y5}} + \frac{L}{4A_{s5} G_5} \right)} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-14)$$

- f. 水平方向固有周期計算方法 6

水平方向固有周期計算方法 6 は、次式により算出する。

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{m_i}{10^3} \left(\frac{h_i^3}{3E_i I_i} + \frac{h_i}{A_{s_i} G_i} \right)} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-15)$$

- g. 水平方向固有周期計算方法 7

水平方向固有周期計算方法 7 は、次式により算出する。

$$T_6 = 2\pi \sqrt{\frac{(m_6 + m_7)}{10^3} \left\{ \frac{\left(\frac{h_6^3}{3E_6 I_6} + \frac{h_6}{A_{s6} G_6} \right) \left(\frac{h_7^3}{3E_7 I_7} + \frac{h_7}{A_{s7} G_7} \right)}{\left(\frac{h_6^3}{3E_6 I_6} + \frac{h_7^3}{3E_7 I_7} + \frac{h_6}{A_{s6} G_6} + \frac{h_7}{A_{s7} G_7} \right)} \right\}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-16)$$

- h. 水平方向固有周期計算方法 8

水平方向固有周期計算方法 8 は、次式により算出する

$$T_6 = 2\pi \sqrt{\frac{m_6}{10^3} \frac{1}{K}} \quad \dots\dots\dots (3.1.2-17)$$

上記、ばね定数 (1/K) は、設備の支持構造と考慮する変形モードに応じ、次式により計算する。

(a) ばね定数計算方法9

$$\frac{1}{K} = \frac{h_6^3}{3E_6I_6} + \frac{h_6}{A_{s6}G_6} - \frac{\left\{ \frac{h_6}{A_{s6}G_6} + \frac{h_6^2(3H-h_6)}{6E_6I_6} \right\}^2}{\frac{H^3}{3E_6I_6} + \frac{H}{A_{s6}G_6}}$$

i. 水平方向固有周期計算方法 9

水平方向固有周期計算方法 9 は、次式により算出する

$$T = \frac{2\pi h^2}{\lambda^2} \sqrt{\frac{m_1}{10^3 E h I_1}} \dots\dots\dots (3.1.2-18)$$

j. 水平方向固有周期計算方法 10

水平方向固有周期計算方法 10 は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3(8m_H + 3\omega L)}{10^3 \times 24 E I_y}} \dots\dots\dots (3.1.2-19)$$

(2) 鉛直方向固有周期の計算方法

機器の鉛直固有周期計算方法は、大きく分類すると 7 種類の計算方法を使用している。また、固有周期計算に使用するばね定数は、4 種類の計算方法がある。

以下に固有周期計算方法及びばね定数計算方法を示す。

a. 鉛直方向固有周期計算方法 1 (第 3.1.2-26 図参照)

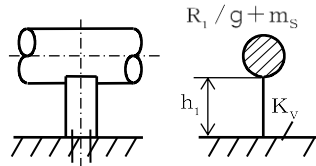
鉛直方向固有周期計算方法 1 は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R_1}{g} + m_s}{10^3 K_c}} \dots\dots\dots (3.1.2-20)$$

(a) ばね定数計算方法1

ばね定数 K_V は、設備の支持構造と考慮する変形モードに応じ、次式により計算する

$$K_V = \frac{1}{\frac{l_g}{EA}} \dots \dots \dots (3.1.2-21)$$



第3.1.2-26図 ばね定数計算方法1の荷重条件

(b) ばね定数計算方法2

$$K_V = \frac{F_V}{\delta_V} \dots \dots \dots (3.1.2-22)$$

$$\delta_V = \Delta_{y2} + \Delta_{y3} + \Delta_{y4}$$

ここで、

支持脚の圧縮変位 Δ_{y2} は、次式で表される。

$$\Delta_{y2} = \frac{F_V l}{4 A_s E_s}$$

胴の圧縮変位 Δ_{y3} は、次式で表される。

$$\Delta_{y3} = \frac{F_V (l_g - l)}{A E}$$

運転時質量による胴の脚付け根部における局部傾き角 θ (rad)による鉛直方向変位 Δ_{y4} は、次式で表される。

$$\Delta_{y4} = \theta u$$

(c) ばね定数計算方法3

$$K_1 = \frac{1}{\frac{h_1^2 (3h_2 - h_1)}{6 E_s I_z} + \frac{(h_2 - h_1) h_1 (h_2 - h_1 / 2)}{E_s I_z} + \frac{h_1}{G_s A_{s4}}} \dots \dots (3.1.2-23)$$

水平方向ばね定数5と同様であるが、記号は異なる。

- (d) ばね定数計算方法4
ばね定数計算方法1と同様である。

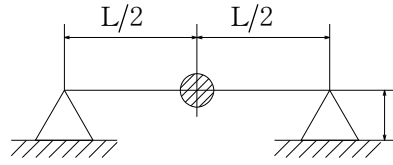
$$K_v = \frac{1}{\frac{1}{E A_B} + \frac{l_s}{E_s A}} \dots\dots\dots (3.1.2-24)$$

- b. 鉛直方向固有周期計算方法2 (第3.1.2-27 図参照)
鉛直方向固有周期計算方法2は、次式により算出する。

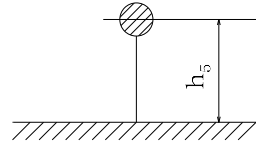
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_5}{10^3} \left(\frac{L^3}{48 E_5 I_{x5}} + \frac{L}{4 A_{s y 5} G_5} \right)} \dots\dots\dots (3.1.2-25)$$

- c. 鉛直方向固有周期計算方法3 (第3.1.2-27 図参照)
鉛直方向固有周期計算方法3は、次式により算出する。

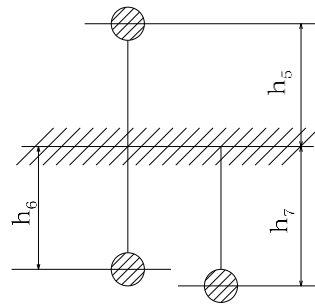
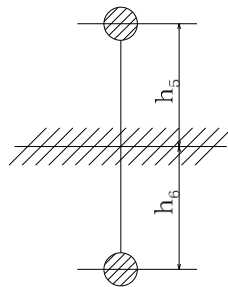
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 h}{10^3 b E t_3}} \dots\dots\dots (3.1.2-26)$$



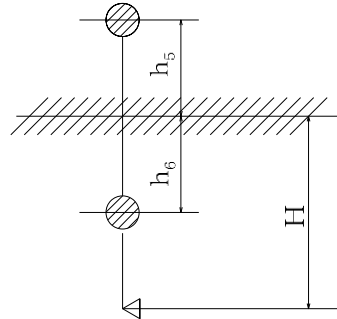
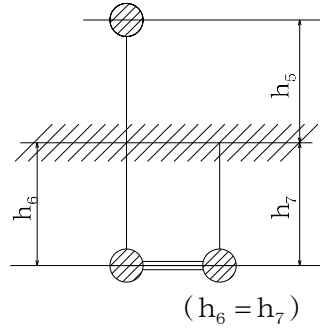
鉛直方向固有周期計算方法 2 モデル



鉛直方向固有周期計算方法 3 モデル



鉛直方向固有周期計算方法 3 モデル



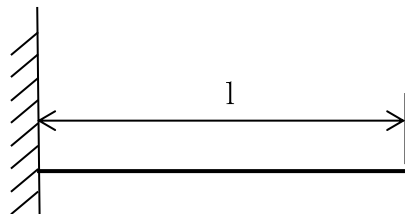
鉛直方向固有周期計算方法 3 モデル

第 3.1.2-27 図 鉛直方向固有周期計算方法 2 及び 3 の荷重条件

- d. 鉛直方向固有周期計算方法 4 (第 3.1.2-28 図参照)

鉛直方向固有周期計算方法 4 は、次式により算出する。

$$T = \frac{2\pi l^2}{\lambda_1^2} \sqrt{\frac{m}{10^3 E I I}} \dots\dots\dots (3.1.2-27)$$

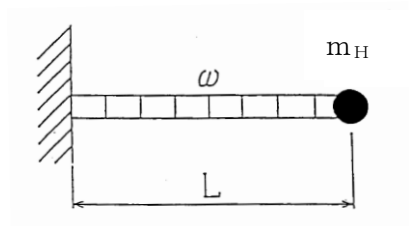


第 3.1.2-28 図 鉛直方向固有周期計算方法 4 の荷重条件

- e. 鉛直方向固有周期計算方法 5 (第 3.1.2-29 図参照)

鉛直方向固有周期計算方法 5 は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3 \left(8 \left(m_H + \frac{W_F}{g} \right) + 3\omega L \right)}{10^3 \times 24 E I_x}} \dots\dots\dots (3.1.2-28)$$



第 3.1.2-29 図 鉛直方向固有周期計算方法 5 の荷重条件

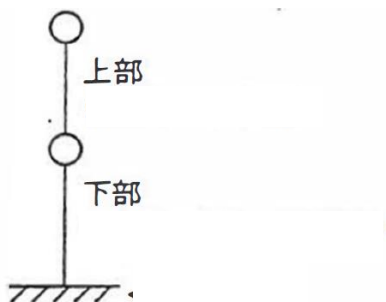
f. 鉛直方向固有周期計算方法 6 (第 3.1.2-30 図参照)

鉛直方向固有周期計算方法 6 は、次式により算出する。

$$T = \frac{2\pi}{\omega_v} \dots\dots\dots (3.1.2-29)$$

上記、振動系の角速度 ω_v は、次式により計算する。

$$\omega_v^2 = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{k_3 + k_4}{m_1} + \frac{k_4}{m_2} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{k_3 + k_4}{m_1} + \frac{k_4}{m_2} \right)^2 - \frac{4k_3 k_4}{m_1 m_2}} \right\} \dots\dots\dots (3.1.2-30)$$

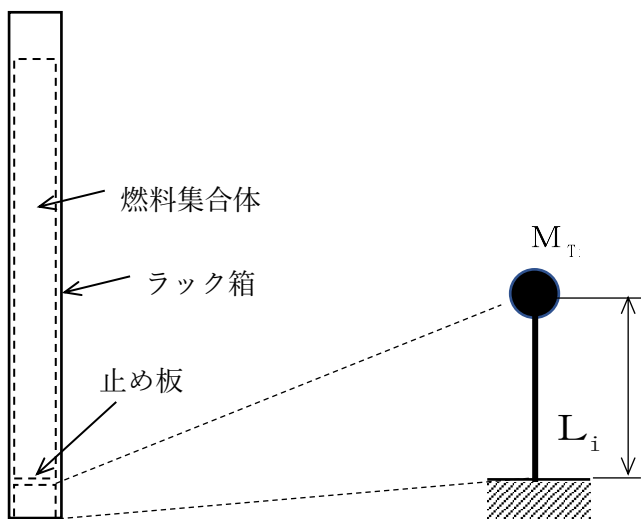


第 3.1.2-30 図 鉛直方向固有周期 6 の荷重条件

g. 鉛直方向固有周期計算方法 7 (第 3.1.2-31 図参照)

鉛直方向固有周期計算方法 7 は、次式により算出する。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M_T L_i}{E A_i}} \dots\dots\dots (3.1.2-31)$$



第 3.1.2-31 図 鉛直方向固有周期 7 の荷重条件

3.1.3 応力の計算方法

3.1.3.1 胴板の応力

容器（胴板等）の応力は、機器の剛性、質量、支持状態等を考慮した自重、鉛直地震、水平地震により生じる応力を算出し、それらを組合せて求める。

3.1.3.1.1 計算方法(イ)…………… (3.1.3.1.1-1)

ここでは、下端固定の計算方法を基本として記載し、支持方法によって計算式が異なる場合は、条件に応じた計算式を条件ごとに示す。

胴板の一次一般膜応力 σ_0 、一次+二次応力 σ_2 及び座屈評価は、次式により算出する。

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭又は内圧による応力は、次式で表される。

静水頭による場合(鉛直方向地震時含む)

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' H D_i}{2 t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' H D_i C_v}{2 t}$$

$$\sigma_{\chi} = 0$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{1 P_r (D_i + 1.2 t)}{2 t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0$$

$$\sigma_{\chi 1} = \frac{1 P_r (D_i + 1.2 t)}{4 t}$$

(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等の接合部に生じる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は、次式で表される。なお、有限要素モデルにて荷重を求め、運転時質量及び鉛直方向地震に対して曲げモーメント及びせん断力が生じる場合は、(3)項の計算式を用い、応力を求める。

$$\sigma_{\chi 2} = \frac{m_e g}{\pi (D_i + t) t}$$

$$1 \sigma_{\chi 3} = \frac{C_v m_e g}{\pi (D_i + t) t}$$

また、接合部より下部の胴板に作用する、下部の胴板自身の質量と内容物の質量により生じる引張応力は、次式で表される。

$$1 \sigma_{\chi 2 1} = \frac{(m_o - m_e) g}{\pi (D_i + t) t}$$

$$1 \sigma_{\chi 3 1} = \frac{(m_o - m_e) g C_v}{\pi (D_i + t) t}$$

(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、次式で表される。

(下端固定の場合)

スカート支持では、下記式の h_1 を l に読み替える。

$${}_1\sigma_{\chi^4} = \frac{4 C_H m_i g h_1}{\pi (D_i + t)^2 t}$$

$$\tau = \frac{2 C_H m_i g}{\pi (D_i + t) t}$$

(下端固定上端支持の場合)

$${}_1\sigma_{\chi^4} = \frac{4 C_H m_o g \left| 1 - \frac{{}_1Q'}{{}_1Q} (1 + l_r) \right|}{\pi (D_i + t)^2 t}$$

$${}_1\tau = \frac{2 C_H m_o g \left(1 - \frac{{}_1Q'}{{}_1Q} \right)}{\pi (D_i + t) t}$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって算出される胴板の応力は、以下により組み合わせられる。

a. 一次一般膜応力

組合せ引張応力は、次式で表される。

$${}_1\sigma_{\phi t} = \frac{1}{2} \left\{ {}_1\sigma_{\phi} + {}_1\sigma_{\chi t} + \sqrt{\left({}_1\sigma_{\phi} - {}_1\sigma_{\chi t} \right)^2 + 4 {}_1\tau^2} \right\}$$

ここで、

【絶対値和】

$${}_1\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{\chi t} = \sigma_{\chi 1} - \sigma_{\chi 2} + {}_1\sigma_{\chi 3} + {}_1\sigma_{\chi 4}$$

(スカート支持の場合)

$${}_1\sigma_{\chi t} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_1\sigma_{\chi 4} + {}_1\sigma_{\chi 5}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{\chi t} = \sigma_{\chi 1} + {}_1\sigma_{\chi 2 1} + {}_1\sigma_{\chi 3 1} + {}_1\sigma_{\chi 4}$$

【SRSS法】

$${}_1\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{\chi t} = \sigma_{\chi 1} - \sigma_{\chi 2} + \sqrt{{}_1\sigma_{\chi 3}^2 + {}_1\sigma_{\chi 4}^2}$$

(スカート支持の場合)

$${}_1\sigma_{\chi t} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{{}_1\sigma_{\chi 4}^2 + {}_1\sigma_{\chi 5}^2}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} + {}_1\sigma_{x 2 1} + \sqrt{{}_1\sigma_{x 3 1}^2 + {}_1\sigma_{x 4}^2}$$

組合せ圧縮応力は $\sigma_{\chi c}$ が正の値(圧縮側)のとき、次式で表される。

$${}_1\sigma_{0 c} = \frac{1}{2} \left\{ {}_1\sigma_{\phi} + {}_1\sigma_{\chi c} + \sqrt{({}_1\sigma_{\phi} - {}_1\sigma_{\chi c})^2 + 4{}_1\tau^2} \right\}$$

ここで、

【絶対値和】

$${}_1\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{\chi c} = -\sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_1\sigma_{\chi 3} + {}_1\sigma_{\chi 4}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{x c} = -\sigma_{x 1} - {}_1\sigma_{x 2 1} + {}_1\sigma_{x 3 1} + {}_1\sigma_{x 4}$$

【SRSS法】

$${}_1\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{\chi c} = -\sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{{}_1\sigma_{\chi 3}^2 + {}_1\sigma_{\chi 4}^2}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{x c} = -\sigma_{x 1} + {}_1\sigma_{x 2 1} + \sqrt{{}_1\sigma_{x 3 1}^2 + {}_1\sigma_{x 4}^2}$$

したがって、胴板に生じる一次一般膜応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_0 = \max[{}_1\sigma_{0 t}, {}_1\sigma_{0 c}]$$

一次応力は一次一般膜応力と同じであるので省略する。

b. 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

組合せ引張応力は、次式で表される。

$${}_1\sigma_{2 t} = -{}_1\sigma_{2 \phi} + {}_1\sigma_{2 \chi t} + \sqrt{({}_1\sigma_{2 \phi} - {}_1\sigma_{2 \chi t})^2 + 4{}_1\tau^2}$$

ここで、

【絶対値和】

$${}_1\sigma_{2 \phi} = \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{2 \chi t} = {}_1\sigma_{\chi 3} + {}_1\sigma_{\chi 4}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{2 x t} = {}_1\sigma_{x 3 1} + {}_1\sigma_{x 4}$$

【SRSS法】

$${}_1\sigma_{2\phi} = \sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{2xt} = \sqrt{{}_1\sigma_{x3}^2 + {}_1\sigma_{x4}^2}$$

(接合部より下部の胴板の場合)

$${}_1\sigma_{2xt} = \sqrt{{}_1\sigma_{x31}^2 + {}_1\sigma_{x4}^2}$$

組合せ圧縮応力は、次式で表される。

$${}_1\sigma_{2c} = {}_1\sigma_{2\phi} + {}_1\sigma_{2xc} + \sqrt{({}_1\sigma_{2\phi} - {}_1\sigma_{xc})^2 + 4{}_1\tau^2}$$

ここで、

【絶対値和】

$${}_1\sigma_{2\phi} = -\sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{xc} = -{}_1\sigma_{x3} + {}_1\sigma_{x4}$$

【SRSS法】

$${}_1\sigma_{2\phi} = -\sigma_{\phi 2}$$

$${}_1\sigma_{2xc} = \sqrt{{}_1\sigma_{x3}^2 + {}_1\sigma_{x4}^2}$$

したがって、地震動のみによる一次+二次応力の変動値の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max[{}_1\sigma_{2t}, {}_1\sigma_{2c}]$$

(5) 胴の座屈評価

圧縮膜応力は次式を満足すること。

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

$$\frac{\eta({}_1\sigma_{x2} + {}_1\sigma_{x3})}{1.5 f_c} + \frac{\eta {}_1\sigma_{x4}}{1.5 f_b} \leq 1$$

ここで、 f_c は次によるものとする。

$$\frac{D_i + 2t}{2t} \leq \frac{1200 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = F$$

$$\frac{1200 \text{ g}}{F} < \frac{D_i + 2t}{2t} < \frac{8000 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = F \left[1 - \frac{1}{6800 \text{ g}} \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000 \text{ g}}{F} \right) \right\} \left(\frac{D_i + 2t}{2t} - \frac{1200 \text{ g}}{F} \right) \right]$$

$$\frac{8000 \text{ g}}{F} \leq \frac{D_i + 2 t}{2 t} \leq 800 \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = \phi_1 \left(\frac{D_i + 2 t}{2 t} \right)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

また、 f_b は次によるものとする。

$$\frac{D_i + 2 t}{2 t} \leq \frac{1200 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = F$$

$$\frac{1200 \text{ g}}{F} < \frac{D_i + 2 t}{2 t} < \frac{9600 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = F \left[1 - \frac{1}{8400 \text{ g}} \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600 \text{ g}}{F} \right) \right\} \left(\frac{D_i + 2 t}{2 t} - \frac{1200 \text{ g}}{F} \right) \right]$$

$$\frac{9600 \text{ g}}{F} \leq \frac{D_i + 2 t}{2 t} \leq 800 \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = \phi_2 \left(\frac{D_i + 2 t}{2 t} \right)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

η は安全率で次による値とする。

$$\frac{D_i + 2 t}{2 t} \leq \frac{1200 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1$$

$$\frac{1200 \text{ g}}{F} < \frac{D_i + 2 t}{2 t} < \frac{8000 \text{ g}}{F} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 F}{6800 \text{ g}} \left(\frac{D_i + 2 t}{2 t} - \frac{1200 \text{ g}}{F} \right)$$

$$\frac{8000 \text{ g}}{F} \leq \frac{D_i + 2 t}{2 t} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1.5$$

(6) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. 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、次式で表される。

$$\sigma_{s11} = \frac{m_0 g}{\{\pi(D_s + t_s) - Y\} t_s}$$

$$\sigma_{s21} = \frac{m_0 g C_v}{\{\pi(D_s + t_s) - Y\} t_s}$$

b. 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は曲げモーメントが作用する。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、次式で表される。

(下端固定の場合)

$$\sigma_{s31} = \frac{{}_1M_s}{(D_s + t_s) t_s \left\{ \frac{\pi}{4} (D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}}$$

$${}_1\tau_{s31} = \frac{2 C_H m_0 g}{\{\pi(D_s + t_s) - Y\} t_s}$$

ここで、

$${}_1M_s = C_H m_0 g (l_s + l)$$

(下端固定上端支持の場合)

軸方向応力は ${}_1\sigma_{s2}$ 算出の計算式で表されるが、曲げモーメント ${}_1M_s$ は次の ${}_1M_{s1}$ 及び ${}_1M_{s2}$ のいずれか大きい方の値とする。

$${}_1M_{s1} = C_H m_0 g \left| 1 - \frac{{}_1Q'}{{}_1Q} (1 + l_r) \right|$$

$${}_1M_{s2} = C_H m_0 g \left| l_s + 1 - \frac{{}_1Q'}{{}_1Q} (l_s + 1 + l_r) \right|$$

$${}_1\tau_{s31} = \frac{2 C_H m_0 g \left(1 - \frac{{}_1Q'}{{}_1Q} \right)}{\{\pi(D_s + t_s) - Y\} t_s}$$

(7) ボルト等に作用する荷重

a. せん断力

基礎ボルト1本当たりのせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

(下端固定の場合)

$$Q_b = \frac{C_H m_0 g}{n}$$

(下端固定上端支持の場合)

$$Q_b = \frac{C_H m_0 g \left(1 - \frac{{}_i Q'}{{}_i Q} \right)}{n}$$

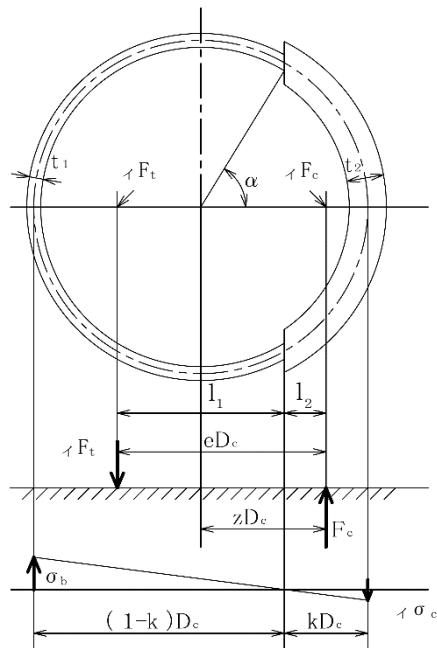
(中間支持の場合)

$$Q_b = \frac{\sum_{i=1}^2 C_H m_i g}{n}$$

b. 引張力

(下端固定及び下端固定上端支持の場合)

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、荷重と変形の釣合条件を考慮することにより求めることができる(第3.1.3.1.1-1図参照)。ここで、基礎に作用する転倒モーメント ${}_i M_s$ は支持条件に応じて、(6)b.の値を用いる。



第3.1.3.1.1-1図 基礎の荷重説明図

以下にその手順を示す。

$$t_1 = \frac{n A_b}{\pi D_c}$$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{b_o} - D_{b_i}) - t_1$$

(a) σ_b 及び ${}_i\sigma_c$ を仮定して係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s {}_i\sigma_c}}$$

(b) α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - 2k)$$

(c) 各定数 e , z , C_t 及び C_c を算出する。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cos^2 \alpha + \frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \sin \alpha \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cos \alpha + \alpha \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \left\{ \cos \alpha + \left(\frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cos \alpha + \alpha \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha} \right) \right\}$$

$$C_t = \frac{2\{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha}$$

$$C_c = \frac{2(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha}$$

(d) 各定数を用いて ${}_iF_t$ 及び ${}_iF_c$ を求める。

【絶対値和】

$${}_iF_t = \frac{C_H m_0 g l_g - (1 - C_v) m_0 g z D_c}{e D_c}$$

$${}_iF_c = {}_iF_t + (1 - C_v) m_0 g$$

【SRSS法】

$${}_iF_t = \frac{1}{e D_c} \sqrt{(C_H m_0 g l_g)^2 + \{C_v m_0 g (z - e) D_c\}^2} - \frac{z}{e} m_0 g$$

$${}_iF_c = \frac{1}{e D_c} \sqrt{(C_H m_0 g l_g)^2 + \{C_v m_0 g (z - e) D_c\}^2} + \left(1 - \frac{z}{e}\right) m_0 g$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α が π に等しくなったときであるので、 e 及び z 算出式において α を π に近づけた場合の値 $e=0.75$ 及び $z=0.25$ を ${}_iF_t$ 算出式に代入し、得られる ${}_iF_t$ の値によって引張力の有無を次のように判定できる。

${}_1F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

${}_1F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので以降の計算を行う。

(e) σ_b 及び ${}_1\sigma_c$ を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 {}_1F_t}{t_1 D_c C_t}$$

$${}_1\sigma_c = \frac{2 {}_1F_c}{(t_2 + s t_1) D_c C_c}$$

σ_b 及び ${}_1\sigma_c$ が a. にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。

(f) ボルト1本当たりの引張力を求める。

$$F_b = \sigma_b A_b$$

(中間支持の場合)

同一ピッチ円上の取付ボルトに対する引張力は、支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として支点から最も離れた取付ボルトについて算出する。

【絶対値和】

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^2 C_H m_i g h_i - \sum_{i=1}^2 \{m_i g (1 - C_v)\} \frac{D_c}{2}}{\frac{3}{8} n_f D_c}$$

【SRSS法】

$$F_b = \frac{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^2 C_H m_i g h_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^2 m_i g C_v \frac{D_c}{2}\right)^2} - m_i g \frac{D_c}{2}}{\frac{3}{8} n_f D_c}$$

3.1.3.1.2 計算方法(ロ)…………… (3.1.3.1.2-1)

側板の一次一般膜応力 σ_0 及び一次+二次応力 σ_2 は、次式により算出する。

(1) 内圧による応力

側板の内圧による応力は、等分布荷重が作用する a_t 及び b_t の長方形板の応力として、次式で表される。なお、 β_1 及び β は、長方形板の支持条件及び b_t/a_t により求められる。

$$\square\sigma_{P1} = \frac{P_r \cdot 6 \cdot \beta_1 \cdot a_t^2}{t^2}$$

$$\square\sigma_{P2} = \frac{P_r \cdot 6 \cdot \beta \cdot a_t^2}{t^2}$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

運転時質量及び鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\square\sigma_{x1} = \frac{m_0 g}{2A}$$

$$\square\sigma_{x2} = \frac{C_V m_0 g}{2A}$$

(3) 長手方向地震による応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\square\sigma_{x3} = \frac{\square M_1}{Z_y}$$

ここで、

$$\square M_1 = \frac{C_H m_0 g (l_g - t_B)}{2}$$

また、 Z_y は第3.1.3.1.2-1図に示す中立軸 y の位置で求める。

せん断応力は、次式で表される。

$$\square\tau_1 = \frac{C_H m_0 g}{2A_1}$$

(4) 横方向地震による応力

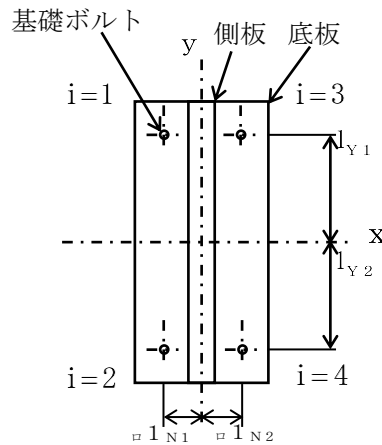
曲げ応力は、次式で表される。

$$\square\sigma_{x4} = \frac{\square M_c}{Z_x}$$

ここで、

$$\square M_c = \frac{C_H m_0 g (l_g - t_B)}{2}$$

また、 Z_x は第3.1.3.1.2-1図に示す中立軸 x の位置で求める。



- $i=1\sim 4$ は基礎ボルト位置を示す。
- $\square K_{S1} \sim \square K_{S4}$ は $i=1\sim 4$ における支持剛性を示す。

第3.1.3.1.2-1図 基礎ボルト位置

せん断応力は、次式で表される。

$$\square \tau_2 = \frac{C_H m_0 g}{2A_1}$$

(5) 組合せ応力

(1)～(4)によって算出される側板の応力は、以下により組み合わされる。
なお、一次応力は一次一般膜応力と同じであるので省略する。

a. 一次一般膜応力

(a) 長手方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

$$\square \sigma_{01} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\square \sigma_{01x} + \square \sigma_{01y} \right) + \sqrt{\left(\square \sigma_{01x} - \square \sigma_{01y} \right)^2 + 4 \square \tau_1^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\square \sigma_{01x} = \square \sigma_{P1} + \square \sigma_{x1} + \square \sigma_{x2} + \square \sigma_{x3}$$

$$\square \sigma_{01y} = \square \sigma_{P2}$$

【SRSS法】

$$\square \sigma_{01x} = \square \sigma_{P1} + \square \sigma_{x1} + \sqrt{\square \sigma_{x2}^2 + \square \sigma_{x3}^2}$$

$$\square \sigma_{01y} = \square \sigma_{P2}$$

(b) 横方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\sigma_{0cx} + \sigma_{0cy} \right) + \sqrt{\left(\sigma_{0cx} - \sigma_{0cy} \right)^2 + 4\tau_2^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{P1} + \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4}$$

$$\sigma_{0cy} = \sigma_{P2}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{P1} + \sigma_{x1} + \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

$$\sigma_{0cy} = \sigma_{P2}$$

したがって、側板に生じる一次一般膜応力の最大値は

$$\sigma_0 = \max \left[\sigma_{01}, \sigma_{0c} \right]$$

で表される。

b. 一次＋二次応力の変動値

(a) 長手方向地震が作用した場合の一次＋二次応力の変動値

$$\sigma_{21} = \sigma_{21x} + \sigma_{21y} + \sqrt{\left(\sigma_{21x} - \sigma_{21y} \right)^2 + 4\tau_1^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{21x} = \sigma_{x2} + \sigma_{x3}$$

$$\sigma_{21y} = 0$$

【SRSS法】

$$\sigma_{21x} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_{x3}^2}$$

$$\sigma_{21y} = 0$$

(b) 横方向地震が作用した場合の一次＋二次応力の変動値

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2cx} + \sigma_{2cy} + \sqrt{\left(\sigma_{2cx} - \sigma_{2cy} \right)^2 + 4\tau_2^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x2} + \sigma_{x4}$$

$$\sigma_{2cy} = 0$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

$$\square\sigma_{2cy} = 0$$

したがって、側板に生じる一次＋二次応力の変動値の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max \left[\square\sigma_{21}, \square\sigma_{2c} \right]$$

- (6) 支持部に作用する荷重又は個別応力
第3.1.3.1.2-2図の*i*=1～4における底板にかかる荷重計算を行う。

- a. 運転時質量及び鉛直方向地震による応力
運転時質量及び鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s11} = \frac{\square M_1}{Z_s}$$

$$\tau_{s11} = \frac{\square F_1}{A_s}$$

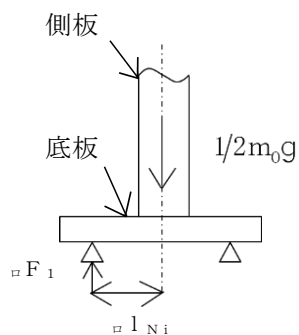
$$\sigma_{s21} = \frac{C_V \square M_1}{Z_s}$$

$$\tau_{s21} = \frac{C_V \square F_1}{A_s}$$

ここで、

$$F_1 = \left(\frac{1}{2} m_0 g \right) \frac{\square K_{s i}}{\square K_{s 1} + \square K_{s 2} + \square K_{s 3} + \square K_{s 4}}$$

$$\square M_1 = \square F_1 l_{N i}$$



第3.1.3.1.2-2図 運転時質量により底板に作用する鉛直力

- b. 長手方向地震による応力
 曲げ応力は、次式で表される。

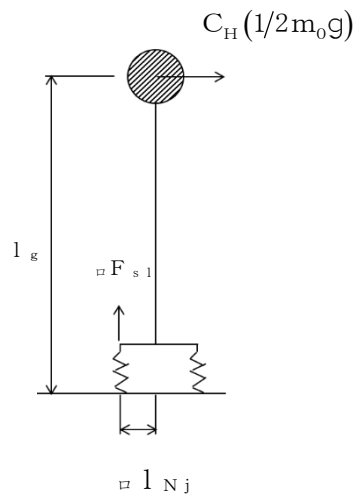
$$\sigma_{s31} = \frac{\square F_{s1} \square l_{Nj}}{Z_s}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s31} = \frac{\square F_{s1}}{A_s}$$

ここで、

$$\square F_{s1} = C_H \left(\frac{1}{2} m_o g \right) \frac{\square K_{si} \square l_{Nj}}{\square K_{1Pb} l_g}$$



第 3. 1. 3. 1. 2-3 図 長手方向地震により底板に作用する鉛直力

- c. 横方向地震による応力
 曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{\square F_{sc} \square l_{Yj}}{Z_s}$$

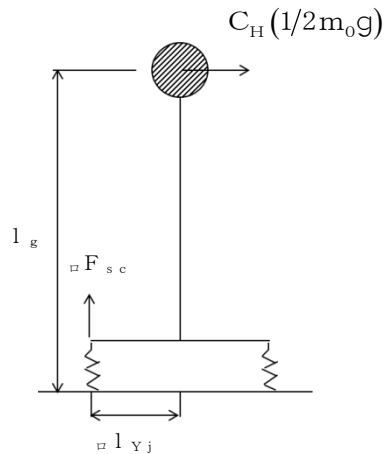
せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{\square F_{sc}}{A_s}$$

ここで、

$$\square F_{sc} = C_H \left(\frac{1}{2} m_o g \right) \frac{\square K_{si} \square l_{Yj}}{\square K_{cPb} l_g}$$

$$F_{sc} = C_H \left(\frac{1}{2} m_o g \right) \frac{K_{si} l_{Yj}}{K_{cPb} h}$$



第3.1.3.1.2-4図 横方向地震により底板に作用する鉛直力

(7) ボルト等に作用する荷重

a. せん断力

基礎ボルト1本当りのせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

$$Q_b = \frac{C_H \left(\frac{1}{2} m_0 g \right)}{n}$$

b. 引張力

基礎ボルト1本当りの引張力は、第3.1.3.1.2-3図及び第3.1.3.1.2-3図に示す*i*=1~4について(6)項で求めた方法により $\square F_1$ 、 $\square F_{s1}$ 及び $\square F_{sc}$ を求め、次式で表される。

【絶対値和】

長手方向地震による引張力

$$Q_b = \square F_{s1} - (1 - C_V) \square F_1$$

横方向地震による引張力

$$Q_b = \square F_{sc} - (1 - C_V) \square F_1$$

【SRSS法】

長手方向地震による引張力

$$Q_b = \sqrt{\square F_{s1}^2 + (C_V \square F_1)^2} - \square F_1$$

横方向地震による引張力

$$Q_b = \sqrt{\square F_{sc}^2 + (C_V \square F_1)^2} - \square F_1$$

$$\wedge\sigma_{\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{\wedge\sigma_{\chi 3}^2 + \wedge\sigma_{\chi 4}^2}$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \left\{ \wedge\sigma_{\phi} + \wedge\sigma_{\chi} + \sqrt{(\wedge\sigma_{\phi} - \wedge\sigma_{\chi})^2 + 4\wedge\tau^2} \right\}$$

一次応力は一次一般膜応力と同じであるので省略する。

- b. 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

【絶対値和】

$$\wedge\sigma_{2\phi} = 0$$

$$\wedge\sigma_{2\chi} = \wedge\sigma_{\chi 3} + \wedge\sigma_{\chi 4}$$

$$\sigma_2 = \wedge\sigma_{2\phi} + \wedge\sigma_{2\chi} + \sqrt{(\wedge\sigma_{2\phi} - \wedge\sigma_{2\chi})^2 + 4\wedge\tau^2}$$

【SRSS法】

$$\wedge\sigma_{2\phi} = 0$$

$$\wedge\sigma_{2\chi} = \sqrt{\wedge\sigma_{\chi 3}^2 + \wedge\sigma_{\chi 4}^2}$$

$$\sigma_2 = \wedge\sigma_{2\phi} + \wedge\sigma_{2\chi} + \sqrt{(\wedge\sigma_{2\phi} - \wedge\sigma_{2\chi})^2 + 4\wedge\tau^2}$$

- (5) 支持部に作用する荷重又は個別応力

- a. 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

運転時質量及び鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\wedge\sigma_{s11} = \frac{m_0 g}{A}$$

$$\wedge\sigma_{s21} = \frac{C_v m_0 g}{A}$$

- b. 水平方向地震による応力

水平方向地震による応力は、次式で表される。

$$\wedge\sigma_{s31} = \frac{\wedge M_s}{Z_s}$$

ここで、曲げモーメント M_s は M_{s1} 及び M_{s2} のいずれか大きい方の値とする。

$${}_{\wedge}M_{s1} = C_H m_0 g \left| 1 - \frac{{}_{\wedge}Q'}{{}_{\wedge}Q} (1 + l_r) \right|$$

$${}_{\wedge}M_{s2} = C_H m_0 g \left| l_s + 1 - \frac{{}_{\wedge}Q'}{{}_{\wedge}Q} (l_s + 1 + l_r) \right| \quad \dots\dots\dots (3.1.3.1.3-2)$$

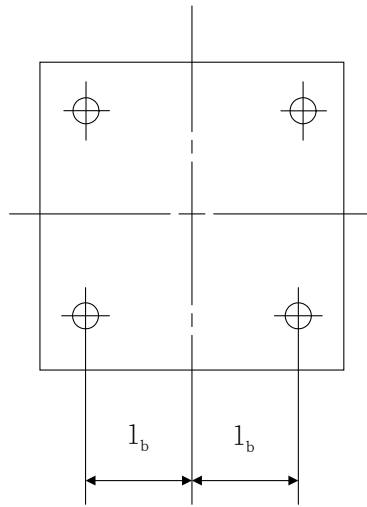
$${}_{\wedge}\tau_{31} = \frac{2C_H m_0 g \left(1 - \frac{{}_{\wedge}Q'}{{}_{\wedge}Q} \right)}{A_s}$$

(6) ボルト等に作用する荷重

a. せん断力

ボルト 1 本当たりのせん断力は、次式で表される。

$${}_{\wedge}Q_b = \frac{C_H m_0 g \left(1 - \frac{{}_{\wedge}Q'}{{}_{\wedge}Q} \right)}{n}$$



第 3.1.3.1.3-1 図 取付ボルト配置

b. 引張力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして、次式で表される。

$$F_b = \frac{M_s}{nl_b}$$

なお、据付面に作用する転倒モーメント M_s は、式(3.1.3.1.3-2)を用いる。

3.1.3.1.4 計算方法(ニ)..... (3.1.3.1.4-1)

胴板の一次一般膜応力 σ_0 ，一次応力 σ_1 及び一次+二次応力 σ_2 は，次式により算出する。

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭又は内圧による応力は，「3.1.3.1.1 計算方法(イ)」の「(1) 静水頭又は内圧による応力」に記載の計算式と同じ。

(2) 運転時質量による応力

運転時質量による応力は，次式で表される。

$$\sigma_{z2} = \frac{m_0 g}{\pi(D_i + t) t}$$

(3) 運転時質量による胴の脚つけ根部の応力

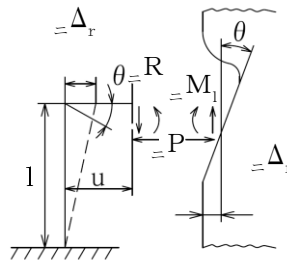
運転時質量による胴の脚つけ根部の応力は，次式で表される。

脚下端が固定の場合

$${}_R = \frac{m_0 g}{4}$$

脚の半径方向変位量と胴の半径方向局部変位量は等しいことから

$${}_r \Delta_r = \frac{{}_R P l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{{}_R P l}{G_s A_{s_r}} + \frac{({}_R u - {}_R M_1) l^2}{2E_s I_{st}} = \frac{K_r {}_R P}{r_m E} \quad \dots (3.1.3.1.4-2)$$



第3.1.3.1.4-1図 脚下端が固定されている場合の運転時質量による脚及び胴の変形

また，脚上端の傾き角と胴の局部傾き角は等しいことから

$$\theta = \frac{({}_R u - {}_R M_1) l}{E_s I_{st}} - \frac{{}_R P l^2}{2E_s I_{st}} = \frac{K_r {}_R M_1}{r_m^3 \beta_1^2 E} \quad \dots (3.1.3.1.4-3)$$

したがって，式(3.1.3.1-8)から式(3.1.3.1-10)までを連立させることにより，

$${}_R M_1 = \left\{ \left(\frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{s_r}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{m_0 g u l}{4E_s I_{st}} \right\} /$$

$$\left\{ \left(\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left(\frac{l}{E_s I_{st}} + \frac{K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E} \right) - \left(\frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-4)$$

$$\underline{P} = \frac{\underline{R} u - \underline{M}_1 l^2}{2E_s I_{st}} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-5)$$

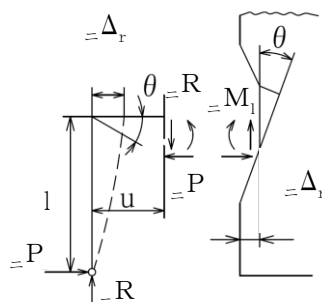
$$\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}$$

となる。また、脚の下端を単純支持とする場合は式(3.1.3.1.4-2)及び式(3.1.3.1.4-3)に代わって、次式で表される。

$$\underline{\Delta}_r = \frac{-\underline{P} l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{-\underline{P} l}{G_s A_{sr}} + \theta_1 \frac{K_r \underline{P}}{r_m E}$$

$$\underline{P} l + \underline{M}_1 = \underline{R} u$$

$$\theta = \frac{K_1 \underline{M}_1}{r_m \beta_1^2 E}$$



第 3.1.3.1.4-2 図 脚下端が単純支持されている場合の運転時質量による脚及び胴の変形

以上を連立させることにより

$$\underline{P} = \frac{\underline{R} u l}{l^2 + \frac{r_m^3 \beta_1^2 E}{K_1} \left(\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right)} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-6)$$

$$\underline{M}_1 = \underline{R} u - \underline{P} l \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-7)$$

となる。

鉛直方向曲げモーメント \underline{M}_1 により生じる胴板の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 によって引用文献(1)の表より値を求める(以下*印を付記する。)ことにより応力は、次式で表される。

$$\underline{\sigma}_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{\underline{M}_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\underline{M}_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_{=} \sigma_{x3} = \left[\frac{N_x}{{}_{=} M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{=} M_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

ここで、

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

半径方向荷重 ${}_{=} P$ により生じる胴板の局部応力は、次式で表される。

$${}_{=} \sigma_{\phi 4} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{=} P / r_m} \right]^* \left[\frac{{}_{=} P}{r_m t} \right]$$

$${}_{=} \sigma_{x 4} = \left[\frac{N_x}{{}_{=} P / r_m} \right]^* \left[\frac{{}_{=} P}{r_m t} \right]$$

ここで、

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

反力 ${}_{=} R$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_{=} \tau_{11} = \frac{{}_{=} R}{4 C_2 t}$$

- (4) 水平方向地震による胴板の曲げ応力

水平方向地震による胴板の曲げ応力は、次式で表される。

$${}_{=} \sigma_{x5} = \frac{C_H m_0 g (l_g - 1) (D_i + 2 t)}{2 I}$$

- (5) Z方向地震による胴の脚つけ根部の応力

Z方向地震による胴の脚つけ根部の応力は、次式で表される。

3.1.3項の固有周期計算において単位荷重 ${}_{=} F_0$ を $C_H m_0 g$ に置き換えて得られる数値を使用する。

半径方向荷重 ${}_{=} P_1$ により生じる胴板の局部応力は(3)と同様にして、次式で表される。

一次応力

$${}_{=} \sigma_{\phi 6} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{=} P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{{}_{=} P_1}{r_m t} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-8)$$

$${}_{=} \sigma_{x 6} = \left[\frac{N_x}{{}_{=} P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{{}_{=} P_1}{r_m t} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-9)$$

二次応力

$${}_{=} \sigma_{2 \phi 6} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{=} P_1} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} P_1}{t^2} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-10)$$

$${}_{=} \sigma_{2 x 6} = \left[\frac{M_x}{{}_{=} P_1} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} P_1}{t^2} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-11)$$

鉛直方向曲げモーメント ${}_{=} M_1$ により生じる胴板の局部応力は(3)と同様にして、次式で表される。

一次応力

$${}_{=} \sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{=} M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{=} M_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-12)$$

$${}_{=} \sigma_{x 7} = \left[\frac{N_x}{{}_{=} M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{=} M_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-13)$$

二次応力

$${}_{=} \sigma_{2 \phi 7} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{=} M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} M_1}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-14)$$

$${}_{=} \sigma_{2 x 7} = \left[\frac{M_x}{{}_{=} M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} M_1}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-15)$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、鉛直方向曲げモーメント ${}_{=} M_1$ により生じる二次応力を求める場合は、さらに k_1 を乗じた値とする。

周方向曲げモーメント ${}_{=} M_c$ により生じる胴板の局部応力は、次式で表される。

一次応力

$${}_{=} \sigma_{\phi 8} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{=} M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{=} M_c}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-16)$$

$${}_{=} \sigma_{x 8} = \left[\frac{N_x}{{}_{=} M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{=} M_c}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-17)$$

二次応力

$${}_{=} \sigma_{2\phi 8} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{=} M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} M_c}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-18)$$

$${}_{=} \sigma_{2x 8} = \left[\frac{M_x}{{}_{=} M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{=} M_c}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-19)$$

ここで、

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

ただし、鉛直方向曲げモーメント ${}_{=} M_c$ により生じる二次応力を求める場合は、さらに k_{c1} を乗じた値とする。

周方向せん断力 ${}_{=} Q$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_{=} \tau_{c1} = \frac{{}_{=} Q}{4 C_1 t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-20)$$

鉛直方向せん断力 ${}_{=} R_1$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_{=} \tau_{12} = \frac{{}_{=} R_1}{4 C_2 t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-21)$$

ねじりモーメント ${}_{=} M_3$ により生じる胴板の局部せん断応力は、次式で表される。

$${}_{=} \tau_3 = \frac{{}_{=} M_3}{2 \pi C_1^2 t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-22)$$

ここで、 $C_1 > C_2$ のときは C_1 を C_2 に置き換える。

(6) X方向地震による胴の脚のつけ根部の応力

X方向地震による胴の脚のつけ根部の応力は、次式で表される。

一次応力

式(3.1.3.1.4-8)、式(3.1.3.1.4-9)、式(3.1.3.1.4-12)、式(3.1.3.1.4-13)、式(3.1.3.1.4-16)及び式(3.1.3.1.4-17)の右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し、半径方向荷重による場合には ${}_{=} \sigma_{\phi 9}$ 及び ${}_{=} \sigma_{x 9}$ 、鉛直方向曲げモーメントによる場合には ${}_{=} \sigma_{\phi 10}$ 及び ${}_{=} \sigma_{x 10}$ 、周方向曲げモーメントによる場合には ${}_{=} \sigma_{\phi 11}$ 、及び ${}_{=} \sigma_{x 11}$ とする。

二次応力

式(3.1.3.1.4-10)、式(3.1.3.1.4-11)、式(3.1.3.1.4-14)、式(3.1.3.1.4-15)、式(3.1.3.1.4-18)及び式(3.1.3.1.4-19)の右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し、半径方向荷重による場合には ${}_{=} \sigma_{2\phi 9}$ 及び ${}_{=} \sigma_{2x 9}$ 、鉛直方向曲げモーメントによ

る場合には $\sigma_{2\phi 10}$ 及び $\sigma_{2x 10}$ ，周方向曲げモーメントによる場合には $\sigma_{2\phi 11}$ 及び $\sigma_{2x 11}$ とする。

また，式(3.1.3.1.4-20)から式(3.1.3.1.4-22)までの右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し，周方向せん断力による場合には τ_{c4} ，鉛直方向せん断力による場合には τ_{15} ，ねじりモーメントによる場合には τ_6 とする。

(7) 鉛直方向地震による応力

鉛直方向地震による応力は，次式で表される。

$$\sigma_{x 12} = \frac{C_v m_0 g}{\pi t (D_i + t)}$$

(8) 鉛直方向地震による胴の脚つけ根部の応力

鉛直方向地震による胴の脚つけ根部の応力は，次式で表される。

脚下端が固定の場合

$$R_e = \frac{C_v m_0 g}{4}$$

式(3.1.3.1.4-4)の $m_0 g$ のかわりに $C_v m_0 g$ ， M_1 のかわりに M_{1e} ，式(3.1.3.1.4-5)の R のかわりに R_e ， M_1 のかわりに M_{1e} ， P のかわりに P_e を代入すると，次式で表される。

$$M_{1e} = \left\{ \left(\frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{1}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{R_e u l}{E_s I_{st}} \right\} /$$

$$\left\{ \left(\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{1}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left(\frac{1}{E_s I_{st}} + \frac{K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E} \right) - \left(\frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2 \right\}$$

$$P_e = \frac{\frac{R_e u}{2E_s I_{st}} - \frac{M_{1e}}{l^2}}{\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{1}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}}$$

脚の下端を単純支持とする場合

式(3.1.3.1.4-6)の P のかわりに P_e ， R のかわりに R_e ，式(3.1.3.1.4-7)の M_1 のかわりに M_{1e} ， R のかわりに R_e ， P のかわりに P_e を代入すると，次式で表される。

$$\begin{aligned} \underline{P}_e &= \frac{\underline{R}_e u l}{l^2 + \frac{r_m^3 \beta_1^2 E}{K_1} \left(\frac{l^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{s r}} + \frac{K_r}{r_m E} \right)} \\ \underline{M}_{1e} &= \underline{R}_e u - \underline{P}_e l \end{aligned}$$

半径方向荷重 \underline{P}_e により生じる胴板の局部応力は(3)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

一次応力

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{\phi 13} &= \left[\frac{N_\phi}{\underline{P}_e / r_m} \right]^* \left[\frac{\underline{P}_e}{r_m t} \right] \\ \underline{\sigma}_{x 13} &= \left[\frac{N_x}{\underline{P}_e / r_m} \right]^* \left[\frac{\underline{P}_e}{r_m t} \right] \end{aligned}$$

