

耐震性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 9

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

添付資料 9	耐震性に関する説明書
添付資料 9-1	耐震設計の基本方針
添付資料 9-2	基準地震動 S_s の概要
添付資料 9-3	地盤の支持性能に係る基本方針
添付資料 9-4	重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針
添付資料 9-5	波及的影響に係る基本方針
添付資料 9-6	地震応答解析の基本方針
別紙	申請設備に対する地震応答解析の手法について
添付資料 9-7	設計用床応答曲線の作成方針
添付資料 9-8	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
添付資料 9-9	機能維持の基本方針
添付資料 9-10	ダクティリティに関する設計方針
添付資料 9-11	機器・配管の耐震支持方針
添付資料 9-12	配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について
添付資料 9-13	耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書

添付資料 9-13-1	緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析
添付資料 9-13-2	緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書
添付資料 9-13-3	緊急時対策棟（休憩所）の地震応答解析
添付資料 9-13-4	緊急時対策棟（休憩所）の耐震計算書
添付資料 9-14	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価 結果
別紙	計算機プログラム（解析コード）の概要

耐震設計の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 1 - 1
2. 耐震設計の基本方針	9 (1) - 1 - 1
2.1 基本方針	9 (1) - 1 - 1
2.2 適用規格	9 (1) - 1 - 2
3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類	9 (1) - 1 - 3
3.1 耐震重要度分類	9 (1) - 1 - 3
3.2 重大事故等対処施設の設備の分類	9 (1) - 1 - 4
3.3 波及的影響に対する考慮	9 (1) - 1 - 4
4. 設計用地震力	9 (1) - 1 - 7
4.1 地震力の算定法	9 (1) - 1 - 7
4.2 設計用地震力	9 (1) - 1 - 8
5. 機能維持の基本方針	9 (1) - 1 - 8
5.1 構造強度	9 (1) - 1 - 8
5.2 機能維持	9 (1) - 1 - 13
6. 構造計画と配置計画	9 (1) - 1 - 15
7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針	9 (1) - 1 - 15
8. ダクティリティに関する考慮	9 (1) - 1 - 16
9. 機器・配管系の支持方針	9 (1) - 1 - 16
10. 耐震計算の基本方針	9 (1) - 1 - 16
10.1 建物・構築物	9 (1) - 1 - 16
10.2 機器・配管系	9 (1) - 1 - 17

1. 概要

本資料は、発電用原子炉施設の耐震設計が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第4条及び第49条（地盤）並びに第5条及び第50条（地震による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 耐震設計の基本方針

2.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は、設計基準対象施設については地震により安全機能が損なわれるおそれがないこと、重大事故等対処施設については地震により重大事故等に至るおそれがある事故または重大事故（以下「重大事故等」という。）に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合する設計とする。施設の設計にあたり考慮する、基準地震動 S_s については、資料9-2「基準地震動 S_s の概要」によるものとする。

(1) 基準地震動 S_s による地震力に対する設計の基本方針

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）は、基準地震動 S_s による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。

(2) 静的地震力に対する設計の基本方針

設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類をCクラスに分類し、それに応じた地震力に十分耐えられる設計とする。

(3) 地盤の接地圧に対する設計の基本方針

設計基準対象施設における建物・構築物については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

これらの地盤の評価については、資料9-3「地盤の支持性能に係る基本方針」によるものとする。

(4) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の水平方向及び鉛直方向地震力の組合せに係る設計の基本方針

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設について、基準地震動 S_s 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て算定するものとする。

(5) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の設計用地震力及び機能維持の基本方針

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設は、基準地震動 S_s による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力に対して十分な余裕を有する設計、機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できる設計とする。さらに、施設全体の更なる安全性を確保するため、緊急時対策棟について、基準地震動 S_s による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(6) Cクラスの水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ並びに設計用地震力及び機能維持の基本方針

Cクラスの施設は、4.1項に示す重要度分類に応じた静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。

(7) 波及的影響に係る設計の基本方針

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設が、それ以外の発電所内にある施設（資機材等含む）の波及的影響によって、それぞれその安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわない設計とする。

(8) 構造計画及び配置計画に係る基本方針

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

2.2 適用規格

適用する規格としては、既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

既工認で実績のある適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（社）日本電気協会

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」（社）日本電気協会
(以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999改定）
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005制定）
- ・建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001改定）
- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））
〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME S NC1-2005/2007」という。）
- ・建築工事標準仕様書・同解説JASS 5N原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（（社）日本建築学会，2013改定）
- ・JIS B 1198-2011 頭付きスタッド

但し、JEAG4601に記載されている基準地震動 S_2 を基準地震動 S_s と読み替える。また、JEAG4601中の「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号）に関する内容については、「JSME S NC1-2005/2007」に従うものとする。

3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類

3.1 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震設計上の重要度を以下のとおり分類する。下記に基づく各施設の具体的な耐震設計上の重要度分類及び当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動を資料9-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の第2-1表に、申請設備の耐震重要度分類について同資料第2-2表に示す。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当

該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きい施設

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

3.2 重大事故等対処施設の設備の分類

重大事故等対処施設の設備について、耐震設計上の区分を設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能を踏まえて、以下のとおり分類する。下記の分類に基づき耐震評価を行う申請設備の設備分類について、資料 9-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の第 4-1 表に示す。

(1) 基準地震動 S_s による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計するもの

a. 常設重大事故緩和設備

重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備であって常設のもの

3.3 波及的影響に対する考慮

「3.2 重大事故等対処施設の設備の分類」に示した常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（以下「上位クラス施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれその安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわない設計とする。この設計における評価にあたっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討等を行う。

ここで、下位クラス施設とは、上位クラス施設以外の発電所内にある施設（資機材等含む）をいう。

上位クラス施設に対する波及的影響については、以下に示す(1)から(4)の4つの事項から検討を行う。また、原子力発電所の地震被害情報等から新たに検討す

べき事項が抽出された場合は、これを追加する。

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に対する波及的影響については、以下に示す(1)から(4)の4つの事項について、「耐震重要施設」を「常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設」に、「安全機能」を「重大事故等に対処するために必要な機能」に読み替えて適用する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響

a. 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う不等沈下による耐震重要施設の安全機能への影響

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位による、耐震重要施設の安全機能への影響

(2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う、耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷による、耐震重要施設の安全機能への影響

(3) 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う、建屋内の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による、耐震重要施設の安全機能への影響

(4) 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による、耐震重要施設の安全機能への影響

上記の観点から調査・検討等を行い、波及的影響を考慮すべき下位クラス施設及びそれに適用する地震動を資料 9-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の第 2-1 表及び第 2-2 表に示す。

上記の観点から調査・検討等を行い抽出された波及的影響を考慮すべきこれらの下位クラス施設は、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持する、又はその波及的影響を想定しても上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する。

また、工事段階においても、重大事故等対処施設の設計段階の際に検討した配

置・補強等が設計どおりに施されていることを、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行うことで確認する。また、仮置資材等、現場の配置状況等の確認を必要とする下位クラス施設についても併せて確認する。

以上の詳細な方針は、資料 9-5「波及的影響に係る基本方針」に示す。

4. 設計用地震力

4.1 地震力の算定法

耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

設計基準対象施設に適用する静的地震力は、耐震重要度分類に応じた以下の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定するものとする。

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、更に当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

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。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 C_i に乘じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は1.0以上とする。

b. 機器・配管系

静的地震力は、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。

(2) 動的地震力

重大事故等対処施設については、常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に基準地震動 S_s による地震力を適用する。

動的解析においては、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。動的解析の方法等については、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に、設計用床応答曲線の作成方針については、資料 9-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては、水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた既往の耐震計算への影響の可能性のある施設・設備を抽出し、3次元応答性状の可能性も考慮した上で既往の方法を用いた耐震性に及ぼす影響を評価する。その方針は、資料9-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」によるものとする。

4.2 設計用地震力

「4.1 地震力の算定法」に基づく設計用地震力は、資料9-9「機能維持の基本方針」の「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に示す地震力に従い算定するものとする。

なお、地震波方向のX、YについてXは建屋のEW方向、Yは建屋のNS方向を意味するものとする。ただし、この方針に従わない設備については個別の計算書において地震方向のX、Yの定義について記載することとする。

5. 機能維持の基本方針

耐震設計における安全機能維持は、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、施設の構造強度の確保を基本とする。

耐震安全性が応力の許容限界のみで律することができない施設など、構造強度に加えて、各施設の特성에応じた動的機能、電氣的機能、気密性、遮蔽性及び支持機能の維持を必要とする施設については、その機能が維持できる設計とする。

気密性、遮蔽性及び支持機能の維持については、構造強度を確保することを基本とする。必要に応じて評価項目を追加することで、機能維持設計を行う。

ここでは、上記を考慮し、各機能維持の方針を示す。

5.1 構造強度

発電用原子炉施設は、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に伴う地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せを適切に考慮した上で、構造強度を確保する設計とする。また、変位及び変形に対し、設計上の配慮を行う。自然現象に関する組合せは、添付資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に従う。なお、添付資料11「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」及び添付資料12「緊急時対策所の機能に関する説明書」における耐震設計方針についても本項に従う。具体的な荷重の組合せと許容限界は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-9「機能維持の基本方針」の第3-1表によるものとする。

(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。

a. 建物・構築物

設計基準対象施設については以下の(a)～(c)の状態、重大事故等対処施設については以下の(a)～(d)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。

但し、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。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）。

(d) 重大事故等時の状態

発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれのある事故又は重大事故時の状態で、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態。

b. 機器・配管系

設計基準対象施設については以下の(a)～(d)の状態、重大事故等対処施設については以下の(a)～(e)の状態を考慮する。

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替え等が計画的又は頻繁に行われた場合であって、運転条件が所定の制限値以内にある運転状態。

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）。

(e) 重大事故等時の状態

発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれのある事故又は重大事故時の状態で、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態。

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

設計基準対象施設については以下の(a)～(d)の荷重、重大事故等対処施設については以下の(a)～(e)の荷重とする。

- (a) 発電用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。
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重。
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重。
- (d) 地震力、風荷重、積雪荷重等。
- (e) 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重。

但し、運転時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態での荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時の土圧、機器・配管系からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

b. 機器・配管系

設計基準対象施設については以下の(a)～(d)の荷重、重大事故等対処施設については以下の(a)～(e)の荷重とする。

- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重。
- (b) 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。
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重。
- (d) 地震力、風荷重、積雪荷重等。
- (e) 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重。

(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。

a. 建物・構築物

- (a) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物に

については、常時作用している荷重、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれのある事象による荷重と地震力とを組み合わせる。

- (c) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物については、常時作用している荷重、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち地震によって引き起こされるおそれがない事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力（基準地震動 S_s による地震力）と組み合わせる。
- (d) Cクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と、静的地震力とを組み合わせる。

b. 機器・配管系

- (a) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれのある事象による荷重と地震力とを組み合わせる。
- (c) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち地震によって引き起こされるおそれがない事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力（基準地震動 S_s による地震力）と組み合わせる。

c. 荷重の組合せ上の留意事項

- (a) 動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせるものとする。
- (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しい場合には、その妥当性を示した上で、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないものとする。
- (c) 複数の荷重が同時に作用し、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になずれがある場合は、その妥当性を示した上で、必ずしもそれぞれ

れの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。

- (d) 重大事故等対処施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の施設区分に応じた地震力と常時作用している荷重、重大事故等時の状態で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。
- (e) 自然条件としては、風荷重及び積雪荷重を組み合わせる。風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地震荷重と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、地震力との組合せを考慮する。積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設や、常時作用している荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力との組合せを考慮する。

(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次のとおりとし、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

a. 建物・構築物

- (a) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物
イ. 基準地震動 S_s 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の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕をもたせることとする。また、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し、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。さらに、施設全体の更なる安全性を確保するため、緊急時対策棟について、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) Cクラスの建物・構築物

イ. 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。

- (c) 耐震重要度分類の異なる設計基準対象施設又は施設区分の異なる重大事故等対処施設を支持する建物・構築物

上記(a)イ.の項を適用するほか、耐震重要度分類の異なる設計基準対象施設又は施設区分の異なる重大事故等対処施設がそれを支持する建物・構築物の変形等に対して、その支持機能を損なわないものとする。なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が維持されることを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類又は重大事故等対処施設が代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類に応じた安全余裕を有しているものとする。

ここでは、常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、上記における重大事故等対処施設が代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類をSクラスとする。

b. 機器・配管系

(a) 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように応力、荷重等を制限する。

c. 基礎地盤の支持性能

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物及び機器・配管系の基礎地盤については、接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。

Cクラスの建物・構築物の基礎地盤については、接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

5.2 機能維持

(1) 動的機能維持

動的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、回転機器及び弁の機種別に分類し回転機器及び弁については、機能維持を確認した加速度を用いて、重大事故等対処施設の

施設区分に応じた地震動に対して、各々に要求される動的機能が維持できることを試験又は解析により確認し、当該機能を維持する設計とする。

(2) 電氣的機能維持

電氣的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、要求される電氣的機能が維持できることを試験又は解析により確認し、当該機能を維持する設計とする。

(3) 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、地震時及び地震後において、放射線障害から公衆等を守るため、事故時の放射性気体の放出、流入を防ぐことを目的として、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「5.1 構造強度」に基づく構造強度の確保に加えて、構造強度の確保と換気設備の性能があいまって施設の気圧差を確保することで、必要な気密性を維持する設計とする。添付資料12「緊急時対策所の機能に関する説明書」における気密性の維持に関する耐震設計方針についても本項に従う。

(4) 遮蔽性の維持

遮蔽性の維持が要求される施設については、地震時及び地震後において、放射線障害から公衆等を守るため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度を確保し、遮蔽体の形状及び厚さを確保することで、遮蔽性を維持する設計とする。添付資料11「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」、及び添付資料12「緊急時対策所の機能に関する説明書」における遮蔽性の維持に関する耐震設計方針についても本項に従う。

(5) 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を間接的に支持する機能の維持が要求される施設は、地震時及び地震後において、被支持設備の機能を維持するため、被支持設備の重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、構造強度を確保することで、支持機能が維持できる設計とする。

鉄筋コンクリート造の建物・構築物については、耐震壁のせん断ひずみの許容限界を満足すること又は基礎を構成する部材に生じる応力が終局強度に対し

適切な安全余裕を有していることで、常設重大事故緩和設備等に対する支持機能が維持できる設計とする。

これらの機能維持の考え方を、資料9-9「機能維持の基本方針」に示す。なお、重大事故等対処施設の設計においては、設計基準事故時の状態と重大事故等時の状態での評価条件の比較を行い、重大事故等時の状態の方が厳しい場合は別途、重大事故等時の状態にて設計を行う。

6. 構造計画と配置計画

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点から出来る限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据え付け状態になるよう、「9. 機器・配管系の支持方針」に示す方針に従い配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は、上位クラス施設に対して離隔をとり配置するか、上位クラスの施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持するか若しくは、下位クラス施設の波及的影響を想定しても上位クラス施設の有する機能を保持する設計とする。

7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針

常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動 S_s による地震力により周辺斜面の崩壊の影響がないことが確認された場所に設置する。具体的には、JEAG4601-1987の安定性評価の対象とすべき斜面や、土砂災害防止法での土砂災害警戒区域の設定離間距離を参考に、個々の斜面高を踏まえて対象斜面を抽出する。

上記に基づく対象斜面の抽出については、川内原子力発電所平成29年2月8日付け原規規発第1702082号にて許可された設置許可申請書にて記載・確認されており、その結果、対象斜面がないことを確認している。

8. ダクティリティに関する考慮

発電用原子炉施設は、構造安全性を一層高めるために、材料の選定等に留意し、その構造体のダクティリティを高めるよう設計する。具体的には、資料 9-10「ダクティリティに関する設計方針」によるものとする。

9. 機器・配管系の支持方針

機器・配管系本体については「5. 機能維持の基本方針」に基づいて耐震設計を行う。それらの支持構造物については、設計の考え方に共通の部分があること、特に、配管系については多数設置することからその設計方針をまとめる。具体的には、資料 9-11「機器・配管系の耐震支持方針」によるものとする。

10. 耐震計算の基本方針

前述の耐震設計方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うにあたり、既工認で実績があり、かつ、最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を用いることを基本とする。一方、最新の知見を適用する場合は、その妥当性と適用可能性を確認した上で適用する。

耐震計算における動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せについては、施設の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある施設を評価対象として抽出し、3 次元応答性状の影響も考慮した上で、耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象施設のうち、配管及び弁は多数施設していること、また、設備として共通として使用できることから、その計算方針については資料 9-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示すものとする。

評価に用いる環境温度については、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に従う。

10.1 建物・構築物

建物・構築物の評価は、基準地震動 S_s を基に設定した入力地震動に対する構造物全体としての変形並びに地震応答解析による地震力及び「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせべき地震力以外の荷重により発生する局所的な応力が、「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とする。また、評価にあたっては建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつ

き等を適切に考慮する。

- ・時刻歴応答解析法
- ・FEM等を用いた応力解析

具体的な評価手法は、資料 9-13「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」に示す。また、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、資料 9-14「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

地震時及び地震後に機能維持が要求される設備については、FEM を用いた応力解析等により、静的又は動的解析により求まる地震応力と、組み合わせべき地震力以外の荷重により発生する局所的な応力が、許容限界内にあることを確認する。

10.2 機器・配管系

機器・配管系の評価は、「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせべき他の荷重による応力との組合せ応力が「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とする。また、時刻歴応答解析法及びスペクトルモーダル解析法を用いる場合は建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等を適切に考慮する。

- ・スペクトルモーダル解析法
- ・時刻歴応答解析法
- ・定式化された評価式を用いた解析法（床置き機器等）
- ・FEM等を用いた応力解析

具体的な評価手法は、資料 9-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示すものとする。

これらの水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、資料 9-14「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

基準地震動 S_s の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-2

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 2 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 2 - 1
3. 敷地周辺の地震発生状況	9 (1) - 2 - 1
4. 活断層の分布状況	9 (1) - 2 - 1
5. 地震の分類	9 (1) - 2 - 1
6. 敷地地盤の振動特性	9 (1) - 2 - 1
7. 基準地震動 S_s	9 (1) - 2 - 1

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち「2.1 基本方針」に基づき、耐震設計に用いる基準地震動 S_s について説明するものである。

2. 基本方針

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「2. 基本方針」によるものとする。

3. 敷地周辺の地震発生状況

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「3. 敷地周辺の地震発生状況」によるものとする。

4. 活断層の分布状況

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「4. 活断層の分布状況」によるものとする。

5. 地震の分類

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「5. 地震の分類」によるものとする。

6. 敷地地盤の振動特性

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「6. 敷地地盤の振動特性」によるものとする。

7. 基準地震動 S_s

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」のうち、「7. 基準地震動 S_s 」によるものとする。

地盤の支持性能に係る基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-3

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 3 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 3 - 1
3. 地盤の解析用物性値	9 (1) - 3 - 1
4. 地盤の極限支持力度	9 (1) - 3 - 1
5. 地盤の速度構造	9 (1) - 3 - 1

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち「2.耐震設計の基本方針」に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の耐震安全性評価を実施するにあたり、対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性、振動特性等の地盤物性値設定及び支持性能評価で用いる地盤諸元の基本的な考え方について説明するものである。

2. 基本方針

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち、「2. 基本方針」によるものとする。

3. 地盤の解析用物性値

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち、「3. 地盤の解析用物性値」によるものとする。

4. 地盤の極限支持力度

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち、「4. 地盤の極限支持力度」によるものとする。

5. 地盤の速度構造

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち、「5. 地盤の速度構造」によるものとする。

重要度分類及び重大事故等対処施設の
施設区分の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-4

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 4 - 1
2. 設計基準対象施設の重要度分類	9 (1) - 4 - 1
3. 設計基準対象施設の重要度分類の取合点	9 (1) - 4 - 1
4. 重大事故等対処施設の設備の分類	9 (1) - 4 - 1
5. 重大事故等対処施設の設備分類の取合点	9 (1) - 4 - 1

1. 概要

本資料は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類」に基づき設計基準対象施設の耐震設計上の重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分についての基本方針について説明するものである。

2. 設計基準対象施設の重要度分類

設計基準対象施設の重要度分類は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」のうち、「2. 設計基準対象施設の重要度分類」によるものとする。

設計基準対象施設の耐震重要度分類に対するクラス別施設を第2-1表に、設計基準対象施設の申請設備の耐震重要度分類を第2-2表に示す。同表には、当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動（以下「検討用地震動」という。）を併記する。

3. 設計基準対象施設の重要度分類の取合点

設計基準対象施設の重要度分類の取合点は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」のうち、「3. 設計基準対象施設の重要度分類の取合点」によるものとする。

4. 重大事故等対処施設の設備の分類

重大事故等対処施設の設備の分類は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」のうち、「4. 重大事故等対処施設の設備の分類」によるものとする。

重大事故等対処施設の耐震設計上の分類別施設を第4-1表に、重大事故等対処施設の申請設備の設備分類を第4-2表に示す。

5. 重大事故等対処施設の設備分類の取合点

重大事故等対処施設の設備分類の取合点は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」のうち、「5. 重大事故等対処施設の設備分類の

取合点」によるものとする。

第 2-1 表 クラス別施設

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検討用 地震動	適用範囲	検討用 地震動
Cクラス	(i) 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	・緊急時対策所(緊急時対策棟内)	C	—	—	—	—	—	—	—	—

(注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。

(注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。

(注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。

(注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物(建物・構築物)をいう。

(注5) 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属するものの破損等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施設をいう。

第2-2表 耐震重要度分類表

・印は耐震計算書の添付なし（基本方針のみ記載）。

耐震クラス 設備名称	S	B	C	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設
1. その他発電用原子 炉の附属施設 (1)緊急時対策所	—	—	・緊急時対策所（緊急 時対策棟内）	—	—

第 4-1 表 重大事故等対処施設の耐震設計上の分類別施設 (1/1)

耐震設計上の分類	機能別分類	設 備	直接支持構造物	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設
基準地震動 S_s による地震力に対して重大事故時に対処するために必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計するもの	I. 常設重大事故緩和設備 重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備であって常設のもの	(i) 放射線管理施設 ・ 主配管 ・ 緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策所 (緊急時対策棟内))	・ 配管の支持構造物	・ 緊急時対策棟	・ なし
		(ii) 緊急時対策所 ・ 緊急時対策所 (緊急時対策棟内)	・ なし	・ なし	・ なし

第4-2表 重大事故等対処設備の設備の分類

○印は耐震計算書を添付する。

△印は資料 9-12 「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」による。

設備名称	施設名称	設備分類	波及的影響を考慮すべき施設
1. 放射線管理施設 (1) 換気設備 △主配管	重大事故等対処施設	・常設重大事故緩和設備	—
(2) 生体遮蔽装置 ○緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策所 (緊急時対策棟 内))	重大事故等対処施設	・常設重大事故緩和設備	—
4. 緊急時対策所 (1) 緊急時対策所機能 ○緊急時対策所 (緊急時対策棟内)	設計基準対象施設 重大事故等対処施設	・常設重大事故緩和設備	—

波及的影響に係る基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-5

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 5 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 5 - 1
3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針	9 (1) - 5 - 2
3.1 設置許可基準規則に例示された事項に基づく事象の 検討	9 (1) - 5 - 2
3.2 地震被害事例に基づく事象の検討	9 (1) - 5 - 2
4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設	9 (1) - 5 - 3
4.1 不等沈下又は相対変位の観点	9 (1) - 5 - 3
4.2 接続部の観点	9 (1) - 5 - 3
4.3 屋内施設の損傷・転倒及び落下等の観点	9 (1) - 5 - 3
4.4 屋外施設の損傷・転倒及び落下等の観点	9 (1) - 5 - 3
5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討	9 (1) - 5 - 4

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」に基づき、重大事故等対処施設の設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。

申請設備の波及的影響に係る基本方針について、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-5「波及的影響に係る基本方針」から変更はない。

2. 基本方針

常設重大事故緩和設備並びに重大事故緩和設備が設置される常設重大事故等対処施設（以下、「SA 施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないように設計する。

3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針

3.1 設置許可基準規則に例示された事項に基づく事象の検討

SA施設の設計においては、「設置許可基準規則の解釈別記2」（以下、「別記2」という。）に記載の以下の4つの観点について、「耐震重要施設」を「SA施設」に、「安全機能」を「重大事故等に対処するために必要な機能」に読み替えて実施する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響
- ② 上位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
- ③ 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響
- ④ 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響

以上の①～④の具体的な設計方針は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-5「波及的影響に係る基本方針」によるものとし、その方針に従い実施した上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設の選定結果を4項に示す。

3.2 地震被害事例に基づく事象の検討

(1) 検討方針

別記2に例示された事項以外に設計の観点に含める事項がないかを確認する観点で、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-5「波及的影響に係る基本方針」に示すとおり、原子力施設情報公開ライブラリ（NUCIA：ニューシア）に登録された地震を対象に被害情報を確認する。

(2) 検討結果

(1)の方針に基づき、検討を行った結果、3.1項で整理した波及的影響の具体的な検討事象（4つの観点）に追加考慮すべき事項が無いことを確認した。

4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

4.1 不等沈下又は相対変位の観点

(1) 地盤の不等沈下による影響

今回の工事における屋外上位クラス施設に隣接する下位クラス施設はないため、地盤の不等沈下による影響の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

(2) 建屋間の相対変位による影響

今回の工事における屋外上位クラス施設に隣接する下位クラス施設はないため、建屋間の相対変位による影響の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

4.2 接続部の観点

今回の工事における申請設備は、下位クラス施設と接続する設計とはしていないため、接続部の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

4.3 屋内施設の損傷・転倒及び落下等の観点

屋内施設の損傷・転倒及び落下等の観点で配置図を確認した結果、今回の工事における申請設備に波及的影響を及ぼす恐れのある下位クラス施設が抽出されなかったため、屋内施設の損傷・転倒及び落下等の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

4.4 屋外施設の損傷・転倒及び落下等の観点

上位クラス施設へ波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置された下位クラス施設はない。したがって、屋外施設の損傷・転倒及び落下等による衝突影響の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

以上より、本工事計画で波及的影響を考慮すべき下位クラス施設の対象はない。

5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

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

工事段階における検討は、別記 2 の 4 つの観点のうち、③及び④の観点、すなわち下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラントウォークダウンにより実施する。

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

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

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

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

地震応答解析の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-6

川内原子力発電所第1号機

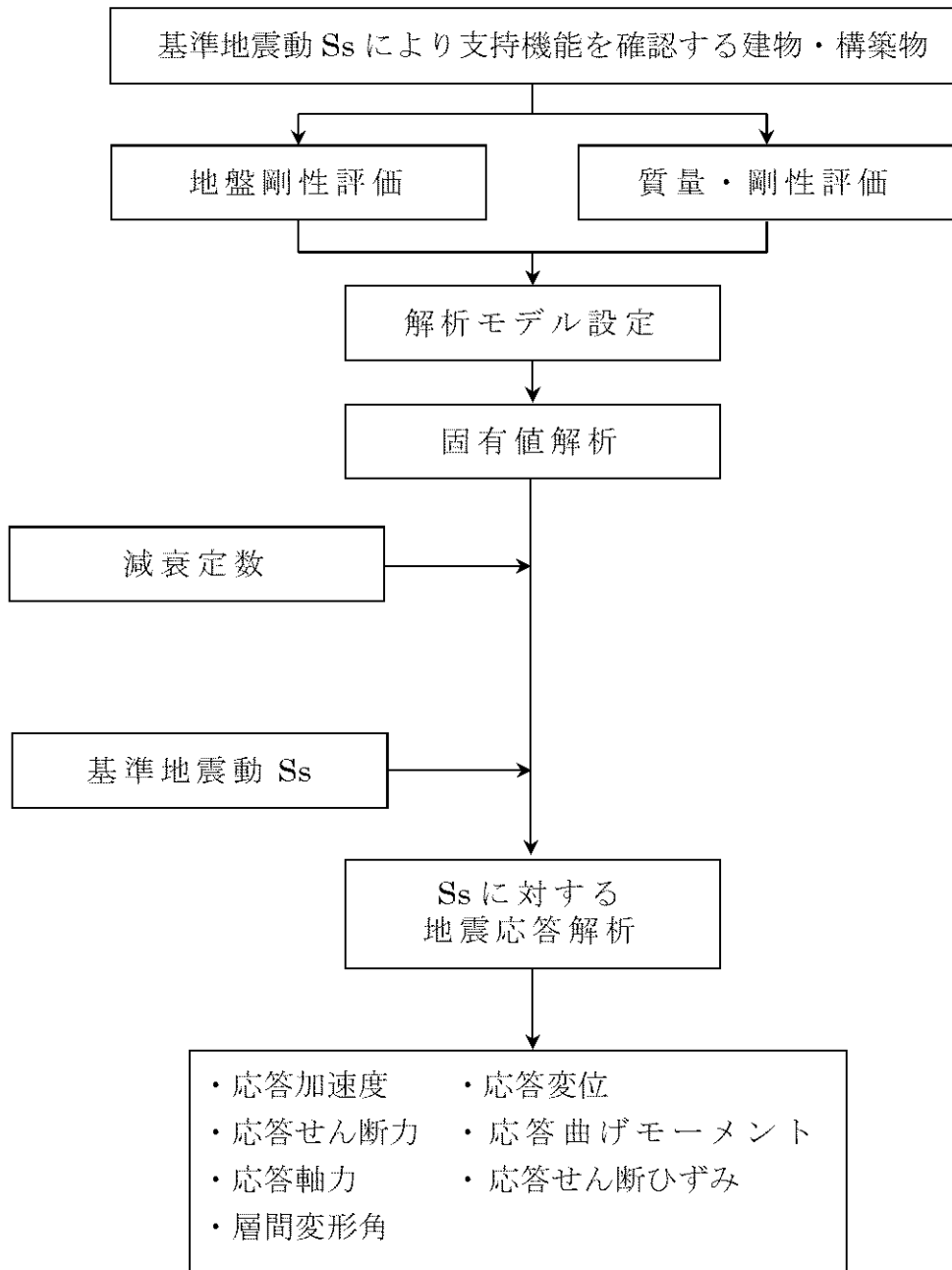
目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 6 - 1
2. 地震応答解析の方針	9 (1) - 6 - 4
2.1 建物・構築物	9 (1) - 6 - 4
2.2 機器・配管系	9 (1) - 6 - 6
3. 設計用減衰定数	9 (1) - 6 - 9

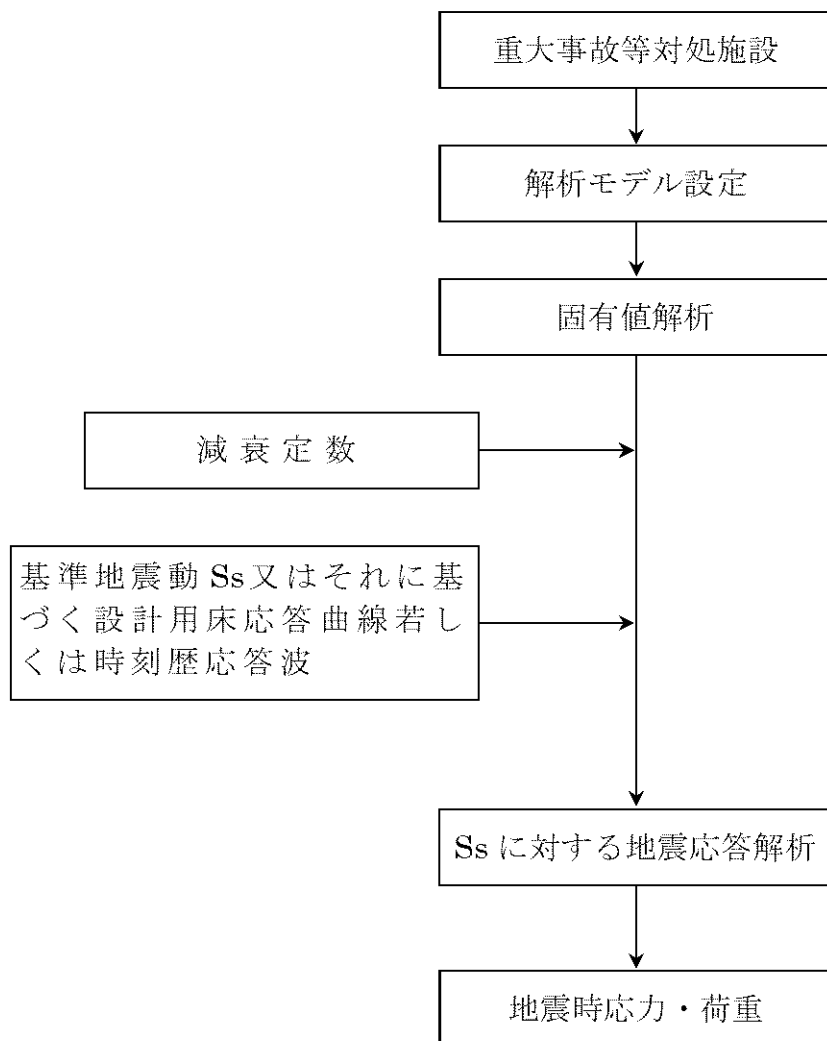
1. 概 要

本資料は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「4.設計用地震力」に基づき、建物・構築物、機器・配管系の耐震設計を行う際の地震応答解析の基本方針を説明するものである。

第1-1図及び第1-2図に建物・構築物、機器・配管系の地震応答解析の手順をそれぞれ示す。



第 1-1 図 建物・構築物の地震応答解析の手順



第 1-2 図 機器・配管系の地震応答解析の手順

2. 地震応答解析の方針

2.1 建物・構築物

(1) 入力地震動

解放基盤表面は、S波速度が0.7km/s以上となっていることから、原子炉格納施設基礎設置位置のEL.−18.5mとしている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、対象建物・構築物の基礎地盤条件を考慮したうえで、必要に応じ2次元FEM解析または1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。

地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地質・速度構造の違いにも留意するとともに、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。さらに、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ、地質・速度構造等の地盤条件を設定する。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。また、原則として、建物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定は、線形解析及び非線形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析にあたっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、基礎側面と地盤の接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地盤－建物・構築物連成系の減衰は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部の歪レベルを考慮して定める。

基準地震動 S_s に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した地震応答解析を行う。

また、常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した地震応答解析を行う。

地震応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また、ばらつきによる変動が建物・構築物の振動性状や応答性状に及ぼす影響を検討し、地盤物性等のばらつきを適切に考慮した動的解析により設計用地震力を設定する。

施設の重要性、建屋規模、構造特性を考慮して選定した、建物・構築物の3次元FEMモデルによる解析から、建物・構築物の3次元応答性状及び機器・配管系への影響を評価する。3次元応答性状等の評価は、線形解析に適用可能な周波数応答解析法による。解析方法及び解析モデルについては、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」による。

a. 解析方法

建屋の地震応答は、(1)式の多質点系の振動方程式をNewmark- β 法($\beta = 1/4$)を用いた直接積分法により求める。

$$[m] \cdot \{\ddot{x}\}_t + [c] \cdot \{\dot{x}\}_t + [k] \cdot \{x\}_t = -[m] \cdot \{\ddot{y}\}_t \quad (1)$$

ここで、

- $[m]$: 質量マトリックス
- $[c]$: 減衰マトリックス
- $[k]$: 剛性マトリックス
- $\{\ddot{x}\}_t$: 時刻 t の加速度ベクトル
- $\{\dot{x}\}_t$: 時刻 t の速度ベクトル
- $\{x\}_t$: 時刻 t の変位ベクトル
- $\{\ddot{y}\}_t$: 時刻 t の入力加速度ベクトル

ここで、時刻 $t + \Delta t$ における解を次のようにして求める。 Δt は時間メッシュを示す。

$$\{x\}_{t+\Delta t} = \{x\}_t + \{\dot{x}\}_t \cdot \Delta t + \left[\left(\frac{1}{2} - \beta \right) \cdot \{\ddot{x}\}_t + \beta \cdot \{\ddot{x}\}_{t+\Delta t} \right] \cdot \Delta t^2 \quad (2)$$

$$\{\dot{\mathbf{x}}\}_{t+\Delta t} = \{\dot{\mathbf{x}}\}_t + \frac{1}{2} \cdot [\{\ddot{\mathbf{x}}\}_t + \{\ddot{\mathbf{x}}\}_{t+\Delta t}] \cdot \Delta t \quad (3)$$

$$\{\ddot{\mathbf{x}}\}_{t+\Delta t} = \{\ddot{\mathbf{x}}\}_t + \{\Delta\ddot{\mathbf{x}}\}_{t+\Delta t} \quad (4)$$

(2)、(3)及び(4)式を(1)式に代入して整理すると、加速度応答増分ベクトルが次のように求められる。

$$\{\Delta\ddot{\mathbf{x}}\}_{t+\Delta t} = -[\mathbf{A}]^{-1} \cdot ([\mathbf{B}] + [\mathbf{m}] \cdot \{\Delta\ddot{\mathbf{y}}\}_{t+\Delta t}) \quad (5)$$

ここで、

$$[\mathbf{A}] = [\mathbf{m}] + \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot [\mathbf{c}] + \beta \cdot \Delta t^2 \cdot [\mathbf{k}]$$

$$[\mathbf{B}] = \left(\Delta t \cdot [\mathbf{c}] + \frac{1}{2} \cdot \Delta t^2 \cdot [\mathbf{k}] \right) \cdot \{\dot{\mathbf{x}}\}_t + \Delta t \cdot [\mathbf{k}] \cdot \{\mathbf{x}\}_t$$

$$\{\Delta\ddot{\mathbf{y}}\}_{t+\Delta t} = \{\ddot{\mathbf{y}}\}_{t+\Delta t} - \{\ddot{\mathbf{y}}\}_t$$

(5)式を(2)、(3)及び(4)式に代入することにより、時刻 $t + \Delta t$ の応答が時刻 t の応答から求められる。

b. 解析モデル

(a) 緊急時対策棟（連絡通路）及び緊急時対策棟（休憩所）

水平方向は、地盤との相互作用を考慮した曲げせん断棒モデルとする。
また、鉛直方向は、耐震壁の軸剛性を評価した軸ばねを用いた軸棒モデルとする。

2.2 機器・配管系

(1) 入力地震動又は入力地震力

機器・配管系の地震応答解析における入力地震動又は入力地震力は、基準地震動 S_s 、又は当該機器・配管系の設置床における設計用床応答曲線とする。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として

考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格・基準、あるいは実験等の結果に基づき設定する。

機器の解析にあたっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう 1 質点系、多質点系モデル等に置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。また、時刻歴応答解析法及びスペクトルモーダル解析法を用いる場合は地盤物性等のばらつきを適切に考慮する。

配管系については、熱的条件及び口径から高温配管又は低温配管に分類し、その仕様に応じて適切なモデルに置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択にあたっては、衝突・すべり等の非線形現象を模擬する場合には時刻歴応答解析法を用いる等、解析対象とする現象、対象設備の振動特性・構造特性等を考慮し適切に選定する。

また、3次元の広がりを持つ設備については、3次元的な配置をモデル化し、水平 2 方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせるものとする。具体的な方針については、資料 9-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」によるものとする。

剛性の高い機器（1次固有振動数が20Hz以上の機器）は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

また、スペクトルモーダル解析（1質点系の手計算含む。）を実施している申請設備の1次固有振動数とそれに応じた地震応答解析の手法については、別紙「申請設備に対する地震応答解析の手法について」に示す。

a. 解析方法

スペクトルモーダル解析法における最大値は、2乗和平方根（SRSS）法により求める。

時刻歴応答解析法においては「2.1 建物・構築物 (2) 解析方法及び解析モデル」に示した解析方法と同等の方法による。

b. 解析モデル

代表的な機器・配管系の解析モデルを以下に示す。

(a) 一般機器

タンクなどの一般の機器は、機器本体及び支持構造物の剛性をそれぞれ考慮し、原則として重心位置に質量を集中させた1質点系にモデル化する。

(b) 配管

高温配管は3次元多質点はりモデルに、低温配管ははり要素分布質量系モデルにそれぞれ置換する。

重大事故等対処施設のうち、設計基準対象施設の既往評価を適用できる基本構造等と異なる施設については、適用する地震力に対して、要求される機能及び構造健全性が維持されることを確認するため、当該施設の構造を適切にモデル化した上での地震応答解析又は加振試験等を実施する。

3. 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、JEAG 4601に記載されている減衰定数を設備の種類、構造等により適切に選定するとともに、試験等で妥当性が確認された値も用いる。具体的には第3-1表に示す値を用いる。

建物・構築物の地震応答解析に用いる鉄筋コンクリートの材料減衰定数については、入力地震動による建物・構築物の応答レベル及び構造形状の複雑さを踏まえ、既往の知見に加え、地震観測記録等を用いた検討を行い、適用性が確認できたことから第3-1表に示す建物・構築物に対して5%と設定する。

第3-1表 減衰定数

1. 建物・構築物

対象設備		使用材料	減衰定数 (%)	
			水平方向	鉛直方向
緊急時対策棟 (連絡通路)	耐震壁	鉄筋コンクリート	5	5
	地盤	—	JEAG4601-1991の近似法により算定 ^(注)	
緊急時対策棟 (休憩所)	耐震壁	鉄筋コンクリート	5	5
	地盤	—	JEAG4601-1991の近似法により算定 ^(注)	

(注) 地盤条件および基礎形状等を基に振動アドミタンス理論により動的地盤ばねを算定し、JEAG4601-1991の近似法により算定

2. 配管系の減衰定数

配管区分		減衰定数 ^(注1) (注2) (%)	
		保温材無	保温材有
I	支持具がスナバ及び架構レストレイント主体の配管系で、その数が4個以上のもの	2.0	3.0
II	スナバ、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	1.0	2.0
III	Uボルトを有する配管系で、Uボルト（水平配管の自重を架構で受けるもの）の数が4個以上のもの	2.0	3.0
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	0.5	1.5

(注1) 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

(注2) 既往の研究等において試験及び解析などにより妥当性が確認されている値。また、金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究（H12～H13）」

別紙 申請設備に対する地震応答解析の手法について

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 6 - 別紙 - 1
2. 固有振動数に応じた地震応答解析手法の整理について	9 (1) - 6 - 別紙 - 1
2.1 1次固有振動数が20Hz未満の設備	9 (1) - 6 - 別紙 - 1
2.2 1次固有振動数が20Hz～30Hzの設備	9 (1) - 6 - 別紙 - 1
2.2 1次固有振動数が30Hz以上の設備	9 (1) - 6 - 別紙 - 1

1. 概 要

本資料は、申請設備に対してスペクトルモーダル解析（1 質点系の手計算含む。）を実施している発電用原子炉施設の 1 次固有振動数とそれに応じた地震応答解析の手法について整理したものである。

2. 固有振動数に応じた地震応答解析手法の整理について

以下のとおり、固有振動数帯に分けて、それぞれの地震応答解析の手法を示す。なお、静的地震力を用いた静的評価は別途実施する。

2.1 1 次固有振動数が 20Hz 未満の設備

本項に該当する申請設備は、振幅ありの設計用床応答曲線（以下、「FRS」とする。）を用いたスペクトルモーダル解析を実施する。但し、1 次固有振動数が 20Hz 近傍にある設備については、評価部位ごとに有意なモードを確認した上で、必要に応じて 1.2ZPA を用いた静的解析を併せて実施する。

2.2 1 次固有振動数が 20Hz～30Hz の設備

本項に該当する申請設備は、FRS を用いたスペクトルモーダル解析と 1.2ZPA を用いた静的解析の両方を実施する。但し、1 質点系の手計算の場合は、読み取り加速度による静的解析と 1.2ZPA を用いた静的解析の両方を実施する。

2.3 1 次固有振動数が 30Hz 以上の設備

本項に該当する申請設備は、1.2ZPA を用いた静的解析を実施する。

なお、配管については、支持間隔が多岐に渡り、固有振動数も多岐に渡ることから、FRS を用いたスペクトルモーダル解析と 1.2ZPA による静的解析の両方を一律実施する。

設計用床応答曲線の作成方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-7

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 7 - 1
2. 床応答スペクトル解析	9 (1) - 7 - 2
3. 設計用床応答曲線(Ss)	9 (1) - 7 - 9

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち、「4. 設計用地震力」に基づき、川内原子力発電所 緊急時対策棟（連絡通路）の機器・配管等の動的解析に使用する設計用床応答曲線の作成方針及びその方針に基づき作成した設計用床応答曲線に関して説明するものである。

なお、緊急時対策棟（休憩所）については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-7「設計用床応答曲線の作成方針」のうち、「2. 床応答スペクトル解析」及び「4. 設計用床応答曲線(Ss)」によるものとする。

2. 床応答スペクトル解析

(1) 基本方針

- a. 緊急時対策棟（連絡通路）をばね質点系に置換し、建屋基礎底面位置で算定した地震動を、地盤ばねを介して入力して、時刻歴応答解析を行い、各質点位置における加速度応答時刻歴を求める。
- b. a.で求めた各質点の加速度応答時刻歴を入力として、減衰付 1 自由度系の最大応答スペクトルを必要な減衰定数の値に対して求める。
- c. b.で求めた床応答スペクトルに対し、建屋固有周期のシフトを考慮し、周期方向に±10%の幅拡げを行う。

(2) 入力地震動

入力地震動は、川内原子力発電所平成 26 年 9 月 10 日付け原規規発第 1409102 号にて許可を受けた基準地震動 S_s を用いるものとする。

種類		地震動 名称	方向	最大加速度 (Gal)	継続時間 (sec)
基準地震動 S_s	応答スペクトルに基づく地震動	S_s-1	水平 (NS、EW)	540	29.8
			鉛直(UD)	324	
	2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	S_s-2	水平 (NS、EW)	620	20.5
			鉛直(UD)	320	

(3) 解析方法

a. 構造物の時刻歴応答解析

構造物の時刻歴応答解析は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による。

b. 1 自由度系の最大応答スペクトル

a. で求まる各床面での加速度応答時刻歴を入力とする 1 自由度系の最大応答スペクトルを、減衰定数をパラメータとして下記線形加速度法により求める。

すなわち、いま t_n における x の値を x_n 、 t_{n+1} における値を x_{n+1} とすれば、テーラー展開式から

$$x_{n+1} = x_n + \dot{x}_n \cdot \Delta t + \frac{\ddot{x}_n}{2} (\Delta t)^2 + \frac{\ddot{\ddot{x}}_n}{6} (\Delta t)^3 + \dots \quad (1)$$

同様に

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_{n+1} &= \dot{x}_n + \ddot{x}_n \cdot \Delta t + \frac{\ddot{\ddot{x}}_n}{2} (\Delta t)^2 + \dots \\ \ddot{x}_{n+1} &= \ddot{x}_n + \ddot{\ddot{x}}_n \cdot \Delta t + \dots \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、特に Δt 間では \ddot{x} は直線的に変化すると仮定すると、 x_n の 4 階以上の微係数は 0 となり、3 階の微係数に対しては次式が成立する。

$$\ddot{\ddot{x}}_n = \frac{\ddot{\ddot{x}}_{n+1} - \ddot{\ddot{x}}_n}{\Delta t} \quad (3)$$

そこで、(3)式を(1),(2)式に代入すると、

$$\left. \begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \dot{x}_n \cdot \Delta t + \frac{\ddot{x}_n}{3} (\Delta t)^2 + \frac{\ddot{\ddot{x}}_{n+1}}{6} (\Delta t)^2 \\ \dot{x}_{n+1} &= \dot{x}_n + \frac{\ddot{x}_n}{2} \Delta t + \frac{\ddot{\ddot{x}}_{n+1}}{2} \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

一般に、 t_{n+1} において成立する運動方程式

$$\ddot{x}_{n+1} + 2h \cdot \omega_0 \cdot \dot{x}_{n+1} + \omega_0^2 \cdot x_{n+1} = -\ddot{y}_{n+1}$$

に(4)式を代入すれば、 \ddot{x}_{n+1} が x_n , \dot{x}_n , \ddot{x}_n , \ddot{y}_{n+1} の関数として表される。

この結果をさらに(4)式に代入すれば、 \dot{x}_{n+1} , x_{n+1} も求まる。

$$\omega_0^2 \cdot x_n = X_n, \quad \omega_0 \cdot \dot{x}_n = V_n, \quad \ddot{x}_n = A_n, \quad \omega_0 \cdot \Delta t = \Delta\theta$$

とすると、加速度応答は、

$$\left. \begin{aligned} A_{n+1} &= \frac{-1}{1 + h \cdot \Delta\theta + \frac{(\Delta\theta)^2}{6}} \left[\ddot{y}_{n+1} + X_n + V_n(2h + \Delta\theta) + A_n \left\{ h \cdot \Delta\theta + \frac{(\Delta\theta)^2}{3} \right\} \right] \\ V_{n+1} &= V_n + A_n \frac{\Delta\theta}{2} + A_{n+1} \frac{\Delta\theta}{2} \\ X_{n+1} &= X_n + V_n \cdot \Delta\theta + A_n \frac{(\Delta\theta)^2}{3} + A_{n+1} \frac{(\Delta\theta)^2}{6} \end{aligned} \right\} (5)$$

ここで、必要な減衰定数 h 及び自由円振動数 ω_0 に対し、入力地震動の全継続時間にわたって、加速度応答を計算し、その最大値を求めるが、 ω_0 を適切なメッシュで変えることにより、減衰定数 h に対する最大加速度応答スペクトルが得られる。

(4) 設計用床応答曲線作成手順

a. 基準地震動 S_s 設計用床応答曲線

- (a) (2)項に示した入力地震動（基準地震動 S_s ）による時刻歴応答解析を行い、建屋各床面位置の加速度応答時刻歴を求める。
- (b) (a)で求めた加速度応答時刻歴に対し減衰付 1 自由度系の最大応答スペクトルを必要な減衰定数について求める。
- (c) (b)の床応答スペクトル解析は互いに直交する NS, EW と UD の 3 方向入力に対して行う。
- (d) (c)に示した床応答スペクトルを建屋モデルのゆらぎによる建屋固有周期のシフトを考慮して周期方向に $\pm 10\%$ の幅広げを行い、それぞれ NS 方向床応答曲線、EW 方向床応答曲線、UD 方向床応答曲線とする。ここで得られた応答スペクトル S_{NS}^{-BR} , S_{EW}^{-BR} , S_{UD}^{-BR} をそれぞれ設計用床応答曲線とする。
- (e) 施設に応じて(d)で得られた応答スペクトル S_{NS}^{-BR} , S_{EW}^{-BR} を包絡したものを設計用床応答曲線として使用する。

上記手順により、床応答曲線を解析コード「CHERRY」を使用して作成する。

なお、評価に用いる解析コード「CHERRY」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

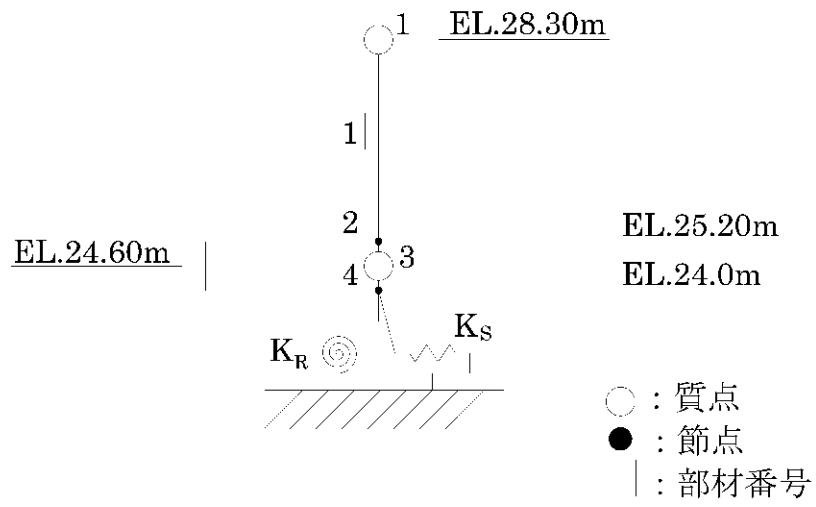
(5) 緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析モデル

水平方向の解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁の剛性を曲げせん断型として評価した一軸多質点系の曲げせん断棒モデルとする。地盤との相互作用について、基礎の浮上り範囲が大きくなると考えられる場合については、浮上りの増大に伴い顕著となる誘発上下動を考慮する。

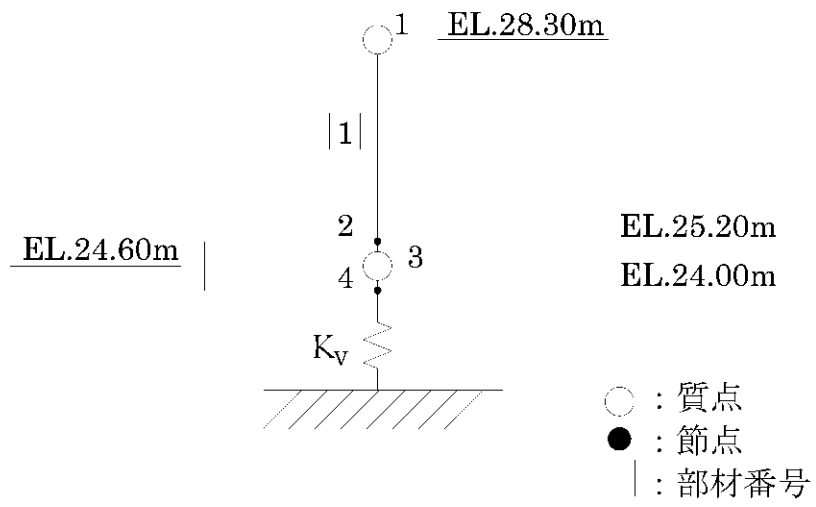
鉛直方向の解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁の剛性を軸剛性として評価した一軸多質点系の棒軸モデルとする。

水平方向の解析モデルを第 2-1 図に示す。また鉛直方向の解析モデルを第 2-2 図に示す。

入力地震動は、建屋基礎底面レベルに想定する基準地震動 S_s を地盤ばねを介して入力する。



第 2-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 2-2 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

3. 設計用床応答曲線(Ss)

以下に、各床面の最大床加速度値及び設計用床応答曲線(Ss)を示す。

なお、設計用床応答曲線の縦軸に記載されている(G)は、($\times 9.8\text{m/s}^2$)と読み替える。

(1) 床加速度一覧表

各床面の最大床加速度値を第 3-1 表に示す。

(2) 設計用床応答曲線の図番

作成床面及び減衰定数に応じた設計用床応答曲線の図番を第 3-2 表に示す。

第 3-1 表 床加速度一覽表

建屋 機器	質点 番号	EL. (m)	最大床加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)					
			Ss-1			Ss-2		
			Y 方向	X 方向	V 方向	Y 方向	X 方向	V 方向
緊急時対策棟 (連絡通路)	1	28.3	1.44	1.41	0.41	1.19	1.17	0.45
	3	24.6	1.34	1.35	0.41	1.14	1.15	0.45

第3-2表 緊急時対策棟（連絡通路）の床応答曲線(1/4)

地震動	建屋機器	質点番号	EL. (m)	方向	減衰定数 (%)	図番 ^(注)
Ss-1	緊急時対策棟 (連絡通路)	1	28.3	水平 方向	0.5	TSC-TURO-NSS1H-TT01-005
					1.0	TSC-TURO-NSS1H-TT01-010
					1.5	TSC-TURO-NSS1H-TT01-015
					2.0	TSC-TURO-NSS1H-TT01-020
					2.5	TSC-TURO-NSS1H-TT01-025
					3.0	TSC-TURO-NSS1H-TT01-030
					4.0	TSC-TURO-NSS1H-TT01-040
					5.0	TSC-TURO-NSS1H-TT01-050
		3	24.6	水平 方向	0.5	TSC-TURO-NSS1H-TT03-005
					1.0	TSC-TURO-NSS1H-TT03-010
					1.5	TSC-TURO-NSS1H-TT03-015
					2.0	TSC-TURO-NSS1H-TT03-020
					2.5	TSC-TURO-NSS1H-TT03-025
					3.0	TSC-TURO-NSS1H-TT03-030
					4.0	TSC-TURO-NSS1H-TT03-040
5.0	TSC-TURO-NSS1H-TT03-050					

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第3-2表 緊急時対策棟（連絡通路）の床応答曲線(2/4)

地震動	建屋機器	質点番号	EL. (m)	方向	減衰定数 (%)	図番 ^(注)
Ss-1	緊急時対策棟 (連絡通路)	1	28.3	鉛直 方向	0.5	TSC-TURO-NSS1V-TT01-005
					1.0	TSC-TURO-NSS1V-TT01-010
					1.5	TSC-TURO-NSS1V-TT01-015
					2.0	TSC-TURO-NSS1V-TT01-020
					2.5	TSC-TURO-NSS1V-TT01-025
					3.0	TSC-TURO-NSS1V-TT01-030
					4.0	TSC-TURO-NSS1V-TT01-040
					5.0	TSC-TURO-NSS1V-TT01-050
		3	24.6	鉛直 方向	0.5	TSC-TURO-NSS1V-TT03-005
					1.0	TSC-TURO-NSS1V-TT03-010
					1.5	TSC-TURO-NSS1V-TT03-015
					2.0	TSC-TURO-NSS1V-TT03-020
					2.5	TSC-TURO-NSS1V-TT03-025
					3.0	TSC-TURO-NSS1V-TT03-030
					4.0	TSC-TURO-NSS1V-TT03-040
					5.0	TSC-TURO-NSS1V-TT03-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第3-2表 緊急時対策棟（連絡通路）の床応答曲線(3/4)

地震動	建屋 機器	質点 番号	EL. (m)	方向	減衰定数 (%)	図番 ^(注)
Ss-2	緊急時対策棟 (連絡通路)	1	28.3	水平 方向	0.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-005
					1.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-010
					1.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-015
					2.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-020
					2.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-025
					3.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-030
					4.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-040
					5.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT01-050
		3	24.6	水平 方向	0.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-005
					1.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-010
					1.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-015
					2.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-020
					2.5	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-025
					3.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-030
					4.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-040
					5.0	TSC-TURO-RUMOI620H-TT03-050

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

第3-2表 緊急時対策棟（連絡通路）の床応答曲線(4/4)

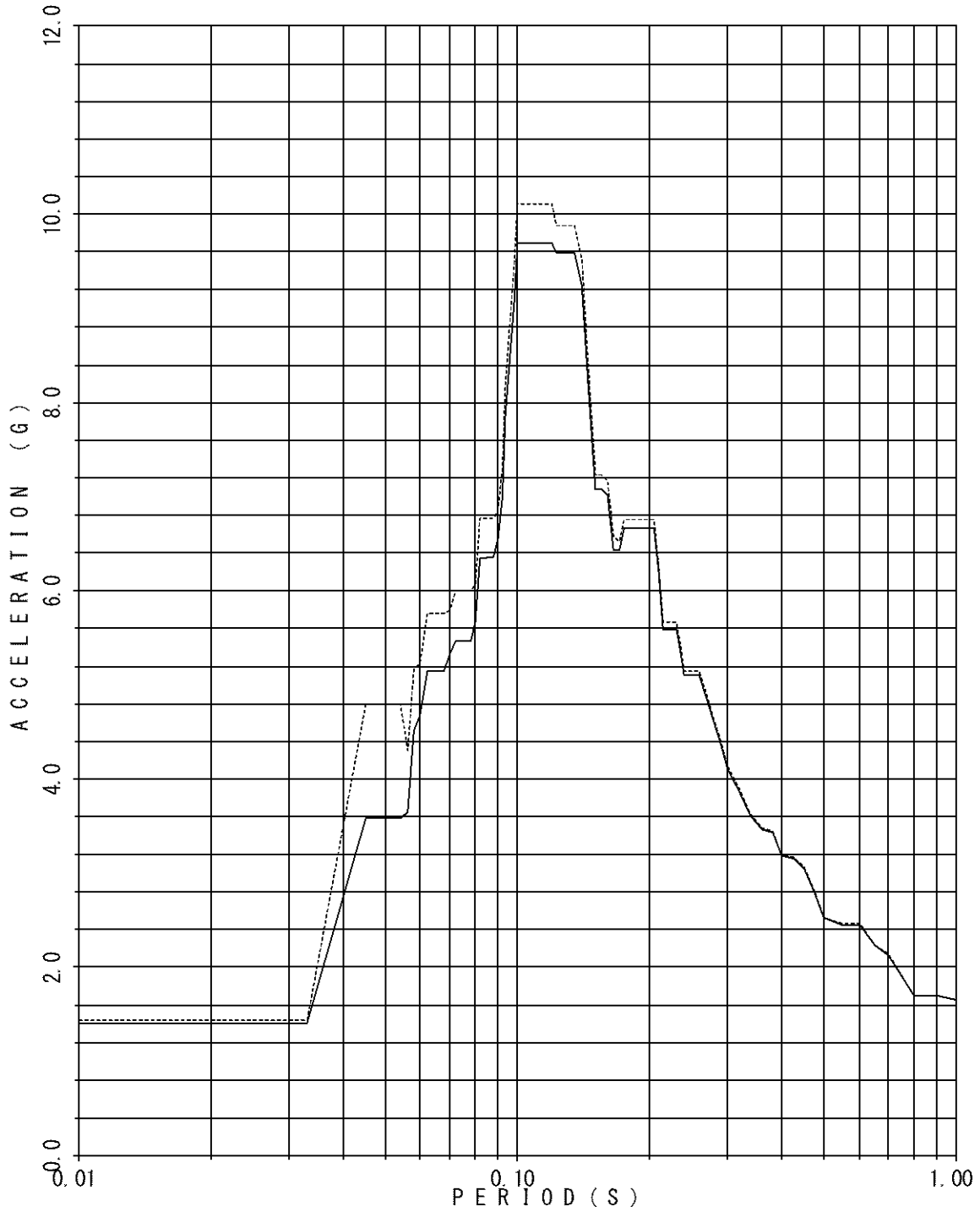
地震動	建屋機器	質点番号	EL. (m)	方向	減衰定数 (%)	図番 ^(注)
Ss-2	緊急時対策棟 (連絡通路)	1	28.3	鉛直 方向	0.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-005
					1.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-010
					1.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-015
					2.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-020
					2.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-025
					3.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-030
					4.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-040
					5.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT01-050
		3	24.6	鉛直 方向	0.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-005
					1.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-010
					1.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-015
					2.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-020
					2.5	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-025
					3.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-030
4.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-040					
5.0	TSC-TURO-RUMOI620V-TT03-050					

(注) 図番の順は床応答スペクトルの出現順となっている。

FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 0.5%

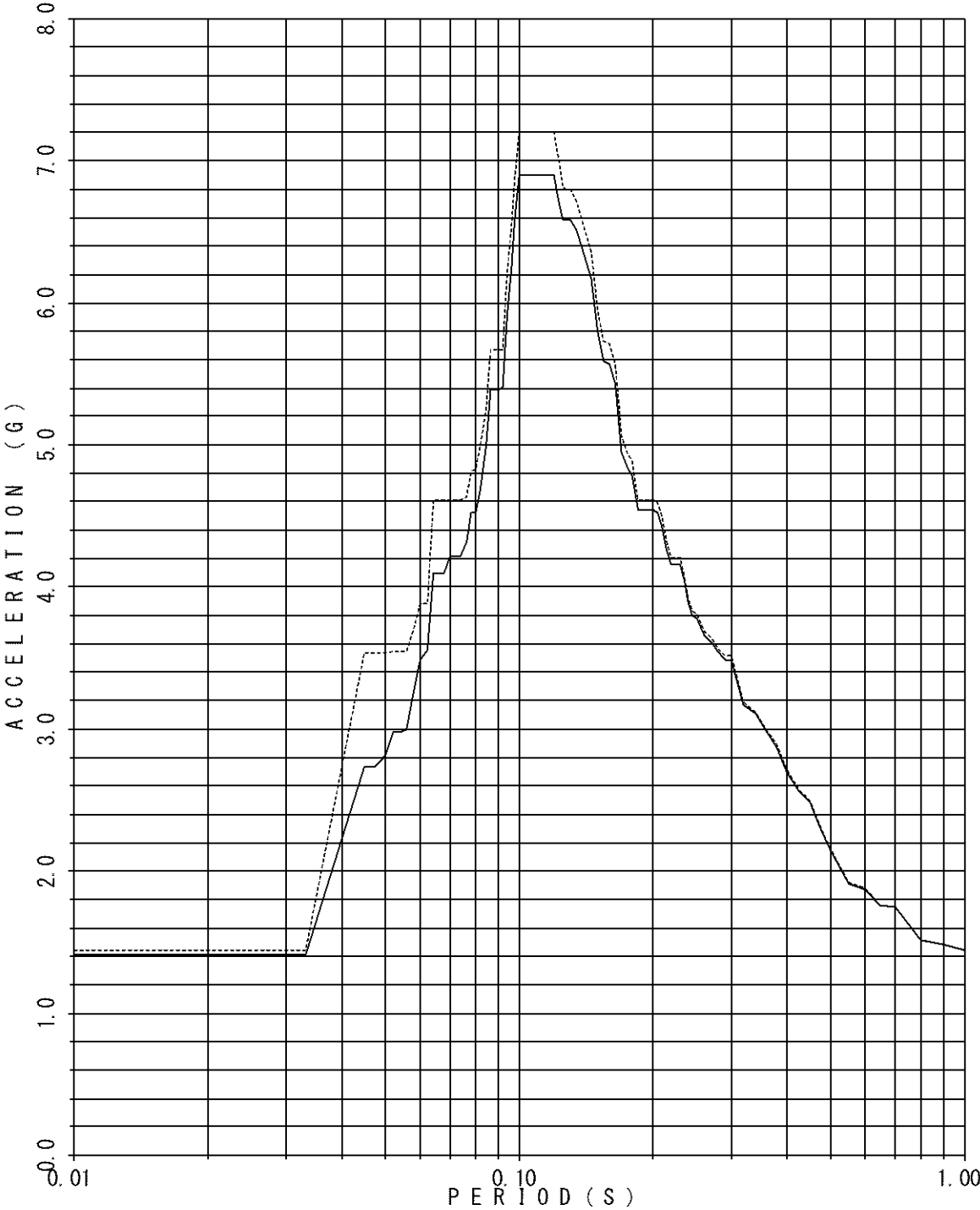
— X - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.0%

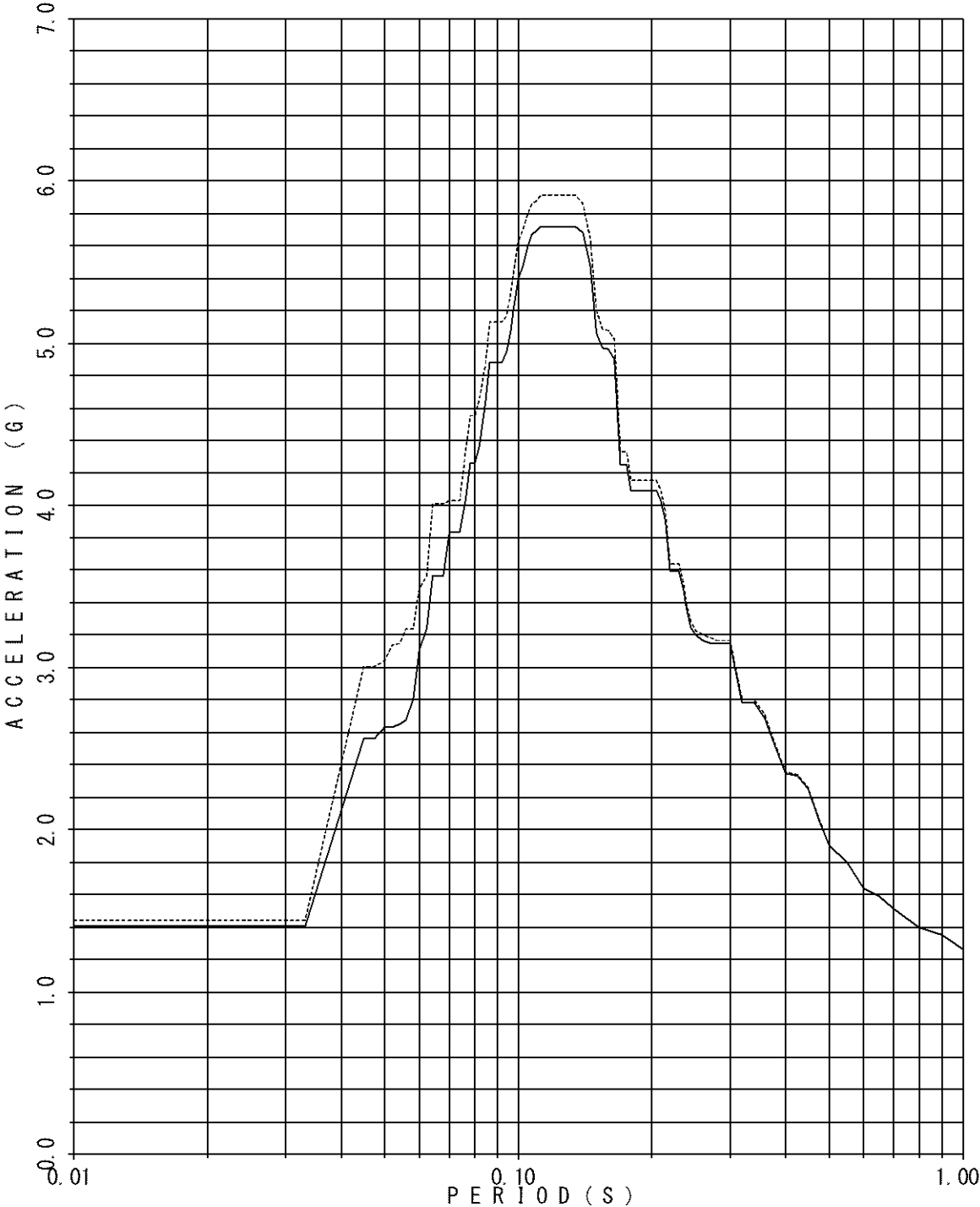
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.5%

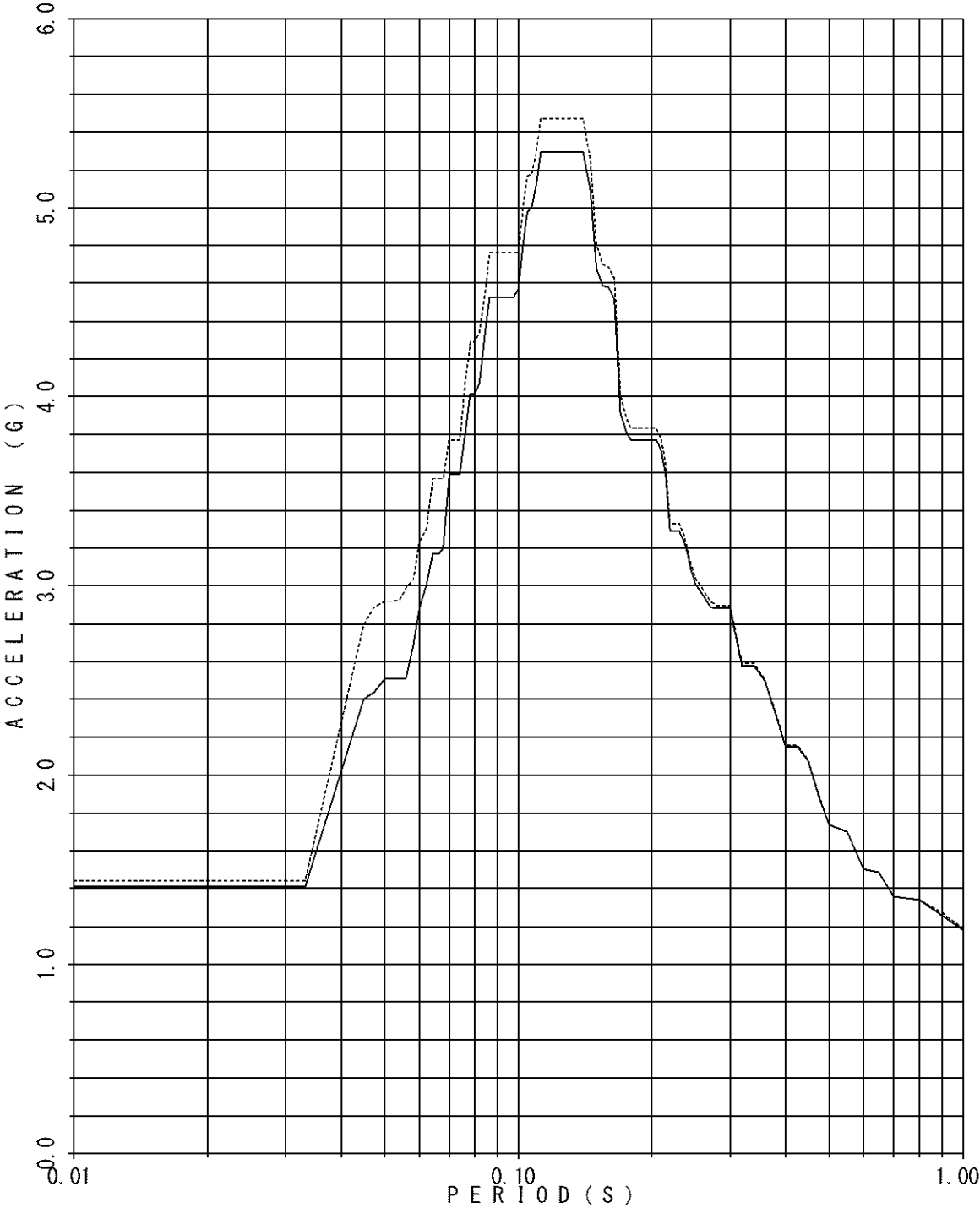
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.0%

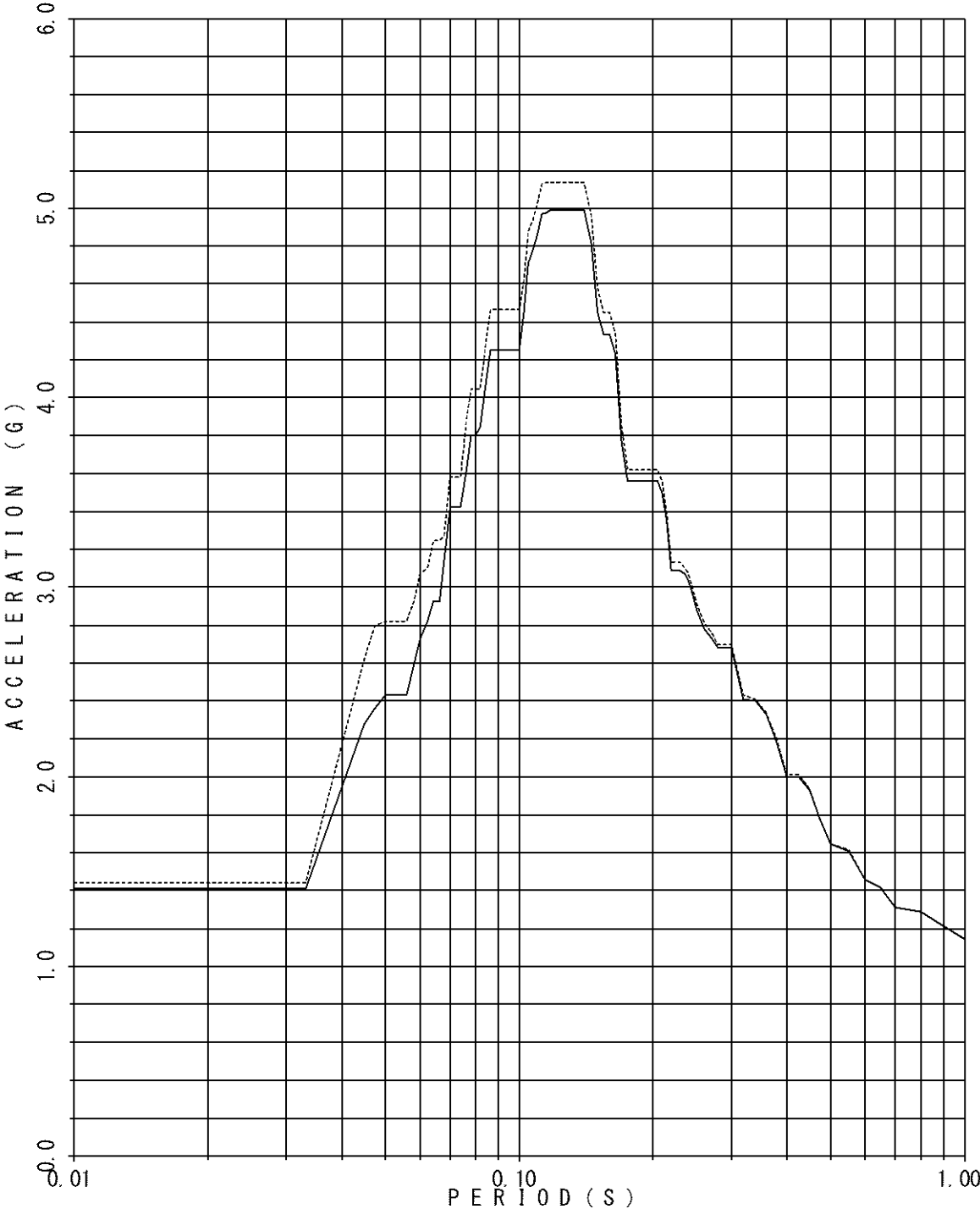
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.5%

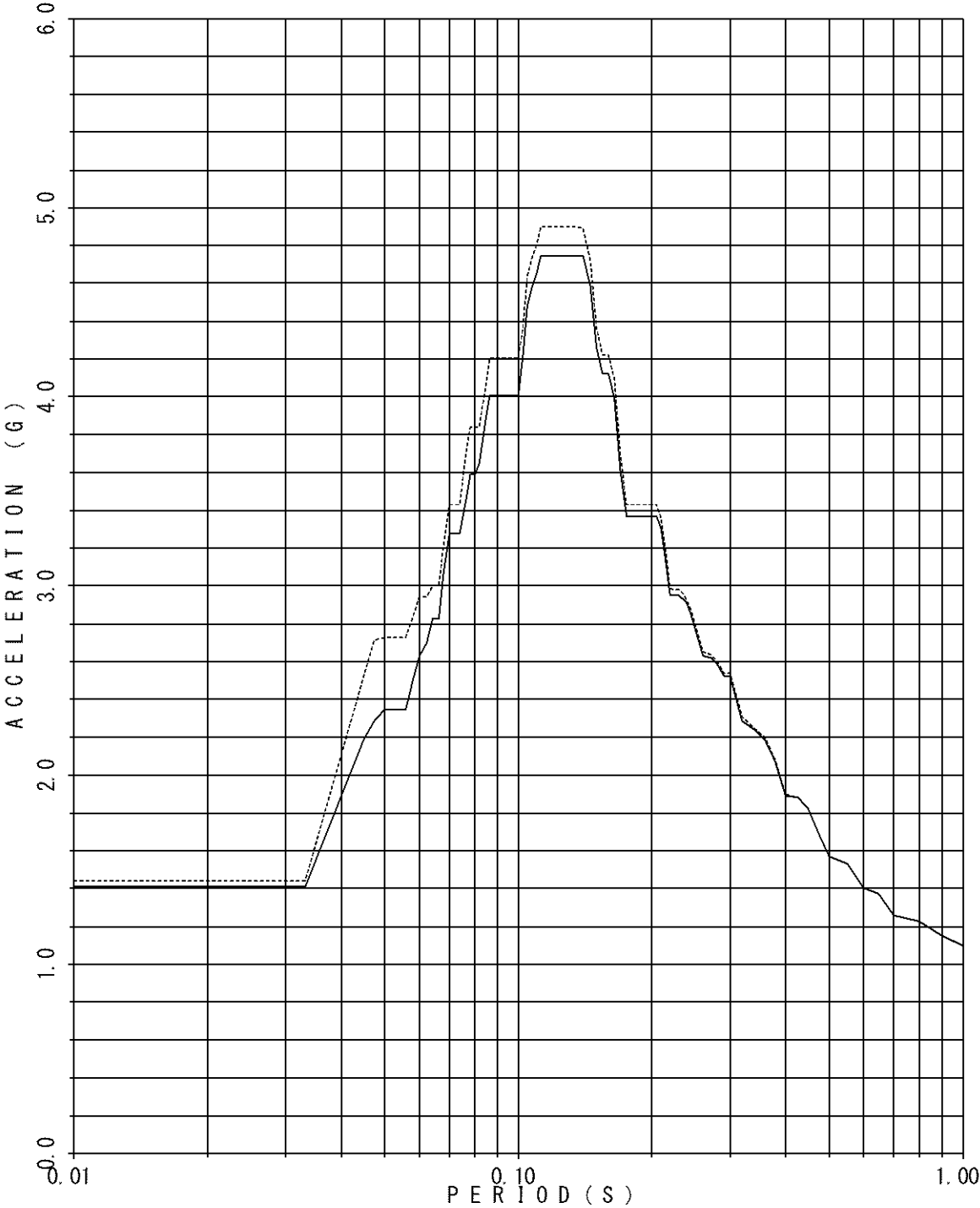
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 3.0%

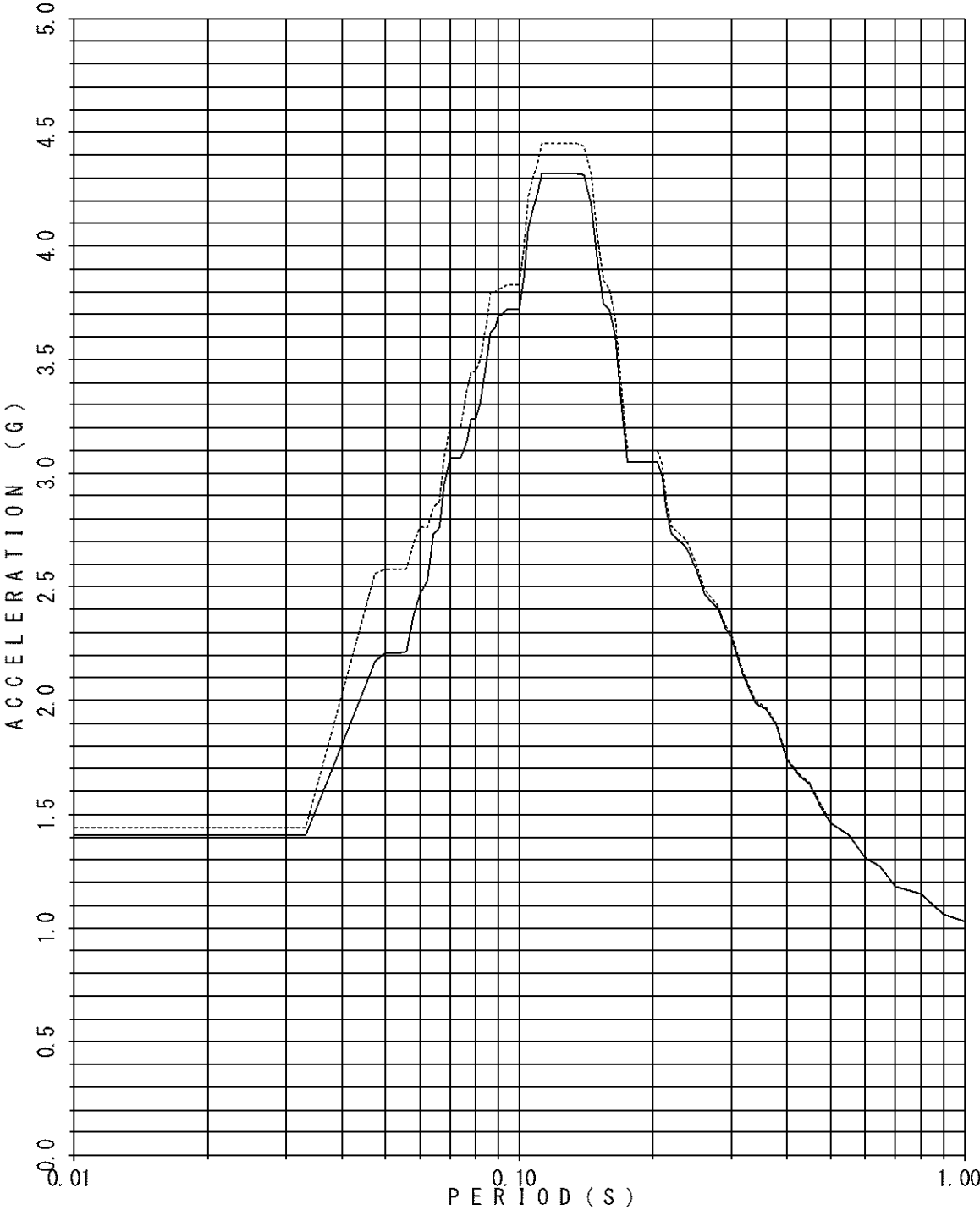
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 4.0%

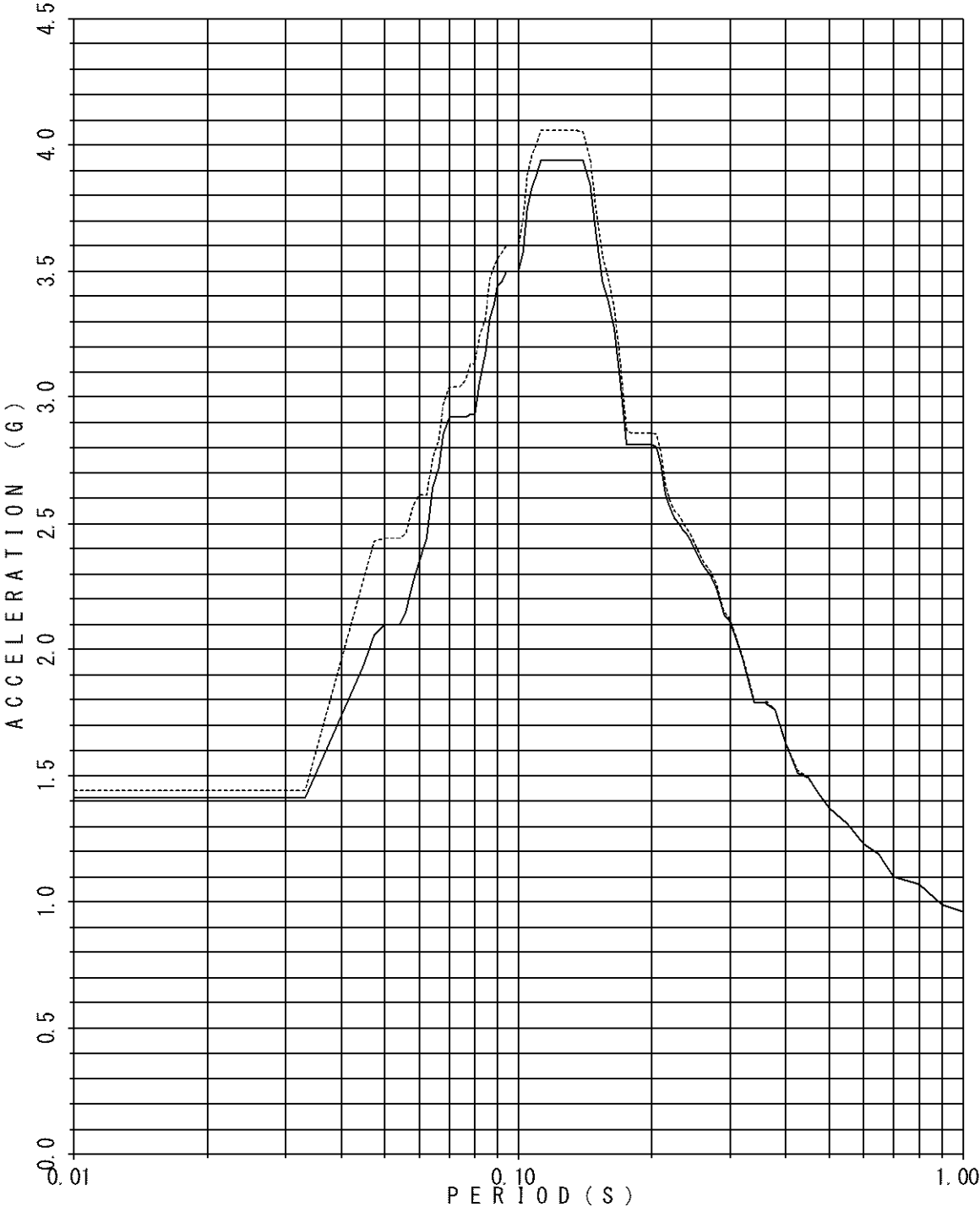
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 5.0%

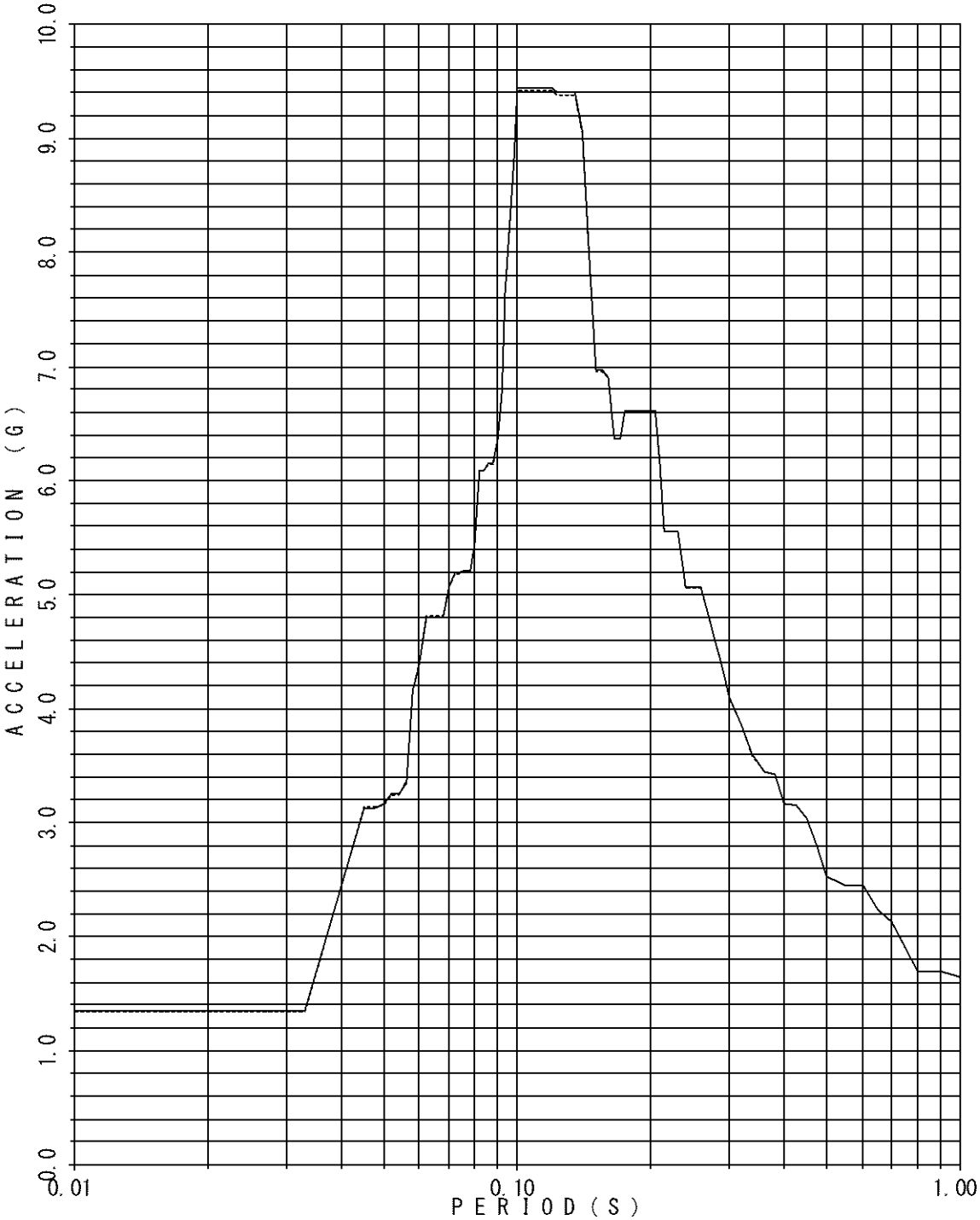
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 0.5%

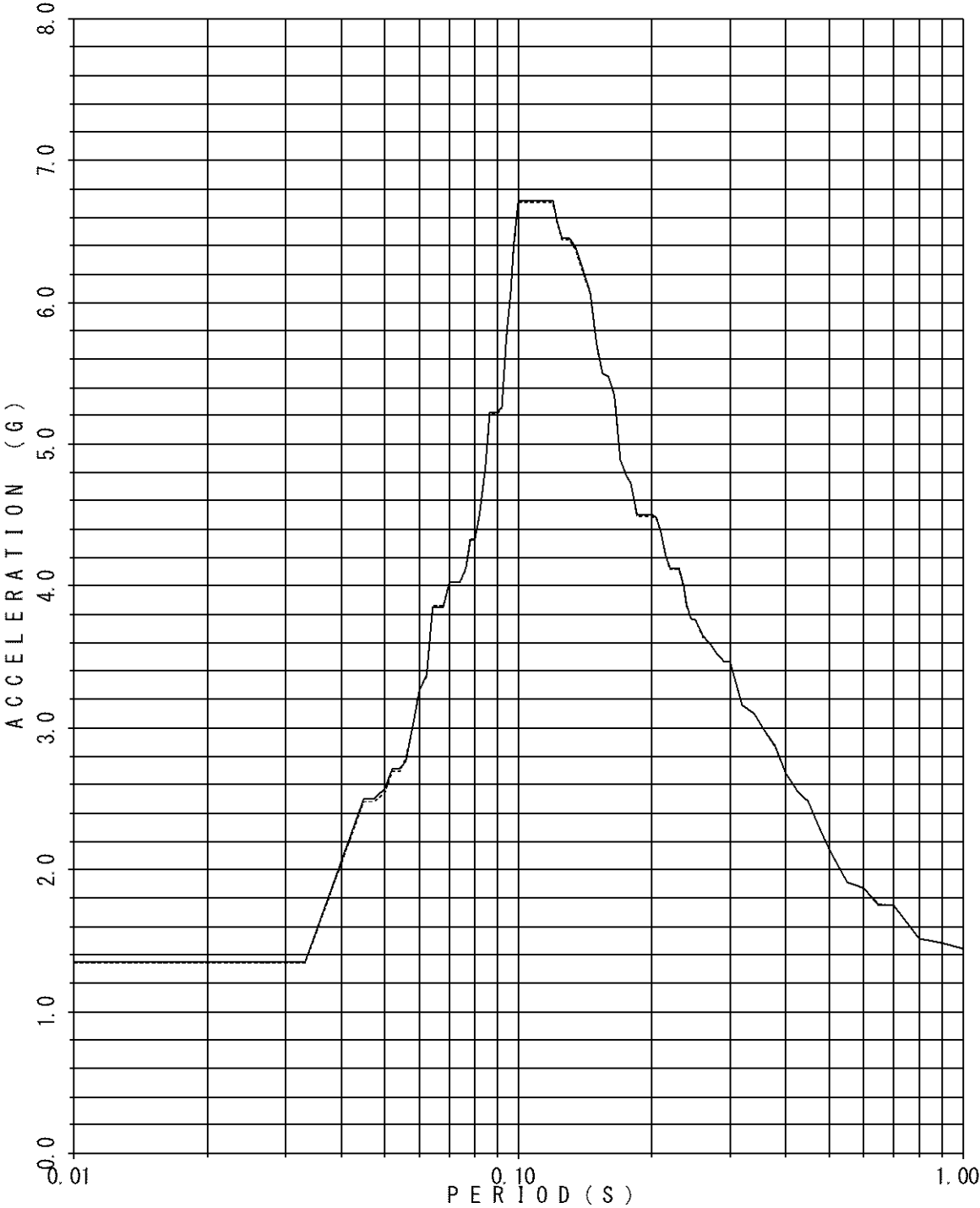
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.0%

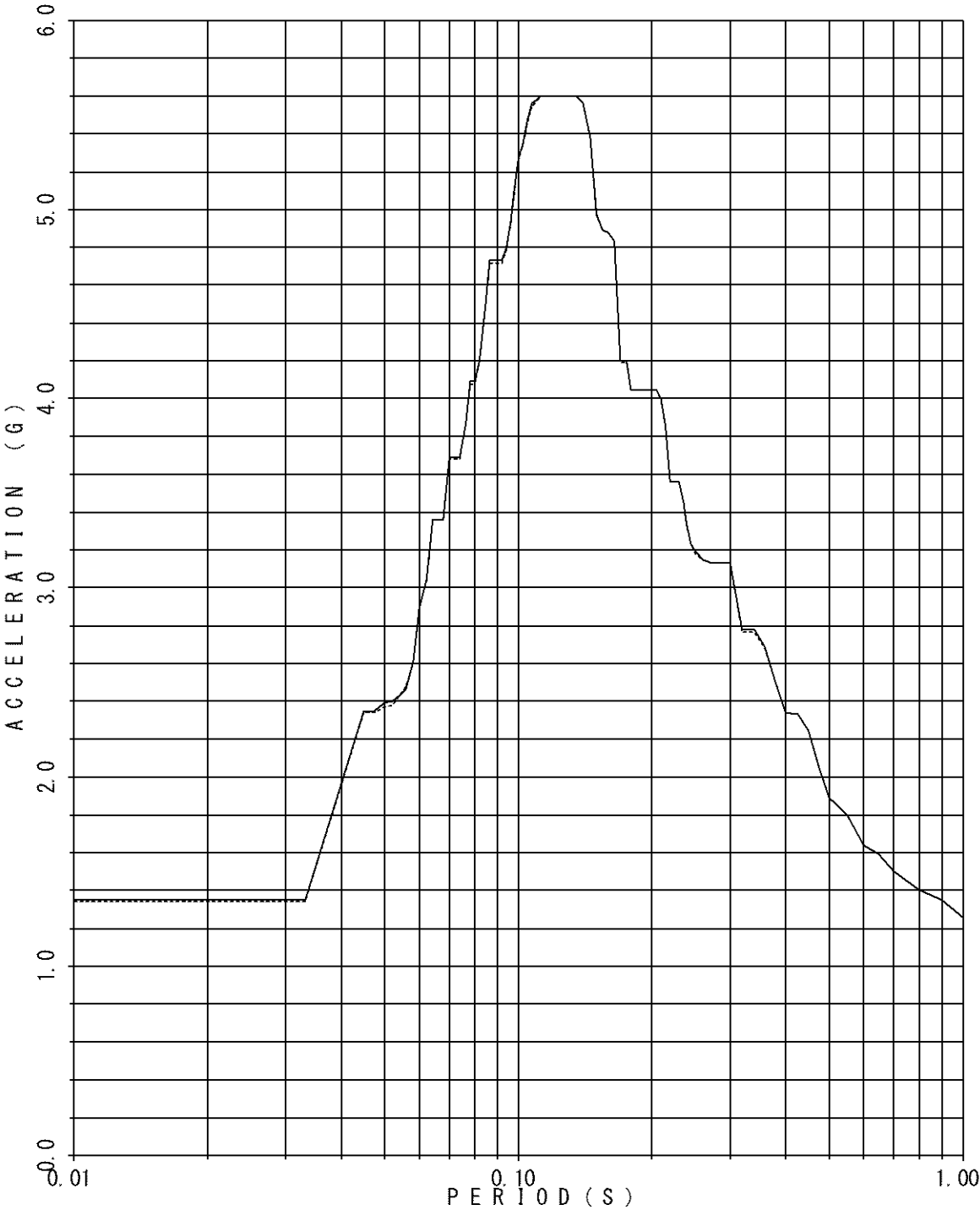
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.5%

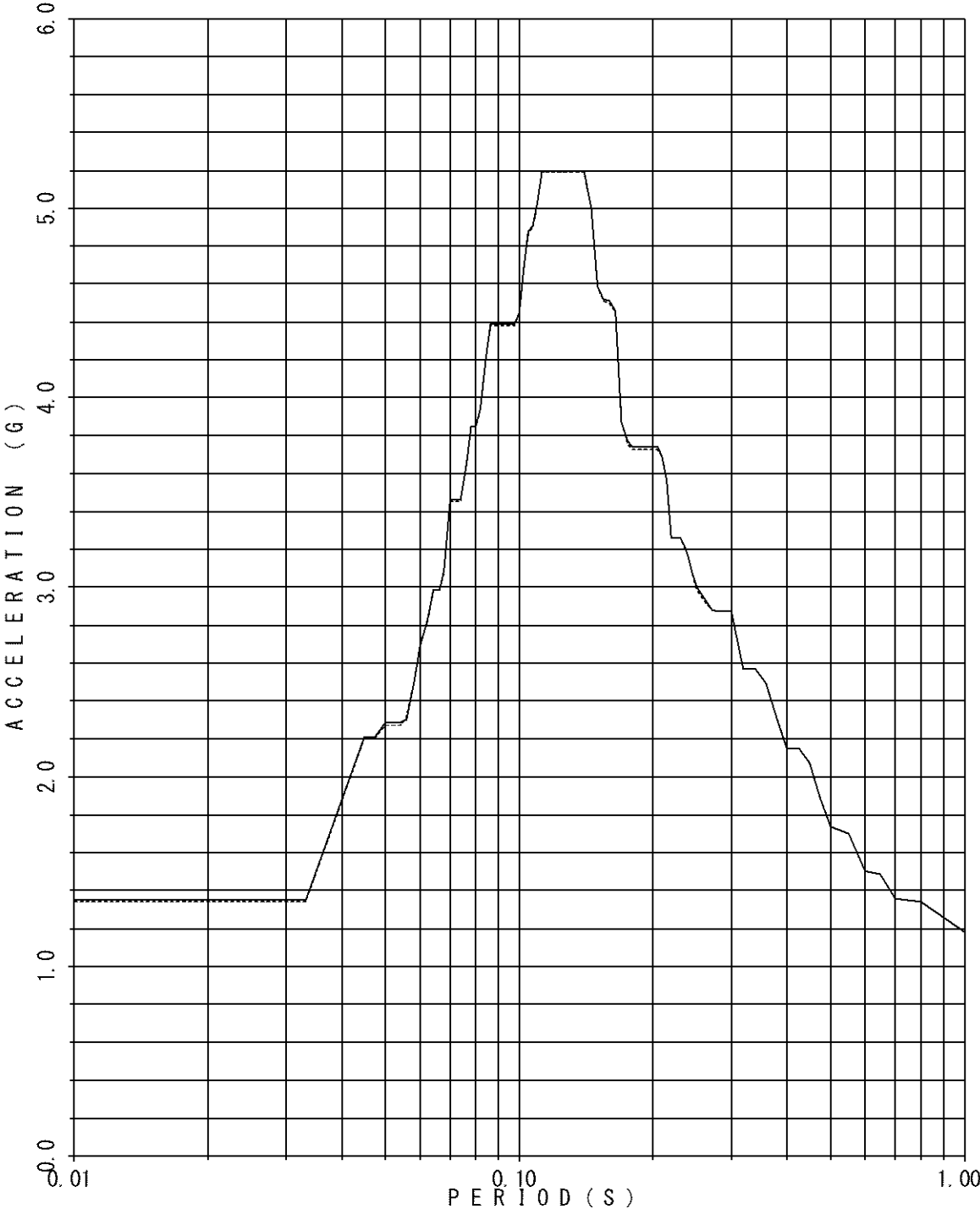
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.0%

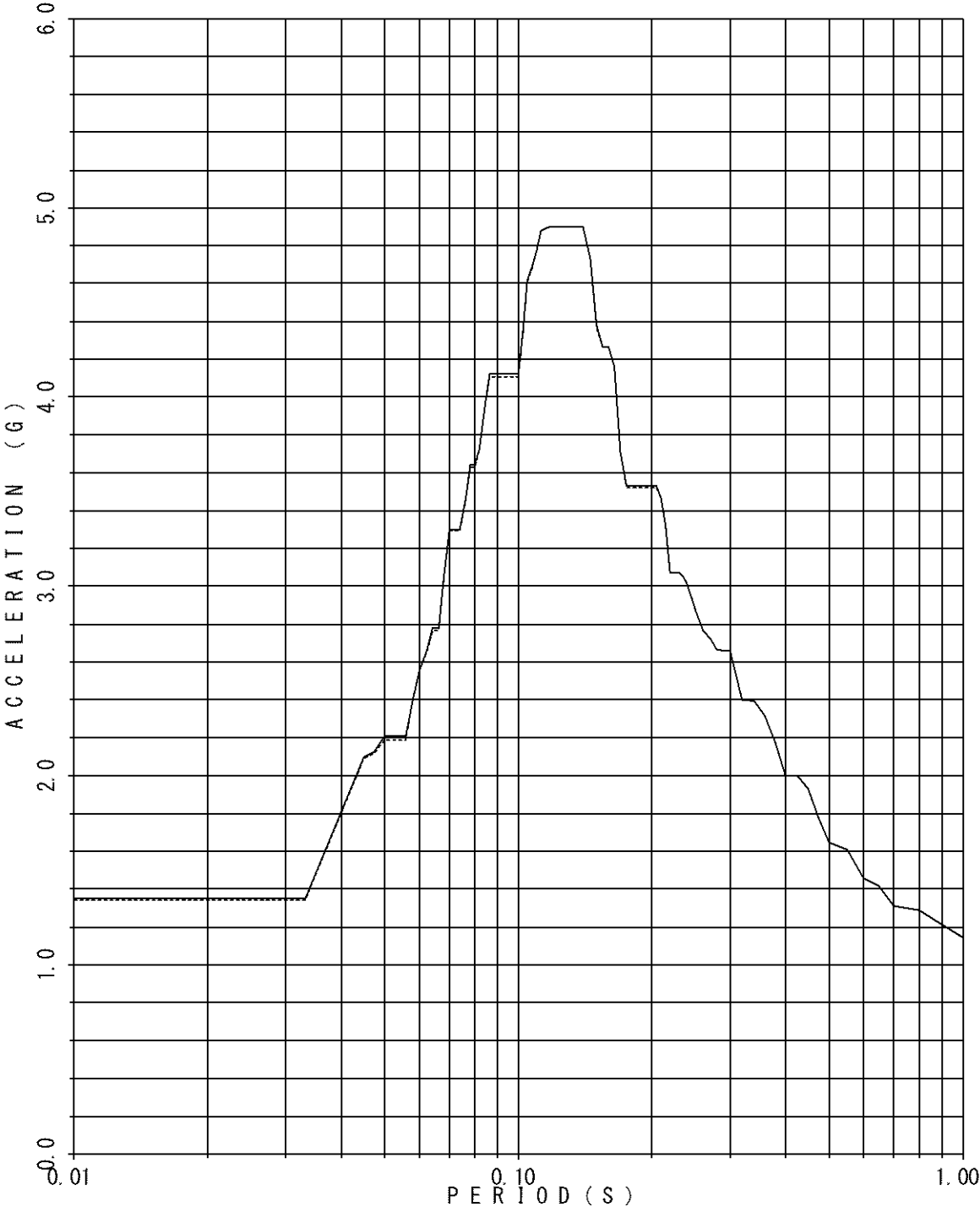
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.5%

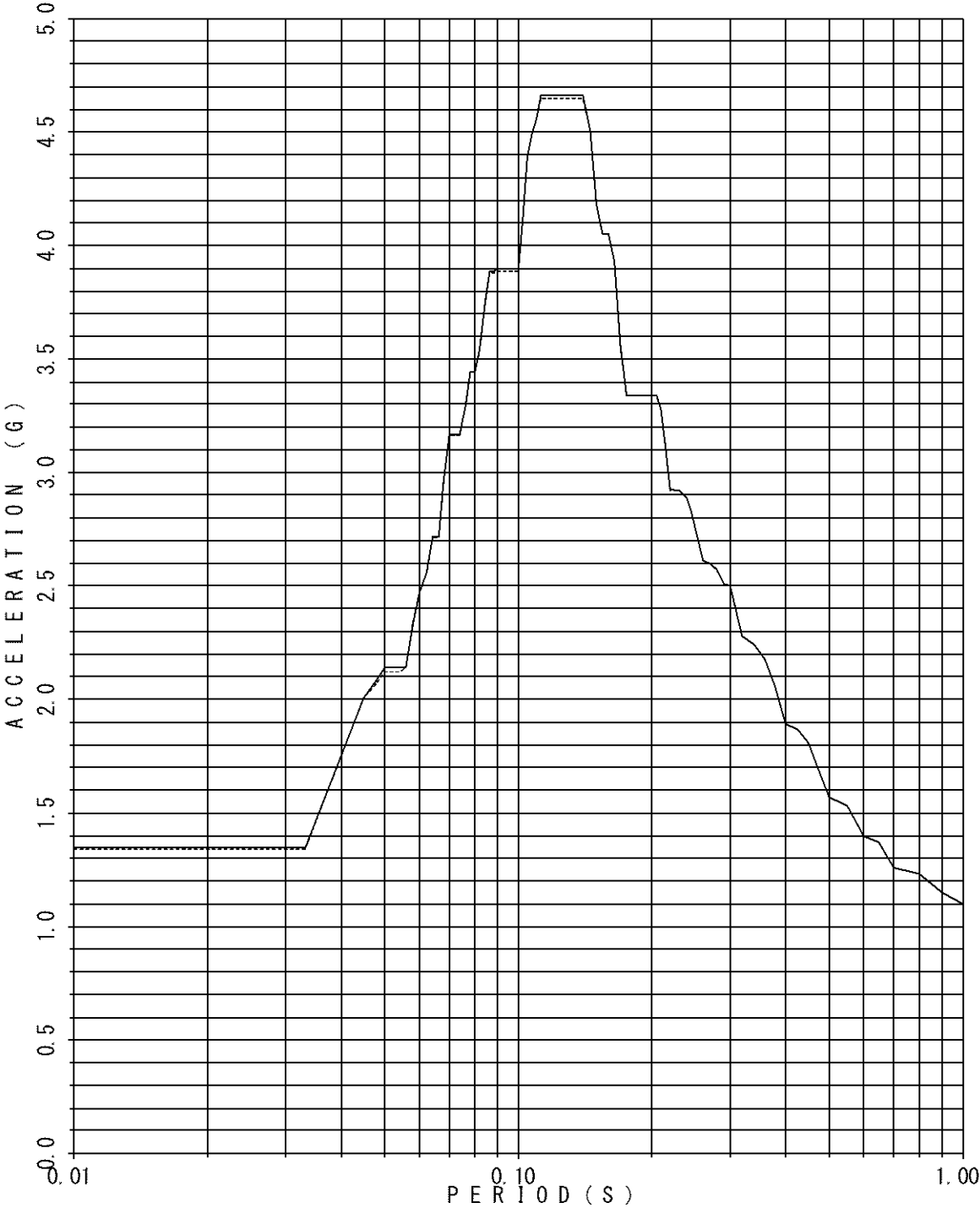
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 3.0%

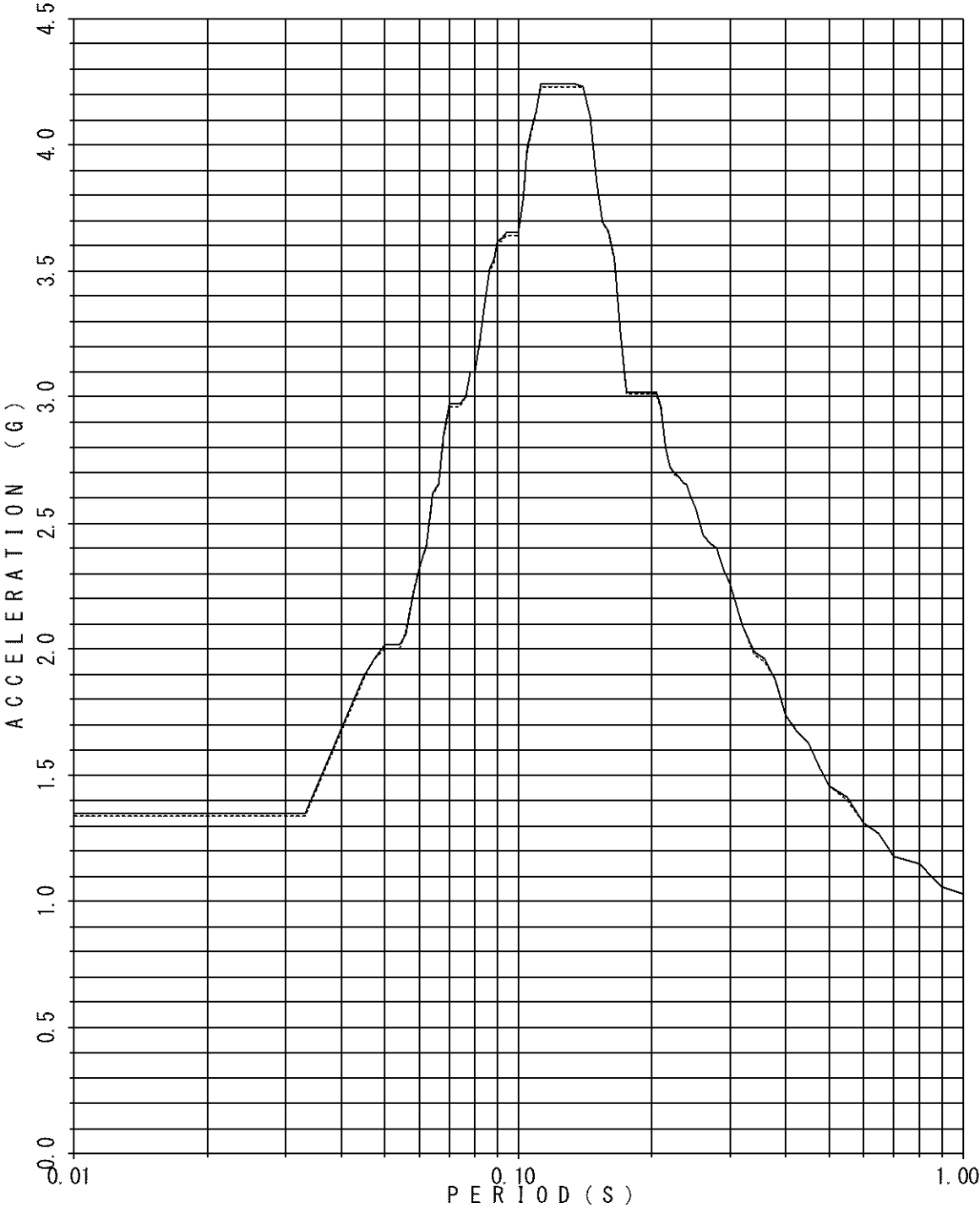
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 4.0%

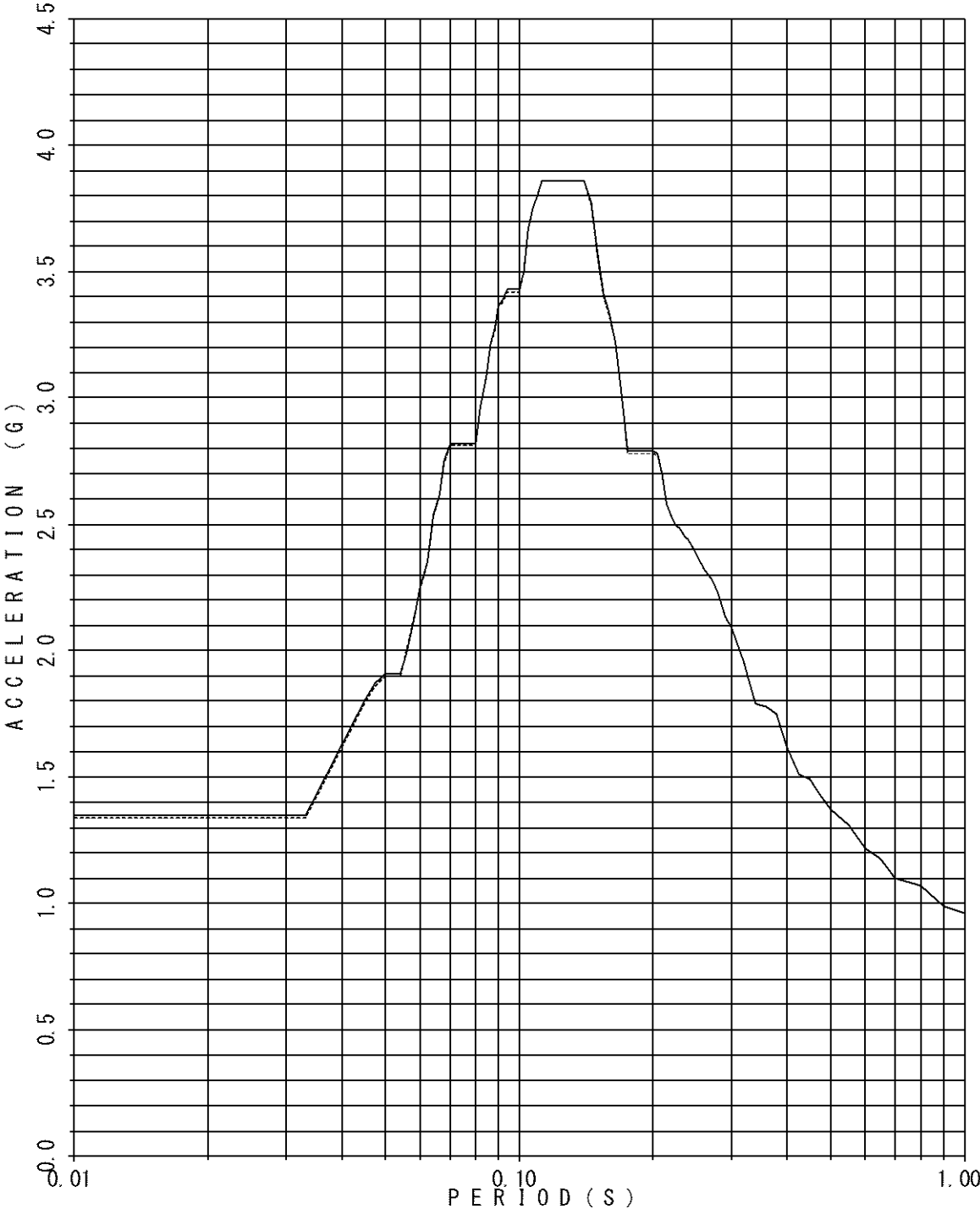
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 5.0%

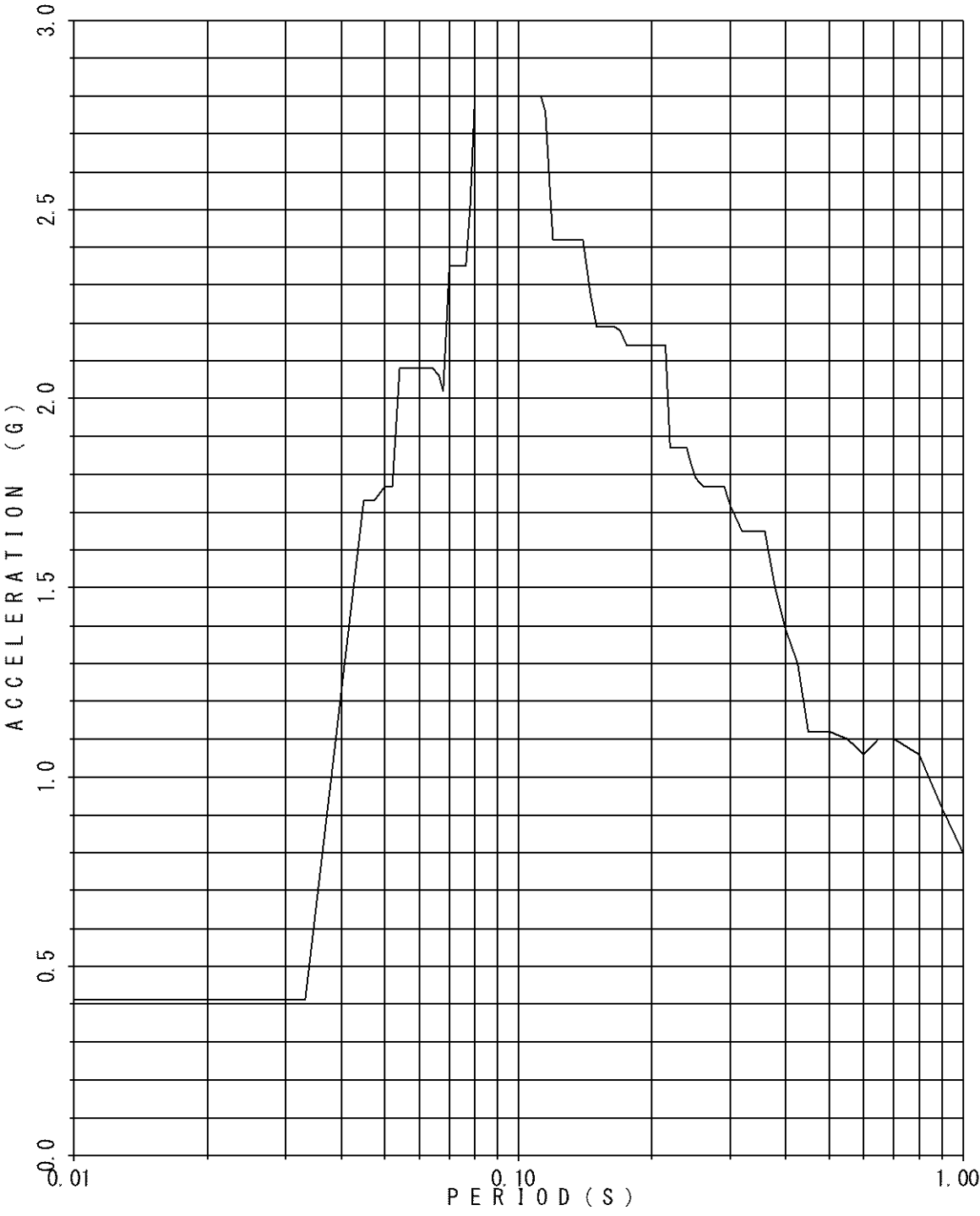
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 0.5%

