

3. 耐震性に関する添付説明書

3-1. 耐震性に関する説明書

3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針

3-3. 配管及び容器の耐震強度評価の基本方針

3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針

3-3-2. 容器の耐震強度評価の基本方針

3-3-2-1. 四脚たて置円筒形容器

3-3-2-2. 横置二胴円筒形容器

3-4. 耐震性に関する添付計算書

3-4-1. 原子炉容器等の耐震強度評価

3-4-1-1. 上部遮蔽体の耐震強度評価

3-4-1-2. 下部遮蔽体の耐震強度評価

3-4-2. 原子炉冷却系統施設の耐震強度評価

3-4-2-1. 1次冷却材熱交換器の耐震強度評価

3-4-2-2. 1次冷却系設備主配管の耐震強度評価

3-4-2-3. 2次冷却系設備主配管の耐震強度評価

3-4-2-4. 重水溢流タンクの耐震強度評価

3-4-2-5. 重水系設備主配管の耐震強度評価

3-4-2-6. ヘリウム圧縮機の耐震強度評価

3-4-2-7. ヘリウム系設備主配管の耐

震強度評価

- 3-4-2-8. サイフォンブレーク弁及び
接続管の耐震強度評価
- 3-4-2-9. 原子炉プール溢流タンクの
耐震強度評価
- 3-4-3. 計測制御系統施設の耐震強度評価
 - 3-4-3-1. 核計装案内管の耐震強度評
価
 - 3-4-3-2. 制御棒駆動機構及び制御棒
駆動機構案内管の地震応答
解析
 - 3-4-3-3. 制御棒駆動機構及び制御棒
駆動機構案内管の耐震強度
評価
 - 3-4-3-4. 重水ダンプ弁の接続管の耐
震強度評価
- 3-4-4. 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震強度
評価
 - 3-4-4-1. 炉室排気系主ダクトの耐震
強度評価
 - 3-4-4-2. 実験利用設備排気系主ダク
トの耐震強度評価
- 3-4-5. ダクトの耐震強度評価
- 3-4-6. 核燃料物質の取扱設備及び貯蔵設備
の耐震強度評価
 - 3-4-6-1. 燃料搬送装置の耐震強度評
価
 - 3-4-6-2. 使用済燃料貯蔵ラック A 型

の耐震強度評価

3-4-6-3. 使用済燃料貯蔵ラックB型の耐震強度評価

3-4-7. その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震強度評価

3-4-7-1. ビームチューブ接続管の耐震強度評価

3-4-7-2. 前部水封用止板の耐震強度評価

3-4-7-3. 水力照射設備主配管の耐震強度評価

3-4-7-4. 気送照射設備主配管の耐震強度評価

3-4-7-5. 放射化分析用照射設備主配管の耐震強度評価

3-4-7-6. クライオスタットの耐震強度評価

3-4-7-7. 炉室給気系主ダクトの耐震強度評価

3-5. 添付図表

3－1．耐震性に関する説明書

目次

1. 耐震設計の基本方針	添 3-1-1
2. 耐震設計上の重要度分類	添 3-1-1
3. 地震力の算定法	添 3-1-2
4. 荷重の組合せと許容限界	添 3-1-3
4.1 耐震設計上考慮する状態	添 3-1-3
4.2 荷重の種類	添 3-1-4
4.3 荷重の組合せ	添 3-1-4
4.4 許容限界	添 3-1-5
5. 機能維持の検討	添 3-1-6
6. 耐震性評価	添 3-1-6
6.1 耐震性評価の考え方	添 3-1-6
6.2 水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する評価手法	添 3-1-6
6.3 機器・配管系の耐震性評価	添 3-1-7
7. 減衰定数	添 3-1-7
8. 設計用床応答スペクトル及び加速度時刻歴波形	添 3-1-8
9. 波及的破損に対する考慮	添 3-1-8

1. 耐震設計の基本方針

耐震設計の基本方針は原子炉設置変更許可申請書に従い、次のように定める。

原子炉施設の耐震設計は、試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解釈の基本的考えを参考にして以下の項目に従って行い、基準地震動による地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう原子炉施設に十分な耐震性をもたせる。

- (1) 原子炉は、基準地震動による地震力に対しても、原子炉プール水の喪失を防止し、炉心部が露出しない構造とする。
- (2) 原子炉は、基準地震動による地震力に対しても、安全に核的停止ができる機能を有する。
- (3) 重要度分類及び地震によって安全機能が喪失した場合の放射線による周辺公衆への影響の程度に応じて、原子炉施設の耐震設計上の重要度を3つのクラスに分類する。
- (4) 原子炉施設の構造設計及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

2. 耐震設計上の重要度分類

(1) 分類の原則

原子炉施設の耐震設計上の重要度を次のS、B、Cのクラスに分類する。

Sクラス：安全施設のうち、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばく（安全機能の喪失による周辺公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えることをいう。）を与えるおそれのある設備・機器等を有する施設。

Bクラス：安全施設のうち、その機能を喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設。

Cクラス：Sクラス、Bクラス以外であって、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設。

(2) 重要度によるクラス別施設

プール型炉であることの特徴を考慮し、耐震設計上の重要度分類に従った各クラスに属する施設を以下に示す。また、Sクラスの施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。その際、設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響、Sクラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響並びに下位クラス施設の損傷、転倒、落下等によるSクラス施設への影響を考慮する。

Sクラス：

- (a) 炉心及び冠水維持設備を構成する機器・配管系
- (b) 炉心から取り出した直後の使用済燃料を貯蔵するための施設
- (c) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- (d) その他

B クラス：

- (a) 1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- (b) 1次冷却系に直接つながっている施設
- (c) 十分冷却した使用済燃料を保管するための施設
- (d) 放射性廃棄物を内蔵している施設
- (e) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設
- (f) 放射性物質の放出を伴うような場合その外部放散を抑制するための施設
- (g) 放射線の監視をするための設備
- (h) 重水を内蔵している施設
- (i) 炉心を保護する施設
- (j) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- (k) その他

C クラス：

- (a) Sクラス、Bクラスに属さない施設

3. 地震力の算定法

原子炉施設は、以下の方法で算定される静的地震力及び動的地震力に対して耐えるよう設計する。

(1) 静的地震力

a. 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに、当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を 0.2 以上とし、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とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度より算定するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

b. 機器・配管系

耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記 a. に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求めるものとする。なお、水平地震力と鉛直地震力とは同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設及びBクラスの施設のうち共振のおそれのあるものに適用する。Sクラスの施設については、基準地震動及び弾性設計用地震動から定める入力地震動を適用する。弾性設計用地震動は基準地震動の応答スペクトルとの比率を0.5倍として設定する。Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものに基づく地震力を適用する。本設工認申請においてBクラスの施設のうち共振のあるものは、1次冷却系設備主配管、2次冷却系設備主配管、重水系設備主配管、ヘリウム系設備主配管、核計装案内管、重水ダンプ弁の接続管、ダクト、炉室排気系主ダクト、実験利用設備排気系主ダクト、ビームチューブ接続管、水力照射設備主配管、気送照射設備主配管、放射化分析用照射設備主配管、クライオスタット、炉室給気系主ダクトである。基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。また、JRR-3原子炉施設の設計用地震動は原子炉設置変更許可申請書添付書類六「5. 地震」に示す基準地震動 S_s-1 から S_s-4 、 S_s-D を用いる。基準地震動 S_s の応答スペクトルを図-3-1.1に、時刻歴波形を図-3-1.2及び図-3-1.3に示す。

4. 荷重の組合せと許容限界

4.1 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

(1) 建物・構築物

(i) 運転時の状態

原子炉施設が運転状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態。

ただし、運転状態には通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(ii) 設計基準事故時の状態

原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(2) 機器・配管

(i) 通常運転時の状態

原子炉の起動、停止、出力運転及び燃料交換等が計画的に行われた場合、運転条件が所定の制限値内にある運転状態。

(ii) 運転時の異常な過渡変化時の状態

原子炉の運転状態において、原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤動作又は運転員の単一誤操作によって外乱が加えられた状態及びこれらと類似の頻度で発生し、原子炉施設の運転状態が計画されていない状態。

(iii) 設計基準事故時の状態

運転時の異常な過渡変化時を超える異常状態であって、発生する頻度は稀であるが、原子炉施設の安全性を評価する観点から想定される設計基準事故事象が発生した状態。

4.2 荷重の種類

(1) 建物・構築物

(i) 原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常的气象条件による荷重。

(ii) 運転時の状態で施設に作用する荷重

(iii) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

ただし、設計基準事故時に建物・構築物に加わる荷重は特にはない。

(iv) 地震力

地震力には、地震時土圧、機器・配管からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

(2) 機器・配管

(i) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重

(ii) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重

(iii) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

(iv) 地震力

4.3 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは以下による。

(1) 建物・構築物

(i) 地震力と常時作用している荷重、運転時（通常運転時、運転時の異常な過渡変化時）に施設に作用する荷重とを組み合わせる。

(2) 機器・配管

(i) 地震力と通常運転時の状態で作用する荷重とを組み合わせる。

(ii) 地震力と運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態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って作用する荷重とを組み合わせる。

(iii) 地震によって引き起こされるおそれがなく、かつその事象によって作用する荷重が短時間で終結する場合には地震力とは組み合わせない。

- (3) 荷重の組合せ上の留意事項
 - (i) Sクラスの施設においては、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向に作用するものとする。
 - (ii) 明らかに他の荷重の組合せ状態での評価が厳しいことが判明している場合には、その荷重の組合せ状態での評価は行わない場合がある。
 - (iii) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明しているならば、必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。
 - (iv) 耐震クラスの異なる施設を支持する建物・構築物等の当該部分の支持機能を検討する場合においては、支持される施設の耐震クラスに応じた地震力と常時作用している荷重、運転時に施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

4.4 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は以下のとおりとする。

(1) 建物・構築物

(i) Sクラスの建物・構築物

- (a) 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界
建築基準法等の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。
- (b) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界
建物・構築物が構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕を持たせることとする。なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形、又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とする。

(ii) B、Cクラスの建物・構築物

建築基準法等の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。

(2) 機器・配管

(i) Sクラスの機器・配管

- (a) 弾性設計用地震力又は静的震度による地震力との組合せに対する許容限界
降伏応力はこれと同等の安全性を有する応力を許容限界とする。
- (b) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界
構造物の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の機能に影響を及ぼすことがない限度に応力を制限する。

(ii) B、Cクラスの機器・配管

降伏応力又はこれと同等の安全性を有する応力を許容限界とする。

5. 機能維持の検討

(1) 動的機器

地震時又は地震後に動作を要求される S クラスの動的機器については、解析又は実験等により動作機能が阻害されないことを確認する。

(2) 制御棒挿入性に係る変形に対する配慮

制御棒駆動機構は、下部遮蔽体及び炉下室から支持構造物により固定し、地震時に過大な変位が生じないように考慮する。

6. 耐震性評価

6.1 耐震性評価の考え方

S クラスである機器・配管系については、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づく入力地震動によって耐震性を確認する。B クラスである機器・配管系については、弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものに基づく入力地震動によって耐震性を確認する。

6.2 水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する評価手法

施設の耐震設計では、施設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。

本申請における機器・配管系の耐震性評価では、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことを受けて既往の設工認で採用していた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 方向及び鉛直方向の組合せを考慮する。組合せ方法は米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、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 SRSS 法を適用する。ただし、従来水平 1 方向及び鉛直方向の組合せによって算出した応力に水平 2 方向を考慮した場合の最大の応力増加率を乗じることで、簡易的に水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる応力を算定する。ここで、応力増加率は下式の関係から $\sqrt{2} \cong 1.42$ とする。なお、組合せ方法は SRSS 法のほかに、絶対値和法、代数和法も適用し、構造的に水平 2 方向の地震力の組合せが不要な機器については、考慮不要とする。また、応答の同時性を各時刻歴で考慮できる 3 方向の時刻歴波を同時に入力する方法を適用する。

$$\sqrt{\text{水平}X^2 + \text{水平}Z^2 + \text{鉛直}Y^2} < \sqrt{2} \times \sqrt{\text{MAX}[\text{水平}X^2 + \text{鉛直}Y^2, \text{水平}Z^2 + \text{鉛直}Y^2]}$$

↑
水平 2 方向及び鉛直方向の組合せ

↙ ↘
水平 1 方向及び鉛直方向の組合せ

6.3 機器・配管系の耐震性評価

具体的に確認する内容を以下に示す。

(1) 機器・配管

- (i) JRR-3 原子炉施設の基準地震動として、応答スペクトル法による地震動 S_s-D (水平方向 1 成分と鉛直方向 1 成分) と断層モデルにより策定された地震動 S_s-1 から S_s-4 (水平方向 2 成分 (NS、EW) と鉛直方向 1 成分) の 2 種類の手法によって策定された地震動がある。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あたっては、時刻歴波を 3 方向同時入力する方法または、水平 2 方向それぞれについて解析し、これらを SRSS 法により組合せ、水平 2 方向を考慮した場合の最大の応力増加率 1.42 を乗じる方法によって検討する。

本設工認申請において時刻歴波を 3 方向同時入力する方法を適用する機器・配管系は、制御棒駆動装置、クライオスタット、1 次冷却系設備主配管の一部である。

- (ii) 機器・配管系の動的解析に用いる地震力は、建物・構築物の地震応答解析結果より得られる機器・配管系の設置床における設計用床応答スペクトル及び加速度時刻歴波形に基づき算定する。なお、機器・配管系の柔構造及び剛構造の判断基準は、固有周期の評価より固有振動数 20Hz を判断基準とする。ただし、原子炉本体に接続する機器については、原子炉建家の設計用床応答スペクトルで約 0.03s 付近で単調増加ではない周期があるため固有振動数 50Hz を判断基準とする。

機器・配管系の動的解析は、その形状を考慮して、分布質量系、1 質点系、多質点系モデル等に置換し、スペクトルモーダル解析法、時刻歴応答解析法等により応答を求める。

7. 減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は、JEAC4601 に規定される値とする。以下に使用する減衰定数を示す。なお、ヘリウム系設備主配管、非常用排気設備主ダクト、炉室排気系主ダクト、水力照射設備主配管、気送照射設備主配管、放射化分析用照射設備主配管では 1.0% より大きい減衰定数は使用せず、保守的に減衰定数 1.0% を使用する。

設備	減衰定数 (%)
溶接構造物	1.0
ボルト及びリベット構造物	2.0
配管系 ⁽¹⁾	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0
液体スロッシング	0.5

注(1)：配管系の減衰定数は、支持具の種類及び数量、保温材の有無により決定される配管区分による。

8. 設計用床応答スペクトル及び加速度時刻歴波形

機器・配管系の動的解析には、建物・構築物の地震応答解析結果より得られる機器・配管系設置床における設計用床応答スペクトル及び加速度時刻歴波形を用いる。地震動は水平2方向（NS、EW）と鉛直方向（UD）の地震波を使用する。設計用床応答スペクトルの作成概念を図-3-1.4に示す。

なお、今回使用する動的地震力は、 $S_s-1(S_d-1)$, $S_s-2(S_d-2)$, $S_s-3(S_d-3)$, $S_s-4(S_d-4)$, $S_s-D(S_d-D)$ の5種類あるため、解析の際は、これらの設計用床応答スペクトルについて包絡したものをを用いる。今回申請する評価対象設備・機器において使用する水平2方向（NS、EW）と鉛直方向（UD）の設計用床応答スペクトル及び加速度時刻歴波形を図-3-1.5から図-3-1.37に示す。

9. 波及的破損に対する考慮

高位に分類された建物・構築物及び機器・配管は、それ自身が属するクラスに応じた地震力に対して健全であるように設計するが、さらに低位に分類された関連施設又は近傍施設の破損、変位、変形などによって、高位の施設に波及的事故が起きないように考慮する。

また、各クラスの配管系が隣接する場合、低位クラスの配管系はその破損等により高位クラスの配管系に波及的影響を与えないように考慮する。

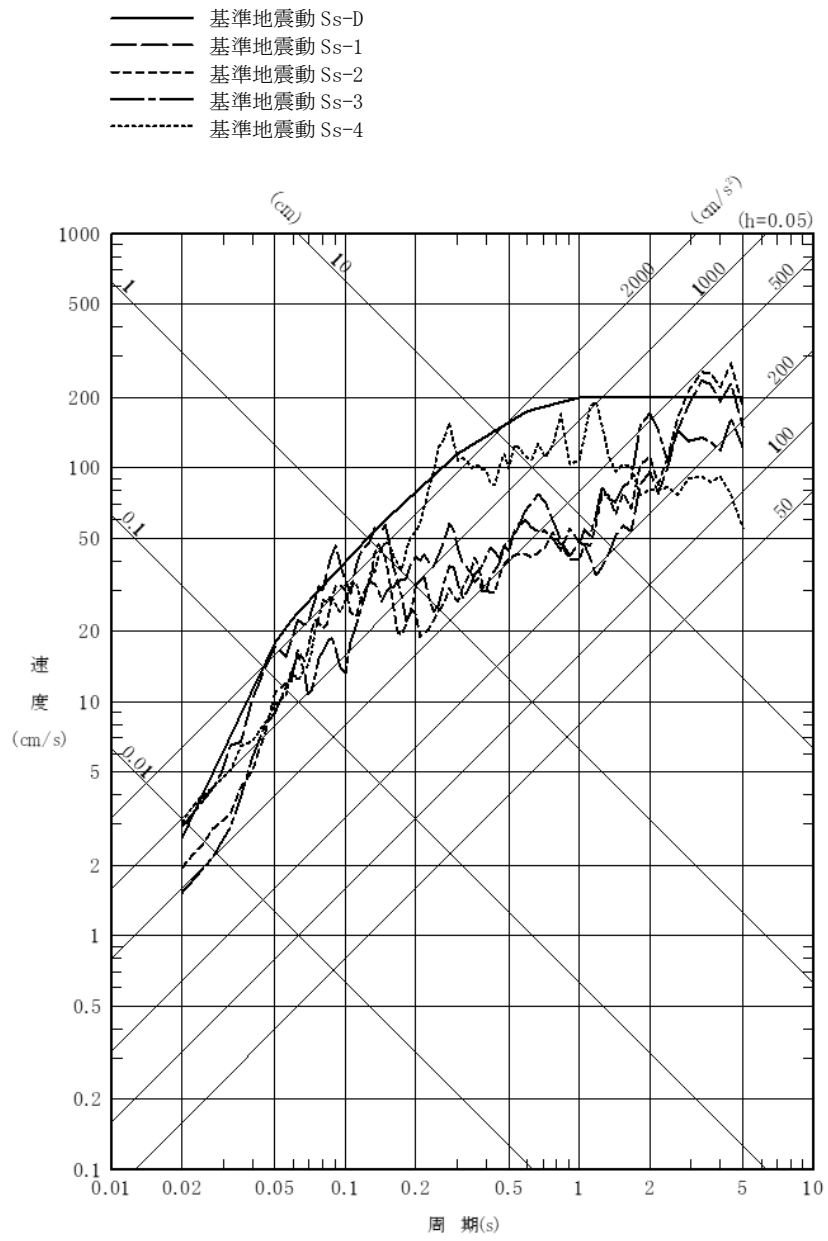


図-3-1.1(1) 基準地震動 Ss の応答スペクトル (水平方向 : NS 成分)

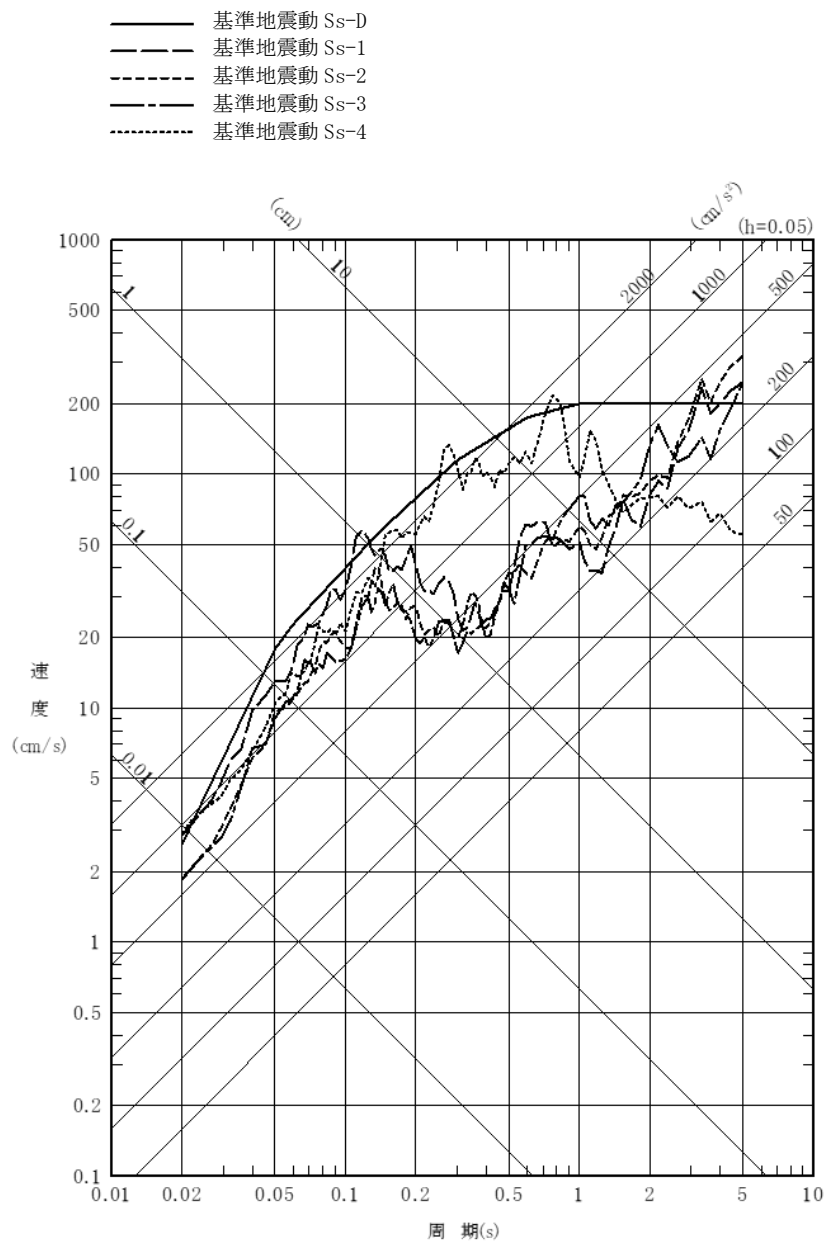


図-3-1.1(2) 基準地震動 S_s の応答スペクトル (水平方向 : EW 成分)

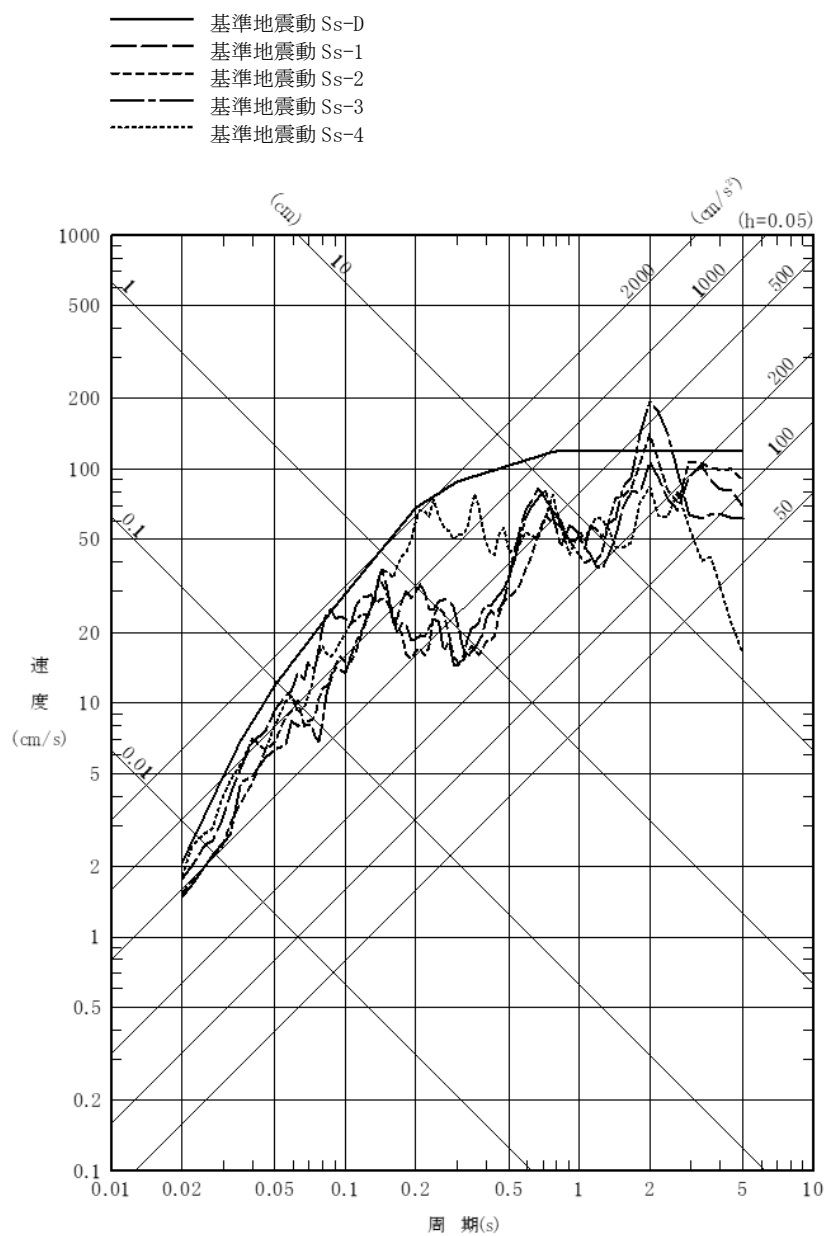
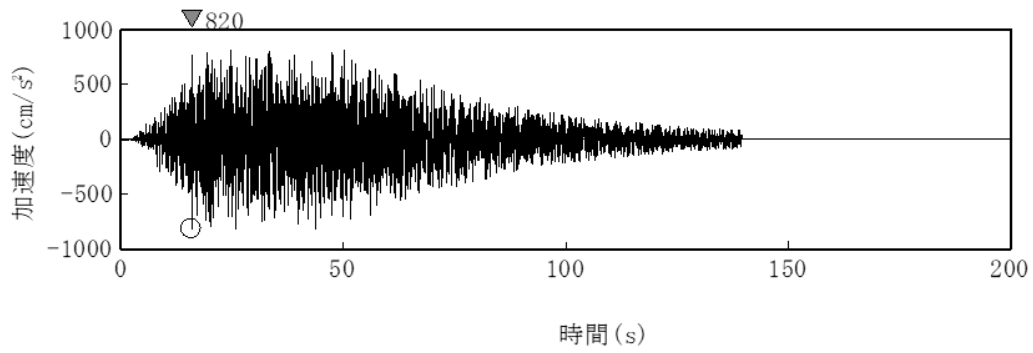
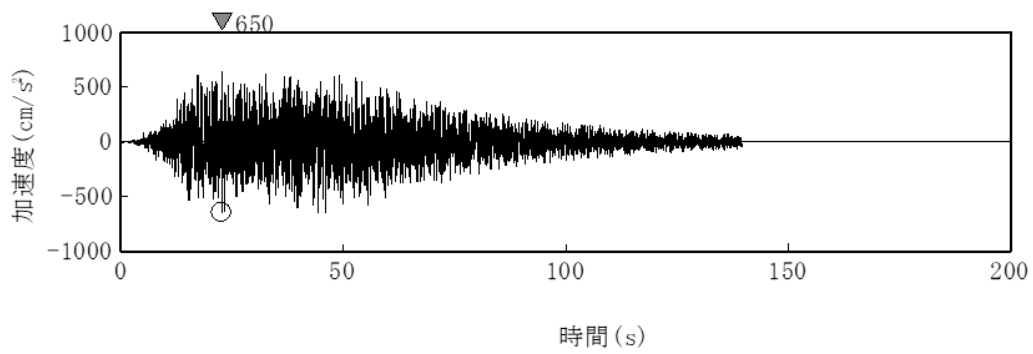


図-3-1.1(3) 基準地震動 Ss の応答スペクトル (鉛直方向 : UD 成分)

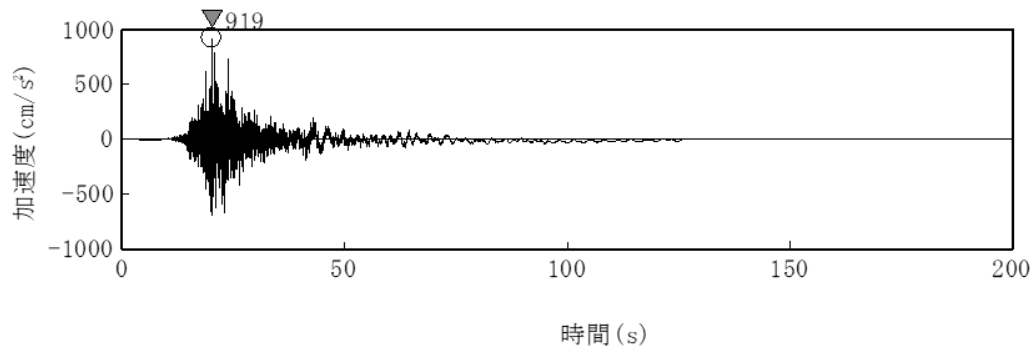


(水平成分)

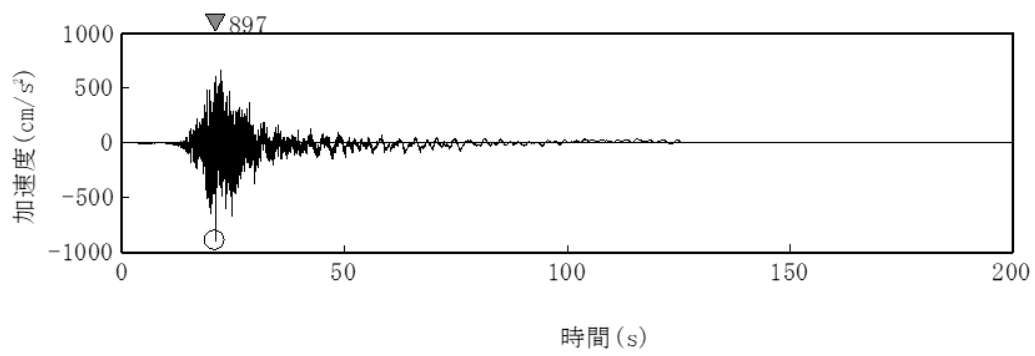


(鉛直成分)

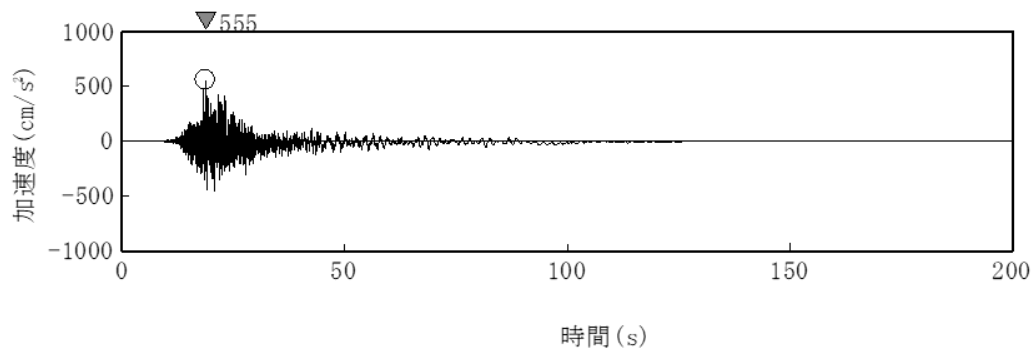
図-3-1.2 基準地震動 S_S-D の時刻歴波形



(NS 成分)

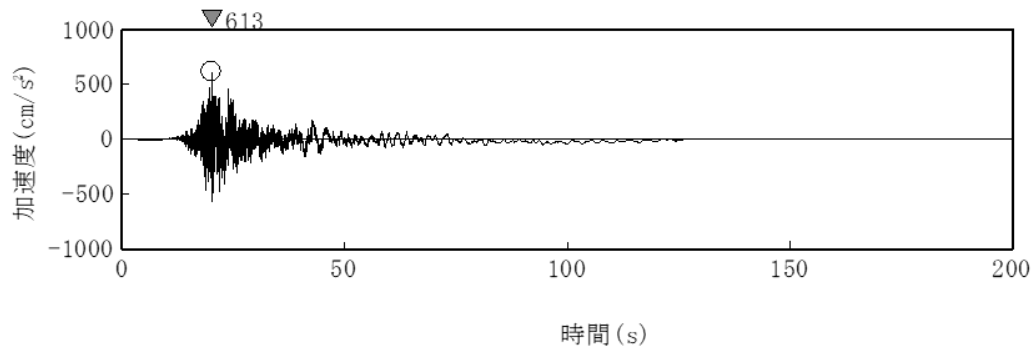


(EW 成分)

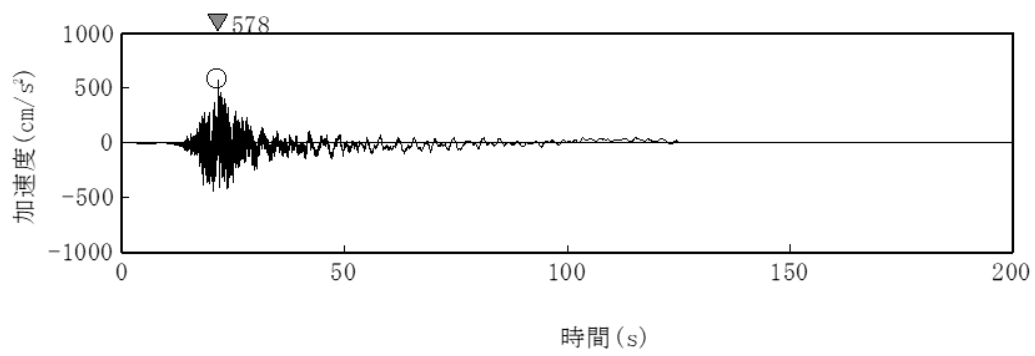


(UD 成分)

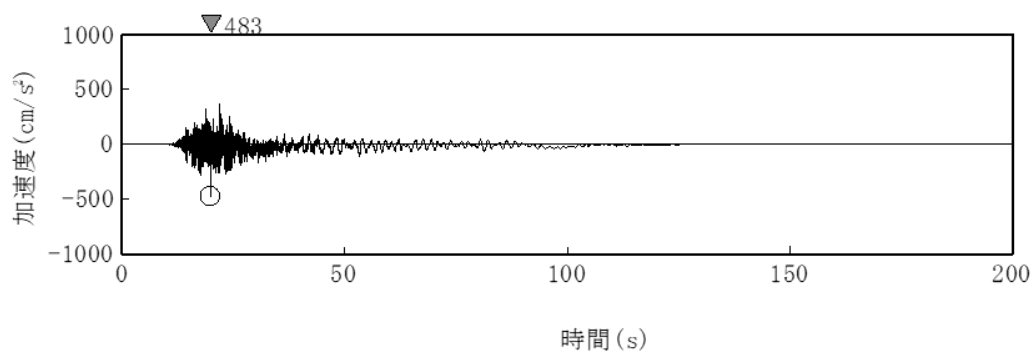
図-3-1.3(1) 基準地震動 Ss-1 の時刻歴波形



(NS 成分)

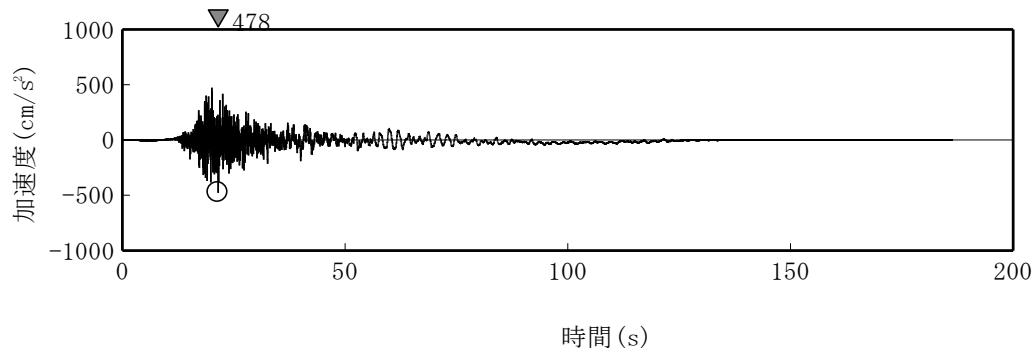


(EW 成分)

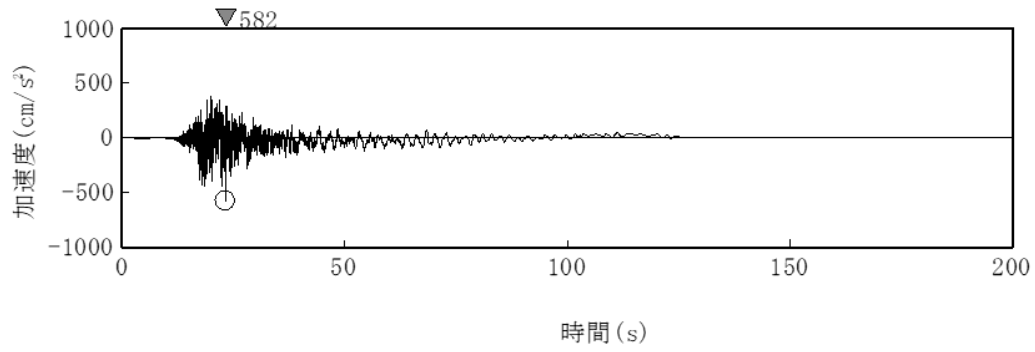


(UD 成分)

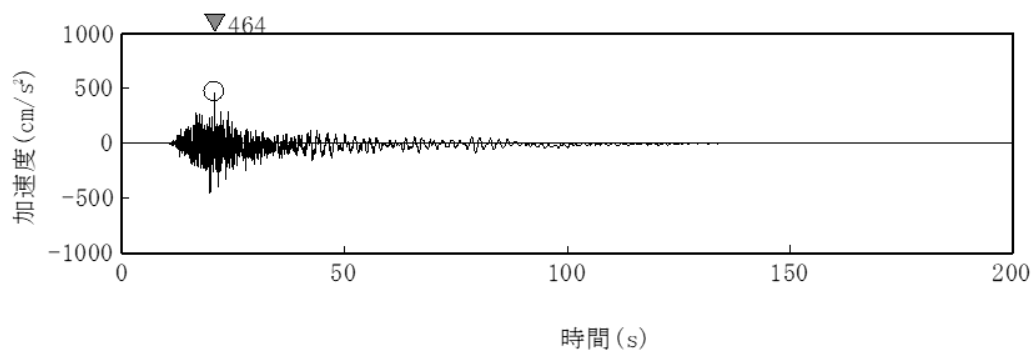
図-3-1.3(2) 基準地震動 Ss-2 の時刻歴波形



(NS 成分)

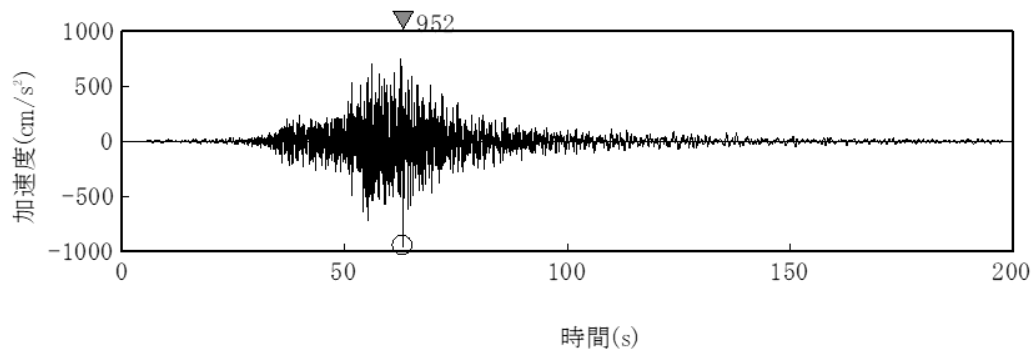


(EW 成分)

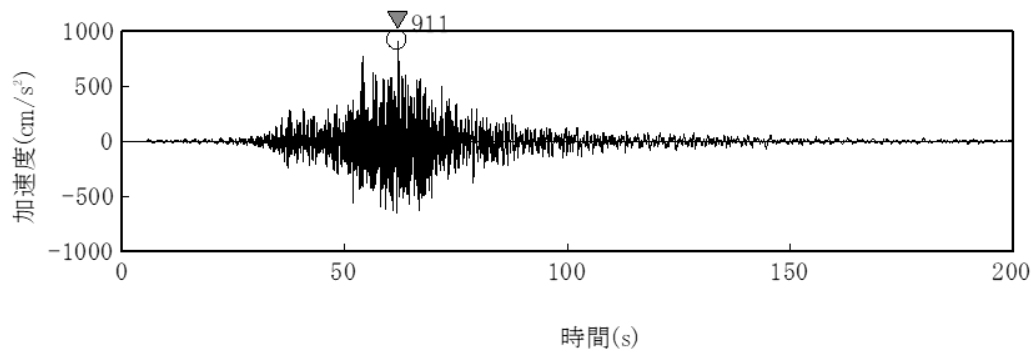


(UD 成分)

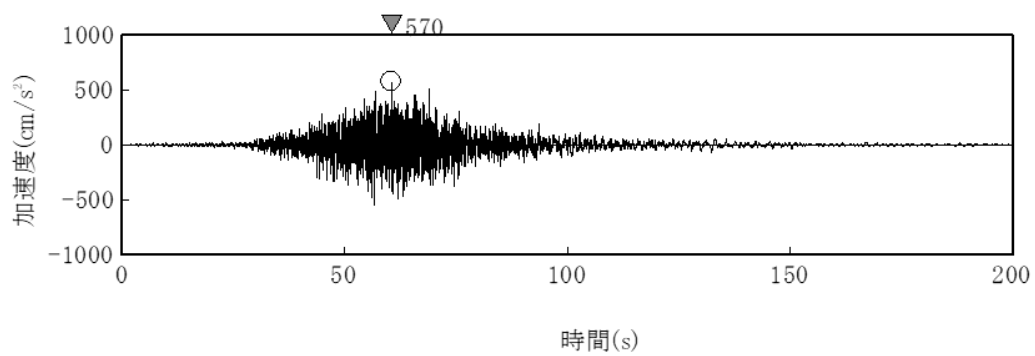
図-3-1.3(3) 基準地震動 Ss-3 の時刻歴波形



(NS 成分)



(EW 成分)



(UD 成分)

図-3-1.3(4) 基準地震動 Ss-4 の時刻歴波形

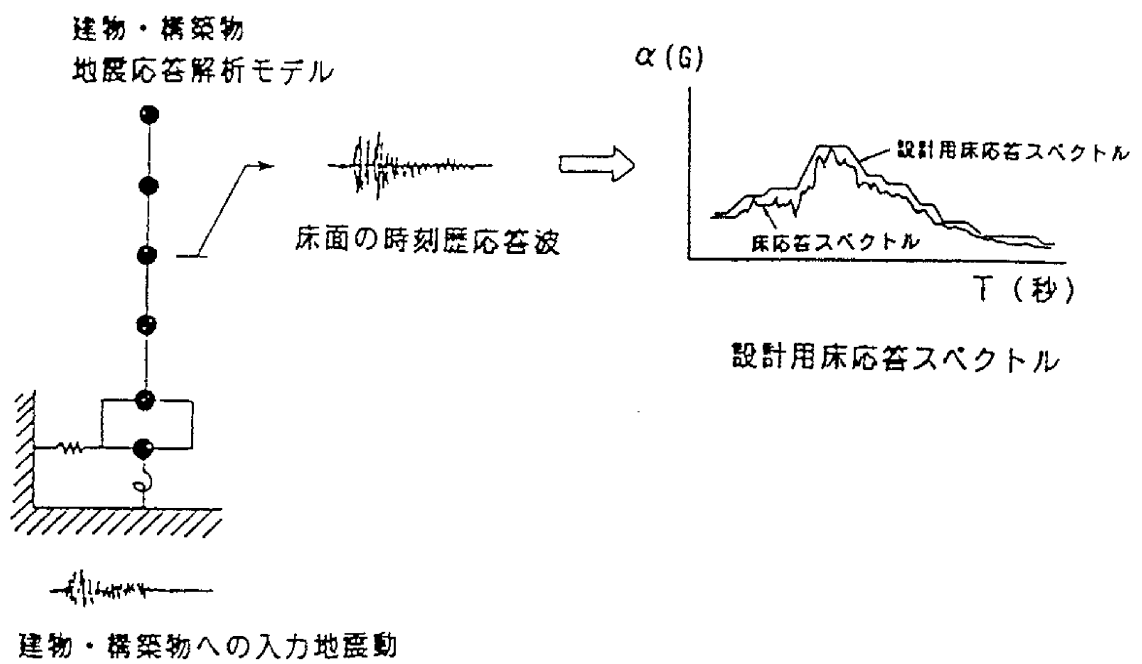


図-3-1.4 設計用床応答スペクトルの作成概念

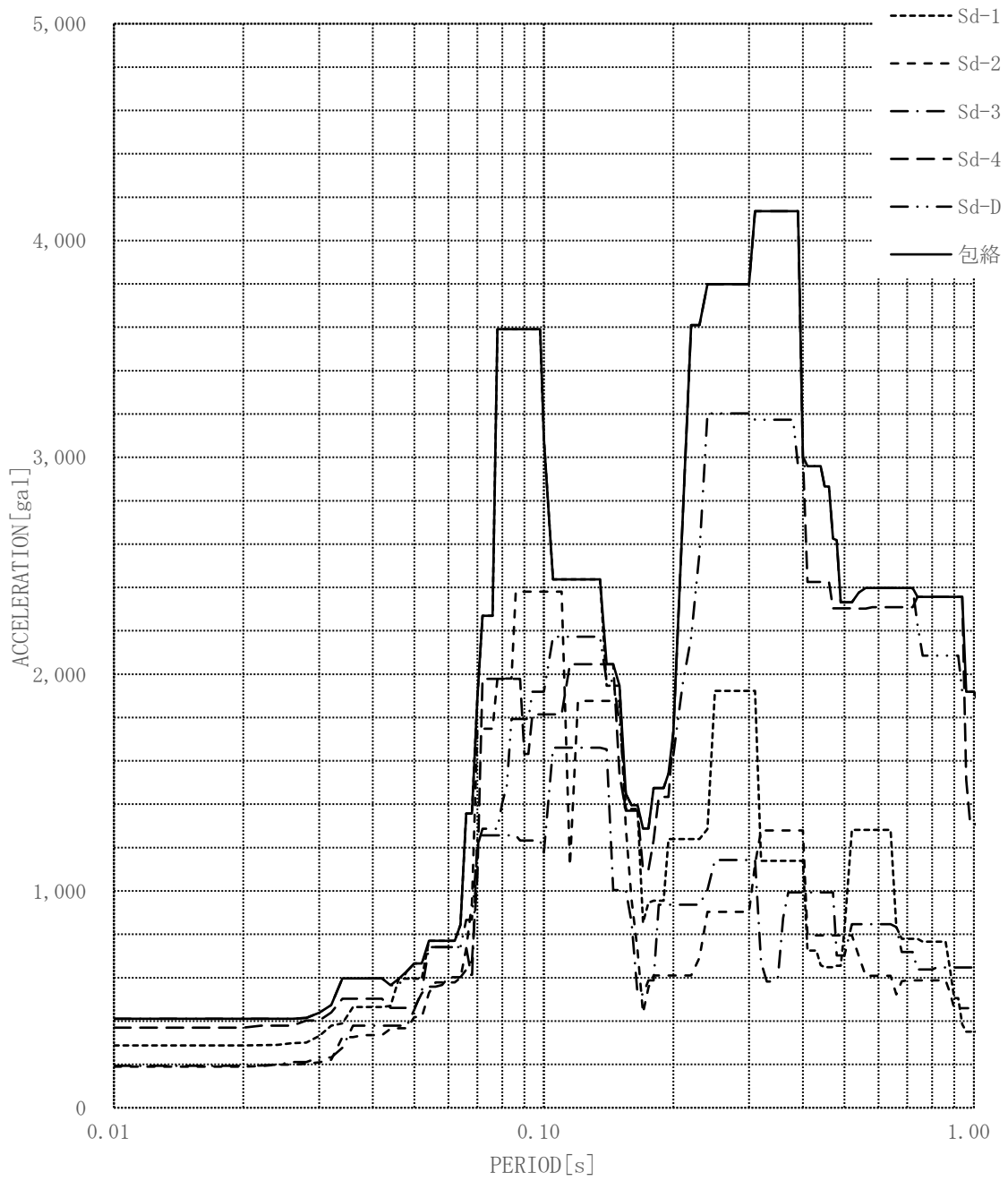


図-3-1.5 (1) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:NS, 減衰:0.5%)

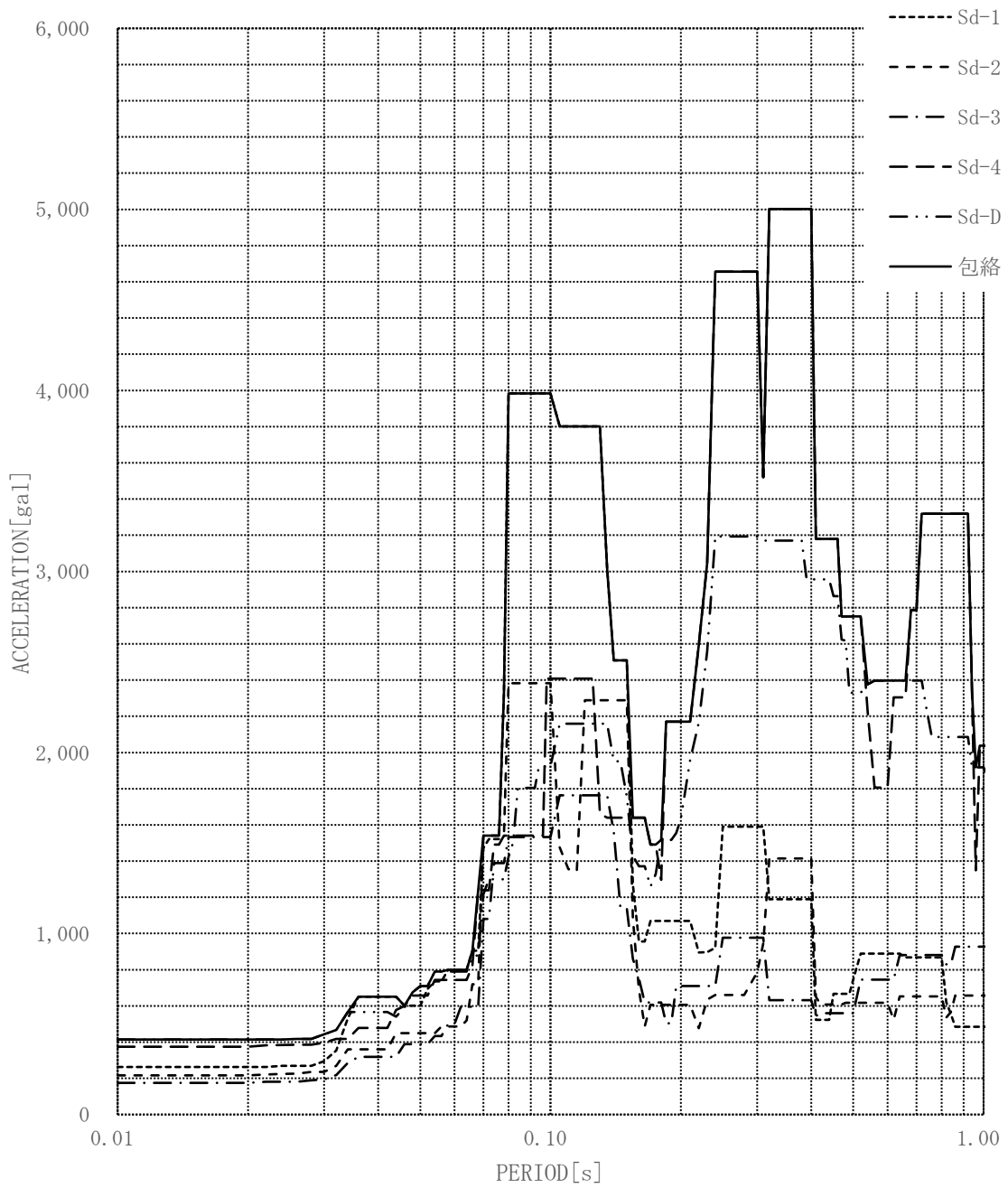


図-3-1.5 (2) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:EW, 減衰:0.5%)

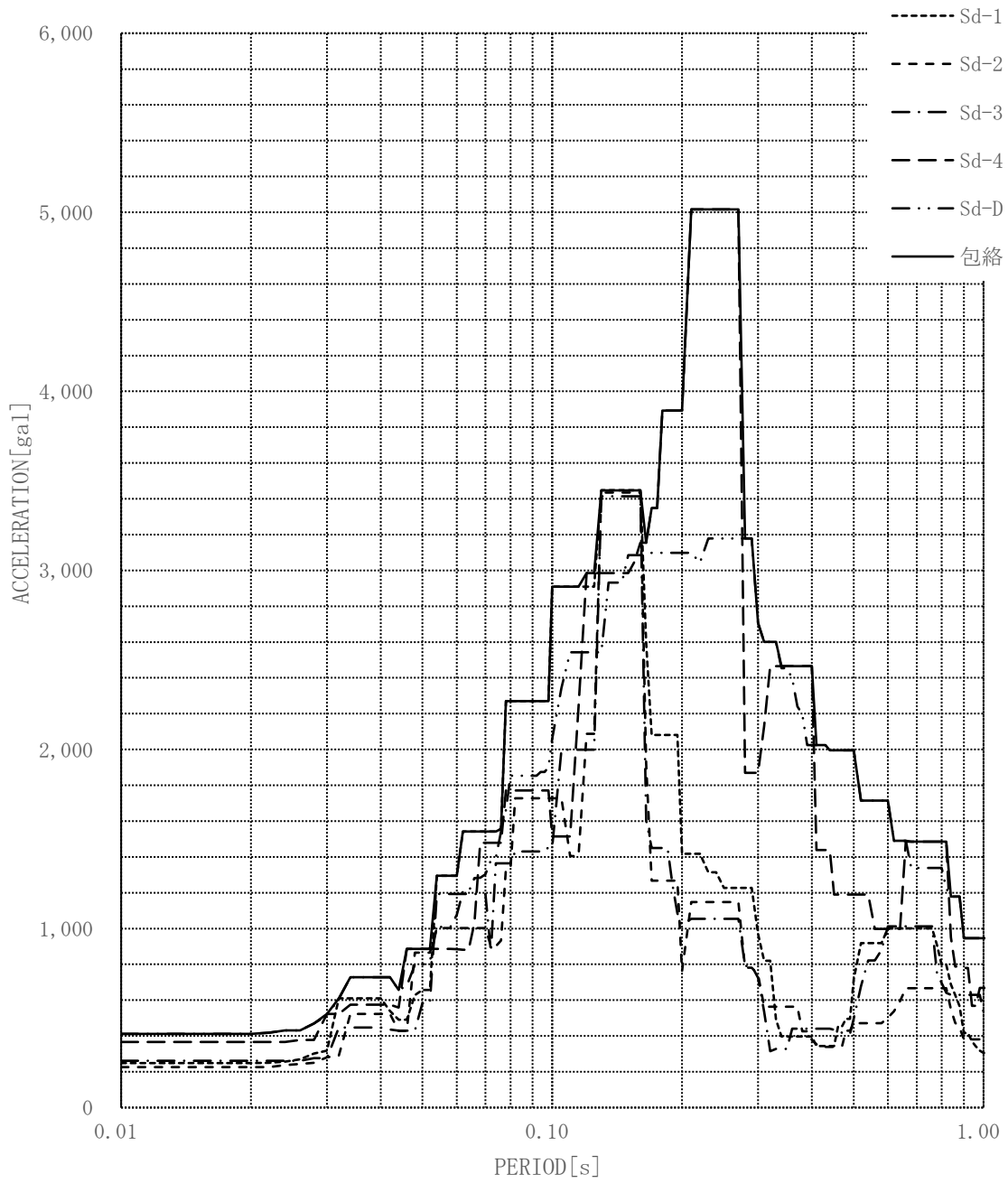


図-3-1.5 (3) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:UD, 減衰:0.5%)

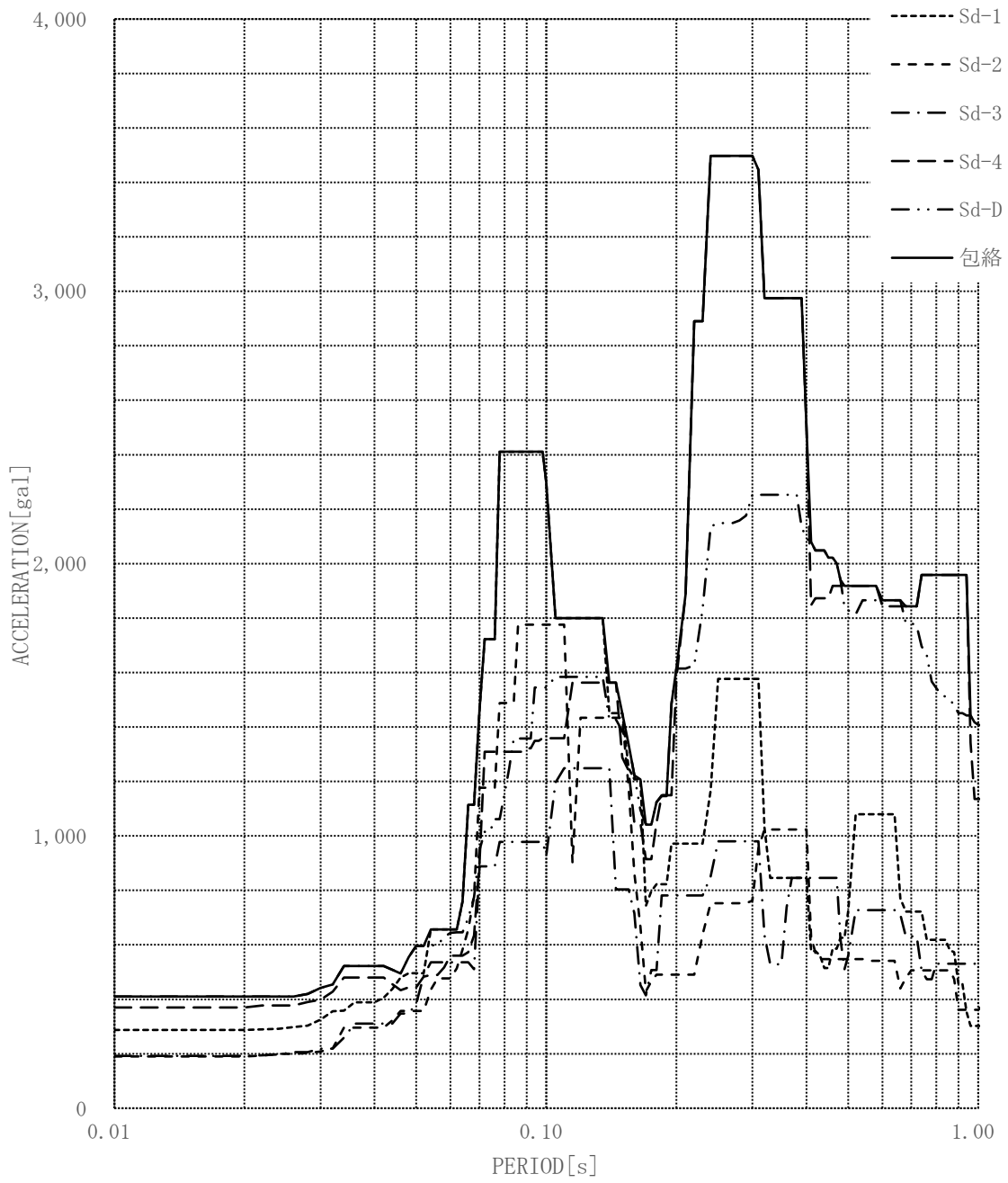


図-3-1.6 (1) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:NS, 減衰:1.0%)

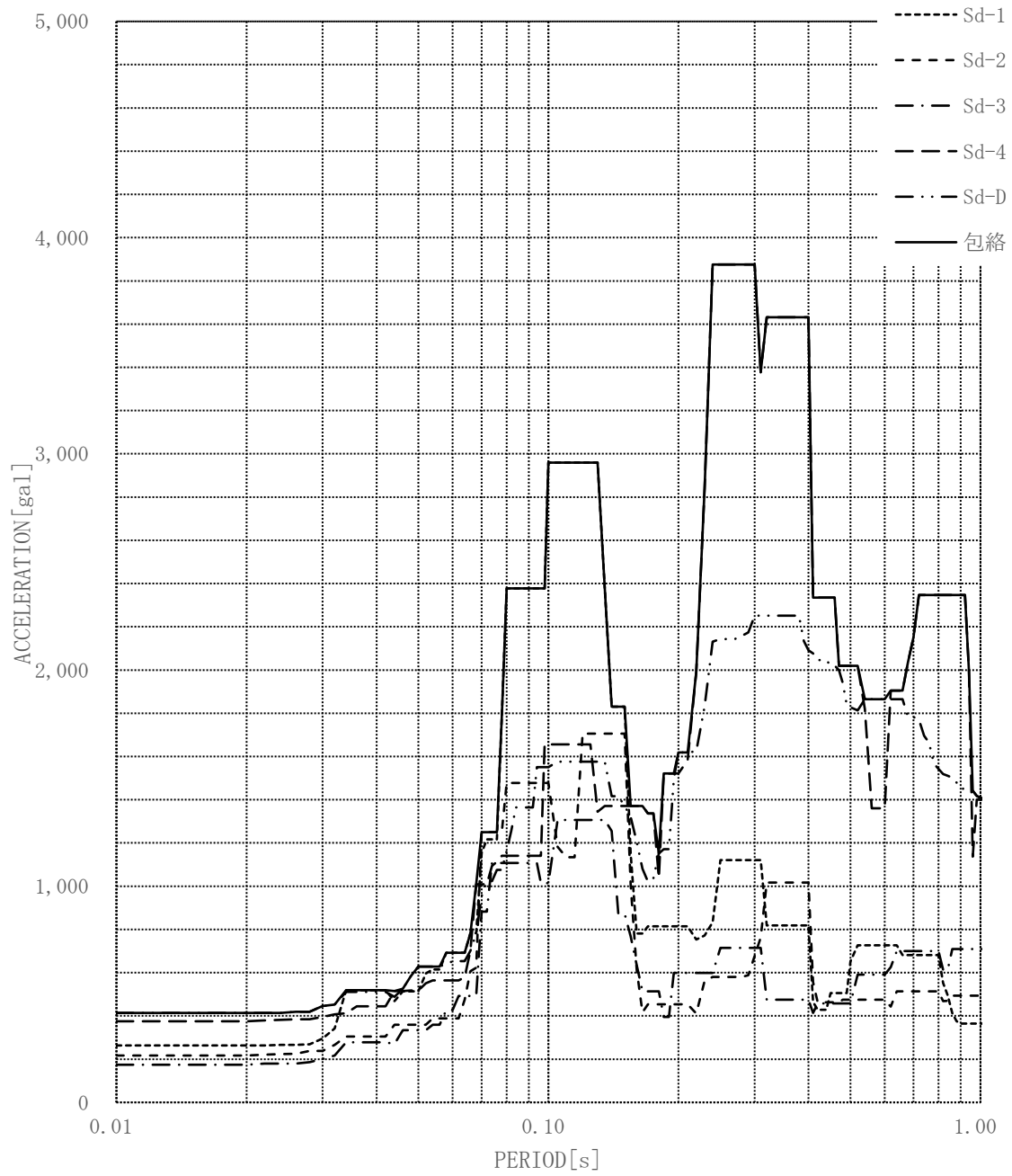


図-3-1.6 (2) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:EW, 減衰:1.0%)

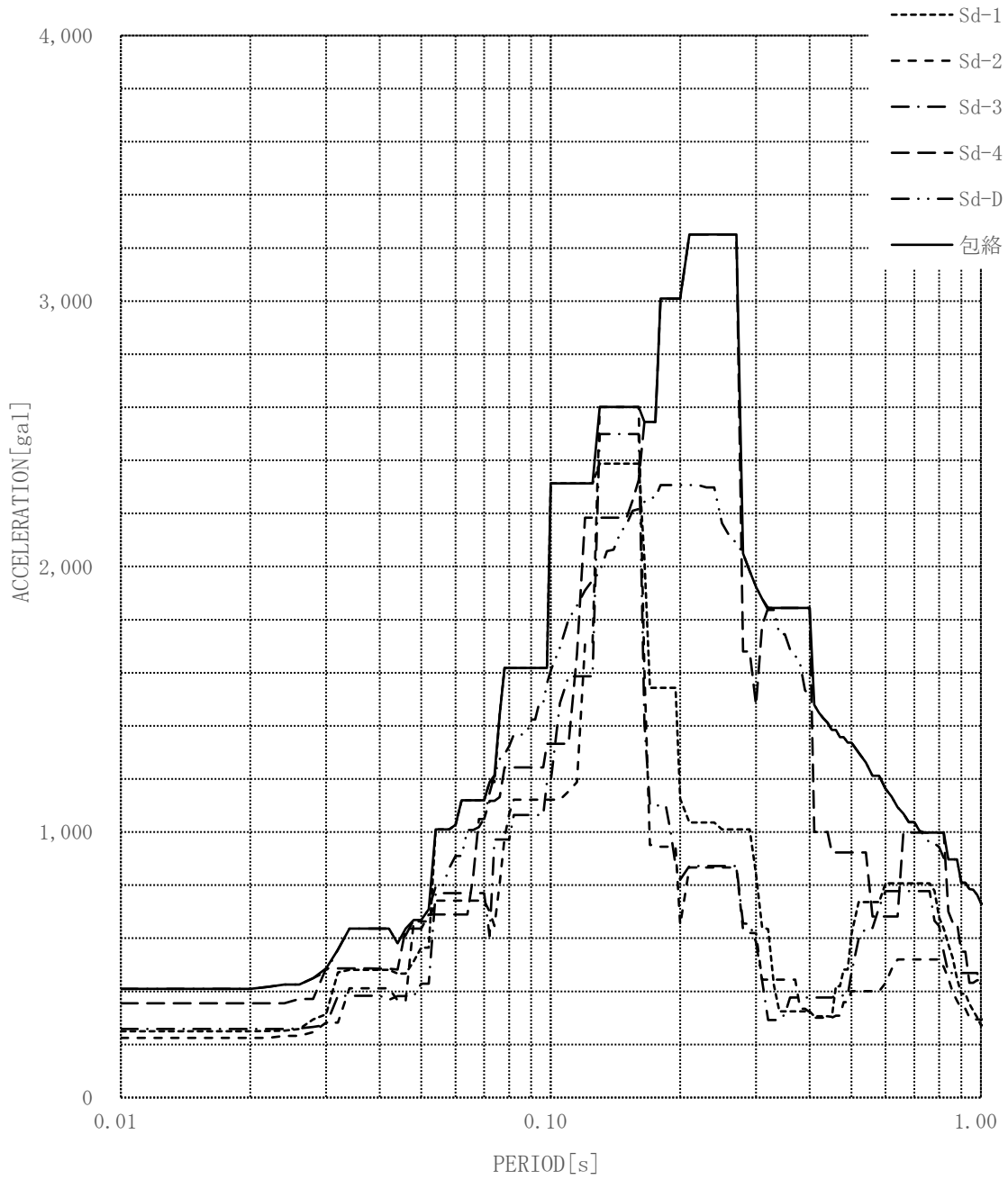


図-3-1.6 (3) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:2, 方向:UD, 減衰:1.0%)

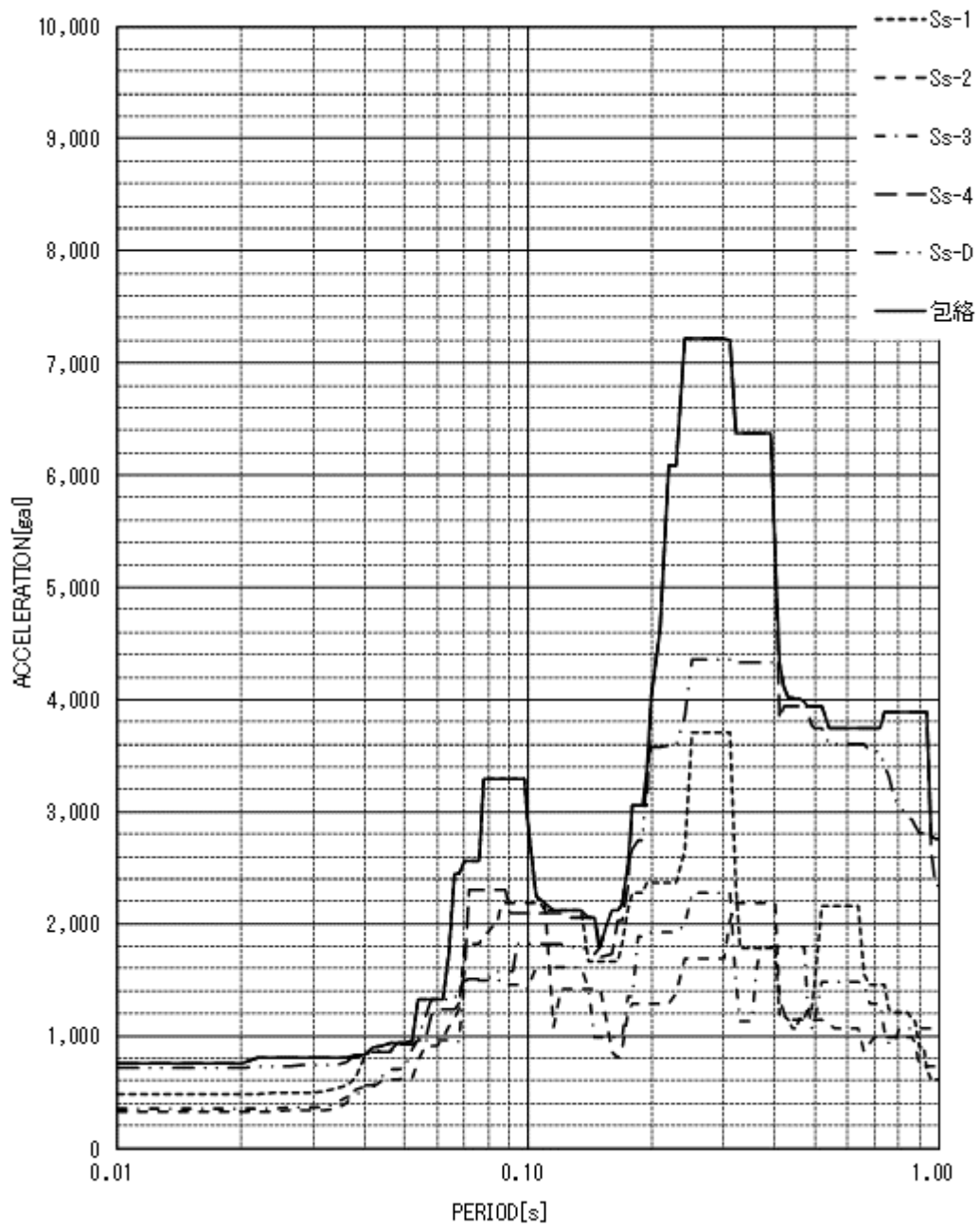


図-3-1.7 (1) 床応答スペクトル(地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:NS, 減衰:1.0%)

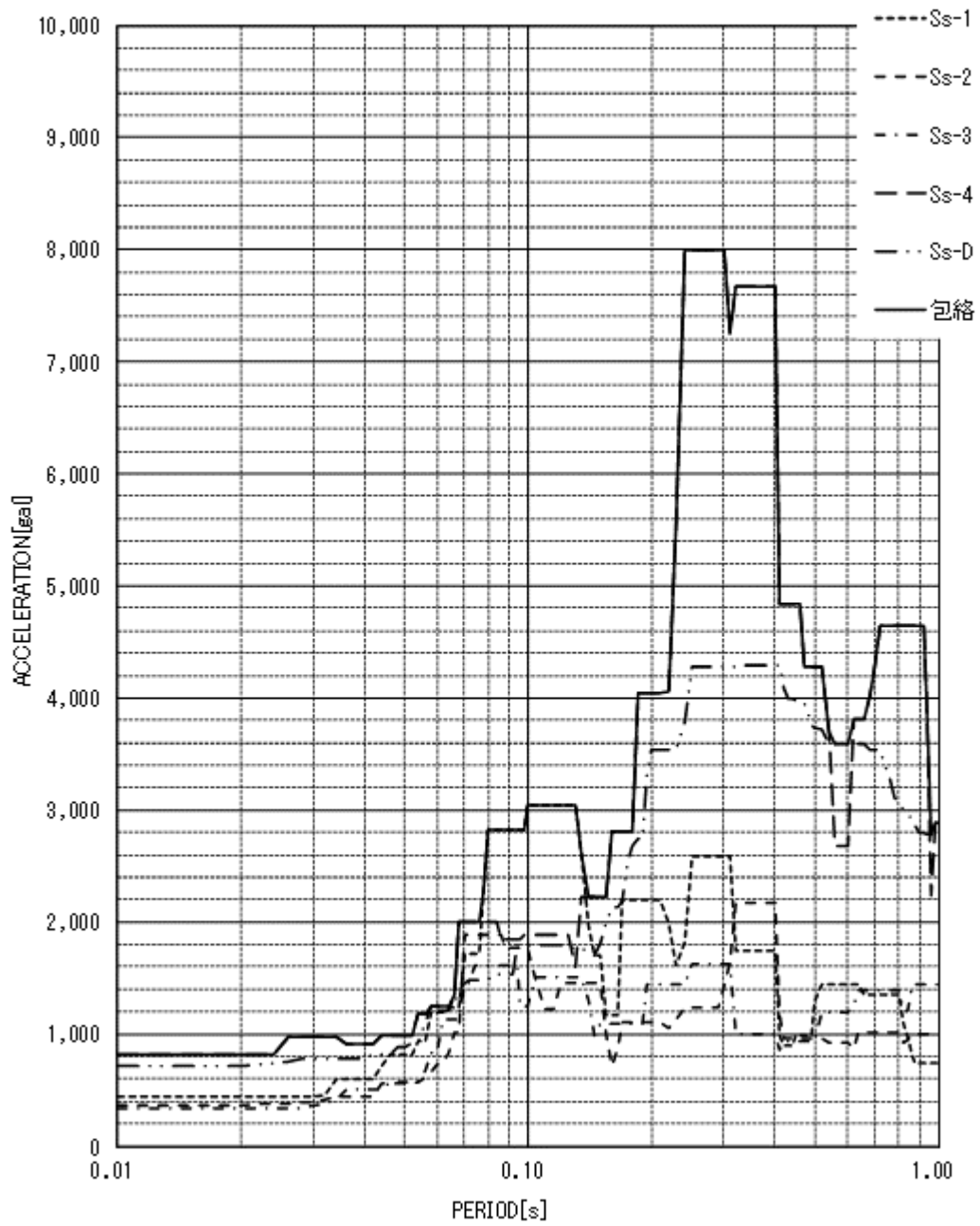


図-3-1.7 (2) 床応答スペクトル(地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:EW, 減衰:1.0%)

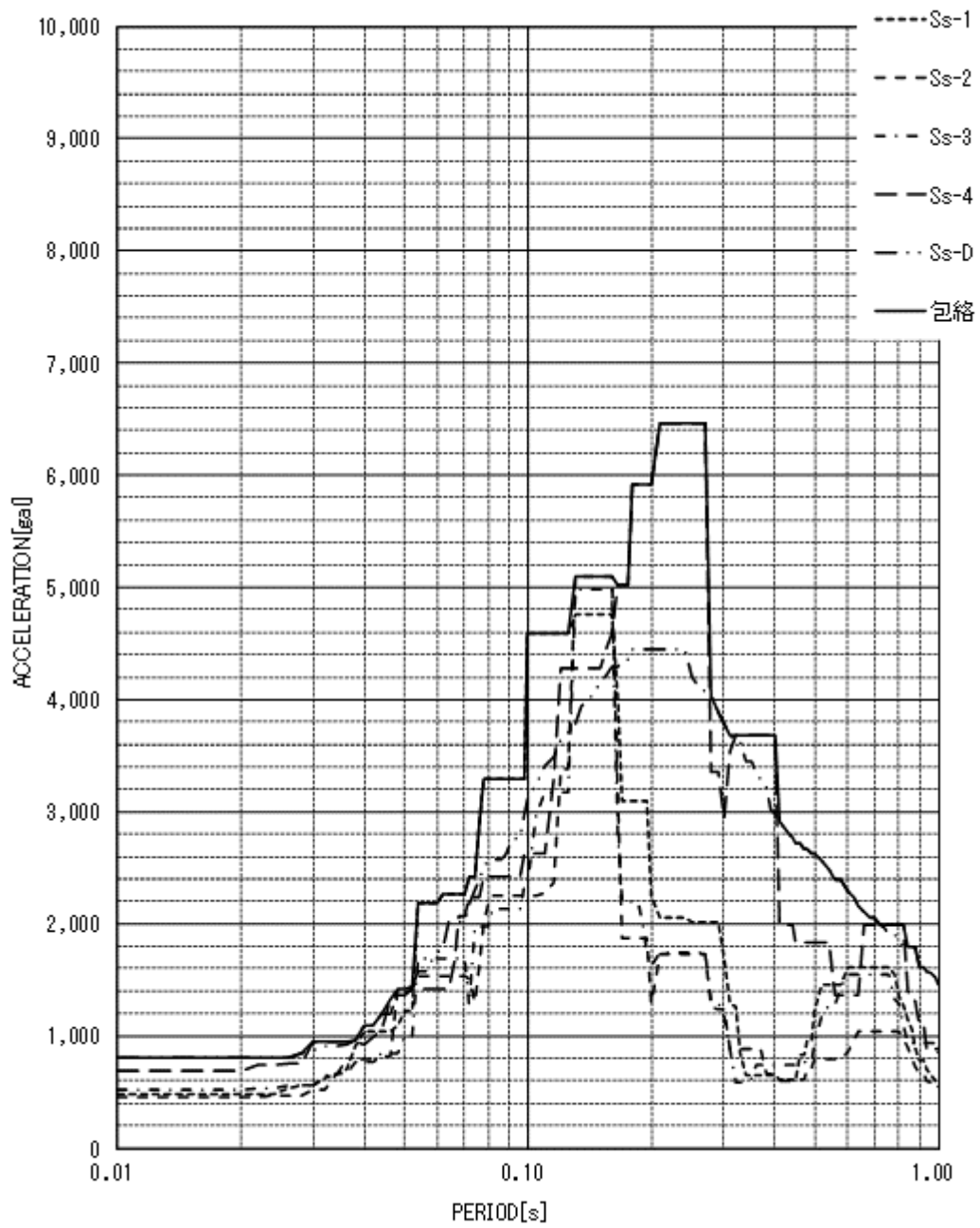


図-3-1.7 (3) 床応答スペクトル(地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:UD, 減衰:1.0%)

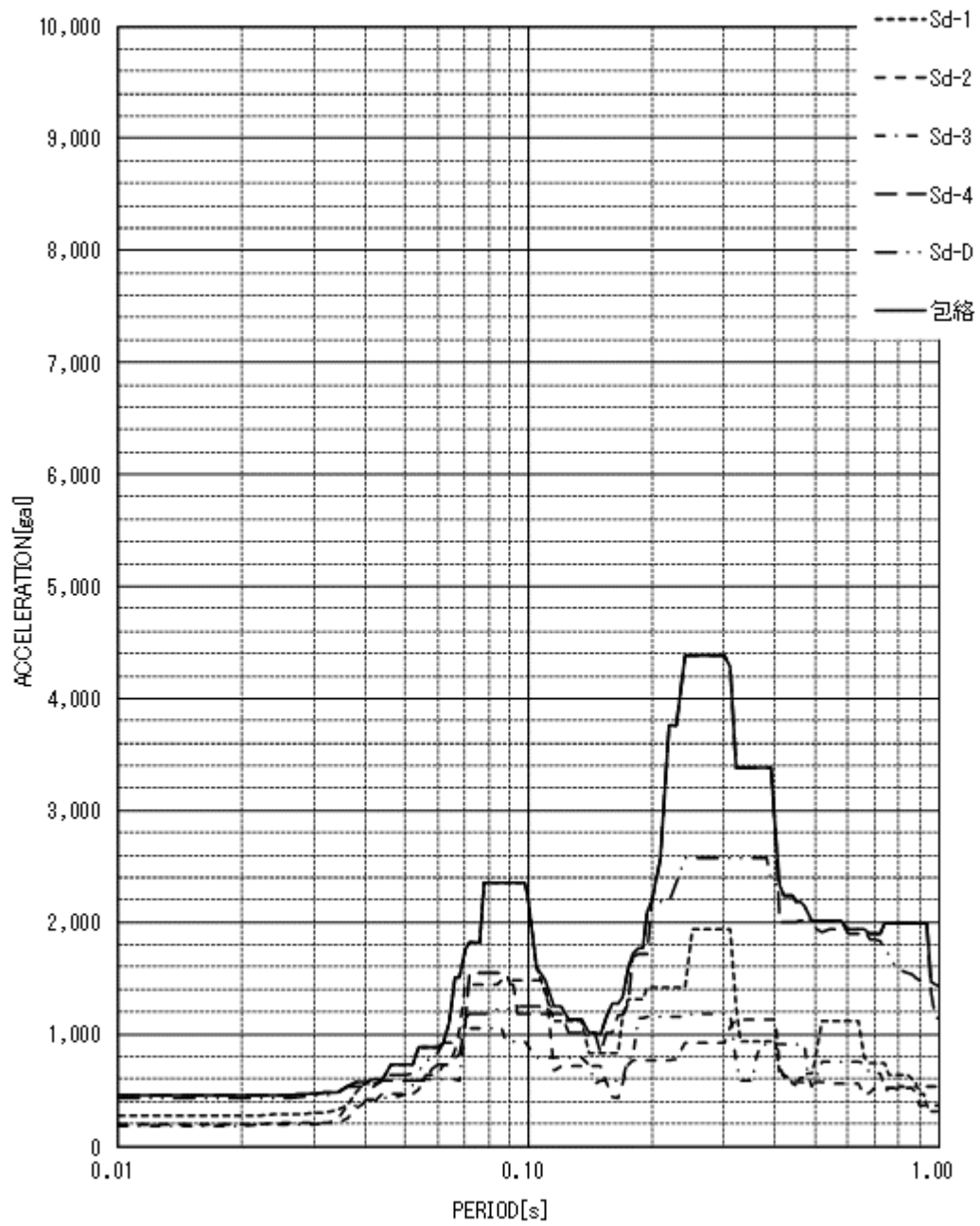


図-3-1.8 (1) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:NS, 減衰:1.0%)

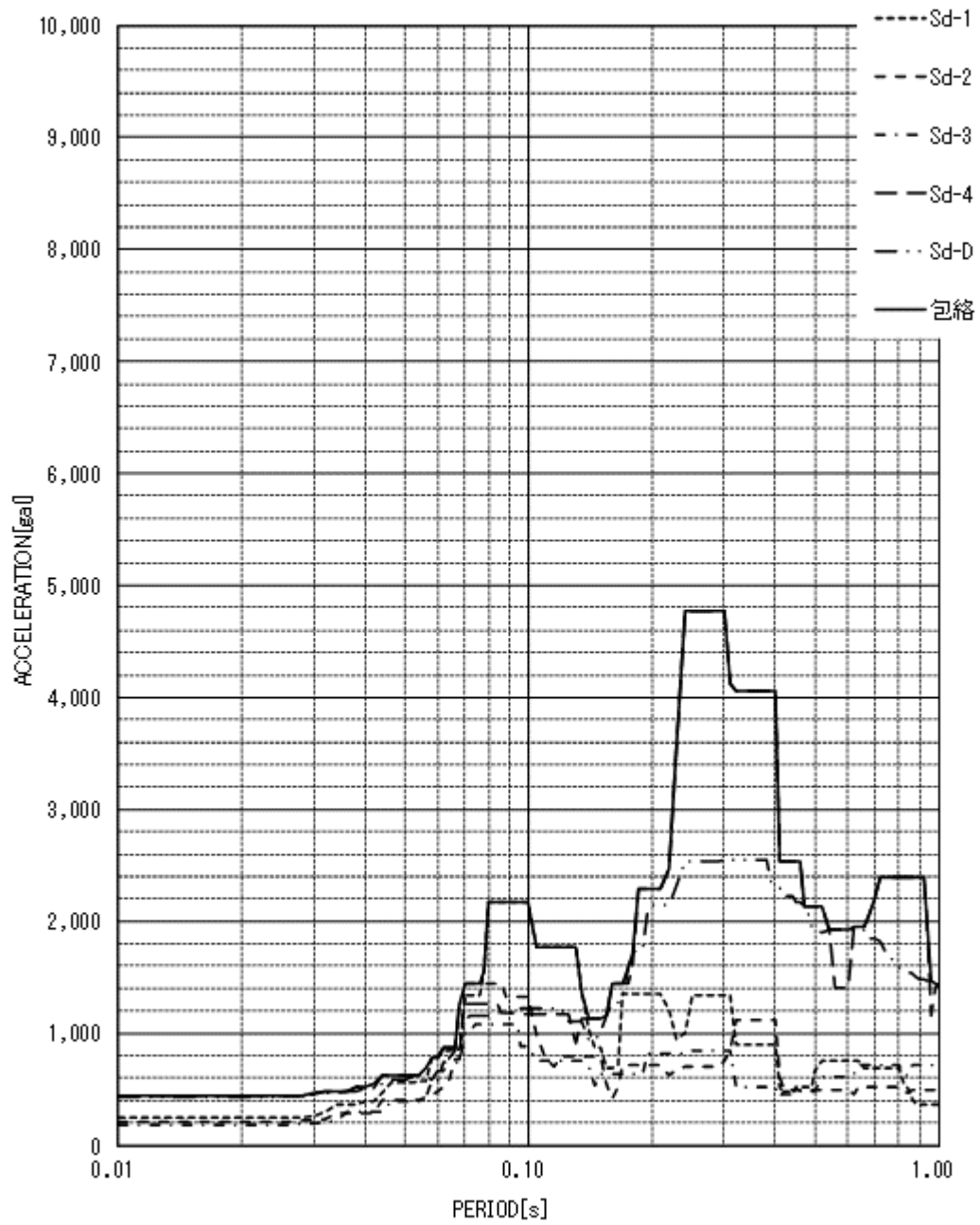


図-3-1.8 (2) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:EW, 減衰:1.0%)

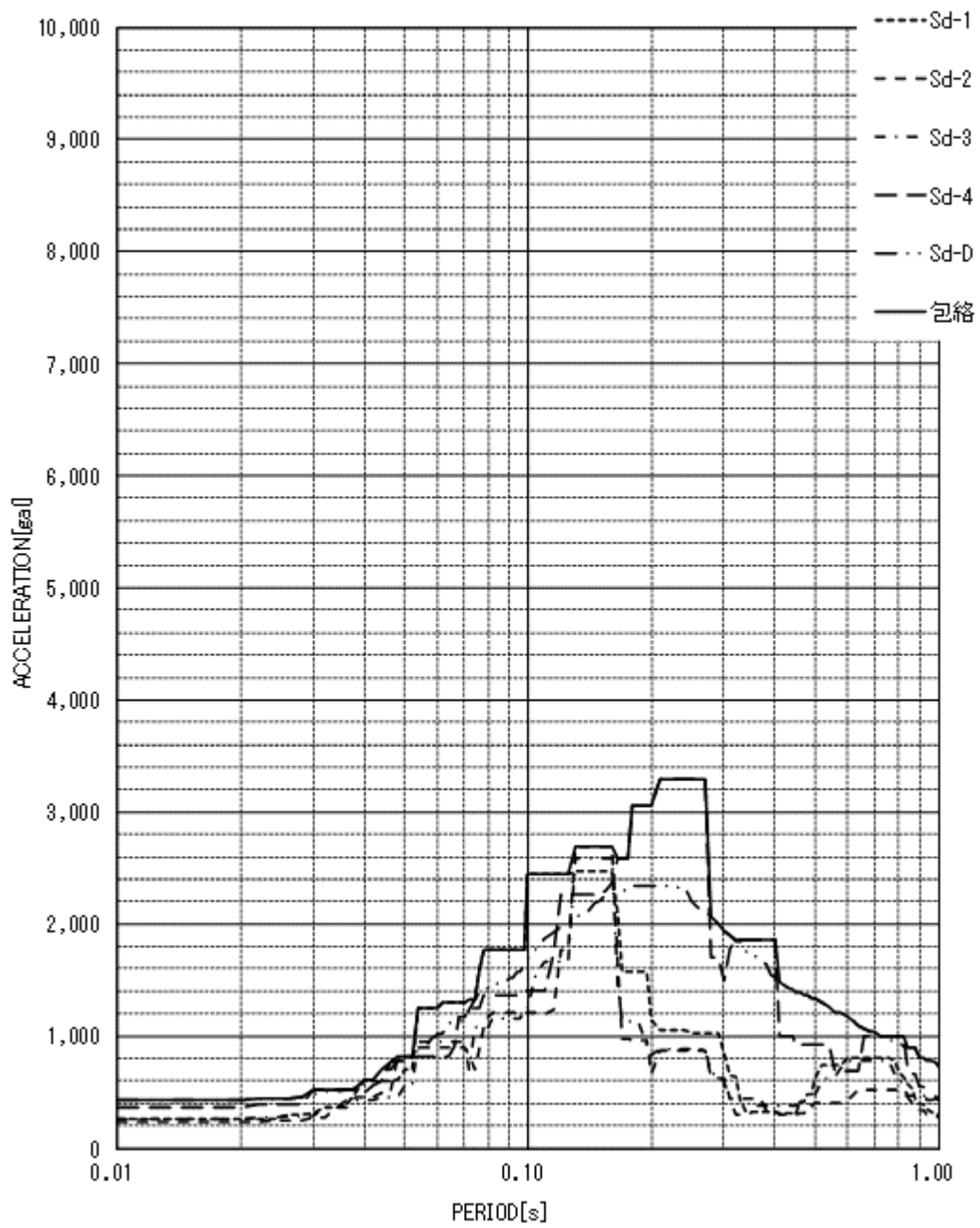


図-3-1.8 (3) 床応答スペクトル(地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:UD, 減衰:1.0%)

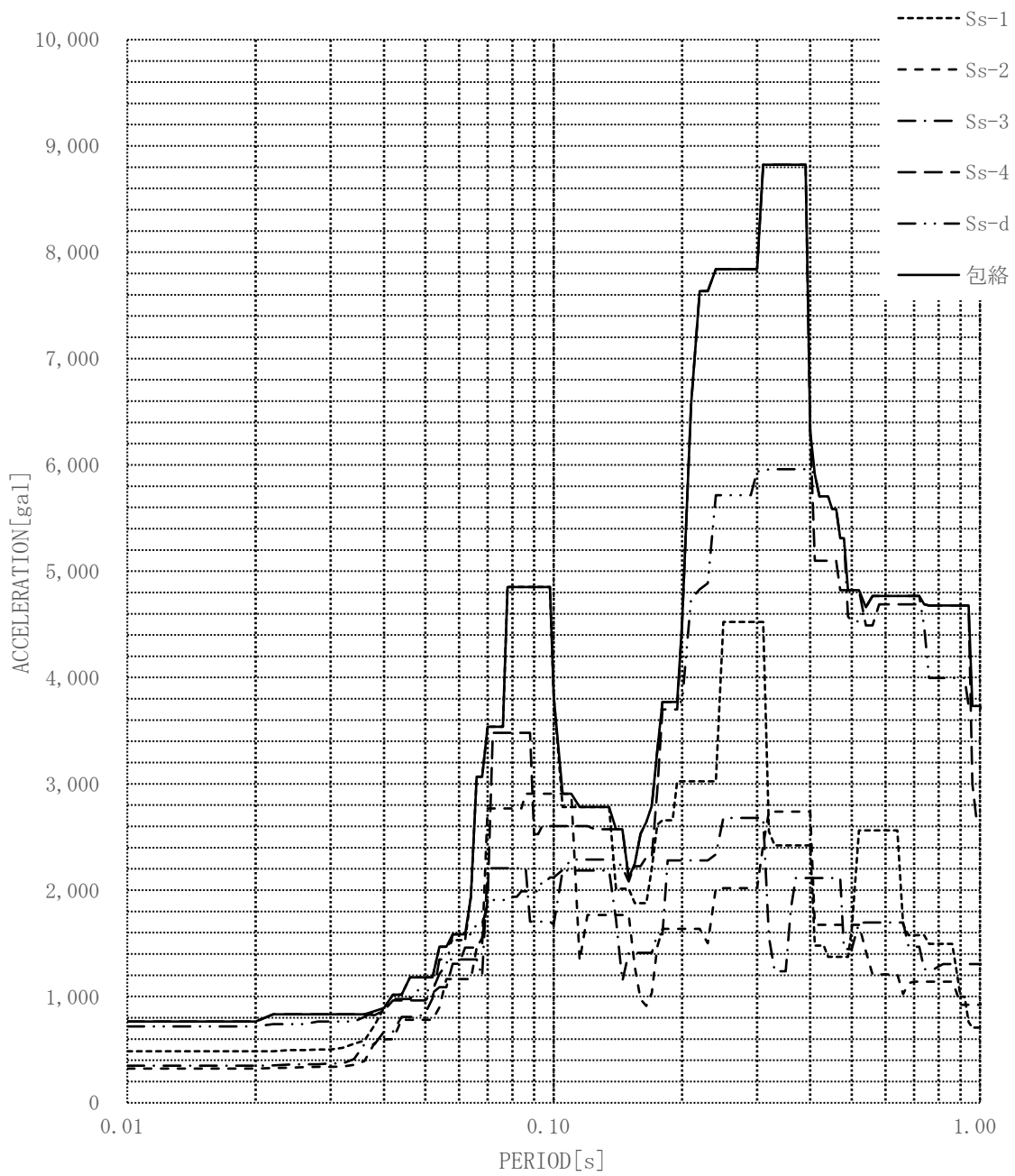


図-3-1.9 (1) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:NS, 減衰:0.5%)

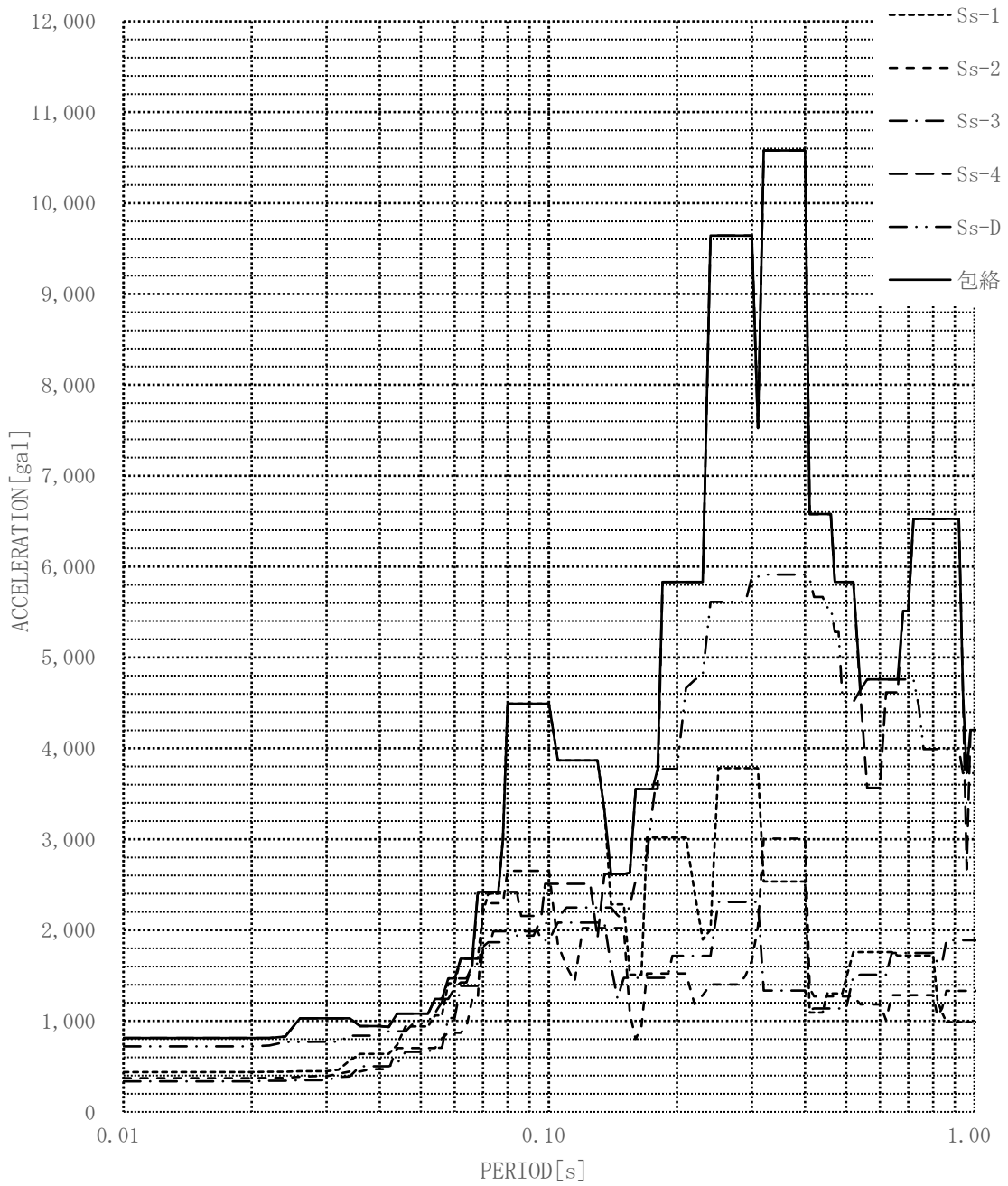


図-3-1.9 (2) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:EW, 減衰:0.5%)

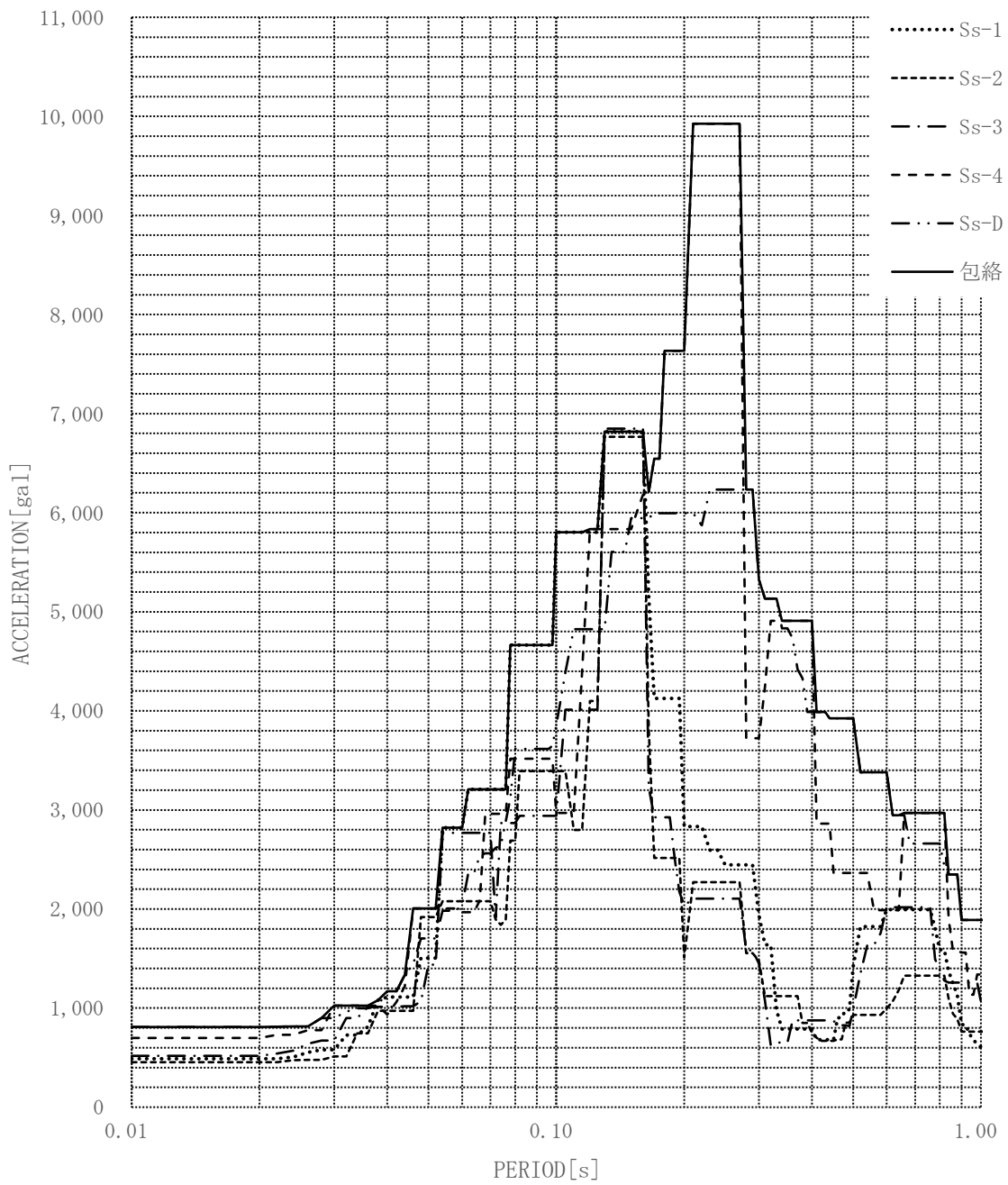


図-3-1.9 (3) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:3, 方向:UD, 減衰:0.5%)

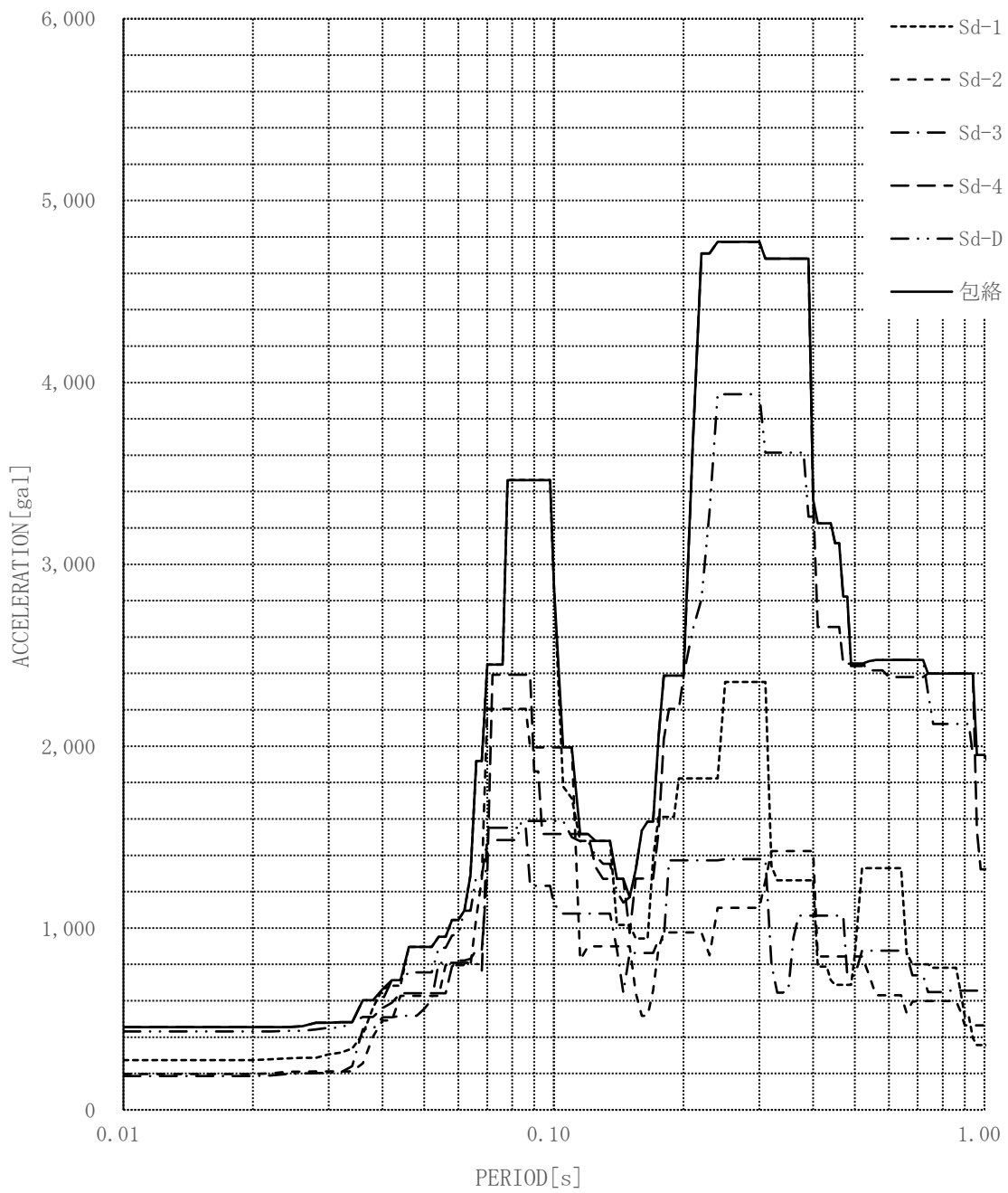


図-3-1.10 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:NS, 減衰:0.5%)

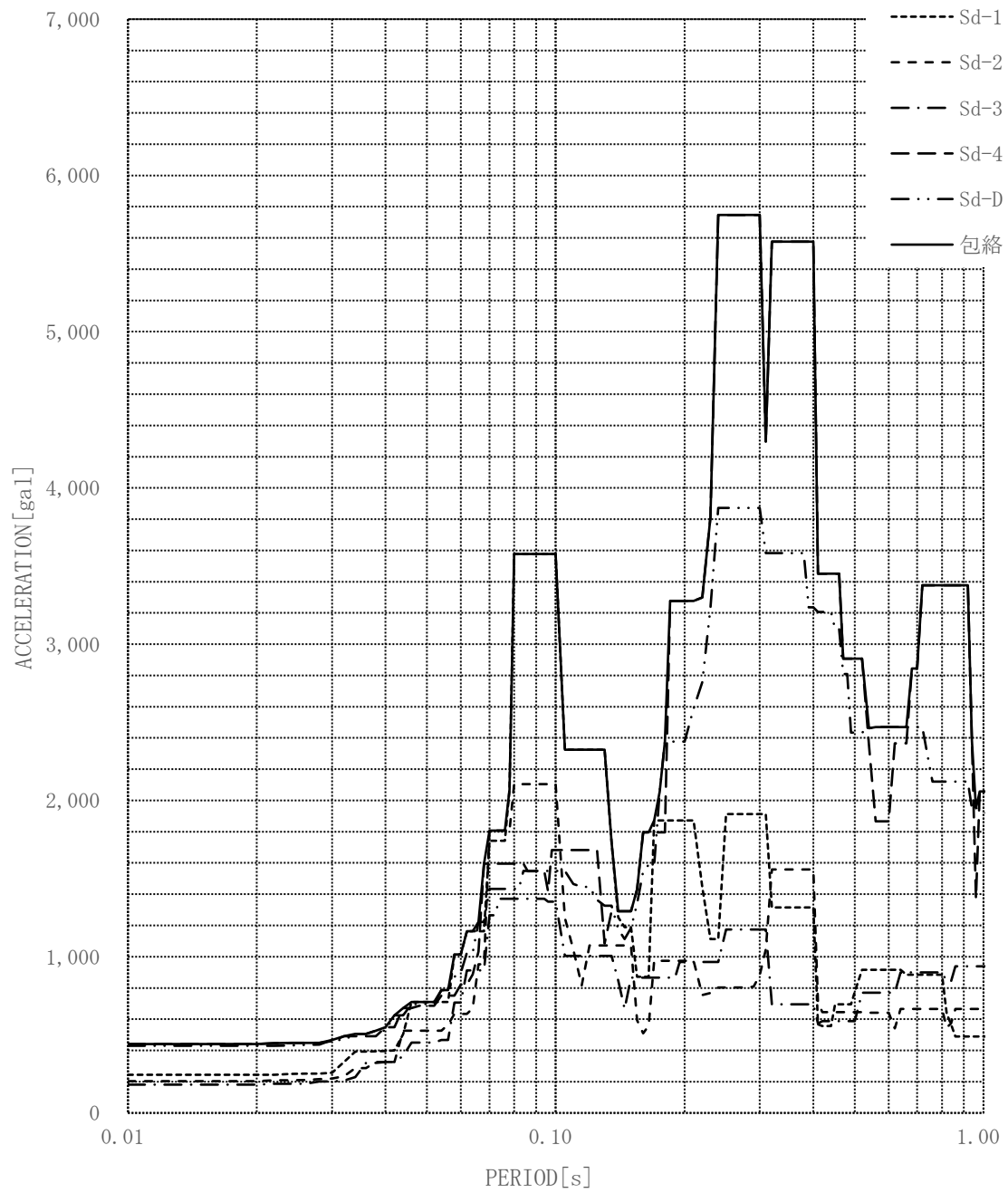


図-3-1.10 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:EW, 減衰:0.5%)

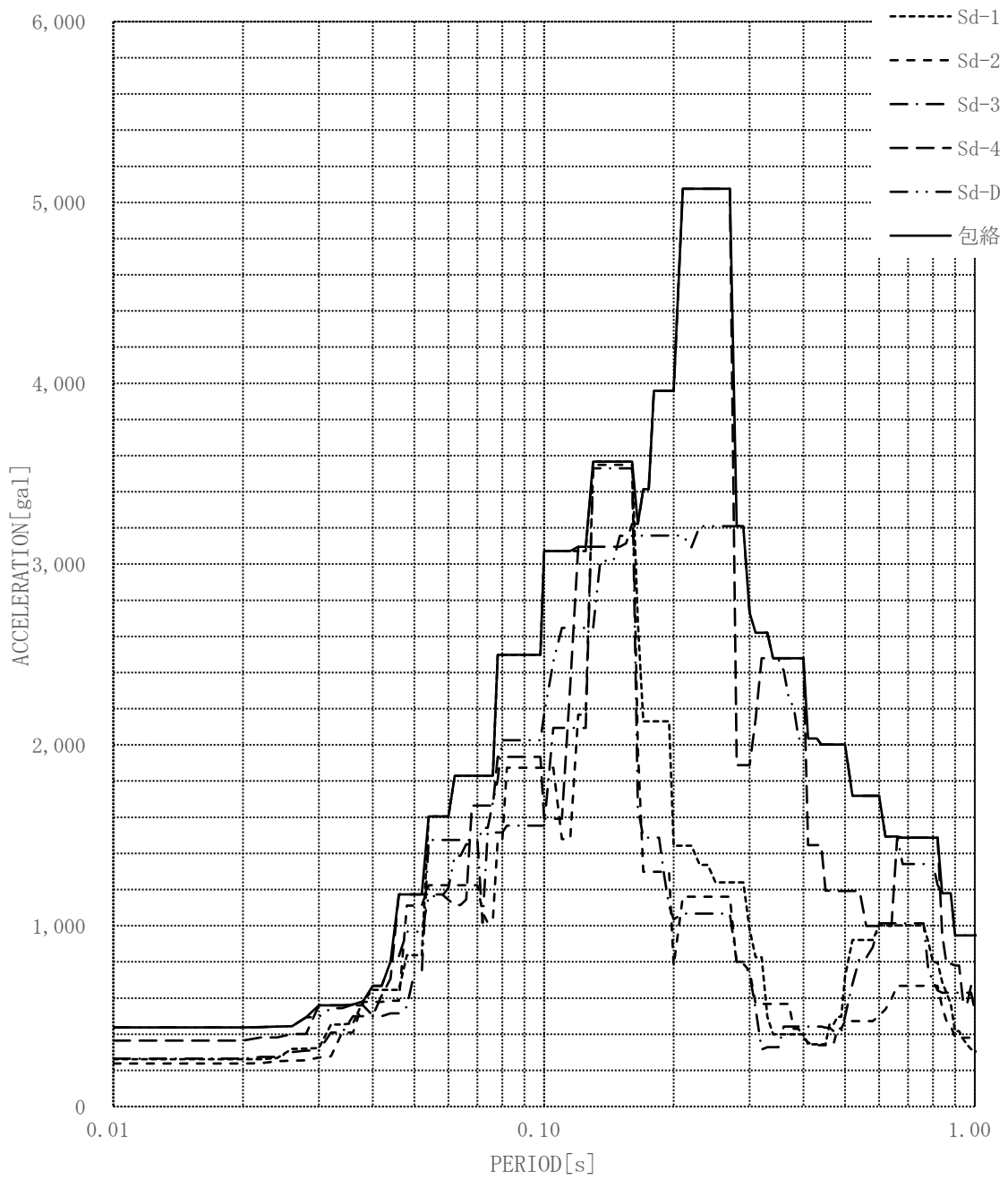


図-3-1.10 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:3, 方向:UD, 減衰:0.5%)

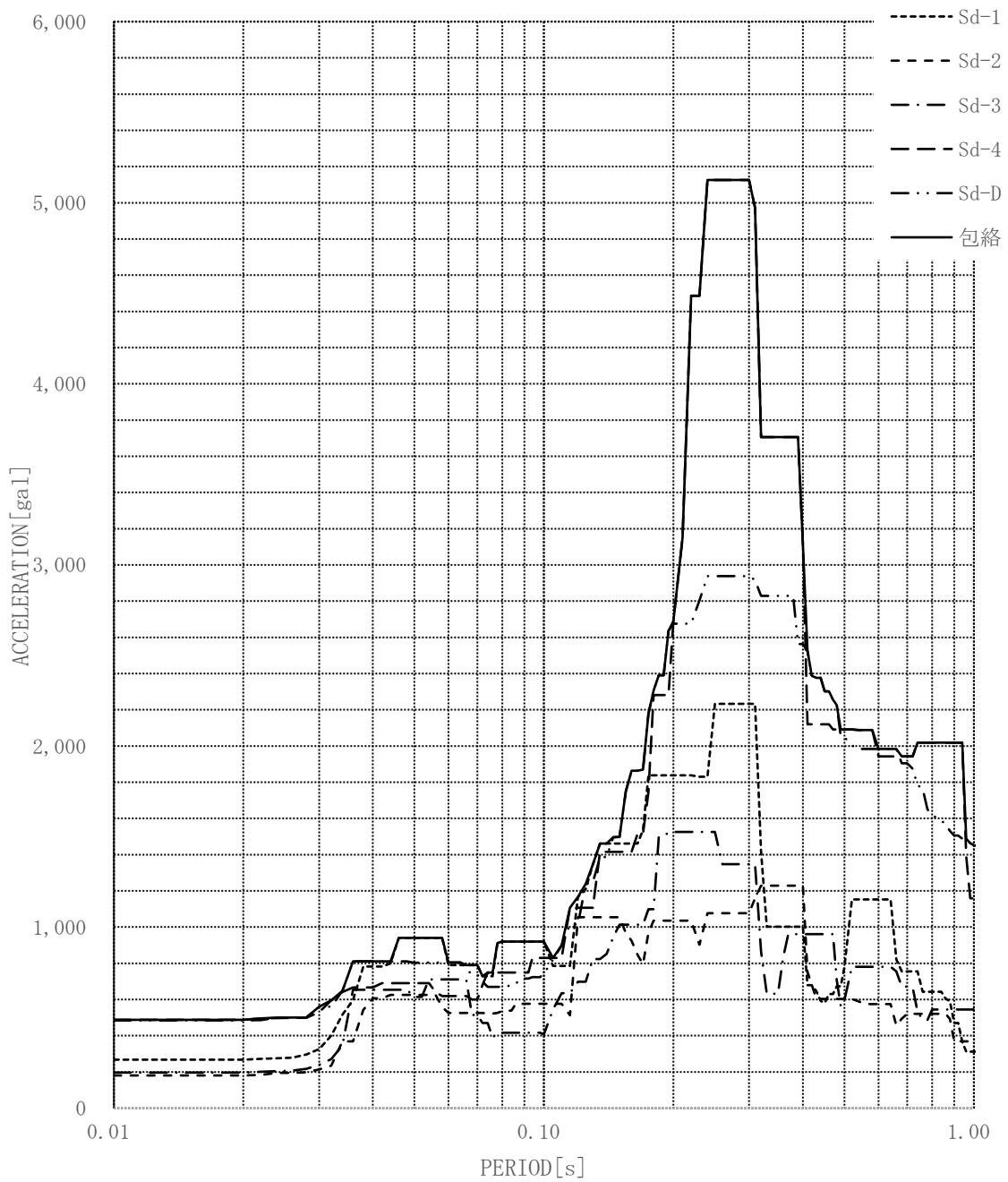


図-3-1.11 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:4, 方向:NS, 減衰:1.0%)

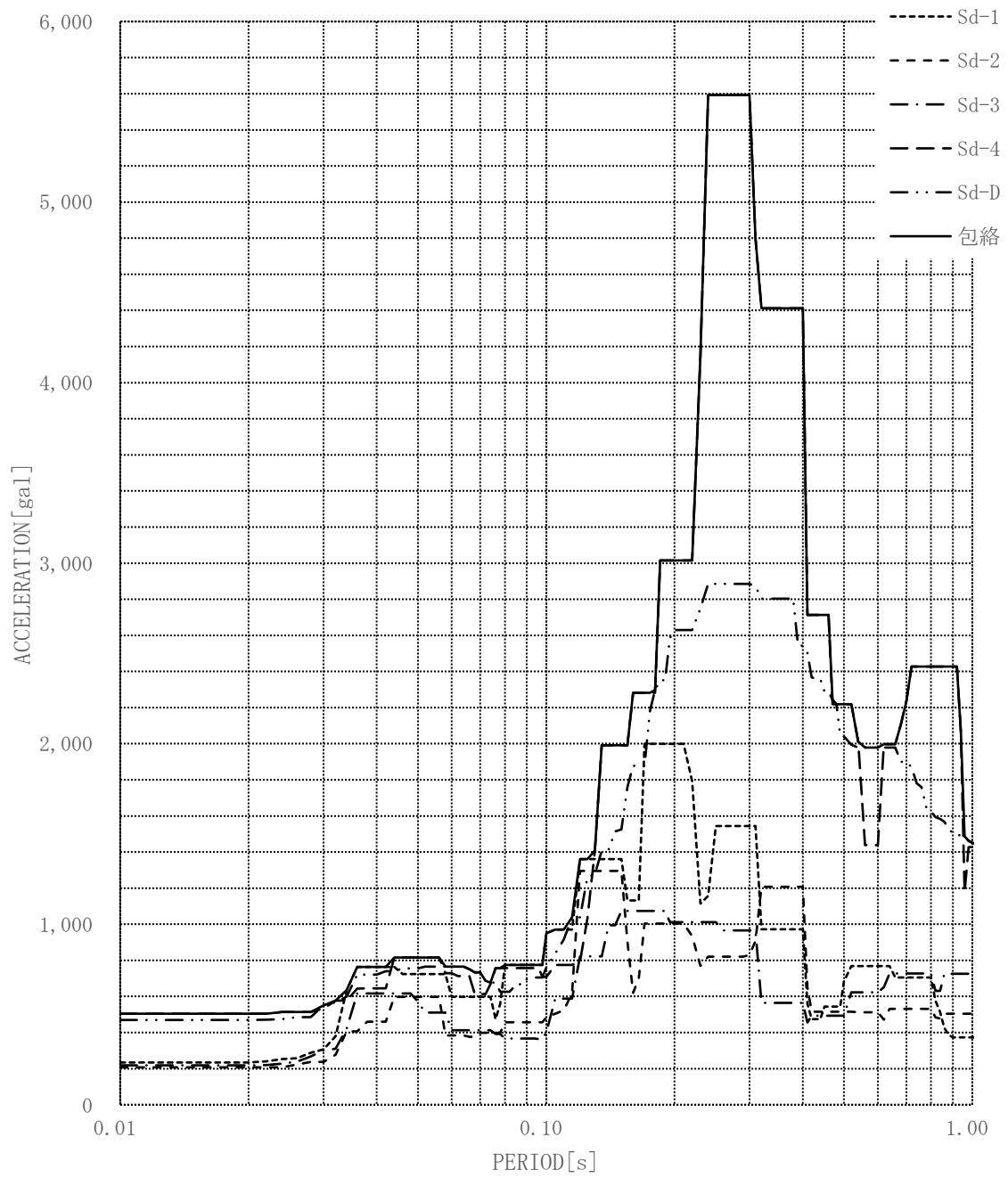


図-3-1.11 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:4, 方向:EW, 減衰:1.0%)

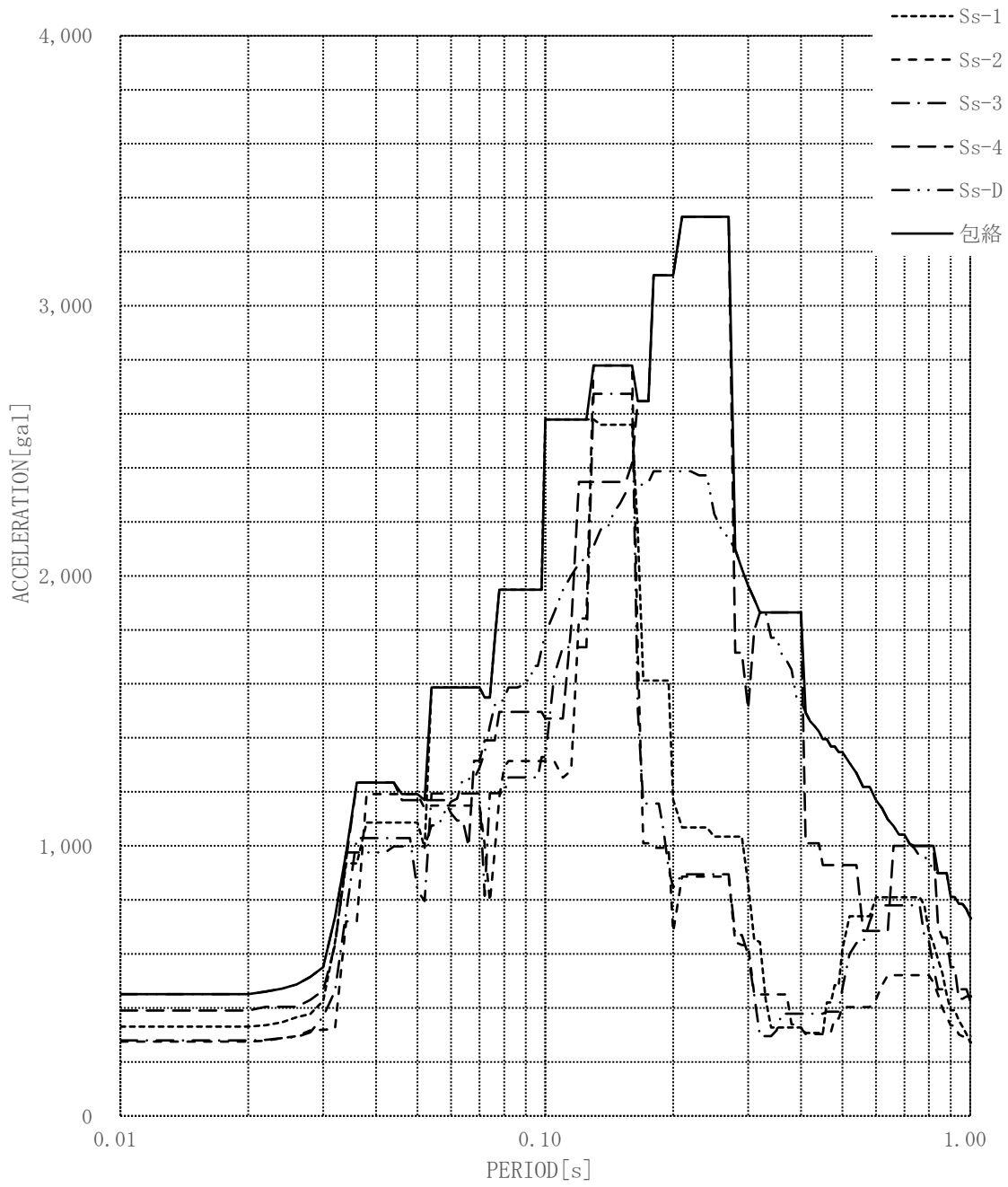


図-3-1.11 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:4, 方向:UD, 減衰:1.0%)

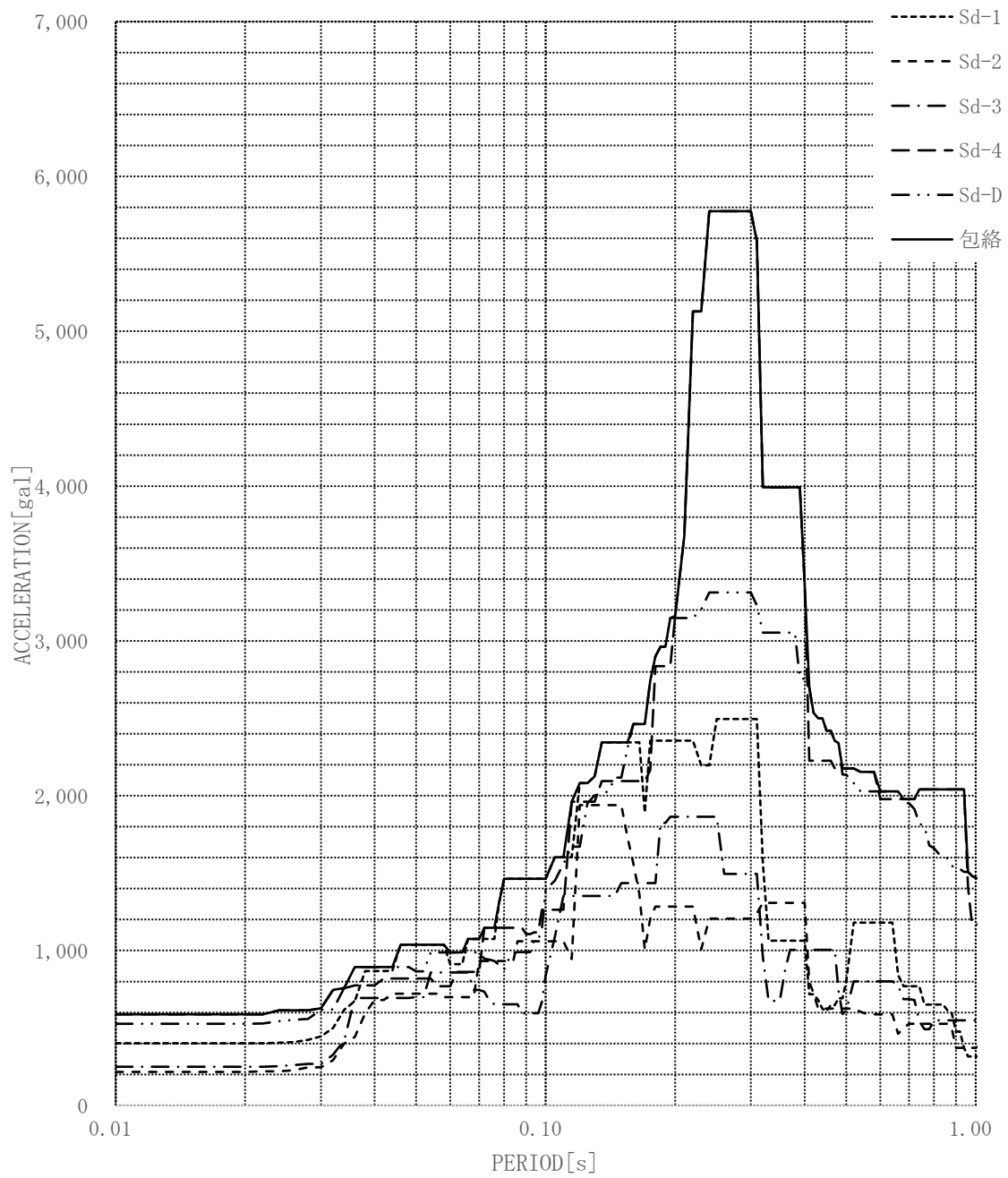


図-3-1.12 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:5, 方向:NS, 減衰:1.0%)

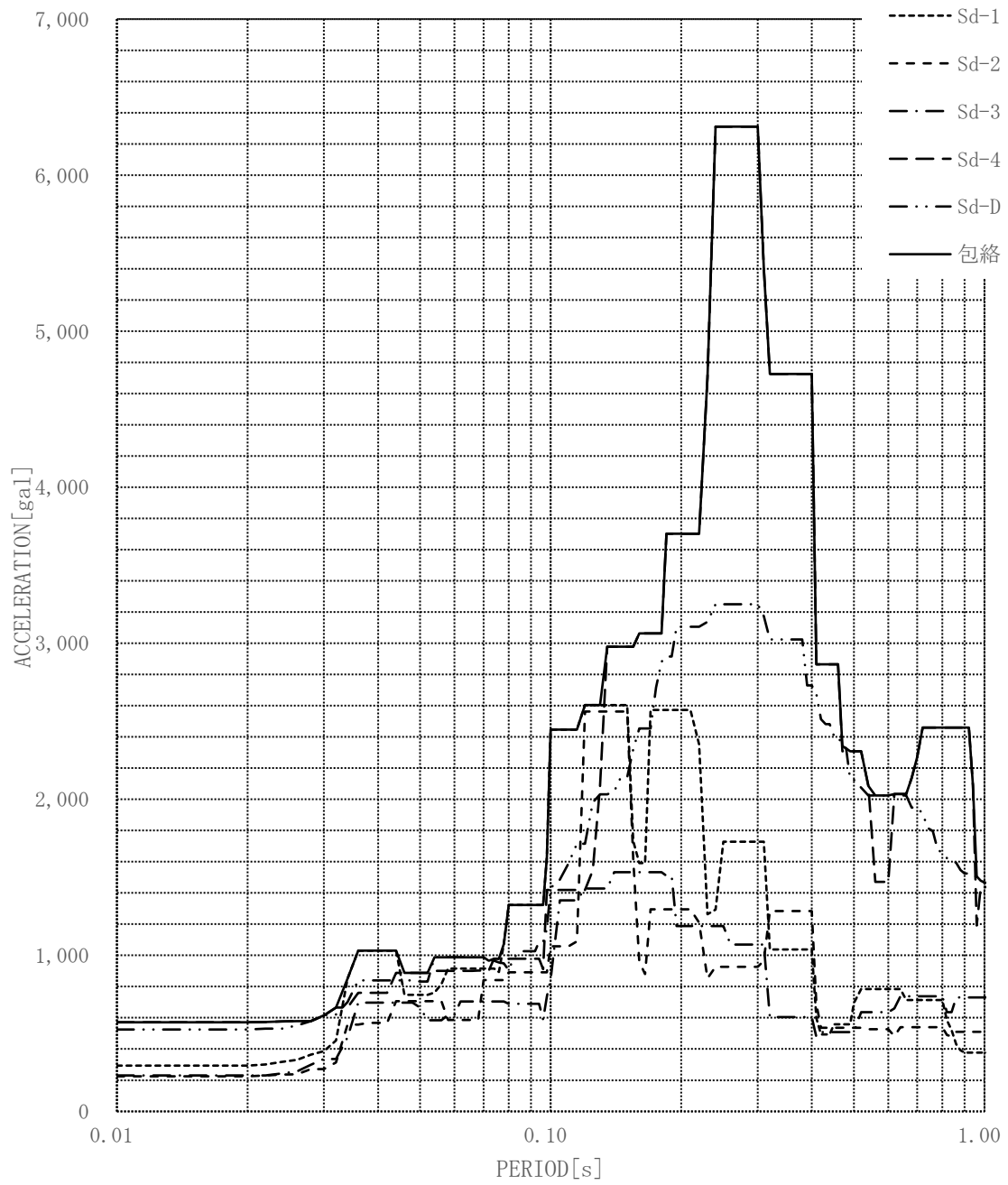


図-3-1.12 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:5, 方向:EW, 減衰:1.0%)

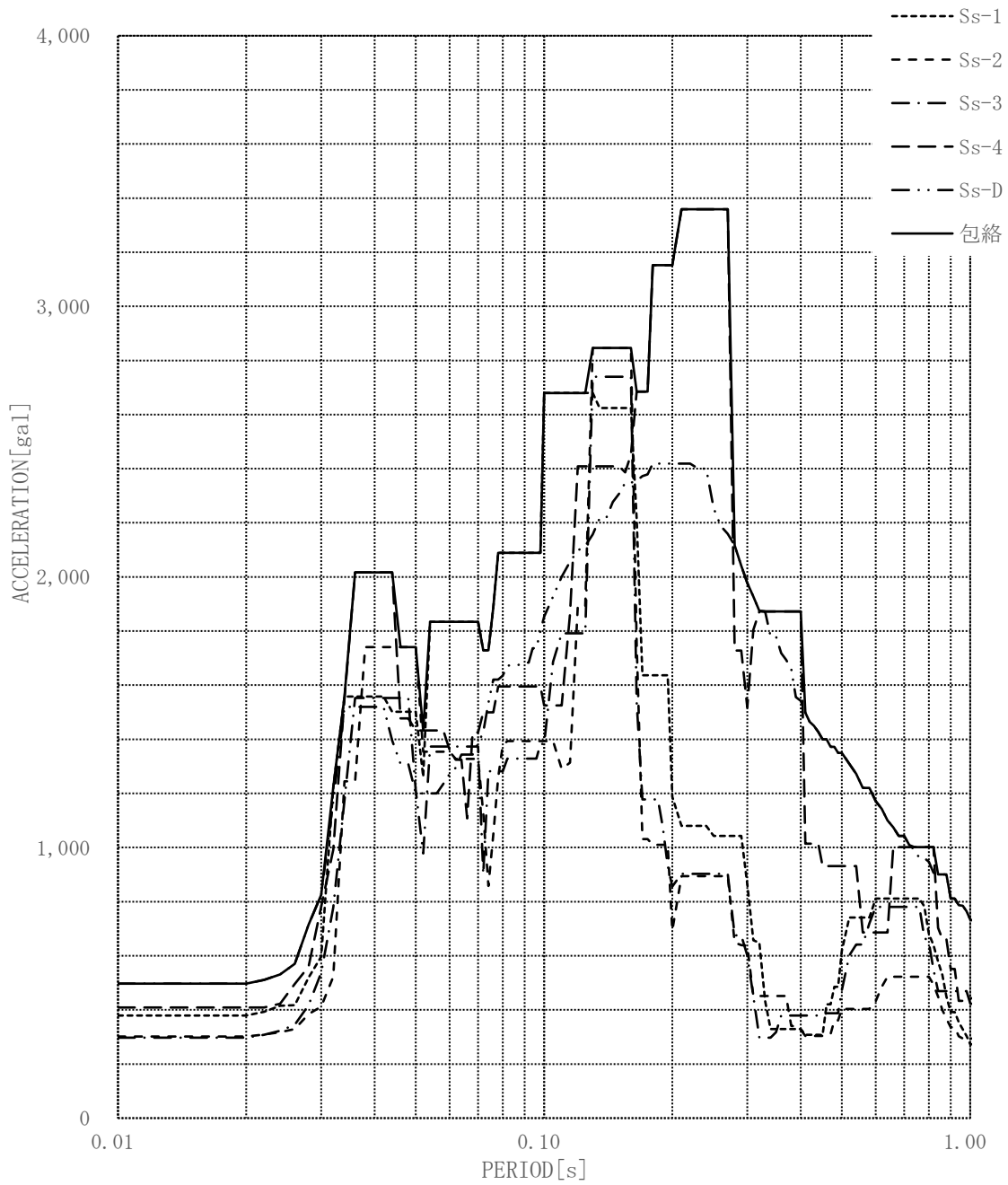


図-3-1.12 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:5, 方向:UD, 減衰:1.0%)

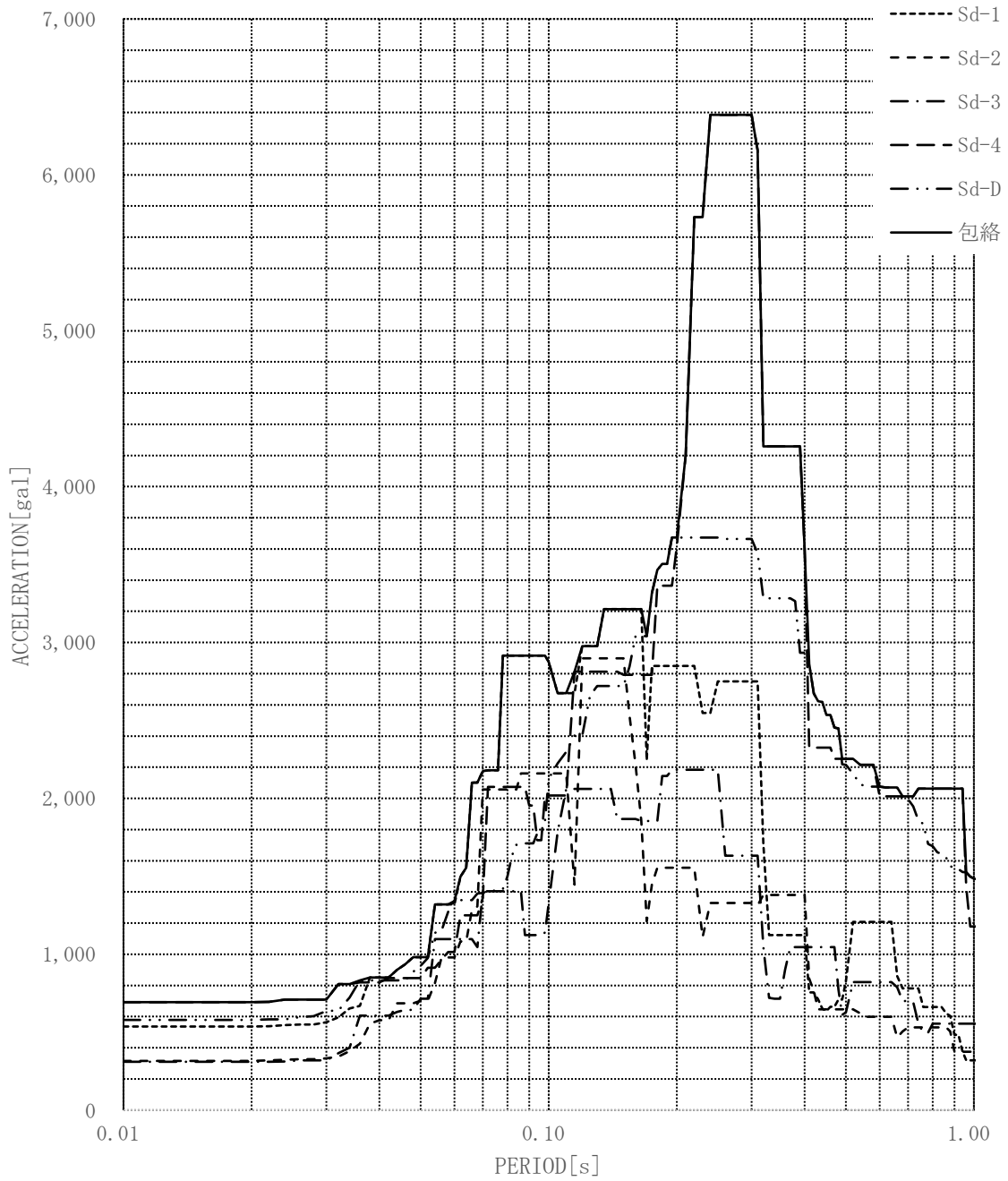


図-3-1.13 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:6, 方向:NS, 減衰:1.0%)

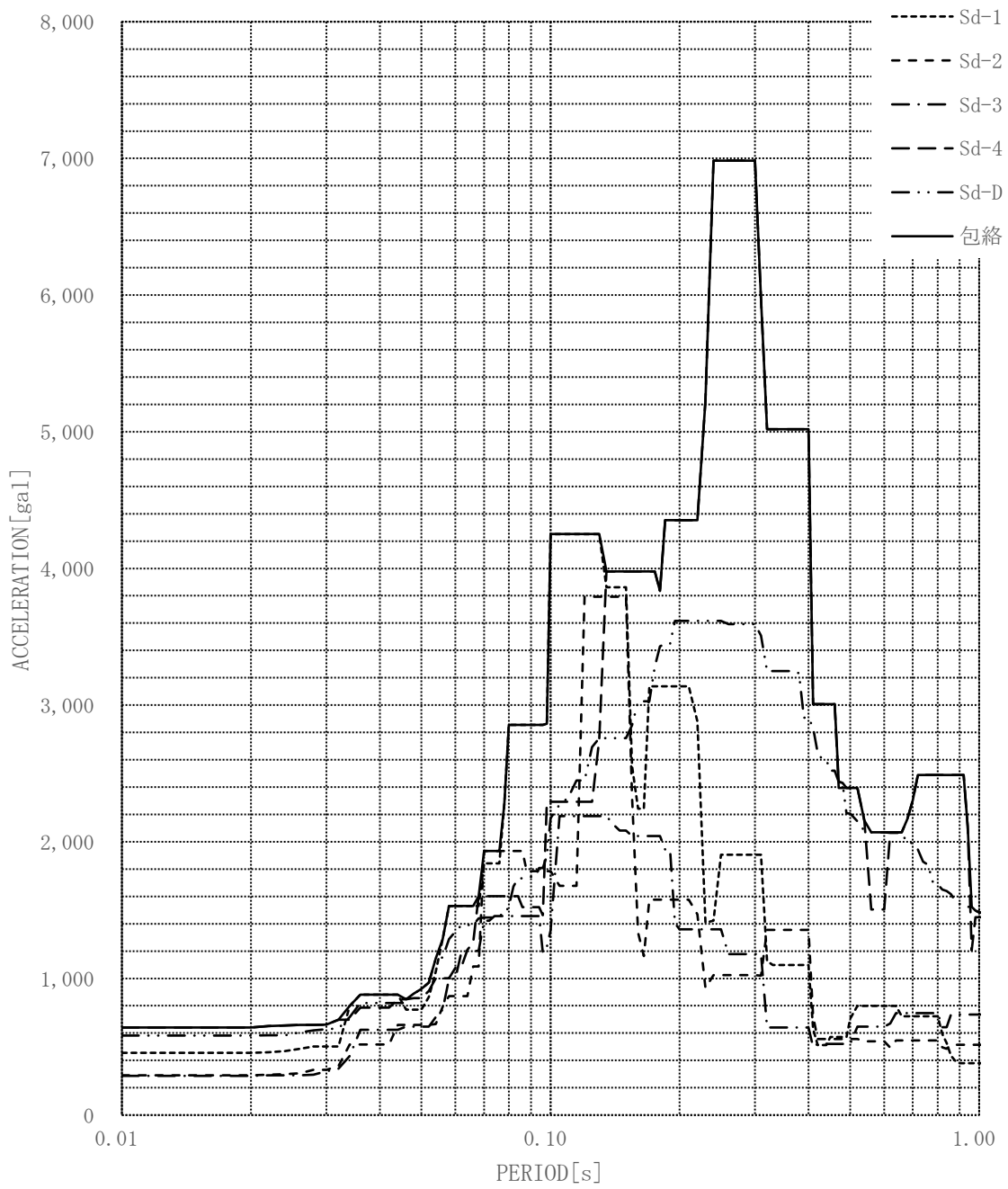


図-3-1.13 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:6, 方向:EW, 減衰:1.0%)

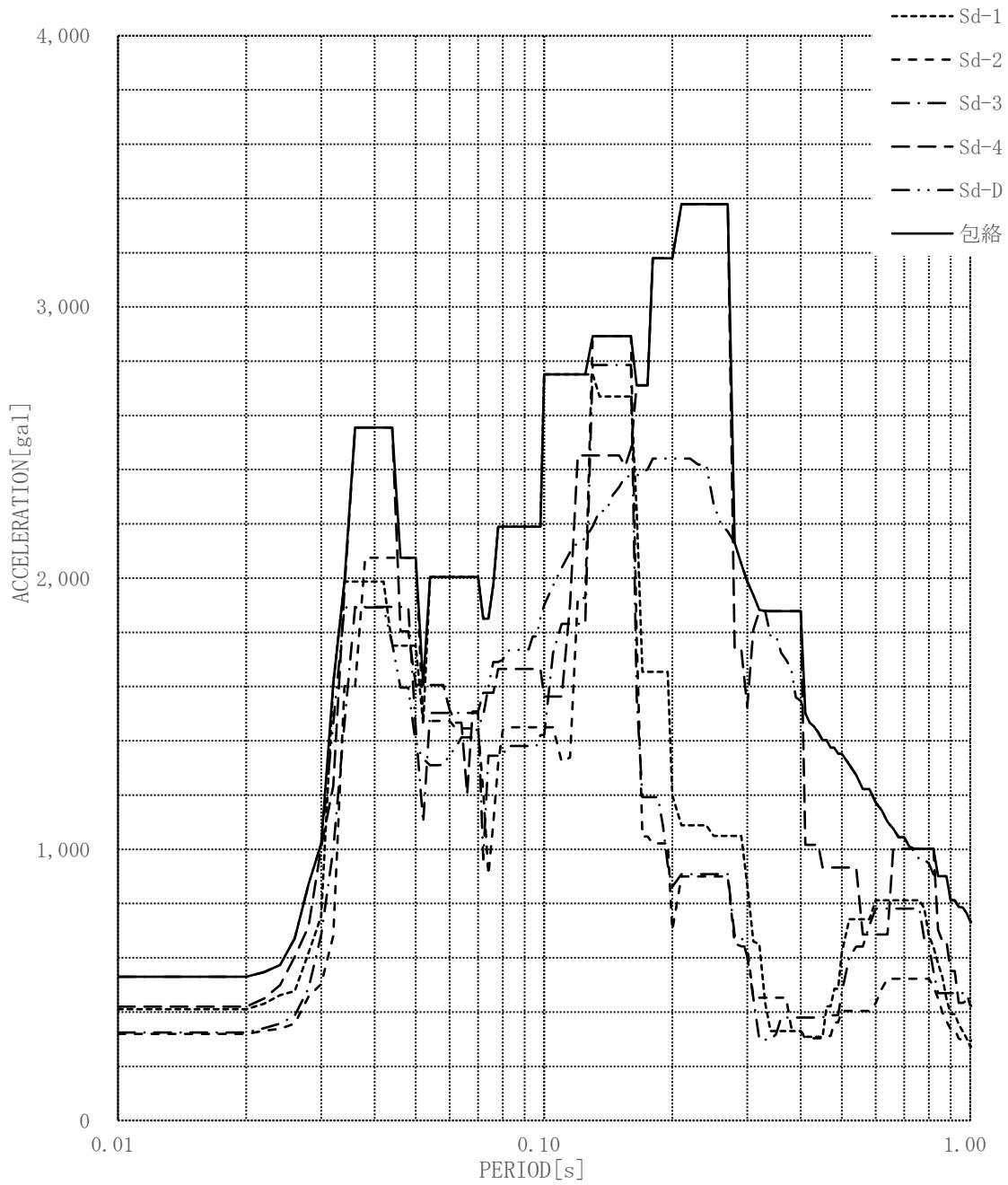


図-3-1.13 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:6, 方向:UD, 減衰:1.0%)

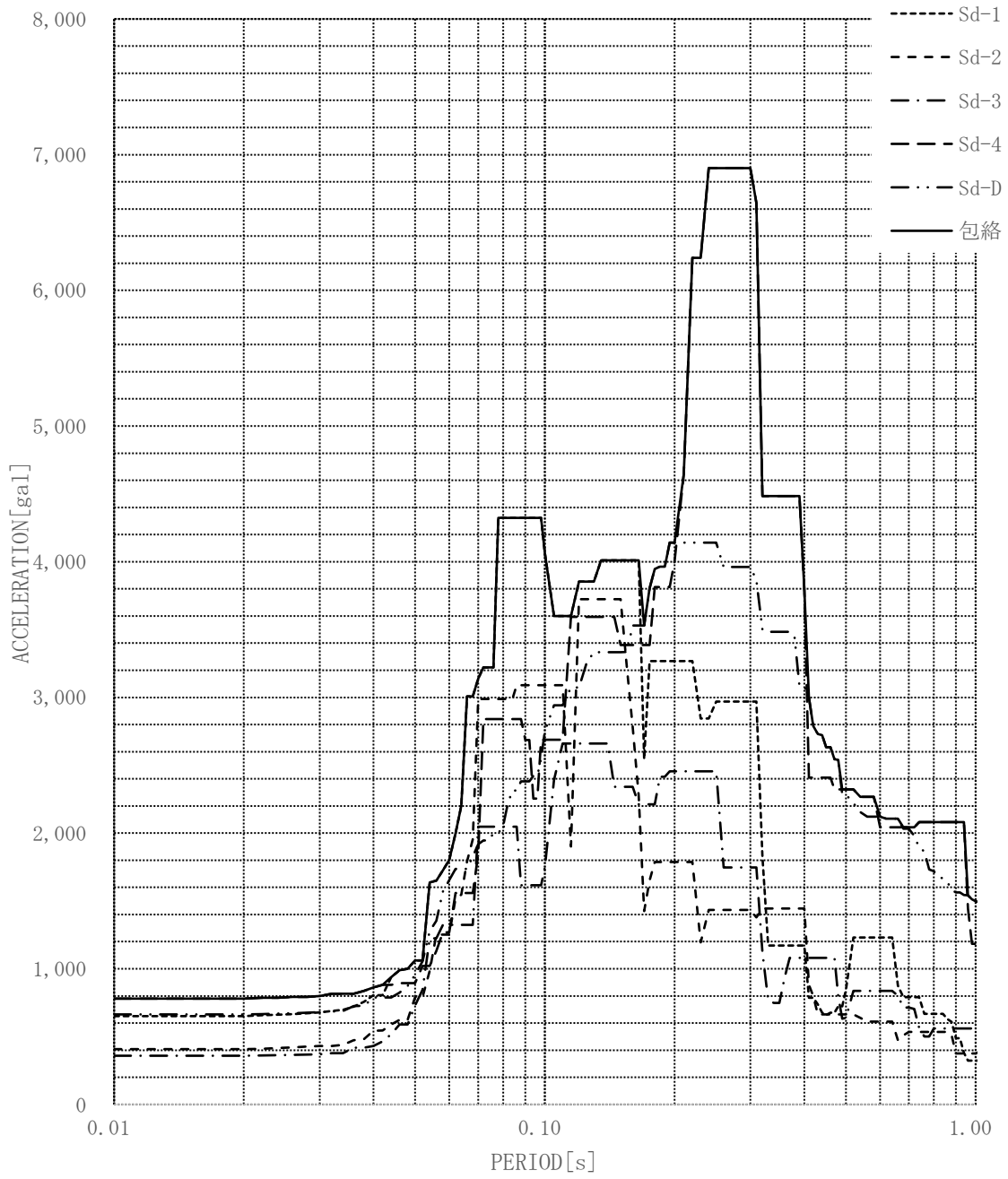


図-3-1.14 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:7, 方向:NS, 減衰:1.0%)

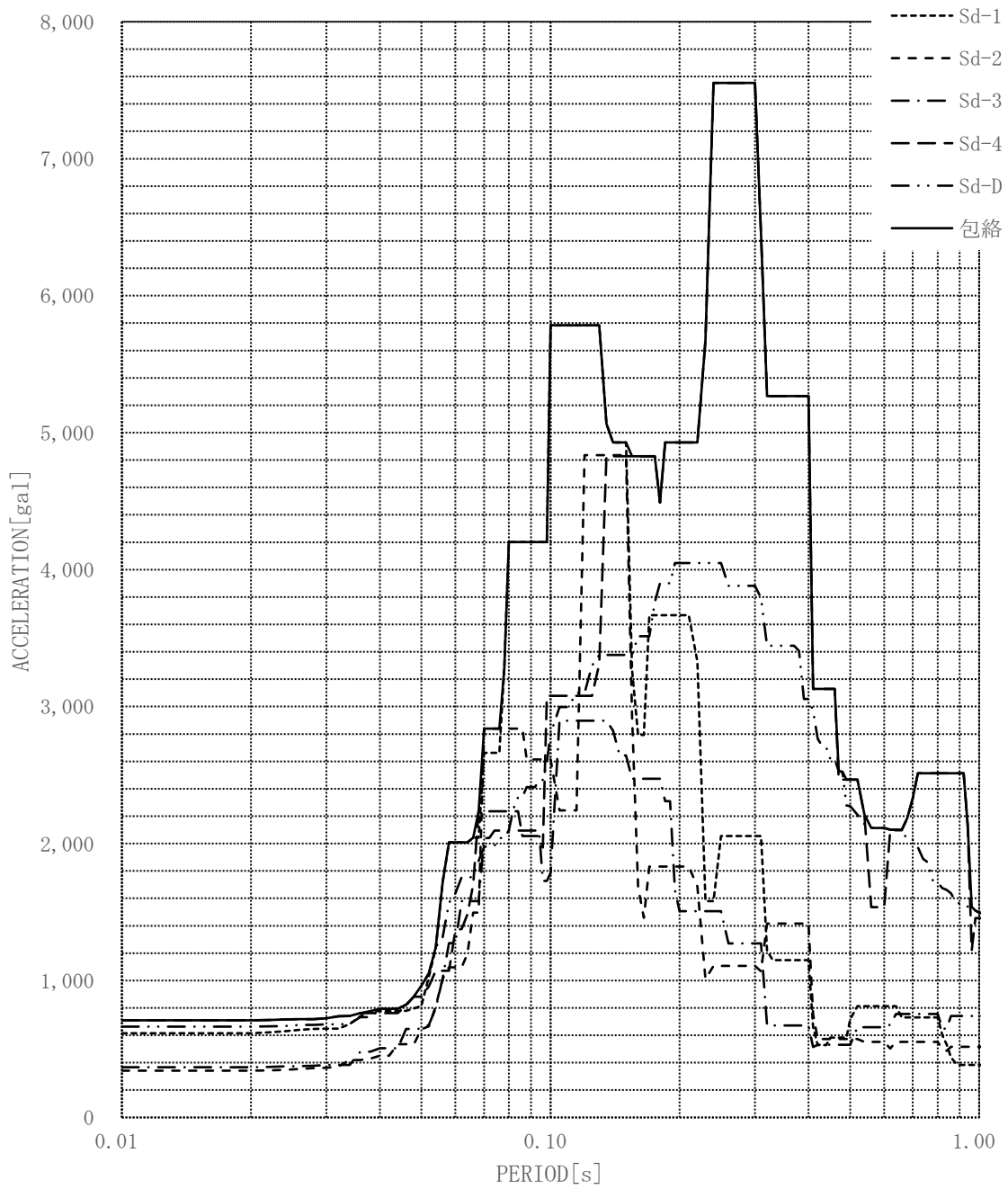


図-3-1.14 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:7, 方向:EW, 減衰:1.0%)

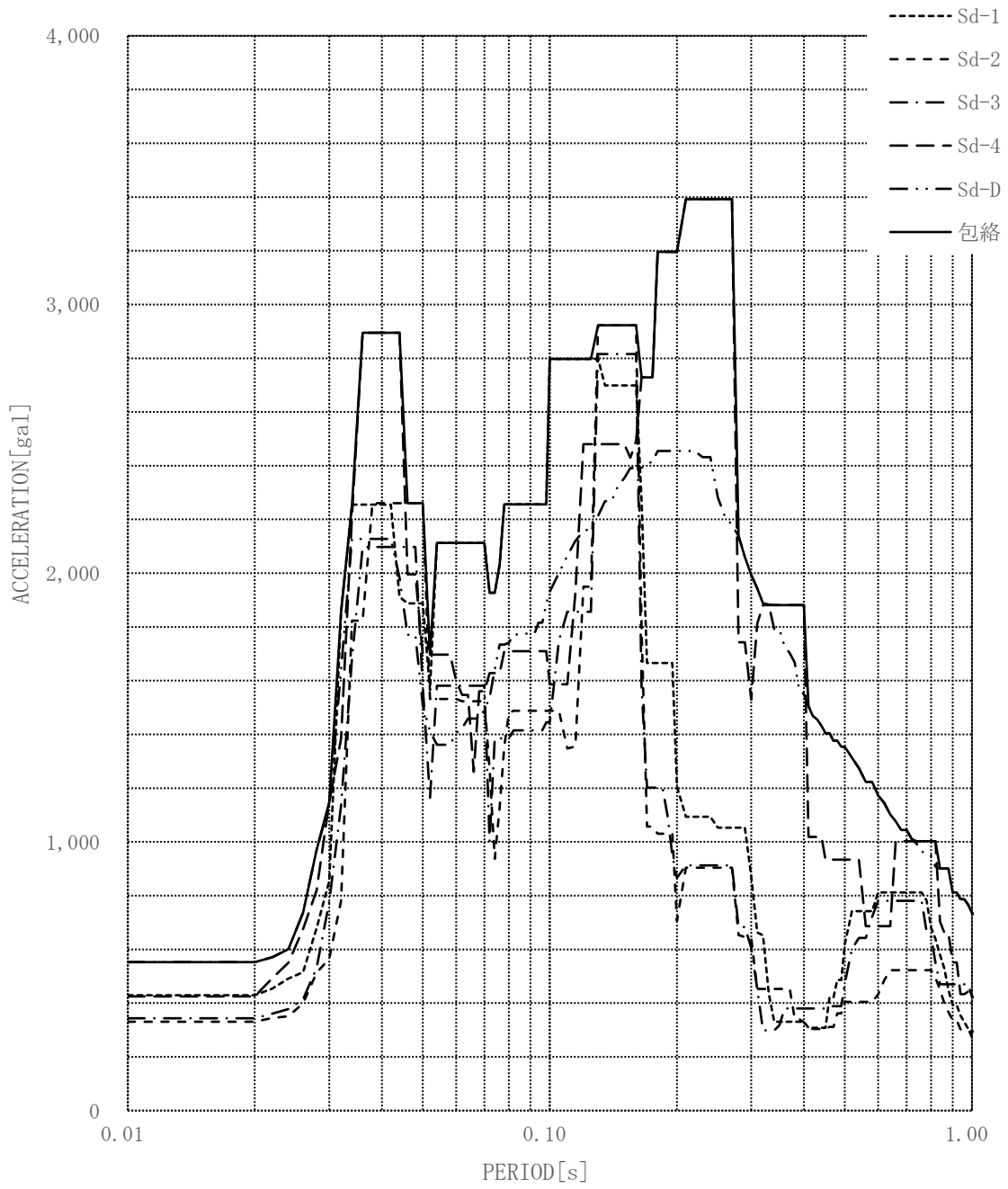


図-3-1.14 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:7, 方向:UD, 減衰:1.0%)

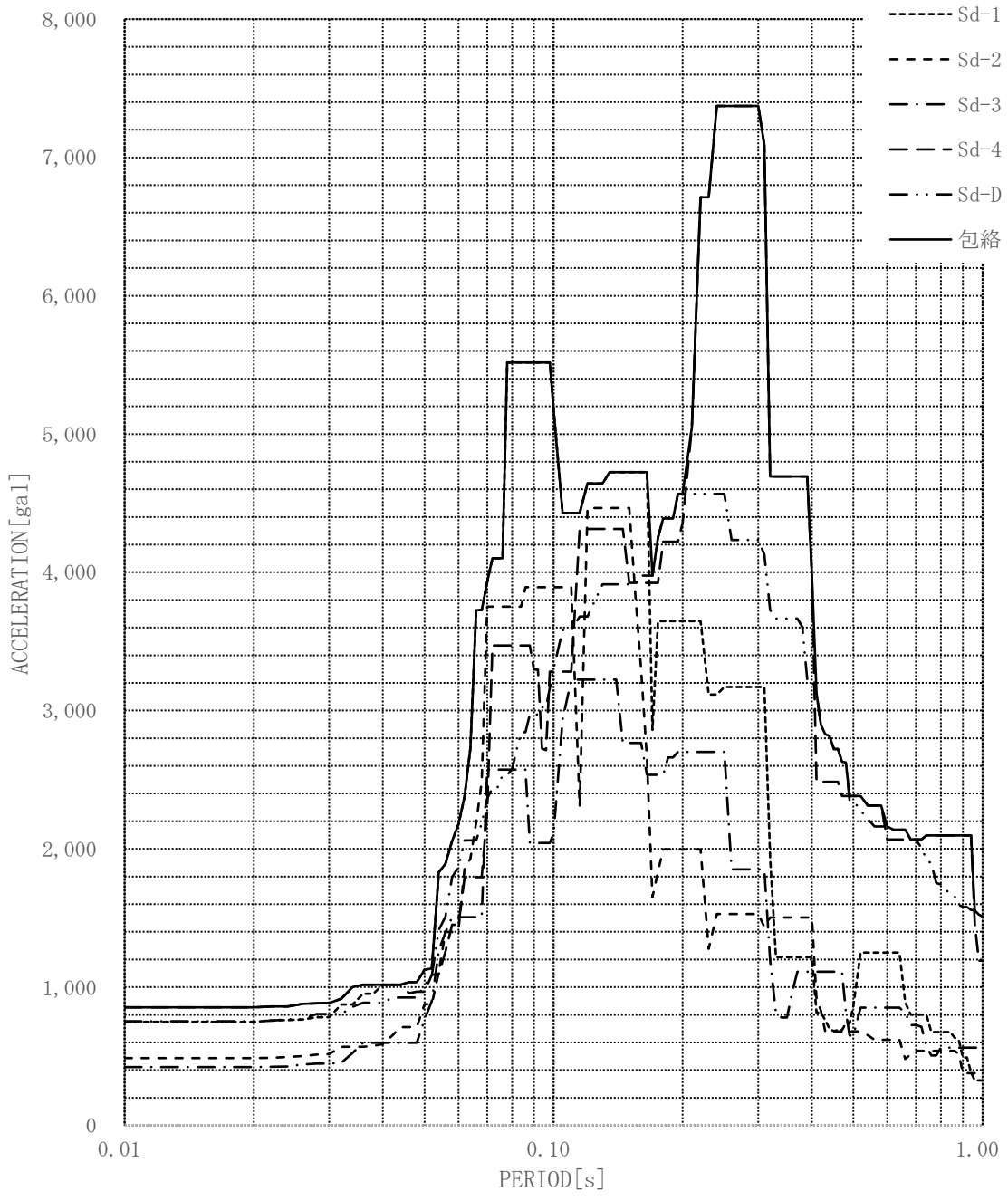


図-3-1.15 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:8, 方向:NS, 減衰:1.0%)

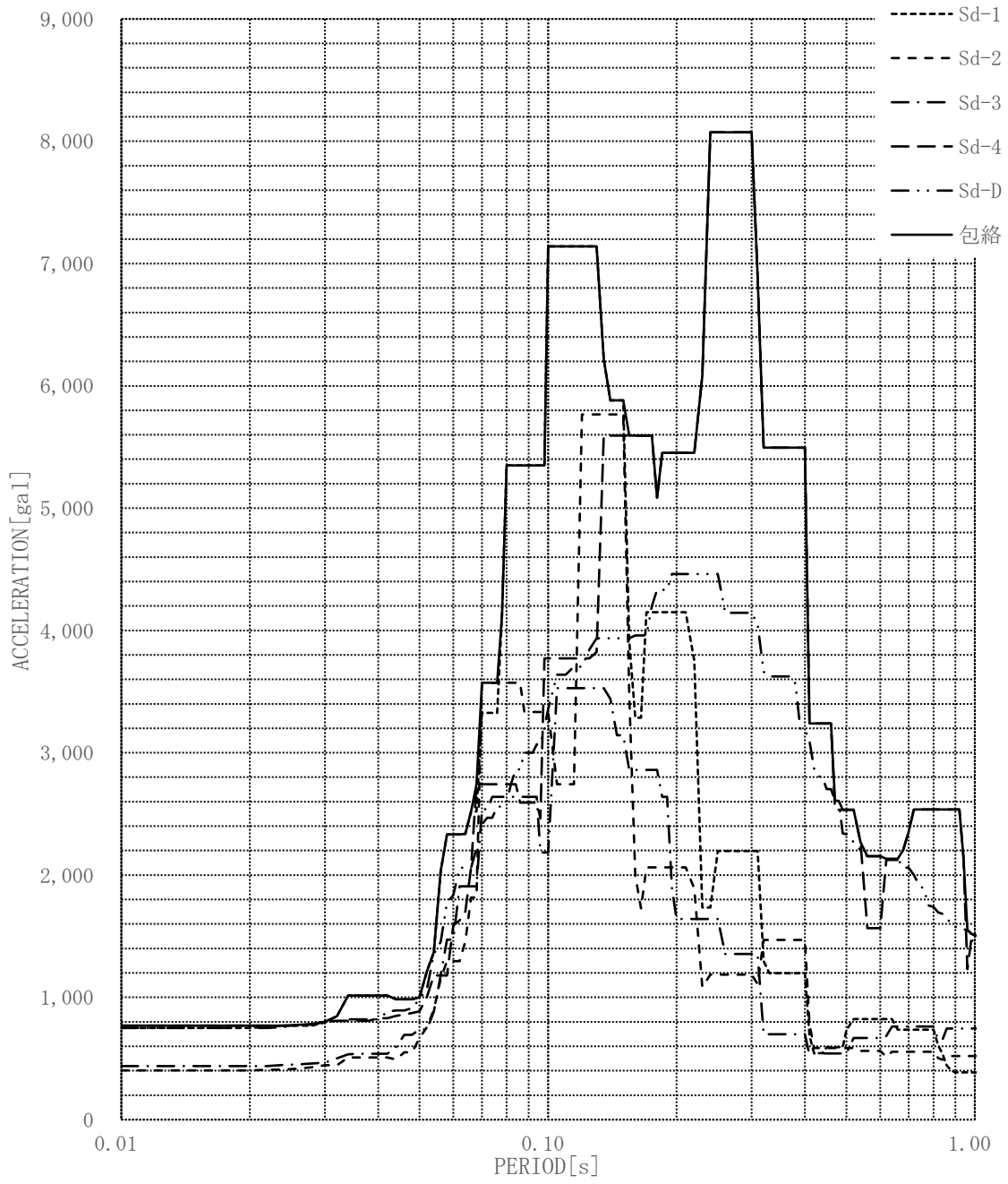


図-3-1.15 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:8, 方向:EW, 減衰:1.0%)

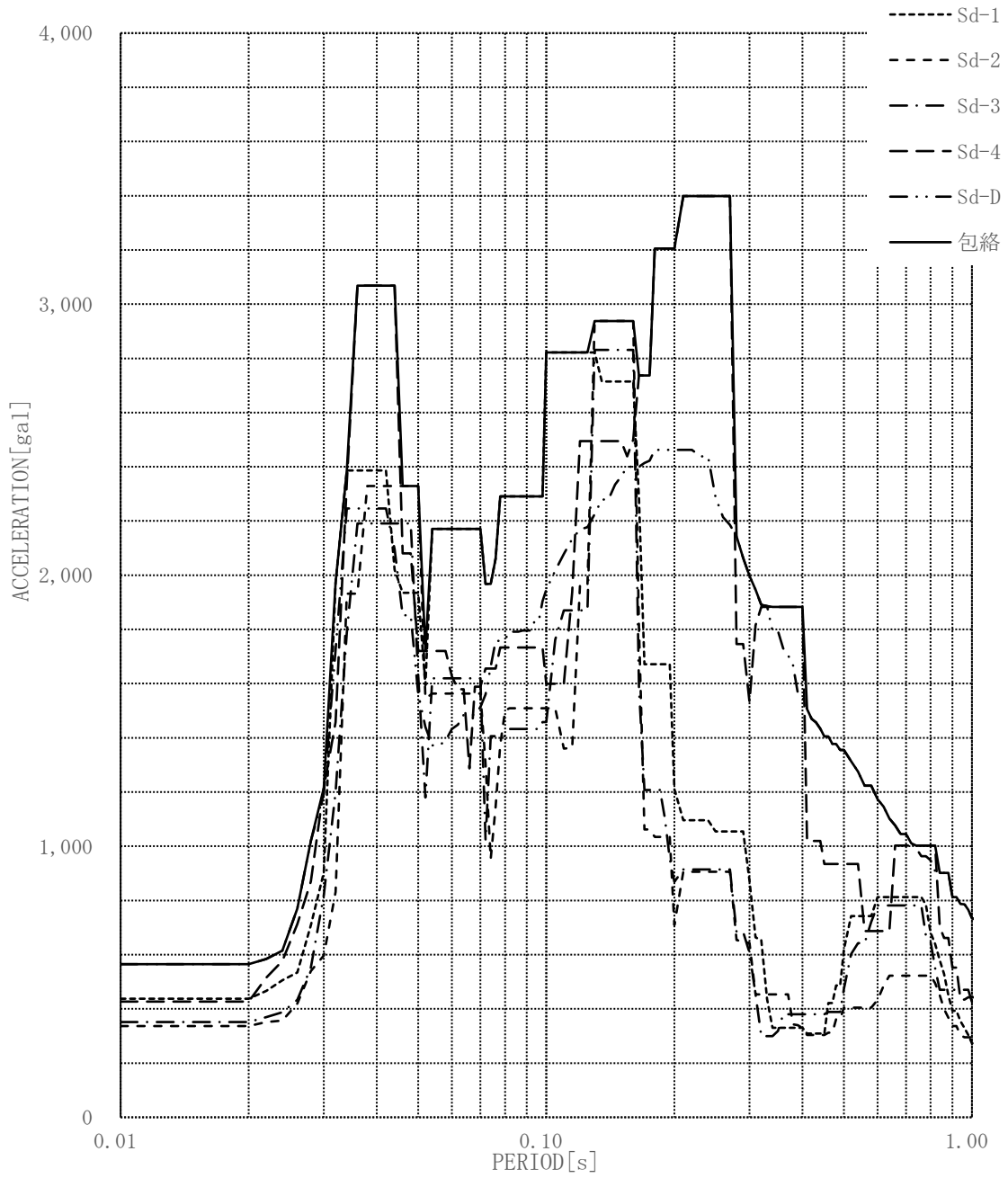


図-3-1.15 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:8, 方向:UD, 減衰:1.0%)

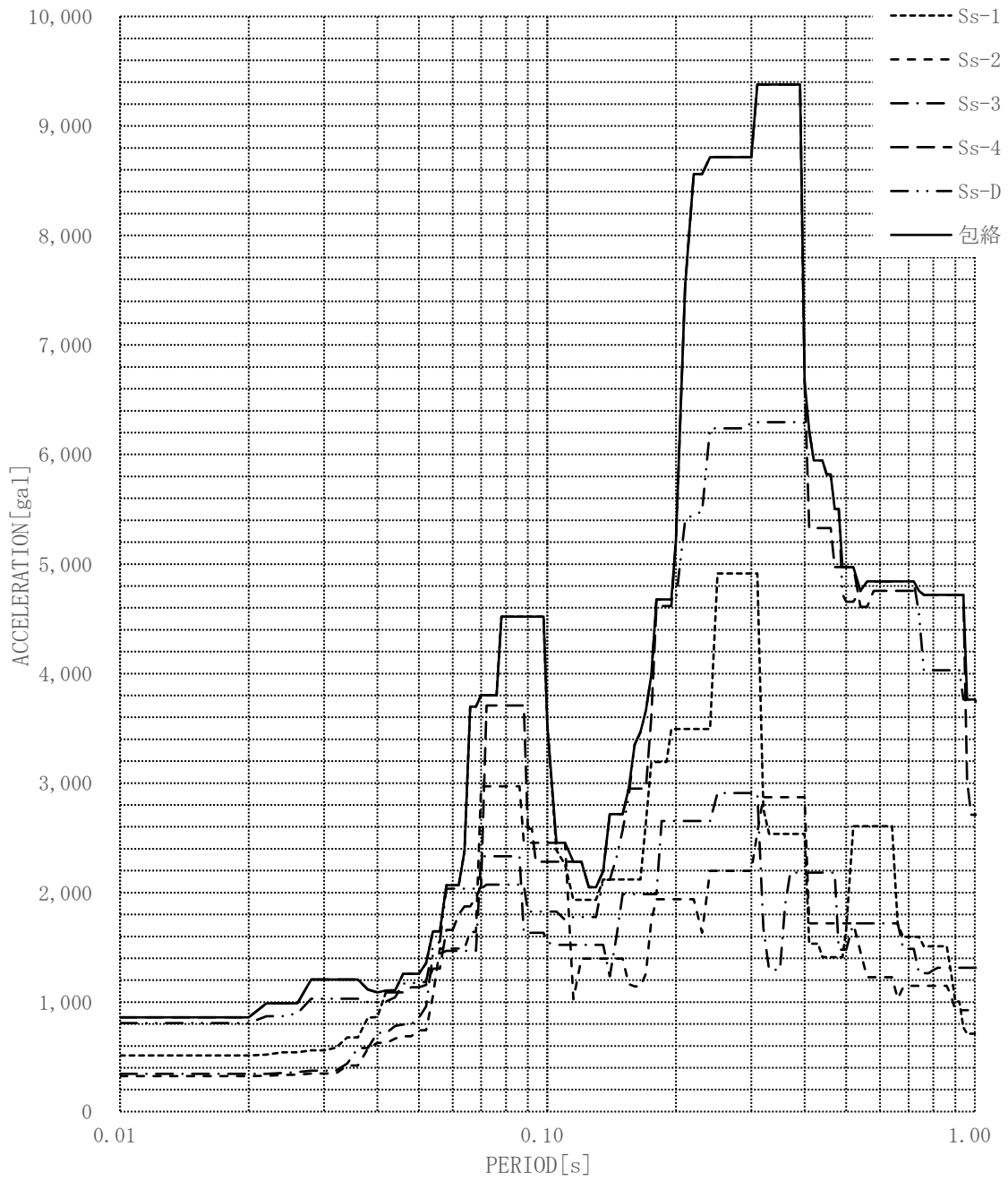


図-3-1.16 (1) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:9, 方向:NS, 減衰:0.5%)

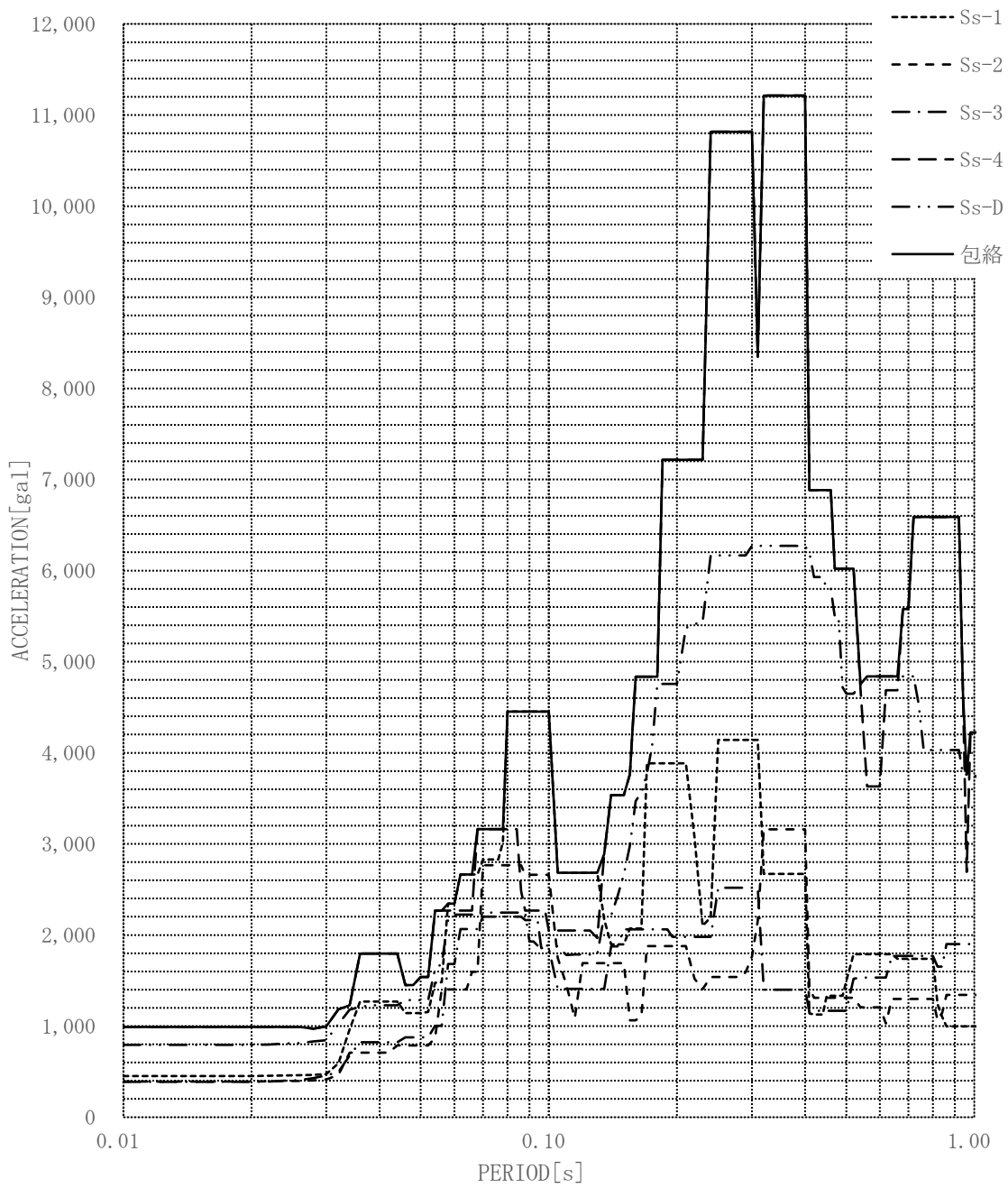


図-3-1.16 (2) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:9, 方向:EW, 減衰:0.5%)

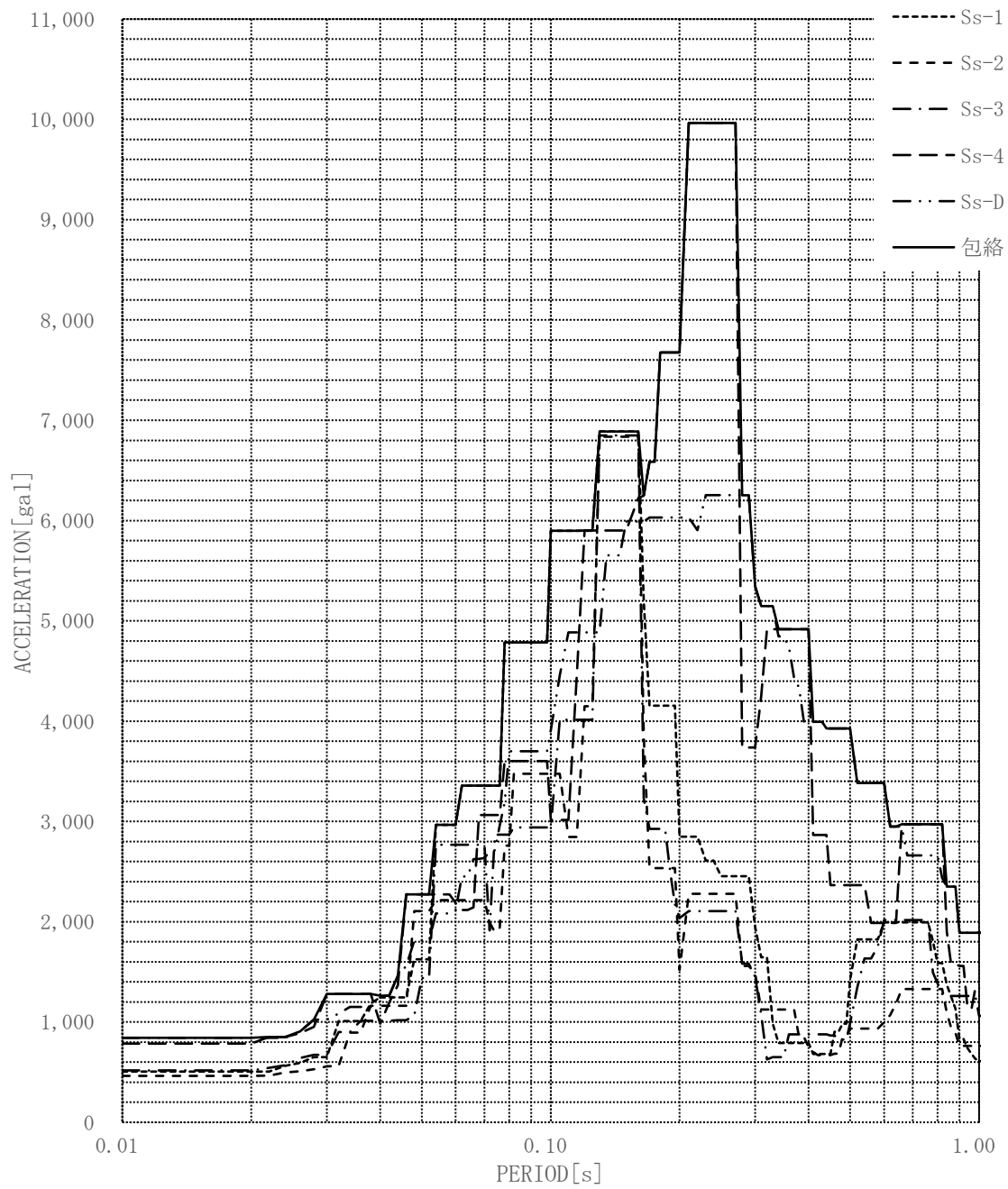


図-3-1.16 (3) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:9, 方向:UD, 減衰:0.5%)

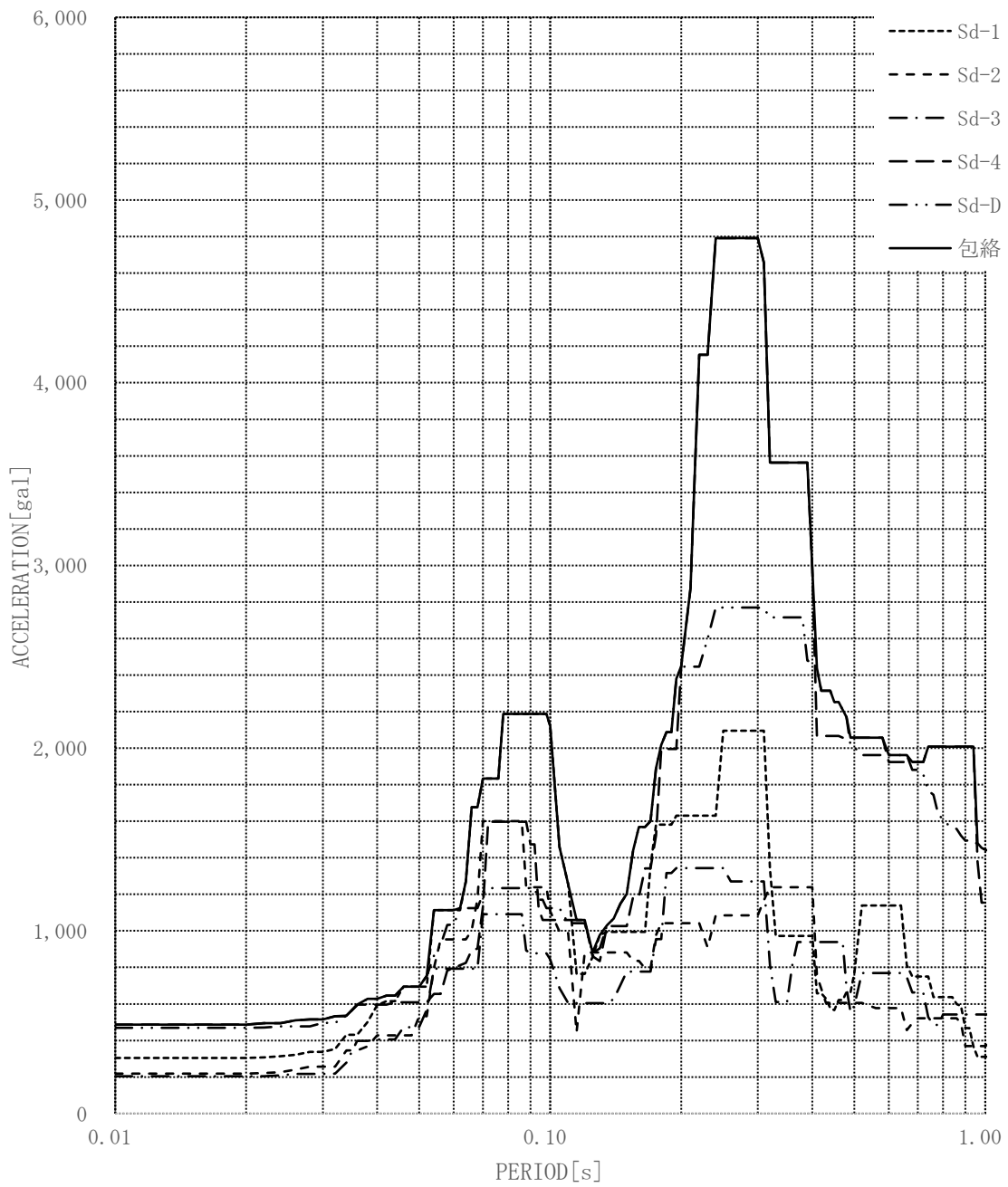


図-3-1.17 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:NS, 減衰:1.0%)

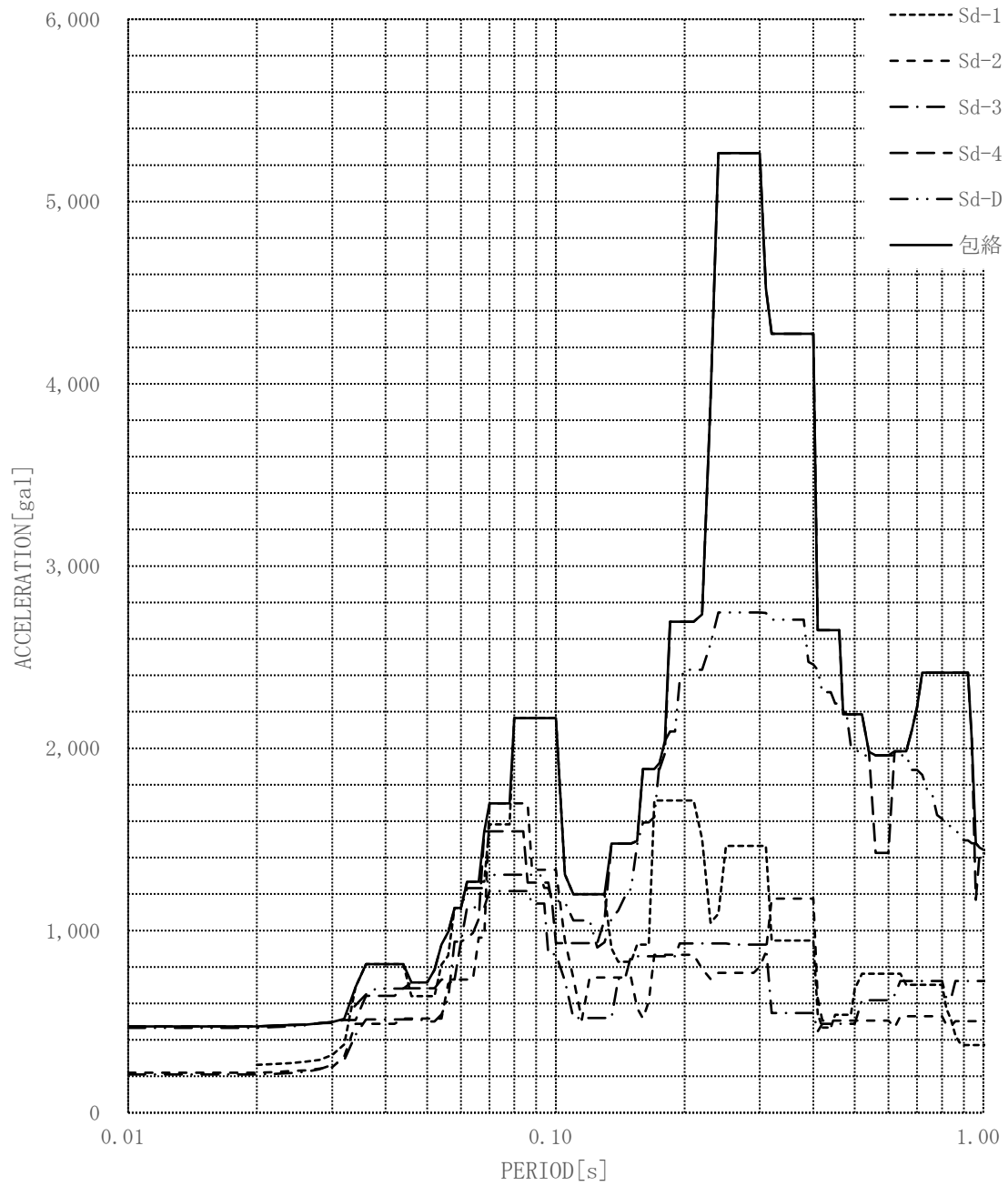


図-3-1.17 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:EW, 減衰:1.0%)

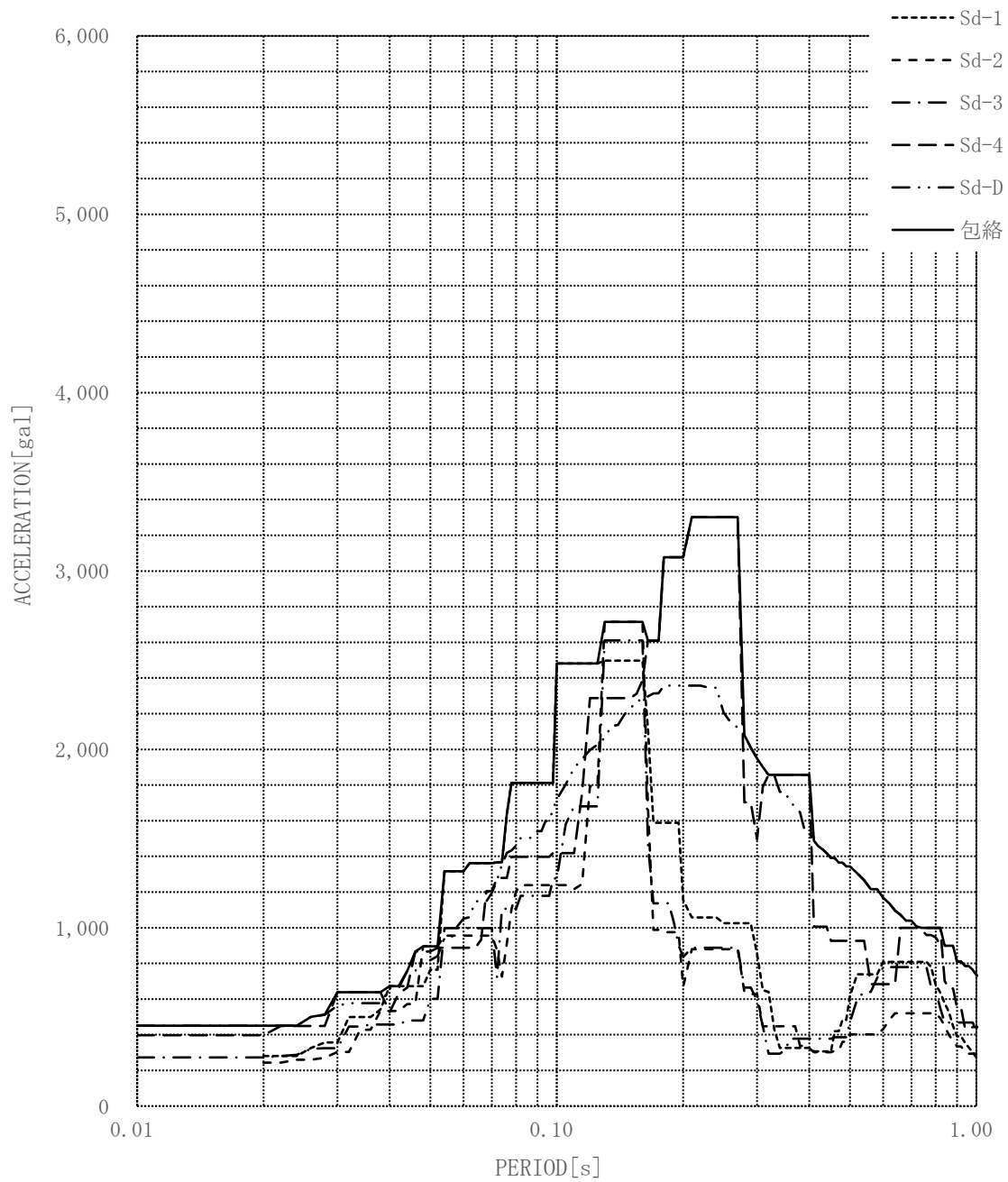


図-3-1.17 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:UD, 減衰:1.0%)

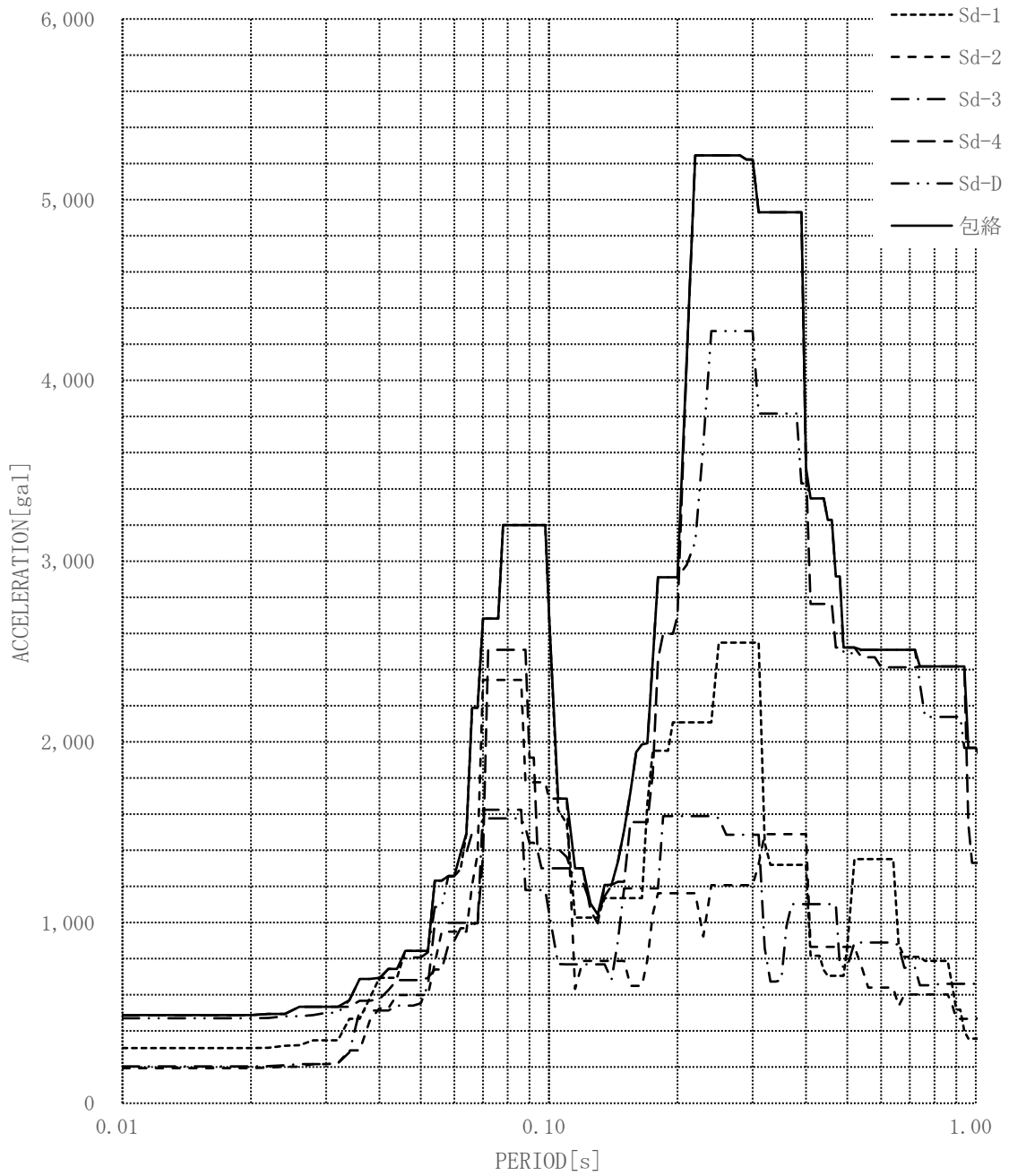


図-3-1.18 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:NS, 減衰:0.5%)

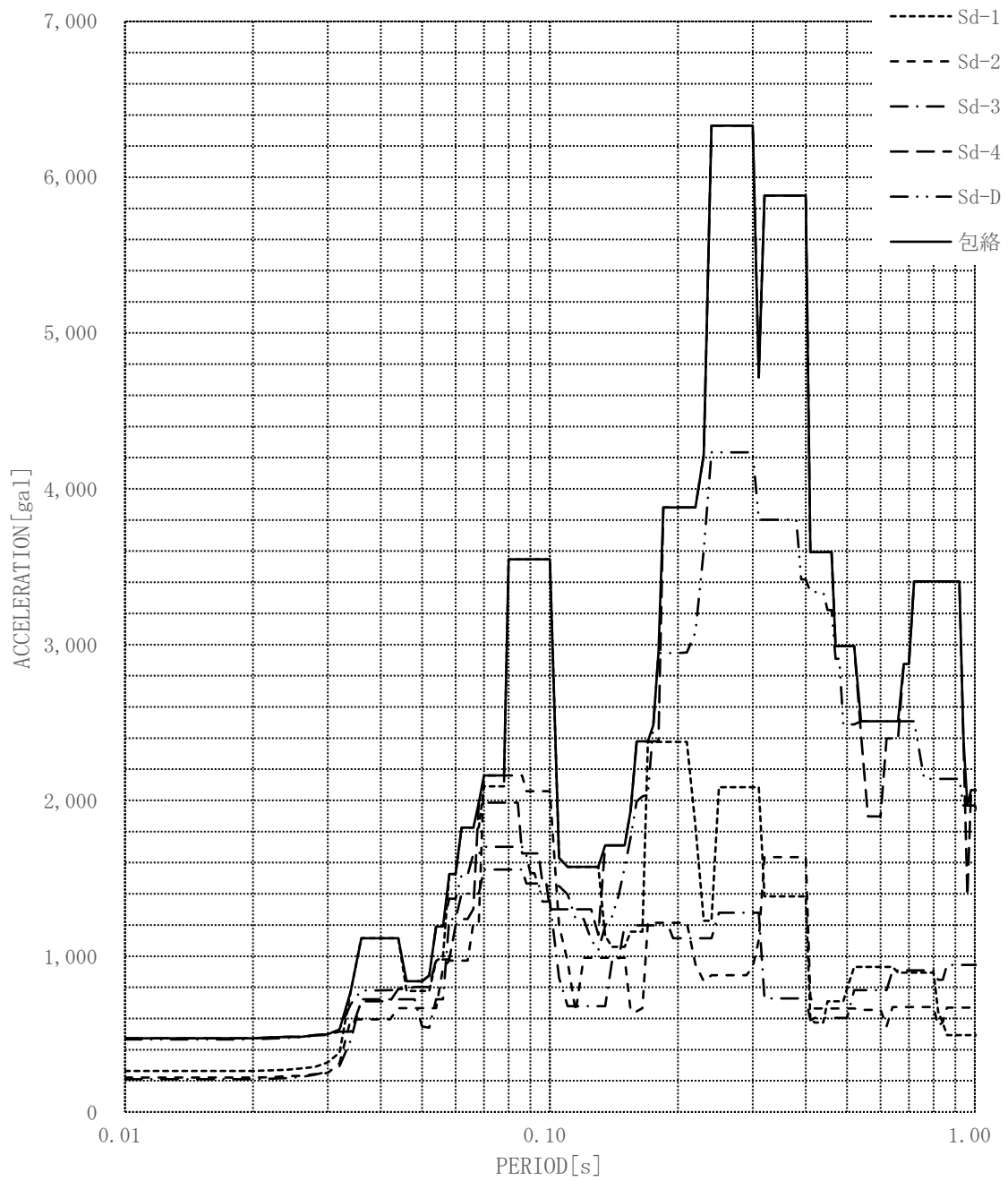


図-3-1.18 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:EW, 減衰:0.5%)

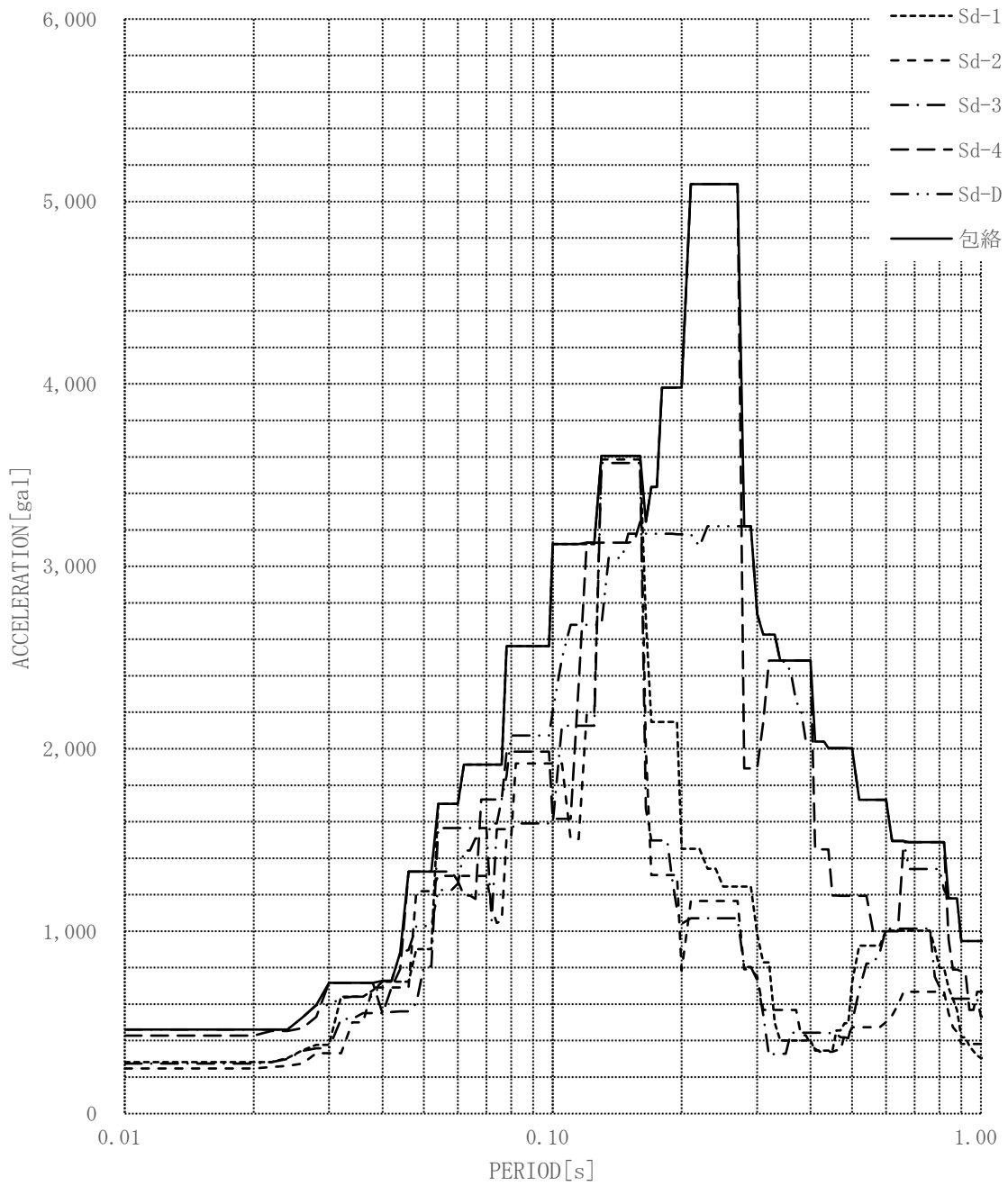


図-3-1.18 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:9, 方向:UD, 減衰:0.5%)

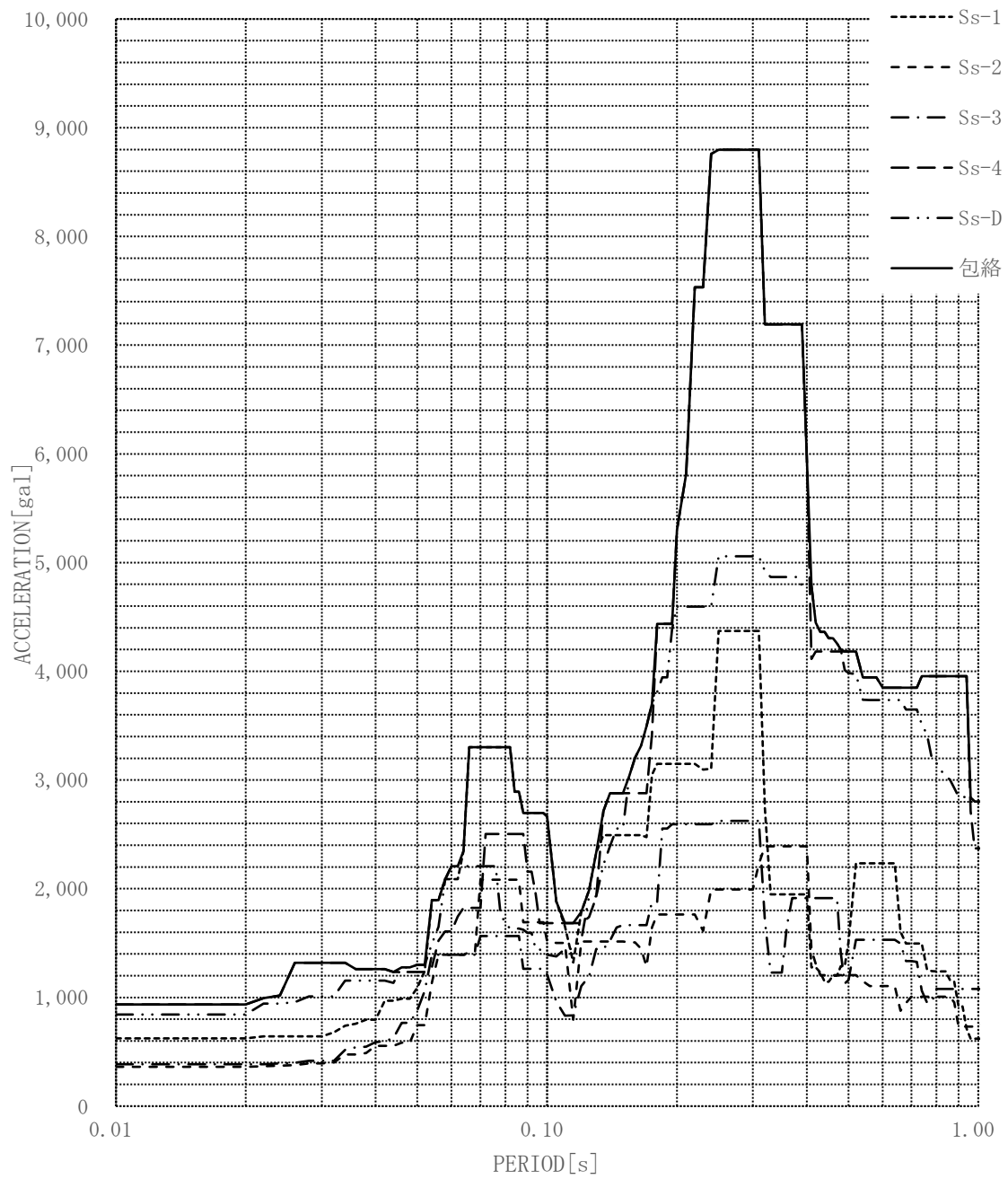


図-3-1.19 (1) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:NS, 減衰:1.0%)

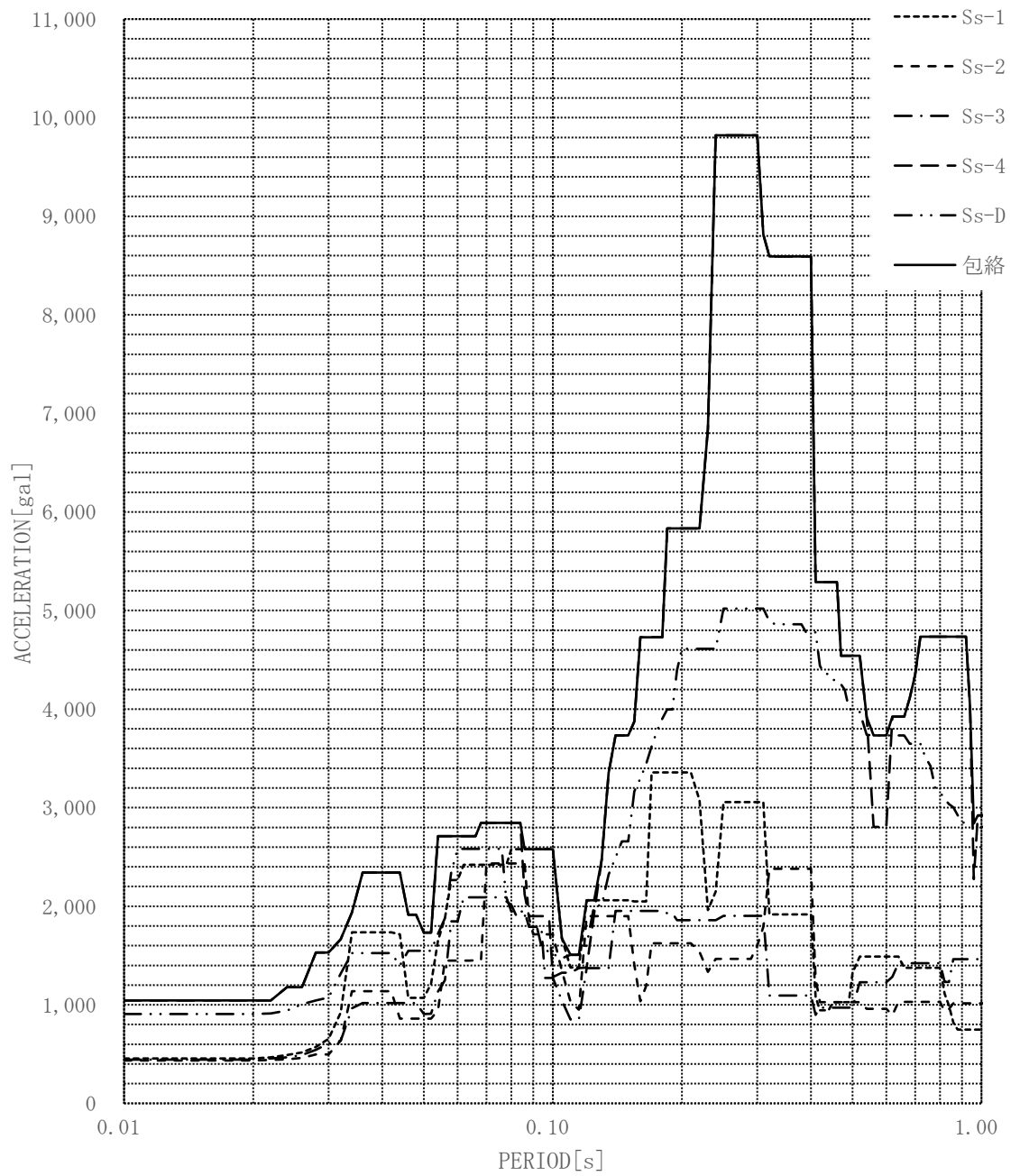


図-3-1.19 (2) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:EW, 減衰:1.0%)

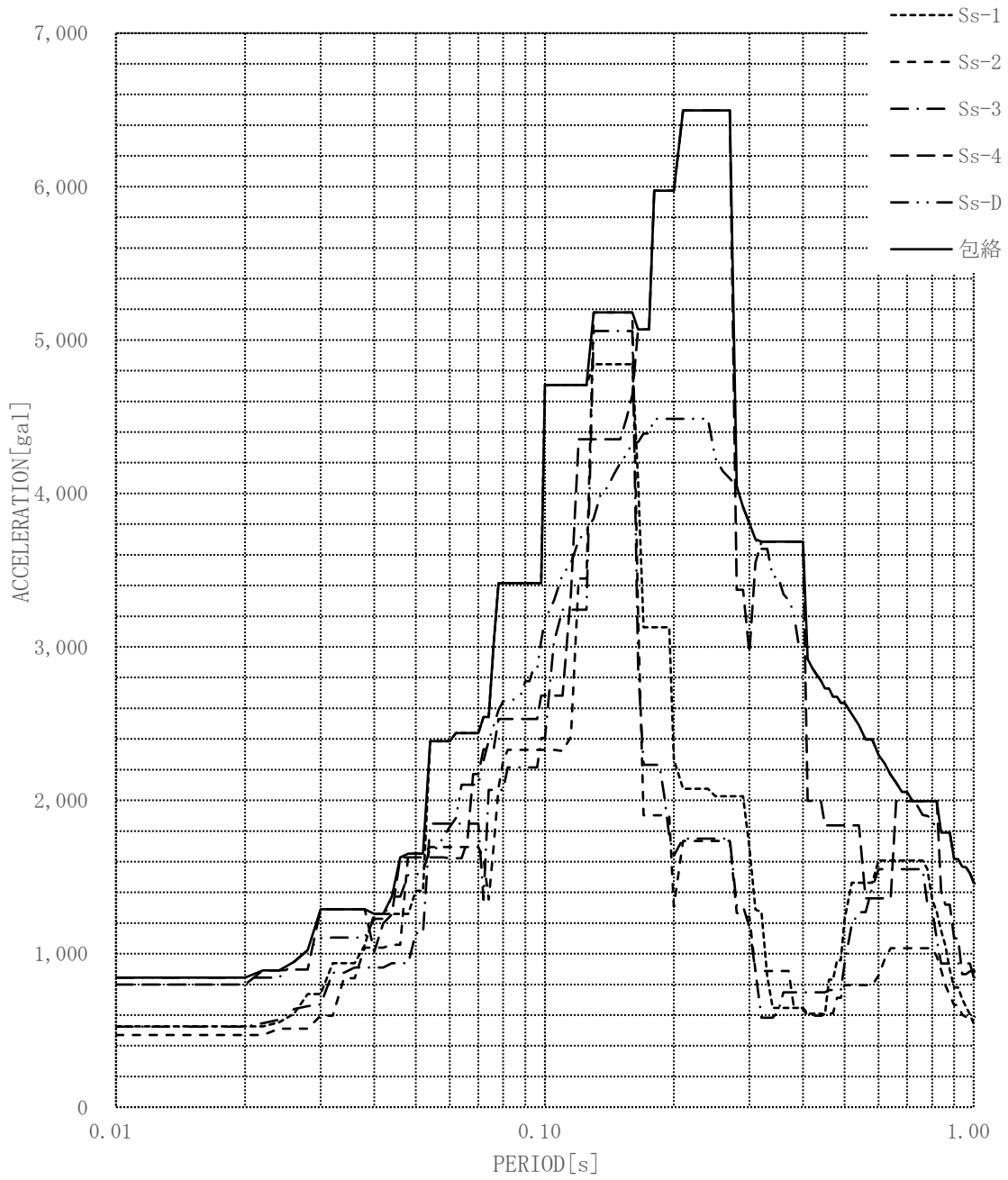


図-3-1.19 (3) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:UD, 減衰:1.0%)

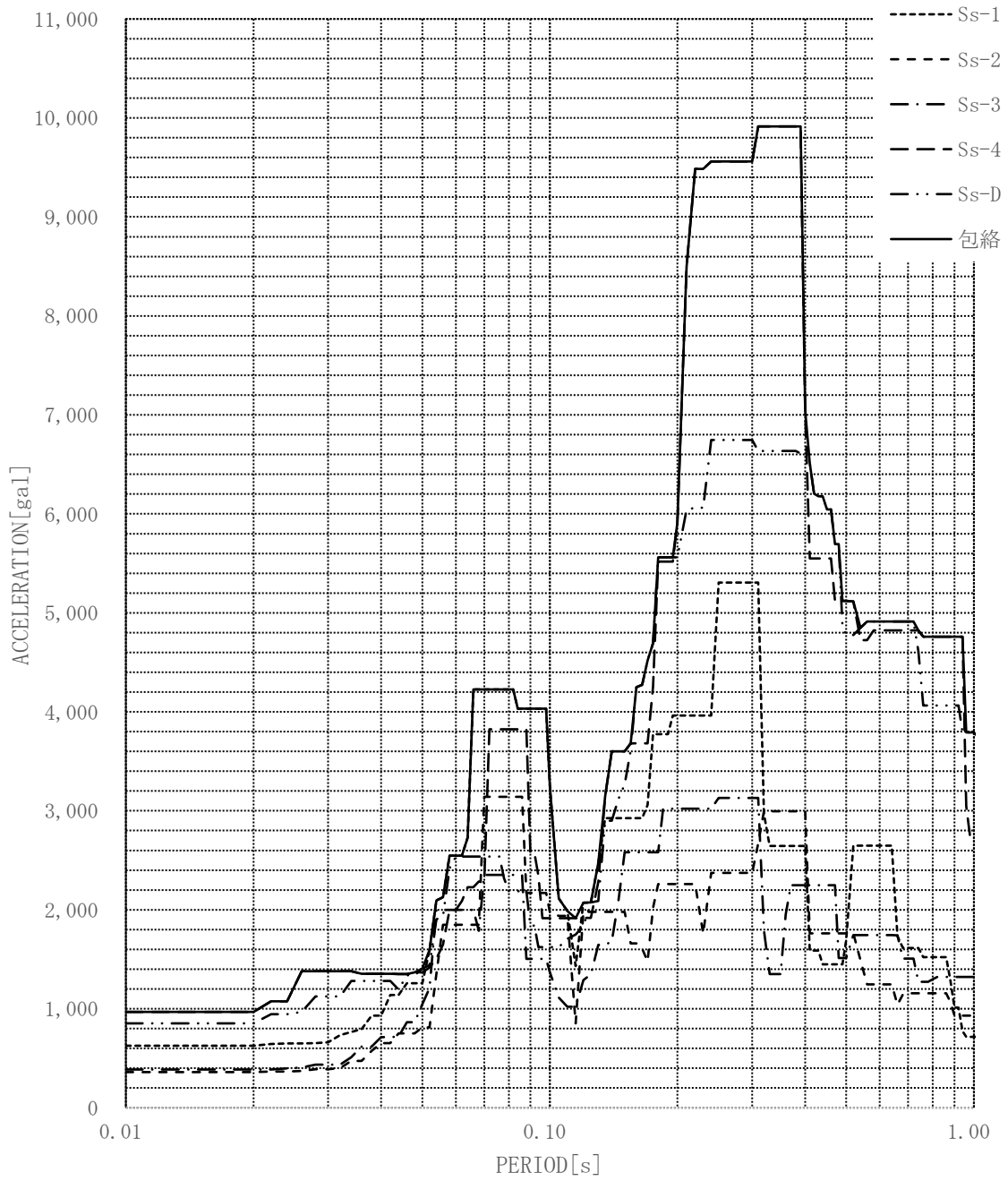


図-3-1.20 (1) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:NS, 減衰:0.5%)

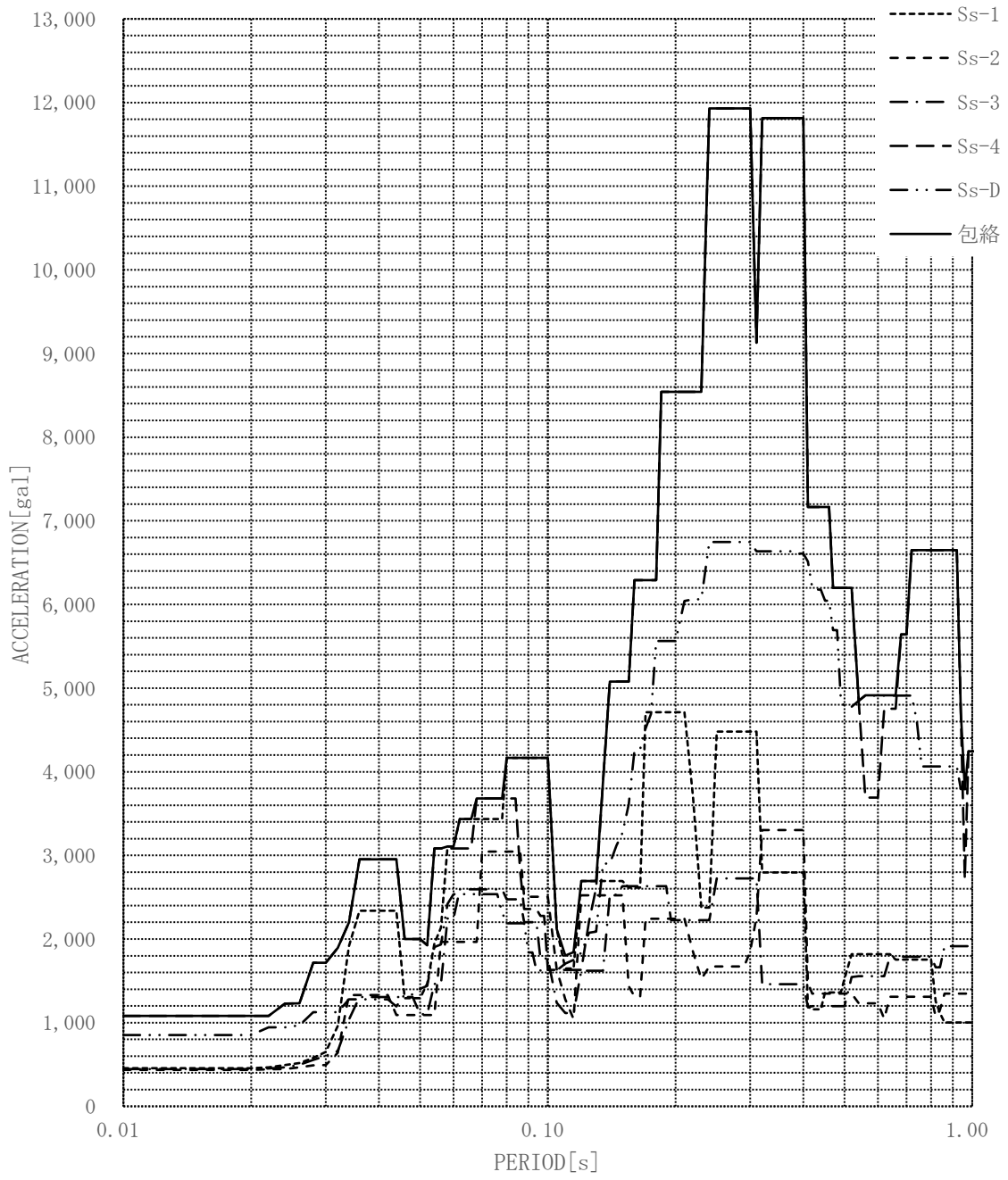


図-3-1.20 (2) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:EW, 減衰:0.5%)

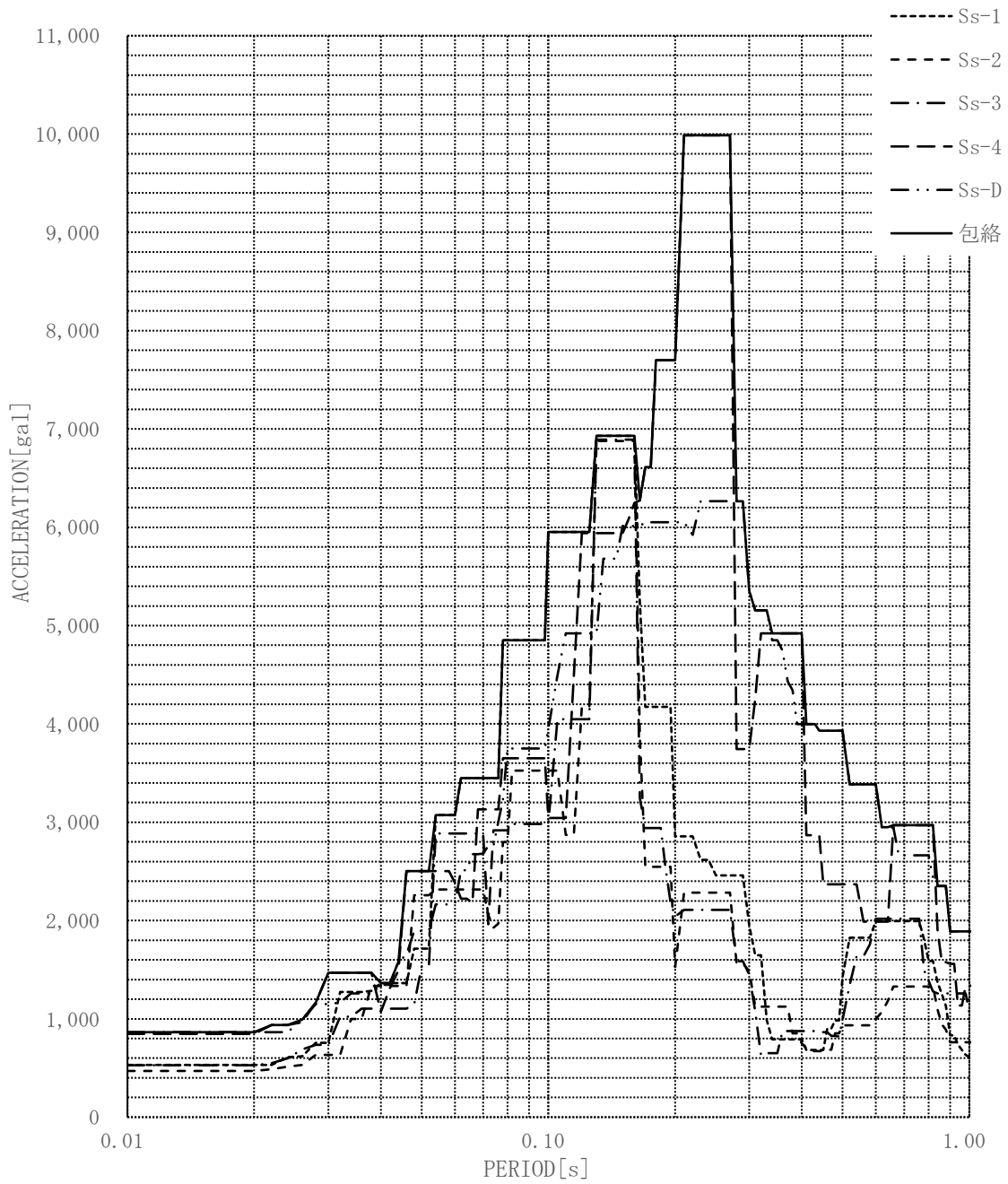


図-3-1.20 (3) 床応答スペクトル (地震動:Ss, 原子炉建家質点:10, 方向:UD, 減衰:0.5%)

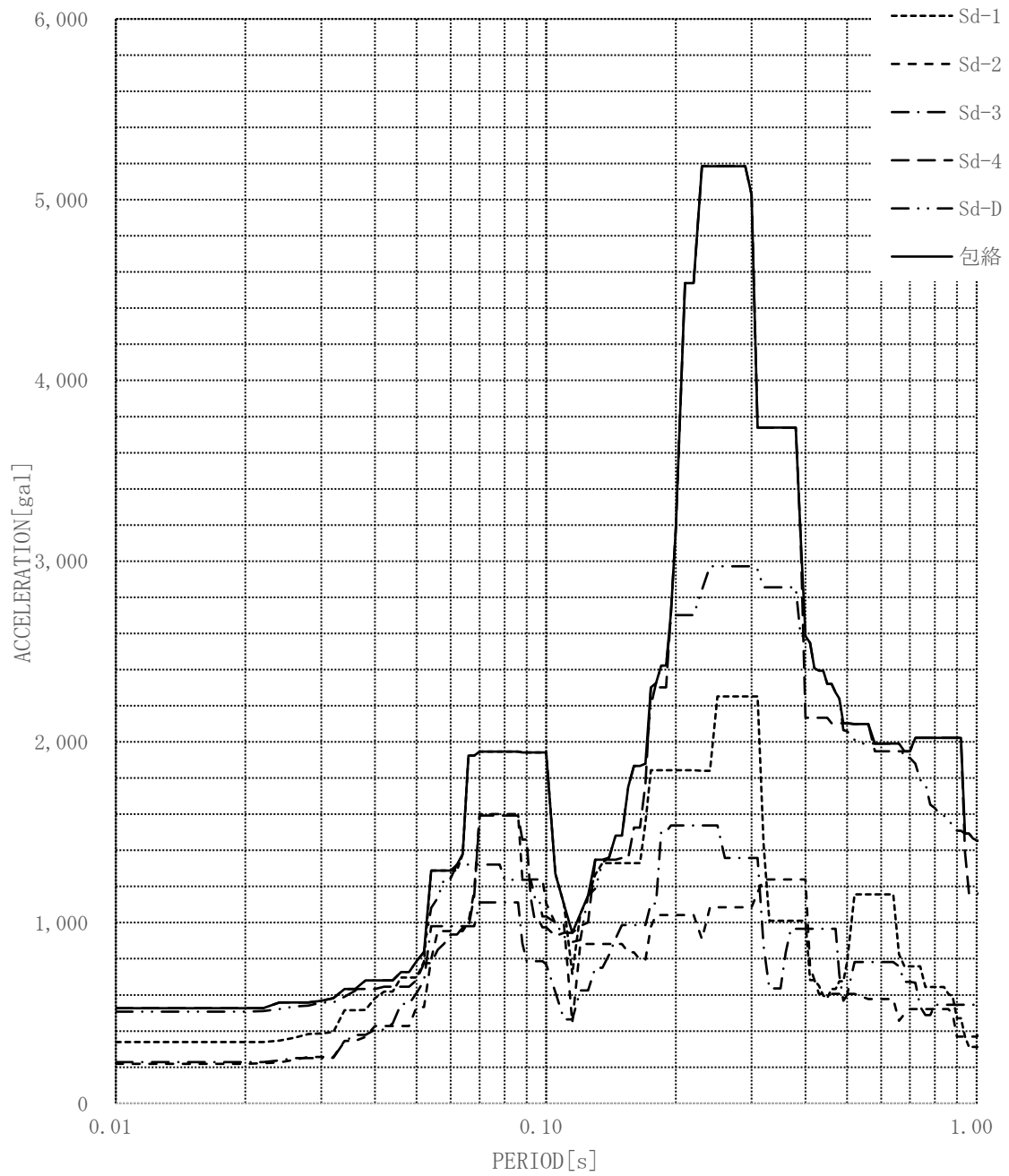


図-3-1.21 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:NS, 減衰:1.0%)

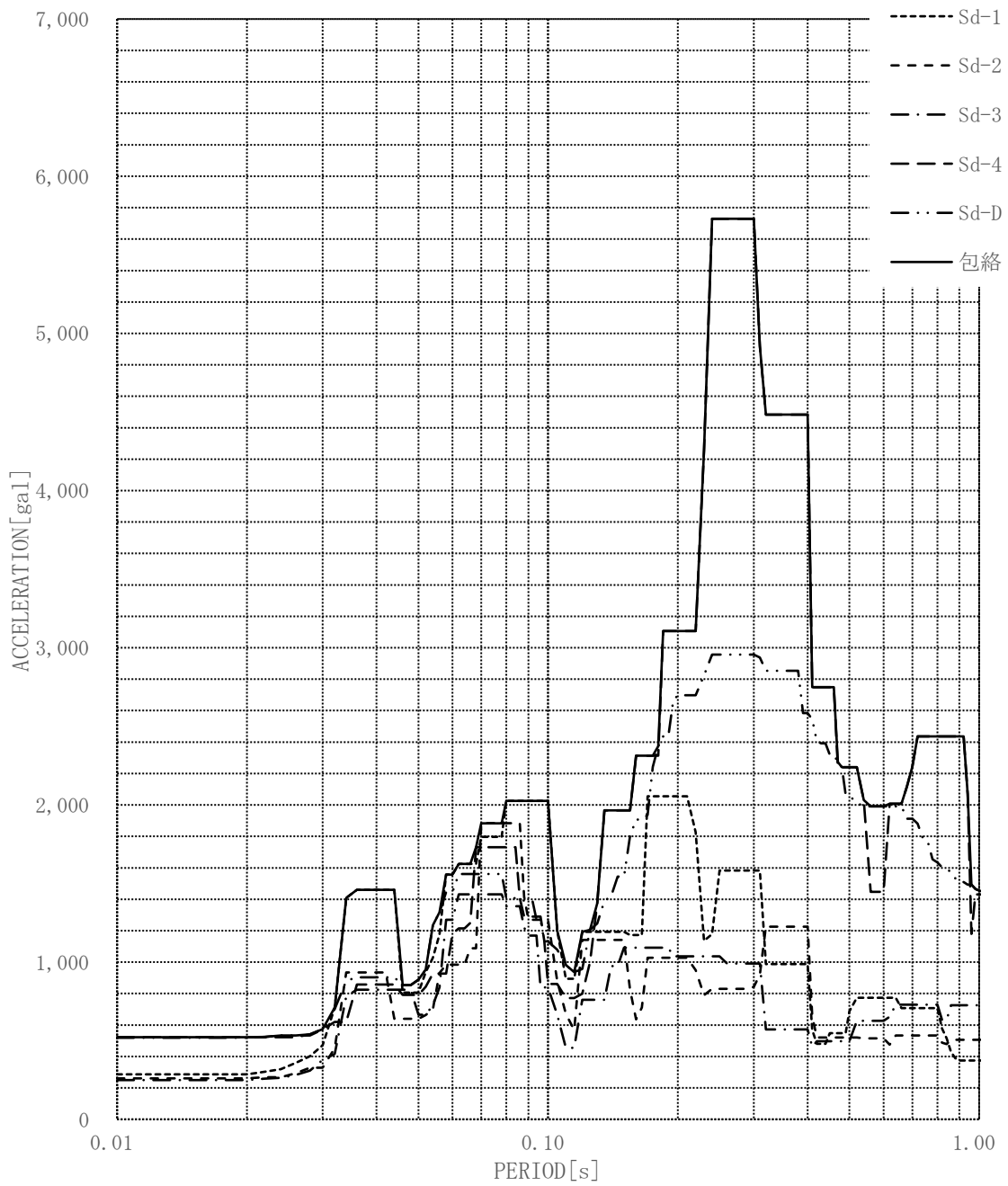


図-3-1.21 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:EW, 減衰:1.0%)

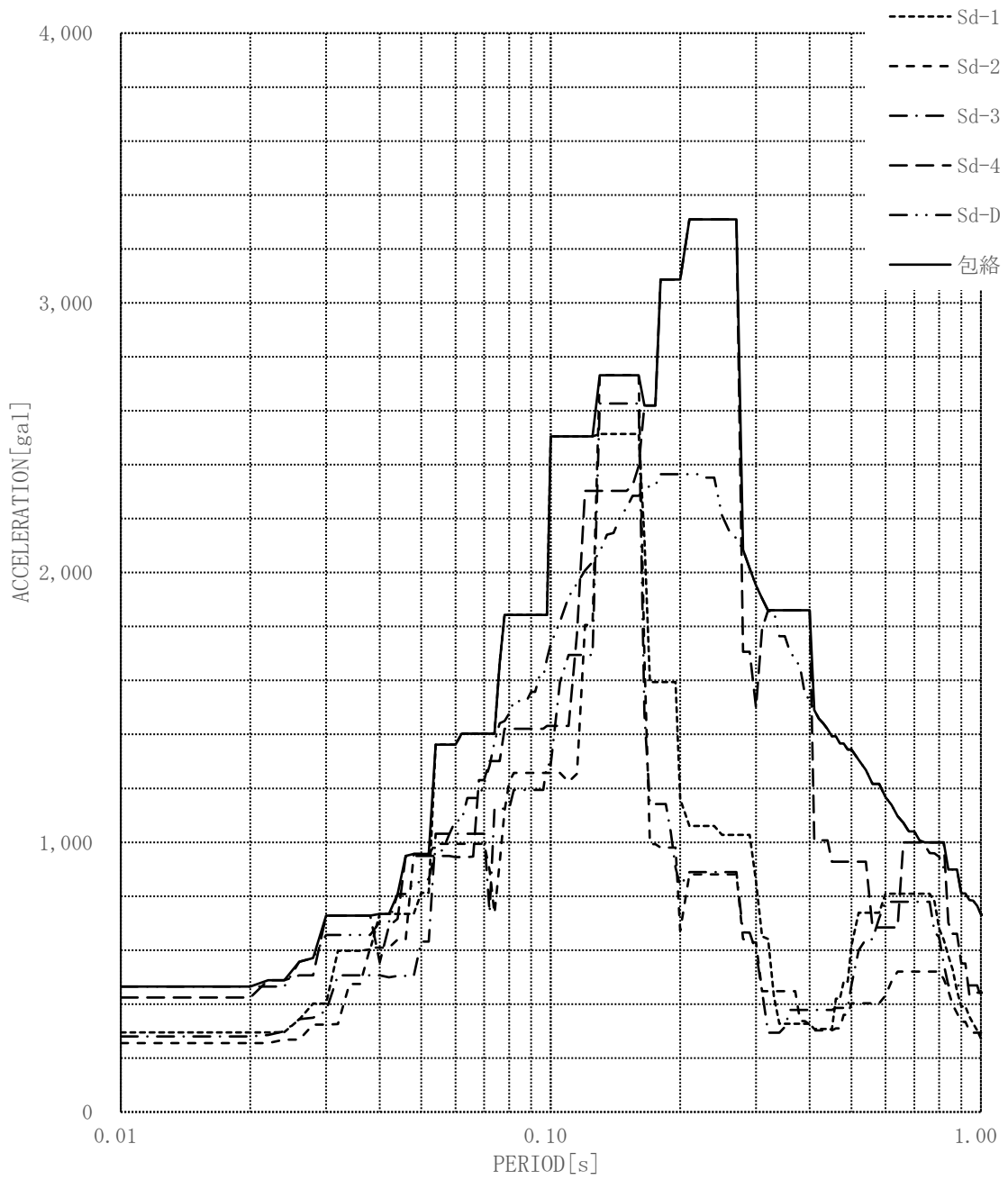


図-3-1.21 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:UD, 減衰:1.0%)

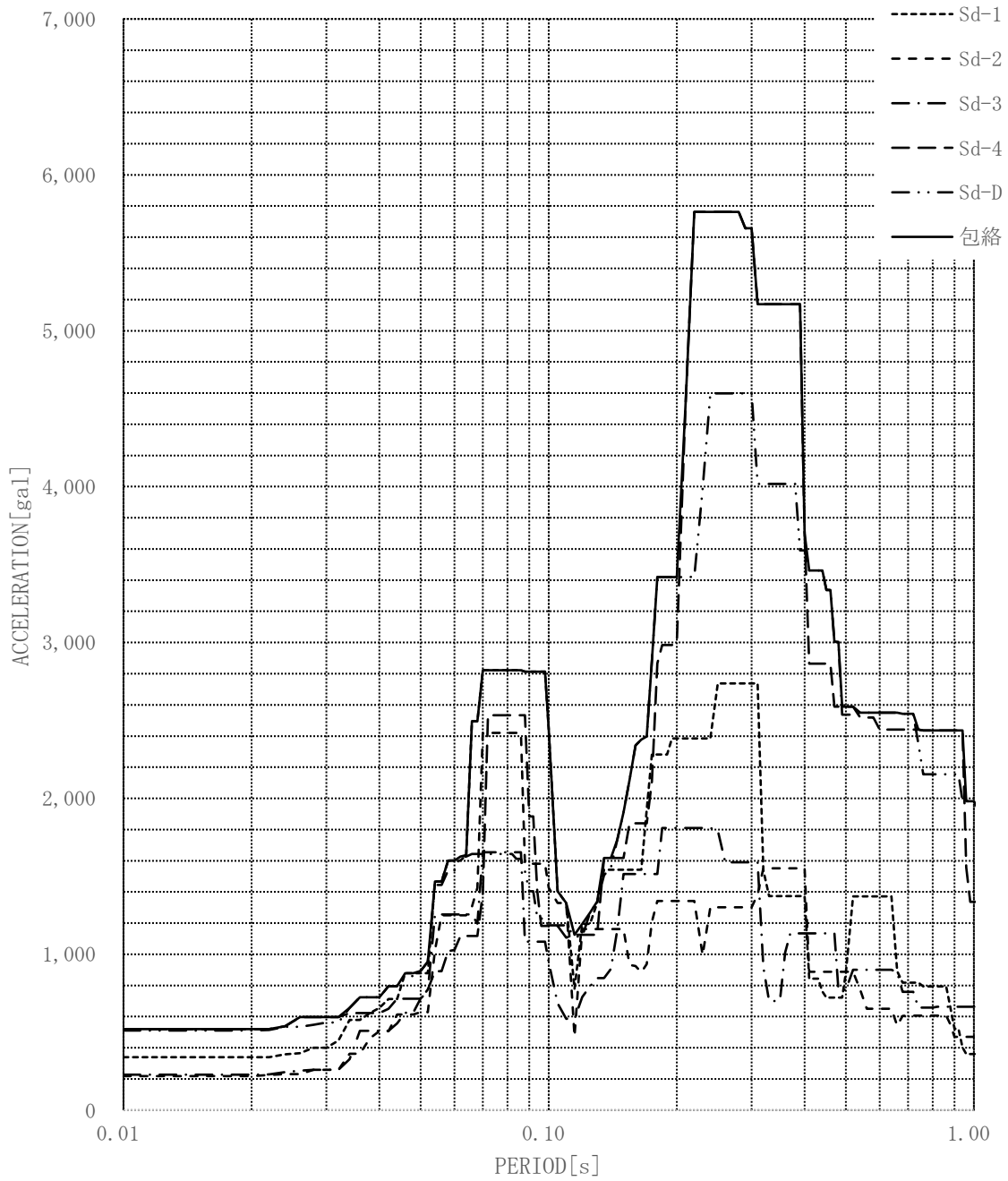


図-3-1.22 (1) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:NS, 減衰:0.5%)

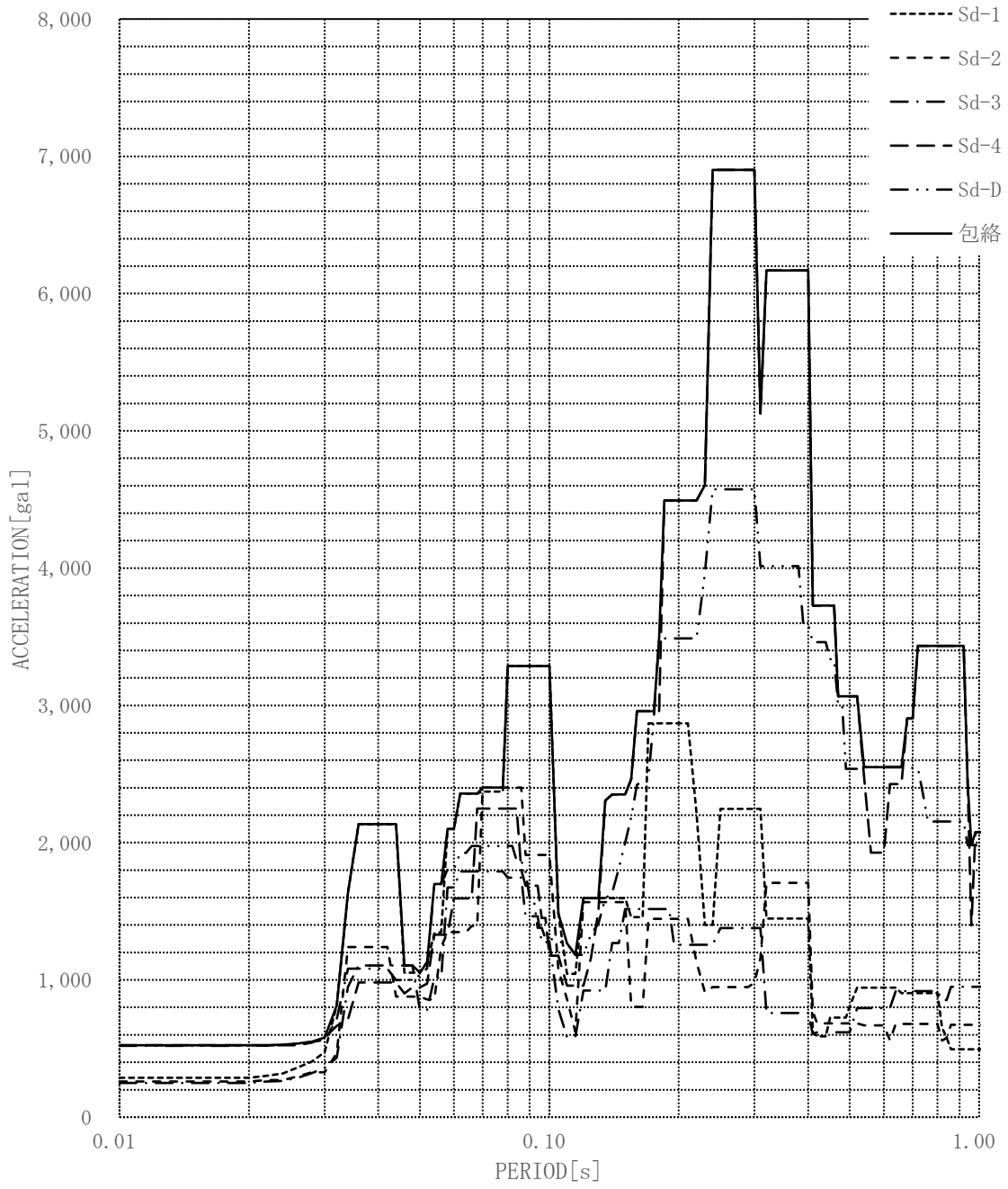


図-3-1.22 (2) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:EW, 減衰:0.5%)

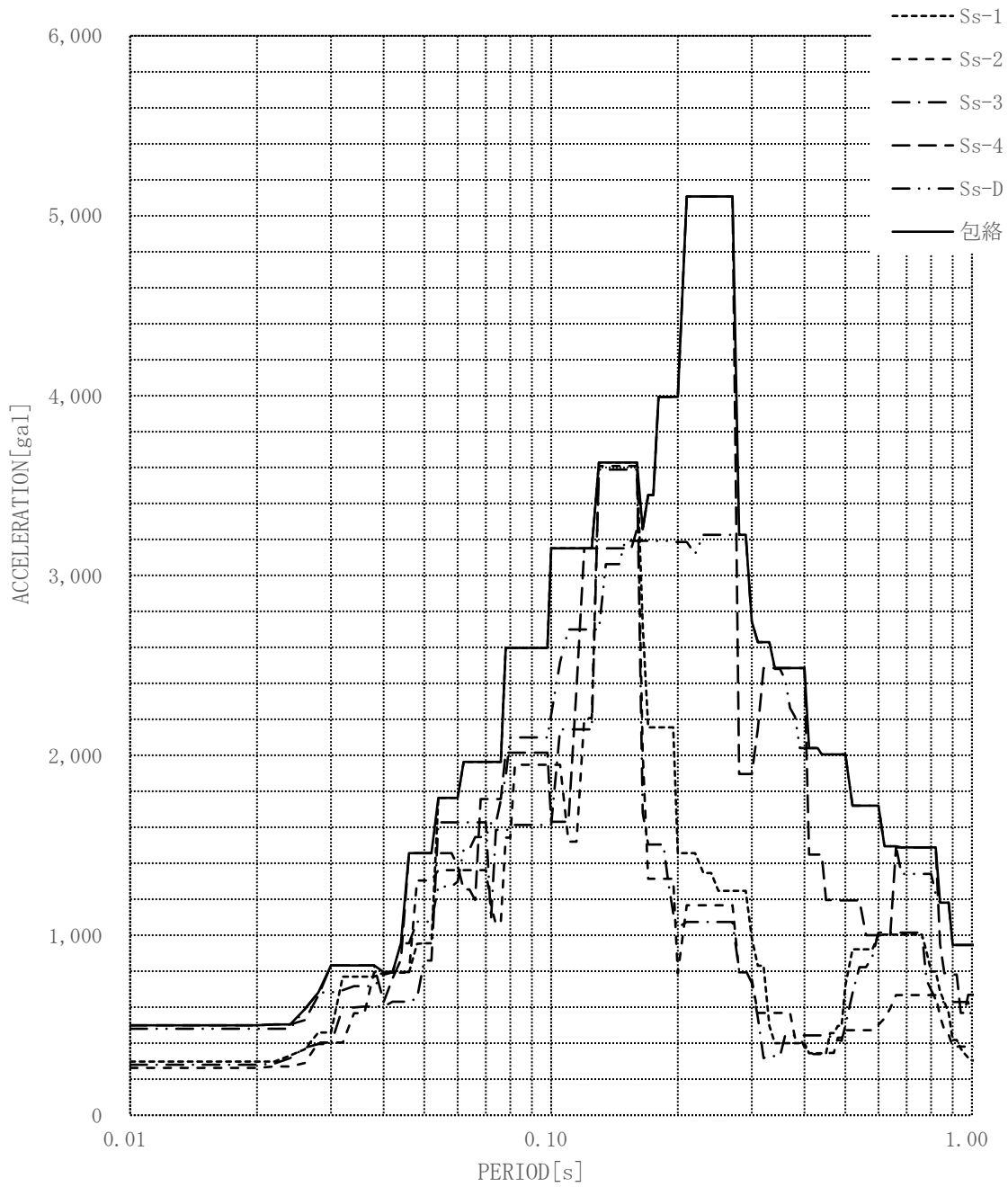


図-3-1.22 (3) 床応答スペクトル (地震動:Sd, 原子炉建家質点:10, 方向:UD, 減衰:0.5%)

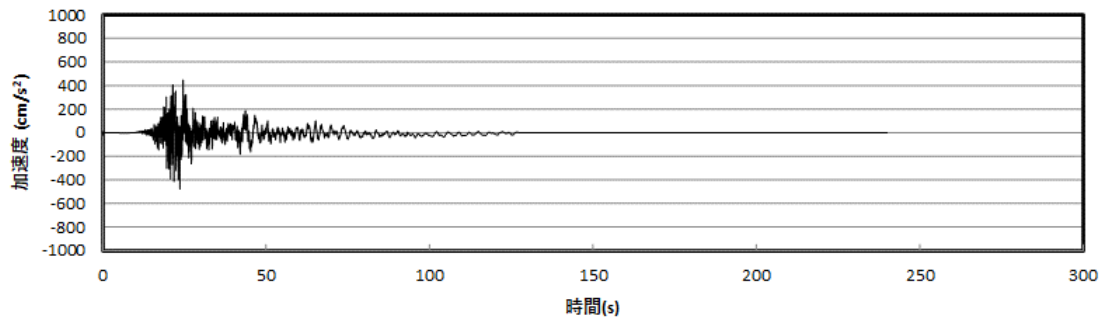


図-3-1.23 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

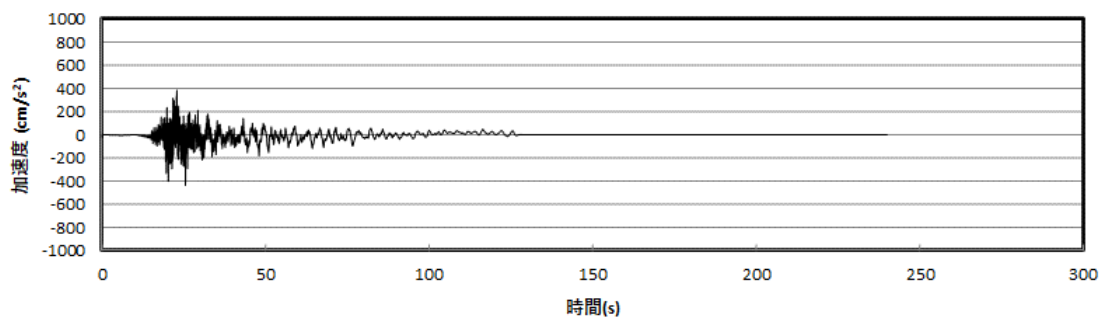


図-3-1.23 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

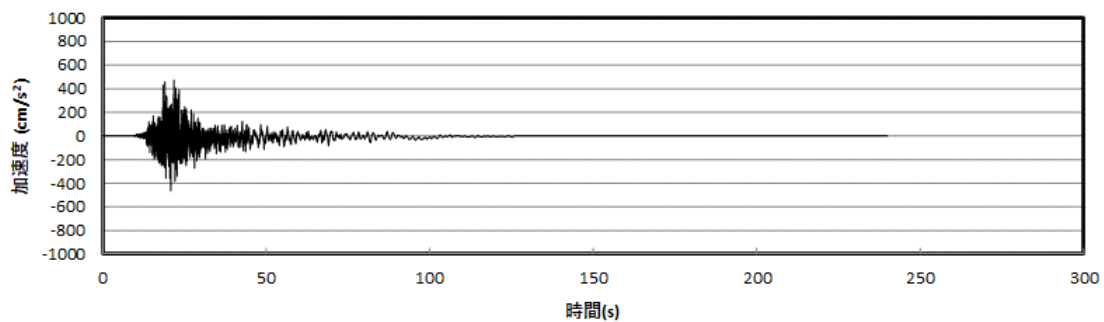


図-3-1.23 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

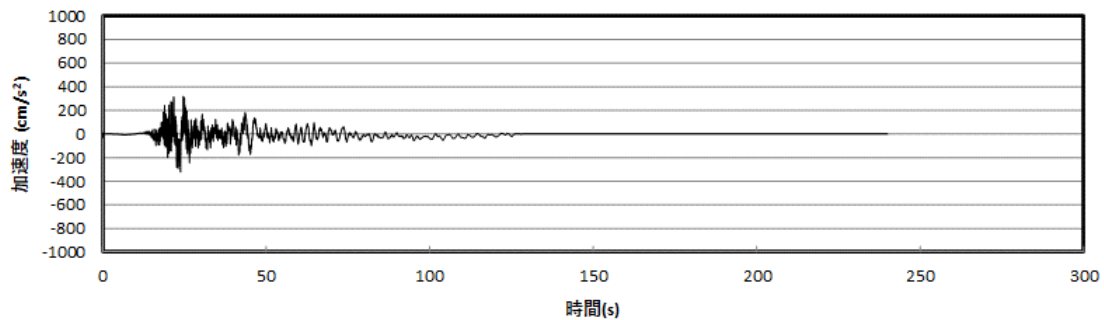


図-3-1.24 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

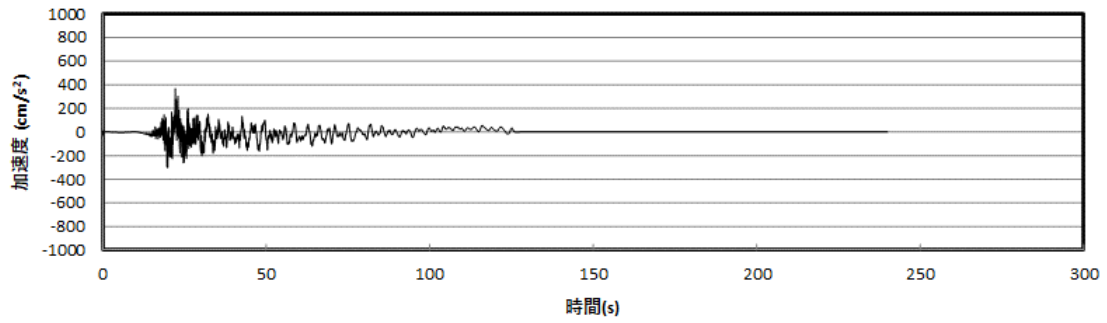


図-3-1.24 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 S_s-2 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