二次応力

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{2\phi 13} &= \left[\frac{M_\phi}{\underline{P}_e} \right]^* \left[\frac{6 \underline{P}_e}{t^2} \right] \\ \underline{\sigma}_{2x 13} &= \left[\frac{M_x}{\underline{P}_e} \right]^* \left[\frac{6 \underline{P}_e}{t^2} \right] \end{aligned}$$

鉛直曲げモーメント \underline{M}_{1e} により生じる応力は、次式で表される。

一次応力

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{\phi 14} &= \left[\frac{N_\phi}{\underline{M}_{1e} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\underline{M}_{1e}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \\ \underline{\sigma}_{x 14} &= \left[\frac{N_x}{\underline{M}_{1e} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\underline{M}_{1e}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \end{aligned}$$

二次応力

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{2\phi 14} &= \left[\frac{M_\phi}{\underline{M}_{1e} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \underline{M}_{1e}}{r_m t^2 \beta_1} \right] \\ \underline{\sigma}_{2x 14} &= \left[\frac{M_x}{\underline{M}_{1e} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \underline{M}_{1e}}{r_m t^2 \beta_1} \right] \end{aligned}$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合はさらに k_{11} を乗じた値とする。

反力 \underline{R}_e によるせん断応力は、次式で表される。

$$= \tau_{17} = \frac{=R_e}{4C_2t}$$

(9) 組合せ応力

(1)～(8)によって算出される胴の脚つけ根部に生じる応力は、以下により組み合わせられる。

a. 一次一般膜応力

【絶対値和】

$$\sigma_0 = \max \left[=\sigma_{0\phi}, =\sigma_{0x} \right]$$

ここで、

$$=\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$=\sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + =\sigma_{x 5} + =\sigma_{x 1 2}$$

【SRSS法】

$$=\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$=\sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{=\sigma_{x 5}^2 + =\sigma_{x 1 2}^2}$$

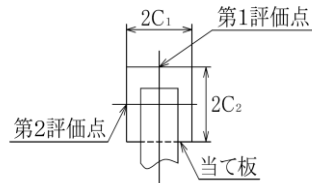
b. 一次応力

(a) Z方向地震が作用した場合の組合せ一次応力

イ. 第1脚つけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 1} + \sigma_{x z 1} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 1} - \sigma_{x z 1})^2} \right\}$$



第3.1.3.1.4-3図 胴の評価点

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4}$$

$$\sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 7}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13})^2 + (\sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 7})^2}$$

$$\sigma_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4}$$

$$+ \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13})^2 + (\sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 7})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{\phi 6}$$

$$\sigma_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 12} + \sigma_{x 13} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6}$$

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 2} + \sigma_{x z 2} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 2} - \sigma_{x z 2})^2 + 4(\tau_{11} + \tau_{12} + \tau_{17})^2} \right\}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13})^2 + \sigma_{\phi 6}^2}$$

$$\sigma_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 13})^2 + (\sigma_{x 5} + \sigma_{x 6})^2}$$

$$= \sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ =\sigma_{\phi z 2} + =\sigma_{x z 2} + \sqrt{(-\sigma_{\phi z 2} - =\sigma_{x z 2})^2 + 4\left(=\tau_{11} + \sqrt{=\tau_{12}^2 + =\tau_{17}^2} \right)^2} \right\}$$

ロ. 第2脚つけ根部
第1評価点については

$$= \sigma_{13} = \frac{1}{2} \left\{ =\sigma_{\phi z 3} + =\sigma_{x z 3} + \sqrt{(-\sigma_{\phi z 3} - =\sigma_{x z 3})^2 + 4\left(=\tau_{c1} + =\tau_3 \right)^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned} =\sigma_{\phi z 3} &= \sigma_{\phi 1} + =\sigma_{\phi 3} + =\sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + =\sigma_{\phi 14} + =\sigma_{\phi 13} \\ =\sigma_{x z 3} &= \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + =\sigma_{x 3} + =\sigma_{x 4} + =\sigma_{x 12} + =\sigma_{x 14} + =\sigma_{x 13} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned} =\sigma_{\phi z 3} &= \sigma_{\phi 1} + =\sigma_{\phi 3} + =\sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + =\sigma_{\phi 14} + =\sigma_{\phi 13})^2} \\ =\sigma_{x z 3} &= \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + =\sigma_{x 3} + =\sigma_{x 4} + \sqrt{(-\sigma_{x 12} + =\sigma_{x 14} + =\sigma_{x 13})^2} \end{aligned}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\begin{aligned} =\sigma_{\phi z 4} &= \sigma_{\phi 1} + =\sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + =\sigma_{\phi 13} + =\sigma_{\phi 8} \\ =\sigma_{x z 4} &= \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + =\sigma_{x 4} + =\sigma_{x 12} + =\sigma_{x 13} + =\sigma_{x 8} \\ =\sigma_{14} &= \frac{1}{2} \left\{ =\sigma_{\phi z 4} + =\sigma_{x z 4} + \sqrt{(-\sigma_{\phi z 4} - =\sigma_{x z 4})^2 + 4\left(=\tau_{11} + =\tau_3 + =\tau_{17} \right)^2} \right\} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned} =\sigma_{\phi z 4} &= \sigma_{\phi 1} + =\sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + =\sigma_{\phi 13})^2} + \sigma_{\phi 8}^2 \\ =\sigma_{x z 4} &= \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + =\sigma_{x 4} + \sqrt{(-\sigma_{x 12} + =\sigma_{x 13})^2} + =\sigma_{x 8}^2 \\ =\sigma_{14} &= \frac{1}{2} \left\{ =\sigma_{\phi z 4} + =\sigma_{x z 4} + \sqrt{(-\sigma_{\phi z 4} - =\sigma_{x z 4})^2 + 4\left(=\tau_{11} + \sqrt{=\tau_3^2 + =\tau_{17}^2} \right)^2} \right\} \end{aligned}$$

(b) X方向地震が作用した場合の組合せ一次応力
第1評価点については

$$= \sigma_{15} = \frac{1}{2} \left\{ =\sigma_{\phi x 1} + =\sigma_{x x 1} + \sqrt{(-\sigma_{\phi x 1} - =\sigma_{x x 1})^2 + 4\left(=\tau_{c4} + =\tau_6 \right)^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$= \sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + = \sigma_{\phi 3} + = \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + = \sigma_{\phi 14} + = \sigma_{\phi 13} + = \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{\phi 10}$$

$$= \sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + = \sigma_{x 3} + = \sigma_{x 4} \\ + = \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 14} + = \sigma_{x 13} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{x 10}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + = \sigma_{\phi 3} + = \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + = \sigma_{\phi 14} + = \sigma_{\phi 13})^2 + (= \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{\phi 10})^2}$$

$$= \sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + = \sigma_{x 3} + = \sigma_{x 4} \\ + \sqrt{(= \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 14} + = \sigma_{x 13})^2 + (= \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{x 10})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$= \sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + = \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 2} + = \sigma_{\phi 13} + = \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{\phi 11}$$

$$= \sigma_{x x 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + = \sigma_{x 4} + = \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 13} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{x 11}$$

$$= \sigma_{16} = \frac{1}{2} \left\{ = \sigma_{\phi x 2} + = \sigma_{x x 2} + \sqrt{(= \sigma_{\phi x 2} - = \sigma_{x x 2})^2 + 4(= \tau_{11} + = \tau_{15} + = \tau_6 + = \tau_{17})^2} \right\}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + = \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + = \sigma_{\phi 13})^2 + (= \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{\phi 11})^2}$$

$$= \sigma_{x x 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + = \sigma_{x 4} + \sqrt{(= \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 13})^2 + (= \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{x 11})^2}$$

$$= \sigma_{16} = \frac{1}{2} \left\{ (= \sigma_{\phi x 2} + = \sigma_{x x 2}) + \sqrt{(= \sigma_{\phi x 2} - = \sigma_{x x 2})^2 + 4(= \tau_{11} + \sqrt{(= \tau_{15} + = \tau_6)^2 + = \tau_{17}^2})^2} \right\}$$

$$\sigma_1 = \max \left[= \sigma_{11}, = \sigma_{12}, = \sigma_{13}, = \sigma_{14}, = \sigma_{15}, = \sigma_{16} \right]$$

c. 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

(a) Z方向地震が作用した場合の地震のみによる一次+二次応力の変動値

イ. 第1脚つけ根部

第1評価点については

$$= \sigma_{21} = = \sigma_{2\phi z 1} + = \sigma_{2x z 1} + \sqrt{(= \sigma_{2\phi z 1} - = \sigma_{2x z 1})^2}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi z 1} &= \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13} + \sigma_{\phi 6} + \sigma_{2\phi 6} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7} \\ \sigma_{x z 1} &= \sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{2x 6} \\ &\quad + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{\phi z 1} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13})^2 + (\sigma_{\phi 6} + \sigma_{2\phi 6} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2}$$

$$\sigma_{x z 1} = \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13})^2 + (\sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{2x 6} + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{22} = \sigma_{\phi z 2} + \sigma_{x z 2} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 2} - \sigma_{x z 2})^2 + 4(\tau_{12} + \tau_{17})^2}$$

$$\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 13} + \sigma_{\phi 6} + \sigma_{2\phi 6}$$

$$\sigma_{x z 2} = \sigma_{x 12} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 13} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{2x 6}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{22} = \sigma_{\phi z 2} + \sigma_{x z 2} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 2} - \sigma_{x z 2})^2 + 4(\tau_{12} + \tau_{17})^2}$$

$$\sigma_{\phi z 2} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 13})^2 + (\sigma_{\phi 6} + \sigma_{2\phi 6})^2}$$

$$\sigma_{x z 2} = \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 13})^2 + (\sigma_{x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{2x 6})^2}$$

ロ. 第2脚つけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{23} = \sigma_{\phi z 3} + \sigma_{x z 3} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 3} - \sigma_{x z 3})^2 + 4(\tau_{c1} + \tau_3)^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13}$$

$$\sigma_{x z 3} = \sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{2\phi z 3} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13})^2}$$

$$= \sigma_{2x z 3} = \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$= \sigma_{2\phi z 4} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 13} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{2\phi 8}$$

$$= \sigma_{2x z 4} = \sigma_{x 12} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 13} + \sigma_{x 8} + \sigma_{2x 8}$$

$$= \sigma_{2.4} = \sigma_{2\phi z 4} + \sigma_{2x z 4} + \sqrt{(\sigma_{2\phi z 4} - \sigma_{2x z 4})^2 + 4(\tau_3 + \tau_{17})^2}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{2\phi z 4} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 13})^2 + (\sigma_{\phi 8} + \sigma_{2\phi 8})^2}$$

$$= \sigma_{2x z 4} = \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 13})^2 + (\sigma_{x 8} + \sigma_{2x 8})^2}$$

$$= \sigma_{2.4} = \sigma_{2\phi z 4} + \sigma_{2x z 4} + \sqrt{(\sigma_{2\phi z 4} - \sigma_{2x z 4})^2 + 4(\tau_3 + \tau_{17})^2}$$

- (b) X方向地震が作用した場合の地震のみによる一次+二次応力の変動値
第1評価点については

$$= \sigma_{2.5} = \sigma_{2\phi x 1} + \sigma_{2x x 1} + \sqrt{(\sigma_{2\phi x 1} - \sigma_{2x x 1})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$= \sigma_{2\phi x 1} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} \\ + \sigma_{2\phi 9} + \sigma_{2\phi 10}$$

$$= \sigma_{2x x 1} = \sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 9} \\ + \sigma_{x 10} + \sigma_{2x 9} + \sigma_{2x 10}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{2\phi x 1} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 13} + \sigma_{2\phi 14} + \sigma_{2\phi 13})^2 + (\sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{2\phi 9} + \sigma_{2\phi 10})^2}$$

$$= \sigma_{2x x 1} = \sqrt{(\sigma_{x 12} + \sigma_{x 14} + \sigma_{x 13} + \sigma_{2x 14} + \sigma_{2x 13})^2 + (\sigma_{x 5} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 10} + \sigma_{2x 9} + \sigma_{2x 10})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$= \sigma_{2\phi x 2} = = \sigma_{\phi 13} + = \sigma_{2\phi 13} + = \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{2\phi 9} + = \sigma_{\phi 11} + = \sigma_{2\phi 11}$$

$$= \sigma_{2x x 2} = = \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 13} + = \sigma_{2x 13} + = \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{2x 9} + = \sigma_{x 11} + = \sigma_{2x 11}$$

$$= \sigma_{26} = = \sigma_{2\phi x 2} + = \sigma_{2x x 2} + \sqrt{(= \sigma_{2\phi x 2} - = \sigma_{2x x 2})^2 + 4(= \tau_{15} + = \tau_6 + = \tau_{17})^2}$$

【SRSS法】

$$= \sigma_{2\phi x 2} = \sqrt{(= \sigma_{\phi 13} + = \sigma_{2\phi 13})^2 + (= \sigma_{\phi 9} + = \sigma_{2\phi 9} + = \sigma_{\phi 11} + = \sigma_{2\phi 11})^2}$$

$$= \sigma_{2x x 2} = \sqrt{(= \sigma_{x 12} + = \sigma_{x 13} + = \sigma_{2x 13})^2 + (= \sigma_{x 5} + = \sigma_{x 9} + = \sigma_{2x 9} + = \sigma_{x 11} + = \sigma_{2x 11})^2}$$

$$= \sigma_{26} = = \sigma_{2\phi x 2} + = \sigma_{2x x 2} + \sqrt{(= \sigma_{2\phi x 2} - = \sigma_{2x x 2})^2 + 4\{(= \tau_{15} + = \tau_6)^2 + = \tau_{17}^2\}}$$

$$\sigma_2 = \max \left[= \sigma_{21}, = \sigma_{22}, = \sigma_{23}, = \sigma_{24}, = \sigma_{25}, = \sigma_{26} \right]$$

(10) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. 運転時質量による応力

運転時質量による応力は、次式で表される。

$$= \sigma_{s 11} = \frac{= R}{A_s}$$

$$= \sigma_{s 12} = \frac{\max \left[\left| = R u - = M_1 - = P l \right|, \left| = R u - = M_1 \right| \right]}{Z_{s t}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は、次式で表される。

$$= \sigma_{s 12} = \frac{= P l}{Z_{s t}}$$

$$= \tau_{s 11} = \frac{= P}{A_{s 1}}$$

b. Z方向地震による応力

Z方向地震による応力は、次式で表される。

第1脚については

$$\begin{aligned} \sigma_{s31} &= \frac{R_1}{A_s} \\ \sigma_{s32} &= \frac{\max \left[\left| R_1 u - M_1 - P_1 l \right|, \left| R_1 u - M_1 \right| \right]}{Z_{st}} \end{aligned}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s32} &= \frac{P_1 l}{Z_{st}} \\ \tau_{s31} &= \frac{P_1}{A_{s1}} \end{aligned}$$

第2脚については

$$\sigma_{s31} = \frac{\max \left[\left| Q l - M_3 \right|, \left| M_3 \right| \right]}{Z_{sr}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s31} &= \frac{Q l}{Z_{sr}} \\ \tau_{s31} &= \frac{Q}{A_{s2}} + \frac{Q u - M_c}{Z_{sp}} \end{aligned}$$

c. X方向地震による応力

X方向地震による応力は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s41} &= \frac{R_1}{\sqrt{2} A_s} \\ \sigma_{s42} &= \frac{\max \left[\left| R_1 u - M_1 - P_1 l \right|, \left| R_1 u - M_1 \right| \right]}{\sqrt{2} Z_{st}} \\ \sigma_{s43} &= \frac{\max \left[\left| Q l - M_3 \right|, \left| M_3 \right| \right]}{\sqrt{2} Z_{sr}} \end{aligned}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合、 σ_{s7} 及び σ_{s8} は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s42} &= \frac{P_1 l}{\sqrt{2} Z_{st}} \\ \sigma_{s43} &= \frac{Q l}{\sqrt{2} Z_{sr}} \\ \tau_{s41} &= \frac{P_1}{\sqrt{2} A_{s1}} + \frac{Q}{\sqrt{2} A_{s2}} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} Z_{sp}} \end{aligned}$$

d. 鉛直方向地震による応力

鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s21} &= \frac{R_e}{A_s} \\ \sigma_{s22} &= \frac{\max\left[|R_e u - M_{1e} - P_e l|, |R_e u - M_{1e}|\right]}{Z_{st}} \end{aligned}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は、次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{s22} &= \frac{P_e l}{Z_{st}} \\ \tau_{s21} &= \frac{P_e}{A_{s1}} \end{aligned}$$

(11) ボルト等に作用する荷重

基礎ボルト1本当りのせん断力及び引張力は、次式により算出する。

a. Z方向地震が作用した場合

(a) せん断力

第1脚及び第3脚の基礎ボルトについては

【絶対値和】

$$Q_b = \frac{P_1 + P + P_e}{n}$$

【SRSS法】

$$Q_b = \frac{\sqrt{P_1^2 + P_e^2} + P}{n}$$

第2脚及び第4脚の基礎ボルトについては

$$Q_b = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_e)^2}}{n} + \frac{Q u - M_c}{n \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_1}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ でボルトが半径方向に直角に並んでいる場合

$$Q_b = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_e)^2}}{n} + \frac{Q u - M_c}{(b - 2d_2)}$$

ボルトが半径方向に並んでいる場合

$$Q_b = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_e)^2}}{n} + \frac{Q u - M_c}{(a - 2d_1)}$$

$n=1$ のときは

$$\underline{Q}_b = \sqrt{\underline{Q}^2 + (\underline{P} + \underline{P}_e)^2} + \frac{4(\underline{Q}u - \underline{M}_c)}{\underline{d}_b}$$

b. 引張力

脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は、第1脚及び第3脚については、脚下端が固定の場合

【絶対値和】

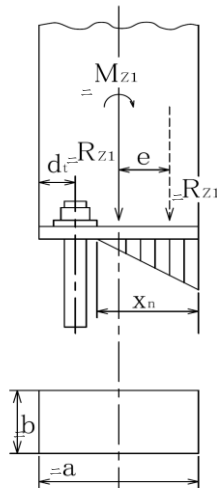
$$\underline{M}_{z1} = |\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u| + |(\underline{P} - \underline{P}_e) l + (\underline{M}_1 - \underline{M}_{1e}) - (\underline{R} - \underline{R}_e) u|$$

$$\underline{R}_{z1} = \underline{R} - \underline{R}_e - \underline{R}_1$$

【SRSS法】

$$\underline{M}_{z1} = \sqrt{(\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u)^2 + (\underline{P}_1 l + \underline{M}_{1e} - \underline{R}_e u)^2} + |\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u|$$

$$\underline{R}_{z1} = \underline{R} - \sqrt{\underline{R}_e^2 + \underline{R}_1^2}$$



第 3. 1. 3. 1. 4-4 図 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

モーメントと圧縮荷重の比を

$$e = \underline{M}_{z1} / \underline{R}_{z1} \dots\dots\dots (3. 1. 3. 1. 4-23)$$

とすると、 \underline{R}_{z1} が負のとき、又は、

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3} \dots\dots\dots (3. 1. 3. 1. 4-24)$$

のとき、基礎ボルトに引張力 F_b が生じるが、この引張力は次のようにして求められる。

今、中立軸の位置 X_n を

$$\underline{X}_n^3 + 3\left(e - \frac{a}{2}\right)\underline{X}_n^2 - \frac{6s A_b n_1}{b}\left(e + \frac{a}{2} - d_1\right)(a - d_1 - \underline{X}_n) = 0$$

\dots\dots\dots (3. 1. 3. 1. 4-25)

より求めると、基礎ボルト 1 本当たりに生じる引張力は、

$${}_b F_b = \frac{{}_z R_{z1} \left(e - \frac{{}_z a}{2} + \frac{{}_z X_n}{3} \right)}{n \left({}_z a - d_1 - \frac{{}_z X_n}{3} \right)} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-26)$$

脚下端が半径方向について単純支持の場合はモーメントが生じないので、鉛直荷重 ${}_z R_{z1}$ が負のときに基礎ボルトに引張力が生じる。

$${}_b F_b = \frac{-{}_z R_{z1}}{n} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-27)$$

第2脚の基礎ボルトについては、脚下端が固定の場合

$${}_z M_{z2} = \sqrt{\left({}_z Q l - {}_z M_3 \right)^2 + \left\{ \left({}_z P - {}_z P_e \right) l + \left({}_z M_1 - {}_z M_{1e} \right) - \left({}_z R - {}_z R_e \right) u \right\}^2}$$

$${}_z R_{z2} = {}_z R - {}_z R_e$$

を ${}_z M_{z1}$ 、 ${}_z R_{z1}$ と置き換え、基礎ボルトに作用する引張力を求める。ただし、 ${}_z a$ を ${}_z b$ 、 ${}_z b$ を ${}_z a$ 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換えた場合に得られる基礎ボルトの引張力の方が大きいときは、その値を基礎ボルトに作用する引張力とする。

脚下端が半径方向に直角の方向について単純支持の場合は、

$${}_z M_{z2} = \left| \left({}_z P - {}_z P_e \right) l + \left({}_z M_1 - {}_z M_{1e} \right) - \left({}_z R - {}_z R_e \right) u \right|$$

$${}_z R_{z2} = {}_z R - {}_z R_e$$

を ${}_z M_{z1}$ 、 ${}_z R_{z1}$ と置き換え、式(3.1.3.1.4-23)～式(3.1.3.1.4-27)を使用して得られた値を基礎ボルトに作用する引張力とする。

脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$${}_z M_{z2} = \left| {}_z Q l - {}_z M_3 \right|$$

$${}_z R_{z2} = {}_z R - {}_z R_e$$

を ${}_z M_{z1}$ 、 ${}_z R_{z1}$ と置き換え、式(3.1.3.1.4-23)～式(3.1.3.1.4-27)を使用して得られた値を基礎ボルトに作用する引張力とする。ただし、 ${}_z a$ を ${}_z b$ 、 ${}_z b$ を ${}_z a$ 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換えるものとする。

脚下端が半径方向及びその直角方向についても単純支持の場合は圧縮荷重のみなので基礎ボルトに引張力は生じない。

b. X方向地震が作用した場合

(a) せん断力

第1脚～第4脚の基礎ボルトについては

【絶対値和】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}} + {}_b P + {}_b P_e\right)^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{n} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2n} \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_2}{2}\right)^2}}$$

【SRSS法】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + {}_b P_e^2 + {}_b P} \right\}^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{n} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2n} \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_2}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ でボルトが半径方向に並んでいる場合

【絶対値和】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}} + {}_b P + {}_b P_e\right)^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2}(a - 2d_1)}$$

【SRSS法】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + {}_b P_e^2 + {}_b P} \right\}^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2}(a - 2d_1)}$$

ボルトが半径方向に直角に並んでいる場合

【絶対値和】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}} + {}_b P + {}_b P_e\right)^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2}(b - 2d_2)}$$

【SRSS法】

$${}_b Q = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + {}_b P_e^2 + {}_b P} \right\}^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2} + \frac{{}_b Q u - {}_b M_c}{\sqrt{2}(b - 2d_2)}$$

 $n=1$ のときは

【絶対値和】

$${}_b Q = \sqrt{\left(\frac{{}_b P_1}{\sqrt{2}} + {}_b P + {}_b P_e\right)^2 + \left(\frac{{}_b Q}{\sqrt{2}}\right)^2} + \frac{4({}_b Q u - {}_b M_c)}{\sqrt{2}d_b}$$

【SRSS法】

$$\underline{Q}_b = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{\underline{P}_1}{\sqrt{2}} \right)^2 + \underline{P}_e^2} + \underline{P} \right\}^2 + \left(\frac{\underline{Q}}{\sqrt{2}} \right)^2}}{2} + \frac{4(\underline{Q}u - \underline{M}_c)}{\sqrt{2}d_b}$$

(b) 引張力

脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は、第1脚～第4脚について、脚下端が固定の場合

【絶対値和】

$$\underline{M}_{x1} = \left[\left| \frac{1}{\sqrt{2}}(\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u) \right| + \left| (\underline{P} - \underline{P}_e) l + (\underline{M}_1 - \underline{M}_{1e}) - (\underline{R} - \underline{R}_e) u \right| \right]^2 + \left[\frac{1}{\sqrt{2}}(\underline{Q} l - \underline{M}_3) \right]^2$$

$$\underline{R}_{x1} = \underline{R} - \underline{R}_e + \frac{\underline{R}_1}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-28)$$

【SRSS法】

$$\underline{M}_{x1} = \left[\sqrt{\frac{1}{2}(\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u)^2 + (\underline{P}_e l + \underline{M}_{1e} - \underline{R}_e u)^2} + \left| \underline{P} l + \underline{M}_1 - \underline{R} u \right| \right]^2 + \left[\frac{1}{\sqrt{2}}(\underline{Q} l - \underline{M}_3) \right]^2$$

$$\underline{R}_{x1} = \underline{R} - \sqrt{\frac{\underline{R}_1^2}{2} + \underline{R}_e^2} \dots\dots\dots (3.1.3.1.4-29)$$

a. と同様に式(3.1.3.1.4-23)～式(3.1.3.1.4-27)を使用して得られた値を基礎ボルトに作用する引張力とする。ただし、 \underline{a} を \underline{b} 、 \underline{b} を \underline{a} 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換えた場合に得られる基礎ボルトの引張力の方が大きいときは、その値を基礎ボルトに作用する引張力とする。

脚下端が半径方向に直角の方向について単純支持の場合は

【絶対値和】

$$\underline{M}_{x1} = \left| \frac{1}{\sqrt{2}}(\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u) \right| + \left| (\underline{P} - \underline{P}_e) l + (\underline{M}_1 - \underline{M}_{1e}) - (\underline{R} - \underline{R}_e) u \right|$$

【SRSS法】

$$\underline{M}_{x1} = \sqrt{\frac{1}{2}(\underline{P}_1 l + \underline{M}_1 - \underline{R}_1 u)^2 + (\underline{P}_e l + \underline{M}_{1e} - \underline{R}_e u)^2} + \left| \underline{P} l + \underline{M}_1 - \underline{R} u \right|$$

\underline{R}_{x1} は式(3.1.3.1.4-28)又は式(3.1.3.1.4-29)で表される。a. と同様に式(3.1.3.1.4-23)～式(3.1.3.1.4-27)を使用して得られた値を基礎ボルトに作

用する引張力とする。

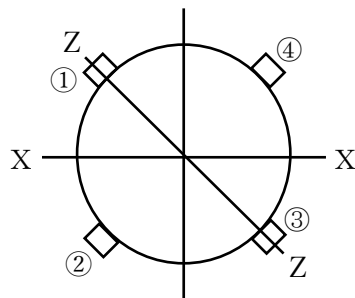
脚下端が半径方向について単純支持の場合は

$$\underline{M}_{x_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} |\underline{Q} 1 - \underline{M}_3|$$

\underline{R}_{x_1} は式(3.1.3.1.4-28)又は式(3.1.3.1.4-29)で表される。a.と同様に式(3.1.3.1.4-23)～式(3.1.3.1.4-27)を使用して得られた値を基礎ボルトに作用する引張力とする。ただし、 \underline{a} を \underline{b} 、 \underline{b} を \underline{a} 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換える。

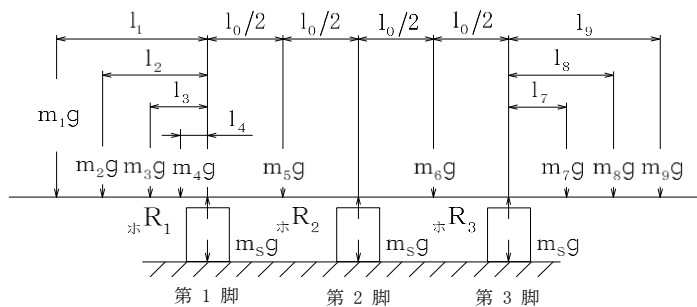
脚下端が半径方向及びその直角方向についても単純支持の場合はモーメントが生じないので、鉛直荷重 \underline{R}_{x_1} が負のときに基礎ボルトに引張力が生じる。

$$\underline{F}_b = \frac{-\underline{R}_{x_1}}{n}$$



第3.1.3.1.4-5図 地震力の作用する方向

$$\text{ホ}R_3 = \sum_{i=7}^9 m_i g + \frac{m_6 g}{2} + \frac{\text{ホ}M_3 - \text{ホ}M_2}{l_0}$$



第 3. 1. 3. 1. 5-2 図 荷重状態

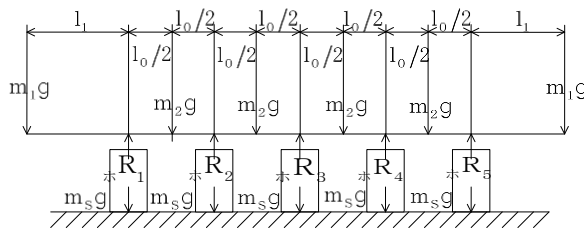
(タイプ 3 の場合)

第3. 1. 3. 1. 5-3図においてそれぞれの脚まわりのモーメントの釣合いより，それぞれの脚に作用する荷重は，次式で表される。

$$\text{ホ}R_1 = \text{ホ}R_5 = m_1 g + \frac{19}{56} m_2 g + \frac{9}{7} \frac{m_1 g l_1}{l_0}$$

$$\text{ホ}R_2 = \text{ホ}R_4 = \frac{17}{14} m_2 g - \frac{12}{7} \frac{m_1 g l_1}{l_0}$$

$$\text{ホ}R_3 = \frac{25}{28} m_2 g + \frac{6}{7} \frac{m_1 g l_1}{l_0}$$



第 3. 1. 3. 1. 5-3 図 荷重状態

(タイプ4の場合)

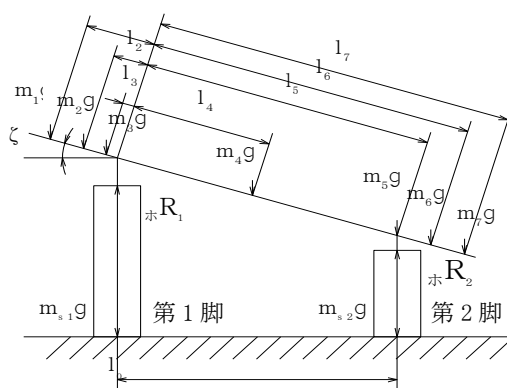
脚にかかる荷重はモーメントの釣合いより求める。第3.1.3.1.5-4図において第1脚まわりのモーメントの釣合いより、次式で表される。

$$\sum_{i=1}^{j_1} m_i g l_i \cos \zeta - \text{ホ}R_2 l_0 = 0$$

したがって、脚の受ける荷重は、次式で表される。

$$\text{ホ}R_2 = \sum_{i=1}^{j_1} m_i g l_i \cos \zeta / l_0$$

$$\text{ホ}R_1 = \sum_{i=1}^{j_1} m_i g - \text{ホ}R_2$$

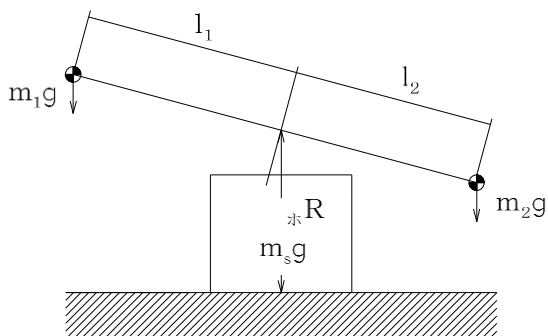


第3.1.3.1.5-4図 荷重状態

(タイプ5の場合)

脚の受ける荷重は、次式で表される。

$$\text{ホ}R = m_0 g - m_s g$$



第3.1.3.1.5-5図 荷重状態

(2) 曲げモーメント

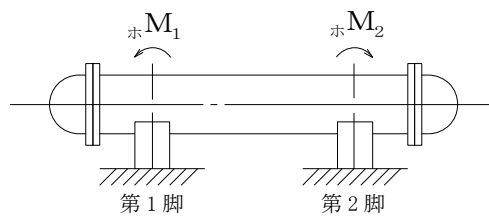
(タイプ1の場合)

第3.1.3.1.5-1図に示すように胴を、集中荷重を受けるはりとして考える。

第3.1.3.1.5-6図において脚つけ根の部分における曲げモーメント ${}_ホM_1$ 及び ${}_ホM_2$ は、次式で表される。

$${}_ホM_1 = \sum_{i=1}^{j_2} m_i g |l_i|$$

$${}_ホM_2 = \sum_{i=j_1-j_3+1}^{j_1} m_i g |l_i - l_0|$$



第3.1.3.1.5-6図 脚の位置での曲げモーメント

(タイプ2の場合)

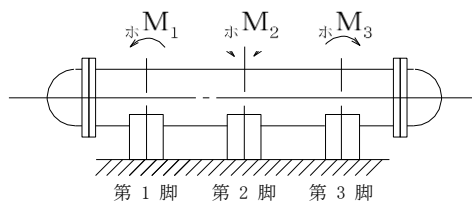
胴を集中荷重を受けるはりとして考える。

第3.1.3.1.5-7図において脚つけ根の部分における各曲げモーメント ${}_ホM_1$ 、 ${}_ホM_2$ 及び ${}_ホM_3$ は、次式で表される。

$${}_ホM_1 = \sum_{i=1}^4 m_i g l_i$$

$${}_ホM_3 = \sum_{i=7}^9 m_i g l_i$$

$${}_ホM_2 = -\frac{1}{4}({}_ホM_1 + {}_ホM_2) + \frac{3}{32}l_0(m_5 + m_6)g$$



第3.1.3.1.5-7図 脚の位置での曲げモーメント

(タイプ3の場合)

第1脚及び第5脚に作用する曲げモーメント

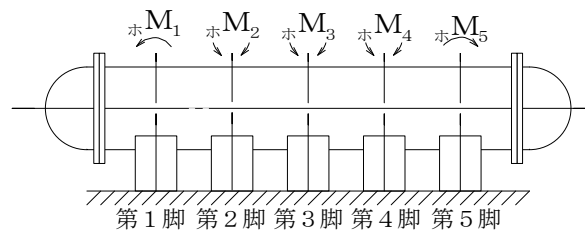
$${}_ホM_1 = {}_ホM_5 = m_1 g l_1$$

第2脚及び第4脚に作用する曲げモーメント

$${}_ホM_2 = {}_ホM_4 = -\frac{2}{7} m_1 g l_1 + \frac{9}{56} m_2 g l_0$$

第3脚に作用する曲げモーメント

$${}_ホM_3 = \frac{1}{7} m_1 g l_1 + \frac{6}{56} m_2 g l_0$$



第3.1.3.1.5-8 図 脚の位置での曲げモーメント

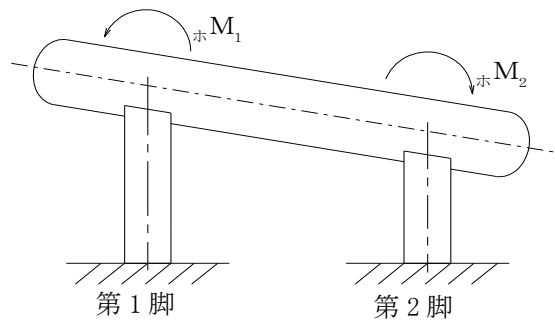
(タイプ4の場合)

第3.1.3.1.5-4図に示すように胴を，斜めに集中荷重を受けるはりとして考える。

第3.1.3.1.5-9図において脚つけ根の部分における曲げモーメント ${}_ホM_1$ 及び ${}_ホM_2$ は，次式で表される。

$${}_ホM_1 = \sum_{i=1}^{j_2} m_i g |l_i \cos \zeta|$$

$${}_ホM_2 = \sum_{i=j_1-l_3+1}^{j_1} m_i g |l_i \cos \zeta - l_0|$$



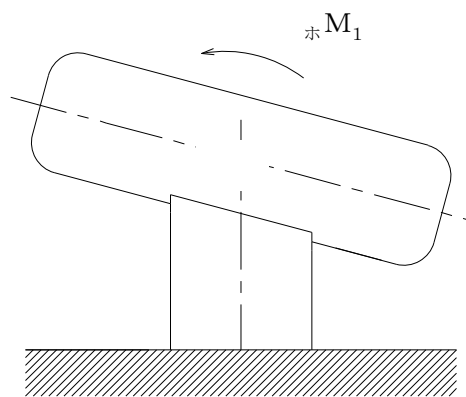
第3.1.3.1.5-9 図 脚の位置での曲げモーメント

(タイプ5の場合)

第3.1.3.1.5-5図に示すように胴に集中荷重を受けるはりとして考える。

第3.1.3.1.5-10図において脚つけ根の部分における曲げモーメント $\text{ホ}M_1$ は、次式で表される。

$$\text{ホ}M_1 = \max \left[m_1 g l_1 \cos \zeta, m_2 g l_2 \cos \zeta \right]$$



第3.1.3.1.5-10図 脚の位置での曲げモーメント

(3) 静水頭又は内圧による応力

静水頭又は内圧による応力は、次式で表される。

静水頭による場合(鉛直方向地震時を含む)

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' H D_i}{2 t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' H D_i C_V}{2 t}$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{\rho' H D_i}{4 t}$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r (D_i + 1.2 t)}{2 t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r (D_i + 1.2 t)}{4 t}$$

(4) 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(第1脚つけ根部)

(2)で求めた曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のようにして求められる。

引用文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴の局部変形を生じさせようとする。

今、長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を胴下端から θ の点とすると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第3.1.3.1.5-11図及び第3.1.3.1.5-12図に 2θ で示される円弧殻である。したがって、運転時質量による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{x2} = \frac{{}_H M_1}{Z e}$$

また、鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$${}_H \sigma_{x6} = \frac{{}_H M_1}{Z e} C_V$$

ここで、

$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

$$Z e = r_m^2 t_e \left(\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{(\sin \theta / \theta) - \cos \theta} \right)$$

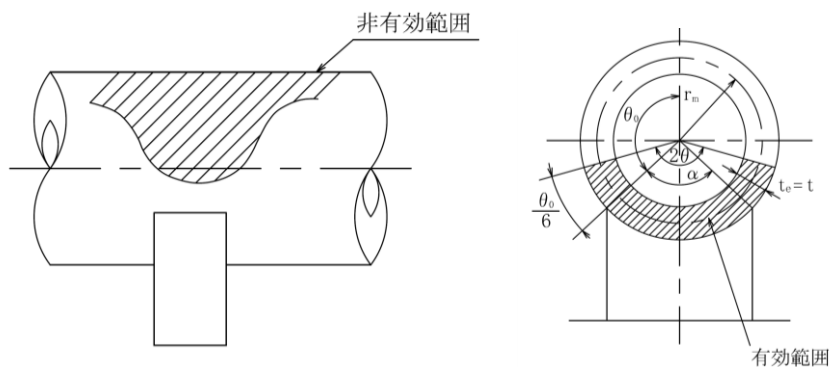
t_e は、 t あるいは $(t+t_w)$ をとるものとし、 θ は次式で表される。

有効範囲に当板板厚を含まない場合($t_e = t$)

ただし、タイプ5においては、それぞれの脚部における胴の運転時質量によるモーメントが、 ${}_H M_2 > {}_H M_1$ となる場合は、 ${}_H M_1$ を ${}_H M_2$ に置き換えるものとする。

$$\theta = \pi - \frac{5}{6} \theta_0$$

当板板厚を含まない場合の有効範囲の詳細を第3.1.3.1.5-11図に示す。

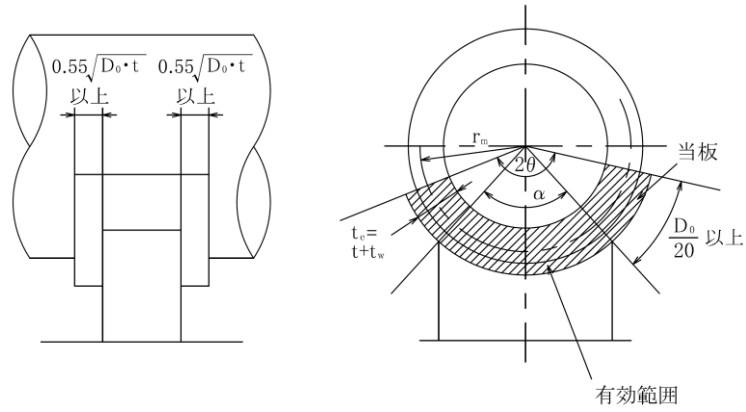


第 3.1.3.1.5-11 図 当板板厚を含めない場合の脚つけ根部の有効範囲

当該当板を含める場合は $t_e = t + t_w$ とする。ただし、当板の範囲は、周方向に 2θ 以上、軸方向に脚端部より $0.55\sqrt{D_o \cdot t}$ 以上とする。

当板板厚を含める場合の有効範囲の詳細を第3.1.3.1.5-12図に示す。

$$\theta = \frac{\alpha}{2} + \frac{\frac{D_o}{20}}{\frac{D_i}{2} + (t + t_w)}$$



第 3.1.3.1.5-12 図 当板板厚を含める場合の脚つけ根部の有効範囲

- (5) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。
 胴の脚つけ根部に作用する半径方向反力及び接線方向反力は、次式で表される。

運転時質量による反力

(タイプ1, 2, 3の場合)

$${}_H P_D = {}_H R_1$$

(タイプ4, 5の場合)

$${}_H P_D = {}_H R_1 \cos \zeta$$

$${}_H F_S = {}_H R_1 \sin \zeta$$

ただし、脚の受ける荷重が ${}_H R_2 > {}_H R_1$ となる場合は、 ${}_H R_1$ を ${}_H R_2$ に置き換えるものとする。

鉛直方向地震による反力

(タイプ1, 2, 3の場合)

$${}_H P_e = {}_H R_1 C_v$$

(タイプ4, 5の場合)

$${}_H P_e = {}_H R_1 C_v \cos \zeta$$

$${}_H F_{s e} = {}_H R_1 C_v \sin \zeta$$

ただし、脚の受ける荷重が ${}_H R_2 > {}_H R_1$ となる場合は、 ${}_H R_1$ を ${}_H R_2$ に置き換えるものとする。

この反力 ${}_H P_D$ 、 ${}_H P_e$ により生じる胴板の局部応力は、引用文献(1)によると次のようにして求めることができる。

$$\gamma = r_m / t_e$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left(1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1) \right) \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left(1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2) \right) \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta = 0.875 r_1 / r_m$$

シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって引用文献

(1)の表より値を求めること(以下*を付記する)により応力は、次式で表される。

反力 ホP による応力

$$\text{ホ}\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{\text{ホP} / r_m} \right]^* \left[\frac{\text{ホP}}{r_m t_e} \right]$$

$$\text{ホ}\sigma_{\chi 3} = \left[\frac{N_{\chi}}{\text{ホP} / r_m} \right]^* \left[\frac{\text{ホP}}{r_m t_e} \right]$$

反力 ホP_e による応力

一次応力

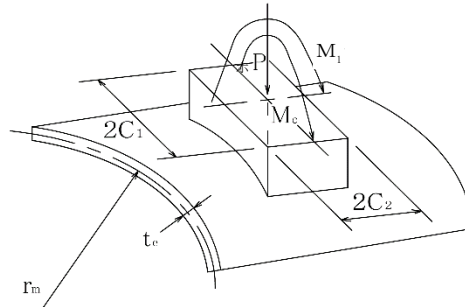
$$\text{ホ}\sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{\text{ホP}_e / r_m} \right]^* \left[\frac{\text{ホP}_e}{r_m t_e} \right]$$

$$\text{ホ}\sigma_{\chi 7} = \left[\frac{N_{\chi}}{\text{ホP}_e / r_m} \right]^* \left[\frac{\text{ホP}_e}{r_m t_e} \right]$$

二次応力

$$\text{ホ}\sigma_{2\phi 7} = \left[\frac{M_{\phi}}{\text{ホP}_e} \right]^* \left[\frac{6\text{ホP}_e}{t_e^2} \right]$$

$$\text{ホ}\sigma_{2\chi 7} = \left[\frac{M_{\chi}}{\text{ホP}_e} \right]^* \left[\frac{6\text{ホP}_e}{t_e^2} \right]$$



第 3. 1. 3. 1. 5-13 図 脚が胴に及ぼす力の関係

また、この反力 ホF_s 、 $\text{ホF}_{s e}$ により生じる胴の脚つけ根部のせん断応力は、次式で表される。

反力 ホF_s による応力

$$\text{ホ}\tau_{11} = \frac{\text{ホF}_s}{4 C_2 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\tau_{11} = \frac{F_s}{\pi r_1 t}$$

反力 F_{se} による応力

$$\tau_{12} = \frac{F_{se}}{4 C_2 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

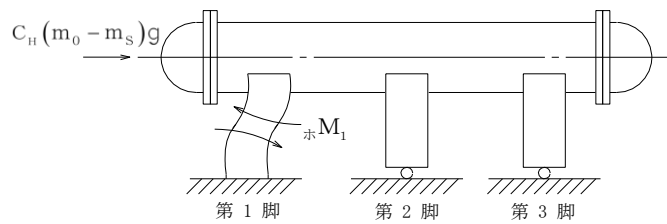
$$\tau_{12} = \frac{F_{se}}{\pi r_1 t}$$

(6) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

(タイプ1, 2の場合)

第2脚及び第3脚は、長手方向に自由にスライドできるので第1脚は第3.1.