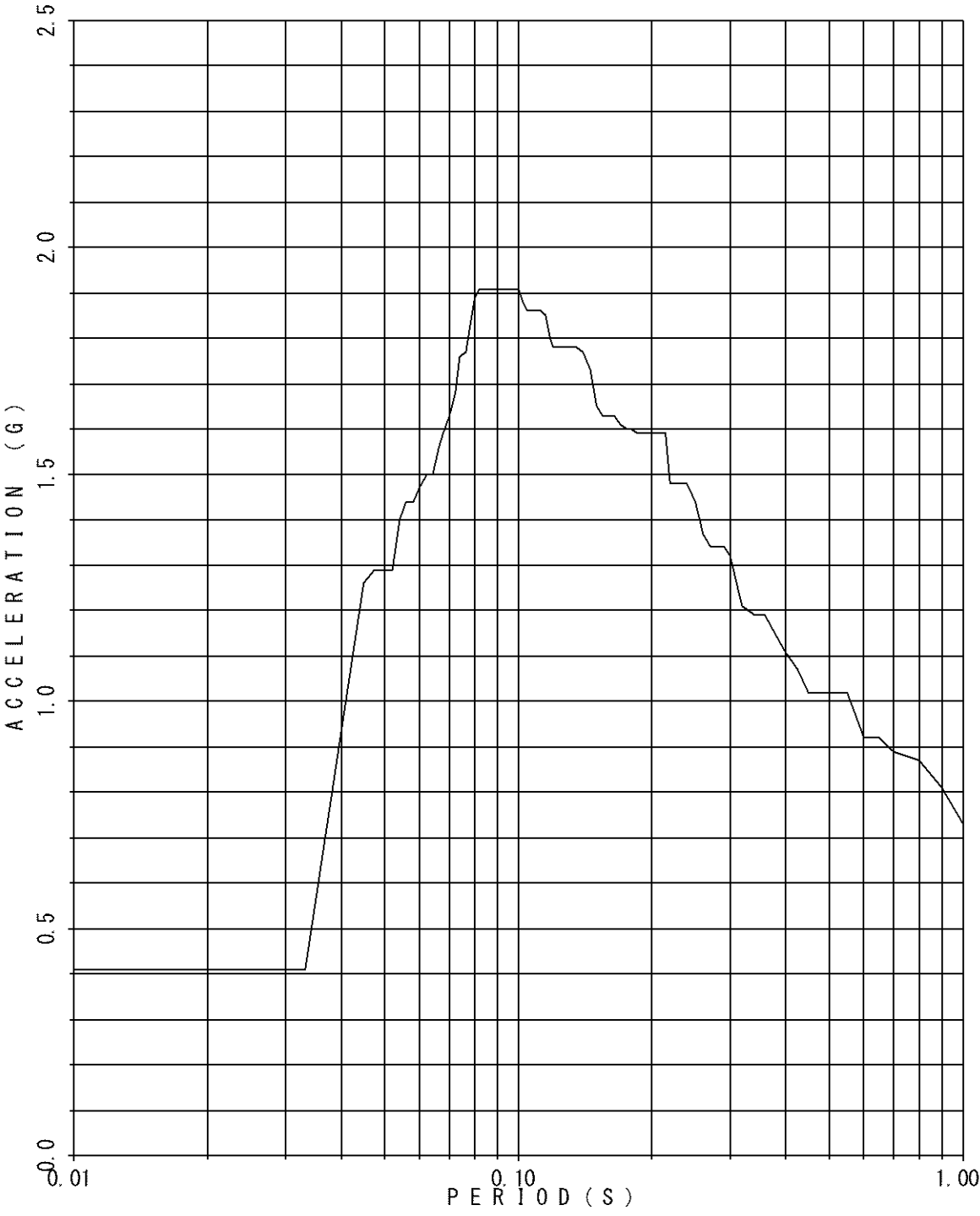
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.0%

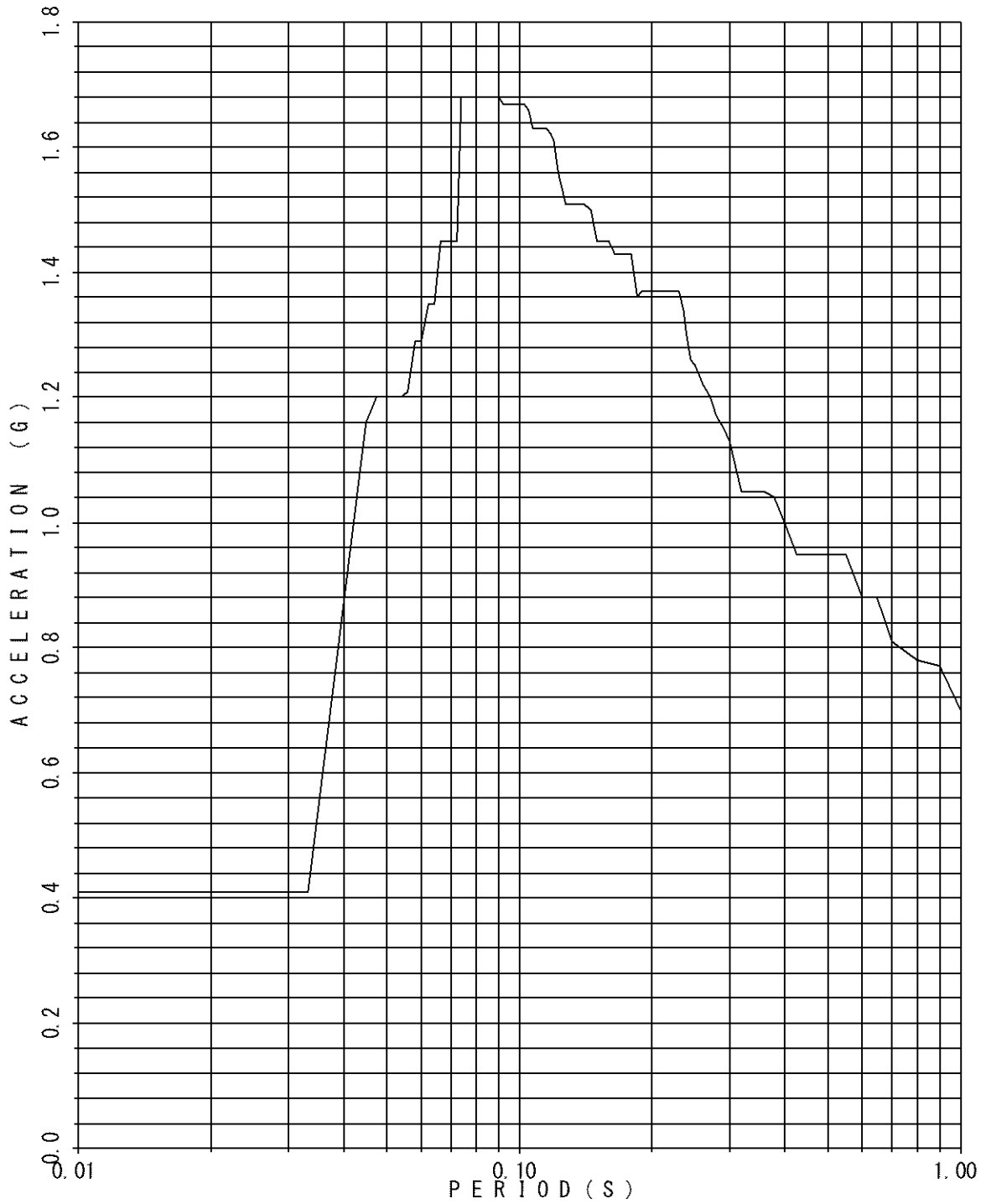
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.5%

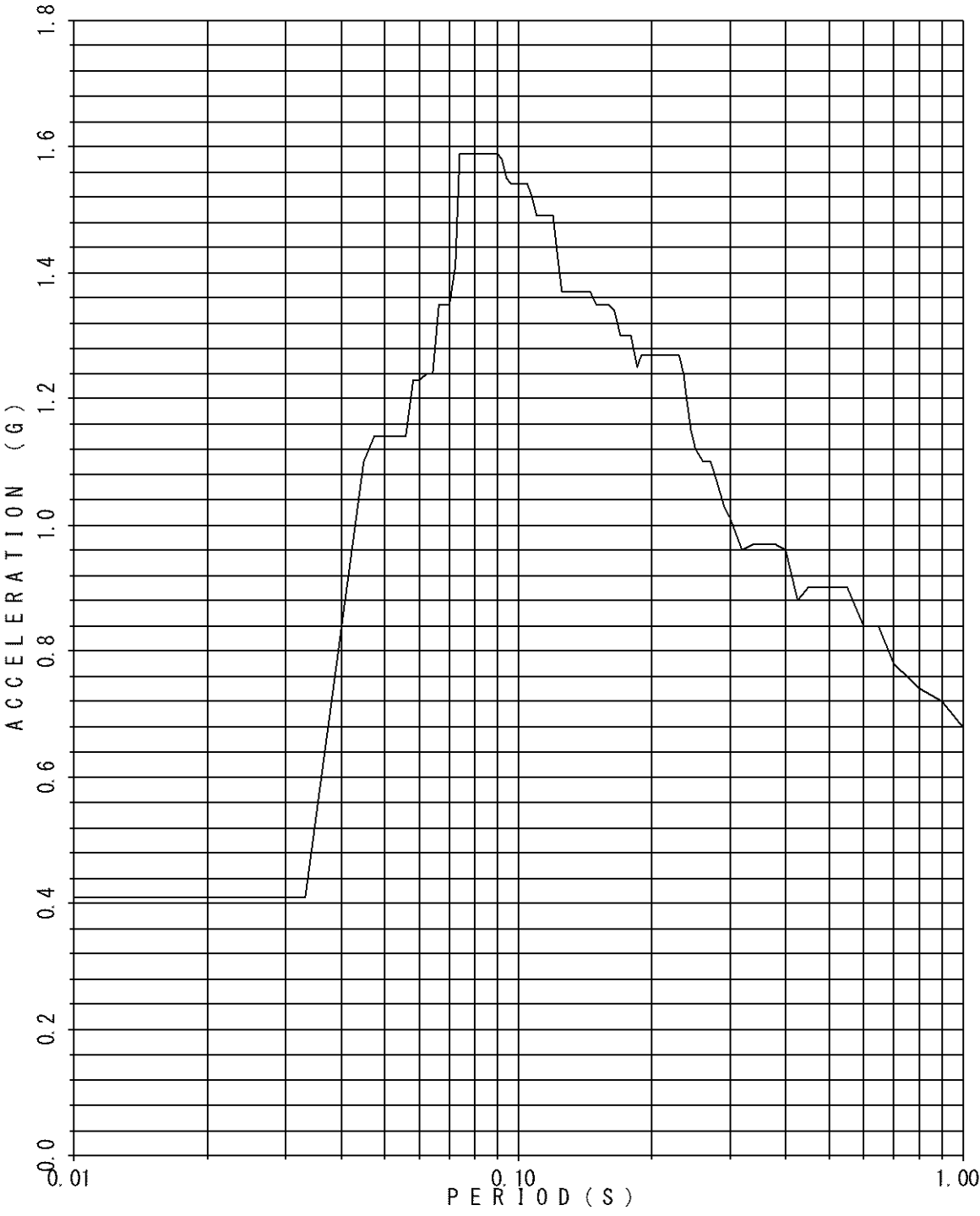
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.0%

—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.5%

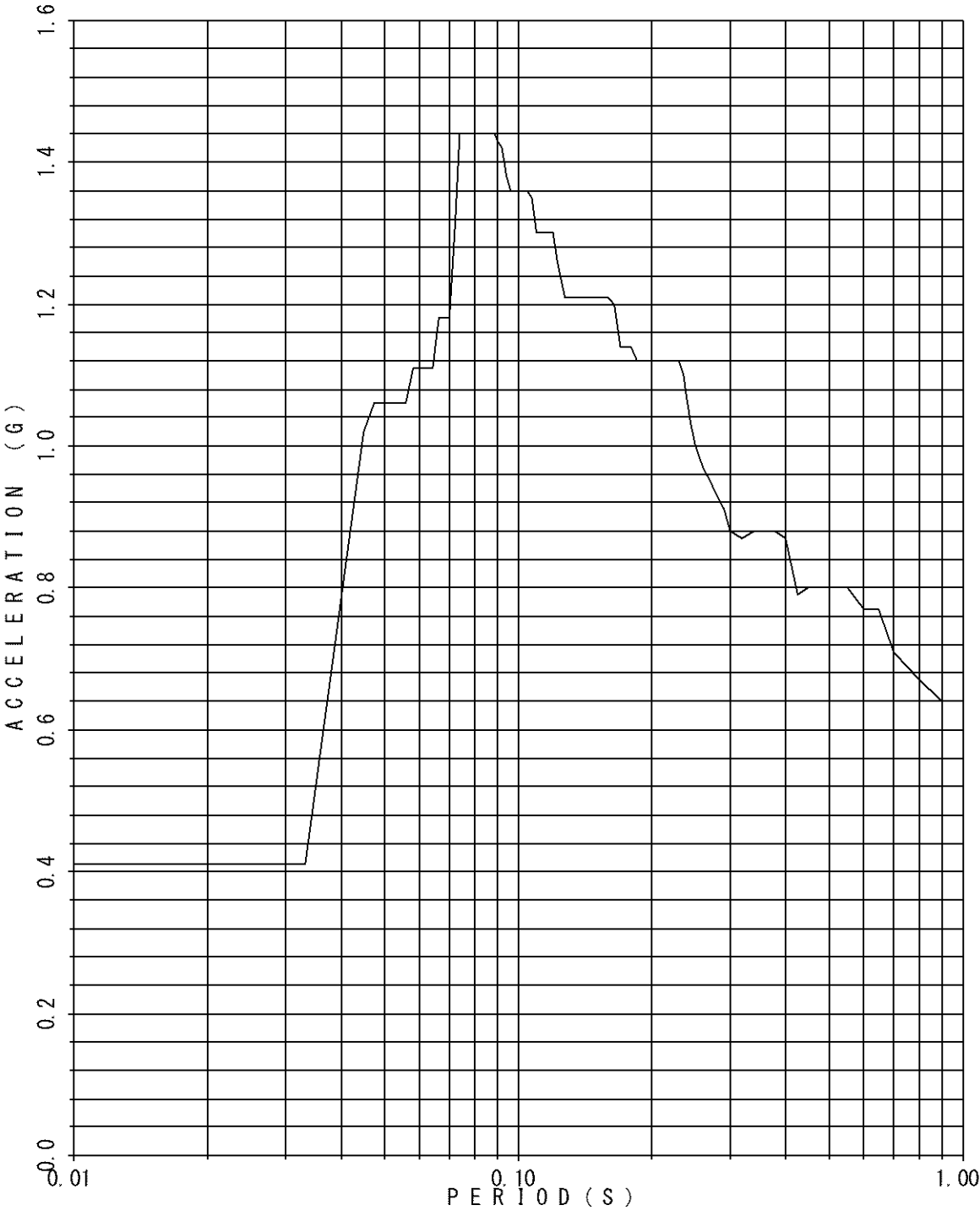
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 3.0%

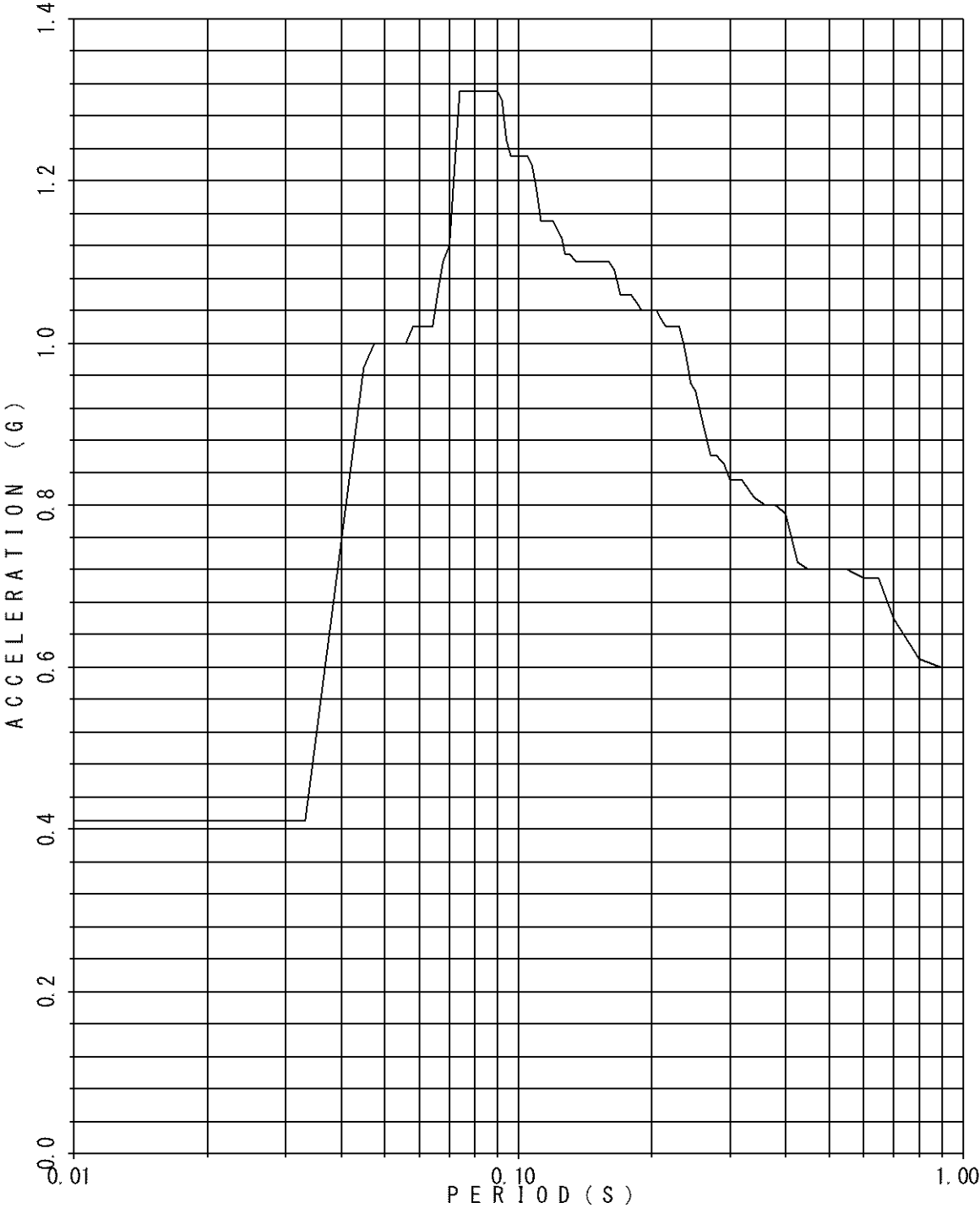
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 4.0%

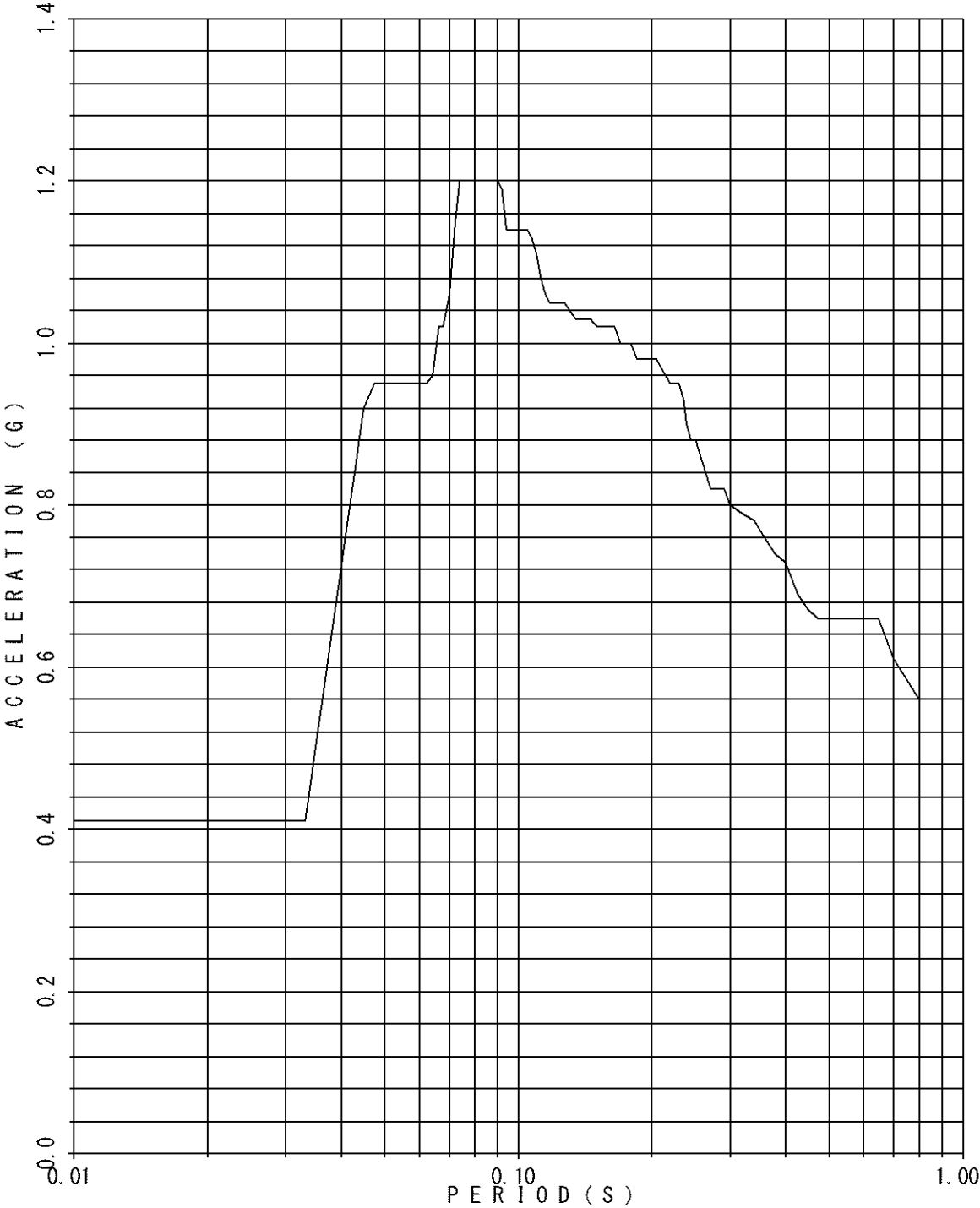
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 5.0%

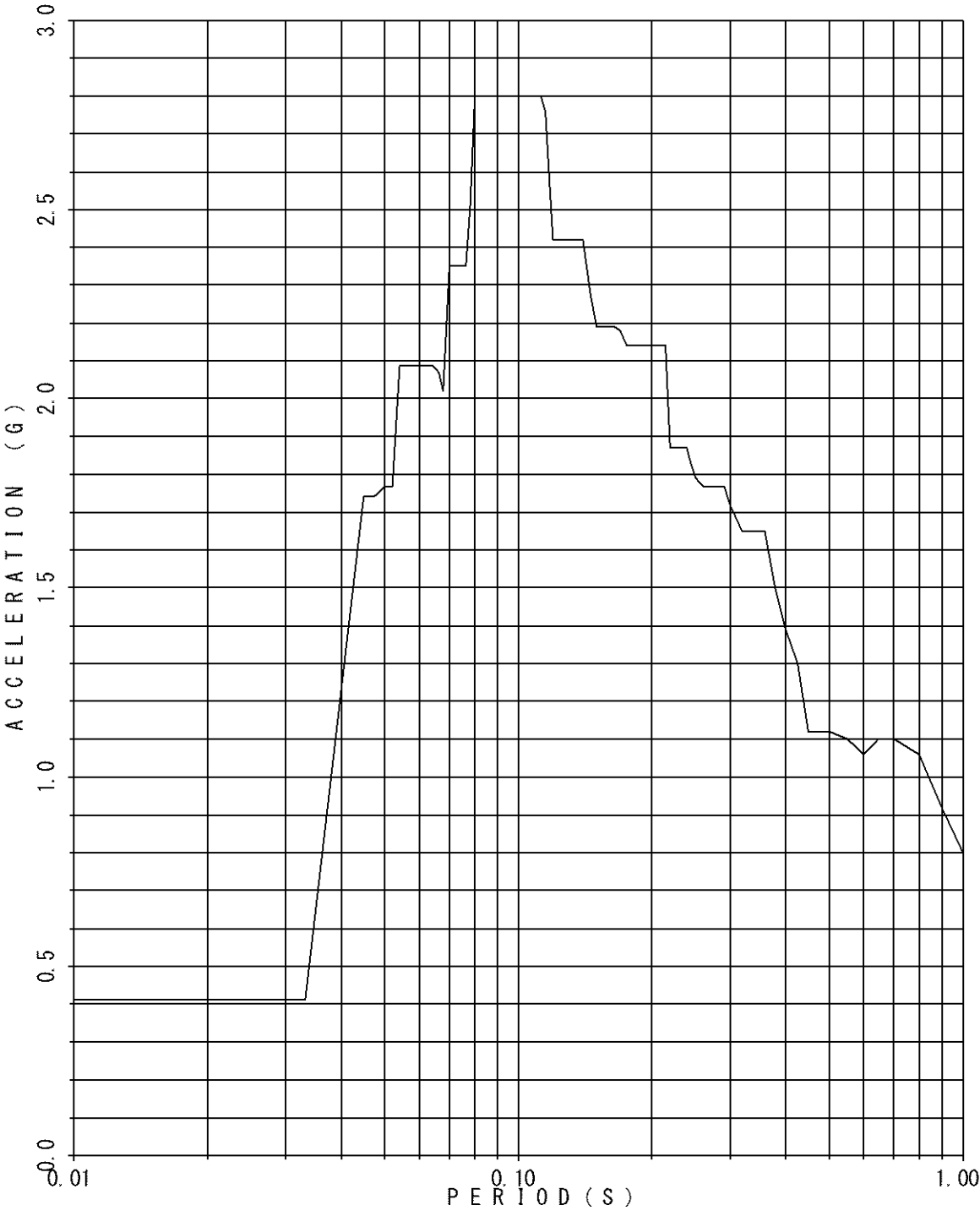
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 0.5%

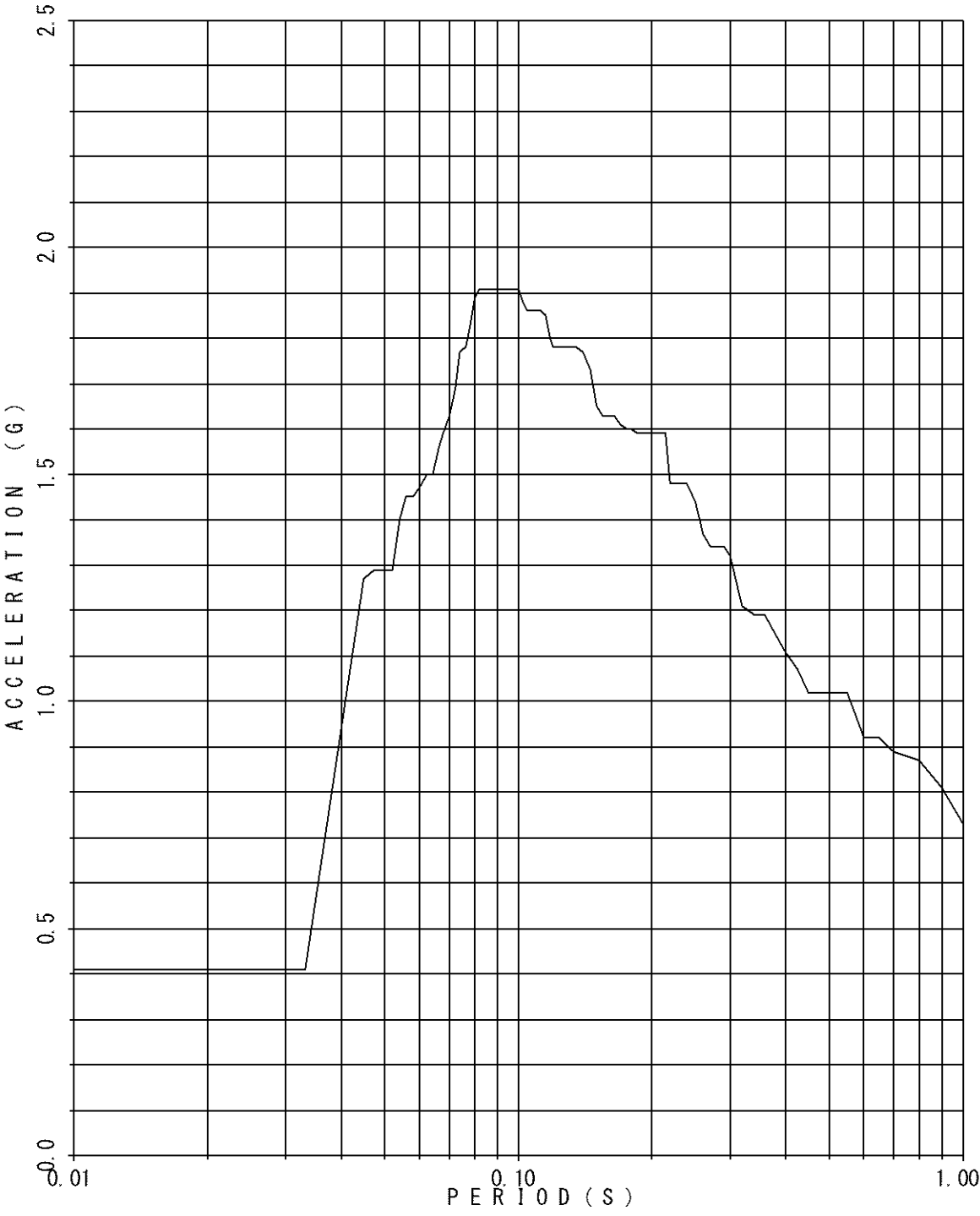
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.0%

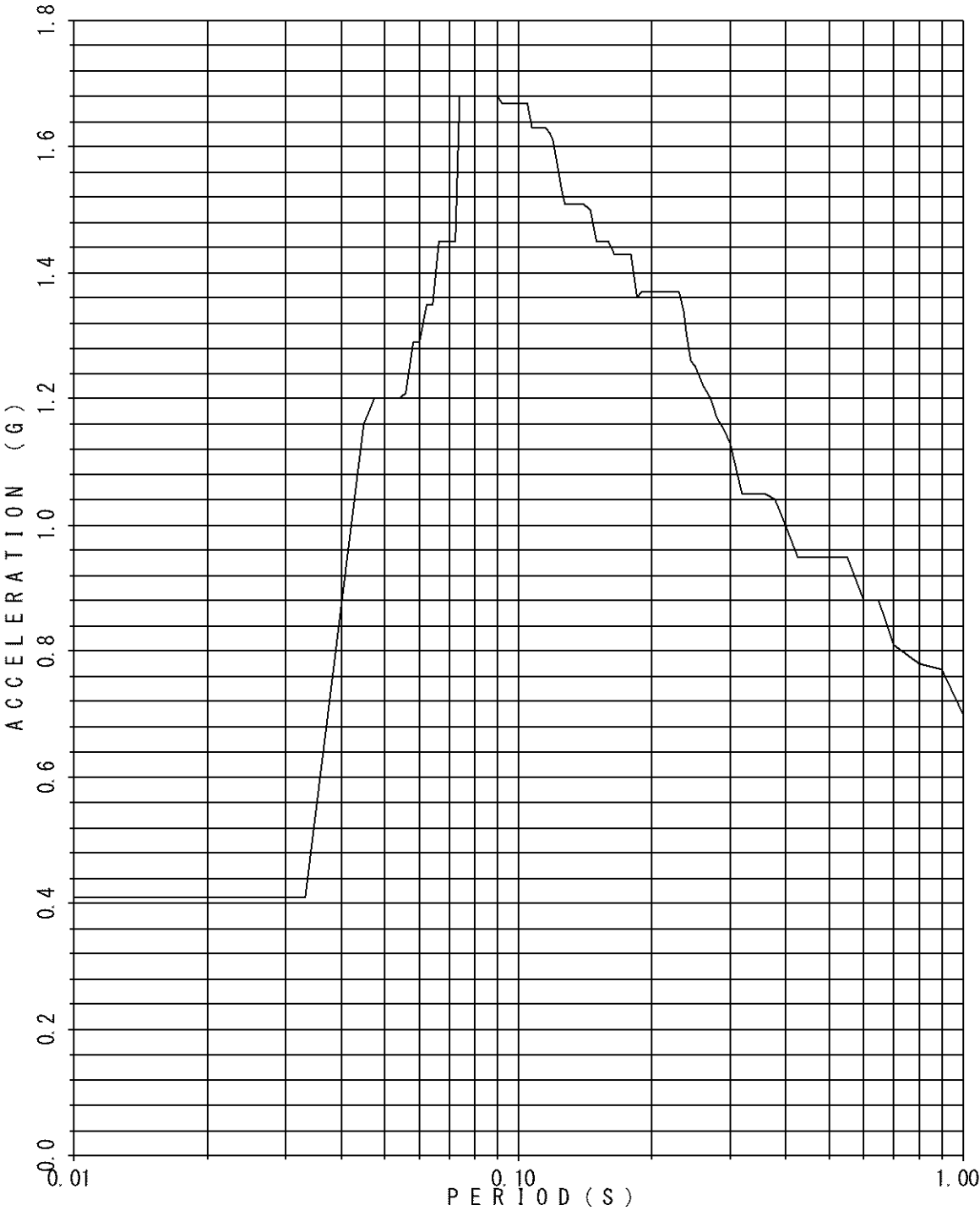
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.5%

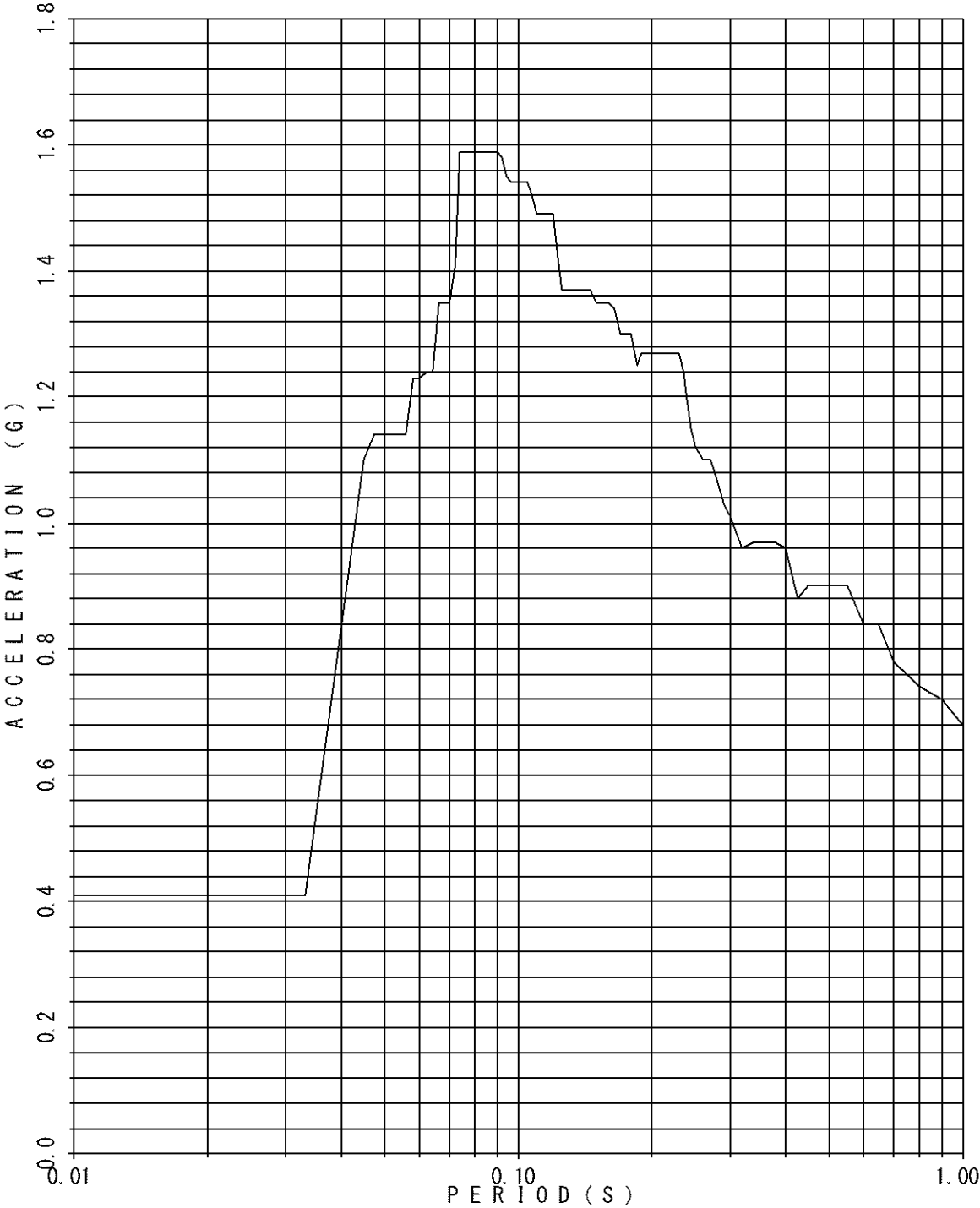
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.0%

—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.5%

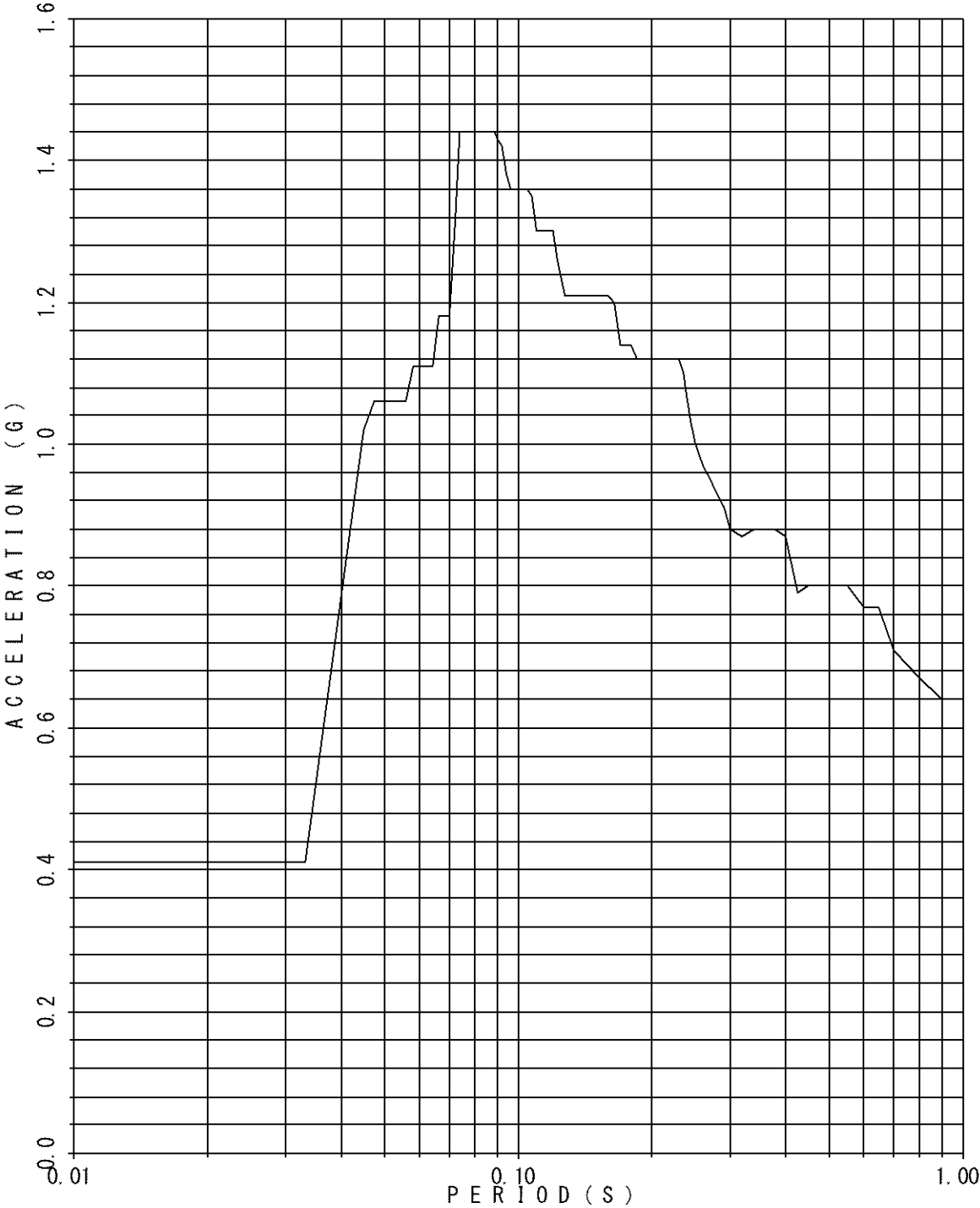
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 3.0%

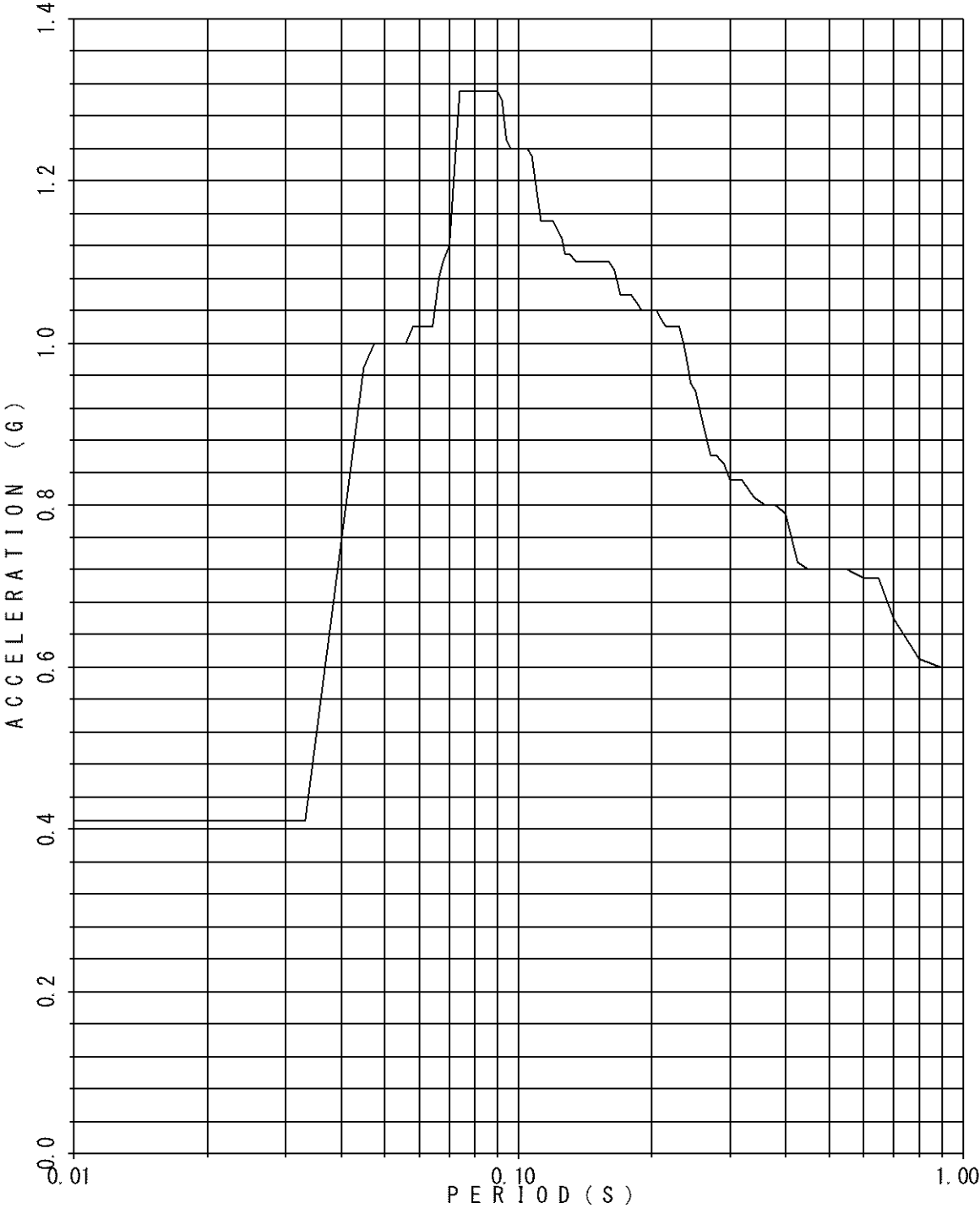
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 4.0%

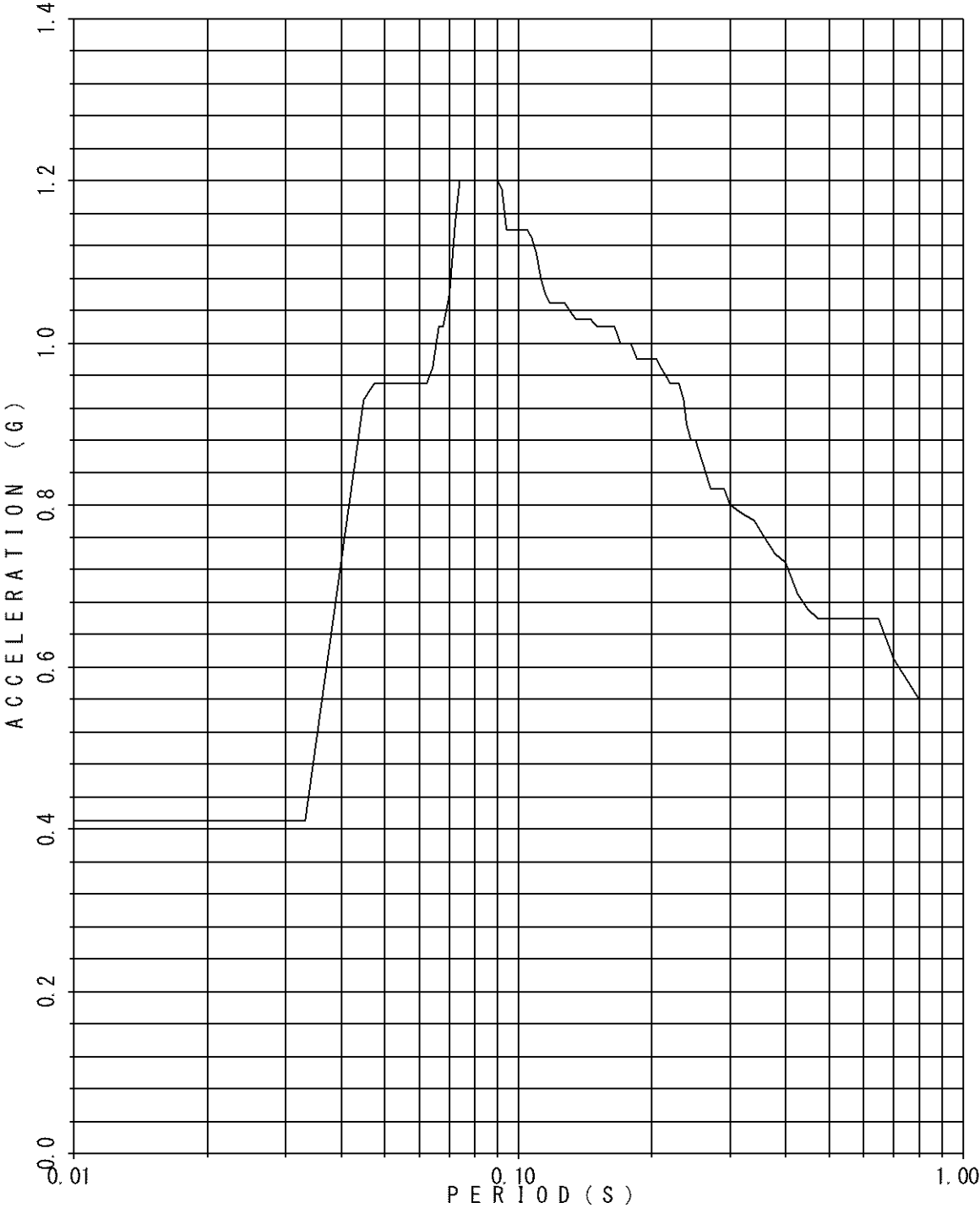
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : NSS-1
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 5.0%

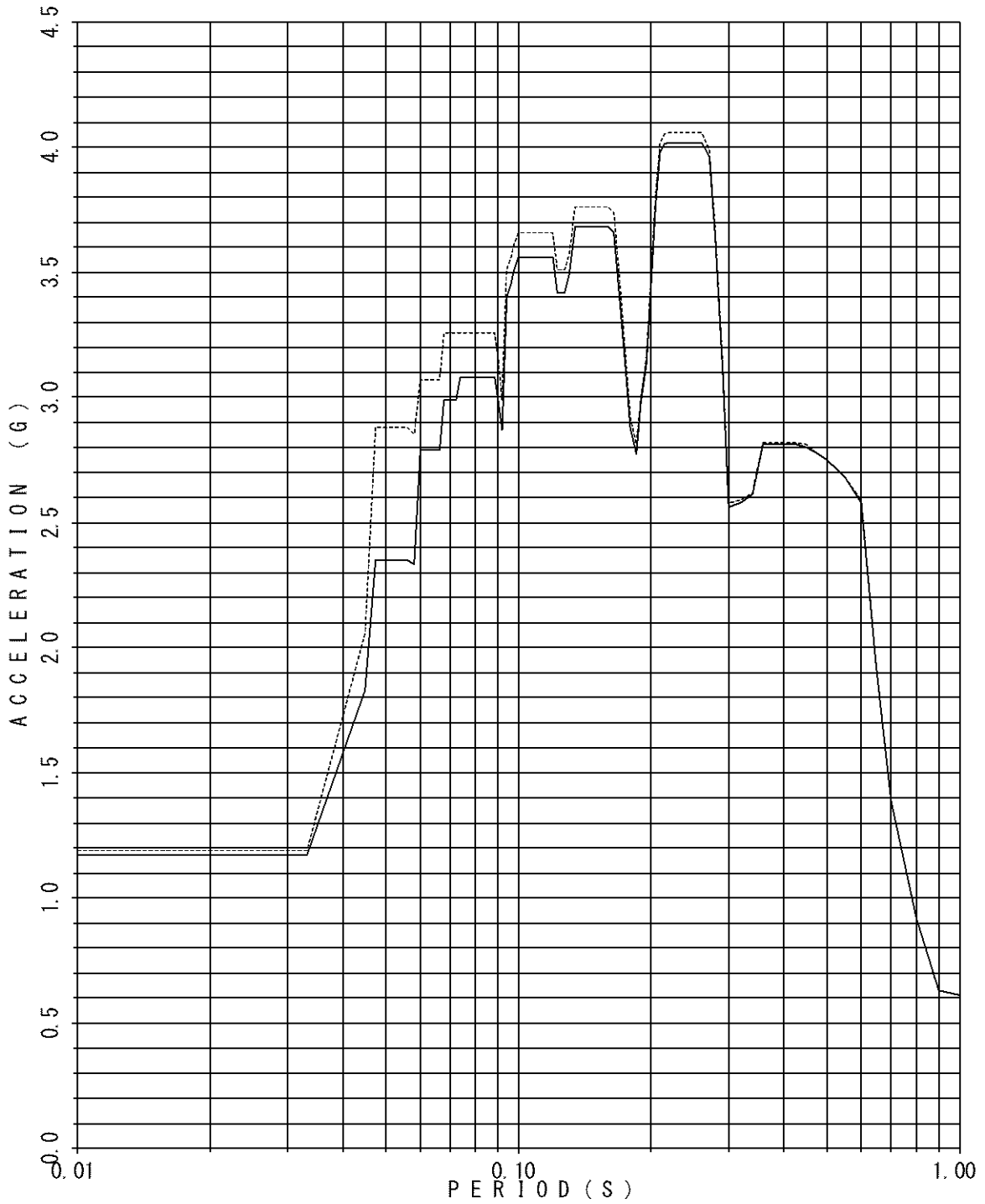
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 0.5%

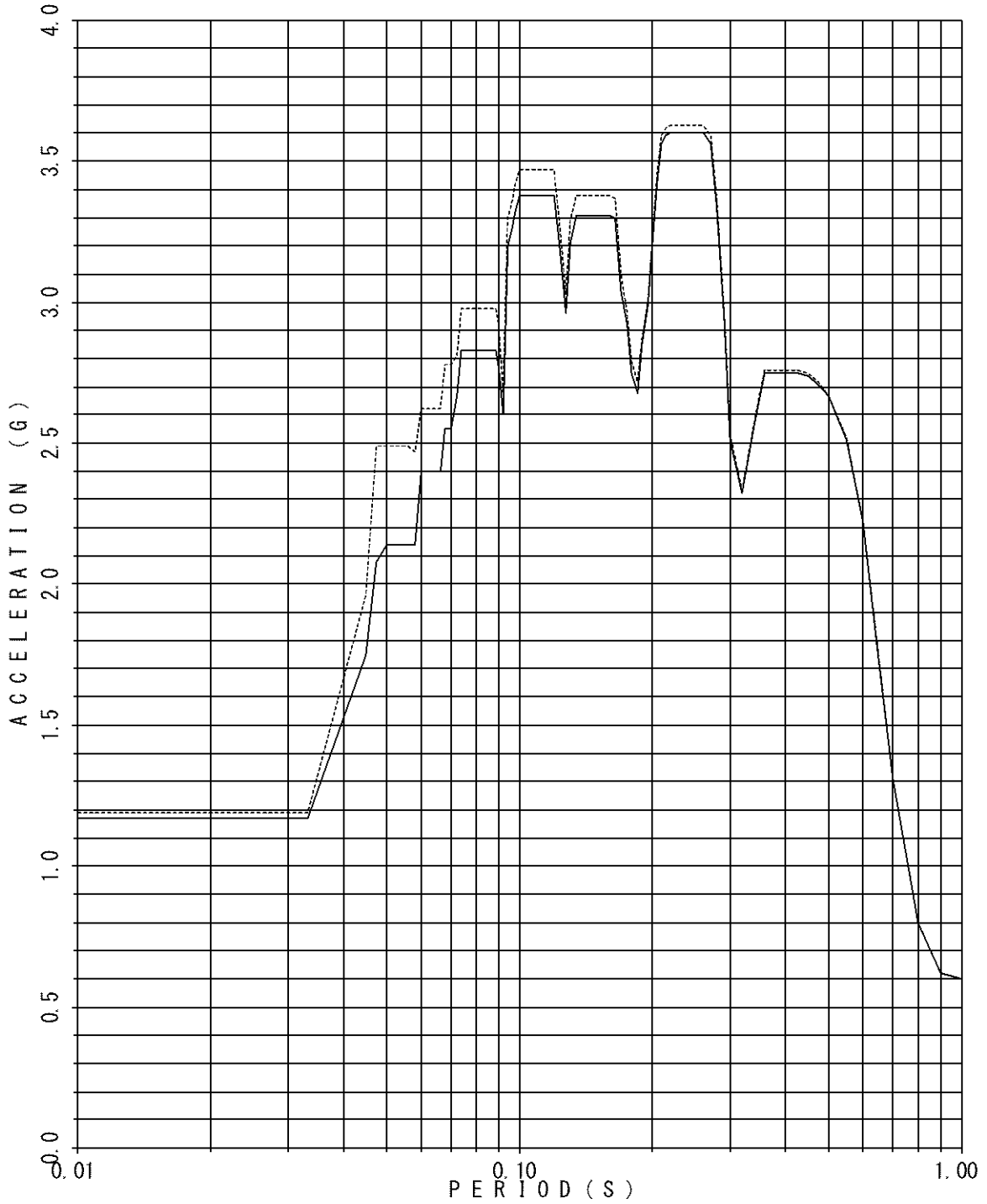
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.0%

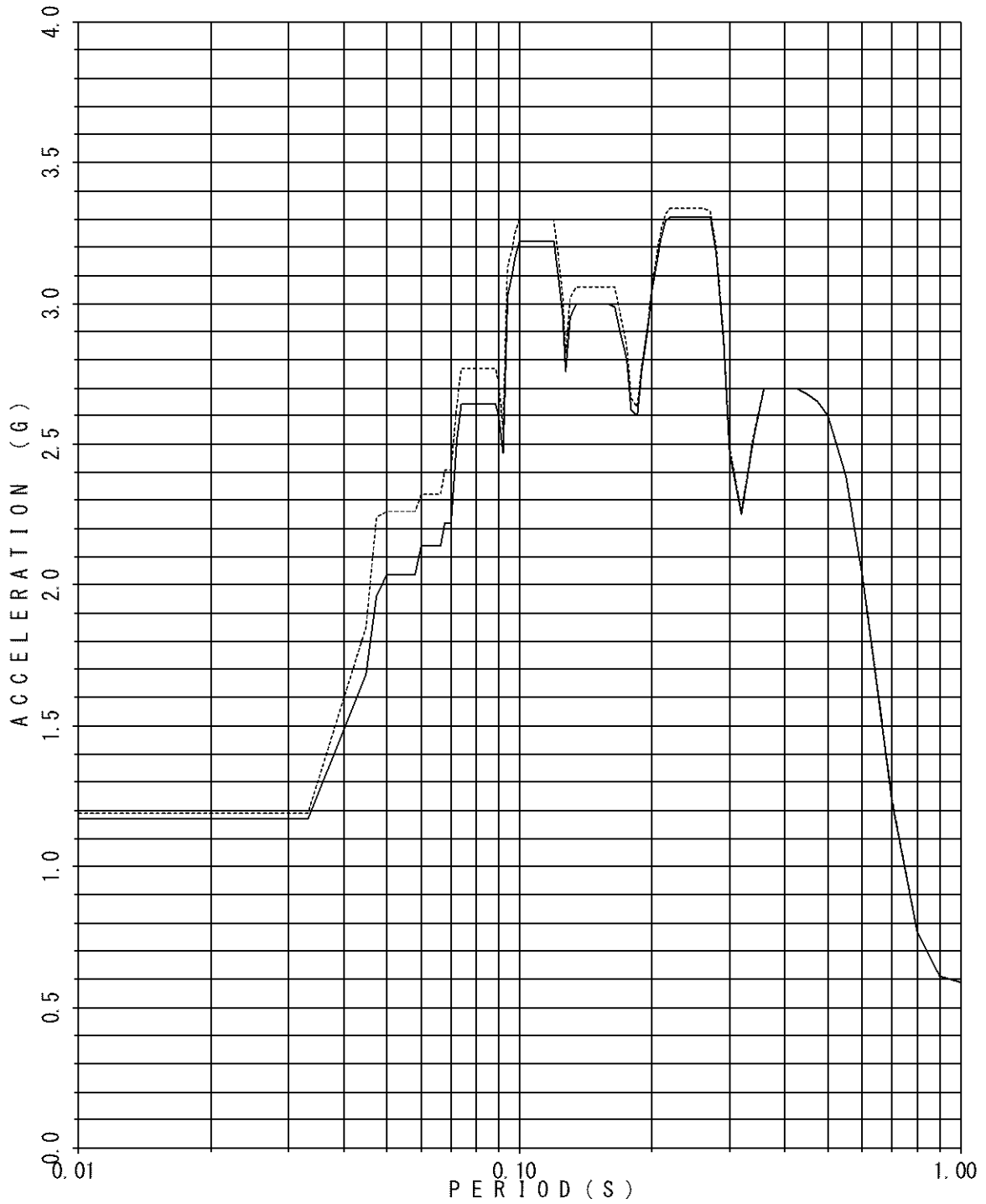
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.5%

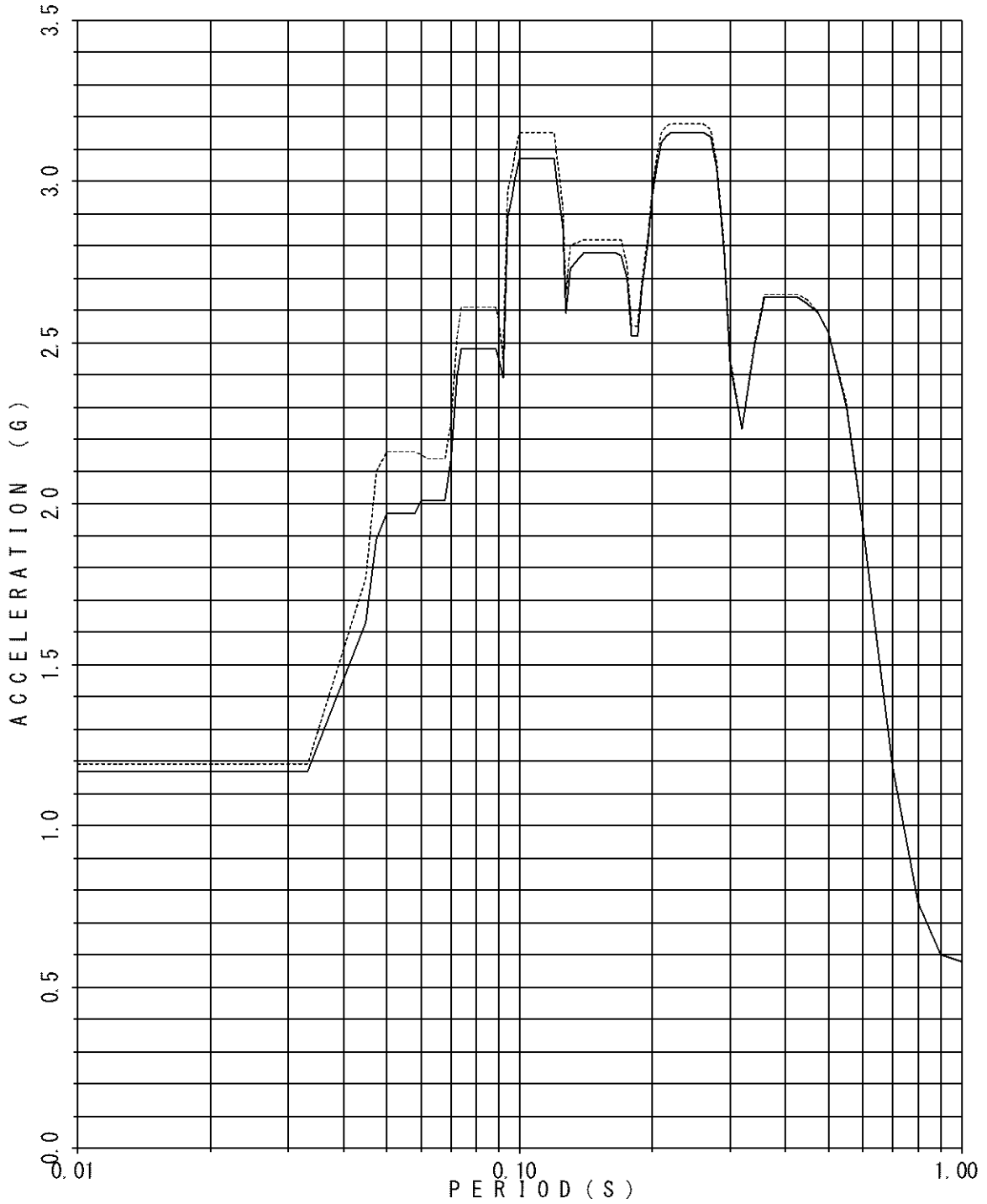
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.0%

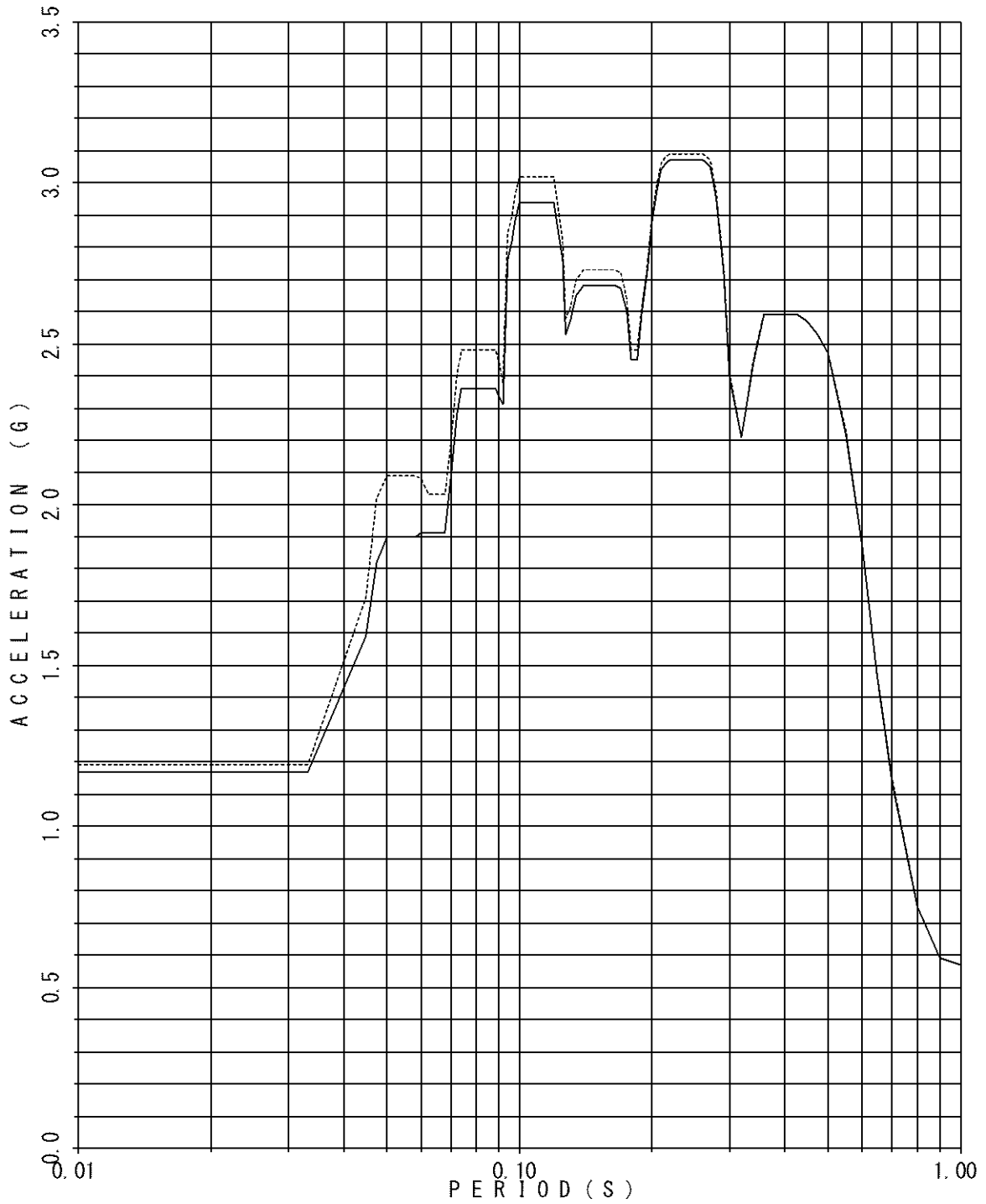
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.5%

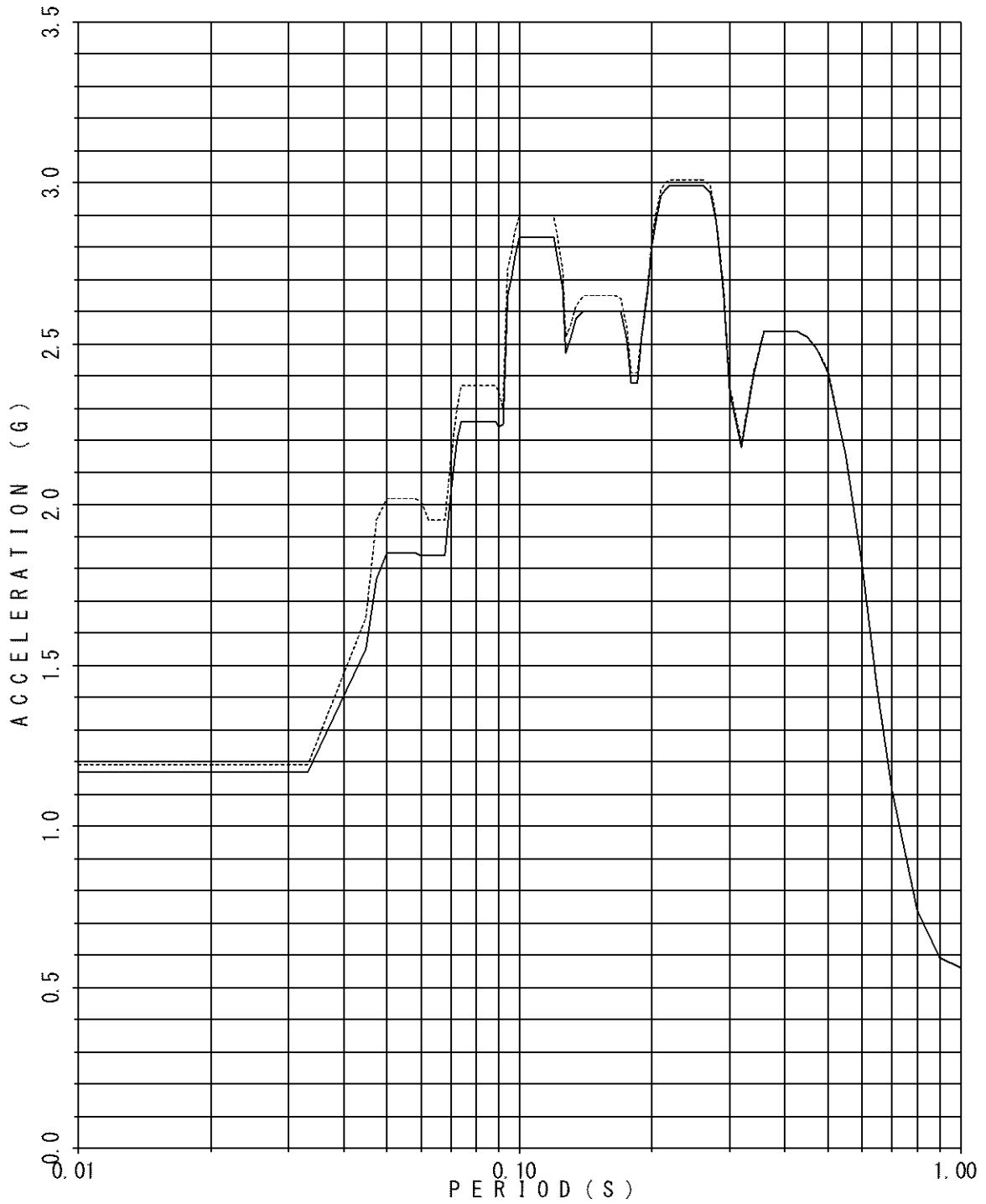
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 3.0%

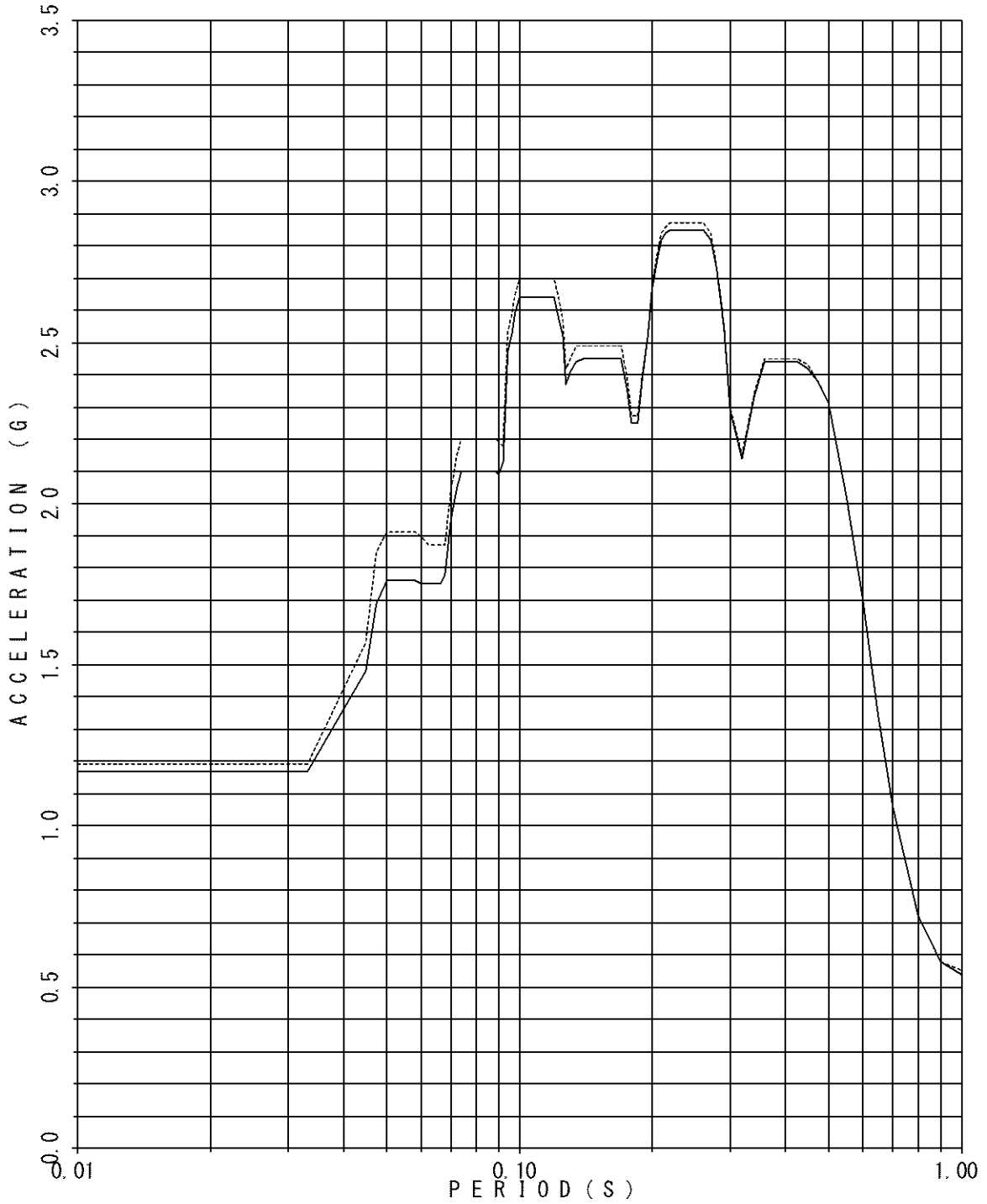
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 4.0%

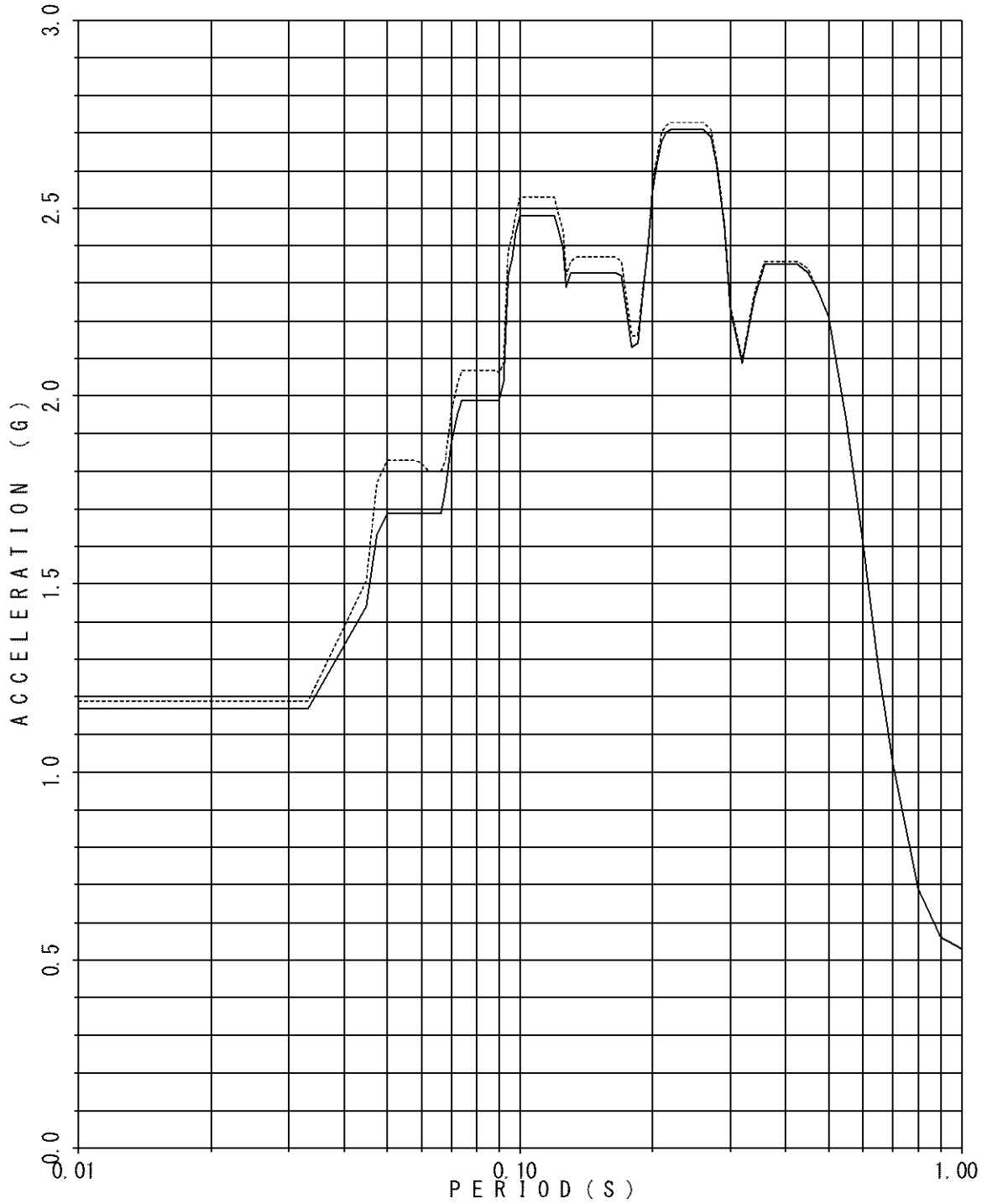
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 5.0%

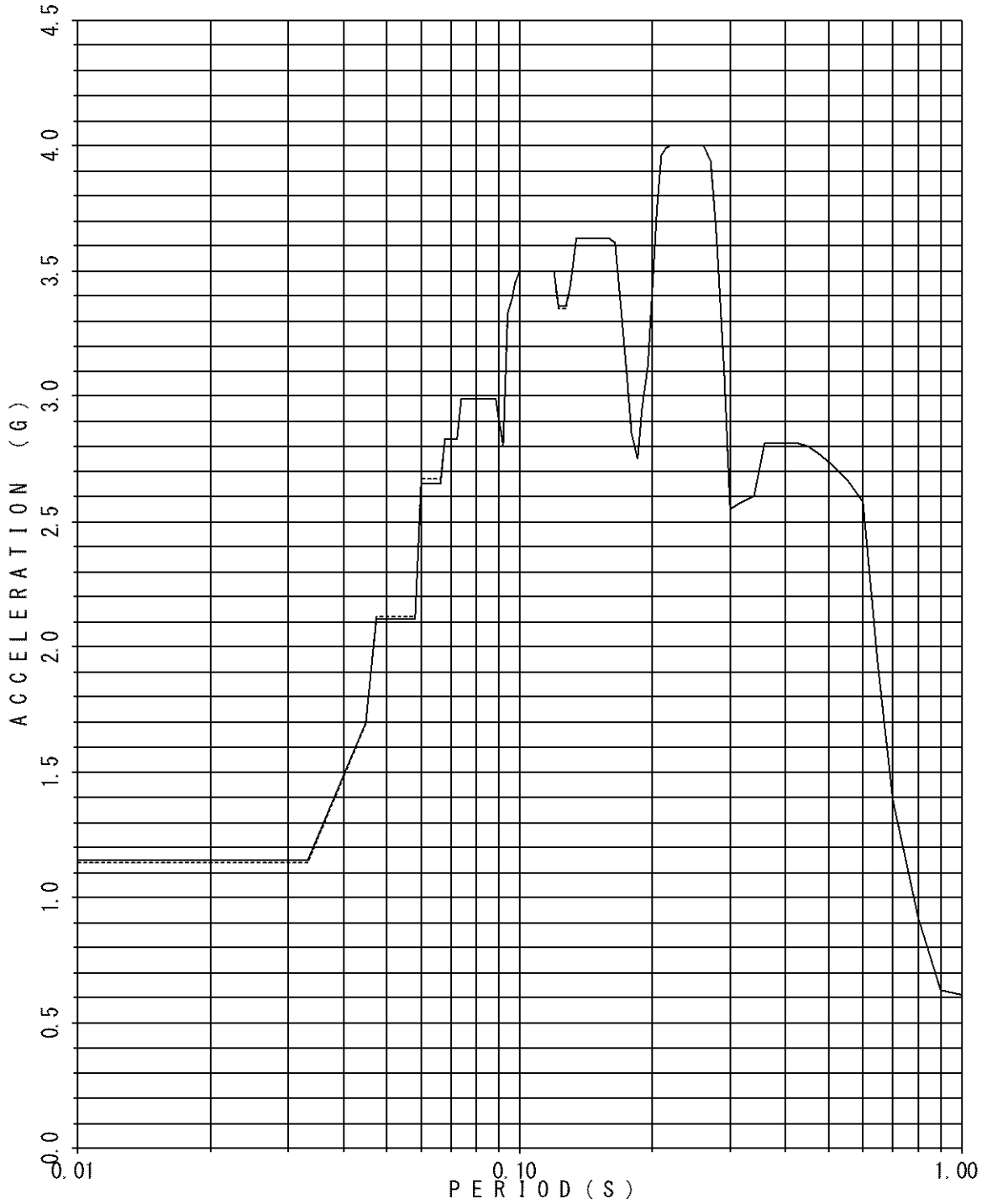
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 0.5%

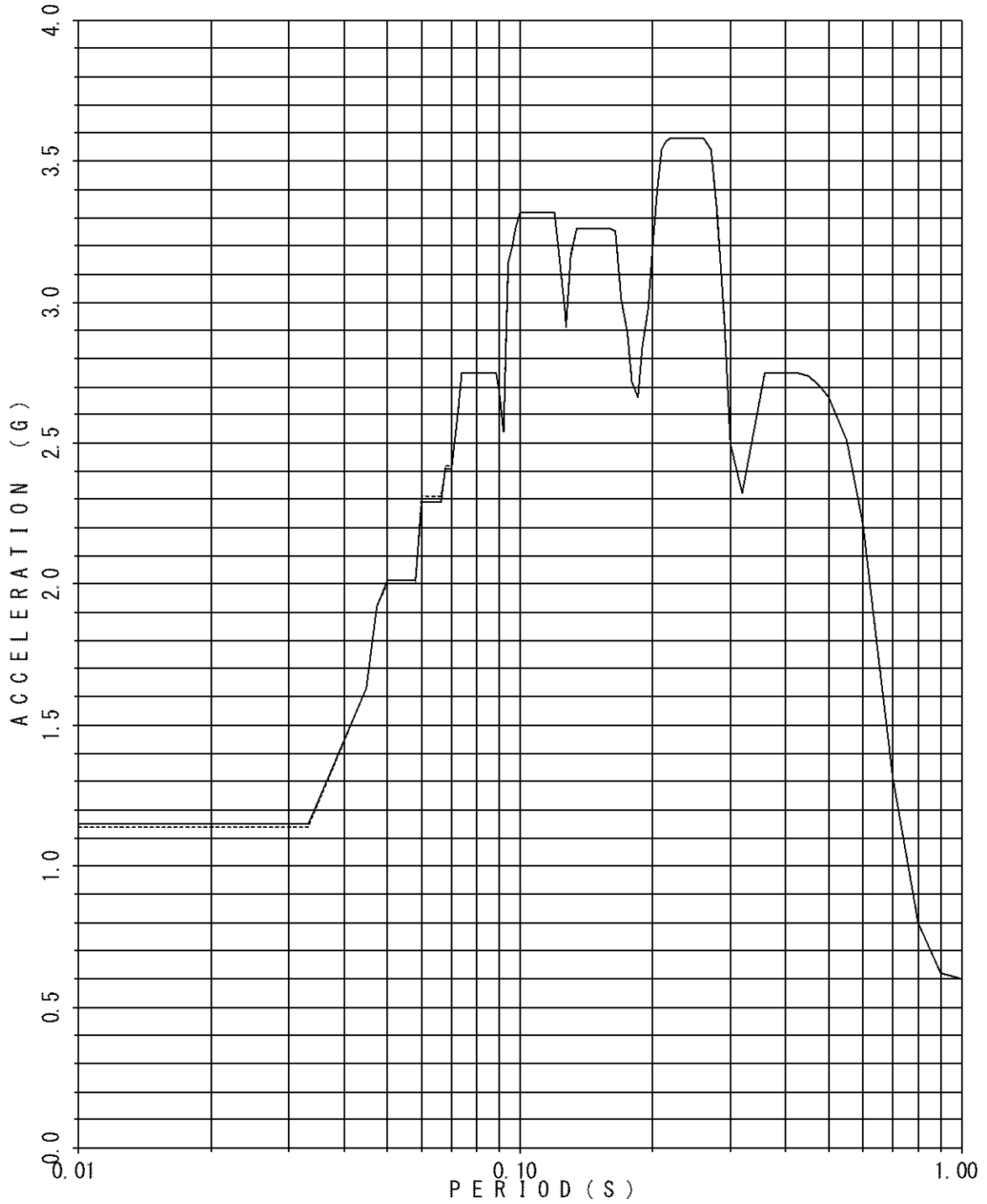
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.0%

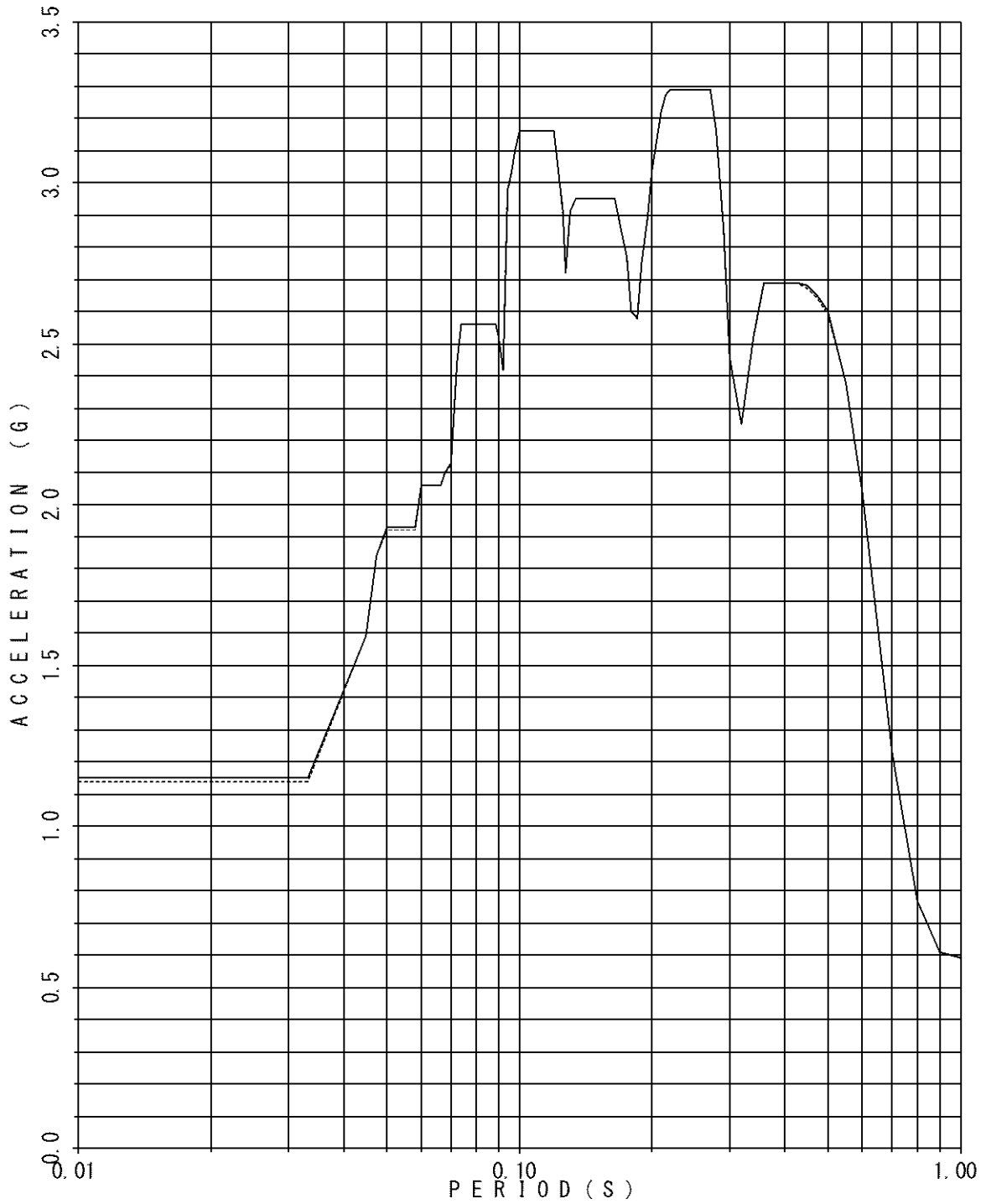
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.5%

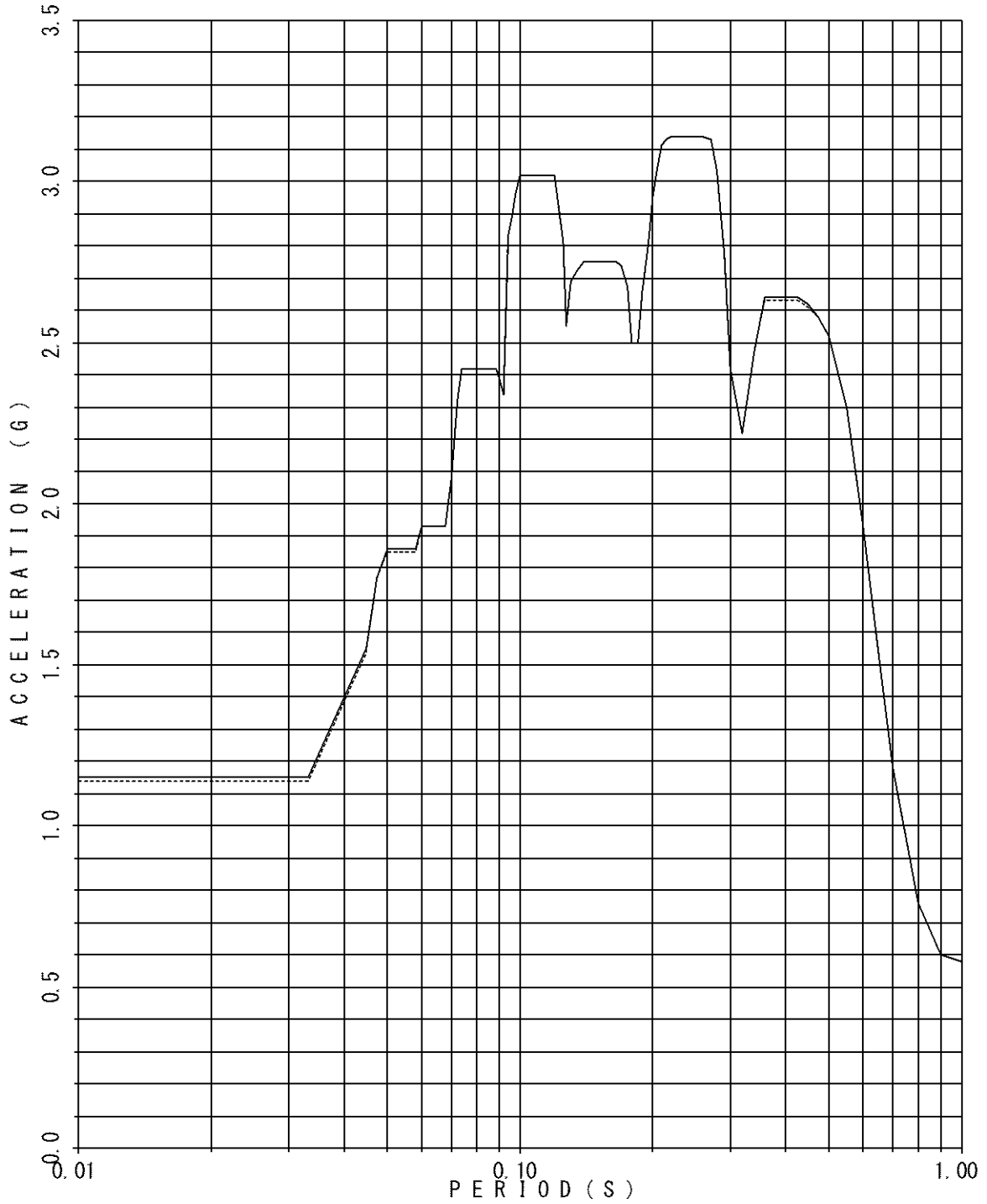
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.0%

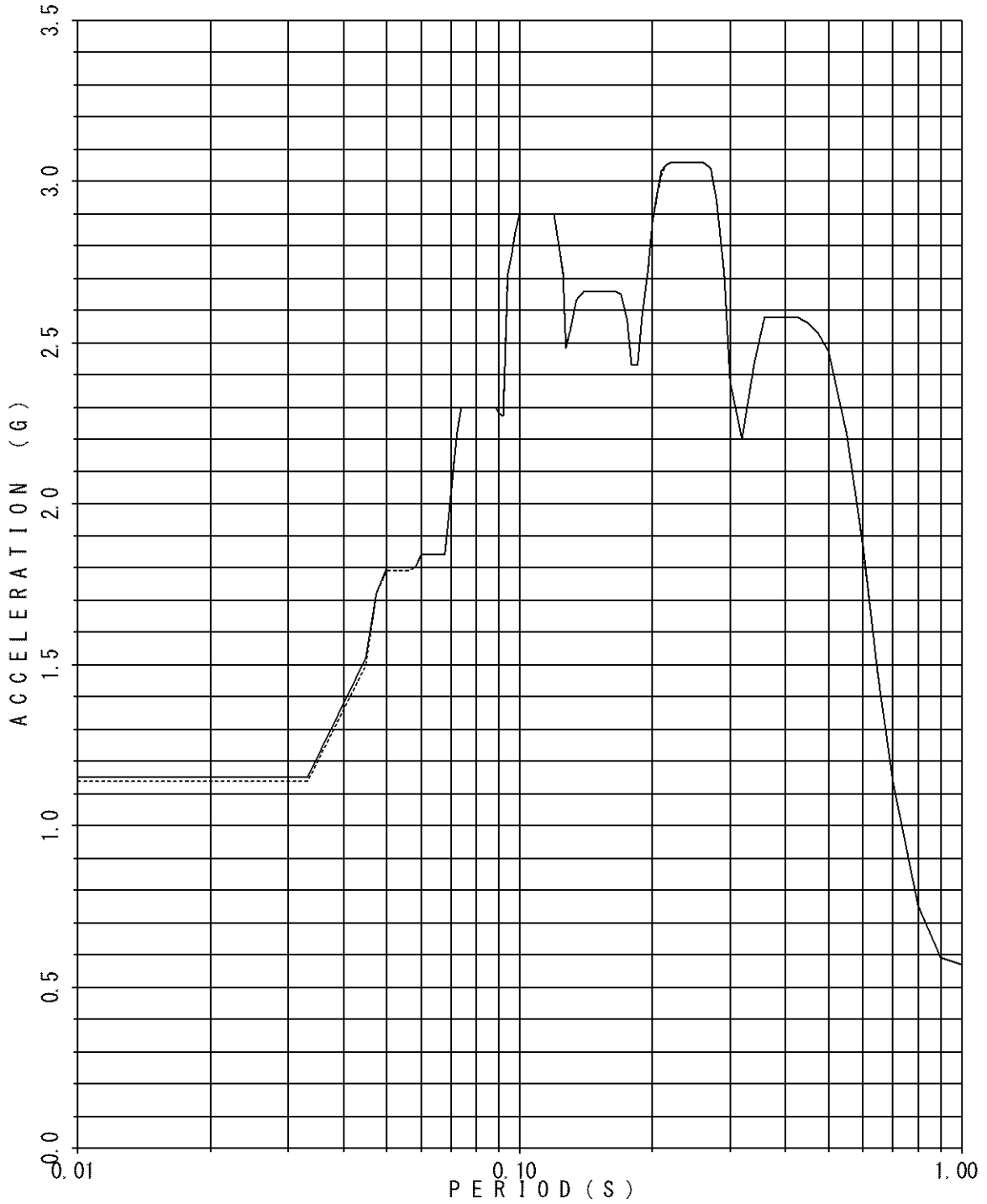
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.5%

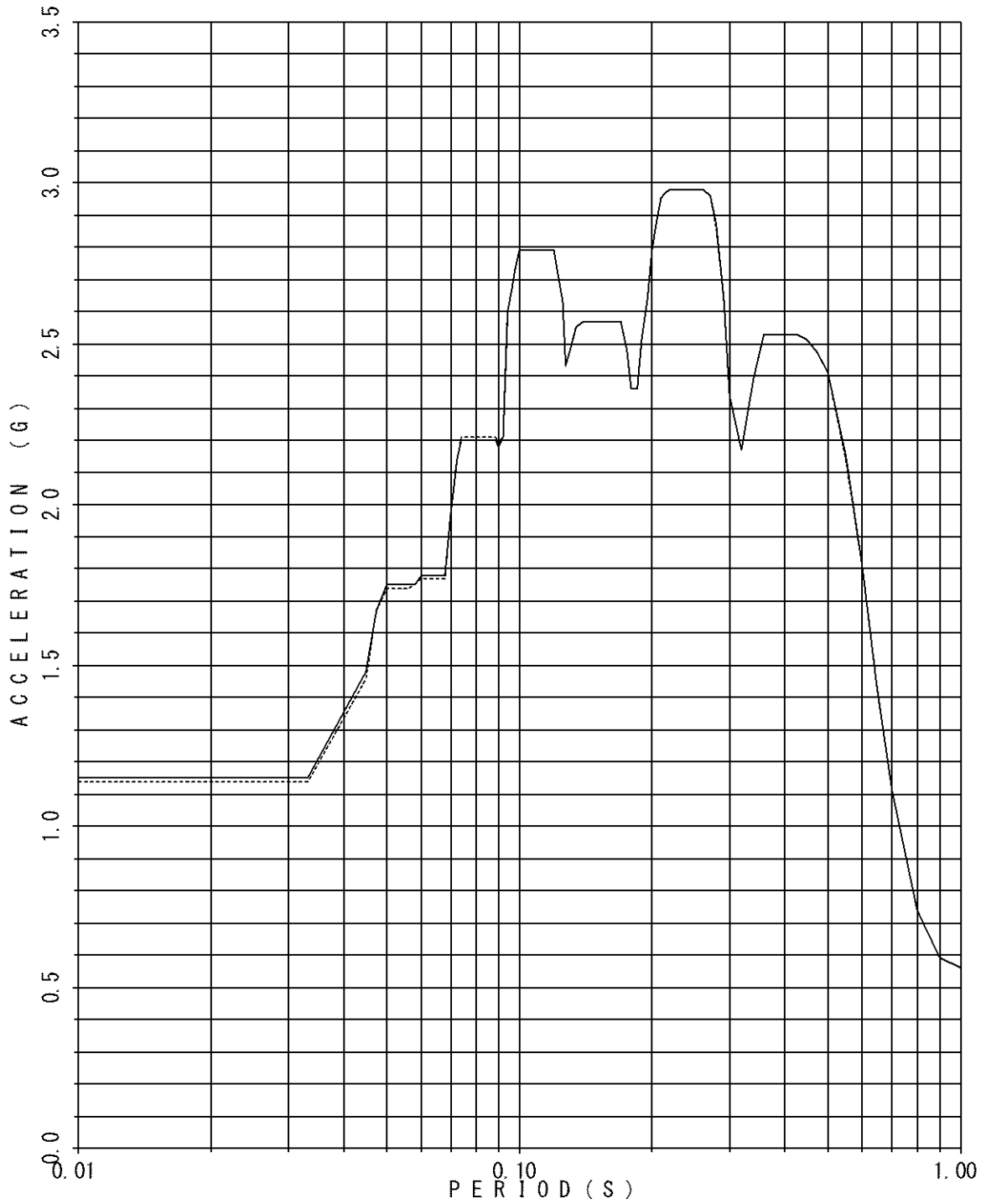
— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 3.0%

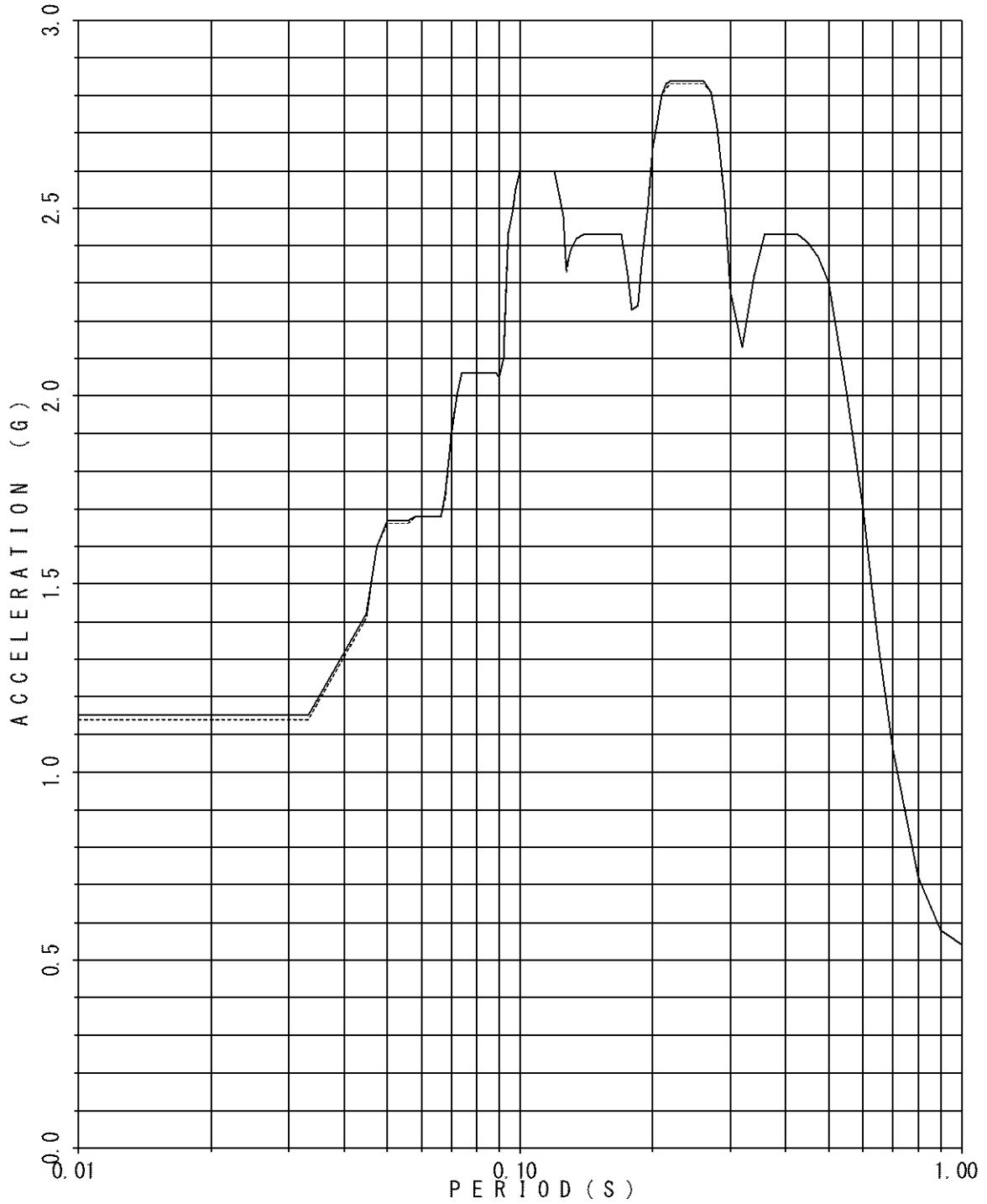
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 4.0%

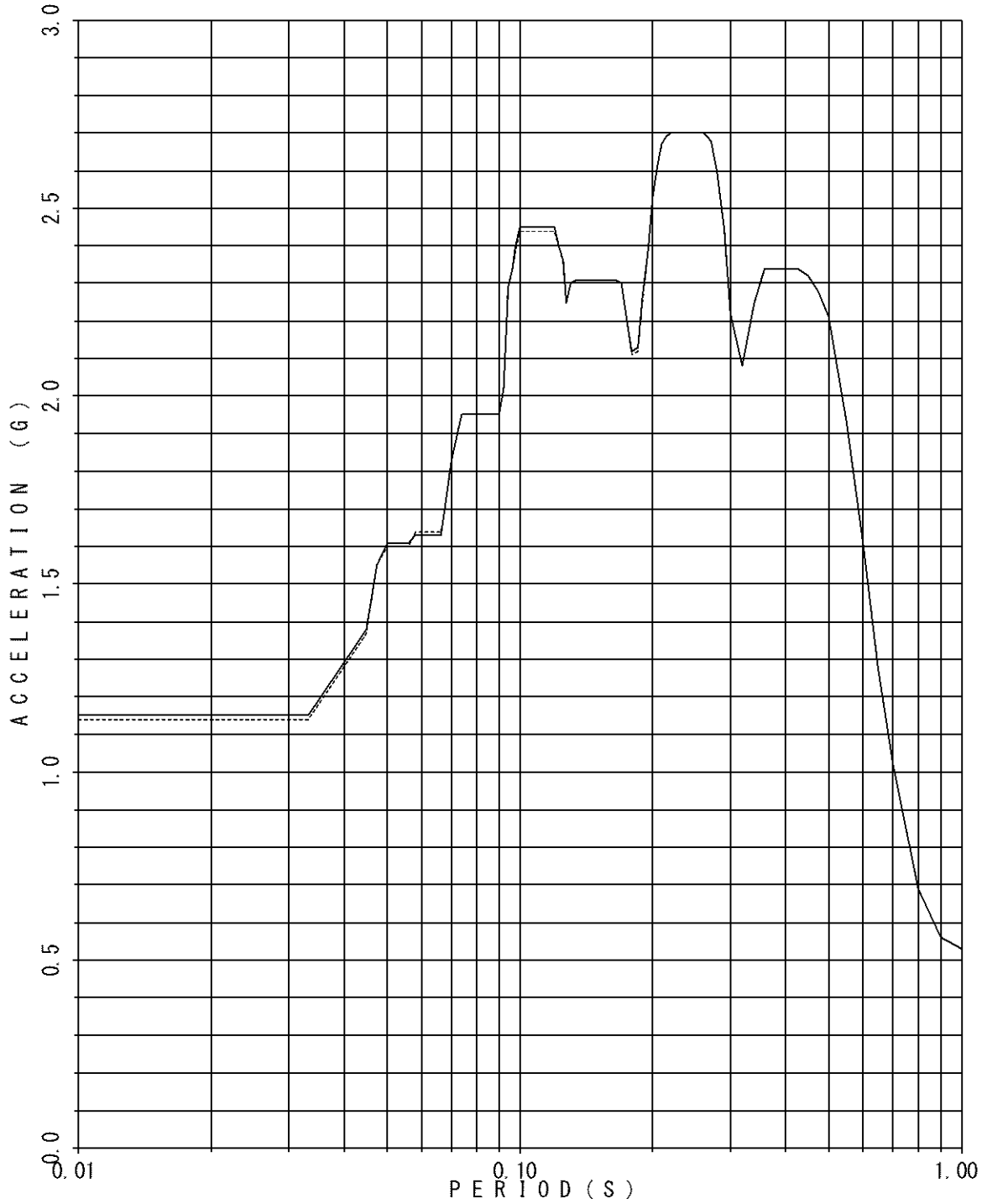
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 5.0%

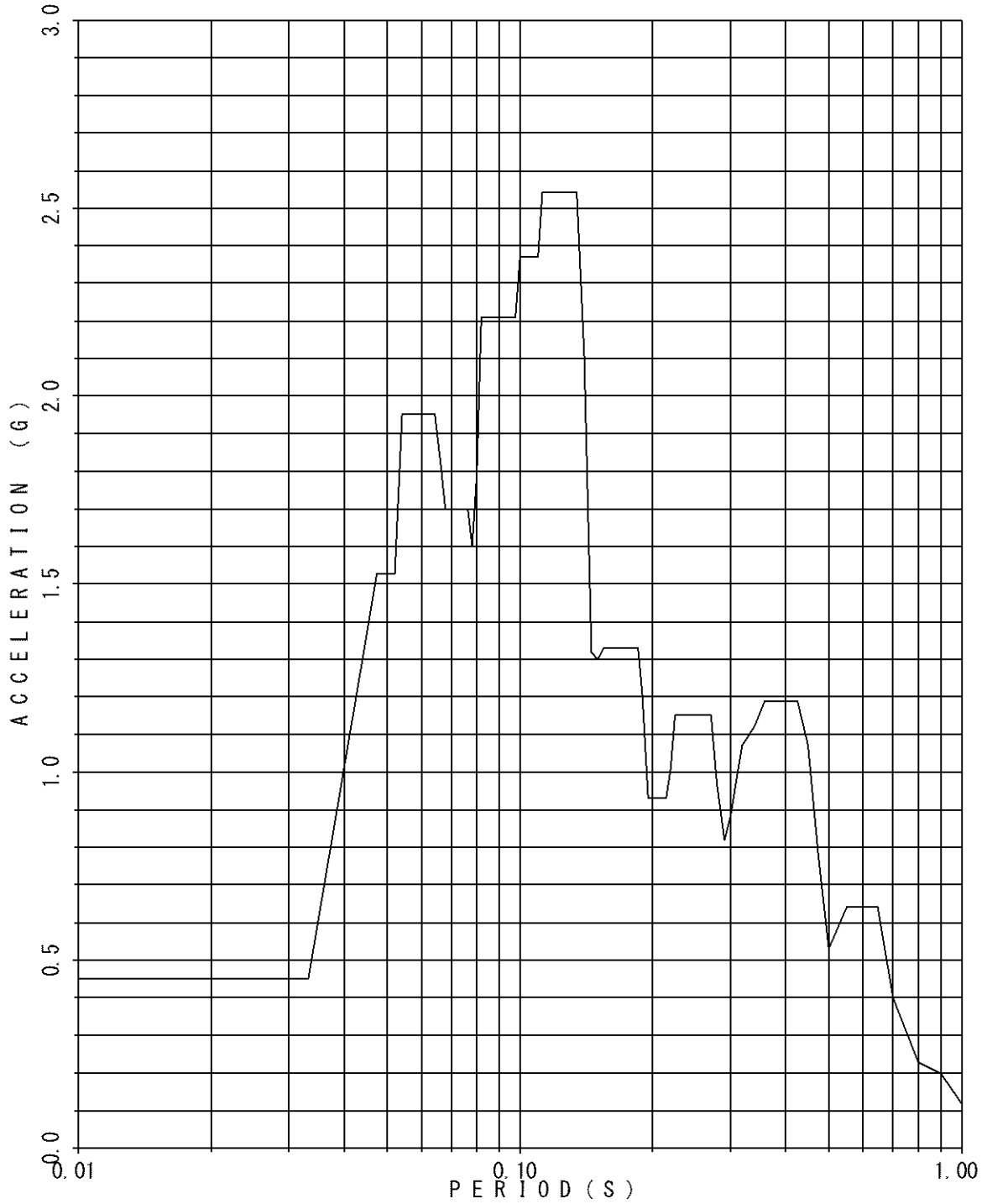
—— X - - - - - Y



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 0.5%

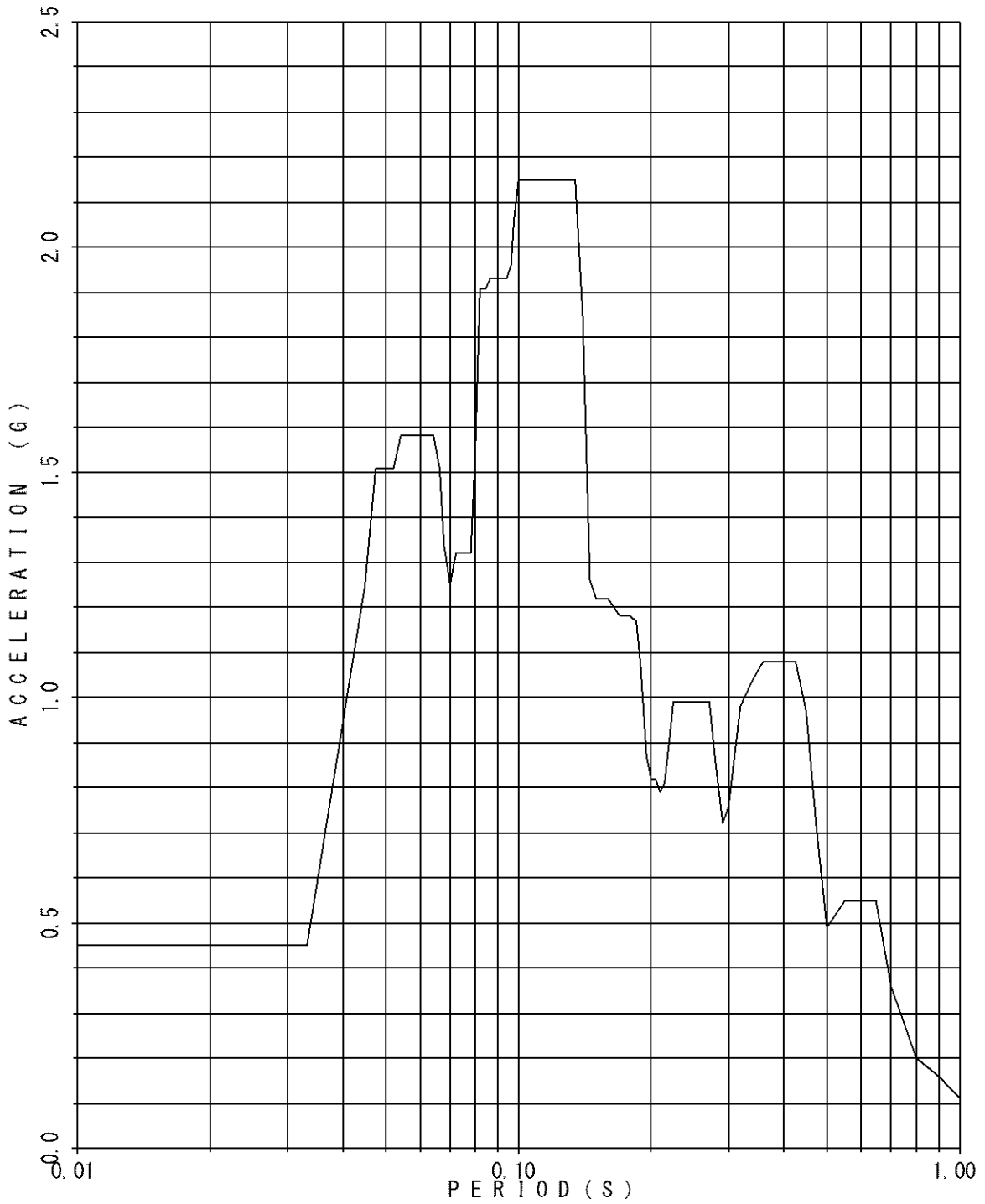
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.0%

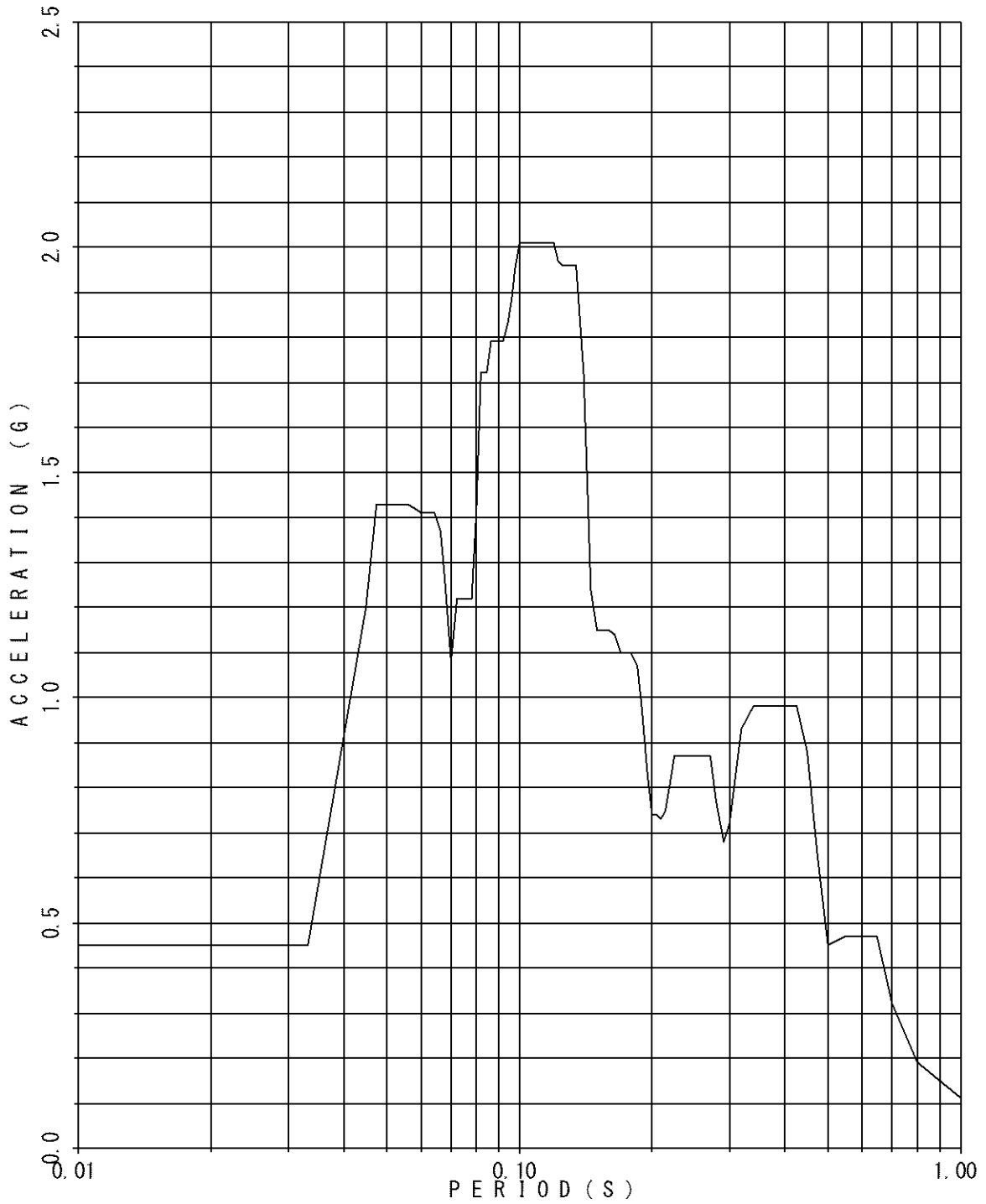
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 1.5%