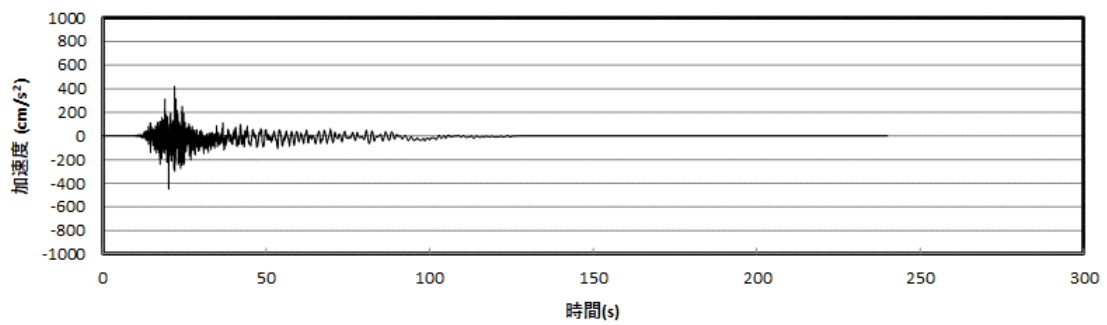


図-3-1.24 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 S_s-2 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

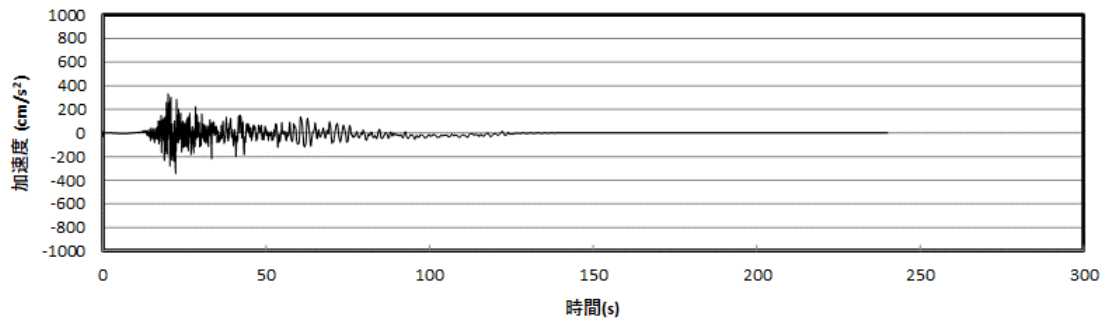


図-3-1.25 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 S_s-3 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

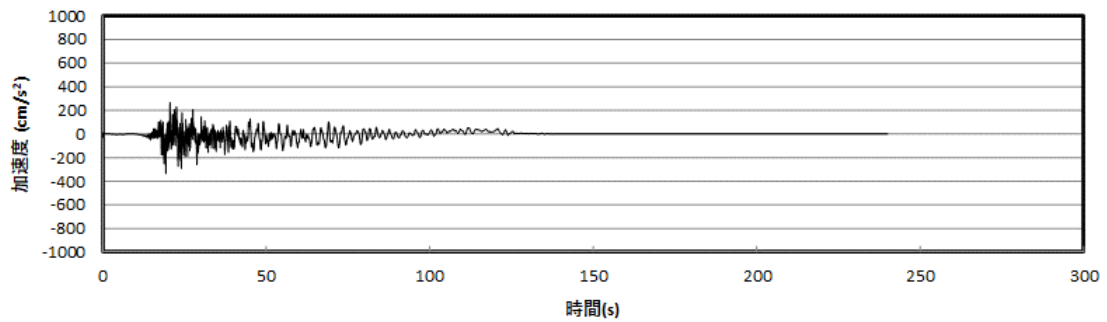


図-3-1.25 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 S_s-3 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

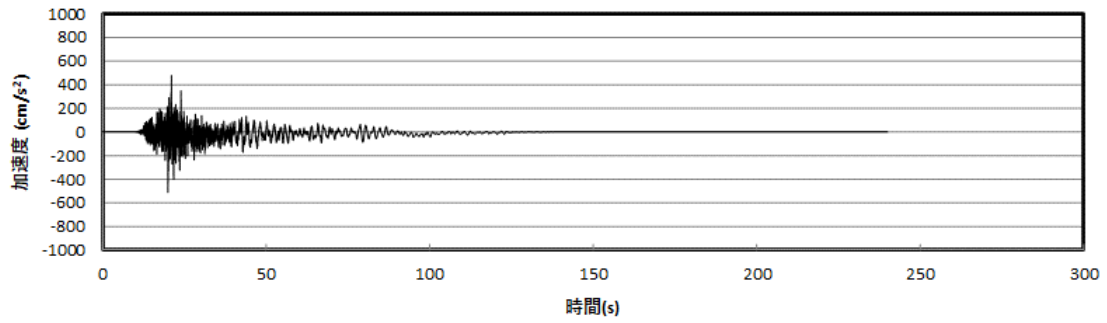


図-3-1.25 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-3 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

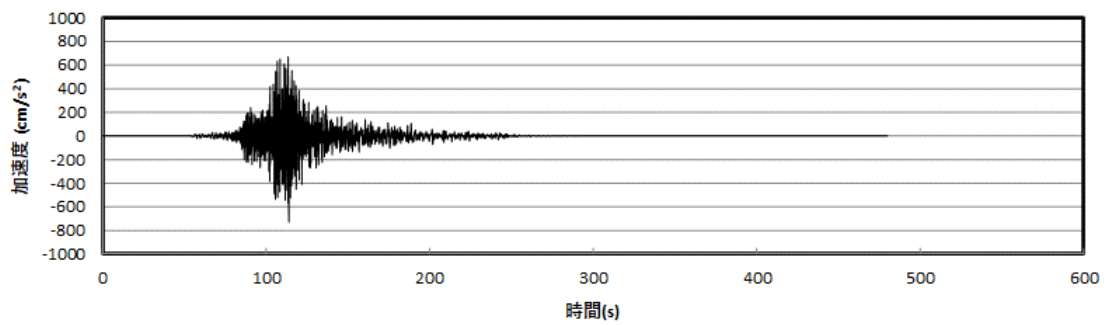


図-3-1.26 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

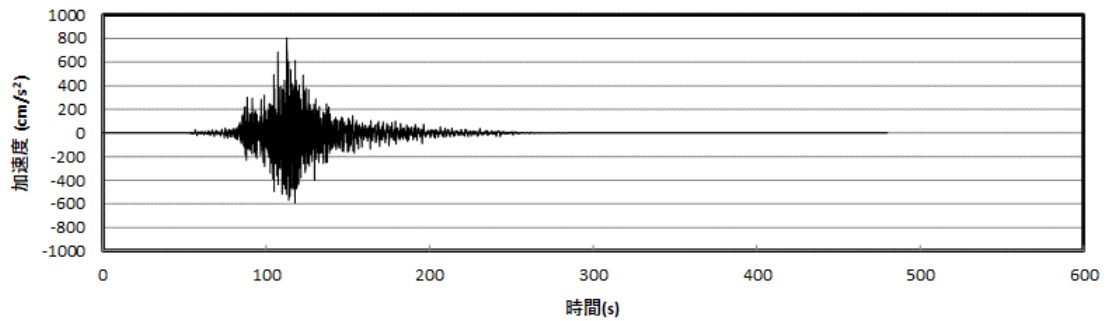


図-3-1.26 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

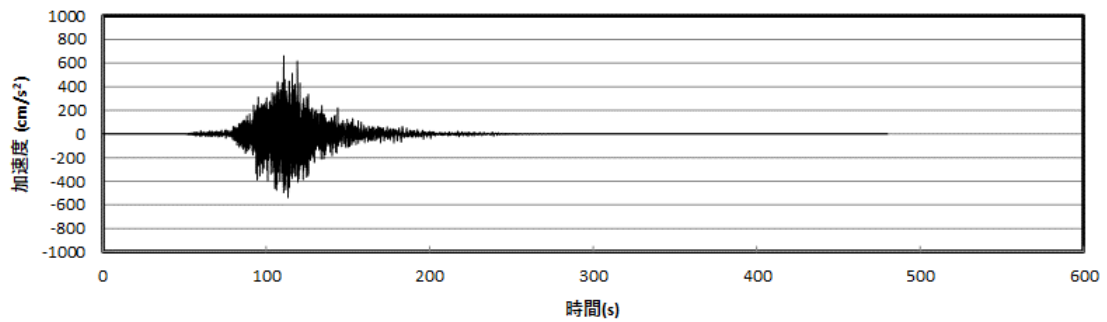


図-3-1.26 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

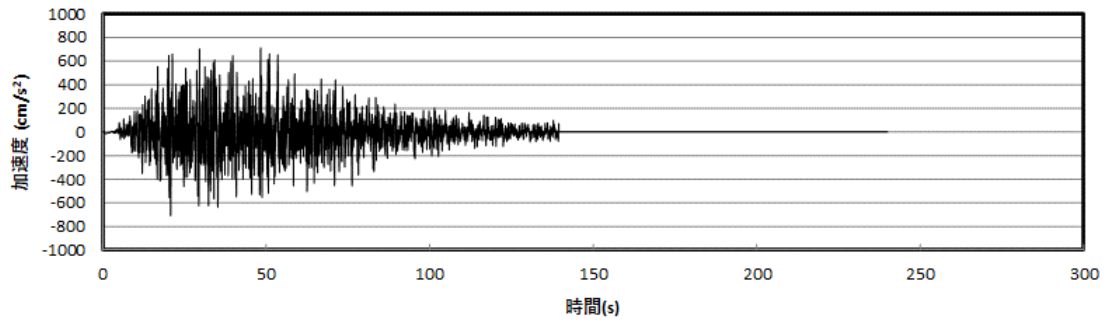


図-3-1.27 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

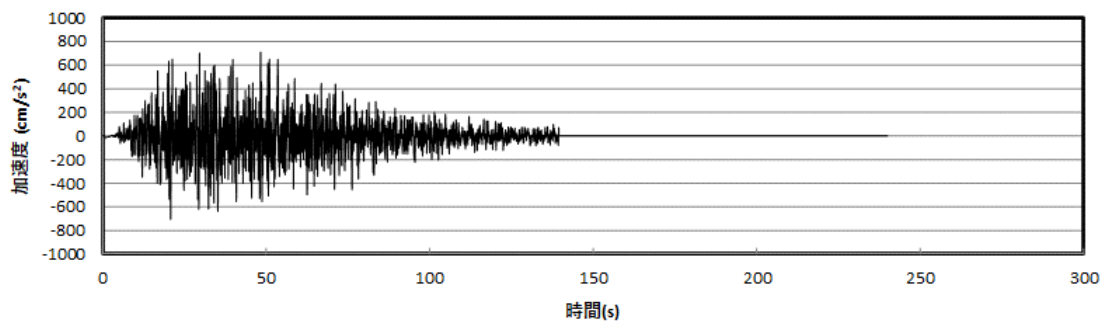


図-3-1.27 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

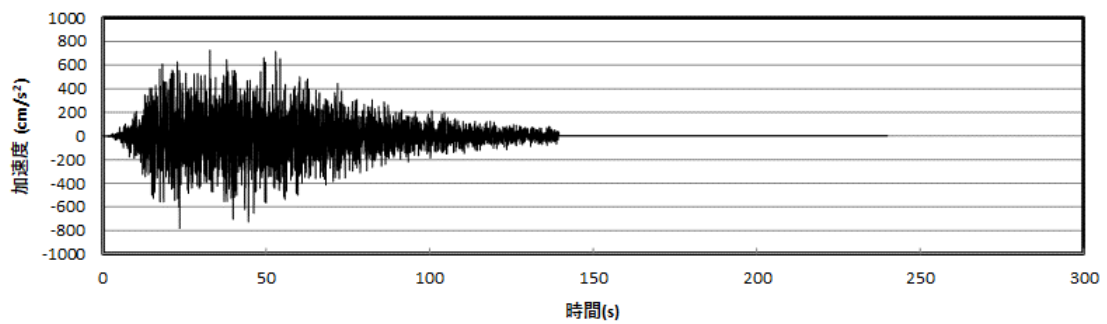


図-3-1.27 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

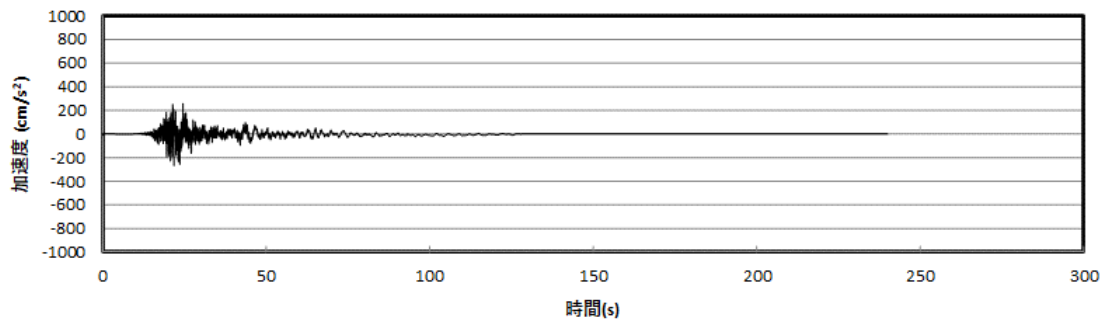


図-3-1.28 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-1 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

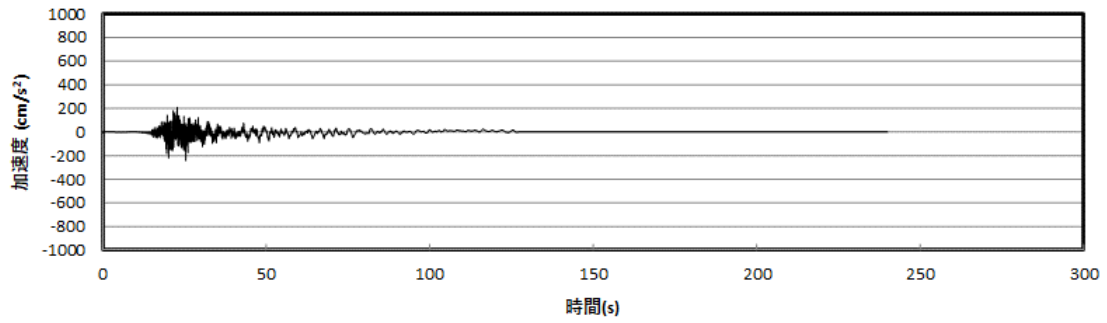


図-3-1.28 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-1 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

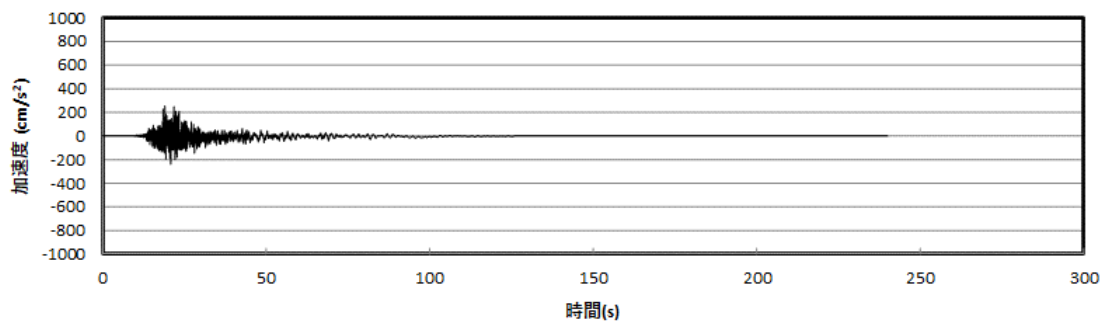


図-3-1.28 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-1 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

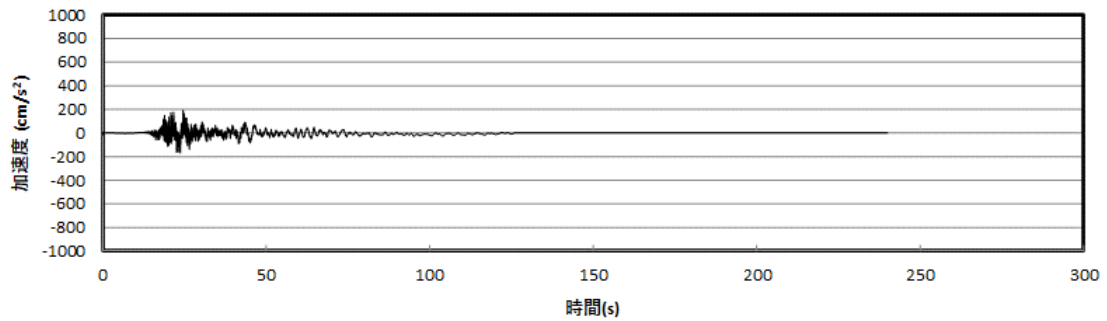


図-3-1.29 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-2 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

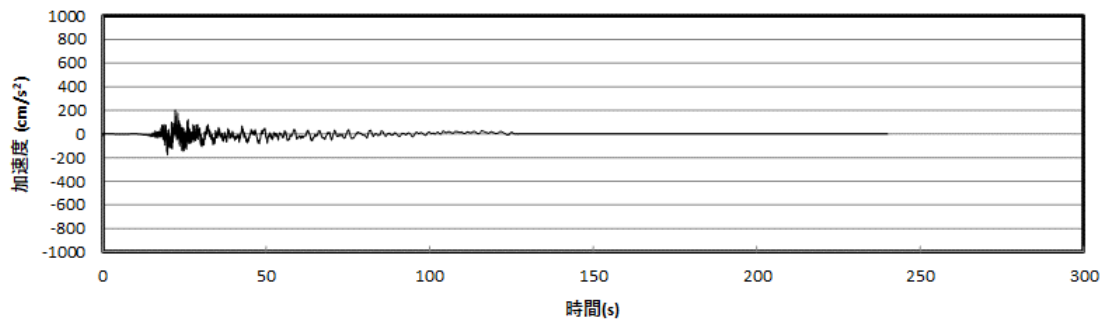


図-3-1.29 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-2 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

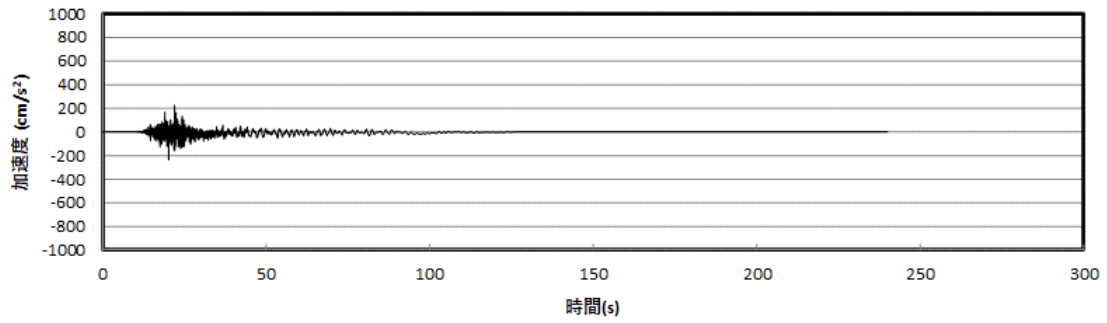


図-3-1.29 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-2 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

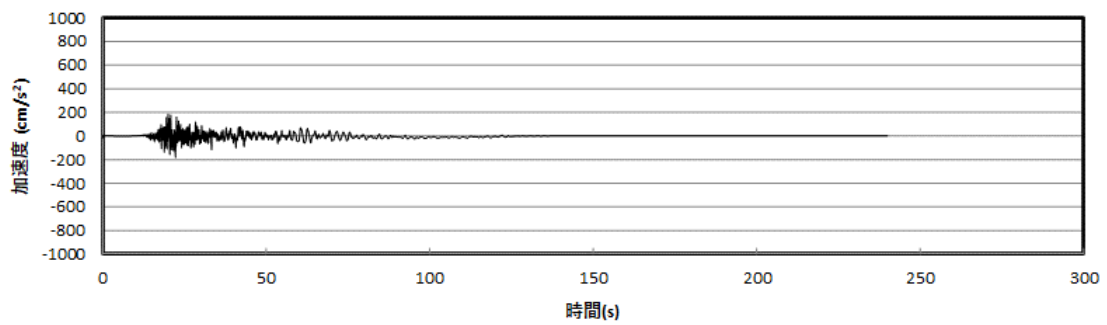


図-3-1.30 (1) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-3 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

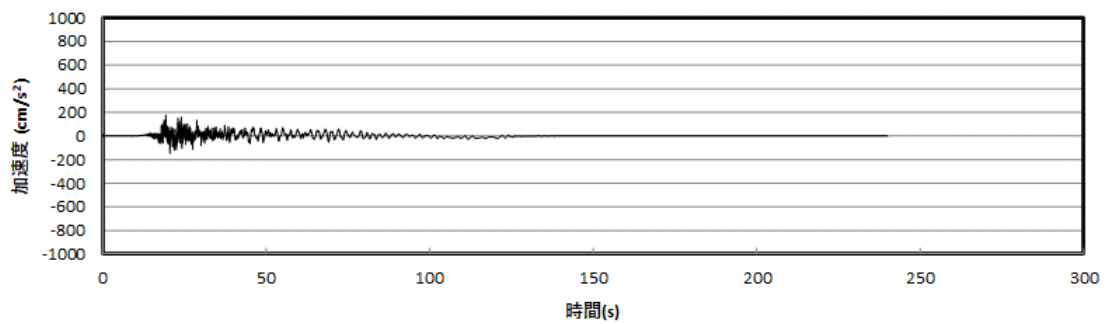


図-3-1.30 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-3 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

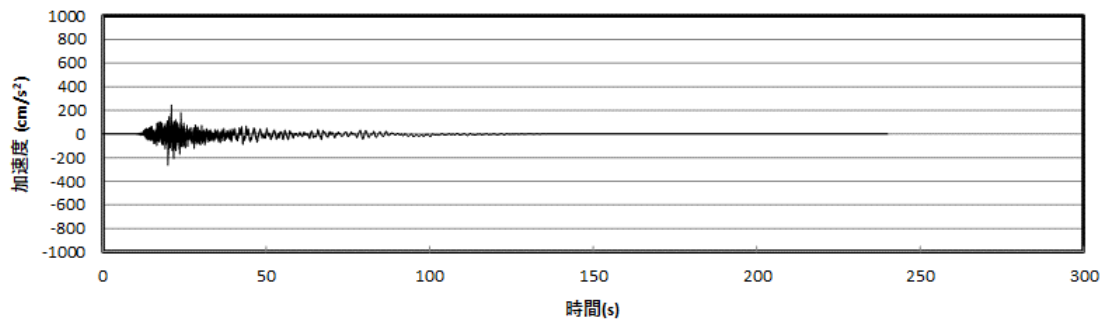


図-3-1.30 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-3 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

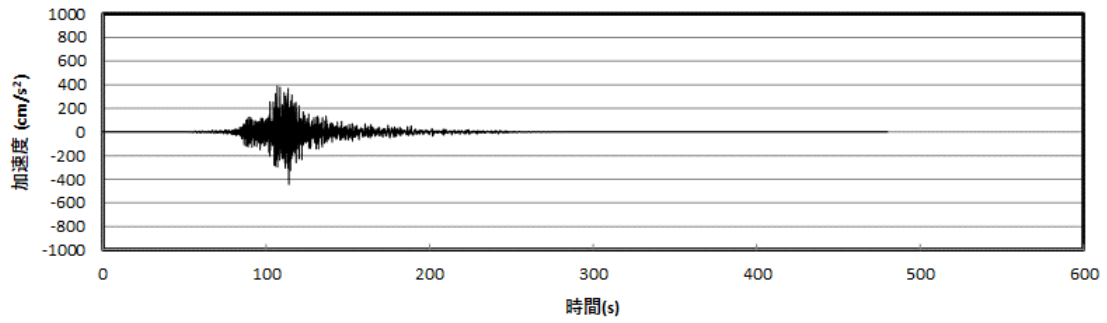


図-3-1.31 (1) 原子炉建家質点3における基準地震動 Sd-4 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

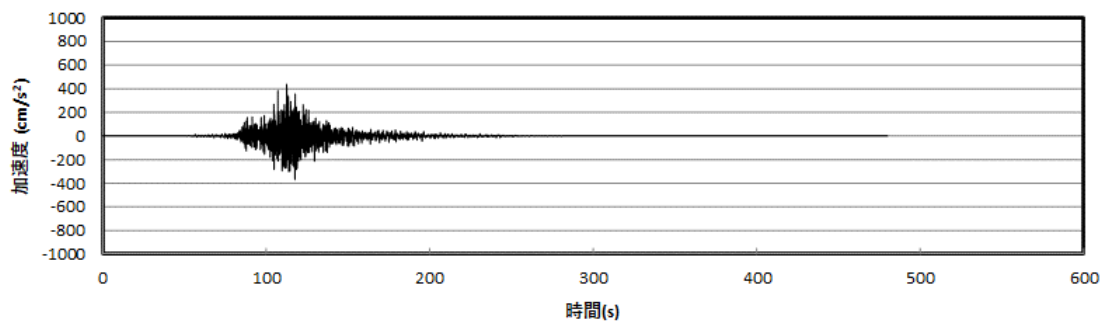


図-3-1.31 (2) 原子炉建家質点3における基準地震動 Sd-4 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

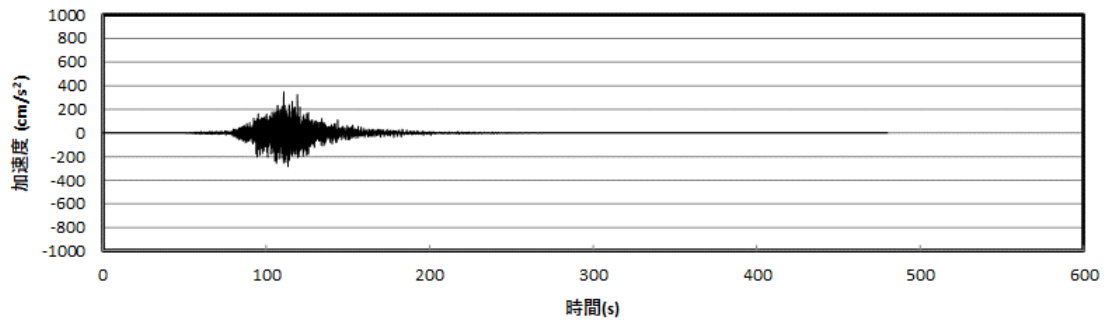


図-3-1.31 (3) 原子炉建家質点3における基準地震動 Sd-4 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

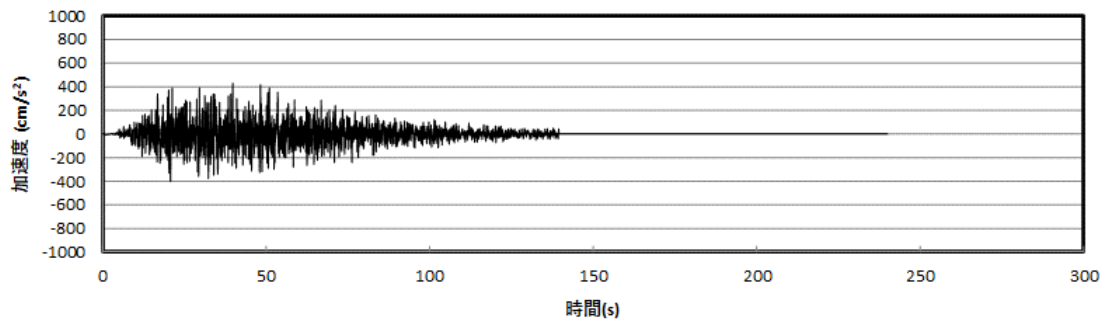


図-3-1.32 (1) 原子炉建家質点3における基準地震動 Sd-D の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

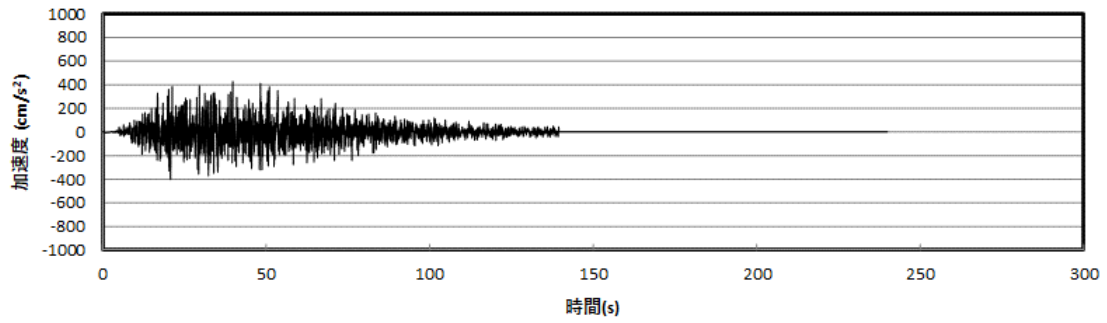


図-3-1.32 (2) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-D の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

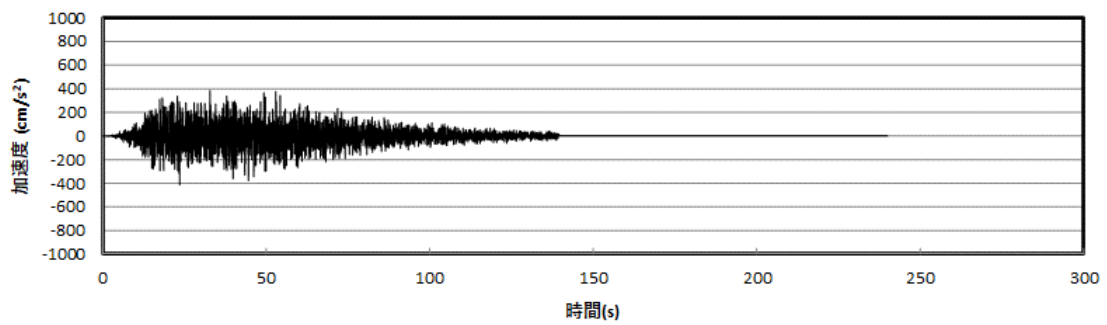


図-3-1.32 (3) 原子炉建家質点 3 における基準地震動 Sd-D の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

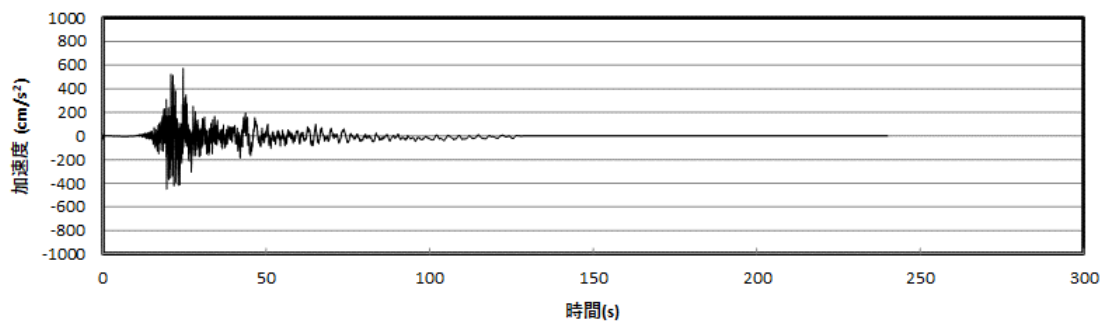


図-3-1.33 (1) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

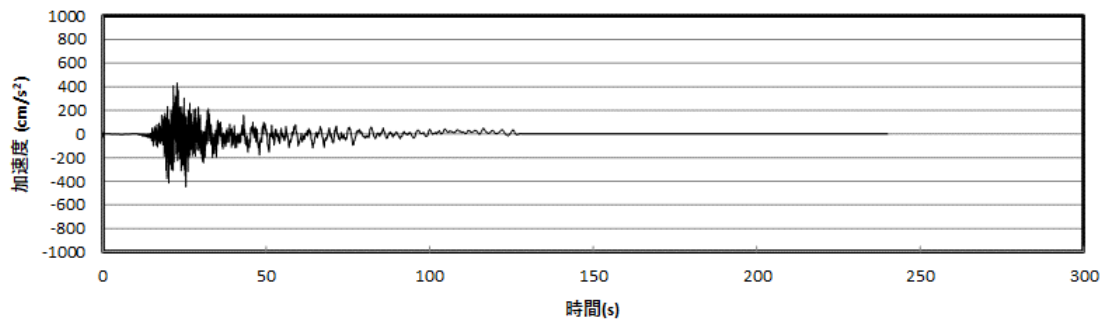


図-3-1.33 (2) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

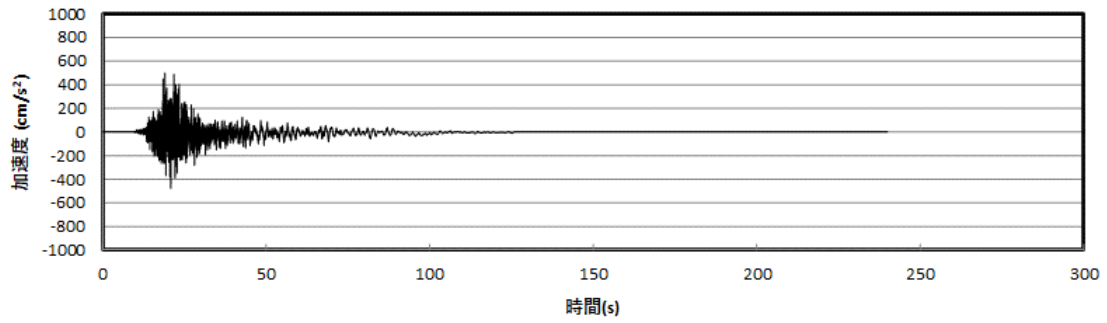


図-3-1.33 (3) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

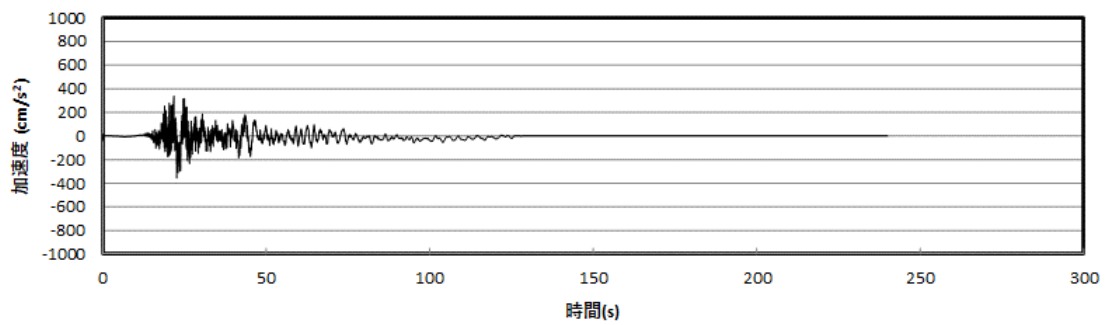


図-3-1.34 (1) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

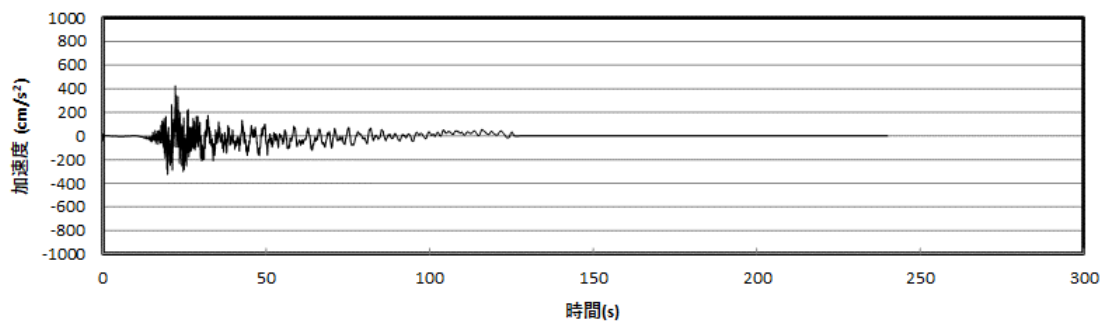


図-3-1.34 (2) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

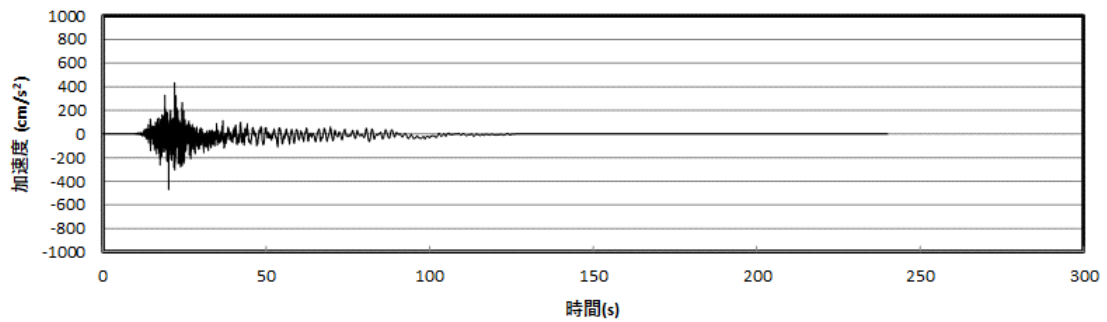


図-3-1.34 (3) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

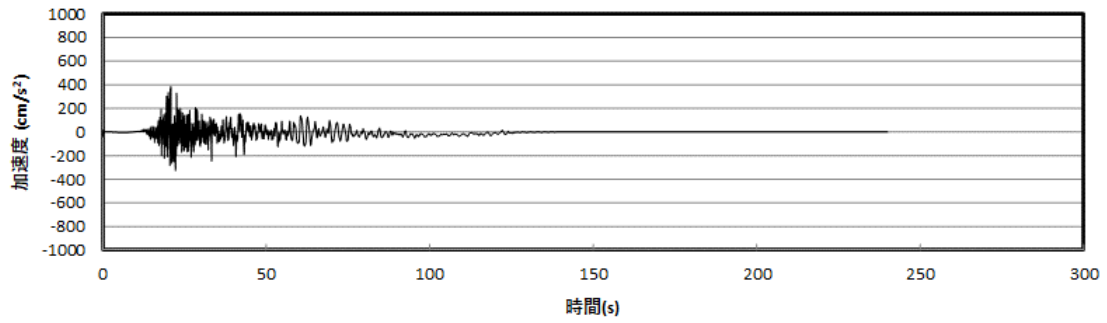


図-3-1.35 (1) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-3 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

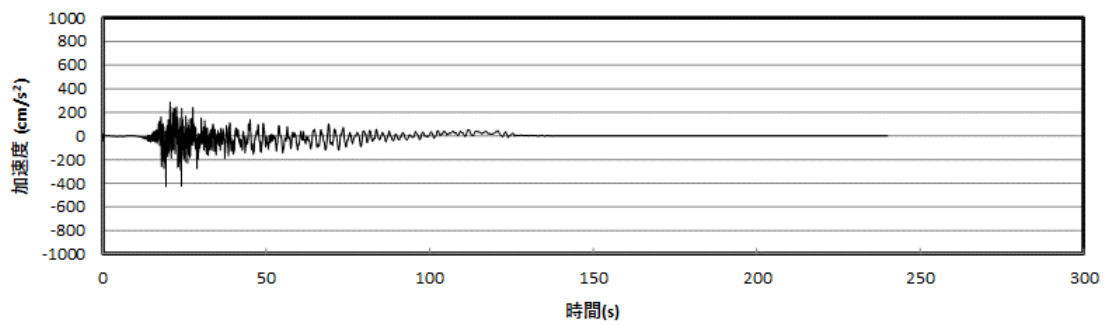


図-3-1.35 (2) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-3 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

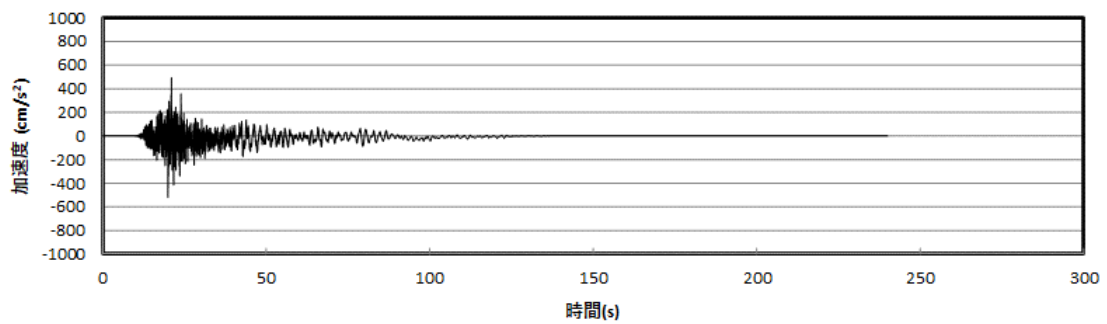


図-3-1.35 (3) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-3 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

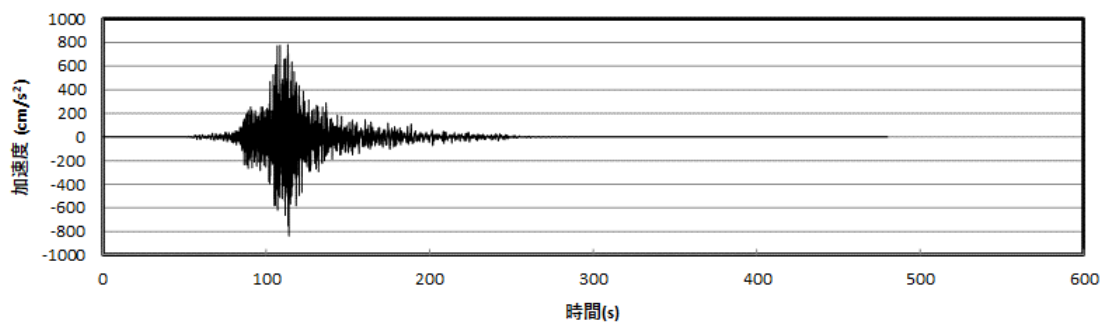


図-3-1.36 (1) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

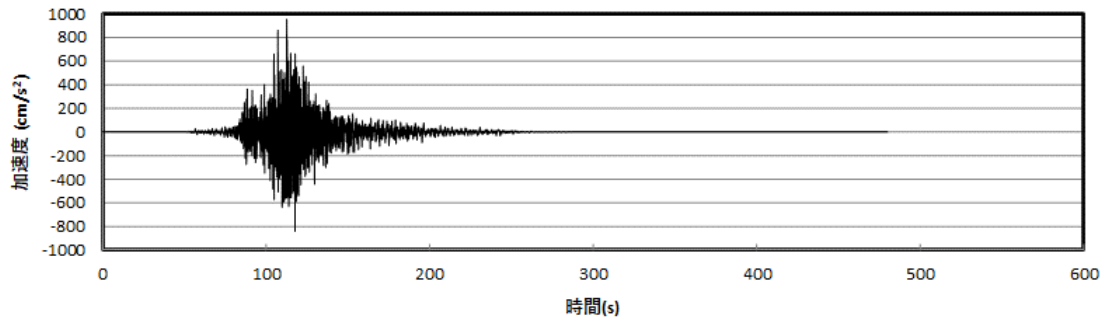


図-3-1.36 (2) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

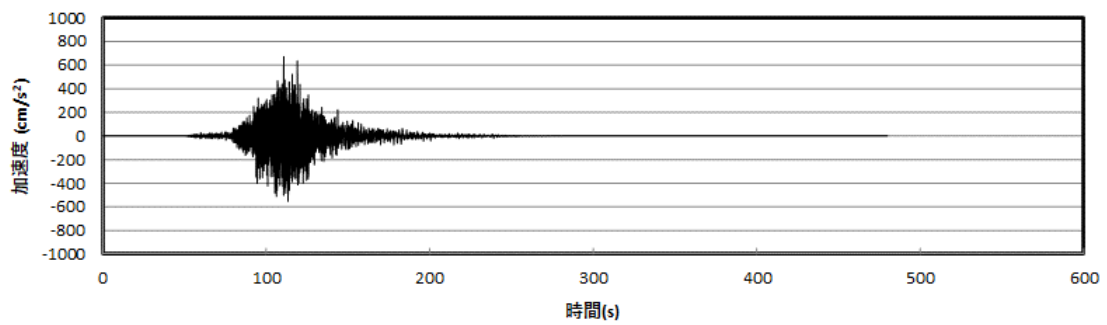


図-3-1.36 (3) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-4 の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

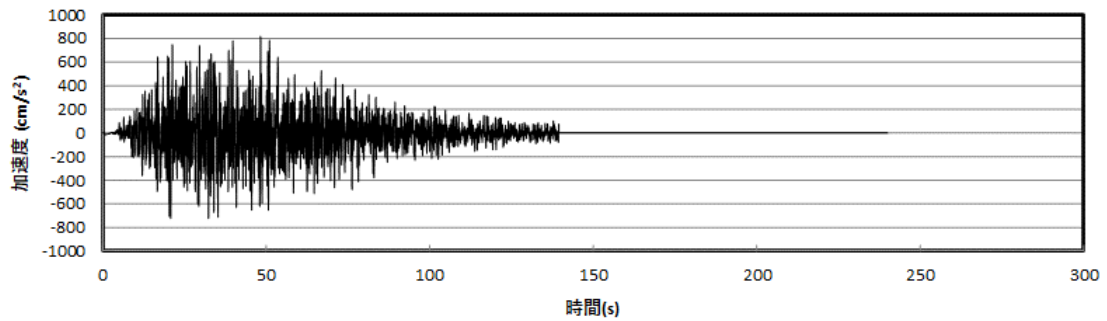


図-3-1.37 (1) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (NS 方向)

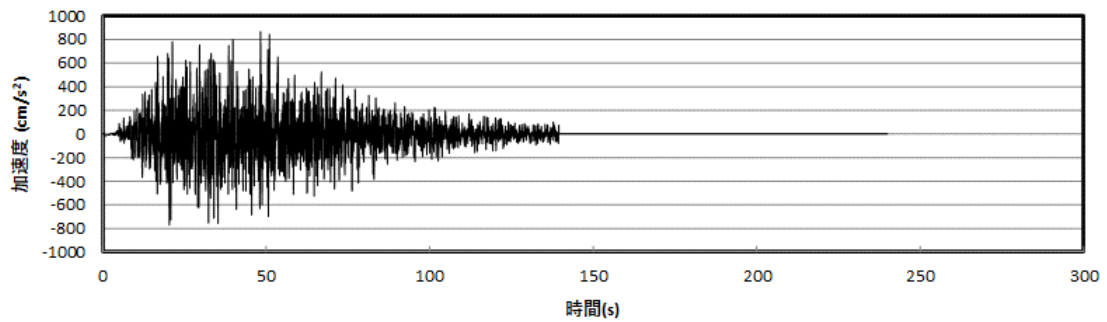


図-3-1.37 (2) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (EW 方向)

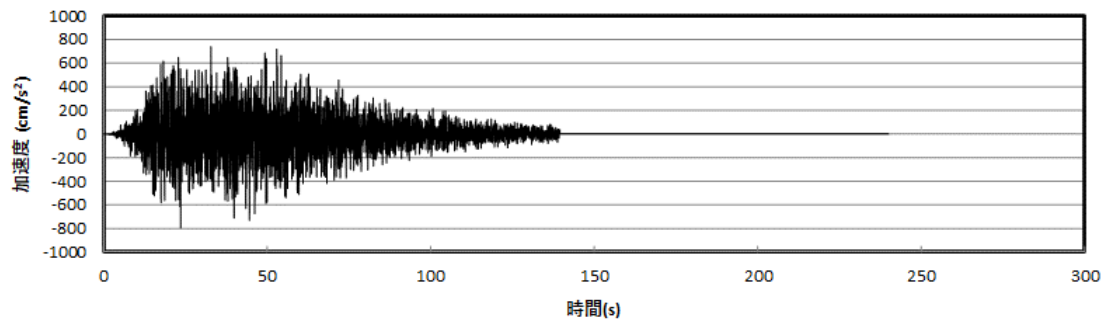


図-3-1.37 (3) 原子炉建家質点 10 における基準地震動 Ss-D の加速度時刻歴波形 (UD 方向)

3－2．申請設備に係る耐震設計の基本方針

目次

1. 概要	添 3-2- 1
2. 設備の重要度によるクラス別分類	添 3-2- 1
3. 構造計画	添 3-2- 4
3.1 耐震設計の原則	添 3-2- 4
3.2 機器類及び配管	添 3-2- 4
4. 設計用地震力	添 3-2-17
4.1 機器・配管	添 3-2-17
5. 地震荷重と他の荷重の組合せ	添 3-2-17
5.1 機器・配管の荷重の組合せ及び許容応力状態	添 3-2-17
6. 許容応力	添 3-2-18
6.1 機器・配管	添 3-2-18

1. 概要

今回の申請で改造する機器の耐震設計は、「原子力科学研究所原子炉設置変更許可申請書添付書類八別冊 3」に従って、以下の基本方針に基づき行う。

2. 設備の重要度によるクラス別分類

表-3-2.1 耐震重要度分類

耐震クラス	クラス別施設	施設名	当該施設を支持する建物・構築物等	支持機能を確認する地震動	備考
S	炉心及び冠水維持設備を構成する機器・配管系	燃料要素 ベリリウム反射体 照射筒 炉心構造体 重水タンク	原子炉プール 当該施設の支持構造物	Ss	
		冠水維持設備 原子炉プール躯体及びライニング 原子炉プール貫通部のシール構造 サイフォンブレイク弁（接続管を含む。） 制御棒駆動機構案内管 下部遮蔽体	原子炉プール 当該施設の支持構造物		
	炉心から取り出した直後の使用済燃料を貯蔵するための施設	使用済燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物		
	原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を添加するための施設及び原子炉の停止状態を維持するための施設	制御棒 制御棒駆動機構 制御棒案内管	原子炉プール 当該施設の支持構造物		
	その他	カナル	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物		

耐震クラス	クラス別施設	施設名	当該施設を支持する建物・構築物等	支持機能を確認する地震動	備考
B	炉心を保護する施設	上部遮蔽体 注.1	原子炉プール 当該施設の支持構造物	耐震 B クラス施設に適用される地震力	
	原子炉の緊急停止のために負の反応度を添加するための施設及び原子炉の停止状態を維持するための施設	重水ダンプ系	原子炉プール 原子炉建家(地下部分) 当該施設の支持構造物		
	原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を添加するための施設	安全保護回路			
	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	崩壊熱除去設備 1次冷却材補助ポンプ 自然循環弁	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物		
	1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設	冠水維持設備以外の1次冷却系設備(原子炉プール内配管) 注.1 冠水維持設備以外の1次冷却系設備(原子炉プール内配管を除く。) 原子炉プール水浄化系 使用済燃料プール水浄化冷却系 原子炉プール溢流系	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物		
	重水を内蔵しているか又は内蔵し得る施設	重水冷却系設備	原子炉建家(地下部分)		
	1次冷却系に接している施設	2次冷却系設備の一部	原子炉建家(地上部) 当該施設の支持構造物		原子炉建家外の遮断弁まで
	十分冷却した使用済燃料を保管するための施設	使用済燃料貯槽 No.1、No.2 使用済燃料貯蔵ラック 使用済燃料貯蔵施設(北地区)	使用済燃料貯槽室 燃料管理施設 当該施設の支持構造物		
	放射性廃棄物を内蔵している施設	廃液貯槽 廃樹脂貯留設備	実験利用棟1階部分 当該施設の支持構造物		
	放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設	大型廃棄物保管庫	当該施設の支持構造物		
	放射性物質の放出を伴うような場合、その外部放散を抑制するための施設	原子炉建家(円筒壁及び屋根) 注.1	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物		
		非常用排気設備	原子炉建家(地下部分) 当該施設の支持構造物		
	放射線の監視するための設備	放射線監視設備の一部	原子炉建家(地上部) 原子炉制御棟 当該施設の支持構造物		事故時用ガンマエリア モニタ

耐震クラス	クラス別施設	施設名	当該施設を支持する建物・構築物等	支持機能を確認する地震動	備考
B	その他	サブ・プール、詰替セル（炉室内） 注.1	原子炉建家基礎版 当該施設の支持構造物	耐震 B クラス施設に適用される地震力	原子炉建家外を除く
		実験利用設備	当該施設の支持構造物		
		非常用電源系	原子炉制御棟		
		冷中性子源装置のうちクライオスタット 注.1	原子炉プール 当該施設の支持構造物		

耐震クラス	クラス別施設	施設名	当該施設を支持する建物・構築物等	支持機能を確認する地震動	備考
C	クラス S、B に属さない施設	2次冷却系設備のうち炉室外の設備	冷却塔及び付属建家	耐震 C クラス施設に適用される地震力	
		未使用燃料貯蔵庫 未使用燃料貯蔵ラック	燃料管理施設		
		その他の原子炉補助設備	原子炉建家 実験利用棟 コンプレッサ棟 燃料管理施設		
		排気筒			
		実験利用設備	実験利用棟 コンプレッサ棟 当該施設の支持構造物		

注.1 下位の耐震クラスに属するものの破損によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある設備

3. 構造計画

3.1 耐震設計の原則

機器・配管系は、原則として剛構造となるよう設計する。

3.2 機器類及び配管

原子炉本体

- 1) 原子炉容器
 - ロ. プールゲート (No. 1 ゲート)
- 2) 放射線遮蔽体
 - イ. 上部遮蔽体
 - ロ. 下部遮蔽体

原子炉冷却系統施設

- 1) 1次冷却設備
 - イ. 1次冷却系設備
 - (イ) 1次冷却材主ポンプ
 - (ロ) 1次冷却材補助ポンプ
 - (ハ) 1次冷却材熱交換器
 - (ニ) ^{16}N 減衰タンク
 - (ホ) ディフューザ
 - (ヘ) 1次冷却材ストレーナ
 - (ト) 主配管
- 2) 2次冷却設備
 - イ. 2次冷却系設備
 - (イ) 主配管
- 3) その他の主要な事項
 - イ. 重水冷却設備
 - (イ) 重水系設備
 - a. 重水ポンプ
 - b. 重水ドレン汲上ポンプ
 - c. 重水熱交換器
 - d. 重水溢流タンク
 - e. 重水ドレンタンク
 - f. 重水イオン交換樹脂塔
 - g. 重水前置フィルタ
 - h. 重水後置フィルタ

- i. 主配管
- (ロ) ヘリウム系設備
 - a. ヘリウム圧縮機
 - b. 吸込タンク
 - c. 吐出タンク
 - d. ヘリウムタンク
 - e. 再結合器
 - f. ドレンセパレータ
 - g. 凝縮器
 - h. 主配管
- ロ. 冠水維持設備
 - (イ) サイフォンブレイク弁
 - a. 接続管
 - b. 弁
- ハ. 自然循環弁
 - (イ) 接続管
 - (ロ) 弁
- ニ. 軽水貯留設備
 - (イ) 原子炉プール溢流系設備
 - a. 原子炉プール溢流タンク

計測制御系統施設

- 1) 計装
 - イ. 核計装
 - (イ) 対数出力炉周期系
 - (ロ) 安全系
 - ロ. その他の主要な計装
 - (イ) プロセス計装設備
 - a. 1次冷却材流量
 - b. 1次冷却材炉心入口温度
 - c. 1次冷却材炉心出口温度
 - d. 重水流量
 - e. 重水温度
 - f. 重水溢流タンク水位
 - g. 原子炉プール水位 (安全保護系)
 - (ロ) プロセス放射能監視設備

- a. 燃料事故モニタ
- ハ. 附帯設備
- 2) 安全保護回路
 - イ. 原子炉停止回路
 - ロ. 工学的安全施設作動回路
- 3) 制御設備
 - イ. 制御棒
 - ロ. 制御棒駆動装置
- 4) 非常用制御設備
 - イ. 重水ダンプ弁
 - (イ) 接続管
 - (ロ) 弁

放射性廃棄物の廃棄施設

- 1) 気体廃棄物の廃棄施設
 - イ. 原子炉建家排気設備
 - (イ) 炉室排気系主ダクト
 - (ロ) 実験利用設備排気系主ダクト

原子炉格納施設

- 1) その他の主要な事項
 - イ. 原子炉建家換気空調設備
 - (イ) 炉室給気系空調機
 - (ロ) 給気系主ダクト
 - (ハ) 主要弁
 - ロ. 非常用排気設備
 - (イ) 非常用排風機
 - (ロ) 空気浄化装置
 - (ハ) ダクト
 - (ニ) 主要弁

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

- 1) 核燃料物質取扱設備
 - イ. 燃料搬送装置
 - ロ. 使用済燃料取扱装置
 - (イ) 使用済燃料キャスク

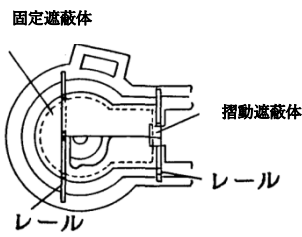
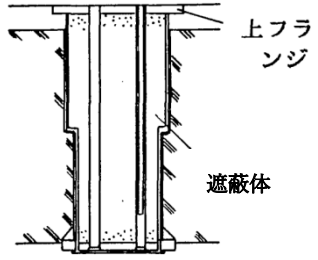
- 2) 核燃料物質貯蔵設備
- イ. 使用済燃料貯蔵設備
 - (イ) プールゲート (No.2 ゲート)
 - (ロ) 使用済燃料貯蔵ラック

その他試験研究用等原子炉の附属施設

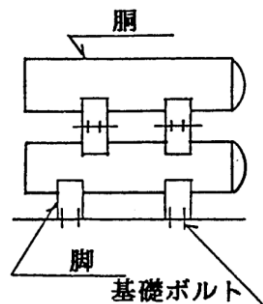
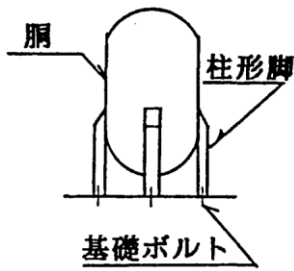
- 1) 非常用電源設備
 - イ. 蓄電池
 - ロ. 非常用発電機
- 2) 主要な実験利用設備
 - イ. 水平実験孔
 - (イ) ビームチューブ接続管
 - (ロ) 前部水封用止板
 - ロ. 照射利用設備
 - (イ) 水力照射設備
 - a. 照射筒
 - b. 減衰タンク
 - c. 照射系イオン交換塔
 - d. 通水タンク
 - e. 転送系イオン交換塔
 - f. 主配管
 - g. 循環ポンプ
 - h. 主要弁
 - i. 転送機 (HR)
 - (ロ) 気送照射設備
 - a. 照射筒 (PN)
 - b. 照射系緩衝タンク
 - c. 窒素ガスアキュムレータ
 - d. 空気貯留槽
 - e. 転送系緩衝タンク
 - f. 主配管
 - g. 主要弁
 - h. 転送機 (PN)
 - i. 循環ブロワ
 - (ハ) 放射化分析用照射設備
 - a. 照射筒 (PA)

- b. 緩衝タンク
- c. アキュムレータ
- d. 主配管
- e. 主要弁
- f. 挿入機
- g. 取出機
- (ニ) 均一照射設備
 - a. 装荷用キャスク
 - b. 駆動機構
 - c. 案内管
- (ホ) 回転照射設備
 - a. 回転駆動機構
 - b. 支持クランプ (DR)
- (ヘ) 垂直照射設備
 - a. 支持クランプ
 - b. キャスク架台
- ハ. 冷中性子源装置
 - (イ) CNS 本体設備
 - a. クライオスタット
- ニ. その他の附属施設
 - (イ) 炉室詰替セル
 - a. 炉室詰替セルの躯体
 - (ロ) サブプール
- 3) その他の主要事項
 - イ. 補助設備
 - (イ) 圧縮空気設備
 - a. 非常用排気設備アキュムレータ
 - b. 主配管

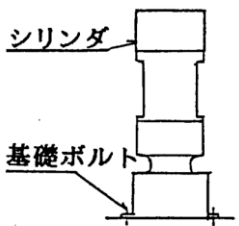
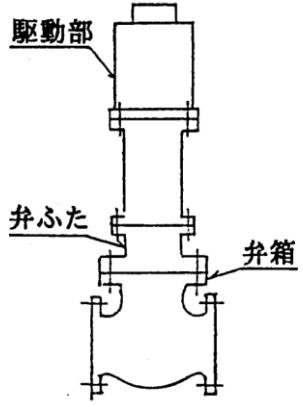
1) 原子炉本体

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
上部遮蔽体	<p>上部遮蔽体は固定遮蔽体及び摺動遮蔽体によりなり、原子炉上面に設置し、燃料交換、照射キャプセルの交換等の作業時に一部開放できる構造とする。</p> <p>上部遮蔽体は最大幅約 5.6m、最大長さ約 7.2m、厚さ約 0.25m のステンレス鋼製である。</p>	<p>固定遮蔽体は原子炉プール躯体に固定し、摺動遮蔽体は固定遮蔽体と原子炉プール躯体に固定したレールにより支持する。</p>	 <p>固定遮蔽体 摺動遮蔽体 レール レール</p>
下部遮蔽体	<p>下部遮蔽体は原子炉プール中央底部に設置し、制御棒駆動機構案内管を有する。</p> <p>下部遮蔽体は上部外径約 0.6m、下部外径約 0.5m、高さ約 1.6m であり、重量コンクリート及びステンレス鋼よりなる。</p>	<p>下部遮蔽体は上フランジで原子炉プール底部に固定される。</p>	 <p>上フランジ 遮蔽体</p>

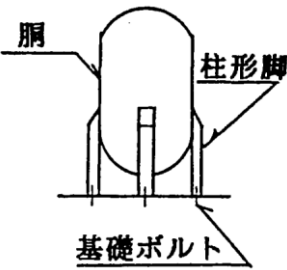
2) 原子炉冷却系統施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
1次冷却材熱交換器	横置二胴円筒形容器	2本の脚にて建物の床に基礎ボルトで固定する。	 <p>胴 脚 基礎ボルト</p>
1次冷却系設備の主配管（1次冷却材ストレーナを含む）	呼び径 65A、100A、200A、250A、300A、400A、450A、500A、550A の配管	鳥瞰図に示す。 （添付書類 3-4-2-2 1次冷却系設備主配管の耐震強度評価）	—
2次冷却系設備の主配管	呼び径 400A、550A、600A の配管	鳥瞰図に示す。 （添付書類 3-4-2-3 2次冷却系設備主配管の耐震強度評価）	—
重水溢流タンク	四脚たて置円筒形容器	4本の柱形脚にて建物の床に基礎ボルトで固定する。	 <p>胴 柱形脚 基礎ボルト</p>

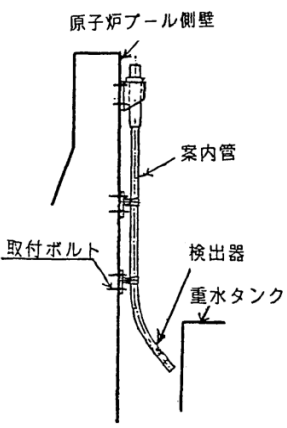
2) 原子炉冷却系統施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
重水系設備の主配管	呼び径 125A、150A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-2-5 重水系設備主配管の耐震強度評価)	—
ヘリウム系設備の主配管	呼び径 25A、50A、80A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-2-7 ヘリウム系設備主配管の耐震強度評価)	—
ヘリウム圧縮機	たて型圧縮機	建物床に基礎ボルトで固定する。	 <p>シリンダ 基礎ボルト</p>
サイフォンブレイク弁	弁箱、弁ふた及び駆動部よりなる電磁駆動弁	弁は接続管にフランジを介してボルトで固定する。	 <p>駆動部 弁ふた 弁箱</p>
サイフォンブレイク弁の接続管	呼び径 80A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-2-8 サイフォンブレイク弁及び接続管の耐震強度評価)	—

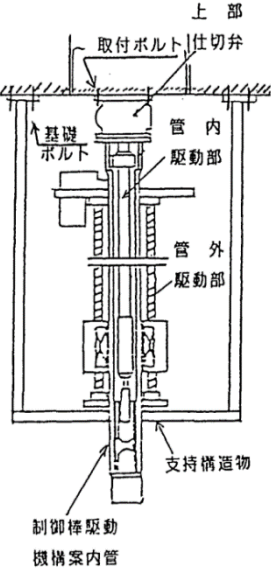
2) 原子炉冷却系統施設

主要 区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
原子炉 プール 溢流 タンク	四脚たて置円筒形容器	4本の柱形脚にて建物の床に基礎ボルトで固定する。	

3) 計測制御系統施設

主要 区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
核計装 案内管	原子炉プール側壁に取付ける。検出器等の内部機構を持つ。	駆動機構に取付ボルトで固定する。	

3) 計測制御系統施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	主体構造	
制御棒駆動装置	制御棒駆動機構案内管、管内駆動部及び管外駆動部で構成する。	<p>上部仕切弁は下部遮蔽体の底面に取付ける。</p> <p>制御棒駆動機構案内管下部は炉下室天井壁に基礎ボルトで取付けられた支持構造物で支持する。なお、吸収体、フォロー型燃料要素及び制御棒駆動機構管内駆動部は原子炉プール内で水中に浮いた状態で吸収体のガイドローラ及びプランジャと可動コイルの磁気結合によって保持されているため、制御棒案内管及び制御棒駆動機構案内管と剛な支持点を持たない。このため、これらの機器については耐震評価の評価対象外とする。</p>	
重水ダンブ弁の接続管 (重水ダンブ弁を含む)	呼び径 100A の配管	<p>鳥瞰図に示す。</p> <p>(添付書類 3-4-3-4 重水ダンブ弁の接続管の耐震強度評価)</p>	—

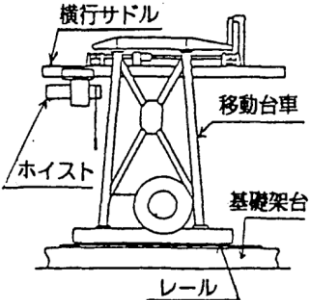
4) 放射性廃棄物の廃棄施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
炉室排気系主ダクト	呼び径 900A、600A のダクト	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-4-1 炉室排気系主ダクトの耐震強度評価)	—
実験利用設備排気系主ダクト	呼び径 500A のダクト	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-4-2 実験利用設備排気系主ダクトの耐震強度評価)	—

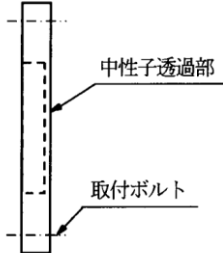
5) 原子炉格納施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
ダクト	呼び径 100A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-5 ダクトの耐震強度評価)	—
炉室給気系主ダクト	呼び径 1100A のダクト	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-7 炉室給気系主ダクトの耐震強度評価)	—

6) 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
燃料搬送装置	走行レール上を移動する台車で横行台車により搬送を行う。	走行レール上に自立した構造で転倒に関しては移動台車転倒防止金具で支持される。	
使用済燃料貯蔵ラック	使用済燃料貯蔵ラックは使用済燃料プール床に自立しており、ステンレス鋼製の角管より構成されている。A型ラックは使用済み燃料を64体貯蔵し、B型ラックは使用済み燃料を68体貯蔵する。	使用済燃料プールの底部に基礎ボルトで固定される。	

7) その他試験研究用等原子炉の附属施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
接続管 ビームチューブ	呼び径 150A、200A、 ϕ 303、 ϕ 438 の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-1 ビームチューブ接続管の耐震強度評価)	—
前部水封用止板	円盤形状で1G～6G、7R、8T、9Cの4種類がある。	外側円周を多数のボルトで固定する。	

7) その他試験研究用等原子炉の附属施設

主要区分	計画の概要		摘要
	主体構造	支持構造	
水力照射設備主配管	呼び径 40A、32A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-3 水力照射設備主配管 の耐震強度評価)	—
気送照射設備主配管	呼び径 50A、32A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-4 気送照射設備主配管 の耐震強度評価)	—
放射化分析用照射設備主配管	呼び径 25A、20A の配管	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-5 放射化分析用照射設 備主配管の耐震強度 評価)	—
クライオスタット	真空断熱管 I から IV 及 び外管、水プラグ用単管 にて構成	鳥瞰図に示す。 (添付書類 3-4-7-6 クライオスタットの 耐震強度評価)	—

4. 設計用地震力

4.1 機器・配管

設計用地震力は、表-3-2.2 のとおりとする。

表-3-2.2 機器・配管の設計用地震力

耐震クラス	許容応力 状態	静的地震力		動的地震力	
		水平	鉛直	水平	鉛直
S	IV _A S	—	—	K _h (S _s)	K _v (S _s)
	III _A S	K _h (3.6C _I)	K _v (1.2C _V)	K _h (S _d)	K _v (S _d)
B	B _A S	K _h (1.8C _I)	—	K _h (1/2S _d)	K _v (1/2S _d)

記号の説明

K_h(3.6C_I) : 3.6C_Iより定まる機器・配管系の水平地震力

K_v(1.2C_V) : 1.2C_Vより定まる機器・配管系の鉛直地震力

K_h(1.8C_I) : 1.8C_Iより定まる機器・配管系の水平地震力

K_h(S_s) : 水平方向の基準地震動 S_s に基づく機器・配管系の水平地震力

K_h(S_d) : 水平方向の弾性設計用地震動 S_d に基づく機器・配管系の水平地震力

K_v(S_s) : 鉛直方向の基準地震動 S_s に基づく機器・配管系の鉛直地震力

K_v(S_d) : 鉛直方向の弾性設計用地震動 S_d に基づく機器・配管系の鉛直地震力

K_h(1/2S_d) : 水平方向の弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものに基づく機器・配管系の水平地震力

K_v(1/2S_d) : 鉛直方向の弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものに基づく機器・配管系の鉛直地震力

5. 地震荷重と他の荷重の組合せ

5.1 機器・配管の荷重の組合せ及び許容応力状態

機器・配管の地震荷重と他の荷重の組合せ及び対応する許容応力状態は、表-3-2.3 のとおりとする。

表-3-2.3 地震荷重と他の荷重の組合せ及び対応する許容応力状態

耐震クラス	荷重の組合せ	第 3, 4, 5 種	第 3, 4 種
		容器、管	支持構造物
S	D + P _d + M _d + S _s	IV _A S	IV _A S
	D + P _d + M _d + S _d	III _A S	III _A S
B	D + P _d + M _d + S _B	B _A S	B _A S

記号の説明

D : 死荷重

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（死荷重、地震荷重は除く。）

S_s : 基準地震動 S_s により求まる地震力

S_d : 弾性設計地震動 S_d により求まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力

S_B : B クラス設備に適用される地震力

6. 許容応力

6.1 機器・配管

(1) 容器、配管の許容応力

1) 第 3、4 種容器の許容応力

第 3、4 種容器の許容応力は、表-3-2.4 のとおりとする。

表-3-2.4 第 3、4 種容器の許容応力

クラス別	許容 応力 状態	許 容 限 界			
		一次一般膜応力	一次応力	一次+二次 応力	一次+二次+ ピーク応力
S	IV _A S	0.6 S_u	左欄の 1.5 倍の値	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、地震時のみによる一次+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。	
	III _A S				
B	B _A S	$\min[S_y, 0.6S_u]$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.2S とすることができる。	S_y ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.2S とすることができる。		—

2) 第 3、4、5 種配管の許容応力

第 3、4、5 種配管の許容応力は、表-3-2.5 のとおりとする。

表-3-2.5 第3、4、5種配管の許容応力

クラス別	許容応力状態	許容限界		
		一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
S	IV _{AS}	0.9S _u	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、地震時のみによる一次+二次応力の変動値が2S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
	III _{AS}	S _y		
B	B _{AS}	ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.2Sとすることができる。	—	

(2) その他の支持構造物等の許容応力

1) その他の支持構造物等（ボルト材以外）の許容応力

ボルト材以外の許容応力は、表-3-2.6のとおりとする。

表-3-2.6 ボルト材以外の許容応力

許容応力状態	許容限界						
	一次応力				一次+二次応力		
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張圧縮	せん断	曲げ
III _{AS} , B _{AS}	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	3f _t	3f _s	3f _b
IV _{AS}	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *			

2) ボルト材の許容応力

ボルト材の許容応力は、表-3-2.7のとおりとする。

表-3-2.7 ボルト材の許容応力

許容応力状態	許容限界	
	一次応力	
	引張	せん断
III _{AS} , B _{AS}	1.5f _t	1.5f _s
IV _{AS}	1.5f _t *	1.5f _s *

記号の説明

S_y : 設計降伏点

S_u : 設計引張強さ

S_h : 最高使用温度における許容引張力

S : 許容引張応力

f_t :許容引張応力 (N/mm²)

発電用原子力設備規格 設計・建設規格(日本機械学会)により規定される値。

f_s :許容せん断応力 (N/mm²)

同上

f_c :許容圧縮応力 (N/mm²)

その他の支持構造物等(ボルト材以外)に対して発電用原子力設備規格 設計・建設規格(日本機械学会)により規定される値。

f_b :許容曲げ応力 (N/mm²)

同上

f_t^* 、 f_s^* 、 f_c^* 、 f_b^* :許容応力状態IV_ASに対する許容応力であって、上記の f_t 、 f_s 、 f_c 、 f_b の値を算出する際に、JSMEのSSB-3121.3の規定に従い、SSB-3121.1(1)a.本文中 S_y 及び S_y (RT)をそれぞれ $1.2S_y$ 及び $1.2S_y$ (RT)に読み替えて算出した値。ただし、第4種支持構造物及びその他の支持構造物については上記の読み替えを行わない。ここで、 f_t 、 f_s 、 f_c 、 f_b 、 f_t^* 、 f_s^* 、 f_c^* 、 f_b^* におけるSSB-3121.1(1)のF値は、次に定める値とする。 S_y 、 $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値。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、 $1.35S_y$ 、 $0.7S_u$ 、 S_y (RT)のいずれか小さい方の値。

3－3．配管及び容器の耐震強度評価の基本方針

3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針

目次

1. 概要	添 3-3-1- 1
2. 基本方針	添 3-3-1- 1
3. 適用範囲	添 3-3-1- 1
4. モデル化方針	添 3-3-1- 1
5. 配管支持具の設置レベル	添 3-3-1- 4
6. 評価項目	添 3-3-1- 5
7. 応力の組合せ	添 3-3-1- 5
8. 減衰定数	添 3-3-1- 6
9. 応力計算	添 3-3-1- 8
9.1. モーメントの合成	添 3-3-1- 8
9.2. 応力算出	添 3-3-1- 8
10. 許容応力	添 3-3-1-10
11. 応力係数	添 3-3-1-11
12. 拘束点反力の記載方法	添 3-3-1-15

1. 概要

本書は配管の耐震評価の方針についてまとめたものである。

2. 基本方針

配管の評価は、JEAG4601-1987、JEAG4601-1991 追補版、JSME S NC1-2005/2007 に準拠し、評価を実施する。

3. 適用範囲

本書はクラス 2、クラス 3、及びクラス 4 配管の耐震評価に適用する。

4. モデル化方針

配管のモデル化方針を以下に示す。

- (1) 多質点系モデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮したモデルとする。
- (2) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカからアンカまでとする。
- (3) 分岐管がある場合、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、分岐管の径が母管の 1/2 以下で、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ない。
- (4) 曲げ管及び突合せ溶接式エルボは、JSME PPB-3862 に規定されるフレキシビリティファクター（撓み係数）を設定する。以下に算出式を示す。

$$\kappa = \text{MAX} \left[1.0, \frac{1.65}{h} \left(\frac{1}{1 + \frac{Pr}{tE} X_{\kappa}} \right) \right]$$

ここで、

$$h = t \frac{R}{r^2}, \quad X_{\kappa} = 6 \left(\frac{r}{t} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{R}{r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

E : 縦弾性係数(N/mm²)

P : 内圧(N/mm²)

R : 曲げ半径(mm)

r : 管の平均半径(mm)

t : 管の公称肉厚(mm)

- (5) 質量として管自体の質量の他に、内部流体、保温材、付属機器等の質量を考慮する。なお、原則として付属機器は集中質量として定義し、その他は分布質量として定義する。また、外部流体が存在する場合は外部流体による付加質量を下式により算出し、分布質量として定義する。

$$\text{単位長さ当たりの外部流体による付加質量} = \rho\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \text{ (ton/mm)}$$

ρ : 外部流体の密度 (ton/mm³)

D : 管の外径(mm)

- (6) 材料特性は最高使用温度の値とする。

- (7) 評価点は以下の点に設定する。

- ・ 配管支持装置取付部
- ・ 荷重、外力が作用する点
- ・ 弁等の機器接続点
- ・ 曲管部
- ・ 配管口径変更点
- ・ 応力係数を設定する点

- (8) 弁は以下に示す方法によりモデル化する。

- a. 一般弁（配管からの偏心重量が小さい場合）

一般弁のモデル化は以下のとおりとする。

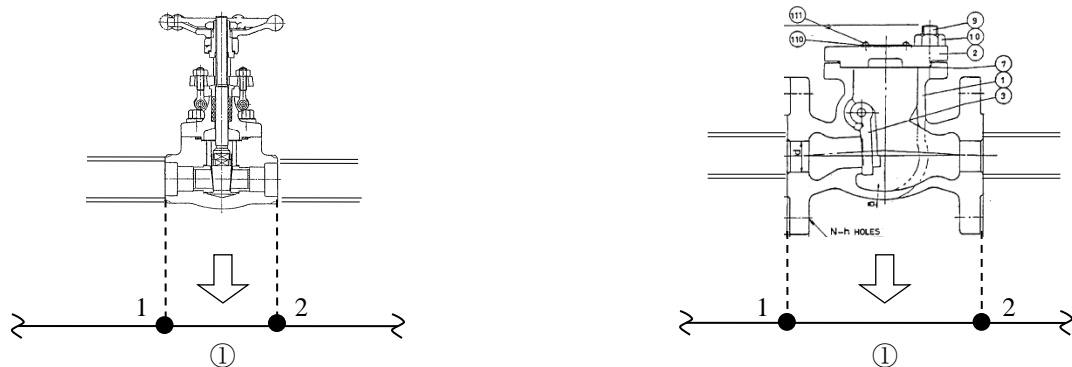


表-3-3-1.1 一般弁のモデル化方法

節点 No.	節点位置	重量配分	要素 No.	剛性の考え方
1	配管との接続端	弁重量の 1/2	①	接続配管と同じ剛性
2	配管との接続端	弁重量の 1/2		

- b. 電動弁（配管からの偏心重量が大きい場合）
 電動弁のモデル化は以下のとおりとする。

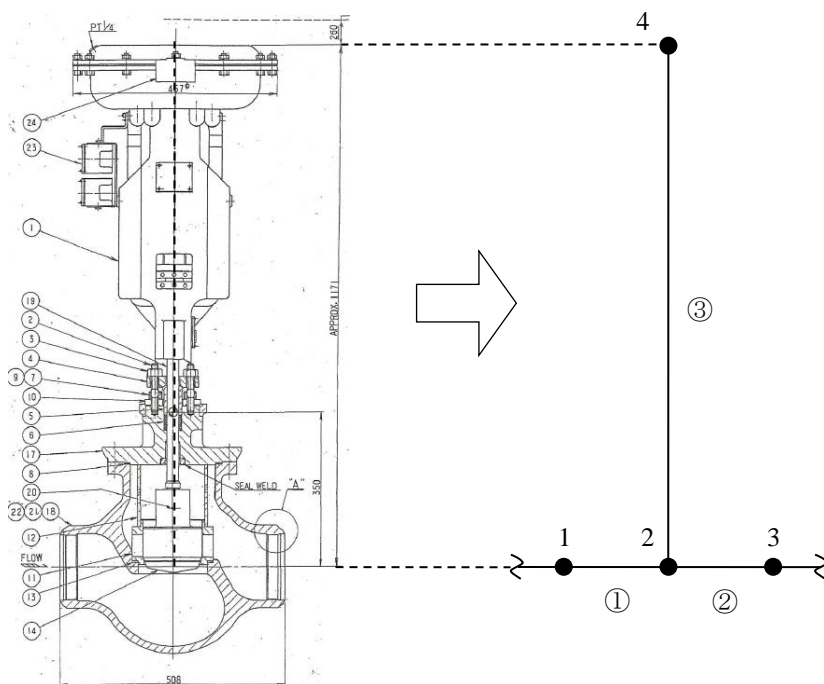


表-3-3-1.2 電動弁のモデル化方法

節点 No.	節点位置	重量配分	要素 No.	剛性の考え方
1	配管との接続端	弁箱重量の 1/4	①	接続管と同じ剛性
2	弁箱中心	弁箱重量の 1/2	②	接続管と同じ剛性
3	配管との接続端	弁箱重量の 1/4	③	ヨーク部の最弱部の剛性
4	駆動部重心	駆動部重量及び ヨーク部重量		

- (9) ベローズは両端の接続位置に節点を設け、両節点にそれぞれベローズ重量の 1/2 を与える。剛性についてはばね定数があるものはその値を使用し、それ以外については考慮しない。
- (10) レジューサは両端の接続位置及びそれらの中点に節点を設け、中点を境にそれぞれ接続する配管の特性を定義する。

(11) 配管支持装置は、以下の支持条件として扱う。

- ・レストレイント : 指定方向を拘束
- ・スナップ : 指定方向を拘束
- ・アンカ : 3方向の並進と回転を拘束
- ・ハンガ : 自重の鉛直方向を拘束(地震時の拘束機能なし)

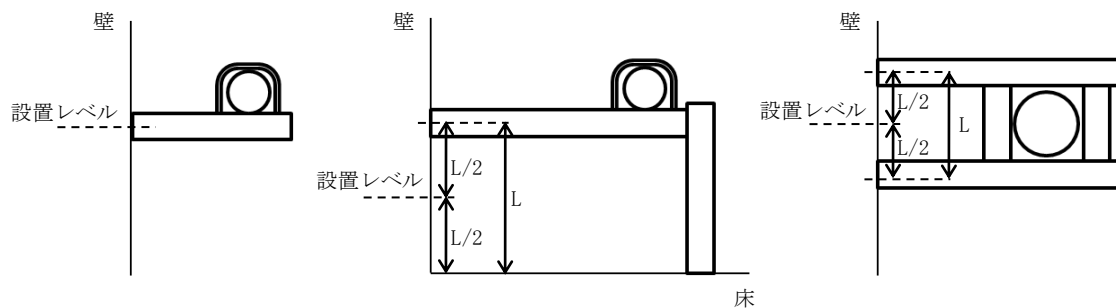
また、支持装置の剛性は、ばね定数があるものはその値を使用し、それ以外についてはばね定数を剛に設定する。

5. 配管支持具の設置レベル

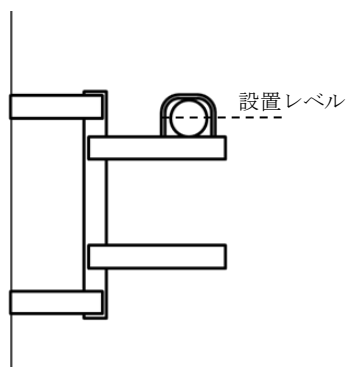
配管支持具の設置レベルの考え方は以下のとおりとする。

(1) 支持具の図面がある場合

- ・据付け位置が一つ : 鋼材の中心の高さ
- ・据付け位置が複数 : 据付け位置の平均

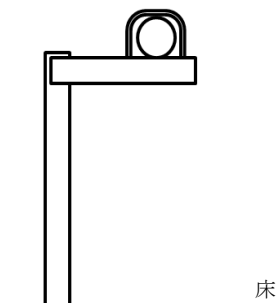


(2) 支持具の図面がない場合 : 配管中心の高さ

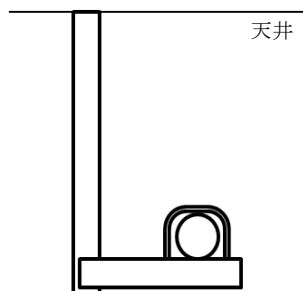


(3) 図面の有無を問わず、支持具が天井または床のみに取り付けられている場合

- ・床に取り付いている場合 : 床に対応する建家質点の高さ
- ・天井に取り付いている場合 : 天井に対応する建家質点の高さ



設置レベル：床に対応する建家質点の高さ



設置レベル：天井に対応する建家質点の高さ

6. 評価項目

評価項目は以下のとおりとする。

(1) Sクラス

- ・一次応力
- ・一次+二次応力⁽¹⁾
- ・一次+二次+ピーク応力⁽¹⁾⁽²⁾

(2) Bクラス

- ・一次応力

注(1)：地震動のみによる。

注(2)：一次+二次応力範囲が $2S_y$ 以下の場合には実施しない。

7. 応力の組合せ

動的地震力を用いる場合は、水平2方向及び鉛直方向の地震荷重(地震力、地震相対変位)による応力をSRSS法により組合せ、静的地震力を用いる場合は、水平2方向及び鉛直方向による応力を絶対値和法により組合せる。なお、自重、内圧と地震荷重による応力は代数和法により組合せる。具体的な算出式を以下に示す。

- ・一次応力(動的地震力)

$$\text{内圧} + \text{自重} + \sqrt{\text{水平X地震力}^2 + \text{水平Z地震力}^2 + \text{鉛直Y地震力}^2}$$

- ・一次応力(静的地震力)

$$\text{内圧} + \text{自重} + |\text{水平X地震力}| + |\text{水平Z地震力}| + |\text{鉛直Y地震力}|$$

- ・一次+二次応力、一次+二次+ピーク応力

$$2 \times \left(\sqrt{\text{水平X地震力}^2 + \text{水平Z地震力}^2 + \text{鉛直Y地震力}^2} + \sqrt{\text{水平X地震相対変位}^2 + \text{水平Z地震相対変位}^2 + \text{鉛直Y地震相対変位}^2} \right)^{(1)}$$

注(1)：一次+二次応力及び一次+二次+ピーク応力の評価では地震による応力振幅を用いるため、便宜的に応力を2倍する。

8. 減衰定数

配管の減衰定数は JEAC4601 に準拠し、表-3-3-1.3 のとおりとする。なお、ヘリウム系設備主配管、非常用排気設備主ダクト、炉室排気系主ダクト、水力照射設備主配管、気送照射設備主配管、放射化分析用照射設備主配管では 1.0%より大きい減衰定数は使用せず、保守的に減衰定数 1.0%を使用する。

表-3-3-1.3 配管の減衰定数

配管区分 ⁽¹⁾⁽²⁾		設計用減衰定数 (%)	
		保温材有 ⁽³⁾	保温材無
I	スナッパ及び架構レストレイント支持主体の配管系で、支持具(スナッパ又は架構レストレイント)の数が4個以上のもの	3.0	2.0
II	スナッパ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、アンカ及びUボルトを除いた支持具の数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	2.0	1.0
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上のもの ⁽⁴⁾	3.0	2.0
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	1.5	0.5

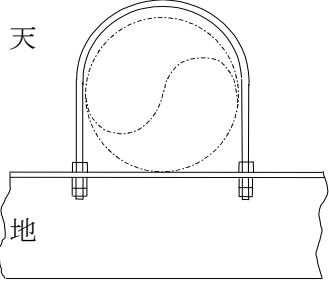
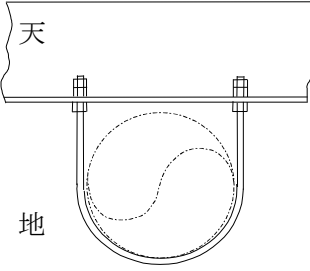
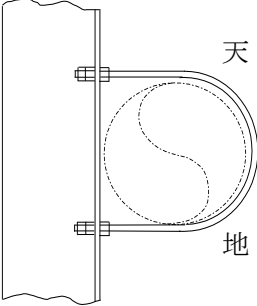
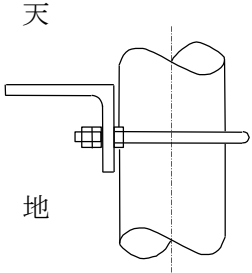
注(1)：配管区分の支持具の種類及び数は、アンカからアンカまでの独立した振動系について算定する。

注(2)：支持具数の算定において、当該支持点を同一方向に複数の支持具で分配して支持する場合は、支持具数を1個として算定し、同一支持点を2方向に複数の支持具で支持する場合は支持具数を2個として算定する。

注(3)：保温材有の設計用減衰定数は、無機多孔質保温材による付加減衰定数として1.0%を考慮したものである。金属保温材による付加減衰定数は、配管ブロック全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用してよいが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

注(4)：架構で水平配管の自重を受けるUボルトの施工形態を表-3-3-1.4に示す。Uボルトは、運転時に配管とボルト頂部との間に隙間があるよう施工されていること。なお、ドレン配管のように穏やかな勾配を持つものは水平配管とみなす。また、UボルトにはUプレートを含む。

表-3-3-1.4 架構で水平配管の自重を受けるUボルトに該当する施工形態

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
施工形態				
該当 / 非該当	該当	非該当	非該当	非該当

9. 応力計算

9.1. モーメントの合成

各荷重により発生したモーメントは、以下のように組み合わせる。

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2 + M_3^2}$$

- M : 合成モーメント(N・mm)
M₁, M₂ : 配管軸直角方向まわりのモーメント(N・mm)
M₃ : 配管軸まわりのモーメント(N・mm)

9.2. 応力算出

(1) 一次応力

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z}$$

- S : 一次応力(N/mm²)
P : 最高使用圧力(N/mm²)
D₀ : 外径(mm)
t : 肉厚(mm)
M_a : 管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重）により生じる合成モーメント(N・mm)
M_b : 管の機械的荷重（地震を含めた短期的荷重）により生じる合成モーメント(N・mm)
Z : 管の断面係数(mm³)
i₁ : JSME PPC-3530 及び PPC-3810 に定める値(-)

(2) 一次+二次応力

$$S_n = \frac{0.75i_1M_b^* + i_2M_c}{Z}$$

- S_n : 一次+二次応力(N/mm²)
M_b^{*} : 管の地震力により生じる合成モーメント（全振幅）(N・mm)
M_c : 管の地震相対変位により生じる合成モーメント（全振幅）(N・mm)
Z : 管の断面係数(mm³)
i₁, i₂ : JSME PPC-3530 及び PPC-3810 に定める値(-)

(3) 一次+二次+ピーク応力

疲れ解析に用いる繰り返しピーク応力強さは次式による。

$$S_{\ell} = \frac{K_e S_p}{2}$$

上記の S_{ℓ} 及び JSME 第 I 編 第 4 章 添付 4-2 表 添付 4-2-1, 4-2-2 より許容繰り返し回数 N を求め、次式にて疲労累積係数を求める。

$$f_c = \frac{n^{(1)}}{N}$$

なお、 S_p は以下による。

- a. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = \frac{K_{2b} C_{2b} M_{bs}}{Z_b} + \frac{K_{2r} C_{2r} M_{rs}}{Z_r}$$

- b. 上記 a. 以外の管

$$S_p = \frac{K_2 C_2 M_{is}}{Z_i}$$

- S_p : ピーク応力(N/mm²)
 S_{ℓ} : 繰り返しピーク応力強さ(N/mm²)
 M_{bs} : 管台又はティーに接続される分岐管の地震力と地震相対変位により生じる合成モーメント (全振幅) (N・mm)
 M_{rs} : 管台又はティーに接続される主管の地震力と地震相対変位により生じる合成モーメント (全振幅) (N・mm)
 M_{is} : 管の地震力と地震相対変位により生じる合成モーメント (全振幅) (N・mm)
 Z_b : 管台又はティーに接続される分岐管の断面係数(mm³)
 Z_r : 管台又はティーに接続される主管の断面係数(mm³)
 Z_i : 管の断面係数(mm³)
 $K_{2b}, K_{2r}, K_2, C_{2r}, C_{2b}, C_2$: JSME PPB-3812~PPB-3817 に定める値(-)
 K_e : JSME PVB-3315 に定める値(-)
 f_c : 疲労累積係数(-)
 n : 設計用繰り返し回数(-)
 N : 許容繰り返し回数(-)

10. 許容応力

許容応力は表-3-3-1.5 のとおりとする。

表-3-3-1.5 許容応力⁽¹⁾

耐震 クラス	許容応力 状態	一次応力	一次+二次応力	一次+二次 +ピーク応力 ⁽²⁾
S	IV _A S	0.9S _u	2S _y	f _c ≤ 1.0
	III _A S	S _y ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2Sとして もよい。		
B	B _A S	S _y ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2Sとして もよい。	—	—

注(1) : JSME の管の基準では一次一般膜応力について、内圧による周方向応力と外圧による座屈のみ規定している。地震時にこれらの条件が優位に変化することは考えにくいことから、許容応力表に一次一般膜応力の欄を設けていない。

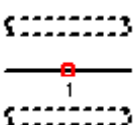
注(2) : 一次+二次応力範囲が2S_y以下の場合は実施しない。

- S_y : 最高使用温度での設計降伏点(N/mm²)
- S_u : 最高使用温度での設計引張強さ(N/mm²)
- S : 最高使用温度での許容引張応力(N/mm²)

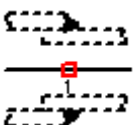
11. 応力係数

本評価に使用する応力係数を以下に示す。なお、 i_1 （内圧以外の一次応力に対する応力係数）については以下で計算した値または 1.33 のいずれか大きい方、 i_2 （二次応力に対する応力係数）については以下で計算した値または 1.0 のいずれか大きい方を使用することとする。

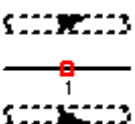
(1) 直管部

形状図	評価点番号	応力係数 : i
直管部 	1	<JSME PPC-3810(1)> $i = 1.0$

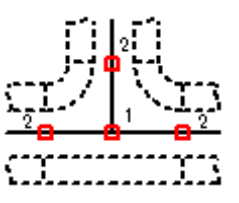
(2) すみ肉溶接部

形状図	評価点番号	応力係数 : i
すみ肉溶接部 (ソケット溶接部) 	1	<JSME PPC-3810(3)> a. 表面が凹形に仕上げてある場合 $i = \text{MAX} \left[1.3, \frac{2.1}{(C_x/t)} \right]$ b. 表面が凸形に仕上げてある場合 $i = 2.1$ C_x : 溶接脚長の最小値(mm) t : 管の厚さ(mm)

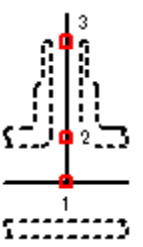
(3) 突合せ溶接部

形状図	評価点番号	応力係数 : i
突合せ溶接部 	1	<JSME PPC-3810(2)(4)> ・テーパを有しない溶接部 a. 継手面の食違いが管の厚さの 0.1 倍以下のもの $i = 1.0$ b. a 以外のもの $i = 1.8$ ・テーパを有する溶接部 $i = \text{MIN} \left[1.9, 1.3 + \frac{0.0036D_0 + 3.6\delta}{t} \right]$ D_0 : 管の外径(mm) δ : 継手面の食違い(mm) t : 管の厚さ(mm)

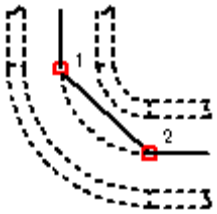
(4) 突合せ溶接式ティー

形状図	評価点番号	応力係数 : i
<p>突合せ溶接式ティー</p> 	1	<p><JSME PPC-3810(8)></p> <p>・分岐管及び主管</p> $i = \frac{0.9}{h^3}, h = 4.4 \times \frac{t}{r}, r = \frac{D_0 - t}{2}$ <p>t : 主管の厚さ(mm) D₀ : 主管の外径(mm)</p>
	2	突合せ溶接部の応力係数

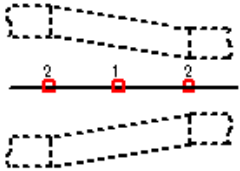
(5) 管台

形状図	評価点番号	応力係数 : i
<p>管台</p> 	1	<p><JSME PPC-3810(7)></p> <p>・分岐管及び主管</p> $i = 1.5 \left(\frac{R_m}{T_s} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{r_b}{R_m} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T_b}{T_s} \right) \left(\frac{r_b}{r_p} \right)$ <p>R_m : 主管の平均半径(mm) T_s : 主管の厚さ(mm) r_b : 分岐管の平均半径(mm) T_b : 分岐管の厚さ(mm) r_p : 管台の外半径(mm)</p>
	2	すみ肉溶接部の応力係数
	3	突合せ溶接部の応力係数又はすみ肉溶接部の応力係数 (溶接種類による)

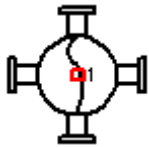
(6) 曲げ管及び突合せ溶接式エルボ

形状図	評価点番号	応力係数 : i
<p>曲げ管 突合せ溶接式エルボ</p> 	1	<p><JSME PPC-3810(5)></p> <p>a. フランジが接続されていない場合</p> $i = \frac{0.9}{h^3}$
	2	<p>b. 片側にフランジが接続されている場合</p> $i = \frac{0.9}{\sqrt{h}}$ <p>c. 両側にフランジが接続されている場合</p> $i = \frac{0.9}{\sqrt[3]{h}}$ <p>ここで</p> $h = \frac{t \cdot R}{r^2}, r = \frac{D_0 - t}{2}$ <p>t : 曲げ管またはエルボの厚さ(mm) R : 曲げ管またはエルボの中心線の曲率半径(mm) D₀ : 曲げ管またはエルボの外径(mm)</p>

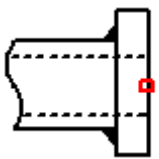
(7) 突合せ溶接式レジューサ

形状図	評価点番号	応力係数 : i
<p>突合せ溶接式 レジューサ</p> 	1	<p><JSME PPC-3810(6)></p> $i = \text{MIN} \left[2.0, 0.5 + 0.01\alpha \sqrt{\frac{D}{t}} \right]$ <p>α : レジューサの軸を含む断面の最大勾配(度) D : レジューサの小径端側の外径(mm) t : レジューサの小径端側の厚さ(mm)</p>
	2	突合せ溶接部の応力係数

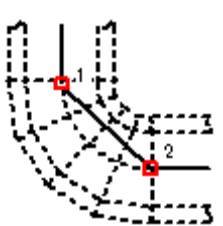
(8) サポート溶接部

形状図	評価点番号	応力係数 : i
<p>サポート溶接部</p> 	1	直管部の応力係数

(9) フランジ

形状図	評価点番号	応力係数 : i
フランジ溶接部 	1	すみ肉溶接部の応力係数及び突合せ溶接の応力係数を使用する。 ・ SO, SW はすみ肉溶接の応力係数(凹型) ・ 上記以外は突合せ溶接の応力係数

(10) えび管

形状図	評価点番号	応力係数 : i
えび管 	1 2	<JSME PPC-3810(9)> $i = \frac{0.9}{h^3}$ $h = \frac{t \cdot R}{r^2}, r = \frac{D_0 - t}{2}$ t : えび状の管の厚さ(mm) R : えび状の管の中心線の曲率半径(mm) D ₀ : えび状の管の外径(mm)

12. 拘束点反力の記載方法

拘束点反力のうち、図-3-3-1.1 の例のように全体座標系に対して斜めに拘束するものは、拘束点反力表の中で「方向」として拘束方向成分を示す。

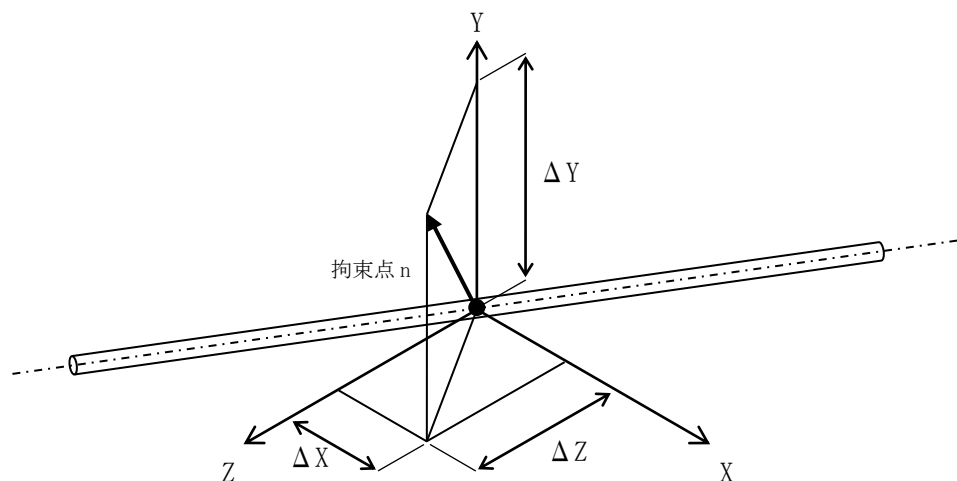


図-3-3-1.1 拘束点反力

記号の説明

X, Y, Z : 全体座標系

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 全体座標系における拘束方向成分

n : 拘束点番号

拘束点反力表中の記載方法は、次のような表現で示す。この場合、原則として X または MX の欄のみ反力値を表示する。

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
n	自重	○	—	—	○	—	—
	動的地震荷重		—	—		—	—
	静的地震荷重		—	—		—	—
	相対変位		—	—		—	—
	方向		ΔX	ΔY		ΔZ	—

3-3-2. 容器の耐震強度評価の基本方針

目次

1. 概要	添 3-3-2-1
2. 基本方針	添 3-3-2-1
3. 適用範囲	添 3-3-2-1
4. モデル化方針	添 3-3-2-1
5. 評価項目	添 3-3-2-1
5.1. 胴	添 3-3-2-1
5.2. 支持脚	添 3-3-2-2
5.3. 基礎ボルト	添 3-3-2-2
6. 荷重の組合せ	添 3-3-2-2
7. 減衰定数	添 3-3-2-2
8. 応力計算	添 3-3-2-2
9. 許容応力	添 3-3-2-3
9.1. 胴の許容応力	添 3-3-2-3
9.2. 脚及び基礎ボルトの許容応力	添 3-3-2-3

1. 概要

本書は容器の耐震評価の方針についてまとめたものである。

2. 基本方針

容器の評価は、JEAG4601-1987 に準拠し、評価を実施する。

3. 適用範囲

本書はクラス 2 及びクラス 3 容器の耐震評価に適用する。

4. モデル化方針

容器のモデル化方針を以下に示す。

- (1) 1 質点系もしくは多質点系モデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮したモデルとする。
- (2) 質量として容器自体の質量の他に保有流体、保温材及び付属機器の質量を考慮する。
- (3) 材料特性は最高使用温度の値とする。
- (4) 容器の支持構造物は、原則としてその剛性を考慮したばね又は部材としてモデル化する。

5. 評価項目

評価項目は次の通りとする。

5.1. 胴

- (1) S クラス
 - ・一次一般膜応力
 - ・一次応力
 - ・一次+二次応力⁽¹⁾
- (2) B クラス
 - ・一次一般膜応力
 - ・一次応力

注(1)：地震動のみによる。

5.2. 支持脚

- ・一次応力
- ・座屈

5.3. 基礎ボルト

- ・一次応力

6. 荷重の組合せ

水平方向 1 方向及び鉛直方向の地震荷重による応力を絶対値和法により組合せる。なお、自重及び内圧と地震荷重による応力は代数和法により組合せる。また、水平 2 方向の組合せを考慮するため、組合せ後の応力を 1.42 倍する。具体的な算出式を以下に示す。

- ・一次一般膜応力、一次応力、座屈

$$1.42 \times \{ \text{自重} + \text{内圧} \pm (|\text{水平地震力}| + |\text{鉛直地震力}|) \}$$

- ・一次+二次応力

$$2 \times 1.42 \times (|\text{水平地震力}| + |\text{鉛直地震力}|)^{(1)}$$

注(1)：一次+二次応力の評価では地震による応力振幅を用いるため、便宜的に応力を 2 倍する。

ただし、縦置き円筒容器や地震力に対する応答軸が明確な容器については、構造的に水平 2 方向の地震力の組合せが不要となるため、考慮しないこととする。

7. 減衰定数

容器の減衰定数は 1.0%とする。

8. 応力計算

応力の算出式は各機器において説明を行う。ただし、下記の形状及び支持方法の容器については、下記項目にて応力算出方法を記載する。

添付書類 3-3-2-1：四脚たて置円筒形容器

添付書類 3-3-2-2：横置二胴円筒形容器

9. 許容応力

9.1. 胴の許容応力

胴の許容応力は表-3-3-2.1の通りとする。

表-3-3-2.1 胴の許容応力

耐震 クラス	許容応力 状態	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力
S	IV _A S	0.6S _u	0.9S _u	2S _y
	III _A S	MIN[S _y , 0.6S _u] ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2Sとして もよい。	左欄の1.5倍	
B	B _A S	MIN[S _y , 0.6S _u] ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2Sとして もよい。	S _y ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2Sとして もよい。	—

S_y : 最高使用温度での設計降伏点(N/mm²)

S_u : 最高使用温度での設計引張強さ(N/mm²)

S : 最高使用温度での許容引張応力(N/mm²)

9.2. 脚及び基礎ボルトの許容応力

支持構造物の許容応力に準じる。ただし、ボルト評価にて、締結による摩擦を考慮する場合は、全体の水平力(せん断力)が全体の摩擦抗力を超えないようにする。

3 - 3 - 2 - 1 . 四脚たて置円筒形容器

目次

1. 一般事項	添 3-3-2-1- 1
1.1. 計算条件	添 3-3-2-1- 1
1.2. 記号の説明	添 3-3-2-1- 7
2. 計算方法	添 3-3-2-1-14
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-3-2-1-14
2.1.1. 水平方向	添 3-3-2-1-14
2.1.2. 鉛直方向	添 3-3-2-1-20
2.2. 設計震度の設定	添 3-3-2-1-21
2.3. 応力の計算	添 3-3-2-1-22
2.3.1. 胴の応力	添 3-3-2-1-22
2.3.2. 脚の応力（上端と下端にかかる荷重の大きい方）	添 3-3-2-1-38
2.3.3. 基礎ボルトの応力	添 3-3-2-1-42
2.4. 強度評価	添 3-3-2-1-57
2.4.1. 胴の応力	添 3-3-2-1-57
2.4.2. 脚の応力	添 3-3-2-1-57
2.4.3. 基礎ボルトの応力	添 3-3-2-1-61
3. 参考文献	添 3-3-2-1-62

1. 一般事項

本書は四脚たて置円筒形容器の耐震強度計算の方針を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量は、重心に集中したものとする。
- (2) 脚を基礎に固定する基礎ボルトが、脚の変形方向に直角方向より見て脚1本につき1列の場合は脚下端を単純支持とする。その他の場合は、固定とする。
- (3) 水平方向については、脚と胴の曲げ変形及びせん断変形を考慮する。
- (4) 胴板と脚との取付部で、胴の局部変形を考慮する。
- (5) 地震力は、容器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、応力計算において組み合わせる。なお、水平方向については地震力の方向と4本の脚の取り付け方向との関係を考慮して、図-3-3-2-1.1 に示すX方向とZ方向について評価する。

計算モデルは4本の脚下端の支持条件を組み合わせた下記の4ケースとし、図-3-3-2-1.2 から図-3-3-2-1.5 に示す変形モードを考慮する。

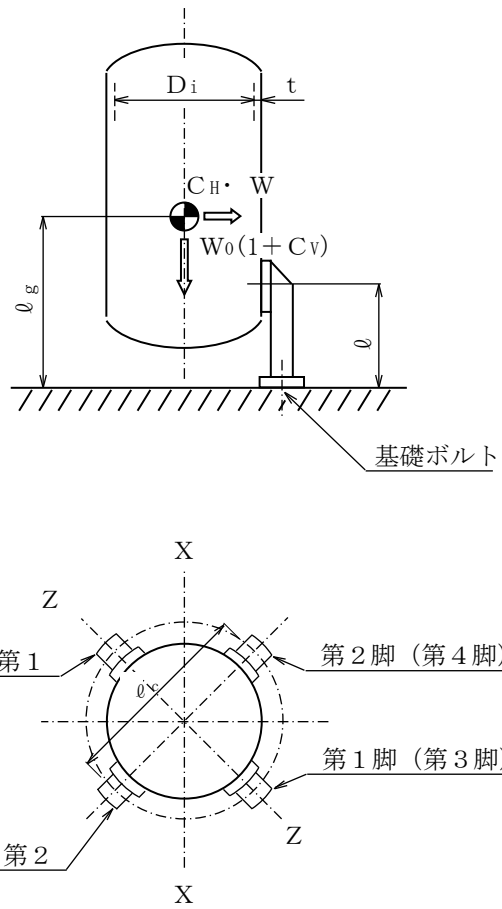
ケース1：脚下端が第1脚、第2脚ともが固定の場合

ケース2：脚下端が第1脚、第2脚とも単純支持の場合

ケース3：脚下端が第1脚は固定、第2脚は単純支持の場合

ケース4：脚下端が第1脚は単純支持、第2脚は固定の場合

四脚たて置円筒形容器



脚部材については胴の半径方向を r 軸、その直角方向を t 軸とする。

図-3-3-2-1.1 構造図

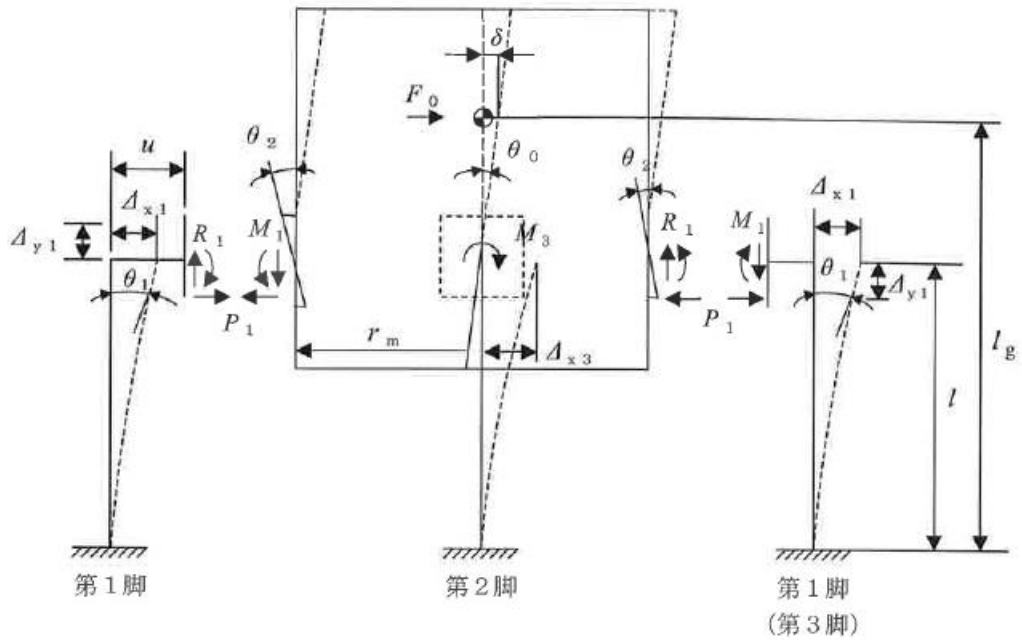


図-3-3-2-1.2 脚下端が第1脚、第2脚とも固定の場合（ケース1）の変形モード

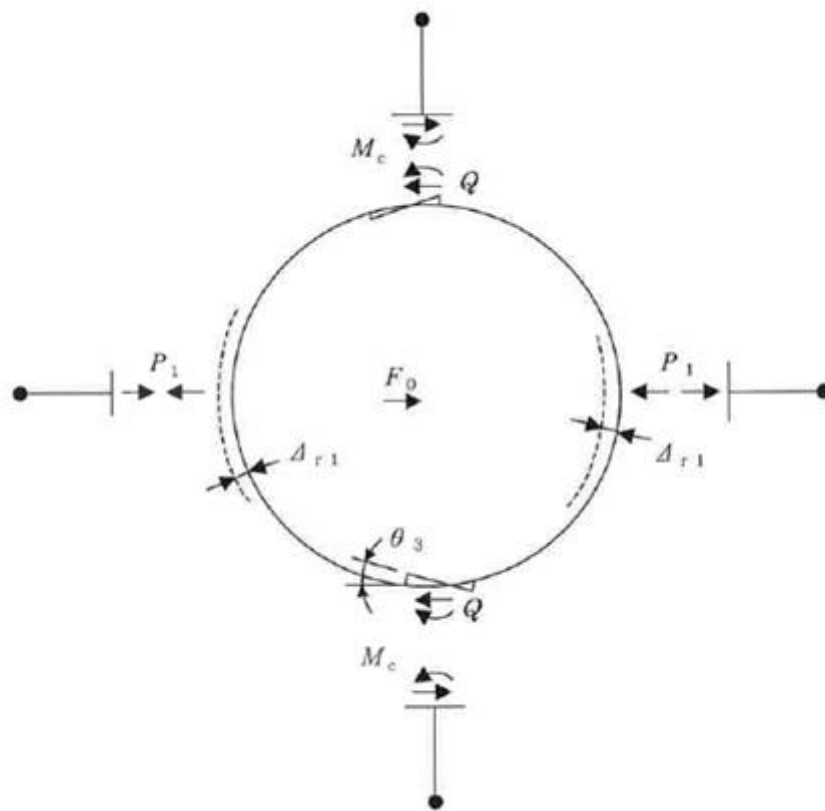
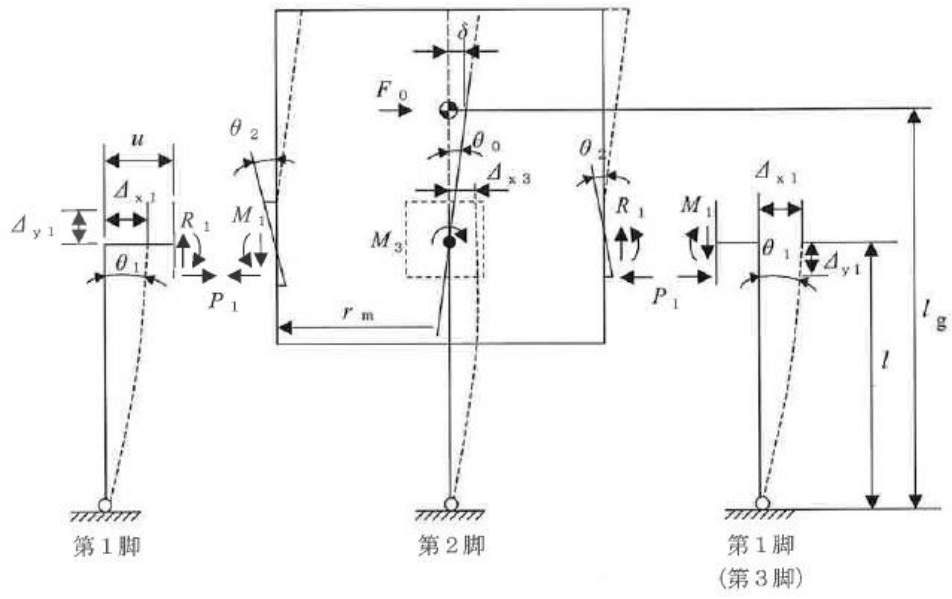


図-3-3-2-1.3 脚下端が第1脚、第2脚とも単純支持の場合（ケース2）の変形モード

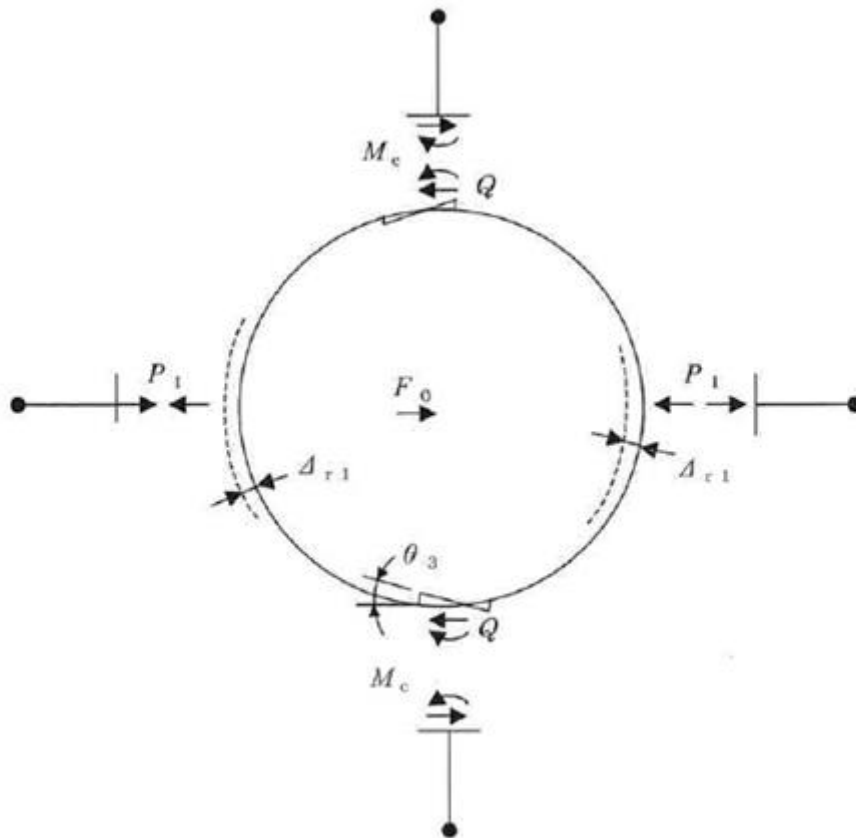
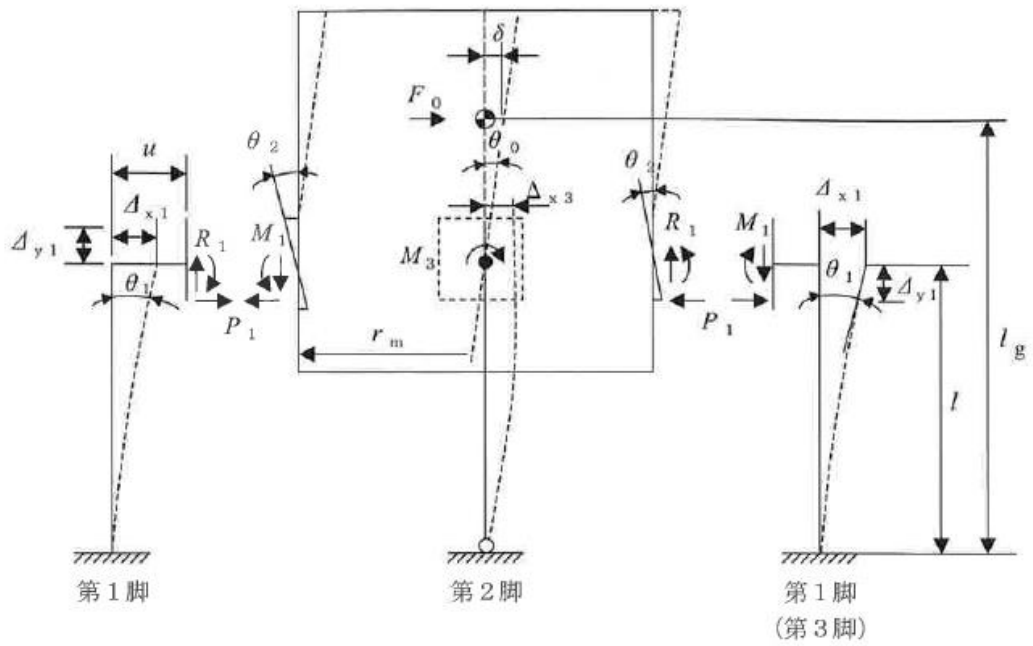


図-3-3-2-1.4 脚下端が第1脚は固定、第2脚は単純支持の場合(ケース3)の変形モード

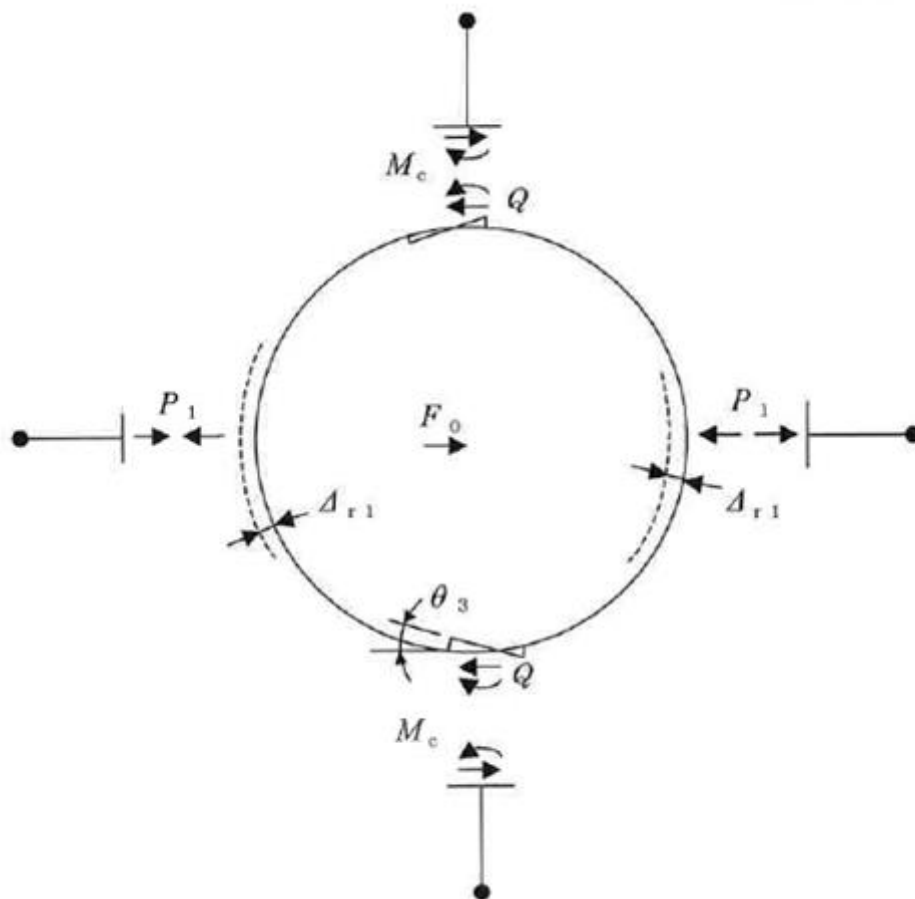
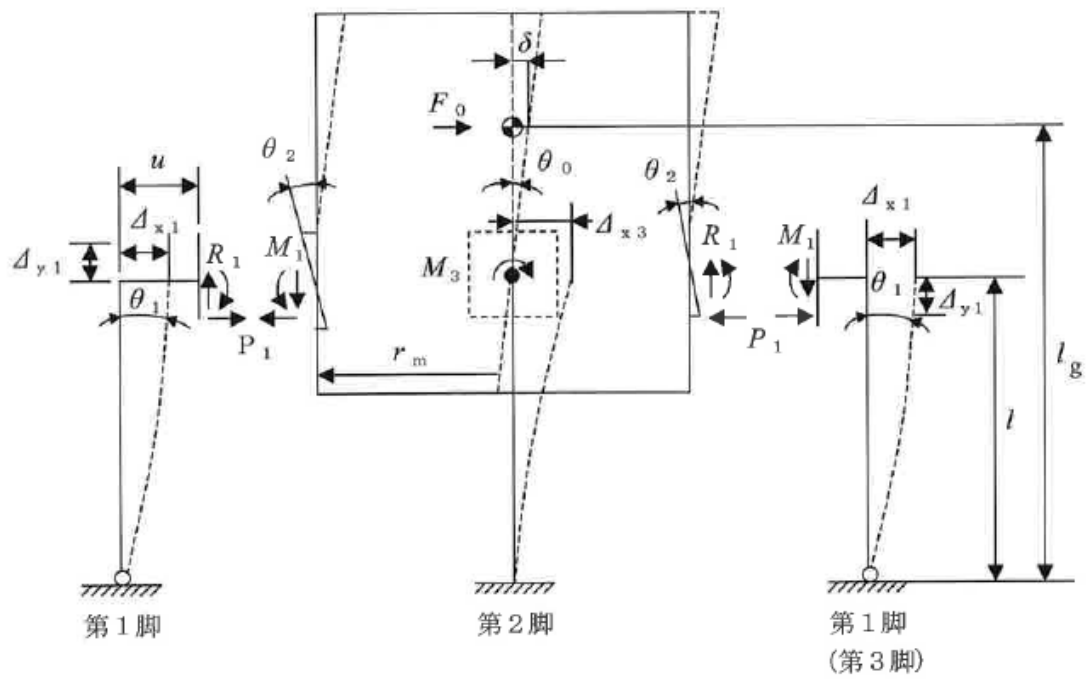


図-3-3-2-1.5 脚下端が第1脚は単純支持、第2脚は固定の場合（ケース4）の変形モード

1.2. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _e	胴の有効せん断断面積	mm ²
A _f	脚の圧縮フランジの断面積	mm ²
A _s	脚の断面積	mm ²
A _{sf}	脚の圧縮フランジとせいの1/6からなるT形断面の断面積	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
A _{st}	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	mm ²
A _{s1}	脚の半径方向軸に対するせん断断面積	mm ²
A _{s2}	脚の周方向軸に対するせん断断面積	mm ²
a	脚底板の半径方向幅	mm
b	脚底板の周方向幅	mm
C	脚の座屈曲げモーメントに対する修正係数	—
C ₁	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2（胴の周方向）	mm
C ₂	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2（胴の軸方向）	mm
C _c [*]	応力の補正係数（参考文献[1]より得られる値）	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _θ [*]	応力の補正係数（参考文献[1]より得られる値）	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _i	胴の内径	mm
d ₁	脚底板端面から基礎ボルト中心までの半径方向の距離	mm
d ₂	脚底板端面から基礎ボルト中心までの周方向の距離	mm
d _b	基礎ボルトの外径	mm
E	胴の縦弾性係数	N/mm ²
E _s	脚の縦弾性係数	N/mm ²
e	脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
F	「添付書類 3-2 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に定める値	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
F_0	振動モデル系における水平力	N
F_v	振動モデル系における鉛直力	N
F_b	基礎ボルトに生じる引張力	N
f_c	脚の許容圧縮応力	N/mm ²
f_{br}	脚の半径方向軸まわりの許容曲げ応力	N/mm ²
f_{bt}	脚の半径方向に直角な方向の軸まわりの許容曲げ応力	N/mm ²
f_t	脚の許容引張応力	N/mm ²
G	胴のせん断弾性係数	N/mm ²
G_s	脚のせん断弾性係数	N/mm ²
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
H	静水頭	mm
h	脚断面のせい	mm
I	胴の断面 2 次モーメント	mm ⁴
i	脚の弱軸についての断面 2 次半径	mm
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 2 次半径	mm
I_{sr}	脚の半径方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm ⁴
I_{st}	脚の周方向軸に対する断面 2 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 2 次モーメント	mm ⁴
J_s	脚のねじりモーメント係数	mm ⁴
K_1^*, K_2^*	参考文献[1]より得られる定数	—
K_c	胴の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 (参考文献[2]より得られる値)	—
k_c	参考文献[1]によるアタッチメントパラメータの周方向の補正係数	—
K_H	ばね定数 (水平方向)	N/mm
K_V	ばね定数 (鉛直方向)	N/mm
K_ℓ	胴の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 (参考文献[2]より得られる値)	—
k_ℓ	参考文献[1]によるアタッチメントパラメータの長手方向の補正係数	—
K_r	胴の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 (参考文献[2]より得られる値)	—

記号	記号の説明	単位
ℓ	脚の長さ	mm
ℓ_c	脚の中立軸間の距離	mm
ℓ_g	基礎から容器上部重心までの距離	mm
ℓ_k	脚の有効座屈長さ	mm
M_1	水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
M_3	水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部のねじりモーメント	N・mm
M_c	水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部の周方向モーメント	N・mm
M_θ	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
$M_{\theta 2}$	鉛直地震力による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
M_{s1}, M_{s2}	脚の上下両端に作用する曲げモーメント	N・mm
M_{x1}	水平方向地震力（X方向）により第1脚及び第4脚の底部に働く合成モーメント	N・mm
M_{x2}	水平方向地震力（X方向）により第2脚及び第3脚の底部に働く合成モーメント	N・mm
M_{z1}	水平方向地震力（Z方向）により第1脚の底部に働く合成モーメント	N・mm
M_{z2}	水平方向地震力（Z方向）により第2脚及び第4脚の底部に働く合成モーメント	N・mm
M_{z3}	水平方向地震力（Z方向）により第3脚の底部に働く合成モーメント	N・mm
m_0	運転時質量	$10^{-3} \times t$
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚1個あたりの基礎ボルトの本数	—
n_1, n_2	引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
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_1	水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
P_2	鉛直方向地震力による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
P_r	最高使用圧力	N/mm ²
Q	水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部の周方向荷重	N
R	運転時質量による脚の軸力	N
R_1	水平方向地震力（Z方向）により脚に作用する軸力	N
R_2	鉛直方向地震力により脚に作用する軸力	N
R_{s1}	運転時質量（圧縮）により脚に作用する軸力	N
R_{s2}	運転時質量（引張）により脚に作用する軸力	N

記号	記号の説明	単位
R_{x1}	水平方向地震力（X方向）により第1脚及び第4脚に作用する軸力	N
R_{x2}	水平方向地震力（X方向）により第2脚及び第3脚に作用する軸力	N
R_{z1}	水平方向地震力（Z方向）により第1脚に作用する軸力	N
R_{z2}	水平方向地震力（Z方向）により第2脚及び第4脚に作用する軸力	N
R_{z3}	水平方向地震力（Z方向）により第3脚に作用する軸力	N
r_m	胴の平均半径	mm
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
t	胴の板厚	mm
u	脚の中心軸から胴の板厚中心までの距離	mm
X_n	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
Z_{sp}	脚のねじり断面係数	mm ³
Z_{sr}	脚の半径方向軸に対する断面係数	mm ³
Z_{st}	脚の周方向軸に対する断面係数	mm ³
$\beta, \beta_1, \beta_2,$ $\beta_c, \beta_\varnothing$	} 参考文献[1]によるアタッチメントパラメータ	—
γ		参考文献[1]によるシェルパラメータ
δ_H	水平力 F_0 による胴重心の変位量	mm
δ_V	鉛直力 F_v による胴重心の変位量	mm
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 F_0 による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 F_0 による第1脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力 F_0 による第2脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{y1}	水平力 F_0 による第1脚の鉛直方向変位量	mm
Δ_{y2}	鉛直力 F_v による脚の圧縮変位量	mm
Δ_{y3}	鉛直力 F_v による胴の圧縮変位量	mm
Δ_{y4}	運転時質量による胴のつけ根部における局部傾き角による鉛直方向変位量	mm
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
θ_0	水平力 F_0 による胴の中心軸の傾き角	rad
θ_1	水平力 F_0 による第1脚の傾き角	rad

記号	記号の説明	単位
θ_2	水平力 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_3	水平力 F_0 による第2脚の傾き角	rad
ν	座屈に対する安全率	—
Λ	脚の限界細長比	—
λ	脚の有効細長比	—
π	円周率	—
ρ	液体の比重	—
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	N/mm ²
σ_{0x}	胴の軸方向一次一般膜応力	N/mm ²
$\sigma_{11} \sim \sigma_{14}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の組合せ一次応力	N/mm ²
$\sigma_{15} \sim \sigma_{16}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の組合せ一次応力	N/mm ²
$\sigma_{21} \sim \sigma_{24}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の組合せ一次＋二次応力	N/mm ²
$\sigma_{25} \sim \sigma_{26}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の組合せ一次＋二次応力	N/mm ²
$\sigma_{b1} \sim \sigma_{b3}$	水平方向地震力（Z方向）により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{b4}, σ_{b5}	水平方向地震力（X方向）により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{s1}, σ_{s2}	運転時質量による脚の圧縮応力、曲げ応力	N/mm ²
σ_{s3}, σ_{s4}	鉛直方向地震力による脚の圧縮応力、曲げ応力	N/mm ²
$\sigma_{s5} \sim \sigma_{s7}$	水平方向地震力（Z方向）による脚の圧縮応力、曲げ応力	N/mm ²
$\sigma_{s8} \sim \sigma_{s10}$	水平方向地震力（X方向）による脚の圧縮応力、曲げ応力	N/mm ²
σ_{sc}	脚の圧縮応力の和	N/mm ²
σ_{sr}	脚の半径方向軸まわりの圧縮側曲げ応力の和	N/mm ²
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	N/mm ²
σ_{sx}	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の脚の組合せ応力	N/mm ²
$\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の脚の組合せ応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 1}, \sigma_{x1}$	静水頭又は内圧による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
σ_{x2}	運転時質量による胴の軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 3}, \sigma_{x3}$	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 4}, \sigma_{x4}$	運転時質量により生じる半径方向荷重による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
σ_{x5}	地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 7}, \sigma_{x7}$	鉛直方向地震力による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 8}, \sigma_{x8}$	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 9}, \sigma_{x9}$	鉛直方向地震力により生じる半径方向荷重による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 10}, \sigma_{x10}$	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の局部応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 11}, \sigma_{x11}$	鉛直方向地震力により生じる半径方向荷重による胴の局部応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 61}, \sigma_{x61}$ $\sigma_{\phi 62}, \sigma_{x62}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 71}, \sigma_{x71}$ $\sigma_{\phi 72}, \sigma_{x72}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 81}, \sigma_{x81}$ $\sigma_{\phi 82}, \sigma_{x82}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 91}, \sigma_{x91}$ $\sigma_{\phi 92}, \sigma_{x92}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 101}$ σ_{x101} $\sigma_{\phi 102}$ σ_{x102}	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 111}$ σ_{x111} $\sigma_{\phi 112}$ σ_{x112}	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向応力、軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{xx1}, \sigma_{xx2}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{xx3}, \sigma_{xx4}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{xz1} \sim \sigma_{xz4}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{xz5} \sim \sigma_{xz8}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{\phi x1}, \sigma_{\phi x2}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{\phi x3}, \sigma_{\phi x4}$	水平方向地震力（X方向）が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{\phi z1} \sim \sigma_{\phi z4}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{\phi z5} \sim \sigma_{\phi z8}$	水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力の和	N/mm ²
τ_3	水平方向地震力（Z方向）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	N/mm ²
τ_6	水平方向地震力（X方向）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	N/mm ²
$\tau_{b1} \sim \tau_{b3}$	水平方向地震力（Z方向）により基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{b4}, τ_{b5}	水平方向地震力（X方向）により基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{c1}	水平方向地震力（Z方向）により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	N/mm ²
τ_{c4}	水平方向地震力（X方向）により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	N/mm ²
$\tau_{\ell1}$	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	N/mm ²
$\tau_{\ell2}$	水平方向地震力（Z方向）により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	N/mm ²
$\tau_{\ell3}$	鉛直方向地震力により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	N/mm ²
$\tau_{\ell5}$	水平方向地震力（X方向）により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	N/mm ²
τ_{s1}	運転時質量による脚のせん断応力	N/mm ²
τ_{s2}	鉛直方向地震力による脚のせん断応力	N/mm ²
τ_{s3}, τ_{s4}	水平方向地震力（Z方向）による脚のせん断応力	N/mm ²
τ_{s5}	水平方向地震力（X方向）による脚のせん断応力	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

2.1.1. 水平方向

固有周期 T_H は下式による。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_H}}$$

ばね定数 K_H は、胴重心に水平力 F_0 を加えたときの変位量 δ_H より求める。

$$K_H = \frac{F_0}{\delta_H}$$

$$\delta_H = \Delta_{x1} + \Delta_{r1} + (\ell_g - \ell) \theta_0 + \frac{(\ell_g - \ell)^3}{3EI} F_0 + \frac{(\ell_g - \ell)}{GA_e} F_0$$

ここで、胴の断面性能 I と A_e は下式による。

$$I = \frac{\pi}{8} (D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (D_i + t) t$$

脚上端の水平方向変位 Δ_{x1} 、胴の半径方向局部変位 Δ_{r1} 及び胴の中心軸の傾き角 θ_0 は、胴と脚との境界部における変位量及び傾き角を変数とした荷重及びモーメントの釣合方程式を立て、連立方程式として解くことで求める。

1.1 項において各脚の固定条件の組合せを考慮して設定した 4 ケースについて、下記 (1) から (4) に釣合方程式を示す。

(1) 脚下端が第 1 脚、第 2 脚とも固定の場合 (ケース 1 : 図-3-3-2-1.2 参照)

水平力の釣合より

$$2P_1 + 2Q = F_0 \cdots \cdots (1) \text{ 転倒モーメントの釣合より}$$

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (\ell_g - \ell) \cdots \cdots (2) \text{ ここで、}$$

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

第1脚の水平方向変位量 Δ_{x1} 、傾き角 θ_1 、鉛直方向変位量 Δ_{y1} は次による。

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 \ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) \ell^2}{2E_s I_{st}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\theta_1 = \frac{(M_1 - R_1 u) \ell}{E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell^2}{2E_s I_{st}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 \ell}{A_s E_s} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、

$$u = \frac{\ell_c}{2} - r_m$$

胴の半径方向局部変位量 Δ_{r1} と局部傾き角 θ_2 は、次による。

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E} \dots\dots\dots (6)$$

$$\theta_2 = \frac{K_\ell M_1}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} \dots\dots\dots (7)$$

ここで、

$$\beta_\ell = k_\ell^3 \sqrt{\beta_1 \beta_2^2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$$

第2脚の傾き角 θ_0 と水平方向変位量 Δ_{x3} は、次による。

$$\theta_0 = -\frac{M_3 \ell}{E_s I_{sr}} + \frac{Q \cdot \ell^2}{2E_s I_{sr}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q \ell^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q \ell}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 \ell^2}{2E_s I_{sr}} \dots\dots\dots (9)$$

第1脚と胴の傾き角の釣合より

$$\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0 \dots\dots\dots (10)$$

第2脚のねじり角と胴の局部傾き角は等しいことから

$$\theta_3 = \frac{(Q u - M_c) \ell}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} \dots\dots\dots (11)$$

ここで、

$$\beta_c = k_c^3 \sqrt{\beta_1^2 \beta_2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$$

脚と胴の水平方向変位の釣合より

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u\theta_3 \dots\dots\dots (12)$$

さらに、鉛直方向変位の釣合より

$$\Delta_{y1} - u\theta_1 - r_m\theta_0 = 0 \dots\dots\dots (13)$$

式(13)へ、式(4)、式(5)、式(8)を代入して

$$\frac{R_1\ell}{A_s E_s} - \frac{u(M_1 - R_1u)\ell}{E_s I_{st}} - \frac{uP_1\ell^2}{2E_s I_{st}} + \frac{r_m M_3\ell}{E_s I_{sr}} - \frac{r_m Q\ell^2}{2E_s I_{sr}} = 0 \dots\dots\dots (14)$$

式(10)へ、式(4)、式(7)、式(8)を代入して

$$\frac{M_3\ell}{E_s I_{sr}} - \frac{Q\ell^2}{2E_s I_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1u)\ell}{E_s I_{st}} + \frac{P_1\ell^2}{2E_s I_{st}} + \frac{K_\theta M_1}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} = 0 \dots\dots\dots (15)$$

式(11)を変形して

$$\frac{u Q\ell}{G_s J_s} - \frac{M_c\ell}{G_s J_s} - \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} = 0 \dots\dots\dots (16)$$

式(12)へ、式(3)、式(6)、式(9)、式(11)を代入して

$$\begin{aligned} & \frac{P_1\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1u)\ell^2}{2E_s I_{st}} + \frac{K_r P_1}{r_m E} \\ & - \frac{Q\ell^3}{3E_s I_{sr}} - \frac{Q\ell}{G_s A_{st}} + \frac{M_3\ell^2}{2E_s I_{sr}} - \frac{u K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} = 0 \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

式(1)、式(2)及び式(14)から式(17)の方程式から、水平力 F_0 を加えたときの脚上端の水平方向変位量 Δ_{x1} 、胴の半径方向局部変位量 Δ_{r1} 及び胴の中心軸の傾き角 θ_0 を求める。

(2) 脚下端が第1脚、第2脚とも単純支持の場合（ケース2：図-3-3-2-1.3参照）

(1)の場合と同様に、

$$\begin{aligned}
 2P_1 + 2Q &= F_0 \\
 2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m &= F_0(\ell_g - \ell) \\
 \Delta_{x1} &= \frac{P_1 \ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell}{G_s A_{sr}} + \ell \theta_1 \\
 P_1 \ell + M_1 &= R_1 u \\
 \Delta_{y1} &= \frac{R_1 \ell}{A_s E_s} \\
 \Delta_{r1} &= \frac{K_r P_1}{r_m E} \\
 \theta_2 &= \frac{K_\ell M_1}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} \\
 M_3 &= Q \ell \\
 \Delta_{x3} &= \frac{Q \ell^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q \ell}{G_s A_{st}} + \ell \theta_0 \\
 \theta_1 + \theta_2 - \theta_0 &= 0 \\
 \theta_3 &= \frac{(Q u - M_c) \ell}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} \\
 \Delta_{x1} + \Delta_{r1} &= \Delta_{x3} + u \theta_3 \\
 \Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 &= 0
 \end{aligned}$$

以下(1)と同様にして連立方程式を立てる。

(3) 脚下端が第1脚は固定、第2脚は単純支持の場合（ケース3：図-3-3-2-1.4参照）

(1)の場合と同様に、

$$\begin{aligned}
 2P_1 + 2Q &= F_0 \\
 2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m &= F_0(\ell_g - \ell) \\
 \Delta_{x1} &= \frac{P_1 \ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell}{G_s A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 u) \ell^2}{2E_s I_{st}} \\
 \theta_1 &= \frac{(M_1 - R_1 u) \ell}{E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell^2}{2E_s I_{st}} \\
 \Delta_{y1} &= \frac{R_1 \ell}{A_s E_s} \\
 \Delta_{r1} &= \frac{K_r P_1}{r_m E}
 \end{aligned}$$

$$\theta_2 = \frac{K_\ell M_1}{r_m^3 \beta_\ell^2 E}$$

$$M_3 = Q\ell$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q\ell^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q\ell}{G_s A_{st}} + \ell \theta_0$$

$$\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Q u - M_c)\ell}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

以下(1)と同様にして連立方程式を立てる。

(4) 脚下端が第1脚は単純支持、第2脚は固定の場合 (ケース4: 図-3-3-2-1.5 参照)

(1)の場合と同様に、

$$2P_1 + 2Q = F_0$$

$$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0(\ell_g - \ell)$$

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 \ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 \ell}{G_s A_{sr}} + \ell \theta_1$$

$$P_1 \ell + M_1 = R_1 u$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 \ell}{A_s E_s}$$

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E}$$

$$\theta_2 = \frac{K_\ell M_1}{r_m^3 \beta_\ell^2 E}$$

$$\theta_0 = -\frac{M_3 \ell}{E_s I_{sr}} + \frac{Q \ell^2}{2E_s I_{sr}}$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q \ell^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q \ell}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 \ell^2}{2E_s I_{sr}}$$

$$\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0$$

$$\theta_3 = \frac{(Q u - M_c)\ell}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E}$$

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \theta_3$$

$$\Delta_{y1} - u \theta_1 - r_m \theta_0 = 0$$

以下(1)と同様にして連立方程式を立てる。

2.1.2. 鉛直方向

鉛直方向に荷重 F_v が作用した場合、
支持脚の圧縮変位 Δ_{y2} は、

$$\Delta_{y2} = \frac{F_v \ell}{4A_s E_s}$$

胴の圧縮変位 Δ_{y3} は、

$$\Delta_{y3} = \frac{F_v (\ell_g - \ell)}{A E}$$

ここで、 $A = \pi (D_i + t)t$

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 による鉛直方向変位 Δ_{y4} は、

$$\Delta_{y4} = \theta u$$

局部傾き角 θ は、脚下端の支持条件により、

(1) 脚下端が固定の場合

$$\theta = \frac{K_\ell M_\ell}{r_m^3 \beta \ell^2 E}$$

ここで、

$$M_\ell = \frac{\left(\frac{\ell^3}{12E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{F_v u \ell}{4E_s I_{st}}}{\left\{ \left(\frac{\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left(\frac{\ell}{E_s I_{st}} + \frac{K_\ell}{r_m^3 \beta \ell^2 E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2E_s I_{st}} \right) \right\}^2}$$

(2) 脚下端が単純支持の場合

$$\theta = \frac{K_{\ell} M_{\ell}}{r_m^3 \beta_{\ell}^2 E}$$

ここで、

$$M_{\ell} = \frac{F_v}{4} u - P \ell$$

$$P = \frac{\frac{F_v}{4} u \ell}{\ell^2 + \frac{r_m^3 \beta_{\ell}^2 E}{K_{\ell}} \left(\frac{\ell^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right)}$$

以上により、胴重心の鉛直方向変位量 δ_v 、ばね定数 K_v 及び固有周期 T_v は、次のように求められる。

$$\delta_v = \Delta_{y2} + \Delta_{y3} + \Delta_{y4}$$

$$K_v = \frac{F_v}{\delta_v}$$

$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_v}}$$

2.2. 設計震度の設定

「2.1. 固有周期の計算方法」で得られた固有周期に対応した設計震度を設定する。

2.3. 応力の計算

2.3.1. 胴の応力

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot g \cdot \rho \cdot H D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 7} = \frac{10^{-6} \cdot g \cdot \rho \cdot H D_i C_v}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = 0$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r (D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 7} = 0$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r (D_i + 1.2t)}{4t}$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{x2} = \frac{m_0 g}{\pi (D_i + t) t}$$

$$\sigma_{x7} = \frac{m_0 g C_v}{\pi (D_i + t) t}$$

(3) 運転時質量による胴の脚つけ根部の応力

脚下端が固定の場合は、

$$R = \frac{m_0 g}{4} \dots\dots\dots (18)$$

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

$$\Delta_r = \frac{-P\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{-P\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{(Ru - M_\theta)\ell^2}{2E_s I_{st}} = \frac{K_r P}{r_m E} \dots\dots\dots (19)$$

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

$$\theta = \frac{(Ru - M_\theta)\ell}{E_s I_{st}} - \frac{P\ell^2}{2E_s I_{st}} = \frac{K_\theta M_\theta}{r_m^3 \beta \ell^2 E} \dots\dots\dots (20)$$

式(18) から式(20) までを連立させることにより、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及び半径方向荷重を次式により求める。

$$M_\theta =$$

$$\frac{\left(\frac{\ell^3}{12E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{m_0 g u \ell}{4E_s I_{st}}}{\left(\frac{\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left(\frac{\ell}{E_s I_{st}} + \frac{K_\theta}{r_m^3 \beta \ell^2 E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2E_s I_{st}} \right)^2}$$

$$P = \frac{\frac{m_0 g}{4} u - M_\theta}{2E_s I_{st}} \ell^2}{\frac{\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}}$$

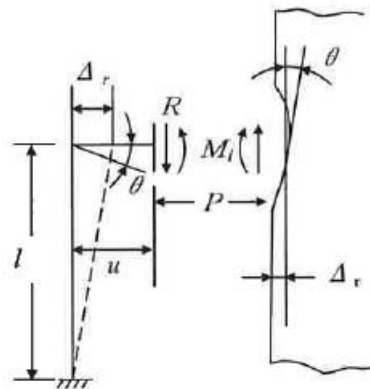


図-3-3-2-1.6 脚下端が固定されている場合の脚及び胴の変形

同様に、脚の下端を単純支持とする場合は、

$$\Delta_r = \frac{-P\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{-P\ell}{G_s A_{sr}} + \theta\ell = \frac{K_r P}{r_m E}$$

$$P\ell + M_\theta = R u$$

$$\theta = \frac{K_\theta M_\theta}{r_m^3 \beta \ell^2 E}$$

を連立させることにより、運転時質量による胴の脚つけ根部の半径方向荷重及び鉛直方向モーメントを次式により求める。

$$P = \frac{\frac{m_0 g}{4} u \ell}{\ell^2 + \frac{r_m^3 \beta \ell^2 E}{K_\theta} \left(\frac{\ell^3}{3E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right)}$$

$$M_\theta = \frac{m_0 g}{4} u - P\ell$$

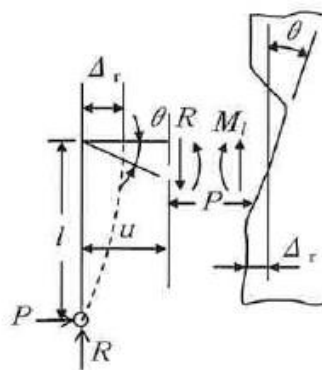


図-3-3-2-1.7 脚下端が単純支持されている場合の脚及び胴の変形

鉛直方向モーメント M_θ 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 によって参考文献[1]の表より求めた値(以下*を付記する)を用いて次式により算定する。

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_\phi}{M_\theta / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_\theta}{r_m^2 t \beta_\theta} \right) C_\theta^*$$

$$\sigma_{x 3} = \left[\frac{N_x}{M_\theta / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_\theta}{r_m^2 t \beta_\theta} \right) C_\theta^*$$

ここで、

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_\theta = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2} \dots \dots \dots (21)$$

β は次式による。

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ 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

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \beta_2}$$

半径方向荷重 P により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 4} = \left[\frac{N_\phi}{P / r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m t} \right)$$

$$\sigma_{x 4} = \left[\frac{N_x}{P / r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m t} \right)$$

反力 R によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{\theta 1} = \frac{R}{4 C_2 t}$$

(4) 水平方向地震力による胴の曲げ応力

$$\sigma_{x5} = \frac{m_0 g C_H (\ell_g - \ell) (D_i + 2t)}{2 I}$$

(5) 水平方向地震力（Z方向）による胴の脚つけ根部の応力

2.1項の固有周期計算において単位荷重 F_0 を $m_0 g C_H$ に置き換えて得られる数値を使用して、胴の脚つけ根部の応力を次のように求める。

a. 一次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 61} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_1 / r_m} \right] * \left(\frac{P_1}{r_m t} \right)$$

$$\sigma_{x61} = \left[\frac{N_x}{P_1 / r_m} \right] * \left(\frac{P_1}{r_m t} \right)$$

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、次による。

$$\sigma_{\phi 71} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_1 / (r_m^2 \beta)} \right] * \left(\frac{M_1}{r_m^2 t \beta_{\ell}} \right) C_{\ell}^*$$

$$\sigma_{x71} = \left[\frac{N_x}{M_1 / (r_m^2 \beta)} \right] * \left(\frac{M_1}{r_m^2 t \beta_{\ell}} \right) C_{\ell}^*$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 81} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right] * \left(\frac{M_c}{r_m^2 t \beta_c} \right) C_c^*$$

$$\sigma_{x81} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right] * \left(\frac{M_c}{r_m^2 t \beta_c} \right) C_c^*$$

ここで、 β_c は次式による。

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2} \dots\dots\dots (22)$$

周方向せん断力Qによるせん断応力は、次による。

$$\tau_{c1} = \frac{Q}{4C_1t}$$

鉛直方向せん断力R₁によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{c2} = \frac{R_1}{4C_2t}$$

ねじりモーメントM₃により生じる胴の局部せん断応力は、次による。

$$\tau_3 = \frac{M_3}{2\pi C_1^2t}$$

ここで、C₁>C₂のときはC₁をC₂に置き換える。

b. 二次応力

半径方向荷重P₁により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 62} = \left[\frac{M_\phi}{P_1} \right] * \left(\frac{6P_1}{t^2} \right)$$

$$\sigma_{x 62} = \left[\frac{M_x}{P_1} \right] * \left(\frac{6P_1}{t^2} \right)$$

鉛直方向曲げモーメントM₁により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。ただし、β_φは式(21)により求められたアタッチメントパラメータβ_φに更にk_φを乗じた値とする。

$$\sigma_{\phi 72} = \left[\frac{M_\phi}{M_1 / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_1}{r_m t^2 \beta_\phi} \right)$$

$$\sigma_{x 72} = \left[\frac{M_x}{M_1 / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_1}{r_m t^2 \beta_\phi} \right)$$

周方向曲げモーメントM_cにより生じる胴の局部曲げ応力は、次による。ただし、β_cは式(22)により求められたアタッチメントパラメータβ_cに更にk_cを乗じた値とする。

$$\sigma_{\phi 82} = \left[\frac{M_\phi}{M_c / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_c}{r_m t^2 \beta_c} \right)$$

$$\sigma_{x 82} = \left[\frac{M_x}{M_c / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_c}{r_m t^2 \beta_c} \right)$$

(6) 水平方向地震力（X方向）による胴の脚つけ根部の応力

a. 一次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 91} = \sigma_{\phi 61} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 91} = \sigma_{x 61} / \sqrt{2}$$

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、次による。

$$\sigma_{\phi 101} = \sigma_{\phi 71} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 101} = \sigma_{x 71} / \sqrt{2}$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 111} = \sigma_{\phi 81} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 111} = \sigma_{x 81} / \sqrt{2}$$

周方向せん断力 Q によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{c4} = \tau_{c1} / \sqrt{2}$$

鉛直方向せん断力 R_1 によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{\ell 5} = \tau_{\ell 2} / \sqrt{2}$$

ねじりモーメント M_3 により生じる胴の局部せん断応力は、次による。

$$\tau_6 = \tau_3 / \sqrt{2}$$

b. 二次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 92} = \sigma_{\phi 62} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 92} = \sigma_{x 62} / \sqrt{2}$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 102} = \sigma_{\phi 72} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 102} = \sigma_{x 72} / \sqrt{2}$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 112} = \sigma_{\phi 82} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 112} = \sigma_{x 82} / \sqrt{2}$$

(7) 鉛直方向地震力による胴の脚つけ根部の応力

脚下端を固定する場合の軸力 R_2 、胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント $M_{\theta 2}$ 及び半径方向荷重 P_2 は、次による。

$$R_2 = \frac{m_0 g C_V}{4}$$

$$M_{\theta 2} = \frac{\left(\frac{\ell^3}{12 E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{R_2 u \ell}{E_s I_{st}}}{\left(\frac{\ell^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left(\frac{\ell}{E_s I_{st}} + \frac{K_\ell}{r_m^3 \beta \ell^2 E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2 E_s I_{st}} \right)^2}$$

$$P_2 = \frac{\frac{(R_2 u - M_{\theta 2}) \ell^2}{2 E_s I_{st}}}{\frac{\ell^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}}$$

脚下端を単純支持とする場合の軸力 R_2 、胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント $M_{\theta 2}$ 及び半径方向荷重 P_2 は、次による。

$$R_2 = \frac{m_0 g C_V}{4}$$

$$M_{\theta 2} = R_2 u - P_2 \ell$$

$$P_2 = \frac{u R_2 \ell}{\ell^2 + \frac{r_m^3 \beta \ell^2 E}{K_\ell} \left(\frac{\ell^3}{3 E_s I_{st}} + \frac{\ell}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right)}$$

a. 一次応力

鉛直方向曲げモーメント $M_{\theta 2}$ により生じる胴の局部応力は次による。

$$\sigma_{\phi 8} = \left[\frac{N_\phi}{M_{\theta 2} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_{\theta 2}}{r_m^2 t \beta \ell} \right) C_\ell^*$$

$$\sigma_{x 8} = \left[\frac{N_x}{M_{\theta 2} / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_{\theta 2}}{r_m^2 t \beta \ell} \right) C_\ell^*$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の局部応力は次による。

$$\sigma_{\phi 9} = \left[\frac{N_\phi}{P_2 / r_m} \right]^* \left(\frac{P_2}{r_m t} \right)$$

$$\sigma_{x 9} = \left[\frac{N_x}{P_2 / r_m} \right]^* \left(\frac{P_2}{r_m t} \right)$$

b. 二次応力

鉛直方向曲げモーメント $M_{\theta 2}$ により生じる胴の局部応力は次による。ただし、 β_{θ} は式(21)により求められたアタッチメントパラメータ β_{θ} に更に k_{θ} を乗じた値とする。

$$\sigma_{\phi 10} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{\theta 2} / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_{\theta 2}}{r_m t^2 \beta_{\theta}} \right)$$

$$\sigma_{x 10} = \left[\frac{M_x}{M_{\theta 2} / (r_m \beta)} \right] * \left(\frac{6M_{\theta 2}}{r_m t^2 \beta_{\theta}} \right)$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の局部応力は次による。

$$\sigma_{\phi 11} = \left[\frac{M_{\phi}}{P_2} \right] * \left(\frac{6P_2}{t^2} \right)$$

$$\sigma_{x 11} = \left[\frac{M_x}{P_2} \right] * \left(\frac{6P_2}{t^2} \right)$$

せん断応力は次による。

$$\tau_{\theta 3} = \frac{R_2}{4C_2 t}$$

(8) 組合せ応力

(1)から(7)項によって算出される脚のつけ根部に生じる胴の応力は、次により組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

【絶対値和】

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7}$$

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

【SRSS 法】

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 5}^2 + \sigma_{x 7}^2}$$

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

b. 一次応力（膜+曲げ）

【絶対値和】

(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

(i) 第1脚つけ根部

第1評価点

$$\sigma_{\phi z1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 71}$$

$$\sigma_{x z1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 61} + \sigma_{x 71}$$

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z1} + \sigma_{x z1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z1} - \sigma_{x z1})^2} \right\}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi z2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 61}$$

$$\sigma_{x z2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 61}$$

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z2} + \sigma_{x z2}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z2} - \sigma_{x z2})^2 + 4(\tau_{\theta 1} + \tau_{\theta 2} + \tau_{\theta 3})^2} \right\}$$

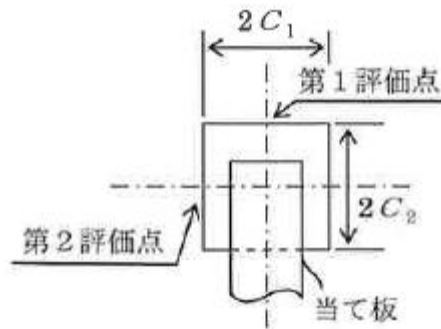


図-3-3-2-1.8 胴の評価点

(ii) 第2脚つけ根部

第1評価点

$$\sigma_{\phi z3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9}$$

$$\sigma_{x z3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9}$$

$$\sigma_{13} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z3} + \sigma_{x z3}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z3} - \sigma_{x z3})^2 + 4(\tau_{c1} + \tau_3)^2} \right\}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi z4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 81}$$

$$\sigma_{x z4} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 81}$$

$$\sigma_{14} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z4} + \sigma_{x z4}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z4} - \sigma_{x z4})^2 + 4(\tau_{\theta 1} + \tau_3 + \tau_{\theta 3})^2} \right\}$$

(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

第1評価点

$$\sigma_{\phi x1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 101}$$

$$\sigma_{x x1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 91} + \sigma_{x 101}$$

$$\sigma_{15} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi x1} + \sigma_{x x1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi x1} - \sigma_{x x1})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2} \right\}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi x2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 111}$$

$$\sigma_{x x2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 91} + \sigma_{x 111}$$

$$\sigma_{16} =$$

$$\frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi x2} + \sigma_{x x2}) + \sqrt{(\sigma_{\phi x2} - \sigma_{x x2})^2 + 4(\tau_{\theta 1} + \tau_{\theta 5} + \tau_6 + \tau_{\theta 3})^2} \right\}$$

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}]$$

【SRSS 法】

(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

(i) 第1脚つけ根部

第1評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z1} &= \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9})^2 + (\sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 71})^2} \\ \sigma_{xz1} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \\ &\quad + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x61} + \sigma_{x71})^2} \\ \sigma_{11} &= \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z1} + \sigma_{xz1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z1} - \sigma_{xz1})^2} \right\}\end{aligned}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z2} &= \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9})^2 + \sigma_{\phi 61}^2} \\ \sigma_{xz2} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x61})^2} \\ \sigma_{12} &= \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z2} + \sigma_{xz2}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z2} - \sigma_{xz2})^2 + 4(\tau_{\phi 1} + \sqrt{\tau_{\phi 2}^2 + \tau_{\phi 3}^2})^2} \right\}\end{aligned}$$

(ii) 第2脚つけ根部

第1評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z3} &= \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9})^2} \\ \sigma_{xz3} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9})^2} \\ \sigma_{13} &= \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z3} + \sigma_{xz3}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z3} - \sigma_{xz3})^2 + 4(\tau_{c1} + \tau_3)^2} \right\}\end{aligned}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z4} &= \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9})^2 + \sigma_{\phi 81}^2} \\ \sigma_{xz4} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9})^2 + \sigma_{x81}^2} \\ \sigma_{14} &= \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi z4} + \sigma_{xz4}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z4} - \sigma_{xz4})^2 + 4(\tau_{\phi 1} + \sqrt{\tau_3^2 + \tau_{\phi 3}^2})^2} \right\}\end{aligned}$$

(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

第1評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi x1} &= \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi3} + \sigma_{\phi4} + \sqrt{(\sigma_{\phi7} + \sigma_{\phi8} + \sigma_{\phi9})^2 + (\sigma_{\phi91} + \sigma_{\phi101})^2} \\ \sigma_{xx1} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \\ &\quad + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x101})^2} \\ \sigma_{15} &= \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{\phi x1} + \sigma_{xx1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi x1} - \sigma_{xx1})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2} \right\}\end{aligned}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi x2} &= \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi4} + \sqrt{(\sigma_{\phi7} + \sigma_{\phi9})^2 + (\sigma_{\phi91} + \sigma_{\phi111})^2} \\ \sigma_{xx2} &= \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x111})^2} \\ \sigma_1 &= \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}]\end{aligned}$$

c. 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

【絶対値和】

(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

(i) 第1脚つけ根部

第1評価点

$$\sigma_{\phi z5} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 62} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72}$$

$$\sigma_{xz5} = \sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x61} + \sigma_{x62} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72}$$

$$\sigma_{21} = \sigma_{\phi z5} + \sigma_{xz5} + \sqrt{(\sigma_{\phi z5} - \sigma_{xz5})^2}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi z6} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 62}$$

$$\sigma_{xz6} = \sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x61} + \sigma_{x62}$$

$$\sigma_{22} = \sigma_{\phi z6} + \sigma_{xz6} + \sqrt{(\sigma_{\phi z6} - \sigma_{xz6})^2 + 4(\tau_{\theta 2} + \tau_{\theta 3})^2}$$

(ii) 第2脚つけ根部

第1評価点

$$\sigma_{\phi z7} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11}$$

$$\sigma_{xz7} = \sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11}$$

$$\sigma_{23} = \sigma_{\phi z7} + \sigma_{xz7} + \sqrt{(\sigma_{\phi z7} - \sigma_{xz7})^2 + 4(\tau_{c1} + \tau_{c3})^2}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi z8} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 81} + \sigma_{\phi 82}$$

$$\sigma_{xz8} = \sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11} + \sigma_{x81} + \sigma_{x82}$$

$$\sigma_{24} = \sigma_{\phi z8} + \sigma_{xz8} + \sqrt{(\sigma_{\phi z8} - \sigma_{xz8})^2 + 4(\tau_{c3} + \tau_{\theta 3})^2}$$

(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

第1評価点

$$\sigma_{\phi x3} = \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 101} + \sigma_{\phi 92} + \sigma_{\phi 102}$$

$$\sigma_{xx3} = \sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x101} + \sigma_{x92} + \sigma_{x102}$$

$$\sigma_{25} = \sigma_{\phi x3} + \sigma_{xx3} + \sqrt{(\sigma_{\phi x3} - \sigma_{xx3})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_{\theta 6})^2}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi x4} &= \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 92} + \sigma_{\phi 111} + \sigma_{\phi 112} \\ \sigma_{x x4} &= \sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x92} + \sigma_{x111} + \sigma_{x112} \\ \sigma_{26} &= \sigma_{\phi x4} + \sigma_{x x4} + \sqrt{(\sigma_{\phi x4} - \sigma_{x x4})^2 + 4(\tau_{\phi 5} + \tau_6 + \tau_{\phi 3})^2} \\ \sigma_2 &= \max[\sigma_{21}, \sigma_{22}, \sigma_{23}, \sigma_{24}, \sigma_{25}, \sigma_{26}]\end{aligned}$$

【SRSS法】

(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

(i) 第1脚つけ根部

第1評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z5} &= \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11})^2 + (\sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 62} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 72})^2} \\ \sigma_{x z5} &= \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x61} + \sigma_{x62} + \sigma_{x71} + \sigma_{x72})^2} \\ \sigma_{21} &= \sigma_{\phi z5} + \sigma_{x z5} + \sqrt{(\sigma_{\phi z5} - \sigma_{x z5})^2}\end{aligned}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z6} &= \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11})^2 + (\sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 62})^2} \\ \sigma_{x z6} &= \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x61} + \sigma_{x62})^2} \\ \sigma_{22} &= \sigma_{\phi z6} + \sigma_{x z6} + \sqrt{(\sigma_{\phi z6} - \sigma_{x z6})^2 + 4(\tau_{\phi 2}^2 + \tau_{\phi 3}^2)}\end{aligned}$$

(ii) 第2脚つけ根部

第1評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z7} &= \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11})^2} \\ \sigma_{x z7} &= \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11})^2} \\ \sigma_{23} &= \sigma_{\phi z7} + \sigma_{x z7} + \sqrt{(\sigma_{\phi z7} - \sigma_{x z7})^2 + 4(\tau_{\phi 1} + \tau_3)^2}\end{aligned}$$

第2評価点

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi z8} &= \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11})^2 + (\sigma_{\phi 81} + \sigma_{\phi 82})^2} \\ \sigma_{x z8} &= \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11})^2 + (\sigma_{x81} + \sigma_{x82})^2} \\ \sigma_{24} &= \sigma_{\phi z8} + \sigma_{x z8} + \sqrt{(\sigma_{\phi z8} - \sigma_{x z8})^2 + 4(\tau_3^2 + \tau_{\phi 3}^2)}\end{aligned}$$

(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

第1評価点

$$\sigma_{\phi x3} = \sqrt{(\sigma_{\phi7} + \sigma_{\phi8} + \sigma_{\phi9} + \sigma_{\phi10} + \sigma_{\phi11})^2 + (\sigma_{\phi91} + \sigma_{\phi101} + \sigma_{\phi92} + \sigma_{\phi102})^2}$$

$$\sigma_{xx3} = \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x101} + \sigma_{x92} + \sigma_{x102})^2}$$

$$\sigma_{25} = \sigma_{\phi x3} + \sigma_{xx3} + \sqrt{(\sigma_{\phi x3} - \sigma_{xx3})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2}$$

第2評価点

$$\sigma_{\phi x4} = \sqrt{(\sigma_{\phi9} + \sigma_{\phi11})^2 + (\sigma_{\phi91} + \sigma_{\phi92} + \sigma_{\phi111} + \sigma_{\phi112})^2}$$

$$\sigma_{xx4} = \sqrt{(\sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11})^2 + (\sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x92} + \sigma_{x111} + \sigma_{x112})^2}$$

$$\sigma_{26} = \sigma_{\phi x4} + \sigma_{xx4} + \sqrt{(\sigma_{\phi x4} - \sigma_{xx4})^2 + 4\{(\tau_{\ell5} + \tau_6)^2 + \tau_{\ell3}^2\}}$$

$$\sigma_2 = \max[\sigma_{21}, \sigma_{22}, \sigma_{23}, \sigma_{24}, \sigma_{25}, \sigma_{26}]$$

2.3.2. 脚の応力（上端と下端にかかる荷重の大きい方）

(1) 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R}{A_s}$$
$$\sigma_{s2} = \frac{\max\left[\left| R u - M_\ell - P \ell \right|, \left| R u - M_\ell \right| \right]}{Z_{st}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は次による。

$$\sigma_{s2} = \frac{P \ell}{Z_{st}}$$
$$\tau_{s1} = \frac{P}{A_{s1}}$$

(2) 鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s3} = \frac{R_2}{A_s}$$
$$\sigma_{s4} = \frac{\max\left[\left| R_2 u - M_{\ell 2} - P_2 \ell \right|, \left| R_2 u - M_{\ell 2} \right| \right]}{Z_{st}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は次による。

$$\sigma_{s4} = \frac{P_2 \ell}{Z_{st}}$$
$$\tau_{s2} = \frac{P_2}{A_{s1}}$$

(3) 水平方向地震力（Z方向）による応力

(a) 第1脚

$$\sigma_{s5} = \frac{R_1}{A_s}$$
$$\sigma_{s6} = \frac{\max\left[|R_1 u - M_1 - P_1 \ell|, |R_1 u - M_1|\right]}{Z_{st}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は次による。

$$\sigma_{s6} = \frac{P_1 \ell}{Z_{st}}$$
$$\tau_{s3} = \frac{P_1}{A_{s1}}$$

(b) 第2脚

$$\sigma_{s7} = \frac{\max\left[|Q \ell - M_3|, |M_3|\right]}{Z_{sr}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は次による。

$$\sigma_{s7} = \frac{Q \ell}{Z_{sr}}$$
$$\tau_{s4} = \frac{Q}{A_{s2}} + \frac{Q u - M_c}{Z_{sp}}$$

(4) 水平方向地震力（X方向）による応力

$$\sigma_{s8} = \frac{R_1}{\sqrt{2}A_s}$$

$$\sigma_{s9} = \frac{\max\left[|R_1u - M_1 - P_1\ell|, |R_1u - M_1|\right]}{\sqrt{2}Z_{st}}$$

$$\sigma_{s10} = \frac{\max\left[|Q\ell - M_3|, |M_3|\right]}{\sqrt{2}Z_{sr}}$$

ただし、脚下端が単純支持の場合は次による。

$$\sigma_{s9} = \frac{P_1\ell}{\sqrt{2}Z_{st}}$$

$$\sigma_{s10} = \frac{Q\ell}{\sqrt{2}Z_{sr}}$$

$$\tau_{s5} = \frac{P_1}{\sqrt{2}A_{s1}} + \frac{Q}{\sqrt{2}A_{s2}} + \frac{Qu - M_c}{\sqrt{2}Z_{sp}}$$

(5) 組合せ応力

脚の最大応力は、下記式による。

【絶対値和】

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

(a) 第1脚

$$\sigma_{sz1} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s5} + \sigma_{s6})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s3})^2}$$

(b) 第2脚

$$\sigma_{sz2} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s7})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s4})^2}$$

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

$$\sigma_{sx} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s8} + \sigma_{s9} + \sigma_{s10})^2 + 3(\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s5})^2}$$

$$\sigma_s = \max[\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}, \sigma_{sx}]$$

【SRSS 法】

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

(a) 第1脚

$$\sigma_{sx1} = \sqrt{\left\{ \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sqrt{(\sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + (\sigma_{s5} + \sigma_{s6})^2} \right\}^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s3}^2})^2}$$

(b) 第2脚

$$\sigma_{sz2} = \sqrt{\left\{ \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sqrt{(\sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + \sigma_{s7}^2} \right\}^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s4}^2})^2}$$

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

$$\sigma_{sx} = \sqrt{\left\{ \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sqrt{(\sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + (\sigma_{s8} + \sigma_{s9} + \sigma_{s10})^2} \right\}^2 + 3(\tau_{s1} + \sqrt{\tau_{s2}^2 + \tau_{s5}^2})^2}$$

$$\sigma_s = \max[\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}, \sigma_{sx}]$$

2.3.3. 基礎ボルトの応力

基礎ボルトには鉛直荷重、水平方向のせん断力、鉛直軸まわりのねじりモーメント及び転倒モーメントを考慮する。

(1) 水平方向地震力（Z方向）が作用した場合

a. 引張応力

【絶対値和】

(a) 第1脚

(i) 脚下端が固定の場合、脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は次による。

$$M_{z1} = \left| P_1 \ell + M_1 - R_1 u - \{ (P - P_2) \ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2) u \} \right|$$

$$R_{z1} = R - R_2 - R_1$$

モーメントと圧縮荷重の比を

$$e = M_{z1} / R_{z1} \dots \dots \dots (23)$$

とすると、 R_{z1} が負のとき、又は、

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3} \dots \dots \dots (24)$$

のとき、基礎ボルトに生じる引張力は次により求める。

中立軸の位置 X_n を次式により求め、

$$X_n^3 + 3 \left(e - \frac{a}{2} \right) X_n^2 - \frac{6sA_b n_1}{b} \left(e + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_n) = 0 \dots \dots \dots (25)$$

基礎ボルトに生じる引張力

$$F_b = \frac{R_{z1} \left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}} \dots \dots \dots (26)$$

から、基礎ボルトに生じる引張応力を次式により求める。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b} \dots \dots \dots (27)$$

(ii) 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 R_{z1} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{z1}$$

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{nA_b}$$

(b) 第3脚

(i) 脚下端が固定の場合、脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は次による。

$$M_{z3} = \left| P_1 \ell + M_1 - R_1 u + \{ (P - P_2) \ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2) u \} \right|$$

$$R_{z3} = R - R_2 + R_1$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルト応力を σ_{b3} とする。

(ii) 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 R_{z3} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{z3}$$

$$\sigma_{b3} = \frac{F_b}{nA_b}$$

(c) 第2脚の基礎ボルト

(i) 脚下端が固定の場合は、

$$M_{z2} = \sqrt{(Q\ell - M_3)^2 + \{(P - P_2)\ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2)u\}^2}$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルト応力を σ_{b2} とする。

ただし、 a を b 、 b を 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応力が σ_{b2} より大きいときは、その値を σ_{b2} とする。

(ii) 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、

$$M_{z2} = \left| (P - P_2)\ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2)u \right|$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。

(iii) 脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$$M_{z2} = \left| Q\ell - M_3 \right|$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。ただし、 a を b 、 b を a 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換えるものとする。

(iv) 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の引張応力は評価しない。

【SRSS 法】

(a) 第 1 脚及び第 3 脚

(i) 脚下端が固定の場合、脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は次による。

$$M_{z1} = \sqrt{(P_1 \ell + M_1 - R_1 u)^2 + (P_2 \ell + M_{\ell 2} - R_2 u)^2} + |P \ell + M_\ell - R u|$$

$$R_{z1} = R - \sqrt{R_2^2 + R_1^2}$$

モーメントと圧縮荷重の比を

$$e = M_{z1} / R_{z1} \dots \dots \dots (28)$$

とすると、 R_{z1} が負のとき、又は、

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3} \dots \dots \dots (29)$$

のとき、基礎ボルトに生じる引張力は次により求める。

中立軸の位置 X_n を次式により求め、

$$X_n^3 + 3 \left(e - \frac{a}{2} \right) X_n^2 - \frac{6sA_b n_1}{b} \left(e + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_n) = 0$$

\dots \dots \dots (30)

基礎ボルトに生じる引張力

$$F_b = \frac{R_{z1} \left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}} \dots \dots \dots (31)$$

から、基礎ボルトに生じる引張応力を次式により求める。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b} \dots \dots \dots (32)$$

(ii) 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 R_{z1} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{z1}$$

$$\sigma_{bl} = \frac{F_b}{nA_b}$$

(b) 第2脚の基礎ボルト

(i) 脚下端が固定の場合は、

$$M_{z2} = \sqrt{(Q\ell - M_3)^2 + \{(P - P_2)\ell + (M_\ell - M_{\ell 2}) - (R - R_2)u\}^2}$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルト応力を σ_{b2} とする。

ただし、 a を b 、 b を 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応力が σ_{b2} より大きいときは、その値を σ_{b2} とする。

(ii) 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、

$$M_{z2} = \left| (P - P_2)\ell + (M_\ell - M_{\ell 2}) - (R - R_2)u \right|$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。

(iii) 脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$$M_{z2} = \left| Q\ell - M_3 \right|$$

$$R_{z2} = R - R_2$$

を M_{z1} 、 R_{z1} と置き換え、式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。ただし、 a を b 、 b を a 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換えるものとする。

(iv) 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の引張応力は評価しない。

b. せん断応力

【絶対値和】

(a) 第1脚の基礎ボルト

$$\tau_{b1} = \frac{P_1 - P + P_2}{nA_b}$$

(b) 第2脚及び第4脚の基礎ボルト

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{nA_b} + \frac{Q u - M_c}{nA_b \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_2}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ で、ボルトが半径方向に直角に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2A_b} + \frac{Q u - M_c}{A_b (b - 2d_2)}$$

ボルトが半径方向に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2A_b} + \frac{Q u - M_c}{A_b (a - 2d_1)}$$

また、 $n=1$ のときは次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{A_b} + \frac{16(Q u - M_c)}{\pi d_b^3}$$

(c) 第3脚の基礎ボルト

$$\tau_{b3} = \frac{P_1 + P + P_2}{nA_b}$$

【SRSS 法】

(a) 第 1 脚及び第 3 脚の基礎ボルト

$$\tau_{b1} = \frac{\sqrt{P_1^2 + P_2^2} + P}{n A_b}$$

(b) 第 2 脚及び第 4 脚の基礎ボルト

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{n A_b} + \frac{Q u - M_c}{n A_b \sqrt{\left(\frac{a - 2 d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2 d_2}{2}\right)^2}}$$

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は次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2 A_b} + \frac{Q u - M_c}{A_b (b - 2 d_2)}$$

ボルトが半径方向に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2 A_b} + \frac{Q u - M_c}{A_b (a - 2 d_1)}$$

また、 $n=1$ のときは次による。

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{A_b} + \frac{16 (Q u - M_c)}{\pi d_b^3}$$

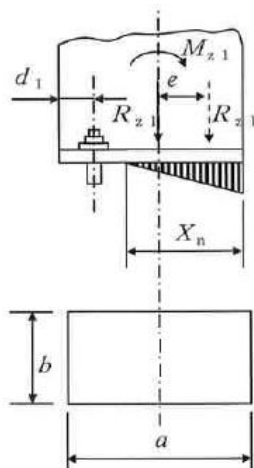


図-3-3-2-1.9 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

(2) 水平方向地震力（X方向）が作用した場合

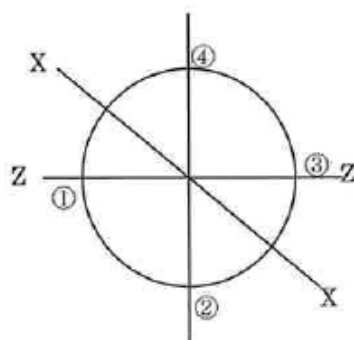


図-3-3-2-1.10 地震力の作用する方向

a. 引張応力

【絶対値和】

(a) 第1脚及び第4脚について

(i) 脚下端が固定の場合、脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は、次のようにして求める。

$$M_{x1} = \left[\left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (P_1 \ell + M_1 - R_1 u) - \left((P - P_2) \ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2) u \right) \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (Q \ell - M_3) \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{x1} = R - R_2 - \frac{R_1}{\sqrt{2}} \dots \dots \dots (33)$$

(1)と同様に式(23)から式(27)を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。ただし、aをb、bを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応力が σ_{b4} より大きいときはその値を σ_{b4} とする。

(ii) 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、

$$M_{x1} = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} (P_1 \ell + M_1 - R_1 u) - \left\{ (P - P_2) \ell + (M_0 - M_{02}) - (R - R_2) u \right\} \right|$$

R_{x1} は式(33)で表わされる。(1)と同様に式(23)から式(27)を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。

(iii) 脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$$M_{x1} = \frac{1}{\sqrt{2}} |Q\ell - M_3|$$

R_{x1} は式(33) で表わされる。(1)と同様に式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。ただし、 a を b 、 b を a 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換える。

(iv) 脚下端が半径方向及びその直角の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 R_{x1} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{x1}$$

$$\sigma_{b4} = \frac{F_b}{n A_b}$$

(b) 第2脚及び第3脚の基礎ボルトについて

(i) 脚下端が固定の場合

$$M_{x2} = \left[\left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (P_1\ell + M_1 - R_1 u) + \left((P - P_2)\ell + (M_\theta - M_{\theta 2}) - (R - R_2) u \right) \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (Q\ell - M_3) \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{x2} = R - R_2 + \frac{R_1}{\sqrt{2}} \dots \dots \dots (34)$$

(1)と同様に式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b5} とする。ただし、 a を b 、 b を 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応力が σ_{b5} より大きいときはその値を σ_{b5} とする。

(ii) 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、

$$M_{x2} = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} (P_1\ell + M_1 - R_1 u) + \left\{ (P - P_2)\ell + (M_\theta - M_{\theta 2}) - (R - R_2) u \right\} \right|$$

R_{x2} は式(34) で表わされる。(1)と同様に式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b5} とする。

(iii) 脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$$M_{x2} = \frac{1}{\sqrt{2}} |Q\ell - M_3|$$

R_{x2} は式(34) で表わされる。(1)と同様に式(23) から式(27) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b5} とする。ただし、 a を b 、 b を a 、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換える。

(iv) 脚下端が半径方向及びその直角の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 R_{x2} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{x2}$$

$$\sigma_{b5} = \frac{F_b}{n A_b}$$

【SRSS 法】

(i) 脚下端が固定の場合、第1脚から第4脚の脚底部に働くモーメント及び鉛直荷重は、次による。

$$M_{x1} = \left[\left\{ \sqrt{\frac{1}{2} (P_1 \ell + M_1 - R_1 u)^2 + (P_2 \ell + M_{\ell 2} - R_2 u)^2} + |P \ell + M_\ell - R \cdot u| \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (Q \ell - M_3) \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{x1} = R - \sqrt{\frac{R_1^2}{2} + R_2^2} \dots \dots \dots (35)$$

(1)と同様に式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。ただし、a を b、b を 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応力が σ_{b4} より大きいときはその値を σ_{b4} とする。

(ii) 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、

$$M_{x1} = \sqrt{\frac{1}{2} (P_1 \ell + M_1 - R_1 u)^2 + (P_2 \ell + M_{\ell 2} - R_2 u)^2} + |P \ell + M_\ell - R u|$$

R_{x1} は式(35) で表わされる。(1)と同様に式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。

(iii) 脚下端が半径方向について単純支持の場合は、

$$M_{x1} = \frac{1}{\sqrt{2}} |Q \ell - M_3|$$

R_{x1} は式(35) で表わされる。(1)と同様に式(28) から式(32) を使用して得られた基礎ボルトの応力を σ_{b4} とする。ただし、a を b、b を a、 d_1 を d_2 、 n_1 を n_2 に置き換える。

(iv) 脚下端が半径方向及びその直角の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 R_{x1} が負のときの基礎ボルトの引張応力を求める。

$$F_b = -R_{x1}$$

$$\sigma_{b4} = \frac{F_b}{n A_b}$$

b. せん断応力

【絶対値和】

(a) 第1脚及び第4脚の基礎ボルトについて

$$\tau_{b4} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} - P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{nA_b} + \frac{Q_u - M_c}{\sqrt{2} n A_b \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_2}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ で、ボルトが半径方向に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b4} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} - P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2A_b} + \frac{Q_u - M_c}{\sqrt{2} A_b (a - 2d_1)}$$

ボルトが半径方向に直角に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b4} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} - P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2A_b} + \frac{Q_u - M_c}{\sqrt{2} A_b (b - 2d_2)}$$

また、 $n=1$ のときは次による。

$$\tau_{b4} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} - P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{A_b} + \frac{16(Q_u - M_c)}{\sqrt{2} \pi d_b^3}$$

(b) 第2脚及び第3脚の基礎ボルトについて

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} + P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{nA_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} n A_b \sqrt{\left(\frac{a - 2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b - 2d_2}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ で、ボルトが半径方向に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} + P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2A_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} A_b (a - 2d_1)}$$

ボルトが半径方向に直角に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} + P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2A_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} A_b (b - 2d_2)}$$

また、 $n=1$ のときは次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}} + P + P_2\right)^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{A_b} + \frac{16(Q u - M_c)}{\sqrt{2} \pi d_b^3}$$

【SRSS 法】

(a) 第1脚から第4脚の基礎ボルトについて

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + P_2^2} - P \right\}^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{n A_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} n A_b \sqrt{\left(\frac{a-2d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{b-2d_2}{2}\right)^2}}$$

ただし、 $n=2$ で、ボルトが半径方向に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + P_2^2} - P \right\}^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2 A_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} A_b (a - 2 d_1)}$$

ボルトが半径方向に直角に並んでいる場合は次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + P_2^2} - P \right\}^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{2 A_b} + \frac{Q u - M_c}{\sqrt{2} A_b (b - 2 d_2)}$$

また、 $n=1$ のときは次による。

$$\tau_{b5} = \frac{\sqrt{\left\{ \sqrt{\left(\frac{P_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + P_2^2} - P \right\}^2 + \left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)^2}}{A_b} + \frac{16 (Q u - M_c)}{\sqrt{2} \pi d_b^3}$$

2.4. 強度評価

2.4.1. 胴の応力

2.3.1(8)で求めた組合せ応力 $\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2$ が胴の最高使用温度における表-3-3-2-1.1 に示す許容応力 S_a 以下であること。

表-3-3-2-1.1 胴の許容応力

許容 応力 状態	許容応力 S_a		
	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次 応力範囲
IV _A S	0.6S _u	左欄の 1.5 倍	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用とする。
B _A S	min[S _y , 0.6S _u] ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 1.2S とすることができる。	S _y ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 1.2S とすることができる。	-

2.4.2. 脚の応力

(1) 2.3.2(5)で求めた脚の組合せ応力 σ_s が表-3-3-2-1.2 に示す許容応力 f_t 以下であること。

表-3-3-2-1.2 脚の許容応力

許容応力状態	許容引張応力 f_t
IV _A S B _A S	1.5 $\left(\frac{F}{1.5}\right)$

(2) 圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せは下記を満足すること。

$$\frac{\sigma_{sf}}{f_{br}} + \frac{\sigma_{st}}{f_{bt}} + \frac{\sigma_{sc}}{f_c} \leq 1$$

a. f_c は次による。

$\lambda \leq \Lambda$ のとき

$$f_c = 1.5 \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$$

$\lambda > \Lambda$ のとき

$$f_c = 1.5 (0.277F) \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2$$

ここで、

$$\lambda = \ell_k / i$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E_s}{0.6F}}$$

$$v = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

$$i = \sqrt{\frac{\min [I_{st}, I_{sf}]}{A_s}}$$

ℓ_k は、有効座屈長さで脚下端を固定とする場合は 1.2 ℓ 、単純支持とする場合は 2.1 ℓ とする。

b. f_{br} , f_{bt} は次による。

(a) 脚が鋼管の場合

$$f_{br} = f_{bt} = f_t$$

(b) 脚が型鋼の場合で弱軸が半径方向軸の場合

$$f_{br} = f_t$$

f_{bt} は次の 2 つの計算式により計算した値のうちいずれか大きい値又は f_t のいずれか小さい方の値とする。

$$f_{bt} = \left(1 - 0.4 \frac{\ell^2}{C \Lambda^2 i_f^2} \right) f_t$$

$$f_{bt} = \left(\frac{0.433 E_s A_f}{\ell h} \right) 1.5$$

ここで、 i_f は脚の圧縮フランジと梁のせいの 1/6 とからなる T 形断面のウェブ軸まわりの断面 2 次半径で次式による。

$$i_f = \sqrt{\frac{I_{sf}}{A_{sf}}}$$

C は次の計算式により計算した値又は 2.3 のいずれか小さい方。 M_{s2} 及び M_{s1} はそれぞれ脚の両端における強軸まわりの曲げモーメント。ただし、ここでは M_{s2} と M_{s1} の比を 1 とする。

$$C = 1.75 - 1.05 \left(\frac{M_{s2}}{M_{s1}} \right) + 0.3 \left(\frac{M_{s2}}{M_{s1}} \right)^2 \dots\dots\dots (36)$$

(c) 脚が型鋼の場合で強軸が半径方向軸の場合

(b) と同様にして求められた f_{br} を f_{bt} に、 f_{bt} を f_{br} に置き換える。

c. 応力の区分は、次のようにする。

(a) 水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の第1脚

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s5}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} + \sigma_{s6}$$

$$\sigma_{sr} = 0$$

(i) 脚の強軸が半径方向に直角で、脚下端がその軸まわりに固定の場合

式(36)において、 M_{s2} と M_{s1} の比を1と置いたときの計算結果から、Cは1とする。

(ii) 脚の強軸が半径方向に直角で、脚下端がその軸まわりに単純支持の場合

Cは1.75とする。

(b) 水平方向地震力（Z方向）が作用した場合の第2脚

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4}$$

$$\sigma_{sr} = \sigma_{s7}$$

(i) 脚下端の強軸まわりに固定の場合

式(36)において、 M_{s2} と M_{s1} の比を1と置いたときの計算結果から、Cは1とする。

(ii) 脚下端の強軸まわりに単純支持の場合

Cは1.75とする。

(c) 水平方向地震力（X方向）が作用した場合

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s8}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} + \sigma_{s9}$$

$$\sigma_{sr} = \sigma_{s10}$$

(i) 脚下端の強軸まわりに固定の場合

式(36)において、 M_{s2} と M_{s1} の比を1と置いたときの計算結果から、Cは1とする。

(ii) 脚の強軸まわりに単純支持の場合

Cは1.75とする。

2.4.3. 基礎ボルトの応力

2.3.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{t0} は表-3-3-2-1.3による。

$$f_{ts} = \min \left[\left(1.4 f_{t0} - 1.6 \tau_b \right), f_{t0} \right]$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。なお、基礎部に作用する水平力を基礎ボルトの締付力によるコンクリート部との摩擦力で負担する場合には、せん断応力評価は行わない。ただし、 f_{sb} は表-3-3-2-1.3による。

表-3-3-2-1.3 基礎ボルトの許容応力

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
IV _A S B _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

3. 参考文献

- [1] Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings
(WELING RESEARCH COUNCIL BULLETIN No107 AUG. 1967, REV. MAR. 1979)
- [2] Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports
(WELING RESEARCH SUPPLEMENT SEP. 1951)

3-3-2-2. 横置二胴円筒形容器

目次

1. 一般事項	添 3-3-2-2- 1
1.1. 計算条件	添 3-3-2-2- 1
1.2. 記号の説明	添 3-3-2-2- 2
2. 計算方法	添 3-3-2-2- 8
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-3-2-2- 8
2.2. 応力の計算方法	添 3-3-2-2-12
2.2.1. 胴の応力	添 3-3-2-2-12
2.2.2. 脚の応力	添 3-3-2-2-22
2.2.3. 基礎ボルトの応力	添 3-3-2-2-25
3. 評価方法	添 3-3-2-2-27
3.1. 固有周期の評価	添 3-3-2-2-27
3.2. 応力の評価	添 3-3-2-2-27
3.2.1. 胴の応力評価	添 3-3-2-2-27
3.2.2. 脚の応力評価	添 3-3-2-2-27
3.2.3. 基礎ボルトの応力評価	添 3-3-2-2-28
4. 参考文献	添 3-3-2-2-29

1. 一般事項

本書は、横置二胴円筒形容器の耐震強度計算の方針を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 容器及び内容物重量は胴の中心軸に集中荷重として考える。
- (2) 容器は胴を 2 個の脚で支持され、下胴の脚はそれぞれ基礎ボルトで固定されており、上胴の脚はそれぞれ取付ボルトで下胴に固定されるものとする。ただし、下胴・上胴とも 2 個の脚のうち 1 個の脚は胴の長手方向についてスライドできるものとする。
- (3) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (4) 動的地震力 (S_s, S_d) 及び静的地震力に対して、評価を行う。

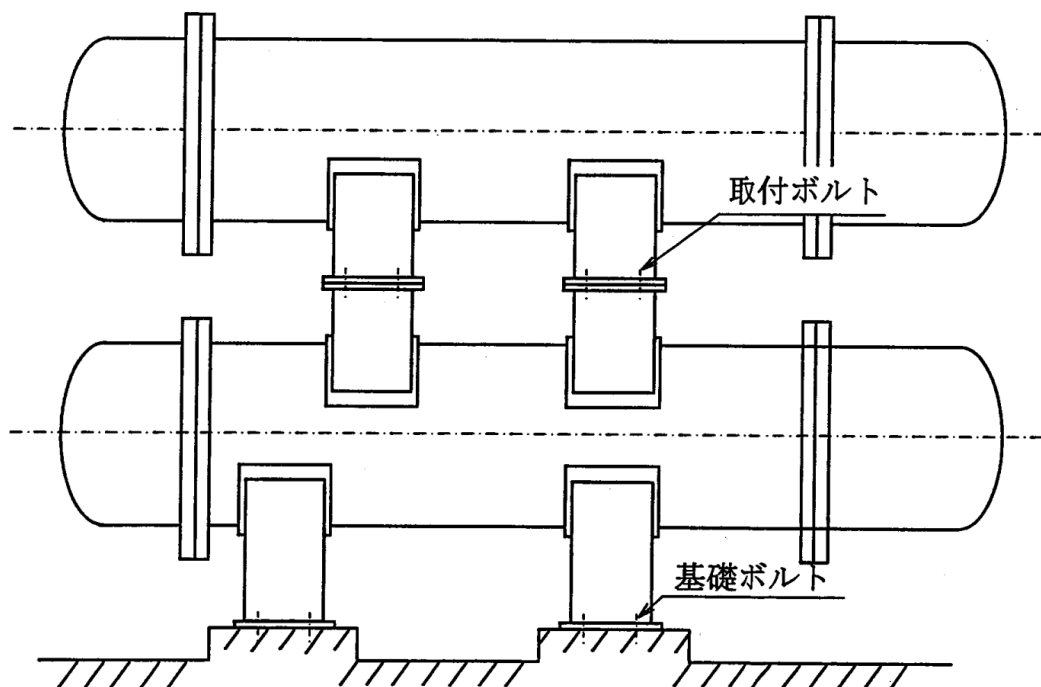


図-3-3-2-2.1 機器概略図

1.2. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _s	脚の断面積	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
A _{s3}	脚の長手方向に対するせん断断面積	mm ²
A _{s4}	脚の横方向に対するせん断断面積	mm ²
A _x	胴の有効せん断断面積	mm ²
a	脚底板の長手方向幅	mm
b	脚底板の横方向幅	mm
C ₁	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
C ₂	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
C _c	参考文献[1]より得られる値	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _ℓ	参考文献[1]より得られる値	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _i	胴の内径	mm
d ₁	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d ₂	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	mm
E	胴の縦弾性係数	N/mm ²
E _s	脚の縦弾性係数	N/mm ²
e	脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に定める値	N/mm ²
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _t	脚の許容引張応力	N/mm ²
f _{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
f _{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
G	胴のせん断弾性係数	N/mm ²
G _s	脚のせん断弾性係数	N/mm ²
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h ₁	基礎から下胴の脚つけ根部までの高さ	mm
h ₂	基礎から下胴の中心までの高さ	mm
h ₃	基礎から上胴の中心までの高さ	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm ⁴

記号	記号の説明	単位
I_{sx}	脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
I_{sy}	脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
J	胴のねじりモーメント係数	mm^4
J_s	脚のねじりモーメント係数	mm^4
j_1	荷重分布で分けられた静荷重の数	—
j_2	第1脚より第2脚と反対の方向に作用する静荷重の数 (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静荷重の数 (第2脚上の荷重は含まない)	—
K_1, K_2	参考文献[1]よりの定数	—
K_c, K_ℓ	参考文献[1]より得られる値	—
ℓ_0	脚中心間距離	mm
ℓ_i	第1脚より各荷重までの距離 (ここで第2脚側の距離は正、その反対側は負とする。)	mm
ℓ_w	当て板における脚の取り付けられない部分の長手方向長さ	mm
M	脚底板に作用するモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_1, M_2	第1、第2脚部における胴の運転時重量によるモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_c	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_{c1}	横方向地震により脚底面に働くモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_ℓ	長手方向地震による下胴の脚つけ根部のモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
$M_{\ell'}$	長手方向地震による上胴の脚つけ根部のモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
$M_{\ell 1}$	長手方向地震により脚底面に働くモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_x	胴に生じる軸方向曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_ϕ	胴に生じる周方向曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚1個あたりの基礎ボルトの本数	—
n_1	鉛直方向地震及び長手方向地震により引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
n_2	鉛直方向地震及び横方向地震により引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
P	胴の脚つけ根部に作用する運転時重量による反力	N
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_ℓ	長手方向地震により下胴の脚つけ根部に働く鉛直方向荷重	N
$P_{\ell'}$	長手方向地震により上胴の脚つけ根部に働く鉛直方向荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
P_s	鉛直方向地震及び長手方向地震により脚底部に働く鉛直方向荷重	N
P_{s1}	鉛直方向地震及び横方向地震により脚底部に働く鉛直方向荷重	N

記号	記号の説明	単位
$R_1、R_2$	下胴第 1、第 2 脚の受ける重量	N
$R_1'、R_2'$	上胴第 1、第 2 脚の受ける重量	N
r_m	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
r_0	脚つけ根部における胴の外半径	mm
S	許容引張応力	N/mm ²
S_a	胴の許容応力	N/mm ²
S_u	設計引張強さ	N/mm ²
S_y	設計降伏点	N/mm ²
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
t	胴の板厚	mm
t_e	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
W_0	容器の有効運転重量	N
$W_{0\ell}$	下胴の有効運転重量(脚は含まず)	N
W_{0u}	上胴の有効運転重量(脚は含まず)	N
$W_i、W_i'$	静荷重	N
$W_{s\ell}$	下胴の脚の重量	N
W_{su}	上胴の脚の重量	N
X_n	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
Z	参考文献[2]による胴の断面係数	mm ³
Z_{sx}	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm ³
Z_{sy}	脚の横方向軸に対する断面係数	mm ³
$\beta、\beta_1、\beta_2$ $\beta_c、\beta_\ell$	参考文献[1]によるアタッチメントパラメータ	—
γ	参考文献[1]によるシェルパラメータ	—
θ	参考文献[2]による胴の有効範囲角の 2 分の 1	rad
θ_0	胴の脚端部より鉛直軸までの角度	rad
θ_w	胴の脚端部より当て板端部までの角度	rad
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	N/mm ²
σ_{0c}	横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一般膜応力	N/mm ²
σ_{0cx}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
$\sigma_{0c\phi}$	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
$\sigma_{0\ell}$	長手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一般膜応力	N/mm ²
$\sigma_{0\ell x}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{0\ell\phi}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
σ_1	胴の一次応力の最大値	N/mm ²
σ_{1c}	横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	N/mm ²
σ_{1cx}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{1c\phi}$	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{1\ell}$	長手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	N/mm ²
$\sigma_{1\ell x}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{1\ell\phi}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	N/mm ²
σ_2	胴の地震動のみによる一次+二次応力の変動値の最大値	N/mm ²
σ_{2c}	水平方向地震力(横方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の組合せ一次+二次応力の変動値	N/mm ²
σ_{2cx}	水平方向地震力(横方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{2c\phi}$	水平方向地震力(横方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の周方向一次+二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{2\ell}$	水平方向地震力(長手方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の組合せ一次+二次応力の変動値	N/mm ²
$\sigma_{2\ell x}$	水平方向地震力(長手方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{2\ell\phi}$	水平方向地震力(長手方向)及び鉛直方向地震力のみによる胴の周方向一次+二次応力の和	N/mm ²
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	N/mm ²
σ_{b1}	長手方向地震及び鉛直方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{b2}	横方向地震及び鉛直方向地震により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	N/mm ²
σ_{sc}	横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	N/mm ²
$\sigma_{s\ell}$	長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	N/mm ²
σ_{s1}	脚の運転時重量による圧縮応力	N/mm ²
σ_{s2}	長手方向地震により脚に生じる圧縮及び曲げ応力の和	N/mm ²
σ_{s3}	横方向地震により脚に生じる曲げ応力	N/mm ²
σ_{s4}	鉛直方向地震により脚に生じる圧縮応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{\phi 1}$	内圧により胴に生じる周方向応力	N/mm ²
σ_{x1}	内圧により胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{x2}	胴の長手方向曲げモーメントにより胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 3}$	運転時重量により胴の脚つけ根部に生じる周方向応力	N/mm ²
σ_{x3}	運転時重量により胴の脚つけ根部に生じる軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 4}$	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向応力の和	N/mm ²
σ_{x4}	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向応力の和	N/mm ²
$\sigma_{\phi 41}$	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応力	N/mm ²
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軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 42}$	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向荷重により生じる周方向応力	N/mm ²
σ_{x42}	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向荷重により生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{x43}	長手方向地震による水平方向荷重により生じる胴の応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 5}$	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応力	N/mm ²
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軸方向応力	N/mm ²
σ_{x6}	鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる軸方向応力	N/mm ²
$\sigma_{\phi 7}$	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	N/mm ²
σ_{x7}	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向一次応力	N/mm ²
$\sigma_{2\phi 4}$	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の和	N/mm ²
σ_{2x4}	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向二次応力の和	N/mm ²
$\sigma_{2\phi 41}$	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	N/mm ²
σ_{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軸方向二次応力	N/mm ²
$\sigma_{2\phi 42}$	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向荷重により生じる周方向二次応力	N/mm ²
σ_{2x42}	長手方向地震による胴の脚つけ根部の鉛直方向荷重により生じる軸方向二次応力	N/mm ²
$\sigma_{2\phi 5}$	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	N/mm ²
σ_{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軸方向二次応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{2\phi 7}$	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	N/mm ²
$\sigma_{2x 7}$	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる軸方向二次応力	N/mm ²
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	N/mm ²
τ_{b1}	長手方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{b2}	横方向地震により基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_c	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_ℓ	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	N/mm ²
τ_{s2}	長手方向地震により脚に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{s3}	横方向地震により脚に生じるせん断応力	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- a. 下胴第2脚の基礎への取付部分及び上胴第2脚の下胴への取付部分は固定とする。
- b. 第1脚は長手方向にスライドできるので、その方向の力はすべて第2脚で受けるものとする。

(2) 計算モデル

本容器の荷重状態及び胴に生じるモーメントを図-3-3-2-2.2～図-3-3-2-2.5に示す。本容器は上記仮定(1)a.、(1)b.項より図-3-3-2-2.6のように下端固定の多質点系振動と考える。

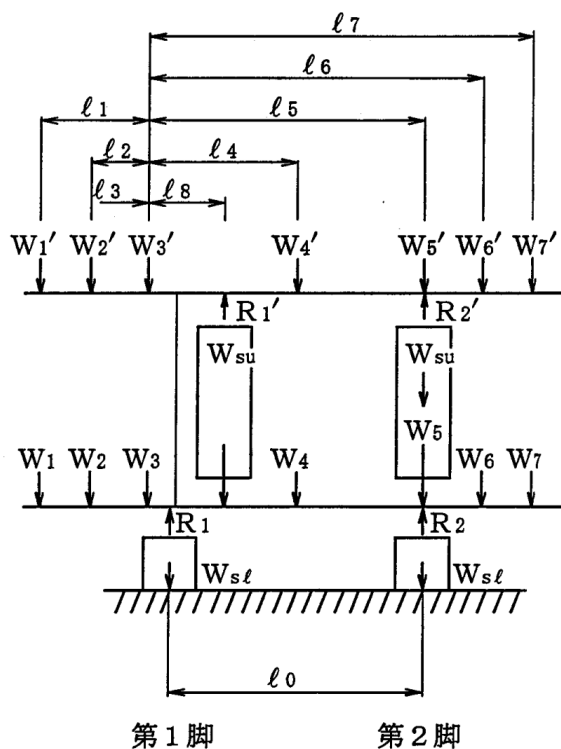


図-3-3-2-2.2 荷重状態

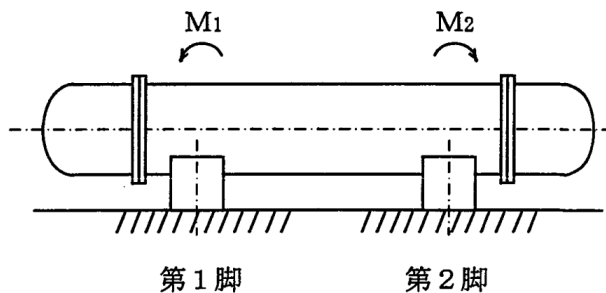


図-3-3-2-2.3 脚の位置での曲げモーメント

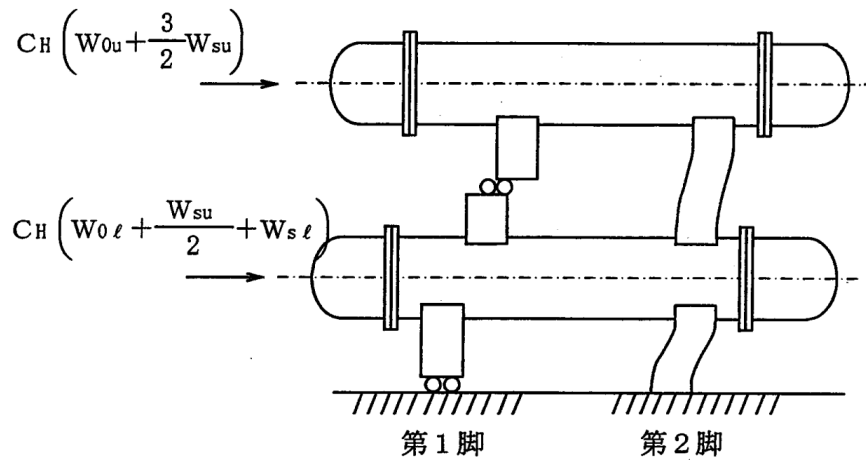


図-3-3-2-2.4 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント

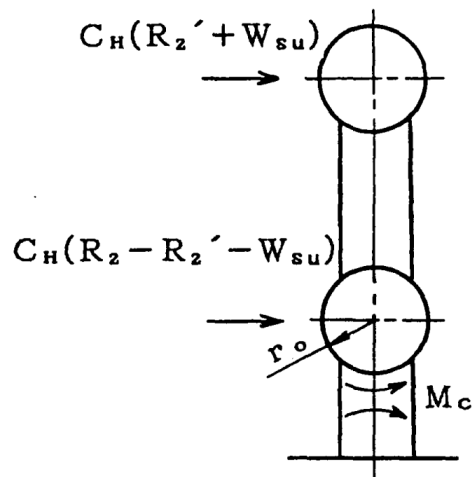


図-3-3-2-2.5 横方向荷重により胴が受ける局部モーメント

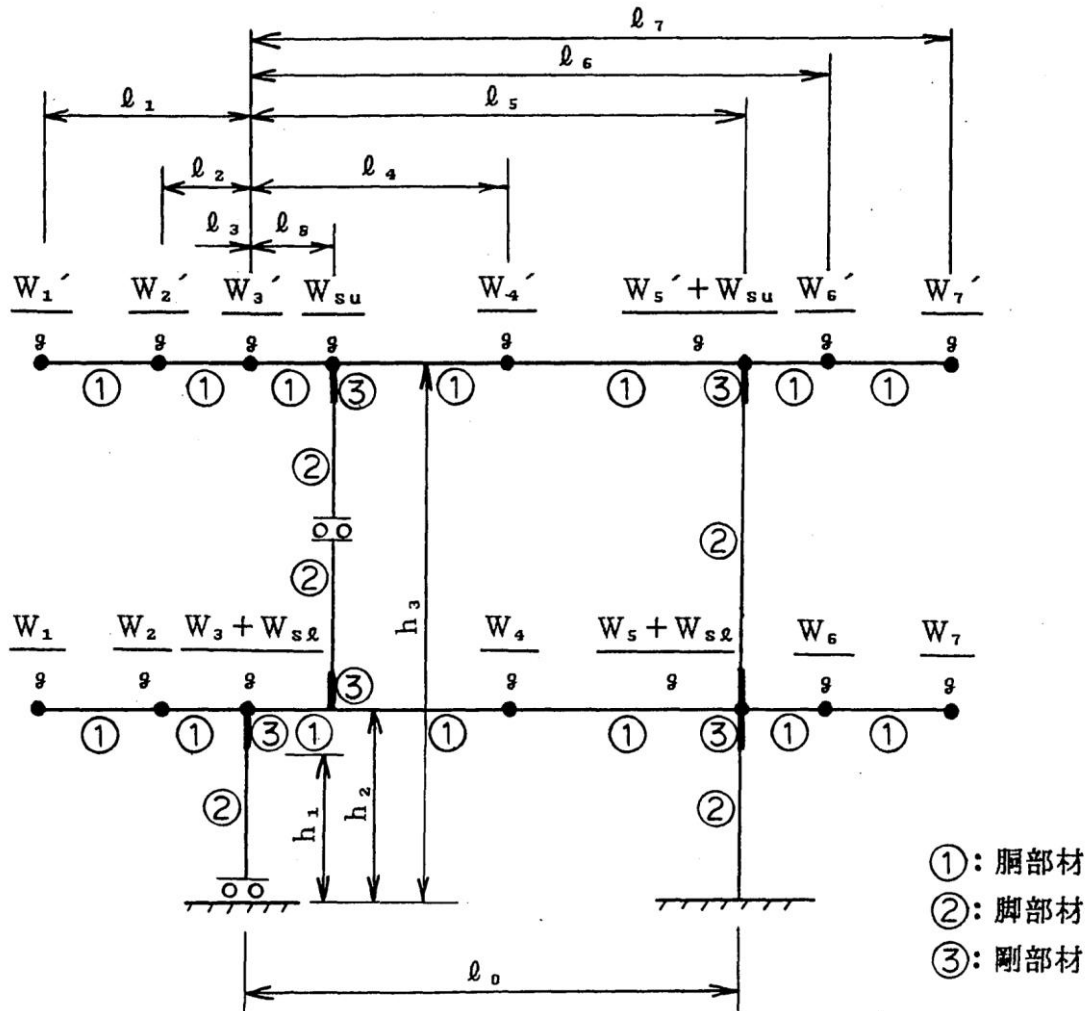


図-3-3-2-2.6 固有周期計算モデル

(3) 固有周期

図-3-3-2-2.6 に示されているように容器全体を各質点に区分し、胴及び脚からなる系全体についての振動解析を有限要素法(計算機コードは「MSC/NASTRAN 2005r2」)を用いて固有周期を求める。

なお、胴部材①及び脚部材②の断面性能としては、断面積・有効せん断断面積・断面二次モーメント及びねじりモーメント係数を考慮するものとする。

胴部材①については、次式で計算した断面性能を用いる。

$$A = \pi(D_i + t)t$$

$$A_x = \frac{1}{2}A$$

$$I = \frac{\pi}{64} \{(D_i + 2t)^4 - D_i^4\}$$

$$J = 2I$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 胴の応力

(1) 脚の受ける重量

脚にかかる荷重はモーメントの釣合より求める。図-3-3-2-2.2において第1脚まわりのモーメントの釣合より次式が与えられる。

$$\sum_{i=1}^{j_1} W_i'(\ell_i - \ell_8) - R_2'(\ell_0 - \ell_8) = 0$$

従って、脚の受ける重量は次式で表す。

$$R_2' = \sum_{i=1}^{j_1} W_i'(\ell_i - \ell_8) / (\ell_0 - \ell_8)$$

$$R_2 = \left\{ \sum_{i=1}^{j_1} W_i \cdot \ell_i + (R_1' + W_{su})\ell_8 \right\} / \ell_0 + R_2' + W_{su}$$

$$R_1' = \sum_{i=1}^{j_1} W_i' - R_2'$$

$$R_1 = \sum_{i=1}^{j_1} (W_i' + W_i) + 2W_{su} - R_2$$

(2) 曲げモーメント

図-3-3-2-2.2に示すように、胴を集中荷重を受けるはりとして考える。

図-3-3-2-2.3において脚つけ根の部分における曲げモーメント M_1, M_2 は次式で表す。

$$M_1 = \sum_{i=1}^{j_2} W_i' |\ell_i - \ell_8|$$

$$M_2 = \sum_{i=j_1-j_3+1}^{j_1} W_i' |\ell_i - \ell_0|$$

(3) 内圧による応力

内圧による応力は次式で求まる。

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{4t}$$

(4) 運転時重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)で求めた長手方向曲げモーメントにより胴のつけ根に生じる応力は次のようにして求める。ここで、曲げモーメントは M_1 と M_2 の大きい方の値を応力計算に用いる。

長手方向曲げモーメントにより、胴の脚つけ根部には局部変形が生じ、胴の長手方向曲げモーメントに対しての有効断面積を減少させる。

参考文献[2]によると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、図-3-3-2-2.7に 2θ で示される円弧殻である。従って、応力は、次式で表す。

$$\sigma_{x2} = \frac{M_1}{Z}$$

また、鉛直方向地震荷重による応力は次式で求まる。

$$\sigma_{x6} = \frac{M_1}{Z} C_V$$

ここで、

$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

$$Z = r_m^2 t_e \left(\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right)$$

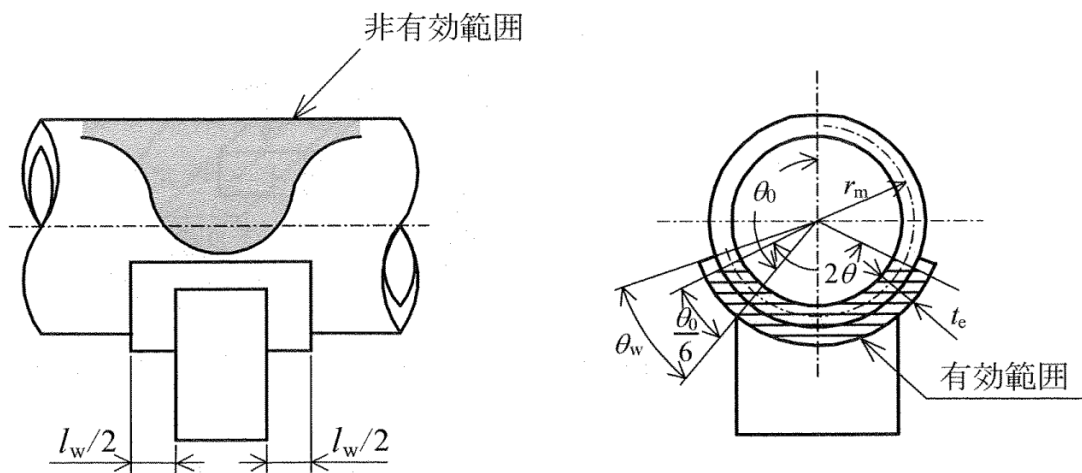


図-3-3-2-2.7 脚つけ根部の有効範囲

胴の脚つけ根部に取り付く当て板の大きさが、

$$\text{円周方向範囲 } \theta_w \geq \frac{\theta_0}{6}$$

$$\text{長手方向範囲 } l_w \geq 1.56 \sqrt{\left(\frac{D_i + t}{2}\right) t}$$

である場合、脚つけ根部における胴の有効板厚 t_e は胴板の厚さと当て板の厚さの合計とする。また、当て板が上記範囲を満たさない場合、 t_e は胴板の厚さとする。

- (5) 運転時重量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部には脚反力による局部応力が生じる。
 胴の第2脚つけ根部に作用する反力を次式で表す。

運転時重量による反力

$$P = R_2$$

鉛直方向地震による反力

$$P_e = R_2 \cdot C_V$$

この反力P、P_eにより生じる胴の局部応力は参考文献[1]によると次のようにして求める。

$$\gamma = r_m/t_e$$

$$\beta_1 = C_1/r_m$$

$$\beta_2 = C_2/r_m$$

$\beta_1/\beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left[1 - \frac{1}{3}(\beta_1/\beta_2 - 1)(1 - K_1^{**}) \right] \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

$\beta_1/\beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left[1 - \frac{4}{3}(1 - \beta_1/\beta_2)(1 - K_2^{**}) \right] \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

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、各容器の耐震強度計算の機器要目の表より値を求めることにより応力を下記式で表す。

反力Pによる応力

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{P/r_m} \right]^{**} \left[\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right]$$

$$\sigma_{x3} = \left[\frac{N_x}{P/r_m} \right]^{**} \left[\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right]$$

反力P_eによる応力

・一次応力

$$\sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_e/r_m} \right]^{**} \left[\frac{P_e}{r_m \cdot t_e} \right]$$

$$\sigma_{x7} = \left[\frac{N_x}{P_e/r_m} \right]^{**} \left[\frac{P_e}{r_m \cdot t_e} \right]$$

・二次応力

$$\sigma_{2\phi 7} = \left[\frac{M_\phi}{P_e} \right]^* \left[\frac{6P_e}{t_e^2} \right]$$

$$\sigma_{2x7} = \left[\frac{M_x}{P_e} \right]^* \left[\frac{6P_e}{t_e^2} \right]$$

※:参考文献[1]より得られる値

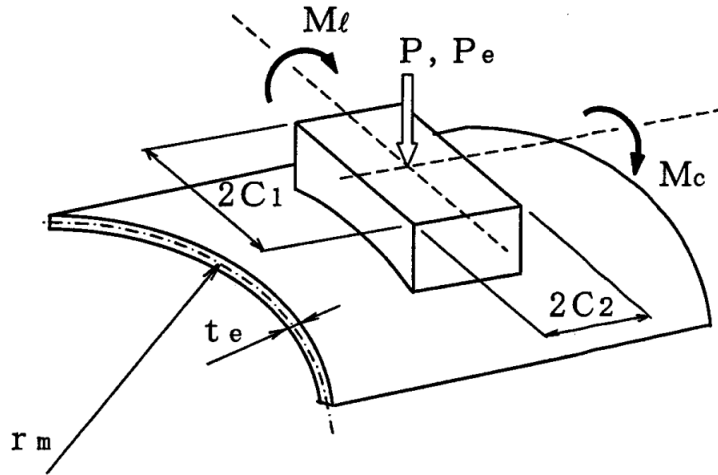


図-3-3-2-2.8 脚が胴に及ぼす力の関係

(6) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

第1脚は長手方向に自由にスライドできるので第2脚は図-3-3-2-2.4のように変形し、脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直方向荷重(偶力)は次式で表される。

ここで、曲げモーメントは M_ℓ' と M_ℓ の大きい方の値、鉛直方向荷重は P_ℓ' と P_ℓ の大きい方の値を応力計算に用いる。

$$M_\ell' = \frac{1}{2} C_H \left(W_{0u} + \frac{3}{2} W_{su} \right) [h_3 - h_2 - 2(h_2 - h_1)]$$

$$P_\ell' = C_H \left(W_{0u} + \frac{3}{2} W_{su} \right) \frac{h_3 - h_2}{2(\ell_0 - \ell_8)}$$

$$M_\ell = \frac{1}{2} C_H (W_0 - W_{s\ell}) h_1$$

$$P_\ell = C_H \left[\left(W_{0u} + \frac{3}{2} W_{su} \right) \left(h_3 - \frac{h_1}{2} \right) + \left(W_{0\ell} + \frac{W_{su}}{2} + W_{s\ell} \right) \left(h_2 - \frac{h_1}{2} \right) \right] \frac{1}{\ell_0}$$

曲げモーメント M_0' と鉛直方向荷重 P_0 より生じる胴の局部応力は(5)と同様な方法で参考文献[1]より求める。

曲げモーメント M_0' により生じる応力は次式で表す。

・一次応力

$$\sigma_{\phi 41} = \left[\frac{N_\phi}{M_\ell' / (r_m^2 \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{M_\ell'}{r_m^2 t_e \beta_\ell} \right] C_\ell^{\ast}$$

$$\sigma_{x 41} = \left[\frac{N_x}{M_\ell' / (r_m^2 \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{M_\ell'}{r_m^2 t_e \beta_\ell} \right] C_\ell^{\ast}$$

・二次応力

$$\sigma_{2\phi 41} = \left[\frac{M_\phi}{M_\ell' / (r_m \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{6M_\ell'}{r_m t_e^2 \beta_\ell} \right]$$

$$\sigma_{2x 41} = \left[\frac{M_x}{M_\ell' / (r_m \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{6M_\ell'}{r_m t_e^2 \beta_\ell} \right]$$

ここで、アタッチメントパラメータ β_0 は次式で表される。

ただし、二次応力を求める場合は、さらに K_0^{\ast} を乗じた値とする。

$$\beta_\ell = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}$$

鉛直方向荷重 P_0 により生じる応力は、次式で表す。

・一次応力

$$\sigma_{\phi 42} = \left[\frac{N_\phi}{P_\ell / r_m} \right]^{\ast} \left[\frac{P_\ell}{r_m t_e} \right]$$

$$\sigma_{x 42} = \left[\frac{N_x}{P_\ell / r_m} \right]^{\ast} \left[\frac{P_\ell}{r_m t_e} \right]$$

・二次応力

$$\sigma_{2\phi 42} = \left[\frac{M_\phi}{P_\ell} \right]^{\ast} \left[\frac{6P_\ell}{t_e^2} \right]$$

$$\sigma_{2x 42} = \left[\frac{M_x}{P_\ell} \right]^{\ast} \left[\frac{6P_\ell}{t_e^2} \right]$$

※: 参考文献[1]より得られる値

また、水平方向荷重により胴には下記式で表される引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 43} = \frac{C_H(W_0 - W_{sl})}{\pi(D_i + t)t}$$

従って、曲げモーメント M_0' 、鉛直方向荷重 P_0 及び水平方向荷重により生じる胴の応力は、次式で表す。

・一次応力

$$\sigma_{\phi 4} = \sigma_{\phi 41} + \sigma_{\phi 42}$$

$$\sigma_{x4} = \sigma_{x41} + \sigma_{x42} + \sigma_{x43}$$

・二次応力

$$\sigma_{2\phi 4} = \sigma_{2\phi 41} + \sigma_{2\phi 42}$$

$$\sigma_{2x4} = \sigma_{2x41} + \sigma_{2x42}$$

また、長手方向の地震が作用した場合、第2脚つけ根部に生じるせん断応力は、次式で表す。

$$\tau_{\ell} = \frac{C_H(W_0 - W_{s\ell})}{4C_2t}$$

(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2脚のつけ根部に生じる曲げモーメント M_c は、次式で表す。

$$M_c = C_H[(R_2' + W_{su})(h_3 - h_2 + r_0) + (R_2 - R_2' - W_{su})r_0]$$

$$r_0 = \frac{D_i}{2} + t_e$$

この曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、(5)、(6)と同様な方法で参考文献[1]より求める。

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 は次式にて表す。ただし、二次応力を求める場合は、さらに K_c^* を乗じた値とする。

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2}$$

従って、応力は次式で表す。

・一次応力

$$\sigma_{\phi 5} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right] C_c^*$$

$$\sigma_{x5} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left[\frac{M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right] C_c^*$$

・二次応力

$$\sigma_{2\phi 5} = \left[\frac{M_\phi}{M_c / (r_m \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{6M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right]$$

$$\sigma_{2x 5} = \left[\frac{M_x}{M_c / (r_m \beta)} \right]^{\ast} \left[\frac{6M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right]$$

※:参考文献[1]より得られる値

また、横方向に地震が作用した場合第2脚つけ根部に生じるせん断応力を次式で表す。

$$\tau_c = \frac{C_H R_2}{4C_1 t}$$

(8) 組合せ応力

(3)～(7)によって算出される第2脚つけ根部に生じる胴の応力を以下により組合せる。

・一次一般膜応力

【絶対値和】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0\ell} = \max(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} + \sigma_{x43}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0c} = \max(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

【SRSS 法】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0\ell} = \max(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x6}^2 + \sigma_{x43}^2}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{0c} = \max(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

従って、胴に生じる一時一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS 法それぞれに対して、次式で表す。

$$\sigma_0 = \max(\sigma_{0\ell}, \sigma_{0c})$$

・一次応力

【絶対値和】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) + \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) + \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x5} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7}$$

【SRSS 法】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) + \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 4}^2 + \sigma_{\phi 7}^2}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7})^2}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) + \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 5}^2 + \sigma_{\phi 7}^2}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x5}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7})^2}$$

従って、胴に生じる一次応力の最大値は、絶対値和、SRSS 法それぞれに対して、次式で表す。

$$\sigma_1 = \max(\sigma_{1\ell}, \sigma_{1c})$$

- ・地震力のみによる一次+二次応力の変動値

【絶対値和】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{2\ell} = (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) + \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sigma_{x 4} + \sigma_{2x 4} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{2c} = (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2}$$

ここで、

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7}$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x 5} + \sigma_{2x 5} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7}$$

【SRSS 法】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{2\ell} = (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) + \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4})^2}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sqrt{(\sigma_{x 4} + \sigma_{2x 4})^2 + (\sigma_{x 6} + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7})^2}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{2c} = (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2}$$

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5})^2}$$

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x 5} + \sigma_{2x 5})^2 + (\sigma_{x 6} + \sigma_{x 7} + \sigma_{2x 7})^2}$$

従って、胴に生じる一次+二次応力の変動値の最大値は、絶対値和、SRSS 法それぞれに対して、次式のようなになる。

$$\sigma_2 = \max(\sigma_{2\ell}, \sigma_{2c})$$

2.2.2. 脚の応力

脚の受ける重量の大きい方について計算する。

- (1) 運転時重量による圧縮応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R_2 + W_{s\ell}}{A_s}$$

- (2) 鉛直方向地震荷重による圧縮応力

$$\sigma_{s4} = \frac{R_2 + W_{s\ell}}{A_s} C_V$$

- (3) 長手方向地震による応力

曲げ、圧縮応力は

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_\ell}{A_s}$$

ここで、

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2} C_H W_0 h_1$$

また、鉛直方向荷重は P_ℓ と P_ℓ' の大きい方の値を応力計算に用いる。

せん断応力は

$$\tau_{s2} = \frac{C_H W_0}{A_{s3}}$$

- (4) 横方向地震による応力

曲げ応力は

$$\sigma_{s3} = \frac{M_{c1}}{Z_{sx}}$$

ここで、

$$M_{c1} = C_H \{(R_2' + W_{su})h_3 + (R_2 - R_2' - W_{su} + W_{s\ell})h_2\}$$

せん断応力は

$$\tau_{s3} = \frac{C_H(R_2 + W_{s\ell})}{A_{s4}}$$

(5) 組合せ応力

【絶対値和】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

$$\sigma_{sc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

【SRSS 法】

長手方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s4}^2}\right)^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

横方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合

$$\sigma_{sc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s3}^2 + \sigma_{s4}^2}\right)^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

従って、脚に生じる最大応力は、絶対値和、SRSS 法それぞれに対して、次式のようになる。

$$\sigma_s = \max(\sigma_{s\ell}, \sigma_{sc})$$

2.2.3. 基礎ボルトの応力

(1) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

a. せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{C_H W_0}{n A_b}$$

b. 引張応力

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働くモーメントは次式で表す。

$$M = M_{\ell 1}$$

鉛直方向荷重は次式で表す。

【絶対値和】

$$P_s = (R_2 + W_{s\ell})(1 - C_V) - P_\ell$$

【SRSS 法】

$$P_s = R_2 + W_{s\ell} - \sqrt{\{C_V(R_2 + W_{s\ell})\}^2 + P_\ell^2}$$

ここで、鉛直方向荷重 P_0 には下胴の脚つけ根部に働く鉛直方向荷重を用いる。今モーメントと圧縮荷重の比を

$$e = M/P_s$$

とすると、 e が負の場合及び

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3}$$

のとき、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次のようにして求める。

中立軸の位置 X_n を

$$X_n^3 + 3\left(e - \frac{a}{2}\right)X_n^2 - \frac{6sA_b n_1}{b}\left(e + \frac{a}{2} - d_1\right)(a - d_1 - X_n) = 0$$

より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は

$$F_b = \frac{P_s\left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3}\right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}}$$

となる。

従って、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

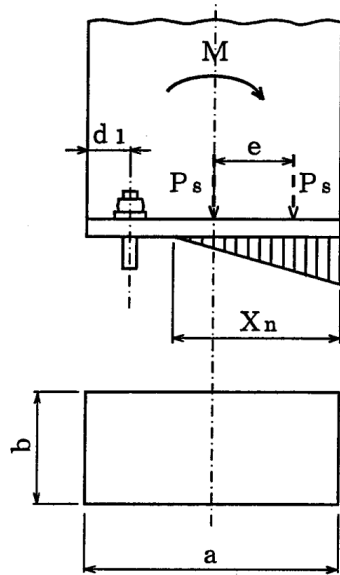


図-3-3-2-2.9 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

- (2) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合
 a. せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{C_H(R_2 + W_{s\ell})}{nA_b}$$

- b. 引張応力

横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合に脚底面に働くモーメントは、脚に生じる曲げモーメント M_{c1} と同じであり、
 鉛直方向荷重は

$$P_{s1} = (R_2 + W_{s\ell})(1 - C_V)$$

で表す。

(1)と同様にして引張応力は求められるが、 M_{c1} は M とし、 P_{s1} は P_s 、 d_2 は d_1 、 a は b 、 b は a 、 n_2 は n_1 と置き換え、得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。

3. 評価方法

3.1. 固有周期の評価

2.1 で求めた固有周期から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき、設計震度を確認する。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 胴の応力評価

2.2.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

許容応力状態	許容応力 S_a		
	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力範囲
IV_{AS}	$0.6S_u$	左欄の 1.5 倍	$2S_y$
B_{AS}	$\min [S_y, 0.6S_u]$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	S_y ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	-

3.2.2. 脚の応力評価

2.2.2 項で求めた脚の組合せ応力が許容引張応力 f_t 以下であること。

許容応力状態	許容引張応力 f_t
B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

3.2.3. 基礎ボルトの応力評価

2.2.3 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

$$f_{ts} = \min(1.4f_{t0} - 1.6\tau_b, f_{t0})$$

せん断力 τ_b は、せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
IV_{AS} B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 参考文献

- [1] Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings
(WELING RESEARCH COUNCIL BULLETIN No107 AUG. 1967, REV. MAR. 1979)
- [2] Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports
(WELING RESEARCH SUPPLEMENT SEP. 1951)

3－4．耐震性に関する添付計算書

3-4-1. 原子炉容器等の耐震強度評価

3-4-1-1. 上部遮蔽体の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-1-1- 1
1.1. 設計条件	添 3-4-1-1- 1
1.2. 記号の説明	添 3-4-1-1- 2
1.3. 計算条件	添 3-4-1-1- 4
1.3.1. 形状及び寸法	添 3-4-1-1- 4
1.3.2. 評価方法	添 3-4-1-1- 5
2. 耐震強度計算方法及び計算結果	添 3-4-1-1- 8
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-1-1- 8
2.1.1. 摺動遮蔽体の固有周期	添 3-4-1-1- 8
2.1.2. 固定遮蔽体の固有周期	添 3-4-1-1-10
2.2. 応力の計算	添 3-4-1-1-12
2.2.1. 摺動遮蔽体の応力計算	添 3-4-1-1-12
2.2.2. 固定遮蔽体の応力計算	添 3-4-1-1-13
2.2.3. 固定遮蔽体レール座接続ボルトの応力計算	添 3-4-1-1-14
3. FEMによる耐震強度計算方法及び計算結果	添 3-4-1-1-17
3.1. ベアリング反力の算定	添 3-4-1-1-17
3.1.1. 解析条件	添 3-4-1-1-17
3.1.2. 解析結果	添 3-4-1-1-18
3.2. 固定遮蔽体レール座接続ボルト	添 3-4-1-1-18
3.2.1. 解析条件	添 3-4-1-1-18
3.2.2. 解析結果	添 3-4-1-1-21
3.2.3. レール座接続ボルトの応力計算	添 3-4-1-1-23
3.2.4. 固定遮蔽体取付ボルトの応力計算	添 3-4-1-1-24
4. 応力の評価	添 3-4-1-1-26

1. 一般事項

本報告書は、上部遮蔽体の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 設計条件

(1) 耐震クラス	B
(2) 据付場所及び床面高さ	原子炉建家（基準床レベルを示す） 1FL +7.5 (m)
(3) 弾性設計用地震動 S_d の 1/2	<摺動遮蔽体> 水平方向設計震度 $C_H=0.32$ 鉛直方向設計震度 $C_V=0.72$ <固定遮蔽体> 水平方向設計震度 $C_H=0.32$ 鉛直方向設計震度 $C_V=0.70$
(4) 基準地震動 S_s	<摺動遮蔽体> 水平方向設計震度 $C_H=1.21$ 鉛直方向設計震度 $C_V=2.60$ <固定遮蔽体> 水平方向設計震度 $C_H=1.21$ 鉛直方向設計震度 $C_V=2.44$
(5) 弾性設計用地震動 S_d の 1/2 (FEM)	<固定遮蔽体(FEMモデル)> 水平方向設計震度 $C_H=0.32$ 鉛直方向設計震度 $C_V=0.27$
(6) 基準地震動 S_s (FEM)	<固定遮蔽体(FEMモデル)> 水平方向設計震度 $C_H=1.21$ 鉛直方向設計震度 $C_V=0.98$
(7) 最高使用温度	43℃

1.2. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_1	摺動遮蔽体のせん断断面積	mm^2
A_{b1}	取付ボルトの呼び径断面積(M42)	mm^2
A_{b2}	取付ボルトの呼び径断面積(M24)	mm^2
C_H, C_V	水平及び鉛直方向の設計震度	-
d	ばね要素長さ	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
F	第 1.3 項に示す F 値	N/mm^2
F_i	各条件設定時作用荷重	N
f_t, f_{t0}	許容引張応力	N/mm^2
f_s, f_{sb}	許容せん断応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_{ts}	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	N/mm^2
G	横弾性係数	N/mm^2
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
I_{1H}, I_{1V}	摺動遮蔽体の断面二次モーメント	mm^4
I_{2H}, I_{2V}	固定遮蔽体の断面二次モーメント	mm^4
K_{1H}, K_{1V}	摺動遮蔽体の水平及び鉛直方向のばね定数	N/mm
K_{2H}, K_{2V}	固定遮蔽体の水平及び鉛直方向のばね定数	N/mm
L	ベアリング幅	mm
l_i	各種設定寸法 (各種添字の説明を参照)	mm
M_1	摺動遮蔽体に作用する曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_2	固定遮蔽体に作用する曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
n_i	各条件設定時の計算範囲内にあるボルト本数	-
P_1, P_3	FEM 解析時の入力面圧	N/mm^2
R_1	摺動遮蔽体からのベアリング反力 (固定遮蔽体検討時)	kg
R_2	摺動遮蔽体からのベアリング反力 (レール座接続ボルト検討時)	kg
R_3	摺動遮蔽体自重、燃料搬送装置重力によるベアリング反力	kg
R_{Vi}, R_{Hi}	摺動遮蔽体の FEM 解析結果のベアリング反力	N
S_s	地震力	-
S_u	第 1.3 項に示す設計引張強さ	N/mm^2
S_y	第 1.3 項に示す設計降伏点	N/mm^2
T_{1H}, T_{1V}	摺動遮蔽体の水平及び鉛直方向固有周期	s
T_{2H}, T_{2V}	固定遮蔽体の水平及び鉛直方向固有周期	s
W	レール幅	mm
W_1	摺動遮蔽体自重	kg
W_2	固定遮蔽体自重	kg

記号	記号の説明	単位
W_3	燃料搬送装置重量	kg
W_4	キャスク重量	kg
W_5	摺動遮蔽体閉時レール座自重	kg
W_6	摺動遮蔽体開時レール座自重	kg
Z_1	摺動遮蔽体の断面係数	mm^3
Z_2	固定遮蔽体の断面係数	mm^3
σ_1	摺動遮蔽体の組合せ応力	N/mm^2
σ_{b1}	摺動遮蔽体の曲げ応力	N/mm^2
σ_{b2}	固定遮蔽体の曲げ応力	N/mm^2
σ_{t1}, σ_{t2}	摺動遮蔽体閉時及び開時のボルトに生じる引張力	N/mm^2
σ_{t3}, σ_{t4}	摺動遮蔽体閉時及び開時のボルトに生じる引張力	N/mm^2
τ_b	ボルトのせん断応力	N/mm^2
τ_i	各条件設定時せん断応力	N/mm^2

1.3. 計算条件

計算は「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に従う。

1.3.1. 形状及び寸法

機器概略図を図-3-4-1-1.1、機器要目を表-3-4-1-1.1 に示す。

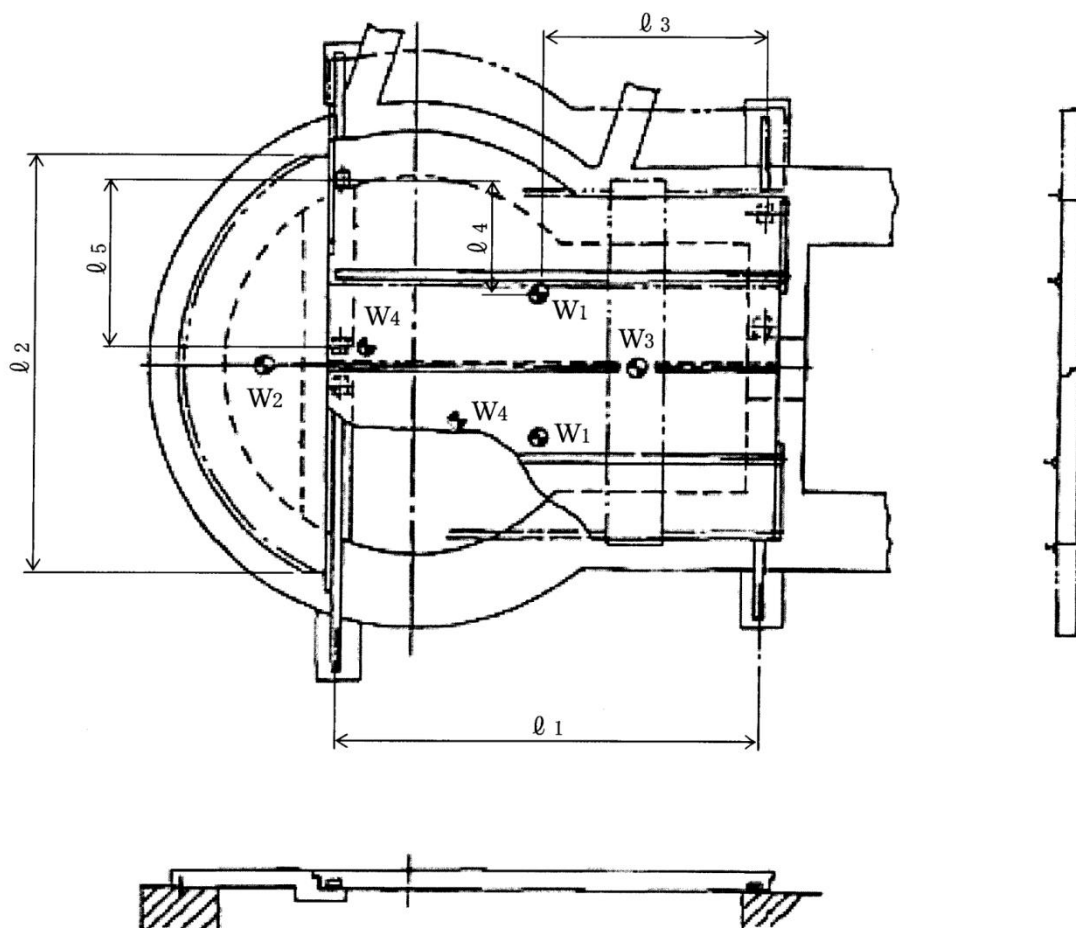


図-3-4-1-1.1 機器概略図

表-3-4-1-1.1 機器要目

l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	l_5 (mm)
5050	5000	2630	950	1900

1.3.2. 評価方法

(1) 解析方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

(2) 応力の評価

a. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

材料		設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)
SM400B	20℃	215	400
	43℃	213	398
S45C	20℃	345	570
	43℃	343	566
SUS304	20℃	205	520
	43℃	203	515
SUS304L	20℃	175	480
	43℃	173	475

b. F 値の算出

F 値は、1.3.2(2)a. に示す最高使用温度における S_y または S_u の 0.7 倍のうち、小さい方の値。ただし、最高使用温度が 40℃ を超えるオーステナイト系ステンレス鋼にあつては、最高使用温度における S_y の 1.35 倍、 S_u の 0.7 倍又は室温における S_y のうち最も小さい値。なお許容応力状態が $IV_A S$ の場合、最高使用温度における S_y を S_y の 1.2 倍に、室温における S_y を室温における S_y の 1.2 倍に読み替えた値を用いる。

許容応力状態 材料	F 値 (N/mm ²)	
	B_{AS}	IV_{AS}
SM400B	213	256
S45C	343	396
SUS304	205	246
SUS304L	175	210

c. 支持構造物（ボルト等を除く）の応力評価

2. で求める各応力が最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

許容応力 S_a 許容応力状態	一次応力			
	引張 f_t	せん断 f_s	曲げ f_b	組合せ
IV_{AS} B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

各許容応力を以下に示す。

(単位：N/mm²)

許容応力 S_a 許容応力状態		一次応力			
		引張	せん断	曲げ	組合せ
SUS304L	B_{AS}	175	101	175	175
	IV_{AS}	210	121	210	210

d. ボルト等の応力

2 章で求める各ボルトの引張応力は下記 2 式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b$$

$$f_{ts} \leq f_{t0}$$

許容応力 S_a 許容応力状態	一次応力	
	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
IV_{AS} B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

各許容応力を以下に示す。

(単位：N/mm²)

許容応力 Sa		一次応力	
		許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
許容応力状態			
S45C (手計算) (摺動遮蔽体 閉時)	B _A S	257	198
	IV _A S	297	228
S45C (手計算) (摺動遮蔽体 開時)	B _A S	257	198
	IV _A S	297	228
SUS304 (手計算) (摺動遮蔽体 閉時)	B _A S	128	118
	IV _A S	0	142
SUS304 (手計算) (摺動遮蔽体 開時)	B _A S	146	118
	IV _A S	2	142
S45C (FEM) (摺動遮蔽体 閉時)	B _A S	257	198
	IV _A S	252	228
S45C (FEM) (摺動遮蔽体 開時)	B _A S	257	198
	IV _A S	297	228
SUS304 (FEM) (摺動遮蔽体 閉時)	B _A S	153	118
	IV _A S	104	142
SUS304 (FEM) (摺動遮蔽体 開時)	B _A S	153	118
	IV _A S	154	142

S45C：固定遮蔽体レール座接続ボルト

SUS304：固定遮蔽体取付ボルト

2. 耐震強度計算方法及び計算結果

2.1. 固有周期の計算

2.1.1. 摺動遮蔽体の固有周期

図-3-4-1-1.2 に示すように摺動遮蔽体レールで支持された梁モデルとして固有周期を算出する。なお、荷重は摺動遮蔽体自重 W_1 が梁に等分布し、キャスク重量 W_4 が梁中央に作用するものとする。

(1) 水平方向の固有周期

摺動遮蔽体の水平方向の固有周期 T_{1H} は次式により求める。

$$T_{1H} = 2\pi \sqrt{\frac{0.5W_1 + W_4}{1000K_{1H}}}$$

$$= 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{0.5 \times 25500 + 13000}{1000 \times 1.187 \times 10^7}} = 0.009 \text{ s}$$

ばね定数 K_{1H} は次式により求める。

$$K_{1H} = \frac{48E \cdot I_{1H}}{(\ell_1)^3} = \frac{48 \times 193000 \times 1.65 \times 10^{11}}{5050^3} = 1.187 \times 10^7 \text{ N/mm}$$

E : 縦弾性係数	$1.93 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
I_{1H} : 梁断面の断面 2 次モーメント	$1.65 \times 10^{11} \text{ mm}^4$
W_1 : 摺動遮蔽体自重	25500 kg
W_4 : キャスク自重	13000 kg

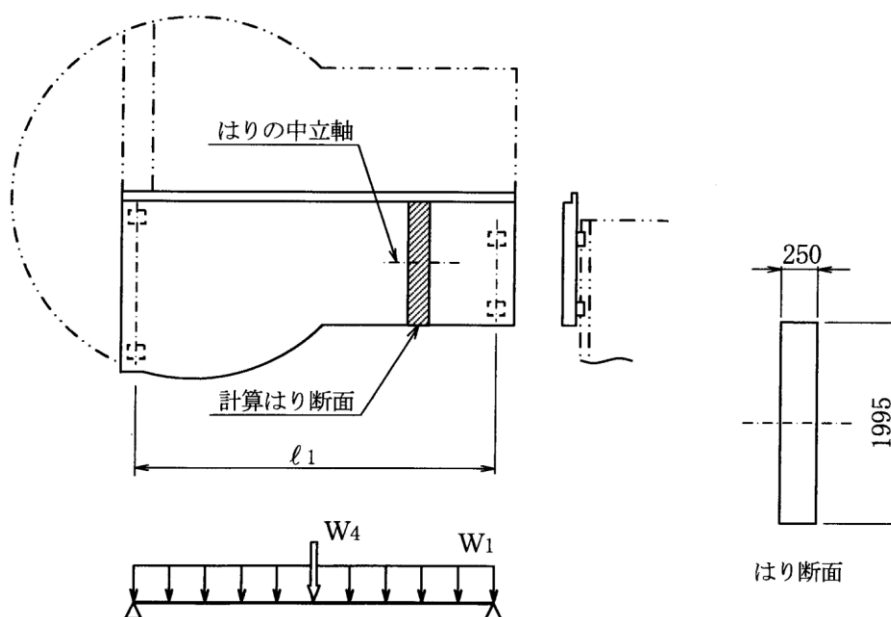


図-3-4-1-1.2 固有周期計算モデル

(2) 鉛直方向の固有周期

摺動遮蔽体の鉛直方向の固有周期 T_{1V} は次式により求める。

$$T_{1V} = 2\pi \sqrt{\frac{0.5W_1 + W_4}{1000K_{1V}}}$$
$$= 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{0.5 \times 25500 + 13000}{1000 \times 1.870 \times 10^5}} = 0.074 \text{ s}$$

ばね定数 K_{1V} は次式により求める。

$$K_{1V} = \frac{48E \cdot I_{1V}}{(\ell_1)^3} = \frac{48 \times 193000 \times 2.60 \times 10^9}{5050^3} = 1.870 \times 10^5 \text{ N/mm}$$

$$I_{1V} : \text{梁断面の断面 2 次モーメント} \quad 2.60 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

2.1.2. 固定遮蔽体の固有周期

固定遮蔽体は円弧部がボルトにより固定されているが、図-3-4-1-1.3 に示すように弦端部を両端固定した梁と考え固有周期を算出する。

なお、荷重は固定遮蔽体自重 W_2 、摺動遮蔽体のベアリングからの反力 R_1 、 R_1' が梁中央に集中荷重として作用するものとする。

(1) 水平方向の固有周期

固定遮蔽体の水平方向の固有周期 T_{2H} は次式により求める。

$$T_{2H} = 2\pi \sqrt{\frac{W_2 + R_1 + R_1'}{1000K_{2H}}}$$

$$= 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{15900+19366+14563}{1000 \times 1.017 \times 10^6}} = 0.044 \text{ s}$$

ばね定数 K_{2H} は次式により求める。

$$K_{2H} = \frac{192E \cdot I_{2H}}{(\ell_2)^3} = \frac{192 \times 193000 \times 3.43 \times 10^9}{5000^3} = 1.017 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

I_{2H} : 梁断面の断面 2 次モーメント $3.43 \times 10^9 \text{ mm}^4$

ベアリングからの反力 R_1 、 R_1' は次式より求める。

$$R_1 = \frac{\ell_3 \cdot \ell_4}{\ell_1 \cdot \ell_5} W_1 + \frac{\ell_7 \cdot \ell_8}{\ell_1 \cdot \ell_5} W_4$$

$$= \frac{2630 \times 950}{5050 \times 1900} \times 25500 + \frac{4829 \times 1945}{5050 \times 1900} \times 13000 = 19366 \text{ kg}$$

$$R_1' = \frac{\ell_3 \cdot \ell_4}{\ell_1 \cdot \ell_5} W_1 + \frac{\ell_7' \cdot \ell_8'}{\ell_1 \cdot \ell_5} W_4$$

$$= \frac{2630 \times 950}{5050 \times 1900} \times 25500 + \frac{3909 \times 1496}{5050 \times 1900} \times 13000 = 14563 \text{ kg}$$

W_2 : 固定遮蔽体自重 15900 kg

W_4 : キャスク重量 13000 kg

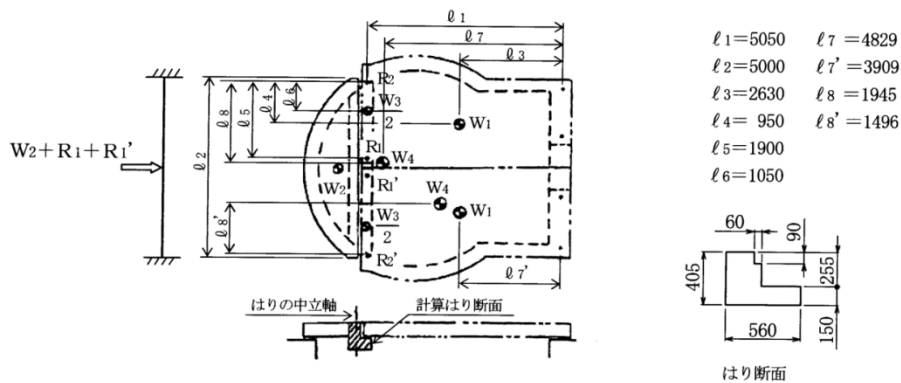


図-3-4-1-1.3 固有周期計算モデル

(2) 鉛直方向の固有周期

固定遮蔽体の鉛直方向の固有周期 T_{2V} は次式により求める。

$$T_{2V} = 2\pi \sqrt{\frac{W_2 + R_1 + R'_1}{1000K_{2V}}}$$
$$= 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{15900+19366+14563}{1000 \times 5.959 \times 10^5}} = 0.057 \text{ s}$$

ばね定数 K_{2V} は次式により求める。

$$K_{2V} = \frac{192E \cdot I_{2V}}{(\ell_2)^3} = \frac{192 \times 193000 \times 2.01 \times 10^9}{5000^3} = 5.959 \times 10^5 \text{ N/mm}$$

$$T_{2V} : \text{梁断面の断面 2 次モーメント} \quad 2.01 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

2.2. 応力の計算

B_AS 評価の応力算出過程を示す。以下は水平 1 方向と鉛直方向による 2 方向組合せの評価結果であり、3 方向組合せを実施する場合は、2 方向の結果に対し 1.42 を乗じるものとした。算出方法はIV_AS 評価についても同様とする。

2.2.1. 摺動遮蔽体の応力計算

摺動遮蔽体は 2.1.1 固有周期の計算と同様、両端レール位置で支持された梁とする。

(1) 曲げ応力

曲げ応力は右のモデルで計算する。

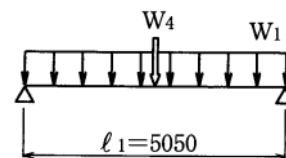
a. 曲げモーメント M_1 は次式により求める。

$$M_1 = \frac{\ell_1(1 + C_V)g \cdot W_1}{8} + \frac{\ell_1(1 + C_V)g \cdot W_4}{4}$$

$$= \frac{5050 \times (1 + 0.72) \times 9.80665 \times 25500}{8} + \frac{5050 \times (1 + 0.72) \times 9.80665 \times 13000}{4}$$

$$= 5.480 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

図-3-4-1-1.4 曲げ応力



b. 曲げ応力 σ_{b1} は次式により求める。

$$\sigma_{b1} = \frac{M_1}{Z_1} = \frac{5.480 \times 10^8}{2.08 \times 10^7} = 27 \text{ N/mm}^2$$

Z_1 : 断面係数

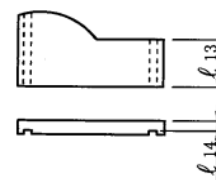
$2.08 \times 10^7 \text{ mm}^3$

(2) せん断応力

a. せん断力 F_1 は次式により求める。

$$F_1 = \frac{(1 + C_V)g(W_1 + W_4)}{2}$$

$$= \frac{(1 + 0.72) \times 9.80665 \times (25500 + 13000)}{2} = 324698 \text{ N}$$



$\ell_{13} = 1995$

$\ell_{14} = 125$

b. せん断応力 τ_1 は次式により求める。

図-3-4-1-1.5 摺動遮蔽体の寸法

$$\tau_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{324698}{166250} = 2 \text{ N/mm}^2$$

摺動遮蔽体のせん断断面積 A_1 は次式により求める。

$$A_1 = \frac{2}{3} \ell_{13} \cdot \ell_{14} = \frac{2}{3} \times 1995 \times 125 = 166250 \text{ mm}^2$$

(3) 組合せ応力 σ_1 は次式により求める。

$$\sigma_1 = \sqrt{(\sigma_{b1})^2 + 3(\tau_1)^2} = \sqrt{27^2 + 3 \times 2^2} = 28 \text{ N/mm}^2$$

2.2.2. 固定遮蔽体の応力計算

固定遮蔽体は2.1.2固有周期の計算と同様、弦端部で固定された梁とする。

(1) 曲げ応力

a. 曲げモーメント M_2 は次式により求める。

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{(1 + C_V)g(W_2 + R_1 + R'_1)\ell_2}{8} \\ &= \frac{(1 + 0.70) \times 9.80665 \times (15900 + 19366 + 14563) \times 5000}{8} \\ &= 5.192 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

b. 曲げ応力 σ_{b2} は次式により求める。

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= \frac{M_2}{Z_2} = \frac{5.192 \times 10^8}{8.37 \times 10^6} \\ &= 62 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Z_2 : 断面係数