3.1.5-14図のように変形し、脚つけ根部に作用する曲げモーメント及び鉛直荷重(偶力)は、次式で表される。



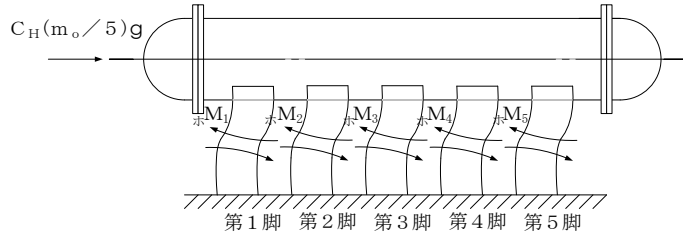
第3.1.3.1.5-14図 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント

$$\tau_{M_1} = \frac{1}{2} C_H (m_o - m_s) g h_1 \quad \dots \dots \dots (3.1.3.1.5-1)$$

$$\tau_{P_1} = C_H (m_o - m_s) g \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{l_0} \quad \dots \dots \dots (3.1.3.1.5-2)$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は式(3.1.3.1.5-1)の係数1/2を1に、式(3.1.3.1.5-2)の係数1/2を0に置き換えるものとする。

(タイプ3の場合)



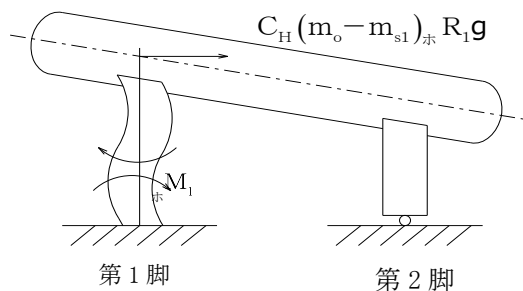
第3.1.3.1.5-15 図 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント

$${}_ホM_1 = \frac{1}{10} C_H (m_o - m_s) g h_1$$

$${}_ホP_1 = C_H (m_o - m_s) g \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{5 l_0}$$

(タイプ4の場合)

第2脚は長手方向に自由にスライドできるので第1脚は第3.1.3.1.5-16図のように変形し、脚つけ根部に作用する曲げモーメント及び鉛直荷重(偶力)は、次式で表される。



第3.1.3.1.5-16 図 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント

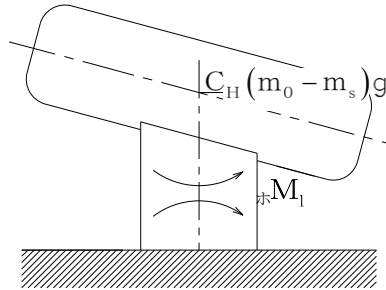
$${}_ホM_1 = \frac{1}{2} C_H (m_o - m_{s1}) g h_1 \quad \dots\dots\dots (3.1.3.1.5-3)$$

$${}_ホP_1 = C_H (m_o - m_s) g \frac{\left(h_2 - \frac{1}{2} h_1 \right)}{l_0} \cos \zeta \quad \dots\dots\dots (3.1.3.1.5-4)$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は式(3.1.3.1.5-3)の係数1/2を1に、式(3.1.3.1.5-4)の係数1/2を0に置き換えるものとする。

(タイプ5の場合)

脚は第3.1.3.1.5-16図のように変形し、脚つけ根部に作用する曲げモーメント及び鉛直荷重(偶力)は、次式で表される。



第3.1.3.1.5-16図 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント

$${}_H M_1 = C_{H\text{ホ}} R (h_2 - h_1)$$

$${}_H P_1 = C_{H\text{ホ}} R \sin \zeta$$

タイプ1から5で算出したモーメント ${}_H M_1$ と鉛直荷重 ${}_H P_1$ により生じる胴板の局部応力は(5)と同様な方法で引用文献(1)より求められる。

曲げモーメント ${}_H M_1$ により生じる応力は、次式で表される。

一次応力

$${}_H \sigma_{\phi 4 1} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_H M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_H M_1}{r_m^2 t_e \beta_1} \right] C_1$$

$${}_H \sigma_{\chi 4 1} = \left[\frac{N_{\chi}}{{}_H M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_H M_1}{r_m^2 t_e \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$${}_H \sigma_{2\phi 4 1} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_H M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_H M_1}{r_m t_e^2 \beta_1} \right]$$

$${}_H \sigma_{2\chi 4 1} = \left[\frac{M_{\chi}}{{}_H M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_H M_1}{r_m t_e^2 \beta_1} \right]$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、角形アタッチメントのみ、さらに $k_{1 1}$ を乗じた値とする。

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta_1 = 0.875 r_1 / r_m$$

鉛直荷重 P_1 により生じる応力は、次式で表される。

一次応力

$$\sigma_{\phi 2} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{P_1}{r_m t_e} \right]$$

$$\sigma_{\chi 2} = \left[\frac{N_{\chi}}{P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{P_1}{r_m t_e} \right]$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 2} = \left[\frac{M_{\phi}}{P_1} \right]^* \left[\frac{6P_1}{t_e^2} \right]$$

$$\sigma_{2\chi 2} = \left[\frac{M_{\chi}}{P_1} \right]^* \left[\frac{6P_1}{t_e^2} \right]$$

また、水平方向荷重により胴板に生じる引張応力は、次式で表される。
(タイプ 1, 2, 3 の場合)

$$\sigma_{\chi 3} = \frac{C_H (m_o - m_s) g}{\pi (D_i + t) t}$$

(タイプ 4 の場合)

$$\sigma_{\chi 3} = \frac{C_H (m_o - m_{s1}) g \cos \zeta}{\pi (D_i + t) t}$$

(タイプ 5 の場合)

$$\sigma_{\chi 3} = \frac{C_H R \cos \zeta}{\pi (D_i + t) t}$$

したがって、曲げモーメント M_1 、鉛直力 P_1 及び水平方向荷重により生じる胴板の応力は、次式で表される。

一次応力

$$\sigma_{\phi 4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{\chi 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2}$$

二次応力

$${}_{ホ}\sigma_{2\phi4} = {}_{ホ}\sigma_{2\phi4 1} + {}_{ホ}\sigma_{2\phi4 2}$$

$${}_{ホ}\sigma_{2\gamma4} = {}_{ホ}\sigma_{2\gamma4 1} + {}_{ホ}\sigma_{2\gamma4 2}$$

また、長手方向の地震が作用した場合、第1脚つけ根部に生じるせん断応力は、次式で表される。

(タイプ1, 2の場合)

$${}_{ホ}\tau_1 = \frac{C_H(m_0 - m_s)g}{4C_2t}$$

(タイプ3の場合)

$${}_{ホ}\tau_1 = \frac{C_H(m_0 - m_s)g}{20C_2t}$$

(タイプ4の場合)

$${}_{ホ}\tau_{13} = \frac{C_H(m_0 - m_{s1})g \cos \zeta}{4C_2t}$$

(タイプ5の場合)

$${}_{ホ}\tau_{13} = \frac{C_{Hホ}R \cos \zeta}{4C_2t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$${}_{ホ}\tau_{13} = \frac{C_{Hホ}R \cos \zeta}{\pi r_1 t}$$

(7) 横方向地震による脚つけ根部の応力

横方向の地震が作用した場合、第1脚のつけ根部に作用する曲げモーメント SM_c は、次式で表される。

(タイプ1, 2, 3, 4, 5の場合)

$$M_c = C_{Hホ}R_1 r_0$$

$$r_0 = \frac{D_i}{2} + t_e$$

この曲げモーメント ${}_{ホ}M_c$ により生じる胴板の局部応力は、(5)及び(6)と同様な方法で引用文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(5)と同じであるが、アタッチメントパラメータ β_c は、次式で表される。

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta_c = 0.875 r_1 / r_m$$

ただし、二次応力を求める場合は、角形アタッチメントの場合のみタイプ1, 2, 3及び5では、さらに k_{c1} を、タイプ4では、さらに k_{c1} 又は k_{c2} を乗じた値とする。

したがって応力は、次式で表される。

一次応力

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi 5} &= \left[\frac{N_{\phi}}{\text{ホ} M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\text{ホ} M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right] C_c \\ \sigma_{\chi 5} &= \left[\frac{N_{\chi}}{\text{ホ} M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\text{ホ} M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right] C_c \end{aligned}$$

二次応力

$$\begin{aligned} \sigma_{2\phi 5} &= \left[\frac{M_{\phi}}{\text{ホ} M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \text{ホ} M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right] \\ \sigma_{2\chi 5} &= \left[\frac{M_{\chi}}{\text{ホ} M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \text{ホ} M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right] \end{aligned}$$

また、横方向に地震が作用した場合第1脚つけ根部に生じるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_c = \frac{C_{H\text{ホ}} R_1}{4 C_1 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\tau_c = \frac{C_{H\text{ホ}} R}{\pi r_1 t}$$

(8) 組合せ応力

(3)～(7)によって算出される第1脚つけ根部に生じる胴板の応力は、以下により組み合わされる。

a. 一次一般膜応力

【絶対値和】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{01} = \max[\sigma_{01\phi}, \sigma_{01\chi}]$$

ここで、

$$\sigma_{01\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2}$$

$$\sigma_{01\chi} = \sigma_{\chi1} + \sigma_{\chi2} + \sigma_{\chi6} + \sigma_{\chi43}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0c} = \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0c\chi}]$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2}$$

$$\sigma_{0c\chi} = \sigma_{\chi1} + \sigma_{\chi2} + \sigma_{\chi6}$$

【SRSS法】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{01} = \max[\sigma_{01\phi}, \sigma_{01\chi}]$$

ここで、

$$\sigma_{01\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2}$$

$$\sigma_{01\chi} = \sigma_{\chi1} + \sigma_{\chi2} + \sqrt{\sigma_{\chi6}^2 + \sigma_{\chi43}^2}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0c} = \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0c\chi}]$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2}$$

$$\sigma_{0c\chi} = \sigma_{\chi1} + \sigma_{\chi2} + \sigma_{\chi6}$$

したがって、胴板に生じる一次一般膜応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{01}, \sigma_{0c}]$$

b. 一次応力

【絶対値和】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{11\phi} + \sigma_{11\chi}) + \sqrt{(\sigma_{11\phi} - \sigma_{11\chi})^2 + 4\tau_1^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{11\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2} + \sigma_{\phi3} + \sigma_{\phi4} + \sigma_{\phi7}$$

$$\sigma_{11\chi} = \sigma_{\chi1} + \sigma_{\chi2} + \sigma_{\chi3} + \sigma_{\chi4} + \sigma_{\chi6} + \sigma_{\chi7}$$

ただし、タイプ4又は5の場合は、 τ_1 を τ_{11} に読み替える

$$\sigma_{\tau_{11}} = \sigma_{\tau_{11}} + \sigma_{\tau_{12}} + \sigma_{\tau_{13}}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が発生した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1c\chi} \right) + \sqrt{\left(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1c\chi} \right)^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{1c\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sigma_{\chi 3} + \sigma_{\chi 5} + \sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7}$$

【SRSS法】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\sigma_{11\phi} + \sigma_{11\chi} \right) + \sqrt{\left(\sigma_{11\phi} - \sigma_{11\chi} \right)^2 + 4\tau_1^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{11\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 4}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7})^2}$$

$$\sigma_{11\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sigma_{\chi 3} + \sqrt{\sigma_{\chi 4}^2 + (\sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7})^2}$$

ただし、タイプ4又は5の場合は、 σ_{τ_1} を $\sigma_{\tau_{11}}$ に読み替える

$$\sigma_{\tau_{11}} = \sigma_{\tau_{11}} + \sqrt{\sigma_{\tau_{12}}^2 + \sigma_{\tau_{13}}^2}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が発生した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1c\chi} \right) + \sqrt{\left(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1c\chi} \right)^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 5}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7})^2}$$

$$\sigma_{1c\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sigma_{\chi 3} + \sqrt{\sigma_{\chi 5}^2 + (\sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7})^2}$$

したがって、胴板に生じる一次応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{1c}]$$

c. 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

【絶対値和】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{21} = \sigma_{21\phi} + \sigma_{21\chi} + \sqrt{\left(\sigma_{21\phi} - \sigma_{21\chi} \right)^2 + 4\tau_1^2}$$

ここで、

$$\sigma_{21\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7}$$

$$\sigma_{21\chi} = \sigma_{\chi 4} + \sigma_{2\chi 4} + \sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7}$$

ただし、タイプ4又は5の場合は、 τ_1 を τ_{21} に読み替える

$$\tau_{21} = \tau_{12} + \tau_{13}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2c\phi} + \sigma_{2c\chi} + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2c\chi})^2 + 4\tau_c^2}$$

ここで、

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7}$$

$$\sigma_{2c\chi} = \sigma_{\chi 5} + \sigma_{2\chi 5} + \sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7}$$

【SRSS法】

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{21} = \sigma_{21\phi} + \sigma_{21\chi} + \sqrt{(\sigma_{21\phi} - \sigma_{21\chi})^2 + 4\tau_1^2}$$

ここで、

$$\sigma_{21\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4})^2}$$

$$\sigma_{21\chi} = \sqrt{(\sigma_{\chi 4} + \sigma_{2\chi 4})^2 + (\sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7})^2}$$

ただし、タイプ4又は5の場合は、 τ_1 を τ_{21} に読み替える

$$\tau_{21} = \sqrt{\tau_{12}^2 + \tau_{13}^2}$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が発生した場合

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2c\phi} + \sigma_{2c\chi} + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2c\chi})^2 + 4\tau_c^2}$$

ここで、

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5})^2}$$

$$\sigma_{2c\chi} = \sqrt{(\sigma_{\chi 5} + \sigma_{2\chi 5})^2 + (\sigma_{\chi 6} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7})^2}$$

したがって、胴板に生じる地震動のみによる一次＋二次応力の変動値の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max[\sigma_{21}, \sigma_{2c}]$$

(9) 支持部に作用する荷重

a. 運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力

運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力は、次式で表される。

(タイプ1, 2, 3の場合)

$$\sigma_{s11} = \frac{{}_{\text{ホ}}R_1 + m_s \mathbf{g}}{A_s}$$

$$\sigma_{s21} = \frac{{}_{\text{ホ}}R_1 + m_s \mathbf{g}}{A_s} C_v$$

(タイプ4の場合)

$$\sigma_{s11} = \frac{{}_{\text{ホ}}R_1 + m_{s1} \mathbf{g}}{A_s}$$

$$\sigma_{s21} = \frac{{}_{\text{ホ}}R_1 + m_{s1} \mathbf{g}}{A_s} C_v$$

ただし、 ${}_{\text{ホ}}R_2 + m_{s2} \mathbf{g} > {}_{\text{ホ}}R_1 + m_{s1} \mathbf{g}$ の場合は、 ${}_{\text{ホ}}R_1$ を ${}_{\text{ホ}}R_2$ に、 $m_{s1} \mathbf{g}$ を $m_{s2} \mathbf{g}$ にそれぞれ置き換えるものとする。

(タイプ5の場合の場合)

$$\sigma_{s11} = \frac{m_0 \mathbf{g}}{A_s}$$

$$\sigma_{s21} = \frac{m_0 \mathbf{g}}{A_s} C_v$$

b. 長手方向地震による応力

(タイプ1, 2, 3の場合)

曲げ応力及び圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s31} = \frac{{}_{\text{ホ}}M_{11}}{Z_{sy}} + \frac{{}_{\text{ホ}}P_1}{A_s}$$

ここで、

(タイプ1, 2の場合)

$${}_{\text{ホ}}M_{11} = \frac{1}{2} C_H m_0 \mathbf{g} h_1$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は係数1/2を1に置き換えるものとする。

せん断応力は、次式で表される。

(タイプ3の場合)

$${}_H M_{11} = \frac{1}{10} C_H m_0 g h_1$$

(タイプ1, 2, 4, 5の場合)

$$\tau_{s31} = \frac{C_H m_0 g}{A_{s3}}$$

(タイプ3の場合)

$$\tau_{s31} = \frac{C_H m_0 g}{5A_{s3}}$$

c. 横方向地震による応力

(タイプ1, 2, 3の場合)

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{C_H ({}_H R_1 + m_s g) h_2}{Z_{sx}}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{C_H ({}_H R_1 + m_s g)}{A_{s4}}$$

(タイプ4の場合)

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{C_H ({}_H R_1 + m_{s1} g) h_2}{Z_{sx}}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{C_H ({}_H R_1 + m_{s1} g)}{A_{s4}}$$

ただし、 $({}_H R_2 + m_{s2} g) h_4 > ({}_H R_1 + m_{s1} g) h_2$ の場合は、 ${}_H R_1$ を ${}_H R_2$ に、 $m_{s1} g$ を $m_{s2} g$ に、 h_2 を h_4 にそれぞれ置き換えるものとする。

(タイプ5の場合)

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{C_H m_0 g h_2}{Z_{sx}}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{C_H m_0 g}{A_{s4}}$$

(10) ボルト等に作用する荷重

基礎ボルトに作用するせん断力及び引張力は、次式により算出する。

a. 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

(a) せん断力

せん断力は、次式で表される。

(タイプ1, 2, 4, 5の場合)

$$Q_b = \frac{C_H m_0 g}{n_r}$$

(タイプ3の場合)

$$Q_b = \frac{C_H m_0 g}{5 n_r}$$

(b) 引張力

長手方向地震及び鉛直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、次式で表される。

$${}_H M = {}_H M_{11}$$

鉛直荷重は

【絶対値和】

(タイプ1, 2, 3の場合)

$${}_H P_s = ({}_H R_1 + m_s g)(1 - C_v) - {}_H P_1$$

(タイプ4の場合)

$${}_H P_s = ({}_H R_1 + m_{s1} g)(1 - C_v) - {}_H P_1 / \cos \zeta$$

【SRSS法】

(タイプ1, 2, 3の場合)

$${}_H P_s = {}_H R_1 + m_s g - \sqrt{\{C_v ({}_H R_1 + m_s g)\}^2 + {}_H P_1^2}$$

(タイプ4の場合)

$${}_H P_s = {}_H R_1 + m_{s1} g - \sqrt{\{C_v ({}_H R_1 + m_{s1} g)\}^2 + ({}_H P_1 / \cos \zeta)^2}$$

である。今モーメントと圧縮荷重の比を

$$e = {}_H M / {}_H P_s$$

とすると、 e が負の場合又は

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3}$$

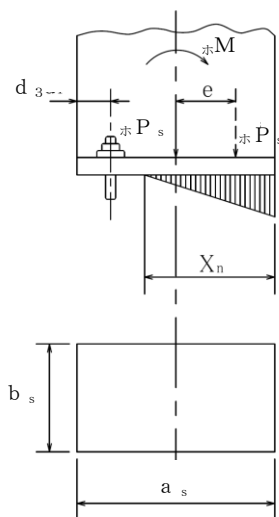
の時，基礎ボルトに引張力が作用し，この引張力は次のようにして求められる。

今，中立軸の位置 X_n を

$$X_n^3 + 3\left(e - \frac{a_s}{2}\right)X_n^2 - \frac{6s A_b n_{s1}}{b_s} \left(e + \frac{a_s}{2} - d_3\right)(a_s - d_3 - X_n) = 0$$

より求めると，基礎ボルト1本に作用する引張力は，次式で表される。

$$F_b = \frac{{}_{\text{ボ}}P_s \left(e - \frac{a_s}{2} + \frac{X_n}{3} \right)}{n_r \left(a_s - d_3 - \frac{X_n}{3} \right)}$$



第 3.1.3.1.5-17 図 基礎部に作用する外荷重により生ずる荷重の関係

ただし，脚下端が単純支持の場合は脚底面にはモーメントが作用しないので，鉛直荷重 P_s が負のときに基礎ボルトに引張力が生じる。

$$F_b = -\frac{{}_{\text{ボ}}P_s}{n_r}$$

(タイプ 5 の場合)

基礎ボルトに生じる引張応力は，最も厳しい条件として，基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側のボルトで受けるものとして，次式で表される。

【絶対値和】

$$F_b = \frac{{}_\text{ホ}M - (1 - C_v)m_0g \frac{l_{b1}}{2}}{n_{s1}l_{b1}}$$

【SRSS 法】

$$F_b = \frac{-m_0g \frac{l_{b1}}{2} + \sqrt{\left(C_v m_0g \frac{l_{b1}}{2}\right)^2 + {}_\text{ホ}M^2}}{n_{s1}l_{b1}}$$

b. 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

(a) せん断力

せん断力は、次式で表される。

(タイプ 1, 2, 3 の場合)

$$Q_b = \frac{C_H({}_\text{ホ}R_1 + m_s g)}{n_r}$$

タイプ 1, 2 の場合は、脚の受ける質量 ${}_\text{ホ}R_2$ が ${}_\text{ホ}R_1$ よりも大きいときは、 ${}_\text{ホ}R_1$ を ${}_\text{ホ}R_2$ と置き換えて計算する。

タイプ 3 の場合は、脚の受ける質量 ${}_\text{ホ}R_2$ 及び ${}_\text{ホ}R_3$ が ${}_\text{ホ}R_1$ よりも大きいときは、 ${}_\text{ホ}R_1$ を ${}_\text{ホ}R_2$ 及び ${}_\text{ホ}R_3$ のどちらか大きい方と読み替えて計算する。

(タイプ 4)

$$Q_b = \frac{C_H({}_\text{ホ}R_1 + m_{s1}g)}{n_r}$$

ただし、 $({}_\text{ホ}R_2 + m_{s2}g) > ({}_\text{ホ}R_1 + m_{s1}g)$ の場合は、 ${}_\text{ホ}R_1$ を ${}_\text{ホ}R_2$ に、 $m_{s1}g$ を $m_{s2}g$ にそれぞれ置き換えるものとする。

(タイプ 5 の場合)

$$Q_b = \frac{C_H m_0 g}{n_r}$$

(b) 引張力

横方向の地震が作用した場合に脚底面に作用するモーメントは、次式で表される。

(タイプ 1, 2, 3 の場合)

$${}_\text{ホ}M_{c1} = C_H({}_\text{ホ}R_1 + m_s g)h_2$$

鉛直力は、次式で表される。

$${}_H P_{s1} = ({}_H R_1 + m_s g)(1 - C_v)$$

(a)と同様にして引張力は求められるが、 ${}_H M_{c1}$ は ${}_H M$ とし、 ${}_H P_{s1}$ は ${}_H P_s$ 、 d_4 は d_3 、 a_s は b_s 、 b_s は a_s 、 n_{s2} は n_{s1} と置き換える。

(タイプ4の場合)

$${}_H M_{c1} = C_H ({}_H R_1 + m_{s1} g) h_2$$

鉛直力は、次式で表される。

$${}_H P_{s1} = ({}_H R_1 + m_{s1} g)(1 - C_v)$$

また、第2脚底面に働くモーメントは、次式で表される。

$${}_H M_{c2} = C_H ({}_H R_2 + m_{s2} g) h_4$$

鉛直力は、次式で表される。

$${}_H P_{s2} = ({}_H R_2 + m_{s2} g)(1 - C_v)$$

(a)と同様にして引張応力は求められるが、 ${}_H M$ は ${}_H M_{c1}$ 及び ${}_H M_{c2}$ とし、 ${}_H P_s$ は ${}_H P_{s1}$ 及び ${}_H P_{s2}$ 、 d_4 は d_3 、 a_s は b_s 、 b_s は a_s 、 n_{s2} は n_{s1} と置き換える。

(タイプ5の場合)

$${}_H M_{c1} = C_H m_0 g h_2$$

(a)と同様にして引張応力は、次式で表される。

【絶対値和】

$$F_b = \frac{{}_H M_{c1} - (1 - C_v) m_0 g \frac{l_{b2}}{2}}{n_{s2} l_{b2}}$$

【SRSS法】

$$F_b = \frac{-m_0 g \frac{l_{b2}}{2} + \sqrt{\left(C_v m_0 g \frac{l_{b2}}{2}\right)^2 + {}_H M_{c1}^2}}{n_{s2} l_{b2}}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_1 = \frac{\hat{R}}{\pi r_0 t}$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

第2ラグは、長手方向に自由にスライドできるので第1ラグは第3.1.3.1.6-2図のように変形し、ラグつけ根部に作用する鉛直方向曲げモーメント及び水平方向反力は、次式で表される。ラグが胴板に及ぼす力の関係を第3.1.3.1.6-1図に示す。

$$\hat{M}_{1D} = \frac{1}{2} (m_0 - m_s) g h_1$$

$$\hat{P}_{1D} = (m_0 - m_s) g \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{l_0}$$

ただし、固定端が単純支持の場合は、 \hat{M}_{1D} 算出式の係数1/2を1に、 \hat{P}_{1D} 算出式の係数1/2を0に置き換えるものとする。

鉛直方向曲げモーメント \hat{M}_{1D} と水平方向反力 \hat{P}_{1D} により生じる胴板の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって引用文献(1)の表より値を求める(以下*印を付記する。)ことにより、次式で表される。

鉛直方向曲げモーメント \hat{M}_{1D} により生じる応力は

$$\hat{\sigma}_{\phi 21} = \left[\frac{N_\phi}{\hat{M}_{1D} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1D}}{r_m^2 t \beta} \right] C_1$$

$$\hat{\sigma}_{x 21} = \left[\frac{N_x}{\hat{M}_{1D} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1D}}{r_m^2 t \beta} \right] C_1$$

ここで、

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta = 0.875 r_c / r_m$$

水平方向反力 \hat{P}_{1D} により生じる応力は、次式で表される。

$$\hat{\sigma}_{\phi 22} = \left[\frac{N_{\phi}}{\hat{P}_{1D} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}_{1D}}{r_m t} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{x 22} = \left[\frac{N_x}{\hat{P}_{1D} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}_{1D}}{r_m t} \right]$$

ここで,

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2} \quad \dots\dots\dots (3.1.3.1.6-2)$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2} \quad \dots\dots\dots (3.1.3.1.6-3)$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta = 0.875 r_c / r_m$$

また、運転時質量により胴板に生じる引張応力は、次式で表される。

$$\hat{\sigma}_{x 23} = \frac{(m_0 - m_s)g}{\pi(D_i + t)t}$$

したがって、曲げモーメント M_{1D} 、反力 P_{1D} 及び鉛直方向荷重により生じる胴板の応力は、次式で表される。

$$\hat{\sigma}_{\phi 2} = \hat{\sigma}_{\phi 21} + \hat{\sigma}_{\phi 22}$$

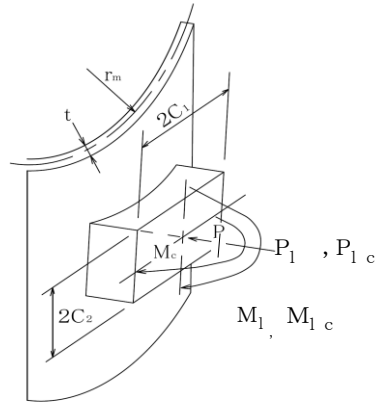
$$\hat{\sigma}_{x 2} = \hat{\sigma}_{x 21} + \hat{\sigma}_{x 22} + \hat{\sigma}_{x 23}$$

また、運転時質量が作用した場合、第1ラグつけ根部に生じるせん断応力は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_1 = \frac{(m_0 - m_s)g}{4C_2 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_1 = \frac{(m_0 - m_s)g}{4r_c t}$$



第 3.1.3.1.6-1 図 ラグが胴に及ぼす力の関係

(3) 鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の応力

(ラグが 1 つの場合)

鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の応力は、次式で表される。

(2)と同様にして、

$$\hat{R}_e = C_v m_0 g$$

$$\hat{M}_{1e} = C_v m_0 g (h_2 - h_1)$$

鉛直方向曲げモーメント M_{1e} により生じる胴板の局部応力は(2)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 5} = \left[\frac{N_\phi}{\hat{M}_{1e} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1e}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$$\hat{\sigma}_{x 5} = \left[\frac{N_x}{\hat{M}_{1e} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1e}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2\phi 5} = \left[\frac{M_\phi}{\hat{M}_{1e} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_{1e}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2x 5} = \left[\frac{M_x}{\hat{M}_{1e} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_{1e}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

二次応力を求める場合は、角形アタッチメントのみ、さらに式に k_{11} を乗じた値とする。

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta_1 = 0.875 r_0 / r_m$$

反力 R_e によるせん断応力は、

$$\hat{\tau}_{11} = \frac{\hat{R}_e}{4 C_2 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_{11} = \frac{\hat{R}_e}{\pi r_0 t}$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

(2)と同様にして、ラグつけ根部に作用する鉛直方向曲げモーメント及び水平方向反力は、次式で表される。

$$\hat{M}_{1c} = \frac{1}{2} C_v (m_0 - m_s) g h_1$$

$$\hat{P}_{1c} = C_v (m_0 - m_s) g \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{l_0}$$

鉛直方向曲げモーメント \hat{M}_{1c} と水平方向反力 \hat{P}_{1c} により生じる胴板の局部応力は、(2)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

鉛直方向曲げモーメント \hat{M}_{1c} により生じる応力は、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 51} = \left[\frac{N_\phi}{\hat{M}_{1c} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1c}}{r_m^2 t \beta} \right] C_1$$

$$\hat{\sigma}_{x 51} = \left[\frac{N_x}{\hat{M}_{1c} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_{1c}}{r_m^2 t \beta} \right] C_1$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2\phi 51} = \left[\frac{M_\phi}{\hat{M}_{1c} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_{1c}}{r_m t^2 \beta} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2x 51} = \left[\frac{M_x}{\hat{M}_{1c} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_{1c}}{r_m t^2 \beta} \right]$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は、 $\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$ で表される。ただし、二次応力を求める場合はさらに k_{11} を乗じた値とする。なお、円筒形アタッチメントの場合の β は $\beta = 0.875 r_c / r_m$ で表される。

水平方向反力 \hat{P}_{1c} により生じる応力は、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 5 2} = \left[\frac{N_{\phi}}{\hat{P}_{1c} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}_{1c}}{r_m t} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{x 5 2} = \left[\frac{N_x}{\hat{P}_{1c} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}_{1c}}{r_m t} \right]$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 5 2} = \left[\frac{M_{\phi}}{\hat{P}_{1c}} \right]^* \left[\frac{6 \hat{P}_{1c}}{t^2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 5 2} = \left[\frac{M_x}{\hat{P}_{1c}} \right]^* \left[\frac{6 \hat{P}_{1c}}{t^2} \right]$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は式(3.1.3.1.6-2)又は式(3.1.3.1.6-3)で表される。なお、円筒形アタッチメントの場合の β は、 $\beta = 0.875 r_c / r_m$ で表される。

また、鉛直方向地震により胴板に生じる引張応力は、次式で表される。

$$\hat{\sigma}_{x 5 3} = \frac{C_V (m_0 - m_s) g}{\pi (D_i + t) t}$$

したがって、曲げモーメント \hat{M}_{1c} 、反力 \hat{P}_{1c} 及び鉛直方向荷重により生じる胴板の応力は、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 5} = \hat{\sigma}_{\phi 5 1} + \hat{\sigma}_{\phi 5 2}$$

$$\hat{\sigma}_{x 5} = \hat{\sigma}_{x 5 1} + \hat{\sigma}_{x 5 2} + \hat{\sigma}_{x 5 3}$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 5} = \hat{\sigma}_{2 \phi 5 1} + \hat{\sigma}_{2 \phi 5 2}$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 5} = \hat{\sigma}_{2 x 5 1} + \hat{\sigma}_{2 x 5 2}$$

また、鉛直方向地震が作用した場合、第1ラグつけ根部に生じるせん断応力は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_{11} = \frac{C_V (m_0 - m_s) g}{4 C_2 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_{11} = \frac{C_V (m_0 - m_s) g}{4 r_c t}$$

(4) X方向地震における胴のラグつけ根部の応力

(ラグが1つの場合)

X方向地震における胴のラグつけ根部の応力は、次式で表される。

ラグつけ根部に生じる半径方向荷重は、

$$\hat{P} = C_H m_0 g$$

半径方向荷重 \hat{P} により生じる胴板の局部応力は、(2)、(3)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 3} = \left[\frac{N_\phi}{\hat{P} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}}{r_m t} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{x 3} = \left[\frac{N_x}{\hat{P} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}}{r_m t} \right]$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2\phi 3} = \left[\frac{M_\phi}{\hat{P}} \right]^* \left[\frac{6\hat{P}}{t^2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2x 3} = \left[\frac{M_x}{\hat{P}} \right]^* \left[\frac{6\hat{P}}{t^2} \right]$$

ここで、

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき、

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき、

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta = 0.875 r_0 / r_m$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

X方向地震によりラグにかかる荷重は、モーメントの釣合いより求める。第3.

1. 3. 1. 6-2図において第1ラグまわりのモーメントの釣合いより、次式で表される。

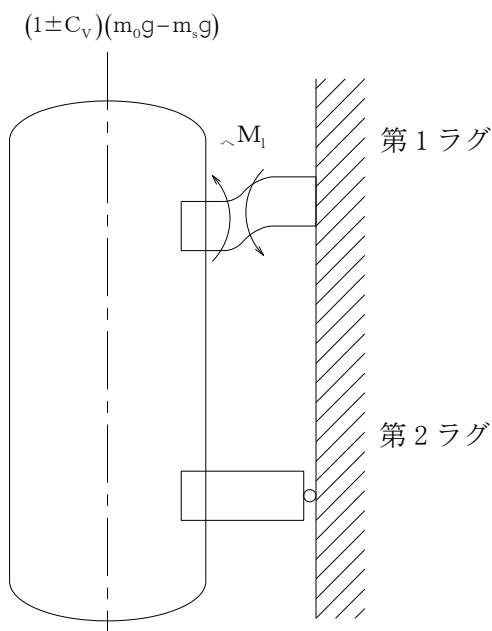
$$\sum_{i=1}^{j_i} m_i g l_i - \hat{R}_2 l_0 = 0$$

したがって、ラグの受ける荷重は、次式で表される。

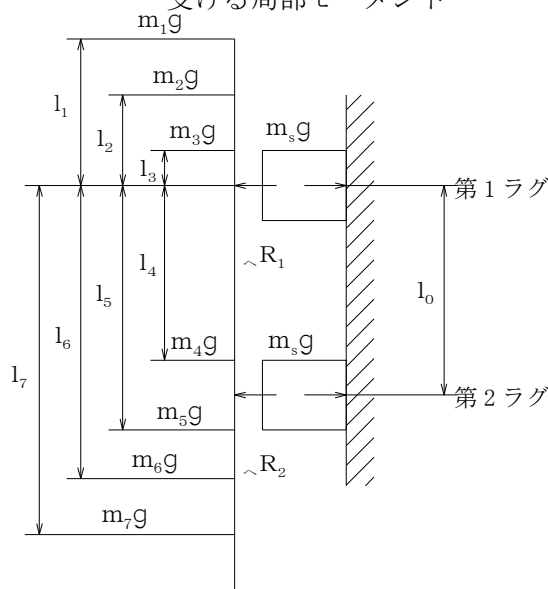
$$\hat{R}_2 = \sum_{i=1}^{j_i} m_i g l_i / l_0$$

$$\hat{R}_1 = \sum_{i=1}^{j_i} m_i g - \hat{R}_2$$

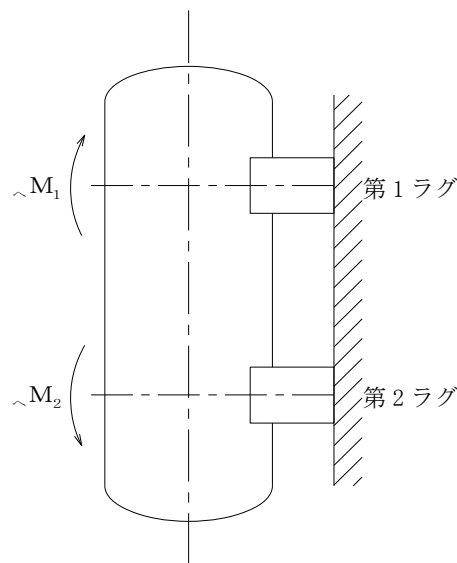
機G A



第 3. 1. 3. 1. 6-2 図 鉛直方向荷重により胴が受ける局部モーメント



第 3. 1. 3. 1. 6-3 図 荷重状態



第 3. 1. 3. 1. 6-4 図 ラグの位置での曲げモーメント

また、ラグにかかる曲げモーメントは次のようにして求める。

第3.1.3.1.6-3図に示すように胴に集中荷重を受けるはりとして考える。

第3.1.3.1.6-4図においてラグつけ根の部分における曲げモーメント \hat{M}_1 及び \hat{M}_2 は、次式で表される。

$$\hat{M}_1 = \sum_{i=1}^{j_2} m_i g |l_i|$$

$$\hat{M}_2 = \sum_{i=j_1-j_3+1}^{j_1} m_i g |l_i - l_0|$$

以上のようにして求めた曲げモーメントにより胴のラグつけ根部に生じる応力は次のようにして求められる。

引用文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、ラグ取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴板の局部変形を生じさせようとする。

今、長手方向の曲げモーメントによる胴板の応力の影響範囲をラグ上 $\theta_0/6$ 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、第3.1.3.1.6-5図に 2θ で示される円弧殻である。したがって、X方向地震による応力は、次式で表される。

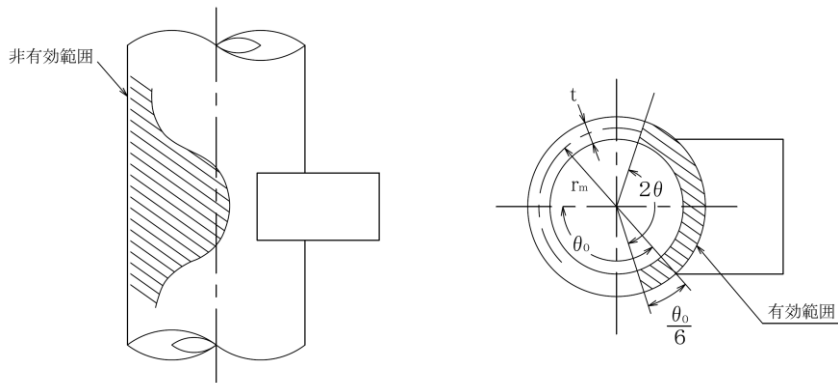
$$\hat{\sigma}_{x31} = \frac{\hat{M}_1}{Z_e} C_H$$

ここで、

$$Z_e = r_m^2 t \left\{ \frac{\theta + \sin \theta \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{(\sin \theta / \theta) - \cos \theta} \right\}$$

θ は、次式で表される。

$$\theta = \pi - \frac{5}{6} \theta_0$$



第3.1.3.1.6-5 図 ラグつけ根部の有効範囲

胴のラグつけ根部におけるラグ反力による局部応力は、次のようにして求める。
 胴の第1ラグつけ根部に作用する反力は、次式で表される。

$$\hat{P} = C_H \hat{R}_1$$

この反力 \hat{P} により生じる胴板の局部応力は、引用文献(1)により、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 3 2} = \left[\frac{N_{\phi}}{\hat{P} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}}{r_m t} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{x 3 2} = \left[\frac{N_x}{\hat{P} / r_m} \right]^* \left[\frac{\hat{P}}{r_m t} \right]$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 3 2} = \left[\frac{M_{\phi}}{\hat{P}} \right]^* \left[\frac{6 \hat{P}}{t^2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 3 2} = \left[\frac{M_x}{\hat{P}} \right]^* \left[\frac{6 \hat{P}}{t^2} \right]$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は式(3.1.3.1.6-2) 又は式(3.1.3.1.6-3) で表される。なお、円筒形アタッチメントの場合の β は、 $\beta = 0.875 r_c / r_m$ で表される。

したがって、曲げモーメント \hat{M}_1 及び反力 \hat{P} により生じる胴板の応力は、

次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 3} = \hat{\sigma}_{\phi 3 2}$$

$$\hat{\sigma}_{x 3} = \hat{\sigma}_{x 3 1} + \hat{\sigma}_{x 3 2}$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 3} = \hat{\sigma}_{2 \phi 3 2}$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 3} = \hat{\sigma}_{2 x 3 2}$$

(5) Z方向地震による胴のラグつけ根部の応力

(ラグが1つの場合)

Z方向地震による胴のラグつけ根部の応力は、次式で表される。

ラグつけ根部に作用する周方向せん断力は、

$$\hat{Q} = C_H m_0 g$$

ラグつけ根部に作用する周方向曲げモーメントは、

$$\hat{M}_c = C_H m_0 g (h_2 - h_1)$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴板の局部応力は、(2)、(3)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 4} = \left[\frac{N_{\phi}}{\hat{M}_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_c}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c$$

$$\hat{\sigma}_{x 4} = \left[\frac{N_x}{\hat{M}_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_c}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 4} = \left[\frac{M_{\phi}}{\hat{M}_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_c}{r_m \beta_c t^2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 4} = \left[\frac{M_x}{\hat{M}_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_c}{r_m \beta_c t^2} \right]$$

ここで、

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

二次応力を求める場合は、角形アタッチメントのみ、さらに式に k_{c1} を乗じた値とする。

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\beta_c = 0.875 r_0 / r_m$$

周方向せん断力 \hat{Q} によるせん断応力は、

$$\hat{\tau}_c = \frac{\hat{Q}}{4 C_1 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_c = \frac{\hat{Q}}{\pi r_0 t}$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

Z方向地震が作用した場合、第1ラグのつけ根部に作用する曲げモーメント \hat{M}_c は、次式で表される。

$$\hat{M}_c = C_H \hat{R}_1 r_0$$

$$r_0 = \frac{D_i}{2} + t$$

この曲げモーメント \hat{M}_c により生じる胴板の局部応力は、(2)、(3)と同様な方法で引用文献(1)より、次式で表される。

曲げモーメント \hat{M}_c により生じる胴板の応力は、次式で表される。

一次応力

$$\hat{\sigma}_{\phi 4} = \left[\frac{N_\phi}{\hat{M}_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_c}{r_m^2 \beta t} \right] C_c$$

$$\hat{\sigma}_{x 4} = \left[\frac{N_x}{\hat{M}_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{\hat{M}_c}{r_m^2 \beta t} \right] C_c$$

二次応力

$$\hat{\sigma}_{2 \phi 4} = \left[\frac{M_\phi}{\hat{M}_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_c}{r_m \beta t^2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{2 x 4} = \left[\frac{M_x}{\hat{M}_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 \hat{M}_c}{r_m \beta t^2} \right]$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は、 $\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$ で表される。ただし、

二次応力を求める場合はさらに k_{c1} を乗じた値とする。なお、円筒形アタッチメントの場合の β は、 $\beta=0.875 r_c/r_m$ で表される。

また、Z方向地震が作用した場合、第1ラグつけ根部に生じるせん断応力は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_c = \frac{C_H \hat{R}_1}{4 C_1 t}$$

なお、円筒形アタッチメントの場合は、次式で表される。

$$\hat{\tau}_c = \frac{C_H \hat{R}_1}{4 r_c t}$$

(6) 組合せ応力

(ラグが1つの場合)

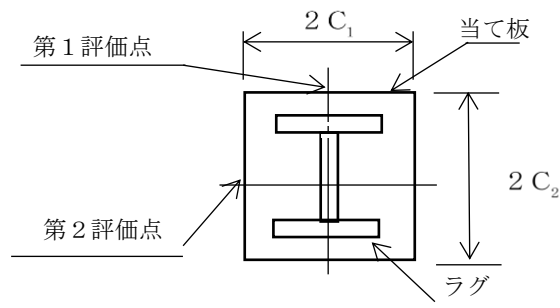
(1)～(5)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は、以下により組み合わされる。

a. 一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \max \left[\hat{\sigma}_{0\phi}, \hat{\sigma}_{0x} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{0x} = \sigma_{x 1}$$



第3.1.3.1.6-6 図 胴板の評価点

b. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次応力
第1評価点については、

$$\hat{\sigma}_{xc1} = \frac{1}{2} \left\{ \hat{\sigma}_{\phi x 1} + \hat{\sigma}_{x x 1} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi x 1} - \hat{\sigma}_{x x 1})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 6} + \hat{\sigma}_{\phi 2} + \hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{\phi 5}$$

$$\hat{\sigma}_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 2} + \hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{x 5}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi x 1} &= \sigma_{\phi 1} + \wedge\sigma_{\phi 2} + \sqrt{\wedge\sigma_{\phi 3}^2 + (\wedge\sigma_{\phi 5} + \wedge\sigma_{\phi 6})^2} \\ \wedge\sigma_{\chi x 1} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 2} + \sqrt{\wedge\sigma_{\chi 3}^2 + \wedge\sigma_{\chi 5}^2}\end{aligned}$$

第2評価点については,

$$\wedge\sigma_{\chi c 2} = \frac{1}{2} \left\{ \wedge\sigma_{\phi x 2} + \wedge\sigma_{\chi x 2} + \sqrt{(\wedge\sigma_{\phi x 2} - \wedge\sigma_{\chi x 2})^2 + 4(\wedge\tau_1 + \wedge\tau_{11})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi x 2} &= \sigma_{\phi 1} + \wedge\sigma_{\phi 6} + \wedge\sigma_{\phi 3} \\ \wedge\sigma_{\chi x 2} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 3}\end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi x 2} &= \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\wedge\sigma_{\phi 6}^2 + \wedge\sigma_{\phi 3}^2} \\ \wedge\sigma_{\chi x 2} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 3}\end{aligned}$$

- c. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次応力
第1評価点については,

$$\wedge\sigma_{z c 1} = \frac{1}{2} \left\{ \wedge\sigma_{\phi z 1} + \wedge\sigma_{\chi z 1} + \sqrt{(\wedge\sigma_{\phi z 1} - \wedge\sigma_{\chi z 1})^2 + 4\wedge\tau_c^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi z 1} &= \sigma_{\phi 1} + \wedge\sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \wedge\sigma_{\phi 5} \\ \wedge\sigma_{\chi z 1} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 2} + \wedge\sigma_{\chi 5}\end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi z 1} &= \sigma_{\phi 1} + \wedge\sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \wedge\sigma_{\phi 5} \\ \wedge\sigma_{\chi z 1} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 2} + \wedge\sigma_{\chi 5}\end{aligned}$$

第2評価点については,

$$\wedge\sigma_{z c 2} = \frac{1}{2} \left\{ \wedge\sigma_{\phi z 2} + \wedge\sigma_{\chi z 2} + \sqrt{(\wedge\sigma_{\phi z 2} - \wedge\sigma_{\chi z 2})^2 + 4(\wedge\tau_1 + \wedge\tau_{11})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi z 2} &= \sigma_{\phi 1} + \wedge\sigma_{\phi 6} + \wedge\sigma_{\phi 4} \\ \wedge\sigma_{\chi z 2} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 4}\end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\wedge\sigma_{\phi z 2} &= \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\wedge\sigma_{\phi 6}^2 + \wedge\sigma_{\phi 4}^2} \\ \wedge\sigma_{\chi z 2} &= \sigma_{\chi 1} + \wedge\sigma_{\chi 4}\end{aligned}$$

したがって、胴板に生じる一次応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \max \left[\wedge \sigma_{\chi c 1}, \wedge \sigma_{\chi c 2}, \wedge \sigma_{z c 1}, \wedge \sigma_{z c 2} \right]$$

- d. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次+二次応力の変動値

第1評価点については,

$$\wedge \sigma_{21} = \wedge \sigma_{2\phi x 1} + \wedge \sigma_{2\chi x 1} + \sqrt{(\wedge \sigma_{2\phi x 1} - \wedge \sigma_{2\chi x 1})^2}$$

【絶対値和】

$$\wedge \sigma_{2\phi x 1} = \wedge \sigma_{\phi 5} + \wedge \sigma_{2\phi 5} + \wedge \sigma_{\phi 6} + \wedge \sigma_{\phi 3} + \wedge \sigma_{2\phi 3}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi x 1} = \wedge \sigma_{\chi 5} + \wedge \sigma_{2\chi 5} + \wedge \sigma_{\chi 3} + \wedge \sigma_{2\chi 3}$$

【SRSS法】

$$\wedge \sigma_{2\phi x 1} = \sqrt{(\wedge \sigma_{\phi 5} + \wedge \sigma_{2\phi 5} + \wedge \sigma_{\phi 6})^2 + (\wedge \sigma_{\phi 3} + \wedge \sigma_{2\phi 3})^2}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi x 1} = \sqrt{(\wedge \sigma_{\chi 5} + \wedge \sigma_{2\chi 5})^2 + (\wedge \sigma_{\chi 3} + \wedge \sigma_{2\chi 3})^2}$$

第2評価点については,

$$\wedge \sigma_{22} = \wedge \sigma_{2\phi x 2} + \wedge \sigma_{2\chi x 2} + \sqrt{(\wedge \sigma_{2\phi x 2} - \wedge \sigma_{2\chi x 2})^2 + 4\wedge \tau_{11}^2}$$

【絶対値和】

$$\wedge \sigma_{2\phi x 2} = \wedge \sigma_{\phi 3} + \wedge \sigma_{2\phi 3} + \wedge \sigma_{\phi 6}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi x 2} = \wedge \sigma_{\chi 3} + \wedge \sigma_{2\chi 3}$$

【SRSS法】

$$\wedge \sigma_{2\phi x 2} = \sqrt{(\wedge \sigma_{\phi 3} + \wedge \sigma_{2\phi 3})^2 + \wedge \sigma_{\phi 6}^2}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi x 2} = \wedge \sigma_{\chi 3} + \wedge \sigma_{2\chi 3}$$

- e. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次+二次応力の変動値

第1評価点については,

$$\wedge \sigma_{23} = \wedge \sigma_{2\phi z 1} + \wedge \sigma_{2\chi z 1} + \sqrt{(\wedge \sigma_{2\phi z 1} - \wedge \sigma_{2\chi z 1})^2 + 4\wedge \tau_c^2}$$

【絶対値和】

$$\wedge \sigma_{2\phi z 1} = \wedge \sigma_{\phi 5} + \wedge \sigma_{2\phi 5} + \wedge \sigma_{\phi 6}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi z 1} = \wedge \sigma_{\chi 5} + \wedge \sigma_{2\chi 5}$$

【SRSS法】

$$\wedge \sigma_{2\phi z 1} = \wedge \sigma_{\phi 5} + \wedge \sigma_{2\phi 5} + \wedge \sigma_{\phi 6}$$

$$\wedge \sigma_{2\chi z 1} = \wedge \sigma_{\chi 5} + \wedge \sigma_{2\chi 5}$$

第2評価点については,

$$\hat{\sigma}_{24} = \hat{\sigma}_{2\phi z z} + \hat{\sigma}_{2x z z} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi z z} - \hat{\sigma}_{2x z z})^2 + 4\hat{\tau}_{11}^2}$$

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{2\phi z z} = \hat{\sigma}_{\phi 4} + \hat{\sigma}_{2\phi 4} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{2x z z} = \hat{\sigma}_{x 4} + \hat{\sigma}_{2x 4}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{2\phi z z} = \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi 4} + \hat{\sigma}_{2\phi 4})^2 + \hat{\sigma}_{\phi 6}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{2x z z} = \hat{\sigma}_{x 4} + \hat{\sigma}_{2x 4}$$

したがって、胴板の地震動のみによる一次+二次応力の変動値の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max \left[\hat{\sigma}_{21}, \hat{\sigma}_{22}, \hat{\sigma}_{23}, \hat{\sigma}_{24} \right]$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

(1)～(5)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は、以下により組み合わせられる。

a. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{0x\phi} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{0xz} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 23} + \hat{\sigma}_{x 53} + \hat{\sigma}_{x 31}$$

$$\hat{\sigma}_{0x} = \max \left[\hat{\sigma}_{0x\phi}, \hat{\sigma}_{0xz} \right]$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{0x\phi} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{0xz} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 23} + \sqrt{\hat{\sigma}_{x 53}^2 + \hat{\sigma}_{x 31}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{0x} = \max \left[\hat{\sigma}_{0x\phi}, \hat{\sigma}_{0xz} \right]$$

b. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

$$\hat{\sigma}_{0z\phi} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

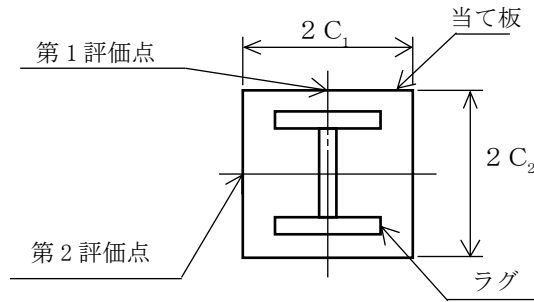
$$\hat{\sigma}_{0zx} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 23} + \hat{\sigma}_{x 53}$$

$$\hat{\sigma}_{0z} = \max \left[\hat{\sigma}_{0z\phi}, \hat{\sigma}_{0zx} \right]$$

したがって、胴板に生じる一次一般膜応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_0 = \max \left[\hat{\sigma}_{0x}, \hat{\sigma}_{0z} \right]$$

c. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次応力
第1評価点及び第2評価点の位置を第3.1.3.1.6-7図に示す。



第3.1.3.1.6-7図 銅板の評価点

第1評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 2} + \hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 2} + \hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{x 5}$$

$$\hat{\sigma}_{x c 1} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\hat{\sigma}_{\phi x 1} + \hat{\sigma}_{x x 1} \right) + \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\phi x 1} - \hat{\sigma}_{x x 1} \right)^2} \right\}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sqrt{\hat{\sigma}_{\phi 3}^2 + \left(\hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 6} \right)^2}$$

$$\hat{\sigma}_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\hat{\sigma}_{x 3}^2 + \hat{\sigma}_{x 5}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{x c 1} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\hat{\sigma}_{\phi x 1} + \hat{\sigma}_{x x 1} \right) + \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\phi x 1} - \hat{\sigma}_{x x 1} \right)^2} \right\}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{x x 2} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 3}$$

$$\hat{\sigma}_{x c 2} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\hat{\sigma}_{\phi x 2} + \hat{\sigma}_{x x 2} \right) + \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\phi x 2} - \hat{\sigma}_{x x 2} \right)^2 + 4 \left(\hat{\tau}_1 + \hat{\tau}_{11} \right)^2} \right\}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\hat{\sigma}_{\phi 3}^2 + \hat{\sigma}_{\phi 6}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{x x 2} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 3}$$

$$\hat{\sigma}_{x c 2} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\hat{\sigma}_{\phi x 2} + \hat{\sigma}_{x x 2} \right) + \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\phi x 2} - \hat{\sigma}_{x x 2} \right)^2 + 4 \left(\hat{\tau}_1 + \hat{\tau}_{11} \right)^2} \right\}$$

- d. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次応力
第1評価点については

$$\hat{\sigma}_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 2} + \hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 2} + \hat{\sigma}_{x 5}$$

$$\hat{\sigma}_{z c 1} = \frac{1}{2} \left\{ (\hat{\sigma}_{\phi z 1} + \hat{\sigma}_{x z 1}) + \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi z 1} - \hat{\sigma}_{x z 1})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \hat{\sigma}_{\phi 4} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 4}$$

$$\hat{\sigma}_{z c 2} = \frac{1}{2} \left\{ (\hat{\sigma}_{\phi z 2} + \hat{\sigma}_{x z 2}) + \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi z 2} - \hat{\sigma}_{x z 2})^2 + 4(\hat{\tau}_1 + \hat{\tau}_{11})^2} \right\}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\hat{\sigma}_{\phi 4}^2 + \hat{\sigma}_{\phi 6}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \hat{\sigma}_{x 4}$$

$$\hat{\sigma}_{z c 2} = \frac{1}{2} \left\{ (\hat{\sigma}_{\phi z 2} + \hat{\sigma}_{x z 2}) + \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi z 2} - \hat{\sigma}_{x z 2})^2 + 4(\hat{\tau}_1 + \hat{\tau}_{11})^2} \right\}$$

したがって、胴板に生じる一次応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \max \left[\hat{\sigma}_{x c 1}, \hat{\sigma}_{x c 2}, \hat{\sigma}_{z c 1}, \hat{\sigma}_{z c 2} \right]$$