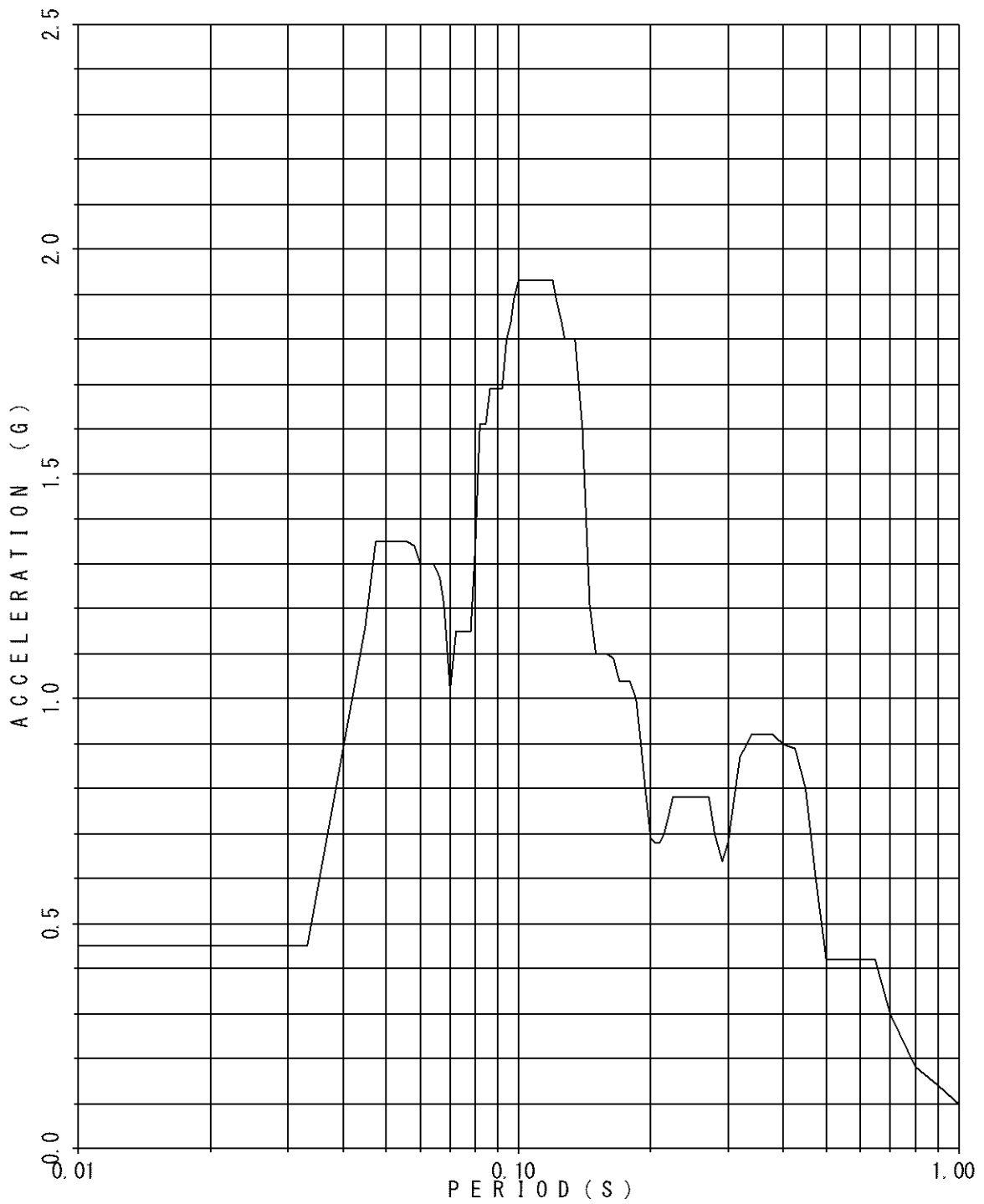
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.0%

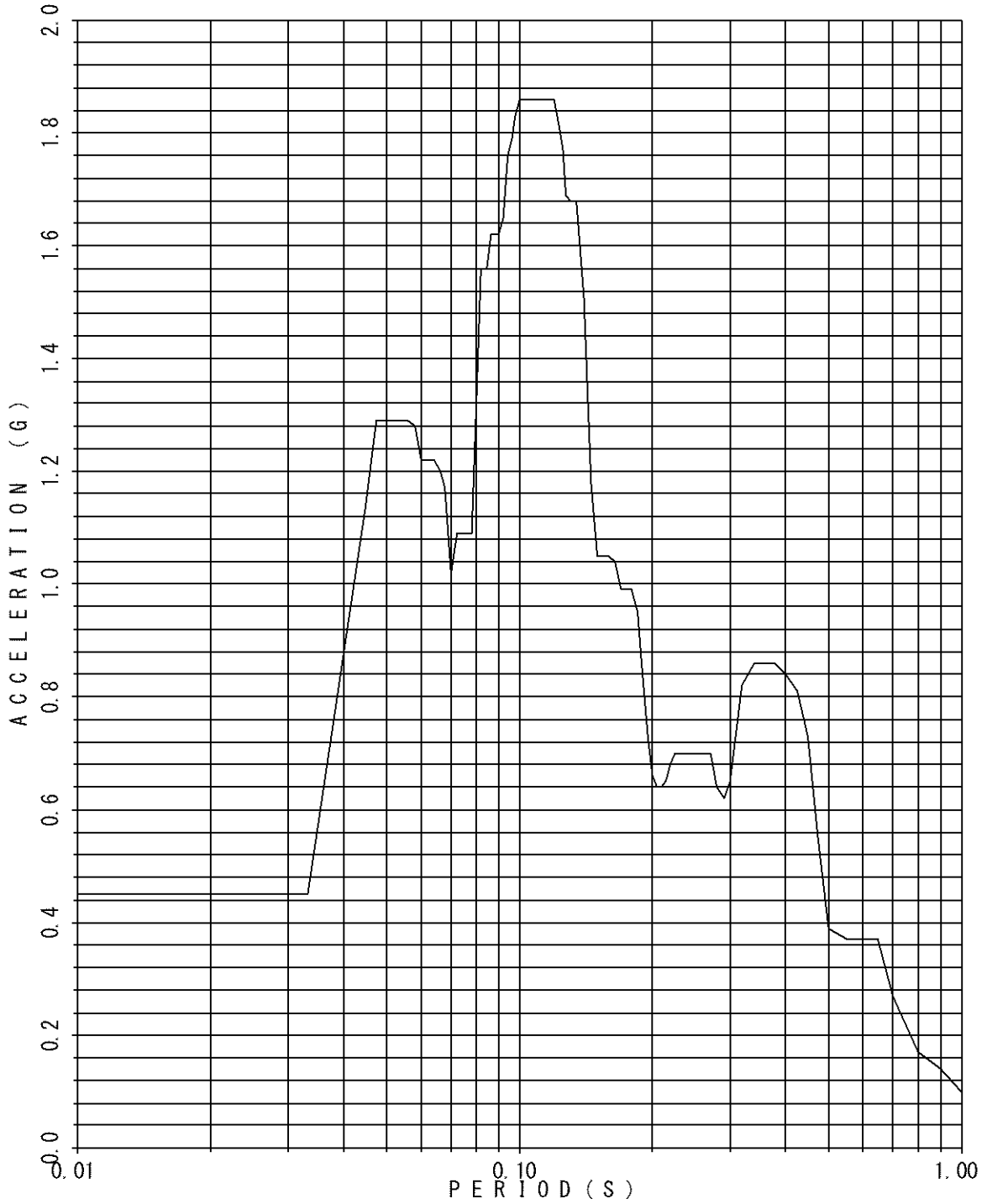
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 2.5%

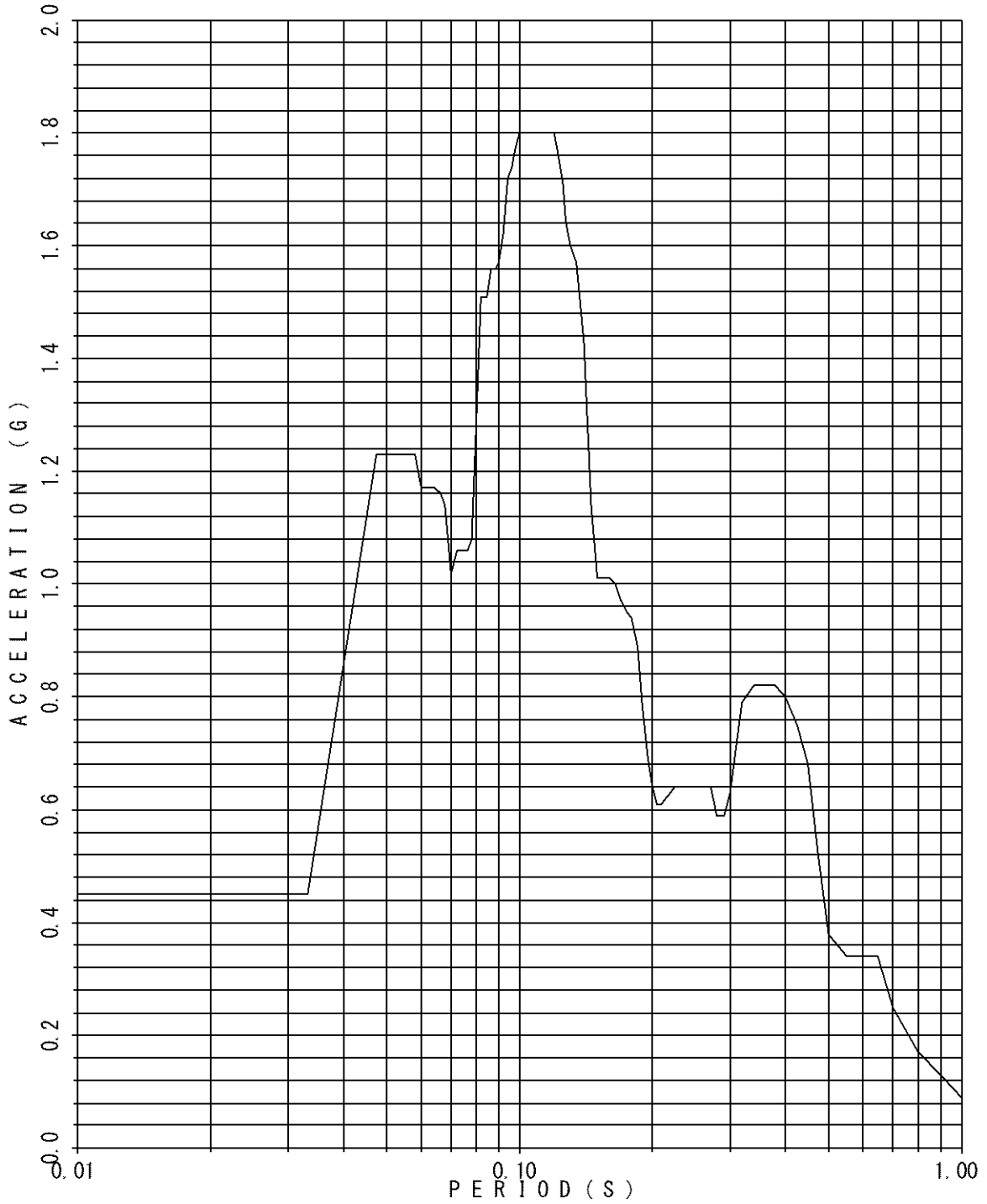
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 3.0%

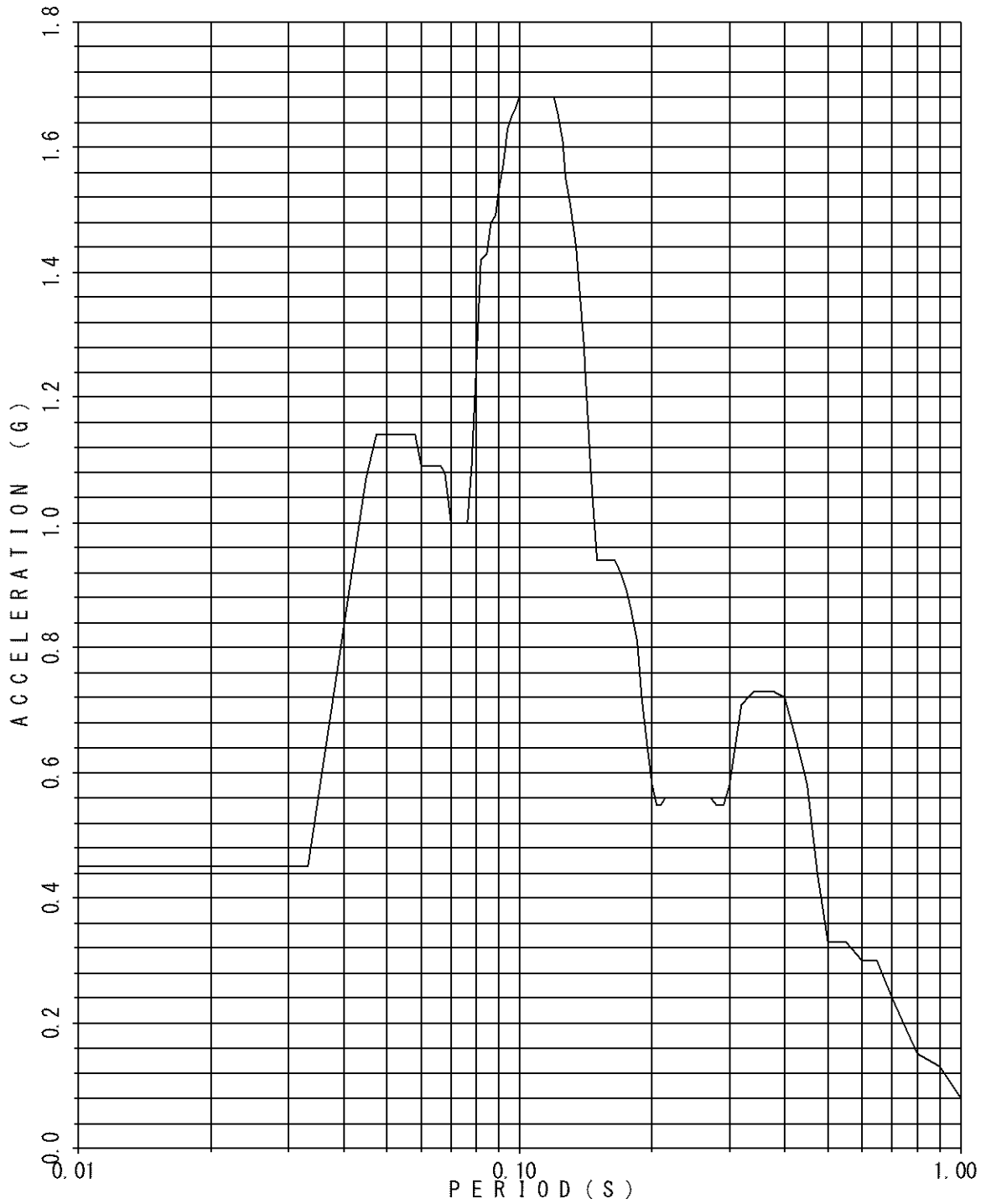
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 4.0%

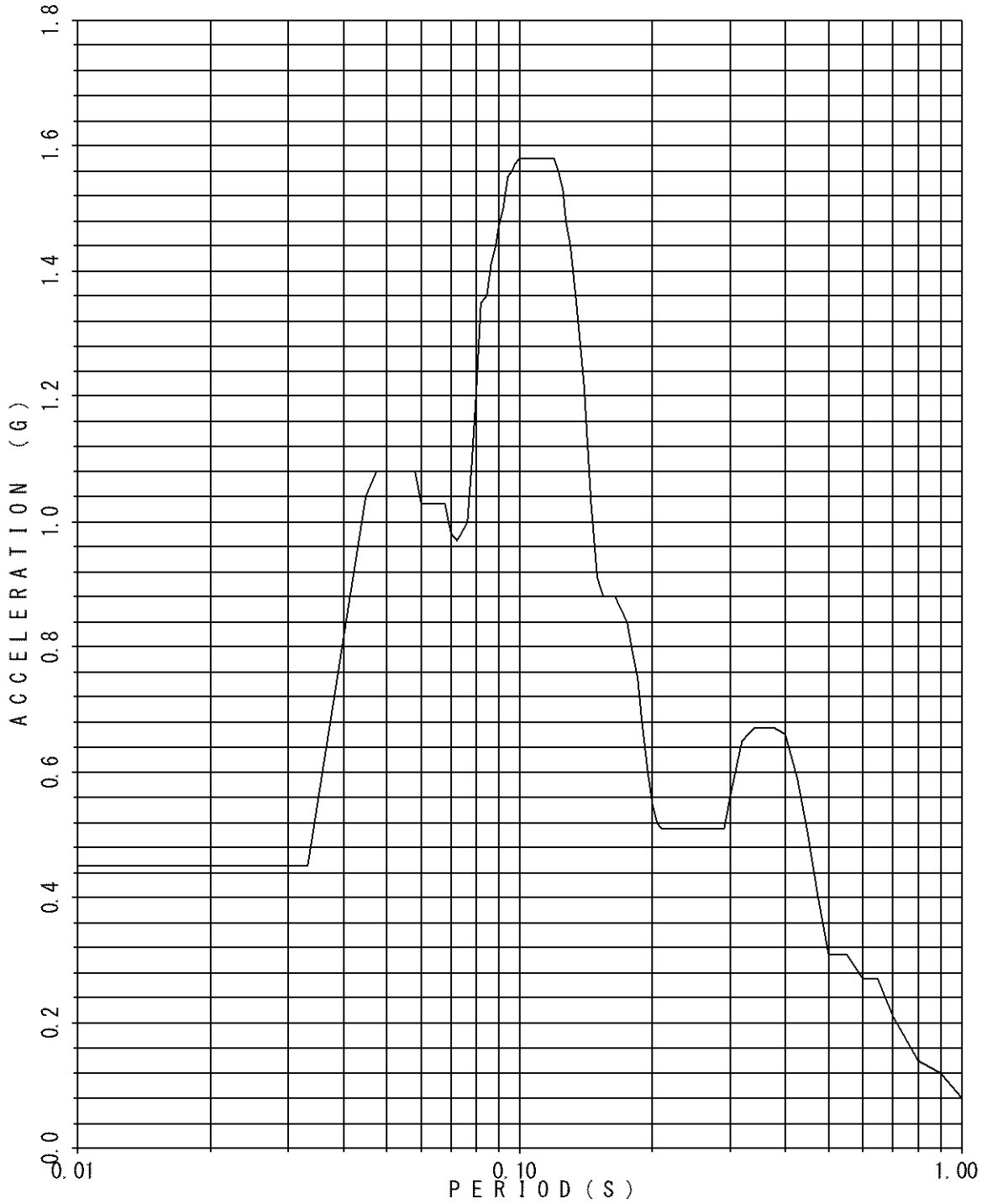
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL28.3M #TT01
DAMPING : 5.0%

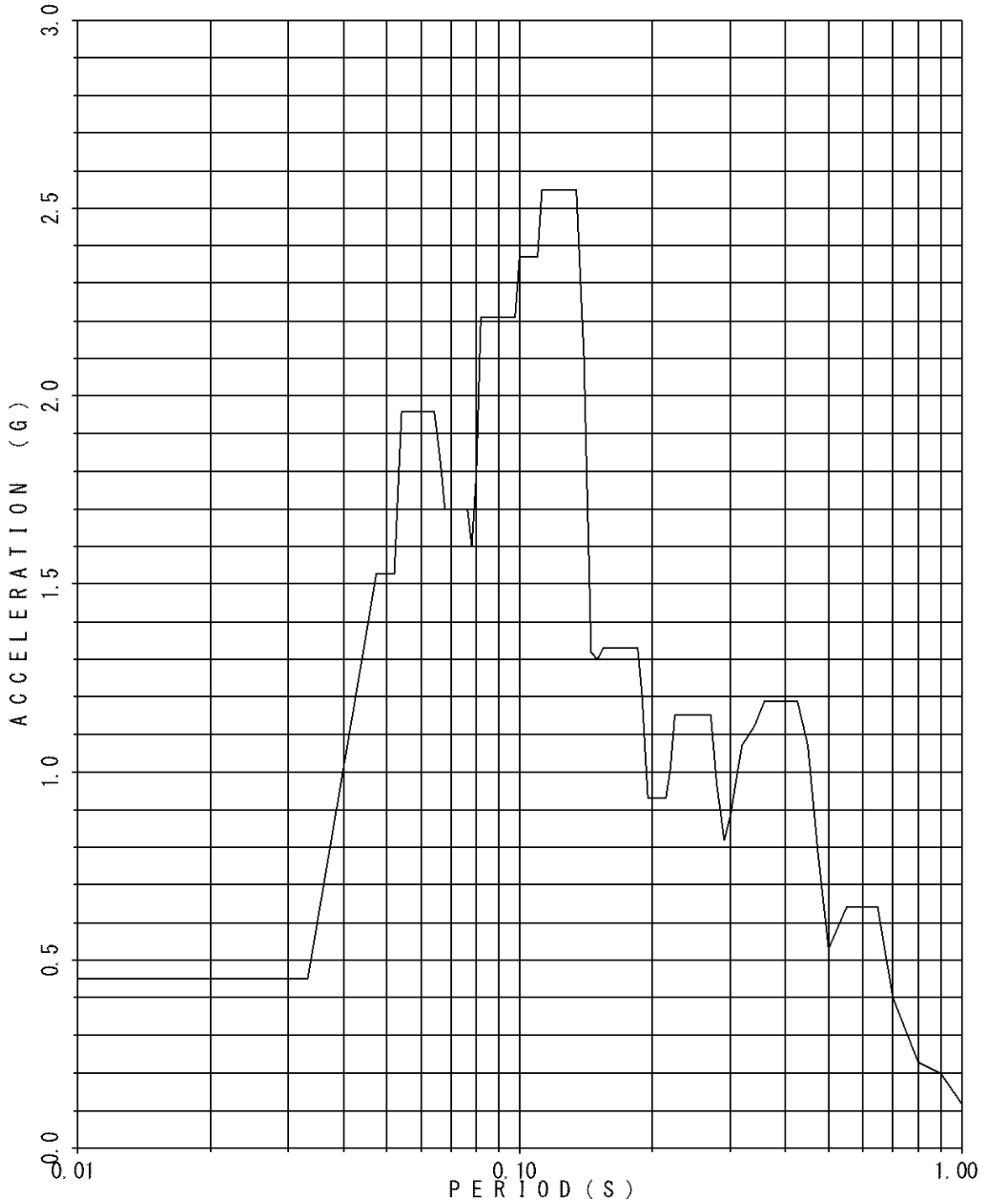
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 0.5%

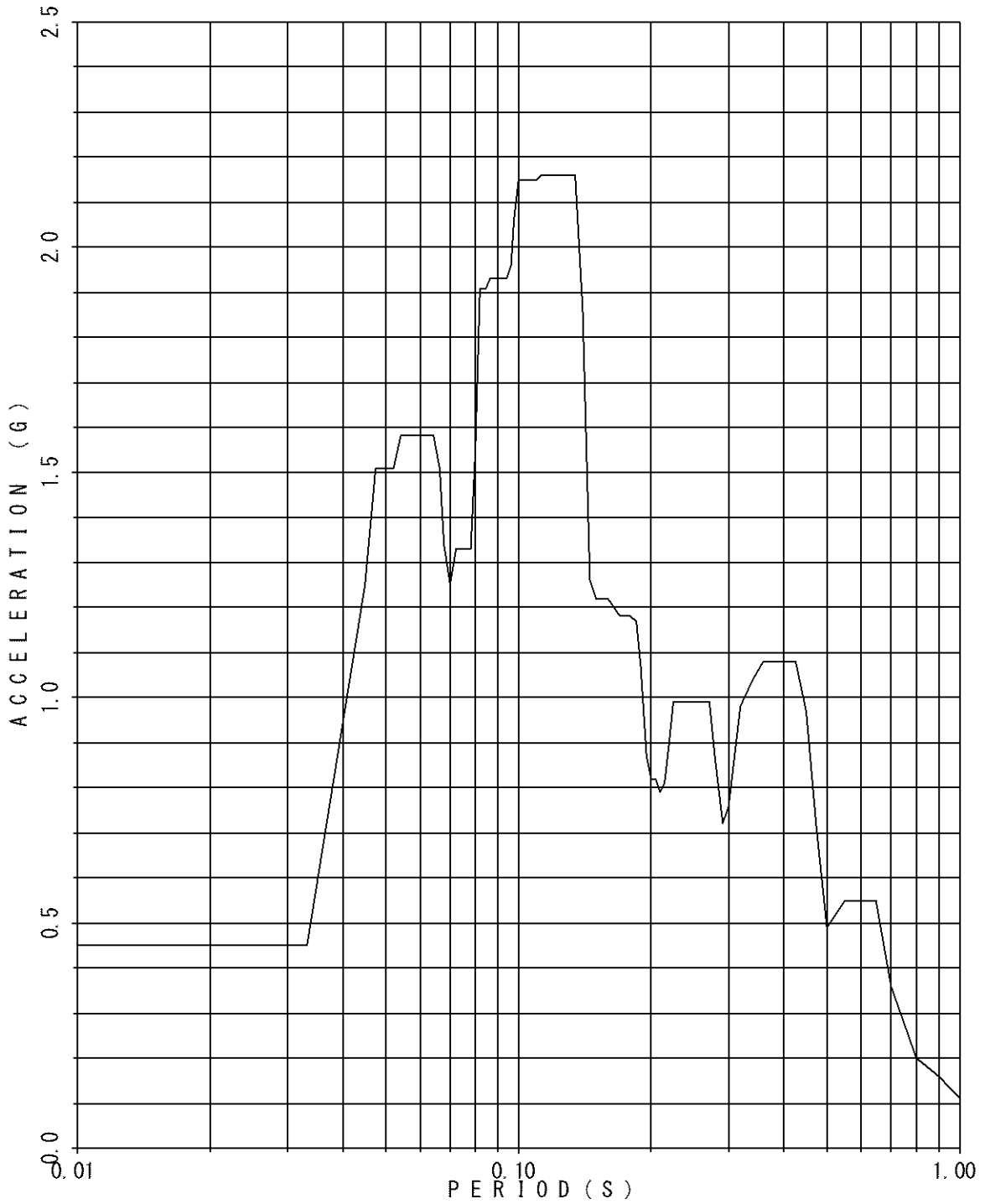
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.0%

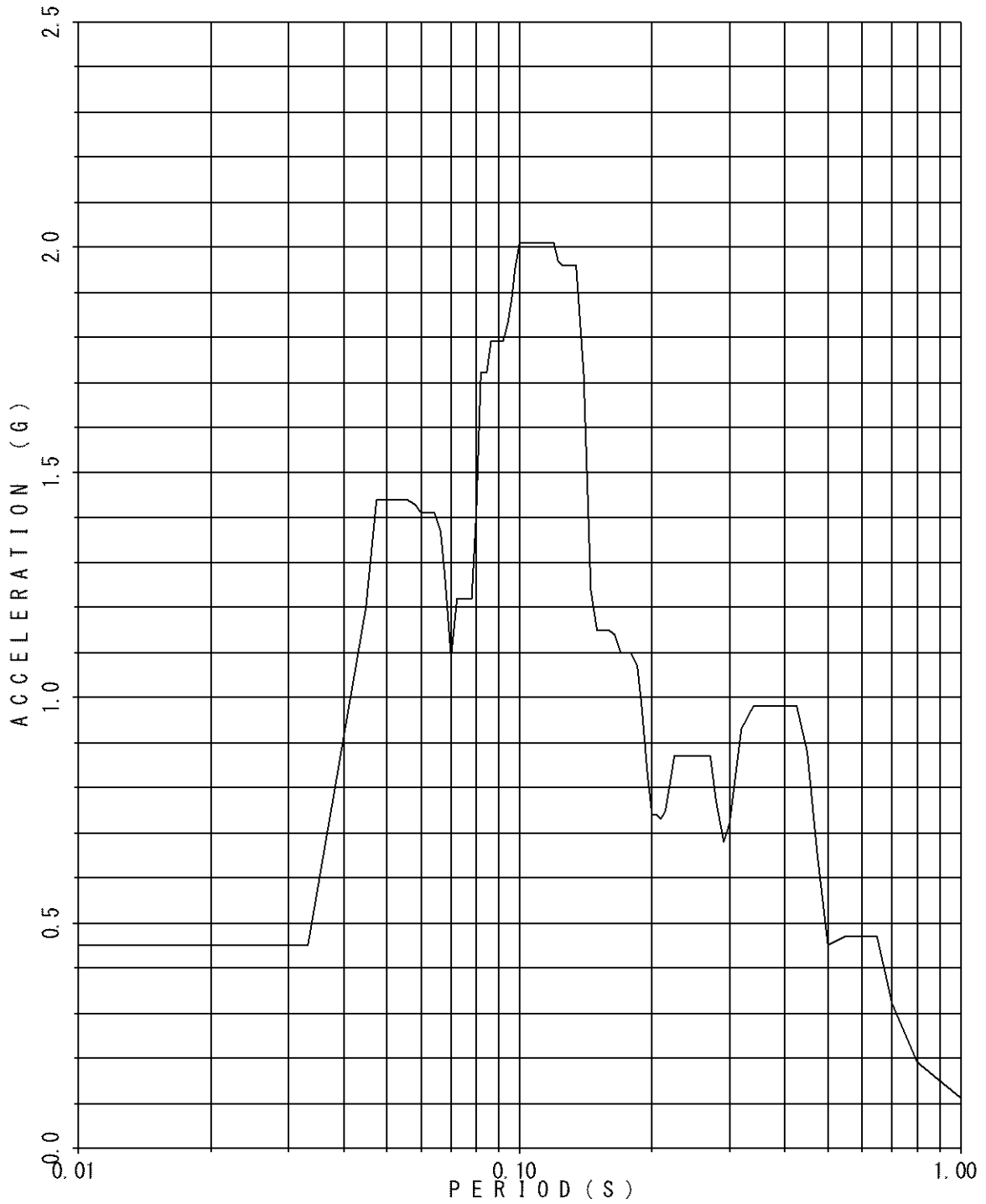
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 1.5%

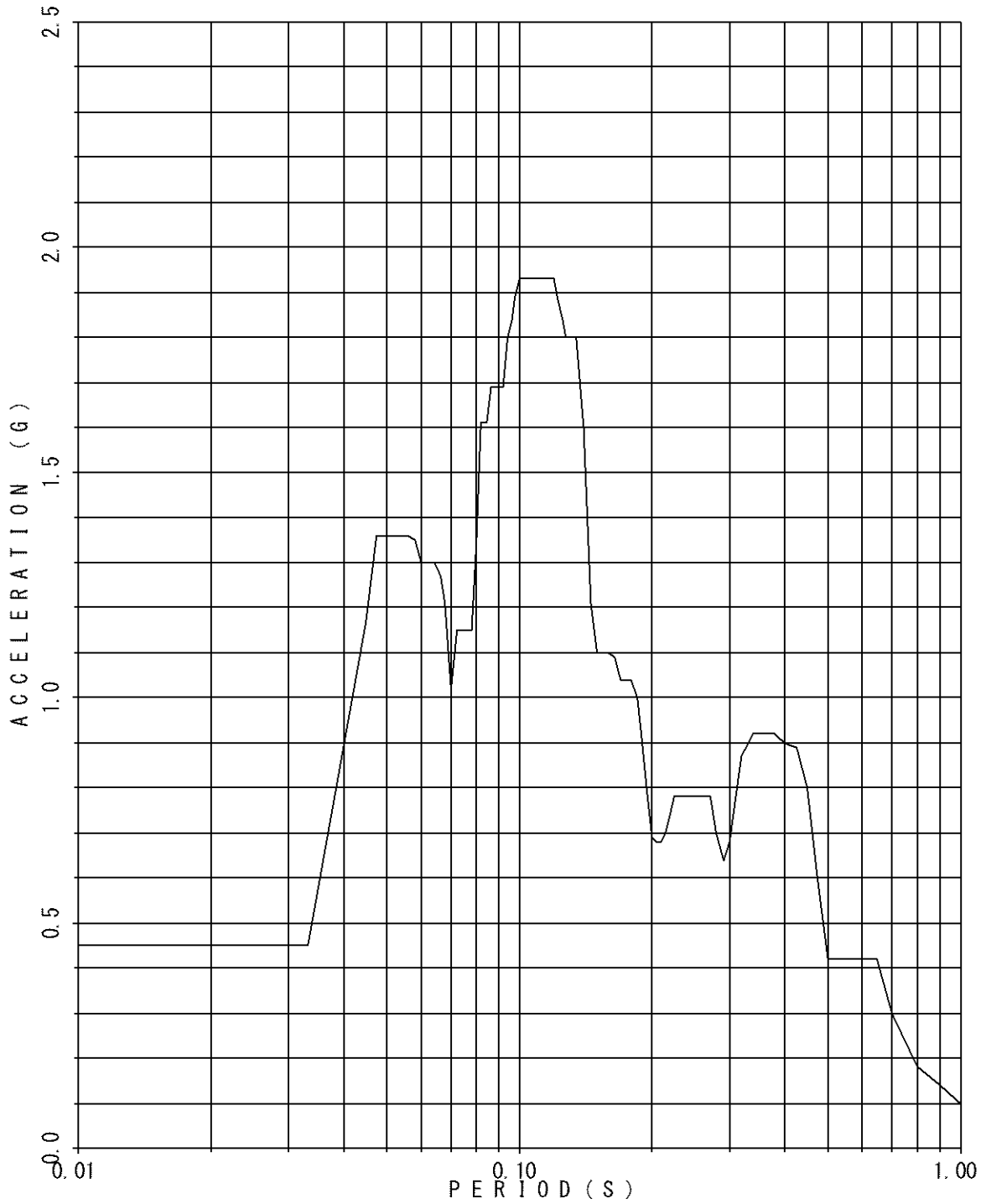
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.0%

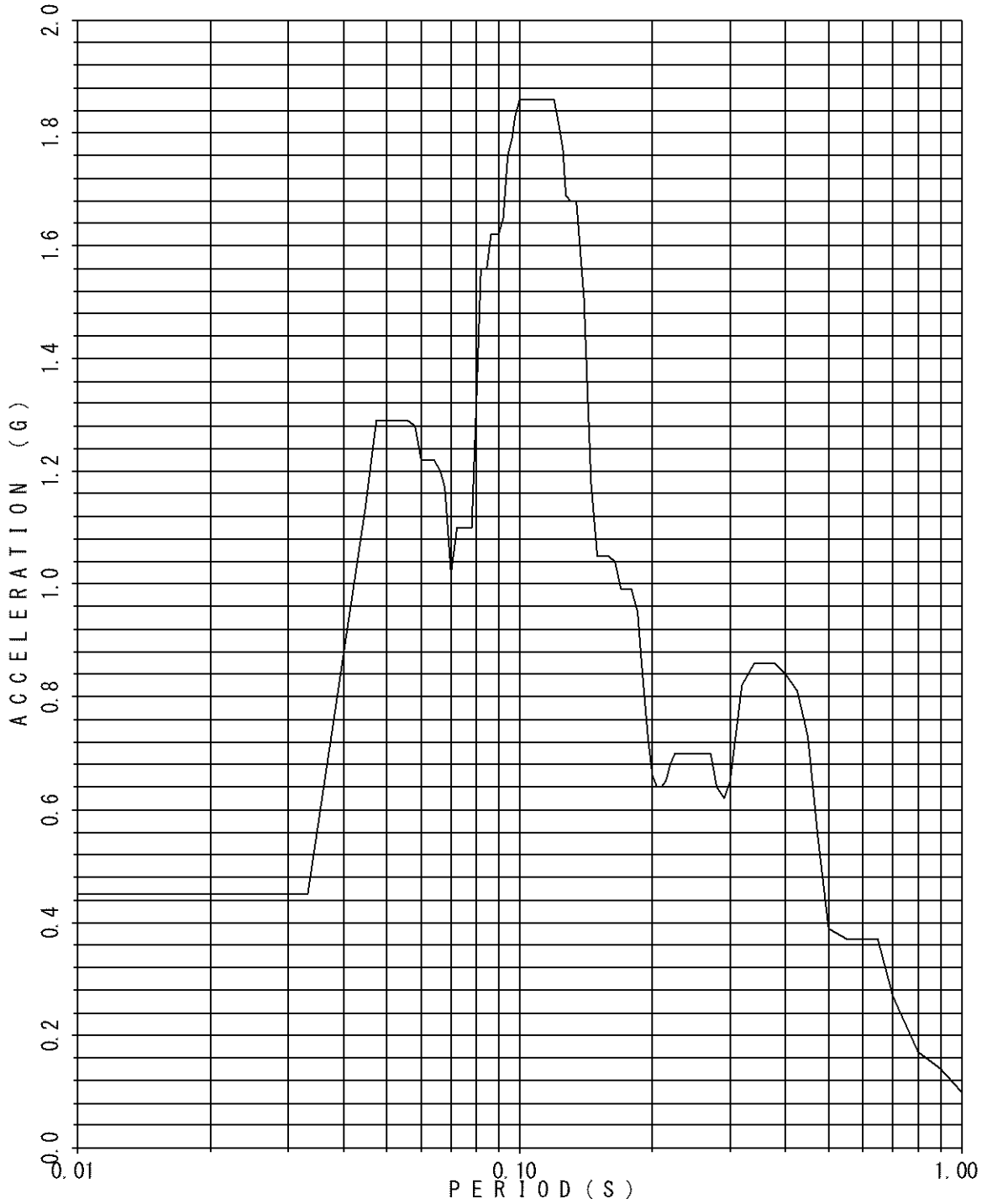
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 2.5%

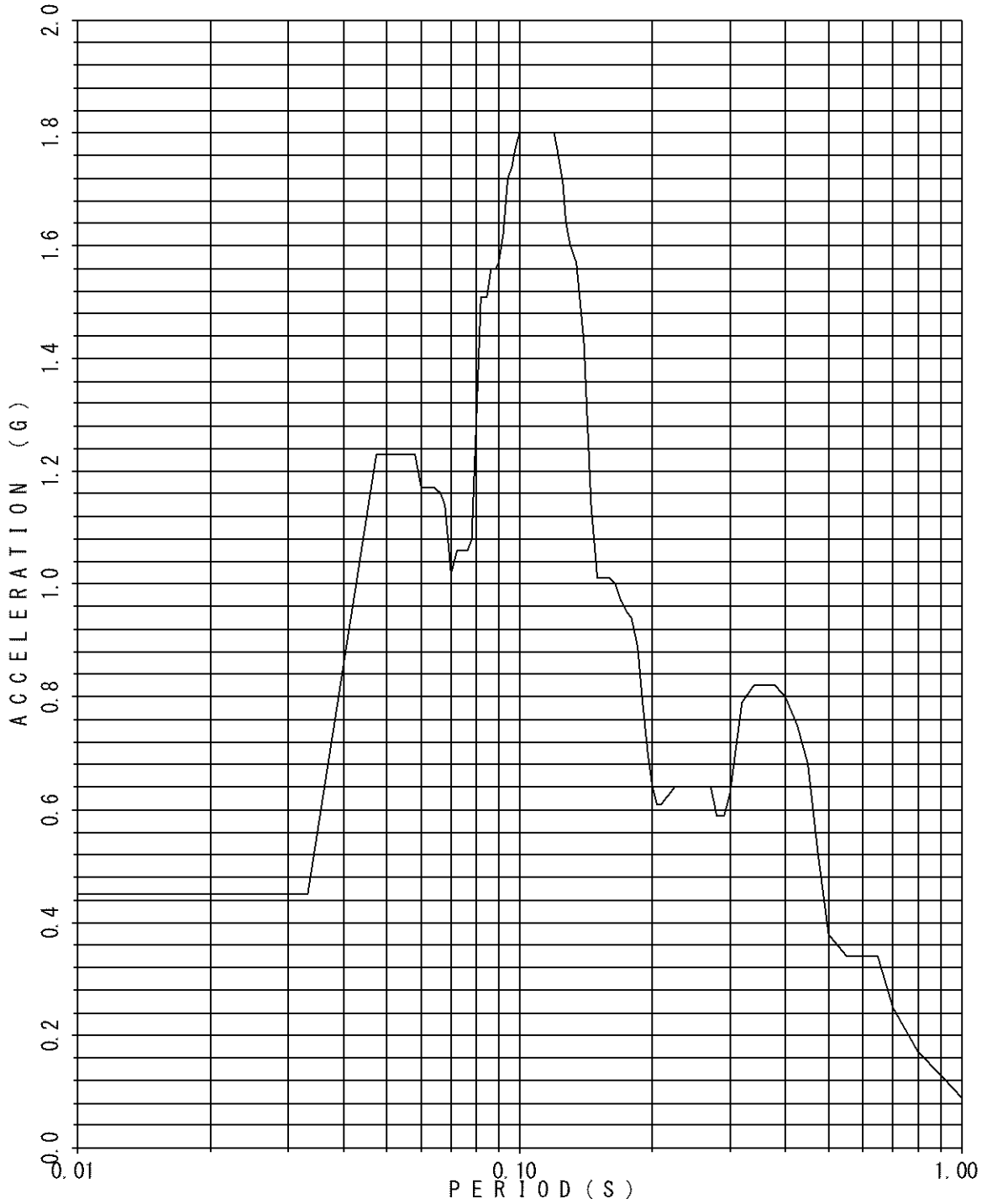
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 3.0%

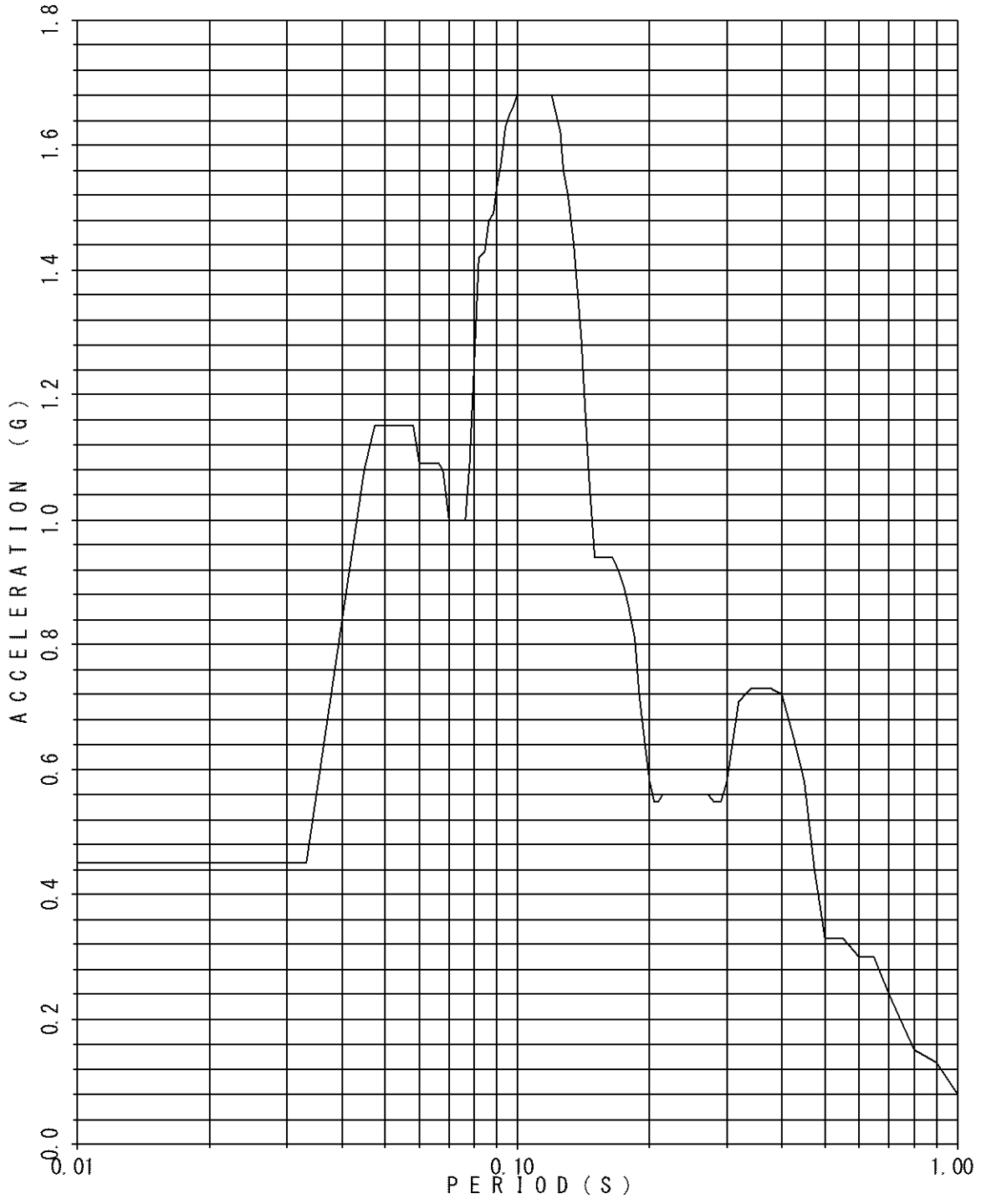
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUM01620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 4.0%

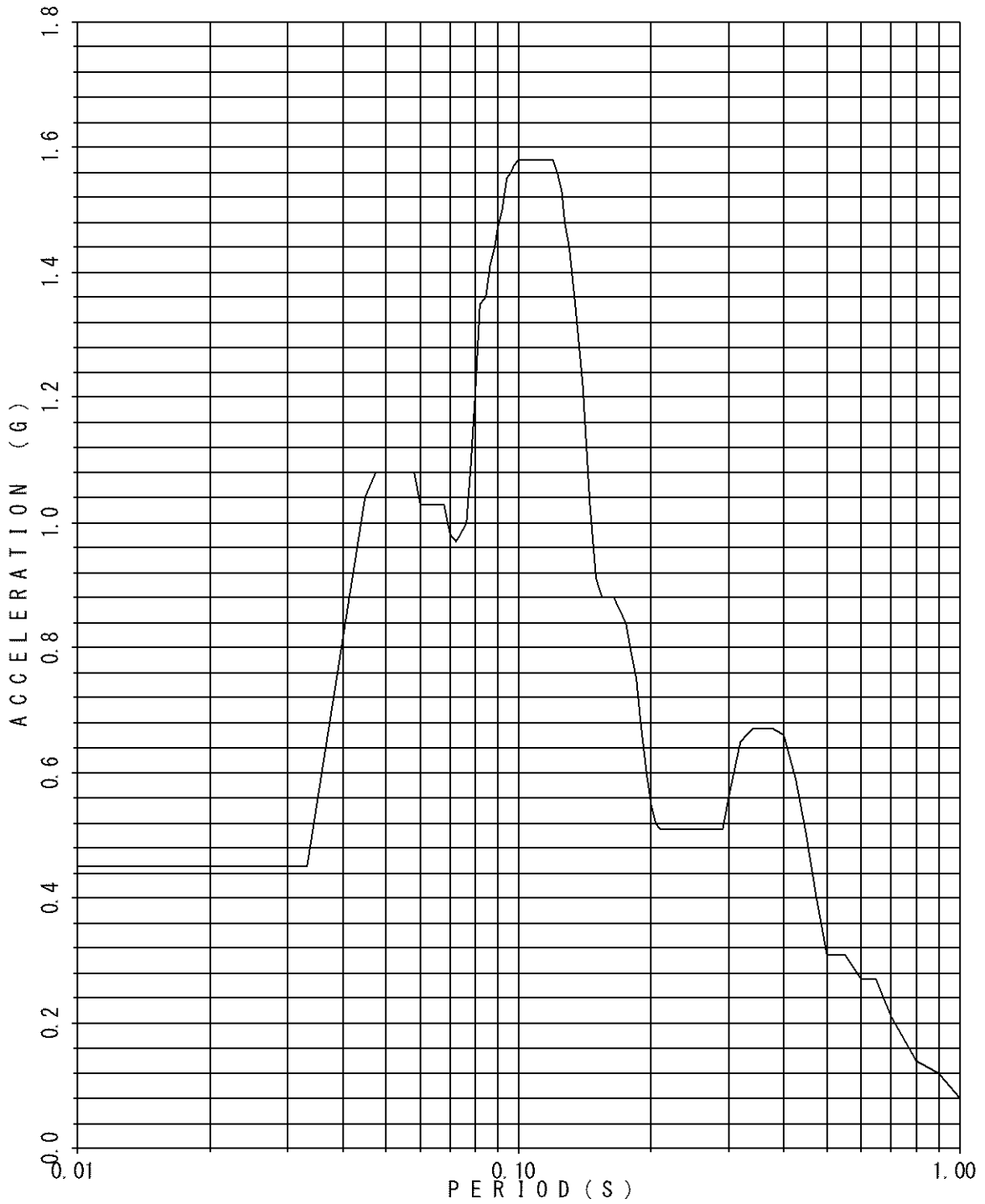
—V



FLOOR RESPONSE SPECTRUM

UNIT NAME : QSN
WAVE NAME : RUMOI620
BUILDING NAME : TSC-TURO
ELEVATION : EL24.6M #TT03
DAMPING : 5.0%

—V



水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する
影響評価方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-8

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 8 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 8 - 1
3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	9 (1) - 8 - 1
4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する 影響評価方針	9 (1) - 8 - 1

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価の方針について説明するものである。

2. 基本方針

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」のうち、「2. 基本方針」によるものとする。

3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」のうち、「3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動」によるものとする。

4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」のうち、「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」によるものとする。

機能維持の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-9

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 9 - 1
2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力	9 (1) - 9 - 1
3. 構造強度	9 (1) - 9 - 2
3.1 構造強度上の制限	9 (1) - 9 - 2
3.2 変位、変形の制限	9 (1) - 9 - 7
4. 機能維持	9 (1) - 9 - 8
4.1 気密性の維持	9 (1) - 9 - 8
4.2 遮蔽性の維持	9 (1) - 9 - 8
4.3 支持機能の維持	9 (1) - 9 - 9

1. 概 要

本資料は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法及び「5. 機能維持の基本方針」に示す機能維持の考え方にに基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の機能維持に関する基本的な考え方を説明するものである。

2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、資料9-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法に基づくこととし、具体的には平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-9「機能維持の基本方針」の第2-1表に従い算定するものとする。

3. 構造強度

3.1 構造強度上の制限

発電用原子炉施設の耐震設計については、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.1 構造強度」に示す考え方にに基づき、設計基準対象施設における耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた設計用地震力が加わった場合、これらに生じる応力とその他の荷重によって生じる応力の合計値等を許容限界以下とする設計とする。

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

地震力による応力とその他の荷重による応力の組合せに対する許容値は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-9「機能維持の基本方針」の第3-1表に示すとおりとする。また、建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、適切な安全余裕を有する設計とする。支持性能が必要となる施設の基礎地盤については、接地圧が安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の支持力度と比べて適切な余裕を有する設計とし、設計基準対象施設における耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた許容限界を設定する。

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

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

- (1) 「運転状態Ⅰ」とは、発電用原子炉施設の通常運転時の状態をいう。ここで通常運転とは、運転計画等で定める起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替等の発電用原子炉施設の運転をいう。
- (2) 「運転状態Ⅱ」とは、運転状態Ⅰから逸脱した運転状態であって、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ、運転状態Ⅴ及び試験状態以外の状態をいう。「試験状態」とは、耐圧試験により原子炉施設に最高使用圧力を超える圧力が加えられている状態をいう。
- (3) 「運転状態Ⅲ」とは、発電用原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態をいう。
- (4) 「運転状態Ⅳ」とは、発電用原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態をいう。
- (5) 「運転状態Ⅴ」とは、発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、又は重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる運転状態をいう。

運転状態と事故等の関係について、以下に示す。

運転状態と事故等の関係

通常運転状態	運転状態Ⅰ
運転時の異常な過渡変化状態	運転状態Ⅱ
事故状態	運転状態Ⅲ
	運転状態Ⅳ
重大事故に至るおそれがある事故、 又は重大事故の状態	運転状態Ⅴ

第3-1表 地震力と積雪荷重及び風荷重の組合せ

(1) 考慮する荷重の組合せ

(○：考慮する荷重を示す。)

	施設の配置	荷 重	
		風荷重 (P_k)	積雪荷重 (P_s)
建物・構築物	屋外	○ (注1)	○ (注2)
機器・配管系	屋内	—	—
	屋外	○ (注1)	○ (注2)

(注 1) 屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物などの自重が大きい施設及び壁等に囲われた場所に設置されており、直接風を受けない施設を除く。

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

(2) 検討対象の施設・設備

	施設・設備	
	風荷重 ^(注1)	積雪荷重 ^(注1)
建物・構築物	なし	・緊急時対策棟（連絡通路） ^(注2) ・緊急時対策棟（休憩所） ^(注2)
機器・配管系	なし	なし

(注1) 荷重については、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料2「耐震設計上重要な設備を設置する施設に関する説明書（自然現象への配慮に関する説明を含む。）」のうち添付資料2-1-1「耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」の「4. 組合せ」のとおり、風荷重については36m/s、積雪荷重については30cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し、適切に算出する。積雪荷重が積載荷重等に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せを考慮する。

(注2) 積雪荷重が積載荷重等に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せを考慮する。

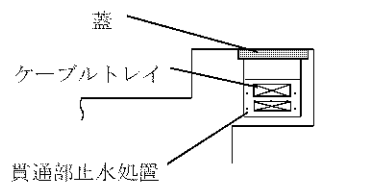
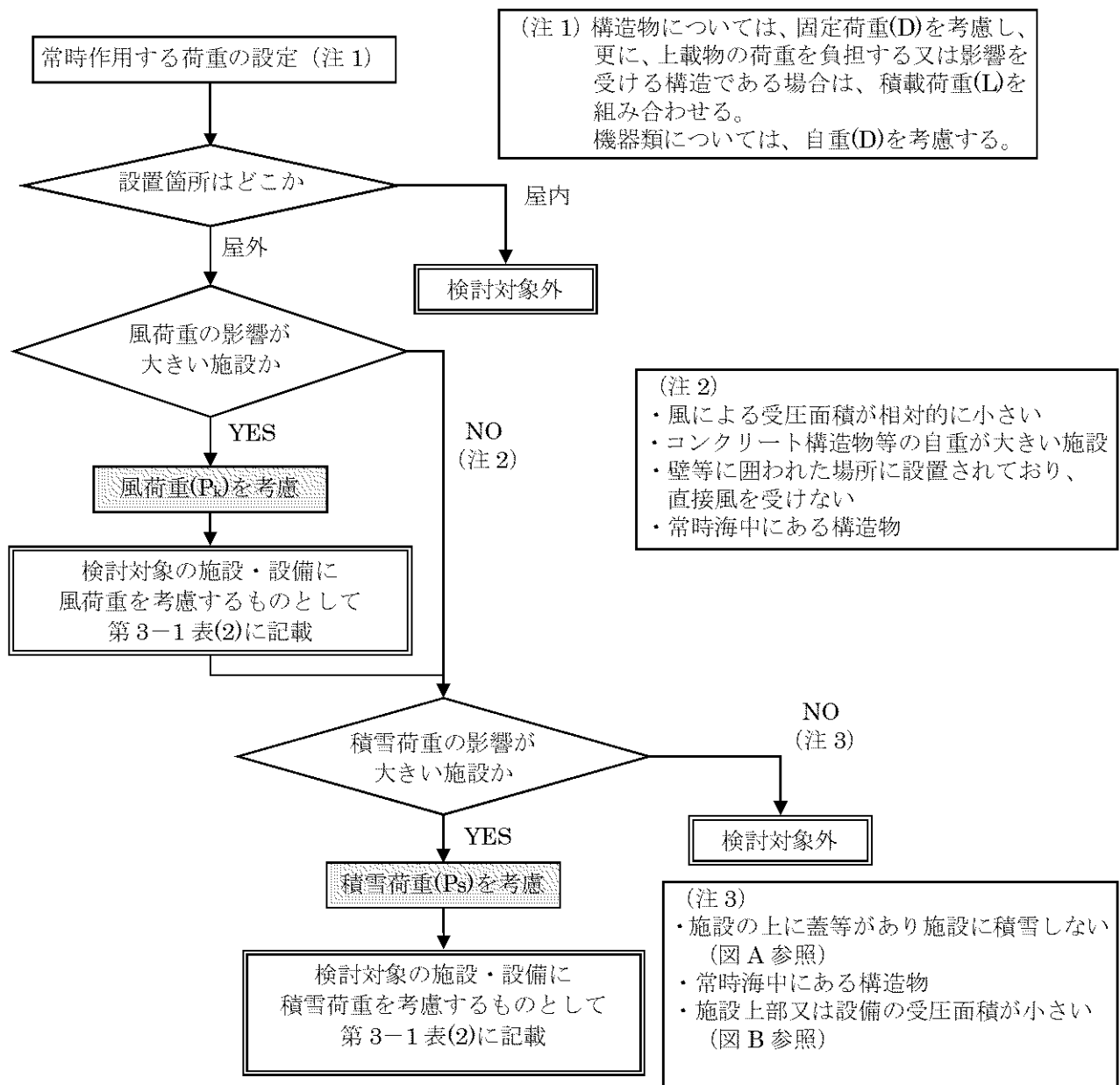


図 A : 蓋等により積雪しない場合の例

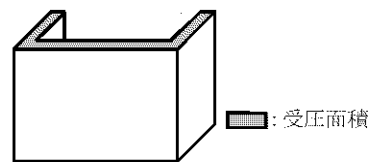


図 B : 上部の受圧面積が小さい場合の例

第 3-1 図 耐震計算における積雪荷重及び風荷重の設定フロー

3.2 変位、変形の制限

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

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

(1) 建屋間相対変位に対する配慮

異なった建屋間を渡る配管等の設計においては、十分安全側に算定された建屋間相対変位に対し、配管ルート、支持方法又は伸縮継手の採用などでこれを吸収できるよう配慮する。

4. 機能維持

4.1 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(3) 気密性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、事故時に放射性気体の放出、流入を防ぐことを目的として、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」等による構造強度を確保すること、及び同じく地震動に対して機能を維持できる設計とする換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。

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

緊急時対策棟は、地震時及び地震後においてもその機能を維持できるように建物・構築物において地震時に生じる応力に対して弾性域内にとどまる設計とし、居住性を維持する設計とする。

4.2 遮蔽性の維持

遮蔽性の維持が要求される施設は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(4) 遮蔽性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、鉄筋コンクリート造として設計することを基本とし、遮蔽性の維持が要求される生体遮蔽装置については、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」による構造強度を確保し、遮蔽体の形状及び厚さを確保することで、地震後における残留ひずみを小さくし、ひび割れがほぼ閉鎖し、貫通するひび割れが直線的に残留しないこととすることで、遮蔽性を維持する設計とする。

4.3 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を支持する機能の維持が要求される施設は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2(5) 支持機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、被支持設備が設計基準対象施設の場合は耐震重要度分類、重大事故等対処施設の場合は施設区分に応じた地震動に対して、以下に示すとおり、支持機能を維持する設計とする。

(1) 建物・構築物の支持機能の維持

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

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

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

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

ダクティリティに関する設計方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-10

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 10 - 1
2. 構造計画	9 (1) - 10 - 2
2.1 建物・構築物	9 (1) - 10 - 2
2.2 機器・配管系	9 (1) - 10 - 2
3. 材料の選択	9 (1) - 10 - 3
3.1 建物・構築物	9 (1) - 10 - 3
3.2 機器・配管系	9 (1) - 10 - 3
4. 耐力・強度等に対する制限	9 (1) - 10 - 5
4.1 建物・構築物	9 (1) - 10 - 5
4.2 機器・配管系	9 (1) - 10 - 5
5. 品質管理上の配慮	9 (1) - 10 - 6
5.1 建物・構築物	9 (1) - 10 - 6
5.2 機器・配管系	9 (1) - 10 - 6

1. 概 要

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

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

本資料は、資料9-1「耐震設計の基本方針」のうち「8. ダクティリティに関する考慮」に基づき、各施設のダクティリティを維持するために必要と考えられる構造計画、材料の選択、耐力・強度等に対する制限及び品質管理上の配慮を各項目別に説明するものである。なお、構造特性等の違いから、施設を建物・構築物と機器・配管系に分けて示す。

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

2. 構造計画

2.1 建物・構築物

建物・構築物に対して十分なダクティリティを持たせるために構造上、次の点に留意する。また、配筋など構造部材については、計算で求められた必要量に対して裕度をもった計画にするなど構造計画上の配慮を行う。

(1) 緊急時対策棟（連絡通路）

構造形式は、地震時において効果的に水平力を分担させるため、計画的に配置した耐震壁を主要な耐震要素とする鉄筋コンクリート造である。

基礎版は、堅硬な岩盤に直接設置し、上部構造物の荷重を支持地盤に伝達させるために十分な剛性を持たせる。

(2) 緊急時対策棟（休憩所）

構造形式は、地震時において効果的に水平力を分担させるため、計画的に配置した格子状の耐震壁を主要な耐震要素とする鉄筋コンクリート造である。

基礎版は、堅硬な岩盤に直接設置し、上部構造物の荷重を支持地盤に伝達させるために十分な剛性を持たせる。

2.2 機器・配管系

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

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

また、繰返し疲れ累積のレベルをできるだけ低く保つ設計とし、必要な場合には疲れ解析を行い、疲労破壊に対して十分な余裕を持つことを確認する。

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

3. 材料の選択

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

3.1 建物・構築物

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

なお、鉄筋コンクリートの材料についての例を以下に示す。

(1) セメント

セメントは「JASS 5N」の規定による。

(2) 骨材

使用する骨材の品質、粒形、大きさ及び粒度等は、「JASS 5N」の規定による。

(3) 水

コンクリートの練混ぜに使用する水は、「JASS 5N」の規定による。

(4) 混和材料

コンクリートに用いる混和材料としては、コンクリート用フライアッシュ及びコンクリート用化学混和剤等がある。これらの混和材料は、「JASS 5N」の規定による。

(5) 鉄筋

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

3.2 機器・配管系

機器・配管系に使用される構造材料は、安全運転の見地から信頼性の高いものが必要である。

したがって、JSME S NC1-2005/2007等にも示されるもの及び化学プラント、火力プラントや国内外の原子力プラントにおいて十分な使用実績があり、かつ、その材料特性が十分把握されているものを使用する。

機器・配管系に使用される材料の鋼種は、原則として基準・規格に示される炭素鋼、低合金鋼（この2つを総称して、「フェライト鋼」という。）、オーステナ

イト系ステンレス鋼及び非鉄金属を用いる。このうちフェライト鋼については、使用条件に対して脆性破壊防止の観点から延性を確保できるよう必要な確認を行う。

特に考慮すべき事項を以下に示す。

- (1) 均質な組成と機械的性質を持ち、強度上有意な影響を及ぼす可能性のある欠陥がない材料を使用する。
- (2) 使用温度及び供用期間中に対し、著しい材料強度特性、破壊靱性の劣化が生じにくい材料を使用する。
- (3) 素材として優れた特性を有するとともに、溶接施工、成形加工においてもその優れた特性を持つ材料を使用する。
- (4) 溶接材料は、溶接継手部が母材と同等の性能が得られるよう選定する。

4. 耐力・強度等に対する制限

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

以下にその内容を示す。

4.1 建物・構築物

建物・構築物の強度設計に関する基準、規格等としては、「建築基準法・同施行令」、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、1999改定）」、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005制定）」等があり、これらの基準・規格を適用するものとする。

4.2 機器・配管系

機器・配管系の構造強度及び設計においてはJSME S NC1－2005/2007等を適用する。

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

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

5. 品質管理上の配慮

建物・構築物及び機器・配管系のダクティリティを維持するためには前項で示したように構造計画上の配慮、材料の選択及び耐力・強度等に対する制限に留意するとともに、資料14「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」に基づき品質管理を十分に行う。

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

5.1 建物・構築物

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

(1) 材料管理

セメント、水、骨材及び鉄筋が規定の仕様を満たしていることを確認する。

(2) 配筋管理

配筋が設計図書及び仕様書どおりであることを確認する。

(3) コンクリートの調合管理

規定どおりに調合されていることを確認する。

(4) コンクリートの打込み、養生管理

規定及び仕様書どおりに打込み、養生が行われていることを確認する。

(5) コンクリートの強度管理

規定等に従って試験により、設計した強度等が得られていることを確認する。

5.2 機器・配管系

機器・配管系に対する品質管理は、JSME S NC1-2005/2007等に準拠するが、ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

(1) 材料管理

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

(2) 強度管理

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

(3) 製作・据付管理

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

(4) 保守・点検

据付け後も供用期間中検査等必要な管理を行う。

機器・配管の耐震支持方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-11

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 11 - 1
2. 配管の支持構造物	9 (1) - 11 - 1
2.1 基本原則	9 (1) - 11 - 1
2.2 支持構造物の設計	9 (1) - 11 - 2
3. その他特に考慮すべき事項	9 (1) - 11 - 20

1. 概 要

機器・配管の耐震設計を行う場合、基本設計条件（耐震重要度、設計温度・圧力、動的・静的機器等）、プラントサイト固有の環境条件（地震、風、雪、気温等）、形状、設置場所等を考慮して各々に適した支持条件（拘束方向、支持反力、相対変位等）を決め、支持構造物を選定する必要がある。また、現地施工性や機器等の運転操作・保守点検の際に支障とならないこと等についても配慮し設計する。

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

2. 配管の支持構造物

支持装置、支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の基本原則、設計方針及び機能による種別の選定方法を示す。

2.1 基本原則

配管（弁、ケーブルトレイ類含む）及びダクトの耐震支持方針は下記によるものとする。

また、ケーブルトレイ類については、下記のうち低温の配管に関する支持方針に準じる。

- (1) 支持構造物は、剛な床、壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め建屋との共振を防止する。
- (3) 架台はり及び内部鉄骨から支持する場合は、支持部剛性と支持構造物の剛性を連成して設計する。
- (4) 支持構造物は、拘束方向の支持点荷重に対して十分な強度があり、かつ剛性を有するものを選定する。
- (5) 機器管台に接続される配管については、機器管台の許容荷重を超えないように支持構造物の設計を行う。
- (6) 高温となる配管については、熱応力計算による熱膨張変位を過度に拘束しない設計とする。
- (7) 熱膨張変位を過度に拘束しないために、配管系の剛性を十分に確保できない場合は、配管系の振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (8) 建屋間相対変位を考慮する場所については、その変位に対して十分耐

える設計とする。

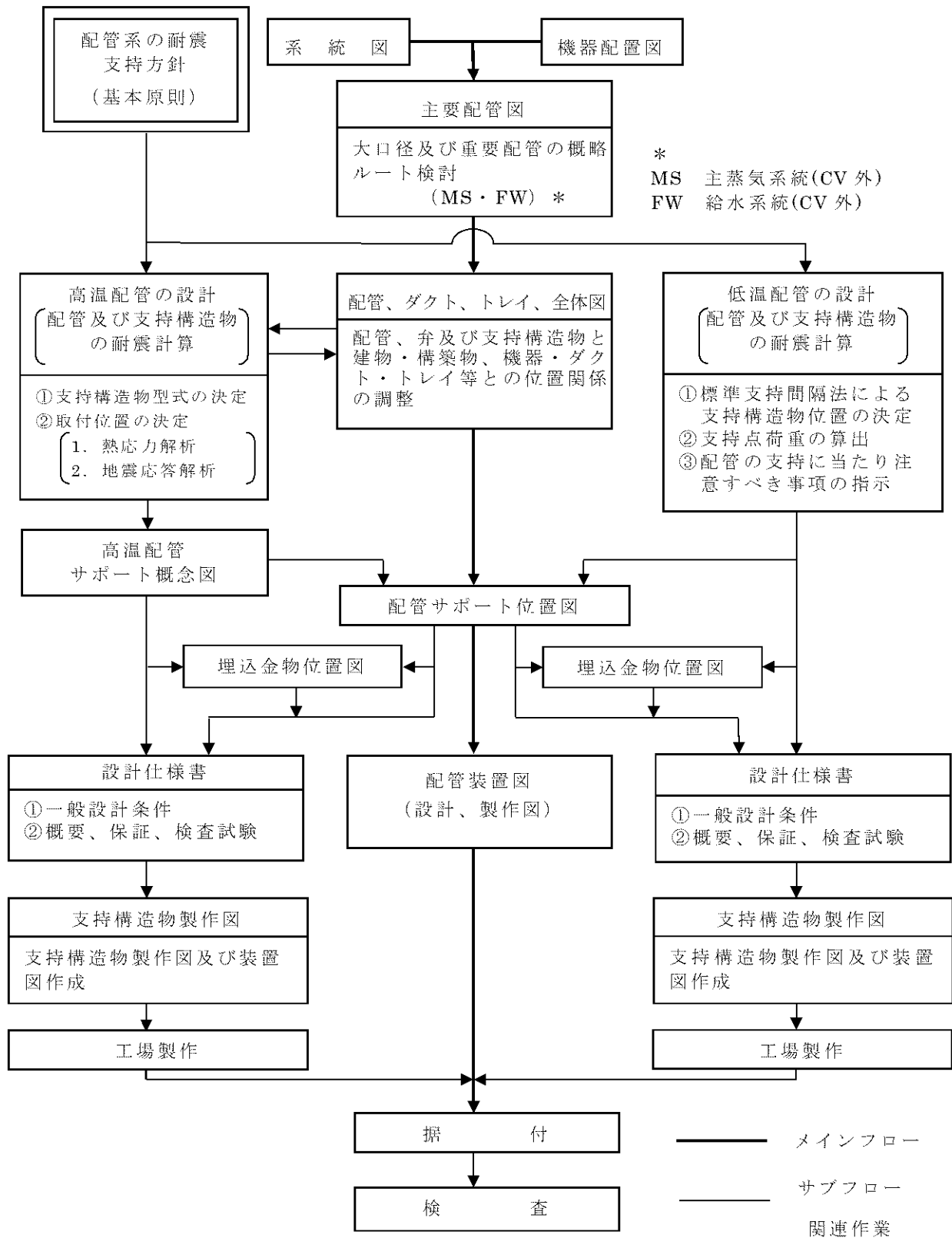
- (9) 水撃現象が生じる可能性のある場所については、その荷重に十分耐える設計とする。

2.2 支持構造物の設計

2.2.1 設計手順

配管の配置、構造計画に際しては、建物・構築物、接続機器との関連、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等についての配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。設計手順を第2-1図に示す。

支持構造物の設計は、建屋基本計画及び配管の基本設計条件等から配置設計を行い、熱応力計算（自重、機械的荷重、事故時荷重による強度計算を含む）、耐震解析、機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し、詳細設計を行う。このとき、高温となる配管については、熱応力計算による熱膨張変位を過度に拘束しない設計とするよう配慮する。支持装置は、標準化された製品の中から、配管から受ける荷重に対し十分な強度があるものを選定する。支持架構は支持装置と埋込金物の間に設置し、配管から伝達される荷重に対し十分な剛性及び強度があるものを選定する。埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を考慮して選定する。



第 2-1 図 配管支持構造物設計フロー

2.2.2 支持装置、支持架構及び埋込金物の設計

(1) 支持装置の設計

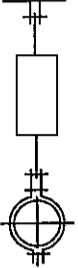
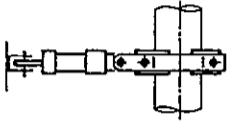
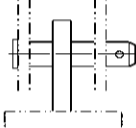
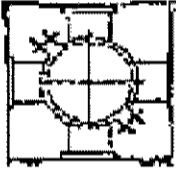
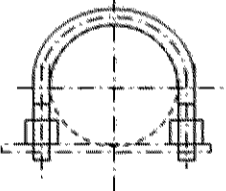
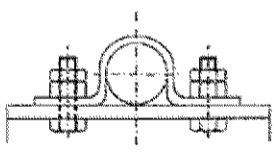
a. 設計方針

支持装置にはスプリングハンガ、ロッドレストレイント、ピン、サドル、Uボルト、Uバンド、オイルスナバ、メカニカルスナバ、ラグ及び配管固定用クランプがあり、物量が多いことから標準化が図られている。標準化された製品の中から使用条件に適合するものを選定する。これらの支持装置は、定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な強度があり、かつ多くの使用実績を有している。支持装置の機能と用途について、第2-1表「支持装置の機能と用途」に示す。

b. 荷重条件


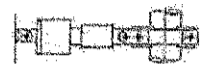
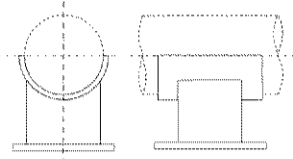
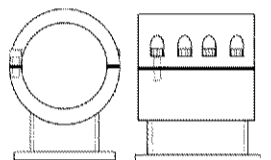
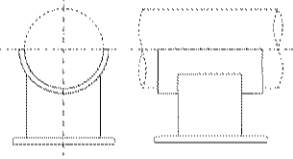
支持装置の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料9-9「機能維持の基本方針」に従う。

第2-1表(1/2) 支持装置の機能と用途

種類	支持装置名称	概念図	機能	用途
スプリングハンガ	スプリングハンガ		配管の熱膨張による鉛直変位がある箇所において、その変位を吸収し、かつ配管の自重を支持する目的で使用する。なお、スプリングハンガは、耐震支持機能を有しない。	運転温度が高い配管で、かつ立上がり部又は近傍で、鉛直方向支持点変位が大きい部位に使用する。 また、許容荷重が小さい機器管台部の自重支持を目的として使用する。
リジットサポート	ロッドレストレイント	 (注)	リジットサポート(ロッドレストレイント、ピン及びサドル)は、取付け方向の配管変位を拘束し、同方向の自重、熱膨張、地震荷重又は機械的荷重を支持する目的で使用する。取付け方向以外の変位及び回転を拘束しない。	支持点から床、壁面等までの距離が有る場合は、架構規模を小さくすることが可能となるロッドレストレイントを使用する。 床、壁面等までの距離が近接している場合は、ピン又はサドルを使用する。
	ピン			
	サドル			
	Uボルト		Uボルトは、U形状のボルトで配管を固定するもので、配管軸直2方向を拘束するが、配管軸方向の変位及び回転を拘束しない。	Uボルトは、配管軸直2方向を拘束するサポートに使用する。
	Uバンド		Uバンドは、鋼板で配管を固定するもので、小口径用で、配管軸直2方向及び軸方向を拘束するが、回転を拘束しない。なお、モーメントを拘束するUバンドは、回転も拘束する。	Uバンドは、小口径配管に使用する。

(注) 配管軸方向を拘束する場合はラグ又は配管固定用クランプを組み合わせて使用する。

第2-1表(2/2) 支持装置の機能と用途

種類	支持装置名称	概念図	機能	用途
スナバ	オイルスナバ	(注) 	スナバは、熱膨張のような緩慢な動きは拘束せずに、地震力又は機械的荷重の急激な変動荷重が加わった時に取付け方向の配管変位を拘束するが、回転を拘束しない。	地震荷重又は機械的荷重による発生応力の低減を目的として使用する。
	メカニカルスナバ	(注) 		
アンカ	ラグ		アンカは、配管の軸力及び回転を拘束する。	長い直管部の固定用サポートとして使用される他、配管解析範囲の境界サポートとして使用する。
	配管固定用 クランプ			
ガイド	ラグ		ガイドは、一定の方向に熱膨張変位を許容し、その他の軸直方向及び回転を拘束する。	一定の方向の熱膨張を拘束することが厳しい場合の固定用サポートとして使用する。

(注) 配管軸方向を拘束する場合はラグ又は配管固定用クランプを組み合わせる。

c. 種類及び選定

支持装置の機能別選定要領を、第 2-2 図「支持装置の機能別選定フロー」に示す。

(a) スプリングハンガ

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

(b) リジットサポート（ロッドレストレイント、ピン、サドル、U ボルト及び U バンド）

支持点から床、壁面等までの距離が有る場合はロッドレストレイントを、支持点から床、壁面等までの距離が近接している場合は、ピン又はサドルを使用する。

ロッドレストレイントは、配管軸直方向又は配管にラグ若しくは配管固定用クランプを設置して配管軸方向の拘束に使用するもので、支持点荷重に基づき、必要なストロークを有し、定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のものを選定する。ピン又はサドルは、支持点荷重を基に選定する。

U ボルトは、配管軸直 2 方向を拘束する機能を有し、支持点荷重を基にその仕様（材質、形状及び寸法）を配管口径ごとに決めていることから、配管口径に応じた U ボルトを選定する。

U バンドは、配管軸直 2 方向に加えて配管軸方向も拘束する機能を有し、支持点荷重を基にその仕様（材質、形状及び寸法）を配管口径ごとに決めていることから、配管口径に応じた U バンドを選定する。

(c) スナバ（オイルスナバ及びメカニカルスナバ）

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

配管軸方向を拘束する場合はラグ又は配管固定用クランプを

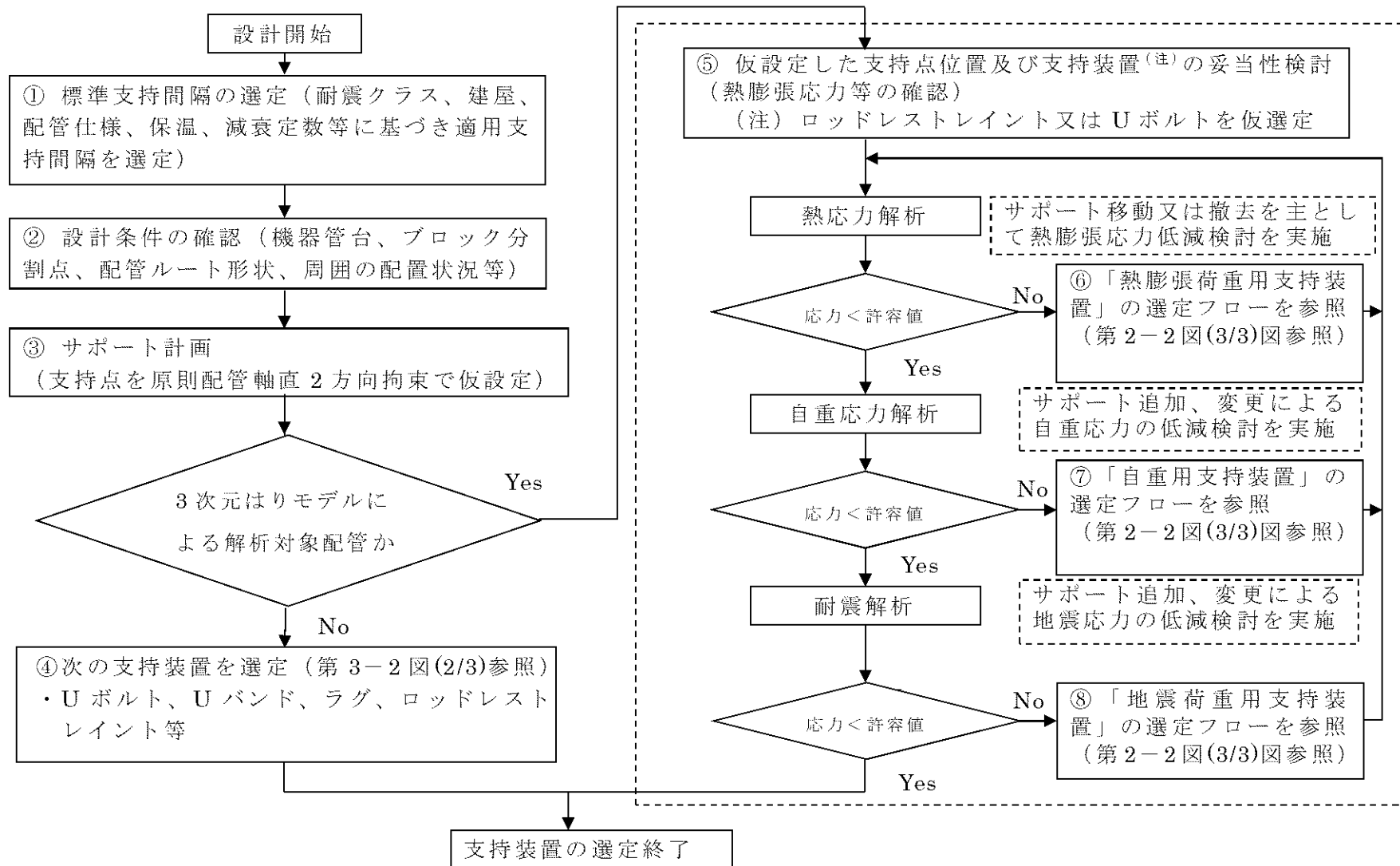
設置する。

(d) アンカ（ラグ又は配管固定用クランプ）

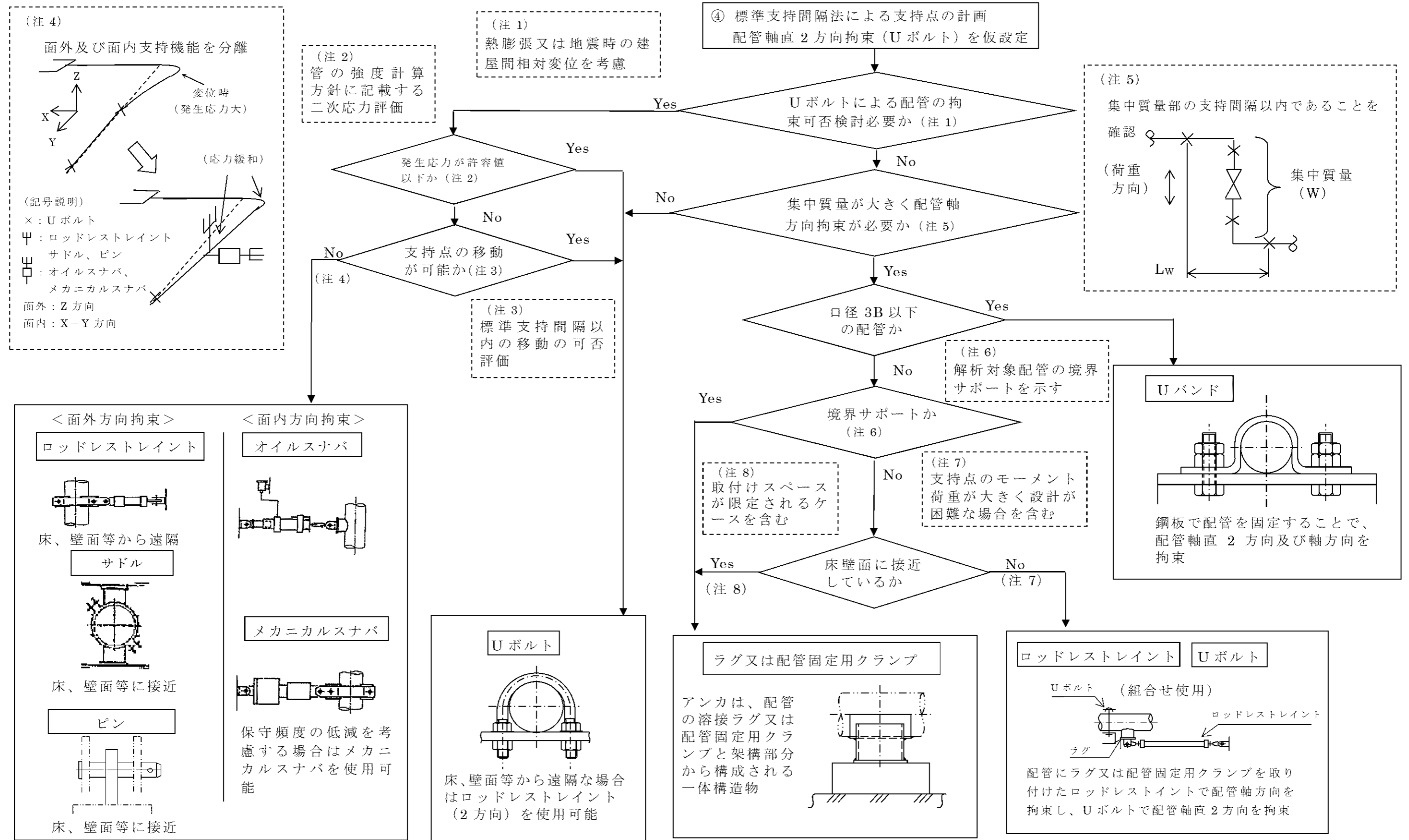
アンカは、支持点荷重及び配管口径を基に選定する。

(e) ガイド（ラグ）

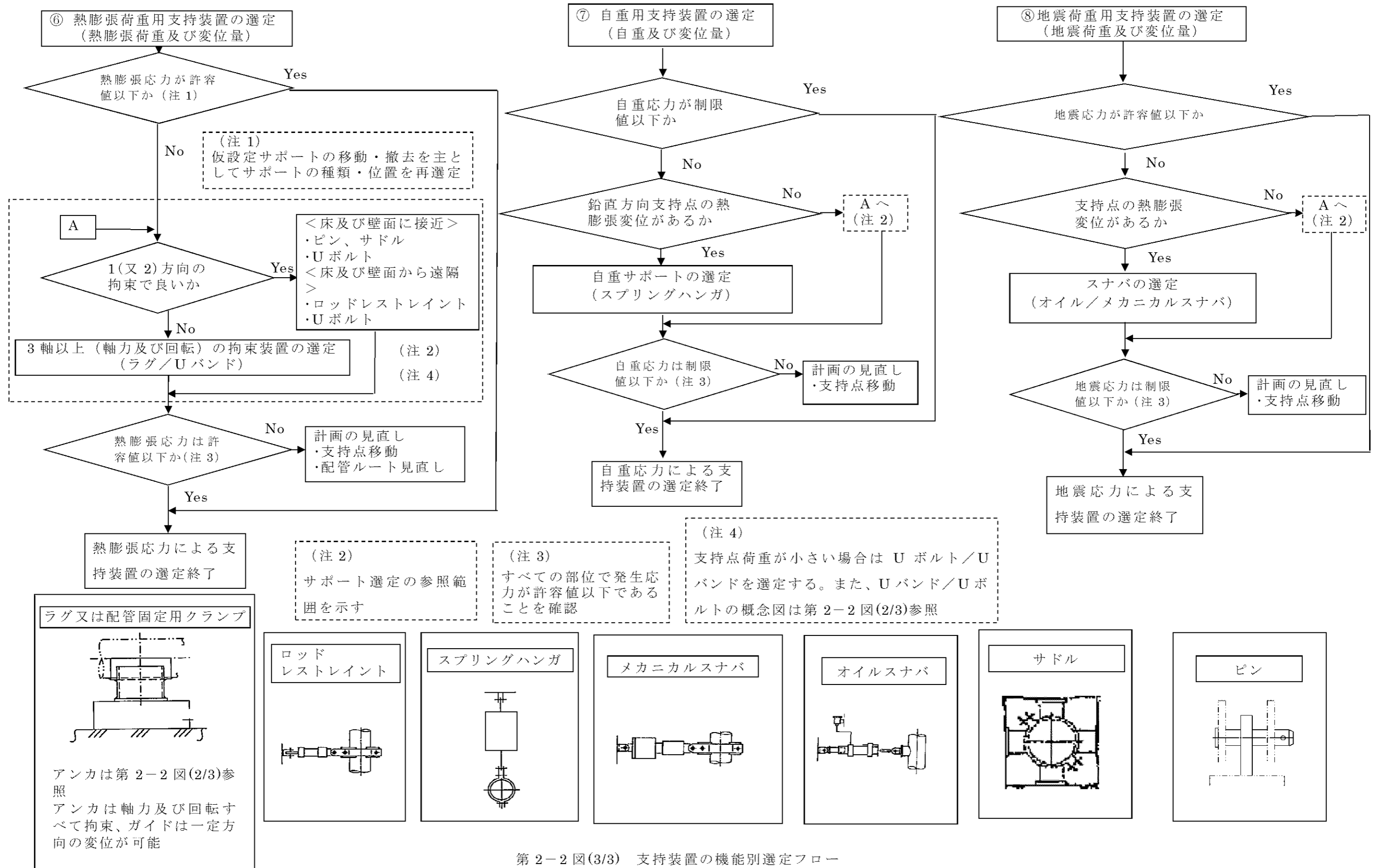
ガイドは、一定の方向だけ熱膨張変位を許容するもので、支持点荷重及び配管口径を基に選定する。



第 2-2 図(1/3) 支持装置の機能別選定フロー



第 2-2 図 (2/3) 支持装置の機能別選定フロー



第2-2図(3/3) 支持装置の機能別選定フロー

(2) 支持架構の設計

a. 設計方針

配管及び弁の支持架構（ビーム（配管の軸直方向を直接拘束する機能を有する鋼材）としての支持装置を含む）は、非常に物量が多いことから、第 2-3 図「支持架構の基本形状例」に示す基本形状ごとに、以下の要領で鋼材選定の標準化を図って設計に適用する。

- (a) 支持架構には、形鋼を用いるものとし、断面二次モーメント及び断面係数を算出したうえで、個々の条件に適合する形鋼の種類及びサイズを選定する。
- (b) 支持架構の鋼材選定は、支持構造物振動数（振動数で鋼材選定することを、以下「振動数基準」という。）と鋼材応力（応力で鋼材選定することを、以下「応力基準」という。）に基づいて行う。また、「熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量及びその許容差」（JIS G 3192-2008）に記載されている形鋼、「一般構造用角形鋼管」（JIS G 3466-1988）に記載されている角形鋼管並びに鋼管を組み合わせて用いるものとする。
- (c) 振動数基準で鋼材選定に用いる荷重は、各支持点の配管の質量とする。

b. 荷重条件

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

c. 種類及び選定

支持架構の選定要領を、第 2-4 図「支持架構の選定フロー」に示す。

(a) 支持条件の設定

配管の支持点と床、壁面等からの距離並びに周囲の設備配置状況から、第 2-3 図「支持架構の基本形状例」に示す支持架構の基本形状の中から適用タイプを選定する。

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

を適用する。

(b) 振動数基準による鋼材選定

支持架構寸法と配管の質量から振動数基準により鋼材を選定する。

(c) 応力基準による鋼材選定

地震時の支持点荷重により鋼材を選定する。

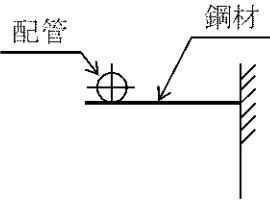
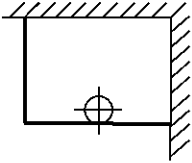
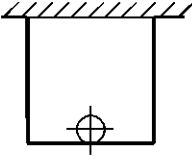
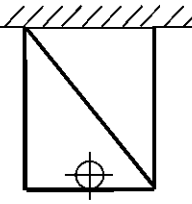
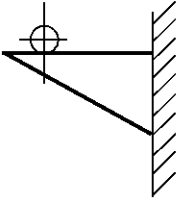
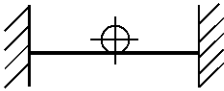
(d) 鋼材比較による使用鋼材の決定

振動数基準により選定した鋼材と応力基準により選定した鋼材とを比較し、より大きな断面係数及び断面二次モーメントを有する鋼材を、当該支持架構用として決定する。

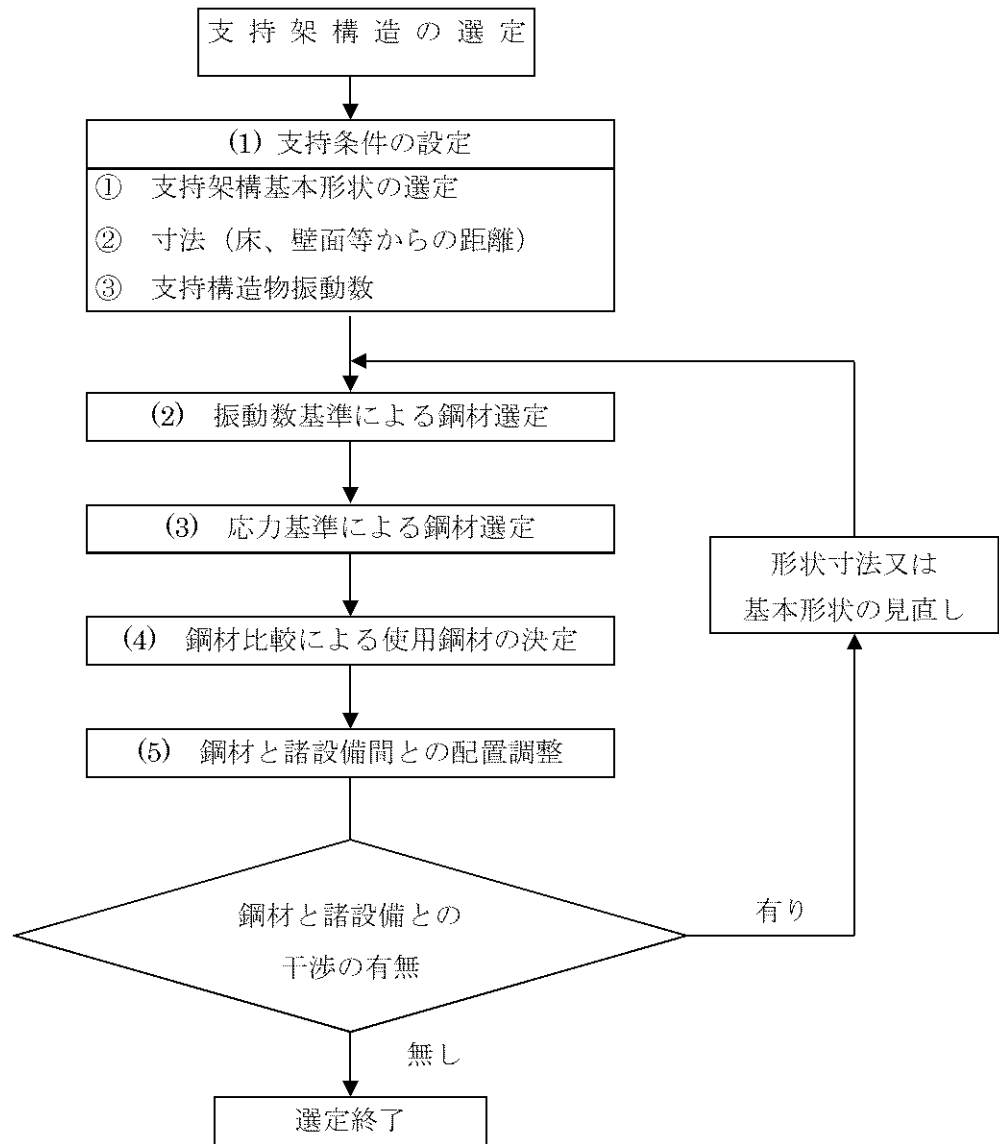
(e) 鋼材と諸設備間との配置調整

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

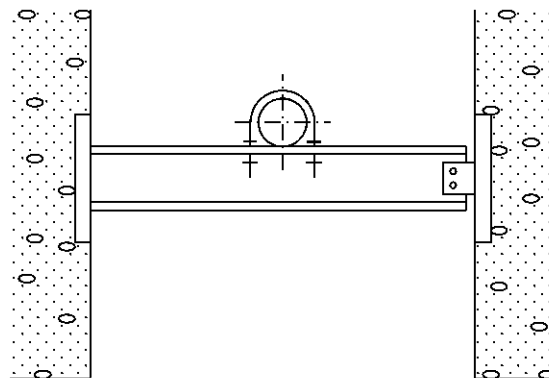
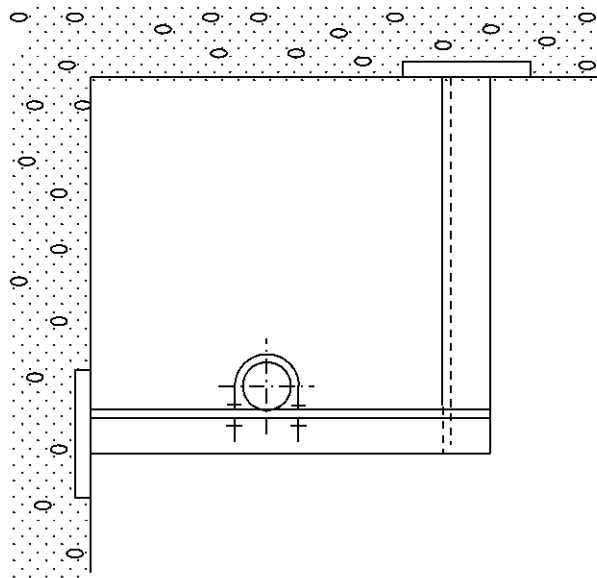
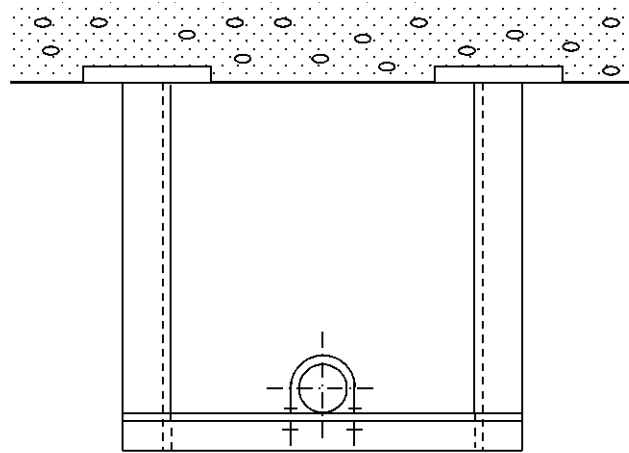
配管の支持架構の例を、第 2-5 図「支持架構の例」に示す。

タイプ-1	タイプ-2
	
タイプ-3	タイプ-4
	
タイプ-5	タイプ-6
	

第 2-3 図 支持架構の基本形状例



第 2-4 図 支持架構造の選定フロー



第 2-5 図 支持架構の例

(3) 埋込金物の設計

a. 設計方針

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

b. 荷重条件

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

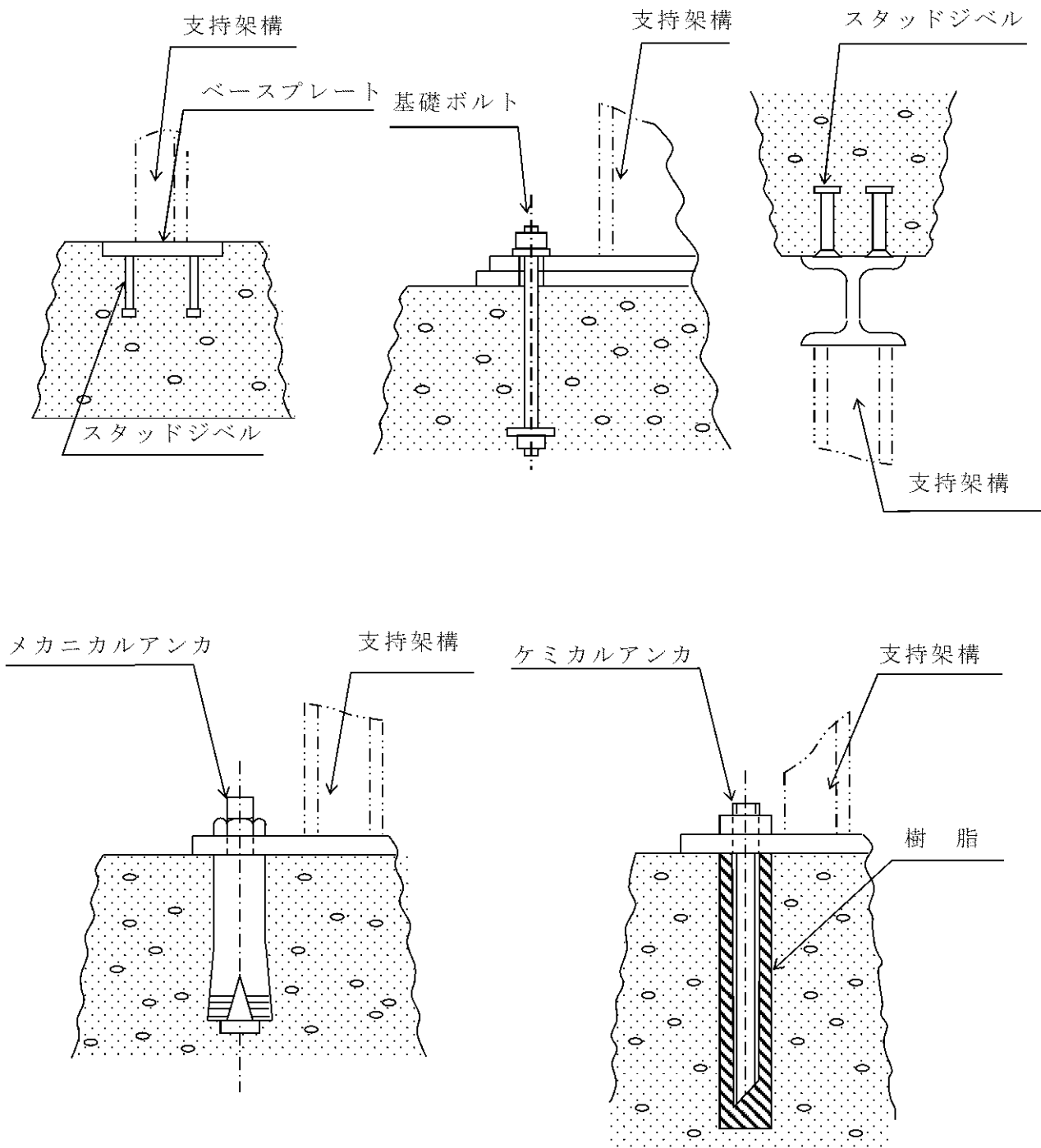
c. 種類及び選定

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

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

コンクリート打設前に設置する埋込金物は、鋼板（以下「ベースプレート」という。）にスタッドジベルを溶接した埋込板、基礎ボルト及びH形鋼にスタッドジベルを溶接したもので、用途及び荷重により数種類の型式に分類される。コンクリート打設後に支持装置及び支持架構の取付けが必要な場合は、メカニカルアンカ又はケミカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件下で使用する。また、メカニカルアンカは振動が大きい箇所には使用しない。後打ちアンカの設計は、「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会、2010年改定）に基づき設計を行い、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。

埋込金物の形状の代表例を、第2-6図「埋込金物の例」に示す。各種埋込金物の中から、地震時に生じる荷重に対して十分な耐震性を有するものを選定する。



第 2-6 図 埋込金物の例

(4) 基礎の設計

a. 設計方針

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

b. 荷重条件

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

3. その他特に考慮すべき事項

平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3-11「機器・配管の耐震支持方針」のうち、「5. その他特に考慮すべき事項」によるものとする。

配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の
耐震計算について

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-12

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 12 - 1
2. 基本原則	9 (1) - 12 - 2
2.1 解析方法の基本原則	9 (1) - 12 - 2
2.2 耐震計算の基本原則	9 (1) - 12 - 4
2.3 設計の原則及び手順	9 (1) - 12 - 4
3. 3次元はりモデルにより解析を行う配管 の耐震計算について	9 (1) - 12 - 5
3.1 概 要	9 (1) - 12 - 5
3.2 解析方法	9 (1) - 12 - 5
3.3 3次元はりモデル解析における考慮事項	9 (1) - 12 - 8
4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について	9 (1) - 12 - 9
4.1 概 要	9 (1) - 12 - 9
4.2 標準支持間隔の設定	9 (1) - 12 - 9
4.3 直管部の支持間隔	9 (1) - 12 - 10
4.4 支持点の設定方法	9 (1) - 12 - 15
4.5 曲がり部の支持間隔	9 (1) - 12 - 16
4.6 集中質量部の支持間隔	9 (1) - 12 - 19
4.7 分岐部の支持間隔	9 (1) - 12 - 21
4.8 支持点の設定方法及び手順	9 (1) - 12 - 23
4.9 支持点を設定する上での考慮事項	9 (1) - 12 - 28
4.10 設計上の処置方法	9 (1) - 12 - 35
4.11 標準支持間隔	9 (1) - 12 - 36
5. 支持構造物の耐震計算について	9 (1) - 12 - 39
5.1 概 要	9 (1) - 12 - 39
5.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法	9 (1) - 12 - 42
5.3 支持装置の選定	9 (1) - 12 - 137
5.4 支持架構の選定	9 (1) - 12 - 157
5.5 埋込板の耐震計算方法	9 (1) - 12 - 159
5.6 埋込板の選定	9 (1) - 12 - 167
5.7 支持構造物の耐震性確認	9 (1) - 12 - 168

1. 概 要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、配管及びこれに接続される弁並びにこれらの支持構造物の耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

配管の耐震設計を行う場合には、その配管の種別（耐震クラス、口径、温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、資料 9-9「機能維持の基本方針」に基づく設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように耐震性を確保していることを確認する。

配管に接続される弁については、配管より厚肉構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。したがって、弁の耐震計算は、弁質量を付加した配管の耐震計算により包絡される。

配管及びこれに接続される弁の支持構造物については、資料 9-11「機器・配管の耐震支持方針」に示す支持構造物の機能で分類した種類の中から使用する条件を満足するように標準化されたものを選定し、耐震性が確保できることを確認する。

なお、耐震計算に用いる寸法は、公称値とする。

本資料の適用範囲は、緊急時対策棟（休憩所）及び緊急時対策棟（連絡通路）における以下の配管、弁及び支持構造物である。

- ・重大事故等クラス 2 配管（配管として設計するもの）
- ・上記の配管に接続される弁
- ・上記の配管及び弁の支持構造物

なお、緊急時対策棟（指揮所）の換気設備配管及び支持構造物については、令和元年 6 月 3 日付け原規規発第 1906035 号にて認可された工事計画の添付資料 11-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」によるものとする。

2. 基本原則

本章では、配管の分類とそれに応じた解析方法の基本原則を示すとともに、配管、弁及びこれらの支持構造物の耐震計算の基本原則並びに設計の原則及び手順を示す。

2.1 解析方法の基本原則

配管の耐震設計に関しては、その配管の種別（耐震クラス、口径、温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、各々に適した解析方法により耐震計算を行う。

解析方法の基本原則を第 2-1 表「配管の条件と解析方法の基本原則」に示す。

第 2-1 表 配管の条件と解析方法の基本原則 ^(注1)

耐震クラス	配管の条件 ^(注2)	3次元はりモデルによる地震応答解析	熱応力解析	簡易モデルによる地震応答解析(標準支持間隔法)
* 常設重大事故 緩和設備	最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	○	○ ^(注3)	—
	上記以外の配管	△	△ ^(注3)	○

(注 1) ○印：適用する解析方法。

△印：地震又は熱膨張による変位が大きく標準支持間隔法によることが適切でない場合、解析を行う。

(注 2) 配管の条件における対象設備の具体例を第 2-2 表「配管条件における対象設備の例」に示す。また、応答解析に用いる減衰定数は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に示した値を用いる。

(注 3) 重大事故等事象が繰り返し発生することはなく、疲労解析は不要であることから、熱応力解析（一次＋二次応力の計算）は行わない。

(注 4) *印：重大事故等時の区分を示す。

第2-2表 配管条件における対象設備の例

配管の条件	対象設備	対象配管
最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	—	—
上記以外の配管 ^(注)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 換気設備 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 換気設備配管

(注) 標準支持間隔法を適用する。

2.2 耐震計算の基本原則

- (1) 配管及び支持構造物の耐震計算は JEAG4601 等に基づき、耐震設計を実施する。

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

- (2) JEAG4601 等に従い、許容応力を JSME S NC1 付録材料図表を用いて計算する際は、配管の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、最高使用温度が JSME S NC1 付録材料図表に記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて補間する。なお、運転状態における使用温度を用いる場合もある。

2.3 設計の原則及び手順

- (1) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、設計基準対象施設の耐震重要度分類の S クラスの施設に適用される地震力に耐え、かつ同時に熱膨張荷重により配管に生ずる応力が過大とならないように応力低減を図るものとする。

- (2) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、剛に設計することとし、地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重に対して十分な強度を有するものとする。

3. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の耐震計算について

3.1 概要

温度の高い配管は、熱膨張による変位を配管形状及び支持方法により吸収し、配管に生ずる応力を抑えるよう柔に設計する必要がある。一方で、地震時に配管を拘束し、地震荷重により配管に生ずる応力を抑えるよう剛に設計する必要がある。これら相反する強度及び耐震上の要求を満たす必要のある配管については、3次元はりモデルによる耐震計算を行う。

本章では、3次元はりモデルにより配管の耐震計算を行う場合の方針としての解析方法を示すとともに、強度及び耐震上の要求を満たすための配管の設計方法として支持方法及び設計上の考慮事項について示す。

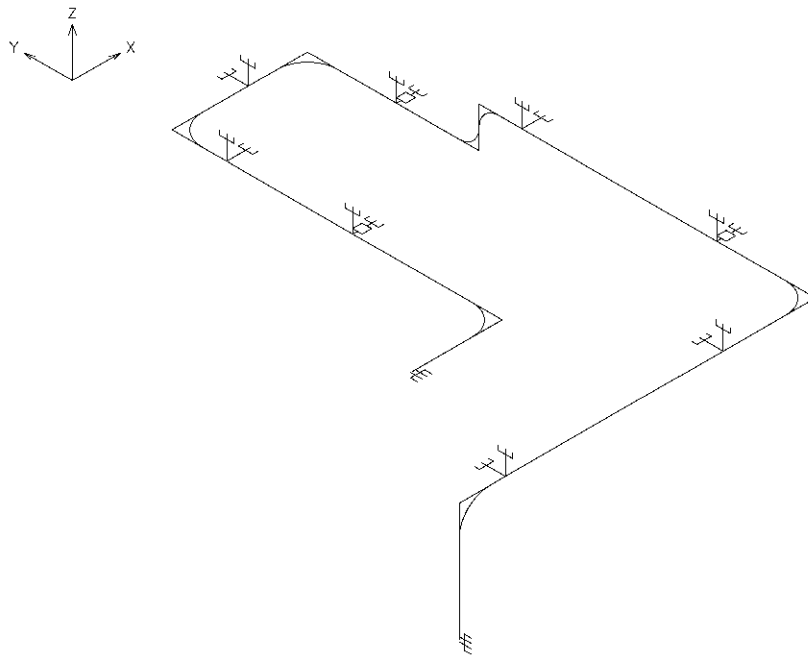
3.2 解析方法

3.2.1 解析方法

配管の3次元はりモデルは、原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして配管系を梁、質点系にモデル化し、地震荷重、自重、熱膨張荷重及び機械的荷重により配管に生ずる応力が許容応力以下となるように配管形状及び支持方法を定める。但し、熱膨張荷重により配管に生ずる応力の評価上、境界となる弁又は近傍の配管を支持した点を固定点とできない場合は、境界以降第1番目の固定点又は固定点と見なされる箇所までを解析範囲とする。サポート剛性は十分剛な値を入力する。但し、詳細な評価を行う場合は、分布質量とし、必要に応じサポート剛性を考慮する。

地震応答解析では、当該配管設置床面の床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析を行い、解析コードは「MSAP（配管）」を用いる。この場合、荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとし、水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法による。但し、水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。また、配管の熱膨張、支持点の相対変位に対しては、各配管系をモデル化し、配管に生ずる応力、支持構造物点の反力等を求める。

3次元はりモデルの例を第3-1図「3次元はりモデルの例」に示す。



第3-1図 3次元はりモデルの例

3.2.2 解析条件

(1) 設計用地震力

配管については資料 9-9「機能維持の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。

使用する設計用床応答曲線は資料 9-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用い、原則として安全側に谷埋め（ある周期の応答加速度に対し、その周期より柔側において応答加速度が小さい場合、即ち「谷」がある場合、剛側の応答加速度にし「谷」を埋める。（以下「谷埋め」という。)) 及びピーク保持（応答加速度が最大となる周期より柔側においても最大の応答加速度を保持する。（以下「ピーク保持」という。)) を行う。

(2) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物の床面の設計用床応答曲線を使用する。

(3) 質量

配管及び保温材等の質量は、集中質量として支持点及び分岐点等の質点分割点間の中央に設けるが、近傍に弁等の集中質量がある場合は集中質量に含める。また、支持点間距離が短い場合も近傍の質点にまとめる。配管の質量は、配管自体の質量と内部流体(気体又は液体)の質量を合計した値とする。

弁及びその他の配管付属設備についても集中質量とする。

(4) 配管応力

配管に生ずる応力は、JEAG 4601等の計算式に基づき地震荷重により配管に生ずる応力の他に内圧及び自重により配管に生ずる応力を求め、資料9-9「機能維持の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

3.3 3次元はりモデル解析における考慮事項

配管、弁及びこれらの支持構造物を3次元はりモデルにより解析する場合は、次を考慮する。

3.3.1 弁

配管に弁が設置される場合は、弁の近傍で自重及び地震荷重により配管に生ずる応力の低減又は剛性を高める目的で支持点を設ける。電動弁、空気作動弁、逆止弁及び安全弁等で動的機能維持が要求される弁に対しては、地震時に「弁の機能確認済加速度」を超えないよう考慮する。また、弁駆動部の偏心荷重により過大な応力が配管に生じないように考慮する。

なお、弁は、配管より厚肉構造であるため、発生応力は配管より小さくなる。一方、配管の応力解析では弁も配管と同一仕様とした上で、弁質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁の評価は、配管の評価で包絡される。

3.3.2 機器・配管との接続部

配管と機器又は配管と他の配管との接続部において、地震及び熱膨張による接続部の変位が無視できない場合は、これらの変位を考慮する。

3.3.3 支持構造物据付部の剛性

3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、十分剛な床、壁面等に据え付けるが、架台はり及び内部鉄骨から支持する場合は、支持部剛性と支持構造物の剛性を連成して設計する。

3.3.4 建物・構築物間での地震相対変位

建物・構築物間に渡って設置される配管については、地震時の建物・構築物間の相対変位を考慮する。

4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について

4.1 概要

標準支持間隔法による配管の耐震計算は、配管を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。標準支持間隔法の適用範囲は第2-1表「配管の条件と解析方法の基本原則」に基づくこととし、常設重大事故緩和設備の条件を考慮して、支持間隔の算定を行う。

また、本章では、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部及び分岐部の支持間隔を基に配管に支持点を設定する場合の例を示す。その他、標準支持間隔法により配管を設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

4.2 標準支持間隔の設定

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

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

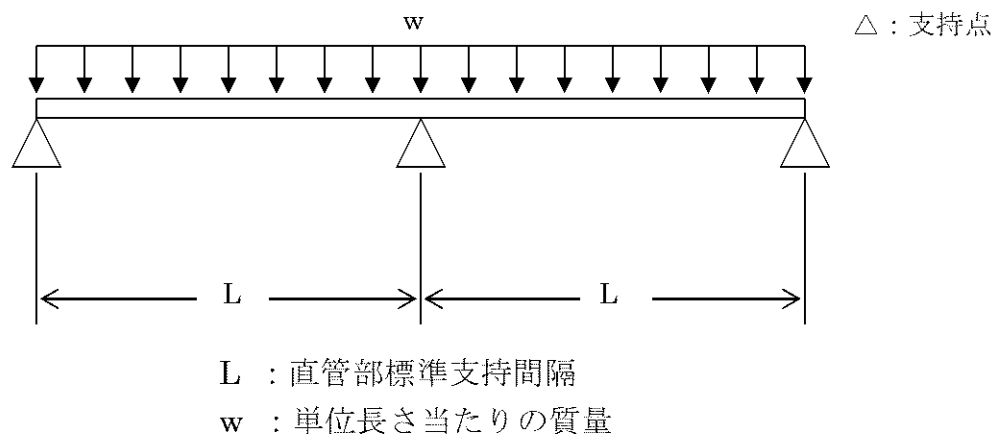
配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。なお、3次元はりモデル解析では、これらの部位に対しては応力係数を考慮しているが、標準支持間隔法では支持間隔比を考慮することにより、3次元はりモデルより保守的な評価となるようにしている。

4.3 直管部の支持間隔

以下の解析モデル、解析方法及び解析条件に基づいて直管部の支持間隔を定める。

4.3.1 解析モデル

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



4.3.2 解析方法

配管について、設計用地震力による応力を算定するとともに、内圧及び自重の影響を考慮して、解析コード「SPAN2000」を用いて直管部の標準支持間隔を求める。

4.3.3 解析条件

(1) 設計用地震力

配管については資料 9-9「機能維持の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。

設計用床応答曲線は資料 9-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用いる。使用する基準地震動 S_s の設計用床応答曲線は、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととし、水平方向については S_s-1 及び S_s-2 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用い、鉛直方向については S_s-1 と S_s-2 の包絡曲線を用いる。

(2) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物毎に、各周期において応答加速度に大きな差のない床応答曲線をすべて包絡して直管部標準支持間隔を求めるものとする。床区分を、第 4-1 表「設計用床応答曲線区分」に示す。

(3) 配管質量

配管の質量は、配管自体の質量と内部流体の質量を合計した値とする。更に、保温材を施工する配管の質量は保温材の質量も加えた値とする。

直管部標準支持間隔を算出する配管の単位長さ当たりの質量を、第 4-2-1 表及び第 4-2-2 表「配管仕様」に示す。

(4) 配管応力





配管に生ずる応力は、JEAG 4601 等の計算式に基づき地震荷重により配管に生ずる応力の他に内圧及び自重により配管に生ずる応力を求め、資料 9-9「機能維持の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

(5) 固有振動数

支持構造物を含めた配管系の固有振動数は、建屋応答スペクトルのピークの振動数領域を短周期側に避けることを原則とする。具体的には、建物・構築物ごとに、配管が設置される全階層の水平方向及び鉛直方向の設計用床応答曲線のうち最も大きなピークの振動数領域を避けるように制限振動数を設定し、配管系の固有振動数が制限振動数以上となるように設計する。また、配管系の固有振動数は、支持構造物を含めて固有振動数を算出する。

配管系の制限振動数を第 4-1 表「設計用床応答曲線区分」に示す。また、支持構造物の固有振動数は、同表に示す「支持構造物の固有振動数」以上となるように設計する。

第 4-1 表 設計用床応答曲線区分

建 屋	床応答曲線高さ EL.(m)	制限振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
緊急時対策棟 (休憩所)	24.6~29.8		
緊急時対策棟 (連絡通路)	24.6~28.3		

第4-2-1表 配管仕様
ステンレス鋼

番 号	配管仕様 口径 SCH 又は板厚	単位長さ当たりの質量(kg/m)		内 圧 (MPa)
		保温材無	保温材有	
1	2B SCH20S	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

第4-2-2表 配管仕様
炭素鋼

番 号	配管仕様 口径 SCH 又は板厚		単位長さ当たりの質量(kg/m)		内 圧 (MPa)
			保温材無	保温材有	
1	12B	SCH40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4.4 支持点の設定方法

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

4.4.1 直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔

直管部標準支持間隔は、配管仕様（材質、口径、板厚、保温材の有無、単位長さ当たりの質量）、建屋、床区分及び減衰定数別に算出していることから、設計する配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数に応じて選定する。直管部については、この直管部標準支持間隔以内で支持し、また、曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各々の支持間隔比に直管部標準支持間隔を乗じた支持間隔以内で支持する。

4.4.2 各要素の評価方向

配管の各要素（直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部）は、これらの形状が持つ特性から、同程度の荷重が負荷されても方向により各要素の応力又は固有振動数への影響が異なるため、最も影響が大きい方向を評価（荷重）方向と特定して、支持間隔を定めている。支持点の設定に当たっては、次に示す各要素の評価方向が拘束されるようにする。

- (1) 直管部及び集中質量部の支持間隔は、配管軸直 2 方向
- (2) 曲がり部の支持間隔は、曲がり部をはさむ両辺で作る面の面外方向
- (3) 分岐部の支持間隔は、母管と分岐管が作る面の面外方向

なお、配管軸方向の評価は、配管軸方向の配管質量を集中質量とみなし、それに直交する配管上の支持点で評価することとして、集中質量部の支持間隔を用いる。

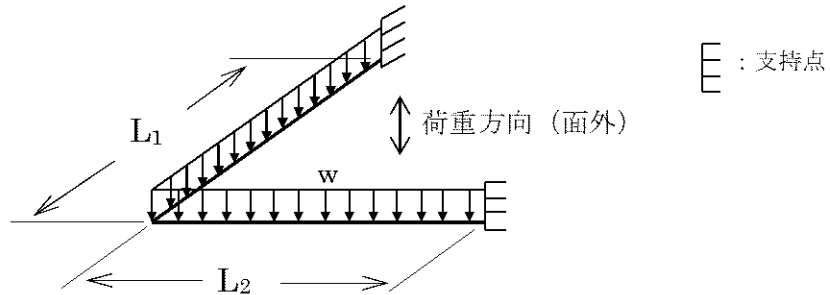
以上を考慮するとともに、各要素の方向（配管軸直と軸方向の 3 方向）ごとに拘束されていない方向がないようにする。