$8.37 \times 10^6 \text{ mm}^3$

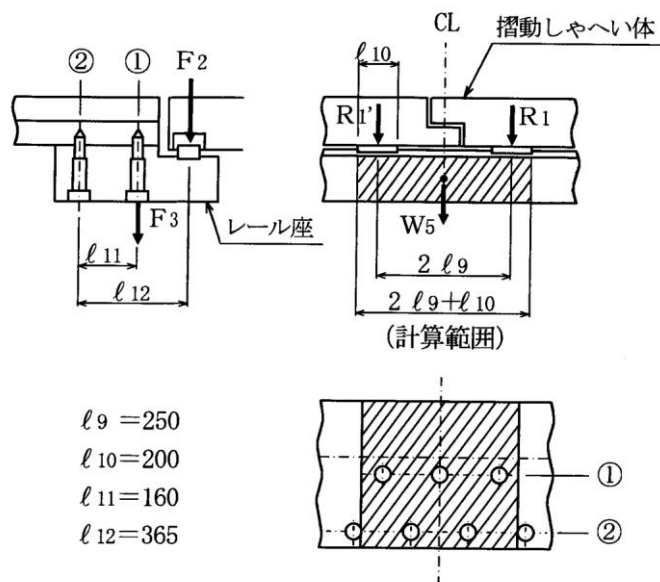
2.2.3. 固定遮蔽体レール座接続ボルトの応力計算

(1) 摺動遮蔽体閉時

図-3-4-1-1.6に示すように固定遮蔽体レール中央にベアリング反力 R_1 、 R_1' 、レール座自重 W_5 及び地震力が集中荷重として作用する。

a. 水平地震力によるせん断応力

レール座自重 W_5 は、下図の計算範囲について求める。



$$\begin{aligned} l_9 &= 250 \\ l_{10} &= 200 \\ l_{11} &= 160 \\ l_{12} &= 365 \end{aligned}$$

図-3-4-1-1.6 固定遮蔽体レール座接続ボルトの計算範囲(1)

W_5 : レール座の計算範囲重量 884 kg

A_{b1} : 接続ボルト呼び径断面積(M42) 1385 mm²

(a) レール座に加わる水平方向荷重 F_4 は次式により求める。

$$\begin{aligned} F_4 &= C_{H(\text{摺})} \cdot g(R_1 + R_1') + C_{H(\text{固})} \cdot gW_5 \\ &= 0.32 \times 9.80665 \times (19366 + 14563) + 0.32 \times 9.80665 \times 884 \\ &= 109248 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) せん断応力 τ_3 は次式により求める。

$$\begin{aligned} \tau_3 &= \frac{F_4}{A_{b1} \cdot n_2} \\ &= \frac{109248}{1385 \times 5} \\ &= 16 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

n_2 : 計算範囲のボルト本数

5 本

(2) 摺動遮蔽体開時

図-3-4-1-1.7に示すように固定遮蔽体レール部にベアリング反力（燃料搬送装置を含む） R_3 及びレール座自重 W_6 が作用する。

なお、計算範囲はベアリング幅 $\ell_{10} \times 2$ とする。

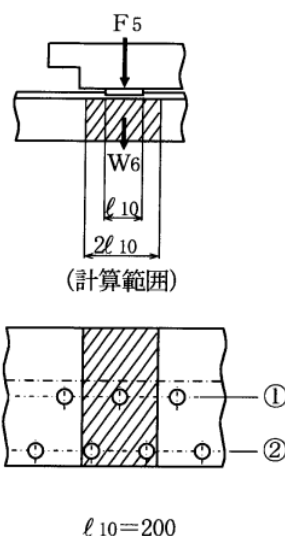


図-3-4-1-1.7 固定遮蔽体レール座接続ボルトの計算範囲(2)

W_6 : レール座の計算範囲重量 506 kg

摺動遮蔽体自重、燃料搬送装置によるベアリング反力 R_3 は次式により求める。

$$\begin{aligned} R_3 &= R'_1 + \frac{\ell_6}{\ell_5} \cdot \frac{W_3}{2} \\ &= 6640 + \frac{1050}{1900} \times \frac{6000}{2} \\ &= 8298 \text{ kg} \end{aligned}$$

ここで

$$\begin{aligned} R'_1 &= \frac{\ell_3 \cdot \ell_4}{\ell_1 \cdot \ell_5} \times W_1 \\ &= \frac{2630 \times 950}{5050 \times 1900} \times 25500 \\ &= 6640 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. 水平地震力によるせん断応力

(a) レール座に加わる水平方向荷重 F_7 は次式により求める。

$$\begin{aligned} F_7 &= C_{H(\text{摺})} g R_3 + C_{H(\text{固})} g W_6 \\ &= 0.32 \times 9.80665 \times 8298 + 0.32 \times 9.80665 \times 506 \\ &= 27628 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) せん断応力 τ_5 は次式により求める。

$$\begin{aligned}\tau_5 &= \frac{F_7}{A_{b1} \cdot n_4} \\ &= \frac{27628}{1385 \times 3} \\ &= 7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

n_4 : 計算範囲のボルト本数

3 本

3. FEMによる耐震強度計算方法及び計算結果

詳細なFEMモデルを用いてボルトの耐震評価を実施する。2章と同様に、以下は2方向組合せの評価結果であり、3方向組合せを実施する場合は、2方向の結果に対し1.42を乗じるものとした。

3.1. ベアリング反力の算定

摺動遮蔽体に対して1Gを負荷した静解析を行い、鉛直及び水平方向のベアリング反力を算定する。図-3-4-1-1.8に摺動遮蔽体のFEMモデルを示す。

3.1.1. 解析条件

(1) 寸法

寸法は図面通りとする。ただし幅は手計算にあわせて1995mmとする。

(2) 材料特性

縦弾性係数はライニング部の剛性を用いる。重量が26tonと等しくなるように等価密度を設定する。

表-3-4-1-1.2 材料特性

材質	温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比 (-)	密度 (ton/mm ³)
SUS304L	43	1.93×10^5	0.3	8.28×10^{-9}

(3) 拘束条件

リニアベアリング位置にてピン拘束とする。

(4) 集中質量

摺動遮蔽体閉時にはキャスクを、開時には燃料搬送装置をそれぞれ集中質量としてモデル化する。

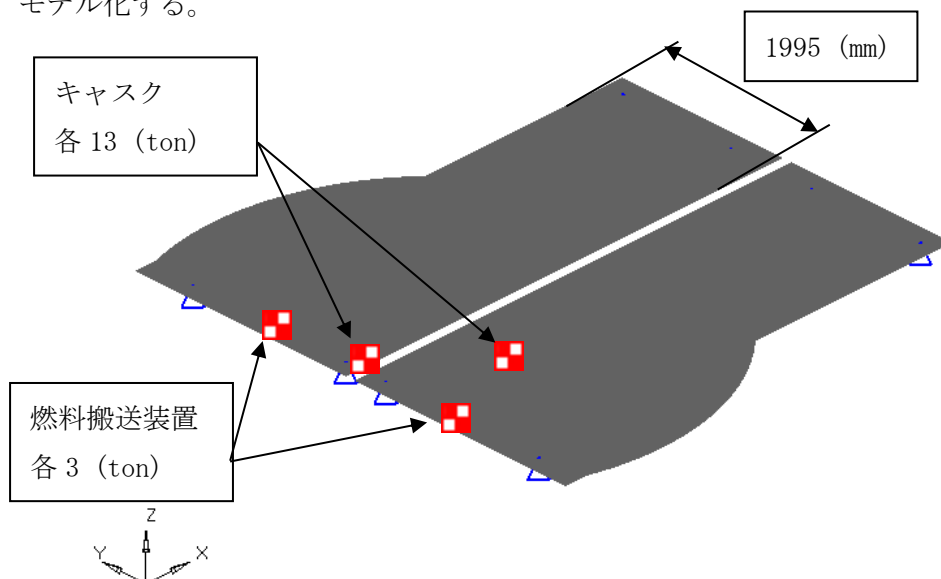


図-3-4-1-1.8 摺動遮蔽体 FEM モデル

3.1.2. 解析結果

1G 負荷時の各ベアリング反力を以下に示す。

表-3-4-1-1.3 1G 負荷時の各ベアリング反力

開閉	ベアリング位置	ベアリング反力 (N)	
		鉛直	水平
閉時	R ₁	183310.30	158157.70
	R ₁ '	136225.20	111993.40
開時	R ₃	74397.45	67561.23

3.2. 固定遮蔽体レール座接続ボルト

固定遮蔽体の FEM モデルを用いてレール座接続ボルトの耐震評価を実施する。固有値解析を行い、震度を算定する。前項で求めたベアリング反力と算定震度を荷重として、ボルトに発生する応力を求める。なお、摺動遮蔽体閉時における外側のベアリング位置は、躯体側にあるため反力を考慮しないこととする。

鉛直方向震度による応力のみ FEM モデルにて求め、水平方向震度による応力は手計算の結果を用いる。図-3-4-1-1.9 に固定遮蔽体の FEM モデルを示す。

3.2.1. 解析条件

(1) 寸法

寸法は図面通りとする。ただしレール座切欠き及びプラグは考慮しない。

(2) 材料特性

縦弾性係数はライニング部の剛性を用いる。全体重量が 15.9ton と等しくなるように等価密度を設定する。レール座の密度は、計算範囲のレール座重量 W₆ と計算範囲の体積より算定する。遮蔽部の密度は、残りの重量を遮蔽部が持つように算定する。

表-3-4-1-1.4 材料特性

部位	材質	温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比 (-)	密度 (ton/mm ³)
レール座	SUS304L	43	1.93×10 ⁵	0.3	1.510×10 ⁻⁸
遮蔽部	SUS304L	43	1.93×10 ⁵	0.3	6.284×10 ⁻⁹

(3) 拘束条件

固定遮蔽体取付ボルト (17 本) の位置にてピン拘束する。

(4) ボルト

レール座と遮蔽部は接続ボルトを模擬するばね要素にて結合する。軸剛性 k_1 及びせん断剛性 k_2 は次式により求める。

$$k_1 = \frac{A_{b1}E}{d} = \frac{1385 \times 200000}{150}$$

$$= 1846667 \text{ N/mm}$$

$$k_2 = \frac{A_{b1}G}{d} = \frac{1385 \times 76923}{150}$$

$$= 710256 \text{ N/mm}$$

E : 接続ボルト (S45C) の縦弾性係数	$2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
A_{b1} : 接続ボルト (M42) の呼び径断面積	1385 mm^2
d : ばね要素長さ	150 mm

横弾性係数 G は次式により求める。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{200000}{2 \times (1+0.3)}$$

$$= 76923 \text{ N/mm}^2$$

ν : ポアソン比	0.3
---------------	-----

(5) 荷重

a. 入力面圧

入力面圧 P は反力 R を用いて、次式により求める。

$$P = \left(1 + C_{V(\text{摺})}\right) \frac{R}{WL} = (1 + 0.72) \times \frac{183310.3}{100 \times 200}$$

$$= 15.7647 \text{ N/mm}^2$$

W : レール幅	100 mm
L : ベアリング幅	200 mm

下表に入力面圧の一覧を示す。

表-3-4-1-1.5 入力面圧一覧

開閉	ベアリング位置	反力 (N)	面圧 (N/mm ²)
閉時	R ₁	183310.30	15.7647
	R ₁ '	136225.20	11.7154
開時	R ₃	74397.45	6.3982

b. 設計震度

固定遮蔽体の設計震度 C_v と自重を足しあわせた 1.27 を鉛直下向きに負荷する。

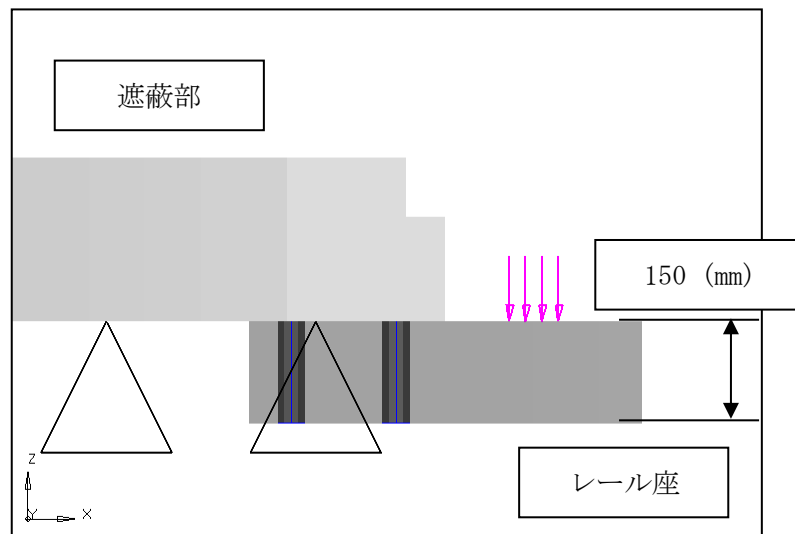
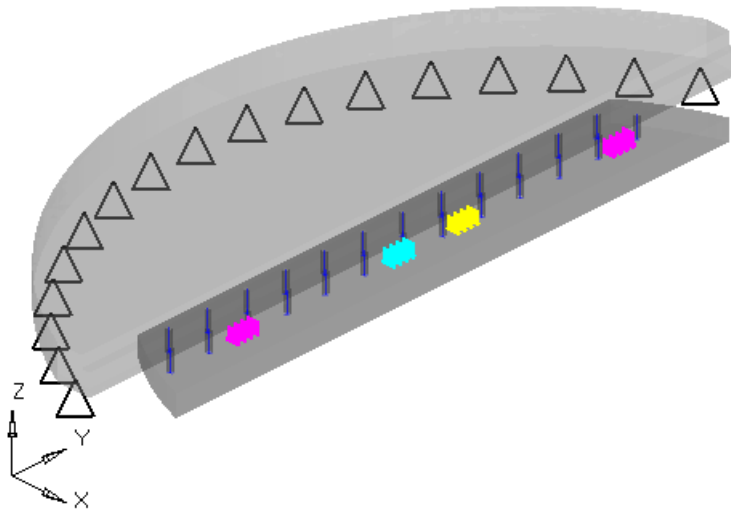
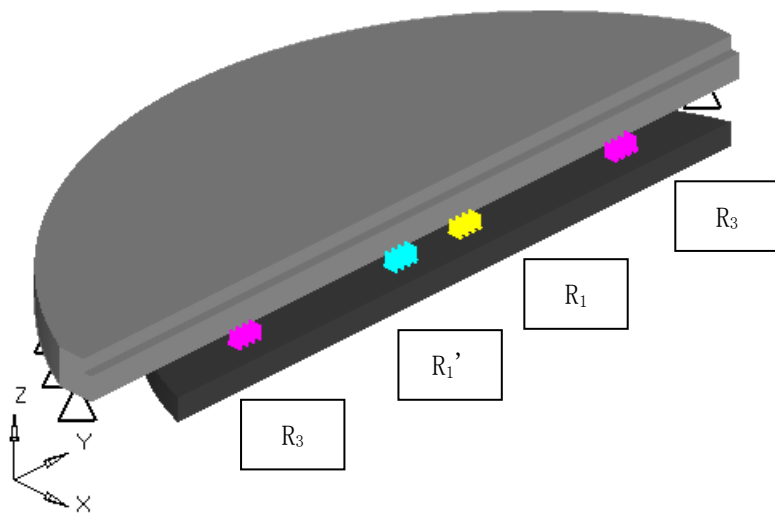


図-3-4-1-1.9 固定遮蔽体 FEM モデル

3.2.2. 解析結果

(1) 固有値解析

表-3-4-1-1.6 固有値解析結果

モード	水平方向 1 次	鉛直方向 1 次
固有振動数 (Hz)	205.7	32.1
固有周期 (s)	0.005	0.031

Mode#1, Frequency= 3.212e+001Hz

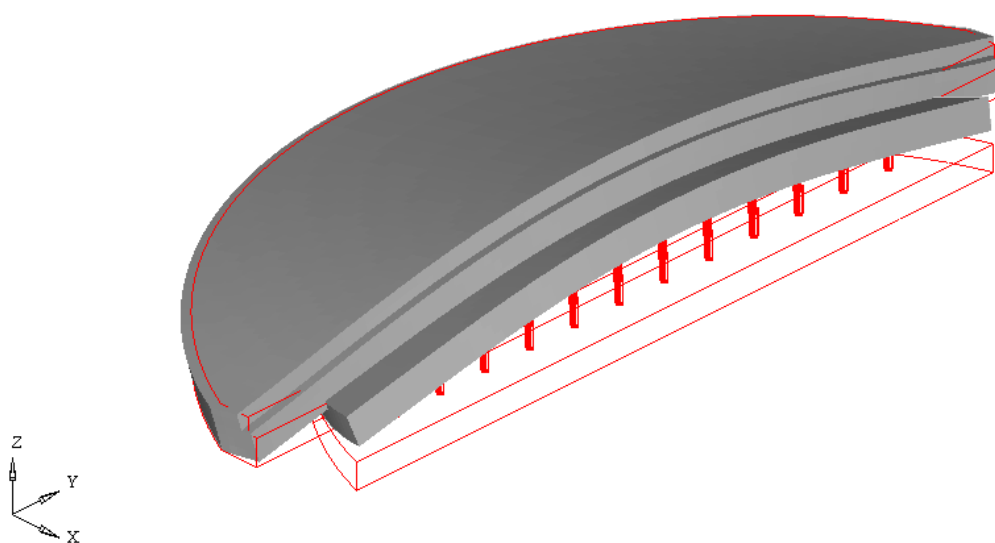


図-3-4-1-1.10 固定遮蔽体 FEM モデル結果

(2) 静的応力解析 (B_AS)

ボルトを模擬したばね要素の部材力の最大値を表に示す。

表-3-4-1-1.7 静的応力解析結果 (B_AS)

	Z 方向軸力 F _Z (N)	X 方向せん断力 F _X (N)	Y 方向せん断力 F _Y (N)
摺動遮蔽体 閉時	163453.300	5628.850	9639.590
摺動遮蔽体 開時	84189.900	4400.167	3360.663

(3) 静的応力解析 (IV_AS)

ボルトを模擬したばね要素の部材力の最大値を表に示す。

表-3-4-1-1.8 静的応力解析結果 (IV_AS)

	Z 方向軸力 F _Z (N)	X 方向せん断力 F _X (N)	Y 方向せん断力 F _Y (N)
摺動遮蔽体 閉時	339215.900	11361.060	19590.400
摺動遮蔽体 開時	168212.400	8778.844	6448.469

3.2.3. レール座接続ボルトの応力計算

各方向の最大値発生要素は異なるが、安全側の評価として最大値を組合せて評価を行う。ボルトの引張応力 σ は次式により求める。

$$\sigma = \frac{F_z}{A_{b1}} = \frac{163453.3}{1385} = 118 \text{ N/mm}^2$$

ボルトのせん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \tau_v + \tau_H = 8.06 + 16 = 24 \text{ N/mm}^2$$

τ_H : 水平震度によるせん断応力 (2.2.3 節) 16 N/mm²

鉛直震度によるせん断応力 τ_v は次式により求める。

$$\begin{aligned} \tau_v &= \sqrt{\left(\frac{F_x}{A_{b1}}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{A_{b1}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{5628.85}{1385}\right)^2 + \left(\frac{9639.59}{1385}\right)^2} \\ &= 8.06 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

下表に算出した応力の一覧を示す。

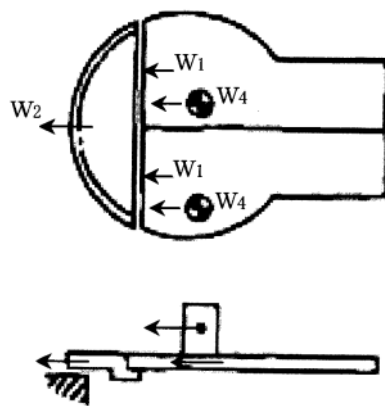
表-3-4-1-1.9 算出応力の一覧

	垂直応力 (N/mm ²)	鉛直震度による せん断応力 (N/mm ²)	水平震度による せん断応力* (N/mm ²)	せん断応力 (N/mm ²)
摺動遮蔽体 閉時	118	8.06	16	24
			3 方向組合せ 23	3 方向組合せ 31
摺動遮蔽体 開時	61	4.00	7	11
			3 方向組合せ 10	3 方向組合せ 14

※2.2.3 節にて算出した値を用いる。

3.2.4. 固定遮蔽体取付ボルトの応力計算

固定遮蔽体の実構造においては鉛直時と同様にリニアベアリングの負担分の水平力が摺動遮蔽体からの荷重と考えられる。そのため摺動遮蔽体のベアリング反力を用いて取付ボルトの応力計算を行う。



(1) 摺動遮蔽体閉時

a. 引張応力

(a) 鉛直方向荷重 F'_8 は、次式により求める。

$$\begin{aligned} F'_8 &= (C_{V(\text{摺})} - 1)(R_{V1} + R_{V1}') + (C_{V(\text{固})} - 1)gW_2 \\ &= (0.72 - 1) \times (183310.3 + 136225.2) + (0.27 - 1) \times 9.80665 \times 15900 \\ &= -203296 \text{ N} \end{aligned}$$

図-3-4-1-1.11 固定遮蔽体取付ボルトの荷重説明図

(b) 引張応力 σ_{t3} は次式により求める。

$$\begin{aligned} \sigma_{t3} &= \frac{F'_8}{A_{b2} \times n_5} = \frac{-203296}{452.4 \times 17} \\ &= 0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. 水平地震力によるせん断応力

(a) せん断力 F'_9 は次式により求める。

$$\begin{aligned} F'_9 &= C_{H(\text{摺})} \cdot (R_{H1} + R_{H1}') + C_{H(\text{固})} \cdot gW_2 \\ &= 0.32 \times (158157.7 + 111993.4) + 0.32 \times 9.80665 \times 15900 \\ &= 136345 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) せん断応力 τ_7 は次式により求める。

$$\begin{aligned} \tau_7 &= \frac{F'_9}{A_{b2} \cdot n_5} = \frac{136345}{452.4 \times 17} \\ &= 18 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{3方向組合せを考慮した場合のせん断応力 } 26 \text{ N/mm}^2) \end{aligned}$$

n_5 : 取付ボルト本数

17 本

A_{b2} : 取付ボルトの呼び径断面積(M24)

452.4 mm²

(2) 摺動遮蔽体開時

a. 引張応力

(a) 鉛直方向荷重 F_{10} は、次式により求める。

$$\begin{aligned} F_{10} &= (C_{V(\text{摺})} - 1) \cdot 2R_{V3} + (C_{V(\text{固})} - 1) gW_2 \\ &= (0.72 - 1) \times 2 \times 74397.45 + (0.27 - 1) \times 9.80665 \times 15900 \\ &= -155488 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) 引張応力 σ_{t4} は次式により求める。

$$\begin{aligned} \sigma_{t4} &= \frac{F_{10}}{A_{b2} \times n_5} = \frac{-155488}{452.4 \times 17} \\ &= 0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. 水平地震力によるせん断応力

(a) せん断力 F_{11} は次式により求める。

$$\begin{aligned} F_{11} &= C_{H(\text{摺})} \cdot 2R_{H3} + C_{H(\text{固})} \cdot gW_2 \\ &= 0.32 \times 2 \times 67561.23 + 0.32 \times 9.80665 \times 15900 \\ &= 93135 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) せん断応力 τ_7 は次式により求める。

$$\begin{aligned} \tau_7 &= \frac{F_9}{A_{b2} \cdot n_5} = \frac{93135}{452.4 \times 17} \\ &= 13 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{3 方向組合せを考慮した場合のせん断応力} \quad 18 \text{ N/mm}^2) \end{aligned}$$

4. 応力の評価

B_AS 評価の結果を表-3-4-1-1.10 に、IV_AS 評価の結果を表-3-4-1-1.11 に、FEM 解析による評価結果を表-3-4-1-1.12 に示す。

2 章にて行った手計算による応力計算に加えて、3 章にて FEM による詳細検討を実施した。全ての検討結果について、算出応力は許容応力を下回っている。以上より、上部遮蔽体の発生応力は全て許容応力以下であり、強度は十分である。

表-3-4-1-1.10 評価結果一覧 (Bクラス)

部材	材料	許容応力状態	一次応力 (単位: N/mm ²)							
			引張		せん断		曲げ		組合せ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
摺動遮蔽体	SUS304L	B _A S	-	-	2	101	27	175	28	175
固定遮蔽体	SUS304L	B _A S	-	-	-	-	62	175	-	-
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体閉時)	S45C	B _A S	-	-	23	198	-	-	-	-
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体開時)	S45C	B _A S	-	-	10	198	-	-	-	-

表-3-4-1-1.11 評価結果一覧 (Sクラス)

部材	材料	許容応力状態	一次応力 (単位: N/mm ²)							
			引張		せん断		曲げ		組合せ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
摺動遮蔽体	SUS304L	IV _A S	-	-	4	121	56	210	57	210
固定遮蔽体	SUS304L	IV _A S	-	-	-	-	126	210	-	-

表-3-4-1-1.12 評価結果一覧 (FEM)

部材	材料	許容応力状態	一次応力 (単位: N/mm ²)							
			引張		せん断		曲げ		組合せ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体閉時) (FEM)	S45C	B _A S	118	257	31	198	-	-	-	-
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体開時) (FEM)	S45C	B _A S	61	257	14	198	-	-	-	-
固定遮蔽体取付ボルト (摺動遮蔽体閉時) (FEM)	SUS304L	B _A S	0	153	26	118	-	-	-	-
固定遮蔽体取付ボルト (摺動遮蔽体開時) (FEM)	SUS304L	B _A S	0	153	18	118	-	-	-	-
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体閉時) (FEM)	S45C	IV _A S	245	252	102	228	-	-	-	-
固定遮蔽体レール座接続ボルト (摺動遮蔽体開時) (FEM)	S45C	IV _A S	122	297	44	228	-	-	-	-
固定遮蔽体取付ボルト (摺動遮蔽体閉時) (FEM)	SUS304L	IV _A S	66	104	96	142	-	-	-	-
固定遮蔽体取付ボルト (摺動遮蔽体開時) (FEM)	SUS304L	IV _A S	31	154	65	142	-	-	-	-

3-4-1-2. 下部遮蔽体の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-1-2- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-1-2- 1
1.2. 記号の説明	添 3-4-1-2- 2
2. 計算方法	添 3-4-1-2- 5
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-1-2- 5
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-1-2- 7
2.2.1. 上フランジの応力	添 3-4-1-2- 7
2.2.2. 側板の応力	添 3-4-1-2- 9
2.2.3. 取付ボルトの応力	添 3-4-1-2-10
3. 評価方法	添 3-4-1-2-12
3.1. 解析方法	添 3-4-1-2-12
3.2. 応力の評価	添 3-4-1-2-12
3.2.1. 上フランジの応力評価	添 3-4-1-2-12
3.2.2. 側板の応力評価	添 3-4-1-2-12
3.2.3. 取付ボルトの応力評価	添 3-4-1-2-13
4. 設計条件	添 3-4-1-2-14
5. 機器要目	添 3-4-1-2-15
6. 計算数値	添 3-4-1-2-16
6.1. 許容応力状態Ⅳ _{AS}	添 3-4-1-2-16
6.1.1. 上フランジに生じる一次一般膜応力	添 3-4-1-2-16
6.1.2. 側板に生じる一次応力	添 3-4-1-2-16
6.1.3. 上フランジに生じる地震動のみによる一次+二次応力	添 3-4-1-2-16
6.1.4. 取付ボルトに生じる応力	添 3-4-1-2-16
6.2. 許容応力状態Ⅲ _{AS}	添 3-4-1-2-17
6.2.1. 上フランジに生じる一次一般膜応力	添 3-4-1-2-17
6.2.2. 側板に生じる一次応力	添 3-4-1-2-17
6.2.3. 上フランジに生じる地震動のみによる一次+二次応力	添 3-4-1-2-17
6.2.4. 取付ボルトに生じる応力	添 3-4-1-2-17
7. 結論	添 3-4-1-2-18
8. 参考文献	添 3-4-1-2-19

1. 一般事項

本報告書は、下部遮蔽体の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 上フランジと原子炉プールライニングは、多数のボルトにより固定されているものとする。
- (2) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (3) 動的地震力(S_s , S_d)及び静的地震力の両方を用いて評価を行う。

1.2. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	側板の有効せん断断面積	mm^2
C_c, C_t	取付ボルト計算における係数	-
C_H	水平方向設計震度	-
C_V	鉛直方向設計震度	-
D_1	下部遮蔽体スリーブの内径	mm
D_c	取付ボルトのピッチ円径	mm
D_{b0}	上フランジの外径	mm
D_{b1}	側板の外径	mm
d_1	側板の内径	mm
d_2	側板（下部）の内径	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
e	取付ボルト計算における係数	-
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示す F 値	N/mm^2
F_c	原子炉プールライニングに作用する圧縮力	N
F_t	取付ボルトに作用する引張力	N
F_s	側板に作用するせん断力	N
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_s	許容せん断応力	N/mm^2
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_{sb}	取付ボルトの許容せん断応力	N/mm^2
f_{to}	取付ボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	N/mm^2
G	せん断弾性係数	N/mm^2
g	重力加速度 (9.80665)	m/s^2
I	側板の断面 2 次モーメント	mm^4
K_H	水平方向のばね定数	N/mm
K_V	鉛直方向のばね定数	N/mm
k	取付ボルト計算における中立軸の荷重係数	-

記号	記号の説明	単位
L	取付け長さ	mm
l_1	下端から重心までの長さ	mm
l_2	側板上端から重心までの長さ	mm
$l_3、l_4$	取付ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
M_1	側板に作用する曲げモーメント	N・mm
m	ポアソン定数(=ポアソン比の逆数)	-
n	取付ボルトの本数	-
P	静水頭による圧力	MPa
Q	重心に作用する任意の水平力	N
Q'	Qより下端の支持部に作用する反力	N
s	取付ボルトと原子炉プールライニングの縦弾性係数の比	-
S_a	上フランジの許容応力	N/mm ²
S_b	側板の許容応力	N/mm ²
S_u	設計引張強さ	N/mm ²
S_y	設計降伏点	N/mm ²
Ss	地震力	-
T_H	水平方向の固有周期	s
T_V	鉛直方向の固有周期	s
t_1	上フランジの厚さ	mm
t_2	側板の厚さ	mm
t_3	側板(下部)の厚さ	mm
t_4	取付ボルト面積相当幅	mm
t_5	圧縮部材の相当幅	mm
W_1	下部遮蔽体重量	kg
W_2	制御棒駆動機重量	kg
W_3	制御棒スクラム時反力	kg
z	取付ボルト計算における係数	-
α	取付ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
δ	荷重Qによる容器の下端での変位量	mm
δ'	荷重Q、Q'による容器の下端での変位量	mm
σ	側板の組合せ一次応力	N/mm ²
σ_{b1}	側板に生じる曲げ応力	N/mm ²
σ_{bt}	取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{rc}	上フランジの半径方向一次一般膜応力の和(圧縮側)	N/mm ²
σ_{rt}	上フランジの半径方向一次一般膜応力の和(引張側)	N/mm ²
σ_{r1}	上フランジの圧力により生じる半径方向応力	N/mm ²
σ_{r2}	上フランジの死荷重により生じる半径方向応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
σ_{r3}	上フランジの鉛直地震力による半径方向応力	N/mm ²
σ_{r4}	上フランジの制御棒スクラム時半力による半径方向応力	N/mm ²
σ_s	側板に生じる軸方向一次応力の和	N/mm ²
σ_{t1}	側板の死荷重による引張応力	N/mm ²
σ_{t2}	側板の鉛直地震力による引張応力	N/mm ²
σ_{t3}	側板の制御棒スクラム時半力による引張応力	N/mm ²
σ_{0c}	上フランジの組合せ一次一般膜応力（圧縮側）	N/mm ²
σ_{0t}	上フランジの組合せ一次一般膜応力（引張側）	N/mm ²
σ_{2c}	上フランジの一次＋二次応力の変動値（圧縮側）	N/mm ²
σ_{2t}	上フランジの一次＋二次応力の変動値（引張側）	N/mm ²
σ_{2rc}	上フランジの半径方向一次＋二次応力の和（圧縮側）	N/mm ²
σ_{2rt}	上フランジの半径方向一次＋二次応力の和（引張側）	N/mm ²
τ	側板に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{b1}	取付ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_1	上フランジの圧力によるせん断応力	N/mm ²
τ_2	上フランジの死荷重によるせん断応力	N/mm ²
τ_3	上フランジの鉛直地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_4	上フランジの制御棒スクラム時反力によるせん断応力	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- 水平方向変形モードは下部遮蔽体を梁と考えた時の曲げ及びせん断変形を考慮する。
- 下部遮蔽体上端は多数のボルトで固定されているため固定端とする。
- 下部遮蔽体下端は水平方向変位を拘束する構造物が設けられているため水平方向支持とする。
- 鉛直方向の変形モードは下部遮蔽体を梁と考えた時の軸変形を考慮する。

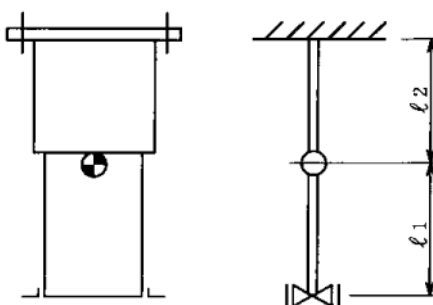


図-3-4-1-2.1 固有周期計算モデル

(2) 計算モデル

本機器は上記仮定により図-3-4-1-2.1に示すような上端固定、下端水平方向支持の一質点系振動モデルとする。

(3) 水平方向の固有周期

曲げ及びせん断変形による水平方向のばね定数 K_H は次式により求める。

重心の位置に水平方向の荷重 Q が作用した時に下端の支持部に生じる反力 Q' は、図-3-4-1-2.2に示すような各々の荷重による下端の変位量が等しいとして求める。

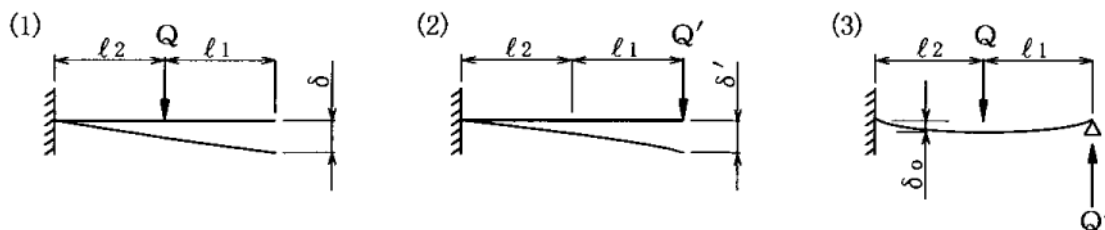


図-3-4-1-2.2 上端固定、下端支持の場合の変形モデル

図-3-4-1-2.2(1)の場合

$$\delta = \frac{Q \cdot \ell_2^2}{6E \cdot I} (2\ell_2 + 3\ell_1) + \frac{Q \cdot \ell_2}{G \cdot A_e}$$

図-3-4-1-2.2(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q'(\ell_2 + \ell_1)^3}{3E \cdot I} + \frac{Q'(\ell_2 + \ell_1)}{G \cdot A_e}$$

δ と δ' が等しいと置くことにより

$$Q' = Q \frac{\frac{\ell_2^2}{6E \cdot I} (2\ell_2 + 3\ell_1) + \frac{\ell_2}{G \cdot A_e}}{\frac{(\ell_2 + \ell_1)^3}{3E \cdot I} + \frac{\ell_2 + \ell_1}{G \cdot A_e}}$$

したがって重心位置での変位量 δ_0 は図-3-4-1-2.2(3)より求めることができ、定数 K_H は次式により求める。

$$K_H = \frac{Q}{\delta_0} = \frac{1}{\frac{\ell_2^3}{3E \cdot I} + \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right) \frac{\ell_2}{G \cdot A_e} - \frac{Q'}{Q} \cdot \frac{2 \cdot \ell_2^3 + 3 \cdot \ell_2^2 \cdot \ell_1}{6E \cdot I}}$$

したがって水平方向の固有周期 T_H は次式により求める。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W_1}{1000K_H}}$$

ここで、下部遮蔽体の断面性能は次式により求める。

$$I = \frac{\pi}{64} \{(d_2 + 2t_3)^4 - (d_2)^4\}$$

$$A_e = \frac{3}{4} \cdot \frac{2(d_2^2 + 2d_2 \cdot t_3 + 2 \cdot t_3^2)}{3 \cdot d_2^2 + 6d_2 \cdot t_3 + 4 \cdot t_3^2} \pi (d_2 + t_3) t_3$$

(4) 鉛直方向の固有周期

軸変形による鉛直方向のばね定数 K_V は次式により求める。

$$K_V = \frac{E \cdot A_e}{\ell_2}$$

鉛直方向の固有周期 T_V は次式により求める。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W_1}{1000K_V}}$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 上フランジの応力

上フランジを下部遮蔽体スリーブの内側で支持された均一な円板として応力を計算する。

- (1) 圧力による半径方向応力 σ_{r1} 及びせん断応力 τ_1 は、次式により求める。

$$\sigma_{r1} = \frac{3P \cdot (D_1/2)^2}{8 \cdot m \cdot t_1^2} (3m + 1)$$

$$\tau_1 = \frac{P \times \frac{\pi}{4} D_1^2}{\pi \cdot D_1 \cdot t_1}$$

※：参考文献[1]より

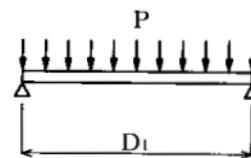


図-3-4-1-2.3 圧力による応力の計算モデル

- (2) 外荷重による応力

- a. 死荷重による半径方向応力 σ_{r2} 及びせん断応力 τ_2 は、次式により求める。

$$\sigma_{r2} = \frac{3(W_1 + W_2)g}{2\pi \cdot m \cdot t_1^2} \cdot \left[\frac{1}{2}(m - 1) + (m + 1) \ln \left(\frac{D_1}{d_1 + 2t_2} \right) - (m - 1) \frac{\{(d_1 + 2t_2)/2\}^2}{2(D_1/2)^2} \right]$$

$$\tau_2 = \frac{(W_1 + W_2)g}{\pi \cdot D_1 \cdot t_1}$$

※：参考文献[1]より

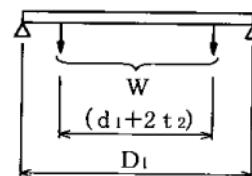


図-3-4-1-2.4 外荷重による応力の計算モデル

- b. 鉛直地震力による半径方向応力 σ_{r3} 及びせん断応力 τ_3 は、次式により求める。

$$\sigma_{r3} = \frac{3(W_1 + W_2) \cdot g \cdot C_V}{2\pi \cdot m \cdot t_1^2} \cdot \left[\frac{1}{2}(m - 1) + (m + 1) \ln \left(\frac{D_1}{d_1 + 2t_2} \right) - (m - 1) \frac{\{(d_1 + 2t_2)/2\}^2}{2(D_1/2)^2} \right]$$

$$\tau_3 = \frac{(W_1 + W_2)g \cdot C_V}{\pi \cdot D_1 \cdot t_1}$$

※：参考文献[1]より

- c. 制御棒スクラム時反力による半径方向応力 σ_{r4} 及びせん断応力 τ_4 は、次式により求める。

$$\sigma_{r4} = \frac{3W_3 \cdot g}{2\pi \cdot m \cdot t_1^2} \cdot \left[\frac{1}{2} (m-1) + (m+1) \ln \left(\frac{D_1}{d_1 + 2t_2} \right) - (m-1) \frac{\{(d_1 + 2t_2)/2\}^2}{2(D_1/2)^2} \right]$$

$$\tau_4 = \frac{W_3 \cdot g}{\pi \cdot D_1 \cdot t_1}$$

※：参考文献[1]より

(3) 組合せ応力

(1)から(2)によって算出される上フランジの応力は以下により組合わされる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{rt} = \sigma_{r1} + \sigma_{r2} + \sigma_{r3} + \sigma_{r4}$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{rt} + \sqrt{\sigma_{rt}^2 + 4(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)^2} \right\}$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{rc} = \sigma_{r1} + \sigma_{r2} + \sigma_{r3} + \sigma_{r4}$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{rc} + \sqrt{\sigma_{rc}^2 + 4(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)^2} \right\}$$

なお、一次膜応力+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じになるので省略することができる。

b. 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{2rt} = \sigma_{r3}$$

$$\sigma_{2t} = \sigma_{2rt} + \sqrt{\sigma_{2rt}^2 + 4\tau_3^2}$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{2rc} = \sigma_{r3}$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2rc} + \sqrt{\sigma_{2rc}^2 + 4\tau_3^2}$$

2.2.2. 側板の応力

水平地震力により側板は上フランジとの接合部で最大モーメントを受ける。

- (1) 死荷重による引張応力 σ_{t1} は、次式により求める。

$$\sigma_{t1} = \frac{(W_1 + W_2)g}{\frac{\pi}{4}\{(d_1 + 2t_2)^2 - d_1^2\}}$$

- (2) 鉛直地震力による引張応力 σ_{t2} は、次式により求める。

$$\sigma_{t2} = \frac{(W_1 + W_2)g \cdot C_V}{\frac{\pi}{4}\{(d_1 + 2t_2)^2 - d_1^2\}}$$

- (3) 制御棒スクラム時反力による引張応力 σ_{t3} は、次式により求める。

$$\sigma_{t3} = \frac{W_3 \cdot g}{\frac{\pi}{4}\{(d_1 + 2t_2)^2 - d_1^2\}}$$

- (4) 水平地震力による応力

- a. 曲げモーメント M_1 及び曲げ応力 σ_{b1} は、次式により求める。

$$M_1 = \frac{W_1 \cdot g \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot \ell_2}{2L^2} (2\ell_1 + \ell_2)$$

$$\sigma_{b1} = \frac{32(d_1 + 2t_2)M_1}{\pi\{(d_1 + 2t_2)^4 - d_1^4\}}$$

- b. せん断力 F_s 及びせん断応力 τ は、次式により求める。

$$F_s = \frac{W_1 \cdot g \cdot C_H \cdot \ell_1}{2L^3} (2\ell_1^2 + 6\ell_1 \cdot \ell_2 + 3\ell_2^2)$$

$$\tau = \frac{2F_s}{\frac{\pi}{4}\{(d_1 + 2t_2)^2 - d_1^2\}}$$

- (5) 組合せ応力

(1)から(4)によって算出される側板の応力は、以下により組合わされる。

- a. 一次応力

$$\sigma_s = (\sigma_{t1} + \sigma_{t3} + \sigma_{t2}) + \sigma_{b1}$$

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

2.2.3. 取付ボルトの応力

(1) 水平地震力によるせん断応力 τ_b は、次式により求める。

$$\tau_b = \frac{W_1 \cdot g \cdot C_H}{n \cdot A_b}$$

(2) 引張応力

上フランジにかかる死荷重及び曲げモーメントは $W_1 + W_2$ 、 M_1 を用いる。

転倒モーメントが作用した場合に生じる取付ボルトの引張荷重と原子炉プールライニング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。

以下にその手順を示す。(図-3-4-1-2.5 参照)

$$t_4 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c}$$

$$t_5 = \frac{1}{2}(D_{b0} - D_{b1}) - t_4$$

a. σ_b 、 σ_c を仮定して係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

b. α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - 2k)$$

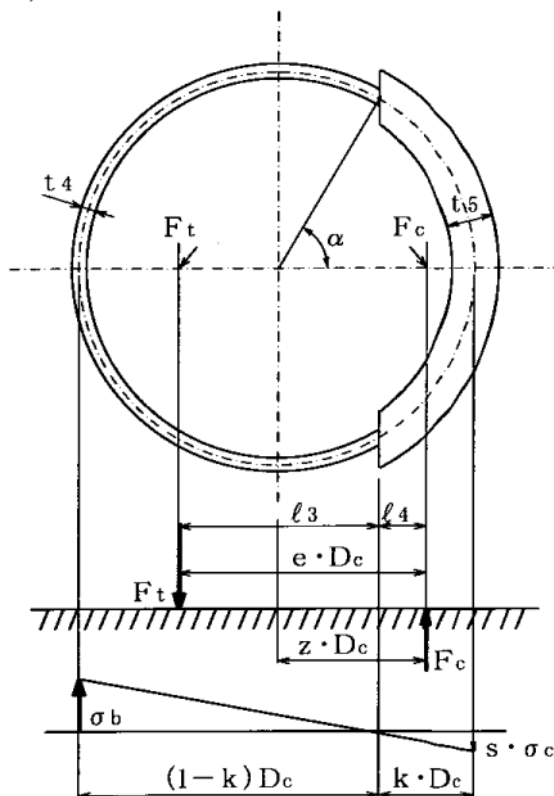


図-3-4-1-2.5 原子炉プールライニングとの取合部の荷重状態

c. 各定数 e 、 C_t 、 C_c を計算する。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cos^2 \alpha + \frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2}\alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \left\{ \cos \alpha + \left(\frac{\frac{1}{2}\alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \right\}$$

$$C_t = \frac{2\{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha}$$

$$C_c = \frac{2(\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha}$$

d. 各定数を用いて F_t 、 F_c を求める。

$$F_t = \frac{M_1 - (1 - C_V)(W_1 + W_2)g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c}$$

$$F_c = F_t + (1 - C_V)(W_1 + W_2)g$$

取付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、2.2.3.(2)c.項の式において α を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 、 $z = 0.25$ を2.2.3.(2)d.項の式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判定できる。

$F_t \leq 0$ ならば、引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば、引張力は作用しているので以降の計算を行う。

e. σ_b 、 σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2F_t}{t_4 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2F_c}{(t_5 + s \cdot t_4)D_c \cdot C_c}$$

σ_b 、 σ_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。

この場合の σ_b と σ_c を取付ボルトと原子炉プールライニングに生じる応力とする。

3. 評価方法

3.1. 解析方法

2項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 上フランジの応力評価

2.2.1(3)項で求めた組合せ応力が最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

許容応力 S_a 許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力 + 一次曲げ応力	一次+二次応力
	Ⅲ _{AS}	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の 0.6 倍のうち、小さい方の値	算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので評価は省略する。
Ⅳ _{AS}	設計引張強さ S_u の 0.6 倍の値		

3.2.2. 側板の応力評価

2.2.2 項で求めた各応力が最高使用温度における許容応力 S_b 以下であること。

許容応力 S_b 許容応力状態	一次応力			
	引張 f_t	せん断 f_s	曲げ f_b	組合せ
Ⅲ _{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$
Ⅳ _{AS}				

3.2.3. 取付ボルトの応力評価

2.2.3 項で求めた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 f_{ts} 以下であること。せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b$$

$$f_{ts} \leq f_{t0}$$

許容応力 許容応力状態	一次応力	
	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
Ⅲ _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$
Ⅳ _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 Ss		弾性設計用地震動 Sd		静的地震力	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
下部遮蔽 体	S	原子炉建家 ^(注1) F.L. -1.0	125.3	180.6	C _H =0.99	C _V =0.96	C _H =0.55	C _V =0.52	C _H =0.58	C _V =0.29

注1：原子炉本体の基準床レベルを示す。

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
静水頭(0.0785)	43

(1) 容器

材質		設計降伏点 Sy (N/mm ²)	設計引張強さ Su (N/mm ²)
SUS304L	43°C	173	475

(2) 支持構造物

材質		設計降伏点 Sy (N/mm ²)	設計引張強さ Su (N/mm ²)
SUS304	40°C	205	-
	43°C	203	515

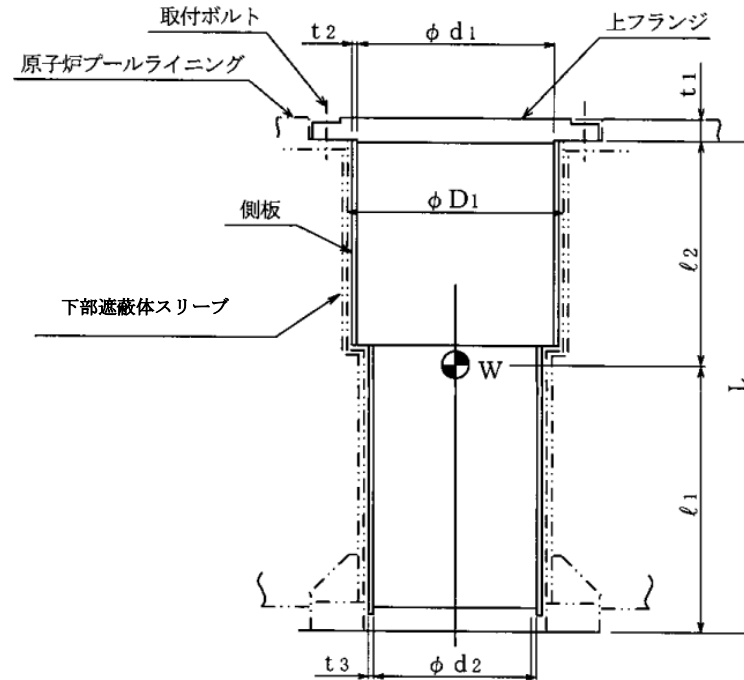


図-3-4-1-2.6 下部遮蔽体の外形図及びモデル図

5. 機器要目

D_1 (mm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	L (mm)
690	646	536	791	704	55	12	12	1495

W_1 (kg)	W_2 (kg)	W_3 (kg)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	m (-)	A_b (mm ²) (M18)	n (-)	D_c (mm)
2200	1070	17300	1.93×10^5	7.42×10^4	3.3	254.5	24	820

D_{b0} (mm)	D_{b1} (mm)	F (SUS304) (N/mm ²)		s (-)
		IV _{AS}	III _{AS}	
900	690	246	205	1

6. 計算数値

6.1. 許容応力状態Ⅳ_{AS}

6.1.1. 上フランジに生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss	
応力の種類		半径方向	せん断
圧力による応力		4	1
死荷重による応力		1	1
鉛直地震力による応力		1	1
制御棒スクラム時反力による応力		2	2
応力の和	引張側	8	5
	圧縮側	8	5
組合せ応力	引張側	11	
	圧縮側	11	

6.1.2. 側板に生じる一次応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss		
応力の種類		半径方向	せん断	曲げ
死荷重による応力		2	-	-
鉛直地震力による応力		2	-	-
制御棒スクラム時反力による応力		7	-	-
水平地震力による応力		-	2	2
応力の和		11	2	2
組合せ応力		14		

6.1.3. 上フランジに生じる地震動のみによる一次+二次応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss	
応力の種類		半径方向	せん断
鉛直地震力による応力		1	1
組合せ応力	引張側	4	
	圧縮側	4	

6.1.4. 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss	
応力の種類		引張	せん断
圧力による応力		4	4

6.2. 許容応力状態Ⅲ_{AS}

6.2.1. 上フランジに生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と 静的地震力の大きい方	
応力の種類		半径方向	せん断
圧力による応力		4	1
死荷重による応力		1	1
鉛直地震力による応力		1	1
制御棒スクラム時反力による応力		2	2
応力の和	引張側	8	5
	圧縮側	8	5
組合せ応力	引張側	11	
	圧縮側	11	

6.2.2. 側板に生じる一次応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と 静的地震力の大きい方		
応力の種類		半径方向	せん断	曲げ
死荷重による応力		2	-	-
鉛直地震力による応力		1	-	-
制御棒スクラム時反力による応力		7	-	-
水平地震力による応力		-	1	1
応力の和		10	1	1
組合せ応力		12		

6.2.3. 上フランジに生じる地震動のみによる一次+二次応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と 静的地震力の大きい方	
応力の種類		半径方向	せん断
鉛直地震力による応力		1	1
組合せ応力	引張側	4	
	圧縮側	4	

6.2.4. 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と 静的地震力の大きい方	
応力の種類		引張	せん断
圧力による応力		0	2

7. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、構造上、地震の方向によって発生応力が最大となる位置が異なることから考慮不要とした。ただし、ボルトのせん断は水平 2 方向の荷重を同時に受けるため、6 項の値を 1.42 倍している。

(1) 容器

表-3-4-1-2.1 容器の評価結果 (単位：N/mm²)

許容応力 状態	評価場所	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _{AS}	上フランジ	SUS304L	一次一般膜	11	285
			一次＋二次	4	346
III _{AS}	上フランジ	SUS304L	一次一般膜	11	173
			一次＋二次	4	346

(2) 支持構造物

表-3-4-1-2.2 支持構造物の評価結果 (単位：N/mm²)

許容応力 状態	評価場所	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _{AS}	側板	SUS304	引張	11	246
			せん断	2	142
			曲げ	2	246
			組合せ	14	246
	取付ボルト	SUS304	引張	4	184
			せん断	6	142
III _{AS}	側板	SUS304	引張	10	205
			せん断	1	118
			曲げ	1	205
			組合せ	12	205
	取付ボルト	SUS304	引張	0	153
			せん断	3	118

8. 参考文献

- [1] 日本機械学会:機械工学便覧

3-4-2. 原子炉冷却系統施設の耐震強度評価

3-4-2-1. 1次冷却材熱交換器の耐震強度評価

目次

1. 設計条件	添 3-4-2-1-1
2. 機器要目	添 3-4-2-1-2
3. 計算数値	添 3-4-2-1-5
3.1. 許容応力状態 B _A S	添 3-4-2-1-5
3.1.1. 胴に生じる応力	添 3-4-2-1-5
3.1.2. 脚に生じる応力	添 3-4-2-1-6
3.1.3. 基礎ボルトに生じる応力	添 3-4-2-1-7
4. 結論	添 3-4-2-1-7

本計算書は「添付書類 3-3-2-2. 横置二胴円筒形容器」に基づいて計算を行う。

1. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	比重
一次冷却材 熱交換器	B	原子炉建家 ^(注) 1FL -7.95	0.7845	55	—

注:基準床レベルを示す。

固有振動数(Hz)	
水平方向	鉛直方向
15.3	33.6

B _A S		
静的 地震力	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	
水平方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
C _H =0.18	C _H =0.48	C _V =0.25

部材	材料		設計降伏点	設計引張強さ	許容引張応力
			S _y (N/mm ²)	S _u (N/mm ²)	S (N/mm ²)
胴板	SUS304L	55°C	166	459	109
脚	SM400A	40°C	215	400	—
基礎ボルト	SS400	40°C	235	400	—

2. 機器要目

W_1 (N)	W_2 (N)	W_3 (N)	W_4 (N)	W_5 (N)	W_6 (N)	W_7 (N)
54230	27560	20100	69230	19420	46970	35110

W_1' (N)	W_2' (N)	W_3' (N)	W_4' (N)	W_5' (N)	W_6' (N)	W_7' (N)
54230	27560	20100	69230	19420	46970	35110

W_0 (N)	$W_{0\ell}$ (N)	W_{0u} (N)	$W_{s\ell}$ (N)	W_{su} (N)
583500	272600	272600	6374	12750

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	ℓ_8 (mm)
-1103	-393	0	1016	2038	2724	3357	648

h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	ℓ_0 (mm)
604	1100	3300	2038

D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
1650	14	33	700	200

E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	E_s (N/mm ²)	G_s (N/mm ²)	θ_0 (rad)
1.93 $\times 10^5$	7.42 $\times 10^4$	2.02 $\times 10^5$	7.77 $\times 10^4$	2.187

A_s (mm^2)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
8.086 $\times 10^4$	3.953 $\times 10^4$	3.860 $\times 10^4$	3.226 $\times 10^4$	2.954 $\times 10^4$

I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	J_s (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)
1.74 $\times 10^{10}$	1.29 $\times 10^9$	2.11 $\times 10^7$	2.48 $\times 10^7$	4.56 $\times 10^6$

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	A_b (mm^2)
15	4	2	2	450	1450	125	150	1018 (M36)

F(脚) (N/mm^2)	F(基礎ボルト) (N/mm^2)
$B_A S$	$B_A S$
215	235

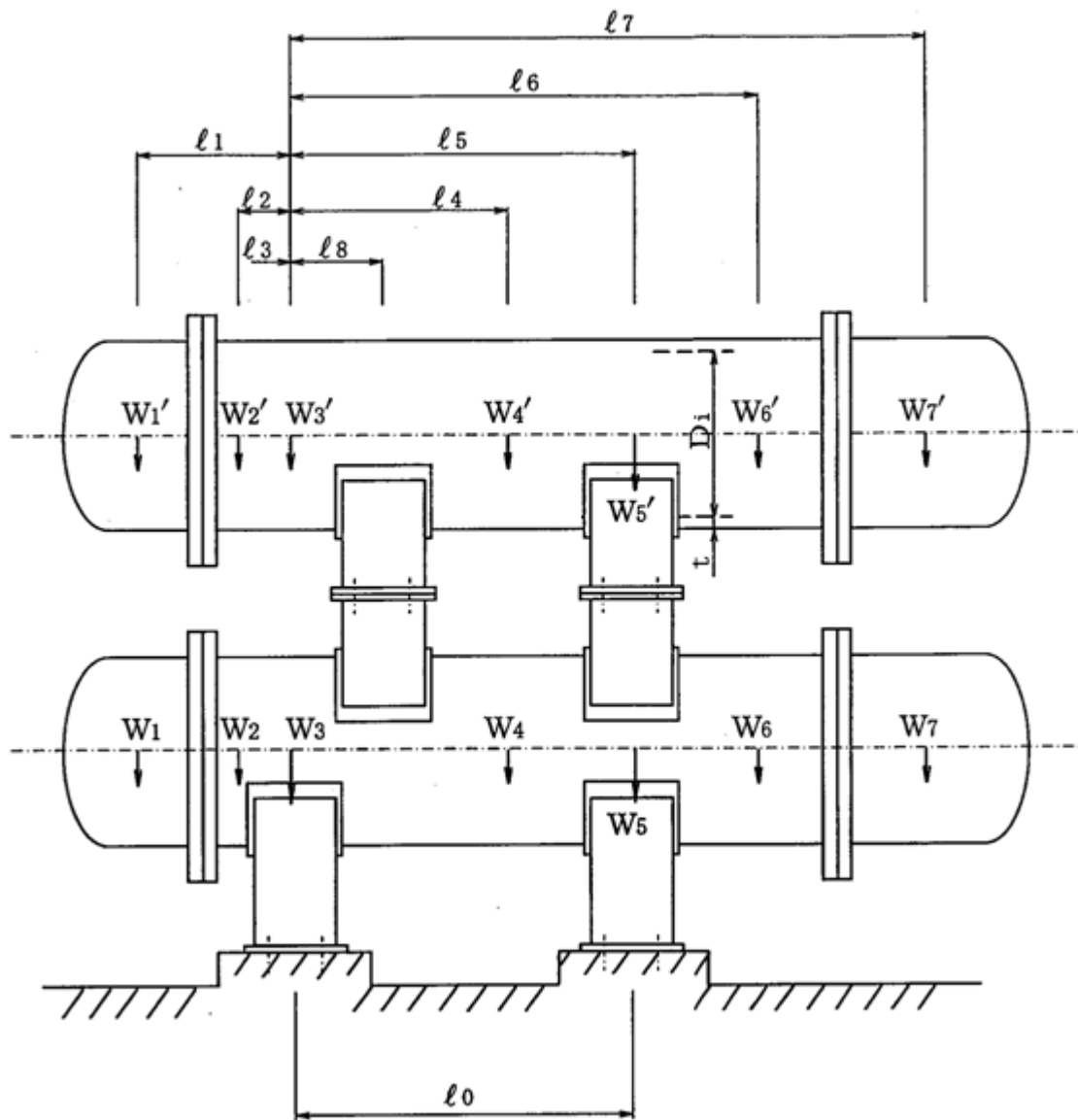


図-3-4-2-1.1 1次冷却材熱交換器の荷重説明図

3. 計算数値

本評価では水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を SRSS 法により組合せた。

3.1. 許容応力状態 B_AS

3.1.1. 胴に生じる応力

(1) 胴に生じる一次一般膜応力

(単位: N/mm²)

地震力の種類	1/2Sd と静的地震力の大きい方			
	長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}=47$	$\sigma_{x1}=24$	$\sigma_{\phi 1}=47$	$\sigma_{x1}=24$
運転時重量による長手方向 曲げモーメントによる応力	-	$\sigma_{x2}=21$	-	$\sigma_{x2}=21$
鉛直方向地震力による長手方向 曲げモーメントによる応力	-	$\sigma_{x6}=6$	-	$\sigma_{x6}=6$
水平方向地震力による応力	-	$\sigma_{x43}=4$	-	-
組合せ応力	$\sigma_{00}=53$		$\sigma_{0c}=51$	

(2) 胴に生じる一次応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類		1/2Sd と静的地震力の大きい方			
地震の方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}=47$	$\sigma_{x1}=24$	$\sigma_{\phi 1}=47$	$\sigma_{x1}=24$
運転時重量による長手方向 曲げモーメントによる応力		-	$\sigma_{x2}=21$	-	$\sigma_{x2}=21$
鉛直方向地震力による長手方向 曲げモーメントによる応力		-	$\sigma_{x6}=6$	-	$\sigma_{x6}=6$
運転時重量による脚反力に よる応力		$\sigma_{\phi 3}=5$	$\sigma_{x3}=8$	$\sigma_{\phi 3}=5$	$\sigma_{x3}=8$
鉛直方向地震力による脚反力に よる応力		$\sigma_{\phi 7}=1$	$\sigma_{x7}=2$	$\sigma_{\phi 7}=1$	$\sigma_{x7}=2$
水平方向地震力に よる応力	引張	$\sigma_{\phi 4}=7$	$\sigma_{x4}=13$	$\sigma_{\phi 5}=16$	$\sigma_{x5}=12$
	せん断	$\tau_{\phi}=25$		$\tau_c=4$	
組合せ応力		$\sigma_{10}=90$		$\sigma_{1c}=72$	

3.1.2. 脚に生じる応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類		1/2Sd と静的地震力の大きい方	
地震の方向		長手方向	横方向
運転時重量による応力	圧縮	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$
鉛直方向地震力による応力	圧縮	$\sigma_{s4}=1$	$\sigma_{s4}=1$
水平方向地震力による応力	曲げ、圧縮	$\sigma_{s2}=22$	-
	曲げ	-	$\sigma_{s3}=11$
	せん断	$\tau_{s2}=9$	$\tau_{s3}=5$
組合せ応力		$\sigma_{s0}=31$	$\sigma_{sc}=18$

3.1.3. 基礎ボルトに生じる応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類	1/2Sd と静的地震力の大きい方	
地震の方向	長手方向	横方向
引張応力	$\sigma_{b1}=133$	$\sigma_{b2}=59$
せん断応力	$\tau_{b1}=69$	$\tau_{b2}=36$

4. 結論

下表に示すように、許容応力状態 B_AS における算出応力はすべて許容応力以下である。なお、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、本機器は応答軸が明確な設備であり、厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力していることから、考慮不要とした。

表-3-4-2-1.1 評価結果

(単位:N/mm²)

許容応力状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
B _A S	胴板	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0=53$	$S_a=166$
			一次膜+一次曲げ	$\sigma_1=90$	$S_a=166$
	脚	SM400A	組合せ	$\sigma_s=31$	$f_t=215$
	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=133$	$f_{ts}=136$
			せん断	$\tau_b=69$	$f_{sb}=135$

3-4-2-2. 1次冷却系設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-2-2- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-2-2- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-2-2- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-2-2- 3
3. 設計条件	添 3-4-2-2-15
3.1. PCS-R-1	添 3-4-2-2-15
3.2. PCS-R-2	添 3-4-2-2-17
3.3. PCS-R-3	添 3-4-2-2-19
3.4. PCS-R-4	添 3-4-2-2-21
3.5. PCS-R-5	添 3-4-2-2-26
3.6. PCS-R-6	添 3-4-2-2-32
3.7. PCS-R-7	添 3-4-2-2-35
3.8. PCS-R-8	添 3-4-2-2-37
3.9. PCS-R-9	添 3-4-2-2-39
3.10. PCS-R-10	添 3-4-2-2-41
3.11. PCS-R-11	添 3-4-2-2-43
4. 解析結果及び評価	添 3-4-2-2-45
4.1. 固有周期	添 3-4-2-2-45
4.2. 結論	添 3-4-2-2-56
4.2.1. PCS-R-1	添 3-4-2-2-56
4.2.2. PCS-R-2	添 3-4-2-2-57
4.2.3. PCS-R-3	添 3-4-2-2-58
4.2.4. PCS-R-4	添 3-4-2-2-59
4.2.5. PCS-R-5	添 3-4-2-2-60
4.2.6. PCS-R-6	添 3-4-2-2-61
4.2.7. PCS-R-7	添 3-4-2-2-62
4.2.8. PCS-R-8	添 3-4-2-2-63
4.2.9. PCS-R-9	添 3-4-2-2-64
4.2.10. PCS-R-10	添 3-4-2-2-65
4.2.11. PCS-R-11	添 3-4-2-2-66
4.3. 拘束点反力	添 3-4-2-2-67
4.3.1. PCS-R-1	添 3-4-2-2-67
4.3.2. PCS-R-2	添 3-4-2-2-69
4.3.3. PCS-R-3	添 3-4-2-2-70
4.3.4. PCS-R-4	添 3-4-2-2-71
4.3.5. PCS-R-5	添 3-4-2-2-76
4.3.6. PCS-R-6	添 3-4-2-2-81
4.3.7. PCS-R-7	添 3-4-2-2-87

4.3.8.	PCS-R-8	添 3-4-2-2-88
4.3.9.	PCS-R-9	添 3-4-2-2-89
4.3.10.	PCS-R-10	添 3-4-2-2-90
4.3.11.	PCS-R-11	添 3-4-2-2-91

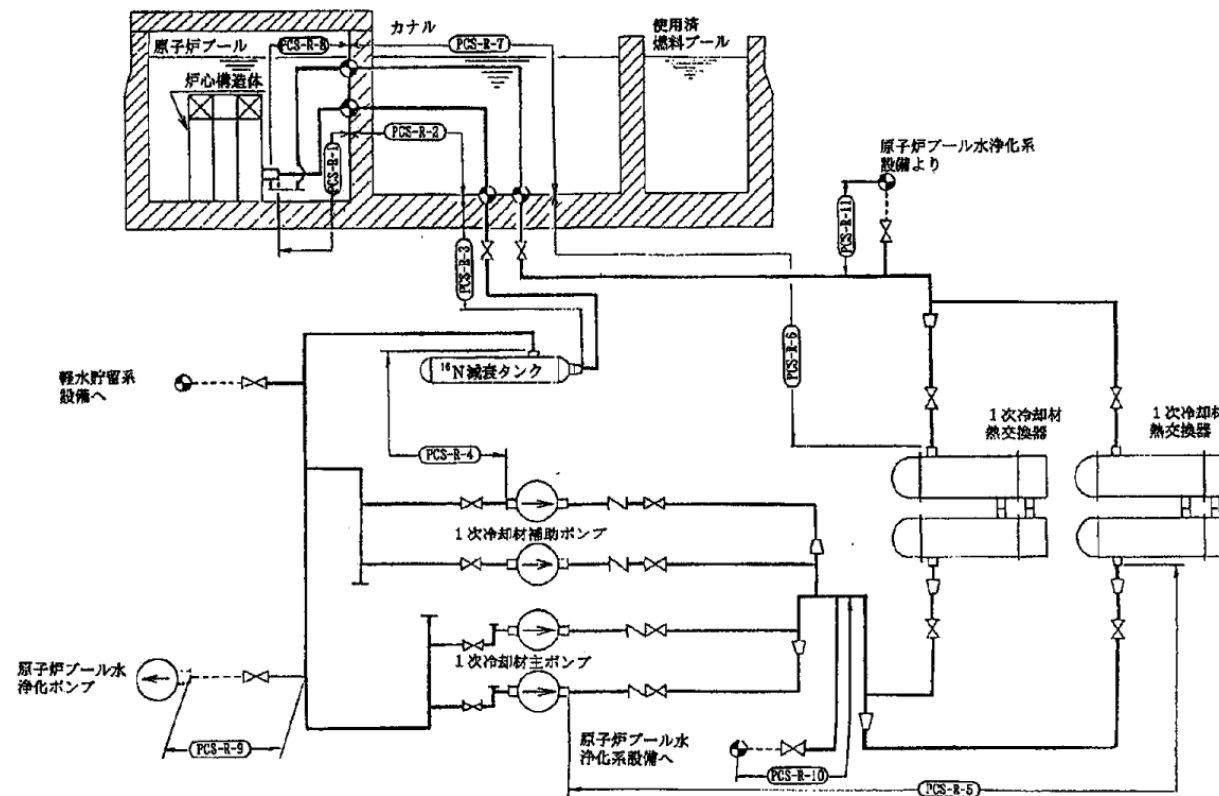
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
PCS-R-1	炉心構造体 から 原子炉プール貫通部アンカ まで	B
PCS-R-2	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
PCS-R-3	カナル貫通部アンカ から ¹⁶ N 減衰タンク まで	B
PCS-R-4	¹⁶ N 減衰タンク から 1次冷却材主ポンプ、 1次冷却材補助ポンプ及び原子炉建家地階アンカ まで	B
PCS-R-5	1次冷却材主ポンプ及び1次冷却材補助ポンプ から 1次冷却材熱交換器 まで	B
PCS-R-6	1次冷却材熱交換器 から カナル貫通部アンカ まで	B
PCS-R-7	カナル貫通部アンカ から原子炉プール貫通部アンカ まで	B
PCS-R-8	原子炉プール貫通部アンカ から ディフューザ入口 まで	B
PCS-R-9	R-4 分岐部 から 原子炉プール水浄化ポンプ まで	B
PCS-R-10	R-5 分岐部 から 原子炉建家地階アンカ まで	B
PCS-R-11	R-6 分岐部 から 原子炉建家地階アンカ まで	B

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

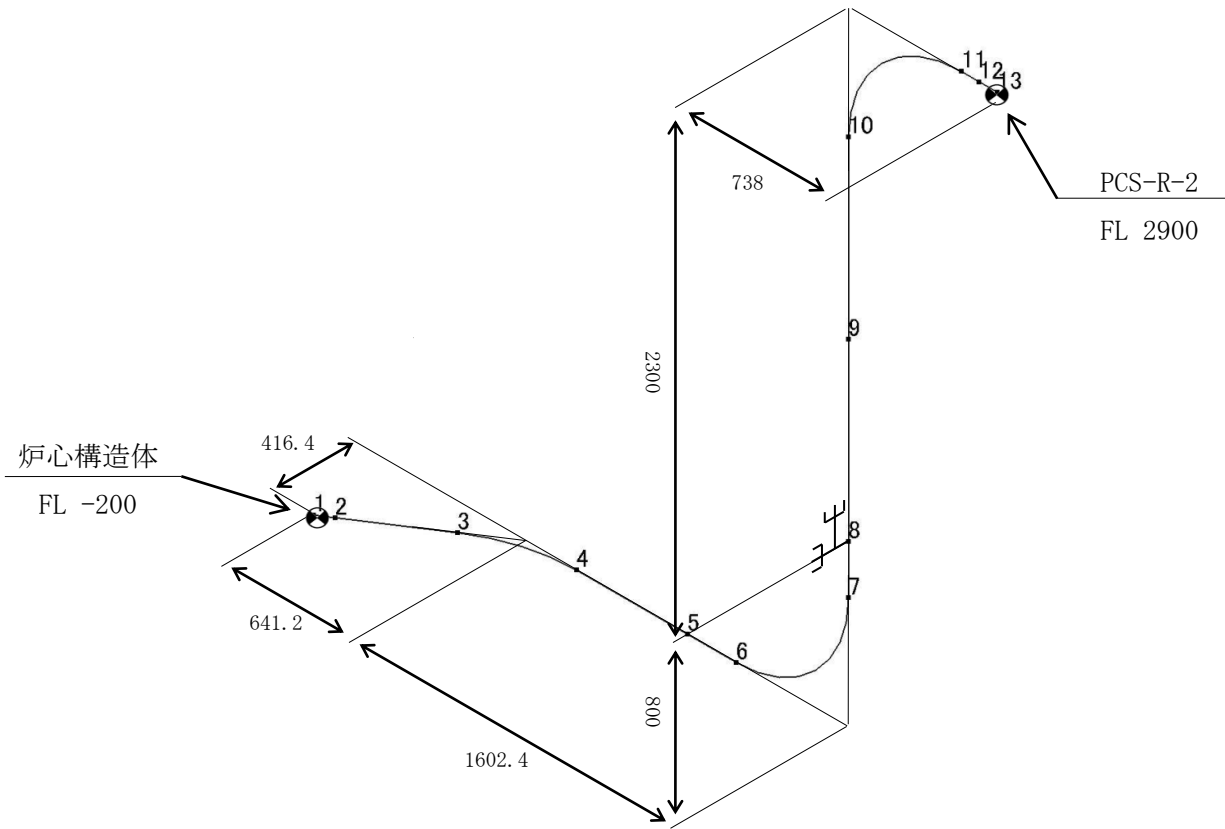


2.2. 鳥瞰図

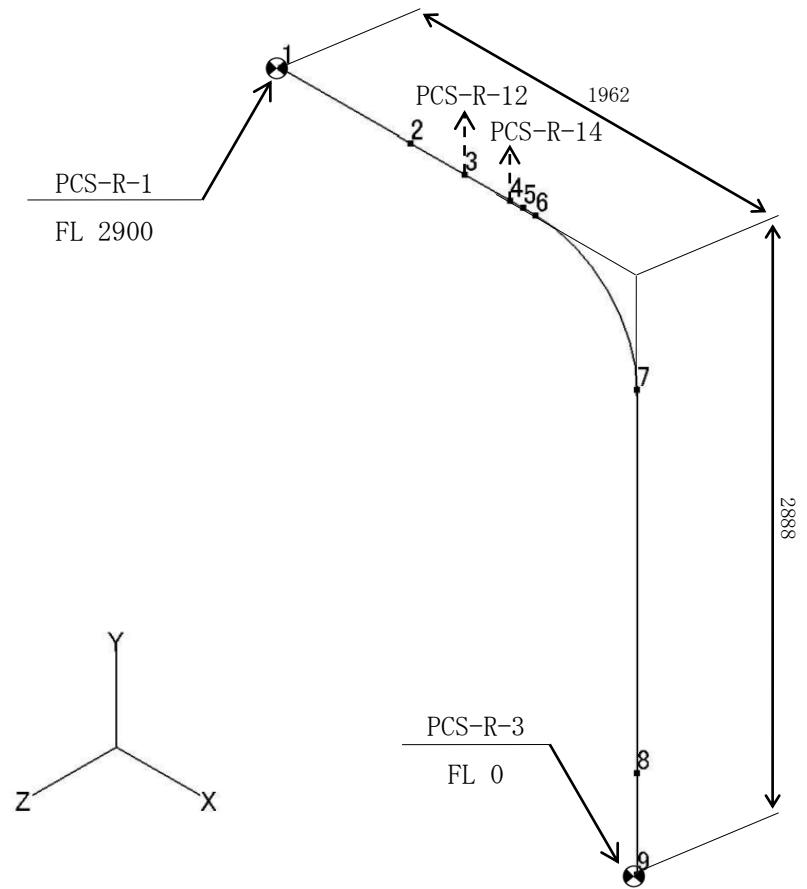
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	ハンガー
	スナッパ
	リジットハンガ
	流量計

(1) PCS-R-1

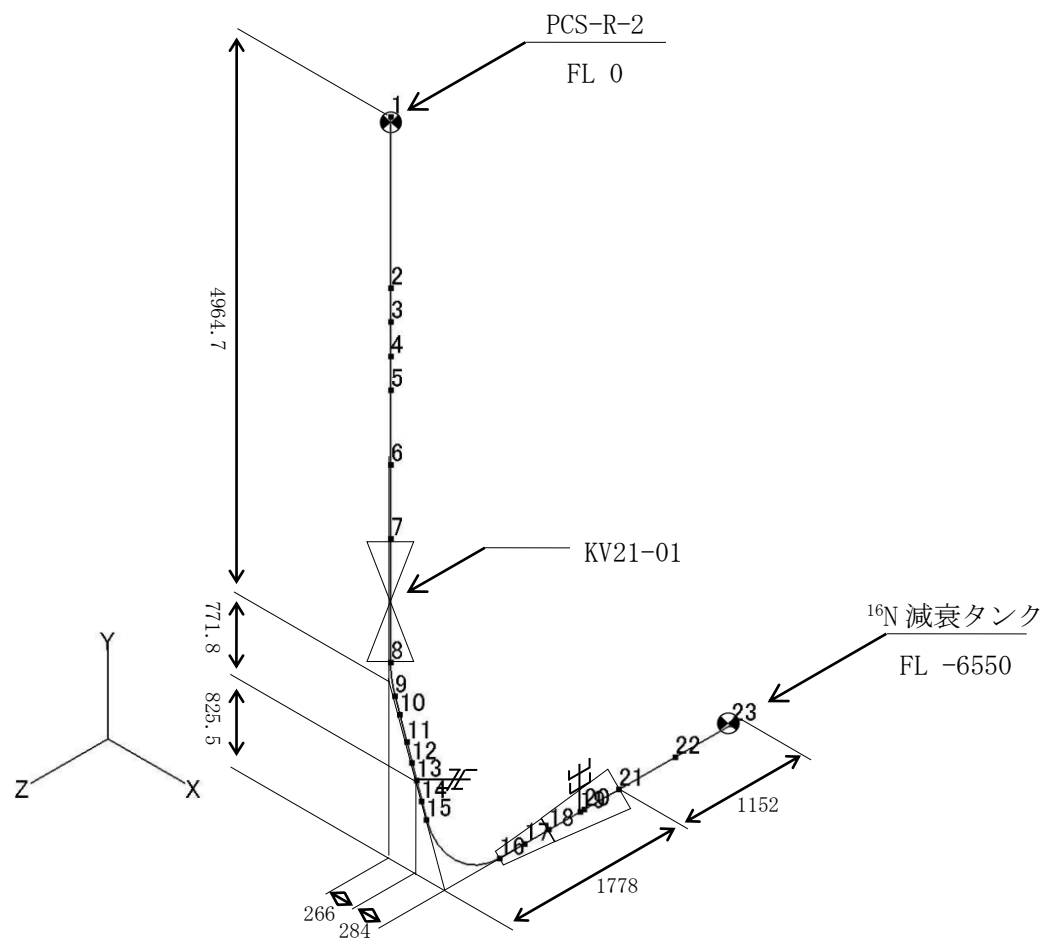


(2) PCS-R-2



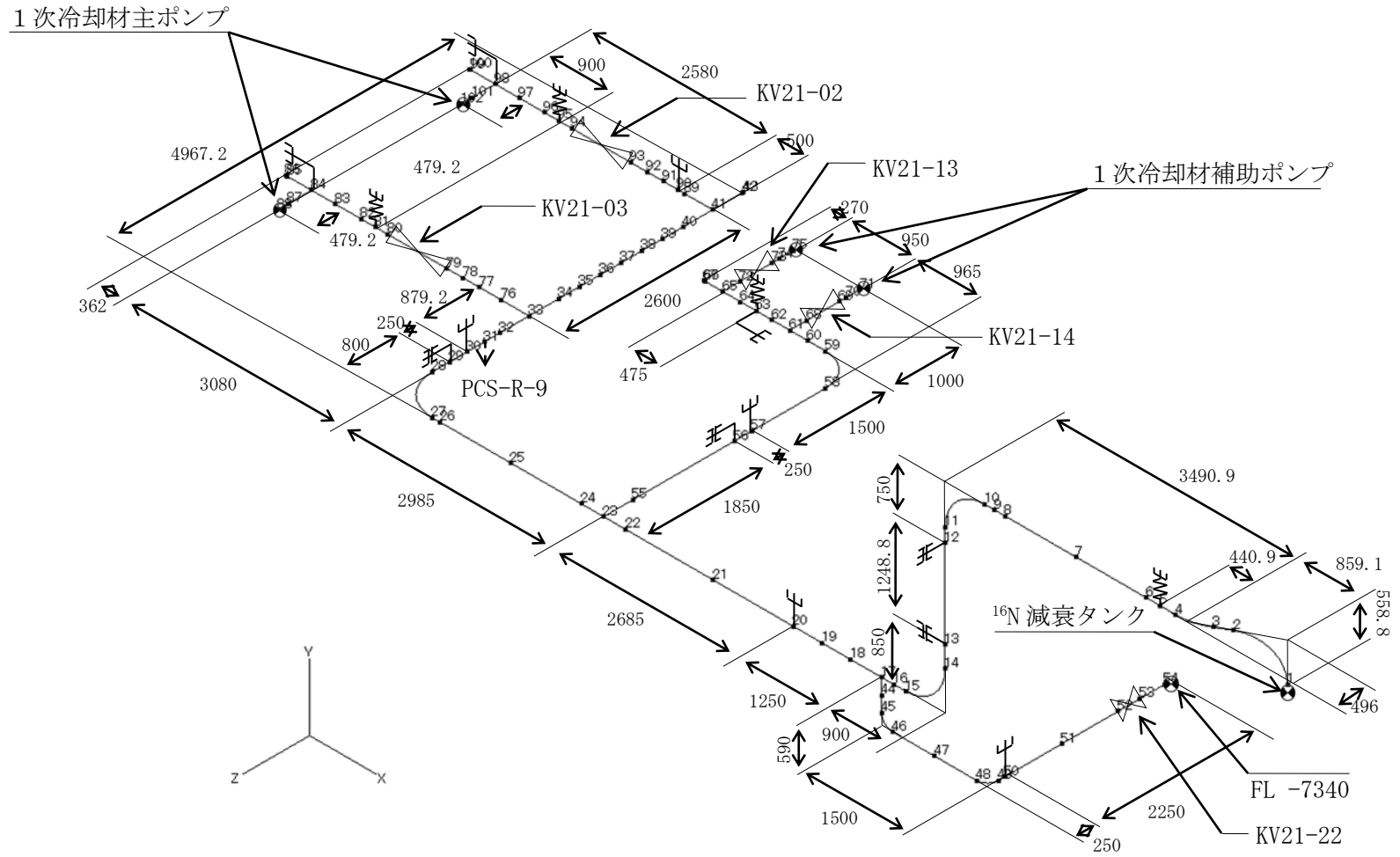
添 3-4-2-2-5

(3) PCS-R-3

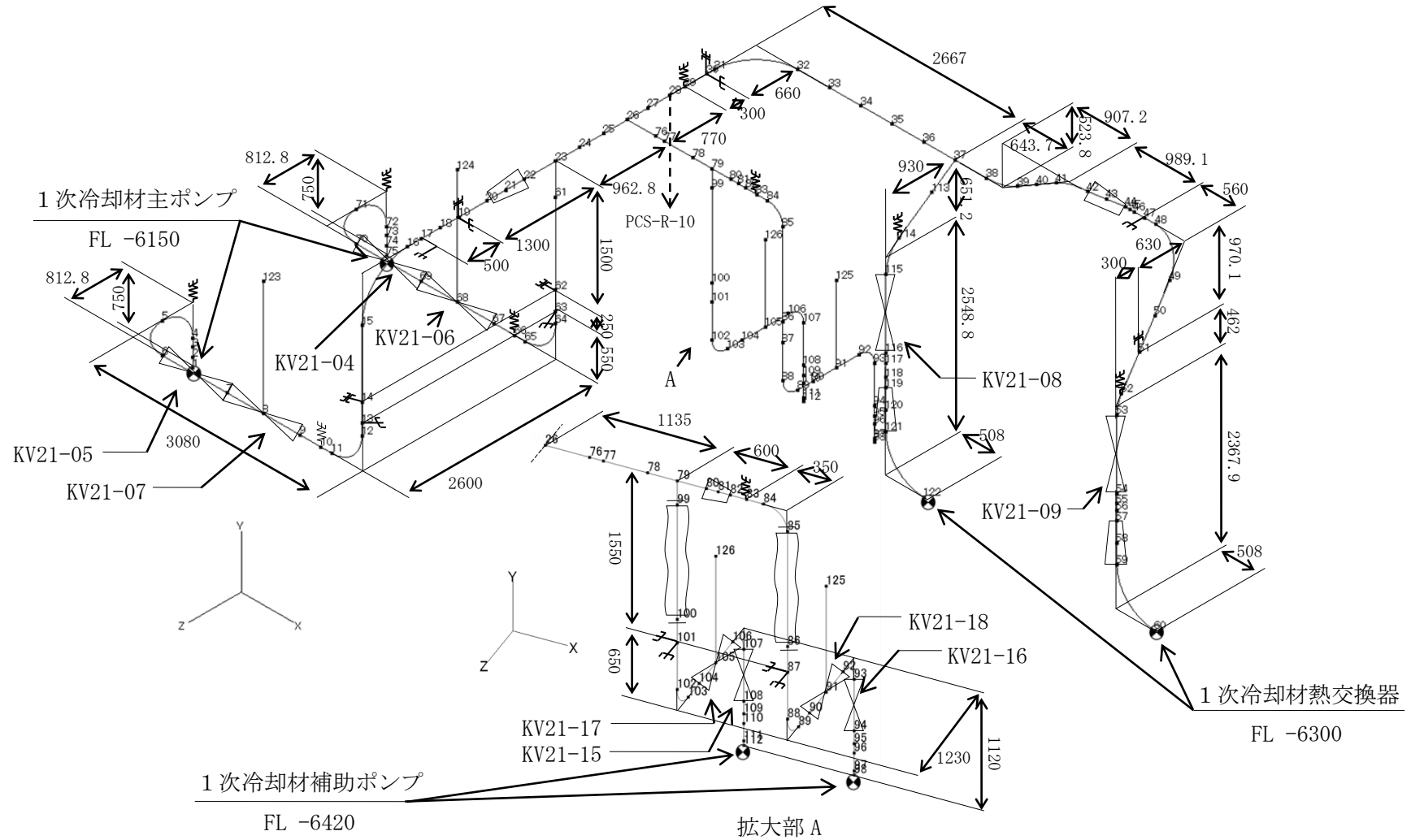


添 3-4-2-2-6

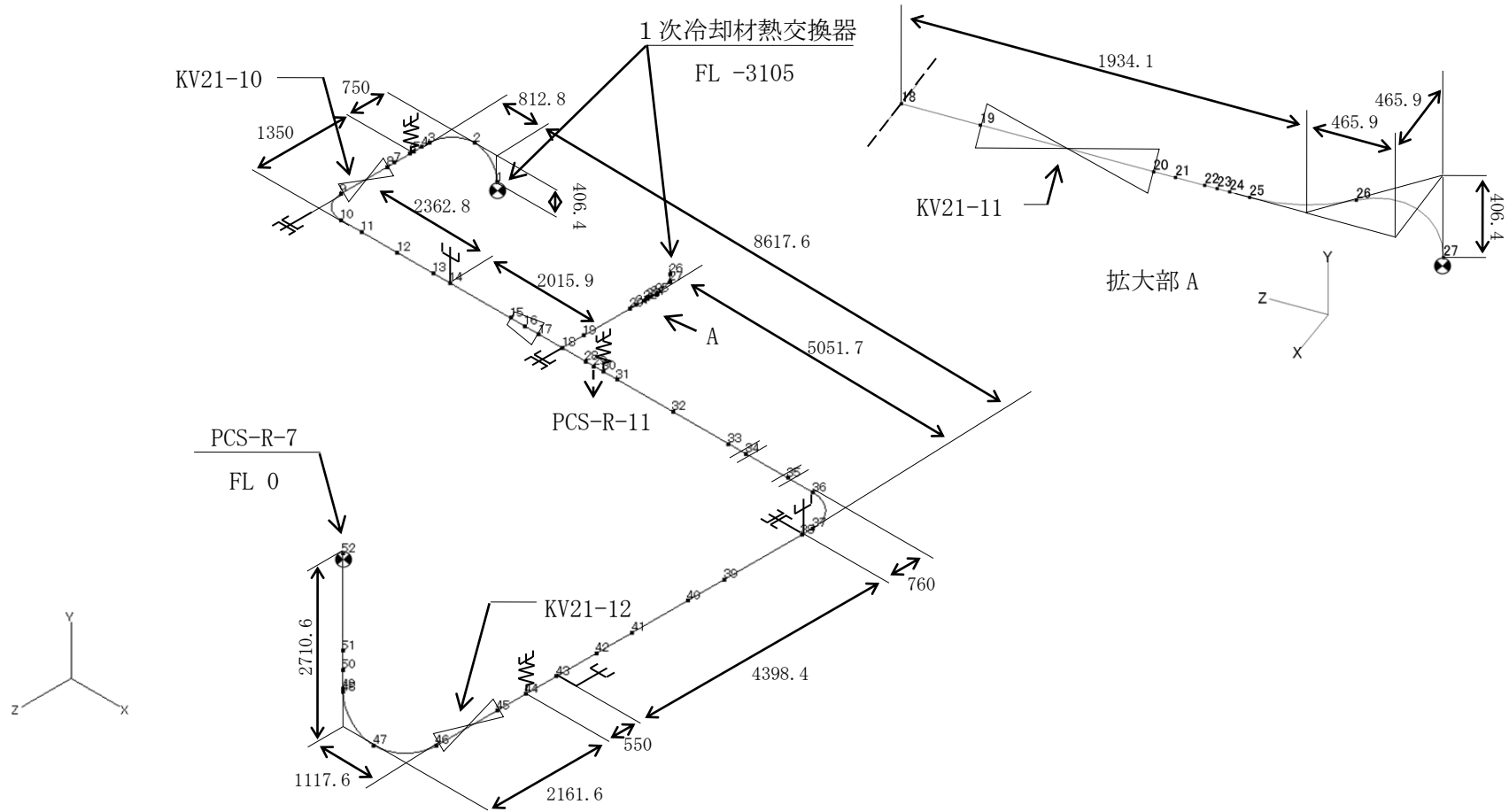
(4) PCS-R-4



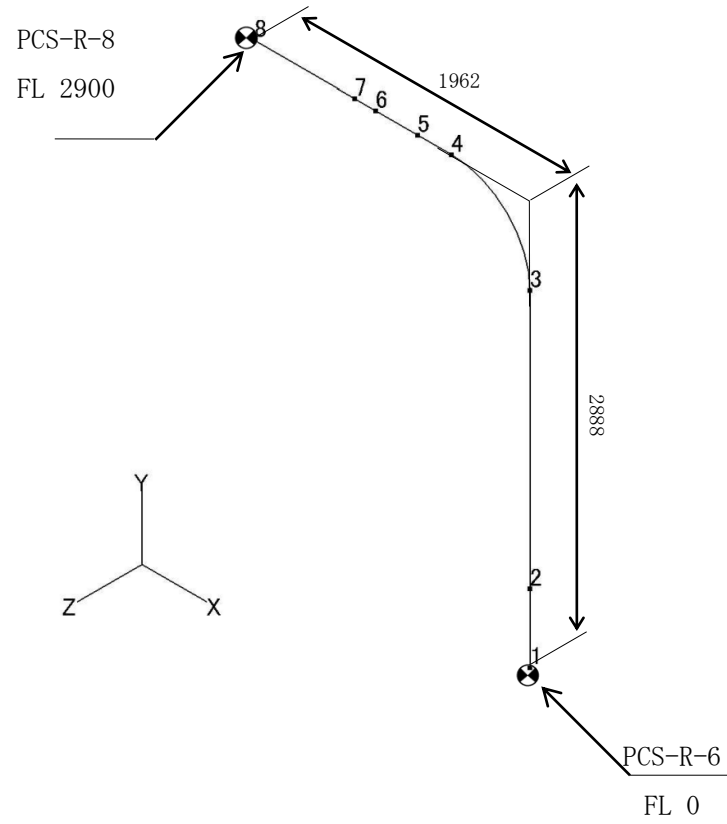
(5) PCS-R-5



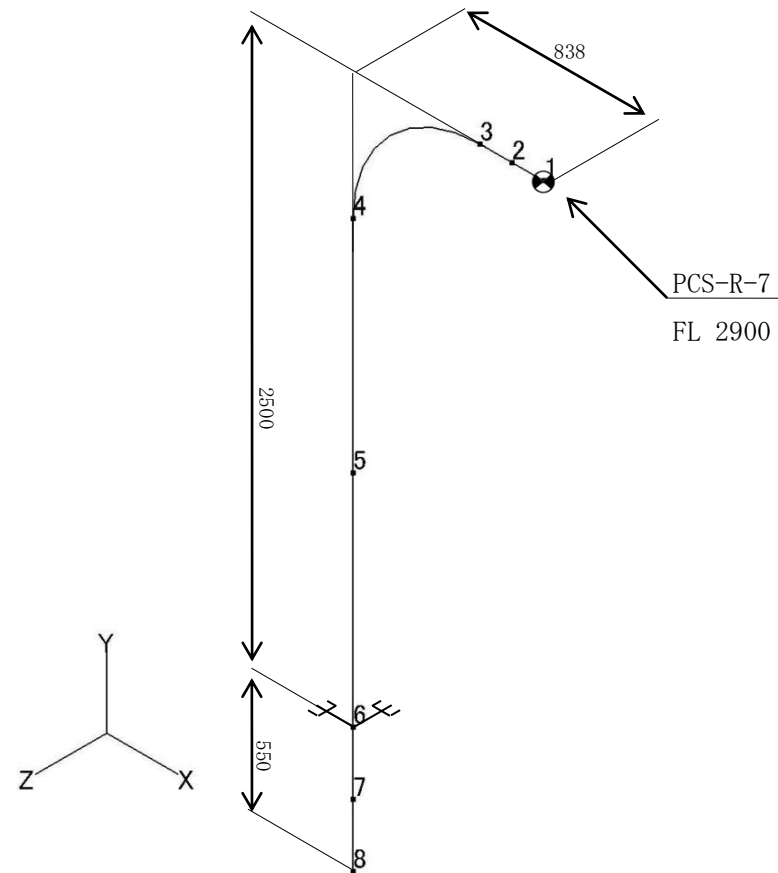
(6) PCS-R-6



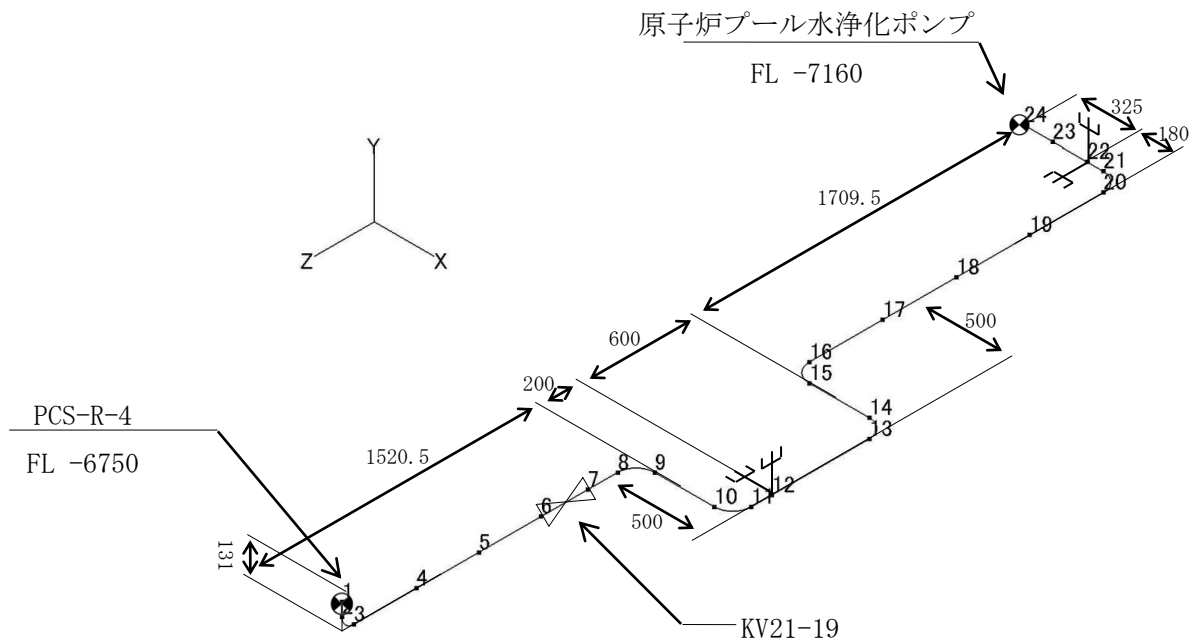
(7) PCS-R-7



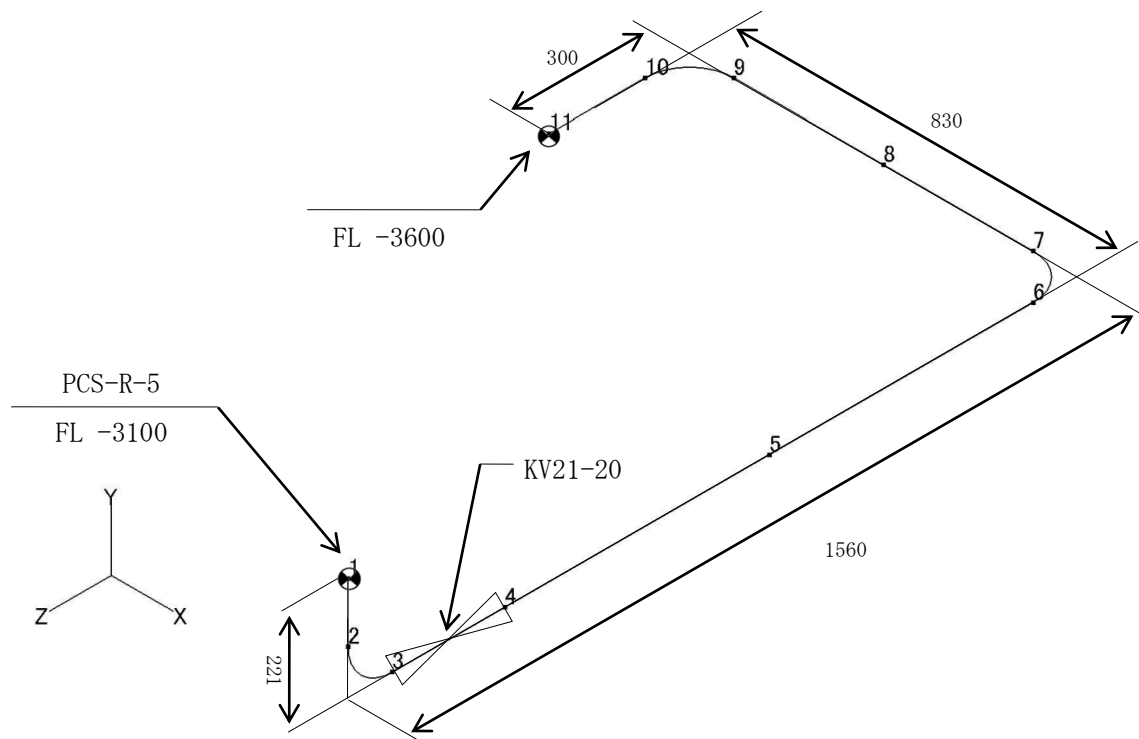
(8) PCS-R-8



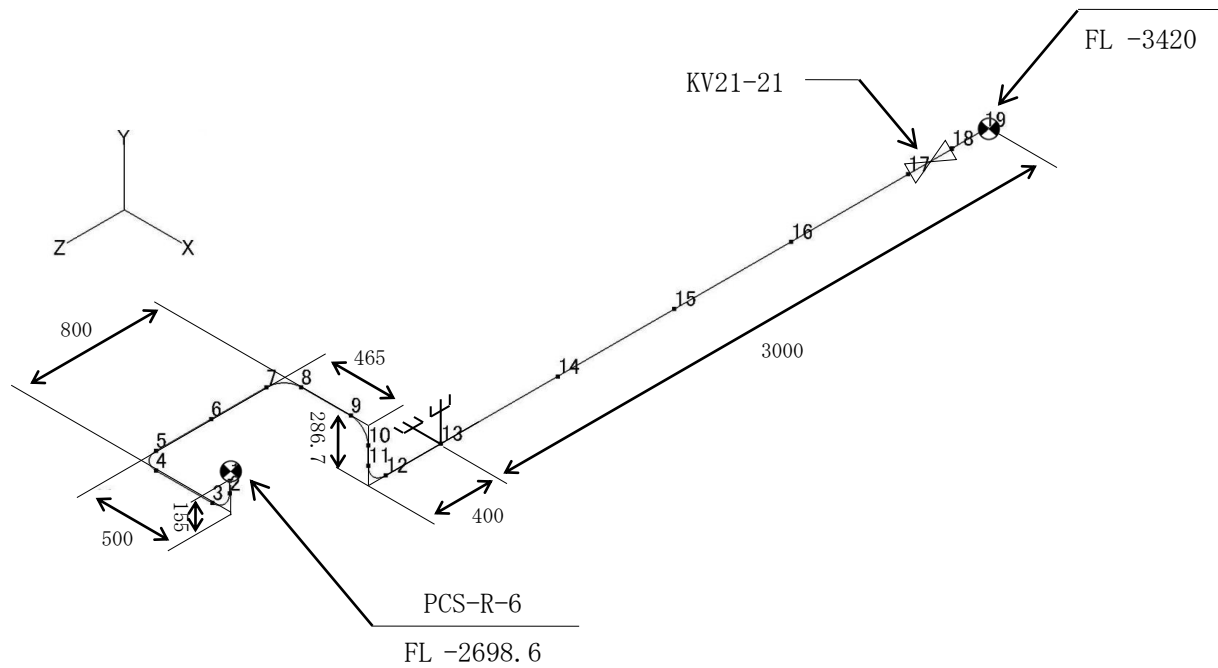
(9) PCS-R-9



(10) PCS-R-10



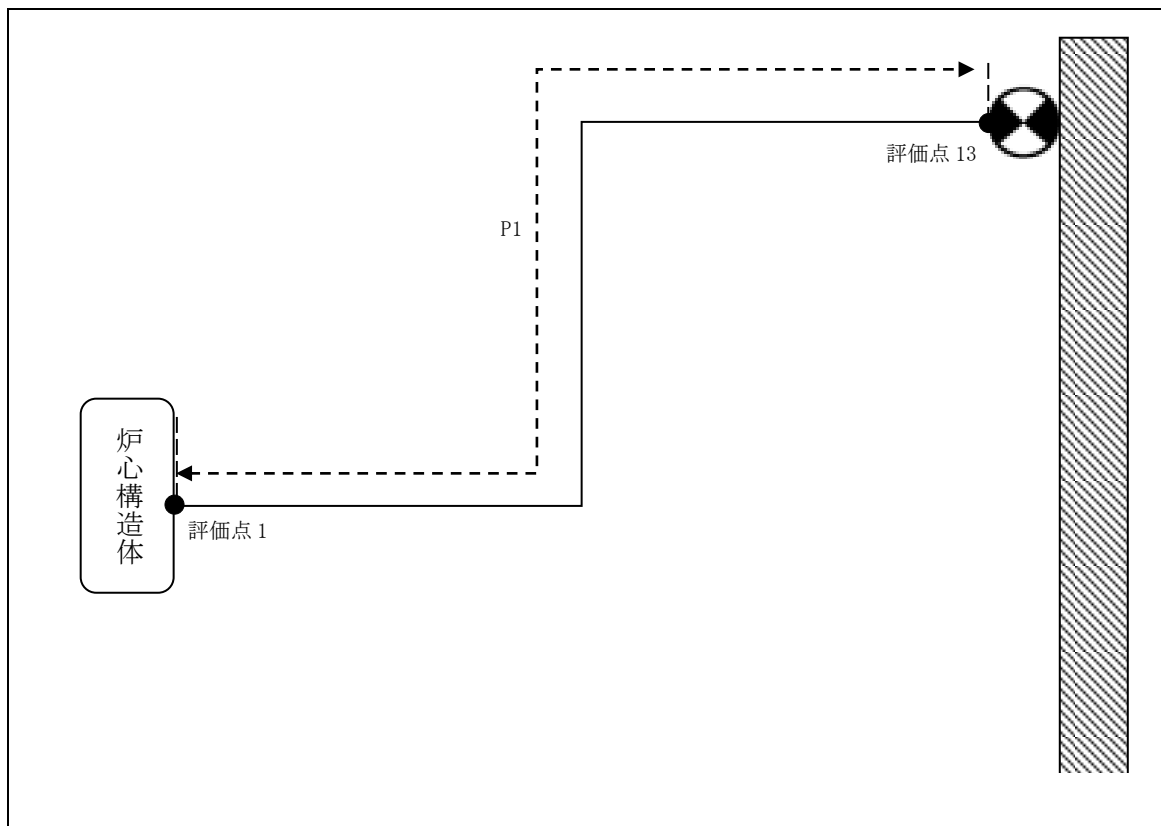
(11) PCS-R-11



3. 設計条件

3.1. PCS-R-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	558.8			
板厚(mm)	9.5			
材質	SUS304LTPY			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.1961			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	367			
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	330	
		1次+2次	266	
	B _A S	1次	133	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(9)	2.10	—
3	(6)	4.03	—
4	(6)	4.03	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	5.28	—
7	(6)	5.28	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(6)	5.28	—
11	(6)	5.28	—
12	(1)	1.00	—
13	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	44.40	—

(4) 入力地震波

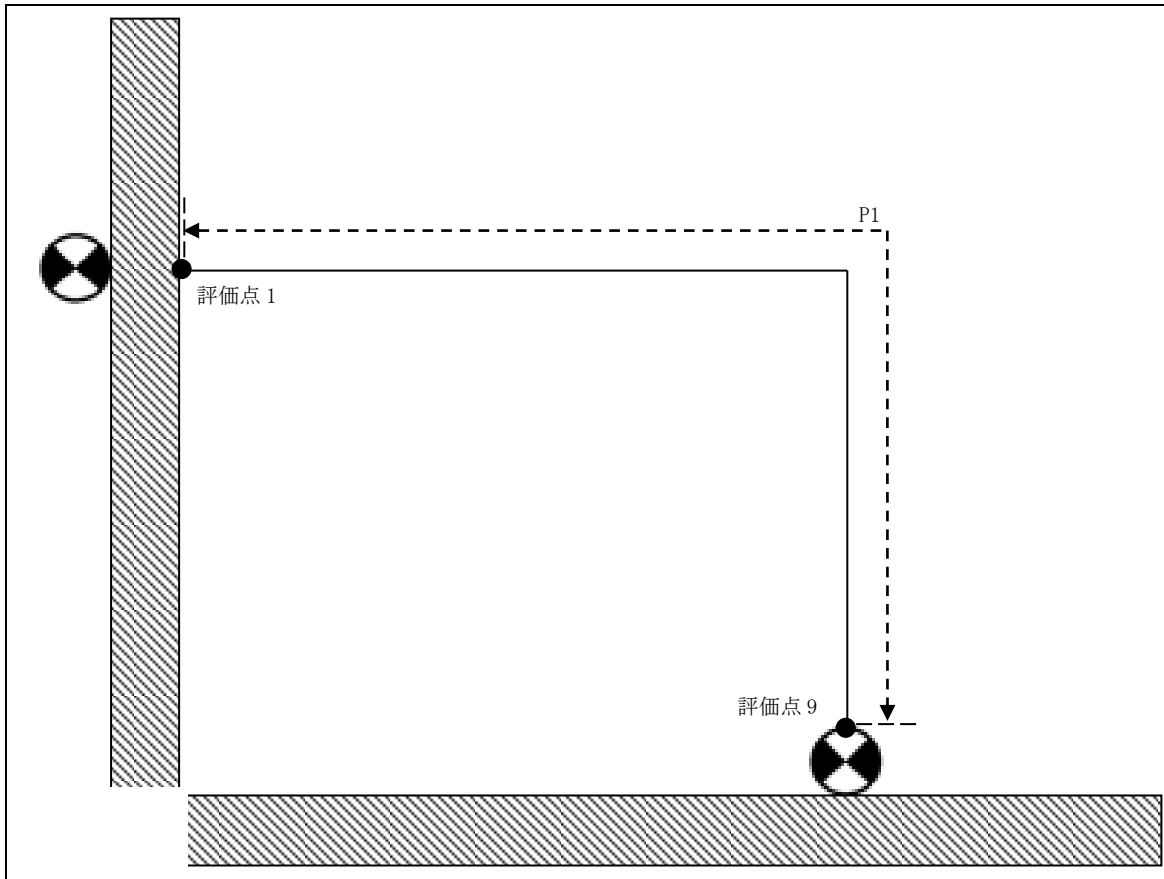
許容応力状態	地震波	種類	減衰定数	使用質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _A S	基準地震動 S _s	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 9, 10, 22, 23	1.05	0.98
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—		0.30	0.26
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

評価点	相対変位 (mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	4.31	0.15	4.31
8	—	0.16	4.87
13	6.18	0.18	6.18

3. 2. PCS-R-2

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	558.8			
板厚(mm)	9.5			
材質	SUS304LTPY			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.1961			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	133	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(5)	2.24	—
4	(5)	2.24	—
5	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
6	(6)	5.28	—
7	(6)	5.28	—
8	(3)	1.80	—
9	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

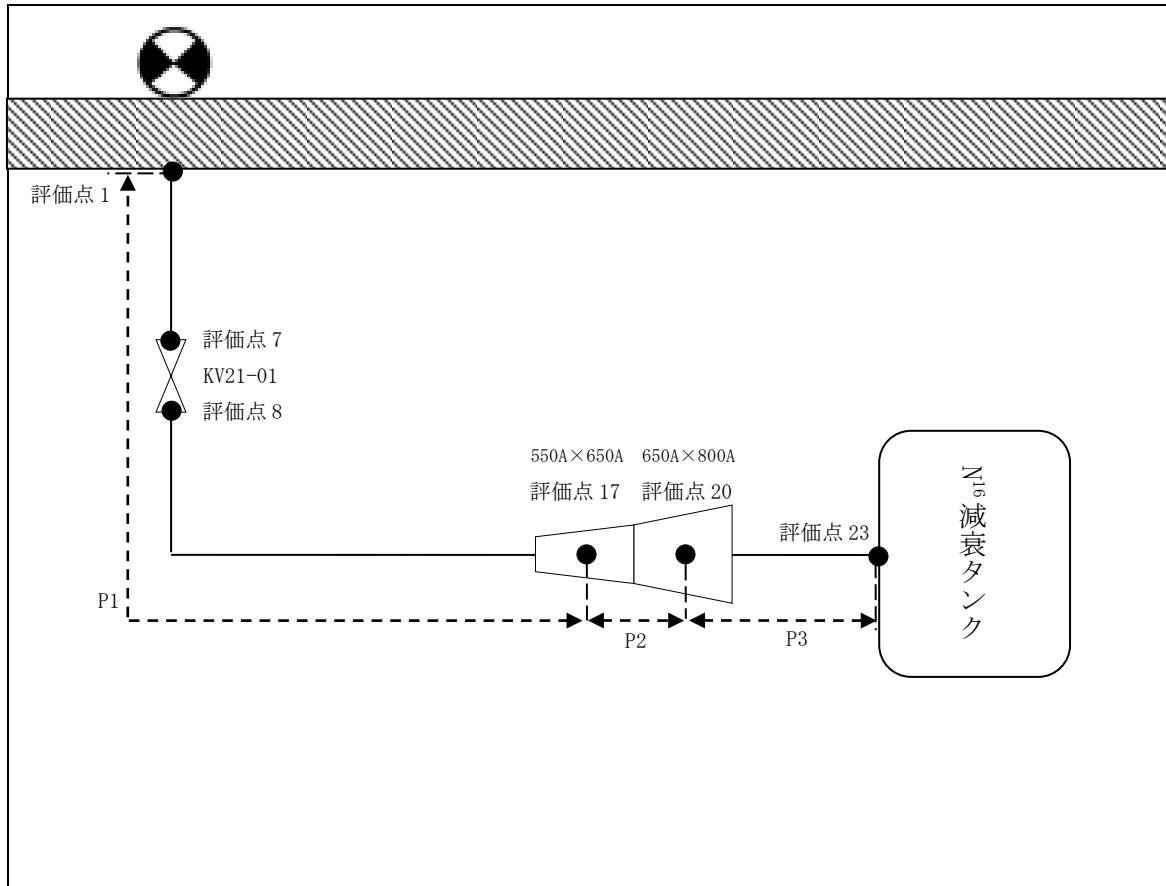
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9	0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

3.3. PCS-R-3

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	558.8		660.4	812.8
板厚(mm)	9.5		12.7	12.7
材質	SUS304LTPY		SUS304LTPY	SUS304LTPY
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁶	1.93×10 ⁶
ポアソン比(-)	0.3		0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55		55	55
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.1961	0.1961
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹
内部流体種類	水		水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
外部流体種類	—		—	—
外部流体密度(ton/mm)	—		—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133		133	133
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	133	133

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(5)	2.10	—
4	(5)	2.10	—
5	(5)	2.10	—
6	(1)	1.00	—
7	(2)	2.10	—
8	(6)	4.03	—
9	(6)	4.03	—
10	(5)	2.10	—
11	(5)	2.10	—
12	(5)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(1)	1.00	—
14	(5)	2.10	—
15	(6)	5.28	—
16	(6)	5.28	—
17	(7)	2.00	—
18	(3)	1.80	—
19	(1)	1.00	—
20	(7)	2.00	—
21	(2)	2.10	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

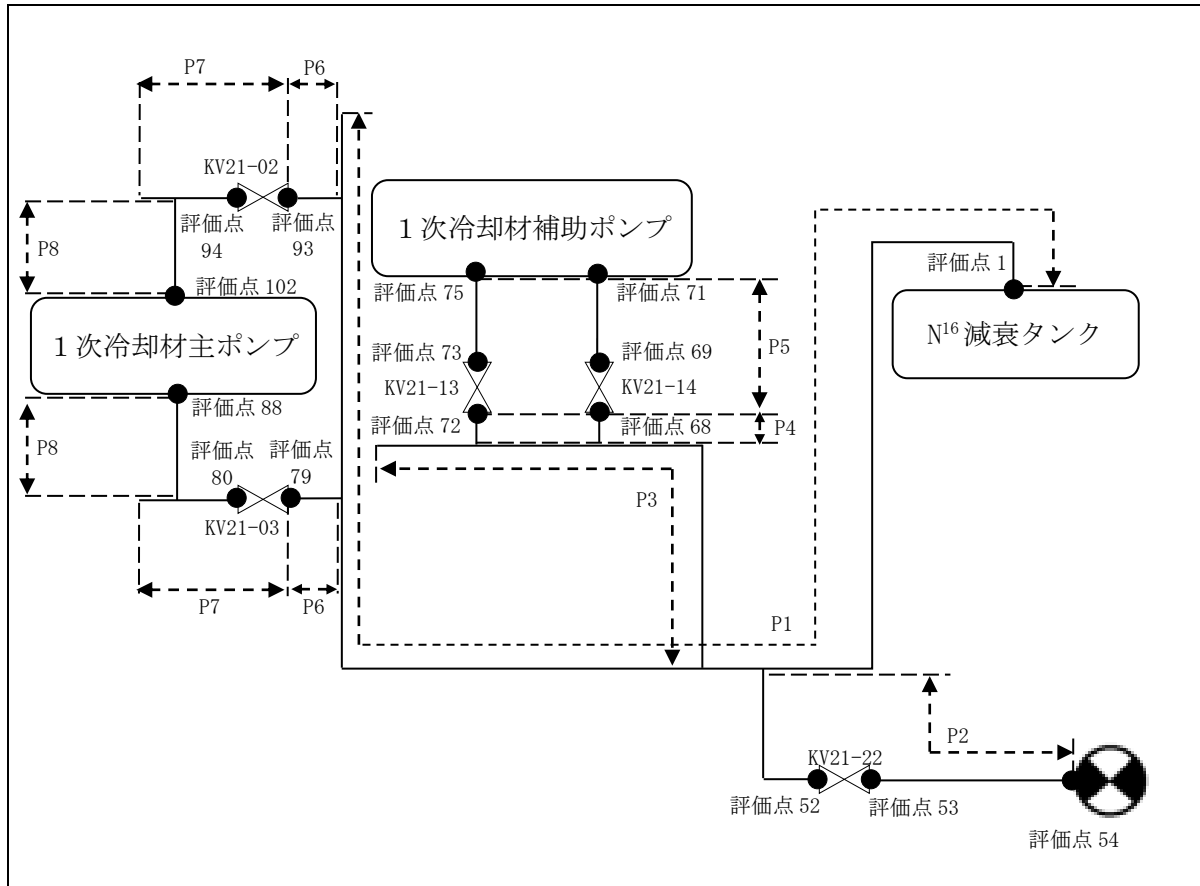
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	KV21-01	弁	760.00	—
8	KV21-01	弁	760.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.4. PCS-R-4

(1) 解析モデル



配管番号			P1	P2	P3	P4
外径(mm)			558.8	114.3	318.5	267.4
板厚(mm)			9.5	4.0	6.5	6.5
材質			SUS304LTPY	SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率(N/mm ²)			1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)			0.3	0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)			55	55	55	55
最高使用圧力(MPa)			0.1961	0.1961	0.1961	0.1961
配管密度(ton/mm ³)			7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類			水	水	水	水
内部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類			—	—	—	—
外部流体密度(ton/mm)			—	—	—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			133	166	166	166
設計引張強さ Su(N/mm ²)			—	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	133	166	166	166

配管番号			P5	P6	P7	P8
外径(mm)			267.4	457.2	457.2	406.4
板厚(mm)			6.5	8.0	8.0	8.0
材質			SUS304LTP	SUS304LTPY	SUS304LTPY	SUS304LTPY
ヤング率(N/mm ²)			1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)			0.3	0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)			55	55	55	55
最高使用圧力(MPa)			0.7845	0.1961	0.7845	0.7845
配管密度(ton/mm ³)			7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類			水	水	水	水
内部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類			—	—	—	—
外部流体密度(ton/mm)			—	—	—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			166	133	133	133
設計引張強さ Su(N/mm ²)			—	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	133	133	133

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(6)	5.28	—
2	(6)	5.28	—
3	(6)	4.03	—
4	(6)	4.03	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(5)	2.10	—
10	(6)	5.28	—
11	(6)	5.28	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(6)	5.28	—
15	(6)	5.28	—
16	(1)	1.00	—
17	(5)	2.58	2.58
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(4)	3.16	3.16
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(6)	5.28	—
28	(6)	5.28	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(5)	2.10	—
32	(3)	1.80	—
33	(4)	3.16	3.16
34	(3)	1.80	—
35	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(1)	1.00	—
37	(1)	1.00	—
38	(1)	1.00	—
39	(1)	1.00	—
40	(3)	1.80	—
41	(4)	3.16	3.16
42	(3)	1.80	—
43	(2)	2.10	—
44	(1)	1.00	—
45	(6)	2.63	—
46	(6)	2.63	—
47	(1)	1.00	—
48	(6)	2.63	—
49	(6)	2.63	—
50	(1)	1.00	—
51	(1)	1.00	—
52	(2)	2.10	—
53	(2)	2.10	—
54	(2)	2.10	—
55	(1)	1.00	—
56	(1)	1.00	—
57	(1)	1.00	—
58	(6)	3.66	—
59	(6)	3.66	—
60	(3)	1.80	—
61	(4)	2.79	2.79
62	(3)	1.80	—
63	(1)	1.00	—
64	(3)	1.80	—
65	(4)	2.79	2.79
66	(3)	1.80	—
67	(2)	2.10	—
68	(2)	2.10	—
69	(2)	2.10	—
70	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(2)	2.10	—
72	(2)	2.10	—
73	(2)	2.10	—
74	(1)	1.00	—
75	(2)	2.10	—
76	(3)	1.80	—
77	(5)	2.10	—
78	(1)	1.00	—
79	(2)	2.10	—
80	(2)	2.10	—
81	(1)	1.00	—
82	(5)	2.10	—
83	(3)	1.80	—
84	(4)	3.10	3.10
85	(3)	1.80	—
86	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
87	(3)	1.80	—
88	(2)	2.10	—
89	(3)	1.80	—
90	(1)	1.00	—
91	(5)	2.10	—
92	(1)	1.00	—
93	(2)	2.10	—
94	(2)	2.10	—
95	(1)	1.00	—
96	(5)	2.10	—
97	(3)	1.80	—
98	(4)	3.10	3.10
99	(3)	1.80	—
100	(1)	1.00	—
101	(3)	1.80	—
102	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

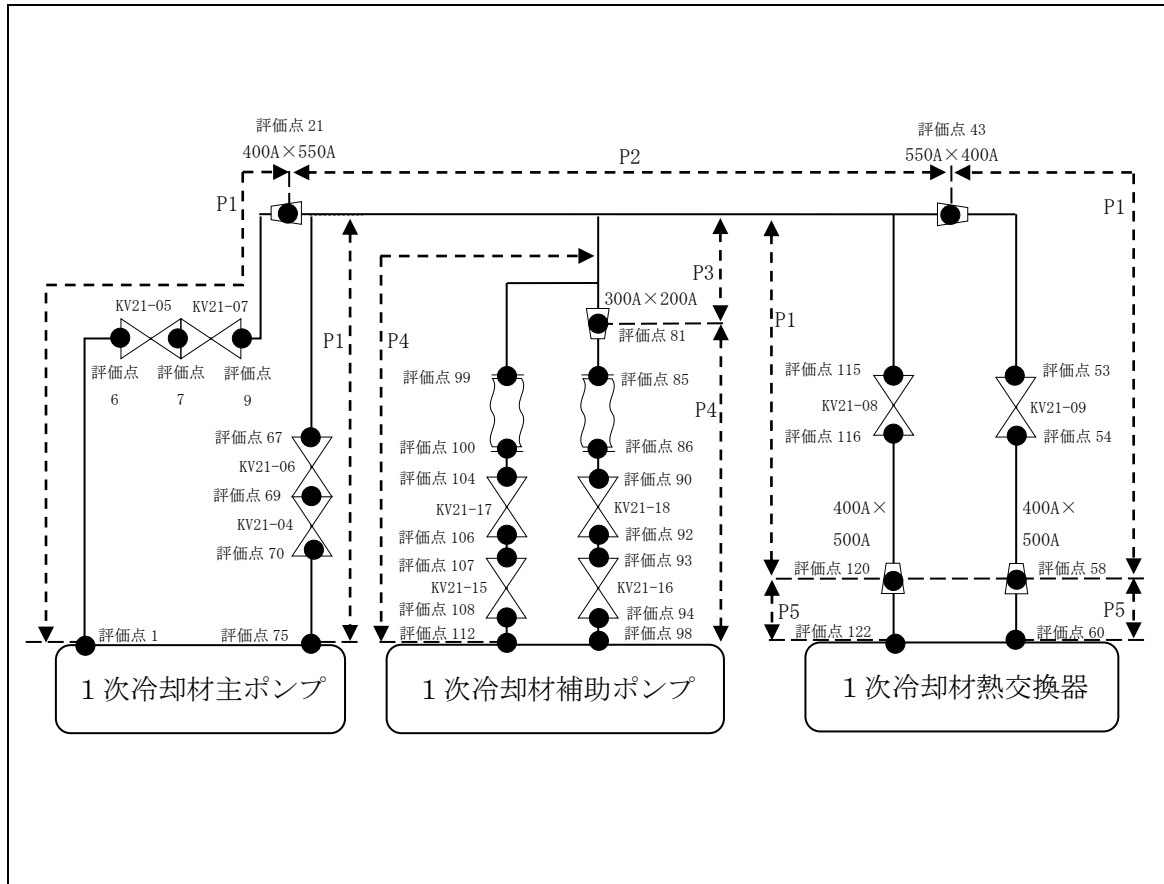
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
52	KV21-22	弁	25.00	—
53	KV21-22	弁	25.00	—
68	KV21-14	弁	120.00	—
69	KV21-14	弁	120.00	—
72	KV21-13	弁	120.00	—
73	KV21-13	弁	120.00	—
79	KV21-03	弁	355.00	—
80	KV21-03	弁	355.00	—
93	KV21-02	弁	355.00	—
94	KV21-02	弁	355.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.5. PCS-R-5

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	406.4		558.8	318.5
板厚(mm)	8.0		9.5	6.5
材質	SUS304LTPY		SUS304LTPY	SUS304LTP
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵	1.93×10 ⁵
ポアソン比(-)	0.3		0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55		55	55
最高使用圧力(MPa)	0.7845		0.7845	0.7845
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹
内部流体種類	水		水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
外部流体種類	—		—	—
外部流体密度(ton/mm)	—		—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133		133	166
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	133	166

配管番号			P4	P5	
外径(mm)			216.3	508.0	
板厚(mm)			6.5	9.5	
材質			SUS304LTP	SUS304L	
ヤング率(N/mm ²)			1.93×10^5	1.93×10^5	
ポアソン比(-)			0.3	0.3	
最高使用温度(°C)			55	55	
最高使用圧力(MPa)			0.7845	0.7845	
配管密度(ton/mm ³)			7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	
内部流体種類			水	水	
内部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
外部流体種類			—	—	
外部流体密度(ton/mm)			—	—	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			166	133	
設計引張強さ Su(N/mm ²)			—	—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	133	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(5)	2.10	—
4	(6)	4.77	—
5	(6)	4.77	—
6	(6)	4.77	—
9	(3)	1.80	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	4.77	—
12	(6)	4.77	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(6)	3.64	—
16	(6)	3.64	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(3)	1.80	—
21	(7)	2.00	—
22	(3)	1.80	—
23	(4)	3.16	3.16
24	(3)	1.80	—
25	(1)	1.00	—
26	(4)	3.16	3.16
27	(5)	2.10	—
28	(5)	2.10	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(6)	5.28	—
32	(6)	5.28	—
33	(1)	1.00	—
34	(1)	1.00	—
35	(1)	1.00	—
36	(3)	1.80	—
37	(4)	3.16	3.16

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
38	(6)	4.03	—
39	(6)	4.03	—
40	(1)	1.00	—
41	(6)	4.03	—
42	(6)	4.03	—
43	(7)	2.00	—
44	(3)	1.80	—
45	(3)	1.00	—
46	(5)	2.10	—
47	(1)	1.00	—
48	(6)	4.77	—
49	(6)	4.77	—
50	(5)	2.10	—
51	(1)	1.00	—
52	(6)	4.77	—
53	(6)	4.77	—
54	(2)	2.10	—
55	(5)	2.10	—
56	(5)	2.10	—
57	(3)	1.80	—
58	(7)	2.00	—
59	(6)	4.95	—
60	(6)	4.95	—
61	(3)	1.80	—
62	(1)	1.00	—
63	(1)	1.00	—
64	(6)	4.77	—
65	(6)	4.77	—
66	(1)	1.00	—
67	(3)	1.80	—
70	(6)	4.77	—
71	(6)	4.77	—
72	(6)	4.77	—
73	(5)	2.10	—
74	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
75	(2)	2.10	—
76	(3)	1.80	—
77	(3)	1.80	—
78	(3)	1.80	—
79	(4)	2.79	2.79
80	(3)	1.80	—
81	(7)	2.00	—
82	(3)	1.80	—
83	(1)	1.00	—
84	(6)	2.60	—
85	(6)	2.60	—
86	(9)	2.10	—
87	(1)	1.00	—
88	(6)	3.70	—
89	(6)	3.70	—
90	(3)	1.80	—
92	(6)	3.70	—
93	(6)	3.70	—
94	(2)	2.10	—
95	(5)	2.10	—
96	(5)	2.10	—
97	(1)	1.00	—
98	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
99	(9)	2.10	—
100	(9)	2.10	—
101	(1)	1.00	—
102	(6)	3.70	—
103	(6)	3.70	—
104	(3)	1.80	—
106	(6)	3.70	—
107	(6)	3.70	—
108	(2)	2.10	—
109	(5)	2.10	—
110	(5)	2.10	—
111	(1)	1.00	—
112	(2)	2.10	—
113	(3)	1.80	—
114	(6)	4.77	—
115	(6)	4.77	—
116	(9)	2.10	—
117	(9)	2.10	—
118	(9)	2.10	—
119	(3)	1.80	—
120	(7)	2.00	—
121	(6)	4.95	—
122	(6)	4.95	—

(3) 機器重量

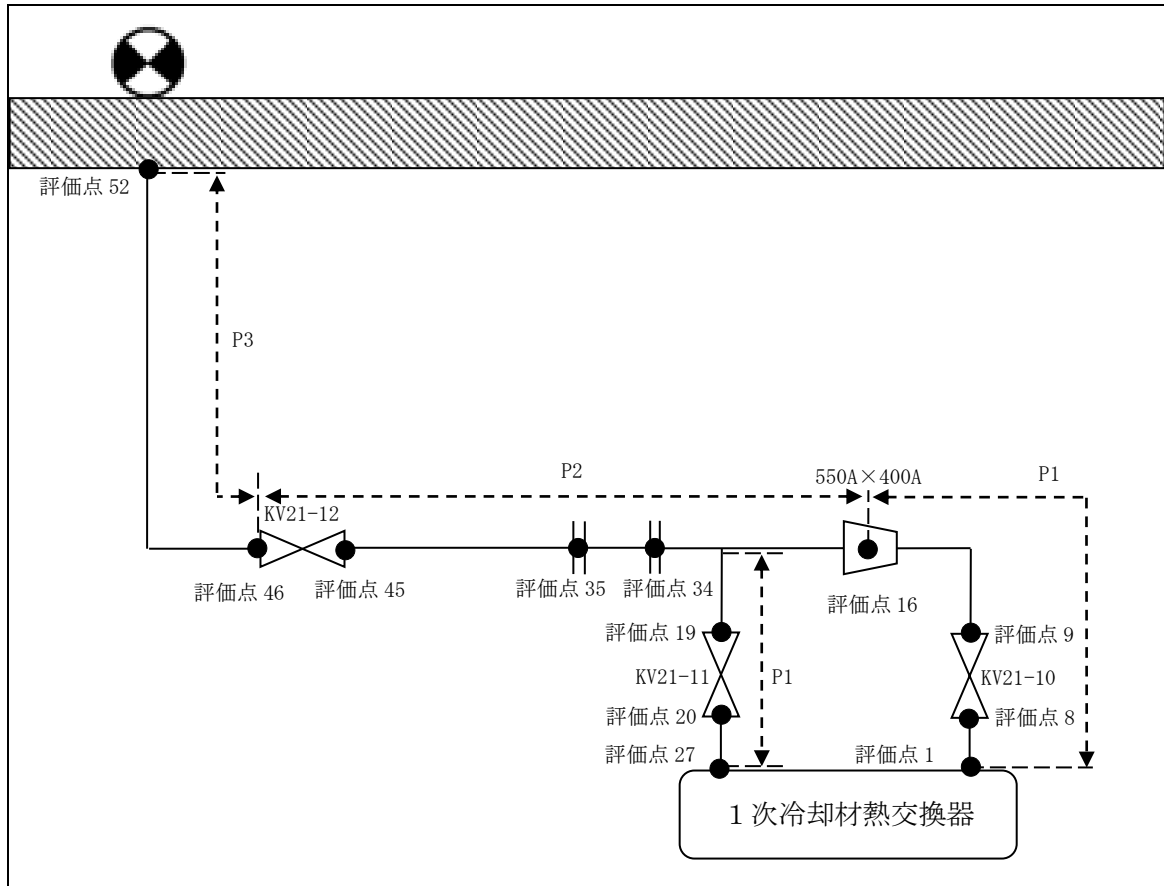
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	KV21-05	弁	225.00	—
7	KV21-05 KV21-07	弁	413.75	—
8	KV21-07	弁	377.50	—
9	KV21-07	弁	188.75	—
53	KV21-09	弁	450.00	—
54	KV21-09	弁	450.00	—
67	KV21-06	弁	188.75	—
68	KV21-06	弁	377.50	—
69	KV21-04 KV21-06	弁	413.75	—
70	KV21-04	弁	225.00	—
85	—	フランジ+ 流量計	55.50	—
86	—	フランジ+ 流量計	55.50	—
90	KV21-18	弁	50.00	—
91	KV21-18	弁	100.00	—
92	KV21-18	弁	50.00	—
93	KV21-16	弁	55.00	—
94	KV21-16	弁	55.00	—
99	—	フランジ+ 流量計	55.50	—
100	—	フランジ+ 流量計	55.50	—
104	KV21-17	弁	50.00	—
105	KV21-17	弁	100.00	—
106	KV21-17	弁	50.00	—
107	KV21-15	弁	55.00	—
108	KV21-15	弁	55.00	—
115	KV21-08	弁	450.00	—
116	KV21-08	弁	450.00	—
123	KV21-07	弁	445.00	—
124	KV21-06	弁	445.00	—
125	KV21-18	弁	160.00	—
126	KV21-17	弁	160.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.6. PCS-R-6

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	406.4	558.8	558.8
板厚(mm)	8.0	9.5	9.5
材質	SUS304LTPY	SUS304LTPY	SUS304LTPY
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55	55	55
最高使用圧力(MPa)	0.7845	0.7845	静水頭
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類	水	水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類	—	—	—
外部流体密度(ton/mm)	—	—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133	133	133
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次 133	133	133

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(6)	4.77	—
2	(6)	4.77	—
3	(6)	4.77	—
4	(5)	2.10	—
5	(5)	2.10	—
6	(1)	1.00	—
7	(5)	2.10	—
8	(2)	2.10	—
9	(6)	4.77	—
10	(6)	4.77	—
11	(5)	2.10	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(3)	1.80	—
16	(7)	2.00	—
17	(3)	1.80	—
18	(4)	3.16	3.16
19	(2)	2.10	—
20	(2)	2.10	—
21	(5)	2.10	—
22	(5)	2.10	—
23	(1)	1.00	—
24	(5)	2.10	—
25	(6)	3.64	—
26	(6)	4.77	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
27	(6)	4.77	—
28	(3)	1.80	—
29	(5)	2.10	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(1)	1.00	—
33	(1)	1.00	—
34	(9)	2.10	—
35	(9)	2.10	—
36	(6)	5.28	—
37	(6)	5.28	—
38	(1)	1.00	—
39	(1)	1.00	—
40	(1)	1.00	—
41	(1)	1.00	—
42	(1)	1.00	—
43	(1)	1.00	—
44	(1)	1.00	—
45	(2)	2.10	—
46	(6)	5.28	—
47	(6)	5.28	—
48	(6)	5.28	—
49	(5)	2.10	—
50	(5)	2.10	—
51	(1)	1.00	—
52	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

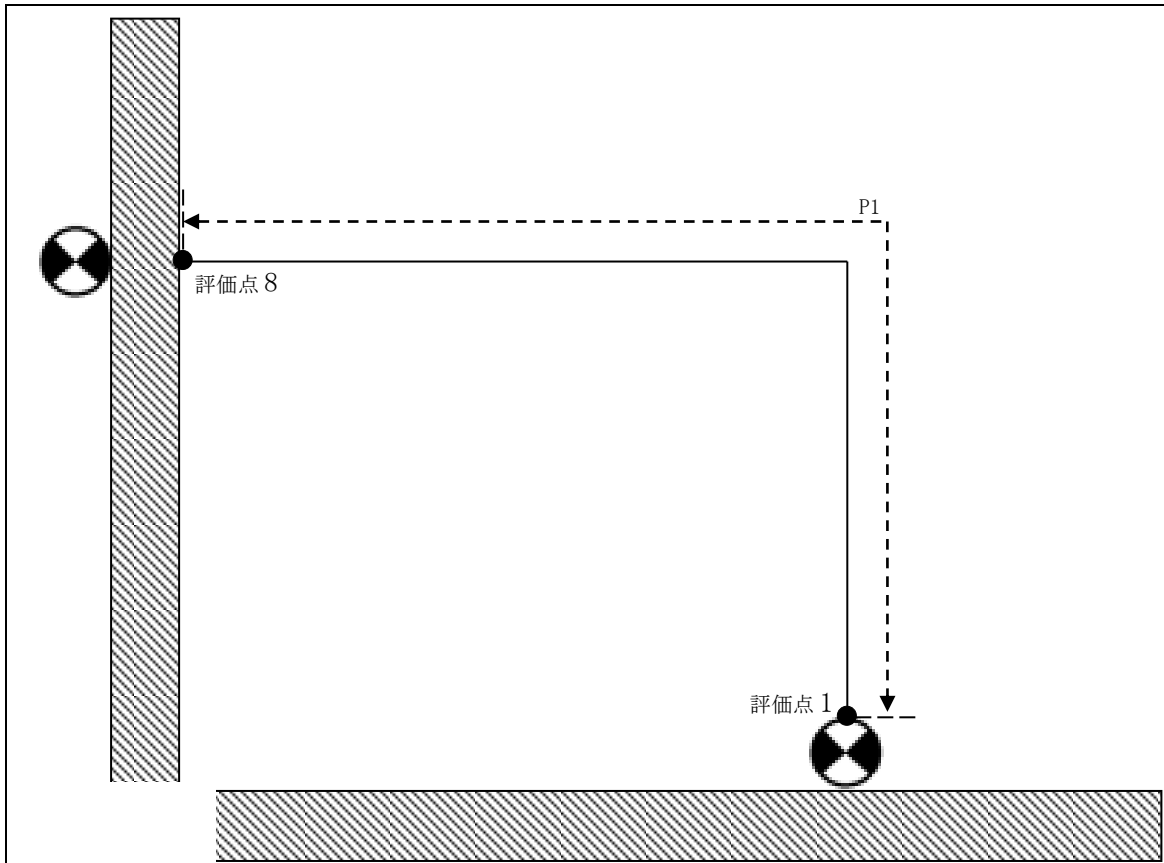
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	KV21-10	弁	355.00	—
9	KV21-10	弁	355.00	—
19	KV21-11	弁	355.00	—
20	KV21-11	弁	355.00	—
34	—	1次冷却材 ストレーナ+ フランジ	153.40	—
35	—	1次冷却材 ストレーナ+ フランジ	153.40	—
45	KV21-12	弁	760.00	—
46	KV21-12	弁	760.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	時刻歴	2.0%	原子炉建家質点 3	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3	0.18	—

3.7. PCS-R-7

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	558.8			
板厚(mm)	9.5			
材質	SUS304LTPY			
ヤング率(N/mm ²)	1.93 × 10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0686			
配管密度(ton/mm ³)	7.93 × 10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00 × 10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00 × 10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B ₄ S	1次	133	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(3)	1.80	—
3	(6)	5.28	—
4	(6)	5.28	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
5	(1)	1.00	—
6	(5)	2.10	—
7	(1)	1.00	—
8	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

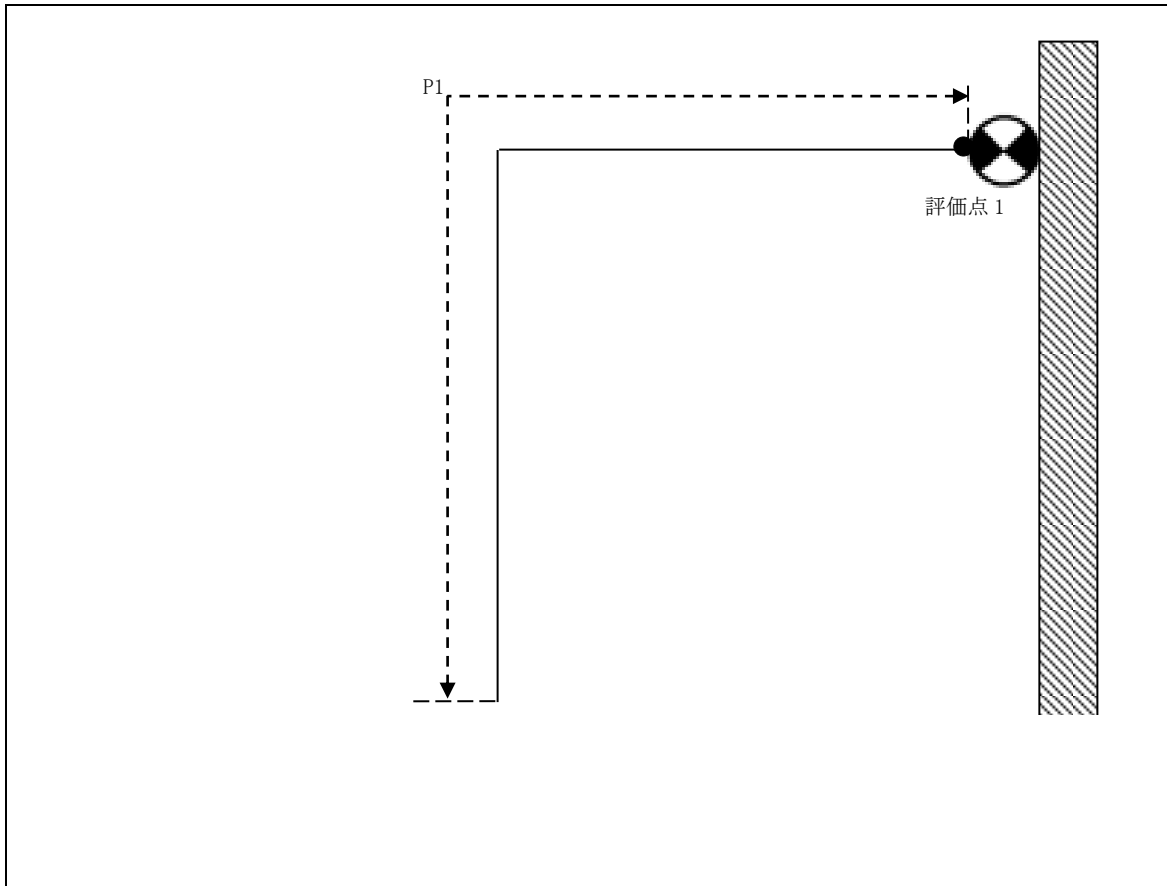
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9	0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

3. 8. PCS-R-8

(1) 解析モデル



配管番号	P1				
外径(mm)	558.8				
板厚(mm)	9.5				
材質	SUS304LTPY				
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵				
ポアソン比(-)	0.3				
最高使用温度(°C)	55				
最高使用圧力(MPa)	0.0701				
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹				
内部流体種類	水				
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹				
外部流体種類	水				
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹				
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	133				
設計引張強さ Su(N/mm ²)	367				
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	330		
		1次+2次	266		
	B _A S	1次	133		

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	5.28	—
4	(6)	5.28	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

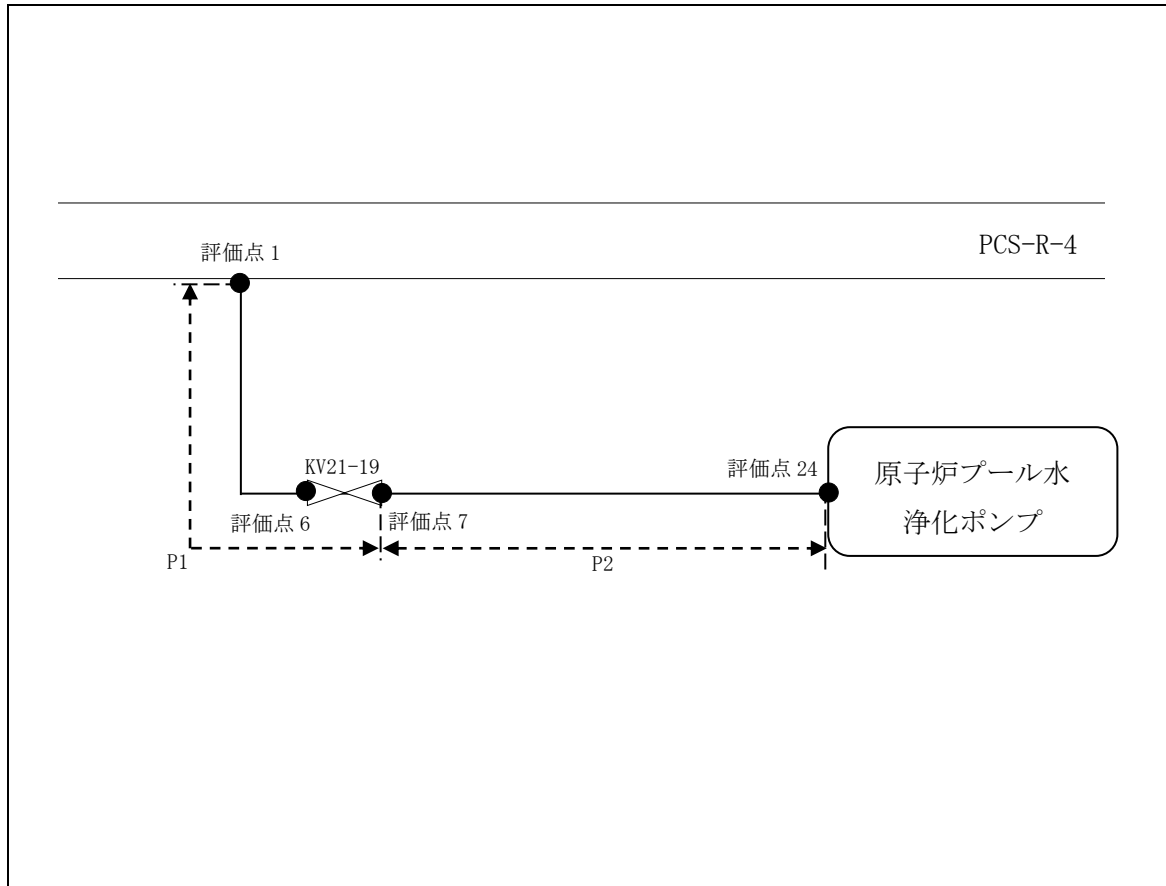
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _A S	基準地震動 S _s	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9	1.05	0.98
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—		0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

評価点	相対変位 (mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	6.18	0.18	6.18
8	4.76	—	4.76

3.9. PCS-R-9

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	
外径(mm)	76.3		76.3	
板厚(mm)	3.5		3.5	
材質	SUS304LTP		SUS304LTP	
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵	
ポアソン比(-)	0.3		0.3	
最高使用温度(°C)	55		55	
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.7845	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹	
内部流体種類	水		水	
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	
外部流体種類	—		—	
外部流体密度(ton/mm)	—		—	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(5)	2.10	—
2	(6)	2.96	—
3	(6)	2.96	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(2)	2.10	—
7	(2)	2.10	—
8	(6)	2.26	—
9	(6)	2.26	—
10	(6)	2.26	—
11	(6)	2.26	—
12	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(6)	2.26	—
14	(6)	2.26	—
15	(6)	2.26	—
16	(6)	2.26	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(6)	2.26	—
21	(6)	2.26	—
22	(1)	1.00	—
23	(5)	2.10	—
24	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

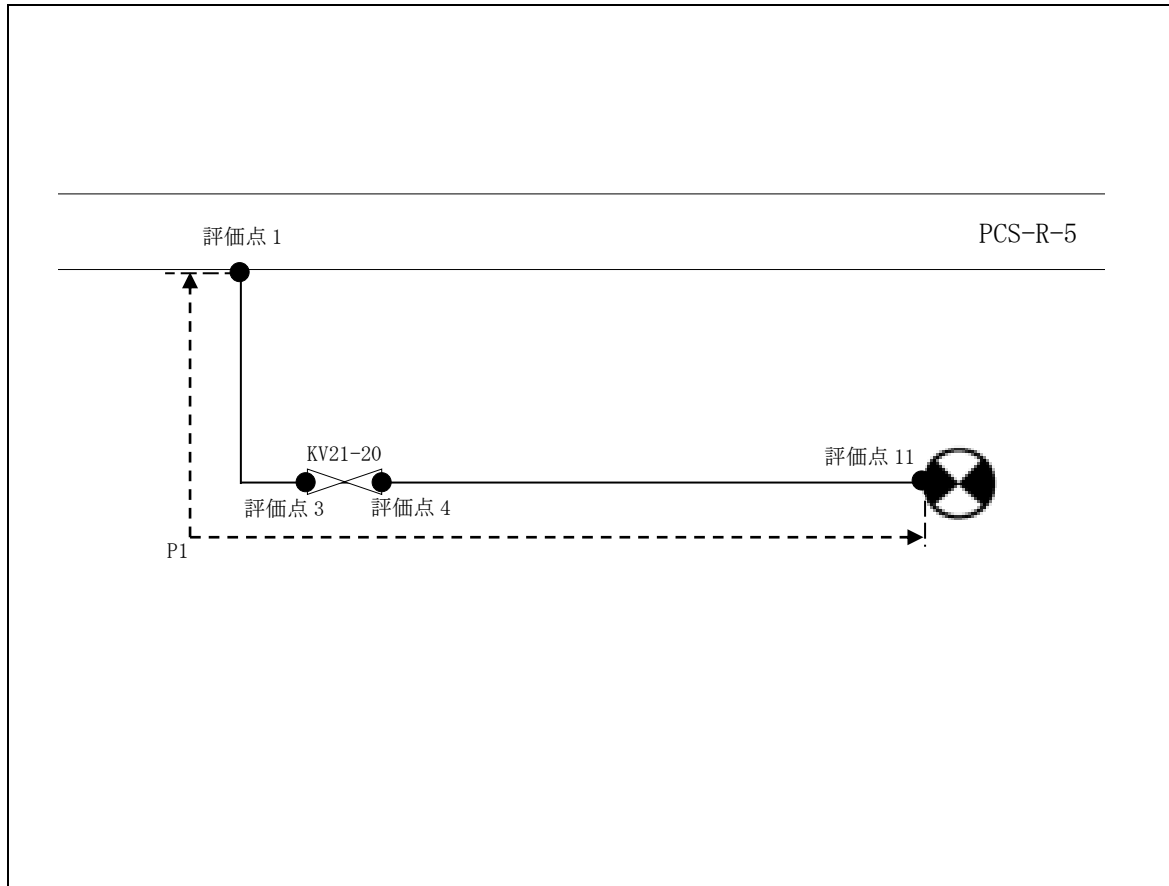
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	KV21-19	弁	16.00	—
7	KV21-19	弁	16.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3. 10. PCS-R-10

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	76.3			
板厚(mm)	3.5			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.7845			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	—			
外部流体密度(ton/mm)	—			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(5)	2.10	—
2	(6)	2.26	—
3	(6)	2.26	—
4	(2)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
7	(6)	2.26	—
8	(1)	1.00	—
9	(6)	2.26	—
10	(6)	2.26	—
11	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

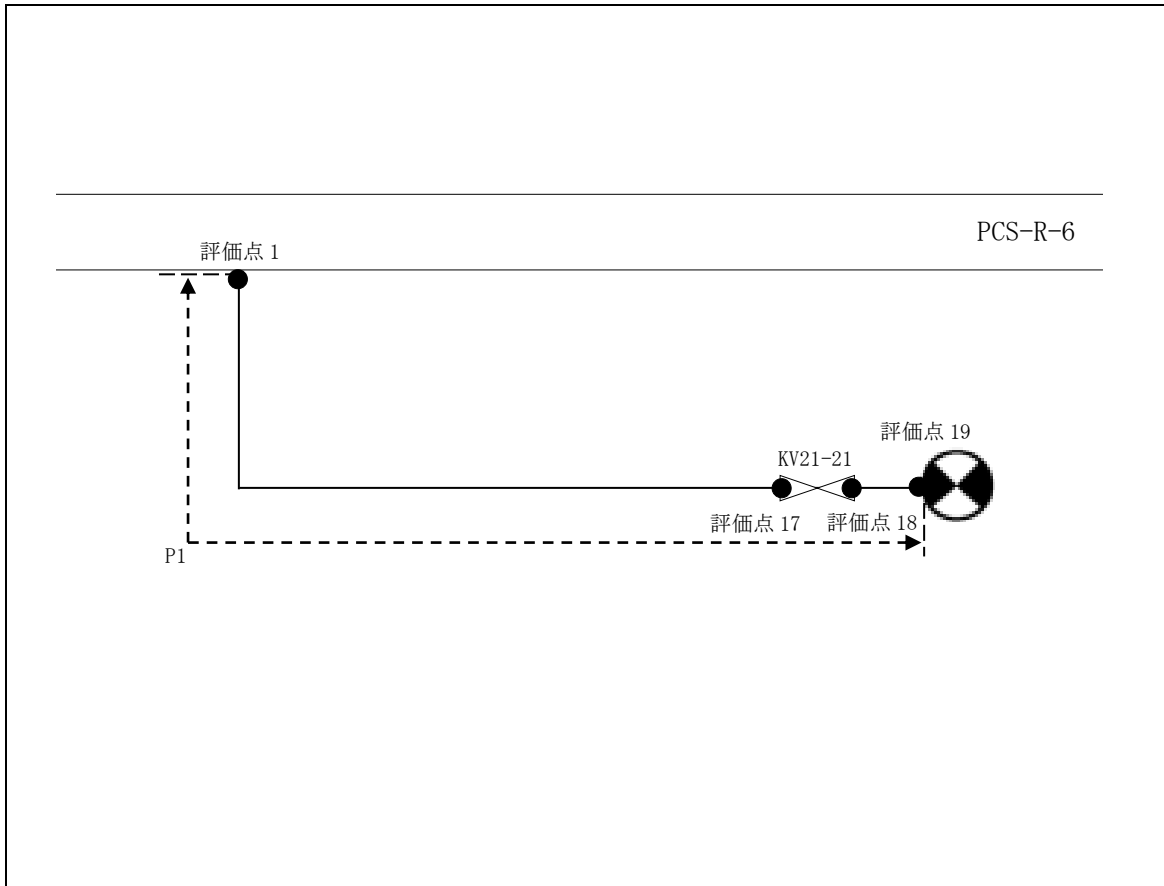
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
3	KV21-20	弁	16.00	—
4	KV21-20	弁	16.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2, 3	0.28	0.26
	静的地震力	—	—		0.18	—

3. 11. PCS-R-11

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	76.3			
板厚(mm)	3.5			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.7845			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	—			
外部流体密度(ton/mm)	—			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(5)	2.10	—
2	(6)	2.26	—
3	(6)	2.26	—
4	(6)	2.26	—
5	(6)	2.26	—
6	(1)	1.00	—
7	(6)	2.26	—
8	(6)	2.26	—
9	(6)	2.26	—
10	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
11	(6)	2.26	—
12	(6)	2.26	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(2)	2.10	—
18	(2)	2.10	—
19	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
17	KV21-21	弁	16.00	—
18	KV21-21	弁	16.00	—

(4) 入力地震波

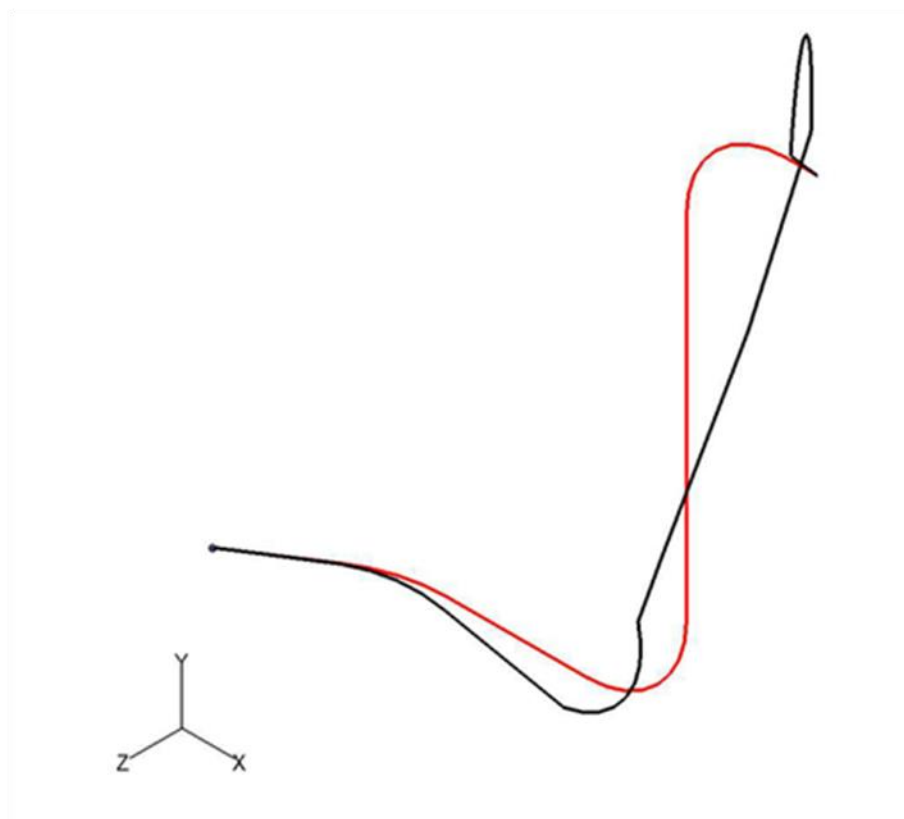
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2, 3	0.28	0.26
	静的地震力	—	—		0.18	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

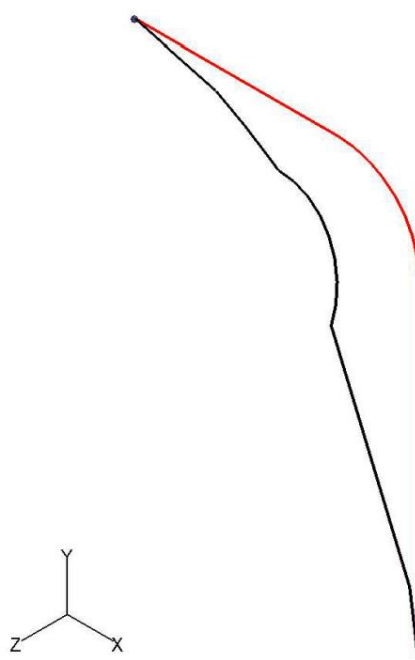
(1) PCS-R-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	66.0	121.0	63.1
固有周期 (s)	0.015	0.008	0.016



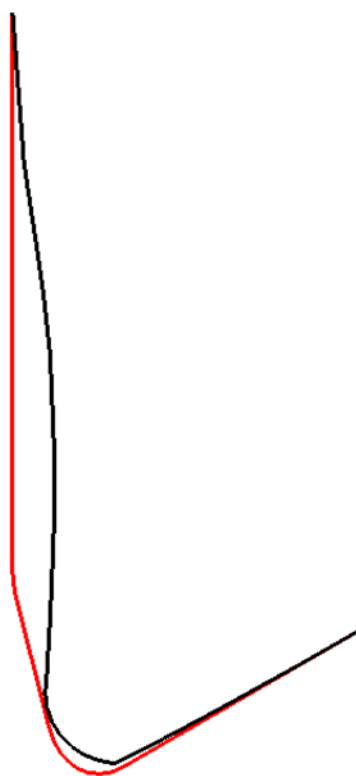
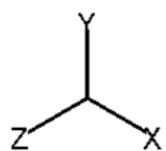
(2) PCS-R-2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	92.5	150.1	47.5
固有周期 (s)	0.011	0.007	0.021



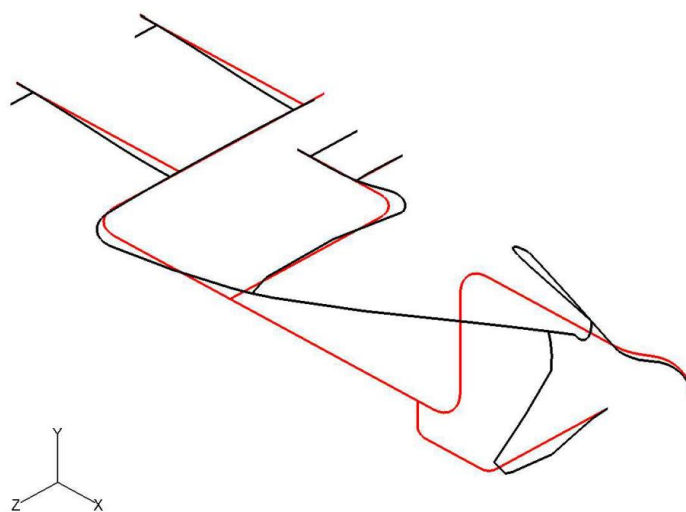
(3) PCS-R-3

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	19.2	68.7	16.3
固有周期 (s)	0.052	0.015	0.061



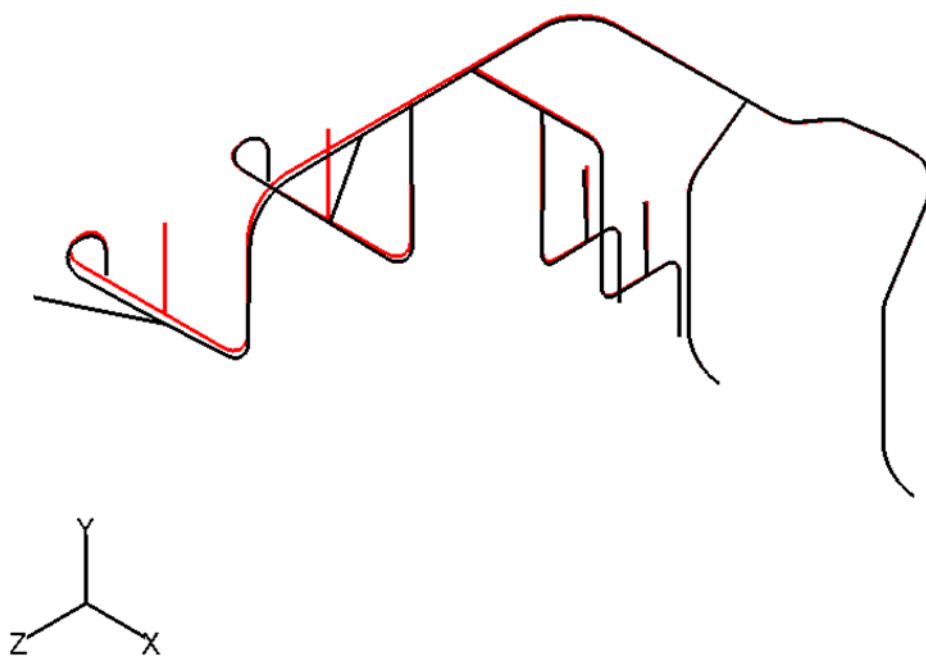
(4) PCS-R-4

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	16.3	31.1	10.2
固有周期 (s)	0.061	0.032	0.098



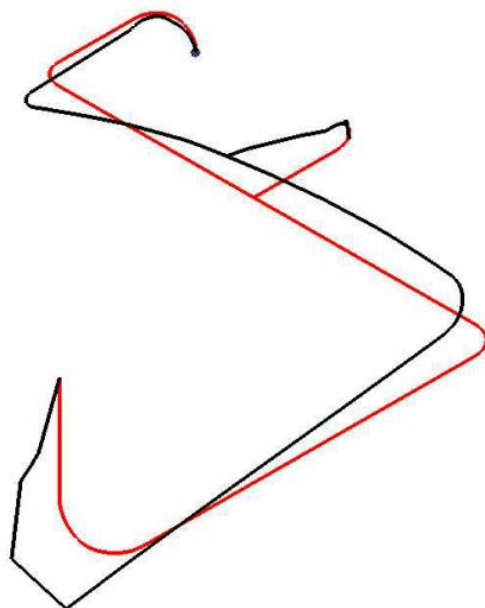
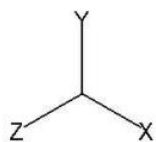
(5) PCS-R-5

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	20.1	9.0	6.8
固有周期 (s)	0.050	0.111	0.147



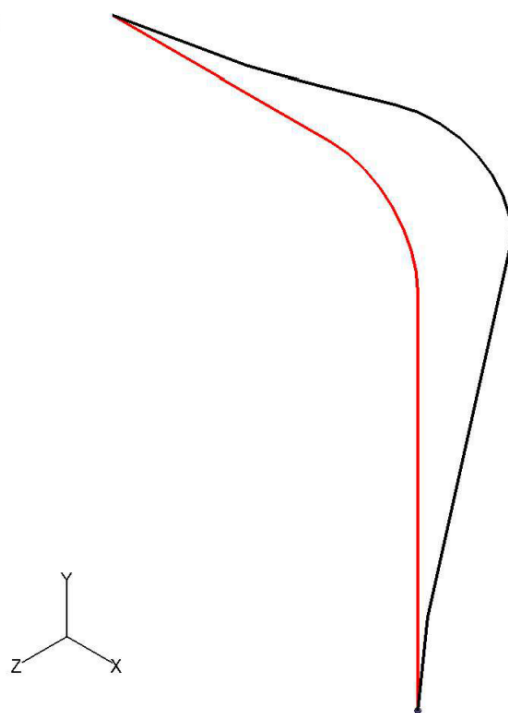
(6) PCS-R-6

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	8.6	8.6	23.9
固有周期 (s)	0.116	0.116	0.042



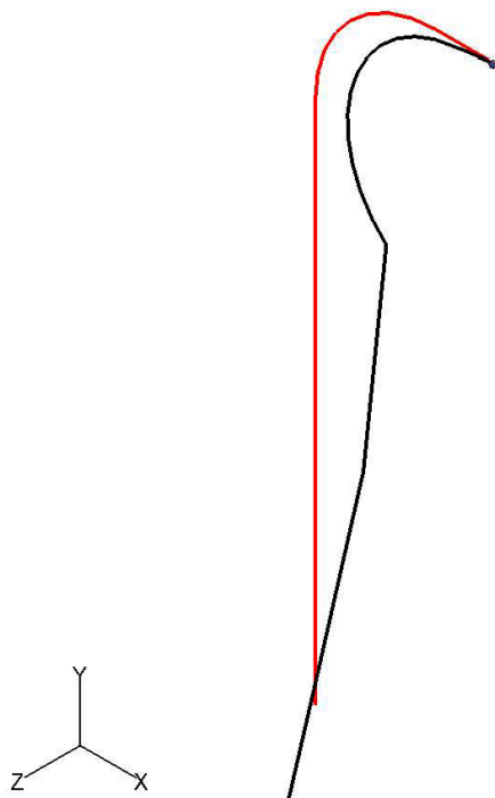
(7) PCS-R-7

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	92.2	150.0	47.5
固有周期 (s)	0.011	0.007	0.021



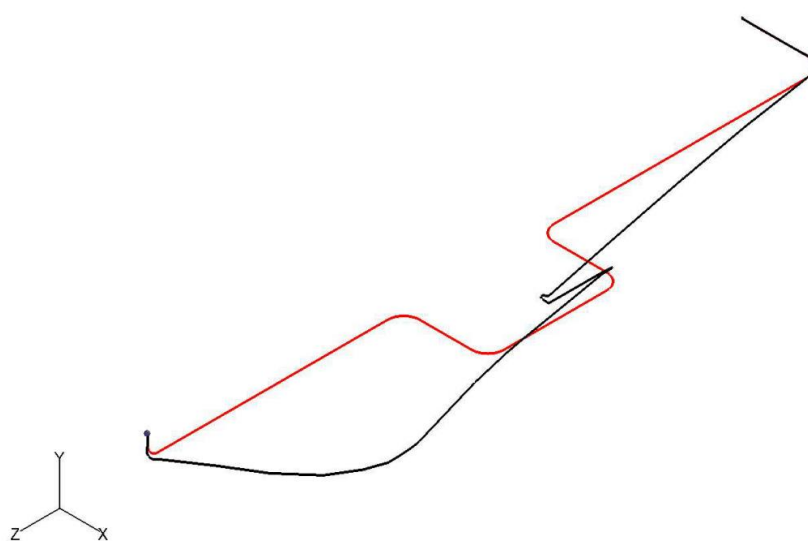
(8) PCS-R-8

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	114.8	44.4	48.9
固有周期 (s)	0.009	0.023	0.021



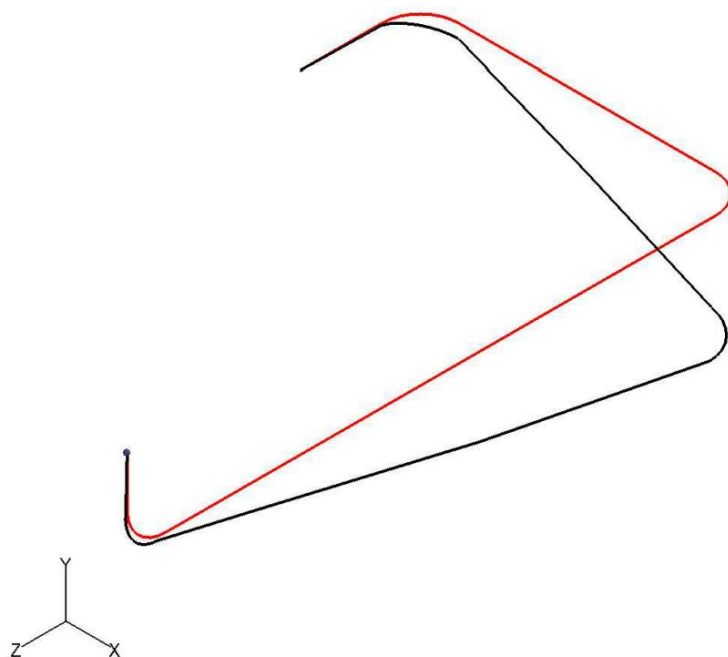
(9) PCS-R-9

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	50.9	15.8	75.8
固有周期 (s)	0.02	0.063	0.013



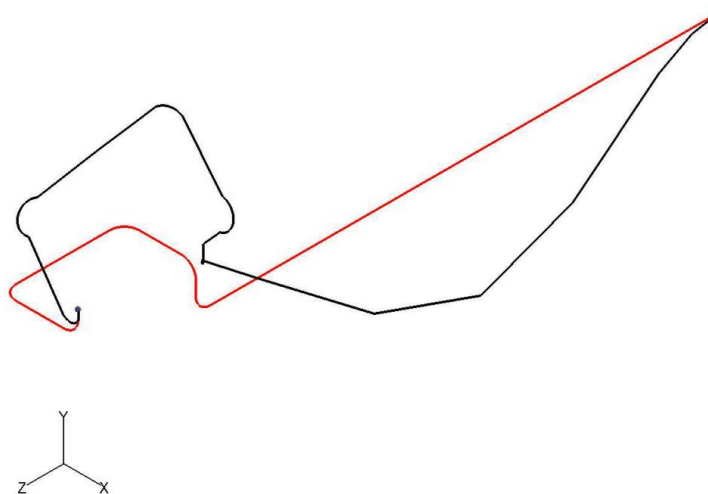
(10) PCS-R-10

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	58.8	27.3	70.5
固有周期 (s)	0.017	0.037	0.014



(11) PCS-R-11

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	29.1	27.8	68.0
固有周期 (s)	0.034	0.036	0.015



4.2. 結論

4.2.1. PCS-R-1

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	1	一次応力	3	4	7	8	14	330	30	266
IV _A S	10	一次+二次応力	3	1	5	22	9	330	54	266

(2) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	3	4	3	—	10	133

4.2.2. PCS-R-2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	3	3	4	—	10	133

4.2.3. PCS-R-3

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	3	1	17	—	21	133

4.2.4. PCS-R-4

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	23	一次応力	3	5	48	-	56	133

4.2.5. PCS-R-5

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	23	一次応力	12	6	49	-	67	133

4.2.6. PCS-R-6

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	18	一次応力	12	3	54	-	69	133

4.2.7. PCS-R-7

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	8	一次応力	1	3	4	—	8	133

4.2.8. PCS-R-8

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	3	一次応力	2	11	14	19	27	330	66	266
IV _A S	3	一次+二次応力	2	11	14	19	27	330	66	266

(2) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	3	一次応力	2	11	4	—	17	133

4.2.9. PCS-R-9

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	2	一次応力	2	22	21	—	45	166

4.2.10. PCS-R-10

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	11	一次応力	5	11	4	—	20	166

4.2.11. PCS-R-11

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	19	一次応力	5	19	8	—	32	166

4.3. 拘束点反力

4.3.1. PCS-R-1

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	468	8931	31	2511458	215774	3913913
	動的地震荷重 X	22734	1581	966	277841	6475374	1374573
	動的地震荷重 Y	458	8753	30	2461228	211459	3835635
	動的地震荷重 Z	29	11	10625	241880	5305807	55436
	相対変位 X	5956	5518	437	1856067	1729296	4970530
	相対変位 Y	310	200	25	55356	87650	253219
	相対変位 Z	111	853	632	4566649	1935871	1666392
8	自重	—	20805	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	9412	1245	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	20389	2	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	152	16519	—	—	—
	相対変位 X	—	20709	466	—	—	—
	相対変位 Y	—	3105	26	—	—	—
	相対変位 Z	—	627	4589	—	—	—
13	自重	468	4533	32	26531	70971	1332562
	動的地震荷重 X	13249	7831	279	249932	105434	2030385
	動的地震荷重 Y	458	4443	32	26000	69552	1305911
	動的地震荷重 Z	29	141	8839	877224	4341610	44832
	相対変位 X	5956	26227	29	157244	209084	8303068
	相対変位 Y	310	3305	1	9335	13468	1671904
	相対変位 Z	111	226	5220	7588354	3286172	67780

(2) BAS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	468	8931	31	2511458	215774	3913913
	動的地震荷重 X	6496	452	276	79383	1850107	392736
	動的地震荷重 Y	122	2322	8	652979	56102	1017617
	動的地震荷重 Z	9	4	3036	69109	1515945	15839
	静的地震荷重 X	6279	437	267	76737	1788437	379644
	静的地震荷重 Z	8	3	2935	66805	1465413	15311
8	自重	—	20805	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	2689	356	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	5410	1	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	44	4720	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2600	344	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	42	4563	—	—	—
13	自重	468	4533	32	26531	70971	1332562
	動的地震荷重 X	3786	2238	80	71409	30124	580111
	動的地震荷重 Y	122	1179	9	6898	18453	346467
	動的地震荷重 Z	9	41	2526	250636	1240460	12809
	静的地震荷重 X	3660	2163	77	69029	29120	560773
	静的地震荷重 Z	8	39	2442	242281	1199111	12382

4.3.2. PCS-R-2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	461	7574	—	—	—	4135666
	動的地震荷重 X	5191	588	—	—	—	627876
	動的地震荷重 Y	120	1970	—	—	—	1075273
	動的地震荷重 Z	—	—	4397	245658	4676174	—
	静的地震荷重 X	5018	568	—	—	—	606946
	静的地震荷重 Z	—	—	4250	237469	4520302	—
9	自重	461	19735	—	—	—	654124
	動的地震荷重 X	3002	588	—	—	—	1783931
	動的地震荷重 Y	120	5132	—	—	—	170072
	動的地震荷重 Z	—	—	3797	3799047	529743	—
	静的地震荷重 X	2902	568	—	—	—	1724467
	静的地震荷重 Z	—	—	3670	3672412	512085	—

4. 3. 3. PCS-R-3

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	53	35408	191	554640	155478	104674
	動的地震荷重 X	5193	4279	5225	11028720	1891340	10725840
	動的地震荷重 Y	828	7088	323	597650	104732	980183
	動的地震荷重 Z	4620	3593	6717	14617550	2847373	9965121
	静的地震荷重 X	3474	769	92	430072	765800	5822782
	静的地震荷重 Z	191	1700	3768	6488706	737527	563226
13	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	2433	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	151	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	2486	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1301	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	234	—	—	—	—	—
	方向	0.9457	0.3252	0.0000	—	—	—
19	自重	—	16151	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
23	自重	53	2855	191	1534151	101999	227268
	動的地震荷重 X	5491	4945	5401	11297790	13061980	2850031
	動的地震荷重 Y	1319	1318	673	2040365	2242753	241795
	動的地震荷重 Z	3812	3439	6984	6836861	10025030	2455475
	静的地震荷重 X	5092	1192	92	3320166	8986096	1279708
	静的地震荷重 Z	412	1624	6027	3189335	512901	43963

4.3.4. PCS-R-4

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1472	1921	15	1938833	961422	807026
	動的地震荷重 X	2336	1888	2109	2439024	2106796	1409834
	動的地震荷重 Y	1805	2011	935	1182288	1126368	1366833
	動的地震荷重 Z	1693	1081	5982	7585240	8526012	3464193
	静的地震荷重 X	3593	25	137	121240	872621	1345720
	静的地震荷重 Z	102	123	2356	364432	1935142	434097
5	自重	—	16078	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
12	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	2485	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	641	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	11874	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	150	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	2353	—	—	—
13	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	3573	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	983	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1633	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1686	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	90	—	—	—	—	—
20	自重	—	33997	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	9346	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	9667	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	4644	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	92	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	113	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
29	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	1868	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	518	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	7121	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	100	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	2069	—	—	—
30	自重	—	19851	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	5106	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	5498	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	4227	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	155	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	41	—	—	—	—
50	自重	—	510	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	213	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	112	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	61	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	10	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	—	—	—	—
54	自重	30	686	19	254399	51688	39260
	動的地震荷重 X	164	131	115	40210	147825	31747
	動的地震荷重 Y	89	88	42	37813	88672	29187
	動的地震荷重 Z	372	58	946	40456	321985	24318
	静的地震荷重 X	164	1	16	796	106683	1645
	静的地震荷重 Z	41	9	301	6105	37498	2638
56	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	1933	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	713	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	8691	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	555	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	2335	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
57	自重	—	2812	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	1669	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	1656	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	2232	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	15	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	30	—	—	—	—
63	自重	146	4789	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	1661	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	641	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	2834	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1697	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1036	—	—	—	—	—
71	自重	103	2745	308	964704	24119	289267
	動的地震荷重 X	966	923	2889	681015	225115	227872
	動的地震荷重 Y	346	1374	1063	949353	80728	235092
	動的地震荷重 Z	6330	451	22236	332438	1529217	111287
	静的地震荷重 X	148	19	306	13986	30584	4860
	静的地震荷重 Z	1593	1	6299	94	382620	163
75	自重	5	1707	115	319067	1026	36597
	動的地震荷重 X	328	368	1050	204549	72447	134456
	動的地震荷重 Y	28	623	381	444931	6206	142362
	動的地震荷重 Z	174	159	6664	87402	41038	65258
	静的地震荷重 X	328	5	149	493	68904	2783
	静的地震荷重 Z	40	1	940	324	9442	64
81	自重	—	11478	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
84	自重	2288	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	17169	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7932	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	14660	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	12383	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1973	—	—	—	—	—
88	自重	265	337	296	278872	71785	33579
	動的地震荷重 X	2063	685	1876	429510	558926	477489
	動的地震荷重 Y	449	1882	786	981217	121672	938610
	動的地震荷重 Z	12135	332	7633	311629	3288712	320142
	静的地震荷重 X	806	10	1015	10482	248378	11217
	静的地震荷重 Z	3651	—	3052	2566	989360	2306
90	自重	—	14278	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	1085	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	2192	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	1611	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	46	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	20	—	—	—	—
95	自重	—	6859	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
98	自重	715	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	9085	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	3556	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	14517	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1375	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5101	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
102	自重	85	2046	69	389288	23077	106858
	動的地震荷重 X	3244	283	2080	198558	879093	84677
	動的地震荷重 Y	974	887	652	465752	263917	254669
	動的地震荷重 Z	10864	310	6253	311004	2944250	120206
	静的地震荷重 X	359	6	202	8127	67534	2117
	静的地震荷重 Z	3708	4	3103	3819	1005093	1498

4. 3. 5. PCS-R-5

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	105	342	357	3784310	21748	743808
	動的地震荷重 X	5494	2481	1333	1540516	2626437	3482172
	動的地震荷重 Y	10012	15891	2130	4767316	6139406	4623232
	動的地震荷重 Z	1877	2806	2187	2602904	774371	1801265
	静的地震荷重 X	3595	377	428	176506	1559526	2007110
	静的地震荷重 Z	947	195	2480	1692322	254696	444719
4	自重	—	9975	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
10	自重	—	19715	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
13	自重	1196	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	1997	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	5844	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	3089	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	429	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2731	—	—	—	—	—
	方向	0.4226	0.0000	-0.9063	—	—	—
14	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	2205	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	4894	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1305	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1257	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	244	—	—	—	—	—
	方向	-0.9659	0.0000	0.2588	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
17	自重	—	—	1908	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	6826	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	15293	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	10056	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	130	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	5899	—	—	—
19	自重	1013	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	1735	4448	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	2460	21844	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	2036	2922	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	823	756	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	26	29	—	—	—	—
29	自重	—	13320	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
30	自重	210	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	6810	857	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	8264	4518	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	8594	769	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	9021	97	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	216	27	—	—	—	—
47	自重	—	—	2626	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	3147	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	1673	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	4618	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	16	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	3300	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
51	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	435	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	497	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	465	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	170	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	188	—	—	—	—
52	自重	—	18772	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
60	自重	446	3134	1557	1868624	212166	593191
	動的地震荷重 X	3203	1557	2473	2281899	1780765	2343483
	動的地震荷重 Y	1991	4758	2272	1973572	799525	1446420
	動的地震荷重 Z	4811	1367	1693	1967393	2827925	3540897
	静的地震荷重 X	2004	203	131	372766	445427	959654
	静的地震荷重 Z	46	215	2003	1011784	839655	225700
62	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	2407	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7401	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	2291	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1391	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	607	—	—	—	—	—
63	自重	390	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	4036	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12242	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	5400	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	147	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2724	—	—	—	—	—
	方向	0.4226	0.0000	0.9063	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
66	自重	—	24985	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
72	自重	—	9441	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
75	自重	940	341	619	3267856	332280	255247
	動的地震荷重 X	3744	2450	1594	2508745	1920232	2584034
	動的地震荷重 Y	4526	12222	2268	4876853	2376436	6137099
	動的地震荷重 Z	3931	2792	1857	2351749	2065254	2513860
	静的地震荷重 X	3618	446	359	191877	1700294	1883956
	静的地震荷重 Z	401	21	2229	1510946	432479	184890
83	自重	—	6848	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
87	自重	228	—	99	—	—	—
	動的地震荷重 X	1936	—	897	—	—	—
	動的地震荷重 Y	572	—	5028	—	—	—
	動的地震荷重 Z	268	—	2152	—	—	—
	静的地震荷重 X	669	—	6	—	—	—
	静的地震荷重 Z	40	—	919	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
98	自重	38	4360	29	217424	49002	2728
	動的地震荷重 X	1099	687	648	441309	783080	2386989
	動的地震荷重 Y	143	3485	3274	1306534	126157	79040
	動的地震荷重 Z	201	693	702	832311	94692	335558
	静的地震荷重 X	677	29	14	156	63285	668025
	静的地震荷重 Z	8	98	537	443653	10836	950
101	自重	8	—	130	—	—	—
	動的地震荷重 X	1346	—	1165	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1247	—	6551	—	—	—
	動的地震荷重 Z	416	—	1692	—	—	—
	静的地震荷重 X	733	—	20	—	—	—
	静的地震荷重 Z	79	—	900	—	—	—
112	自重	2	4279	5	213078	2376	4671
	動的地震荷重 X	800	1740	1575	1213505	517628	1581432
	動的地震荷重 Y	269	4672	4398	1909621	256855	108545
	動的地震荷重 Z	230	2245	2025	1701721	93456	275612
	静的地震荷重 X	663	60	48	18966	72923	661180
	静的地震荷重 Z	18	155	588	467015	16459	4671
114	自重	—	30831	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
122	自重	346	2017	1369	1794020	186030	684606
	動的地震荷重 X	1162	4415	2926	3457528	409997	1473981
	動的地震荷重 Y	4543	17283	2533	2581548	1190297	3643258
	動的地震荷重 Z	1043	4157	4233	5233833	346693	1168979
	静的地震荷重 X	1455	94	67	148312	73590	548445
	静的地震荷重 Z	118	398	2246	1962437	203313	117379

4. 3. 6. PCS-R-6

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	30	2355	75	348912	32589	1426687
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	1987	2504	4066	1818817	3692327	1581122
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	1405	1516	3066	1062802	2246948	899003
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	1327	1447	2076	847652	1668303	1093249
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	2458	2020	4495	1314536	3533381	1600957
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	2591	2516	5248	1456661	4368595	1716404
	静的地震荷重 X	1662	156	512	136129	966103	574216
	静的地震荷重 Z	357	259	2754	497318	1276532	107318
6	自重	—	13756	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
9	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	169	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	118	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	74	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	190	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	206	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	49	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	40	—	—	—
14	自重	—	11373	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	5833	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	5132	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	4173	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	7002	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	7831	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	15	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	703	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
18	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	2207	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	1605	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	1016	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	2491	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	2064	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	767	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	701	—	—	—
27	自重	32	5890	199	1043196	55505	1110896
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	11569	2970	4453	3083510	5514903	2709146
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	7348	1467	2953	1426279	3774839	1387302
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	6265	1638	2530	1490499	3097953	1360163
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	12295	2286	6365	2608055	6241024	2382220
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	13964	2670	7183	3357338	5400707	2860140
	静的地震荷重 X	5368	177	1366	1038234	2309476	1045071
	静的地震荷重 Z	390	434	4767	980693	1292209	424293

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
30	自重	—	18379	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
38	自重	—	17380	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	5876	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	5339	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	4401	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	7387	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	7039	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	6173	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	140	8	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
43	自重	—	—	332	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	4160	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	3401	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	2761	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	4588	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	4020	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	127	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	9970	—	—	—
44	自重	—	29252	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
52	自重	62	15738	209	455010	27753	2910831
	動的地震荷重 XYZ(Sd1)	14555	13040	3494	7616808	2452545	37924800
	動的地震荷重 XYZ(Sd2)	8754	7464	2643	4827282	1338953	24170760
	動的地震荷重 XYZ(Sd3)	9033	8473	2380	4132691	1698212	24427110
	動的地震荷重 XYZ(Sd4)	11209	10430	3231	6142664	1992380	27252150
	動的地震荷重 XYZ(SdD)	16473	15770	2901	5436721	3034292	47459840
	静的地震荷重 X	6493	9	1033	2653092	212869	14552900
	静的地震荷重 Z	108	18	1465	1650696	227818	272179

4.3.7. PCS-R-7

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	462	19730	—	—	—	657943
	動的地震荷重 X	3003	590	—	—	—	1786567
	動的地震荷重 Y	120	5130	—	—	—	171066
	動的地震荷重 Z	—	—	3796	3800639	529978	—
	静的地震荷重 X	2903	570	—	—	—	1727014
	静的地震荷重 Z	—	—	3670	3673951	512312	—
8	自重	462	7580	—	—	—	4146475
	動的地震荷重 X	5190	590	—	—	—	631990
	動的地震荷重 Y	120	1971	—	—	—	1078083
	動的地震荷重 Z	—	—	4397	248453	4676757	—
	静的地震荷重 X	5017	570	—	—	—	610924
	静的地震荷重 Z	—	—	4251	240171	4520865	—

4.3.8. PCS-R-8

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1679	21611	—	—	—	11834470
	動的地震荷重 X	11692	—	—	—	—	1428608
	動的地震荷重 Y	1646	21179	—	—	—	11597780
	動的地震荷重 Z	—	—	11484	908392	7441132	—
	相対変位 X	1601	—	—	—	—	4002226
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	2638	6594114	2210347	—
6	自重	1679	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	11000	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1646	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	11208	—	—	—
	相対変位 X	1601	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	2638	—	—	—

(2) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1679	21611	—	—	—	11834470
	動的地震荷重 X	3341	—	—	—	—	408174
	動的地震荷重 Y	437	5619	—	—	—	3076963
	動的地震荷重 Z	—	—	3281	259541	2126038	—
	静的地震荷重 X	3229	—	—	—	—	394569
	静的地震荷重 Z	—	—	3172	250890	2055170	—
6	自重	1679	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	3143	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	437	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	3203	—	—	—
	静的地震荷重 X	3038	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	3096	—	—	—

4. 3. 9. PCS-R-9

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	16	242	1	99329	23157	88348
	動的地震荷重 X	31	4	23	2890	7277	3446
	動的地震荷重 Y	5	200	15	96894	17505	79186
	動的地震荷重 Z	14	6	61	6620	3173	1786
	静的地震荷重 X	29	—	17	2137	5609	3289
	静的地震荷重 Z	4	1	99	11103	1300	13
12	自重	18	425	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	97	5	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	24	275	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	33	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	102	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	2	—	—	—	—
22	自重	—	15	7	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	3	65	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	153	11	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	6	64	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	38	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	73	—	—	—
24	自重	2	171	6	68346	530	14312
	動的地震荷重 X	12	3	31	674	2660	270
	動的地震荷重 Y	8	189	15	40148	1231	16442
	動的地震荷重 Z	12	4	26	657	2214	313
	静的地震荷重 X	23	1	22	176	1853	54
	静的地震荷重 Z	5	1	19	47	1697	66

4.3.10. PCS-R-10

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	3	401	6	58885	5774	24606
	動的地震荷重 X	107	1	3	1111	10613	21195
	動的地震荷重 Y	1	104	2	15310	1502	6398
	動的地震荷重 Z	1	4	145	26806	227	657
	静的地震荷重 X	69	1	2	714	6823	13626
	静的地震荷重 Z	1	2	94	17233	146	422
11	自重	3	190	6	46436	2395	76895
	動的地震荷重 X	59	1	3	241	14053	1093
	動的地震荷重 Y	1	50	2	12074	623	19993
	動的地震荷重 Z	1	4	21	506	1324	1961
	静的地震荷重 X	38	1	2	155	9034	703
	静的地震荷重 Z	1	2	13	325	851	1261

4. 3. 11. PCS-R-11

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	17	95	3	2035	9516	38631
	動的地震荷重 X	28	3	1	1356	1151	154
	動的地震荷重 Y	5	25	1	529	2475	10044
	動的地震荷重 Z	8	4	33	4171	7305	2602
	静的地震荷重 X	18	2	1	872	740	99
	静的地震荷重 Z	5	2	21	2682	4697	1673
13	自重	22	287	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	79	4	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	6	75	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	8	3	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	51	3	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	2	—	—	—	—
19	自重	6	468	3	163575	5098	11445
	動的地震荷重 X	132	1	1	714	46287	3038
	動的地震荷重 Y	2	122	1	42530	1326	2976
	動的地震荷重 Z	—	1	205	667	65	857
	静的地震荷重 X	85	1	1	459	29756	1953
	静的地震荷重 Z	—	1	132	429	42	551

3-4-2-3. 2次冷却系設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-2-3- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-2-3- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-2-3- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-2-3- 3
3. 設計条件	添 3-4-2-3- 6
3.1. SCS-R-1	添 3-4-2-3- 6
3.2. SCS-R-2	添 3-4-2-3-10
4. 解析結果及び評価	添 3-4-2-3-14
4.1. 固有周期	添 3-4-2-3-14
4.2. 結論	添 3-4-2-3-16
4.2.1. SCS-R-1	添 3-4-2-3-16
4.2.2. SCS-R-2	添 3-4-2-3-17
4.3. 拘束点反力	添 3-4-2-3-18
4.3.1. PCS-R-1	添 3-4-2-3-18
4.3.2. PCS-R-2	添 3-4-2-3-20

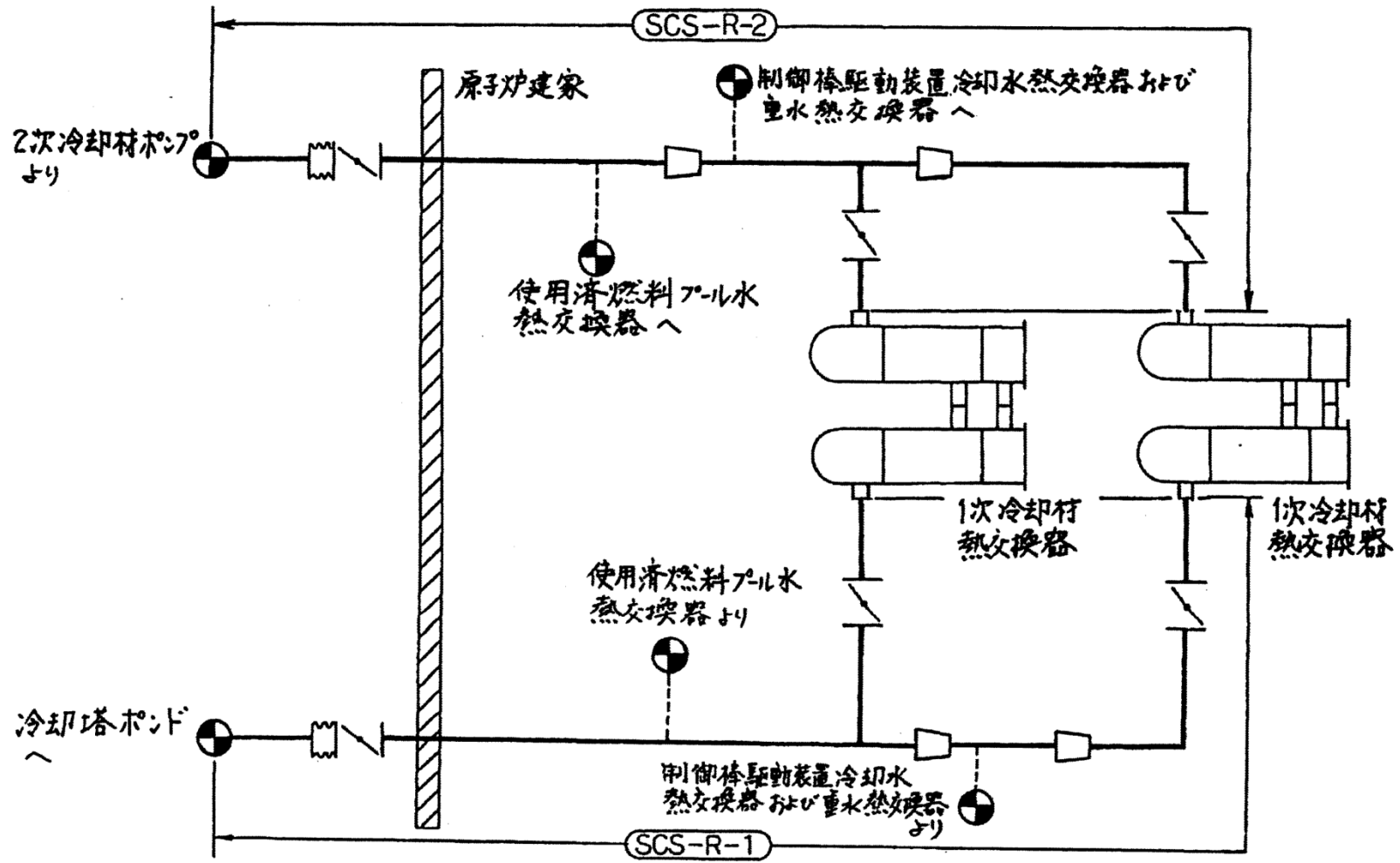
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
SCS-R-1	1次冷却材熱交換器 から 2次冷却系ダクトアンカ まで	B
SCS-R-2	2次冷却系ダクトアンカ から 1次冷却材熱交換器 まで	B





2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

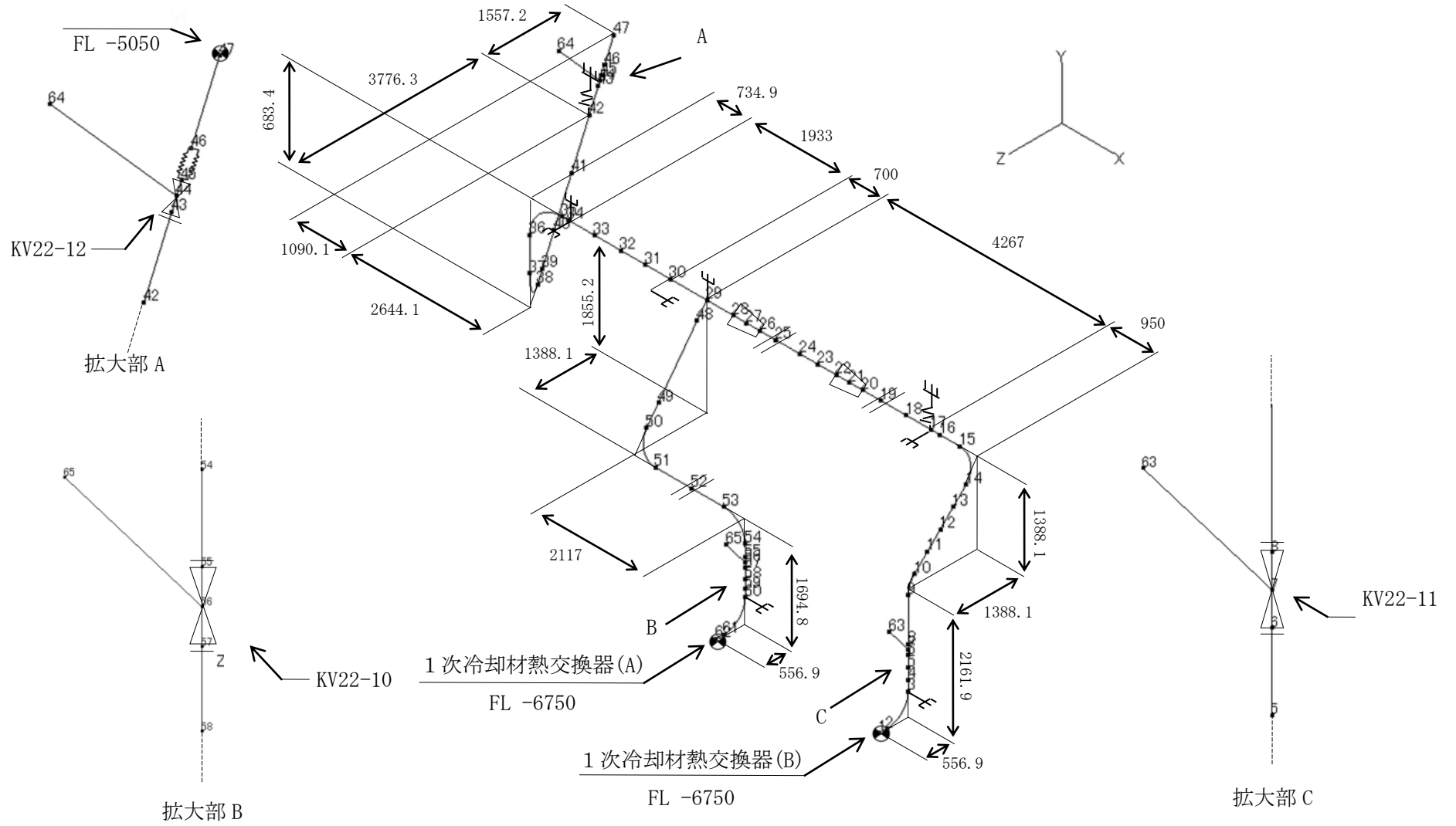


2.2. 鳥瞰図

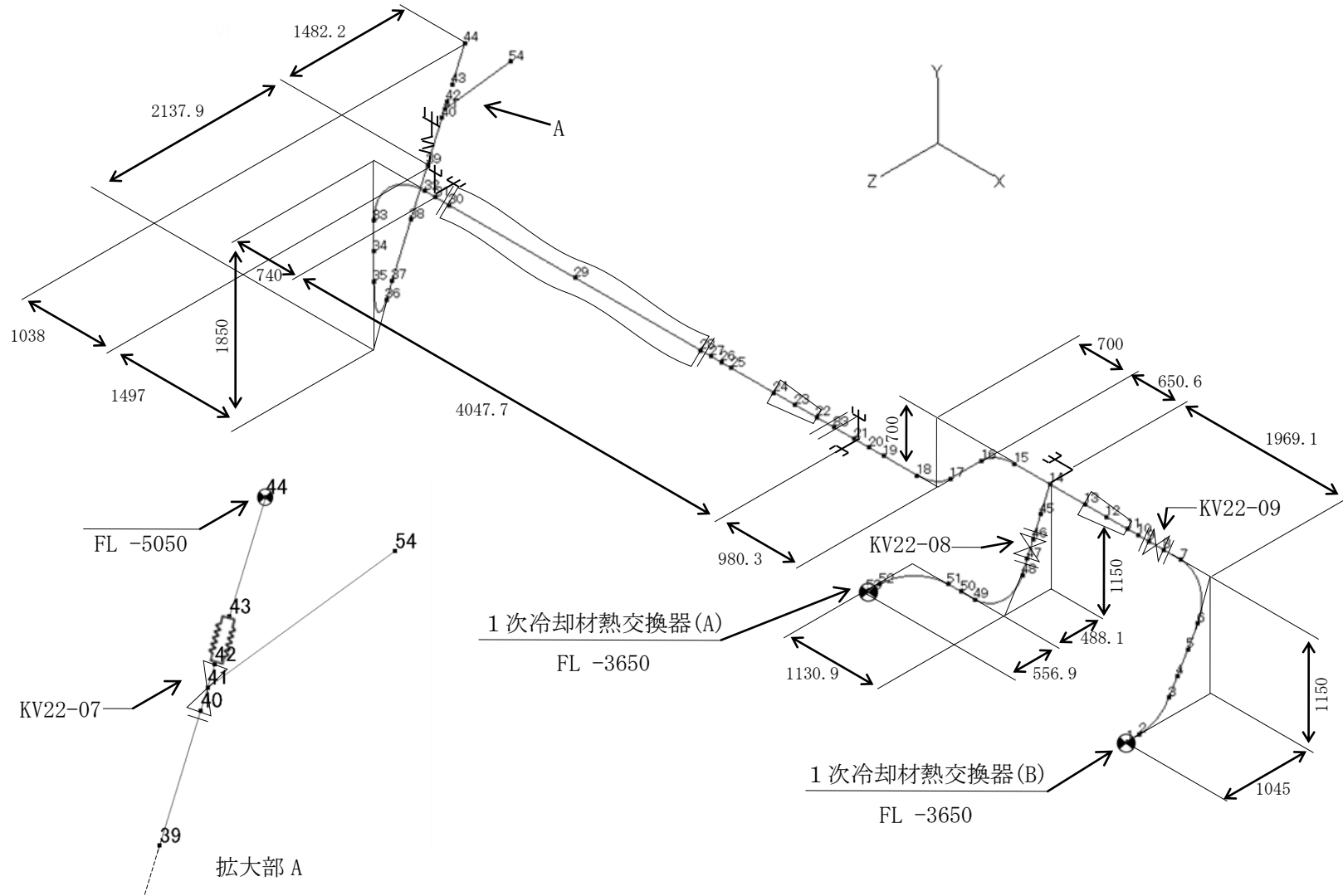
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	流量計
	伸縮継手

(1) SCS-R-1



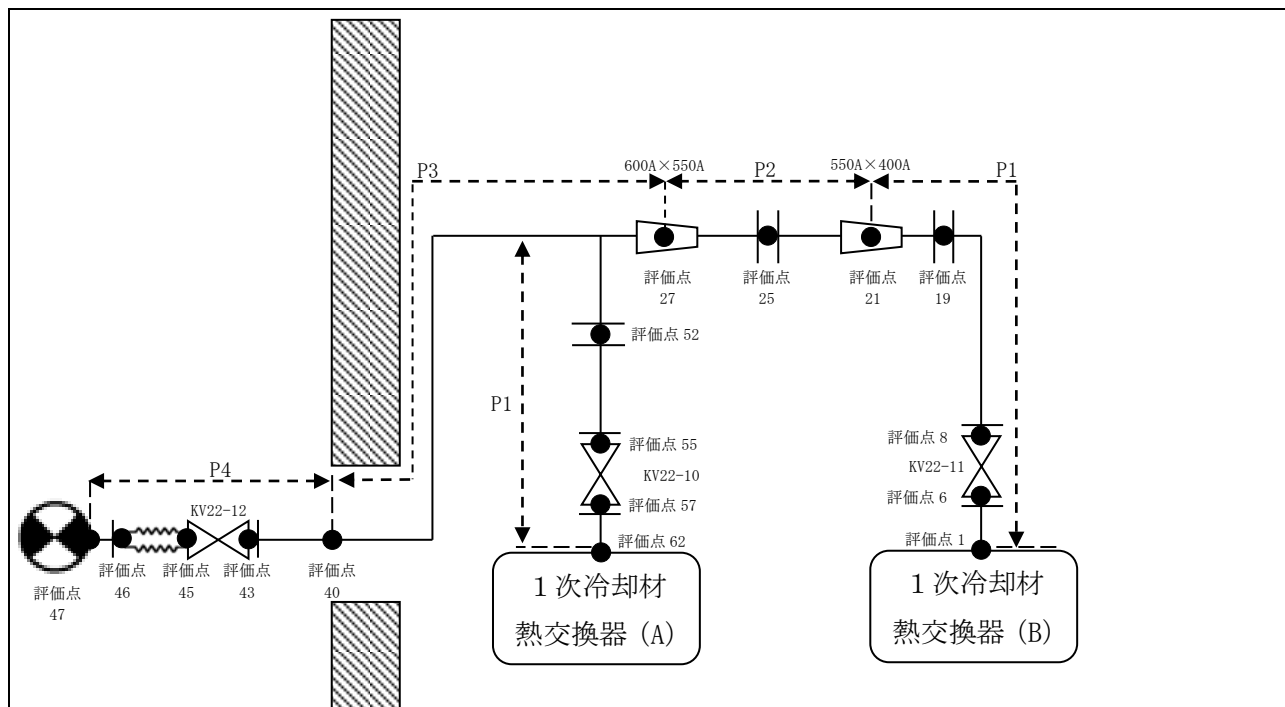
(2) SCS-R-2



3. 設計条件

3.1. SCS-R-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	406.4		558.8	609.6
板厚(mm)	7.9		9.5	9.5
材質	SGP		STPY400	STPY400
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10 ⁵		2.01×10 ⁵	2.01×10 ⁵
ポアソン比(-)	0.3		0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55		55	55
最高使用圧力(MPa)	0.7845		0.7845	0.7845
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹		7.85×10 ⁻⁹	7.85×10 ⁻⁹
内部流体種類	水		水	水
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
外部流体種類	—		—	—
外部流体密度(ton/mm ³)	—		—	—
保温材/外装材種類	グラスウール/ガルバリウム鋼		グラスウール/ガルバリウム鋼	グラスウール/ガルバリウム鋼
保温材/外装材密度(ton/mm ³)	0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹		0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹	0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹
保温材/外装材厚さ(mm)	50.0/2.0		50.0/2.0	50.0/2.0
設計降伏点 Sy (MPa)	143		174	174
設計引張強さ Su (MPa)	—		—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	143	174

配管番号	P4			
外径 (mm)	609.6			
板厚 (mm)	9.5			
材質	STPY400			
ヤング率 (N/mm ²)	2.01 × 10 ⁵			
ポアソン比 (-)	0.3			
最高使用温度 (°C)	55			
最高使用圧力 (MPa)	0.7845			
配管密度 (ton/mm ³)	7.85 × 10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度 (ton/mm ³)	1.00 × 10 ⁻⁹			
外部流体種類	—			
外部流体密度 (ton/mm ³)	—			
保温剤/外装剤 材質	—			
保温剤/外装剤密度 (ton/mm ³)	—			
保温剤/外装剤厚さ (mm)	—			
設計降伏点 Sy (MPa)	174			
設計引張強さ Su (MPa)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1 次	174	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(6)	4.82	—
3	(6)	4.82	—
4	(5)	2.10	—
5	(5)	2.10	—
6	(9)	2.10	—
8	(9)	2.10	—
9	(6)	4.82	—
10	(6)	4.82	—
11	(1)	1.00	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(6)	4.82	—
15	(6)	4.82	—
16	(5)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(9)	2.10	—
20	(3)	1.80	—
21	(7)	2.00	—
22	(3)	1.80	—
23	(5)	3.90	3.90
24	(1)	1.00	—
25	(9)	2.10	—
26	(3)	1.80	—
27	(7)	2.00	—
28	(3)	1.80	—
29	(4)	3.35	3.35
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
32	(5)	3.96	3.96
33	(1)	1.00	—
34	(1)	1.00	—
35	(6)	5.61	—
36	(6)	5.61	—
37	(6)	5.61	—
38	(6)	5.61	—
39	(1)	1.00	—
40	(1)	1.00	—
41	(1)	1.00	—
42	(1)	1.00	—
43	(9)	2.10	—
45	(9)	2.10	—
46	(9)	2.10	—
47	(2)	2.10	—
48	(1)	1.00	—
49	(5)	2.10	—
50	(6)	4.82	—
51	(6)	4.82	—
52	(9)	2.10	—
53	(6)	4.82	—
54	(6)	4.82	—
55	(9)	2.10	—
57	(9)	2.10	—
58	(5)	2.10	—
59	(5)	2.10	—
60	(6)	4.82	—
61	(6)	4.82	—
62	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

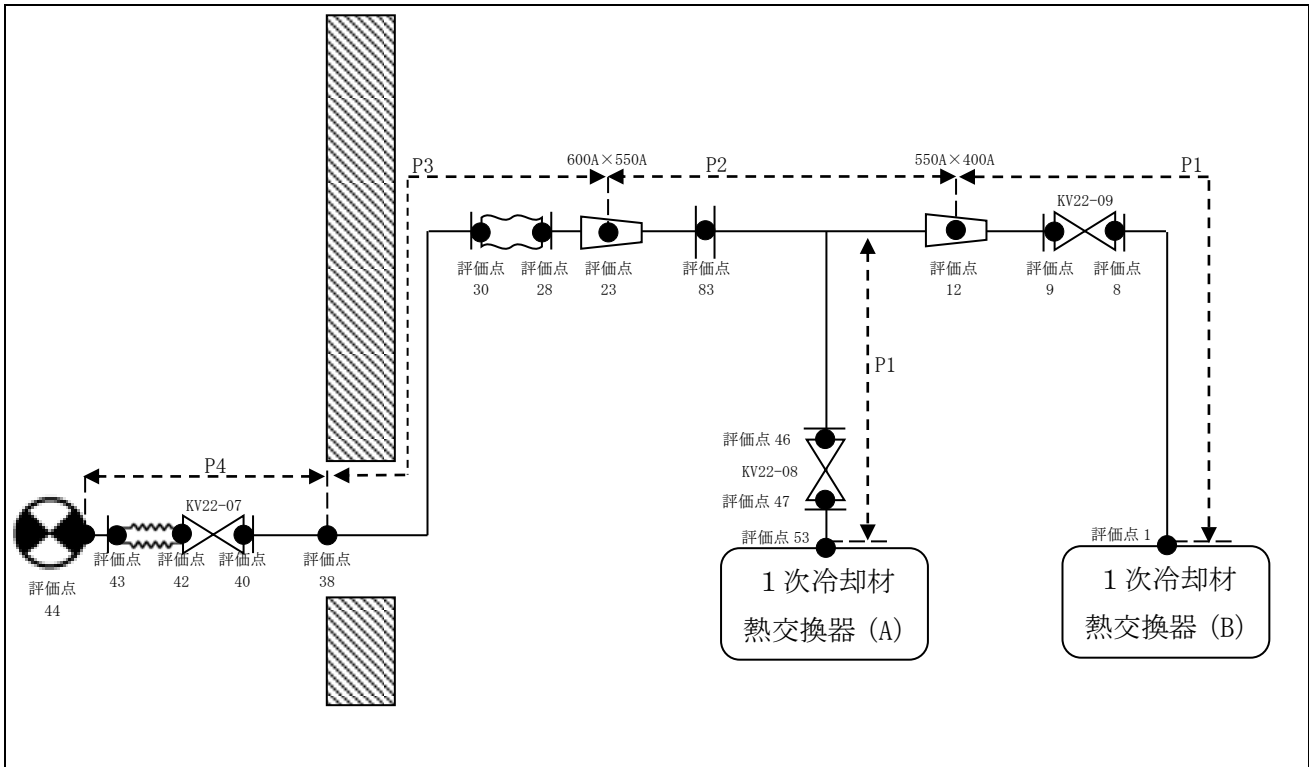
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	—	フランジ	29.90	—
8	—	フランジ	29.90	—
19	—	フランジ×2	59.80	—
25	—	フランジ×2	118.00	—
43	—	フランジ	64.00	—
45	—	伸縮継手	80.00	—
46	—	伸縮継手+ フランジ	144.00	—
52	—	フランジ×2	59.80	—
55	—	フランジ	29.90	—
57	—	フランジ	29.90	—
63	KV22-11	弁	460.00	—
64	KV22-12	弁	805.00	—
65	KV22-10	弁	460.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	基準地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3 及び 2次冷却系ダクト	0.18	—

3.2. SCS-R-2

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	406.4		558.8	609.6
板厚(mm)	7.9		9.5	9.5
材質	SGP		STPY400	STPY400
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10 ⁵		2.01×10 ⁵	2.01×10 ⁵
ポアソン比(-)	0.3		0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55		55	55
最高使用圧力(MPa)	0.7845		0.7845	0.7845
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹		7.85×10 ⁻⁹	7.85×10 ⁻⁹
内部流体種類	水		水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
外部流体種類	—		—	—
外部流体密度(ton/mm)	—		—	—
保温材/外装材種類	グラスウール/ガルバリウム鋼		グラスウール/ガルバリウム鋼	グラスウール/ガルバリウム鋼
保温材/外装材密度(ton/mm ³)	0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹		0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹	0.12×10 ⁻⁹ /7.85×10 ⁻⁹
保温材/外装材厚さ(mm)	50.0/2.0		50.0/2.0	50.0/2.0
設計降伏点 Sy (MPa)	143		174	174
設計引張強さ Su (MPa)	—		—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	143	174

配管番号	P4			
外径(mm)	609.6			
板厚(mm)	9.5			
材質	STPY400			
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.7845			
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	—			
外部流体密度(ton/mm ³)	—			
保温剤/外装剤 材質	—			
保温剤/外装剤密度(ton/mm ³)	—			
保温剤/外装剤厚さ(mm)	—			
設計降伏点 Sy (MPa)	174			
設計引張強さ Su (MPa)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	174	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(6)	4.82	—
3	(6)	4.82	—
4	(5)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	4.82	—
7	(6)	4.82	—
8	(9)	2.10	—
9	(9)	2.10	—
10	(1)	1.00	—
11	(3)	1.80	—
12	(7)	2.00	—
13	(3)	1.80	—
14	(4)	3.16	3.16
15	(6)	5.28	—
16	(6)	5.28	—
17	(6)	5.28	—
18	(6)	5.28	—
19	(5)	3.90	3.90
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(3)	1.80	—
23	(7)	2.00	—
24	(3)	1.80	—
25	(5)	3.96	3.96
26	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
27	(1)	1.00	—
28	(9)	2.10	—
30	(9)	2.10	—
31	(1)	1.00	—
32	(6)	5.61	—
33	(6)	5.61	—
34	(1)	1.00	—
35	(6)	5.61	—
36	(6)	5.61	—
37	(1)	1.00	—
38	(1)	1.00	—
39	(1)	1.00	—
40	(9)	2.10	—
42	(9)	2.10	—
43	(9)	2.10	—
44	(2)	2.10	—
45	(3)	1.80	—
46	(9)	2.10	—
47	(9)	2.10	—
48	(6)	4.82	—
49	(6)	4.82	—
50	(5)	2.10	—
51	(6)	4.82	—
52	(6)	4.82	—
53	(2)	2.10	—
83	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	KV22-09	弁+フランジ	192.00	—
9	KV22-09	弁+フランジ	192.00	—
28	—	流量計+ フランジ	754.00	—
30	—	流量計+ フランジ	754.00	—
40	—	フランジ	64.00	—
42	—	伸縮継手	80.00	—
43	—	伸縮継手+ フランジ	144.00	—
46	KV22-08	弁	192.00	—
47	KV22-08	弁	192.00	—
54	KV22-07	電動弁	805.00	—
83	—	フランジ	118.00	—

(4) 入力地震波

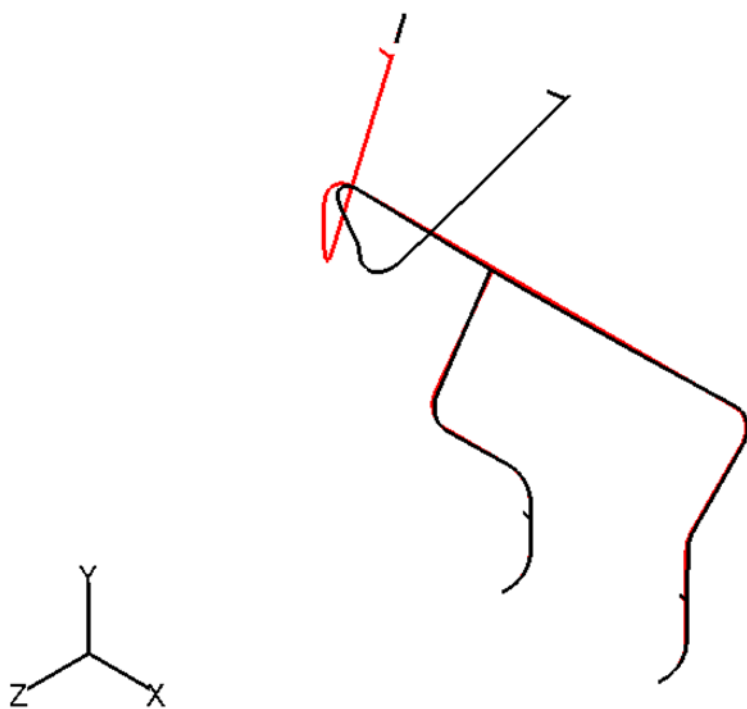
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	基準地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3 及び 2次冷却系ダクト	0.18	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

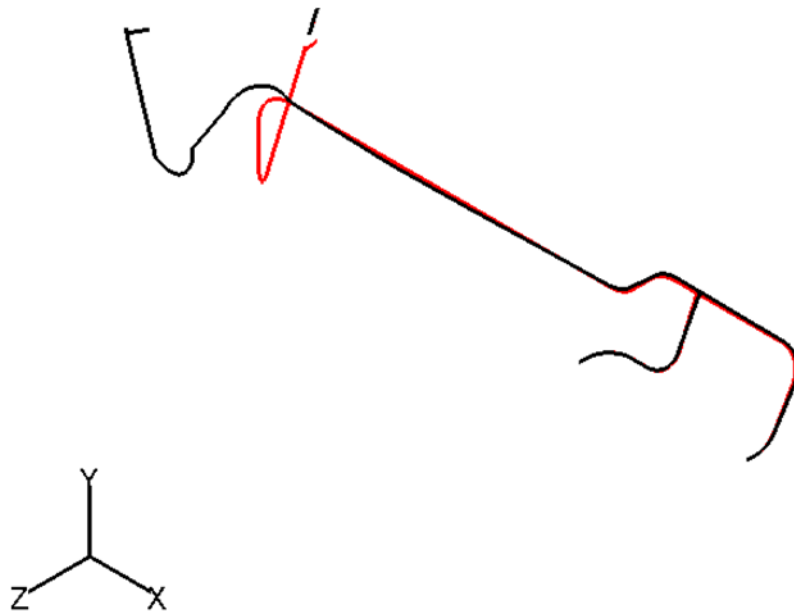
(1) SCS-R-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	4.15	4.40	4.15
固有周期 (s)	0.241	0.227	0.241



(2) SCS-R-2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	4.57	5.18	4.57
固有周期 (s)	0.219	0.193	0.219



4.2. 結論

4.2.1. SCS-R-1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	35	一次応力	13	18	122	—	153	174

4.2.2. SCS-R-2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	2	一次応力	11	25	51	—	87	143

4.3. 拘束点反力

4.3.1. SCS-R-1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	650	14658	809	5905208	154136	560129
	動的地震荷重 X	1704	1550	1444	1554150	846150	842616
	動的地震荷重 Y	1334	2794	1817	1377169	198012	679226
	動的地震荷重 Z	4633	2695	2875	2468862	693521	2572168
	静的地震荷重 X	300	37	86	54591	458064	447140
	静的地震荷重 Z	1073	493	1765	734288	73702	458660
3	自重	1082	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	3308	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1633	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	5201	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	2219	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1209	—	—	—	—	—
17	自重	—	8660	608	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	7444	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	2832	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	8773	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	105	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	3585	—	—	—
29	自重	—	20651	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	21794	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	6433	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	21166	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2655	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2321	—	—	—	—
30	自重	1946	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	25404	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7546	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	20911	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	12467	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	694	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
34	自重	—	26165	505	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	22837	18157	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	18232	8249	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	22665	21268	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2281	482	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1589	7465	—	—	—
42	自重	—	24408	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
47	自重	464	4239	130	1629027	216973	1139816
	動的地震荷重 X	28672	6880	27751	4005098	26313650	2802331
	動的地震荷重 Y	8876	27075	19630	15766480	5697644	11031660
	動的地震荷重 Z	23477	11127	23465	6479238	20337780	4533464
	静的地震荷重 X	3740	299	416	173729	2195946	121556
	静的地震荷重 Z	218	394	4662	228994	1667078	160225
60	自重	3415	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	7073	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	6300	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	18877	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	3142	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3780	—	—	—	—	—
62	自重	2364	13046	836	6268830	443064	1871485
	動的地震荷重 X	5282	2618	1963	1731325	922207	2915452
	動的地震荷重 Y	4856	2301	2095	1851503	754773	2002243
	動的地震荷重 Z	15085	5502	9904	8019774	1730588	6300450
	静的地震荷重 X	1139	113	86	110240	594786	200913
	静的地震荷重 Z	3005	634	2654	1618920	379264	1039421

4.3.2. SCS-R-2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	845	11392	653	8135324	933680	590094
	動的地震荷重 X	753	3258	4871	6023284	1003567	1417073
	動的地震荷重 Y	449	3119	4055	5940690	433971	774948
	動的地震荷重 Z	934	6256	9608	11524410	1211263	2095407
	静的地震荷重 X	267	867	72	922550	32919	35274
	静的地震荷重 Z	384	5	2451	1184466	126505	437834
14	自重	3286	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	16862	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7844	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	14716	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	12377	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	532	—	—	—	—	—
21	自重	—	31238	864	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	13732	9920	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	3772	3865	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	10607	9888	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	70	688	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	503	4690	—	—	—
31	自重	—	21625	103	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	10501	15009	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	12687	9917	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	8240	13434	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	822	14	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	690	5083	—	—	—
39	自重	—	22800	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
44	自重	196	3932	337	1357270	20130	950946
	動的地震荷重 X	15595	2758	21855	1395466	13980580	977706
	動的地震荷重 Y	12799	17363	17663	8808579	873110	6171560
	動的地震荷重 Z	12917	3854	18141	1954092	10835540	1369097
	静的地震荷重 X	3080	318	339	161136	1568012	112897
	静的地震荷重 Z	327	328	4016	165977	1181365	116289
53	自重	4326	5286	1283	3027735	1773800	1962273
	動的地震荷重 X	6017	4008	3100	2508304	1832582	3749978
	動的地震荷重 Y	2260	1212	1310	3394496	1234020	1598563
	動的地震荷重 Z	5687	3532	2873	4664890	2639763	2806206
	静的地震荷重 X	1607	343	434	474770	489100	80434
	静的地震荷重 Z	180	145	1090	309965	351110	111747

3-4-2-4. 重水溢流タンクの耐震強度評価

目次

1. 設計条件	添 3-4-2-4-1
2. 機器要目	添 3-4-2-4-2
3. 計算数値	添 3-4-2-4-4
3.1. 許容応力状態 B_{AS}	添 3-4-2-4-4
3.1.1. 胴に生じる応力	添 3-4-2-4-4
3.1.2. 脚に生じる応力	添 3-4-2-4-7
4. FEM による固有値解析	添 3-4-2-4-7
4.1. 解析モデル	添 3-4-2-4-7
4.2. 固有値解析結果	添 3-4-2-4-8
4.3. 基礎ボルトに生じる応力	添 3-4-2-4-8
5. 結果	添 3-4-2-4-9

本計算書は「添付書類 3-3-2-1. 四脚たて置円筒形容器」に基づいて計算を行う。

1. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び床 面高さ (m)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	比重
重水溢流タンク	B	原子炉建家 ^(注) 1 FL -7.95	0.1961	55°C	—

注：基準床レベルを示す。

固有周期 (Hz)	
水平方向	鉛直方向
10.7	35.3

B _A S	
静的 地震力	弾性設計用 地震動 S _d の 1/2
水平方向 設計震度	水平方向 設計震度
C _H =0.18	C _H =1.23

部材	材料		設計降伏点 S _y (N/mm ²)	設計引張強さ S _u (N/mm ²)	許容引張応力 S (N/mm ²)
胴板	SUS304L	55°C	166	459	121
脚	SS400	40°C	245	400	—
基礎ボルト	SS400	40°C	235	400	—

2. 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (N/mm ²)	E_s (N/mm ²)	G (N/mm ²)	G_s (N/mm ²)
10200	1800	9	1.93×10^5	2.02×10^5	7.42×10^4	7.77×10^4

ℓ (mm)	ℓ_c (mm)	ℓ_g (mm)	H (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
1600	2072	2500	-	175	150

K_c (-)	K_θ (-)	K_r (-)	I_{sf} (mm ⁴)	I_{sr} (mm ⁴)	I_{st} (mm ⁴)	A_f (mm ²)
12798.1	2121.7	11573.0	1.82×10^7	1.08×10^8	3.65×10^7	3500

A_s (mm ²)	A_{sf} (mm ²)	A_{sr} (mm ²)	A_{st} (mm ²)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)
9218	3749	6219	2330	4667	2075

Z_{sp} (mm ³)	Z_{sr} (mm ³)	Z_{st} (mm ³)	J_s (mm ⁴)	h (mm)	s (-)
3.652×10^4	8.670×10^5	2.920×10^5	5.11×10^5	250	15

n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm ²)
4	2	2	300	300	452.4 (M24)

d_1 (mm)	d_2 (mm)	F (脚) (N/mm ²)	
		B_{AS}	B_{AS}
42.5	75.0	245	235

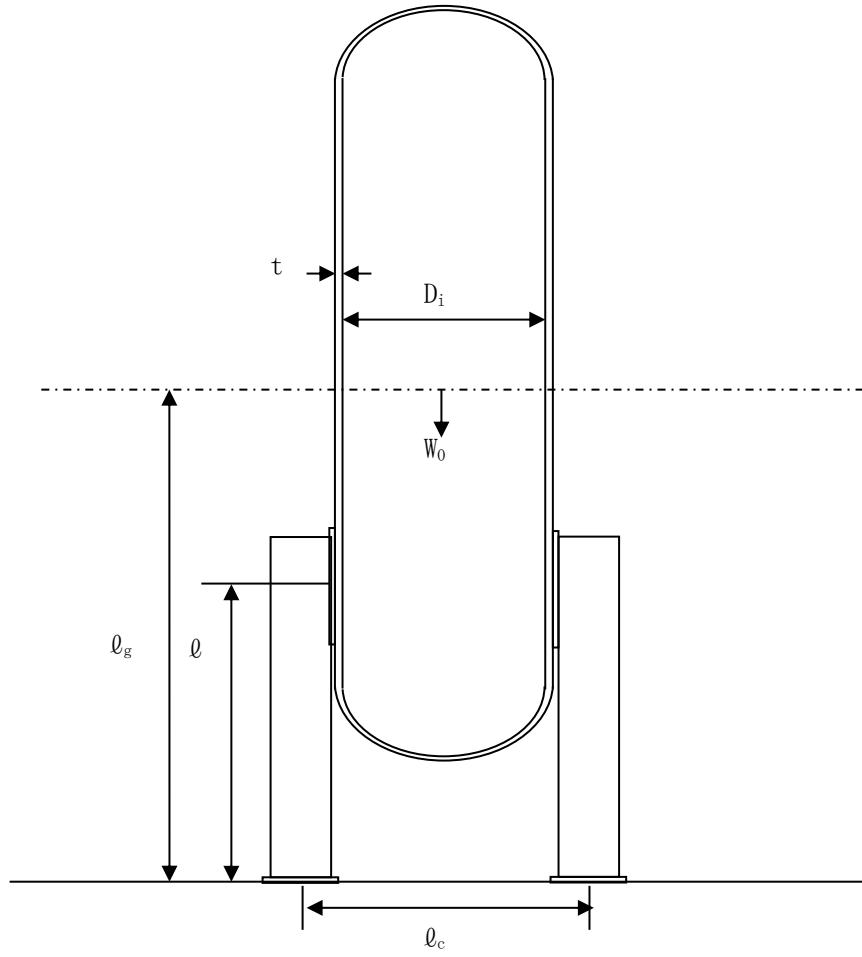


図-3-4-2-4.1 重水溢流タンクの荷重説明図

3. 計算数値

3.1 許容応力状態BAS

3.1.1 胴に生じる応力

(1) 胴に生じる一次一般膜応力

(単位 : N/mm²)

応力	静水頭又は 内圧による 応力	運転時質量 による応力	地震力によ る応力	組合せ一次 一般膜応力
		自重による 応力	転倒モーメ ントによる 応力	
周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	-	$\sigma_0 = 20$
軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x5} = 5$	
せん断	-	-	-	

(2) 胴に生じる一次応力

(単位 : N/mm²)

地震の方向	評価場所		応力	静水頭又は内圧による応力	運転時質量による応力		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	半径方向荷重による応力
Z方向	第一脚側	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	$\sigma_{\phi 3} = 4$	$\sigma_{\phi 4} = 3$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 2$	$\sigma_{x4} = 3$
			せん断	-	-		
		第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 3$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 3$
			せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 5$		
	第二脚側	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	$\sigma_{\phi 3} = 4$	$\sigma_{\phi 4} = 3$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 2$	$\sigma_{x4} = 3$
			せん断	-	-		
		第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 3$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 3$
			せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 5$		
X方向	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	$\sigma_{\phi 3} = 4$	$\sigma_{\phi 4} = 3$	
		軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 2$	$\sigma_{x4} = 3$	
		せん断	-	-			
	第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 20$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 3$	
		軸方向	$\sigma_{x1} = 10$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 3$	
		せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 5$			

(単位 : N/mm²)

地震の方向	評価場所		応力	水平地震力による応力				組合せ一次応力
				転倒モーメントによる応力	半径方向荷重による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	
Z方向	第一脚側	第一評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 61} = 36$	$\sigma_{\phi 71} = 51$	-	$\sigma_{11} = 114$
			軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x61} = 35$	$\sigma_{x71} = 19$	-	
			せん断	-				
		第二評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 61} = 36$	-	-	$\sigma_{12} = 81$
			軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x61} = 35$	-	-	
			せん断	$\tau_{\phi 2} = 19$				
	第二脚側	第一評価点	周方向	-	-	-	-	$\sigma_{13} = 51$
			軸方向	-	-	-	-	
			せん断	$\tau_{e1} = 6$		$\tau_3 = 22$		
		第二評価点	周方向	-	-	-	$\sigma_{\phi 81} = 12$	$\sigma_{14} = 67$
			軸方向	-	-	-	$\sigma_{x81} = 29$	
			せん断	$\tau_3 = 22$				
X方向	第一評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 91} = 26$	$\sigma_{\phi 101} = 36$	-	$\sigma_{15} = 101$	
		軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x91} = 25$	$\sigma_{x101} = 14$	-		
		せん断	$\tau_{e4} = 5$		$\tau_6 = 16$			
	第二評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 91} = 26$	-	$\sigma_{\phi 111} = 9$	$\sigma_{16} = 98$	
		軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x91} = 25$	-	$\sigma_{x111} = 21$		
		せん断	$\tau_{\phi 5} = 14$		$\tau_6 = 16$			

3.1.2 脚に生じる応力

(単位：N/mm²)

地震の方向		運転時質量による応力		
		圧縮	曲げ	せん断
Z 方向	第一脚側	$\sigma_{s1} = 3$	$\sigma_{s2} = 10$	$\tau_{s1} = 1$
	第二脚側	$\sigma_{s1} = 3$	$\sigma_{s2} = 10$	$\tau_{s1} = 1$
X 方向		$\sigma_{s1} = 3$	$\sigma_{s2} = 10$	$\tau_{s1} = 1$

(単位：N/mm²)

地震の方向		水平地震力による応力			組合せ応力
		圧縮	曲げ	せん断	
Z 方向	第一脚側	$\sigma_{s5} = 11$	$\sigma_{s6} = 116$	$\tau_{s3} = 6$	$\sigma_{sz1} = 141$
	第二脚側	-	$\sigma_{s7} = 37$	$\tau_{s4} = 26$	$\sigma_{sz2} = 69$
X 方向		$\sigma_{s8} = 8$	$\sigma_{s9} = 82$	$\sigma_{s10} = 26$	$\tau_{s5} = 22$
					$\sigma_{sx} = 135$

4. FEM による固有値解析

基礎ボルトの評価については、FEM により重水溢流タンクをモデル化して固有値解析を行い、その固有振動数に対して水平震度を算定する。

4.1. 解析モデル

固有値算定用モデルのモデル図を以下に示す。

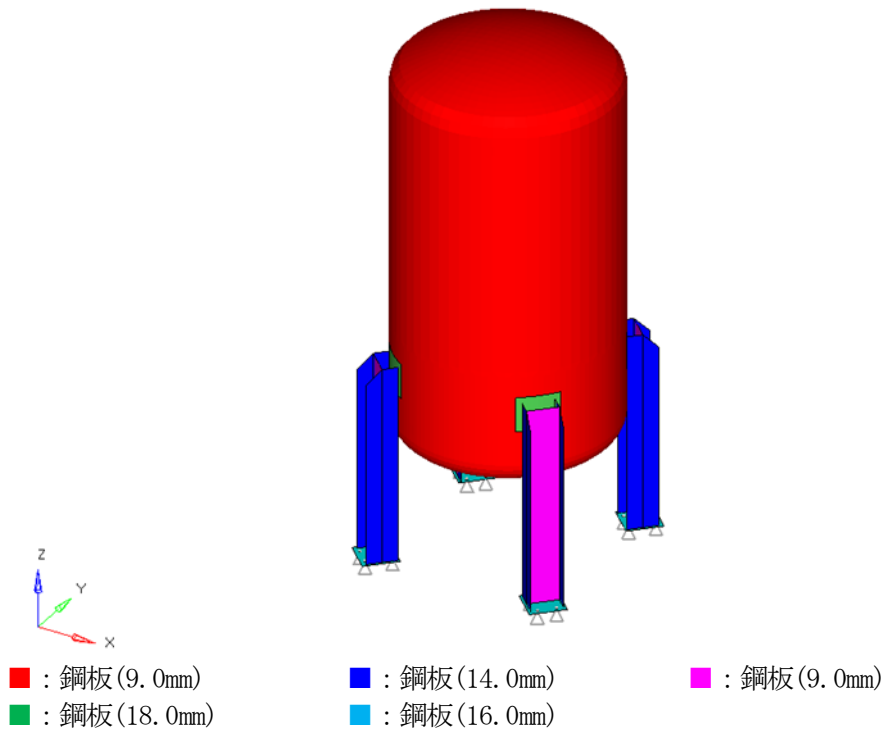


図-3-4-2-4.2 モデル図

4.2. 固有値解析結果

固有値解析の結果と設計震度を以下に示す。

固有周期(Hz)
水平方向
6.7

弾性設計用地震動 Sd の 1/2
水平方向 設計震度
$C_H=0.94$

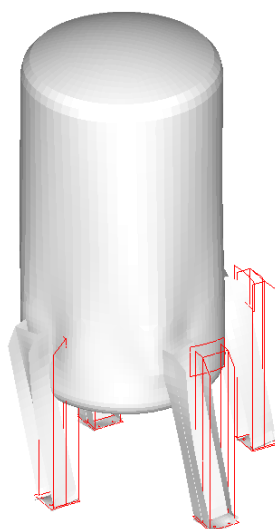


図-3-4-2-4.3 解析結果

4.3. 基礎ボルトに生じる応力

(単位 : N/mm²)

地震の方向		引張応力	せん断応力
Z 方向	第 1 脚側	$\sigma_{b1}= 156$	$\tau_{b1}= 10$
	第 2 脚側	$\sigma_{b2}= 127$	$\tau_{b2}= 17$
	第 3 脚側	$\sigma_{b3}= 85$	$\tau_{b3}= 12$
	第 4 脚側	$\sigma_{b2}= 127$	$\tau_{b2}= 17$
X 方向	第 1 脚側	$\sigma_{b4}= 163$	$\tau_{b4}= 14$
	第 2 脚側	$\sigma_{b5}= 102$	$\tau_{b5}= 15$
	第 3 脚側	$\sigma_{b5}= 102$	$\tau_{b5}= 15$
	第 4 脚側	$\sigma_{b4}= 163$	$\tau_{b4}= 14$

5. 結果

下表に示すように、許容応力状態 B_AS における算出応力はすべて許容応力を満足している。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、本機器は応答軸が明確な設備であり、厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力していることから、考慮不要とした。

表-3-4-2-4.1 評価結果

(単位 : N/mm²)

許容応力状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
B _A S	胴	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0 = 20$	$S_a = 166$
			一次	$\sigma_1 = 114$	$S_a = 166$
	脚	SS400	組合せ	$\sigma_s = 141$	$f_t = 245$
			圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) σ_{sr}/f_{br} + σ_{st}/f_{bt} + σ_{sc}/f_c	0.575	1.000
			引張	$\sigma_b = 163$	$f_{ts} = 176$
	基礎ボルト	SS400	せん断	$\tau_b = 17$	$f_{sb} = 135$

3-4-2-5. 重水系設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-2-5- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-2-5- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-2-5- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-2-5- 3
3. 設計条件	添 3-4-2-5-12
3.1. HWS-R-1	添 3-4-2-5-12
3.2. HWS-R-2	添 3-4-2-5-14
3.3. HWS-R-3	添 3-4-2-5-16
3.4. HWS-R-4	添 3-4-2-5-18
3.5. HWS-R-5	添 3-4-2-5-20
3.6. HWS-R-6	添 3-4-2-5-23
3.7. HWS-R-7	添 3-4-2-5-26
3.8. HWS-R-8	添 3-4-2-5-28
4. 解析結果及び評価	添 3-4-2-5-30
4.1. 固有周期	添 3-4-2-5-30
4.2. 結論	添 3-4-2-5-38
4.2.1. HWS-R-1	添 3-4-2-5-38
4.2.2. HWS-R-2	添 3-4-2-5-39
4.2.3. HWS-R-3	添 3-4-2-5-40
4.2.4. HWS-R-4	添 3-4-2-5-41
4.2.5. HWS-R-5	添 3-4-2-5-42
4.2.6. HWS-R-6	添 3-4-2-5-43
4.2.7. HWS-R-7	添 3-4-2-5-44
4.2.8. HWS-R-8	添 3-4-2-5-45
4.3. 拘束点反力	添 3-4-2-5-46
4.3.1. HWS-R-1	添 3-4-2-5-46
4.3.2. HWS-R-2	添 3-4-2-5-47
4.3.3. HWS-R-3	添 3-4-2-5-48
4.3.4. HWS-R-4	添 3-4-2-5-50
4.3.5. HWS-R-5	添 3-4-2-5-51
4.3.6. HWS-R-6	添 3-4-2-5-52
4.3.7. HWS-R-7	添 3-4-2-5-53
4.3.8. HWS-R-8	添 3-4-2-5-54

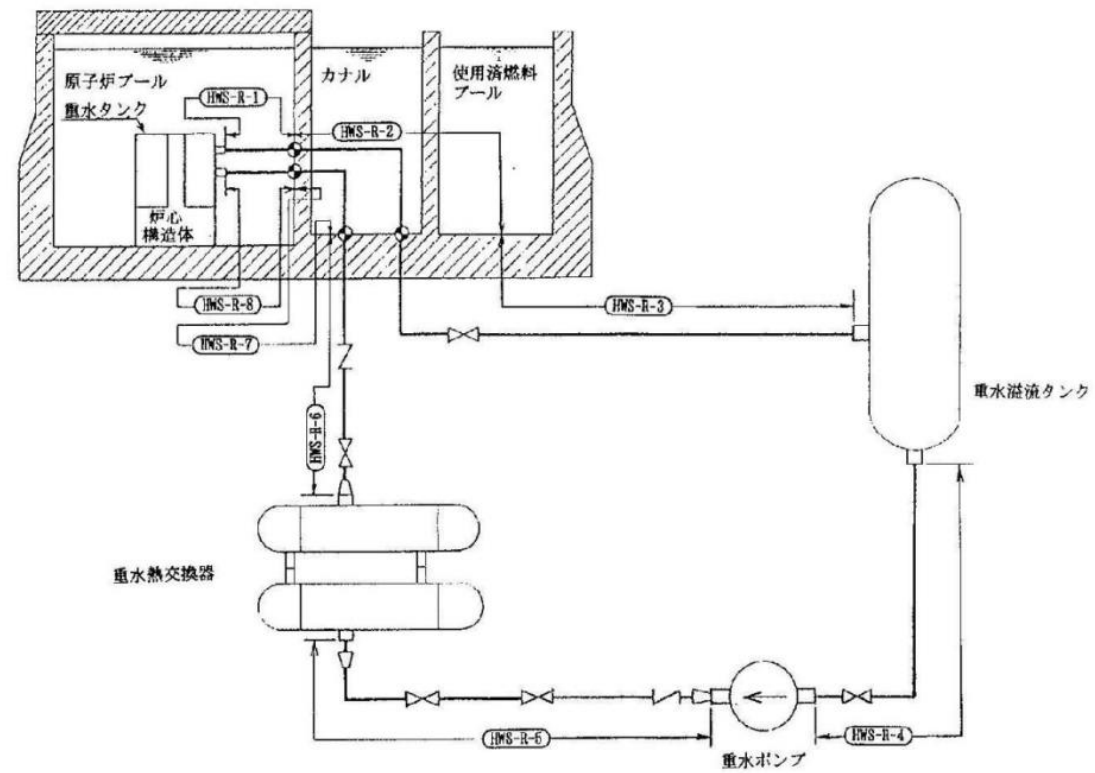
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
HWS-R-1	重水タンクから原子炉プール貫通部アンカまで	B
HWS-R-2	原子炉プール貫通部アンカからカナル貫通部アンカまで	B
HWS-R-3	カナル貫通部アンカから重水溢流タンクまで	B
HWS-R-4	重水溢流タンクから重水ポンプまで	B
HWS-R-5	重水ポンプから重水熱交換器まで	B
HWS-R-6	重水熱交換器からカナル貫通部アンカまで	B
HWS-R-7	カナル貫通部アンカから原子炉プール貫通部アンカまで	B
HWS-R-8	原子炉プール貫通部アンカから重水タンクまで	B




2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

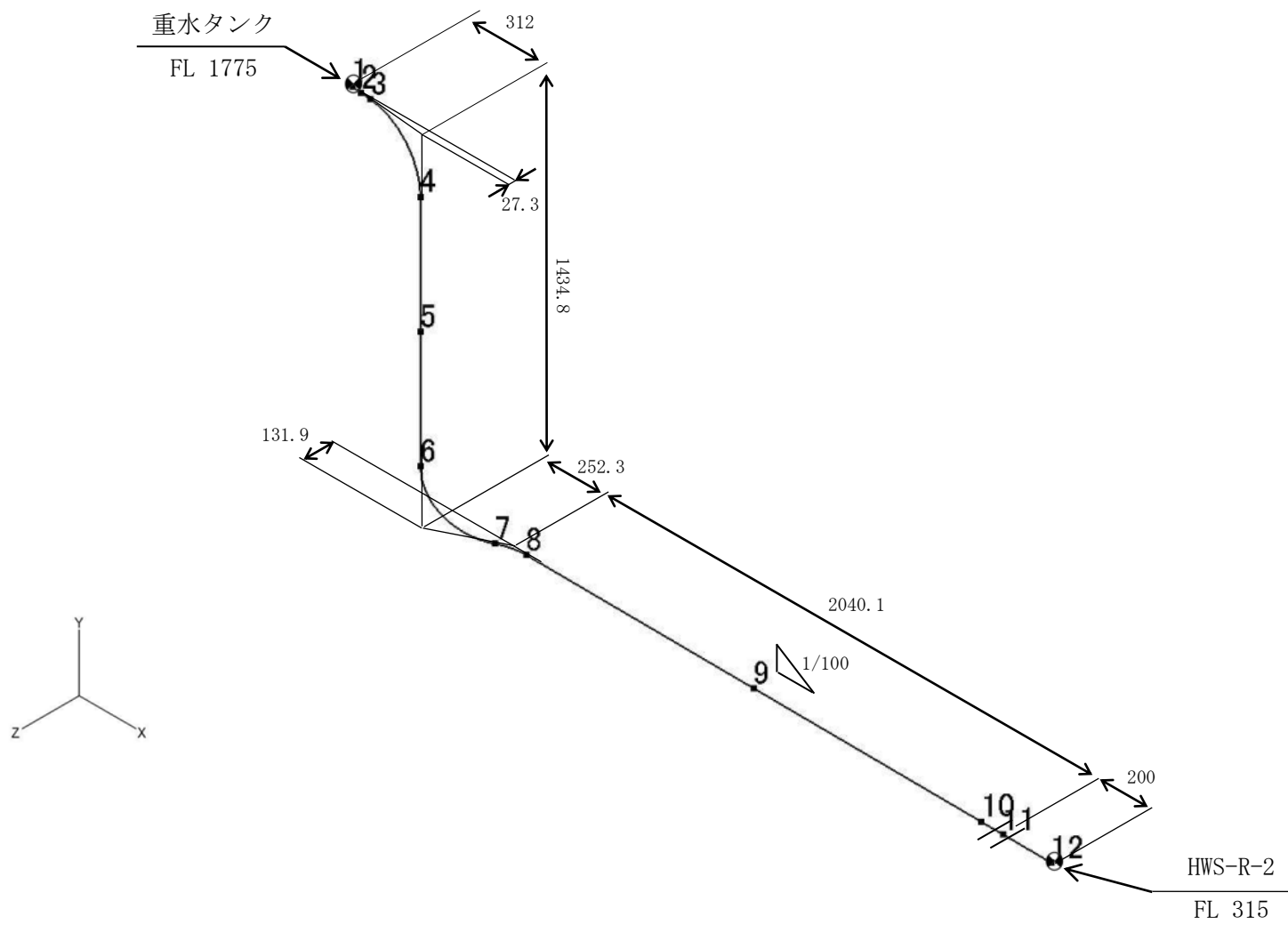


2.2. 鳥瞰図

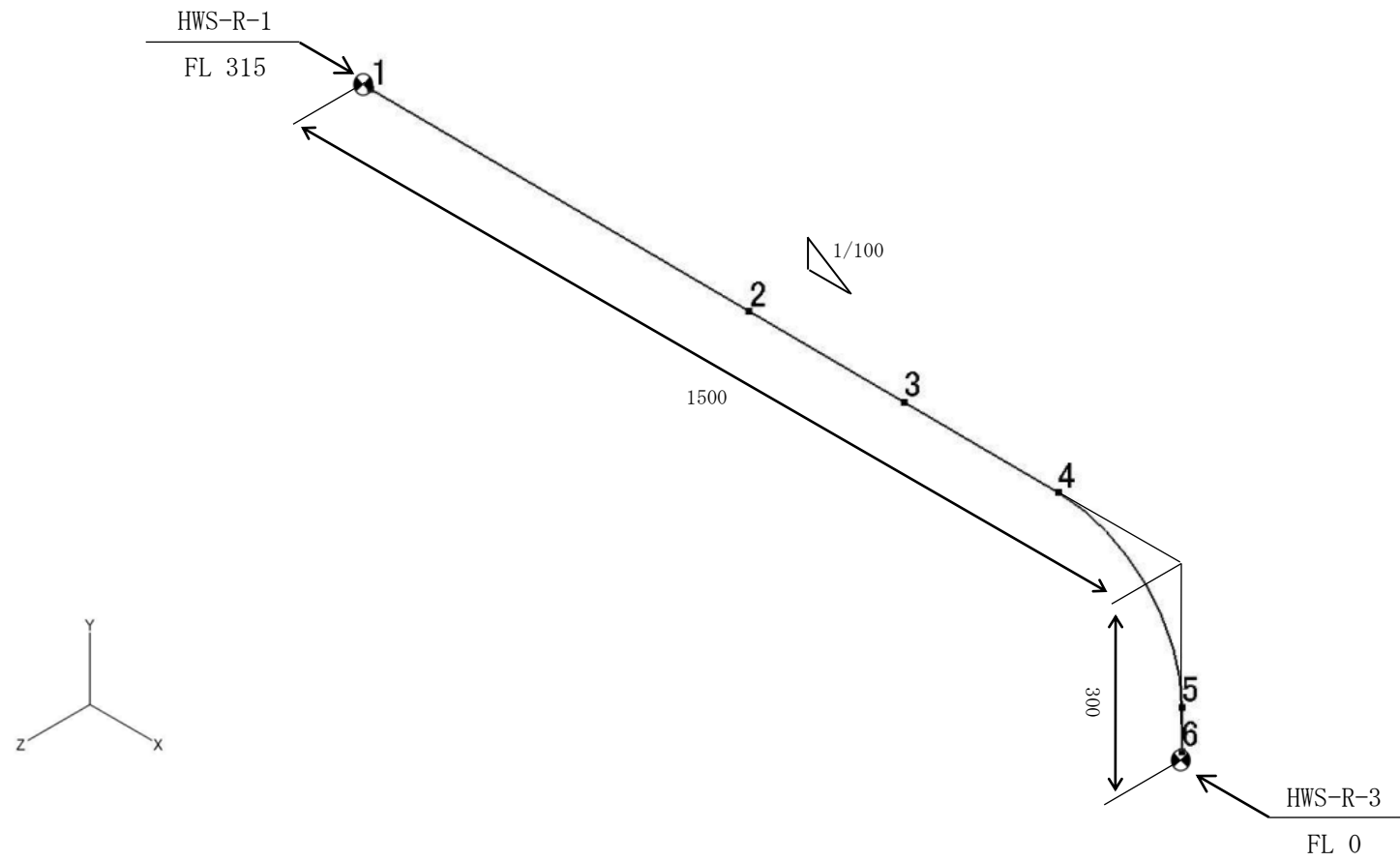
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	ハンガー