- e. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次
+二次応力の変動値

第1評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{2\phi x 1} = \hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{2\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{2\phi 3} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{2x x 1} = \hat{\sigma}_{x 5} + \hat{\sigma}_{2x 5} + \hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{2x 3}$$

$$\hat{\sigma}_{21} = \hat{\sigma}_{2\phi x 1} + \hat{\sigma}_{2x x 1} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi x 1} - \hat{\sigma}_{2x x 1})^2}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{2\phi x 1} = \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{2\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 6})^2 + (\hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{2\phi 3})^2}$$

$$\hat{\sigma}_{2x x 1} = \sqrt{(\hat{\sigma}_{x 5} + \hat{\sigma}_{2x 5})^2 + (\hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{2x 3})^2}$$

$$\hat{\sigma}_{21} = \hat{\sigma}_{2\phi x 1} + \hat{\sigma}_{2x x 1} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi x 1} - \hat{\sigma}_{2x x 1})^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{2\phi x 2} = \hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{2\phi 3} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{2x x 2} = \hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{2x 3}$$

$$\hat{\sigma}_{2 2} = \hat{\sigma}_{2\phi x 2} + \hat{\sigma}_{2x x 2} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi x 2} - \hat{\sigma}_{2x x 2})^2 + 4\hat{\tau}_{11}^2}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{2\phi x 2} = \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi 3} + \hat{\sigma}_{2\phi 3})^2 + \hat{\sigma}_{\phi 6}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{2x x 2} = \hat{\sigma}_{x 3} + \hat{\sigma}_{2x 3}$$

$$\hat{\sigma}_{2 2} = \hat{\sigma}_{2\phi x 2} + \hat{\sigma}_{2x x 2} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi x 2} - \hat{\sigma}_{2x x 2})^2 + 4\hat{\tau}_{11}^2}$$

f. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次＋二次応力の変動値

第1評価点については

$$\hat{\sigma}_{2\phi z 1} = \hat{\sigma}_{\phi 5} + \hat{\sigma}_{2\phi 5} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{2x z 1} = \hat{\sigma}_{x 5} + \hat{\sigma}_{2x 5}$$

$$\hat{\sigma}_{2 3} = \hat{\sigma}_{2\phi z 1} + \hat{\sigma}_{2x z 1} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi z 1} - \hat{\sigma}_{2x z 1})^2 + 4\hat{\tau}_c^2}$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\hat{\sigma}_{2\phi z 2} = \hat{\sigma}_{\phi 4} + \hat{\sigma}_{2\phi 4} + \hat{\sigma}_{\phi 6}$$

$$\hat{\sigma}_{2x z 2} = \hat{\sigma}_{x 4} + \hat{\sigma}_{2x 4}$$

$$\hat{\sigma}_{2 4} = \hat{\sigma}_{2\phi z 2} + \hat{\sigma}_{2x z 2} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi z 2} - \hat{\sigma}_{2x z 2})^2 + 4\hat{\tau}_{11}^2}$$

【SRSS法】

$$\hat{\sigma}_{2\phi z 2} = \sqrt{(\hat{\sigma}_{\phi 4} + \hat{\sigma}_{2\phi 4})^2 + \hat{\sigma}_{\phi 6}^2}$$

$$\hat{\sigma}_{2x z 2} = \hat{\sigma}_{x 4} + \hat{\sigma}_{2x 4}$$

$$\hat{\sigma}_{2 4} = \hat{\sigma}_{2\phi z 2} + \hat{\sigma}_{2x z 2} + \sqrt{(\hat{\sigma}_{2\phi z 2} - \hat{\sigma}_{2x z 2})^2 + 4\hat{\tau}_{11}^2}$$

したがって、胴板に生じる地震動のみによる一次＋二次応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max \left[\hat{\sigma}_{2 1}, \hat{\sigma}_{2 2}, \hat{\sigma}_{2 3}, \hat{\sigma}_{2 4} \right]$$

(7) 支持部に作用する荷重

(ラグが1つの場合)

a. 運転時質量による応力

運転時質量による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s11} = \frac{\hat{R} h_2}{Z_{s y}}$$

$$\tau_{s11} = \frac{\hat{R}}{A_{s3}}$$

b. 鉛直方向地震による応力

鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s21} = \frac{\hat{R}_e h_2}{Z_{s y}}$$

$$\tau_{s21} = \frac{\hat{R}_e}{A_{s3}}$$

c. X方向地震による応力

X方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s31} = \frac{\hat{P}}{A_s}$$

d. Z方向地震による応力

Z方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{\hat{Q} h_2}{Z_{s x}}$$

$$\tau_{s41} = \frac{\hat{Q}}{A_{s4}}$$

(ラグが長手方向に2つの場合)

荷重 \hat{R}_2 が \hat{R}_1 よりも大きいときは、 \hat{R}_1 を \hat{R}_2 と置き換えて計算する。

a. 運転時質量による応力

曲げ応力及び圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s11} = \frac{\hat{M}_{11}}{Z_{s y}} + \frac{\hat{P}_{1D}}{A_s}$$

ここで、

$$\hat{M}_{11} = \frac{1}{2} m_0 g h_1$$

ただし、固定端が単純支持の場合は係数1/2を1に置き換えるものとする。

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s11} = \frac{m_0 g}{A_{s3}}$$

b. 鉛直方向地震による応力

曲げ応力及び圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s21} = \frac{\hat{M}_{1c1}}{Z_{sy}} + \frac{\hat{P}_{1c}}{A_s}$$

ここで、

$$\hat{M}_{1c1} = \frac{1}{2} C_v m_0 g h_1$$

ただし、固定端が単純支持の場合は係数1/2を1に置き換えるものとする。

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s21} = \frac{C_v m_0 g}{A_{s3}}$$

c. X方向地震による応力

X方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s31} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g)}{A_s}$$

d. Z方向地震による応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g) h_2}{Z_{sx}}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g)}{A_{s4}}$$

(8) ボルト等に作用する荷重

取付ボルトの引張力及びせん断力は、次式により算出する。

(ラグが1つの場合)

a. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

ボルトの引張力は、

【絶対値和】

$$F_b = \frac{m_0 g (1 + C_v) h_2}{n_1 l_{b1}} + \frac{\hat{P}}{n_r}$$

【SRSS法】

$$F_b = \frac{m_0 g h_2}{n_1 l_{b1}} + \sqrt{\left(\frac{m_0 g C_V h_2}{n_1 l_{b1}}\right)^2 + \left(\frac{\hat{P}}{n_r}\right)^2}$$

ボルトのせん断力は,

【絶対値和】

$$Q_b = \frac{m_0 g (1 + C_V)}{n_r}$$

【SRSS法】

$$Q_b = \frac{m_0 g (1 + C_V)}{n_r}$$

b. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

ボルトの引張力は,

【絶対値和】

$$F_b = \frac{m_0 g (1 + C_V) h_2}{n_1 l_{b1}} + \frac{\hat{Q} h_2}{n_2 l_{b2}}$$

【SRSS法】

$$F_b = \frac{m_0 g h_2}{n_1 l_{b1}} + \sqrt{\left(\frac{m_0 g C_V h_2}{n_1 l_{b1}}\right)^2 + \left(\frac{\hat{Q} h_2}{n_2 l_{b2}}\right)^2}$$

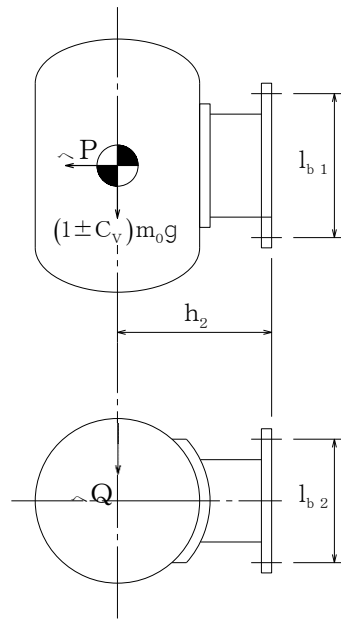
ボルトのせん断力は,

【絶対値和】

$$Q_b = \frac{m_0 g}{n_r} + \frac{m_0 g C_V}{n_r} + \frac{\hat{Q}}{n_r}$$

【SRSS法】

$$Q_b = \frac{m_0 g}{n_r} + \frac{\sqrt{(m_0 g C_V)^2 + \hat{Q}^2}}{n_r}$$



第 3. 1. 3. 1. 6-8 図 荷重の作用方向

(ラグが長手方向に 2 つの場合)

- a. 運転時質量による荷重

引張力は、次式で表される。

$$F_{b1} = \frac{\hat{M}_{11}}{n_1 l_{b1}}$$

ただし、固定端が単純支持の場合はラグ端面にモーメントは生じない。

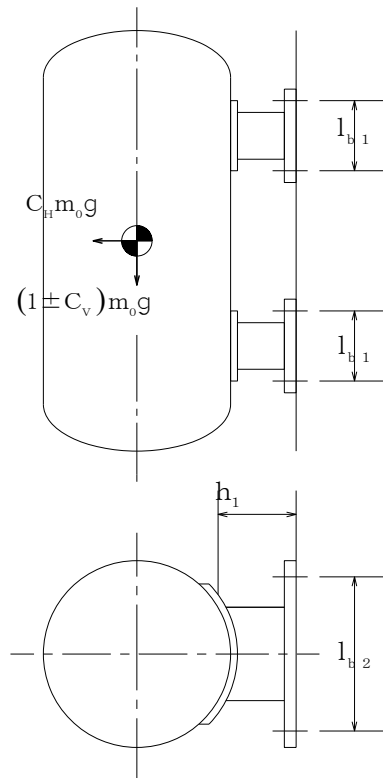
せん断力は、次式で表される。

$$Q_{b1} = \frac{m_0 g}{2 n_r}$$

- b. X方向地震による荷重

引張力は、次式で表される。

$$F_{b3} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g)}{n_r}$$



第 3. 1. 3. 1. 6-9 図 荷重の作用方向

c. Z 方向地震による荷重

引張力は、次式で表される。

$$\hat{F}_{b4} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g) h_2}{n_2 l_{b2}}$$

せん断力は、次式で表される。

$$\hat{Q}_{b4} = \frac{C_H (\hat{R}_1 + m_s g)}{n_r}$$

d. 鉛直方向地震による荷重

引張力は、次式で表される。

$$\hat{F}_{b2} = \frac{\hat{M}_{1c1}}{n_1 l_{b1}}$$

ただし、固定端が単純支持の場合はラグ端面にモーメントは作用しない。

せん断応力は、次式で表される。

$$\hat{Q}_{b2} = \frac{C_V m_0 g}{2 n_r}$$

e. 荷重の組合せ

a～dによって算出される取付ボルトに生じる荷重は、以下により組み合わせられる。

X方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

【絶対値和】

$$F_b = \wedge F_{b1} + \wedge F_{b2} + \wedge F_{b3}$$

$$Q_b = \wedge Q_{b1} + \wedge Q_{b2}$$

【SRSS法】

$$F_b = \wedge F_{b1} + \sqrt{\wedge F_{b2}^2 + \wedge F_{b3}^2}$$

$$Q_b = Q_{b1} + Q_{b2}$$

Z方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

【絶対値和】

$$F_b = \wedge F_{b1} + \wedge F_{b2} + \wedge F_{b4}$$

$$Q_b = \sqrt{(\wedge Q_{b1} + \wedge Q_{b2})^2 + \wedge Q_{b4}^2}$$

【SRSS法】

$$F_b = \wedge F_{b1} + \sqrt{\wedge F_{b2}^2 + \wedge F_{b4}^2}$$

$$Q_b = \sqrt{(\wedge Q_{b1} + \wedge Q_{b2})^2 + \wedge Q_{b4}^2}$$

3.1.3.1.7 計算方法(ト)…………… (3.1.3.1.7-1)

胴板の一次一般膜応力 σ_0 ，一次応力 σ_1 及び一次+二次応力 σ_2 は，次式により算出する。

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭又は内圧による応力は，「3.1.3.1.1 計算方法(イ)」の「(1) 静水頭又は内圧による応力」に記載の計算式と同じ。

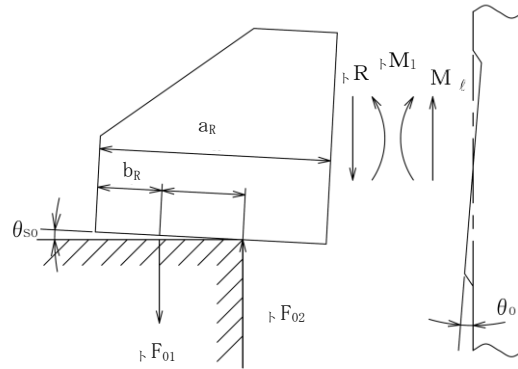
(2) 運転時質量及び鉛直方向地震力による応力

運転時質量及び鉛直方向地震力による応力は，次式で表される。

$$\sigma_{x2} = \frac{m_0 g}{\pi t (D_i + t)}$$
$${}_{\text{ト}}\sigma_{x12} = \frac{C_v m_0 g}{\pi t (D_i + t)}$$

(3) 運転時質量による胴のラグつけ根部の応力

運転時質量による胴のラグつけ根部の応力は、次式で表される。



第3.1.3.1.7-1図 鉛直荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

運転時質量 m_0 による鉛直方向の力の平衡条件より、

(ラグが4つの場合)

$$4 \downarrow R - m_0 g = 0$$

(ラグが2つの場合)

$$2 \downarrow R - m_0 g = 0$$

また、ラグについて第3.1.3.1.7-1図のように傾いたとき、モーメントと力の平衡条件より、

$$\downarrow F_{02}(a_R - b_R - c_R) - \downarrow F_{01}(a_R - b_R) - \downarrow M_1 = 0$$

$$\downarrow F_{02} - \downarrow F_{01} - \downarrow R = 0$$

運転時質量によるラグの局部傾き角は、3.1.2項と同様にして、次式で表される。

$$\theta_0 = \frac{\downarrow M_1 K_1}{r_m^3 \beta_1^2 E}$$

運転時質量によるラグの基礎に対する傾き角は、3.1.2項と同様にして、次式で表される。

$$\downarrow \theta_{s0} = \frac{\downarrow F_{01} L_b}{n A_{b_e} E_b c_R}$$

ここで、ラグつけ根部の局部傾き角 θ_0 とラグの傾き角 $\downarrow \theta_{s0}$ は等しいから、

$$\theta_0 = \downarrow \theta_{s0}$$

以上の式を連立させて解くことにより、 $\downarrow R$ 、 $\downarrow M_1$ 及び $\downarrow F_{01}$ は、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

$${}_tR = \frac{m_0 g}{4}$$

(ラグが2つの場合)

$${}_tR = \frac{m_0 g}{2}$$

$${}_tM_1 = \frac{{}_tR(a_R - b_R - c_R)}{1 + \frac{n A_{be} E_b K_1 c_R^2}{r_m^3 \beta_1^2 E L_b}}$$

$${}_tF_{01} = \frac{{}_tR(a_R - b_R - c_R) - {}_tM_1}{c_R}$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 によって引用文献(1)の表より値を求める(以下*印を付記する。)ことにより、次式で表される。

$${}_t\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_\phi}{{}_tM_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_t\sigma_{x 3} = \left[\frac{N_x}{{}_tM_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_1}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

ここで,

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

反力 R によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_t\tau_{11} = \frac{{}_tR}{4C_2 t}$$

(4) 鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の応力

鉛直方向地震による胴のラグつけ根部の応力は、下記 a. 及び b. より得られる ${}_t\sigma_{\phi 13D}$, ${}_t\sigma_{\phi 13U}$, ${}_t\sigma_{x 13D}$, ${}_t\sigma_{x 13U}$, ${}_t\sigma_{2\phi 3D}$, ${}_t\sigma_{2\phi 3U}$, ${}_t\sigma_{2x 3D}$, ${}_t\sigma_{2x 3U}$, ${}_t\tau_{14D}$ 及び ${}_t\tau_{14U}$ を用いて、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

一次応力

$${}_t\sigma_{\phi 13} = \max \left[\left| {}_t\sigma_{\phi 13D} \right|, \left| {}_t\sigma_{\phi 13U} \right| \right]$$

$${}_t\sigma_{x 13} = \max \left[\left| {}_t\sigma_{x 13D} \right|, \left| {}_t\sigma_{x 13U} \right| \right]$$

二次応力

$${}_{\text{ト}}\sigma_{2\phi 3} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}}\sigma_{2\phi 3D} \right|, \left| {}_{\text{ト}}\sigma_{2\phi 3U} \right| \right]$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{2\chi 3} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}}\sigma_{2\chi 3D} \right|, \left| {}_{\text{ト}}\sigma_{2\chi 3U} \right| \right]$$

反力によるせん断応力

$${}_{\text{ト}}\tau_{14} = \max \left[{}_{\text{ト}}\tau_{14D}, {}_{\text{ト}}\tau_{14U} \right]$$

(ラグが2つの場合)

鉛直方向地震による胴のラグ付け根部の応力は、下記 a. 及び b. より得られる
 ${}_{\text{ト}2}\sigma_{\phi 10D}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{\phi 10U}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{\chi 10D}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{\chi 10U}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\phi 10D}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\phi 10U}$,
 ${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\chi 10D}$, ${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\chi 10U}$, ${}_{\text{ト}1}\tau_{13D}$ 及び ${}_{\text{ト}1}\tau_{13U}$ を用いて、次式で表される。

一次応力

$${}_{\text{ト}2}\sigma_{\phi 10} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{\phi 10D} \right|, \left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{\phi 10U} \right| \right] \dots\dots\dots (3.1.4.1-22)$$

$${}_{\text{ト}2}\sigma_{\chi 10} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{\chi 10D} \right|, \left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{\chi 10U} \right| \right] \dots\dots\dots (3.1.4.1-23)$$

二次応力

$${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\phi 10} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{2\phi 10D} \right|, \left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{2\phi 10U} \right| \right] \dots\dots\dots (3.1.4.1-24)$$

$${}_{\text{ト}2}\sigma_{2\chi 10} = \max \left[\left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{2\chi 10D} \right|, \left| {}_{\text{ト}2}\sigma_{2\chi 10U} \right| \right] \dots\dots\dots (3.1.4.1-25)$$

反力によるせん断応力

$${}_{\text{ト}1}\tau_{13} = \max \left[{}_{\text{ト}1}\tau_{13D}, {}_{\text{ト}1}\tau_{13U} \right] \dots\dots\dots (3.1.4.1-26)$$

- a. 鉛直下向き地震力による胴のラグ付け根部の応力
 (3)と同様にして、

(ラグが4つの場合)

$${}_{\text{ト}}R_D = C_V \frac{m_0 g}{4}$$

(ラグが2つの場合)

$${}_{\text{ト}}R_D = C_V \frac{m_0 g}{2}$$

$${}_{\text{ト}}M_{1D} = \frac{{}_{\text{ト}}R_D (a_R - b_R - c_R)}{1 + \frac{n A_{be} E_b K_1 c_R^2}{r_m^3 \beta^2 E L_b}}$$

$${}_{\text{ト}}F_{01D} = \frac{{}_{\text{ト}}R_D (a_R - b_R - c_R) - {}_{\text{ト}}M_{1D}}{c_R}$$

鉛直方向曲げモーメント ${}_{\text{ト}}M_{1D}$ により生じる胴の局部応力は、(3)と同様な方

法で引用文献(1)の表より値を求めることにより，次式で表される。

(ラグが4つの場合)

一次応力

$${}_{\text{t}}\sigma_{\phi 1 3 \text{D}} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}}^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}}^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_{\text{t}}\sigma_{x 1 3 \text{D}} = \left[\frac{N_x}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}}^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}}^2 t \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$${}_{\text{t}}\sigma_{2 \phi 3 \text{D}} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}} \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}} t^2 \beta_1} \right]$$

$${}_{\text{t}}\sigma_{2 x 3 \text{D}} = \left[\frac{M_x}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}} \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}} t^2 \beta_1} \right]$$

ここで，

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし，二次応力を求める場合は，さらに式に k_{11} を乗じた値とする。

反力 R_{D} によるせん断応力は，次式で表される。

$${}_{\text{t}}\tau_{14 \text{D}} = \frac{{}_{\text{t}}R_{\text{D}}}{4 C_2 t}$$

(ラグが2つの場合)

一次応力

$${}_{\text{t}2}\sigma_{\phi 1 0 \text{D}} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}}^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}}^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_{\text{t}2}\sigma_{x 1 0 \text{D}} = \left[\frac{N_x}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}}^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}}^2 t \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$${}_{\text{t}2}\sigma_{2 \phi 1 0 \text{D}} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}} \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}} t^2 \beta_1} \right]$$

$${}_{\text{t}2}\sigma_{2 x 1 0 \text{D}} = \left[\frac{M_x}{{}_{\text{t}}M_{1 \text{D}} / (r_{\text{m}} \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_{\text{t}}M_{1 \text{D}}}{r_{\text{m}} t^2 \beta_1} \right]$$

ここで,

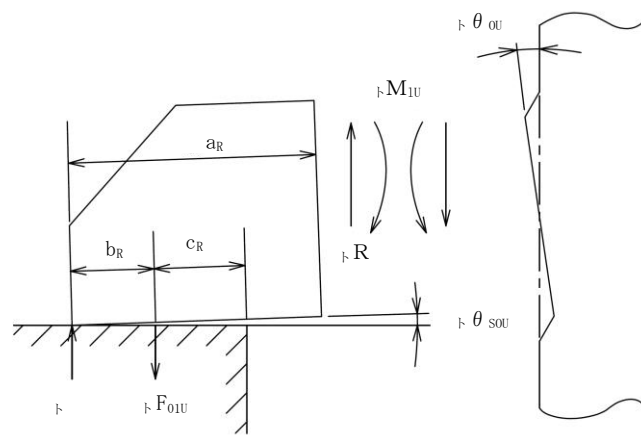
$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、さらに式に k_{11} を乗じた値とする。

反力 ${}_tR_D$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_t\tau_{13D} = \frac{{}_tR_D}{4C_2t}$$

b. 鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の応力



第3.1.3.1.7-2図 鉛直上向き荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

鉛直方向の力の平衡条件より、

(ラグが4つの場合)

$$4{}_tR_U - (C_V - 1)m_0g = 0$$

(ラグが2つの場合)

$$2{}_tR_U - (C_V - 1)m_0g = 0$$

また、ラグについて第3.1.3.1.7-2図のように傾いたとき、モーメントと力の平衡条件より、

$${}_tF_{02U}a_R - {}_tF_{01U}(a_R - b_R) + {}_tM_{1U} = 0$$

$${}_tF_{02U} - {}_tF_{01U} + {}_tR_U = 0$$

ラグの局部傾き角は、3.1.2項と同様にして、次式で表される。

$${}_t\theta_{0U} = \frac{{}_tM_{1U}K_1}{r_m^3\beta_1^2E}$$

ラグの基礎に対する傾き角は、3.1.2項と同様にして、次式で表される。

$${}_t\theta_{s0U} = \frac{{}_tF_{01U}L_b}{nA_{be}E_b b_R}$$

ここで、ラグつけ根部の局部傾き角 ${}_t\theta_{0U}$ とラグの傾き角 ${}_t\theta_{s0U}$ は等しいから、

$${}_t\theta_{0U} = {}_t\theta_{s0U}$$

以上の式を連立させて解くことにより、 ${}_tR_U$ 、 ${}_tM_{1U}$ 及び ${}_tF_{01U}$ は、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

$${}_tR_U = \frac{(C_V - 1) m_0 g}{4}$$

(ラグが2つの場合)

$${}_tR_U = \frac{(C_V - 1) m_0 g}{2}$$

$${}_tM_{1U} = \frac{{}_tR_U a_R}{1 + \frac{n A_b e E_b K_1 b_R^2}{r_m^3 \beta_1^2 E L_b}}$$

$${}_tF_{01U} = \frac{-{}_tR_U a_R + {}_tM_{1U}}{b_R}$$

鉛直上向き地震力による鉛直方向曲げモーメント ${}_tM_{1U}$ により生じる胴板の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β_1 によって引用文献(1)の表より値を求める(以下*印を付記する。)ことにより、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

一次応力

$${}_t\sigma_{\phi 13U} = \left[\frac{N_\phi}{{}_tM_{1U} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_{1U}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_t\sigma_{x 13U} = \left[\frac{N_x}{{}_tM_{1U} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_{1U}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$${}_t\sigma_{\phi 23U} = \left[\frac{M_\phi}{{}_tM_{1U} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_tM_{1U}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

$${}_t\sigma_{x 23U} = \left[\frac{M_x}{{}_tM_{1U} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 {}_tM_{1U}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、さらに k_{11} を乗じた値とする。

反力 ${}_tR_U$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_t\tau_{14U} = \frac{{}_tR_U}{4C_2t}$$

(ラグが2つの場合)

一次応力

$${}_t\sigma_{\phi 10U} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_tM_{1U} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_{1U}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

$${}_t\sigma_{x 10U} = \left[\frac{N_x}{{}_tM_{1U} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{{}_tM_{1U}}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1$$

二次応力

$${}_t\sigma_{2\phi 10U} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_tM_{1U} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6{}_tM_{1U}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

$${}_t\sigma_{2x 10U} = \left[\frac{M_x}}{{}_tM_{1U} / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6{}_tM_{1U}}{r_m t^2 \beta_1} \right]$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、さらに k_{11} を乗じた値とする。

反力 ${}_tR_U$ によるせん断応力は、次式で表される。

$${}_t\tau_{13U} = \frac{{}_tR_U}{4C_2t}$$

- (5) 水平方向地震による胴の曲げ応力

水平方向地震による胴の曲げ応力は、次式で表される。

$${}_t\sigma_{x4} = \frac{C_H m_1 g H_1 (D_i + 2t)}{2I}$$

ただし、 $m_1 g H_1 < m_2 g H_2$ の場合は、 $m_1 g H_1$ を $m_2 g H_2$ に置き換える。

- (6) 水平方向地震力(Z方向)による胴のラグつけ根部の応力

水平方向地震力(Z方向)による胴のラグつけ根部の応力は、次式で表される。

3.1.2項の固有周期計算における水平力 ${}_tF_1$ を $C_H m_1 g$ 、 ${}_tF_2$ を $C_H m_2 g$ に置き換えて得られる数値を使用する。

鉛直方向曲げモーメント τM_1 及び τM_2 により生じる胴板の局部応力は、(3)及び(4)と同様にして、次式で表される。

一次応力

$$\tau\sigma_{\phi 5} = \left[\frac{N_{\phi}}{\tau M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|\tau M_1|}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-2)$$

$$\tau\sigma_{z 5} = \left[\frac{N_z}{\tau M_1 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|\tau M_1|}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-3)$$

$$\tau\sigma_{\phi 6} = \left[\frac{N_{\phi}}{\tau M_2 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|\tau M_2|}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-4)$$

$$\tau\sigma_{z 6} = \left[\frac{N_z}{\tau M_2 / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|\tau M_2|}{r_m^2 t \beta_1} \right] C_1 \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-5)$$

二次応力

$$\tau\sigma_{2\phi 5} = \left[\frac{M_{\phi}}{\tau M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6|\tau M_1|}{r_m t^2 \beta_1} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-6)$$

$$\tau\sigma_{2z 5} = \left[\frac{M_z}{\tau M_1 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6|\tau M_1|}{r_m t^2 \beta_1} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-7)$$

$$\tau\sigma_{2\phi 6} = \left[\frac{M_{\phi}}{\tau M_2 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6|\tau M_2|}{r_m t^2 \beta_1} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-8)$$

$$\tau\sigma_{2z 6} = \left[\frac{M_z}{\tau M_2 / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6|\tau M_2|}{r_m t^2 \beta_1} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-9)$$

ここで、

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、さらに k_{11} を乗じた値とする。

(ラグが4つの場合)

周方向曲げモーメント τM_c により生じる胴板の局部応力は、次式で表される。

一次応力

$$= \sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{t M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|t M_c|}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-10)$$

$$= \sigma_{\chi 7} = \left[\frac{N_{\chi}}{t M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|t M_c|}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-11)$$

二次応力

$$= \sigma_{2 \phi 7} = \left[\frac{M_{\phi}}{t M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 |t M_c|}{r_m t^2 \beta_c} \right] \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-12)$$

$$= \sigma_{2 \chi 7} = \left[\frac{M_{\chi}}{t M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6 |t M_c|}{r_m t^2 \beta_c} \right] \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-13)$$

ここで、

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

ただし、二次応力を求める場合は、さらに k_{c1} を乗じた値とする。

周方向せん断力 $t Q$ によるせん断応力は、次式で表される。

$$t \tau_{c1} = \frac{|t Q|}{4 C_1 t} \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-14)$$

鉛直方向せん断力 $t R_1$ によるせん断応力は、次式で表される。

$$t \tau_{12} = \frac{|t R_1|}{4 C_2 t} \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-15)$$

ねじりモーメント M_3 により生じる胴板の局部のせん断応力は、次式で表される。

$$t \tau_3 = \frac{|M_3|}{2 \pi C_1^2 t} \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-16)$$

ただし、 $C_1 > C_2$ の場合は、 C_1 を C_2 に置き換える。

(ラグが2つの場合)

半径方向荷重 $t P_1$ により生じる胴の局部応力は引用文献(1)より、次式で表される。

一次応力

$$= \sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{t P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{|t P_1|}{r_m t} \right] \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-17)$$

$$= \sigma_{\chi 7} = \left[\frac{N_{\chi}}{t P_1 / r_m} \right]^* \left[\frac{|t P_1|}{r_m t} \right] \quad \dots\dots (3.1.3.1.7-18)$$

二次応力

$${}_{\perp}\sigma_{2\phi 7} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\phi}}{{}_{\perp}P_1} \right]^* \left[\frac{6|{}_{\perp}P_1|}{t^2} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-19)$$

$${}_{\perp}\sigma_{2\chi 7} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\chi}}{{}_{\perp}P_1} \right]^* \left[\frac{6|{}_{\perp}P_1|}{t^2} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-20)$$

ここで,

$\beta_1/\beta_2 \geq 1$ のとき,

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3}(\beta_1/\beta_2 - 1)(1 - K_1) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

$\beta_1/\beta_2 < 1$ のとき,

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3}(1 - \beta_1/\beta_2)(1 - K_2) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

鉛直方向荷重 ${}_{\perp}\mathbf{R}$ によるせん断応力, 次式で表される。

$${}_{\perp}\tau_{12} = \frac{|{}_{\perp}\mathbf{R}|}{4C_2t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-21)$$

なお, ${}_{\perp 2}\tau_{c1}$, ${}_{\perp 2}\tau_{c3}$ は生じない。

(7) 水平方向地震力(Y方向)による胴のラグつけ根部の応力

(ラグが4つの場合)

「水平方向地震力(Z方向)による胴のラグつけ根部の応力」と同じ。

(ラグが2つの場合)

周方向曲げモーメント ${}_{\perp}M_c$ により生じる胴の局部応力は, 引用文献(1)より, 次式で表される。

一次応力

$${}_{\perp 2}\sigma_{\phi 8} = \left[\frac{N_{\phi}}{{}_{\perp}M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|{}_{\perp}M_c|}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-22)$$

$${}_{\perp 2}\sigma_{\chi 8} = \left[\frac{N_{\chi}}{{}_{\perp}M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{|{}_{\perp}M_c|}{r_m^2 t \beta_c} \right] C_c \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-23)$$

二次応力

$${}_{\perp 2}\sigma_{2\phi 8} = \left[\frac{M_{\phi}}{{}_{\perp}M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left[\frac{6|{}_{\perp}M_c|}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-24)$$

$${}_{t2}\sigma_{2x8} = \left[\frac{M_x}{{}_{t1}M_c / (r_m\beta)} \right]^* \left[\frac{6 |{}_{t1}M_c|}{r_m t^2 \beta_c} \right] \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-25)$$

ここで,

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

ただし, 二次応力を求める場合は, さらに k_{c1} を乗じた値とする。

周方向荷重 ${}_{t1}Q$ によるせん断応力は, 次式で表される。

$${}_{t2}\tau_{c1} = \frac{|{}_{t1}Q|}{4C_1t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-26)$$

ねじりモーメント ${}_{t1}M_3$ により生じる胴の局部せん断応力は, 次式で表される。

$${}_{t2}\tau_3 = \frac{|{}_{t1}M_3|}{2\pi C_1^2t} \dots\dots\dots (3.1.3.1.7-27)$$

ただし, $C_1 > C_2$ の場合は C_1 を C_2 に置き換える。

(8) 水平方向地震力(X方向)による胴のラグつけ根部の応力

水平方向地震力(X方向)による胴のラグつけ根部の応力は, 次のように表される。

(ラグが4つの場合)

式(3.1.3.1.7-2)から式(3.1.3.1.7-9), 及び式(3.1.3.1.7-10)から式(3.1.3.1.7-13)までの右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し, 鉛直方向曲げモーメント ${}_{t1}M_1$ による場合には ${}_{t1}\sigma_{\phi 8}$, ${}_{t1}\sigma_{2\phi 8}$, ${}_{t1}\sigma_{x 8}$ 及び ${}_{t1}\sigma_{2x 8}$, 鉛直方向曲げモーメント ${}_{t1}M_2$ による場合には ${}_{t1}\sigma_{\phi 9}$, ${}_{t1}\sigma_{2\phi 9}$, ${}_{t1}\sigma_{x 9}$ 及び ${}_{t1}\sigma_{2x 9}$, 周方向曲げモーメントによる場合には ${}_{t1}\sigma_{\phi 10}$, ${}_{t1}\sigma_{2\phi 10}$, ${}_{t1}\sigma_{x 10}$ 及び ${}_{t1}\sigma_{2x 10}$ とする。

また, 式(3.1.3.1.7-14)から式(3.1.3.1.7-16)までの右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し, 周方向せん断力による場合には ${}_{t1}\tau_{c 4}$, 鉛直方向せん断力による場合には ${}_{t1}\tau_{15}$ 及びねじりモーメントによる場合には ${}_{t1}\tau_6$ とする。

(ラグが2つの場合)

式(3.1.3.1.7-2)から式(3.1.3.1.7-9), 式(3.1.3.1.7-17)～式(3.1.3.1.7-20)及び式(3.1.3.1.7-22)～式(3.1.3.1.7-25)までの右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し, 鉛直方向曲げモーメント ${}_{t1}M_1$ による場

合には $\tau_{\phi 11}$, $\tau_{2\phi 11}$, $\tau_{\chi 11}$ 及び $\tau_{2\chi 11}$, 鉛直方向曲げモーメント τ_{M_2} による場合には $\tau_{\phi 12}$, $\tau_{2\phi 12}$, $\tau_{\chi 12}$ 及び $\tau_{2\chi 12}$, 周方向曲げモーメントによる場合には $\tau_{\phi 13}$, $\tau_{2\phi 13}$, $\tau_{\chi 13}$ 及び $\tau_{2\chi 13}$, 半径方向荷重による場合には $\tau_{\phi 14}$, $\tau_{2\phi 14}$, $\tau_{\chi 14}$ 及び $\tau_{2\chi 14}$ とする。

また, 式(3.1.3.1.7-21), 式(3.1.3.1.7-26)及び式(3.1.3.1.7-27)の右辺に $1/\sqrt{2}$ を乗じて得られる値を使用し, 周方向せん断力による場合には τ_{c4} , 鉛直方向せん断力による場合には τ_{15} , ねじりモーメントによる場合には τ_{26} とする。

(9) 組合せ応力

(1)~(8)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は, 以下により組み合わせられる。

a. 一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \max \left[\tau_{\sigma_0\phi}, \tau_{\sigma_0\chi} \right]$$

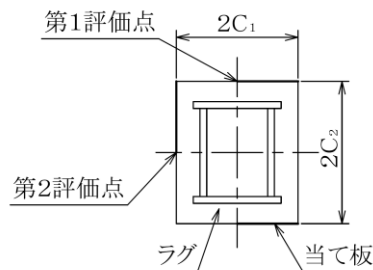
$$\tau_{\sigma_0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

【絶対値和】

$$\tau_{\sigma_0\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau_{\sigma_{\chi 4}} + \tau_{\sigma_{\chi 12}}$$

【SRSS法】

$$\tau_{\sigma_0\chi} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{\tau_{\sigma_{\chi 4}}^2 + \tau_{\sigma_{\chi 12}}^2}$$



第 3.1.3.1.7-3 図 胴の評価点

b. 一次応力

(ラグが4つの場合)

$$\sigma_1 = \max \left[\tau_{\sigma_{11}}, \tau_{\sigma_{12}}, \tau_{\sigma_{13}}, \tau_{\sigma_{14}}, \tau_{\sigma_{15}}, \tau_{\sigma_{16}}, \tau_{\sigma_{17}}, \tau_{\sigma_{18}}, \tau_{\sigma_{19}}, \tau_{\sigma_{110}} \right]$$

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の一次応力

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については,

$${}_{\text{ト}}\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 1} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 1} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 1} - {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 1})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 3} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 5} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 13}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 3} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 4} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 5} + \sigma_{\chi 12} + \sigma_{\chi 13}$$

【SRSS法】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 3} + \sqrt{{}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 5}^2 + (\sigma_{\phi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 13})^2}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 3} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 4} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 5})^2 + ({}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 12} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 13})^2}$$

第2評価点については,

【絶対値和】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} - {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2})^2 + 4({}_{\text{ト}}\tau_{11} + {}_{\text{ト}}\tau_{12} + {}_{\text{ト}}\tau_{14})^2} \right\}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 4} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} - {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2})^2 + 4({}_{\text{ト}}\tau_{11} + {}_{\text{ト}}\tau_{12} + {}_{\text{ト}}\tau_{14})^2} \right\}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{{}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 4}^2 + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 12}^2}$$

ロ.) 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については,

$${}_{\text{ト}}\sigma_{13} = \frac{1}{2} \left\{ {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 3} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 3} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 3} - {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 3})^2 + 4({}_{\text{ト}}\tau_{c1} + {}_{\text{ト}}\tau_3)^2} \right\}$$

【絶対値和, SRSS法】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 13}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 3} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 12} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 13}$$

第2評価点については,

【絶対値和】

$${}_{\text{ト}}\sigma_{14} = \frac{1}{2} \left\{ {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 4} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 4} + \sqrt{({}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 4} - {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 4})^2 + 4({}_{\text{ト}}\tau_{11} + {}_{\text{ト}}\tau_3 + {}_{\text{ト}}\tau_{14})^2} \right\}$$

ここで,

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 2}$$

$${}_{\text{ト}}\sigma_{\chi z 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 7} + {}_{\text{ト}}\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{14} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 4} + \tau\sigma_{x z 4} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 4} - \tau\sigma_{x z 4})^2 + 4 \left(\tau\tau_{11} + \sqrt{\tau\tau_3^2 + \tau\tau_{14}^2} \right)^2} \right\}$$

ここで、

$$\tau\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\tau\sigma_{\phi 7}^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\tau\sigma_{x z 4} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\tau\sigma_{x 7}^2 + \tau\sigma_{x 12}^2}$$

ハ.) 第3ラグのつけ根部

第1評価点については、

$$\tau\sigma_{15} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 5} + \tau\sigma_{x z 5} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 5} - \tau\sigma_{x z 5})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{\phi z 5} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \tau\sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13}$$

$$\tau\sigma_{x z 5} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \tau\sigma_{x 3} + \tau\sigma_{x 4} + \tau\sigma_{x 6} + \tau\sigma_{x 12} + \tau\sigma_{x 13}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{\phi z 5} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \sqrt{\tau\sigma_{\phi 6}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13})^2}$$

$$\tau\sigma_{x z 5} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \tau\sigma_{x 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{x 4} + \tau\sigma_{x 6})^2 + (\tau\sigma_{x 12} + \tau\sigma_{x 13})^2}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{16} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 6} + \tau\sigma_{x z 6} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 6} - \tau\sigma_{x z 6})^2 + 4 \left(\tau\tau_{11} + \tau\tau_{12} + \tau\tau_{14} \right)^2} \right\}$$

ここで、

$$\tau\sigma_{\phi z 6} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{x z 6} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \tau\sigma_{x 4} + \tau\sigma_{x 12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{16} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 6} + \tau\sigma_{x z 6} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 6} - \tau\sigma_{x z 6})^2 + 4 \left(\tau\tau_{11} + \sqrt{\tau\tau_{12}^2 + \tau\tau_{14}^2} \right)^2} \right\}$$

ここで、

$$\tau\sigma_{\phi z 6} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{x z 6} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\tau\sigma_{x 4}^2 + \tau\sigma_{x 12}^2}$$

(b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応力

イ.) 第1及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については、

$$\text{ト}\sigma_{17} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi x 1} + \text{ト}\sigma_{\chi x 1} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi x 1} - \text{ト}\sigma_{\chi x 1})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c 4} + \text{ト}\tau_6)^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \text{ト}\sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 8} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \sqrt{\text{ト}\sigma_{\phi 8}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13})^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 8})^2 + (\text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13})^2}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{18} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi x 2} + \text{ト}\sigma_{\chi x 2} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi x 2} - \text{ト}\sigma_{\chi x 2})^2 + 4(\text{ト}\tau_{11} + \text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6 + \text{ト}\tau_{14})^2} \right\}$$

ここで、

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 10} + \text{ト}\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{18} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi x 2} + \text{ト}\sigma_{\chi x 2} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi x 2} - \text{ト}\sigma_{\chi x 2})^2 + 4(\text{ト}\tau_{11} + \sqrt{(\text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6)^2 + \text{ト}\tau_{14}^2})^2} \right\}$$

ここで、

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\text{ト}\sigma_{\phi 10}^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 10})^2 + \text{ト}\sigma_{\chi 12}^2}$$

ロ.) 第2及び第3ラゲのつけ根部

第1評価点については、

$$\text{ト}\sigma_{19} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi x 3} + \text{ト}\sigma_{\chi x 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi x 3} - \text{ト}\sigma_{\chi x 3})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c 4} + \text{ト}\tau_6)^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 3} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \text{ト}\sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 3} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \sqrt{\text{ト}\sigma_{\phi 9}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13})^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 9})^2 + (\text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13})^2}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{110} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi x 4} + \tau\sigma_{\chi x 4} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi x 4} - \tau\sigma_{\chi x 4})^2 + 4(\tau\tau_{11} + \tau\tau_{15} + \tau\tau_6 + \tau\tau_{14})^2} \right\}$$

ここで、

$$\tau\sigma_{\phi x 4} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{\chi x 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 10} + \tau\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{110} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi x 4} + \tau\sigma_{\chi x 4} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi x 4} - \tau\sigma_{\chi x 4})^2 + 4\left(\tau\tau_{11} + \sqrt{(\tau\tau_{15} + \tau\tau_6)^2 + \tau\tau_{14}^2}\right)^2} \right\}$$

ここで、

$$\tau\sigma_{\phi x 4} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\tau\sigma_{\phi 10}^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\tau\sigma_{\chi x 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 10})^2 + \tau\sigma_{\chi 12}^2}$$

(ラグが2つの場合)

$$\sigma_1 = \max \left[\tau\sigma_{11}, \tau\sigma_{12}, \tau\sigma_{13}, \tau\sigma_{14}, \tau\sigma_{17}, \tau\sigma_{18}, \tau\sigma_{19}, \tau\sigma_{110}, \tau\sigma_{111}, \tau\sigma_{112} \right]$$

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応力

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については、

$$\tau\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 1} + \tau\sigma_{\chi z 1} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 1} - \tau\sigma_{\chi z 1})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \tau\sigma_{\phi 5} + \tau\sigma_{\phi 7} + \tau\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 3} + \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 5} + \tau\sigma_{\chi 7} + \tau\sigma_{\chi 9} + \tau\sigma_{\chi 10}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 5} + \tau\sigma_{\phi 7})^2 + (\tau\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10})^2}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 5} + \tau\sigma_{\chi 7})^2 + (\tau\sigma_{\chi 9} + \tau\sigma_{\chi 10})^2}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 2} + \tau\sigma_{\chi z 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 2} - \tau\sigma_{\chi z 2})^2 + 4(\tau\tau_{11} + \tau\tau_{12} + \tau\tau_{13})^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 7} + \tau\sigma_{\chi 9}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{1 2} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 2} + \tau\sigma_{\chi z 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 2} - \tau\sigma_{\chi z 2})^2 + 4\left(\tau\tau_{1 1} + \sqrt{\tau\tau_{1 2}^2 + \tau\tau_{1 3}^2}\right)^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\tau\sigma_{\phi 7}^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 7})^2 + \tau\sigma_{\chi 9}^2}$$

ロ.) 第2ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\tau\sigma_{1 3} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 3} + \tau\sigma_{\chi z 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 3} - \tau\sigma_{\chi z 3})^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \tau\sigma_{\phi 6} + \tau\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 3} + \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 6} + \tau\sigma_{\chi 7} + \tau\sigma_{\chi 9} + \tau\sigma_{\chi 10}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 6} + \tau\sigma_{\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10})^2}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 6} + \tau\sigma_{\chi 7})^2 + (\tau\sigma_{\chi 9} + \tau\sigma_{\chi 10})^2}$$

第2評価点については,

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{1 4} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 4} + \tau\sigma_{\chi z 4} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 4} - \tau\sigma_{\chi z 4})^2 + 4\left(\tau\tau_{1 1} + \tau\tau_{1 2} + \tau\tau_{1 3}\right)^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{\chi z 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 7} + \tau\sigma_{\chi 9}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{1 4} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi z 4} + \tau\sigma_{\chi z 4} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi z 4} - \tau\sigma_{\chi z 4})^2 + 4\left(\tau\tau_{1 1} + \sqrt{\tau\tau_{1 2}^2 + \tau\tau_{1 3}^2}\right)^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\tau\sigma_{\phi 7}^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\tau\sigma_{xz4} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{(\tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x7})^2 + \tau\sigma_{x9}^2}$$

(b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応力

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\tau\sigma_{17} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi y1} + \tau\sigma_{xy1} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi y1} - \tau\sigma_{xy1})^2 + 4(\tau\tau_{c4} + \tau\tau_{t6})^2} \right\}$$

.....