4.5 曲がり部の支持間隔

直管部標準支持間隔及び本項で定める曲がり部支持間隔グラフを用いて、曲がり部の支持間隔を定める。

4.5.1 曲がり部支持間隔グラフ作成のための解析モデル

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



L_1, L_2 : 曲がり部から支持点までの長さ

L_E : 曲がり部支持間隔($L_E = L_1 + L_2$)

w : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

4.5.2 解析条件及び解析方法

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

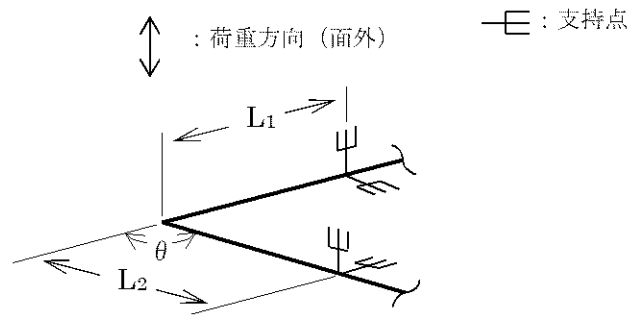
$\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$ を求める。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_1, L_E は「4.5.1 曲がり部支持間隔グラフ作成のための解析モデル」、 L_E' は「4.5.3 解析結果及び支持方針」参照。

- ⑤ 標準支持間隔法で算出される応力値を超えないような応力係数を定め、その値以内となるように設計上の配慮を行う。

4.5.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第 4-1 図「曲がり部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、曲がり部をはさむ支持構造物間距離を直管部標準支持間隔に対する比として示すものであり、次に示すとおり、第 4-1 図の許容領域内に配管を支持するものとする。



$$L_1 + L_2 \leq L_E'$$

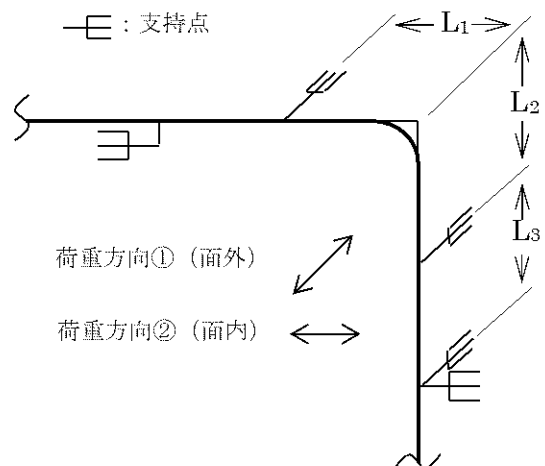
L_E' は、 L_0 （直管部標準支持間隔）に、第 4-1 図「曲がり部支持間隔グラフ」より求まる $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値 $\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$ を乗じた長さ。

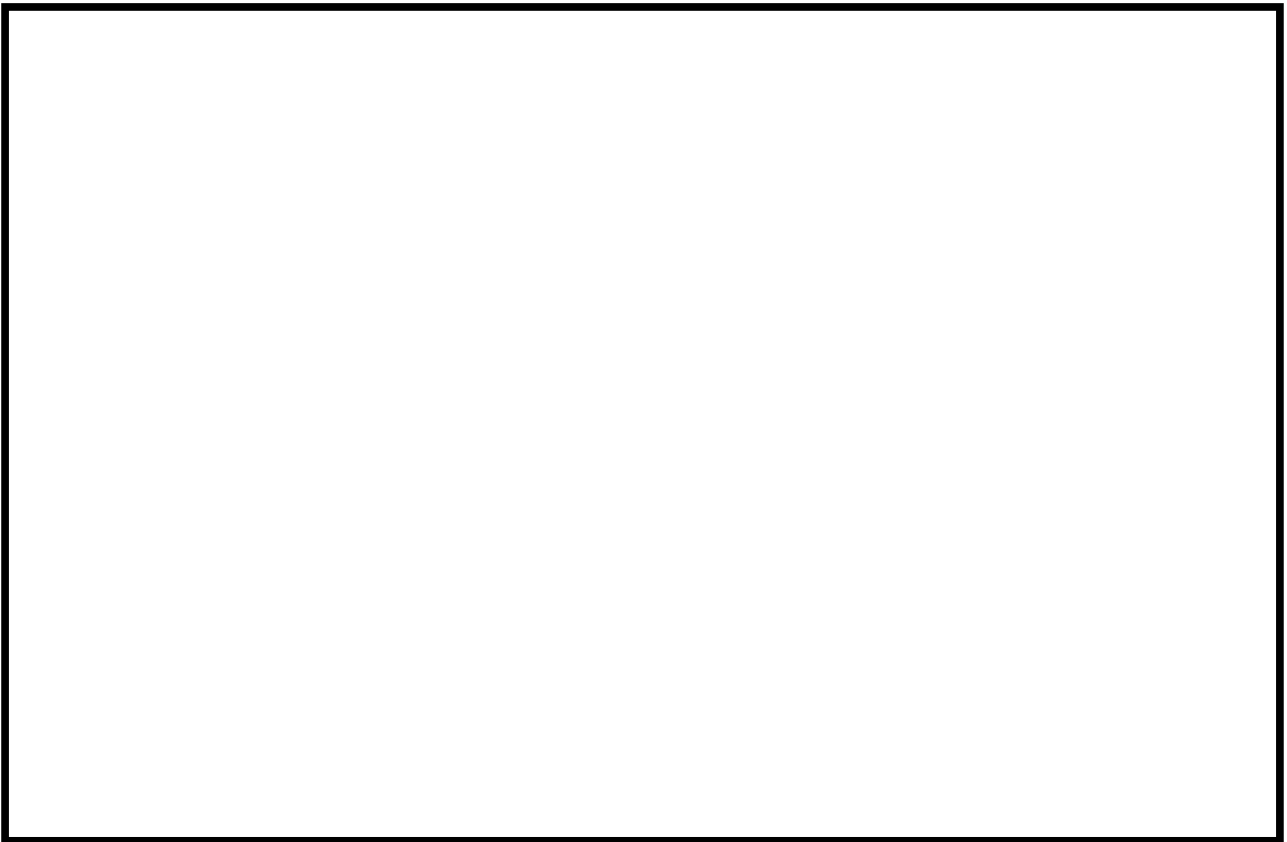
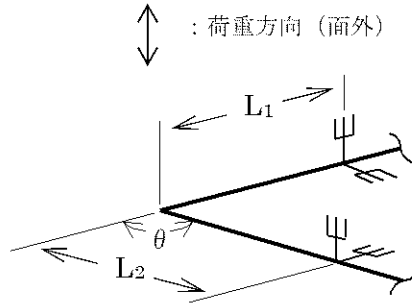
また、配管系及び支持構造物の設計上、 L_1 又は L_2 あるいはその両方を長くする必要のある場合は、面外振動を拘束する支持構造物を設け、 L_2 及び L_3 を長くする必要のある場合は、面内振動を拘束する支持構造物を設け、次式を同時に満足すること。

荷重方向①（面外）に対して
 $L_1 + L_2 \leq L_E'$

荷重方向②（面内）に対して
 $L_2 + L_3 \leq L_0$

面内：配管で構成される面に対して平行な方向





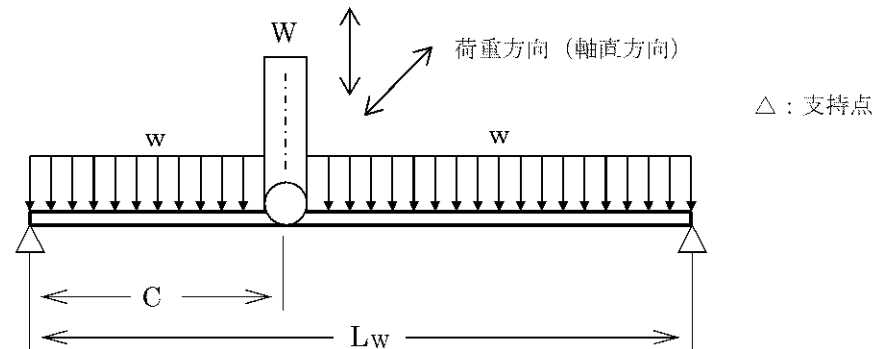
第 4-1 図 曲がり部支持間隔グラフ

4.6 集中質量部の支持間隔

直管部標準支持間隔及び本項で定める集中質量部支持間隔グラフを用いて、集中質量部の支持間隔を定める。

4.6.1 集中質量部支持間隔グラフ作成のための解析モデル

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



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

4.6.2 解析条件及び解析方法

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

- ④ ①,②,③項の各条件を満足する理論解を各々 $\left(\frac{C}{L_w}\right)$ をパラメータとし、

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

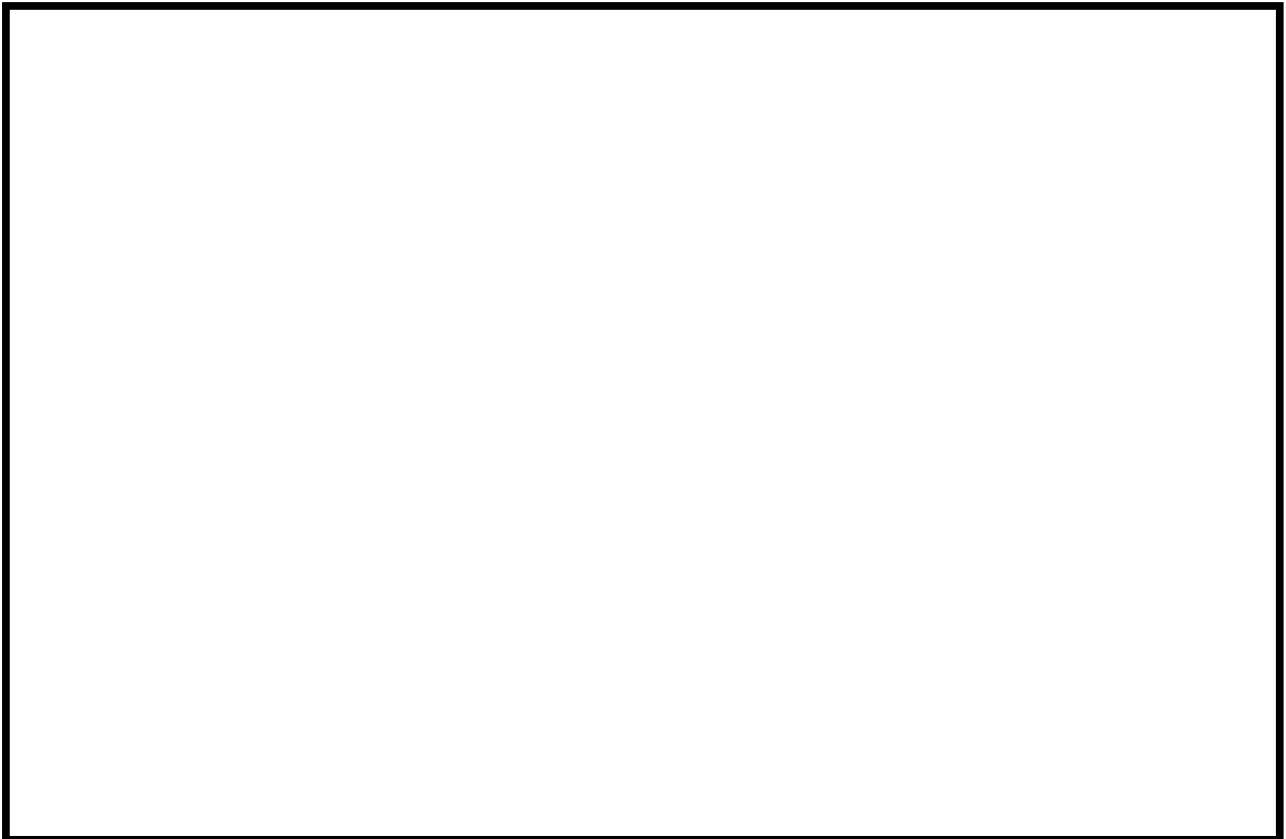
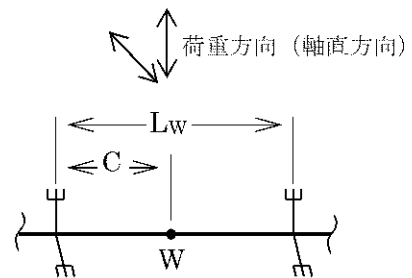
ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_w, C, w, W は「4.6.1 集中質量部支持間隔グラフ作成のための解析モデル」参照。

- ⑤ 標準支持間隔法で算出される応力値を超えないような応力係数を定め、その値以内となるように設計上の配慮を行う。

4.6.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第 4-2 図「集中質量部支持間隔グラフ」に示す。第 4-2 図は、弁等の重量物が設置された場合の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、電動弁、空気作動弁については、配管系及び弁自体の剛性を適切に評価し、弁駆動部の偏心荷重によって過大な荷重が配管に生じないように配管並びに必要な応じ、弁上部を支持する。



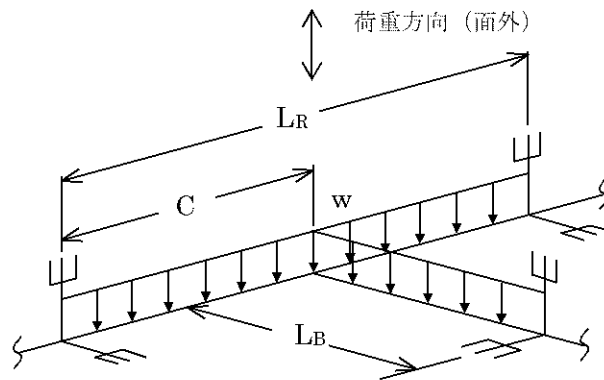
第 4-2 図 集中質量部支持間隔グラフ

4.7 分岐部の支持間隔

直管部標準支持間隔及び本項で定める分岐部支持間隔グラフを用いて、分岐部の支持間隔を定める。

4.7.1 分岐部支持間隔グラフ作成のための解析モデル

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



—/— : 支持点

L_R : 分岐部母管長さ

L_B : 枝管長さ

C : 母管支持点から枝管取付け点長さ

w : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面 外 : 配管で構成される面に対して直角方向

4.7.2 解析条件及び解析方法

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

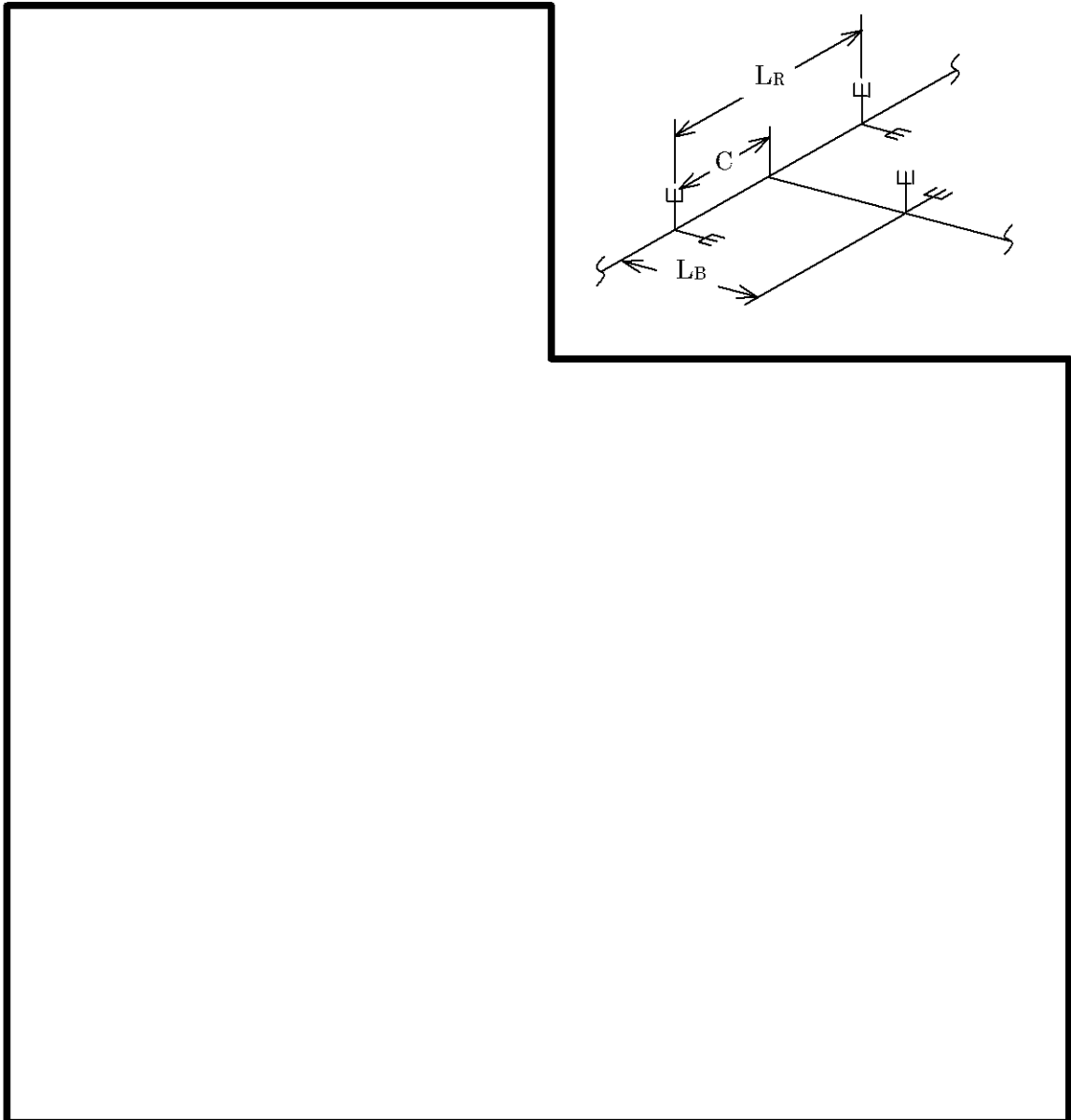
の関数として $\left(\frac{L_R}{L_0}\right)$ の最大値を求める。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_R, C, L_B は「4.5.1 解析モデル」参照。

4.7.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第4-3図「分岐部支持間隔グラフ」に示す。第4-3図は、分岐部の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

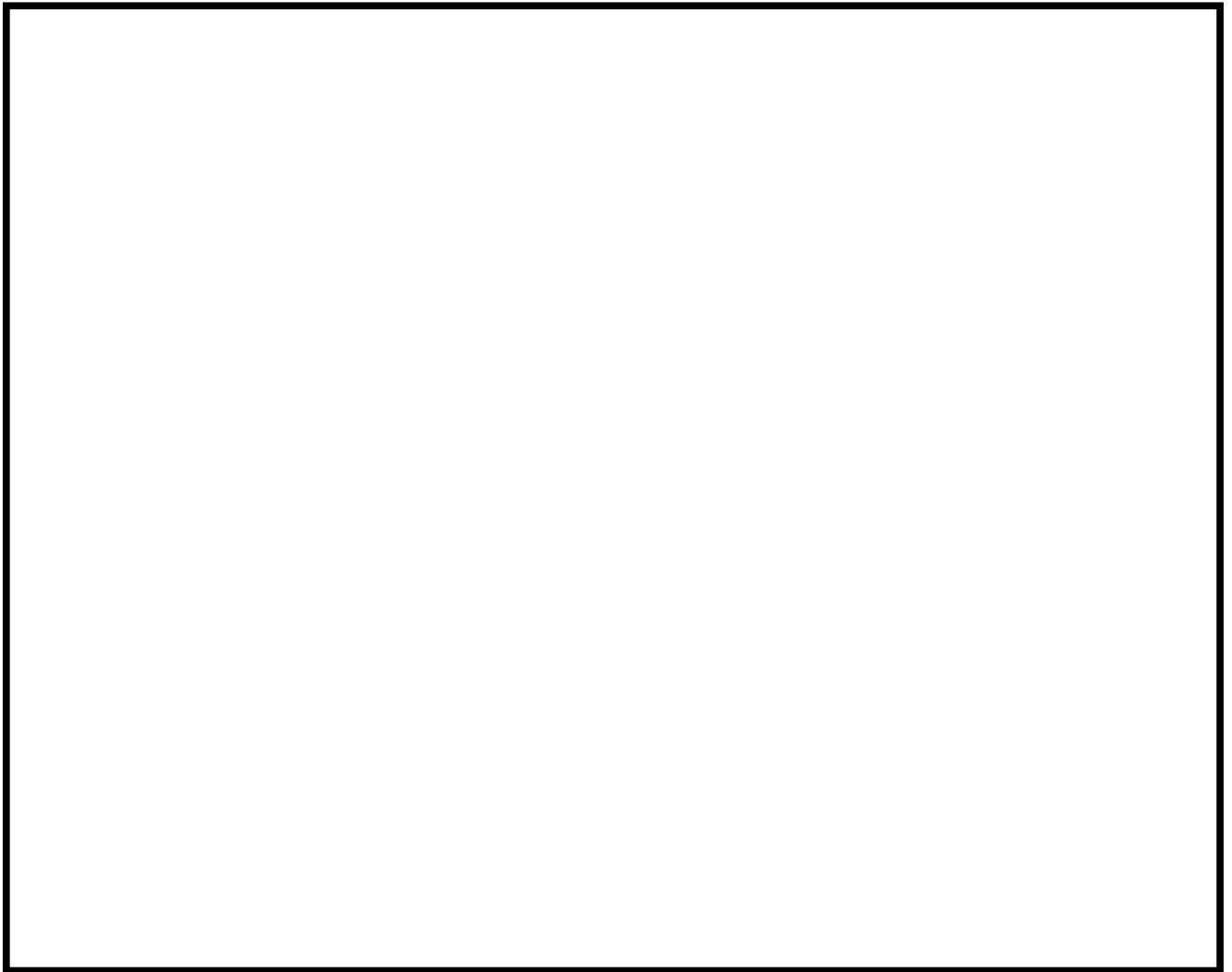
なお、異径分岐の場合は、各口径に対応する標準支持間隔のうち最短のものを選定して分岐部支持間隔を求める。

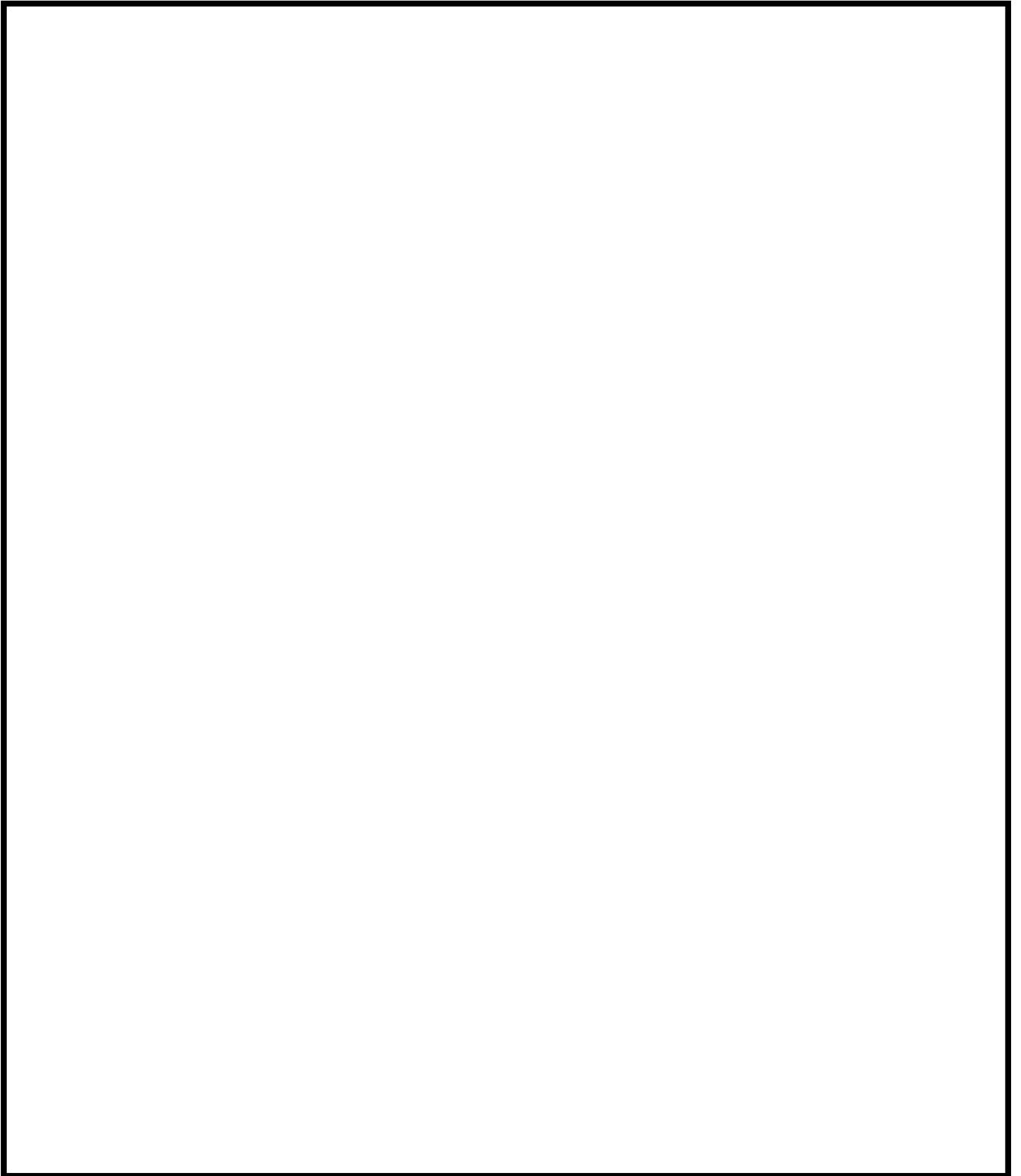


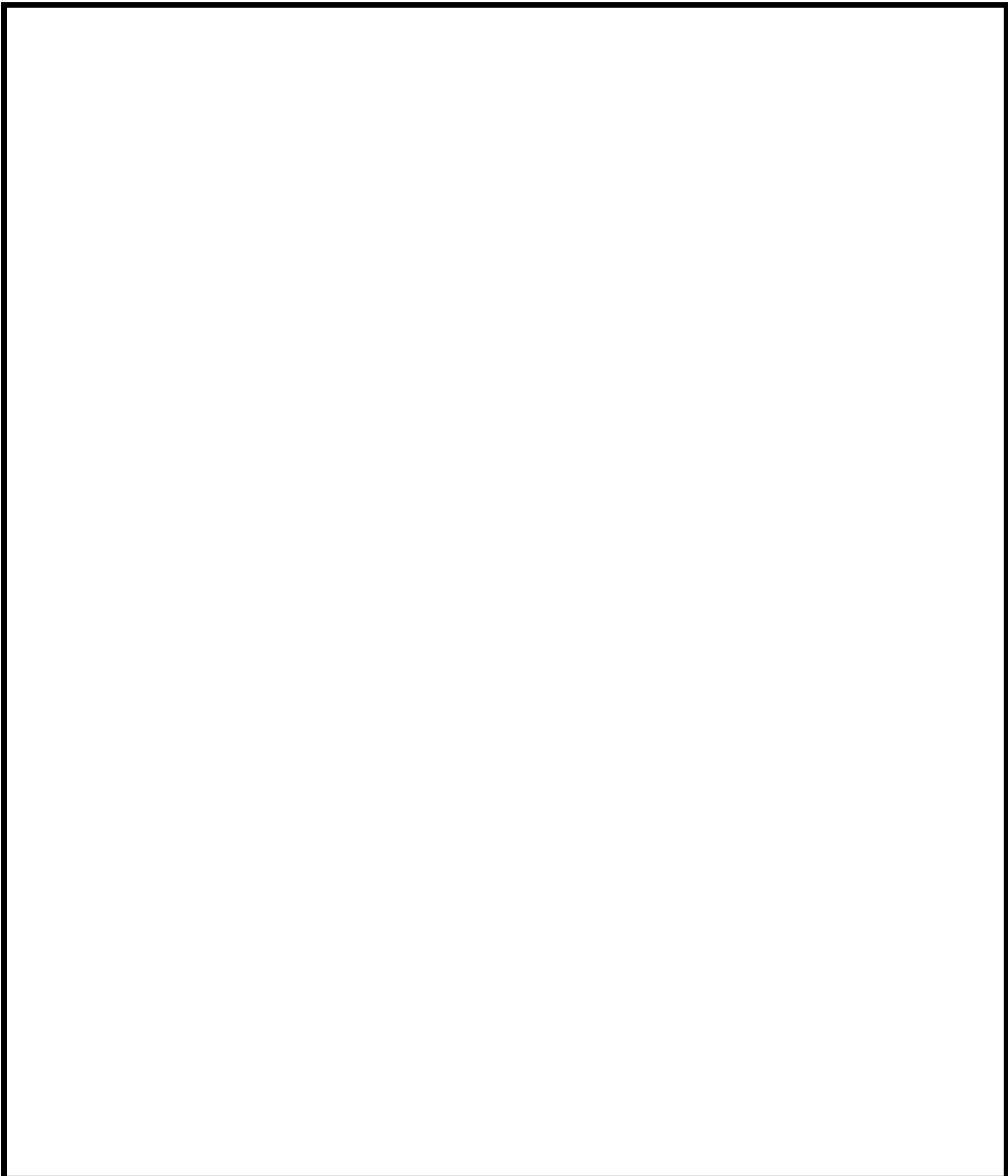
第4-3図 分岐部支持間隔グラフ

4.8 支持点の設定方法及び手順

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









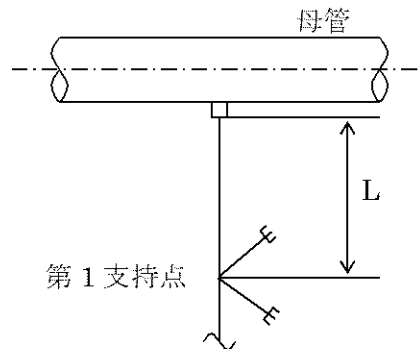


4.9 支持点を設定する上での考慮事項

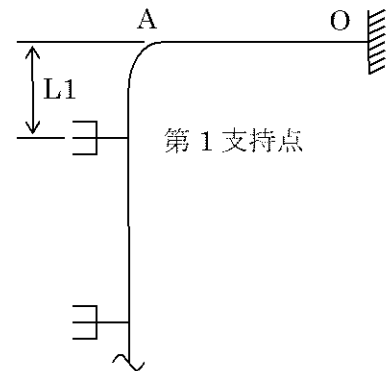
配管の各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設定する。

4.9.1 分岐部

配管の分岐部で母管に熱膨張又は地震による変位がある場合は、分岐部から第1支持点までの長さ L を、これらの変位により発生する応力が、一次+二次応力評価における許容応力以下となるように定める。



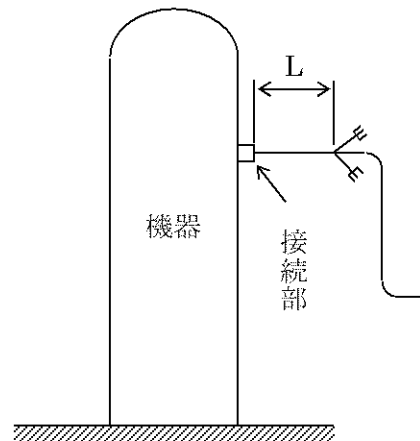
また、右図のような曲げ部で AO 間の熱膨張変位がある場合は、曲げ部から第1支持点までの長さ $L1$ を、これらの変位により発生する応力が一次+二次応力評価における許容応力以下となるように定める。



4.9.2 機器との接続部

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

この場合のLは、「4.9.1 分岐部」と同様に機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位により発生する応力が、一次+二次応力評価における許容応力以下となるように定める。



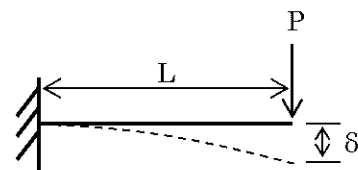
4.9.3 建物・構築物の相対変位

建物・構築物間に渡って設置される配管については、地震時の建物・構築物間の相対変位による発生応力を加味して、配管の設計及び支持方法を定める。具体的には、建屋間相対変位によって配管に発生する二次応力を以下の式により算出し、標準支持間隔の直管部に対して算出される一次応力と足し合わせて、一次+二次応力評価が許容応力以下となるように最小支持間隔を定める。

$$P = 3E \cdot I \cdot \delta / L^3$$

$$M = P \cdot L$$

$$\sigma = i_2 \cdot M / Z$$



P：建屋間相対変位により生じる荷重

E：縦弾性係数

δ：建屋間相対変位

L：建屋間にわたる配管の直管部長さ

I：配管の断面二次モーメント

($I = \pi (D^4 - d^4) / 64$ D：外径 d：内径)

M：建屋間相対変位により生じるモーメント

σ：二次応力（配管の状態に応じた応力係数 i_2 を適用）

地震時の建物・構築物の相対変位は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」、資料 9-13-3「緊急時対策棟（休憩所）の地震応答解析」及び令和元年 6 月 3 日付け原規規発第 1906035 号にて認可された工事計画の添付資料 11-16-1「緊急時対策棟（指揮所）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」によって算出された各建物・構築物の各床面高さにおける最大変位を足し合わせるによって求める。

緊急時対策棟（指揮所）、緊急時対策棟（連絡通路）及び緊急時対策棟（休憩所）における建物・構築物の地震時の相対変位を、第 4-3-1 表及び第 4-3-2 表「建屋間相対変位」に示す。

4.9.4 弁

配管に弁が設置される場合は、第 4-2 図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づき前後の支持点が決められる。

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

なお、地震時に動的機能維持が要求される弁に対しては、必要に応じて 3 次元はりモデルを用いた評価を行い、「弁駆動部の機能確認済加速度」を超える場合は、駆動部を支持する。

4.9.5 建屋階層

支持間隔は床区分毎に設定されているため、当該配管を敷設する床区分に応じて、上下階層の支持間隔を比較し、短い方の支持間隔を適用して評価を行う。なお、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔のうち短いものを適用して評価を行う。

表 4-3-1(1/2) 建屋間相対変位(Ss-1)

(単位：mm)

床面高さ(m)	変位方向 ^(注)	緊急時対策棟（指揮所） ～緊急時対策棟（連絡通路）
		Ss
EL.28.3	NS	4.6
	EW	4.1
	UD	0.5
EL.25.3	NS	3.6
	EW	3.4
	UD	0.5
EL.24.6	NS	3.4
	EW	3.2
	UD	0.5

(注) NS は南北方向、EW は東西方向、UD は鉛直方向を示す。

方向はそれぞれ緊急時対策棟基準であり、P.N.基準とは異なる。

表 4-3-1(2/2) 建屋間相対変位(Ss-1)

(単位：mm)

床面高さ(m)	変位方向 ^(注)	緊急時対策棟（連絡通路） ～緊急時対策棟（休憩所）
		Ss
EL.28.3	NS	2.0
	EW	1.7
	UD	0.3
EL.24.6	NS	1.3
	EW	1.2
	UD	0.2

(注) NS は南北方向、EW は東西方向、UD は鉛直方向を示す。

方向はそれぞれ緊急時対策棟基準であり、P.N.基準とは異なる。

表 4-3-2(1/2) 建屋間相対変位(Ss-2)

(単位：mm)

床面高さ(m)	変位方向 ^(注)	緊急時対策棟（指揮所） ～緊急時対策棟（連絡通路）
		Ss
EL.28.3	NS	3.4
	EW	3.2
	UD	0.5
EL.25.3	NS	2.8
	EW	2.7
	UD	0.4
EL.24.6	NS	2.7
	EW	2.6
	UD	0.4

(注) NS は南北方向、EW は東西方向、UD は鉛直方向を示す。
方向はそれぞれ緊急時対策棟基準であり、P.N.基準とは異なる。

表 4-3-2(2/2) 建屋間相対変位(Ss-2)

(単位：mm)

床面高さ(m)	変位方向 ^(注)	緊急時対策棟（連絡通路） ～緊急時対策棟（休憩所）
		Ss
EL.28.3	NS	1.5
	EW	1.3
	UD	0.3
EL.24.6	NS	1.0
	EW	1.0
	UD	0.2

(注) NSは南北方向、EWは東西方向、UDは鉛直方向を示す。
方向はそれぞれ緊急時対策棟基準であり、P.N.基準とは異なる。

4.10 設計上の処置方法

標準支持間隔法による配管の耐震設計においては、各要素の支持間隔又は各要素の支持間隔を組み合わせた支持間隔を用いる。標準支持間隔法によることが困難な場合は、次のいずれかの方法で対処する。

- (1) 配管系を 3 次元はりモデルで解析を行い、配管の設計及び支持方法を定める。
- (2) 当該配管が 150℃以下又は口径 4B 未満であることを確認した上で、当該配管固有の解析条件（圧力、温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たりの質量）を満足する支持間隔を適用して、支持点を設定する。

4.11 標準支持間隔

今回申請対象の配管における直管部標準支持間隔の表番リストを第4-4表「標準支持間隔の表番リスト」に示す。

また、直管部標準支持間隔、固有振動数及び発生応力を、第4-4-1表及び第4-4-2表に示す。

各要素（曲がり部、集中質量部及び分岐部）の支持間隔は、表番リスト以降に示す直管部標準支持間隔に、第4-1図「曲がり部支持間隔グラフ」、第4-2図「集中質量部支持間隔グラフ」及び第4-3図「分岐部支持間隔グラフ」を適用することで算出する。

第4-4表 標準支持間隔の表番リスト

地震波	材質	保温	減衰定数 (%)	表番号
Ss 地震動	ステンレス鋼	無	0.5	第4-4-1表
	炭素鋼	無	0.5	第4-4-2表

第4-4-1表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [Hz])
 (自重+内圧+地震応力 [MPa])

材質	建屋		緊急時対策棟 (休憩所)	緊急時対策棟 (連絡通路)
	呼称 [インチ]	床面高	EL.24.6m～ EL.29.8m	EL.24.6m～ EL.28.3m
ステン レス 鋼	2B SCH20S		3.3 (14.29) (99)	3.8 (12.20) (109)

第 4-4-2 表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [Hz])
 (自重+内圧+地震応力 [MPa])

材質	建屋 呼称 [インチ]	床面高	緊急時対策棟 (休憩所)	緊急時対策棟 (連絡通路)
			EL.24.6m~ EL.29.8m	EL.24.6m~ EL.28.3m
炭素鋼	12B SCH40		8.0	9.1
			(14.08) (99)	(12.17) (101)

5. 支持構造物の耐震計算について

5.1 概要

配管及び弁の支持構造物は、地震時に配管及び弁に発生する荷重を支持する必要がある。支持構造物の設計に当たっては、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに設定されている定格荷重又は最大使用荷重以下となるように支持構造物を選定する。したがって、定格荷重又は最大使用荷重に対する支持構造物の健全性を確認することにより、支持構造物の耐震性を確認することができる。

本章では、重大事故等対処施設の配管及び弁の支持装置、支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の設計原則を示すとともに、支持構造物の型式ごとの定格荷重又は最大使用荷重に対する耐震計算の方針を示す。

なお、支持構造物は、評価の基本式は同一であり、かつ地震荷重が支配的であることから、強度計算を含めた耐震計算の方針を示す。

5.1.1 設計原則

(1) 支持構造物の設計要領

- a. 地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重によって、支持構造物に生ずる応力が許容応力以下となるように設計する。
- b. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、地震時や各運転状態で生ずる荷重を算出し、その中で評価上最も厳しい条件で設計を実施する。
- c. 標準支持間隔法による配管の支持構造物は、直管部標準支持間隔における地震時の支持点荷重を用いて設計を実施する。なお、支持点荷重を低減する必要がある場合は、実支持間隔による荷重を適用する。

(2) 支持構造物の設計に用いる荷重

- a. 運転温度が高く運転状態Ⅰ及びⅡにおいて発生する荷重が大きい配管の支持構造物の場合は、運転状態Ⅰ及びⅡにおいて発生する荷重と地震時荷重を許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A(供用状態A及びB)基準に換算した荷重を包絡した設計用荷重を最大発生荷重と定義し、最大発生荷重が許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A(供用状態A及びB)を基準として設定された定格荷重又は最大使用荷重以下となるように選定する。

地震荷重が支配的となる運転温度の低い配管の支持構造物の場合は、基準地震動 S_s による地震力を 1.2 で除した地震力作用時の荷重を包絡した設計用荷重を標準支持間隔荷重と定義し、標準支持間隔荷重が許容応力状態Ⅲ_A S を基準として設定された定格荷重又は最大使用荷重以下となるように選定する。

- b. 支持構造物の型式ごとに許容し得る荷重として設定されている荷重のことを支持構造物の定格荷重又は最大使用荷重と言う。定格荷重は、1 方向（取付け方向）のみ拘束機能を有する支持装置に対して、最大使用荷重は、2 方向以上の拘束機能を有する支持構造物に対して用いる。
- c. 最大発生荷重は、3 次元はりモデルの解析結果による支持点荷重より算出する。標準支持間隔荷重は、直管部標準支持間隔における 4.9 項に示す配管の発生応力 (σ_{total}) から地震及び自重による応力を求めることで、次の計算式により算出する。なお、地震力は、動的地震力と静的地震力とで比較を行って大きい方を用いる。

(動的地震力が支配的な場合)



(静的地震力が支配的な場合)



L_0 : 直管部標準支持間隔(mm)

Z : 断面係数(mm³)

λ : 振動数係数

$R_{\text{水平}}$: 水平方向の支持点荷重(N)標準支持間隔荷重(N)

$R_{\text{鉛直}}$: 鉛直方向の支持点荷重(N)標準支持間隔荷重(N)

σ_{total} : 配管に生ずる応力の合計値(MPa)

$$(\sigma_{\text{total}} = \sigma_{\text{H}} + \sigma_{\text{V}} + \sigma_{\text{d}} + \sigma_{\text{p}})$$

σ_{H} : 水平方向地震力により配管に生ずる応力(MPa)

σ_{V} : 鉛直方向地震力により配管に生ずる応力(MPa)

σ_{d} : 自重により配管に生ずる応力(MPa)

σ_{p} : 内圧により配管に生ずる応力(MPa)

(注) 近似式であるが、 λ を1次モードの振動数係数



とすることで、動的地震力により配管に

生ずる応力と支持点荷重の関係を求めることができる。

5.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法

5.2.1 概 要

支持装置及び支持架構について、十分な耐震性を有することを確認するための方法を次に示す。

5.2.2 適用基準

資料 9-1「耐震設計の基本方針」による。

5.2.3 応力評価の方針

(1) 応力評価

支持装置又は支持架構に、定格荷重又は最大使用荷重が作用した際の発生応力が許容応力以下であることを応力評価により確認する。

(2) 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A（供用状態 A 及び B）の許容応力以下であることを確認する。

(3) 標準支持間隔法を適用する配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅲ_{ΔS}の許容応力以下であることを確認する。

(4) 許容応力

支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態を、第 5-1 表に、各許容応力状態に対する許容応力を第 5-2 表に、代表的な建屋における支持架構の設計条件及び許容応力を第 5-3 表に示す。

第 5-1 表 支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態

		許容応力状態	
		3次元はりモデル	標準支持間隔法
支持装置	オイルスナバ	I _A 、II _A	(I _A 、II _A) ^(注1)
	メカニカルスナバ	I _A 、II _A	(I _A 、II _A) ^(注1)
	ロッドレストレイント	I _A 、II _A	(I _A 、II _A) ^(注1)
	スプリングハンガ	I _A 、II _A	—
	アンカサポート (ラグ)	I _A 、II _A	III _{AS}
	Uボルト	I _A 、II _A	III _{AS}
	Uバンド	I _A 、II _A	III _{AS}
	ピン	I _A 、II _A	III _{AS}
	サドル	I _A 、II _A	III _{AS}
支持架構 ^(注2)		I _A 、II _A	III _{AS}

(注 1) 標準支持間隔法を適用する配管の支持構造物に、当該支持装置を使用する場合は許容応力状態 I_A 及び II_A (供用状態 A 及び B) の許容応力を使用する。

(注 2) 配管の軸直方向を直接拘束する機能を有する鋼材については、支持装置 (ビーム) として評価する。

第 5-2 表 各許容応力状態に対する許容応力

許容応力状態	許容応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧
I _A 、II _A	f _t	f _s	f _c	f _b	f _p
III _A	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _p
III _{AS}					
IV _A	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]	1.5f _c [*]	1.5f _b [*]	1.5f _p [*]
IV _{AS}					

(注) 1.5f_t^{*}、1.5f_s^{*}、1.5f_c^{*}、1.5f_b^{*} 及び 1.5f_p^{*} は JSME S NC1 SSB-3121.3 による。

第 5-3 表 支持架構の設計条件及び許容応力

建 屋	(注 1) 材 料	設計温度 (°C)	F (注 2) (MPa)	床応答曲線 の位置 EL.(m)	支持構造物 の制限振動数 (Hz)
緊急時対策棟 (休憩所)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	237	24.6~29.8	20
緊急時対策棟 (連絡通路)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	237	24.6~28.3	20

(注 1) 建屋における代表的な使用材料を示す。同等以上の強度をもつ他の鋼材も使用可能とする。

(注 2) 支持構造物の許容応力を決定するための基準値 F は、JSME S NC1 SSB-3121.1 に定める値を用いる。

5.2.4 支持装置及び支持架構の耐震計算式

(1) 記号の定義

支持装置及び支持架構の耐震計算に使用する記号は、次のとおりとする。

	記号	単位	定義
ス ナ バ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
	A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	B	mm	イーヤ穴部せん断面寸法
			コネクティングチューブイーヤ部穴部せん断面寸法
			ユニバーサルブラケット穴部せん断面寸法
			ダイレクトアタッチブラケット穴部せん断面寸法
			スヘリカルアイボルト穴部せん断面寸法
			クランプ穴部せん断面寸法
			ブラケット穴部せん断面寸法
	C	mm	イーヤ引張断面寸法
			クランプ引張断面寸法
			コネクティングチューブイーヤ部引張断面寸法
ユニバーサルブラケット引張断面寸法			
ダイレクトアタッチブラケット引張断面寸法			
ブラケット引張断面寸法			
C_1	mm	ユニバーサルボックス引張断面寸法	
C_2	mm	ユニバーサルボックス引張断面寸法	

	記号	単位	定義
ス ナ バ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	D	mm	ピストンロッド外径
			アダプタ外径
			イーヤ穴部の径
			スヘリカルアイボルト穴部の径
			クランプ穴径
			ブラケット穴径
			シリンダカバー内径
			ターンバックルパイプ外径
			コネクティングパイプ外径
			コネクティングロッド外径
			コネクティングチューブ外径
			コネクティングチューブイーヤ部穴部の径
			ユニバーサルブラケット穴部の径
			ダイレクトアタッチブラケット穴部の径
	ユニバーサルボックス穴部の径		
	D ₁	mm	ロードコラム外径
			ケース内径
			ベアリング押え内径
			コンロッド外径
			ジャンクションコラムアダプタ外径
D ₂	mm	ロードコラム内径	
		ケース内径	
		コンロッド内径	
		ジャンクションコラムアダプタ内径	

	記号	単位	定義
ス	D_3	mm	ケース内径
	D_4	mm	ケース外径
ナ	d	mm	ピンの外径
			タイロッド最小断面部の径
			ピストンロッド最小断面部の径
バ	E	MPa	縦弾性係数
	F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値
の	F_c	MPa	圧縮応力
	F_p	MPa	支圧応力
耐	F_s	MPa	せん断応力
	F_t	MPa	引張応力
内圧による引張応力			
震	f_c	MPa	許容圧縮応力
	G	mm	ターンバックルの厚さ
計	H	mm	ターンバックルの幅
	h	mm	すみ肉溶接部脚長
算	I	mm ⁴	断面二次モーメント
	i	mm	断面二次半径
に	K	MPa	シリンダチューブ内圧
	L	mm	コネクティングチューブ長さ
コネクティングパイプ長さ			
使	ℓ_k	mm	座屈長さ
	M	mm	六角ボルト外径
用	n	本	六角ボルトの本数
			タイロッドの本数
の	P	kN、N	定格荷重

	記号	単位	定義
ス ナ バ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	R	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径
	r₁	mm	シリンダチューブの内半径
	r₂	mm	シリンダチューブの外半径
	T	mm	クランプ板厚
			コネクティングチューブイーヤ部板厚
			ユニバーサルブラケット板厚
			ダイレクトアタッチブラケット板厚
			イーヤ板厚
			ブラケット板厚
	t	mm	イーヤ穴部板厚
			ケース板厚
			ベアリング押え板厚
			コネクティングチューブ板厚
			シリンダカバー板厚
			ターンバックルパイプ板厚
			アダプタ最小断面部の板厚
			コネクティングパイプ板厚
			コネクティングロッド板厚
			スヘリカルアイボルト穴部板厚
	t₁	mm	ユニバーサルボックスの厚さ
t₂	mm	ユニバーサルボックスの厚さ	
Λ	—	限界細長比	
λ	—	細長比	

	記号	単位	定義
ロ ツ ド レ ス ト レ イ ン ト の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
	A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	B	mm	ブラケットせん断面寸法
			クランプせん断面寸法
			スヘリカルアイボルト穴部せん断面寸法
			コネクティングイーヤ穴部せん断面寸法
	C	mm	ブラケット引張断面寸法
			クランプ引張断面寸法
			スヘリカルアイボルト溶接部せん断面寸法
			イーヤせん断面寸法
	D	mm	ブラケット穴径
			クランプ穴径
			スヘリカルアイボルトの穴部の径
			コネクティングイーヤの穴部の径
			コネクティングパイプ外径
			パイプ外径
	D_1	mm	ターンバックル外径
	D_2	mm	ターンバックル内径
	d	mm	ピン外径
	E	MPa	縦弾性係数
	e	mm	スヘリカルアイボルト溶接部のど厚
コネクティングパイプ溶接部のど厚			
F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値	
F_c	MPa	圧縮応力	

	記号	単位	定義
ロ ツ ド レ ス ト レ イ ン ト の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	F_p	MPa	支圧応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_t	MPa	引張応力
	f_c	MPa	許容圧縮応力
	h	mm	コネクティングパイプすみ肉溶接部脚長
			イーヤすみ肉溶接部脚長
	I	mm ⁴	断面二次モーメント
	i	mm	断面二次半径
	L	mm	ピン間距離
	ℓ_k	mm	座屈長さ
	M	mm	スヘリカルアイボルトボルト部外径
	P	kN、N	定格荷重
	R	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径
			コネクティングイーヤ半径
	T	mm	ブラケット板厚
			クランプ板厚
			イーヤ板厚
	t	mm	パイプ板厚
			スヘリカルアイボルト穴部板厚
コネクティングイーヤ穴部板厚			
Λ	—	限界細長比	
λ	—	細長比	

	記号	単位	定義
ス プ リ ン グ ハ ン ガ の 自 重 計 算 に 使 用 す る も の	A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
	A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	a	mm	上部カバー円板の外径
			下部カバー円板の外径
			スプリングの径
	B	mm	イーヤ穴部せん断断面寸法
			クレビスブラケット穴部せん断断面寸法
			アイボルト穴部せん断断面寸法
			クランプ穴部せん断断面寸法
			ターンバックルの厚さ側切欠き寸法
	b	mm	上部カバー円板の内径
			ピストンプレートの内径
			スプリングの径
			下部カバー円板の径
			ハンガロッド頭部の径
			ロードコラム外径
	C	mm	イーヤ引張断面寸法
			クレビスブラケット引張断面寸法
クランプ引張断面寸法			
ターンバックルの幅側切欠き寸法			

	記号	単位	定義
ス プ リ ン グ ハ ン ダ の 自 重 計 算 に 使 用 す る も の	D	mm	クレビスブラケット穴部の径
			上部カバー円板外径
			スプリングケース内径
			ロードコラム外径
			イーヤ穴部の径
			クランプ穴径
			下部カバー外径
d	mm	ピンの外径	
E	MPa	縦弾性係数	
F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値	
F _b	MPa	曲げ応力	
F _c	MPa	圧縮応力	
F _m	MPa	ピンのせん断及び曲げ組合せ応力	
F _p	MPa	支圧応力	
F _s	MPa	せん断応力	
F _t	MPa	引張応力	
f _c	MPa	許容圧縮応力	
G	mm	ターンバックルの厚さ	
H	mm	ターンバックルの幅	
h	mm	すみ肉溶接脚長	
I	mm ⁴	断面二次モーメント	
i	mm	断面二次半径	
J	mm	スプリングケース切り欠き部の幅	
L	mm	クレビスブラケット及びクランプの板と板の距離	
		ロードコラムの長さ	
ℓ _k	mm	座屈長さ	

	記号	単位	定義
ス プ リ ン グ ハ ン ガ の 自 重 計 算 に 使 用 す る も の	M	mm	ネジ外径
	M_0	N・mm	定格荷重によるモーメント
	P	kN、N	定格荷重
	T	mm	イヤ板厚
			ピストンプレート板厚
			スプリングケース板厚
			下部カバーの板厚
			クレビスブラケット板厚
			クランプ板厚
			アイボルト板厚
	t	mm	ロードコラム板厚
	T_1	mm	上部カバー板厚
	Z	mm ³	断面係数
	β_7	—	応力係数（「新版機械工学便覧」（1987年4月日本機械学会編）A4-図82による）
	β_8	—	応力係数（「新版機械工学便覧」（1987年4月日本機械学会編）A4-図82による）
β_9	—	応力係数（「新版機械工学便覧」（1987年4月日本機械学会編）A4-図84による）	
β_{10}'	—	応力係数（「新版機械工学便覧」（1987年4月日本機械学会編）A4-図84による）	
β_{11}	—	応力係数（「新版機械工学便覧」（1987年4月日本機械学会編）A4-図84による）	
Λ	—	限界細長比	
λ	—	細長比	

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

	記号	単位	定義
ラ グ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	t_{wp}	mm	パッドと配管のすみ肉溶接脚長
			パッドと角形鋼管のすみ肉溶接脚長
			角形鋼管と底板のすみ肉溶接脚長
	Z_x	mm ³	配管軸方向の断面係数
	Z_y	mm ³	配管軸直方向の断面係数
	σ_L	MPa	角形鋼管の曲げ応力
	σ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部の曲げ応力
	σ_P	MPa	パッドと配管の溶接部の曲げ応力
	σ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部の曲げ応力
	τ_L	MPa	角形鋼管のせん断応力
	τ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部のせん断応力
	τ_P	MPa	パッドと配管の溶接部のせん断応力
	τ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部のせん断応力

	記号	単位	定義
U ボ ル ト 及 び U バ ン ド の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A_0	mm^2	Uボルトの断面積
	B	mm	Uボルトの曲げ半径
	D	mm	配管の外径
	d_0	mm	Uボルトの呼び径
			Uバンドのボルト呼び径
	F	N	軸方向荷重
	F_b	MPa	曲げ応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_0	N	Uバンドの軸方向の許容荷重
	F_t	MPa	引張応力
	f_b	MPa	許容曲げ応力
	f_s	MPa	許容せん断応力
	f_t	MPa	許容引張応力
	l	mm	配管中心から鋼材上面までの距離
	l_1	mm	配管中心からボルト穴までの距離
	l_2	mm	ナット2面幅の半分
	l_3	mm	対角ボルト穴間の距離
	l_4	mm	隣接ボルト穴間の距離
	M_a	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Uバンドのねじりモーメントの許容モーメント
	M_F	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸方向に生ずるモーメント
M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ボルトの締付けトルク	
M_P	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント	
M_Q	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント	
n	本	ボルトの本数	
P, P'	N	引張方向荷重	
Q	N	せん断方向荷重	
T	N	ボルトの締付け力	
t	mm	Uバンドの厚さ	
w	mm	Uバンドの幅	
μ	—	摩擦係数 	

	記号	単位	定義
ピンの耐震計算に使用するもの	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	d	mm	部品の径
	L	mm	クランプの板と板の距離
	M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	モーメント
	P	N	定格荷重
	Z	mm^3	断面係数
	F_b	MPa	曲げ応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_m	MPa	組合せ応力

	記号	単位	定義
サドルの耐震計算に使用するもの	A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	h_1, h_2	mm	溶接脚長
	L_1	mm	プレート長さ
			溶接部長さ
	L_2	mm	プレート長さ
			溶接部長さ
	P	N	定格荷重
	t_1, t_2	mm	プレートの厚み
F_c	MPa	圧縮応力	
F_s	MPa	せん断応力	

	記号	単位	定義
支持架構の耐震計算に使用するもの	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	F_b	MPa	曲げ応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_t	MPa	引張応力
	f_t	MPa	許容引張応力
	M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	モーメント
	Z	mm^3	断面係数
	P_1	N	せん断方向荷重
	P_2	N	引張方向荷重

(2) 耐震計算式

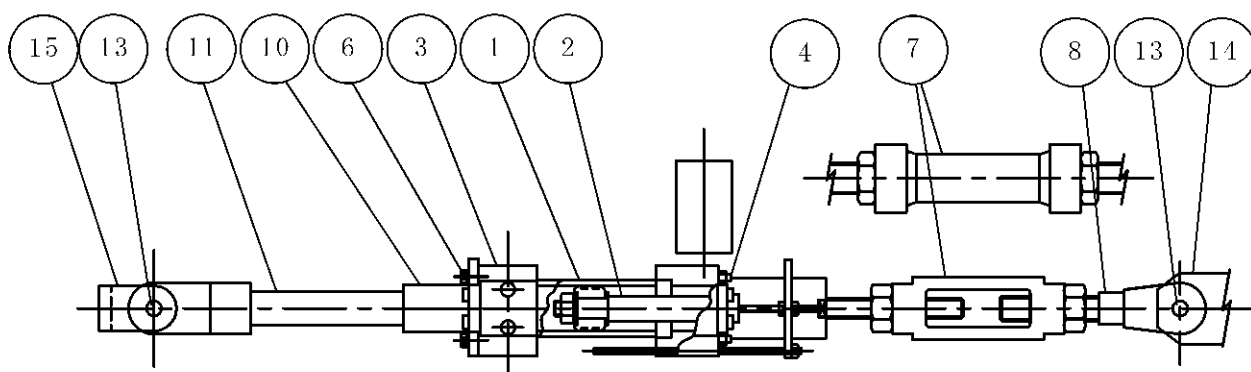
a. オイルスナバ

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

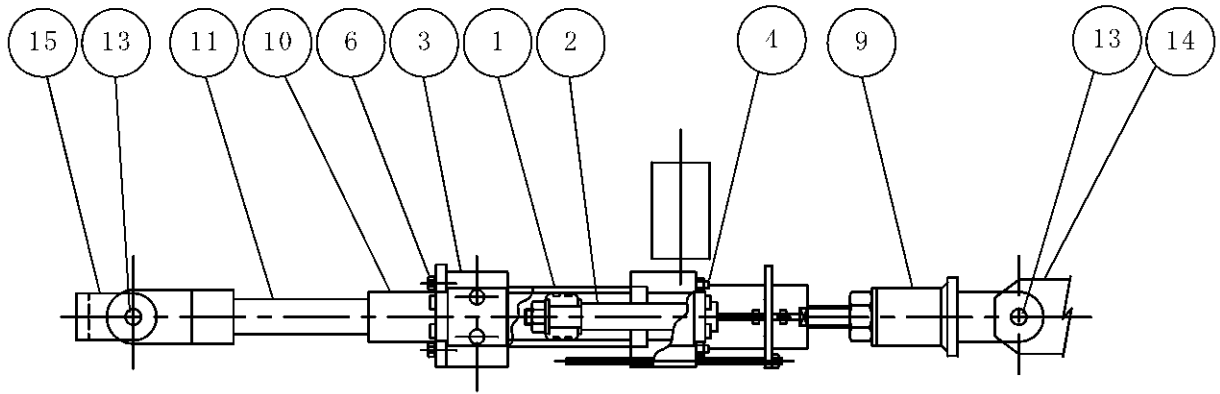
(a) SHP タイプ

イ. 強度部材

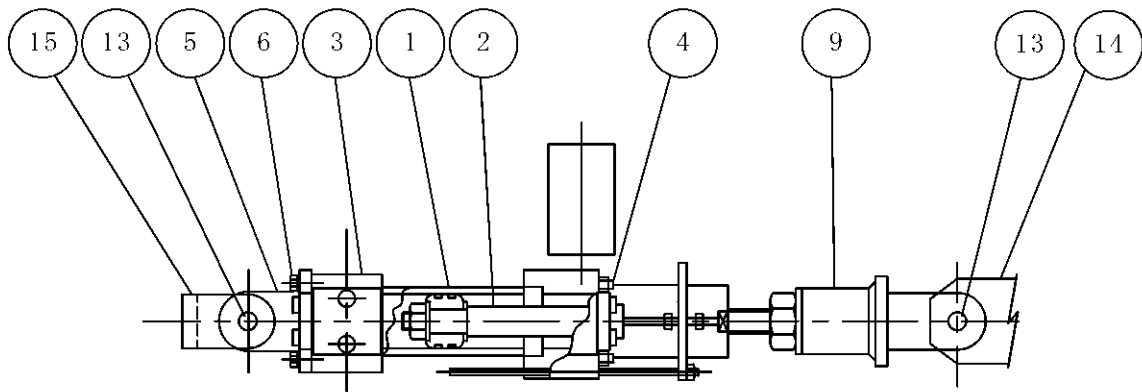
- ① シリンダチューブ、② ピストンロッド、③ シリンダカバー、
- ④ タイロッド、⑤ イーヤ、⑥ 六角ボルト、⑦ ターンバックル、
- ⑧ スヘリカルアイボルト、⑨ コンロッド、⑩ アダプタ、
- ⑪ コネクティングパイプ、⑫ コネクティングロッド、⑬ ピン、
- ⑭ クランプ及び⑮ ブラケット



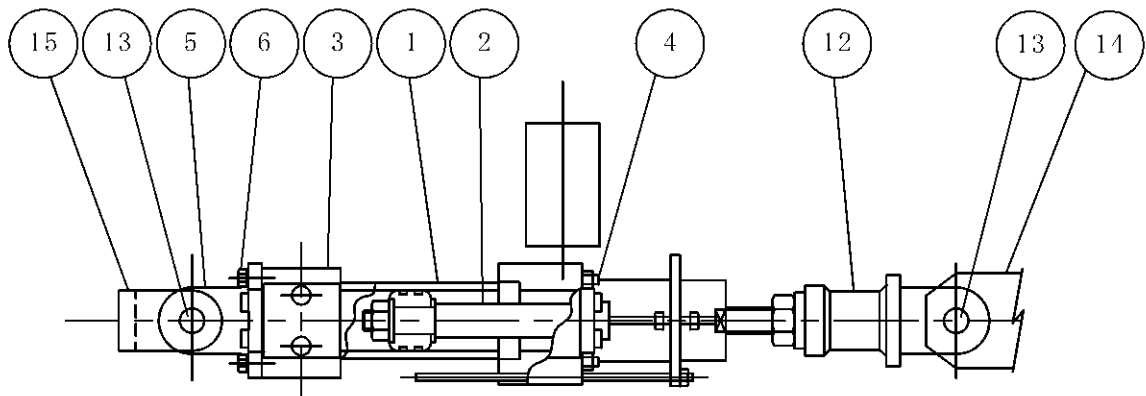
A タイプ 型式 03～25



Bタイプ 型式 03~25



Cタイプ 型式 03~25



Cタイプ 型式 40 及び 60

ロ. 各部材の計算式

(イ) シリンダチューブ (①)

i. 引張応力評価

内圧により生ずる引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ロ) ピストンロッド (②)

i. 引張応力評価

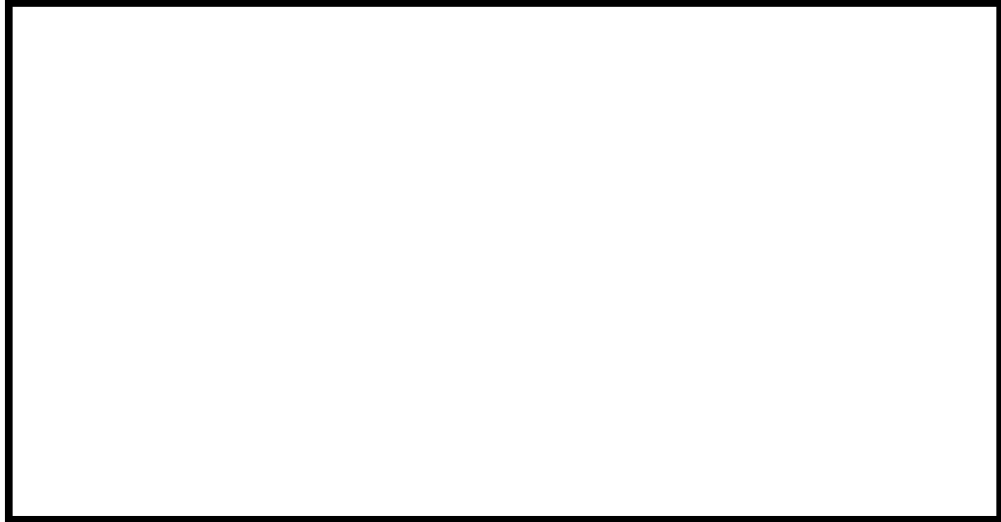
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ハ) シリンダカバー (③)

i. せん断応力評価

内圧により生ずるせん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ニ) タイロッド (④)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) イーヤ (⑤)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of information.

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of information.

(iii) 支圧応力評価

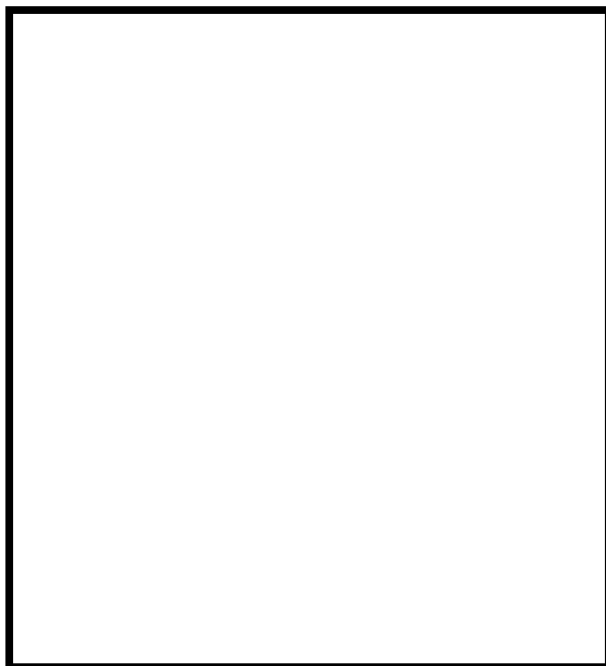
支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of information.

ii. イーヤ溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a black border, used for redaction of information.

(へ) 六角ボルト (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ト) ターンバックル (⑦)

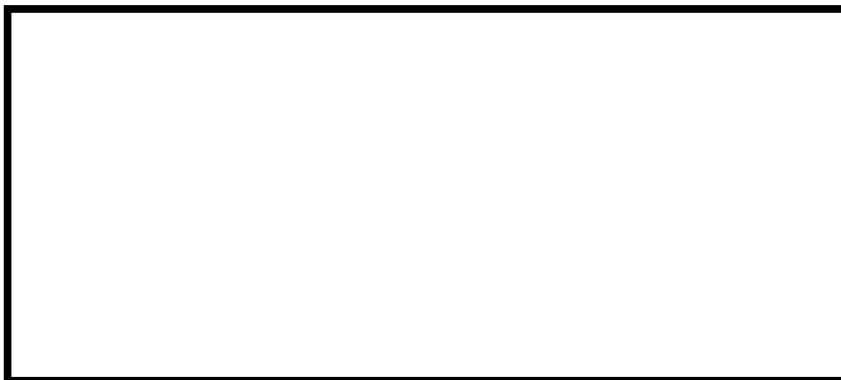
i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(i) 型式 03～10



(ii) 型式 16 及び 25



(チ) スヘリカルアイボルト (⑧)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

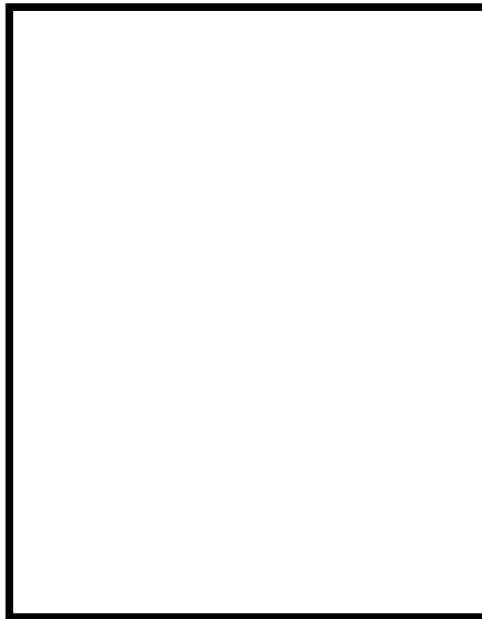
ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

(リ) コンロッド (⑨)

i. ロッド部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



ii. ロッド溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ヌ) アダプタ (⑩)

i. 引張応力評価

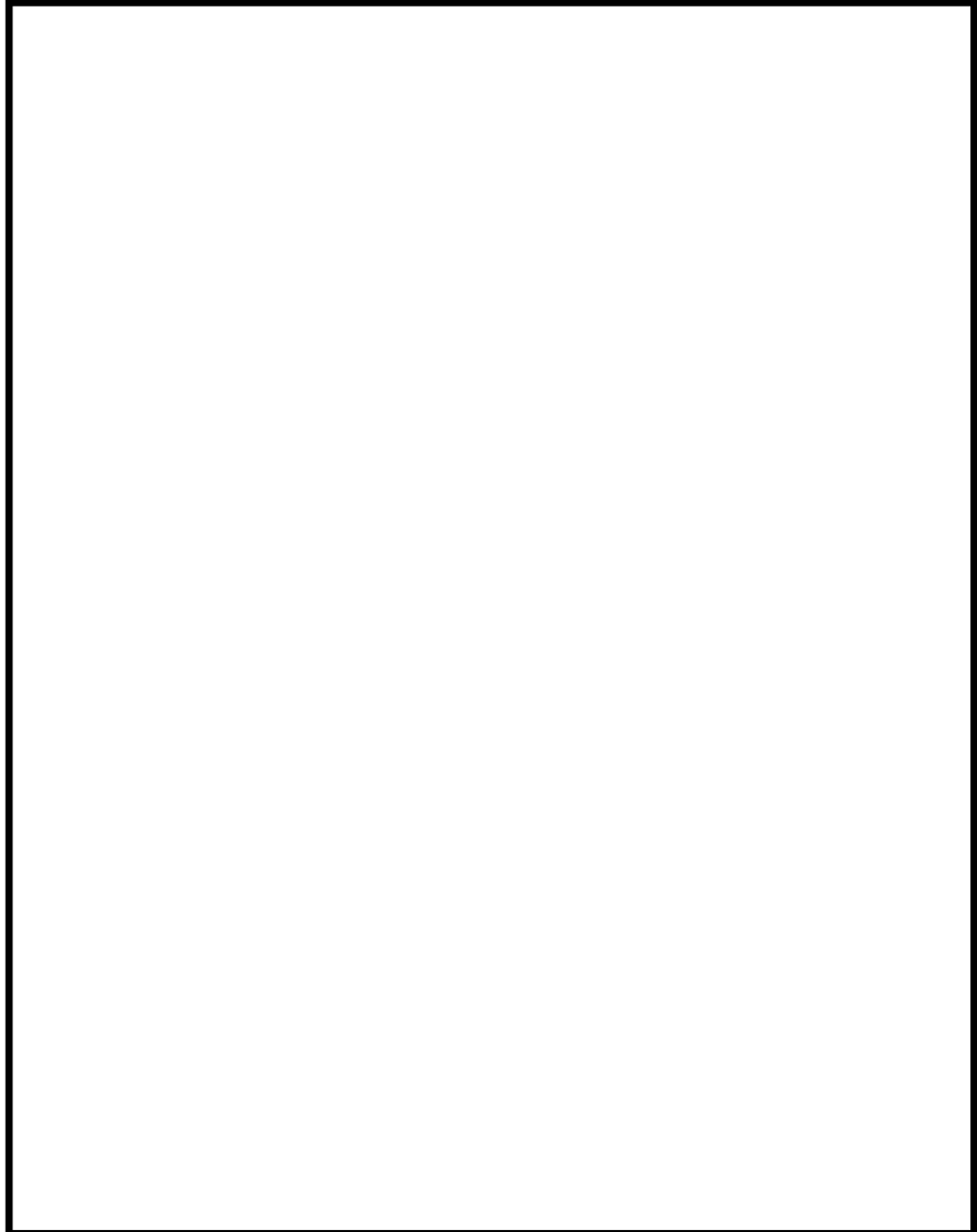
アダプタ及び溶接部の引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ル) コネクティングパイプ (⑩)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(ヲ) コネクティングロッド (12)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ワ) ピン (13)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(カ) クランプ (⑭) 及びブラケット (⑮)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used to redact information.

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used to redact information.

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a thick black border, used to redact a significant portion of the page's content.

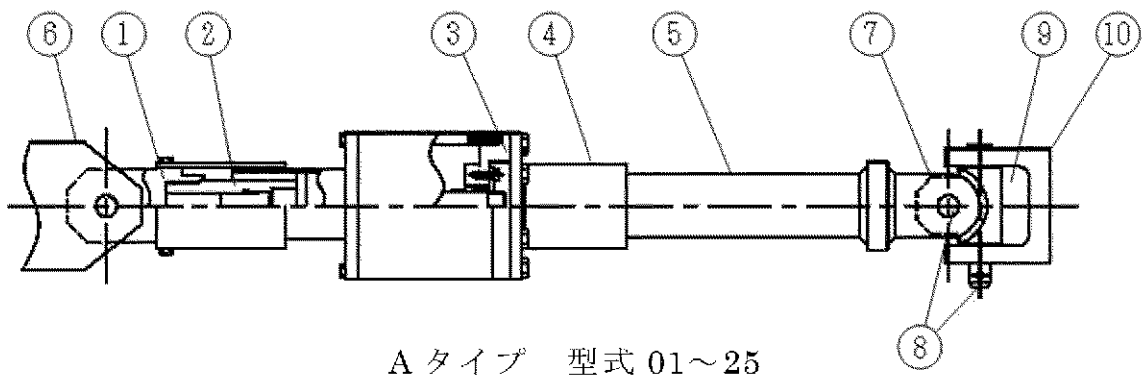
b. メカニカルスナバ

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

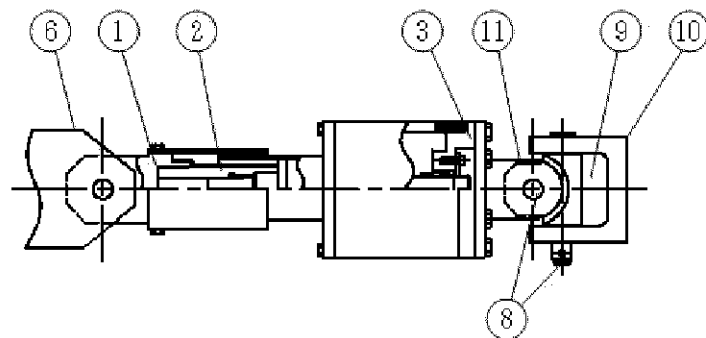
(a) SMS タイプ

イ. 強度部材

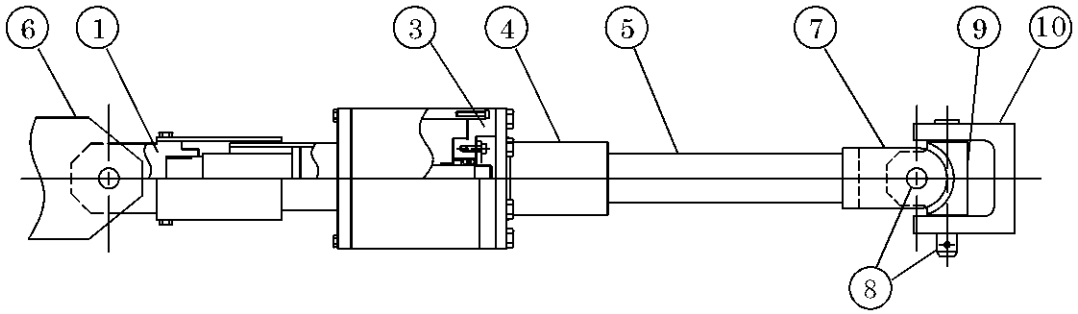
- ①イーヤ、②ロードコラム、③ケース、ベアリング押え及び六角ボルト、
- ④ジャンクションコラムアダプタ、⑤コネクティングチューブ、
- ⑥クランプ、⑦コネクティングチューブイーヤ部、⑧ピン、
- ⑨ユニバーサルボックス、⑩ユニバーサルブラケット及び
- ⑪ダイレクトアタッチブラケット



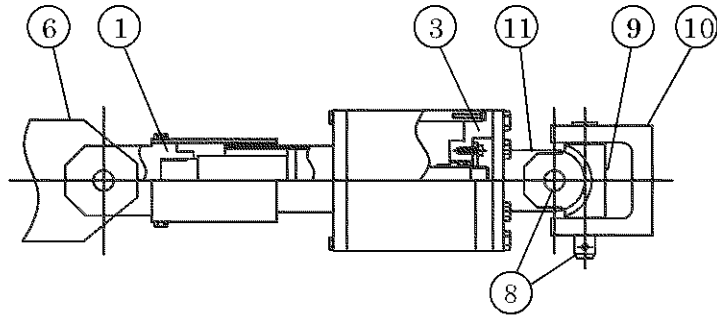
A タイプ 型式 01~25



B タイプ 型式 01~25



Aタイプ 型式 40~60



Bタイプ 型式 40~60

ロ. 各部材の計算式

(イ) イーヤ (①)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ロードコラム (②)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ハ) ケース、ベアリング押え及び六角ボルト (③)

i. ケース

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of text.

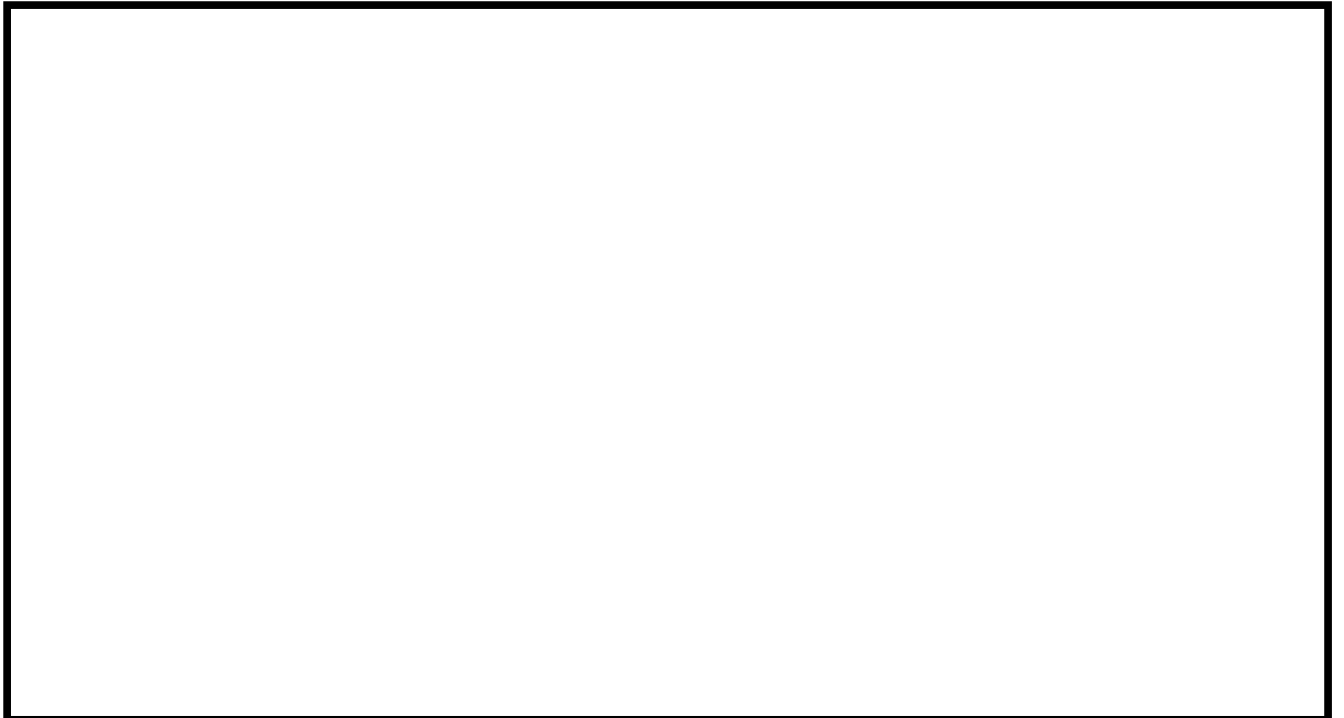
(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of text.

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a black border, used for redaction of a significant portion of the page content.

ii. ベアリング押え

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



iii. 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(二) ジャンクションコラムアダプタ (④)

i. 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of text.

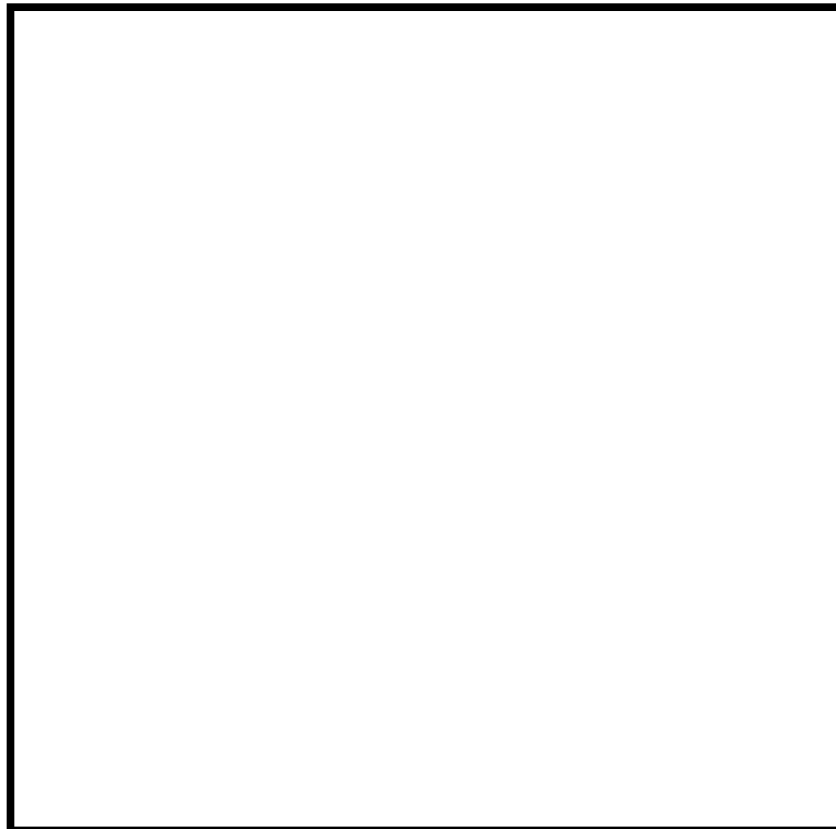
ii. 溶接部

せん断及び引張応力が、許容応力以下であることを確認する。

(i) せん断応力評価 (型式 01~1)

A rectangular box with a black border, used for redaction of text.

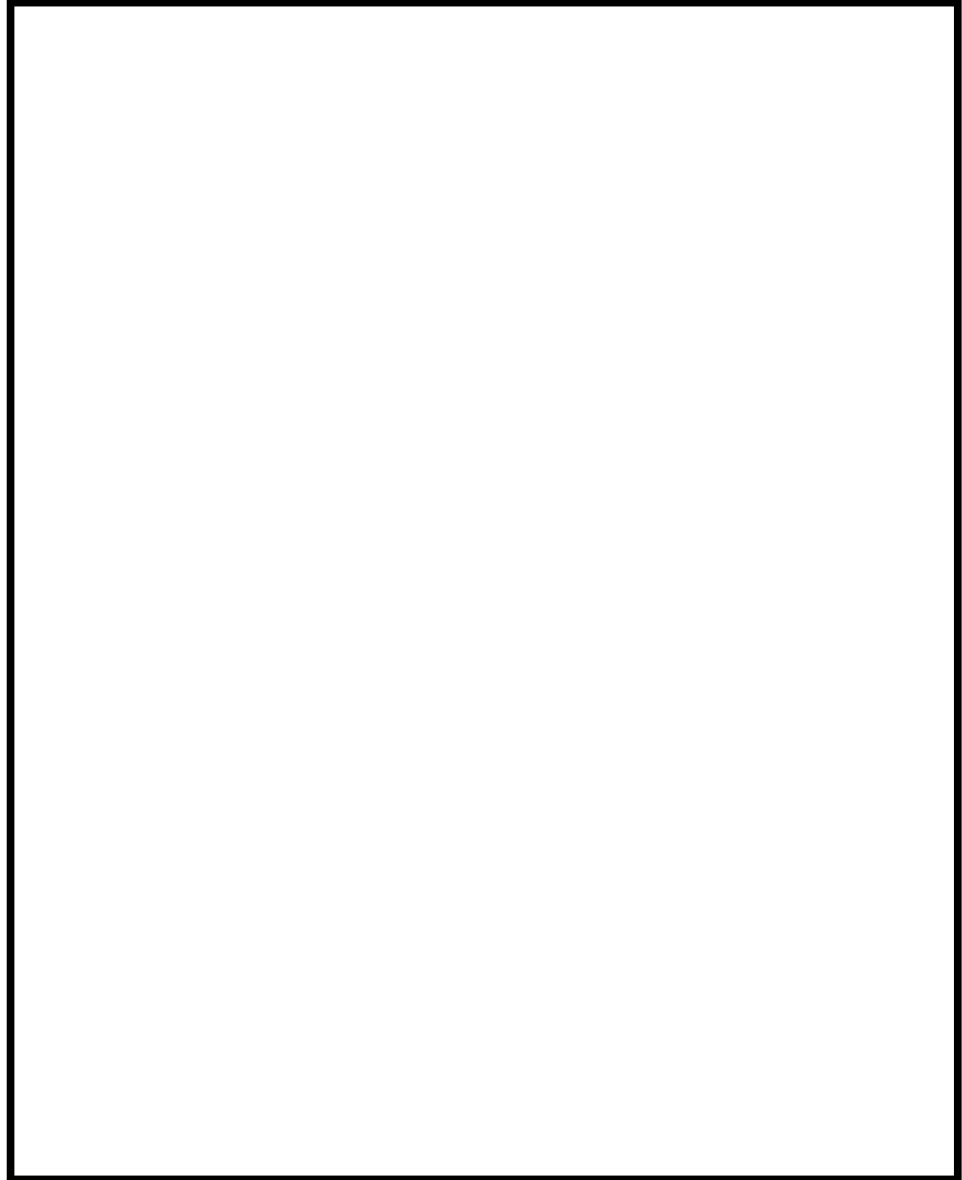
(ii) 引張応力評価 (型式 3~60)

A large rectangular box with a black border, used for redaction of text.

(ホ) コネクティングチューブ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



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

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



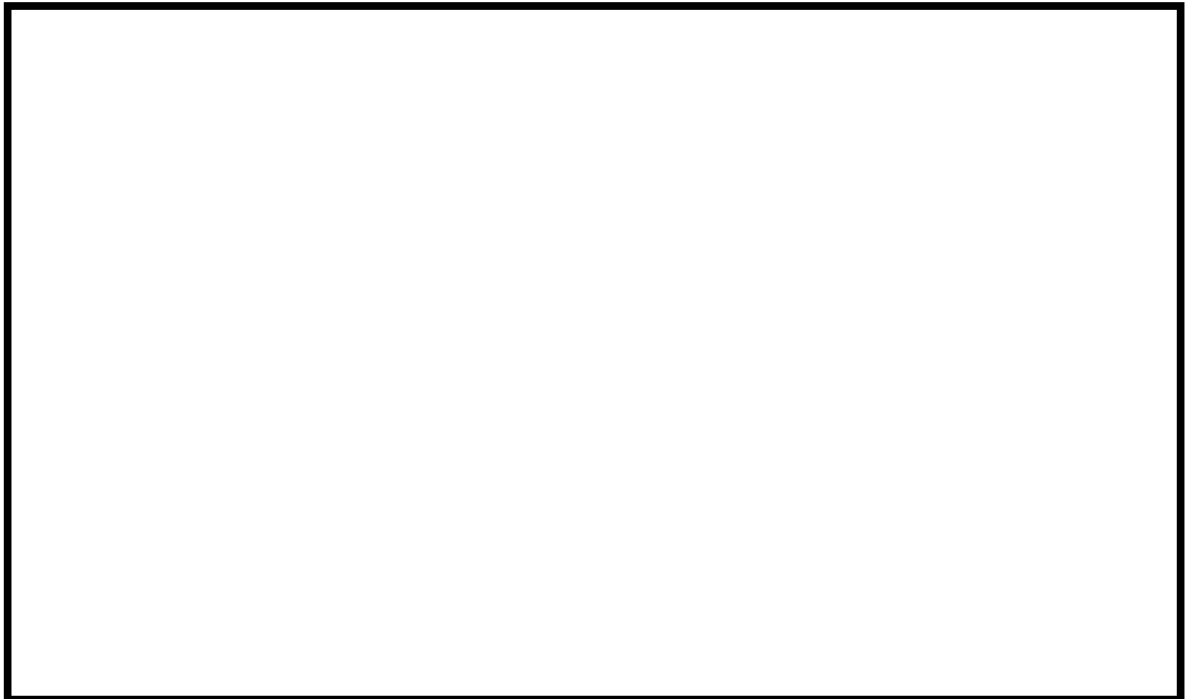
ii. せん断力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ト) ピン (8)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(チ) ユニバーサルボックス (⑨)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



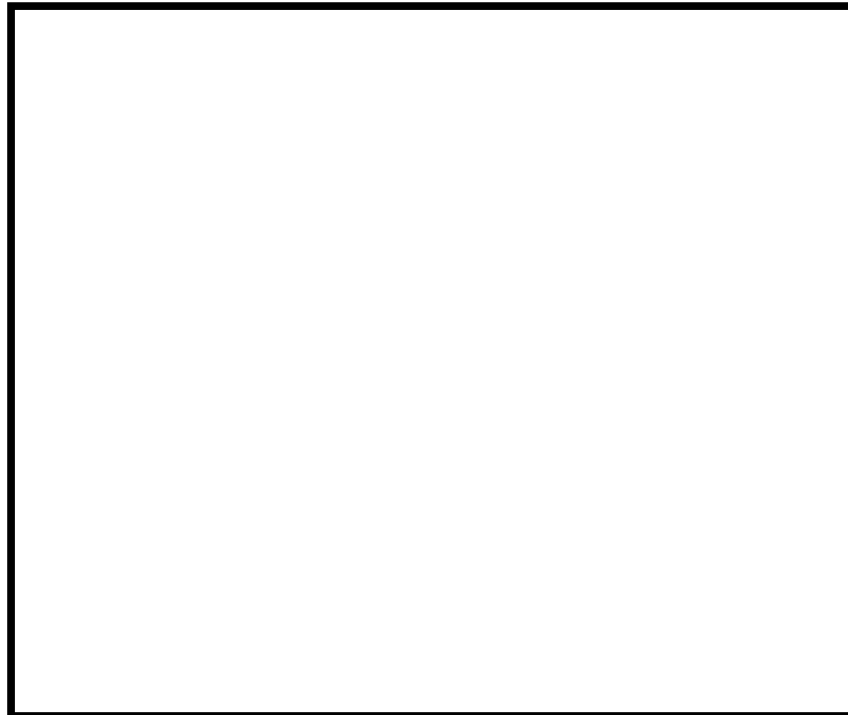
ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



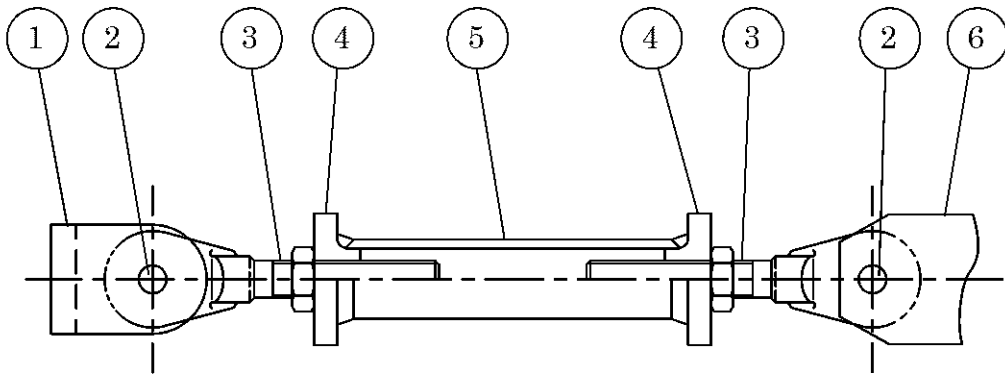
c. ロッドレストレイント

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

(a) RSA タイプ（型式 40 及び 60 以外）

イ. 強度部材

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



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (2)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used to redact information.

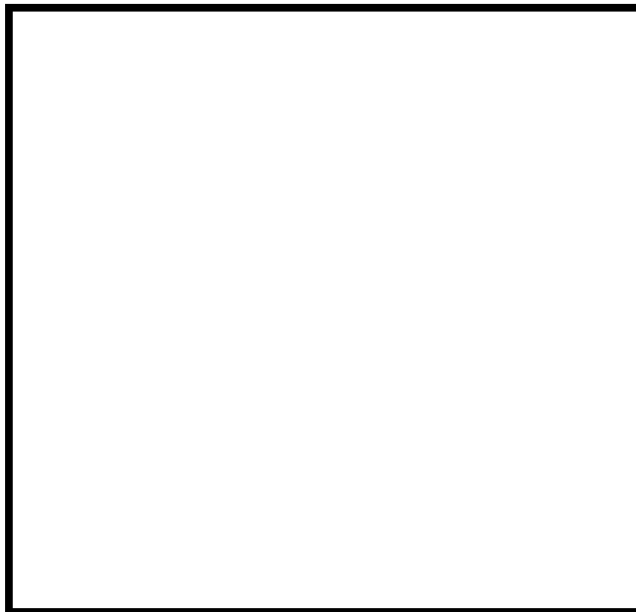
(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used to redact information.

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a thick black border, used to redact information.

(二) アジャストナット溶接部 (④)

i. 引張応力評価

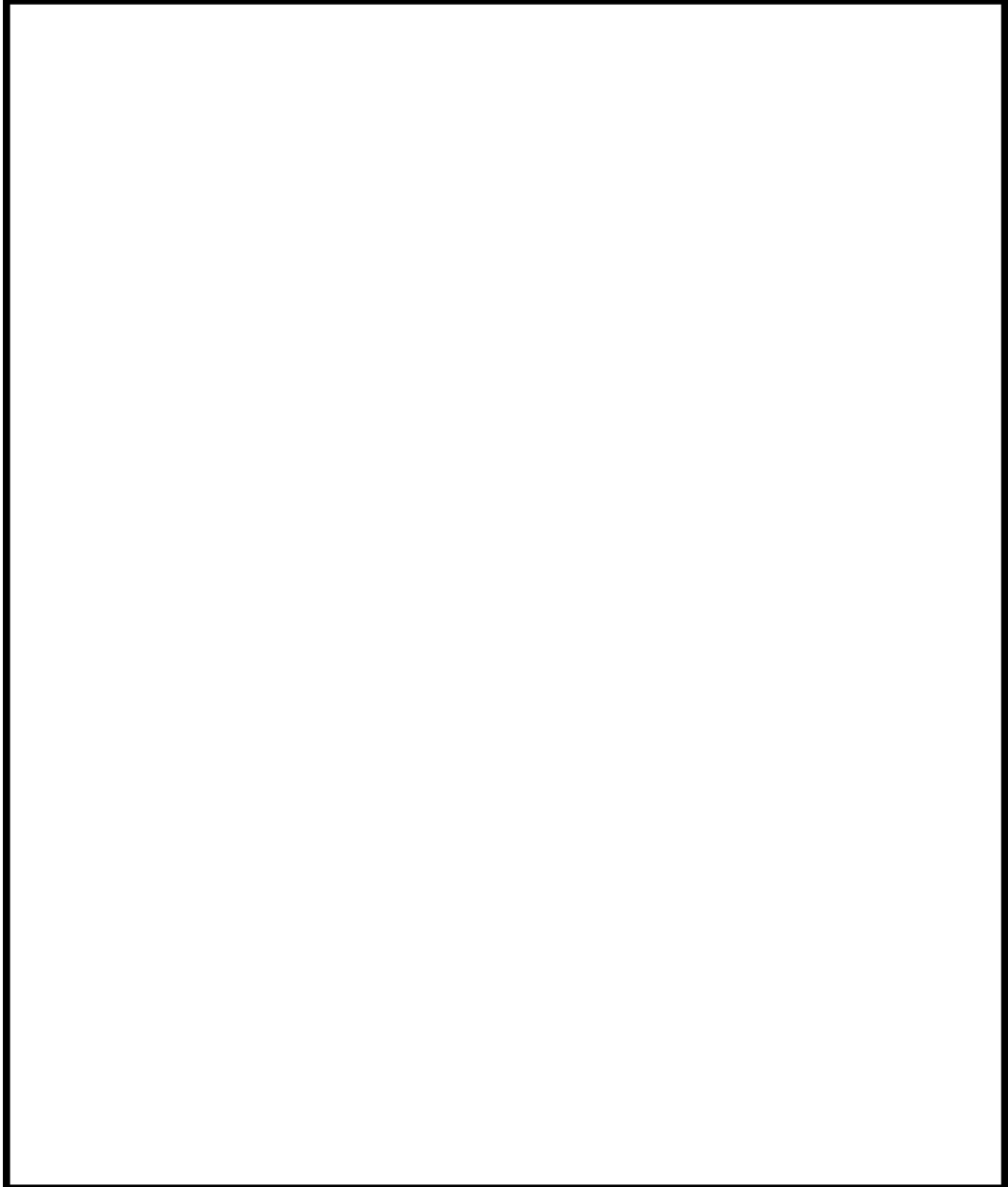
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

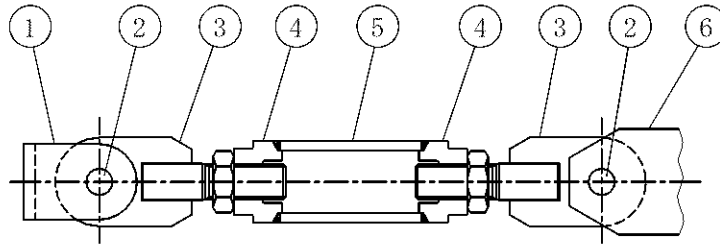
圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(b) RSA タイプ (型式 40 及び 60)

イ. 強度部材

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



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. ボルト部

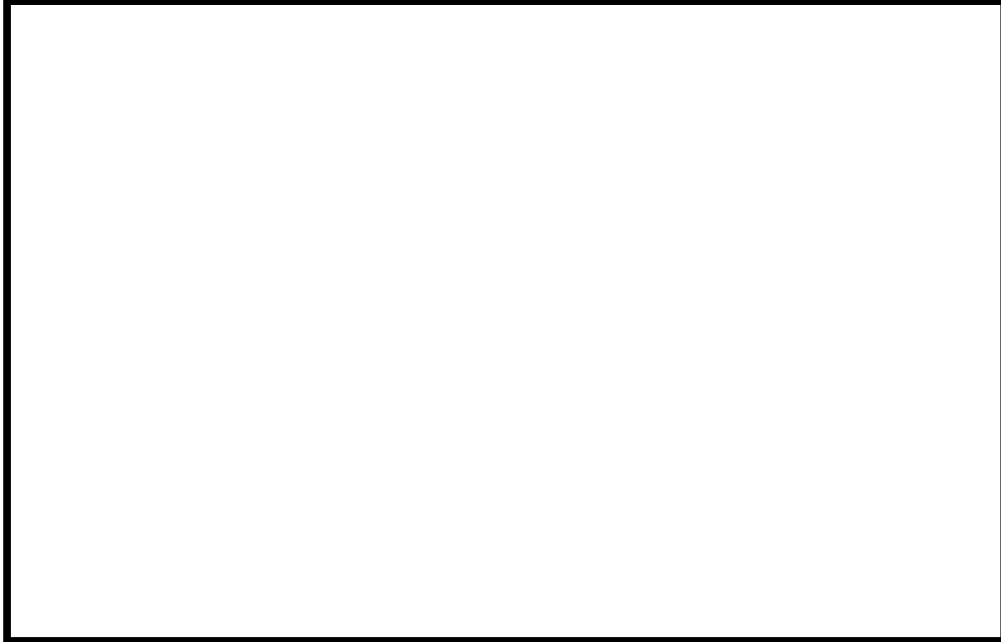
(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(二) アジャストナット溶接部 (④)

i. 引張応力評価

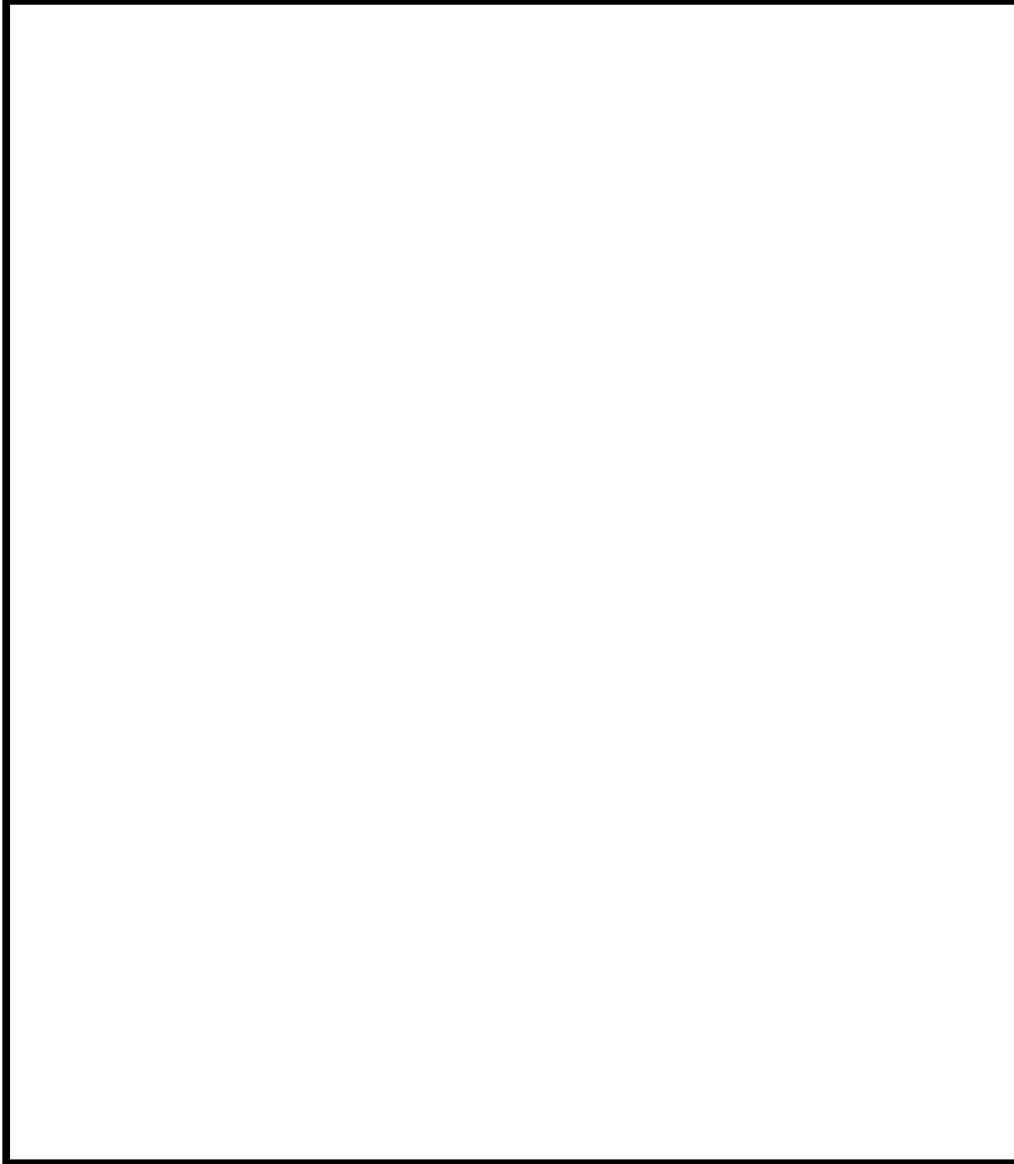
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

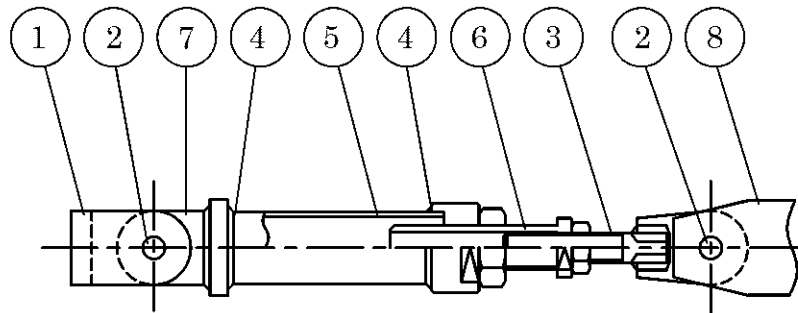
圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(c) RSAM タイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
④コネクティングパイプ溶接部、⑤パイプ、⑥ターンバックル、
⑦イーヤ及び⑧クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑧)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スヘリカルアイボルト (③)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

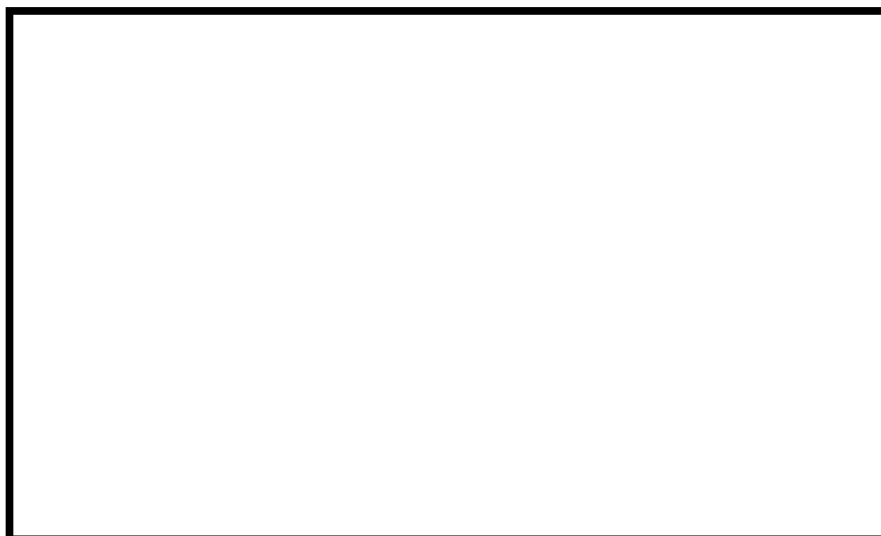
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ii) コネクティングパイプ溶接部 (④)

i. せん断応力評価

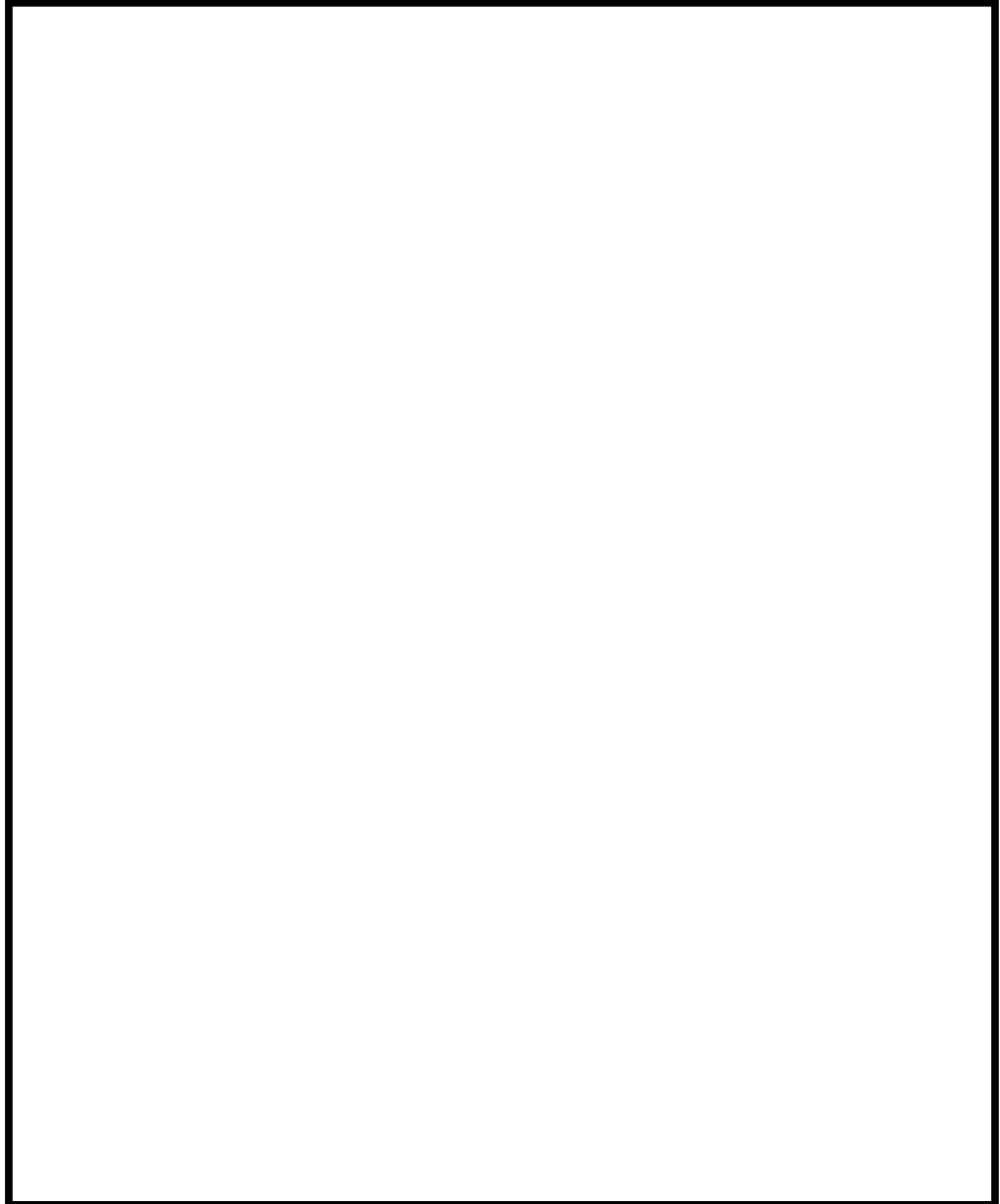
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(へ) ターンバックル (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ト) イーヤ (⑦)

i. せん断応力評価

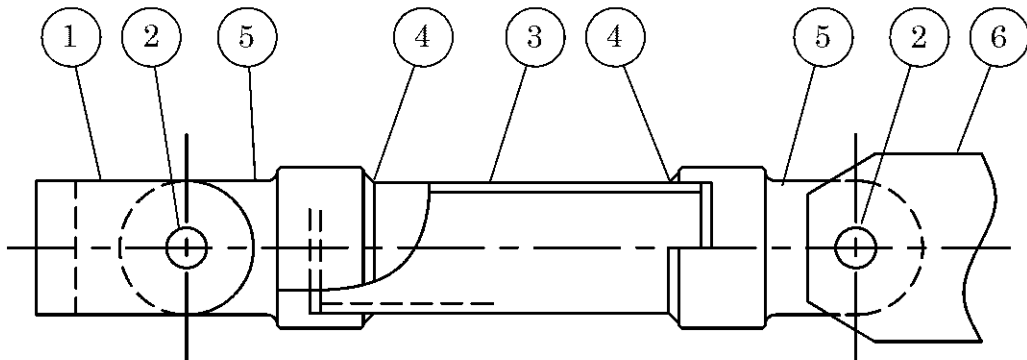
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(d) RTS タイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③パイプ、④コネクティングパイプ溶接部、
⑤コネクティングイヤー及び⑥クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

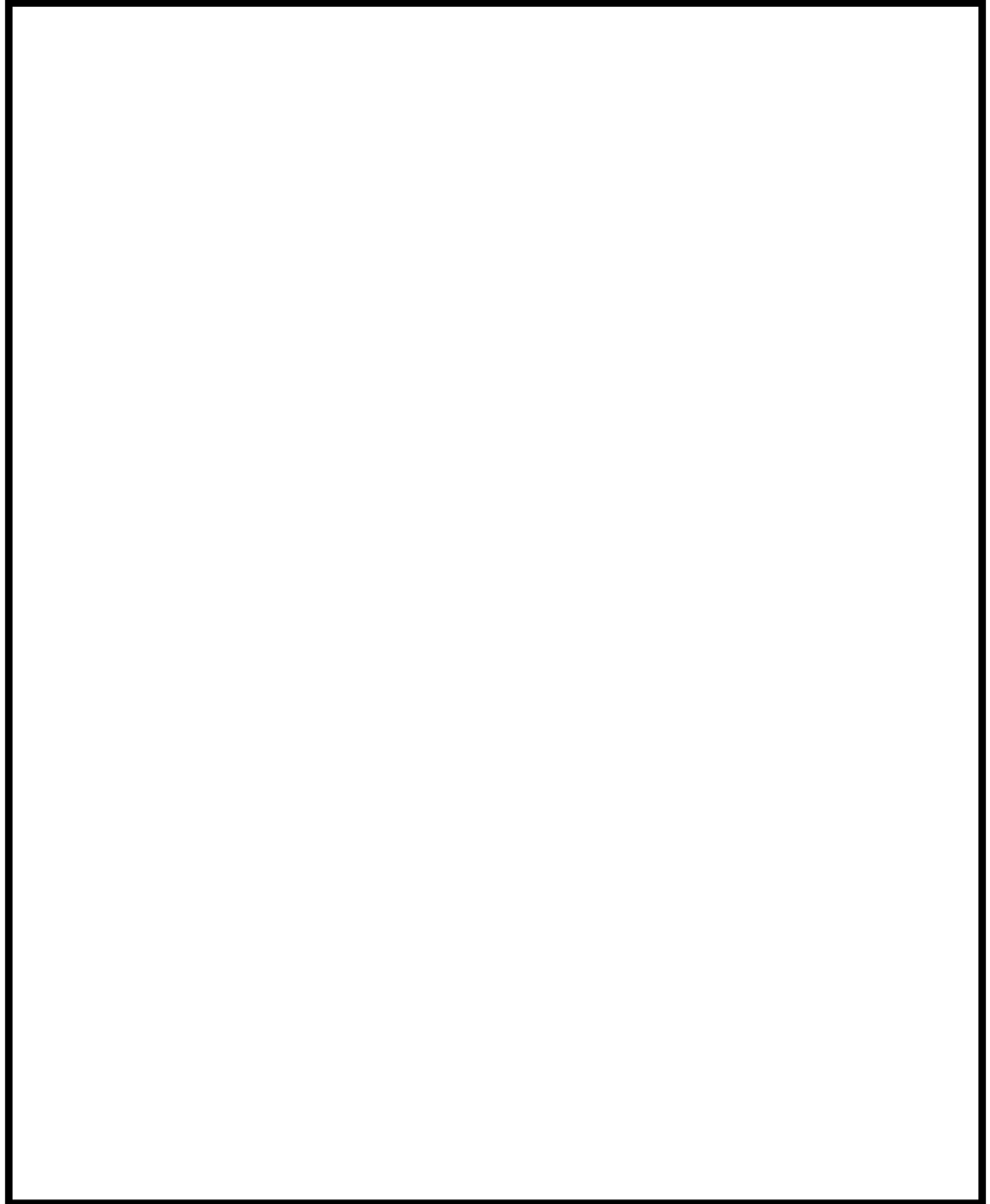
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) パイプ (③)

i. 圧縮応力評価

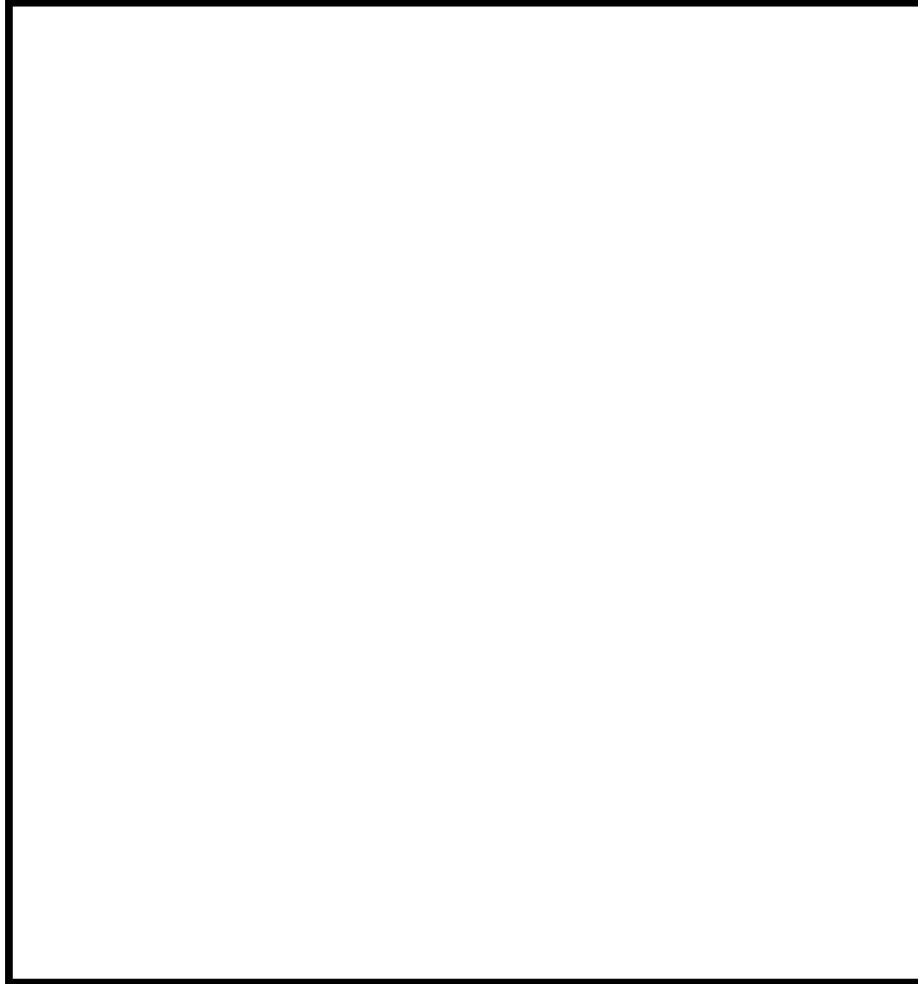
圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(二) コネクティングパイプ溶接部 (④)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) コネクティングイーヤ (⑤)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

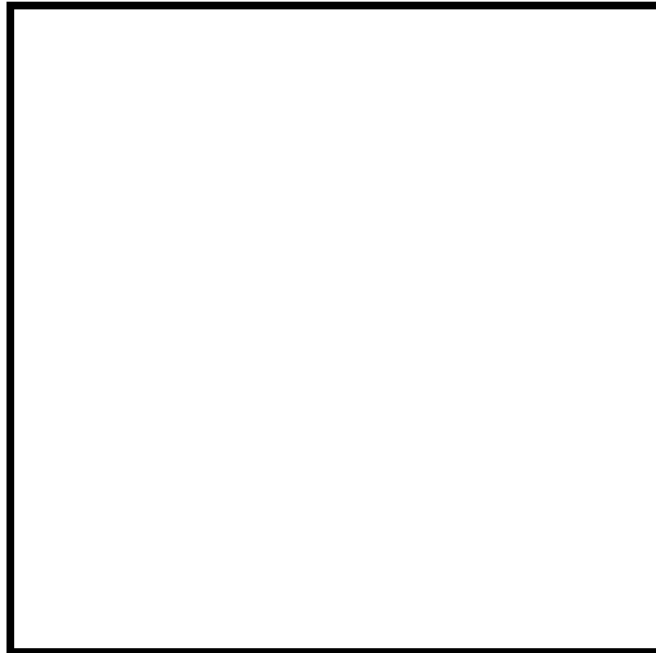
ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

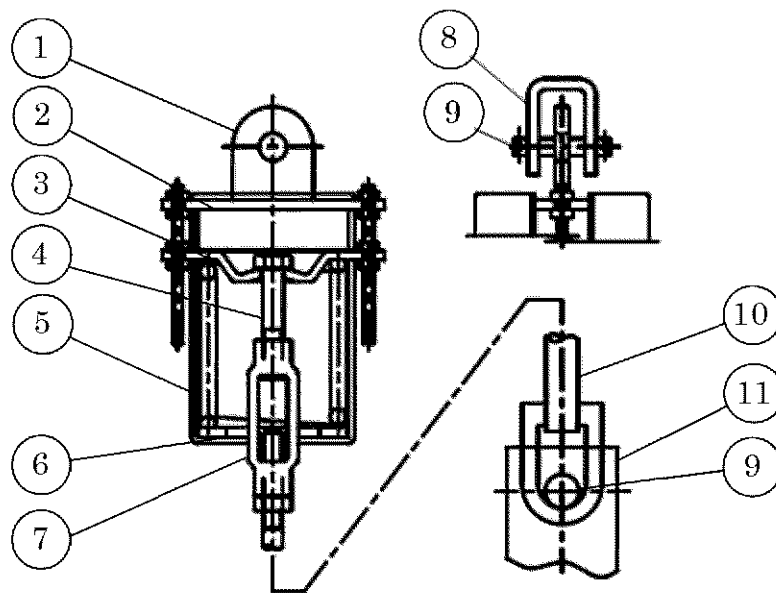
d. スプリングハンガ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力、曲げ応力、支圧応力及び組合せ応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

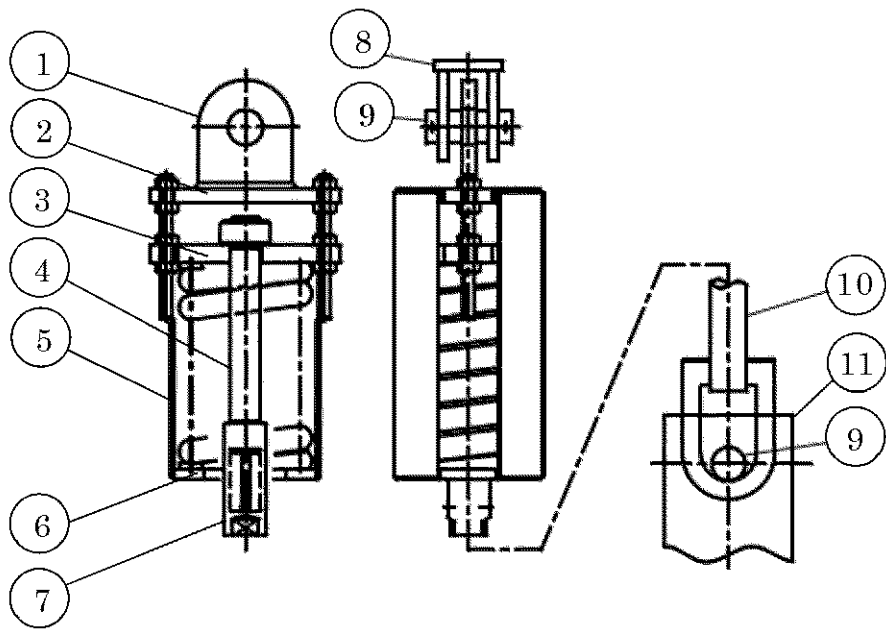
(a) VSA タイプ吊型

イ. 強度部材

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



型式 VSA-0～19



型式 VSA-20~23

ロ. 各部材の計算式

(イ) イーヤ (①)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of content.