(1) HWS-R-1

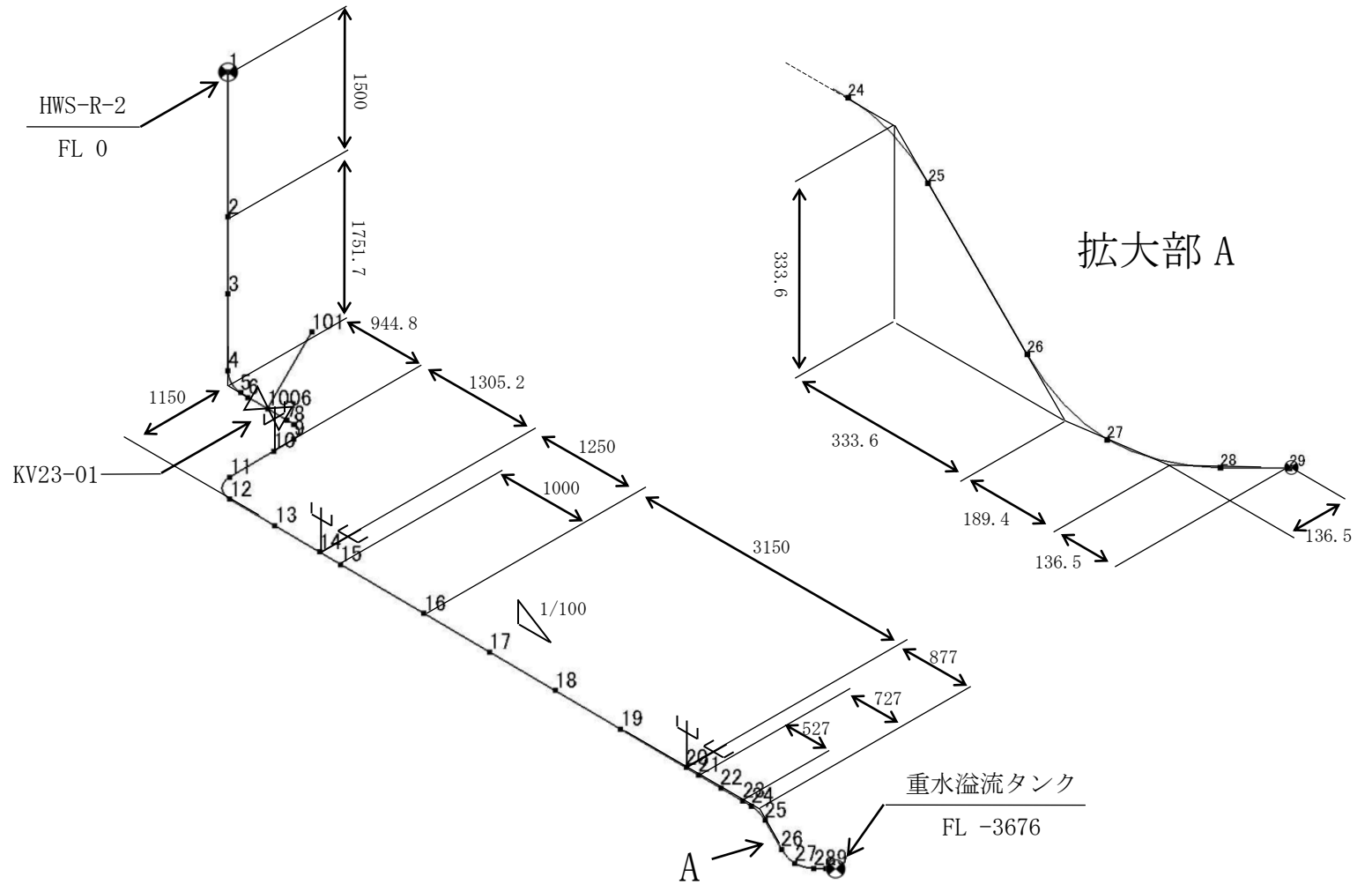


(2) HWS-R-2

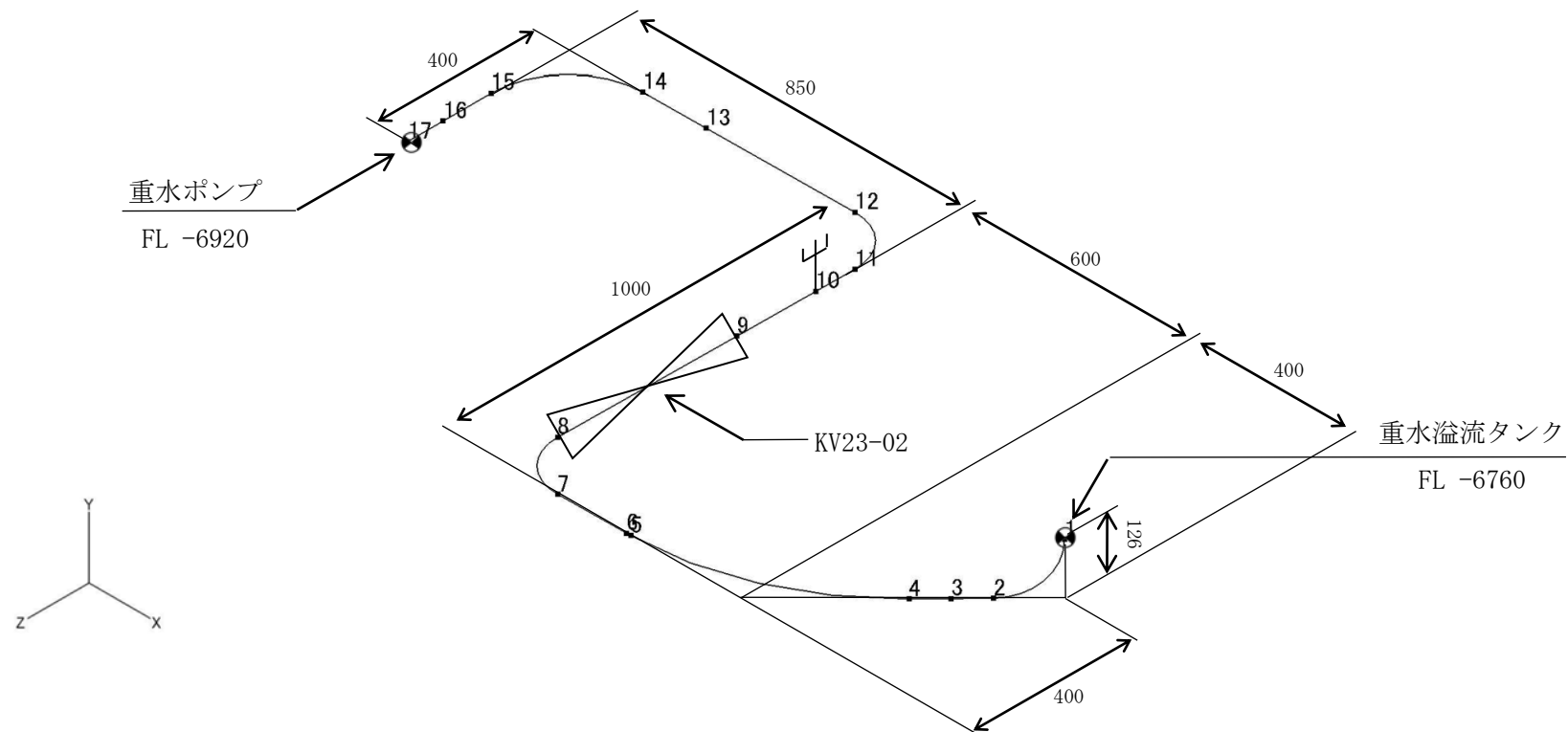


添 3-4-2-5-5

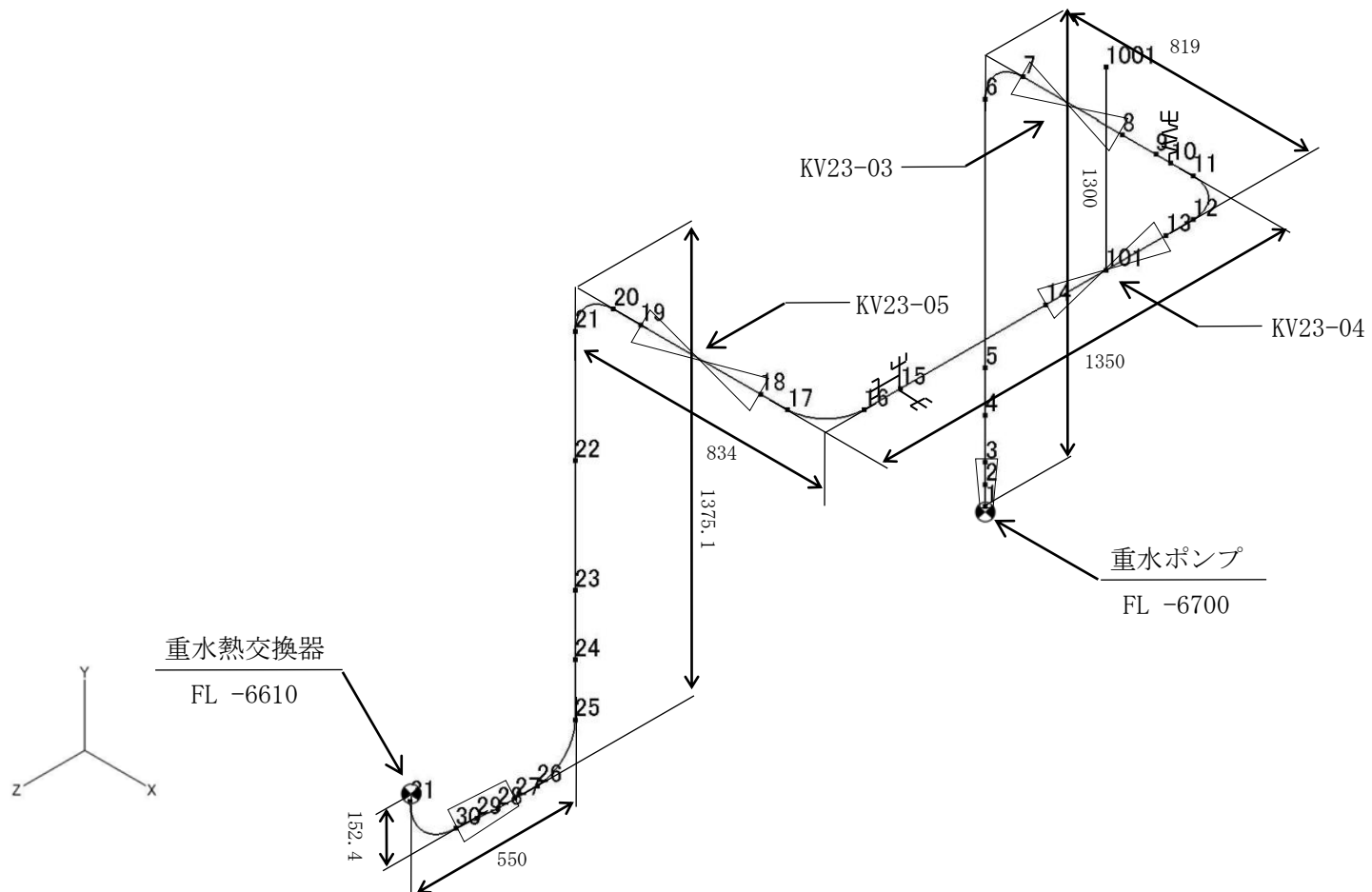
(3) HWS-R-3



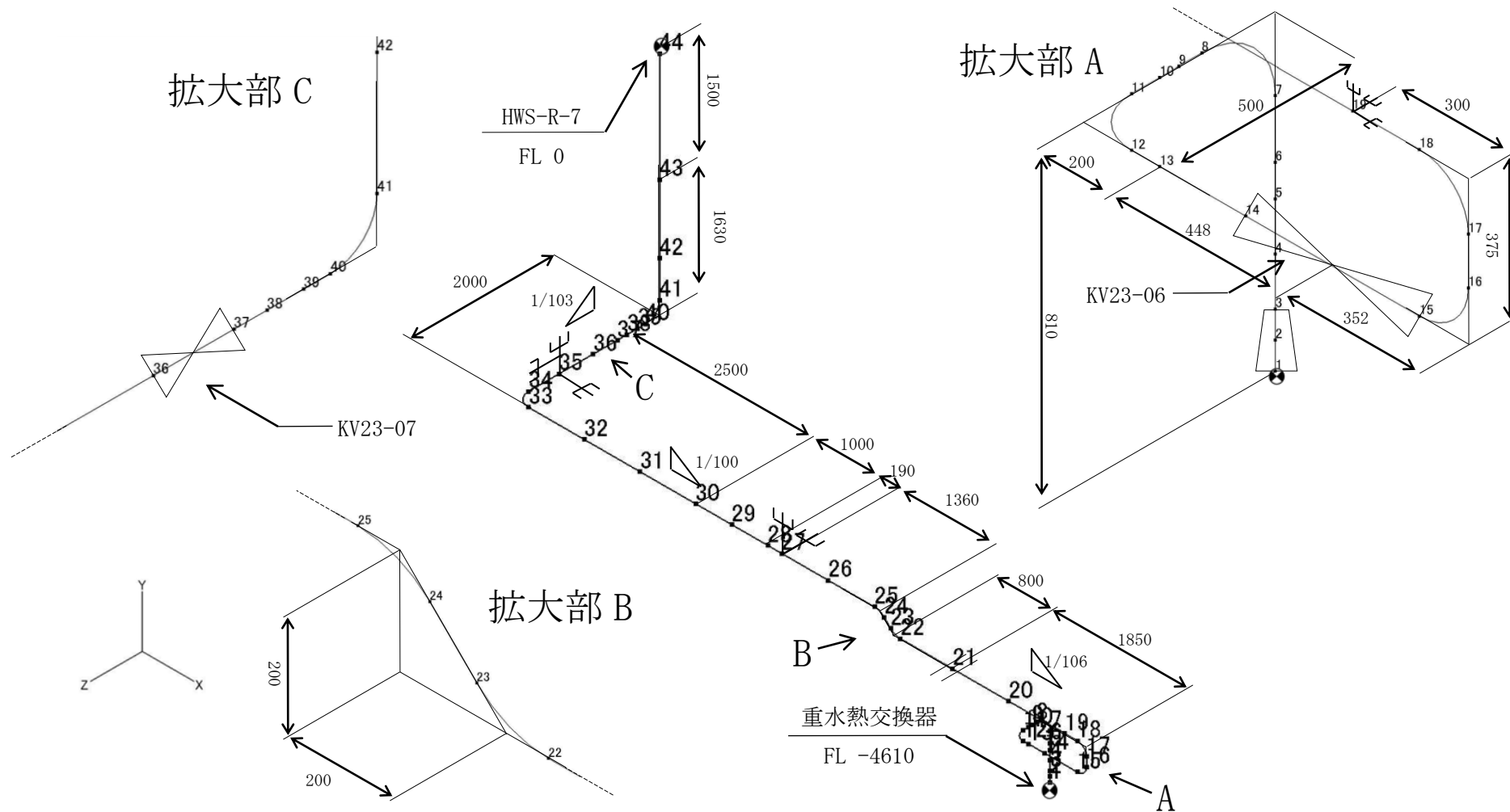
(4) HWS-R-4



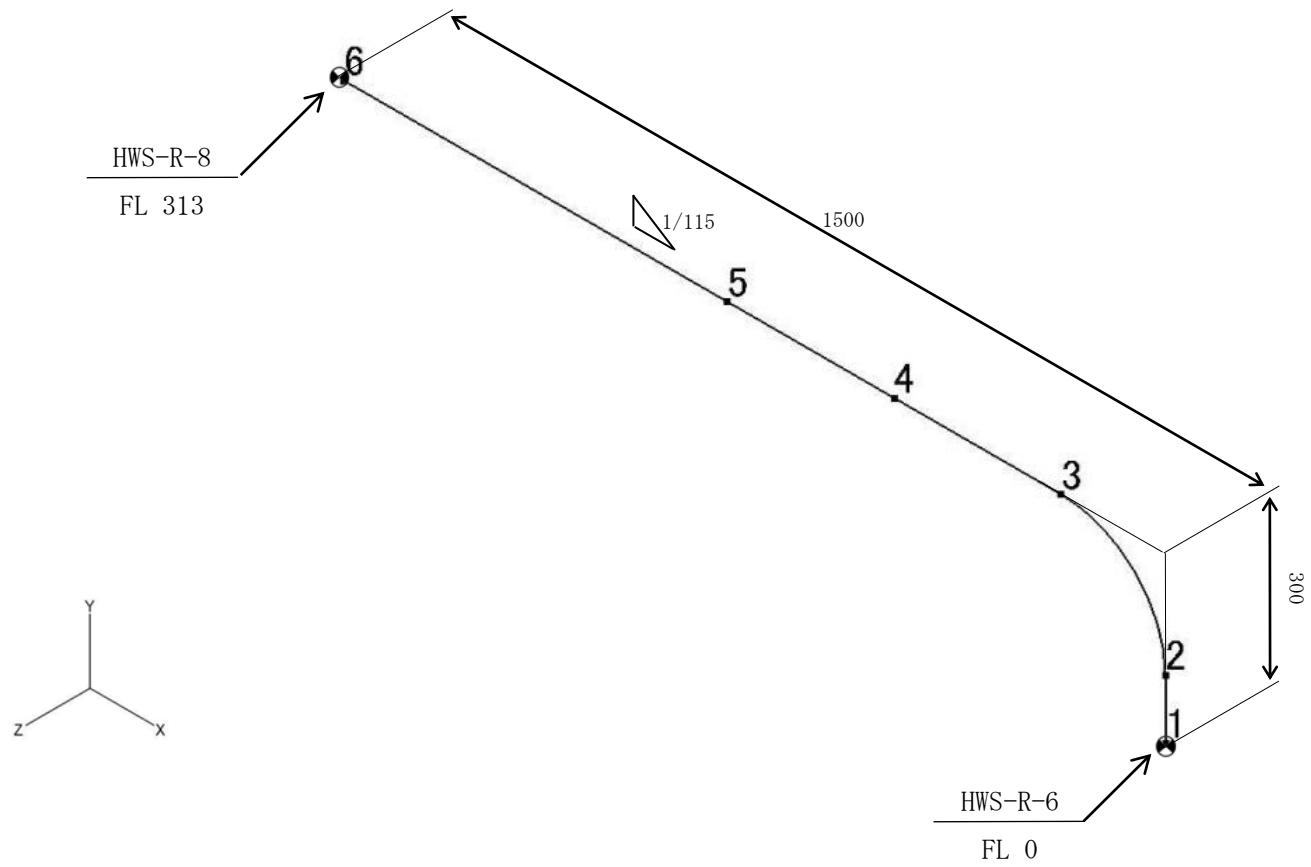
(5) HWS-R-5



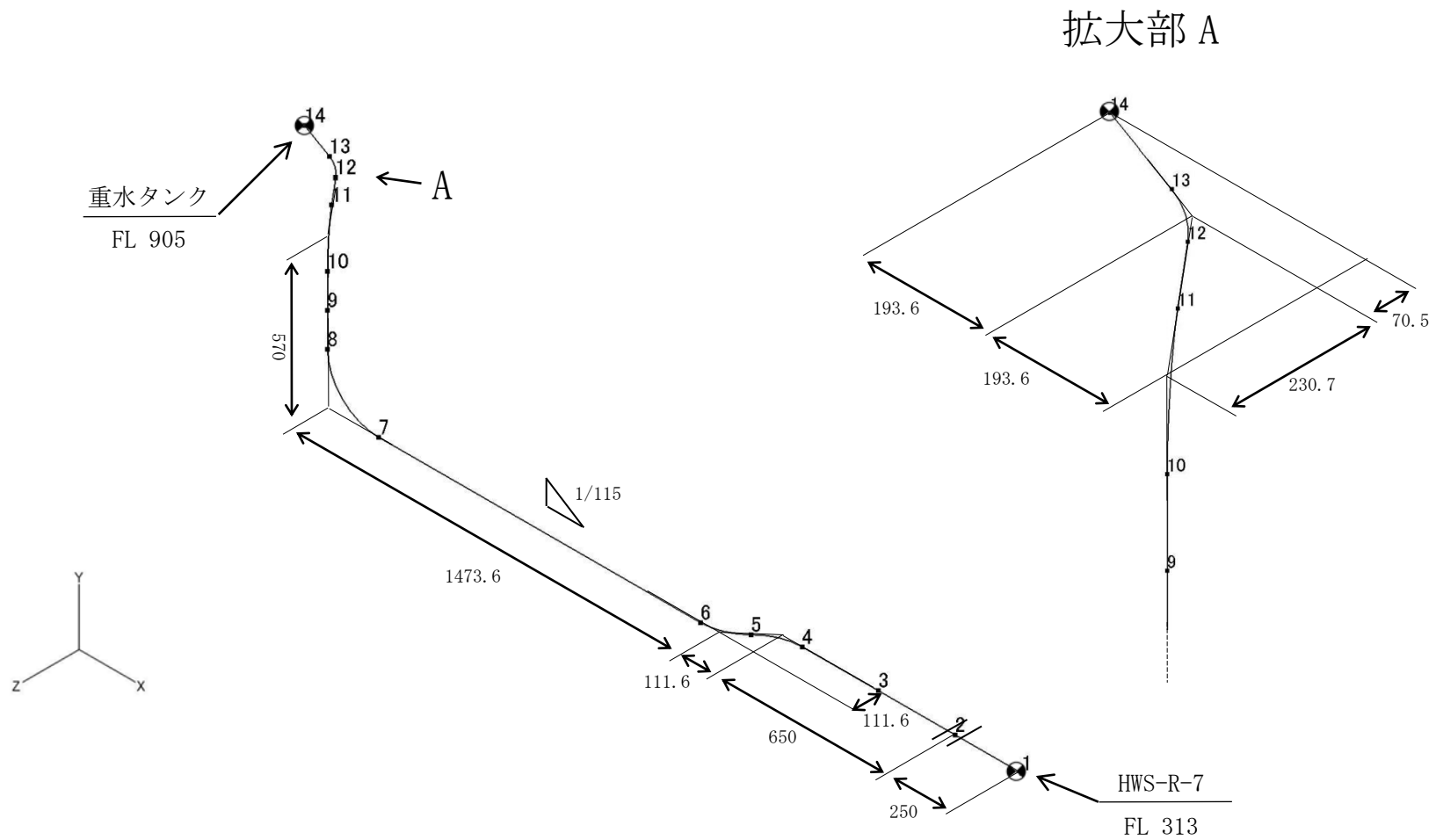
(6) HWS-R-6



(7) HWS-R-7



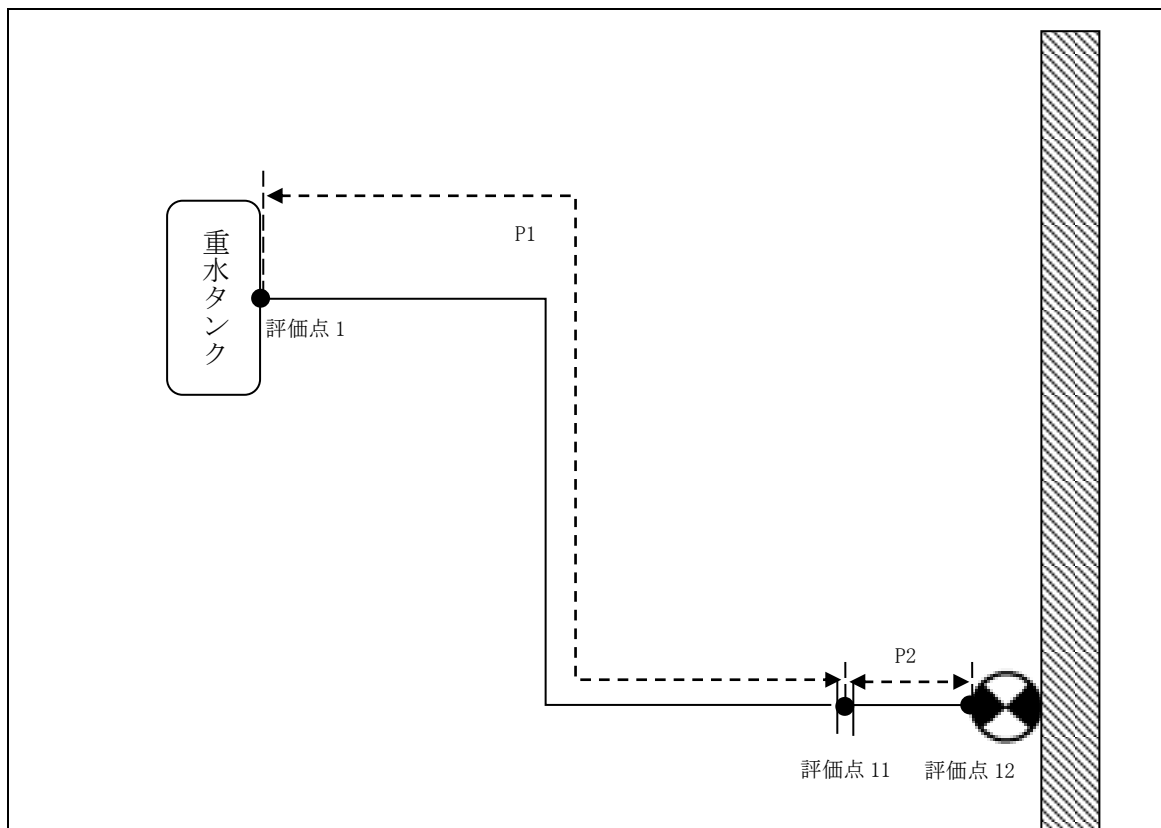
(8) HWS-R-8



3. 設計条件

3.1. HWS-R-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	
外径(mm)	165.2		165.2	
板厚(mm)	5.0		5.0	
材質	A5052T-0		SUS304LTP	
ヤング率(N/mm ²)	6.88×10 ⁴		1.93×10 ⁵	
ポアソン比(-)	0.33		0.3	
最高使用温度(°C)	55		55	
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹	
内部流体種類	重水		重水	
内部流体密度(ton/mm ³)	1.11×10 ⁻⁹		1.11×10 ⁻⁹	
外部流体種類	水		水	
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	58		166	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	58	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	2.85	—
4	(6)	2.85	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	2.85	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
7	(6)	2.85	—
8	(6)	2.85	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(9)	2.10	—
12	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

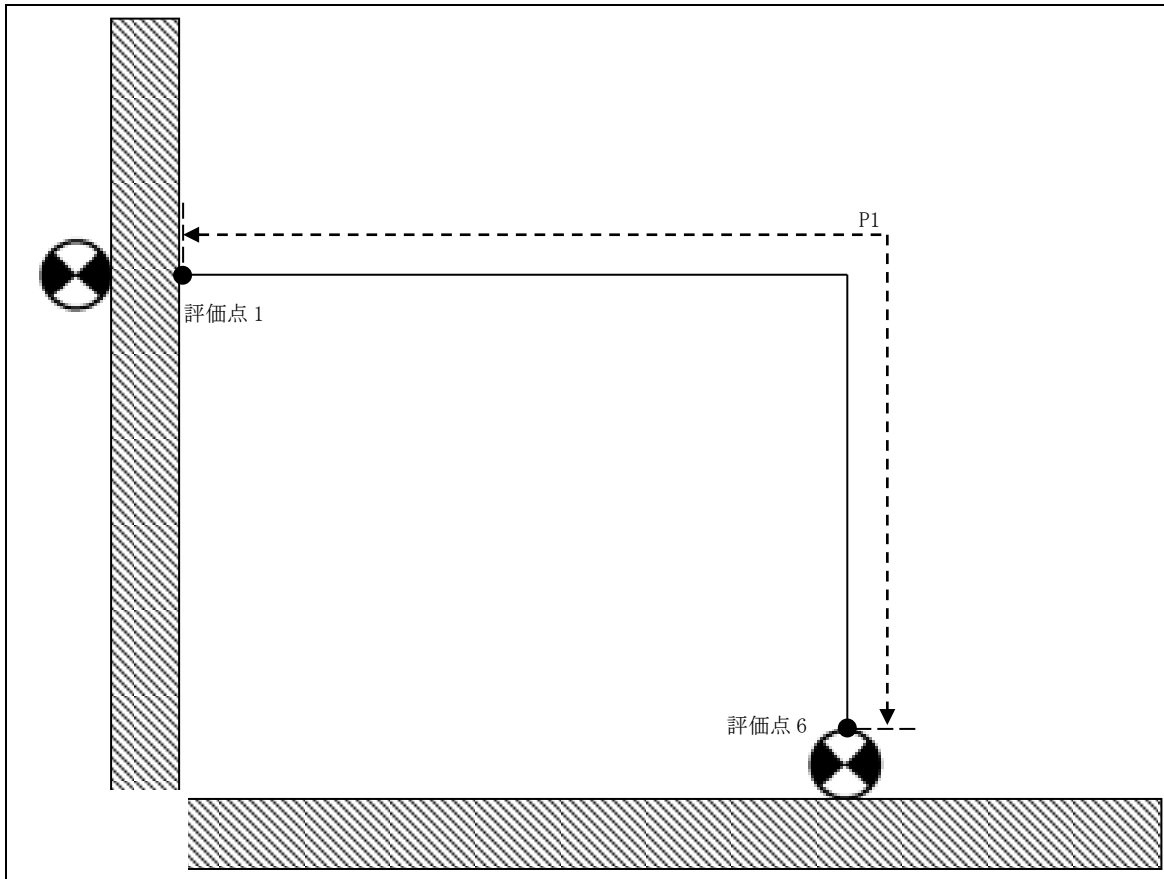
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
11	—	フランジ×2	14.00	150A S0

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 2, 3, 15, 16	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

3. 2. HWS-R-2

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	165.2			
板厚(mm)	5.0			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	重水			
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
4	(6)	2.85	—
5	(6)	2.85	—
6	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

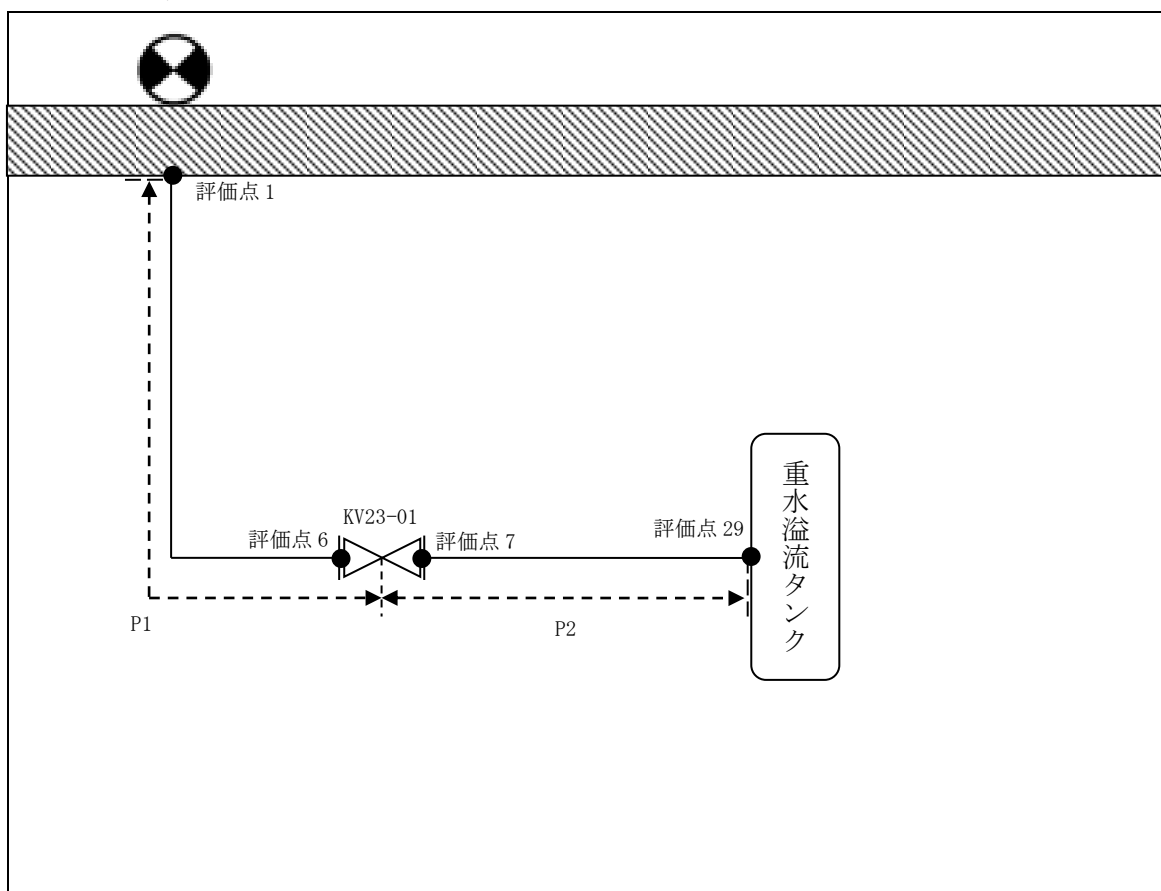
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9	0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

3. 3. HWS-R-3

(1) 解析モデル



配管番号		P1	P2	
外径(mm)		165.2	165.2	
板厚(mm)		5.0	5.0	
材質		SUS304LTP	SUS304LTP	
ヤング率(N/mm ²)		1.93×10^5	1.93×10^6	
ポアソン比(-)		0.3	0.3	
最高使用温度(°C)		55	55	
最高使用圧力(MPa)		0.0981	0.1961	
配管密度(ton/mm ³)		7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	
内部流体種類		重水	重水	
内部流体密度(ton/mm)		1.11×10^{-9}	1.11×10^{-9}	
外部流体種類		—	—	
外部流体密度(ton/mm)		—	—	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		166	166	
設計引張強さ Su(N/mm ²)		—	—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	3.73	—
5	(6)	3.73	—
6	(9)	1.90	—
7	(9)	1.90	—
8	(6)	3.73	—
9	(6)	3.73	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	2.85	—
12	(6)	2.85	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
16	(1)	1.00	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(6)	2.85	—
25	(6)	2.85	—
26	(6)	2.85	—
27	(6)	2.85	—
28	(6)	2.85	—
29	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

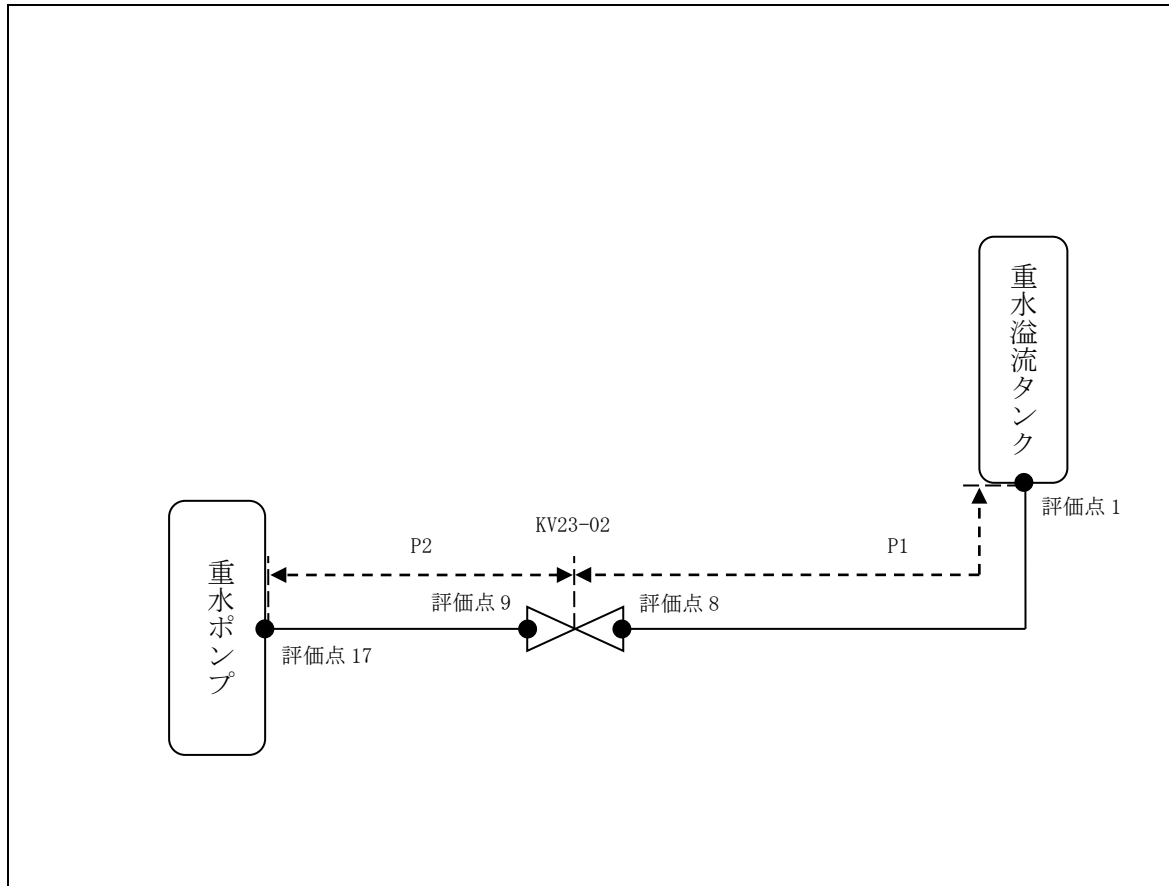
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	—	フランジ	11.00	150A WN
7	—	フランジ	11.00	150A WN
101	KV23-01	電動弁	149.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B ₄ S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3. 4. HWS-R-4

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	139.8		139.8		
板厚(mm)	5.0		5.0		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.3923		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	重水		重水		
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10 ⁻⁹		1.11×10 ⁻⁹		
外部流体種類	-		-		
外部流体密度(ton/mm)	-		-		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	-		-		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(6)	3.35	—
2	(6)	3.35	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	1.08	—
5	(6)	1.08	—
6	(1)	1.00	—
7	(6)	3.35	—
8	(6)	3.35	—
9	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
10	(1)	1.00	—
11	(6)	3.35	—
12	(6)	3.35	—
13	(1)	1.00	—
14	(6)	2.55	—
15	(6)	2.55	—
16	(1)	1.00	—
17	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

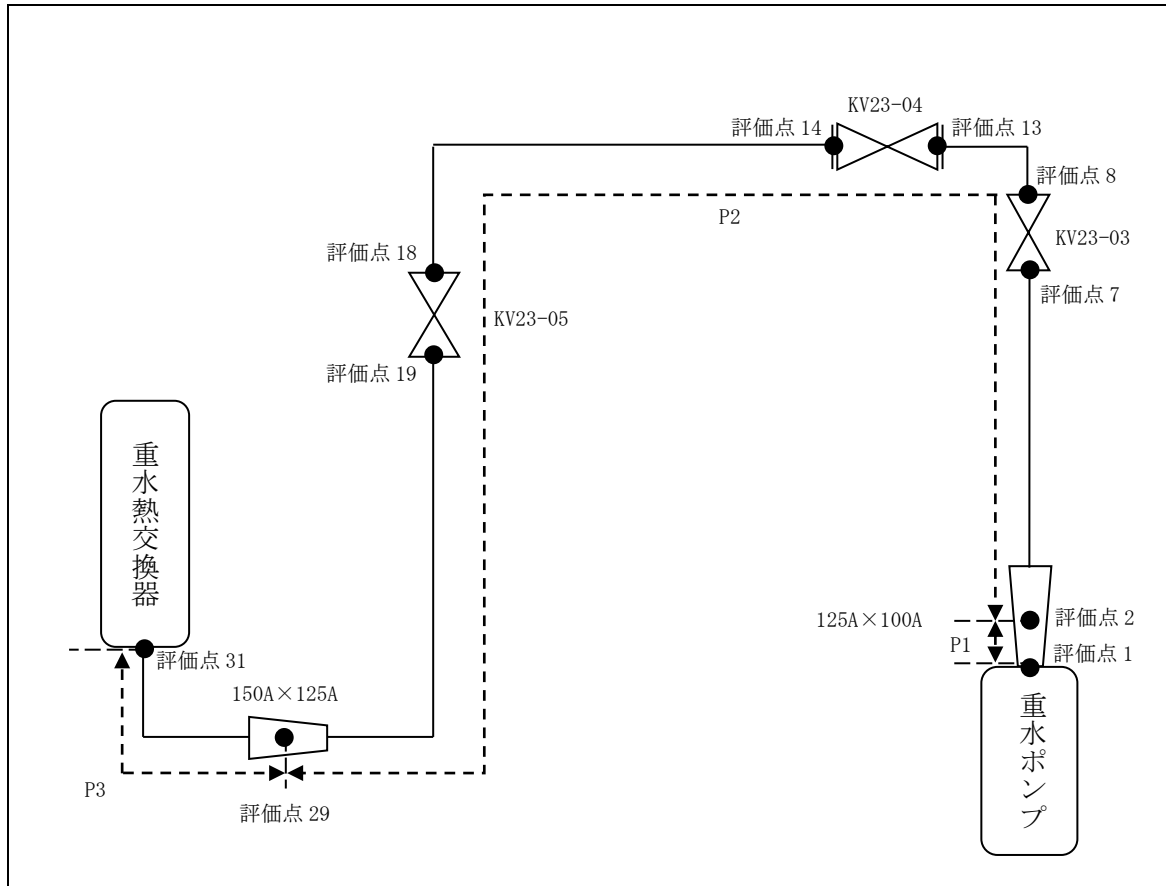
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	KV23-02	弁	31.00	—
9	KV23-02	弁	31.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2	0.25	0.25
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.5. HWS-R-5

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	114.3	139.8	165.2
板厚(mm)	5.0	5.0	5.0
材質	SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55	55	55
最高使用圧力(MPa)	0.3923	0.3923	0.3923
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類	重水	重水	重水
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10^{-9}	1.11×10^{-9}	1.11×10^{-9}
外部流体種類	—	—	—
外部流体密度(ton/mm)	—	—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166	166	166
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次 166	166	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(7)	2.00	—
3	(3)	1.80	—
4	(1)	1.00	—
5	(5)	2.10	—
6	(6)	3.35	—
7	(6)	3.35	—
8	(2)	2.10	—
9	(5)	2.10	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	2.41	—
12	(6)	2.41	—
13	(9)	1.90	—
14	(9)	1.90	—
15	(1)	1.00	—
16	(6)	3.35	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
17	(6)	3.35	—
18	(2)	2.10	—
19	(2)	2.10	—
20	(6)	3.35	—
21	(6)	3.35	—
22	(1)	1.00	—
23	(5)	2.10	—
24	(5)	2.10	—
25	(6)	3.35	—
26	(6)	3.35	—
27	(5)	2.10	—
28	(3)	1.80	—
29	(2)	2.00	—
30	(6)	3.73	—
31	(6)	3.73	—

(3) 機器重量

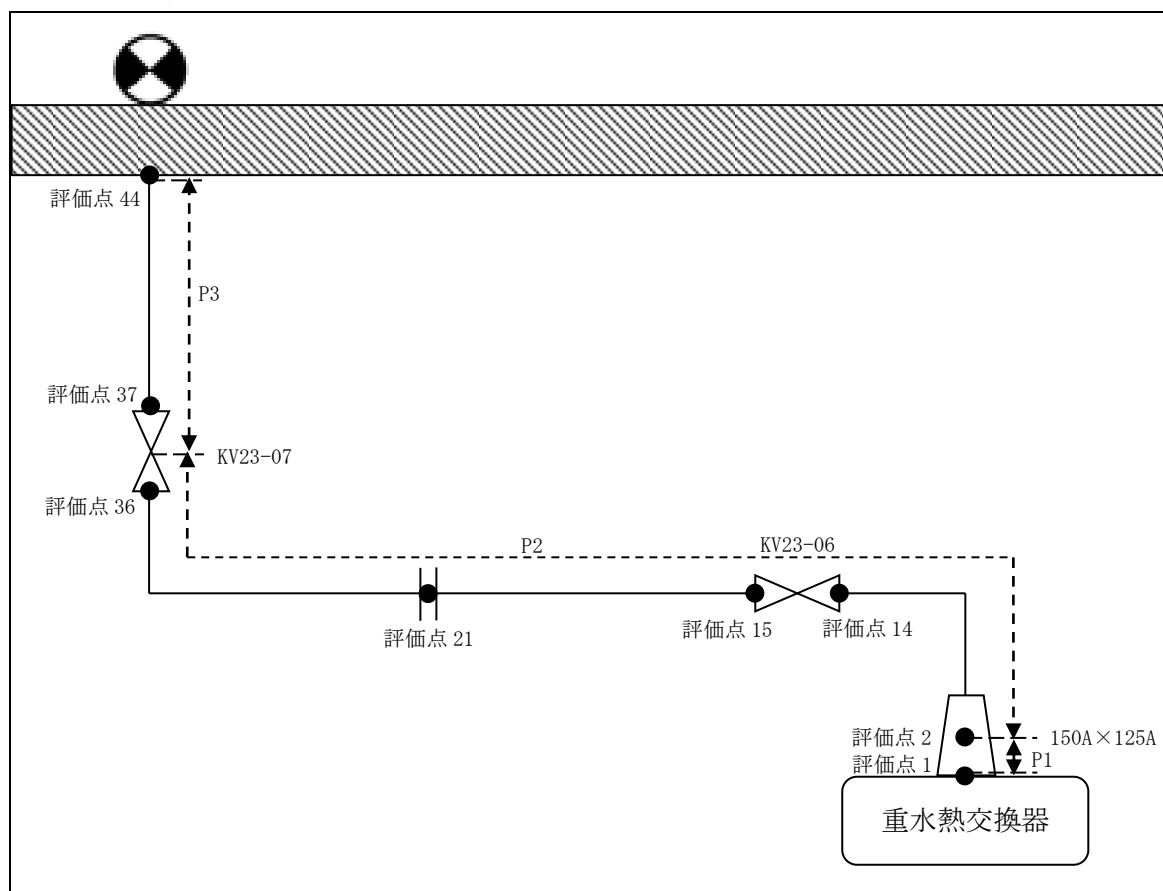
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	KV23-03	弁	31.50	—
8	KV23-03	弁	31.50	—
13	—	フランジ	9.00	125A WN
14	—	フランジ	9.00	125A WN
18	KV23-05	弁+フランジ	40.00	
19	KV23-05	弁+フランジ	40.00	
1001	KV23-04	弁	108.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.6. HWS-R-6

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	165.2	139.8	139.8
板厚(mm)	5.0	5.0	5.0
材質	SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)	55	55	55
最高使用圧力(MPa)	0.3923	0.3923	0.0981
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類	重水	重水	重水
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10^{-9}	1.11×10^{-9}	1.11×10^{-9}
外部流体種類	—	—	—
外部流体密度(ton/mm)	—	—	—
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166	166	166
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _{AS} 1次 166	166	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(7)	2.00	—
3	(3)	1.80	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(5)	2.10	—
7	(6)	2.55	—
8	(6)	2.55	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	3.35	—
12	(6)	3.35	—
13	(5)	2.10	—
14	(2)	2.10	—
15	(6)	3.35	—
16	(6)	3.35	—
17	(6)	3.35	—
18	(6)	3.35	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(9)	2.10	—
22	(6)	2.55	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
23	(6)	2.55	—
24	(6)	2.55	—
25	(6)	2.55	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(1)	1.00	—
33	(6)	2.55	—
34	(6)	2.55	—
35	(1)	1.00	—
36	(2)	2.10	—
37	(2)	2.10	—
38	(1)	1.00	—
39	(5)	2.10	—
40	(6)	2.55	—
41	(6)	2.55	—
42	(5)	2.10	—
43	(1)	1.00	—
44	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

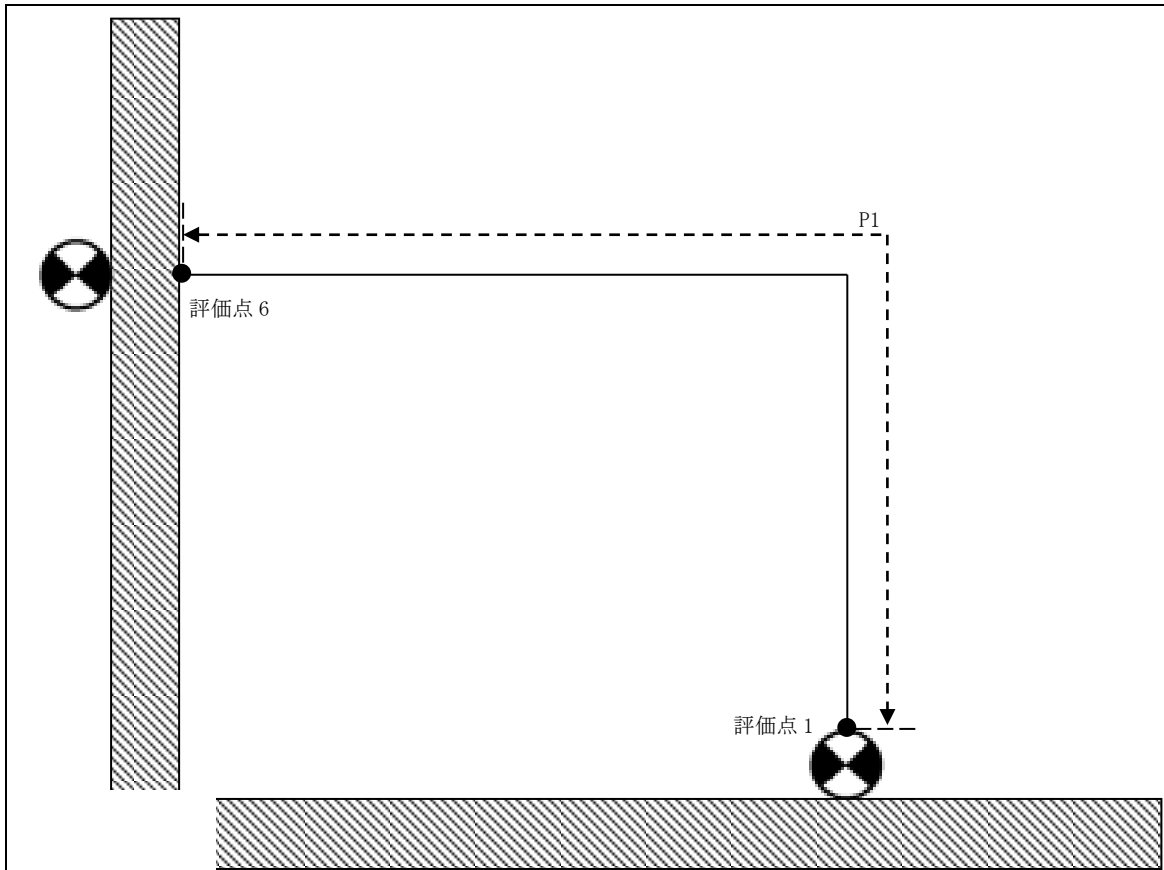
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
14	KV23-06	弁	31.00	—
15	KV23-06	弁	31.00	—
21	—	フランジ	35.00	—
36	KV23-07	弁	31.00	—
37	KV23-07	弁	31.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.7. HWS-R-7

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径 (mm)	139.8			
板厚 (mm)	5.0			
材質	SUS304LTP			
ヤング率 (N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比 (-)	0.3			
最高使用温度 (°C)	55			
最高使用圧力 (MPa)	0.0981			
配管密度 (ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	重水			
内部流体密度 (ton/mm ³)	1.11×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度 (ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy (N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su (N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(6)	2.55	—
3	(6)	2.55	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

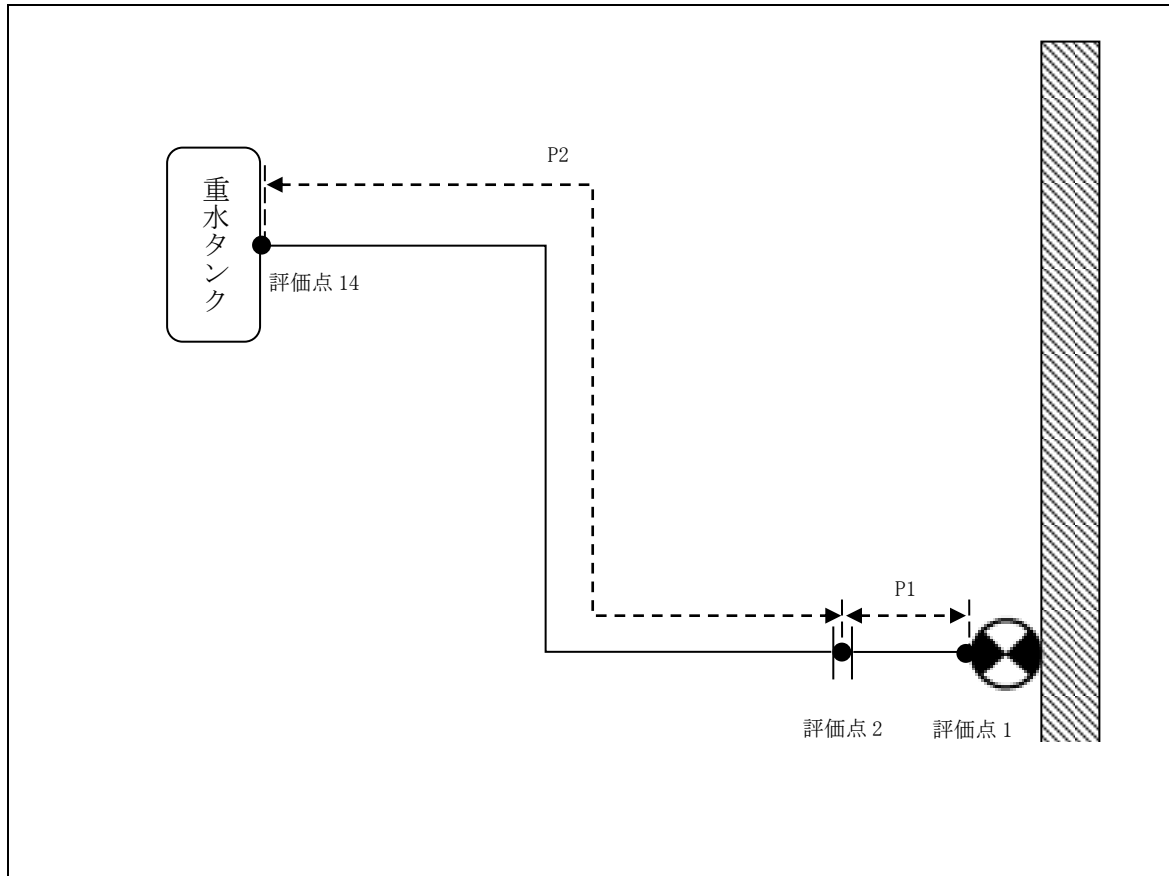
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9	0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

3. 8. HWS-R-8

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	
外径(mm)	139.8		139.8	
板厚(mm)	5.0		5.0	
材質	SUS304LTP		A5052T-0	
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		6.88×10 ⁴	
ポアソン比(-)	0.3		0.33	
最高使用温度(°C)	55		55	
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		2.68×10 ⁻⁹	
内部流体種類	重水		重水	
内部流体密度(ton/mm ³)	1.11×10 ⁻⁹		1.11×10 ⁻⁹	
外部流体種類	水		水	
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		58	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	166	58

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(9)	2.10	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	2.55	—
5	(6)	2.55	—
6	(6)	2.55	—
7	(6)	2.55	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
8	(6)	2.55	—
9	(1)	1.00	—
10	(6)	3.35	—
11	(6)	3.35	—
12	(6)	2.55	—
13	(6)	2.55	—
14	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ×2	11.00	125A S0

(4) 入力地震波

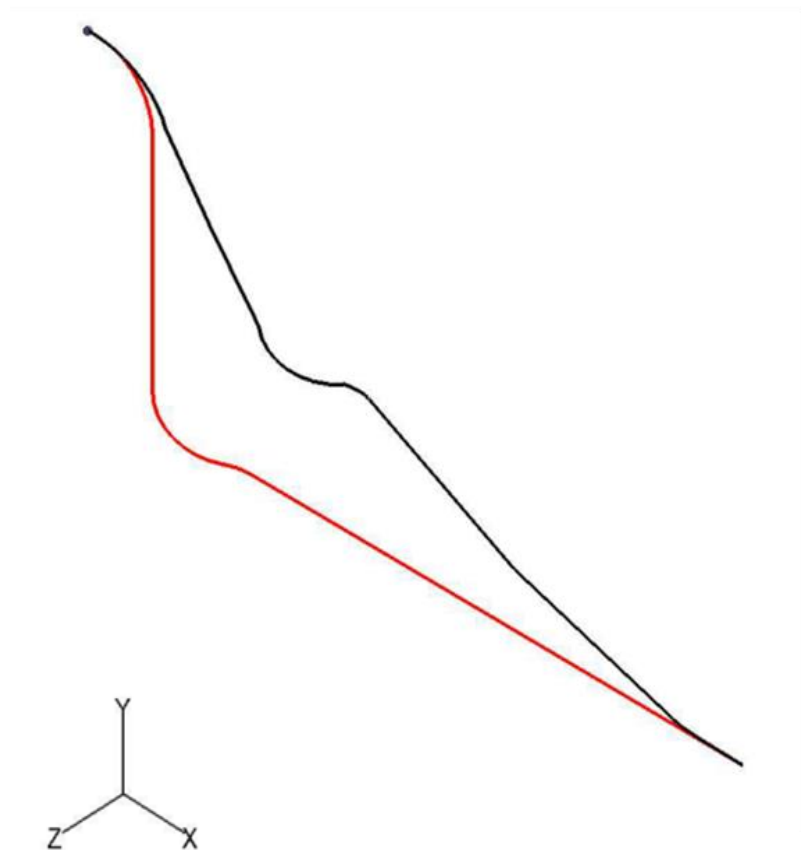
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 5, 6, 18, 19	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

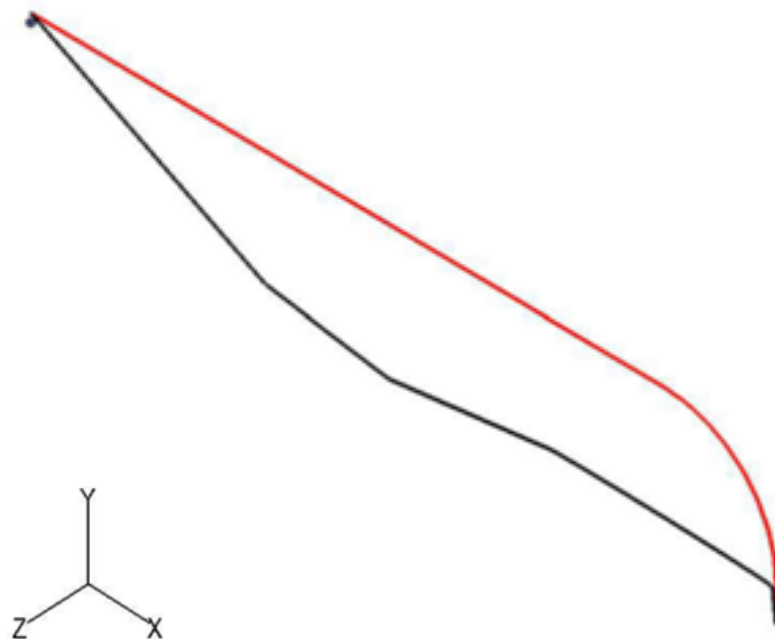
(1) HWS-R-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	69.4	45.5	14.2
固有周期 (s)	0.014	0.022	0.071



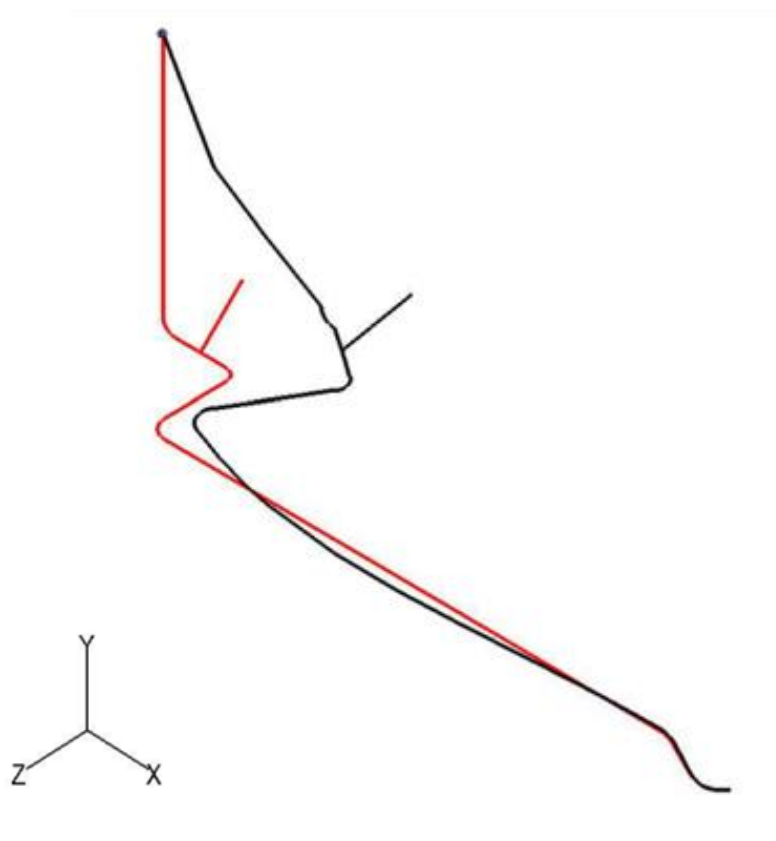
(2) HWS-R-2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	446.8	186.3	147.7
固有周期 (s)	0.002	0.005	0.007



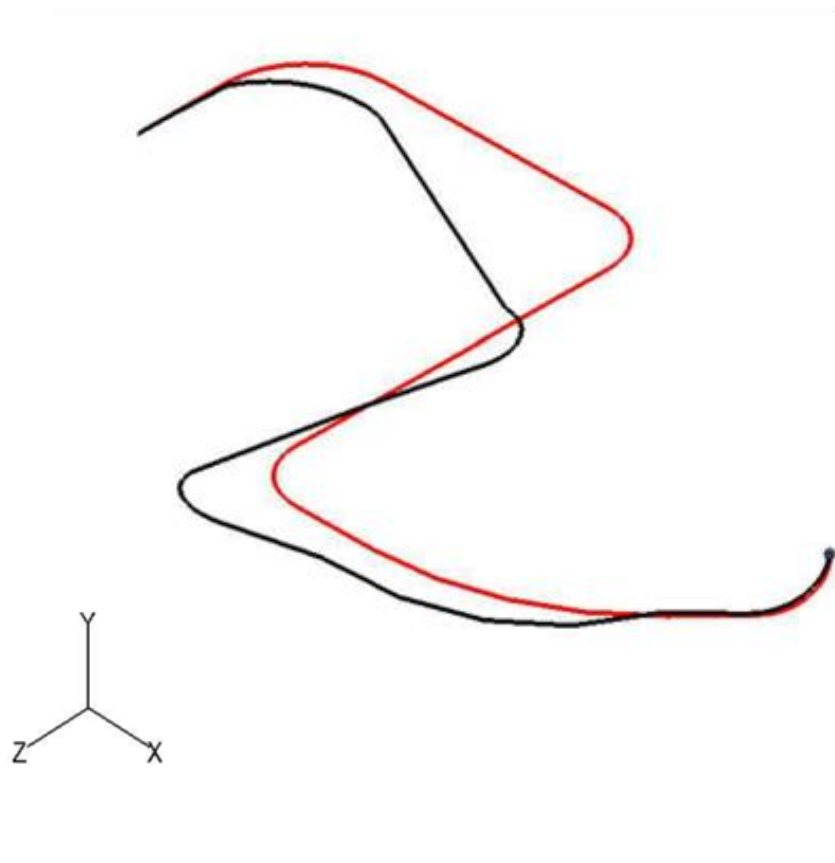
(3) HWS-R-3

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	6.3	20.4	6.3
固有周期 (s)	0.160	0.049	0.160



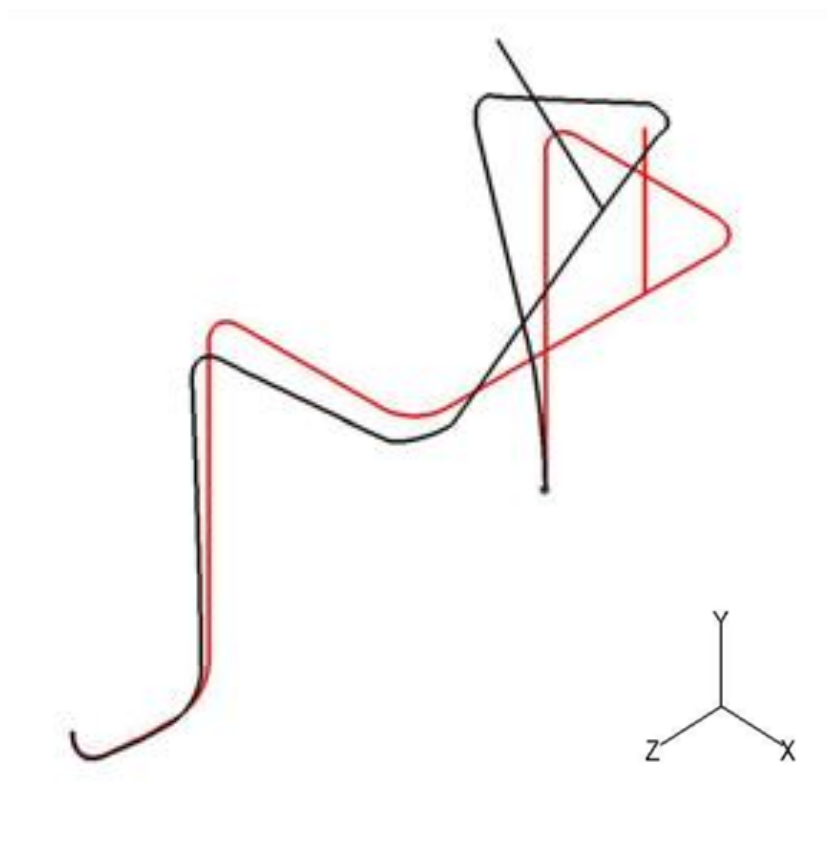
(4) HWS-R-4

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	92.4	24.7	23.1
固有周期 (s)	0.011	0.041	0.043



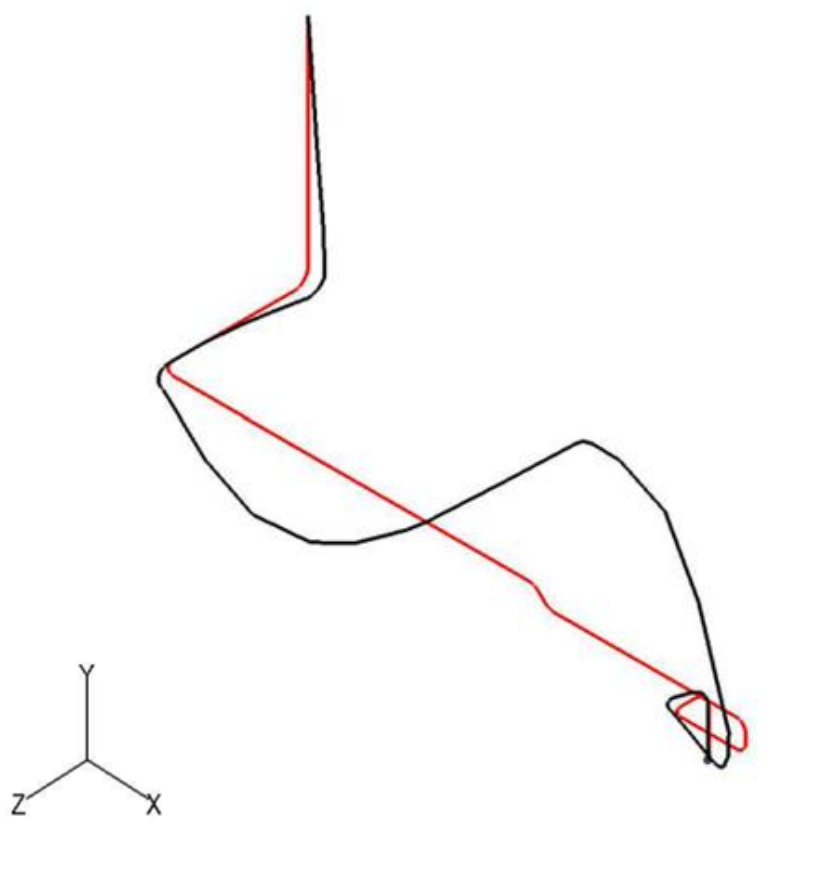
(5) HWS-R-5

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	11.3	22.6	22.6
固有周期 (s)	0.089	0.044	0.044



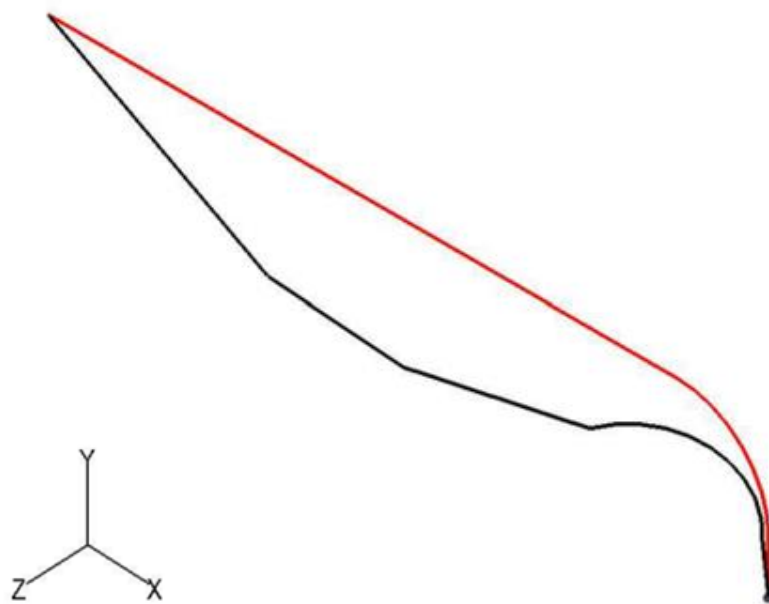
(6) HWS-R-6

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	20.7	14.3	14.8
固有周期 (s)	0.048	0.070	0.067



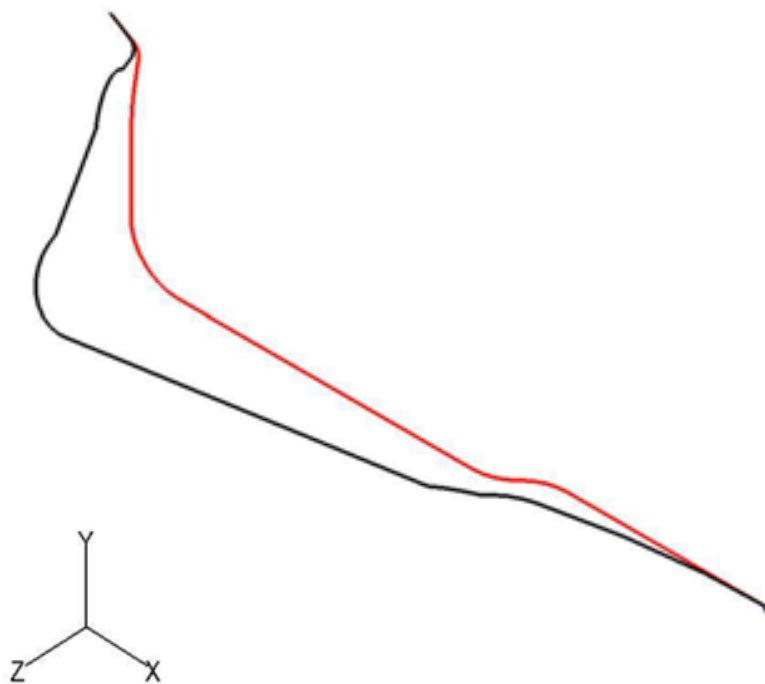
(7) HWS-R-7

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	458.4	170.3	143.7
固有周期 (s)	0.002	0.006	0.007



(8) HWS-R-8

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	113.1	41.4	24.4
固有周期 (s)	0.009	0.024	0.041



4.2. 結論

4.2.1. HWS-R-1

(1) BAS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
BAS	11	一次応力	1	5	18	-	24	58

4.2.2. HWS-R-2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	2	1	-	4	166

4.2.3. HWS-R-3

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	2	65	-	68	166

4.2.4. HWS-R-4

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	2	10	5	-	17	166

4.2.5. HWS-R-5

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	3	2	102	-	107	166

4.2.6. HWS-R-6

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	21	一次応力	3	11	11	-	25	166

4.2.7. HWS-R-7

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	5	一次応力	1	2	1	-	4	166

4.2.8. HWS-R-8

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	2	一次応力	1	5	4	-	10	58

4.3. 拘束点反力

4.3.1. HWS-R-1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	136	1237	16	22746	4979	250136
	動的地震荷重 X	51	104	35	11062	7834	25664
	動的地震荷重 Y	44	153	31	13840	6579	32668
	動的地震荷重 Z	23	49	771	621047	41250	15026
	静的地震荷重 X	133	8	5	5117	6368	13145
	静的地震荷重 Z	3	4	250	134644	28088	2187
12	自重	136	889	16	24523	24489	427433
	動的地震荷重 X	158	44	52	3193	32399	16377
	動的地震荷重 Y	79	125	38	6735	28427	86128
	動的地震荷重 Z	42	51	878	170702	1260998	63808
	静的地震荷重 X	485	8	5	384	1785	3151
	静的地震荷重 Z	3	4	367	33096	327297	9600

4.3.2. HWS-R-2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	316	504	—	—	—	136461
	動的地震荷重 X	251	2	—	—	—	1731
	動的地震荷重 Y	83	131	—	—	—	35480
	動的地震荷重 Z	—	—	161	8525	49259	—
	静的地震荷重 X	242	2	—	—	—	1673
	静的地震荷重 Z	—	—	156	8241	47617	—
6	自重	316	540	—	—	—	28481
	動的地震荷重 X	63	2	—	—	—	8587
	動的地震荷重 Y	83	141	—	—	—	7405
	動的地震荷重 Z	—	—	152	28162	14632	—
	静的地震荷重 X	61	2	—	—	—	8301
	静的地震荷重 Z	—	—	147	27224	14144	—

4. 3. 3. HWS-R-3

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	39	2423	101	17050	114291	34436
	動的地震荷重 X	943	286	908	2144484	488689	1992267
	動的地震荷重 Y	132	319	176	342247	82842	273893
	動的地震荷重 Z	823	274	827	1990309	455732	1782725
	静的地震荷重 X	301	68	99	290156	93137	482837
	静的地震荷重 Z	87	65	298	511949	81421	221326
10	自重	1487	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	653	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	195	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	623	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	132	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	107	—	—	—	—	—
	方向	0.0000	1.0000	0.1000	—	—	—
14	自重	—	—	173	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	3010	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	183	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	2380	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	60	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	748	—	—	—
14	自重	1125	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	414	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	208	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	398	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	92	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	59	—	—	—	—	—
	方向	0.1000	1.0000	0.0000	—	—	—
20	自重	—	—	134	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	1848	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	160	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	1536	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	87	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	55	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
20	自重	1823	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	733	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	607	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	594	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	271	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	14	—	—	—	—	—
	方向	0.1000	1.0000	0.0000	—	—	—
29	自重	10	140	77	84029	43608	94239
	動的地震荷重 X	2720	671	851	287093	561467	89169
	動的地震荷重 Y	197	267	81	86410	40753	98608
	動的地震荷重 Z	2072	532	711	220066	425332	72709
	静的地震荷重 X	907	244	49	32388	94227	1250
	静的地震荷重 Z	87	4	110	6317	41998	8253

4.3.4. HWS-R-4

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	4	454	17	201667	18421	153110
	動的地震荷重 X	214	14	27	6502	36821	14422
	動的地震荷重 Y	1	114	4	50417	4606	38278
	動的地震荷重 Z	33	14	184	15966	78732	17081
	静的地震荷重 X	154	10	20	4682	26511	10384
	静的地震荷重 Z	24	10	133	11496	56687	12298
10	自重	—	804	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	16	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	201	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	11	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	12	—	—	—	—
17	自重	4	363	17	82173	12302	25449
	動的地震荷重 X	192	2	27	3315	70450	12
	動的地震荷重 Y	1	91	4	20543	3076	6362
	動的地震荷重 Z	33	3	222	1037	80762	152
	静的地震荷重 X	138	1	20	2387	50724	9
	静的地震荷重 Z	24	2	160	746	58149	110

4.3.5. HWS-R-5

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	41	695	43	3686	19174	49712
	動的地震荷重 X	1600	766	163	590875	268293	2362400
	動的地震荷重 Y	522	338	57	187859	85019	753156
	動的地震荷重 Z	855	467	112	322422	143790	1258859
	静的地震荷重 X	280	55	20	57328	22819	297698
	静的地震荷重 Z	57	89	112	105083	25604	101026
10	自重	—	1391	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
15	自重	96	1526	38	—	—	—
	動的地震荷重 X	935	1924	895	—	—	—
	動的地震荷重 Y	331	664	428	—	—	—
	動的地震荷重 Z	518	1033	615	—	—	—
	静的地震荷重 X	466	155	42	—	—	—
	静的地震荷重 Z	50	30	593	—	—	—
31	自重	55	921	82	289545	50407	7060
	動的地震荷重 X	124	1434	284	355297	184684	135252
	動的地震荷重 Y	39	491	109	132329	67285	44129
	動的地震荷重 Z	34	773	157	195528	101843	72523
	静的地震荷重 X	71	100	22	24973	32295	15402
	静的地震荷重 Z	7	60	112	7927	27032	12460

4.3.6. HWS-R-6

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	294	566	14	108532	124136	132237
	動的地震荷重 X	88	54	94	64855	23628	52219
	動的地震荷重 Y	190	70	87	62077	64812	98532
	動的地震荷重 Z	228	72	107	69869	65624	132661
	静的地震荷重 X	119	7	10	13486	21644	59640
	静的地震荷重 Z	2	10	162	87650	6493	9328
19	自重	385	1607	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	681	81	60	—	—	—
	動的地震荷重 Y	192	228	100	—	—	—
	動的地震荷重 Z	277	232	214	—	—	—
	静的地震荷重 X	343	15	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	30	11	232	—	—	—
27	自重	—	1619	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	125	61	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	337	189	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	231	352	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	10	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	285	—	—	—
35	自重	90	1277	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	922	133	47	—	—	—
	動的地震荷重 Y	267	305	121	—	—	—
	動的地震荷重 Z	191	218	227	—	—	—
	静的地震荷重 X	555	2	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	28	1	359	—	—	—
44	自重	1	1255	13	13113	19542	25430
	動的地震荷重 X	148	64	39	29462	52459	193166
	動的地震荷重 Y	84	168	35	23739	13121	88660
	動的地震荷重 Z	65	88	60	44665	9859	75827
	静的地震荷重 X	122	—	—	2	21438	108209
	静的地震荷重 Z	1	1	103	60976	669	25

4.3.7. HWS-R-7

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	240	407	—	—	—	25620
	動的地震荷重 X	49	2	—	—	—	6962
	動的地震荷重 Y	63	106	—	—	—	6662
	動的地震荷重 Z	—	—	117	23333	10343	—
	静的地震荷重 X	47	2	—	—	—	6730
	静的地震荷重 Z	—	—	113	22555	9998	—
6	自重	240	384	—	—	—	104000
	動的地震荷重 X	189	2	—	—	—	738
	動的地震荷重 Y	63	100	—	—	—	27040
	動的地震荷重 Z	—	—	121	5247	35757	—
	静的地震荷重 X	183	2	—	—	—	713
	静的地震荷重 Z	—	—	117	5072	34565	—

4.3.8. HWS-R-8

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	219	690	12	31102	29013	368657
	動的地震荷重 X	96	19	35	3591	18506	8759
	動的地震荷重 Y	52	99	55	10760	46843	74291
	動的地震荷重 Z	67	62	176	39566	166457	46865
	静的地震荷重 X	314	1	9	2165	1757	750
	静的地震荷重 Z	15	6	222	17818	134234	3188
14	自重	219	654	12	152155	38223	154916
	動的地震荷重 X	33	19	37	7878	14372	4610
	動的地震荷重 Y	49	93	59	28676	18053	23669
	動的地震荷重 Z	33	85	210	90654	69190	16239
	静的地震荷重 X	77	1	9	2685	7872	1707
	静的地震荷重 Z	15	6	169	34543	44902	3490

3-4-2-6. ヘリウム圧縮機の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-2-6- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-2-6- 1
1.2. 記号の説明	添 3-4-2-6- 2
2. 計算方法	添 3-4-2-6- 3
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-2-6- 3
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-2-6- 4
2.2.1. ボルトの応力	添 3-4-2-6- 4
3. 評価方法	添 3-4-2-6- 6
3.1. 固有周期の評価	添 3-4-2-6- 6
3.2. ボルトの応力評価	添 3-4-2-6- 6
4. 計算	添 3-4-2-6- 7
4.1. 設計条件	添 3-4-2-6- 7
4.2. 機器要目	添 3-4-2-6- 8
4.3. 計算数値	添 3-4-2-6- 9
4.3.1. 許容応力状態 B_{AS}	添 3-4-2-6- 9
5. 結論	添 3-4-2-6-10

1. 一般事項

本計算書は、ヘリウム圧縮機の耐震強度計算の方針と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 圧縮機の重量は重心に集中しているものとする。
- (2) 圧縮機は基礎ボルト等で十分剛な基礎、または架台等に固定されるものとする。
- (3) 動的地震力 (S_s, S_d) 及び静的地震力に対して評価を行う。

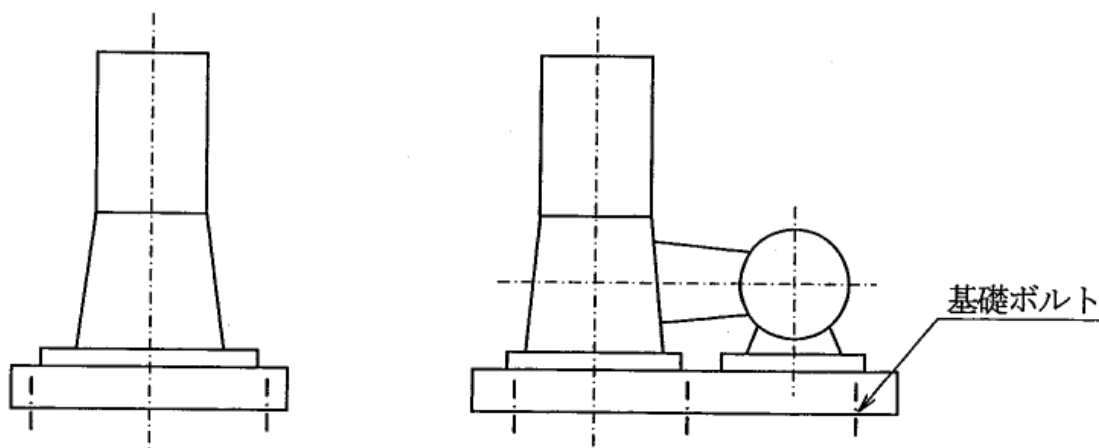


図-3-4-2-6.1 機器概略図

1.2. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの断面積	mm^2
A_s	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_p	圧縮機振動による震度	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	断面二次モーメント	mm^4
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示す F 値	N/mm^2
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	N/mm^2
f_{t0}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{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 i = 1 : 基礎ボルト i = 2 : 圧縮機取付ボルト i = 3 : 原動機取付ボルト	N/mm^2
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
G	せん断弾性係数	N/mm^2
h	距離 i = 1 : 据付面から重心までの距離 i = 2 : 圧縮機取付面から重心までの距離 i = 3 : 原動機取付面から重心までの距離	mm
l_1	軸心とボルト間の距離 ($l_{1i} \leq l_{2i}$)	mm
l_2	軸心とボルト間の距離	mm
M_p	原動機回転により働くモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
n_f	引張力を受けるボルトの本数	—
n	ボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
T_H	水平方向の固有周期	s
T_V	鉛直方向の固有周期	s
W	機器の重量	kg
σ_b	ボルトに生じる引張応力	N/mm^2
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	N/mm^2

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

圧縮機は図-3-4-2-6.2 計算モデルに示すように、一質点系で据付面に固定されたはりとして計算を行う。

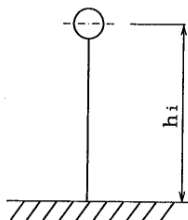


図-3-4-2-6.2 計算モデル

(2) 水平方向の固有周期

水平方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{1000} \left(\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_s \cdot G} \right)}$$

(3) 鉛直方向の固有周期

鉛直方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W \cdot h}{1000 \cdot E \cdot A_s}}$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. ボルトの応力

ボルトの応力は地震による震度、圧縮機振動による震度及び原動機回転により働くモーメント等による引張応力とせん断力について計算する。

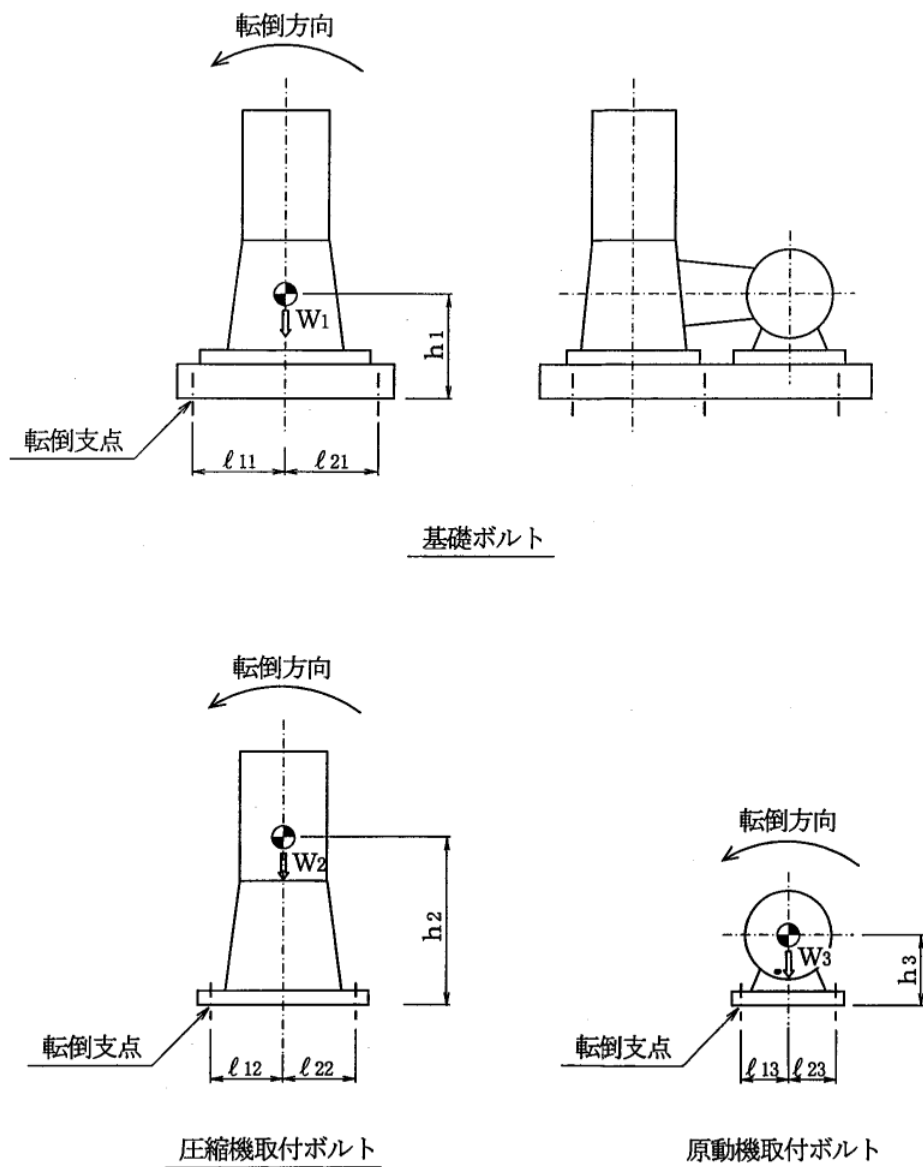


図-3-4-2-6.3 計算モデル

(1) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力(Q_b)

$$Q_b = Wg(C_H + C_p)$$

せん断応力(τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

ここで、ボルトの軸断面積は

$$A_b = \frac{\pi}{4} d^2$$

(2) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図-3-4-2-6.3 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計算する。

引張力(F_b)

$$F_b = \max \left[\frac{Wg(C_H + C_p)h + M_p - Wg(1 - C_p - C_v)\ell_1}{n_f(\ell_1 + \ell_2)}, \frac{Wg(C_H + C_p)h + M_p - Wg(1 - C_p - C_v)\ell_2}{n_f(\ell_1 + \ell_2)} \right]$$

ここで、原動機回転により働くモーメント M_p は計算モデル図-3-4-2-6.3 で、圧縮機と原動機のベツトが共通の場合、基礎ボルトについては作用しない。

引張応力(σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

3. 評価方法

3.1. 固有周期の評価

2.1における固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

3.2. ボルトの応力評価

2.2.1で求めたボルトの引張応力 σ_b 及びせん断応力 τ_b は下記を満足することを示す。

$$f_{tsi} = \min [1.4f_{t0} - 1.6\tau_b, f_{t0}]$$

上式より求めた組合せ許容引張応力 f_{ts} より σ_b が小さいこと。

ただし、せん断力 τ_b はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
B _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 計算

ヘリウム圧縮機の耐震強度計算を以下に示す。

4.1. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び床面高さ (m)
ヘリウム圧縮機	B	原子炉建家 ^(注) 1FL -7.95

注：基準床レベルを示す。

固有振動数(Hz)	
水平方向	鉛直方向
9.2	108.4

B _A S			ポンプ振動 による震度
静的 地震力	弾性設計用地震動 S _d の 1/2		
水平方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
C _H =0.18	C _H =1.51	C _V =0.25	

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	比重
0.0981	55	—

部材	材料		設計降伏点 S _y (N/mm ²)	設計引張強さ S _u (N/mm ²)
	SS400	40°C		
基礎ボルト	SS400	40°C	235	400
圧縮機取付ボルト	SS400	40°C	245	400
原動機取付ボルト	SS400	40°C	245	400

4.2. 機器要目

部材	W (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	A_b (mm ²)	n (—)
基礎ボルト	400	750	70	180	201.10 (M16)	6
圧縮機取付ボルト	200	635	63	99	113.10 (M12)	4
原動機取付ボルト	25	120	70	70	78.54 (M10)	4

部材	n _f (—)	M _p (N・mm)	F (N/mm ²)
			B _A S
基礎ボルト	3	—	235
圧縮機取付ボルト	2	—	245
原動機取付ボルト	2	9552	245

E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	I (mm ⁴)	A _s (mm ²)
1.93×10^5	7.42×10^4	9.99×10^5	7.205×10^2

4.3. 計算数値

4.3.1. 許容応力状態 B_{AS}

(単位 : N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と 静的地震力の大きい方	
応力の種類	引張応力	せん断応力
基礎ボルト	$\sigma_b = 29$	$\tau_b = 5$
圧縮機取付ボルト	$\sigma_b = 50$	$\tau_b = 7$
原動機取付ボルト	$\sigma_b = 2$	$\tau_b = 2$

5. 結論

下表に示すように、許容応力状態 B_AS における算出応力はすべて許容応力以下である。なお、表の算出応力は水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、水平地震による応力を 1.42 倍している。

表-3-4-2-6.1 評価結果

(単位:N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料	応力	算出 応力	許容 応力
B _A S	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 41$	$f_{ts} = 176$
			せん断	$\tau_b = 8$	$f_{sb} = 135$
	圧縮機取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 71$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 10$	$f_{sb} = 141$
	原動機取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 3$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 141$

3-4-2-7. ヘリウム系設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-2-7- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-2-7- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-2-7- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-2-7- 3
3. 設計条件	添 3-4-2-7-19
3.1. HGS-R-1	添 3-4-2-7-19
3.2. HGS-R-2	添 3-4-2-7-21
3.3. HGS-R-3	添 3-4-2-7-23
3.4. HGS-R-4	添 3-4-2-7-26
3.5. HGS-R-5	添 3-4-2-7-31
3.6. HGS-R-6	添 3-4-2-7-33
3.7. HGS-R-7	添 3-4-2-7-35
3.8. HGS-R-8	添 3-4-2-7-43
3.9. HGS-R-9	添 3-4-2-7-46
3.10. HGS-R-10	添 3-4-2-7-48
4. 解析結果及び評価	添 3-4-2-7-50
4.1. 固有周期	添 3-4-2-7-50
4.2. 結論	添 3-4-2-7-60
4.2.1. HGS-R-1	添 3-4-2-7-60
4.2.2. HGS-R-2	添 3-4-2-7-61
4.2.3. HGS-R-3	添 3-4-2-7-62
4.2.4. HGS-R-4	添 3-4-2-7-63
4.2.5. HGS-R-5	添 3-4-2-7-64
4.2.6. HGS-R-6	添 3-4-2-7-65
4.2.7. HGS-R-7	添 3-4-2-7-66
4.2.8. HGS-R-8	添 3-4-2-7-67
4.2.9. HGS-R-9	添 3-4-2-7-68
4.2.10. HGS-R-10	添 3-4-2-7-69
4.3. 拘束点反力	添 3-4-2-7-70
4.3.1. HGS-R-1	添 3-4-2-7-70
4.3.2. HGS-R-2	添 3-4-2-7-71
4.3.3. HGS-R-3	添 3-4-2-7-72
4.3.4. HGS-R-4	添 3-4-2-7-74
4.3.5. HGS-R-5	添 3-4-2-7-79
4.3.6. HGS-R-6	添 3-4-2-7-80
4.3.7. HGS-R-7	添 3-4-2-7-81
4.3.8. HGS-R-8	添 3-4-2-7-86
4.3.9. HGS-R-9	添 3-4-2-7-87

4. 3. 10. HGS-R-10 添 3-4-2-7-88

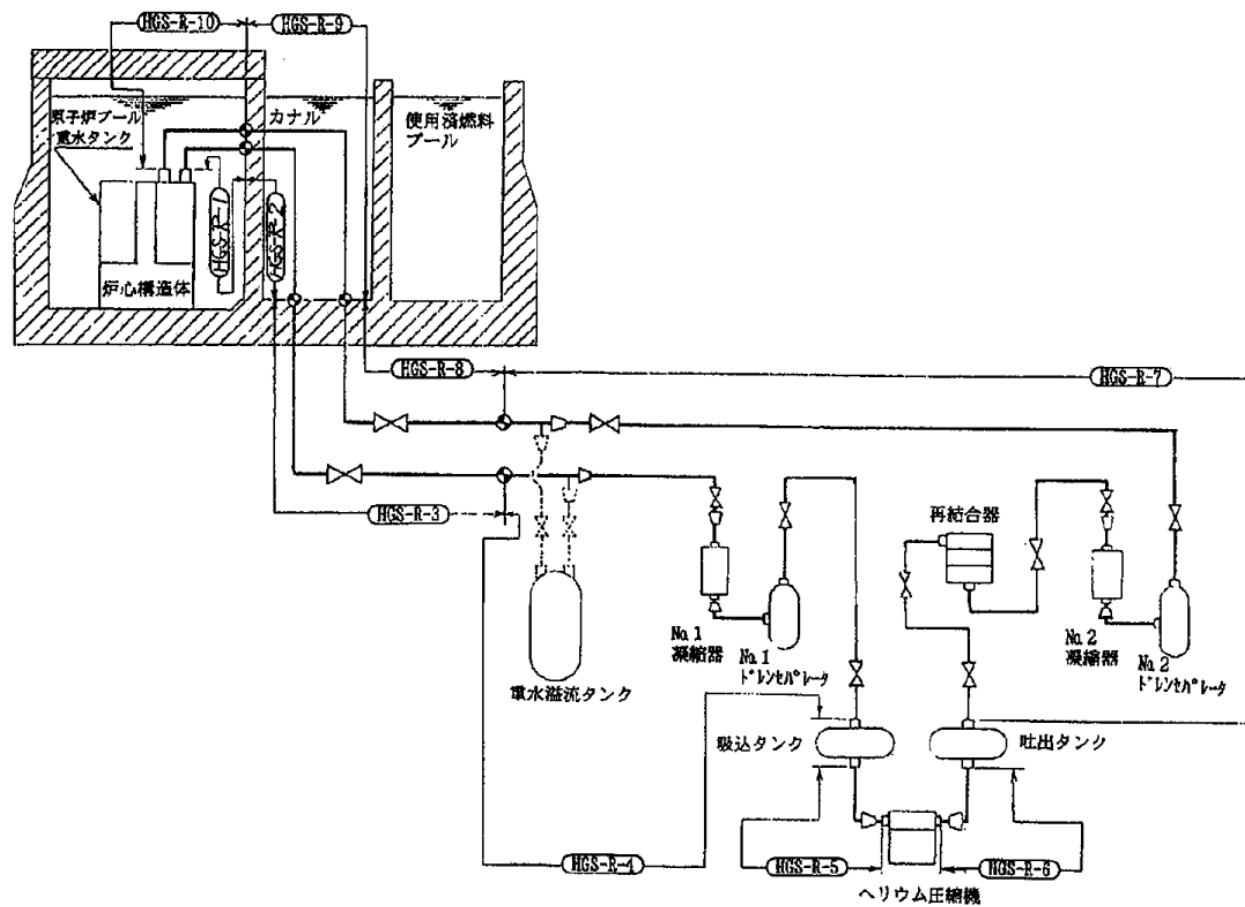
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
HGS-R-1	重水タンク から 原子炉プール貫通部アンカ まで	B
HGS-R-2	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
HGS-R-3	カナル貫通部アンカ から 原子炉建家地階アンカ まで	B
HGS-R-4	原子炉建家地階アンカ から 重水溢流タンク、重水ドレンタンク 及び吸込タンクまで	B
HGS-R-5	吸込タンク から ヘリウム圧縮機 まで	B
HGS-R-6	ヘリウム圧縮機 から 吐出タンク まで	B
HGS-R-7	吐出タンク から重水ドレンタンク、重水溢流タンク及び原子炉 建家地階アンカ まで	B
HGS-R-8	原子炉建家地階アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
HGS-R-9	カナル貫通部アンカ から 原子炉プール貫通部アンカ まで	B
HGS-R-10	原子炉プール貫通部アンカ から 重水タンク まで	B



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

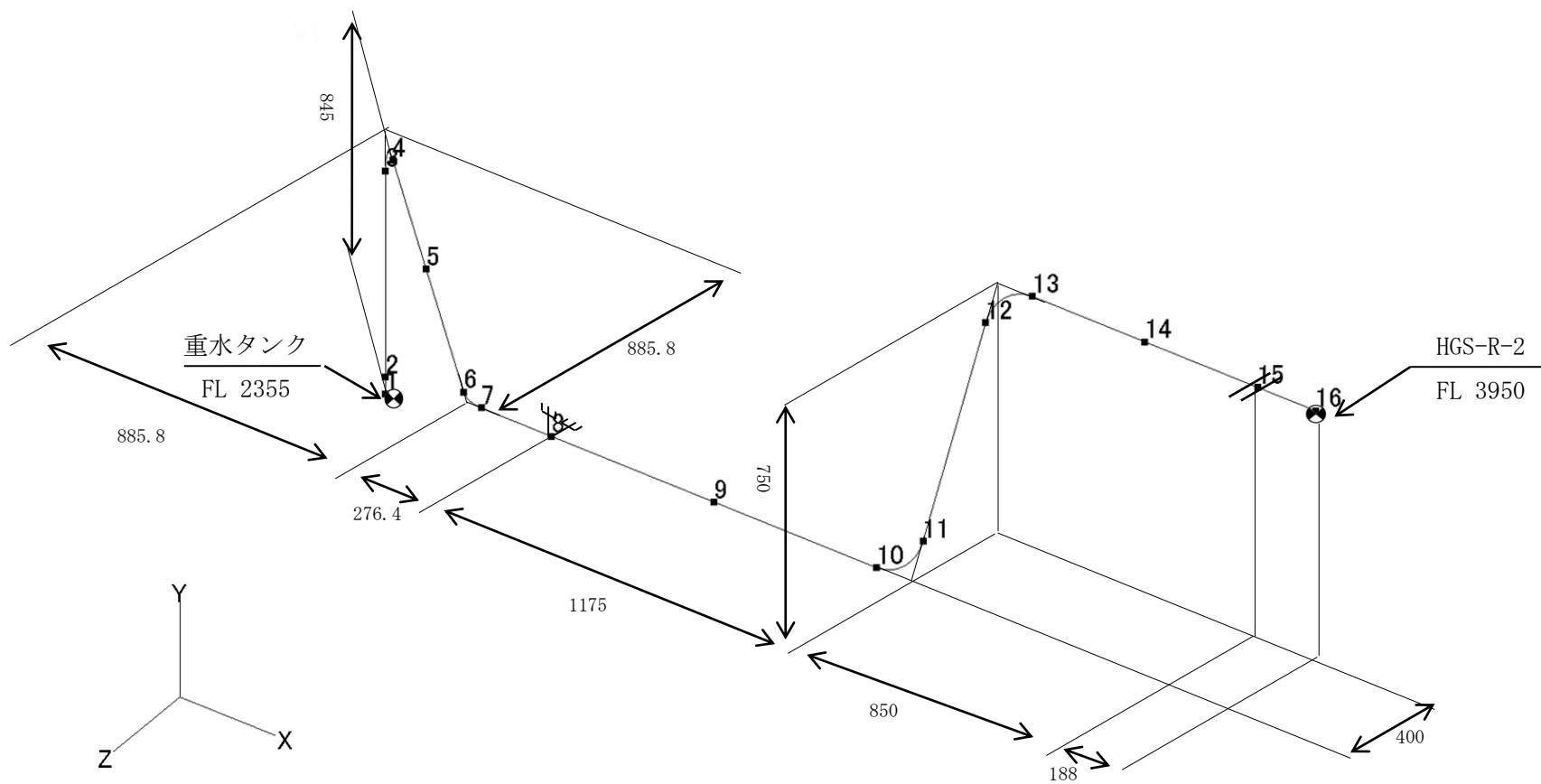


2.2. 鳥瞰図

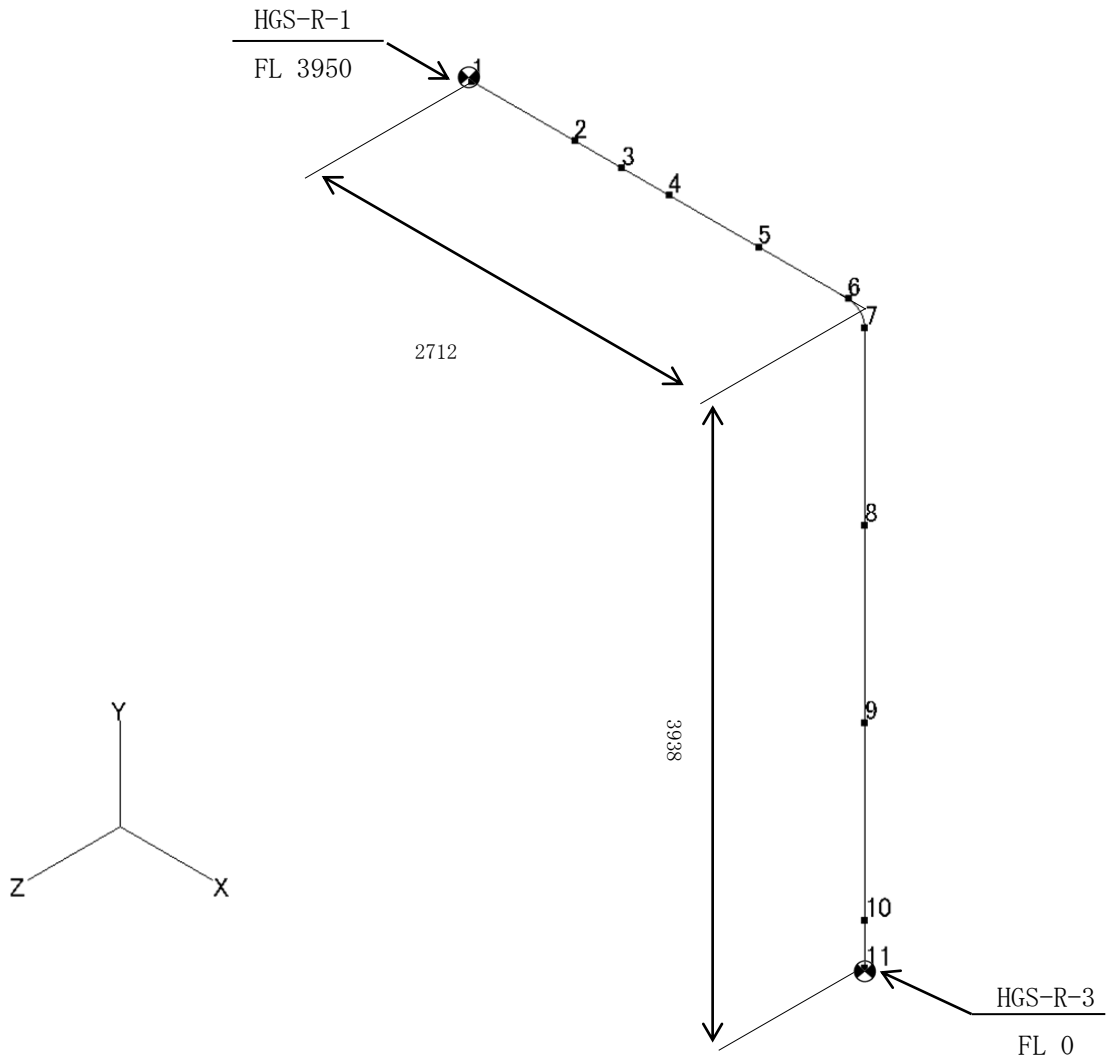
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント

(1) HGS-R-1

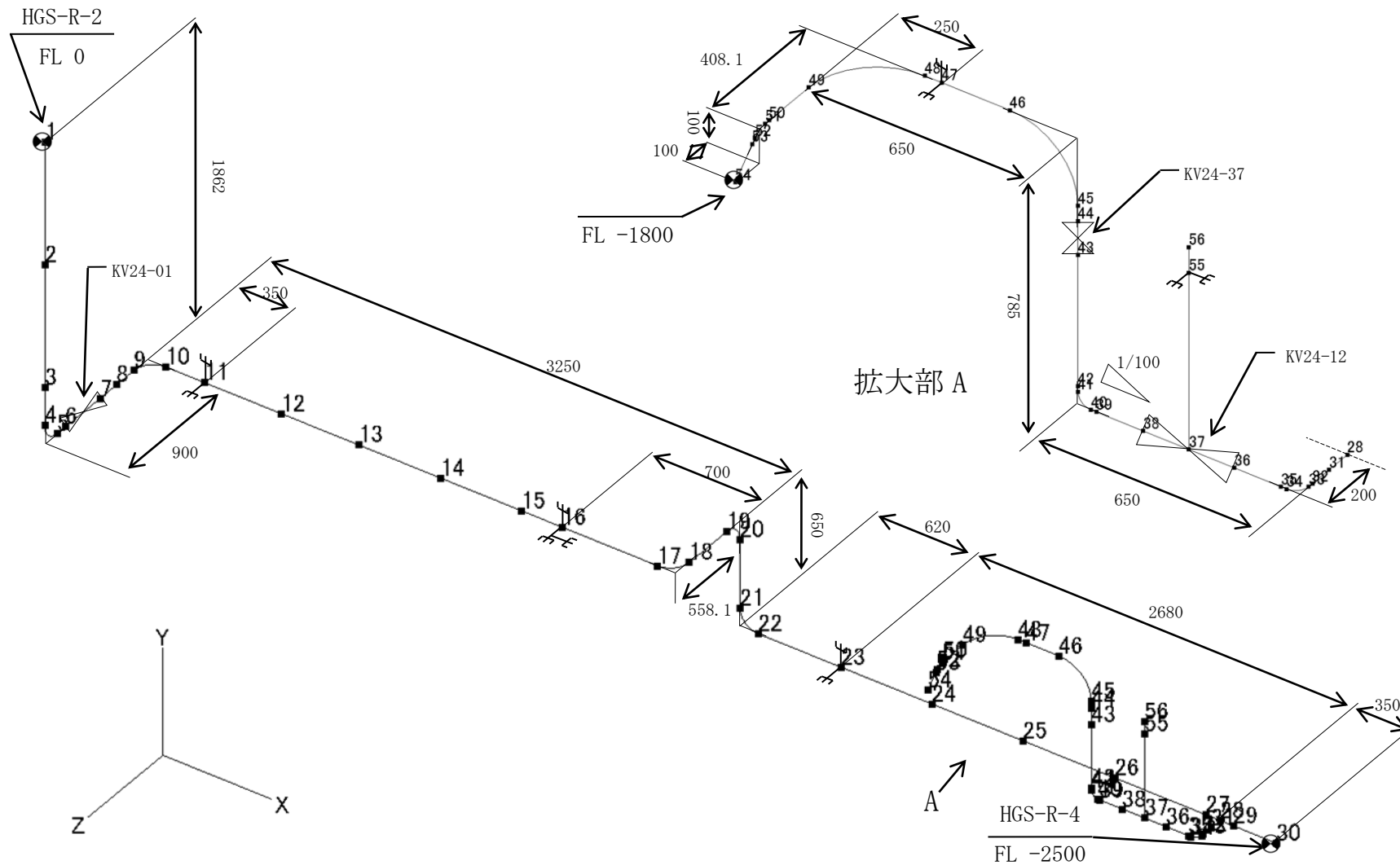


(2) HGS-R-2



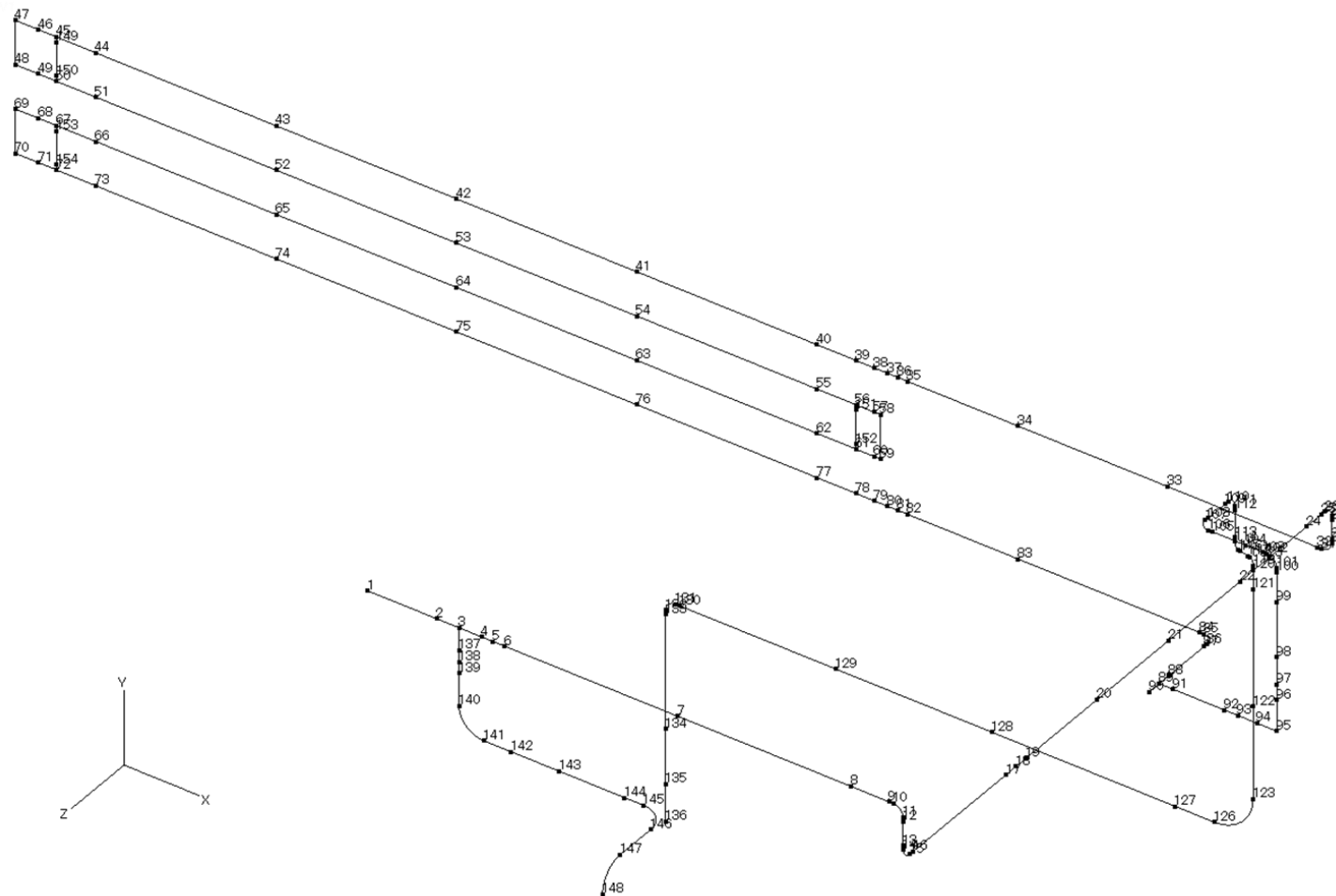
添 3-4-2-7-5

(3) HGS-R-3

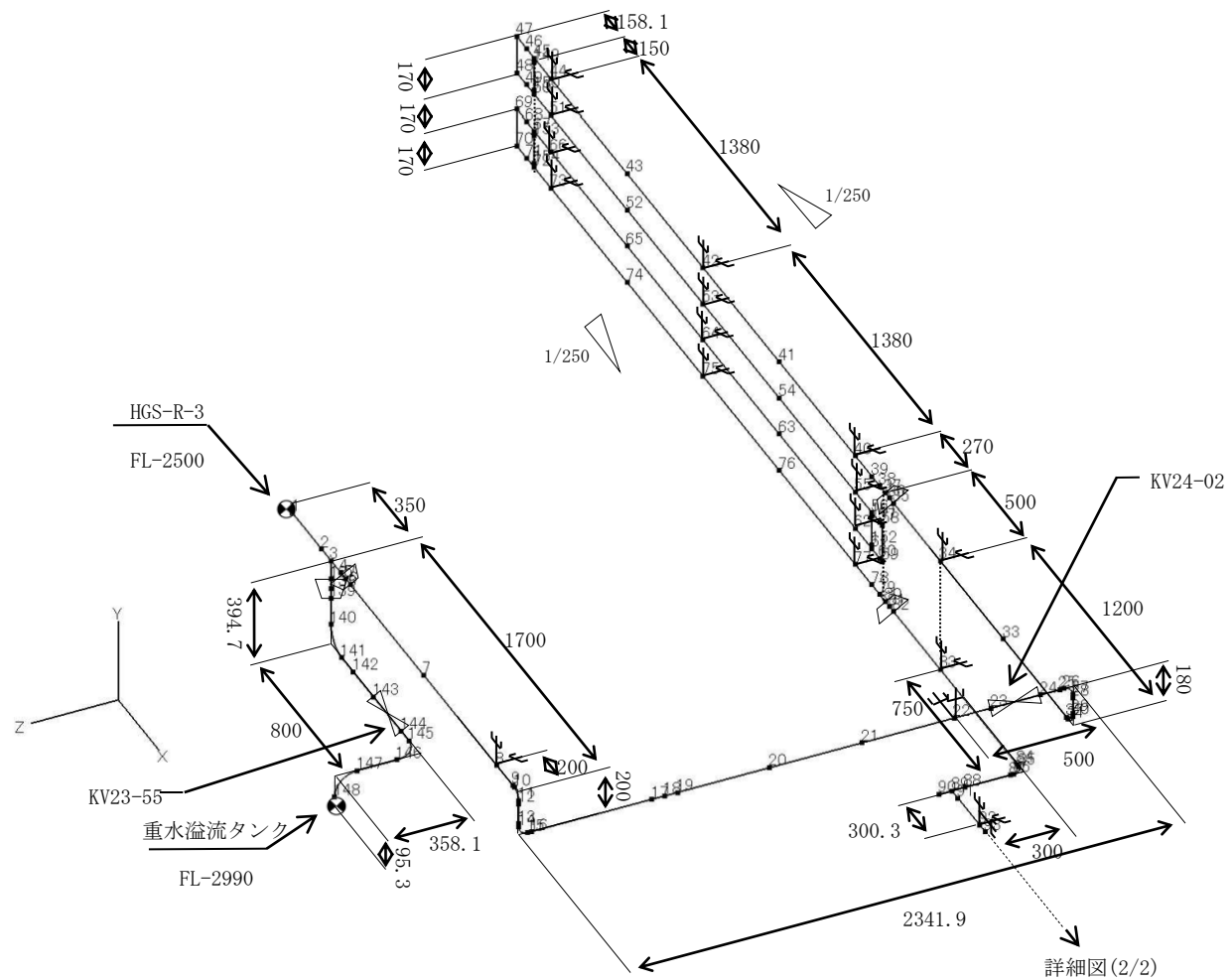


(4) HGS-R-4

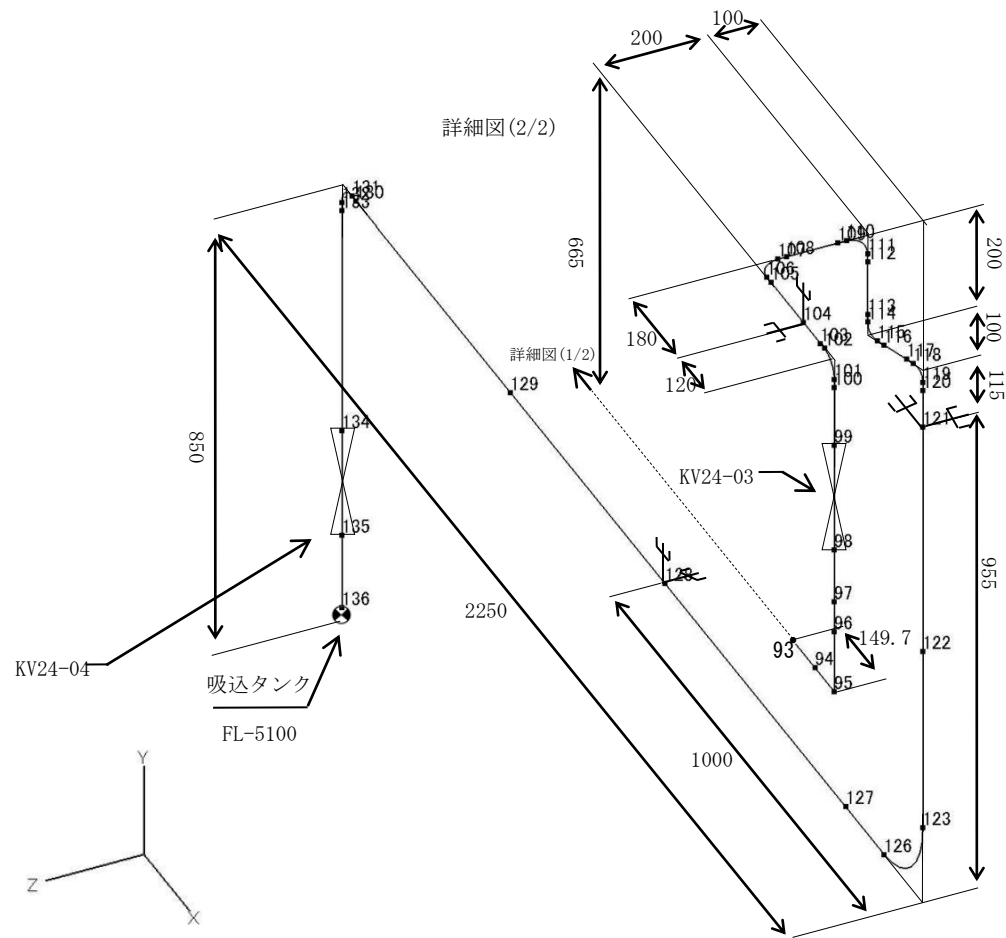
a. 全体図



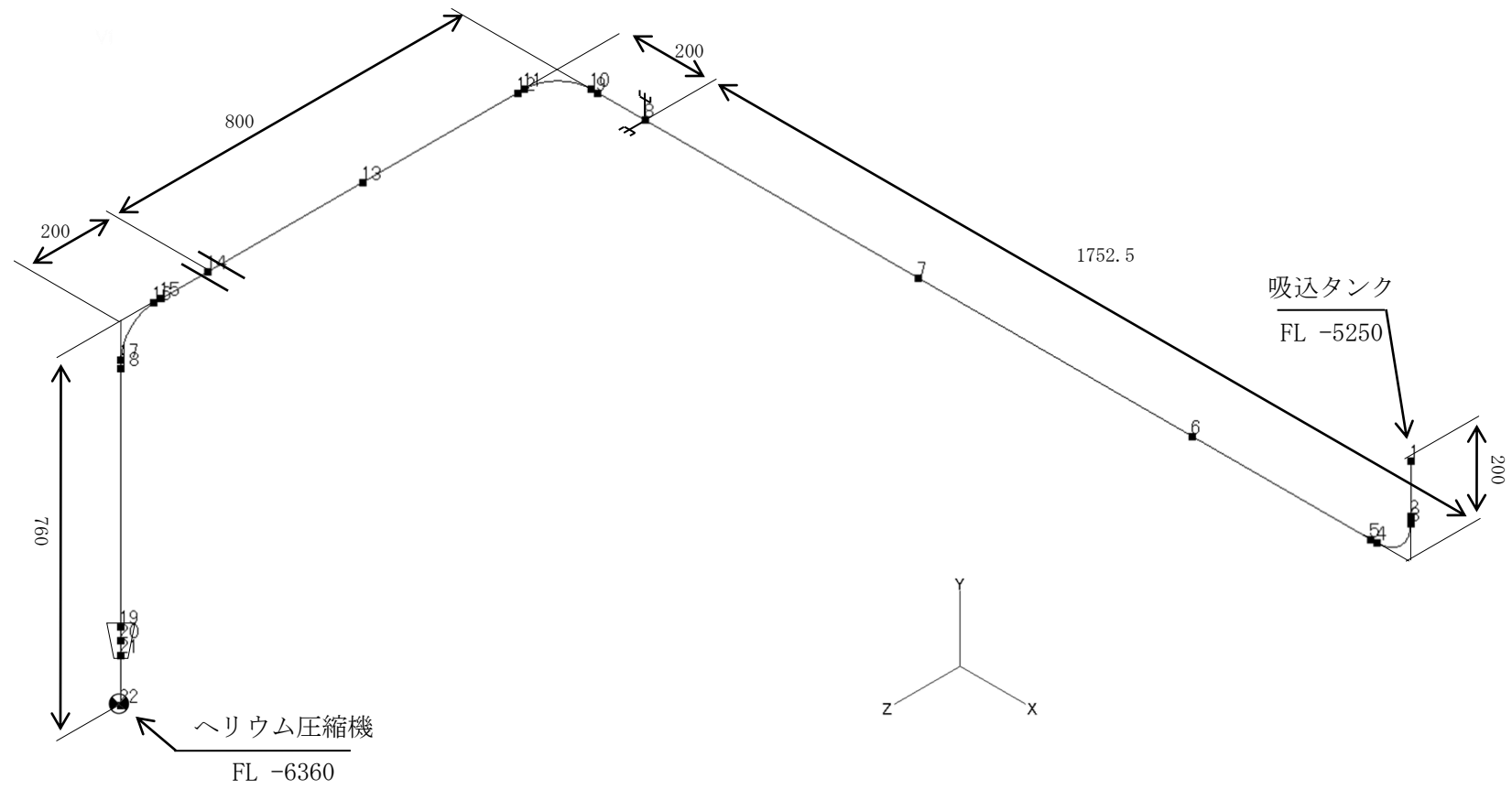
b. 詳細図(1/2)



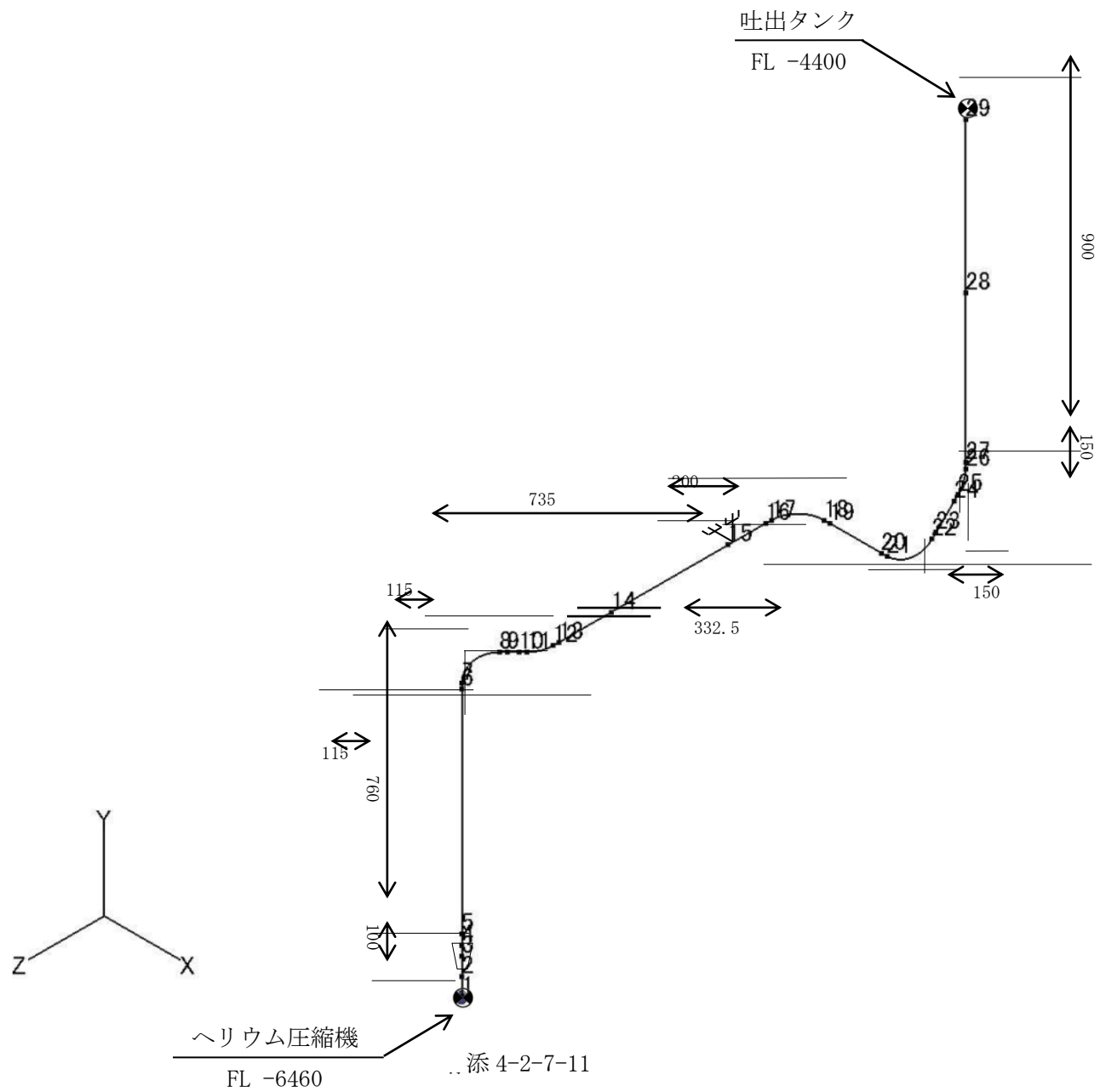
c. 詳細図(2/2)



(5) HGS-R-5

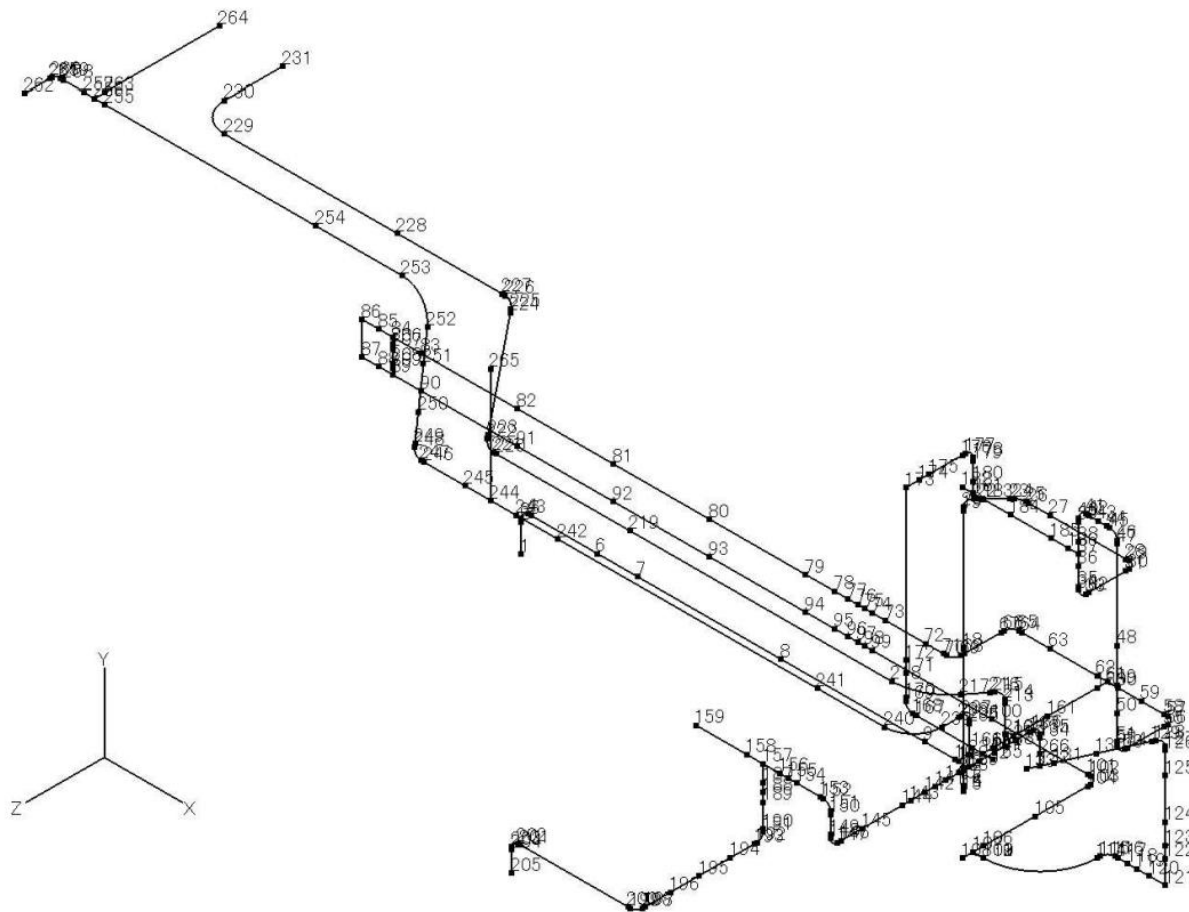


(6) HGS-R-6



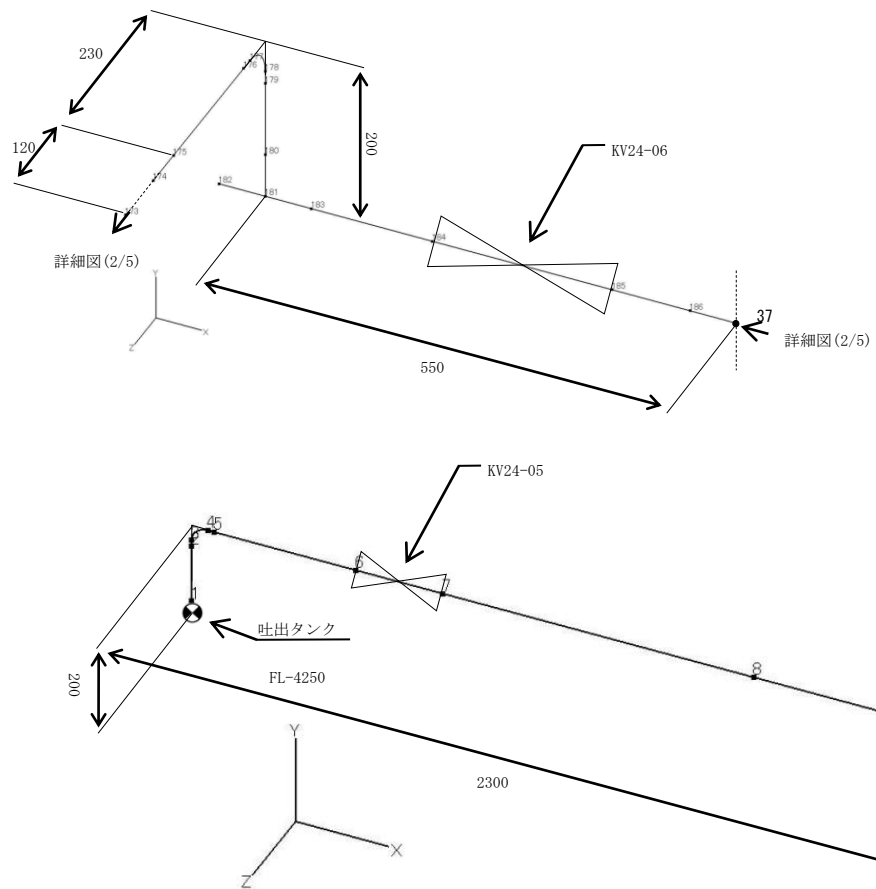
(7) HGS-R-7

a. 全体図

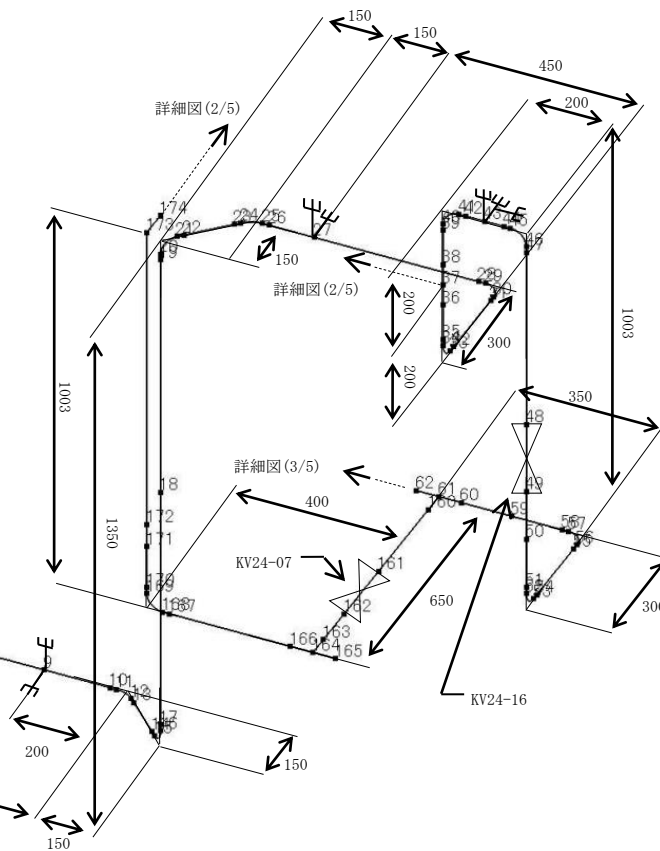


b. 詳細図 (1/5, 2/5)

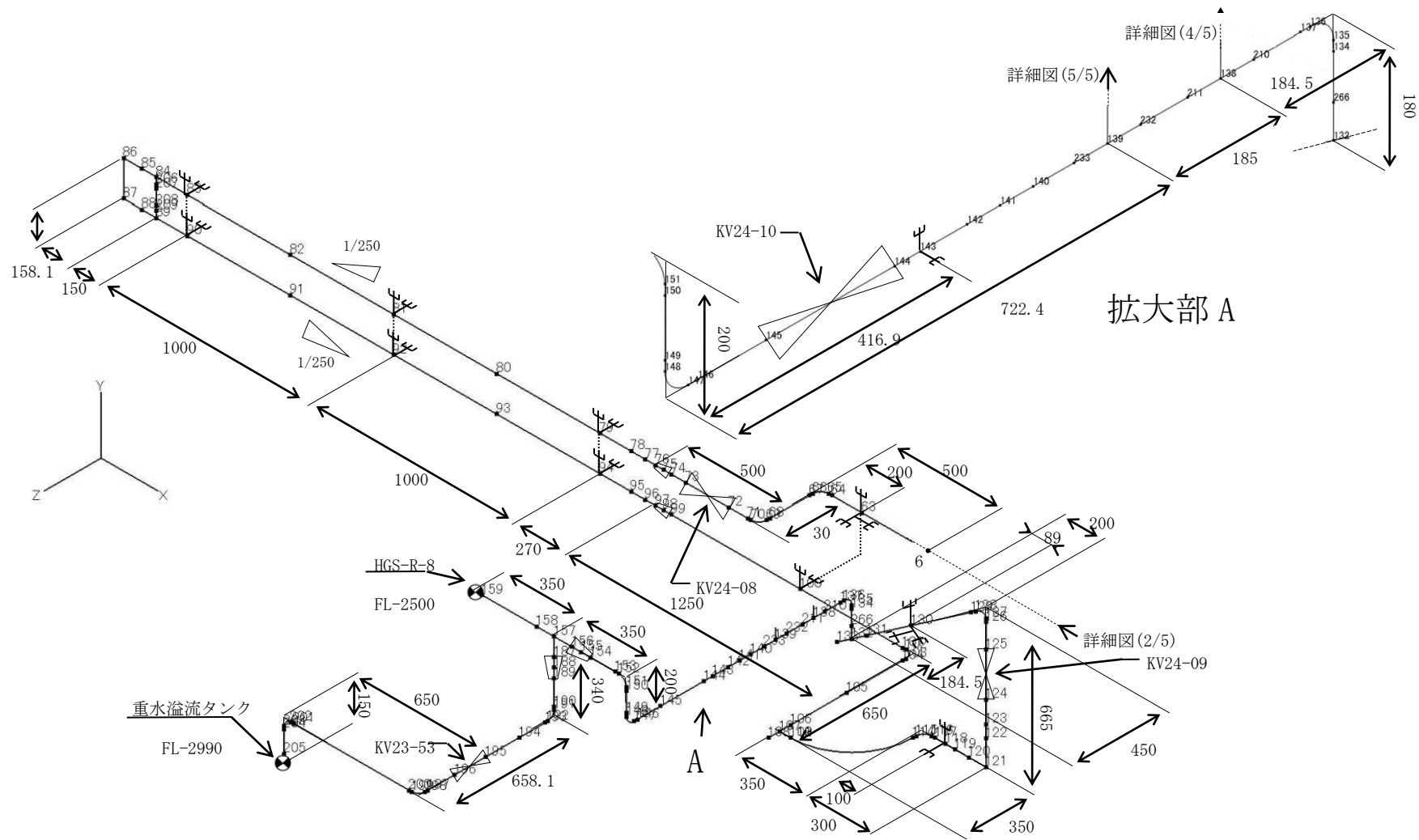
詳細図 (1/5)



詳細図 (2/5)

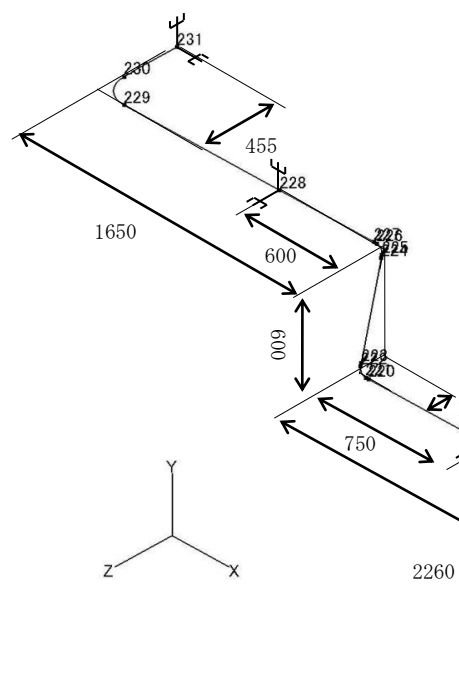


c. 詳細図 (3/5)

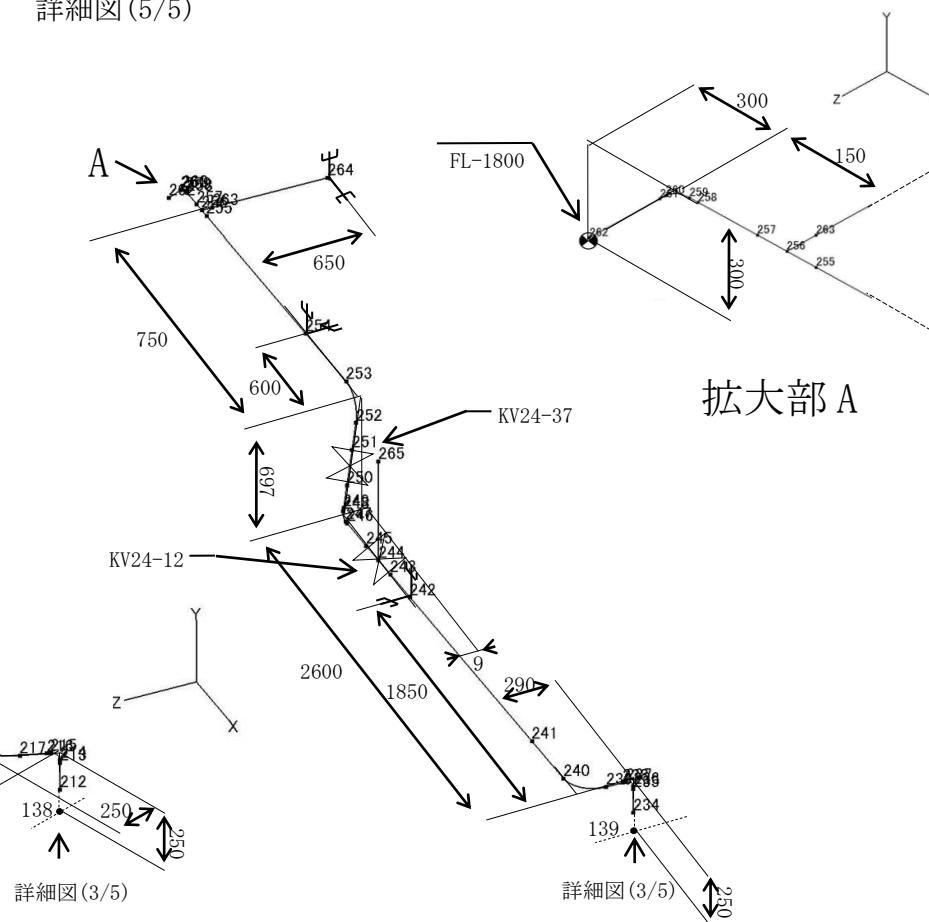


d. 詳細図 (4/5, 5/5)

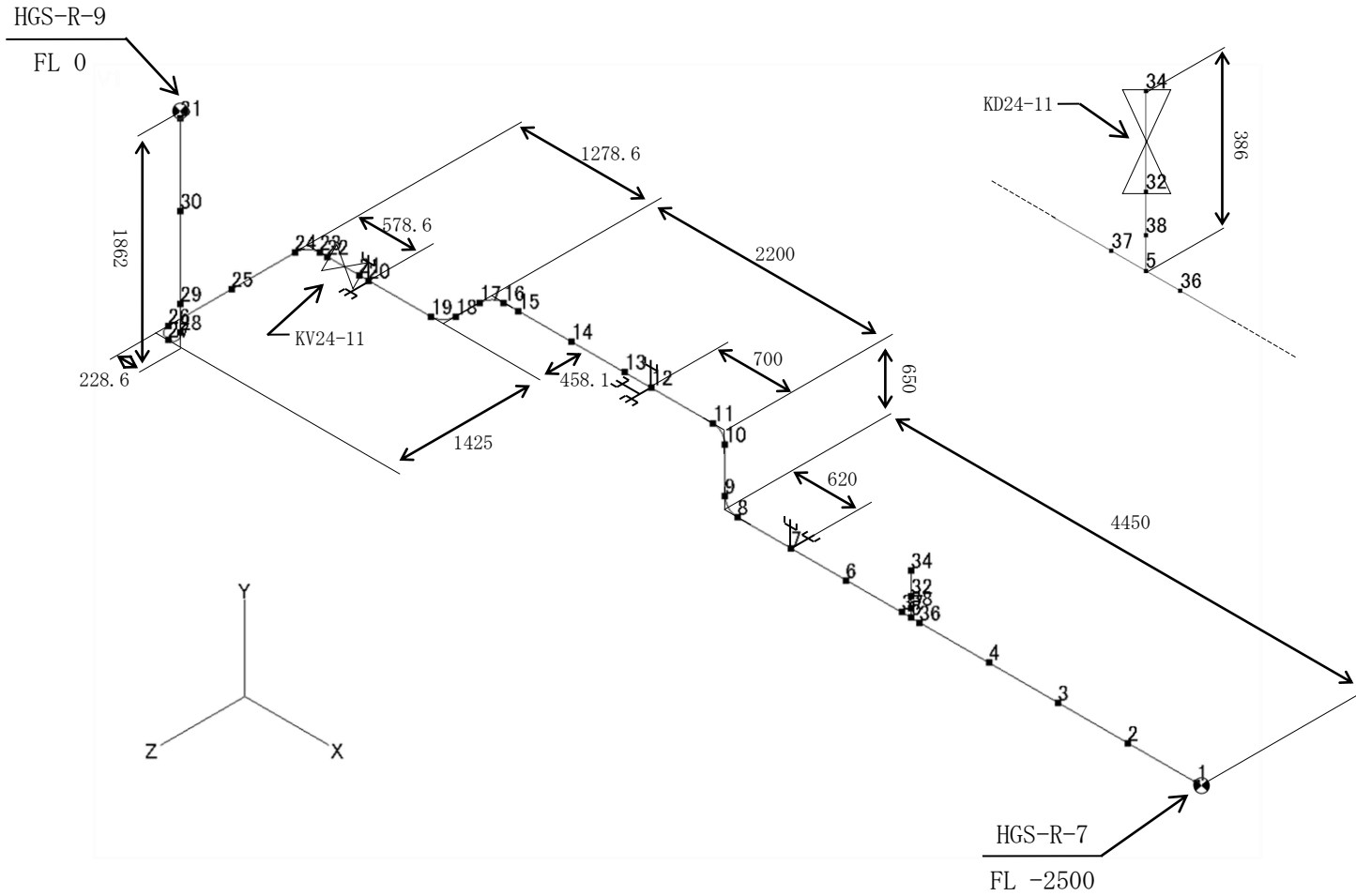
詳細図 (4/5)



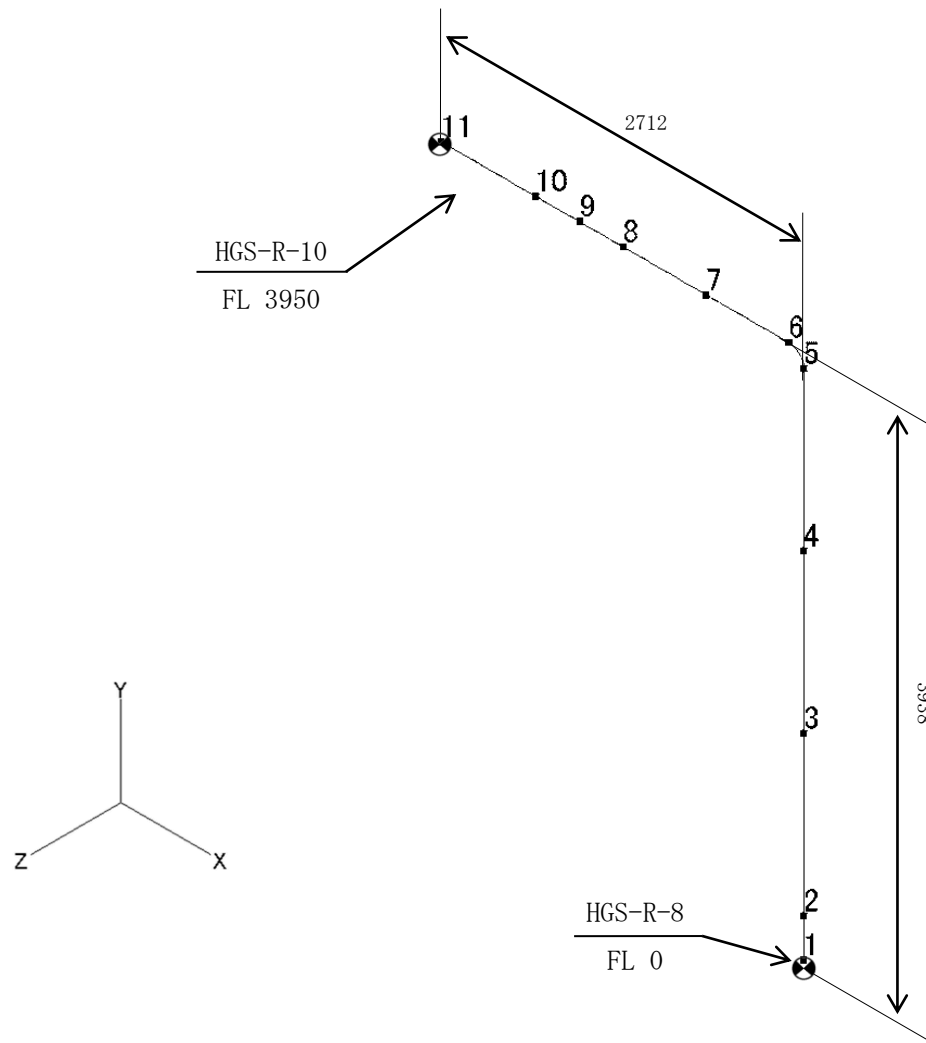
詳細図 (5/5)



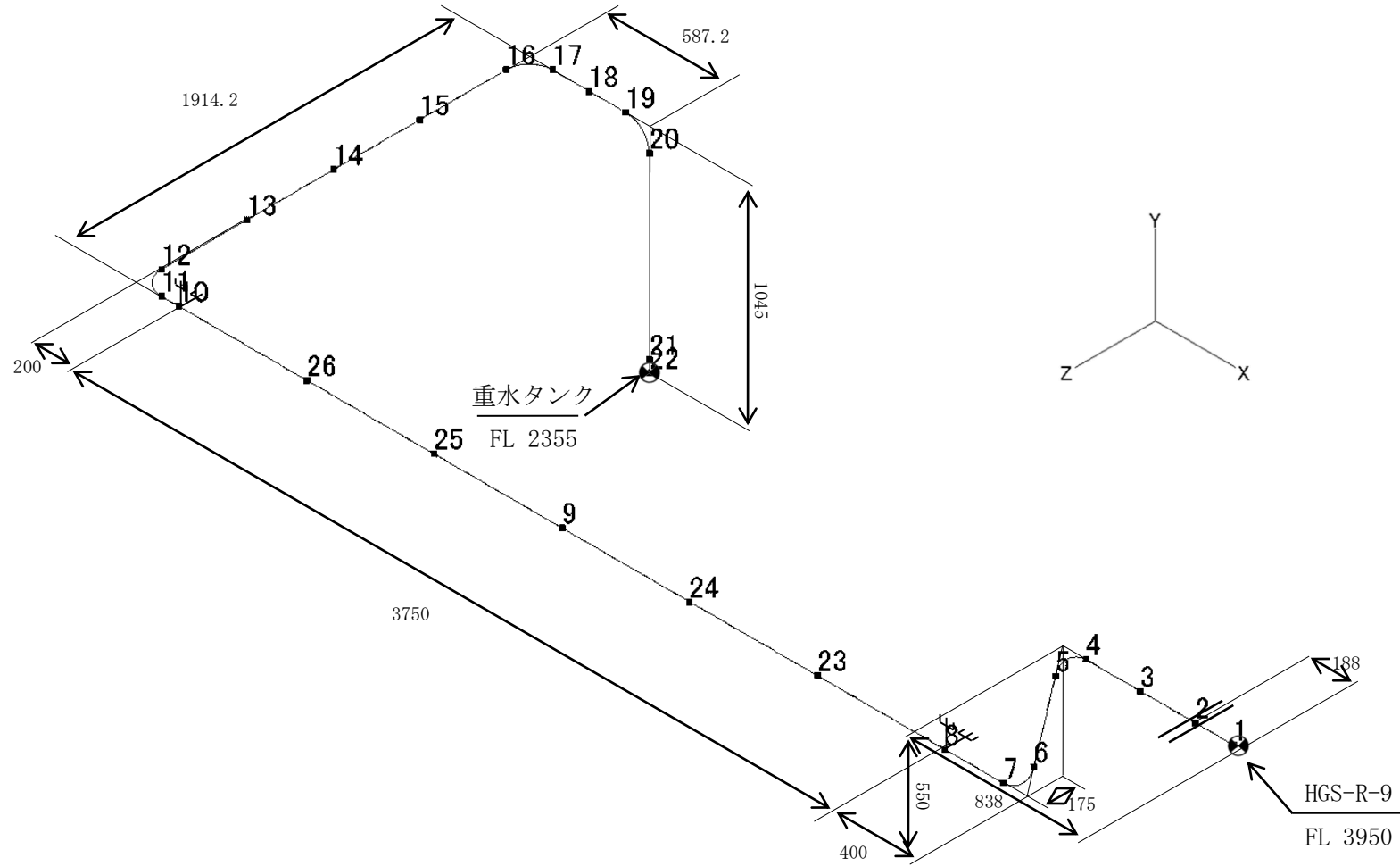
(8) HGS-R-8



(9) HGS-R-9



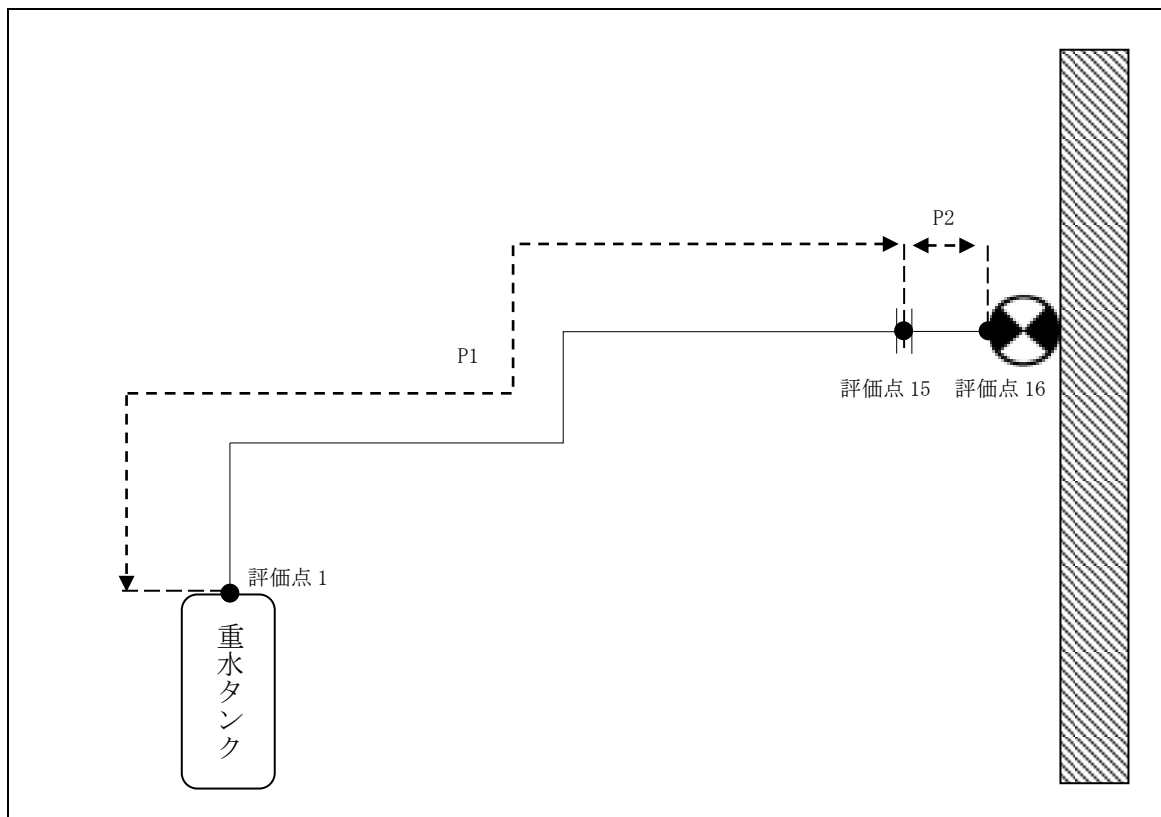
(10) HGS-R-10



3. 設計条件

3.1. HGS-R-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	
外径(mm)	89.1	89.1	
板厚(mm)	4.0	4.0	
材質	A5052T-0	SUS304LTP	
ヤング率(N/mm ²)	6.88×10^5	1.93×10^5	
ポアソン比(-)	0.33	0.3	
最高使用温度(°C)	55	55	
最高使用圧力(MPa)	0.0981	0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}	
内部流体種類	ヘリウムガス	ヘリウムガス	
内部流体密度(ton/mm)	0.00	0.00	
外部流体種類	水	水	
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	58	166	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—	—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次 58	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
3	(6)	2.26	—
4	(6)	2.26	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	2.26	—
7	(6)	2.26	—
8	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
9	(1)	1.00	—
10	(6)	2.26	—
11	(6)	2.26	—
12	(6)	2.26	—
13	(6)	2.26	—
14	(1)	1.00	—
15	(9)	2.10	—
16	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

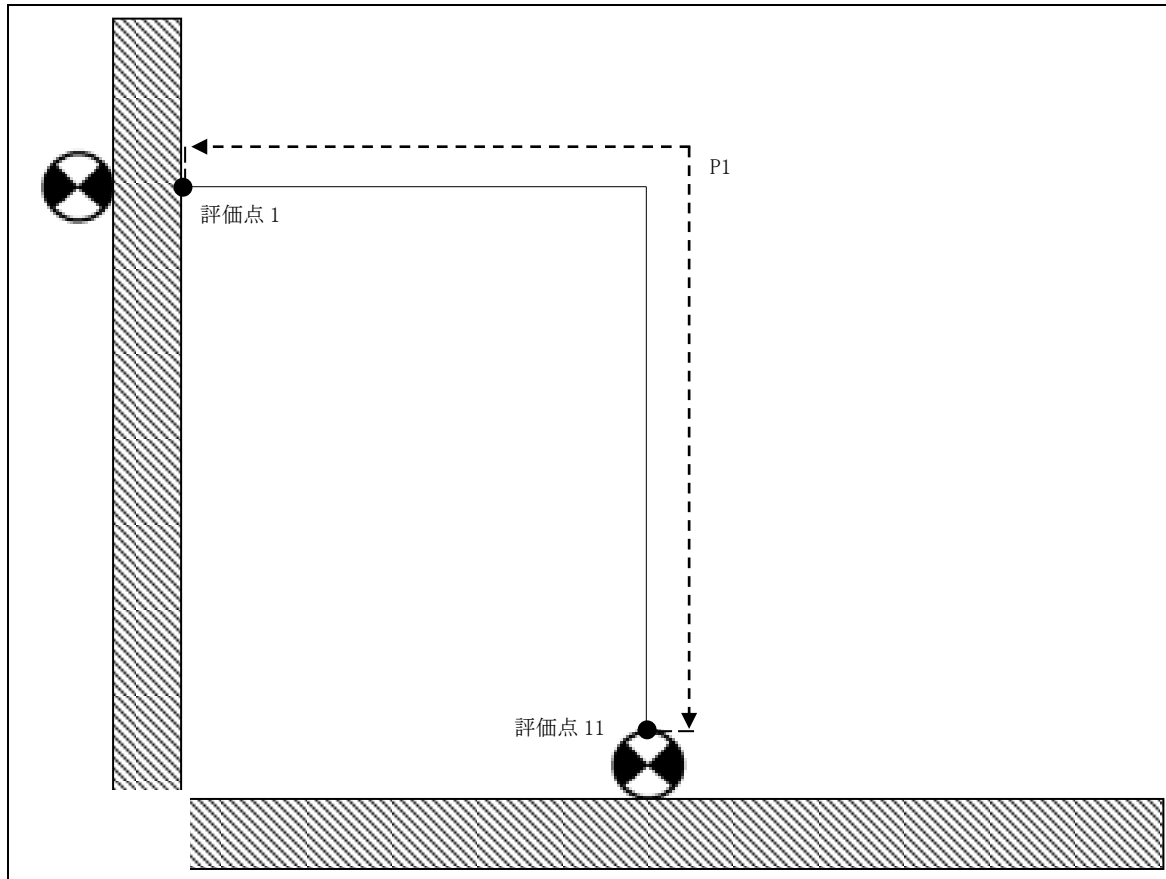
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
15	—	フランジ×2	5.06	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B ₄ S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び 原子炉本体質点 1, 14	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

3. 2. HGS-R-2

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	89.1			
板厚(mm)	4.0			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(3)	1.80	—
5	(1)	1.00	—
6	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
7	(6)	2.26	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(3)	1.80	—
11	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

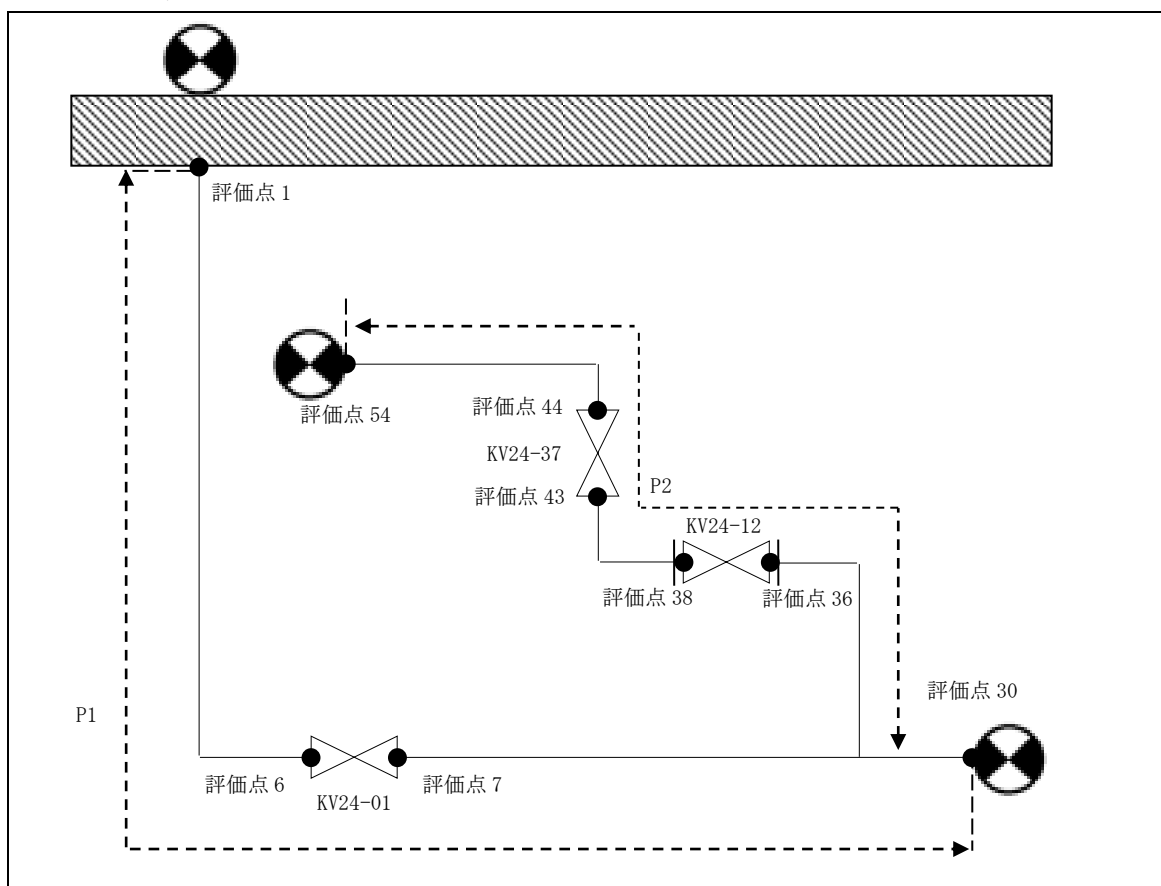
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.3. HGS-R-3

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	89.1		60.5		
板厚(mm)	4.0		3.9		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	ヘリウムガス		ヘリウムガス		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00		
外部流体種類	—		—		
外部流体密度(ton/mm)	—		—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	2.26	—
5	(6)	2.26	—
6	(9)	2.10	—
7	(9)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(6)	2.26	—
10	(6)	2.26	—
11	(1)	1.00	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(6)	2.26	—
18	(6)	2.26	—
19	(6)	2.26	—
20	(6)	2.26	—
21	(6)	2.26	—
22	(6)	2.26	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(3)	1.80	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
28	(4)	1.63	1.63
29	(3)	1.80	—
30	(2)	2.10	—
31	(3)	1.80	—
32	(2)	2.10	—
33	(6)	2.77	—
34	(6)	2.77	—
35	(2)	2.10	—
36	(9)	2.10	—
38	(9)	2.10	—
39	(2)	2.10	—
40	(6)	2.77	—
41	(6)	2.77	—
42	(2)	2.10	—
43	(9)	2.10	—
44	(9)	2.10	—
45	(6)	0.92	—
46	(6)	0.92	—
47	(1)	1.00	—
48	(6)	0.92	—
49	(6)	0.92	—
50	(2)	2.10	—
51	(6)	2.02	—
52	(6)	2.02	—
53	(2)	2.10	—
54	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

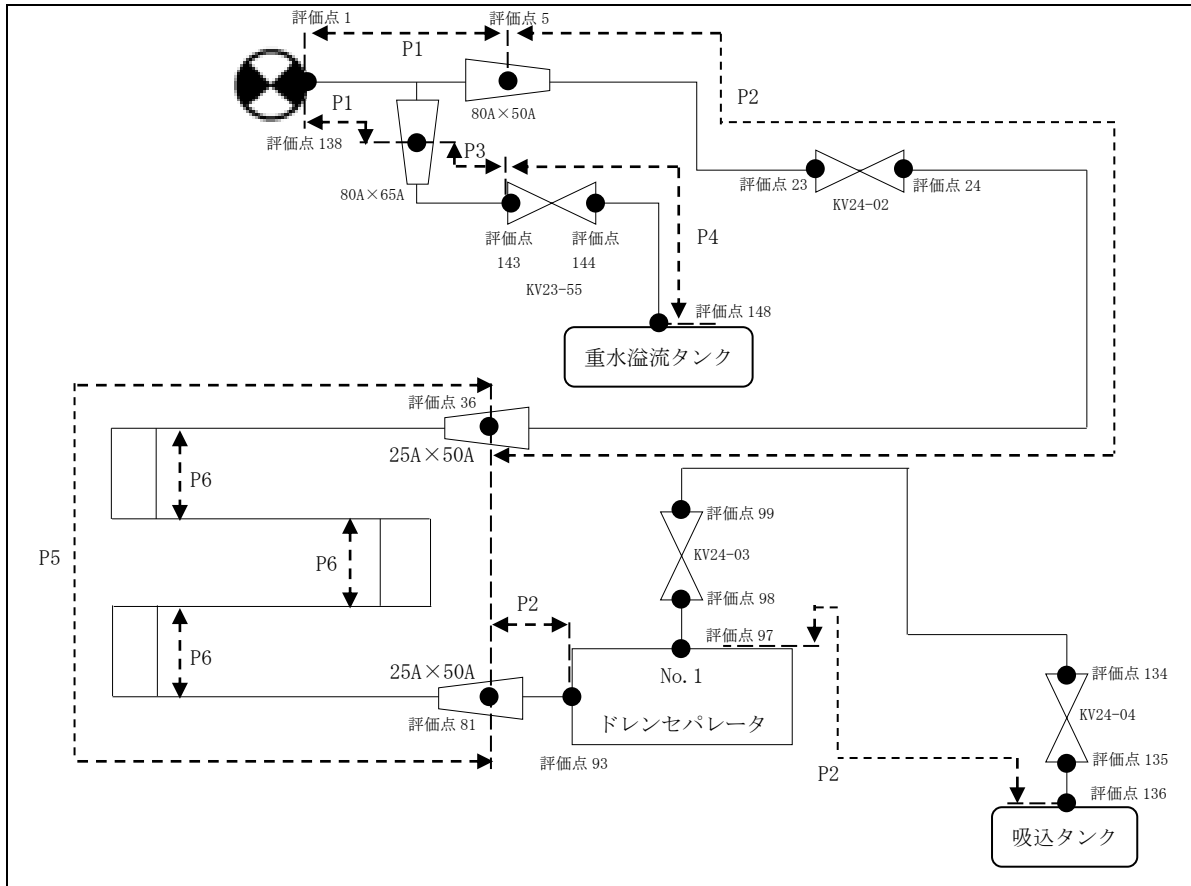
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	KV24-01	弁+フランジ	36.03	—
7	KV24-01	弁+フランジ	36.03	—
36	—	フランジ	1.86	50A S0
38	—	フランジ	1.86	50A S0
43	KV24-37	弁+フランジ	4.36	—
44	KV24-37	弁+フランジ	4.36	—
56	KV24-12	弁	70.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.4. HGS-R-4

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径 (mm)	89.1	60.5	76.3
板厚 (mm)	4.0	3.9	3.5
材質	SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率 (N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比 (-)	0.3	0.3	0.3
最高使用温度 (°C)	55	55	55
最高使用圧力 (MPa)	0.0981	0.0981	0.0981
配管密度 (ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類	ヘリウムガス	ヘリウムガス	ヘリウムガス
内部流体密度 (ton/mm)	0.00	0.00	0.00
外部流体種類	—	—	—
外部流体密度 (ton/mm)	—	—	—
設計降伏点 Sy (N/mm ²)	166	166	166
設計引張強さ Su (N/mm ²)	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B ₄ S 1次 166	166	166

配管番号		P4	P5	P6
外径(mm)		76.3	34	22.0
板厚(mm)		3.5	3.4	1.3
材質		SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率(N/mm ²)		1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比(-)		0.3	0.3	0.3
最高使用温度(°C)		55	55	55
最高使用圧力(MPa)		0.1471	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)		7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類		ヘリウムガス	ヘリウムガス	ヘリウムガス
内部流体密度(ton/mm ³)		0.00	0.00	0.00
外部流体種類		—	—	—
外部流体密度(ton/mm ³)		—	—	—
保温材/外装材材質		—	グラスウール/ガルバリウム鋼	グラスウール/ガルバリウム鋼
保温材/外装材密度(ton/mm ³)		—	$0.12 \times 10^{-9}/7.85 \times 10^{-9}$	$0.12 \times 10^{-9}/7.85 \times 10^{-9}$
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		166	166	166
設計引張強さ Su(N/mm ²)		—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次	166	166	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(3)	1.80	—
3	(4)	1.62	1.62
4	(3)	1.80	—
5	(7)	2.00	—
6	(3)	1.80	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(2)	2.10	—
10	(6)	2.77	—
11	(6)	2.77	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(6)	2.77	—
15	(6)	2.77	—
16	(2)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—
24	(2)	2.10	—
25	(2)	2.10	—
26	(6)	2.77	—
27	(6)	2.77	—
28	(2)	2.10	—
29	(2)	2.10	—
30	(6)	2.77	—
31	(6)	2.77	—
32	(2)	2.10	—
33	(1)	1.00	—
34	(1)	1.00	—
35	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(2)	2.10	—
37	(2)	2.10	—
38	(2)	2.10	—
39	(1)	1.00	—
40	(1)	1.00	—
41	(1)	1.00	—
42	(1)	1.00	—
43	(1)	1.00	—
44	(2)	2.10	—
45	(2)	2.10	2.10
46	(2)	2.10	—
47	(2)	2.10	—
48	(2)	2.10	—
49	(2)	2.10	—
50	(4)	2.10	2.10
51	(1)	1.00	—
52	(1)	1.00	—
53	(1)	1.00	—
54	(1)	1.00	—
55	(1)	1.00	—
56	(2)	2.10	2.10
57	(2)	2.10	—
58	(2)	2.10	—
59	(2)	2.10	—
60	(2)	2.10	—
61	(2)	2.10	2.10
62	(1)	1.00	—
63	(1)	1.00	—
64	(1)	1.00	—
65	(1)	1.00	—
66	(1)	1.00	—
67	(2)	2.10	2.10
68	(2)	2.10	—
69	(2)	2.10	—
70	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(2)	2.10	—
72	(2)	2.10	2.10
73	(1)	1.00	—
74	(1)	1.00	—
75	(1)	1.00	—
76	(1)	1.00	—
77	(1)	1.00	—
78	(1)	1.00	—
79	(2)	2.10	—
80	(2)	2.10	—
81	(2)	2.10	—
82	(2)	2.10	—
83	(1)	1.00	—
84	(2)	2.10	—
85	(6)	2.77	—
86	(6)	2.77	—
87	(2)	2.10	—
88	(2)	2.10	—
89	(2)	2.10	2.10
90	(2)	2.10	—
91	(2)	2.10	—
92	(1)	1.00	—
93	(2)	2.10	—
97	(2)	2.10	—
98	(2)	2.10	—
99	(2)	2.10	—
100	(2)	2.10	—
101	(6)	2.77	—
102	(6)	2.77	—
103	(2)	2.10	—
104	(1)	1.00	—
105	(2)	2.10	—
106	(6)	2.77	—
107	(6)	2.77	—
108	(2)	2.10	—
109	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
110	(6)	2.77	—
111	(6)	2.77	—
112	(2)	2.10	—
113	(2)	2.10	—
114	(6)	2.02	—
115	(6)	2.02	—
116	(2)	2.10	—
117	(2)	2.10	—
118	(6)	2.02	—
119	(6)	2.02	—
120	(2)	2.10	—
121	(1)	1.00	—
122	(1)	1.00	—
123	(6)	1.11	—
126	(6)	1.11	—
127	(2)	2.10	—
128	(1)	1.00	—
129	(1)	1.00	—
130	(2)	2.10	—
131	(6)	2.77	—
132	(6)	2.77	—
133	(2)	2.10	—
134	(2)	2.10	—
135	(2)	2.10	—
136	(2)	2.10	—
137	(3)	1.80	—
138	(7)	2.00	—
139	(3)	1.80	—
140	(6)	2.26	—
141	(6)	2.26	—
142	(5)	2.10	—
143	(2)	2.10	—
144	(2)	2.10	—
145	(6)	2.26	—
146	(6)	2.26	—
147	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
148	(6)	2.26	—
149	(2)	2.10	—
150	(2)	2.10	—
151	(2)	2.10	—
152	(2)	2.10	—
153	(2)	2.10	—
154	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
155	(2)	2.10	—
156	(2)	2.10	—
157	(2)	2.10	—
158	(2)	2.10	—
159	(2)	2.10	—
160	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

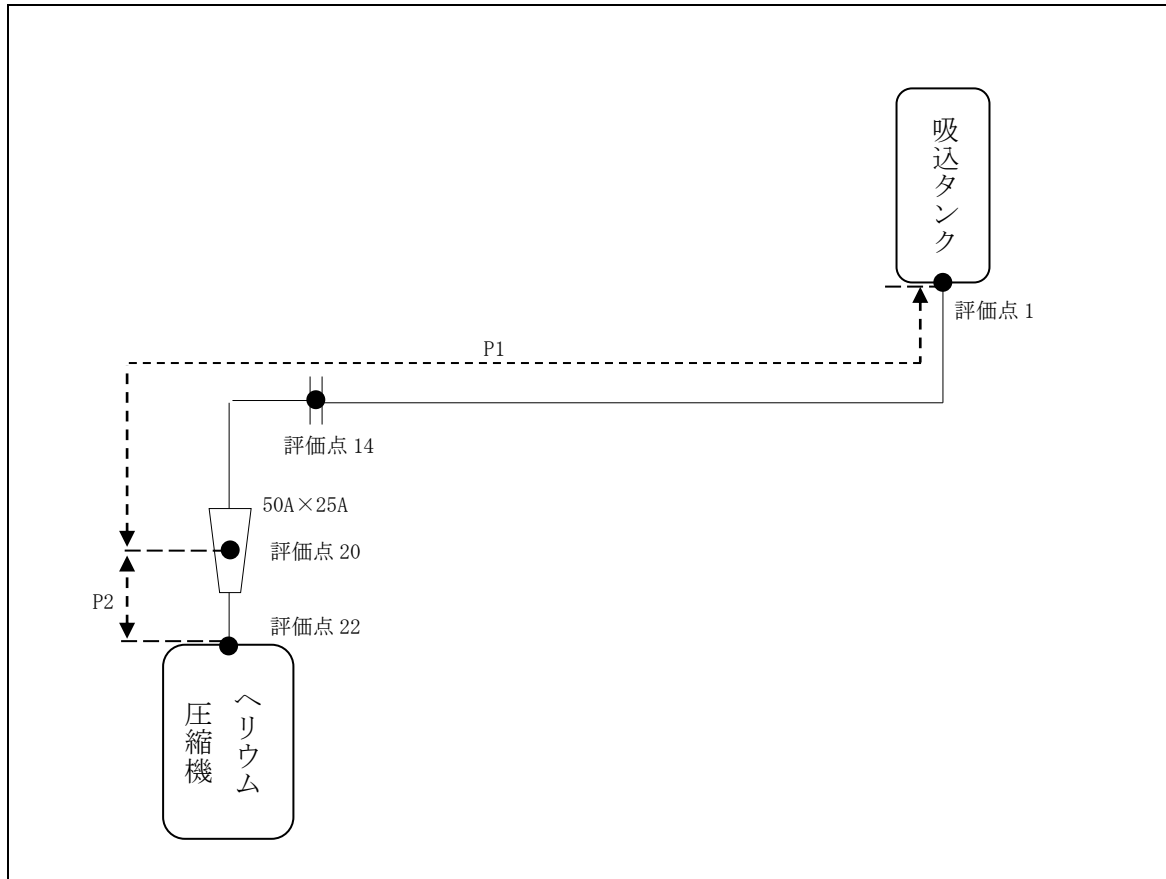
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
23	KV24-02	弁	6.00	—
24	KV24-02	弁	6.00	—
95	No. 1 ドレンセパレータ	—	15.00	—
98	KV24-03	弁	6.00	—
99	KV24-03	弁	6.00	—
134	KV24-04	弁	6.00	—
135	KV24-04	弁	6.00	—
143	KV23-55	弁	13.50	—
144	KV23-55	弁	13.50	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.5. HGS-R-5

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	
外径(mm)	60.5	34.0	
板厚(mm)	3.9	3.4	
材質	SUS304LTP	SUS304LTP	
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	
ポアソン比(-)	0.3	0.3	
最高使用温度(°C)	55	55	
最高使用圧力(MPa)	0.0981	0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	
内部流体種類	ヘリウムガス	ヘリウムガス	
内部流体密度(ton/mm)	0.00	0.00	
外部流体種類	—	—	
外部流体密度(ton/mm)	—	—	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166	166	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—	—	
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次	166	166

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
3	(6)	1.75	—
4	(6)	1.75	—
5	(2)	2.10	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(2)	2.10	—
10	(6)	1.75	—
11	(6)	1.75	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(9)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(6)	1.75	—
17	(6)	1.75	—
18	(2)	2.10	—
19	(2)	2.10	—
20	(2)	2.10	—
21	(2)	2.10	—
22	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

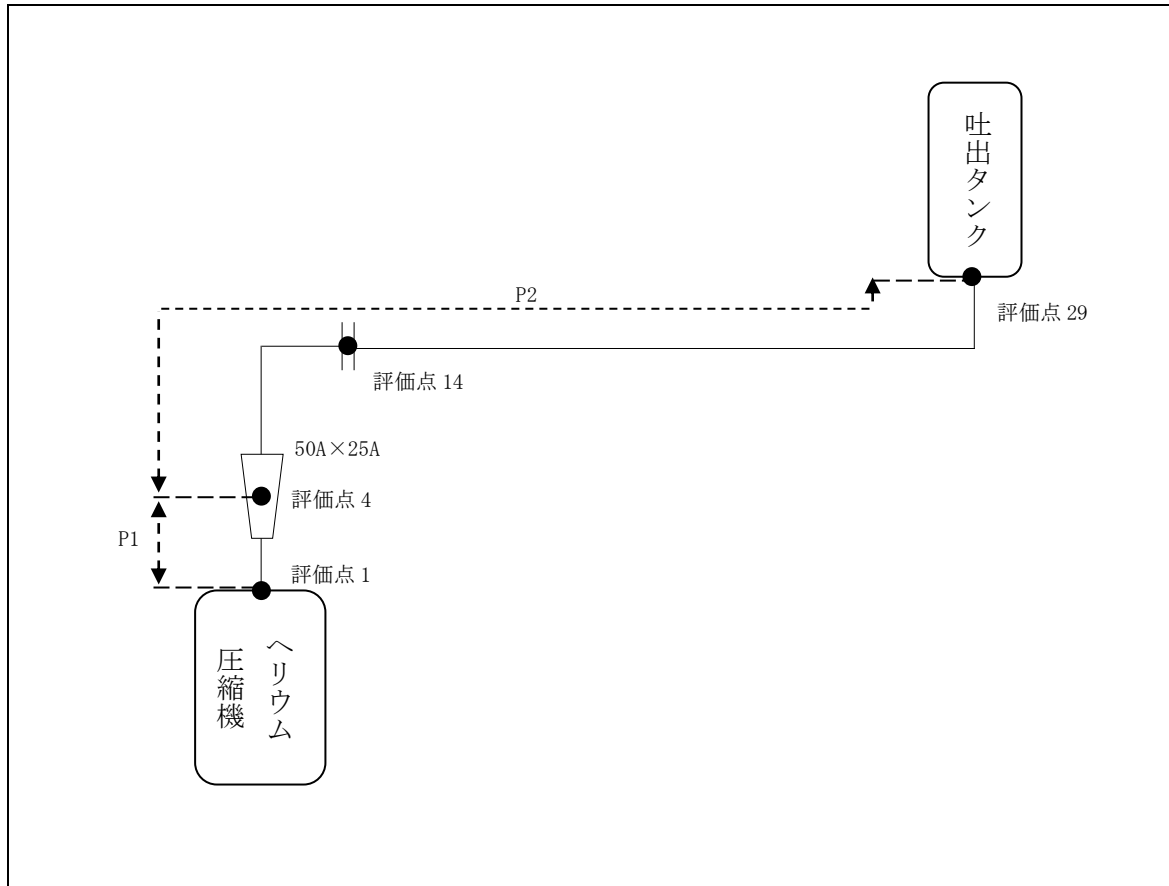
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
14	—	フランジ×2	2.66	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2, 3	0.28	0.26
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.6. HGS-R-6

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	34.0		60.5		
板厚(mm)	3.4		3.9		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	ヘリウムガス		ヘリウムガス		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00		
外部流体種類	—		—		
外部流体密度(ton/mm)	—		—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(2)	2.10	—
6	(2)	2.10	—
7	(6)	1.75	—
8	(6)	1.75	—
9	(2)	2.10	—
10	(2)	2.10	—
11	(6)	1.75	—
12	(6)	1.75	—
13	(2)	2.10	—
14	(9)	2.10	—
15	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
16	(2)	2.10	—
17	(6)	1.75	—
18	(6)	1.75	—
19	(2)	2.10	—
20	(2)	2.10	—
21	(6)	1.75	—
22	(6)	1.75	—
23	(2)	2.10	—
24	(2)	2.10	—
25	(6)	1.75	—
26	(6)	1.75	—
27	(2)	2.10	—
28	(1)	1.00	—
29	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

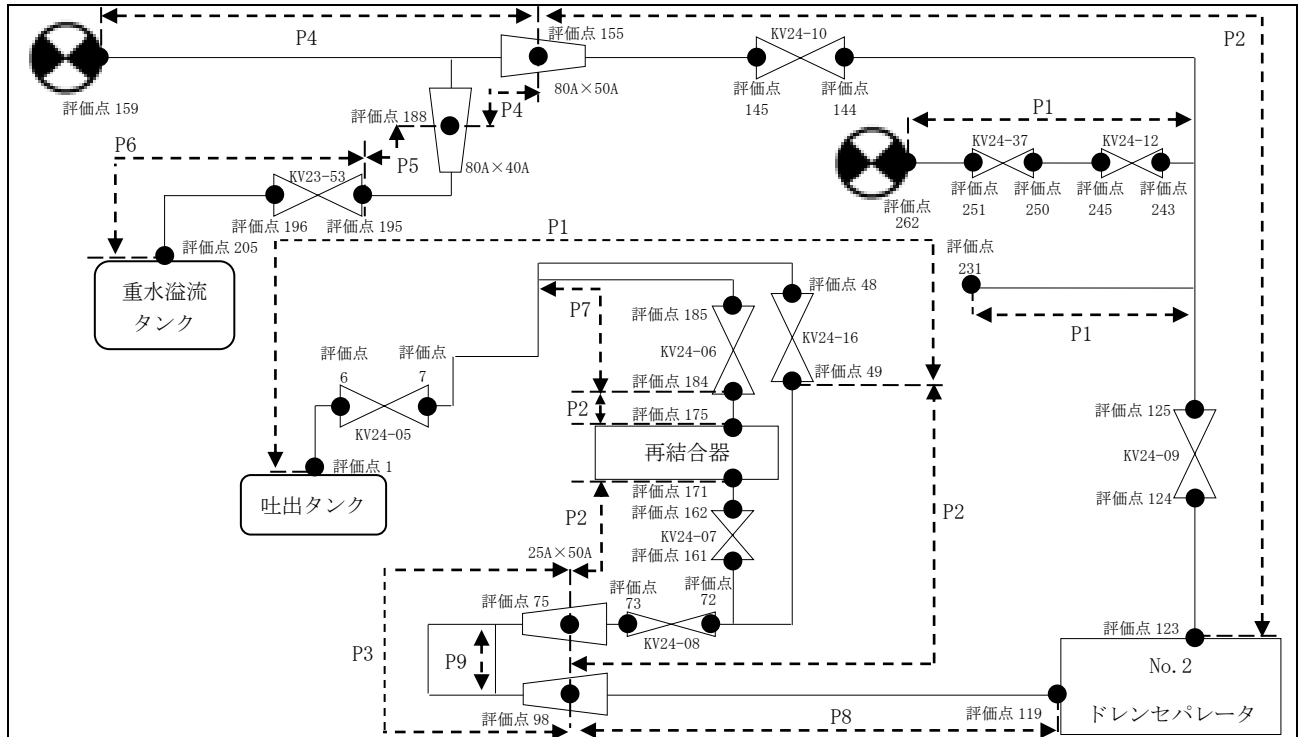
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
14	—	フランジ	2.66	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2, 3	0.28	0.26
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.7. HGS-R-7

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径 (mm)	60.5	60.5	34.0
板厚 (mm)	3.9	3.9	3.4
材質	SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率 (N/mm ²)	1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比 (-)	0.3	0.3	0.3
最高使用温度 (°C)	55	150	150
最高使用圧力 (MPa)	0.0981	0.0981	0.0981
配管密度 (ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類	ヘリウムガス	ヘリウムガス	ヘリウムガス
内部流体密度 (ton/mm)	0.00	0.00	0.00
外部流体種類	—	—	—
外部流体密度 (ton/mm)	—	—	—
保温剤/外装剤 材質	—	グラスウール/ガルバリウム鋼	—
保温剤/外装剤密度 (ton/mm ³)	—	$0.12 \times 10^{-9}/8.00 \times 10^{-9}$	—
保温剤/外装剤厚さ (mm)	—	20.0/2.0	—
設計降伏点 Sy (N/mm ²)	166	131	131
設計引張強さ Su (N/mm ²)	—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S 1次 166	131	131

配管番号			P4	P5	P6
外径 (mm)			60.5	48.6	48.6
板厚 (mm)			3.9	3.7	3.7
材質			SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率 (N/mm ²)			1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比 (-)			0.3	0.3	0.3
最高使用温度 (°C)			55	55	55
最高使用圧力 (MPa)			0.0981	0.0981	0.1472
配管密度 (ton/mm ³)			7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類			ヘリウムガス	ヘリウムガス	ヘリウムガス
内部流体密度 (ton/mm ³)			0.00	0.00	0.00
外部流体種類			—	—	—
外部流体密度 (ton/mm ³)			—	—	—
保温剤/外装剤 材質			—	—	—
保温剤/外装剤密度 (ton/mm ³)			—	—	—
保温剤/外装剤厚さ (mm)			—	—	—
設計降伏点 S_y (N/mm ²)			166	166	166
設計引張強さ S_u (N/mm ²)			—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1 次	166	166	166

配管番号			P7	P8	P9
外径 (mm)			60.5	60.5	21.9
板厚 (mm)			3.9	3.9	2.3
材質			SUS304LTP	SUS304LTP	SUS304LTP
ヤング率 (N/mm ²)			1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5
ポアソン比 (-)			0.3	0.3	0.3
最高使用温度 (°C)			55	150	150
最高使用圧力 (MPa)			0.0981	0.0981	0.0981
配管密度 (ton/mm ³)			7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類			ヘリウムガス	ヘリウムガス	ヘリウムガス
内部流体密度 (ton/mm ³)			0.00	0.00	0.00
外部流体種類			—	—	—
外部流体密度 (ton/mm ³)			—	—	—
保温剤/外装剤 材質			グラスウール/ガルバリウム鋼	—	—
保温剤/外装剤密度 (ton/mm ³)			$0.12 \times 10^{-9}/8.00 \times 10^{-9}$	—	—
保温剤/外装剤厚さ (mm)			20.0/2.0	—	—
設計降伏点 S_y (N/mm ²)			166	131	131
設計引張強さ S_u (N/mm ²)			—	—	—
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	131	131

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
3	(6)	2.77	—
4	(6)	2.77	—
5	(2)	2.10	—
6	(2)	2.10	—
7	(2)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(6)	2.02	—
12	(6)	2.02	—
13	(2)	2.10	—
14	(2)	2.10	—
15	(6)	2.77	—
16	(6)	2.77	—
17	(2)	2.10	—
18	(1)	1.00	—
19	(2)	2.10	—
20	(6)	2.77	—
21	(6)	2.77	—
22	(2)	2.10	—
23	(2)	2.10	—
24	(6)	2.02	—
25	(6)	2.02	—
26	(2)	2.10	—
27	(1)	1.00	—
28	(2)	2.10	—
29	(6)	2.77	—
30	(6)	2.77	—
31	(2)	2.10	—
32	(2)	2.10	—
33	(6)	2.77	—
34	(6)	2.77	—
35	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(2)	2.10	—
37	(2)	2.10	2.10
38	(2)	2.10	—
39	(2)	2.10	—
40	(6)	2.77	—
41	(6)	2.77	—
42	(2)	2.10	—
43	(1)	1.00	—
44	(2)	2.10	—
45	(6)	2.77	—
46	(6)	2.77	—
47	(2)	2.10	—
48	(2)	2.10	—
49	(2)	2.10	—
50	(1)	1.00	—
51	(2)	2.10	—
52	(6)	2.77	—
53	(6)	2.77	—
54	(2)	2.10	—
55	(2)	2.10	—
56	(6)	2.77	—
57	(6)	2.77	—
58	(2)	2.10	—
59	(1)	1.00	—
60	(2)	2.10	—
61	(2)	2.10	2.10
62	(2)	2.10	—
63	(1)	1.00	—
64	(2)	2.10	—
65	(6)	2.77	—
66	(6)	2.77	—
67	(2)	2.10	—
68	(2)	2.10	—
69	(6)	2.77	—
70	(6)	2.77	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(2)	2.10	—
72	(2)	2.10	—
73	(2)	2.10	—
74	(2)	2.10	—
75	(2)	2.10	—
76	(2)	2.10	—
77	(2)	2.10	—
78	(1)	1.00	—
79	(1)	1.00	—
80	(1)	1.00	—
81	(1)	1.00	—
82	(1)	1.00	—
83	(1)	1.00	—
84	(2)	2.10	2.10
85	(2)	2.10	—
86	(2)	2.10	—
87	(2)	2.10	—
88	(2)	2.10	—
89	(2)	2.10	2.10
90	(2)	1.00	—
91	(1)	1.00	—
92	(1)	1.00	—
93	(1)	1.00	—
94	(1)	1.00	—
95	(1)	1.00	—
96	(2)	2.10	—
97	(2)	2.10	—
98	(2)	2.10	—
99	(2)	2.10	—
100	(1)	1.00	—
101	(2)	2.10	—
102	(6)	2.77	—
103	(6)	2.77	—
104	(2)	2.10	—
105	(1)	1.00	—
106	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
107	(2)	2.10	2.10
108	(2)	2.10	—
109	(2)	2.10	—
114	(2)	2.10	—
115	(6)	2.77	—
116	(6)	2.77	—
117	(2)	2.10	—
118	(1)	1.00	—
119	(2)	2.10	—
120	(2)	2.10	—
123	(2)	2.10	—
124	(2)	2.10	—
125	(2)	2.10	—
126	(2)	2.10	—
127	(6)	2.77	—
128	(6)	2.77	—
129	(2)	2.10	—
130	(1)	1.00	—
131	(2)	2.10	—
132	(2)	2.10	2.10
133	(2)	2.10	—
134	(2)	2.10	—
135	(6)	2.77	—
136	(6)	2.77	—
137	(2)	2.10	—
138	(2)	2.10	2.10
139	(2)	2.10	2.10
140	(2)	2.10	—
141	(5)	2.10	—
142	(2)	2.10	—
143	(1)	1.00	—
144	(2)	2.10	—
145	(2)	2.10	—
146	(2)	2.10	—
147	(6)	2.77	—
148	(6)	2.77	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
149	(2)	2.10	—
150	(2)	2.10	—
151	(6)	2.77	—
152	(6)	2.77	—
153	(2)	2.10	—
154	(3)	1.80	—
155	(7)	2.00	—
156	(3)	1.80	—
157	(4)	1.63	1.63
158	(3)	1.80	—
159	(2)	2.10	—
160	(2)	2.10	—
161	(2)	2.10	—
162	(2)	2.10	—
163	(2)	2.10	—
164	(2)	2.10	2.10
165	(2)	2.10	—
166	(2)	2.10	—
167	(2)	2.10	—
168	(6)	2.77	—
169	(6)	2.77	—
170	(2)	2.10	—
171	(2)	2.10	—
175	(2)	2.10	—
176	(2)	2.10	—
177	(6)	2.77	—
178	(6)	2.77	—
179	(2)	2.10	—
180	(2)	2.10	—
181	(2)	2.10	2.10
182	(2)	2.10	—
183	(2)	2.10	—
184	(2)	2.10	—
185	(2)	2.10	—
186	(2)	2.10	—
187	(3)	1.80	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
188	(7)	2.00	—
189	(3)	1.80	—
190	(2)	2.10	—
191	(6)	2.38	—
192	(6)	2.38	—
193	(2)	2.10	—
194	(5)	2.10	—
195	(2)	2.10	—
196	(2)	2.10	—
197	(2)	2.10	—
198	(6)	2.38	—
199	(6)	2.38	—
200	(2)	2.10	—
201	(2)	2.10	—
202	(6)	2.38	—
203	(6)	2.38	—
204	(2)	2.10	—
205	(2)	2.10	—
206	(2)	2.10	—
207	(2)	2.10	—
208	(2)	2.10	—
209	(2)	2.10	—
210	(2)	2.10	—
211	(2)	2.10	—
212	(2)	2.10	—
213	(2)	2.10	—
214	(6)	2.77	—
215	(6)	2.77	—
216	(2)	2.10	—
217	(6)	0.70	—
218	(6)	0.70	—
219	(1)	1.00	—
220	(2)	2.10	—
221	(6)	2.77	—
222	(6)	2.77	—
223	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
224	(2)	2.10	—
225	(6)	2.77	—
226	(6)	2.77	—
227	(2)	2.10	—
228	(1)	1.00	—
229	(6)	1.11	—
230	(6)	1.11	—
231	(1)	1.00	—
232	(2)	2.10	—
233	(2)	2.10	—
234	(2)	2.10	—
235	(2)	2.10	—
236	(6)	2.77	—
237	(6)	2.77	—
238	(2)	2.10	—
239	(6)	1.11	—
240	(6)	1.11	—
241	(5)	2.10	—
242	(1)	1.00	—
243	(2)	2.10	—
245	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
246	(2)	2.10	—
247	(6)	2.77	—
248	(6)	2.77	—
249	(2)	2.10	—
250	(2)	2.10	—
251	(2)	2.10	—
252	(6)	1.11	—
253	(6)	1.11	—
254	(1)	1.00	—
255	(2)	2.10	—
256	(2)	2.10	2.10
257	(2)	2.10	—
258	(2)	2.10	—
259	(6)	2.02	—
260	(6)	2.02	—
261	(2)	2.10	—
262	(2)	2.10	—
263	(2)	2.10	—
264	(1)	1.00	—
266	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

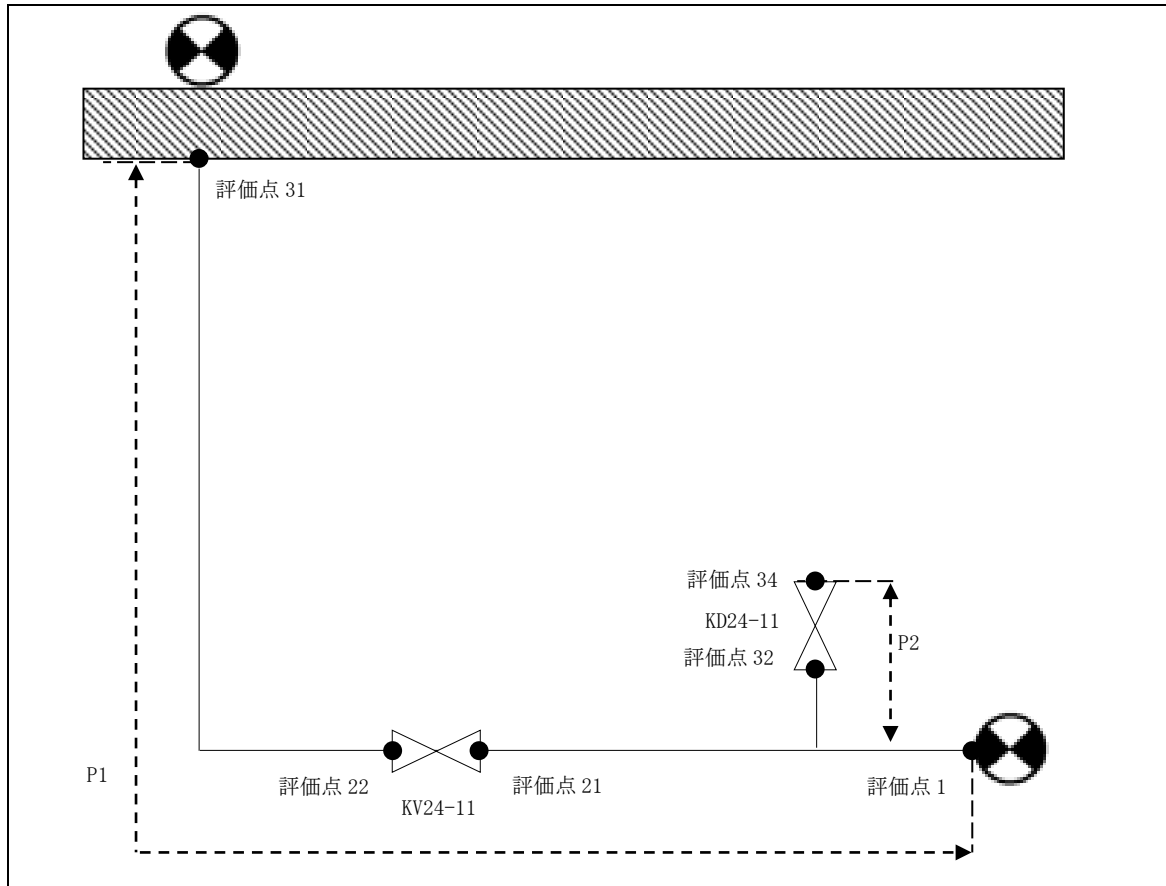
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	KV24-05	弁	6.00	—
7	KV24-05	弁	6.00	—
48	KV24-16	弁	5.60	—
49	KV24-16	弁	5.60	—
72	KV24-08	弁	6.00	—
73	KV24-08	弁	6.00	—
121	No. 2 ドレンセパレータ	—	15.00	—
124	KV24-09	弁	6.00	—
125	KV24-09	弁	6.00	—
144	KV24-10	弁	6.00	—
145	KV24-10	弁	6.00	—
161	KV24-07	弁	5.60	—
162	KV24-07	弁	5.60	—
173	再結合器	—	60.00	—
184	KV24-06	弁	6.00	—
185	KV24-06	弁	6.00	—
195	KV23-53	弁	5.00	—
196	KV23-53	弁	5.00	—
243	—	フランジ	1.86	—
245	—	フランジ	1.86	—
250	KV24-38	弁+フランジ	4.36	—
251	KV24-38	弁+フランジ	4.36	—
265	KV24-13	弁	70.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3. 8. HGS-R-8

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	89.1		60.5		
板厚(mm)	4.0		3.9		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	ヘリウムガス		ヘリウムガス		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00		
外部流体種類	—		—		
外部流体密度(ton/mm)	—		—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(3)	1.80	—
5	(4)	1.63	1.63
6	(3)	1.80	—
7	(1)	1.00	—
8	(6)	2.26	—
9	(6)	2.26	—
10	(6)	2.26	—
11	(6)	2.26	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(6)	2.26	—
17	(6)	2.26	—
18	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(6)	2.26	—
20	(1)	1.00	—
21	(9)	2.10	—
22	(9)	2.10	—
23	(6)	2.26	—
24	(6)	2.26	—
25	(1)	1.00	—
26	(6)	2.26	—
27	(6)	2.26	—
28	(6)	2.26	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(2)	2.10	—
32	(9)	2.10	—
34	(9)	2.10	—
36	(3)	1.80	—
37	(3)	1.80	—
38	(3)	1.80	—

(3) 機器重量

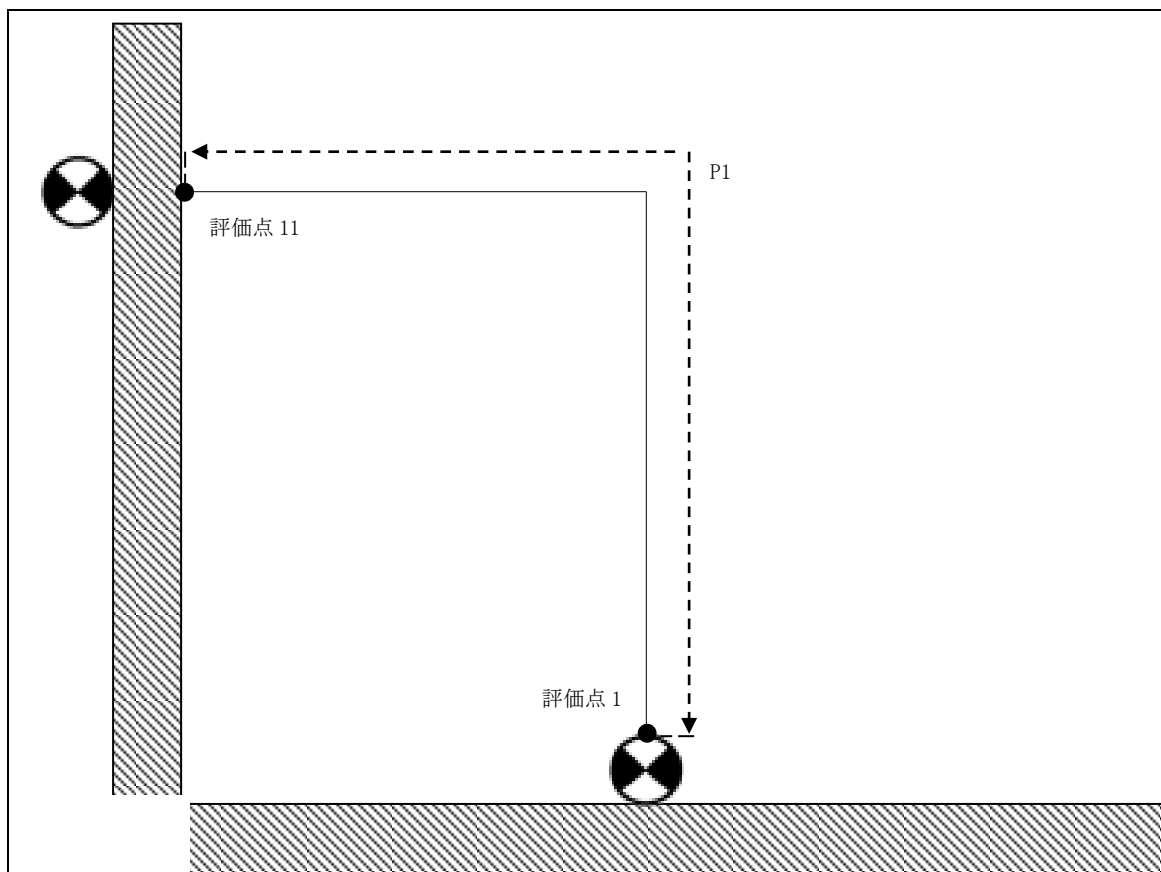
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
21	KV24-11	弁+フランジ	36.03	—
22	KV24-11	弁+フランジ	36.03	—
32	KD24-11	弁+フランジ	13.66	—
34	KD24-11	弁+フランジ	14.03	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.9. HGS-R-9

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	89.1			
板厚(mm)	4.0			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(3)	1.80	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(6)	2.26	—
6	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
7	(1)	1.00	—
8	(3)	1.80	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

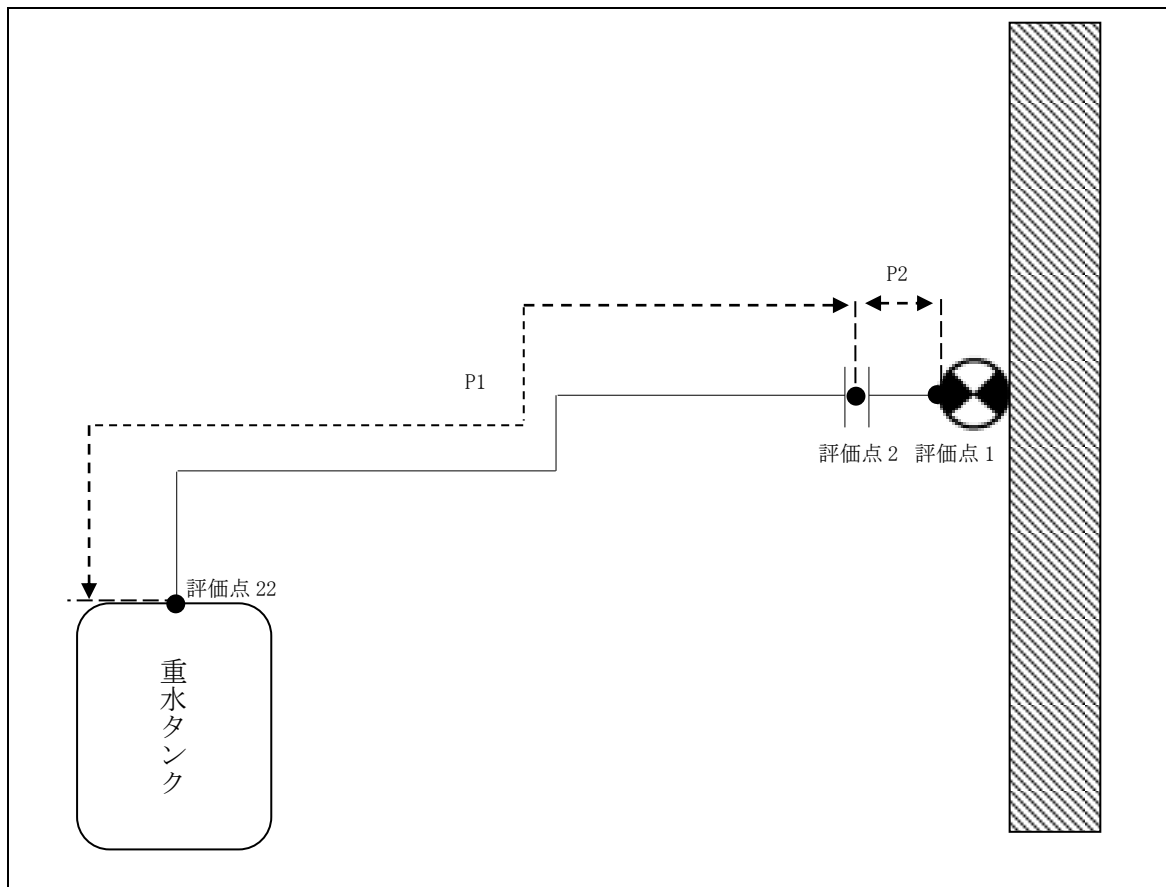
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 10. HGS-R-10

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	89.1		89.1		
板厚(mm)	4.0		4.0		
材質	A5052T-0		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	6.88×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.33		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981		
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	ヘリウムガス		ヘリウムガス		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00		
外部流体種類	水		水		
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	58		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	—		—		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	58	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(9)	2.10	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	2.26	—
5	(6)	2.26	—
6	(6)	2.26	—
7	(6)	2.26	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	2.26	—
12	(6)	2.26	—
13	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(6)	2.26	—
17	(6)	2.26	—
18	(1)	1.00	—
19	(6)	2.26	—
20	(6)	2.26	—
21	(2)	2.10	—
22	(2)	2.10	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ×2	5.06	—

(4) 入力地震波

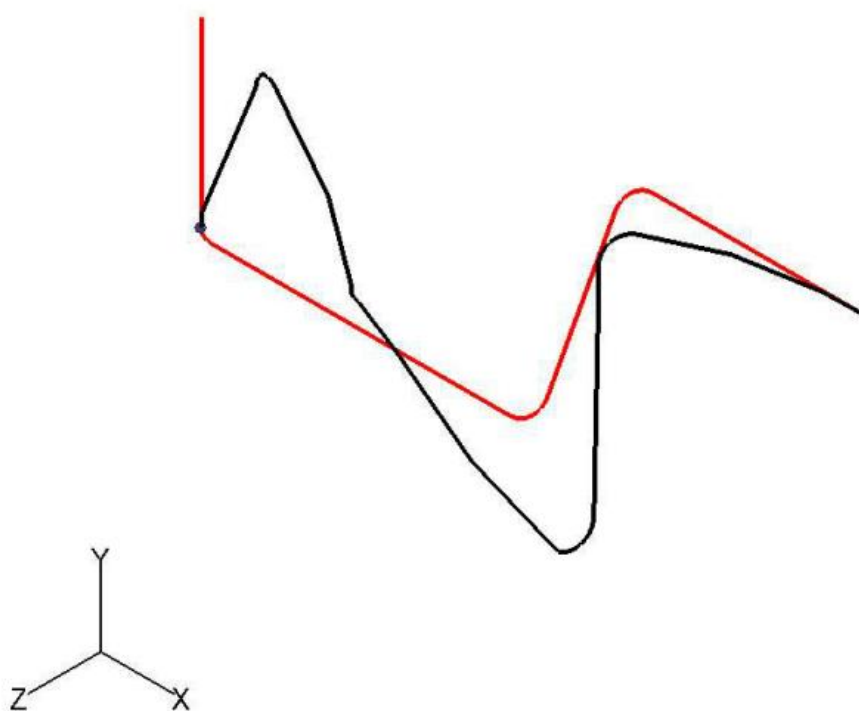
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び原子炉本体質点 1, 14	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

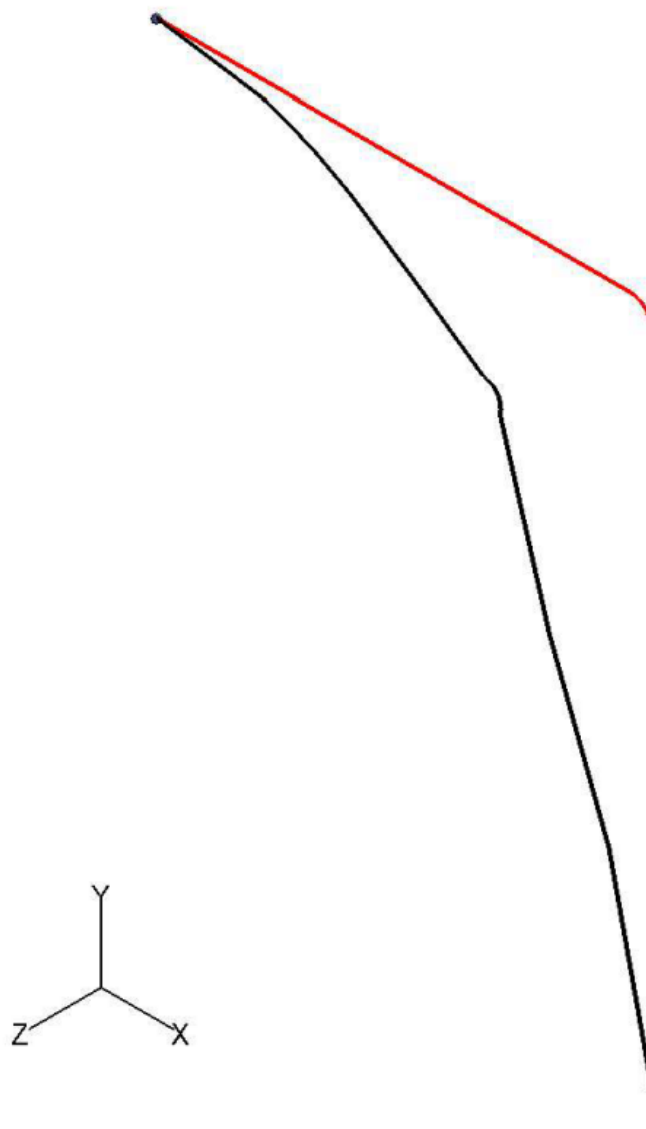
(1) HGS-R-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	20.7	29.5	42.4
固有周期 (s)	0.048	0.034	0.024



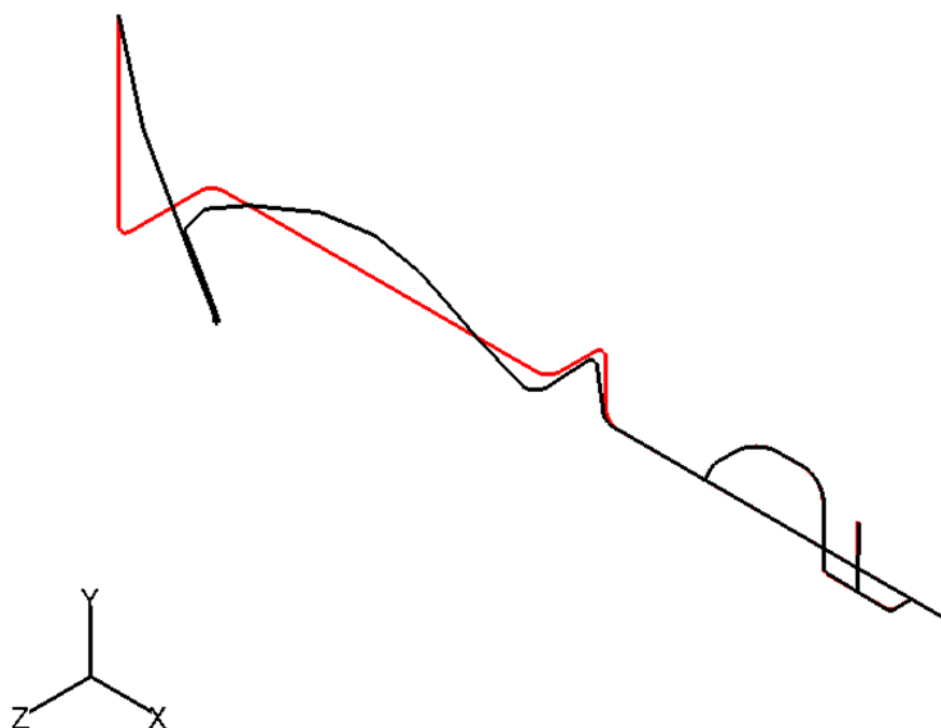
(2) HGS-R-2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	20.1	41.8	7.1
固有周期 (s)	0.050	0.024	0.140



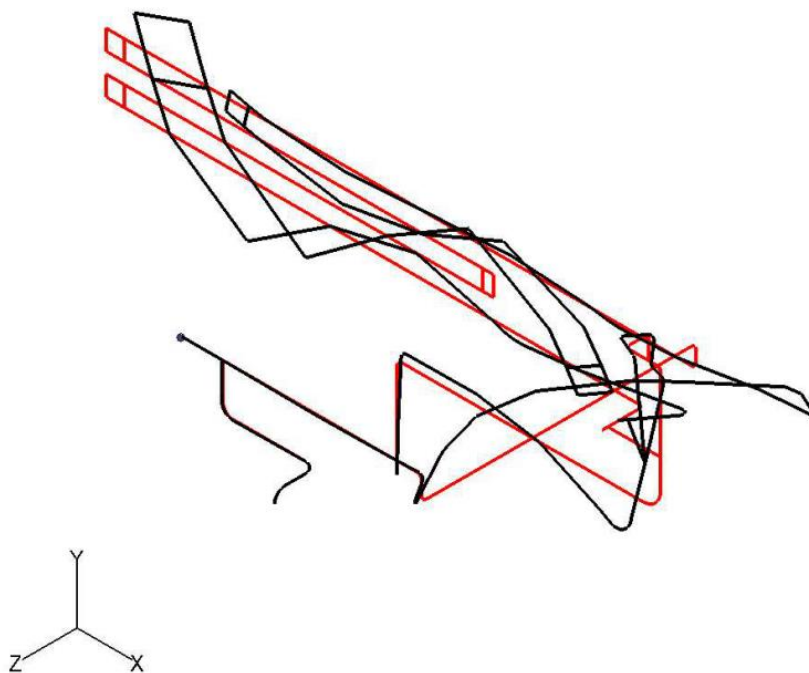
(3) HGS-R-3

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	13.9	83.9	33.5
固有周期 (s)	0.072	0.012	0.030



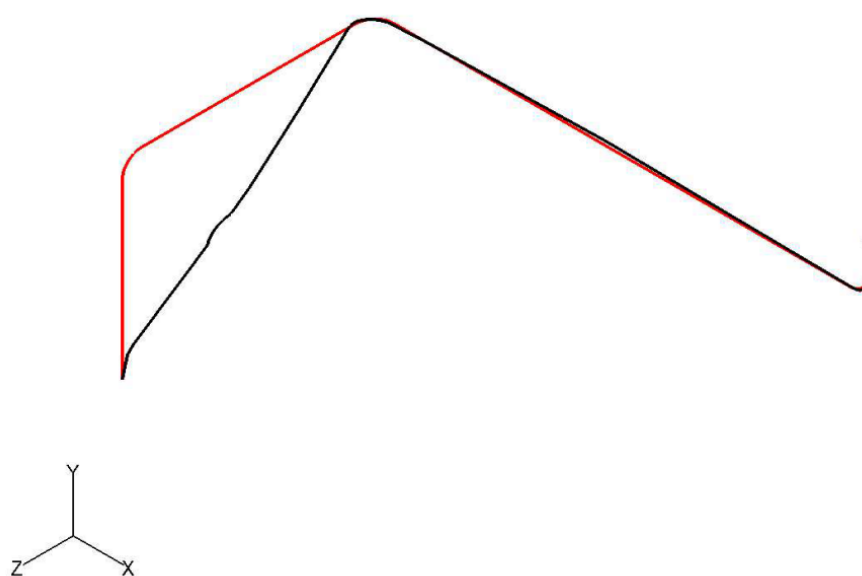
(4) HGS-R-4

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	10.5	26.7	27.1
固有周期 (s)	0.095	0.037	0.037



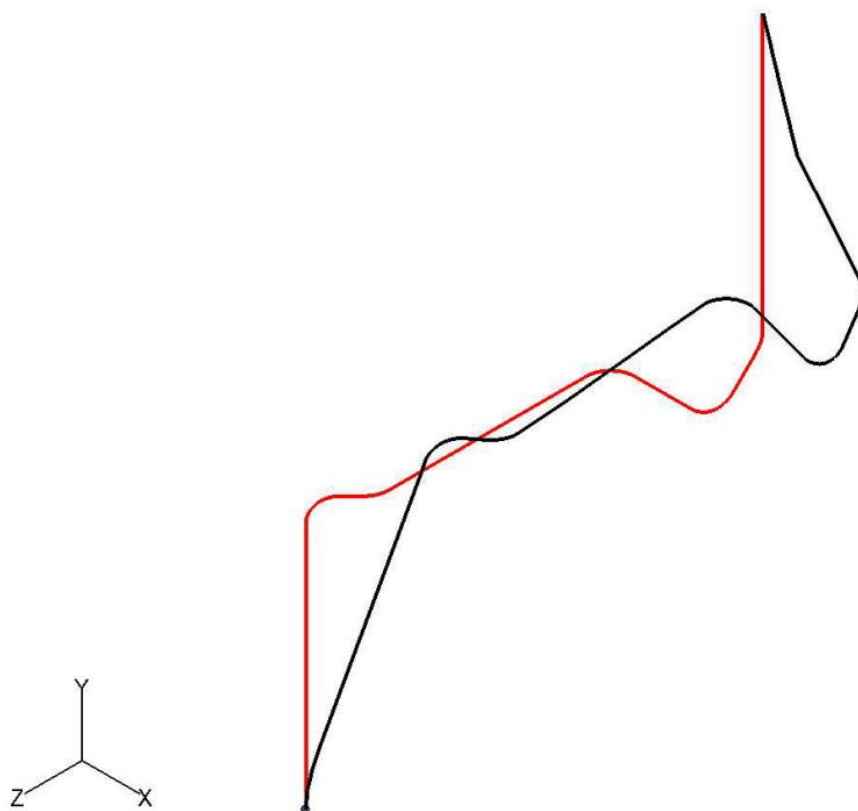
(5) HGS-R-5

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	33.2	64.3	138.9
固有周期 (s)	0.030	0.016	0.007



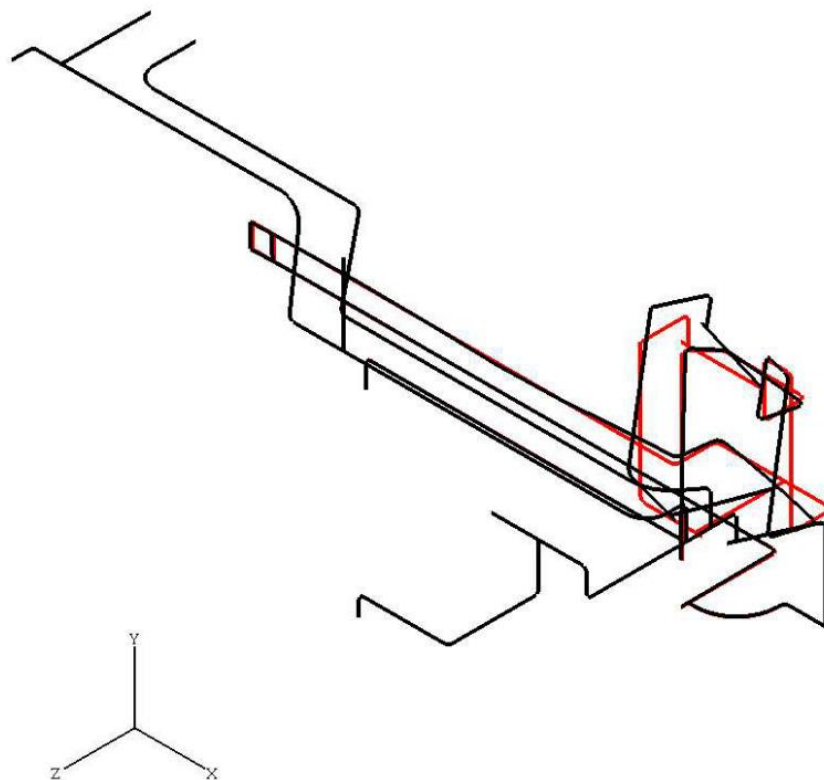
(6) HGS-R-6

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	38.5	191.8	30.1
固有周期 (s)	0.026	0.005	0.033



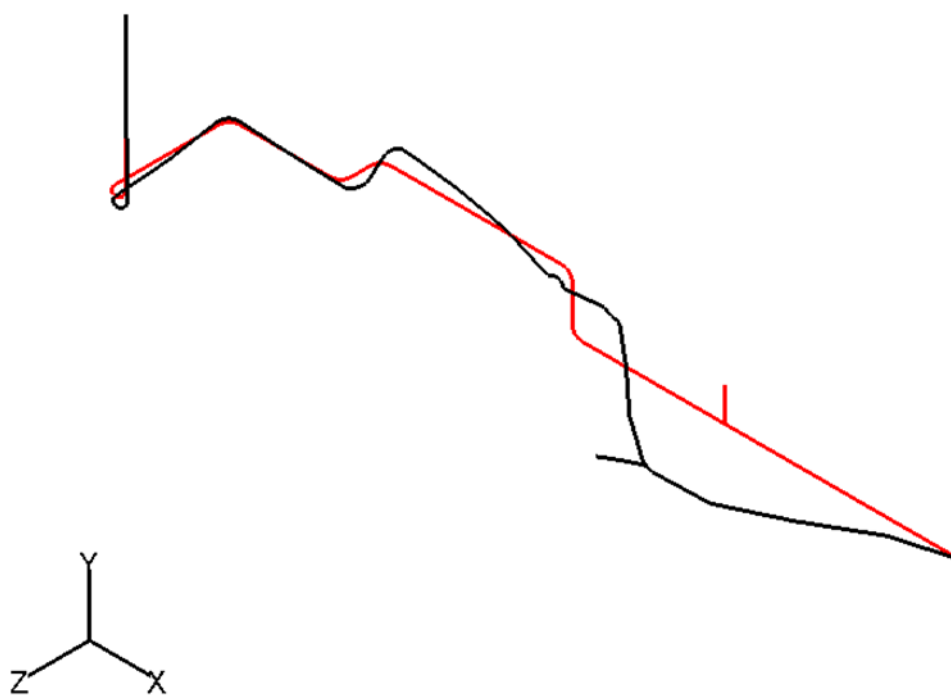
(7) HGS-R-7

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	5.3	10.9	7.0
固有周期 (s)	0.189	0.092	0.143



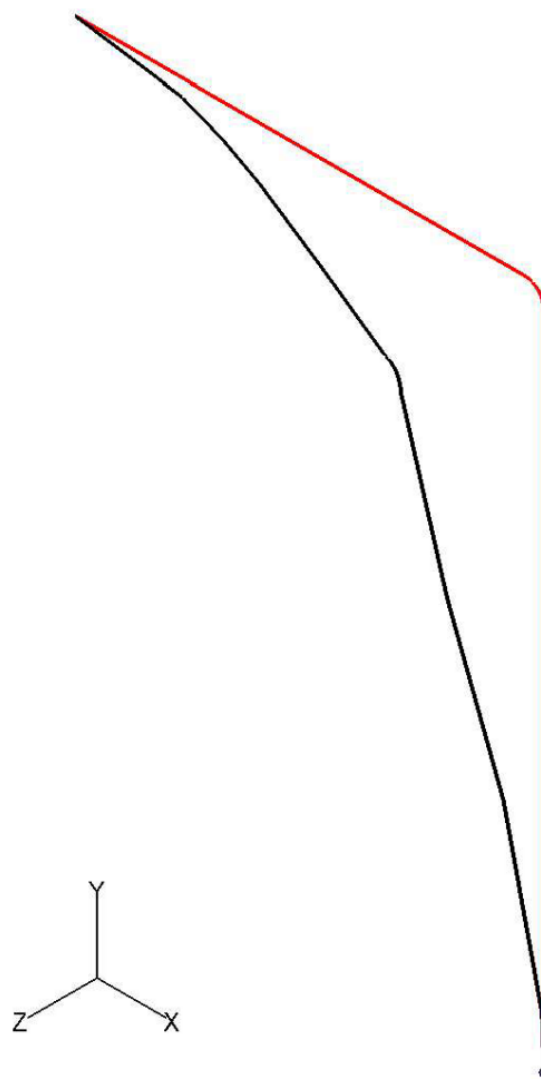
(8) HGS-R-8

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	16.1	17.9	14.1
固有周期 (s)	0.062	0.056	0.071



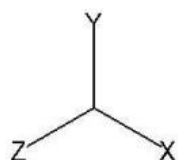
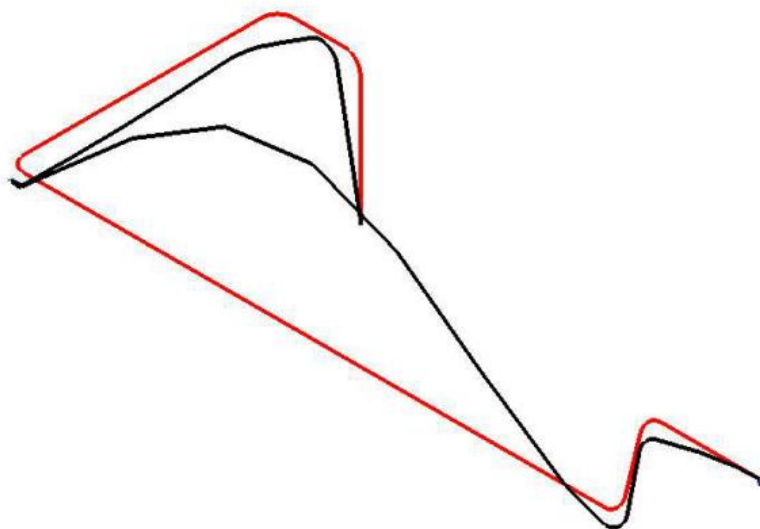
(9) HGS-R-9

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	20.1	41.8	7.1
固有周期 (s)	0.050	0.024	0.140



(10) HGS-R-10

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	15.9	12.4	12.8
固有周期 (s)	0.063	0.081	0.078



4.2. 結論

4.2.1. HGS-R-1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	15	一次応力	1	6	4	-	11	58

4.2.2. HGS-R-2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	9	61	-	71	166

4.2.3. HGS-R-3

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	2	33	-	36	166

4.2.4. HGS-R-4

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	67	一次応力	1	4	62	-	67	166

4.2.5. HGS-R-5

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	22	一次応力	1	1	6	-	8	166

4.2.6. HGS-R-6

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	1	7	-	9	166

4.2.7. HGS-R-7

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	65	一次応力	1	37	84	-	122	131

4.2.8. HGS-R-8

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	16	25	-	42	166

4.2.9. HGS-R-9

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	11	一次応力	1	9	61	-	71	166

4.2.10. HGS-R-10

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	22	一次応力	1	3	17	-	21	58

4.3. 拘束点反力

4.3.1. HGS-R-1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	10	117	12	6408	482	10686
	動的地震荷重 X	103	17	49	27850	7839	69794
	動的地震荷重 Y	21	15	20	12622	1620	13336
	動的地震荷重 Z	39	18	57	35663	2302	25373
	静的地震荷重 X	102	13	34	18647	5245	60721
	静的地震荷重 Z	4	—	36	15557	1700	3305
8	自重	—	184	20	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	42	35	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	22	19	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	41	61	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	28	26	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	97	—	—	—
16	自重	10	232	8	7140	7591	119090
	動的地震荷重 X	56	32	33	11214	25141	26040
	動的地震荷重 Y	18	48	27	4955	18416	34577
	動的地震荷重 Z	20	30	48	14054	33199	22235
	静的地震荷重 X	116	15	8	2004	1356	630
	静的地震荷重 Z	4	1	86	5500	40393	1877

4.3.2. HGS-R-2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	10	231	—	—	—	119977
	動的地震荷重 X	122	38	—	—	—	30484
	動的地震荷重 Y	29	41	—	—	—	25974
	動的地震荷重 Z	—	—	435	81840	827643	—
	静的地震荷重 X	258	18	—	—	—	16160
	静的地震荷重 Z	—	—	209	24632	303264	—
11	自重	10	723	—	—	—	13204
	動的地震荷重 X	121	17	—	—	—	114367
	動的地震荷重 Y	29	87	—	—	—	22369
	動的地震荷重 Z	—	—	307	568837	135315	—
	静的地震荷重 X	134	18	—	—	—	98859
	静的地震荷重 Z	—	—	183	234667	44313	—

4. 3. 3. HGS-R-3

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	8	675	32	18352	5632	1627
	動的地震荷重 X	283	22	73	98390	131520	399662
	動的地震荷重 Z	10	43	11	5644	3825	11902
	動的地震荷重 Y	95	25	26	33682	43868	133348
	静的地震荷重 X	53	—	8	11547	19034	61423
	静的地震荷重 Z	10	1	24	15681	4367	14809
11	自重	—	399	39	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	64	389	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	35	51	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	28	169	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	5	9	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	182	—	—	—
16	自重	2	145	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	616	50	193	—	—	—
	動的地震荷重 Y	22	27	27	—	—	—
	動的地震荷重 Z	209	29	74	—	—	—
	静的地震荷重 X	170	8	21	—	—	—
	静的地震荷重 Z	12	2	15	—	—	—
23	自重	—	230	3	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	27	53	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	35	26	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	20	34	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	4	41	—	—	—
30	自重	4	41	6	10046	2379	25477
	動的地震荷重 X	674	764	72	108088	57695	214155
	動的地震荷重 Y	25	25	14	3666	7630	9895
	動的地震荷重 Z	29	15	23	5822	10716	5825
	静的地震荷重 X	214	147	19	22314	11602	41111
	静的地震荷重 Z	1	3	22	1106	10216	1731

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
47	自重	—	90	9	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	338	61	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	13	28	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	17	35	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	64	9	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	8	36	—	—	—
54	自重	2	6	7	2475	124	3039
	動的地震荷重 X	28	79	59	29860	4204	27994
	動的地震荷重 Y	11	5	20	1807	2243	1347
	動的地震荷重 Z	11	8	23	1623	2221	1251
	静的地震荷重 X	17	14	10	7277	3925	3784
	静的地震荷重 Z	2	4	13	668	134	213
55	自重	—	931	8	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	543	70	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	156	16	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	23	113	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	101	16	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	147	—	—	—

4.3.4. HGS-R-4

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	64	243	—	15595	5025	75806
	動的地震荷重 X	248	15	28	16972	16776	7684
	動的地震荷重 Z	17	27	12	4959	4359	12903
	動的地震荷重 Y	29	8	24	5916	8857	6173
	静的地震荷重 X	36	6	2	838	520	6024
	静的地震荷重 Z	11	1	29	8804	6938	2152
8	自重	—	89	8	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	12	215	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	10	19	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	36	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	3	32	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	66	—	—	—
22	自重	11	247	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	1352	149	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	16	19	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	18	21	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	234	22	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3	5	—	—	—	—
34	自重	—	73	12	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	162	318	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	11	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	12	13	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	27	48	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	13	—	—	—
40	自重	—	149	8	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	19	87	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	24	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	25	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	13	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	28	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
42	自重	—	244	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	43	13	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	26	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	8	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	44	—	—	—
44	自重	—	170	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	29	10	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	44	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	25	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	30	—	—	—
51	自重	—	162	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	95	9	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	45	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	14	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	30	—	—	—
53	自重	—	251	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	130	14	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	34	7	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	9	37	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	12	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	46	—	—	—
55	自重	—	157	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	161	5	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	25	4	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	19	25	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	15	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	29	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
62	自重	—	156	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	128	5	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	30	4	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	19	25	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	29	—	—	—
64	自重	—	252	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	94	15	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	33	7	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	10	36	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	11	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	46	—	—	—
66	自重	—	161	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	40	9	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	50	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	22	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	30	—	—	—
73	自重	—	171	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	125	11	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	43	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	12	23	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	16	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	30	—	—	—
75	自重	—	242	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	168	16	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	20	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	8	22	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	17	3	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	44	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
77	自重	—	173	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	102	143	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	23	9	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	26	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	33	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	35	—	—	—
83	自重	—	21	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	86	561	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	11	22	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	5	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	126	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	8	—	—	—
92	自重	32	167	27	—	—	—
	動的地震荷重 X	1098	67	433	—	—	—
	動的地震荷重 Y	40	28	23	—	—	—
	動的地震荷重 Z	36	11	31	—	—	—
	静的地震荷重 X	312	3	94	—	—	—
	静的地震荷重 Z	6	11	56	—	—	—
104	自重	—	299	71	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	119	62	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	37	14	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	18	11	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	12	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	13	19	—	—	—
121	自重	32	—	46	—	—	—
	動的地震荷重 X	82	—	58	—	—	—
	動的地震荷重 Y	9	—	12	—	—	—
	動的地震荷重 Z	12	—	14	—	—	—
	静的地震荷重 X	50	—	13	—	—	—
	静的地震荷重 Z	7	—	13	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
128	自重	—	75	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	25	25	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	10	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	8	20	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	13	4	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	22	—	—	—
136	自重	8	192	1	669	6	3197
	動的地震荷重 X	37	7	21	17260	354	20684
	動的地震荷重 Y	12	7	8	3910	175	5421
	動的地震荷重 Z	14	4	27	11951	979	7197
	静的地震荷重 X	40	5	2	1250	35	13759
	静的地震荷重 Z	2	1	31	8541	634	1062
148	自重	66	188	3	44346	18321	3373
	動的地震荷重 X	18	18	25	4886	3747	1419
	動的地震荷重 Y	20	32	12	7931	5329	1014
	動的地震荷重 Z	20	13	30	3763	3611	1549
	静的地震荷重 X	28	3	5	1278	5510	1621
	静的地震荷重 Z	9	1	44	2376	465	956

4.3.5. HGS-R-5

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	57	1	927	229	9205
	動的地震荷重 X	47	2	3	684	1103	8382
	動的地震荷重 Z	1	15	—	241	60	2394
	動的地震荷重 Y	1	—	15	2345	2025	97
	静的地震荷重 X	30	1	2	440	709	5389
	静的地震荷重 Z	1	—	10	1507	1302	62
8	自重	—	86	6	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	2	2	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	23	2	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	1	45	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	29	—	—	—
22	自重	1	86	6	700	257	603
	動的地震荷重 X	18	1	2	823	1473	7349
	動的地震荷重 Y	1	23	2	182	67	157
	動的地震荷重 Z	1	1	6	592	33	368
	静的地震荷重 X	12	1	1	529	947	4725
	静的地震荷重 Z	1	1	4	381	21	237

4.3.6. HGS-R-6

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	2	72	1	307	666	699
	動的地震荷重 X	11	2	1	361	1419	3796
	動的地震荷重 Y	1	19	1	80	173	182
	動的地震荷重 Z	1	12	24	7704	639	150
	静的地震荷重 X	7	2	1	232	913	2440
	静的地震荷重 Z	1	8	15	4952	411	96
15	自重	2	52	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	35	8	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1	14	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	5	30	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	23	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3	19	—	—	—	—
29	自重	1	66	1	1718	614	548
	動的地震荷重 X	8	6	1	1320	495	16
	動的地震荷重 Y	—	18	1	447	160	143
	動的地震荷重 Z	6	18	30	17115	521	2479
	静的地震荷重 X	5	4	1	849	319	10
	静的地震荷重 Z	4	12	20	11002	335	1594

4. 3. 7. HGS-R-7

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	11	134	20	12366	8471	21818
	動的地震荷重 X	69	35	22	18234	8435	25543
	動的地震荷重 Y	63	40	23	16267	8718	23390
	動的地震荷重 Z	59	35	33	17605	10685	23357
	静的地震荷重 X	49	6	5	2985	1770	6149
	静的地震荷重 Z	12	4	31	7637	6708	3642
9	自重	—	336	68	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	360	70	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	322	65	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	334	66	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	51	12	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	51	17	—	—	—
27	自重	—	17	262	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	404	557	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	390	494	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	388	516	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	48	65	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	66	124	—	—	—
43	自重	337	1247	122	—	—	—
	動的地震荷重 X	505	413	407	—	—	—
	動的地震荷重 Y	468	536	76	—	—	—
	動的地震荷重 Z	473	465	289	—	—	—
	静的地震荷重 X	203	19	60	—	—	—
	静的地震荷重 Z	10	30	87	—	—	—
63	自重	233	157	501	—	—	—
	動的地震荷重 X	275	185	469	—	—	—
	動的地震荷重 Y	297	165	505	—	—	—
	動的地震荷重 Z	273	171	478	—	—	—
	静的地震荷重 X	219	37	80	—	—	—
	静的地震荷重 Z	10	24	92	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
79	自重	—	374	194	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	159	336	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	159	285	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	155	305	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	26	94	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	15	54	—	—	—
81	自重	—	129	37	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	28	61	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	32	53	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	24	58	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	15	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	26	—	—	—
83	自重	—	167	44	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	23	36	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	24	35	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	13	42	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	6	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	31	—	—	—
90	自重	—	122	38	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	32	27	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	37	28	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	28	36	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	4	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	25	—	—	—
92	自重	—	186	6	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	27	8	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	33	11	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	20	21	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	2	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	31	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
94	自重	—	132	3	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	11	10	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	12	10	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	10	15	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	3	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	26	—	—	—
100	自重	—	63	33	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	4	54	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	13	43	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	7	48	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	25	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	3	—	—	—
118	自重	49	293	31	—	—	—
	動的地震荷重 X	202	101	66	—	—	—
	動的地震荷重 Y	143	32	52	—	—	—
	動的地震荷重 Z	156	97	57	—	—	—
	静的地震荷重 X	114	15	25	—	—	—
	静的地震荷重 Z	6	16	55	—	—	—
130	自重	—	125	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	72	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	32	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	254	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	59	—	—	—	—
130	自重	43	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	153	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	40	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	51	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	55	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	39	—	—	—	—	—
	方向	-0.9138	0.0000	-0.4061	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
130	自重	7	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	119	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	38	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	45	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	41	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	78	—	—	—	—	—
	方向	-0.4061	0.0000	0.9138	—	—	—
143	自重	127	226	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	889	230	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	184	53	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	50	137	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	203	36	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	6	44	—	—	—	—
159	自重	30	170	19	18208	5951	58184
	動的地震荷重 X	98	76	13	6823	16627	5204
	動的地震荷重 Y	23	26	11	6060	5756	8781
	動的地震荷重 Z	21	17	39	7874	16362	10461
	静的地震荷重 X	5	13	5	437	4722	1818
	静的地震荷重 Z	1	2	30	5707	8201	922
205	自重	6	65	7	5726	3987	21318
	動的地震荷重 X	13	2	3	408	405	1621
	動的地震荷重 Y	10	13	4	1324	1224	5197
	動的地震荷重 Z	11	4	5	817	1147	2123
	静的地震荷重 X	19	1	2	142	65	2381
	静的地震荷重 Z	2	2	6	558	1022	770
219	自重	—	98	14	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	47	20	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	20	13	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	19	11	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	7	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	19	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
228	自重	—	117	9	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	19	34	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	15	16	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	20	16	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	3	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	25	—	—	—
231	自重	6	25	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	26	6	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	15	7	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	14	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	14	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	8	1	—	—	—	—
242	自重	—	685	37	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	51	112	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	74	44	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	59	293	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	17	14	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	8	93	—	—	—
254	自重	—	483	34	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	642	63	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	144	31	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	48	556	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	58	6	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	7	134	—	—	—
262	自重	107	26	11	4038	2336	8926
	動的地震荷重 X	99	167	26	12796	4041	82939
	動的地震荷重 Y	39	37	10	3346	2096	17061
	動的地震荷重 Z	117	46	219	12895	58193	28987
	静的地震荷重 X	64	17	3	1754	373	16001
	静的地震荷重 Z	23	8	31	1574	9459	5304
264	自重	6	7	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	18	22	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	5	7	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	96	30	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	6	3	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	18	5	—	—	—	—

4.3.8. HGS-R-8

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	51	257	11	6676	13157	216388
	動的地震荷重 X	86	48	37	12875	39811	48835
	動的地震荷重 Y	62	126	25	8084	26027	130094
	動的地震荷重 Z	10	18	259	96249	284435	18669
	静的地震荷重 X	124	5	—	2609	27	4521
	静的地震荷重 Z	2	1	53	13122	46765	692
7	自重	—	641	54	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	105	51	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	286	39	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	34	342	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	9	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	79	—	—	—
12	自重	37	147	69	—	—	—
	動的地震荷重 X	209	86	94	—	—	—
	動的地震荷重 Y	200	158	47	—	—	—
	動的地震荷重 Z	110	34	48	—	—	—
	静的地震荷重 X	201	8	46	—	—	—
	静的地震荷重 Z	12	8	17	—	—	—
20	自重	—	1050	42	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	159	151	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	197	67	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	93	96	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	32	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	184	—	—	—
31	自重	14	215	16	7171	5665	17856
	動的地震荷重 X	79	18	40	48323	16847	117116
	動的地震荷重 Y	39	36	29	27608	7915	46120
	動的地震荷重 Z	52	18	34	37980	8727	67106
	静的地震荷重 X	39	2	6	7440	2996	41584
	静的地震荷重 Z	11	1	31	25179	1875	15519

4.3.9. HGS-R-9

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	10	723	—	—	—	13204
	動的地震荷重 X	121	17	—	—	—	114367
	動的地震荷重 Y	29	87	—	—	—	22369
	動的地震荷重 Z	—	—	307	568837	135315	—
	静的地震荷重 X	134	18	—	—	—	98859
	静的地震荷重 Z	—	—	183	234667	44313	—
11	自重	10	231	—	—	—	119977
	動的地震荷重 X	122	38	—	—	1	30484
	動的地震荷重 Y	29	41	—	—	1	25974
	動的地震荷重 Z	—	—	435	81840	827643	—
	静的地震荷重 X	258	18	—	—	—	16160
	静的地震荷重 Z	—	—	209	24632	303264	—

4. 3. 10. HGS-R-10

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	3	7	30	13031	29449	48974
	動的地震荷重 X	513	317	90	5224	33240	128782
	動的地震荷重 Y	181	197	57	12101	31694	114164
	動的地震荷重 Z	76	53	97	50894	36112	19683
	静的地震荷重 X	265	142	45	330	18641	61778
	静的地震荷重 Z	10	4	36	12979	9523	6867
8	自重	—	386	31	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	285	75	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	286	84	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	76	262	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	145	45	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	120	—	—	—
10	自重	—	254	6	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	101	26	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	81	48	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	43	176	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	5	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	174	—	—	—
22	自重	3	224	7	1585	327	27817
	動的地震荷重 X	184	95	23	16403	2941	189765
	動的地震荷重 Y	81	68	17	13642	4502	93869
	動的地震荷重 Z	87	25	53	42351	9698	82983
	静的地震荷重 X	93	3	11	7261	174	70265
	静的地震荷重 Z	10	1	28	8759	4611	9018

3-4-2-8. サイフォンブレイク弁及び接続管
の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-2-8- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-2-8- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-2-8- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-2-8- 3
3. 設計条件	添 3-4-2-8- 8
3.1. PCS-R-12	添 3-4-2-8- 8
3.2. PCS-R-13	添 3-4-2-8-11
3.3. PCS-R-14	添 3-4-2-8-13
3.4. PCS-R-15	添 3-4-2-8-16
4. 解析結果及び評価	添 3-4-2-8-18
4.1. 固有周期	添 3-4-2-8-18
4.2. 結論	添 3-4-2-8-22
4.2.1. PCS-R-12	添 3-4-2-8-22
4.2.2. PCS-R-13	添 3-4-2-8-23
4.2.3. PCS-R-14	添 3-4-2-8-24
4.2.4. PCS-R-15	添 3-4-2-8-25
4.3. 拘束点反力	添 3-4-2-8-26
4.3.1. PCS-R-12	添 3-4-2-8-26
4.3.2. PCS-R-13	添 3-4-2-8-29
4.3.3. PCS-R-14	添 3-4-2-8-31
4.3.4. PCS-R-15	添 3-4-2-8-35
4.4. 弁の動的機能維持評価	添 3-4-2-8-37

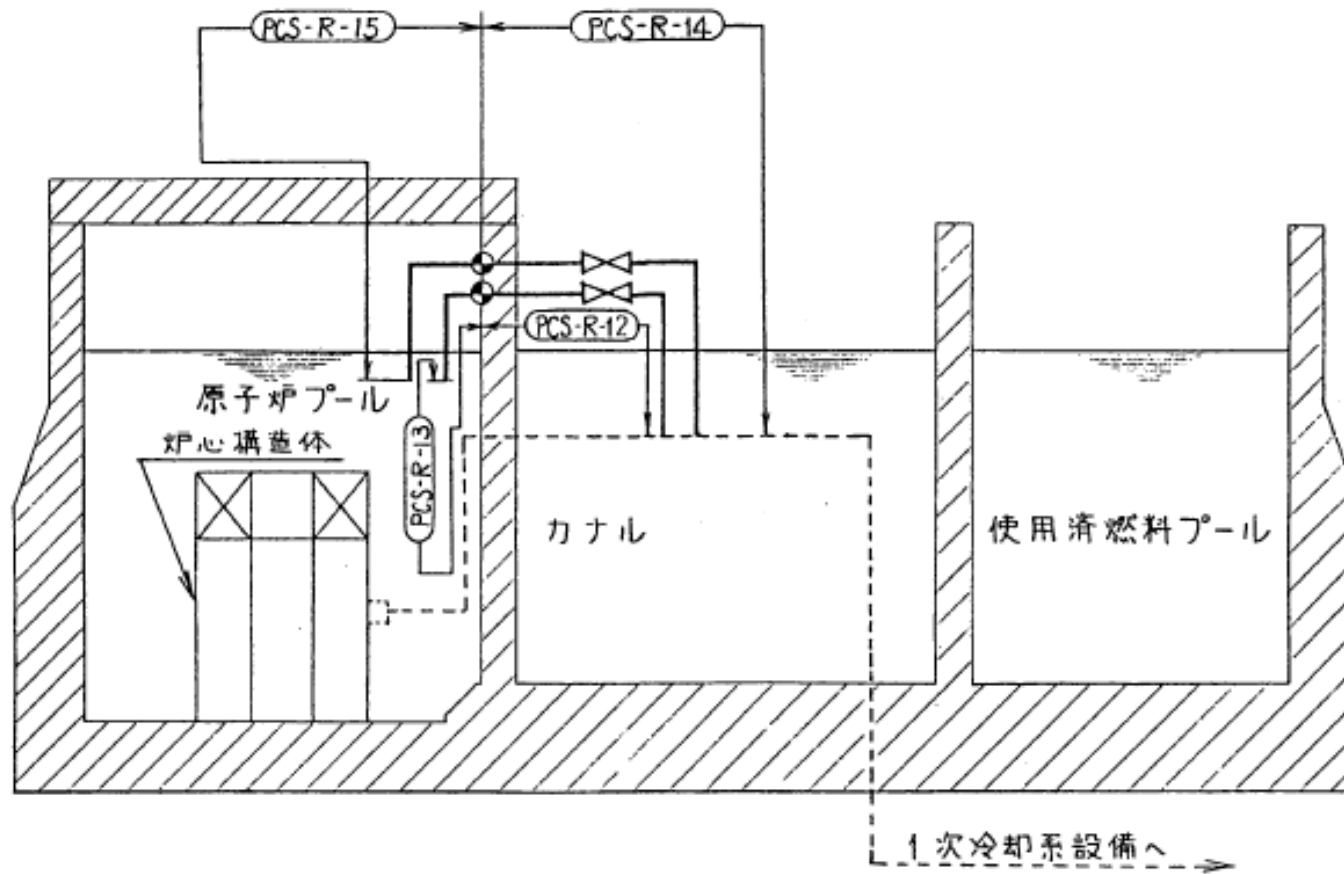
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
PCS-R-12	PCS-R-2 分岐部 から 原子炉プール貫通部アンカ まで	S
PCS-R-13	原子炉プール貫通部アンカ から 原子炉プール まで	S
PCS-R-14	PCS-R-2 分岐部 から 原子炉プール貫通部アンカ まで	S
PCS-R-15	原子炉プール貫通部アンカ から 原子炉プール まで	S



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

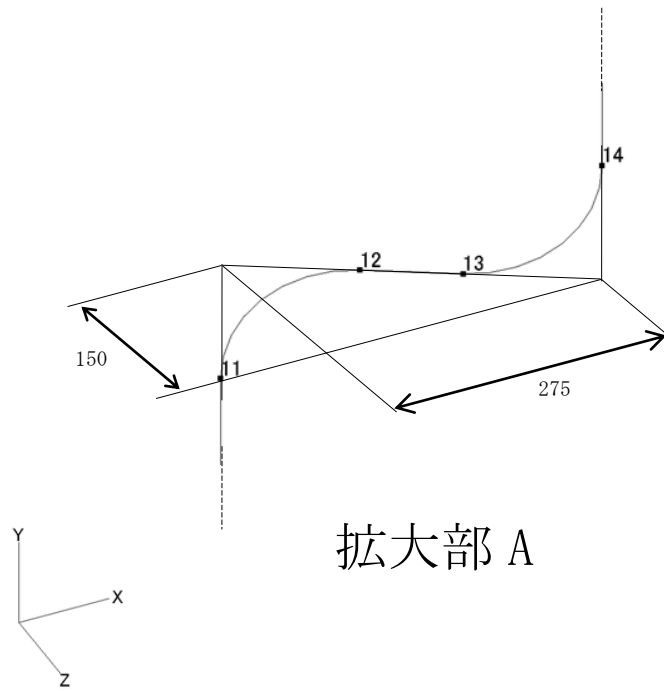


2.2. 鳥瞰図

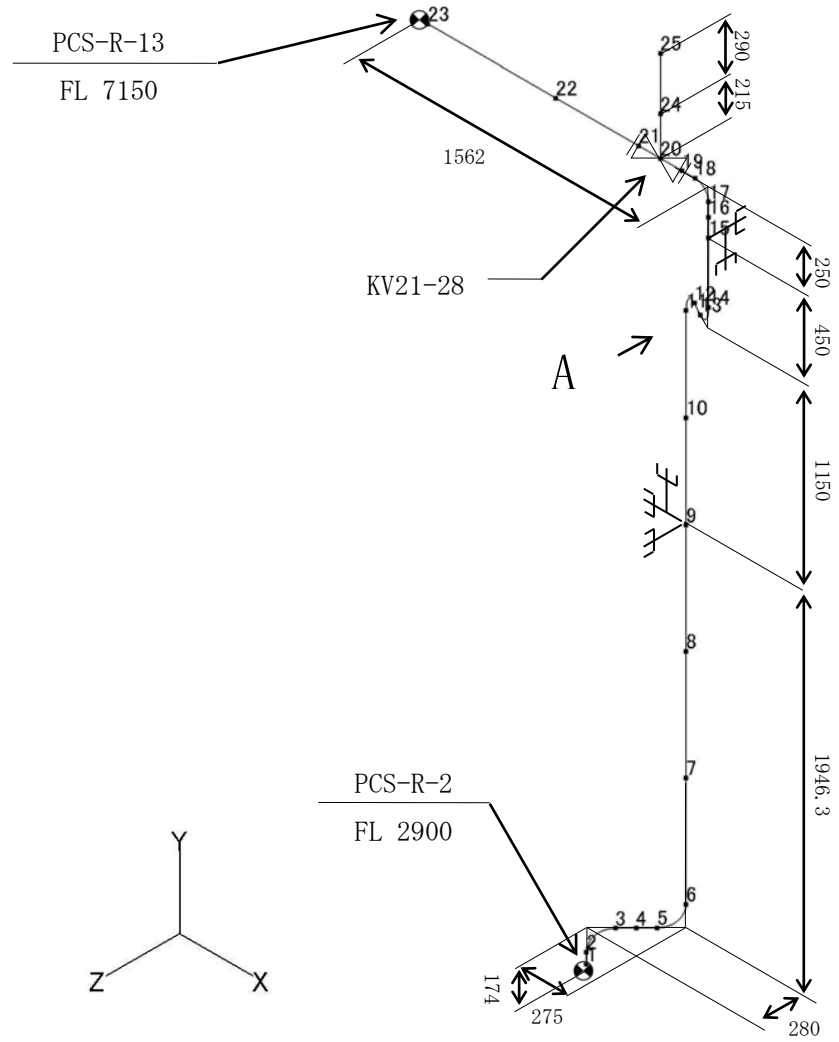
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント