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{\phi y1} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \tau\sigma_{\phi 11} + \tau\sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10}$$

$$\tau\sigma_{xy1} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \tau\sigma_{x3} + \tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x11} + \tau\sigma_{x14} + \tau\sigma_{x9} + \tau\sigma_{x10}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{\phi y1} = \sigma_{\phi 1} + \tau\sigma_{\phi 3} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 11} + \tau\sigma_{\phi 14})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 10})^2}$$

$$\tau\sigma_{xy1} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \tau\sigma_{x3} + \sqrt{(\tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x11} + \tau\sigma_{x14})^2 + (\tau\sigma_{x9} + \tau\sigma_{x10})^2}$$

第2評価点については,

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{18} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi y2} + \tau\sigma_{xy2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi y2} - \tau\sigma_{xy2})^2 + 4(\tau\tau_{11} + \tau\tau_{15} + \tau\tau_{t6} + \tau\tau_{13})^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi y2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{\phi 14}$$

$$\tau\sigma_{xy2} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x13} + \tau\sigma_{x14} + \tau\sigma_{x9}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{18} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi y2} + \tau\sigma_{xy2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi y2} - \tau\sigma_{xy2})^2 + 4 \left(\tau\tau_{11} + \sqrt{(\tau\tau_{15} + \tau\tau_{t6})^2 + \tau\tau_{13}^2} \right)^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi y2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\sigma_{\phi 2}^2 + (\tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{\phi 14})^2}$$

$$\tau\sigma_{xy2} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{(\tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x13} + \tau\sigma_{x14})^2 + \tau\sigma_{x9}^2}$$

ロ.) 第2ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{19} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi y 3} + \text{ト}\sigma_{\chi y 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi y 3} - \text{ト}\sigma_{\chi y 3})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c4} + \text{ト}\tau_6)^2} \right\}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{\phi y 3} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \text{ト}\sigma_{\phi 12} + \text{ト}\sigma_{\phi 14} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi y 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 14} + \text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{\chi 10}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{\phi y 3} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 12} + \text{ト}\sigma_{\phi 14})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10})^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi y 3} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 14})^2 + (\text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{\chi 10})^2}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{110} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi y 4} + \text{ト}\sigma_{\chi y 4} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi y 4} - \text{ト}\sigma_{\chi y 4})^2 + 4(\text{ト}\tau_{11} + \text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6 + \text{ト}\tau_{13})^2} \right\}$$

$$\text{ト}\sigma_{\phi y 4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{\phi 14}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi y 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 13} + \text{ト}\sigma_{\chi 14} + \text{ト}\sigma_{\chi 9}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{110} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi y 4} + \text{ト}\sigma_{\chi y 4} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi y 4} - \text{ト}\sigma_{\chi y 4})^2 + 4(\text{ト}\tau_{11} + \sqrt{(\text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6)^2 + \text{ト}\tau_{13}^2})^2} \right\}$$

$$\sigma_{\phi y 4} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\sigma_{\phi 2}^2 + (\sigma_{\phi 13} + \sigma_{\phi 14})^2}$$

$$\sigma_{\chi y 4} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{(\sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 13} + \sigma_{\chi 14})^2 + \sigma_{\chi 9}^2}$$

(c) 水平方向地震力(Y方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応力

イ.) 第1, 第2ラグのつけ根部

第1評価点については、

$$\text{ト}\sigma_{111} = \frac{1}{2} \left\{ \text{ト}\sigma_{\phi x 1} + \text{ト}\sigma_{\chi x 1} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi x 1} - \text{ト}\sigma_{\chi x 1})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c1} + \text{ト}\tau_3)^2} \right\}$$

【絶対値和, SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \text{ト}\sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10}$$

$$\text{ト}\sigma_{\chi x 1} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \text{ト}\sigma_{\chi 3} + \text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{\chi 10}$$

第2評価点については、

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{112} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi x 2} + \tau\sigma_{\chi x 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi x 2} - \tau\sigma_{\chi x 2})^2 + 4(\tau\tau_{11} + \tau\tau_{23} + \tau\tau_{13})^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 8}$$

$$\tau\sigma_{\chi x 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \tau\sigma_{\chi 8} + \tau\sigma_{\chi 9}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{112} = \frac{1}{2} \left\{ \tau\sigma_{\phi x 2} + \tau\sigma_{\chi x 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{\phi x 2} - \tau\sigma_{\chi x 2})^2 + 4\left(\tau\tau_{11} + \sqrt{\tau\tau_{23}^2 + \tau\tau_{13}^2}\right)^2} \right\}$$

$$\tau\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sqrt{\sigma_{\phi 2}^2 + \tau\sigma_{\phi 8}^2}$$

$$\tau\sigma_{\chi x 2} = \sigma_{\chi 1} + \sigma_{\chi 2} + \sqrt{\tau\sigma_{\chi 8}^2 + \tau\sigma_{\chi 9}^2}$$

c. 一次+二次応力
(ラグが4つの場合)

$$\tau\sigma_2 = \max \left[\tau\sigma_{21}, \tau\sigma_{22}, \tau\sigma_{23}, \tau\sigma_{24}, \tau\sigma_{25}, \tau\sigma_{26}, \tau\sigma_{27}, \tau\sigma_{28}, \tau\sigma_{29}, \tau\sigma_{210} \right]$$

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震動
のみによる一次+二次応力の変動値

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\tau\sigma_{21} = \tau\sigma_{2\phi z 1} + \tau\sigma_{2\chi z 1} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z 1} - \tau\sigma_{2\chi z 1})^2}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{2\phi z 1} = \tau\sigma_{\phi 5} + \tau\sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{2\phi 3}$$

$$\tau\sigma_{2\chi z 1} = \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 5} + \tau\sigma_{2\chi 5} + \tau\sigma_{\chi 12} + \tau\sigma_{\chi 13} + \tau\sigma_{2\chi 3}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{2\phi z 1} = \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 5} + \tau\sigma_{2\phi 5})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{2\phi 3})^2}$$

$$\tau\sigma_{2\chi z 1} = \sqrt{(\tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 5} + \tau\sigma_{2\chi 5})^2 + (\tau\sigma_{\chi 12} + \tau\sigma_{\chi 13} + \tau\sigma_{2\chi 3})^2}$$

第2評価点については,

$$\tau\sigma_{22} = \tau\sigma_{2\phi z 2} + \tau\sigma_{2\chi z 2} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z 2} - \tau\sigma_{2\chi z 2})^2 + 4(\tau\tau_{14} + \tau\tau_{12})^2}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{2\phi z 2} = \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{2\chi z 2} = \tau\sigma_{\chi 4} + \tau\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{2\phi z 2} = \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{2\chi z 2} = \sqrt{\tau\sigma_{\chi 4}^2 + \tau\sigma_{\chi 12}^2}$$

ロ.) 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\tau\sigma_{2z3} = \tau\sigma_{2\phi z3} + \tau\sigma_{2xz3} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z3} - \tau\sigma_{2xz3})^2 + 4(\tau\tau_{c1} + \tau\tau_3)^2}$$

$$\tau\sigma_{2\phi z3} = \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{2\phi 3}$$

$$\tau\sigma_{2xz3} = \tau\sigma_{x12} + \tau\sigma_{x13} + \tau\sigma_{2xz3}$$

第2評価点については,

$$\tau\sigma_{2z4} = \tau\sigma_{2\phi z4} + \tau\sigma_{2xz4} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z4} - \tau\sigma_{2xz4})^2 + 4(\tau\tau_{14} + \tau\tau_3)^2}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{2\phi z4} = \tau\sigma_{\phi 7} + \tau\sigma_{2\phi 7} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{2xz4} = \tau\sigma_{x7} + \tau\sigma_{2xz7} + \tau\sigma_{x12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{2\phi z4} = \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 7} + \tau\sigma_{2\phi 7})^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\tau\sigma_{2xz4} = \sqrt{(\tau\sigma_{x7} + \tau\sigma_{2xz7})^2 + \tau\sigma_{x12}^2}$$

ハ.) 第3ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\tau\sigma_{2z5} = \tau\sigma_{2\phi z5} + \tau\sigma_{2xz5} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z5} - \tau\sigma_{2xz5})^2}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{2\phi z5} = \tau\sigma_{\phi 6} + \tau\sigma_{2\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{2\phi 3}$$

$$\tau\sigma_{2xz5} = \tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x6} + \tau\sigma_{2xz6} + \tau\sigma_{x12} + \tau\sigma_{x13} + \tau\sigma_{2xz3}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{2\phi z5} = \sqrt{(\tau\sigma_{\phi 6} + \tau\sigma_{2\phi 6})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \tau\sigma_{\phi 13} + \tau\sigma_{2\phi 3})^2}$$

$$\tau\sigma_{2xz5} = \sqrt{(\tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x6} + \tau\sigma_{2xz6})^2 + (\tau\sigma_{x12} + \tau\sigma_{x13} + \tau\sigma_{2xz3})^2}$$

第2評価点については,

$$\tau\sigma_{2z6} = \tau\sigma_{2\phi z6} + \tau\sigma_{2xz6} + \sqrt{(\tau\sigma_{2\phi z6} - \tau\sigma_{2xz6})^2 + 4(\tau\tau_{14} + \tau\tau_{12})^2}$$

【絶対値和】

$$\tau\sigma_{2\phi z6} = \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{2xz6} = \tau\sigma_{x4} + \tau\sigma_{x12}$$

【SRSS法】

$$\tau\sigma_{2\phi z6} = \sigma_{\phi 2}$$

$$\tau\sigma_{2xz6} = \sqrt{\tau\sigma_{x4}^2 + \tau\sigma_{x12}^2}$$

(b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震動のみによる一次+二次応力の変動値

イ.) 第1及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{27} = \text{ト}\sigma_{2\phi x 1} + \text{ト}\sigma_{2\chi x 1} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi x 1} - \text{ト}\sigma_{2\chi x 1})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c4} + \text{ト}\tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 1} = \text{ト}\sigma_{\phi 8} + \text{ト}\sigma_{2\phi 8} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{2\phi 3}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 1} = \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 8} + \text{ト}\sigma_{2\chi 8} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13} + \text{ト}\sigma_{2\chi 3}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 1} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 8} + \text{ト}\sigma_{2\phi 8})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{2\phi 3})^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 1} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 8} + \text{ト}\sigma_{2\chi 8})^2 + (\text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13} + \text{ト}\sigma_{2\chi 3})^2}$$

第2評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{28} = \text{ト}\sigma_{2\phi x 2} + \text{ト}\sigma_{2\chi x 2} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi x 2} - \text{ト}\sigma_{2\chi x 2})^2 + 4(\text{ト}\tau_{14} + \text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 2} = \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 2} = \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 10} + \text{ト}\sigma_{2\chi 10} + \text{ト}\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 2} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10})^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 2} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 10} + \text{ト}\sigma_{2\chi 10})^2 + \text{ト}\sigma_{\chi 12}^2}$$

ロ.) 第2及び第3ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{29} = \text{ト}\sigma_{2\phi x 3} + \text{ト}\sigma_{2\chi x 3} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi x 3} - \text{ト}\sigma_{2\chi x 3})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c4} + \text{ト}\tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 3} = \text{ト}\sigma_{\phi 9} + \text{ト}\sigma_{2\phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{2\phi 3}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 3} = \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{2\chi 9} + \text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13} + \text{ト}\sigma_{2\chi 3}$$

【SRSS法】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 3} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 9} + \text{ト}\sigma_{2\phi 9})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{2\phi 3})^2}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 3} = \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 9} + \text{ト}\sigma_{2\chi 9})^2 + (\text{ト}\sigma_{\chi 12} + \text{ト}\sigma_{\chi 13} + \text{ト}\sigma_{2\chi 3})^2}$$

第2評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{210} = \text{ト}\sigma_{2\phi x 4} + \text{ト}\sigma_{2\chi x 4} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi x 4} - \text{ト}\sigma_{2\chi x 4})^2 + 4(\text{ト}\tau_{14} + \text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi x 4} = \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\text{ト}\sigma_{2\chi x 4} = \text{ト}\sigma_{\chi 4} + \text{ト}\sigma_{\chi 10} + \text{ト}\sigma_{2\chi 10} + \text{ト}\sigma_{\chi 12}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi x 4} = \sqrt{(\sigma_{\phi 10} + \sigma_{2\phi 10})^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\sigma_{2\chi x 4} = \sqrt{(\sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 10} + \sigma_{2\chi 10})^2 + \sigma_{\chi 12}^2}$$

(ラグが2つの場合)

$$\sigma_2 = \max \left[\sigma_{21}, \sigma_{22}, \sigma_{23}, \sigma_{24}, \sigma_{27}, \sigma_{28}, \sigma_{29}, \sigma_{210}, \sigma_{211}, \sigma_{212} \right]$$

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震のみによる一次+二次応力の変動値

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\sigma_{21} = \sigma_{2\phi z 1} + \sigma_{2\chi z 1} + \sqrt{(\sigma_{2\phi z 1} - \sigma_{2\chi z 1})^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2\phi z 1} = \sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{2\phi 10}$$

$$\sigma_{2\chi z 1} = \sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 5} + \sigma_{2\chi 5} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7} + \sigma_{\chi 9} + \sigma_{\chi 10} + \sigma_{2\chi 10}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi z 1} = \sqrt{(\sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{2\phi 10})^2}$$

$$\sigma_{2\chi z 1} = \sqrt{(\sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 5} + \sigma_{2\chi 5} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7})^2 + (\sigma_{\chi 9} + \sigma_{\chi 10} + \sigma_{2\chi 10})^2}$$

第2評価点については,

$$\sigma_{22} = \sigma_{2\phi z 2} + \sigma_{2\chi z 2} + \sqrt{(\sigma_{2\phi z 2} - \sigma_{2\chi z 2})^2 + 4(\tau_{12} + \tau_{13})^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2\phi z 2} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{2\chi z 2} = \sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7} + \sigma_{\chi 9}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi z 2} = \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + \sigma_{\phi 2}^2}$$

$$\sigma_{2\chi z 2} = \sqrt{(\sigma_{\chi 4} + \sigma_{\chi 7} + \sigma_{2\chi 7})^2 + \sigma_{\chi 9}^2}$$

ロ.) 第2ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\sigma_{23} = \sigma_{2\phi z 3} + \sigma_{2\chi z 3} + \sqrt{(\sigma_{2\phi z 3} - \sigma_{2\chi z 3})^2}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi z 3} &= \text{ト}\sigma_{\phi 6} + \text{ト}\sigma_{2\phi 6} + \text{ト}\sigma_{\phi 7} + \text{ト}\sigma_{2\phi 7} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10} \\ \text{ト}\sigma_{2x z 3} &= \text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 6} + \text{ト}\sigma_{2x 6} + \text{ト}\sigma_{x 7} + \text{ト}\sigma_{2x 7} + \text{ト}\sigma_{x 9} + \text{ト}\sigma_{x 10} + \text{ト}\sigma_{2x 10} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi z 3} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 6} + \text{ト}\sigma_{2\phi 6} + \text{ト}\sigma_{\phi 7} + \text{ト}\sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10})^2} \\ \text{ト}\sigma_{2x z 3} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 6} + \text{ト}\sigma_{2x 6} + \text{ト}\sigma_{x 7} + \text{ト}\sigma_{2x 7})^2 + (\text{ト}\sigma_{x 9} + \text{ト}\sigma_{x 10} + \text{ト}\sigma_{2x 10})^2} \end{aligned}$$

第2評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{24} = \text{ト}\sigma_{2\phi z 4} + \text{ト}\sigma_{2x z 4} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi z 4} - \text{ト}\sigma_{2x z 4})^2 + 4(\text{ト}\tau_{12} + \text{ト}\tau_{13})^2}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi z 4} &= \text{ト}\sigma_{\phi 7} + \text{ト}\sigma_{2\phi 7} + \sigma_{\phi 2} \\ \text{ト}\sigma_{2x z 4} &= \text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 7} + \text{ト}\sigma_{2x 7} + \text{ト}\sigma_{x 9} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi z 4} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 7} + \text{ト}\sigma_{2\phi 7})^2 + \sigma_{\phi 2}^2} \\ \text{ト}\sigma_{2x z 4} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 7} + \text{ト}\sigma_{2x 7})^2 + \text{ト}\sigma_{x 9}^2} \end{aligned}$$

(b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震のみによる一次+二次応力の変動値

イ.) 第1ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{27} = \text{ト}\sigma_{2\phi y 1} + \text{ト}\sigma_{2x y 1} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi y 1} - \text{ト}\sigma_{2x y 1})^2 + 4(\text{ト}\tau_{c4} + \text{ト}\tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi y 1} &= \text{ト}\sigma_{\phi 11} + \text{ト}\sigma_{2\phi 11} + \text{ト}\sigma_{\phi 14} + \text{ト}\sigma_{2\phi 14} + \sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10} \\ \text{ト}\sigma_{2x y 1} &= \text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 11} + \text{ト}\sigma_{2x 11} + \text{ト}\sigma_{x 14} + \text{ト}\sigma_{2x 14} + \text{ト}\sigma_{x 9} + \text{ト}\sigma_{x 10} + \text{ト}\sigma_{2x 10} \end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned} \text{ト}\sigma_{2\phi y 1} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{\phi 11} + \text{ト}\sigma_{2\phi 11} + \text{ト}\sigma_{\phi 14} + \text{ト}\sigma_{2\phi 14})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \text{ト}\sigma_{\phi 10} + \text{ト}\sigma_{2\phi 10})^2} \\ \text{ト}\sigma_{2x y 1} &= \sqrt{(\text{ト}\sigma_{x 4} + \text{ト}\sigma_{x 11} + \text{ト}\sigma_{2x 11} + \text{ト}\sigma_{x 14} + \text{ト}\sigma_{2x 14})^2 + (\text{ト}\sigma_{x 9} + \text{ト}\sigma_{x 10} + \text{ト}\sigma_{2x 10})^2} \end{aligned}$$

第2評価点については,

$$\text{ト}\sigma_{28} = \text{ト}\sigma_{2\phi y 2} + \text{ト}\sigma_{2x y 2} + \sqrt{(\text{ト}\sigma_{2\phi y 2} - \text{ト}\sigma_{2x y 2})^2 + 4(\text{ト}\tau_{15} + \text{ト}\tau_6 + \text{ト}\tau_{13})^2}$$

【絶対値和】

$$\text{ト}\sigma_{2\phi y 2} = \text{ト}\sigma_{\phi 13} + \text{ト}\sigma_{2\phi 13} + \text{ト}\sigma_{\phi 14} + \text{ト}\sigma_{2\phi 14} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{2xy2} = \sigma_{x4} + \sigma_{x13} + \sigma_{2x13} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14} + \sigma_{x9}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi y2} = \sqrt{(\sigma_{\phi13} + \sigma_{2\phi13} + \sigma_{\phi14} + \sigma_{2\phi14})^2 + \sigma_{\phi2}^2}$$

$$\sigma_{2xy2} = \sqrt{(\sigma_{x4} + \sigma_{x13} + \sigma_{2x13} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14})^2 + \sigma_{x9}^2}$$

ロ.) 第2ラグのつけ根部

第1評価点については,

$$\sigma_{29} = \sigma_{2\phi y3} + \sigma_{2xy3} + \sqrt{(\sigma_{2\phi y3} - \sigma_{2xy3})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2\phi y3} = \sigma_{\phi12} + \sigma_{2\phi12} + \sigma_{\phi14} + \sigma_{2\phi14} + \sigma_{\phi2} + \sigma_{\phi10} + \sigma_{2\phi10}$$

$$\sigma_{2xy3} = \sigma_{x4} + \sigma_{x12} + \sigma_{2x12} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{2x10}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi y3} = \sqrt{(\sigma_{\phi12} + \sigma_{2\phi12} + \sigma_{\phi14} + \sigma_{2\phi14})^2 + (\sigma_{\phi2} + \sigma_{\phi10} + \sigma_{2\phi10})^2}$$

$$\sigma_{2xy3} = \sqrt{(\sigma_{x4} + \sigma_{x12} + \sigma_{2x12} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14})^2 + (\sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{2x10})^2}$$

第2評価点については,

$$\sigma_{210} = \sigma_{2\phi y4} + \sigma_{2xy4} + \sqrt{(\sigma_{2\phi y4} - \sigma_{2xy4})^2 + 4(\tau_{15} + \tau_6 + \tau_{13})^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2\phi y4} = \sigma_{\phi13} + \sigma_{2\phi13} + \sigma_{\phi14} + \sigma_{2\phi14} + \sigma_{\phi2}$$

$$\sigma_{2xy4} = \sigma_{x4} + \sigma_{x13} + \sigma_{2x13} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14} + \sigma_{x9}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2\phi y4} = \sqrt{(\sigma_{\phi13} + \sigma_{2\phi13} + \sigma_{\phi14} + \sigma_{2\phi14})^2 + \sigma_{\phi2}^2}$$

$$\sigma_{2xy4} = \sqrt{(\sigma_{x4} + \sigma_{x13} + \sigma_{2x13} + \sigma_{x14} + \sigma_{2x14})^2 + \sigma_{x9}^2}$$

(c) 水平方向地震力(Y方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震のみによる一次+二次応力の変動値

第1評価点については,

$$\sigma_{211} = \sigma_{2\phi x1} + \sigma_{2xx1} + \sqrt{(\sigma_{2\phi x1} - \sigma_{2xx1})^2 + 4(\tau_{c1} + \tau_3)^2}$$

【絶対値和, SRSS法】

$$\sigma_{2\phi x1} = \sigma_{\phi2} + \sigma_{\phi10} + \sigma_{2\phi10}$$

$$\sigma_{2 \times x 1} = \sigma_{x 9} + \sigma_{x 10} + \sigma_{2 \times 10}$$

第2評価点については,

$$\sigma_{2 1 2} = \sigma_{2 \phi x 2} + \sigma_{2 \times x 2} + \sqrt{(\sigma_{2 \phi x 2} - \sigma_{2 \times x 2})^2 + 4(\tau_{2 3} + \tau_{1 3})^2}$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2 \phi x 2} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{2 \phi 8}$$

$$\sigma_{2 \times x 2} = \sigma_{x 8} + \sigma_{2 \times 8} + \sigma_{x 9}$$

【SRSS法】

$$\sigma_{2 \phi x 2} = \sqrt{\sigma_{\phi 2}^2 + (\sigma_{\phi 8} + \sigma_{2 \phi 8})^2}$$

$$\sigma_{2 \times x 2} = \sqrt{(\sigma_{x 8} + \sigma_{2 \times 8})^2 + \sigma_{x 9}^2}$$

(10) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. 運転時質量による応力

運転時質量による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s 1 1} = \frac{M_1}{Z_{s t}}$$

$$\tau_{s 1 1} = \frac{R_1}{A_{s 1}}$$

b. 水平方向地震力(Z方向)による応力

水平方向地震力(Z方向)による応力は、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

第1ラグについて、

$$\sigma_{s 3 1} = \frac{|M_1|}{Z_{s t}}$$

$$\tau_{s 3 1} = \frac{|R_1|}{A_{s 1}}$$

第2及び第4ラグについて、

$$\sigma_{s 3 1} = \frac{|M_c|}{Z_{s 1}}$$

$$\tau_{s 3 1} = \frac{|M_3|}{Z_{s p}} + \frac{|Q|}{A_{s 2}}$$

第3ラグについて、

$$\sigma_{s 3 1} = \frac{|M_2|}{Z_{s t}}$$

$$\tau_{s 3 1} = \frac{|R_1|}{A_{s 1}}$$

(ラグが2つの場合)

第1ラグについて,

$$\sigma_{s31} = \frac{|{}_tP_1|}{A_s}$$

$$\sigma_{s31} = \frac{|{}_tM_1|}{Z_{s\ t}}$$

$$\tau_{s31} = \frac{|{}_tP_1|}{A_{s\ 3}} + \frac{|{}_tR_1|}{A_{s\ 1}}$$

第2ラグについて,

$$\sigma_{s31} = \frac{|{}_tP_1|}{A_s}$$

$$\sigma_{s32} = \frac{|{}_tM_2|}{Z_{s\ t}}$$

$$\tau_{s31} = \frac{|{}_tP_1|}{A_{s\ 3}} + \frac{|{}_tR_1|}{A_{s\ 1}}$$

c. 水平方向地震力(X方向)による応力

水平方向地震力(X方向)による応力は、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

第1及び第4ラグについて,

$$\sigma_{s41} = \frac{|{}_tM_1|}{\sqrt{2}Z_{s\ t}} + \frac{|{}_tM_c|}{\sqrt{2}Z_{s\ 1}}$$

$$\tau_{s41} = \frac{|{}_tR_1|}{\sqrt{2}A_{s\ 1}} + \frac{|{}_tM_3|}{\sqrt{2}Z_{s\ p}} + \frac{|{}_tQ|}{\sqrt{2}A_{s\ 2}}$$

第2及び第3ラグについて,

$$\sigma_{s41} = \frac{|{}_tM_2|}{\sqrt{2}Z_{s\ t}} + \frac{|{}_tM_c|}{\sqrt{2}Z_{s\ 1}}$$

$$\tau_{s41} = \frac{|{}_tR_1|}{\sqrt{2}A_{s\ 1}} + \frac{|{}_tM_3|}{\sqrt{2}Z_{s\ p}} + \frac{|{}_tQ|}{\sqrt{2}A_{s\ 2}}$$

(ラグが2つの場合)

$$\sigma_{s41} = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2}A_s}$$

$$\sigma_{s42} = \frac{|{}_tM_1|}{\sqrt{2}Z_{s\ t}} + \frac{|{}_tM_c|}{\sqrt{2}Z_{s\ 1}}$$

$$\tau_{s41} = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2}A_{s\ 3}} + \frac{|{}_tR_1|}{\sqrt{2}A_{s\ 1}} + \frac{|{}_tM_3|}{\sqrt{2}Z_{s\ p}} + \frac{|{}_tQ|}{\sqrt{2}A_{s\ 2}}$$

第2ラグについて、

$$\sigma_{s41} = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2A_s}}$$

$$\sigma_{s42} = \frac{|{}_tM_2|}{\sqrt{2Z_{s_t}}} + \frac{|{}_tM_c|}{\sqrt{2Z_{s1}}}$$

$$\tau_{s41} = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2A_{s_3}}} + \frac{|{}_tR_1|}{\sqrt{2A_{s_1}}} + \frac{|{}_tM_3|}{\sqrt{2Z_{s_p}}} + \frac{|{}_tQ|}{\sqrt{2A_{s_2}}}$$

d. 水平方向地震力(Y方向)による応力

水平方向地震力(Y方向)による応力は、次式で表される。

(ラグが4つの場合)

水平方向地震力(Z方向)による応力と同じ。

(ラグが2つの場合)

第1ラグ及び第2ラグについて、

$$\sigma_{s51} = \frac{|{}_tM_c|}{Z_{s1}}$$

$$\tau_{s51} = \frac{|{}_tM_3|}{Z_{s_p}} + \frac{|{}_tQ|}{A_{s_2}}$$

e. 鉛直方向地震による応力

鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s21} = \frac{{}_tM_{1V}}{Z_{s_t}}$$

$$\tau_{s21} = \frac{{}_tR_V}{A_{s_1}}$$

ここで、 ${}_tM_{1V}$ 及び ${}_tR_V$ は(4) a. 及び b. で得られた ${}_tM_{1D}$ 、 ${}_tM_{1U}$ 、 ${}_tR_D$ 及び ${}_tR_U$ を用いて、次式で表される。

$${}_tM_{1V} = \max \left[|{}_tM_{1D}|, |{}_tM_{1U}| \right]$$

$${}_tR_V = \max \left[|{}_tR_D|, |{}_tR_U| \right]$$

(11) ボルト等に作用する荷重

(ラグが4つの場合)

a. 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1ラグについて、

$$F_b = \frac{|{}_tF_{11}| + {}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

第2及び第4ラグについて,

$$F_b = \max \left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}| \right] + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{n}$$

第3ラグについて,

$$F_b = \frac{|{}_tF_{21}| + {}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

ここで, ${}_tF_{01V}$ は (4) a. 及び b. で得られた ${}_tF_{01D}$ 及び ${}_tF_{01U}$ を用いて, 次式で表される。

$$F_{01V} = \max \left[{}_tF_{01D}, {}_tF_{01U} \right]$$

【SRSS法】

第1ラグについて,

$$F_b = \frac{{}_tF_{01} + \sqrt{{}_tF_{11}^2 + {}_tF_{01V}^2}}{n}$$

第2及び第4ラグについて,

$$F_b = \sqrt{\left(\max \left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}| \right] \right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n} \right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{n}$$

第3ラグについて,

$$F_b = \frac{{}_tF_{01} + \sqrt{{}_tF_{21}^2 + {}_tF_{01V}^2}}{n}$$

- b. 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1及び第4ラグについて,

$$F_b = \frac{|{}_tF_{11}|}{\sqrt{2}n} + \frac{\max \left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}| \right]}{\sqrt{2}} + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

第2及び第3ラグについて,

$$F_b = \frac{|{}_tF_{21}|}{\sqrt{2}n} + \frac{\max \left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}| \right]}{\sqrt{2}} + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

【SRSS法】

第1及び第4ラグについて、

$$F_b = \sqrt{\left(\frac{|{}_tF_{11}|}{\sqrt{2}n} + \frac{\max[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|]}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n} \right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

第2及び第3ラグについて、

$$F_b = \sqrt{\left(\frac{|{}_tF_{21}|}{\sqrt{2}n} + \frac{\max[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|]}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n} \right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

(ラグが2つの場合)

- a. 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1ラグについて、

$$F_b = \frac{|{}_tF_{11}| + {}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{n}$$

第2ラグについて、

$$F_b = \frac{|{}_tF_{21}| + {}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{n}$$

ここで、 ${}_tF_{01V}$ は(4) a. 及び b. で得られた ${}_tF_{01D}$ 及び ${}_tF_{01U}$ を用いて、次式で表される。

$${}_tF_{01V} = \max \left[|{}_tF_{01D}|, |{}_tF_{01U}| \right]$$

【SRSS法】

第1ラグについて、

$$F_b = \frac{{}_tF_{01} + \sqrt{|{}_tF_{11}|^2 + {}_tF_{01V}^2}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{n}$$

第2ラグについて,

$$F_b = \frac{{}_tF_{01} + \sqrt{|{}_tF_{21}|^2 + {}_tF_{01V}^2}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{n}$$

b. 水平方向地震力(Y方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1ラグについて,

$$F_b = \frac{|{}_tF_{11}|}{\sqrt{2n}} + \frac{\max\left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|\right]}{\sqrt{2}} + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2}n} + \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

第2ラグについて,

$$F_b = \frac{|{}_tF_{21}|}{\sqrt{2}n} + \frac{\max\left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|\right]}{\sqrt{2}} + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2}n} + \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}n}$$

【SRSS法】

第1ラグについて,

$$F_b = \sqrt{\left(\frac{|{}_tF_{11}|}{\sqrt{2n}} + \frac{\max\left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|\right]}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n}\right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2n}} + \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2n}}$$

第2ラグについて,

$$F_b = \sqrt{\left(\frac{|{}_tF_{21}|}{\sqrt{2n}} + \frac{\max\left[|{}_tF_{31}|, |{}_tF_{32}|\right]}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n}\right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{|{}_tP_1|}{\sqrt{2n}} + \frac{|{}_tQ|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2n}}$$

- c. 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1ラグ及び、第2ラグについて、

$$F_b = \max \left[\left| {}_tF_{31} \right|, \left| {}_tF_{32} \right| \right] + \frac{{}_tF_{01} + {}_tF_{01V}}{n}$$

$$Q_b = \frac{\left| {}_tQ \right| (1 - \varepsilon)}{n}$$

【SRSS法】

第1ラグ及び第2ラグについて、

$$F_b = \sqrt{\left(\max \left[\left| {}_tF_{31} \right|, \left| {}_tF_{32} \right| \right] \right)^2 + \left(\frac{{}_tF_{01V}}{n} \right)^2} + \frac{{}_tF_{01}}{n}$$

$$Q_b = \frac{\left| {}_tQ \right| (1 - \varepsilon)}{n}$$

(6) X方向地震による応力

X方向地震による応力は、次式で表される。

$$\tau \sigma_{x4} = C_H m_1 g H_1 / Z_z$$

ただし、 $m_1 g H_1 < m_2 g H_2$ の場合は、 $m_1 g H_1$ を $m_2 g H_2$ に置き換える。

(7) X方向地震による胴板つけ根部の応力

X方向地震による胴板つけ根部の応力は、次式で表される。

幅方向せん断力によるせん断応力

$$\tau \tau_{c1} = C_H m_0 g / (4 \tau l_R t)$$

ねじりモーメントにより生じる胴板の局部せん断応力は、次式で表される。

$$\tau \tau_M = |C_H (m_1 g H_1 - m_2 g H_2)| / (\pi \tau l_R^2 t)$$

ただし、 $\tau l_R > h$ 場合は、 τl_R を h に置き換える。

(8) 組合せ応力

(1)～(7)によって算出される胴板の応力は、以下により組み合わせられる。

なお、一次応力は、一次一般膜応力と同じとなるため省略する。

a. 一次一般膜応力

(a) Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

$$\tau \sigma_{0z} = 1/2 \{ (\tau \sigma_{0zy} + \tau \sigma_{0zx}) + \sqrt{(\tau \sigma_{0zy} - \tau \sigma_{0zx})^2 + 4(\tau \tau_{11} + \tau \tau_{12} + \tau \tau_{13})^2} \}$$

【絶対値和】

$$\tau \sigma_{0zy} = \tau \sigma_{x1} + \tau \sigma_{x2} + \tau \sigma_{x3} + \tau \sigma_{x5}$$

$$\tau \sigma_{0zx} = \tau \sigma_{\phi 1} + \tau \sigma_{\phi 2}$$

【SRSS法】

$$\tau \sigma_{0zy} = \tau \sigma_{x1} + \tau \sigma_{x2} + \sqrt{\tau \sigma_{x3}^2 + \tau \sigma_{x5}^2}$$

$$\tau \sigma_{0zx} = \tau \sigma_{\phi 1} + \tau \sigma_{\phi 2}$$

(b) X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の一次一般膜応力

$$\tau \sigma_{0x} = 1/2 \{ (\tau \sigma_{0xy} + \tau \sigma_{0xz}) + \sqrt{(\tau \sigma_{0xy} - \tau \sigma_{0xz})^2 + 4(\tau \tau_{11} + \tau \tau_{13} + \tau \tau_{c1} + \tau \tau_M)^2} \}$$

【絶対値和】

$$\tau \sigma_{0xy} = \tau \sigma_{x1} + \tau \sigma_{x2} + \tau \sigma_{x4} + \tau \sigma_{x5}$$

$$\tau \sigma_{0xz} = \tau \sigma_{\phi 1} + \tau \sigma_{\phi 2}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{0xy} &= \tau\sigma_{x1} + \tau\sigma_{x2} + \sqrt{\tau\sigma_{x4}^2 + \tau\sigma_{x5}^2} \\ \chi\sigma_{0xz} &= \tau\sigma_{\phi1} + \tau\sigma_{\phi2}\end{aligned}$$

したがって、胴板に生じる一次一般膜応力の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_0 = \max[\chi\sigma_{0z}, \chi\sigma_{0x}]$$

b. 一次＋二次応力の変動値

- (a) Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次＋二次応力の変動値

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2z} &= \chi\sigma_{2zy} + \chi\sigma_{2zx} + \\ &\quad \sqrt{(\chi\sigma_{2zy} - \chi\sigma_{2zx})^2 + 4(\chi\tau_{12} + \chi\tau_{13})^2}\end{aligned}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2zy} &= \chi\sigma_{x3} + \chi\sigma_{x5} \\ \chi\sigma_{2zx} &= \tau\sigma_{\phi2}\end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2zy} &= \sqrt{\chi\sigma_{x3}^2 + \chi\sigma_{x5}^2} \\ \chi\sigma_{2zx} &= \tau\sigma_{\phi2}\end{aligned}$$

- (b) X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の地震動のみによる一次＋二次応力の変動値

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2x} &= \chi\sigma_{2xy} + \chi\sigma_{2xz} + \\ &\quad \sqrt{(\chi\sigma_{2xy} - \chi\sigma_{2xz})^2 + 4(\chi\tau_{13} + \chi\tau_{c1} + \chi\tau_M)^2}\end{aligned}$$

【絶対値和】

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2xy} &= \chi\sigma_{x4} + \chi\sigma_{x5} \\ \chi\sigma_{2xz} &= \tau\sigma_{\phi2}\end{aligned}$$

【SRSS法】

$$\begin{aligned}\chi\sigma_{2xy} &= \sqrt{\chi\sigma_{x4}^2 + \chi\sigma_{x5}^2} \\ \chi\sigma_{2xz} &= \tau\sigma_{\phi2}\end{aligned}$$

したがって、胴板に生じる地震動のみによる一次＋二次応力の変動値の最大値は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \max[\chi\sigma_{2z}, \chi\sigma_{2x}]$$

(9) 支持部に作用する荷重又は個別応力

- a. 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

運転時質量及び鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{s11} &= m_0 g (a_R - b_R) / (2Z_{st}) \\ \tau_{s11} &= m_0 g / (2A_{s5}) \\ \sigma_{s21} &= C_V m_0 g (a_R - b_R) / (2Z_{st}) \\ \tau_{s21} &= C_V m_0 g / (2A_{s5})\end{aligned}$$

b. Z方向地震による応力

Z方向地震による応力は、次式で表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{s31} &= |C_H(m_1 H_1 - m_2 H_2) g| / (2Z_{st}) + C_H m_0 g / (2A_s) \\ \tau_{s31} &= |C_H(m_1 H_1 - m_2 H_2) g| / (1_{zq} A_{s5})\end{aligned}$$

c. X方向地震による応力

X方向地震による応力は、次式で表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{s41} &= C_H m_0 g (a_R - b_R) / (2Z_{s1}) \\ \tau_{s41} &= |C_H(m_1 H_1 - m_2 H_2) g| / (2Z_{sp}) + C_H m_0 g / (2A_{s6})\end{aligned}$$

(10) ボルト等に作用する荷重

a. Z方向地震による荷重

$$\chi F_b = 1_{zq} \chi M_1^q / (\sum_{j=1}^q N_{zj} 1_{zj}^2)$$

ここで、

$$\begin{aligned}M_1 &= |C_H(m_1 H_1 - m_2 H_2) g| - (1 - C_V) m_0 g \chi L_R / 2 \\ Q_b &= C_H m_0 g / (2n_r)\end{aligned}$$

b. X方向地震による荷重

$$\chi F_b = 1_{xm} \chi M_2^m / (\sum_{i=1}^m N_{xi} 1_{xi}^2)$$

ここで、

$$\begin{aligned}M_2 &= |C_H(m_1 H_1 - m_2 H_2) g| - (1 - C_V) m_0 g 1_R / 2 \\ Q_b &= C_H m_0 g / (2n_r)\end{aligned}$$

3.1.3.1.9 計算方法(リ)…………… (3.1.3.1.9-1)

(1) 支持部に作用する荷重又は個別応力

(A) 運転時質量及び鉛直方向地震力による圧縮応力

運転時質量及び鉛直方向地震力による圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s11} = \frac{L m_B}{L A_s} g$$

$$\sigma_{s21} = \frac{L m_B}{L A_s} C_v g$$

(B) 長手方向地震による応力

曲げ応力及び圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s31} = \frac{y M_{11}}{L Z_{s y}}$$

ここで、

$$y M_{11} = C_{HL} m_B L h_B g$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s31} = \frac{C_{HL} m_B}{L A_{s3}} g$$

(C) 横方向地震による応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s41} = \frac{y M_{11}}{L Z_{s x}}$$

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{s41} = \frac{C_{HL} m_B}{L A_{s4}} g$$

(2) ボルト等に作用する荷重

(A) せん断力

せん断力は、ボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

$${}_yQ_b = \frac{{}_L m C_H g}{{}_L n}$$

(B) 引張応力

引張力は、最も厳しい条件としてボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_yF_b = \frac{{}_L m \{C_H y h - (1 - C_V)_L l_1\}}{{}_L n_f ({}_L l_1 + {}_L l_2)} g$$

【SRSS法】

$${}_yF_b = \frac{{}_L m \sqrt{(C_H y h)^2 + (C_V)_L l_1^2} - {}_L m_L l_1}{{}_L n_f ({}_L l_1 + {}_L l_2)} g$$

3.1.3.1.10 計算方法(又)..... (3.1.3.1.10-1)

(1) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. ラック箱の曲げモーメント

曲げモーメントは、次式で表される。

$$\sum M_i = \frac{\sum C_{Hir} \omega_i l_i}{2_r l_{2i}} (r l_{1i} + r l_{2i} + r l_{3i}) \left\{ \frac{r l_i}{4_r l_{2i}} (r l_{1i} + r l_{2i} - r l_{3i}) - r l_{1i} \right\}$$

b. ラック箱のせん断力

せん断力は、次式で表される。

$$\sum Q_i = \frac{\sum C_{Hir} \omega_i}{2_r l_{2i}} (r l_{2i}^2 + r l_{3i}^2 - r l_{1i}^2)$$

c. 支持部材の圧縮力及びせん断力

反力は、次式で表される。

$$\sum R_i = \frac{\sum C_{Hir} \omega_i l_i}{2_r l_{2i}} (r l_{2i} + r l_{3i} - r l_{1i})$$

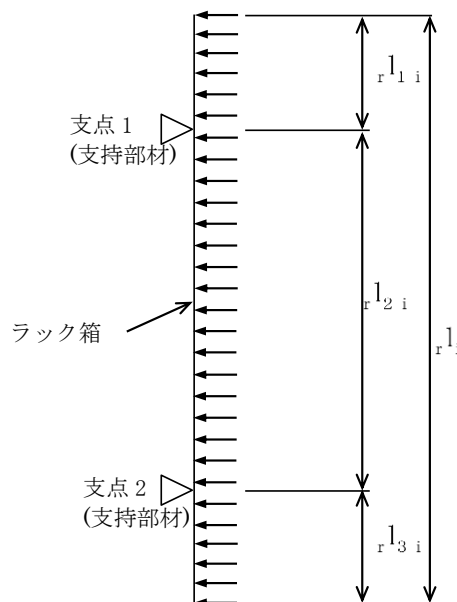
支持部材の圧縮力及びせん断力は、次式で表される。

圧縮力

$$\sum F_c = \sum (r n_i \sum R_i)$$

せん断力

$$\sum Q = \sum (r n_i \sum R_i)$$



第3.1.3.1.10-1図 荷重条件

(2) ボルト等に作用する荷重

- a. 保持金具，保持金具と固定金具及び固定金具の溶接部のせん断力
せん断力は，次式で表される。

$$\alpha Q_w = \alpha P$$

- b. 止め板溶接部のせん断力
せん断力は，次式で表される。

$$\alpha Q_{wi} = r W_i (1 + \alpha C_{Vi}) g$$

3. 1. 3. 1. 11 計算方法(ル)..... (3. 1. 3. 1. 11-1)

(1) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. ルーバ振れ止めのせん断力

せん断力は，次式で表される。

$${}_{\text{ル}}Q_1 = C_{\text{HI}} m_2 n g$$

b. 中央支柱上端部のせん断力

せん断力は，次式で表される。

$${}_{\text{ル}}Q_2 = \frac{C_{\text{HI}} m_2 g}{2}$$

3.1.3.1.12 計算方法(ヲ) (3.1.3.1.12-1)

(1) 支持部に作用する荷重又は個別応力

a. 水平方向地震力によるはりに生じる引張応力

水平方向地震力によるはりに生じる引張応力は、次式で表される。

$$\varphi F_y = C_{Hb} mg$$

$$\sigma_{s31} = \frac{\varphi F_y}{cA}$$

b. 鉛直地震力によるはりに生じる曲げモ応力

鉛直方向地震力によるはりに生じる曲げ応力は、次式で表される。

$$\varphi M = \frac{1}{2}(1 + C_V)_b mg_b l$$

$$\sigma_{s21} = \frac{\varphi M}{\varphi Z}$$

c. 鉛直地震力によるはりに生じるせん断応力

鉛直方向地震力によるはりに生じるせん断応力は、次式で表される。

$$\varphi F_z = (1 + C_V)_b mg$$

$$\tau_{s21} = \frac{\varphi F_z}{A_{ss}}$$

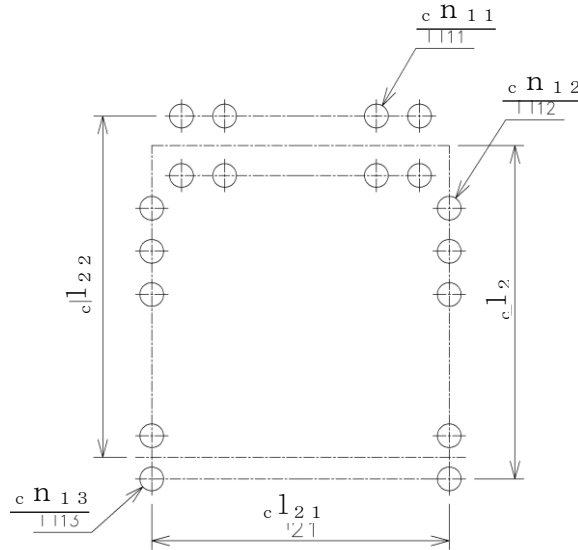
3.1.3.1.13 計算方法(ワ) (3.1.3.1.13-1)

(1) ボルト等に作用する荷重

a. ジブ取付面用ボルト

ジブ取付面用ボルトの引張力及びせん断力は、次式により算出する。

取付面のボルトの配列を第3.1.3.1.13-1図に示す。



第3.1.3.1.13-1図 ボルト配列図

(a) 引張力

ジブ取付面のジブ質量による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\text{ワ}}M_6 = \frac{w g_c L_1^2}{2}$$

ジブ取付面のトリリ質量による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\text{ワ}}M_7 = {}_c m_H g_c L_1$$

ジブ取付面の巻上荷重による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\text{ワ}}M_8 = {}_c W_F c L_1$$

取付面の自重による曲げモーメントの合計

$${}_{\text{ワ}}M_{V1} = {}_{\text{ワ}}M_6 + {}_{\text{ワ}}M_7 + {}_{\text{ワ}}M_8$$

取付面の鉛直地震力による曲げモーメントの合計

$${}_{\text{ワ}}M_{V1}' = C_V ({}_{\text{ワ}}M_6 + {}_{\text{ワ}}M_7 + {}_{\text{ワ}}M_8)$$

取付面の水平地震力による曲げモーメントの合計

$${}_{\text{ワ}}M_{H1} = C_H ({}_{\text{ワ}}M_6 + {}_{\text{ワ}}M_7)$$

取付ボルトに作用する引張力は、次式で表される。

- a. 自重及び鉛直地震力(鉛直下向き)による引張力

$${}_R F_b = \frac{{}_V M_{V1} + \hat{{}_V M_{V1}}}{c l_{2c} n_{11}}$$

- b. 自重, 鉛直地震力(鉛直上向き)及び水平地震による引張力

【絶対値和】

$${}_R F_b = \frac{{}_V M_{H1}}{c l_{21c} n_{12}} + \frac{{}_V M_{V1} - \hat{{}_V M_{V1}}}{c l_{22c} n_{13}}$$

【SRSS 法】

$${}_R F_b = \sqrt{\left(\frac{{}_V M_{H1}}{c l_{21c} n_{12}}\right)^2 + \left(\frac{{}_V M_{V1} - \hat{{}_V M_{V1}}}{c l_{22c} n_{13}}\right)^2} - \frac{{}_V M_{V1}}{c l_{22c} n_{13}}$$

- (b) せん断力

ジブ取付面のジブ質量による取付ボルトの鉛直方向のせん断力

$${}_V Q_4 = w g_c L_1$$

ジブ取付面のトリ質量による取付ボルトの鉛直方向のせん断力

$${}_V Q_5 = c m_H g$$

ジブ取付面の巻上荷重による取付ボルトの鉛直方向のせん断力

$${}_V Q_6 = c W_F$$

取付ボルトの自重によるせん断力の合計

$${}_V Q_{V1} = {}_V Q_4 + {}_V Q_5 + {}_V Q_6$$

取付ボルトの鉛直地震力によるせん断力の合計

$$\hat{{}_V Q}_{V1} = C_V ({}_V Q_4 + {}_V Q_5 + {}_V Q_6)$$

取付ボルトの水平地震力によるせん断力の合計

$${}_V Q_{H1} = C_H ({}_V Q_4 + {}_V Q_5)$$

取付ボルトに作用するせん力は、次式で表される。

【絶対値和】

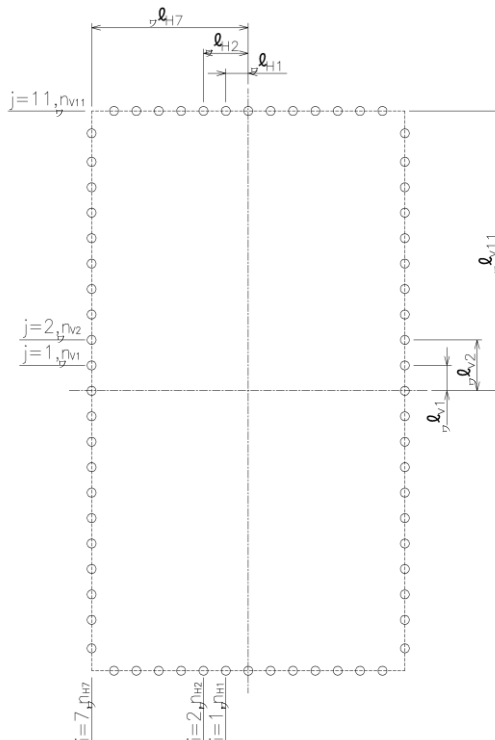
$${}_R Q_b = \frac{{}_V Q_{V1} + \hat{{}_V Q}_{V1} + {}_V Q_{H1}}{c n_1}$$

【SRSS 法】

$${}_R Q_b = \frac{{}_V Q_{V1}}{c n_1} + \sqrt{\left(\frac{\hat{{}_V Q}_{V1}}{c n_1}\right)^2 + \left(\frac{{}_V Q_{H1}}{c n_1}\right)^2}$$

b. クレーン取付面用ボルト

クレーン取付面用ボルトの引張力及びせん断力は、次式により算出する。
取付面のボルトの配列を第 3. 1. 3. 1. 13-2 図に示す。



第 3. 1. 3. 1. 13-2 図 ボルト配列図

(a) 引張力

引張力は、次式で表される。

クレーン取付面のクレーン質量による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\psi}M_9 = w g_c L_2^2 / 2$$

クレーン取付面のトロリ質量による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\psi}M_{10} = {}_c m_H g_c L_2$$

クレーン取付面の巻上荷重による鉛直方向の曲げモーメント

$${}_{\psi}M_{11} = {}_c W_{Fc} L_2$$

自重によるクレーン取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計

$${}_{\psi}M_{V2} = {}_{\psi}M_9 + {}_{\psi}M_{10} + {}_{\psi}M_{11}$$

鉛直地震力によるクレーン取付面の鉛直方向の曲げモーメントの合計

$${}_{\psi}M_{V2}' = C_V ({}_{\psi}M_9 + {}_{\psi}M_{10} + {}_{\psi}M_{11})$$

クレーン取付ボルトの 1 本当たりの引抜力 ${}_{\psi}F_{Vj}$ を算出する。

また、 ${}_{\psi}M_{V2}'$ による引抜力 ${}_{\psi}F_{Vj}'$ についても算出する。

モーメントの釣合い関係式

$$\varpi M_{V2}/2 = \sum_{j=1}^{11} \varpi F_{Vj} \varpi l_{Vj} \varpi n_{Vj}$$

引抜力と支点からの距離との関係式

$$\varpi F_{Vj} : \varpi F_{V0} = \varpi l_{Vj} : \varpi l_{V0}$$

取付ボルトの水平方向の曲げモーメントの合計

$$\varpi M_{H2} = C_H (\varpi M_9 + \varpi M_{10})$$

ϖM_{H2} によるクレーン取付ボルトの1本当たりの引抜力 ϖF_{Hi} を算出する。

モーメントの釣合い関係式

$$\varpi M_{H2}/2 = \sum_{i=1}^7 \varpi F_{Hi} \varpi l_{Hi} \varpi n_{Hi}$$

引抜力と支点からの距離との関係式

$$\varpi F_{Hi} : \varpi F_{Hk} = \varpi l_{Hi} : \varpi l_{Hk}$$

クレーン取付ボルトの引張力

【絶対値和】

$$\varpi F_b = \varpi F_{Vj} + \varpi F_{Vj}' + \varpi F_{Hi}$$

【SRSS法】

$$\varpi F_b = \varpi F_{Vj} + \sqrt{(\varpi F_{Vj}')^2 + (\varpi F_{Hi})^2}$$

(b) せん断力

せん断力は、次式で表される。

クレーン取付面のクレーン質量による鉛直方向のせん断力

$$\varpi Q_7 = w g_c L_2$$

クレーン取付面のトロリ質量による鉛直方向のせん断力

$$\varpi Q_8 = c m_H g$$

クレーン取付面の巻上荷重による鉛直方向のせん断力

$$\varpi Q_9 = c W_F$$

取付ボルトの自重によるせん断力の合計

$$\varpi Q_{V2} = \varpi Q_7 + \varpi Q_8 + \varpi Q_9$$

取付ボルトの鉛直地震力によるせん断力の合計

$$\varpi Q_{V2}' = C_V (\varpi Q_7 + \varpi Q_8 + \varpi Q_9)$$

取付ボルトの水平地震力によるせん断力の合計

$$\varpi Q_{H2} = C_H (\varpi Q_7 + \varpi Q_8)$$

取付ボルトのせん応力

【絶対値和】

$$R Q_b = (\varphi Q_{V2} + \varphi Q_{V2}' + \varphi Q_{H2}) / c n_2$$

【SRSS法】

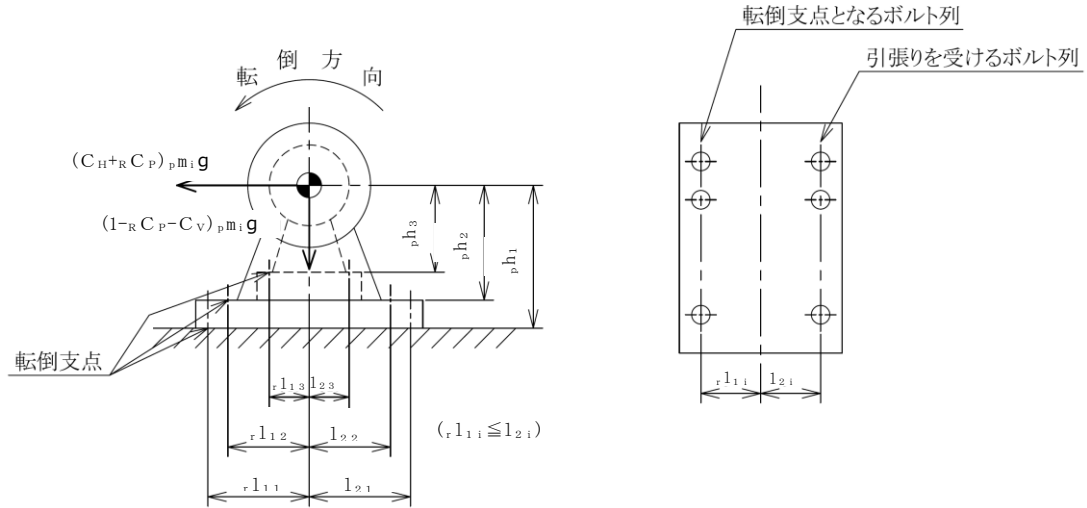
$$R Q_b = \varphi Q_{V2} / c n_2 + \sqrt{(\varphi Q_{V2}' / c n_2)^2 + (\varphi Q_{H2} / c n_2)^2}$$

3.1.3.1.14 計算方法(カ)…………… (3.1.3.1.14-1)

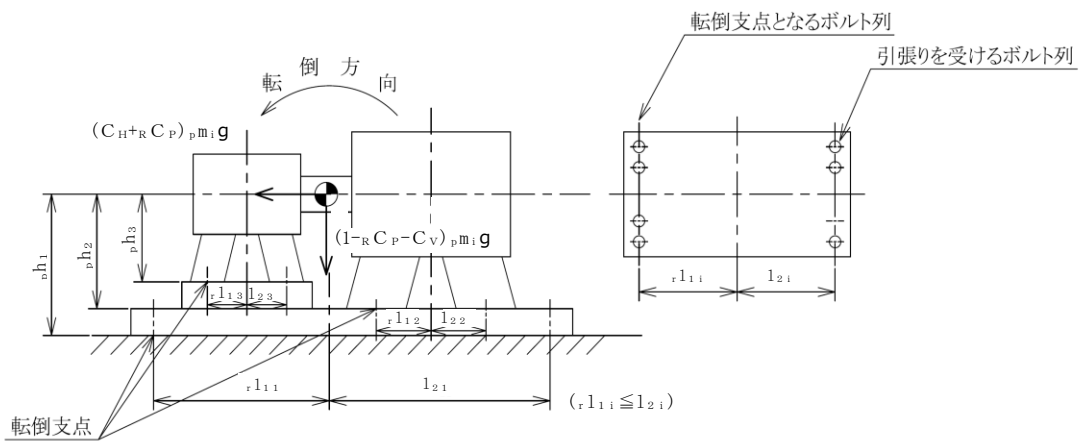
(1) ボルト等に作用する荷重

ボルト等に作用する荷重は地震による震度，回転機器の振動による震度 R C_p 及び回転機器の回転により作用するモーメント M_p 等による引張力及びせん断力について算出する。ここで，回転機器の回転軸は床面に平行とする。