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of content.

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used for redaction of content.

ii. イーヤ溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a black border, used for redaction of content.

(ロ) 上部カバー (②)

i. 本 体

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

(i) 曲げ応力評価

① 型式 VSA-0～19 の場合



② 型式 VSA-20～23 の場合



ii. 溶接部

(i) せん断応力評価 (型式 VSA-20~23)

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) バネ座 (ピストンプレート) (③)

i. 曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。



(ニ) ハンガロッド (④)

i. 引張応力評価

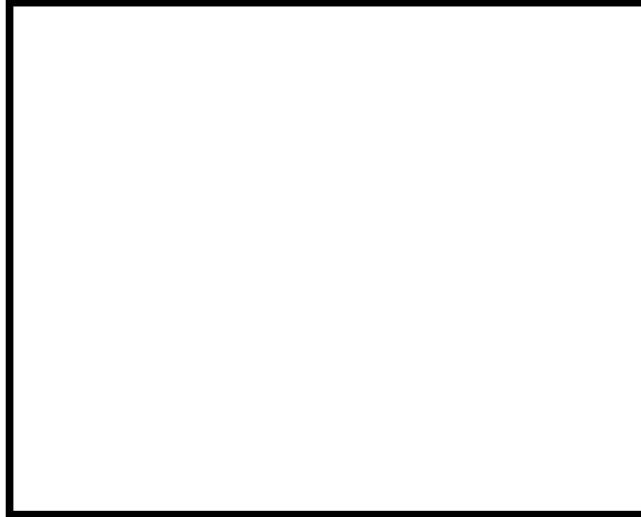
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) スプリングケース (⑤)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(へ) 下部カバー (⑥)

i. 本 体

(i) 曲げ応力評価

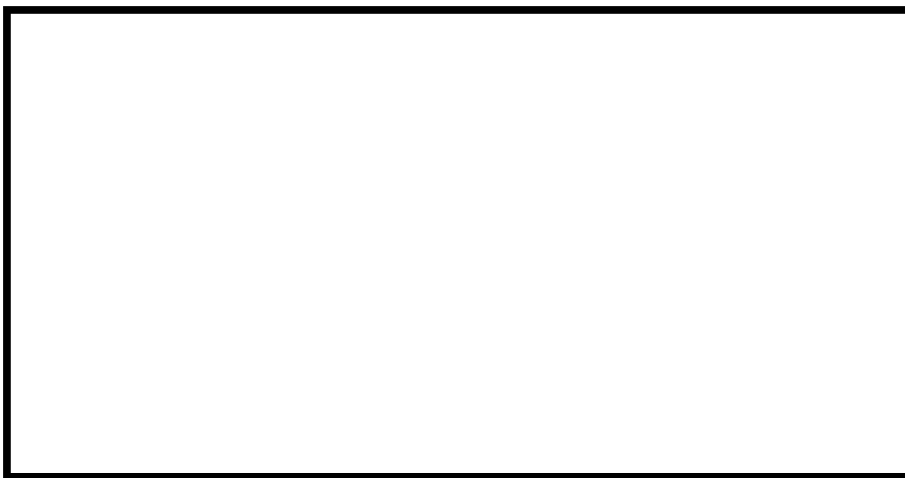
曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

① 型式 VSA-0～19 の場合





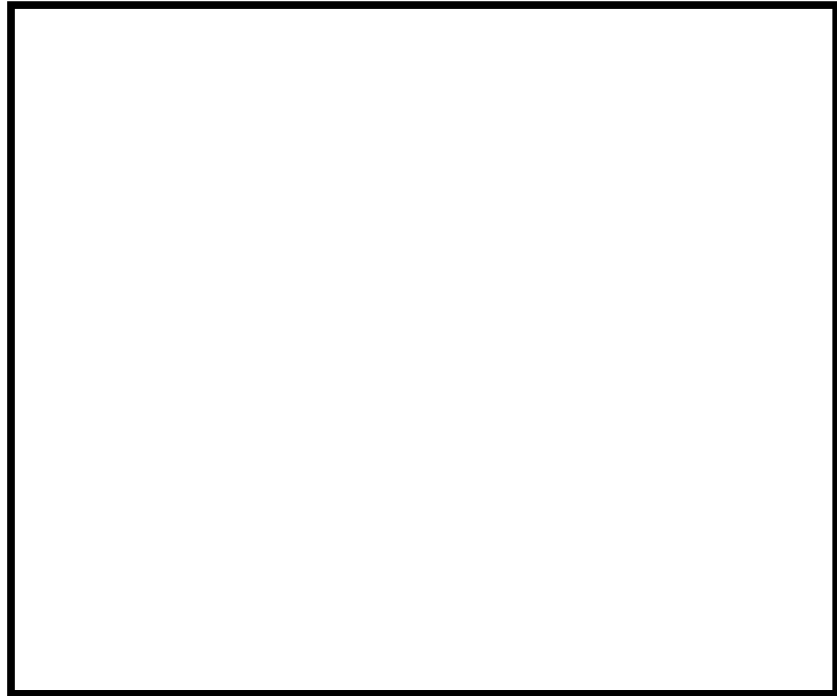
② 型式 VSA-20～23 の場合



ii. 溶接部

(i) せん断応力評価 (型式 VSA-20~23)

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

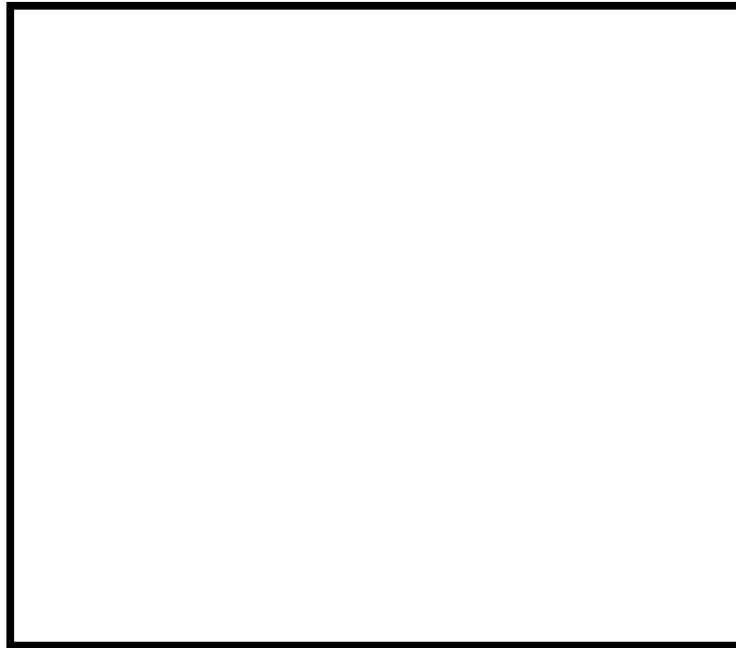


(ト) ターンバックル (⑦)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(i) 型式 VSA-0～19



(ii) 型式 VSA-20～23



(チ) クレビスブラケット (⑧) 及びクランプ (⑩)

i. 本 体

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used to redact information.

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a black border, used to redact information.

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a black border, used to redact a significant portion of the page's content.

ii. クレビスブラケット溶接部

(i) せん断応力評価 (型式 VSA-20~23)

せん断応力が、許容せん断応力値以下であることを確認する。



(リ) ピン (9)

i. 曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

A rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

iii. 組合せ応力評価

組合せ応力が、許容応力以下であることを確認する。

A large rectangular box with a thick black border, used for redaction of information.

(ヌ) アイボルト (⑩)

i. 穴 部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

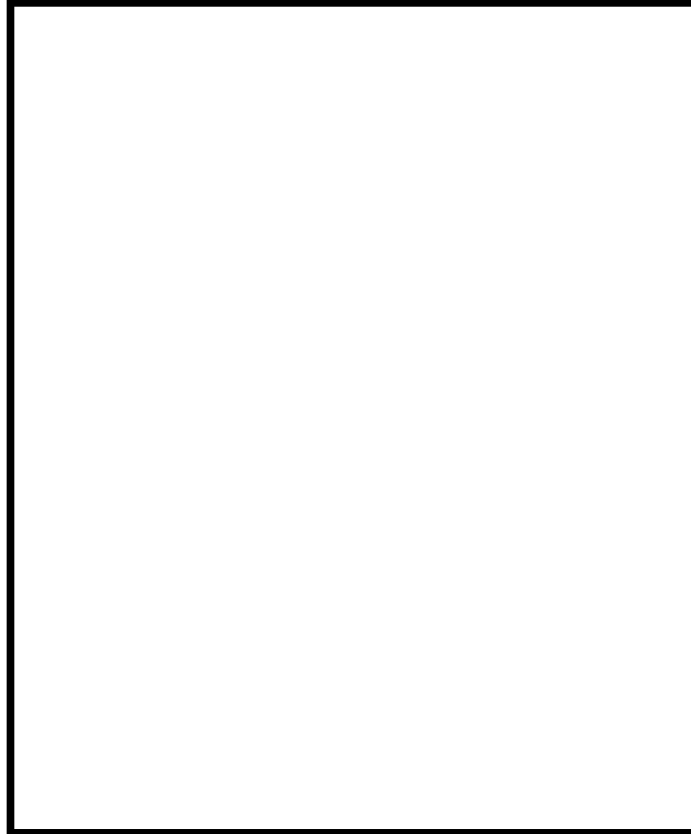
(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



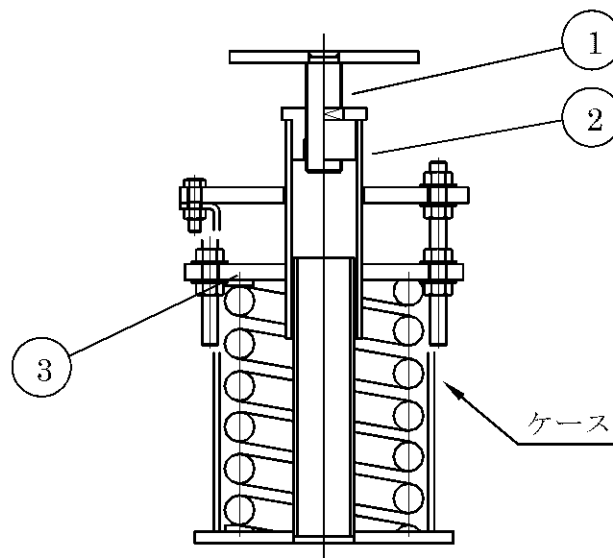
(b) VSB タイプ置型

イ. 強度部材

ケースの形状についてはボルト式と溶接式があるが、構造図はボルト式を代表例として示す。

スプリングハンガの構造と強度部材は、次のとおりである。

①ハンガロッド、②ロードコラム及び③バネ座（ピストンプレート）



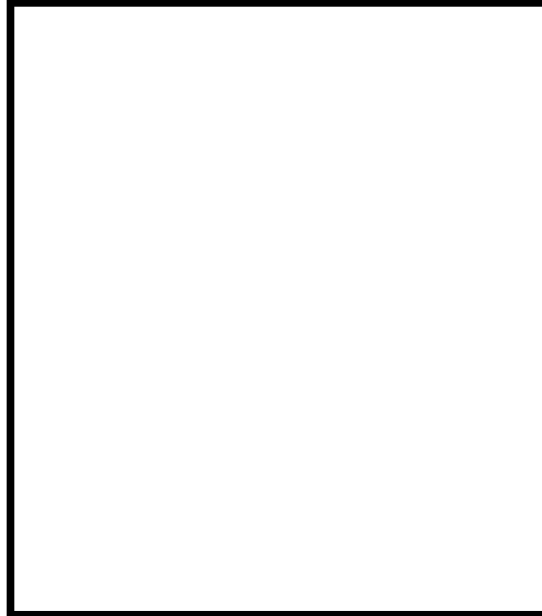
型式 VSB

ロ. 各部材の計算式

(イ) ハンガロッド (①)

i. 圧縮応力評価

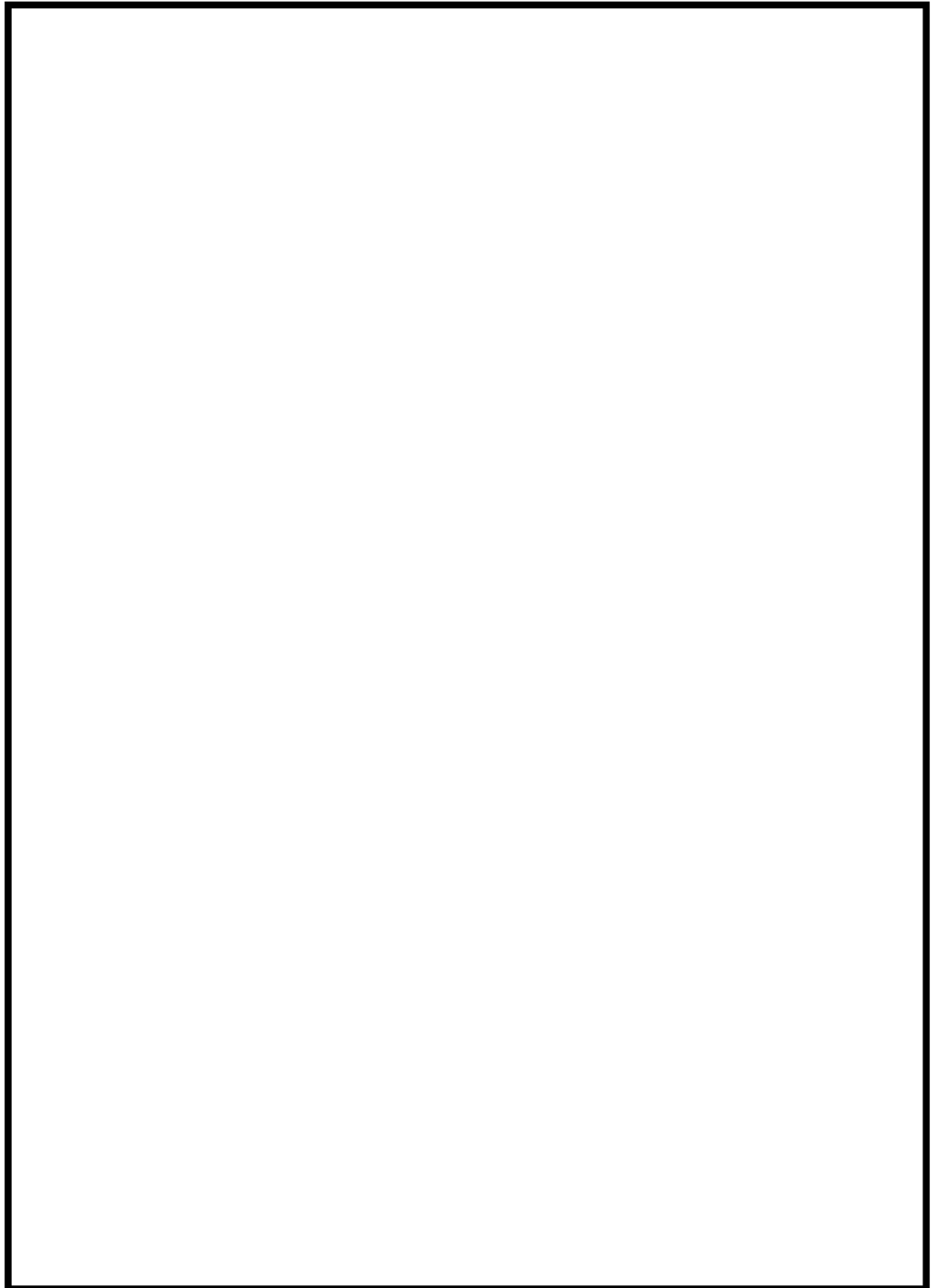
圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(ロ) ロードコラム (②)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

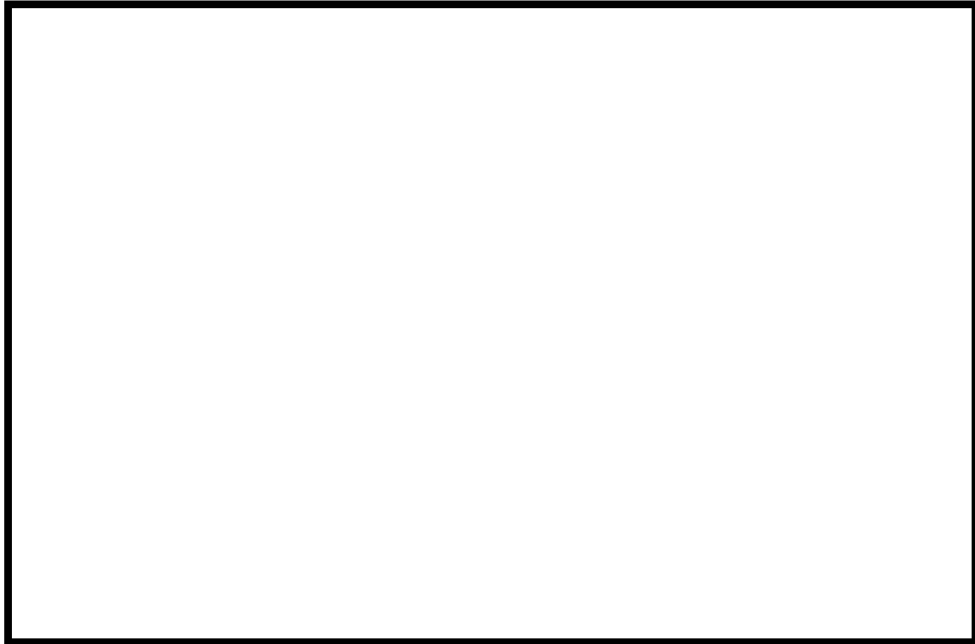


(ハ) バネ座 (ピストンプレート) (③)

i. 本 体

(i) 曲げ応力評価

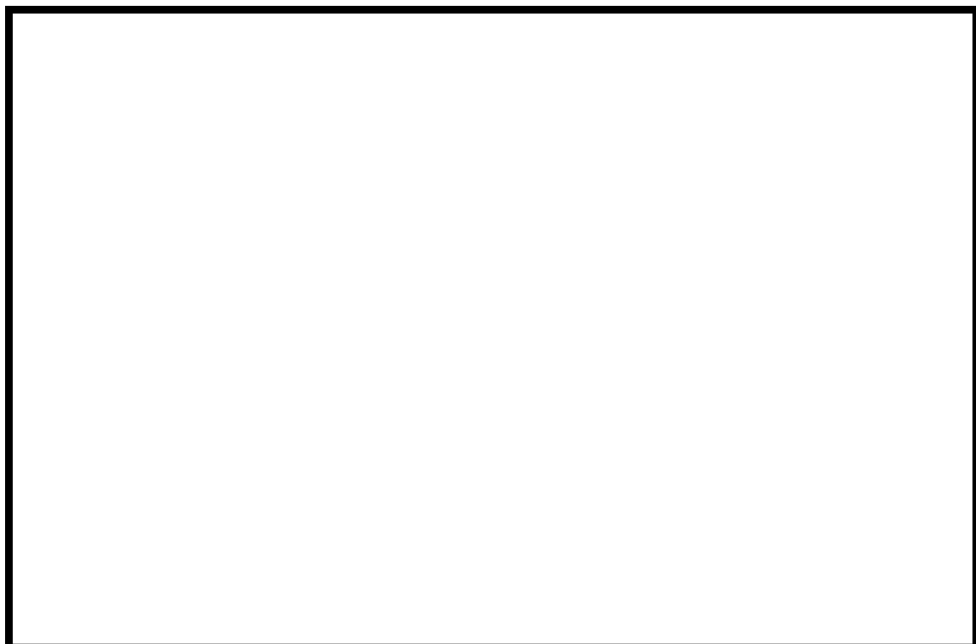
曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。



ii. 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



e. ラ グ

(a) 評価部位

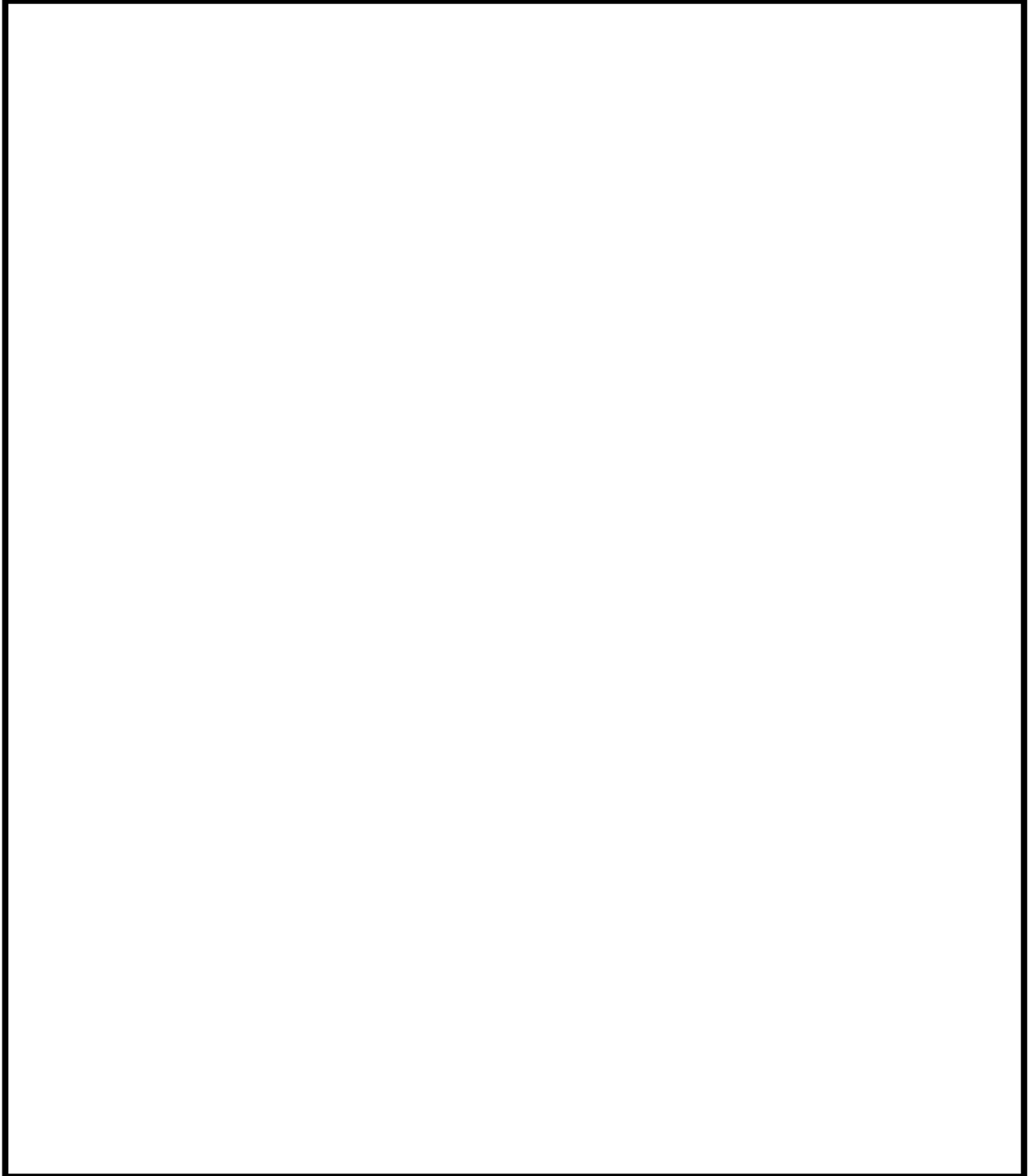
- イ. パッドと配管の溶接部
- ロ. パッドと角形鋼管の溶接部
- ハ. 角形鋼管
- ニ. 角形鋼管と底板の溶接部

(b) 各評価部位の計算式

イ. パッドと配管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

円周部の長さについては、安全側に管の直径とする。

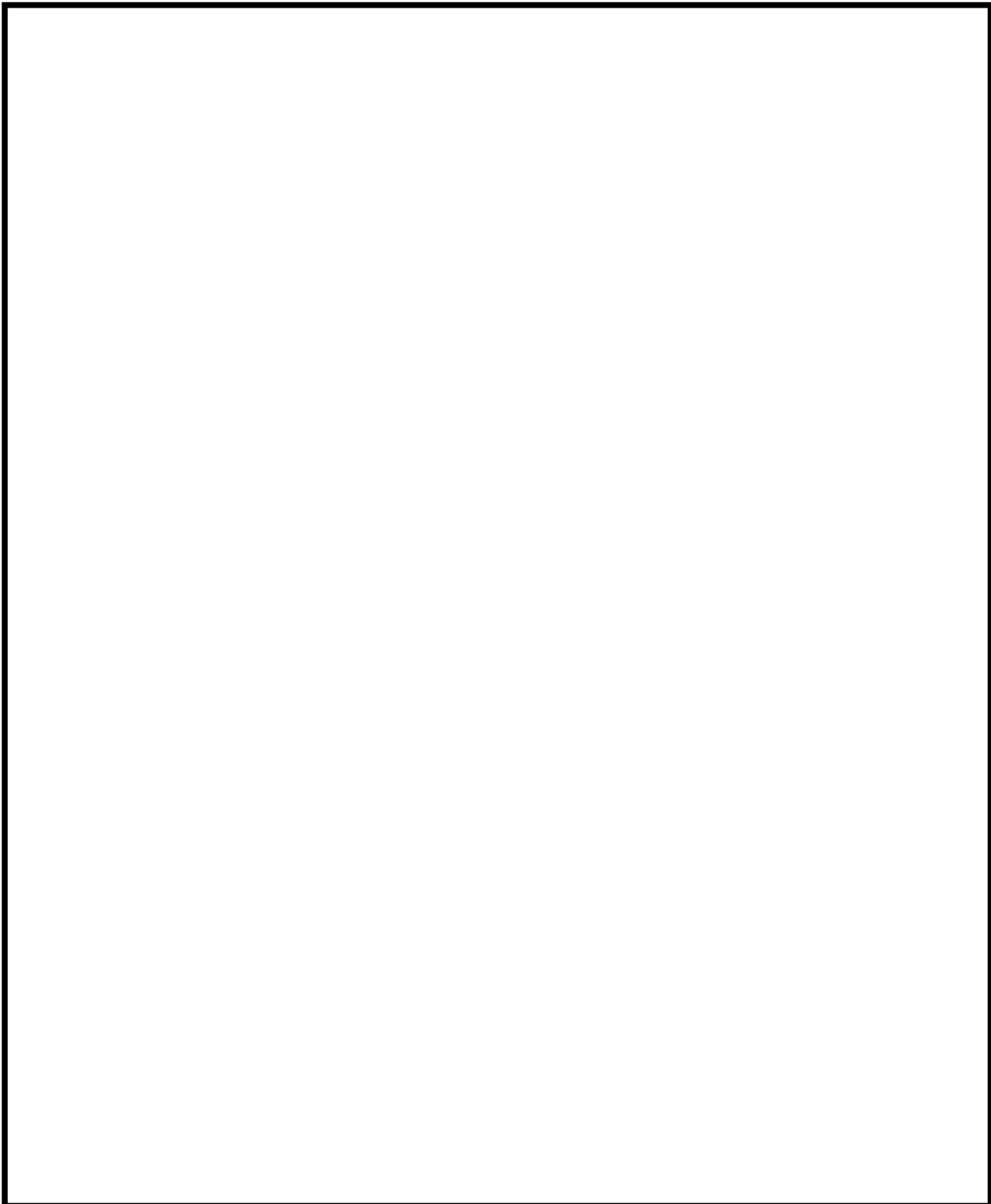


ロ. パッドと角形鋼管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

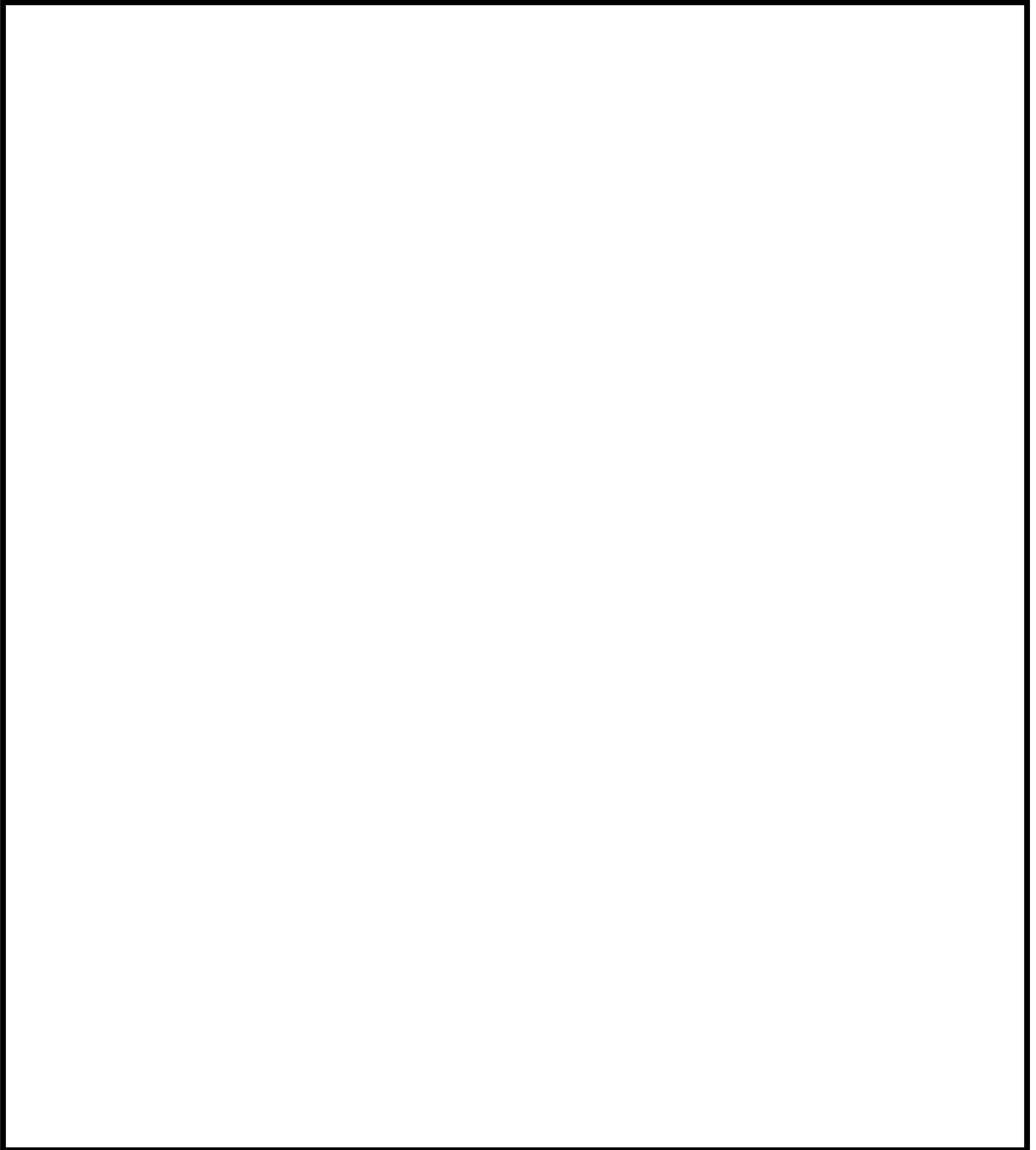
(イ) すみ肉溶接

パッド溶接部の応力は、溶接のど厚にて評価する。



(ロ) 突合せ溶接

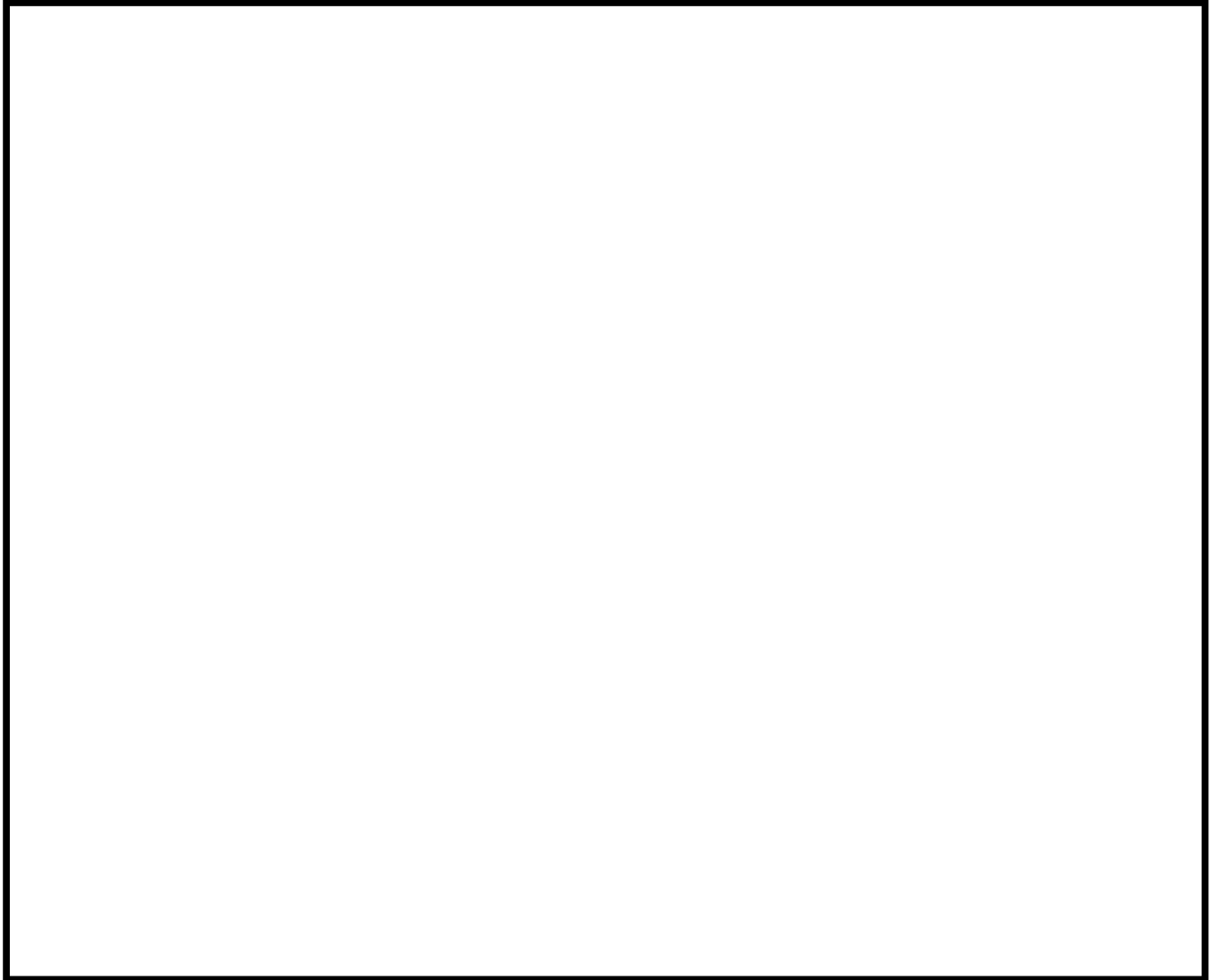
角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



ハ. 角形鋼管

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



ニ. 角形鋼管と底板の溶接部

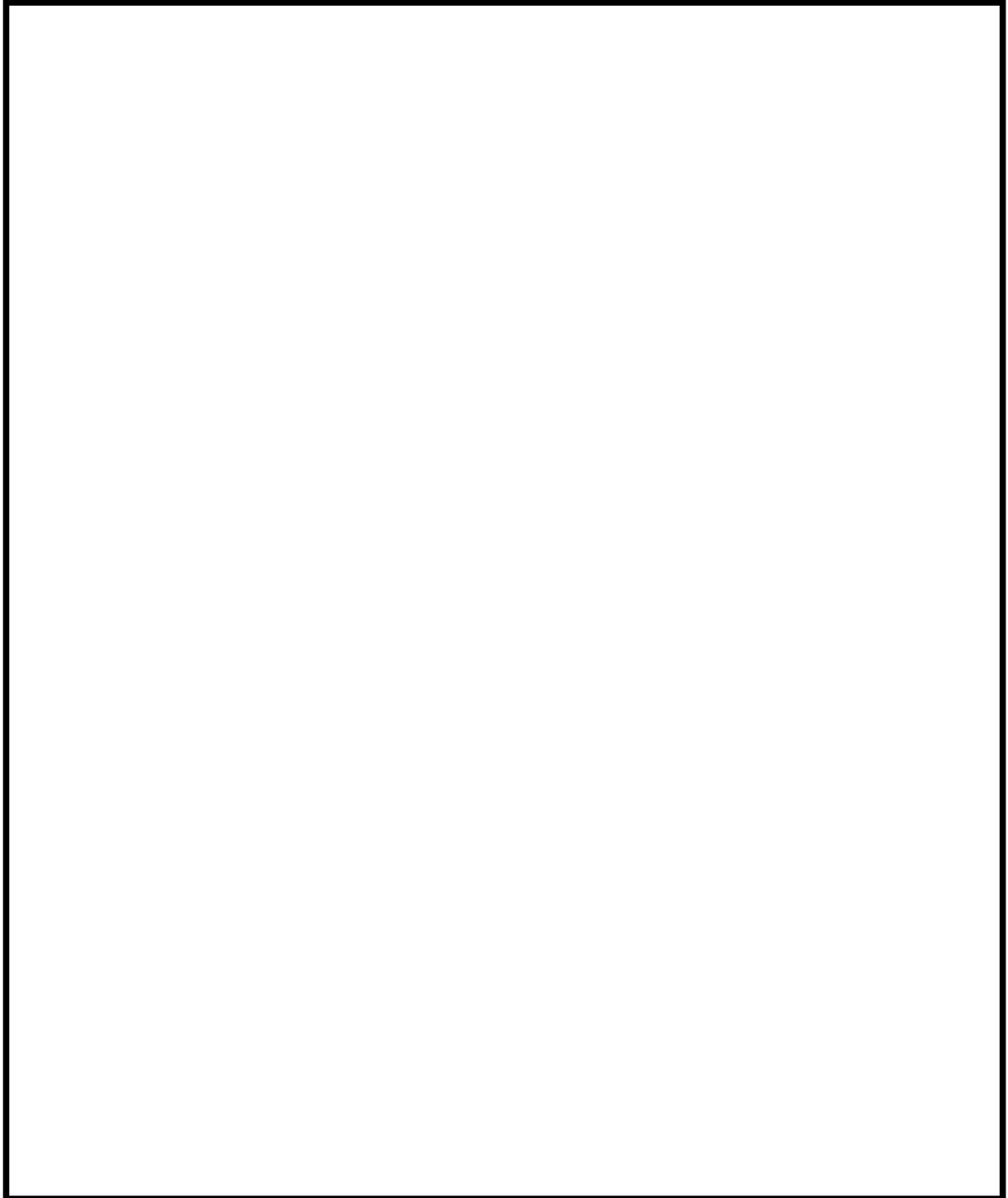
(イ) すみ肉溶接

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管と底板の溶接部の応力は、溶接のど厚にて評価する。

(ロ) 突合せ溶接

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



f. U ボルト

(a) 小口径配管用 U ボルト

(適用口径：1/2B～3B、ストッパー無)

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



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



(b) 中大口径配管用 U ボルト

(適用口径：4B～36B、ストッパー有)

中大口径配管用 U ボルトには、座金又はストッパーを設けて支持する。U ボルトには引張方向荷重による引張応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が発生するとして評価を行う。発生応力は、次の計算式により求める。



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



g. Uバンド

Uバンドのボルトには、せん断方向荷重及び軸方向荷重によるせん断応力並びに引張方向荷重による引張応力が発生する。なお、モーメントを拘束するUバンドのボルトは、モーメントによっても、引張応力及びせん断応力が発生する。Uバンドのパイプバンドには、引張方向荷重により曲げ応力が発生する。発生応力は、次の計算式により求める。

(a) ボルト

イ. 引張応力評価

引張応力を計算し、許容値を超えないことを確認する。

なお、モーメントを拘束するUバンドにあっては以下の式による。

ロ. せん断応力評価

せん断応力を計算し、許容値を超えないことを確認する。

なお、モーメントを拘束する Uバンドにあっては以下の式による。

ハ. 組合せ応力評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力を計算し、許容値を超えないことを確認する。

(b) パイプバンド

イ. 曲げ応力評価

曲げ応力を計算し、許容値を超えないことを確認する。



なお、モーメントを拘束する U バンドにあっては補強リブを設置しており、曲げ応力は十分小さいため評価しない。

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



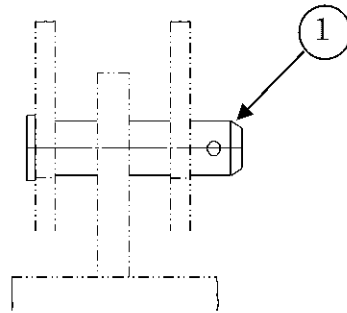
また、回転方向を拘束する U バンドのねじりモーメントに対する許容モーメントは、ボルトの締付けトルクから決まる摩擦力に等しい。したがって、U バンドのねじりモーメントの許容モーメントは、次の計算式で表され、ねじりモーメントが許容モーメント以下となるようにする。



h. ピン

(a) 強度部材

①ピン



(b) 各部材の計算式

イ. ピン (①)

i. 曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

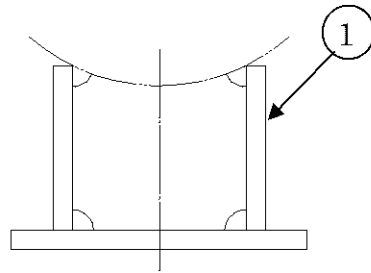
iii. 組合せ応力評価

組合せ応力が、許容応力以下であることを確認する。

i. サドル

(a) 強度部材

①プレート



(b) 各部材の計算式

イ. プレート

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

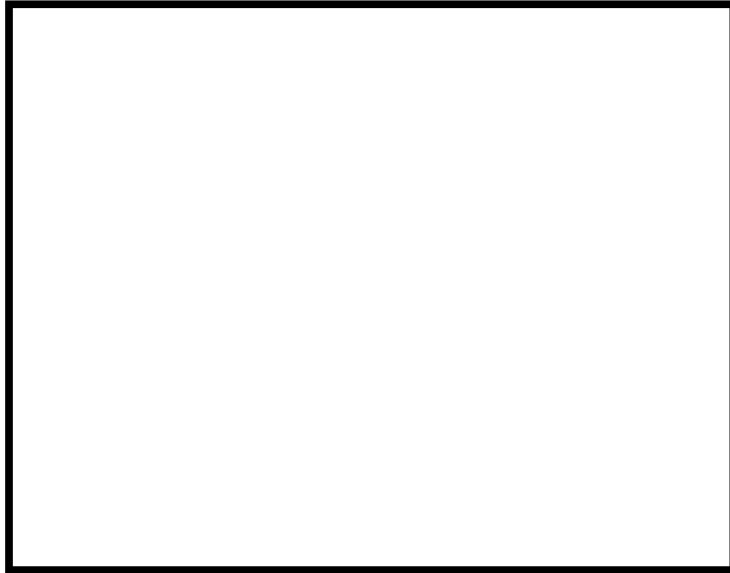
ロ. 溶接部

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

j. 支持架構

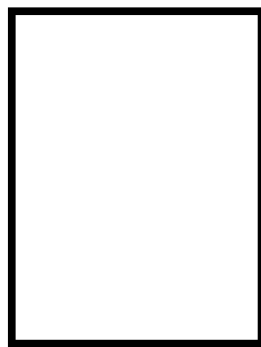
(a) 構造の代表例

支持架構の代表例として門型形状の支持架構について応力の計算式を示す。



(b) 各鋼材の計算式

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



評価は、次に示す組合せ応力が許容応力以下であることを確認する。



5.3 支持装置の選定

5.3.1 選定方法

(1) オイルスナバ

オイルスナバは、地震荷重及び機械的荷重並びに配管の熱膨張変位に基づき型式を選定する。

支持点に発生する荷重に基づき、第 5-4 表の中から、定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。また、第 5-5 表を用いて各支持点の変位量に合わせてストロークを選定し、オイルスナバを決定する。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第 5-6 表に示す。

第 5-4 表 オイルスナバの選定表 (定格荷重)

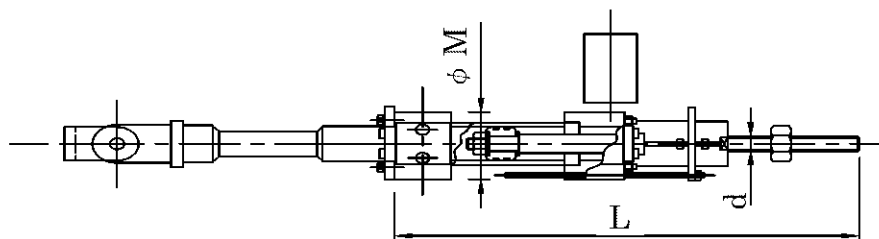
型 式	定格荷重 (kN)
03	3
06	6
1	10
3	30
6	60
10	100
16	160
25	250
40	400
60	600

第 5-5 表 オイルスナバの選定表 (ストローク)

ストローク	許容移動量 (mm)
100	0~50
160	51~110
250	111~200

第 5-6 表 オイルスナバ主要寸法表 (SHP)

型式	定格荷重 (kN)	ストローク	主要寸法 (mm)		
			L	M	d
03	3	100	445	78.0	16
		160	535		
		250	670		
06	6	100	450	83.0	20
		160	540		
		250	675		
1	10	100	465	93.0	20
		160	555		
		250	690		
3	30	100	500	128.0	30
		160	590		
		250	725		
6	60	100	545	155.0	36
		160	635		
		250	770		
10	100	100	600	186.0	42
		160	690		
		250	825		
16	160	100	640	227.0	56
		160	730		
		250	865		
25	250	100	670	267.0	64
		160	760		
		250	895		
40	400	100	730	327.0	72
		160	820		
		250	955		
60	600	100	780	387.0	90
		160	870		
		250	1,005		



(2) メカニカルスナバ

メカニカルスナバは、地震荷重及び機械的荷重並びに配管の熱膨張変位に基づき型式を選定する。

支持点に発生する荷重に基づき、第5-7表の中から、定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。また、第5-8表を用いて各支持点の変位量に合わせてストロークを選定し、メカニカルスナバを決定する。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を第5-9表に示す。

第5-7表 メカニカルスナバの選定表（定格荷重）

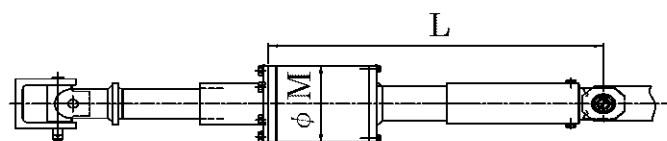
型 式	定格荷重(kN)
01	1
03	3
06	6
1	10
3	30
6	60
7.5	75
10	100
16	160
25	250
40	400
60	600

第5-8表 メカニカルスナバの選定表（ストローク）

ストローク	許容移動量(mm)
100	0~50
160	51~110
250	111~200

第 5-9 表 メカニカルスナバ主要寸法表 (SMS)

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



(3) ロッドレストレイント

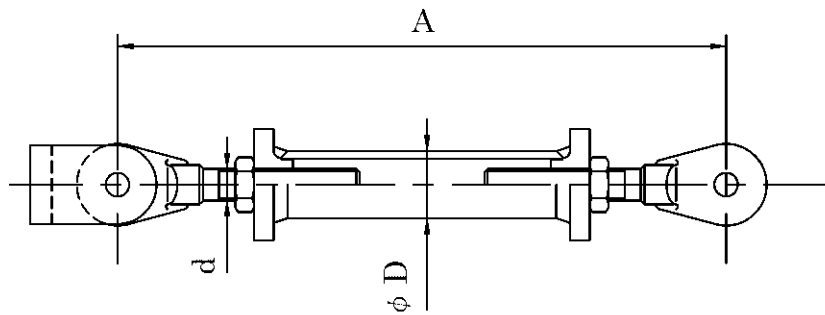
ロッドレストレイントは、地震荷重、自重、熱膨張荷重及び機械的荷重を拘束することを目的として、支持点に発生する荷重に基づき、第5-10表の中から定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第5-11表～第5-13表に示す。

第5-10表 ロッドレストレイントの選定表（定格荷重）

型 式	定格荷重 (kN)
06	6
1	10
3	30
6	60
10	100
16	160
25	250
40	400
60	600

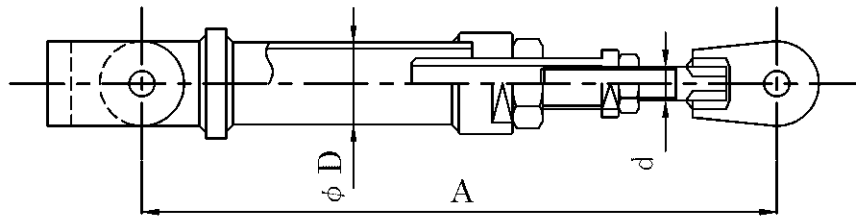
第5-11表 ロッドレストレイント主要寸法表 (RSA)

型 式	定 格 荷 重 (kN)	主 要 寸 法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	450	1,750	34.0	20
1	10	450	2,000	42.7	20
3	30	520	2,400	60.5	30
6	60	550	2,700	76.3	36
10	100	650	2,950	89.1	42
16	160	720	3,400	114.3	56
25	250	770	3,800	139.8	64
40	400	1,040	3,000	165.2	72
60	600	1,250	3,000	165.2	90



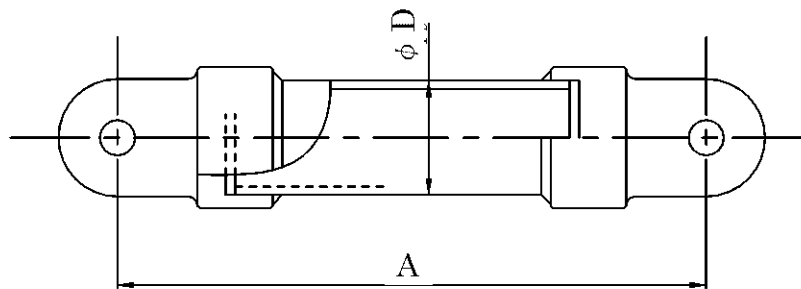
第 5-12 表 ロッドレストレイント主要寸法表 (RSAM)

型 式	定格荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	240	445	34.0	12
1	10	300	445	48.6	20
3	30	365	515	60.5	30
6	60	400	545	76.3	36



第 5-13 表 ロッドレストレイント主要寸法表 (RTS)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)		
		A		D
		最 小	最 大	
06	6	275	1,750	34.0
1	10	275	2,000	42.7
3	30	325	2,400	60.5
6	60	340	2,700	76.3
10	100	390	2,950	89.1
16	160	420	3,400	114.3
25	250	460	3,800	139.8



(4) スプリングハンガ

スプリングハンガは、鉛直方向の熱膨張変位が大きな配管系を支持する目的で設置し、自重及び支持点の熱膨張変位に基づき型式を選定する。

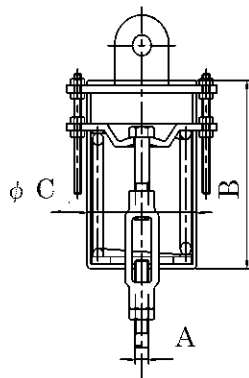
スプリングハンガは、標準としてシリーズ化されたトラベル（最大可動範囲）と最大発生荷重に基づき、第 5-14 表を用いて選定する。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第 5-15 表及び第 5-16 表に示す。

第 5-14 表 スプリングハンガの選定表 (荷重範囲及び最大トラベル)

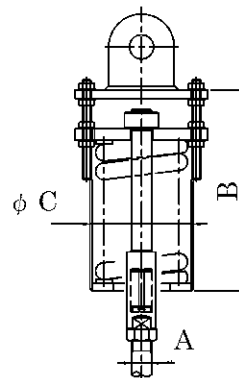
容量 記号	トラベルシリーズ				
	1	2	4	L2	L4
	荷重範囲 (kN)				
0	0.059~0.294			—	
1	0.261~0.426			0.192~0.426	
2	0.339~0.563			0.246~0.563	
3	0.441~0.735			0.319~0.735	
4	0.590~0.979			0.429~0.979	
5	0.820~1.340			0.604~1.340	
6	1.070~1.770			0.786~1.770	
7	1.400~2.320			1.020~2.320	
8	1.940~3.160			1.430~3.160	
9	2.520~4.150			1.850~4.150	
10	3.330~5.500			2.430~5.500	
11	4.450~7.320			3.250~7.320	
12	5.930~9.760			4.340~9.760	
13	8.200~13.38			6.040~13.38	
14	10.81~17.63			7.96~17.63	
15	14.16~23.10			10.43~23.10	
16	18.51~30.52			13.51~30.52	
17	25.34~41.34			18.67~41.34	
18	33.54~54.72			24.71~54.72	
19	44.72~72.96			32.95~72.96	
20	59.62~97.28			43.93~97.28	
21	77.96~127.98			57.12~127.98	
22	104.34~170.24			76.88~170.24	
23	129.15~216.24			92.86~216.24	
	最大トラベル (mm)				
0~23	30	60	120	85	170

第 5-15 表 スプリングハンガ主要寸法表 (VSA)

型 式 容量 記号	寸 法 (mm)						C				
	A	B									
		トラベルシリーズ									
	1	2	L2	4	L4						
0	12	129	179	—	299	—	121				
1				204		334					
2											
3		144	194	219	304	354					
4											
5					344	394		139			
6											
7	16	167	222	247	372	412	164				
8											
9											
10	20	182	267	292	447	487					
11											
12	24	202	312	322	472	512		222			
13		212									
14		30					232		347	362	542
15	262		372	392	612	652					
16	277						392				
17	36	307	452	472	712	767	258				
18	42	342	512	537	812	872					
19	48	362	532	557	857	892					
20	56	371	564	579	880	930		328			
21	64	427	623	648	990	1,040					
22	72	463	677	702	1,092	1,142	365				
23	80	531	753	778	1,200	1,250					



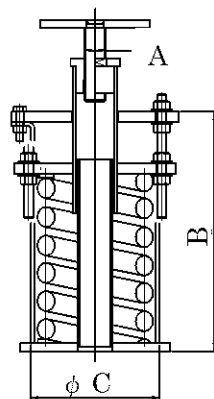
型式 0~19



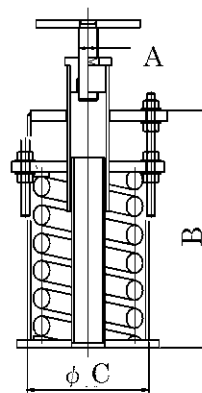
型式 20~23

第 5-16 表 スプリングハンガ主要寸法表 (VSB)

型 式 容量 記号	寸 法 (mm)						C	
	A	B						
		トラベルシリーズ						
	1	2	L2	4	L4			
0	20	115	180	—	305	—	121	
1				205		355		
2								
3		130	195	220	300	350		139
4					340	390		
5								
6	30	149	219	244	364	414	164	
7								
8								
9								
10								
11	36	199	289	314	464	514	222	
12								
13								
14								
15								
16								
17	48	331	506	531	826	876	258	
18								
19								
20	56	366	531	556	856	906	328	
21								
22								
23	64	495	714	739	1,157	1,207	365	



型式 0~19



型式 20~23

(5) ラグ

ラグは、支持点に発生する設計荷重に基づき、第5-17表の最大使用荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

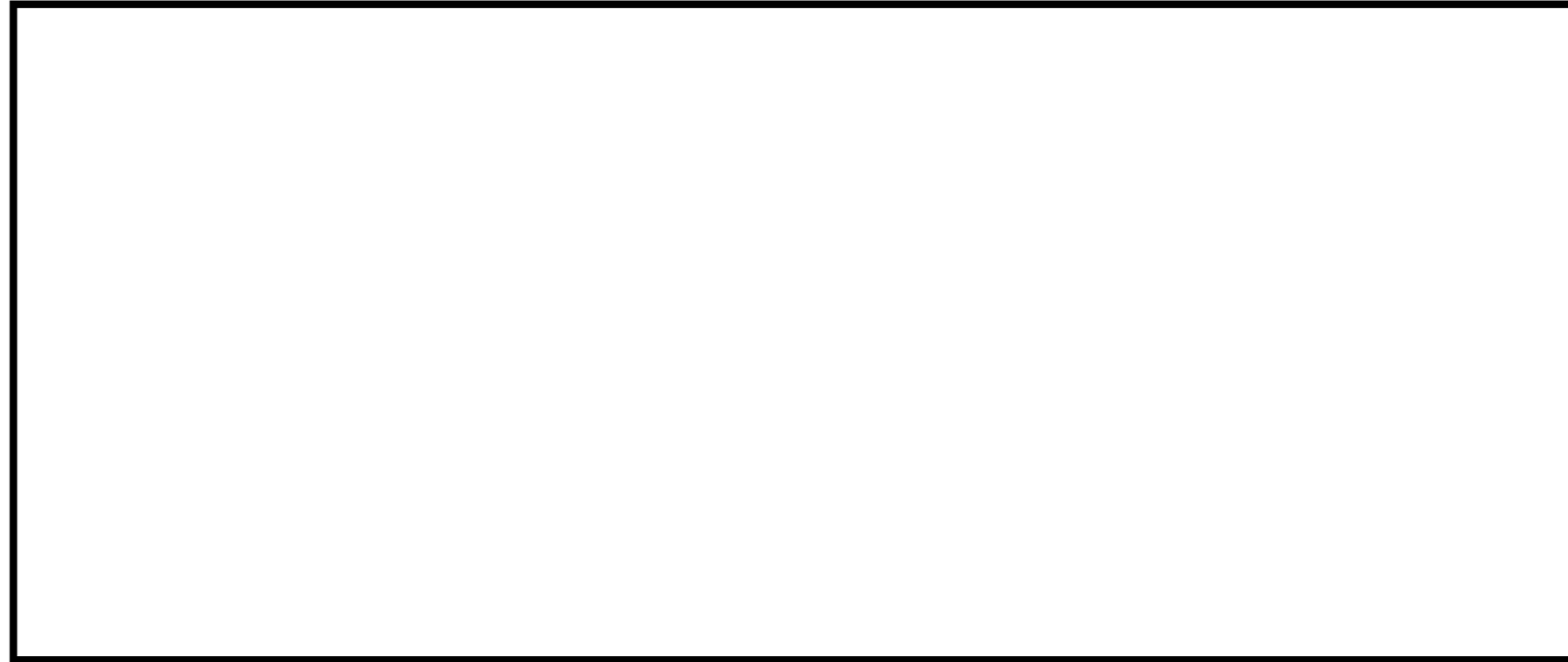
なお、最大使用荷重を超える場合でも個別の耐震評価により、適用性の確認を行うことが可能である。さらに、個別評価でも厳しいケースでは構造の見直しを行う。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第5-18表に示す。

第5-17表 標準ラグ（角型）の選定表

型番	最大使用荷重 ^(注)	
	F _x 、F _y 、F _z (N)	M _x 、M _y 、M _z (N・m)

(注) 最大使用荷重は、F_x、F_y 及び F_z は同一の値とする。
また、M_x、M_y 及び M_z についても同一の値とする。

第 5-18 表 標準ラグ (角型) 主要寸法表



(単位 : mm)

型番	母管外径	パッド寸法		パッド厚さ	ラ グ			底 板			距 離	溶接脚長			
	D	l_1	l_2	t_1	l_3	l_4	t_2	l_5	l_6	t_3	H	h_1	h_2	h_3	h_4

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(6) U ボルト

U ボルトは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。したがって、配管口径に合わせて、第 5-19 表の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第 5-20 表に示す。

第 5-19 表 標準 U ボルトの選定表
(単位：kN)

型 式	呼び径 (B)	U ボルト サイズ	ストッパー の有無	最大使用荷重	
				P	Q

(注 1) P：引張方向荷重

Q：せん断方向荷重

(注 2) W は U ボルト 2 個使用を示す。

第 5-20 表 標準 U ボルト主要寸法表



(単位 : mm)

型 式	呼び径 (B)	管外径 D	U ボルト寸法 A

(7) Uバンド

Uバンドは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。したがって、配管口径に合わせて、第5-21表の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第5-22表に示す。

第5-21表 標準Uバンドの選定表

(単位：kN)

呼び径 (B)	パイプ バンド 厚さ (mm)	ボルト サイズ	最大使用荷重		
			P	Q	F

(注) P：引張方向荷重

Q：せん断方向荷重

F：配管軸方向荷重

第 5-22 表 標準 U バンド主要寸法表

(単位 : mm)

呼び径 (B)	管外径 D	パイプバンド			ボルト サイズ	締付トルク (N・m)
		R	A	t		

--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--

(8) ピン

ピンは、支持点に発生する荷重に基づき、第 5-23 表の中から定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

なお、支持点に発生する荷重を用いた個別の耐震評価により、適用性の確認を行うことが可能である。さらに、個別評価でも厳しいケースでは構造の見直しを行う。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第 5-24 表に示す。

第 5-23 表 標準ピンの選定表

(単位：N)

型番	定格荷重
	P

第 5-24 表 標準ピン主要寸法表

(単位：mm)

型番	ピン	
	d	L

(9) サドル

サドルは、支持点に発生する荷重に基づき、第 5-25 表の中から定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

なお、支持点に発生する荷重を用いた個別の耐震評価により、適用性の確認を行うことが可能である。さらに、個別評価でも厳しいケースでは構造の見直しを行う。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第 5-26 表に示す。

第 5-25 表 標準サドルの選定表

(単位：N)

型 番	定格荷重
	P

第 5-26 表 標準サドル主要寸法表

(単位：mm)

型 番	サ ド ル			
	L ₁	L ₂	t ₁	t ₂

5.4 支持架構の選定

支持架構に用いる標準的な鋼材表を、第5-27表に示す。また、基本構造を、第5-28表に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが、同等以上の強度を持つ他の鋼材も使用可能とする。

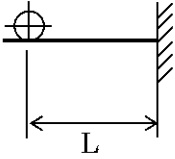
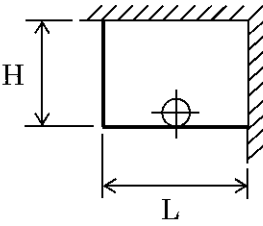
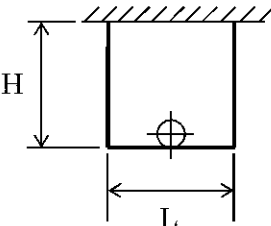
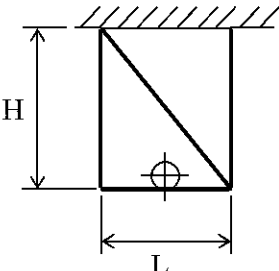
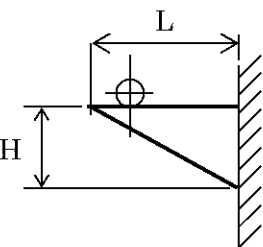
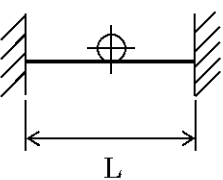
第5-27表 鋼材表

順位	形状	断面二次モーメント (cm ⁴)		単位質量 (kg/m)
		I _x	I _y	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

(注) 表中の方向は、I_x：強軸、I_y：弱軸方向を示す。

- L：山形鋼
- C：溝形鋼
- ：角形鋼管
- H：H形鋼

第 5-28 表 基本構造一覧表

タイプ-1	タイプ-2
	
タイプ-3	タイプ-4
	
タイプ-5	タイプ-6
	

5.5 埋込板の耐震計算方法

5.5.1 概 要

支持装置及び支持架構用の埋込板について、十分な耐震性を有することを確認するための方法を示す。

5.5.2 適用基準

耐震計算は JEAG 4601 に基づき実施する。

5.5.3 応力評価の方針

(1) 基本事項

埋込板は、弾性設計用地震動 S_d により埋込板に生じる荷重及び基準地震動 S_s による地震力を 1.2 で除した地震力により埋込板に生じる荷重を包絡するように、タイプごとに予め最大使用荷重を設定する。応力評価においては、埋込板に最大使用荷重が作用した時に評価部位に生じる発生応力等が、許容応力状態Ⅲ_{AS} の許容限界以下となることを確認する。なお許容応力は、許容応力状態Ⅲ_{AS} のものを用いて実施する。

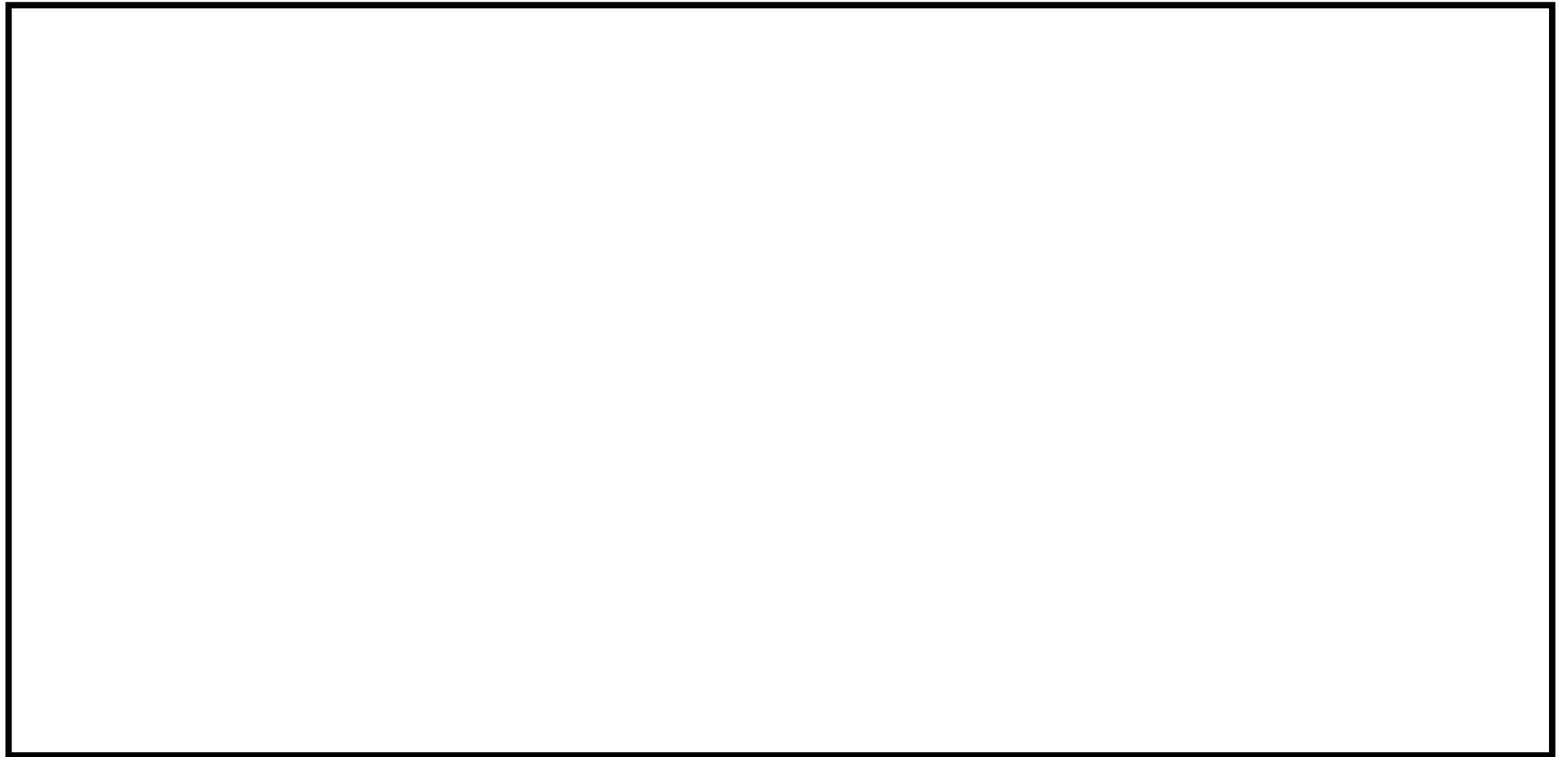
評価は埋込板の強度部材である次の部位について実施する。

- a ベースプレート
- b スタッドジベル
- c コンクリート

配管及び弁の支持装置及び支持架構用の埋込板には、ベースプレートの寸法及びスタッドジベルの寸法の違いにより数種類存在するが、第 5-1 図に示す標準的な型式 A～型式 E の 5 種類に関し、型式 A 及び型式 B の荷重は等しく設定しているため、代表して型式 A 及び型式 C～型式 E の 4 種類に対する耐震評価を実施する。

コンクリートの評価は、JEAG 4601 の「機器・配管系のアンカー部評価法」に基づき耐震計算を実施することとし、ベースプレート及びスタッドジベルの評価は、最大使用荷重を負荷した場合のこれらの力の釣り合いから耐震計算を実施する。

なお、埋込板の最大使用荷重は、ベースプレート、スタッドジベル及びコンクリートのうち評価上最も厳しい部位で決める。



第 5-1 図 標準埋込金物の例

(2) 許容応力と許容荷重

埋込板に適用する各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を、第5-29表及び第5-30表に示す。

第5-29表 許容応力と許容荷重

許容 応力 状態	ベース プレート	スタッドジベル		コンクリート		
	曲げ 応力 (MPa)	引張 応力 ^(注2) (MPa)	せん断 応力 (MPa)	引張荷重 ^(注2) (N)	せん断荷重 (N)	圧縮応力 (MPa)
I _A						
II _A						
III _A						
III _{AS}						
IV _A						
IV _{AS}						

(注1) $1.5f_b^*$ 、 $1.5f_t^*$ 及び $1.5f_s^*$ はJSME S NC1 SSB-3121.3による。

(注2) 埋込板の評価では、コンクリート支圧による許容荷重が引張荷重による許容荷重より大きいことから、引張荷重を許容荷重として設定する。

(注3) 許容値は、常温における物性値を用いて算出する。

第5-30表 許容応力（基準値）と許容荷重（基準強度）

材 質	F (MPa)	F _c (MPa)
シリコンキルド鋼又はアルミキルド鋼 ^(注)		
コンクリート		

(注) スタッドジベルの材質には、シリコンキルド鋼又はアルミキルド鋼を用い、許容応力には「頭付きスタッド」(JIS B 1198-2011)に記載の値を使用する。

5.5.4 埋込板の耐震計算式

(1) 記号の定義

埋込板の耐震計算で使用する記号を次に示す。

	記号	単位	定義
埋込板の耐震計算に使用するもの	A_c	mm^2	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積
	a_t	mm^2	片側スタッドジベルの断面積
	B	mm	ベースプレートの矩形短辺側の長さ
	D	mm	ベースプレートの矩形長辺側の長さ
	d_t	mm	スタッドジベルからベースプレート端までの距離
	E_c	MPa	コンクリートの縦弾性係数
	e	mm	偏心距離
	F	MPa	ベースプレート及びスタッドジベルの許容応力を決定するための基準値
	F_A	N	軸方向荷重
	F_c	MPa	コンクリートの設計基準強度
	F_X	N	X軸方向の荷重
	F_Y	N	Y軸方向の荷重
	F_Z	N	Z軸方向の荷重
	f_b	MPa	ベースプレートの許容曲げ応力
	f_s	MPa	スタッドジベルの許容せん断応力
	f_t	MPa	スタッドジベルの許容引張応力
	H	mm	支持架構の幅
	L	mm	スタッドジベル間最大距離
	M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	曲げモーメント
	M_x	$\text{N}\cdot\text{mm}$	X軸回りのモーメント
M_y	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Y軸回りのモーメント	
M_z	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Z軸回りのモーメント	
N	本	スタッドジベルの全本数	

	記号	単位	定義
埋込板の耐震計算に使用するもの	N'	本	スタッドジベルの片側本数
	n	—	ボルトの縦弾性係数とコンクリートの縦弾性係数との比 (=10)
	P	N	コンクリートのコーン状破壊における引張荷重
	P_{ca}	N	コンクリートのコーン状破壊における許容引張荷重
	Q	N	スタッドジベルのせん断荷重
	${}_{sc}A$	mm^2	スタッドジベル 1 本あたりの断面積
	t	mm	ベースプレートの板厚
	U	mm	支持金物の圧縮側柱面からベースプレート端までの距離
	X_n	mm	圧縮側最外端部から中立軸までの距離
	Z_t	N	スタッドジベルの引張力
	η	mm^2	ベースプレートの曲げ応力評価式に用いる係数 ($a_t \cdot n$)
	σ_b	MPa	スタッドジベルの引張応力
	σ_c	MPa	コンクリートの圧縮応力
	σ_{pc}	MPa	ベースプレートの圧縮側の曲げ応力
	σ_{pt}	MPa	ベースプレートの引張側の曲げ応力
τ_b	MPa	スタッドジベルのせん断応力	

(2) 耐震計算

埋込板には、支持架構より次の荷重が作用する。

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

以上の荷重により、

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

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

イ. ベースプレートの計算式

(イ) ベースプレートの圧縮側の曲げ応力



(ロ) ベースプレートの引張側の曲げ応力



ロ. スタッドジベルの計算式

(イ) スタッドジベルの引張応力

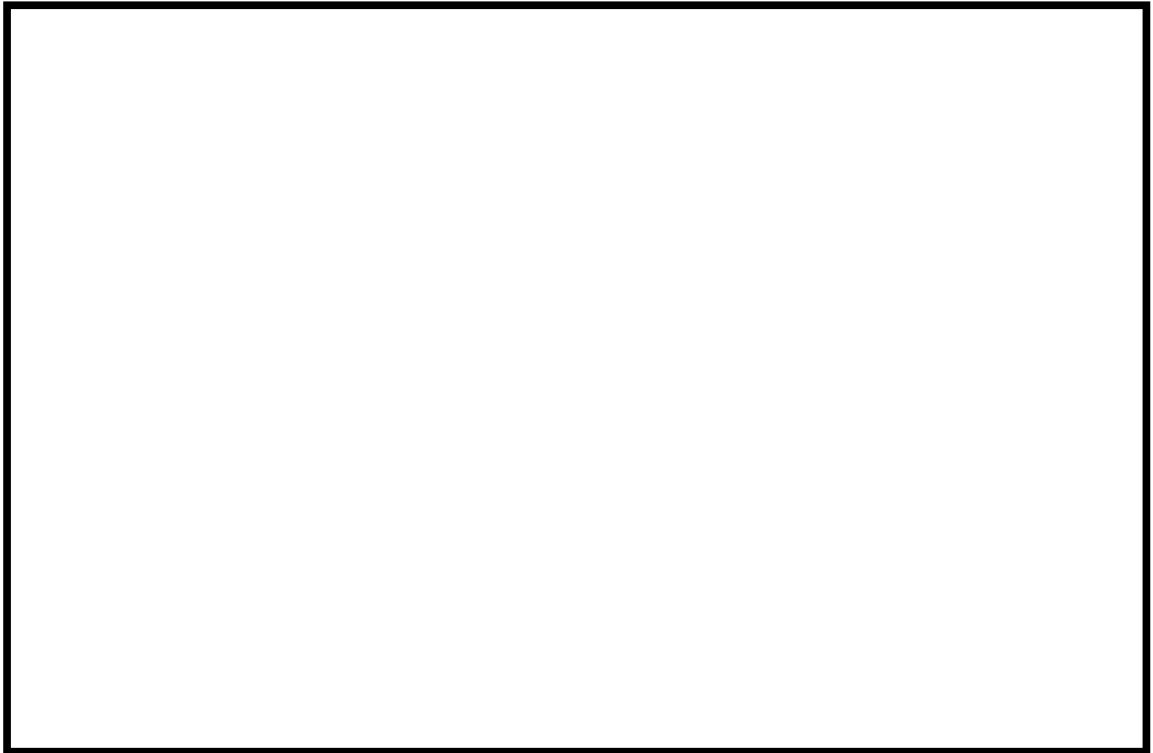


(ロ) スタッドジベルのせん断応力



ハ. コンクリートの計算式

(イ) コンクリートのコーン状破壊における引張荷重





(3) 応力評価

評価は、(2)項で求めた発生応力及び発生荷重が許容値以下であることを確認する。

a. ベースプレートの評価

b. スタッドジベルの評価

c. コンクリートの評価

5.6 埋込板の選定

埋込板は、作用する荷重に基づき、第5-31表の中から最大使用荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

なお、最大使用荷重は、埋込板への荷重の作用状態（荷重（軸方向、せん断）及びモーメント（曲げ、回転）の作用比率）に応じて設定できるが、第5-31表は代表的な作用状態について示しており、最大使用荷重を超えた場合でも個別の耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。主要寸法を、第5-32表に示す。

第5-31表 標準埋込板の選定

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

第5-32表 標準埋込板の寸法

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

5.7 支持構造物の耐震性確認

5.7.1 概 要

各支持構造物について、定められた定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な耐震性を有することを確認する。

5.7.2 支持構造物の耐震性確認

耐震性を有することを確認する支持構造物を第5-33表に示す。なお、最大使用荷重を用いて評価を行うものについては、支持構造物の形状が多岐にわたるため、ここでは代表例に対する耐震性の確認を示す。

第 5-33 表 支持構造物の評価条件

番号	支持構造物	評価する荷重	適用する 許容応力 状態	設計温度	表番
①	オイルスナバ	定格荷重			第 5-34 表
②	メカニカルスナバ	定格荷重			第 5-35 表
③	ロッドレスト レイント	定格荷重			第 5-36 表 ～ 第 5-39 表
④	スプリングハンガ	定格荷重			第 5-40 表 及び 第 5-41 表
⑤	ラ グ	最大使用荷重			第 5-42 表
⑥	U ボルト	最大使用荷重			第 5-43 表
⑦	U バンド	最大使用荷重			第 5-44 表
⑧	ピ ン	定格荷重			第 5-45 表
⑨	サドル	定格荷重			第 5-46 表
⑩	支持架構	最大使用荷重			第 5-47 表 及び 第 5-48 表
⑪	埋込板	最大使用荷重			第 5-49 表

- (注 1) 本温度は、3次元はりモデルにより解析を行う配管条件で最も多く用いられている温度である。ただし、評価上厳しくなる場合は、当該配管固有の温度を適用する。
- (注 2) 本温度は、標準支持間隔を適用する配管条件で最も多く用いられる温度である。ただし、3次元はりモデルにより解析を行う配管に使用する場合は、当該配管固有の温度を適用する。
- (注 3) 本温度は、支持装置の標準設計温度である。ただし、評価上厳しくなる場合は当該支持装置が設置される条件の温度を適用する。

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (1/12)

強度部材：①シリンダチューブ (材質：)

型 式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3	<input type="text"/>			19	103	○
06	6				28	103	○
1	10				27	103	○
3	30				43	103	○
6	60				64	103	○
10	100				67	103	○
16	160				76	103	○
25	250				89	103	○
40	400				88	103	○
60	600				92	103	○

強度部材：②ピストンロッド (型式 03~40)

型式 60 材質

型 式	定格荷重	強度部材仕様	引張応力		評 価	
			発生 応力	許容 応力		
	P (kN)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)		
03	3	<input type="text"/>		39	278	○
06	6			42	278	○
1	10			70	278	○
3	30			133	278	○
6	60			114	194	○
10	100			129	194	○
16	160			113	194	○
25	250			128	194	○
40	400			155	194	○
60	600			142	389	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (2/12)

強度部材：③シリンダカバー（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3			2	86	○
06	6			2	86	○
1	10			3	86	○
3	30			6	86	○
6	60			9	86	○
10	100			10	86	○
16	160			14	86	○
25	250			18	86	○
40	400			31	86	○
60	600			39	86	○

強度部材：④タイロッド（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	n (本)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3			40	278	○
06	6			80	278	○
1	10			74	278	○
3	30			139	278	○
6	60			188	278	○
10	100			168	278	○
16	160			173	278	○
25	250			186	278	○
40	400			186	278	○
60	600			192	278	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (3/12)

強度部材：⑤イーヤ 穴部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
03	3					29	134	14	77	14	182	○
06	6					58	134	27	77	27	182	○
1	10					49	134	23	77	25	182	○
3	30					70	134	38	77	57	182	○
6	60					118	128	57	74	70	175	○
10	100					110	128	61	74	90	175	○
16	160					110	128	61	74	92	175	○
25	250					115	128	58	74	77	175	○
40	400					117	117	63	67	95	160	○
60	600					115	117	66	67	110	160	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (4/12)

強度部材：⑤イーヤ イーヤ溶接部（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3				11	34 ^(注)	○
06	6				22	34 ^(注)	○
1	10				27	34 ^(注)	○
3	30				53	77	○
6	60				63	74	○
10	100				65	74	○
16	160				62	74	○
25	250				59	74	○
40	400				59	67	○
60	600				61	67	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用した値

強度部材：⑥六角ボルト（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3			27	296	○
06	6			54	296	○
1	10			50	296	○
3	30			96	296	○
6	60			133	296	○
10	100			125	296	○
16	160			128	296	○
25	250			139	296	○
40	400			142	296	○
60	600			148	296	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (5/12)

強度部材：⑦ターンバックル（材質：）

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

強度部材：⑦ターンバックル（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
16	160			38	52 ^(注)	○
25	250			41	52 ^(注)	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (6/12)

強度部材：⑧スヘリカルアイボルト 穴部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
03	3					25	149	12	86	14	204	○
06	6					49	149	23	86	27	204	○
1	10					49	149	23	86	25	204	○
3	30					70	149	38	86	57	204	○
6	60					118	149	57	86	70	204	○
10	100					110	149	61	86	90	204	○
16	160					110	149	61	86	92	204	○
25	250					115	149	58	86	77	204	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (7/12)

強度部材：⑨コンロッド ロッド部 (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
03	3			3	117	○
06	6			6	117	○
1	10			9	117	○
3	30			8	117	○
6	60			14	117	○
10	100			14	117	○
16	160			21	117	○
25	250			23	117	○

強度部材：⑨コンロッド ロッド溶接部 (材質：)

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3			8	30 ^(注)	○
06	6			16	30 ^(注)	○
1	10			26	30 ^(注)	○
3	30			29	30 ^(注)	○
6	60			54	67	○
10	100			53	67	○
16	160			62	67	○
25	250			58	67	○

(注) JSME S NCI SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (8/12)

強度部材：⑩アダプタ（材質：）

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

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (9/12)

強度部材：⑩コネクティングパイプ (型式 03~6 材質：)

型式 10~25 材質：

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
03	3	<input type="text"/>					11	39	○
06	6						15	35	○
1	10						18	31	○
3	30						32	56	○
6	60						40	57	○
10	100						37	58	○
16	160						38	65	○
25	250						41	80	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (10/12)

強度部材：⑫コネクティングロッド (材質：)

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
40	400			57	103	○
60	600			54	103	○

強度部材：⑬ピン (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3		14	160	○
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○
40	400		71	112	○
60	600		78	112	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (11/12)

強度部材 : ⑭ クランプ (材質 :)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
03	3						7	134	7	77	21	182	○
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	74	88	175	○
16	160						19	128	21	74	63	175	○
25	250						19	128	21	74	63	175	○
40	400						18	128	28	74	84	175	○
60	600						27	128	36	74	108	175	○

第 5-34 表 オイルスナバ<SHP タイプ> (12/12)

強度部材：⑮ブラケット (型式 03~25 材質：) 型式 40 及び 60 材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
							F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)								
03	3						9	149	7	86	18	204	○
06	6						18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○
10	100						33	149	24	86	66	204	○
16	160						37	149	26	86	65	204	○
25	250						35	149	25	86	66	204	○
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (1/13)

強度部材：①イーヤ (材質：)

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1					4	194	3	112	5	265	○
03	3					12	194	7	112	13	265	○
06	6					23	194	14	112	26	265	○
1	10					20	194	14	112	25	265	○
3	30					52	194	31	112	56	265	○
6	60					80	194	37	112	70	265	○
7.5	75					99	194	47	112	87	265	○
10	100					114	194	48	112	89	265	○
16	160					103	194	54	112	93	265	○
25	250					104	194	43	112	77	265	○
40	400					117	194	55	112	95	265	○
60	600					139	194	55	112	110	265	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (2/13)

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

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
01	1	<input type="text"/>		6	278	○
03	3			18	278	○
06	6			35	278	○
1	10			16	194	○
3	30			48	194	○
6	60			69	194	○
7.5	75			86	194	○
10	100			82	395	○
16	160			89	395	○
25	250			83	395	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (3/13)

強度部材：③ケース、ベアリング押え及び六角ボルト ケース（材質 ）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1						2	278	3	160	4	379	○
03	3						2	278	9	160	12	379	○
06	6						2	278	14	160	24	379	○
1	10						2	194	11	112	21	265	○
3	30						4	194	32	112	63	265	○
6	60						6	194	38	112	83	265	○
7.5	75						6	194	47	112	103	265	○
10	100						9	194	36	112	118	265	○
16	160						8	194	40	112	120	265	○
25	250						11	194	41	112	101	265	○
40	400						11	194	38	112	101	265	○
60	600						14	194	40	112	120	265	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (4/13)

強度部材：③ケース、ベアリング押え及び六角ボルト ベアリング押え（材質：）

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

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (5/13)

強度部材：③ケース、ベアリング押え及び六角ボルト 六角ボルト
 (材質：)

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

強度部材：④ジャンクションコラムアダプタ 六角ボルト (材質：)

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

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (6/13)

強度部材：④ジャンクションコラムアダプタ 溶接部（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			引張応力		せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
					F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	h (mm)					
01	1				—	—	4	26 ^(注)	○
03	3				—	—	12	26 ^(注)	○
06	6				—	—	11	26 ^(注)	○
1	10				—	—	16	26 ^(注)	○
3	30				12	46 ^(注)	—	—	○
6	60				16	46 ^(注)	—	—	○
7.5	75				20	46 ^(注)	—	—	○
10	100				21	46 ^(注)	—	—	○
16	160				23	46 ^(注)	—	—	○
25	250				27	46 ^(注)	—	—	○
40	400				49	103	—	—	○
60	600				47	103	—	—	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (7/13)

強度部材：⑤コネクティングチューブ（型式 01～7.5 材質： 型式 10～25 材質：
 型式 40 及び 60 材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
01	1	<input type="text"/>					4	45	○
03	3						11	45	○
06	6						15	39	○
1	10						18	32	○
3	30						32	57	○
6	60						40	57	○
7.5	75						50	57	○
10	100						37	58	○
16	160						38	66	○
25	250						41	81	○
40	400						51	79	○
60	600						62	86	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (8/13)

強度部材 : ⑥ クランプ (材質 :)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1						3	134	3	77	7	182	○
03	3						7	134	7	77	21	182	○
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
7.5	75						30	134	30	77	94	182	○
10	100						27	128	27	74	88	175	○
16	160						19	128	21	74	63	175	○
25	250						19	128	21	74	63	175	○
40	400						18	128	28	74	84	175	○
60	600						27	128	36	74	108	175	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (9/13)

強度部材：⑦コネクティングチューブイーヤ部 (型式：01～25 材質： 型式 40 及び 60 材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
							F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)							
01	1						3	149	3	86	6	204	○
03	3						9	149	7	86	18	204	○
06	6						18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○
7.5	75						38	149	27	86	75	204	○
10	100						33	149	24	86	66	204	○
16	160						37	149	26	86	65	204	○
25	250						35	149	25	86	66	204	○
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (10/13)

強度部材：⑧ピン（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
01	1		5	160	○
03	3		14	160	○
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
7.5	75		77	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○
40	400		71	112	○
60	600		78	112	○

第 5-35 表 メカニカルスナバ<SMS タイプ> (11/13)

強度部材：⑨ユニバーサルボックス (材質：)

型式	定格荷重	強度部材仕様						引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
								発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	D (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1							3	128	2	74	4	175	○
03	3							8	128	5	74	12	175	○
06	6							16	128	10	74	24	175	○
1	10							16	128	10	74	27	175	○
3	30							31	128	18	74	59	175	○
6	60							43	128	26	74	73	175	○
7.5	75							54	128	33	74	91	175	○
10	100							55	117	31	67	91	160	○
16	160							50	117	29	67	87	160	○
25	250							42	117	27	67	75	160	○
40	400							53	117	33	67	88	160	○
60	600							64	117	36	67	100	160	○

第5-35表 メカニカルスナバ<SMSタイプ>(12/13)

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

型式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
01	1						4	149	3	86	7	204	○
03	3						11	149	8	86	21	204	○
06	6						21	149	16	86	42	204	○
1	10						16	149	13	86	38	204	○
3	30						30	149	23	86	74	204	○
6	60						38	149	27	86	75	204	○
7.5	75						47	149	34	86	94	204	○
10	100						29	149	22	86	67	204	○
16	160						30	149	22	86	67	204	○
25	250						32	149	23	86	63	204	○
40	400						30	117	21	67	54	160	○
60	600						31	117	23	67	66	160	○

第5-35表 メカニカルスナバ<SMSタイプ>(13/13)

強度部材：①ダイレクトアタッチブラケット（型式01～25 材質 型式40及び60 材質 ）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	
01	1						3	149	3	86	6	204	○
03	3						9	149	7	86	18	204	○
06	6						18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○
7.5	75						38	149	27	86	75	204	○
10	100						33	149	24	86	66	204	○
16	160						37	149	26	86	65	204	○
25	250						35	149	25	86	66	204	○
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

第 5-36 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60 以外> (1/6)

強度部材：①ブラケット（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○
10	100						33	149	24	86	66	204	○
16	160						37	149	26	86	65	204	○
25	250						35	149	25	86	66	204	○

第 5-36 表 ロッドレストレイント
 <RSA タイプ、型式 40 及び 60 以外> (2/6)

強度部材：②ピン（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○

第 5-36 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60 以外> (3/6)

強度部材：③スヘリカルアイボルト 穴部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6					49	149	23	86	27	204	○
1	10					49	149	23	86	25	204	○
3	30					70	149	38	86	57	204	○
6	60					118	149	57	86	70	204	○
10	100					110	149	61	86	90	204	○
16	160					110	149	61	86	92	204	○
25	250					115	149	58	86	77	204	○

第5-36表 ロッドレストレイント
 <RSAタイプ、型式40及び60以外> (4/6)

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

型 式	定格 荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
06	6			15	46 ^(注)	○
1	10			18	46 ^(注)	○
3	30			32	46 ^(注)	○
6	60			40	46 ^(注)	○
10	100			37	52 ^(注)	○
16	160			38	52 ^(注)	○
25	250			41	52 ^(注)	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-36 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60 以外> (5/6)

強度部材：⑤パイプ（型式 06～6 材質： 型式 10～25 材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価	
							発生応力	許容応力		
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)		
06	6						155	15	29	○
1	10						155	18	37	○
3	30						155	32	52	○
6	60						155	40	61	○
10	100						180	37	67	○
16	160						180	38	76	○
25	250						180	41	83	○

第 5-36 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60 以外> (6/6)

強度部材：⑥クランプ（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	74	88	175	○
16	160						19	128	21	74	63	175	○
25	250						19	128	21	74	63	175	○

第 5-37 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60> (1/4)

強度部材：①ブラケット (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

強度部材：②ピン (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価	
			発生 応力	許容 応力		
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)		
40	400			71	112	○
60	600			78	112	○

第 5-37 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60> (2/4)

強度部材：③スヘリカルアイボルト 穴部 (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
40	400					95	117	55	67	95	160	○
60	600					110	117	65	67	110	160	○

強度部材：③スヘリカルアイボルト ボルト溶接部 (材質)

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	C (mm)	e (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
40	400			65	67	○
60	600			61	67	○

第 5-37 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60> (3/4)

強度部材：③スヘリカルアイボルト ボルト部（材質：）

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 M (mm)		引張応力		評 価
				発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
40	400	<input type="text"/>		99	112	○
60	600			95	112	○

強度部材：④アジャストナット溶接部（型式 40 材質： 型式 60 材質：）

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm)		引張応力		評 価
				発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
40	400	<input type="text"/>		57	103	○
60	600			72	117	○

第 5-37 表 ロッドレストレイント<RSA タイプ、型式 40 及び 60> (4/4)

強度部材：⑤パイプ（型式 40 材質： 型式 60 材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
40	400	<input type="text"/>					57	90	○
60	600						72	102	○

強度部材：⑥クランプ（材質

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
40	400	<input type="text"/>					18	128	28	74	84	175	○
60	600						27	128	36	74	108	175	○

第5-38表 ロッドレストレイント<RSAMタイプ>(1/5)

強度部材：①ブラケット（材質：）

型式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6	<input type="text"/>					18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○

強度部材：②ピン（材質：）

型式	定格荷重	強度部材仕様	せん断応力		評価	
			発生応力	許容応力		
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)		
06	6	<input type="text"/>		27	160	○
1	10			29	160	○
3	30			67	160	○
6	60			62	160	○

第5-38表 ロッドレストレイント<RSAMタイプ>(2/5)

強度部材：③スヘリカルアイボルト 穴部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6					49	134	23	77	27	182	○
1	10					49	134	23	77	25	182	○
3	30					70	134	38	77	57	182	○
6	60					118	128	57	74	70	175	○

強度部材：③スヘリカルアイボルト ボルト溶接部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
P (kN)	C (mm)	e (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)		
06	6			50	77	○
1	10			32	33 ^(注)	○
3	30			63	74	○
6	60			62	74	○

(注) JSME S NCI SSB-3121.1(1)bを適用した値

第 5-38 表 ロッドレストレイント<RSAM タイプ> (3/5)

強度部材：③スヘリカルアイボルト ボルト部（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	M (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)		
06	6	<input type="text"/>		54	100	○
1	10			32	96	○
3	30			43	96	○
6	60			59	96	○

強度部材：④コネクティングパイプ溶接部（型式 06 及び 1 材質
型式 3 及び 6 材質 ）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	h (mm)	D (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6	<input type="text"/>		20	22 ^(注)	○
1	10			24	49	○
3	30			38	59	○
6	60			45	59	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第5-38表 ロッドレストレイント<RSAMタイプ>(4/5)

強度部材：⑤パイプ（型式06及び1 材質： 型式3及び6 材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
06	6	<input type="text"/>					20	79	○
1	10						21	82	○
3	30						36	100	○
6	60						46	101	○

強度部材：⑥ターンバックル（材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
06	6	<input type="text"/>		59	128	○
1	10			52	128	○
3	30			45	117	○
6	60			68	117	○

第5-38表 ロッドレストレイント<RSAMタイプ>(5/5)

強度部材：⑦イーヤ（材質： ）

型 式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6				21	34 ^(注)	○
1	10				27	34 ^(注)	○
3	30				44	77	○
6	60				49	74	○

(注) JSME S NCI SSB-3121.1(1)bを適用した値

強度部材：⑧クランプ部（材質： ）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○

第 5-39 表 ロッドレストレイント<RTS タイプ> (1/6)

強度部材：①ブラケット（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	204	○
1	10						12	149	10	86	28	204	○
3	30						25	149	20	86	64	204	○
6	60						30	149	22	86	60	204	○
10	100						33	149	24	86	66	204	○
16	160						37	149	26	86	65	204	○
25	250						35	149	25	86	66	204	○

第 5-39 表 ロッドレストレイント<RTS タイプ> (2/6)

強度部材：②ピン（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○

第5-39表 ロッドレストレイント<RTSタイプ>(3/6)

強度部材：③パイプ（型式06～6 材質： 型式10～25 材質：

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
06	6						15	32	○
1	10						18	39	○
3	30						32	55	○
6	60						40	62	○
10	100						37	69	○
16	160						38	78	○
25	250						41	84	○

第 5-39 表 ロッドレストレイント<RTS タイプ> (4/6)

強度部材：④コネクティングパイプ溶接部（型式 06～6 材質：）
 型式 10～25 材質：

型 式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	h (mm)	e (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6				20	26 ^(注)	○
1	10				27	59	○
3	30				25	26 ^(注)	○
6	60				24	26 ^(注)	○
10	100				25	31 ^(注)	○
16	160				26	31 ^(注)	○
25	250				27	31 ^(注)	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第 5-39 表 ロッドレストレイント<RTS タイプ>(5/6)

強度部材：⑤コネクティングイーヤ（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6					49	149	23	86	27	204	○
1	10					49	149	23	86	25	204	○
3	30					70	149	38	86	57	204	○
6	60					118	149	57	86	70	204	○
10	100					110	149	61	86	90	204	○
16	160					110	149	61	86	92	204	○
25	250					115	149	58	86	77	204	○

第5-39表 ロッドレストレイント<RTSタイプ>(6/6)

強度部材：⑥クランプ（材質 ）

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	74	88	175	○
16	160						19	128	21	74	63	175	○
25	250						19	128	21	74	63	175	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (1/21)

強度部材：①イーヤ 穴部（材質：） (1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (N)	d (mm)	D (mm)	T (mm)	C (mm)	B (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
VSA-0	294						2	134	2	77	4	182	○
VSA-1	426						3	134	3	77	5	182	○
VSA-2	563						3	134	3	77	6	182	○
VSA-3	735						4	134	4	77	8	182	○
VSA-4	979						6	134	6	77	11	182	○
VSA-5	1,340						7	134	7	77	14	182	○
VSA-6	1,770						10	134	10	77	19	182	○
VSA-7	2,320						10	134	10	77	13	182	○
VSA-8	3,160						13	134	13	77	18	182	○
VSA-9	4,150						17	134	17	77	24	182	○
VSA-10	5,500						10	134	10	77	20	182	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (2/21)

強度部材：①イーヤ 穴部 (材質：) (2/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (N)	d (mm)	D (mm)	T (mm)	C (mm)	B (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
VSA-11	7,320						13	134	13	77	26	182	○
VSA-12	9,760						13	134	13	77	28	182	○
VSA-13	13,380						17	134	17	77	38	182	○
VSA-14	17,630						16	128	16	74	26	175	○
VSA-15	23,100						20	128	20	74	34	175	○
VSA-16	30,520						27	128	27	74	45	175	○
VSA-17	41,340						23	128	23	74	52	175	○
VSA-18	54,720						33	128	33	74	58	175	○
VSA-19	72,960						29	128	29	74	49	175	○
VSA-20	97,280						41	128	41	74	60	175	○
VSA-21	127,980						43	128	43	74	69	175	○
VSA-22	170,240						37	128	37	74	67	175	○
VSA-23	216,240						44	128	44	74	76	175	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (3/21)

強度部材：①イーヤ イーヤ溶接部 (材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (N)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VSA-0	294				1	34 ^(注)	○
VSA-1	426				2	34 ^(注)	○
VSA-2	563				2	34 ^(注)	○
VSA-3	735				3	34 ^(注)	○
VSA-4	979				4	34 ^(注)	○
VSA-5	1,340				5	34 ^(注)	○
VSA-6	1,770				6	34 ^(注)	○
VSA-7	2,320				7	34 ^(注)	○
VSA-8	3,160				10	34 ^(注)	○
VSA-9	4,150				13	34 ^(注)	○
VSA-10	5,500				9	34 ^(注)	○
VSA-11	7,320				12	34 ^(注)	○
VSA-12	9,760				13	34 ^(注)	○
VSA-13	13,380				17	34 ^(注)	○
VSA-14	17,630				21	33 ^(注)	○
VSA-15	23,100				28	33 ^(注)	○
VSA-16	30,520				23	33 ^(注)	○
VSA-17	41,340				23	33 ^(注)	○
VSA-18	54,720				31	33 ^(注)	○
VSA-19	72,960				23	33 ^(注)	○
VSA-20	97,280				37	74	○
VSA-21	127,980				34	74	○
VSA-22	170,240				31	33 ^(注)	○
VSA-23	216,240	31	33 ^(注)	○			

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(4/21)

強度部材：②上部カバー 本体（材質： (1/2)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様								曲げ応力		評 価
										発生 応力	許容 応力	
	P (N)	T ₁ (mm)	a (mm)	T (mm)	C (mm)	b (mm)	$\frac{b}{a}$	β_7	β_8	F _b (MPa)	f _b (MPa)	
VSA-0	294									9	154	○
VSA-1	426									14	154	○
VSA-2	563									18	154	○
VSA-3	735									23	154	○
VSA-4	979									33	154	○
VSA-5	1,340									45	154	○
VSA-6	1,770									59	154	○
VSA-7	2,320									35	154	○
VSA-8	3,160									47	154	○
VSA-9	4,150									62	154	○
VSA-10	5,500									66	154	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(5/21)

強度部材：②上部カバー 本体（材質： (2/2)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様								曲げ応力		評 価
										発生 応力	許容 応力	
	P (N)	T ₁ (mm)	a (mm)	T (mm)	C (mm)	b (mm)	$\frac{b}{a}$	β_7	β_8	F _b (MPa)	f _b (MPa)	
VSA-11	7,320									50	154	○
VSA-12	9,760									75	154	○
VSA-13	13,380									58	154	○
VSA-14	17,630									67	154	○
VSA-15	23,100									63	148	○
VSA-16	30,520									53	148	○
VSA-17	41,340									65	148	○
VSA-18	54,720									85	148	○
VSA-19	72,960									96	148	○
VSA-20	97,280									97	148	○
VSA-21	127,980									117	148	○
VSA-22	170,240									89	148	○
VSA-23	216,240									82	148	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (6/21)

強度部材：②上部カバー 溶接部（型式 VSA-20 及び 21 材質： 型式 VSA-22 及び 23 材質：

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (N)	J (mm)	D (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VSA-20	97,280	<input type="text"/>			30	74	○
VSA-21	127,980				40	74	○
VSA-22	170,240				36	59	○
VSA-23	216,240				38	59	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (7/21)

強度部材：③バネ座（ピストンプレート）（材質：）(1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$	β_9	F _b (MPa)	f _b (MPa)	
VSA-0	294						9	154	○
VSA-1	426						14	154	○
VSA-2	563						18	154	○
VSA-3	735						23	154	○
VSA-4	979						30	154	○
VSA-5	1,340						41	154	○
VSA-6	1,770						54	154	○
VSA-7	2,320						32	154	○
VSA-8	3,160						44	154	○
VSA-9	4,150						55	154	○
VSA-10	5,500						74	154	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (8/21)

強度部材 : ③バネ座 (ピストンプレート) (材質 : (2/2))

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$	β_9	F _b (MPa)	f _b (MPa)	
VSA-11	7,320						56	154	○
VSA-12	9,760						72	154	○
VSA-13	13,380						59	154	○
VSA-14	17,630						74	154	○
VSA-15	23,100						72	148	○
VSA-16	30,520						54	148	○
VSA-17	41,340						75	148	○
VSA-18	54,720						99	148	○
VSA-19	72,960						131	148	○
VSA-20	97,280						122	148	○
VSA-21	127,980						125	148	○
VSA-22	170,240						126	135	○
VSA-23	216,240						125	135	○

第 5-40 表 スプリングハンガ<VSA タイプ吊型> (9/21)

強度部材：④ハンガロッド (材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様	引張応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (N)	M (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
VSA-0	294		3	100	○
VSA-1	426		4	100	○
VSA-2	563		5	100	○
VSA-3	735		7	100	○
VSA-4	979		9	100	○
VSA-5	1,340		12	100	○
VSA-6	1,770		16	100	○
VSA-7	2,320		12	100	○
VSA-8	3,160		16	100	○
VSA-9	4,150		21	100	○
VSA-10	5,500		18	96	○
VSA-11	7,320		24	96	○
VSA-12	9,760		22	96	○
VSA-13	13,380		30	96	○
VSA-14	17,630		25	96	○
VSA-15	23,100		33	96	○
VSA-16	30,520		44	96	○
VSA-17	41,340		41	96	○
VSA-18	54,720		40	88	○
VSA-19	72,960		41	88	○
VSA-20	97,280		40	88	○
VSA-21	127,980		40	88	○
VSA-22	170,240		42	88	○
VSA-23	216,240	44	88	○	

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(10/21)

強度部材：⑤スプリングケース（型式VSA-0～21 材質：

型式：VSA-22及び23 材質：

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			引張応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (N)	T (mm)	D (mm)	J (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
VSA-0	294				1	134	○
VSA-1	426				1	134	○
VSA-2	563				1	134	○
VSA-3	735				1	134	○
VSA-4	979				1	134	○
VSA-5	1,340				1	134	○
VSA-6	1,770				2	134	○
VSA-7	2,320				2	134	○
VSA-8	3,160				2	134	○
VSA-9	4,150				2	134	○
VSA-10	5,500				3	134	○
VSA-11	7,320				4	134	○
VSA-12	9,760				4	134	○
VSA-13	13,380				5	134	○
VSA-14	17,630				6	134	○
VSA-15	23,100				8	134	○
VSA-16	30,520				9	134	○
VSA-17	41,340				12	134	○
VSA-18	54,720				15	134	○
VSA-19	72,960				20	134	○
VSA-20	97,280				21	134	○
VSA-21	127,980				28	134	○
VSA-22	170,240				26	103	○
VSA-23	216,240	24	103	○			

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(11/21)

強度部材：⑥下部カバー 本体（材質：）(1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様						曲げ応力		評 価
								発生 応力	許容 応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$ or $\frac{a}{b}$	β_9	β_{10}'	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
VSA-0	294							3	154	○
VSA-1	426							5	154	○
VSA-2	563							6	154	○
VSA-3	735							7	154	○
VSA-4	979							9	154	○
VSA-5	1,340							13	154	○
VSA-6	1,770							17	154	○
VSA-7	2,320							16	154	○
VSA-8	3,160							22	154	○
VSA-9	4,150							28	154	○
VSA-10	5,500							38	154	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(12/21)

強度部材：⑥下部カバー 本体（材質：）(2/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様						曲げ応力		評 価
								発生応力	許容応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$ or $\frac{a}{b}$	β_9	β_{10}'	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
VSA-11	7,320							50	154	○
VSA-12	9,760							44	154	○
VSA-13	13,380							60	154	○
VSA-14	17,630							80	154	○
VSA-15	23,100							102	154	○
VSA-16	30,520							65	148	○
VSA-17	41,340							88	148	○
VSA-18	54,720							115	148	○
VSA-19	72,960							120	148	○
VSA-20	97,280							79	148	○
VSA-21	127,980							103	148	○
VSA-22	170,240							85	148	○
VSA-23	216,240							101	148	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(13/21)

強度部材：⑥下部カバー 溶接部

(型式 VSA-20 及び 21 材質：)

型式 VSA-22 及び 23 材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生 応力	許容 応力	
	P (N)	J (mm)	D (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VSA-20	97,280	<input type="text"/>			30	74	○
VSA-21	127,980				40	74	○
VSA-22	170,240				36	59	○
VSA-23	216,240				38	59	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(14/21)

強度部材：⑦ターンバックル（材質：）(1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価	
				発生 応力	許容 応力		
	P (N)	G (mm)	H (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)		
VSA-0	294				1	128	○
VSA-1	426				2	128	○
VSA-2	563				2	128	○
VSA-3	735				3	128	○
VSA-4	979				3	128	○
VSA-5	1,340				5	128	○
VSA-6	1,770				6	128	○
VSA-7	2,320				4	128	○
VSA-8	3,160				5	128	○
VSA-9	4,150				6	128	○
VSA-10	5,500				8	128	○
VSA-11	7,320				10	128	○
VSA-12	9,760				10	128	○
VSA-13	13,380				14	128	○
VSA-14	17,630				14	117	○
VSA-15	23,100				18	117	○
VSA-16	30,520				23	117	○
VSA-17	41,340				24	117	○
VSA-18	54,720				23	117	○
VSA-19	72,960	25	117	○			

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(15/21)

強度部材：⑦ターンバックル（材質：）(2/2)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様				引張応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	
	P (N)	G (mm)	H (mm)	B (mm)	C (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
VSA-20	97,280					39	117	○
VSA-21	127,980					41	117	○
VSA-22	170,240					45	117	○
VSA-23	216,240					45	117	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(16/21)

強度部材：⑧クレビスブラケット 本体 (材質)

型式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (N)	B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
VSA-0 ~6	1,770						2	134	4	77	7	182	○
VSA-7 ~9	4,150						5	134	9	77	12	182	○
VSA-10 ~11	7,320						7	134	9	77	13	182	○
VSA-12 ~13	13,380						7	134	8	77	14	182	○
VSA-14 ~16	30,520						12	134	16	77	27	182	○
VSA-17	41,340						11	128	13	74	26	175	○
VSA-18	54,720						15	128	17	74	29	175	○
VSA-19	72,960						22	128	20	74	32	175	○
VSA-20	97,280						25	128	18	74	30	175	○
VSA-21	127,980						36	128	26	74	35	175	○
VSA-22	170,240						30	128	30	74	43	175	○
VSA-23	216,240						42	128	31	74	49	175	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(17/21)

強度部材：⑧クレビスブラケット 溶接部（材質：）

型 式	定格 荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (N)	C (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
VSA-20	97,280			20	33 ^(注)	○
VSA-21	127,980			26	33 ^(注)	○
VSA-22	170,240			22	33 ^(注)	○
VSA-23	216,240			28	33 ^(注)	○

(注) JSME S NCI SSB-3121.1(1)bを適用した値

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(18/21)

強度部材：⑨ピン（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様		曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
				発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (N)	L (mm)	d (mm)	F _b (MPa)	f _b (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _m (MPa)	f _t (MPa)	
VSA-0~6	1,770			34	182	5	77	34	134	○
VSA-7~9	4,150			40	175	7	74	42	128	○
VSA-10~11	7,320			68	175	9	74	69	128	○
VSA-12~13	13,380			76	175	10	74	78	128	○
VSA-14~16	30,520			109	175	15	74	112	128	○
VSA-17	41,340			107	160	15	67	110	117	○
VSA-18	54,720			106	160	14	67	109	117	○
VSA-19	72,960			82	160	13	67	85	117	○
VSA-20	97,280			86	160	15	67	90	117	○
VSA-21	127,980			74	160	15	67	78	117	○
VSA-22	170,240			102	160	17	67	106	117	○
VSA-23	216,240			91	160	17	67	96	117	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(19/21)

強度部材：⑩アイボルト 穴部（材質：）

型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
					発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (N)	B (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
VSA-0~6	1,770				12	134	12	77	13	182	○
VSA-7~9	4,150				16	134	16	77	24	182	○
VSA-10~11	7,320				12	134	12	77	20	182	○
VSA-12~13	13,380				21	134	21	77	28	182	○
VSA-14~16	30,520				28	128	28	74	45	175	○
VSA-17	41,340				37	128	37	74	52	175	○
VSA-18	54,720				43	128	43	74	50	175	○
VSA-19	72,960				42	128	42	74	49	175	○
VSA-20	97,280				37	128	37	74	47	175	○
VSA-21	127,980				40	128	40	74	43	175	○
VSA-22	170,240				43	128	43	74	54	175	○
VSA-23	216,240				46	128	46	74	61	175	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(20/21)

強度部材：⑩アイボルト ボルト部（材質：）

型式	定格荷重	強度部材仕様	引張応力		評価
			発生応力	許容応力	
	P (N)	M (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
VSA-0~6	1,770		16	100	○
VSA-7~9	4,150		21	100	○
VSA-10~11	7,320		24	96	○
VSA-12~13	13,380		30	96	○
VSA-14~16	30,520		44	96	○
VSA-17	41,340		41	96	○
VSA-18	54,720		40	88	○
VSA-19	72,960		41	88	○
VSA-20	97,280		40	88	○
VSA-21	127,980		40	88	○
VSA-22	170,240		42	88	○
VSA-23	216,240		44	88	○

第5-40表 スプリングハンガ<VSAタイプ吊型>(21/21)

強度部材：⑩クランプ (材質：)

型式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (N)	B (mm)	C (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
VSA-0 ~6	1,770						2	134	4	77	7	182	○
VSA-7 ~9	4,150						5	134	9	77	12	182	○
VSA-10 ~11	7,320						7	134	9	77	13	182	○
VSA-12 ~13	13,380						7	134	8	77	14	182	○
VSA-14 ~16	30,520						12	134	16	77	27	182	○
VSA-17	41,340						11	128	13	74	26	175	○
VSA-18	54,720						15	128	17	74	29	175	○
VSA-19	72,960						22	128	20	74	32	175	○
VSA-20	97,280						25	128	18	74	30	175	○
VSA-21	127,980						36	128	26	74	35	175	○
VSA-22	170,240						30	128	30	74	43	175	○
VSA-23	216,240						42	128	31	74	49	175	○

第5-41表 スプリングハンガ<VSBタイプ置型>(1/6)

強度部材：①ハンガロッド（材質：）

型 式	定格荷重	強度部材仕様	圧縮応力		評 価
			発生応力	許容応力	
	P (N)	M (mm)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
VSB-0	294		1	96	○
VSB-1	426		2	96	○
VSB-2	563		2	96	○
VSB-3	735		3	96	○
VSB-4	979		4	96	○
VSB-5	1,340		5	96	○
VSB-6	1,770		6	96	○
VSB-7	2,320		4	96	○
VSB-8	3,160		5	96	○
VSB-9	4,150		6	96	○
VSB-10	5,500		8	96	○
VSB-11	7,320		11	96	○
VSB-12	9,760		10	96	○
VSB-13	13,380		14	96	○
VSB-14	17,630		18	96	○
VSB-15	23,100		23	96	○
VSB-16	30,520		30	96	○
VSB-17	41,340		41	96	○
VSB-18	54,720		31	88	○
VSB-19	72,960		41	88	○
VSB-20	97,280		40	88	○
VSB-21	127,980		52	88	○
VSB-22	170,240		70	88	○
VSB-23	216,240	68	88	○	

第5-41表 スプリングハンガ<VSBタイプ置型>(2/6)

強度部材：②ロードコラム（型式VSB-0～15、VSB-18～23 材質：)

型式VSB-16及び17 材質： (1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (N)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
VSB-0	294	<input type="text"/>					1	102	○
VSB-1	426						1	102	○
VSB-2	563						2	102	○
VSB-3	735						2	102	○
VSB-4	979						2	102	○
VSB-5	1,340						3	102	○
VSB-6	1,770						4	102	○
VSB-7	2,320						4	103	○
VSB-8	3,160						5	103	○
VSB-9	4,150						6	103	○
VSB-10	5,500						8	103	○

第 5-41 表 スプリングハンガ< VSB タイプ置型 > (3/6)

強度部材 : ②ロードコラム (型式 VSB-0~15、VSB-18~23 材質 :)

型式 VSB-16 及び 17 材質 : (2/2)

型 式	定格荷重 P (N)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
VSB-11	7,320						11	103	○
VSB-12	9,760						9	103	○
VSB-13	13,380						12	103	○
VSB-14	17,630						16	103	○
VSB-15	23,100						20	103	○
VSB-16	30,520						28	85	○
VSB-17	41,340						37	85	○
VSB-18	54,720						23	103	○
VSB-19	72,960						31	103	○
VSB-20	97,280						41	103	○
VSB-21	127,980						54	103	○
VSB-22	170,240						60	103	○
VSB-23	216,240						56	103	○

第 5-41 表 スプリングハンガ<VSB タイプ置型> (4/6)

強度部材：③バネ座(ピストンプレート) 本体(材質：) (1/2)

型 式	定格荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$	β_{11}	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
VSB-0	294						7	154	○
VSB-1	426						10	154	○
VSB-2	563						13	154	○
VSB-3	735						16	154	○
VSB-4	979						26	154	○
VSB-5	1,340						36	154	○
VSB-6	1,770						47	154	○
VSB-7	2,320						24	154	○
VSB-8	3,160						34	154	○
VSB-9	4,150						41	154	○
VSB-10	5,500						55	154	○

第 5-41 表 スプリングハンガ<VSB タイプ置型> (5/6)

強度部材：③バネ座(ピストンプレート) 本体(材質：) (2/2)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (N)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	$\frac{b}{a}$	β_{11}	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
VSB-11	7,320						76	154	○
VSB-12	9,760						57	154	○
VSB-13	13,380						49	154	○
VSB-14	17,630						59	154	○
VSB-15	23,100						80	154	○
VSB-16	30,520						42	148	○
VSB-17	41,340						59	148	○
VSB-18	54,720						65	148	○
VSB-19	72,960						83	148	○
VSB-20	97,280						84	148	○
VSB-21	127,980						89	148	○
VSB-22	170,240						89	148	○
VSB-23	216,240						68	135	○

第 5-41 表 スプリングハンガ< VSB タイプ置型 > (6/6)

強度部材：③バネ座（ピストンプレート） 溶接部

（型式 VSB-0～15、VSB-18～23 材質：

型式 VSB-16 及び 17 材質：)

型 式	定格 荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価	
				発生 応力	許容 応力		
	P (N)	D (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)		
VSB-0	294				1	26 ^(注)	○
VSB-1	426				2	26 ^(注)	○
VSB-2	563				2	26 ^(注)	○
VSB-3	735				3	26 ^(注)	○
VSB-4	979				4	26 ^(注)	○
VSB-5	1,340				5	26 ^(注)	○
VSB-6	1,770				6	26 ^(注)	○
VSB-7	2,320				4	26 ^(注)	○
VSB-8	3,160				5	26 ^(注)	○
VSB-9	4,150				7	26 ^(注)	○
VSB-10	5,500				9	26 ^(注)	○
VSB-11	7,320				11	26 ^(注)	○
VSB-12	9,760				10	26 ^(注)	○
VSB-13	13,380				14	26 ^(注)	○
VSB-14	17,630				18	26 ^(注)	○
VSB-15	23,100				23	26 ^(注)	○
VSB-16	30,520				26	49	○
VSB-17	41,340				35	49	○
VSB-18	54,720				25	26 ^(注)	○
VSB-19	72,960				33	59	○
VSB-20	97,280				36	59	○
VSB-21	127,980				48	59	○
VSB-22	170,240				45	59	○
VSB-23	216,240	47	59	○			

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

第5-42表 標準ラグ

(単位：MPa)

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

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

第5-43表 Uボルト (材質: 6B未満 6B以上 (1/2)

型式	呼び径 (B)	鉛直荷重 P (kN)	水平荷重 Q (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評価
				F_t (MPa)	$1.5f_t$ (MPa)	F_s (MPa)	$1.5f_s$ (MPa)	$F_t + 1.6F_s$ (MPa)	$1.4 \times 1.5f_t$ (MPa)	
1	1/2	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
	3/4	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
	1	1.9	1.9	25	153	25	118	65	215	○
2	1-1/4	2.2	2.2	27	153	29	118	74	215	○
	1-1/2	2.2	2.2	27	153	29	118	74	215	○
	2	3.2	3.2	27	153	29	118	74	215	○
	2-1/2	3.2	3.2	27	153	29	118	74	215	○
	3	5.9	5.9	28	153	30	118	76	215	○
3	4	19	19	48	153	95	118	200	215	○
	5	19	19	48	153	95	118	200	215	○
	6	42	42	47	148	93	114	196	207	○
	8	42	42	47	148	93	114	196	207	○