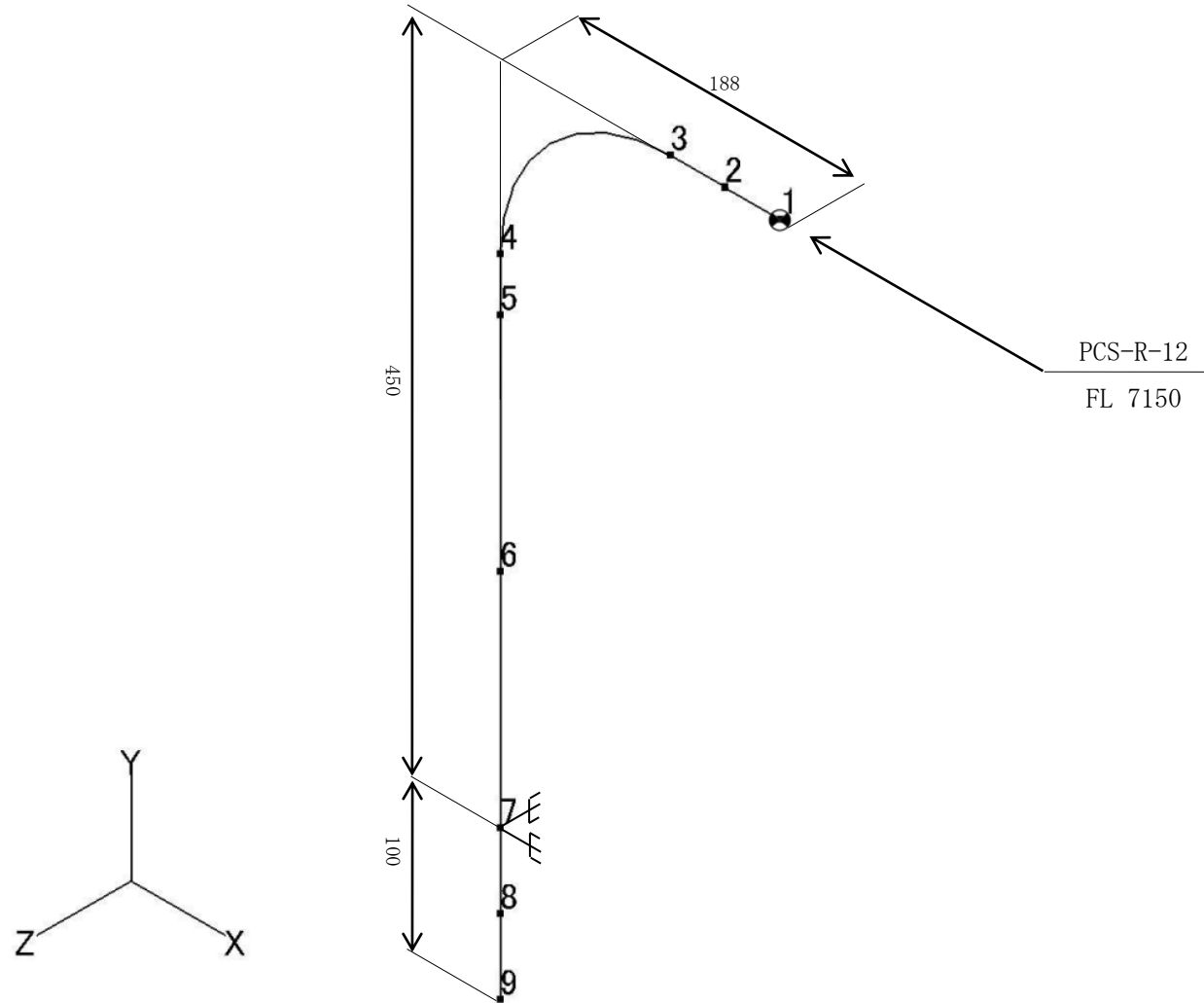
(1) PCS-R-12



拡大部 A

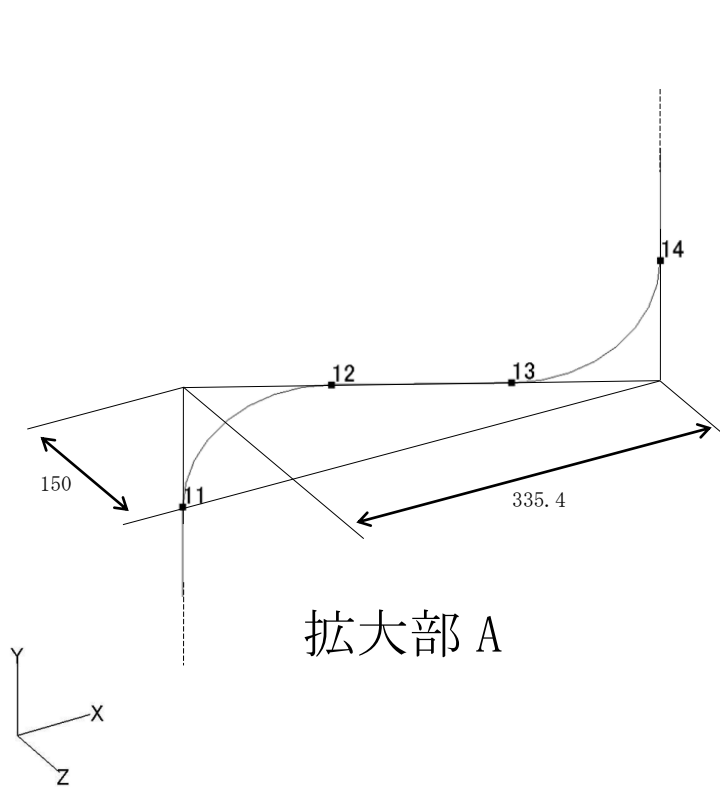


(2) PCS-R-13

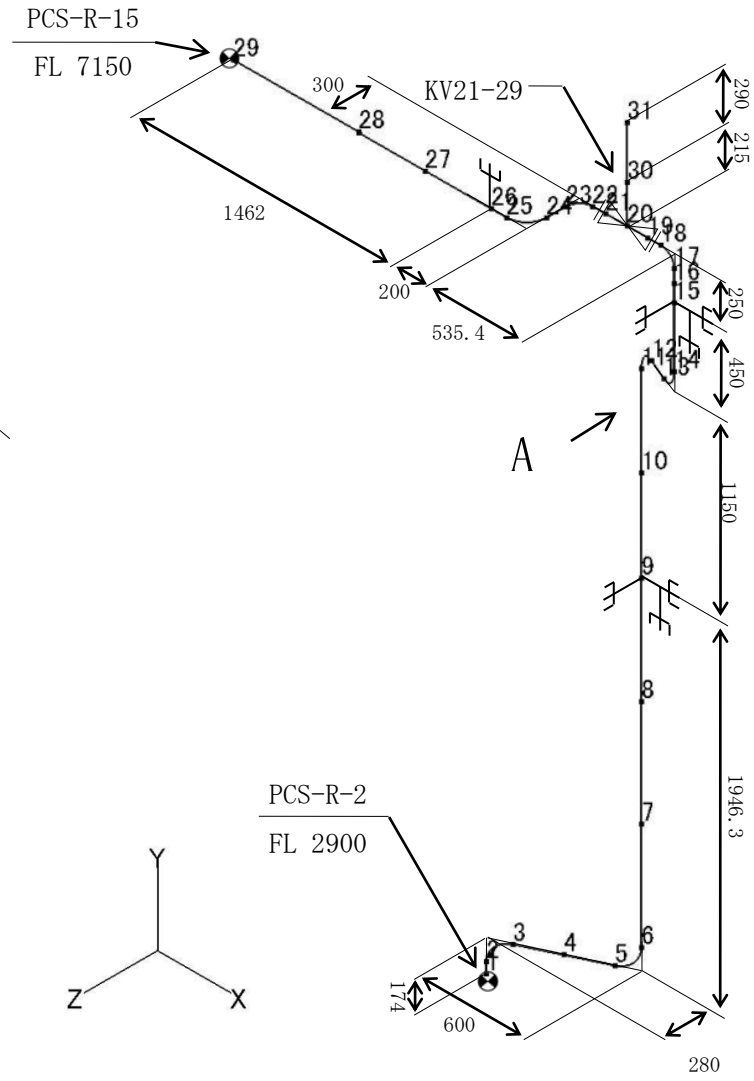


添 3-4-2-8-5

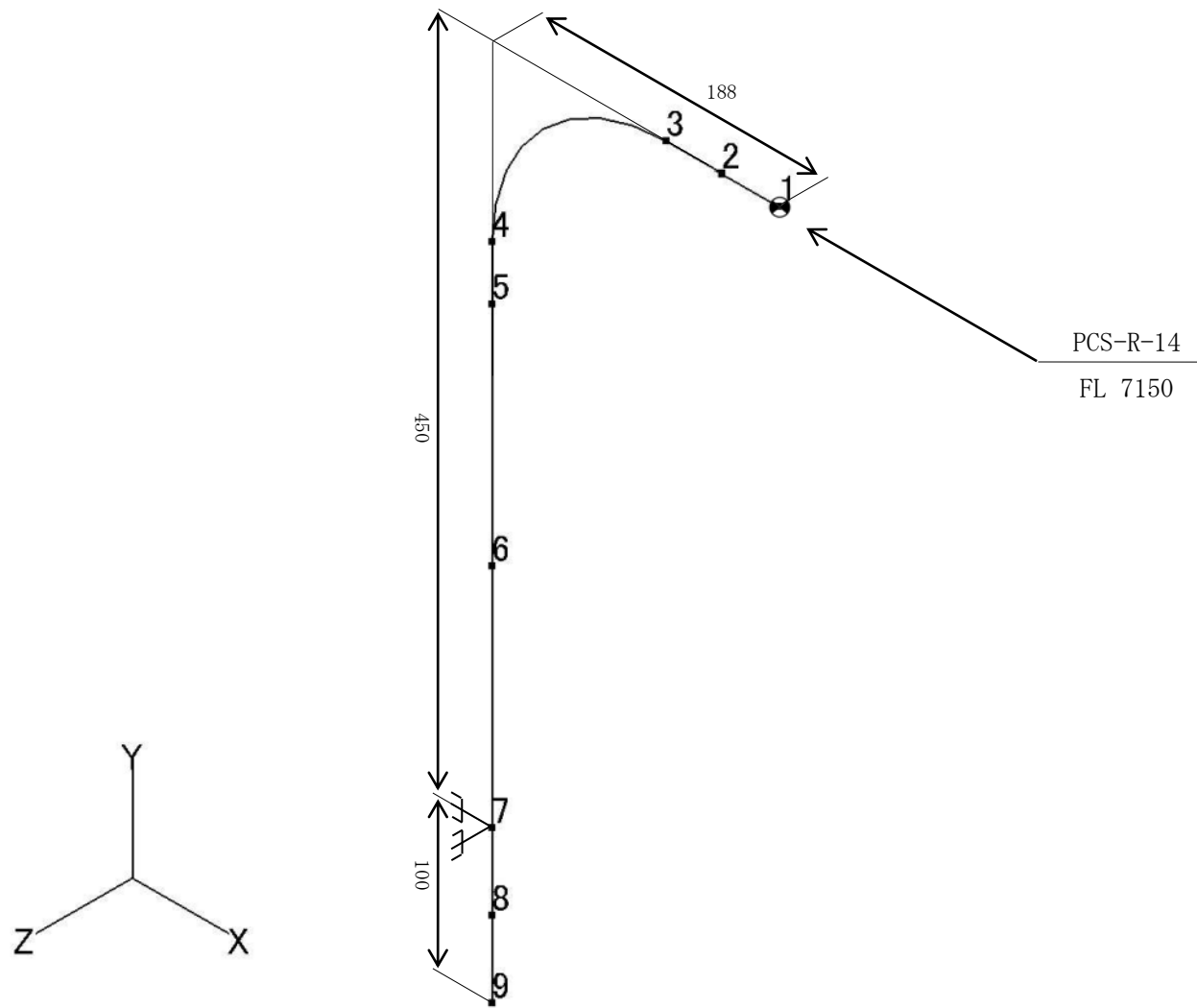
(3) PCS-R-14



拡大部 A



(4) PCS-R-15

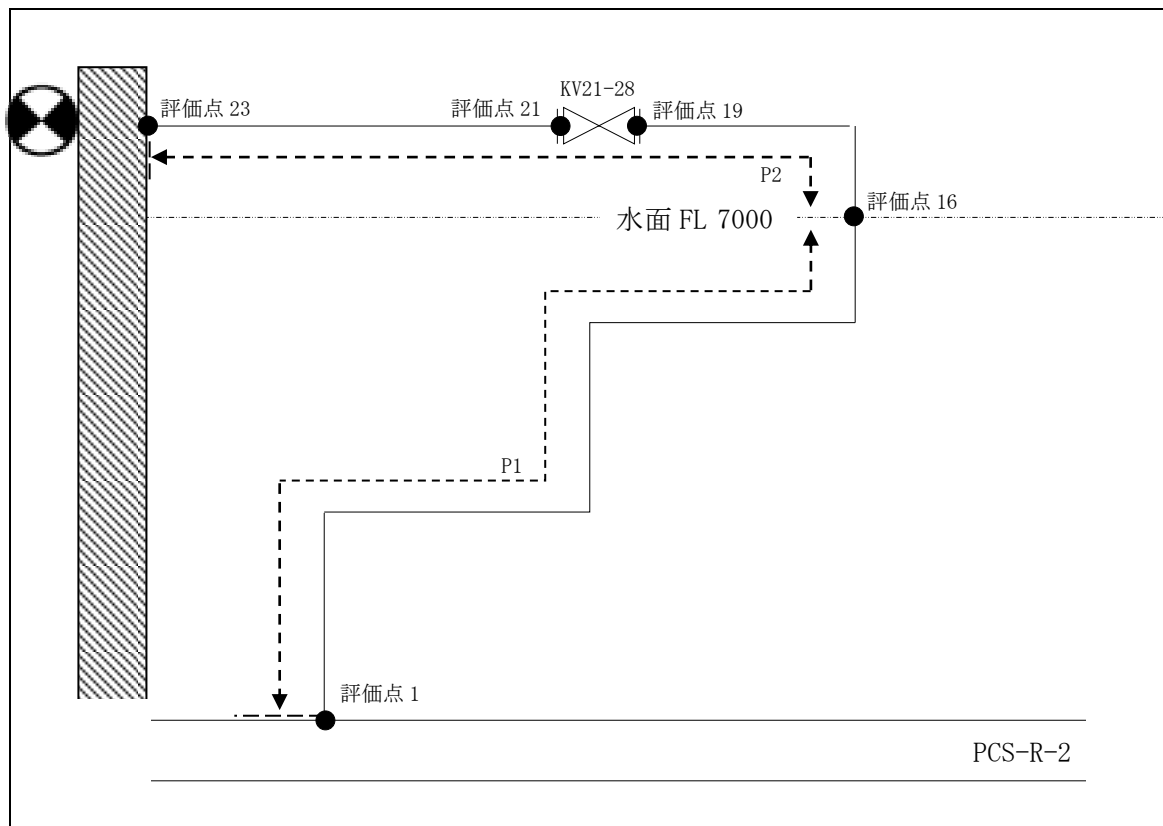


添 3-4-2-8-7

3. 設計条件

3.1. PCS-R-12

(1) 解析モデル



配管番号		P1	P2		
外径(mm)		89.1	89.1		
板厚(mm)		4.0	4.0		
材質		SUS304LTP	SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)		1.93×10^5	1.93×10^5		
ポアソン比(-)		0.3	0.3		
最高使用温度(°C)		55	55		
最高使用圧力(MPa)		0.1961	0.1961		
配管密度(ton/mm ³)		7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}		
内部流体種類		水	水		
内部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}		
外部流体種類		水	—		
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		166	166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)		459	459		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	413	413	
		1次+2次	332	332	
	III _A S	1次	166	166	
		1次+2次	332	332	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(5)	2.24	—
2	(6)	2.26	—
3	(6)	2.26	—
4	(1)	1.00	—
5	(6)	2.26	—
6	(6)	2.26	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
12	(6)	2.26	—
13	(6)	2.26	—
14	(6)	2.26	—
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(6)	2.96	—
18	(6)	2.96	—
19	(9)	2.10	—
21	(9)	2.10	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
19	—	弁+フランジ	14.50	—
20	KV21-28	弁	19.00	—
21	—	弁+フランジ	14.50	—
24	KV21-28	弁	6.00	—
25	KV21-28	弁	46.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _A S	基準地震動 S _s	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
III _A S	弾性設計用地震動 S _d	スペクトル モーダル	0.5%		—	—
	静的地震力	—	—		0.82	0.29

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

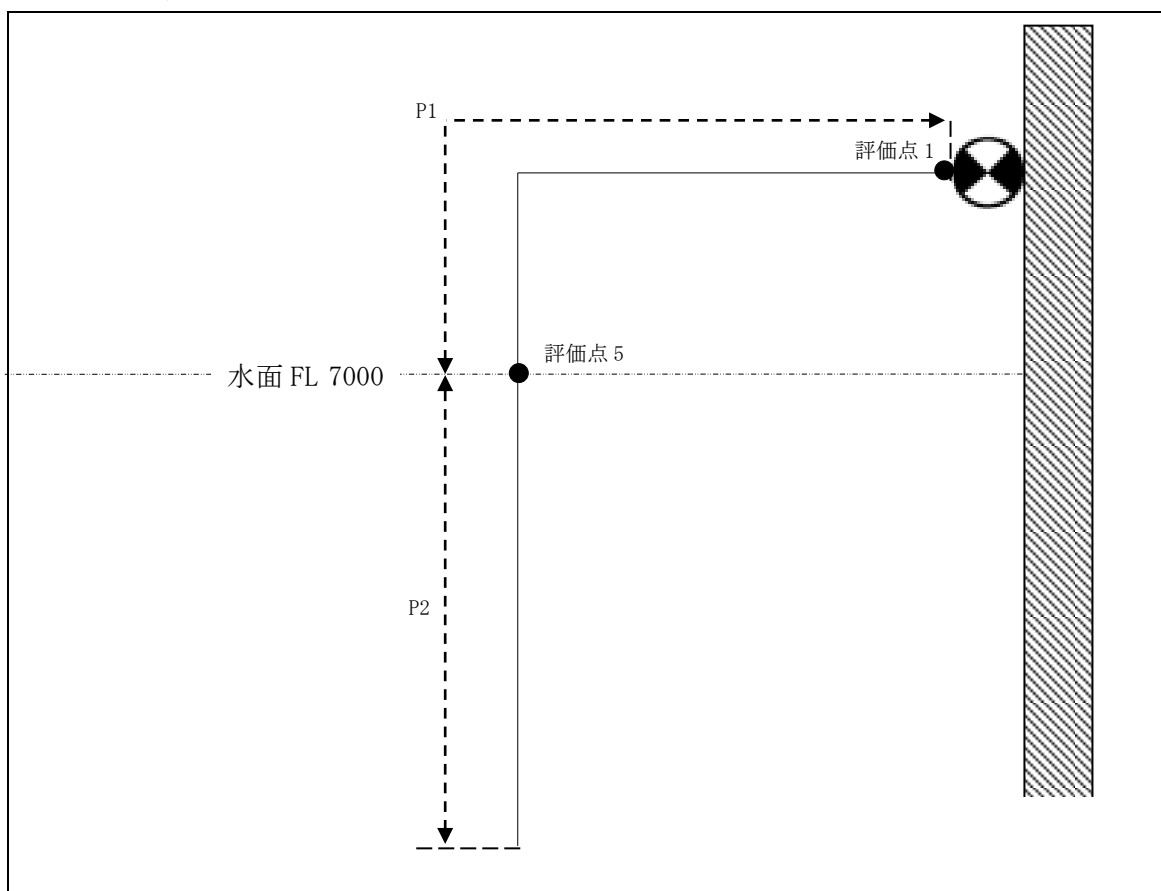
評価点	相対変位(mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	X:6.17, Y:0.11, Z:0.00	X:0.00, Y:0.17, Z:0.00	X:0.00, Y:0.00, Z:5.99
9	7.51	0.20	7.51
15	—	0.22	8.39
23	8.53	0.22	8.53

(6) 地震相対変位(弾性設計用地震動 S_d)

基準地震動 S_s の相対変位を準用した。

3.2. PCS-R-13

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	89.1		89.1		
板厚(mm)	4.0		4.0		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.1961		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	水		水		
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹		
外部流体種類	—		水		
外部流体密度(ton/mm)	—		1.00×10 ⁻⁹		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	459		459		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	413	413	
		1次+2次	332	332	
	III _A S	1次	166	166	
		1次+2次	332	332	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	2.26	—
4	(6)	2.26	—
5	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _{AS}	基準地震動 S _s	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 9, 10	1.21	0.98
III _{AS}	弾性設計用地震動 S _d	1.2ZPA	—		0.64	0.53
	静的地震力	—	—		0.82	0.29

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

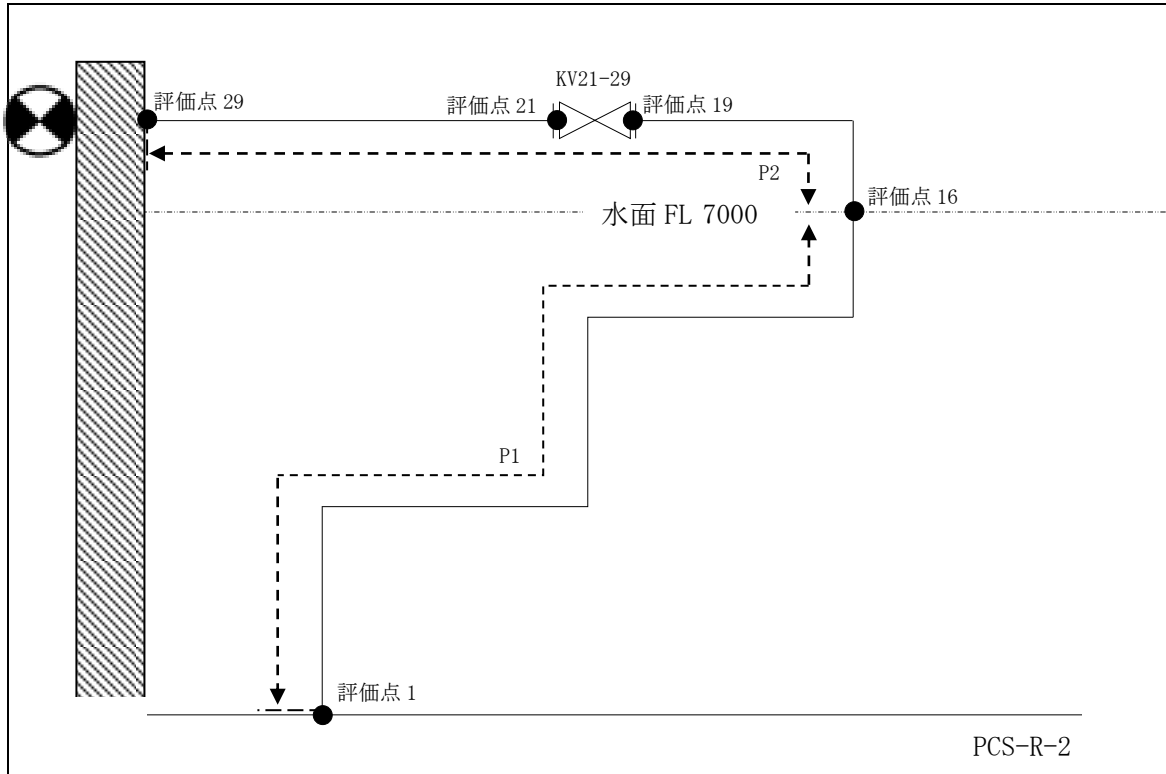
評価点	相対変位 (mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	8.53	0.22	8.53
7	8.28	—	8.28

(6) 地震相対変位(弾性設計用地震動 S_d)

基準地震動 S_s の相対変位を準用した。

3.3. PCS-R-14

(1) 解析モデル



配管番号		P1	P2		
外径(mm)		89.1	89.1		
板厚(mm)		4.0	4.0		
材質		SUS304LTP	SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)		1.93×10^5	1.93×10^5		
ポアソン比(-)		0.3	0.3		
最高使用温度(°C)		55	55		
最高使用圧力(MPa)		0.1961	0.1961		
配管密度(ton/mm ³)		7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}		
内部流体種類		水	水		
内部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}		
外部流体種類		水	—		
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		166	166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)		459	459		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	413	413	
		1次+2次	332	332	
	III _A S	1次	166	166	
		1次+2次	332	332	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(5)	2.24	—
2	(6)	2.26	—
3	(6)	2.26	—
4	(1)	1.00	—
5	(6)	2.26	—
6	(6)	2.26	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(6)	2.26	—
12	(6)	2.26	—
13	(6)	2.26	—
14	(6)	2.26	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(6)	2.96	—
18	(6)	2.96	—
19	(9)	2.10	—
21	(9)	2.10	—
22	(6)	2.96	—
23	(6)	2.96	—
24	(6)	2.26	—
25	(6)	2.26	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
19	—	弁+フランジ	14.50	—
20	KV21-29	弁	19.00	—
21	—	弁+フランジ	14.50	—
30	KV21-29	弁	6.00	—
31	KV21-29	弁	46.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _{AS}	基準地震動 S _s	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
III _{AS}	弾性設計用地震動 S _d	スペクトル モーダル	0.5%		—	—
	静的地震力	—	—		0.82	0.29

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

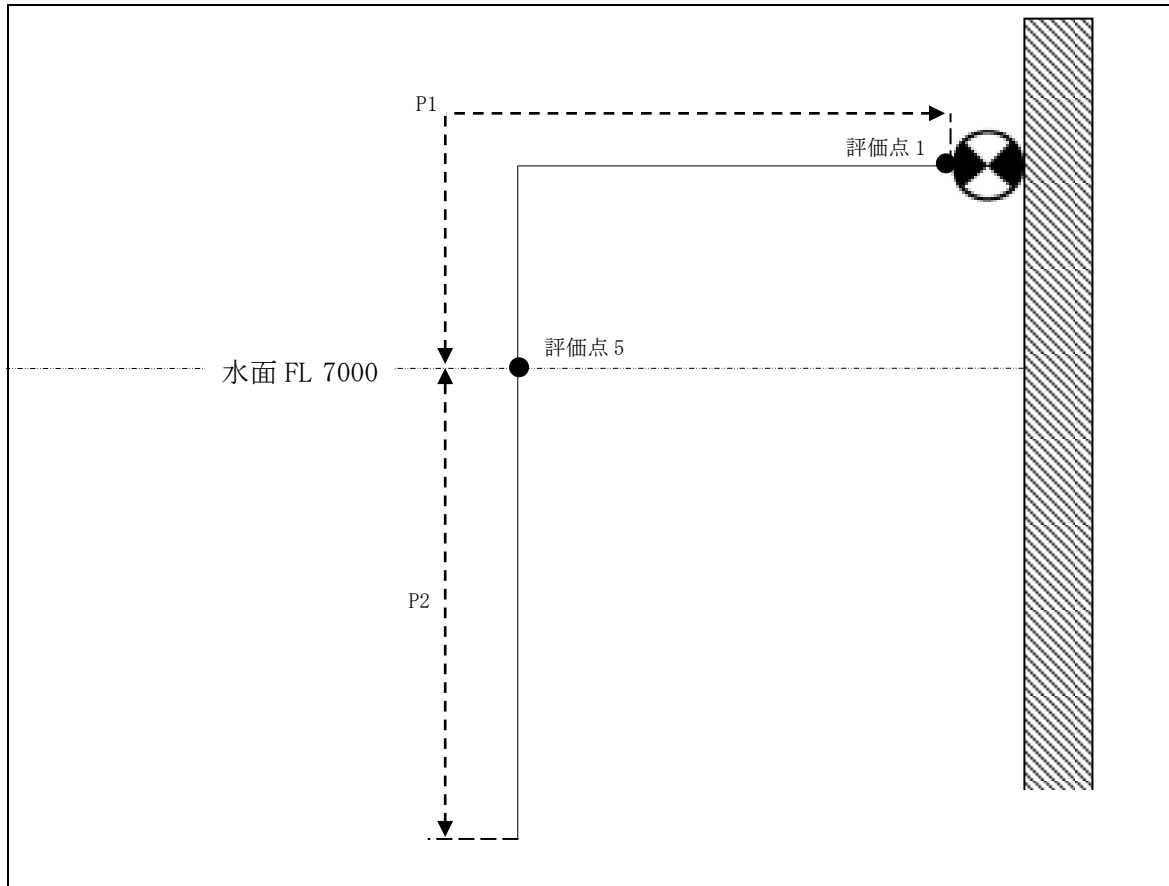
評価点	相対変位(mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	X:6.17, Y:0.15, Z:0.00	X:0.00, Y:0.17, Z:0.00	X:0.00, Y:0.00, Z:5.92
9	7.51	0.20	7.51
15	8.39	0.22	8.39
26	—	0.22	—
29	8.53	0.22	8.53

(6) 地震相対変位(弾性設計用地震動 S_d)

基準地震動 S_s の相対変位を準用した。

3.4. PCS-R-15

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	89.1		89.1		
板厚(mm)	4.0		4.0		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.1961		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	水		水		
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹		
外部流体種類	—		水		
外部流体密度(ton/mm)	—		1.00×10 ⁻⁹		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	459		459		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	413	413	
		1次+2次	332	332	
	III _A S	1次	166	166	
		1次+2次	332	332	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	2.26	—
4	(6)	2.26	—
5	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _{AS}	基準地震動 S _s	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 9, 10	1.21	0.98
III _{AS}	弾性設計用地震動 S _d	1.2ZPA	—		0.64	0.53
	静的地震力	—	—		0.82	0.29

(5) 地震相対変位(基準地震動 S_s)

評価点	相対変位 (mm)		
	地震 X	地震 Y	地震 Z
1	8.53	0.22	8.53
7	8.28	—	8.28

(6) 地震相対変位(弾性設計用地震動 S_d)

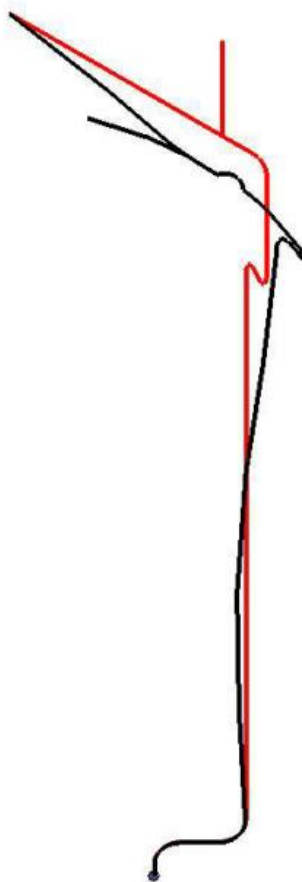
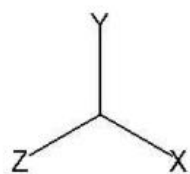
基準地震動 S_s の相対変位を準用した。

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

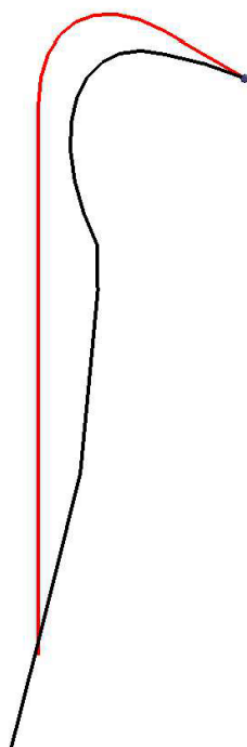
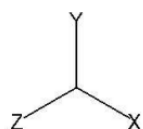
(1) PCS-R-12

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	42.0	31.5	14.7
固有周期 (s)	0.024	0.032	0.068



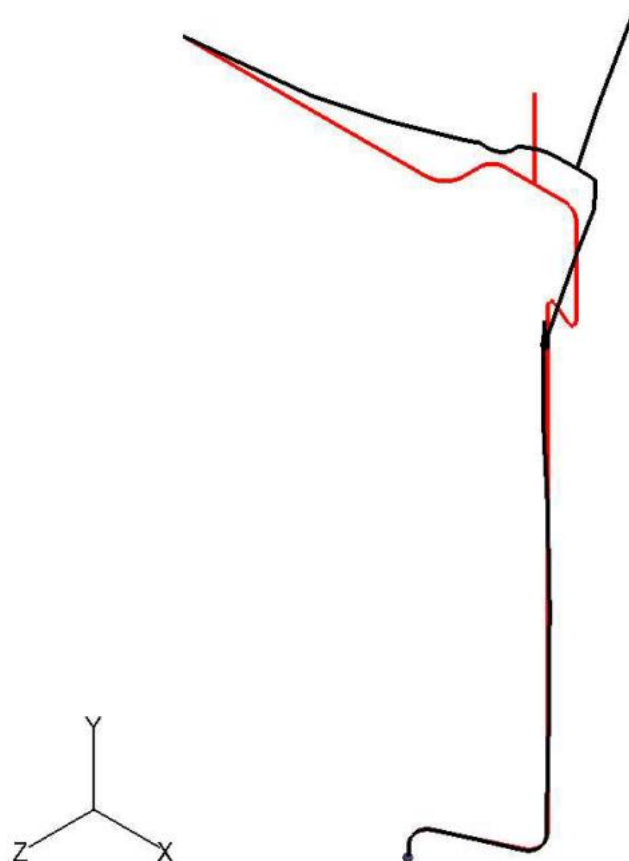
(2) PCS-R-13

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	860.5	377.2	452.6
固有周期 (s)	0.001	0.003	0.002



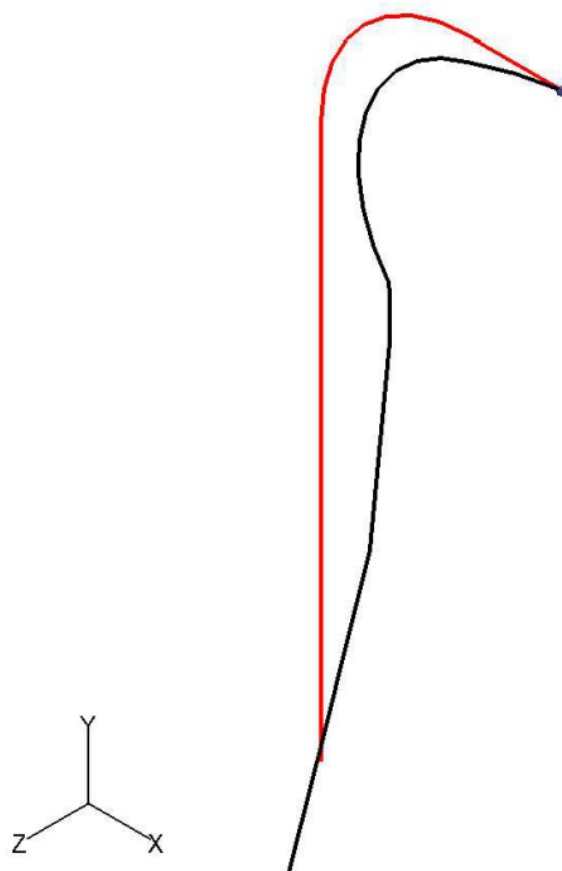
(3) PCS-R-14

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	22.3	91.4	11.7
固有周期 (s)	0.045	0.011	0.085



(4) PCS-R-15

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	860.5	377.2	452.6
固有周期 (s)	0.001	0.003	0.002



4.2. 結論

4.2.1. PCS-R-12

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	23	一次応力	2	11	84	4	97	413	176	332
IV _A S	23	一次+二次応力	2	11	84	4	97	413	176	332

(2) III_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
III _A S	23	一次応力	2	11	50	4	63	166	108	332
III _A S	23	一次+二次応力	2	11	50	4	63	166	108	332

4.2.2. PCS-R-13

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	1	一次応力	2	2	2	17	6	413	38	332
IV _A S	1	一次+二次応力	2	2	2	17	6	413	38	332

(2) III_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
III _A S	1	一次応力	2	2	1	17	5	166	36	332
III _A S	3	一次+二次応力	2	1	1	18	4	166	38	332

4.2.3. PCS-R-14

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	22	一次応力	2	9	131	6	142	413	274	332
IV _A S	22	一次+二次応力	2	9	131	6	142	413	274	332

(2) III_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
III _A S	22	一次応力	2	9	104	6	115	166	220	332
III _A S	22	一次+二次応力	2	9	104	6	115	166	220	332

4.2.4. PCS-R-15

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	1	一次応力	2	2	2	17	6	413	38	332
IV _A S	1	一次+二次応力	2	2	2	17	6	413	38	332

(2) III_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
III _A S	1	一次応力	2	2	1	17	5	166	36	332
III _A S	3	一次+二次応力	2	1	1	18	4	166	38	332

4.3. 拘束点反力

4.3.1. PCS-R-12

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	13	81	—	3410	5334	298
	動的地震荷重 X	176	138	173	27698	66313	28800
	動的地震荷重 Y	118	57	77	15541	33351	18920
	動的地震荷重 Z	114	264	297	67179	20286	54857
	相対変位 X	6	76	2	7329	2857	59837
	相対変位 Y	4	76	8	10077	728	11498
	相対変位 Z	26	264	66	29093	4651	42406
9	自重	48	647	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	234	239	174	—	—	—
	動的地震荷重 Y	77	246	63	—	—	—
	動的地震荷重 Z	231	1106	979	—	—	—
	相対変位 X	120	695	66	—	—	—
	相対変位 Y	10	13	19	—	—	—
	相対変位 Z	85	568	51	—	—	—
15	自重	—	989	3	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	245	221	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	685	81	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	893	2472	—	—	—
	相対変位 X	—	656	58	—	—	—
	相対変位 Y	—	87	11	—	—	—
	相対変位 Z	—	304	2	—	—	—
23	自重	35	337	3	1096	1283	144675
	動的地震荷重 X	746	226	92	8609	43879	106860
	動的地震荷重 Y	306	295	26	4317	11507	142269
	動的地震荷重 Z	224	51	1127	825624	794631	24636
	相対変位 X	126	36	7	7358	7433	19025
	相対変位 Y	14	1	1	433	734	535
	相対変位 Z	59	1	14	17648	19199	281

(2) III_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	13	81	—	3410	5334	298
	動的地震荷重 X	82	64	77	12237	29376	12944
	動的地震荷重 Y	68	33	45	8927	19107	10840
	動的地震荷重 Z	55	149	168	39252	9969	32086
	静的地震荷重 X	197	64	8	5359	34655	24786
	静的地震荷重 Y	4	24	—	989	1547	87
	静的地震荷重 Z	6	106	244	38578	24504	17507
	相対変位 X	6	76	2	7329	2857	59837
	相対変位 Y	4	76	8	10077	728	11498
	相対変位 Z	26	264	66	29093	4651	42406
9	自重	48	647	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	109	111	82	—	—	—
	動的地震荷重 Y	44	142	36	—	—	—
	動的地震荷重 Z	121	651	570	—	—	—
	静的地震荷重 X	364	108	5	—	—	—
	静的地震荷重 Y	14	188	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	27	239	172	—	—	—
	相対変位 X	120	695	66	—	—	—
	相対変位 Y	10	13	19	—	—	—
	相対変位 Z	85	568	51	—	—	—
15	自重	—	989	3	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	115	103	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	396	47	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	526	1456	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	98	11	—	—	—
	静的地震荷重 Y	—	287	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	136	893	—	—	—
	相対変位 X	—	656	58	—	—	—
	相対変位 Y	—	87	11	—	—	—
	相対変位 Z	—	304	2	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
23	自重	35	337	3	1096	1283	144675
	動的地震荷重 X	350	96	44	4373	20844	45259
	動的地震荷重 Y	177	168	15	2462	6635	80807
	動的地震荷重 Z	117	25	664	487297	468580	12477
	静的地震荷重 X	1123	142	8	74	4439	65894
	静的地震荷重 Y	10	98	1	318	372	41956
	静的地震荷重 Z	22	3	376	149965	213230	1362
	相対変位 X	126	36	7	7358	7433	19025
	相対変位 Y	14	1	1	433	734	535
	相対変位 Z	59	1	14	17648	19199	281

4.3.2. PCS-R-13

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	12	117	—	—	—	14418
	動的地震荷重 X	68	—	—	—	—	1830
	動的地震荷重 Y	12	115	—	—	—	14129
	動的地震荷重 Z	—	—	67	1069	9593	—
	相対変位 X	215	—	—	—	—	96549
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	297	133373	55720	—
7	自重	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	74	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	76	—	—	—
	相対変位 X	215	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	297	—	—	—

(2) III_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	12	117	—	—	—	14418
	動的地震荷重 X	36	—	—	—	—	968
	動的地震荷重 Y	7	62	—	—	—	7642
	動的地震荷重 Z	—	—	35	565	5074	—
	静的地震荷重 X	46	—	—	—	—	1240
	静的地震荷重 Y	4	34	—	—	—	4181
	静的地震荷重 Z	—	—	45	724	6502	—
	相对変位 X	215	—	—	—	—	96549
	相对変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相对変位 Z	—	—	297	133373	55720	—
7	自重	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	39	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	40	—	—	—
	静的地震荷重 X	50	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Y	4	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	51	—	—	—
	相对変位 X	215	—	—	—	—	—
	相对変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相对変位 Z	—	—	297	—	—	—

4.3.3. PCS-R-14

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	4	93	11	4763	5703	2611
	動的地震荷重 X	125	47	139	27859	89540	18706
	動的地震荷重 Y	114	48	125	23941	74601	17158
	動的地震荷重 Z	186	56	383	125748	186310	59219
	相対変位 X	22	24	10	3805	1563	36131
	相対変位 Y	2	23	3	2828	883	7345
	相対変位 Z	25	90	52	51165	16417	27167
9	自重	10	753	44	—	—	—
	動的地震荷重 X	130	344	261	—	—	—
	動的地震荷重 Y	87	321	204	—	—	—
	動的地震荷重 Z	259	1190	1141	—	—	—
	相対変位 X	74	466	65	—	—	—
	相対変位 Y	10	36	10	—	—	—
	相対変位 Z	80	300	44	—	—	—
15	自重	175	829	60	—	—	—
	動的地震荷重 X	449	478	814	—	—	—
	動的地震荷重 Y	327	653	665	—	—	—
	動的地震荷重 Z	908	524	3729	—	—	—
	相対変位 X	164	571	102	—	—	—
	相対変位 Y	3	57	9	—	—	—
	相対変位 Z	84	172	3	—	—	—
26	自重	—	459	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	643	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	490	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	1705	—	—	—	—
	相対変位 X	—	93	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	1	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	52	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
29	自重	182	100	27	57989	12108	24488
	動的地震荷重 X	502	161	283	134865	269686	75380
	動的地震荷重 Y	364	146	207	109645	211441	65806
	動的地震荷重 Z	1631	713	837	572517	1012050	341419
	相対変位 X	260	12	48	7697	31945	5435
	相対変位 Y	10	1	2	588	740	146
	相対変位 Z	28	14	12	6610	13774	6756

(2) III_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	4	93	11	4763	5703	2611
	動的地震荷重 X	79	27	145	21464	108132	11944
	動的地震荷重 Y	66	28	72	13057	43529	9683
	動的地震荷重 Z	122	31	285	99378	133539	46229
	静的地震荷重 X	262	56	1	1563	52537	28317
	静的地震荷重 Y	1	27	3	1382	1654	757
	静的地震荷重 Z	8	21	261	48198	52334	10160
	相対変位 X	22	24	10	3805	1563	36131
	相対変位 Y	2	23	3	2828	883	7345
	相対変位 Z	25	90	52	51165	16417	27167
9	自重	10	753	44	—	—	—
	動的地震荷重 X	80	321	182	—	—	—
	動的地震荷重 Y	50	182	110	—	—	—
	動的地震荷重 Z	182	941	899	—	—	—
	静的地震荷重 X	293	45	35	—	—	—
	静的地震荷重 Y	3	219	13	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	165	206	—	—	—
	相対変位 X	74	466	65	—	—	—
	相対変位 Y	10	36	10	—	—	—
	相対変位 Z	80	300	44	—	—	—
15	自重	175	829	60	—	—	—
	動的地震荷重 X	382	508	644	—	—	—
	動的地震荷重 Y	188	379	359	—	—	—
	動的地震荷重 Z	707	359	2964	—	—	—
	静的地震荷重 X	701	415	110	—	—	—
	静的地震荷重 Y	51	241	18	—	—	—
	静的地震荷重 Z	269	144	1050	—	—	—
	相対変位 X	164	571	102	—	—	—
	相対変位 Y	3	57	9	—	—	—
	相対変位 Z	84	172	3	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
26	自重	—	459	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	723	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	282	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	1328	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	324	—	—	—	—
	静的地震荷重 Y	—	134	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	417	—	—	—	—
	相対変位 X	—	93	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	1	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	52	—	—	—	—
29	自重	182	100	27	57989	12108	24488
	動的地震荷重 X	479	123	293	121285	262944	58178
	動的地震荷重 Y	204	80	118	60042	117491	35890
	動的地震荷重 Z	1281	567	658	454840	801608	271393
	静的地震荷重 X	574	10	76	59345	50204	4586
	静的地震荷重 Y	53	29	8	16817	3512	7102
	静的地震荷重 Z	263	129	315	76594	279396	61957
	相対変位 X	260	12	48	7697	31945	5435
	相対変位 Y	10	1	2	588	740	146
	相対変位 Z	28	14	12	6610	13774	6756

4.3.4. PCS-R-15

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	12	117	—	—	—	14418
	動的地震荷重 X	68	—	—	—	—	1830
	動的地震荷重 Y	12	115	—	—	—	14129
	動的地震荷重 Z	—	—	67	1069	9593	—
	相対変位 X	215	—	—	—	—	96549
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	297	133373	55720	—
7	自重	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	74	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	76	—	—	—
	相対変位 X	215	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	297	—	—	—

(2) III_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	12	117	—	—	—	14418
	動的地震荷重 X	36	—	—	—	—	968
	動的地震荷重 Y	7	62	—	—	—	7642
	動的地震荷重 Z	—	—	35	565	5074	—
	静的地震荷重 X	46	—	—	—	—	1240
	静的地震荷重 Y	4	34	—	—	—	4181
	静的地震荷重 Z	—	—	45	724	6502	—
	相对変位 X	215	—	—	—	—	96549
	相对変位 Y	—	—	—	—	—	—
相对変位 Z	—	—	297	133373	55720	—	
7	自重	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	39	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	40	—	—	—
	静的地震荷重 X	50	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Y	4	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	51	—	—	—
	相对変位 X	215	—	—	—	—	—
	相对変位 Y	—	—	—	—	—	—
相对変位 Z	—	—	297	—	—	—	

4.4. 弁の動的機能維持評価

弁の許容値は JEAG4601 に記載のとおり、許容応力状態Ⅲ_AS と許容応力状態Ⅳ_AS で同じとなることから許容応力状態Ⅳ_AS のみ評価する。

(1) 弁駆動部の加速度に対する評価

PCS-R-12 及び PCS-R-14 の弁が設置されている評価点の応答加速度を表 3-4-2-8.1、表 3-4-2-8.2 に示す。表 3-4-2-8.3 の評価結果から、弁が設置されている評価点の最大応答加速度は JEAG4601 に記載されている機能確認済加速度を満足している。

表 3-4-2-8.1 PCS-R-12 の応答加速度結果

荷重：Ss 地震動		荷重：Ss 地震動	
水平方向		鉛直方向	
評価点	応答加速度	評価点	応答加速度
	[G]		[G]
19	1.82	19	0.66
20	1.79	20	0.81
21	1.80	21	0.97
24	2.94	24	0.81
25	5.05	25	0.83

表 3-4-2-8.2 PCS-R-14 の応答加速度結果

荷重：Ss 地震動		荷重：Ss 地震動	
水平方向		鉛直方向	
評価点	応答加速度	評価点	応答加速度
	[G]		[G]
19	2.04	19	0.65
20	2.34	20	1.01
21	2.72	21	1.31
30	3.60	30	1.02
31	5.87	31	1.03

表 3-4-2-8.3 弁駆動部の評価結果

許容応力状態	モデル	弁名称	応答加速度 (G)		許容値 (G)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
Ⅳ _A S	PCS-R-12	KV21-28	5.05	0.97	6.00	6.00
	PCS-R-14	KV21-29	5.87	1.31	6.00	6.00

(2) 配管反力に対する評価

各弁の配管反力を下表に示す。全ての弁について JEAG4601 に従い、算出された許容値を満足している。

表 3-4-2-8.4 各弁の評価結果

許容 応力 状態	モデル	弁名称	配管反力		許容値
IV _A S	PCS-R-12	KV21-28	軸力(N)	1.857×10^3	5.988×10^4
			曲げモーメント(N・mm)	8.174×10^5	2.439×10^6
			ねじりモーメント(N・mm)	8.268×10^5	4.878×10^6
	PCS-R-14	KV21-29	軸力(N)	2.918×10^3	5.988×10^4
			曲げモーメント(N・mm)	1.051×10^6	2.439×10^6
			ねじりモーメント(N・mm)	9.157×10^5	4.878×10^6

3-4-2-9. 原子炉プール溢流タンクの耐震強度
評価

目次

1. 設計条件	添 3-4-2-9-1
2. 機器要目	添 3-4-2-9-2
3. 計算数値	添 3-4-2-9-4
3.1. 許容応力状態 B_{AS}	添 3-4-2-9-4
3.1.1. 胴に生じる応力	添 3-4-2-9-4
3.1.2. 脚に生じる応力	添 3-4-2-9-7
3.1.3. 基礎ボルトに生じる応力	添 3-4-2-9-7
4. 結論	添 3-4-2-9-8

本計算書は「添付書類 3-3-2-1. 四脚たて置円筒形容器」に基づいて計算を行う。

1. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び床面高さ (m)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	比重
原子炉プール溢流タンク	B	原子炉建家 ^(注) 1 FL -7.95	0.1961	55	—

注：基準床レベルを示す。

固有振動数(Hz)	
水平方向	鉛直方向
14.0	55.9

B _A S	
静的地震力	弾性設計用地震動 S _d の 1/2
水平方向設計震度	水平方向設計震度
C _H =0.18	C _H =0.82

部材	材料		設計降伏点 S _y (N/mm ²)	設計引張強さ S _u (N/mm ²)	許容引張応力 S (N/mm ²)
胴板	SUS304L	55°C	166	459	121
脚	SS400	40°C	245	400	—
基礎ボルト	SS400	40°C	235	400	—

2. 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (N/mm ²)	E_s (N/mm ²)	G (N/mm ²)	G_s (N/mm ²)
4900	1200	8	1.93×10^5	2.02×10^5	7.42×10^4	7.77×10^4

\varnothing (mm)	\varnothing_c (mm)	\varnothing_g (mm)	H (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
1400	1462	2440	-	175	150

K_c (-)	K_θ (-)	K_r (-)	I_{sf} (mm ⁴)	I_{sr} (mm ⁴)	I_{st} (mm ⁴)	A_f (mm ²)
10302.6	1079.9	5824.3	1.82×10^7	1.08×10^8	3.65×10^7	3500

A_s (mm ²)	A_{sf} (mm ²)	A_{sr} (mm ²)	A_{st} (mm ²)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)
9218	3749	5833	1959	4667	1855

Z_{sp} (mm ³)	Z_{sr} (mm ³)	Z_{st} (mm ³)	J_s (mm ⁴)	h (mm)	s (-)
3.350×10^4	8.670×10^5	2.920×10^5	5.11×10^5	250	15

n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm ²)
2	1	2	300	300	1017.9 (M36)

d_1 (mm)	d_2 (mm)	F(脚) (N/mm ²)		F(基礎ボルト) (N/mm ²)	
42.5	150	IV _A S	B _A S	IV _A S	B _A S
		245	245	235	235

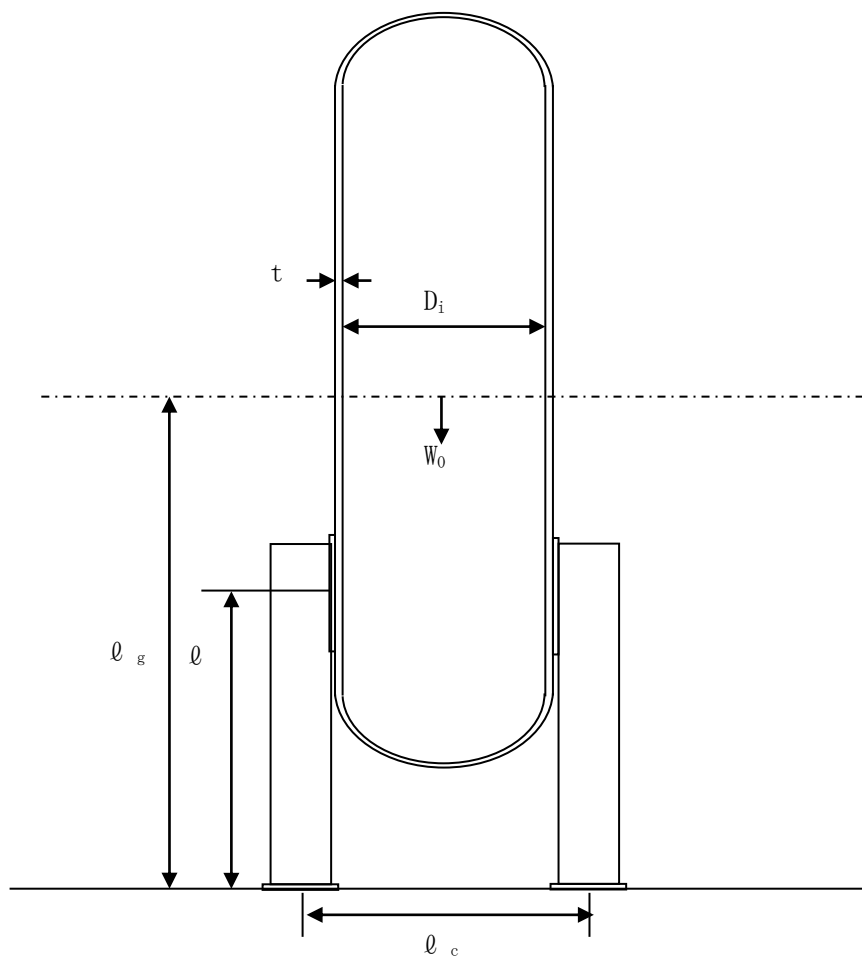


図-3-4-2-9.1 原子炉プール溢流タンクの荷重説明図

3. 計算数値

3.1 許容応力状態 B_S

3.1.1 胴に生じる応力

(1) 胴に生じる一次一般膜応力

(単位 : N/mm²)

応力	静水頭又は 内圧による 応力	運転時質量 による応力	地震力によ る応力	組合せ一次 一般膜応力
		自重による 応力	転倒モーメ ントによる 応力	
周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	-	$\sigma_0 = 15$
軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x5} = 5$	
せん断	-	-	-	

(2) 胴に生じる一次応力

(単位 : N/mm²)

地震の方向	評価場所		応力	静水頭又は内圧による応力	運転時質量による応力		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	半径方向荷重による応力
Z方向	第一脚側	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	$\sigma_{\phi 3} = 2$	$\sigma_{\phi 4} = 2$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 1$	$\sigma_{x4} = 2$
			せん断	-	-		
		第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 2$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 2$
			せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 3$		
	第二脚側	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	$\sigma_{\phi 3} = 2$	$\sigma_{\phi 4} = 2$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 1$	$\sigma_{x4} = 2$
			せん断	-	-		
		第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 2$
			軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 2$
			せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 3$		
X方向	第一評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	$\sigma_{\phi 3} = 2$	$\sigma_{\phi 4} = 2$	
		軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	$\sigma_{x3} = 1$	$\sigma_{x4} = 2$	
		せん断	-	-			
	第二評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 15$	-	-	$\sigma_{\phi 4} = 2$	
		軸方向	$\sigma_{x1} = 8$	$\sigma_{x2} = 2$	-	$\sigma_{x4} = 2$	
		せん断	-	$\tau_{\theta 1} = 3$			

(単位 : N/mm²)

地震の方向	評価場所		応力	水平地震力による一次応力				組合せ一次応力
				転倒モーメントによる応力	半径方向荷重による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	
Z方向	第一脚側	第一評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 61} = 16$	$\sigma_{\phi 71} = 1$	-	$\sigma_{11} = 36$
			軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x61} = 16$	$\sigma_{x71} = 1$	-	
			せん断	-				
		第二評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 61} = 16$	-	-	$\sigma_{12} = 48$
			軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x61} = 16$	-	-	
			せん断	$\tau_{\ell 2} = 12$				
	第二脚側	第一評価点	周方向	-	-	-	-	$\sigma_{13} = 31$
			軸方向	-	-	-	-	
			せん断	$\tau_{c1} = 2$		$\tau_3 = 12$		
		第二評価点	周方向	-	-	-	$\sigma_{\phi 81} = 3$	$\sigma_{14} = 36$
			軸方向	-	-	-	$\sigma_{x81} = 9$	
			せん断	$\tau_3 = 12$				
X方向	第一評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 91} = 12$	$\sigma_{\phi 101} = 1$	-	$\sigma_{15} = 43$	
		軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x91} = 12$	$\sigma_{x101} = 1$	-		
		せん断	$\tau_{c4} = 2$		$\tau_6 = 9$			
	第二評価点	周方向	-	$\sigma_{\phi 91} = 12$	-	$\sigma_{\phi 111} = 3$	$\sigma_{16} = 55$	
		軸方向	$\sigma_{x5} = 5$	$\sigma_{x91} = 12$	-	$\sigma_{x111} = 7$		
		せん断	$\tau_{\ell 5} = 9$		$\tau_6 = 9$			

3.1.2 脚に生じる応力

(単位 : N/mm²)

地震の方向		運転時質量による応力		
		圧縮	曲げ	せん断
Z 方向	第一脚側	$\sigma_{s1} = 2$	$\sigma_{s2} = 5$	$\tau_{s1} = 1$
	第二脚側	$\sigma_{s1} = 2$	$\sigma_{s2} = 5$	$\tau_{s1} = 1$
X 方向		$\sigma_{s1} = 2$	$\sigma_{s2} = 5$	$\tau_{s1} = 1$

(単位 : N/mm²)

地震の方向		水平地震力による応力			組合せ応力	
		圧縮	曲げ	せん断		
Z 方向	第一脚側	$\sigma_{s5} = 6$	$\sigma_{s6} = 27$	$\tau_{s3} = 3$	$\sigma_{sz1} = 41$	
	第二脚側	-	$\sigma_{s7} = 15$	$\tau_{s4} = 8$	$\sigma_{sz2} = 27$	
X 方向		$\sigma_{s8} = 5$	$\sigma_{s9} = 19$	$\sigma_{s10} = 11$	$\tau_{s5} = 7$	$\sigma_{sx} = 45$

3.1.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位 : N/mm²)

地震の方向		引張応力	せん断応力
Z 方向	第1脚側	$\sigma_{b1} = 56$	$\tau_{b1} = 5$
	第2脚側	$\sigma_{b2} = 0$	$\tau_{b2} = 5$
	第3脚側	$\sigma_{b3} = 12$	$\tau_{b3} = 6$
	第4脚側	$\sigma_{b2} = 0$	$\tau_{b2} = 5$
X 方向	第1脚側	$\sigma_{b4} = 38$	$\tau_{b4} = 5$
	第2脚側	$\sigma_{b5} = 8$	$\tau_{b5} = 6$
	第3脚側	$\sigma_{b5} = 8$	$\tau_{b5} = 6$
	第4脚側	$\sigma_{b4} = 38$	$\tau_{b4} = 5$

4. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、本機器は応答軸が明確な設備であり、厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力していることから、考慮不要とした。

(単位 : N/mm²)

許容応力状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
B _s S	胴	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0 = 15$	$S_a = 166$
			一次	$\sigma_1 = 55$	$S_a = 166$
	脚	SS400	組合せ	$\sigma_s = 45$	$f_t = 245$
			圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) σ_{sr}/f_{br} + σ_{st}/f_{bt} + σ_{sc}/f_c	0.176	1
			引張	$\sigma_b = 56$	$f_{ts} = 176$
	基礎ボルト	SS400	せん断	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 135$

3-4-3. 計測制御系統施設の耐震強度評価

3-4-3-1. 核計装案内管の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-3-1- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-3-1- 1
1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ	添 3-4-3-1- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-3-1- 2
2. 計算方法	添 3-4-3-1- 5
2.1. 固有周期及び設計用地震力の計算方法	添 3-4-3-1- 5
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-3-1- 8
2.2.1. 案内管の応力	添 3-4-3-1- 8
2.2.2. 案内管サポートの応力	添 3-4-3-1- 9
2.2.3. 案内管サポート取付ボルトの応力	添 3-4-3-1-10
3. 評価方法	添 3-4-3-1-11
3.1. 解析方法	添 3-4-3-1-11
4. 応力の評価	添 3-4-3-1-11
4.1. 案内管及び案内管サポートの応力評価	添 3-4-3-1-11
4.2. 案内管サポート取付ボルトの応力評価	添 3-4-3-1-11
5. 設計条件	添 3-4-3-1-12
6. 機器要目	添 3-4-3-1-13
7. 計算数値	添 3-4-3-1-14
7.1. 固有周期及び設計用地震力の計算	添 3-4-3-1-14
7.2. 応力の計算	添 3-4-3-1-17
7.2.1. 許容応力状態 $B_A S$	添 3-4-3-1-17
8. 結論	添 3-4-3-1-18

1. 一般事項

本計算書は、核計装(対数出力炉周期系及び安全系)の案内管の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 地震力は水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (2) 案内管は、原子炉プールの側壁にボルトで固定された案内管サポートによって支持されるものとする。
- (3) 上部の案内管サポートは、案内管を水平及び鉛直方向に支持し、下部の案内管サポートは、案内管を水平方向に支持するものとする。
- (4) 動的地震力(Sd)及び静的地震力に対して評価を行う。

1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の最高使用温度における設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

部材		材料		設計降伏点 Sy (N/mm ²)	設計引張強さ Su (N/mm ²)
案内管		A5052T-0	43°C	62	176
案内管 サポート	上部	SUS304	43°C	203	515
			40°C	205	-
	下部	A5052P-0	43°C	63	176
案内管サポート 取付ボルト		SUS304	43°C	203	515
			40°C	205	-

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Aa	案内管の断面積(案内管下部)	mm ²
A _{b1}	上部の案内管サポート取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _{b2}	下部の案内管サポート取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _{ea}	案内管のせん断断面積(案内管下部)	mm ²
A _{eg1}	上部の案内管サポートのせん断断面積	mm ²
A _{eg2}	下部の案内管サポートのせん断断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示す F 値	N/mm ²
F ₁	上部の案内管サポートの最大反力	N
F ₂	下部の案内管サポートの最大反力	N
F _{a5}	案内管の最大せん断力	N
f _{ta}	案内管及び案内管サポートの許容引張応力	N/mm ²
f _{sb}	せん断力のみを受ける案内管サポート取付ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _{t0}	引張力のみを受ける案内管サポート取付ボルトの許容引張応力	N/mm ²
f _{ts1}	引張力とせん断力を同時に受ける上部案内管サポート取付ボルトの許容引張応力	N/mm ²
f _{ts2}	引張力とせん断力を同時に受ける下部案内管サポート取付ボルトの許容引張応力	N/mm ²
h	案内管サポートの長さ	mm
h _a	案内管下部重心の案内管鉛直中心軸から偏心量	mm
K _{g1X}	上部の案内管サポートと等価な水平方向ばね定数(X軸方向)	N/mm
K _{g1Y}	上部の案内管サポートと等価な鉛直方向ばね定数(Y軸方向)	N/mm
K _{g1Z}	上部の案内管サポートと等価な水平方向ばね定数(Z軸方向)	N/mm
K _{g2X}	下部の案内管サポートと等価な水平方向ばね定数(X軸方向)	N/mm
K _{g2Z}	下部の案内管サポートと等価な水平方向ばね定数(Z軸方向)	N/mm
ℓ _{1x}	上部の案内管サポート取付ボルトの水平方向両端のピッチ長さ	mm
ℓ _{1y}	上部の案内管サポート取付ボルトの鉛直方向両端のピッチ長さ	mm
ℓ ₂	下部の案内管サポート取付ボルトの水平方向両端のピッチ長さ	mm
M ₁	上部の案内管サポートの最大曲げモーメント	N・mm
M _{a5}	案内管の最大曲げモーメント	N・mm
n _{1x}	上部の案内管サポート取付ボルトの鉛直方向の列の数	—
n _{1y}	上部の案内管サポート取付ボルトの水平方向の列の数	—
n _{2x}	下部の案内管サポート取付ボルトの鉛直方向の列の数	—
n _{2y}	下部の案内管サポート取付ボルトの水平方向の列の数	—

記号	記号の説明	単位
P	設計圧力	MPa
S _u	設計引張強さ	N/mm ²
S _y	設計降伏点	N/mm ²
T ₁	上部の案内管サポートの最大ねじりモーメント	N・mm
T _{a5}	案内管の最大ねじりモーメント	N・mm
V	案内管が鉛直方向に排除する原子炉プール水の体積	mm ³
W _a	案内管下部の案内管と内部機器の重量	kg
W _t	案内管と内部機器の全重量	kg
Y	案内管下部の(外径/内径)	—
Z _a	案内管下部の断面係数	mm ³
Z _{g2}	下部の案内管サポートの水平方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z _{gy}	上部の案内管サポートの水平方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z _{gz}	上部の案内管サポートの鉛直方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z _{pa}	案内管下部のねじりに対する断面係数	mm ³
Z _{pg}	上部の案内管サポートのねじりに対する断面係数	mm ³
ρ	原子炉プール水の比重量 1.0 × 10 ⁻⁶	kg/mm ³
σ _{a1}	案内管の原子炉プール水の外圧による軸方向応力	N/mm ²
σ _{a2}	案内管の鉛直方向地震力による軸方向応力	N/mm ²
σ _{a3}	案内管の鉛直方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ _{a4}	案内管の水平方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ _{aφ}	案内管の原子炉プール水の外圧による周方向応力	N/mm ²
σ _{b1}	上部の案内管サポート取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ _{b2}	下部の案内管サポート取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ _{g11}	上部の案内管サポートの死荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ _{g12}	上部の案内管サポートの鉛直方向荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ _{g13}	上部の案内管サポートの水平方向荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ _{g2}	下部の案内管サポートの水平方向荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ _{sa}	案内管の組合せ応力	N/mm ²
σ _{sg1}	上部の案内管サポートの組合せ応力	N/mm ²
σ _{sg2}	下部の案内管サポートの組合せ応力	N/mm ²
τ _{a1}	案内管の水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ _{a2}	案内管の水平方向地震力によるねじりのせん断応力	N/mm ²
τ _{b1}	上部の案内管サポート取付ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ _{b2}	下部の案内管サポート取付ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ _{g11}	上部の案内管サポートの死荷重によるせん断応力	N/mm ²
τ _{g12}	上部の案内管サポートの鉛直方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ _{g13}	上部の案内管サポートの水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
τ_{g14}	上部の案内管サポートの水平方向地震力によるねじりのせん断応力	N/mm ²
τ_{g2}	下部の案内管サポートの水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期及び設計用地震力の計算方法

(1) 仮定

- a. 案内管は軸方向に分割した多質点梁と考え、梁は案内管と等価な曲げ及びせん断剛性を有するものとする。
- b. 案内管の重量は、検出器等の内部機器の重量を加えたものとし、さらに案内管が排除する原子炉プール水の重量を考慮する。
- c. 案内管は、案内管サポートの剛性と等価なばねで支持されるものとする。

(2) 計算モデル

案内管は上記設定により、図-3-4-3-1.1 に示すような多質点梁モデルとする。

計算モデルの諸定数を表-3-4-3-1.1 に示す。

(3) 固有周期

固有周期の計算は、上記計算モデルをもとに有限要素法により行う。

解析コードは「MSC/NASTRAN」を用いる。

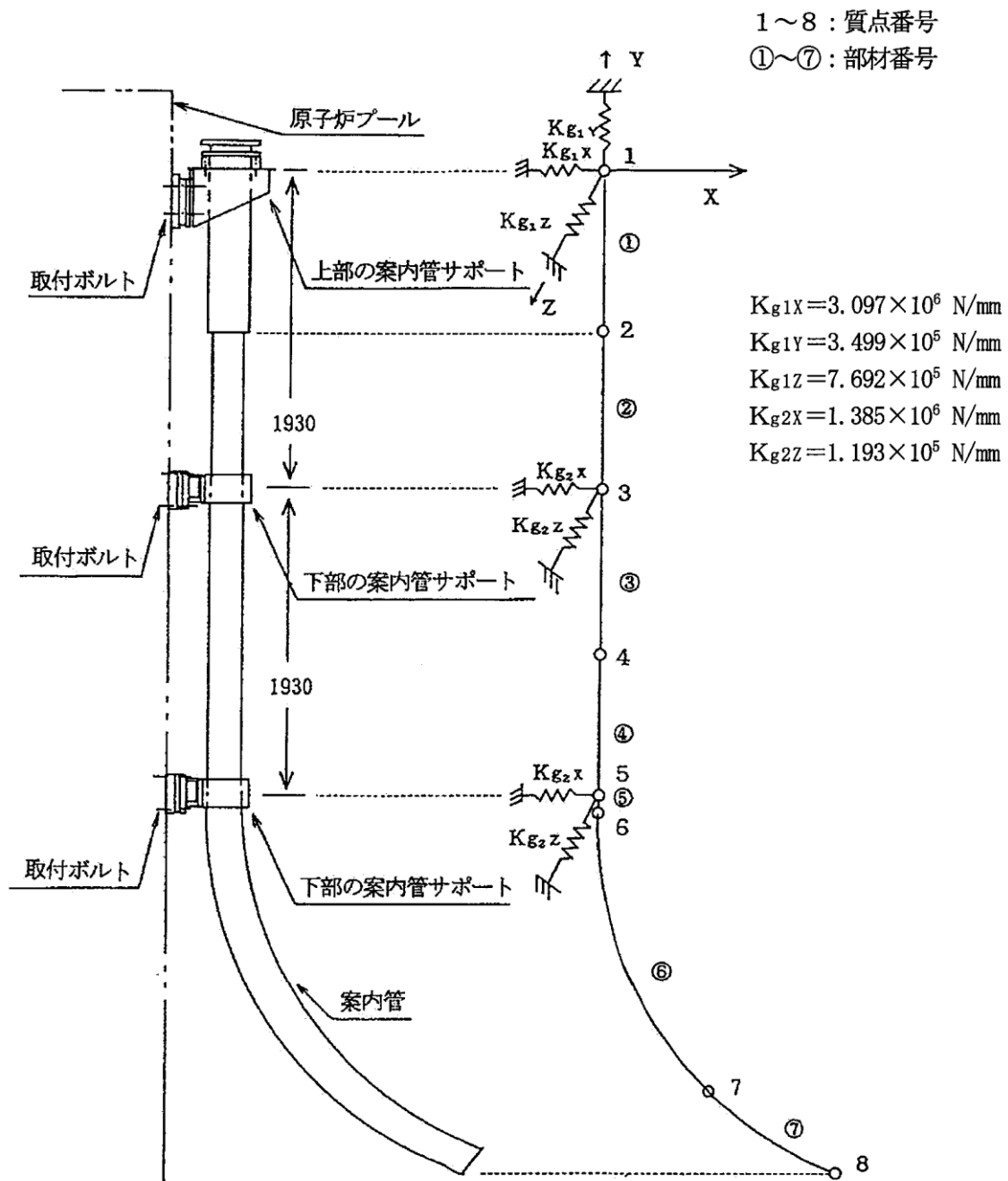


図-3-4-3-1.1 固有周期及び設計地震力の計算モデル

表-3-4-3-1.1 計算モデルの諸定数

質点 番号	質点位置		質点 重量 (kg)	断面 2 次 モーメント (mm ⁴)	断面積 (mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比
	X (mm)	Y (mm)					
1	0	0	94.1	2.49×10 ⁷	5812	6.95×10 ⁴	0.33
2	0	-840	63.8	6.83×10 ⁶	3770		
3	0	-1930	37.0				
4	0	-2895	34.7				
5	0	-3860	19.5				
6	0	-3950	34.5				
7	468	-5236	48.4				
8	909	-5762	15.9				

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 案内管の応力

(1) 原子炉プール水の外圧による応力

原子炉プール水の外圧により案内管に生じる周方向及び軸方向応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{a\phi} = \frac{2P \cdot Y^2}{Y^2 - 1}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{P \cdot Y^2}{Y^2 - 1}$$

(2) 地震による応力

鉛直方向地震による軸方向及び曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{a2} = \frac{C_v(W_a + \rho \cdot V) \cdot g}{A_a}$$

$$\sigma_{a3} = \frac{C_v(W_a + \rho \cdot V) \cdot g \cdot h_a}{Z_a}$$

水平方向地震力による曲げ及びせん断応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{a4} = \frac{M_{a5}}{Z_a}$$

$$\tau_{a1} = \frac{F_{a5}}{A_{ea}}$$

また、水平方向地震力によるねじりのせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{a2} = \frac{T_{a5}}{Z_{pa}}$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力 σ_{sa} は、次式により求まる。

$$\sigma_a = \sigma_{a1} + \sigma_{a2} + \sigma_{a3} + \sigma_{a4}$$

$$\tau_a = \tau_{a1} + \tau_{a2}$$

$$\sigma_{sa} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_{a\phi}^2 - \sigma_a \cdot \sigma_{a\phi} + 3\tau_a^2}$$

2.2.2. 案内管サポートの応力

(1) 上部の案内管サポート

a. 死荷重による応力

死荷重による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{g11} = \frac{W_t \cdot g \cdot h}{Z_{gz}}$$

また、死荷重によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{g11} = \frac{W_t \cdot g}{A_{eg1}}$$

b. 地震による応力

鉛直方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{g12} = \frac{C_v(W_t + \rho \cdot V) \cdot g \cdot h}{Z_{gz}}$$

また、鉛直方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{g12} = \frac{C_v(W_t + \rho \cdot V) \cdot g}{A_{eg1}}$$

水平方向地震力による曲げ及びせん断応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{g13} = \frac{M_1 + F_1 \cdot h}{Z_{gy}}$$

$$\tau_{g13} = \frac{F_1}{A_{eg1}}$$

また、水平方向地震力によるねじりのせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{g14} = \frac{T_1}{Z_{pg}}$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{sg1} は、次式により求まる。

$$\sigma_{g1} = \sigma_{g11} + \sigma_{g12} + \sigma_{g13}$$

$$\tau_{g1} = \sqrt{(\tau_{g11} + \tau_{g12} + \tau_{g14})^2 + (\tau_{g13} + \tau_{g14})^2}$$

$$\sigma_{sg1} = \sqrt{\sigma_{g1}^2 + 3\tau_{g1}^2}$$

(2) 下部の案内管サポート

a. 地震による応力

水平方向地震力による曲げ応力及びせん断応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{g2} = \frac{F_5 \cdot h}{Z_{g2}}$$

$$\tau_{g2} = \frac{F_5}{A_{eg2}}$$

b. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{sg2} は、次式により求まる。

$$\sigma_{sg2} = \sqrt{\sigma_{g2}^2 + 3\tau_{g2}^2}$$

2.2.3. 案内管サポート取付ボルトの応力

(1) 上部の案内管サポート取付ボルト

a. せん断応力

$$\tau_{b1} = \sqrt{\tau_{b11}^2 + \tau_{b12}^2 + \tau_{b13}^2}$$

ここで、 τ_{b11} 、 τ_{b12} 、 τ_{b13} は、次式により求まる。

$$\tau_{b11} = \frac{(1 + C_v)W_t \cdot g + C_v \cdot \rho \cdot V \cdot g}{n_{1x} \cdot n_{1y} \cdot A_{b1}}$$

$$\tau_{b12} = \frac{F_1}{n_{1x} \cdot n_{1y} \cdot A_{b1}}$$

$$\tau_{b13} = \frac{T_1}{2A_{b1} \cdot \sqrt{\ell_{1x}^2 + \ell_{1y}^2}}$$

b. 引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{W_t \cdot g \cdot h + C_v(W_t + \rho \cdot V) \cdot g \cdot h}{n_{1x} \cdot \ell_{1y} \cdot A_{b1}} + \frac{M_1 + F_1 \cdot h}{n_{1y} \cdot \ell_{1x} \cdot A_{b1}}$$

(2) 下部の案内管サポート取付ボルト

a. せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{F_5}{n_{2x} \cdot n_{2y} \cdot A_{b2}}$$

b. 引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_5 \cdot h}{n_{2y} \cdot \ell_2 \cdot A_{b2}}$$

3. 評価方法

3.1. 解析方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から、「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

4. 応力の評価

4.1. 案内管及び案内管サポートの応力評価

2.2.1 項及び 2.2.2 項で求めた組合せ応力が、許容引張応力 f_{ta} 以下であること。
ただし、 f_{ta} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
B _A S	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

4.2. 案内管サポート取付ボルトの応力評価

2.2.3 項で求めたボルトのせん断応力は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

また、2.2.3 項で求めたボルトの引張応力は、下記 2 式より求めた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 f_{ts1} , f_{ts2} 以下であること。

$$f_{ts1} = \min [1.4f_{t0} - 1.6\tau_{b1}, f_{t0}]$$

$$f_{ts2} = \min [1.4f_{t0} - 1.6\tau_{b2}, f_{t0}]$$

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
B _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

5. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	設計圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
案内管	B	原子炉建家 ^(注) 1FL+7.5	0.05884	43

注：基準床レベルを示す。

固有振動数 (Hz)
6.4

弾性設計用地震動 Sd の 1/2 または静的地震力			
荷重の種類	案内管	案内管サポート	
		上部	下部
せん断力または 反力(N)	$F_{a5} = 805.5$	$F_1 = 660.0$	$F_5 = 1552.0$
曲げモーメント (N・mm)	$M_{a5} = 1.184 \times 10^6$	$M_1 = 4.735 \times 10^5$	—
ねじりモーメント (N・mm)	$T_{a5} = 4.736 \times 10^5$	$T_1 = 2.976 \times 10^5$	—

6. 機器要目

W_a (kg)	W_t (kg)	A_a (mm^2)	A_{ea} (mm^2)	A_{eg1} (mm^2)	A_{eg2} (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_{pa} (mm^3)
75	260	3770	1894	3200	4000	1.05×10^5	2.10×10^5

Z_{gy} (mm^3)	Z_{gz} (mm^3)	Z_{pg} (mm^3)	Z_{g2} (mm^3)	Y	h_a (mm)	h (mm)	V (mm^3)
6.73×10^5	1.92×10^5	1.60×10^4	2.00×10^5	1.18	450	300	1.20×10^7

n_{1x}	n_{1y}	ℓ_{1x} (mm)	ℓ_{1y} (mm)	A_{b1} (mm^2)	n_{2x}	n_{2y}	ℓ_2 (mm)
3	2	410	200	314.2 (M20)	2	2	240

A_{b2} (mm^2)	F(案内管)(N/mm^2)	F(上部の案内管サポート)(N/mm^2)
	$B_A S$	$B_A S$
201.1 (M16)	62	205

F(下部の案内管サポート)(N/mm^2)	F(取付ボルト)(N/mm^2)
$B_A S$	$B_A S$
63	205

7. 計算数値

7.1. 固有周期及び設計用地震力の計算

(1) 固有周期

固有周期の計算結果を以下に示す。

また、案内管の第1次固有周期及び振動モードを図-3-4-3-1.2に示す。

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1次	0.156	6.4
2次	0.128	7.8
3次	0.021	48.6

(2) 設計用地震力

設計用地震力の計算結果として、弾性設計用地震動 S_d の1/2 または静的地震力の大きい方により案内管に生じる最大せん断力及び最大モーメントを図-3-4-3-1.3及び図-3-4-3-1.4に示す。

また、サポート点に最大反力及び最大モーメントを以下に示す。

節点	弾性設計用地震動 S_d の1/2 と静的地震力の大きい方		
	反力 (N)	曲げモーメント (N・mm)	ねじりモーメント (N・mm)
1	660	4.736×10^5	2.976×10^5
3	1138	—	—
5	1552	—	—

固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
0.156	6.4

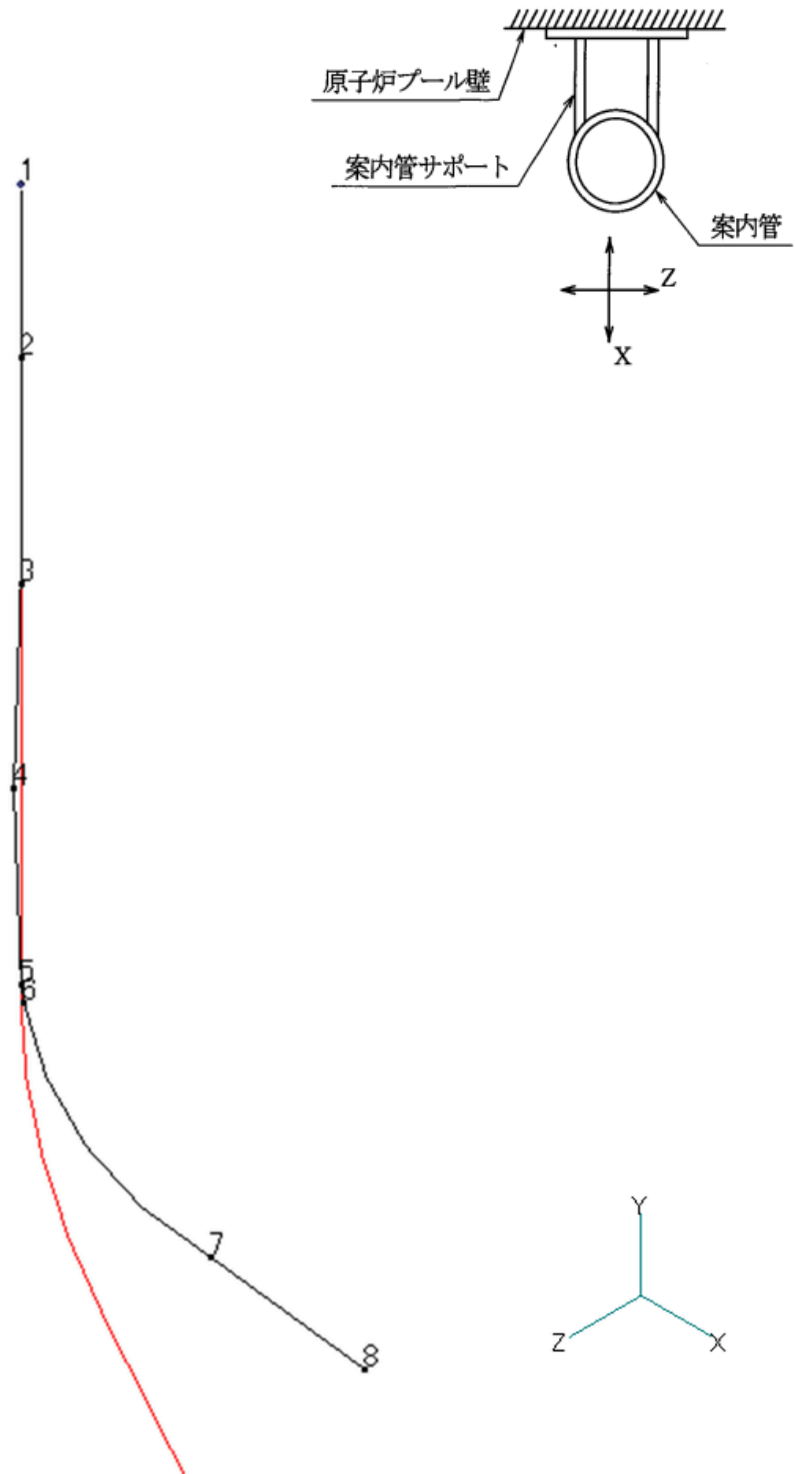


図-3-4-3-1.2 案内管の1次固有周期及び振動モード

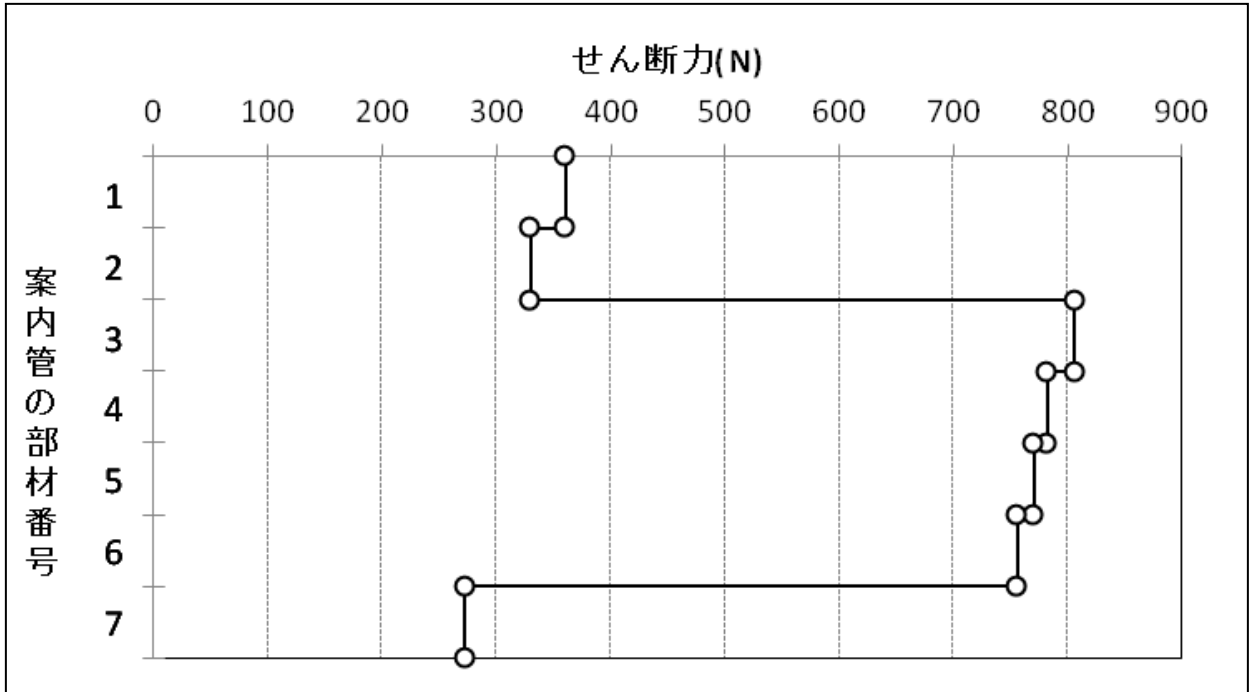


図-3-4-3-1.3 最大せん断力(弾性設計用地震動 S_d の 1/2 または静的地震力)

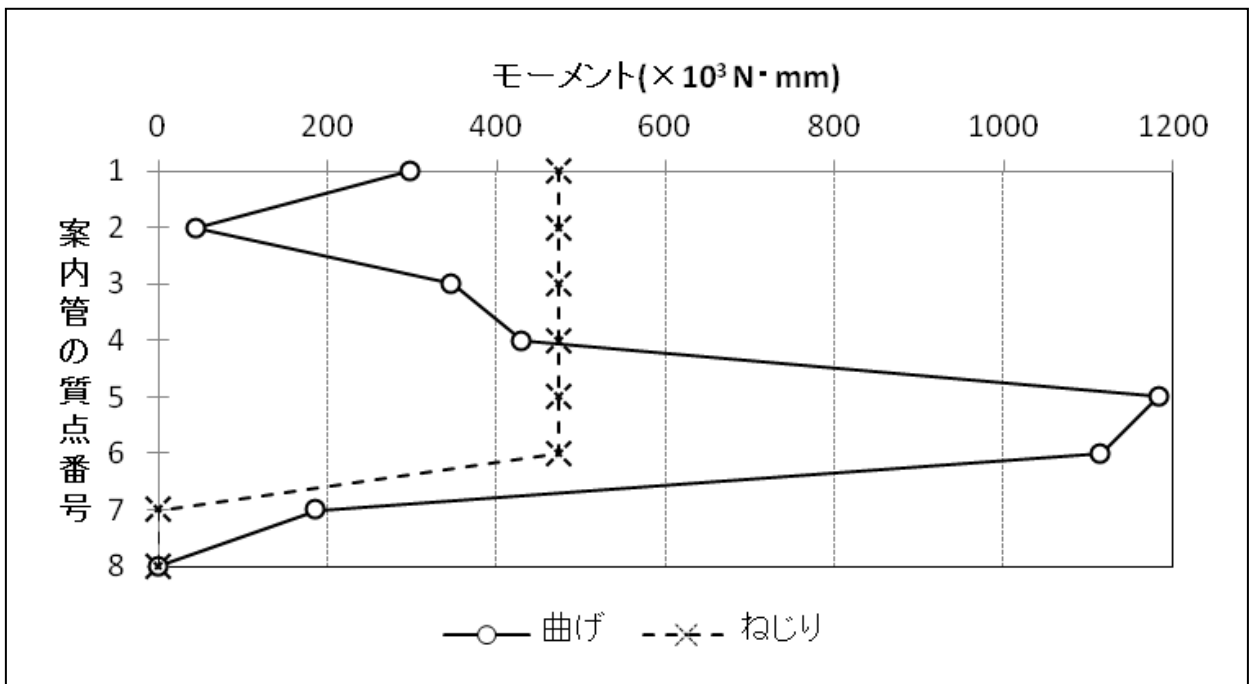


図-3-4-3-1.4 最大モーメント図(弾性設計用地震動 S_d の 1/2 または静的地震力)

7.2. 応力の計算

7.2.1. 許容応力状態 B_AS

(1) 案内管に生じる応力

(単位：N/mm²)

地震の種類	弾性設計用地震動 Sd の 1/2 または静的地震力			
応力の種類	周方向応力	軸方向応力	曲げ応力	せん断応力
原子炉プール水の 外圧による応力	$\sigma_{a\phi} = 1$	$\sigma_{a1} = 1$	—	—
鉛直方向地震力に よる応力	—	$\sigma_{a2} = 1$	$\sigma_{a3} = 14$	—
水平方向地震力に よる応力	—	—	$\sigma_{a4} = 12$	$\tau_{a1} = 1$
				$\tau_{a2} = 3$
組合せ応力	$\sigma_{sa} = 29$			

(2) 案内管サポートに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震の種類	弾性設計用地震動 Sd の 1/2 または静的地震力			
計算の対象	上部		下部	
応力の種類	曲げ応力	せん断応力	曲げ応力	せん断応力
死荷重による応力	$\sigma_{g11} = 4$	$\tau_{g11} = 1$	—	—
鉛直方向地震力に よる応力	$\sigma_{g12} = 16$	$\tau_{g12} = 3$	—	—
水平方向地震力に よる応力	$\sigma_{g13} = 1$	$\tau_{g13} = 1$	$\sigma_{g2} = 3$	$\tau_{g2} = 1$
		$\tau_{g14} = 19$		
組合せ応力	$\sigma_{sg1} = 58$		$\sigma_{sg2} = 4$	

(3) 案内管サポート取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震の種類	弾性設計用地震動 Sd の 1/2 または静的地震力			
計算の対象	上部		下部	
応力の種類	せん断応力	引張応力	せん断応力	引張応力
死荷重による応力	$\tau_{b1} = 8$	$\sigma_{b1} = 23$	$\tau_{b2} = 2$	$\sigma_{b2} = 5$

8. 結論

下表に示すように、許容応力状態 B_AS における算出応力はすべて許容応力以下である。なお、表の算出応力は水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、7.2 項の値を 1.42 倍している。

表-3-4-3-1.2 評価結果

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材		材料	応力	算出応力	許容応力
B _A S	案内管		A5052T-0	組合せ	$\sigma_{sa} = 42$	$f_{ta} = 62$
	案内管 サポート	上部	SUS304	組合せ	$\sigma_{sg1} = 83$	$f_{ta} = 205$
		下部	A5052P-0		$\sigma_{sg2} = 6$	$f_{ta} = 63$
	案内管 サポート 取付ボルト	上部	SUS304	せん断	$\tau_{b1} = 12$	$f_{sb} = 118$
				引張	$\sigma_{b1} = 33$	$f_{ts1} = 153$
		下部		せん断	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb} = 118$
				引張	$\sigma_{b2} = 8$	$f_{ts2} = 153$

3-4-3-2. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機
構案内管の地震応答解析

目次

1. 概要	添 3-4-3-2- 1
2. 解析モデル	添 3-4-3-2- 3
2.1. 自重解析モデル	添 3-4-3-2- 3
2.2. 地震応答解析モデル	添 3-4-3-2- 4
3. 解析データ及び解析方法	添 3-4-3-2- 5
3.1. 解析データ	添 3-4-3-2- 5
3.2. 解析方法	添 3-4-3-2- 5
4. 解析結果	添 3-4-3-2- 8
4.1. 固有値解析結果	添 3-4-3-2- 8
4.2. 自重解析結果	添 3-4-3-2- 9
4.3. 静的地震力解析結果	添 3-4-3-2-10
4.4. Ss 地震応答解析結果	添 3-4-3-2-13
4.5. Sd 地震応答解析結果	添 3-4-3-2-19

1. 概要

本解析書は、制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の地震応答解析を行った結果を示すものである。解析対象とした制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の構造は、図-3-4-3-2.1の概要図に示すとおりである。この地震応答解析結果に基づき、加わる評価用地震荷重を定める。

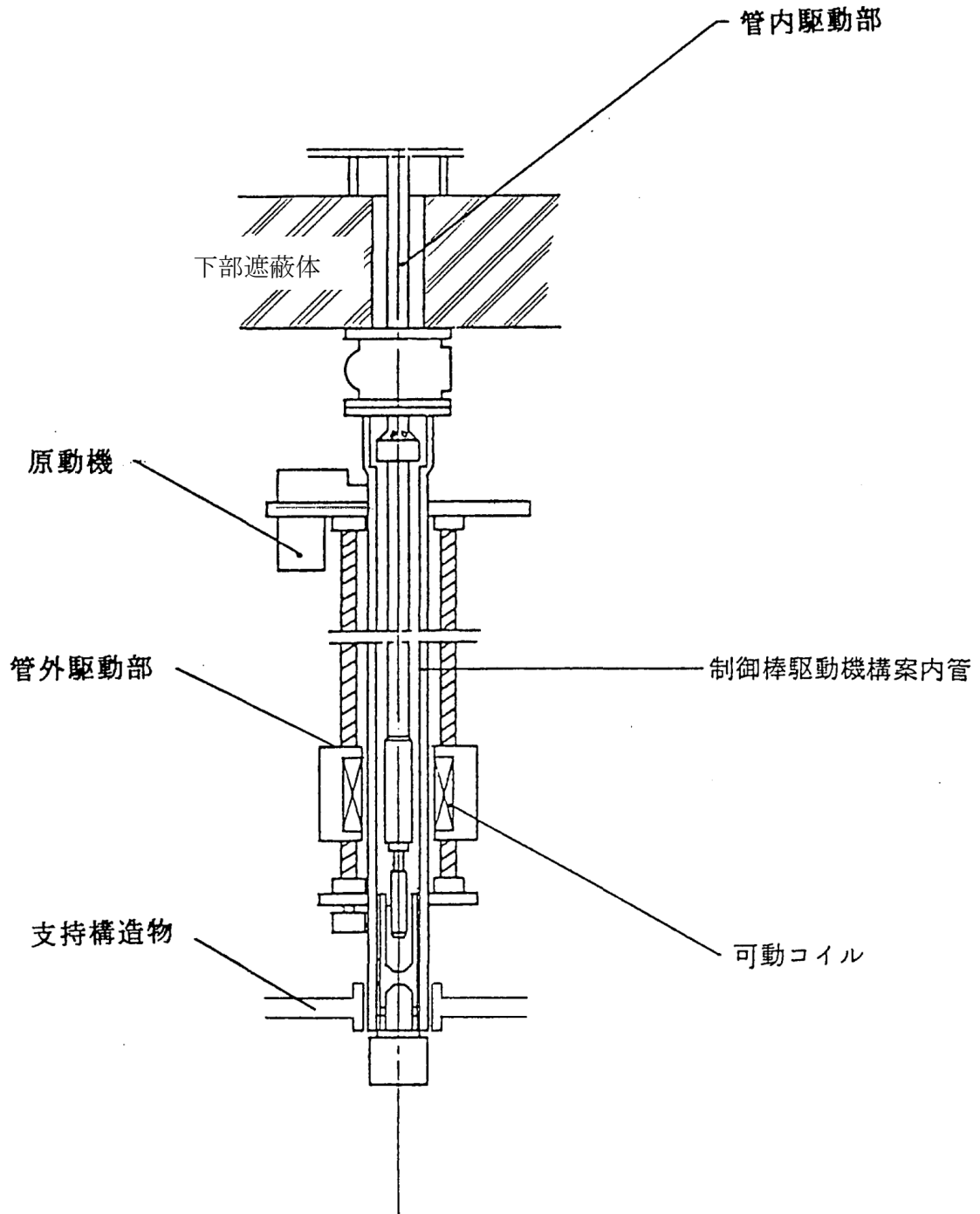


図-3-4-3-2.1 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の構造概要

2. 解析モデル

2.1. 自重解析モデル

制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の自重解析モデルは、軸方向に 15 質点を設け、各質点間を当該機器と等価な曲げ及びせん断剛性を有する梁部材で連結した多質点系モデルとした。各質点には、制御棒駆動機構案内管内の保有水、管内駆動部、可動コイル及び支持構造物の重量を振り分けた。また、梁部材の剛性は制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管について評価した。境界条件は、下部遮蔽体に結合される上端を剛支持とし、下部を支持構造物の水平方向の剛性と等価なばねで支持するものとした。

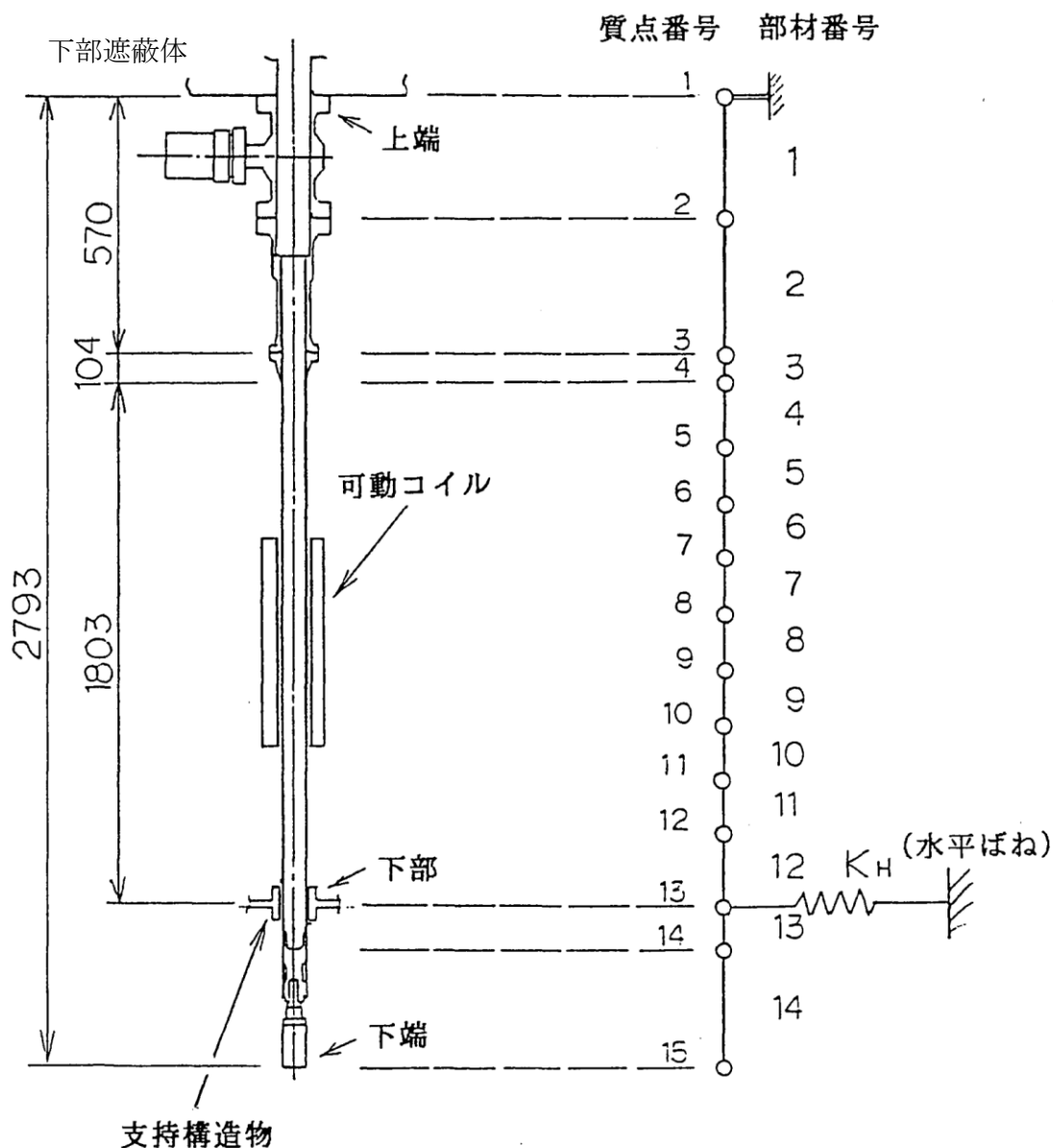


図-3-4-3-2.2 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管 自重解析モデル

2.2. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルを図-3-4-3-2.3に示す。時刻歴応答解析による動的解析では、制御棒6本及び支持構造物を全てモデル化し、より実機に近い詳細な解析モデルとして評価に用いた。

制御棒と支持構造物間は水平2方向に剛相当バネ要素を用いて接続し、支持構造物上部は炉下室天井に固定されているため、完全拘束とした。

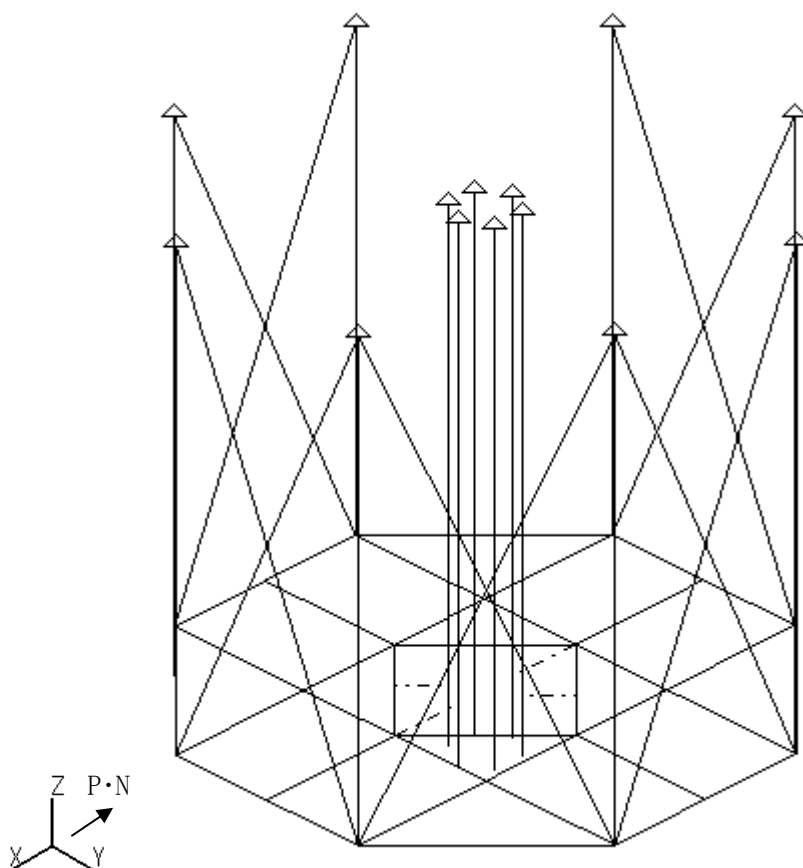


図-3-4-3-2.3 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管 地震応答解析モデル

3. 解析データ及び解析方法

3.1. 解析データ

図-3-4-3-2.2、図-3-4-3-2.3に示した解析モデルの各質点重量、質点位置、断面二次モーメント及びせん断断面積を表-3-4-3-2.1に示す。

3.2. 解析方法

各解析は、解析コード MSC/NASTRAN 2005r2 を用いて行う。

(1) 固有値解析

表-3-4-3-2.1に示す解析定数のデータをもとに、剛性マトリックス、質量マトリックスを作り、固有値解析を実施する。解析モデルを図-3-4-3-2.2に示す。

(2) 自重解析

表-3-4-3-2.1に示すデータを元に、剛性マトリックス、質量マトリックスを作り、自重解析を実施する。解析モデルを図-3-4-3-2.2に示す。

(3) 静的地震力

制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管は多質点系モデルとし、静的地震力による静的解析を行い、各質点の変位、軸力、せん断力、曲げモーメントを求める。解析モデルを図-3-4-3-2.2に示す。

(4) 地震応答解析

時刻歴応答解析による動的解析を行い、各質点の変位、軸力、せん断力及び曲げモーメントを求める。解析モデルを図-3-4-3-2.3に示す。

なお、地震力は建家モデルの質点3の時刻歴応答加速度を用いる。

表-3-4-3-2.1 制御棒解析定数

質点 番号	質点 位置 (mm)	質点 質量 (kg)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	せん断 断面積 (mm ²)	断面積 (mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比	
1	0	12.9	1.18×10 ⁶	975.0	1950.0	1.93×10 ⁵	0.3	
2	-260	18.7		8.66×10 ⁵	1060.0			2120.0
3	-570	7.8	8.99×10 ⁴		167.0			334.0
4	-674	2.6						
5	-970	1.2						
6	-1267	2.2						
7	-1369	16.9						
8	-1561	17.9						
9	-1731	11.7						
10	-1866	6.7						
11	-1970	2.1						
12	-2220	1.0						
13	-2477	3294.3						
14	-2641	1.2	2.23×10 ⁴	151.0	302.0			
15	-2793	0.5						

※上記は水平方向のモデルであり、鉛直方向のモデルでは質点13の質量を10.7kgとする。また、3294.3kgは支持サポート質量を含めるものとする。

—	: H125×125×6.5×9
⋯	: L100×100×10
—	: C150×75×9
- - - -	: L65×65×6

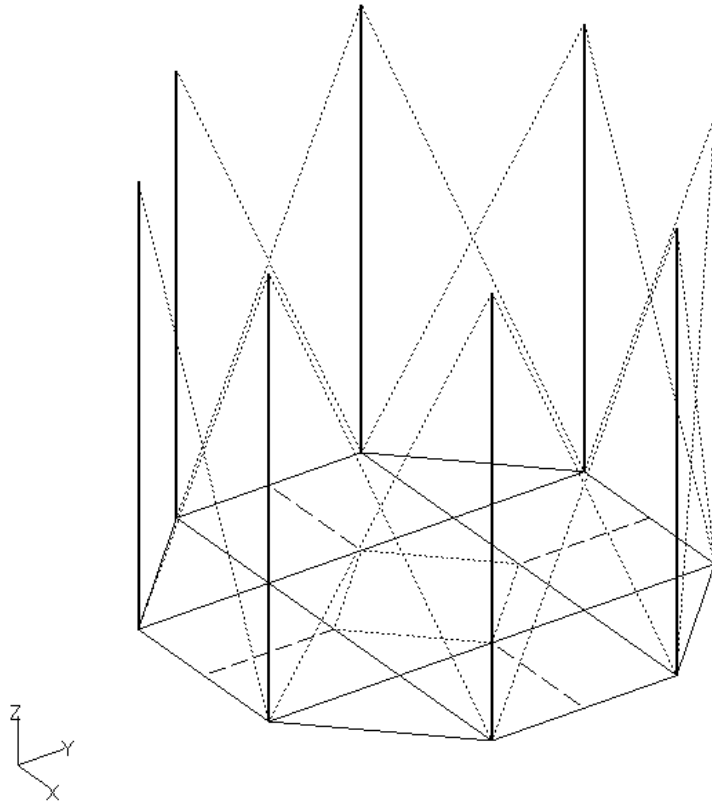


図-3-4-3-2.4 支持構造物における使用鋼材

表-3-4-3-2.2 支持構造物における特性値

鋼材種類	断面積 [mm ²]	断面二次モーメント [mm ⁴]		ねじり 定数 [mm ³]	材質
		I _x	I _y		
H125×125×6.5×9	3.00×10 ³	8.390×10 ⁶	2.930×10 ⁶	7.14×10 ⁴	SS400
L100×100×10	1.90×10 ³	1.750×10 ⁶	1.750×10 ⁶	6.33×10 ⁴	SS400
C150×75×9	2.54×10 ³	8.444×10 ⁶	1.329×10 ⁶	6.85×10 ⁴	SS400
L65×65×6	7.53×10 ²	2.940×10 ⁵	2.940×10 ⁵	8.93×10 ³	SS400

4. 解析結果

4.1. 固有値解析結果

制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の固有値解析結果を表-3-4-3-2.3 に、第1次振動モードを図-3-4-3-2.5 に示す。

表-3-4-3-2.3 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の固有値解析結果

次数	水平方向		鉛直方向	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1	0.097	10.3	0.007	145.4

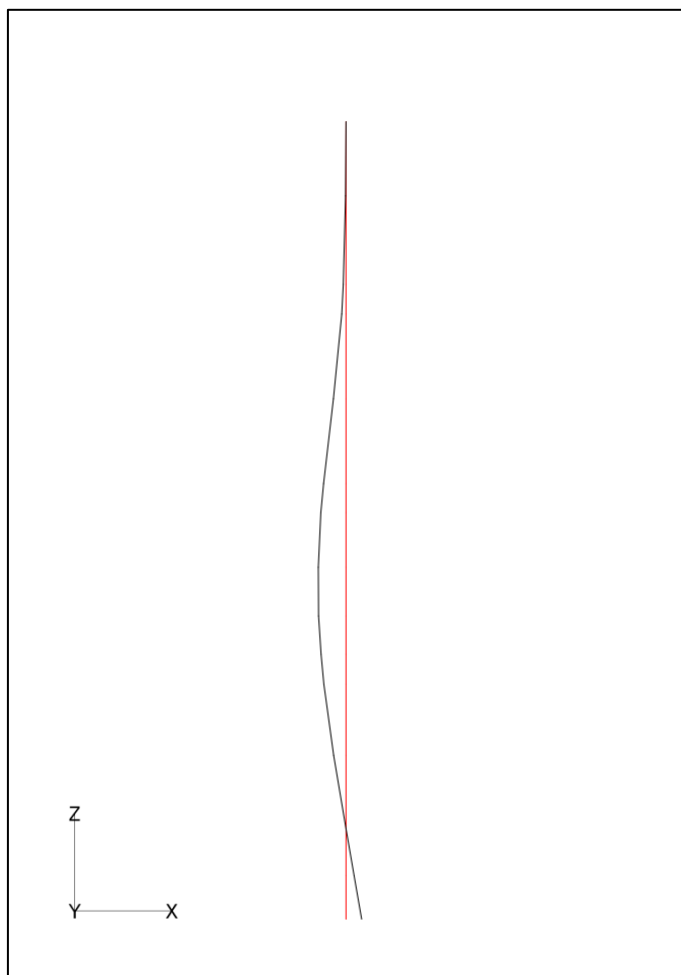


図-3-4-3-2.5 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の第1次振動モード(水平方向)

4.2. 自重解析結果

自重解析結果の鉛直方向変位、軸力をそれぞれ図-3-4-3-2.6、図-3-4-3-2.7に示す。

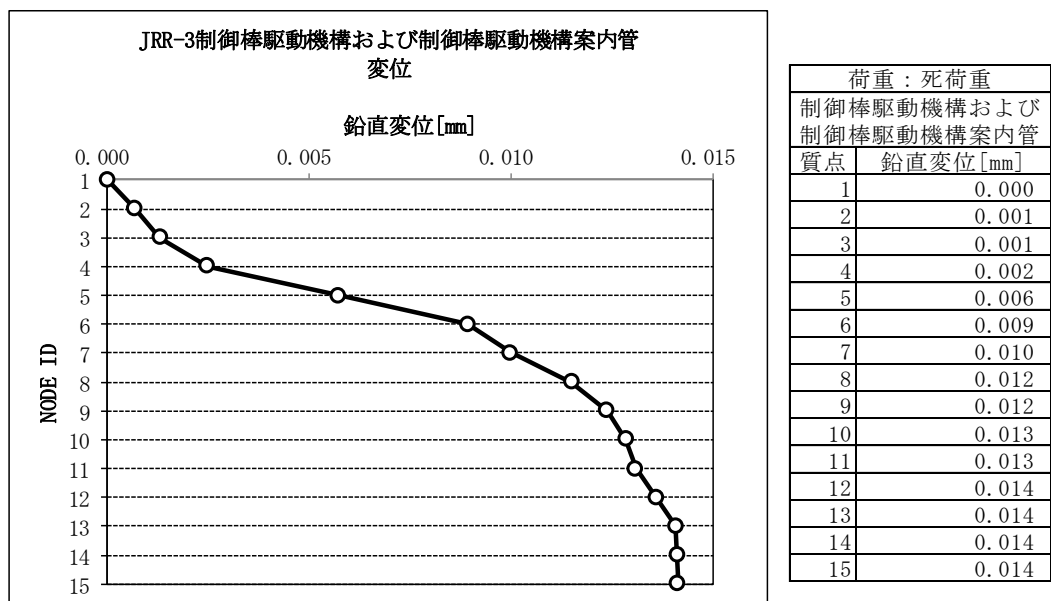


図-3-4-3-2.6 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の鉛直方向変位量
(自重解析)

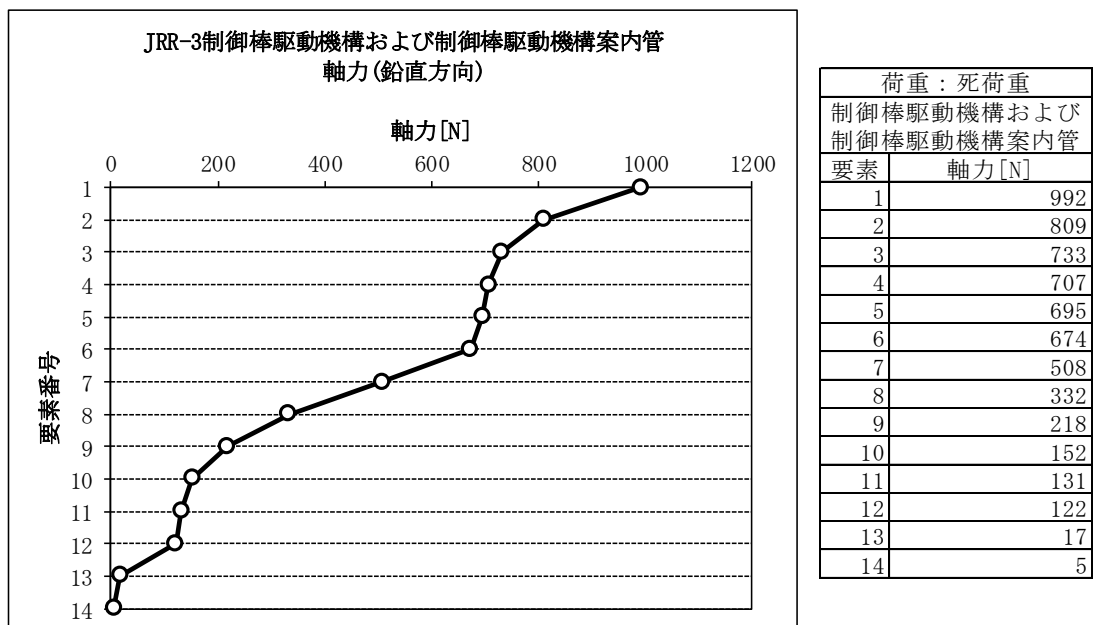


図-3-4-3-2.7 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の軸力
(自重解析)

4.3. 静的地震力解析結果

静的地震力による解析結果の変位、軸力、せん断力、曲げモーメントを図-3-4-3-2.8から図-3-4-3-2.12に示す。

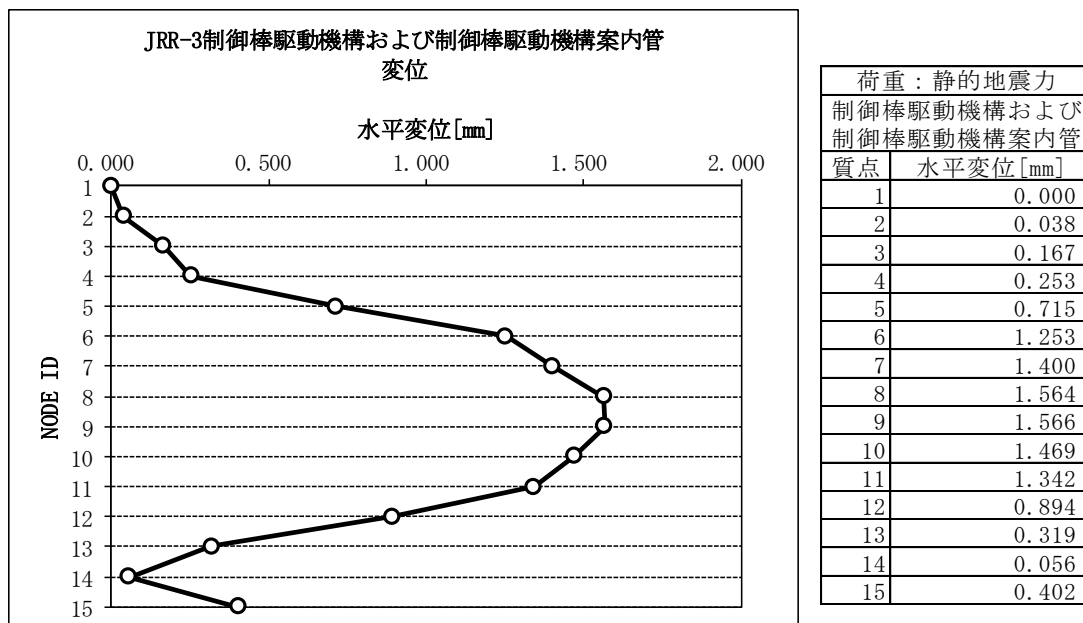


図-3-4-3-2.8 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の水平方向変位量
(静的地震力解析)

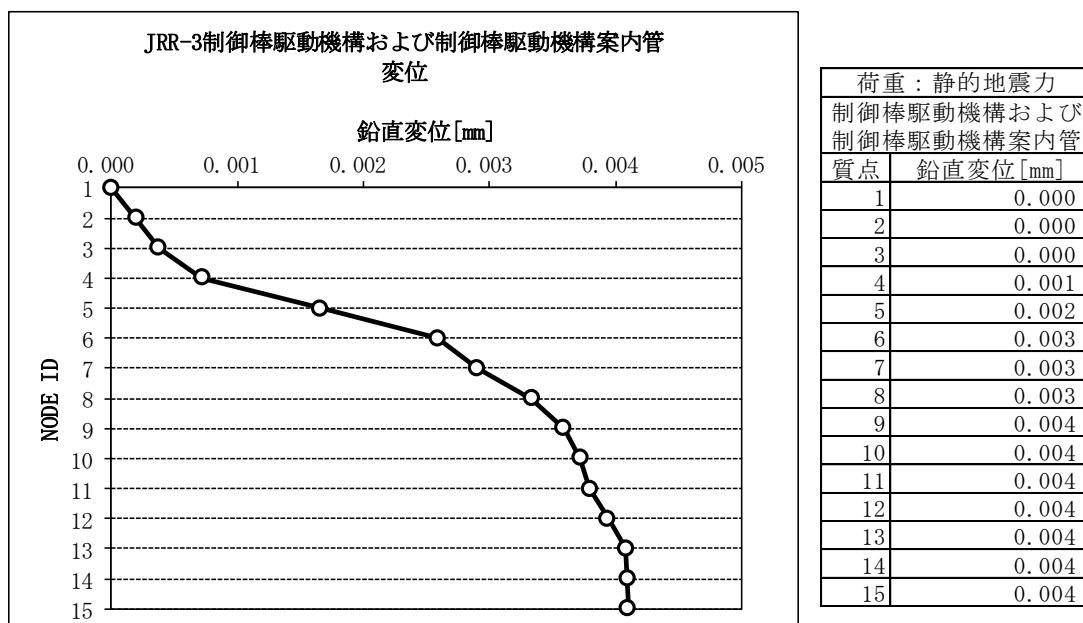
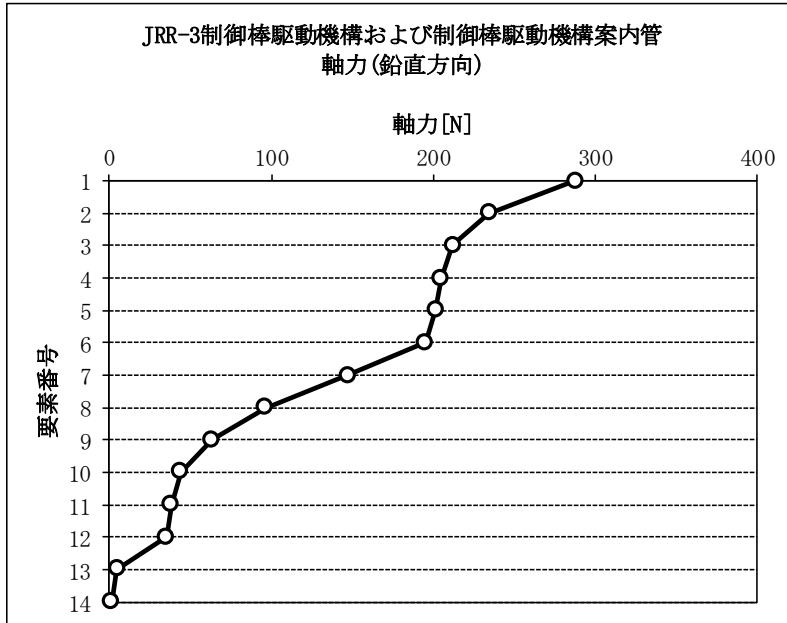
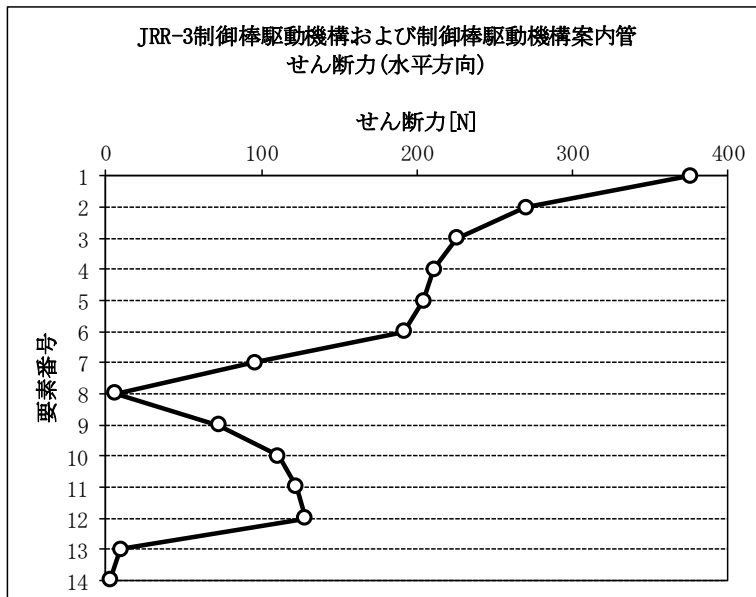


図-3-4-3-2.9 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の鉛直方向変位量
(静的地震力解析)



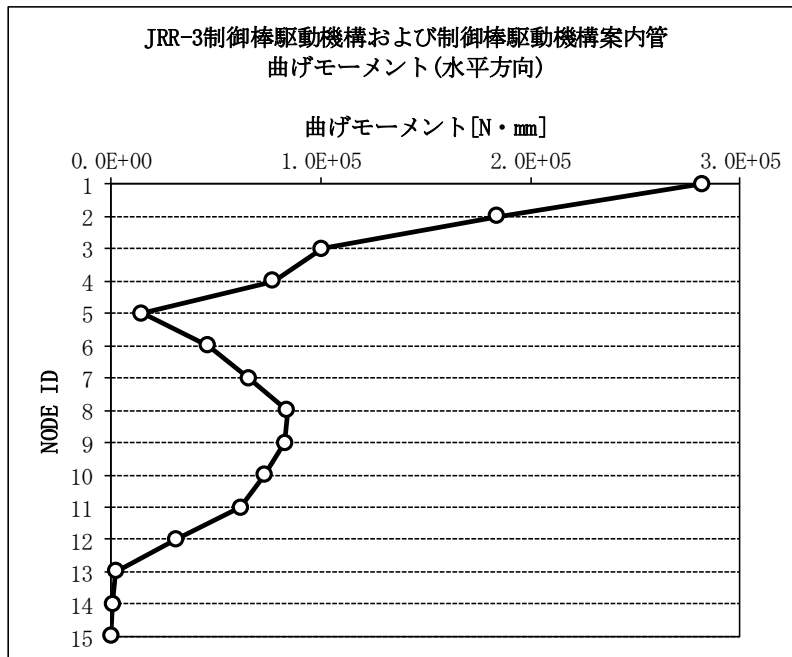
荷重：静的地震力	
制御棒駆動機構および 制御棒駆動機構案内管	
要素	軸力 [N]
1	288
2	235
3	212
4	205
5	202
6	195
7	147
8	96
9	63
10	44
11	38
12	35
13	5
14	1

図-3-4-3-2.10 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の軸力
(静的地震力解析)



荷重：静的地震力	
制御棒駆動機構および 制御棒駆動機構案内管	
要素	せん断力 [N]
1	377
2	270
3	226
4	211
5	204
6	192
7	96
8	6
9	73
10	111
11	123
12	128
13	10
14	3

図-3-4-3-2.11 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のせん断力
(静的地震力解析)

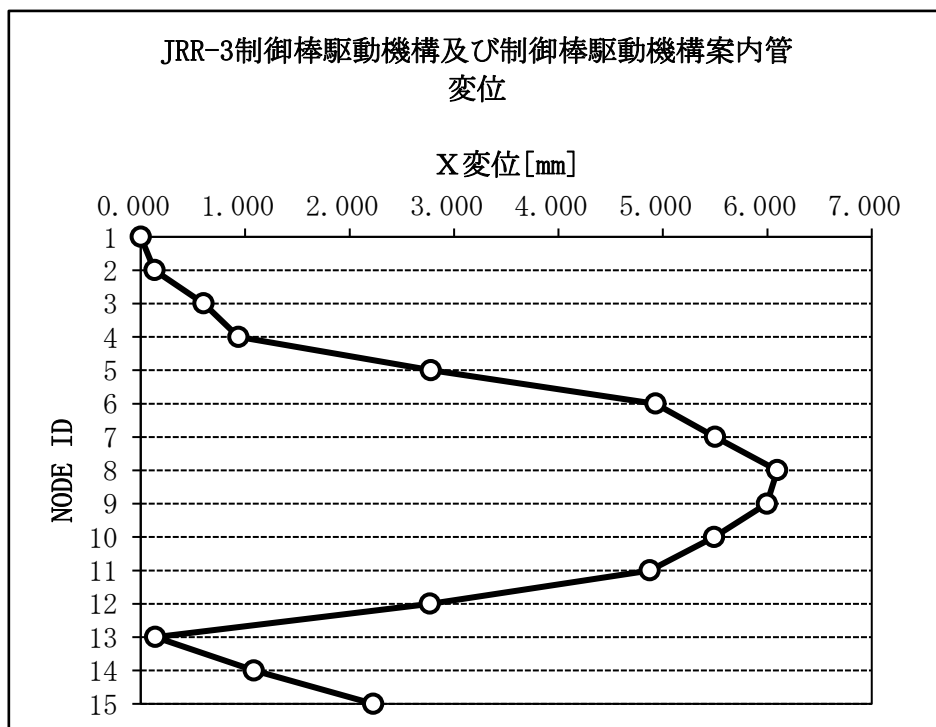


荷重：静的地震力	
制御棒駆動機構および 制御棒駆動機構案内管	
質点	曲げモーメント [N・mm]
1	2.823E+05
2	1.844E+05
3	1.006E+05
4	7.708E+04
5	1.458E+04
6	4.610E+04
7	6.567E+04
8	8.404E+04
9	8.300E+04
10	7.319E+04
11	6.167E+04
12	3.098E+04
13	2.018E+03
14	4.323E+02
15	0

図-3-4-3-2.12 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の曲げモーメント
(静的地震力解析)

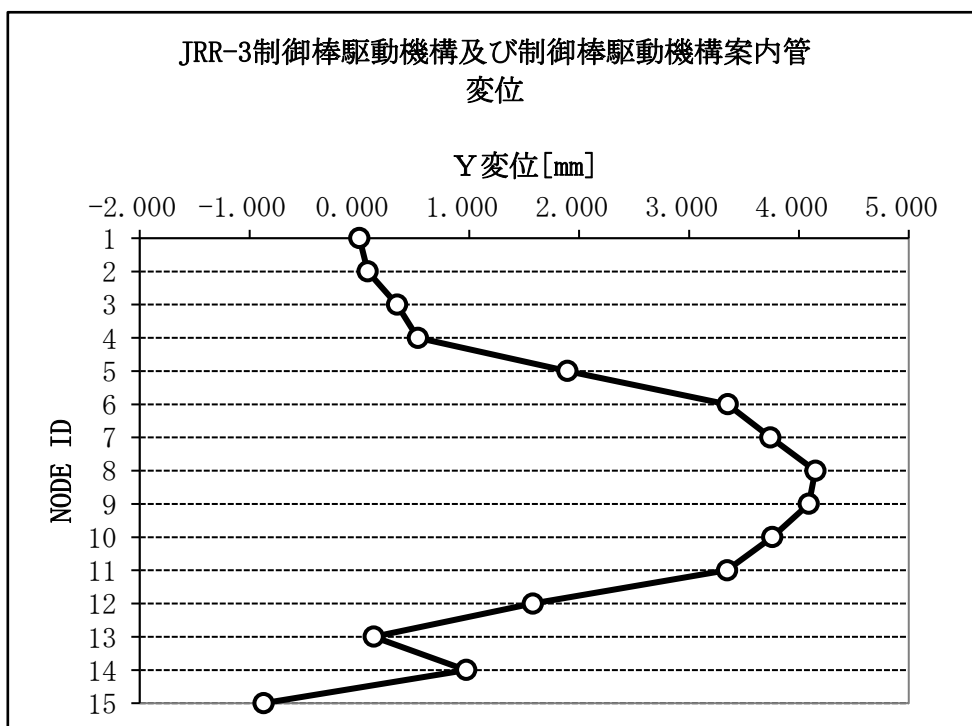
4.4. Ss 地震応答解析結果

地震応答解析結果として、変位、軸力、せん断力及び曲げモーメントの最大を図-3-4-3-2.13 から図-3-4-3-2.18 に示す。



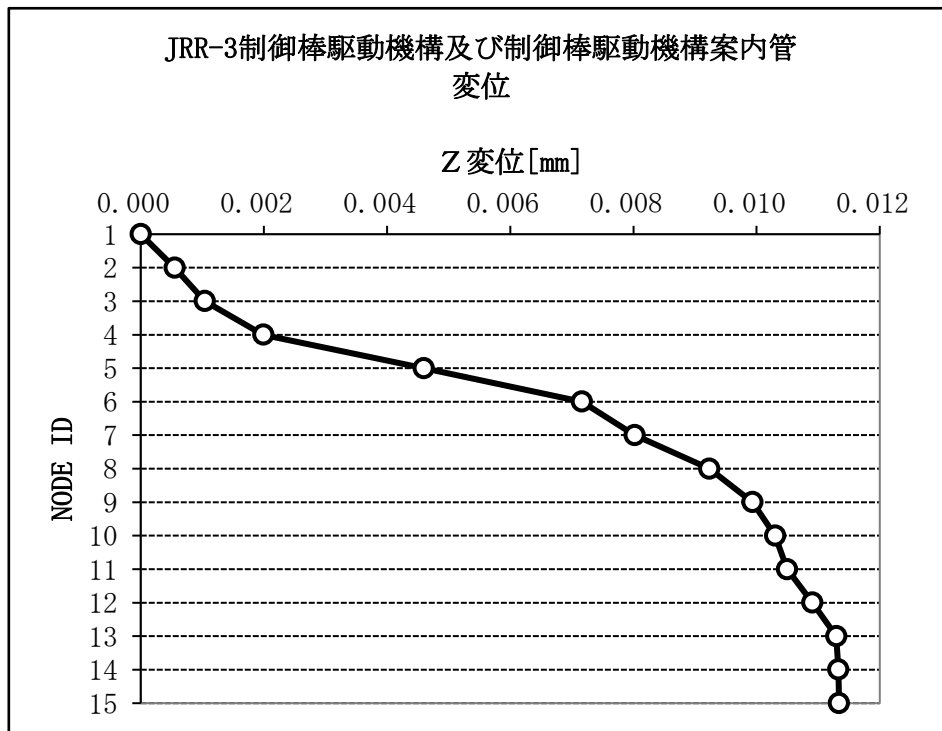
荷重：Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	X変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
3	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
4	0.93	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93
5	2.77	2.77	2.77	2.77	2.78	2.78
6	4.91	4.91	4.91	4.91	4.93	4.93
7	5.48	5.48	5.48	5.48	5.50	5.50
8	6.07	6.07	6.07	6.07	6.10	6.09
9	5.97	5.97	5.97	5.97	6.00	5.99
10	5.47	5.47	5.47	5.47	5.49	5.49
11	4.85	4.85	4.85	4.85	4.87	4.87
12	2.75	2.75	2.76	2.75	2.77	2.77
13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
14	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07
15	2.22	2.23	2.22	2.22	2.22	2.22

図-3-4-3-2.13 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のX方向変位量 (Ss 地震応答解析)



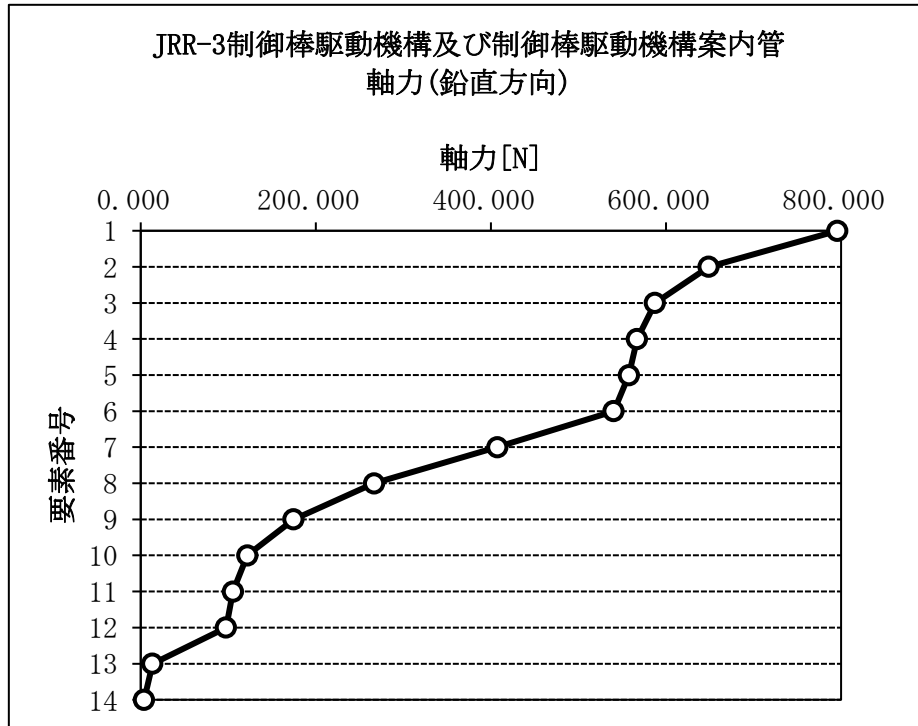
荷重 : Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	Y変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
4	0.52	0.53	0.52	0.52	0.53	0.52
5	1.84	1.85	1.89	1.88	1.87	1.88
6	3.26	3.28	3.35	3.33	3.32	3.32
7	3.63	3.66	3.74	3.72	3.70	3.70
8	4.03	4.06	4.15	4.13	4.10	4.11
9	3.97	4.00	4.09	4.07	4.04	4.05
10	3.64	3.67	3.76	3.73	3.71	3.72
11	3.23	3.26	3.35	3.32	3.30	3.31
12	1.55	1.58	1.55	1.55	1.58	1.55
13	0.10	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12
14	0.96	0.97	0.95	0.95	0.97	0.95
15	-0.87	-0.87	-0.88	-0.88	-0.88	-0.87

図-3-4-3-2.14 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のY方向変位量
(Ss 地震応答解析)



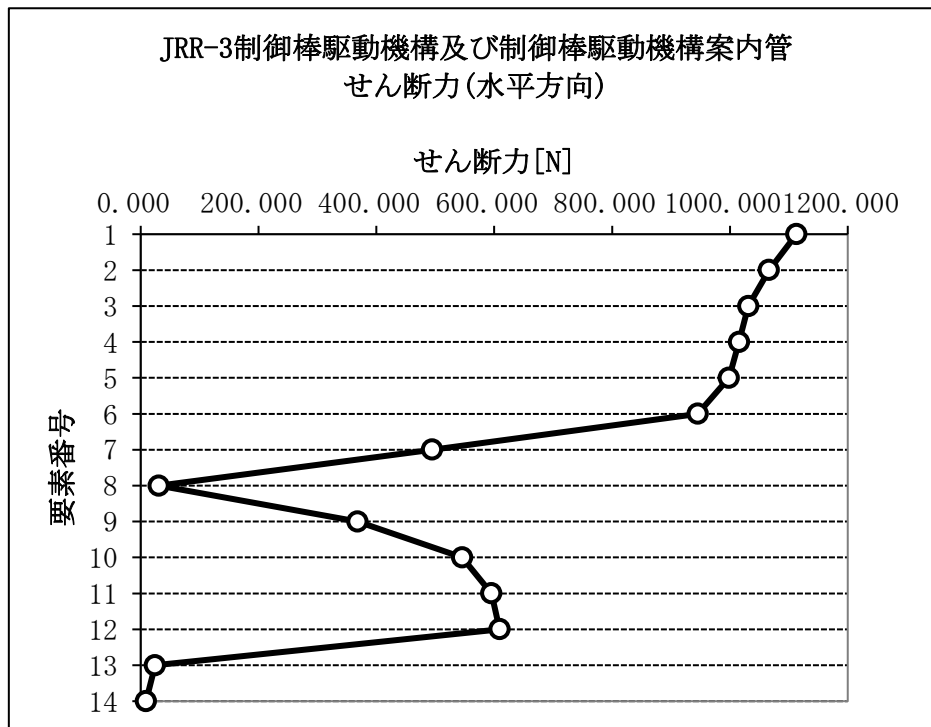
荷重 : Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	Z 変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

図-3-4-3-2.15 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のZ方向変位量
(Ss 地震応答解析)



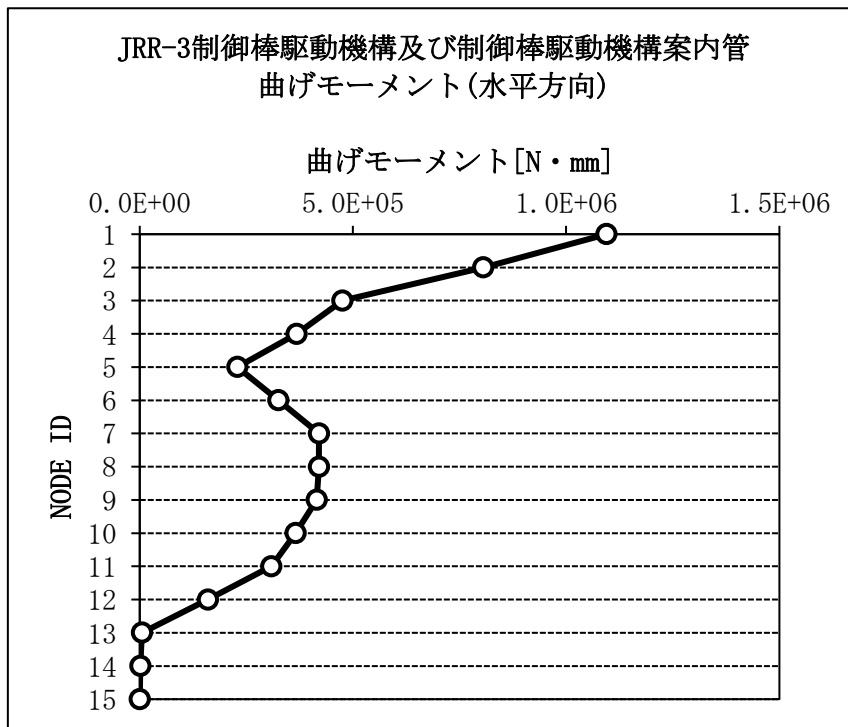
荷重 : Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
要素	軸力 [N]					
1	795	796	796	796	796	795
2	648	649	649	649	649	648
3	587	587	588	588	587	587
4	567	567	567	567	567	567
5	557	557	558	558	557	557
6	540	540	540	540	540	540
7	407	407	407	407	407	407
8	266	267	267	267	267	266
9	174	175	175	175	175	174
10	122	122	122	122	122	122
11	105	105	105	105	105	105
12	97	97	98	98	97	97
13	13	13	13	13	13	13
14	4	4	4	4	4	4

図-3-4-3-2.16 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の軸力
(Ss 地震応答解析)



荷重 : Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
要素	せん断力 [N]					
1	1110	1112	1108	1109	1113	1110
2	1061	1065	1059	1060	1066	1062
3	1025	1029	1024	1024	1031	1027
4	1010	1014	1008	1009	1016	1011
5	993	996	991	992	998	994
6	940	944	939	939	945	941
7	492	494	491	491	495	492
8	31	31	31	31	31	31
9	366	367	365	365	368	366
10	542	545	542	542	546	543
11	592	594	591	591	595	592
12	606	608	605	605	609	606
13	24	24	24	24	24	24
14	9	9	9	9	9	9

図-3-4-3-2.17 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のせん断力
(Ss 地震応答解析)

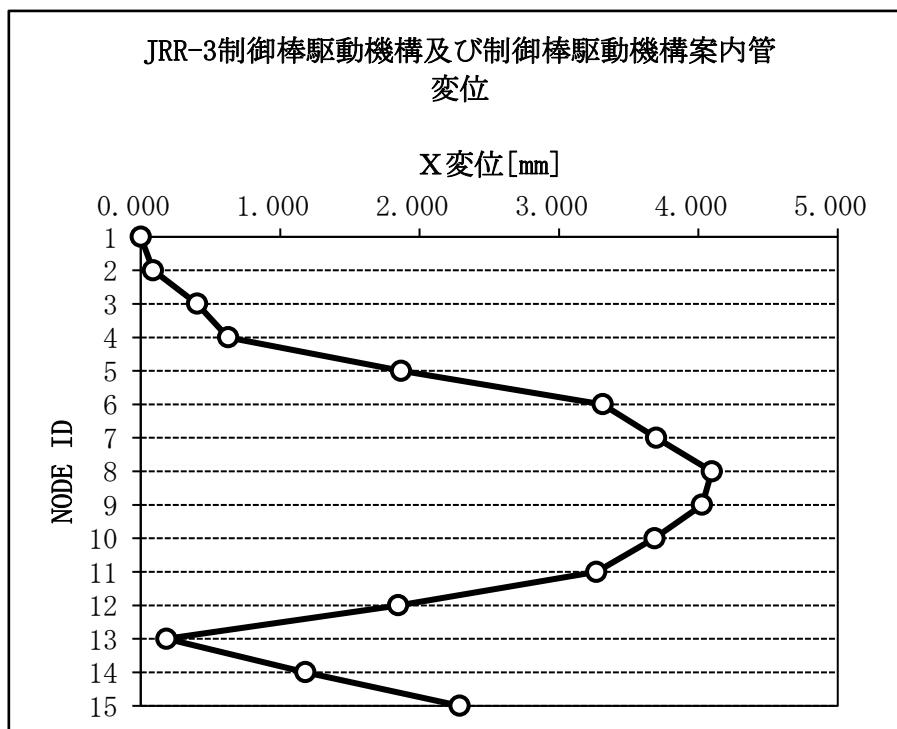


荷重 : Ss 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	曲げモーメント [N・mm]					
1	1.089×10^6	1.093×10^6	1.087×10^6	1.088×10^6	1.095×10^6	1.090×10^6
2	8.014×10^5	8.044×10^5	8.003×10^5	8.006×10^5	8.060×10^5	8.023×10^5
3	4.726×10^5	4.744×10^5	4.720×10^5	4.721×10^5	4.754×10^5	4.732×10^5
4	3.659×10^5	3.673×10^5	3.655×10^5	3.656×10^5	3.681×10^5	3.665×10^5
5	2.278×10^5	2.286×10^5	2.274×10^5	2.275×10^5	2.290×10^5	2.279×10^5
6	3.237×10^5	3.249×10^5	3.231×10^5	3.233×10^5	3.254×10^5	3.239×10^5
7	4.181×10^5	4.197×10^5	4.174×10^5	4.176×10^5	4.204×10^5	4.184×10^5
8	4.181×10^5	4.197×10^5	4.174×10^5	4.176×10^5	4.204×10^5	4.184×10^5
9	4.129×10^5	4.145×10^5	4.123×10^5	4.124×10^5	4.152×10^5	4.133×10^5
10	3.635×10^5	3.649×10^5	3.630×10^5	3.631×10^5	3.655×10^5	3.638×10^5
11	3.071×10^5	3.083×10^5	3.066×10^5	3.068×10^5	3.088×10^5	3.074×10^5
12	1.591×10^5	1.597×10^5	1.589×10^5	1.589×10^5	1.600×10^5	1.593×10^5
13	5.185×10^3	5.184×10^3	5.242×10^3	5.236×10^3	5.237×10^3	5.249×10^3
14	1.360×10^3	1.366×10^3	1.360×10^3	1.361×10^3	1.364×10^3	1.358×10^3
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

図-3-4-3-2.18 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の曲げモーメント
(Ss 地震応答解析)

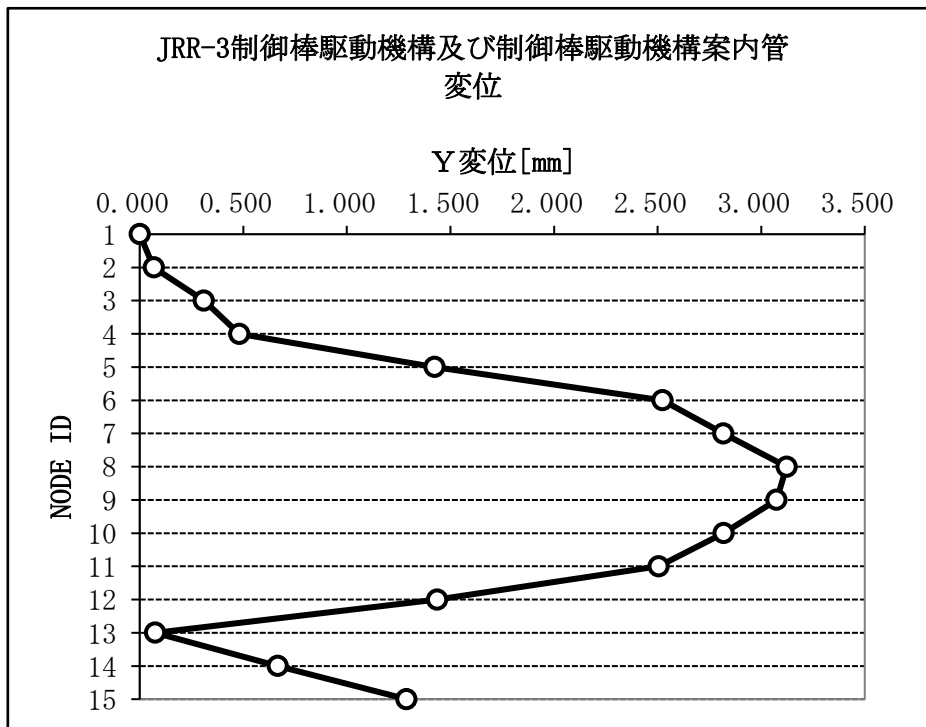
4.5. Sd 地震応答解析結果

地震応答解析結果として、変位、軸力、せん断力及び曲げモーメントの最大を図-3-4-3-2.19 から図 3-4-3-2.24 に示す。



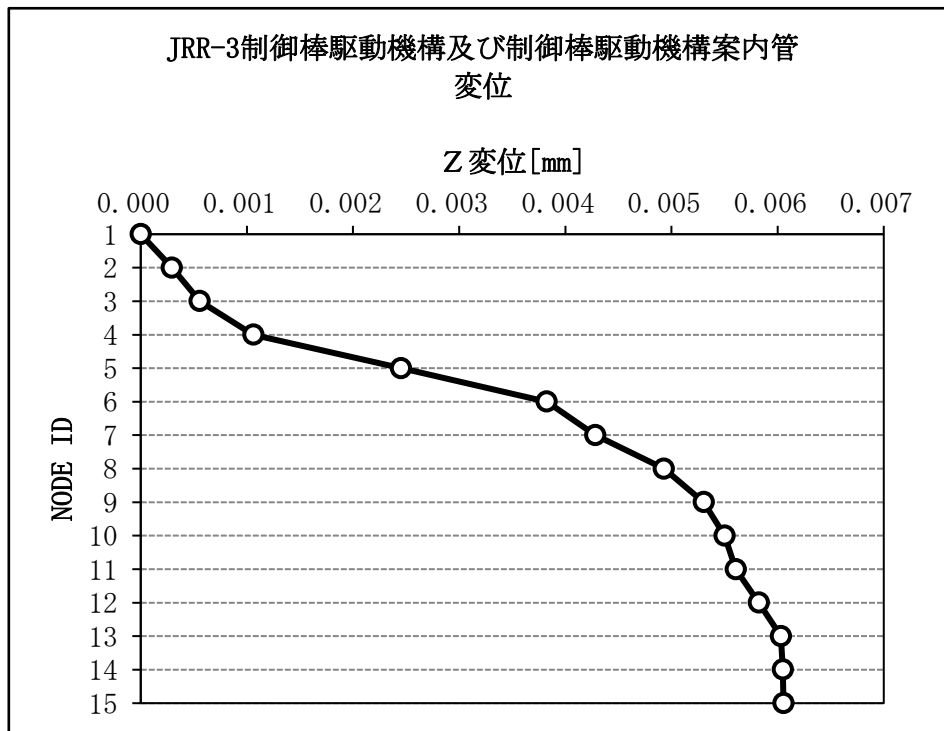
荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	X変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
3	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
4	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
5	1.86	1.86	1.86	1.86	1.87	1.87
6	3.29	3.30	3.30	3.29	3.32	3.32
7	3.67	3.68	3.68	3.67	3.70	3.70
8	4.07	4.08	4.08	4.07	4.10	4.10
9	4.00	4.01	4.01	4.00	4.03	4.03
10	3.66	3.67	3.67	3.66	3.69	3.69
11	3.25	3.25	3.25	3.25	3.27	3.27
12	1.84	1.84	1.84	1.84	1.85	1.85
13	0.16	0.15	0.17	0.16	0.17	0.19
14	1.18	1.18	0.85	1.18	1.19	0.85
15	2.28	2.29	2.28	2.28	2.29	2.29

図-3-4-3-2.19 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のX方向変位量 (Sd 地震応答解析)



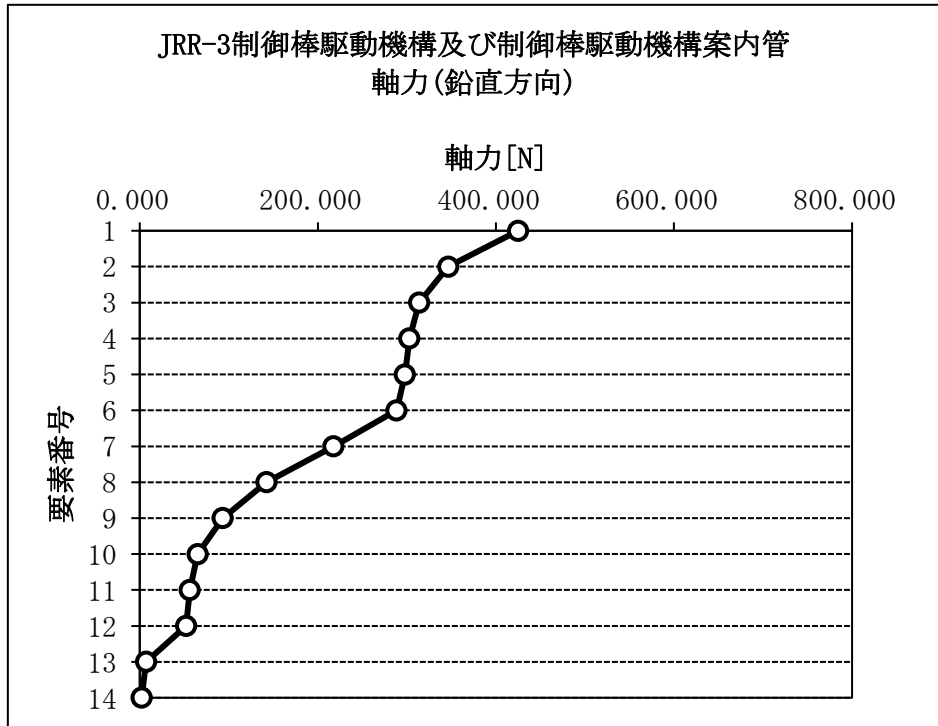
荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	Y変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.31	0.31	0.32	0.31	0.31	0.31
4	0.47	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48
5	1.39	1.40	1.43	1.42	1.42	1.42
6	2.46	2.48	2.53	2.52	2.50	2.51
7	2.74	2.76	2.82	2.81	2.79	2.80
8	3.04	3.06	3.13	3.11	3.10	3.10
9	2.99	3.01	3.08	3.06	3.05	3.05
10	2.74	2.76	2.82	2.81	2.79	2.80
11	2.43	2.45	2.51	2.50	2.48	2.48
12	1.39	1.40	1.44	1.43	1.42	1.42
13	-0.06	-0.07	0.08	0.08	-0.08	0.07
14	0.66	0.67	0.66	0.66	0.67	0.66
15	1.28	1.29	1.27	1.27	1.29	1.27

図-3-4-3-2.20 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のY方向変位量
(Sd 地震応答解析)



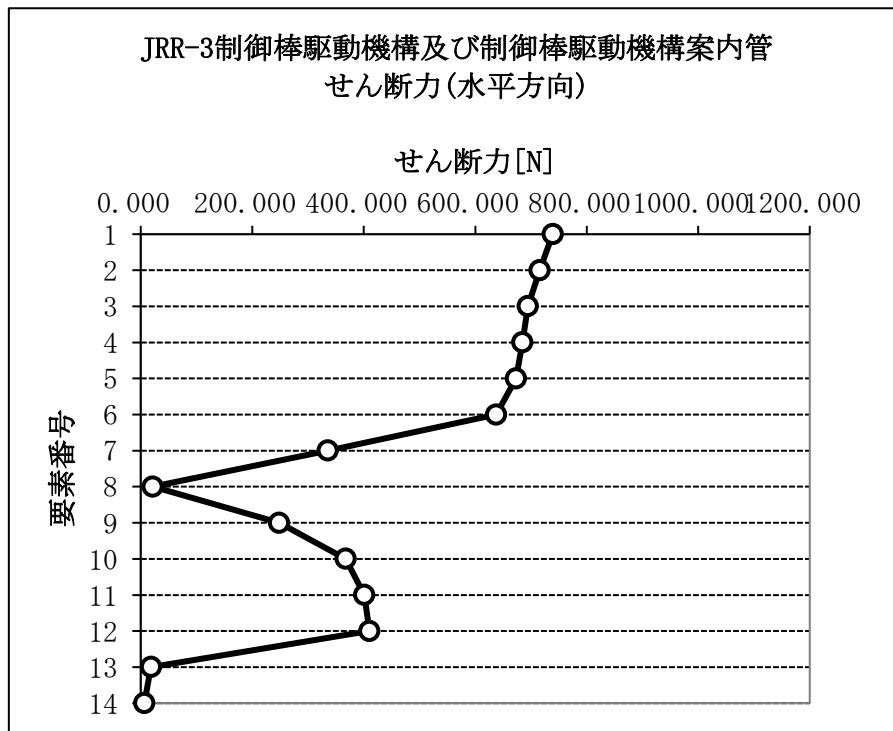
荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	Z 変位 [mm]					
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

図-3-4-3-2.21 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のZ方向変位量
(Sd 地震応答解析)



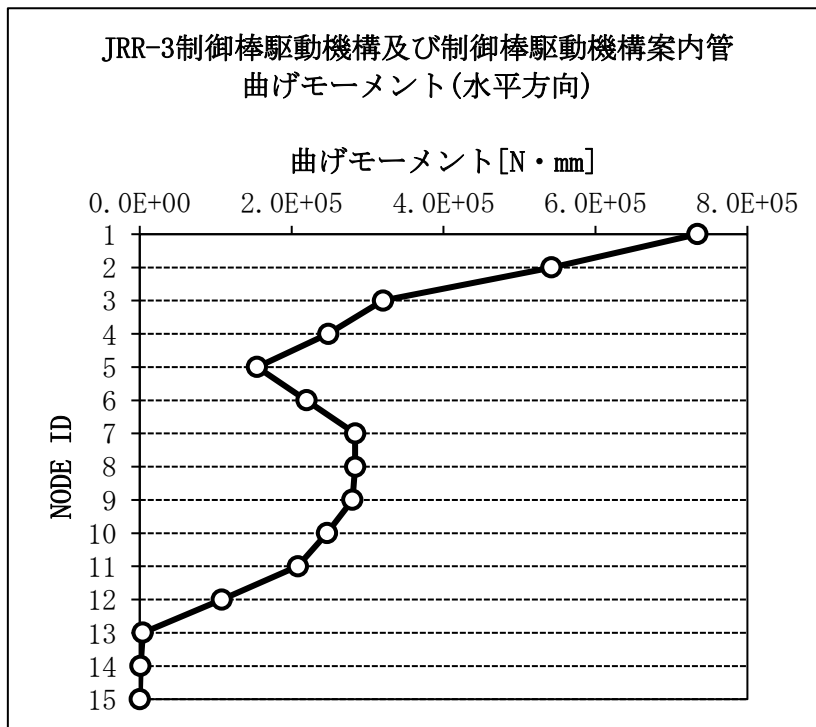
荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
要素	軸力 [N]					
1	425	425	425	425	425	424
2	346	346	347	346	346	346
3	313	314	314	314	313	313
4	302	303	303	303	302	302
5	297	298	298	298	297	297
6	288	288	289	288	288	288
7	217	217	218	218	217	217
8	142	142	142	142	142	142
9	93	93	93	93	93	93
10	65	65	65	65	65	65
11	56	56	56	56	56	56
12	52	52	52	52	52	52
13	7	7	7	7	7	7
14	2	2	2	2	2	2

図-3-4-3-2.22 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の軸力
(Sd 地震応答解析)



荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
要素	せん断力 [N]					
1	733	736	732	732	739	736
2	709	713	709	709	715	713
3	688	691	688	688	694	691
4	679	682	678	678	685	682
5	667	670	667	667	673	670
6	633	635	632	632	637	635
7	333	334	333	333	335	334
8	21	21	21	21	21	21
9	246	247	246	246	248	247
10	365	366	364	364	368	366
11	398	400	397	397	401	399
12	407	409	406	406	410	408
13	18	18	18	18	18	18
14	6	6	7	7	7	7

図-3-4-3-2.23 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管のせん断力
(Sd 地震応答解析)



荷重 : Sd 地震動						
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管						
質点	曲げモーメント [N・mm]					
1	7.279×10^5	7.312×10^5	7.275×10^5	7.272×10^5	7.342×10^5	7.312×10^5
2	5.374×10^5	5.399×10^5	5.372×10^5	5.369×10^5	5.421×10^5	5.399×10^5
3	3.175×10^5	3.190×10^5	3.174×10^5	3.172×10^5	3.203×10^5	3.190×10^5
4	2.460×10^5	2.471×10^5	2.458×10^5	2.458×10^5	2.481×10^5	2.471×10^5
5	1.532×10^5	1.539×10^5	1.530×10^5	1.530×10^5	1.544×10^5	1.538×10^5
6	2.177×10^5	2.186×10^5	2.174×10^5	2.174×10^5	2.195×10^5	2.186×10^5
7	2.813×10^5	2.824×10^5	2.809×10^5	2.810×10^5	2.835×10^5	2.823×10^5
8	2.813×10^5	2.824×10^5	2.809×10^5	2.810×10^5	2.835×10^5	2.823×10^5
9	2.780×10^5	2.791×10^5	2.776×10^5	2.776×10^5	2.800×10^5	2.788×10^5
10	2.447×10^5	2.457×10^5	2.444×10^5	2.444×10^5	2.465×10^5	2.454×10^5
11	2.068×10^5	2.076×10^5	2.066×10^5	2.066×10^5	2.082×10^5	2.073×10^5
12	1.074×10^5	1.078×10^5	1.073×10^5	1.073×10^5	1.081×10^5	1.077×10^5
13	3.955×10^3	3.954×10^3	3.982×10^3	3.982×10^3	3.983×10^3	3.986×10^3
14	9.840×10^2	9.840×10^2	9.920×10^2	9.920×10^2	9.920×10^2	9.930×10^2
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

図-3-4-3-2.24 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の曲げモーメント
(Sd 地震応答解析)

3 - 4 - 3 - 3. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機
構案内管の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-3-3- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-3-3- 1
1.2. 設計降伏点、設計引張強さ及び設計応力強さ	添 3-4-3-3- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-3-3- 2
2. 計算方法	添 3-4-3-3- 8
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-3-3- 8
2.1.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の固有周期の 計算方法(多質点系振動モデル)	添 3-4-3-3- 8
2.1.2. 支持構造物の固有周期の計算方法(1 質点系振動モデル)	添 3-4-3-3- 8
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-3-3-11
2.2.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の応力計算方法	添 3-4-3-3-11
2.2.2. 支持構造物の応力計算方法	添 3-4-3-3-21
3. 評価方法	添 3-4-3-3-24
3.1. 解析方法	添 3-4-3-3-24
3.2. 応力の評価	添 3-4-3-3-24
3.2.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の応力評価	添 3-4-3-3-24
3.2.2. 支持構造物の応力評価	添 3-4-3-3-27
4. 設計条件	添 3-4-3-3-28
4.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管	添 3-4-3-3-28
4.2. 支持構造物	添 3-4-3-3-30
5. 機器要目	添 3-4-3-3-31
5.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管	添 3-4-3-3-31
5.2. 支持構造物	添 3-4-3-3-32
6. 計算数値	添 3-4-3-3-33
6.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の計算数値	添 3-4-3-3-33
6.1.1. 着座器胴に生じる応力	添 3-4-3-3-33
6.1.2. 上部仕切弁に生じる応力	添 3-4-3-3-34
6.1.3. プランジャ案内管(溶接部)に生じる応力	添 3-4-3-3-34
6.1.4. プランジャ案内管に生じる応力	添 3-4-3-3-35
6.1.5. 据付ボルトに生じる応力	添 3-4-3-3-36
6.1.6. プランジャ案内管取付ボルトに生じる応力	添 3-4-3-3-36
6.2. 支持構造物	添 3-4-3-3-37
6.2.1. 筋かいに生じる応力	添 3-4-3-3-37
6.2.2. 支柱に生じる応力	添 3-4-3-3-37
6.2.3. 基礎ボルトに生じる応力	添 3-4-3-3-37
7. 結論	添 3-4-3-3-38
7.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管	添 3-4-3-3-38
7.2. 支持構造物	添 3-4-3-3-40

1. 一般事項

本計算書は、制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管は、上部を据付ボルトにより下部遮蔽体に固定されているものとする。
- (2) 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管は、下部を耐震支持構造物に支持されており、耐震支持構造物は炉下室天井に固定されているものとする。
- (3) 地震力は、制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管に対して、水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (4) 動的地震力 (S_s, S_d) 及び静的地震力に対して評価を行う。

1.2. 設計降伏点、設計引張強さ及び設計応力強さ

本計算書で使用する材料の最高使用温度における設計降伏点、設計引張強さ及び設計応力強さを以下に示す。

材質名		設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)	設計応力強さ S_m (N/mm ²)
SUS304	40°C	205	520	-
	43°C	203	515	-
SUS304L	40°C	175	480	-
	43°C	173	475	-
SS400	40°C	235	400	-

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_1	着座器胴の断面積の2分の1	mm^2
A_2	上部仕切弁出入口部の弁箱の断面積	mm^2
A_{ba}	据付ボルトの断面積	mm^2
A_{bb}	プランジャ案内管取付けボルトの断面積	mm^2
A_i	筋かいの断面積	mm^2
A_j	支柱の断面積	mm^2
A_{bc}	基礎ボルトの断面積	mm^2
B	隣接する支柱間の長さ	mm
b	ガスケット座の有効幅	mm
b_1	支柱の断面寸法	mm
b_2	支柱の断面寸法	mm
C_b	配管反力による曲げ応力に対する応力係数	—
C_H	支持構造物の水平方向設計震度	—
C_V	支持構造物の鉛直方向設計震度	—
D_{vo}	上部仕切弁の出入口部の弁箱の外径	mm
D_{vi}	上部仕切弁の出入口部の弁箱の内径	mm
D_{so1}	着座器胴(下)の外径	mm
D_{si1}	着座器胴(下)の内径	mm
D_{so2}	着座器胴(上)の外径	mm
D_{si2}	着座器胴(上)の内径	mm
D_{wi}	プランジャ案内管(溶接部)のプランジャ案内管の内径	mm
D_{pi}	プランジャ案内管の内径	mm
D_{pa}	据付ボルトのピッチ円直径	mm
D_{pb}	プランジャ案内管取付ボルトのピッチ円直径	mm
D_g	プランジャ案内管取付ボルト部のガスケットの外径	mm
d_{ba}	据付ボルトの径	mm
d_{bb}	プランジャ案内管取付ボルトの径	mm
e_a	据付ボルトの中立軸からの最大距離	mm
e_b	プランジャ案内管取付ボルトの中立軸からの距離	mm
E	筋かい及び支柱の縦弾性係数	N/mm^2
F	JSME SSB-3121.1 に定める値	N/mm^2
F^*	JSME SSB-3121.3 に定める値	N/mm^2
F_0	支柱に作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	N/mm^2
f_{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	N/mm^2
f_{t0}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{ta}	筋かい及び支柱の許容引張応力	N/mm^2
G	据付ボルト部のガスケット面中心径	mm
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
H_s	着座器胴に作用するせん断力	N
H_w	プランジャ案内管(溶接部)に作用するせん断力	N
H_p	プランジャ案内管に作用するせん断力	N
H_a	据付ボルトに作用するせん断力	N
H_b	プランジャ案内管取付ボルトに作用するせん断力	N
h	支柱の長さ	mm
h_1	支柱の断面寸法	mm
h_2	支柱の断面寸法	mm
I_a	据付ボルト1本の断面二次モーメント	mm^4
I_b	プランジャ案内管取付ボルト1本の断面二次モーメント	mm^4
I_{ba}	据付ボルト全数の断面二次モーメント	mm^4
I_{bb}	プランジャ案内管取付ボルト全数の断面二次モーメント	mm^4
I_j	支柱の断面二次モーメント	mm^4
i	モーメント荷重に対する溶接部の応力係数	—
K	モーメント荷重に対する溶接部の係数	—
K_b	一組の筋かいのばね定数	N/mm
K_s	支持構造物の水平方向のばね定数	N/mm
K_p	支柱1本当たりのばね定数	N/mm
K_v	支持構造物の鉛直方向のばね定数	N/mm
ℓ	筋かいの長さ	mm
m	ガスケット係数	—
M_s	着座器胴に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_w	プランジャ案内管(溶接部)に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_p	プランジャ案内管に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_a	据付ボルトに作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_b	プランジャ案内管取付ボルトに作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M	支柱の任意の位置に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$

記号	記号の説明	単位
M_0	支柱に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
n_a	据付ボルトの本数	—
n_b	プランジャ案内管取付ボルトの本数	—
n_j	支柱の本数	—
n_c	一本の支柱の基礎ボルトの本数	—
N	支柱構造物下端に作用する任意の鉛直力	N
P	最高使用圧力	MPa
P_d	上部仕切弁の配管反力による軸方向応力	N/mm^2
P_b	上部仕切弁の配管反力による曲げ応力	N/mm^2
P_t	上部仕切弁の配管反力によるねじり応力	N/mm^2
Q	支柱構造物下端に作用する任意の水平力	N
S	許容引張応力	N/mm^2
S_s	地震力	—
S_a	胴の許容応力	N/mm^2
S_b	上部仕切弁の許容応力	N/mm^2
S_c	上部仕切弁の軸力の許容値	N
S_d	上部仕切弁の曲げモーメントの許容値	$N \cdot mm$
S_e	上部仕切弁のねじりモーメントの許容値	$N \cdot mm$
S_m	設計応力強さ	N/mm^2
S_u	設計引張強さ	N/mm^2
S_y	設計降伏点	N/mm^2
T_H	水平方向の固有周期	s
T_V	鉛直方向の固有周期	s
t_{s1}	着座器胴(下)の厚さ	mm
t_{s2}	着座器胴(上)の厚さ	mm
t_w	プランジャ案内管(溶接部)の厚さ	mm
t_p	プランジャ案内管の厚さ	mm
W_{1a}	据付ボルトに作用する死荷重	N
W_{1av}	据付ボルトに作用する鉛直方向地震荷重	N
W_{1b}	プランジャ案内管取付ボルトに作用する死荷重	N
W_{1bv}	プランジャ案内管取付ボルトに作用する鉛直方向地震荷重	N
W_{2a}	据付ボルトに作用する制御棒スクラム時反力	N
W_{2b}	プランジャ案内管取付ボルトに作用する制御棒スクラム時反力	N
W_{1s}	着座器胴に作用する死荷重	N
W_{1sv}	着座器胴に作用する鉛直方向地震荷重	N

記号	記号の説明	単位
W_{1w}	プランジャ案内管(溶接部)に作用する死荷重	N
W_{1wv}	プランジャ案内管(溶接部)に作用する鉛直方向地震荷重	N
W_{1p}	プランジャ案内管に作用する死荷重	N
W_{1pv}	プランジャ案内管に作用する鉛直方向地震荷重	N
W_{2s}	着座器胴に作用する制御棒スクラム時反力	N
W_{2w}	プランジャ案内管(溶接部)に作用するスクラム時反力	N
W_{2p}	プランジャ案内管に作用するスクラム時反力	N
W	支持構造物に作用する死荷重	N
X_{ia}	各据付ボルトの中立軸からの距離	mm
X_{ib}	各プランジャ案内管取付ボルトの中立軸からの距離	mm
X	支柱の支持構造物下端からの任意の距離	mm
Z_1	着座器胴(上)の断面係数	mm ³
Z_2	上部仕切弁の出入口部の弁箱の断面係数	mm ³
Z_p	上部仕切弁の出入口部の弁箱の極断面係数	mm ³
Z_{ba}	据付ボルト全体の断面係数	mm ³
Z_{bb}	プランジャ案内管取付ボルト全体の断面係数	mm ³
Z_j	支柱の断面係数	mm ³
$\sigma_{s\phi}$	内圧により着座器胴に生じる周方向応力	N/mm ²
$\sigma_{w\phi}$	内圧によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる周方向応力	N/mm ²
$\sigma_{p\phi}$	内圧によりプランジャ案内管に生じる周方向応力	N/mm ²
σ_{sx1}	内圧により着座器胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{wx1}	内圧によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{px1}	内圧によりプランジャ案内管に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{sx2}	死荷重により着座器胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{wx2}	死荷重によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{px2}	死荷重によりプランジャ案内管に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{sx3}	鉛直地震力により着座器胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{wx3}	鉛直地震力によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{px3}	鉛直地震力によりプランジャ案内管に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{sx4}	水平地震力により着座器胴に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{wx4}	水平地震力によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{px4}	水平地震力によりプランジャ案内管に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{sx5}	制御棒スクラム時反力により着座器胴に生じる軸方向応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
σ_{wx5}	制御棒スクラム時反力によりプランジャ案内管(溶接部)に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{px5}	制御棒スクラム時反力によりプランジャ案内管に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_0	胴の一次一般膜応力	N/mm ²
$\sigma_{0s\phi}$	着座器胴の周方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
$\sigma_{0w\phi}$	プランジャ案内管(溶接部)の周方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
$\sigma_{0p\phi}$	プランジャ案内管の周方向一次一般膜応力の和	N/mm ²
σ_{0sxc}	着座器胴の軸方向一次一般膜応力の和(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0wxc}	プランジャ案内管(溶接部)の軸方向一次一般膜応力の和(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0pxc}	プランジャ案内管の軸方向一次一般膜応力の和(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0sxt}	着座器胴の軸方向一次一般膜応力の和(引張側)	N/mm ²
σ_{0wxt}	プランジャ案内管(溶接部)の軸方向一次一般膜応力の和(引張側)	N/mm ²
σ_{0pxt}	プランジャ案内管の軸方向一次一般膜応力の和(引張側)	N/mm ²
σ_{0sc}	着座器胴の組合せ一次一般膜応力(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0wc}	プランジャ案内管(溶接部)の組合せ一次一般膜応力(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0pc}	プランジャ案内管の組合せ一次一般膜応力(圧縮側)	N/mm ²
σ_{0st}	着座器胴の組合せ一次一般膜応力(引張側)	N/mm ²
σ_{0wt}	プランジャ案内管(溶接部)の組合せ一次一般膜応力(引張側)	N/mm ²
σ_{0pt}	プランジャ案内管の組合せ一次一般膜応力(引張側)	N/mm ²
σ_2	胴の地震力のみによる一次+二次応力の変動値	N/mm ²
$\sigma_{2s\phi}$	着座器胴の周方向一次+二次応力の変動値	N/mm ²
$\sigma_{2w\phi}$	プランジャ案内管(溶接部)の周方向一次+二次応力の変動値	N/mm ²
$\sigma_{2p\phi}$	プランジャ案内管の周方向一次+二次応力の変動値	N/mm ²
σ_{2sx}	着座器胴の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
σ_{2wx}	プランジャ案内管(溶接部)の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
σ_{2px}	プランジャ案内管の軸方向一次+二次応力の和	N/mm ²
σ_{2s}	着座器胴の一次+二次応力の変動値	N/mm ²
σ_{2w}	プランジャ案内管(溶接部)の一次+二次応力の変動値	N/mm ²
σ_{2p}	プランジャ案内管の一次+二次応力の変動値	N/mm ²
σ_i	水平地震力により筋かいに生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{jx1}	死荷重により支柱に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{jx2}	鉛直地震力により支柱に生じる軸方向応力	N/mm ²
σ_{jx3}	水平地震力により支柱に生じる曲げ応力	N/mm ²
σ_{jx}	支柱の軸方向一次応力の和	N/mm ²
σ_j	せん断応力を同時に受ける支柱の組合せ応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
σ_{ba1}	内圧により据付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bb1}	内圧によりプランジャ案内管取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{ba2}	死荷重により据付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bb2}	死荷重によりプランジャ案内管取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{ba3}	鉛直地震力により据付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bb3}	鉛直地震力によりプランジャ案内管取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{ba4}	水平地震力により据付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bb4}	水平地震力によりプランジャ案内管取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{ba5}	制御棒スクラム時反力により据付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bb5}	制御棒スクラム時反力によりプランジャ案内管取付ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bc1}	死荷重により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bc2}	鉛直地震力により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{bc3}	水平地震力により基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
σ_{Ba}	据付ボルトの引張応力の和	N/mm ²
σ_{Bb}	プランジャ案内管取付ボルトの引張応力の和	N/mm ²
σ_{Bc}	基礎ボルトの引張応力の和	N/mm ²
τ_s	水平地震力により着座器胴に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_w	水平地震力によりプランジャ案内管(溶接部)に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_p	水平地震力によりプランジャ案内管に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_j	水平地震力により支柱に生じるせん断応力	N/mm ²
τ_B	ボルトのせん断応力の和	N/mm ²
τ_{Ba}	据付ボルトのせん断応力の和	N/mm ²
τ_{Bb}	プランジャ案内管取付ボルトのせん断応力の和	N/mm ²
τ_{Bc}	基礎ボルトのせん断応力の和	N/mm ²
τ_{ba}	水平地震力により据付ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{bb}	水平地震力によりプランジャ案内管取付ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
τ_{bc}	水平地震力により基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
δ	水平地震力による支持構造物のせん断変位	mm
ΔZ	水平地震力による支柱の曲げ変位	mm
π	円周率	—

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

2.1.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の固有周期の計算方法(多質点系振動モデル)

制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の固有周期は「添付書類 3-4-3-2. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の地震応答解析」に示す各質点及び各梁部材の解析データをもとに、剛性マトリックス、質量マトリックスを作り、解析コード MSC/NASTRAN 2005r2 により固有値解析を実施し算出する。

2.1.2. 支持構造物の固有周期の計算方法(1 質点系振動モデル)

(1) 計算モデル

支持構造物は、図-3-4-3-3.1 に示すようなせん断剛性に等価なばねに支持された 1 質点系振動モデルとする。

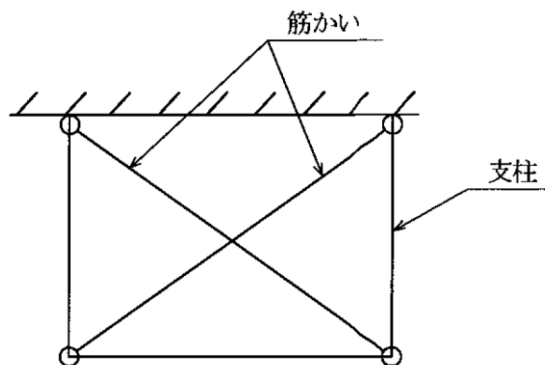


図-3-4-3-3.1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向の固有周期

a. 仮定

- (a) 支持構造物の剛性は、各支柱間に構成される筋かいの水平剛性を考え、圧縮側の筋かいは考慮しないものとする。
- (b) 変形モードは、筋かいの伸びによるせん断変形を考慮する。
- (c) 支持構造物の筋かい、支柱の各接続部はピン結合とする。
- (d) 支持構造物の重量は、その重量の他に制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の重量を加えたものとする。

b. 固有周期

図-3-4-3-3.2 に示すような一組筋かいの下端位置に水平方向の荷重 Q が作用したときに生じるせん断変位 δ は、次式で求まる。

$$\delta = \frac{Q \cdot \ell^3}{A \cdot E \cdot B^2}$$

従って、一組の筋かいのばね定数 K_b は、次式で求まる。

$$K_b = \frac{Q}{\delta} = \frac{A_i \cdot E \cdot B^2}{\ell^3}$$

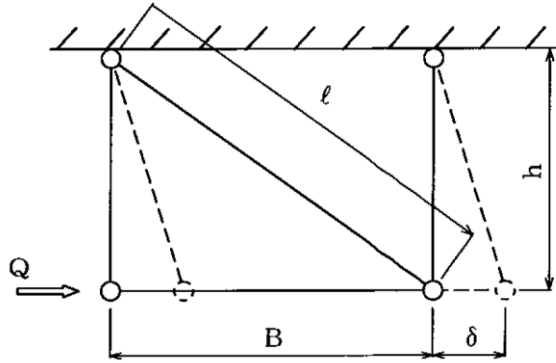


図-3-4-3-3.2 一組の筋かいの変形モデル

支持構造物の底は、本計算書の「4.2 支持構造物」に示す構造から変形しないと仮定できるので、支持構造物の7組の筋かいに対し図-3-4-3-3.3のような振動方向を考えた場合、支持構造物全体の水平方向のばね定数 K_s は、筋かいのばね定数 K_b から次式で求まる。

$$K_s = 3K_b$$

従って、水平方向の固有周期 T_H は次式で求まる。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{1000K_s \cdot g}}$$

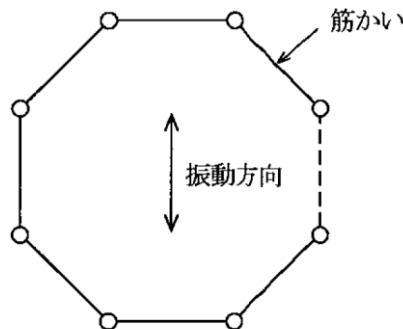


図-3-4-3-3.3 筋かいの配置及び振動方向(平面図)

(3) 鉛直方向の固有周期

a. 仮定

(a) 支持構造物の剛性は、筋かいを考慮しないものとする。

(b) 変形モードは、支柱の伸びによる引張変形を考慮する。

b. 固有周期

一組の筋かいの下端位置に鉛直方向の荷重 N が作用したときに生じる引張変形 δ は、次式で求まる。

$$\delta = \frac{N \cdot h}{A_j \cdot E}$$

従って、支柱 1 本当りのばね定数 K_p は、次式で求まる。

$$K_p = \frac{N}{\delta} = \frac{A_j \cdot E}{h}$$

支持構造物全体の鉛直方向のばね定数 K_v は、支柱 1 本当りのばね定数 K_p から次式で求まる。

$$K_v = n_j \cdot K_p = \frac{n_j \cdot A_j \cdot E}{h}$$

従って、鉛直方向の固有周期 T_v は次式で求まる。

$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{W}{1000K_v \cdot g}}$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の応力計算方法

(1) 着座器胴の応力(第3種容器相当)

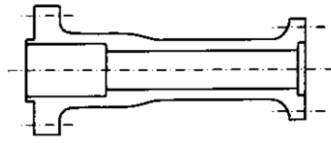


図-3-4-3-3.4 着座器

a. 内圧による応力

$$\sigma_{s\phi} = \frac{P(D_{si2} + 1.2t_{s2})}{2t_{s2}}$$

$$\sigma_{sx1} = \frac{P(D_{si2} + 1.2t_{s2})}{4t_{s2}}$$

b. 外荷重による応力

(a) 死荷重により生じる応力は、次式で求まる。

$$\sigma_{sx2} = \frac{W_{1s}}{\pi(D_{si1} + t_{s1})t_{s1}}$$

(b) 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{sx3} = \frac{W_{1sv}}{\pi(D_{si1} + t_{s1})t_{s1}}$$

(c) 水平地震力による応力

水平地震力により着座器胴は、フランジ接続部で最大になる曲げモーメントを受けるが、上部仕切弁の強度評価との関連から、両者の範囲における曲げモーメントの最大値を適用する。

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、次式で求まる。

$$\sigma_{sx4} = \frac{32D_{so1} \cdot M_s}{\pi(D_{so1}^4 - D_{si1}^4)}$$

$$\tau_s = \frac{2H_s}{\pi(D_{si1} + t_{s1})t_{s1}}$$

(d) 制御棒スクラム時反力による応力

$$\sigma_{sx5} = \frac{W_{2s}}{\pi(D_{si1} + t_{s1})t_{s1}}$$

c. 組合せ応力

(1) a. から (1) b. によって算出した着座器胴の応力を以下のように組合せる。

(a) 一次一般膜応力

組合せ引張応力

$$\sigma_{0s\phi} = \sigma_{s\phi}$$

$$\sigma_{0sxt} = \sigma_{sx1} + \sigma_{sx2} + \sigma_{sx3} + \sigma_{sx4} + \sigma_{sx5}$$

$$\sigma_{0st} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0s\phi} + \sigma_{0sxt} + \sqrt{(\sigma_{0s\phi} - \sigma_{0sxt})^2 + 4\tau_s^2} \right\}$$

組合せ圧縮応力

$$\sigma_{0s\phi} = -\sigma_{s\phi}$$

$$\sigma_{0sxc} = -\sigma_{sx1} - \sigma_{sx2} + \sigma_{sx3} + \sigma_{sx4} - \sigma_{sx5}$$

$$\sigma_{0sc} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0s\phi} + \sigma_{0sxc} + \sqrt{(\sigma_{0s\phi} - \sigma_{0sxc})^2 + 4\tau_s^2} \right\}$$

(b) 一次応力

一次応力は、一次一般膜応力と同じになるので省略することができる。

(c) 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

$$\sigma_{2s\phi} = 0$$

$$\sigma_{2sx} = \sigma_{sx3} + \sigma_{sx4}$$

$$\sigma_{2s} = \sigma_{2s\phi} + \sigma_{2sx} + \sqrt{(\sigma_{2s\phi} - \sigma_{2sx})^2 + 4\tau_s^2}$$

(2) 上部仕切弁の応力(第3種弁相当)

上部仕切弁は、第3種弁の耐震計算のうちバルブの肉厚が接続配管と同等の場合と見なし JSME VVB-3330 の評価を行う。

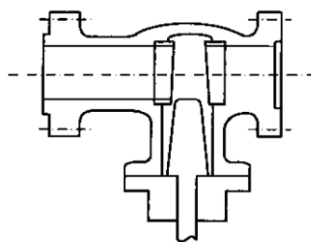


図-3-4-3-3.5 上部仕切弁

$$P_d = \frac{A_1 \cdot S_y}{A_2} \dots\dots\dots (i)$$

$$P_b = \frac{C_b \cdot Z_1 \cdot S_y}{Z_2} \dots\dots\dots (ii)$$

$$P_t = \frac{2Z_1 \cdot S_y}{Z_p} \dots\dots\dots (iii)$$

ここで

$$A_1 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\pi}{4} (D_{so2}^2 - D_{si2}^2) \right\}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (D_{vo}^2 - D_{vi}^2)$$

$$Z_1 = \frac{\pi(D_{so2}^4 - D_{si2}^4)}{32D_{so2}}$$

$$Z_2 = \frac{\pi(D_{vo}^4 - D_{vi}^4)}{32D_{vo}}$$

$$Z_p = \frac{\pi(D_{vo}^4 - D_{vi}^4)}{16D_{vo}}$$

なお、式(i)から(iii)の S_y は上部仕切弁の接続管(=着座器)の260℃における降伏点である。

- (3) プランジヤ案内管 (溶接部) の応力 (第 3 種容器相当)

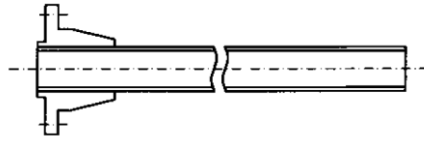


図-3-4-3-3.6 プランジヤ案内管

- a. 内圧による応力

$$\sigma_{w\phi} = \frac{P(D_{wi} + 1.2t_w)}{2t_w}$$

$$\sigma_{wx1} = \frac{P(D_{wi} + 1.2t_w)}{4t_w}$$

- b. 外荷重による応力

- (a) 死荷重により生じる応力は、次式で求まる。

$$\sigma_{wx2} = \frac{W_{1w}}{\pi(D_{wi} + t_w)t_w}$$

- (b) 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{wx3} = \frac{W_{1wv}}{\pi(D_{wi} + t_w)t_w}$$

- (c) 水平地震力による応力

水平地震力によりプランジヤ案内管 (溶接部) は、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、次式で求まる。

$$\sigma_{wx4} = \frac{4M_w \cdot K}{\pi(D_{wi} + t_w)^2 t_w}$$

ここで、

$$K = 0.75i$$

$$\tau_w = \frac{2H_w}{\pi(D_{wi} + t_w)t_w}$$

- (d) 制御棒スクラム時反力による応力

$$\sigma_{wx5} = \frac{W_{2w}}{\pi(D_{wi} + t_w)t_w}$$

c. 組合せ応力

(3)a. から(3)b. によって算出したプランジヤ案内管(溶接部)の応力を以下のよう
に組合せる。

(a) 一次一般膜応力

組合せ引張応力

$$\sigma_{0w\phi} = \sigma_{w\phi}$$

$$\sigma_{0wxt} = \sigma_{wx1} + \sigma_{wx2} + \sigma_{wx3} + \sigma_{wx4} + \sigma_{wx5}$$

$$\sigma_{0wt} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0w\phi} + \sigma_{0wxt} + \sqrt{(\sigma_{0w\phi} - \sigma_{0wxt})^2 + 4\tau_w^2} \right\}$$

組合せ圧縮応力

$$\sigma_{0w\phi} = -\sigma_{w\phi}$$

$$\sigma_{0wxc} = -\sigma_{wx1} - \sigma_{wx2} + \sigma_{wx3} + \sigma_{wx4} - \sigma_{wx5}$$

$$\sigma_{0wc} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0w\phi} + \sigma_{0wxc} + \sqrt{(\sigma_{0w\phi} - \sigma_{0wxc})^2 + 4\tau_w^2} \right\}$$

(b) 一次応力

一次応力は、一次一般膜応力と同じになるので省略することができる。

(c) 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

$$\sigma_{2w\phi} = 0$$

$$\sigma_{2wx} = \sigma_{wx3} + \sigma_{wx4}$$

$$\sigma_{2w} = \sigma_{2w\phi} + \sigma_{2wx} + \sqrt{(\sigma_{2w\phi} - \sigma_{2wx})^2 + 4\tau_w^2}$$

(4) プランジヤ案内管の応力(第3種容器相当)

a. 内圧による応力

$$\sigma_{p\phi} = \frac{P(D_{pi} + 1.2t_p)}{2t_p}$$

$$\sigma_{px1} = \frac{P(D_{pi} + 1.2t_p)}{4t_p}$$

b. 外荷重による応力

(a) 死荷重により生じる応力は、次式で求まる。

$$\sigma_{px2} = \frac{W_{1p}}{\pi(D_{pi} + t_p)t_p}$$

(b) 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{px3} = \frac{W_{1pv}}{\pi(D_{pi} + t_p)t_p}$$

(c) 水平地震力による応力

水平地震力によりプランジヤ案内管は、そのほぼ中央部で最大に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、次式で求まる。

$$\sigma_{px4} = \frac{4M_p}{\pi(D_{pi} + t_p)^2 t_p}$$

$$\tau_p = \frac{2H_p}{\pi(D_{pi} + t_p)t_p}$$

(d) 制御棒スクラム時反力による応力

$$\sigma_{px5} = \frac{W_{2p}}{\pi(D_{pi} + t_p)t_p}$$

c. 組合せ応力

(4)a. から(4)b. によって算出したプランジヤ案内管の応力を以下のように組合せる。

(a) 一次一般膜応力

組合せ引張応力

$$\sigma_{0p\phi} = \sigma_{p\phi}$$

$$\sigma_{0pxt} = \sigma_{px1} + \sigma_{px2} + \sigma_{px3} + \sigma_{px4} + \sigma_{px5}$$

$$\sigma_{0pt} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0p\phi} + \sigma_{0pxt} + \sqrt{(\sigma_{0p\phi} - \sigma_{0pxt})^2 + 4\tau_p^2} \right\}$$

組合せ圧縮応力

$$\sigma_{0p\phi} = -\sigma_{p\phi}$$

$$\sigma_{0pxc} = -\sigma_{px1} - \sigma_{px2} + \sigma_{px3} + \sigma_{px4} - \sigma_{px5}$$

$$\sigma_{0pc} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{0p\phi} + \sigma_{0pxc} + \sqrt{(\sigma_{0p\phi} - \sigma_{0pxc})^2 + 4\tau_p^2} \right\}$$

一次応力は、一次一般膜応力と同じになるので省略することができる。

(b) 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

$$\sigma_{2p\phi} = 0$$

$$\sigma_{2px} = \sigma_{px3} + \sigma_{px4}$$

$$\sigma_{2p} = \sigma_{2p\phi} + \sigma_{2px} + \sqrt{(\sigma_{2p\phi} - \sigma_{2px})^2 + 4\tau_p^2}$$

(5) 据付ボルトの応力

a. 内圧及びガスケット圧縮荷重による応力

$$\sigma_{ba1} = \frac{\pi G^2 P}{4n_a \cdot A_{ba}} + \frac{2\pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot P}{n_a \cdot A_{ba}}$$

b. 外荷重による応力

(a) 死荷重による応力

$$\sigma_{ba2} = \frac{W_{1a}}{n_a \cdot A_{ba}}$$

(b) 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{ba3} = \frac{W_{1av}}{n_a \cdot A_{ba}}$$

(c) 水平地震力による応力

水平地震力により据付ボルトは、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、次式で求まる。

$$\sigma_{ba4} = \frac{M_a}{Z_{ba}}$$

$$\tau_{ba} = \frac{4H_a}{3n_a \cdot A_{ba}}$$

ここで、

$$Z_{ba} = \frac{I_{ba}}{e_a}$$

$$I_{ba} = n_a \cdot I_a + A_{ba} \sum_{i=1}^{n_a} X_{ia}^2$$

$$e_a = \frac{D_{Pa} + d_{ba}}{2}$$

$$I_a = \frac{\pi}{64} d_{ba}^4$$

(d) 制御棒スクラム時反力による応力

$$\sigma_{ba5} = \frac{W_{2a}}{n_a \cdot A_{ba}}$$

c. 組合せ応力

(5) a. から (5) b. によって算出した据付ボルトの応力を以下のように組合せる。

(a) 引張応力

$$\sigma_{Ba} = \sigma_{ba1} + \sigma_{ba2} + \sigma_{ba3} + \sigma_{ba4} + \sigma_{ba5}$$

(b) せん断応力

$$\tau_{Ba} = \tau_{ba}$$

(6) プランジャ案内管取付ボルトの応力

a. 内圧及びガスケット圧縮荷重による応力

$$\sigma_{bb1} = \frac{\pi \cdot D_g^2 \cdot P}{4n_b \cdot A_{bb}}$$

b. 外荷重による応力

(a) 死荷重による応力

$$\sigma_{bb2} = \frac{W_{1b}}{n_b \cdot A_{bb}}$$

(b) 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{bb3} = \frac{W_{1bv}}{n_b \cdot A_{bb}}$$

(c) 水平地震力による応力

水平地震力によりプランジャ案内管上部フランジ取付ボルトは、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、次式で求まる。

$$\sigma_{bb4} = \frac{M_b}{Z_{bb}}$$

$$\tau_{bb} = \frac{4H_b}{3n_b \cdot A_{bb}}$$

ここで、

$$Z_{bb} = \frac{I_{bb}}{e_b}$$

$$I_{bb} = n_b \cdot I_b + A_{bb} \sum_{i=1}^{n_b} X_{ib}^2$$

$$e_b = \frac{D_{pb} + d_{bb}}{2}$$

$$I_b = \frac{\pi}{64} d_{bb}^4$$

(d) 制御棒スクラム時反力による応力

$$\sigma_{bb5} = \frac{W_{2b}}{n_b \cdot A_{bb}}$$

c. 組合せ応力

(6) a. から (6) b. によって算出したプランジャ案内管取付ボルトの応力を以下のように組合せる。

(a) 引張応力

$$\sigma_{Bb} = \sigma_{bb1} + \sigma_{bb2} + \sigma_{bb3} + \sigma_{bb4} + \sigma_{bb5}$$

(b) せん断応力

$$\tau_{Bb} = \tau_{bb}$$

2.2.2. 支持構造物の応力計算方法

(1) 筋かいの応力

- a. 水平地震により筋かいに生じる軸方向応力は、次式で求める。

$$\sigma_i = \frac{C_H \cdot W \cdot E \cdot B}{K_S \cdot \ell^2}$$

(2) 支柱の応力

- a. 死荷重による応力

死荷重により生じる軸方向応力は、次式で求める。

$$\sigma_{jx1} = \frac{W}{n_j \cdot A_j}$$

- b. 鉛直地震力により生じる軸方向応力は、次式で求める。

$$\sigma_{jx2} = \frac{C_V \cdot W}{n_j \cdot A_j}$$

- c. 水平地震力による応力

水平地震力による水平変位によって生じる応力の計算モデルを図-3-4-3-3.7に示す。この場合、支柱の上部接合部は多数のボルトで取り付けられ、下端はせん断変形を考慮するためにそれぞれ固定端とすると、変位 ΔZ により生じるモーメント及びせん断力は、次式で求まる。

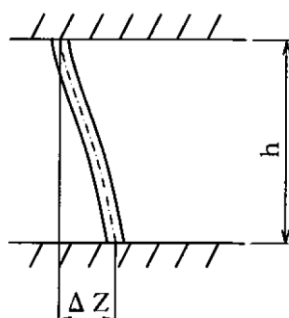


図-3-4-3-3.7 水平地震力による水平変位

$$M = \frac{6E \cdot I_j}{h^2} (2X - h)\Delta Z$$

$$M_0 = \frac{6E \cdot I_j}{h^2} \Delta Z$$

$$F_0 = \frac{12E \cdot I_j}{h^3} \Delta Z$$

ここで、

$$\Delta Z = \frac{C_H \cdot W}{K_S}$$

従って、支柱の地震時の変位による固定端モーメントに対する軸方向応力は、次式で求まる。

$$\sigma_{jx3} = \frac{M_0}{Z_j}$$

ここで、

$$I_j = \frac{b_2 \cdot h_2^3 - b_1 \cdot h_1^3}{12}$$

$$Z_j = \frac{(h_2 - h_1)b_2^3 + h_1(b_2 - b_1)^3}{6b_2}$$

また、固定端におけるせん断応力は、次式で求まる。

$$\tau_j = \frac{F_0}{h_1(b_2 - b_1)}$$

d. 組合せ応力

(2)a. から(2)c. によって算出した支柱の応力を以下のように組合せる。

$$\sigma_{jx} = \sigma_{jx1} + \sigma_{jx2} + \sigma_{jx3}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_{jx}^2 + 3\tau_j^2}$$

(3) 基礎ボルトの応力

a. 死荷重による応力

$$\sigma_{bc1} = \frac{A_j \cdot \sigma_{jx1}}{n_c \cdot A_{bc}}$$

b. 鉛直地震力による応力

$$\sigma_{bc2} = \frac{A_j \cdot \sigma_{jx2}}{n_c \cdot A_{bc}}$$

c. 水平地震力による応力

$$\sigma_{bc3} = \frac{A_j \cdot \sigma_{jx3}}{n_c \cdot A_{bc}}$$

$$\tau_{bc} = \frac{4A_j \cdot \tau_j}{3n_c \cdot A_{bc}}$$

d. 組合せ応力

(3)a. から(3)c. によって算出した基礎ボルトの応力を以下のように組合せる。

(a) 引張応力

$$\sigma_{Bc} = \sigma_{bc1} + \sigma_{bc2} + \sigma_{bc3}$$

(b) せん断応力

$$\tau_{Bc} = \tau_{bc}$$

3. 評価方法

3.1. 解析方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。水平 2 方向の組合せを考慮するため、時刻歴応答解析においては 3 波同時加振とした。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の応力評価

(1) 着座器胴、プランジャ案内管(溶接部)及びプランジャ案内管の応力評価

2.2.1(1)c. 項、2.2.1(3)c. 項及び2.2.1(4)c. 項で求めた組合せ応力が、最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

許容応力 S_a 許容応力状態	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次 応力範囲
III_{AS}	$\min [S_y, 0.6S_u]$ ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッ ケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	左欄の 1.5 倍	$2S_y$
IV_{AS}	$0.6S_u$	左欄の 1.5 倍	

(2) 上部仕切弁の応力評価

2.2.1(2)項で求めた上部仕切弁の軸方向応力 P_d 、曲げ応力 P_b 、ねじり応力 P_t は、
260°Cの温度における許容応力 S_b 以下であること。

許容応力 S_b 許容応力状態	軸方向応力 P_d	曲げ応力 P_b	ねじり応力 P_t
III _A S	設計応力強さ S_m の 1.5 倍		
IV _A S			

(3) 据付ボルト及びプランジャ案内管取付ボルトの応力評価

2.2.1(5)c. 及び2.2.1(6)c. 項で求めた据付ボルト及びプランジャ案内管取付ボルトの引張応力 σ_{Ba} 、 σ_{Bb} は次式より求めた引張力及びせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_{Ba} 、 τ_{Bb} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = \min [1.4f_{t0} - 1.6\tau_B, f_{t0}]$$

許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

3.2.2. 支持構造物の応力評価

(1) 筋かい及び支柱の応力評価

2.2.2(1)a. 項で求めた筋かいの軸方向応力及び2.2.2(2)d. 項で求めた支柱の組合せ応力が、筋かい及び支柱の許容引張応力 f_{ta} 以下であること。

許容引張応力 f_{ta}
$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

(2) 基礎ボルトの応力評価

2.2.2(3)d. で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{Bc} は、次式より求めた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 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_{Bc} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = \min [1.4f_{t0} - 1.6\tau_B, f_{t0}]$$

許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 設計条件

4.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ(m)	固有振動数(Hz) ^(注2)		動的地震力 (S_s 及び S_d) ^(注3)		静的地震力		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
制御棒駆動機構 及び 制御棒駆動機構案内管	S	原子炉建家 ^(注1) 1FL-1.0	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	0.9807	43
			10.3	145.4	時刻歴応答解析による		$C_H=0.58$	$C_V=0.29$		

注1：制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の基準床レベルを示す。

注2：「添付書類 3-4-3-2. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の地震応答解析」による。

注3：原子炉建家モデルの質点3の応答加速度を用いた。

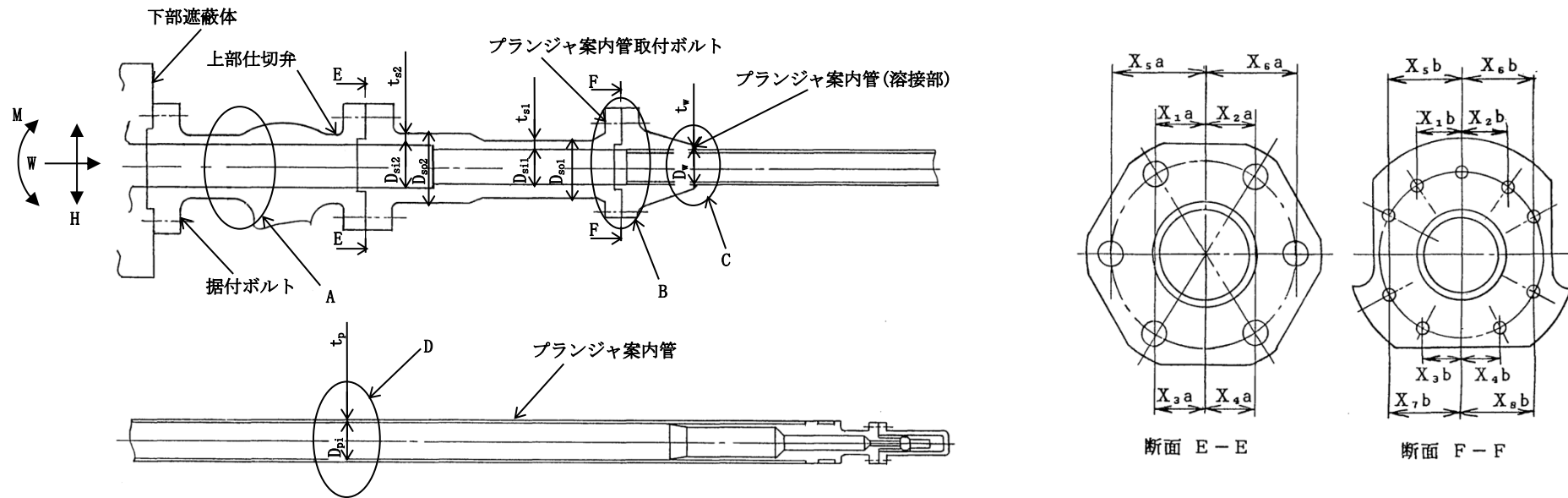


図-3-4-3-3.8 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管

解析結果 ^(注2)					
作用荷重	荷重作用点	鉛直力		水平力 H(N)	モーメント M(N・mm)
		W ₁ (N)	W ₂ (N)		
死荷重	据付ボルト	1119	-	-	-
	A	992	-	-	-
	B	809	-	-	-
	C	733	-	-	-
	D	707	-	-	-
静的地震力	据付ボルト	324	-	450	2.823×10 ⁵
	A	288	-	377	2.823×10 ⁵
	B	235	-	270	1.844×10 ⁵
	C	212	-	226	1.006×10 ⁵
	D	205	-	211	8.404×10 ⁴
基準地震動 S _s	据付ボルト	897	-	1205	1.095×10 ⁶
	A	796	-	1113	1.095×10 ⁶
	B	649	-	1066	8.060×10 ⁵
	C	588	-	1031	4.754×10 ⁵
	D	567	-	1016	4.204×10 ⁵
弾性設計用 地震動 S _d	据付ボルト	479	-	774	7.342×10 ⁵
	A	425	-	739	7.342×10 ⁵
	B	347	-	715	5.421×10 ⁵
	C	314	-	694	3.203×10 ⁵
	D	303	-	685	2.835×10 ⁵

外荷重条件					
作用荷重	荷重作用点	鉛直力		水平力 H(N)	モーメント M(N・mm)
		W ₁ (N)	W ₂ (N)		
スクラム荷重	据付ボルト	-	29518	-	-
	A	-	29518	-	-
	B	-	4021	-	-
	C	-	4021	-	-
	D	-	4021	-	-

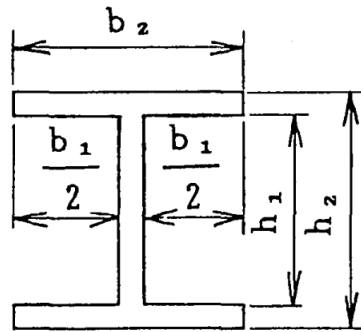
4.2. 支持構造物

機器名称	耐震クラス	据付場所及び床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		最高使用温度 (°C)
支持構造物	S	原子炉建家 ^(注1) 1FL-2.5	水平方向	鉛直方向	40
			20.4	111.1	

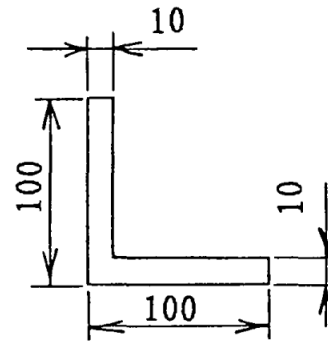
注1: 支持構造物の基準床レベルを示す。

基準地震動 Ss		弾性設計用地震動 Sd		静的地震力		最高使用温度 (°C)
水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
$C_H=0.99$	$C_V=0.96$	$C_H=0.55$	$C_V=0.52$	$C_H=0.58$	$C_V=0.29$	

外荷重条件			
条件	鉛直力 W_1 (N)	水平力 H (N)	モーメント M (N・mm)
死荷重	35599	-	-



A部詳細図



B-B断面

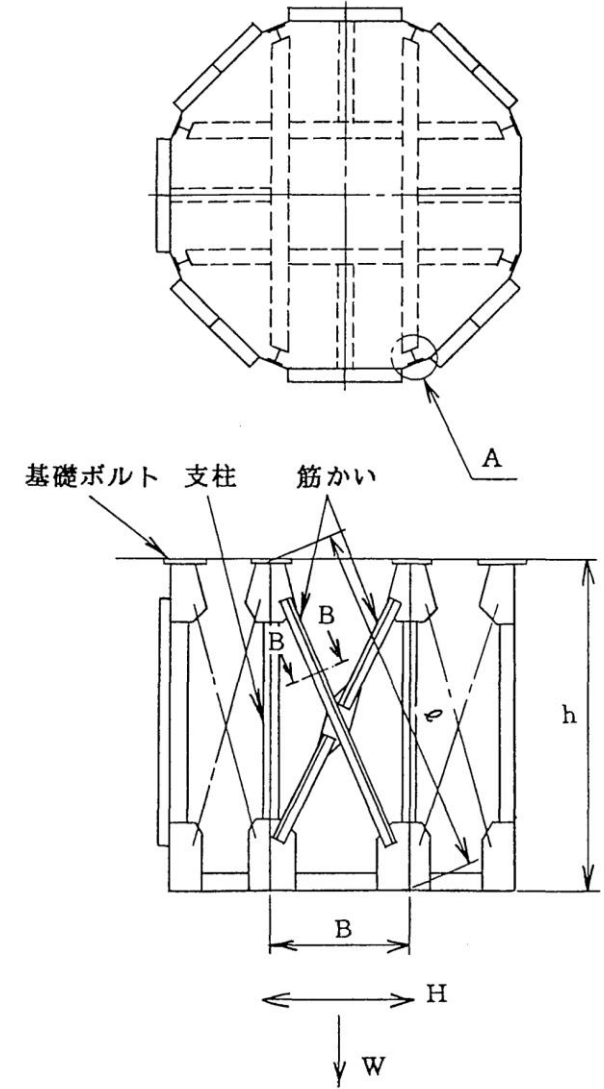


図-3-4-3-3.9 支持

5. 機器要目

5.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管

A ₁ (mm ²)	A ₂ (mm ²)	A _{ba} (mm ²)	A _{bb} (mm ²)	b (mm)	C _b	D _{vo} (mm)	D _{vi} (mm)	D _{so1} (mm)	D _{si1} (mm)	D _{so2} (mm)	D _{si2} (mm)	D _{wi} (mm)	D _{pi} (mm)	D _{Pa} (mm)
1357	1951	201.10 (M16)	78.54 (M10)	5.0	1.0	78.0	60.0	68.0	44.0	84.0	60.0	44.0	44.0	123.0

D _{Pb} (mm)	d _{ba} (mm)	d _{bb} (mm)	G (mm)	D _g (mm)	e _a (mm)	e _b (mm)	f _{t0} (N/mm ²)	f _{sb} (N/mm ²)	f _{ts} (N/mm ²)	I _a (mm ⁴)	I _b (mm ⁴)	I _{ba} (mm ⁴)	I _{bb} (mm ⁴)	i
106.0	16.0	10.0	80.0	80.6	69.5	58.0	184	142	184	3.22 ×10 ³	2.42 ×10 ²	2.30 ×10 ⁶	6.54 ×10 ⁵	2.1

K	m	n _a	n _b	t _{s1} (mm)	t _{s2} (mm)	t _w (mm)	t _p (mm)	X _{1a} (mm)	X _{2a} (mm)	X _{3a} (mm)	X _{4a} (mm)	X _{5a} (mm)	X _{6a} (mm)	X _{1b} (mm)
1.575	3	6	9	12.0	12.0	2.3	2.3	30.75	30.75	30.75	30.75	61.50	61.50	28.87

X _{2b} (mm)	X _{3b} (mm)	X _{4b} (mm)	X _{5b} (mm)	X _{6b} (mm)	X _{7b} (mm)	X _{8b} (mm)	X _{9b} (mm)	Z ₁ (mm ³)	Z ₂ (mm ³)	Z _{bb} (mm ³)	Z _p (mm ³)	Z _{ba} (mm ³)
28.87	24.88	24.88	47.22	47.22	47.22	47.22	0.00	4.30 ×10 ⁴	3.03 ×10 ⁴	1.61 ×10 ⁴	6.06 ×10 ⁴	3.31 ×10 ⁴

F(据付ボルト、プランジャ案内管取付ボルト) (N/mm ²)	
IV _A S	III _A S
246	205

5.2. 支持構造物

A _{bc} (mm ²)	A _i (mm ²)	A _j (mm ²)	B (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	E (N/mm ²)	F(筋かい、支柱) (N/mm ²)		F(基礎ボルト) (N/mm ²)	
							IV _A S	III _A S	IV _A S	III _A S
380.1 (M22)	1900	2946	1148	118.5	125	1.94 × 10 ⁵	246	205	258	215

h (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	I _j (mm ⁴)	K _b (N/mm)	K _s (N/mm)	ℓ (mm)	n _c	n _j	Z _j (mm ³)	ΔZ (mm)	
										S _s	S _d
2672	107	125	8.25 × 10 ⁶	1.975 × 10 ⁴	5.926 × 10 ⁴	2908	4	8	4.69 × 10 ⁴	0.60	0.35

6. 計算数値

6.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管の計算数値

4. 設計条件の解析結果に見られるとおり、地震による鉛直力、水平力、モーメントのそれぞれの値が静的地震力による値を上回っているため、応力の評価は基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d について行う。

6.1.1. 着座器胴に生じる応力

(1) 着座器胴に生じる一次一般膜応力

(単位: N/mm^2)

許容応力状態		IV _A S			III _A S		
応力の種類		周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
内圧による応力		$\sigma_{s\phi}=3$	$\sigma_{sx1}=2$	-	$\sigma_{s\phi}=3$	$\sigma_{sx1}=2$	-
死荷重による応力		-	$\sigma_{sx2}=1$	-	-	$\sigma_{sx2}=1$	-
鉛直方向地震力 による応力		-	$\sigma_{sx3}=1$	-	-	$\sigma_{sx3}=1$	-
水平方向地震力 による応力		-	$\sigma_{sx4}=32$	$\tau_s=1$	-	$\sigma_{sx4}=22$	$\tau_s=1$
スクラム荷重 による応力		-	$\sigma_{sx5}=2$	-	-	$\sigma_{sx5}=2$	-
応力の和	引張側	$\sigma_{0s\phi}=\sigma_{s\phi}=3$	$\sigma_{0sxt}=37$	-	$\sigma_{0s\phi}=\sigma_{s\phi}=3$	$\sigma_{0sxt}=27$	-
	圧縮側	$\sigma_{0s\phi}=-\sigma_{s\phi}=-3$	$\sigma_{0sxc}=27$	-	$\sigma_{0s\phi}=-\sigma_{s\phi}=-3$	$\sigma_{0sxc}=17$	-
組合せ 応力	引張側	$\sigma_{0st}=37$			$\sigma_{0st}=27$		
	圧縮側	$\sigma_{0sc}=27$			$\sigma_{0sc}=17$		

(2) 着座器胴に生じる地震動のみによる一次+二次応力

(単位: N/mm^2)

許容応力状態		IV _A S			III _A S		
応力の種類		周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
鉛直方向地震力 による応力		-	$\sigma_{sx3}=1$	-	-	$\sigma_{sx3}=1$	-
水平方向地震力 による応力		-	$\sigma_{sx4}=32$	$\tau_s=1$	-	$\sigma_{sx4}=22$	$\tau_s=1$
応力の和		$\sigma_{2s\phi}=0$	$\sigma_{2sx}=32$	-	$\sigma_{2s\phi}=0$	$\sigma_{2sx}=22$	-
組合せ応力		$\sigma_{2s}=64$			$\sigma_{2s}=44$		

6.1.2. 上部仕切弁に生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	IV _A S			III _A S		
	軸方向 応力	曲げ 応力	ねじり 応力	軸方向 応力	曲げ 応力	ねじり 応力
着座器胴の反力による応力	P _d =79	P _b =161	P _t =161	P _d =79	P _b =161	P _t =161

6.1.3. プランジヤ案内管(溶接部)に生じる応力

(1) プランジヤ案内管(溶接部)に生じる一次一般膜応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態		IV _A S			III _A S		
応力の種類		周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
内圧による応力		$\sigma_{w\phi}=10$	$\sigma_{wx1}=5$	-	$\sigma_{w\phi}=10$	$\sigma_{wx1}=5$	-
死荷重による応力		-	$\sigma_{wx2}=3$	-	-	$\sigma_{wx2}=3$	-
鉛直方向地震力 による応力		-	$\sigma_{wx3}=2$	-	-	$\sigma_{wx3}=1$	-
水平方向地震力 による応力		-	$\sigma_{wx4}=172$	$\tau_w=7$	-	$\sigma_{wx4}=131$	$\tau_w=5$
スクラム荷重 による応力		-	$\sigma_{wx5}=12$	-	-	$\sigma_{wx5}=12$	-
応力の和	引張側	$\sigma_{0w\phi} = \sigma_{w\phi} = 10$	$\sigma_{0wxt}=192$	-	$\sigma_{0w\phi} = \sigma_{w\phi} = 10$	$\sigma_{0wxt}=151$	-
	圧縮側	$\sigma_{0w\phi} = -\sigma_{w\phi} = -10$	$\sigma_{0wxc}=152$	-	$\sigma_{0w\phi} = -\sigma_{w\phi} = -10$	$\sigma_{0wxc}=111$	-
組合せ 応力	引張側	$\sigma_{0wt}=193$			$\sigma_{0wt}=152$		
	圧縮側	$\sigma_{0wc}=153$			$\sigma_{0wc}=112$		

(2) プランジヤ案内管(溶接部)に生じる地震動のみによる一次+二次応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	IV _A S			III _A S		
応力の種類	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
鉛直方向地震力 による応力	-	$\sigma_{wx3}=2$	-	-	$\sigma_{wx3}=1$	-
水平方向地震力 による応力	-	$\sigma_{wx4}=172$	$\tau_w=7$	-	$\sigma_{wx4}=131$	$\tau_w=5$
応力の和	$\sigma_{2w\phi}=0$	$\sigma_{2wx}=172$	-	$\sigma_{2w\phi}=0$	$\sigma_{2wx}=131$	-
組合せ応力	$\sigma_{2w}=345$			$\sigma_{2w}=263$		

6.1.4. プランジヤ案内管に生じる応力

(1) プランジヤ案内管に生じる一次一般膜応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態		IV _A S			III _A S		
応力の種類		周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
内圧による応力		$\sigma_{p\phi}=10$	$\sigma_{px1}=5$	-	$\sigma_{p\phi}=10$	$\sigma_{px1}=5$	-
死荷重による応力		-	$\sigma_{px2}=3$	-	-	$\sigma_{px2}=3$	-
鉛直方向地震力 による応力		-	$\sigma_{px3}=2$	-	-	$\sigma_{px3}=1$	-
水平方向地震力 による応力		-	$\sigma_{px4}=109$	$\tau_p=6$	-	$\sigma_{px4}=74$	$\tau_p=4$
スクラム荷重 による応力		-	$\sigma_{px5}=12$	-	-	$\sigma_{px5}=12$	-
応力の和	引張側	$\sigma_{0p\phi}=\sigma_{p\phi}$ =10	$\sigma_{0pxt}=129$	-	$\sigma_{0p\phi}=\sigma_{p\phi}$ =10	$\sigma_{0pxt}=94$	-
	圧縮側	$\sigma_{0p\phi}=-\sigma_{p\phi}$ =-10	$\sigma_{0pxc}=89$	-	$\sigma_{0p\phi}=-\sigma_{p\phi}$ =-10	$\sigma_{0pxc}=54$	-
組合せ 応力	引張側	$\sigma_{0pt}=130$			$\sigma_{0pt}=95$		
	圧縮側	$\sigma_{0pc}=90$			$\sigma_{0pc}=55$		

(2) プランジヤ案内管に生じる地震動のみによる一次+二次応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態		IV _A S			III _A S		
応力の種類		周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力	周方向 応力	軸方向 応力	せん断 応力
鉛直方向地震力 による応力		-	$\sigma_{px3}=2$	-	-	$\sigma_{px3}=1$	-
水平方向地震力 による応力		-	$\sigma_{px4}=109$	$\tau_p=6$	-	$\sigma_{px4}=74$	$\tau_p=4$
応力の和		$\sigma_{2p\phi}=0$	$\sigma_{2px}=109$	-	$\sigma_{2p\phi}=0$	$\sigma_{2px}=74$	-
組合せ応力		$\sigma_{2p}=219$			$\sigma_{2p}=149$		

6.1.5. 据付ボルトに生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	Ⅳ _A S		Ⅲ _A S	
	引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
内圧による応力	$\sigma_{ba1}=11$	-	$\sigma_{ba1}=11$	-
死荷重による応力	$\sigma_{ba2}=1$	-	$\sigma_{ba2}=1$	-
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{ba3}=1$	-	$\sigma_{ba3}=1$	-
水平方向地震力による応力	$\sigma_{ba4}=33$	$\tau_{ba}=2$	$\sigma_{ba4}=23$	$\tau_{ba}=1$
スクラム荷重による応力	$\sigma_{ba5}=25$	-	$\sigma_{ba5}=25$	-
組合せ応力	$\sigma_{Ba}=70$	$\tau_{Ba}=2$	$\sigma_{Ba}=60$	$\tau_{Ba}=1$

6.1.6. プランジャ案内管取付ボルトに生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	Ⅳ _A S		Ⅲ _A S	
	引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
内圧による応力	$\sigma_{bb1}=7$	-	$\sigma_{bb1}=7$	-
死荷重による応力	$\sigma_{bb2}=2$	-	$\sigma_{bb2}=2$	-
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{bb3}=1$	-	$\sigma_{bb3}=1$	-
水平方向地震力による応力	$\sigma_{bb4}=50$	$\tau_{bb}=2$	$\sigma_{bb4}=34$	$\tau_{bb}=2$
スクラム荷重による応力	$\sigma_{bb5}=6$	-	$\sigma_{bb5}=6$	-
組合せ応力	$\sigma_{Bb}=65$	$\tau_{Bb}=2$	$\sigma_{Bb}=49$	$\tau_{Bb}=2$

6.2. 支持構造物

4. 設計条件の解析結果に見られるとおり、地震による鉛直力、水平力、モーメントのそれぞれの値が静的地震力による値を上回っているため、応力の評価は基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d について行う。水平2方向の組合せを考慮するため、組合せ後の応力を 1.42 倍する。

6.2.1. 筋かいに生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	IV _A S	III _A S
応力の種類	引張応力	引張応力
水平方向地震力による応力	$\sigma_i=23$	$\sigma_i=13$

6.2.2. 支柱に生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	IV _A S		III _A S	
	引張応力	組合せ応力	引張応力	組合せ応力
死荷重による応力	$\sigma_{jx1}=2$	$\sigma_j=30$	$\sigma_{jx1}=2$	$\sigma_j=18$
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{jx2}=2$		$\sigma_{jx2}=1$	
水平方向地震力による応力	軸方向 $\sigma_{jx3}=18$		$\sigma_{jx3}=10$	
	せん断 $\tau_j=1$		$\tau_j=1$	
応力の和	引張 $\sigma_{jx}=21$		$\sigma_{jx}=12$	

6.2.3. 基礎ボルトに生じる応力

(単位:N/mm²)

許容応力状態	IV _A S		III _A S	
	引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
死荷重による応力	$\sigma_{bc1}=4$	-	$\sigma_{bc1}=4$	-
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{bc2}=4$	-	$\sigma_{bc2}=2$	-
水平方向地震力による応力	$\sigma_{bc3}=35$	$\tau_{bc}=3$	$\sigma_{bc3}=20$	$\tau_{bc}=3$
組合せ応力	$\sigma_{Bc}=56$	$\tau_{Bc}=5$	$\sigma_{Bc}=35$	$\tau_{Bc}=5$

7. 結論

7.1. 制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管

表-3-4-3-3.1 から表-3-4-3-3.3 に許容応力を示す。

そして、表-3-4-3-3.4 から表-3-4-3-3.6 に算出応力と許容応力の比較結果を示す。算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。

表-3-4-3-3.1 着座器胴、プランジヤ案内管溶接部及びプランジヤ案内管の許容応力

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	許容応力状態	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力範囲
着座器胴	SUS304L	Ⅲ _A S	173	259	346
		Ⅳ _A S	285	427	346
プランジヤ案内管溶接部	SUS304L	Ⅲ _A S	173	259	346
		Ⅳ _A S	285	427	346
プランジヤ案内管	SUS304L	Ⅲ _A S	173	259	346
		Ⅳ _A S	285	427	346

表-3-4-3-3.2 上部仕切弁の許容応力

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	許容応力状態	設計応力強さ S _m の 1.5 倍
上部仕切弁	SCS19A	Ⅲ _A S	180
		Ⅳ _A S	

表-3-4-3-3.3 据付ボルト及びプランジヤ案内管取付ボルトの許容応力

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	許容応力状態	許容引張応力 f _{ts}	許容せん断応力 f _{sb}
据付ボルト	SUS304	Ⅲ _A S	153	118
		Ⅳ _A S	184	142
プランジヤ案内管取付ボルト	SUS304	Ⅲ _A S	153	118
		Ⅳ _A S	184	142

表-3-4-3-3.4 着座器胴、プランジャ案内管溶接部及びプランジャ案内管における算出応力と許容応力の比較結果

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	応力	許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅲ _A S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
着座器胴	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0=37$	$S_a=285$	$\sigma_0=27$	$S_a=173$
		一次+二次	$\sigma_2=64$	$S_a=346$	$\sigma_2=44$	$S_a=346$
プランジャ案内管 溶接部	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0=193$	$S_a=285$	$\sigma_0=152$	$S_a=173$
		一次+二次	$\sigma_2=345$	$S_a=346$	$\sigma_2=263$	$S_a=346$
プランジャ案内管	SUS304L	一次一般膜	$\sigma_0=130$	$S_a=285$	$\sigma_0=95$	$S_a=173$
		一次+二次	$\sigma_2=219$	$S_a=346$	$\sigma_2=149$	$S_a=346$

表-3-4-3-3.5 上部仕切弁における算出応力と許容応力の比較結果

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	応力	許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅲ _A S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
上部仕切弁	SCS19A	軸方向	$P_d=79$	$S_b=180$	$P_d=79$	$S_b=180$
		曲げ	$P_b=161$	$S_b=180$	$P_b=161$	$S_b=180$
		ねじり	$P_t=161$	$S_b=180$	$P_t=161$	$S_b=180$

表 3-4-3-3.6 据付ボルト及びプランジャ案内管取付ボルトの算出応力と許容応力の比較結果

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	応力	許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅲ _A S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
据付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{Ba}=70$	$f_{ts}=184$	$\sigma_{Ba}=60$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_{Ba}=2$	$f_{sb}=142$	$\tau_{Ba}=1$	$f_{sb}=118$
プランジャ案内管 取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{Bb}=65$	$f_{ts}=184$	$\sigma_{Bb}=49$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_{Bb}=2$	$f_{sb}=142$	$\tau_{Bb}=2$	$f_{sb}=118$

7.2. 支持構造物

表 3-4-3-3.7、表-3-4-3-3.8 に許容応力を示す。

そして、表-3-4-3-3.9、表-3-4-3-3.10 に算出応力と許容応力の比較結果を示す。

算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。

表 3-4-3-3.7 筋かい及び支柱の許容応力

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
筋かい	SUS304	Ⅲ _A S	205
		Ⅳ _A S	246
支柱	SUS304	Ⅲ _A S	205
		Ⅳ _A S	246

表 3-4-3-3.8 基礎ボルトの許容応力

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	許容応力状態	許容引張応力 f_{ts}	許容せん断応力 f_{sb}
基礎ボルト	SS400	Ⅲ _A S	176	135
		Ⅳ _A S	210	161

表 3-4-3-3.9 筋かい及び支柱における算出応力と許容応力の比較結果

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	応力	許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅲ _A S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
筋かい	SUS304	引張	$\sigma_i=23$	$f_{ta}=246$	$\sigma_i=13$	$f_{ta}=205$
支柱	SUS304	引張	$\sigma_j=30$	$f_{ta}=246$	$\sigma_j=18$	$f_{ta}=205$

表 3-4-3-3.10 基礎ボルトにおける算出応力と許容応力の比較結果

(単位:N/mm²)

評価場所	材料	応力	許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅲ _A S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_{Bc}=56$	$f_{ts}=210$	$\sigma_{Bc}=35$	$f_{ts}=176$
		せん断	$\tau_{Bc}=5$	$f_{sb}=161$	$\tau_{Bc}=5$	$f_{sb}=135$

3-4-3-4. 重水ダンプ弁の接続管の耐震強度
評価

目次

1. 概要	添 3-4-3-4- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-3-4- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-3-4- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-3-4- 3
3. 設計条件	添 3-4-3-4- 7
3.1. HWS-R-9	添 3-4-3-4- 7
3.2. HWS-R-10	添 3-4-3-4- 9
3.3. HWS-R-11	添 3-4-3-4-11
4. 解析結果及び評価	添 3-4-3-4-14
4.1. 固有周期	添 3-4-3-4-14
4.2. 結論	添 3-4-3-4-17
4.2.1. HWS-R-9	添 3-4-3-4-17
4.2.2. HWS-R-10	添 3-4-3-4-17
4.2.3. HWS-R-11	添 3-4-3-4-18
4.3. 拘束点反力	添 3-4-3-4-19
4.3.1. HWS-R-9	添 3-4-3-4-19
4.3.2. HWS-R-10	添 3-4-3-4-20
4.3.3. HWS-R-11	添 3-4-3-4-21

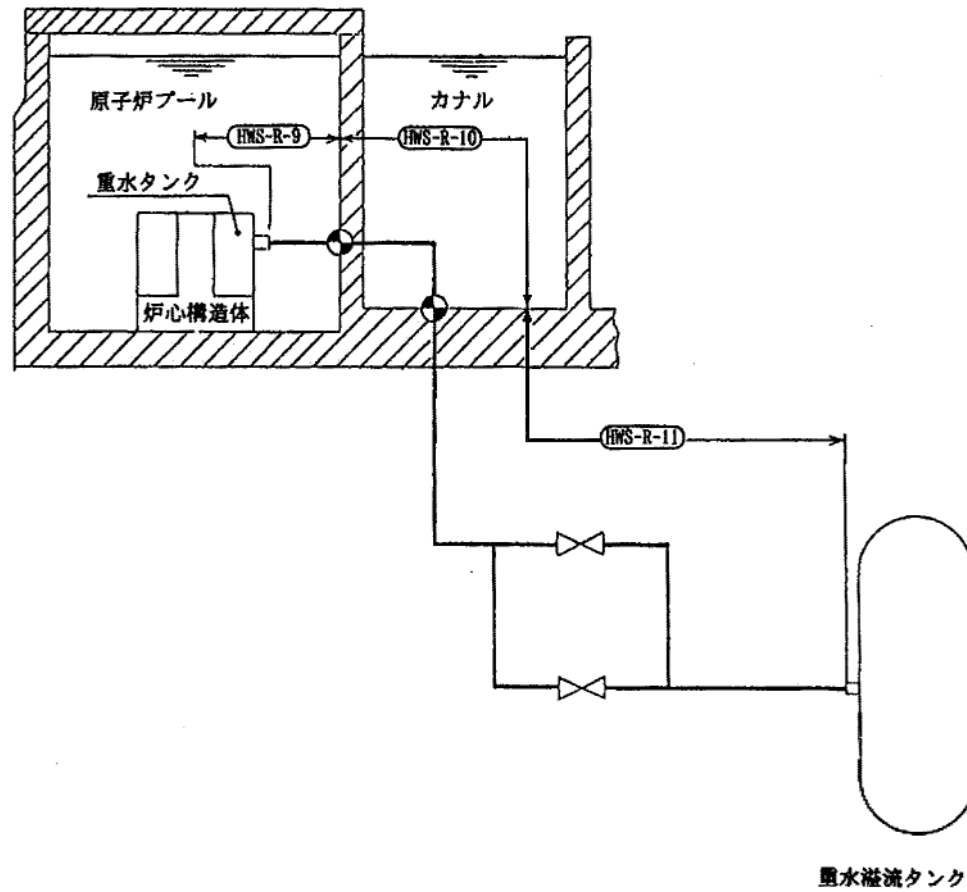
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
HWS-R-9	重水タンク から 原子炉プール貫通部アンカ まで	B
HWS-R-10	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
HWS-R-11	カナル貫通部アンカ から 重水溢流タンク まで	B



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

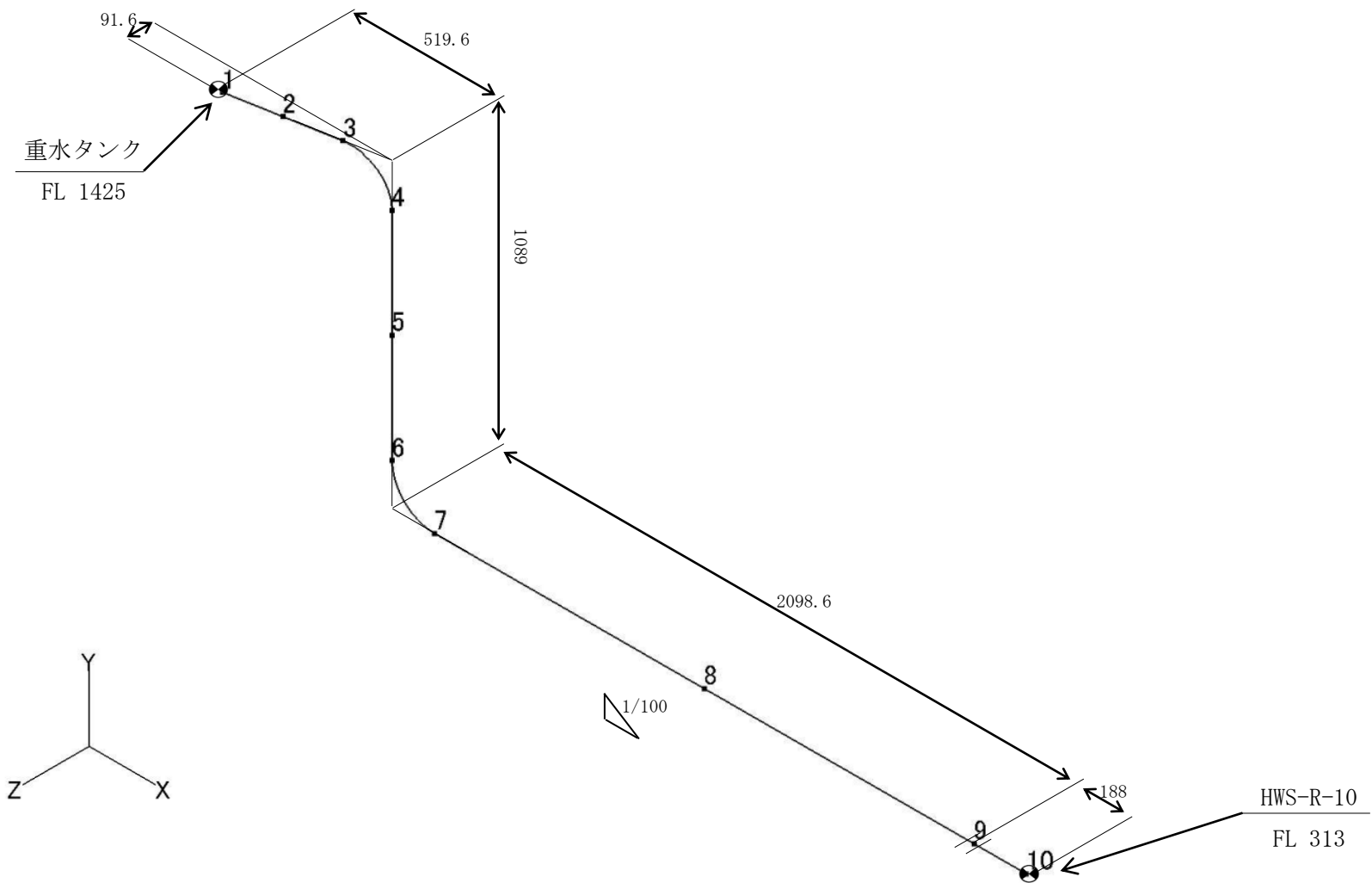


2.2. 鳥瞰図

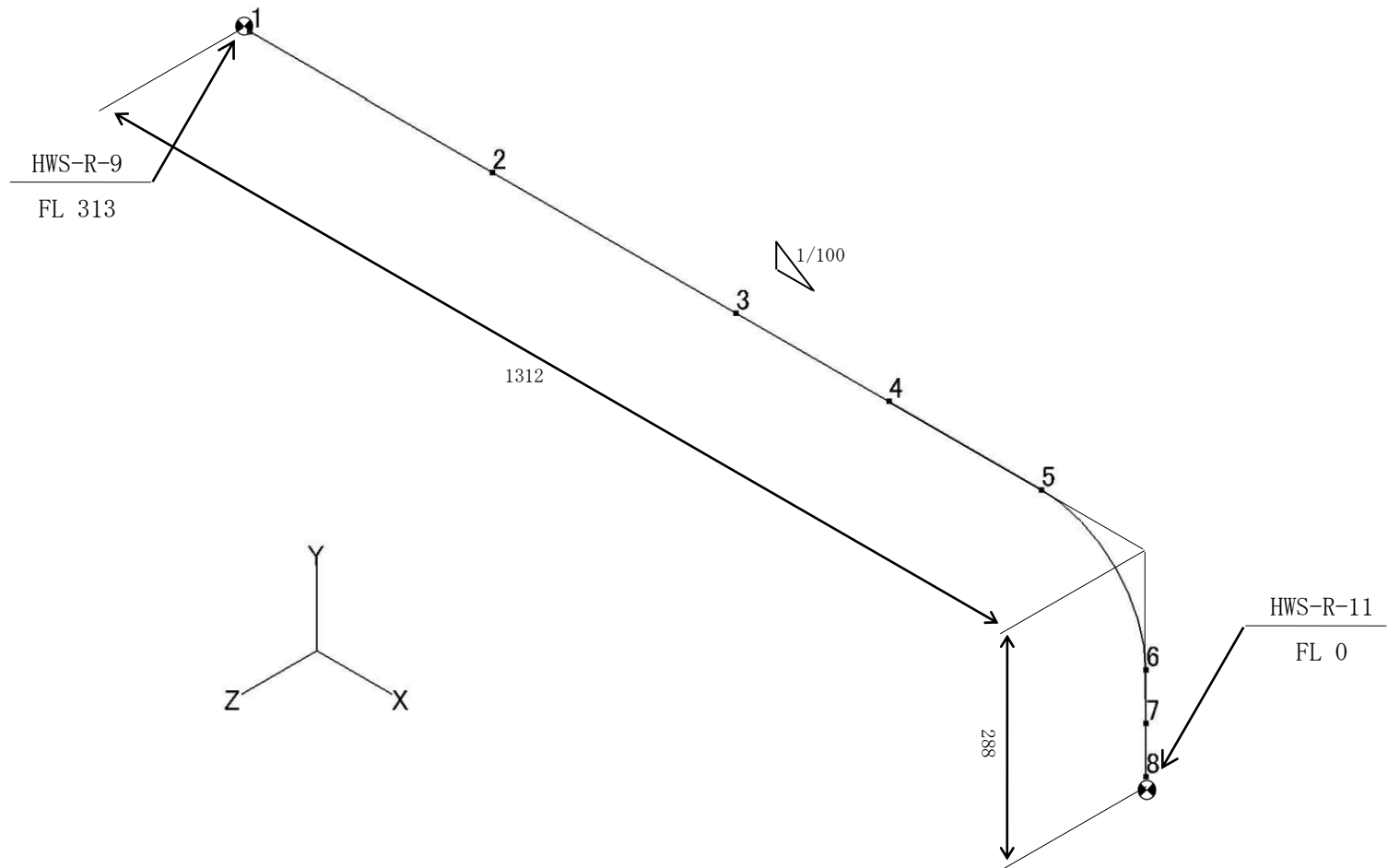
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント

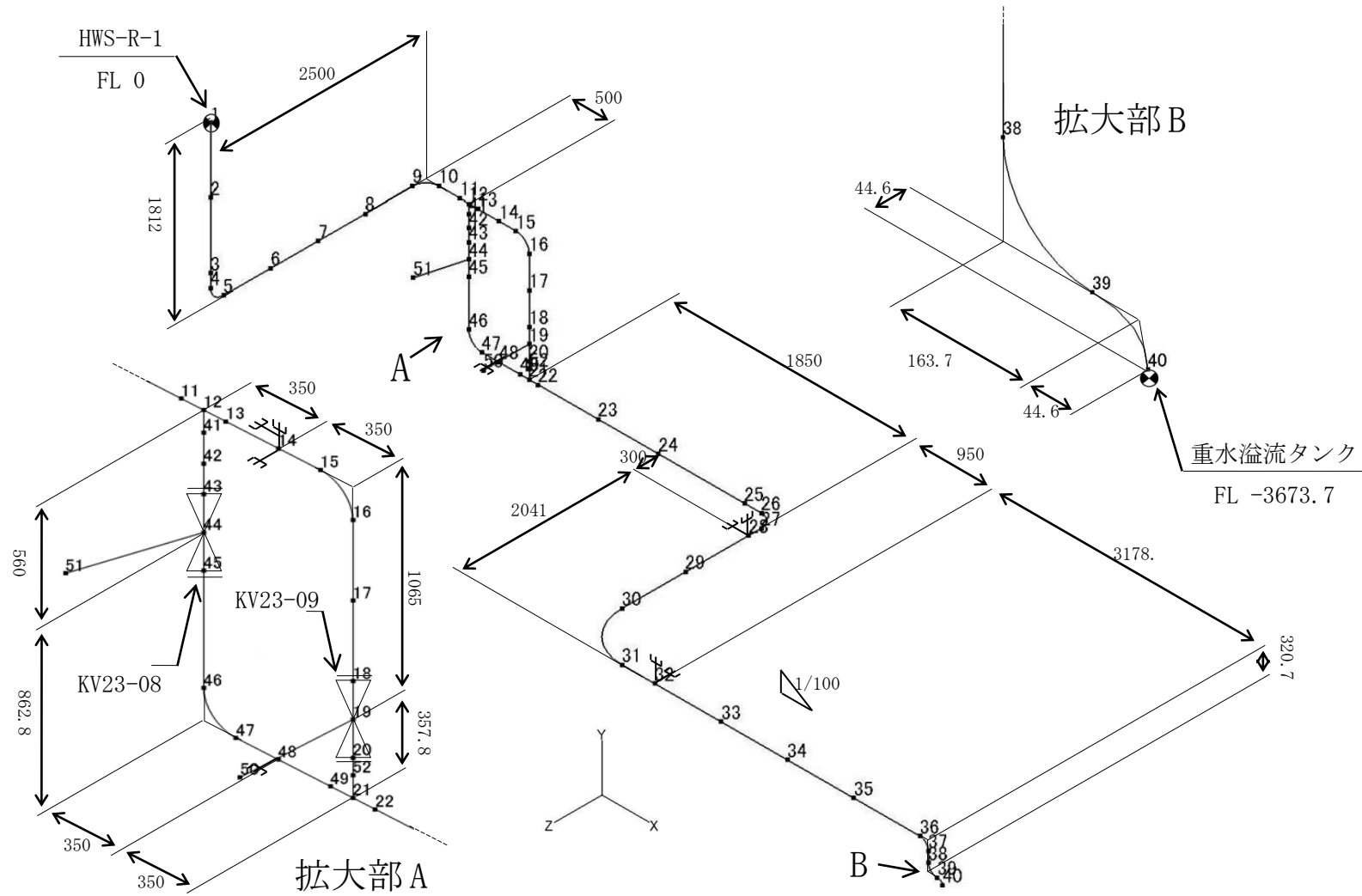
(1) HWS-R-9



(2) HWS-R-10



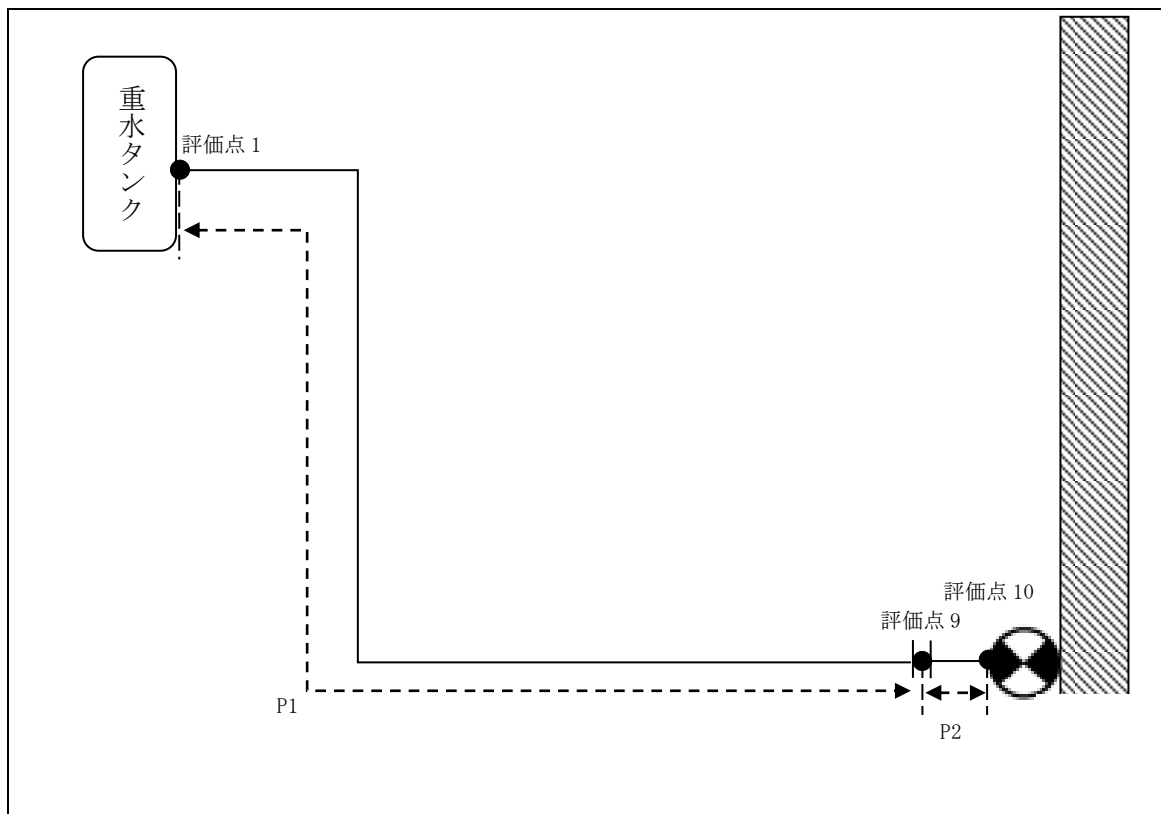
(3) HWS-R-11



3. 設計条件

3.1. HWS-R-9

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	114.3		114.3		
板厚(mm)	4.0		4.0		
材質	A5052T-0		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	6.88×10 ⁵		1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.33		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981		
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	重水		重水		
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10 ⁻⁹		1.11×10 ⁻⁹		
外部流体種類	水		水		
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	58		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	174		459		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	58	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	2.63	—
4	(6)	2.63	—
5	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
6	(6)	2.63	—
7	(6)	2.63	—
8	(1)	1.00	—
9	(9)	2.10	—
10	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

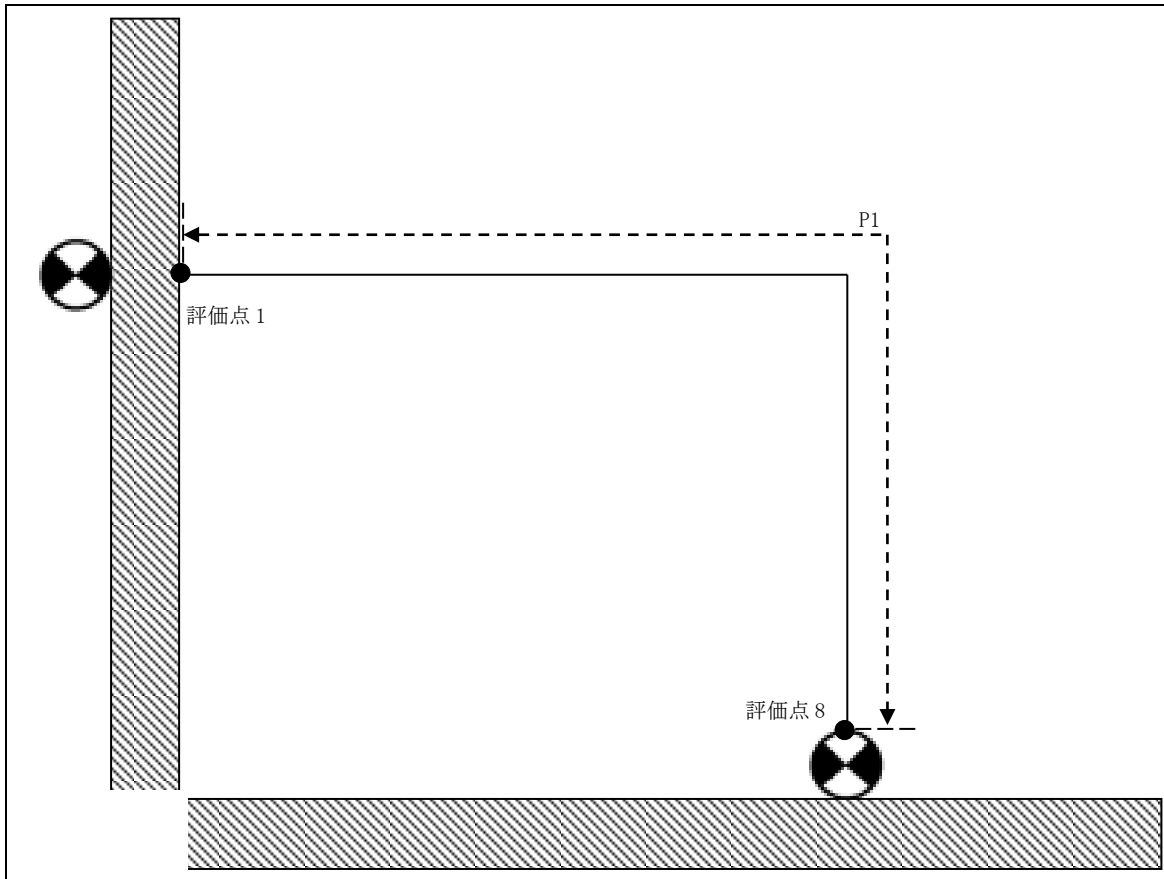
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
9	—	フランジ×2	6.08	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 3, 4, 16, 17	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

3.2. HWS-R-10

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	114.3			
板厚(mm)	4.0			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	重水			
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	459			
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
5	(6)	2.63	—
6	(6)	2.63	—
7	(1)	1.00	—
8	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

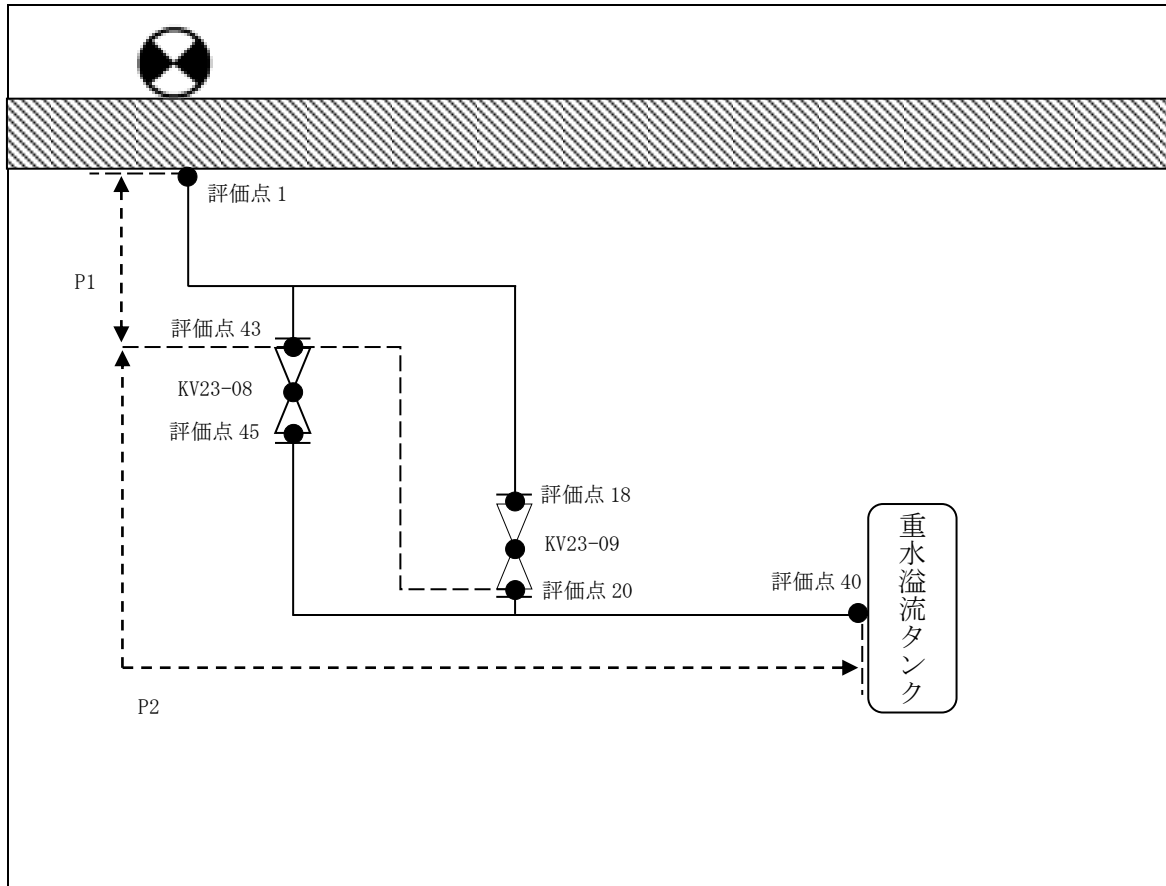
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3,9	0.30	0.26
	静的地震力	—	—		0.29	—

3. 3. HWS-R-11

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2		
外径(mm)	114.3		114.3		
板厚(mm)	4.0		4.0		
材質	SUS304LTP		SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		1.93×10 ⁶		
ポアソン比(-)	0.3		0.3		
最高使用温度(°C)	55		55		
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.1961		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	重水		重水		
内部流体密度(ton/mm)	1.11×10 ⁻⁹		1.11×10 ⁻⁹		
外部流体種類	—		—		
外部流体密度(ton/mm)	—		—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	166		166		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	459		459		
許容 応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	166	166	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(6)	2.63	—
5	(6)	2.63	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(6)	2.63	—
10	(6)	2.63	—
11	(3)	1.80	—
12	(4)	1.93	1.93
13	(3)	1.80	—
14	(1)	1.00	—
15	(6)	2.63	—
16	(6)	2.63	—
17	(1)	1.00	—
18	(9)	2.10	—
20	(9)	2.10	—
21	(4)	1.93	1.93
22	(3)	1.80	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
26	(6)	2.63	—
27	(6)	2.63	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(3)	1.09	—
31	(3)	1.09	—
32	(1)	1.00	—
33	(1)	1.00	—
34	(1)	1.00	—
35	(1)	1.00	—
36	(6)	3.45	—
37	(6)	3.45	—
38	(6)	3.45	—
39	(6)	3.45	—
40	(6)	2.63	—
41	(3)	1.80	—
42	(1)	1.00	—
43	(9)	2.10	—
45	(9)	2.10	—
46	(6)	2.63	—
47	(6)	2.63	—
48	(1)	1.00	—
49	(3)	1.80	—
52	(3)	1.80	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
50	KV23-09	弁	83.00	—
51	KV23-08	弁	83.00	—
18	—	フランジ	3.04	—
20	—	フランジ	3.04	—
43	—	フランジ	3.04	—
45	—	フランジ	3.04	—

(4) 入力地震波

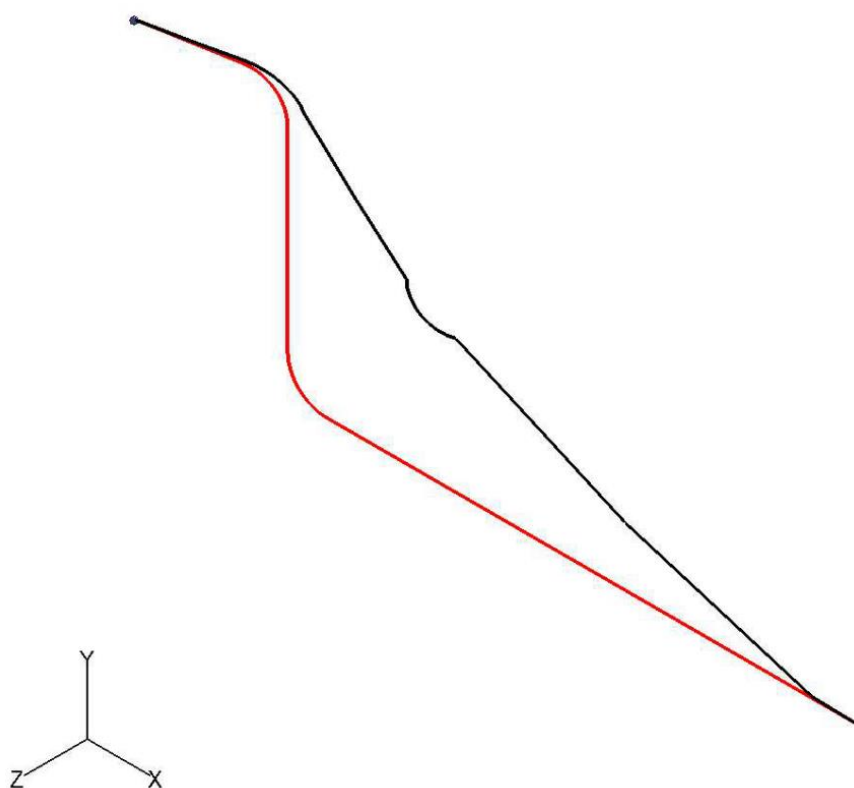
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.29	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

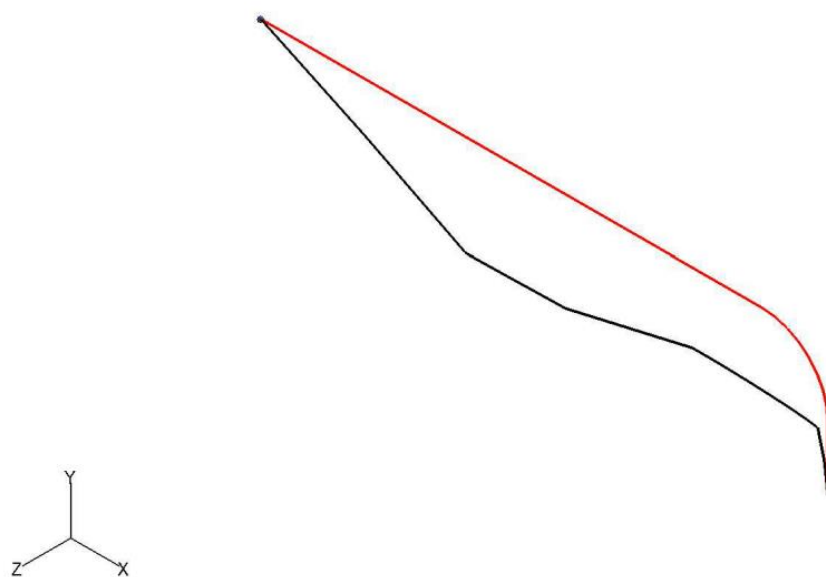
(1) HWS-R-9

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	115.5	39.4	14.7
固有周期 (s)	0.009	0.025	0.068