なお，振動による震度及び回転により作用するモーメントが生じない場合は，振動による震度及び回転により作用するモーメントを考慮しない。



第 3.1.3.1.14-1 図 軸直角方向転倒



第 3.1.3.1.14-2 図 軸方向転倒

a. 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、次式で表される。地震以外の荷重が加わる場合は $C_{Hp} m_i g$ に荷重を加える。

$${}_R Q_{b_i} = \frac{{}_p m_i g (C_H + {}_R C_P)}{n}$$

ここで、

$${}_R C_P = \frac{1}{2} {}_R a \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2 \left(\frac{1}{10^3 g} \right)$$

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

b. 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして、次式で表される。地震以外の荷重が加わる場合は $C_{Hp} m_i g$ に荷重を加える。

【絶対値和】

$${}_R F_{b_i} = \frac{{}_p m_i g (C_{Hp} h_i + C_{Vr} l_{1i}) - {}_p m_i g {}_R C_P ({}_p h_i + {}_r l_{1i}) + M_P - {}_p m_i g {}_r l_{1i}}{n_{fi} ({}_r l_{1i} + l_{2i})}$$

ここで、

$$M_P = \left(\frac{60}{2\pi N} \right) 10^6 P$$

【SRSS法】

$${}_R F_{b_i} = \frac{{}_p m_i g \sqrt{(C_{Hp} h_i)^2 + (C_{Vr} l_{1i})^2} + {}_p m_i g {}_R C_P ({}_p h_i + {}_r l_{1i}) + M_P - {}_p m_i g {}_r l_{1i}}{n_{fi} ({}_r l_{1i} + l_{2i})}$$

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

回転機器の回転により作用するモーメント M_P は、計算モデル第3.1.3.1.14-1図で、回転機器と原動機のベースが共通の場合、基礎ボルト(i=1)については作用しない。

また、計算モデル第3.1.3.1.14-2図の場合はいずれのボルトにも作用しない。

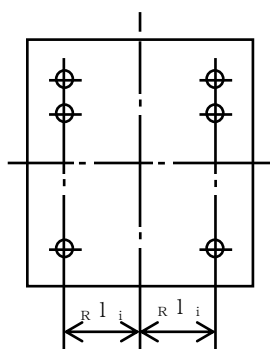
3.1.3.1.15 計算方法(ヨ)…………… (3.1.3.1.15-1)

(1) ボルト等に作用する荷重

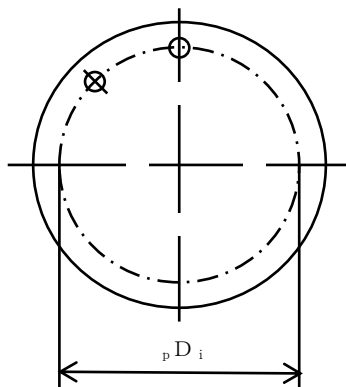
ボルト等に作用する荷重は地震による震度，回転機器の振動による震度 R C_p 及び回転機器の回転により作用するモーメント M_p 等による引張力及びせん断力について算出する。ここで，回転機器の回転軸は床面に垂直とする。

なお，振動による震度及び回転により作用するモーメントが生じない場合は，振動による震度及び回転により作用するモーメントを考慮しない。

計算モデルは据付部の形状により2通りある。



第3.1.3.1.15-1図 角形ボルト配列



第3.1.3.1.15-2図 円形ボルト配列

a. せん断力

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、次式で表される。

角形ボルト配列の場合は、次式で表される。

$${}_R Q_{b\ i} = \frac{{}_P m_i g (C_H + {}_R C_P) + M_P / {}_R l_i}{{}_R n_i}$$

円形ボルト配列の場合は、次式で表される。

$${}_R Q_{b\ i} = \frac{{}_P m_i g (C_H + {}_R C_P) + 2M_P / {}_P D_i}{{}_R n_i}$$

ここで、

$${}_R C_P = \frac{1}{2} {}_R a \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2 \left(\frac{1}{10^3 g} \right)$$

$$M_P = \left(\frac{60}{2\pi N} \right) 10^6 P$$

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

b. 引張力

角形ボルト配列の場合は、ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、第3.1.3.1.15-2図でボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_R F_{b i} = \frac{{}_p m_i g (C_H + {}_R C_P) {}_p h_i - {}_p m_i g (1 - {}_R C_P + C_V) {}_R l_i}{2 {}_p n_{f i} {}_R l_i}$$

【SRSS法】

$${}_R F_{b i} = \frac{{}_p m_i g \sqrt{(C_{H p} {}_p h_i)^2 + (C_{V R} {}_R l_i)^2} + {}_p m_i g {}_R C_P ({}_p h_i + {}_R l_i) - {}_p m_i g {}_R l_i}{2 {}_p n_{f i} {}_R l_i}$$

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

円形ボルト配列の場合は、ボルトに対する引張力は支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として支点から最も離れたボルトについて、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_R F_{b i} = \frac{{}_p m_i g (C_H + {}_R C_P) {}_p h_i - {}_p m_i g (1 - {}_R C_P + C_V) \frac{{}_p D_i}{2}}{\frac{3}{8} {}_p n_{f i} {}_p D_i}$$

【SRSS法】

$${}_R F_{b i} = \frac{{}_p m_i g \sqrt{(C_{H p} {}_p h_i)^2 + \left(\frac{{}_p D_i}{2} C_V\right)^2} + {}_p m_i g {}_R C_P \left({}_p h_i + \frac{{}_p D_i}{2}\right) - \frac{{}_p D_i}{2} {}_p m_i g}{\frac{3}{8} {}_p n_{f i} {}_p D_i}$$

i=1:基礎ボルト

i=2:ポンプ取付ボルト

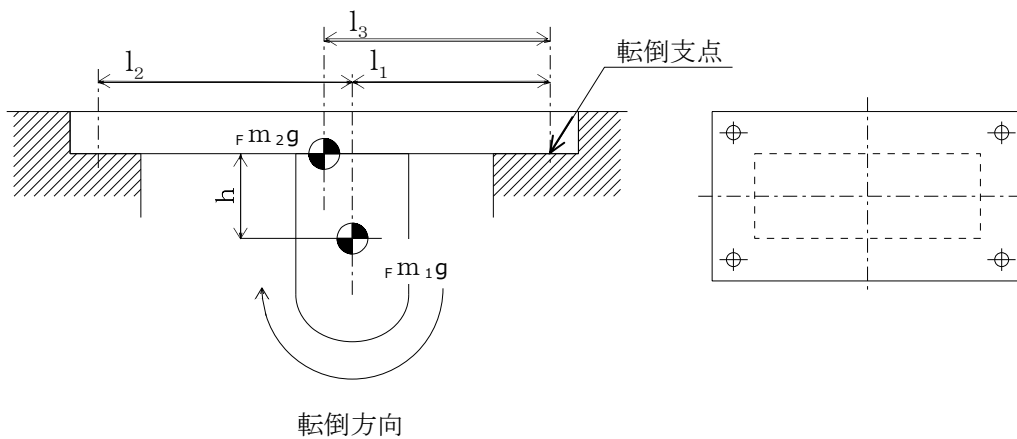
i=3:原動機台取付ボルト

i=4:原動機取付ボルト

3.1.3.1.16 計算方法 (タ)..... (3.1.3.1.16-1)

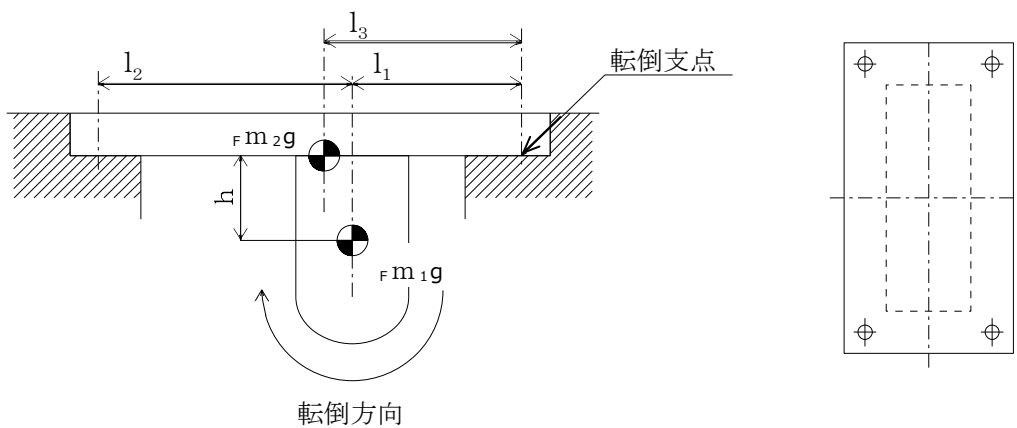
(1) ボルト等に作用する荷重

取付ボルトのせん断力及び引張力は、次式により算出する。



第 3.1.3.1.16-1 図 荷重条件(長辺方向)

機G A



第 3.1.3.1.16-2 図 荷重条件(短辺方向)

- a. せん断力
 取付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、次式で表される。

$${}_R Q_b = \frac{({}_F m_1 g + {}_F m_2 g) C_H}{n}$$

- b. 引張力
 取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として第3.1.3.1.16-1図及び第3.1.3.1.16-2図で取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_R F_b = \frac{{}_F m_1 g C_H h - \{ {}_F m_1 g (1 - C_V) l_1 + {}_F m_2 g (1 - C_V) l_3 \}}{n_f (l_1 + l_2)}$$

【SRSS法】

$${}_R F_b = \frac{g \sqrt{({}_F m_1 C_H h)^2 + ({}_F m_1 C_V l_1 + {}_F m_2 C_V l_3)^2} - g ({}_F m_1 l_1 + {}_F m_2 l_3)}{n_f (l_1 + l_2)}$$

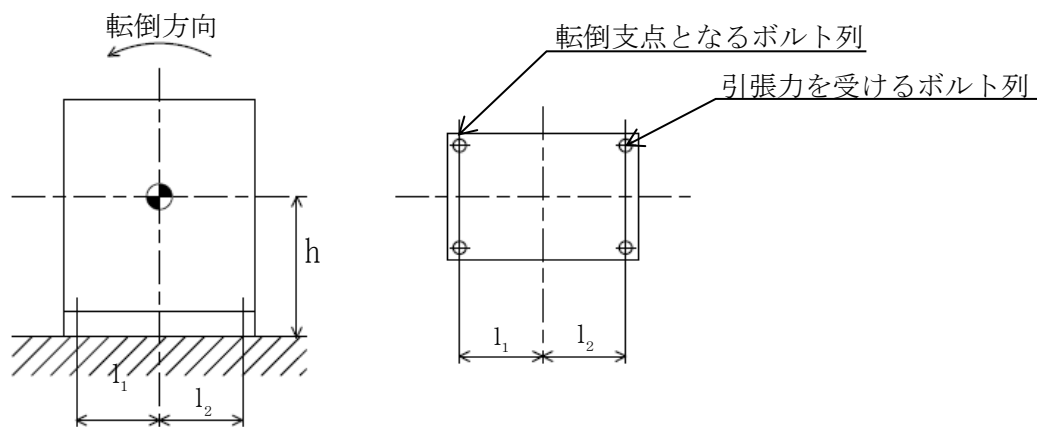
3.1.3.1.17 計算方法(レ)…………… (3.1.3.1.17-1)

(1) ボルト等に作用する荷重

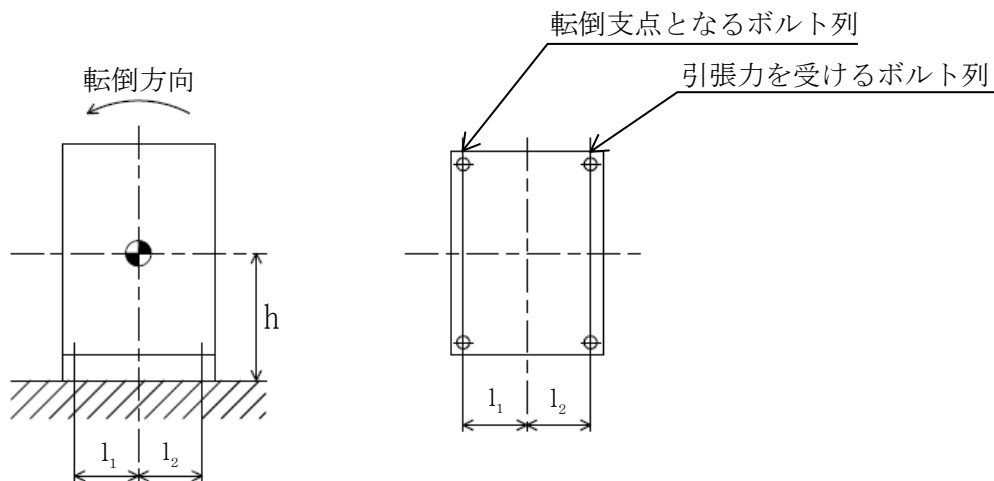
a. ボルトに作用する荷重

ボルトに対する引張力は、第3.1.3.1.17-1図～第3.1.3.1.17-4図でボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとし、せん断力は、ボルト全本数で受けるものとする。

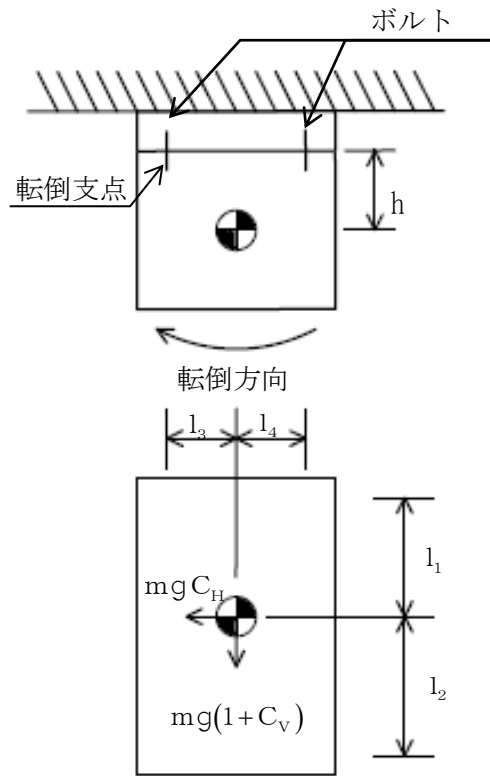
なお、ボルトの配置が円形配列の場合は、式(3.1.3.1.15-1)に基づく。



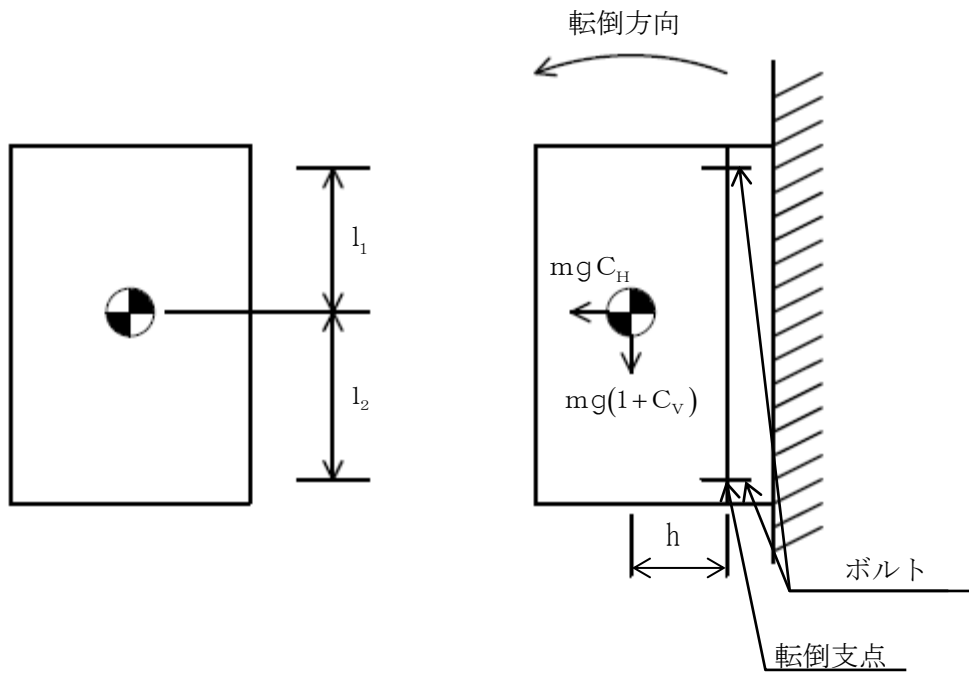
第3.1.3.1.17-1図 直立形(長辺方向転倒)



第3.1.3.1.17-2図 直立形(短辺方向転倒)



第 3. 1. 3. 1. 17-3 図 壁掛け(水平方向転倒)



第 3. 1. 3. 1. 17-4 図 壁掛け(鉛直方向転倒)

(a) 直立形

式(3.1.3.1.14-1)に基づく。

(b) 壁掛け

壁掛けのボルトに生じるせん断力及び引張力は、次式で表される。

イ. せん断力

せん断力は、次式で表される。

$${}_R Q_b = \frac{mg\sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}}{n}$$

ロ. 引張力

水平方向転倒により作用する引張力は、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_R F_b = mg \left\{ \frac{(1+C_V)h}{n_{fv}(l_1+l_2)} + \frac{C_H h}{n_{fh}(l_3+l_4)} \right\}$$

【SRSS法】

$${}_R F_b = mg \sqrt{\left(\frac{C_V h}{n_{fv}(l_1+l_2)} \right)^2 + \left(\frac{C_H h}{n_{fh}(l_3+l_4)} \right)^2} + mg \frac{h}{n_{fv}(l_1+l_2)}$$

鉛直方向転倒により作用する引張力は、次式で表される。

【絶対値和】

$${}_R F_b = mg \left\{ \frac{(1+C_V)h}{n_{fv}(l_1+l_2)} + \frac{C_H l_2}{n_{fv}(l_1+l_2)} \right\}$$

【SRSS法】

$${}_R F_b = mg \sqrt{\left(\frac{C_V h}{n_{fv}(l_1+l_2)} \right)^2 + \left(\frac{C_H l_2}{n_{fv}(l_1+l_2)} \right)^2} + mg \frac{h}{n_{fv}(l_1+l_2)}$$

3.1.3.2 支持構造物の応力

- (1) 圧縮応力…………… (3.1.3.2-1)

支持構造物の圧縮応力 σ_{sc} は、次式により算出する。

応力を算出するための荷重は、3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\sigma_{sc} = \frac{F_c}{A_s}$$

- (2) 引張応力…………… (3.1.3.2-2)

支持構造物の引張応力 σ_{st} は、次式により算出する。

応力を算出するための荷重は、3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\sigma_{st} = \frac{F_t}{A_s}$$

- (3) せん断応力…………… (3.1.3.2-3)

支持構造物のせん断応力 τ_s は、次式により算出する。

応力を算出するための荷重は、3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\tau_s = \frac{Q}{A_{ss}}$$

- (4) 曲げ応力…………… (3.1.3.2-4)

支持構造物の曲げ応力 σ_{sb} は、次式により算出する。

応力を算出するための荷重は、3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\sigma_{sb} = \frac{M}{Z_s}$$

(5) 組合せ応力…………… (3.1.3.2-5)

支持構造物の組合せ応力 σ_s は、次式により算出する。

自重、水平地震、鉛直地震により生じる各応力は、3.1.3.1項に示す応力を用いる。

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sum_{i=1} \sigma_{1i} \quad , \quad \sigma_2 = \sum_{i=1} \sigma_{2i} \quad , \quad \sigma_3 = \sum_{i=1} \sigma_{3i} \quad , \\ \sigma_4 &= \sum_{i=1} \sigma_{4i} \quad , \quad \sigma_5 = \sum_{i=1} \sigma_{5i} \quad , \\ \tau_1 &= \sum_{i=1} \tau_{1i} \quad , \quad \tau_2 = \sum_{i=1} \tau_{2i} \quad , \quad \tau_3 = \sum_{i=1} \tau_{3i} \quad , \\ \tau_4 &= \sum_{i=1} \tau_{4i} \quad , \quad \tau_5 = \sum_{i=1} \tau_{5i}\end{aligned}$$

【絶対値和】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s3})^2}$$

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s4})^2}$$

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s5})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s5})^2}$$

【SRSS】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s3}^2})^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s3}^2})^2}$$

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s4}^2})^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s4}^2})^2}$$

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s5}^2})^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s5}^2})^2}$$

(6) 座屈評価…………… (3.1.3.2-6)

圧縮膜応力は、次式を満足すること。

自重、水平地震、鉛直地震により生じる各応力は、3.1.3.1項に示す応力を用いる。

なお、基準地震動 S_s による評価では f_c を f_c^* 、 f_b を f_b^* 、 F を F^* に読み替える。また、 σ_{s11} 、 σ_{21} 、 σ_{31} は式(3.1.3.1.2-1)にて計算された値を使用する。

$$\frac{\eta(\sigma_{s11} + \sigma_{s21})}{1.5 f_c} + \frac{\eta \sigma_{s31}}{1.5 f_b} \leq 1$$

ここで、 f_c は次によるものとする。

$$\frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} \leq \frac{1200g}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = F$$

$$\frac{1200g}{F} < \frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} < \frac{8000g}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = F \left[1 - \frac{1}{6800g} \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000g}{F} \right) \right\} \left(\frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} - \frac{1200g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{8000g}{F} \leq \frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} \leq 800 \text{ のとき}$$

$$1.5 f_c = \phi_1 \left(\frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} \right)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \frac{E_s}{x} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

また、 f_b は次によるものとする。

$$\frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} \leq \frac{1200g}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = F$$

$$\frac{1200g}{F} < \frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} < \frac{9600g}{F} \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = F \left[1 - \frac{1}{8400g} \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600g}{F} \right) \right\} \left(\frac{D_s + 2 t_s}{2 t_s} - \frac{1200g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{9600\text{g}}{F} \leq \frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} \leq 800 \text{ のとき}$$

$$1.5 f_b = \phi_2 \left(\frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} \right)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \frac{E_s}{x} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - e^{-x} \operatorname{erfc} \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

η は安全率で次による値とする。

$$\frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} \leq \frac{1200\text{g}}{F} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1$$

$$\frac{1200\text{g}}{F} < \frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} < \frac{8000\text{g}}{F} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5F}{6800\text{g}} \left(\frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} - \frac{1200\text{g}}{F} \right)$$

$$\frac{8000\text{g}}{F} \leq \frac{D_s + 2 t_s}{2t_s} \text{ のとき}$$

$$\eta = 1.5$$

(7) 組合せ（圧縮力と曲げモーメント）…………… (3.1.3.2-7)

自重，水平地震，鉛直地震により生じる各応力は，3.1.3.1項に示す応力を用いる。

なお，基準地震動 S_s による評価では f_c を f_c^* ， f_{b_r} を $f_{b_r}^*$ ， f_{b_t} を $f_{b_t}^*$ ， f_b を f_b^* に読み替える。

$$\frac{\sigma_{s_r}}{1.5 f_{b_r}} + \frac{\sigma_{s_t}}{1.5 f_{b_t}} + \frac{\sigma_{s_c}}{1.5 f_c} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_c}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5 f_b} \leq 1$$

(8) 巻上荷重を考慮するはりの応力…………… (3.1.3.2-8)

a. 曲げ応力

最大の曲げ応力が発生するのは、定格荷重がはりの先端にある場合であり、次式で表される。

ジブ質量によるジブの鉛直方向の曲げモーメント

$$M_1 = \frac{\omega g L^2}{2}$$

トロリ質量によるジブの鉛直方向の曲げモーメント

$$M_2 = m_H g L$$

巻上荷重によるジブの鉛直方向の曲げモーメント

$$M_3 = W_F L$$

自重によるジブの鉛直方向の曲げモーメント

$$M_V = M_1 + M_2 + M_3$$

鉛直地震力によるジブの鉛直方向の曲げモーメント

$$M_V' = C_V (M_1 + M_2 + M_3)$$

水平地震力によるジブ質量に対するジブの水平方向の曲げモーメント

$$M_4 = M_1 C_H$$

水平地震力によるトロリ質量に対するジブの水平方向の曲げモーメント

$$M_5 = M_2 C_H$$

ジブの水平方向の曲げモーメント

$$M_H = M_4 + M_5$$

ジブの曲げ応力(引張側)

【絶対値和】

$$\sigma_{bt} = \frac{M_V + M_V'}{Z_{xt1}} + \frac{M_H}{Z_{yt1}}$$

【SRSS 法】

$$\sigma_{bt} = \frac{M_V}{Z_{xt1}} + \sqrt{\left(\frac{M_V'}{Z_{xt1}}\right)^2 + \left(\frac{M_H}{Z_{yt1}}\right)^2}$$

ジブの曲げ応力(圧縮側)

【絶対値和】

$$\sigma_{bc} = \frac{M_V + M_V'}{Z_{xt2}} + \frac{M_H}{Z_{yt2}}$$

【SRSS 法】

$$\sigma_{bc} = \frac{M_V}{Z_{xt2}} + \sqrt{\left(\frac{M_V'}{Z_{xt2}}\right)^2 + \left(\frac{M_H}{Z_{yt2}}\right)^2}$$

ジブの曲げ応力 σ_b は、引張側及び圧縮側のいずれか大きい方を用いる。

b. せん断応力

せん断応力は、次式で表される

ジブ質量によるジブの鉛直方向のせん断力

$$Q_1 = \omega g L$$

トロリ質量によるジブの鉛直方向のせん断力

$$Q_2 = m_H g$$

巻上荷重によるジブの鉛直方向のせん断力

$$Q_3 = W_F$$

ジブの自重によるせん断力の合計

$$Q_V = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

ジブの鉛直地震力によるせん断力の合計

$$Q_V' = C_V (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

ジブの水平地震力によるせん断力の合計

$$Q_H = C_H (Q_1 + Q_2)$$

ジブのせん断応力

【絶対値和】

$$\tau = \frac{Q_V + Q_V' + Q_H}{A}$$

【SRSS 法】

$$\tau = \frac{Q_V}{A} + \sqrt{\left(\frac{Q_V'}{A}\right)^2 + \left(\frac{Q_H}{A}\right)^2}$$

3.1.3.3 定着部の応力

3.1.3.3.1 ボルトの応力

- (1) ボルト部の応力…………… (3.1.3.3.1-1)

ボルトの引張応力 σ_b 及びせん断応力 τ_b は，次式により算出する。

各応力を算出するための荷重は，3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

(2) ボルト部の応力（複数ボルトで荷重分配する場合）…………… (3.1.3.3.1-2)

a. 回転機器

(a) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \times (a_H + a_P) \times h + M_P - m \times (g - a_V - a_P) \times L}{A_b} \times \frac{l_1}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$

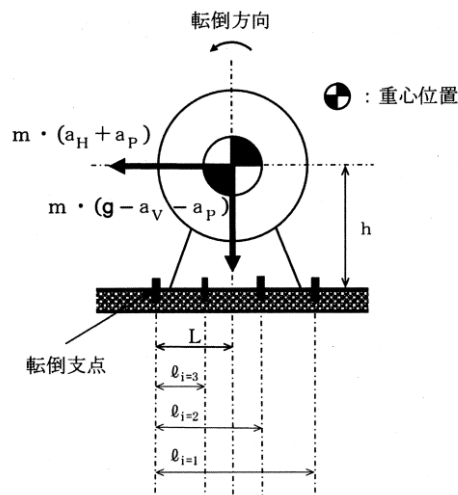
なお、回転体回転により働くモーメントは作用しない場合は考慮しない。

ここで、 a_H 、 a_P 、 a_V は次式により算出する。

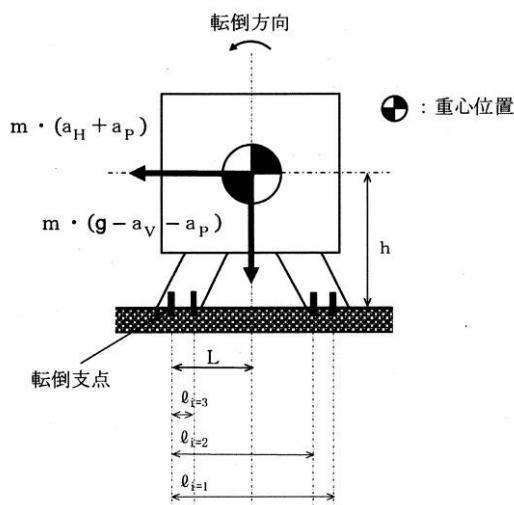
$$a_H = C_H g \quad , \quad a_P = C_P g \quad , \quad a_V = C_V g$$

(b) せん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times (a_H + a_P)}{n \times A_b}$$



第 3.1.3.3.1-1 図 軸直角方向転倒の場合



第 3.1.3.3.1-2 図 軸方向転倒の場合

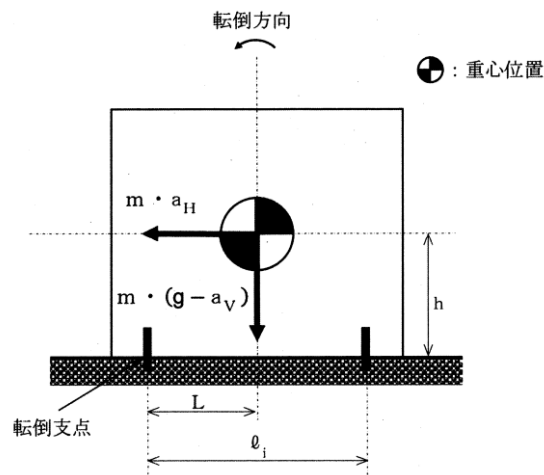
b. 床置き機器

(a) 引張応力

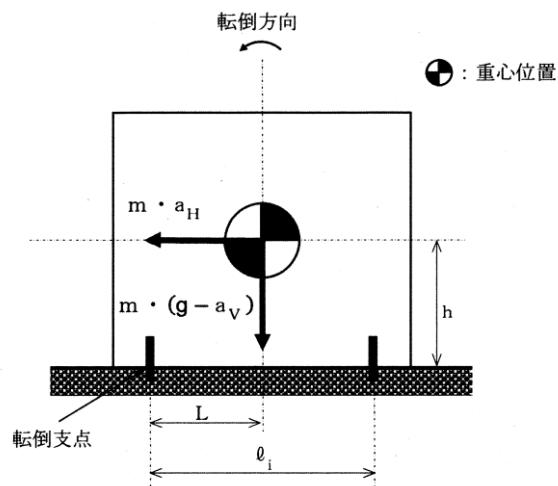
$$\sigma_b = \frac{m \times a_H \times h - m \times (g - a_v) \times L}{A_b} \times \frac{l_1}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$

(b) せん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times a_H}{n \times A_b}$$



第 3.1.3.3.1-3 図 軸直角方向転倒の場合



第 3.1.3.3.1-4 図 軸方向転倒の場合

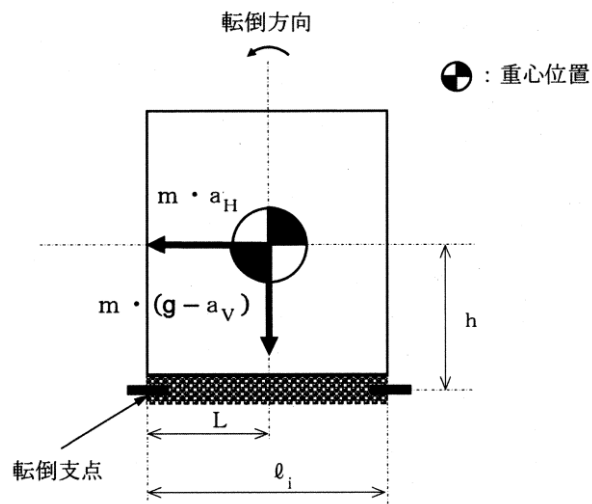
c. マルチリフト（その1）

(a) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \times \sqrt{a_H^2 + (g - a_v)^2}}{\sum_{i=1} N_i \times A_b}$$

(b) せん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times a_H \times h - m \times (g - a_v) \times L}{A_b} \times \frac{l_i}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$



第 3. 1. 3. 3. 1-5 図 軸直角方向転倒の場合

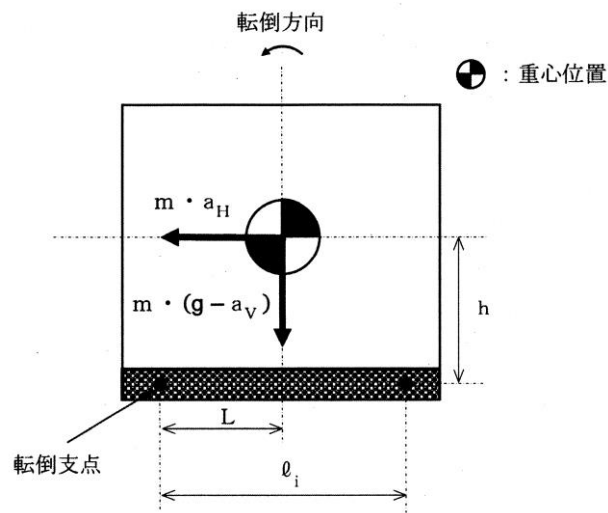
d. マルチリフト（その2）

(a) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times \sqrt{a_H^2 + (g - a_V)^2}}{n \times A_b}$$

(b) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times a_H \times h - m \times (g - a_V) \times L}{A_b} \times \frac{l_i}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$



第 3. 1. 3. 3. 1-6 図 軸方向転倒の場合

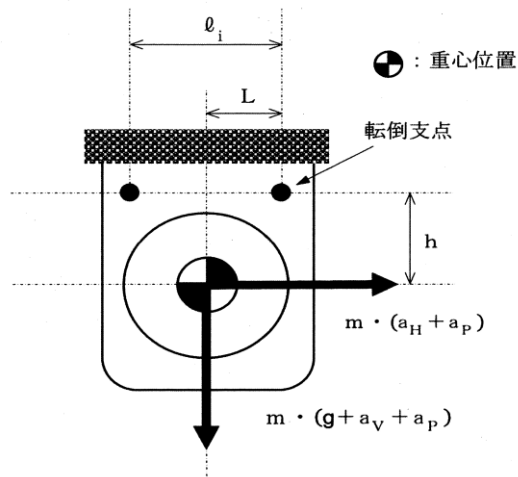
e. 天井吊り下げ型

(a) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \times A_b}$$

(b) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times (a_H + a_P) \times h + M_P + m \times (g + a_V + a_P) \times L}{A_b} \times \frac{l_i}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$



第 3.1.3.3.1-7 図 軸直角方向転倒の場合

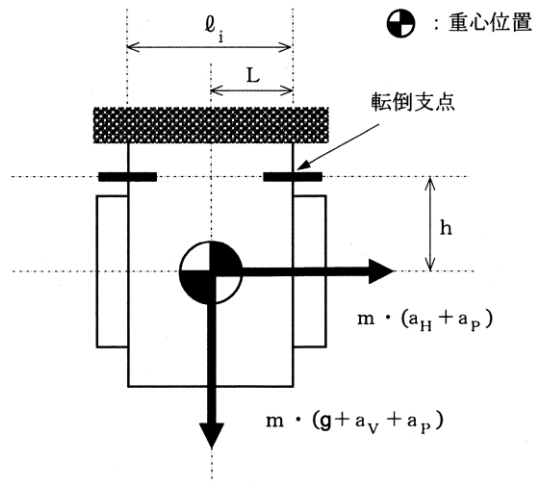
f. 回転機器

(a) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \times \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{\sum_{i=1} N_i \times A_b}$$

(b) せん断応力

$$\tau_b = \frac{m \times (a_H + a_P) \times h + m \times (g + a_V + a_P) \times L}{A_b} \times \frac{l_i}{\sum_{i=1} N_i \times l_i^2}$$



第 3. 1. 3. 3. 1-8 図 軸方向転倒の場合

(3) ボルト部の応力（重心位置が偏心している場合）…………… (3.1.3.3.1-3)

支持する設備の重心位置が矩形配列のボルトに囲まれた範囲外にある場合のボルト部の応力は次式で表される。

(a) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

$$F_{b1} = mg \left\{ \frac{(1+C_V)h}{n_{fv}l_2} + \frac{C_H h}{n_{fh}l_3} \right\}$$

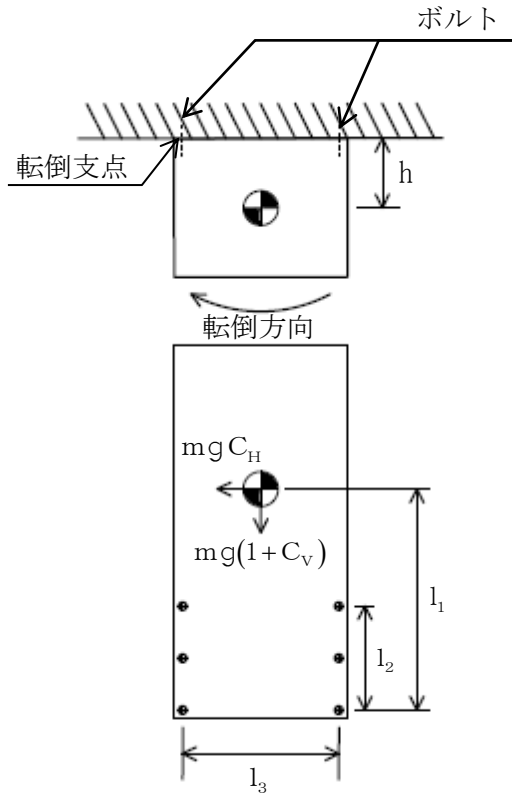
$$F_{b2} = mg \frac{(1+C_V)h + C_H l_1}{n_{fv}l_2}$$

$$F_b = M a \times (F_{b1}, F_{b2})$$

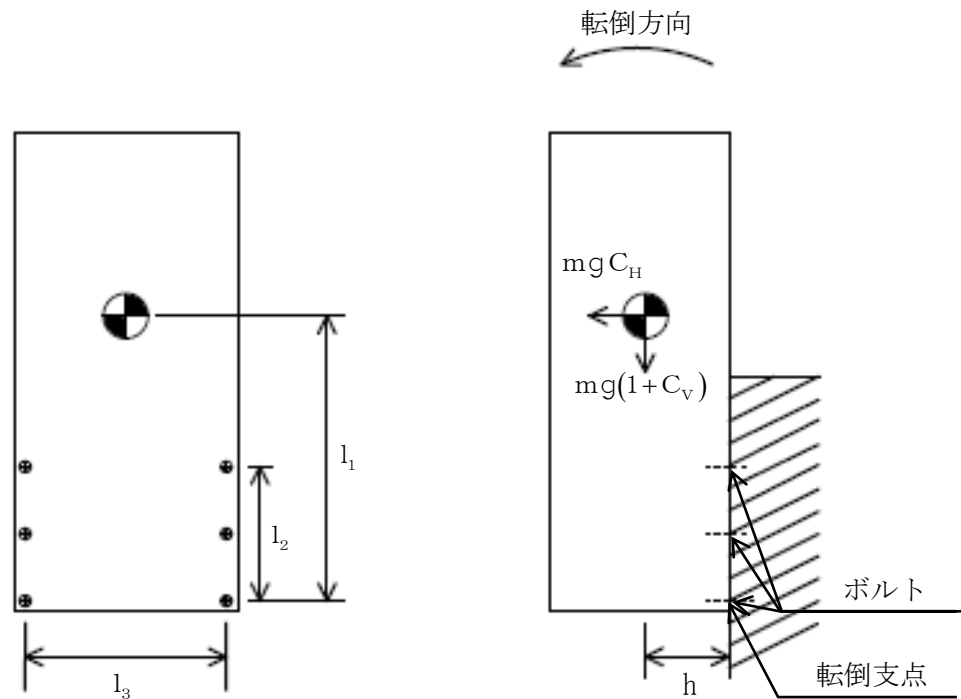
(b) せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

$$Q_b = mg \sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}$$



第 3. 1. 3. 3. 1-9 図 壁掛け 水平方向転倒



第 3. 1. 3. 3. 1-10 図 壁掛け 鉛直方向転倒

(4) ボルト部の応力（吊り下げられている場合）…………… (3.1.3.3.1-4)

a. ボルトが4本の場合

【絶対値和】

$$\sigma_b = \frac{g\left\{m(C_H+C_p)h+\frac{mL}{2}(1+C_V+C_p)\right\}+M_p+W_w h}{n_t A_b L}$$

【SRSS法】

$$\sigma_b = \frac{mg\sqrt{(C_H h)^2+(C_V L/2)^2}+mgC_p(h+L/2)+\frac{MgL}{2}+M_p+W_w h}{n_t A_b L}$$

ここで、

$$M_p = \left(\frac{60}{2\pi N}\right) \times 10^6 P_m$$

b. ボルトが2本の場合

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

2本の取付ボルトと直交する方向の引張応力は、水平力によるモーメントが生じないため、次式により算出する。

$$\sigma_b = \frac{\frac{mL}{2}(1+C_V+C_p)+M_p}{n_f A_b L}$$

3.1.3.3.2 溶接部の応力

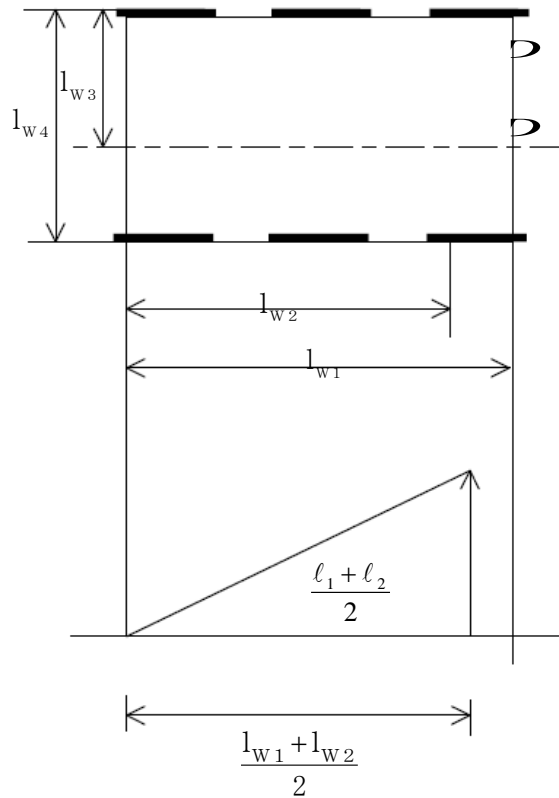
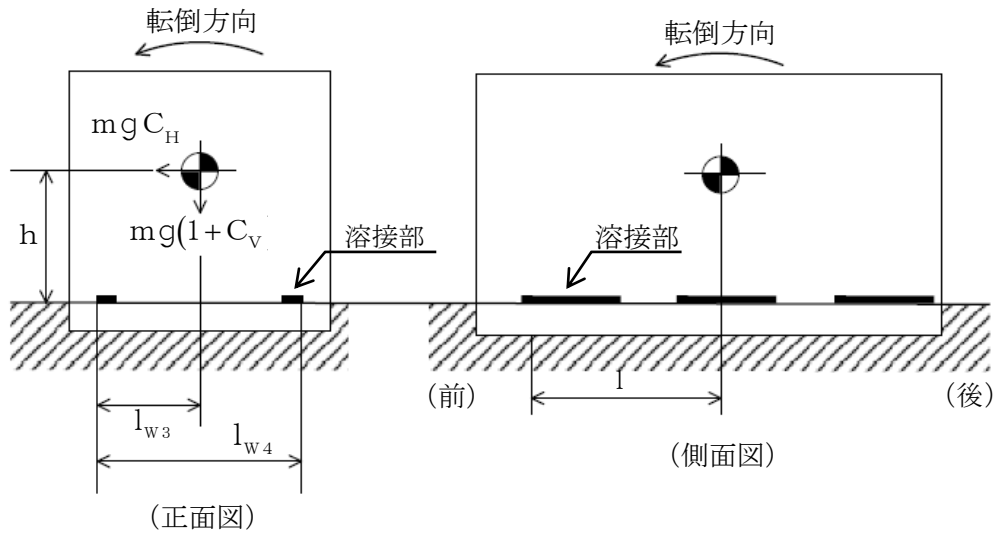
- (1) 溶接部のせん断応力…………… (3.1.3.3.2-1)

溶接のせん断応力 τ_w は、次式により算出する。

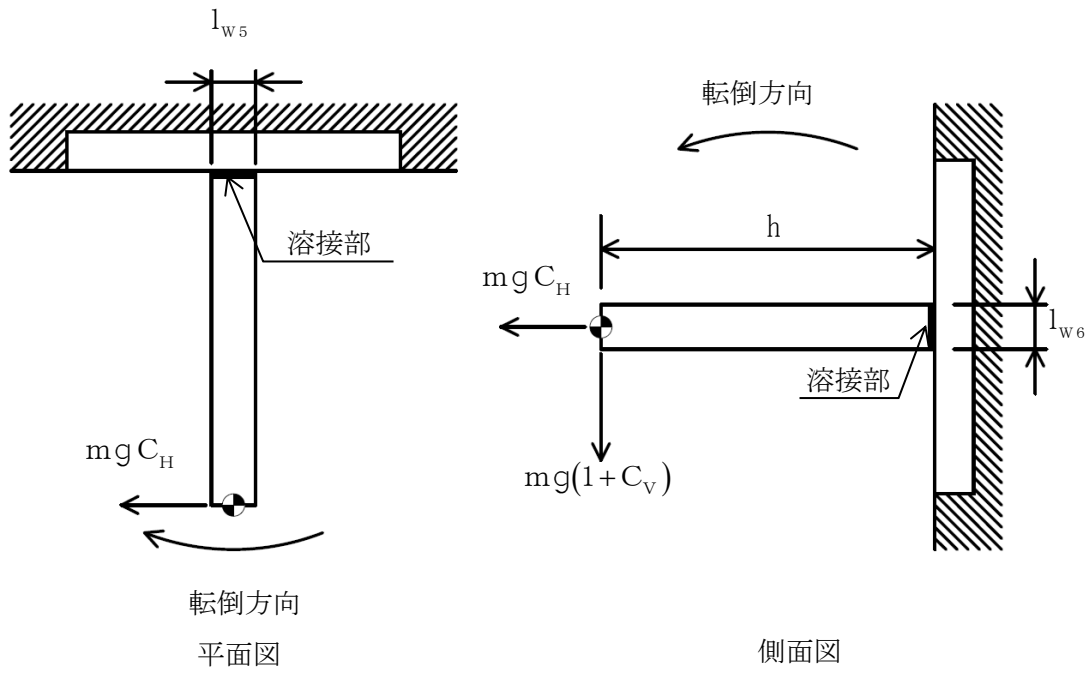
応力を算出するための荷重は、3.1.3.1項に示す荷重を用いる。

$$\tau_w = \frac{Q_w}{A_w}$$

- (2) 矩形型設備の溶接部のせん断応力…………… (3. 1. 3. 3. 2-2)
 溶接部に作用するせん断応力について算出する。



第 3. 1. 3. 3. 2-1 図 溶接部の配置 (直立形)



第 3. 1. 3. 3. 2-2 図 溶接部の配置 (壁掛け)

a. 直立形

直立形の溶接部に生じるせん断力は、次式で表される。

(a) 引張力により生じるせん断応力

前後方向転倒によるせん断応力は、次式で表される。

【絶対値和】

$$\tau_1 = \frac{mg(C_H h + C_V l) - mg l}{2a(l_{W1} - l_{W2}) \frac{l_{W1} + l_{W2}}{2}}$$

【SRSS法】

$$\tau_1 = \frac{mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l)^2} - mg l}{2a(l_{W1} - l_{W2}) \frac{l_{W1} + l_{W2}}{2}}$$

左右方向転倒によるせん断応力は、次式で表される。

【絶対値和】

$$\tau_1 = \frac{mg(C_H h + C_V l_{W3}) - mg l_{W3}}{n_f S l_{W4}}$$

【SRSS法】

$$\tau_1 = \frac{mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_{W3})^2} - mg l_{W3}}{n_f S l_{W4}}$$

(b) せん断力により生じるせん断応力

前後方向の水平方向地震力によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_2 = \frac{mg C_H}{n S}$$

左右方向の水平方向地震力によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_2 = \frac{mg C_H}{n S}$$

(c) せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_b = \tau_1 + \tau_2$$

b. 壁掛け

壁掛けの溶接部に生じるせん断応力 τ_b は、次式で表される。

(a) 引張力により生じるせん断応力

前後方向転倒によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{11} = \frac{2mg(1 + C_v)h}{l_{w6}S_2}$$

左右方向転倒によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{12} = \frac{2mgC_Hh}{l_{w5}S_1}$$

前後方向引張によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{13} = \frac{mgC_H}{2(S_1 + S_2)}$$

(b) せん断力により溶接部に生じるせん断応力

水平方向地震力によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{21} = \frac{mgC_H}{2S_2}$$

自重及び鉛直方向地震力によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{22} = \frac{mg(1 + C_v)}{2S_1}$$

(c) せん断応力

水平方向及び鉛直方向溶接部に生じるせん断応力は、それぞれの荷重作用方向に応じて、次式で表される。

イ. 前後向き水平方向地震及び鉛直方向地震により生じるせん断応力

水平方向溶接部

$$\tau_b = \tau_{11} + \tau_{13}$$

鉛直方向溶接部

$$\tau_b = \tau_{22} + \tau_{13}$$

ロ. 左右向き水平方向地震及び鉛直方向地震により生じるせん断応力

水平方向溶接部

$$\tau_b = \tau_{11} + \tau_{21}$$

鉛直方向溶接部

$$\tau_b = \tau_{12} + \tau_{22}$$

3.2 評価

3.2.1 応力評価

3.1.3項で算出した各部位の応力が、2.5項の許容限界以下であること。

ここで、3.1.3.3項で算出した基礎又は取付ボルトの引張応力 σ_b は、下記2式より求めた許容引張応力 $1.5 f_{ts}$ 以下であること。なお、基準地震動 S_s による評価では f_{ts} を f_{ts}^* に読み替える。

$$1.5 f_{ts} = 1.4 f_{to} - 1.6 \tau_b \dots\dots\dots (3.2.1-1)$$

$$1.5 f_{ts} \leq f_{to} \dots\dots\dots (3.2.1-2)$$

3.2.2 疲労評価\dots\dots\dots (3.2.2-1)

構造強度評価において一次＋二次応力が $2S_y$ を超える場合は、以下に示す簡易弾塑性解析により疲労解析を行い、疲労累積係数を求める。

(1) 繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さ S_1 は、次式により求める。

$$S_1 = K_e \cdot S_p / 2$$

K_e : 次の計算式により計算した値

a. $S_n < 2S_y$ の場合

$$K_e = 1$$

b. $S_n \geq 2S_y$ 場合

(a) $K < B_0$ の場合

$$イ. \quad S_n / (2S_y) < [(q + A_0/K - 1)$$

$$- \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4A_0(q - 1)\}} / (2A_0) \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e^* = 1 + A_0 \{ S_n / (2S_y) - 1/K \}$$

$$ロ. \quad S_n / (2S_y) \geq [(q + A_0/K - 1)$$

$$- \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4A_0(q - 1)\}} / (2A_0) \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \left(1 - 2S_y / S_n \right)$$