第5-43表 Uボルト (材質: 6B未満 6B以上 (2/2)

型 式	呼び径 (B)	鉛直荷重 P (kN)	水平荷重 Q (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
				F_t (MPa)	$1.5f_t$ (MPa)	F_s (MPa)	$1.5f_s$ (MPa)	$F_t + 1.6F_s$ (MPa)	$1.4 \times 1.5f_t$ (MPa)	
4	10	66	66	47	148	94	114	198	207	○
	12	95	95	47	148	94	114	198	207	○
	14	95	95	47	148	94	114	198	207	○
	16	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	18	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	20	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	22	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	24	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	28	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	30	198	198	49	148	98	114	206	207	○
	36	198	198	49	148	98	114	206	207	○

第5-44表 Uバンド（ボルト材料：2B未満 2B以上 パイプバンド材料：

呼び径 (B)	鉛直 荷重 P (kN)	水平 荷重 Q (kN)	軸 荷重 F (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		曲げ応力		許容 荷重 F _o (kN)	評 価
				F _t (MPa)	1.5f _t (MPa)	F _s (MPa)	1.5f _s (MPa)	F _t + 1.6F _s (MPa)	1.4× 1.5f _t (MPa)	F _b (MPa)	1.5f _b (MPa)		
1/2	9	9	3	40	153	107	118	212	215	175	236	3.1	○
3/4	9	9	3	40	153	107	118	212	215	164	236	3.1	○
1	9	9	3	40	153	107	118	212	215	188	236	3.1	○
1-1/2	12	12	6	30	153	90	118	174	215	214	236	6.0	○
2	24	24	8	39	148	102	114	203	207	192	236	9.5	○
2-1/2	24	24	8	39	148	102	114	203	207	229	236	9.5	○
3	24	24	8	39	148	102	114	203	207	204	236	9.5	○

第 5-45 表 ピン

強度部材：①ピン（材料：）

型番	定格荷重	強度部材仕様		曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
				発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (N)	d (mm)	L (mm)	F _b (MPa)	f _b (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _m (MPa)	f _t (MPa)	
d=17	10,000			156	379	23	160	162	278	○
d=22	20,000			168	379	27	160	175	278	○
d=30	30,000			114	379	22	160	121	278	○
d=35	50,000			149	379	26	160	156	278	○
d=40	60,000			168	379	24	160	174	278	○

第 5-46 表 サドル(1/2)

強度部材：①プレート（材料 ）

型番	定格荷重	強度部材仕様				圧縮応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (N)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
CSPM3L	6,000					6	154	○
CSPM4L	13,000					9	154	○
CSPM6L	22,000					11	154	○
CSPM8L	35,000					13	154	○
CSPM10L	60,000					15	154	○
CSPM12L	60,000					15	154	○
CSPM14L	76,000					13	154	○

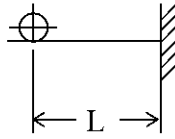
第 5-46 表 サドル (2/2)

強度部材：①プレート 溶接部（材料：）

型番	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (N)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
CSPM3L	6,000					6	34 ^(注)	○
CSPM4L	13,000					9	34 ^(注)	○
CSPM6L	22,000					11	34 ^(注)	○
CSPM8L	35,000					14	34 ^(注)	○
CSPM10L	60,000					16	34 ^(注)	○
CSPM12L	60,000					16	34 ^(注)	○
CSPM14L	76,000					15	34 ^(注)	○

(注) JSME S NC1 SSB-3121.1(1)b を適用した値

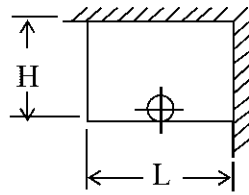
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(1/18)



基本形状：タイプ-1
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					161
					174
					195
					165
					166
					201
					183
					189
					214
					103
					107
					214
					129
					130
					142
					237
					145
					128
					132
					146
					153
					151
					166
					195
					203
					177
					182
					113
					180
					130
					197
					151
					128
					104
					140
					157
					133
					177
					126
					162

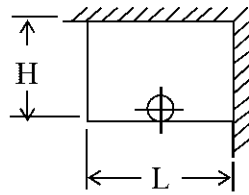
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(2/18)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					29
					57
					142
					158
					126
					179
					191
					219
					44
					86
					215
					118
					166
					216
					222
					138
					80
					158
					215
					203
					161
					191
					204
					170
					64
					126
					144
					125
					126
					157
					131
					138
					39
					76
					186
					160
					156
					191
					157
					166

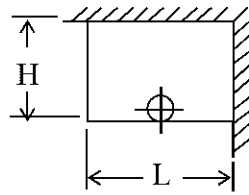
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(3/18)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					30
					59
					147
					163
					130
					184
					196
					223
					45
					89
					122
					121
					169
					219
					226
					141
					82
					162
					103
					206
					162
					193
					208
					176
					66
					128
					145
					125
					127
					160
					136
					145
					39
					76
					187
					160
					158
					173
					163
					174

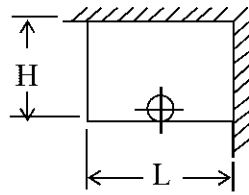
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(4/18)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					32
					62
					155
					173
					138
					196
					210
					140
					48
					95
					129
					126
					176
					142
					236
					146
					87
					172
					108
					215
					166
					197
					199
					180
					69
					135
					151
					129
					129
					162
					138
					148
					41
					79
					193
					163
					159
					175
					165
					178

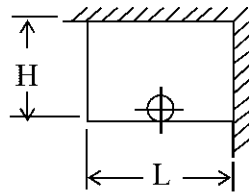
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(5/18)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					19
					36
					90
					179
					144
					206
					222
					149
					27
					54
					133
					130
					181
					147
					168
					152
					50
					97
					111
					221
					170
					201
					202
					183
					71
					140
					156
					132
					131
					164
					140
					150
					42
					81
					200
					168
					162
					177
					167
					179

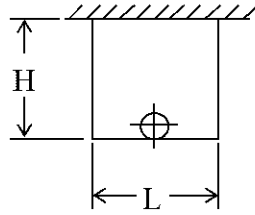
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(6/18)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					10
					20
					49
					98
					150
					139
					232
					156
					14
					27
					67
					133
					185
					151
					173
					157
					24
					46
					114
					98
					103
					193
					206
					186
					33
					65
					160
					135
					133
					167
					142
					152
					43
					84
					205
					171
					165
					180
					169
					181

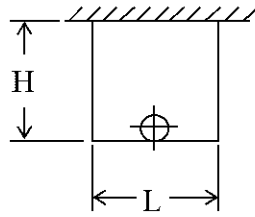
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(7/18)



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					55
					109
					148
					141
					189
					143
					159
					138
					62
					124
					167
					155
					199
					142
					159
					141
					86
					170
					105
					209
					157
					185
					199
					167
					64
					125
					141
					121
					122
					152
					127
					203
					38
					74
					182
					156
					152
					187
					153
					162

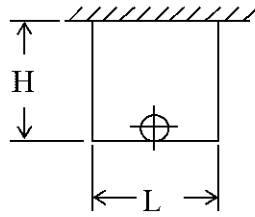
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(8/18)



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					81
					162
					104
					207
					167
					215
					236
					183
					89
					177
					110
					220
					166
					195
					212
					174
					110
					119
					133
					110
					186
					206
					212
					178
					73
					143
					159
					133
					128
					160
					133
					212
					40
					79
					194
					161
					153
					189
					158
					168

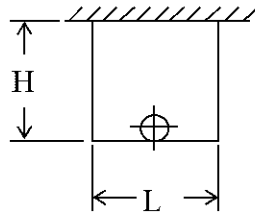
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(9/18)



基本形状：タイプ 3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					148
					162
					187
					165
					172
					113
					189
					155
					154
					167
					189
					162
					162
					203
					173
					188
					175
					189
					210
					175
					167
					182
					168
					180
					107
					213
					97
					194
					181
					106
					177
					186
					53
					105
					107
					214
					119
					113
					188
					187

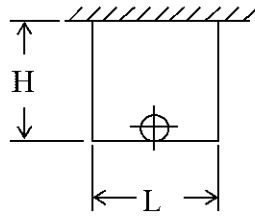
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (10/18)



基本形状：タイプ 3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					118
					109
					119
					138
					155
					159
					183
					135
					119
					108
					115
					130
					141
					143
					163
					122
					129
					115
					120
					132
					138
					135
					152
					178
					141
					125
					129
					141
					144
					139
					155
					180
					68
					135
					139
					85
					153
					146
					162
					187

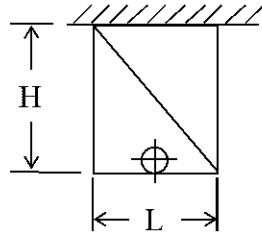
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (11/18)



基本形状：タイプ 3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					72
					143
					155
					107
					227
					143
					178
					175
					70
					140
					149
					97
					181
					182
					156
					155
					73
					146
					151
					95
					173
					168
					183
					136
					78
					155
					160
					99
					178
					171
					167
					133
					83
					165
					170
					104
					161
					177
					167
					135

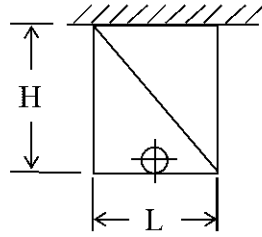
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（12/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					29
					58
					144
					160
					221
					185
					196
					221
					44
					87
					216
					118
					166
					218
					224
					136
					79
					157
					214
					202
					159
					188
					202
					169
					63
					124
					143
					123
					212
					154
					129
					206
					38
					75
					184
					157
					139
					187
					153
					162

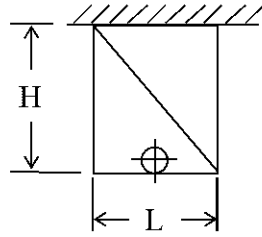
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（13/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					31
					61
					151
					167
					139
					207
					231
					140
					46
					91
					226
					122
					169
					223
					232
					144
					82
					163
					221
					206
					162
					193
					208
					176
					65
					127
					145
					125
					126
					158
					134
					215
					39
					76
					186
					159
					142
					193
					160
					170

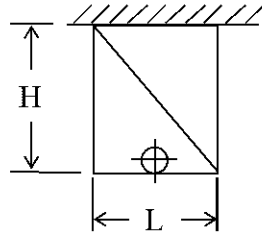
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (14/18)



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					35
					69
					171
					190
					213
					199
					132
					150
					50
					100
					136
					130
					176
					160
					191
					178
					49
					96
					237
					218
					167
					198
					214
					182
					31
					62
					152
					129
					129
					162
					138
					221
					39
					75
					184
					163
					144
					197
					164
					176

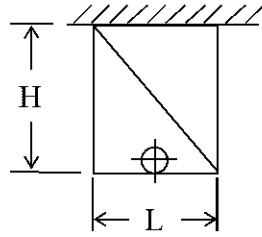
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (15/18)



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					21
					42
					105
					208
					149
					196
					133
					226
					30
					59
					146
					139
					189
					179
					141
					168
					24
					47
					115
					214
					102
					203
					219
					187
					32
					61
					150
					134
					121
					166
					141
					225
					18
					35
					85
					169
					148
					177
					167
					179

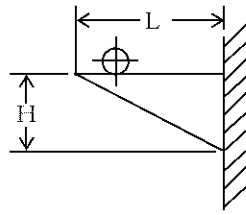
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (16/18)



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					21
					40
					99
					198
					170
					145
					172
					129
					15
					30
					73
					146
					183
					183
					180
					215
					24
					46
					112
					223
					99
					197
					224
					197
					15
					29
					70
					139
					124
					152
					143
					228
					19
					36
					88
					174
					172
					181
					170
					169

第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (17/18)

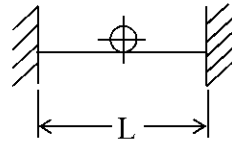


基本形状：タイプ-5
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					15
					28
					70
					139
					156
					149
					169
					151
					13
					24
					58
					116
					210
					159
					188
					176
					12
					22
					50
					97
					181
					147
					182
					186
					8
					14
					30
					58
					170
					135
					168
					175
					9
					13
					25
					45
					126
					222
					160
					165

(注) 斜材据付角度は 30° とし、()内寸法は参考値とする。

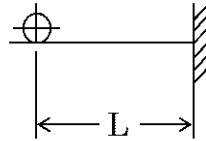
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (18/18)



基本形状：タイプ-6
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					22
					43
					108
					215
					184
					182
					224
					230
					35
					69
					172
					188
					123
					163
					168
					187
					69
					136
					183
					165
					211
					146
					158
					134
					57
					110
					122
					102
					171
					185
					190
					166
					34
					66
					160
					133
					126
					154
					127
					133

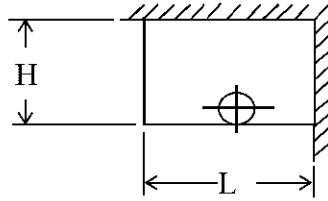
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(1/18)



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				52.9
				30.9
				24.0
				20.3
				25.8
				21.1
				23.0
				22.4
				34.3
				20.1
				23.7
				20.1
				21.3
				20.8
				22.5
				23.2
				24.4
				21.8
				21.6
				21.8
				22.8
				23.7
				20.6
				25.7
				21.7
				24.6
				24.7
				21.0
				27.3
				22.4
				28.7
				23.5
				22.5
				28.0
				22.3
				28.1
				23.8
				27.4
				23.9
				32.4

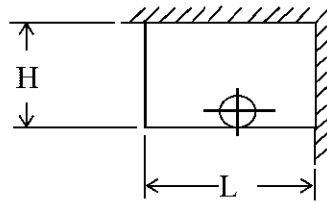
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(2/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				316.5
				185.3
				144.0
				121.8
				102.0
				83.3
				72.2
				59.0
				163.2
				96.4
				75.0
				63.5
				53.2
				43.5
				37.7
				30.8
				60.7
				36.6
				28.6
				24.3
				20.4
				25.1
				21.7
				22.3
				47.9
				30.2
				23.9
				20.3
				21.6
				21.1
				22.7
				23.3
				38.3
				24.8
				23.3
				20.0
				20.9
				21.8
				41.3
				34.0

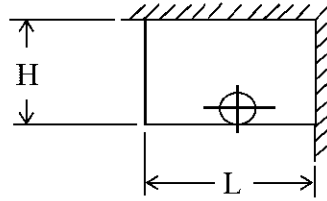
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(3/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				306.9
				179.7
				139.6
				118.1
				98.9
				80.8
				70.0
				57.2
				158.2
				93.5
				72.7
				61.6
				51.6
				42.2
				36.5
				29.8
				59.1
				35.6
				27.8
				23.6
				29.8
				24.4
				21.2
				21.8
				46.8
				29.6
				23.3
				25.1
				21.2
				20.7
				22.3
				23.0
				37.7
				24.4
				22.9
				24.4
				20.6
				21.5
				41.0
				33.8

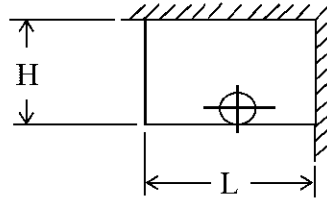
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(4/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				293.8
				172.3
				133.9
				113.3
				94.9
				77.5
				67.2
				54.8
				151.6
				89.6
				69.7
				59.0
				49.4
				40.4
				35.0
				28.6
				56.4
				34.0
				26.6
				22.6
				28.5
				23.4
				20.3
				20.9
				44.9
				28.3
				22.4
				24.1
				20.3
				24.7
				21.5
				22.2
				36.3
				23.5
				22.1
				23.5
				25.3
				20.9
				40.1
				33.1

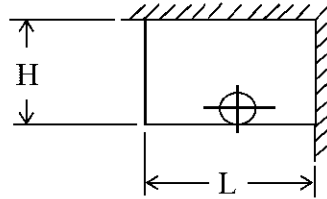
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(5/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				396.8
				237.5
				185.2
				157.0
				131.6
				107.6
				93.3
				76.2
				215.7
				128.9
				100.6
				85.3
				71.5
				58.5
				50.7
				41.4
				80.7
				49.6
				38.9
				33.1
				27.8
				22.8
				24.9
				20.3
				43.7
				27.6
				21.8
				23.5
				23.6
				24.1
				20.9
				21.7
				35.4
				22.9
				21.5
				22.9
				24.6
				20.3
				39.3
				32.4

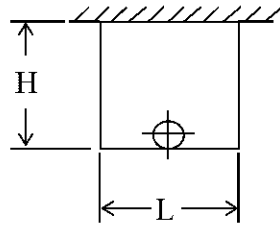
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(6/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				420.5
				265.5
				208.6
				177.3
				149.0
				122.0
				105.8
				86.6
				257.2
				154.6
				120.7
				102.4
				85.9
				70.3
				60.9
				49.8
				99.6
				61.3
				48.1
				40.9
				34.4
				28.2
				24.4
				20.0
				54.2
				34.2
				27.0
				23.1
				23.1
				23.6
				20.5
				21.3
				34.7
				22.4
				21.1
				22.5
				24.2
				44.2
				38.6
				31.9

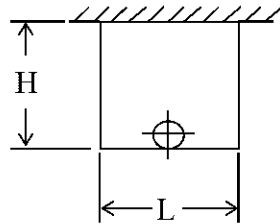
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(7/18)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				113.6
				69.1
				54.1
				45.9
				38.5
				31.5
				27.4
				22.4
				104.5
				64.4
				50.6
				43.0
				36.2
				29.6
				25.7
				21.0
				55.6
				33.5
				26.2
				22.2
				28.0
				22.9
				24.9
				20.3
				44.8
				28.3
				22.3
				23.9
				20.1
				24.3
				21.1
				21.6
				36.3
				23.4
				22.0
				23.3
				24.8
				20.4
				38.1
				31.4

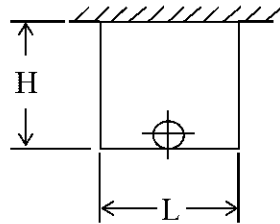
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(8/18)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				55.8
				34.4
				27.0
				23.0
				28.9
				23.7
				20.6
				21.0
				52.0
				32.5
				25.6
				21.8
				27.5
				22.6
				24.7
				20.2
				44.8
				28.9
				23.0
				29.3
				24.8
				20.5
				22.5
				21.9
				42.6
				26.9
				21.2
				22.9
				22.9
				23.3
				20.3
				20.9
				34.9
				22.6
				21.2
				22.5
				24.1
				42.8
				37.5
				30.9

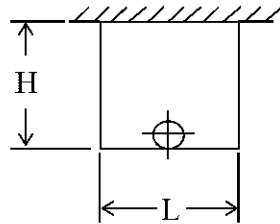
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(9/18)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				28.2
				23.4
				22.0
				23.3
				24.6
				20.4
				25.7
				21.2
				26.8
				22.7
				21.5
				22.8
				24.5
				20.3
				26.3
				21.7
				23.5
				20.7
				24.2
				21.1
				22.9
				28.7
				25.2
				20.9
				21.0
				21.9
				22.3
				24.8
				21.4
				27.1
				23.9
				28.7
				24.2
				20.3
				20.9
				23.3
				20.2
				36.7
				32.6
				27.4

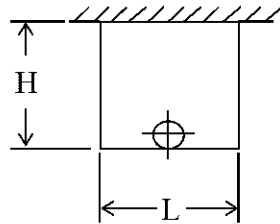
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(10/18)



基本形状：タイプ-3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				20.7
				22.2
				26.3
				23.1
				27.5
				23.2
				20.4
				22.4
				20.0
				22.1
				26.8
				23.6
				20.4
				24.3
				21.4
				23.9
				21.3
				20.5
				25.5
				22.5
				27.8
				23.7
				21.0
				23.9
				24.4
				27.6
				23.8
				21.2
				26.3
				22.5
				20.0
				23.0
				22.2
				34.5
				30.7
				27.9
				24.8
				21.4
				25.9
				22.0

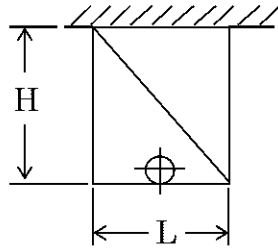
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（11/18）



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				32.2
				26.3
				22.8
				20.4
				23.0
				28.7
				25.9
				22.1
				33.0
				27.3
				23.8
				21.3
				24.6
				21.2
				28.4
				24.3
				30.8
				26.0
				22.9
				20.7
				24.3
				21.2
				29.1
				25.0
				28.2
				24.2
				21.5
				25.6
				23.1
				20.3
28.0				
24.3				
25.9				
22.6				
20.2				
24.1				
21.9				
29.2				
26.8				
23.4				

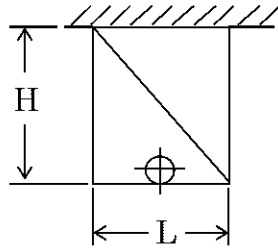
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（12/18）



基本形状：タイプ-4
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				275.7
				161.6
				125.6
				106.3
				89.0
				72.7
				63.0
				51.4
				146.7
				86.7
				67.4
				57.1
				47.8
				39.1
				33.9
				27.7
				56.4
				34.0
				26.6
				22.6
				28.4
				23.3
				20.2
				20.7
				45.2
				28.5
				22.5
				24.2
				20.4
				24.6
21.4				
21.9				
36.5				
23.6				
22.2				
23.5				
25.0				
20.6				
22.9				
29.8				

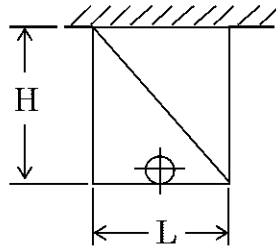
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（13/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				199.0
				124.7
				98.3
				83.7
				70.5
				57.8
				50.2
				41.0
				137.7
				81.3
				63.3
				53.6
				44.9
				36.7
				31.8
				26.0
				53.6
				32.3
				25.2
				21.4
				27.1
				22.2
				24.2
				23.6
				43.4
				27.4
				21.6
				23.3
				23.3
				23.8
				20.7
				21.3
				35.4
				22.9
				21.5
				22.8
				24.4
				20.1
				22.3
				29.4

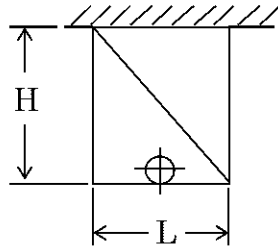
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（14/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				73.3
				48.2
				38.5
				33.0
				27.9
				23.0
				20.0
				20.3
				108.9
				70.5
				55.6
				47.3
				39.7
				32.5
				28.2
				23.0
				71.9
				44.2
				34.7
				29.5
				24.8
				20.3
				22.2
				21.6
				50.6
				32.0
				25.3
				21.5
				21.6
				22.1
				24.2
				43.1
				45.8
				30.9
				24.8
				21.3
				22.9
				24.0
				21.0
				28.1

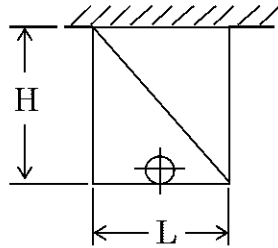
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(15/18)



基本形状：タイプ-4
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				43.1
				30.9
				25.3
				22.0
				22.0
				20.0
				22.9
				24.2
				66.3
				48.0
				39.5
				34.4
				29.4
				24.5
				21.4
				20.5
				85.0
				52.4
				41.1
				35.0
				29.4
				24.1
				20.9
				20.4
				67.2
				44.0
				35.1
				30.1
				25.4
				20.9
				23.0
				24.2
				55.0
				37.2
				29.9
				25.7
				21.8
				22.8
				32.7
				27.0

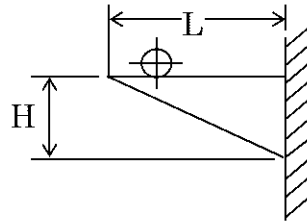
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（16/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				27.0
				20.0
				20.0
				23.0
				20.4
				21.4
				22.9
				20.1
				41.6
				31.1
				26.0
				22.7
				22.0
				20.5
				23.7
				23.3
				76.9
				61.8
				52.8
				46.6
				40.1
				33.2
				29.0
				23.8
				81.0
				53.3
				42.5
				36.4
				30.8
				25.4
				22.0
				23.2
				52.9
				35.8
				28.8
				24.8
				21.0
				21.9
				25.0
				20.7

第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(17/18)

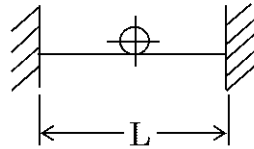


基本形状：タイプ-5
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				273.3
				162.5
				126.6
				107.3
				89.9
				73.5
				63.7
				52.1
				202.6
				122.6
				95.9
				81.4
				68.3
				55.9
				48.5
				39.6
				133.2
				83.8
				66.2
				56.4
				47.5
				39.0
				33.8
				27.7
				117.6
				79.9
				64.4
				55.4
				47.0
				38.8
				33.8
				27.7
				105.2
				78.0
				64.8
				56.6
				48.6
				40.5
				35.5
				29.3

(注) 斜材据付角度は 30° とし、()内寸法は参考値とする。

第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(18/18)



基本形状：タイプ-6
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				365.2
				213.8
				166.1
				140.5
				117.7
				96.1
				83.3
				68.0
				184.2
				108.8
				84.7
				71.7
				60.1
				49.1
				42.5
				34.8
				66.0
				39.8
				31.1
				26.4
				22.1
				27.3
				23.7
				24.4
				51.2
				32.3
				25.5
				21.7
				23.2
				22.7
				24.5
				20.1
				40.6
				26.3
				20.9
				21.2
				22.3
				23.3
				20.3
				37.0

第 5-49 表 埋込板 (1/2)

強度部材：ベースプレート（材料：）

（単位：MPa）

型 式	ベースプレートの圧縮側の曲げ応力	ベースプレートの引張側の曲げ応力	許容応力	評 価
A	47	271	271	○
C	32	120	271	○
D	26	270	271	○
E	15	120	271	○

強度部材：スタッドジベル（材料：）

（単位：MPa）

型 式	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
A	65	235	126	135	266	329	○
C	153	235	106	135	322	329	○
D	69	235	80	135	197	329	○
E	109	235	116	135	295	329	○

第 5-49 表 埋込板(2/2)

強度部材：コンクリート

(単位：N)

型 式	コンクリート コーン状破壊における引張荷重		評 価
	発生荷重	最大使用荷重	
A	13,002	32,100	○
C	30,611	39,100	○
D	13,776	39,100	○
E	41,399	52,300	○

耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-13

川内原子力発電所第 1 号機

緊急時対策棟（連絡通路）の
地震応答解析

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-13-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 13 - 1 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 13 - 1 - 2
2.1 位 置	9 (1) - 13 - 1 - 2
2.2 構造概要	9 (1) - 13 - 1 - 3
2.3 解析方針	9 (1) - 13 - 1 - 6
2.4 適用規格	9 (1) - 13 - 1 - 8
3. 解析方法	9 (1) - 13 - 1 - 9
3.1 入力地震動	9 (1) - 13 - 1 - 9
3.2 地震応答解析モデル	9 (1) - 13 - 1 - 25
3.3 解析方法	9 (1) - 13 - 1 - 33
3.4 解析条件	9 (1) - 13 - 1 - 36
4. 解析結果	9 (1) - 13 - 1 - 47
4.1 動的解析	9 (1) - 13 - 1 - 47
4.2 静的解析	9 (1) - 13 - 1 - 75

1. 概 要

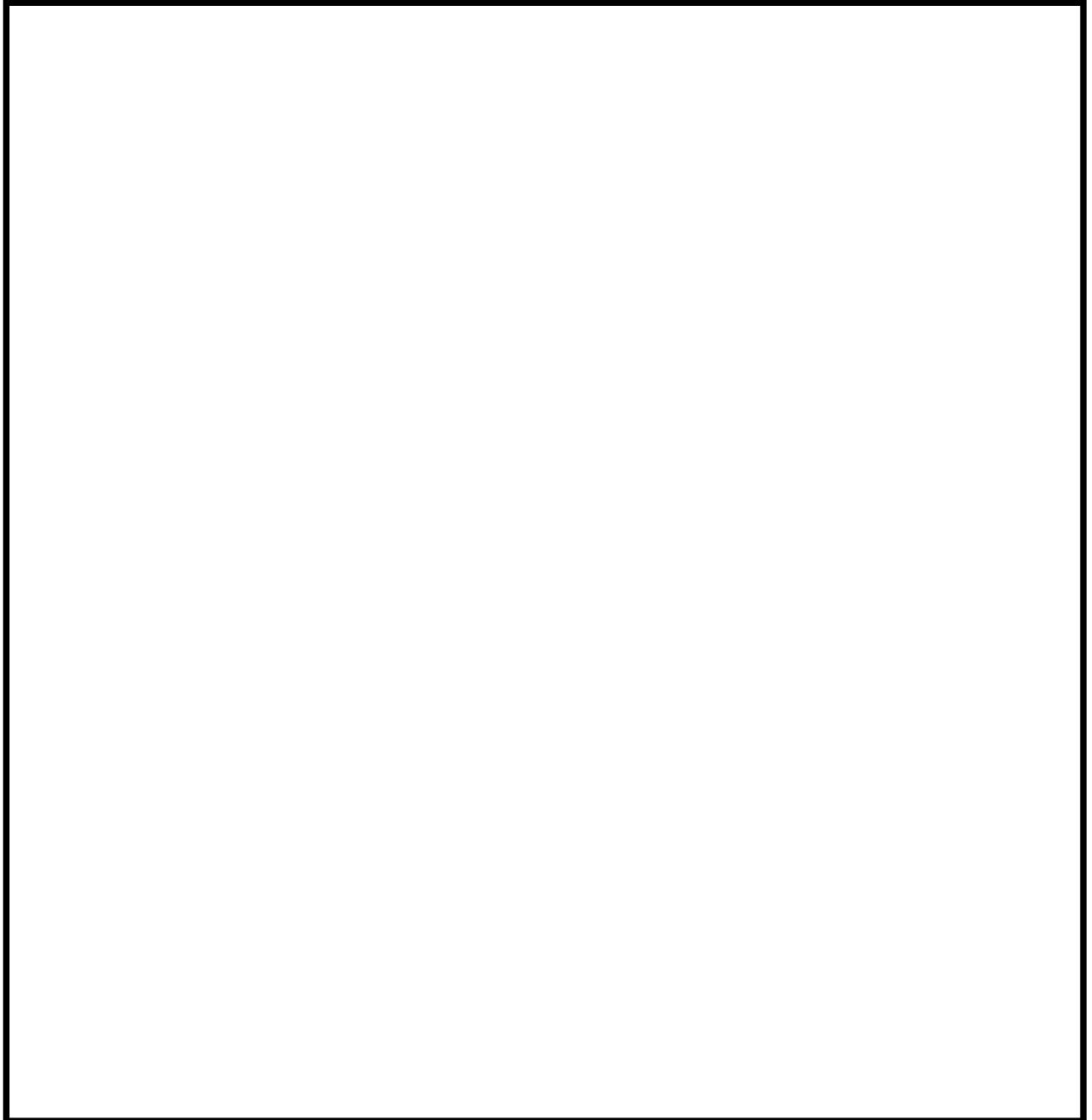
本資料は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に基づく緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は、資料 9-9「機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については、建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

2. 基本方針

2.1 位 置

緊急時対策棟（連絡通路）の設置位置を第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策棟（連絡通路）の設置位置

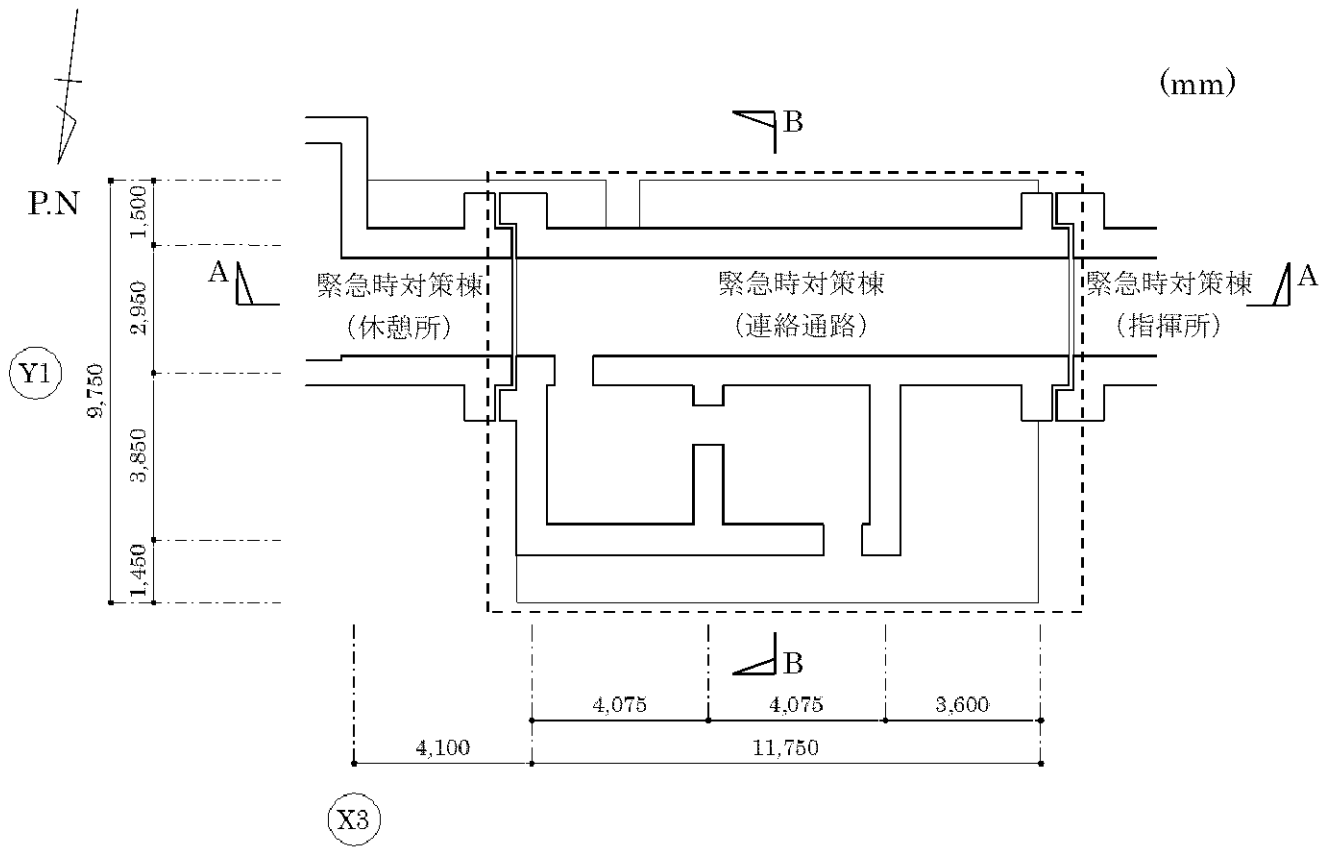
2.2 構造概要

緊急時対策棟（連絡通路）は、第6緊急用保管エリアに配置された建物である。

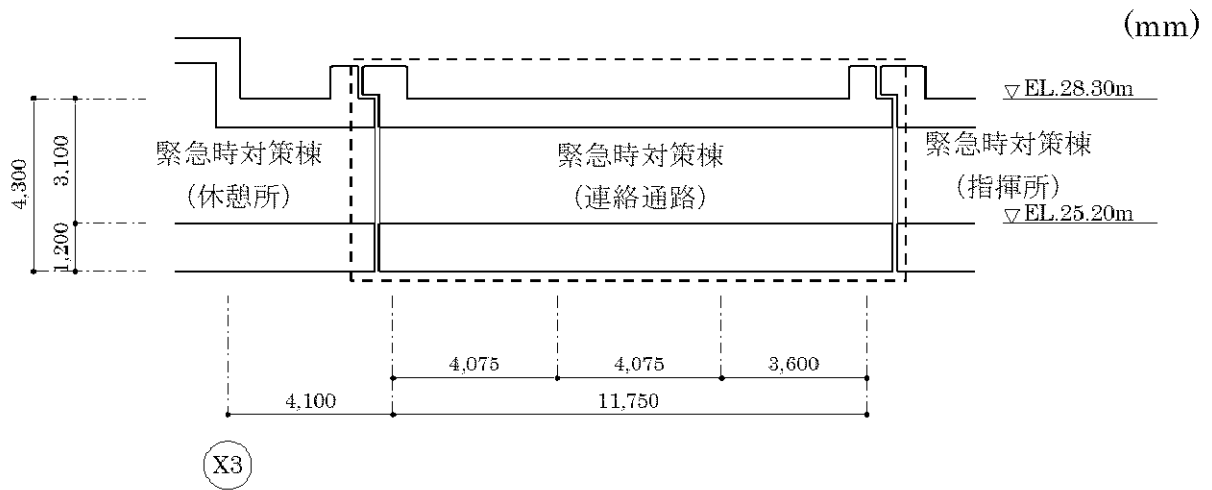
主要構造は、地上1階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、東西方向約12m、南北方向約7mであり、地上高さは約3mである。

基礎の主要構造は、平面形状が東西方向約12m、南北方向約10m、厚さが約1.2mの鉄筋コンクリート造の基礎であり、岩盤上に直接に設置している。

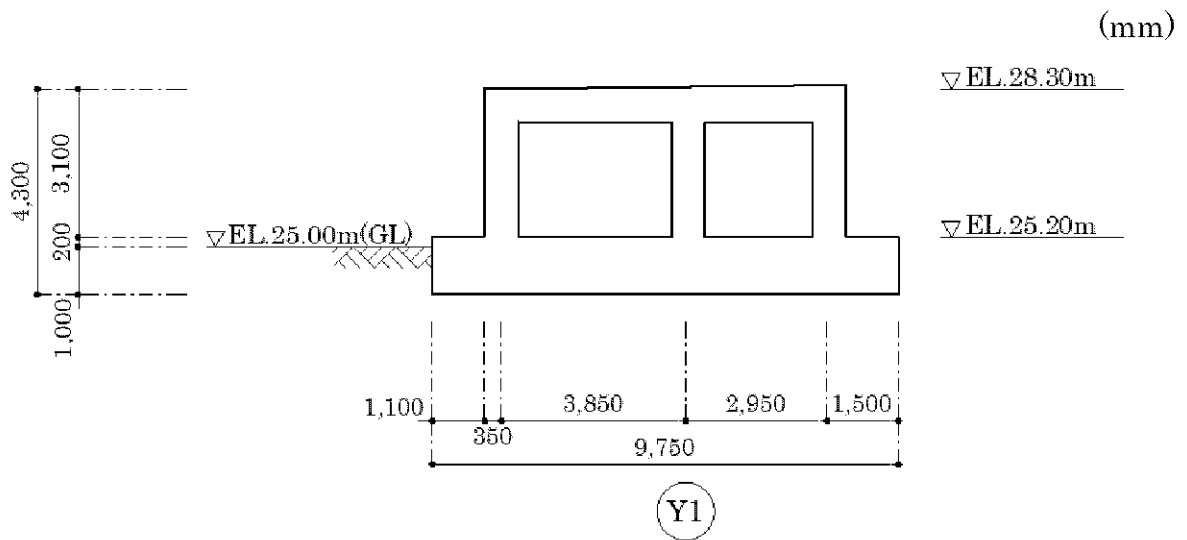
緊急時対策棟（連絡通路）の概略平面図及び概略断面図を第2-2図及び第2-3図に示す。



第 2-2 図 緊急時対策棟 (連絡通路) の概略平面図



(a) A-A 断面



(b) B-B 断面

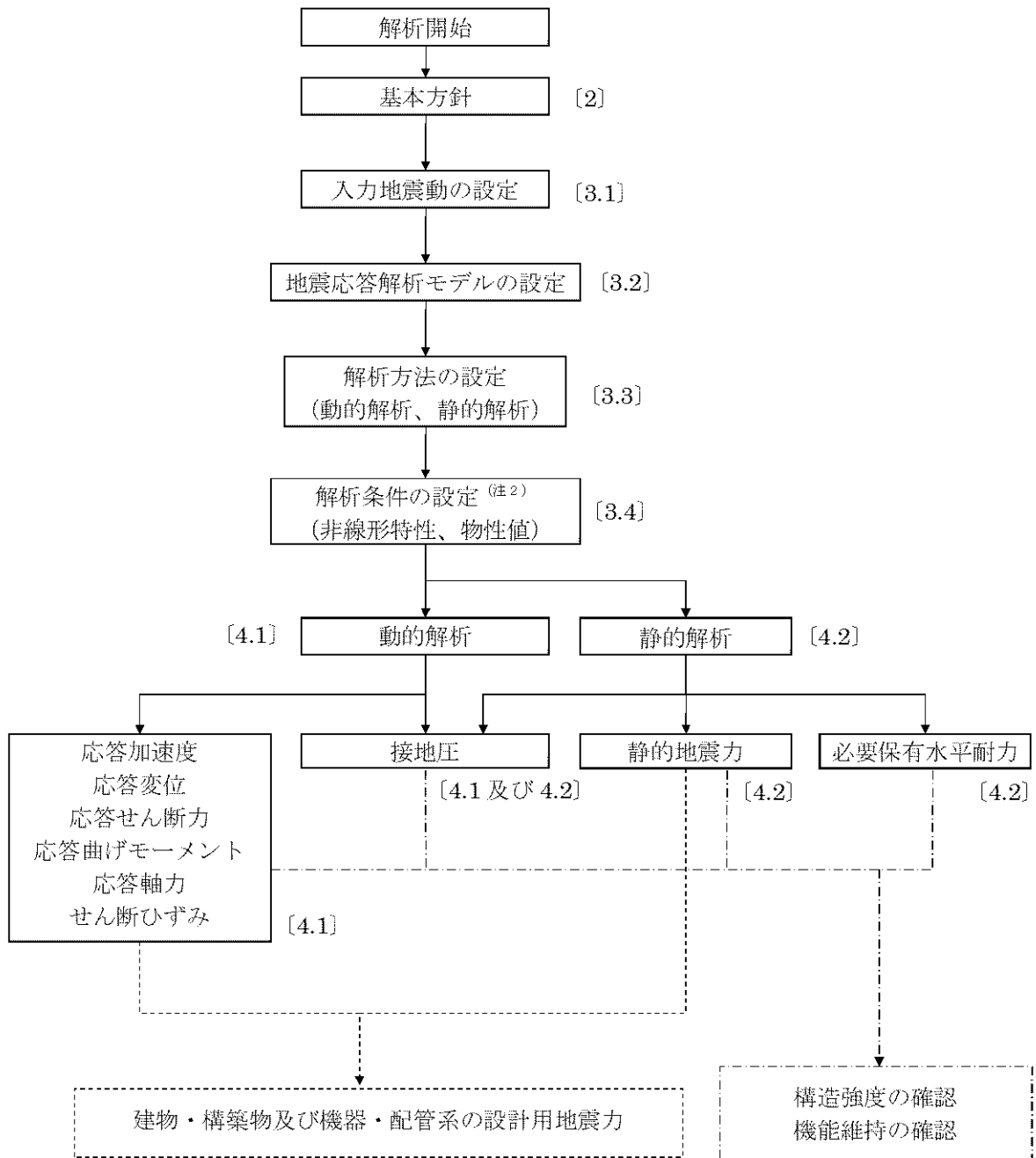
第 2-3 図 緊急時対策棟 (連絡通路) の概略断面図

2.3 解析方針

緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を行う。地震応答解析フローを第 2-4 図に示す。

地震応答解析は、「3.1 入力地震動」に示す地震動を用い、「3.2 地震応答解析モデル」において、建物・構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の地震応答解析モデルを水平方向及び鉛直方向ごとに設定する。

また、「3.3 解析方法」に基づき、「4.1 動的解析」においては、せん断ひずみ及び接地圧を含む各種応答値、「4.2 静的解析」においては、静的地震力、接地圧及び必要保有水平耐力を算出する。地震応答解析は、「3.4 解析条件」に基づき、地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮する。



(注1) [] 内は、本資料における章番号を示す。

(注2) 材料物性のばらつき等を考慮する。

第2-4図 緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析フロー (注1)

2.4 適用規格

緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー（（社）日本建築学会、1999 改定）
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）（以下「JEAG4601-1991 追補版」という。）

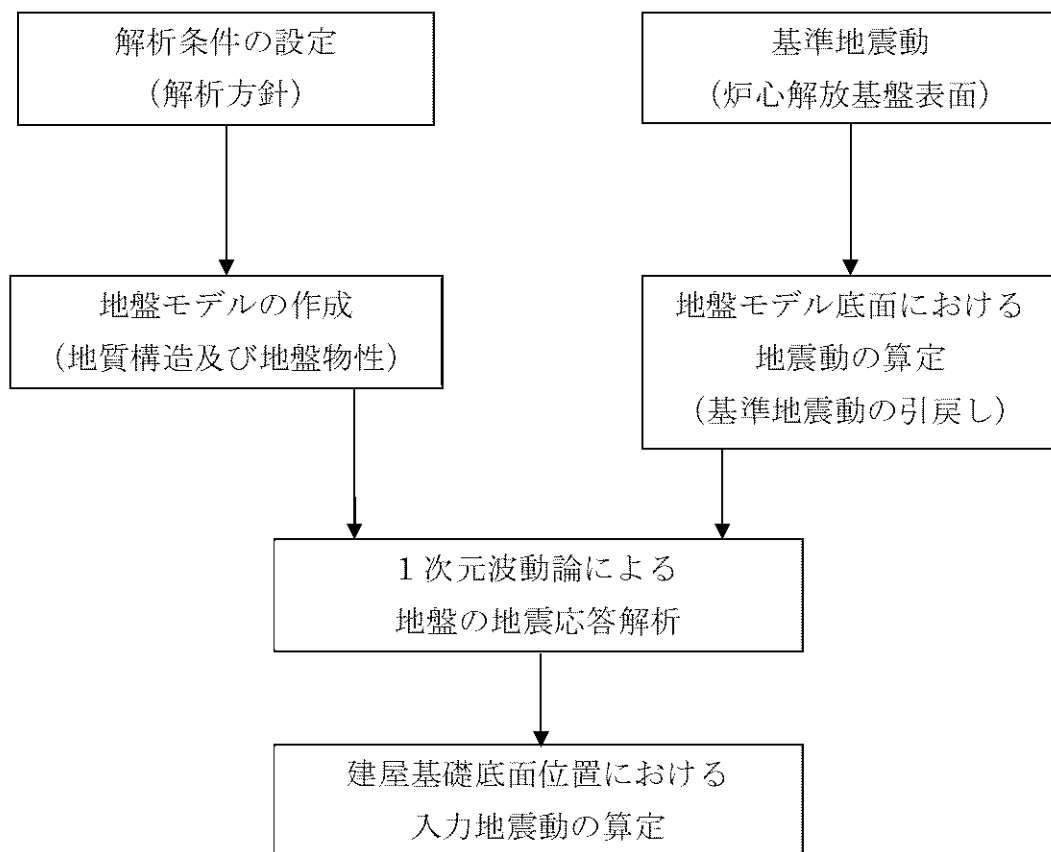
3. 解析方法

3.1 入力地震動

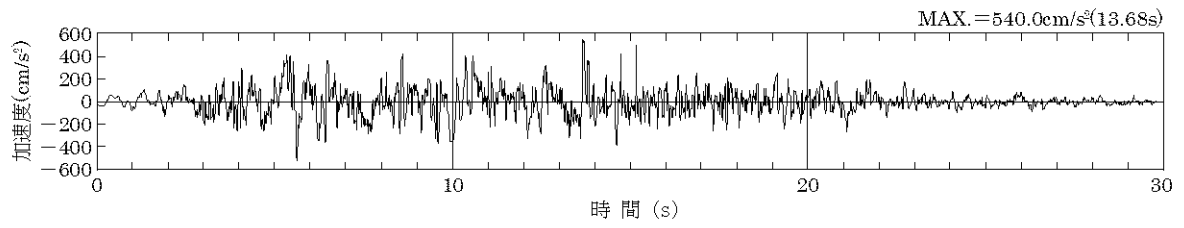
3.1.1 算定方針

入力地震動は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」の入力地震動の設定方針に基づき、EL. -18.5m の解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、地盤条件を考慮し、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置で算定する。入力地震動の算定フローを第 3-1 図に示す。

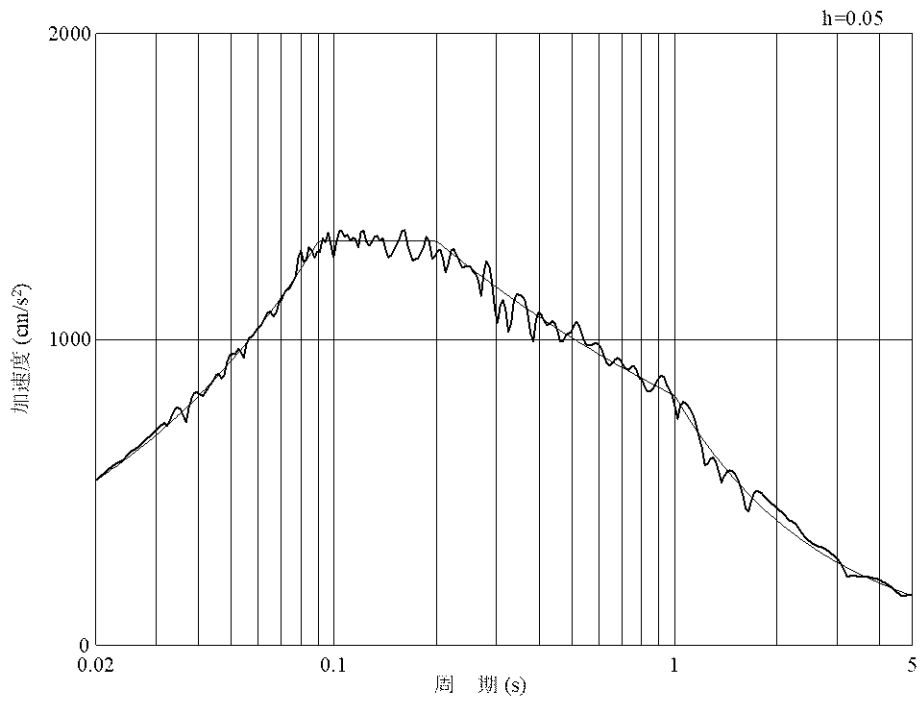
基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 3-2 図～第 3-5 図に示す。



第 3-1 図 入力地震動の算定フロー

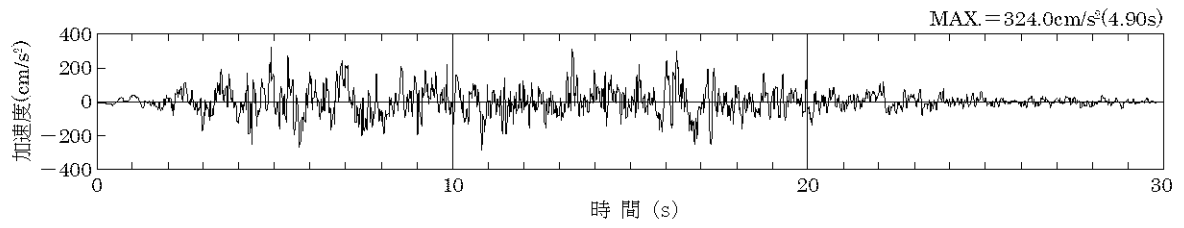


(a) 加速度時刻歴波形

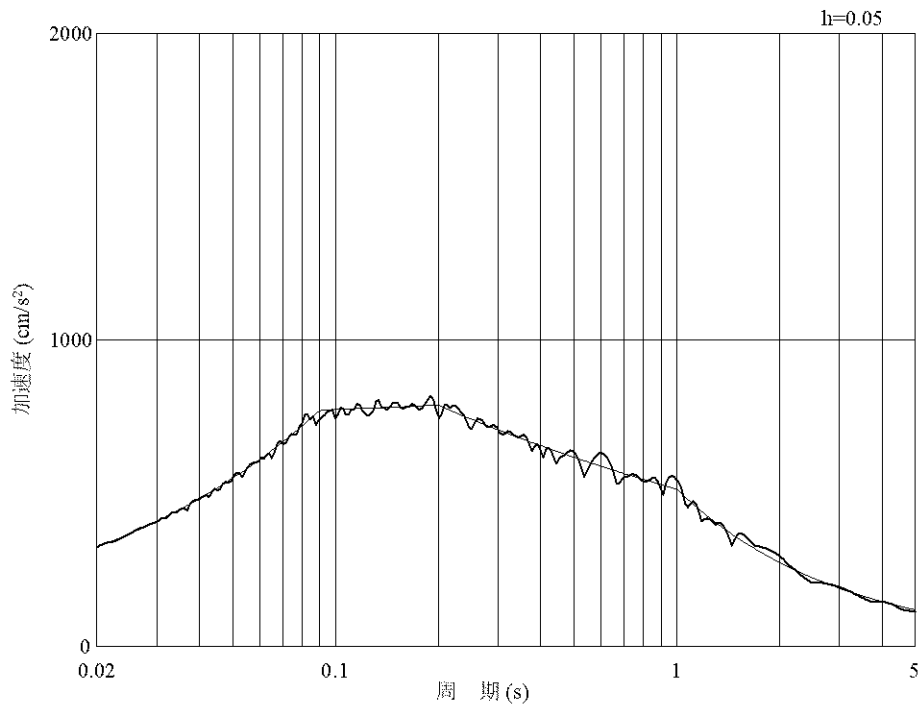


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、S_s-1H)

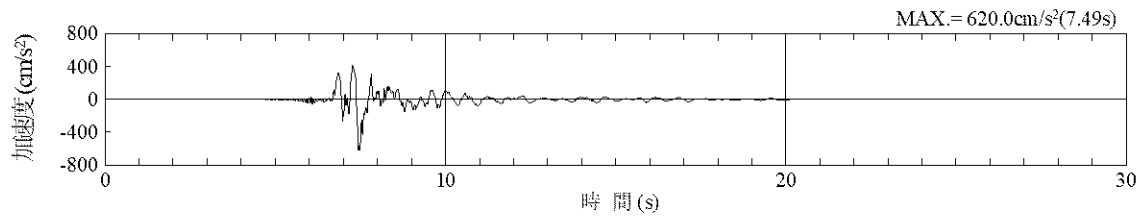


(a) 加速度時刻歴波形

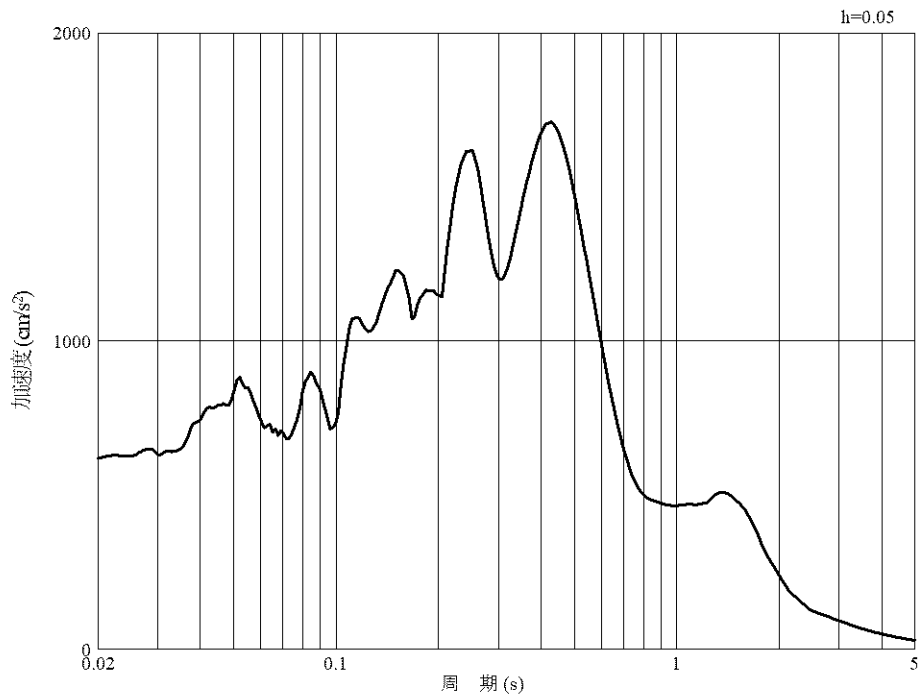


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-3 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-1v)

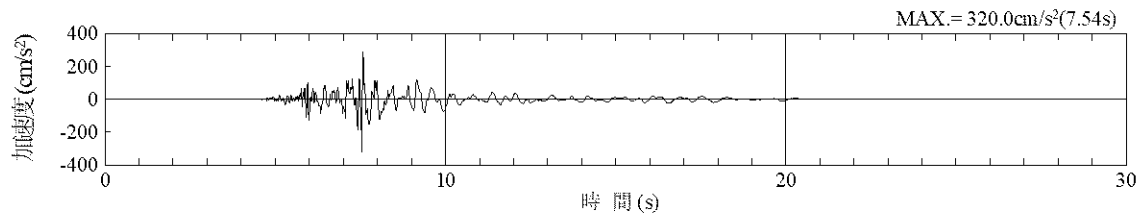


(a) 加速度時刻歴波形

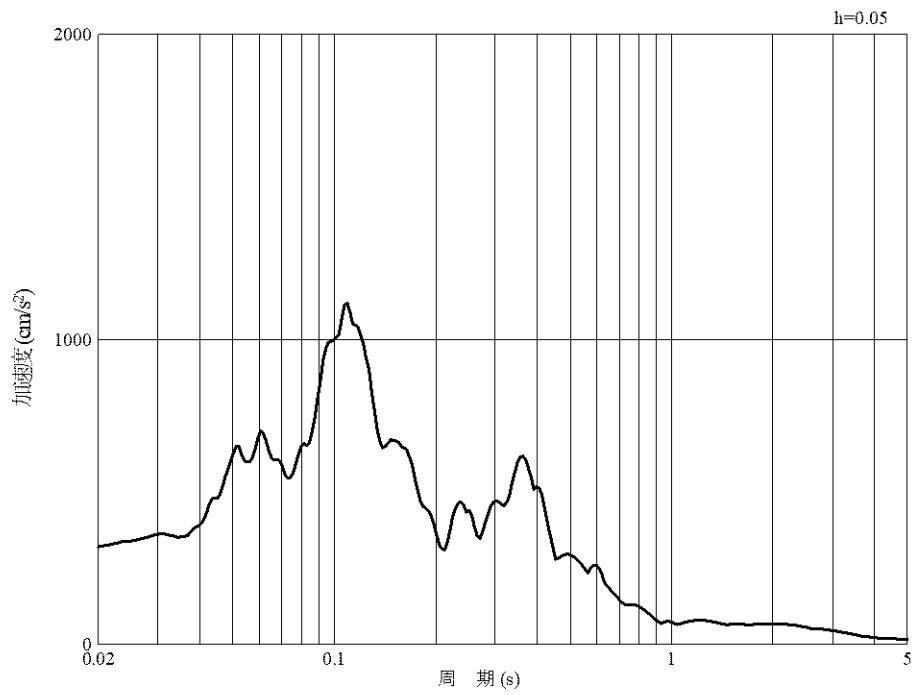


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-2H)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 3-5 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、 S_s-2V)

3.1.2 地盤の解析モデル

入力地震動の算定にあたり、解析の領域は、地表面標高を EL.24.00m、深さ方向を EL. -200.00m までとする。

地盤モデルの層分割は、地盤の岩盤分類及び速度層区分に基づきモデル化する。1次元応答解析用地盤モデルを第3-6図に示す。

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]	地表面 基礎底面
EL. 24.00m	砂岩	C _L 級	②	
EL. 9.90m EL. 8.70m		C _M 級	③	
EL. 3.10m EL. 2.10m	粘板岩	C _L 級	④	
EL. -7.20m EL. -10.40m		C _M 級		
EL. -70.00m	粘板岩	C _H 級	⑤	
EL. -189.00m EL. -200.00m		C _M 級		

第3-6図 1次元応答解析用地盤モデル

3.1.3 地盤の解析用物性値

地震応答解析に使用する地盤物性値は、資料 9-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

弾性波速度は、敷地内のボーリング孔における PS 検層結果に基づき設定する。解析に用いた弾性波速度を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 弹性波速度

区分	V_s ^(注1) (km/s)	V_p ^(注2) (km/s)
②速度層	0.52	1.86
③速度層	0.90	2.51
④速度層	1.37	3.40
⑤速度層	2.05	4.33

(注 1) V_s : S 波速度

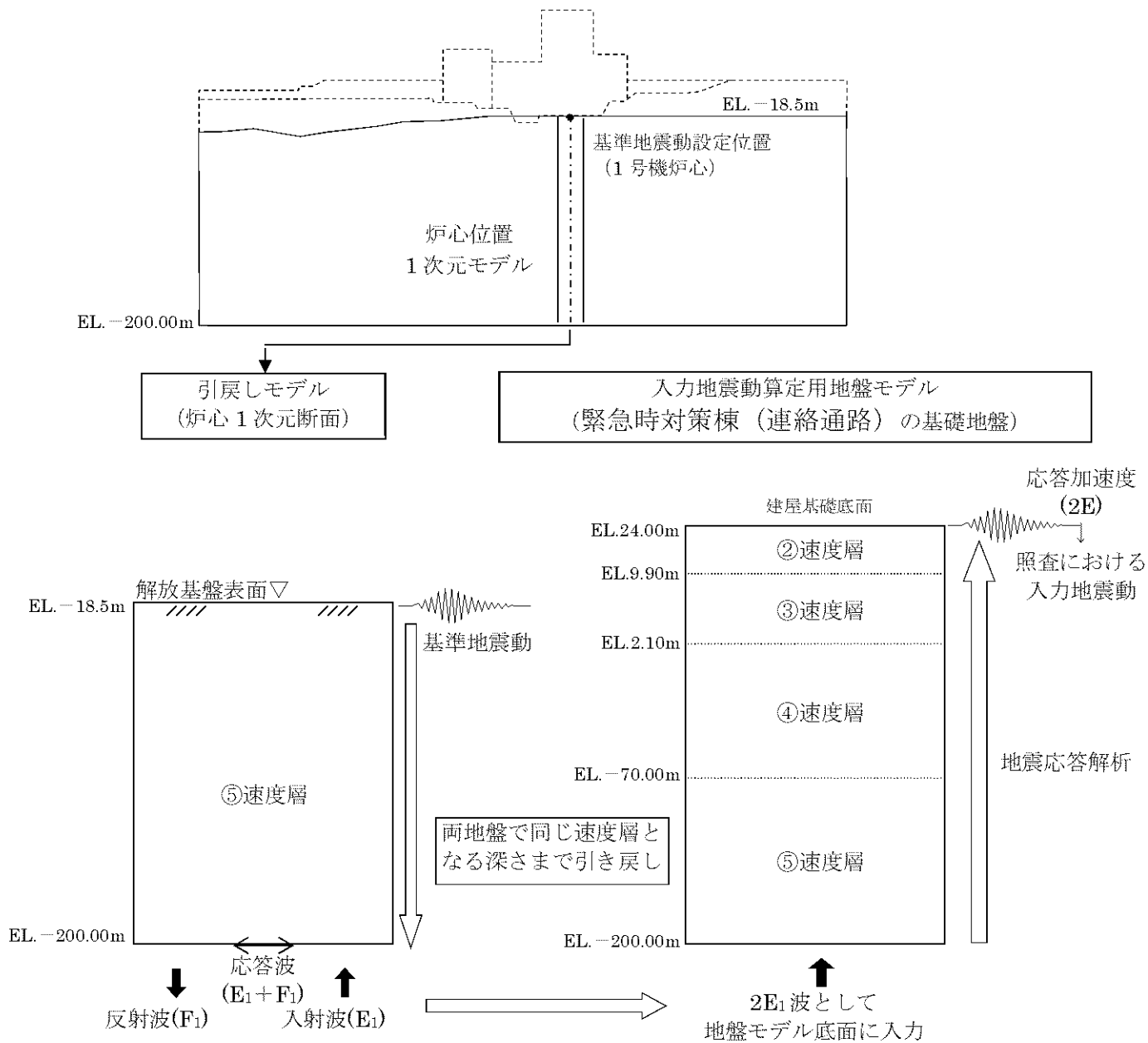
(注 2) V_p : P 波速度

3.1.4 入力地震動の算定方法

基礎底面における入力地震動は、EL.－18.5m の解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、1次元波動論により基礎底面位置で算定した地震動を用いる。また、基準地震動 S_s の引戻しは、緊急時対策棟（連絡通路）の直下と1号機の炉心基礎直下での速度構造の違いを考慮し、引き戻す標高を設定する。具体的には、両地盤で同等の速度構造である EL.－200.00m まで地震動の引戻しを行い、緊急時対策棟（連絡通路）の地盤モデル底面に入力する。

地盤モデル底面における地震動及び基礎底面位置における入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

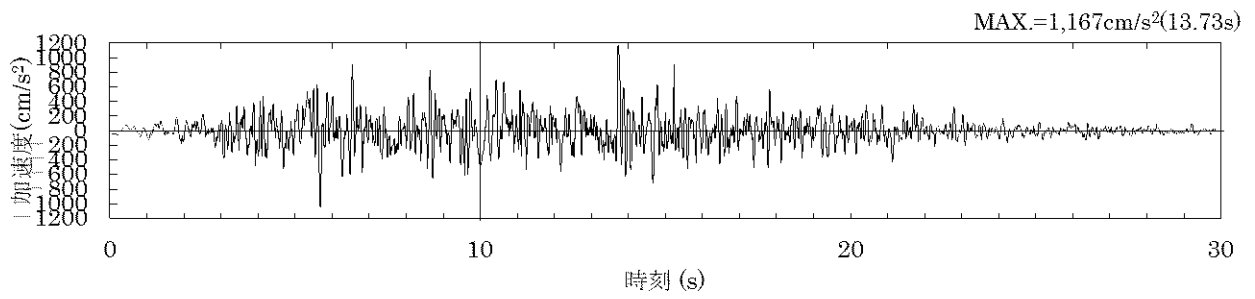
入力地震動算定の考え方を第3-7図に示す。



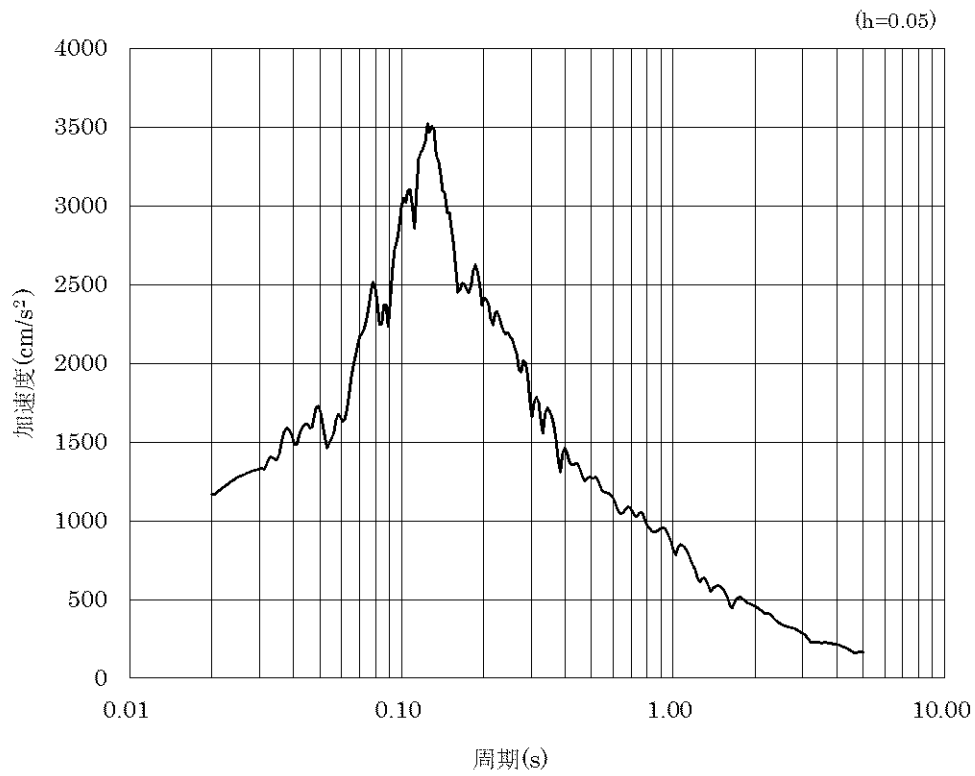
第 3-7 図 入力地震動算定の考え方

3.1.5 入力地震動の算定結果

1 次元波動論により算定した基礎底面位置(EL.24.00m)における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 3-8 図～第 3-11 図に示す。

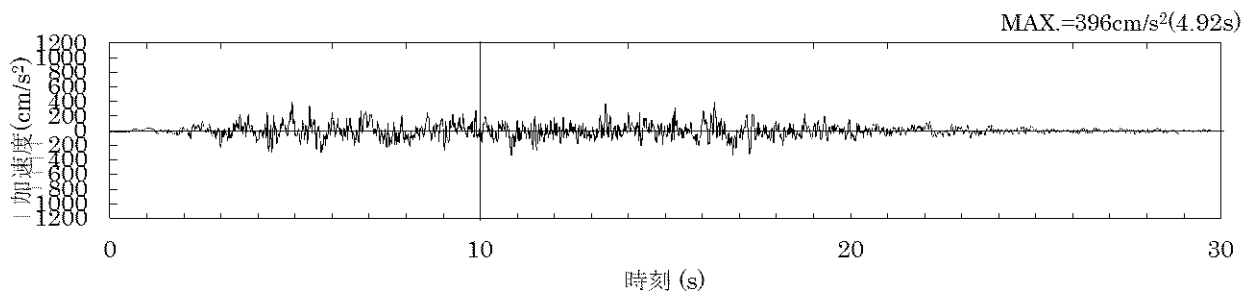


(a) 加速度時刻歴波形

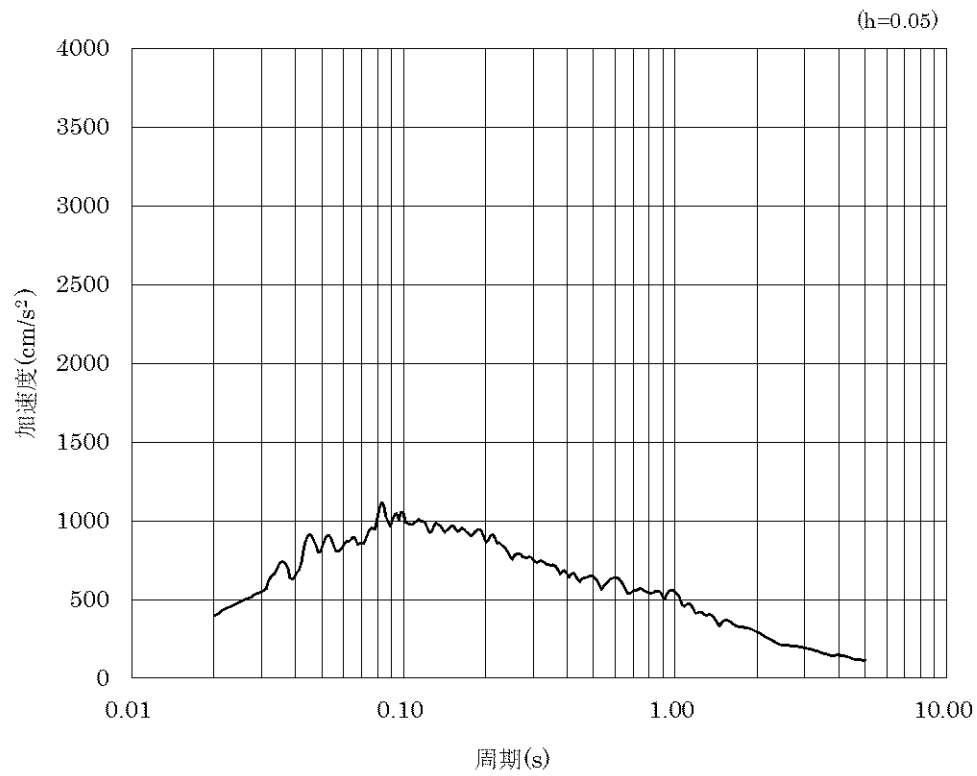


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-8 図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-1_H)

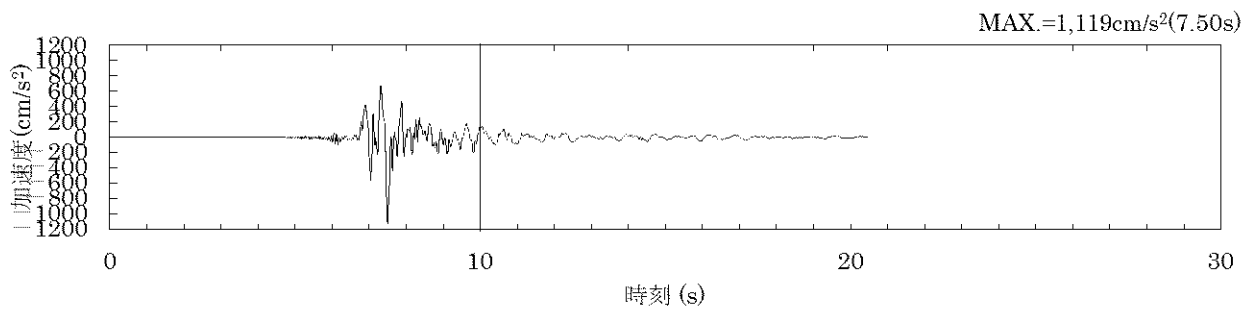


(a) 加速度時刻歴波形

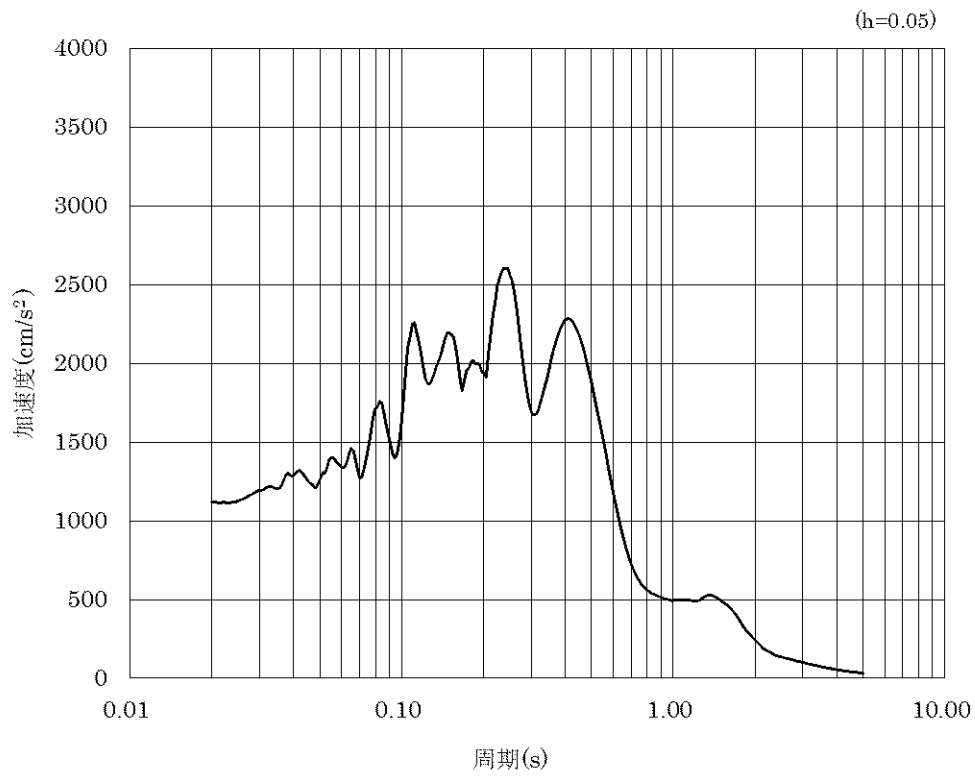


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-9 図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、Ss-1V)

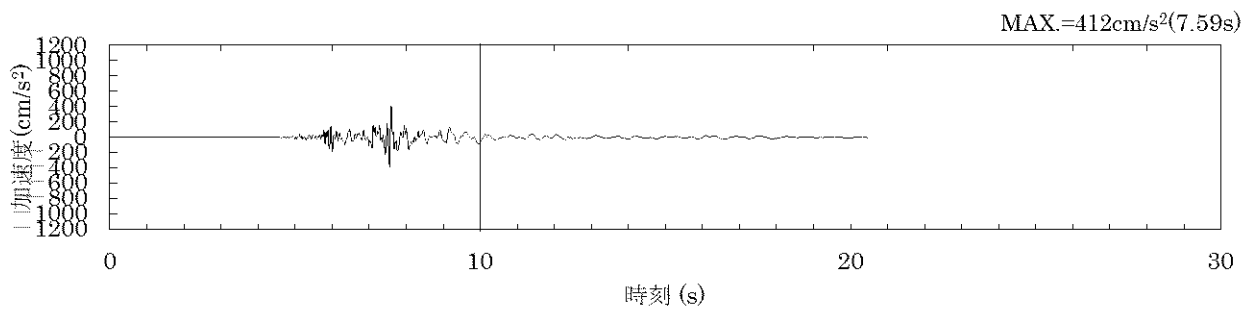


(a) 加速度時刻歴波形

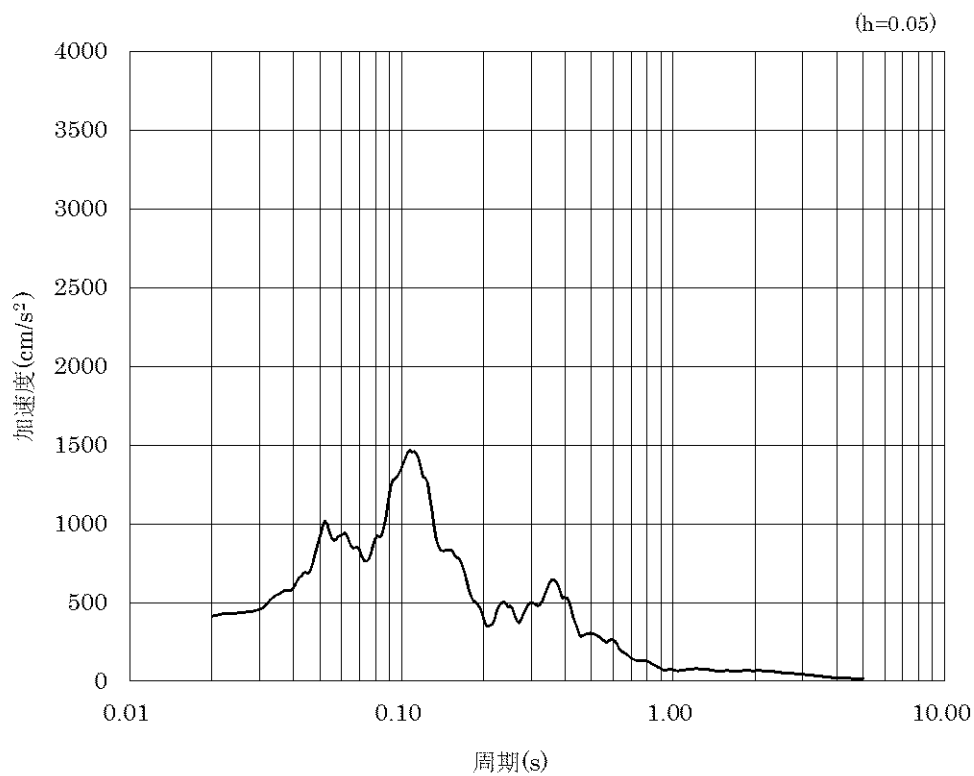


(b) 加速度応答スペクトル

第3-10図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-2H)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3-11図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、Ss-2v)

3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向及び鉛直方向ごとに設定する。

3.2.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した 1 軸多質点系曲げせん断棒モデル（以下「SRモデル」という。）とする。地盤との相互作用について、基礎の浮上り範囲が大きくなる場合は、基礎浮上りの増大に伴い顕著となる誘発上下動を考慮した SR モデル（以下「誘発上下動モデル」という。）とする。SR モデル及び誘発上下動モデルは、「3.4.2 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース」に示す解析ケースごとに用いる。地震応答解析モデルを第 3-12 図及び第 3-13 図、解析モデルの諸元を第 3-2 表に示す。

建屋の部材剛性は、せん断剛性として地震方向の耐震壁におけるウェブ部分のせん断剛性を考慮する。また、曲げ剛性として地震方向の耐震壁におけるウェブ部分及びフランジ部分の曲げ剛性を考慮する。

減衰定数は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」の設計用減衰定数に基づき設定する。

建屋と地盤の相互作用について、SR モデルでは水平ばね及び回転ばねからなる基礎底面地盤ばねを設け、誘発上下動モデルでは水平ばね及び回転ばねに加え、鉛直ばね及び回転・鉛直連成ばねからなる基礎底面地盤ばねを設ける。基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミタンス理論により評価する。回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。

地震応答解析に用いる地盤定数を第 3-3 表、地震応答解析に用いる基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数を第 3-4 表に示す。

入力地震動は、地盤ばねを介して、基準地震動 S_s を基に、1 次元波動論により求めた地盤の時刻歴応答加速度を入力する。

基礎底面地盤ばねの算出には、解析コード「VA」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、水平方向と同様に、地盤との相互作用を考慮した1軸多質点系軸棒モデルとする。地震応答解析モデルを第3-14図、解析モデルの諸元を第3-5表に示す。

建屋の部材剛性は、耐震壁の軸剛性を考慮する。

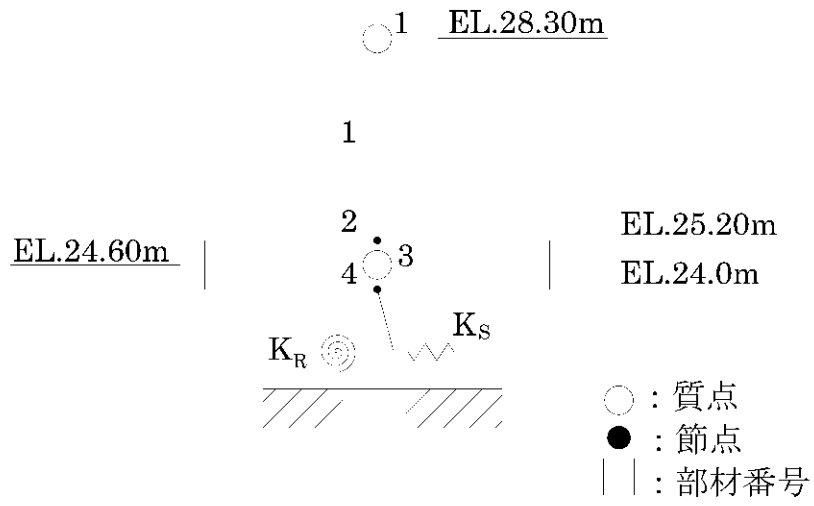
減衰定数は、資料9-6「地震応答解析の基本方針」の設計用減衰定数に基づき設定する。

建屋と地盤の相互作用について、鉛直ばねを基礎底面地盤ばねとして設ける。基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数は、JEAG4601-1991追補版に基づき、振動アドミタンス理論により評価する。

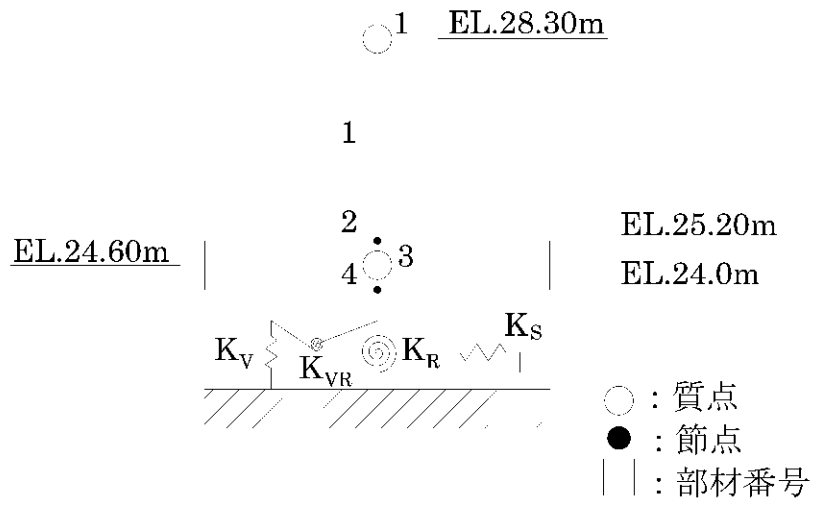
地震応答解析に用いる基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数を第3-6表に示す。

入力地震動は、地盤ばねを介して、基準地震動 S_s を基に、1次元波動論により求めた地盤の時刻歴応答加速度を入力する。

基礎底面地盤ばねの算出には、解析コード「VA」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-12 図 地震応答解析モデル (水平方向、SR モデル)



第3-13図 地震応答解析モデル（水平方向、誘発上下動モデル）

第3-2表 地震応答解析モデル諸元（水平方向）（1/2）

部位	質点 節点 番号	高さ EL. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)		断面二次 モーメント (m ⁴)	
					NS	EW	NS	EW
緊急時 対策棟 (連絡通路)	1	28.30	2.39×10^3	1	8	21	22.6	275
	2	25.20	—	Rigid				
	3	24.60	4.73×10^3					
	4	24.00	—					

第3-2表 地震応答解析モデル諸元（水平方向）（2/2）

部位	質点 節点 番号	回転慣性 (kN・m ²)	
		NS	EW
緊急時対策棟 (連絡通路)	1	1.17×10^4	2.33×10^4
	2	—	—
	3	3.86×10^4	5.84×10^4
	4	—	—

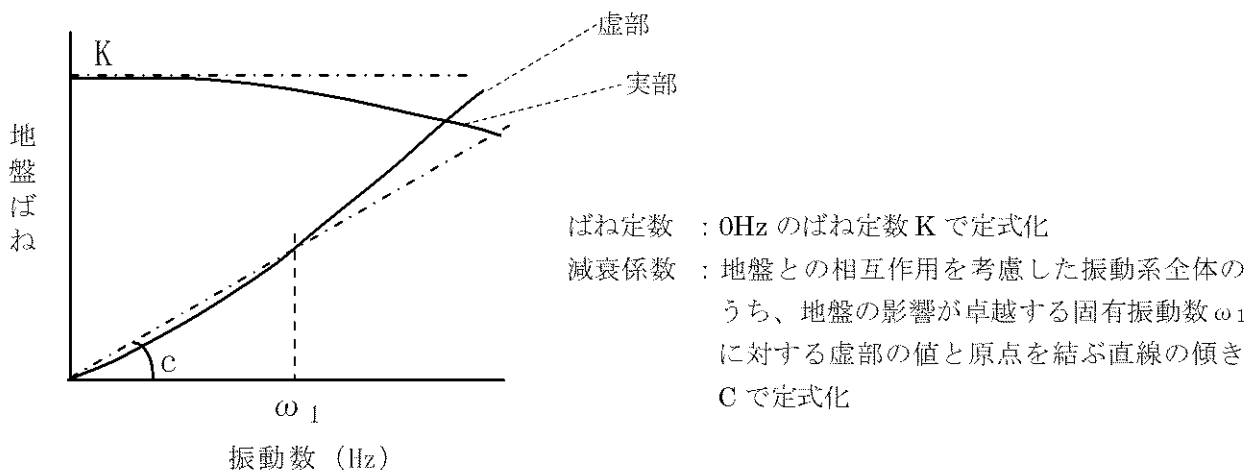
第3-3表 地盤定数

せん断波速度 Vs (km/s)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	ヤング係数 E (N/mm ²)
0.52	22.4	0.46	1.80×10 ⁸

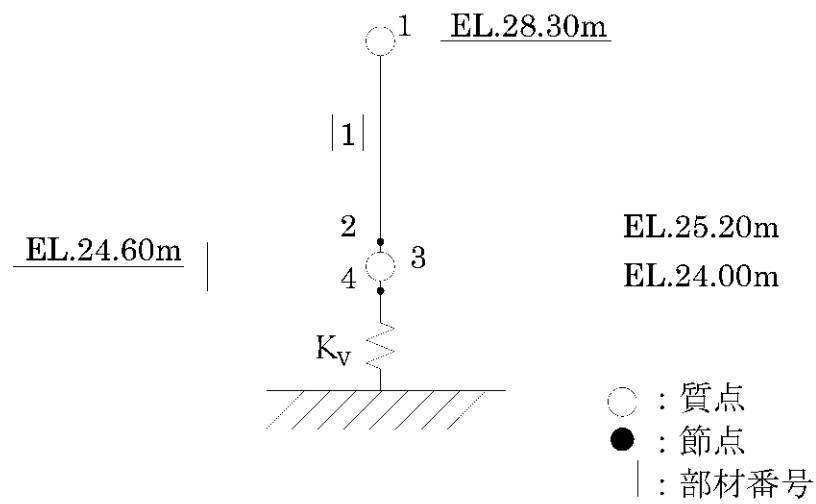
第3-4表 地盤ばね定数及び減衰係数 (水平方向)

基礎底面 水平ばね	K _S	ばね定数 (kN/m)		減衰係数 (kN・s/m)	
		NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
		1.89×10 ⁷	1.83×10 ⁷	1.28×10 ⁵	1.20×10 ⁵
基礎底面 回転ばね	K _R	ばね定数 (kN・m/rad)		減衰係数 (kN・m・s/rad)	
		NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
		5.70×10 ⁸	7.71×10 ⁸	1.19×10 ⁶	1.99×10 ⁶
基礎底面 ^(注) 鉛直ばね	K _V	ばね定数 (kN/m)		減衰係数 (kN・s/m)	
		2.65×10 ⁷		2.48×10 ⁵	

(注) 基礎底面鉛直ばねは、誘発上下動モデルにおいて考慮



地盤ばねの近似の概念



第3-14図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第3-5表 地震応答解析モデル諸元（鉛直方向）

部位	質点 節点 番号	高さ EL. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
緊急時 対策棟 (連絡通路)	1	28.30	2.39×10^3	1	28
	2	25.20	—	Rigid	
	3	24.60	4.73×10^3		
	4	24.00	—		

第3-6表 地盤ばね定数及び減衰係数（鉛直方向）

基礎底面 鉛直ばね	K _v	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
		2.65×10^7	2.48×10^5

3.3 解析方法

緊急時対策棟（連絡通路）について、動的解析により応答加速度、応答変位、応答せん断力、応答曲げモーメント、応答軸力、せん断ひずみ及び接地圧を算出する。また、静的解析により静的地震力、接地圧及び必要保有水平耐力を算出する。

動的解析には、解析コード「TDAPⅢ」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析法により行う。

3.3.2 静的解析

(1) 水平地震力

各層の水平地震力 Q_i は、基礎上端レベル EL.25.20m を基準面として求めた地震層せん断力係数 C_i を用いて、次式により算出する。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$
$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

Q_i : 各層の水平地震力(kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数(3.0)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該部分が支える重量(kN)

Z : 地震地域係数(1.0)

R_t : 振動特性係数(0.8)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数(0.2)

また、 A_i は「3.2 地震応答解析モデル」を用いた固有値解析の結果から、モーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

ここで、

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=1}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_{ij} \right)^2} / \sum_{m=1}^n w_m$$

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする

n : 建築物の層数

w_m : 第 m 層の重量(kN)

$\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

R_{ij} : 建築基準法施行令第 88 条第 1 項に与えられている
振動特性係数 R_i の T_j に対する値(0.8)

(2) 鉛直地震力

鉛直地震力は鉛直震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して、次式による鉛直震度 C_v を用いて算出する。

$$C_v = 0.3R_v$$

ここで、

C_v : 鉛直震度

R_v : 振動特性係数(0.8)

(3) 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

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

ここで、

Q_{un} : 各層の必要保有水平耐力(kN)

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

Q_{ud} : 各層に生じる水平力(kN)

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

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

ここで、

Q_{ud} : 各層に生じる水平力(kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数(1.0)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該部分が支える重量(kN)

地震層せん断力係数 C_i は、次式により算出する。

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

ここで、

C_i : 地震層せん断力係数

Z : 地震地域係数(1.0)

R_t : 振動特性係数(0.8)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数(1.0)

3.4 解析条件

地震応答解析においては、材料物性のばらつき等、耐震壁の非線形特性及び地盤の回転ばねの非線形特性を考慮する。

耐震壁の曲げスケルトンカーブの設定には、解析コード「nini」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4.1 使用材料の物性値

地震応答解析に用いる緊急時対策棟（連絡通路）の使用材料の物性値を第3-7表に示す。

第3-7表 使用材料の物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
RC 部分	コンクリート： Fc=30.0(N/mm ²) 鉄筋：SD390	2.44×10 ⁴	1.02×10 ⁴	5

3.4.2 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース

地震応答解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」及び「3.4.1 使用材料の物性値」に示す材料物性及び減衰定数を基本とし、材料物性のばらつき等を考慮する。

材料物性のばらつき等のうち、コンクリート強度のばらつきは、変動の特性から構造耐力の向上が見られるため、保守的に考慮しない。地盤物性のばらつきは、ボーリング孔で実施した PS 検層による地盤のせん断波速度 $V_s=0.52\text{km/s}$ を基本とし、地盤のせん断波速度の標準偏差 1σ である 0.06km/s を変動幅として考慮する。減衰定数の設定に起因する不確かさは、減衰定数 5% を基本とし、耐震性向上の観点から、3% とした場合を考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 3-8 表に示す。

また、各解析ケースに用いる解析モデルを第 3-9 表に示す。

第 3-8 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース

解析ケース	地盤のせん断波速度 V_s (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	0.52	1.80×10^3	5
地盤物性のばらつき を考慮 (-1σ)	0.46	1.41×10^3	5
地盤物性のばらつき を考慮 ($+1\sigma$)	0.58	2.24×10^3	5
減衰定数の設定に起因 する不確かさを考慮	0.52	1.80×10^3	3

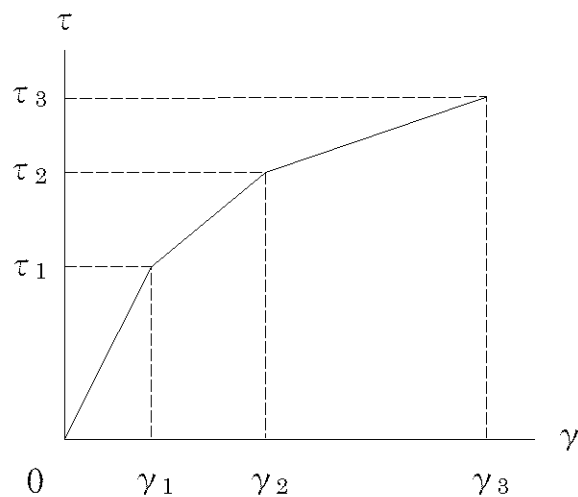
第3-9表 各解析ケースに用いる解析モデル

地震動	方向	解析ケース				備考
		基本 ケース	地盤物性の ばらつきを考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮	
			-1 σ	+1 σ		
Ss-1H	NS	○	□	○	○	○ : SRモデル □ : 誘発上下動モデル
Ss-2H		○	○	○	○	
Ss-1H	EW	○	○	○	○	
Ss-2H		○	○	○	○	

3.4.3 耐震壁の非線形特性

(1) せん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は、JEAG4601－1991 追補版に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を第 3－15 図に示す。

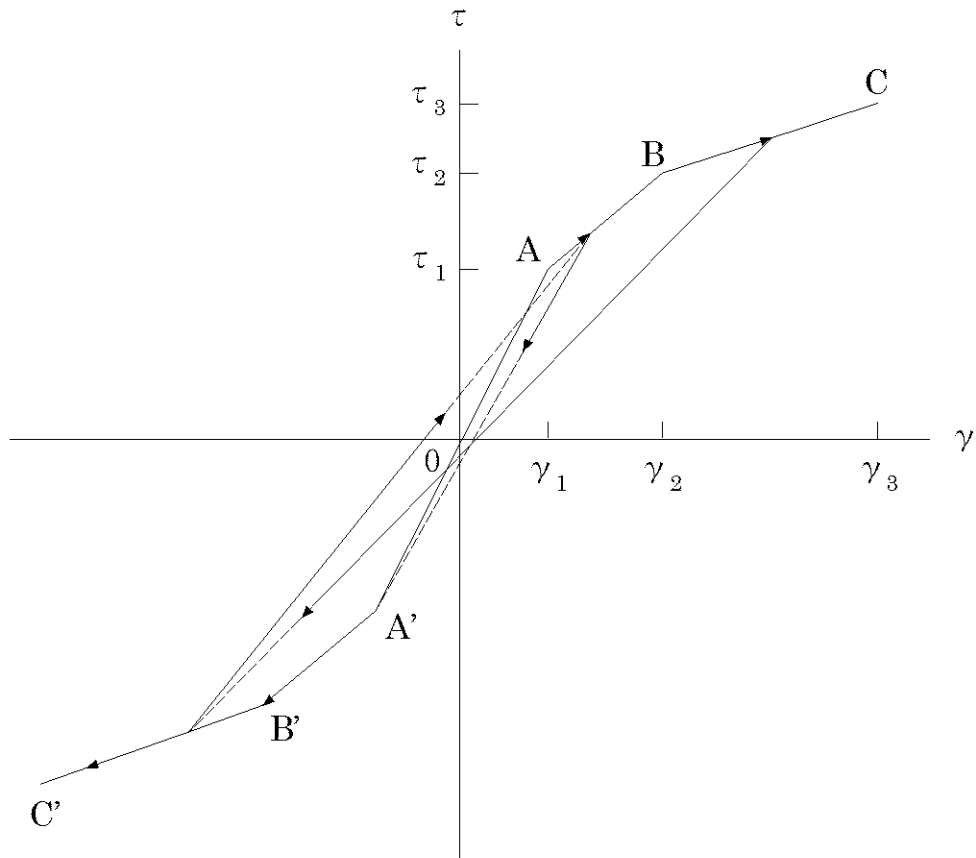


- τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度
- τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

第 3－15 図 せん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、JEAG4601－1991 追補版に基づき、最大点指向型モデルとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を第3－16図に示す。

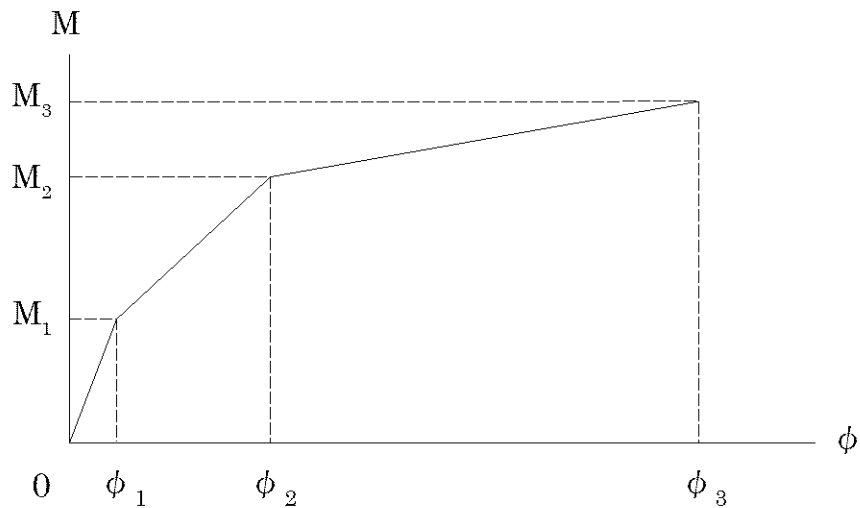


- 0-A間：弾性範囲
- A-B間：負側スケルトンの経験した最大点に向かう。但し、負側最大点が第1折点を越えていないときは第1折点に向かう。
- B-C間：負側最大点指向
- 安定ループは面積を持たない。

第3－16図 せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係) は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。曲げモーメントー曲率関係を第3-17図に示す。



M_1 : 第1折点の曲げモーメント

M_2 : 第2折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第1折点の曲率

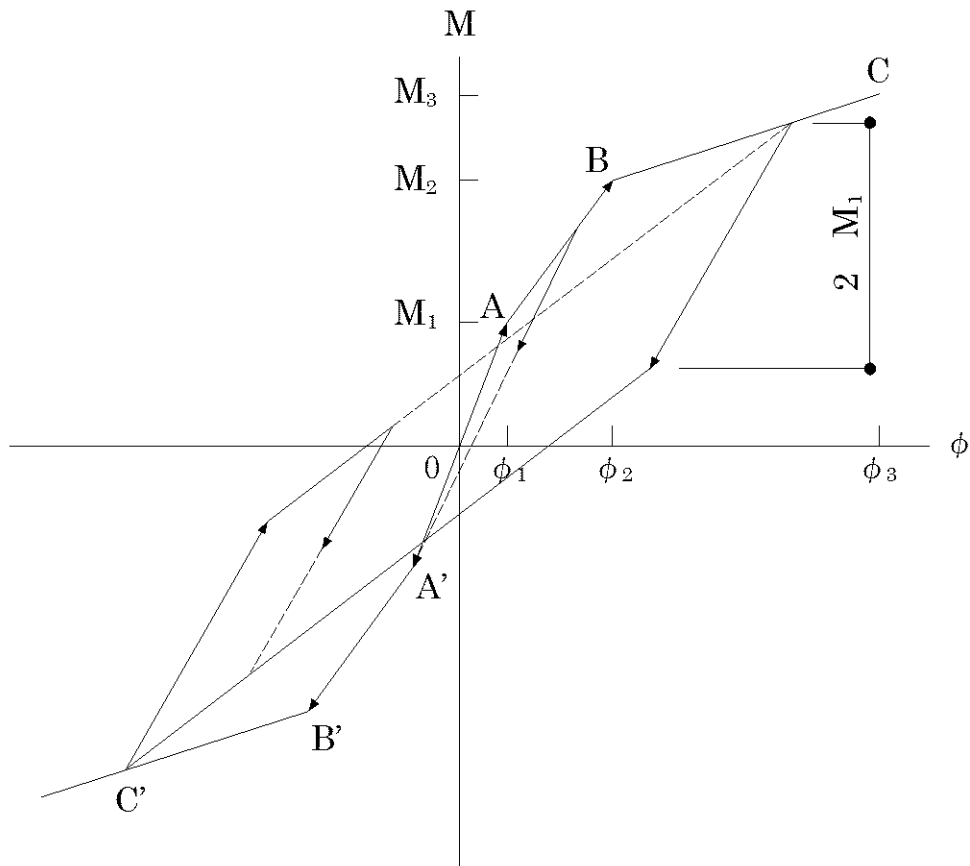
ϕ_2 : 第2折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

第3-17図 曲げモーメントー曲率関係

(4) 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を第3-18図に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲
- b. A-B間 : 負側スケルトンの経験した最大点に向かう。但し、負側最大点が第1折点を越えていないときは第1折点に向かう。
- c. B-C間 : 最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から $2M_1$ を減じた点とする。

第3-18図 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急時対策棟（連絡通路）の各耐震壁について算出したせん断スケルトンカーブ及び曲げスケルトンカーブの諸数値を第 3-10 表～第 3-13 表に示す。

第 3-10 表 せん断スケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ 関係）（NS 方向）

部材 番号	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.76	0.172	2.37	0.517	5.05	4.00

第 3-11 表 せん断スケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ 関係）（EW 方向）

部材 番号	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.76	0.172	2.37	0.517	5.92	4.00

第 3-12 表 曲げスケルトンカーブ（ $M - \phi$ 関係）（NS 方向）

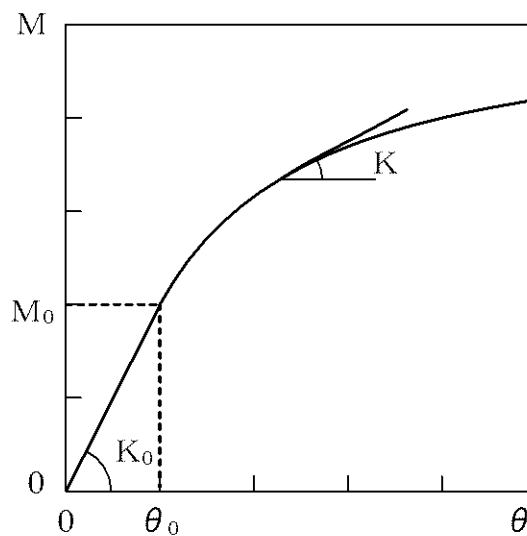
部材 番号	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
	M_1 ($\times 10^4$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ /m)	M_2 ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-4}$ /m)	M_3 ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-3}$ /m)
1	2.09	3.77	0.532	5.12	0.925	9.73

第 3-13 表 曲げスケルトンカーブ（ $M - \phi$ 関係）（EW 方向）

部材 番号	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
	M_1 ($\times 10^4$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ /m)	M_2 ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-4}$ /m)	M_3 ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-3}$ /m)
1	8.65	1.29	2.37	1.88	4.60	2.97

3.4.4 地盤の回転ばねの非線形特性

地盤の回転ばねに関するモーメント－回転角の関係は、JEAG4601－1991 追補版に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。回転ばねのモーメント－回転角の関係を第3－19図に示す。基礎浮き上がり時の地盤の回転ばねの剛性は第3－19図の曲線で表され、減衰係数は回転ばねの接線剛性に比例する。



$$M = \left(3 - 2\sqrt{\frac{\theta_0}{\theta}} \right) M_0$$

ここで、

M : 転倒モーメント

M₀ : 浮上り限界転倒モーメント

θ : 回転角

θ₀ : 浮上り限界回転角

K₀ : 回転ばねのばね定数 (浮上り前)

K : 回転ばねのばね定数 (浮上り後)

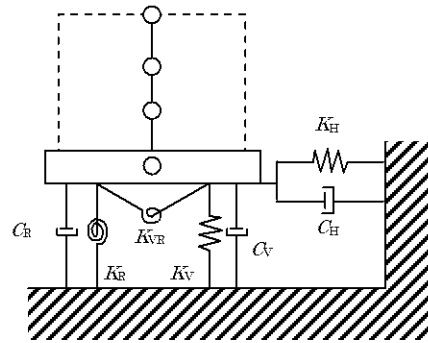
第3－19図 回転ばねのモーメント－回転角の関係

3.4.5 誘発上下動を考慮する場合の地盤ばねの剛性及び減衰係数

誘発上下動モデルの概念図を第 3-20 図に示す。また、誘発上下動モデルにおける基礎底面の地盤の鉛直ばね、回転・鉛直連成ばね及び回転ばねについて、基礎浮上り時の剛性及び減衰係数を第 3-14 表に示す。

$$\begin{Bmatrix} P \\ N \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_H & 0 & 0 \\ 0 & K_V & K_{VR} \\ 0 & K_{VR} & K_R \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_0 \\ w_0 \\ \theta \end{Bmatrix}$$

ここで、 P ：水平方向慣性力
 N ：鉛直方向慣性力
 M ：転倒モーメント
 K_H 、 K_V 、 K_R
：水平、鉛直、回転ばねの対角項
 K_{VR} ：回転・鉛直連成ばね
 u_0 、 w_0 、 θ ：基礎底面中心の
各変位及び回転角



第3-20図 誘発上下動モデルの概念図

第3-14表 基礎浮上り時の地盤ばねの剛性及び減衰係数

		剛性	減衰係数
基礎底面 鉛直ばね	K_V	$\eta_t^\beta \cdot K_{V_0}$ (注)	$C_{V_0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$ (注)
基礎底面 回転・鉛直連成ばね	K_{VR}	$\frac{1-\eta_t}{2} \cdot L \cdot K_V$ (注)	0
基礎底面 回転ばね	K_R	$\frac{M - K_{VR} \cdot w_0}{\theta}$	$C_{R_0} \cdot \eta_t^{\frac{\alpha}{2}}$ (注)

(注) η_t は各時刻における接地率であり、下式より算出される。

$$\eta_t = \left(\frac{\theta_0}{\theta} \right)^{\frac{2}{\alpha-2}}$$

ここで、

- θ : 回転角
- θ_0 : 浮上り限界回転角
- α : 地反力分布に応じた値(6.0)
- β : 0.46
- K_{V_0} : 線形域の鉛直ばね剛性
- C_{V_0} : 線形域の鉛直ばねの減衰係数
- L : 建屋基礎幅
- M : 転倒モーメント
- w_0 : 基礎版中心の鉛直変位
- C_{R_0} : 線形域の回転ばねの減衰係数

4. 解析結果

4.1 動的解析

4.1.1 固有値解析結果

「3.4 解析条件」における基本ケースの SR モデル及び地盤物性のばらつき (-1σ) 考慮ケースの誘発上下動モデルの固有値解析結果 (固有周期及び固有振動数) を第 4-1 表～第 4-3 表、刺激関数図を第 4-1 図～第 4-3 図に示す。

第4-1表 固有値解析結果 (NS 方向)

(a) SR モデル

次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.046	21.92	1.240	地盤連成
2	0.025	40.43	0.353	
3	0.012	80.15	-0.001	
4	0.012	81.66	-0.042	

(b) 誘発上下動モデル

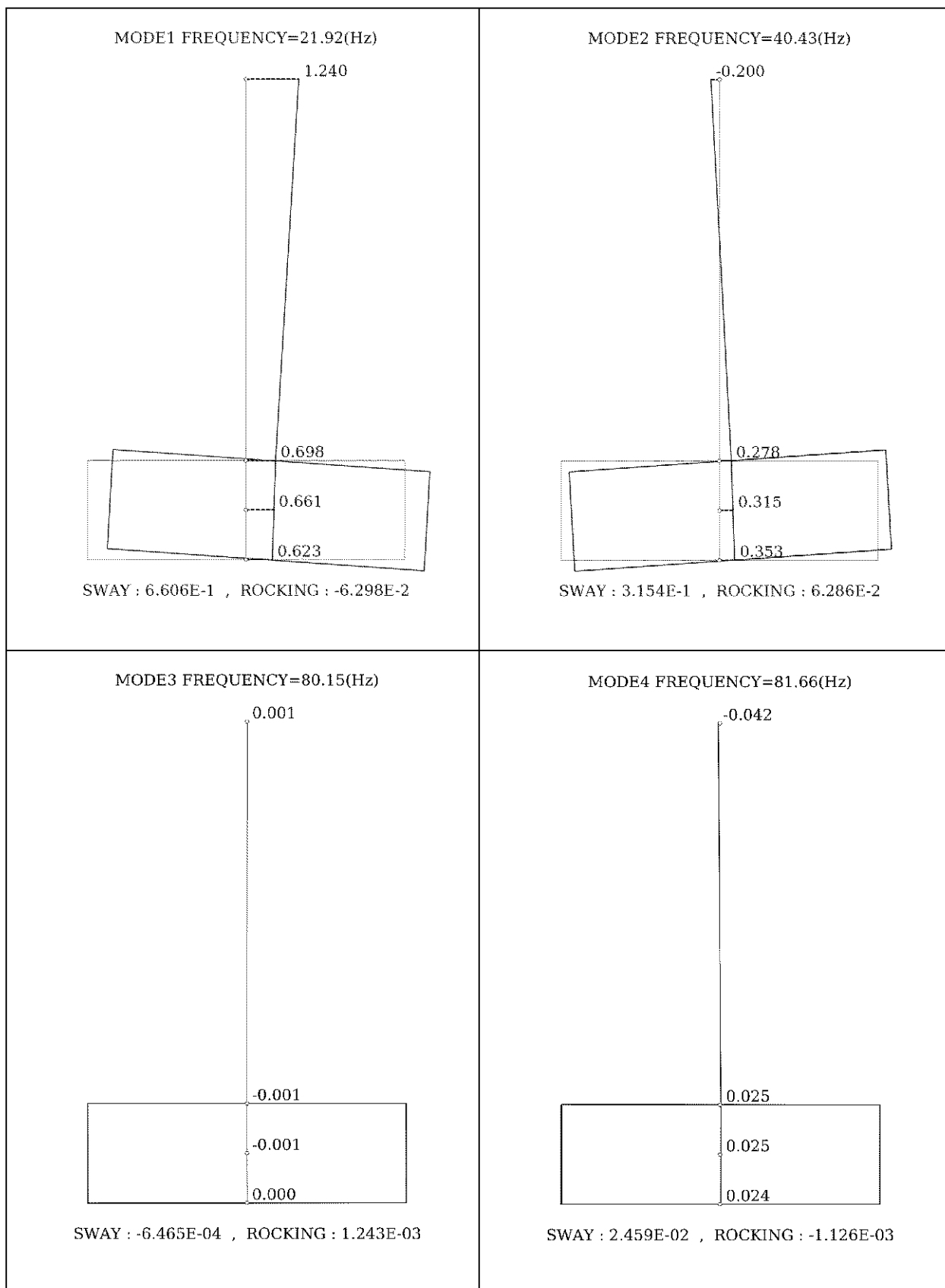
次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.051	19.77	1.224	地盤連成
2	0.038	26.67	1.021	鉛直方向一次
3	0.027	37.00	0.317	
4	0.013	76.01	-0.002	

第 4-2 表 固有値解析結果 (EW 方向)

次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.043	23.44	1.139	地盤連成
2	0.023	44.33	0.175	
3	0.008	118.44	-0.028	
4	0.005	183.25	0.001	

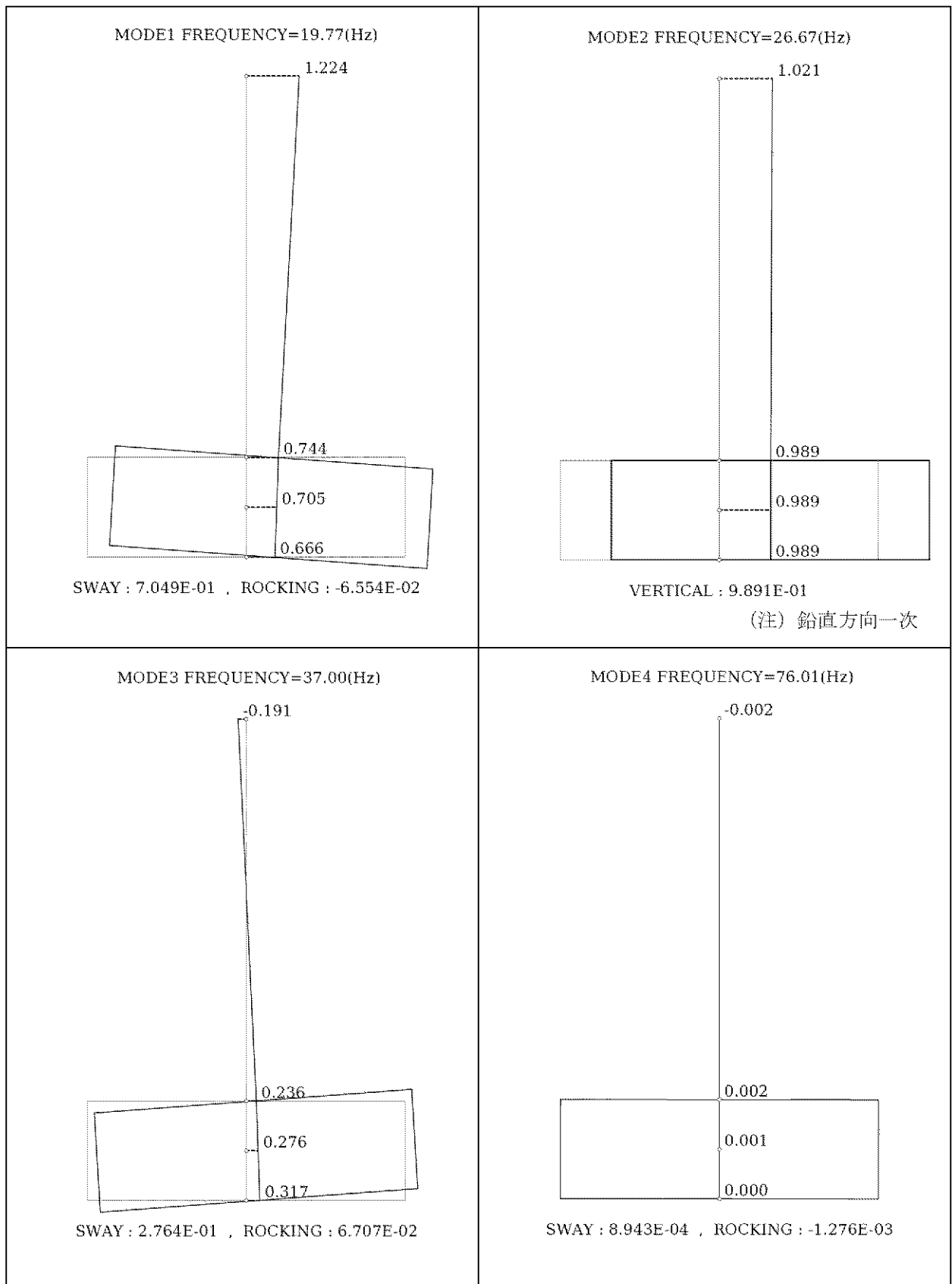
第 4-3 表 固有値解析結果 (鉛直方向)

次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.033	30.20	1.027	地盤連成
2	0.005	186.97	-0.027	



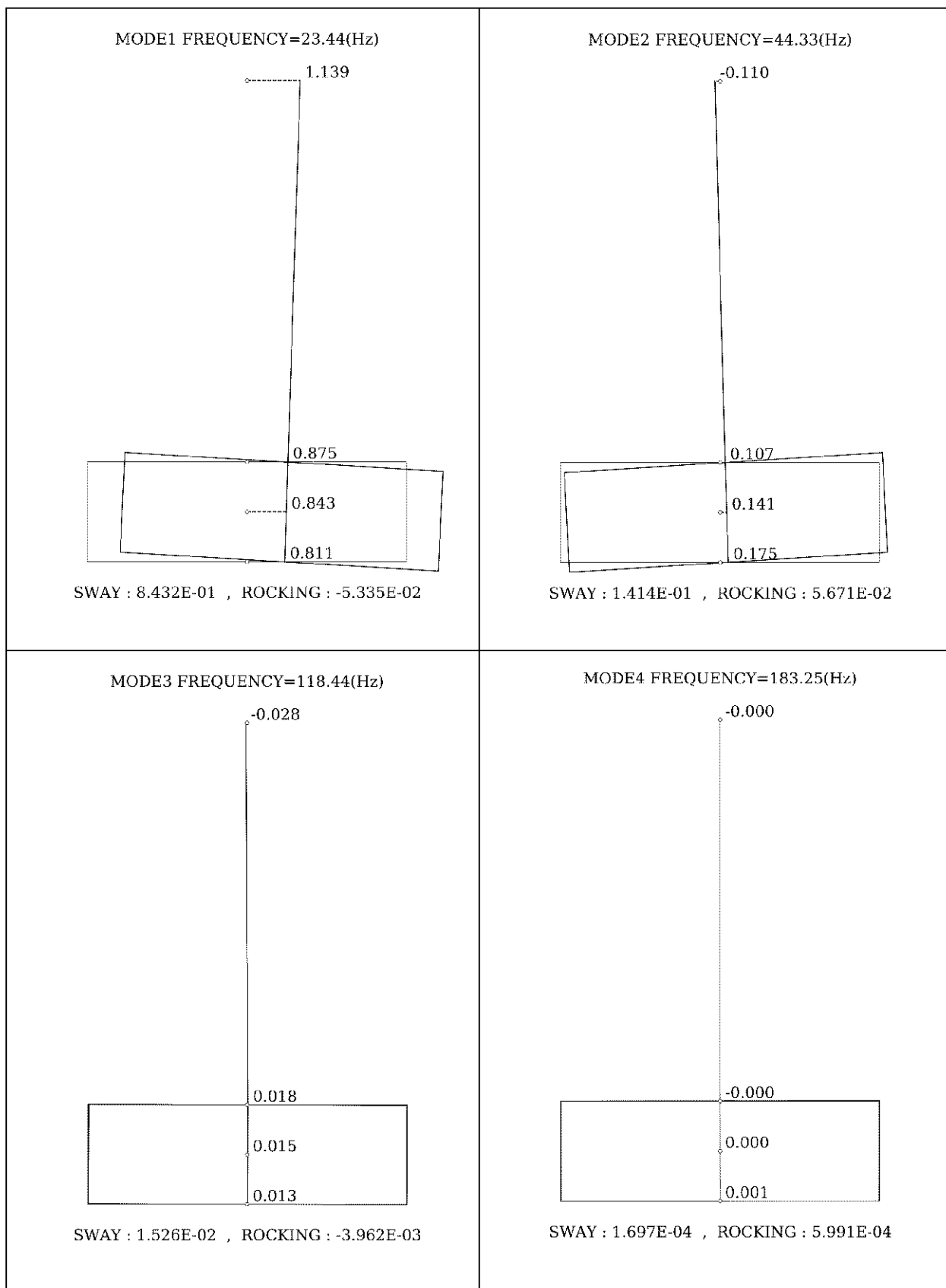
(a)SR モデル

第4-1図 刺激関数図 (NS 方向) (1/2)