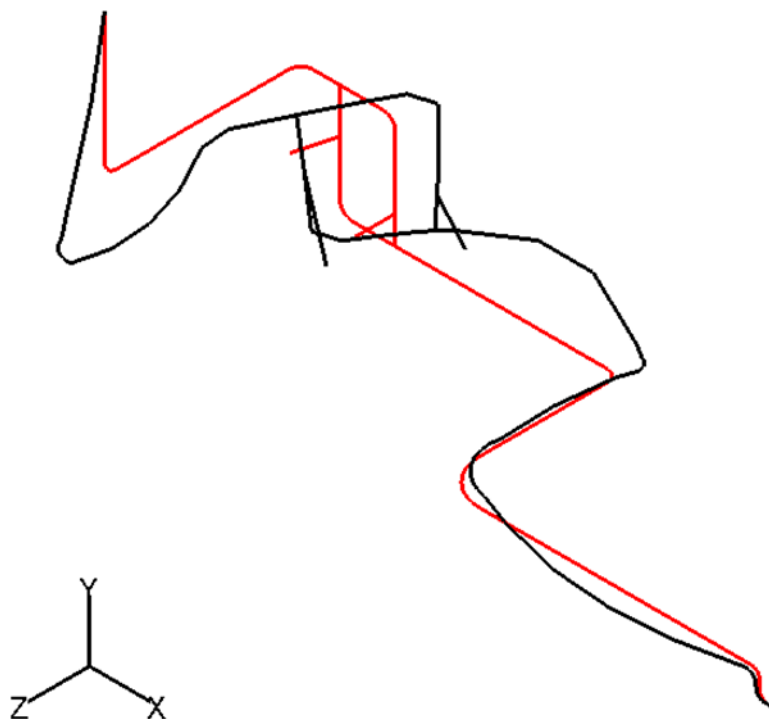
(2) HWS-R-10

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	614.9	180.1	153.1
固有周期 (s)	0.002	0.006	0.007



(3) HWS-R-11

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	10.1	19.7	15.9
固有周期 (s)	0.099	0.051	0.063



4.2. 結論

4.2.1. HWS-R-9

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	9	9	-	19	58

4.2.2. HWS-R-10

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	3	1	-	5	166

4.2.3. HWS-R-11

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	2	66	-	69	166

4.3. 拘束点反力

4.3.1. HWS-R-9

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	75	557	4	41057	3189	206994
	動的地震荷重 X	27	21	13	1193	4203	6736
	動的地震荷重 Y	20	106	9	9041	2564	42728
	動的地震荷重 Z	13	12	297	180417	91094	4732
	静的地震荷重 X	69	2	1	242	4114	3388
	静的地震荷重 Z	2	1	124	45218	38747	2388
10	自重	75	401	4	762	5220	179828
	動的地震荷重 X	82	23	9	384	2860	8061
	動的地震荷重 Y	25	66	9	1656	9012	42146
	動的地震荷重 Z	21	7	291	64092	344123	6552
	静的地震荷重 X	209	2	1	166	179	1049
	静的地震荷重 Z	2	1	154	15324	111801	1153

4.3.2. HWS-R-10

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	129	225	—	—	—	53777
	動的地震荷重 X	113	1	—	—	—	267
	動的地震荷重 Y	34	59	—	—	—	13982
	動的地震荷重 Z	—	—	71	2591	18352	—
	静的地震荷重 X	109	1	—	—	—	258
	静的地震荷重 Z	—	—	68	2505	17740	—
8	自重	129	244	—	—	—	15193
	動的地震荷重 X	28	1	—	—	—	3725
	動的地震荷重 Y	34	64	—	—	—	3951
	動的地震荷重 Z	—	—	71	13756	4926	—
	静的地震荷重 X	27	1	—	—	—	3601
	静的地震荷重 Z	—	—	68	13297	4762	—

4.3.3. HWS-R-11

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	2	615	26	4327	5363	23998
	動的地震荷重 X	411	116	958	1297230	14138	635011
	動的地震荷重 Y	31	63	32	36994	1828	39351
	動的地震荷重 Z	179	53	339	457091	8264	269296
	静的地震荷重 X	111	9	61	86334	3164	127789
	静的地震荷重 Z	14	11	96	91797	1739	22848
14	自重	44	3276	646	—	—	—
	動的地震荷重 X	643	233	341	—	—	—
	動的地震荷重 Y	115	1037	362	—	—	—
	動的地震荷重 Z	247	116	236	—	—	—
	静的地震荷重 X	267	14	60	—	—	—
	静的地震荷重 Z	19	13	291	—	—	—
28	自重	40	526	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	1729	58	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	174	55	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	645	42	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	471	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	26	3	—	—	—	—
32	自重	—	703	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	63	750	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	83	69	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	75	459	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	28	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	239	—	—	—
40	自重	1	355	3	18354	2601	87952
	動的地震荷重 X	509	43	139	32413	80117	89511
	動的地震荷重 Y	132	72	32	9713	10498	33685
	動的地震荷重 Z	253	18	155	38202	65055	42745
	静的地震荷重 X	138	8	2	362	5123	18823
	静的地震荷重 Z	31	2	51	10276	7169	4179

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
48	自重	—	—	620	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	154	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	364	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	273	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	26	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	310	—	—	—

3-4-4. 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震強度評価

3-4-4-1. 炉室排気系主ダクトの耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-4-1- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-4-1- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-4-1- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-4-1- 3
3. 設計条件	添 3-4-4-1- 6
3.1. RBE-1	添 3-4-4-1- 6
3.2. RBE-2	添 3-4-4-1- 8
4. 解析結果及び評価	添 3-4-4-1-11
4.1. 固有周期	添 3-4-4-1-11
4.2. 結論	添 3-4-4-1-13
4.2.1. RBE-1	添 3-4-4-1-13
4.2.2. RBE-2	添 3-4-4-1-13
4.3. 拘束点反力	添 3-4-4-1-14
4.3.1. RBE-1	添 3-4-4-1-14
4.3.2. RBE-2	添 3-4-4-1-15

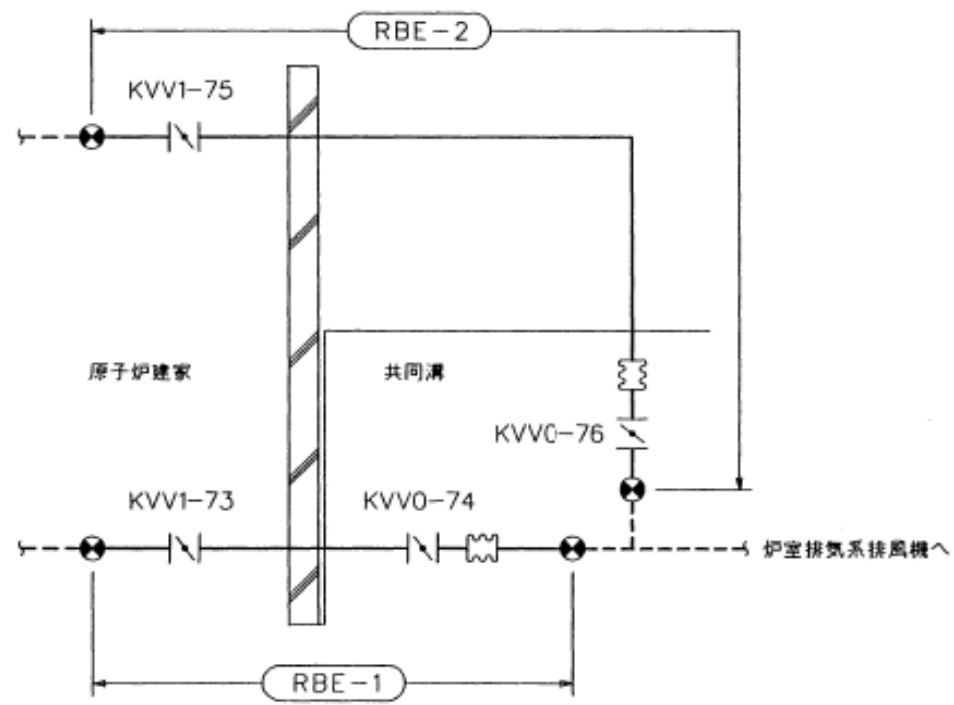
1. 概要

本報告書は、「3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
RBE-1	弁 (KVV1-73) 側ダクトアンカ から弁 (KVV0-74) 側ダクトアンカ まで	B
RBE-2	弁 (KVV1-75) 側ダクトアンカ から弁 (KVV0-76) 側ダクトアンカ まで	B




2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図



2.2. 鳥瞰図

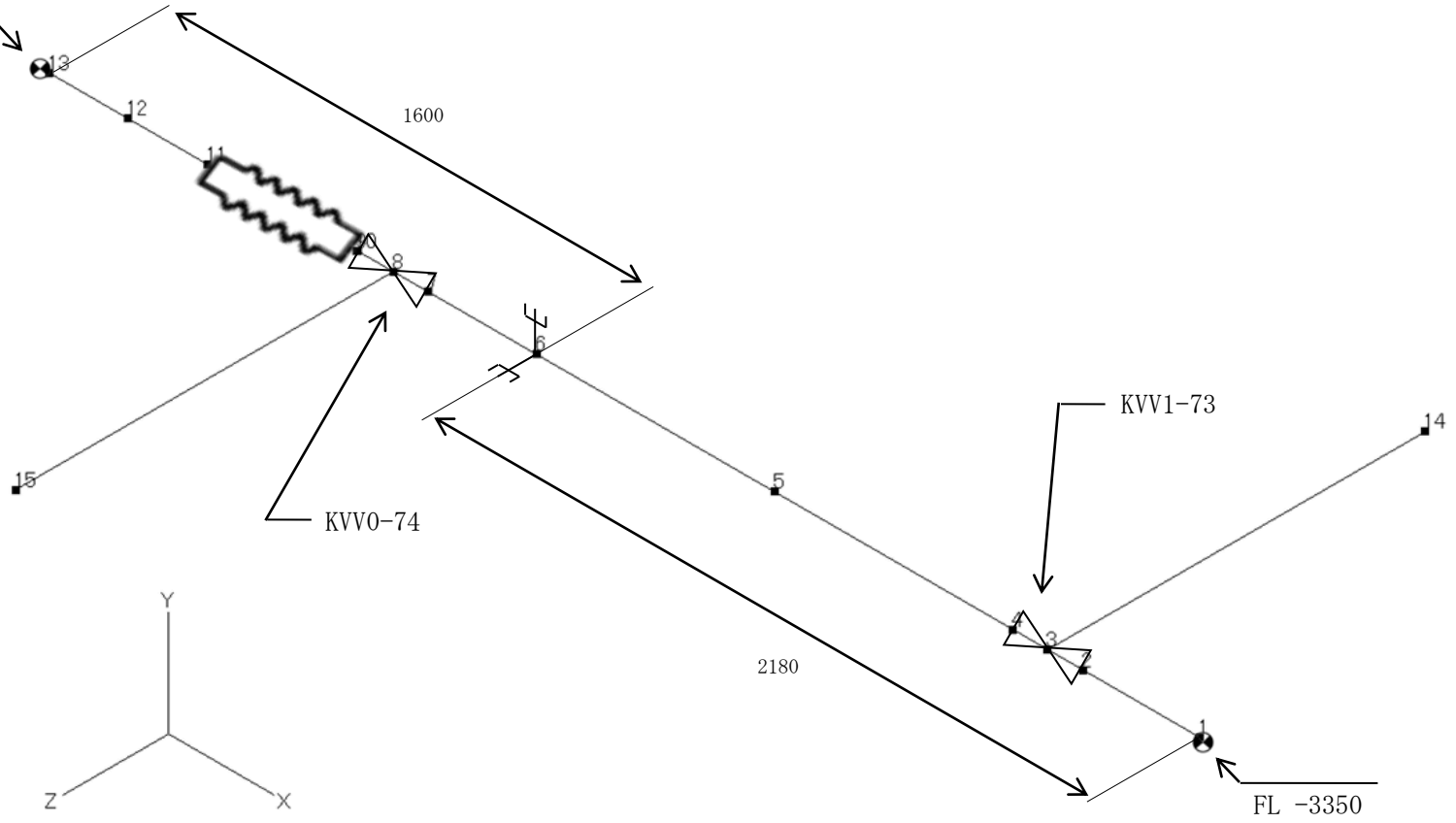
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	ベローズ

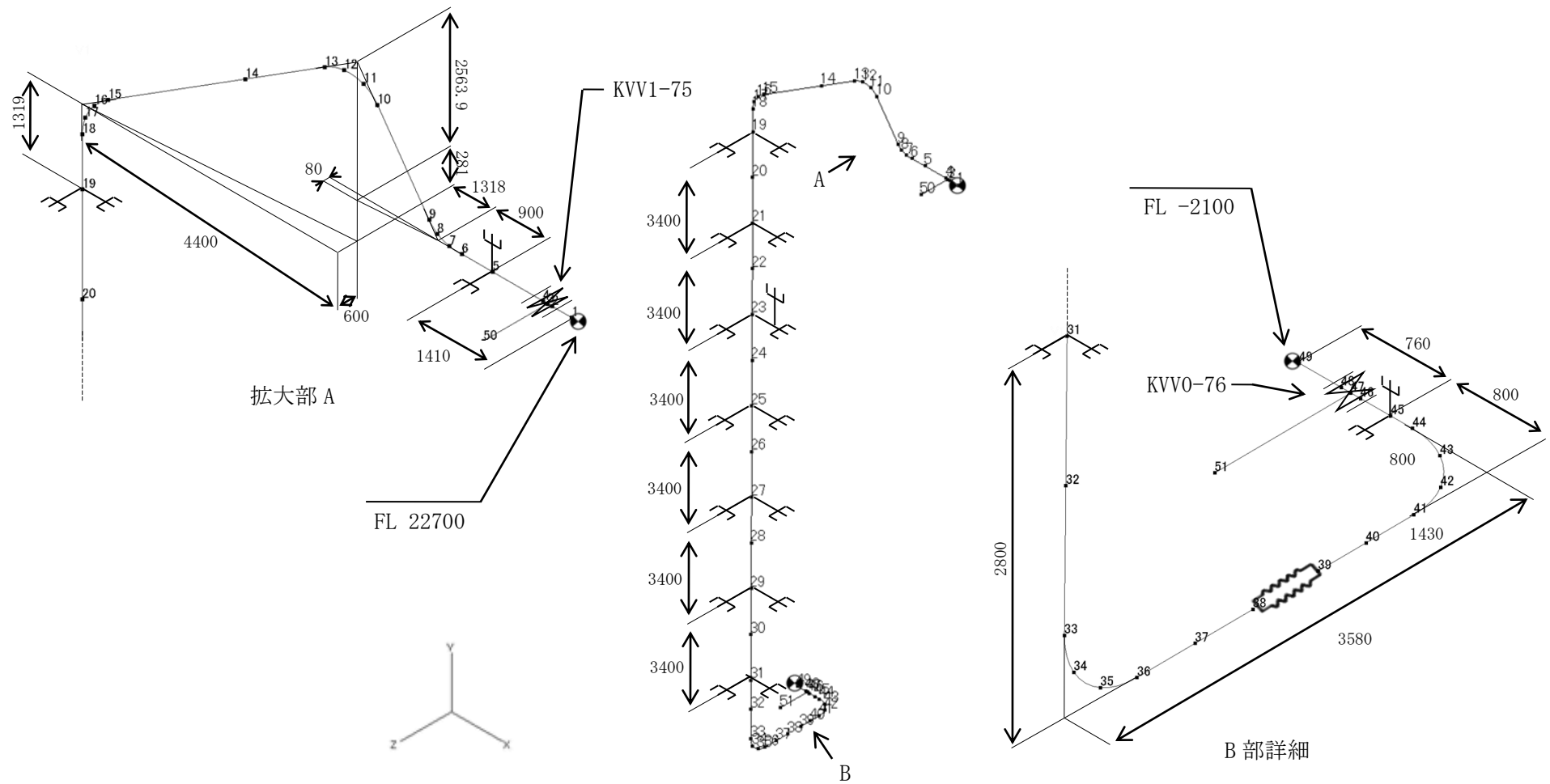
(1) RBE-1

炉室排气系排風機へ

FL -3350



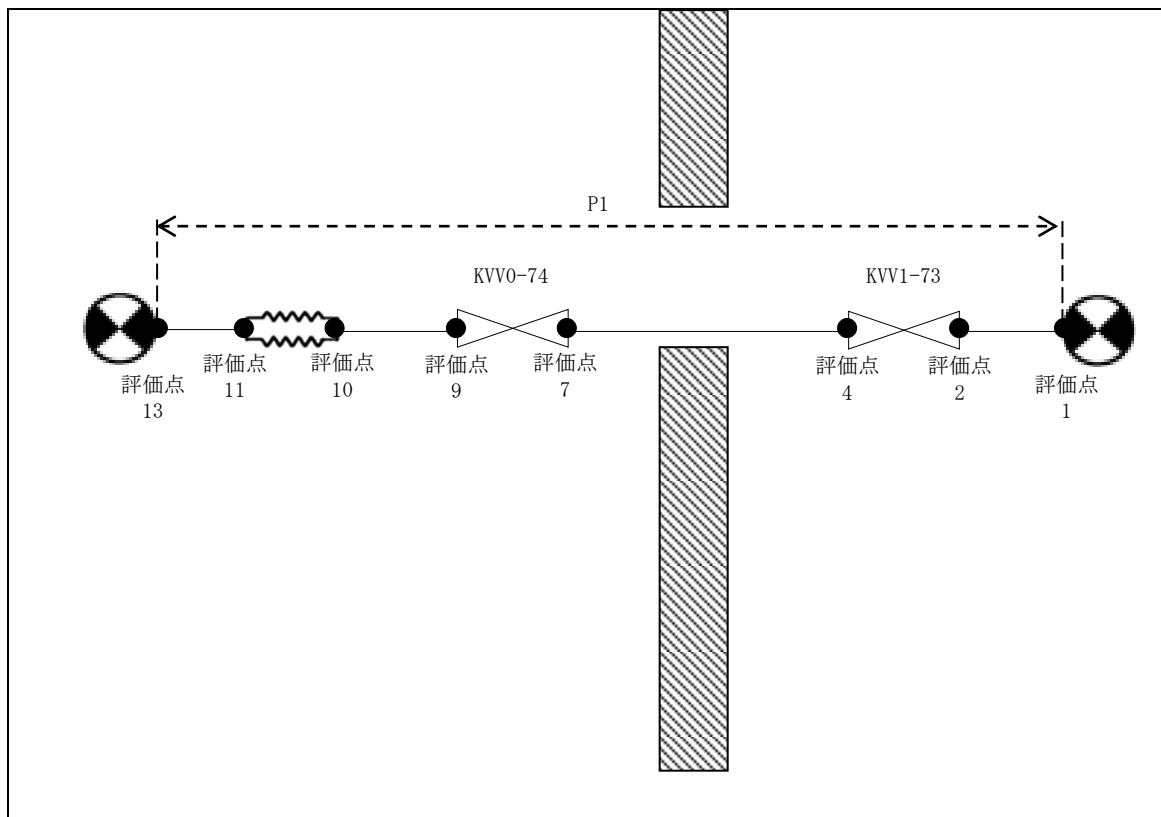
(2) RBE-2



3. 設計条件

3.1. RBE-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	914.4			
板厚(mm)	6.0			
材質	SS400			
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0059			
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹			
内部流体種類	空気			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	—			
外部流体密度(ton/mm)	—			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	239			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	391			
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	239	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
9	(2)	2.10	—
10	(9)	2.10	—
11	(9)	2.10	—
12	(1)	1.00	—
13	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

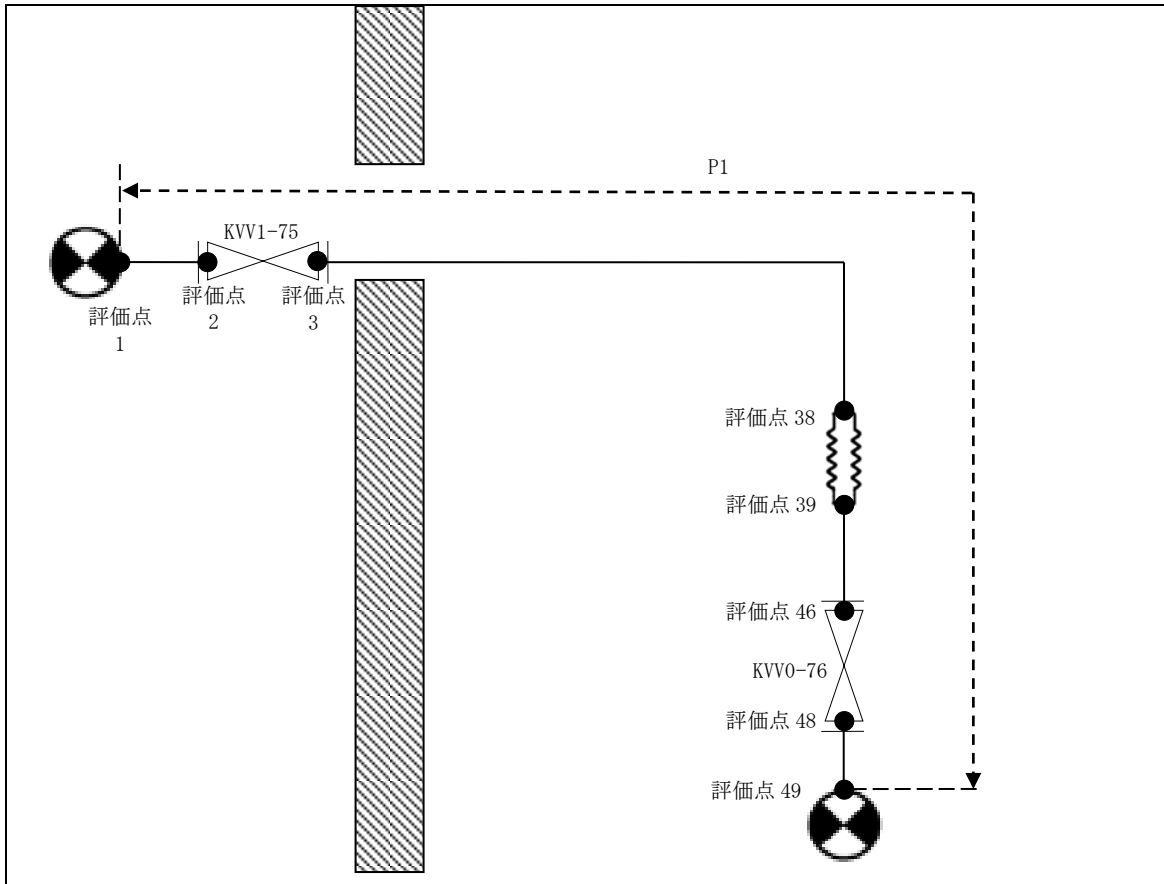
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ	114.00	—
4	—	フランジ	114.00	—
7	—	フランジ	114.00	—
10	—	伸縮継手	95.90	—
11	—	伸縮継手+ フランジ	209.90	—
14	KVV1-73	弁	930.00	—
15	KVV0-74	弁	930.00	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3 及び 共同溝	0.18	—

3. 2. RBE-2

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	609.6			
板厚(mm)	6.0			
材質	SS400			
ヤング率(N/mm ²)	2.00×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	70			
最高使用圧力(MPa)	0.0294			
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹			
内部流体種類	空気			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	-			
外部流体密度(ton/mm)	-			
設計降伏点 Sy	233			
設計引張強さ Su	383			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	233	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(10)	7.76	—
7	(10)	7.76	—
8	(10)	7.76	—
9	(10)	7.76	—
10	(10)	7.82	—
11	(10)	7.82	—
12	(10)	7.82	—
13	(10)	7.82	—
14	(1)	1.00	—
15	(10)	6.40	—
16	(10)	6.40	—
17	(10)	6.40	—
18	(10)	6.40	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(1)	1.00	—
33	(10)	7.77	—
34	(10)	7.77	—
35	(10)	7.77	—
36	(10)	7.77	—
37	(1)	1.00	—
38	(9)	2.10	—
39	(9)	2.10	—
40	(1)	1.00	—
41	(10)	7.77	—
42	(10)	7.77	—
43	(10)	7.77	—
44	(10)	7.77	—
45	(1)	1.00	—
46	(2)	2.10	—
48	(2)	2.10	—
49	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ	32.00	—
4	—	フランジ	32.00	—
38	—	伸縮継手+ フランジ	122.00	—
39	—	伸縮継手+ フランジ	122.00	—
46	—	フランジ	32.00	—
48	—	フランジ	32.00	—
50	KVV1-75	弁	360.00	—
51	KVV0-76	弁	360.00	—

(4) 入力地震波

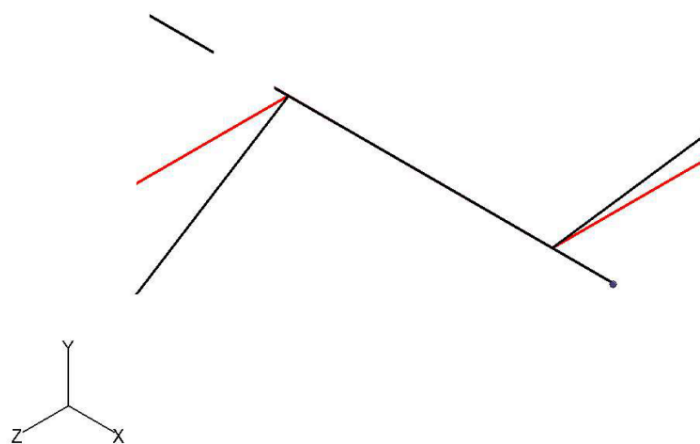
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 及び 共同溝	0.52	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

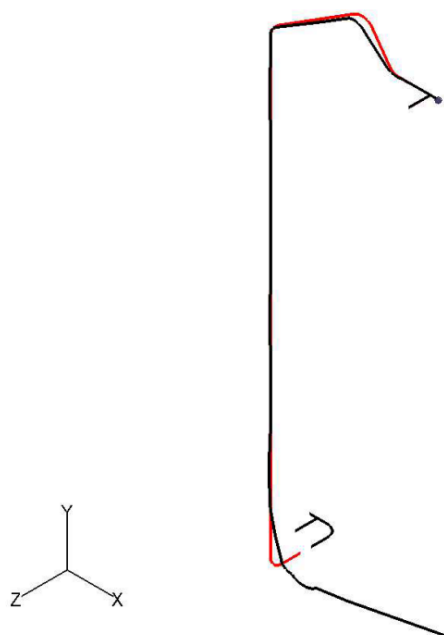
(1) RBE-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	9.2	9.1	86.7
固有周期 (s)	0.109	0.110	0.012



(2) RBE-2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	9.3	65.3	12.5
固有周期 (s)	0.107	0.015	0.080



4.2. 結論

4.2.1. RBE-1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	7	一次応力	1	4	10	-	15	239

4.2.2. RBE-2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	33	一次応力	1	11	50	-	62	233

4.3. 拘束点反力

4.3.1. RBE-1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	8968	—	—	—	2807159
	動的地震荷重 X	25126	—	10483	—	9965082	—
	動的地震荷重 Y	—	14675	—	19023030	—	4218866
	動的地震荷重 Z	82	—	2568	—	750764	1
	静的地震荷重 X	4714	—	521	—	1135765	—
	静的地震荷重 Z	—	—	1615	—	505289	—
6	自重	—	17219	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	10560	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	14445	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	2440	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	521	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	3100	—	—	—
13	自重	—	2744	—	—	—	1248592
	動的地震荷重 X	584	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	586	392	—	192585	278395
	動的地震荷重 Z	—	407	587	—	289036	200153
	静的地震荷重 X	494	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	494	—	224747	—

4.3.2. RBE-2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1721	1870	89	2850770	11938	615169
	動的地震荷重 X	4046	285	4463	1223479	1451976	54705
	動的地震荷重 Y	594	3255	176	2925345	33617	730621
	動的地震荷重 Z	1222	1975	7902	15235560	1066964	288130
	静的地震荷重 X	4429	246	1220	146526	536997	32879
	静的地震荷重 Z	101	350	280	2742938	227025	46810
5	自重	—	7404	322	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	486	7623	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	1492	246	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	1714	16439	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	959	1636	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	451	4766	—	—	—
19	自重	2246	—	316	—	—	—
	動的地震荷重 X	2469	—	2556	—	—	—
	動的地震荷重 Y	670	—	151	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1389	—	10440	—	—	—
	静的地震荷重 X	4260	—	495	—	—	—
	静的地震荷重 Z	78	—	3855	—	—	—
21	自重	639	—	103	—	—	—
	動的地震荷重 X	1163	—	719	—	—	—
	動的地震荷重 Y	279	—	135	—	—	—
	動的地震荷重 Z	807	—	5886	—	—	—
	静的地震荷重 X	543	—	97	—	—	—
	静的地震荷重 Z	29	—	287	—	—	—
23	自重	138	27047	35	—	—	—
	動的地震荷重 X	1054	627	185	—	—	—
	動的地震荷重 Y	132	4264	133	—	—	—
	動的地震荷重 Z	194	2986	1604	—	—	—
	静的地震荷重 X	1787	714	21	—	—	—
	静的地震荷重 Z	6	102	1842	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
25	自重	30	—	66	—	—	—
	動的地震荷重 X	1331	—	223	—	—	—
	動的地震荷重 Y	124	—	184	—	—	—
	動的地震荷重 Z	249	—	1231	—	—	—
	静的地震荷重 X	1405	—	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	—	1393	—	—	—
27	自重	7	—	285	—	—	—
	動的地震荷重 X	2602	—	152	—	—	—
	動的地震荷重 Y	152	—	716	—	—	—
	動的地震荷重 Z	410	—	1432	—	—	—
	静的地震荷重 X	2010	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	2013	—	—	—
29	自重	2	—	1314	—	—	—
	動的地震荷重 X	10852	—	151	—	—	—
	動的地震荷重 Y	58	—	3242	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1789	—	4195	—	—	—
	静的地震荷重 X	541	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	542	—	—	—
31	自重	1	—	1080	—	—	—
	動的地震荷重 X	17821	—	163	—	—	—
	動的地震荷重 Y	160	—	4832	—	—	—
	動的地震荷重 Z	2937	—	5635	—	—	—
	静的地震荷重 X	4996	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	4996	—	—	—
45	自重	—	7001	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	4496	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	4484	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	1942	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	2234	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	3641	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
49	自重	—	599	—	5379354	—	945534
	動的地震荷重 X	4421	—	3860	7	1785648	1
	動的地震荷重 Y	—	2619	—	4398866	1	665335
	動的地震荷重 Z	757	—	1350	51	402401	5
	静的地震荷重 X	3952	—	2234	—	1099622	—
	静的地震荷重 Z	—	—	312	—	491678	—

3-4-4-2. 実験利用設備排気系主ダクトの耐
震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-4-2-1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-4-2-2
2.1. 概略系統図	添 3-4-4-2-2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-4-2-3
3. 設計条件	添 3-4-4-2-5
3.1. LEE-1	添 3-4-4-2-5
4. 解析結果及び評価	添 3-4-4-2-7
4.1. 固有周期	添 3-4-4-2-7
4.2. 結論	添 3-4-4-2-8
4.2.1. LEE-1	添 3-4-4-2-8
4.3. 拘束点反力	添 3-4-4-2-9
4.3.1. LEE-1	添 3-4-4-2-9

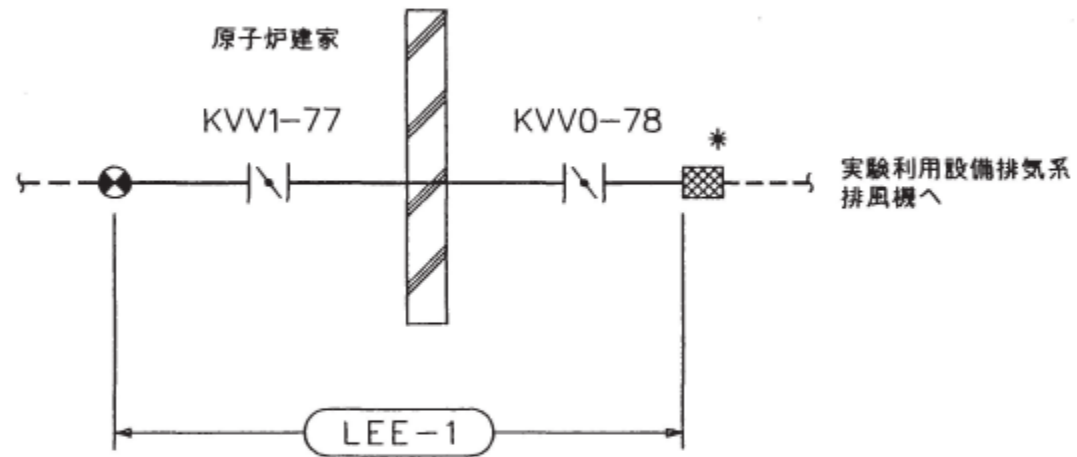
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
LEE-1	弁 (KVV1-77) 側ダクトアンカから弁 (KVV0-78) まで	B

2. 概略系統図及び鳥瞰図



2.1. 概略系統図



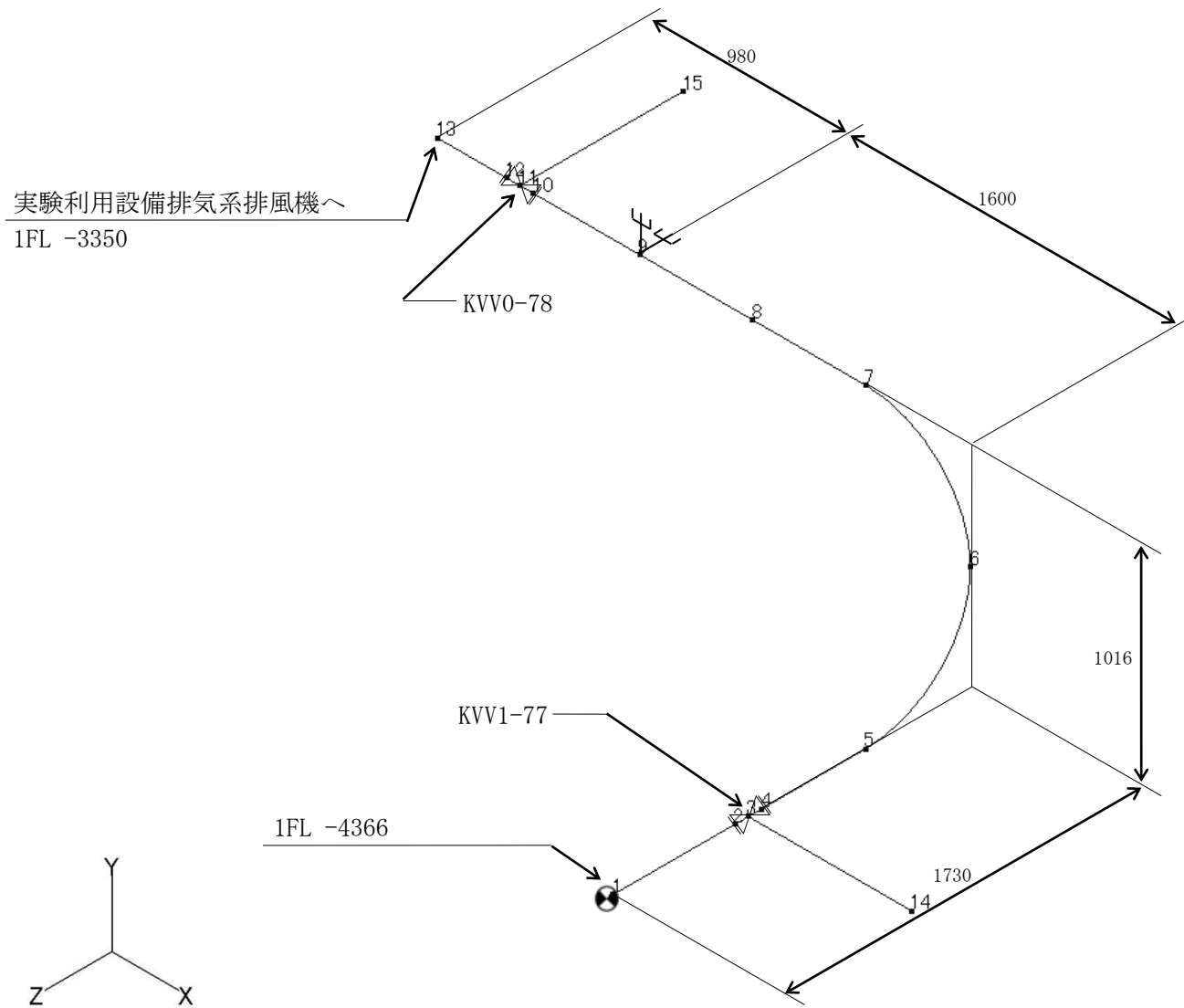
注記 * :フレキシブル継手を示す。

2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ
	レストレイント

(1) LEE-1

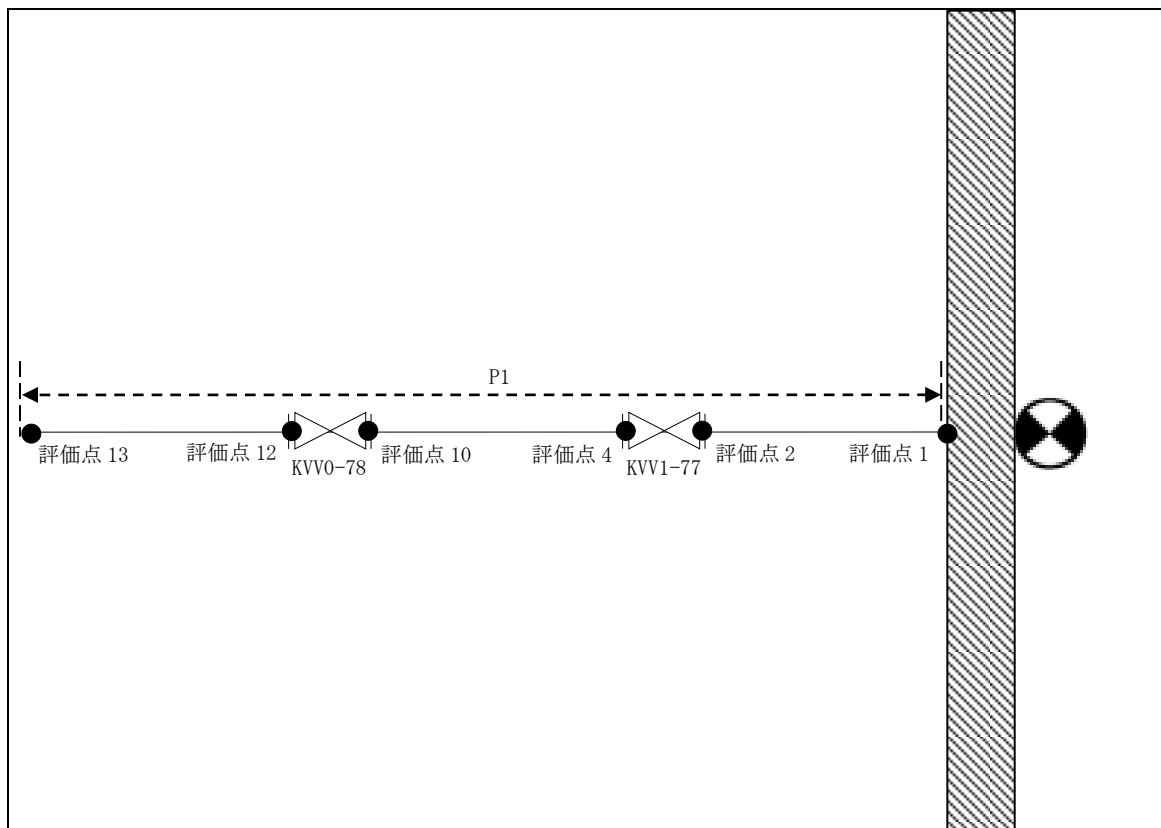


添 3-4-4-2-4

3. 設計条件

3.1. LEE-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	508			
板厚(mm)	7.9			
材質	SGP			
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	55			
最高使用圧力(MPa)	0.0059			
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10 ⁻⁹			
内部流体種類	空気			
内部流体密度(ton/mm ³)	0.00			
外部流体種類	—			
外部流体密度(ton/mm ³)	—			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	143			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	185			
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	143	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(9)	2.10	—
4	(9)	2.10	—
5	(6)	5.62	—
6	(6)	5.62	—
7	(6)	5.62	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(9)	1.00	—
12	(9)	1.00	—
13	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ	35.40	—
4	—	フランジ	35.40	—
10	—	フランジ	35.40	—
12	—	フランジ	35.40	—
14	KVV1-77	弁	270.00	—
15	KVV0-78	弁	270.00	—

(4) 入力地震波

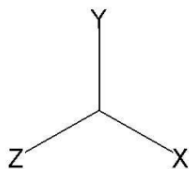
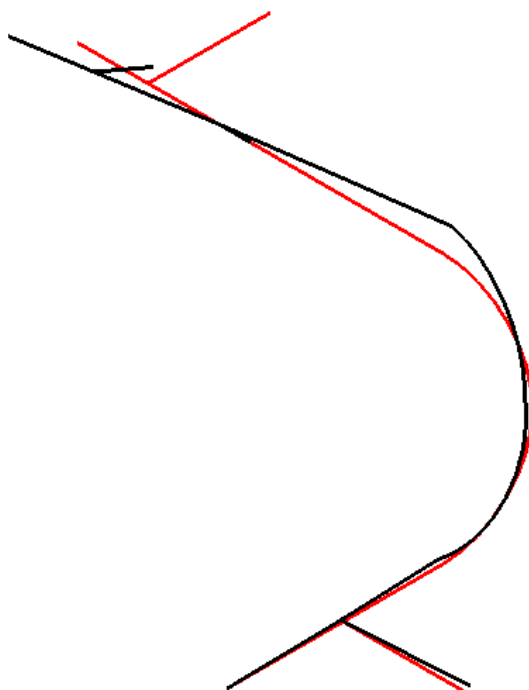
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

(1) LEE-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	15.5	21.5	24.9
固有周期 (s)	0.064	0.046	0.040



4.2. 結論

4.2.1. LEE-1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	5	一次応力	1	5	8	—	14	143

4.3. 拘束点反力

4.3.1. LEE-1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	0	4516	842	3800862	1346851	2345116
	動的地震荷重 X	2411	1148	1128	588859	4144312	1056820
	動的地震荷重 Y	1983	1379	1092	913813	3311938	1203983
	動的地震荷重 Z	281	296	896	335252	634809	110975
	静的地震荷重 X	2045	314	373	164270	2371576	610363
	静的地震荷重 Z	0	9	890	45927	299854	13623
9	自重	—	6841	842	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	2560	1220	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	2204	1102	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	258	875	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	314	373	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	9	1155	—	—	—

3-4-5. ダクトの耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-5- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-5- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-5- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-5- 3
3. 設計条件	添 3-4-5- 9
3.1. duct_a1	添 3-4-5- 9
3.2. duct_a2	添 3-4-5-12
3.3. duct_b	添 3-4-5-14
4. 解析結果及び評価	添 3-4-5-19
4.1. 固有周期	添 3-4-5-19
4.2. 結論	添 3-4-5-22
4.2.1. duct_a1	添 3-4-5-22
4.2.2. duct_a2	添 3-4-5-22
4.2.3. duct_b	添 3-4-5-23
4.3. 拘束点反力	添 3-4-5-24
4.3.1. duct_a1	添 3-4-5-24
4.3.2. duct_a2	添 3-4-5-27
4.3.3. duct_b	添 3-4-5-29

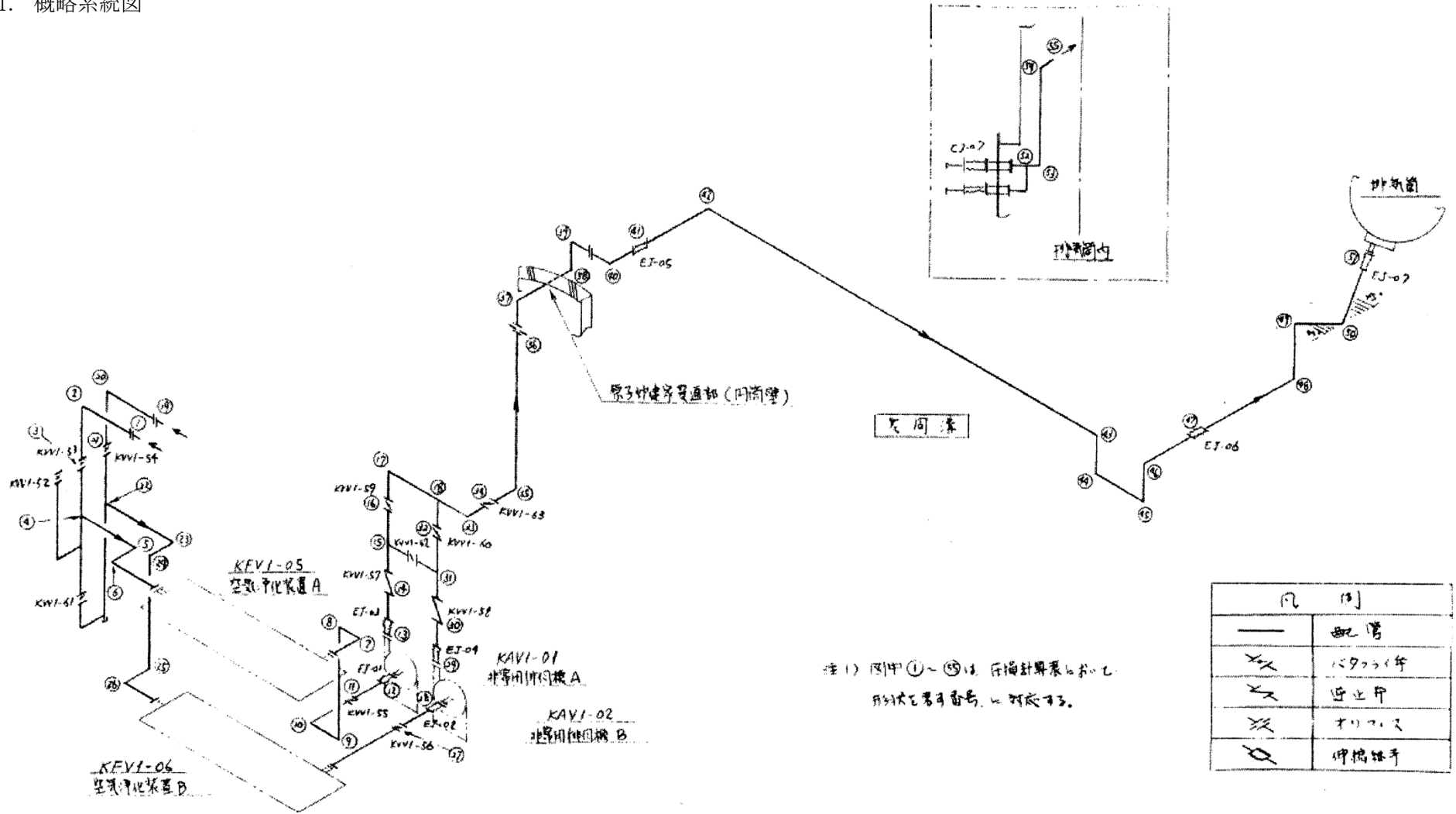
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
duct_a1	空気吸込口 から 空気浄化装置 まで	B
duct_a2	空気浄化装置 から 非常用排風機 まで	B
duct_b	非常用排風機 から 排気筒 まで	B





2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図

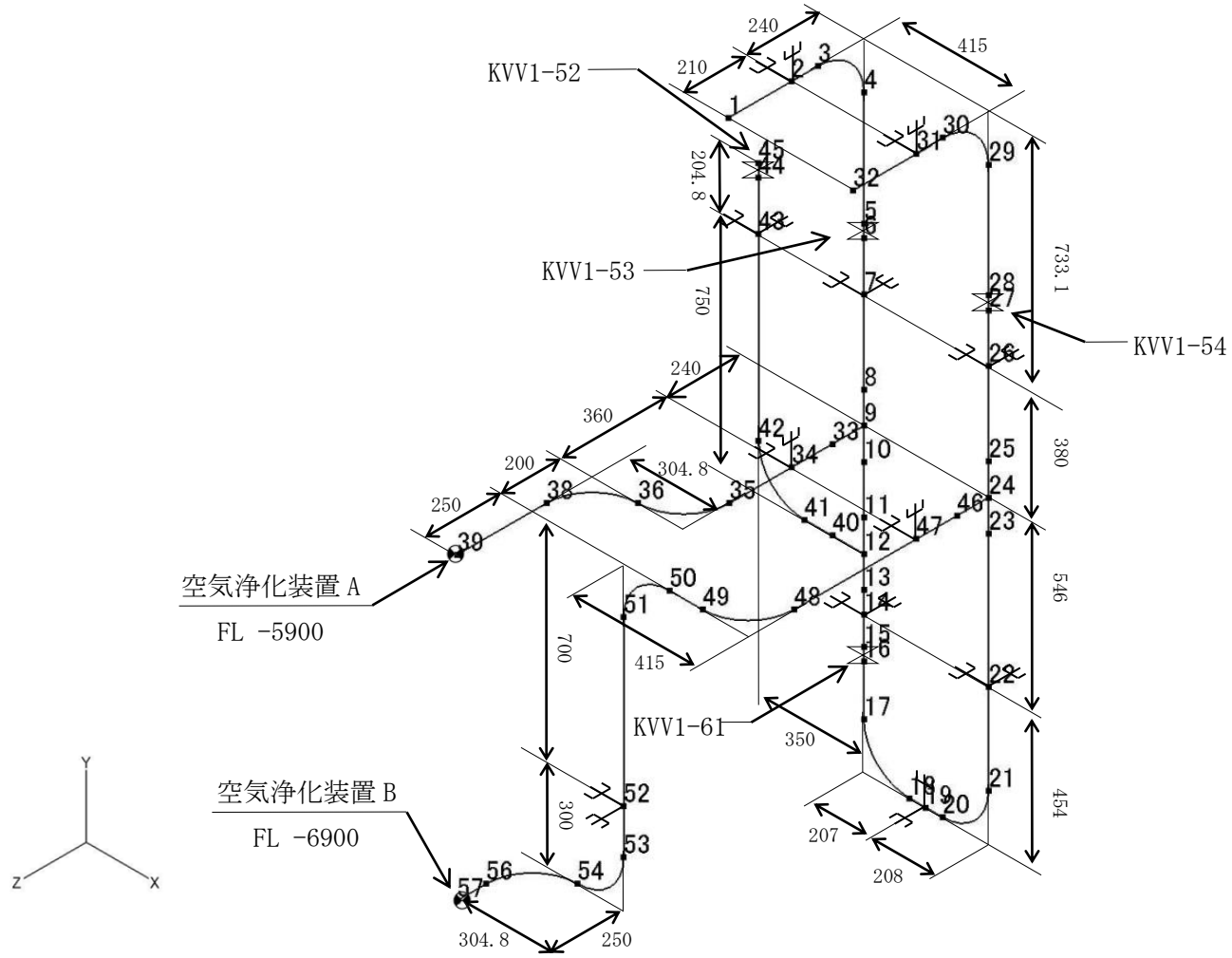


2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

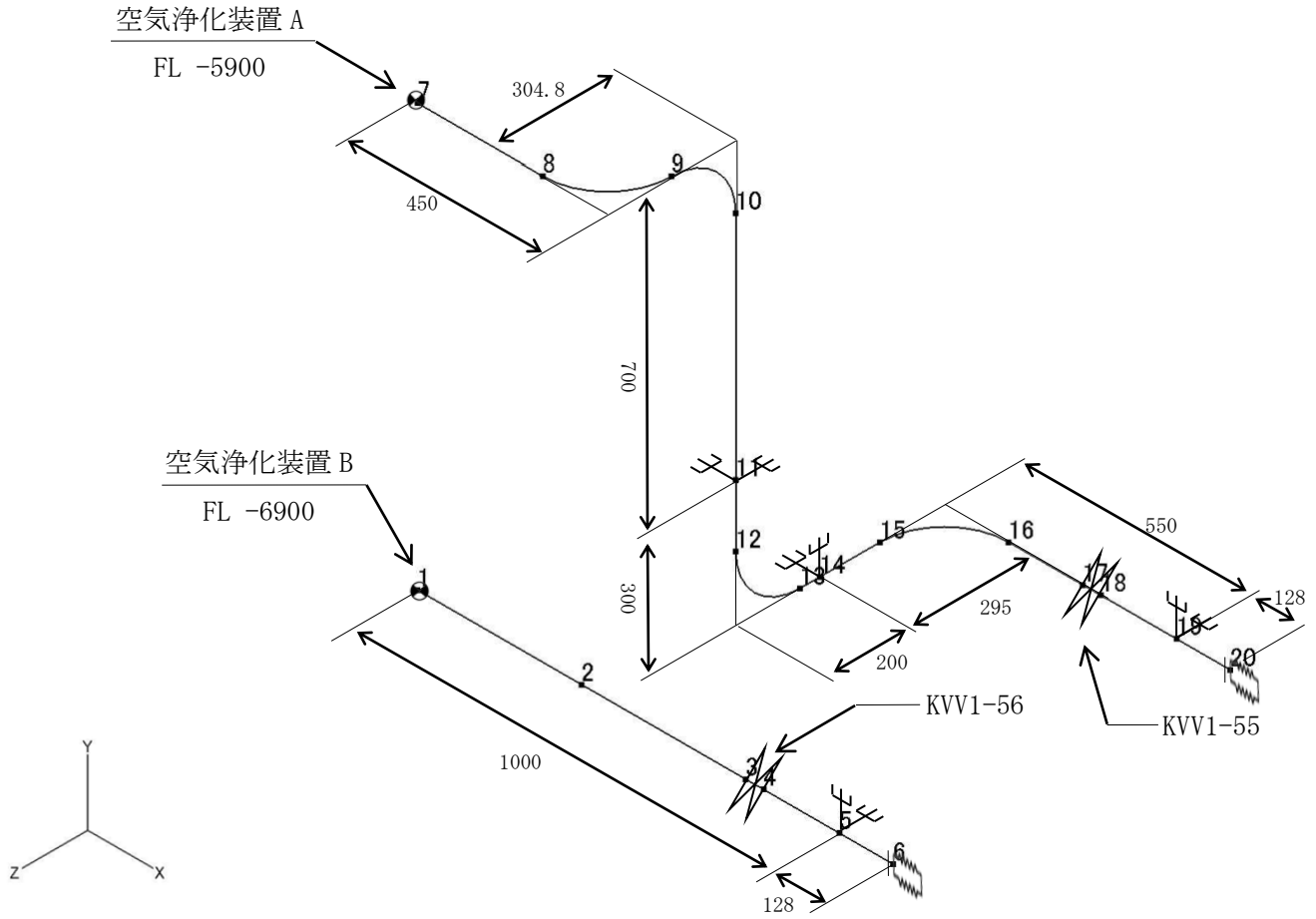
記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	オリフィス
	ベローズ

(1) duct_a1



添 3-4-5-4

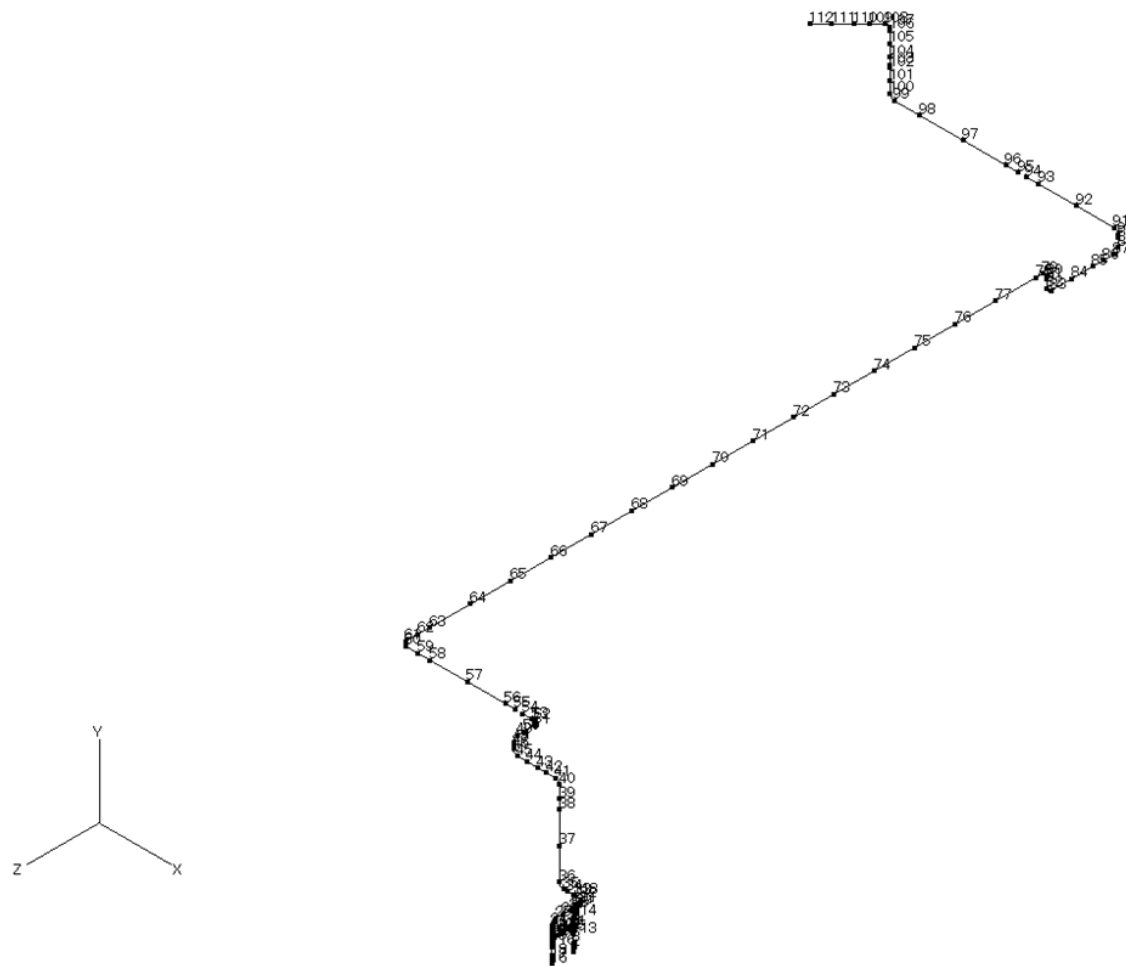
(2) duct_a2



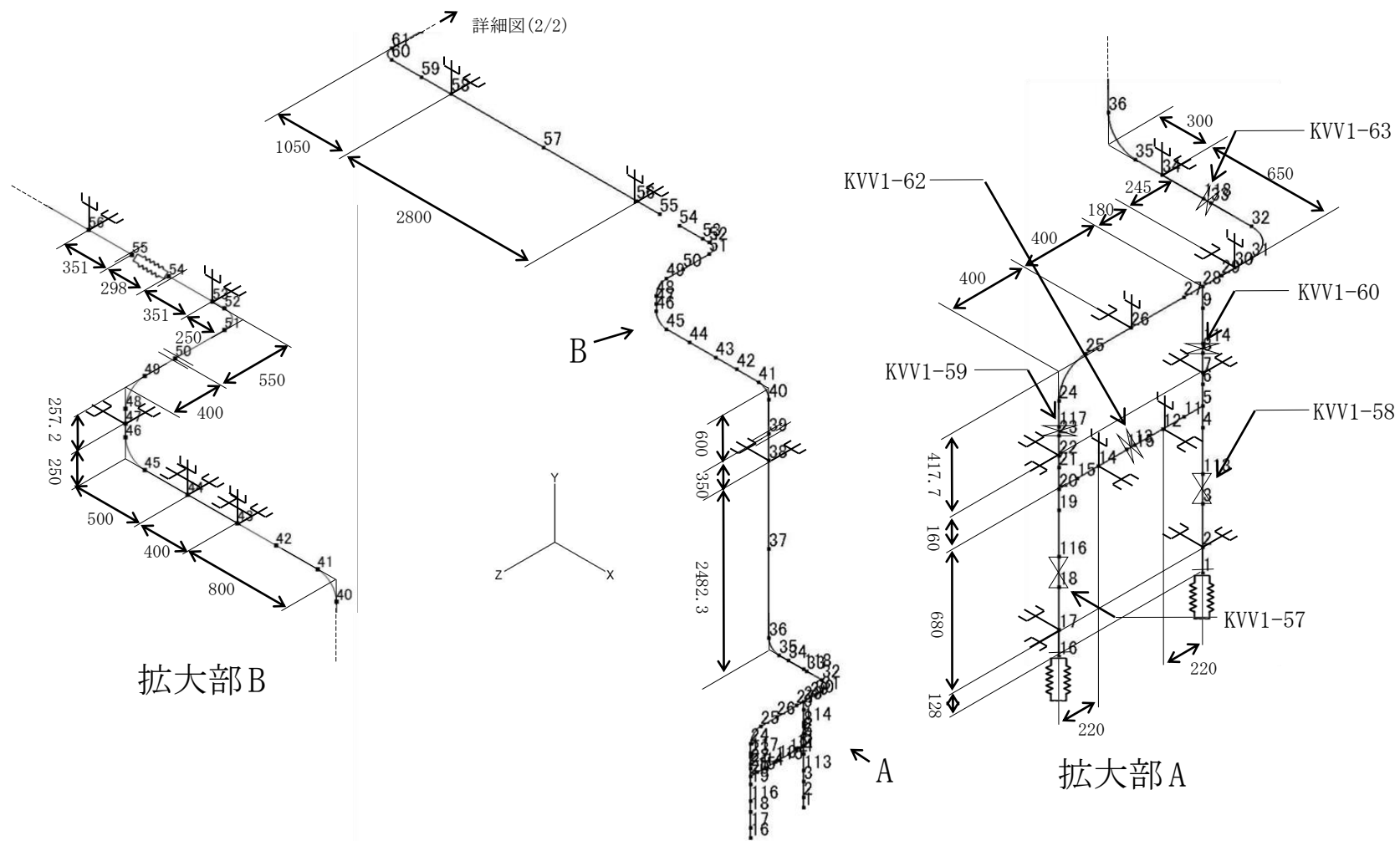
添 3-4-5-5

(3) duct_b

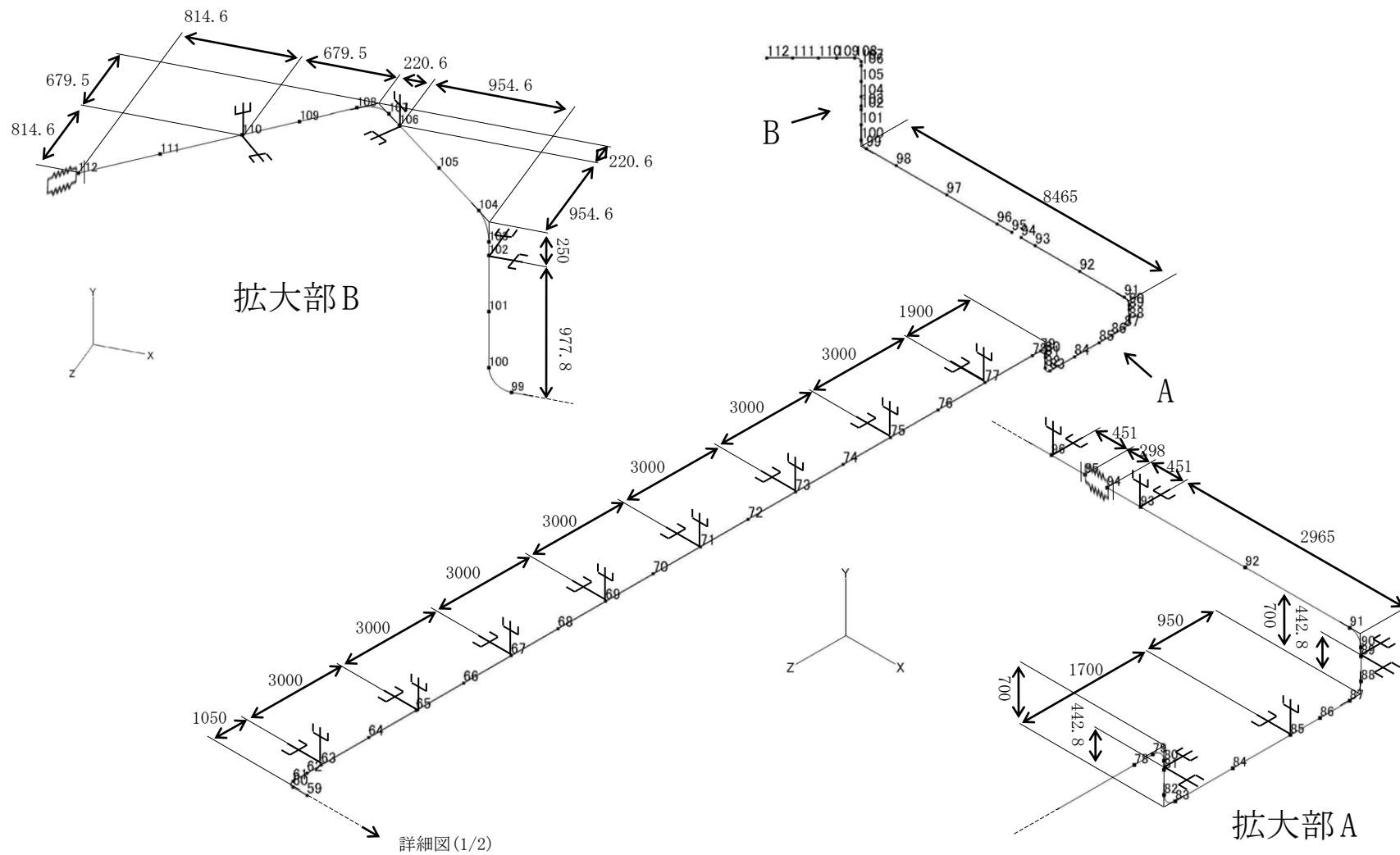
a. 全体図



b. 詳細図(1/2)



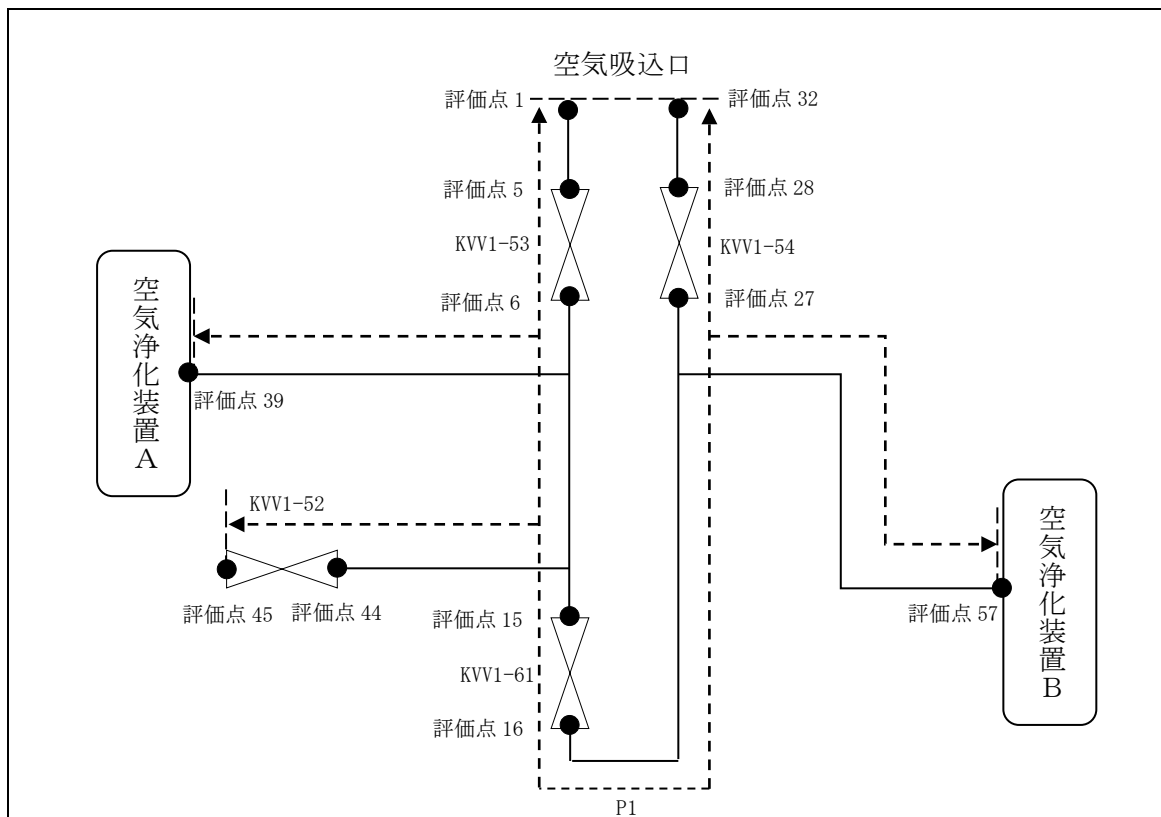
c. 詳細図(2/2)



3. 設計条件

3.1. duct_a1

(1) 解析モデル



配管番号	P1		
外径(mm)	114.3		
板厚(mm)	4.0		
材質	SUS304TP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10^5		
ポアソン比(-)	0.3		
最高使用温度(°C)	55		
最高使用圧力(MPa)	0.1961		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}		
内部流体種類	空気		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		
外部流体種類	—		
外部流体密度(ton/mm)	—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	195		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	496		
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	195

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(1)	1.00	—
3	(6)	2.63	—
4	(6)	2.63	—
5	(2)	2.10	—
6	(2)	2.10	—
7	(1)	1.00	—
8	(3)	1.80	—
9	(4)	1.93	1.93
10	(3)	1.80	—
11	(3)	1.80	—
12	(4)	1.93	1.93
13	(3)	1.80	—
14	(1)	1.00	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(6)	2.63	—
18	(6)	2.63	—
19	(1)	1.00	—
20	(6)	2.63	—
21	(6)	2.63	—
22	(1)	1.00	—
23	(3)	1.80	—
24	(4)	1.93	1.93
25	(3)	1.80	—
26	(1)	1.00	—
27	(2)	2.10	—
28	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
29	(6)	2.63	—
30	(6)	2.63	—
31	(1)	1.00	—
32	(1)	1.00	—
33	(3)	1.80	—
34	(1)	1.00	—
35	(6)	2.63	—
36	(6)	2.63	—
38	(6)	2.63	—
39	(2)	2.10	—
40	(3)	1.80	—
41	(6)	2.63	—
42	(6)	2.63	—
43	(1)	1.00	—
44	(2)	2.10	—
45	(2)	2.10	—
46	(3)	1.80	—
47	(1)	1.00	—
48	(6)	2.63	—
49	(6)	2.63	—
50	(6)	2.63	—
51	(6)	2.63	—
52	(1)	1.00	—
53	(6)	2.63	—
54	(6)	2.63	—
56	(6)	2.63	—
57	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

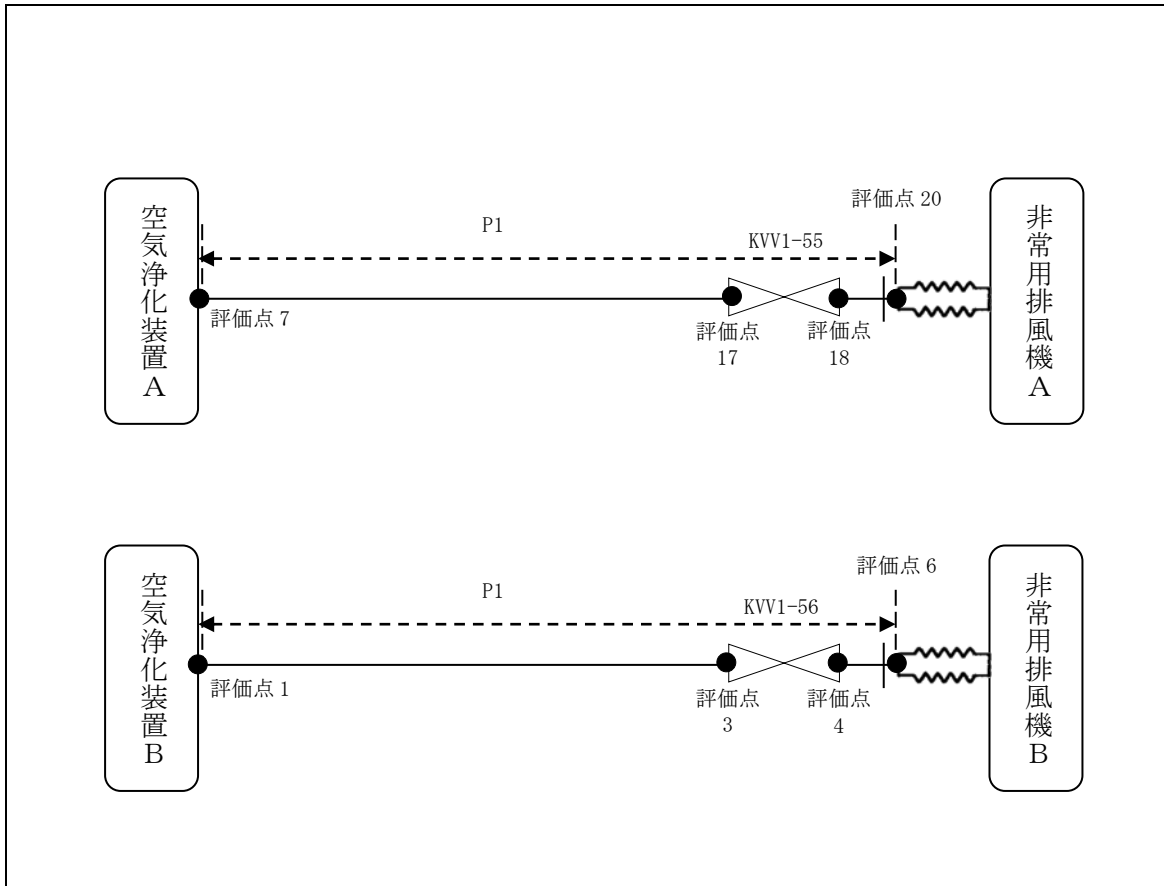
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
5	KVV1-53	弁+フランジ	13.50	—
6	KVV1-53	弁+フランジ	13.50	—
15	KVV1-61	弁+フランジ	7.50	—
16	KVV1-61	弁+フランジ	7.50	—
27	KVV1-54	弁+フランジ	13.50	—
28	KVV1-54	弁+フランジ	13.50	—
44	KVV1-52	弁+フランジ	13.10	—
45	KVV1-52	弁+フランジ	13.10	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2, 3	0.28	0.26
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.2. duct_a2

(1) 解析モデル



配管番号	P1		
外径(mm)	114.3		
板厚(mm)	4.0		
材質	SUS304TP		
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3		
最高使用温度(°C)	55		
最高使用圧力(MPa)	0.1961		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		
内部流体種類	空気		
内部流体密度(ton/mm)	0.00		
外部流体種類	—		
外部流体密度(ton/mm)	—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	195		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	496		
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	195

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(9)	2.10	—
7	(2)	2.10	—
8	(6)	2.63	—
9	(6)	2.63	—
10	(6)	2.63	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
11	(1)	1.00	—
12	(6)	2.63	—
13	(6)	2.63	—
14	(1)	1.00	—
15	(6)	2.63	—
16	(6)	2.63	—
17	(2)	2.10	—
18	(2)	2.10	—
19	(1)	1.00	—
20	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

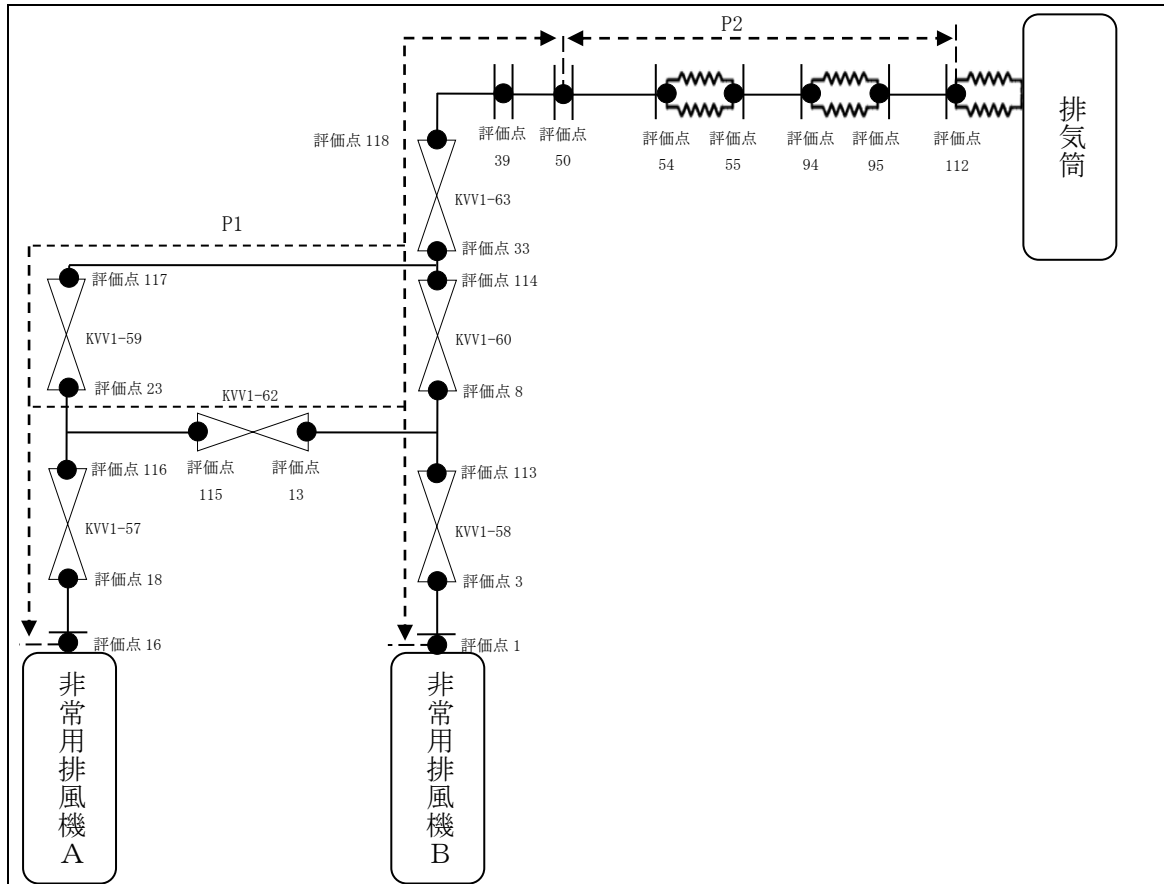
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	3.00	—
3	KVV1-56	弁	13.50	—
4	KVV1-56	弁	13.50	—
6	—	伸縮継手+ フランジ	4.50	—
7	—	フランジ	3.00	—
17	KVV1-55	弁	13.50	—
18	KVV1-55	弁	13.50	—
20	—	伸縮継手+ フランジ	4.50	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 2	0.25	0.25
	静的地震力	—	—		0.18	—

3.3. duct_b

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	
外径(mm)	114.3		114.3	
板厚(mm)	4.0		6.0	
材質	SUS304TP		STPG370	
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵		2.01×10 ⁵	
ポアソン比(-)	0.3		0.3	
最高使用温度(°C)	55		55	
最高使用圧力(MPa)	0.1961		0.1961	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.85×10 ⁻⁹	
内部流体種類	空気		空気	
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00	
外部流体種類	—		—	
外部流体密度(ton/mm)	—		—	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	195		200	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	496		362	
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次		
			195	200

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(2)	2.10	—
4	(3)	1.80	—
5	(4)	1.93	1.93
6	(3)	1.80	—
7	(1)	1.00	—
8	(2)	2.10	—
9	(3)	1.80	—
11	(3)	1.80	—
12	(1)	1.00	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(3)	1.80	—
16	(9)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(2)	2.10	—
19	(3)	1.80	—
20	(4)	1.93	1.93
21	(3)	1.80	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—
24	(6)	2.63	—
25	(6)	2.63	—
26	(1)	1.00	—
27	(3)	1.80	—
28	(4)	1.93	1.93
29	(3)	1.80	—
30	(1)	1.00	—
31	(6)	2.63	—
32	(6)	2.63	—
33	(2)	2.10	—
34	(1)	1.00	—
35	(6)	2.63	—
36	(6)	2.63	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
37	(1)	1.00	—
38	(1)	1.00	—
39	(9)	2.10	—
40	(6)	2.63	—
41	(6)	2.63	—
42	(1)	1.00	—
43	(1)	1.00	—
44	(1)	1.00	—
45	(6)	2.63	—
46	(6)	2.63	—
47	(1)	1.00	—
48	(6)	2.63	—
49	(6)	2.63	—
50	(9)	2.10	—
51	(6)	1.96	—
52	(6)	1.96	—
53	(1)	1.00	—
54	(9)	2.10	—
55	(9)	2.10	—
56	(1)	1.00	—
57	(1)	1.00	—
58	(1)	1.00	—
59	(1)	1.00	—
60	(6)	1.96	—
61	(6)	1.96	—
62	(1)	1.00	—
63	(1)	1.00	—
64	(1)	1.00	—
65	(1)	1.00	—
66	(1)	1.00	—
67	(1)	1.00	—
68	(1)	1.00	—
69	(1)	1.00	—
70	(1)	1.00	—
71	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
72	(1)	1.00	—
73	(1)	1.00	—
74	(1)	1.00	—
75	(1)	1.00	—
76	(1)	1.00	—
77	(1)	1.00	—
78	(1)	1.00	—
79	(6)	1.96	—
80	(6)	1.96	—
81	(1)	1.00	—
82	(6)	1.96	—
83	(6)	1.96	—
84	(1)	1.00	—
85	(1)	1.00	—
86	(1)	1.00	—
87	(6)	1.96	—
88	(6)	1.96	—
89	(1)	1.00	—
90	(6)	1.96	—
91	(6)	1.96	—
92	(1)	1.00	—
93	(1)	1.00	—
94	(9)	2.10	—
95	(9)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
96	(1)	1.00	—
97	(1)	1.00	—
98	(1)	1.00	—
99	(6)	1.96	—
100	(6)	1.96	—
101	(1)	1.00	—
102	(1)	1.00	—
103	(6)	1.96	—
104	(6)	1.96	—
105	(1)	1.00	—
106	(1)	1.00	—
107	(6)	1.96	—
108	(6)	1.96	—
109	(1)	1.00	—
110	(1)	1.00	—
111	(1)	1.00	—
112	(9)	2.10	—
113	(9)	2.10	—
114	(9)	2.10	—
115	(9)	2.10	—
116	(9)	2.10	—
117	(9)	2.10	—
118	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	伸縮継手+ フランジ	4.50	—
3	KVV1-58	弁	27.00	—
8	KVV1-60	弁	13.50	—
13	KVV1-62	弁	7.50	—
16	—	伸縮継手+ フランジ	4.50	—
18	KVV1-57	弁	27.00	—
23	KVV1-59	弁	13.50	—
33	KVV1-63	弁	7.50	—
39	—	オリフィス	10.00	—
50	—	フランジ	8.00	—
54	—	伸縮継手+ フランジ	4.75	—
55	—	伸縮継手+ フランジ	4.75	—
94	—	伸縮継手+ フランジ	4.75	—
95	—	伸縮継手+ フランジ	4.75	—
112	—	伸縮継手+ フランジ	4.75	—
113	KVV1-58	弁	27.00	—
114	KVV1-60	弁	13.50	—
115	KVV1-62	弁	7.50	—
116	KVV1-57	弁	27.00	—
117	KVV1-59	弁	13.50	—
118	KVV1-63	弁	7.50	—

(4) 入力地震波

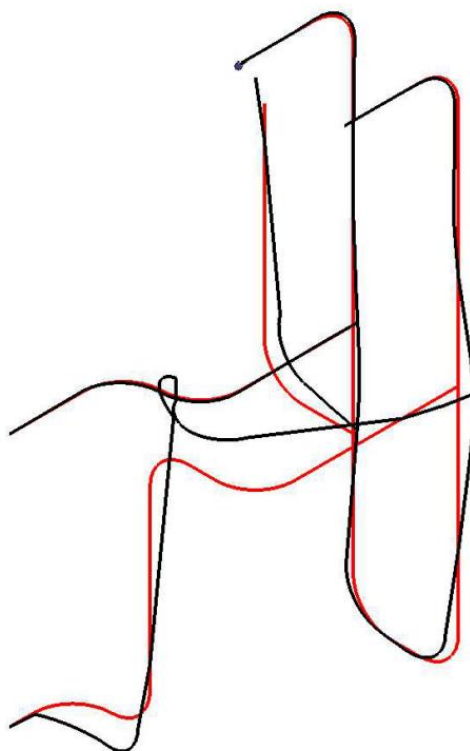
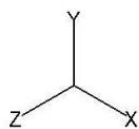
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
BaS	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 2, 3 及び共同溝	0.18	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

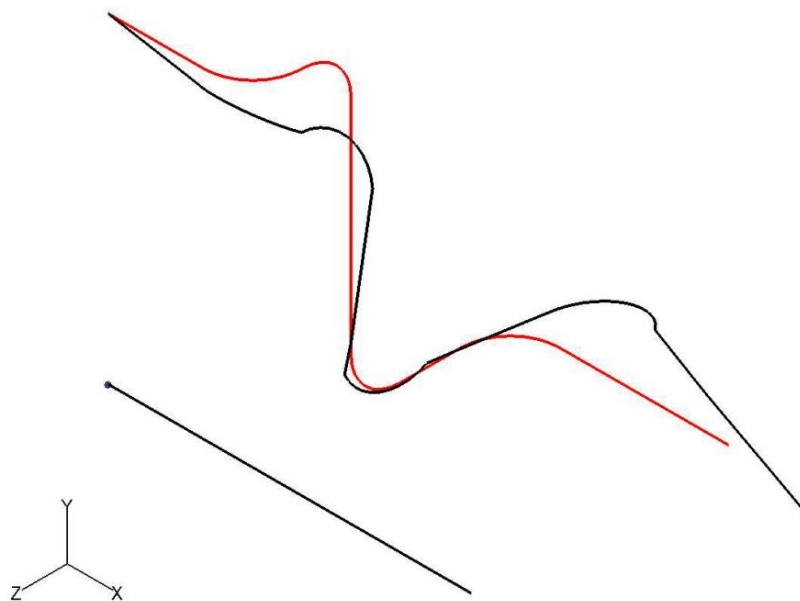
(1) duct_a1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	166.5	218.8	88.8
固有周期 (s)	0.006	0.005	0.011



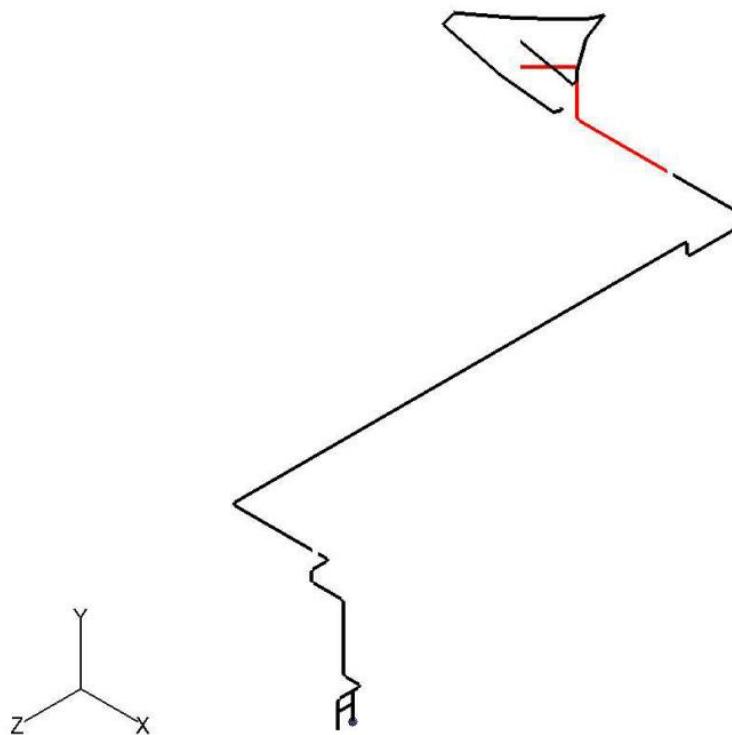
(2) duct_a2

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	62.0	207.0	207.0
固有周期 (s)	0.016	0.005	0.005



(3) duct_b

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	12.9	79.0	27.2
固有周期 (s)	0.078	0.013	0.037



4.2. 結論

4.2.1. duct_a1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	9	一次応力	2	4	2	-	8	195

4.2.2. duct_a2

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	2	2	1	-	5	195

4.2.3. duct_b

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	103	一次応力	1	3	15	-	19	200

4.3. 拘束点反力

4.3.1. duct_a1

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
2	自重	12	89	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	28	1	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	3	23	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1	27	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	18	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	18	—	—	—	—
7	自重	68	—	143	—	—	—
	動的地震荷重 X	110	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 Y	18	—	38	—	—	—
	動的地震荷重 Z	3	—	173	—	—	—
	静的地震荷重 X	71	—	2	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	—	111	—	—	—
14	自重	50	—	152	—	—	—
	動的地震荷重 X	78	—	7	—	—	—
	動的地震荷重 Y	13	—	40	—	—	—
	動的地震荷重 Z	7	—	43	—	—	—
	静的地震荷重 X	50	—	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	4	—	28	—	—	—
19	自重	—	861	30	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	3	1	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	224	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	24	33	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	16	22	—	—	—
22	自重	167	—	10	—	—	—
	動的地震荷重 X	24	—	8	—	—	—
	動的地震荷重 Y	44	—	3	—	—	—
	動的地震荷重 Z	8	—	3	—	—	—
	静的地震荷重 X	16	—	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	—	2	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y			X	Y
26	自重	19	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	94	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 Y	5	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 Z	4	—	176	—	—	—
	静的地震荷重 X	61	—	3	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	—	114	—	—	—
31	自重	4	48	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	30	1	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1	13	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1	27	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	19	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	17	—	—	—	—
34	自重	79	673	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	5	12	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	21	175	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	17	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	4	8	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	11	11	—	—	—	—
39	自重	13	4	15	4565	6707	9457
	動的地震荷重 X	23	2	3	368	5979	185
	動的地震荷重 Y	4	1	4	1187	1744	2459
	動的地震荷重 Z	12	1	2	266	2570	187
	静的地震荷重 X	15	1	2	237	3844	119
	静的地震荷重 Z	8	1	1	171	1652	120
43	自重	45	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	109	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	108	—	—	—
	静的地震荷重 X	70	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	70	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y			X	Y
47	自重	46	210	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	40	7	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	55	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	4	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	26	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3	10	—	—	—	—
52	自重	89	—	53	—	—	—
	動的地震荷重 X	52	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 Y	23	—	14	—	—	—
	動的地震荷重 Z	7	—	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	34	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	—	16	—	—	—
57	自重	78	158	42	25352	11078	19765
	動的地震荷重 X	8	1	2	1077	2772	246
	動的地震荷重 Y	21	41	11	6592	2881	5139
	動的地震荷重 Z	5	1	14	1069	1485	393
	静的地震荷重 X	5	1	1	692	1782	158
	静的地震荷重 Z	3	1	9	688	955	253

4.3.2. duct_a2

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	165	—	—	—	34927
	動的地震荷重 X	115	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	42	—	—	—	8732
	動的地震荷重 Z	—	—	42	—	8732	—
	静的地震荷重 X	83	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	30	—	6287	—
5	自重	—	296	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	74	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	74	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	54	—	—	—
7	自重	7	42	8	6844	1537	2971
	動的地震荷重 X	53	22	6	3013	11055	8947
	動的地震荷重 Y	2	11	2	1711	385	743
	動的地震荷重 Z	2	11	20	2160	2534	3576
	静的地震荷重 X	38	16	5	2169	7960	6442
	静的地震荷重 Z	2	8	15	1555	1825	2575
11	自重	6	—	8	—	—	—
	動的地震荷重 X	63	—	38	—	—	—
	動的地震荷重 Y	2	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 Z	1	—	71	—	—	—
	静的地震荷重 X	45	—	27	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	51	—	—	—
14	自重	2	312	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	167	30	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	1	78	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	3	9	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	120	22	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	7	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
19	自重	—	273	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	9	32	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	69	1	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	2	66	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	23	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	48	—	—	—

4.3.3. duct_b

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
2	自重	1	—	14	—	—	—
	動的地震荷重 X	52	—	8	—	—	—
	動的地震荷重 Y	15	—	37	—	—	—
	動的地震荷重 Z	16	—	55	—	—	—
	静的地震荷重 X	72	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	70	—	—	—
7	自重	12	—	148	—	—	—
	動的地震荷重 X	63	—	16	—	—	—
	動的地震荷重 Y	16	—	50	—	—	—
	動的地震荷重 Z	16	—	85	—	—	—
	静的地震荷重 X	80	—	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3	—	146	—	—	—
12	自重	3	398	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	33	17	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	17	87	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	18	71	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	46	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	6	—	—	—	—
14	自重	3	1042	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	59	25	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	17	153	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	15	53	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	35	3	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	9	—	—	—	—
17	自重	—	—	63	—	—	—
	動的地震荷重 X	64	—	8	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	—	28	—	—	—
	動的地震荷重 Z	7	—	57	—	—	—
	静的地震荷重 X	71	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	70	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
22	自重	2	—	196	—	—	—
	動的地震荷重 X	72	—	13	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	—	55	—	—	—
	動的地震荷重 Z	9	—	77	—	—	—
	静的地震荷重 X	96	—	4	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	143	—	—	—
26	自重	6	596	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	41	10	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	54	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	10	41	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	12	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	4	—	—	—	—
30	自重	36	225	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	70	31	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	49	88	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	41	50	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	98	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	2	—	—	—	—
34	自重	—	749	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	47	15	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	104	16	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	30	39	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	56	—	—	—
38	自重	49	—	6	—	—	—
	動的地震荷重 X	41	—	16	—	—	—
	動的地震荷重 Y	37	—	17	—	—	—
	動的地震荷重 Z	9	—	44	—	—	—
	静的地震荷重 X	61	—	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	63	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
43	自重	30	84	15	—	—	—
	動的地震荷重 X	20	44	122	—	—	—
	動的地震荷重 Y	15	47	21	—	—	—
	動的地震荷重 Z	6	9	61	—	—	—
	静的地震荷重 X	22	30	69	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	1	43	—	—	—
44	自重	108	272	18	—	—	—
	動的地震荷重 X	43	68	135	—	—	—
	動的地震荷重 Y	29	75	16	—	—	—
	動的地震荷重 Z	12	10	43	—	—	—
	静的地震荷重 X	26	44	72	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	4	18	—	—	—
47	自重	108	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	125	—	206	—	—	—
	動的地震荷重 Y	30	—	12	—	—	—
	動的地震荷重 Z	23	—	27	—	—	—
	静的地震荷重 X	108	—	113	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	—	35	—	—	—
53	自重	—	231	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	33	175	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	24	12	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	16	40	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	19	103	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	43	—	—	—
56	自重	—	299	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	5	10	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	26	9	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	9	31	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	—	3	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	44	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
58	自重	—	412	18	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	12	143	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	70	25	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	19	99	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	68	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	122	—	—	—
63	自重	2	369	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	330	10	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	30	87	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	128	15	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	226	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	—	—	—	—	—
65	自重	3	497	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	122	11	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	72	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	40	17	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	51	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	7	—	—	—	—	—
67	自重	1	466	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	89	10	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	10	58	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	17	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	95	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	—	—	—	—	—
69	自重	1	475	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	93	11	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	8	63	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	11	15	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	83	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
71	自重	—	469	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	87	12	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	9	67	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	10	18	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	86	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	1	—	—	—	—
73	自重	1	482	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	72	11	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	8	63	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	9	16	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	84	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	—	—	—	—
75	自重	1	437	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	53	15	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	8	50	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	9	20	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	88	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	5	—	—	—	—
77	自重	4	537	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	39	23	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	8	49	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	10	46	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	74	4	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	44	—	—	—	—
81	自重	31	—	200	—	—	—
	動的地震荷重 X	53	—	280	—	—	—
	動的地震荷重 Y	14	—	209	—	—	—
	動的地震荷重 Z	14	—	642	—	—	—
	静的地震荷重 X	61	—	78	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	776	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
85	自重	82	855	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	36	35	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	33	91	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	33	177	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	38	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	6	40	—	—	—	—
89	自重	55	—	182	—	—	—
	動的地震荷重 X	66	—	56	—	—	—
	動的地震荷重 Y	55	—	61	—	—	—
	動的地震荷重 Z	53	—	61	—	—	—
	静的地震荷重 X	135	—	14	—	—	—
	静的地震荷重 Z	7	—	12	—	—	—
93	自重	—	351	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	27	8	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	31	10	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	28	32	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	5	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	63	—	—	—
96	自重	—	292	13	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	107	79	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	33	15	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	29	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	61	—	—	—
98	自重	—	741	62	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	57	263	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	83	41	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	14	52	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	33	39	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	91	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
102	自重	2	—	58	—	—	—
	動的地震荷重 X	936	—	232	—	—	—
	動的地震荷重 Y	138	—	40	—	—	—
	動的地震荷重 Z	44	—	46	—	—	—
	静的地震荷重 X	212	—	52	—	—	—
	静的地震荷重 Z	5	—	37	—	—	—
106	自重	—	77	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	56	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	64	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	21	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	—	—	—	—
106	自重	7	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	48	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	59	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	69	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	74	—	—	—	—	—
	方向	-0.7071	0.0000	0.7071	—	—	—
110	自重	—	489	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	262	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	98	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	23	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	34	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	—	—	—	—
110	自重	6	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	87	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	40	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	62	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	39	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	67	—	—	—	—	—
	方向	0.7071	0.0000	0.7071	—	—	—

3－4－6．核燃料物質の取扱設備及び貯蔵設備の耐震強度評価

3－4－6－1．燃料搬送装置の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-6-1- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-6-1- 1
1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ	添 3-4-6-1- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-6-1- 2
2. 計算方法	添 3-4-6-1- 6
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-6-1- 6
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-6-1- 8
2.2.1. 転倒モーメント及び荷重の算出	添 3-4-6-1- 8
2.2.2. 移動台車転倒防止金具の応力	添 3-4-6-1-10
2.2.3. 移動台車転倒防止金具取付ボルトの応力	添 3-4-6-1-11
2.2.4. 横行レールの応力	添 3-4-6-1-12
2.2.5. 横行レールサポートの応力	添 3-4-6-1-14
2.2.6. ステージの応力	添 3-4-6-1-16
3. 評価方法	添 3-4-6-1-18
3.1. 固有周期の評価	添 3-4-6-1-18
3.2. 応力の評価	添 3-4-6-1-18
3.2.1. 移動台車転倒防止金具の応力評価	添 3-4-6-1-18
3.2.2. 移動台車転倒防止金具取付ボルトの応力評価	添 3-4-6-1-18
3.2.3. 横行レールの応力評価	添 3-4-6-1-18
3.2.4. 横行レールサポートの応力評価	添 3-4-6-1-19
3.2.5. ステージの応力評価	添 3-4-6-1-19
4. 設計条件	添 3-4-6-1-20
5. 機器要目	添 3-4-6-1-21
6. 計算結果	添 3-4-6-1-23
6.1. 固有周期の計算結果	添 3-4-6-1-23
6.2. 応力の計算結果	添 3-4-6-1-23
6.2.1. 許容応力状態 $B_A S$	添 3-4-6-1-23
7. 結果	添 3-4-6-1-25

1. 一般事項

本計算書は、燃料搬送装置の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 地震力は、水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (2) 動的地震力(Sd)及び静的地震力に対して評価を行う。
- (3) 燃料搬送装置は、走行レール上に自立した構造とする。
- (4) 水平方向の地震力に対しては、転倒防止金具によって支持されるものとする。

1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の最高使用温度における設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

部材	材料		設計降伏点	設計引張強さ
			S_y (N/mm ²)	S_u (N/mm ²)
移動台車転倒防止金具	SS400	43℃	233	398
移動台車転倒防止金具 取付用ボルト	SS400	43℃	233	398
横行レール	SS400	43℃	243	398
横行レールサポート	SS400	43℃	243	398
ステージ	SS400	43℃	243	398

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_a	移動台車転倒防止金具のせん断断面積	mm^2
A_b	移動台車転倒防止金具取付ボルトの軸断面積	mm^2
A_{c1}	横行レールの水平力に対するせん断断面積	mm^2
A_{c2}	横行レールの鉛直力に対するせん断断面積	mm^2
A_{d1}	横行レールサポートの水平力に対するせん断断面積	mm^2
A_{d2}	横行レールサポートの鉛直力に対するせん断断面積	mm^2
A_e	ステージのせん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示す F 値	N/mm^2
F_x	X 軸方向水平地震力による移動台車転倒防止金具の荷重	N
F_y	Y 軸方向水平地震力による移動台車転倒防止金具の荷重	N
f_{ta}	許容引張応力	N/mm^2
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける移動台車転倒防止金具取付ボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{sb}	許容せん断応力	N/mm^2
g	重力加速度 (=9806.65)	mm/s^2
H_1	走行レール面から移動台車重心までの高さ	mm
H_2	走行レール面からホイスト部重心までの高さ	mm
H_3	走行レール面から横行サドル重心までの高さ	mm
h_1	移動台車転倒防止金具に作用する曲げモーメントのうでの長さ	mm
l_1	基準点から移動台車重心までの距離 (X 軸方向)	mm
l_2	基準点からホイスト部及び横行サドル重心までの距離 (X 軸方向)	mm
l_3	基準点から移動台車重心までの距離 (Y 軸方向)	mm
l_4	基準点からホイスト部重心までの距離 (Y 軸方向)	mm
l_5	基準点から横行サドル重心までの距離 (Y 軸方向)	mm
l_6	基準点から移動台車転倒防止金具までの距離 (X 軸方向)	mm
l_7	基準点から移動台車転倒防止金具までの距離 (Y 軸方向図-3-4-6-1.3 左側)	mm
l_8	横行レールの長さ	mm
l_9	横行レールサポートの長さ	mm
l_{10}	ステージの長さ	mm
l_{11}	基準点から荷重作用点までの距離	mm
l_{12}	基準点から移動台車車輪までの距離 (Y 軸方向)	mm
l_{13}	基準点から移動台車転倒防止金具までの距離 (Y 軸方向図-3-4-6-1.3 右側)	mm
l_{14}	移動台車転倒防止金具取付ボルト間の距離	mm

記号	記号の説明	単位
M_{x1}	X 軸方向水平地震力による移動台車の転倒モーメント	N・mm
M_{x2}	X 軸方向水平地震力による移動台車の転倒モーメント	N・mm
M_{y1}	Y 軸方向水平地震力による移動台車の転倒モーメント	N・mm
M_{y2}	Y 軸方向水平地震力による移動台車の転倒モーメント	N・mm
M_{y3}	Y 軸方向水平地震力による移動台車の転倒モーメント	N・mm
n_a	移動台車転倒防止金具の員数	—
n_b	移動台車転倒防止金具取付ボルトの本数	—
S_u	設計引張強さ	N/mm ²
S_y	設計降伏点	N/mm ²
t_1	移動台車転倒防止金具の厚さ	mm
W_1	移動台車の重量(ホイスト部及び横行サドルを除く全重量)	N
W_2	ホイスト部の重量	N
W_3	横行サドルの重量	N
W_{41}	移動台車に取付けられる機器の重量(走行駆動部重量)	N
W_{42}	移動台車に取付けられる機器の重量(走行駆動部重量)	N
W_5	制御盤全重量	N
W_{51}	移動台車に取付けられる機器の重量(制御盤重量)	N
W_{52}	移動台車に取付けられる機器の重量(制御盤重量)	N
W_6	移動台車に取付けられる機器の重量(ケーブルリール重量)	N
W_c	横行レールの負荷重量	N
W_d	横行レールサポートの負荷重量	N
W_e	ステージの負荷重量	N
ω_c	横行レール単位長さあたりの重量	N/mm
ω_d	横行レールサポートの単位長さあたりの重量	N/mm
ω_e	ステージの単位長さあたりの重量	N/mm
Z_a	移動台車転倒防止金具の断面係数	mm ³
Z_{c1}	横行レールの鉛直方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z_{c2}	横行レールの水平方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z_{d1}	横行レールサポートの鉛直方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z_{d2}	横行レールサポートの水平方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z_{e1}	ステージの鉛直方向曲げに対する断面係数	mm ³
Z_{e2}	ステージの水平方向曲げに対する断面係数	mm ³

記号	記号の説明	単位
σ_{ax}	移動台車転倒防止金具の X 軸方向水平地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{bx}	移動台車転倒防止金具取付ボルトの X 軸方向水平地震力による引張応力	N/mm ²
σ_{ay}	移動台車転倒防止金具の Y 軸方向水平地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{by}	移動台車転倒防止金具取付ボルトの Y 軸方向水平地震力による引張応力	N/mm ²
σ_c	横行レールの総合曲げ応力	N/mm ²
σ_{c1}	横行レールの死荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ_{c2}	横行レールの鉛直方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{c3}	横行レールの水平方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_d	横行レールサポートの総合曲げ応力	N/mm ²
σ_{d1}	横行レールサポートの死荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ_{d2}	横行レールサポートの鉛直方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{d3}	横行レールサポートの水平方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_e	ステージの総合曲げ応力	N/mm ²
σ_{e1}	ステージの死荷重による曲げ応力	N/mm ²
σ_{e2}	ステージの鉛直方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{e3}	ステージの水平方向地震力による曲げ応力	N/mm ²
σ_{sax}	移動台車転倒防止金具の X 軸方向水平地震力による組合せ応力	N/mm ²
σ_{say}	移動台車転倒防止金具の Y 軸方向水平地震力による組合せ応力	N/mm ²
σ_{sc}	横行レールの組合せ応力	N/mm ²
σ_{sd}	横行レールサポートの組合せ応力	N/mm ²
σ_{se}	ステージの組合せ応力	N/mm ²
τ_{ax}	移動台車転倒防止金具の X 軸方向水平地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{bx}	移動台車転倒防止金具取付ボルトの X 軸方向水平地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{ay}	移動台車転倒防止金具の Y 軸方向水平地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{by}	移動台車転倒防止金具取付ボルトの Y 軸方向水平地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_c	横行レールの総合せん断応力	N/mm ²
τ_{c1}	横行レールの死荷重によるせん断応力	N/mm ²
τ_{c2}	横行レールの鉛直方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{c3}	横行レールの水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_d	横行レールサポートの総合せん断応力	N/mm ²
τ_{d1}	横行レールサポートの死荷重によるせん断応力	N/mm ²
τ_{d2}	横行レールサポートの鉛直方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{d3}	横行レールサポートの水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_e	ステージの総合せん断応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
τ_{e1}	ステージの死荷重によるせん断応力	N/mm ²
τ_{e2}	ステージの鉛直方向地震力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{e3}	ステージの水平方向地震力によるせん断応力	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- a. 燃料搬送装置のフレームは、梁要素の集合体と考え梁要素は、フレームと等価な曲げ及びせん断剛性を有するものとする。
- b. ステージの床板は、四角形平板要素の集合体と考え、四角形平板要素は、床板と等価な、面内弾性及び剛性を有するものとする。
- c. 搭載機器の重量は、付加質量として考慮する。

(2) 計算モデル

燃料搬送装置は、上記仮定により図-3-4-6-1.1に示すような計算モデルとする。

(3) 固有周期

固有周期の計算は、上記計算モデルをもとに有限要素法により行う。

計算コードは「MSC/NASTRAN 2005r2」を用いる。

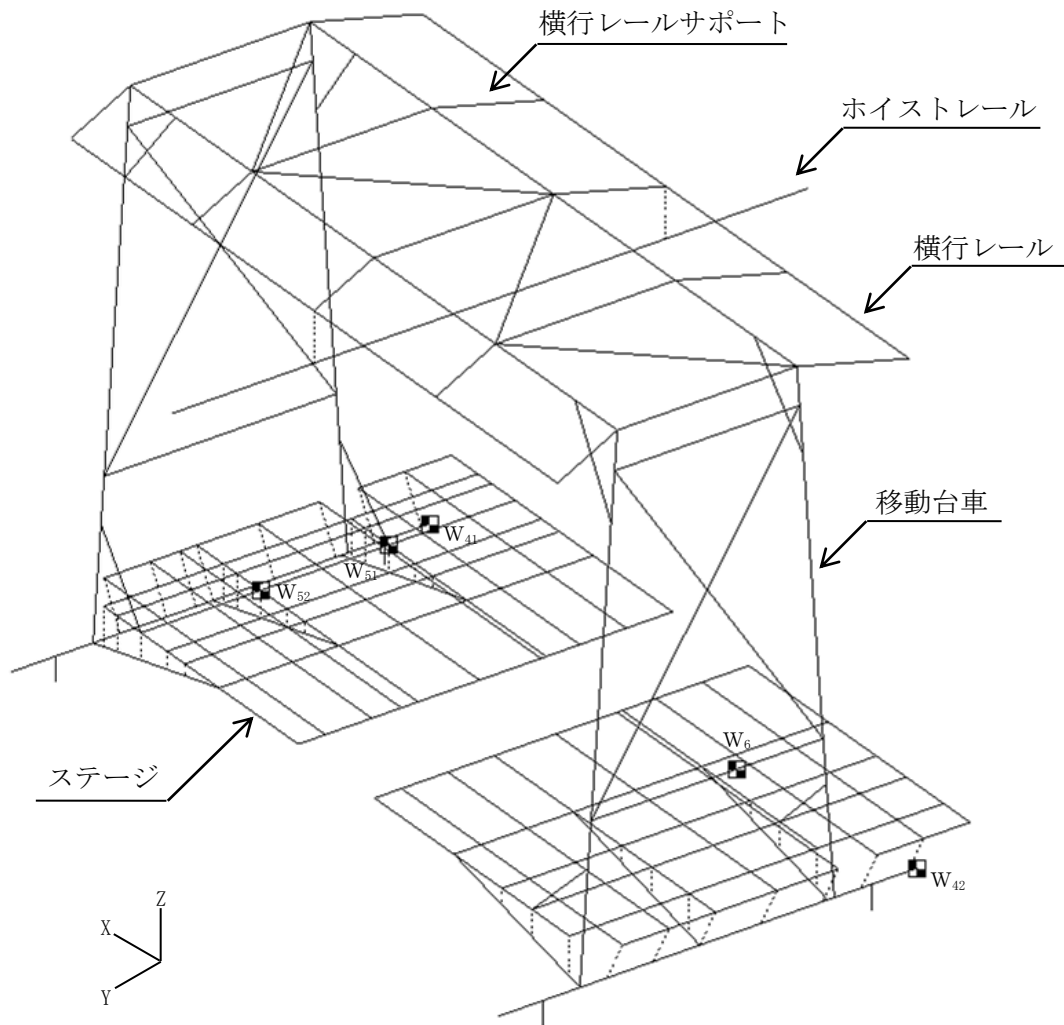


図-3-4-6-1.1 固有周期の計算モデル

表-3-4-6-1.1 計算モデルの諸定数

要素の種類		質量 (kg)	密度 (kg/mm ³)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比 (-)
梁要素	ホイストレール以外	-	9.273×10^{-6} (注1)	2.01×10^5	0.3
	ホイストレール	-	5.984×10^{-5} (注2)		
四角形平板要素		-	9.273×10^{-6} (注1)		
付加質量(W ₄₁)		80			
付加質量(W ₄₂)		80			
付加質量(W ₅₁)		120	-	-	-
付加質量(W ₅₂)		120			
付加質量(W ₆)		150			

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 転倒モーメント及び荷重の算出

(1) 移動台車の転倒モーメント及び移動台車転倒防止金具の荷重

X 軸方向水平地震力に対して図 3-4-6-1.2 のごとく、ホイストが左側端部にあるときの右側の転倒防止金具を支点とした転倒モーメントは、次式により求まる。

$$M_{x1} = \sqrt{(C_H(W_1 \cdot H_1 + W_2 \cdot H_2 + W_3 \cdot H_3))^2 + (C_V(W_1 \cdot \ell_1 + W_2 \cdot \ell_2 + W_3 \cdot \ell_2))^2} - (W_1 \cdot \ell_1 + W_2 \cdot \ell_2 + W_3 \cdot \ell_2)$$

また、左側の転倒防止金具を支点とした転倒モーメントは、次式により求まる。

$$M_{x2} = \sqrt{(C_H(W_1 \cdot H_1 + W_2 \cdot H_2 + W_3 \cdot H_3))^2 + (C_V(W_1(\ell_6 - \ell_1) + W_2(\ell_6 - \ell_2) + W_3(\ell_6 - \ell_2)))^2} - (W_1(\ell_6 - \ell_1) + W_2(\ell_6 - \ell_2) + W_3(\ell_6 - \ell_2))$$

従って、移動台車転倒防止金具の荷重は、次式の通りとなる。

$$F_x = \max\left(\frac{M_{x1}}{\ell_6}, \frac{M_{x2}}{\ell_6}\right)$$

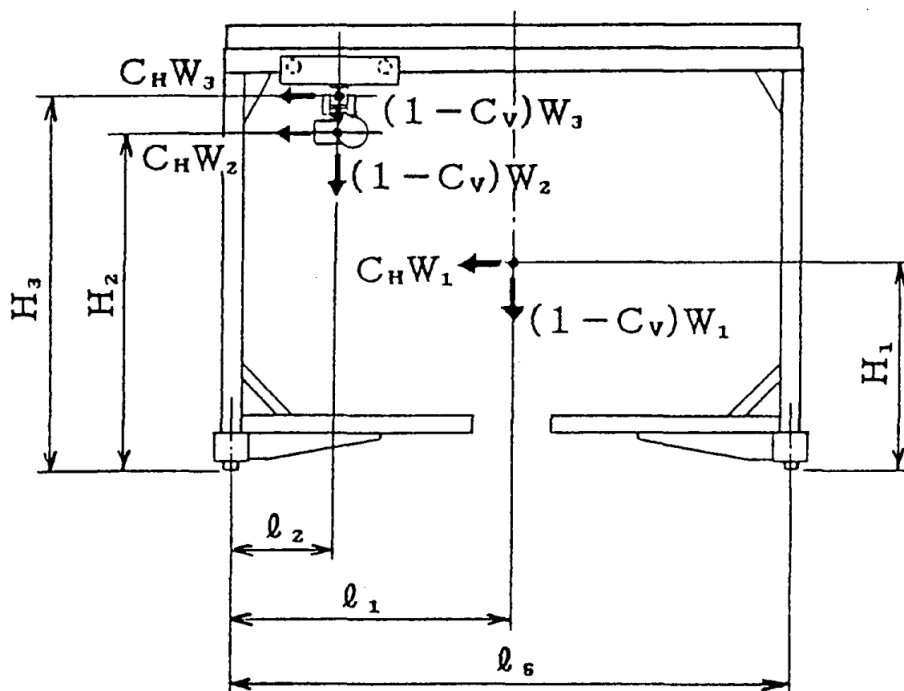


図 3-4-6-1.2 移動台車の荷重説明図(1)

Y 軸方向水平地震力に対して図-3-4-6-1.3 のごとく、ホイストが右側端部にあるときの右側の車輪を支点とした転倒モーメントは、次式により求まる。

$$M_{y1} = \sqrt{(C_H(W_1 \cdot H_1 + W_2 \cdot H_2 + W_3 \cdot H_3))^2 + (C_V(W_1 \cdot \ell_3 + W_3 \cdot \ell_5 - W_2 \cdot \ell_4))^2} - (W_1 \cdot \ell_3 + W_3 \cdot \ell_5 - W_2 \cdot \ell_4)$$

また、左側の車輪を支点とした転倒モーメントは、次式により求まる。

$$M_{y2} = \sqrt{(C_H(W_1 \cdot H_1 + W_2 \cdot H_2 + W_3 \cdot H_3))^2 + (C_V(W_1(\ell_{12} - \ell_3) + W_3(\ell_{12} - \ell_5) + W_2(\ell_{12} + \ell_4)))^2} - (W_1(\ell_{12} - \ell_3) + W_3(\ell_{12} - \ell_5) + W_2(\ell_{12} + \ell_4))$$

また、左側の転倒防止金具を支点とした転倒モーメントは以下による。

$$M_{y3} = \sqrt{(C_H(W_1 \cdot H_1 + W_2 \cdot H_2 + W_3 \cdot H_3))^2 + (C_V(W_1(\ell_7 - \ell_3) + W_3(\ell_7 - \ell_5) + W_2(\ell_7 + \ell_4)))^2} - (W_1(\ell_7 - \ell_3) + W_3(\ell_7 - \ell_5) + W_2(\ell_7 + \ell_4))$$

従って、移動台車転倒防止金具の荷重は、次式の通りとなる。

$$F_y = \max\left(\frac{M_{y1}}{\ell_7}, \frac{M_{y2}}{\ell_{12} + \ell_{13}}, \frac{M_{y3}}{\ell_7 + \ell_{13}}\right)$$

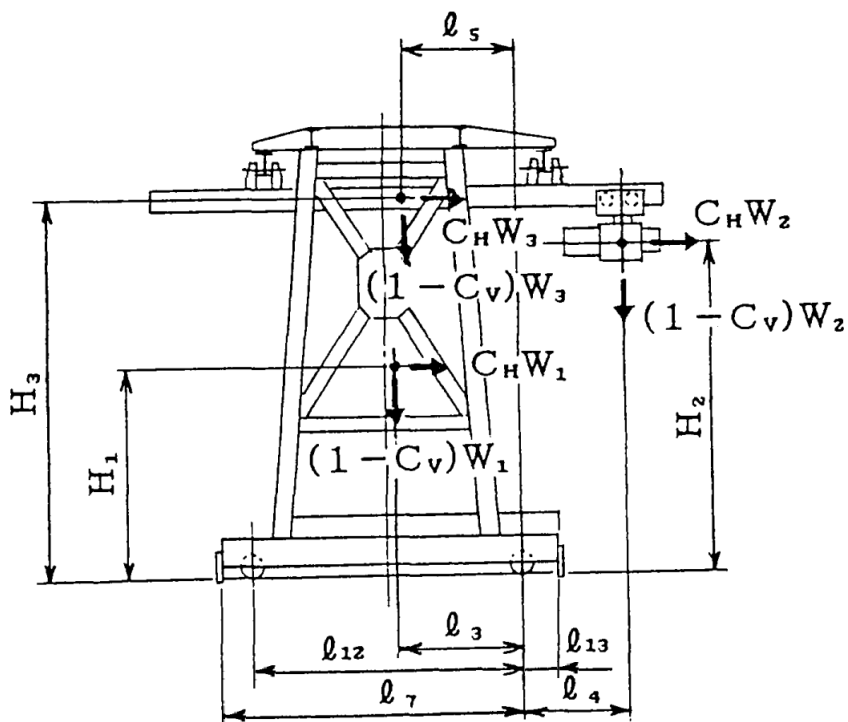


図-3-4-6-1.3 移動台車の荷重説明図(2)

2.2.2. 移動台車転倒防止金具の応力

(1) 地震による応力

a. X 軸方向水平地震力による応力

X 軸方向水平地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{ax} = \frac{F_x \cdot h_1}{n_a \cdot Z_a}$$

X 軸方向水平地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{ax} = \frac{F_x}{n_a \cdot A_a}$$

b. Y 軸方向水平地震力による応力

Y 軸方向水平地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{ay} = \frac{F_y \cdot h_1}{n_a \cdot Z_a}$$

Y 軸方向水平地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{ay} = \frac{F_y}{n_a \cdot A_a}$$

a. X 軸方向水平地震力による組合せ応力

組合せ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{sax} = \sqrt{\sigma_{ax}^2 + 3 \cdot \tau_{ax}^2}$$

b. Y 軸方向水平地震力による組合せ応力

組合せ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{say} = \sqrt{\sigma_{ay}^2 + 3 \cdot \tau_{ay}^2}$$

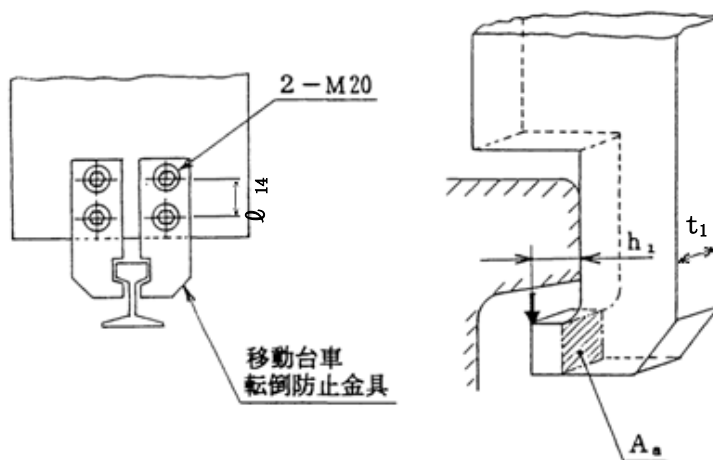


図-3-4-6-1.4 移動台車転倒防止金具説明図

2.2.3. 移動台車転倒防止金具取付ボルトの応力

(1) X 軸方向水平地震力による応力

X 軸方向水平地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{bx} = \frac{F_x}{n_a \cdot n_b \cdot A_b}$$

X 軸方向水平地震力による引張応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{bx} = \frac{F_x \cdot t_1}{n_a \ell_{14} A_b}$$

(2) Y 軸方向水平地震力によるせん断応力

Y 軸方向水平地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{by} = \frac{F_y}{n_a \cdot n_b \cdot A_b}$$

Y 軸方向水平地震力による引張応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{by} = \frac{F_y \cdot t_1}{n_a \ell_{14} A_b}$$

2.2.4. 横行レールの応力

(1) 死荷重による応力

死荷重による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{c1} = \frac{2 \cdot W_c \cdot \ell_g + \omega_c \cdot \ell_g^2}{8 \cdot Z_{c1}}$$

死荷重によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{c1} = \frac{W_c + \omega_c \cdot \ell_g}{2 \cdot A_{c2}}$$

ここで、横行レールの負荷重量 W_c は、次式により求まる。

$$W_c = W_2 + \frac{W_3}{2}$$

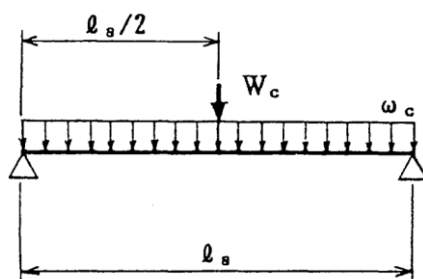


図-3-4-6-1.5 横行レールの応力図

(2) 地震による応力

a. 鉛直方向地震力による応力

鉛直方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{c2} = \frac{C_V(2 \cdot W_c \cdot \ell_g + \omega_c \cdot \ell_g^2)}{8 \cdot Z_{c1}}$$

鉛直方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{c2} = \frac{C_V(W_c + \omega_c \cdot \ell_g)}{2 \cdot A_{c2}}$$

b. 水平方向地震力による応力

水平方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{c3} = \frac{C_H(2 \cdot W_c \cdot \ell_g + \omega_c \cdot \ell_g^2)}{8 \cdot Z_{c2}}$$

水平方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{c3} = \frac{C_H(W_c + \omega_c \cdot \ell_g)}{2 \cdot A_{c1}}$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_c = \sigma_{c1} + \sqrt{\sigma_{c2}^2 + \sigma_{c3}^2}$$

$$\tau_c = \tau_{c1} + \sqrt{\tau_{c2}^2 + \tau_{c3}^2}$$

$$\sigma_{sc} = \sqrt{\sigma_c^2 + 3 \cdot \tau_c^2}$$

2.2.5. 横行レールサポートの応力

(1) 死荷重による応力

死荷重による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{d1} = \frac{W_d \cdot \ell_9 + \omega_d \cdot \frac{\ell_9^2}{2}}{Z_{d1}}$$

死荷重によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{d1} = \frac{W_d + \omega_d \cdot \ell_9}{A_{d2}}$$

ここで、横行レールサポートの負荷重量 W_d は、次式により求まる。

$$W_d = W_2 + \frac{W_3}{2} + \omega_c \cdot \ell_8$$

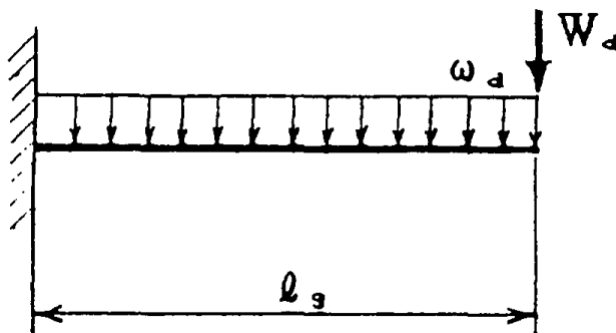


図-3-4-6-1.6 横行レールサポートの応力図

(2) 地震による応力

a. 鉛直方向地震力による応力

鉛直方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{d2} = \frac{C_V \left(W_d \cdot \ell_9 + \omega_d \cdot \frac{\ell_9^2}{2} \right)}{Z_{d1}}$$

鉛直方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{d2} = \frac{C_V (W_d + \omega_d \cdot \ell_9)}{A_{d2}}$$

b. 水平方向地震力による応力

水平方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{d3} = \frac{C_H \left(W_d \cdot \ell_9 + \omega_d \cdot \frac{\ell_9^2}{2} \right)}{Z_{d2}}$$

水平方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{d3} = \frac{C_H (W_d + \omega_d \cdot \ell_9)}{A_{d1}}$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は、次式により求まる。

$$\begin{aligned}\sigma_d &= \sigma_{d1} + \sqrt{\sigma_{d2}^2 + \sigma_{d3}^2} \\ \tau_d &= \tau_{d1} + \sqrt{\tau_{d2}^2 + \tau_{d3}^2} \\ \sigma_{sd} &= \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot \tau_d^2}\end{aligned}$$

2.2.6. ステージの応力

(1) 死荷重による応力

死荷重による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{e1} = \frac{W_e \cdot \ell_{10} + W_5 \cdot \ell_{11} + \omega_e \cdot \frac{\ell_{10}^2}{2}}{Z_{e1}}$$

死荷重によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{e1} = \frac{W_e + W_5 + \omega_e \cdot \ell_{10}}{A_e}$$

ここで、制御盤全重量は、次式により求まる。

$$W_5 = W_{51} + W_{52}$$

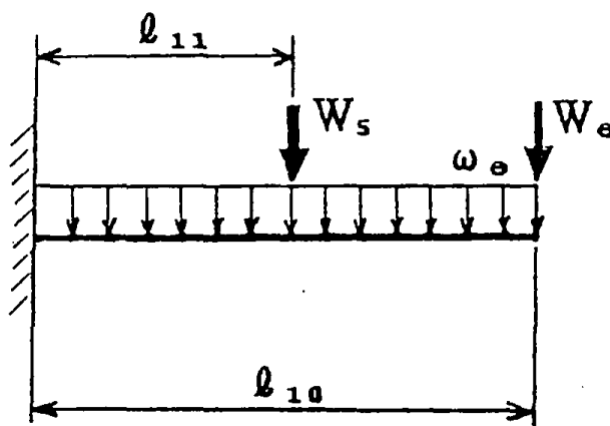


図-3-4-6-1.7 ステージの応力図

(2) 地震による応力

a. 鉛直方向地震力による応力

鉛直方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{e2} = \frac{C_V \left(W_e \cdot \ell_{10} + W_5 \cdot \ell_{11} + \omega_e \cdot \frac{\ell_{10}^2}{2} \right)}{Z_{e1}}$$

鉛直方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{e2} = \frac{C_V(W_e + W_5 + \omega_e \cdot \ell_{10})}{A_e}$$

b. 水平方向地震力による応力

水平方向地震力による曲げ応力は、次式により求まる。

$$\sigma_{e3} = \frac{C_H \left(W_e \cdot \ell_{10} + W_5 \cdot \ell_{11} + \omega_e \cdot \frac{\ell_{10}^2}{2} \right)}{Z_{e2}}$$

水平方向地震力によるせん断応力は、次式により求まる。

$$\tau_{e3} = \frac{C_H(W_e + W_5 + \omega_e \cdot \ell_{10})}{A_e}$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は、次式により求まる。

$$\begin{aligned}\sigma_e &= \sigma_{e1} + \sqrt{\sigma_{e2}^2 + \sigma_{e3}^2} \\ \tau_e &= \tau_{e1} + \sqrt{\tau_{e2}^2 + \tau_{e3}^2} \\ \sigma_{se} &= \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \cdot \tau_e^2}\end{aligned}$$

3. 評価方法

3.1. 固有周期の評価

2.1 項の方法で求めた固有周期から、「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき設計震度を確認する。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 移動台車転倒防止金具の応力評価

2.2.2 項で求めた組合せ応力が、許容引張応力 f_{ta} 以下であること。
ただし、 f_{ta} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
B _{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

3.2.2. 移動台車転倒防止金具取付ボルトの応力評価

2.2.3 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた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 f_{ts} 以下であること。

また、2.2.3 項で求めたボルトのせん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = \min(1.4f_{t0} - 1.6\tau_b, f_{t0})$$

ただし、 f_{t0} 、 f_{sb} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
B _{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

3.2.3. 横行レールの応力評価

2.2.4 項で求めた組合せ応力が、許容引張応力 f_{ta} 以下であること。
ただし、 f_{ta} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
B _{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

3.2.4. 横行レールサポートの応力評価

2.2.5項で求めた組合せ応力が、許容引張応力 f_{ta} 以下であること。
ただし、 f_{ta} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

3.2.5. ステージの応力評価

2.2.6項で求めた組合せ応力が、許容引張応力 f_{ta} 以下であること。
ただし、 f_{ta} は以下による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{ta}
B_{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

4. 設計条件

機器名称	耐震クラス	据付場所及び床面高さ (m)
燃料搬送装置	B	原子炉建家 ^(注) 1FL +7.5

注:基準床レベルを示す。

固有振動数 (Hz)		
水平方向		鉛直方向
水平方向 (X)	水平方向 (Y)	
6.5	16.7	9.5

静的 地震力	弾性設計用地震動 Sd の 1/2		
	水平方向 設計震度		鉛直方向 設計震度
水平方向 設計震度	X 方向	Y 方向	
$C_H=0.41$	$C_H=1.01$	$C_H=0.66$	$C_V=1.28$

最高使用温度 (°C)
43

5. 機器要目

A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_{c1} (mm^2)	A_{c2} (mm^2)	A_{d1} (mm^2)	A_{d2} (mm^2)	A_e (mm^2)
426.7	314.2	2000	1260	4800	1512	9484

H_1 (mm)	H_2 (mm)	H_3 (mm)	h_1 (mm)	t_1 (mm)
1570	2400	3150	15	32

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)
2300	600	1030	900	925	4600	2500

ℓ_8 (mm)	ℓ_9 (mm)	ℓ_{10} (mm)	ℓ_{11} (mm)	ℓ_{12} (mm)	ℓ_{13} (mm)	ℓ_{14} (mm)
1150	750	1938	500	2200	300	50

n_a (-)	n_b (-)	W_1 (N)	W_2 (N)	W_3 (N)	W_{41} (N)	W_{42} (N)
4	2	48440	3256	5001	785	785

W_{51} (N)	W_{52} (N)	W_6 (N)	W_e (N)	ω_c (N/mm)	ω_d (N/mm)	ω_e (N/mm)
1177	1177	1471	3089	2.55×10^{-1}	4.94×10^{-1}	7.30×10^{-1}

Z_a (mm^3)	Z_{c1} (mm^3)	Z_{c2} (mm^3)	Z_{d1} (mm^3)	Z_{d2} (mm^3)	Z_{e1} (mm^3)	Z_{e2} (mm^3)
2.13×10^3	2.17×10^5	2.77×10^4	4.46×10^5	1.00×10^5	4.60×10^5	6.39×10^6

F(移動台車転倒防止 金具) (N/mm ²)	F(移動台車転倒防止 金具取付ボルト) (N/mm ²)	F(横行レール) (N/mm ²)
B _A S	B _A S	B _A S
233	233	243

F(横行レール サポート) (N/mm ²)	F(ステージ) (N/mm ²)
B _A S	B _A S
243	243

6. 計算結果

6.1. 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を下表に示す。

表-3-4-6-1.2 固有周期の計算結果

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)
水平 X 方向 1 次	0.154	6.5	75.3
水平 Y 方向 1 次	0.056	16.7	12.3
鉛直 1 次	0.105	9.5	1.7

6.2. 応力の計算結果

6.2.1. 許容応力状態 B_{AS}

(1) 移動台車の転倒モーメント及び移動台車転倒防止金具の荷重

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方	
地震力の方向	X 軸方向 水平地震力	Y 軸方向 水平地震力
移動台車の 転倒モーメント	$M_{x1} = 6.338 \times 10^7$	$M_{y1} = 4.160 \times 10^7$
	$M_{x2} = 6.605 \times 10^7$	$M_{y2} = 4.126 \times 10^7$
	-	$M_{y3} = 4.266 \times 10^7$

(2) 移動台車転倒防止金具の応力

(単位: N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方			
地震力の方向	X 軸方向水平地震力		Y 軸方向水平地震力	
応力の種類	曲げ応力	せん断応力	曲げ応力	せん断応力
地震による応力	$\sigma_{ax} = 26$	$\tau_{ax} = 9$	$\sigma_{ay} = 30$	$\tau_{ay} = 10$
組合せ応力	$\sigma_{sax} = 31$		$\sigma_{say} = 35$	

(3) 移動台車転倒防止金具取付ボルトの応力

(単位: N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方			
地震力の方向	X 軸方向水平地震力		Y 軸方向水平地震力	
応力の種類	引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
地震による応力	$\sigma_{bx} = 8$	$\tau_{bx} = 6$	$\sigma_{by} = 9$	$\tau_{by} = 7$

(4) 横行レールの応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方	
応力の種類	曲げ応力	せん断応力
死荷重による応力	$\sigma_{c1} = 8$	$\tau_{c1} = 3$
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{c2} = 10$	$\tau_{c2} = 3$
水平方向地震力による応力	$\sigma_{c3} = 41$	$\tau_{c3} = 1$
組合せ応力	$\sigma_{sc} = 53$	

(5) 横行レールサポートの応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方	
応力の種類	曲げ応力	せん断応力
死荷重による応力	$\sigma_{d1} = 11$	$\tau_{d1} = 5$
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{d2} = 14$	$\tau_{d2} = 6$
水平方向地震力による応力	$\sigma_{d3} = 48$	$\tau_{d3} = 2$
組合せ応力	$\sigma_{sd} = 65$	

(6) ステージの応力

(単位:N/mm²)

地震力の種類	Sd の 1/2 と静的地震力の大きい方	
応力の種類	曲げ応力	せん断応力
死荷重による応力	$\sigma_{e1} = 19$	$\tau_{e1} = 1$
鉛直方向地震力による応力	$\sigma_{e2} = 24$	$\tau_{e2} = 1$
水平方向地震力による応力	$\sigma_{e3} = 1$	$\tau_{e3} = 1$
組合せ応力	$\sigma_{se} = 44$	

7. 結果

下表に示すように、許容応力状態 B_AS における算出応力はすべて許容応力以下である。なお、表の算出応力は水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、6 項の値を 1.42 倍している。

表-3-4-6-1.3 計算結果

(単位:N/mm²)

許容応力状態	部材	材料	応力	算出 応力	許容 応力
B _A S	移動台車 転倒防止金具	SS400	組合せ	$\sigma_{sax} = 41$	$f_{ta} = 233$
			組合せ	$\sigma_{say} = 51$	
	移動台車 転倒防止 金具取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_{bx} = 10$	$f_{ts} = 174$
			引張	$\sigma_{by} = 13$	
			せん断	$\tau_{bx} = 8$	$f_{sb} = 134$
			せん断	$\tau_{by} = 10$	
	横行レール	SS400	組合せ	$\sigma_{sc} = 76$	$f_{ta} = 243$
	横行レール サポート	SS400	組合せ	$\sigma_{sd} = 93$	$f_{ta} = 243$
ステージ	SS400	組合せ	$\sigma_{se} = 63$	$f_{ta} = 213$	

3-4-6-2. 使用済燃料貯蔵ラック A 型の耐震
強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-6-2- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-6-2- 1
1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ	添 3-4-6-2- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-6-2- 2
2. 計算方法	添 3-4-6-2- 4
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-6-2- 4
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-6-2- 6
2.2.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-2- 6
3. 評価方法	添 3-4-6-2- 8
3.1. 解析方法	添 3-4-6-2- 8
3.2. 応力の評価	添 3-4-6-2- 8
3.2.1. 基礎ボルトの応力評価	添 3-4-6-2- 8
4. 設計条件	添 3-4-6-2- 9
5. 機器要目	添 3-4-6-2- 9
6. 計算数値	添 3-4-6-2-10
6.1. 許容応力状態Ⅳ _A S	添 3-4-6-2-10
6.1.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-2-10
6.2. 許容応力状態Ⅲ _A S	添 3-4-6-2-10
6.2.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-2-10
7. 結論	添 3-4-6-2-10

1. 一般事項

本報告書は、使用済燃料貯蔵ラック(A型)(以下、これを「ラック」という。)の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) ラックは自立型であり、使用済燃料プールの底部に基礎ボルトで固定されるもの(耐震クラス:S)について評価を行う。
- (2) 地震力は、ラックに対して水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (3) ラックはステンレス鋼製の角管より構成され、使用済燃料を64体貯蔵するものとする。
- (4) ラック内に含まれる水の重量と外部流体による付加質量を考慮する。

1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の最高使用温度における設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

材料		設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)
SUS304	40°C	205	-
SUS304TP	43°C	203	515

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	溝型鋼の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの呼び径における軸断面積(M20)	mm ²
A _H	角管のせん断断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	角管及び溝形鋼の縦弾性係数	N/mm ²
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示すF値	N/mm ²
F _i	ラックベース基部に働くせん断力(i=x, y)	N
f _{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
f _{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
G	角管のせん断弾性係数	N/mm ²
h	運転時のラック重心高さ	mm
I _H	角管の断面二次モーメント	mm ⁴
I _V	溝形鋼の断面二次モーメント	mm ⁴
l _{gi} , l _{gi'}	ラックベース端から重心までの距離(i=x, y)	mm
l _{1i} , l _{2i}	ラックベース端から基礎ボルトまでの距離(i=x, y)	mm
l _H	ベース頂部から角管頂部までの距離	mm
l _V	基礎ボルト間の距離(長辺方向)	mm
M _i	ラックベース基部の転倒モーメント(i=x, y)	N・mm
n	基礎ボルトの全本数	—
n _{1i} , n _{2i}	各部の基礎ボルトの本数(i=x, y)	—
P _{1i} , P _{2i}	基礎ボルトの引張力(i=x, y)	N
S _s	基準地震動 S _s により求まる地震力	—
S _u	設計引張強さ	N/mm ²
S _y	設計降伏点	N/mm ²
T _H	水平方向の固有周期	s
T _V	鉛直方向の固有周期	s
W	使用済燃料貯蔵時のラックの全重量	kg
W _f	使用済燃料の重量	kg
W _r	ラックの重量	kg

記号	記号の説明	単位
W_w	角管内に含まれる水の重量	kg
W_{wH}	外部流体としての水の重量 (水平)	kg
W_{wV}	外部流体としての水の重量 (鉛直)	kg
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
κ	せん断断面係数	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- a. ラックの重量は、使用済燃料 64 体の重量、ラックの重量及びラックに含まれる水の重量を考慮した値とする。
- b. 水平方向の変形モードは、64 本の角管 (94×94×5) が重量を均等に負担するものとし、ベース頂部を固定とした片持梁として曲げ及びせん断変形を考慮する。なお安全側の検討として、負担重量を梁先端に載荷する。
- c. 鉛直方向の変形モードは、ベースに使用されている長辺方向 2 本の溝形鋼 (C80×40×5) が重量を均等に負担するものとし、基礎ボルトを支持点とする単純梁として曲げ及びせん断変形を考慮する。

(2) 計算モデル

上記仮定による計算モデルを図-3-4-6-2.1, 図に示す。



図-3-4-6-2.1 水平方向の固有周期計算モデル



図-3-4-6-2.2 鉛直方向の固有周期計算モデル

(3) 固有周期

a. 水平方向の固有周期

水平方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{(W + W_{wH})/64}{1000} \left(\frac{\ell_H^3}{3E \cdot I_H} + \frac{\ell_H}{G \cdot A_H} \right)}$$

b. 鉛直方向の固有周期

鉛直方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{W + W_{wV}}{2\ell_V} \cdot \ell_V}{1000} \left(\frac{\ell_V^3}{\pi^4 E \cdot I_V} + \frac{\ell_V}{\pi^2 E \cdot A} + \frac{\ell_V}{\pi^2 G \cdot \kappa A} \right)}$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 基礎ボルトの応力

(1) 荷重

ラックの荷重状態を図-3-4-6-2.2 に示す。

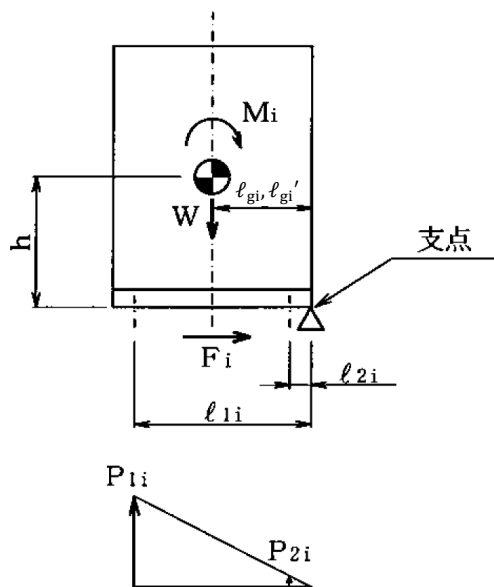


図-3-4-6-2.2 ラックの荷重状態

ラックの全重量 W は、次式により求める。

$$W = W_r + W_f + W_w$$

ベース基部に働くせん断力 F_i 及び転倒モーメント M_i は次式により求める。

$$F_i = C_H \cdot (W + W_{wH}) \cdot g \quad (i=x, y)$$

$$M_i = F_i \cdot h \quad (i=x, y)$$

(2) せん断応力

せん断力 F_i により基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、次式により求める。

$$\tau_b = \frac{F_i}{n \cdot A_b} \quad (i=x, y)$$

(3) 引張応力

図-3-4-6-2.2において支点周りのモーメントの平衡によりラックの基礎ボルト1本当りの引張力 $P_{1i} > P_{2i}$ の関係にあるので、 P_{1i} のみを次式より求める。

$$P_{1i} = \text{MAX} \left[\frac{\ell_{1i} \{ M_i - (W - C_V \cdot (W + W_{wV})) \cdot g \cdot \ell_{gi} \}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2}, \frac{\ell_{1i} \{ M_i - (W - C_V \cdot (W + W_{wV})) \cdot g \cdot \ell_{gi}' \}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2} \right] \quad (i=x, y)$$

ここで、 P_{1i} の値が負となった場合は、引張力が生じないので以後の引張応力の計算は省略する。したがって、 P_{1i} により基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{P_{1i}}{A_b} \quad (i=x, y)$$

3. 評価方法

3.1. 解析方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 基礎ボルトの応力評価

2.2.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は、下記 2 式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4f_{t0} - 1.6\tau_b$$

$$f_{ts} \leq f_{t0}$$

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
IV _A S III _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 Ss		弾性設計用地震動 Sd		静的地震力		最高使用 温度(°C)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料 貯蔵ラック A 型	S	原子炉建家 ^(注) FL±0	22.6	14.9	C _H =0.99	C _V =2.50	C _H =0.55	C _V =1.33	C _H =0.58	C _V =0.29	43

注：使用済燃料貯蔵ラック A 型の基準床レベルを示す。

5. 機器要目

W (kg)	W _f (kg)	W _r (kg)	W _w (kg)	W _{wH} (kg)	W _{wV} (kg)	ℓ _{1x} (mm)	ℓ _{1y} (mm)
2109	589	1200	320	1525	1112	1008	728

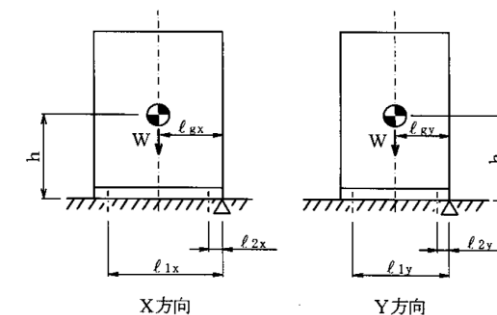


図-3-4-6-2.4 ラックの荷重

ℓ _{2x} (mm)	ℓ _{2y} (mm)	ℓ _{gx} (mm)	ℓ _{gx'} (mm)	ℓ _{gy} (mm)	ℓ _{gy'} (mm)	ℓ _H (mm)	ℓ _V (mm)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)
70	70	539	539	399	399	1054	938	1.93×10 ⁵	7.42×10 ⁴

A _H (mm ²)	I _H (mm ⁴)	I _V (mm ⁴)	h (mm)	n (-)	n _{i1} (-)	n _{i2} (-)	A (mm ²)	κ (-)	A _b (M20) (mm ²)	F (N/mm ²)	
										IV _A S	III _A S
840	2.36×10 ⁶	6.57×10 ⁵	704.6	4	2	2	717.8	0.488	314.2	205	205

6. 計算数値

6.1. 許容応力状態Ⅳ_AS

6.1.1. 基礎ボルトの応力

地震の種類		S _s	
応力の種類		引張応力	せん断応力
基礎ボルト	X 方向	$\sigma_b = 89$	$\tau_b = 28$
	Y 方向	$\sigma_b = 105$	

6.2. 許容応力状態Ⅲ_AS

6.2.1. 基礎ボルトの応力

地震の種類		S _d と静的地震力の大きい方	
応力の種類		引張応力	せん断応力
基礎ボルト	X 方向	$\sigma_b = 41$	$\tau_b = 17$
	Y 方向	$\sigma_b = 50$	

7. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、水平地震による応力を 1.42 倍している。

表-3-4-6-2.1 評価結果

(単位 : N/mm²)

許容応力 状態	材料	応力の種類		算出応力		許容応力
				X 方向	Y 方向	
Ⅳ _A S	SUS304	基礎ボルト	引張	$\sigma_b = 105$	$\sigma_b = 127$	$f_{ts} = 150$
			せん断	$\tau_b = 40$		$f_{sb} = 118$
Ⅲ _A S	SUS304	基礎ボルト	引張	$\sigma_b = 51$	$\sigma_b = 64$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 25$		$f_{sb} = 118$

3-4-6-3. 使用済燃料貯蔵ラック B 型の耐震
強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-6-3- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-6-3- 1
1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ	添 3-4-6-3- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-6-3- 2
2. 計算方法	添 3-4-6-3- 4
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-6-3- 4
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-6-3- 6
2.2.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-3- 6
3. 評価方法	添 3-4-6-3- 8
3.1. 解析方法	添 3-4-6-3- 8
3.2. 応力の評価	添 3-4-6-3- 8
3.2.1. 基礎ボルトの応力評価	添 3-4-6-3- 8
4. 設計条件	添 3-4-6-3- 9
5. 機器要目	添 3-4-6-3- 9
6. 計算数値	添 3-4-6-3-10
6.1. 許容応力状態Ⅳ _A S	添 3-4-6-3-10
6.1.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-3-10
6.2. 許容応力状態Ⅲ _A S	添 3-4-6-3-10
6.2.1. 基礎ボルトの応力	添 3-4-6-3-10
7. 結論	添 3-4-6-3-10

1. 一般事項

本報告書は、使用済燃料貯蔵ラック(B型)(以下、これを「ラック」という。)の耐震強度についての計算方法と計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) ラックは自立型であり、使用済燃料プールの底部に基礎ボルトで固定されるもの(耐震クラス:S)について評価を行う。
- (2) 地震力は、ラックに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) ラックはステンレス鋼製の角管より構成され、使用済燃料を66体貯蔵するものとする。
- (4) ラック内に含まれる水の重量と外部流体による付加質量を考慮する。

1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の最高使用温度における設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

材料		設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)
SUS304	40°C	205	—
SUS304TP	43°C	203	515

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	溝型鋼の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの呼び径における軸断面積(M20)	mm ²
A _{jH}	角管のせん断断面積(j=1, 2)	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	角管及び溝形鋼の縦弾性係数	N/mm ²
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示すF値	N/mm ²
F _i	ラックベース基部に働くせん断力(i=x, y)	N
f _{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
f _{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	N/mm ²
G	角管のせん断弾性係数	N/mm ²
h	運転時のラック重心高さ	mm
I _{jH}	角管の断面二次モーメント(j=1, 2)	mm ⁴
I _V	溝形鋼の断面二次モーメント	mm ⁴
l _{gi} , l _{gi'}	ラックベース端から重心までの距離(i=x, y)	mm
l _{1i} , l _{2i}	ラックベース端から基礎ボルトまでの距離(i=x, y)	mm
l _{jH}	ベース頂部から角管頂部までの距離(j=1, 2)	mm
l _V	基礎ボルト間の距離(長辺方向)	mm
M _i	ラックベース基部の転倒モーメント(i=x, y)	N・mm
n	基礎ボルトの全本数	—
n _{1i} , n _{2i}	各部の基礎ボルトの本数(i=x, y)	—
P _{1i} , P _{2i}	基礎ボルトの引張力(i=x, y)	N
S _s	基準地震動 S _s により求まる地震力	—
S _u	設計引張強さ	N/mm ²
S _y	設計降伏点	N/mm ²
T _H	水平方向の固有周期	s
T _V	鉛直方向の固有周期	s
W	使用済燃料貯蔵時のラックの全重量	kg
W _f	使用済燃料の重量	kg
W _r	ラックの重量	kg
W _w	ラックに含まれる水の重量	kg
W _{wH}	□94×94×5の断面のラックに対する外部流体の付加重量(水平)	kg
W _{wV}	外部流体としての水の重量(鉛直)	kg

記号	記号の説明	単位
W'	□155×155×5の断面のラックの負担重量	kg
W'_{wH}	□155×155×5の断面のラックに対する外部流体の付加重量(水平)	kg
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	N/mm ²
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	N/mm ²
κ	せん断断面係数	N/mm ²

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- a. ラックの重量は、使用済燃料 66 体の重量、ラックの重量及びラックに含まれる水の重量を考慮した値とする。
- b. 水平方向の変形モードは、下記の断面形状毎の負担重量より、それぞれベース頂部を固定とした片持梁として曲げ及びせん断変形を考慮する。
 - ・ □94×94×5 の断面のラックは、64 本の角管が重量を均等に負担するものとする。
 - ・ □155×155×5 の断面のラックは、角管 1 本あたりの重量を考慮する。

なお安全側の検討として、上記のうち、負担重量を梁先端に載荷したときの固有周期が長い値を採用した。

- c. 鉛直方向の変形モードは、ベースに使用されている長辺方向 2 本の溝形鋼 (C80×40×5) が重量を均等に負担するものとし、基礎ボルトを支持点とする単純梁として曲げ及びせん断変形を考慮する。

(2) 計算モデル

上記仮定による計算モデルを図-3-4-6-3.1, 図-3-4-6-3.2 に示す。



図-3-4-6-3.1 水平方向の固有周期計算モデル



図 3-4-6-3.2 鉛直方向の固有周期計算モデル

(3) 固有周期

a. 水平方向の固有周期

□94×94×5 と □155×155×5 のうち、固有周期の長い数値で評価を行う。

□94×94×5 の水平方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{(W + W_{wH})/64}{1000} \left(\frac{\ell_{1H}^3}{3E \cdot I_{1H}} + \frac{\ell_{1H}}{G \cdot A_{1H}} \right)}$$

□155×155×5 の水平方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{(W' + W'_{wH})/4}{1000} \left(\frac{\ell_{2H}^3}{3E \cdot I_{2H}} + \frac{\ell_{2H}}{G \cdot A_{2H}} \right)}$$

b. 鉛直方向の固有周期

鉛直方向の固有周期は次式で求められる。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W + W_{wV} \cdot \ell_V}{2\ell_V \cdot 1000} \left(\frac{\ell_V^3}{\pi^4 E \cdot I_V} + \frac{\ell_V}{\pi^2 E \cdot A} + \frac{\ell_V}{\pi^2 G \cdot \kappa A} \right)}$$

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 基礎ボルトの応力

(1) 荷重

ラックの荷重状態を図に示す。

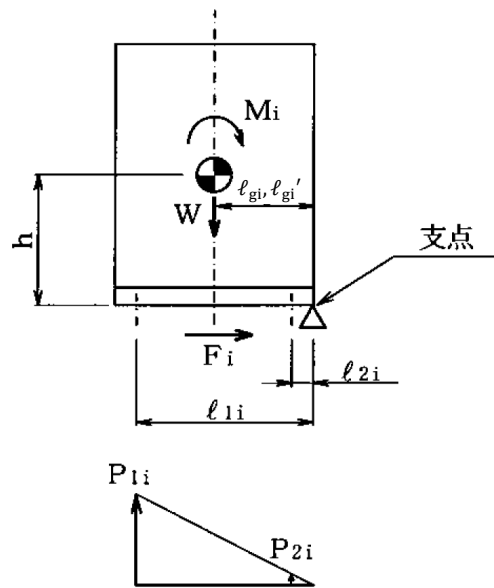


図-3-4-6-3.3 ラックの荷重状態

ラックの全重量 W は、次式により求める。

$$W = W_r + W_f + W_w$$

ベース基部に働くせん断力 F_i 及び転倒モーメント M_i は次式により求める。

$$F_i = C_H \cdot (W + W_{wH} + W'_{wH}) \cdot g \quad (i=x, y)$$

$$M_i = F_i \cdot h \quad (i=x, y)$$

(2) せん断応力

せん断力 F_i により基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、次式により求める。

$$\tau_b = \frac{F_i}{n \cdot A_b} \quad (i=x, y)$$

(3) 引張応力

図において支点周りのモーメントの平衡によりラックの基礎ボルト 1 本あたりの引張力 P_{1i}, P_{2i} を求める。

引張力 $P_{1i} > P_{2i}$ の関係にあるので、 P_{1i} のみを次式より求める。

【絶対値和法】

$$P_{1i} = \text{MAX} \left[\frac{\ell_{1i} \{ M_i - (W - C_V \cdot (W + W_{wV})) \cdot g \cdot \ell_{gi} \}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2}, \frac{\ell_{1i} \{ M_i - (W - C_V \cdot (W + W_{wV})) \cdot g \cdot \ell_{gi}' \}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2} \right] \quad (i=x, y)$$

【SRSS 法】

$$P_{1i} = \text{MAX} \left[\frac{\ell_{1i} \left\{ \sqrt{M_i^2 + (C_V \cdot (W + W_{wV}) \cdot g \cdot \ell_{gi})^2} - W \cdot g \cdot \ell_{gi} \right\}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2}, \frac{\ell_{1i} \left\{ \sqrt{M_i^2 + (C_V \cdot (W + W_{wV}) \cdot g \cdot \ell_{gi}')^2} - W \cdot g \cdot \ell_{gi}' \right\}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2} \right] \quad (i=x, y)$$

ここで、 P_{1i} の値が負となった場合は、引張力が生じないので以後の引張応力の計算は省略する。したがって、 P_{1i} により基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{P_{1i}}{A_b} \quad (i=x, y)$$

3. 評価方法

3.1. 解析方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 基礎ボルトの応力評価

2.2.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は、下記 2 式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4f_{t0} - 1.6\tau_b$$

$$f_{ts} \leq f_{t0}$$

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
Ⅳ _A S Ⅲ _A S	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 Ss		弾性設計用地震動 Sd		静的地震力		最高使用 温度(°C)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料 貯蔵ラック B 型	S	原子炉建家 ^(注) 1FL±0	20.9	13.5	C _H =0.99	C _V =2.61	C _H =0.55	C _V =1.36	C _H =0.58	C _V =0.29	43

注：使用済燃料貯蔵ラック B 型の基準床レベルを示す。

5. 機器要目

W (kg)	W _f (kg)	W _r (kg)	W _w (kg)	W _{wH} (kg)	W _{wV} (kg)	W' (kg)	W' _{wH} (kg)	ℓ _{1x} (mm)	ℓ _{1y} (mm)
2509	607	1510	392	1748	1373	392	167	1008	883

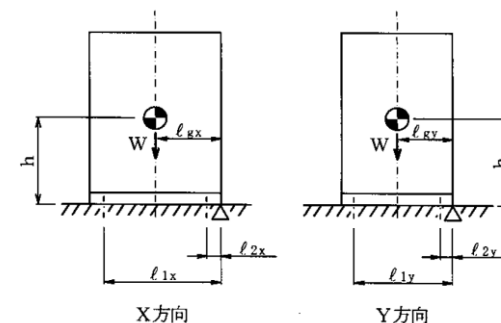


図 3-4-6-3.4 ラックの荷重説明図

ℓ _{2x} (mm)	ℓ _{2y} (mm)	ℓ _{gx} (mm)	ℓ _{gx'} (mm)	ℓ _{gy} (mm)	ℓ _{gy'} (mm)	ℓ _{jH} (mm)	ℓ _v (mm)	h (mm)
70	70	539	539	399	531	1054 1350	938	787

E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	A _{jH} (mm ²)	I _{jH} (mm ⁴)	I _v (mm ⁴)	n (-)	n _{1i} (-)	n _{2i} (-)	A (mm ²)	κ (-)	A _b (M20) (mm ²)	F (N/mm ²)	
											IV _{AS}	III _{AS}
1.93×10 ⁵	7.42×10 ⁴	840 1450	2.36×10 ⁶ 1.13×10 ⁷	6.57×10 ⁵	4	2	2	717.8	0.488	314.2	205	205

※ℓ_{jH}、A_{jH}、I_{jH}、の上段は□94×94×5の断面、下段は□155×155×5の断面の数値を示す。

6. 計算数値

6.1. 許容応力状態Ⅳ_{AS}

本評価では水平地震動による応力と鉛直地震動による応力をSRSS法により組合せた。

6.1.1. 基礎ボルトの応力

地震の種類		S _s	
応力の種類		引張	せん断
基礎ボルト	X方向	$\sigma_b = 79$	$\tau_b = 35$
	Y方向	$\sigma_b = 89$	

6.2. 許容応力状態Ⅲ_{AS}

本評価では水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を絶対値和法により組合せた。

6.2.1. 基礎ボルトの応力

地震の種類		S _d と静的地震力の大きい方	
応力の種類		引張	せん断
基礎ボルト	X方向	$\sigma_b = 55$	$\tau_b = 20$
	Y方向	$\sigma_b = 62$	

7. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、水平地震による応力を1.42倍している。

表-3-4-6-3.1 評価結果

(単位：N/mm²)

許容応力状態	材料	応力の種類	算出応力		許容応力	
			X方向	Y方向		
Ⅳ _{AS}	SUS304	基礎ボルト	引張	$\sigma_b = 92$	$\sigma_b = 105$	$f_{ts} = 134$
			せん断	$\tau_b = 50$		$f_{sb} = 118$
Ⅲ _{AS}	SUS304	基礎ボルト	引張	$\sigma_b = 68$	$\sigma_b = 77$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 29$		$f_{sb} = 118$

3-4-7. その他試験研究用等原子炉の附属施設の
耐震強度評価

3-4-7-1. ビームチューブ接続管の耐震強度
評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-1- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-1- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-1- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-1- 3
3. 設計条件	添 3-4-7-1- 8
3.1. BTC-1G～6G	添 3-4-7-1- 8
3.2. BTC-7R	添 3-4-7-1-10
3.3. BTC-8T	添 3-4-7-1-12
3.4. BTC-9C	添 3-4-7-1-14
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-1-16
4.1. 固有周期	添 3-4-7-1-16
4.2. 結論	添 3-4-7-1-20
4.2.1. BTC-1G～6G	添 3-4-7-1-20
4.2.2. BTC-7R	添 3-4-7-1-20
4.2.3. BTC-8T	添 3-4-7-1-21
4.2.4. BTC-9C	添 3-4-7-1-21
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-1-22
4.3.1. BTC-1G～6G	添 3-4-7-1-22
4.3.2. BTC-7R	添 3-4-7-1-23
4.3.3. BTC-8T	添 3-4-7-1-24
4.3.4. BTC-9C	添 3-4-7-1-25

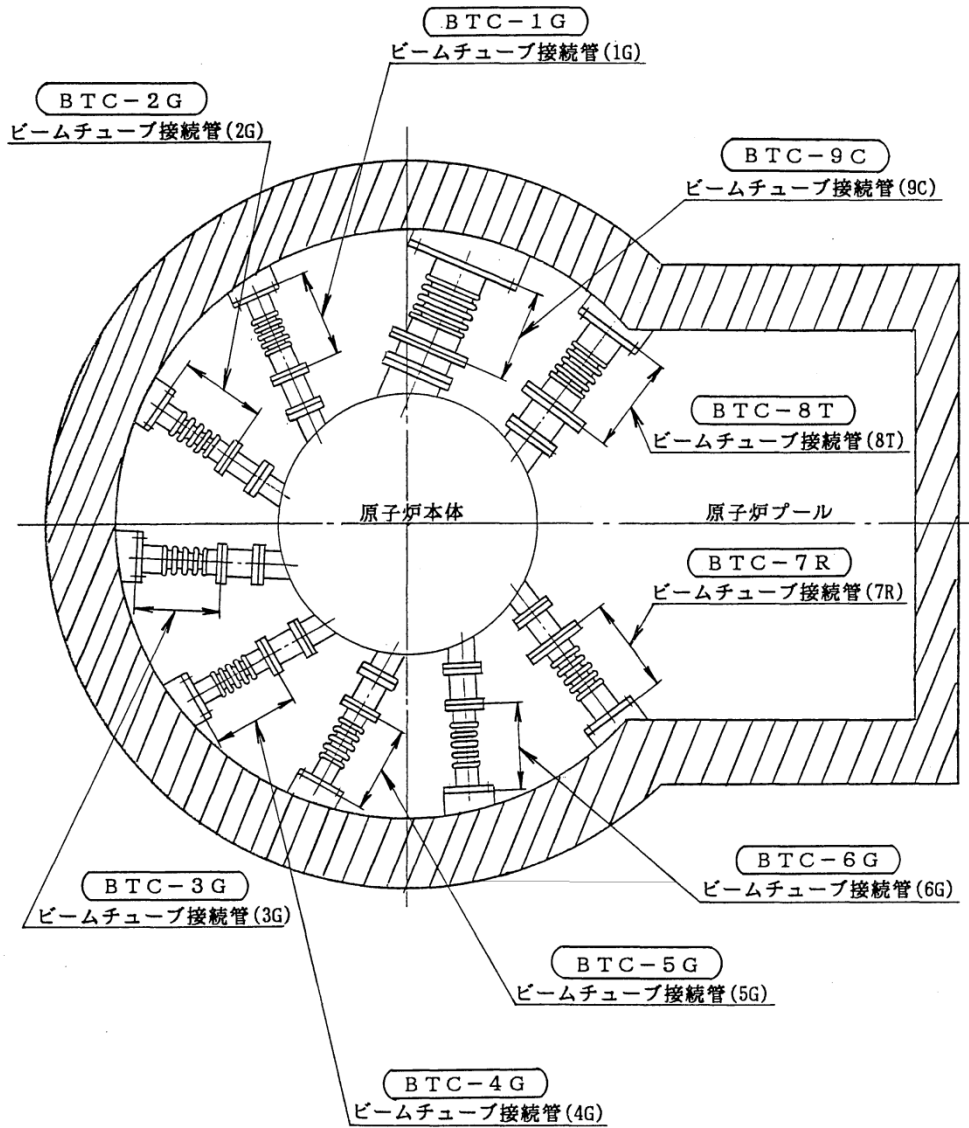
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
BTC-1G~6G	ビームチューブ接続管 1G~6G	B
BTC-7R	ビームチューブ接続管 7R	B
BTC-8T	ビームチューブ接続管 8T	B
BTC-9C	ビームチューブ接続管 9C	B

2. 概略系統図及び鳥瞰図




2.1. 概略系統図



注) ビームチューブ接続管(1G)~ビームチューブ接続管(6G)は共通

2.2. 鳥瞰図

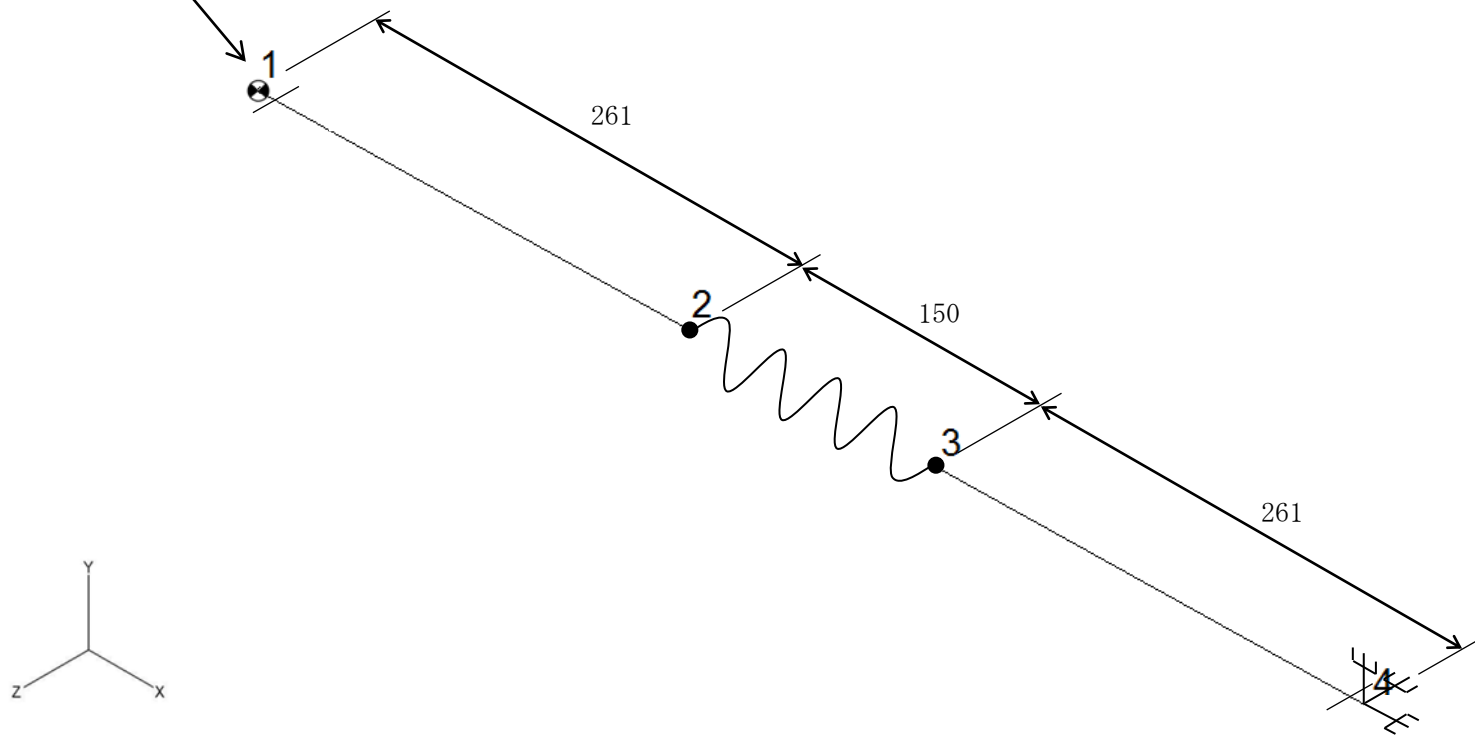
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	伸縮継手

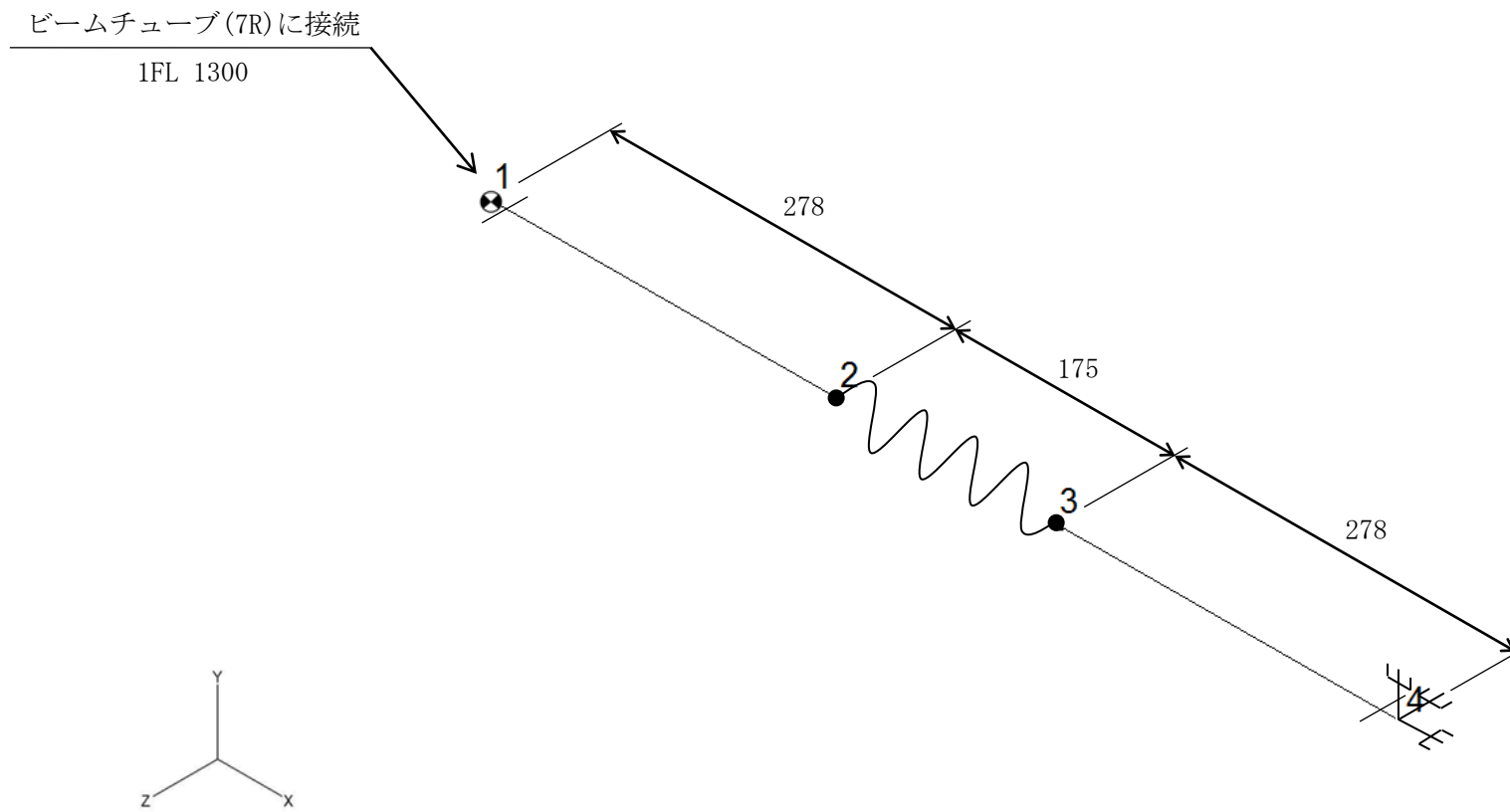
(1) BTC-1G~6G

ビームチューブ(1G~6G)に接続

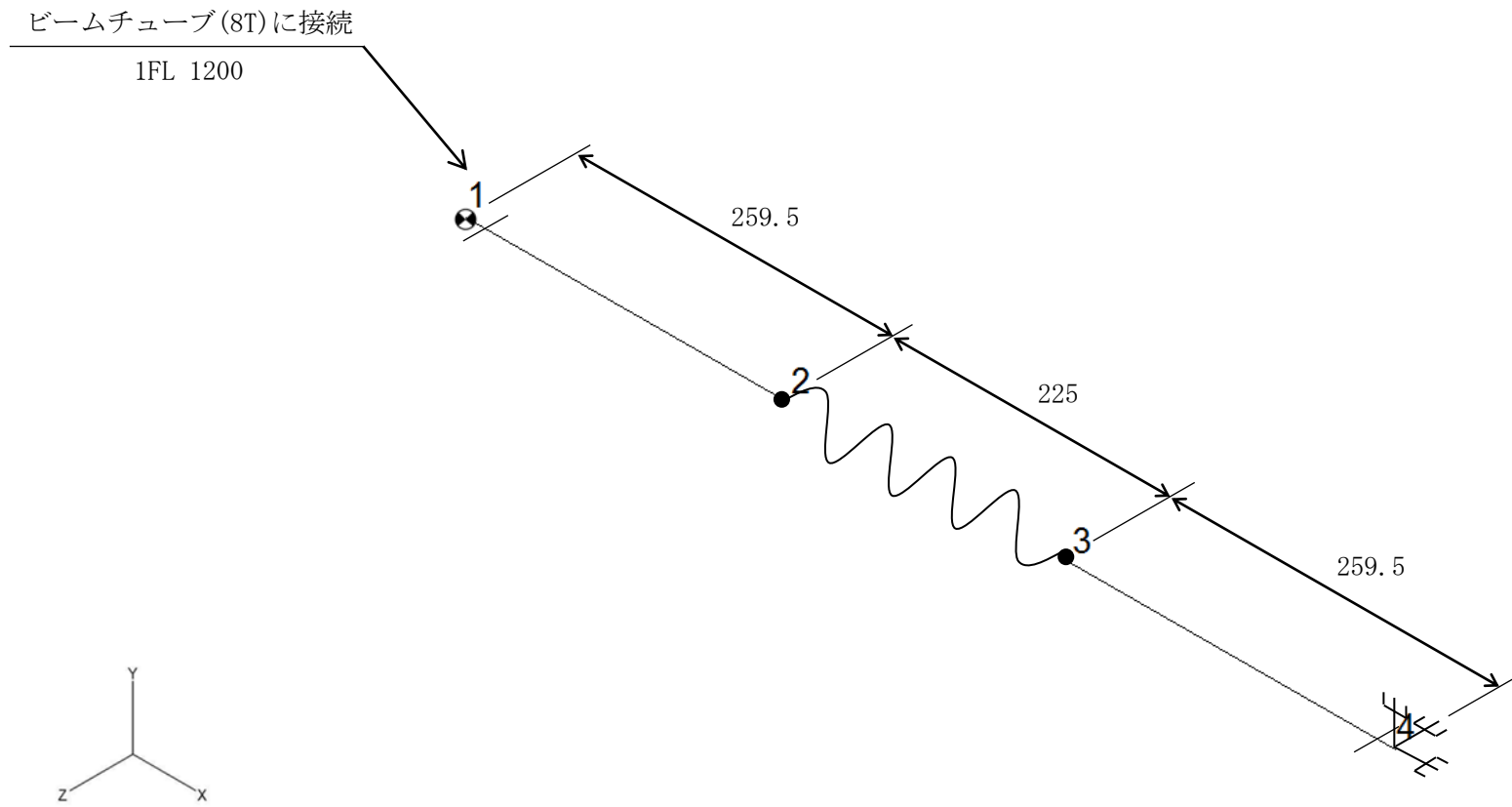
1FL 1300、1100



(2) BTC-7R



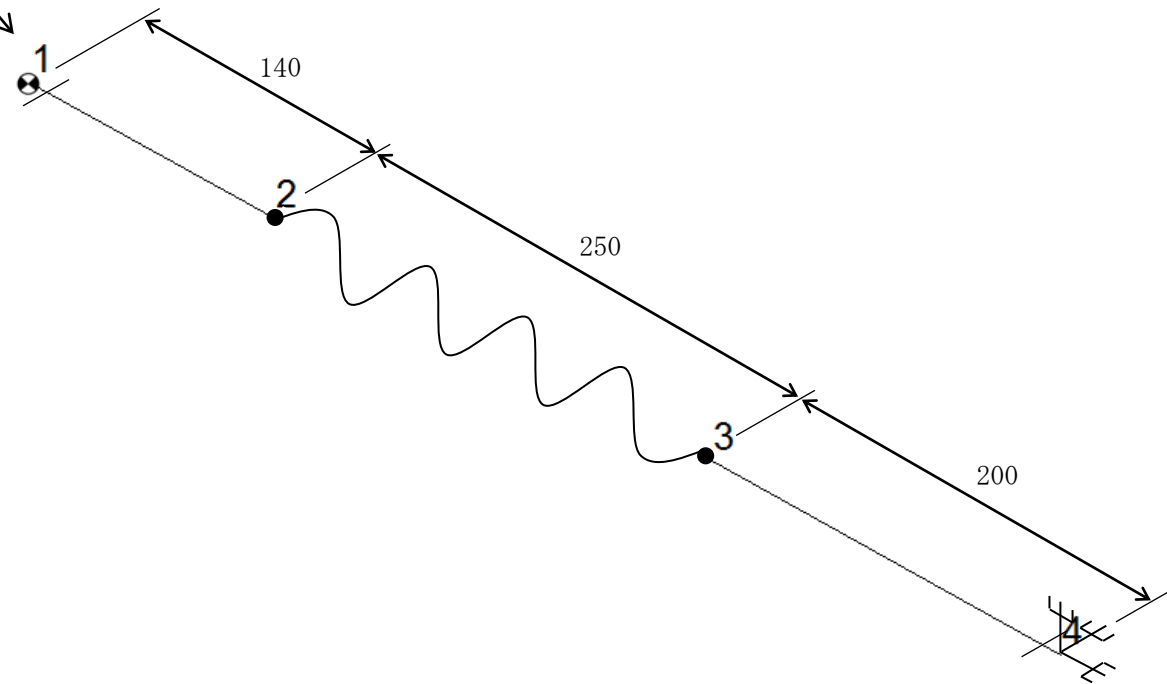
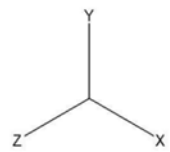
(3) BTC-8T



(4) BTC-9C

ビームチューブ(9C)に接続

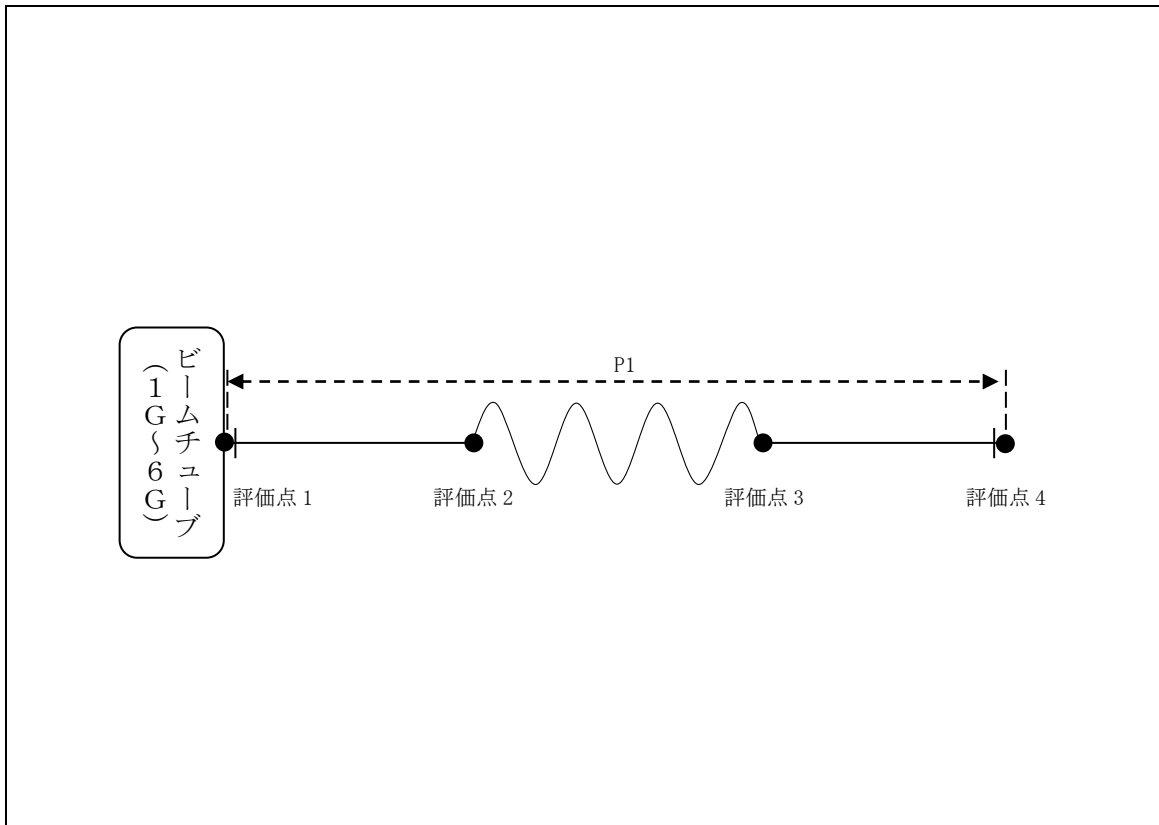
1FL 1200



3. 設計条件

3.1. BTC-1G~6G

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	165.2			
板厚(mm)	7.1			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	43			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm ³)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	173			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	475			
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	173	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の 区分	応力係数 i		評価点	溶接部等の 区分	応力係数 i	
		主管	分岐管			主管	分岐管
1	(9)	2.10	—	3	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—	4	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

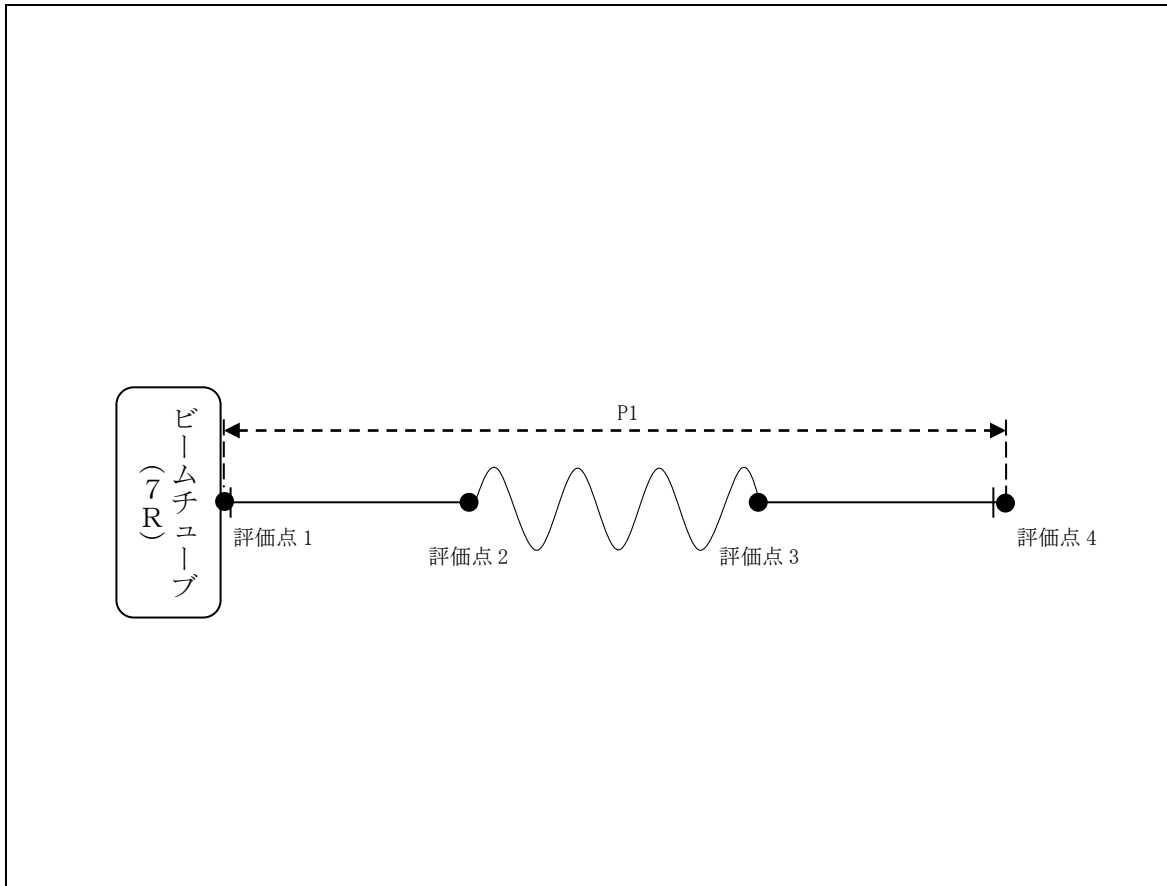
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	37.30	
2	—	伸縮継手	17.40	
3	—	伸縮継手	17.40	
4	—	フランジ	37.30	

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 4, 5, 17, 18	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

3.2. BTC-7R

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	216.3			
板厚(mm)	8.2			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	43			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	173			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	475			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	173	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
3	(2)	2.10	—
4	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

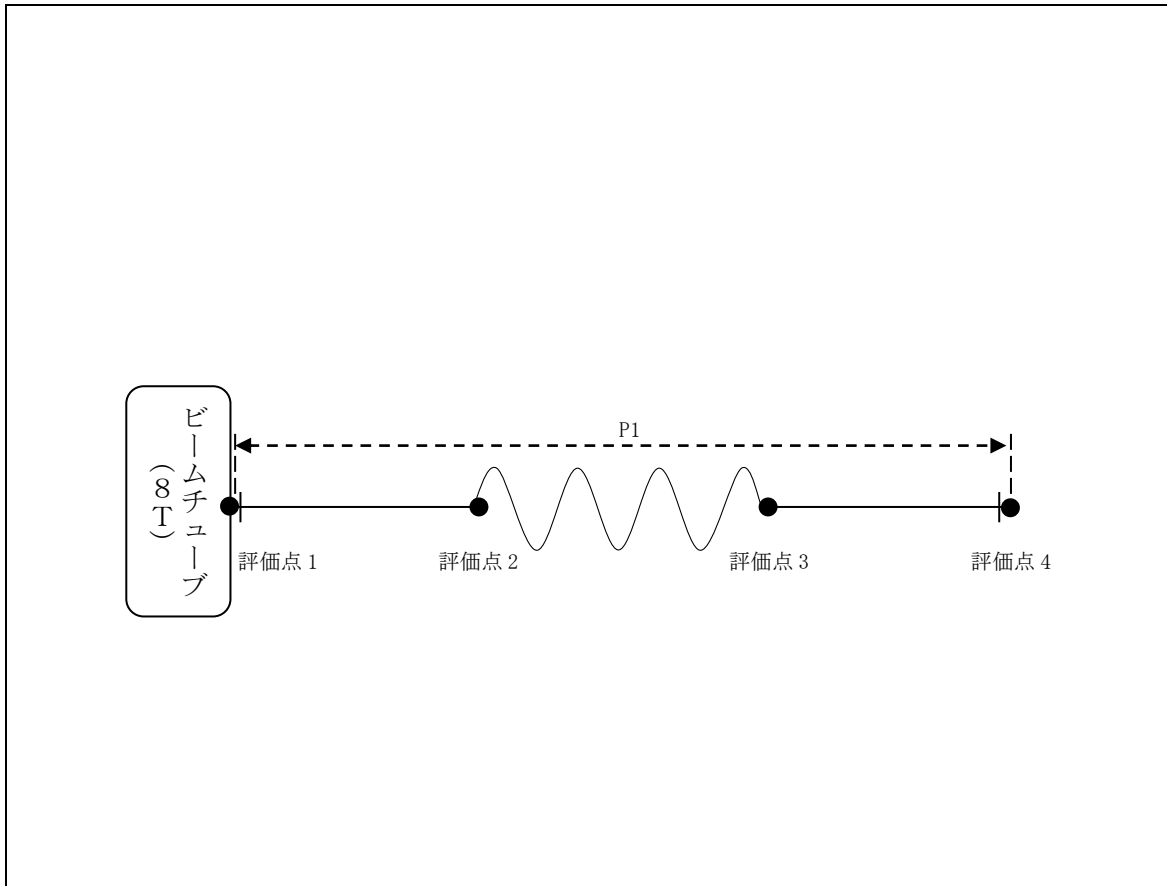
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	40.80	
2	—	伸縮継手	29.10	
3	—	伸縮継手	29.10	
4	—	フランジ	40.80	

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 4, 5, 17, 18	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

3.3. BTC-8T

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	303			
板厚(mm)	8			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	43			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	173			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	475			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	173	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
3	(2)	2.10	—
4	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

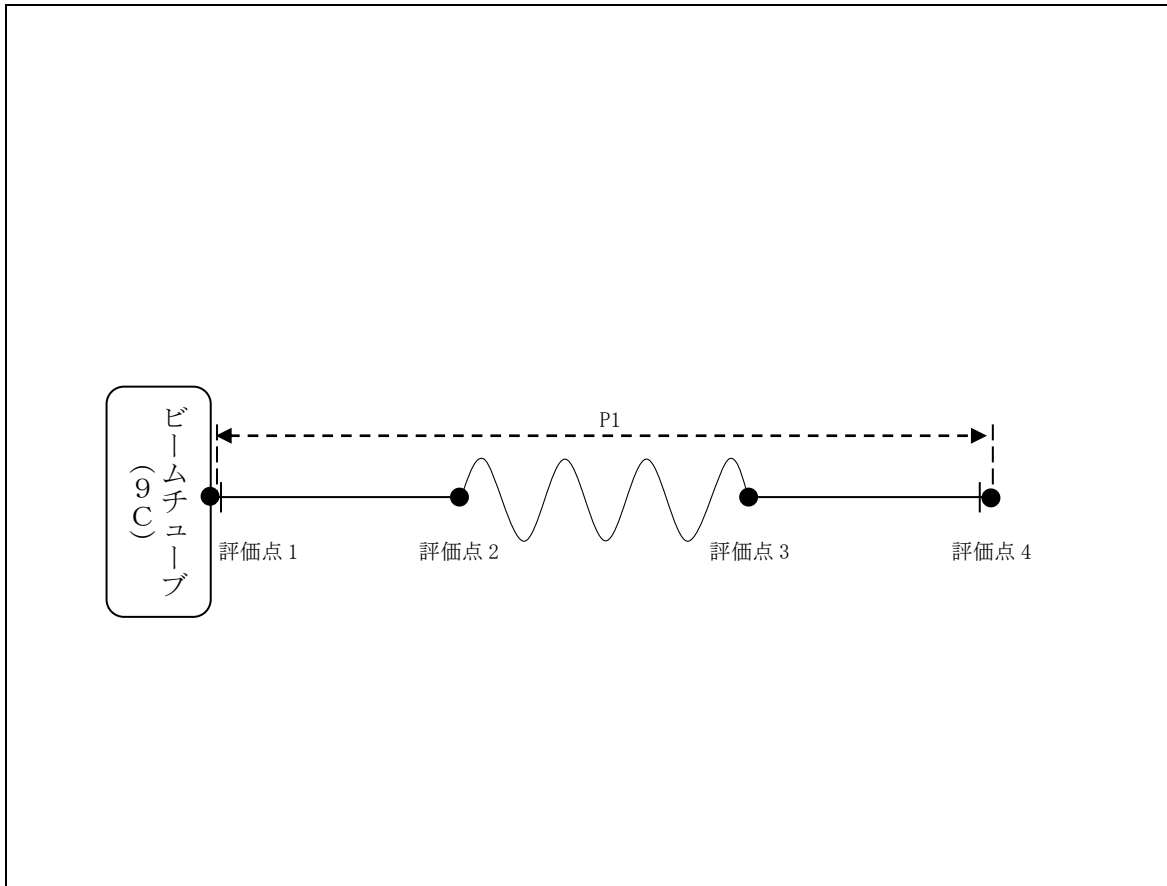
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	63.30	
2	—	伸縮継手	56.10	
3	—	伸縮継手	56.10	
4	—	フランジ	63.30	

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 4, 5, 17, 18	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

3.4. BTC-9C

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	438			
板厚(mm)	8			
材質	SUS304LTP			
ヤング率(N/mm ²)	1.93×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	43			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	ヘリウムガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	173			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	475			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	173	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(9)	2.10	—
2	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
3	(2)	2.10	—
4	(9)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
1	—	フランジ	194.60	
2	—	伸縮継手	95.20	
3	—	伸縮継手	95.20	
4	—	フランジ	194.60	

(4) 入力地震波

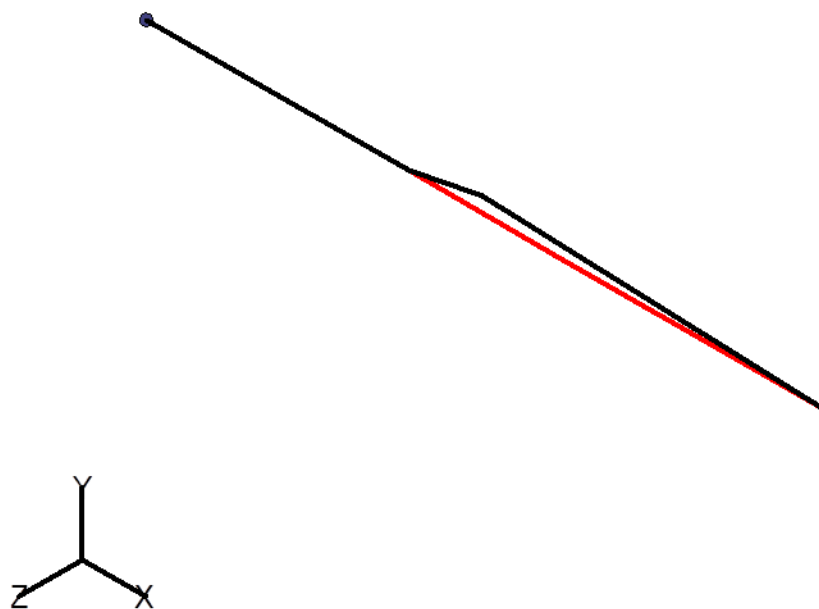
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9 及び 原子炉本体質点 4, 5, 17, 18	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9	0.29	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

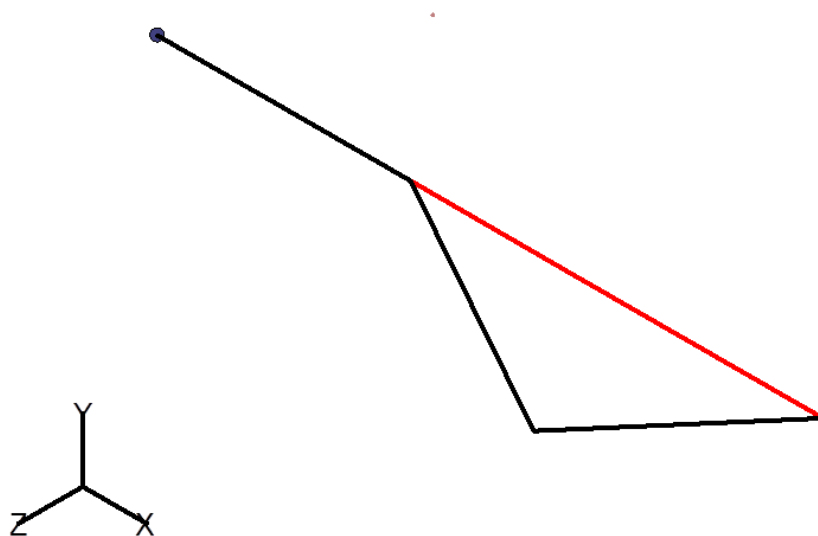
(1) BTC-1G~6G

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	1703.0	6.5	6.5
固有周期 (s)	0.001	0.154	0.154



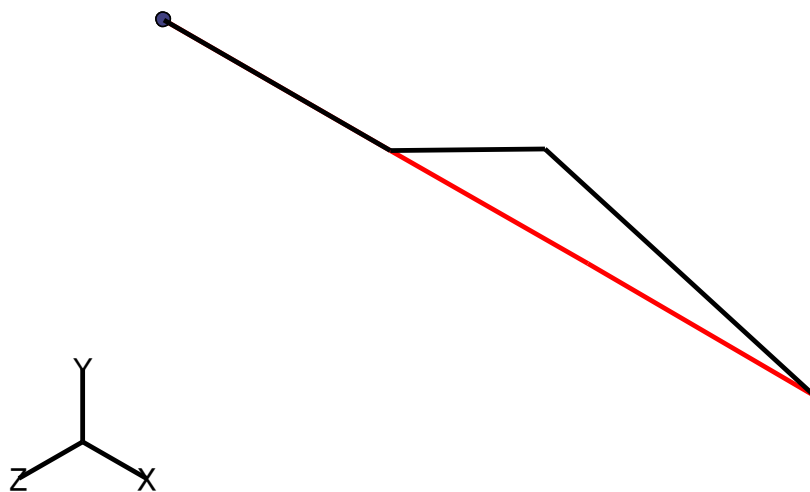
(2) BTC-7R

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	1569.1	3.2	3.2
固有周期 (s)	0.001	0.309	0.309



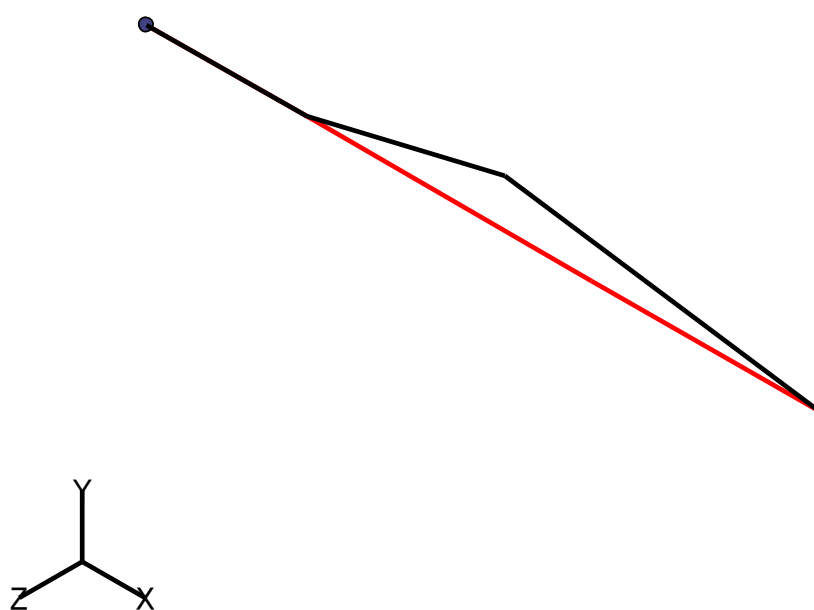
(3) BTC-8T

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	1409.6	4.1	4.1
固有周期 (s)	0.001	0.244	0.244



(4) BTC-9C

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	1515.3	5.1	5.1
固有周期 (s)	0.001	0.195	0.195



4.2. 結論

4.2.1. BTC-1G~6G

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	2	2	—	5	173

4.2.2. BTC-7R

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	3	一次応力	1	1	2	—	4	173

4.2.3. BTC-8T

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	3	一次応力	10	1	2	—	13	173

4.2.4. BTC-9C

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	2	1	1	—	4	173

4.3. 拘束点反力

4.3.1. BTC-1G~6G

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	809	—	—	—	98235
	動的地震荷重 X	61	—	—	—	4	1
	動的地震荷重 Y	—	280	182	—	45784	70769
	動的地震荷重 Z	—	100	206	—	50924	24679
	静的地震荷重 X	193	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	235	—	28488	—
4	自重	—	517	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	61	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	207	135	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	72	113	—	—	—
	静的地震荷重 X	193	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	150	—	—	—

4.3.2. BTC-7R

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	1105	—	—	—	148839
	動的地震荷重 X	103	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	389	38	—	7286	80422
	動的地震荷重 Z	—	65	619	—	120695	12580
	静的地震荷重 X	262	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	321	—	43164	—
4	自重	—	698	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	103	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	331	34	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	66	690	—	—	—
	静的地震荷重 X	262	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	203	—	—	—

4.3.3. BTC-8T

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	1784	—	—	—	208072
	動的地震荷重 X	186	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	906	378	—	31534	100450
	動的地震荷重 Z	—	467	924	—	85454	38592
	静的地震荷重 X	271	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	321	—	37453	—
4	自重	—	1225	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	186	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	1312	660	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	817	1607	—	—	—
	静的地震荷重 X	271	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	221	—	—	—

4.3.4. BTC-9C

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	—	3416	—	—	—	66901
	動的地震荷重 X	281	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	530	336	—	96804	160722
	動的地震荷重 Z	—	335	688	—	184013	94979
	静的地震荷重 X	570	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	615	—	12042	—
4	自重	—	3058	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	301	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	1781	993	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	964	1728	—	—	—
	静的地震荷重 X	596	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	551	—	—	—

3-4-7-2. 前部水封用止板の耐震強度評価

目次

1. 一般事項	添 3-4-7-2- 1
1.1. 計算条件	添 3-4-7-2- 1
1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ	添 3-4-7-2- 1
1.3. 記号の説明	添 3-4-7-2- 2
2. 計算方法	添 3-4-7-2- 4
2.1. 固有周期の計算方法	添 3-4-7-2- 4
2.2. 応力の計算方法	添 3-4-7-2- 5
2.2.1. 中性子透過部の応力	添 3-4-7-2- 5
2.2.2. 取付ボルトの応力	添 3-4-7-2- 6
3. 評価の方法	添 3-4-7-2- 7
3.1. 解析方法	添 3-4-7-2- 7
3.2. 応力の評価	添 3-4-7-2- 7
3.2.1. 中性子透過部の応力評価	添 3-4-7-2- 7
3.2.2. 取付ボルトの応力評価	添 3-4-7-2- 7
4. 前部水封用止板 (1G) から前部水封用止板 (6G)	添 3-4-7-2- 8
4.1. 設計条件	添 3-4-7-2- 8
4.2. 機器要目	添 3-4-7-2- 9
4.3. 計算数値	添 3-4-7-2-10
4.3.1. 許容応力状態Ⅳ _{AS}	添 3-4-7-2-10
4.3.2. 許容応力状態Ⅲ _{AS}	添 3-4-7-2-11
4.4. 結論	添 3-4-7-2-12
5. 前部水封用止板 (7R)	添 3-4-7-2-13
5.1. 設計条件	添 3-4-7-2-13
5.2. 機器要目	添 3-4-7-2-14
5.3. 計算数値	添 3-4-7-2-15
5.3.1. 許容応力状態Ⅳ _{AS}	添 3-4-7-2-15
5.3.2. 許容応力状態Ⅲ _{AS}	添 3-4-7-2-16
5.4. 結論	添 3-4-7-2-17
6. 前部水封用止板 (8T)	添 3-4-7-2-18
6.1. 設計条件	添 3-4-7-2-18
6.2. 機器要目	添 3-4-7-2-19
6.3. 計算数値	添 3-4-7-2-20
6.3.1. 許容応力状態Ⅳ _{AS}	添 3-4-7-2-20
6.3.2. 許容応力状態Ⅲ _{AS}	添 3-4-7-2-21
6.4. 結論	添 3-4-7-2-22
7. 前部水封用止板 (9C)	添 3-4-7-2-23
7.1. 設計条件	添 3-4-7-2-23
7.2. 機器要目	添 3-4-7-2-24

7.3. 計算数值	添 3-4-7-2-25
7.3.1. 許容応力状態Ⅳ _A S	添 3-4-7-2-25
7.3.2. 許容応力状態Ⅲ _A S	添 3-4-7-2-26
7.4. 結論	添 3-4-7-2-27
8. 参考文献	添 3-4-7-2-28

1. 一般事項

本書は、前部水封用止板の耐震強度についての計算方法及び計算結果を示す。

1.1. 計算条件

- (1) 前部水封用止板と原子炉プールライニングは、多数の取付ボルトにより固定されているものとする。
- (2) 地震力は、機器に対して水平方向及び鉛直方向に作用するものとする。
- (3) 前部水封用止板は動水圧(スロッシング荷重)を考慮した地震力に対し、それぞれ評価を行う。

1.2. 設計降伏点及び設計引張強さ

本計算書で使用する材料の設計降伏点及び設計引張強さを以下に示す。

(1) 容器

材料	設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)
A6061FH-T6	225	253

(2) 支持構造物

材料		設計降伏点 S_y (N/mm ²)	設計引張強さ S_u (N/mm ²)
SUS304	40°C	205	-
	43°C	203	515

1.3. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	中性子透過部のせん断断面積	mm ²
A _b	取付ボルトの呼び径における軸断面積	mm ²
A	中性子透過部の長辺の長さ	mm
B	中性子透過部の短辺の長さ	mm
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _c	取付ボルトのピッチ円径	mm
E	縦弾性係数	N/mm ²
F	「添付書類 3-2. 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に示す F 値	N/mm ²
f _{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _{t0}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	N/mm ²
f _{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	N/mm ²
G	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
N	取付ボルトの本数	—
P	最高使用圧力	MPa
P _s	動水圧	MPa
S _s	地震力	—
S _a	中性子透過部の許容応力	N/mm ²
S _u	設計引張強さ	N/mm ²
S _y	設計降伏点	N/mm ²
T ₁	水平方向の固有周期	s
T ₂	鉛直方向の固有周期	s
t ₁	中性子透過部の厚さ	mm
W	前部水封用止板の重量	kg
σ ₀	中性子透過部の組合せ一次一般膜応力	N/mm ²
σ ₂	中性子透過部の組合せ一次+二次応力	N/mm ²
σ _{ℓ0}	中性子透過部の一次一般膜応力の和	N/mm ²
σ _{ℓ2}	中性子透過部の一次+二次応力の和	N/mm ²
σ _{x1}	中性子透過部の最高使用圧力による膜応力	N/mm ²
σ _{x2}	中性子透過部の動水圧による膜応力	N/mm ²
σ _b	取付ボルトの引張応力	N/mm ²

記号	記号の説明	単位
τ_{x1}	中性子透過部の最高使用圧力によるせん断応力	N/mm ²
τ_{x2}	中性子透過部の動水圧によるせん断応力	N/mm ²
τ_b	取付ボルトのせん断応力	N/mm ²
N	ポアソン比	—
β	参考文献[1]より求める値	—
λ^2	振動モードによる係数	—
Γ	密度	kg/mm ³

2. 計算方法

2.1. 固有周期の計算方法

(1) 仮定

- a. 変形モードは前部水封用止板を均一な厚さの円板と考えたときの曲げ変形を考慮する。
- b. 前部水封用止板周辺は多数のボルトで固定されているため固定端とする。
- c. 前部水封用止板の厚さは中性子透過部の板厚が均一になっているものとする。
- d. 鉛直方向固有周期は中性子透過部の幅、板厚の断面をもった梁として軸変形を考慮する。

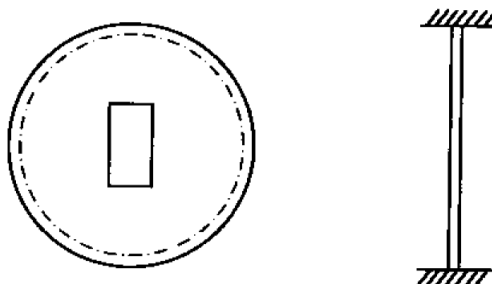


図-3-4-7-2.1 固有周期計算モデル

(2) 計算モデル

本機器は上記仮定により図-3-4-7-2.1に示すような周辺固定円板の振動モデルとする。

(3) 水平方向の固有周期

水平方向の固有周期は次式により求める。

$$T_H = \frac{\pi \cdot d_c^2}{\lambda^2 \cdot t_1} \sqrt{\frac{3(1-\nu^2)\gamma}{1000E}}$$

(4) 鉛直方向の固有周期

鉛直方向の固有周期は次式により求める。

$$T_V = \frac{2\pi}{\lambda'} \sqrt{\frac{W \cdot d_c}{1000 \cdot E \cdot b \cdot t_1}}$$

λ' : 境界条件と振動モードから決まる係数 π (-)

2.2. 応力の計算方法

2.2.1. 中性子透過部の応力

中性子透過部の応力は、中性子透過部周辺を指示された均一な平板として計算する。

(1) 内圧による応力

内圧により中性子透過部に生じる膜応力及びせん断応力は次式により求める。

$$\sigma_{x1} = \frac{\beta \cdot P \cdot b^2}{t_1^2}$$

$$\tau_{x1} = \frac{P \cdot a \cdot b}{A}$$

※参考文献[1]より

(2) 外圧による応力

外圧により中性子透過部に生じる膜応力及びせん断応力はそれぞれ2.2.1(1)の内圧による応力と同様にして求める。

前部水封用止板では、外圧より内圧の方が大きいいため、外圧による応力の計算は省力する。

(3) 地震荷重による応力

地震時水压により中性子透過部に生じる膜応力及びせん断応力は、それぞれ2.2.1(1)の内圧による応力と同様にして求める。

$$\sigma_{x2} = \frac{\beta \cdot P_s \cdot b^2}{t_1^2}$$

$$\tau_{x2} = \frac{P_s \cdot a \cdot b}{A}$$

※参考文献[1]より

(4) 組合せ応力

2.2.1(1)から2.2.1(3)によって算出される中性子透過部の応力は、以下により組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\ell 0} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2}$$

$$\tau_{\ell 0} = \tau_{x1} + \tau_{x2}$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\ell 0} + \sqrt{\sigma_{\ell 0}^2 + 4\tau_{\ell 0}^2} \right\}$$

一般膜応力+一次曲げ応力は一次一般膜応力と同じになるので省略することができる。

b. 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\ell 2} = \sigma_{x 2}$$

$$\tau_{\ell 2} = \tau_{x 2}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\ell 2} + \sqrt{\sigma_{\ell 2}^2 + 4\tau_{\ell 2}^2}$$

2.2.2. 取付ボルトの応力

(1) せん断応力

死荷重及び鉛直地震力によるせん断応力は、次式により求める。

$$\tau_b = \frac{\sqrt{(1 + C_v)^2 + C_H^2} W \cdot g}{n \cdot A_b}$$

(2) 引張応力

水平地震力による引張応力は、次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{C_H \cdot W \cdot g}{n \cdot A_b}$$

3. 評価方法

3.1. 解決方法

2.1 項で求めた固有周期及びモデルの質点系から「添付書類 3-1. 耐震性に関する説明書」に基づき解析方法の決定を行う。

3.2. 応力の評価

3.2.1. 中性子透過部の応力評価

- (1) 2.2.1 項で求めた組合せ応力が、中性子透過部の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

許容応力 S_a 許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力
IV _{AS}	$0.6S_u$	算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので評価は省略する。	地震動のみによる一次+二次応力の変動値が設計降伏点 S_y の 2 倍以下であれば疲労解析は不要とする。
III _{AS}	$\text{MIN}[S_y, 0.6S_u]$		

3.2.2. 取付ボルトの応力評価

- (1) 2.2.2 項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_b は、下記 2 式より求めた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 f_{ts} 以下であること。

また、せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4f_{t0} - 1.6\tau_b$$

$$f_{ts} \leq f_{t0}$$

ただし、 f_{t0} 、 f_{sb} は下表による。

許容応力状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
IV _{AS} III _{AS}	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

4. 前部水封用止板(1G)～前部水封用止板(6G)

4.1. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 S _s		弾性設計用地震動 S _d		静的地震動	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
前部水封 用止板 (1G) ┆ 前部水封 用止板 (6G)	S	原子炉建家 ^(注) 1FL+1.1, 1.3								
			770.1	2433.1	C _H =1.05	C _V =0.98	C _H =0.59	C _V =0.52	C _H =0.58	C _V =0.29

注：前部水封用止板(1G)～(6G)の基準床レベルを示す。

最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)
内圧	0.09810	43
外圧	0.00147	

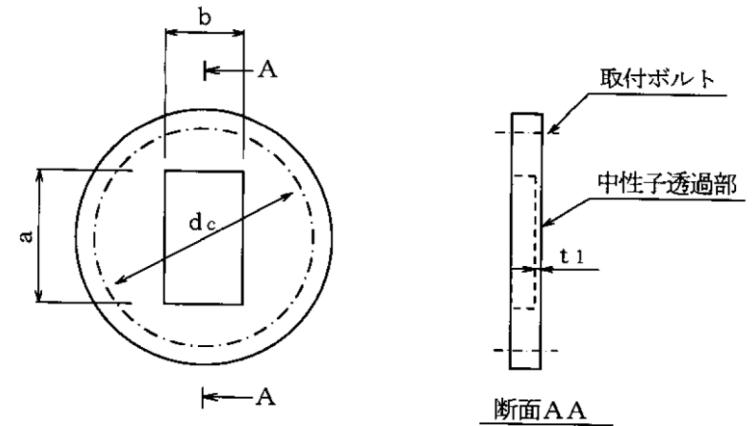
4.2. 機器要目

d_c (mm)	a (mm)	b (mm)	t_1 (mm)	ν (-)	γ (kg/mm ²)	E (N/mm ²)	λ^2 (-)	W (kg)	β (-)	A (mm ²)	A_b (mm ²) (M12)
180	120	70	2.5	0.33	2.70×10^{-6}	6.82×10^4	10.2	2.8	0.5467	950	113.1

n (-)	F (SUS304) (N/mm ²)		P_s (Ss) (注) (MPa)	P_s (Sd) (注) (MPa)
	IV _A S	III _A S		
12	246	205	0.0274	0.0196

注：原子炉プール水のスロッシングによる動水圧を用いた。

「設工認（その11）添付書類3-2 原子炉本体の地震応答解析」参照。



4.3. 計算数値

4.3.1. 許容応力状態IV_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 43$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 12$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 56$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 12$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 25$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Ss	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

4.3.2. 許容応力状態Ⅲ_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 43$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 9$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 53$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 9$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 19$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Sd と静的地震力の大きい方	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

4.4. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平2方向及び鉛直方向の組合せを考慮するため、4.3項の値を1.42倍している。

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料応力	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 80$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 36$	$S_a = 450$
III _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 76$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 27$	$S_a = 450$

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 184$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 142$
III _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 118$

5. 前部水封用止板(7R)

5.1. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 S _s		弾性設計用地震動 S _d		静的地震動	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
前部水封 用止板 (7R)	S	原子炉建家 ^(注) 1FL+1.3	606.4	2430.1	C _H =1.05	C _V =0.98	C _H =0.59	C _V =0.52	C _H =0.58	C _V =0.29

注：前部水封用止板(7R)の基準床レベルを示す。

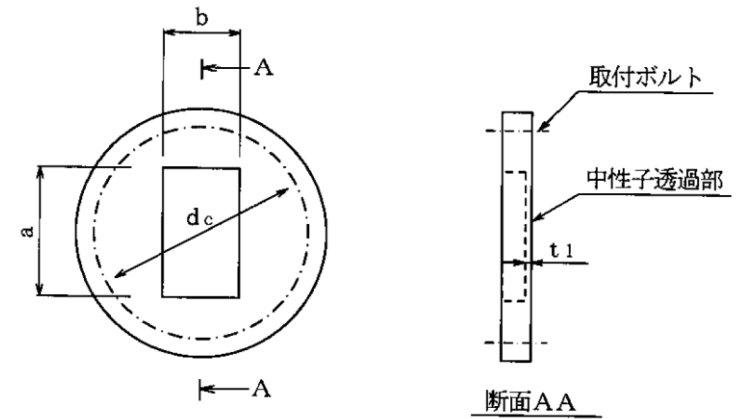
最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)
内圧	0.09810	43
外圧	0.00147	

5.2. 機器要目

d_c (mm)	a (mm)	b (mm)	t_1 (mm)	ν (-)	γ (kg/mm ²)	E (N/mm ²)	λ^2 (-)	W (kg)	β (-)	A (mm ²)	A_b (mm ²) (M16)
240	160	95	3.5	0.33	2.70×10^{-6}	6.82×10^4	10.2	4	0.5389	1785	201.1

n (-)	F (SUS304) (N/mm ²)		P_s (Ss) (注) (MPa)	P_s (Sd) (注) (MPa)
	IV _A S	III _A S		
8	246	205	0.0274	0.0196

注：原子炉プール水のスロッシングによる動水圧を用いた。



5.3. 計算数値

5.3.1. 許容応力状態IV_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 39$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 11$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 51$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 11$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 23$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Ss	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

5.3.2. 許容応力状態Ⅲ_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 39$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 8$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 48$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 8$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 17$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Sd と静的地震力の大きい方	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

5.4. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平2方向及び鉛直方向の組合せを考慮するため、5.3項の値を1.42倍している。

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料応力	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 73$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 33$	$S_a = 450$
III _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 69$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 25$	$S_a = 450$

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 184$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 142$
III _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 118$

6. 前部水封用止板(8T)

6.1. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 S _s		弾性設計用地震動 S _d		静的地震動	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
前部水封 用止板 (8T)	S	原子炉建家 ^(注) 1FL+1.2	251.5	1053.2	C _H =1.05	C _V =0.98	C _H =0.59	C _V =0.52	C _H =0.58	C _V =0.29

注：前部水封用止板(8T)の基準床レベルを示す。

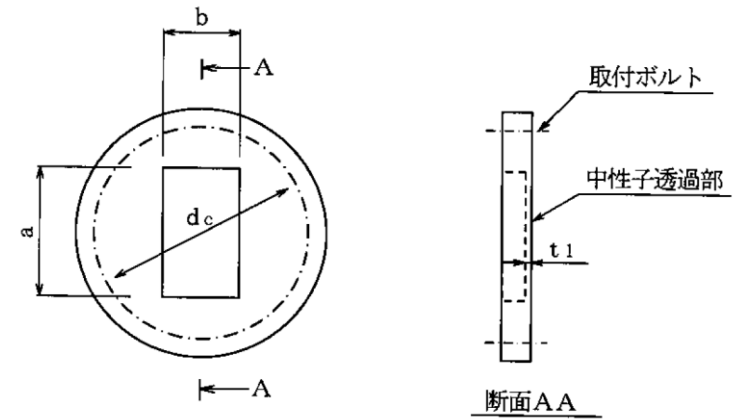
最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)
内圧	0.09810	43
外圧	0.00147	

6.2. 機器要目

d_c (mm)	a (mm)	b (mm)	t_1 (mm)	ν (-)	γ (kg/mm ²)	E (N/mm ²)	λ^2 (-)	W (kg)	β (-)	A (mm ²)	A_b (mm ²) (M16)
315	230	50	2.5	0.33	2.70×10^{-6}	6.82×10^4	10.2	6.1	0.7450	1400	201.1

n (-)	F (SUS304) (N/mm ²)		P_s (Ss) (注) (MPa)	P_s (Sd) (注) (MPa)
	IV _A S	III _A S		
8	246	205	0.0274	0.0196

注：原子炉プール水のスロッシングによる動水圧を用いた。



6.3. 計算数値

6.3.1. 許容応力状態IV_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 30$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 9$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 40$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 9$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 19$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Ss	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

6.3.2. 許容応力状態Ⅲ_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 30$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 6$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 37$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 6$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 13$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Sd と静的地震力の大きい方	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

6.4. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平2方向及び鉛直方向の組合せを考慮するため、6.3項の値を1.42倍している。

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料応力	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 57$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 27$	$S_a = 450$
III _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 53$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 19$	$S_a = 450$

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 184$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 142$
III _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 118$

7. 前部水封用止板(9C)

7.1. 設計条件

機器名称	耐震 クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	固有振動数 (Hz)		基準地震動 S _s		弾性設計用地震動 S _d		静的地震動	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
前部水封 用止板 (9C)	S	原子炉建家 ^(注) 1FL+1.2	53.2	262.7	C _H =1.05	C _V =0.98	C _H =0.59	C _V =0.52	C _H =0.58	C _V =0.29

注：前部水封用止板(9C)の基準床レベルを示す。

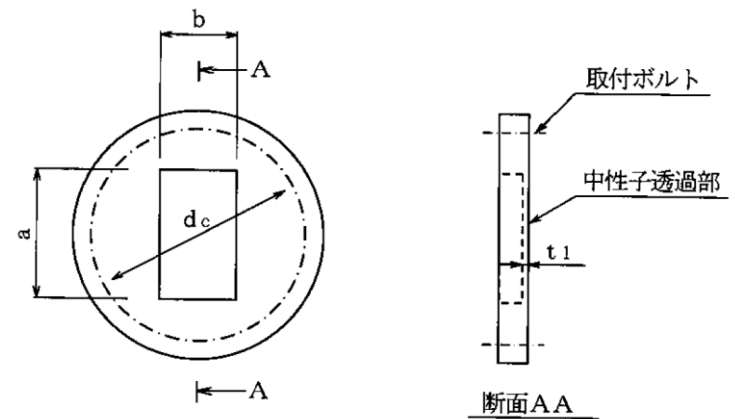
最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)
内圧	0.09810	43
外圧	0.00147	

7.2. 機器要目

d_c (mm)	a (mm)	b (mm)	t_1 (mm)	ν (-)	γ (kg/mm ²)	E (N/mm ²)	λ^2 (-)	W (kg)	β (-)	A (mm ²)	A_b (mm ²) (M16)
685	150	50	2.5	0.33	2.70×10^{-6}	6.82×10^4	10.2	45.1	0.7134	1000	201.1

n (-)	F (SUS304) (N/mm ²)		P_s (Ss) (注) (MPa)	P_s (Sd) (注) (MPa)
	IV _A S	III _A S		
24	246	205	0.0274	0.0196

注：原子炉プール水のスロッシングによる動水圧を用いた。



7.3. 計算数値

7.3.1. 許容応力状態IV_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 28$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 8$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 37$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Ss
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 8$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 17$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Ss	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

7.3.2. 許容応力状態Ⅲ_AS

(1) 中性子透過部に生じる応力

a. 中性子透過部に生じる一次一般膜応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
内圧による 応力	膜	$\sigma_{x1} = 28$
	せん断	$\tau_{x1} = 1$
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 6$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_0 = 35$

b. 中性子透過部に生じる地震動のみによる一次+二次応力の変動値

(単位：N/mm²)

地震力の種類		Sd と静的地震力の大きい方
地震荷重に よる応力	膜	$\sigma_{x2} = 6$
	せん断	$\tau_{x2} = 1$
組合せ応力		$\sigma_2 = 13$

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位：N/mm²)

地震力の種類	Sd と静的地震力の大きい方	
応力の種類	引張	せん断
取付ボルト	$\sigma_b = 1$	$\tau_b = 1$

7.4. 結論

下表に示すように算出応力はすべて許容応力以下であり、強度は十分である。なお、表の算出応力は水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せを考慮するため、7.3項の値を1.42倍している。

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料応力	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 53$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 25$	$S_a = 450$
III _A S	中性子透過部	A6061FH-T6	一次一般膜	$\sigma_0 = 50$	$S_a = 151$
			一次+二次	$\sigma_2 = 19$	$S_a = 450$

(単位：N/mm²)

許容応力 状態	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
IV _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 184$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 142$
III _A S	取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 153$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 118$

8. 参考文献

- [1] R. J. ROARK: Formulas for Stress and Strain, SEVENTH EDITION

3-4-7-3. 水力照射設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-3- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-3- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-3- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-3- 3
3. 設計条件	添 3-4-7-3-26
3.1. EXP-HR-A-01	添 3-4-7-3-26
3.2. EXP-HR-A-02	添 3-4-7-3-34
3.3. EXP-HR-A-03	添 3-4-7-3-43
3.4. EXP-HR-A-04	添 3-4-7-3-45
3.5. EXP-HR-A-05	添 3-4-7-3-47
3.6. EXP-HR-A-06	添 3-4-7-3-49
3.7. EXP-HR-A-07	添 3-4-7-3-51
3.8. EXP-HR-A-08	添 3-4-7-3-53
3.9. EXP-HR-A-09	添 3-4-7-3-55
3.10. EXP-HR-A-10	添 3-4-7-3-57
3.11. EXP-HR-A-11	添 3-4-7-3-59
3.12. EXP-HR-A-12	添 3-4-7-3-61
3.13. EXP-HR-A-13	添 3-4-7-3-64
3.14. EXP-HR-A-14	添 3-4-7-3-67
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-3-69
4.1. 固有周期	添 3-4-7-3-69
4.2. 結論	添 3-4-7-3-83
4.2.1. EXP-HR-A-01	添 3-4-7-3-83
4.2.2. EXP-HR-A-02	添 3-4-7-3-83
4.2.3. EXP-HR-A-03	添 3-4-7-3-84
4.2.4. EXP-HR-A-04	添 3-4-7-3-84
4.2.5. EXP-HR-A-05	添 3-4-7-3-85
4.2.6. EXP-HR-A-06	添 3-4-7-3-85
4.2.7. EXP-HR-A-07	添 3-4-7-3-86
4.2.8. EXP-HR-A-08	添 3-4-7-3-86
4.2.9. EXP-HR-A-09	添 3-4-7-3-87
4.2.10. EXP-HR-A-10	添 3-4-7-3-87
4.2.11. EXP-HR-A-11	添 3-4-7-3-88
4.2.12. EXP-HR-A-12	添 3-4-7-3-88
4.2.13. EXP-HR-A-13	添 3-4-7-3-89
4.2.14. EXP-HR-A-14	添 3-4-7-3-89
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-3-90
4.3.1. EXP-HR-A-01	添 3-4-7-3-90

4.3.2.	EXP-HR-A-02	添 3-4-7-3-93
4.3.3.	EXP-HR-A-03	添 3-4-7-3-97
4.3.4.	EXP-HR-A-04	添 3-4-7-3-98
4.3.5.	EXP-HR-A-05	添 3-4-7-3-99
4.3.6.	EXP-HR-A-06	添 3-4-7-3-100
4.3.7.	EXP-HR-A-07	添 3-4-7-3-101
4.3.8.	EXP-HR-A-08	添 3-4-7-3-102
4.3.9.	EXP-HR-A-09	添 3-4-7-3-103
4.3.10.	EXP-HR-A-10	添 3-4-7-3-104
4.3.11.	EXP-HR-A-11	添 3-4-7-3-105
4.3.12.	EXP-HR-A-12	添 3-4-7-3-106
4.3.13.	EXP-HR-A-13	添 3-4-7-3-107
4.3.14.	EXP-HR-A-14	添 3-4-7-3-108

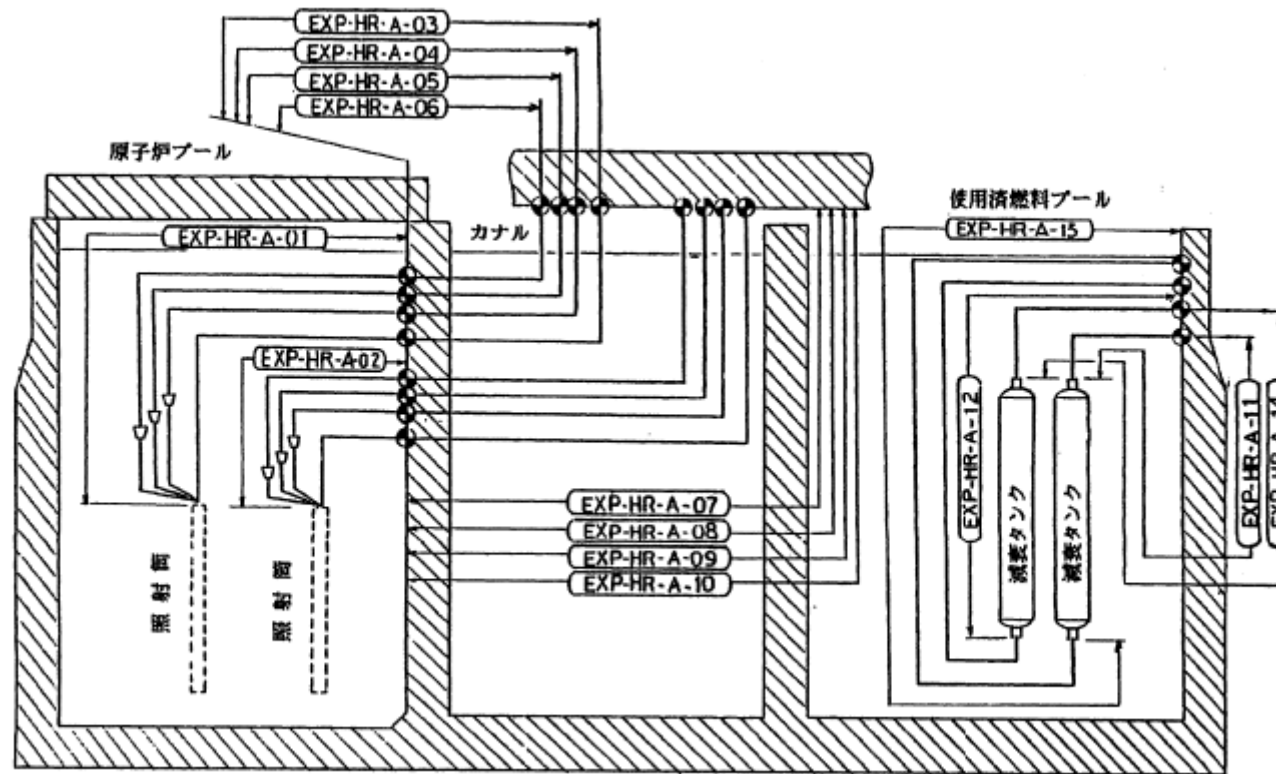
1. 概要

本計算書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震 クラス
EXP-HR-A-01	重水タンク内照射筒 (HR) から 原子炉プール貫通部アンカ まで (照射筒 (HR) の第 4 種管を含む)	B
EXP-HR-A-02	重水タンク内照射筒 (HR) から 原子炉プール貫通部アンカ まで (照射筒 (HR) の第 4 種管を含む)	B
EXP-HR-A-03	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-04	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-05	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-06	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-07	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-08	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-09	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-10	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-11	減衰タンクノズル から使用済燃料プール貫通部アンカ まで	B
EXP-HR-A-12	使用済燃料プール貫通部アンカ から 減衰タンクノズル まで	B
EXP-HR-A-13	使用済燃料プール貫通部アンカ から 減衰タンクノズル まで	B
EXP-HR-A-14	減衰タンクノズル から使用済燃料プール貫通部アンカ まで	B



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図



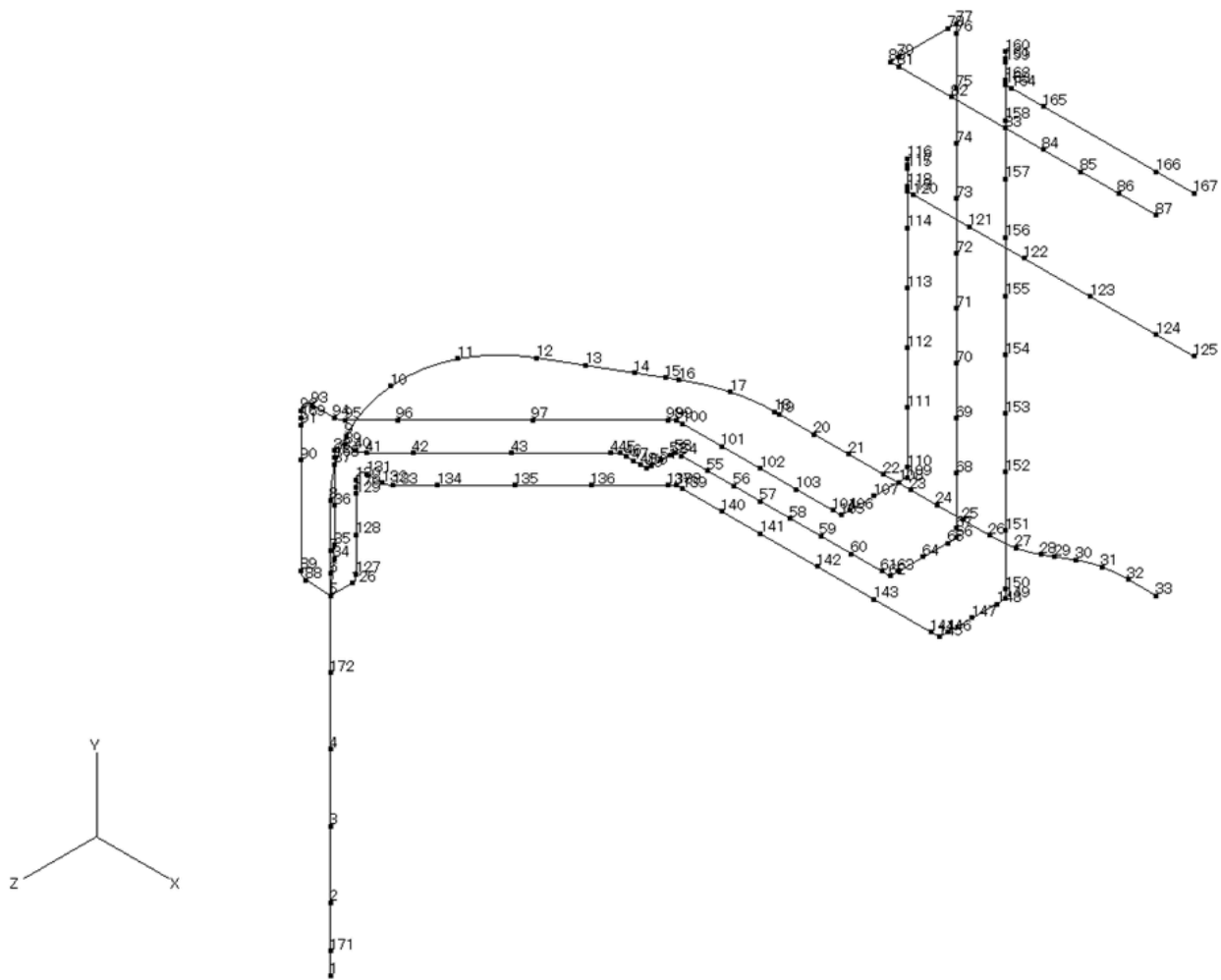
2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

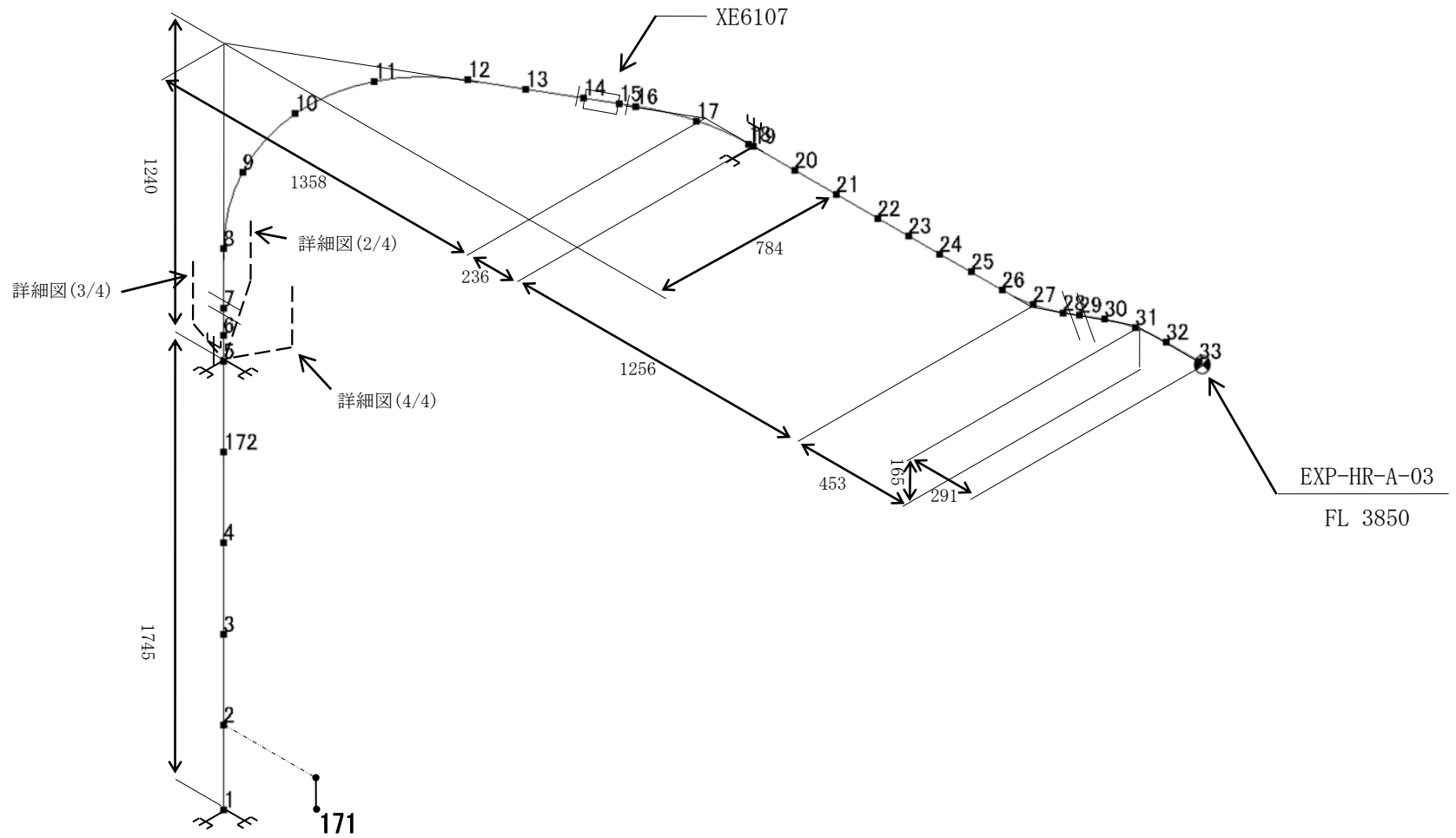
記号	内容
	アンカ、ノズル
	拘束

(1) EXP-HR-A-01

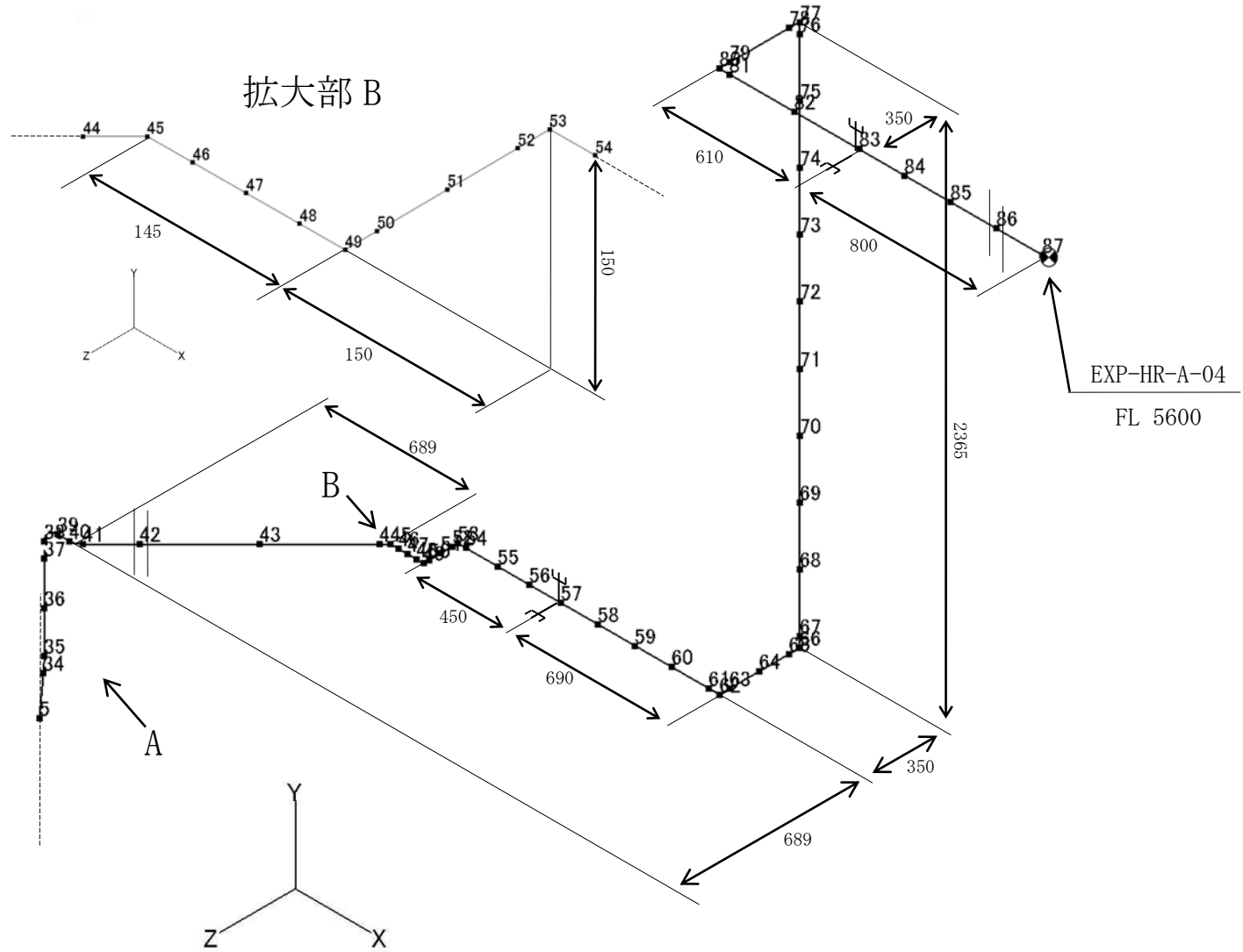
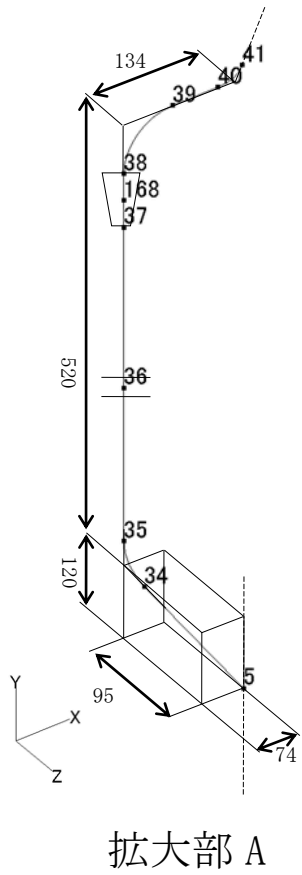
a. 全体図



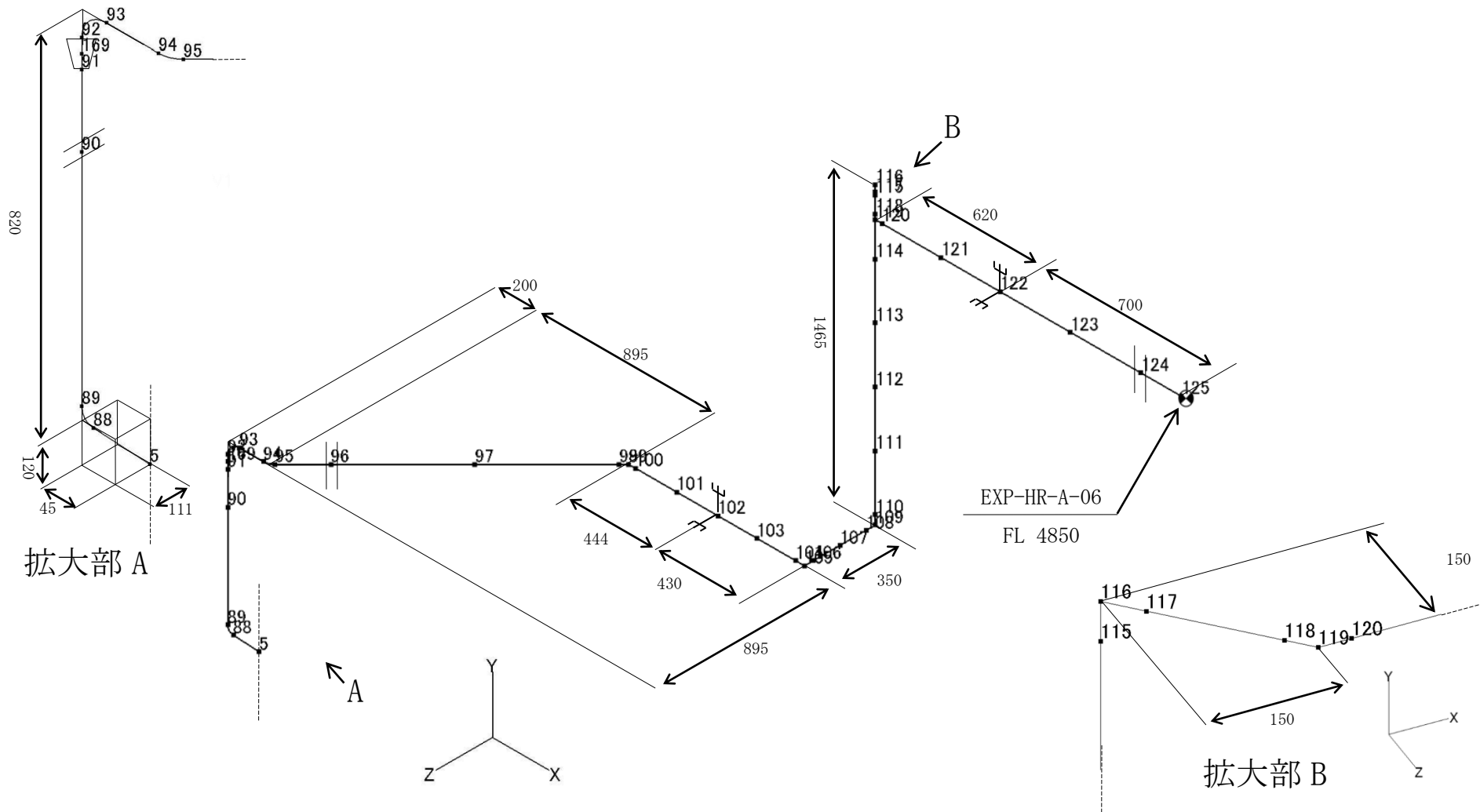
b. 詳細図(1/4)



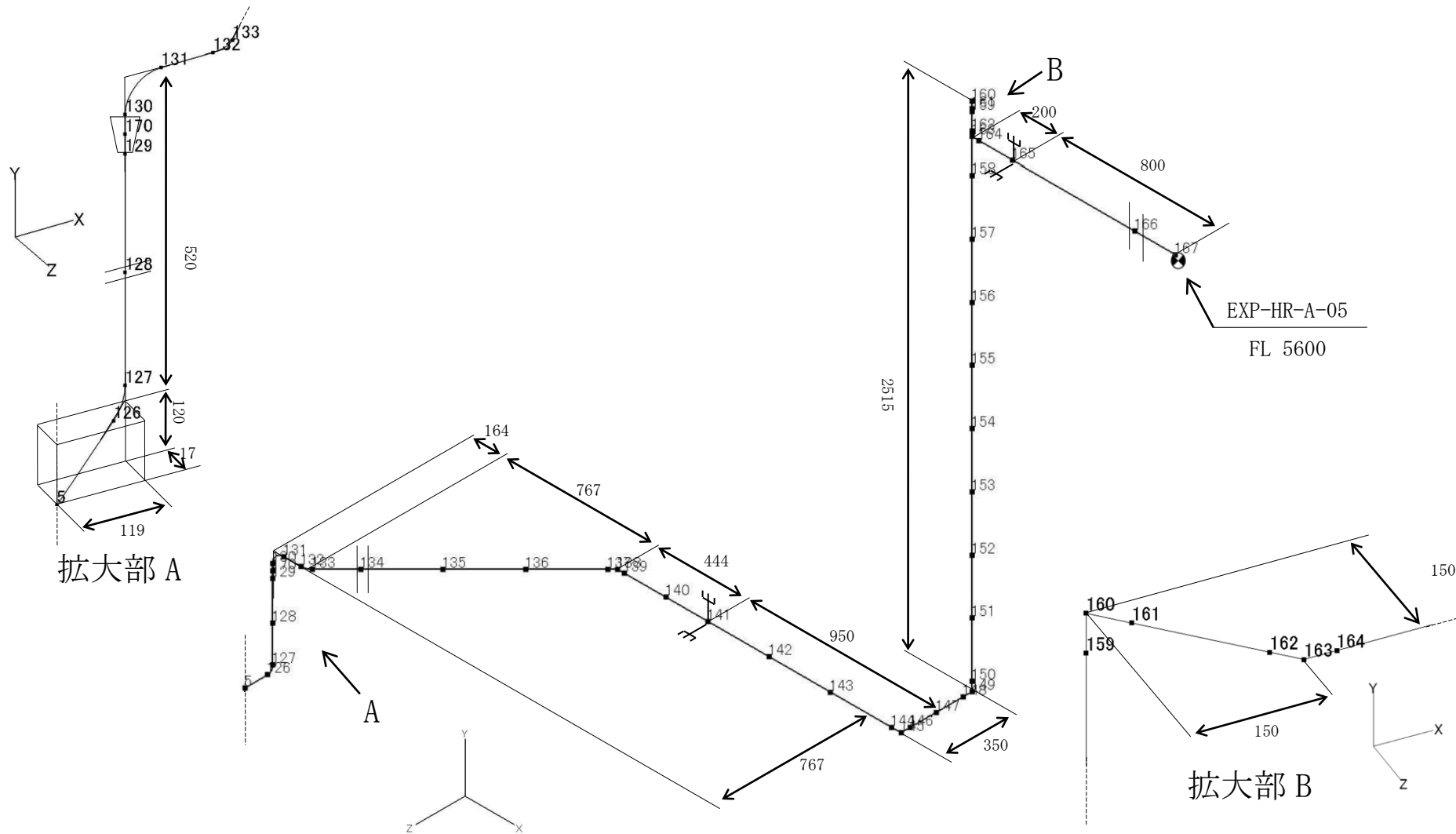
c. 詳細図(2/4)



d. 詳細図(3/4)

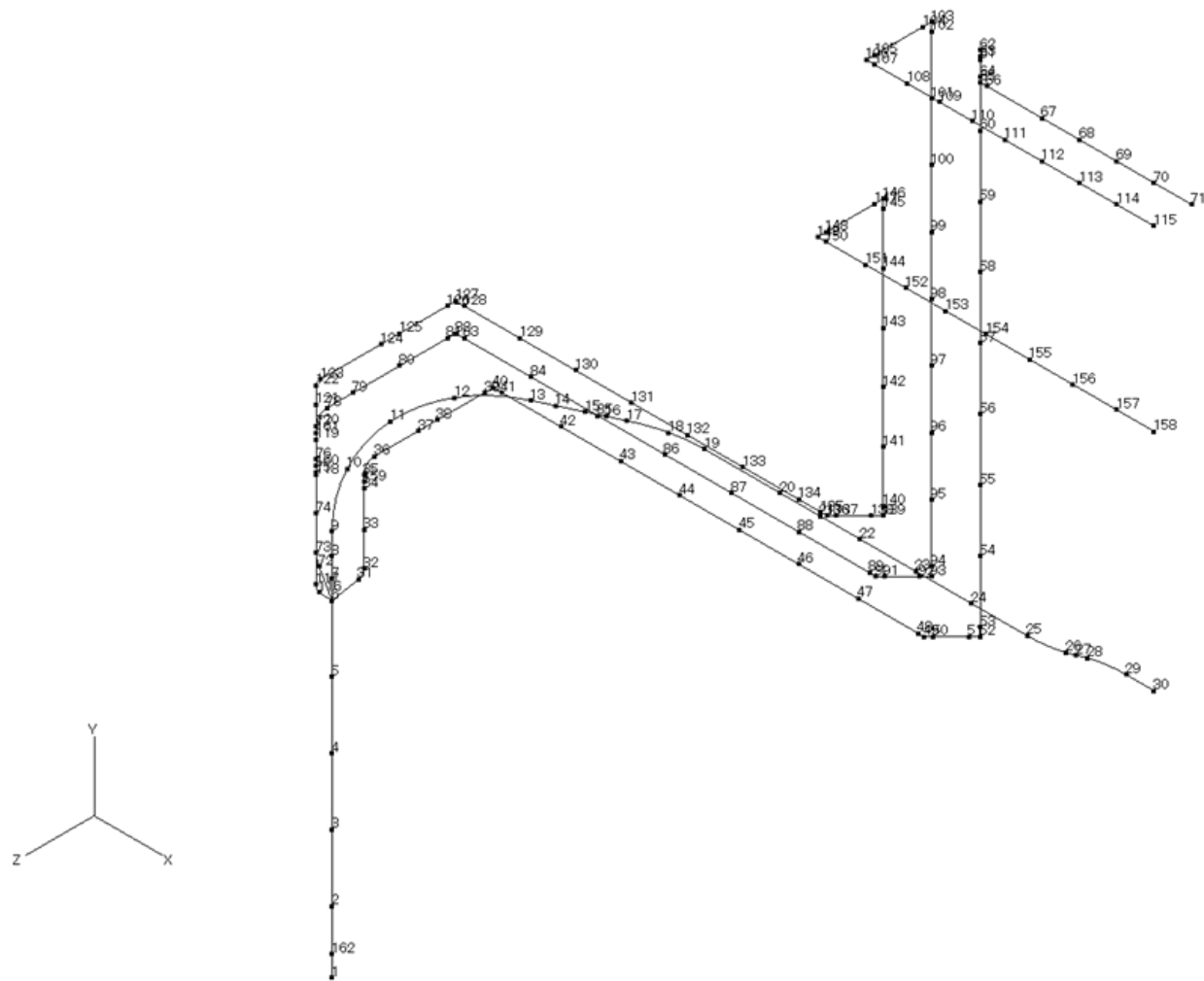


e. 詳細図(4/4)