(b) $K \geq B_0$ の場合

イ. $S_n / (2S_y) < [(q - 1) - \sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}] / a$ の場合

$$K_e = K_e^{**} = a \cdot S_n / (2S_y) + A_0(1 - 1/K) + 1 - a$$

ロ. $S_n / (2S_y) \geq [(q - 1) - \sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}] / a$ の場合

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \left(1 - 2S_y / S_n \right)$$

ここで,

$$K = S_p / S_n,$$

$$a = A_0(1 - 1/K) + (q - 1) - 2\sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}$$

q , A_0 , B_0 は, 材料の種類により下表に掲げる値とする。

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

(2) 運転温度における繰返しピーク応力強さの補正

縦弾性係数比を考慮し, 繰返しピーク応力強さ S_1 を次式により補正する。

$$S_1' = S_1 \cdot {}_1E_0 / {}_1E$$

(3) 疲労累積係数

以下の式により求める疲労累積係数が添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す許容値以下であることを確認する。

$$\Sigma ({}_1n_i / {}_1N_i) \leq 1.0$$

4. 動的機能維持評価

応答加速度が「2.5.2 (1) 動的機能維持評価」に示す動的機能確認済加速度内に収まることを確認する。なお、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ことを確認する。

計算条件は、「2. 計算条件」に基づいて設定する。

「2.5.2 (1) 動的機能維持評価」のb項に示されている機種とは異なる構造であるギヤ式ポンプ及びスクリー式ポンプは次項に示す詳細評価を実施する。

4.1 ギヤ式ポンプ

4.1.1 構造の説明

ギヤ式ポンプの構造は、基礎ボルトで周囲を固定した架台の上に、駆動機器である横形ころがり電動機と被駆動機器が取付けボルトにより固定され、軸継手により駆動機器と被駆動機器が接続される構造である。動的機能維持評価対象部位は、「a. 基礎ボルト」、「b. 取付ボルト」、「c. 軸」、「d. 摺動部(ギヤ部)」、「e. 軸受」、「f. メカニカルシール」及び「g. 軸継手」である。このうち、「a. 基礎ボルト」及び「b. 取付ボルト」については、構造強度評価にて評価を実施する。また、「f. メカニカルシール」は、構造上存在せず、「g. 軸継手」は、軸受がボールベアリングでありサイドスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より、「c. 軸」、「d. 摺動部(ギヤ部)」及び「e. 軸受」を評価対象部位とする。

4.1.2 評価方針

4.1.2.1 計算条件

計算条件は、「2.1 解析モデルの詳細設定」、「2.2 解析モデルの入力条件」及び「2.3 設計用地震力」に基づき設定する。

4.1.2.2 荷重の組合せ及び許容値

荷重の組合せは、「2.4 荷重の組合せ」に基づき設定する。各部位の評価に用いる許容値を以下に示す。

(1) 軸

許容応力は、「2.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づく。

(2) 摺動部(ギヤ部)

ギヤとケーシングのクリアランスを許容値とする。

(3) 軸受

軸受メーカーカタログ記載の荷重値(許容面圧)を許容値とする。

(4) 電動機

「2.5.2 (1) 動的機能維持評価」に示す動的機能確認済加速度を許容値とする。

4.1.2.3 計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

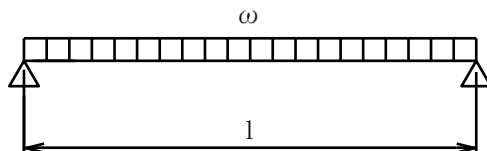
4.1.2.3.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
A	最小軸直径部の軸断面積	mm ²
A _S	軸受の断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	摺動部(ギア部)の縦弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
H _s	ハイドロスラスト荷重	N
I	摺動部(ギア部)の断面二次モーメント	mm ⁴
l	軸及び摺動部(ギア部)の支持間長さ	mm
M _a	等分布荷重により作用するモーメント	N・mm
P _a	軸に作用する面圧	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _u	設計引張強さ	MPa
W ₀	軸及び摺動部(ギア部)の質量	kg
Z	軸の断面係数	mm ³
ω	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm
δ	摺動部(ギア部)のたわみ量	mm
σ ₂ ,	軸に生じる膜+曲げ応力	MPa
σ _{2 1} , σ _{2 2}		
σ ₁ ,	軸に生じる一次一般膜応力	MPa
σ _{1 1} , σ _{1 2}		
σ _b	軸に生じる曲げ応力	MPa
σ _c	軸に生じる圧縮応力	MPa
σ _t	軸に生じる引張応力	MPa
τ	軸に生じるせん断応力	MPa

4.1.2.3.2 ギヤ式ポンプの計算方法…………… (4.1.2.3.2-1)

(1) 軸

軸を両端支持の単純はりとしてモデル化し、地震力を考慮した荷重による引張応力 σ_t 、圧縮応力 σ_c 、曲げ応力 σ_b 、せん断応力 τ 、組合せ応力 σ_1 及び σ_2 を次式により算出する。



第 4.1.2.3.2-1 図 軸部の荷重条件

a. 引張応力

引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_t = \frac{\omega l + H_s}{A}$$

ここで、

$$\omega = \frac{W_0 \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \times g}{l}$$

b. 圧縮応力

圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_c = \frac{\omega l + H_s}{A}$$

c. 曲げ応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$M_a = \frac{\omega l^2}{8}$$

$$\sigma_b = \frac{M_a}{Z}$$

d. せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau = \frac{\omega l}{A}$$

e. 一次一般膜応力

一次一般膜応力は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \sigma_{11} - \sigma_{12}$$

ここで、

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2}\sigma_t + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2}\sigma_t - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

f. 膜+曲げ応力

膜+曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \sigma_{21} - \sigma_{22}$$

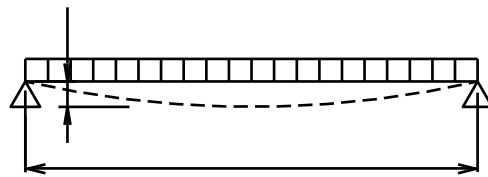
ここで、

$$\sigma_{21} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{22} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

(2) 摺動部(ギア部)

摺動部を両端支持の単純はりモデル化し、地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出する。



第 4.1.2.3.2-2 図 摺動部の荷重条件

たわみ量は、次式で表される。

$$\delta = \frac{5\omega l^4}{384E I}$$

(3) 軸受

地震時に作用する全荷重を軸受が受けるものとする。

面圧は、次式で表される。

$$P_a = \frac{\omega l}{A_s}$$

(4) 電動機

電動機の応答加速度が，動的機能確認済加速度内に収まることを確認する。
なお，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ことを確認する。

4.2 スクリュー式ポンプ

4.2.1 構造の説明

スクリュー式ポンプの構造は、基礎ボルトで周囲を固定した架台の上に、駆動機器である横形ころがり電動機と被駆動機器が取付けボルトにより固定され、軸継手により駆動機器と被駆動機器が接続される構造である。動的機能維持評価対象部位は、「a. 基礎ボルト」、「b. 取付ボルト」、「c. 軸」、「d. 軸受」、「e. 摺動部(主ねじ部)」、「f. メカニカルシール」及び「g. 軸継手」である。このうち、「a. 基礎ボルト」及び「b. 取付ボルト」については、構造強度評価にて評価を実施する。また、「g. 軸継手」は、軸受がボールベアリングでありサイドスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より、「c. 軸」、「d. 軸受」、「e. 摺動部(主ねじ部)」及び「f. メカニカルシール」を評価対象部位とする。

4.2.2 評価方針

4.2.2.1 計算条件

計算条件は、「2.1 解析モデルの詳細設定」、「2.2 解析モデルの入力条件」及び「2.3 設計用地震力」に基づき設定する。

4.2.2.2 荷重の組合せ及び許容値

荷重の組合せは、「2.4 荷重の組合せ」に基づき設定する。

各部位の評価に用いる許容値を以下に示す。

(1) 軸

許容応力は、「2.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づく。

(2) 軸受

軸受の許容荷重値(許容面圧)を許容値とする。

(3) 摺動部(主ねじ部)

主ねじとスリーブ間のクリアランスを許容値とする。

(4) メカニカルシール

シール回転環の変位可能寸法を許容値とする。

(5) 電動機

「2.5.2 (1) 動的機能維持評価」に示す動的機能確認済加速度を許容値とする。

4.2.2.3 計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

4.2.2.3.1 記号の説明

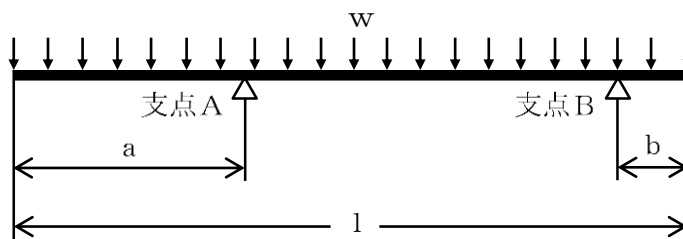
記号	表示内容	単位
a	軸端から支点 A までの距離 (= l_2)	mm
A_{R1}	ラジアル荷重を受ける軸受 A の投影面積	mm^2
A_{R2}	ラジアル荷重を受ける軸受 B の投影面積	mm^2
A_s	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
b	軸端から支点 B までの距離	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	曲げモーメントが最大となる箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度 (= 9.80665)	m/s^2
I_1	軸最小径での断面二次モーメント	mm^4
I_2	シール面軸径での断面二次モーメント	mm^4
l	軸長さ	mm
l_1	支点間距離	mm
l_2	軸端から支点 A までの距離 (= a)	mm
M	最大曲げモーメント (M_A , M_B の大なる方)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_0	軸系総質量	kg
m_1	軸受 A に加わる軸質量	kg
m_2	軸受 B に加わる軸質量	kg
M_A	支点 A の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_B	支点 B の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_p	ポンプ回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	回転数(原動機の同期回転速度)	rpm
P	原動機出力	kW
P_{R1}	ラジアル荷重による軸受 A の面圧	MPa
P_{R2}	ラジアル荷重による軸受 B の面圧	MPa
P_s	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_1	地震力を考慮した軸端部荷重	N

記号	表示内容	単位
W_2	軸受にかかる通常運転時荷重	N
W_{R1}	軸受 A にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_{R2}	軸受 B にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_s	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
x	軸端からメカニカルシールのシール面まで距離	mm
δ_1	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
δ_2	シール面における軸のたわみ量	mm
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

4.2.2.3.2 スクリュー式ポンプの計算方法…………… (4.2.2.3.2-1)

(1) 軸

軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。



第4.2.2.3.2-1図 軸部の荷重条件

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は、次式で表される。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi d^3} \right) \sqrt{M^2 + T^2}$$

ここで、

$$T = M_p$$

$$M_p = \left(\frac{60}{2\pi N} \right) 10^6 P$$

支点Aの曲げモーメント M_A は、次式で表される。

$$M_A = \frac{wa^2}{2}$$

支点Bの曲げモーメント M_B は、次式で表される。

$$M_B = \frac{wb^2}{2}$$

ここで、

$$w = \frac{m_0 g \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}}{1}$$

(2) 軸受

地震時に作用する全荷重を軸受が受けるものとする。

a. 軸受Aのラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受Aの面圧は、次式で表される。

$$P_{R1} = \frac{W_{R1}}{A_{R1}}$$

ここで,

$$W_{R1} = m_1 g \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

b. 軸受Bのラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受Bの面圧は、次式で表される。

$$P_{R2} = \frac{W_{R2}}{A_{R2}}$$

ここで,

$$W_{R2} = m_2 g \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

c. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は、次式で表される。

$$P_s = \frac{W_s}{A_s}$$

ここで,

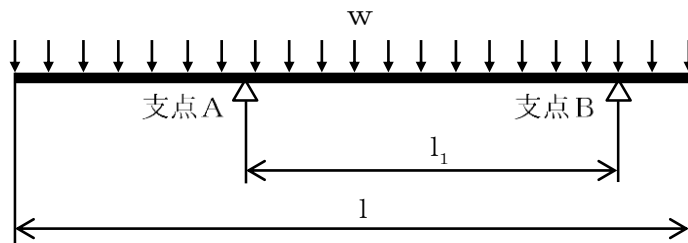
$$W_s = m_0 g C_H + W_2$$

(3) 摺動部(主ねじ部)

摺動部を両端支持の単純はりとしてモデル化し、地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出する。

たわみ量は、次式で表される。

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動部(主ねじ部)における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

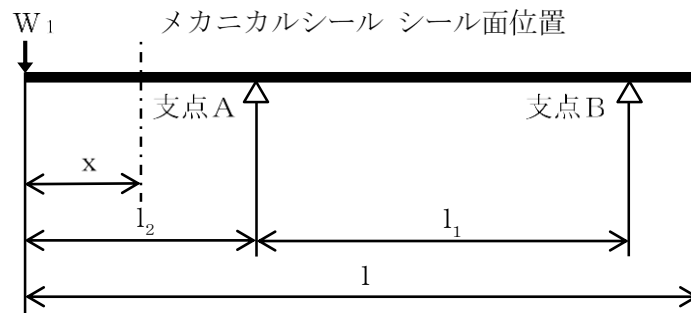


第4.2.2.3.2-2図 摺動部(主ねじ部)の荷重条件

$$\delta_1 = \frac{5w l_1^4}{384E I_1} - \frac{(M_A + M_B) l_1^2}{16E I_1}$$

(4) メカニカルシール

軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のメカニカルシールシール面における軸の軸直角方向たわみ量を算出し、発生するたわみ量がメカニカルシール回転環の変位可能量を下回ることを確認する。



第 4. 2. 2. 3. 2-3 図 メカニカルシールの荷重条件

シール面における軸のたわみ量 δ_2 は、次式で表される。

$$\delta_2 = \frac{W_1 l_2^3}{6E I_2} \left\{ \frac{x^3}{l_2^3} - \frac{3(l_1 + l_2)}{l_2^2} x + \frac{3l_1}{l_2} + 2 \right\}$$

ここで、

$$W_1 = m_0 g \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

(5) 電動機

電動機の応答加速度が、動的機能確認済加速度内に収まることを確認する。なお、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ことを確認する。

4. 3 評価

4. 1. 2. 3項又は4. 2. 2. 3項で算出した値が、4. 1. 2. 2項又は4. 2. 2. 2項の許容値以下であること。

5. 電氣的機能維持評価

応答加速度が「2.5.2 (2) 電氣的機能維持評価」に示す電氣的機能確認済加速度内に収まることを確認する

計算条件は、「2. 計算条件」に基づいて設定する。

6. 地震時の臨界安全性評価

6.1 評価方針

地震時の臨界安全性評価は、地震時の変位評価として、対象設備に生じる変位を算定し、許容変位以下であることを確認する。ただし、設備が剛の場合は許容変位に比べ地震時の変位は十分小さいと判断できるため、当該設備が剛であることの確認をもって許容変位以下であると判定する。

また、中性子吸収材を設置している設備については、中性子吸収材固定部の機能が維持されることを確認する。

6.1.1 地震時の変位評価

当該設備が剛であることの確認をもって許容変位以下であると判定する

6.1.2 中性子吸収材固定部の強度評価

6.1.2.1 計算条件

計算条件は、「2.1 解析モデルの詳細設定」、「2.2 解析モデルの入力条件」及び「2.3 設計用地震力」に基づき設定する。

6.1.2.2 荷重の組合せ及び許容値

6.1.2.2.1 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「2.4 荷重の組合せ」に基づき設定する。

6.1.2.2.2 許容値

許容応力は、「2.5 許容限界」に基づく。

6.1.2.3 計算方法

中性子吸収材固定部の強度計算は、本項に示す方法に基づく。

6.1.2.3.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
a	カドミウム保護板の1枚当たりの長さ	mm
A_b	ボルトの軸断面積	mm ²
A_{b2}	固定金具の軸断面積	mm ²
A_{nb}	固定ボルトの軸断面積	mm ²
A_p	支持パイプの断面積	mm ²
A_R	支持棒の全断面積	mm ²
A_{ss}	固定スリーブのせん断断面積	mm ²
b	カドミウム保護板の1枚当たりの高さ	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_1	カドミウム取付板の中性子吸収材支持部厚さ	mm
d_2	カドミウム支持部材のキーの厚さ	mm
f_s	固定金具の許容せん断応力	MPa
$f_{sb}, 1.5f_{sb}, 1.5f_{sb}^*$	ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_t, 1.5f_t, 1.5f_t^*$	カドミウム取付板及びカドミウム支持部材の許容応力 固定スリーブ、支持パイプ及び支持棒の許容引張応力	MPa
f_{to}	ボルトの許容引張応力	MPa
$1.5f_{ts}, 1.5f_{ts}^*$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
F	「JSME S NC1」のSSB-3121.1(1)に定める値 又は「告示第501号」第88条第3項第1号イ(イ)に定める値	MPa
F*	「JSME S NC1」のSSB-3121.1(1)に定める値 ただし、「 S_y 」「 $1.2S_y$ 」に読み替える 又は「告示第501号」第88条第3項第1号イ(イ)に定める値 ただし、「別表第9に定める値」を「別表第9に定める値の1.2倍の値」に読み替える	MPa
F_b	取付ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l_1	重心と取付ボルト間の水平方向距離	mm
l_2	重心と取付ボルト間の水平方向距離($l_1 \leq l_2$)	mm
m_n	中性子吸収材1個(1枚)又は中性子減速材1個の質量	kg
n	中性子吸収材又は中性子減速材1個当たりのボルト本数	—
n_f	引張力を受ける取付ボルトの本数	—
n_s	中性子吸収材1個(1枚)当たりの固定ボルト及び固定スリーブの本数	—
W	中性子吸収材の質量(分割されたブロックの最大値)	kg
W_b	下部内胴に設置される中性子吸収材の質量	kg
W_p	支持パイプが負担する中性子吸収材の質量	kg
W_R	支持棒が負担する中性子吸収材の質量	kg
σ_1	カドミウム取付板に生じる組合せ応力	MPa
σ_2	カドミウム支持部材に生じる組合せ応力	MPa
σ_b	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{bh}	水平方向地震力が作用した場合の取付ボルトの引張応力	MPa
σ_{bv}	鉛直方向地震力が作用した場合の取付ボルトの引張応力	MPa
σ_{nb}	固定ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_P	支持パイプの応力	MPa
σ_R	支持棒の応力	MPa
σ_{ss}	固定スリーブの組合せ応力	MPa

記号	表示内容	単位
σ_t	水平方向地震により取付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_1	カドミウム取付板に生じるせん断応力	MPa
τ_2	カドミウム支持部材に生じるせん断応力	MPa
τ_b	ボルト又は固定金具に生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_{b1}	鉛直方向荷重により固定金具に生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	水平方向地震により固定金具に生じるせん断応力	MPa
τ_{ss1}	運転時質量及び鉛直方向地震による固定スリーブのせん断応力	MPa
τ_{ss2}	水平方向地震による固定スリーブのせん断応力	MPa

6.1.2.3.2 中性子吸収材固定部の強度評価

(1) 中性子吸収材が鉛直方向からボルトで固定されている場合

…………… (6.1.2.3.2-1)

a. 引張応力

押えボルトに対する引張応力は、押えボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

$$\sigma_b = \frac{(1 + C_v)m_n g}{n A_b}$$

b. せん断応力

押えボルトに対するせん断応力は、押えボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

$$\tau_b = \frac{C_H m_n g}{n A_b}$$

(2) 中性子吸収材収納容器がボルトで固定されている場合… (6.1.2.3.2-2)

a. 水平方向地震による引張応力

水平方向地震により取付ボルトに作用する引張応力は、次式で表される。

$$F_b = \frac{C_H m_n g h - m_n l_1}{\frac{1}{2} n_f (l_1 + l_2)}$$

$$\sigma_{b h} = \frac{F_b}{A_b}$$

b. 水平方向地震によるせん断応力

水平方向地震によるせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_b = \frac{C_H m_n g}{n A_b}$$

c. 運転時質量及び鉛直方向地震による引張応力

運転時質量及び鉛直方向地震による引張応力は、次式で表される。

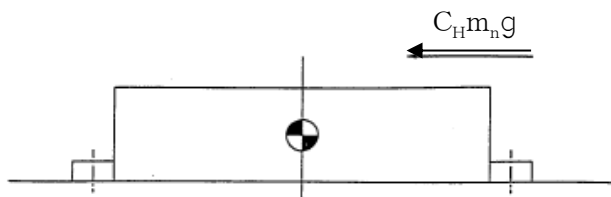
$$\sigma_{b v} = \frac{(C_v - 1)m_n g}{n A_b}$$

d. 取付ボルトに生じる引張応力

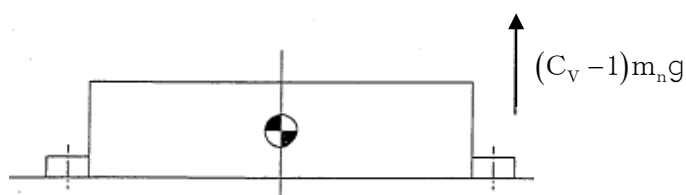
取付ボルトに生じる引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_b = \sqrt{\sigma_{b h}^2 + \sigma_{b v}^2}$$

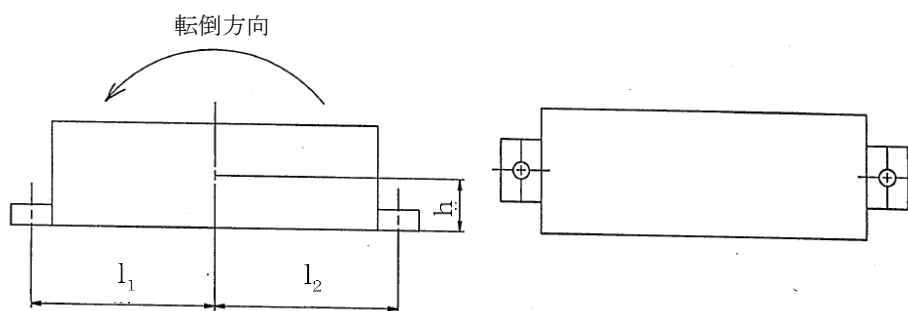
水平方向荷重



鉛直方向荷重



第 6.1.2.3.2-1 図 水平及び鉛直方向地震が取付ボルトに作用した場合の荷重



第 6.1.2.3.2-2 図 転倒方向

(3) 中性子吸収材がボルトとスリーブで固定されている場合 (6.1.2.3.2-3)

a. スリーブの応力

(a) 運転時質量及び鉛直地震による応力

運転時質量及び鉛直地震による応力は、次式で表される。

$$\tau_{s s 1} = \frac{(1 + C_V) m_n g}{n_s A_{s s}}$$

(b) 水平方向地震による応力

水平方向地震による応力は、次式で表される。

$$\tau_{s s 2} = \frac{C_H m_n g}{n_s A_{s s}}$$

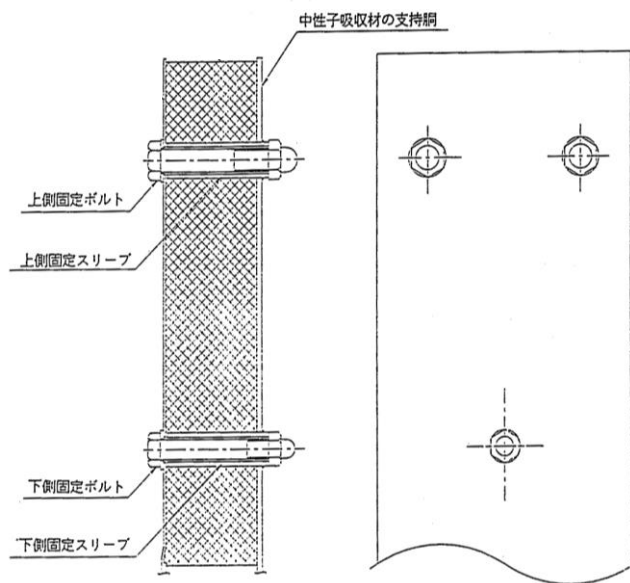
(c) 組合せ応力

組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{s s} = \sqrt{3(\tau_{s s 1} + \tau_{s s 2})^2}$$

b. ボルトの応力

$$\sigma_{n b} = \frac{C_H m_n g}{n_s A_{n b}}$$



第 6. 1. 2. 3. 2-3 図 ボルトとスリーブの配置

(4) 中性子吸収材がカドミウム取付板で固定されている場合 (6.1.2.3.2-4)

a. 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

運転時質量及び鉛直方向地震による応力は、次式で表される。

$$\tau_1 = \frac{(1 + C_V)m_n g}{a d_1}$$

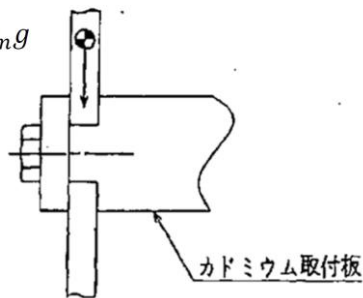
b. 組合せ応力

カドミウム取付板の組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \sqrt{3\tau_1^2}$$

鉛直方向荷重

$$(1 + C_V)m_n g$$



第 6.1.2.3.2-4 図 荷重条件

(5) 中性子吸収材がカドミウム支持部材で固定されている場合

..... (6.1.2.3.2-5)

a. 水平方向地震による応力

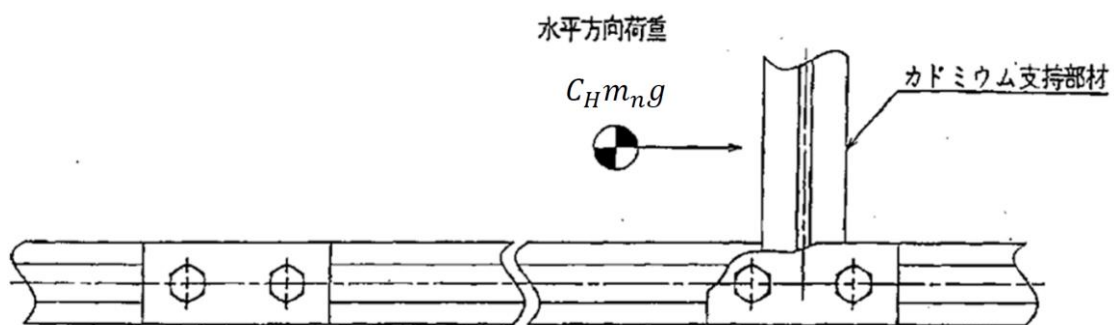
水平方向地震による応力は、次式で表される。

$$\tau_2 = \frac{C_H m_n g}{b d_2}$$

b. 組合せ応力

カドミウム支持部材の組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma_2 = \sqrt{3\tau_2^2}$$



第6.1.2.3.2-5図 荷重条件

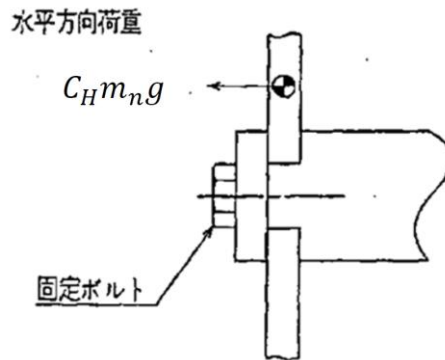
- (6) 中性子吸収材が水平方向からボルトで固定されている場合

..... (6.1.2.3.2-6)

- a. 引張応力

押えボルトに対する引張応力は、押えボルト全本数で受けるものとして、次式で表される。

$$\sigma_{nb} = \frac{C_H m_n g}{n_s A_{nb}}$$



第 6.1.2.3.2-6 図 荷重条件

- (7) ほう素入りコンクリートが取付ボルトで固定されている場合

..... (6.1.2.3.2-7)

運転時質量及び鉛直地震により生じる取付ボルトに対する引張応力は、次式で表される。

$$\tau_b = \frac{(1 + C_v) W_b g}{n A_b}$$

- (8) カドミウムが取付ボルト及び固定金具で固定されている場合

..... (6.1.2.3.2-8)

- a. 取付ボルト

水平方向地震力により生じる取付ボルトに対する引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_t = \frac{C_H W g}{A_{b1}}$$

- b. 固定金具

- (a) 運転時質量及び鉛直地震による応力

運転時質量及び鉛直方向地震力により生じる固定金具に対するせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{b1} = \frac{(1 + C_V) Wg}{A_{b2}}$$

(b) 水平方向地震による応力

水平方向地震力により生じる固定金具に対するせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{b2} = \frac{C_H Wg}{A_{b2}}$$

(c) せん断応力

(a)及び(b)により固定金具に生じるせん断応力の最大値は、次式で表される。

$$\tau_b = \sqrt{\tau_{b1}^2 + \tau_{b2}^2}$$

(9) ほう素入りコンクリートが支持パイプ及び支持棒で固定されている場合
 …………… (6.1.2.3.2-9)

a. 支持パイプ

運転時質量及び鉛直地震により生じる支持パイプに対する引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_p = \frac{(1 + C_V) W_P g}{A_P}$$

b. 支持棒の応力

運転時質量及び鉛直地震により生じる支持棒に対する引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_R = \frac{(1 + C_V) W_R g}{A_R}$$

6.1.2.4 評価

6.1.2.3.2項で算出した算出応力は、6.1.2.2.2項の許容限界以下であること。

ここで、6.1.2.3.2項で算出した引張力とせん断力を同時に受けるボルトの引張応力は、下記2式より算出した許容引張応力 $1.5 f_{ts}$ 以下であること。なお、基準地震動 S_s による評価では f_{ts} を f_{ts}^* に読み替える。

$$1.5 f_{ts} = 1.4 f_{to} - 1.6 \tau_b$$

$$1.5 f_{ts} \leq f_{to}$$

IV－1－3－2－2

有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針

2022年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「IV-1-3-2-2 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 計算条件	2
2.1 解析モデルの詳細設定	2
2.2 解析モデルの入力条件	2
2.2.1 寸法	2
2.2.2 拘束条件	2
2.2.3 温度	2
2.2.4 圧力	3
2.2.5 比重	3
2.2.6 断面特性	3
2.2.7 材料特性	3
2.2.8 質量	3
2.3 設計用地震力	3
2.3.1 設計用地震力	3
2.3.2 減衰定数	4
2.4 荷重の組合せ	4
2.4.1 機械的荷重	4
2.4.2 積雪荷重, 風荷重	4
2.5 許容限界	4
2.5.1 構造強度評価における許容限界	4
2.5.2 機能維持評価における許容限界	5
3. 計算式	6
3.1 構造強度評価	7
3.1.1 記号の説明	7
3.1.2 各部位の計算式	10
3.1.3 評価	16
3.2 動的機能維持評価	17
3.2.1 機能確認済加速度による評価	17
3.2.2 機能確認済加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討	17
3.2.3 機能確認済加速度を超える設備に対する詳細検討	20
3.3 電氣的機能維持評価	21
3.4 閉じ込め機能維持評価	21
3.5 地震時の臨界安全性評価	37

4. 引用文献 37

1. 概要

本資料は、有限要素モデルを用いて評価を行う機器の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、構造強度の確認及び動的機能、電氣的機能等が維持できることを確認するための各計算条件の引用元と耐震計算式を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する計算条件については、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「2. 耐震設計のプロセス」に示す。

また、本資料の「2. 計算条件」及び「3. 計算式」により、各機器の耐震健全性を確認し、耐震計算書では、評価に用いた計算条件及び計算結果を示す。

2. 計算条件

有限要素モデル等を用いて評価を行う機器について、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3. 耐震設計プロセスの詳細」に示す耐震計算の条件とその引用元を以下に示す。

耐震計算に当たっては、機器ごとにこれらの計算条件を設定し、耐震計算書では、各機器の構造、解析モデル及び計算条件となる機器要目を示す。

2.1 解析モデルの詳細設定

解析モデルの設定に当たっては、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、本体の構造に応じて、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、はり要素又はシェル要素等を用いた有限要素モデルに置換する。

なお、これらのモデル化に当たっては、振動モードを適切に表現し、部材に生じる応力を適切に算出できるように、実機の拘束点や断面特性の不連続部等を考慮し、質点、節点及び要素数を適切に設定する。

また、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、機器ごとに解析の目的に応じた適切な解析プログラムを適用し、固有周期の算出を行う。

2.2 解析モデルの入力条件

2.2.1 寸法

寸法は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(1) 寸法」に基づき、仕様表又は構造図、設計図書等に記載の値を用いて、重心位置や各部材の断面特性を設定する。

2.2.2 拘束条件

拘束条件は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(2) 拘束条件」に基づき設定する。具体的には、固定式設備については、並進3方向拘束、固定等、拘束方法を踏まえ、支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定し、移動式設備については、並進方向の拘束等、拘束方法を踏まえ、支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定する。

なお、地震力がレールと車輪の摩擦係数以上の地震力となる場合には、移動方向の拘束条件はすべりを考慮して設定する。

2.2.3 温度

温度は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(3) 温度」に基づき、仕様表に記載の最高使用温度又は「VI-1-1-4-1 安全機能を有する施設が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の

「3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」に記載の環境温度を踏まえて設定する。

2.2.4 圧力

圧力は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(4) 圧力」に基づき、外圧あるいは内圧を考慮して耐震計算上厳しくなる条件として、仕様表、設計図書等から設定する。

2.2.5 比重

内包流体の比重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(5) 比重」に基づき、構造図、設計図書等から内包流体の種類、温度及び圧力を踏まえて設定する。

2.2.6 断面特性

断面特性は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(6) 断面特性」に基づき、「2.2.1 寸法」の各部材の寸法を踏まえて算定する。

2.2.7 材料特性

材料特性は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(7) 材料特性」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」とおり、各材料について「2.2.3 温度」の温度条件に応じた物性値により設定する。

2.2.8 質量

質量は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(8) 質量」に基づき、構造図、設計図書等から設定する。

2.3 設計用地震力

2.3.1 設計用地震力

設計用地震力は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に基づき、以下の地震力を適用する。

静的地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙に示す設備据付位置に応じた静的震度を用いる。

動的地震力は、以下のとおり設計用床応答曲線、最大床応答加速度又は時刻歴応答波形を用いる。剛でない機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の基準地震動 S_s の設計用床応答曲線又は弾性設計用地震動 S_d の設計用床応答曲線を用いる。剛な機器は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の最大床応答加速度を用いる。

また、屋外構築物に設置する機器は、機器の剛性に応じて「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。

衝突・すべり等の非線形挙動を模擬する場合は、各建物・構築物の「地震応答計算書」の時刻歴応答波形を用いる。

2.3.2 減衰定数

減衰定数は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.2 減衰定数」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3.設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数を踏まえ、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

2.4 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4 荷重の組合せの設定」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示される耐震重要度に応じた荷重の組合せを設定する。

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

2.4.1 機械的荷重

機械的荷重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.1 機械的荷重」に基づき、構造図、設計図書等から設定する。

また、回転機器等の振動による荷重については、回転体の出力に応じた振動モーメントによる荷重を踏まえて算出する。

2.4.2 積雪荷重，風荷重

積雪荷重，風荷重は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.2 積雪荷重，風荷重」に基づき設定することとし、屋外に設置される機器について、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき、機器の設置位置及び形状に応じて荷重条件として考慮する。

2.5 許容限界

2.5.1 構造強度評価における許容限界

構造強度評価における許容限界は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示すとおり、耐震重要度や設備の構造を踏まえて設定する。

なお、設備の構造から、容器、ポンプ及び支持構造物で許容応力が異なることに留意し、部位に応じた適切な許容限界を設定する。

2.5.2 機能維持評価における許容限界

機能維持の確認は、機器設置位置に生じる加速度と機能確認済加速度との比較を行う場合と、機能確認済加速度との比較による確認で妥当性の確認をできない場合に、動的機能を維持できる部位の健全性を確認するために詳細評価を行うこととしており、それぞれ以下のとおり許容限界を設定する。

(1) 動的機能維持評価

動的機能確認済加速度は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能確認済加速度」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機能確認済加速度を機器の構造に応じて設定する。

健全性を詳細評価により確認する場合は、それぞれ以下のとおり許容限界を用いる。

a. JEAG4601 に評価方法が示されている機種

JEAG4601に示される評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。

b. JEAG4601 に示されている機種とは異なる構造であり、既往の研究等を参考に異常要因分析に基づき評価を行う機種

異常要因分析に基づき設定した評価項目に対して、機器に応じた設計条件から設定した値を用いる。

(2) 電氣的機能維持評価

電氣的機能確認済加速度は、加振試験を踏まえて機器ごとに設定した値を用いる。

(3) 閉じ込め機能維持評価

閉じ込め機能維持評価は、加振試験を踏まえて機器ごとに設定した値を用いる。

(4) 臨界防止機能維持評価

臨界防止機能維持評価に用いる許容限界は、臨界防止機能維持が要求される機器の単一ユニット相互間距離を用いる。

また、設備が剛の場合は、地震時の変位は許容変位に比べて十分小さいと判断できるため、当該設備が剛であることの確認をもって許容変位以下であると判定する。

なお、計算条件は上記のとおり設定するが、より保守的な計算条件を適用している場合は、その旨を耐震計算書に示す。

3. 計算式

「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「4. 計算式の設定」に基づき、有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の評価項目及び部位に応じた計算式を以下に示す。

各部位の計算式は、「2.5.1 許容限界」の区別に応じて胴板等の容器、伝熱管等の管、支持架構等の支持構造物及び基礎ボルトや取付ボルトのボルトに対して示す。

評価結果として、本項にて設定した計算式による算出値が、「2.5 許容限界」の許容限界を満足していることで耐震健全性を確認する。

また、耐震計算書では、機器の評価項目及び部位ごとに適用した計算式を示す。

なお、各部位の応力評価において、有限要素モデル等を用いて荷重算出を行ったうえで応力算出式に「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算方法」を用いる設備は、各部位設備の支持方法に応じた計算式を適用する。ただし、静水頭又は内圧による応力を除く計算に用いる荷重及びモーメントは、有限要素モデル等により得られた値に読み替える。

3.1 構造強度評価

3.1.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
A_s	支持構造物の断面積	mm ²
$A_{s s}$	支持構造物のせん断断面積	mm ²
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm ²
$A_{a b}$	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	G
C_P	回転機器の振動による震度	G
C_V	鉛直方向設計震度	G
D_o	耐圧部の外径	mm
E	<u>耐圧部の縦弾性係数</u>	MPa
E_s	<u>支持構造物の縦弾性係数</u>	MPa
F	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値 ただし、「 S_y 」を「 $1.2 S_y$ 」に読み替える	MPa
$F_{s a}$	支持構造物に作用する軸力	N
F_b	取付ボルトに作用する引張力	N
$F_{b t}$	基礎ボルトに作用する引張力	N
$F_{b t 1}$	モーメントを含めて基礎ボルトに作用する引張力	N
F_w	<u>吊具に作用する荷重</u>	N
$1.5 f_t$	支持構造物の許容引張応力	MPa
$1.5 f_t^*$		
$1.5 f_s$	支持構造物の許容せん断応力	MPa
$1.5 f_s^*$		
$1.5 f_c$	支持構造物の許容圧縮応力	MPa
$1.5 f_c^*$		
$1.5 f_b$	支持構造物の許容曲げ応力	MPa
$1.5 f_b^*$		
$1.5 f_{s b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$1.5 f_{s b}^*$		
$1.5 f_{t s}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
$1.5 f_{t s}^*$		

記号	表示内容	単位
h	取付ボルトから重心までの高さ	mm
f_{t_o} , $f_{t_o}^*$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$\frac{f_w}{h}$	吊具の許容引張荷重	N
h	取付ボルトから重心までの高さ	mm
i_1	応力係数で「JSME S NC1」の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「JSME S NC1」のPPC-3810に規定する値又は、1.0のいずれか大きい方の値	—
L, L_1, L_2	重心とボルト（又は溶接部）間の水平方向距離（ $L_1 \leq L_2$ ）	mm
L_a	基礎ボルト間の距離	mm
M_a	自重により管に作用するモーメント	N・mm
M_b	地震により管に作用するモーメント	N・mm
M_{b_a}	地震により基礎ボルトに作用するモーメント	N・mm
M_s	支持構造物に作用するモーメント	N・mm
M_c	地震動による相対変位により管に生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_p	回転機器の回転により作用するモーメント	N・mm
M_b^*	地震動の慣性力により管に生じるモーメントの全振幅	N・mm
N	回転機器の回転数	rpm
n_s	せん断力が作用する取付ボルト本数	—
n_a	支持部1箇所当たりの基礎ボルトの評価本数	—
n_f	引張力が作用する取付ボルトの評価本数	—
n_{f_v}	引張力が作用する取付ボルトの本数(鉛直方向)	—
n_{f_h}	引張力が作用する取付ボルトの本数(水平方向)	—
P	最高使用圧力	MPa
P_m	回転機器の出力	kW
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Q_s	支持構造物に作用するせん断力	N
S	溶接部の評価断面積	mm ²
S_a	耐圧部の許容応力	MPa
S_n	管（耐圧部）の一次＋二次応力の変動値	MPa
$S_{p r m}$	管（耐圧部）の一次応力	MPa
S_y	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa

記号	表示内容	単位
t	耐圧部の板厚	mm
m	質量	kg
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
W _w	風荷重	N
Z _S	支持構造物の断面係数	mm ³
Z _p	管(耐圧部)の断面係数	mm ³
σ ₀	容器(耐圧部)の一次一般膜応力	MPa
σ _{0x}	容器(耐圧部)の軸方向一次一般応力	MPa
σ _{0φ}	容器(耐圧部)の周方向一次一般応力	MPa
σ ₁	容器(耐圧部)の一次応力	MPa
σ _{1x}	容器(耐圧部)の軸方向一次応力	MPa
σ _{1φ}	容器(耐圧部)の周方向一次応力	MPa
σ ₂	容器(耐圧部)の地震動のみによる一次+二次応力の変動値	MPa
σ _{2x}	容器(耐圧部)の軸方向一次+二次応力	MPa
σ _{2φ}	容器(耐圧部)の周方向一次+二次応力	MPa
σ _{a o}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ _b	取付ボルトに生じる引張応力	MPa
σ _s	支持構造物に生じる組合せ応力	MPa
σ _{s b}	支持構造物に生じる曲げ応力	MPa
σ _{s c}	支持構造物に生じる圧縮応力	MPa
σ _{s t}	支持構造物に生じる引張応力	MPa
σ _{s x}	支持構造物に生じる軸方向応力	MPa
σ _{s y}	支持構造物に生じる周方向応力	MPa
<u>τ_{0x}, τ_{1x}</u>	容器(耐圧部)のせん断応力	MPa
τ ₂		
τ _{a o}	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ _b	取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ _s	支持構造物に生じるせん断応力	MPa

3.1.2 各部位の計算式

3.1.2.1 容器（耐圧部）の応力 …………… (3.1.2-1)

胴板等の容器（耐圧部）に生じる一次一般膜応力 σ_0 、一次応力 σ_1 及び一次
+二次応力 σ_2 は、次式により算出する。

(1) 一次一般膜応力

一次一般膜応力は、次式で表される。

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{0x} + \sigma_{0\phi}) + \sqrt{(\sigma_{0x} - \sigma_{0\phi})^2 + 4\tau_0^2} \right\}$$

(2) 一次応力

一次応力は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1x} + \sigma_{1\phi}) + \sqrt{(\sigma_{1x} - \sigma_{1\phi})^2 + 4\tau_1^2} \right\}$$

(3) 一次+二次応力

一次+二次応力は、次式で表される。

$$\sigma_2 = (\sigma_{2x} + \sigma_{2\phi}) + \sqrt{(\sigma_{2x} - \sigma_{2\phi})^2 + 4\tau_2^2}$$

3.1.2.2 管（耐圧部）の応力 …………… (3.1.2-2)

伝熱管等の管（耐圧部）に生じる一次応力 $S_{pr m}$ 及び一次+二次応力 S_n は、
次式により算出する。

(1) 一次応力

一次応力は、次式で表される。

$$S_{pr m} = \frac{P D_o}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z_p}$$

(2) 一次+二次応力

一次+二次応力は、次式で表される。

$$S_n = \frac{0.75i_1 M_b^* + i_2 M_c}{Z_p}$$

3.1.2.3 支持構造物（ボルト等を除く）の応力 …………… (3.1.2-3)

支持構造物（ボルト等を除く）に生じる引張応力 $\sigma_{s t}$ ，圧縮応力 $\sigma_{s c}$ ，せん断応力 τ_s 及び曲げ応力 $\sigma_{s b}$ ，組合せ応力 σ_s 等は，次式により算出する。

なお，支持構造物（ボルト等を除く）の評価に準じた評価を行う缶体は，本計算式に用いる記号の支持構造物を缶体に読み替えるものとする。

(1) 引張応力

引張応力は，次式で表される。

$$\sigma_{s t} = \frac{F_{s a}}{A_s} \quad (\text{ただし, } F_{s a} \geq 0)$$

(2) 圧縮応力

圧縮応力は，次式で表される。

$$\sigma_{s c} = -\frac{F_{s a}}{A_s} \quad (\text{ただし, } F_{s a} < 0)$$

(3) せん断応力

せん断応力は，次式で表される。

$$\tau_s = \frac{Q_s}{A_{s s}}$$

(4) 曲げ応力

曲げ応力は，次式で表される。

$$\sigma_{s b} = \frac{M_s}{Z_s}$$

(5) 組合せ応力

組合せ応力は，次式で表される。

なお， $F_{s a} < 0$ の場合は $\sigma_{s t}$ を $\sigma_{s c}$ に読み替える。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s t} + \sigma_{s b})^2 + 3\tau_s^2}$$

なお，板要素を用いた場合の組合せ応力は，次式で表される。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_{s x}^2 + \sigma_{s y}^2 - \sigma_{s x}\sigma_{s y} + 3\tau_s^2}$$

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{s x} + \sigma_{s y} + \sqrt{(\sigma_{s x} - \sigma_{s y})^2 + 4\tau_s^2} \right\}$$

(6) 組合せ評価

a. 圧縮力と曲げモーメント

圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける部材の応力のうち、組合せを考慮する必要がある場合は次式を満足すること。

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

$$\frac{\sigma_{s c}}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_{s b}}{1.5 f_b} \leq 1$$

b. 引張力と曲げモーメント

引張力と曲げモーメントを同時に受ける部材の応力のうち、組合せを考慮する必要がある場合は次式を満足すること。

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

$$\frac{\sigma_{s t} + \sigma_{s b}}{1.5 f_t} \leq 1$$

3.1.2.4 支持構造物 (ボルト等) の応力

支持構造物 (ボルト等) の引張応力 $\sigma_{a o}$ 及びせん断応力 $\tau_{a o}$ は、次式により算出する。評価を行うボルトが取付ボルトの場合は $\sigma_{a o}$ 、 $\tau_{a o}$ 、 $A_{a b}$ 、 L_a 、 n_a を σ_b 、 τ_b 、 A_b 、 L (又は L_1 及び L_2)、 n_t 、 n_s に読み替える。

(1) 引張応力 (3.1.2-4)

引張応力は、次式で表される。

なお、基礎ボルトに作用する引張力は、当該支持部の基礎ボルト全本数で受けるものとして計算し、取付ボルトに作用する引張力は取付ボルトを支点とする転倒によるものとする。

$$\sigma_{a o} = \frac{F_{b t}}{A_{a b} n_a}$$

ここで、引張力を手計算により求める場合は考慮する荷重や設置位置、ボルトの配置等に応じて次式により算出し、 $F_{b t}$ を $F_{b t 1}$ に読み替える。

a. モーメントによる引張力を考慮する場合

$$F_{b t 1} = F_{b t} + \frac{M_{b a}}{L_a}$$

b. 取付ボルトが矩形配置の場合

【絶対値和】

$$F_{b t 1} = \frac{g \left\{ m (C_H + C_P) h - \frac{m L}{2} (1 - C_V - C_P) \right\} + M_p + W_w h}{L}$$

【SRSS 法】

$$F_{b \ t \ 1} = \frac{mg \sqrt{(C_H h)^2 + \left(C_V \frac{L}{2}\right)^2} + mg C_P \left(h + \frac{L}{2}\right) - mg \frac{L}{2} + M_P + W_w h}{L}$$

ここで,

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

c. 取付ボルトが矩形配置 2 本の場合

2 本の取付ボルトと平行な方向の引張力は b. 取付ボルトが矩形配置の場合の式を適用し, 直交する方向には水平力によるモーメントが生じないため, 次式により算出する。

$$F_{b \ t \ 1} = \frac{-\frac{mgL}{2}(1 - C_V - C_P) + M_P}{L}$$

d. 取付ボルトが円形配置の場合

【絶対値和】

$$F_{b \ t \ 1} = \frac{m(C_H + C_P)gh - m\frac{L}{2}(1 - C_V - C_P)g}{\frac{3}{8}L}$$

【SRSS 法】

$$F_{b \ t \ 1} = \frac{mg \sqrt{(C_H h)^2 + \left(\frac{L}{2} C_V\right)^2} + mg C_P \left(h + \frac{L}{2}\right) - \frac{L}{2} mg}{\frac{3}{8}L}$$

e. 壁掛け型 (水平方向転倒) の場合

【絶対値和】

$$F_b = mg \left\{ \frac{(1 + C_V)h}{n_{f \ v} L_1} + \frac{C_H h}{n_{f \ h} L_2} \right\}$$

【SRSS 法】

$$F_b = mg \sqrt{\left(\frac{C_V h}{n_{f \ v} L_1}\right)^2 + \left(\frac{C_H h}{n_{f \ h} L_2}\right)^2} + mg \frac{h}{n_{f \ v} L_1}$$

f. 壁掛け型 (鉛直方向転倒) の場合

【絶対値和】

$$F_b = mg \left\{ \frac{(1+C_v)h}{n_{fv}L_1} + \frac{C_H L_1}{2n_{fv}L_1} \right\}$$

【SRSS 法】

$$F_b = mg \sqrt{\left(\frac{C_v h}{n_{fv} L_1} \right)^2 + \left(\frac{C_H L_1}{2 n_{fv} L_1} \right)^2} + mg \frac{h}{n_{fv} L_1}$$

(2) せん断応力 (3.1.2-5)

せん断応力は、次式で表される。

なお、ボルトに作用するせん断力は、当該支持部の基礎ボルト又は取付ボルト全本数で受けるものとする。

また、溶接部の評価を行う場合は、 $A_a n_a$ をSに読み替える。

$$\tau_{a.o} = \frac{Q_b}{A_a n_a}$$

ここで、せん断力を手計算により求める場合は考慮する荷重や設置位置、ボルトの配置等に応じて次式により算出し、 Q_b を読み替える。

a. 水平方向地震によるせん断力

$$Q_b = mg C_H$$

b. 回転機器で水平方向地震及び風荷重によるせん断力

$$Q_b = mg(C_H + C_P) + W_w$$

c. 自重及び鉛直方向地震によるせん断力

$$Q_b = mg(C_v - 1)$$

$$Q_b = mg(1 + C_v)$$

d. 水平方向地震及び鉛直方向地震によるせん断力

$$Q_b = mg \sqrt{(1 + C_v)^2 + C_H^2}$$

e. 水平方向地震及び鉛直方向地震により作用するモーメントによるせん断力

【絶対値和】

$$Q_b = \frac{mg(C_H h + C_V L) - mg L}{L}$$

【SRSS 法】

$$Q_b = \frac{mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V L)^2} - mg L}{L}$$