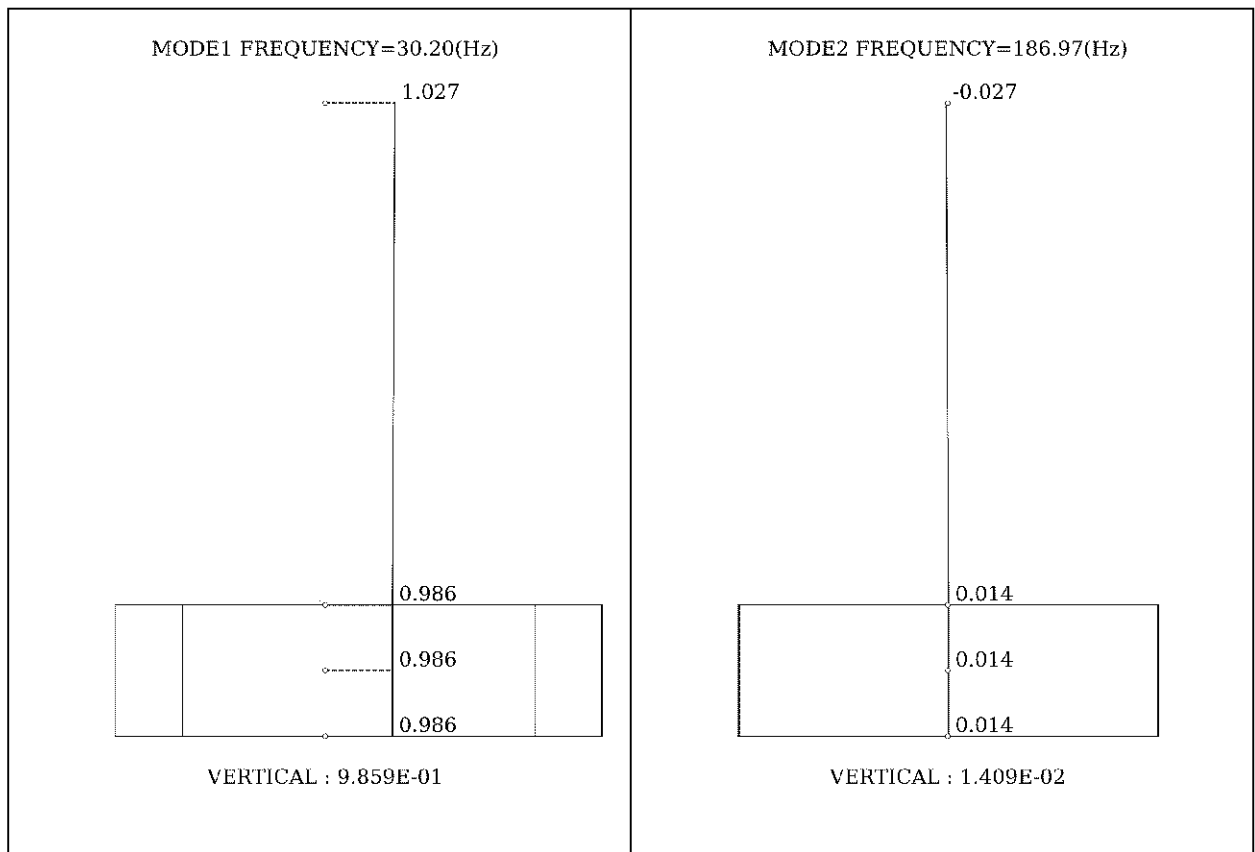


(b)誘発上下動モデル

第4-1図 刺激関数図 (NS方向) (2/2)



第 4-2 図 刺激関数図 (EW 方向)



第 4-3 図 刺激関数図 (鉛直方向)

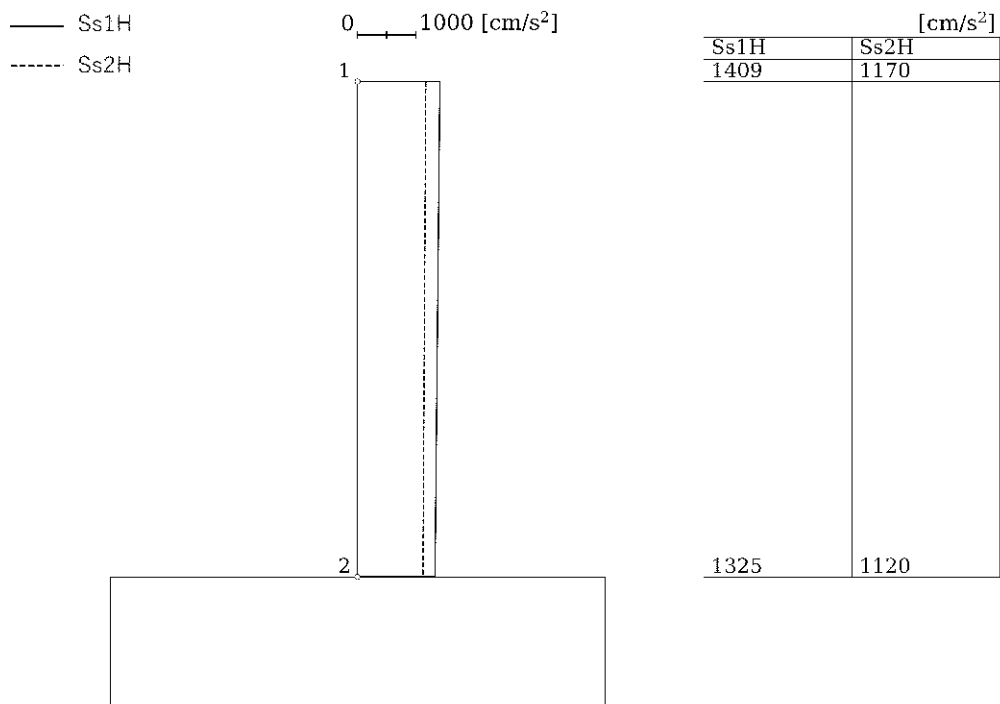
4.1.2 地震応答解析結果

「3.3 解析方法」による基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を示す。

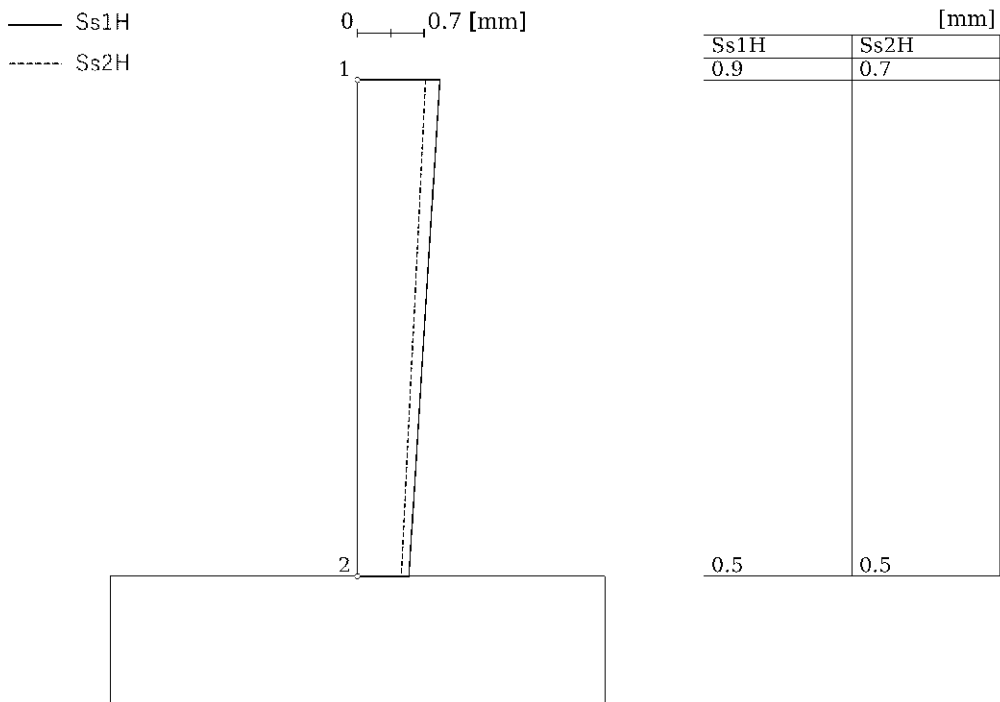
「3.4 解析条件」における基本ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-4 図～第 4-14 図に示す。また、材料物性のばらつき等を考慮した各ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-4 表～第 4-14 表に示す。

「3.4 解析条件」における材料物性のばらつき等を考慮した各ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-15 図～第 4-18 図の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

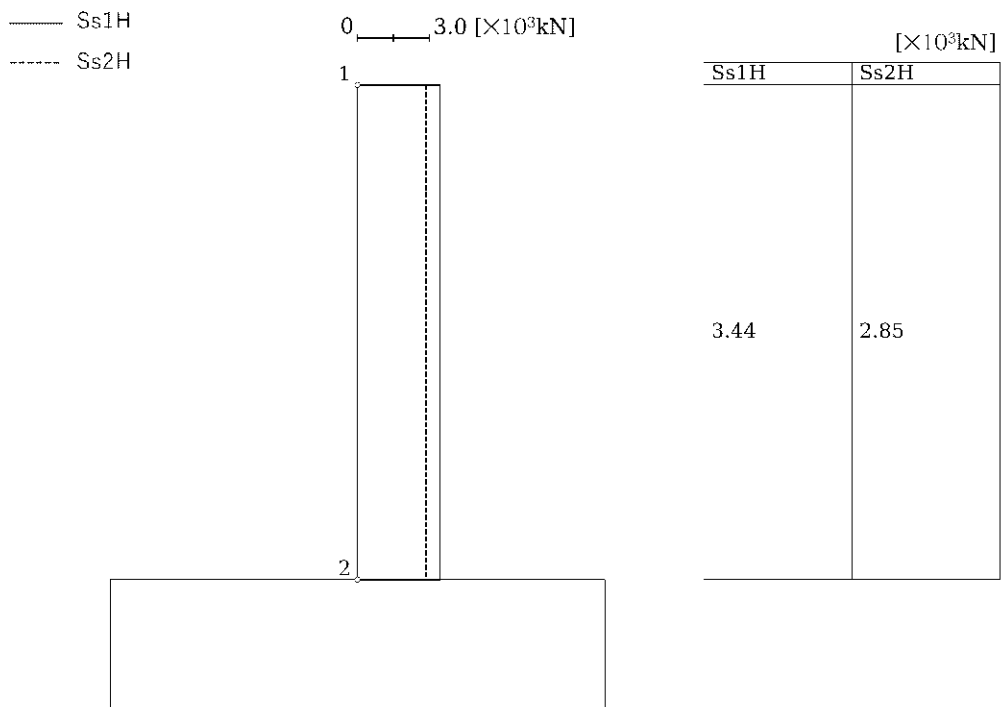
「3.4 解析条件」における基準地震動 S_s に対する基本ケースの浮上りの検討を第 4-15 表に示す。また、第 3-8 表に示す材料物性のばらつき等を考慮して算出した基準地震動 S_s に対する最大接地圧を第 4-16 表に示す。ここで、誘発上下動モデルを用いる場合の接地圧は、鉛直方向入力における軸力と水平方向入力における誘発上下動による軸力を時刻歴上で合成し、その最大軸力を考慮して算出する。



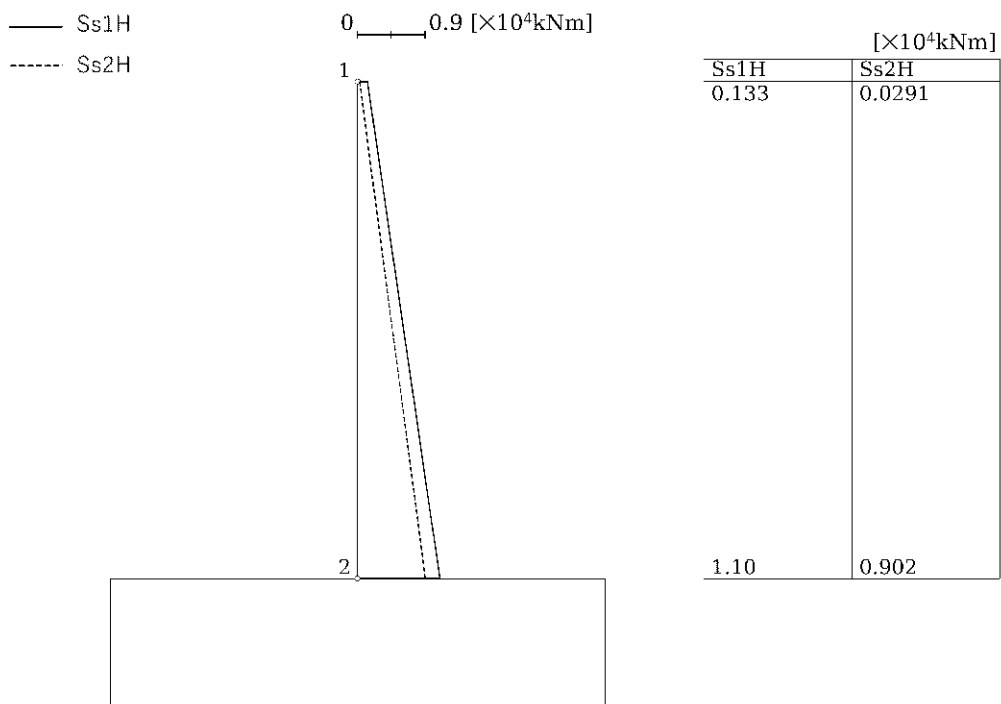
第 4-4 図 最大応答加速度 (NS 方向、基準地震動 Ss)



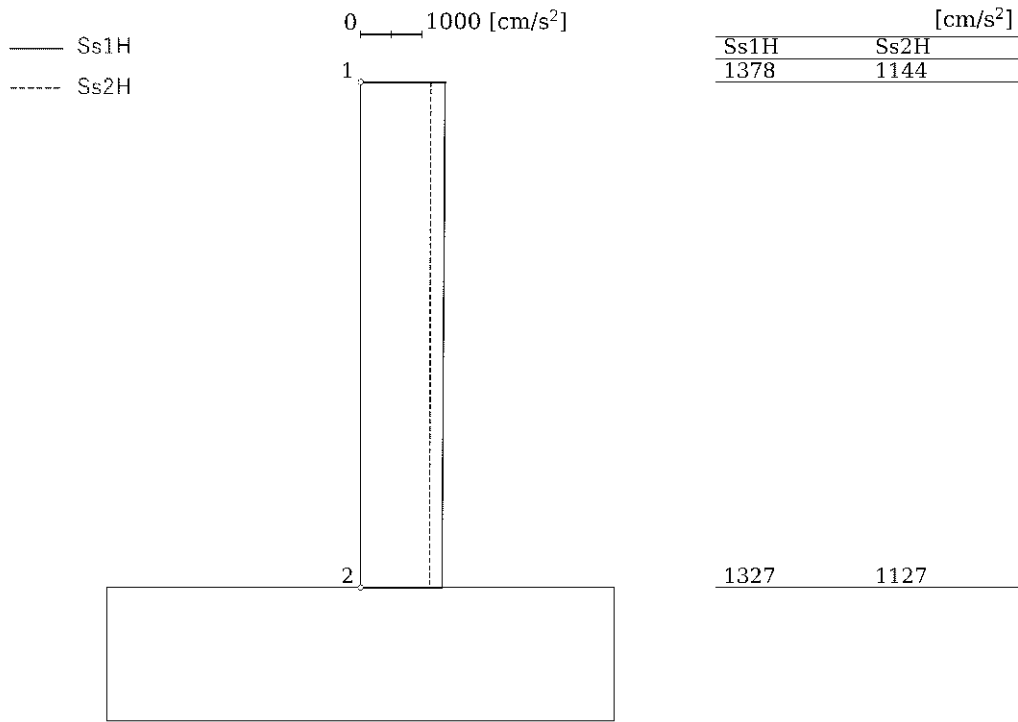
第 4-5 図 最大応答変位 (NS 方向、基準地震動 Ss)



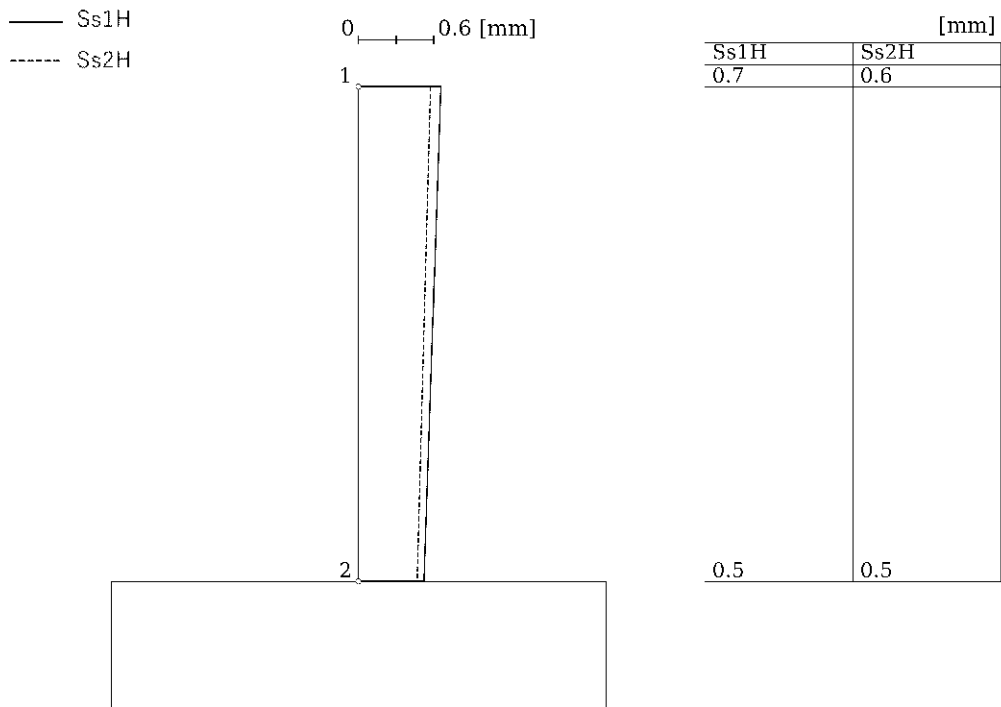
第 4-6 図 最大応答せん断力 (NS 方向、基準地震動 Ss)



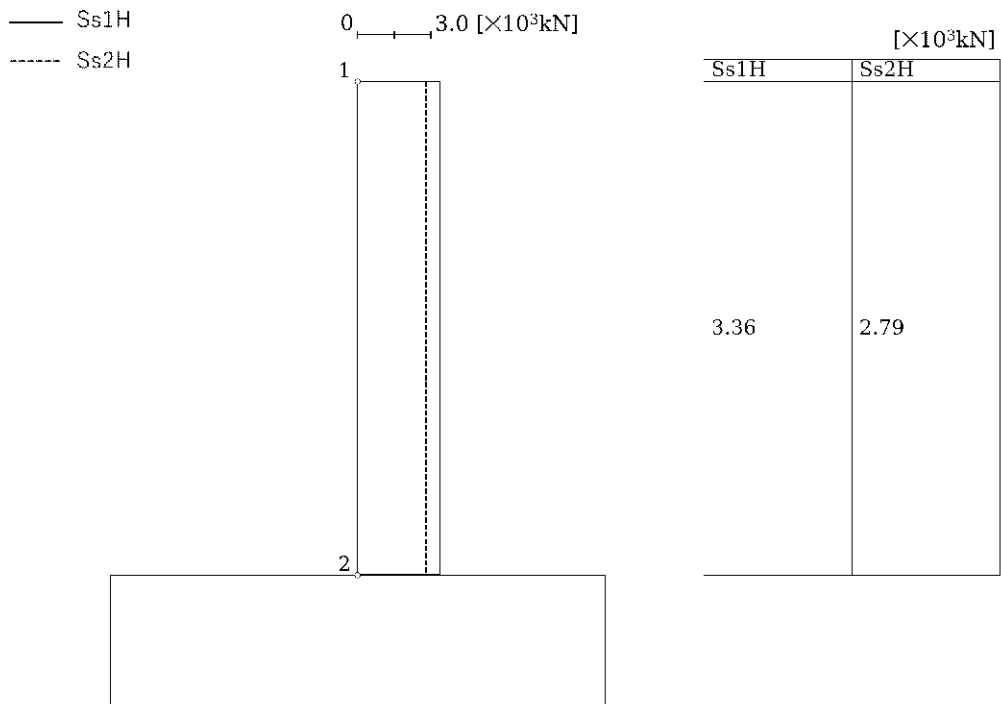
第 4-7 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向、基準地震動 Ss)



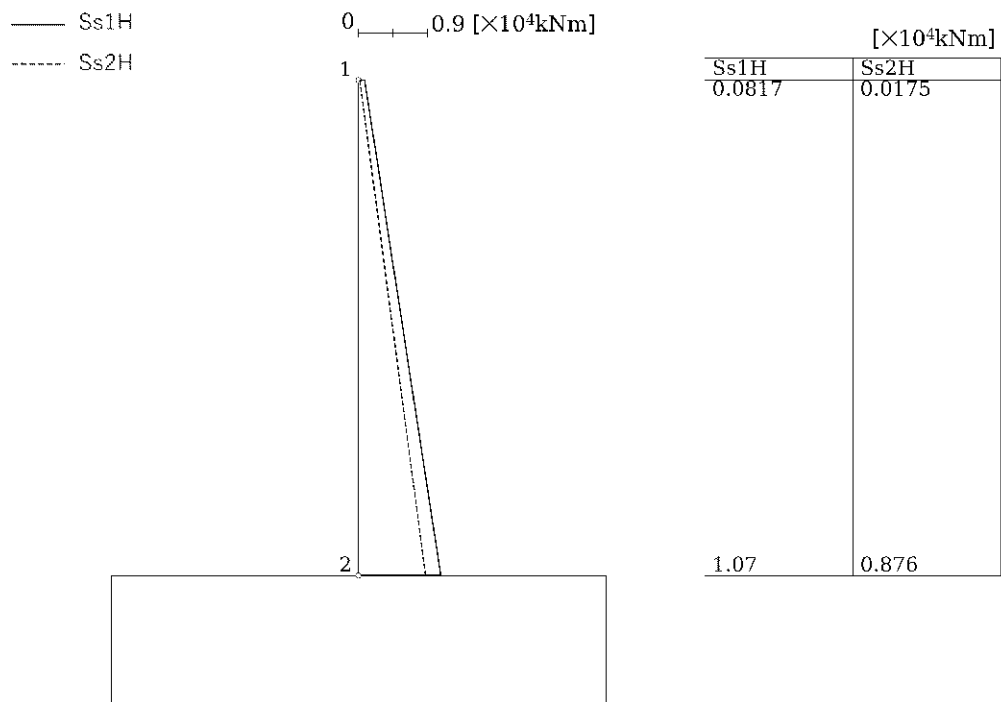
第 4-8 図 最大応答加速度 (EW 方向、基準地震動 Ss)



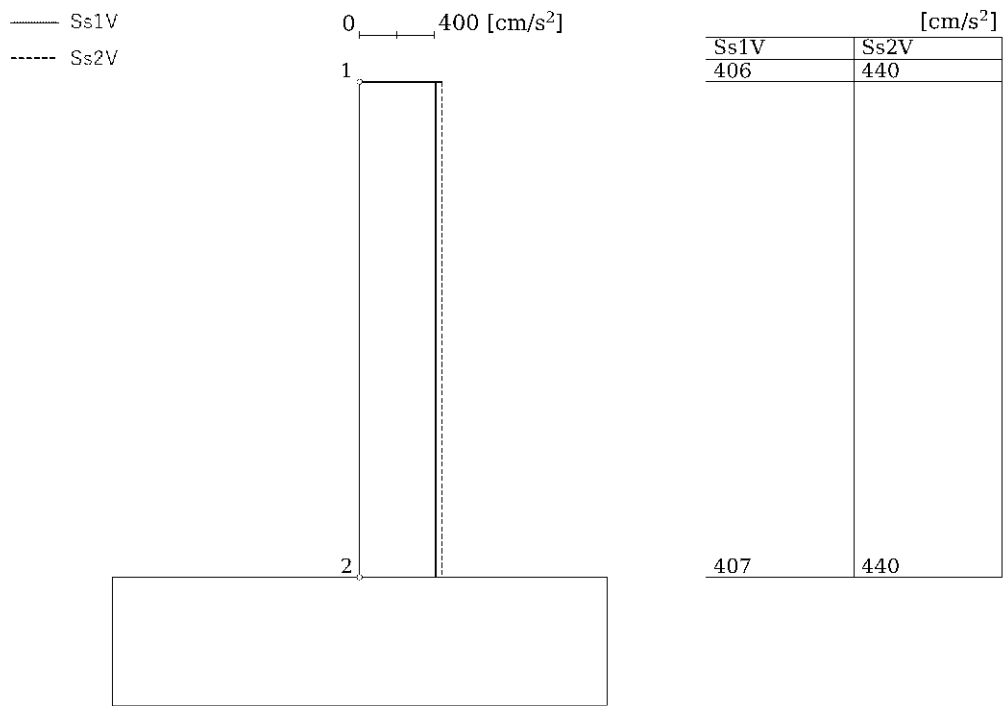
第 4-9 図 最大応答変位 (EW 方向、基準地震動 Ss)



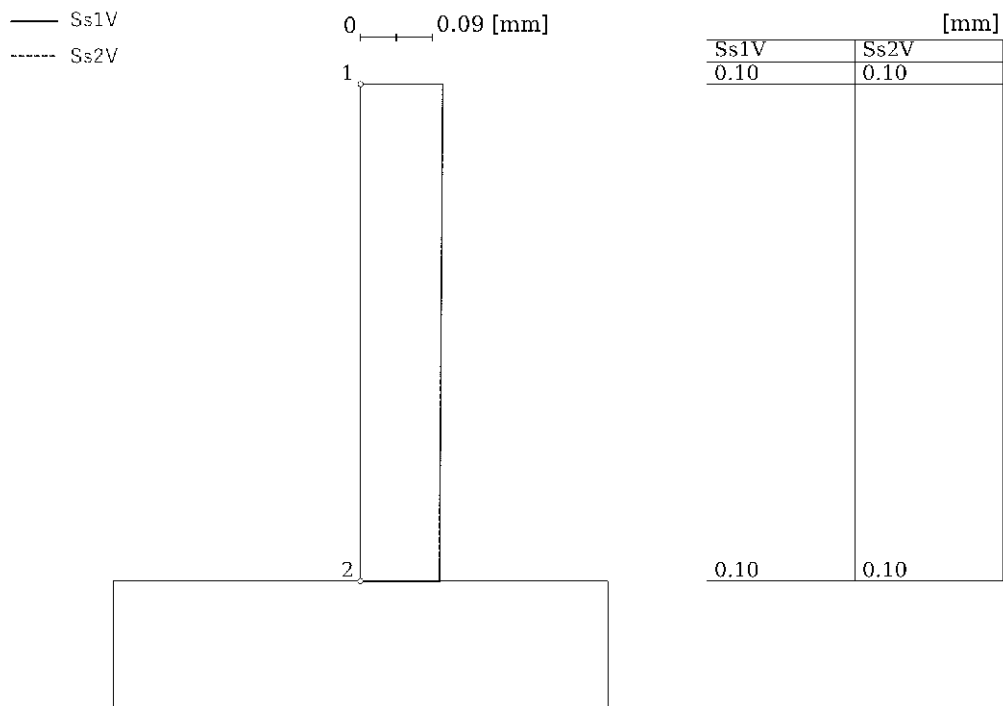
第 4-10 図 最大応答せん断力 (EW 方向、基準地震動 Ss)



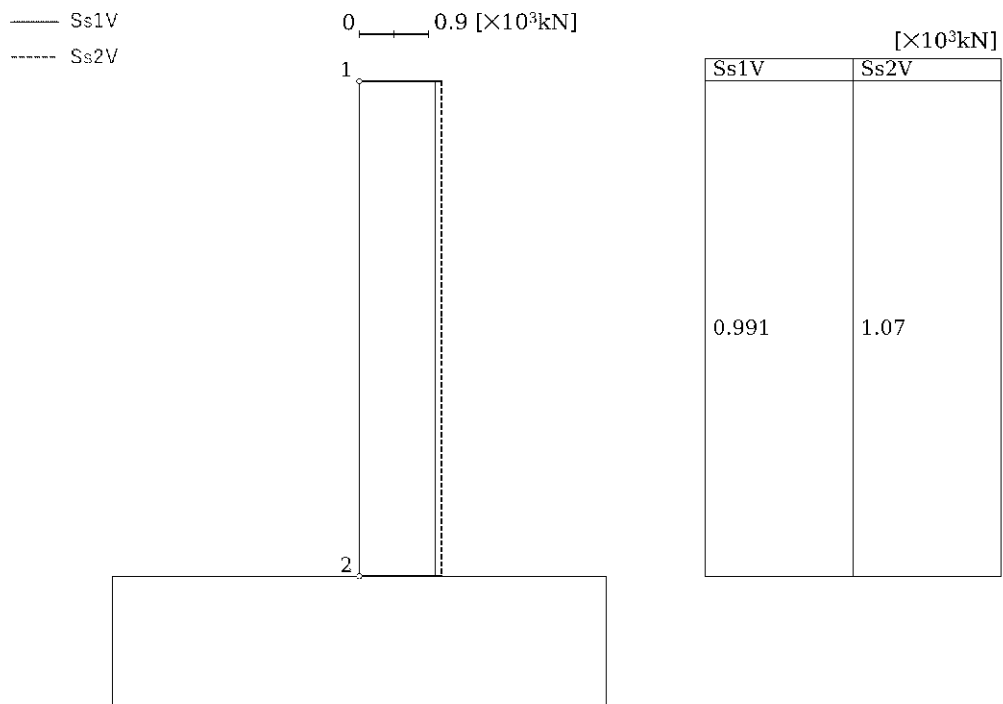
第 4-11 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向、基準地震動 Ss)



第 4-12 図 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 Ss）



第 4-13 図 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 Ss）



第 4-14 図 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s ）

第 4-4 表 最大応答加速度 (NS 方向、基準地震動 Ss) (1/2)

(単位 : cm/s²)

質点 節点 番号	Ss-1H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	1,409	1,435	1,395	1,408
2	1,325	1,353	1,303	1,326

第 4-4 表 最大応答加速度 (NS 方向、基準地震動 Ss) (2/2)

(単位 : cm/s²)

質点 節点 番号	Ss-2H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	1,170	1,142	1,183	1,170
2	1,120	1,109	1,126	1,121

第4-5表 最大応答変位 (NS 方向、基準地震動 S_s) (1/2)

(単位 : mm)

質点 節点 番号	S _s -1 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.9	1.1	0.7	0.9
2	0.5	0.7	0.4	0.5

第4-5表 最大応答変位 (NS 方向、基準地震動 S_s) (2/2)

(単位 : mm)

質点 節点 番号	S _s -2 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.7	0.8	0.6	0.7
2	0.5	0.6	0.4	0.5

第 4-6 表 最大応答せん断力 (NS 方向、基準地震動 S_s) (1/2)

(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

部 材 番 号	S_s-1_H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	$+1\sigma$	
①	3.44	3.50	3.40	3.43

第 4-6 表 最大応答せん断力 (NS 方向、基準地震動 S_s) (2/2)

(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

部 材 番 号	S_s-2_H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	$+1\sigma$	
①	2.85	2.78	2.88	2.85

第 4-7 表 最大応答曲げモーメント (NS 方向、基準地震動 Ss) (1/2)

(単位: $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部材 番号		Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
1	上 端	0.133	0.120	0.132	0.141
	下 端	1.10	1.11	1.09	1.10

第 4-7 表 最大応答曲げモーメント (NS 方向、基準地震動 Ss) (2/2)

(単位: $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部材 番号		Ss-2H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
1	上 端	0.0291	0.0287	0.0310	0.0302
	下 端	0.902	0.875	0.915	0.903

第4-8表 最大応答加速度 (EW 方向、基準地震動 Ss) (1/2)

(単位 : cm/s²)

質点 節点 番号	Ss-1H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	1,378	1,414	1,344	1,379
2	1,327	1,362	1,298	1,327

第4-8表 最大応答加速度 (EW 方向、基準地震動 Ss) (2/2)

(単位 : cm/s²)

質点 節点 番号	Ss-2H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	1,144	1,141	1,139	1,144
2	1,127	1,125	1,123	1,127

第 4-9 表 最大応答変位 (EW 方向、基準地震動 S_s) (1/2)

(単位 : mm)

質点 節点 番号	S _s -1 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.7	0.8	0.5	0.7
2	0.5	0.7	0.4	0.5

第 4-9 表 最大応答変位 (EW 方向、基準地震動 S_s) (2/2)

(単位 : mm)

質点 節点 番号	S _s -2 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.6	0.7	0.5	0.6
2	0.5	0.6	0.4	0.5

第4-10表 最大応答せん断力（EW方向、基準地震動 S_s）(1/2)

(単位：×10³kN)

部 材 番 号	S _s -1 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
①	3.36	3.45	3.28	3.36

第4-10表 最大応答せん断力（EW方向、基準地震動 S_s）(2/2)

(単位：×10³kN)

部 材 番 号	S _s -2 _H			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
①	2.79	2.78	2.78	2.79

第4-11表 最大応答曲げモーメント (EW方向、基準地震動 S_s) (1/2)

(単位: ×10⁴kN・m)

部材 番号		S _s -1 _H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
1	上端	0.0817	0.0884	0.0787	0.0821
	下端	1.07	1.10	1.05	1.07

第4-11表 最大応答曲げモーメント (EW方向、基準地震動 S_s) (2/2)

(単位: ×10⁴kN・m)

部材 番号		S _s -2 _H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
1	上端	0.0175	0.0201	0.0149	0.0177
	下端	0.876	0.873	0.871	0.875

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s）(1/2)

(単位：cm/s²)

質点 節点 番号	S _s -1 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	406	407	404	406
2	407	407	404	407

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s）(2/2)

(単位：cm/s²)

質点 節点 番号	S _s -2 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	440	452	430	440
2	440	452	430	440

第4-13表 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 S_s）(1/2)

(単位：mm)

質点 節点 番号	S _s -1 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.10	0.13	0.08	0.10
2	0.10	0.12	0.08	0.10

第4-13表 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 S_s）(2/2)

(単位：mm)

質点 節点 番号	S _s -2 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
1	0.10	0.13	0.09	0.10
2	0.10	0.13	0.08	0.10

第 4-14 表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s）(1/2)

(単位：×10³kN)

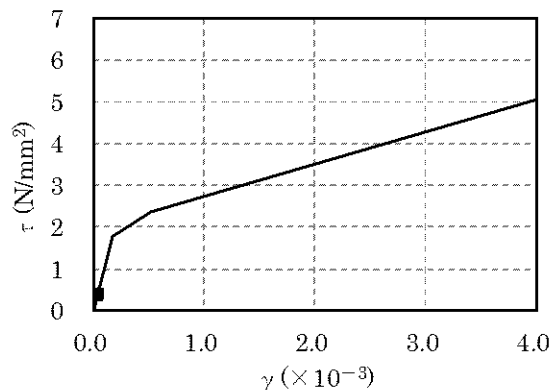
部 材 番 号	S _s -1 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
①	0.991	0.993	0.985	0.990

第 4-14 表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s）(2/2)

(単位：×10³kN)

部 材 番 号	S _s -2 _v			
	基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
		-1σ	+1σ	
①	1.07	1.10	1.05	1.07

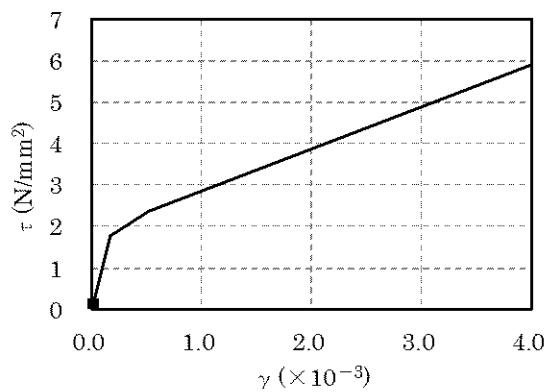
- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(NS方向、基準地震動 Ss)

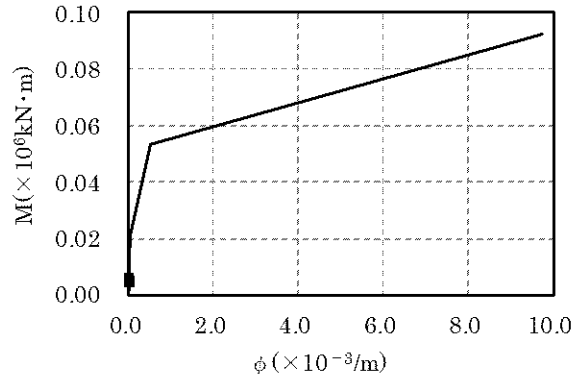
- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(EW方向、基準地震動 Ss)

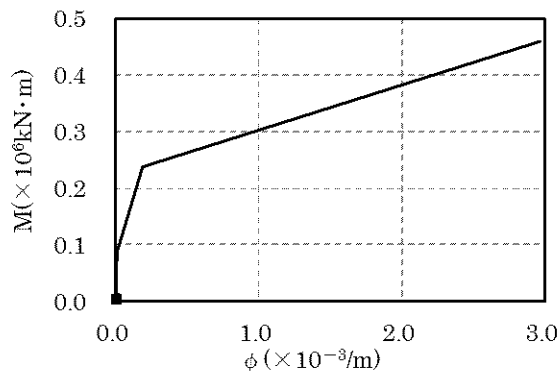
- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(NS方向、基準地震動 Ss)

- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(EW方向、基準地震動 Ss)

第4-15表 浮上りの検討（基準地震動 Ss）

		NS 方向	EW 方向
浮上り限界転倒モーメント(kN・m)		1.16×10 ⁴	1.43×10 ⁴
Ss-1	最大転倒モーメント(kN・m)	1.92×10 ⁴	1.90×10 ⁴
	接地率(%)	67.0	83.5
Ss-2	最大転倒モーメント(kN・m)	1.57×10 ⁴	1.56×10 ⁴
	接地率(%)	82.2	95.5

第4-16表 最大接地圧（基準地震動 Ss）

(単位：N/mm²)

地震動	方向		最大接地圧			
			基本 ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の設 定に起因する 不確かさ考慮
				-1σ	+1σ	
Ss-1	NS	鉛直上向 き	0.200	0.209	0.201	0.201
		鉛直下向 き	0.179	0.183	0.180	0.180
	EW	鉛直上向 き	0.144	0.146	0.142	0.144
		鉛直下向 き	0.152	0.153	0.151	0.152
Ss-2	NS	鉛直上向 き	0.148	0.144	0.152	0.148
		鉛直下向 き	0.155	0.153	0.157	0.155
	EW	鉛直上向 き	0.119	0.118	0.119	0.119
		鉛直下向 き	0.137	0.137	0.137	0.137

4.2 静的解析

「3.3 解析方法」による計算方法で算出した地震層せん断力係数 $3.0C_i$ 及び水平地震力 Q_i を第4-17表及び第4-18表、最大接地圧を第4-19表、必要保有水平耐力 Q_{um} を第4-20表に示す。

第4-17表 地震層せん断力係数及び水平地震力 (NS方向)

部材番号	高さ (m)	W_i (kN)	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	水平地震力 Q_i (kN)
①	EL.28.30～ EL.25.20	2.39×10^3	0.480	1.15×10^3

第4-18表 地震層せん断力係数及び水平地震力 (EW方向)

部材番号	高さ (m)	W_i (kN)	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	水平地震力 Q_i (kN)
①	EL.28.30～ EL.25.20	2.39×10^3	0.480	1.15×10^3

第 4-19 表 最大接地圧（静的地震力）

（単位：N/mm²）

方向		最大接地圧
NS	鉛直上向き	0.0791
	鉛直下向き	0.108
EW	鉛直上向き	0.0728
	鉛直下向き	0.102

第 4-20 表 必要保有水平耐力

部材 番号	高さ (m)	NS 方向			EW 方向		
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)
①	EL.28.30~ EL.25.20	0.55	1.00	1.06×10^3	0.55	1.00	1.06×10^3

緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-13-2

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 13 - 2 - 1
2. 基本方針	9 (1) - 13 - 2 - 2
2.1 位 置	9 (1) - 13 - 2 - 2
2.2 構造概要	9 (1) - 13 - 2 - 3
2.3 評価方針	9 (1) - 13 - 2 - 7
2.4 適用規格	9 (1) - 13 - 2 - 9
3. 地震応答解析による評価方法	9 (1) - 13 - 2 - 10
4. 応力解析による評価方法	9 (1) - 13 - 2 - 13
4.1 評価対象部位	9 (1) - 13 - 2 - 14
4.2 荷重及び荷重の組合せ	9 (1) - 13 - 2 - 14
4.3 許容限界	9 (1) - 13 - 2 - 21
4.4 評価方法	9 (1) - 13 - 2 - 23
5. 評価結果	9 (1) - 13 - 2 - 33
5.1 地震応答解析による評価結果	9 (1) - 13 - 2 - 33
5.2 応力解析による評価結果	9 (1) - 13 - 2 - 38

1. 概 要

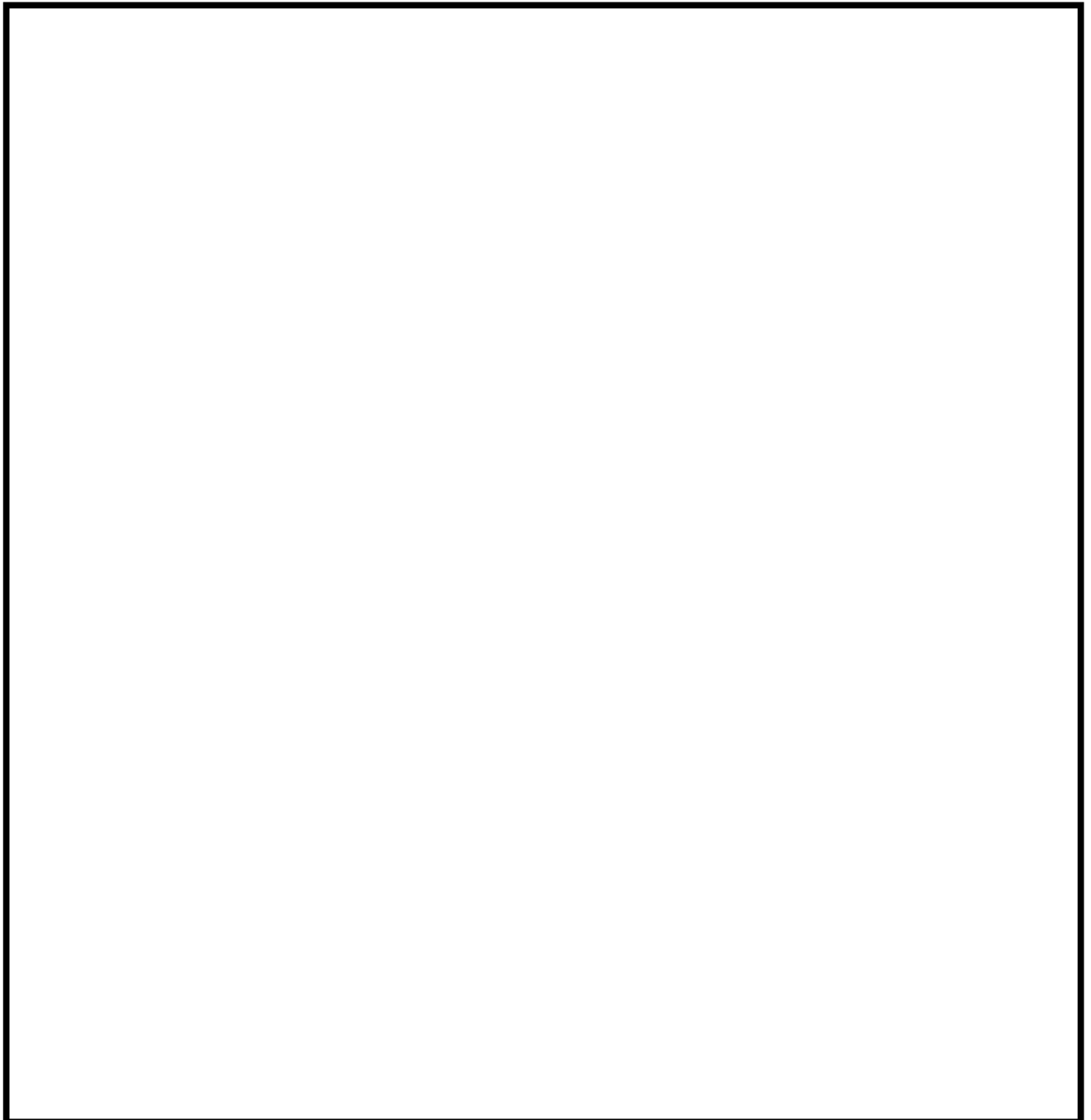
本資料は、資料 9-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟（連絡通路）の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟（連絡通路）は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、代表として、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物の耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位 置

緊急時対策棟（連絡通路）の設置位置及び概略配置図を第2-1図に示す。



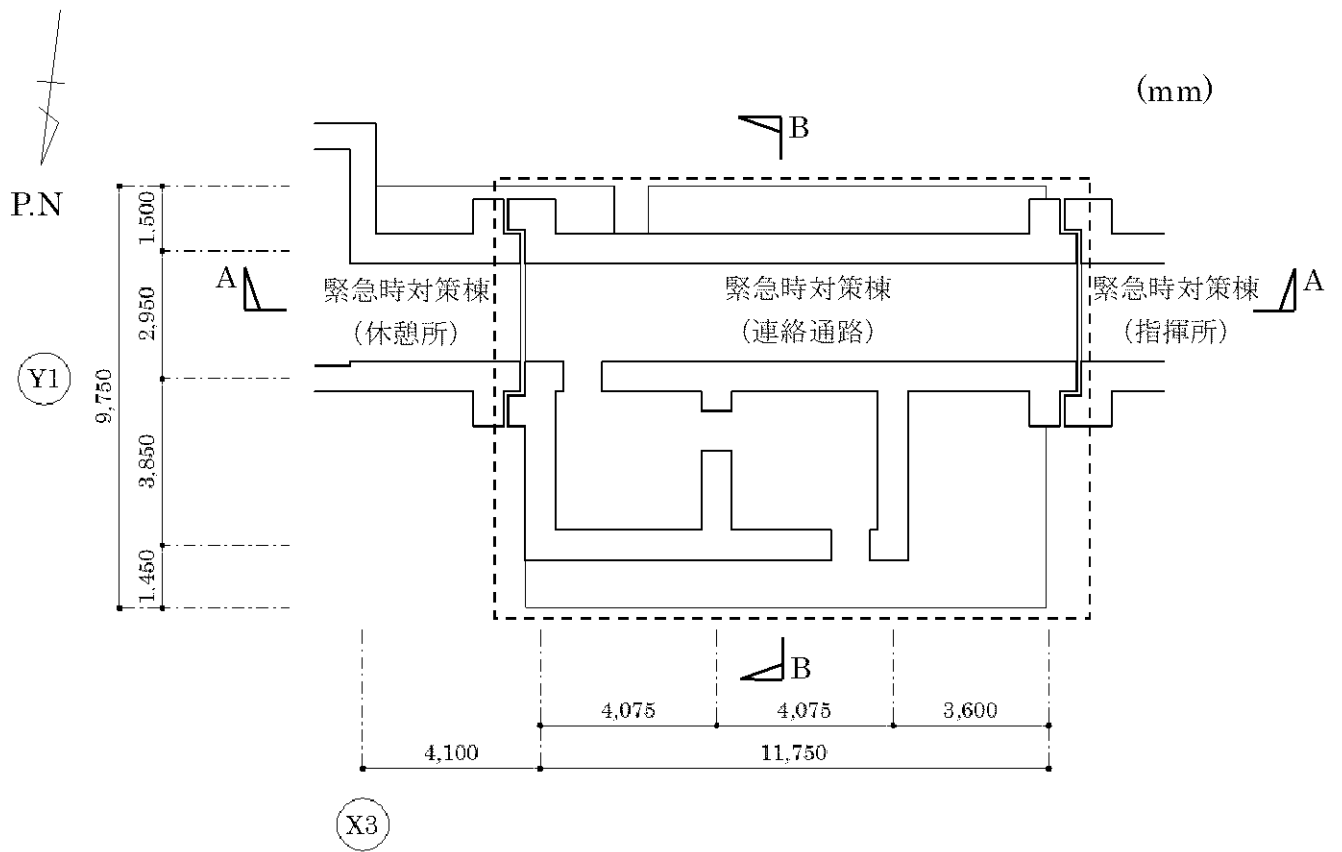
第2-1図 緊急時対策棟（連絡通路）の設置位置

2.2 構造概要

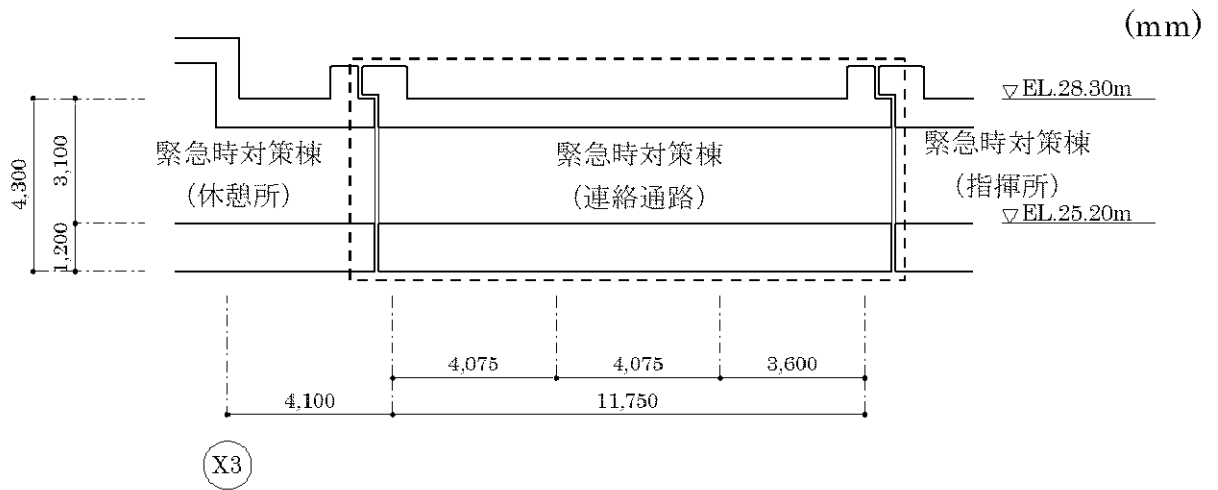
緊急時対策棟（連絡通路）（以下「連絡通路」という。）は、第 6 緊急用保管エリアに配置された建物である。

主要構造は、地上 1 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、東西方向約 12m、南北方向約 7m であり、地上高さは約 3m である。

基礎の主要構造は、平面形状が東西方向約 12m、南北方向約 10m、厚さが約 1.2m の鉄筋コンクリート造の基礎であり、岩盤上に直接に設置している。連絡通路の概略平面図及び概略断面図を第 2-2 図及び第 2-3 図に示す。

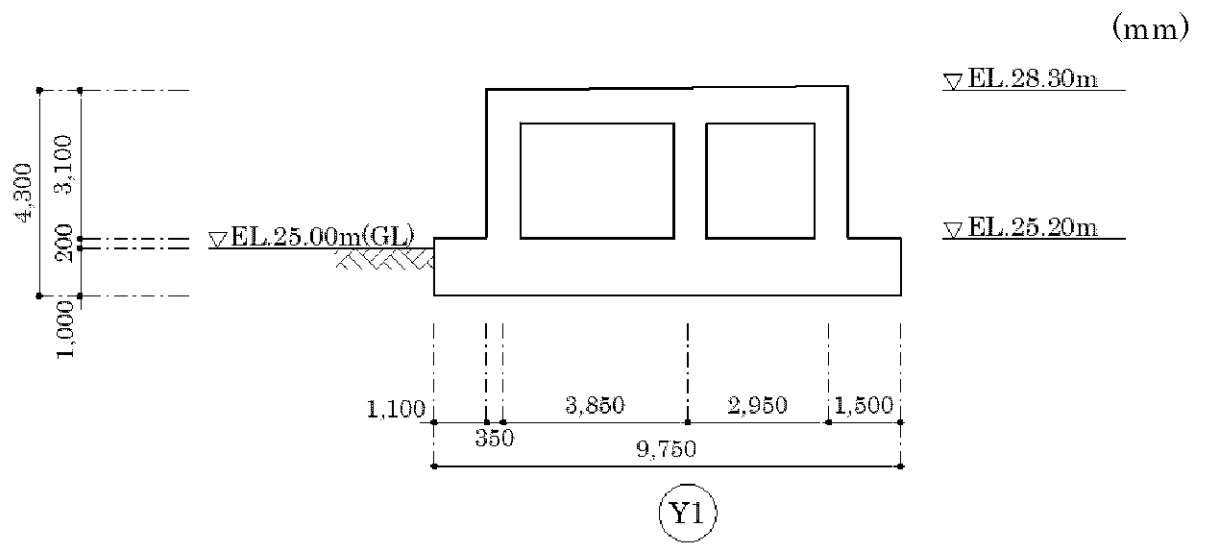


第 2-2 図 連絡通路の概略平面図



(a) A-A 断面

第 2-3 図 連絡通路の概略断面図(1/2)



(b) B-B 断面

第 2-3 図 連絡通路の概略断面図(2/2)

2.3 評価方針

連絡通路は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

連絡通路の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による解析結果に基づき、構造物全体としての変形性能の評価、基礎地盤の支持性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析による評価を行う。なお、連絡通路は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、応力解析による評価を行う。

連絡通路の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 S_s に対し、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を確保することを確認する。

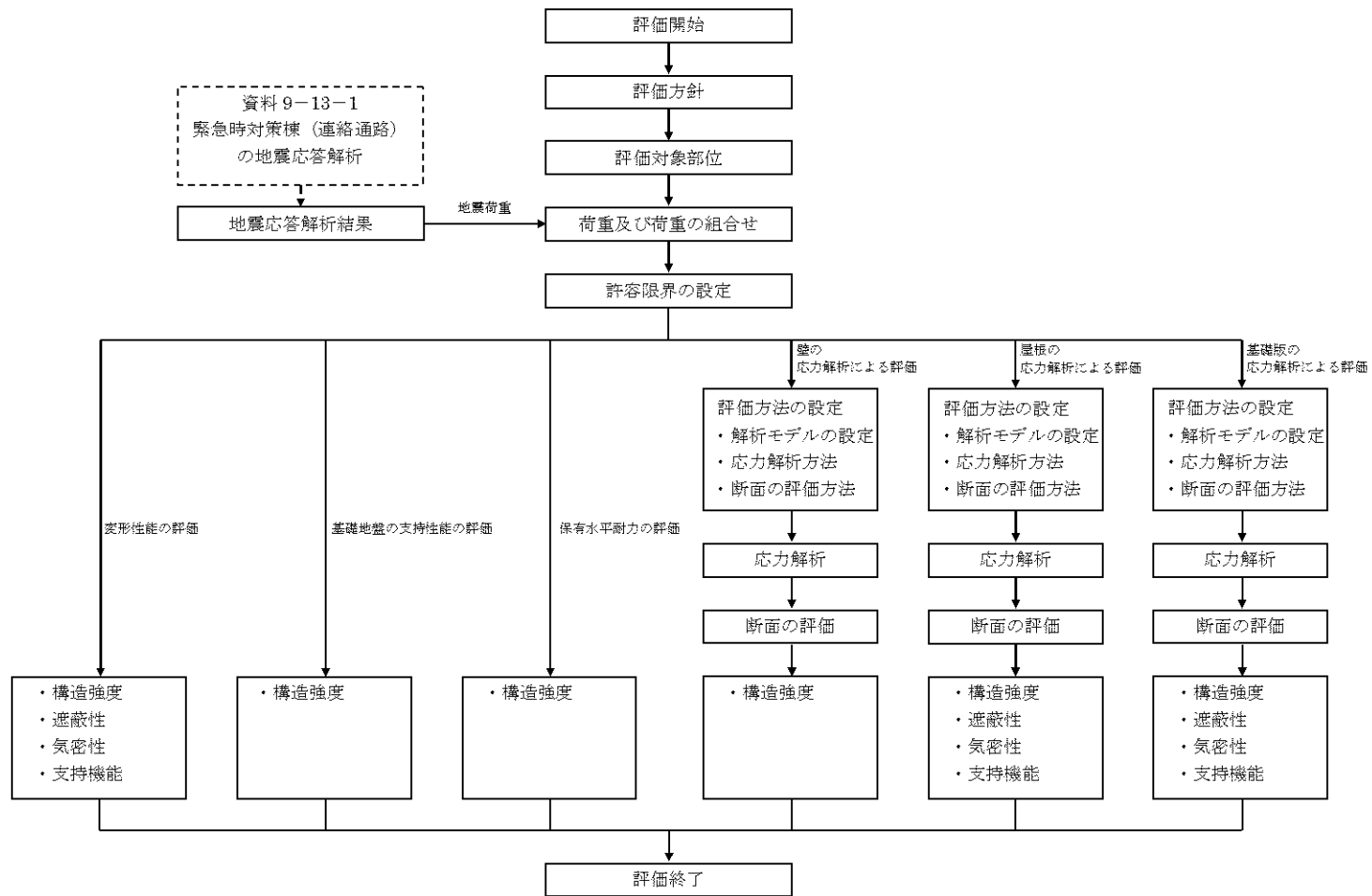
連絡通路の応力解析による評価は、壁、屋根及び基礎版を評価対象部位とする。

壁の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

屋根及び基礎版の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての連絡通路の評価フローを第 2-4 図に示す。



第 2-4 図 連絡通路の評価フロー

2.4 適用規格

連絡通路の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会、2001 改定) (以下「基礎構造設計指針」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)

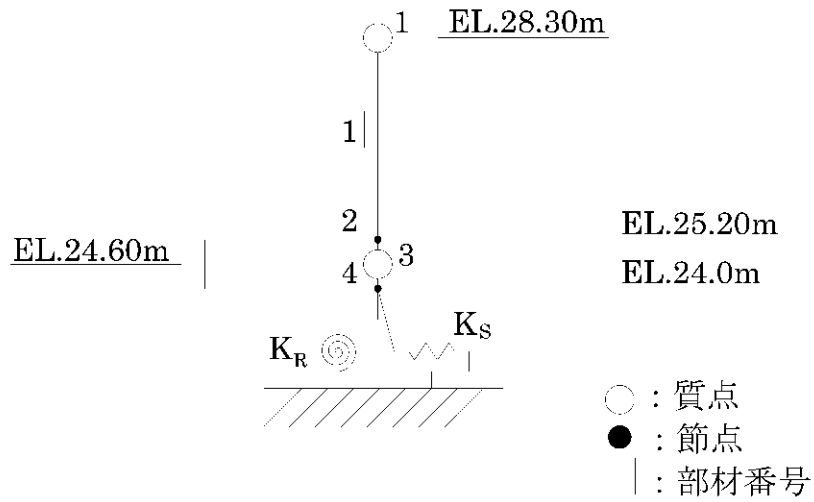
3. 地震応答解析による評価方法

連絡通路の構造物全体としての変形性能の評価及び基礎地盤の支持性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

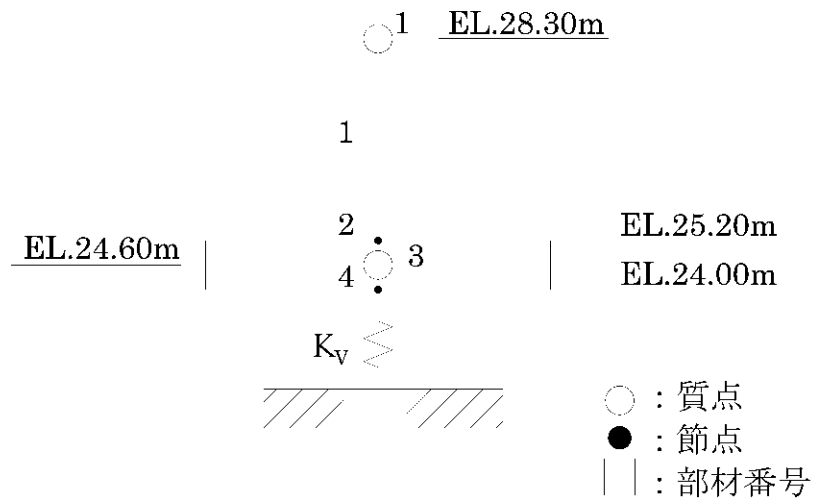
構造強度を確保することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないこと、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

ここで、各層の保有水平耐力は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」におけるせん断スケルトンカーブの終局点のせん断応力度 τ_s の値にせん断断面積を乗じた値とする。

連絡通路の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 9-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。最大接地圧に対する許容限界である短期許容支持力度及び長期許容支持力度は、資料 9-3「地盤の支持性能に係る基本方針」による。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第3-1表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)
		基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容支持力度 6.53N/mm^2 (注1)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 3.26N/mm^2
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要 保有水平耐力に対して 妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)
気密性	建屋内への放射性物質の進入を防止するために気密性を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注2)(注3)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)

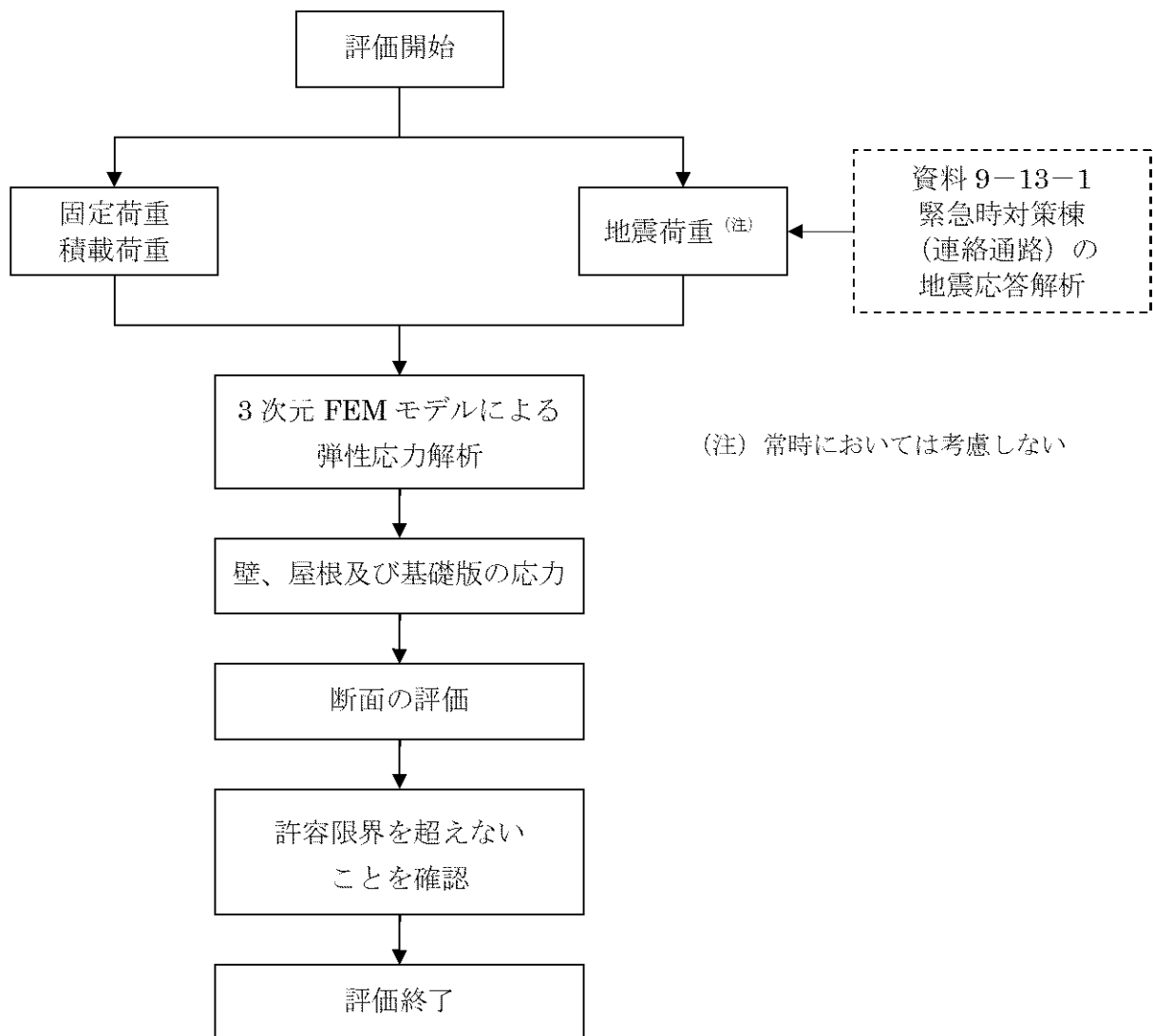
(注1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 S_s による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注2) 耐震壁のせん断ひずみが、せん断スケルトンカーブにおける第1折点のせん断ひずみ以下であることを「弾性範囲」とする。

(注3) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが弾性範囲であることを確認することで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

4. 応力解析による評価方法

連絡通路の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（壁、屋根及び基礎版）

4.1 評価対象部位

連絡通路の応力解析による評価における評価対象部位は、壁、屋根及び基礎版とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 9-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷 重

(1) 固定荷重 D 及び積載荷重 L

固定荷重は、壁、屋根及び基礎版の躯体重量及び仕上げ重量を考慮する。固定荷重を第 4-1 表に示す。

積載荷重は、屋根及び基礎版の単位面積当たりの積載荷重に加えて、機器荷重及び配管荷重を考慮する。積載荷重を第 4-2 表に示す。

第 4-1 表 固定荷重

部位	荷重 (kN/m ²)	備考
壁	24.0 ^(注) t	t : コンクリートの厚さ(m)
屋根	24.0 ^(注) t + W	t : コンクリートの厚さ(m) W : 仕上げ重量(kN/m ²)
基礎版	24.0 ^(注) t	t : コンクリートの厚さ(m)

(注) 鉄筋コンクリートの単位体積重量

第 4-2 表 積載荷重

(単位 : kN/m²)

部位	荷重
屋根	0.8 + 機器荷重 + 配管荷重
基礎版	0.5 + 機器荷重 + 配管荷重

(2) 地震荷重 K_d 、 K_s

地震荷重として、静的地震力及び S_s 地震荷重を考慮する。

a. 静的地震力 K_d

水平地震力は、地震層せん断力係数 $3.0C_i$ より算出される静的地震力より設定する。

鉛直地震力は、震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮した高さ方向に一定の鉛直震度より算出する。

静的地震力によるせん断力及び軸力を第 4-3 表に示す。

第 4-3 表 静的地震力

(単位： $\times 10^3\text{kN}$)

部材番号	せん断力		軸力
	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
①	1.15	1.15	0.574

b. Ss 地震荷重 Ks

Ss 地震荷重は、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 Ss に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-4 表に示す。

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 により算出される動的地震力を包絡して設定する。Ss 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力及び最大応答軸力を第 4-5 表及び第 4-6 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

- ① $1.0 \times \text{水平地震力} + 0.4 \times \text{鉛直地震力}$
- ② $0.4 \times \text{水平地震力} + 1.0 \times \text{鉛直地震力}$

ここで、静的地震力が Ss 地震荷重に包絡されるため、Ss 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。静的地震力と Ss 地震荷重との比較を第 4-7 表及び第 4-8 表に示す。

第4-4表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース

解析ケース	地盤のせん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	0.52	1.80×10^3	5
地盤物性のばらつき を考慮 (-1 σ)	0.46	1.41×10^3	5
地盤物性のばらつき を考慮 (+1 σ)	0.58	2.24×10^3	5
減衰定数の設定に起因 する不確かさを考慮	0.52	1.80×10^3	3

第4-5表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(1/2) ^(注)
(単位：×10³kN)

部材 番号	NS 方向		
	Ss-1	Ss-2	設計用地震力
①	3.50	2.88	3.51

(注) Ss-1 及び Ss-2 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第4-5表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(2/2) ^(注)
(単位：×10³kN)

部材 番号	EW 方向		
	Ss-1	Ss-2	設計用地震力
①	3.45	2.79	3.46

(注) Ss-1 及び Ss-2 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第4-6表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力 ^(注)
(単位：×10³kN)

部材 番号	鉛直方向		
	Ss-1	Ss-2	設計用地震力
①	0.993	1.10	1.11

(注) Ss-1 及び Ss-2 の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4-7 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (せん断力)

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部材 番号	方向	静的地震力	Ss 地震荷重
①	NS	1.15	3.51
	EW	1.15	3.46

第 4-8 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (軸力)

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部材 番号	静的地震力	Ss 地震荷重
①	0.574	1.11

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 9-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。
荷重の組合せを第 4-9 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、連絡通路はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-9 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	D+L+Ks
常時	D+L

D : 固定荷重

L : 積載荷重

Ks : Ss 地震荷重

4.3 許容限界

連絡通路の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 9-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-10 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-11 表及び第 4-12 表に示す。

第 4-10 表 応力解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 屋根 基礎版	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	Ss 地震時	屋根 基礎版	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)
気密性	建屋内への放射性物質の侵入を防止するために気密性を維持すること	Ss 地震時	屋根 基礎版	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注2)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	屋根 基礎版	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)

(注 1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注 2) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、Ss 地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、許容限界を短期許容応力度に基づく許容値とすることで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

第4-11表 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F_c	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
30.0	10.0	0.790	20.0	1.18

第4-12表 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD390	195	195	390	390

4.4 評価方法

4.4.1 解析モデル

(1) モデル化の基本方針

a. 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。連絡通路の壁、屋根及び基礎版を含む建屋全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。

応力解析には、解析コード「NX-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、壁、屋根及び基礎版をシェル要素でモデル化する。メッシュの分割は、1m～2m 幅を基本とする。解析モデルを第 4-2 図に示す。解析モデルの節点数は 429、要素数は 600 である。

(2) 境界条件

資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」に示す質点系モデルの地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。また、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについて、基礎浮き上がりによって基礎と地盤の界面に引張力が作用する部分は、応力を伝達しないものとする。

a. 水平方向の地盤ばね

節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kh_i = \frac{A_i}{\sum A_i} K_h$$

ここで、

kh_i : 各節点位置の水平ばね

A_i : 各節点の支配面積

$\sum A_i$: 基礎版の面積

K_h : 水平ばね^(注)

(注) Ss 地震時に対しては、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねとし、常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した水平ばねとする。

b. 鉛直方向の地盤ばね

Ss 地震時に対しては、資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」に示す質点系モデルによる回転ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。また、常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した鉛直ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$k_{v_i} = k_v \cdot A_i$$

$$k_v = \frac{K_R}{I} \quad (\text{注1})$$

$$k_v = \frac{K_V}{\sum A_i} \quad (\text{注2})$$

ここで、

k_{v_i} : 各節点位置の鉛直ばね

k_v : 地盤反力係数

A_i : 各節点の支配面積

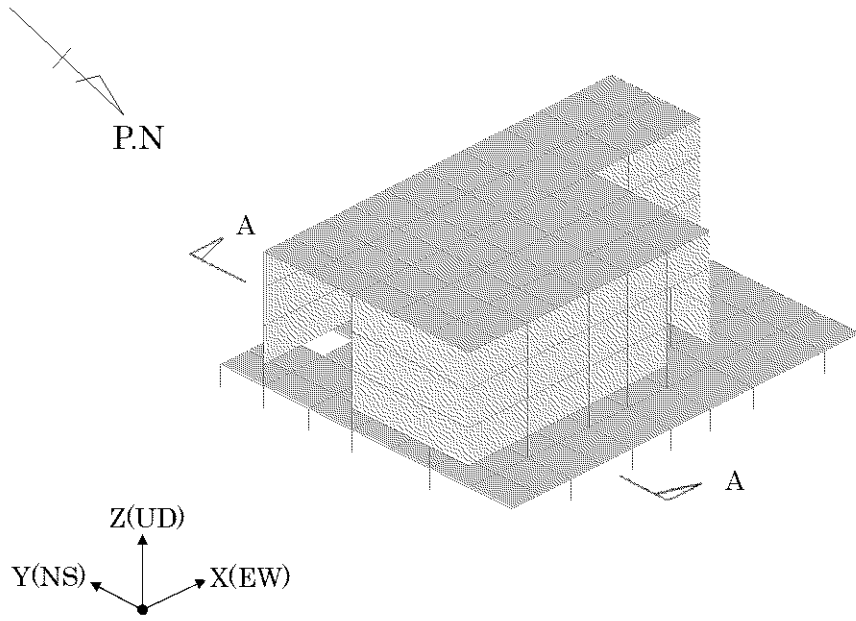
K_R : 資料 9-13-1「緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析」に示す質点系モデルの回転ばね

K_V : JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した鉛直ばね

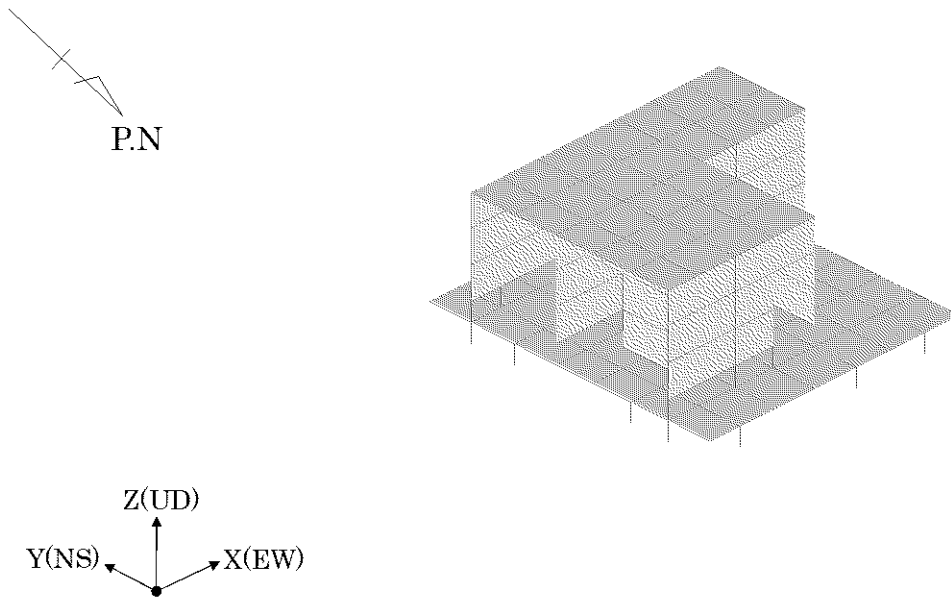
I : 基礎版の断面二次モーメント

(注1) Ss 地震時の場合

(注2) 常時の場合



(a) 全体



(b) A-A 断面

第 4-2 図 解析モデル (鳥瞰図)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-13 表及び第 4-14 表に示す。

第 4-13 表 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
30.0	2.44×10 ⁴	0.2

第 4-14 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD390	390	2.05×10 ⁵

4.4.3 応力解析方法

連絡通路の壁、屋根及び基礎版は、Ss 地震時及び常時に対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

(1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

K_{SNS} : Ss 地震荷重 (NS 方向)

K_{SEW} : Ss 地震荷重 (EW 方向)

K_{SUD} : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第 4-15 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、S→N 方向、W→E 方向及び鉛直上向きを「+」、N→S 方向、E→W 方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第4-15表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	2	$D+L+1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	3	$D+L-1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	4	$D+L-1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	5	$D+L+1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	6	$D+L+1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	7	$D+L-1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	8	$D+L-1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	9	$D+L+0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	10	$D+L+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	11	$D+L-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	12	$D+L-0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	13	$D+L+0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	14	$D+L+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	15	$D+L-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	16	$D+L-0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
常時	17	$D+L$

(3) 荷重の入力方法

a. 固定荷重及び積載荷重

固定荷重は、3次元 FEM モデルの各要素に、材料の単位体積重量に基づき重量を与える。また、仕上げ重量等の固定荷重及び積載荷重は、各層の床に対する一様な分布荷重として入力する。

b. 地震荷重

(a) 水平方向

水平地震力は、第 4-5 表に示す最大応答せん断力に基づき設定した水平力を、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

(b) 鉛直方向

鉛直地震力は、第 4-6 表に示す最大応答軸力に基づき設定した鉛直力を、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、壁、屋根及び基礎版に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。また、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「DANSANPRO」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁、屋根及び基礎版の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 a_t を算出する。

また、壁は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。屋根及び基礎版は、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。必要せん断補強筋比 p_s は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_t}$$

ここで、

p_s : 必要せん断補強筋比

f_t : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm²)

τ : せん断応力度(=Q/A)(N/mm²)

Q : 設計用水平せん断力(N)

A : 断面積(mm²)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれ

の必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 a_g が、設計配筋量 a_g' を超えないことを確認する。壁は、縦筋方向及び横筋方向各々について、屋根及び基礎版は、NS方向及びEW方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、壁、屋根及び基礎版に生じる面外せん断応力度 τ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、壁、屋根及び基礎版に生じる面外せん断応力度 τ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 τ_A は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

τ_A : 許容せん断応力度(N/mm²)

Q_A : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j)(mm²)

α : 割増係数であり、次式により計算した値

($1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度(N/mm²)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離 $\left(= \frac{7}{8}d\right)$ (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 Q_A は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

f_t : せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

5. 評価結果

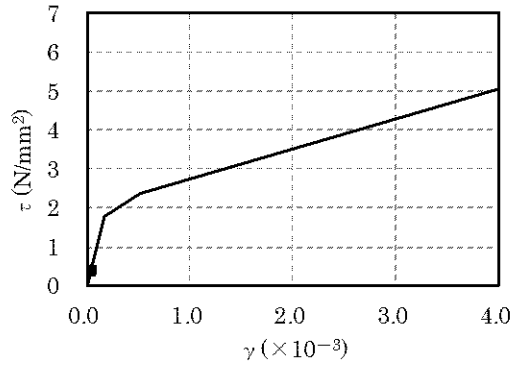
5.1 地震応答解析による評価結果

5.1.1 構造物全体としての変形性能

「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第 5-1 図及び第 5-2 図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各部材の最大せん断ひずみと第 1 折点のせん断ひずみとの比較結果を第 5-1 表及び第 5-2 表に示す。

基準地震動 S_s に対する耐震壁のせん断ひずみは、重大事故等対処施設としての評価において、最大で 0.0429×10^{-3} (S_s-1_H 、NS 方向、部材番号 1、地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ)) であり、弾性範囲内であることを確認した。

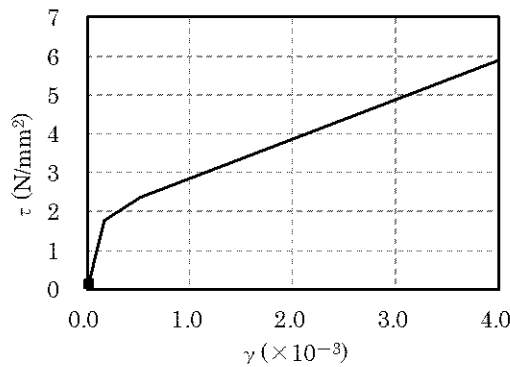
- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

- Ss-1H (基本ケース)
- ▲ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◆ Ss-1H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-1H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)
- Ss-2H (基本ケース)
- △ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: +1σ)
- ◇ Ss-2H (地盤物性のばらつき考慮: -1σ)
- Ss-2H (減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮)



1

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向)

第5-1表 基準地震動 S_s に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (NS 方向)

部材 番号	基準地震動 S_s に 対する最大 せん断ひずみ	第1折点の せん断ひずみ	判定
①	0.429×10^{-4}	1.72×10^{-4}	可

第5-2表 基準地震動 S_s に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (EW 方向)

部材 番号	基準地震動 S_s に 対する最大 せん断ひずみ	第1折点の せん断ひずみ	判定
①	0.161×10^{-4}	1.72×10^{-4}	可

5.1.2 基礎地盤の支持性能

「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果に基づく基準地震動 S_s 及び常時に対する最大接地圧及び地盤の支持力の比較を第 5-3 表に示す。最大接地圧は、第 4-4 表に示す材料物性のばらつき等を考慮して算出した。

基準地震動 S_s に対する最大接地圧は、重大事故等対処施設としての評価において、地盤の短期許容支持力度である 6.53N/mm^2 を超えないことを確認した。常時に対する最大接地圧は、重大事故等対処施設としての評価において、地盤の長期許容支持力度である 3.26N/mm^2 を超えないことを確認した。

第 5-3 表 最大接地圧及び地盤の支持力の比較

(単位 : N/mm^2)

地震動		最大接地圧		地盤の 許容支持力度
		EW 方向	NS 方向	
基準地震動 S_s	鉛直上向き	0.146	0.209	6.53
	鉛直下向き	0.153	0.183	
常時	—	0.0606		3.26

5.1.3 保有水平耐力

「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第5-4表に示す。

各層の保有水平耐力は、重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第5-4表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

部材番号	高さ(m)	NS 方向				
		構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
1	EL.28.30~ EL.25.20	0.55	1.00	1.06×10^3	4.04×10^4	38.1

第5-4表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

部材番号	高さ(m)	EW 方向				
		構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
1	EL.28.30~ EL.25.20	0.55	1.00	1.06×10^3	1.24×10^5	116.9

5.2 応力解析による評価結果

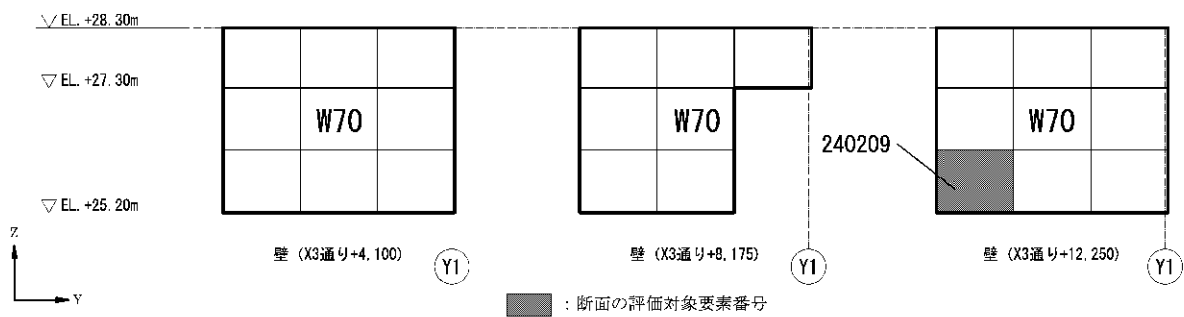
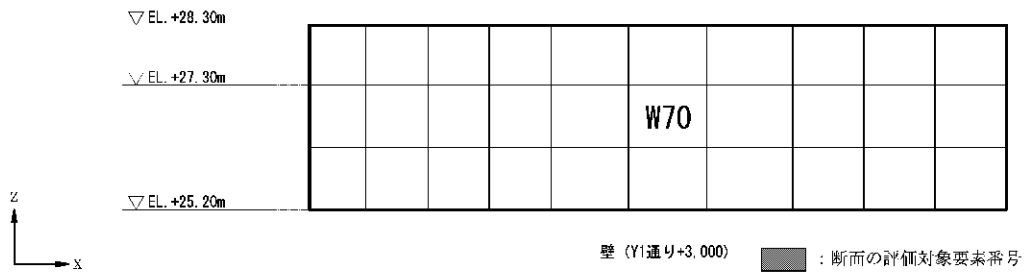
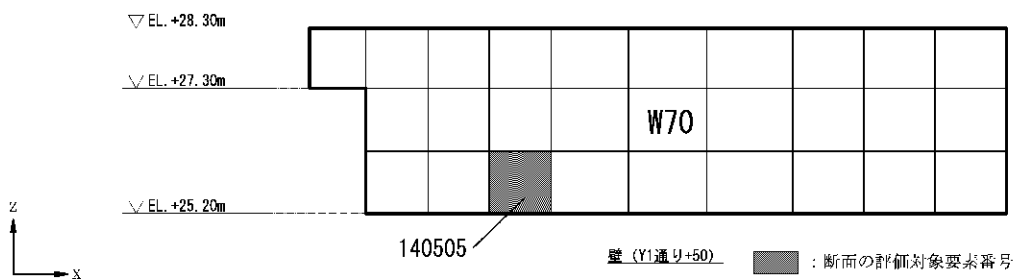
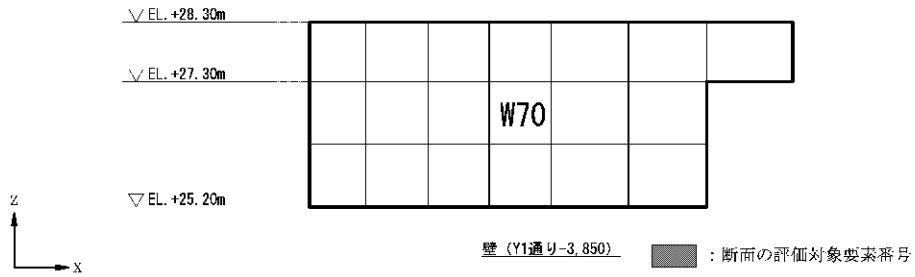
壁、屋根及び基礎版について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Ss 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、壁、屋根及び基礎版の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 4-15 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁、屋根及び基礎版の断面の評価対象要素番号を第 5-3 図、分類領域ごとの配筋を第 5-5 表に示す。

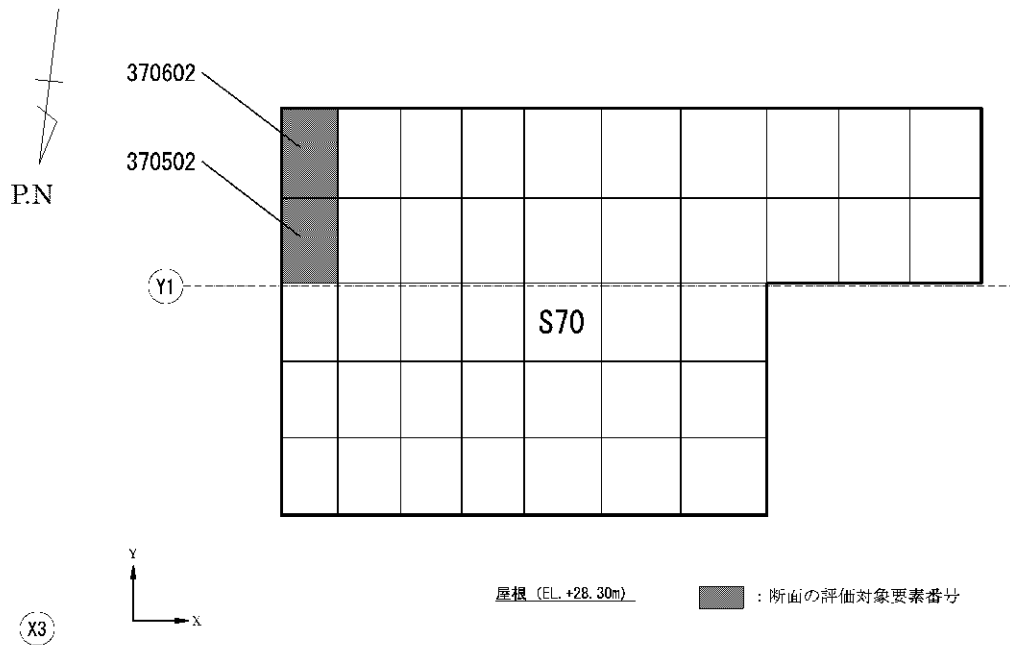
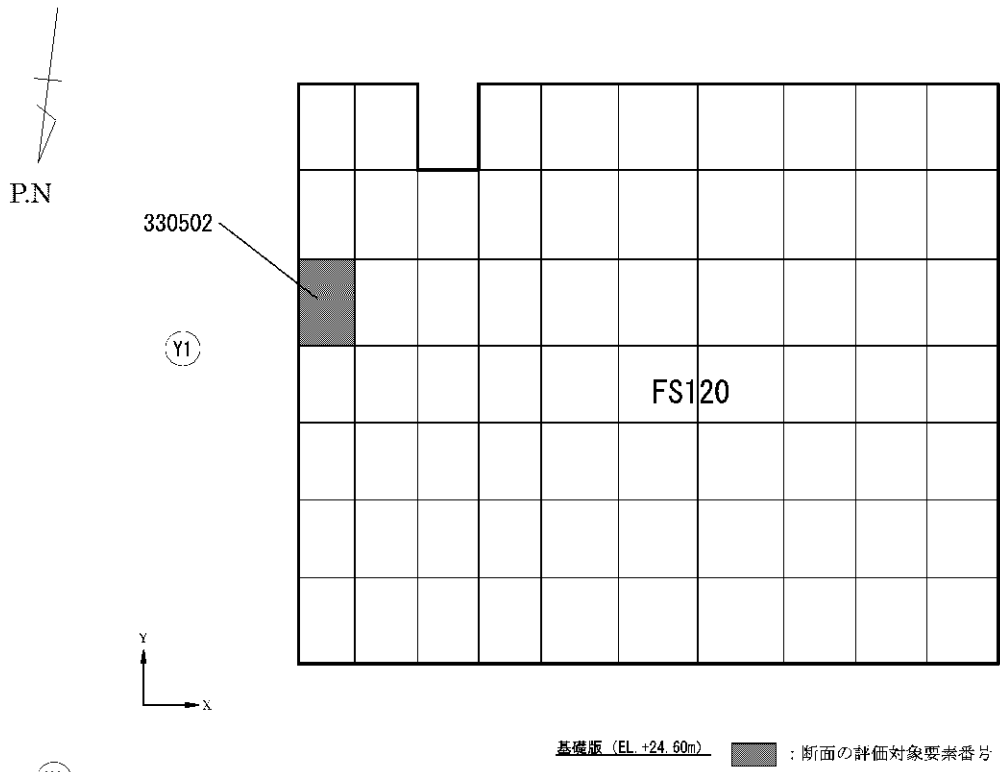
壁、屋根及び基礎版の応力の方向を第 5-4 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-6 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-7 表に示す。

Ss 地震時について、壁、屋根及び基礎版に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。

また、常時について、壁、屋根及び基礎版に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。



第5-3図 断面の評価対象要素番号(1/2)



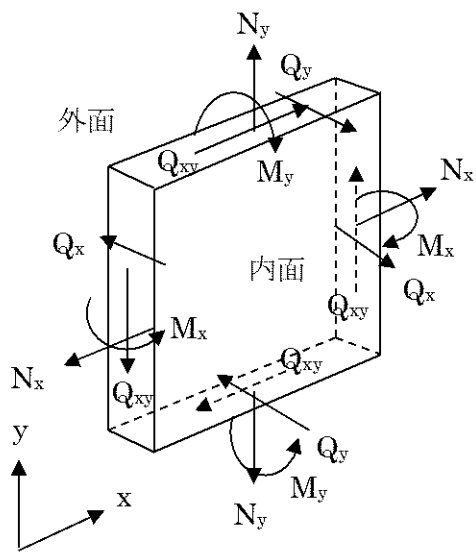
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(2/2)

第 5-5 表 分類領域ごとの配筋(1/2)

部 位	領 域	厚 さ (mm)	主筋 (SD390)		鉄筋量 (mm ² /m)	面外 せん断 補強筋	
			位 置	方 向			
壁	W70	700	両側 共	縦筋	1 段 D29@200	3,210	—
				横筋	1 段 D29@200	3,210	

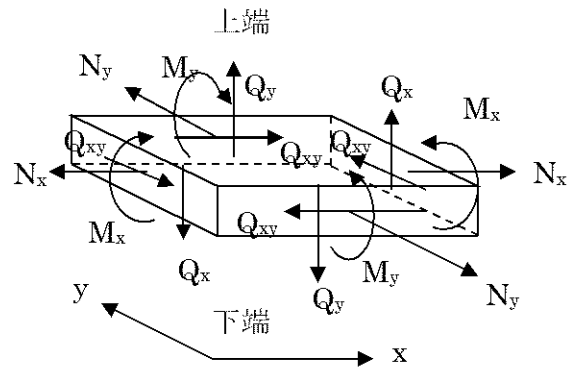
第 5-5 表 分類領域ごとの配筋(2/2)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD390)			鉄筋量 (mm ² /m)	面外 せん断 補強筋
			位置	方 向			
屋根 ・ 基礎版	FS120	1,200	上端、 下端共	NS	1 段 D29@200	3,210	—
				EW	1 段 D29@200	3,210	
	S70	700	上端、 下端共	NS	1 段 D29@200	3,210	—
				EW	1 段 D29@200	3,210	



内側：壁の西面又は北面
 外側：壁の東面又は南面

(1) 壁



(2) 床及び屋根

N_x, N_y : 軸力 (引張: +)

M_x, M_y : 曲げモーメント (外面引張、下端引張: +)

Q_{xy} : 面内せん断力

Q_x, Q_y : 面外せん断力

(壁について、 x 方向は横筋方向、 y 方向は縦筋方向)

第 5-4 図 応力の方向

第5-6表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm^2/m)	設計 配筋量 a_g' (mm^2/m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	Qxy (kN/m)				
壁	W70	240209	縦筋	4	333	-12	191	744	3,210	0.24	可

第5-6表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）（2/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm^2/m)	設計 配筋量 a_g' (mm^2/m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	Qxy (kN/m)				
屋根	FS120	330502	NS	2	155	-69	61	389	3,210	0.13	可
・ 基礎版	S70	370502	NS	3	79	54	47	363	3,210	0.12	可

第 5-7 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
壁	W70	140505	縦筋	3	0.198	1.76	0.12	可

第 5-7 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）（2/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
屋根 ・ 基礎版	FS120	330502	NS	3	0.391	2.36	0.17	可
	S70	370602	NS	3	0.182	2.33	0.08	可

緊急時対策棟（休憩所）の地震応答解析

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-13-3

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 13 - 3 - 1
2. 解析条件の比較	9 (1) - 13 - 3 - 2
3. 解析結果	9 (1) - 13 - 3 - 3

1. 概 要

本資料は、資料 9-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する緊急時対策棟（休憩所）の地震応答解析について説明するものである。また、資料 9-9「機能維持の基本方針」の設計用地震力に基づき算出する静的地震力及び必要保有水平耐力について説明するものである。

この地震応答解析による応答値及び静的地震力は、建物・構築物及び機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合するものであることを確認することを目的として、耐震設計に用いる入力地震動又は入力地震力として用いる。

緊急時対策棟（休憩所）の地震応答解析については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-22「代替緊急時対策所の地震応答解析」における解析条件と比較し、緊急時対策棟（休憩所）における解析条件が同じである又は包絡される場合、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-22「代替緊急時対策所の地震応答解析」に示した地震応答解析の応答値及び静的地震力並びに保有水平耐力を引用する。解析条件と比較し、緊急時対策棟（休憩所）における解析条件が異なる場合及び包絡されない場合、緊急時対策棟（休憩所）における地震応答解析を実施し、応答値及び静的地震力並びに保有水平耐力を算出する。

2. 解析条件の比較

緊急時対策棟（休憩所）及び平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-22「代替緊急時対策所の地震応答解析」における解析条件について、建屋の状況、入力地震動及び解析モデルを比較した。

比較した結果、緊急時対策棟（休憩所）における解析条件は、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-22「代替緊急時対策所の地震応答解析」における解析条件と同じであることを確認した。

以下に確認した解析条件を示す。

(1) 建屋の状況

緊急時対策棟（休憩所）は、緊急時対策棟（連絡通路）との接続工事に伴い、建屋形状及び寸法の変更はあるが、有意な影響はないことから、引用する工事計画に示した建屋形状及び寸法と同じである。

(2) 入力地震動

入力地震動は、引用する工事計画に示した入力地震動から変更はない。

(3) 解析モデル

解析モデルについては、引用する工事計画に示した地震応答解析モデルと同じである。

3. 解析結果

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-22「代替緊急時対策所の地震応答解析」における地震応答解析の応答値及び静的地震力並びに保有水平耐力を引用する。

緊急時対策棟（休憩所）の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-13-4

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 13 - 4 - 1
2. 評価条件の比較	9 (1) - 13 - 4 - 2
3. 評価結果	9 (1) - 13 - 4 - 3

1. 概 要

本資料は、資料 9-9「機能維持の基本方針」の構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策棟（休憩所）が設計用地震力に対して、十分な構造強度及び支持機能を有することを説明するものである。また、緊急時対策棟（休憩所）が設計用地震力により内包する設備へ波及的な影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策棟（休憩所）に要求される機能の維持を確認するために、地震応答解析による評価及び応力解析による評価を行う。

緊急時対策棟（休憩所）は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

緊急時対策棟（休憩所）の評価は、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-23「代替緊急時対策所の耐震計算書」における評価条件と比較し、緊急時対策棟（休憩所）における評価条件が同じである又は包絡される場合、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-23「代替緊急時対策所の耐震計算書」に示した評価結果を引用して実施する。評価条件と比較し緊急時対策棟（休憩所）における評価条件が異なる場合及び包絡されない場合、緊急時対策棟（休憩所）における評価は、解析して実施する。

2. 評価条件の比較

緊急時対策棟（休憩所）の評価条件について、建屋の状況、各荷重及び許容限界を比較した。

比較した結果、緊急時対策棟（休憩所）の評価条件は、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-23「代替緊急時対策所の耐震計算書」の評価条件と同じであることを確認した。

以下に確認した評価条件を示す。

(1) 建屋の状況

緊急時対策棟（休憩所）は、緊急時対策棟（連絡通路）との接続工事に伴い、建屋形状及び寸法の変更はあるが、有意な影響はないことから、引用する工事計画に示した建屋形状及び寸法と同じである。

(2) 固定荷重及び積載荷重

緊急時対策棟（休憩所）は、緊急時対策棟（連絡通路）との接続工事に伴い、固定荷重及び積載荷重の増加があるが、有意な影響はないことから、引用する工事計画の固定荷重及び積載荷重と同じである。

(3) 地震荷重

緊急時対策棟（連絡通路）との接続工事に伴う緊急時対策棟（休憩所）の固定荷重及び積載荷重の増加により、地震荷重の増減があるが、有意な影響はないことから、地震荷重については、引用する工事計画のうち、設計基準対象施設として適用している地震荷重と同じである。

(4) 許容限界

施設全体の更なる安全性を確保するため、緊急時対策棟（休憩所）について、基準地震動 S_s による地震力との組合せに対して、許容限界は、弾性範囲とする。

地震応答解析による評価については、引用する工事計画の地震応答解析結果より、弾性範囲を超えないことを確認した。

応力解析による評価については、許容限界に対する考え方が同じであり、使用材料の物性値が変わらないことから、緊急時対策棟（休憩所）に適用する応力解析による評価の許容限界は、引用する工事計画の応力解析による評価の許容限界と同じである。

3. 評価結果

平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-23「代替緊急時対策所の耐震計算書」の評価結果により、緊急時対策棟（休憩所）が耐震性を有することを確認した。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する
影響評価結果

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-14

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	9 (1) - 14 - 1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ による影響評価に用いる地震動	9 (1) - 14 - 1
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ による影響評価結果	9 (1) - 14 - 1
3.1 建物・構築物	9 (1) - 14 - 1
3.2 機器・配管系	9 (1) - 14 - 24
4. まとめ	9 (1) - 14 - 27

1. 概要

本資料は、資料 9-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」及び資料 9-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、川内原子力発電所の基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 を用いる。基準地震動 S_s については、資料 9-2「基準地震動 S_s の概要」による。

3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

3.1 建物・構築物

緊急時対策棟（休憩所）については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」のうち、「3.1 建物・構築物」によるものとする。

以下に、緊急時対策棟（連絡通路）（以下「連絡通路」という。）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を示す。

3.1.1 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部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、連絡通路において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第 3-1 表に示す。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び 3 次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第 3-2 表及び第 3-3 表に示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第 3-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第 3-2 表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3-4 表に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中する部位」として、連絡通路の基礎を抽出した。

また、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」は抽出されなかった。

(4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第 3-1 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、第 3-3 表に示す 3 次元的な応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3-5 表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい部位」及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する部位」として、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

(5) 3 次元 FEM モデルによる精査

3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位を含め、耐震評価部位全般について、局所応答の観点から、3 次元 FEM モデルによる精査を行った。

連絡通路は、構造特性については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において局所応答の検討を行った原子炉補助建屋と同様に各方向にバランスよく耐震壁が配置され、地震力を主に耐震壁で負担する構造である。したがって、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の知見を用いて、局所応答に対する 3 次元 FEM モデルによる精査を行った。精査した結果を第 3-6 表に示す。

3次元 FEM モデルを用いた精査の結果、原子炉補助建屋については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建屋が有する耐震性への影響は想定されず、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を行う必要がある部位は抽出されなかったとしている。

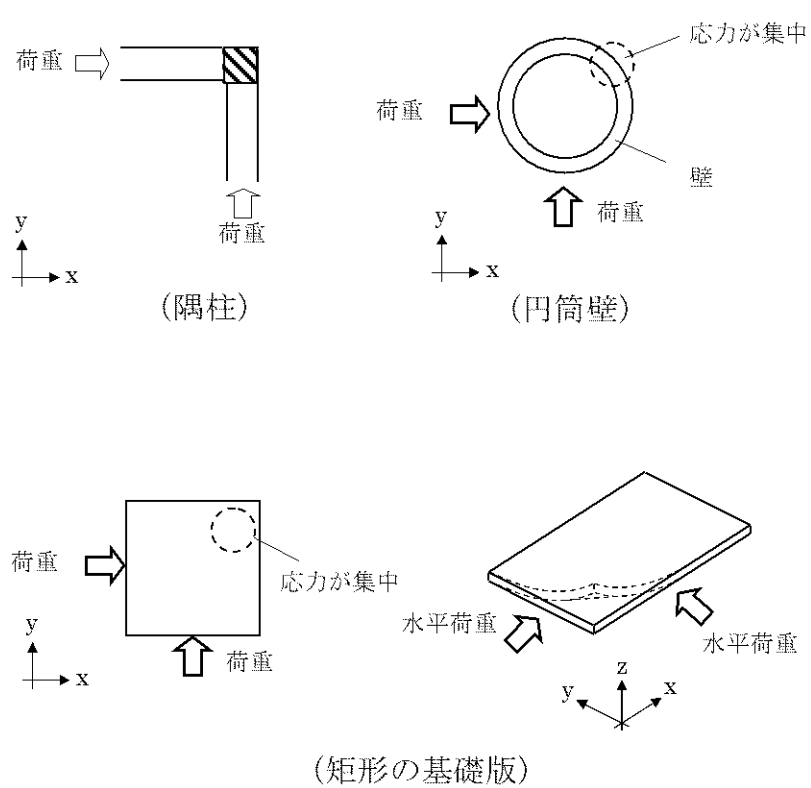
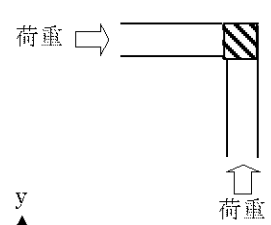
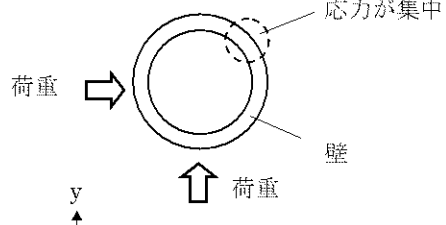
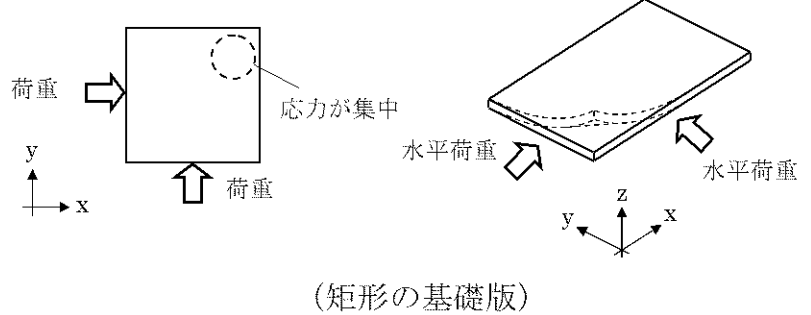
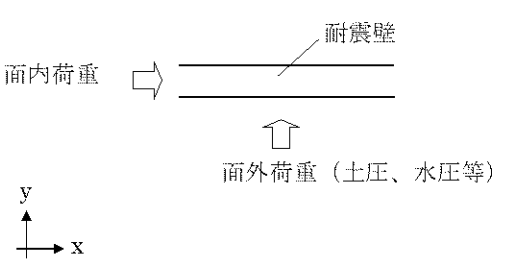
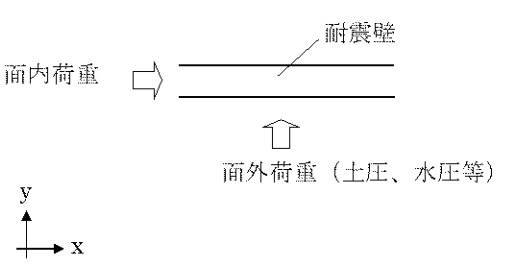
以上より、連絡通路についても、局所応答については、有する耐震性への影響は想定されないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う必要がある部位は抽出しない。

第 3-1 表 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

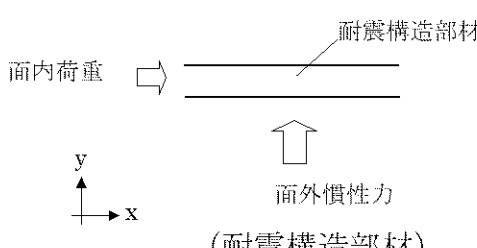
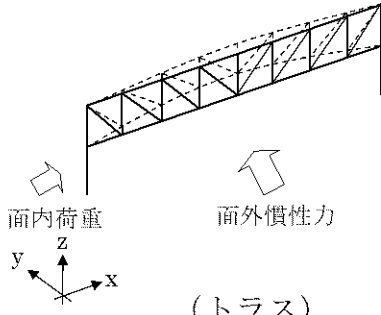
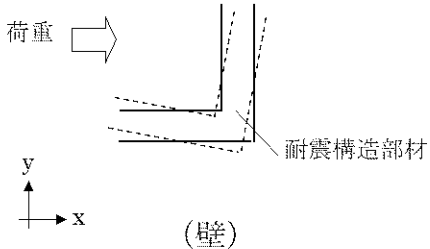
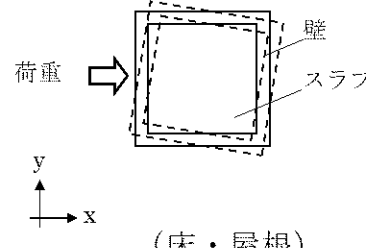
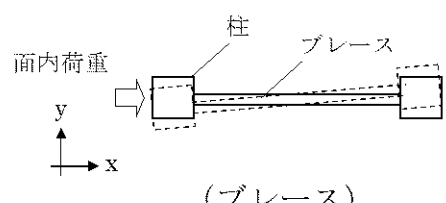
耐震評価部位		連絡通路
柱	一般部	—
	隅部	—
	地下部	—
はり	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	○
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	○
基礎	矩形	○

凡例 ○：対象の部材有り、—：対象の部材なし

第3-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2方向の荷重 が、応力とし て集中	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>荷重 →  (隅柱)</p> <p>荷重 →  (円筒壁)</p> <p>荷重 →  (矩形の基礎版)</p>
①-2	面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット等 (例)</p>  <p>面内荷重 →  耐震壁</p> <p>↑ 面外荷重 (土圧、水圧等)</p>

第3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
(3次元的な応答特性)

3次元的な応答特性		影響想定部位
②-1	面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい	<p>大スパン又は吹抜部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>y ↑ x →</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力 ↑</p> <p>面内荷重 → 面外慣性力 ←</p> <p>z ↑ y ↑ x →</p> <p>(トラス) (水平と鉛直方向の周期が同調)</p>
②-2	加振方向以外の方向に励起される振動が発生	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 耐震構造部材</p> <p>y ↑ x →</p> <p>(壁)</p>  <p>荷重 → 壁 スラブ</p> <p>y ↑ x →</p> <p>(床・屋根)</p>  <p>面内荷重 → 柱 ブレース</p> <p>y ↑ x →</p> <p>(ブレース)</p>

第 3-4 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング)

耐震評価部位		連絡通路
柱	一般部	—
	隅部	—
	地下部	—
はり	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	該当なし
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	該当なし
基礎	矩形	①-1 要

凡例 要：評価必要、①-1：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」、

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

第 3-5 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震評価部位		連絡通路
柱	一般部	—
	隅部	—
	地下部	—
はり	一般部	—
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	否
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	否
基礎	矩形	要

- 凡例 要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み、否：評価不要、
 ②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」、
 ②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」

第 3-6 表 3次元 FEM モデルを用いた精査

対 象		3次元的な 応答特性 (②-1、 ②-2)	3次元 FEM モデルを 用いた精査方法	3次元 FEM モデルを 用いた精査結果
耐震 評価部位	建物・構築物 ^(注)			
耐震評価 部位全般	<ul style="list-style-type: none"> ・連絡通路 ・<u>原子炉補助建屋</u> 	局所的な 応答	水平 2 方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度から、水平 1 方向入力時に対する増分を考慮して、局部応答を踏まえた耐震壁のひずみを評価し、影響を検討	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、原子炉補助建屋が有する耐震性への影響は想定されないため抽出しない。

(注) 下線は評価する建物・構築物を示す。なお、局所応答に対する 3次元 FEM モデルを用いた精査については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の知見を用いて評価を行っている。したがって、原子炉補助建屋は、今回工認における評価対象建屋ではないが、建物・構築物に含まれている。

3.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果

(1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるとして抽出した部位を第 3-7 表に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中する部位」として、連絡通路の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

(2) 機器・配管系への影響の可能性のある部位の抽出結果

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響から、機器・配管系への影響の可能性のある部位を抽出した。

連絡通路の基礎は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が集中する部位であるが、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

第 3-7 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物
①-1	基礎	矩形	連絡通路

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」

3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価方針

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部位として抽出された部位について、基準地震動 Ss を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。影響評価は、資料 9-13「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」の各部位の解析モデル及び地震力を用いた。影響評価に用いる地震動を第 3-8 表に示す。

また、影響評価に用いる地震力は、基準地震動 Ss の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide 1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて評価する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

第 3-8 表 影響評価に用いる地震動

影響評価部位		対象建物・構築物	影響評価に用いる地震動	備考
基礎	矩形	連絡通路	基準地震動 Ss-1 Ss-2	資料 9-13-2「緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書」の評価結果を用いるため、Ss-1 及び Ss-2 を包絡した地震力とする。

3.1.4 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結果

「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中する部位」である連絡通路の基礎について、基準地震動 S_s による地震力を水平 2 方向及び鉛直方向に作用させ、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。3 次元 FEM 解析による断面の評価は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）」（以下「RC-N 規準」という。）に基づいて行った。

地震荷重は、基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 により算出される動的地震力を包絡して設定し、資料 9-13-2「緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書」に示す地震荷重とする。その他、固定荷重及び積載荷重を考慮する。

荷重の組合せは、資料 9-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。地震荷重及び風荷重の組合せについて、連絡通路がコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

連絡通路の概略平面図及び概略断面図を第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

連絡通路の 3 次元 FEM モデルは、壁、屋根及び基礎版をシェル要素でモデル化する。また、資料 9-13-2「緊急時対策棟（連絡通路）の耐震計算書」に示す質点系モデルの地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。

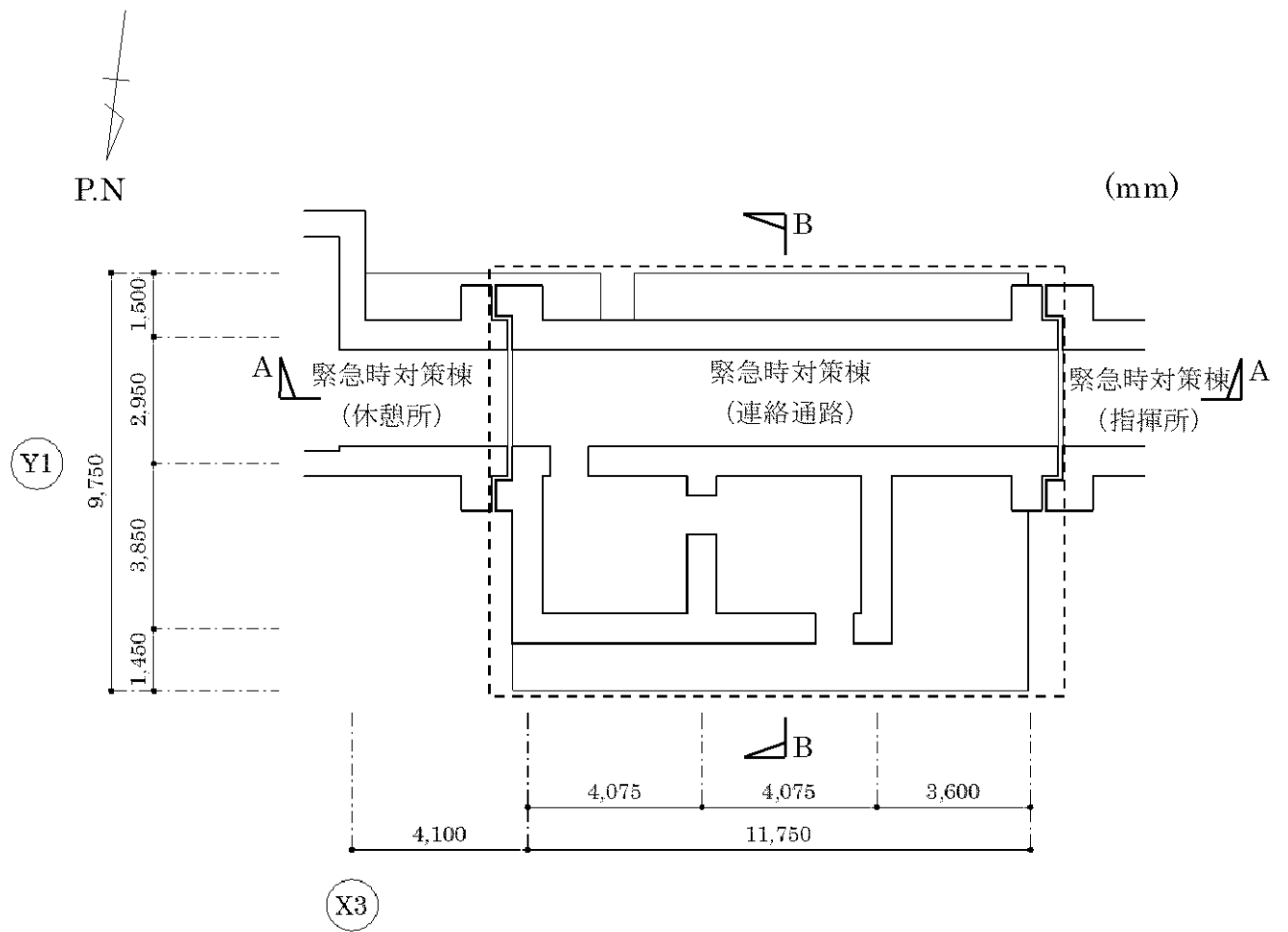
解析モデルを第 3-3 図、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 3-9 表及び第 3-10 表に示す。

評価の結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

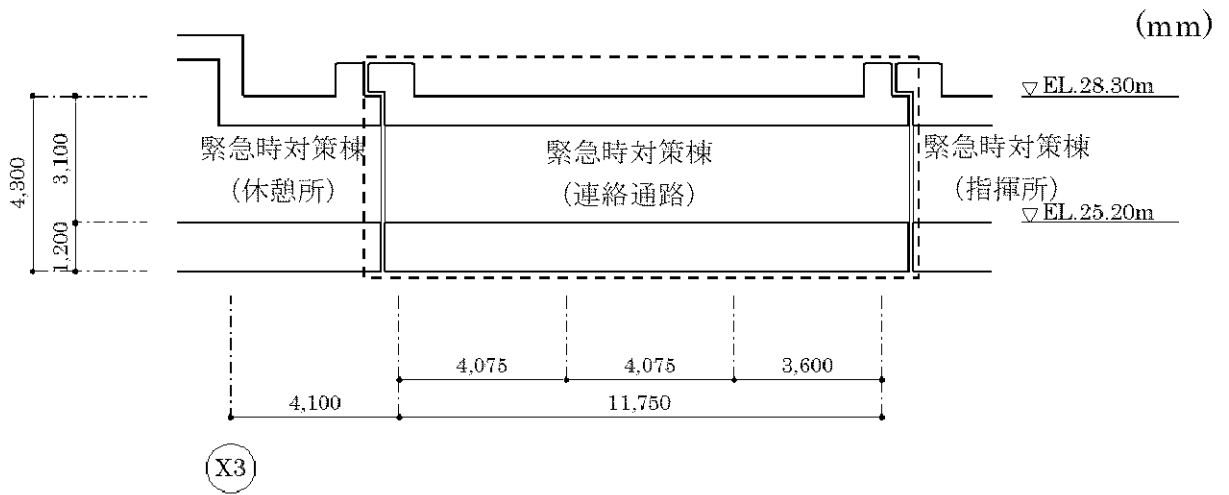
ここで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により、鉄筋及び面外せん断応力度の検定値は、増加傾向であることを確認した。断面の評価対象要素番号を第 3-4 図、断面の評価結果を第 3-11 表及び第 3-12 表に示す。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、連

絡通路が有する耐震性への影響はないことを確認した。

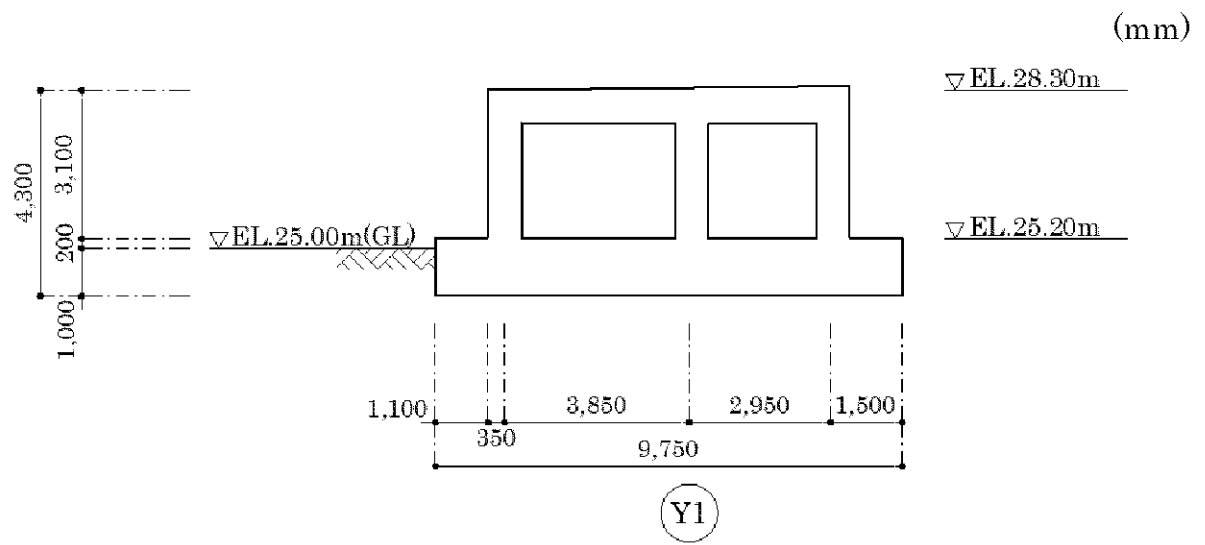


第 3-1 図 連絡通路の概略平面図



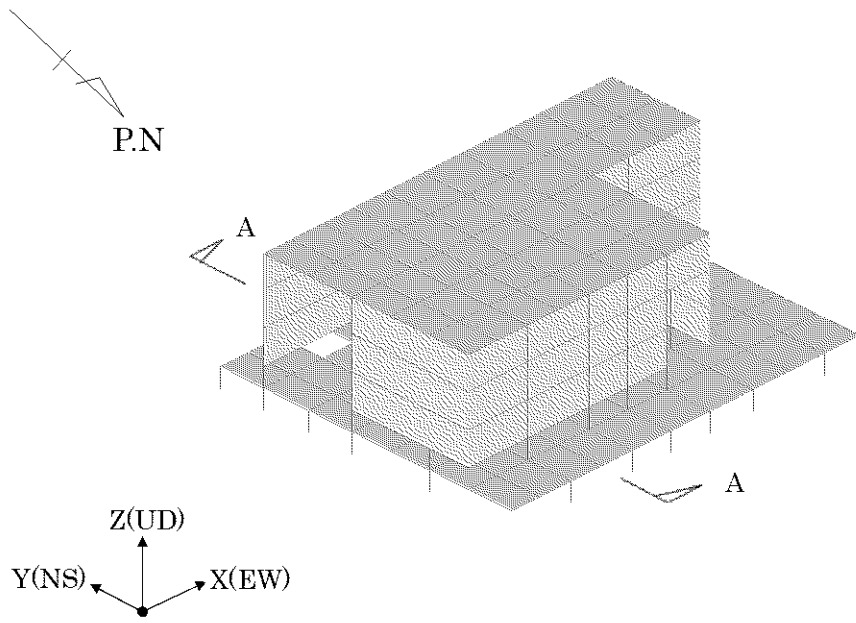
(a) A-A 断面

第 3-2 図 連絡通路の概略断面図(1/2)