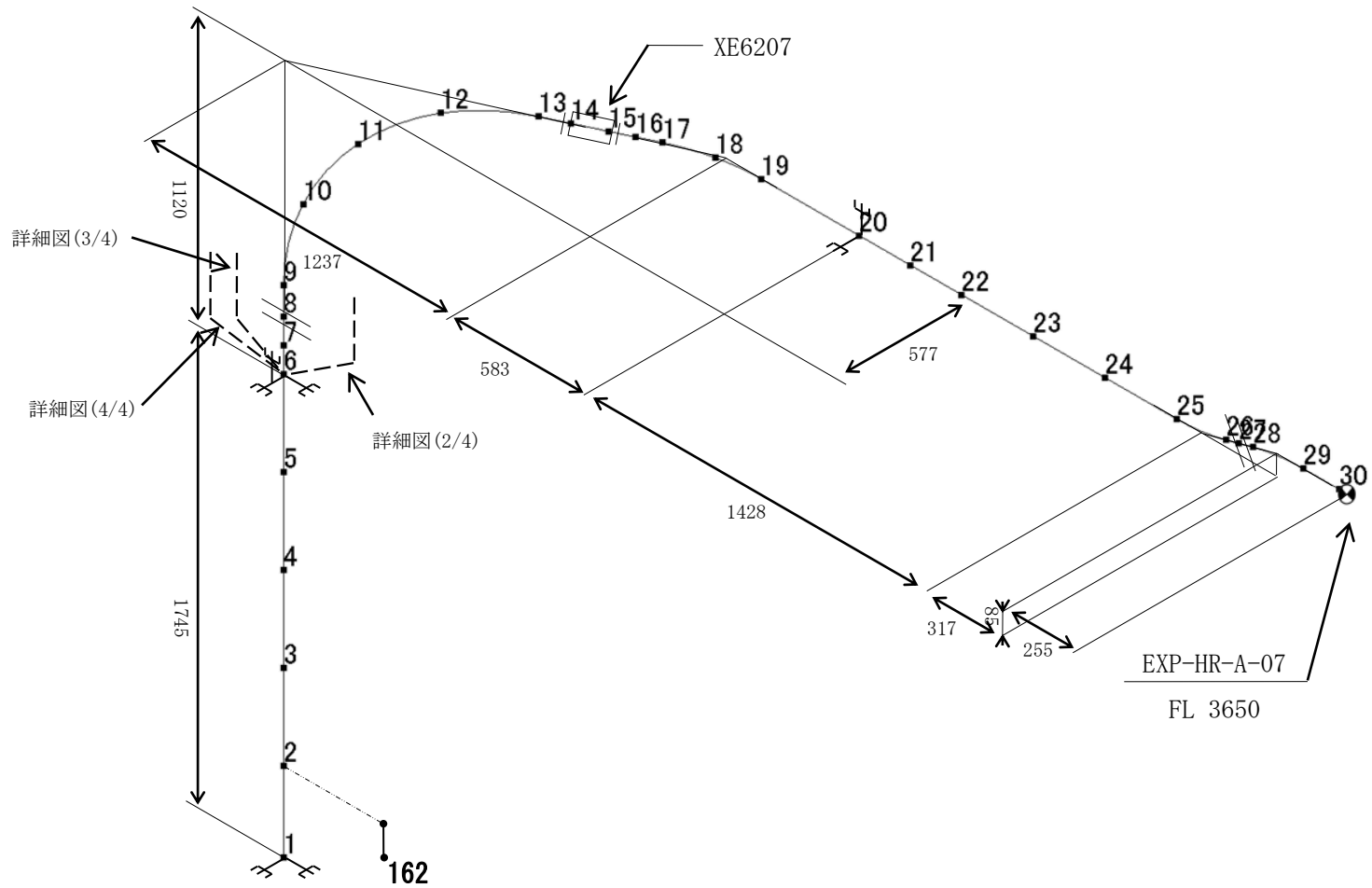


(2) EXP-HR-A-02

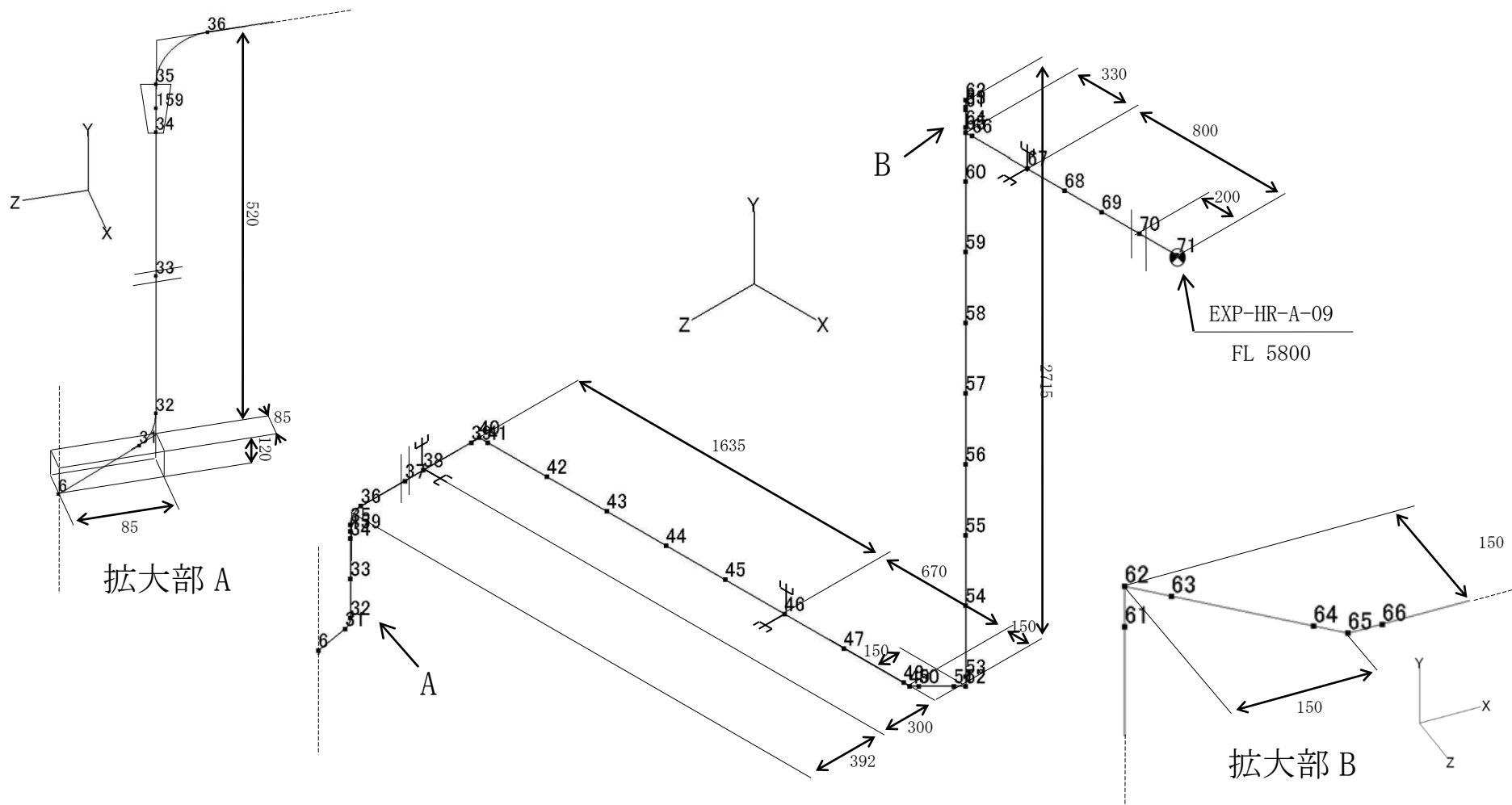
a. 全体図



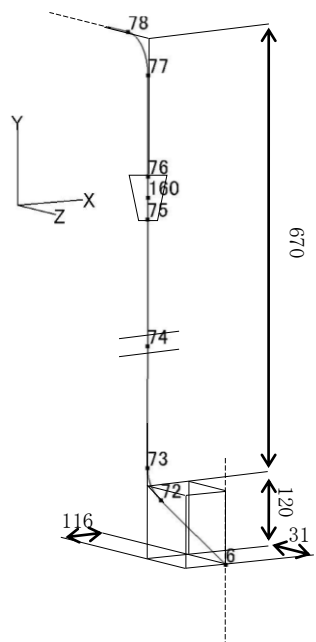
b. 詳細図(1/4)



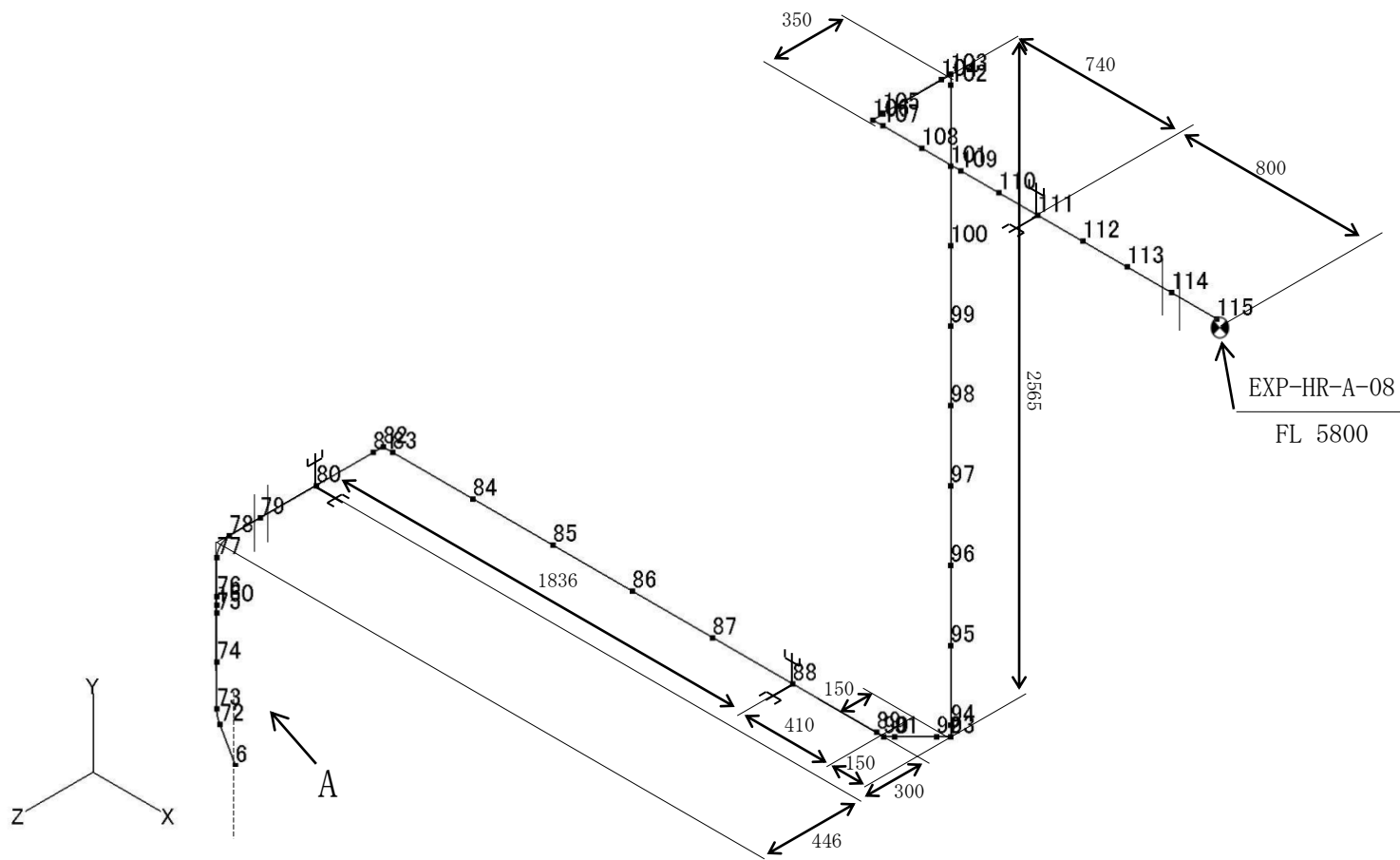
c. 詳細図(2/4)



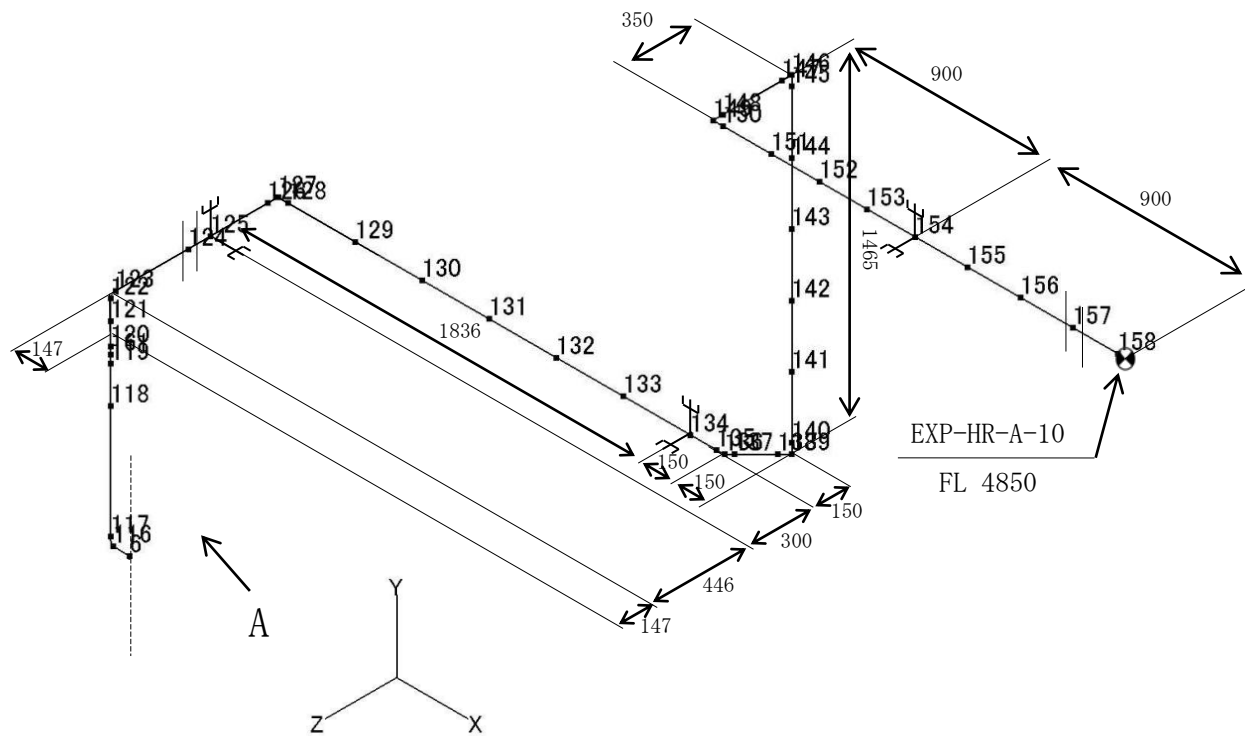
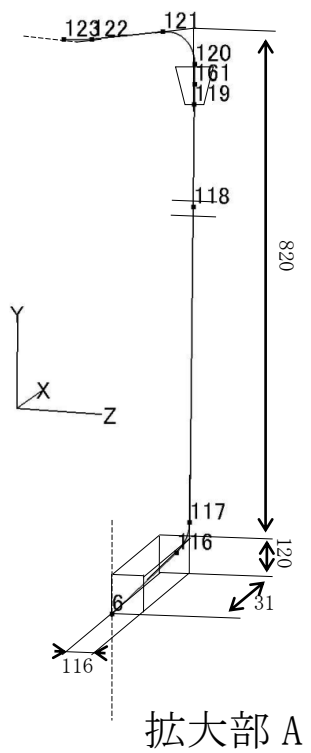
d. 詳細図(3/4)



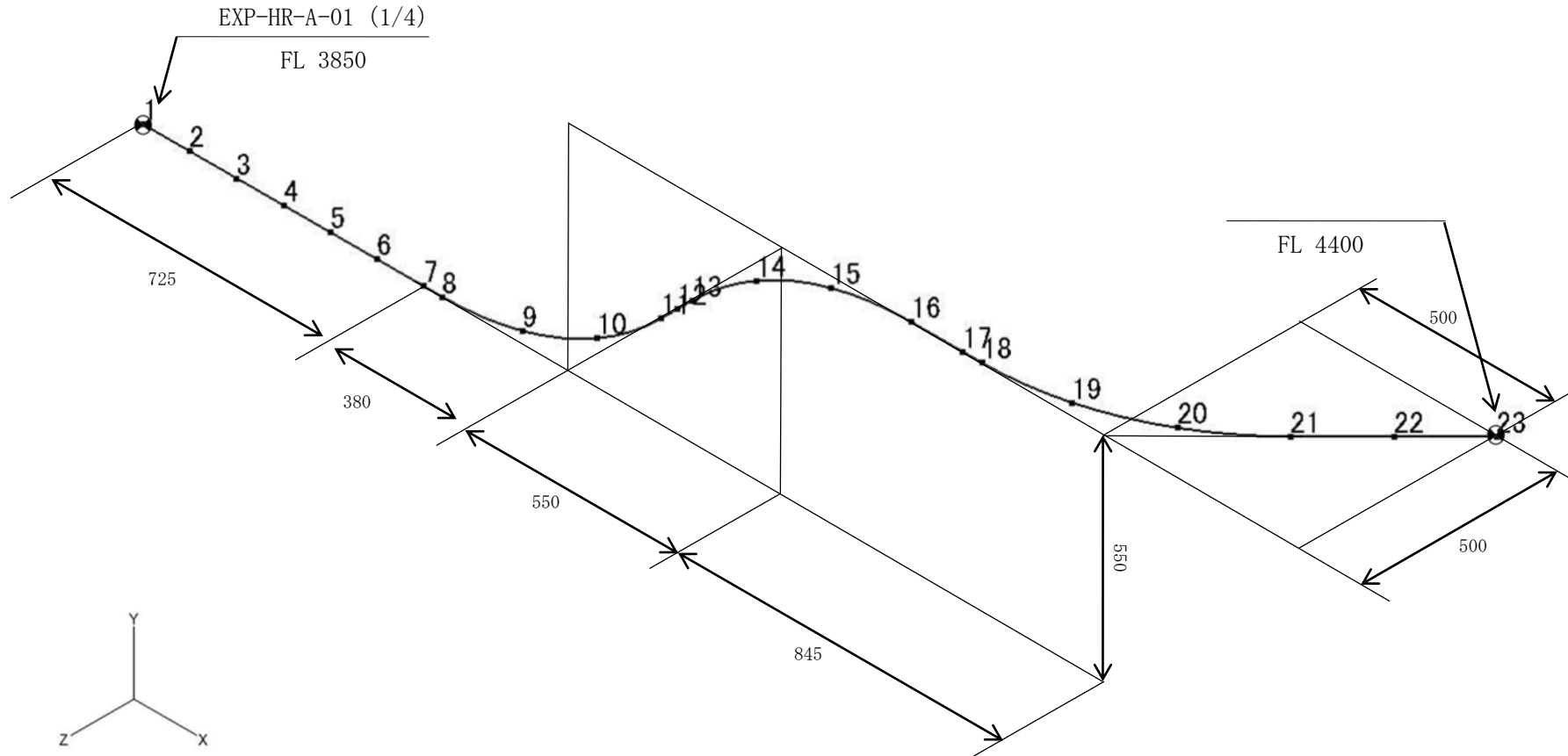
拡大部 A



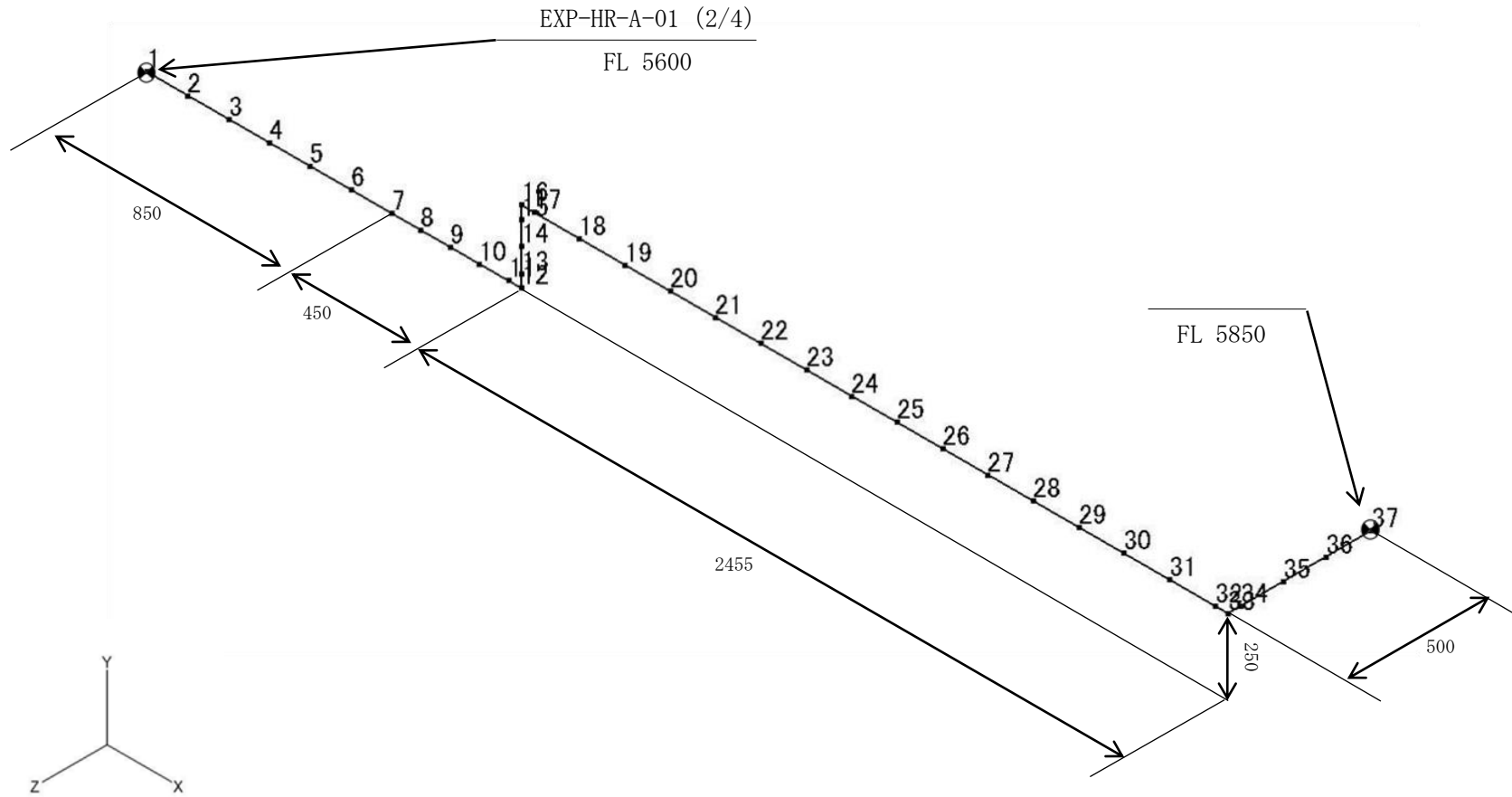
e. 詳細図(4/4)



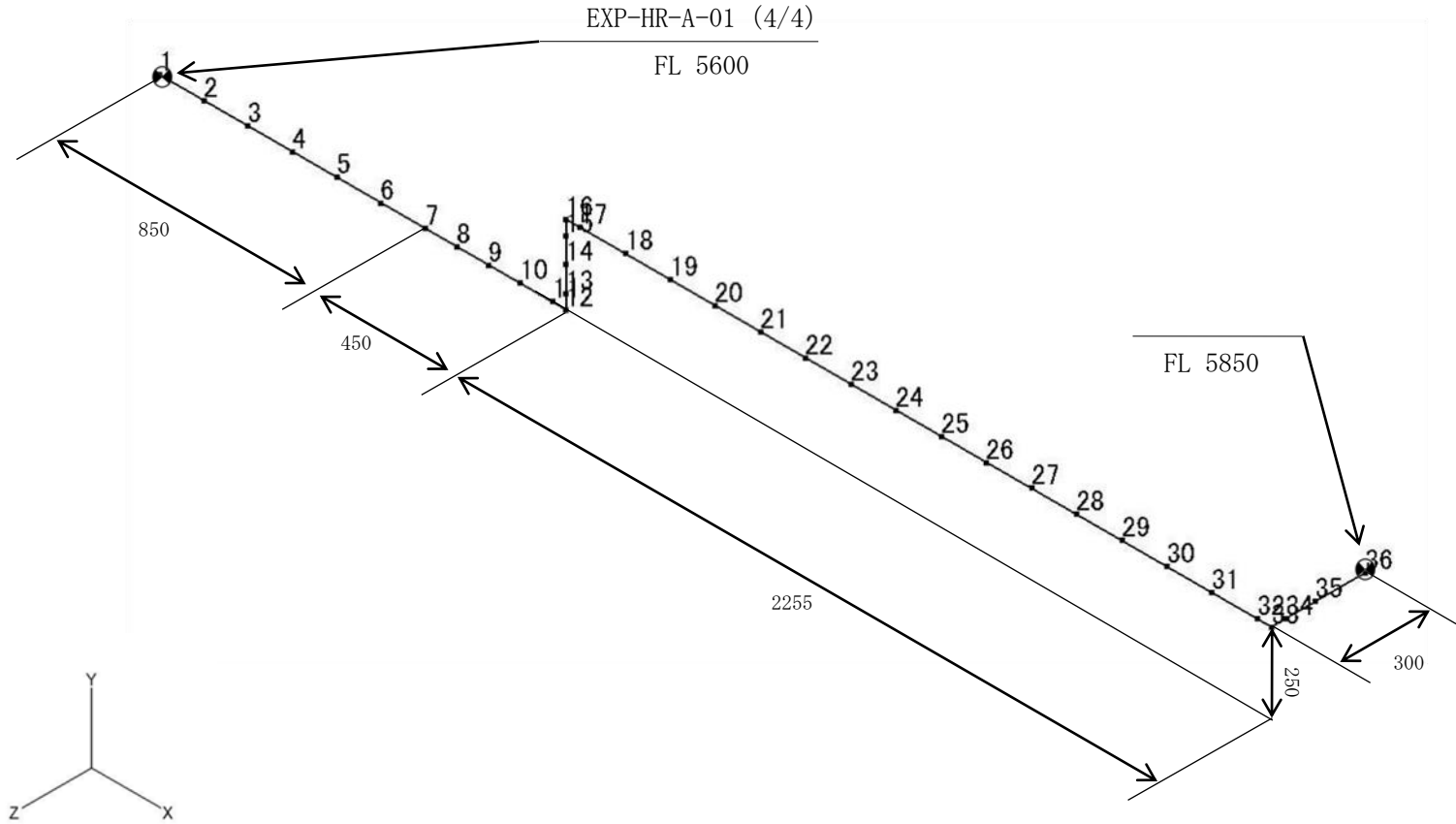
(3) EXP-HR-A-03



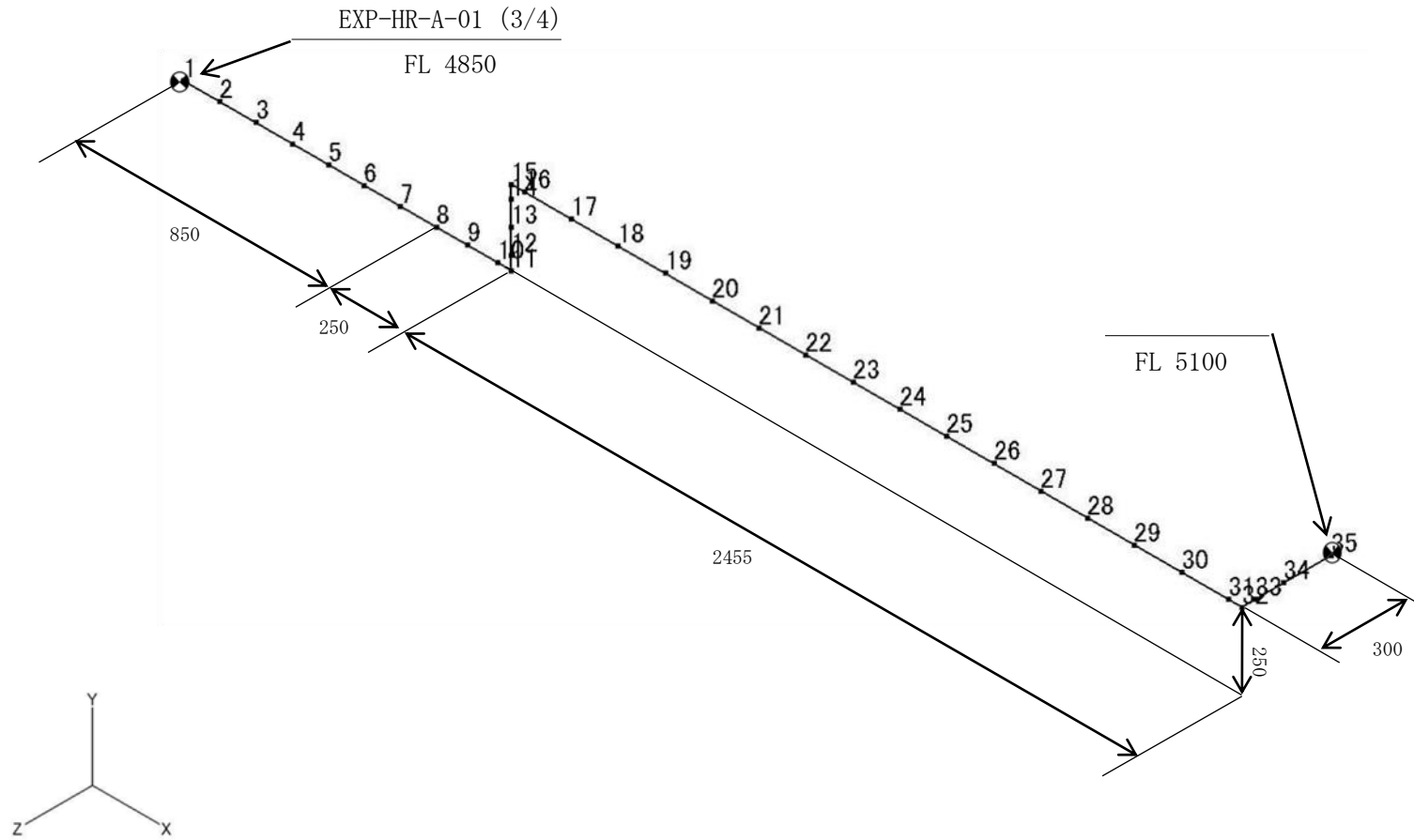
(4) EXP-HR-A-04



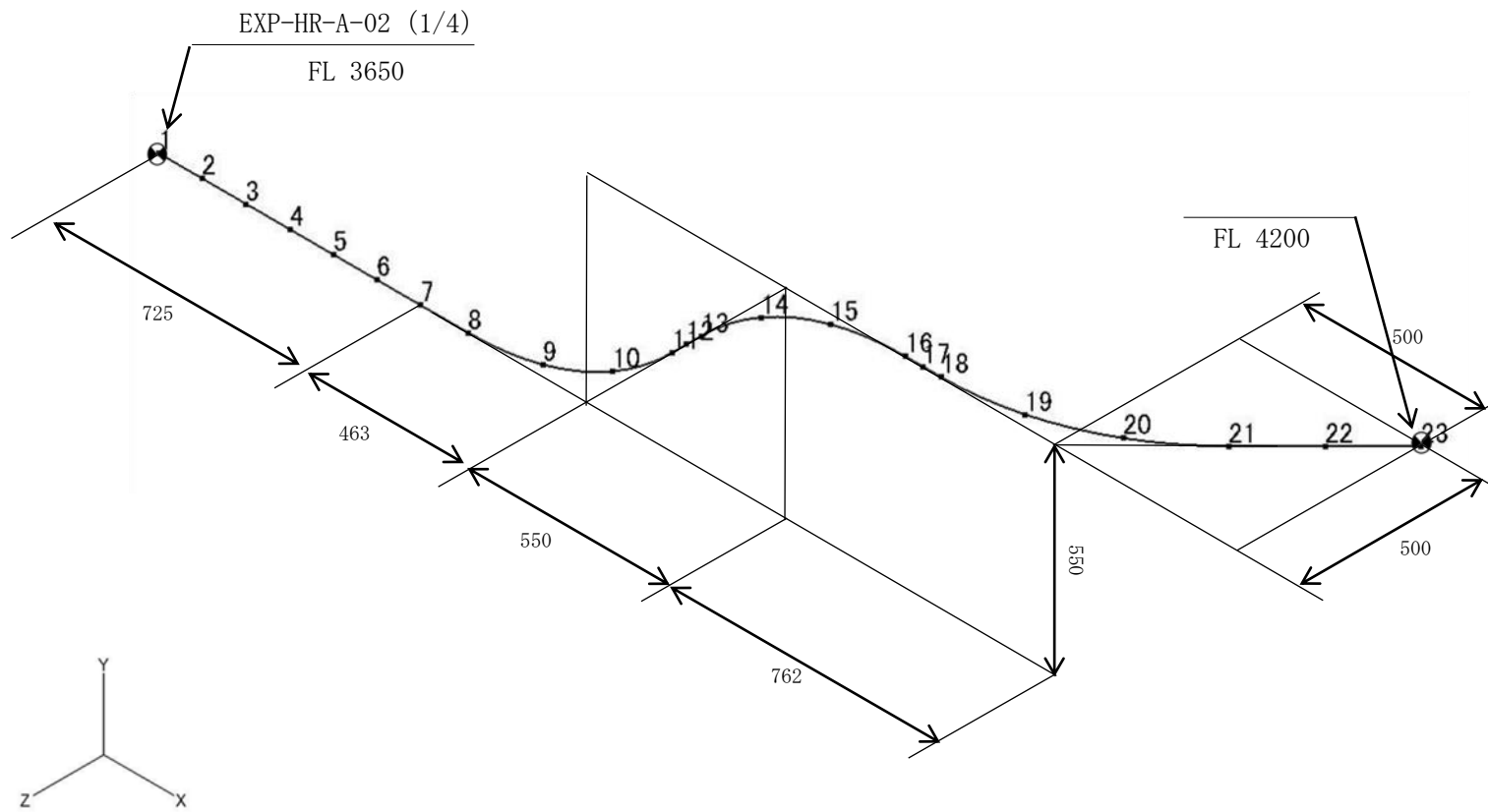
(5) EXP-HR-A-05



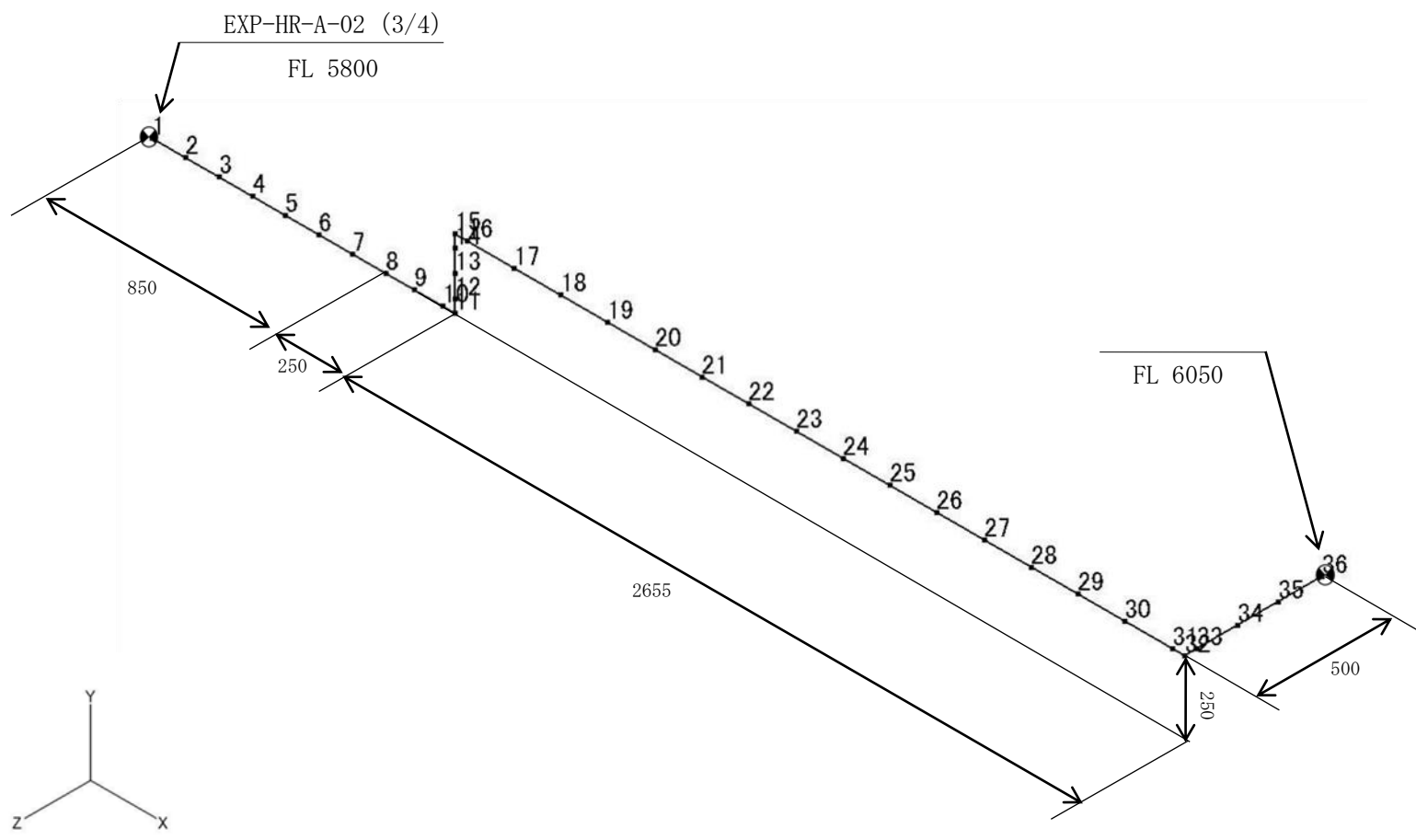
(6) EXP-HR-A-06



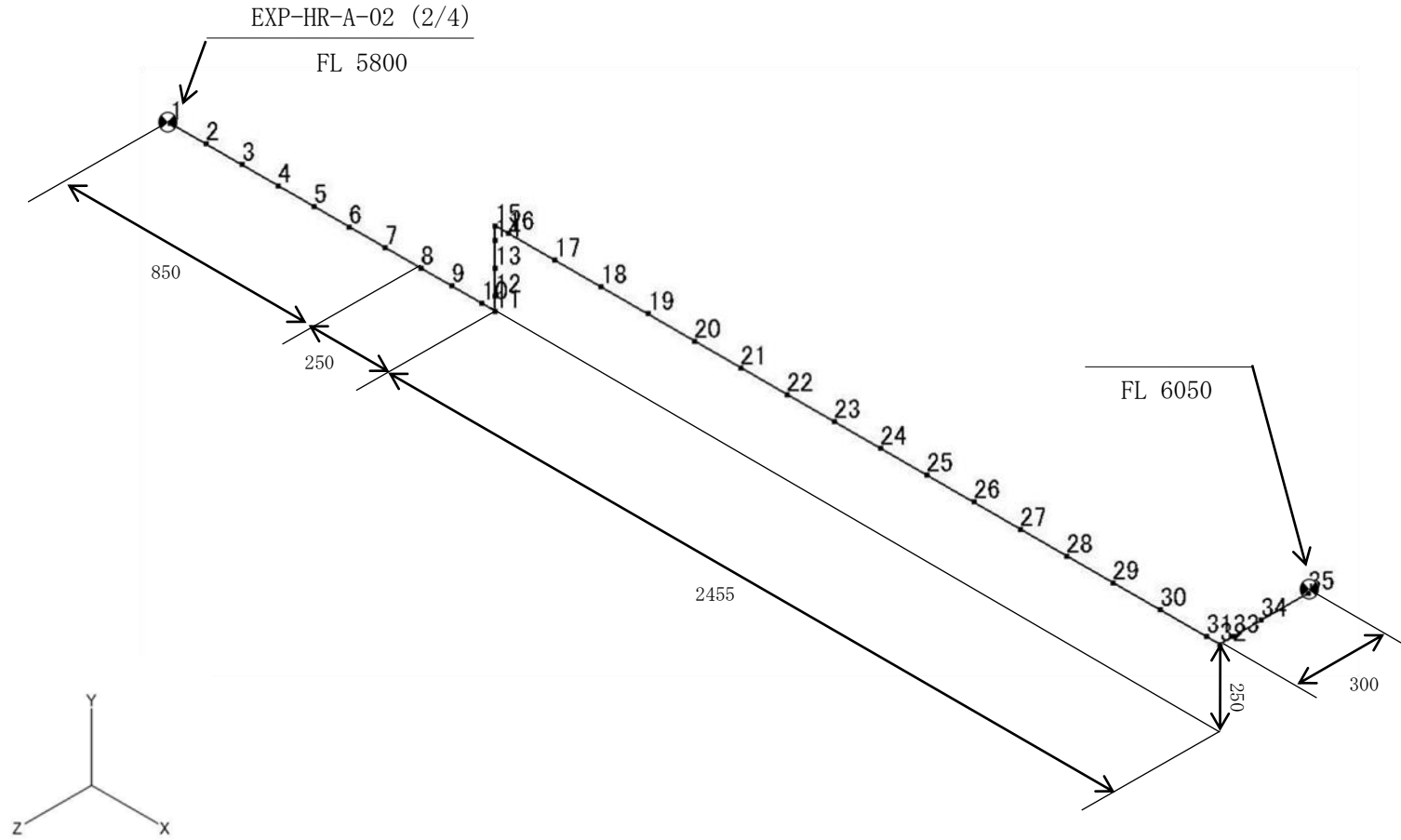
(7) EXP-HR-A-07



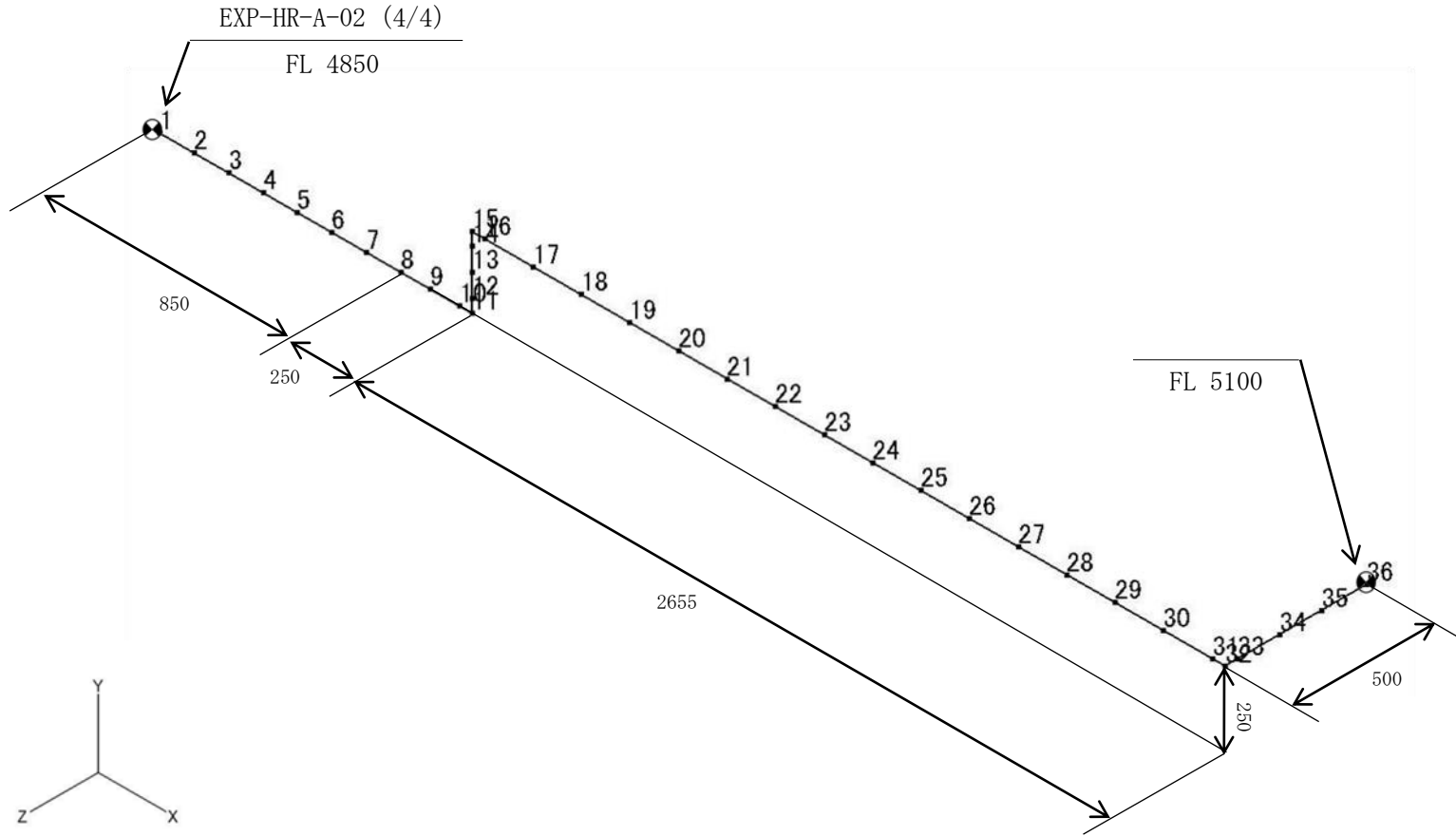
(8) EXP-HR-A-08



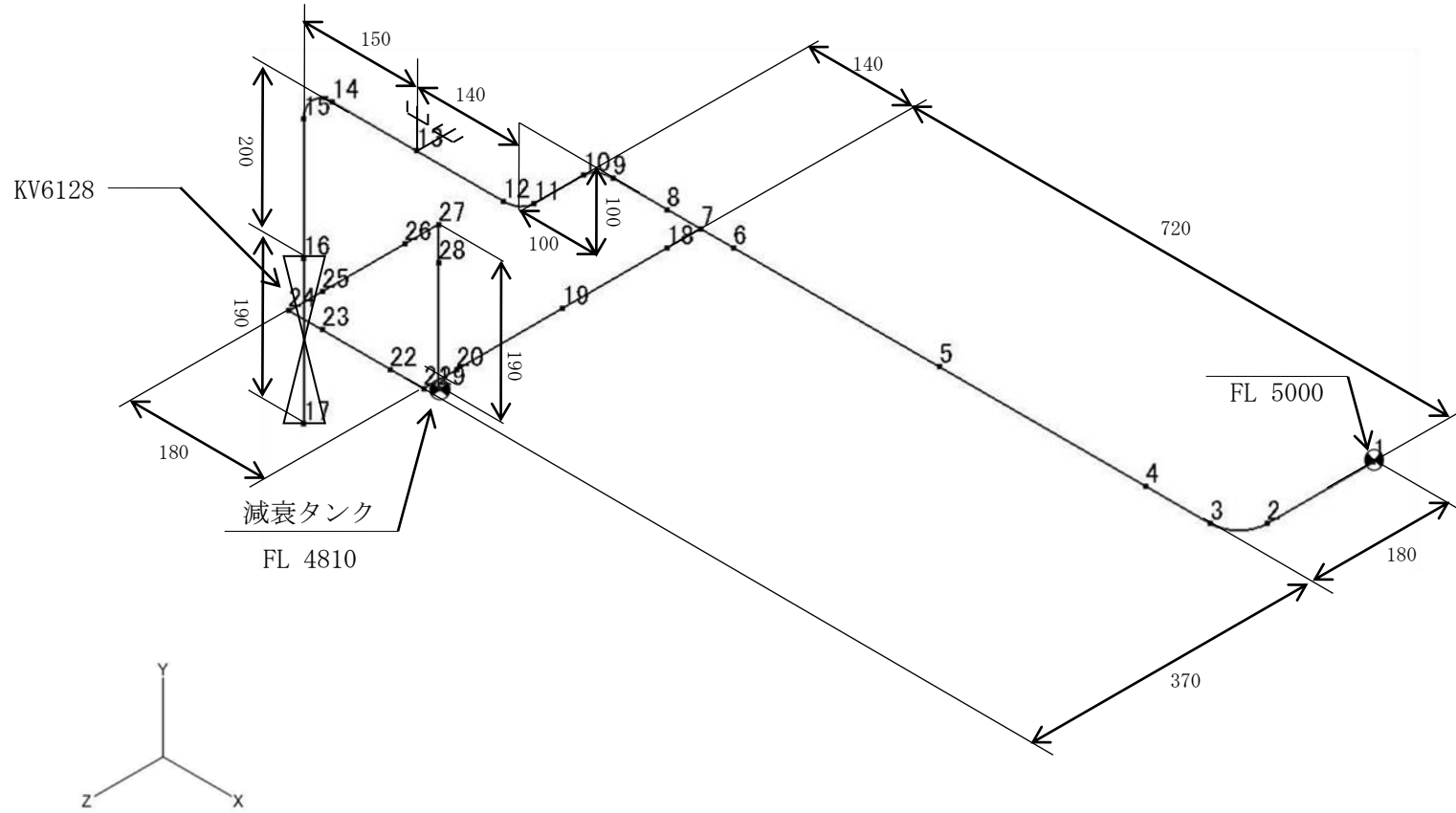
(9) EXP-HR-A-09



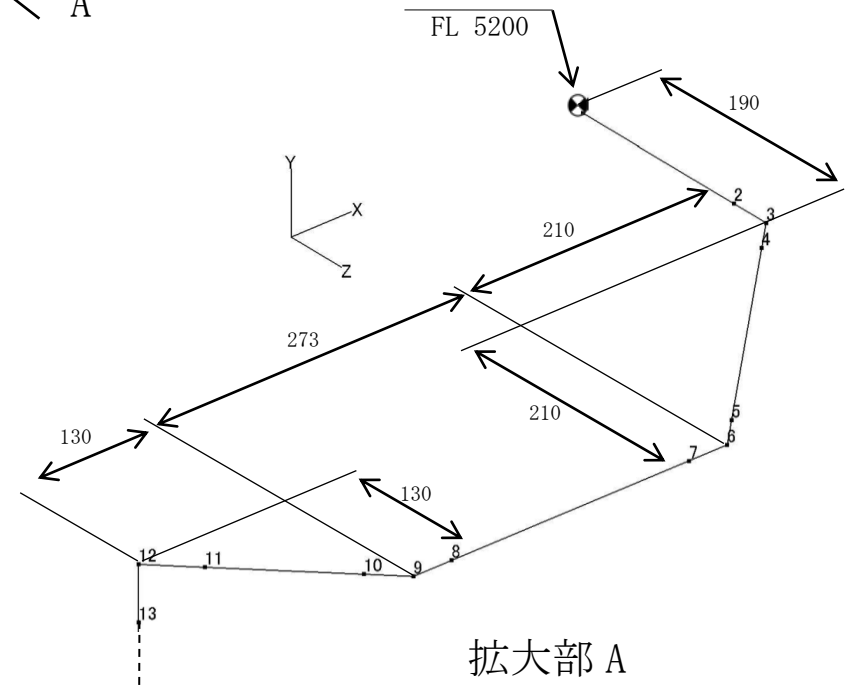
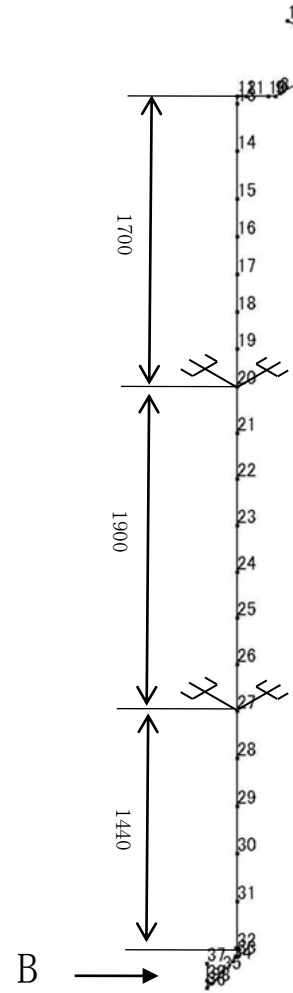
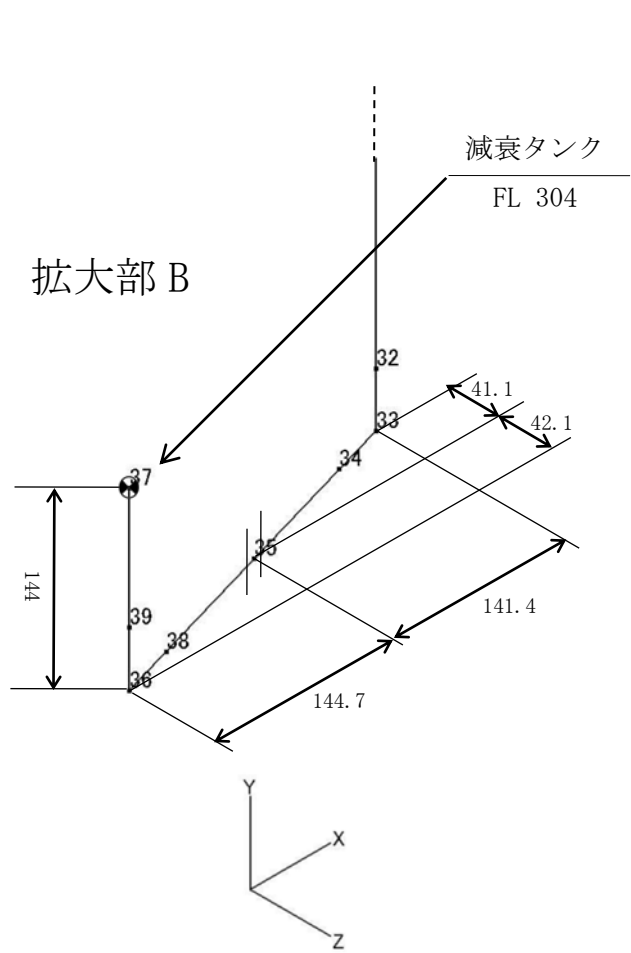
(10) EXP-HR-A-10



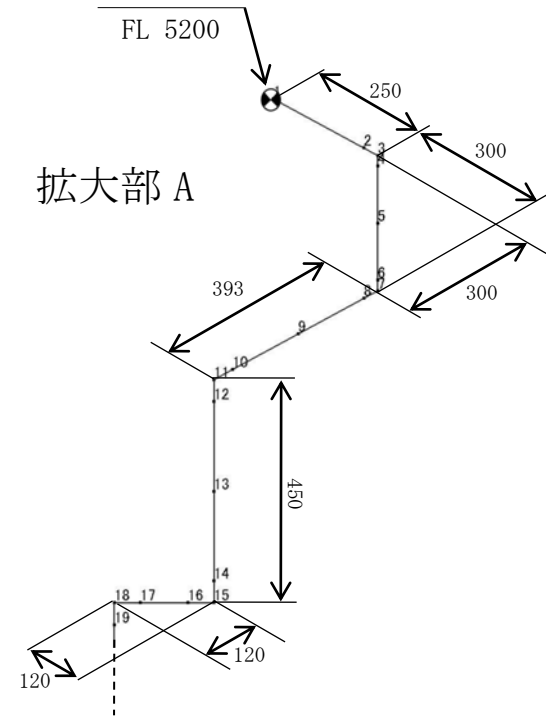
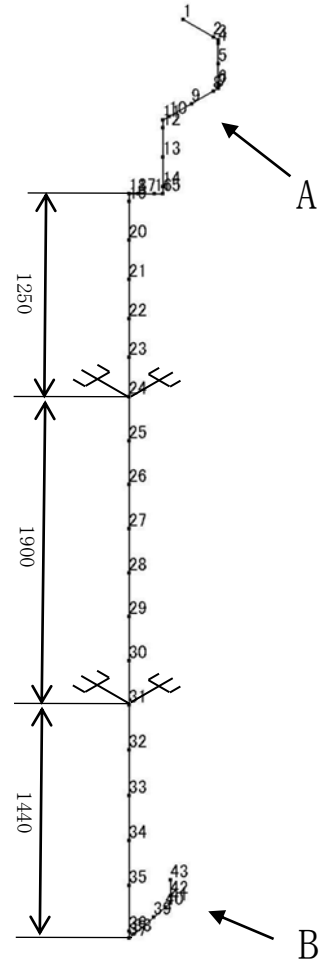
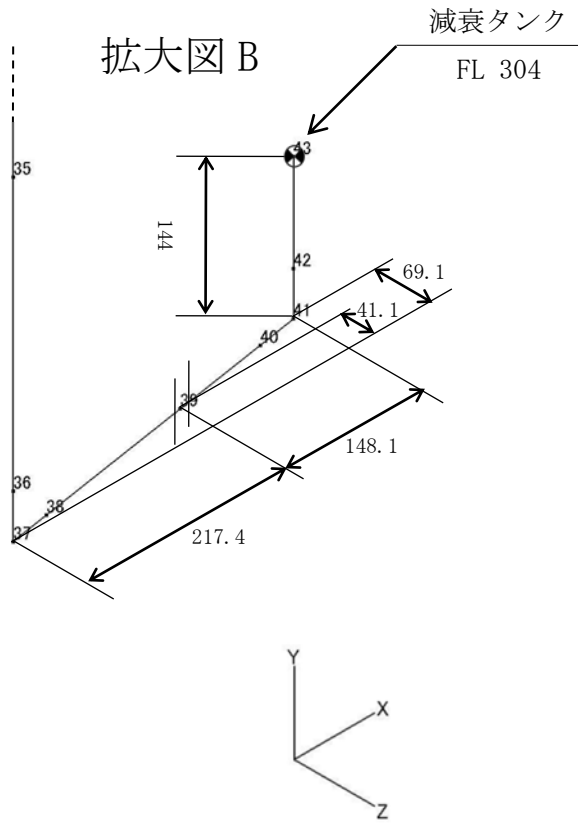
(11) EXP-HR-A-11



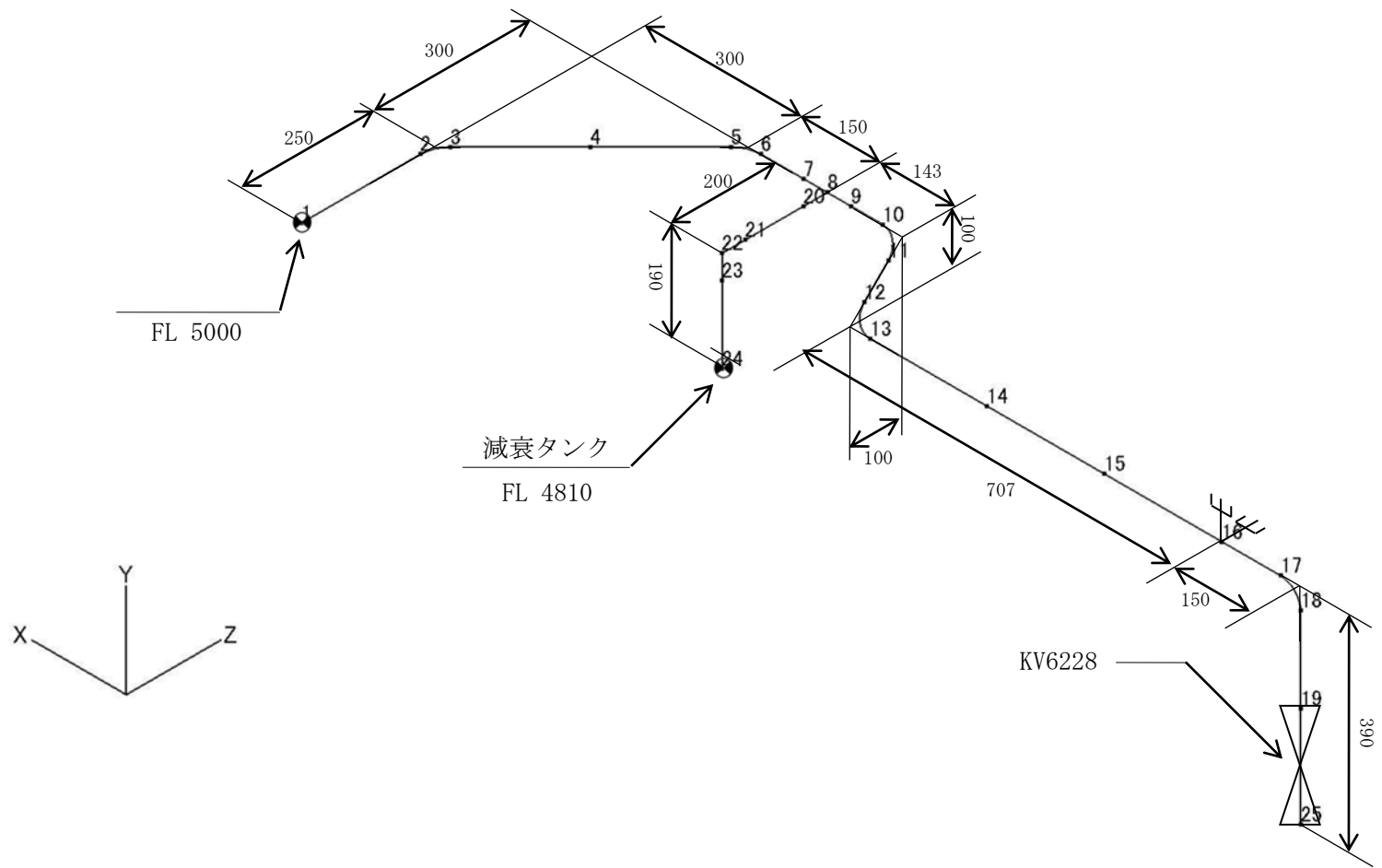
(12) EXP-HR-A-12



(13) EXP-HR-A-13



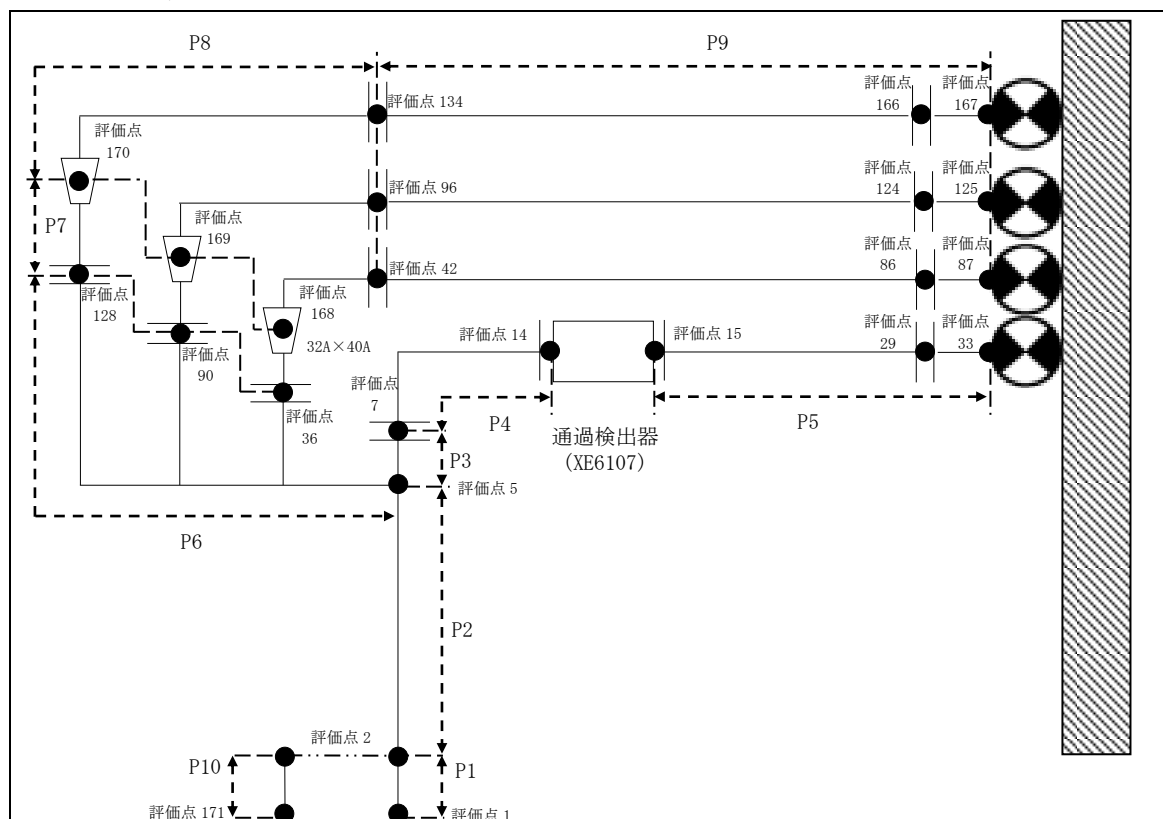
(14) EXP-HR-A-14



3. 設計条件

3.1. EXP-HR-A-01

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	83.0	83.0(外)/46.7(内)	52.7
板厚(mm)	5.0	5.0(外)/5.0(内)	8.0
材質	A6063TE-T6	A6063S-T6	A6061FH-T6
ヤング率(N/mm ²)	6.60×10^4	6.60×10^4	6.60×10^4
ポアソン比(-)	0.33	0.33	0.33
最高使用温度(°C)	100	100	100
最高使用圧力(MPa)	0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)	2.69×10^{-9}	2.69×10^{-9}	2.70×10^{-9}
内部流体種類	水	水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類	水	水	水
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154	154	214
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164	164	235
許容応力(N/mm ²)			
	B _A S	1次	

配管番号		P4	P5	P6
外径(mm)		52.7	42.7	41.0
板厚(mm)		8.0	3.0	6.0
材質		A5052TD-0	SUS304TP	A6063TE-T6
ヤング率(N/mm ²)		6.86×10^4	1.92×10^5	6.60×10^4
ポアソン比(-)		0.33	0.3	0.33
最高使用温度(°C)		60	60	100
最高使用圧力(MPa)		0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)		2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}	2.69×10^{-9}
内部流体種類		水	水	水
内部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類		水	水	水
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		61	192	154
設計引張強さ Su(N/mm ²)		174	489	164
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次		
		61	192	154

配管番号		P7	P8	P9
外径(mm)		42.7	48.6	48.6
板厚(mm)		6.0	6.0	3.0
材質		A5052TD-0	A5052TD-0	SUS304TP
ヤング率(N/mm ²)		6.86×10^4	6.86×10^4	1.92×10^5
ポアソン比(-)		0.33	0.33	0.3
最高使用温度(°C)		60	60	60
最高使用圧力(MPa)		0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)		2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類		水	水	水
内部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類		水	水	水
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		61	61	192
設計引張強さ Su(N/mm ²)		174	174	489
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	61	192

配管番号	P10			
外径(mm)	46.7			
板厚(mm)	5.0			
材質	A6063BE-T6			
ヤング率(N/mm ²)	6.60×10 ⁴			
ポアソン比(-)	0.33			
最高使用温度(°C)	100			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164			
許容応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	154	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(4)	1.32	1.32
6	(1)	1.00	—
7	(9)	1.90	—
8	(6)	0.17	—
9	(6)	0.17	—
10	(6)	0.17	—
11	(6)	0.17	—
12	(6)	0.17	—
13	(1)	1.00	—
14	(9)	1.90	—
15	(9)	2.10	—
16	(6)	0.27	—
17	(6)	0.27	—
18	(6)	0.27	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(2)	2.10	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(6)	0.27	—
27	(6)	0.27	—
28	(6)	0.27	—
29	(9)	2.10	—
30	(6)	0.27	—
31	(6)	0.27	—
32	(6)	0.27	—
33	(2)	2.10	—
34	(6)	0.73	—
35	(6)	0.73	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(9)	1.90	—
37	(3)	1.80	—
38	(3)	1.80	—
39	(6)	1.09	—
40	(6)	1.09	—
41	(6)	1.09	—
42	(9)	2.10	—
43	(1)	1.00	—
44	(2)	2.10	—
45	(2)	2.10	—
46	(2)	2.10	—
47	(1)	1.00	—
48	(2)	2.10	—
49	(2)	2.10	—
50	(2)	2.10	—
51	(1)	1.00	—
52	(2)	2.10	—
53	(2)	2.10	—
54	(2)	2.10	—
55	(1)	1.00	—
56	(1)	1.00	—
57	(1)	1.00	—
58	(1)	1.00	—
59	(1)	1.00	—
60	(1)	1.00	—
61	(2)	2.10	—
62	(2)	2.10	—
63	(2)	2.10	—
64	(1)	1.00	—
65	(2)	2.10	—
66	(2)	2.10	—
67	(2)	2.10	—
68	(1)	1.00	—
69	(1)	1.00	—
70	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(1)	1.00	—
72	(1)	1.00	—
73	(1)	1.00	—
74	(1)	1.00	—
75	(1)	1.00	—
76	(2)	2.10	—
77	(2)	2.10	—
78	(2)	2.10	—
79	(2)	2.10	—
80	(2)	2.10	—
81	(2)	2.10	—
82	(1)	1.00	—
83	(1)	1.00	—
84	(1)	1.00	—
85	(1)	1.00	—
86	(9)	2.10	—
87	(2)	2.10	—
88	(6)	0.73	—
89	(6)	0.73	—
90	(9)	1.90	—
91	(3)	1.80	—
92	(3)	1.80	—
93	(6)	1.09	—
94	(6)	1.09	—
95	(6)	1.09	—
96	(9)	2.10	—
97	(1)	1.00	—
98	(2)	2.10	—
99	(2)	2.10	—
100	(2)	2.10	—
101	(1)	1.00	—
102	(1)	1.00	—
103	(1)	1.00	—
104	(2)	2.10	—
105	(2)	2.10	—
106	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
107	(1)	1.00	—
108	(2)	2.10	—
109	(2)	2.10	—
110	(2)	2.10	—
111	(1)	1.00	—
112	(1)	1.00	—
113	(1)	1.00	—
114	(1)	1.00	—
115	(2)	2.10	—
116	(2)	2.10	—
117	(2)	2.10	—
118	(2)	2.10	—
119	(2)	2.10	—
120	(2)	2.10	—
121	(1)	1.00	—
122	(1)	1.00	—
123	(1)	1.00	—
124	(9)	2.10	—
125	(2)	2.10	—
126	(6)	0.73	—
127	(6)	0.73	—
128	(9)	1.90	—
129	(3)	1.80	—
130	(3)	1.80	—
131	(6)	1.09	—
132	(6)	1.09	—
133	(6)	1.09	—
134	(9)	2.10	—
135	(1)	1.00	—
136	(1)	1.00	—
137	(2)	2.10	—
138	(2)	2.10	—
139	(2)	2.10	—
140	(1)	1.00	—
141	(1)	1.00	—
142	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
143	(1)	1.00	—
144	(2)	2.10	—
145	(2)	2.10	—
146	(2)	2.10	—
147	(1)	1.00	—
148	(2)	2.10	—
149	(2)	2.10	—
150	(2)	2.10	—
151	(1)	1.00	—
152	(1)	1.00	—
153	(1)	1.00	—
154	(1)	1.00	—
155	(1)	1.00	—
156	(1)	1.00	—
157	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
158	(1)	1.00	—
159	(2)	2.10	—
160	(2)	2.10	—
161	(2)	2.10	—
162	(2)	2.10	—
163	(2)	2.10	—
164	(2)	2.10	—
165	(1)	1.00	—
166	(9)	2.10	—
167	(2)	2.10	—
168	(7)	2.00	—
169	(7)	2.00	—
170	(7)	2.00	—
171	(1)	1.00	—
172	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

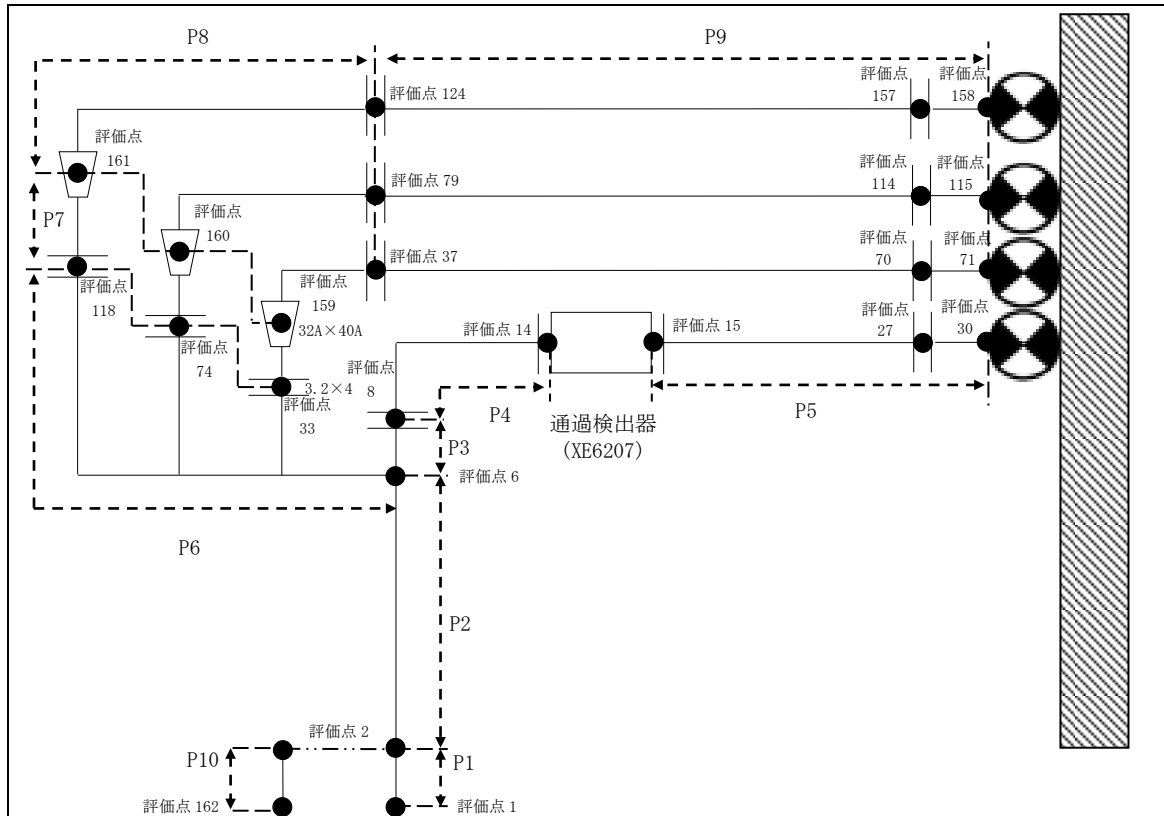
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	—	フランジ	2.000	φ 52.7 WN (アルミ)
14	XE6107	通過検出器+ フランジ	14.600	32A WN (アルミ)
15	XE6107	通過検出器+ フランジ	15.600	32A SO
22	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
29	—	フランジ	4.060	32A SO
36	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
42	—	フランジ×2	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
86	—	フランジ	4.300	40A SO
90	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
96	—	フランジ×2	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
124	—	フランジ	4.300	40A SO
128	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
134	—	フランジ×2	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
166	—	フランジ	4.300	40A SO
171	—	照射筒受座	0.500	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B ₄ S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び 原子炉本体質点 1, 6, 7, 14, 19, 20	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

3.2. EXP-HR-A-02

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	83.0	83.0(外)/46.7(内)	52.7
板厚(mm)	5.0	5.0(外)/5.0(内)	8.0
材質	A6063TE-T6	A6063S-T6	A6061FH-T6
ヤング率(N/mm ²)	6.60×10^4	6.60×10^4	6.60×10^4
ポアソン比(-)	0.33	0.33	0.33
最高使用温度(°C)	100	100	100
最高使用圧力(MPa)	0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10^{-9}	2.70×10^{-9}	2.70×10^{-9}
内部流体種類	水	水	水
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類	水	水	水
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154	154	214
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164	164	235
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	
	154	154	214

配管番号			P4	P5	P6
外径(mm)			52.7	42.7	41.0
板厚(mm)			8.0	3.0	6.0
材質			A5052TD-0	SUS304TP	A6063TE-T6
ヤング率(N/mm ²)			6.86×10^4	1.92×10^5	6.60×10^4
ポアソン比(-)			0.33	0.3	0.33
最高使用温度(°C)			60	60	100
最高使用圧力(MPa)			0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)			2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}	2.70×10^{-9}
内部流体種類			水	水	水
内部流体密度(ton/mm ³)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類			水	水	水
外部流体密度(ton/mm ³)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			61	192	154
設計引張強さ Su(N/mm ²)			174	489	164
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	61	192	154

配管番号		P7	P8	P9
外径(mm)		42.7	48.6	48.6
板厚(mm)		6.0	6.0	3.0
材質		A5052TD-0	A5052TD-0	SUS304TP
ヤング率(N/mm ²)		6.86×10^4	6.86×10^4	1.92×10^5
ポアソン比(-)		0.33	0.33	0.3
最高使用温度(°C)		60	60	60
最高使用圧力(MPa)		0.9807	0.9807	0.9807
配管密度(ton/mm ³)		2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類		水	水	水
内部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
外部流体種類		水	水	水
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		61	61	192
設計引張強さ Su(N/mm ²)		174	174	489
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	61	192

配管番号	P10			
外径(mm)	46.7			
板厚(mm)	5.0			
材質	A6063BE-T6			
ヤング率(N/mm ²)	6.60×10 ⁴			
ポアソン比(-)	0.33			
最高使用温度(°C)	100			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164			
許容応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	154	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(4)	1.32	1.32
7	(1)	1.00	—
8	(9)	2.10	—
9	(6)	0.17	—
10	(6)	0.17	—
11	(6)	0.17	—
12	(6)	0.17	—
13	(6)	0.17	—
14	(9)	1.90	—
15	(9)	2.10	—
16	(1)	1.00	—
17	(6)	0.27	—
18	(6)	0.27	—
19	(6)	0.27	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(2)	2.10	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(6)	0.27	—
26	(6)	0.27	—
27	(9)	2.10	—
28	(6)	0.27	—
29	(6)	0.27	—
30	(2)	2.10	—
31	(6)	0.73	—
32	(6)	0.73	—
33	(2)	1.90	—
34	(3)	1.80	—
35	(3)	1.80	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(6)	1.09	—
37	(9)	2.10	—
38	(1)	1.00	—
39	(2)	2.10	—
40	(2)	2.10	—
41	(2)	2.10	—
42	(1)	1.00	—
43	(1)	1.00	—
44	(1)	1.00	—
45	(1)	1.00	—
46	(1)	1.00	—
47	(1)	1.00	—
48	(2)	2.10	—
49	(2)	2.10	—
50	(2)	2.10	—
51	(2)	2.10	—
52	(2)	2.10	—
53	(2)	2.10	—
54	(1)	1.00	—
55	(1)	1.00	—
56	(1)	1.00	—
57	(1)	1.00	—
58	(1)	1.00	—
59	(1)	1.00	—
60	(1)	1.00	—
61	(2)	2.10	—
62	(2)	2.10	—
63	(2)	2.10	—
64	(2)	2.10	—
65	(2)	2.10	—
66	(2)	2.10	—
67	(1)	1.00	—
68	(1)	1.00	—
69	(1)	1.00	—
70	(9)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(2)	2.10	—
72	(6)	0.73	—
73	(6)	0.73	—
74	(9)	1.90	—
75	(3)	1.80	—
76	(3)	1.80	—
77	(6)	1.09	—
78	(6)	1.09	—
79	(9)	2.10	—
80	(1)	1.00	—
81	(2)	2.10	—
82	(2)	2.10	—
83	(2)	2.10	—
84	(1)	1.00	—
85	(1)	1.00	—
86	(1)	1.00	—
87	(1)	1.00	—
88	(1)	1.00	—
89	(2)	2.10	—
90	(2)	2.10	—
91	(2)	2.10	—
92	(2)	2.10	—
93	(2)	2.10	—
94	(2)	2.10	—
95	(1)	1.00	—
96	(1)	1.00	—
97	(1)	1.00	—
98	(1)	1.00	—
99	(1)	1.00	—
100	(1)	1.00	—
101	(1)	1.00	—
102	(2)	2.10	—
103	(2)	2.10	—
104	(2)	2.10	—
105	(2)	2.10	—
106	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
107	(2)	2.10	—
108	(1)	1.00	—
109	(1)	1.00	—
110	(1)	1.00	—
111	(1)	1.00	—
112	(1)	1.00	—
113	(1)	1.00	—
114	(9)	2.10	—
115	(2)	2.10	—
116	(6)	0.73	—
117	(6)	0.73	—
118	(9)	1.90	—
119	(3)	1.80	—
120	(3)	1.80	—
121	(3)	1.80	—
122	(6)	1.09	—
123	(6)	1.09	—
124	(9)	2.10	—
125	(1)	1.00	—
126	(2)	2.10	—
127	(2)	2.10	—
128	(2)	2.10	—
129	(1)	1.00	—
130	(1)	1.00	—
131	(1)	1.00	—
132	(1)	1.00	—
133	(1)	1.00	—
134	(1)	1.00	—
135	(2)	2.10	—
136	(2)	2.10	—
137	(2)	2.10	—
138	(2)	2.10	—
139	(2)	2.10	—
140	(2)	2.10	—
141	(1)	1.00	—
142	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
143	(1)	1.00	—
144	(1)	1.00	—
145	(2)	2.10	—
146	(2)	2.10	—
147	(2)	2.10	—
148	(2)	2.10	—
149	(2)	2.10	—
150	(2)	2.10	—
151	(1)	1.00	—
152	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
153	(1)	1.00	—
154	(1)	1.00	—
155	(1)	1.00	—
156	(1)	1.00	—
157	(2)	2.10	—
158	(2)	2.10	—
159	(7)	2.00	—
160	(7)	2.00	—
161	(7)	2.00	—
162	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

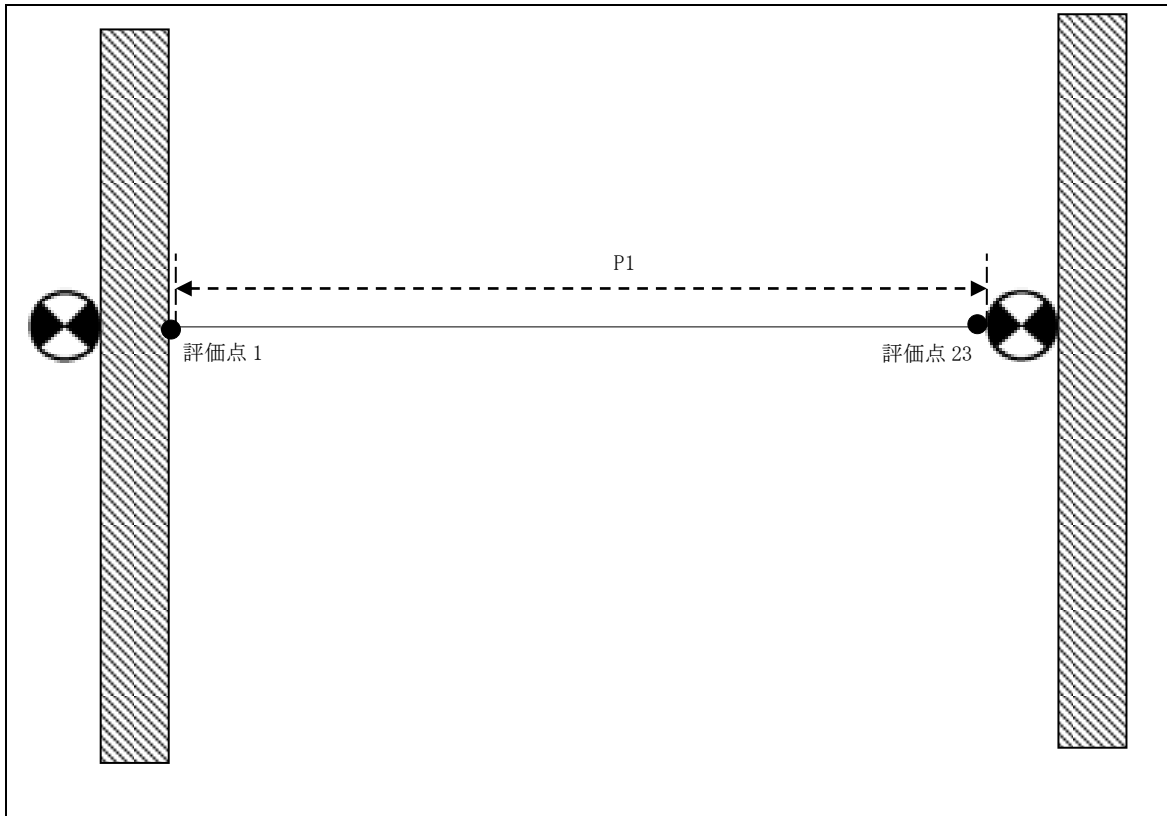
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	—	フランジ	2.000	φ 52.7 WN (アルミ)
14	XE6207	通過検出器+ フランジ	14.600	32A WN (アルミ)
15	XE6207	通過検出器+ フランジ	15.600	32A SO
22	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
27	—	フランジ	4.060	32A SO
33	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
37	—	フランジ	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
70	—	フランジ	4.300	40A SO
74	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
79	—	フランジ	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
114	—	フランジ	4.300	40A SO
118	—	フランジ	2.000	32A WN (アルミ)
124	—	フランジ	3.150	40A WN (アルミ)+ 40A SO
157	—	フランジ	4.300	40A SO
162	—	照射筒受座	0.500	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び 原子炉本体質点 1, 6, 7, 14, 19, 20	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

3.3. EXP-HR-A-03

(1) 解析モデル



配管番号	P1		
外径(mm)	42.7		
板厚(mm)	3.0		
材質	SUS304TP		
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10^5		
ポアソン比(-)	0.3		
最高使用温度(°C)	60		
最高使用圧力(MPa)	0.9807		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}		
内部流体種類	水		
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}		
外部流体種類	水		
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489		
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	192

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(2)	2.10	—
8	(6)	0.27	—
9	(6)	0.27	—
10	(6)	0.27	—
11	(6)	0.27	—
12	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(6)	0.27	—
14	(6)	0.27	—
15	(6)	0.27	—
16	(6)	0.27	—
17	(2)	2.10	—
18	(6)	0.27	—
19	(6)	0.27	—
20	(6)	0.27	—
21	(6)	0.27	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

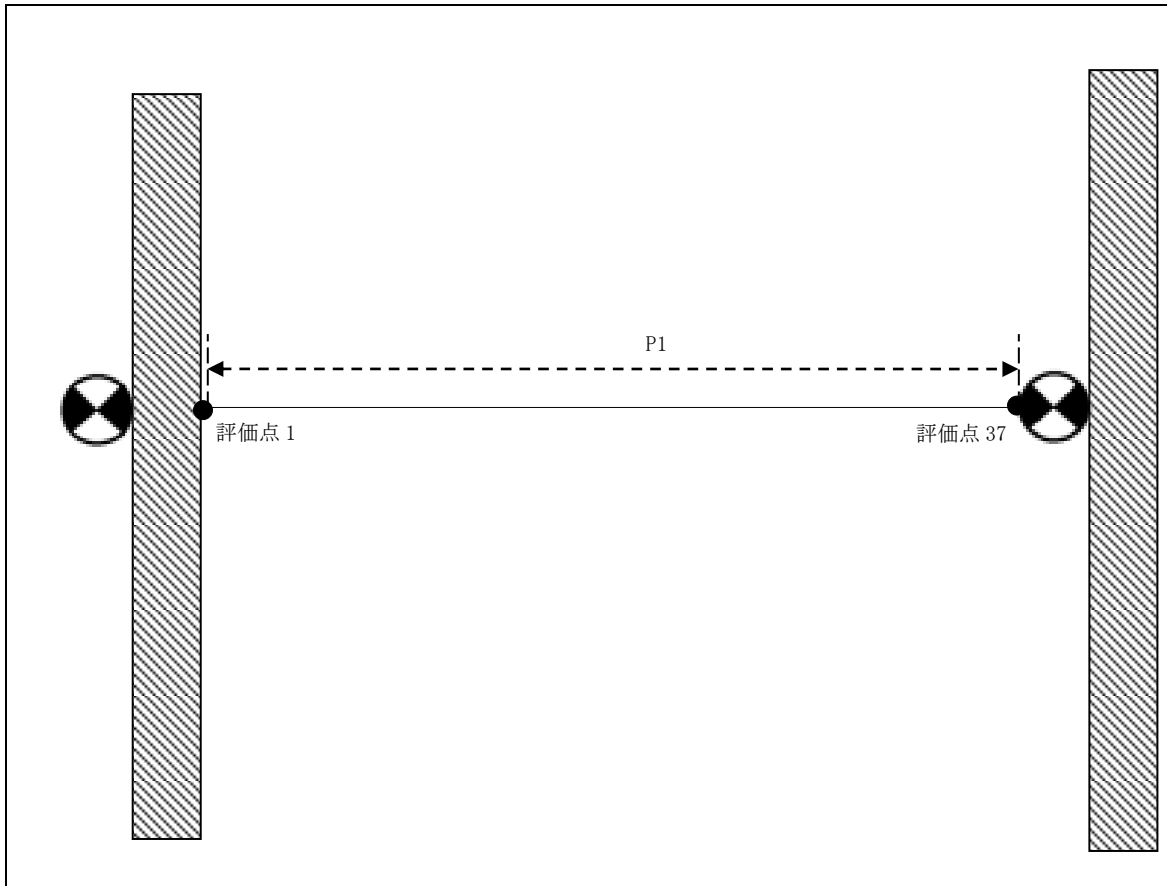
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
12	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
17	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.4. EXP-HR-A-04

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(5)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(2)	2.10	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(2)	2.10	—
35	(1)	1.00	—
36	(5)	2.10	—
37	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

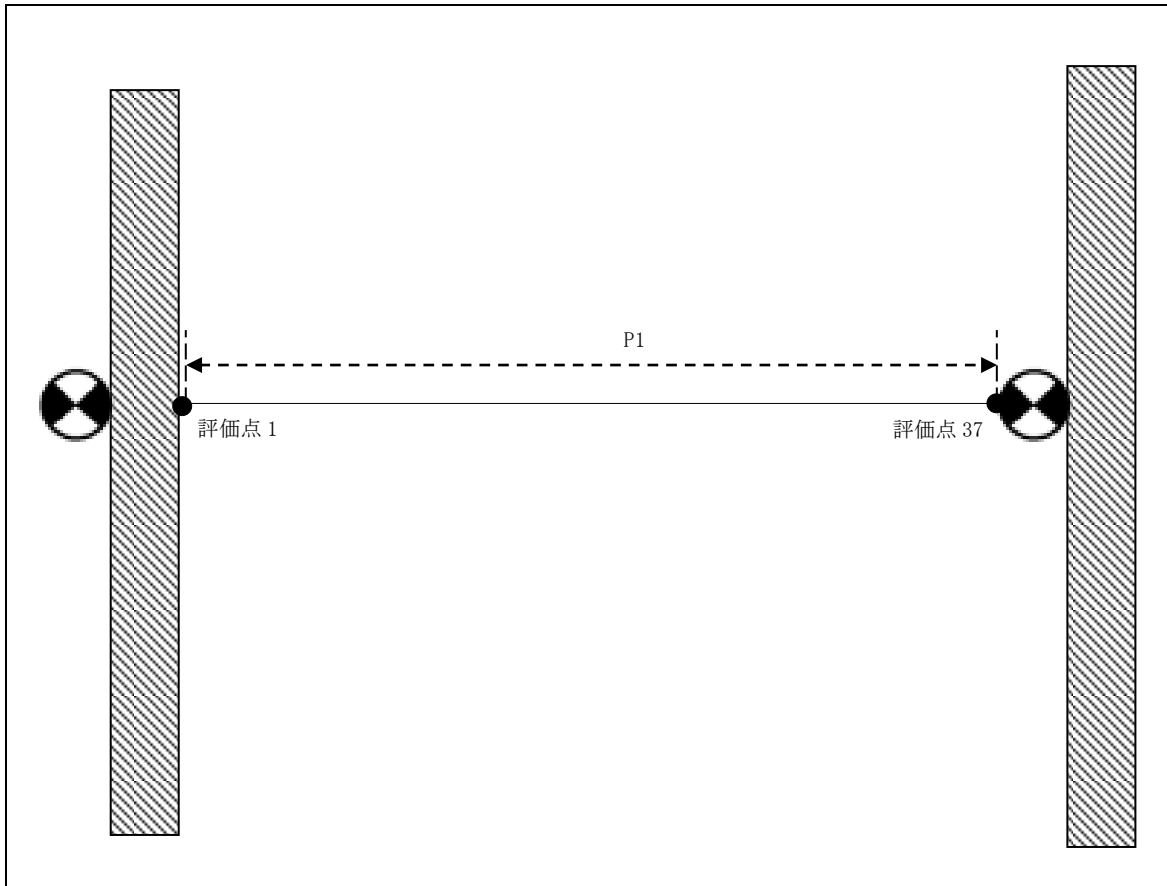
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.5. EXP-HR-A-05

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(5)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(2)	2.10	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(2)	2.10	—
35	(5)	2.10	—
36	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

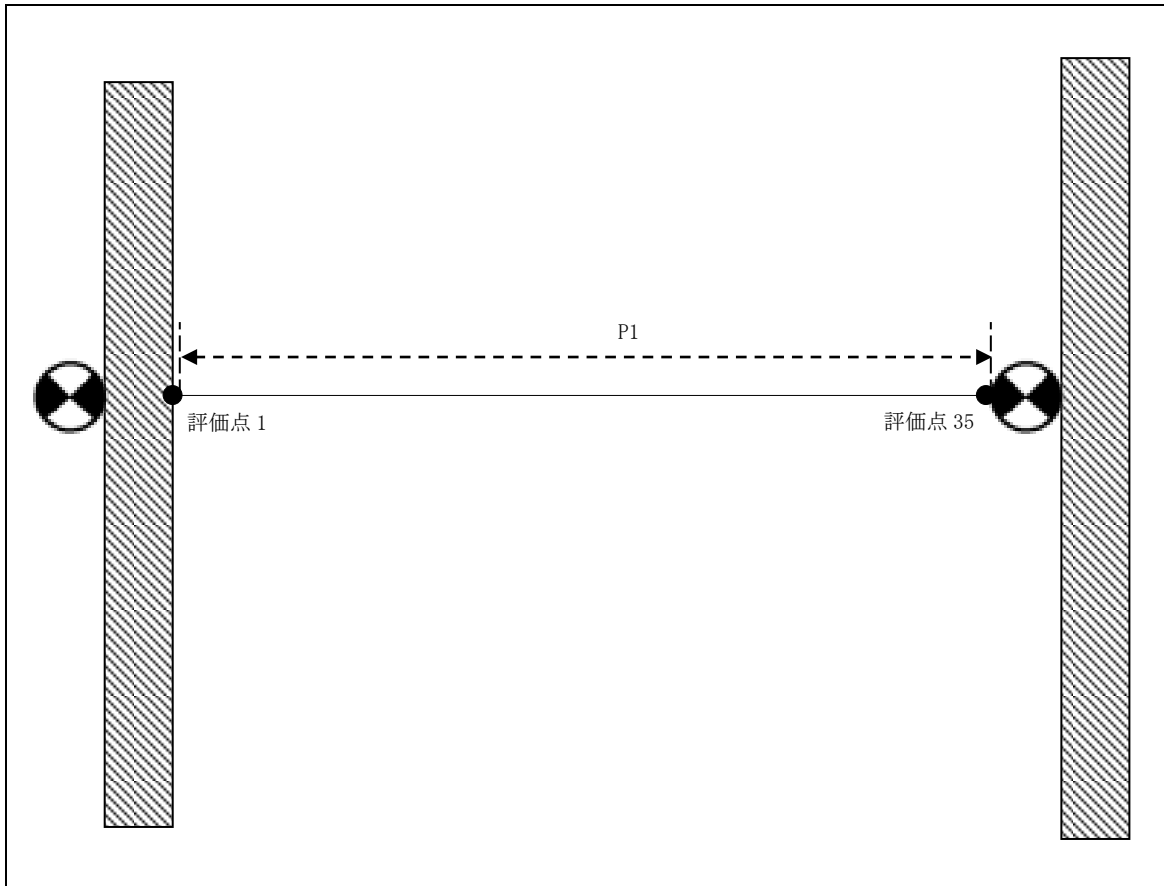
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.6. EXP-HR-A-06

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(5)	2.10	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(2)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(2)	2.10	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(5)	2.10	—
35	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

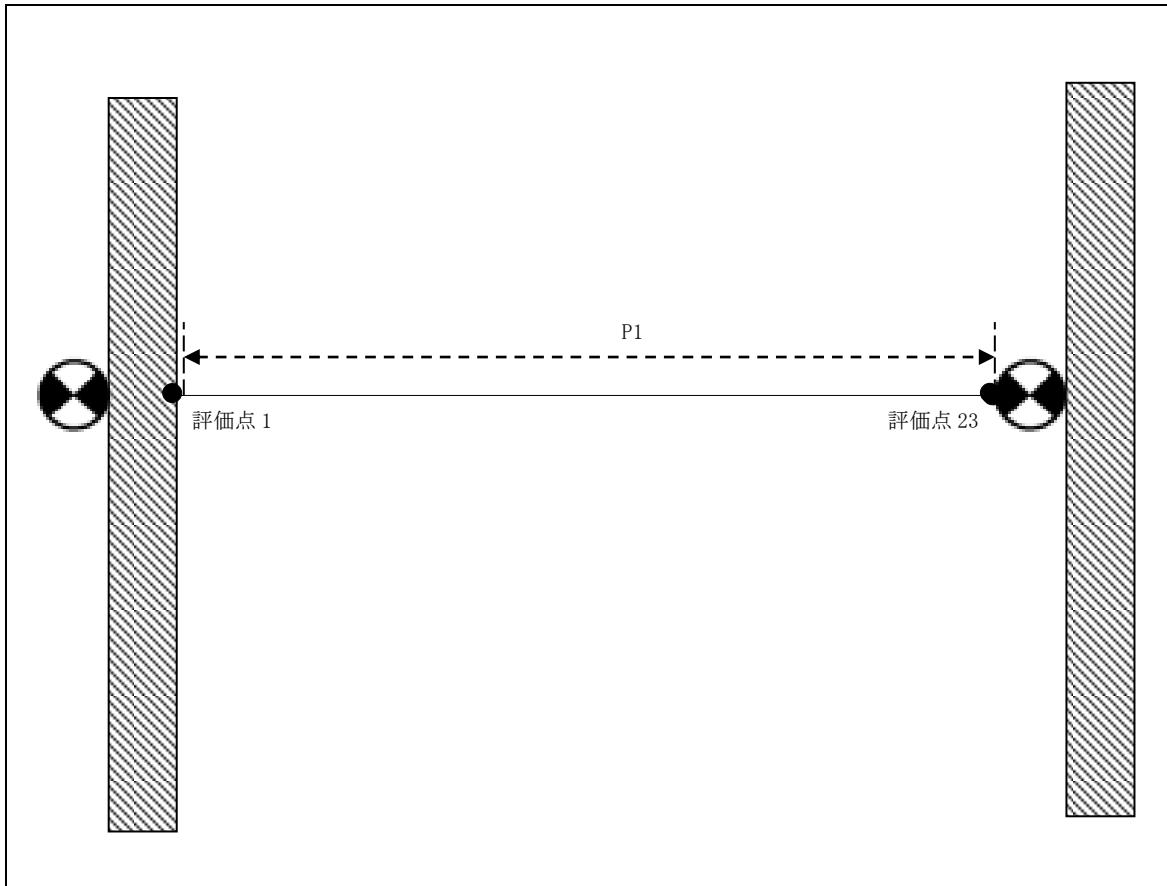
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.7. EXP-HR-A-07

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	42.7			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(2)	2.10	—
8	(6)	0.27	—
9	(6)	0.27	—
10	(6)	0.27	—
11	(6)	0.27	—
12	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(6)	0.27	—
14	(6)	0.27	—
15	(6)	0.27	—
16	(6)	0.27	—
17	(2)	2.10	—
18	(6)	0.27	—
19	(6)	0.27	—
20	(6)	0.27	—
21	(6)	0.27	—
22	(1)	1.00	—
23	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

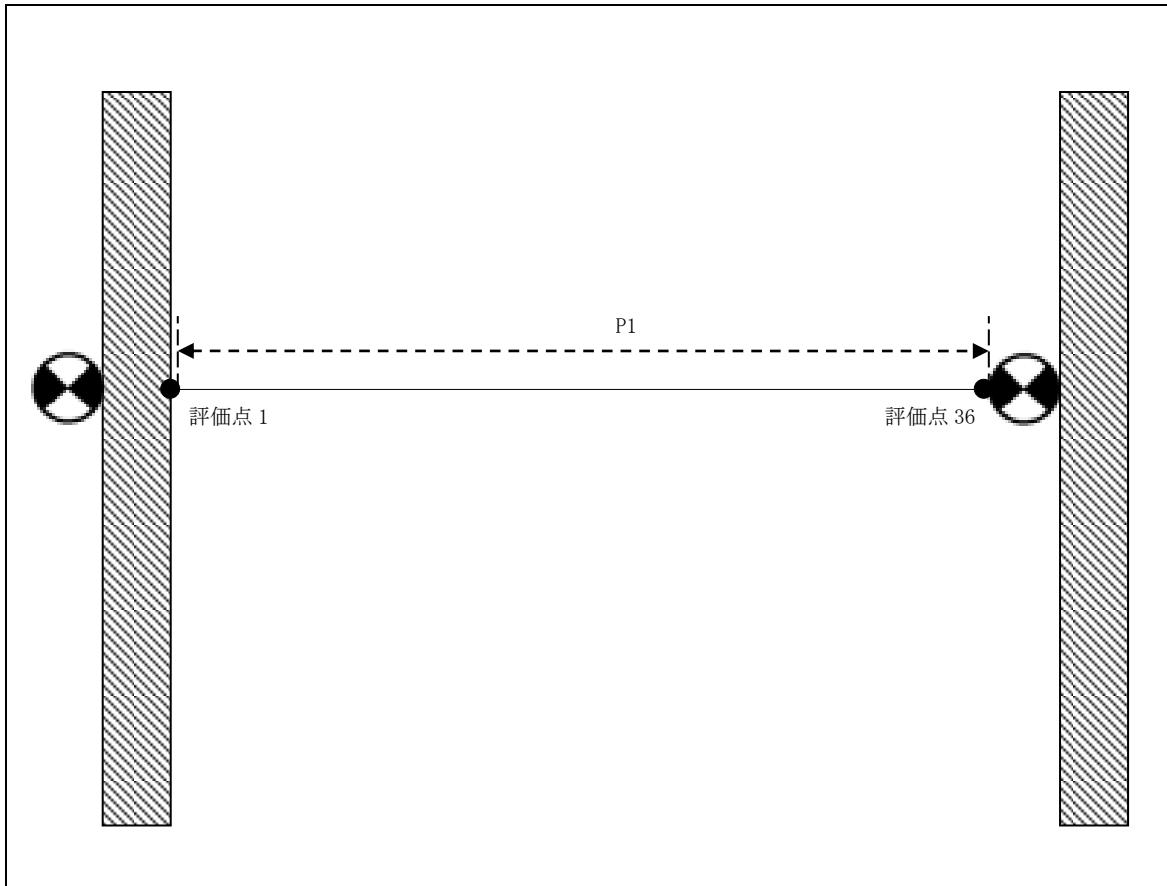
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	—	スリーブジョイント	0.506	φ43.2×3.9
12	—	スリーブジョイント	0.506	φ43.2×3.9
17	—	スリーブジョイント	0.506	φ43.2×3.9

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.8. EXP-HR-A-08

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(5)	2.10	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(2)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(2)	2.10	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(1)	1.00	—
35	(5)	2.10	—
36	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

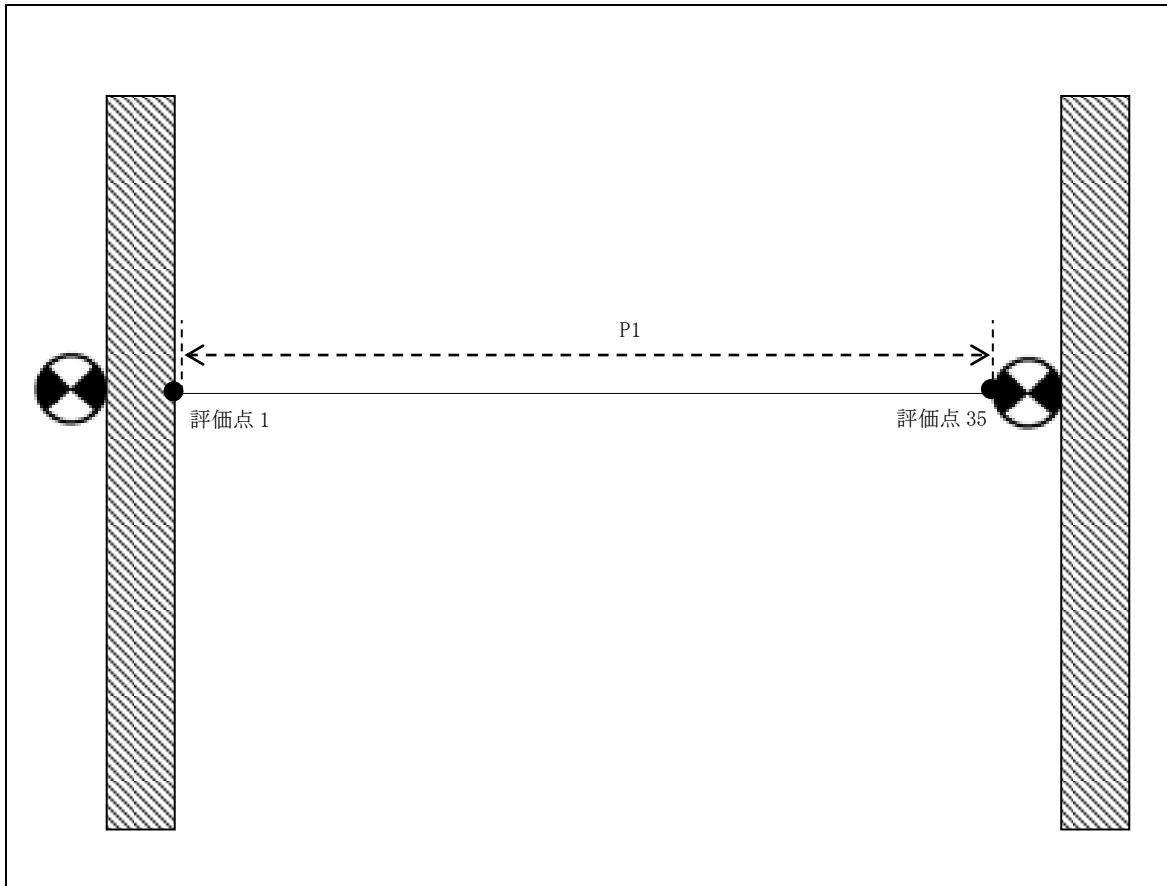
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.9. EXP-HR-A-09

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(5)	2.10	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(2)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(2)	2.10	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(5)	2.10	—
35	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

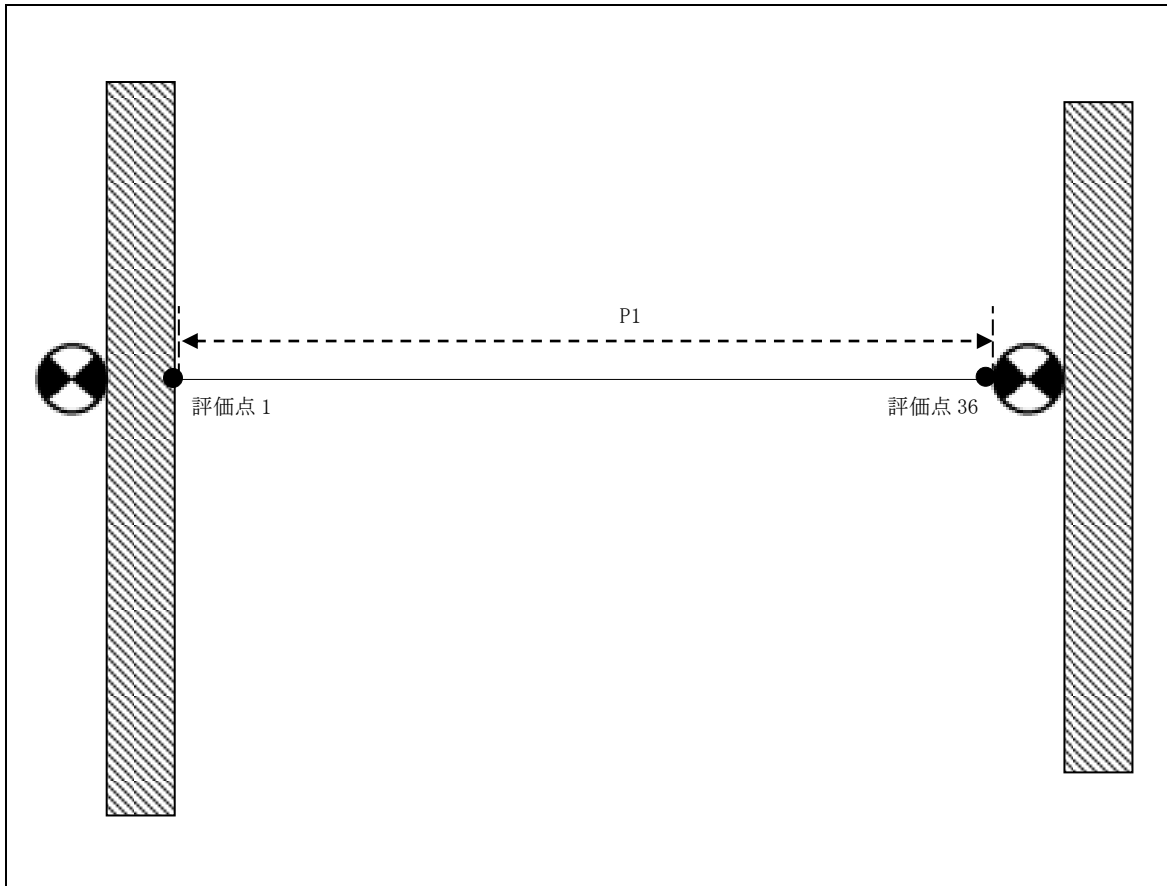
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 10. EXP-HR-A-10

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(5)	2.10	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(2)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(2)	2.10	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(1)	1.00	—
35	(5)	2.10	—
36	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

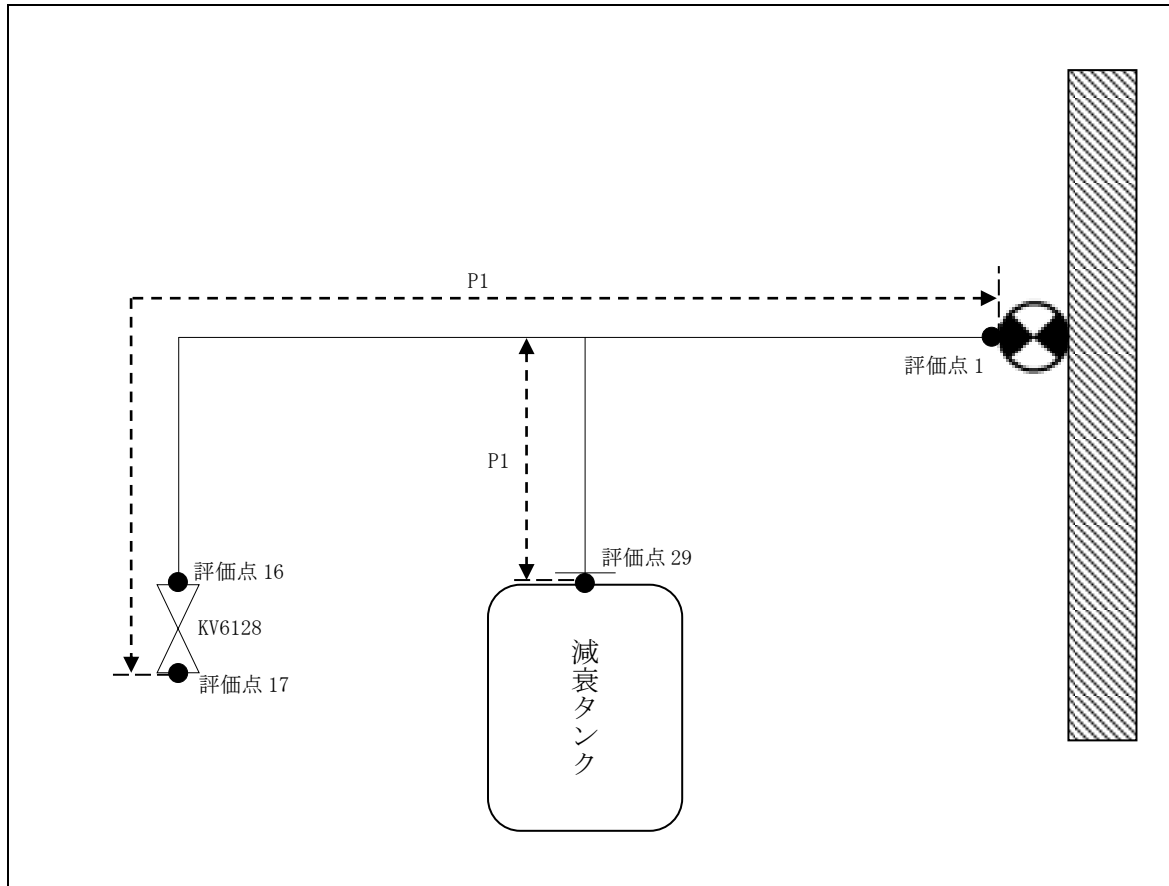
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 11. EXP-HR-A-11

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(6)	2.47	—
3	(6)	2.47	—
4	(5)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(2)	2.10	—
7	(2)	2.10	2.10
8	(2)	2.10	—
9	(6)	1.89	—
10	(6)	1.89	—
11	(6)	1.89	—
12	(6)	1.89	—
13	(1)	1.00	—
14	(6)	2.47	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
15	(6)	2.47	—
16	(2)	2.10	—
18	(2)	2.10	—
19	(1)	1.00	—
20	(2)	2.10	—
21	(2)	2.10	—
22	(2)	2.10	—
23	(2)	2.10	—
24	(2)	2.10	—
25	(2)	2.10	—
26	(2)	2.10	—
27	(2)	2.10	—
28	(2)	2.10	—
29	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

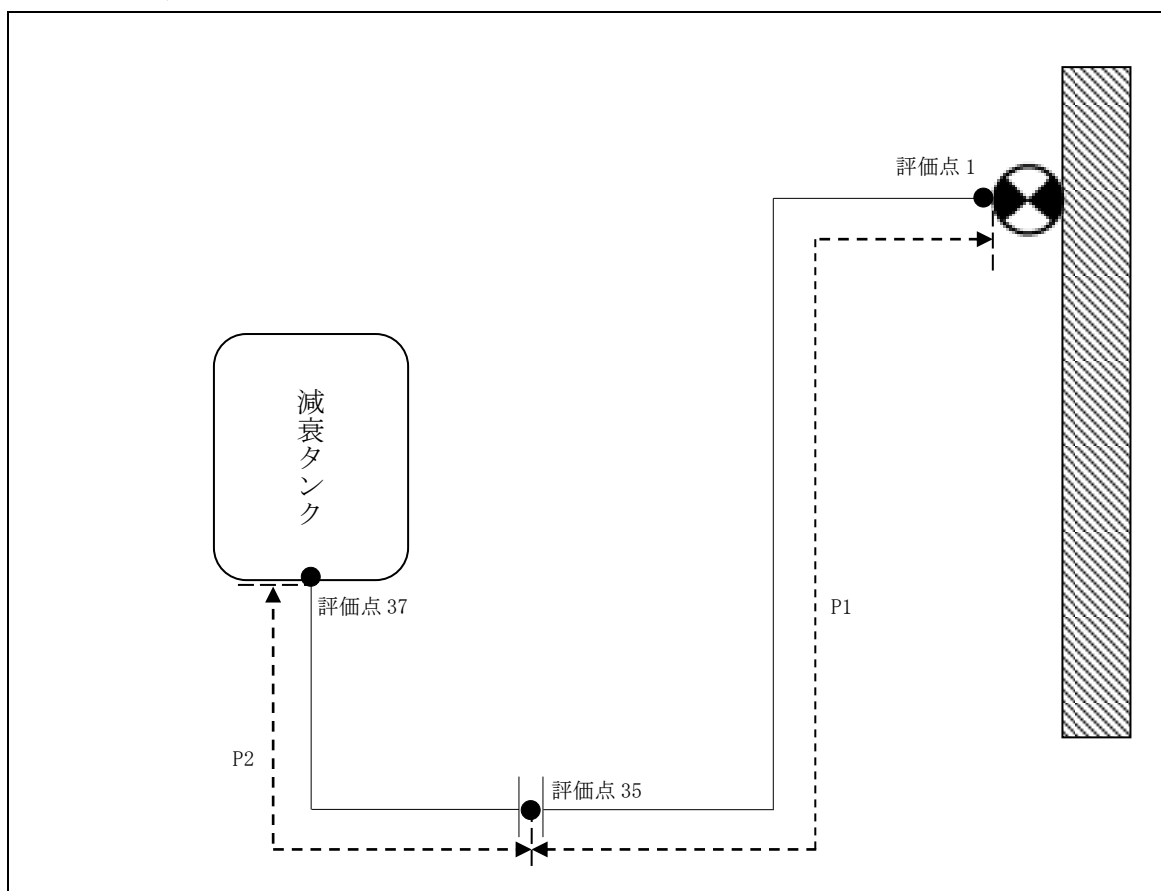
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
16	KV6128	弁+フランジ	5.150	40A S0
17	KV6128	弁	3.000	—
29	—	フランジ	2.150	40A S0

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.32	0.27
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 12. EXP-HR-A-12

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	
外径(mm)	48.6		48.6	
板厚(mm)	3.0		3.7	
材質	SUS304TP		SUS304TP	
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵		1.92×10 ⁵	
ポアソン比(-)	0.3		0.3	
最高使用温度(°C)	60		60	
最高使用圧力(MPa)	0.9807		0.9807	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹		7.93×10 ⁻⁹	
内部流体種類	水		水	
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	
外部流体種類	水		水	
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192		192	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489		489	
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	192

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
3	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(2)	2.10	—
6	(2)	2.10	—
7	(2)	2.10	—
8	(2)	2.10	—
9	(2)	2.10	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(5)	2.10	—
16	(1)	1.00	—
17	(1)	1.00	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(2)	2.10	—
35	(9)	2.10	—
36	(2)	2.10	—
37	(2)	2.10	—
38	(2)	2.10	—
39	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

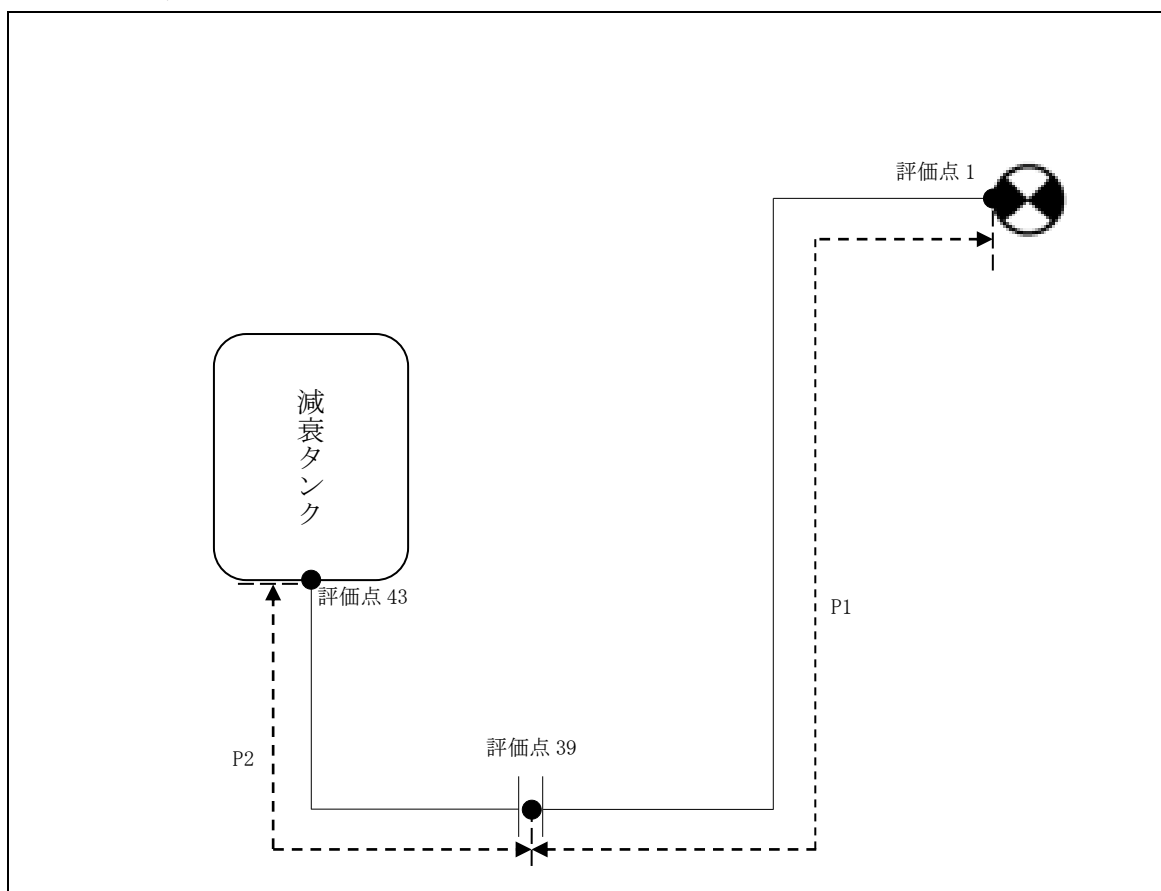
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
35	—	フランジ×2	4.300	40A S0

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.32	0.27
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 13. EXP-HR-A-13

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	
外径(mm)	48.6	48.6	
板厚(mm)	3.0	3.7	
材質	SUS304TP	SUS304TP	
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10^5	1.92×10^5	
ポアソン比(-)	0.3	0.3	
最高使用温度(°C)	60	60	
最高使用圧力(MPa)	0.9807	0.9807	
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	
内部流体種類	水	水	
内部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
外部流体種類	水	水	
外部流体密度(ton/mm ³)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192	192	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489	489	
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(2)	2.10	—
3	(2)	2.10	—
4	(2)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(2)	2.10	—
7	(2)	2.10	—
8	(2)	2.10	—
9	(1)	1.00	—
10	(2)	2.10	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(1)	1.00	—
14	(2)	2.10	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(2)	2.10	—
18	(2)	2.10	—
19	(2)	2.10	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(1)	1.00	—
33	(1)	1.00	—
34	(1)	1.00	—
35	(1)	1.00	—
36	(2)	2.10	—
37	(2)	2.10	—
38	(2)	2.10	—
39	(9)	2.10	—
40	(2)	2.10	—
41	(2)	2.10	—
42	(2)	2.10	—
43	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

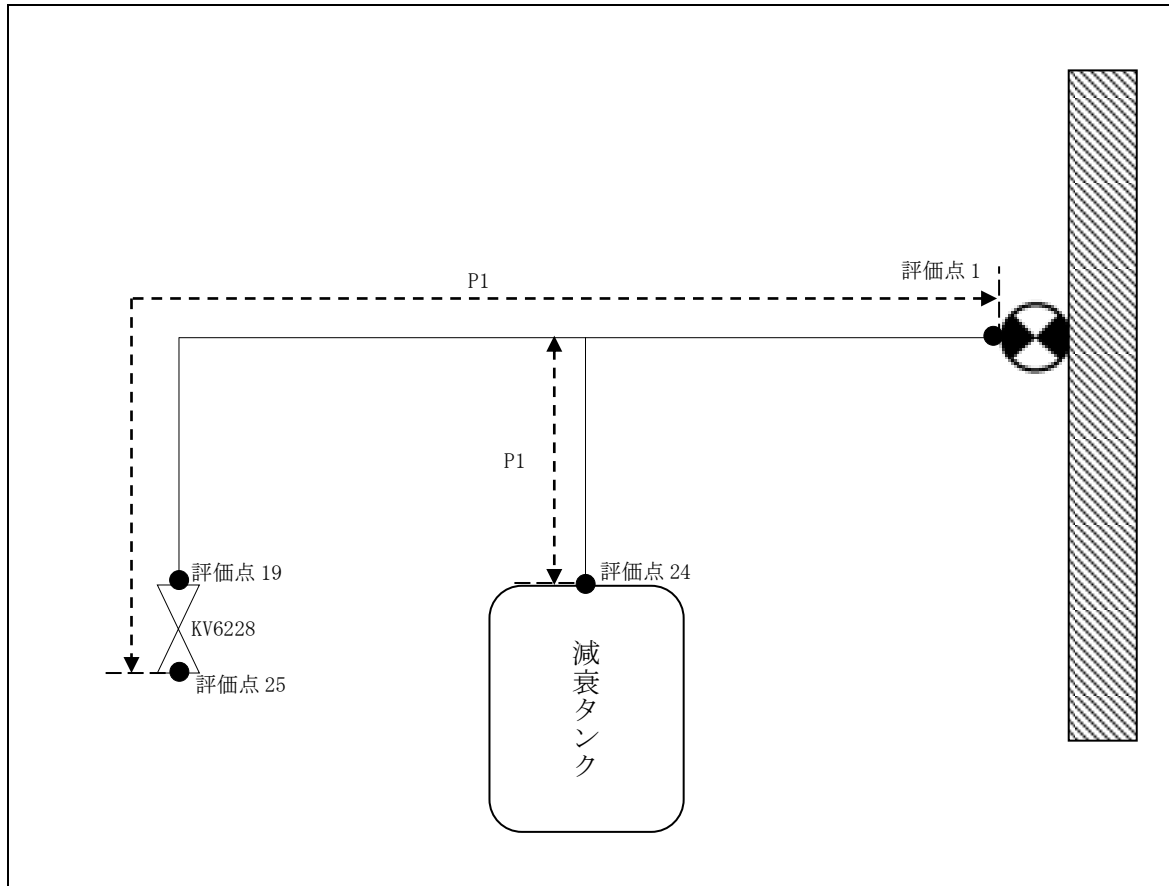
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
39	—	フランジ×2	4.300	40A S0

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 Sd の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3. 14. EXP-HR-A-14

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	48.6			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.92×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	60			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	水			
内部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	192			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	489			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	192	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(6)	1.89	—
3	(6)	1.89	—
4	(1)	1.00	—
5	(6)	1.89	—
6	(6)	1.89	—
7	(2)	2.10	—
8	(2)	2.10	2.10
9	(2)	2.10	—
10	(6)	2.47	—
11	(6)	2.47	—
12	(6)	2.47	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(6)	2.47	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(6)	2.47	—
18	(6)	2.47	—
19	(9)	2.10	—
20	(2)	2.10	—
21	(2)	2.10	—
22	(2)	2.10	—
23	(2)	2.10	—
24	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
19	KV6228	弁+フランジ	5.150	40A SO
24	—	フランジ	2.150	40A SO
25	KV6228	弁	3.000	—

(4) 入力地震波

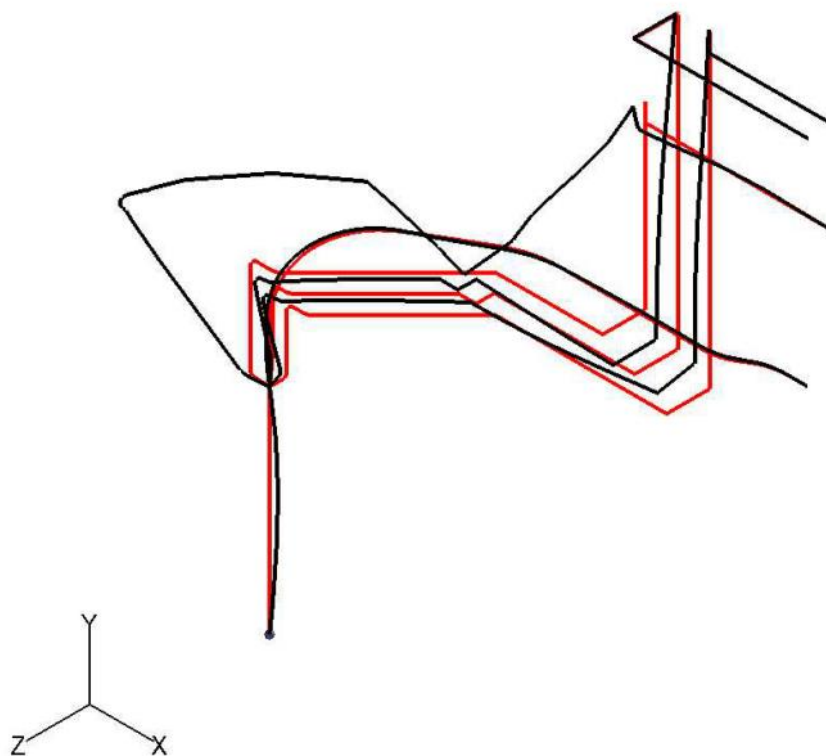
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 3, 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

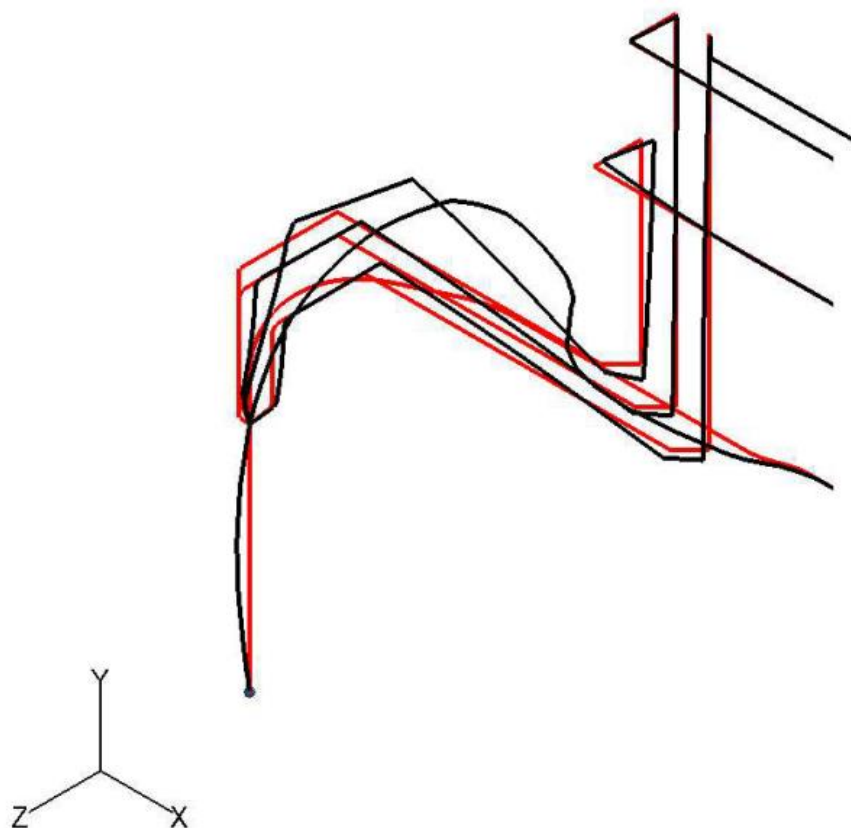
(1) EXP-HR-A-01

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	7.9	30.8	8.6
固有周期 (s)	0.127	0.032	0.117



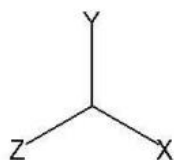
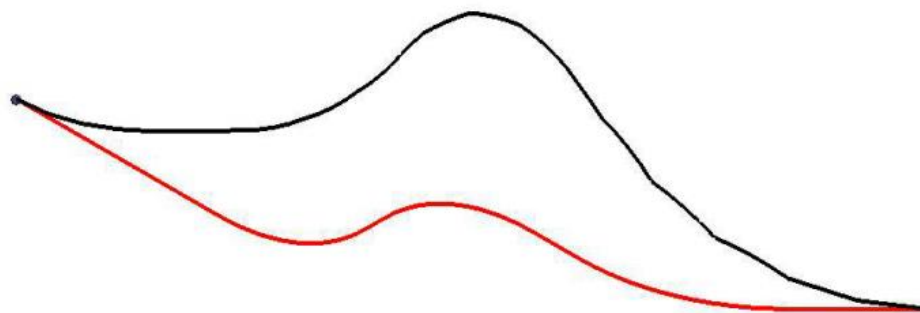
(2) EXP-HR-A-02

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	14.2	19.3	8.3
固有周期 (s)	0.070	0.052	0.120



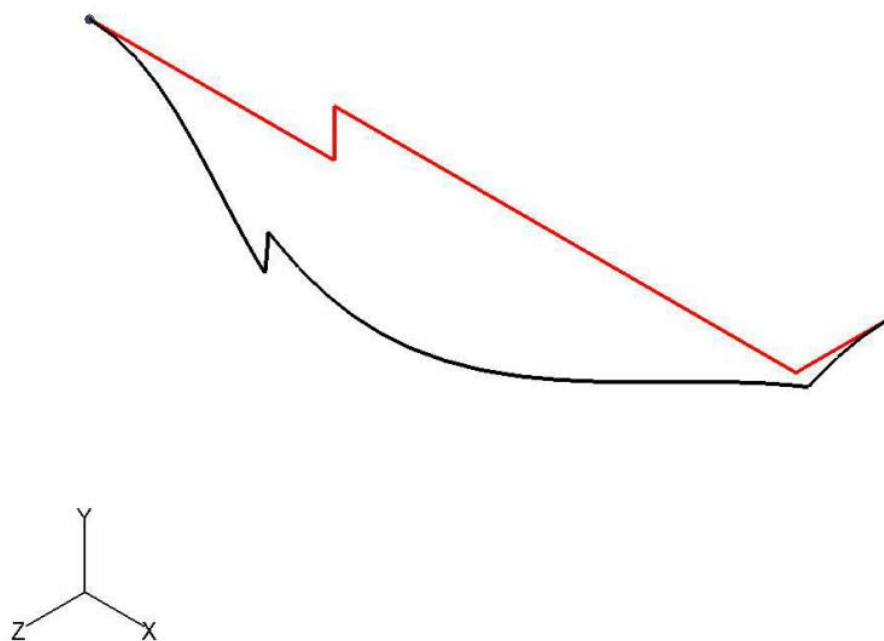
(3) EXP-HR-A-03

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	68.9	15.5	19.4
固有周期 (s)	0.015	0.064	0.052



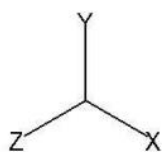
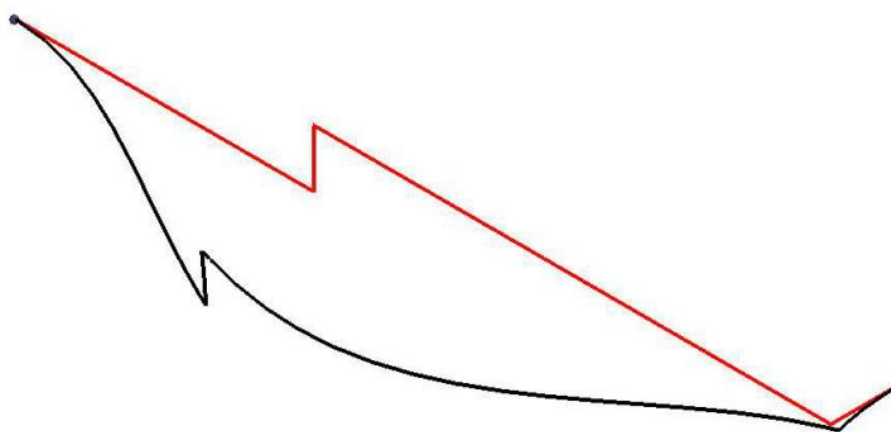
(4) EXP-HR-A-04

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	49.9	12.9	11.1
固有周期 (s)	0.020	0.077	0.090



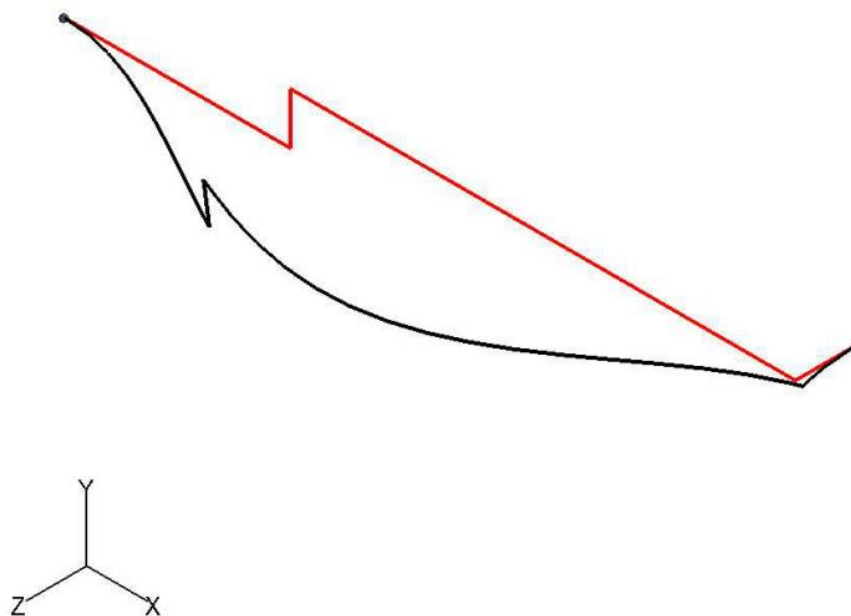
(5) EXP-HR-A-05

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	77.8	14.9	12.8
固有周期 (s)	0.013	0.067	0.078



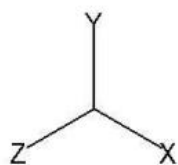
(6) EXP-HR-A-06

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	89.3	16.5	13.1
固有周期 (s)	0.011	0.061	0.076



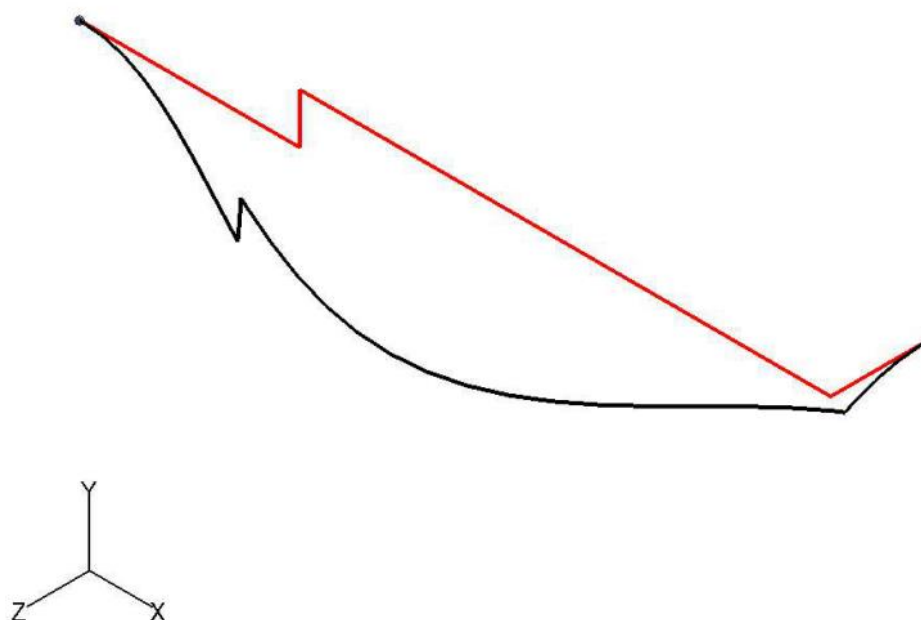
(7) EXP-HR-A-07

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	673.1	15.6	18.8
固有周期 (s)	0.002	0.064	0.053



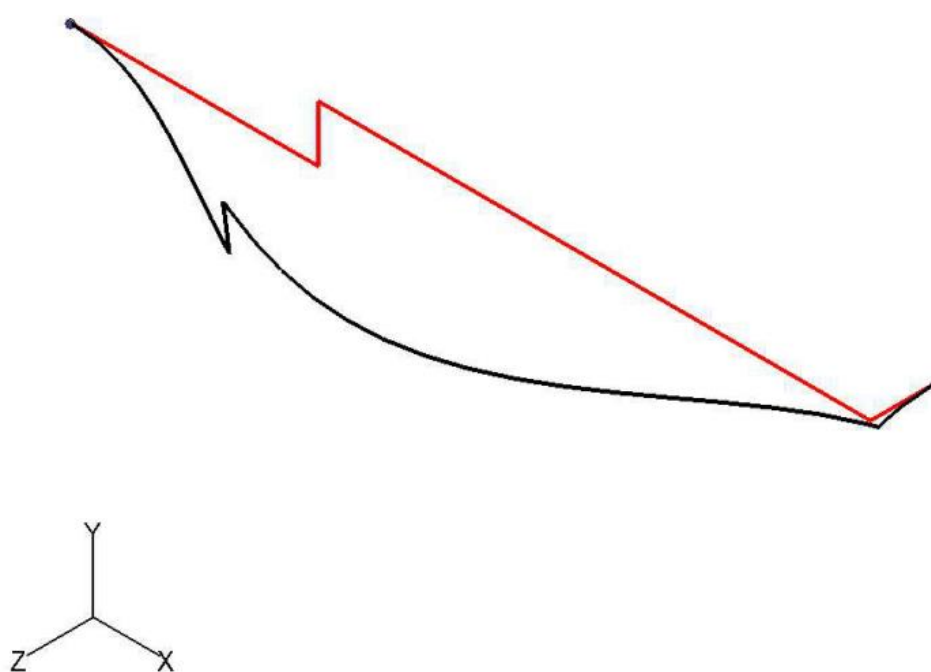
(8) EXP-HR-A-08

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	50.6	13.6	11.3
固有周期 (s)	0.020	0.074	0.088



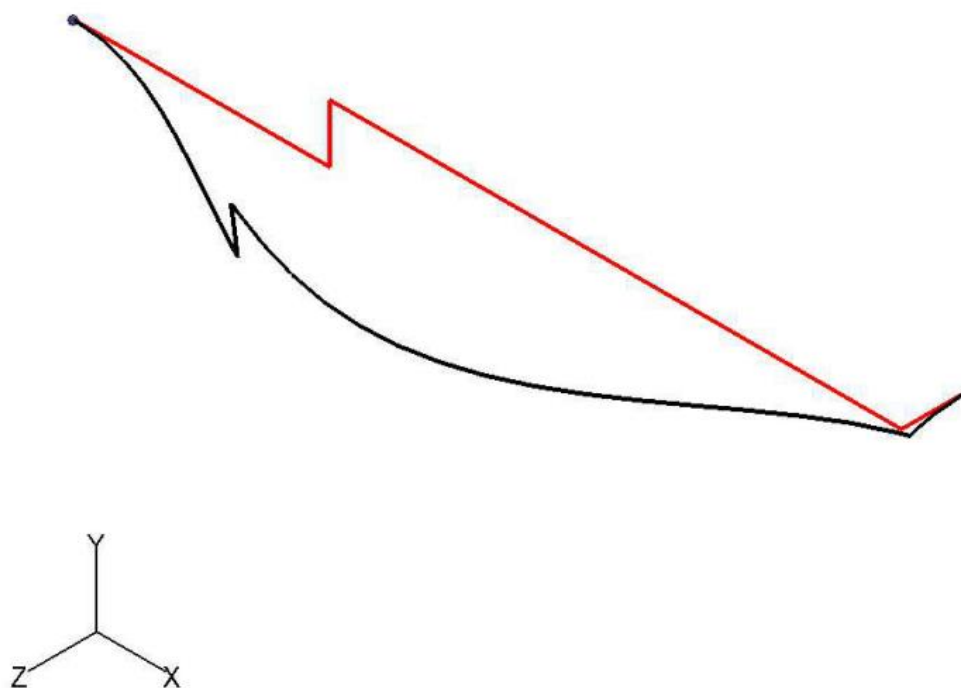
(9) EXP-HR-A-09

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	89.3	16.5	13.1
固有周期 (s)	0.011	0.061	0.076



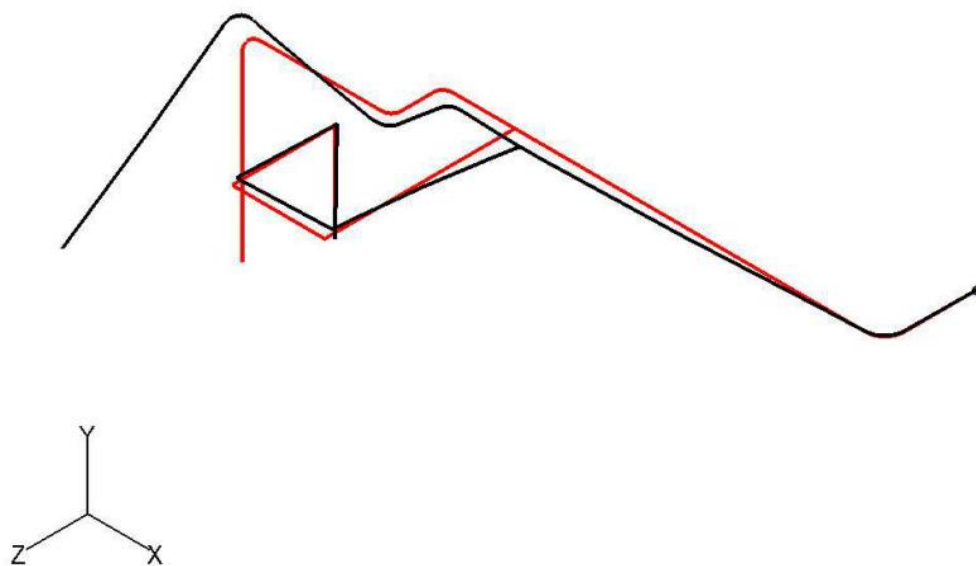
(10) EXP-HR-A-10

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	50.6	13.6	11.3
固有周期 (s)	0.020	0.074	0.088



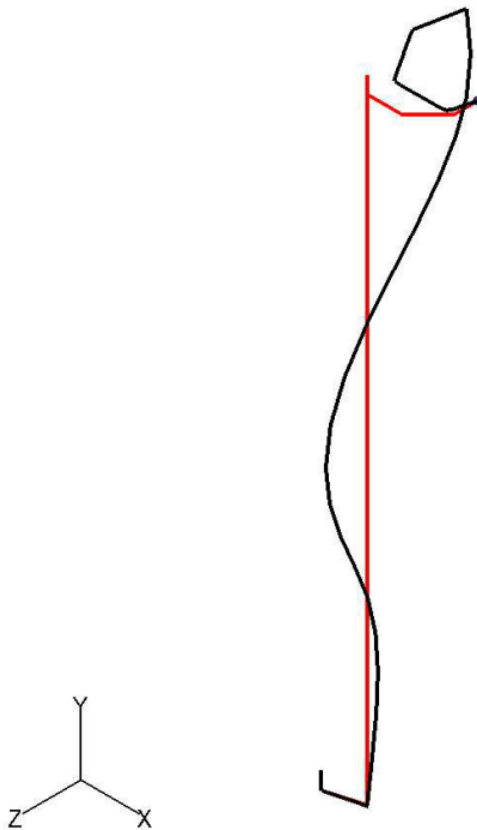
(11) EXP-HR-A-11

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	25.2	124.2	22.1
固有周期 (s)	0.040	0.008	0.045



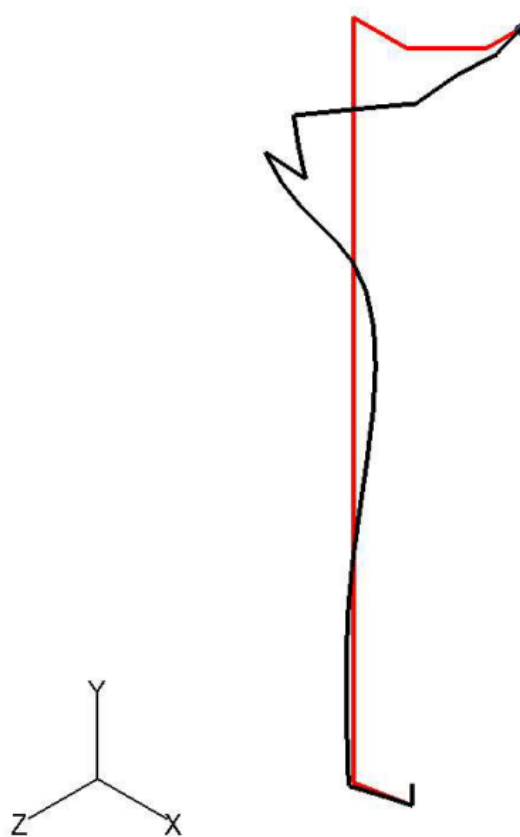
(12) EXP-HR-A-12

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	48.5	30.3	23.4
固有周期 (s)	0.021	0.033	0.043



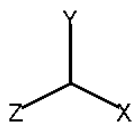
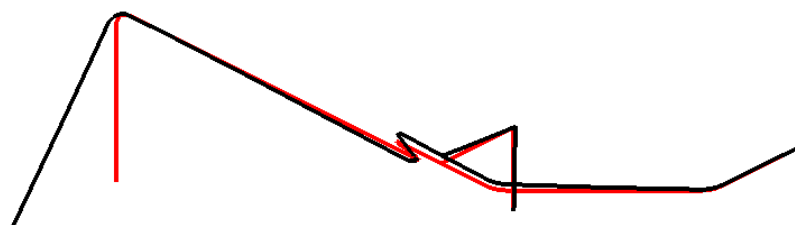
(13) EXP-HR-A-13

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	44.5	27.1	17.5
固有周期 (s)	0.022	0.037	0.057



(14) EXP-HR-A-14

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	27.9	122.3	17.4
固有周期 (s)	0.036	0.008	0.057



4.2. 結論

4.2.1. EXP-HR-A-01

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	96	一次応力	4	6	27	-	37	61

4.2.2. EXP-HR-A-02

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	14	一次応力	2	8	13	-	23	61

4.2.3. EXP-HR-A-03

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	27	27	—	58	192

4.2.4. EXP-HR-A-04

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	37	69	—	110	192

4.2.5. EXP-HR-A-05

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	32	55	—	91	192

4.2.6. EXP-HR-A-06

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	30	48	—	82	192

4.2.7. EXP-HR-A-07

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	27	27	—	58	192

4.2.8. EXP-HR-A-08

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	35	63	—	102	192

4.2.9. EXP-HR-A-09

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	30	48	—	82	192

4.2.10. EXP-HR-A-10

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	4	35	63	—	102	192

4.2.11. EXP-HR-A-11

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	14	一次応力	4	2	9	—	15	192

4.2.12. EXP-HR-A-12

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	37	一次応力	4	23	7	—	34	192

4.2.13. EXP-HR-A-13

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	43	一次応力	4	28	12	—	44	192

4.2.14. EXP-HR-A-14

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	17	一次応力	4	2	16	—	22	192

4.3. 拘束点反力

4.3.1. EXP-HR-A-01

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	6	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	83	—	43	—	—	—
	動的地震荷重 Y	14	—	15	—	—	—
	動的地震荷重 Z	33	—	65	—	—	—
	静的地震荷重 X	7	—	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	11	—	8	—	—	—
5	自重	73	783	22	—	—	—
	動的地震荷重 X	442	89	150	—	—	—
	動的地震荷重 Y	42	77	45	—	—	—
	動的地震荷重 Z	144	55	197	—	—	—
	静的地震荷重 X	451	82	91	—	—	—
	静的地震荷重 Z	20	12	258	—	—	—
19	自重	—	277	42	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	47	96	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	71	38	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	41	231	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	22	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	10	154	—	—	—
33	自重	69	70	4	1075	2577	23907
	動的地震荷重 X	88	24	33	7798	18141	14300
	動的地震荷重 Y	51	32	22	2812	9578	17041
	動的地震荷重 Z	78	21	72	18106	41369	17760
	静的地震荷重 X	231	11	6	2484	3591	12218
	静的地震荷重 Z	13	6	19	3694	889	2715
57	自重	—	231	28	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	89	71	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	39	40	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	85	102	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	54	45	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	8	101	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
83	自重	—	303	45	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	52	55	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	124	53	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	82	143	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	25	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	16	116	—	—	—
87	自重	—	53	26	10876	6647	21929
	動的地震荷重 X	48	26	39	7100	10061	6693
	動的地震荷重 Y	25	63	32	6657	8106	16229
	動的地震荷重 Z	42	41	82	9006	21263	10529
	静的地震荷重 X	105	10	26	1811	6616	2601
	静的地震荷重 Z	4	6	18	3301	7931	1550
102	自重	—	214	19	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	256	47	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	32	13	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	49	26	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	86	18	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	11	79	—	—	—
122	自重	—	150	34	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	232	83	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	39	37	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	35	69	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	79	18	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	4	98	—	—	—
125	自重	1	28	19	865	5445	2127
	動的地震荷重 X	150	43	59	9545	17332	12687
	動的地震荷重 Y	12	18	20	1555	5808	4940
	動的地震荷重 Z	21	11	47	6049	13497	3164
	静的地震荷重 X	130	13	14	2389	3995	3776
	静的地震荷重 Z	3	3	13	2266	7868	668

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
141	自重	—	144	10	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	83	98	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	19	30	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	32	76	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	52	53	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	4	117	—	—	—
165	自重	—	336	9	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	31	26	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	57	29	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	117	76	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	14	14	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	74	—	—	—
167	自重	4	31	4	12752	984	16127
	動的地震荷重 X	41	41	18	9398	4658	10656
	動的地震荷重 Y	15	25	14	5106	3367	6139
	動的地震荷重 Z	24	48	32	16348	7799	12375
	静的地震荷重 X	95	32	15	218	3772	8255
	静的地震荷重 Z	3	3	15	10553	432	680

4.3.2. EXP-HR-A-02

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	14	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	19	—	19	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	24	—	—	—
	動的地震荷重 Z	30	—	112	—	—	—
	静的地震荷重 X	48	—	2	—	—	—
	静的地震荷重 Z	10	—	8	—	—	—
6	自重	121	643	32	—	—	—
	動的地震荷重 X	51	72	79	—	—	—
	動的地震荷重 Y	42	106	100	—	—	—
	動的地震荷重 Z	99	263	428	—	—	—
	静的地震荷重 X	103	38	31	—	—	—
	静的地震荷重 Z	40	206	383	—	—	—
20	自重	—	215	56	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	18	29	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	39	46	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	67	221	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	16	133	—	—	—
30	自重	121	70	11	4524	6954	21767
	動的地震荷重 X	46	14	17	1851	7370	5731
	動的地震荷重 Y	43	25	20	3883	10353	11064
	動的地震荷重 Z	47	27	71	19515	43270	17298
	静的地震荷重 X	193	5	2	1150	906	6260
	静的地震荷重 Z	1	7	16	5931	2474	4343
38	自重	1	122	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	118	23	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	54	35	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	59	75	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	155	14	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	10	68	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
46	自重	—	156	13	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	21	37	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	18	28	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	53	168	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	10	16	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	21	102	—	—	—
67	自重	—	334	15	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	203	51	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	89	38	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	76	108	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	37	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	21	92	—	—	—
71	自重	5	49	8	9173	1908	20744
	動的地震荷重 X	57	103	29	4333	7528	26990
	動的地震荷重 Y	24	44	20	3779	5033	11392
	動的地震荷重 Z	28	41	33	27284	8479	10575
	静的地震荷重 X	90	28	11	1173	2752	7193
	静的地震荷重 Z	4	6	1	8189	3246	1571
80	自重	16	112	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	86	43	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	63	57	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	53	168	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	149	12	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	12	79	—	—	—	—
88	自重	—	267	16	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	66	34	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	57	35	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	89	81	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	13	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	22	87	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
111	自重	—	228	31	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	125	128	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	78	82	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	96	196	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	17	20	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	33	137	—	—	—
115	自重	7	26	20	3867	5100	14766
	動的地震荷重 X	65	75	86	5719	22418	19603
	動的地震荷重 Y	35	46	52	3378	13599	11624
	動的地震荷重 Z	35	55	106	7571	27688	14366
	静的地震荷重 X	102	15	21	1141	5349	3929
	静的地震荷重 Z	4	15	35	1642	12367	3920
125	自重	3	137	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	35	37	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	33	32	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	56	110	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	127	9	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	16	59	—	—	—	—
134	自重	—	225	11	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	18	16	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	33	16	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	31	34	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	67	—	—	—
154	自重	—	109	22	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	15	65	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	14	41	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	29	126	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	3	7	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	110	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
158	自重	3	47	13	1480	3795	3595
	動的地震荷重 X	24	8	36	2157	10549	2029
	動的地震荷重 Y	11	10	24	1737	6757	2145
	動的地震荷重 Z	24	14	73	4810	21296	3582
	静的地震荷重 X	96	1	9	704	2545	33
	静的地震荷重 Z	1	3	22	3343	10522	698

4.3.3. EXP-HR-A-03

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	45	110	3	3321	2175	59289
	動的地震荷重 X	14	13	8	1013	4554	8452
	動的地震荷重 Y	35	58	32	4014	20800	40165
	動的地震荷重 Z	46	44	30	2422	19478	27948
	静的地震荷重 X	52	4	2	573	1196	953
	静的地震荷重 Z	39	10	36	711	18168	3358
23	自重	45	85	3	30384	15851	36806
	動的地震荷重 X	12	13	12	5549	4851	6612
	動的地震荷重 Y	30	55	35	25363	21373	31183
	動的地震荷重 Z	39	33	33	15056	13141	18553
	静的地震荷重 X	28	4	2	2213	6946	2266
	静的地震荷重 Z	39	10	44	4480	7044	4791

4.3.4. EXP-HR-A-04

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	158	162	6	3354	6375	106253
	動的地震荷重 X	28	21	20	2277	16826	16552
	動的地震荷重 Y	172	110	95	9586	81946	86897
	動的地震荷重 Z	190	138	127	13647	111052	112408
	静的地震荷重 X	82	4	1	247	1274	611
	静的地震荷重 Z	52	4	59	3508	40446	759
37	自重	158	133	6	56272	65513	39527
	動的地震荷重 X	24	20	16	9405	12728	7168
	動的地震荷重 Y	185	71	79	34762	63810	34742
	動的地震荷重 Z	207	95	105	48144	83957	46947
	静的地震荷重 X	39	4	1	1663	13551	2110
	静的地震荷重 Z	52	4	63	3464	1143	2432

4.3.5. EXP-HR-A-05

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	216	158	4	1396	3894	93358
	動的地震荷重 X	20	10	11	1043	8260	5552
	動的地震荷重 Y	217	114	57	4491	46309	78049
	動的地震荷重 Z	106	79	141	12420	117170	60810
	静的地震荷重 X	58	2	1	136	889	6
	静的地震荷重 Z	38	4	56	2800	36494	3
36	自重	216	112	4	29929	56841	38966
	動的地震荷重 X	19	8	10	2428	6690	2503
	動的地震荷重 Y	224	54	48	15135	48721	30140
	動的地震荷重 Z	111	54	118	21236	82350	30547
	静的地震荷重 X	53	2	1	542	12906	1082
	静的地震荷重 Z	38	4	55	2424	13489	2104

4.3.6. EXP-HR-A-06

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	247	159	4	1505	4373	85551
	動的地震荷重 X	25	11	12	1436	8467	6649
	動的地震荷重 Y	232	109	42	4344	32323	66812
	動的地震荷重 Z	86	59	132	15678	106618	43302
	静的地震荷重 X	53	2	1	157	953	554
	静的地震荷重 Z	35	3	56	4019	36006	972
35	自重	247	110	4	29433	64739	36018
	動的地震荷重 X	26	9	10	2720	7850	2961
	動的地震荷重 Y	244	54	35	14903	53504	27611
	動的地震荷重 Z	92	42	110	17955	75463	22728
	静的地震荷重 X	58	2	1	511	14123	1123
	静的地震荷重 Z	35	3	55	2501	13649	1962

4.3.7. EXP-HR-A-07

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	27	105	2	3038	543	57847
	動的地震荷重 X	16	11	8	744	4524	7042
	動的地震荷重 Y	25	63	22	3300	14271	44869
	動的地震荷重 Z	62	40	40	1161	25864	23619
	静的地震荷重 X	53	4	2	519	1084	1270
	静的地震荷重 Z	39	10	36	150	18176	4224
23	自重	27	90	2	32313	10270	39776
	動的地震荷重 X	13	11	11	4393	3168	5309
	動的地震荷重 Y	20	65	26	28611	15852	36419
	動的地震荷重 Z	50	24	43	10226	10167	12664
	静的地震荷重 X	27	4	2	2176	6540	2091
	静的地震荷重 Z	39	10	44	4102	6751	4505

4.3.8. EXP-HR-A-08

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	174	163	6	3495	6927	99809
	動的地震荷重 X	35	24	25	3384	20228	18041
	動的地震荷重 Y	153	95	86	11257	72411	70899
	動的地震荷重 Z	168	126	130	18050	111372	99662
	静的地震荷重 X	79	4	2	274	1377	1884
	静的地震荷重 Z	50	4	59	4762	39817	2071
36	自重	174	133	6	55955	71954	37976
	動的地震荷重 X	35	20	20	9643	16271	8027
	動的地震荷重 Y	171	66	72	32208	62895	30635
	動的地震荷重 Z	190	94	107	48398	89003	44726
	静的地震荷重 X	43	4	2	1576	14859	2184
	静的地震荷重 Z	50	4	63	3377	1581	2295

4.3.9. EXP-HR-A-09

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	247	159	4	1505	4373	85551
	動的地震荷重 X	25	11	12	1436	8467	6649
	動的地震荷重 Y	232	109	42	4344	32323	66812
	動的地震荷重 Z	86	59	132	15678	106618	43302
	静的地震荷重 X	53	2	1	157	953	554
	静的地震荷重 Z	35	3	56	4019	36006	972
35	自重	247	110	4	29433	64739	36018
	動的地震荷重 X	26	9	10	2720	7850	2961
	動的地震荷重 Y	244	54	35	14903	53504	27611
	動的地震荷重 Z	92	42	110	17955	75463	22728
	静的地震荷重 X	58	2	1	511	14123	1123
	静的地震荷重 Z	35	3	55	2501	13649	1962

4. 3. 10. EXP-HR-A-10

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	174	163	6	3495	6927	99809
	動的地震荷重 X	35	24	25	3384	20228	18041
	動的地震荷重 Y	153	95	86	11257	72411	70899
	動的地震荷重 Z	168	126	130	18050	111372	99662
	静的地震荷重 X	79	4	2	274	1377	1884
	静的地震荷重 Z	50	4	59	4762	39817	2071
36	自重	174	133	6	55955	71954	37976
	動的地震荷重 X	35	20	20	9643	16271	8027
	動的地震荷重 Y	171	66	72	32208	62895	30635
	動的地震荷重 Z	190	94	107	48398	89003	44726
	静的地震荷重 X	43	4	2	1576	14859	2184
	静的地震荷重 Z	50	4	63	3377	1581	2295

4. 3. 11. EXP-HR-A-11

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	39	-	6643	236	1493
	動的地震荷重 X	64	10	4	19	9301	2639
	動的地震荷重 Y	1	11	-	1794	64	404
	動的地震荷重 Z	8	4	14	871	1846	1068
	静的地震荷重 X	82	13	5	24	11917	3381
	静的地震荷重 Z	10	5	18	1116	2366	1369
13	自重	-	175	1	-	-	-
	動的地震荷重 X	-	26	4	-	-	-
	動的地震荷重 Y	-	48	1	-	-	-
	動的地震荷重 Z	-	7	68	-	-	-
	静的地震荷重 X	-	33	5	-	-	-
	静的地震荷重 Z	-	9	86	-	-	-
29	自重	1	69	1	5743	95	2694
	動的地震荷重 X	27	16	8	1880	833	1917
	動的地震荷重 Y	1	19	1	1551	26	728
	動的地震荷重 Z	8	11	10	2427	572	2377
	静的地震荷重 X	35	20	10	2409	1067	2456
	静的地震荷重 Z	10	14	12	3109	732	3046

4. 3. 12. EXP-HR-A-12

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	5	75	1	20408	1044	14609
	動的地震荷重 X	35	4	1	807	9554	13
	動的地震荷重 Y	2	21	1	5511	282	3945
	動的地震荷重 Z	1	1	33	4	11461	39
	静的地震荷重 X	45	5	1	1034	12241	17
	静的地震荷重 Z	1	1	42	5	14684	50
20	自重	3	-	1	-	-	-
	動的地震荷重 X	41	-	1	-	-	-
	動的地震荷重 Y	1	-	1	-	-	-
	動的地震荷重 Z	1	-	45	-	-	-
	静的地震荷重 X	53	-	1	-	-	-
	静的地震荷重 Z	1	-	58	-	-	-
27	自重	28	-	9	-	-	-
	動的地震荷重 X	38	-	1	-	-	-
	動的地震荷重 Y	8	-	3	-	-	-
	動的地震荷重 Z	-	-	36	-	-	-
	静的地震荷重 X	48	-	1	-	-	-
	静的地震荷重 Z	-	-	46	-	-	-
37	自重	25	390	8	21407	16	73655
	動的地震荷重 X	36	4	-	336	1724	2392
	動的地震荷重 Y	7	106	2	5780	5	19887
	動的地震荷重 Z	1	1	36	3436	5384	152
	静的地震荷重 X	46	5	-	430	2209	3065
	静的地震荷重 Z	1	1	46	4402	6898	194

4. 3. 13. EXP-HR-A-13

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	8	83	5	30094	332	15085
	動的地震荷重 X	22	7	27	2555	23169	1081
	動的地震荷重 Y	6	21	3	9436	2503	6130
	動的地震荷重 Z	31	8	56	4756	47354	1409
	静的地震荷重 X	52	5	3	777	20637	165
	静的地震荷重 Z	2	4	46	2368	17328	709
24	自重	16	-	7	-	-	-
	動的地震荷重 X	18	-	21	-	-	-
	動的地震荷重 Y	19	-	7	-	-	-
	動的地震荷重 Z	15	-	41	-	-	-
	静的地震荷重 X	55	-	4	-	-	-
	静的地震荷重 Z	3	-	63	-	-	-
31	自重	43	-	9	-	-	-
	動的地震荷重 X	17	-	13	-	-	-
	動的地震荷重 Y	19	-	6	-	-	-
	動的地震荷重 Z	9	-	29	-	-	-
	静的地震荷重 X	46	-	2	-	-	-
	静的地震荷重 Z	1	-	45	-	-	-
43	自重	35	406	7	17864	376	94780
	動的地震荷重 X	18	23	9	1167	3706	5486
	動的地震荷重 Y	9	143	5	7007	1142	37279
	動的地震荷重 Z	6	6	20	1609	8457	1390
	静的地震荷重 X	49	5	1	130	2402	5780
	静的地震荷重 Z	1	4	48	5376	11424	786

4. 3. 14. EXP-HR-A-14

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	3	31	5	7118	94	415
	動的地震荷重 X	46	7	45	1944	9277	237
	動的地震荷重 Y	8	6	7	1455	1576	92
	動的地震荷重 Z	8	10	13	3428	2262	1122
	静的地震荷重 X	46	2	36	826	8735	79
	静的地震荷重 Z	4	5	19	988	643	491
16	自重	-	162	1	-	-	-
	動的地震荷重 X	-	79	6	-	-	-
	動的地震荷重 Y	-	20	5	-	-	-
	動的地震荷重 Z	-	8	118	-	-	-
	静的地震荷重 X	-	21	5	-	-	-
	静的地震荷重 Z	-	3	70	-	-	-
24	自重	3	86	5	6533	752	1750
	動的地震荷重 X	60	64	52	3841	2452	11852
	動的地震荷重 Y	8	11	13	2234	507	1688
	動的地震荷重 Z	6	17	41	25654	4083	2274
	静的地震荷重 X	69	23	41	5046	2738	9549
	静的地震荷重 Z	4	8	26	5576	1069	1301

3-4-7-4. 気送照射設備主配管の耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-4- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-4- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-4- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-4- 3
3. 設計条件	添 3-4-7-4-14
3.1. EXP-PN-A-01	添 3-4-7-4-14
3.2. EXP-PN-A-02	添 3-4-7-4-20
3.3. EXP-PN-A-03	添 3-4-7-4-26
3.4. EXP-PN-A-04	添 3-4-7-4-28
3.5. EXP-PN-A-05	添 3-4-7-4-30
3.6. EXP-PN-A-06	添 3-4-7-4-32
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-4-34
4.1. 固有周期	添 3-4-7-4-34
4.2. 結論	添 3-4-7-4-40
4.2.1. EXP-PN-A-01	添 3-4-7-4-40
4.2.2. EXP-PN-A-02	添 3-4-7-4-40
4.2.3. EXP-PN-A-03	添 3-4-7-4-41
4.2.4. EXP-PN-A-04	添 3-4-7-4-41
4.2.5. EXP-PN-A-05	添 3-4-7-4-42
4.2.6. EXP-PN-A-06	添 3-4-7-4-42
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-4-43
4.3.1. EXP-PN-A-01	添 3-4-7-4-43
4.3.2. EXP-PN-A-02	添 3-4-7-4-46
4.3.3. EXP-PN-A-03	添 3-4-7-4-50
4.3.4. EXP-PN-A-04	添 3-4-7-4-51
4.3.5. EXP-PN-A-05	添 3-4-7-4-52
4.3.6. EXP-PN-A-06	添 3-4-7-4-53

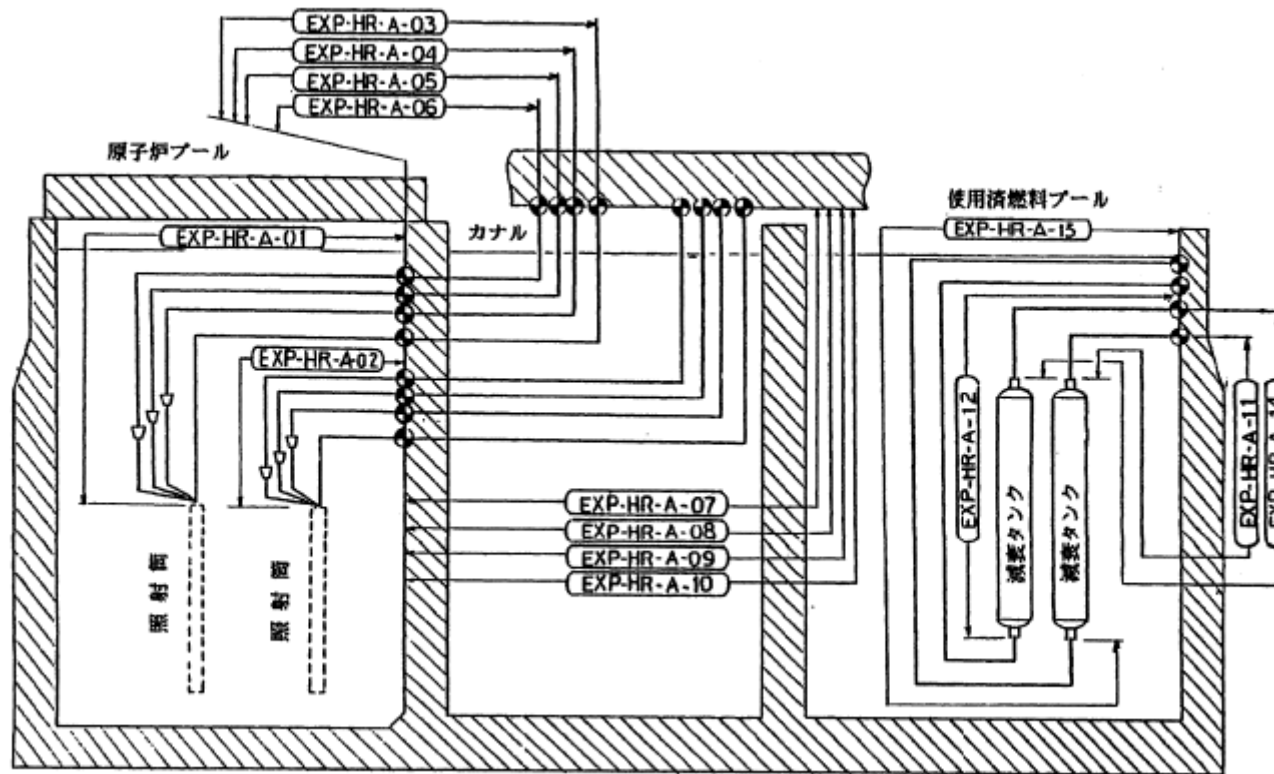
1. 概要

本計算書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震 クラス
EXP-PN-A-01	重水タンク内照射筒 (PN) から 原子炉プール貫通部アンカ まで (照射筒 (PN) の第 4 種管を含む)	B
EXP-PN-A-02	重水タンク内照射筒 (PN) から 原子炉プール貫通部アンカ まで (照射筒 (PN) の第 4 種管を含む)	B
EXP-PN-A-03	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-PN-A-04	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-PN-A-05	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B
EXP-PN-A-06	原子炉プール貫通部アンカ から カナル貫通部アンカ まで	B



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図



2.2. 鳥瞰図

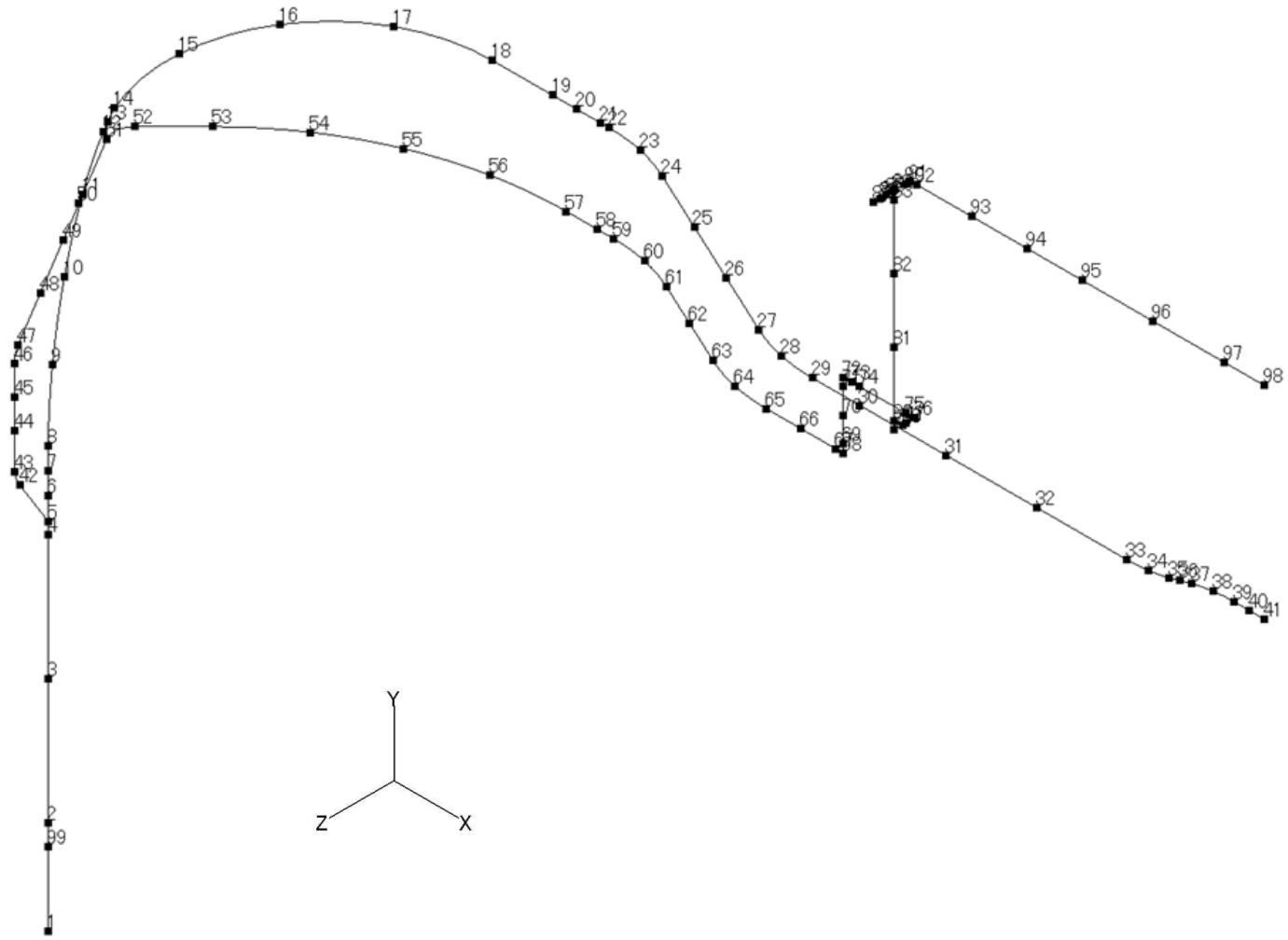
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント

(1) EXP-PN-A-01

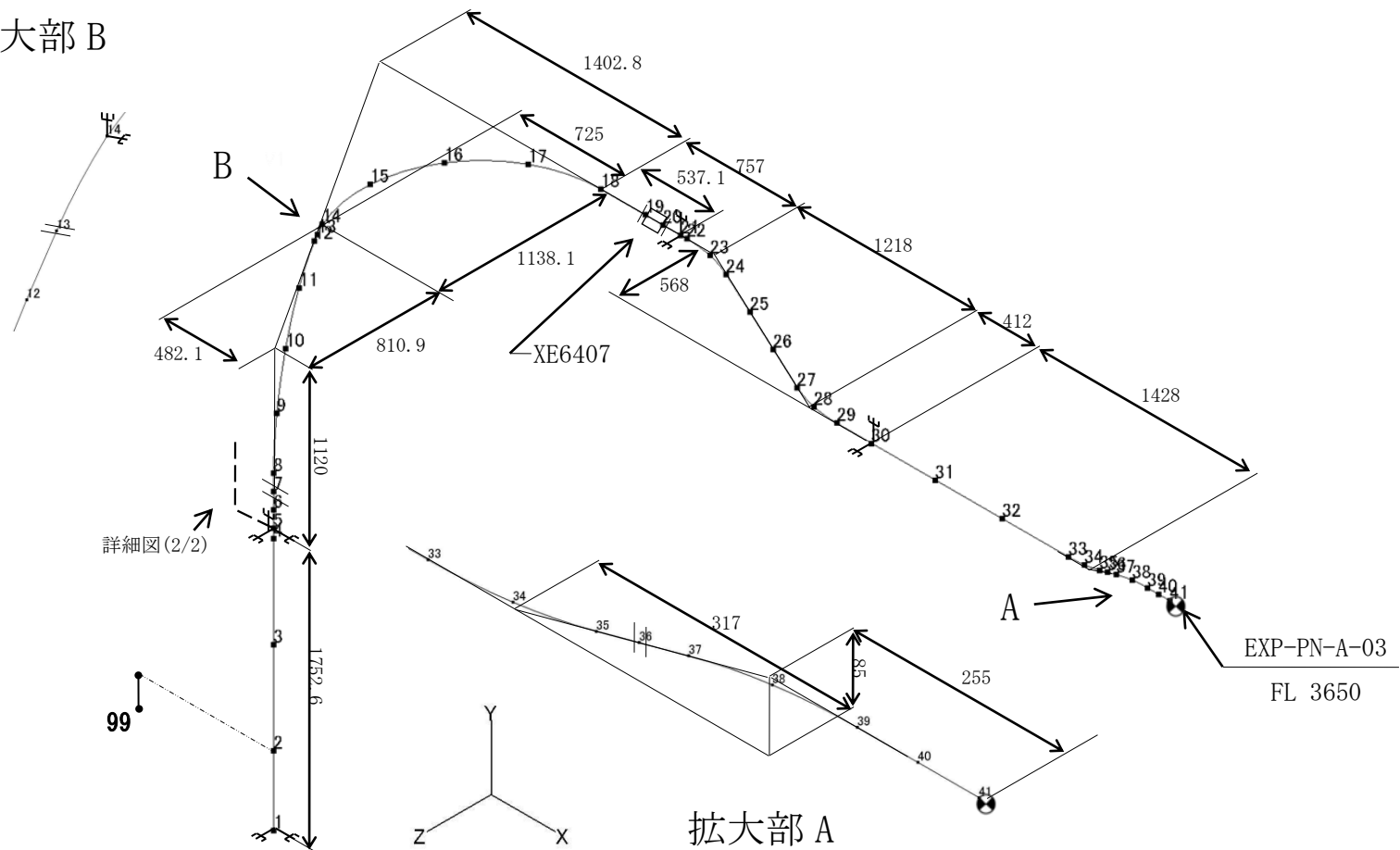
a. 全体図

Y1

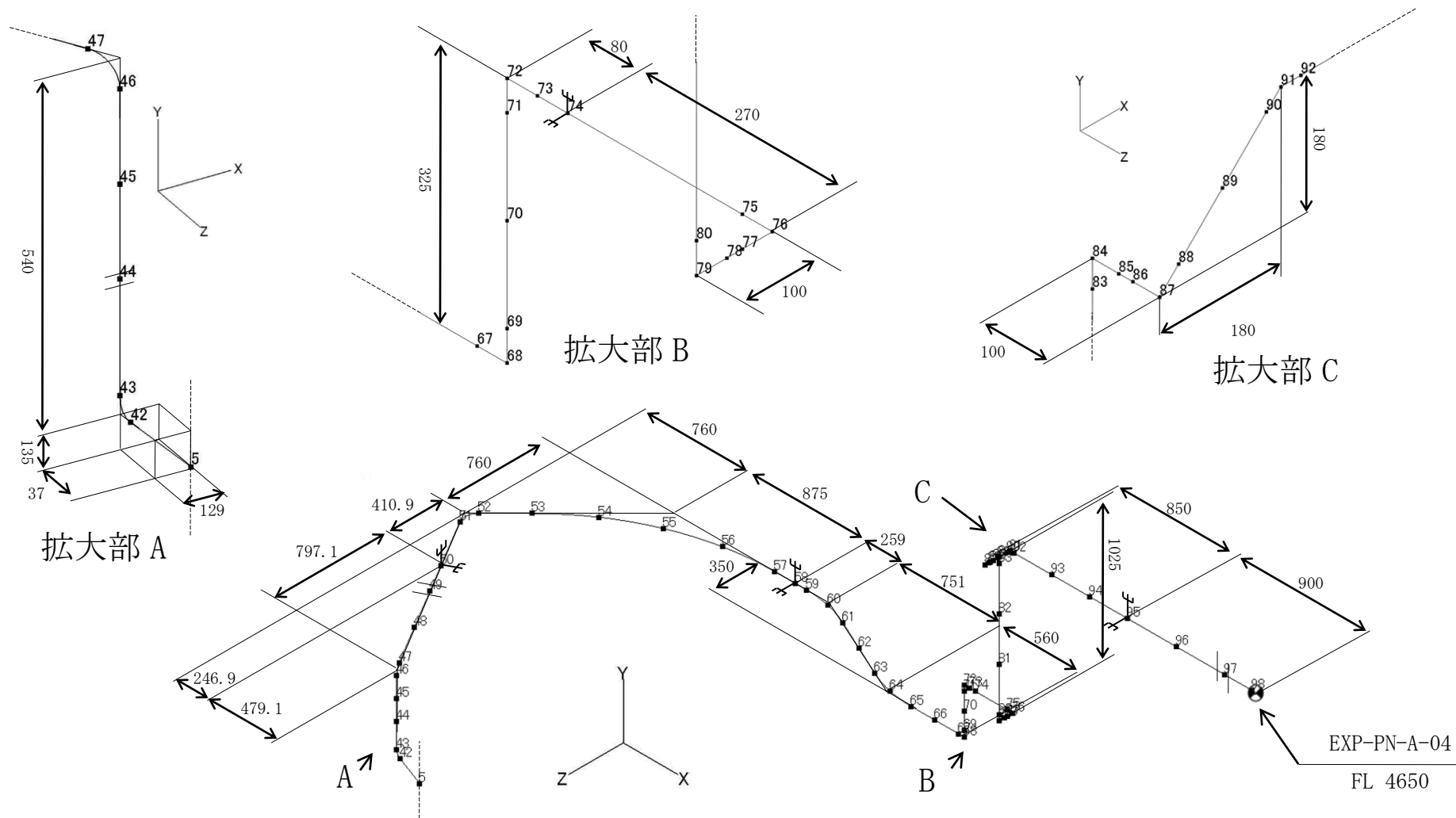


b. 詳細図(1/2)

拡大部 B

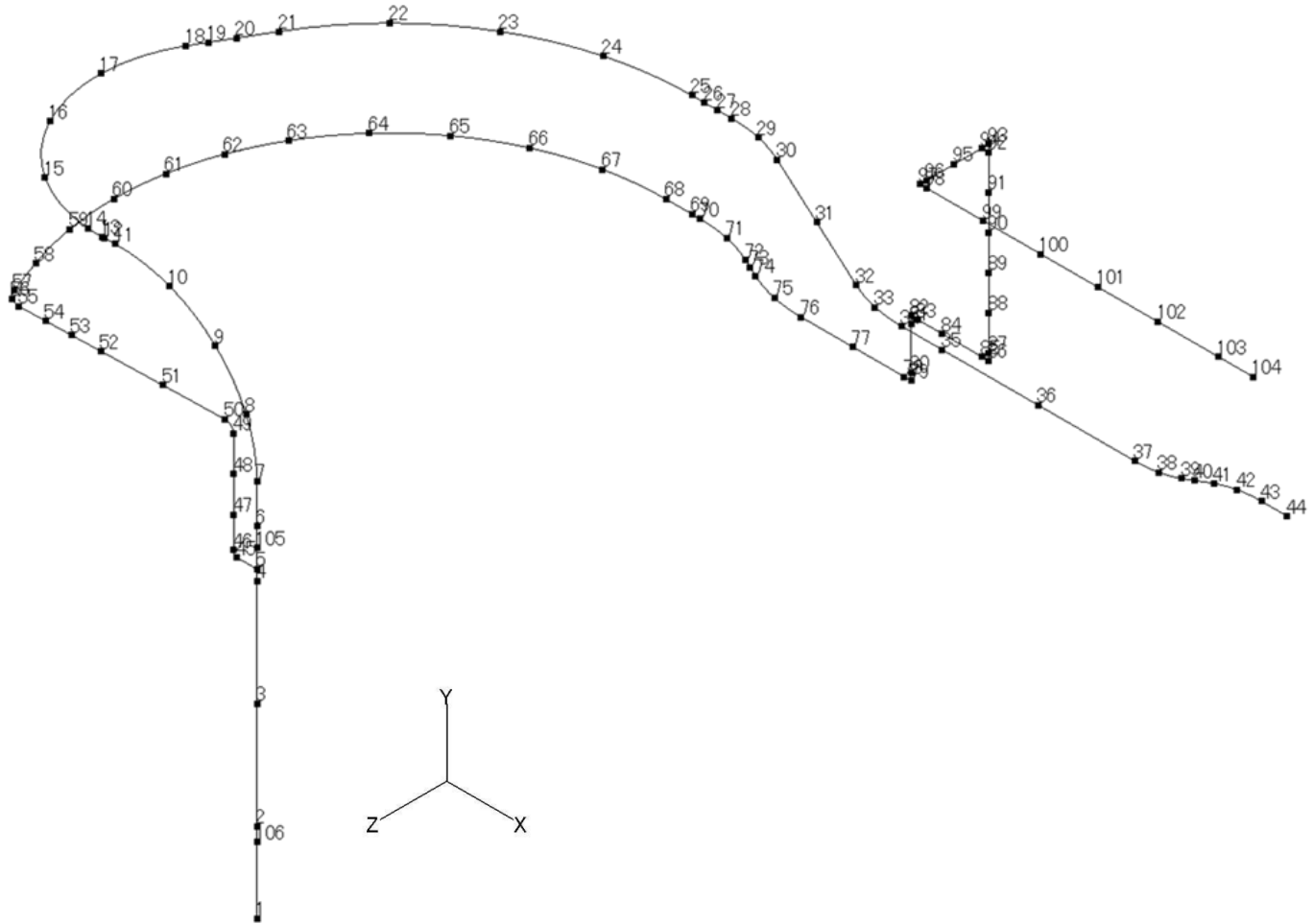


c. 詳細図(2/2)

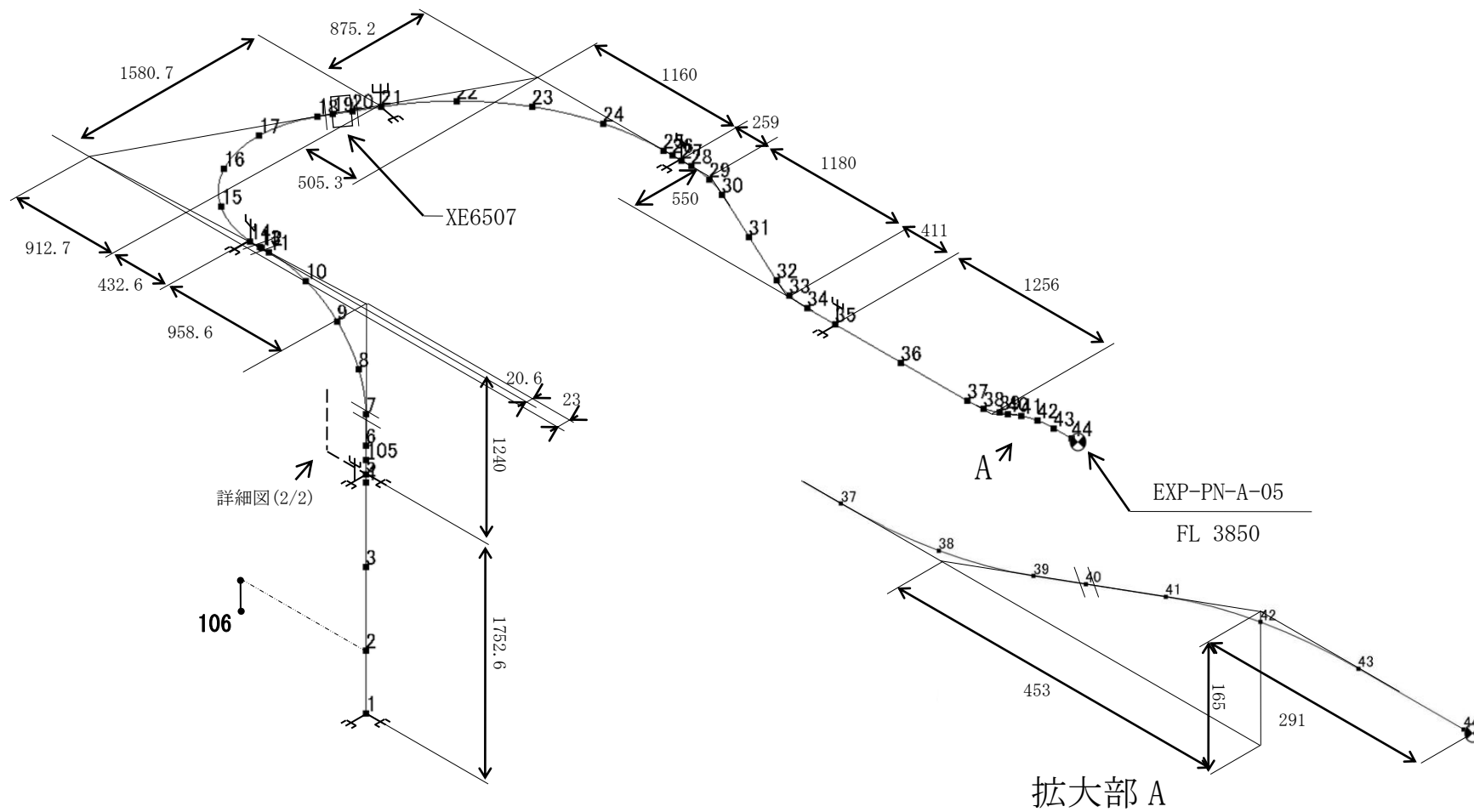


(2) EXP-PN-A-02

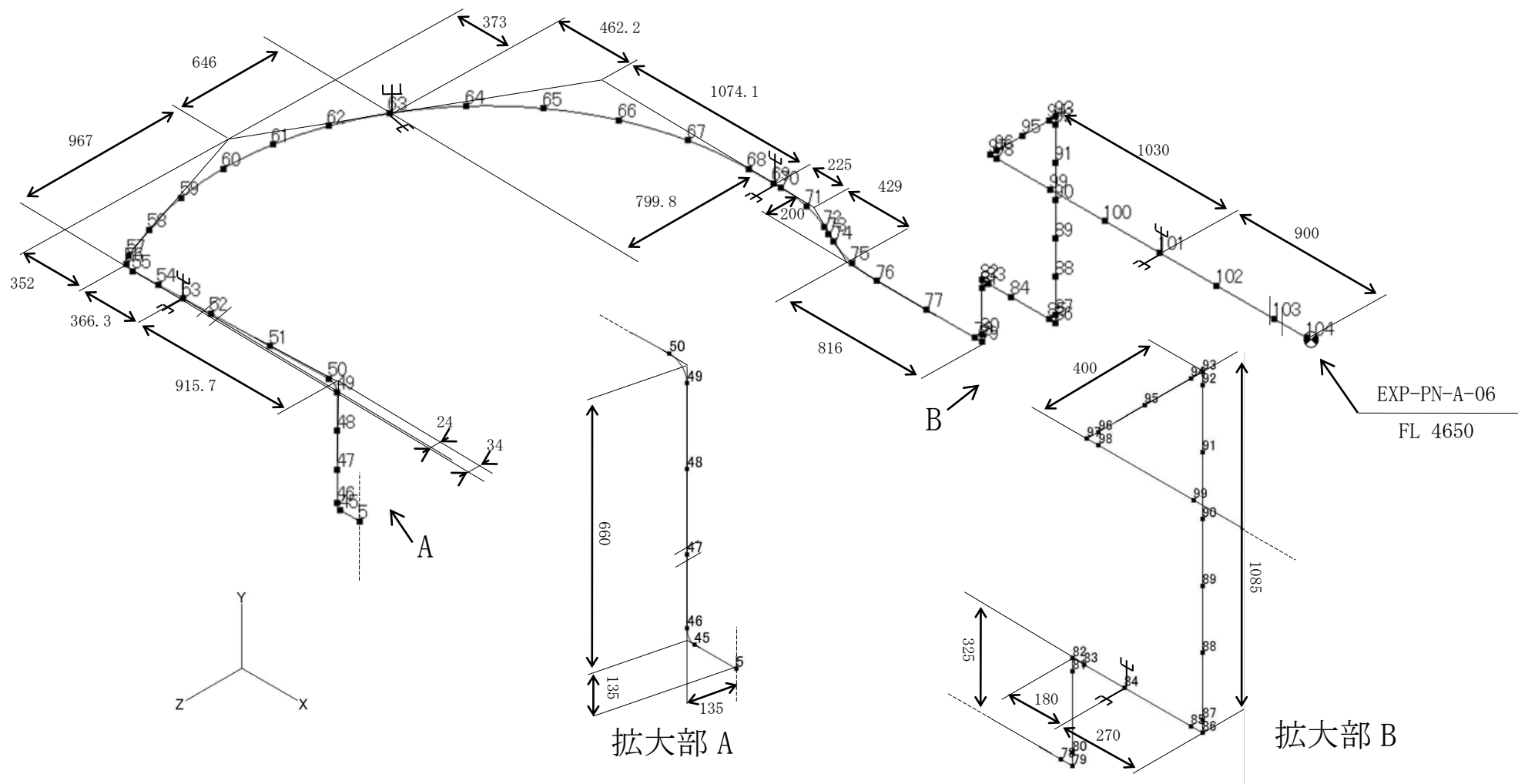
a. 全体図



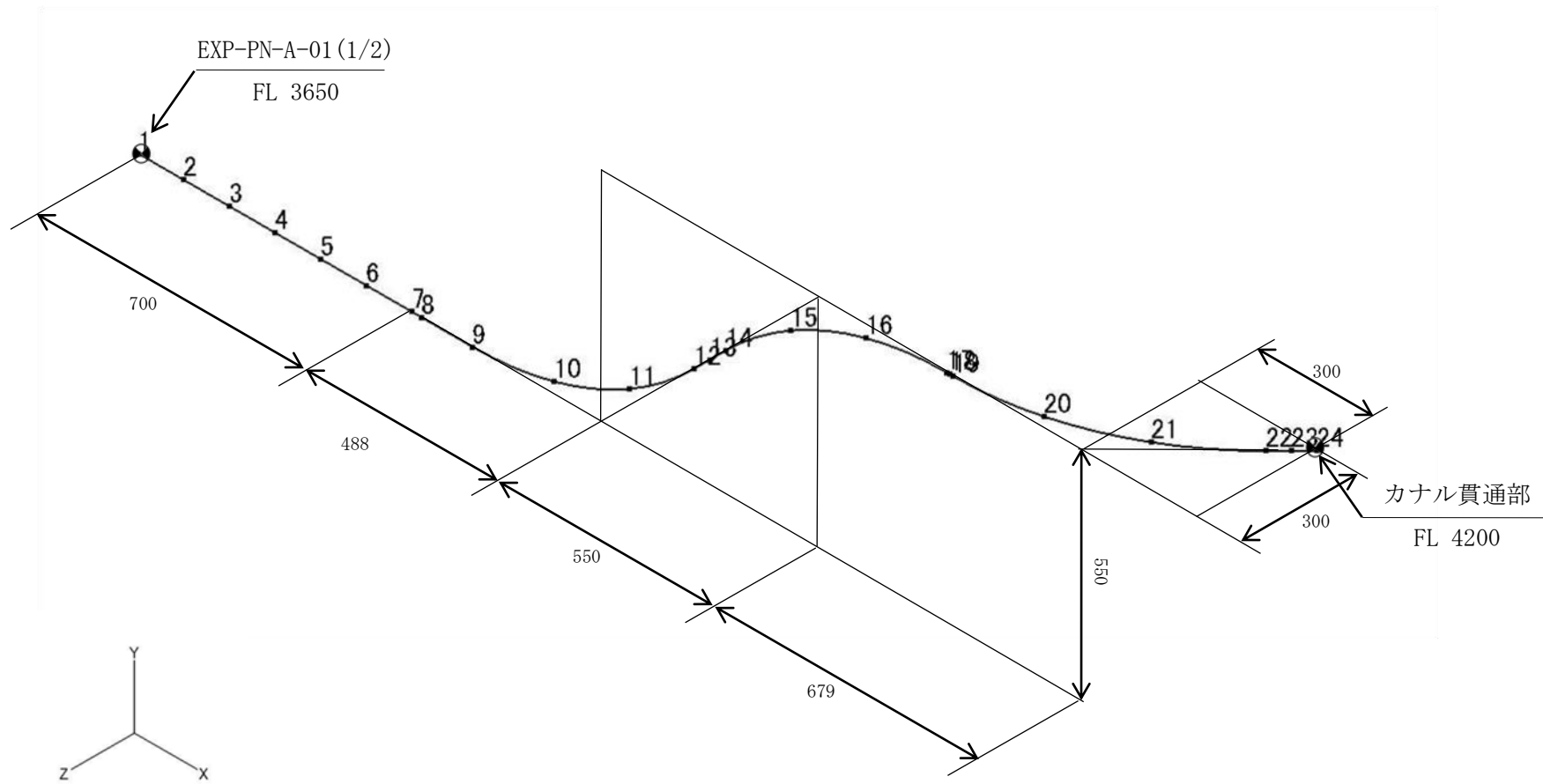
b. 詳細図(1/2)



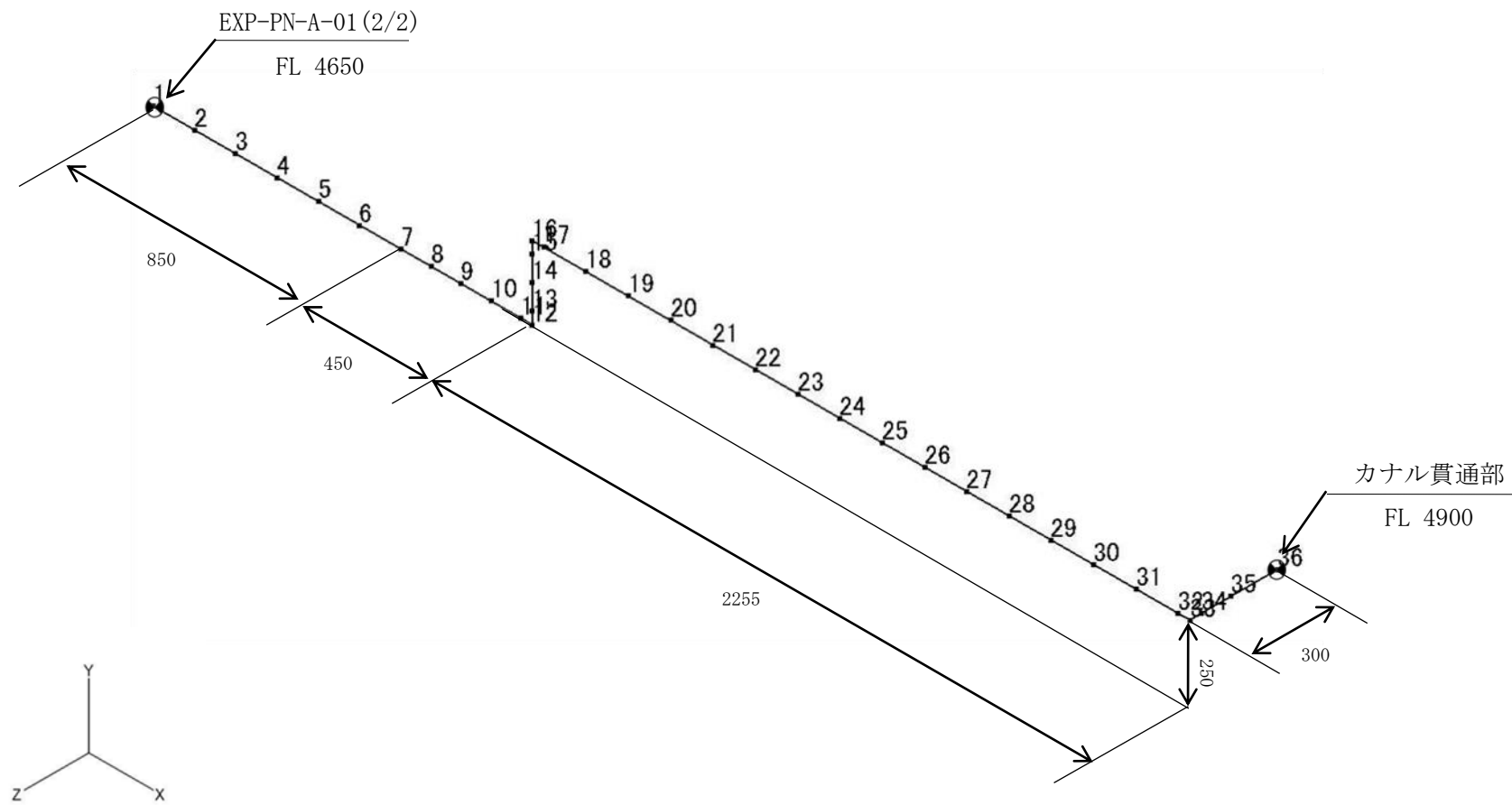
c. 詳細図(2/2)



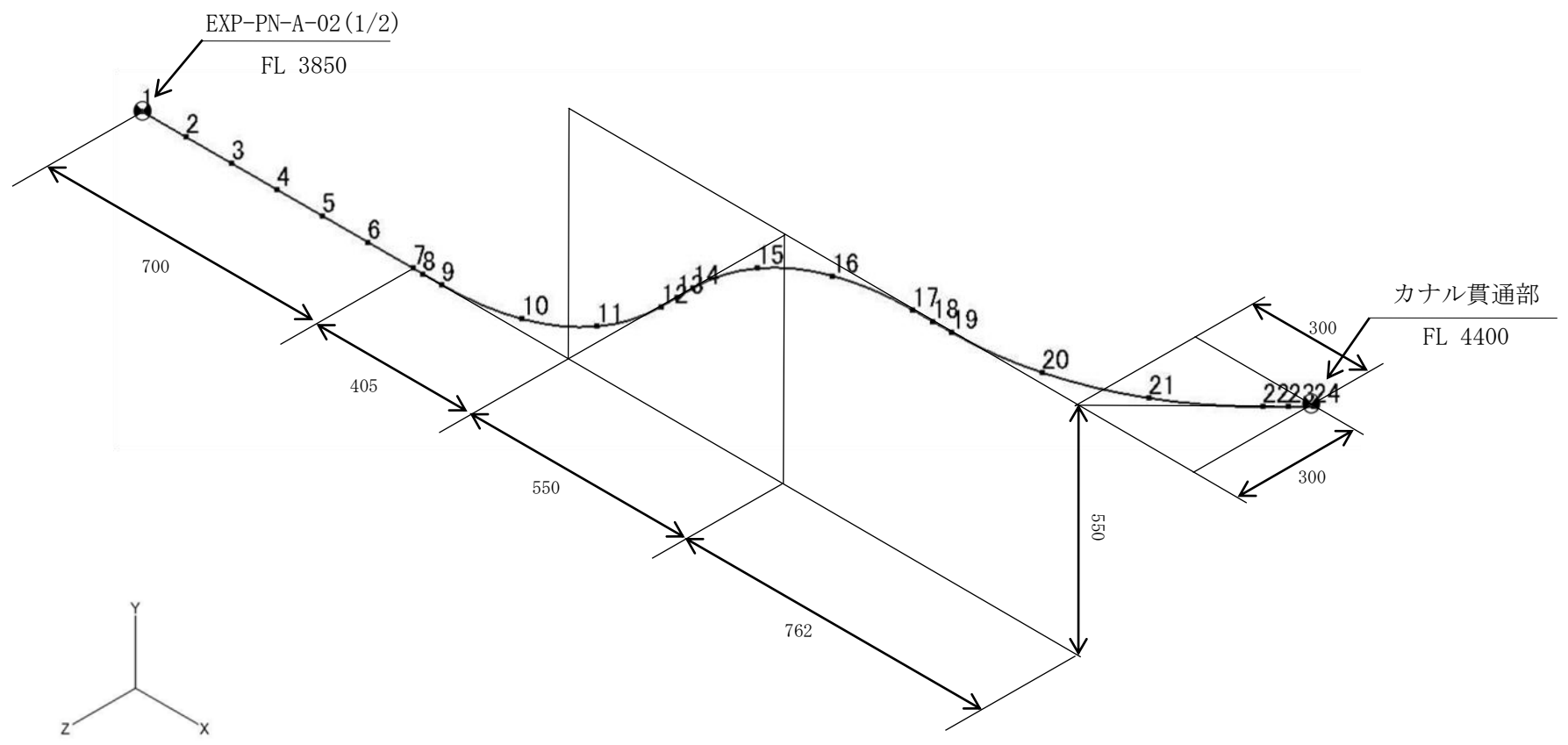
(3) EXP-PN-A-03



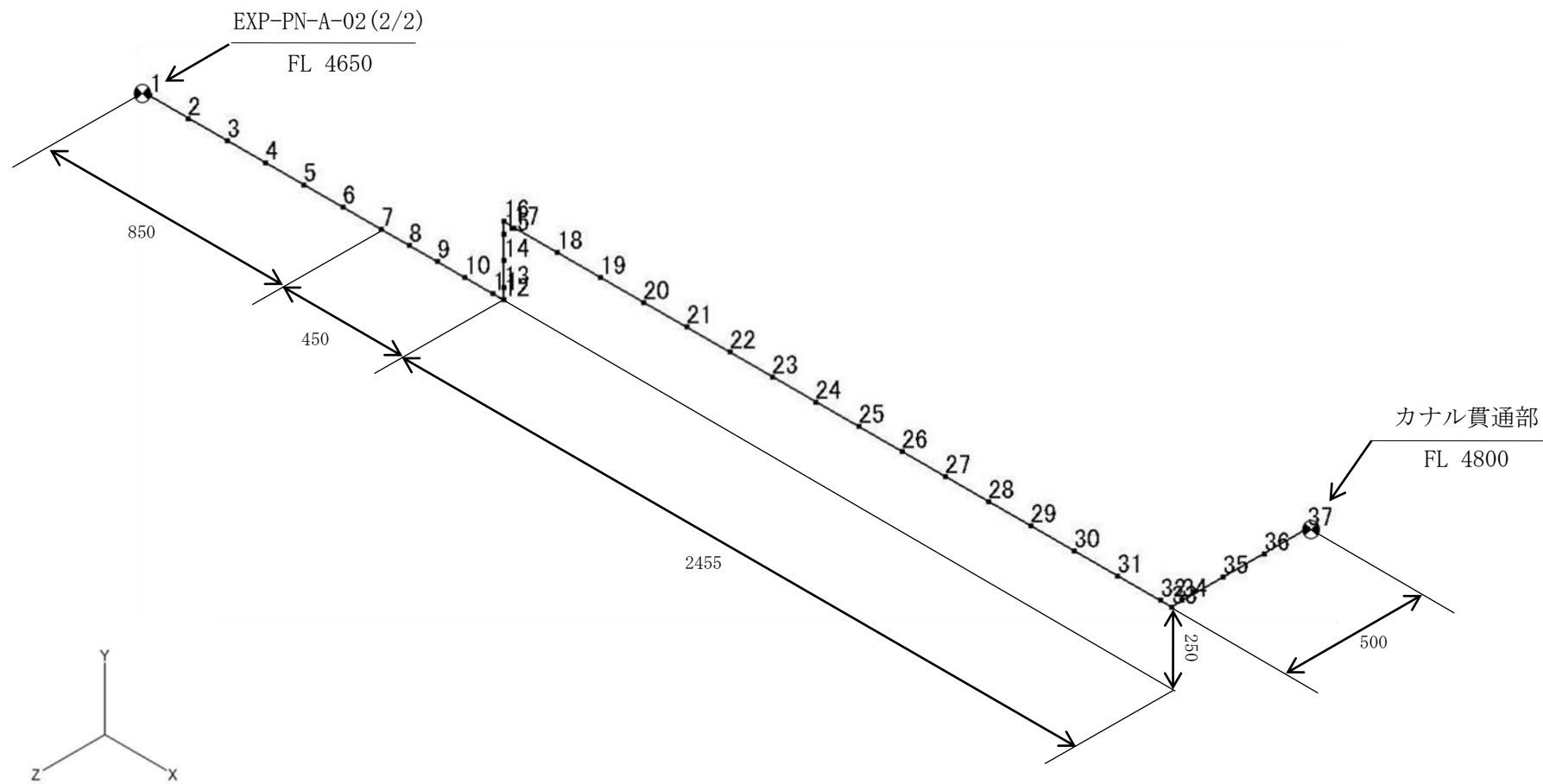
(4) EXP-PN-A-04



(5) EXP-PN-A-05



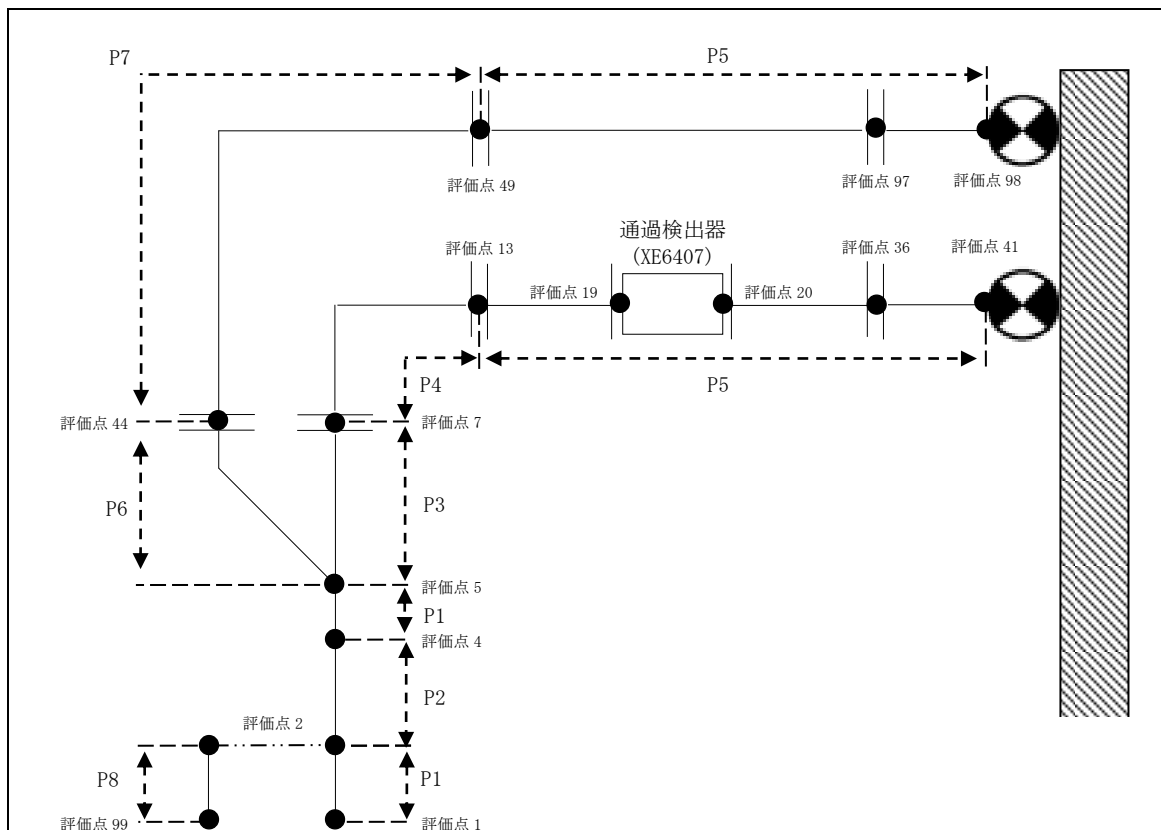
(6) EXP-PN-A-06



3. 設計条件

3.1. EXP-PN-A-01

(1) 解析モデル



配管番号	P1	P2	P3
外径(mm)	83.0	83.0(外)/43.7(内)	52.7
板厚(mm)	3.5	3.5(外)/3.5(内)	8.0
材質	A6063TE-T6	A6063S-T6	A6061FH-T6
ヤング率(N/mm ²)	6.52×10^4	6.52×10^4	6.52×10^4
ポアソン比(-)	0.33	0.33	0.33
最高使用温度(°C)	120	120	120
最高使用圧力(MPa)	0.0981	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10^{-9}	2.70×10^{-9}	2.70×10^{-9}
内部流体種類	窒素ガス	窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)	0.00	0.00	0.00
外部流体種類	水	水	水
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	152	152	208
設計引張強さ Su(N/mm ²)	158	158	228
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	152
			152
			208

配管番号			P4	P5	P6
外径(mm)			52.7	42.7	41.0
板厚(mm)			8.0	3.0	6.0
材質			A5052TD-0	SUS304TP	A6063TE-T6
ヤング率(N/mm ²)			6.62×10^4	1.88×10^5	6.52×10^4
ポアソン比(-)			0.33	0.3	0.33
最高使用温度(°C)			120	120	120
最高使用圧力(MPa)			0.0981	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)			2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}	2.70×10^{-9}
内部流体種類			窒素ガス	窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)			0.00	0.00	0.00
外部流体種類			水	水	水
外部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			55	164	152
設計引張強さ Su(N/mm ²)			160	433	158
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	55	164	152

配管番号	P7	P8	
外径(mm)	42.7	43.7	
板厚(mm)	6.0	3.5	
材質	A5052TD-0	A6063BE-T6	
ヤング率(N/mm ²)	6.62×10^4	6.52×10^4	
ポアソン比(-)	0.33	0.33	
最高使用温度(°C)	120	120	
最高使用圧力(MPa)	0.0981	0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10^{-9}	2.70×10^{-9}	
内部流体種類	窒素ガス	窒素ガス	
内部流体密度(ton/mm)	0.00	0.00	
外部流体種類	水	水	
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	55	152	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	160	158	
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	
	55	152	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(4)	1.70	1.70
6	(1)	1.00	—
7	(9)	2.10	—
8	(6)	0.17	—
9	(6)	0.17	—
10	(6)	0.17	—
11	(6)	0.17	—
12	(6)	0.17	—
13	(9)	2.10	—
14	(6)	0.27	—
15	(6)	0.27	—
16	(6)	0.27	—
17	(6)	0.27	—
18	(6)	0.27	—
19	(9)	2.10	—
20	(9)	2.10	—
21	(1)	1.00	—
22	(6)	0.27	—
23	(6)	0.27	—
24	(6)	0.27	—
25	(9)	2.10	—
26	(1)	1.00	—
27	(6)	0.27	—
28	(6)	0.27	—
29	(6)	0.27	—
30	(1)	1.00	—
31	(9)	2.10	—
32	(1)	1.00	—
33	(6)	0.27	—
34	(6)	0.27	—
35	(6)	0.27	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(9)	2.10	—
37	(6)	0.27	—
38	(6)	0.27	—
39	(6)	0.27	—
40	(1)	1.00	—
41	(2)	2.10	—
42	(6)	0.73	—
43	(6)	0.73	—
44	(9)	2.10	—
45	(1)	1.00	—
46	(6)	1.01	—
47	(6)	1.01	—
48	(1)	1.00	—
49	(9)	2.10	—
50	(1)	1.00	—
51	(6)	1.08	—
52	(6)	1.08	—
53	(6)	0.16	—
54	(6)	0.16	—
55	(6)	0.16	—
56	(6)	0.16	—
57	(6)	0.16	—
58	(1)	1.00	—
59	(6)	0.27	—
60	(6)	0.27	—
61	(6)	0.27	—
62	(1)	1.00	—
63	(6)	0.27	—
64	(6)	0.27	—
65	(6)	0.27	—
66	(1)	1.00	—
67	(2)	2.10	—
68	(2)	2.10	—
69	(2)	2.10	—
70	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(2)	2.10	—
72	(2)	2.10	—
73	(2)	2.10	—
74	(1)	1.00	—
75	(2)	2.10	—
76	(2)	2.10	—
77	(2)	2.10	—
78	(2)	2.10	—
79	(2)	2.10	—
80	(2)	2.10	—
81	(1)	1.00	—
82	(1)	1.00	—
83	(2)	2.10	—
84	(2)	2.10	—
85	(2)	2.10	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
86	(2)	2.10	—
87	(2)	2.10	—
88	(2)	2.10	—
89	(1)	1.00	—
90	(2)	2.10	—
91	(2)	2.10	—
92	(2)	2.10	—
93	(1)	1.00	—
94	(1)	1.00	—
95	(1)	1.00	—
96	(1)	1.00	—
97	(9)	2.10	—
98	(2)	2.10	—
99	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

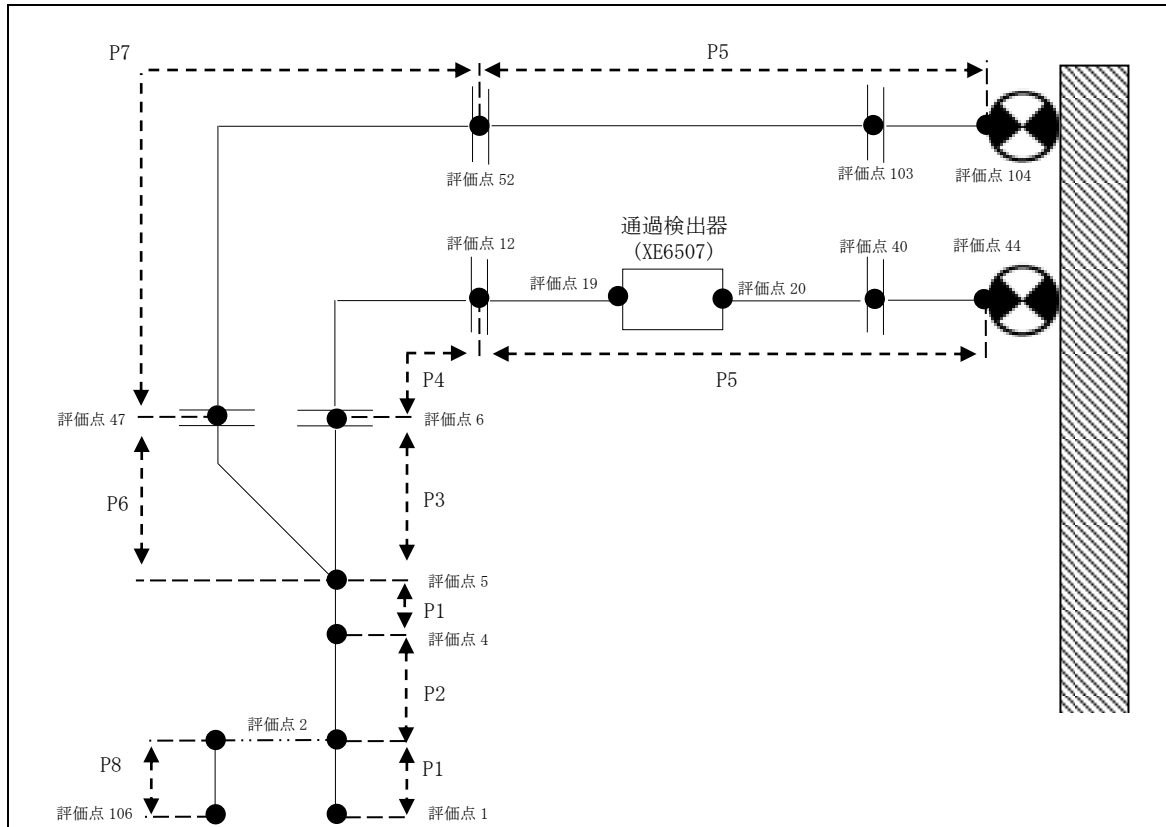
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
7	—	フランジ×2	2.000	φ 52.7 WN
13	—	フランジ×2	3.030	φ 52.7 WN+ 32A SO
19	XE6407	通過検出器+ フランジ	12.030	32A SO
20	XE6407	通過検出器+ フランジ	12.030	32A SO
25	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
31	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
36	—	フランジ×2	4.060	32A SO
44	—	フランジ×2	3.030	φ 52.7 WN
49	—	フランジ×2	4.060	φ 52.7 WN+ 32A SO
97	—	フランジ×2	4.060	32A SO
99	—	照射筒受座	0.200	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び 原子炉本体質点 1, 6, 7, 14, 19, 20	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

3.2. EXP-PN-A-02

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	83.0		83.0(外)/43.7(内)	52.7
板厚(mm)	3.5		3.5(外)/3.5(内)	8.0
材質	A6063TE-T6		A6063-T6	A6061FH-T6
ヤング率(N/mm ²)	6.52×10 ⁴		6.52×10 ⁴	6.52×10 ⁴
ポアソン比(-)	0.33		0.33	0.33
最高使用温度(°C)	120		120	120
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)	2.69×10 ⁻⁹		2.69×10 ⁻⁹	2.70×10 ⁻⁹
内部流体種類	窒素ガス		窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00	0.00
外部流体種類	水		水	水
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	152		152	208
設計引張強さ Su(N/mm ²)	158		158	228
許容応力(N/mm ²)	B _A S	1次	152	208

配管番号			P4	P5	P6
外径(mm)			52.7	42.7	41.0
板厚(mm)			8.0	3.0	6.0
材質			A5052TD-0	SUS304TP	A6063TE-T6
ヤング率(N/mm ²)			6.62×10^4	1.88×10^5	6.52×10^4
ポアソン比(-)			0.33	0.3	0.33
最高使用温度(°C)			120	120	120
最高使用圧力(MPa)			0.0981	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)			2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}	2.69×10^{-9}
内部流体種類			窒素ガス	窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)			0.00	0.00	0.00
外部流体種類			水	水	水
外部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy (N/mm ²)			55	164	152
設計引張強さ Su (N/mm ²)			160	433	158
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	55	164	152

配管番号	P7	P8	
外径(mm)	42.7	43.7	
板厚(mm)	6.0	3.5	
材質	A5052TD-0	A6063BE-T6	
ヤング率(N/mm ²)	6.62×10^4	6.52×10^4	
ポアソン比(-)	0.33	0.33	
最高使用温度(°C)	120	120	
最高使用圧力(MPa)	0.0981	0.0981	
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10^{-9}	2.69×10^{-9}	
内部流体種類	窒素ガス	窒素ガス	
内部流体密度(ton/mm)	0.00	0.00	
外部流体種類	水	水	
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	55	152	
設計引張強さ Su(N/mm ²)	160	158	
許容応力 (N/mm ²)	B _A S 1次	55	152

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(4)	1.70	1.70
6	(9)	2.10	—
7	(6)	0.17	—
8	(6)	0.17	—
9	(6)	0.17	—
10	(6)	0.17	—
11	(6)	0.17	—
12	(9)	2.10	—
13	(6)	0.27	—
14	(6)	0.27	—
15	(6)	0.27	—
16	(6)	0.27	—
17	(6)	0.27	—
18	(6)	0.27	—
19	(9)	2.10	—
20	(9)	2.10	—
21	(6)	0.16	—
22	(6)	0.16	—
23	(6)	0.16	—
24	(6)	0.16	—
25	(6)	0.16	—
26	(9)	2.10	—
27	(1)	1.00	—
28	(6)	0.27	—
29	(6)	0.27	—
30	(6)	0.27	—
31	(9)	2.10	—
32	(6)	0.27	—
33	(6)	0.27	—
34	(6)	0.27	—
35	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(1)	1.00	—
37	(6)	0.27	—
38	(6)	0.27	—
39	(6)	0.27	—
40	(9)	2.10	—
41	(6)	0.27	—
42	(6)	0.27	—
43	(6)	0.27	—
44	(2)	2.10	—
45	(6)	0.73	—
46	(6)	0.73	—
47	(9)	2.10	—
48	(1)	1.00	—
49	(6)	1.01	—
50	(6)	1.01	—
51	(1)	1.00	—
52	(9)	2.10	—
53	(1)	1.00	—
54	(1)	1.00	—
55	(6)	1.08	—
56	(6)	1.08	—
57	(6)	1.08	—
58	(6)	0.17	—
59	(6)	0.17	—
60	(6)	0.17	—
61	(6)	0.17	—
62	(6)	0.17	—
63	(6)	0.17	—
64	(6)	0.17	—
65	(6)	0.17	—
66	(6)	0.17	—
67	(6)	0.17	—
68	(6)	0.17	—
69	(1)	1.00	—
70	(6)	0.27	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(6)	0.27	—
72	(6)	0.27	—
73	(9)	2.10	—
74	(6)	0.27	—
75	(6)	0.27	—
76	(6)	0.27	—
77	(1)	1.00	—
78	(2)	2.10	—
79	(2)	2.10	—
80	(2)	2.10	—
81	(2)	2.10	—
82	(2)	2.10	—
83	(2)	2.10	—
84	(1)	1.00	—
85	(2)	2.10	—
86	(2)	2.10	—
87	(2)	2.10	—
88	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
89	(1)	1.00	—
90	(1)	1.00	—
91	(1)	1.00	—
92	(2)	2.10	—
93	(2)	2.10	—
94	(2)	2.10	—
95	(1)	1.00	—
96	(2)	2.10	—
97	(2)	2.10	—
98	(2)	2.10	—
99	(1)	1.00	—
100	(1)	1.00	—
101	(1)	1.00	—
102	(1)	1.00	—
103	(9)	2.10	—
104	(2)	2.10	—
105	(1)	1.00	—
106	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

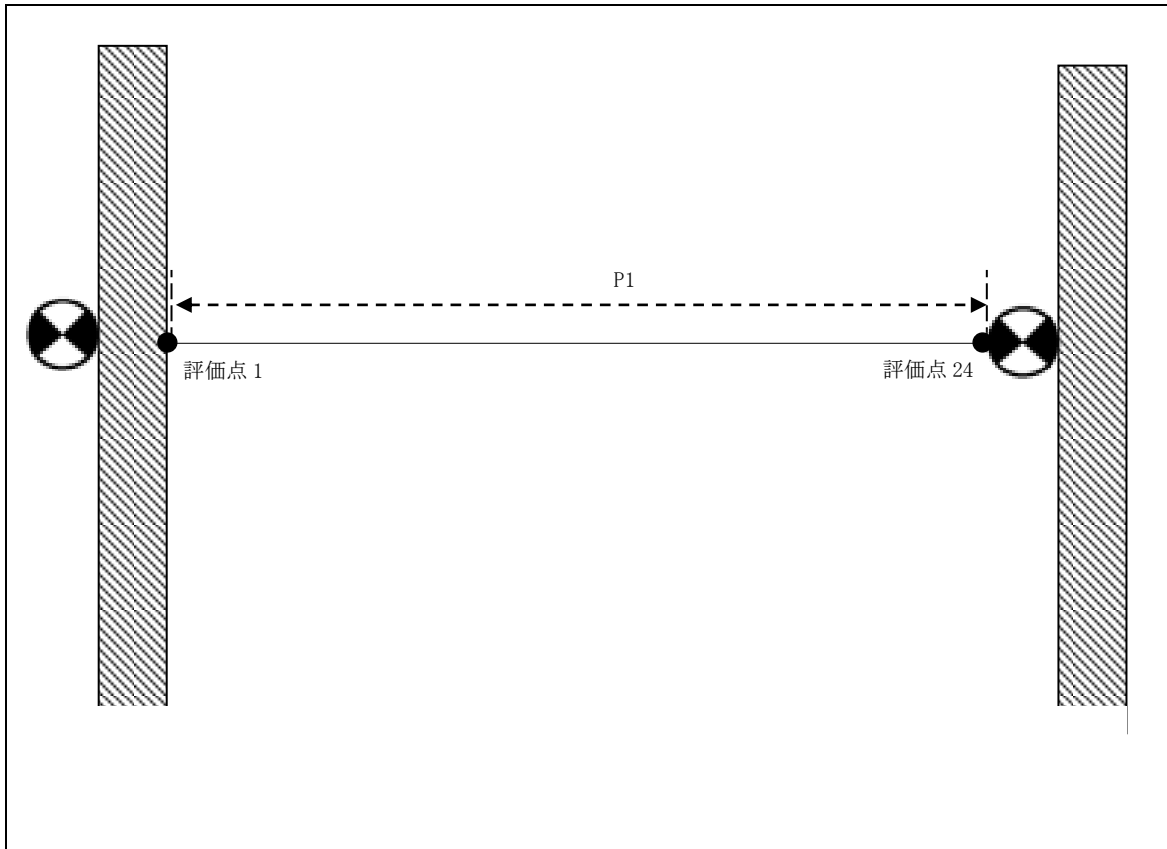
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
6	—	フランジ×2	2.000	φ 52.7 WN (アルミ)
12	—	フランジ×2	3.030	φ 52.7 WN (アルミ)+ 32A SO
19	XE6507	通過検出器+ フランジ	15.600	32A SO
20	XE6507	通過検出器+ フランジ	15.600	32A SO
26	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
31	—	スリーブジョイント	0.506	φ 43.2×3.9
40	—	フランジ×2	4.060	32A SO
47	—	フランジ×2	3.030	φ 52.7 WN (アルミ)
52	—	フランジ×2	4.060	φ 52.7 WN (アルミ)+ 32A SO
103	—	フランジ×2	4.060	32A SO
106	—	照射筒受座	0.200	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 9, 10 及び 原子炉本体質点 1, 6, 7, 14, 19, 20	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 9, 10	0.41	—

3.3. EXP-PN-A-03

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	42.7			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.88×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	120			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	窒素ガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	164			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	433			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	164	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(9)	2.10	—
9	(3)	1.90	—
10	(3)	1.90	—
11	(3)	1.90	—
12	(3)	1.90	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(9)	2.10	—
14	(3)	1.90	—
15	(3)	1.90	—
16	(3)	1.90	—
17	(3)	1.90	—
18	(9)	2.10	—
19	(3)	1.90	—
20	(3)	1.90	—
21	(3)	1.90	—
22	(3)	1.90	—
23	(1)	1.00	—
24	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

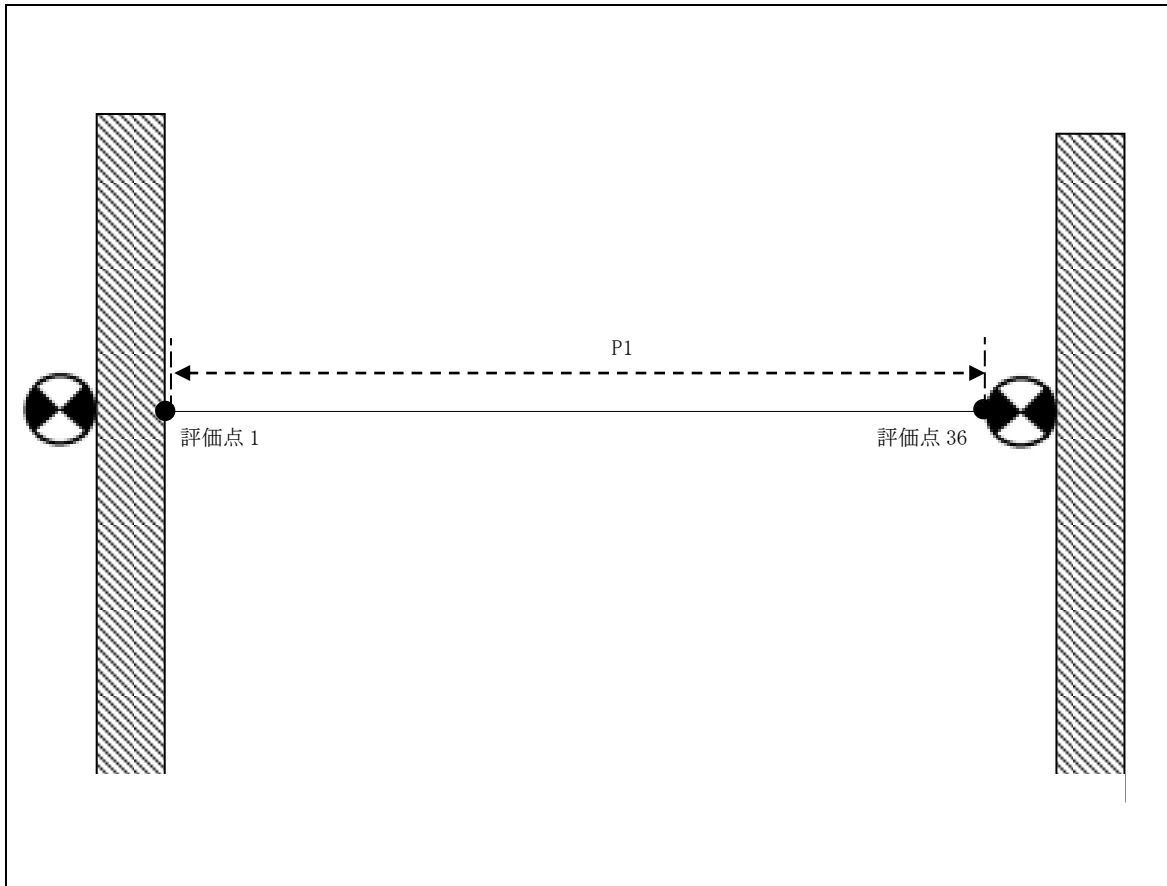
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
13	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
18	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 9, 10	0.32	0.27
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.4. EXP-PN-A-04

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	42.7			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.88×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	120			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	窒素ガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	164			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	433			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	164	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(5)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(2)	2.10	—
18	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(2)	2.10	—
35	(5)	2.10	—
36	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

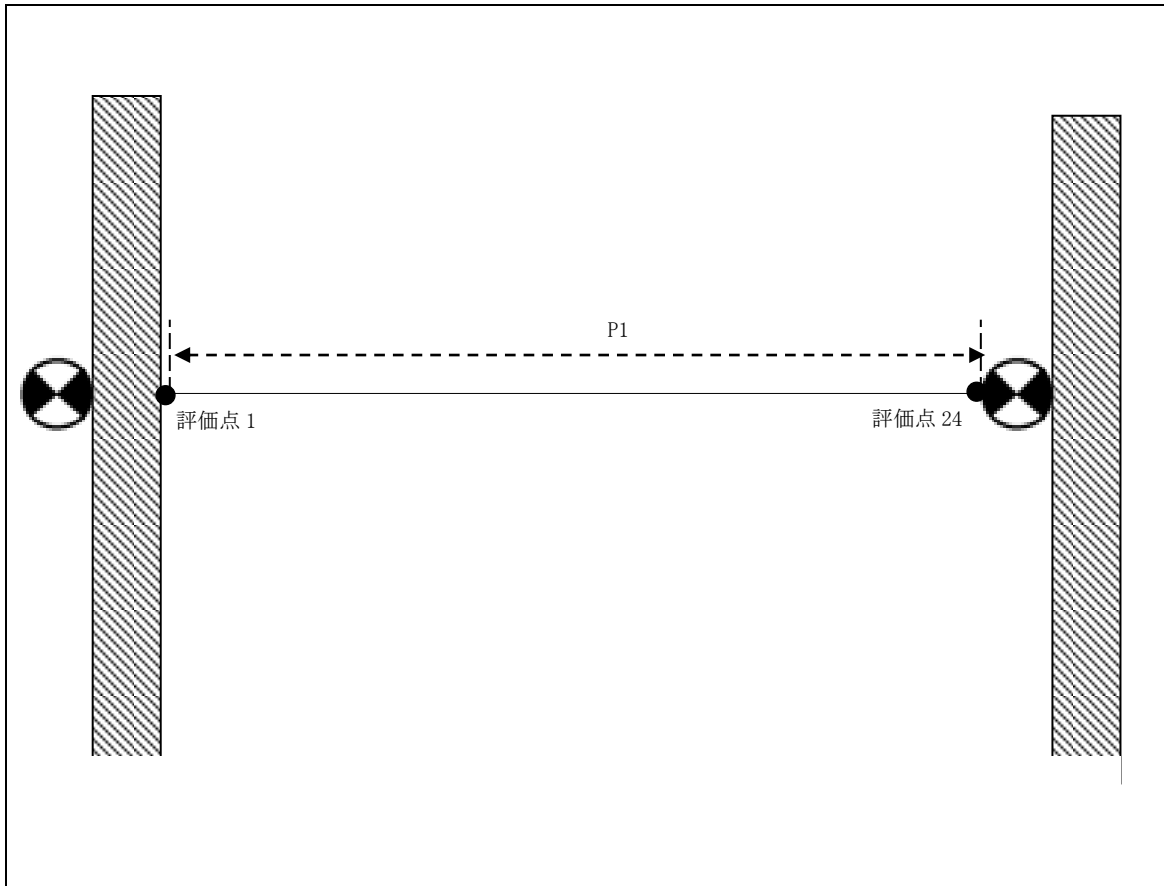
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.5. EXP-PN-A-05

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	42.7			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.88×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	120			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	窒素ガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	164			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	433			
許容応力 (N/mm ²)	B _s S	1次	164	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(1)	1.00	—
8	(2)	2.10	—
9	(3)	1.90	—
10	(3)	1.90	—
11	(3)	1.90	—
12	(3)	1.90	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
13	(2)	2.10	—
14	(3)	1.90	—
15	(3)	1.90	—
16	(3)	1.90	—
17	(3)	1.90	—
18	(2)	2.10	—
19	(3)	1.90	—
20	(3)	1.90	—
21	(3)	1.90	—
22	(3)	1.90	—
23	(1)	1.00	—
24	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

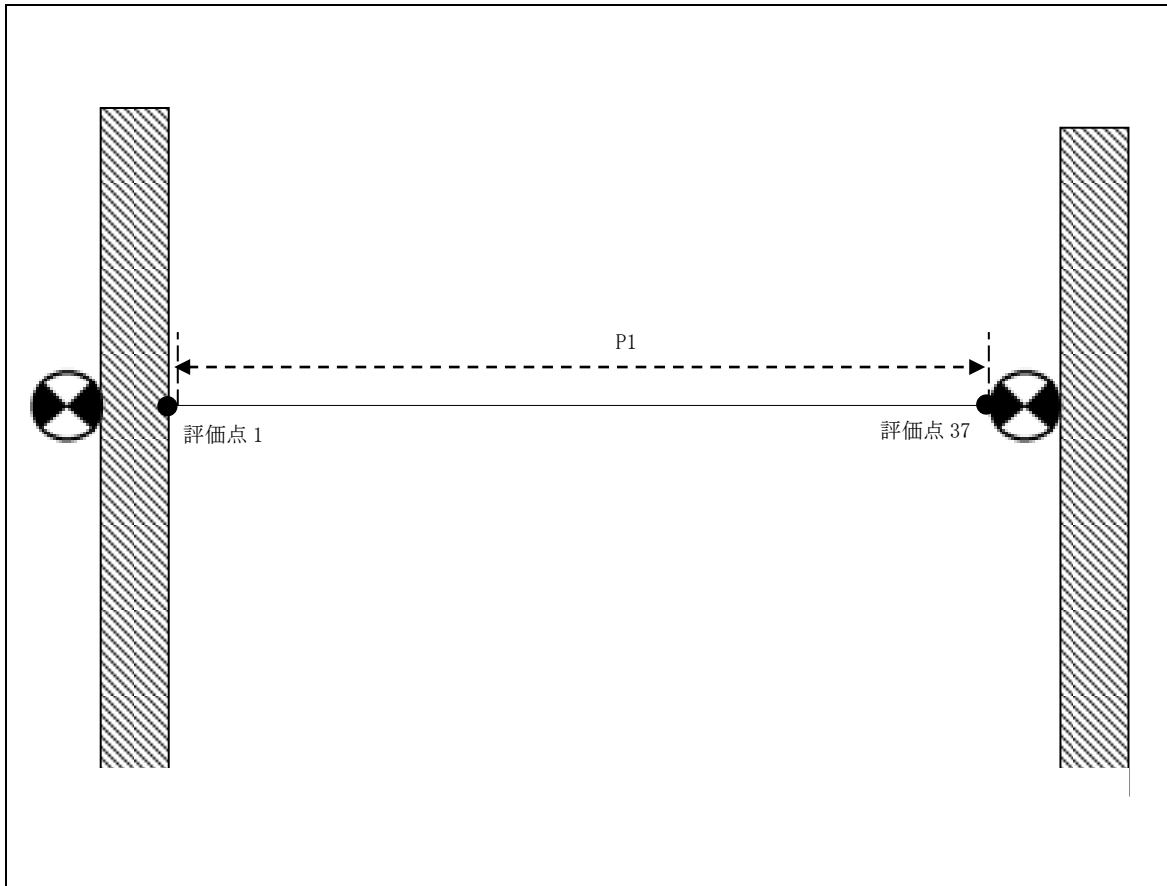
評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
13	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$
18	—	スリーブジョイント	0.506	$\phi 43.2 \times 3.9$

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	1.2ZPA	—	原子炉建家質点 9, 10	0.32	0.27
	静的地震力	—	—		0.41	—

3.6. EXP-PN-A-06

(1) 解析モデル



配管番号	P1			
外径(mm)	42.7			
板厚(mm)	3.0			
材質	SUS304TP			
ヤング率(N/mm ²)	1.88×10 ⁵			
ポアソン比(-)	0.3			
最高使用温度(°C)	120			
最高使用圧力(MPa)	0.0981			
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹			
内部流体種類	窒素ガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	164			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	433			
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	164	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(2)	2.10	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—
7	(5)	2.10	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(2)	2.10	—
12	(2)	2.10	—
13	(2)	2.10	—
14	(1)	1.00	—
15	(2)	2.10	—
16	(2)	2.10	—
17	(2)	2.10	—
18	(1)	1.00	—
19	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
20	(1)	1.00	—
21	(1)	1.00	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(1)	1.00	—
25	(1)	1.00	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(1)	1.00	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(1)	1.00	—
32	(2)	2.10	—
33	(2)	2.10	—
34	(2)	2.10	—
35	(1)	1.00	—
36	(5)	2.10	—
37	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
—	—	—	—	—

(4) 入力地震波

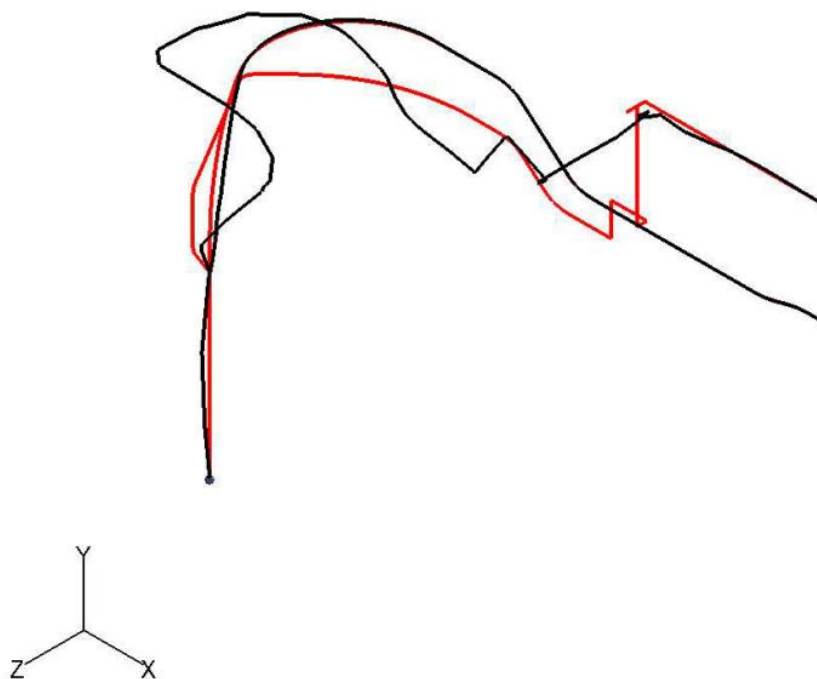
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

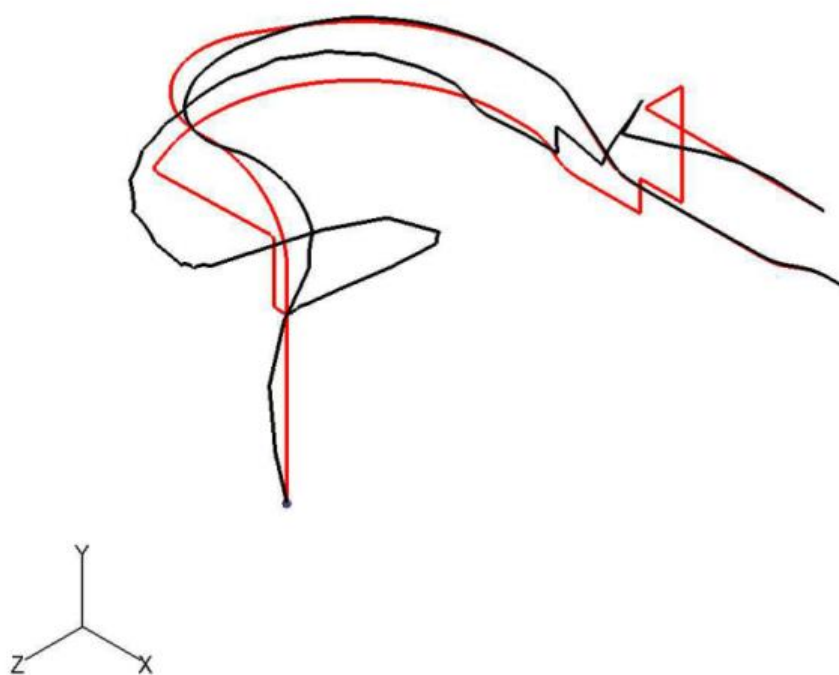
(1) EXP-PN-A-01

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	10.3	16.8	12.9
固有周期 (s)	0.097	0.059	0.078



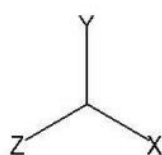
(2) EXP-PN-A-02

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	12.1	15.6	10.2
固有周期 (s)	0.083	0.064	0.098



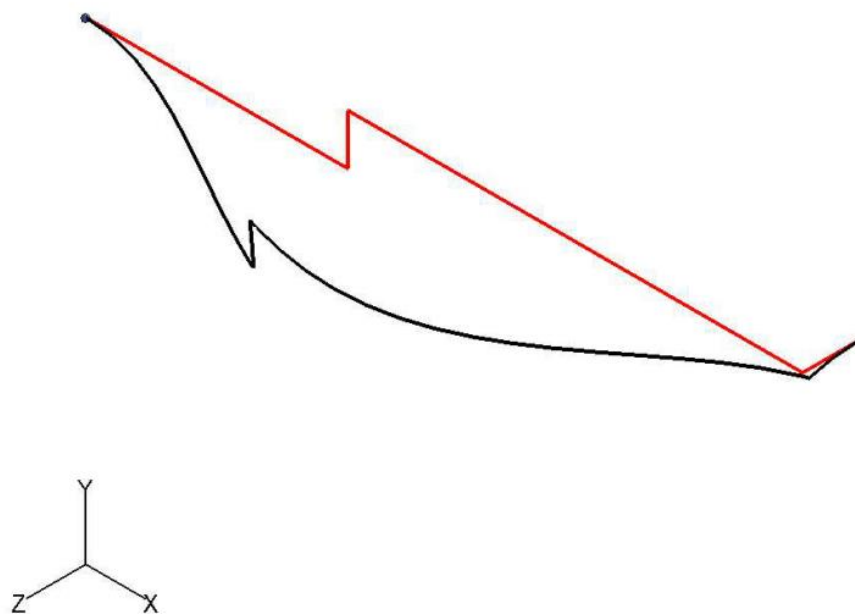
(3) EXP-PN-A-03

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	536.4	21.5	23.0
固有周期 (s)	0.002	0.047	0.043



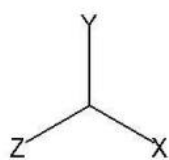
(4) EXP-PN-A-04

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	77.8	14.9	12.7
固有周期 (s)	0.013	0.067	0.079



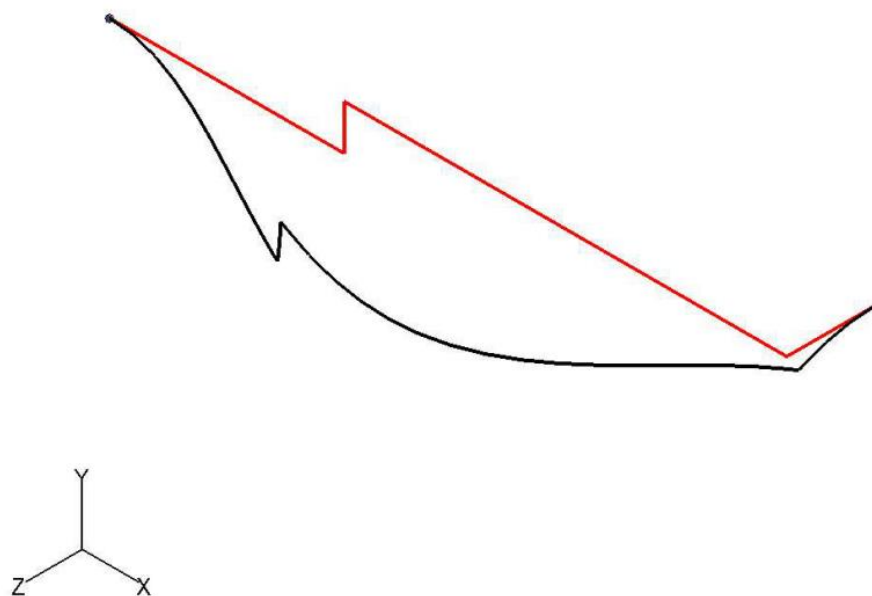
(5) EXP-PN-A-05

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	550.9	21.4	22.8
固有周期 (s)	0.002	0.047	0.044



(6) EXP-PN-A-06

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	49.7	12.9	11.0
固有周期 (s)	0.020	0.078	0.091



4.2. 結論

4.2.1. EXP-PN-A-01

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	49	一次応力	1	3	23	-	27	55

4.2.2. EXP-PN-A-02

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	12	一次応力	1	12	14	-	27	55

4.2.3. EXP-PN-A-03

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	24	一次応力	1	18	6	-	25	164

4.2.4. EXP-PN-A-04

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	28	49	-	78	164

4.2.5. EXP-PN-A-05

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	17	7	—	25	164

4.2.6. EXP-PN-A-06

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	1	一次応力	1	32	61	—	94	164

4.3. 拘束点反力

4.3.1. EXP-PN-A-01

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	28	—	24	—	—	—
	動的地震荷重 Y	7	—	10	—	—	—
	動的地震荷重 Z	39	—	40	—	—	—
	静的地震荷重 X	22	—	8	—	—	—
	静的地震荷重 Z	11	—	9	—	—	—
5	自重	3	255	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	101	42	108	—	—	—
	動的地震荷重 Y	22	48	33	—	—	—
	動的地震荷重 Z	181	93	205	—	—	—
	静的地震荷重 X	98	26	48	—	—	—
	静的地震荷重 Z	66	64	176	—	—	—
14	自重	—	148	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	26	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	53	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	57	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	18	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	48	—	—	—	—
14	自重	13	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	30	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	15	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	18	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	39	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	38	—	—	—	—	—
	方向	0.9063	0.0000	-0.4226	—	—	—
21	自重	—	329	8	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	23	47	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	49	19	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	33	60	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	41	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	4	130	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
30	自重	—	75	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	14	25	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	19	10	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	16	27	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	48	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	33	—	—	—
41	自重	7	86	1	986	368	29126
	動的地震荷重 X	62	16	20	963	8829	7387
	動的地震荷重 Y	19	12	8	597	3079	5487
	動的地震荷重 Z	41	13	16	754	6498	5586
	静的地震荷重 X	208	6	4	48	2551	6640
	静的地震荷重 Z	3	1	35	1465	11987	419
50	自重	—	124	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	21	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	18	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	46	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	8	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	19	—	—	—	—
50	自重	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	222	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	12	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	52	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	117	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	30	—	—	—	—	—
	方向	0.8572	0.0000	-0.5150	—	—	—
58	自重	—	89	6	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	11	104	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	13	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	20	33	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	43	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	43	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
74	自重	—	129	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	71	45	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	17	13	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	23	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	27	16	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	38	—	—	—
95	自重	—	62	15	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	135	51	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	7	22	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	24	53	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	45	13	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	51	—	—	—
98	自重	7	48	9	816	2649	5661
	動的地震荷重 X	85	46	25	1219	7136	13639
	動的地震荷重 Y	7	9	12	900	3463	1649
	動的地震荷重 Z	14	10	31	2191	8697	2690
	静的地震荷重 X	89	15	5	41	1504	4347
	静的地震荷重 Z	1	2	6	1210	1853	413