3.1.3 評価

3.1.3.1 応力評価

3.1.2 項で算出した構造強度に関わる各部位の応力が 2.5 項の許容限界以下であること。

ここで、3.1.2.4 項で算出したボルトの引張応力 σ_a 。又は取付ボルトの引張応力 σ_o は、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を用いるものとし、下記2式より算出した許容引張応力 $1.5 f_{t_s}$ 以下であること。なお、取付ボルトの場合は τ_{a_o} を τ_b に、基準地震動 S_s による評価では f_{t_s} を $f_{t_s}^*$ に読み替える。

$$1.5 f_{t_s} = 1.4 f_{t_o} - 1.6 \tau_{a_o}$$

$$1.5 f_{t_s} \leq f_{t_o}$$

3.1.3.2 疲労評価

一次+二次応力が $2 S_y$ を超える場合は「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.3.4 疲労評価」に示す計算式のとおり、簡易弾塑性解析により疲労解析を行い、疲労累積係数を求める。

3.1.3.3 吊具評価

クレーンは吊荷を有しており、吊荷はクレーン本体に対し、先端金具(フック)、ワイヤロープ等において支持されていることから、吊具評価は吊荷を直接吊るもので、損傷又は破断により即落下に至る可能性がある先端金具、ワイヤロープ等に対して実施する。

ワイヤロープ等は地震時に作用する荷重 F_w に対し、定格荷重に安全率を乗じた許容荷重 f_w により評価を行う。なお、基準地震動 S_s による評価では f_w を f_w^* に読み替える。

また、先端金具に対する応力算出式は、「3.1.2.3 支持構造物(ボルト等を除く)の応力」を適用し、2.5 項の許容限界以下であること。

3.2 動的機能維持評価

3.2.1 機能確認済加速度による評価

設備の応答加速度が2.5.2項に示す機能確認済加速度以下であること。

機能確認済加速度の適用範囲を外れる場合及び、設備の応答加速度が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ことを確認する。

3.2.2 機能確認済加速度の適用範囲外設備に対する詳細検討

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

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

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

機能維持評価において各部位の評価に用いる許容限界を以下に示す。

(1) ファン軸応力

許容応力は、「IV-1-2-2-1 機器の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能維持評価における許容限界」に基づく。

(2) 軸受荷重

軸受の基本静定格荷重を許容荷重とする。

(3) チップクリアランス

据付(通常)時のチップクリアランスを許容限界とする。

3.2.2.1 機能確認済加速度の適用範囲外設備の計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

3.2.2.1.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
d_f	ファン軸径	mm
F	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_{Ba}	軸方向の最大荷重	N
F_{Br}	軸受部ラジアル方向の最大荷重	N
f_{fsi}	荷重係数(衝撃荷重として1.5とする)	—
M_{fb}	地震力によりファン軸に作用する曲げモーメント	N・mm
M_{ft}	ファン回転によるねじりモーメント	N・mm
P_{fo}	軸受の静等価荷重	N
P_{f1}	ファン及びカップリング等の自重	N
P_{f2}	ファン軸の鉛直地震力により作用する軸力	N
P_{f3}	ファン回転によるスラスト荷重	N
Q_{ft}	ファン軸に作用するせん断力	N
Y_o	静スラスト係数	—
σ_{fb}	ファン軸外縁の曲げ応力	MPa
σ_{fm}	軸力による圧縮応力	MPa
τ_{fst}	ファン軸のせん断応力	MPa
τ_{ft}	ファン軸の回転による軸外縁のせん断応力	MPa
σ_f	ファン軸の組合せ応力	MPa

3.2.2.1.2 ファン軸応力の計算方法 (3.2.2-1)

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

(1) 曲げ応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{fb} = \frac{32M_{fb}}{\pi d_f^3}$$

(2) 圧縮応力

圧縮応力は、次式で表される。

$$\sigma_{fm} = \frac{4(P_{f1} + P_{f2} + P_{f3})}{\pi d_f^2}$$

(3) せん断応力

軸外縁のせん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{f t} = \frac{16M_{f t}}{\pi d_f^3}$$

(4) 地震力によるせん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_{f s t} = \frac{4Q_{f t}}{\pi d_f^2}$$

(5) 組合せ応力

組合せ応力は、次式で表される。

$$\sigma_f = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{fb} + \sigma_{fm})^2 + 4(\tau_{ft} + \tau_{fst})^2}$$

3.2.2.1.3 軸受荷重の計算方法 (3.2.2-2)

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

なお、静等価荷重は下記に示す2式のいずれか大きい値を用いる。

$$P_{f o} = f_{f s i} (0.5F_{B r} + Y_o F_{B a})$$

$$P_{f o} = f_{f s i} F_{B r}$$

3.2.2.1.4 地震時チップクリアランスの計算方法 (3.2.2-3)

地震時におけるファンブレード先端とファンリングの接触の有無を確認するための両者間の相対変位は、各々の最大応答変位の絶対和として求める。ここで、ファンリングについては十分に剛な構造であることより、ファンリングは変位が生じないものとする。

3.2.2.2 評価

3.2.2.1項で算出した応力等が2.5項の許容限界以下であること。

3.2.3 機能確認済加速度を超える設備に対する詳細検討

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

ここでは、原動機の計算方法を示す。

3.2.3.1 原動機の計算方法

耐震計算は、本項に示す方法に基づく。

3.2.3.1.1 記号の説明

記号	表示内容	単位
A_m	原動機軸の断面積	mm^2
l_m	原動機軸の支持間長さ	mm
M_m	等分布荷重により原動機軸に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
P_m	軸受部に作用する荷重	N
S_y	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S_u	「JSME S NC1」付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
Z_m	原動機軸の断面係数	mm^3
σ_{mb}	原動機軸に生じる曲げ応力	MPa
σ_{mt}	原動機軸に生じる引張応力	MPa
τ_m	原動機軸に生じるせん断応力	MPa
σ_{m1}	原動機軸に生じる膜+曲げ応力	MPa
σ_{m11}	最大主応力(膜+曲げ応力)	MPa
σ_{m21}	最小主応力(膜+曲げ応力)	MPa
ω_m	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm

3.2.3.1.2 原動機軸の計算方法 (3.2.3-1)

(1) 引張応力

引張応力は、次式で表される。

$$\sigma_{mt} = \frac{\omega_m l_m}{A_m}$$

(2) 曲げ応力

曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{mb} = \frac{M_m}{Z_m}$$

(3) せん断応力

せん断応力は、次式で表される。

$$\tau_m = \frac{\omega_m l_m}{A_m}$$

(4) 膜+曲げ応力

膜+曲げ応力は、次式で表される。

$$\sigma_{m1} = \sigma_{m11} - \sigma_{m21}$$

$$\sigma_{m11} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{mt} + \sigma_{mb}) + \sqrt{(\sigma_{mt} + \sigma_{mb})^2 + 4\tau_m^2} \right\}$$

$$\sigma_{m21} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{mt} + \sigma_{mb}) - \sqrt{(\sigma_{mt} + \sigma_{mb})^2 + 4\tau_m^2} \right\}$$

3.2.3.1.3 原動機軸受荷重の計算方法 (3.2.3-2)

原動機が設置される施設の地震応答解析によって得られる設置場所の地震力より、軸受部に作用する荷重は、次式で表される。

$$P_m = \omega_m l_m$$

3.2.3.2 評価

3.2.2.1項で算出した応力等が2.5項の許容限界以下であること。

3.3 電氣的機能維持評価

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

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

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

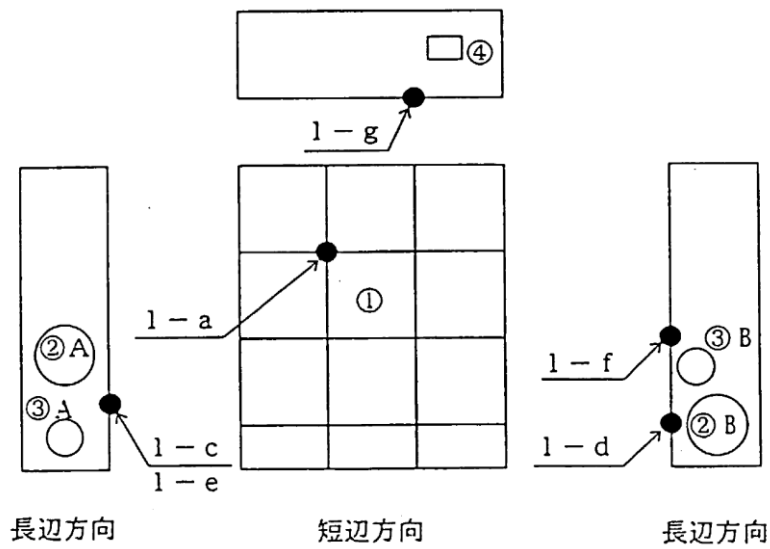
3.4 閉じ込め機能維持評価

地震時及び地震後に閉じ込め機能を要求される設備は、応答加速度が機能確認済加速度内に収まることを確認する。

引用文献(1)～(7)に基づき設定したグローブボックスの機能確認済加速度を第3.4-1表～第3.4-15表及び第3.4-1図～第3.4-15図に示す。

第3.4-1表 遮蔽無し型グローブボックス(自立式)の機能確認加速度及び選定位置

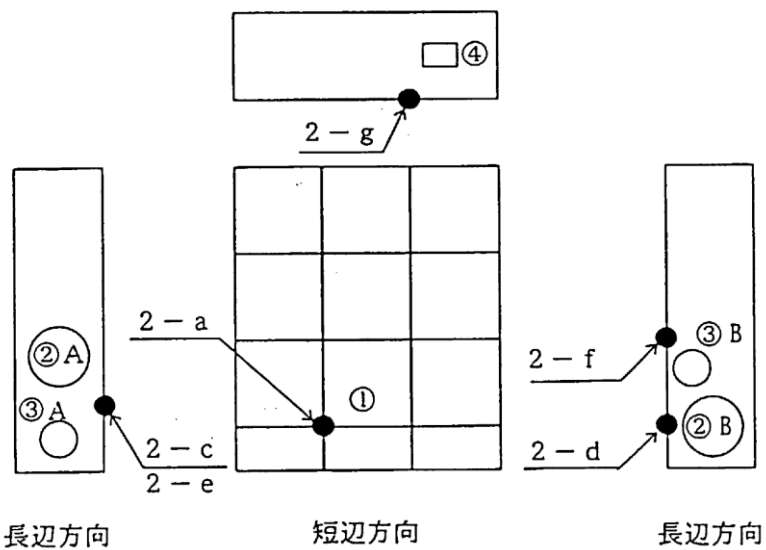
加振方向	閉じ込め部材		機能確認加速度	選定位置
			(G)	
短辺	アクリルパネル部	グローブポート (バング式) : ①	3.39	1-a
長辺	ラージポート部	(700φ) : ②A	1.93	1-c
		(550φ) : ②B	5.22	1-d
	スモールポート部	(260φ) : ③A	1.12	1-e
		(195φ) : ③B	6.89	1-f
給電端子部		: ④	3.19	1-g



第3.4-1図 遮蔽無し型グローブボックス(自立型)の機能確認加速度選定位置

第3.4-2表 遮蔽無し型グローブボックス(天井・壁支持方式)の閉じ込め機能確認加速度

加振方向	閉じ込め部材		機能確認加速度	選定位置
			(G)	
短辺	アクリルパネル部	グローブポート (バング式) : ①	12.00	2-a
長辺	ラージポート部	(700φ) : ②A	1.93	2-c
		(550φ) : ②B	5.22	2-d
	スモールポート部	(260φ) : ③A	1.12	2-e
		(195φ) : ③B	6.89	2-f
給電端子部		: ④	5.40	2-g

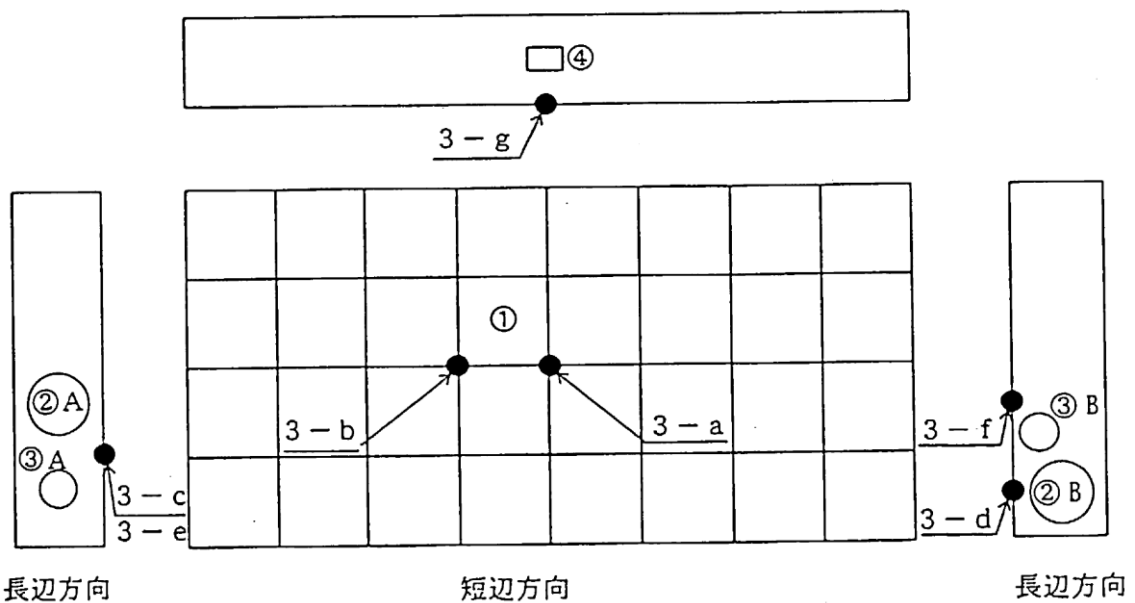


第3.4-2図 遮蔽無し型グローブボックス(天井・壁支持方式)の機能確認加速度選定位置

第3.4-3表 遮蔽独立型グローブボックス(天井・壁支持方式)の閉じ込め機能確認加速度

加振方向	閉じ込め部材		機能確認加速度 (G)	選定位置
短辺	アクリルパネル部	グローブポート (バング式) : ①	9.58	3-a
		グローブポート (押込式) : ①	7.95	3-b
長辺	ラージポート部	(700φ) : ②A	1.12	3-c
		(550φ) : ②B	5.22	3-d
	スモールポート部	(260φ) : ③A	2.34	3-e
		(195φ) : ③B	6.89	3-f
給電端子部 : ④			5.40	3-g

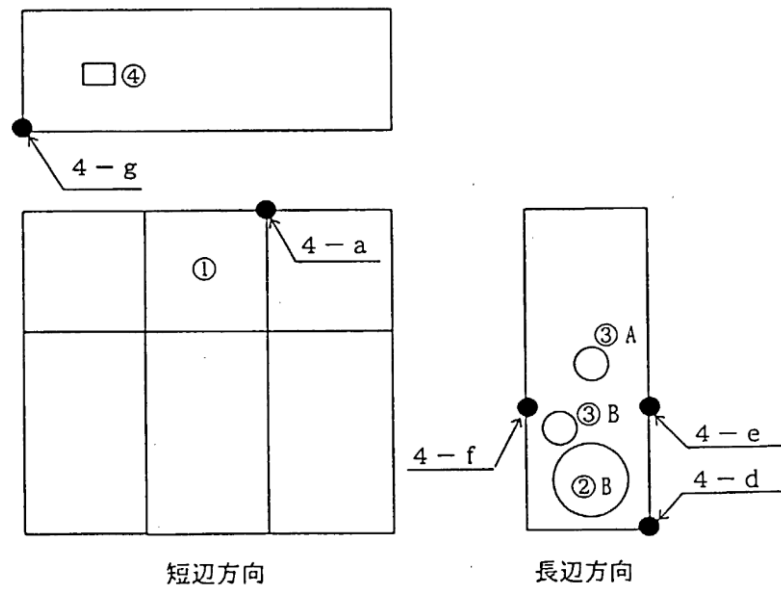
注:①については、安全側の値である押込式の値で包絡させても良い。



第3.4-3図 遮蔽独立型グローブボックス(天井・壁支持方式)の機能確認加速度選定位置

第3.4-4表 遮蔽一体型グローブボックス(自立式)の閉じ込め機能確認加速度

加振方向	閉じ込め部材		機能確認加速度 (G)	選定位置
短辺	ステンレスパネル部	グローブポート (バング式) : ①	2.96	4-a
長辺	ラージポート部	(550φ) : ②B	4.24	4-d
	スモールポート部	(260φ) : ③A	2.34	4-e
		(195φ) : ③B	4.41	4-f
給電端子部 : ④			3.19	4-g

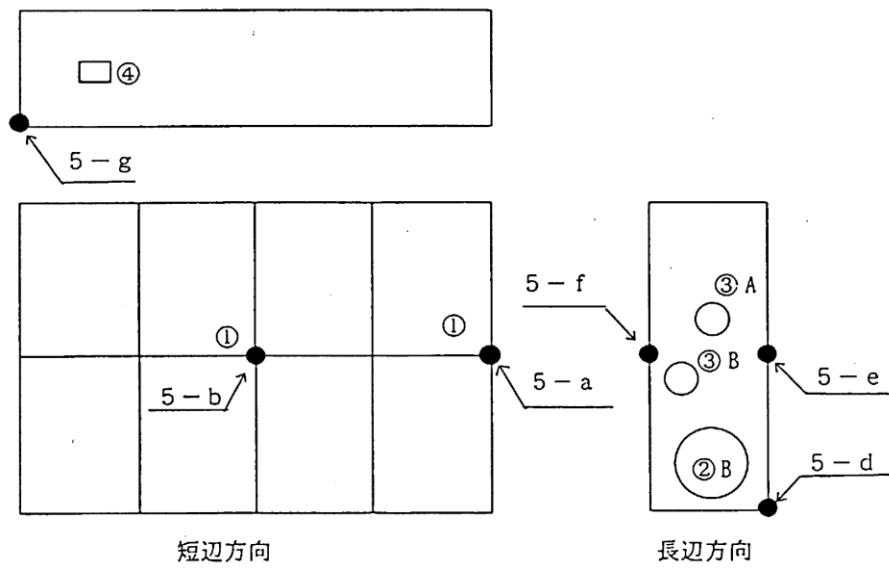


第3.4-4図 遮蔽一体型グローブボックス(自立型)の機能確認加速度選定位置

第3.4-5表 遮蔽一体型グローブボックス(天井・壁支持方式)の閉じ込め機能確認加速度

加振方向	閉じ込め部材		機能確認加速度 (G)	選定位置
短辺	ステンレスパネル部	グローブポート (バング式) : ①	6.69	5-a
		グローブポート (押込式) : ①	4.38	5-b
長辺	ラージポート部	(550φ) : ②B	4.24	5-d
	スモールポート部	(260φ) : ③A	2.34	5-e
		(195φ) : ③B	4.41	5-f
給電端子部 : ④			5.40	5-g

注:①については、安全側の値である押込式の値で包絡させても良い。

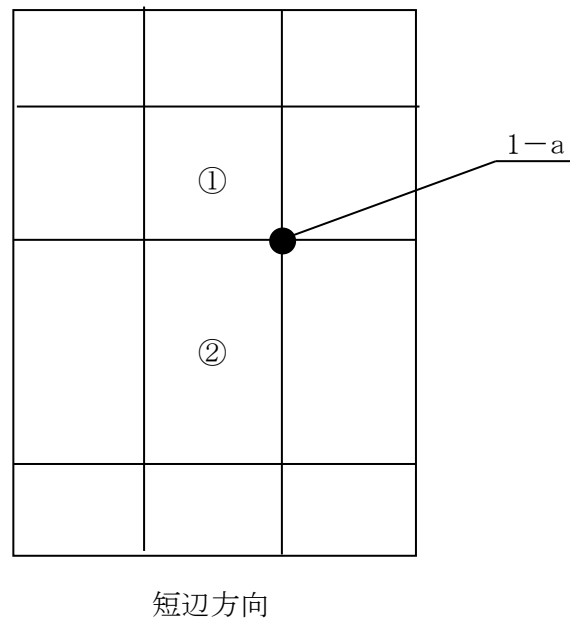


第3.4-5図 遮蔽一体型グローブボックス(天井・壁支持方式)の機能確認加速度選定位置

第3.4-6表 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(自立式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その1)

加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
短辺	窓板部	グローブポート : ①	4.43	1-a
	窓板部	グローブポート : ②	4.43	1-a

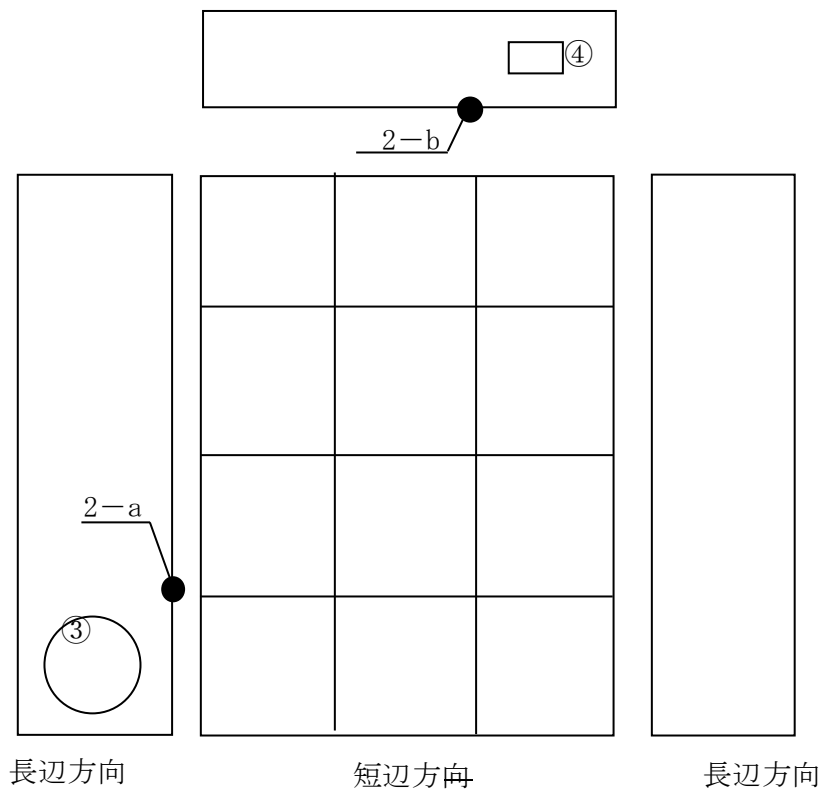
注:②については、大型窓板(約1.1m×約1.6m)を用いる場合に適用する。



第3.4-6図 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(自立式)の機能維持確認済加速度選定位置(その1)

第3.4-7表 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(自立式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その2)

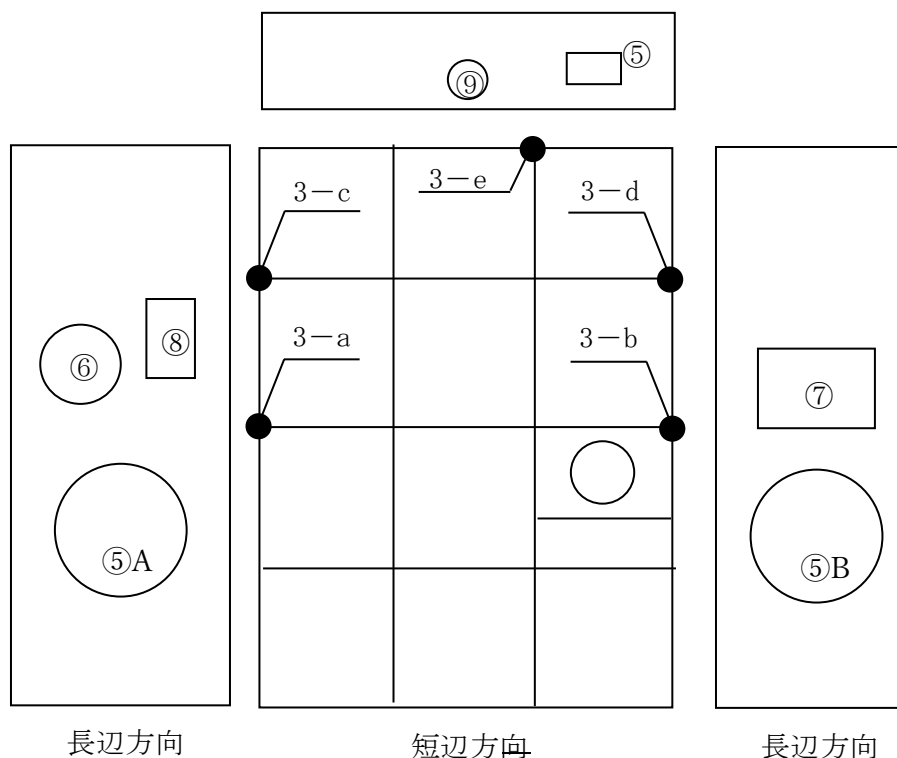
加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
長辺	搬出入口(小)	(φ260) : ③	2.34	2-a
	コネクタ部(気密部樹脂タイプ) : ④		3.19	2-b



第3.4-7図 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(自立式)の機能維持確認済加速度選定位置(その2)

第3.4-8表 シャへい無し型グローブボックス及びシャへい独立型グローブボックス
(自立式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その3)

加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置	
長辺	搬出入口(大)	(φ700) : ⑤A	3.37	3-a	
		(φ550) : ⑤B	3.41	3-b	
	搬出入口(小)	(φ250) : ⑥	4.09	3-c	
コネクタ部(ハーメチックシールタイプ, フランジ取付型)			: ⑦	4.41	3-d
コネクタ部(ハーメチックシールタイプ, 挟み込み型)			: ⑧	3.96	3-c
短辺	磁気シールユニット		: ⑨	5.45	3-e

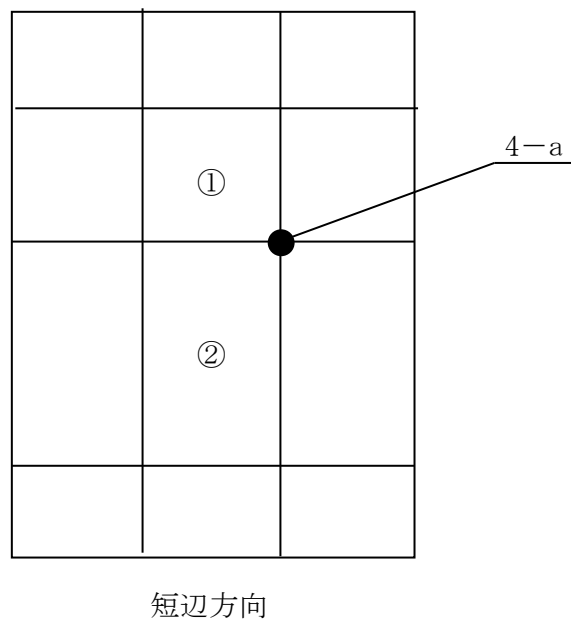


第3.4-8図 シャへい無し型グローブボックス及びシャへい独立型グローブボックス
(自立式)の機能維持確認済加速度選定位置(その3)

第3.4-9表 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(天井・壁支持方式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その1)

加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
短辺	窓板部	グローブポート : ①	5.70	4-a
	窓板部 ^(注1)	グローブポート : ②	5.70	4-b

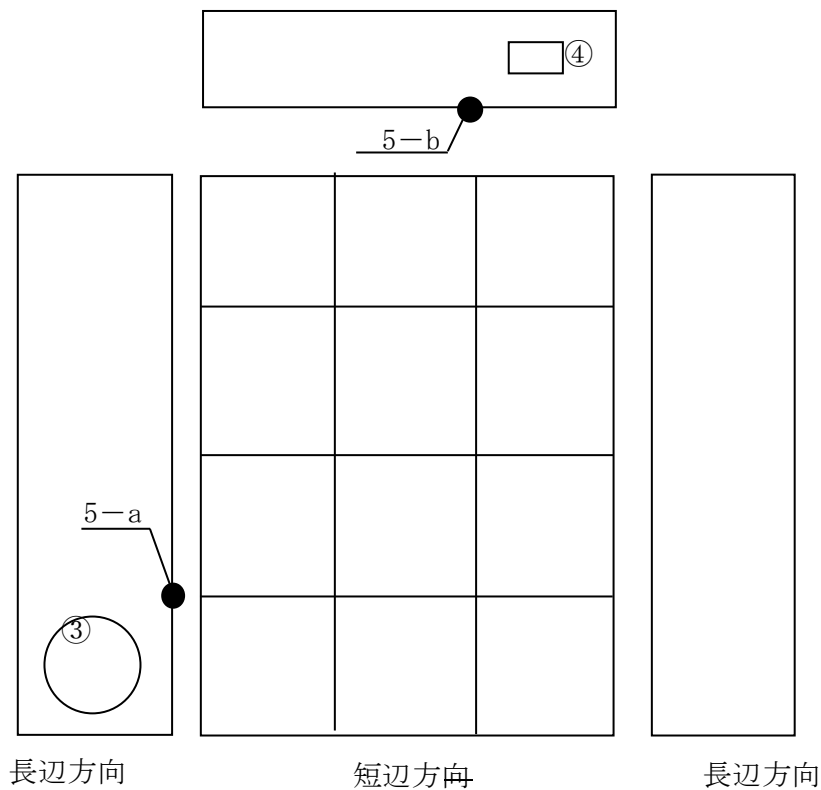
注:②については、大型窓板(約1.1m×約1.6m)を用いる場合に適用する。



第3.4-9図 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
(天井・壁支持方式)の機能維持確認済加速度選定位置(その1)

第3.4-10表 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
 (天井・壁支持方式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その2)

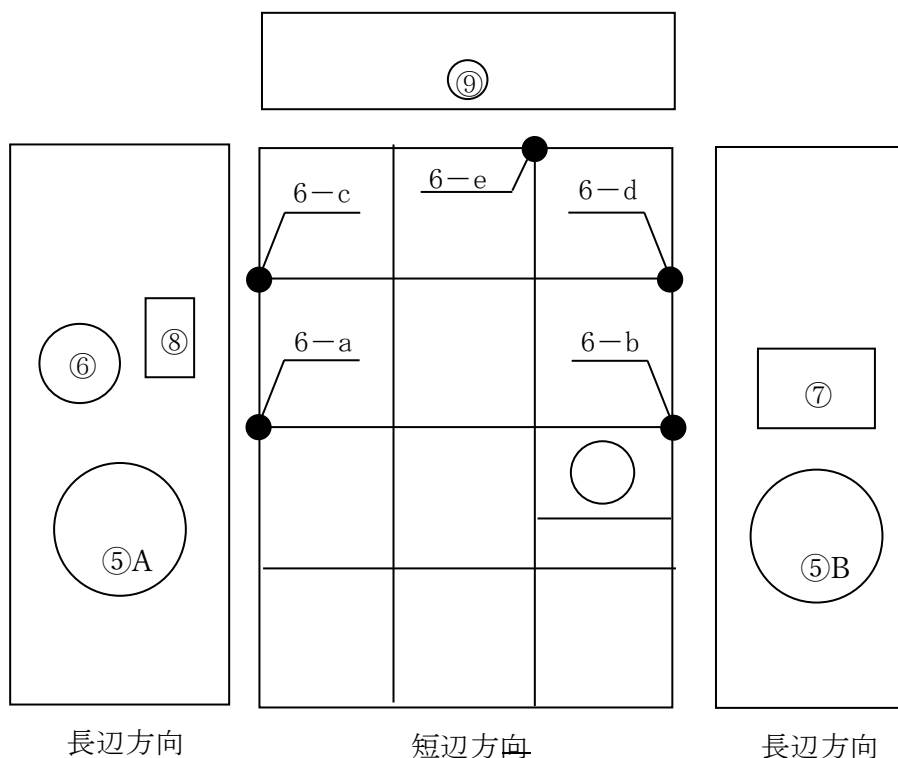
加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
長辺	搬出入口(小)	(φ260) : ③	2.34	5-a
	コネクタ部(気密部樹脂タイプ) : ④		5.40	5-b



第3.4-10図 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
 (天井・壁支持方式)の機能維持確認済加速度選定位置(その2)

第3.4-11表 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
 (天井・壁支持方式)の閉じ込め機能維持確認済加速度(その3)

加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置	
長辺	搬出入口(大)	(φ700) : ⑤A	3.17	6-a	
		(φ550) : ⑤B	3.06	6-b	
	搬出入口(小)	(φ250) : ⑥	3.36	6-c	
コネクタ部(ハーメチックシールタイプ, フランジ 取付型)			: ⑦	4.41	6-d
コネクタ部(ハーメチックシールタイプ, 挟み込み 型)			: ⑧	3.96	6-c
短辺	磁気シールユニット		: ⑨	5.45	6-e

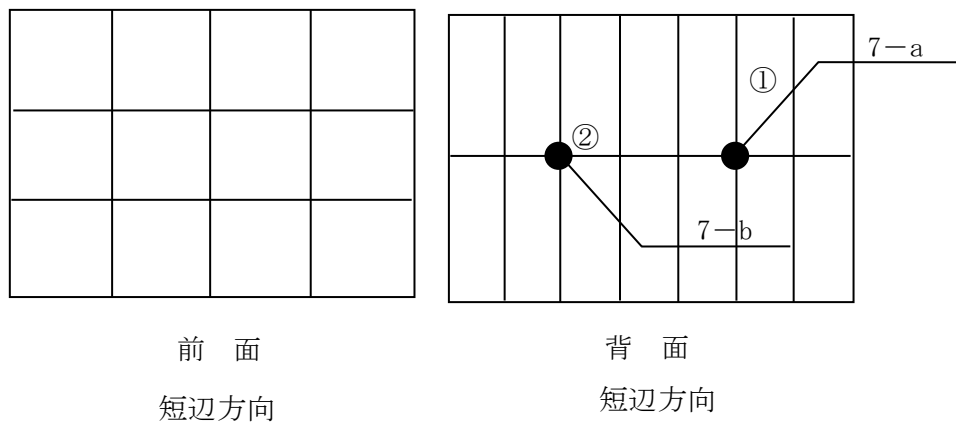


第3.4-11図 しゃへい無し型グローブボックス及びしゃへい独立型グローブボックス
 (天井・壁支持方式)の機能維持確認済加速度選定位置(その3)

第3.4-12表 機器・グローブボックス一体型グローブボックス(天井・壁支持方式)の
閉じ込め機能維持確認済加速度

加振方向	閉じ込め部材		機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
短辺	ステンレス パネル部 ^(注1)	グローブポート : ①	5.30	7-a
		搬出入口(小) (φ260) : ②	3.97	7-b

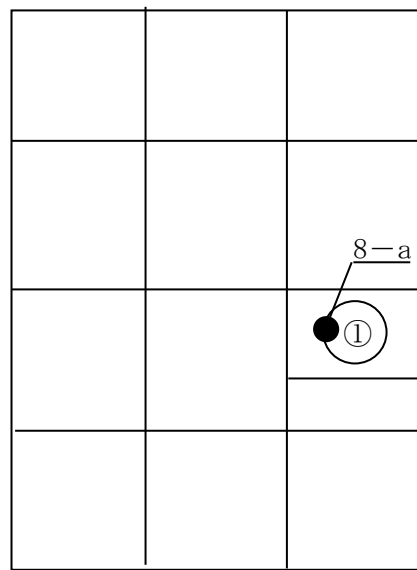
注1 長辺にステンレスパネルがあり、グローブポート、搬出入口(小)がある場合に適用する。



第3.4-12図 機器・グローブボックス一体型グローブボックス(天井・壁支持方式)の
機能維持確認済加速度選定位置

第3.4-13表 駆動軸貫通型グローブボックス(天井・壁支持方式)の
閉じ込め機能維持確認済加速度

加振方向	閉じ込め部材	機能維持確認済 加速度(G)	選定位置
長辺	シールベアリング : ①	3.10	8-a

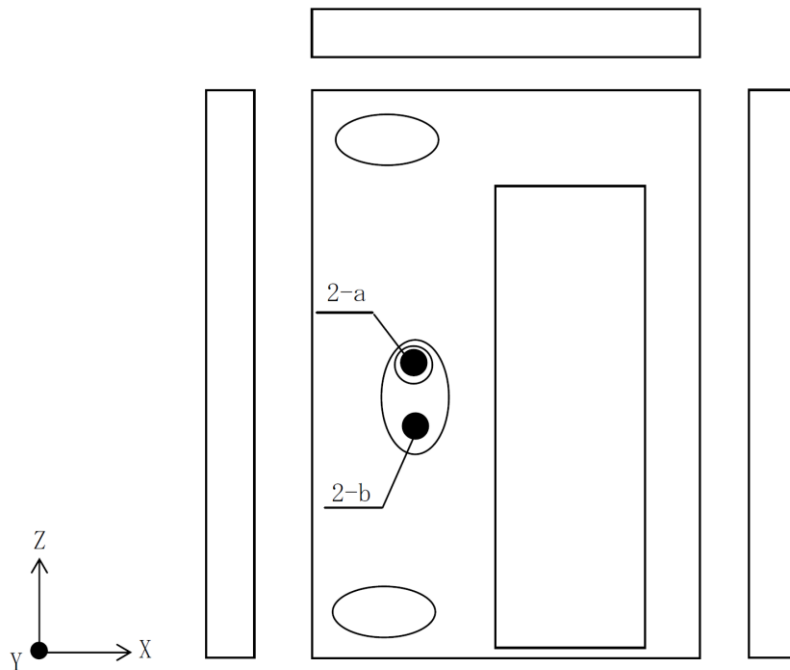


短辺方向

第3.4-13図 駆動軸貫通型グローブボックス(天井・壁支持方式)の
機能維持確認済加速度選定位置

第3.4-14表 壁用水平スライド方式(大型)防火シャッタの閉じ込め機能維持確認済加速度

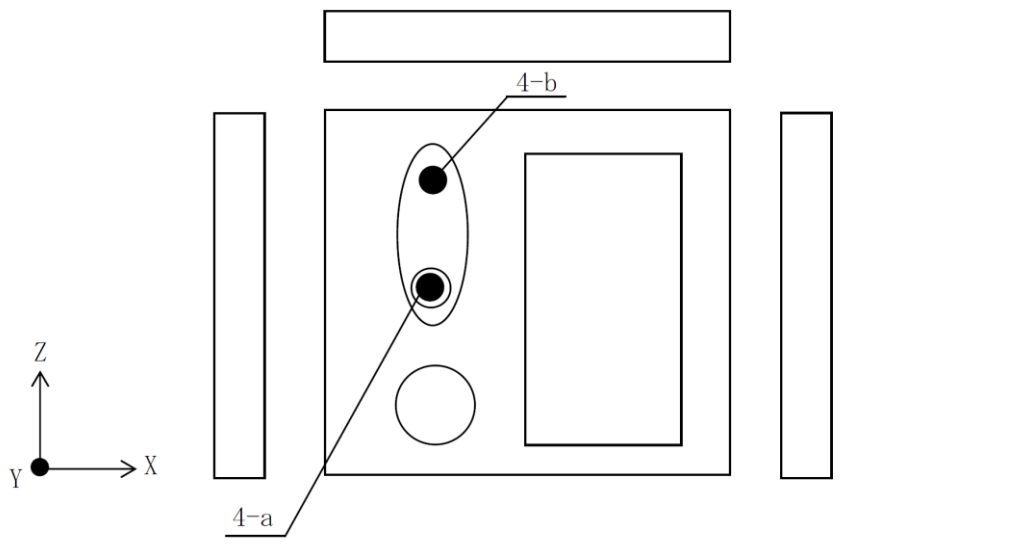
加振方向	閉じ込め部材	機能維持確認済 加速度 (G)	選定位置
Y	メンテナンスポート	3.82	2-a
	磁気シールユニット	4.18	2-b



第3.4-14図 壁用水平スライド方式(大型)防火シャッタの機能維持確認済加速度選定位置

第3.4-15表 壁用水平スライド方式(標準)防火シャッタの閉じ込め機能維持確認済加速度

加振方向	閉じ込め部材	機能維持確認済 加速度 (G)	選定位置
Y	メンテナンスポート	3.82	4-a
	磁気シールユニット	4.18	4-b



第3.4-15図 壁用水平スライド方式(標準)防火シャッタの機能維持確認済加速度選定位置

3.5 地震時の臨界安全性評価

地震時の臨界安全性は、「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算方法」の計算式を適用し、地震時の変位又は応力により評価を行う。

ここで、変位又は応力算出に用いる荷重は、有限要素モデル等により得られた値に置き換える。

4. 引用文献

- (1) 「グローブボックス耐震安全性実証試験 成果報告書」，科学技術庁(昭和63年3月)
- (2) 「改良グローブボックスの閉じ込め性能確認試験 最終報告書」，日本原燃株式会社他(平成6年3月)
- (3) 「グローブボックスの閉じ込め性能機能確認試験 成果報告書」，日本原燃株式会社他(平成19年10月)
- (4) 「グローブボックス耐震性確認試験 成果報告書」，日本原燃株式会社他(平成22年8月)
- (5) 「グローブボックスパネル変更に伴うグローブボックス加振試験報告書」，日本原燃株式会社他(平成30年11月)
- (6) 「グローブボックス閉じ込め部材の耐震確証試験報告書」，日本原燃株式会社他(平成30年11月)
- (7) 「防火シャッタの耐震確証試験報告書」，日本原燃株式会社他(平成30年11月)

IV－1－3－2－3

多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の耐震計算書作成の基本方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 計算条件	2
2.1 解析モデルの詳細設定	2
2.2 解析モデルの入力条件	2
2.2.1 寸法	2
2.2.2 拘束条件	2
2.2.3 温度	2
2.2.4 圧力	3
2.2.5 比重	3
2.2.6 断面特性	3
2.2.7 材料特性	3
2.2.8 質量	3
2.3 設計用地震力	3
2.3.1 設計用地震力	3
2.3.2 減衰定数	4
2.4 荷重の組合せ	4
2.4.1 機械的荷重	4
2.4.2 積雪荷重, 風荷重	4
2.5 許容限界	5
2.5.1 構造強度評価における許容限界	5
2.5.2 機能維持評価における許容限界	5
3. 計算式	6
3.1 構造強度評価	7
3.1.1 記号の説明	7
3.1.2 各部位の計算式	9
3.1.3 評価	10
3.2 動的機能維持評価	11
3.2.1 機能確認済加速度による評価	11

1. 概要

本資料は、多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の耐震性について、「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、構造強度の確認及び動的機能が維持できることを確認するための各計算条件の引用元と耐震計算式を示すものである。なお、計算方法にかかわらず設備全体に適用する計算条件については、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「2. 耐震設計のプロセス」に示す。

また、本資料の「2. 計算条件」及び「3. 計算式」により、各機器の耐震健全性を確認し、耐震計算書では、評価に用いた計算条件及び計算結果を示す。

2. 計算条件

多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管について、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3. 耐震設計プロセスの詳細」に示す耐震計算の条件とその引用元を以下に示す。

耐震計算に当たっては、配管ごとにこれらの計算条件を設定し、耐震計算書では、各配管の構造及び解析モデル、計算条件を示す。

2.1 解析モデルの詳細設定

解析モデルの設定に当たっては、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「2.2(2) 解析方法及び解析モデル」に示す、はり要素を用いた多質点系はりモデルに置換する。

また、分岐管がある場合には、その影響を考慮出来るモデル化を行う。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。

なお、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.1 解析モデルの選定」に基づき、配管ごとに適切な解析プログラムを適用し、固有周期の算出を行う。

2.2 解析モデルの入力条件

2.2.1 寸法

寸法は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(1) 寸法」に基づき、構造図等に記載の値を用いて配管ルート、支持点寸法及び断面特性を設定する。

2.2.2 拘束条件

拘束条件は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(2) 拘束条件」に基づき、構造図等から配管への支持構造物の取付位置、方向等を考慮し設定する。

2.2.3 温度

温度は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(3) 温度」に基づき、仕様表に記載の最高使用温度又は「VI-1-1-4-1 安全機能を有する施設が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「3.2(1)b. 環境温度及び湿度による影響」及び「VI-1-1-4-2 重大事故

等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「4. (2)b. 温度及び湿度による影響」に記載の環境温度を踏まえて設定する。

2.2.4 圧力

圧力は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(4) 圧力」に基づき、外圧あるいは内圧を考慮して耐震計算上厳しくなる条件として、仕様表に記載の最高使用圧力を踏まえて設定する。

2.2.5 比重

内包流体の比重は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(5) 比重」に基づき、設計図書から内包流体の種類、温度及び圧力を踏まえて設定する。

2.2.6 断面特性

断面特性は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(6) 断面特性」に基づき、「2.2.1 寸法」の配管の寸法を踏まえて算定する。

2.2.7 材料特性

材料特性は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(7) 材料特性」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」とおり、各材料について、「2.2.3 温度」の温度条件に応じた物性値により設定する。

2.2.8 質量

質量は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.1.2(8) 質量」に基づき、構造図等から設定する。

2.3 設計用地震力

2.3.1 設計用地震力

設計用地震力は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.1 設計用地震力」に基づき、以下の地震力を適用する。

静的地震力は、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙に示す配管据付位置に応じた静的震度を用いる。

動的地震力は、以下のとおり設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。

剛でない配管に対しては、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の基準地震動 S_s の設計用床応答曲線又は弾性設計用地震動 S_d の設計用床応答曲線を用いる。剛な配管に対しては、「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の最大床応答加速度を用いる。

また、屋外構築物に設置する配管は、配管の剛性に応じて「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」の別紙の設計用床応答曲線又は最大床応答加速度を用いる。

なお、建物・構築物間に渡って設置される配管については、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」の「1.3.3.9.3 建物・構築物の相対変位」に基づいた相対変位により生じる応力を考慮する。

2.3.2 減衰定数

減衰定数については、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.3.2 減衰定数」に基づき、「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」における機器・配管系の減衰定数を踏まえ、構造に応じた適切な減衰定数を適用する。

2.4 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.4 荷重の組合せの設定」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示される耐震重要度に応じて設定する。

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

2.4.1 機械的荷重

機械的荷重は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.1 機械的荷重」に基づき設定する。

2.4.2 積雪荷重，風荷重

積雪荷重，風荷重は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.4.2 積雪荷重，風荷重」に基づき設定することとし、屋外に設置される配管について、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-3表に基づき、配管の設置位置及び形状に応じて荷重条件として考慮する。

2.5 許容限界

2.5.1 構造強度評価における許容限界

構造強度評価における許容限界は、「IV-1-2-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.1 構造強度評価における許容限界」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第3.1-1表(2)及び第3.1-2表(2)に示すとおり、耐震重要度や設備の構造を踏まえて設定する。

なお、設備の構造から、配管と支持構造物で許容限界が異なることに留意し、部位に応じた適切な許容限界を設定する。

2.5.2 機能維持評価における許容限界

機能維持の確認は、弁に生じる加速度と機能確認済加速度との比較を行う場合と、機能確認済加速度との比較による確認で妥当性の確認をできない場合に、動的機能を維持できる部位の健全性を確認するために詳細評価を行うこととしており、以下のとおり許容限界を設定する。

(1) 動的機能維持評価

動的機能確認済加速度は、「IV-1-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「3.5.2 機能確認済加速度」に基づき、「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の第4-1表に示す機能確認済加速度又は加振試験で確認した機能確認済加速度を弁の種類に応じて設定する。

健全性を詳細評価により確認する場合は、それぞれ以下のとおり許容限界を用いる。

a. JEAG4601 に評価方法が示されている機種

JEAG4601 に示される評価項目に対して、弁に応じた設計条件から設定した値を用いる。

b. JEAG4601 に示されている機種とは異なる構造であり、既往の研究等を参考に異常要因分析に基づき評価を行う機種

異常要因分析に基づき設定した評価項目に対して、弁に応じた設計条件から設定した値を用いる。

なお、計算条件は上記のとおり設定するが、より保守的な計算条件を適用している場合は、その旨を耐震計算書に示す。

3. 計算式

「IV-1-2-2 配管の耐震計算に関する基本方針」の「4. 計算式の設定」に基づき、多質点系はりモデルを用いて評価を行う配管の評価項目及び部位に応じた計算式を以下に示す。

評価結果として、本項にて設定した計算式による算出値が、「2.5 許容限界」の許容限界を満足していることで耐震健全性を確認する。

3.1 構造強度評価

3.1.1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_2, C_{2b}, C_{2r}	JSME S NC1 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
i_1	応力係数でJSME S NC1 PPC-3810に規定する値又は1.33のいずれか大きい方の値	—
i_2	応力係数でJSME S NC1 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}	JSME S NC1 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)により生ずるモーメント	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)により生ずるモーメント	N・mm
M_b^*	地震による慣性力により生ずるモーメントの全振幅	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ず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ずるモーメントの全振幅	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ずるモーメントの全振幅	N・mm
M_{rs}	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ずるモーメントの全振幅	N・mm
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

記号	記号の説明	単位
S_n	一次+二次応力	MPa
S_p	ピーク応力	MPa
$S_{pr m}$	一次応力	MPa
S_y	JSME S NC1 付録材料図表Part5 表8に規定する材料の設計降伏点	MPa
t	管の厚さ	mm
Z, Z_i	管の断面係数	mm ³
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 ³
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 ³

3.1.2 各部位の計算式

3.1.2.1 配管の応力

(1) 一次応力

$$S_{p_{rm}} = PD_0 / 4t + 0.75 i_1 (M_a + M_b) / Z$$

(2) 一次+二次応力

$$S_n = (0.75 i_1 M_b^* + i_2 M_c) / Z$$

(3) 疲労評価

一次+二次応力が $2S_y$ を超えるときは「IV-1-3-2-1 定式化された計算式を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1.3.4 疲労評価」に示す計算式のとおり、簡易弾塑性解析により疲労解析を行い、疲労累積係数を求める。

ただし、配管の一次+二次応力及びピーク応力はそれぞれ以下の計算式により求める。

a. 一次+二次応力

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n = C_{2b} M_{b_s} / Z_b + C_{2r} M_{r_s} / Z_r$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_2 M_{i_s} / Z_i$$

b. ピーク応力

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = K_{2b} C_{2b} M_{b_s} / Z_b + K_{2r} C_{2r} M_{r_s} / Z_r$$

(b) (a)以外の管

$$S_p = K_2 C_2 M_{i_s} / Z_i$$

3.1.2.2 支持構造物の応力又は荷重評価

支持構造物の応力又は荷重評価は、「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す計算式に基づき算出する。

3.1.3 評価

配管については、「3.1.2 各部位の計算式」で算出した応力が「2.5 許容限界」の許容限界以下であること。

支持構造物は、算出した応力又は荷重が「IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針」に示す許容応力又は許容荷重(定格荷重, 最大使用荷重, 設定荷重)以下であること。

3.2 動的機能維持評価

3.2.1 機能確認済加速度による評価

弁の応答加速度が「2.5.2 機能維持評価における許容限界」に示す機能確認済加速度以下であること。