4.3.2. EXP-PN-A-02

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	—	3	—	—	—
	動的地震荷重 X	71	—	29	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	34	—	24	—	—	—
	静的地震荷重 X	4	—	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	—	26	—	—	—
5	自重	3	264	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	305	145	73	—	—	—
	動的地震荷重 Y	36	49	9	—	—	—
	動的地震荷重 Z	145	69	55	—	—	—
	静的地震荷重 X	189	63	14	—	—	—
	静的地震荷重 Z	11	8	76	—	—	—
14	自重	—	157	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	103	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	62	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	52	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	50	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	7	—	—	—	—
14	自重	15	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	53	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	10	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	42	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	11	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	73	—	—	—	—	—
	方向	-0.0785	0.0000	0.9969	—	—	—
21	自重	—	322	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	37	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	60	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	37	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	3	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
21	自重	15	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	50	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	40	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	83	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	95	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	118	—	—	—	—	—
	方向	0.8660	0.0000	0.5000	—	—	—
27	自重	—	66	7	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	17	264	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	24	24	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	14	136	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	4	70	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	135	—	—	—
35	自重	—	102	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	25	138	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	18	18	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	15	74	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	12	39	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	9	11	—	—	—
44	自重	10	78	1	1147	181	25827
	動的地震荷重 X	225	19	30	2876	17516	14693
	動的地震荷重 Y	35	13	7	726	2993	6353
	動的地震荷重 Z	123	9	23	2158	11009	8290
	静的地震荷重 X	153	10	5	180	3067	6383
	静的地震荷重 Z	102	8	39	2851	15245	4519
53	自重	—	109	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	43	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	9	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	30	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	14	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
53	自重	9	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	175	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	10	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	107	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	85	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	84	—	—	—	—	—
	方向	0.0262	0.0000	0.9997	—	—	—
63	自重	—	87	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	7	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	8	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	10	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	1	—	—	—	—
63	自重	8	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	212	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	9	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	111	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	131	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	3	—	—	—	—	—
	方向	0.8660	0.0000	0.5000	—	—	—
69	自重	—	72	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	9	30	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	9	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	11	19	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	1	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	2	42	—	—	—
84	自重	—	138	7	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	13	20	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	15	13	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	14	14	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	9	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	5	39	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
101	自重	—	68	14	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	40	71	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	8	12	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	28	96	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	16	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	12	61	—	—	—
104	自重	6	45	8	2082	2294	4722
	動的地震荷重 X	37	18	45	3491	13129	5196
	動的地震荷重 Y	7	8	8	662	1833	1373
	動的地震荷重 Z	22	15	56	5201	16467	4206
	静的地震荷重 X	79	6	4	334	1213	1698
	静的地震荷重 Z	3	7	2	1902	3874	1884

4.3.3. EXP-PN-A-03

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	19	66	2	766	1465	33016
	動的地震荷重 X	29	2	1	151	445	426
	動的地震荷重 Y	5	18	1	207	396	8915
	動的地震荷重 Z	18	6	22	328	10698	2515
	静的地震荷重 X	37	2	1	193	570	546
	静的地震荷重 Z	23	7	28	420	13707	3223
24	自重	19	78	2	18485	3195	32838
	動的地震荷重 X	18	2	1	548	3189	699
	動的地震荷重 Y	5	21	1	4991	863	8867
	動的地震荷重 Z	18	6	24	781	6454	1653
	静的地震荷重 X	23	2	1	703	4086	896
	静的地震荷重 Z	23	7	31	1001	8270	2118

4.3.4. EXP-PN-A-04

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	145	104	3	926	2611	61627
	動的地震荷重 X	13	7	8	698	5580	3691
	動的地震荷重 Y	146	76	38	2959	30515	51555
	動的地震荷重 Z	71	53	95	8397	79208	40697
	静的地震荷重 X	38	1	1	90	588	4
	静的地震荷重 Z	25	3	37	1848	24081	1
36	自重	145	74	3	19702	38069	25592
	動的地震荷重 X	13	5	7	1603	4494	1669
	動的地震荷重 Y	150	35	32	9933	32627	19762
	動的地震荷重 Z	74	36	80	14303	55658	20491
	静的地震荷重 X	35	1	1	357	8530	712
	静的地震荷重 Z	25	3	37	1609	8808	1410

4.3.5. EXP-PN-A-05

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	6	73	1	878	426	36741
	動的地震荷重 X	28	2	1	172	482	330
	動的地震荷重 Y	2	20	—	237	115	9920
	動的地震荷重 Z	18	6	22	26	10674	2229
	静的地震荷重 X	35	2	1	221	618	423
	静的地震荷重 Z	23	7	28	33	13676	2856
24	自重	6	70	1	16736	1840	30242
	動的地震荷重 X	19	2	1	559	3392	756
	動的地震荷重 Y	2	19	—	4519	497	8166
	動的地震荷重 Z	18	6	24	1174	6510	1971
	静的地震荷重 X	24	2	1	716	4346	969
	静的地震荷重 Z	23	7	31	1504	8341	2525

4.3.6. EXP-PN-A-06

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	105	107	4	2218	4249	70120
	動的地震荷重 X	20	14	13	1506	11158	11003
	動的地震荷重 Y	120	75	64	6380	54979	58720
	動的地震荷重 Z	129	92	85	9035	73696	74755
	静的地震荷重 X	55	3	1	163	839	403
	静的地震荷重 Z	35	3	39	2314	26683	504
37	自重	105	88	4	37109	43626	26040
	動的地震荷重 X	17	13	11	6226	8464	4749
	動的地震荷重 Y	129	48	53	23214	43375	23287
	動的地震荷重 Z	140	63	70	31877	56131	31112
	静的地震荷重 X	26	3	1	1100	8919	1397
	静的地震荷重 Z	35	3	42	2297	628	1621

3 - 4 - 7 - 5 . 放射化分析用照射設備主配管の耐
震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-5- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-5- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-5- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-5- 3
3. 設計条件	添 3-4-7-5- 8
3.1. EXP-PH-A-01	添 3-4-7-5- 8
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-5-15
4.1. 固有周期	添 3-4-7-5-15
4.2. 結論	添 3-4-7-5-16
4.2.1. EXP-PH-A-01	添 3-4-7-5-16
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-5-17
4.3.1. EXP-PH-A-01	添 3-4-7-5-17

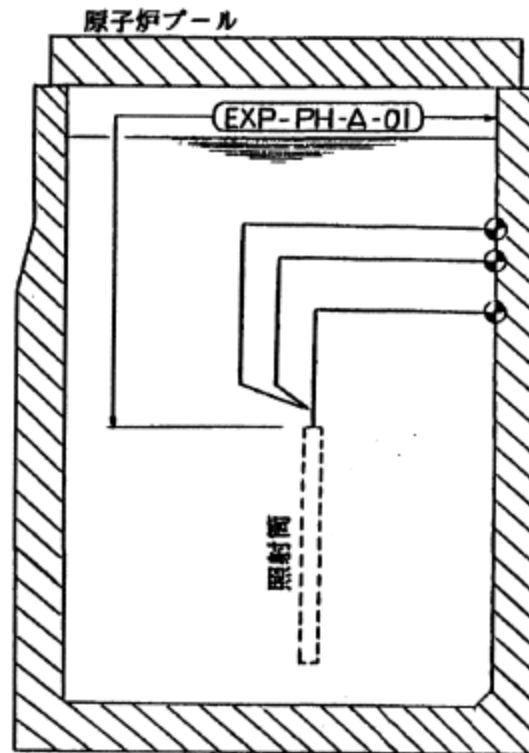
1. 概要

本計算書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
EXP-PH-A-01	重水タンク内照射筒 (PA) から 原子炉プール貫通部アンカ まで (照射筒 (PA) の第 4 種管を含む)	B



2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図



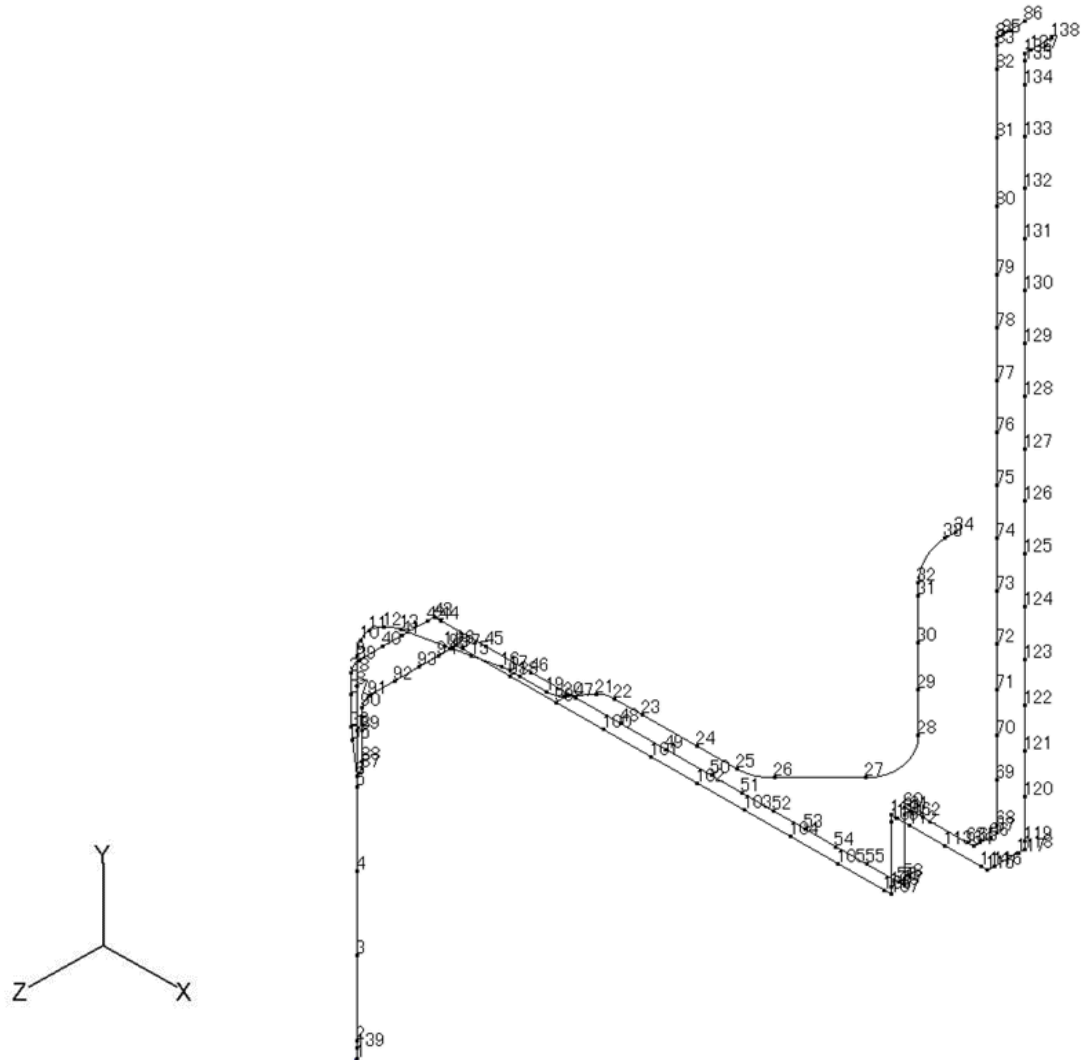
2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

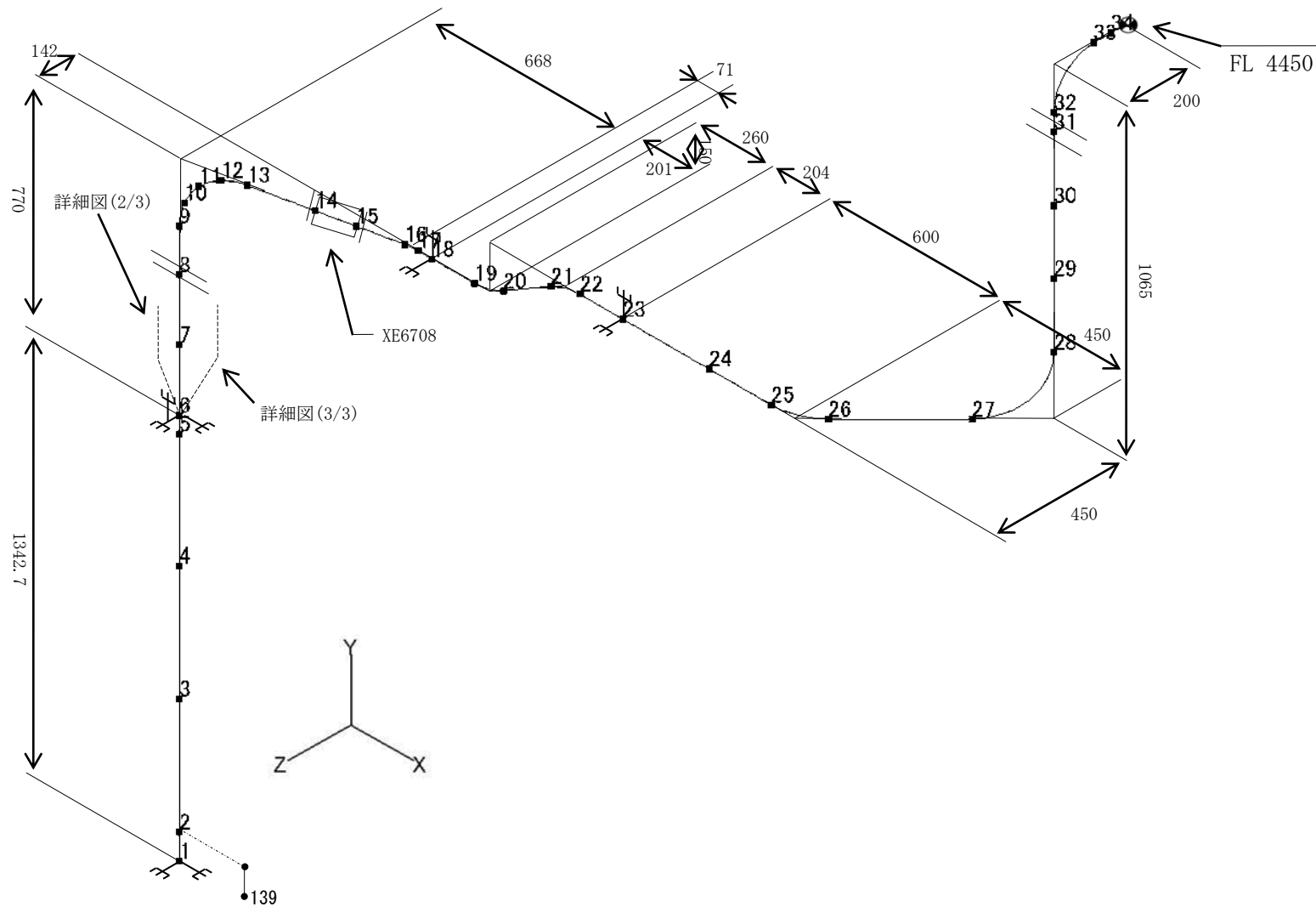
記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント

(1) EXP-PH-A-01

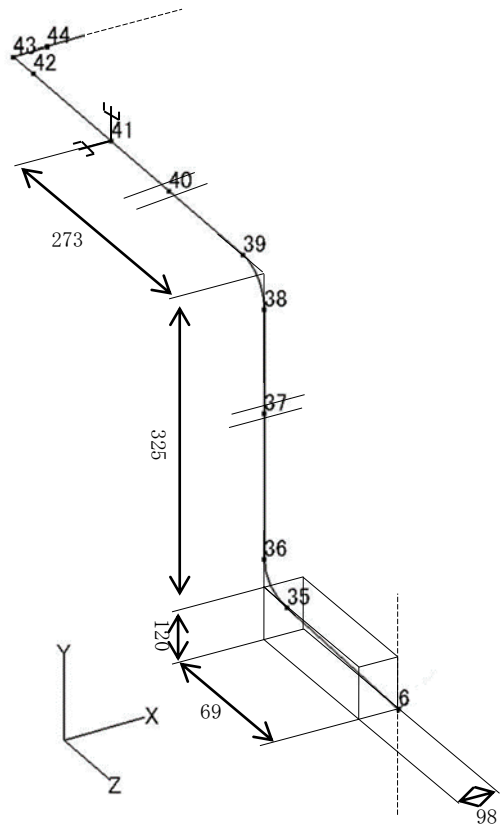
a. 全体図



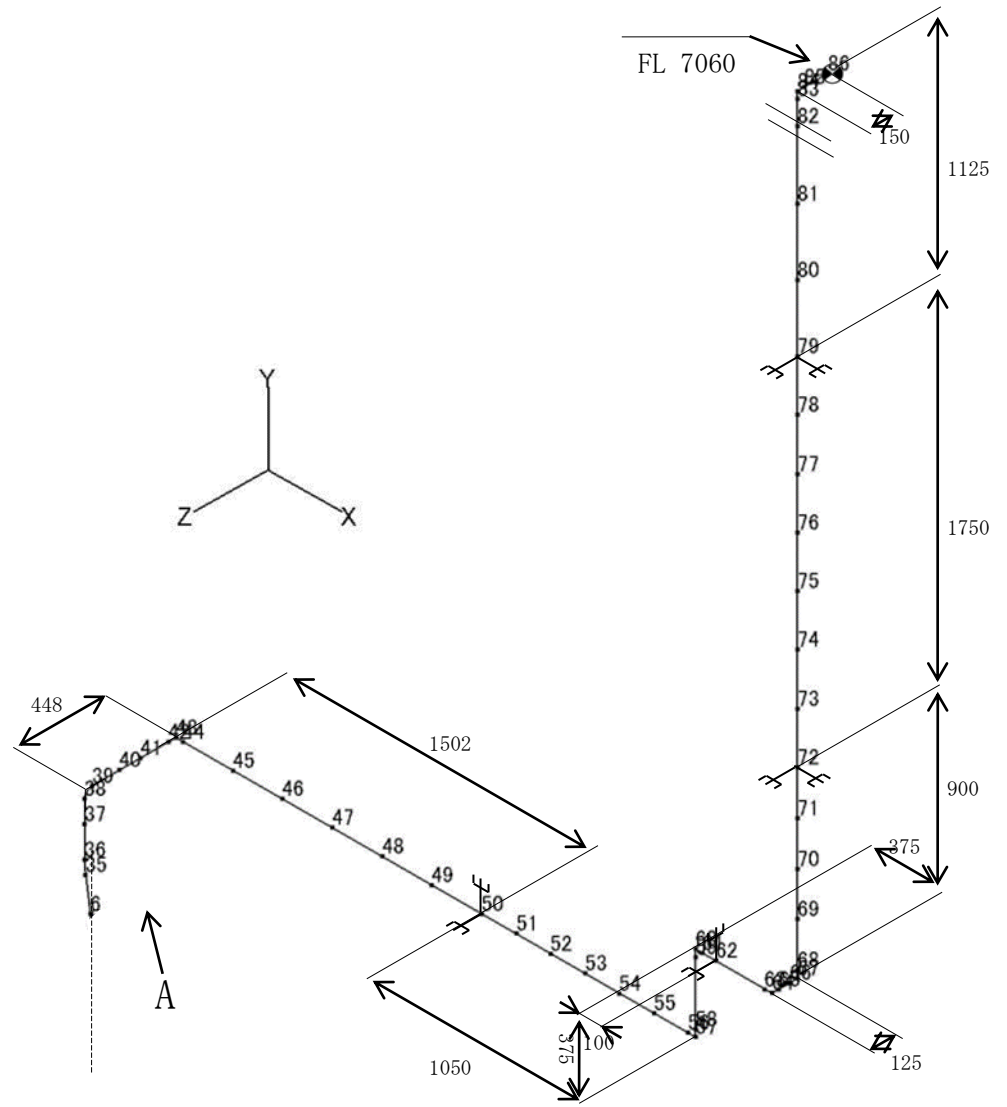
b. 詳細図(1/3)



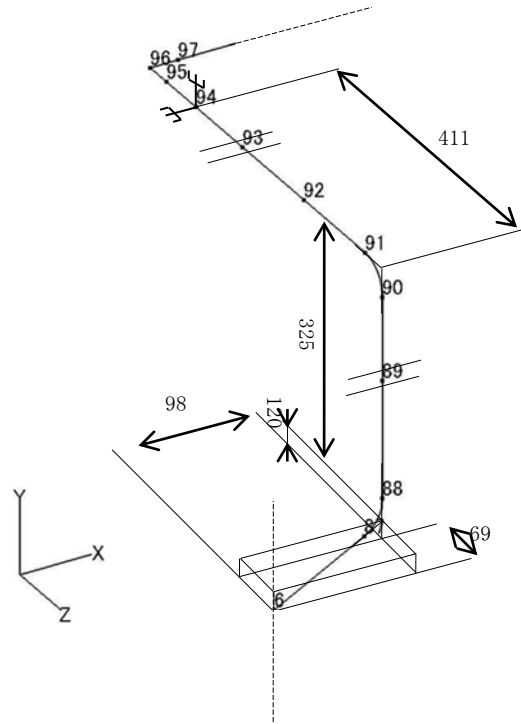
c. 詳細図(2/3)



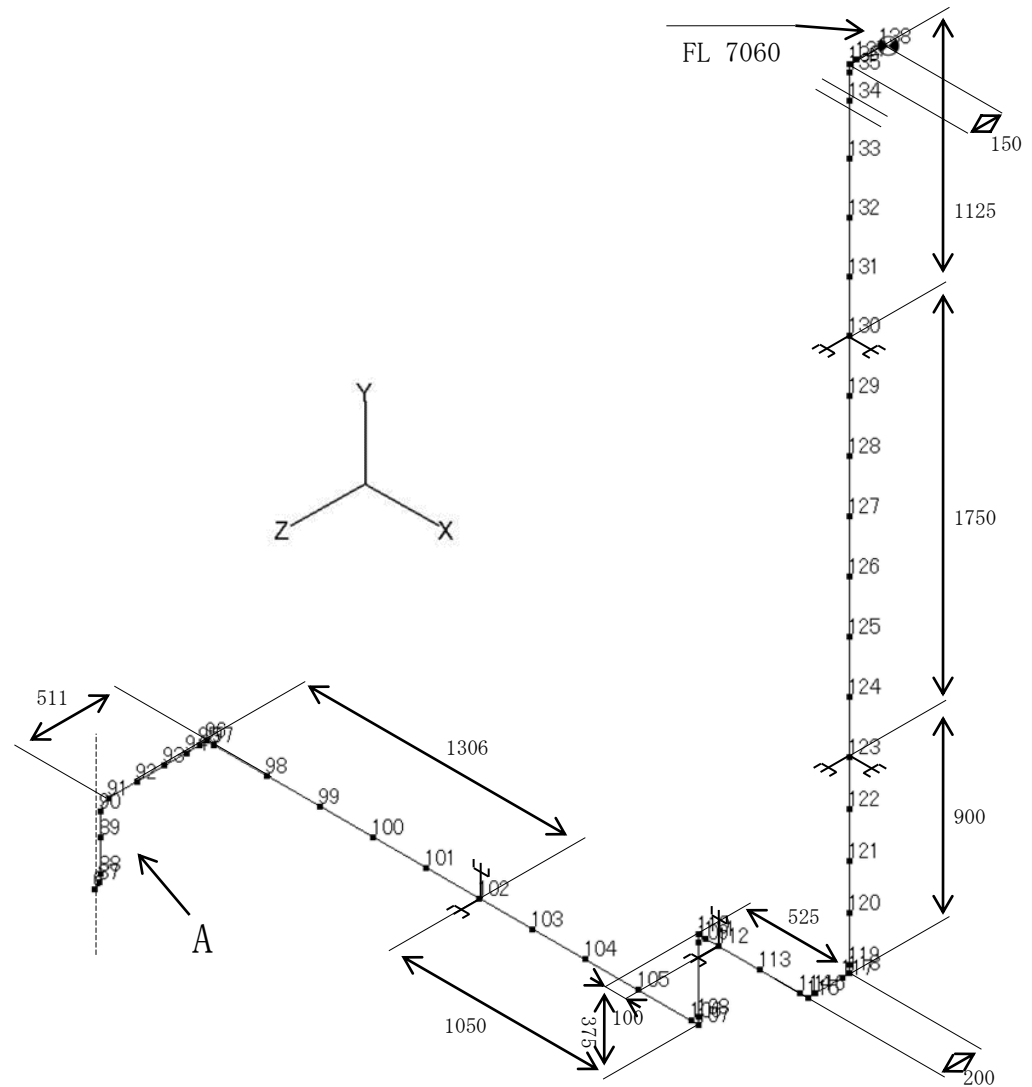
拡大部 A



d. 詳細図((3/3))



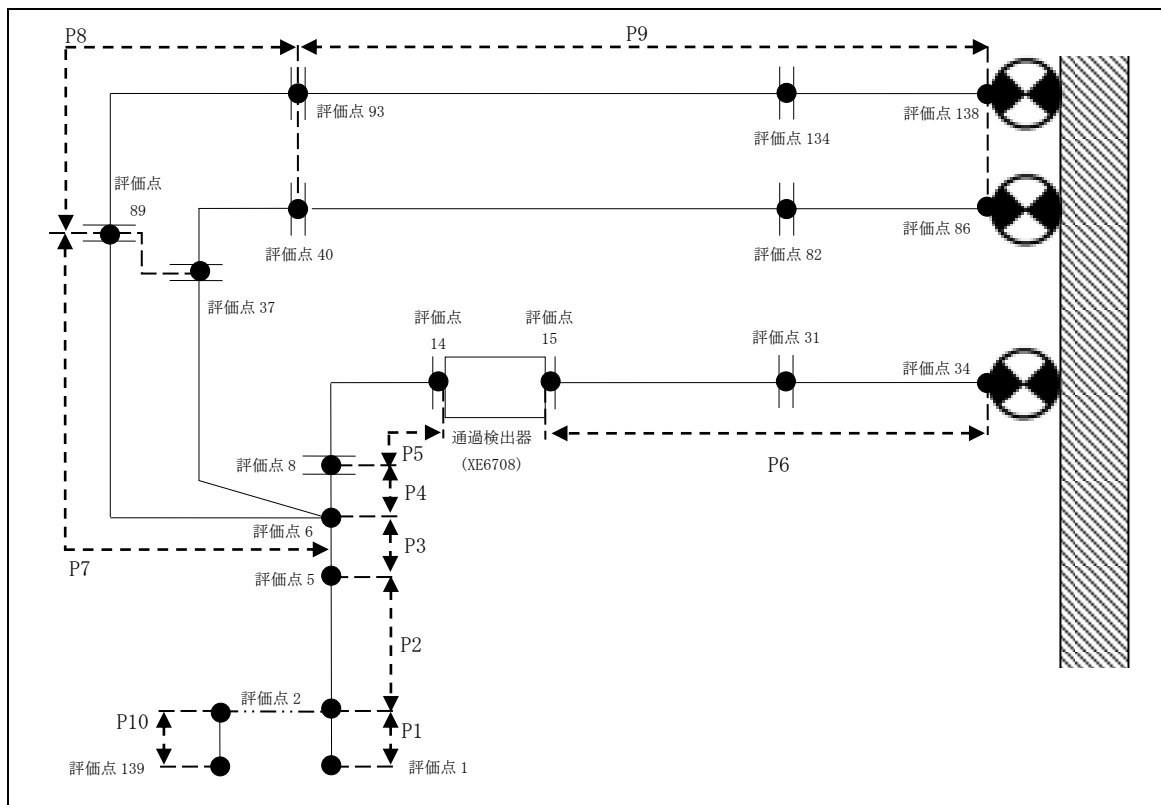
拡大部 A



3. 設計条件

3.1. EXP-PH-A-01

(1) 解析モデル



配管番号	P1		P2	P3
外径(mm)	45.0		45.0(外)/25.0(内)	45.0
板厚(mm)	4.0		4.0(外)/2.5(内)	4.0
材質	A6063TE-T6		A6063S-T6	A6063S-T6
ヤング率(N/mm ²)	6.76×10 ⁴		6.76×10 ⁴	6.76×10 ⁴
ポアソン比(-)	0.33		0.33	0.33
最高使用温度(°C)	100		100	100
最高使用圧力(MPa)	0.0981		0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10 ⁻⁹		2.70×10 ⁻⁹	2.70×10 ⁻⁹
内部流体種類	窒素ガス		窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)	0.00		0.00	0.00
外部流体種類	水		水	水
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹		1.00×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁹
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154		154	154
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164		164	164
許容応力(N/mm ²)	B _s S	1次	154	154

配管番号			P4	P5	P6
外径(mm)			32.0	32.0	27.2
板厚(mm)			6.0	6.0	3.6
材質			A6061FH-T6	A5052TD-0	SUS304TP
ヤング率(N/mm ²)			6.76×10^4	6.86×10^4	1.92×10^5
ポアソン比(-)			0.33	0.33	0.3
最高使用温度(°C)			100	60	60
最高使用圧力(MPa)			0.0981	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)			2.70×10^{-9}	2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類			窒素ガス	窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)			0.00	0.00	0.00
外部流体種類			水	水	水
外部流体密度(ton/mm)			1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)			214	61	192
設計引張強さ Su(N/mm ²)			235	174	489
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	214	61	192

配管番号		P7	P8	P9
外径(mm)		32.0	34.0	34.0
板厚(mm)		6.0	6.0	3.0
材質		A6063TE-T6	A5052TD-0	SUS304TP
ヤング率(N/mm ²)		6.76×10^4	6.86×10^4	1.92×10^5
ポアソン比(-)		0.33	0.33	0.3
最高使用温度(°C)		100	60	60
最高使用圧力(MPa)		0.0981	0.0981	0.0981
配管密度(ton/mm ³)		2.70×10^{-9}	2.68×10^{-9}	7.93×10^{-9}
内部流体種類		窒素ガス	窒素ガス	窒素ガス
内部流体密度(ton/mm)		0.00	0.00	0.00
外部流体種類		水	水	水
外部流体密度(ton/mm)		1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-9}
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		154	61	192
設計引張強さ Su(N/mm ²)		164	174	489
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次		
			154	61
				192

配管番号	P10			
外径(mm)	25.0			
板厚(mm)	2.5			
材質	A6063BE-T6			
ヤング率(N/mm ²)	6.74×10 ⁴			
ポアソン比(-)	0.33			
最高使用温度(°C)	100			
最高使用圧力(MPa)	0.9807			
配管密度(ton/mm ³)	2.70×10 ⁻⁹			
内部流体種類	窒素ガス			
内部流体密度(ton/mm)	0.00			
外部流体種類	水			
外部流体密度(ton/mm)	1.00×10 ⁻⁹			
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	154			
設計引張強さ Su(N/mm ²)	164			
許容応力 (N/mm ²)	B _{AS}	1次	154	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(4)	1.00	1.00
3	(1)	1.00	—
4	(1)	1.00	—
5	(1)	1.00	—
6	(4)	1.00	1.00
7	(1)	1.00	—
8	(9)	1.90	—
9	(6)	0.25	—
10	(6)	0.25	—
11	(6)	0.25	—
12	(6)	0.25	—
13	(6)	0.25	—
14	(9)	1.90	—
15	(9)	2.10	—
16	(6)	0.31	—
17	(6)	0.31	—
18	(1)	1.00	—
19	(6)	0.31	—
20	(6)	0.31	—
21	(6)	0.31	—
22	(6)	0.31	—
23	(1)	1.00	—
24	(2)	2.10	—
25	(6)	0.31	—
26	(6)	0.31	—
27	(6)	0.31	—
28	(6)	0.31	—
29	(1)	1.00	—
30	(1)	1.00	—
31	(9)	2.10	—
32	(6)	0.39	—
33	(6)	0.39	—
34	(2)	2.10	—
35	(6)	0.49	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(6)	0.49	—
37	(9)	1.90	—
38	(6)	0.82	—
39	(6)	0.82	—
40	(9)	2.10	—
41	(1)	1.00	—
42	(2)	2.10	—
43	(2)	2.10	—
44	(2)	2.10	—
45	(1)	1.00	—
46	(1)	1.00	—
47	(1)	1.00	—
48	(1)	1.00	—
49	(1)	1.00	—
50	(1)	1.00	—
51	(1)	1.00	—
52	(1)	1.00	—
53	(1)	1.00	—
54	(1)	1.00	—
55	(1)	1.00	—
56	(2)	2.10	—
57	(2)	2.10	—
58	(2)	2.10	—
59	(2)	2.10	—
60	(2)	2.10	—
61	(2)	2.10	—
62	(1)	1.00	—
63	(2)	2.10	—
64	(2)	2.10	—
65	(2)	2.10	—
66	(2)	2.10	—
67	(2)	2.10	—
68	(2)	2.10	—
69	(1)	1.00	—
70	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(1)	1.00	—
72	(1)	1.00	—
73	(1)	1.00	—
74	(1)	1.00	—
75	(1)	1.00	—
76	(1)	1.00	—
77	(1)	1.00	—
78	(1)	1.00	—
79	(1)	1.00	—
80	(1)	1.00	—
81	(1)	1.00	—
82	(9)	2.10	—
83	(2)	2.10	—
84	(2)	2.10	—
85	(2)	2.10	—
86	(2)	2.10	—
87	(6)	0.49	—
88	(6)	0.49	—
89	(9)	1.90	—
90	(6)	0.82	—
91	(6)	0.82	—
92	(1)	1.00	—
93	(9)	2.10	—
94	(1)	1.00	—
95	(2)	2.10	—
96	(2)	2.10	—
97	(2)	2.10	—
98	(1)	1.00	—
99	(1)	1.00	—
100	(1)	1.00	—
101	(1)	1.00	—
102	(1)	1.00	—
103	(1)	1.00	—
104	(1)	1.00	—
105	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
106	(2)	2.10	—
107	(2)	2.10	—
108	(2)	2.10	—
109	(2)	2.10	—
110	(2)	2.10	—
111	(2)	2.10	—
112	(1)	1.00	—
113	(1)	1.00	—
114	(2)	2.10	—
115	(2)	2.10	—
116	(2)	2.10	—
117	(2)	2.10	—
118	(2)	2.10	—
119	(2)	2.10	—
120	(1)	1.00	—
121	(1)	1.00	—
122	(1)	1.00	—
123	(1)	1.00	—
124	(1)	1.00	—
125	(1)	1.00	—
126	(1)	1.00	—
127	(1)	1.00	—
128	(1)	1.00	—
129	(1)	1.00	—
130	(1)	1.00	—
131	(1)	1.00	—
132	(1)	1.00	—
133	(1)	1.00	—
134	(9)	2.10	—
135	(2)	2.10	—
136	(2)	2.10	—
137	(2)	2.10	—
138	(2)	2.10	—
139	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
8	—	フランジ×2	2.000	20A WN (アルミ)
14	XE6708	通過検出器+ フランジ	10.000	20A WN (アルミ)
15	XE6708	通過検出器+ フランジ	10.010	20A SO
24	—	スリーブジョイント	0.203	φ 27.2×4.5
31	—	フランジ×2	2.020	20A SO
37	—	フランジ×2	2.000	25A WN (アルミ)
40	—	フランジ×2	2.660	25A WN (アルミ)+ 25A SO
82	—	フランジ×2	3.320	25A SO
89	—	フランジ×2	2.000	25A WN (アルミ)
93	—	フランジ×2	2.660	25A WN (アルミ)+ 25A SO
134	—	フランジ×2	3.320	25A SO
139	—	照射筒受座	0.020	—

(4) 入力地震波

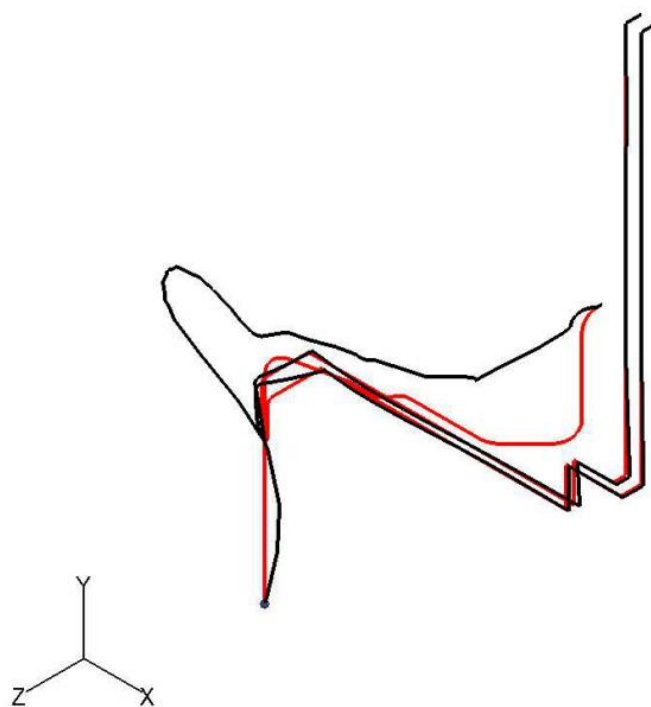
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _A S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	1.0%	原子炉建家質点 3, 9, 10 及び原子 炉本体質点 1, 4, 5, 14, 17, 18	—	—
	静的地震力	—	—	原子炉建家質点 3, 9, 10	0.41	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

(1) EXP-PH-A-01

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	7.0	32.8	13.3
固有周期 (s)	0.144	0.030	0.075



4.2. 結論

4.2.1. EXP-PH-A-01

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	14	一次応力	1	14	20	—	35	61

4.3. 拘束点反力

4.3.1. EXP-PH-A-01

(1) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	2	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	37	—	3	—	—	—
	動的地震荷重 Y	6	—	2	—	—	—
	動的地震荷重 Z	4	—	20	—	—	—
	静的地震荷重 X	7	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	3	—	—	—
6	自重	10	223	4	—	—	—
	動的地震荷重 X	177	99	14	—	—	—
	動的地震荷重 Y	25	26	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	17	90	101	—	—	—
	静的地震荷重 X	99	51	5	—	—	—
	静的地震荷重 Z	10	64	112	—	—	—
18	自重	—	163	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	171	38	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	40	11	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	52	210	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	65	9	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	11	101	—	—	—
23	自重	—	16	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	18	20	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	7	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	49	93	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	6	10	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	6	4	—	—	—
34	自重	4	63	2	12349	1984	2045
	動的地震荷重 X	74	36	25	6106	18213	40420
	動的地震荷重 Y	11	9	8	3329	2520	5575
	動的地震荷重 Z	13	8	41	24628	3854	9120
	静的地震荷重 X	43	15	9	1166	9212	18220
	静的地震荷重 Z	1	1	24	6894	663	855

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
41	自重	3	60	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	55	30	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	13	8	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	18	50	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	93	7	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	7	41	—	—	—	—
50	自重	—	50	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	8	15	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	4	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	6	11	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	2	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	25	—	—	—
62	自重	—	44	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	17	10	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	7	15	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	7	13	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	5	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	8	18	—	—	—
72	自重	1	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	9	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 Y	5	—	8	—	—	—
	動的地震荷重 Z	5	—	6	—	—	—
	静的地震荷重 X	21	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	20	—	—	—
79	自重	—	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	8	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 Y	5	—	12	—	—	—
	動的地震荷重 Z	5	—	6	—	—	—
	静的地震荷重 X	22	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	22	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
86	自重	—	152	4	18944	57	6
	動的地震荷重 X	11	17	4	2265	1609	1337
	動的地震荷重 Y	4	15	9	2279	494	534
	動的地震荷重 Z	4	12	9	2323	641	588
	静的地震荷重 X	20	7	1	823	2664	1376
	静的地震荷重 Z	—	7	20	717	360	7
94	自重	5	48	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	45	5	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	11	4	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	9	25	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	85	1	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	2	19	—	—	—	—
102	自重	—	46	2	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	5	20	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	4	6	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	5	8	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	3	6	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	3	23	—	—	—
112	自重	—	44	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	6	5	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	4	4	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	8	22	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	2	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	7	19	—	—	—
123	自重	1	—	1	—	—	—
	動的地震荷重 X	7	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 Y	4	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 Z	6	—	8	—	—	—
	静的地震荷重 X	21	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	23	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
130	自重	1	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 X	7	—	4	—	—	—
	動的地震荷重 Y	4	—	5	—	—	—
	動的地震荷重 Z	7	—	11	—	—	—
	静的地震荷重 X	22	—	1	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1	—	20	—	—	—
138	自重	—	161	4	20096	40	25
	動的地震荷重 X	11	9	5	1588	1554	1245
	動的地震荷重 Y	4	16	7	2217	461	406
	動的地震荷重 Z	4	15	8	2363	1072	731
	静的地震荷重 X	20	5	1	574	2698	1378
	静的地震荷重 Z	1	5	21	1077	531	39

3-4-7-6. クライオスタットの耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-6- 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-6- 2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-6- 2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-6- 3
3. 設計条件	添 3-4-7-6- 9
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-6-18
4.1. 固有周期	添 3-4-7-6-18
4.2. 結論	添 3-4-7-6-19
4.2.1. CNS-HH-A-01	添 3-4-7-6-19
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-6-20
4.3.1. CNS-HH-A-01	添 3-4-7-6-20

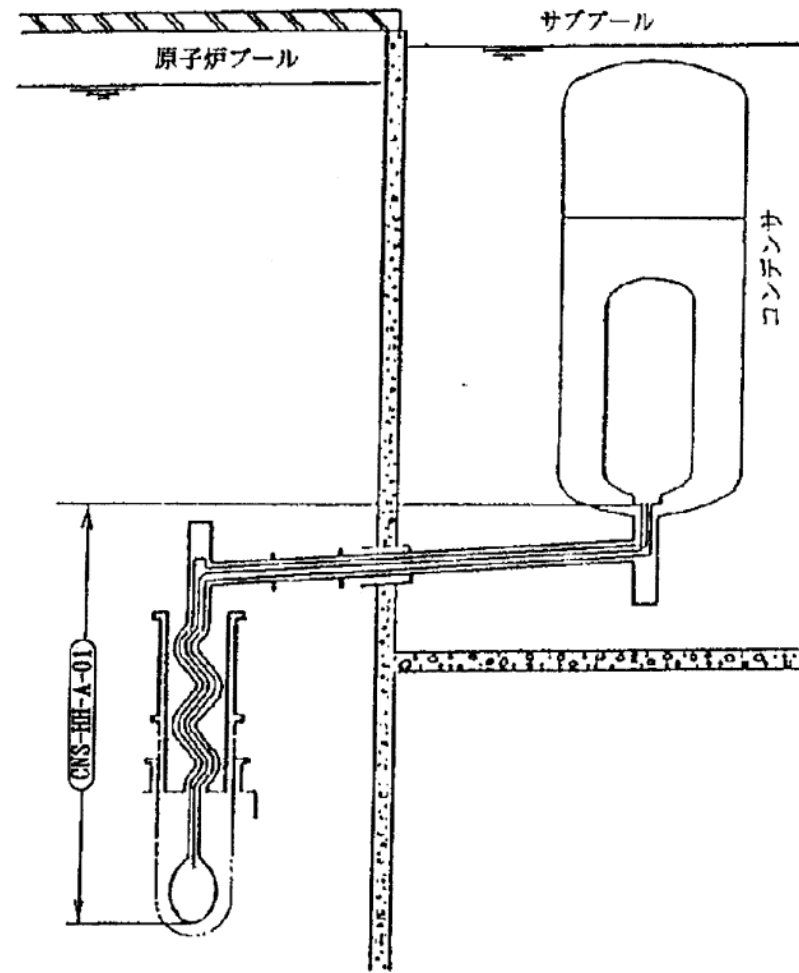
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
CNS-HH-A-01	クライオスタット (水プラグ単管、真空断熱管 I・II・III・IV、外管、内管)	B



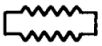
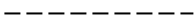
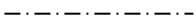
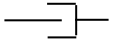
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1. 概略系統図



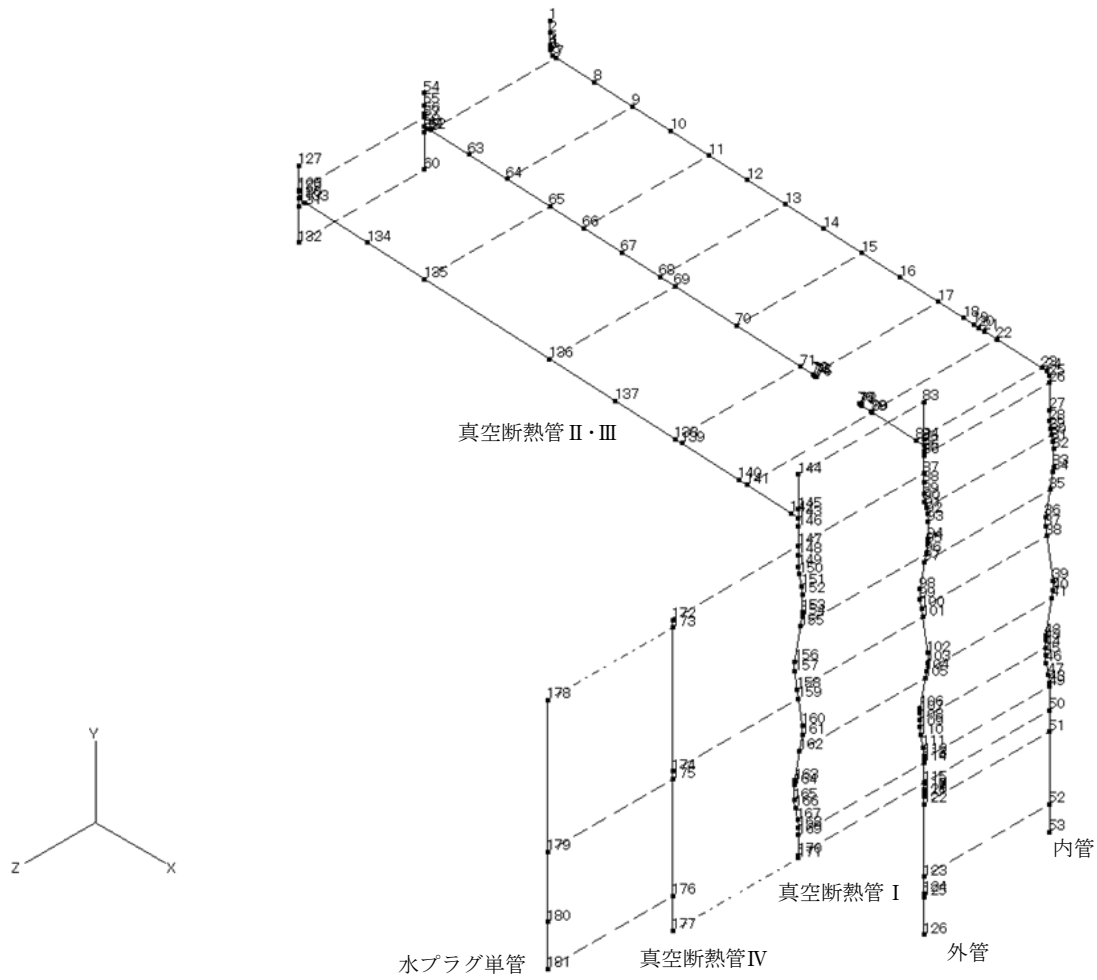
2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

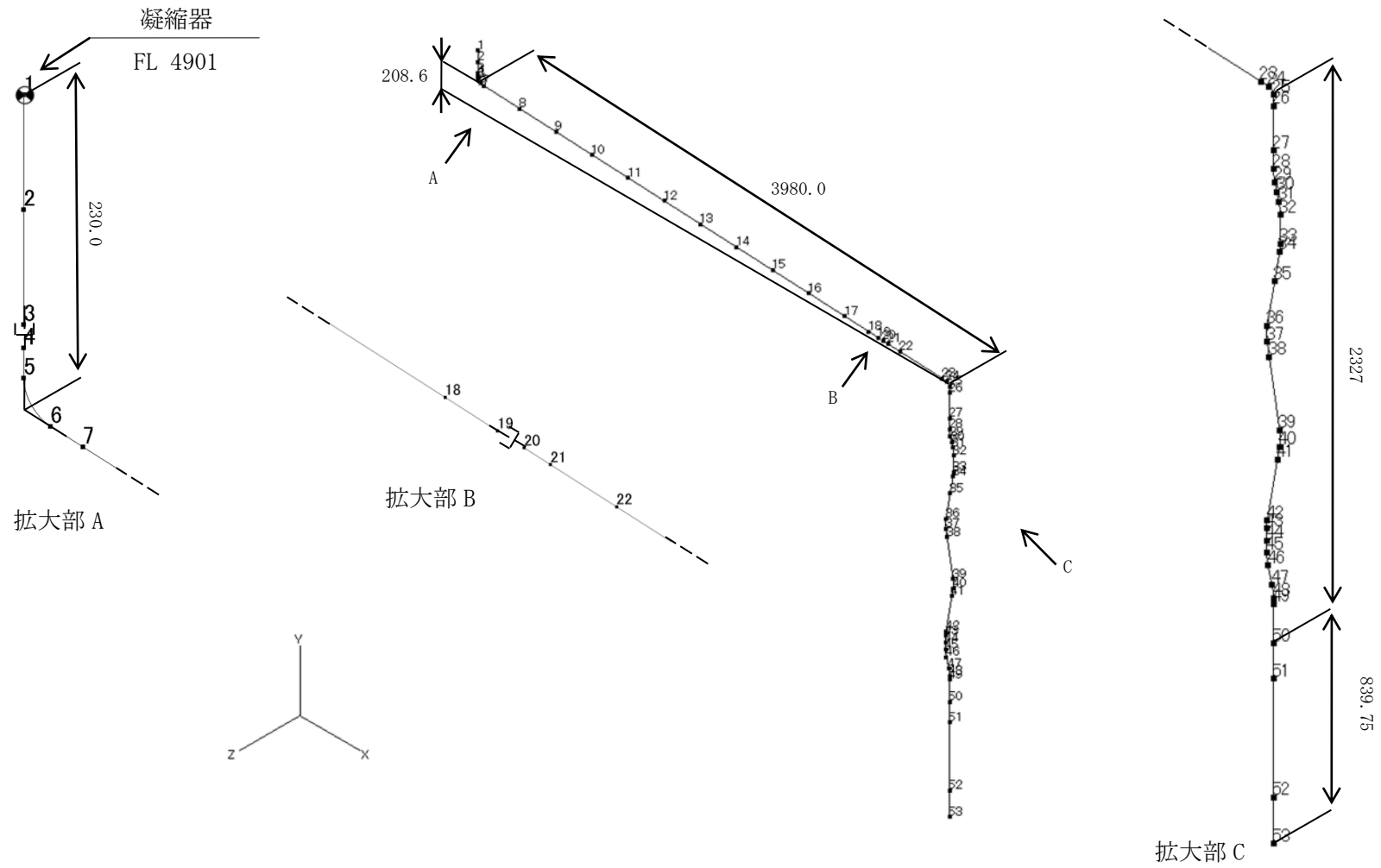
記号	内容
	アンカ、ノズル
	レストレイント
	ベローズ
	スペーサ (管軸に直交する方向を接続)
	剛接続
	滑り継手

(1) CNS-HH-A-01

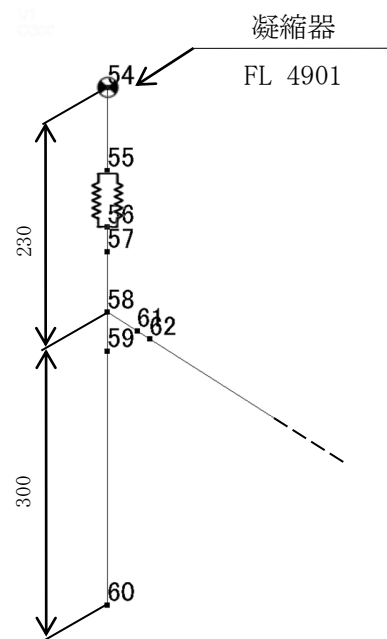
a. 全体図



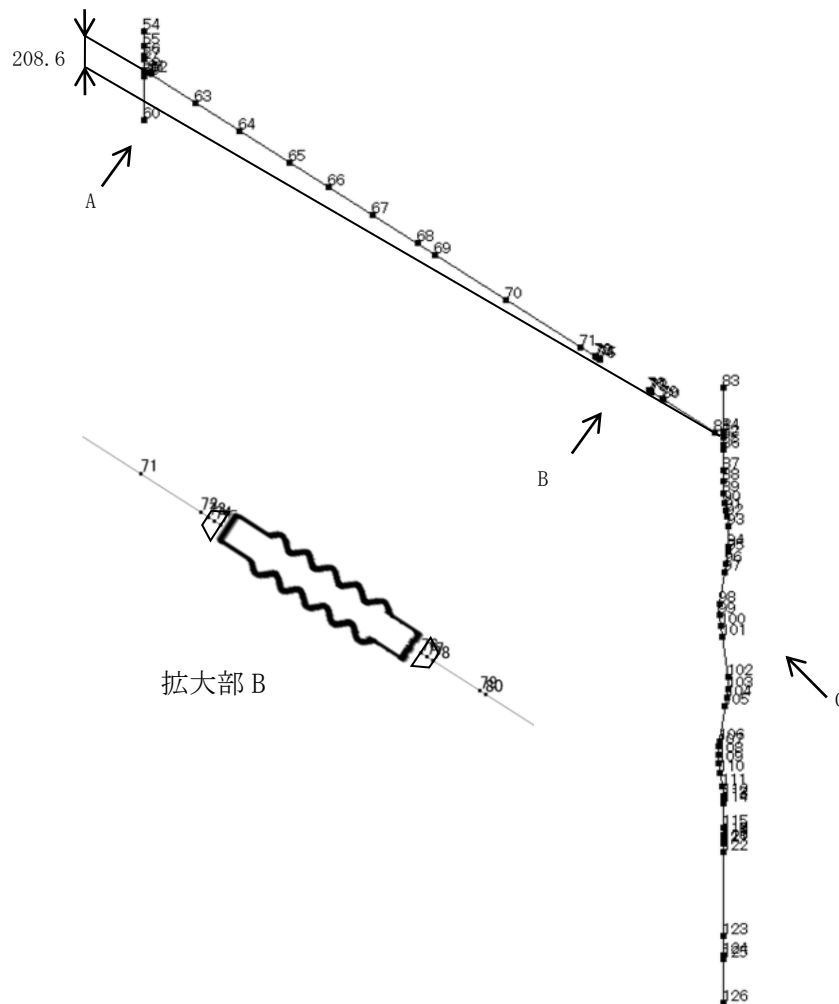
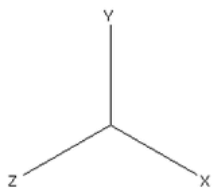
b. 内管



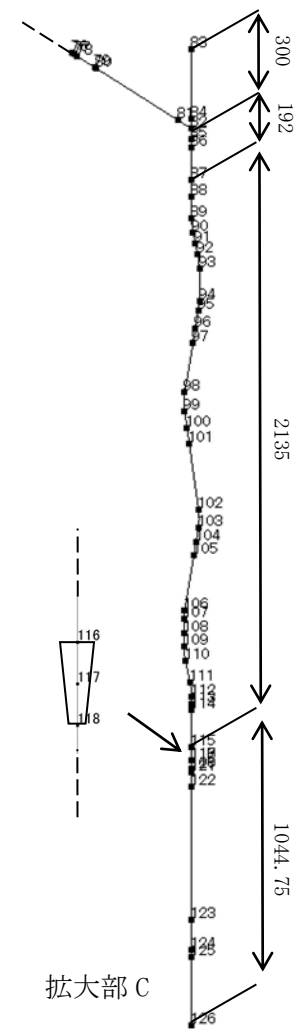
c. 外管



拡大部 A

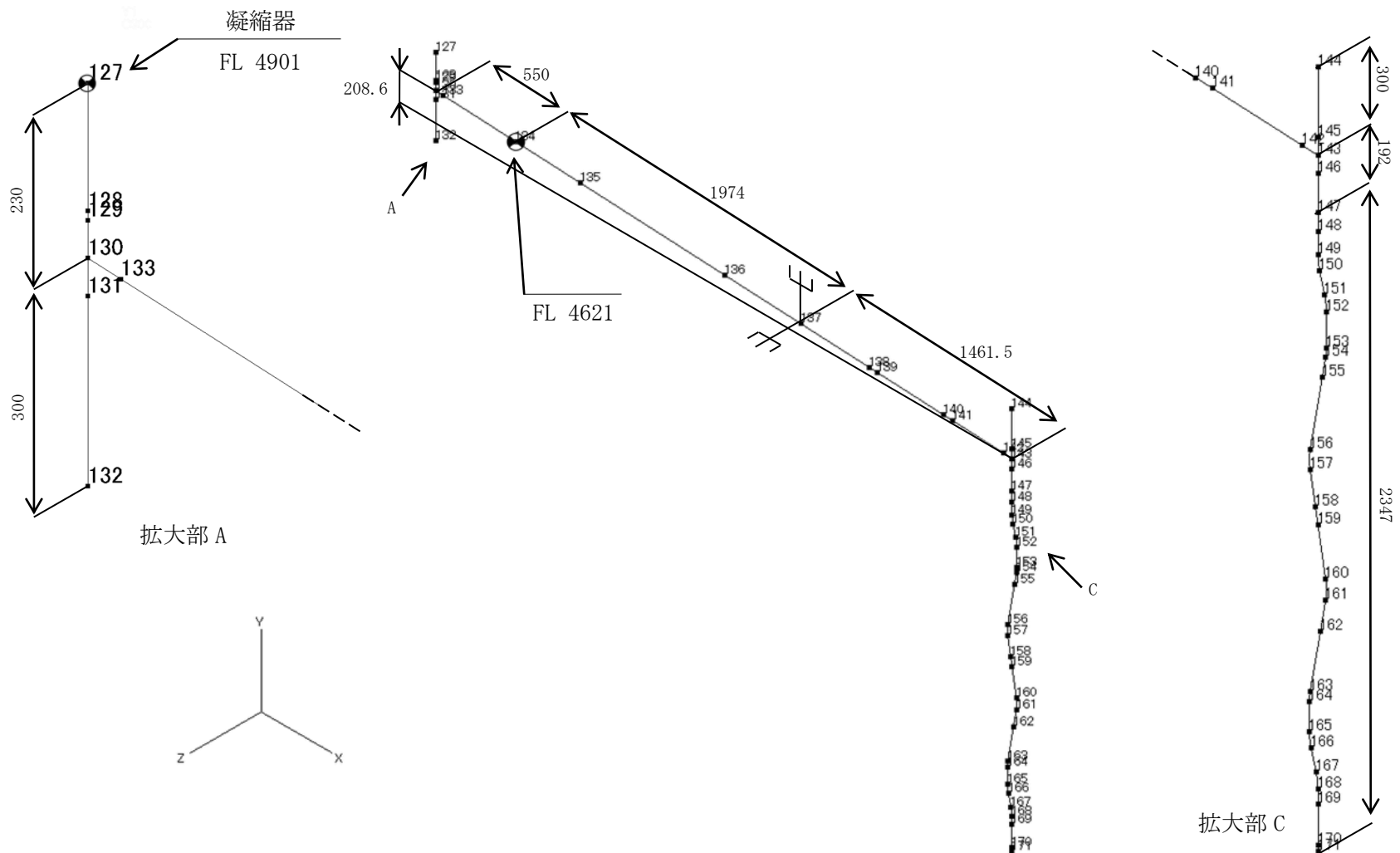


拡大部 B



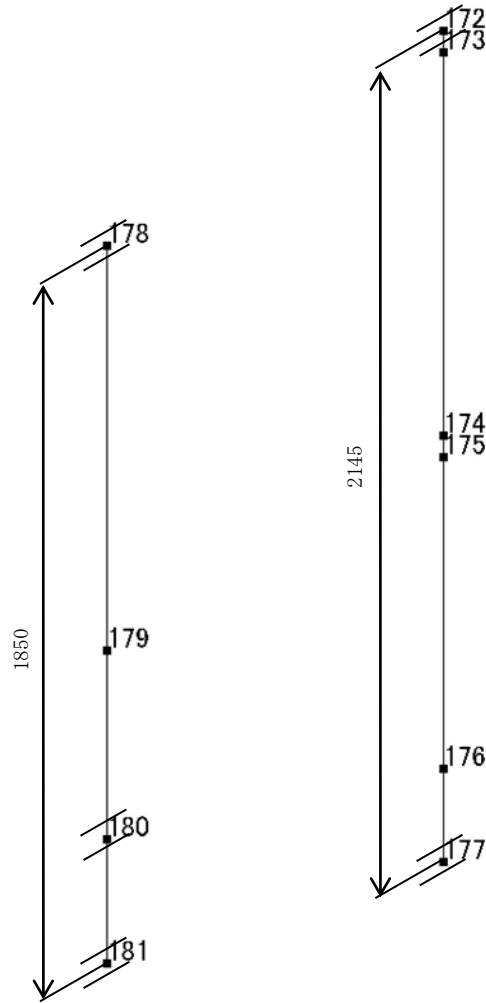
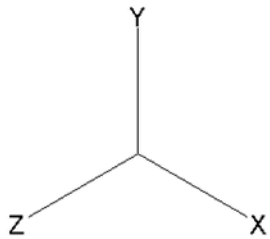
拡大部 C

d. 真空断熱管 I · II · III



e. 真空断热管IV, 水プラグ单管

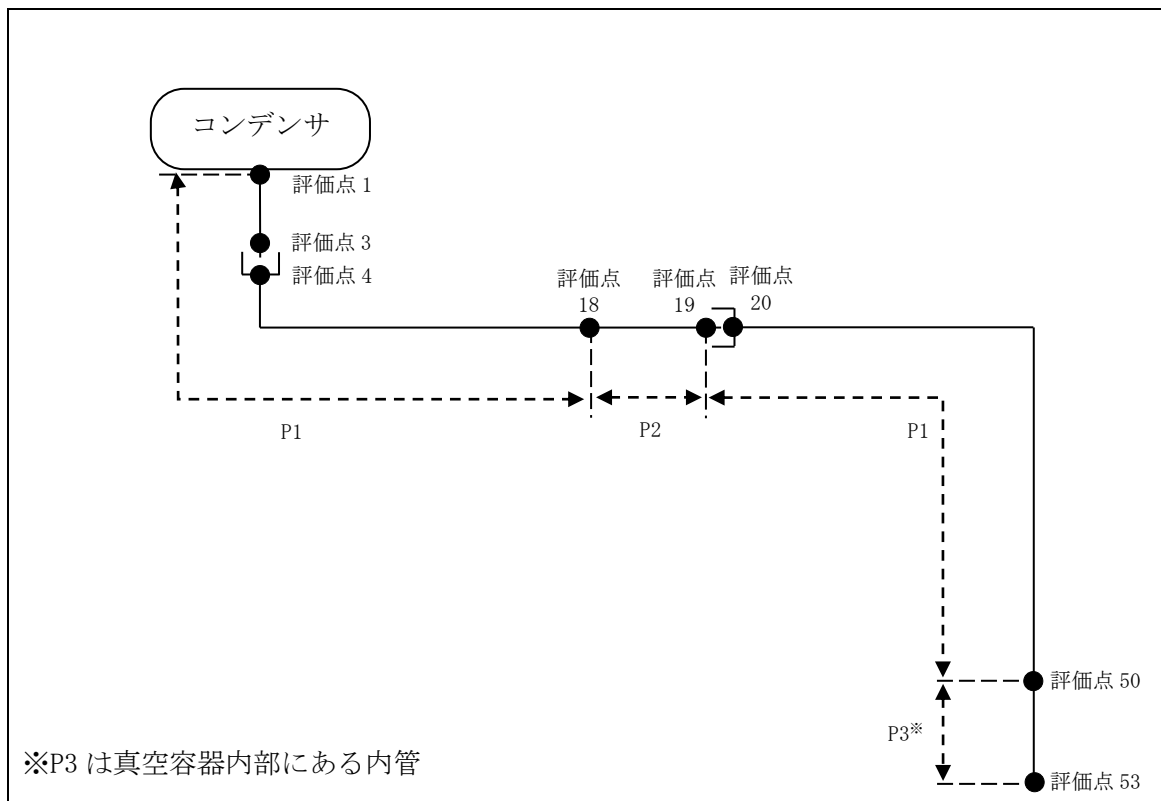
V1
030



3. 設計条件

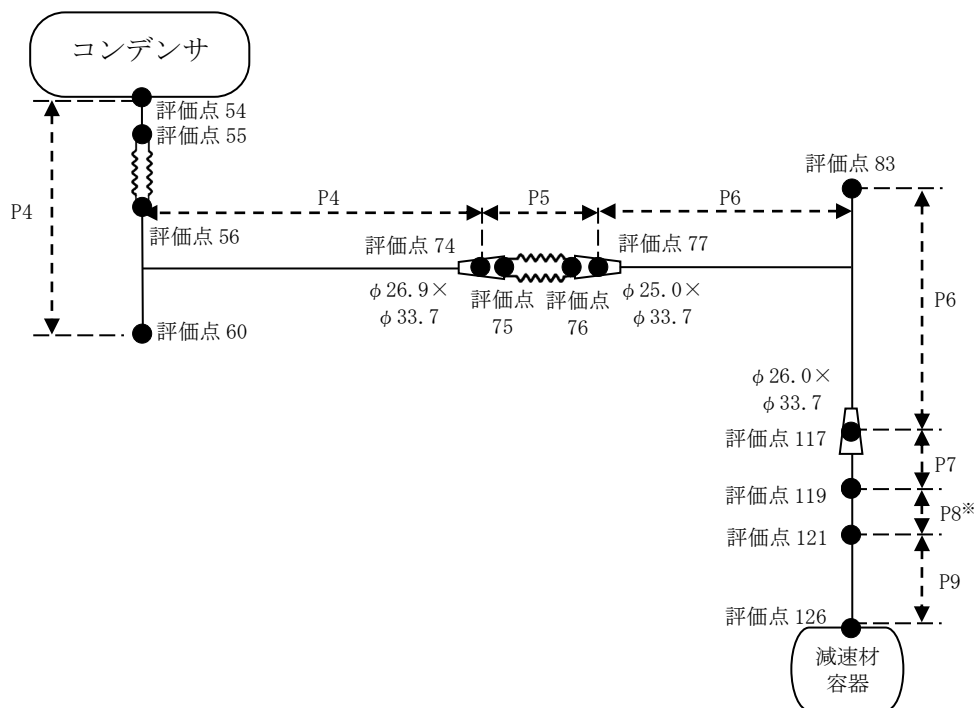
(1) CNS-HH-A-01

a. 内管



配管番号	P1	P2	P3		
外径(mm)	9.0	12.0	9.0		
板厚(mm)	0.5	2.0	0.5		
材質	SUS304LTP	SUSF304L	SUS304LTP		
ヤング率(N/mm ²)	1.83×10^5	1.83×10^5	1.67×10^5		
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3		
最高使用温度(°C)	200	200	425		
最高使用圧力(MPa)	0.4413	0.4413	0.4413		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}		
内部流体種類	液体水素	液体水素	液体水素		
内部流体密度(ton/mm)	3.56×10^{-9}	3.56×10^{-9}	3.56×10^{-9}		
外部流体種類	—	—	—		
外部流体密度(ton/mm)	—	—	—		
設計降伏点 Sy(N/mm ²)	122	122	99		
設計引張強さ Su(N/mm ²)	372	349	361		
許容応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	334	314	324
		1次+2次	244	244	198
	B _A S	1次	122	122	99

b. 外管

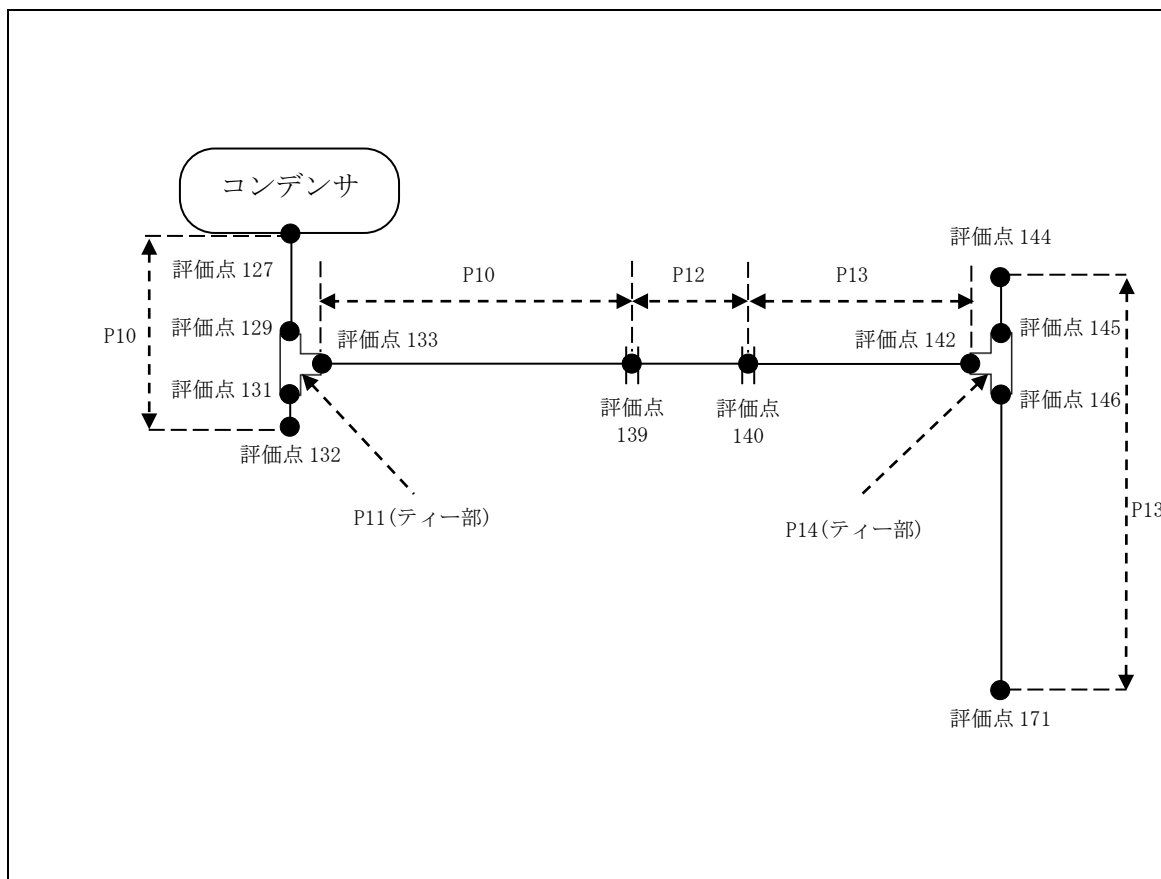


※P8 はスリーブ調整管

配管番号	P4	P5	P6	P7	P8	P9		
外径(mm)	26.9	33.7	25.0	26.0	26.0	25.0		
板厚(mm)	1.6	1.6	1.0	0.7	0.6	0.8		
材質	SUS304LTP	SUSF304L	SUSF304L	SUS304LTP	SUSF304L	SUH660 ※2		
ヤング率(N/mm ²)	1.83×10 ⁵	1.83×10 ⁵	1.83×10 ⁵	1.67×10 ⁵	1.67×10 ⁵	1.67×10 ⁵		
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
最高使用温度(°C)	200	200	200	425	425	425		
最高使用圧力(MPa)	0.4413	0.4413	0.4413	0.4413	0.4413	0.4413		
配管密度(ton/mm ³)	7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹	7.93×10 ⁻⁹	7.98×10 ⁻⁹		
内部流体種類	—	—	—	—	—	—		
内部流体密度(ton/mm)	—	—	—	—	—	—		
外部流体種類	—	—	—	—	—	—		
外部流体密度(ton/mm)	—	—	—	—	—	—		
設計降伏点 Sy (N/mm ²)	122	122	122	99	99	558		
設計引張強さ Su (N/mm ²)	372	349	349	361	338	803		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	334	314	314	324	304	722
		1次+2次	244	244	244	198	198	1116
	B _A S	1次	122	122	122	99	99	558

※2 SUH660 は JIS 規格に密度の規定がないため、同じ種類の合金である SUH310 の値を使用する。

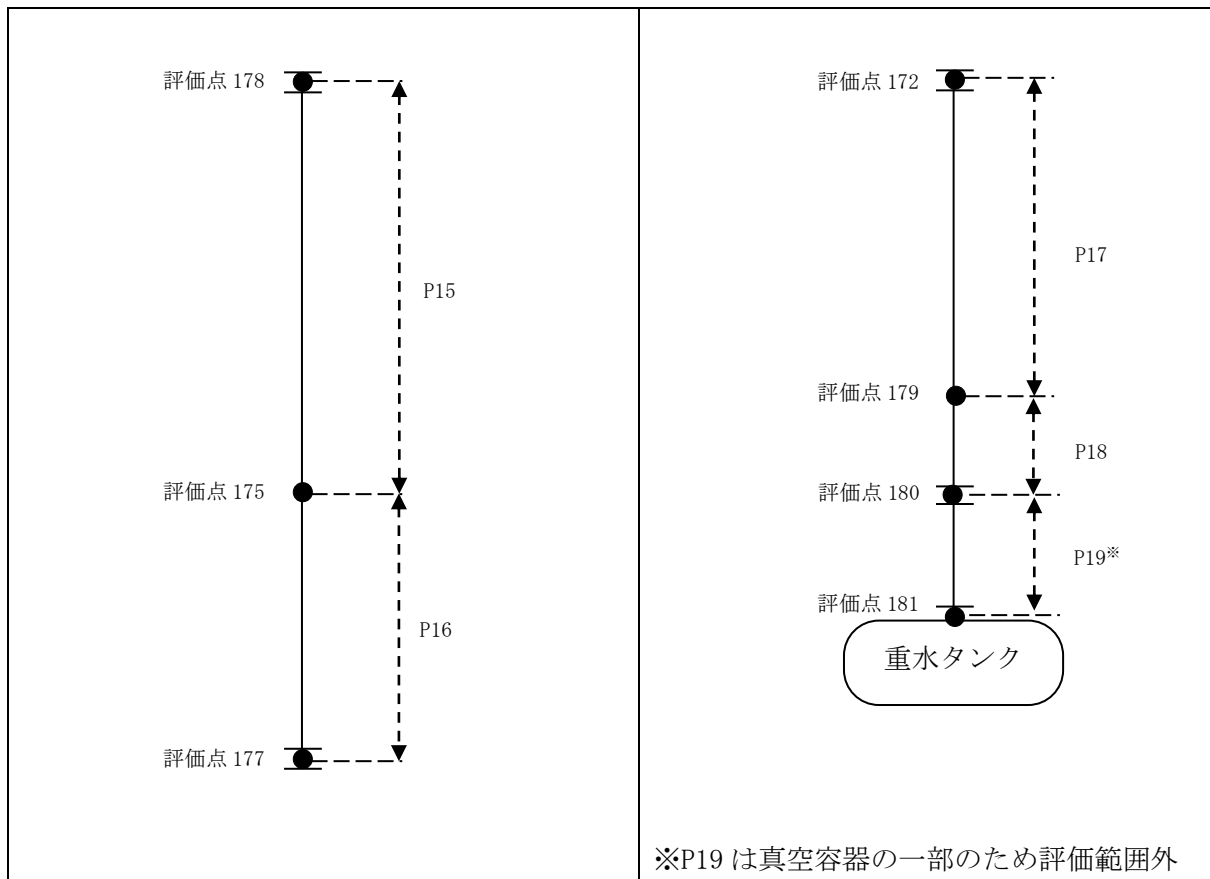
c. 真空断熱管 I・II・III



配管番号		P10	P11	P12	P13	P14	
外径(mm)		60.3	63	88.9	47.0	51.0	
板厚(mm)		2.8	4.15	5.5	3.0	5.0	
材質		SUS304LTP	SUSF304L	SUS304LTP	A5052TDS	A5052BE	
ヤング率(N/mm ²)		1.93×10^5	1.93×10^5	1.93×10^5	6.70×10^4	6.70×10^4	
ポアソン比(-)		0.3	0.3	0.3	0.33	0.33	
最高使用温度(°C)		50	50	50	100	100	
最高使用圧力(MPa)		0.5884	0.5884	0.5884	0.5884	0.5884	
配管密度(ton/mm ³)		7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	7.93×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	
内部流体種類		—	—	—	—	—	
内部流体密度(ton/mm)		—	—	—	—	—	
外部流体種類		水	水	水	水	水	
外部流体密度(ton/mm)		2.86×10^{-6}	3.12×10^{-6}	6.21×10^{-6}	1.73×10^{-6}	2.04×10^{-6}	
設計降伏点 Sy(N/mm ²)		169	169	169	55	55	
設計引張強さ Su(N/mm ²)		466	436	466	167	167	
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	419	392	419	150	150
		1次+2次	338	338	338	110	110
	B _A S	1次	169	169	169	55	55

d. 真空断熱管IV

e. 水プラグ単管



配管番号	P15	P16	P17	P18	P19	
外径(mm)	147.0	135.0	169.0	169.0	178.0	
板厚(mm)	16.0	10.0	10.0	15.0	20.0	
材質	A5052TDS	A5052TDS	A5052TDS	A5052TDS	A6061F-T6	
ヤング率(N/mm ²)	6.70×10^4	6.70×10^4	6.70×10^4	6.70×10^4	6.60×10^4	
ポアソン比(-)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
最高使用温度(°C)	100	100	100	100	100	
最高使用圧力(MPa)	0.5884	0.5884	0.5884	0.5884	0.5884	
配管密度(ton/mm ³)	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.69×10^{-9}	
内部流体種類	水	水	—	—	—	
内部流体密度(ton/mm)	1.40×10^{-5}	1.40×10^{-5}	—	—	—	
外部流体種類	—	—	水	水	水	
外部流体密度(ton/mm)	—	—	2.24×10^{-5}	2.24×10^{-5}	2.49×10^{-5}	
設計降伏点 Sy (N/mm ²)	55	55	55	55		
設計引張強さ Su (N/mm ²)	167	167	167	167		
許容 応力 (N/mm ²)	IV _A S	1次	150	150	150	
		1次+2次	110	110	110	
	B _A S	1次	55	55	55	

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(3)	1.90	—
2	(1)	1.00	—
3	(1)	1.00	—
4	(3)	1.90	—
5	(6)	1.19	—
6	(6)	1.19	—
7	(1)	1.00	—
8	(1)	1.00	—
9	(1)	1.00	—
10	(1)	1.00	—
11	(1)	1.00	—
12	(1)	1.00	—
13	(1)	1.00	—
14	(1)	1.00	—
15	(1)	1.00	—
16	(1)	1.00	—
17	(1)	1.00	—
18	(2)	2.10	—
19	(1)	1.00	—
20	(1)	1.00	—
21	(3)	1.90	—
22	(1)	1.00	—
23	(1)	1.00	—
24	(6)	1.19	—
25	(6)	1.19	—
26	(1)	1.00	—
27	(1)	1.00	—
28	(6)	0.29	—
29	(6)	0.29	—
30	(1)	1.00	—
31	(6)	0.29	—
32	(6)	0.29	—
33	(6)	0.29	—
34	(6)	0.29	—
35	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
36	(6)	0.29	—
37	(6)	0.29	—
38	(1)	1.00	—
39	(6)	0.29	—
40	(6)	0.29	—
41	(1)	1.00	—
42	(6)	0.29	—
43	(6)	0.29	—
44	(1)	1.00	—
45	(6)	0.29	—
46	(6)	0.29	—
47	(6)	0.29	—
48	(6)	0.29	—
49	(1)	1.00	—
50	(1)	1.00	—
51	(1)	1.00	—
52	(1)	1.00	—
53	(1)	1.00	—
54	(3)	1.90	—
55	(3)	1.90	—
56	(3)	1.90	—
57	(3)	1.80	—
58	(4)	1.33	1.33
59	(3)	1.80	—
60	(1)	1.00	—
61	(3)	1.80	—
62	(1)	1.00	—
63	(1)	1.00	—
64	(1)	1.00	—
65	(1)	1.00	—
66	(1)	1.00	—
67	(1)	1.00	—
68	(1)	1.00	—
69	(1)	1.00	—
70	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
71	(1)	1.00	—
72	(1)	1.00	—
73	(1)	1.00	—
74	(7)	2.00	—
75	(3)	1.90	—
76	(3)	1.90	—
77	(7)	2.00	—
78	(1)	1.00	—
79	(1)	1.00	—
80	(1)	1.00	—
81	(3)	1.80	—
82	(4)	1.76	1.76
83	(1)	1.00	—
84	(3)	1.80	—
85	(3)	1.80	—
86	(1)	1.00	—
87	(1)	1.00	—
88	(1)	1.00	—
89	(6)	0.73	—
90	(6)	0.73	—
91	(1)	1.00	—
92	(6)	0.73	—
93	(6)	0.73	—
94	(6)	0.73	—
95	(6)	0.73	—
96	(1)	1.00	—
97	(1)	1.00	—
98	(6)	0.73	—
99	(6)	0.73	—
100	(1)	1.00	—
101	(1)	1.00	—
102	(6)	0.73	—
103	(6)	0.73	—
104	(1)	1.00	—
105	(1)	1.00	—
106	(6)	0.73	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
107	(6)	0.73	—
108	(1)	1.00	—
109	(6)	0.73	—
110	(6)	0.73	—
111	(6)	0.73	—
112	(6)	0.73	—
113	(1)	1.00	—
114	(1)	1.00	—
115	(1)	1.00	—
116	(1)	1.00	—
117	(7)	2.00	—
118	(1)	1.00	—
119	(3)	1.80	—
120	(7)	2.00	—
121	(2)	2.10	—
122	(1)	1.00	—
123	(1)	1.00	—
124	(2)	2.10	—
125	(2)	2.10	—
126	(1)	1.00	—
127	(3)	1.90	—
128	(1)	1.00	—
129	(3)	1.80	—
130	(4)	1.24	1.24
131	(3)	1.80	—
132	(1)	1.00	—
133	(3)	1.80	—
134	(2)	2.10	—
135	(1)	1.00	—
136	(1)	1.00	—
137	(1)	1.00	—
138	(1)	1.00	—
139	(1)	1.00	—
140	(1)	1.00	—
141	(1)	1.00	—
142	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
143	(4)	0.93	0.93
144	(1)	1.00	—
145	(3)	1.80	—
146	(3)	1.80	—
147	(1)	1.00	—
148	(1)	1.00	—
149	(6)	0.78	—
150	(6)	0.78	—
151	(6)	0.78	—
152	(6)	0.78	—
153	(6)	0.78	—
154	(6)	0.78	—
155	(1)	1.00	—
156	(6)	0.78	—
157	(6)	0.78	—
158	(1)	1.00	—
159	(1)	1.00	—
160	(6)	0.78	—
161	(6)	0.78	—
162	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
163	(6)	0.78	—
164	(6)	0.78	—
165	(6)	0.78	—
166	(6)	0.78	—
167	(6)	0.78	—
168	(6)	0.78	—
169	(1)	1.00	—
170	(1)	1.00	—
171	(3)	1.90	—
172	(2)	2.10	—
173	(1)	1.00	—
174	(1)	1.00	—
175	(3)	1.90	—
176	(1)	1.00	—
177	(2)	2.10	—
178	(2)	2.10	—
179	(3)	1.90	—
180	(2)	2.10	—
190	(1)	1.00	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
55	—	ベローズ	0.0369	真空断熱管Ⅲ内
56	—	ベローズ	0.0369	真空断熱管Ⅲ内
75	—	ベローズ	0.5950	真空断熱管Ⅱ内
76	—	ベローズ	0.5950	真空断熱管Ⅱ内
139	—	フランジ	1.0600	割フランジ
140	—	フランジ	1.4300	真空断熱管Ⅱ（コンデンサ側）
139	—	フランジ	2.0100	真空断熱管Ⅱ（減速材容器側）
140	—	フランジ	1.5500	真空断熱管Ⅰ（上部）
172	—	フランジ	7.5500	真空断熱管Ⅳ（上部）
177	—	フランジ	0.6960	真空断熱管Ⅳ（下部）
178	—	フランジ	7.0600	水プラグ単管（上部）
180	—	フランジ	18.6000	水プラグ単管（下部）
180	—	フランジ	15.8000	真空容器（上部）
181	—	フランジ	9.8800	真空容器（下部）
126	—	減速材容器	0.6700	—
60	—	位置決め板	0.0344	真空断熱管Ⅲ
132	—	平板	0.2460	真空断熱管Ⅲ
83	—	位置決め板	0.0321	真空断熱管Ⅰ
144	—	平板	0.0657	真空断熱管Ⅰ

(4) 入力地震波

許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
IV _{AS}	基準地震動 S _s	時刻歴	0.5%	原子炉建家質点 10	—	—
B _{AS}	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 9, 10	—	—
	静的地震力	—	—		0.41	—

(5) 地震相对变位(基準地震動 S_s)

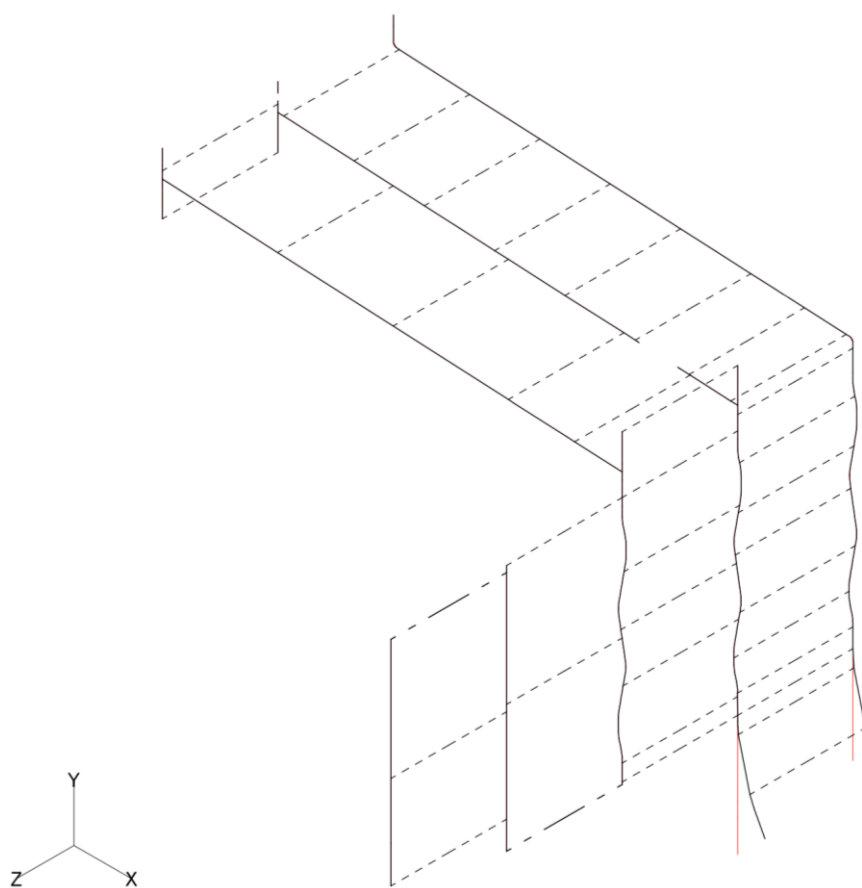
評価点	相对变位 (mm)		
	X	Y	Z
1	7.29	0.20	7.29
54	7.29	0.20	7.29
127	7.29	0.20	7.29
134	7.15	0.20	7.15
137	7.09	0.20	7.09
181	4.49	0.17	4.49

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

(1) CNS-HH-A-01

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	9.3	54.8	9.3
固有周期 (s)	0.107	0.018	0.107



4.2. 結論

4.2.1. CNS-HH-A-01

(1) IV_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
IV _A S	121	一次応力	5	0	77	0	82	304	154	198
IV _A S	121	一次+二次	5	0	77	0	82	304	154	198

(2) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	121	一次応力	5	0	55	-	60	99

4.3. 拘束点反力

4.3.1. CNS-HH-A-01

(1) IV_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	1	—	—	—	35
	動的地震荷重 XYZ(Ss1)	4	—	—	9	—	616
	動的地震荷重 XYZ(Ss2)	3	—	—	9	—	352
	動的地震荷重 XYZ(Ss3)	3	—	—	9	—	404
	動的地震荷重 XYZ(Ss4)	6	1	1	19	—	849
	動的地震荷重 XYZ(SsD)	5	1	1	18	—	774
	相対変位 X	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	—	—	—	—
54	自重	—	2	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss1)	1	1	1	31	—	39
	動的地震荷重 XYZ(Ss2)	1	1	1	29	—	25
	動的地震荷重 XYZ(Ss3)	1	1	1	29	—	26
	動的地震荷重 XYZ(Ss4)	1	1	2	64	—	57
	動的地震荷重 XYZ(SsD)	1	1	1	59	—	56
	相対変位 X	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	—	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
127	自重	48	17	—	—	—	2312
	動的地震荷重 XYZ (Ss1)	45	37	102	12669	8127	2223
	動的地震荷重 XYZ (Ss2)	35	14	53	7772	4127	1829
	動的地震荷重 XYZ (Ss3)	38	21	78	10526	5747	2050
	動的地震荷重 XYZ (Ss4)	82	47	87	13130	6587	4211
	動的地震荷重 XYZ (SsD)	67	50	96	13585	5564	3330
	相対変位 X	1993	437	—	—	—	313964
	相対変位 Y	1	1	—	—	—	38
	相対変位 Z	—	—	125	31865	27831	—
134	自重	21	140	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ (Ss1)	520	91	181	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ (Ss2)	295	68	94	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ (Ss3)	337	83	127	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ (Ss4)	736	125	172	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ (SsD)	690	155	155	—	—	—
	相対変位 X	811	426	—	—	—	—
	相対変位 Y	2	2	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	183	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
137	自重	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss1)	—	—	294	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss2)	—	—	166	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss3)	—	—	236	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss4)	—	—	300	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SsD)	—	—	317	—	—	—
	相対変位 X	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	—	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	111	—	—	—
137	自重	213	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss1)	134	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss2)	109	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss3)	127	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(Ss4)	176	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 XYZ(SsD)	189	—	—	—	—	—
	相対変位 X	182	—	—	—	—	—
	相対変位 Y	2	—	—	—	—	—
	相対変位 Z	—	—	—	—	—	—
	方向	0.0523	0.9986	0.0000	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
181	自重	38	2107	—	—	—	69596
	動的地震荷重 XYZ(Ss1)	1028	1083	1874	2325642	968	672742
	動的地震荷重 XYZ(Ss2)	618	1029	1198	1209924	487	344626
	動的地震荷重 XYZ(Ss3)	653	1135	1602	1829224	647	375627
	動的地震荷重 XYZ(Ss4)	1425	1466	2205	2096170	1503	826537
	動的地震荷重 XYZ(SsD)	1437	1679	2186	2392792	1150	817814
	相対変位 X	1172	192	—	—	—	2327933
	相対変位 Y	3	2	—	—	—	3946
	相対変位 Z	—	—	54	109983	4802	—

(2) B_AS 評価

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	自重	1	1	—	—	—	35
	動的地震荷重 X	5	—	—	—	—	698
	動的地震荷重 Y	1	—	—	—	—	133
	動的地震荷重 Z	—	—	—	5	—	—
	静的地震荷重 X	2	—	—	—	—	281
	静的地震荷重 Z	—	—	—	8	—	—
54	自重	—	2	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	—	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	1	—	—	—	—	28
	静的地震荷重 Z	—	—	1	28	—	—
127	自重	48	17	—	—	—	2298
	動的地震荷重 X	50	65	—	—	—	2355
	動的地震荷重 Y	31	19	—	—	—	1472
	動的地震荷重 Z	—	—	48	7695	3939	—
	静的地震荷重 X	4	7	—	—	—	501
	静的地震荷重 Z	—	—	25	4458	246	—
134	自重	21	140	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	147	117	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	38	39	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	91	—	—	—
	静的地震荷重 X	336	4	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	30	—	—	—
137	自重	—	213	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	112	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	35	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	108	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	14	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	111	—	—	—

拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
137	自重	—	213	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	—	112	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	—	35	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	—	14	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	—	—	—	—	—	—
	方向	0.0523	0.9986	0.0000	—	—	—
181	自重	38	2107	—	—	—	69594
	動的地震荷重 X	449	112	—	—	—	536784
	動的地震荷重 Y	55	261	—	—	—	64397
	動的地震荷重 Z	—	—	572	858877	1190	—
	静的地震荷重 X	675	24	—	—	—	360062
	静的地震荷重 Z	—	—	851	712402	45	—

3-4-7-7. 炉室給気系主ダクトの耐震強度評価

目次

1. 概要	添 3-4-7-7-1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	添 3-4-7-7-2
2.1. 概略系統図	添 3-4-7-7-2
2.2. 鳥瞰図	添 3-4-7-7-3
3. 設計条件	添 3-4-7-7-5
3.1. RBS-1	添 3-4-7-7-5
4. 解析結果及び評価	添 3-4-7-7-7
4.1. 固有周期	添 3-4-7-7-7
4.2. 結論	添 3-4-7-7-8
4.2.1. RBS-1	添 3-4-7-7-8
4.3. 拘束点反力	添 3-4-7-7-9
4.3.1. RBS-1	添 3-4-7-7-9

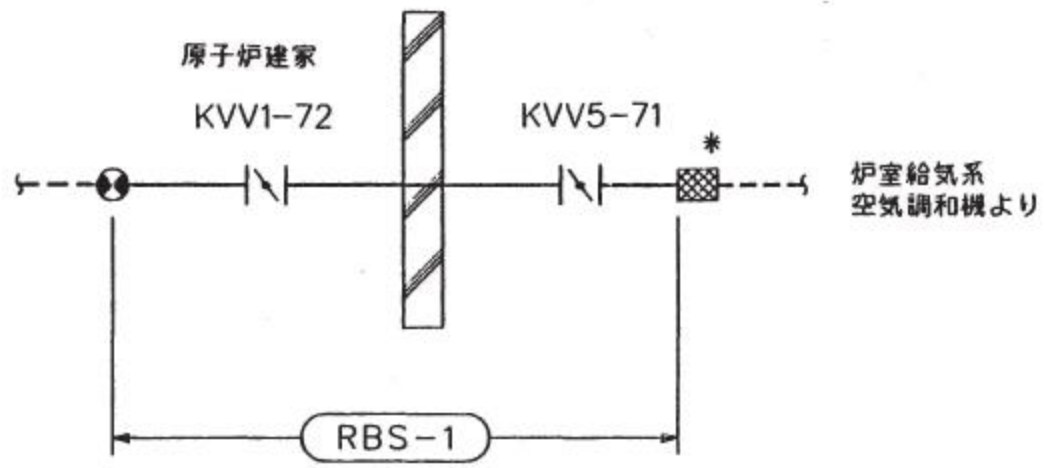
1. 概要

本報告書は、「添付書類 3-3-1. 配管の耐震強度評価の基本方針」に基づいて計算を行う。

鳥瞰図	内容	耐震クラス
RBS-1	弁(KVV5-71) から 弁(KVV1-72)側ダクトアンカ まで	B

2. 概略系統図及び鳥瞰図



2.1. 概略系統図



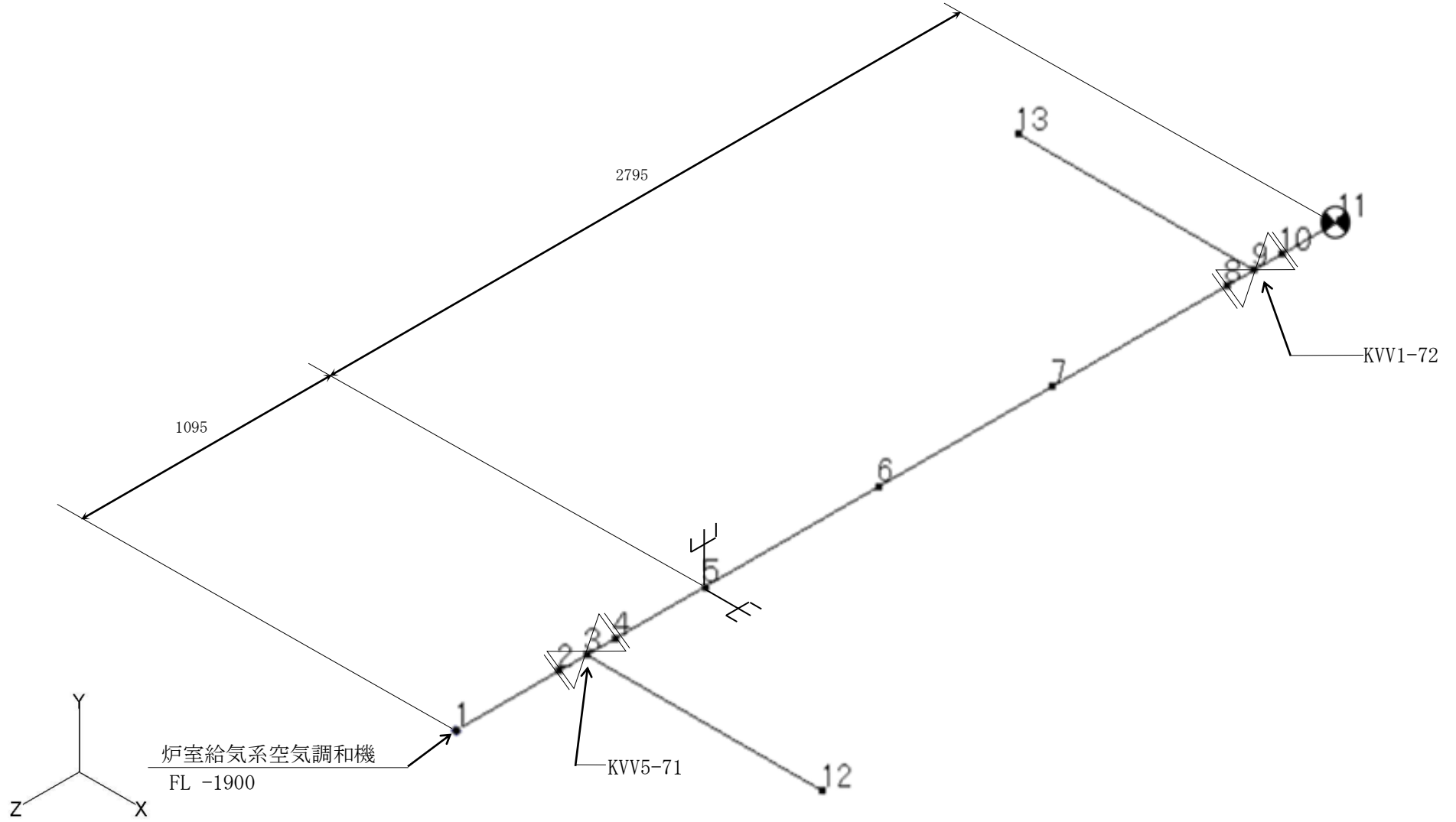
注記 * :フレキシブル継手を示す。

2.2. 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	アンカ
	レストレイント

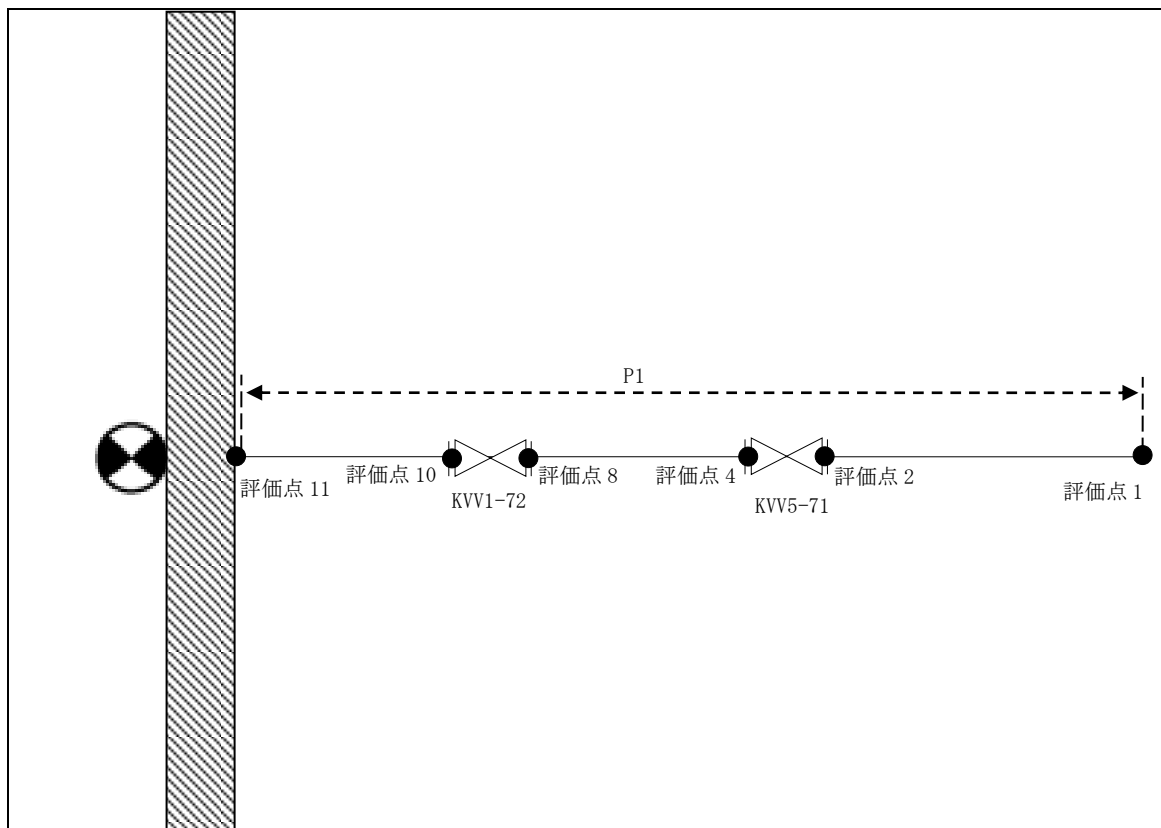
(1) RBS-1



3. 設計条件

3.1. RBS-1

(1) 解析モデル



配管番号	P1		
外径(mm)	1117.6		
板厚(mm)	6.0		
材質	SS400		
ヤング率(N/mm ²)	2.01×10^5		
ポアソン比(-)	0.3		
最高使用温度(°C)	55		
最高使用圧力(MPa)	0.0059		
配管密度(ton/mm ³)	7.85×10^{-9}		
内部流体種類	空気		
内部流体密度(ton/mm ³)	0.00		
外部流体種類	—		
外部流体密度(ton/mm ³)	—		
設計降伏点 S_y (N/mm ²)	239		
設計引張強さ S_u (N/mm ²)	391		
許容応力 (N/mm ²)	B _A S	1次	239

(2) 応力係数

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
1	(1)	1.00	—
2	(9)	2.10	—
4	(9)	2.10	—
5	(1)	1.00	—
6	(1)	1.00	—

評価点	溶接部等の区分	応力係数 i	
		主管	分岐管
7	(1)	1.00	—
8	(9)	2.10	—
10	(9)	2.10	—
11	(2)	2.10	—

(3) 機器重量

評価点	機器番号	機器種別	重量 (kg)	備考
2	—	フランジ	202	—
4	—	フランジ	202	—
8	—	フランジ	202	—
10	—	フランジ	202	—
12	KVV5-71	弁	1537	—
13	KVV1-72	弁	1537	—

(4) 入力地震波

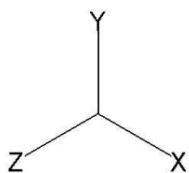
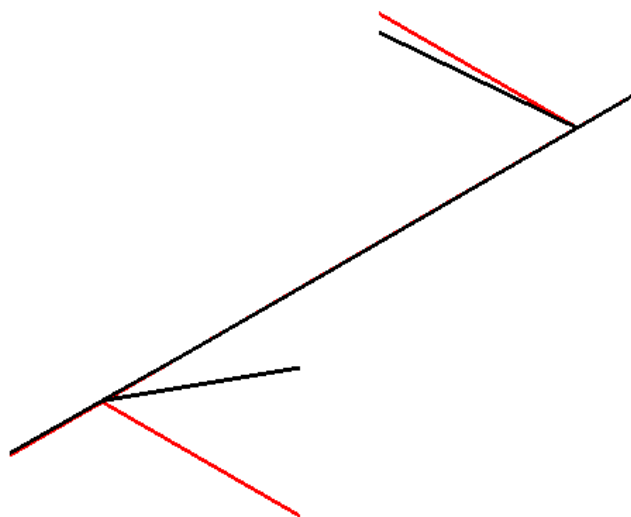
許容 応力 状態	地震波	種類	減衰 定数	使用 質点	設計震度	
					水平	鉛直
B _s S	弾性設計用地震動 S _d の 1/2	スペクトル モーダル	0.5%	原子炉建家質点 2, 3	—	—
	静的地震力	—	—		0.18	—

4. 解析結果及び評価

4.1. 固有周期

(1) RBS-1

モード	X 方向一次	Y 方向一次	Z 方向一次
固有振動数 (Hz)	75.3	10.9	11.2
固有周期 (s)	0.013	0.092	0.090



4.2. 結論

4.2.1. RBS-1

(1) B_AS 評価

発生応力は許容応力を満足している。

許容応力 状態	評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
							計算応力	許容応力
B _A S	4	一次応力	1	6	13	—	20	239

4.3. 拘束点反力

4.3.1. RBS-1

(1) B_AS 評価

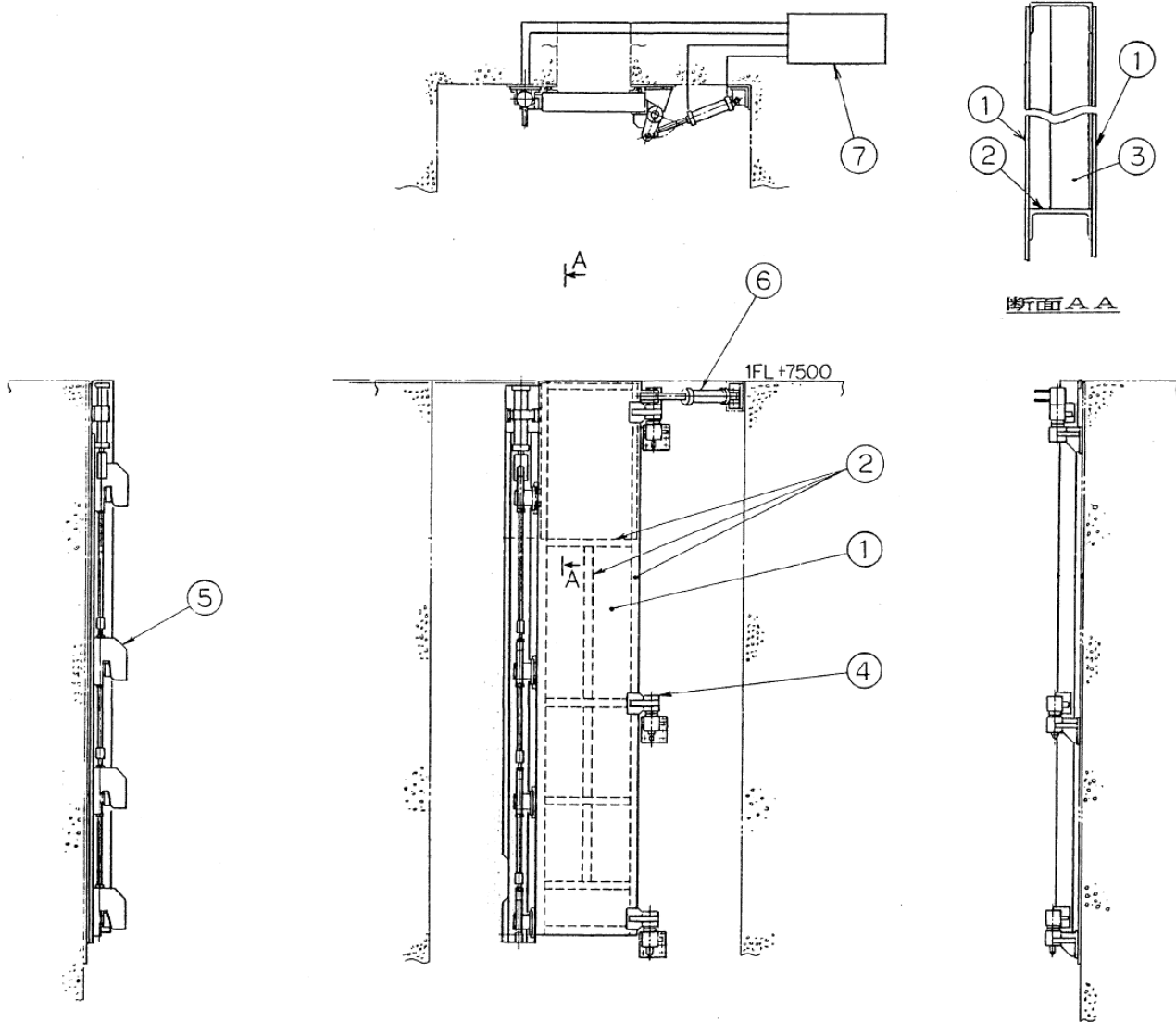
拘束点 番号	荷重	反力(N)			モーメント(N・mm)		
		X	Y	Z	MX	MY	MZ
5	自重	0	28095	—	—	—	—
	動的地震荷重 X	4549	0	—	—	—	—
	動的地震荷重 Y	0	20547	—	—	—	—
	動的地震荷重 Z	16958	0	—	—	—	—
	静的地震荷重 X	5057	0	—	—	—	—
	静的地震荷重 Z	1020	0	—	—	—	—
11	自重	0	16250	0	4012426	0	0
	動的地震荷重 X	4453	0	379	0	1168956	0
	動的地震荷重 Y	0	20481	0	5100842	0	32267460
	動的地震荷重 Z	16590	0	43636	0	26341040	0
	静的地震荷重 X	2925	0	0	0	722237	0
	静的地震荷重 Z	1020	0	7982	0	2848852	0

3－5. 添付図表

目 次

図-3-5.1	プールゲート (No.1 ゲート) の概略図	添 3-5- 1
図-3-5.2	上部遮蔽体の概略図	添 3-5- 2
図-3-5.3	下部遮蔽体の概略図	添 3-5- 3
図-3-5.4	1次冷却材主ポンプの概略図	添 3-5- 4
図-3-5.5	1次冷却材補助ポンプの概略図	添 3-5- 5
図-3-5.6	1次冷却材熱交換器の概略図	添 3-5- 6
図-3-5.7	N^{16} 減衰タンクの概略図	添 3-5- 7
図-3-5.8	ディフューザの概略図	添 3-5- 8
図-3-5.9	1次冷却材ストレーナの概略図	添 3-5- 9
図-3-5.10	重水ポンプの概略図	添 3-5-10
図-3-5.11	重水ドレン汲上ポンプの概略図	添 3-5-11
図-3-5.12	重水熱交換器の概略図	添 3-5-12
図-3-5.13	重水溢流タンクの概略図	添 3-5-13
図-3-5.14	重水ドレンタンクの概略図	添 3-5-14
図-3-5.15	重水イオン交換樹脂塔の概略図	添 3-5-15
図-3-5.16	重水前置フィルタの概略図	添 3-5-16
図-3-5.17	重水後置フィルタの概略図	添 3-5-17
図-3-5.18	ヘリウム圧縮機の概略図	添 3-5-18
図-3-5.19	吸込タンクの概略図	添 3-5-19
図-3-5.20	吐出タンクの概略図	添 3-5-20
図-3-5.21	ヘリウムタンクの概略図	添 3-5-21
図-3-5.22	再結合器の概略図	添 3-5-22
図-3-5.23	No.1 ドレンセパレータ及びNo.2 ドレンセパレータの概略図	添 3-5-23
図-3-5.24	No.1 凝縮器の概略図	添 3-5-24
図-3-5.25	No.2 凝縮器の概略図	添 3-5-25
図-3-5.26	サイフォンブレイク弁の概略図	添 3-5-26
図-3-5.27	自然循環弁接続管及び自然循環弁の概略図	添 3-5-27
図-3-5.28	原子炉プール溢流タンクの概略図	添 3-5-28
図-3-5.29	制御棒駆動装置の概略図	添 3-5-29
図-3-5.30	重水ダンプ弁の概略図	添 3-5-30
図-3-5.31	非常用排風機の概略図	添 3-5-31
図-3-5.32	空気浄化装置の概略図	添 3-5-32
図-3-5.33	燃料搬送装置の概略図	添 3-5-33

図-3-5.34	使用済燃料キャスクの概略図	添 3-5-34
図-3-5.35	プールゲート (No.2 ゲート) の概略図	添 3-5-35
図-3-5.36	使用済燃料貯蔵ラック (A 型) の概略図	添 3-5-36
図-3-5.37	使用済燃料貯蔵ラック (B 型) の概略図	添 3-5-37
図-3-5.38	ビームチューブ接続管の概略図	添 3-5-38
図-3-5.39	前部水封用止板 (1G) ~ (6G) の概略図	添 3-5-39
図-3-5.40	前部水封用止板 (7R) の概略図	添 3-5-40
図-3-5.41	前部水封用止板 (8T) の概略図	添 3-5-41
図-3-5.42	前部水封用止板 (9C) の概略図	添 3-5-42
図-3-5.43	減速材容器の概略図	添 3-5-43
図-3-5.44	低温流路管の概略図 (1/2)	添 3-5-44
図-3-5.45	低温流路管の概略図 (2/2)	添 3-5-45
図-3-5.46	炉室詰替セルの躯体及びサブプールの概略図	添 3-5-46
図-3-5.47	非常用排気設備アキュムレータの概略図	添 3-5-47



7	水圧ユニット	1式	—
6	開閉機構	1式	SUS304
5	ロック機構	1式	SUS304
4	ヒンジ	3式	SUS304
3	しゃへい板	1	SM41B
2	フレーム	1式	SUS304L
1	平板	2	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

図-3-5.1 プールゲート (No.1ゲート) の概略図

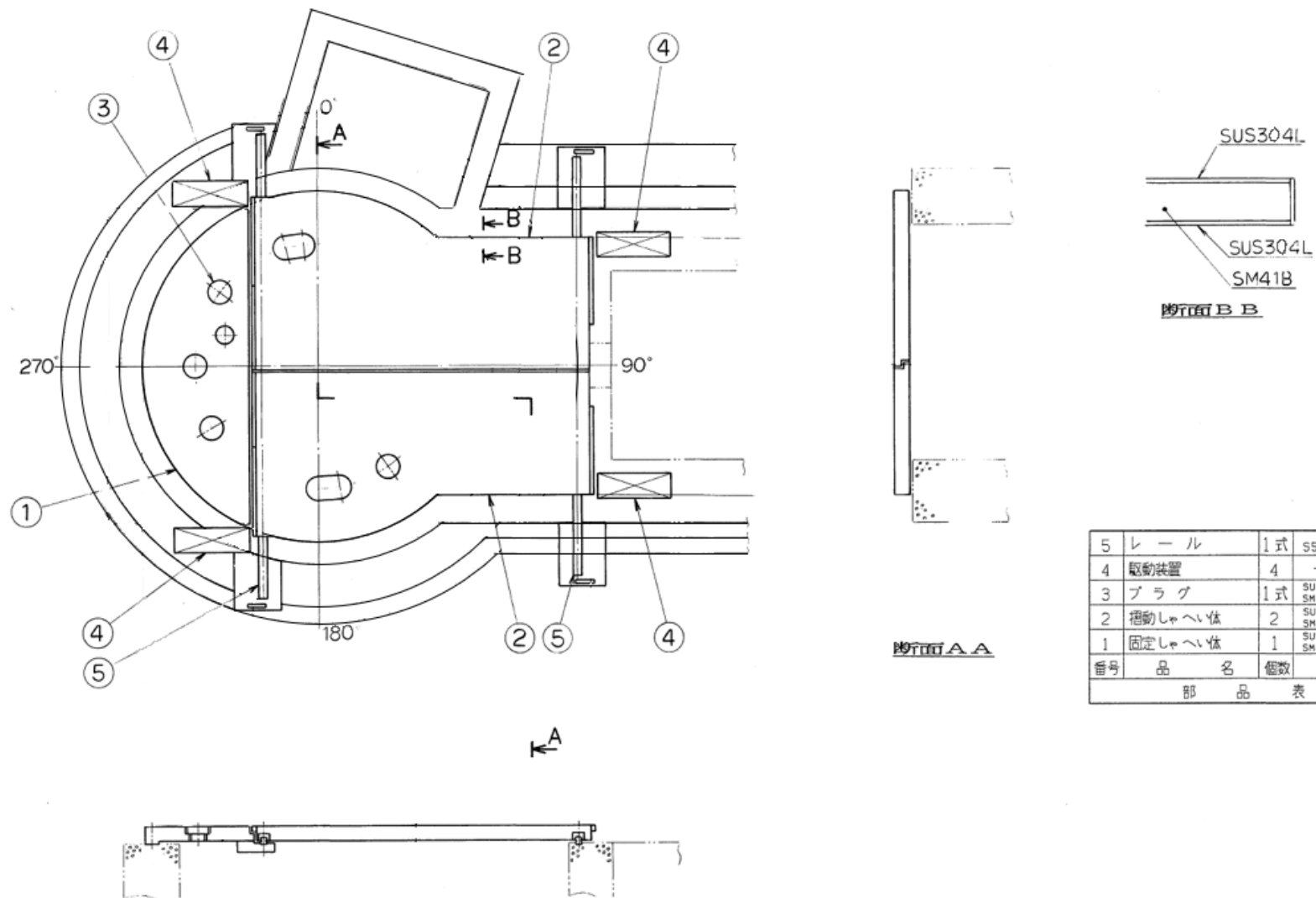
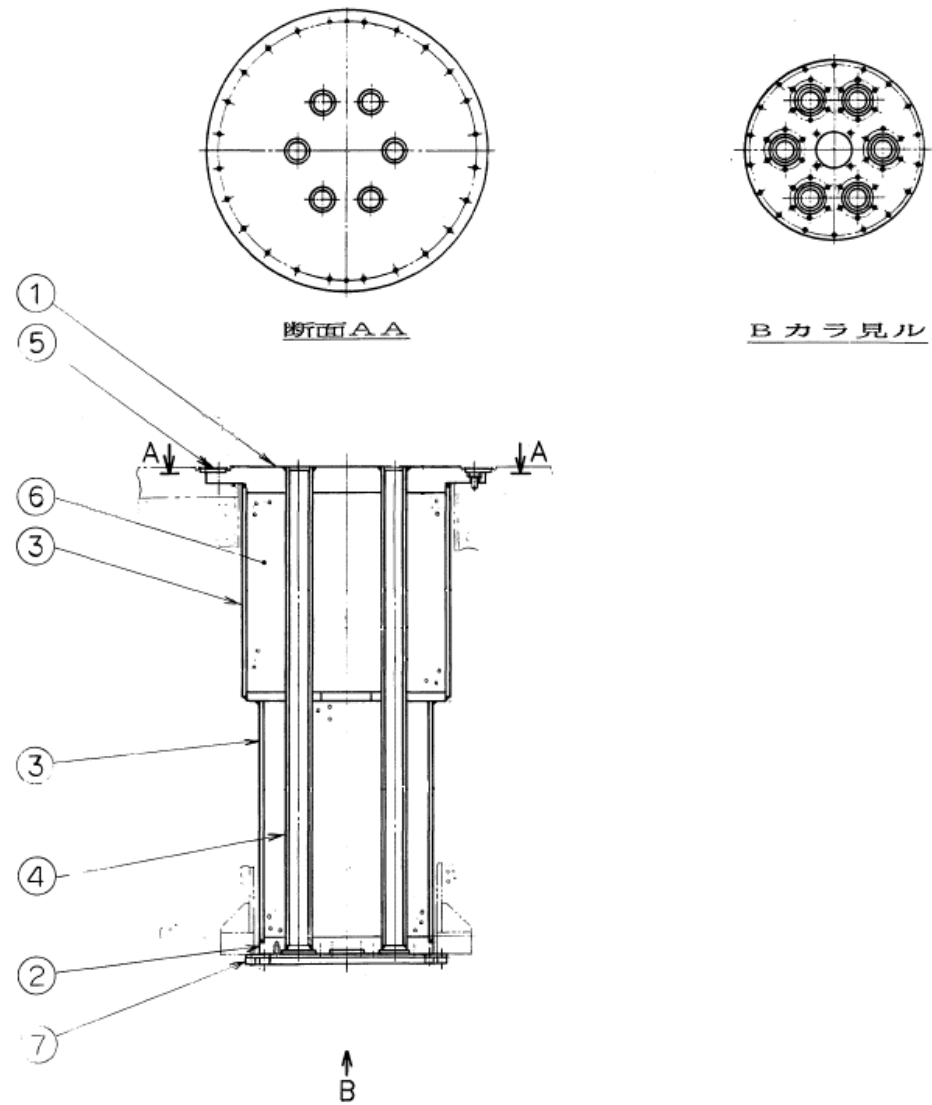


図-3-5.2 上部遮蔽体の概略図

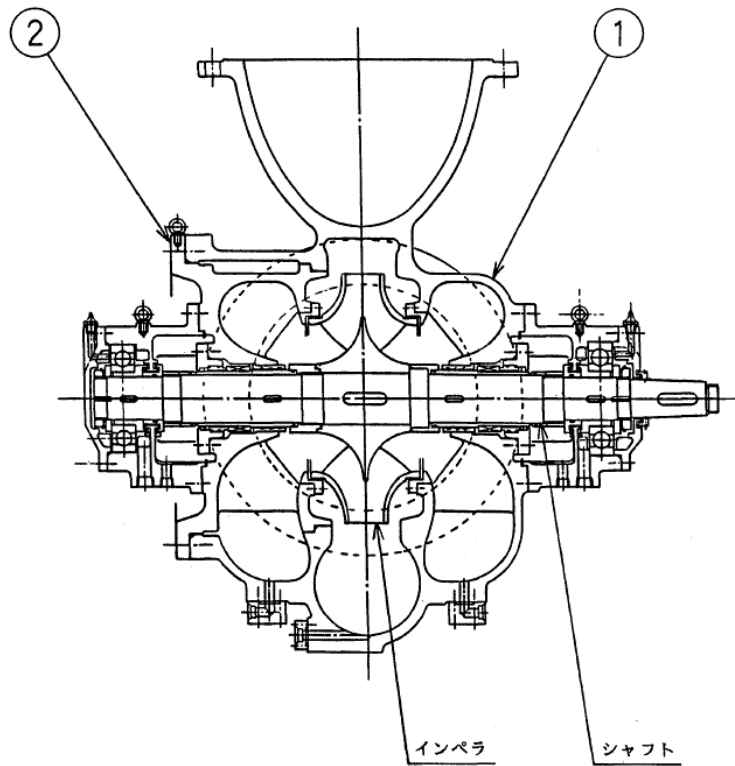
添 3-5-2



7	ガスケット押え	1式	SUS304
6	しゃへい体	1式	重量コンクリート
5	シール板	1	SUS304L
4	制御棒駆動機構案内管	6	SUS304LTB
3	側板	2	SUS304
2	下フランジ	1	SUS304L
1	上フランジ	1	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

図-3-5.3 下部遮蔽体の概略図

添 3-5-3



2	ケーシングカバー	1	SCS13
1	ケーシング	1	SCS13
番号	品名	個数	材料
部品表			

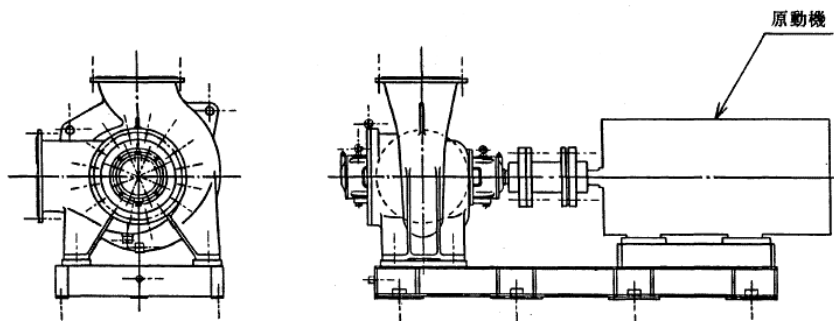
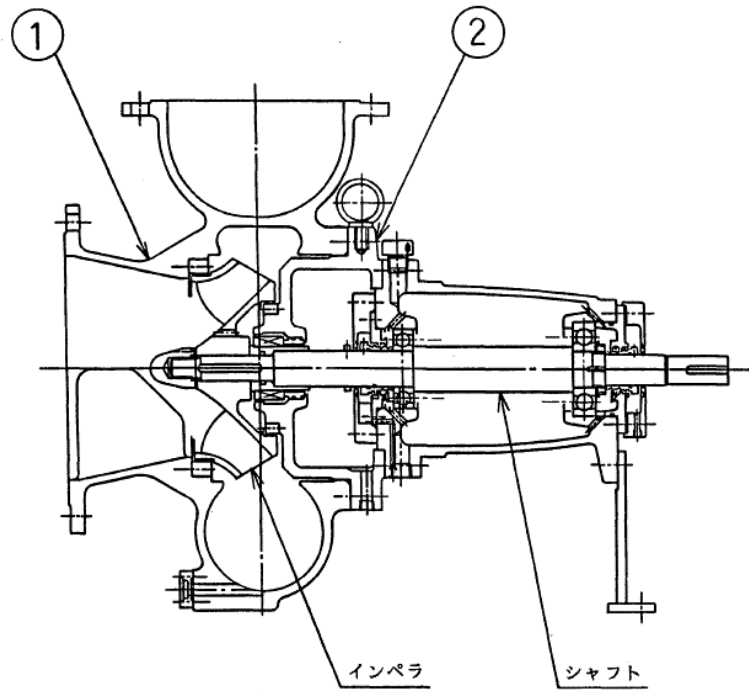


図-3-5.4 1次冷却材主ポンプの概略図

添 3-5-4



2	ケーシングカバー	1	SCS13
1	ケーシング	1	SCS13
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

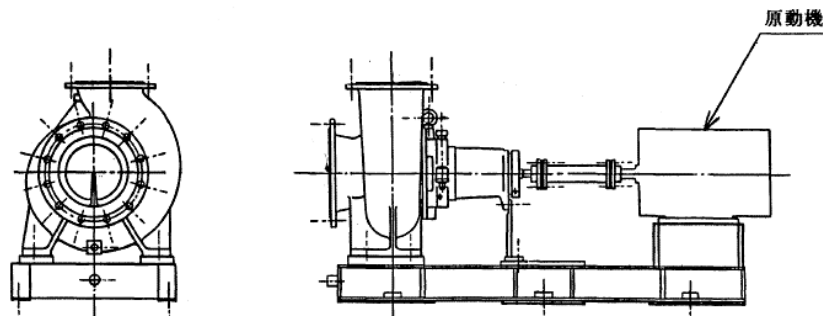
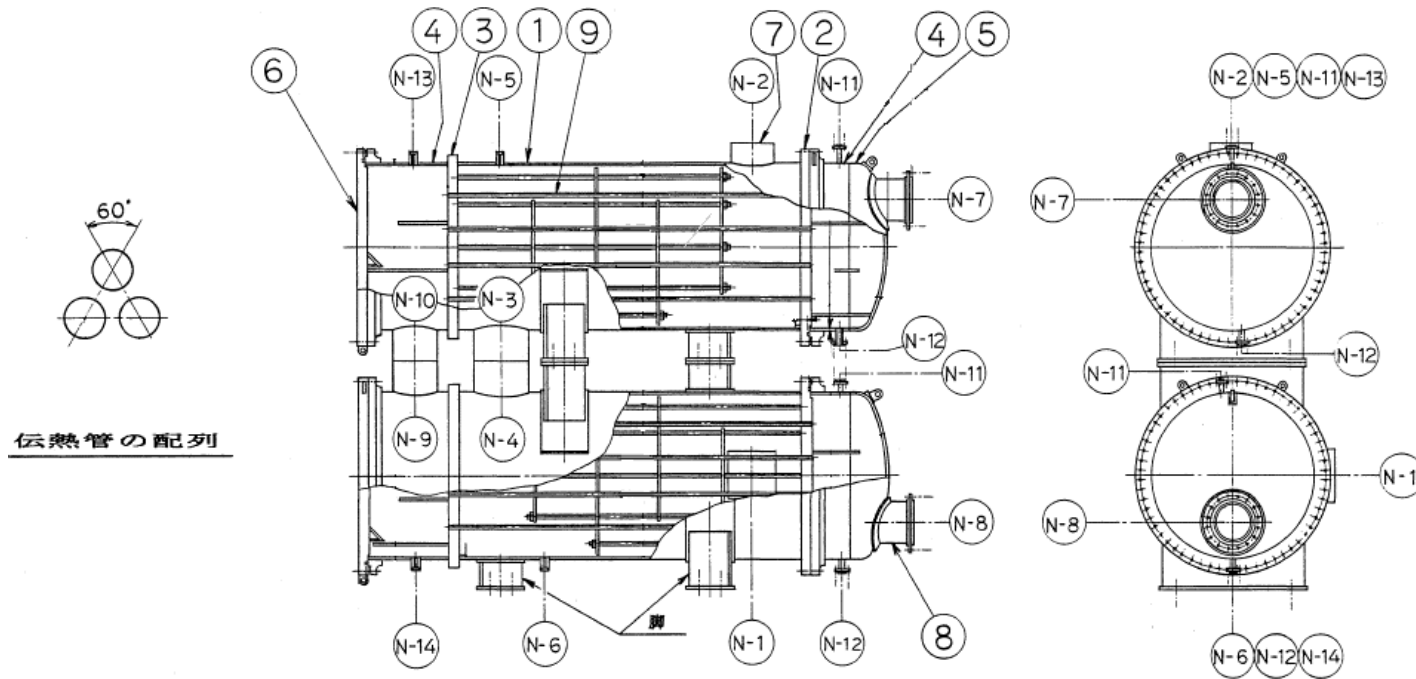


図-3-5.5 1次冷却材補助ポンプの概略図

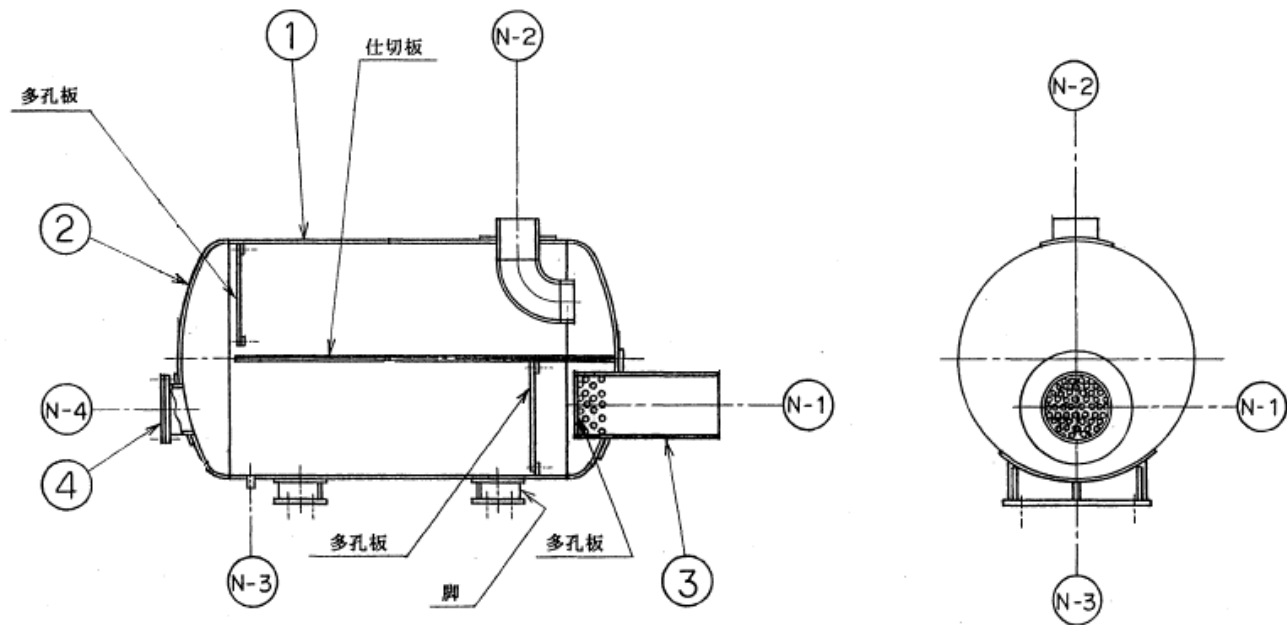


伝熱管の配列

N-14	管側軽水ドレン	1	40A	SF50A
N-13	管側軽水ベント	1	25A	
N-12	管側軽水ドレン	2	40A	}
N-11	管側軽水ベント	2	25A	
N-10	管側軽水連絡管	1	400A	STPT42
N-9	管側軽水連絡管	1	400A	
N-8	管側軽水出口	1	400A	}
N-7	管側軽水入口	1	400A	
N-6	胴側軽水ドレン	1	40A	SUSF304L
N-5	胴側軽水ベント	1	25A	
N-4	胴側軽水連絡管	1	500A	}
N-3	胴側軽水連絡管	1	500A	
N-2	胴側軽水出口	1	400A	SUS304L
N-1	胴側軽水入口	1	500A	
符号	名称	倍数	呼び径	備考
管台一覧表				

9	伝熱管	5496	SUS316LTB
8	管側管台	10	SF50A
			STPT42
7	胴側管台	6	SUSF304L
			SUS304L
6	管側平板	2	SM41A
5	管側隔板	2	SM41A
4	管側胴板	4	SM41A
3	管板(2)	2	SUS304L
2	管板(1)	2	SUS304L
1	胴側胴板	2	SUS304L
番号	品名	倍数	材料
部品表			

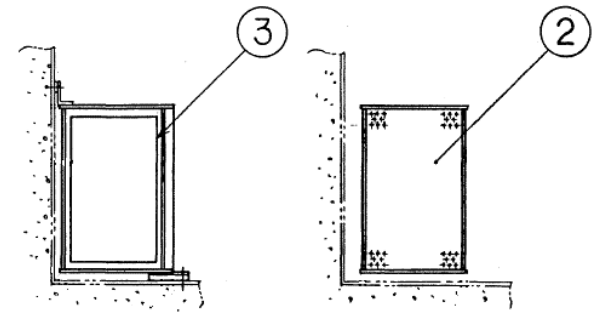
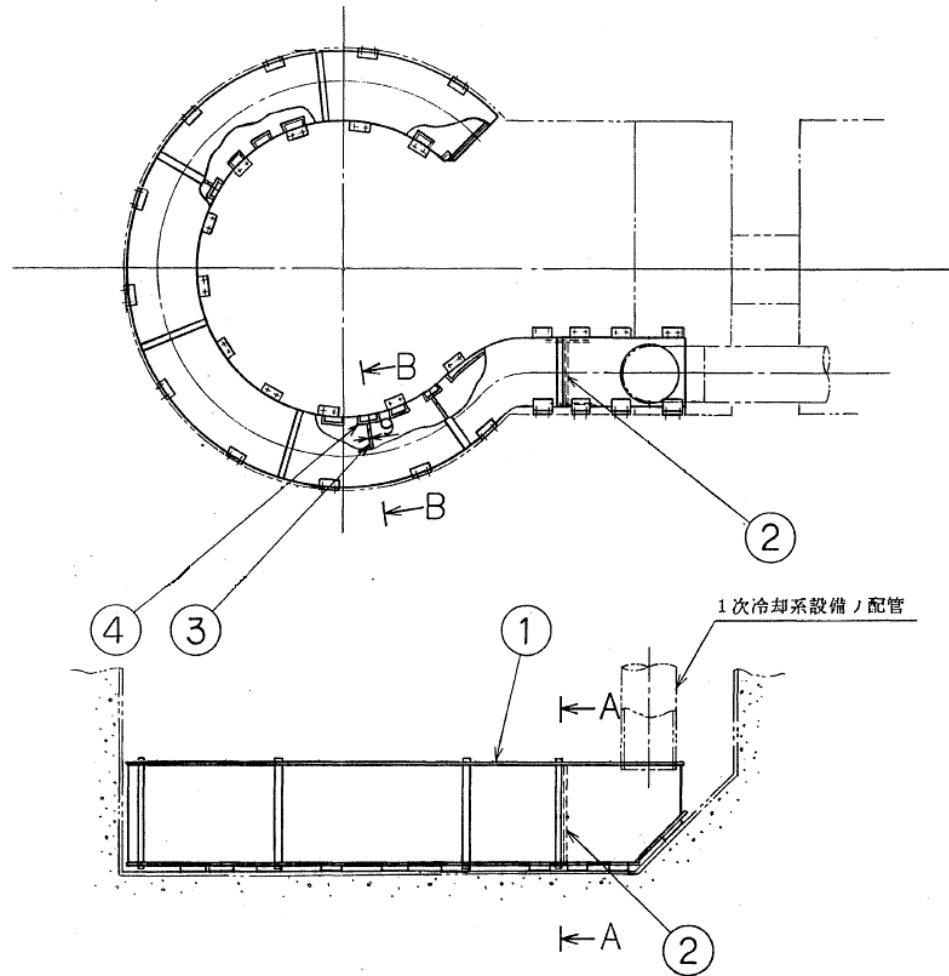
図-3-5.6 1次冷却材熱交換器の概略図



N-4	マンホール	1	550A	SUS304LTPY
N-3	ドレン	1	65A	SUS304LTP
N-2	軽水出口	1	550A	
N-1	軽水入口	1	800A	SUS304LTPY
符号	名称	個数	呼び径	備考
管台一覧表				

4	閉止板	1	SUS304L
3	管台	4	SUS304LTPY SUS304LTP
2	鏡板	2	SUS304L
1	胴板	1	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部品表			

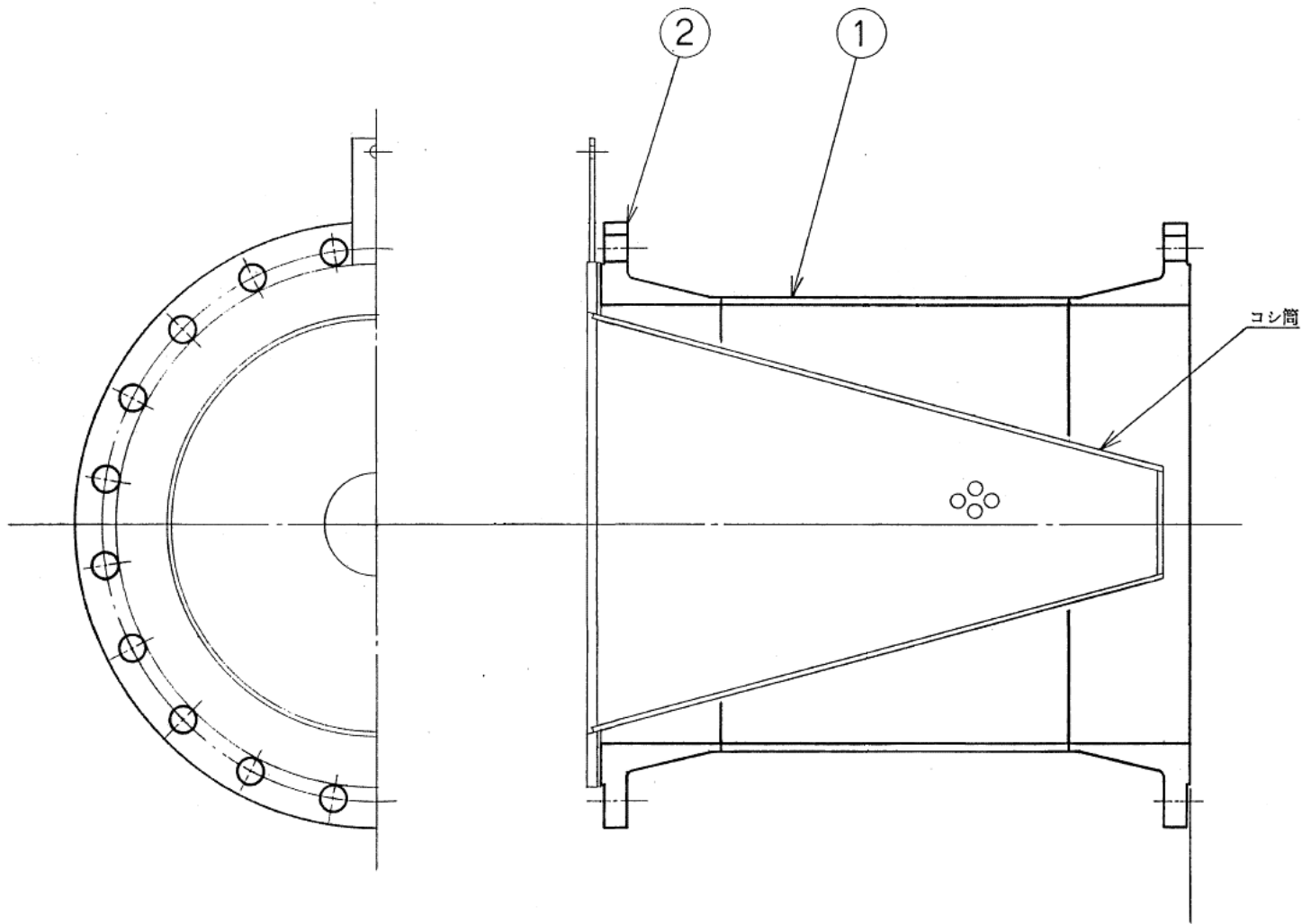
図-3-5.7 N¹⁶減衰タンクの概略図



断面BBカラ見ル 断面AAカラ見ル

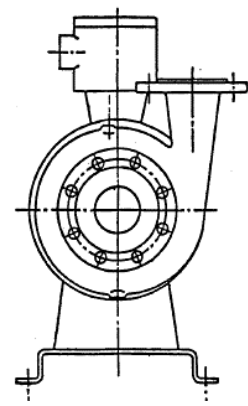
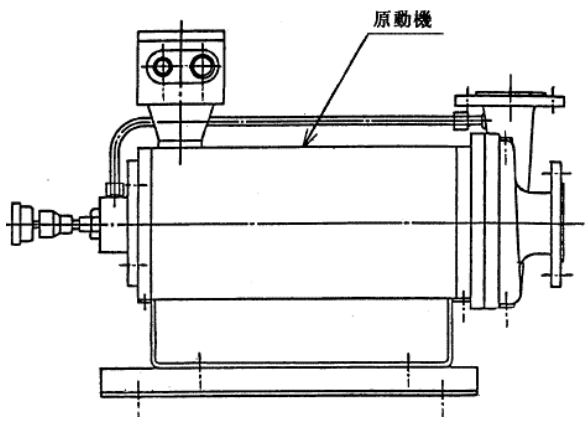
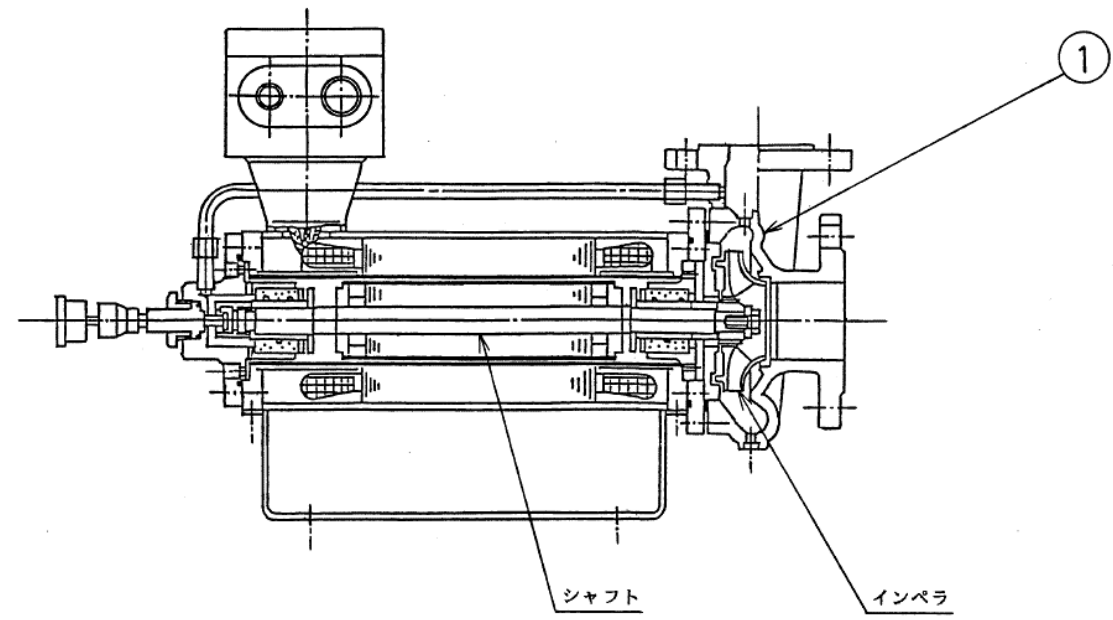
4	案内板	20	A5052P-0
3	バブルプレート	6	A5052P-0
2	整流板	1	A5052P-0
1	本体	7	A5052P-0
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.8 ディフューザの概略図



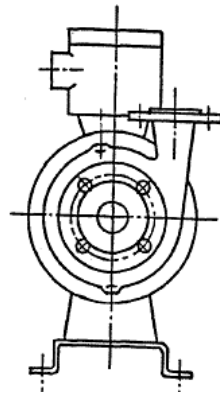
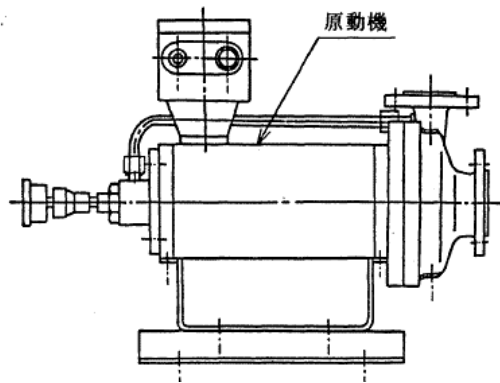
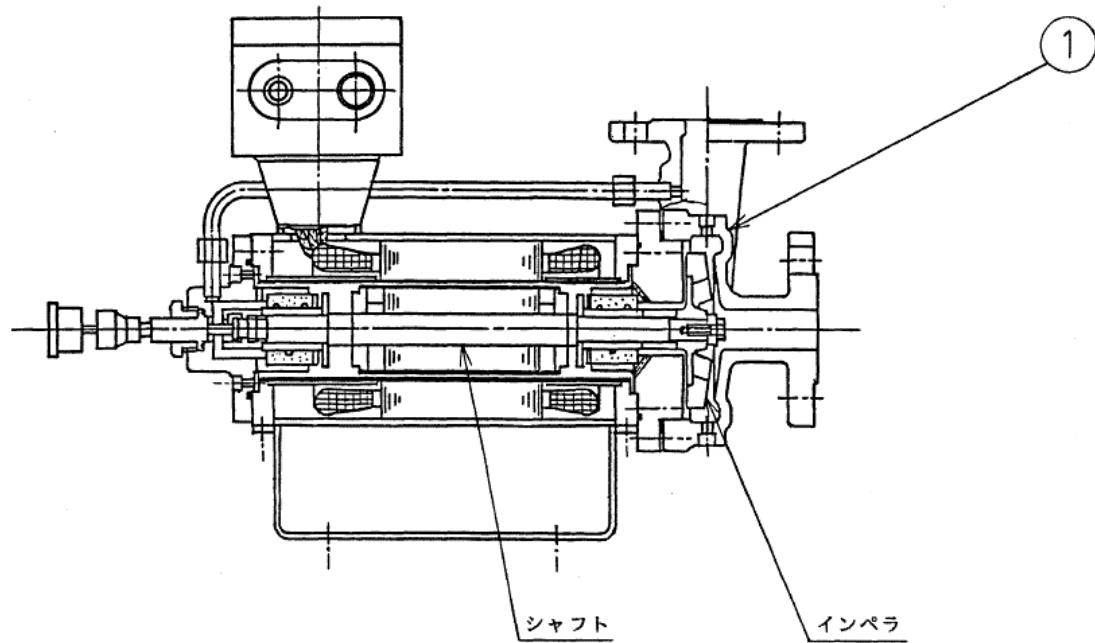
2	フランジ	2	SUSF304L
1	本体	1	SUS304LTPY
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.9 1次冷却材ストレーナの概略図



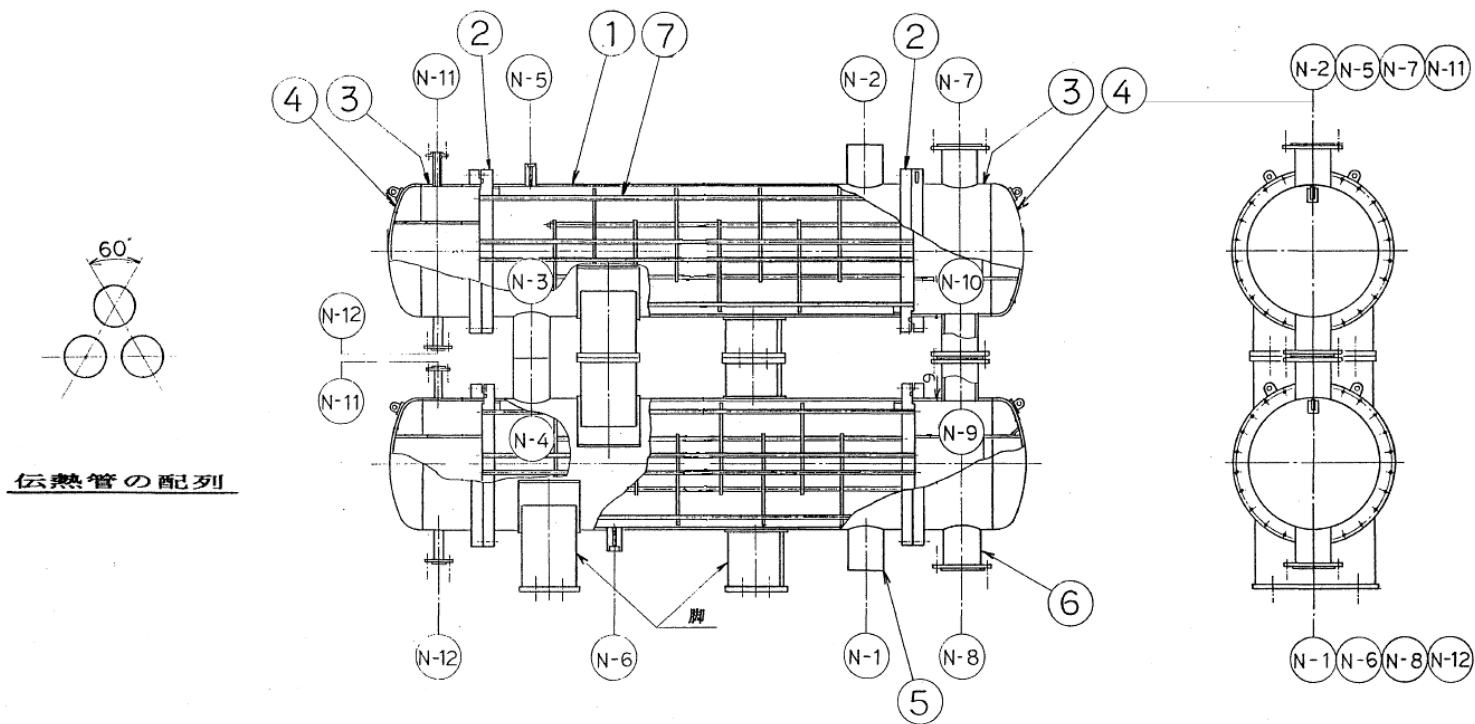
1	ケーシング	1	SCS13
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.10 重水ポンプの概略図



1	ケーシング	1	SCS13
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.11 重水ドレン汲上ポンプの概略図

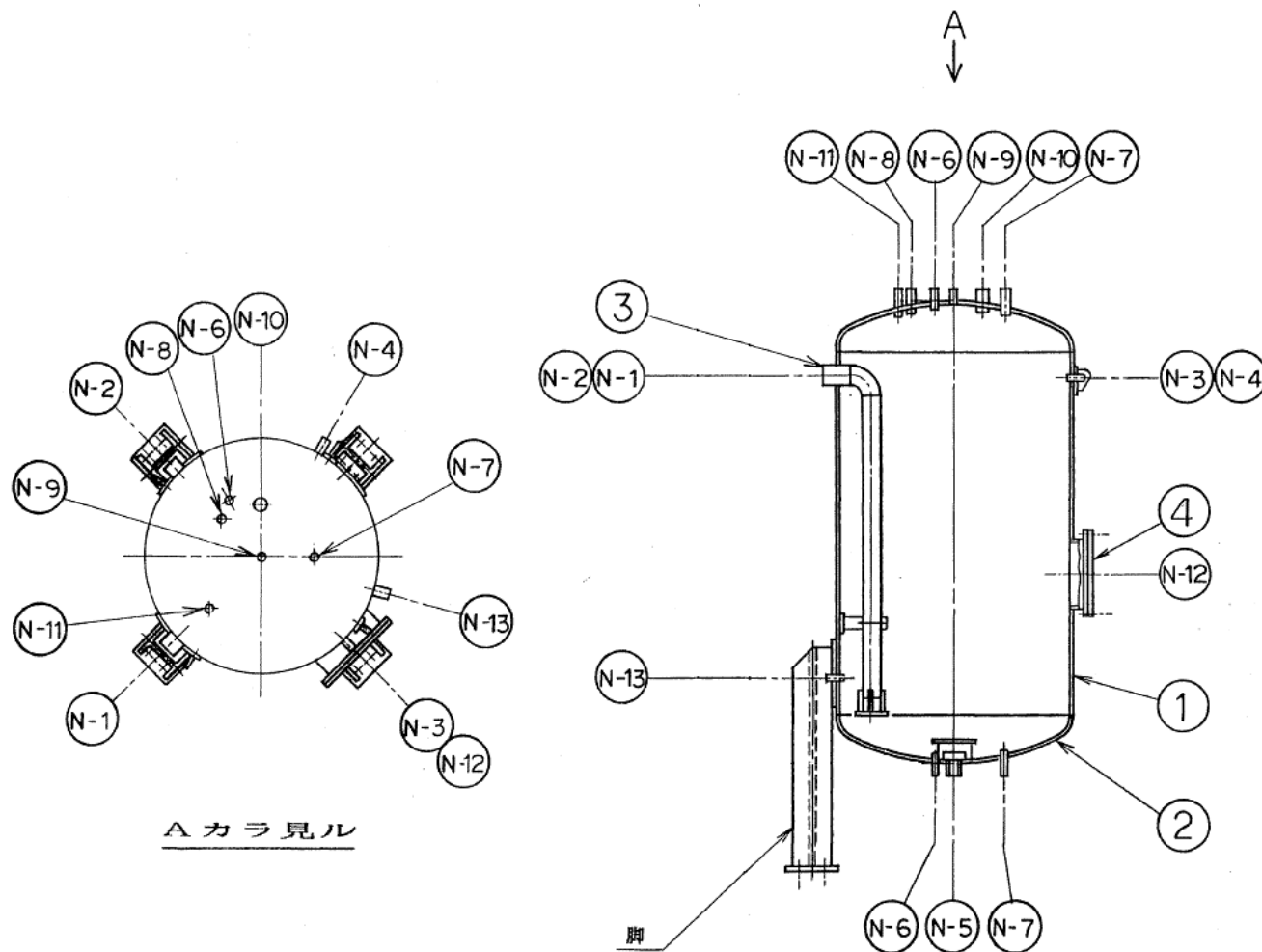


伝熱管の配列

N-12	軽水ドレン	2	25A	
N-11	軽水ベント	2	15A	
N-10	軽水連絡管	1	150A	STPT42
N-9	軽水連絡管	1	150A	
N-8	軽水出口	1	150A	
N-7	軽水入口	1	150A	
N-6	重水ドレン	1	40A	SUSF304L
N-5	重水ベント	1	25A	
N-4	重水連絡管	1	150A	SUS304LTP
N-3	重水連絡管	1	150A	
N-2	重水出口	1	150A	
N-1	重水入口	1	150A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

7	伝熱管	640	SUS316LTB
6	管側管台	8	STPT42
			SUSF304L
5	胴側管台	6	SUS304LTP
4	管側隔板	4	SM41A
3	胴側隔板	4	SM41A
2	管板	4	SUS304L
1	胴側隔板	2	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

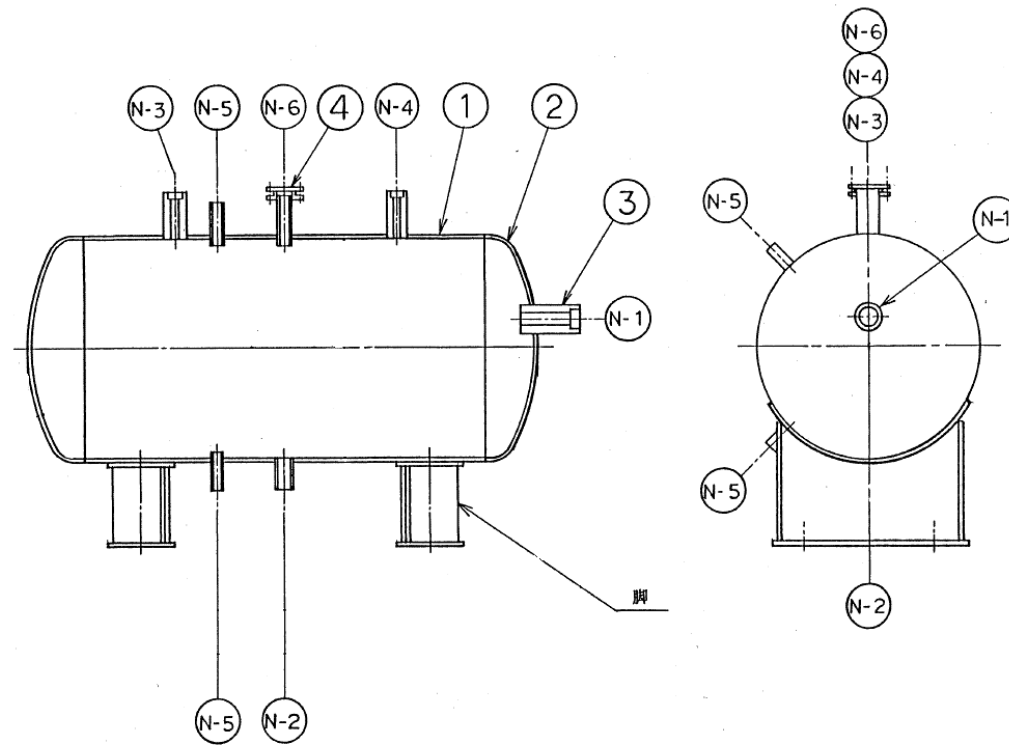
図-3-5.12 重水熱交換器の概略図



N-13	置換用管台	1	50A	SUSF304L	
N-12	マンホール	1	500A	SUS304L	
N-11	圧力計	1	20A	SUSF304L	
N-10	ヘリウム出口	1	65A	SUS304LTP	
N-9	ヘリウム供給	1	25A		SUSF304L
N-8	ヘリウム入口	1	40A		
N-7	水位計座	2	20A		
N-6	液面計座	2	20A		
N-5	重水出口	1	125A	SUS304LTP	
N-4	重水ドレン入口	1	25A		SUSF304L
N-3	浄化装置戻リ	1	20A		
N-2	重水ダンプ入口	1	100A		SUS304LTP
N-1	重水入口	1	150A		
符号	名称	個数	呼び径	備考	
管 台 一 覧 表					

4	閉止板	1	SUS304L	
3	管台	15	SUS304L SUSF304L SUS304LTP	
2	鏡板	2	SUS304L	
1	胴板	1	SUS304L	
番号	品名	個数	材料	
部 品 表				

図-3-5.13 重水溢流タンクの概略図



N-6	予備座	1	25A	
N-5	液面計座	2	20A	SUS304LTP
N-4	ヘリウム出口	1	20A	
N-3	ヘリウム入口	1	20A	SUSF304L
N-2	重水出口	1	25A	SUS304LTP
N-1	重水入口	1	40A	SUSF304L
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

4	閉止板	1	SUS304L
3	管台	7	SUSF304L SUS304LTP
2	鏡板	2	SUS304L
1	肩板	1	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

図-3-5.14 重水ドレンタンクの概略図

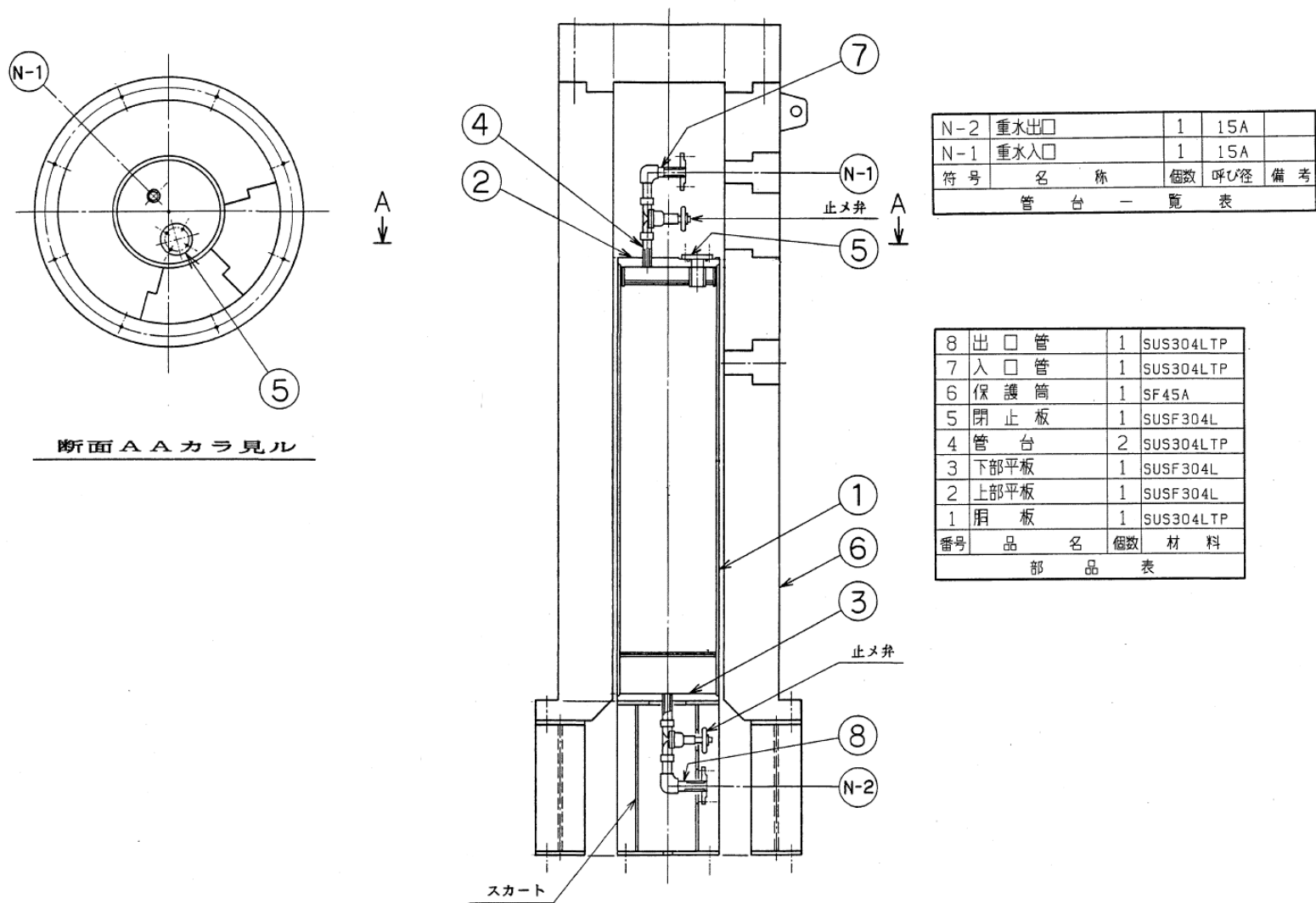
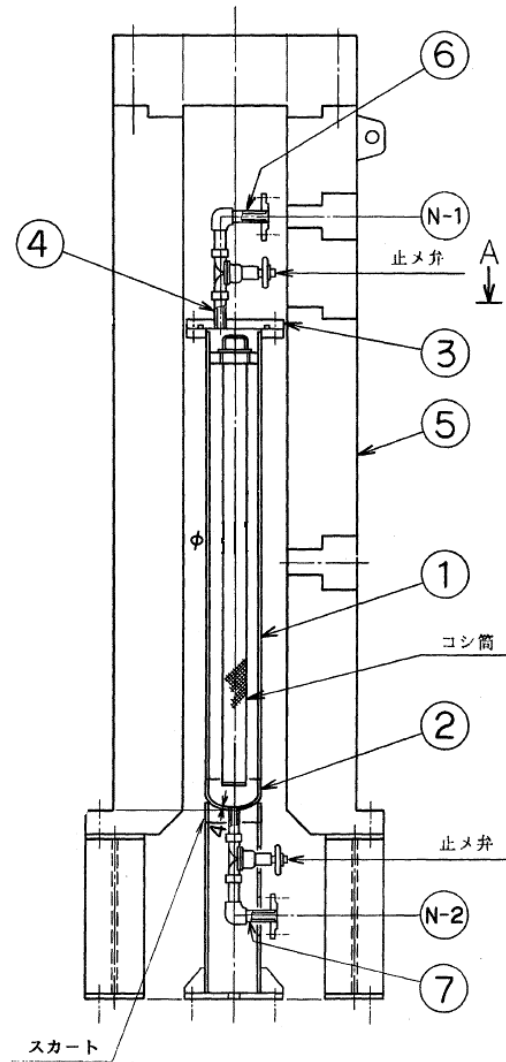
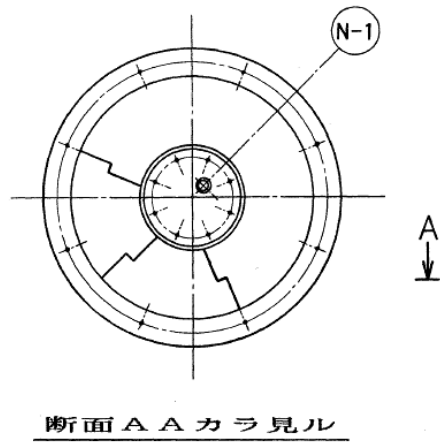


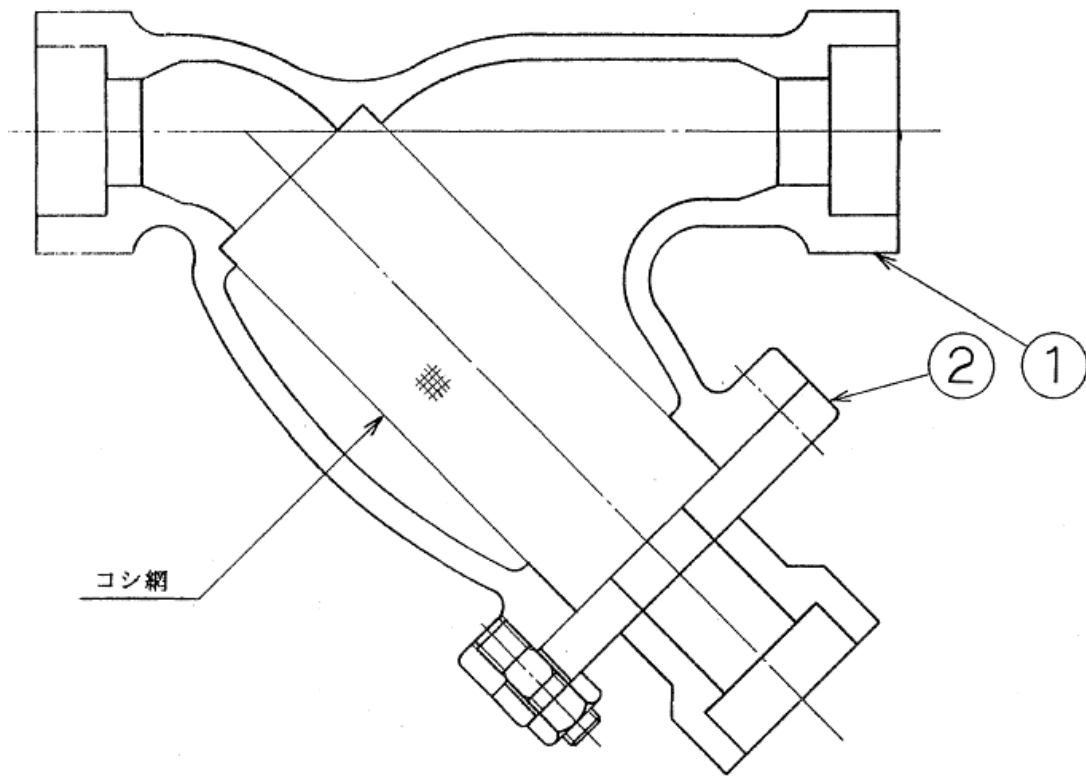
図-3-5.15 重水イオン交換樹脂塔の概略図



N-2	重水出口	1	15A	
N-1	重水入口	1	15A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

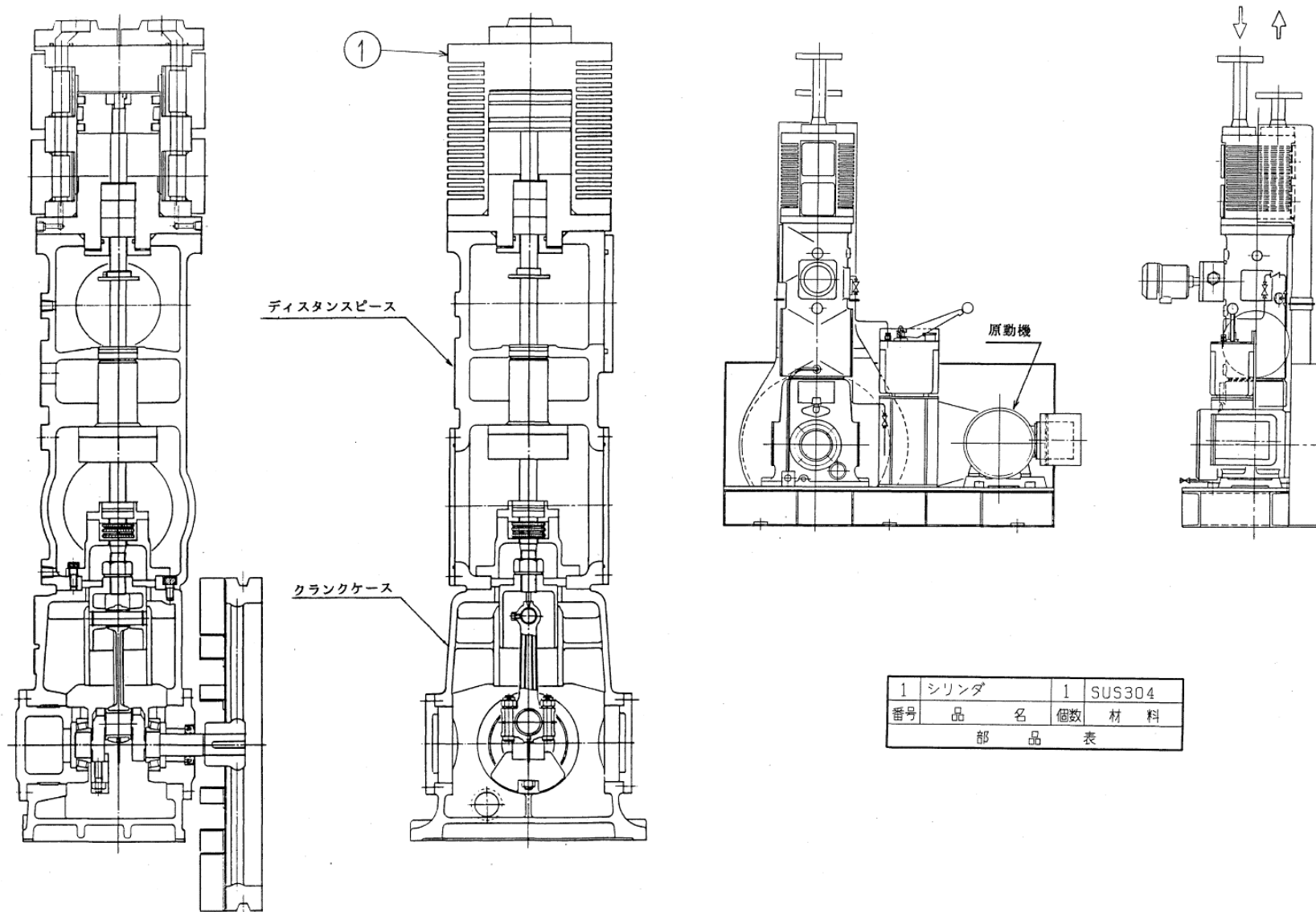
7	出口管	1	SUS304LTP
6	入口管	1	SUS304LTP
5	保護筒	1	SF45A
4	管台	2	SUS304LTP
3	上部平板	1	SUSF304L
2	鏡板	1	SUS304L
1	胴板	1	SUS304LTP
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

図-3-5.16 重水前置フィルタの概略図



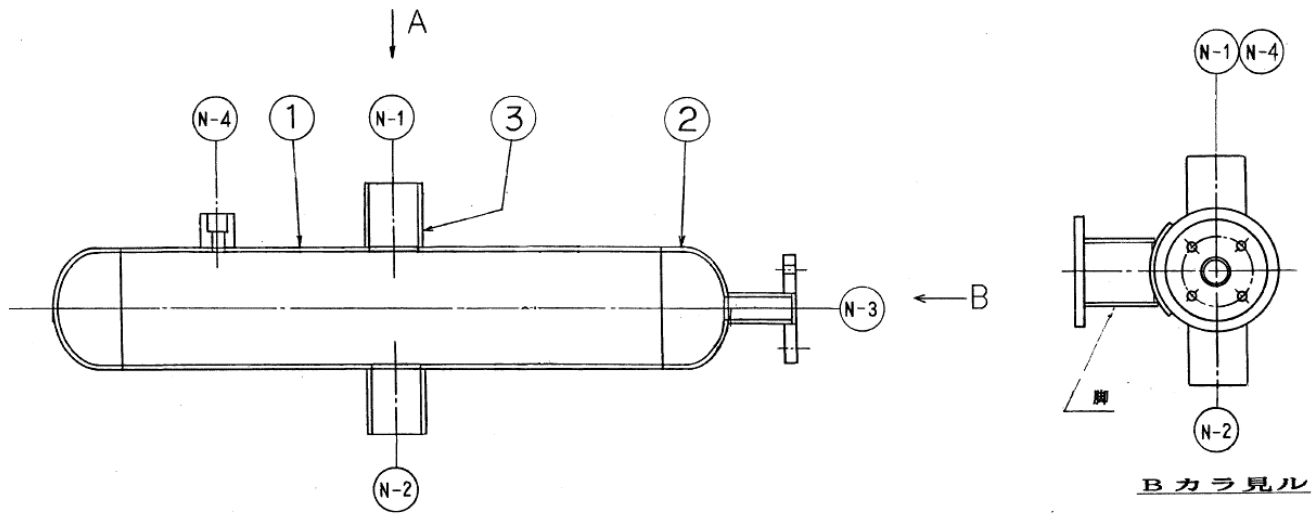
2	蓋	1	SUS304L
1	本 体	1	SCS13A
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

図-3-5.17 重水後置フィルタの概略図



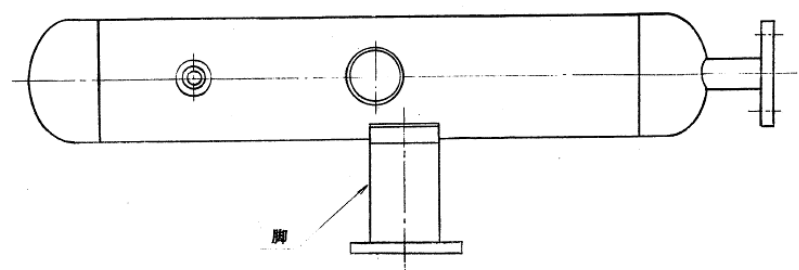
1	シリンダ	1	SUS304
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.18 ヘリウム圧縮機の概略図



Bカラ見ル

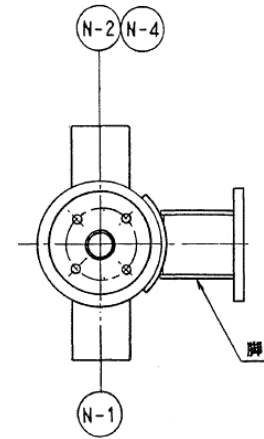
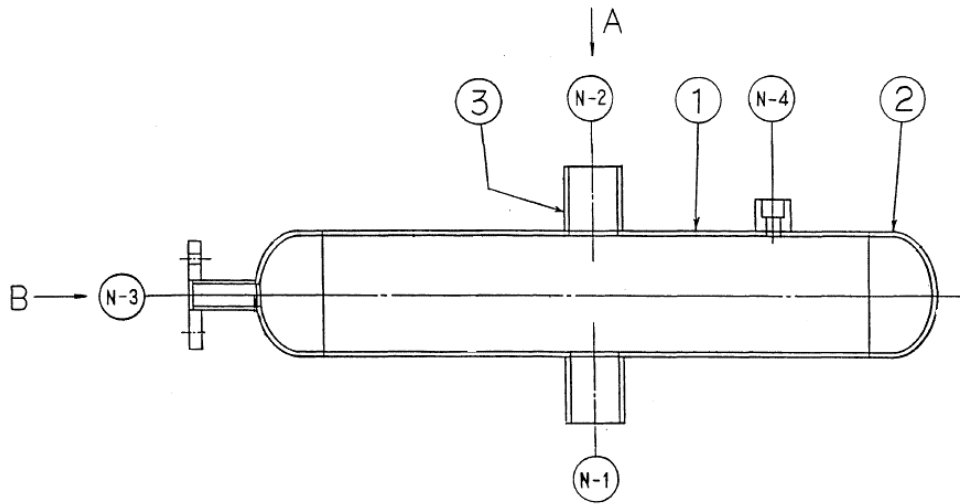
N-4	圧力計座	1	20A	SUS304L	
N-3	バイパス座	1	25A	SUS304LTP	
N-2	ヘリウム出口	1	50A		
N-1	ヘリウム入口	1	50A		
符号	名称	個数	呼び径	備考	
管 台 一 覧 表					



Aカラ見ル

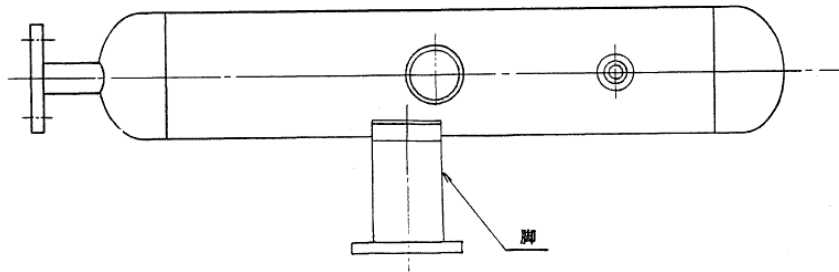
3	管 台	4	SUS304L SUS304LTP
2	鏡 板	2	SUS304L
1	胴 板	1	SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

図-3-5.19 吸込タンクの概略図



Bカラ見ル

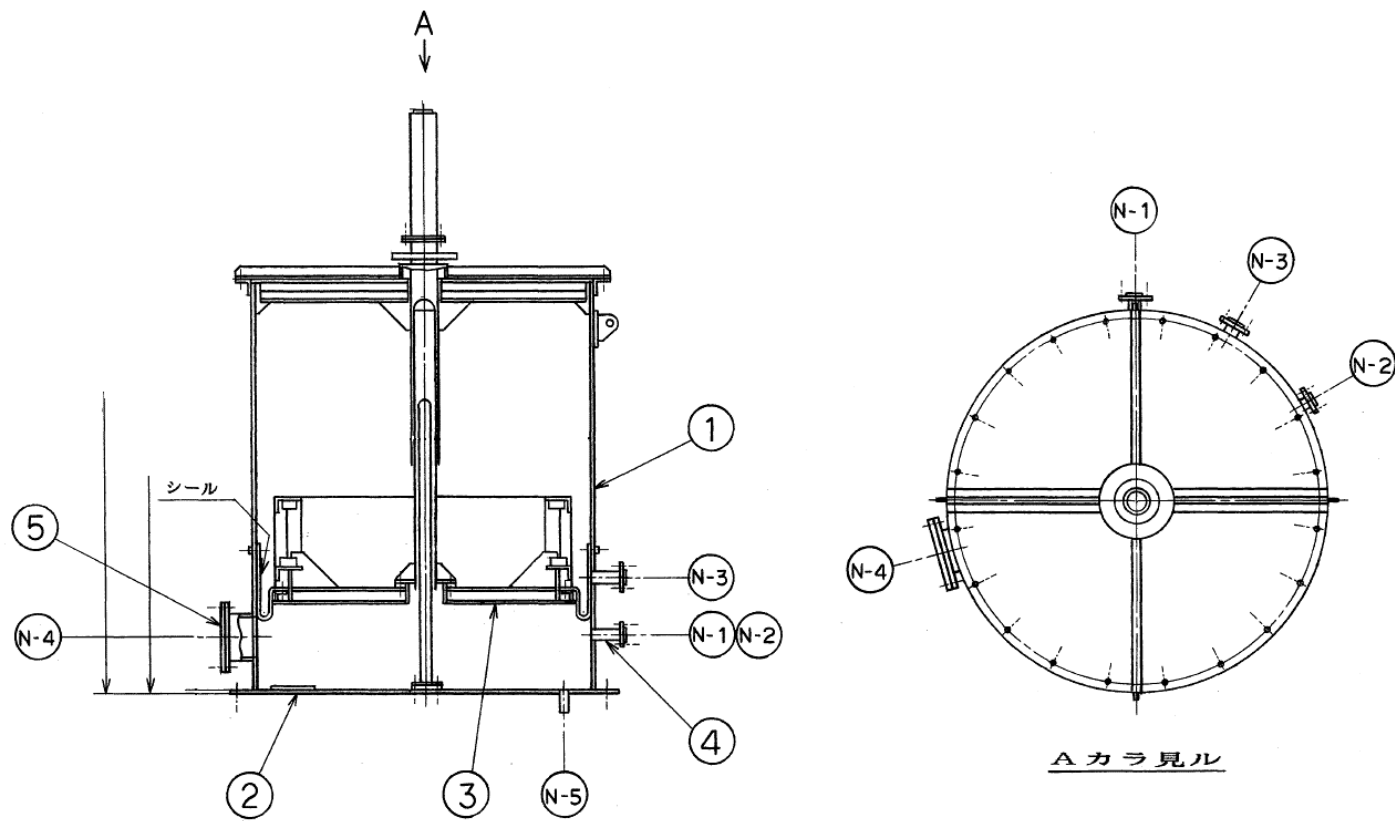
N-4	圧力計座	1	20A	SUS304L
N-3	バイパス座	1	25A	SUS304LTP
N-2	ヘリウム出口	1	50A	
N-1	ヘリウム入口	1	50A	
符号	名 称	個数	呼び径	備 考
管 台 一 覧 表				



Aカラ見ル

3	管 台	4	SUS304L SUS304LTP
2	鏡 板	2	SUS304L
1	胴 板	1	SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

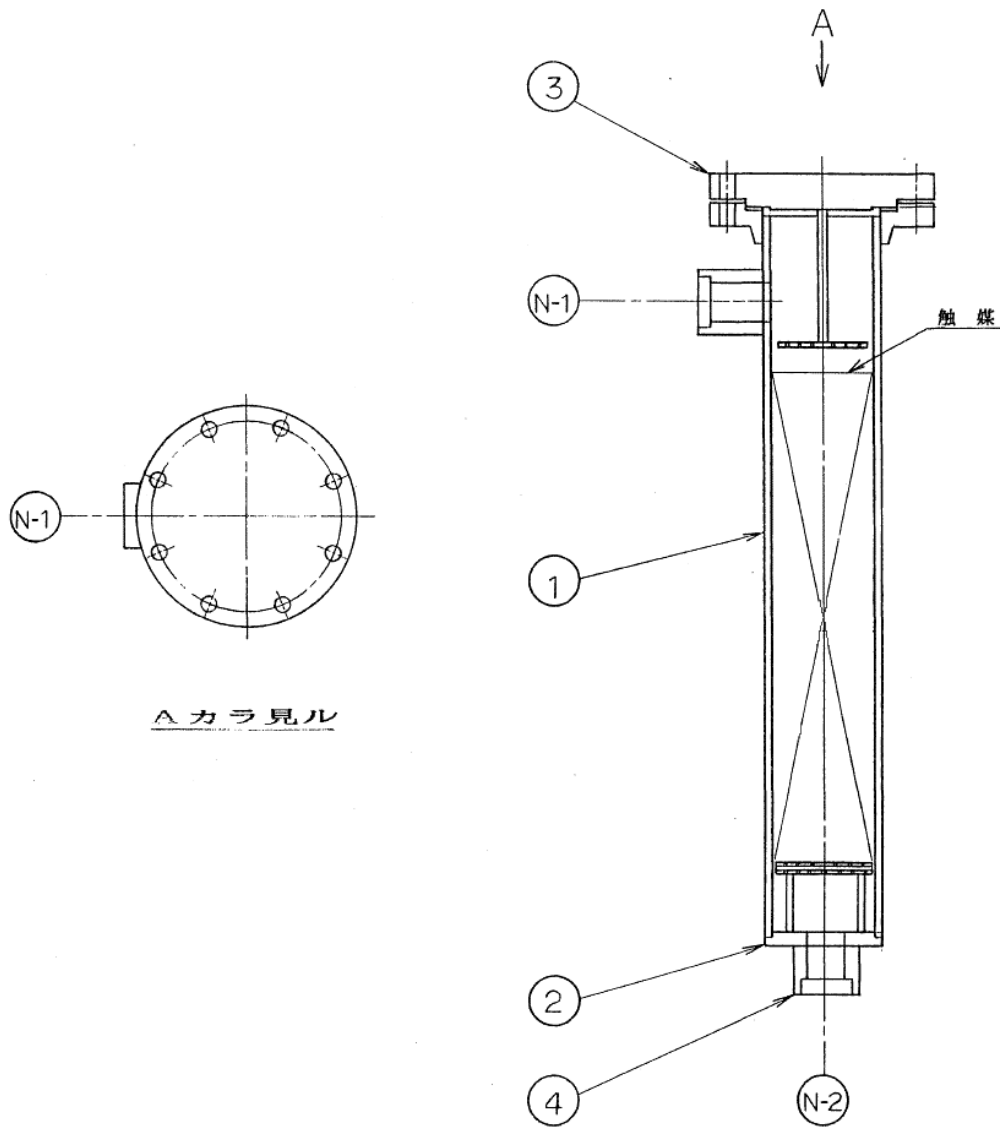
図-3-5.20 吐出タンクの概略図



N-5	ドレン出口	1	15A	
N-4	点検口	1	200A	
N-3	逃し弁座	1	50A	
N-2	ヘリウム出口	1	25A	
N-1	ヘリウム入口	1	25A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管台一覧表				

5	閉止板	1	SUS304L
4	管台	5	SUS304LTP
3	平板	1	SUS304L
2	底板	1	SUS304L
1	胴板	1	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部品表			

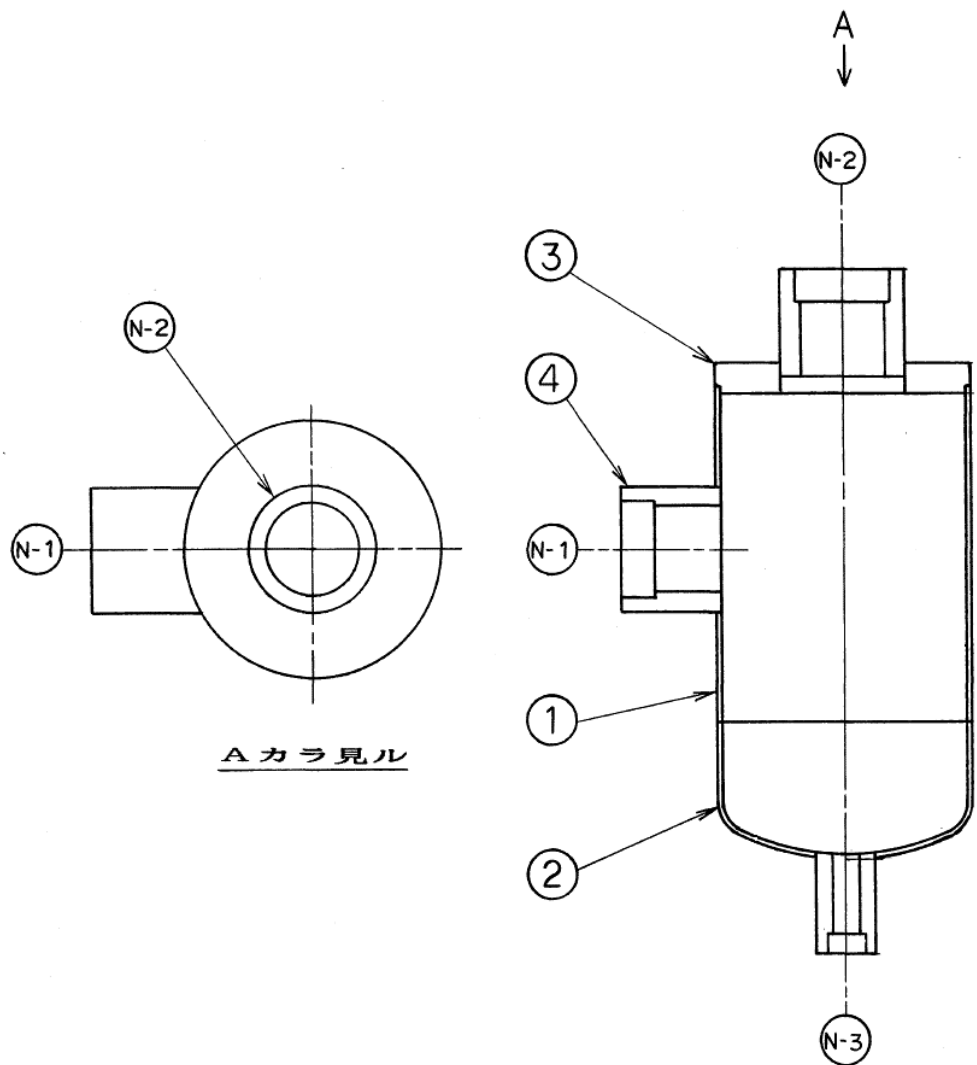
図-3-5.21 ヘリウムタンクの概略図



N-2	ヘリウム出口	1	50A	
N-1	ヘリウム入口	1	50A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

4	管 台	2	SUSF304L
3	上 部 平 板	1	SUS304L
2	下 部 平 板	1	SUS304L
1	胴 板	1	SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

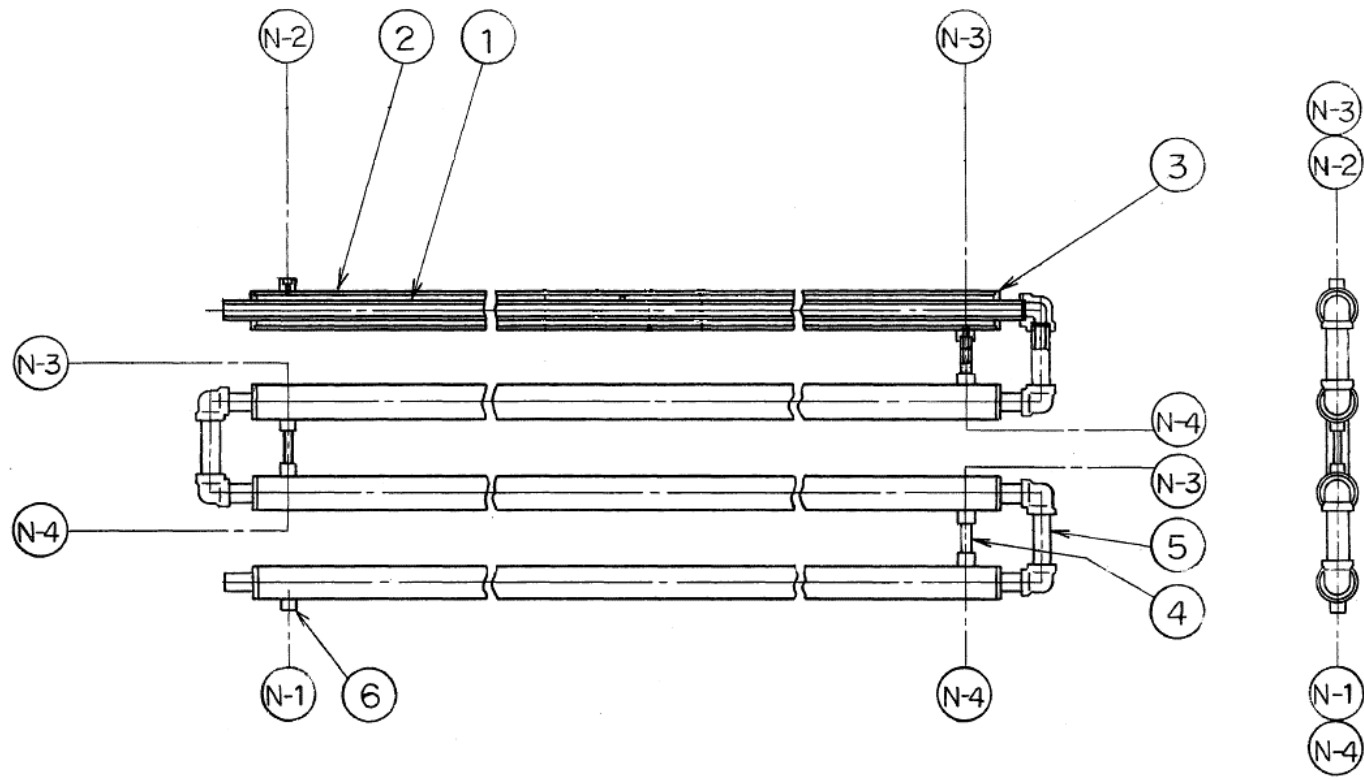
図-3-5.22 再結合器の概略図



N-3	ドレン出口	1	15A	
N-2	ヘリウム出口	1	50A	
N-1	ヘリウム入口	1	50A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

4	管 台	3	SUSF304L
3	上部平板	1	SUS304L
2	鏡 板	1	SUS304L
1	胴 板	1	SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

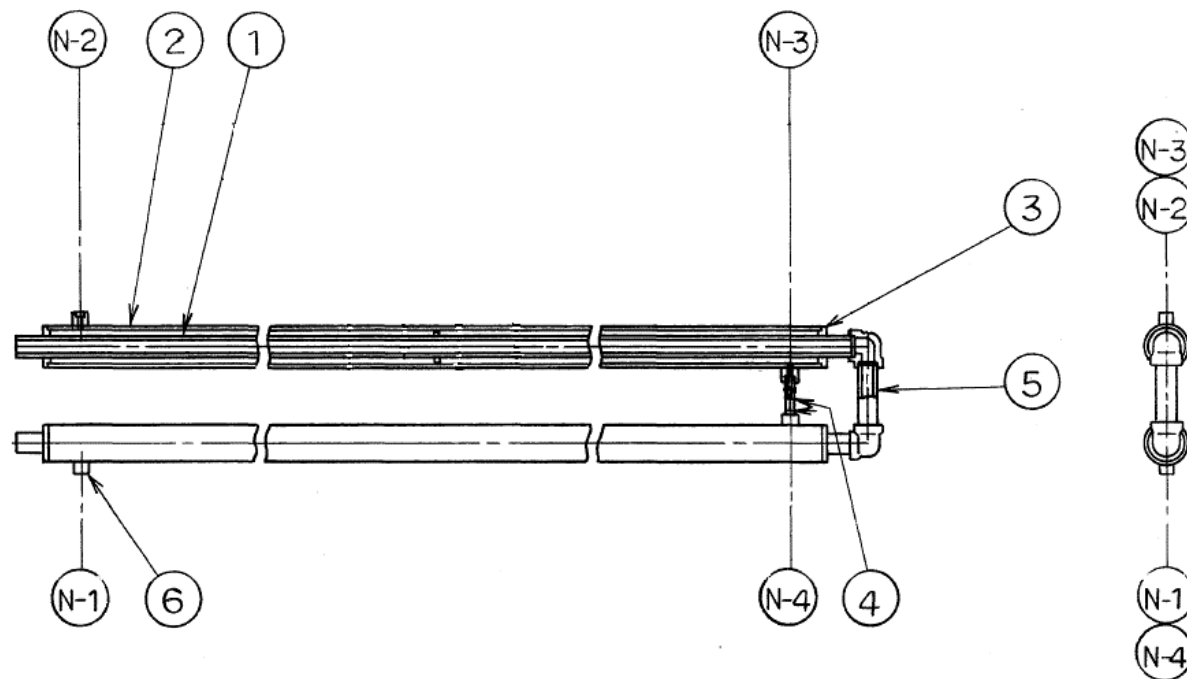
図-3-5.23 No.1 ドレンセパレータ及びNo.2 ドレンセパレータの概略図



N-4	連絡管	3	10A	
N-3	連絡管	3	10A	
N-2	軽水出口	1	10A	
N-1	軽水入口	1	10A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

6	管	台	8	SUSF304L	
5	接	続	管	3	SUS304LTP
4	連	絡	管	3	SUS304LTP
3	平	板	8	SUS304L	
2	外	管	4	SUS304LTP	
1	内	管	4	SUS304LTP	
番号	品名	個数	材 料		
部 品 表					

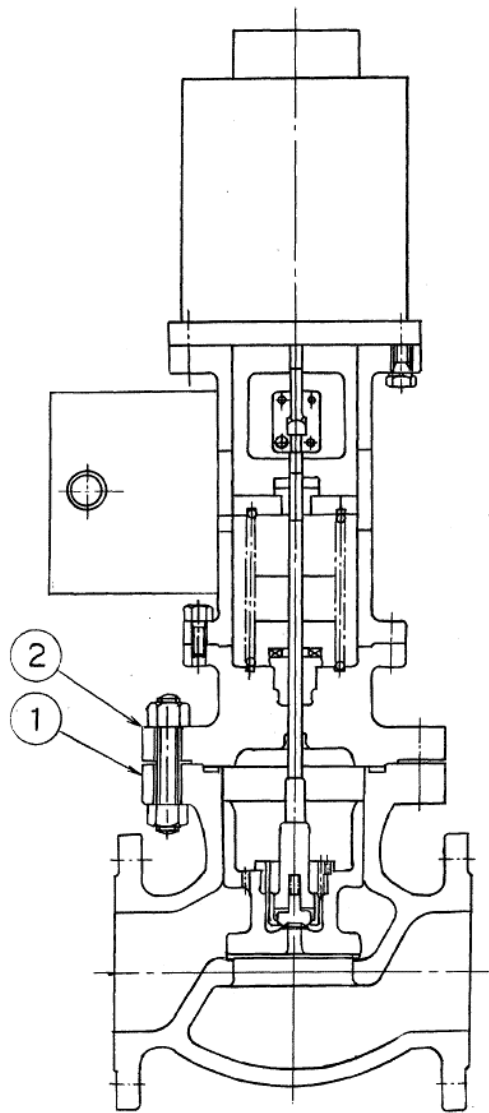
図-3-5.24 No.1 凝縮器の概略図



N-4	連絡管	1	10A	
N-3	連絡管	1	10A	
N-2	軽水出口	1	10A	
N-1	軽水入口	1	10A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

6	管 台	4	SUSF304L
5	接 続 管	1	SUS304LTP
4	連 絡 管	1	SUS304LTP
3	平 板	4	SUS304L
2	外 管	2	SUS304LTP
1	内 管	2	SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

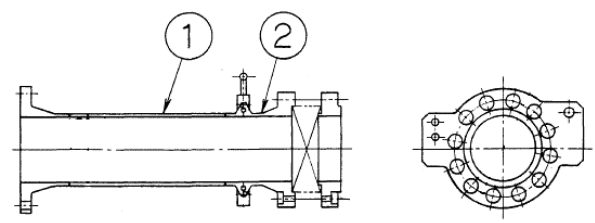
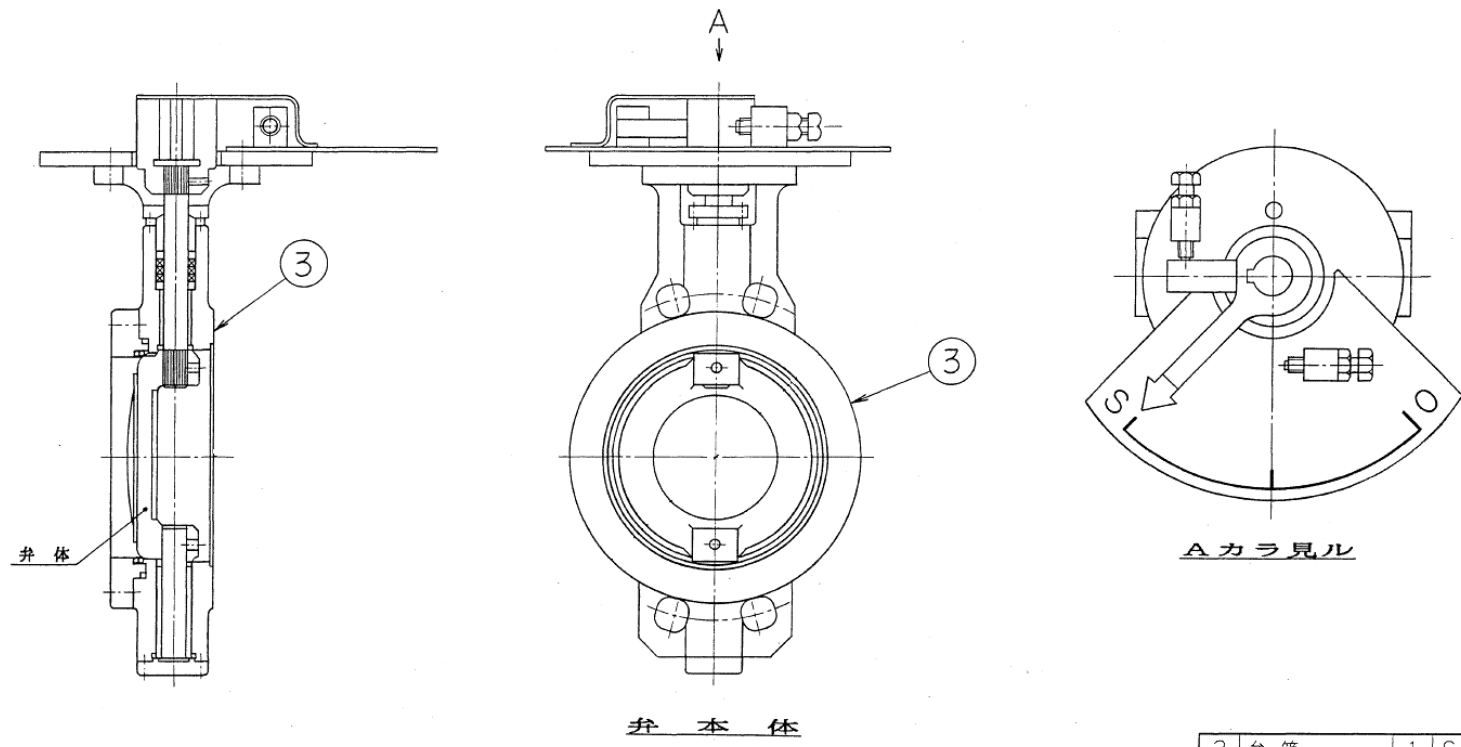
図-3-5.25 No.2 凝縮器の概略図



弁番号	個数	型式
KV21-28	1	玉形弁
KV21-29	1	玉形弁

2	弁ふた	1	SUSF304
1	弁箱	1	SCS13A
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

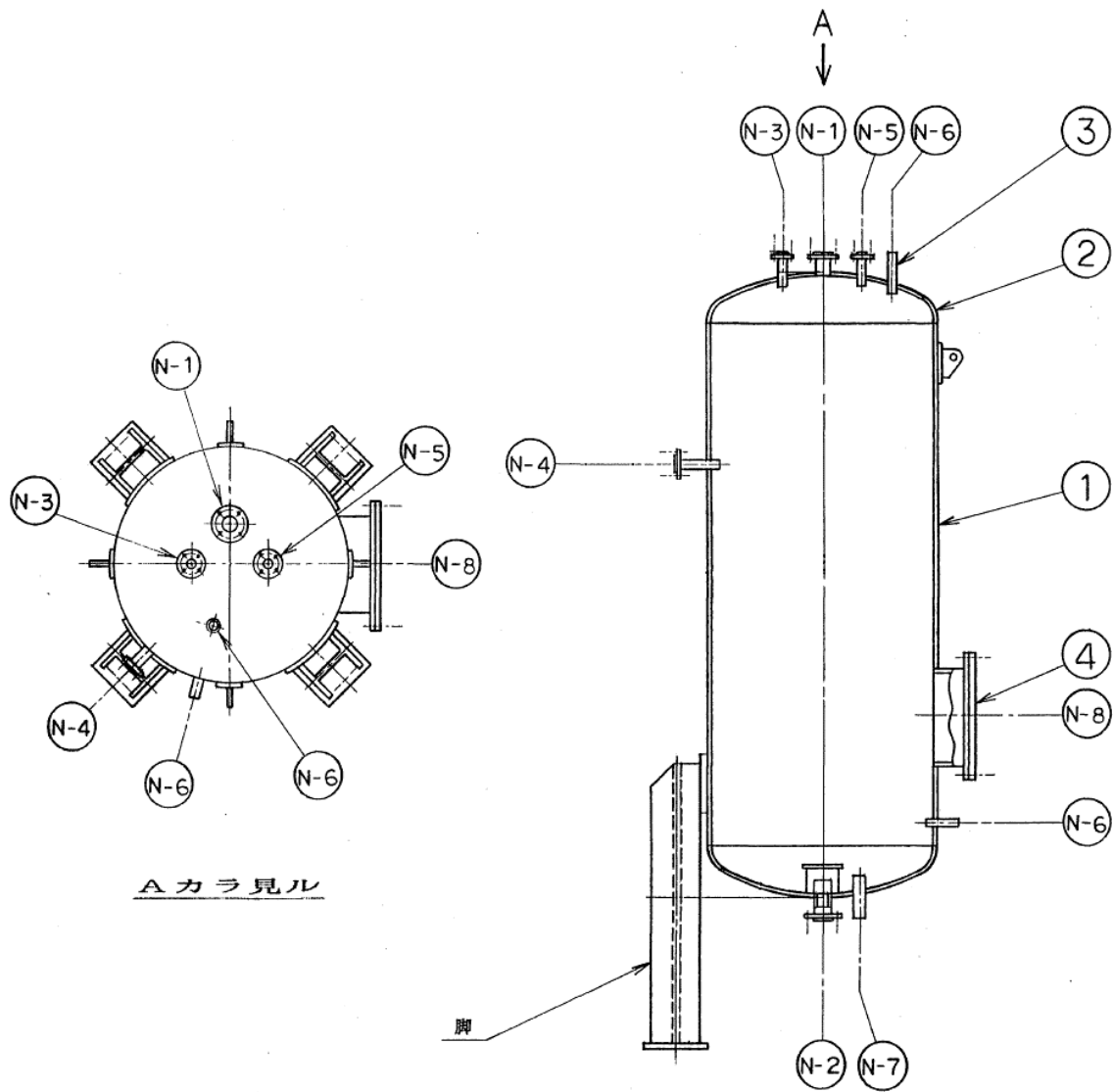
図-3-5.26 サイフォンブレイク弁の概略図



3	弁箱	1	SCS14
2	接続管(2)	1	SUS304
1	接続管(1)	1	SUS304TP
番号	品名	個数	材料
部品表			

接 続 管

図-3-5.27 自然循環弁接続管及び自然循環弁の概略図



N-8	マンホール	1	500A	SUS304L
N-7	水位計座	1	20A	SUSF304L
N-6	液面計座	2	20A	
N-5	補給水入口	1	25A	
N-4	凝縮水入口	1	25A	
N-3	ベント	1	25A	SUS304LTP
N-2	軽水出口	1	65A	
N-1	軽水入口	1	65A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

4	閉止板	1	SUS304L
3	管台	9	SUSF304L SUS304L SUS304LTP
2	鏡板	2	SUS304L
1	肩板	1	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部 品 表			

図-3-5.28 原子炉プール溢流タンクの概略図

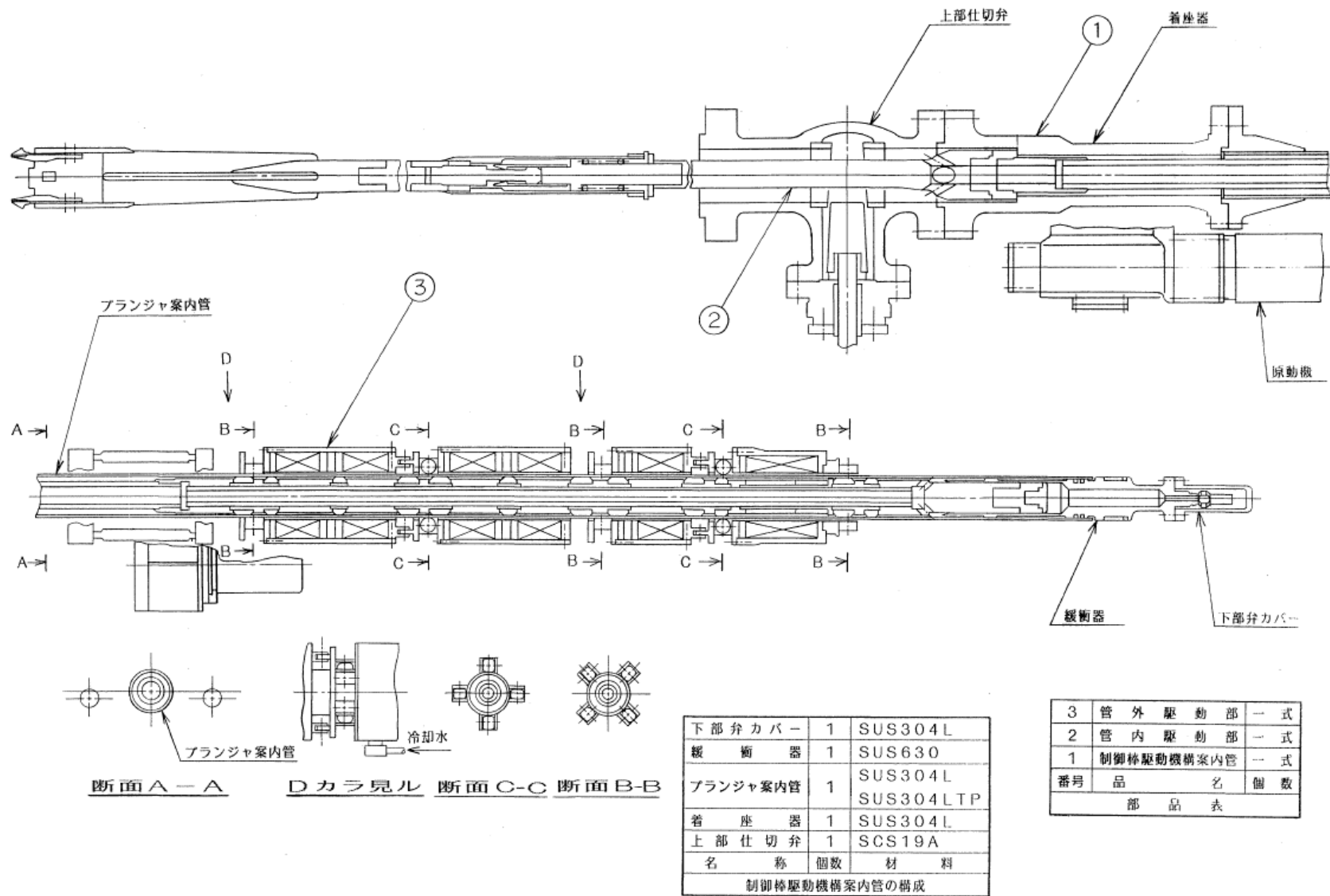
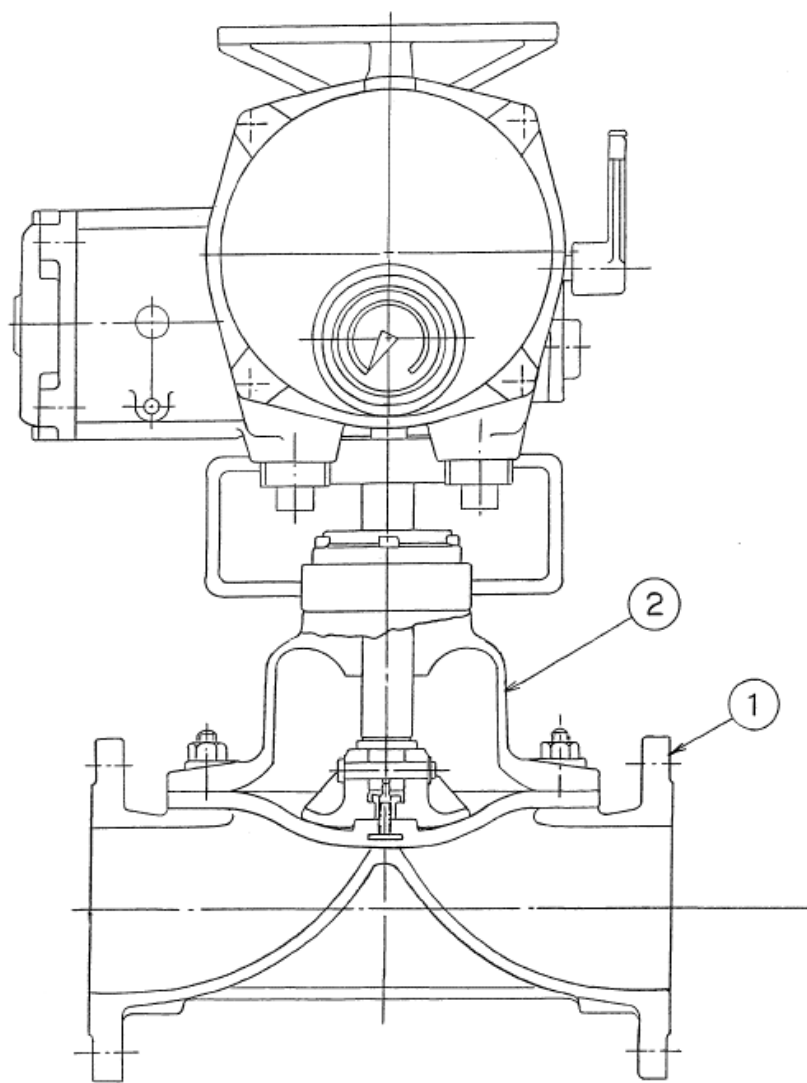


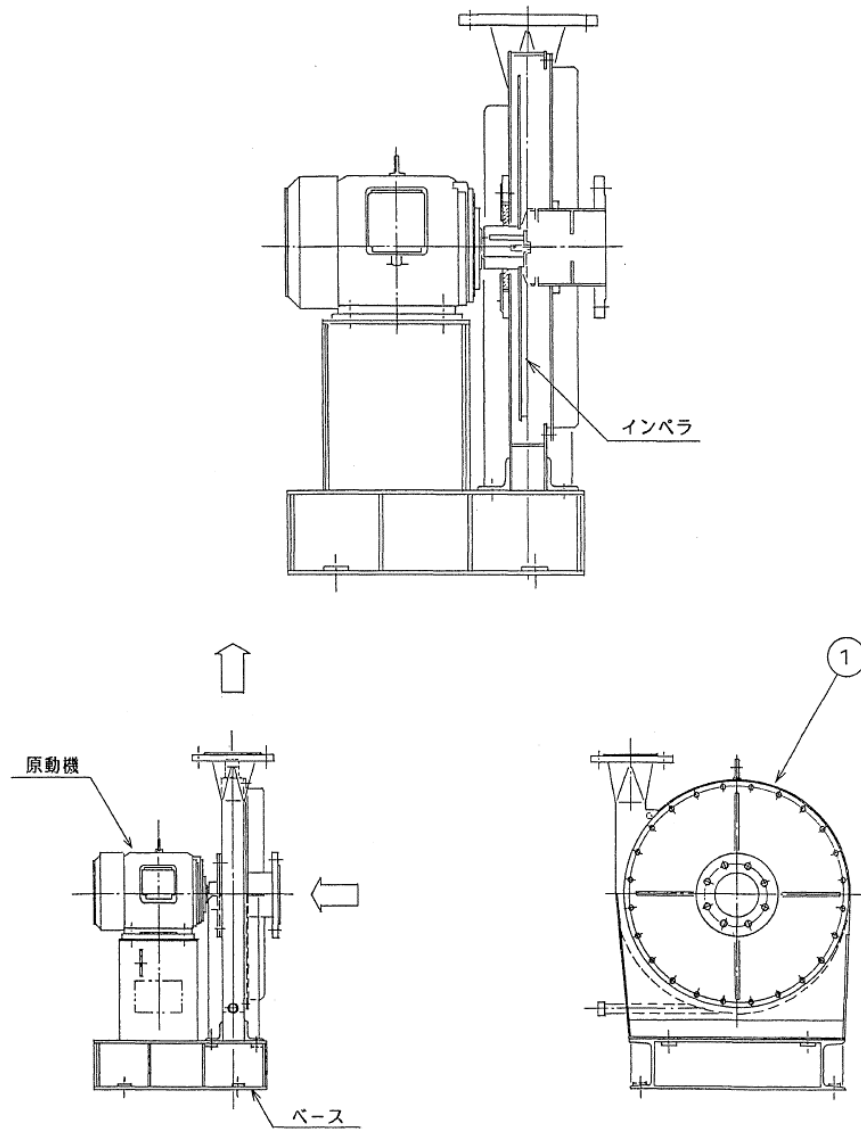
図-3-5.29 制御棒駆動装置の概略図



2	弁 夫 た	1	SCS13A
1	弁 箱	1	SCS13A
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

図-3-5.30 重水ダンプ弁の概略図

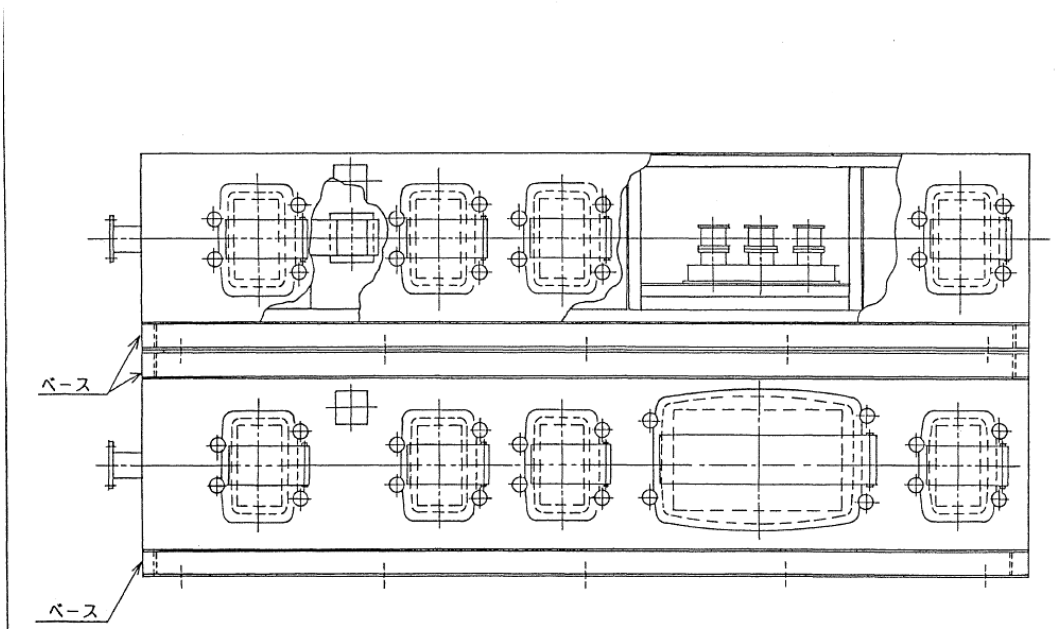
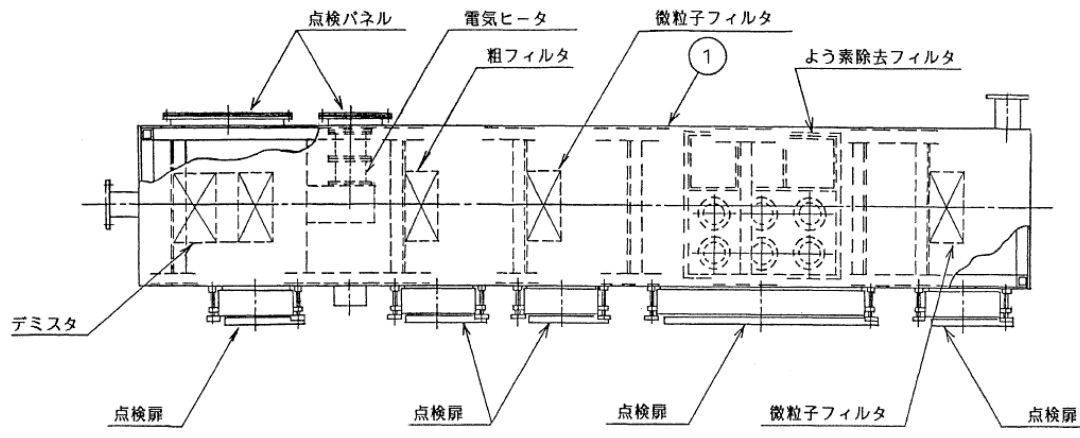
添 3-5-30



1	ケーシング	1	SUS304
番号	品名	個数	材料
部品			表

図-3-5.31 非常用排風機の概略図

添 3-5-31



1	ケーシング	2	SUS304
番号	品名	個数	材料
部品			表

注記：
空気浄化装置2系統分を示す。

図-3-5.32 空気浄化装置の概略図

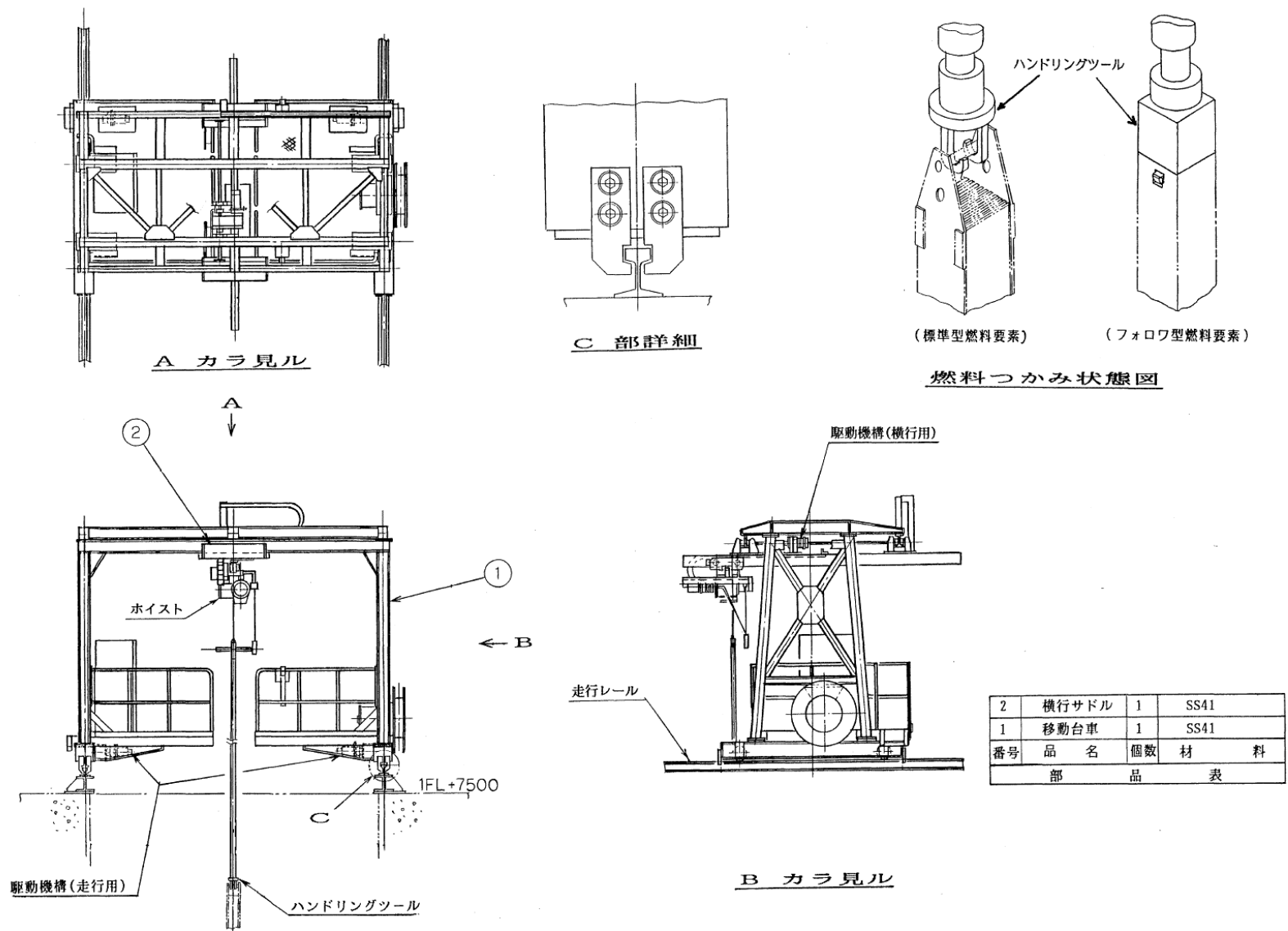
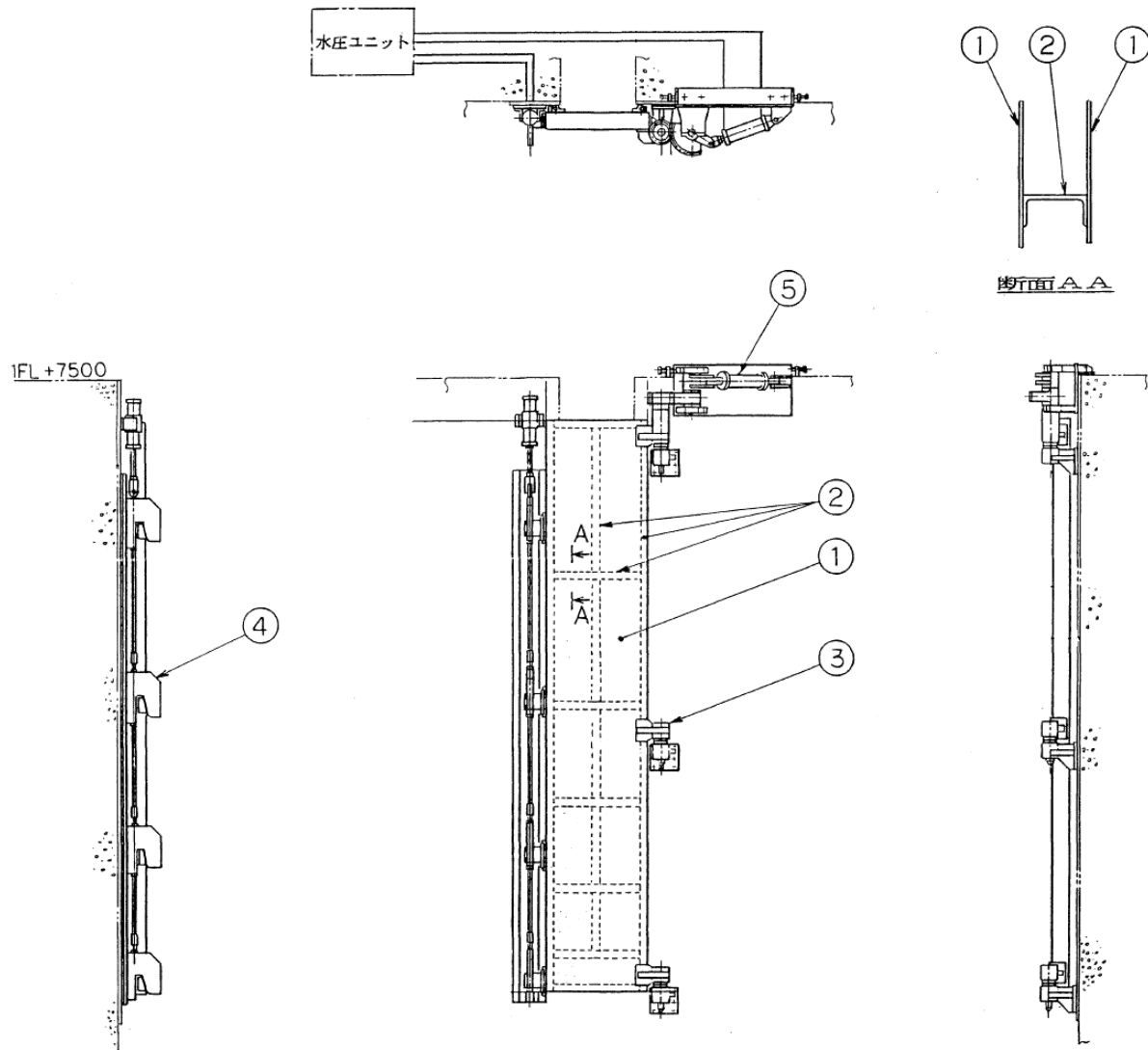


図-3-5.33 燃料搬送装置の概略図



図-3-5. 34 使用済燃料キャスクの概略図



5	開閉機構	1式	SUS304
4	ロック機構	1式	SUS304
3	ヒンジ	3式	SUS304
2	フレーム	1式	SUS304L
1	平板	2	SUS304L
番号	品名	個数	材料
部品表			

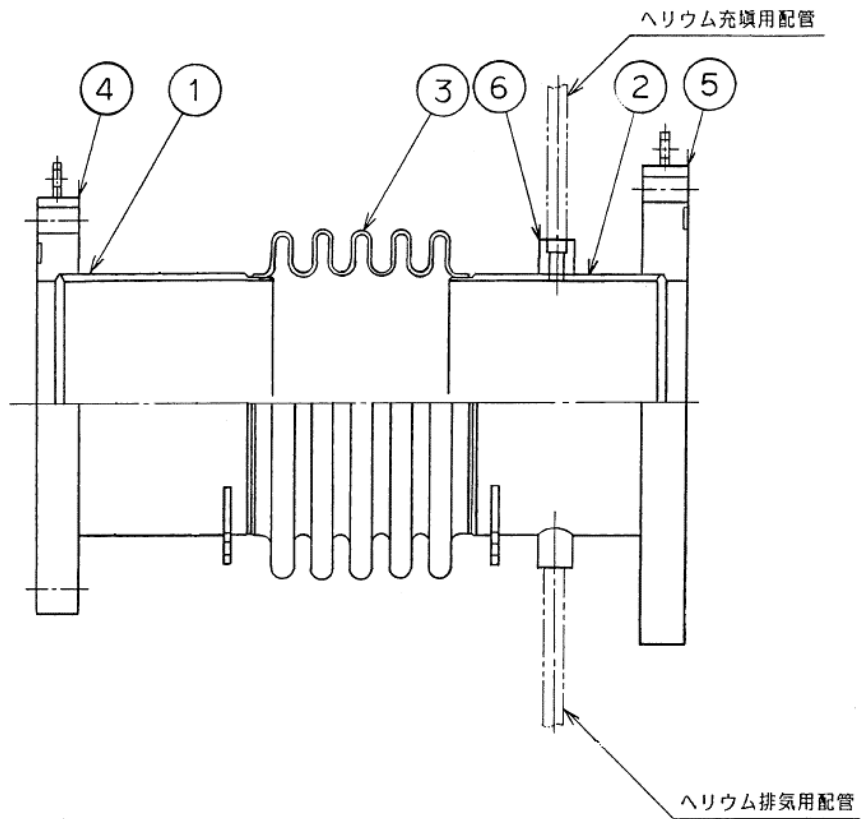
図-3-5.35 プールゲート (No.2 ゲート) の概略図



図-3-5.36 使用済燃料貯蔵ラック（A型）の概略図

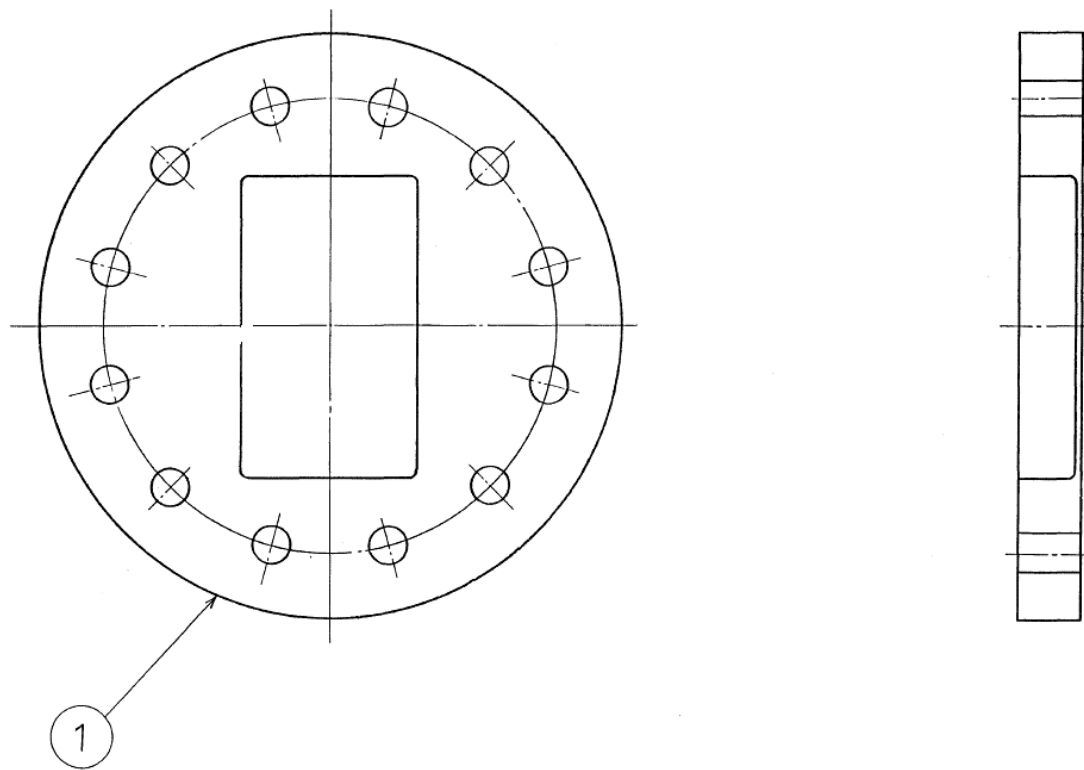


図-3-5.37 使用済燃料貯蔵ラック（B型）の概略図



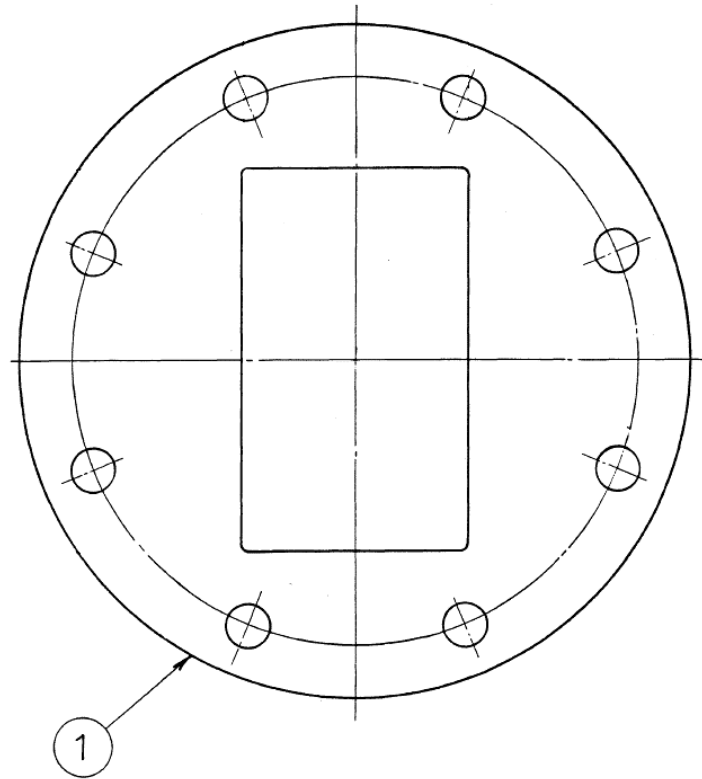
6	管 台	2	SUS304L
5	フランジ(2)	1	SUS304L
4	フランジ(1)	1	SUS304L
3	伸縮継手	1	SUS304L
2	短 管(2)	1	SUS304L* SUS304LTP
1	短 管(1)	1	SUS304L* SUS304LTP
番号	品 名	個数	材 料
部 品 表			

図-3-5.38 ビームチューブ接続管の概略図



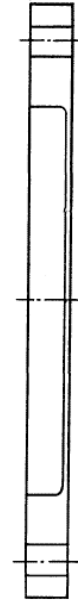
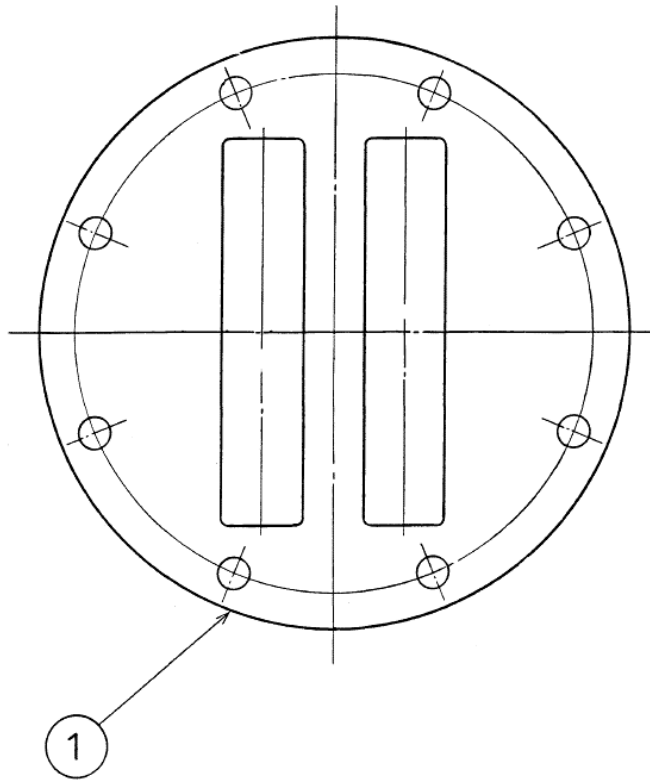
1	前部水封用止板	1	A6061F-T6
番号	品名	個数	材 料
部 品 表			

図-3-5.39 前部水封用止板 (1G) ~ (6G) の概略図



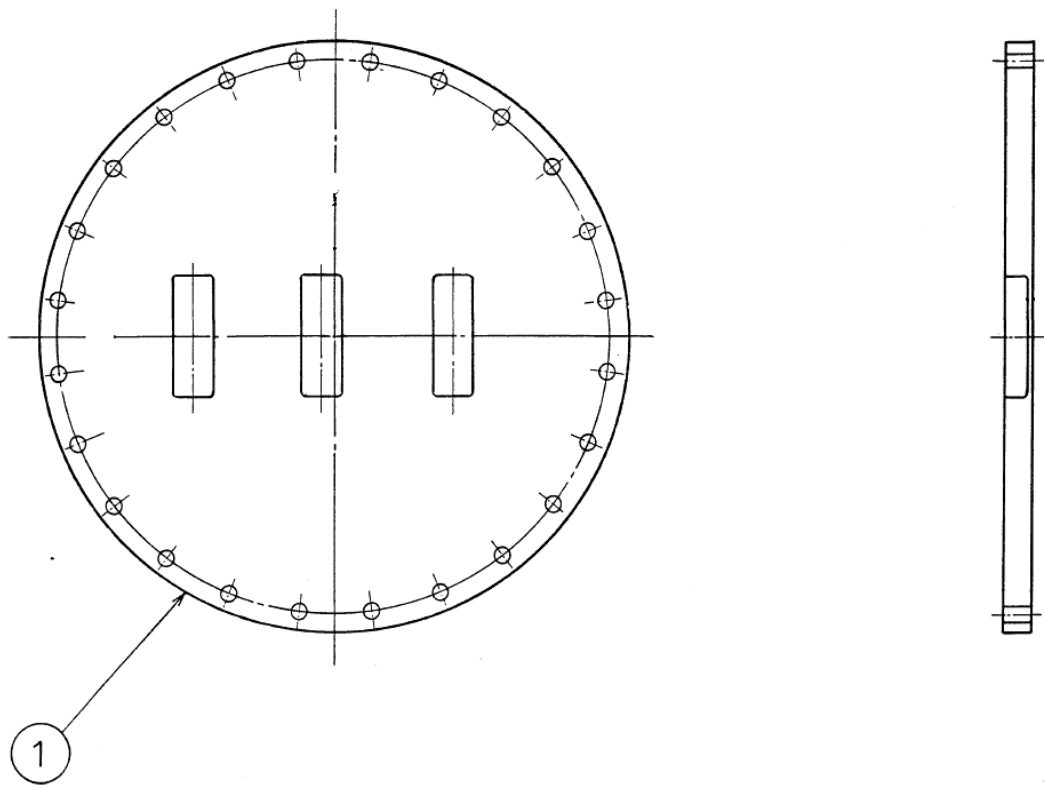
1	前部水封用止板	1	A6061F-T6
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.40 前部水封用止板 (7R) の概略図



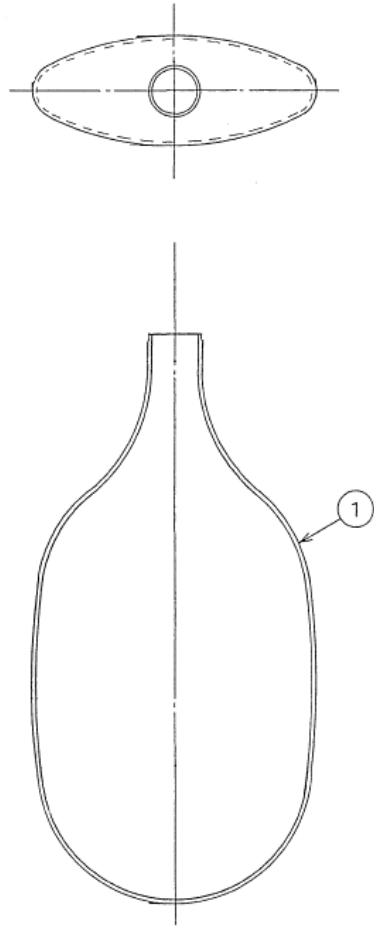
1	前部水封用止板	1	A6061F-T6
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.41 前部水封用止板 (8T) の概略図



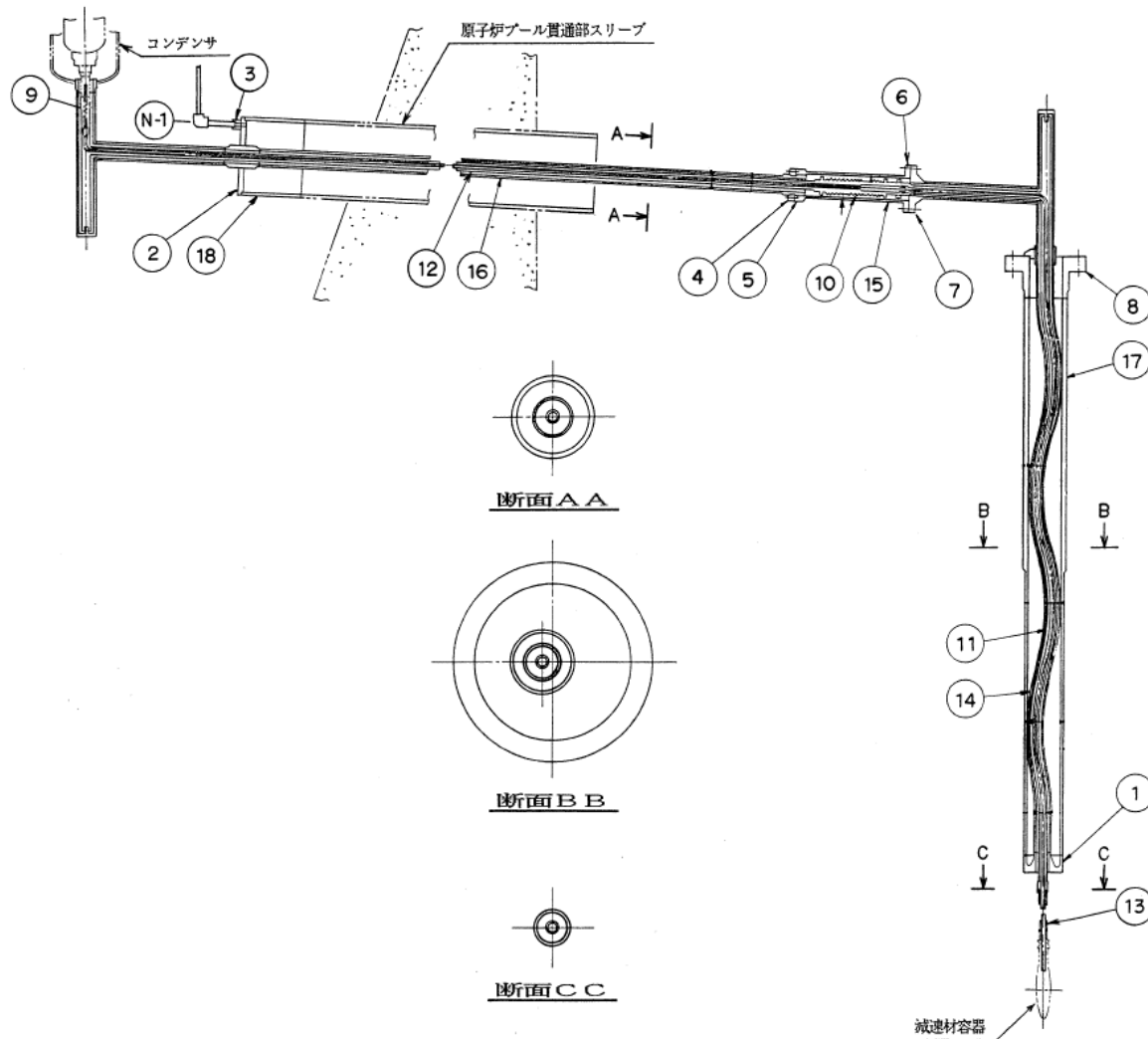
1	前部水封用止板	1	A6061F-T6
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.42 前部水封用止板 (9C) の概略図



1	減速材容器	1	SUH660 相当 (NF Z6NCTDV25-15B)
番号	品名	個数	材料
部品表			

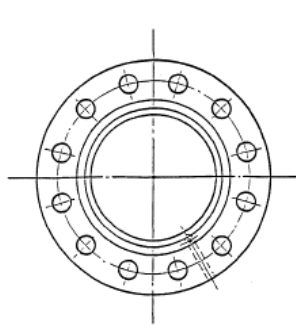
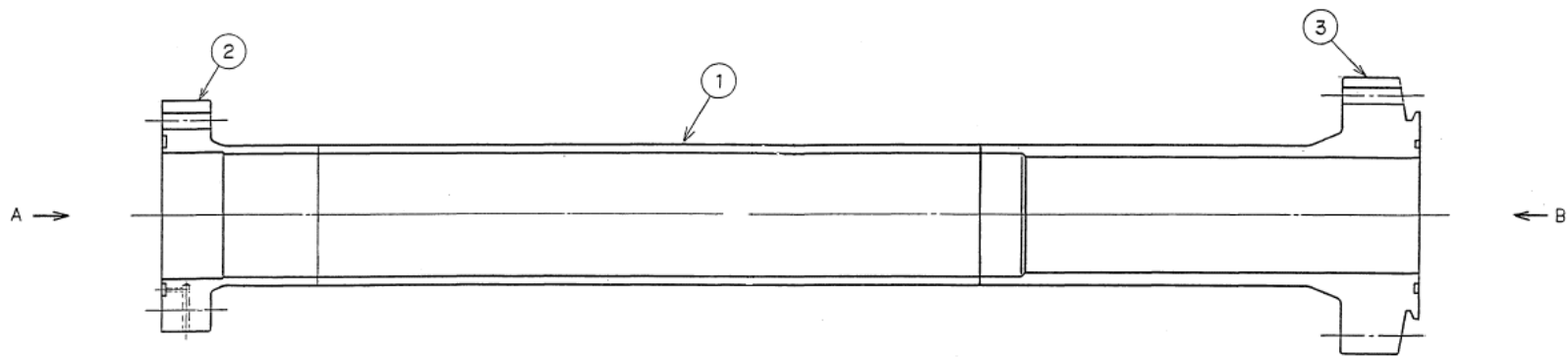
図-3-5.43 減速材容器の概略図



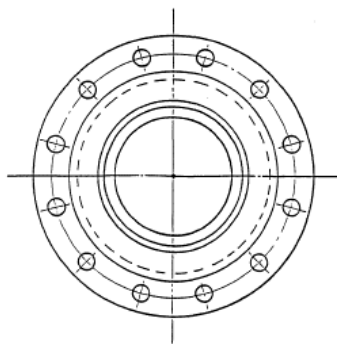
N-1 空気抜き口		1	8 A	
符号	名称	個数	呼び径	備考
管台一覧表				

18	管	2	SUS304LTP
17	真空断熱管IV	1	AG3 NET
16	真空断熱管III	1	SUS304LTP 相当 (ASME SA312 TP304L) SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
15	真空断熱管II	1	SUS304LTP 相当 (ASME SA312 TP304L)
14	真空断熱管I	1	AG3 NET
13	外管	1	SUH660 相当 (NF Z6NCTDV25-15B)
12	外管	1	SUS304LTP 相当 (ASME SA312 TP304L) SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
11	外管	1	SUS304LTP 相当 (ASME SA312 TP304L) SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
10	伸縮継手	3	SUS316L SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
9	伸縮継手	1	SUS316L SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
8	フランジ	1	AG3 NET
7	フランジ	1	AG3 NET
6	フランジ	1	SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
5	フランジ	1	SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
4	割フランジ	2	SUSF304L 相当 (ASME SA182 F304L)
3	管台	1	SUS304L
2	閉止板	1	SUS304L
1	平板	1	AG3 NET
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.44 低温流路管の概略図 (1/2)



Aカラ見ル



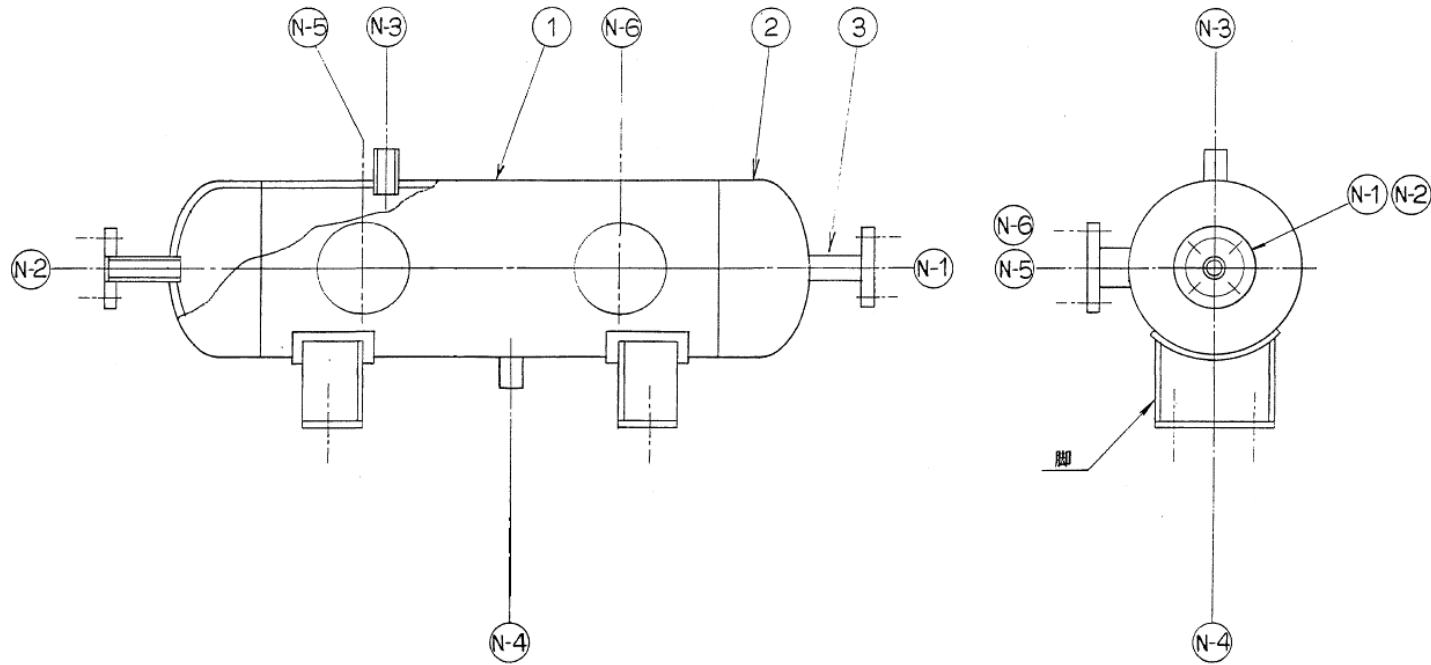
Bカラ見ル

3	下部フランジ	1	A5052BE-0
2	上部フランジ	1	A5052BE-0
1	胴板	1	A5052TDS-0
番号	品名	個数	材料
部品表			

図-3-5.45 低温流路管の概略図 (2/2)



図-3-5.46 炉室詰替セルの躯体及びサブプールの概略図



N-6	掃除穴	1	80A	STPG38
N-5	掃除穴	1	80A	STPG38
N-4	ドレン	1	20A	STPG38
N-3	圧力計	1	15A	STPG38
N-2	圧縮空気出口	1	20A	STPG38
N-1	圧縮空気入口	1	20A	STPG38
符号	名称	個数	呼び径	備考
管 台 一 覧 表				

3	管	台	4	STPG38
2	鏡	板	2	PT38
1	胴	板	1	STPG38
番号	品	名	個数	材
部 品 表				

図-3-5.47 非常用排気設備アキュムレータの概略図