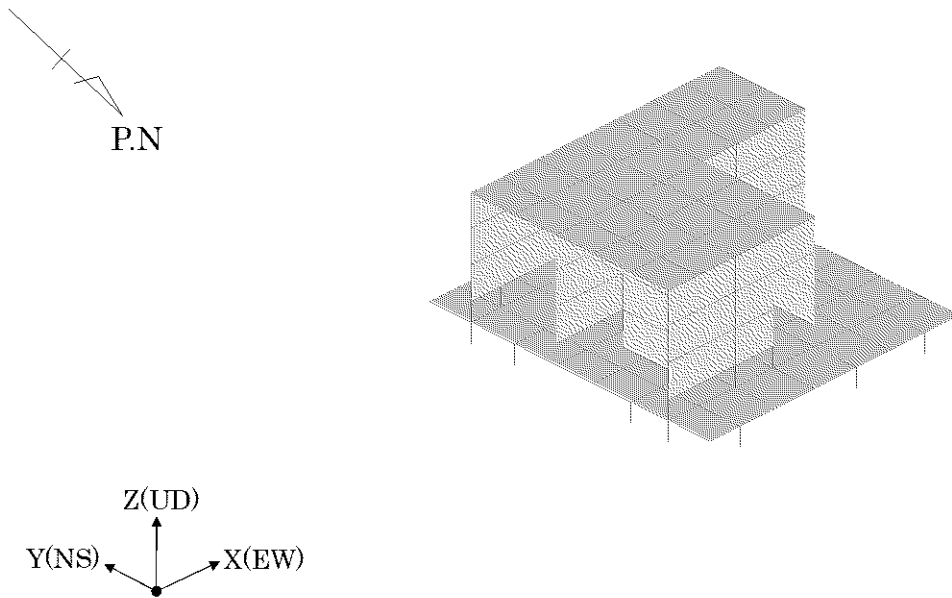


(b) B-B 断面

第 3-2 図 連絡通路の概略断面図(2/2)



(a) 全体



(b) A-A 断面

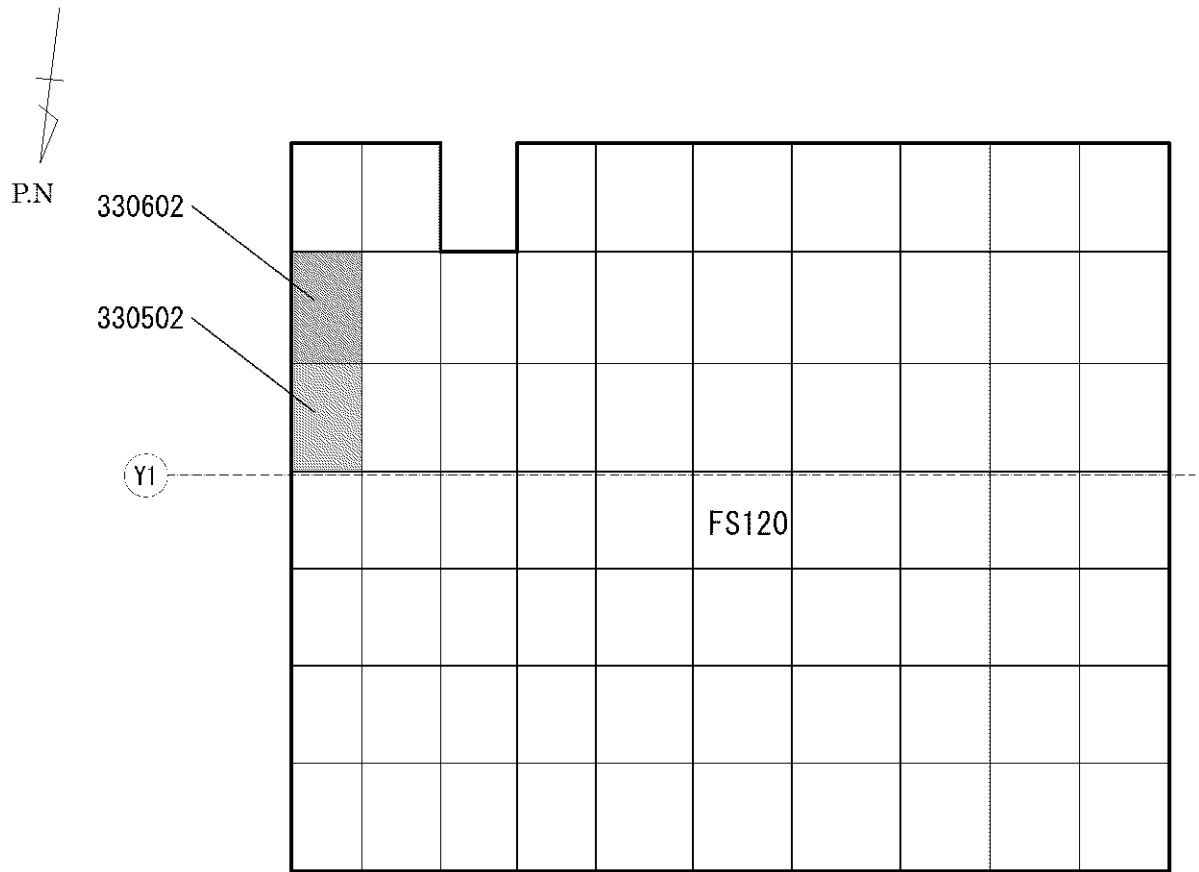
第 3-3 図 解析モデル (鳥瞰図)




第 3-9 表 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2

第 3-10 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD390	390	2.05 × 10 ⁵



-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ及び
水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

(X3)



(a) EL.24.60m

第3-4図 断面の評価要素番号

第 3-11 表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm^2/m)	設計 配筋量 a_g' (mm^2/m)	検定値	判定
			N (kN/m)	M ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	Q_{xy} (kN/m)				
FS120	330602	NS	209	56	-42	429	3,210	0.14	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素 番号	方向	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm^2/m)	設計 配筋量 a_g' (mm^2/m)	検定値	判定
			N (kN/m)	M ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	Q_{xy} (kN/m)				
FS120	330502	NS	155	-69	61	389	3,210	0.13	可

第3-12表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
FS120	330502	NS	0.516	2.36	0.22	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
FS120	330502	NS	0.391	2.36	0.17	可

3.1.5 まとめ

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位を抽出し、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認した結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等は、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等に対し、増加する傾向があった。応力等が増加する場合でも、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等が許容値を超えないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

また、機器・配管系への影響の可能性のある部位については、抽出されなかった。

3.2 機器・配管系

3.2.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種毎に分類した結果を第 3-13 表に示す。

以下に、今回の申請範囲の新設設備に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果を示す。

第 3-13 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設備	部位
配管本体（定ピッチスパン法）	直管配管（水平）
	直管配管（鉛直）
	曲り部、分岐部

(1)水平 2 方向の地震力が重複する観点

水平 1 方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平 2 方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合には、水平 2 方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。

- a. 水平 2 方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平 1 方向の地震力しか負担しないもの
配管本体について、該当するものはない。
- b. 水平 2 方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの
配管本体について、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合、構造より最大応力の発生箇所が同じ箇所もあるため、影響を受ける。
- c. 水平 2 方向の地震を組み合わせても水平 1 方向の地震による応力と同等といえるもの
配管本体について、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」と同様に、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合、水平 1 方向の地震による応力と同等のものとして分類した。

- d. 従来評価にて保守性を考慮しており、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても影響が軽微であるもの
配管本体について、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力による保守性を考慮していないため、影響を受ける。

(2)水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点
配管本体について、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじり振動は発生しない。

(3)水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

上記(1)(2)にて影響の可能性がある設備について、水平2方向の地震力が各方向1：1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

配管本体について、応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きが明確であるため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分による耐震性への影響の懸念される部位はない。

以上のとおり、申請設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により耐震性への影響が懸念される評価部位は抽出されなかった。

3.2.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1 項における建物・構築物及び屋外重要土木構造物の影響評価において、機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.1 項で抽出した結果、申請設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により耐震性への影響が懸念される評価部位は抽出されなかった。

3.2.4 まとめ

水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

4. まとめ

各施設について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した場合、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力の評価結果と同等、若しくは一部について上回る箇所はあるが、施設が有する耐震性への影響はないことを確認した。

計算機プログラム（解析コード）の概要

目 次

1. 概 要

2. 解析コード

別紙1 SPAN2000

別紙2 CHERRY

別紙3 microSHAKE

別紙4 TDAPIII

別紙5 DANSANPRO

別紙6 VA

別紙7 nini

別紙8 NX-NASTRAN

1. 概 要

本資料は、添付資料 9「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

2. 解析コード

添付資料 9「耐震性に関する説明書」で使用した解析コードの一覧を第 2-1 表に示す。

第2-1表(1/2) 建物・構築物の耐震設計に係る解析コード

評価対象	プログラム名	資料名	添付資料
緊急時対策棟 (連絡通路)	microSHAKE	別紙3	添付資料 9-13-1
	TDAPIII	別紙4	添付資料 9-13-1
	DANSANPRO	別紙5	添付資料 9-13-2
	VA	別紙6	添付資料 9-13-1
	nini	別紙7	添付資料 9-13-1
	NX-NASTRAN	別紙8	添付資料 9-13-2

第2-1表(2/2) 機器・配管系の耐震設計に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元
配管	SPAN2000	別紙1	添付資料 9-12
床応答曲線	CHERRY	別紙2	添付資料 9-7

別紙1 SPAN2000
配管

項目	コード名 SPAN2000
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	2002年
使用したバージョン	
使用目的	等分布質量連続はりモデルによる耐震最大支持間隔算出
コードの概要	<p>配管等の耐震設計に用いる目的として開発したメーカーオリジナルの計算機コードである。</p> <p>配管直管部（一般部）について、発生応力、固有振動数等が許容値や制限値を超えない範囲における最大長さを標準支持間隔として求めることが可能であり、加圧水型原子力発電設備において、多くの使用実績を有している。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>配管を等分布質量連続はりモデル化し、許容値や制限値を超えない範囲における最大の支持間隔を求めるために使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 等分布質量連続はりモデルによる配管直管部（一般部）の耐震最大支持間隔算出及びそれに発生する一次応力の算出について、入力データ [] [] に対する応力算出結果において、解析解と理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。また、固有振動数に関しても、上記検証において、解析解と理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 地震動の組合せ処理に関しては、本解析コード内で処理しており、アウトプットファイルと手計算結果が一致していることを確認している。

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震最大支持間隔算出は、JEAG4601-1987 の定ピッチスパン法に従い等分布質量連続はりにモデル化している。 ・ 本解析コードは、配管系で使用される要素形状のうち直管部の支持間隔の算出、発生応力の算出に用いられる。今回の工認申請で行う支持間隔算出、発生応力算出の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内になることを確認している。
--	---

別紙 2 CHERRY

床応答曲線

項目 \ コード名	CHERRY
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	1980年
使用したバージョン	初版
使用目的	床応答曲線作成
コードの概要	<p>計算コードCHERRYは、加速度応答スペクトル作成プログラムであり、建屋床応答時刻歴から床応答曲線を作成するために使用する。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>CHERRY 初版は、機器・配管のモーダル解析に使用される床応答曲線を作成するプログラムである。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 公開文献（大崎順彦著“新・地震動のスペクトル解析入門”）に記載された理論モデルによる手法と本解析コードで作成したスペクトルと比較し、概ね一致していることを確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本工事計画で使用する解析機能は、理論モデルをそのまま解析コード化したものであり、理論モデルによる理論解と解析解を比較することで、妥当性を確認することができる。 ・ 拡幅機能については、$\pm 10\%$ 拡幅させた理論解と、CHERRYコードによる算出値を比較して、妥当であることを確認している。

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 床応答曲線を作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。• 10% 拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJEAG4601-1987に従っており、妥当性に問題はない。• 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

別紙 3 microSHAKE
緊急時対策棟（連絡通路）

項目 \ コード名	microSHAKE
開発機関	(株) 地震工学研究所
開発時期	2000 年
使用したバージョン	Ver.3.1.0
使用目的	地震応答解析
コードの概要	<p>microSHAKE（以下「本コード」という。）は、水平成層地盤の地震応答解析の汎用市販コードである。</p> <p>複素応答と 1 次元重複反射理論に基づいた本コードは、1970 年にカリフォルニア大学から発表された SHAKE の改良版である。</p> <p>本コードは、数多くの研究機関や企業において、地盤の地震応答解析に広く利用されている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、汎用市販コードであり、緊急時対策棟（連絡通路）における地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の工認申請で使用する 1 次元重複反射理論による地震応答解析機能の検証として、地震工学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解に一致することを確認している。また、別コード(SHAKE-91) による解析結果と一致することを確認している。 ・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 ・本コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p>

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<ul style="list-style-type: none"> ・平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された川内原子力発電所第 1 号機の工事計画の添付資料 3「耐震性に関する説明書」において、屋外重要土木構造物等の地震応答解析に本コード (Ver.3.1.0) が使用された実績がある。 ・本コードは、国内の地震工学分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する 1 次元重複反射理論による地震応答解析に、本コードが適用できることを確認している。 ・今回の工認申請で行う 1 次元重複反射理論による地震応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。
--	---

別紙 4 TDAPⅢ

緊急時対策棟（連絡通路）

項目 \ コード名	TDAPⅢ
開発機関	大成建設（株）、（株）アーク情報システム
開発時期	1980 年代後半
使用したバージョン	Ver.3.08
使用目的	固有値解析、弾塑性応答解析
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本コード」という。）は、構造解析の汎用コードである。土木及び建築分野に特化した要素群及び材料非線形モデルを数多くサポートしていることが特徴で、日本国内では、官公庁、大学及び民間を問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>静荷重（節点力、静的震度、強制変形）及び動荷重（節点加振力、強制変位・速度・加速度、地震動入力）を扱うことができる。</p> <p>線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行う。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> • DYNA-F（開発機関：（株）エヌ・ティ・ティ・データ）を用いて、同一諸元による固有値解析及び弾塑性応答解析を実施し、本コードと DYNA-F の解析結果が一致することを確認している。 • 本コードの運用環境について、開発機関から提示されていた要件を満足していることを確認している。

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本コードは、国内の土木及び建築分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する固有値解析及び弾塑性応答解析に、本コードが適用できることを確認している。 ・ 平成 29 年 5 月 15 日付け原規規発第 1705153 号にて認可された川内原子力発電所第 2 号機の工事計画の添付資料 5「耐震性に関する説明書」において、原子炉格納施設の地震応答解析に本コード(Ver.3.07)が使用された実績がある。 ・ 既工認において原子炉格納施設の固有値解析及び弾塑性応答解析における実績があるバージョンとは異なるものを適用するが、バージョンアップにおいて今回使用する解析機能に影響が生じていないことを確認している。 ・ 今回の工認申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

別紙 5 DANSANPRO

緊急時対策棟（連絡通路）

項目 \ コード名	DANSANPRO
開発機関	大成建設（株）
開発時期	1985 年
使用したバージョン	Ver.2.0
使用目的	鉄筋コンクリート部材の断面算定（緊急時対策棟（連絡通路））
コードの概要	DANSANPRO（以下「本コード」という。）は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）」（以下「RC-N 規準」という。）に基づき、鉄筋コンクリート部材の断面算定を行うプログラムである。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、緊急時対策棟（連絡通路）の鉄筋コンクリート部材の RC-N 規準に基づく断面算定に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本コードによる断面算定結果について、断面の力の釣合いを理論モデルに基づき確認することで、本コードが断面算定を正しく実施していることを検証している。 ・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された川内原子力発電所第 1 号機の工事計画の添付資料 3「耐震性に関する説明書」において、原子炉補助建屋及びその他の鉄筋コンクリート部材の断面算定に本コードが使用された実績がある。 ・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 ・ 今回の工認申請で行う RC-N 規準に基づく鉄筋コンクリート部材の断面算定の用途及び適用範囲が上述の検証範囲と同等であることを確認している。
--	---

別紙 6 VA

緊急時対策棟（連絡通路）

項目	コード名 VA
開発機関	大成建設（株）
開発時期	1990 年
使用したバージョン	Ver.1.0
使用目的	地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの評価
コードの概要	<p>VA（以下「本コード」という。）は、振動アドミッタンス理論により、矩形基礎の水平動、上下動及び回転に対する地盤の複素ばね剛性を半無限地盤に対する点加振解から、振動数領域で計算するプログラムであり、地震応答解析モデル及び応力解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの評価に用いている。</p>
<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析モデルの基礎底面地盤ばねの評価に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 文献（「建築構造力学の最近の発展－応力解析の考え方－（（社）日本建築学会、1987 年）」及び「基礎－地盤複素剛性解析コード SANBANE の保守に関する報告書（原子力発電技術機構、1998 年）」）に記載されている理論モデルによる基礎底面の水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねの評価例について、本コードを用いて評価し、本コードによる解析結果と文献の結果が一致することを確認している。 ・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 平成 29 年 5 月 15 日付け原規規発第 1705153 号にて認可された川内原子力発電所第 2 号機の工事計画の添付資料 5「耐震性に関する説明書」において、原子炉格納施設の地震応答解析モデルの基礎底面地盤ばねの評価に本コードが使用された実績がある。 • 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 • 今回の工認申請における基礎底面の水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねの評価の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

別紙 7 nini

緊急時対策棟（連絡通路）

項目 \ コード名	nini
開発機関	大成建設（株）
開発時期	2007
使用したバージョン	Ver.1.0
使用目的	復元力特性設定におけるスケルトンカーブの評価（緊急時対策棟（連絡通路））
コードの概要	nini（以下「本コード」という。）は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）」に基づき、鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性における曲げモーメント-曲率(M-φ)関係スケルトンカーブを評価するプログラムである。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、緊急時対策棟（連絡通路）の地震応答解析モデルの復元力特性における曲げモーメント-曲率(M-φ)関係スケルトンカーブの評価に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート造耐震壁について、本コードによる曲げモーメント-曲率(M-φ)関係スケルトンカーブの解析結果と理論モデルによる理論解を比較し、解析結果と理論解が一致することを確認している。 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された川内原子力発電所第 1 号機の工事計画の添付資料 3「耐震性に関する説明書」において、代替緊急時対策所、燃料油貯蔵タンク基礎及びタンクローリ車庫の復元力特性における曲げモーメントー曲率(Mーφ)関係スケルトンカーブの評価に本コードが使用された実績がある。 • 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 • 今回の工認申請で行う耐震壁のスケルトンカーブの評価の用途及び適用範囲が上述の検証範囲と同等であることを確認している。
--	--

別紙 8 NX-NASTRAN

緊急時対策棟（連絡通路）

項目	コード名 NX-NASTRAN
開発機関	The MacNeal-Schwendler Corporation (現 MSC.Software Corporation)
開発時期	1971 年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver.12.0.2
使用目的	静的応力解析（緊急時対策棟（連絡通路））
コードの概要	<p>NX-NASTRAN（以下「本コード」という。）は、MSC-NASTRAN コードをベースに、UGS 社（現 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.）が継承して開発した汎用構造解析プログラムで、MSC-NASTRAN と同じ機能を持つ。</p> <p>本コードは、航空機の機体強度解析用として開発された有限要素法による構造解析用計算機コードであり、現在では航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野の構造解析に使用されている。</p> <p>動的解析、静的解析及び伝熱解析等の機能を有し、固有振動数、刺激係数及び応力等の算定を行うプログラムである。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、緊急時対策棟（連絡通路）のシェル要素を用いた静的応力解析に使用している。</p>

<p style="text-align: center;"> 検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation) </p>	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、はり要素及びシェル要素を用いた静的解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された川内原子力発電所第 1 号機の工事計画の添付資料 3「耐震性に関する説明書」において、外部遮蔽建屋及びその他の鉄筋コンクリート部材の静的応力解析に本コード(Ver.8.5,9.0)が使用された実績がある。 ・ 既工認において外部遮蔽建屋及びその他の鉄筋コンクリート部材の静的応力解析における実績があるバージョンとは異なるものを適用するが、バージョンアップにおいて今回使用する解析機能に影響が生じていないことを確認している。 ・ 本コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用するはり要素及びシェル要素を用いた静的解析結果に、本コードが適用できることを確認している。 ・ 今回の工認申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	--

強度に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 10

川内原子力発電所第1号機

目 次

添付資料 10-1 強度計算の基本方針

添付資料 10-1-1 強度計算の基本方針の概要

添付資料 10-1-2 重大事故等クラス 2 管の強度計算の基本方針

添付資料 10-2 強度計算方法

添付資料 10-2-1 強度計算方法の概要

添付資料 10-2-2 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法

添付資料 10-3 強度計算書

添付資料 10-3-1 強度計算書の概要

添付資料 10-3-2 重大事故等クラス 2 管の強度計算書

強度計算の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-1

川内原子力発電所第1号機

強度計算の基本方針の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-1-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	10 (1) - 1 - 1 - 1
2. 基本方針の概要	10 (1) - 1 - 1 - 1

1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第55条に規定されている重大事故等対処設備に属する管の材料及び構造について、適切な材料を使用し、適切な構造及び十分な強度を有することを説明するものである。

2. 基本方針の概要

強度計算の基本方針については、今回の申請対象となる重大事故等クラス2管が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針を説明するものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 10-1-2 重大事故等クラス2管の強度計算の基本方針

重大事故等クラス 2 管の強度計算の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-1-2

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	10 (1) - 1 - 2 - 1
2. 重大事故等クラス 2 管の強度計算の基本方針	10 (1) - 1 - 2 - 2
2.1 クラス 2 管の規定に基づく評価	10 (1) - 1 - 2 - 3

1. 概 要

重大事故等クラス 2 管の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）第 55 条第 2 号及び第 5 号に規定されており、適切な材料を使用し、適切な構造及び十分な強度を有することが要求されている。

本資料は、重大事故等クラス 2 管が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。

2. 重大事故等クラス 2 管の強度計算の基本方針

重大事故等クラス 2 管の材料及び構造については、技術基準規則第 55 条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）に従い、技術基準規則第 17 条（材料及び構造）の設計基準対象施設の規定を準用する。また、技術基準規則の解釈第 17 条 11 において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）」＜第 I 編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）＜第 I 編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2012」（日本機械学会）及び「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）（以下「材料規格」という。）によることとされている。同解釈において規定されている JSME S NC1-2005/2007 及び JSME S NC1-2012 及び材料規格は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、重大事故等クラス 2 管の評価は、JSME S NC1-2005/2007（以下「JSME」という。）による評価を実施する。

技術基準規則において、重大事故等クラス 2 管の強度評価については、延性破断、疲労破壊及び座屈による破壊の防止が求められている。

但し、重大事故等クラス 2 管の疲労評価については、重大事故等時は運転状態Ⅳを超える事象であり、発生回数が少なく疲労に顕著な影響を及ぼす繰返し応力は発生しないことから、評価を省略する。

重大事故等クラス 2 管の材料については、JSME に規定されている材料を使用する設計とする。

2.1 クラス 2 管の規定に基づく評価

重大事故等クラス 2 管については、JSME クラス 2 管の規定に基づき評価を実施する。

強度計算方法

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-2

川内原子力発電所第1号機

強度計算方法の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-2-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	10 (1) - 2 - 1 - 1

1. 概 要

本資料は、資料 10-1「強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス 2 管が十分な強度を有することを確認するための方法について説明するものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 10-2-2 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法

重大事故等クラス 2 管の強度計算方法

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-2-2

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	10 (1) - 2 - 2 - 1
2. 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法	10 (1) - 2 - 2 - 2
2.1 クラス 2 管の規定に基づく強度計算方法	10 (1) - 2 - 2 - 2
2.1.1 記号の定義	10 (1) - 2 - 2 - 2
2.1.2 強度計算方法	10 (1) - 2 - 2 - 6
3. 強度計算書のフォーマット	10 (1) - 2 - 2 - 11
3.1 強度計算書のフォーマットの概要	10 (1) - 2 - 2 - 11
3.2 記載する数値に関する注意事項	10 (1) - 2 - 2 - 11
3.3 強度計算書のフォーマット	10 (1) - 2 - 2 - 11

1. 概 要

本資料は、資料 10-1-2「重大事故等クラス 2 管の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス 2 管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）」＜第 I 編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、重大事故等クラス 2 管の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

重大事故等クラス 2 管の強度計算方法及び計算式については、JSME クラス 2 管の規定に基づくものとする。

2. 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法

2.1 クラス 2 管の規定に基づく強度計算方法

2.1.1 記号の定義

管の厚さ計算及び応力計算に用いる記号について、以下に説明する。

(1) 管の厚さ計算に使用するもの

	記号	単位	定 義
管の厚さ計算に使用するもの	B	—	係数 (JSME 付録材料図表 Part 7 図 1 から図 20 までにより求めた値)
	D_o	mm	管の外径
	P	MPa	最高使用圧力
	P_e	MPa	外面に受ける最高の圧力
	S	MPa	最高使用温度における JSME 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定する材料の許容引張応力 ^(注1)
	t	mm	管の計算上必要な厚さ
	η	—	長手継手の効率 ^(注2)

(注 1) 溶接鋼管又は鍛接鋼管の許容引張応力は、JSME 付録材料図表 Part5 表 5 (備考) に規定する材料規格及び非破壊検査程度に応じた品質係数を掛けた値とする。

(注 2) 継手効率 η については、JSME PPC-3411 の規定により JSME PVC-3130 に定められたものを用いることとし、以下のとおりとする。

但し、品質係数が 1 未満となる場合は、継手の効率は 1.00 とする。

JSME 表 PVC-3130-1 継手効率の値

継手の種類	効 率	
	「発電用原子力設備規格 溶接規格 (2007 年版) JSME S NB1-2007」(日本機械学会) (以下「溶接規格」という。) N-3140 の規定において準用する溶接規格 N-1100(1)a.項の規定に準じて放射線透過試験を行い、同規格(2)a.項の規定に適合するもの	その他のもの
突合せ両側溶接、裏当金を使用した突合せ片側溶接 (溶接後裏当金を取り除いたものに限る。)およびこれらと同等以上の効果が得られる方法による溶接	1.00	0.70
裏当金を使用した突合せ片側溶接 (溶接後裏当金を取り除いたものを除く。)	0.90	0.65
裏当金を使用しない突合せ片側溶接	0.60	0.60

(2) 応力計算に使用するもの

	記号	単位	定 義
応力計算に使用するもの	B_1, B_2 B_{2b}, B_{2r}	—	JSME PPB-3810 に規定する応力係数
	D_o	mm	管の外径
	M_a	N・mm	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	M_{ab}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	M_{ar}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	M_b	N・mm	管の機械的荷重（逃がし弁または安全弁の吹出し反力その他短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	M_{bb}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（逃がし弁または安全弁の吹出し反力その他短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	M_{br}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁または安全弁の吹出し反力その他短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
	P	MPa	最高使用圧力

	記号	単位	定 義
応力計算に使用するもの	P_m	MPa	内面に受ける最高の圧力
	S_h	MPa	JSME PPC-3520 最高使用温度における JSME 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定する材料の許容引張応力 ^(注)
	S_{prm}	MPa	一次応力
	Z	mm ³	管の断面係数
	Z_b	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数
	Z_r	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数
	t	mm	管の厚さ

(注) 溶接鋼管又は鍛接鋼管の許容引張応力は、JSME 付録材料図表 Part5 表 5 (備考) に規定する材料規格及び非破壊検査程度に応じた品質係数を掛けた値とする。

2.1.2 強度計算方法

ここでは、重大事故等クラス 2 管の計算上必要な厚さ、フランジの応力計算、穴の補強計算及び管の応力解析の方法を示す。なお、申請範囲に平板、鏡板及び伸縮継手は使用しない。

材料の許容引張応力は、JSME 付録材料図表 Part 5 表 5 に応じた値のうち、管の最高使用温度に応じた値を用いる。

JSME 付録材料図表 Part 5 表 5 記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算し、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は JSME に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1) 管の厚さ計算 (JSME PPC-3411)

管の厚さは、以下の計算式により求められる計算上必要な厚さ及び第 1 表に示す炭素鋼鋼管の必要最小厚さ以上であることを示して、強度に対する要求事項に適合することを確認する。

管と管を溶接する場合、それらの管の軸に垂直な断面で溶接するものとし、管継手は、JSME PPC-3415(1)に適合するものを使用する。

区 分	適用規格番号	計算式
内圧を受ける管	JSME PPC-3411(1)	$t = \frac{P \cdot D_o}{2S \cdot \eta + 0.8P}$ (注)
炭素鋼鋼管	JSME PPC-3411(3)	第 1 表の必要最小厚さを満足すること。

(注) 継手効率 η は、前述する 2.1.1(1)項 (注) の JSME 表 PVC-3130-1 の値を用いる。

第 1 表 炭素鋼鋼管の必要最小厚さ
(JSME 表 PPC-3411-1)

管の外径(mm)	管の厚さ(mm)
25 未満	1.4
25 以上 38 未満	1.7
38 以上 45 未満	1.9
45 以上 57 未満	2.2
57 以上 64 未満	2.4
64 以上 82 未満	2.7
82 以上 101 未満	3.0
101 以上 127 未満	3.4
127 以上	3.8

(2) フランジの応力計算 (JSME PPC-3414)

申請範囲の配管のフランジは、JSME PPC-3414(1)に適合するものを使用する。

(3) 穴の補強計算 (JSME PPC-3420)

申請範囲の配管に補強計算が必要となる穴は設けない。

(4) 管の応力解析 (JSME PPC-3500)

管の応力解析は、配管をその外径及び最高使用温度により、高温配管（外径 4B 以上かつ最高使用温度 150℃を超える配管）及び低温配管（外径 4B 未満又は最高使用温度 150℃以下の配管）に分類し、それぞれに対し、原則として一次応力について、自重、内圧等により配管に生ずる応力が許容応力を超えないことを以下に基づき確認する。

なお、管の応力解析は、熱膨張変位による応力と地震荷重による応力とを考慮し、高温配管と低温配管に分類するものであるが、重大事故等クラス 2 管については、熱膨張変位を考慮する疲労評価が省略できることから、地震と組み合わせる重大事故等時の評価温度を最高使用温度として、高温配管と低温配管を分類する。

a. 一次応力 (JSME PPC-3520)

一次応力は、設計上定める条件において JSME PPC-3520 に規定されている次の計算式により求められる値が、最高使用温度における許容応力を超えないことを確認する。

区分 ^(注) ① + ②		
適用規格番号	計算式	許容応力
JSME PPC-3520(1)a.	管台及び突合せ溶接式ティー $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2t} + \frac{B_{2b} \cdot M_{ab}}{Z_b} + \frac{B_{2r} \cdot M_{ar}}{Z_r}$	1.5S _h
JSME PPC-3520(1)b.	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2t} + \frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	1.5S _h

区分 ^(注) ① + ② + ③		
適用規格番号	計算式	許容応力
JSME PPC-3520(2)a.	管台及び突合せ溶接式ティー $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P_m \cdot D_o}{2t} + \frac{B_{2b}(M_{ab} + M_{bb})}{Z_b} + \frac{B_{2r}(M_{ar} + M_{br})}{Z_r}$	1.8S _h
JSME PPC-3520(2)b.	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P_m \cdot D_o}{2t} + \frac{B_2(M_a + M_b)}{Z}$	1.8S _h

(注) 区分の記号説明

① : 内圧による荷重

② : 管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る。)

③ : 管の機械的荷重 (逃がし弁又は安全弁の吹出し反力、その他の短期的荷重に限る。)

イ. 高温配管

高温配管については、重大事故等対処施設として今回の申請範囲に対象がないことから計算は行わない。

ロ. 低温配管

低温配管は、標準支持間隔法を用いて管の支持間隔を定め、配管支持構造物位置を設定する。標準支持間隔法では、管を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の配管支持間隔を算出する。直管部については、各建屋における地震時の応答解析結果に基づき、管に生ずる応力が許容応力以下となるように最大の配管支持間隔を求める。管の直管部は、この支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。この標準支持間隔法に基づいて配管の支持間隔を定める際に、自重による応力は 以下となるよう最大の配管支持間隔を定める。したがって、一次応力のうち自重による応力は、最大となる を用いて計算する。なお、配管支持間隔は、添付資料 9「耐震性に関する説明書」のうち、添付資料 9-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」によるものとする。なお、低温配管の申請範囲には、機械的荷重（短期的）を生ずる逃がし弁等が設置されていないため、JSME PPC-3520(2)による応力計算は行わない。

3. 強度計算書のフォーマット

3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、管の種類及び構造について、以下の 3.3 項のフォーマットを必要に応じて組み合わせるものとし、フォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

3.2 記載する数値に関する注意事項

フォーマットに挙げた諸元のうち、計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には

—

 として記載する。

3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

(1) クラス 2 管の規定に基づく強度計算

FORMAT-I 管の厚さ計算結果

FORMAT-II 管の応力計算結果

FORMAT- II

管の応力計算結果

設備区分

施設

設備

重大事故等クラス2管

番号	外径 (mm)	厚さ (mm)	材 料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
評 価 :							

強度計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-3

川内原子力発電所第1号機

強度計算書の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-3-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	10 (1) - 3 - 1 - 1

1. 概 要

本資料は、重大事故等クラス 2 管が十分な強度を有することの確認結果を示すものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 10-3-2 重大事故等クラス 2 管の強度計算書

重大事故等クラス 2 管の強度計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 10-3-2

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 放射線管理施設の重大事故等クラス 2 管の強度計算書 ……………	10 (1) - 3 - 2 - 1
(1) 換気設備の重大事故等クラス 2 管の強度計算書 ……………	10 (1) - 3 - 2 - 2

1. 放射線管理施設の
重大事故等クラス 2 管の強度計算書

- (1) 換気設備の
重大事故等クラス 2 管の強度計算書

1. 換気設備の重大事故等クラス2管の強度計算結果

1.1 管の設計仕様

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材 料	番号
換 気 設 備	緊急時対策所非常用 空気浄化ライン 緊急時対策棟 (指揮所) 出口取合点 ～ 緊急時対策棟 (休憩所) (1,2号機共用)	(注1) 0.0054	(注1) 50	(注2) 318.5	(注2) 10.3	STPT370	1
				(注2) 318.5	(注2) 10.3	STPT370	2
				(注2) 318.5	(注2) 10.3	STPT370	3
				(注2) 318.5	(注2) 10.3	STPT370	4
	緊急時対策所 加圧ライン 緊急時対策棟 (指揮所) 出口取合点 ～ 流量調整弁 (休憩所) (1,2号機共用)	(注1) 0.99	(注1) 40	(注2) 60.5	(注2) 3.5	SUS304TP	5
				(注2) 60.5	(注2) 3.5	SUS304TP	6

(注1) 重大事故等時における使用時の値。

(注2) 公称値

(注3) エルボを示す。

1.2 管の厚さ計算結果 (JSME PPC-3411)

設備区分 放射線管理施設

換気設備

重大事故等クラス2管

番号	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	材 料	許容引張応力 S (MPa)	外 径 D _o (mm)	継手の効率 η	計算上必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の必要最小厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1	0.0054	50	STPT370	93	318.5	1.00	0.1	3.8	10.3 (9.0)
2	0.0054	50	STPT370	93	318.5	1.00	0.1	3.8	10.3 (9.0)
3	0.0054	50	STPT370	93	318.5	1.00	0.1	3.8	10.3 (9.0)
4	0.0054	50	STPT370	93	318.5	1.00	0.1	3.8	10.3 (9.0)
5	0.99	40	SUS304TP	129	60.5	1.00	0.3	—	3.5 (3.0)
6	0.99	40	SUS304TP	129	60.5	1.00	0.3	—	3.5 (3.0)
	以下余白								

評 価：上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ及び炭素鋼鋼管の必要最小厚さ以上である。

1.3 管の応力計算結果 (JSME PPC-3500)

設備区分 放射線管理施設

換気設備

重大事故等クラス2管

番号	外径 (mm)	厚さ (mm)	材 料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
1	318.5	10.3	STPT370	0.0054	50	31	139
2	318.5	10.3	STPT370	0.0054	50	31	139
5	60.5	3.5	SUS304TP	0.99	40	35	193
	以下余白						
評 価：管の合計応力は許容応力以下であるので、強度は十分である。							

生体遮蔽装置の放射線の遮蔽
及び熱除去についての計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 11

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	11 (1) - 1
2. 生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去に関する基本方針 ..	11 (1) - 1
2.1 基本方針	11 (1) - 1
2.2 適用基準及び適用規格等	11 (1) - 2
3. 遮蔽設計	11 (1) - 3
4. 放射線の遮蔽及び熱除去の評価	11 (1) - 5
4.1 放射線の遮蔽評価	11 (1) - 5
4.2 熱除去の評価	11 (1) - 7
4.3 放射線の遮蔽及び熱除去の評価のまとめ	11 (1) - 10

別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要

1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 54 条第 1 項第 1 号及び第 6 号、第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）（1,2 号機共用（以下同じ。））の居住性を確保するために設置する緊急時対策所遮蔽の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去の評価について説明するものである。

なお、重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するために、その遮蔽効果を期待していることから、外部遮蔽の設計並びに放射線の遮蔽の評価についても説明する。

また、技術基準規則第 54 条第 1 項第 1 号及び第 6 号並びにそれらの解釈に基づき、重大事故等対処設備として設置する生体遮蔽が放射線以外の温度、荷重その他の使用条件に対して有効に機能を発揮することを、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

2. 生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去に関する基本方針

2.1 基本方針

(1) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽は、技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づき、以下のとおり遮蔽設計及び評価を行う。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性については、想定する放射性物質の放出量等を東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とし、かつ、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内でのマスクの着用、交代要員体制及び安定よう素剤の服用がなく、仮設設備を考慮しない要件においても、2 号機からの影響も考慮した緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量が事故後 7 日間で 100mSv を超えないことを居住性に係る被ばく評価の判断基準とする。

緊急時対策所遮蔽は、重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性及び緊急時対策所換気設備（1,2 号機共用）の性能とあいまって、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所遮蔽の耐震性に関する遮蔽性の維持については、添付資料 9「耐震性に関する説明書」のうち添付資料 9-1「耐震設計の基本方針」に示す。

(2) 外部遮蔽

外部遮蔽については、技術基準規則 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待する。

(3) 放射線の遮蔽及び熱除去の評価

緊急時対策所遮蔽における放射線の遮蔽評価は、重大事故等時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員が受ける線量を計算し、その結果が居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足できることを確認する。緊急時対策所遮蔽における放射線の遮蔽評価に当たっては、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061918 号原子力規制委員会決定）（以下「審査ガイド」という。）を参照し、放射性物質等の評価条件及び評価手法を考慮して評価する。

緊急時対策所遮蔽における熱除去の評価は、遮蔽体（鉄筋コンクリート）中の温度上昇が最も厳しい箇所について、線量計算で求める遮蔽体のガンマ線入射線束よりガンマ発熱量を求めて遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果がコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値以下となることを確認する。

2.2 適用基準及び適用規格等

生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去の評価に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）（平成 21・07・27 原院第 1 号平成 21 年 8 月 12 日）（以下「被ばく評価手法（内規）」という。）
- ・ 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針（昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 原子力発電所放射線遮へい設計規程（JEAC4615－2008）
- ・ 原子力発電所放射線遮へい設計指針（JEAG4615－2003）
- ・ 審査ガイド

3. 遮蔽設計

緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員を原子炉格納容器内に放出された放射性物質から直接的に施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「直接線」という。）、空気中で散乱されて施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「スカイシャイン線」という。）、大気中へ放出された放射性物質が大気中を拡散して生ずる放射性雲からのガンマ線（以下「クラウドシャイン線」という。）及び大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（以下「グランドシャイン線」という。）から防護するための十分な遮蔽厚さを有するものとし、「2.1 基本方針」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所遮蔽の開口部又は室内換気のための配管やケーブル等を施設するために必要な貫通部については、必要に応じて次の放射線漏えい防止措置を講じた設計とする。

- ・ 開口部を設ける場合、人が容易に接近できないような場所への開口部設置
- ・ 貫通部に対する遮蔽補強
- ・ 線源機器と貫通孔との位置関係により、貫通孔から線源機器が直視できない措置

但し、人が居住するエリア以外の限定的な範囲において遮蔽厚さを確保できない部分については、放射線の入射を可能な限り防止する等、適切な処置を講じる。

以下に緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽の詳細設計を示す。

(1) 緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち指揮所部

緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち指揮所部（以下「指揮所遮蔽」という。）の遮蔽設計については、令和元年6月3日付け原規規発第1906035号にて認可された工事計画（以下「指揮所工認」という。）の添付資料16「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。

(2) 緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち休憩所部及び緊急時対策所遮蔽（ハロンボンベ（緊急時対策棟（休憩所）用）保管エリア）

緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち休憩所部（以下「休憩所遮蔽」という。）及び緊急時対策所遮蔽（ハロンボンベ（緊急時対策棟（休憩所）用）保管エリア）（以下「ハロンボンベ保管エリア遮蔽」という。）の遮蔽設計については、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画（以下「新規制基準適合性確認工認」という。）の添付資料33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。

(3) 緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち連絡通路部

緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち連絡通路部（以下「連絡通路遮蔽」という。）は、「2.1 基本方針」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

連絡通路遮蔽の壁、天井及び床のコンクリートは、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員を直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線及びグランドシャイン線から防護するために十分な遮蔽厚さを有する設計とする。また、連絡通路遮蔽の出入口部の開口（以下「出入口開口」という）に関して、以下の遮蔽設計を行う。なお、他に遮蔽設計として考慮する窓等の開口部はない。

a. 出入口開口に関する遮蔽設計

連絡通路遮蔽の出入口は、原子炉と反対側に設置する。

出入口には扉を設置するが、扉は遮蔽として考慮しないため、出入口開口として以下のとおり設計する。

- (a) 外部の放射線源に対して、最短通過距離部においても 700mm 以上の遮蔽厚を確保する設計とする。
- (b) 出入口開口から外部の放射線源を直視できないよう、二重扉の迷路構造とする。

緊急時対策所遮蔽の設置位置を第 3-1 図に、構造図及び出入口開口に関する遮蔽概要図を第 3-2 図に示す。

(4) 外部遮蔽

外部遮蔽は、以下のとおりその遮蔽効果を期待する設計とする。

技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待している外部遮蔽の範囲については、外部遮蔽円筒部及び外部遮蔽ドーム部とする。

4. 放射線の遮蔽及び熱除去の評価

4.1 放射線の遮蔽評価

4.1.1 評価方針

重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量は、その滞在場所により遮蔽及び換気設備等の条件が異なることから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち指揮所（以下「指揮所」という。）に7日間滞在した場合の実効線量と緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち休憩所（以下「休憩所」という。）に7日間滞在した場合の実効線量を個別に評価する。その上で、事故期間中は指揮所と休憩所を行き来するため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量は、指揮所に7日間滞在した場合と休憩所に7日間滞在した場合の実効線量の平均値とし、居住性に係る被ばく評価の判断基準と比較する。

指揮所の放射線の遮蔽評価における評価方針については、指揮所工認の添付資料16「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。休憩所の放射線の遮蔽評価における評価方針については、平成29年12月20日付け原発本第248号にて届出した工事計画の添付資料33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。

4.1.2 評価条件及び評価結果

指揮所の放射線の遮蔽評価における評価条件については、指揮所工認の添付資料16「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」、休憩所の放射線の遮蔽評価における評価条件については、平成29年12月20日付け原発本第248号にて届出した工事計画の添付資料33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」によるが、連絡通路の設置に伴い変更となる条件を以下に示す。

また、指揮所と休憩所の外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばくの線量計算は、添付資料13「緊急時対策所の居住性に関する説明書」の結果を用いる。

(1) 評価条件

a. グランドシャイン線による被ばく

(a) 指揮所

放射性物質が沈着する線源範囲の設定に当たっては、連絡通路設置に伴い、建屋まわりの地表面として設定していた連絡通路部分の線源条件が緊急時対策棟の屋上に変更となることから、計算モデル、地表面沈着

速度の評価項目及び地表面に沈着した放射性物質によるガンマ線エネルギーをエネルギー範囲別に算出した事故後 7 日間積算のグランド線源強度（以下「事故後 7 日間積算のグランド線源強度」という。）が変更となる。

なお、休憩所屋内への放射性物質の沈着については、休憩所に外気を取り込まない設計のため、考慮しない。

グランドシャイン線量の計算モデルを第 4-1-1 図に、地表面沈着速度の条件を第 4-1-1 表に示す。また、事故後 7 日間積算のグランド線源強度を第 4-1-2 表に示す。

(b) 休憩所

放射性物質が沈着する線源範囲の設定に当たっては、連絡通路設置に伴い、建屋まわりの地表面として設定していた連絡通路部分の線源条件が緊急時対策棟の屋上に変更となることから、計算モデル及び地表面沈着速度の評価項目及び事故後 7 日間積算のグランド線源強度が変更となる。

また、休憩所においては、建屋まわりの地形が平成 29 年 12 月 20 日付け原発本第 248 号にて届出した工事計画の添付資料 33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」から最新の地形条件に変更されることも計算モデル及び事故後 7 日間積算のグランド線源強度に反映される。

グランドシャイン線量の計算モデルを第 4-1-1 図に、地表面沈着速度の条件を第 4-1-1 表に示す。また、事故後 7 日間積算のグランド線源強度を第 4-1-3 表に示す。

(2) 被ばく評価結果

重大事故等時に緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽を透過する放射線並びに指揮所において緊急時対策所遮蔽のうち指揮所部を透過せず貫通部を通過する放射線による線量は、第 4-1-4 表に示すとおり実効線量で指揮所は約 7.0mSv、休憩所は約 25mSv である。重大事故等時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員が受ける線量は、第 4-1-5 表に示すとおり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれた外気による線量を合わせて指揮所は約 17mSv、休憩所は約 35mSv であることから、7 日間の実効線量の平均値は約 26mSv となり、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する。

4.2 熱除去の評価

4.2.1 評価方針

(1) 評価の概要

連絡通路遮蔽の熱除去に関する設計のために、放射線による遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果が遮蔽機能上問題ないことを確認する。なお、温度上昇については、遮蔽体の熱伝導率や遮蔽体からの放熱は、保守的な評価条件となるように評価する。

熱除去の評価では、伝熱理論に基づいた解析手法により遮蔽体の温度上昇を計算する。評価に当たっては、遮蔽体中の温度上昇が最も厳しい箇所について、線量計算で求める遮蔽体のガンマ線入射線束よりガンマ発熱量を求めて遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果がコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値として設定する 170°C以下^(注)となることを確認する。

なお、指揮所遮蔽の評価については、指揮所工認の添付資料 16「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。休憩所遮蔽及びハロンボンベ保管エリア遮蔽の評価については、新規制基準適合性確認工認の添付資料 33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。外部遮蔽の評価については、平成 29 年 12 月 20 日付け原発本第 248 号にて届出した工事計画の添付資料 33「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。

本評価では、保守的な結果となるように以下のとおり遮蔽体の温度上昇を計算する。

- ・遮蔽体は鉄筋コンクリートであるが、コンクリートに比べ鉄筋は熱伝導率が高く、鉄筋によりコンクリートの熱が除去されることから、ガンマ発熱量の計算上はコンクリートのみとする。
- ・緊急時対策所遮蔽の評価については、コンクリートに入射、吸収されたガンマ線は全て温度上昇に寄与するものとし、外気や室内への放熱はないものとする。
- ・遮蔽体の温度上昇の計算に用いるガンマ発熱量は、各評価点でガンマ発熱量を計算し、これらの結果を合計したものとする。

(注) 温度制限値とする 170°Cは、「Engineering Compendium on Radiation Shielding Vol.9.1.12.6」(R.G.Jaeger, 1975) によるコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値 177°Cを保守的に切り下げて設定する。なお、強度評価上は、既往の文献である「高温(175°C)を受けたコンクリ

ートの強度性状」(セメント・コンクリート No.449, July1984) 及び「高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究」(日本建築学会構造系論文集第 457 号 1994 年 3 月) によると、コンクリートを 175℃ 程度、91 日間加熱した試験でも、コンクリートの圧縮強度の低下及び剛性の低下は小さいとされている。

(2) 連絡通路遮蔽における温度上昇の計算

a. ガンマ発熱量の計算

各評価点のガンマ線入射線束に遮蔽体の構成物質(コンクリート)に応じたエネルギー吸収係数を乗じて各評価点のガンマ発熱量を次式により計算し、これらの結果を合計したものを 1 点に入射させた場合のガンマ発熱量を温度上昇の計算に用いる。

$$Q = I_{\gamma} \cdot f \cdot B$$

ここで

Q : ガンマ発熱量(kJ/cm³)

I_γ : ガンマ線入射線束(MeV/cm²)

f : MeV から kJ への換算係数(1.602×10⁻¹⁶kJ/MeV)

B : コンクリートの線エネルギー吸収係数(cm⁻¹)^(注)

(注) Reactor Physics Constants (ANL-5800, July 1963)

b. 遮蔽体における温度上昇の計算

「a. ガンマ発熱量の計算」により得られたガンマ発熱量を用いて、比熱の定義 ($c = Q / (m \cdot \Delta T)$) を ΔT について解いた次式により温度上昇を計算する。

$$\Delta T = Q \cdot 1000 / (c \cdot \rho)$$

ここで

ΔT : 温度上昇(℃)

Q : ガンマ発熱量(kJ/cm³)

c : コンクリートの比熱(0.95kJ/(kg・℃))^(注1)

ρ : コンクリート比重(g/cm³)
(緊急時対策所遮蔽 : 2.15) (注2)

(注1) 伝熱工学資料 改訂第5版(日本機械学会, 2009)

(注2) 今回申請の設計確認値

4.2.2 評価条件及び評価結果

(1) ガンマ線入射線束の評価点の設定

遮蔽体のガンマ線入射線束の評価点は、入射線束が最も高くなるように、以下のとおり各々設定する。

a. 連絡通路遮蔽

連絡通路遮蔽のガンマ線入射線束の評価点は、第4-2-1図に示すとおり、直接線については連絡通路遮蔽の遮蔽壁のうち線源である原子炉格納容器に最近接の壁外側表面、スカイシャイン線、クラウドシャイン線及びグランドシャイン線については、連絡通路遮蔽の遮蔽壁のうち天井壁外側表面とする。

(2) ガンマ線入射線束の設定

a. 連絡通路遮蔽

重大事故等時における連絡通路遮蔽のガンマ線入射線束について、グランドシャイン線については「4.1.2 評価条件及び評価結果」に示す放射線の遮蔽計算の線源及びモデルを使用する。直接線、スカイシャイン線及びクラウドシャイン線の線源は、指揮所工認の添付資料16「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての説明書」に示す放射線の遮蔽計算の線源と同様であり、計算モデルについては第4-2-2図及び第4-2-3図に示す計算モデルを用いる。直接線はQADコード、スカイシャイン線はSCATTERINGコード、クラウドシャイン線は0.5MeV換算の線量及び線量換算係数、グランドシャイン線はQADコードを用いて計算する。これらのガンマ線入射線束の計算結果を第4-2-1表に示す。

(3) 遮蔽体におけるガンマ発熱量及び温度上昇の評価

a. ガンマ発熱量の評価

「4.2.1 (2) a. ガンマ発熱量の計算」の計算式により得られたガンマ発熱量の計算結果を以下に示す。

(a) 連絡通路遮蔽

連絡通路遮蔽の重大事故等時における事故後 7 日間積算のガンマ発熱量は第 4-2-1 表に示すとおり約 $2.1 \times 10^{-4} \text{ kJ/cm}^3$ となる。

b. 温度上昇の評価

「4.2.1 (2) b. 遮蔽体における温度上昇の計算」の計算式により得られた温度上昇の計算結果を以下に示す。

(a) 連絡通路遮蔽

連絡通路遮蔽の重大事故等時における温度上昇は第 4-2-1 表に示すとおり約 0.2°C となる。

(4) 熱除去の評価結果

a. 連絡通路遮蔽

「4.2.2 (3) b. 温度上昇の評価」に示すとおり連絡通路遮蔽の重大事故等時における温度上昇は 1°C 以下となり、コンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値を満足している。

4.3 放射線の遮蔽及び熱除去の評価のまとめ

連絡通路遮蔽について、放射線の遮蔽及び熱除去の評価を行った結果、それぞれの判断基準を満足していることを確認したことから、遮蔽機能上問題ないものと評価する。

第4-1-1表 地表面沈着速度の条件（指揮所、休憩所共通）

項目	評価条件	選定理由	備考
屋外への沈着速度 ・ 建屋まわりの地表面 ・ 緊急時対策棟及びハロンボンベ（緊急時対策棟（休憩所）用）保管エリアの屋上	1.2cm/s	線量目標値評価指針 ^(注1) を参考に、湿性沈着を考慮して乾性沈着速度(0.3cm/s)の4倍を設定 乾性沈着速度は NUREG/CR-4551 Vol.2 ^(注2) より設定	審査ガイド 4.2(2)d.放射性物質の地表面への沈着評価では、地表面への乾性沈着及び降雨による湿性沈着を考慮して地表面沈着濃度を計算する。
屋内への沈着速度 ・ 緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内床面	0.3cm/s	湿性沈着は考慮せず、乾性沈着のみを考慮 乾性沈着速度は NUREG/CR-4551 Vol.2 ^(注2) より設定	

(注1) 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針（原子力委員会）

(注2) Evaluation of Severe Accident Risks : Quantification of Major Input Parameters(米国 NUREG/CR-4551 Vol.2)

第4-1-2表 事故後7日間積算のグランド線源強度（指揮所）

代表エネルギー (MeV/dis)	エネルギー範囲 (MeV/dis)	積算線源強度 (MeV)
0.1	$E \leq 0.1$	7.9×10^{19}
0.125	$0.1 < E \leq 0.15$	1.3×10^{19}
0.225	$0.15 < E \leq 0.3$	3.1×10^{20}
0.375	$0.3 < E \leq 0.45$	7.7×10^{20}
0.575	$0.45 < E \leq 0.7$	2.1×10^{21}
0.85	$0.7 < E \leq 1$	1.7×10^{21}
1.25	$1 < E \leq 1.5$	5.9×10^{20}
1.75	$1.5 < E \leq 2$	6.1×10^{19}
2.25	$2 < E \leq 2.5$	5.0×10^{19}
2.75	$2.5 < E \leq 3$	1.3×10^{18}
3.5	$3 < E \leq 4$	4.7×10^{14}
5	$4 < E \leq 6$	1.4×10^{14}
7	$6 < E \leq 8$	3.8×10^7
9.5	$8 < E$	5.9×10^6

第4-1-3表 事故後7日間積算のグランド線源強度（休憩所）

代表エネルギー (MeV/dis)	エネルギー範囲 (MeV/dis)	積算線源強度 (MeV)
0.1	$E \leq 0.1$	6.9×10^{19}
0.125	$0.1 < E \leq 0.15$	1.1×10^{19}
0.225	$0.15 < E \leq 0.3$	2.7×10^{20}
0.375	$0.3 < E \leq 0.45$	6.7×10^{20}
0.575	$0.45 < E \leq 0.7$	1.9×10^{21}
0.85	$0.7 < E \leq 1$	1.5×10^{21}
1.25	$1 < E \leq 1.5$	5.1×10^{20}
1.75	$1.5 < E \leq 2$	5.3×10^{19}
2.25	$2 < E \leq 2.5$	4.3×10^{19}
2.75	$2.5 < E \leq 3$	1.1×10^{18}
3.5	$3 < E \leq 4$	4.1×10^{14}
5	$4 < E \leq 6$	1.3×10^{14}
7	$6 < E \leq 8$	3.3×10^7
9.5	$8 < E$	5.2×10^6

第4-1-4表 緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内）
及び外部遮蔽を透過する放射線による線量

（単位：mSv）

種 類	線 量（1,2号機同時被災時）	
	指揮所	休憩所
直接線量及び スカイシャイン線量	約 1.3×10^{-2}	約 3.0×10^{-2}
クラウドシャイン線量	約 1.3×10^{-1}	約 1.6×10^{-1}
グラウンドシャイン線量	約 6.9×10^0	約 2.5×10^1
合計	約 7.0×10^0	約 2.5×10^1

第4-1-5表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく評価結果

被ばく経路		実効線量 (mSv)		
		指揮所	休憩所	平均値
室内作業時	①原子炉格納容器内の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 1.3×10^{-2}	約 3.0×10^{-2}	約 2.1×10^{-2}
	②大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 1.3×10^{-1}	約 1.6×10^{-1}	約 1.4×10^{-1}
	③外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく	約 9.5×10^0	約 9.4×10^0	約 9.4×10^0
	(内訳) 内部被ばく 外部被ばく	(約 9.4×10^0) (約 1.1×10^{-2})	(約 9.4×10^0) (約 6.9×10^{-3})	(約 9.4×10^0) (約 9.0×10^{-3})
	④大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 6.9×10^0	約 2.5×10^1	約 1.6×10^1
合計 (①+②+③+④)		約17 ^(注)	約35 ^(注)	約26 ^(注)

(注) 有効数字2桁で切り上げた値

- …重大事故等時に緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽を透過する線量（その他の線量は、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料13「緊急時対策所の居住性に関する説明書」の結果を用いる。）

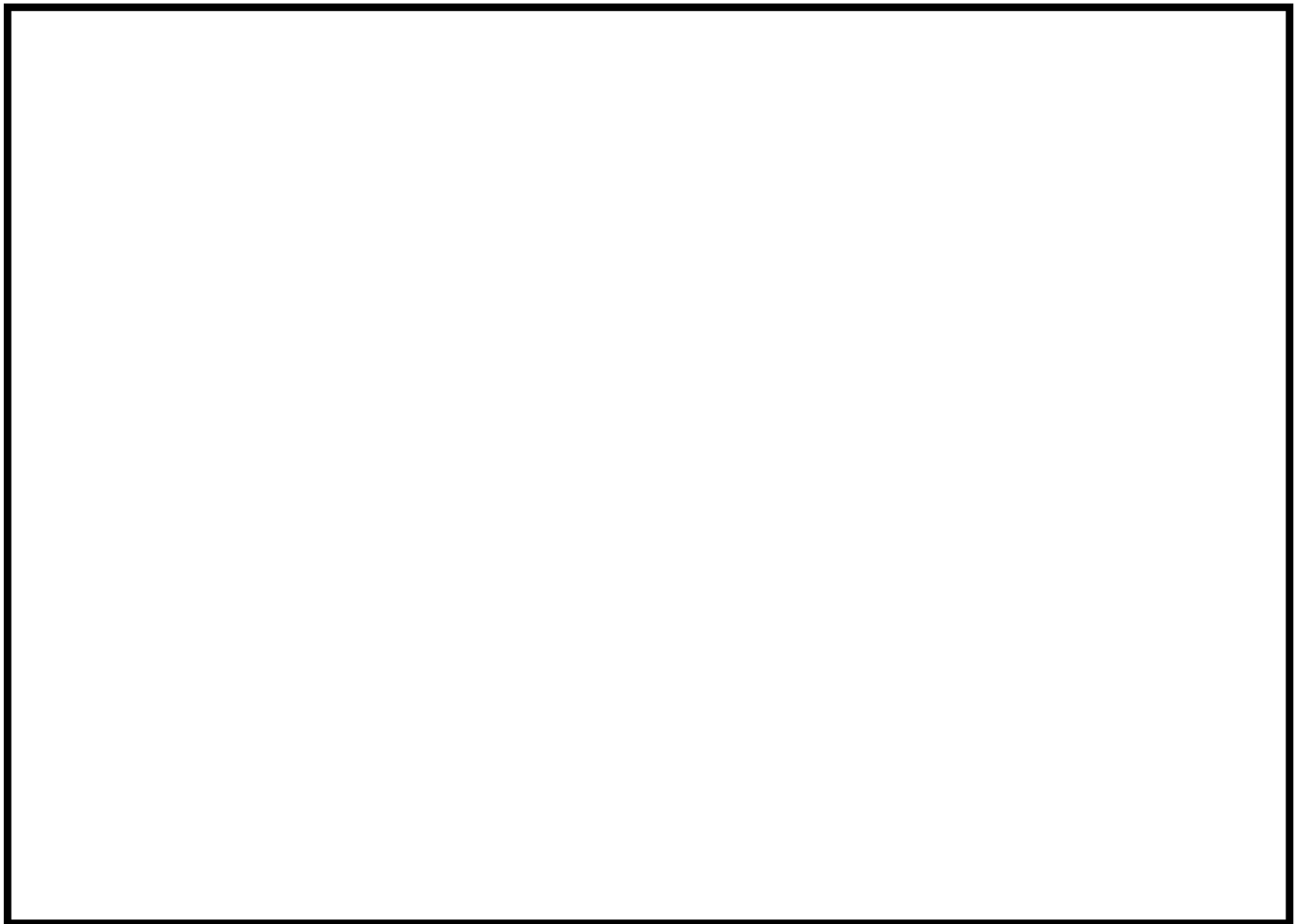
第4-2-1表 連絡通路遮蔽の熱除去に検討に係るガンマ線入射線束、
ガンマ発熱量及び温度上昇（重大事故等時）

号機	ガンマ線 ^(注1)		ガンマ線 入射線束 ^(注2) (MeV/cm ²)	ガンマ発熱量 ^(注2) (kJ/cm ³)		温度上昇 (°C)
	①	②				
1,2号機 同時被災時	①	直接線	約 1.3×10 ⁹	約 1.1×10 ⁻⁸	約 2.1×10 ⁻⁴	約 0.2
	②	スカイ シャイン線	約 2.0×10 ¹⁰	約 2.0×10 ⁻⁷		
	③	クラウド シャイン線	約 3.5×10 ¹¹	約 3.6×10 ⁻⁶		
	④	グラウンド シャイン線	約 2.0×10 ¹³	約 2.1×10 ⁻⁴		

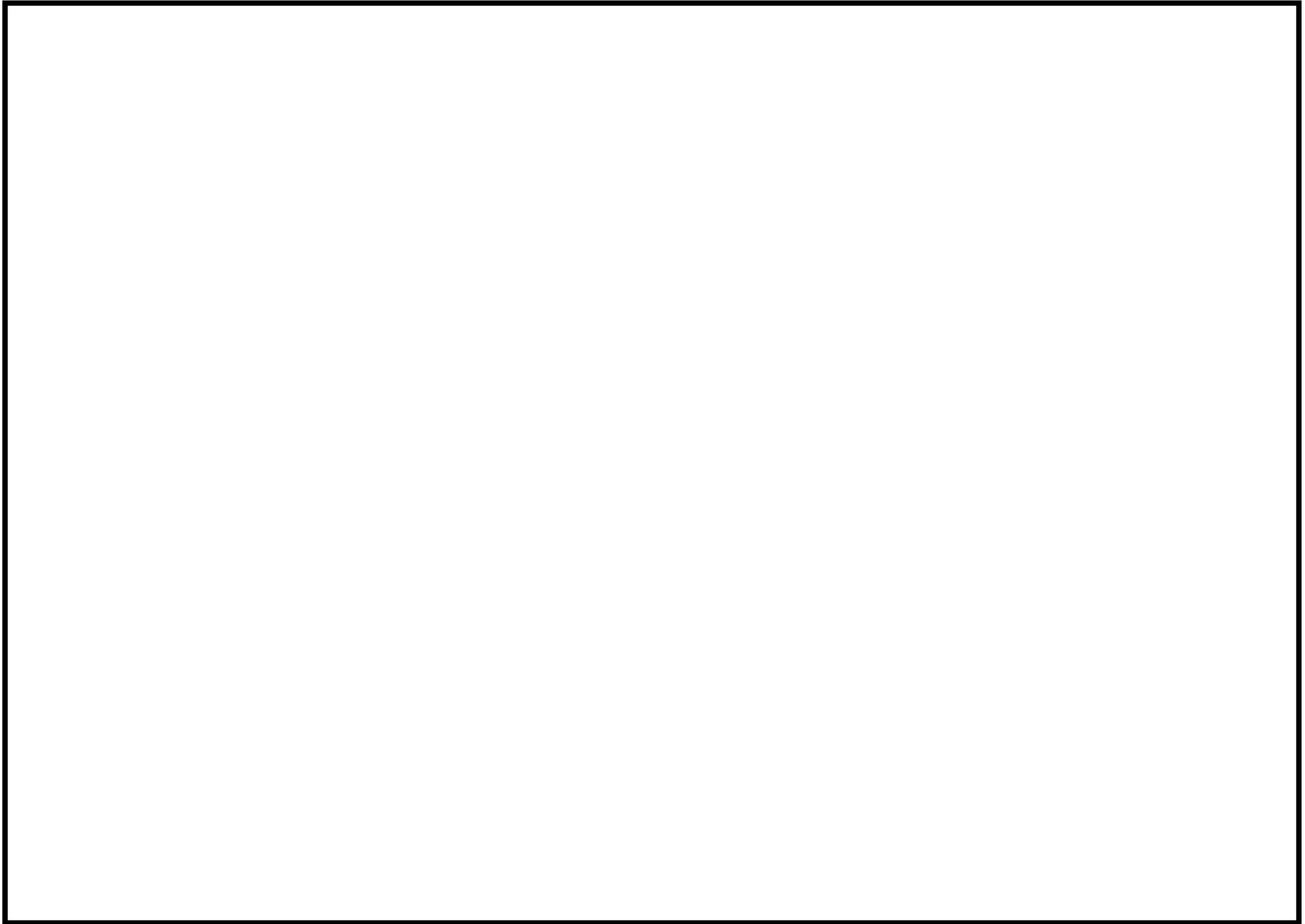
(注1) 表中の①～④は第4-2-1図による各ガンマ線の評価点を示す。

①：原子炉格納容器に最近接の壁外側表面、②③④：天井壁外側表面

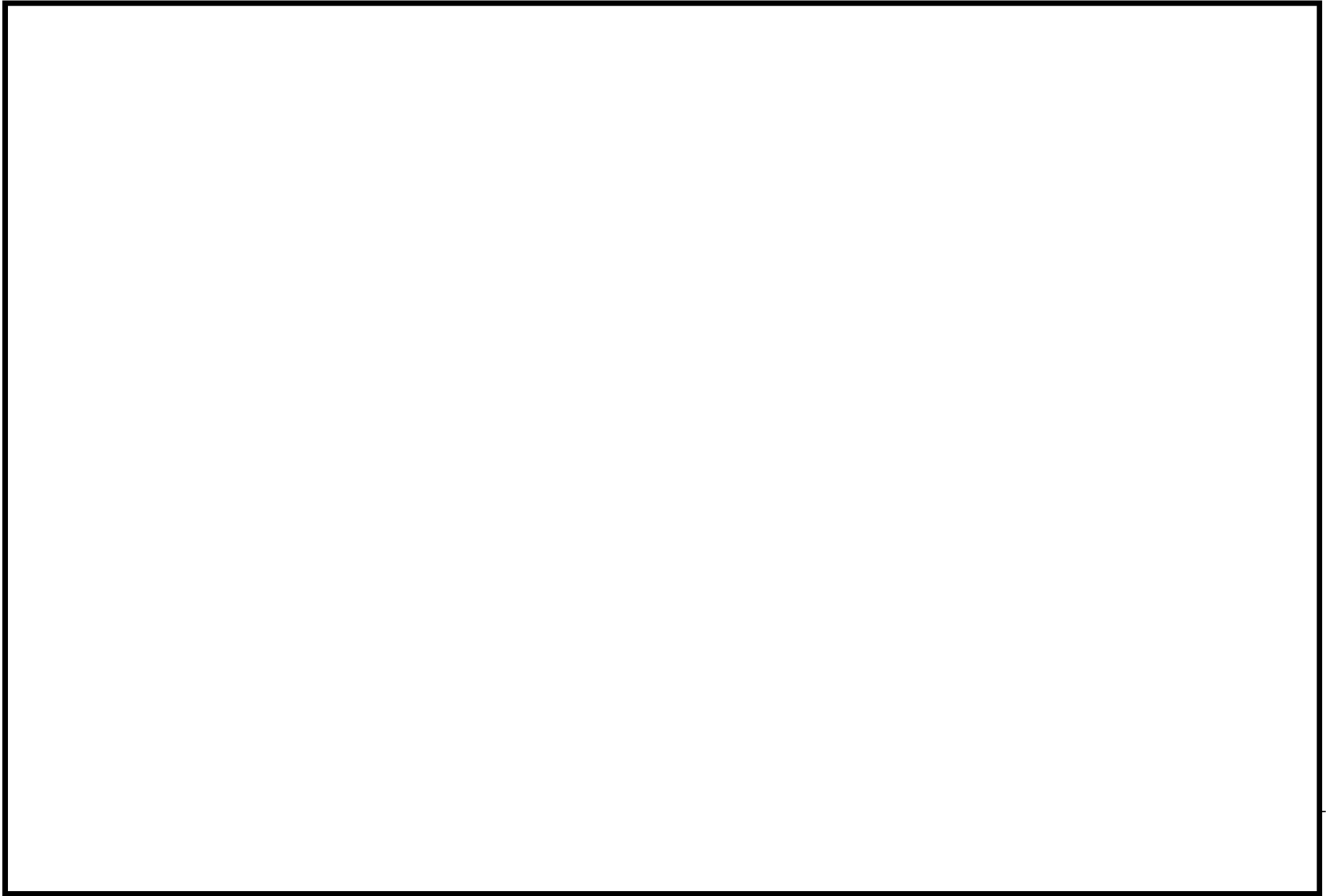
(注2) 事故後7日間積算



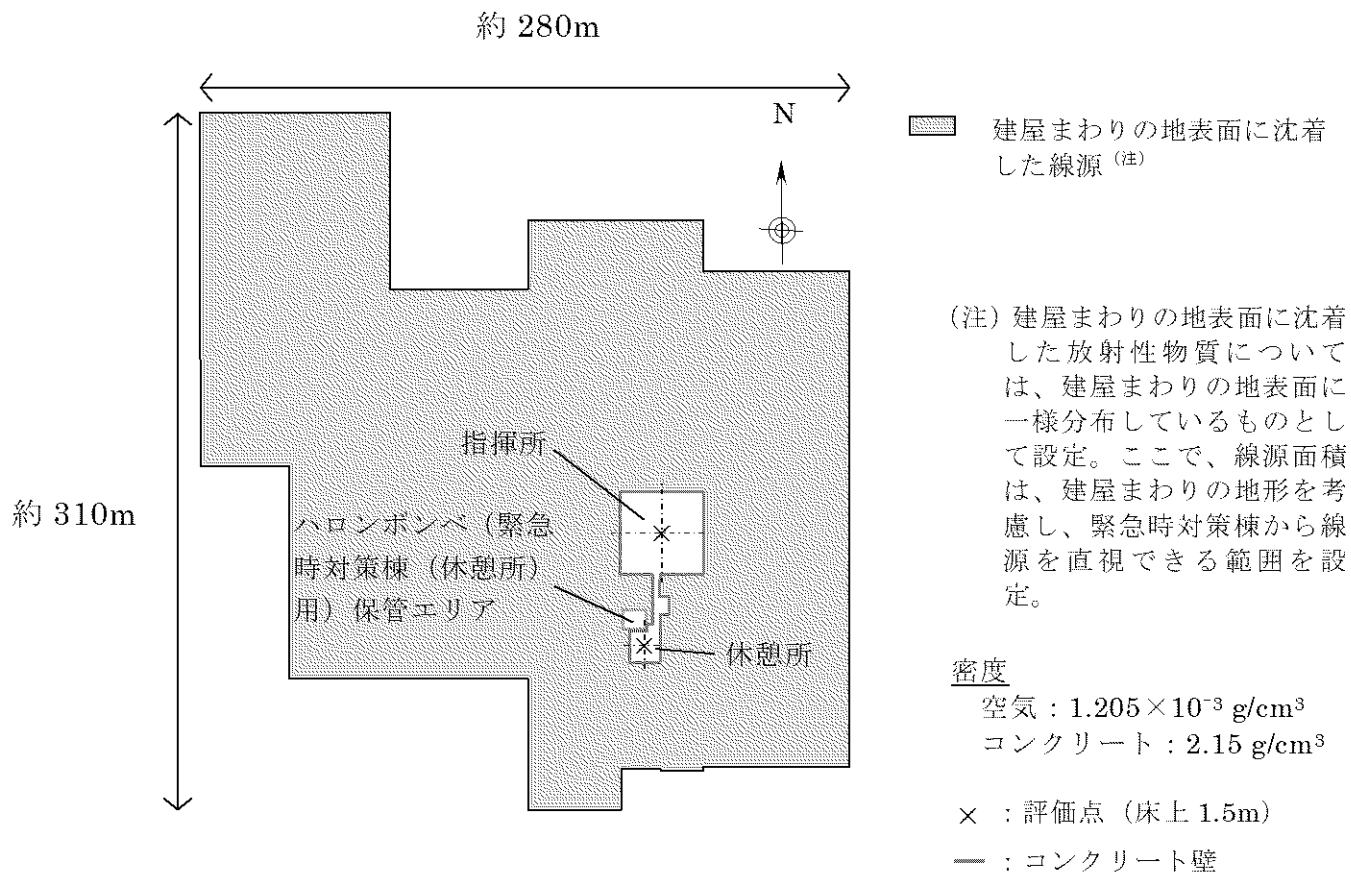
第 3-1 図 緊急時対策所遮蔽の設置位置



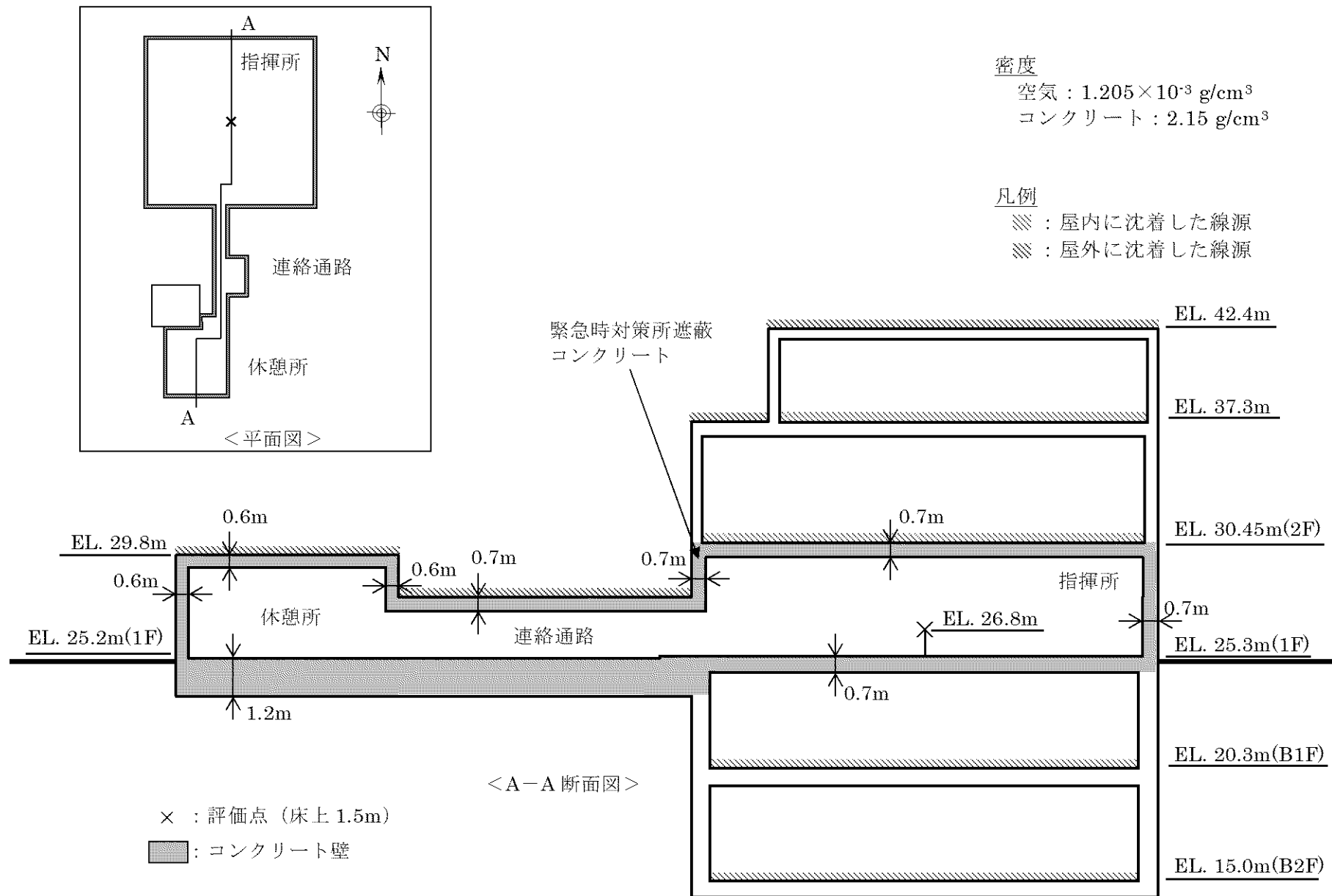
第 3-2 図 緊急時対策所遮蔽の構造図及び出入口開口に関する遮蔽概要図 (1 / 2)



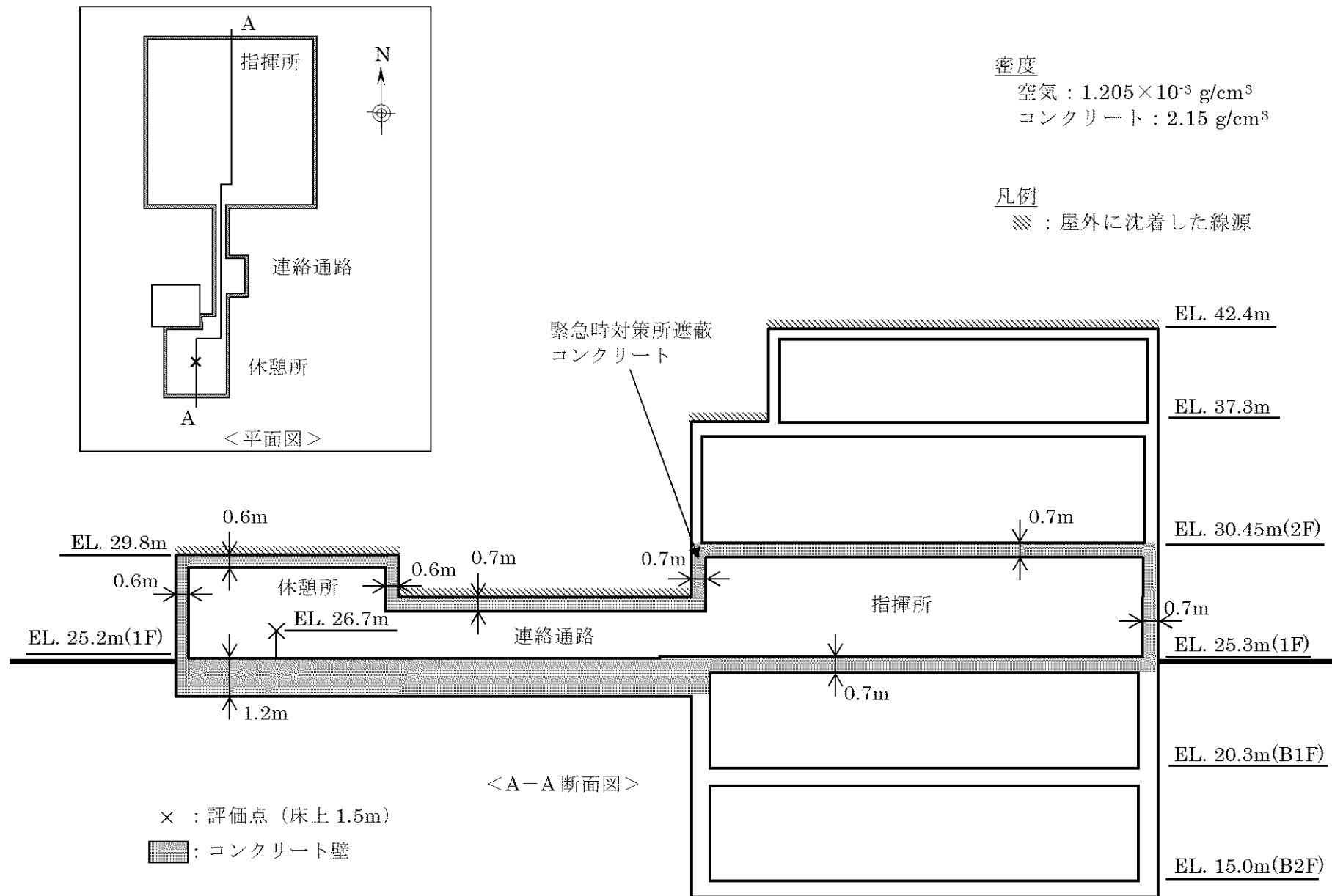
第 3-2 図 緊急時対策所遮蔽の構造図及び出入口開口に関する遮蔽概要図 (2 / 2)



第4-1-1図 グランドシャイン線量計算モデル (指揮所、休憩所共通) (1/5)



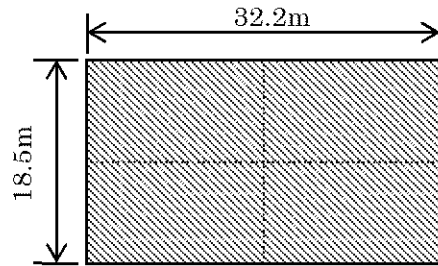
第 4-1-1 図 グランドシャイン線量計算モデル (指揮所) (2/5)



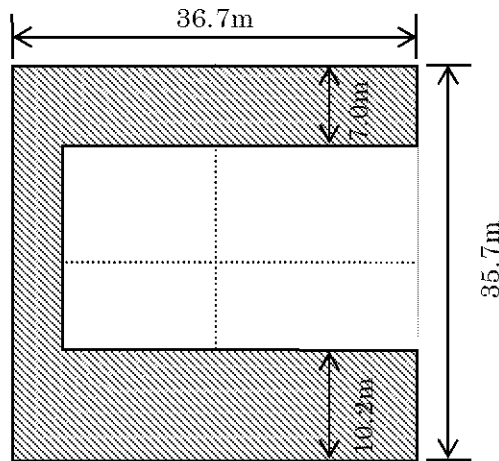
第4-1-1図 グランドシャイン線量計算モデル (休憩所) (3/5)

凡例

▨: 屋外に沈着した線源



(指揮所 EL. 42.4m)

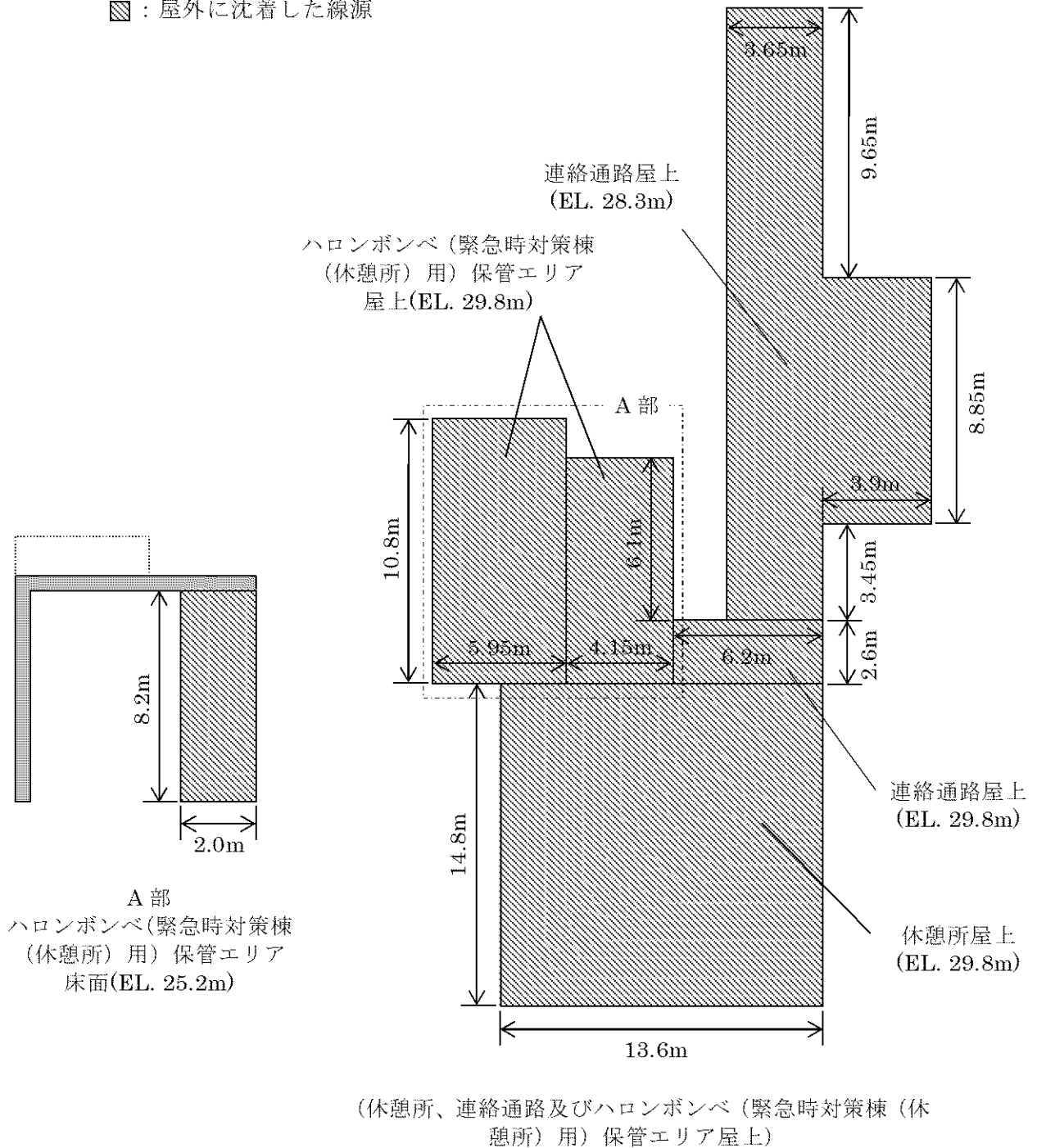


(指揮所 EL. 37.3m)

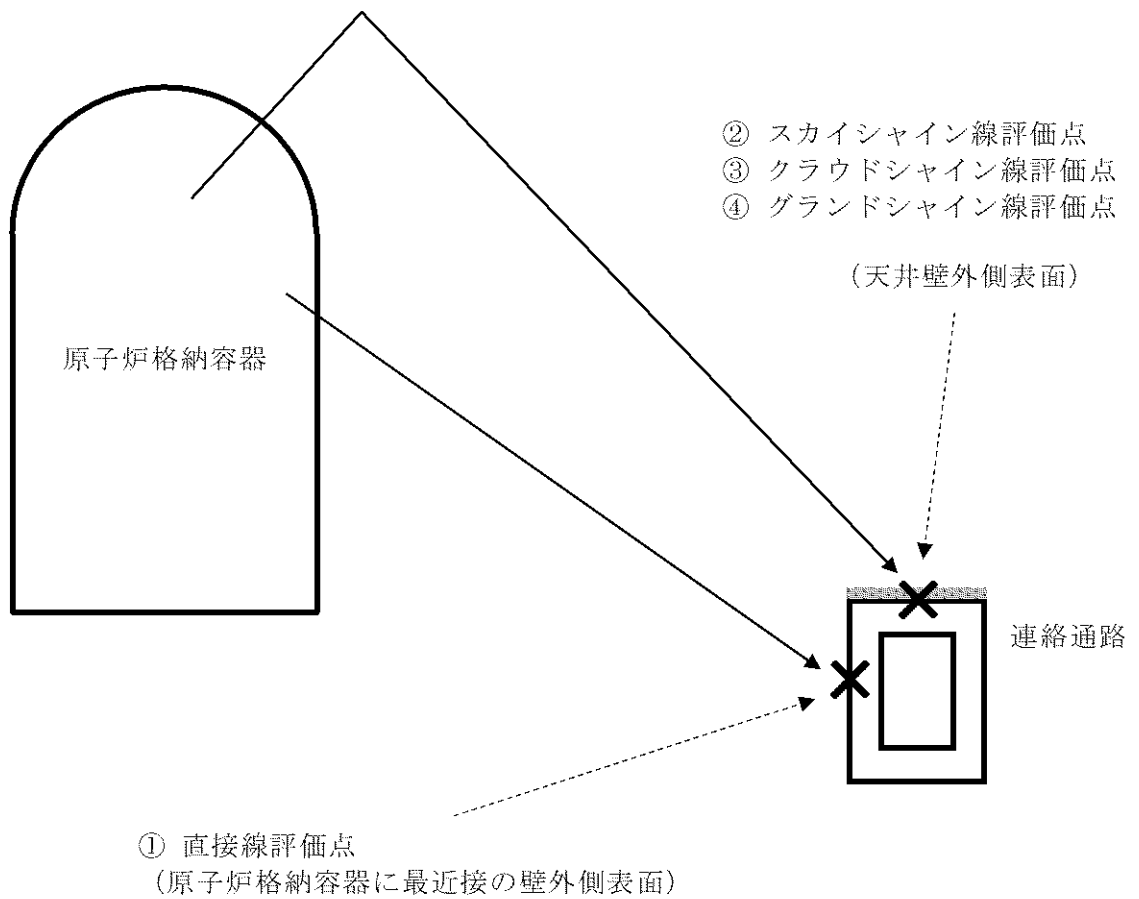
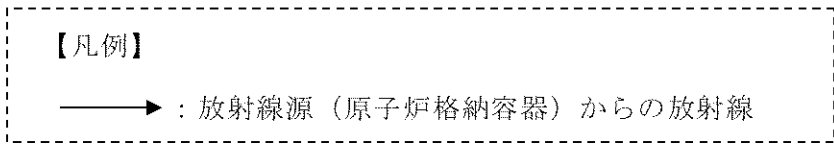
第 4-1-1 図 グランドシャイン線量計算モデル (休憩所) (4/5)

凡例

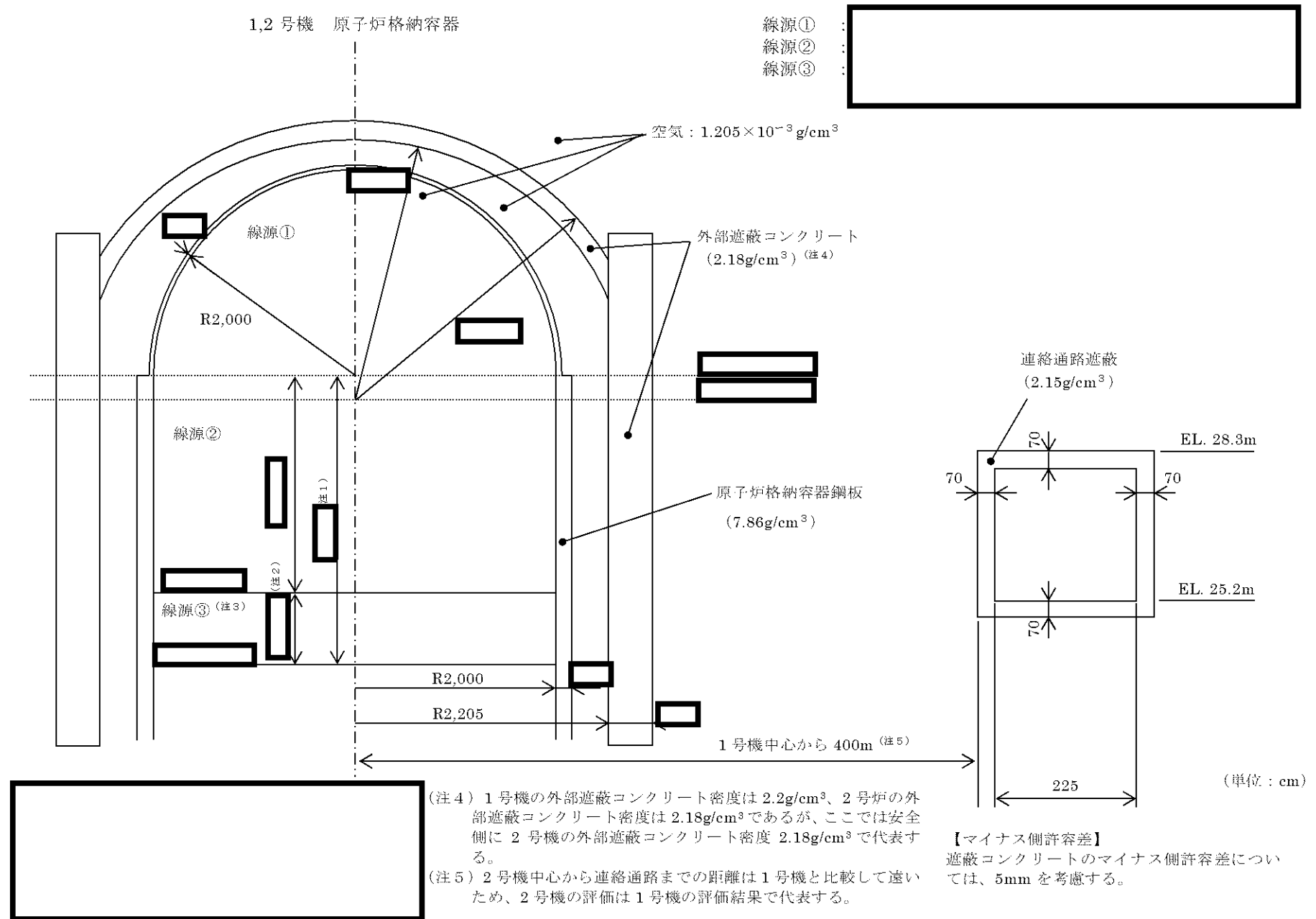
▨ : 屋外に沈着した線源



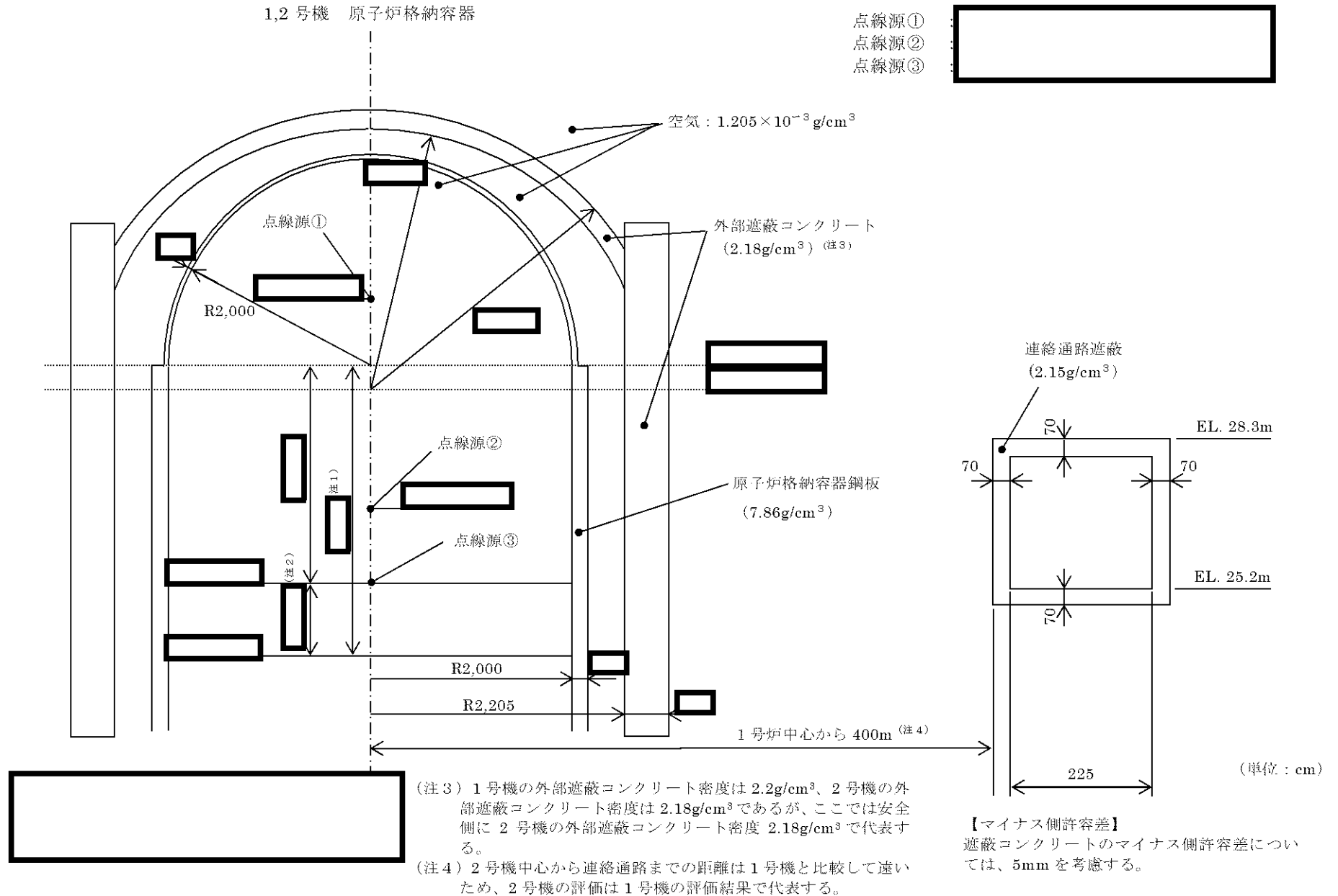
第 4-1-1 図 グランドシャイン線量計算モデル (指揮所、休憩所共通) (5/5)



第 4-2-1 図 連絡通路遮蔽の熱除去検討における温度上昇の評価点



第4-2-2図 直接線量の計算モデル (連絡通路)



第4-2-3図 スカイシャイン線量の計算モデル (連絡通路)

計算機プログラム（解析コード）の概要

目 次

	頁
1. はじめに	11 (1) - 別紙 - 1
2. 解析コードの概要	11 (1) - 別紙 - 2
(1) SCATTERING	11 (1) - 別紙 - 2
(2) QAD	11 (1) - 別紙 - 4

1. はじめに

本資料は、添付資料 11「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」
において使用した解析コードについて説明するものである。

2. 解析コードの概要

(1) SCATTERING

項目 \ コード名	SCATTERING
開発機関	米国ロスアラモス国立研究所及び三菱重工業（株）
開発時期	1974 年
使用したバージョン	Ver. 90m
使用目的	遮蔽計算 (緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量計算)
コードの概要	点減衰核積分法を使用した 1 回散乱近似法によるスカイシャイン線量の解析コードであり、ガンマ線が空気中で散乱を受けた後、観測点に到達する散乱線量（スカイシャイン線量）を計算することができる。また、点減衰核積分法により、直接線も計算することができる。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>重大事故等時の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価について、SCATTERING コードを使用して実施している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 ・ SCATTERING コードは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、遮蔽体条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、SCATTERING コードは重大事故等時における線量評価に適用可能である。

【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・ スカイシャイン線について、米国 Radiation Research Associates(RRA) が1977年に米国カンザス州立大学において⁶⁰Co線源を用いたベンチマーク試験を実施している。
- ・ このRRAでの実験値と計算値を比較した結果、概ね一致していることを確認している。
- ・ 詳細は、「SCATTERINGコードの概要」MAPI-1021改7（平成14年、三菱重工業株式会社）に示されていることを確認している。
- ・ 上記妥当性確認では、横壁よりも天井が薄い形状で、スカイシャイン線量が比較的多い体系での実験による測定値と、SCATTERINGコードによる計算値を比較している。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価は、C/Vを線源とし、C/Vを囲む外部遮蔽円筒部（側壁）は十分な遮蔽があり、C/Vを囲む外部遮蔽ドーム部（天井）は遮蔽が側壁より薄い上記妥当性確認における実験体系と同様の体系である。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価は、上記妥当性確認内容と合致している。
- ・ また、「原子力発電所放射線遮へい設計規程」(JEAC4615-2008)では、事故時の中央制御室遮蔽及び外部遮蔽のための点減衰核積分コード/散乱線計算コードとして、SPANコード、SCATTERINGコード、QADコードが、燃料移送遮蔽のための点減衰核積分コードとして、SPAN-SLABが挙げられている。

(2) QAD

項目 \ コード名	QAD-CGGP2R
開発機関	米国ロスアラモス国立研究所 及び日本原子力研究開発機構
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1.04
使用目的	遮蔽計算 (緊急時対策所における事故時直接線量計算)
コードの概要	<p>本計算機コードは、米国ロスアラモス国立研究所で開発されたガンマ線の物質透過を計算するための点減衰核積分法計算機コード「QAD」をベースとし、旧日本原子力研究所がICRP1990年勧告の国内関連法令・規則への取り入れに合わせて、実効線量率等を計算できるように改良したバージョンである。</p> <p>本計算機コードは、線源及び遮蔽体を直方体、円筒、球などの三次元形状で模擬した計算体系でガンマ線の実効線量率及び空気カーマ率等を点減衰核積分法により計算することができる。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>緊急時対策所における事故時直接線量計算について、点減衰核積分法を用いたQADコードを使用して実施している。</p> <p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 ・ QAD コードは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、遮蔽体条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、QAD コードは重大事故等時における線量評価に適用可能である。

【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・ JRR-4 散乱実験室でのコンクリート透過実験の実験値（「原子力第1船遮蔽効果確認実験報告書」JNS-4（日本原子力船開発事業団、1967））と計算値を比較した。実験孔からのガンマ線を遮蔽体に入射させ、遮蔽体透過後のガンマ線の線量率の実験値と QAD コードによる計算値を比較している。
- ・ 実験値と計算値を比較した結果、概ね一致していることを確認している。
- ・ 上記妥当性確認では、実験孔からのガンマ線を遮蔽体に入射させ、遮蔽体透過後のガンマ線の線量率の実験値と QAD コードによる計算値を比較している。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時直接線量計算では、上記妥当性確認における実験体系と同様に、ガンマ線の緊急時対策所遮蔽等の遮蔽体透過後の線量率を計算する。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時直接線量計算は上記妥当性確認内容と合致している。
- ・ また、「原子力発電所放射線遮へい設計規程」(JEAC4615-2008)では、事故時の中央制御室遮蔽及び外部遮蔽のための点減衰核積分コード/散乱線計算コードとして、SPAN コード、SCATTERING コード、QAD コードが、燃料移送遮蔽のための点減衰核積分コードとして SPAN-SLAB が挙げられている。

緊急時対策所の機能に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料12

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (1) - 1
2. 基本方針	12 (1) - 1
3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計	12 (1) - 3
3.1 居住性の確保	12 (1) - 3
3.1.1 換気設備等	12 (1) - 4
3.1.2 生体遮蔽装置	12 (1) - 5
3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計	12 (1) - 5
3.1.4 チェンジングエリア	12 (1) - 5
3.1.5 照明	12 (1) - 5

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第46条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）（1,2号機共用（以下同じ。））の機能について説明するものである。

今回の工事は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の設置に伴い、1次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「1次冷却材喪失事故等」という。）及び重大事故等に対処するための要員等が居住するスペースの拡張、緊急時対策所遮蔽（緊急時対策棟内）及び緊急時対策所換気設備のうち主配管を新たに設置するものである。したがって、今回は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能のうち、居住性の確保について説明する。緊急時対策所機能（緊急時対策棟内）のうち、情報の把握及び通信連絡については、令和元年6月3日付け原規規発第1906035号にて認可された工事計画（以下「指揮所工認」という。）から変更がないため、指揮所工認の添付資料18「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。緊急時対策所機能（緊急時対策棟内）のうち、有毒ガスに対する防護措置については、令和2年9月3日付け原規規発第2009033号にて認可された工事計画（以下「有毒ガスBF工認」という。）から変更がないため、有毒ガスBF工認の添付資料2「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。

2. 基本方針

2.1 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等が発生した場合においても当該事故等に対処するため以下の設計とする。

- (1) 基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能が損なわれるおそれがないようにするとともに、基準津波の影響を受けない設計とする。

耐震設計に関する詳細は、添付資料9「耐震性に関する説明書」のうち添付資料9-1「耐震設計の基本方針」及び添付資料4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に、自然現象への配慮等の詳細は、添付資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示す。

- (2) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、緊急時対策所機能に係る設備を含め中央制御室との共通要因により同時に機能喪失しないよう、中央制御室に対して独立性を有する設計とするとともに、中央制御室とは離れた位置に設ける設計とする。

位置的分散に関する詳細は、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

- (3) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、代替交流電源からの給電を可能な設計とし、代替電源設備からの給電を可能とするよう、希ガス等の放射性物質の放出時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側で操作及び作業を行わないことを考慮しても 1 台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）に給電するために必要な容量を有する緊急時対策所用発電機車（1,2 号機共用（以下同じ。））を予備も含めて設けることで、多重性を確保する設計とする。

緊急時対策所用発電機車の詳細は、指揮所工認の添付資料 17「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」による。

- (4) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において 1 号機及び 2 号機双方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、必要な情報を共有・考慮しながら総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とするとともに、安全性の向上が図れることから、1 号機及び 2 号機で共用する設計とする。

共用に関する詳細は、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

2.2 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、以下の機能を有する設計とする。

- (1) 居住性の確保に関する機能

1 次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための要員等を収容できるとともに、関係要員が必要な期間にわたり滞在でき、また、重大事故等が発生した場合においても、当該事故等に対処するために必要な数の要員を収容することができるとともに、放射線管理施設の換気設備（緊急時対策所換気設備（1,2 号機共用（以下同じ。）））、生体遮蔽装置（緊急時対策所遮蔽（1,2 号機共用（以下同じ。））及び外部遮蔽）の性能とあいまって、当該事故等に対処するために必要な指示を行う要員等がとどまることができる。

重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理用計測装置による放射線量の監視、測定ができる。

また、1 次冷却材喪失事故等及び重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策

のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握することができる。

(2) 情報の把握に関する機能

指揮所工認の添付資料 18「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。

(3) 通信連絡に関する機能

指揮所工認の添付資料 18「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。

(4) 有毒ガスに対する防護措置

有毒ガス BF 工認の添付資料 2「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。

3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物（緊急時対策所遮蔽含む）は、基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能が損なわれるおそれがないように設計する。緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するため、基準地震動による地震力に対する構造強度の確保に加え、生体遮蔽装置の遮蔽性及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまった十分な気密性を維持する設計とする。緊急時対策所機能に係る設備についても、基準地震動による地震力に対し、機能が損なわれるおそれがないよう、耐震設計を行う。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第 1-1 図及び第 1-2 図に示すとおり、発電所への津波（T.P.+5m 程度）及びみやま池の影響を受けないよう、発電所南側に位置するみやま池の越流堰（EL.17.4m）より高台（EL.約 25m）の中央制御室から離れた場所に設置する。また、緊急時対策所機能に係る設備は、中央制御室に対して独立性を有した設計とするとともに、中央制御室とは離れた位置に設置する。

3.1 居住性の確保

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1 次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための要員等が収容でき、また、重大事故等が発生した場合においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員に加え、少なくとも原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な要員を含めた重大事故等に対処するために必要な数の要員を収容することができる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第 2 図に示すとおり、約 820m²で構成する。

緊急時対策所エリアは、災害時（プルーム通過時以外）、約 50 名の本部要員が活動することを想定しており、第 3 図に示すとおり、本部要員の活動に必要な各作業班用の机、設備等を配置しても、活動に必要な広さを確保する。プルーム通過中においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員及び原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な要員を含め、最大 100 名を収容するために必要な広さを確保する設計とする。なお、机等の配置にあたっては、必要な指示を行う要員と現場作業を行う要員との輻輳を避けるレイアウトとなるよう考慮する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等時において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性並びに生体遮蔽装置及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまって、居住性に係る被ばく評価の判断基準（緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量が事故後 7 日間で 100mSv を超えないこと（以下同じ。)) を満足する設計とする。

3.1.1 換気設備等

緊急時対策所換気設備は、基準地震動による地震力に対する耐震壁のせん断ひずみの許容限界を考慮しても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物の気密性とあいまって、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧でき、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障なく維持できる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理施設の放射線管理用計測装置（緊急時対策所エリアモニタ（1,2 号機共用（以下同じ。))）及び可搬型エリアモニタ（1,2 号機共用（以下同じ。))）により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定する。

緊急時対策所換気設備の機能については、添付資料 13「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に、放射線管理計測装置の仕様等は、指揮所工認の添付資料 13「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」に示す。

3.1.2 生体遮蔽装置

生体遮蔽装置は、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

生体遮蔽装置の詳細は、添付資料 11「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」に示す。

3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

設計基準事故時及び重大事故等時の対応として、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握できるよう、乾電池又は充電電池等を電源とした可搬型の酸素濃度計（1,2号機共用、1号機に保管（以下同じ。））及び二酸化炭素濃度計（1,2機共用、1号機に保管（以下同じ。））を、使用する1セット2個と故障時及び保守点検時のバックアップ用として2個を含めて合計4個保管する。また、酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計は、汎用品を用いる等容易かつ確実に操作ができるものとする。

酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の仕様については、指揮所工認の添付資料 18「緊急時対策所の機能に関する説明書」による。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価については、添付資料 13「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に示す。

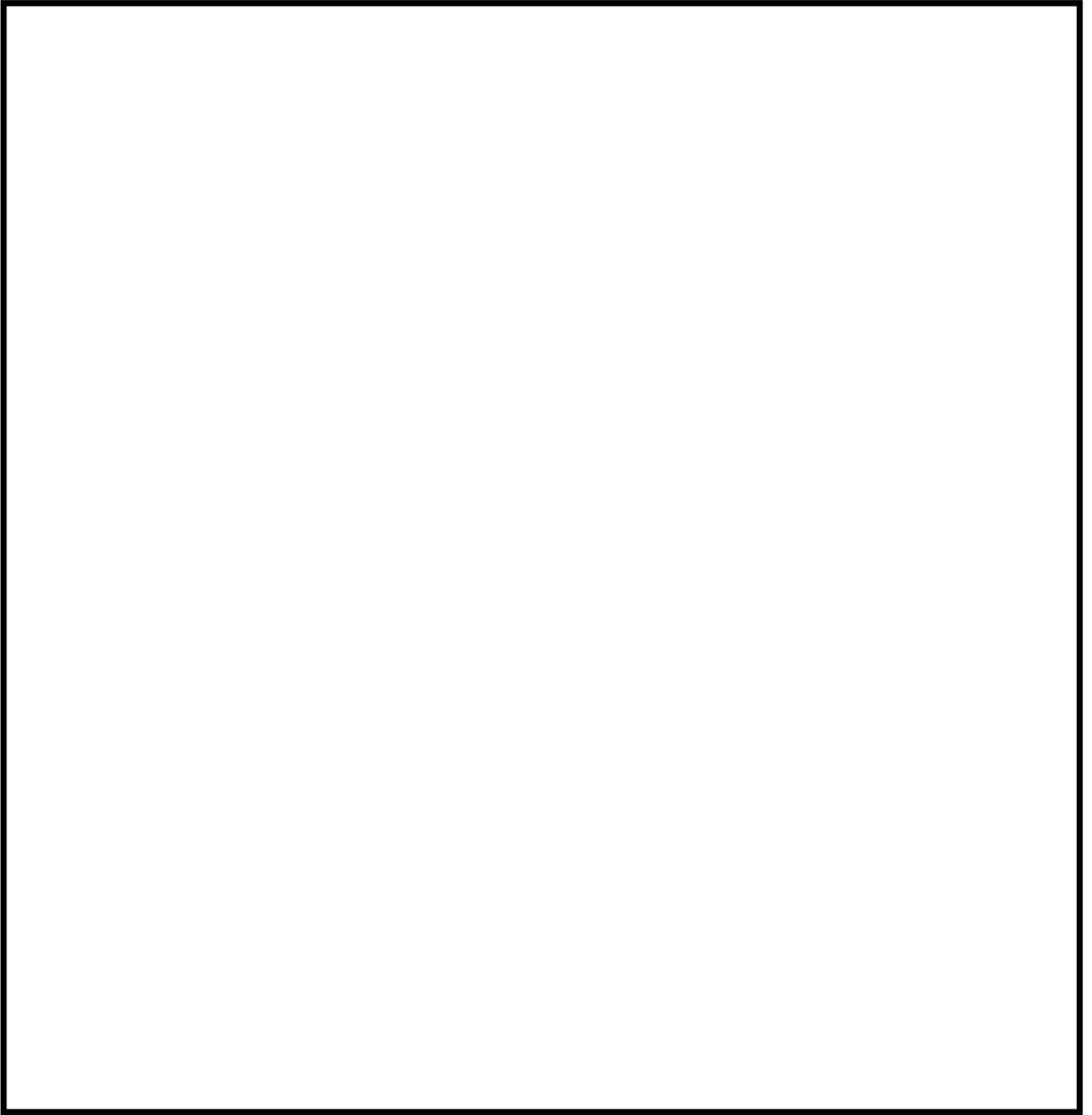
3.1.4 チェンジングエリア

重大事故等が発生し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、重大事故等に対処するための要員等が緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側から室内に放射性物質による汚染の持ち込みを防止できるよう、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行うための区画（以下「チェンジングエリア」という。）を設置する設計とする。

チェンジングエリアの詳細については、指揮所工認の添付資料 14「管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」による。

3.1.5 照明

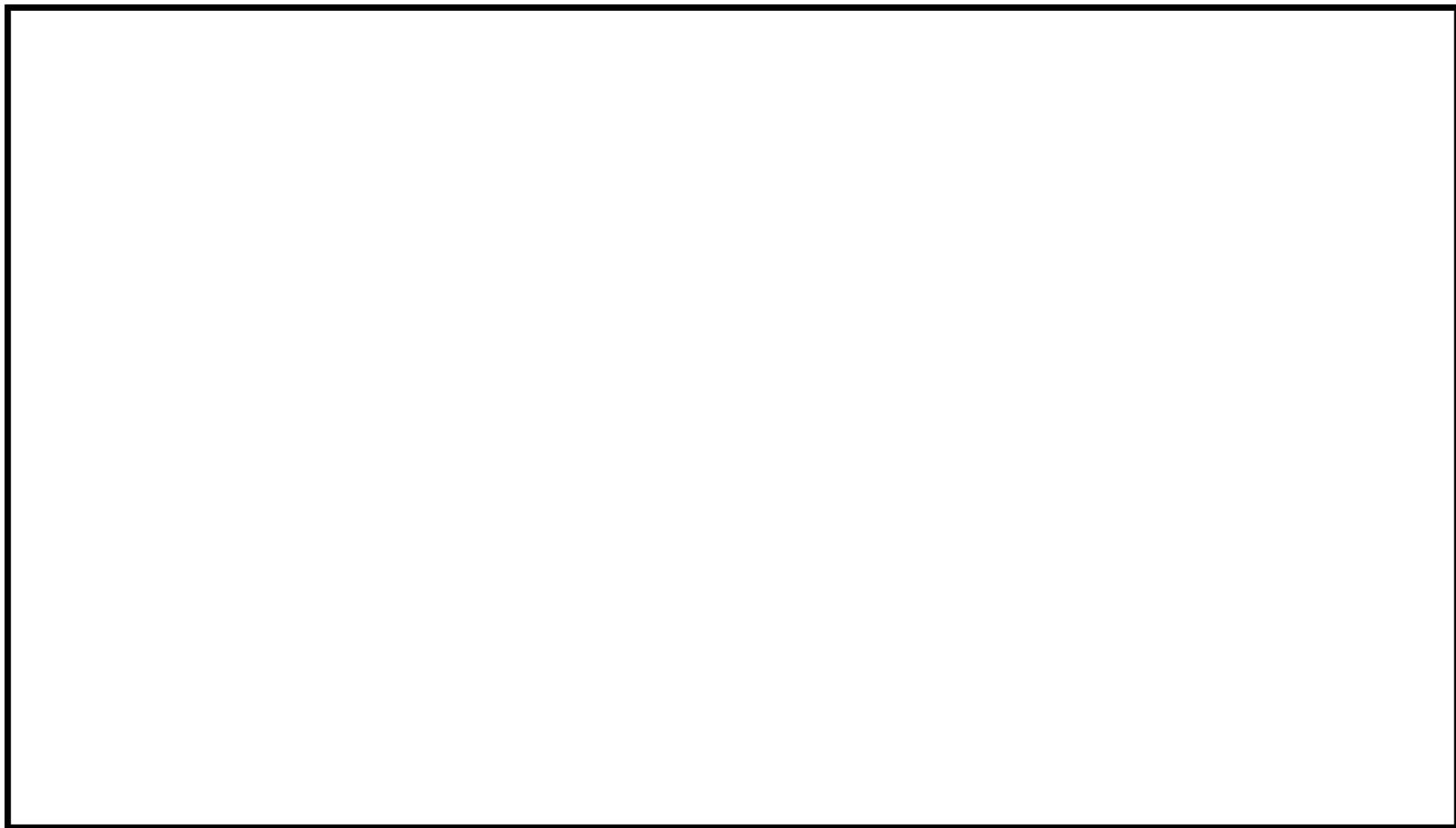
緊急時対策所（緊急時対策棟内）等（チェンジングエリア含む。）の通常照明が使用できない場合において、設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障がないよう、可搬型照明を配備する。



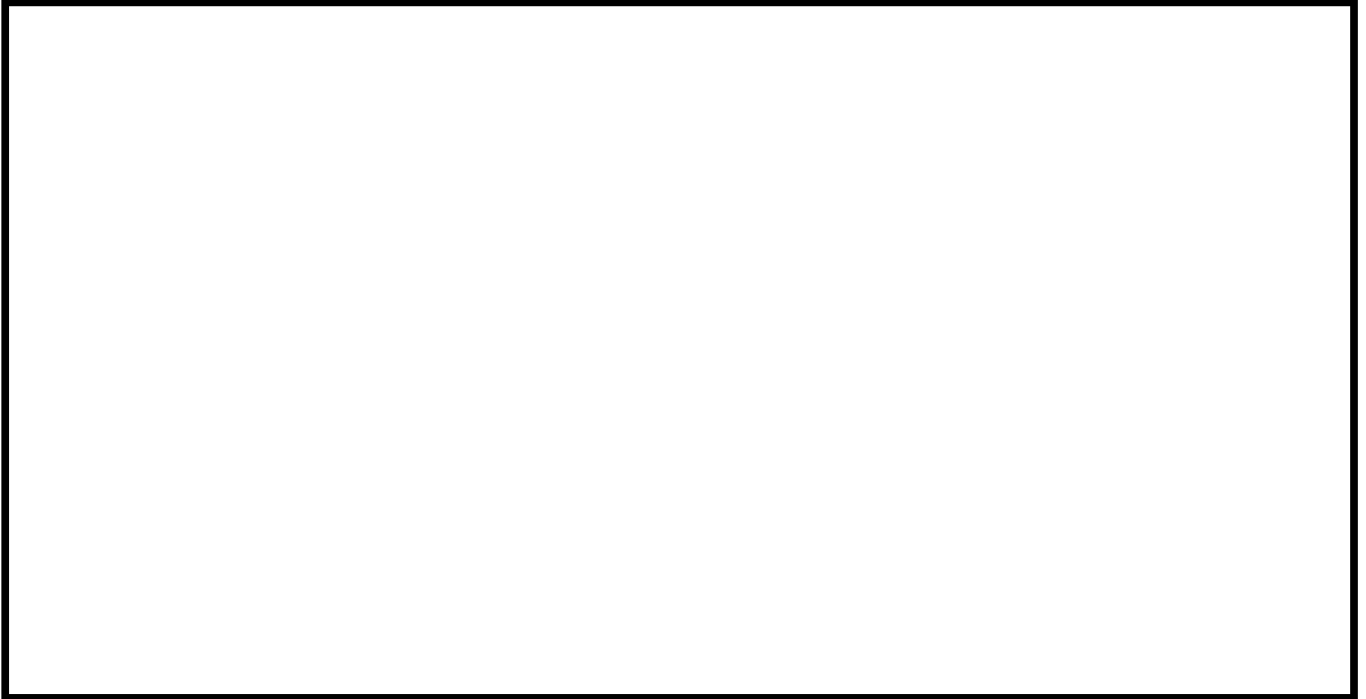
第 1-1 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 配置図



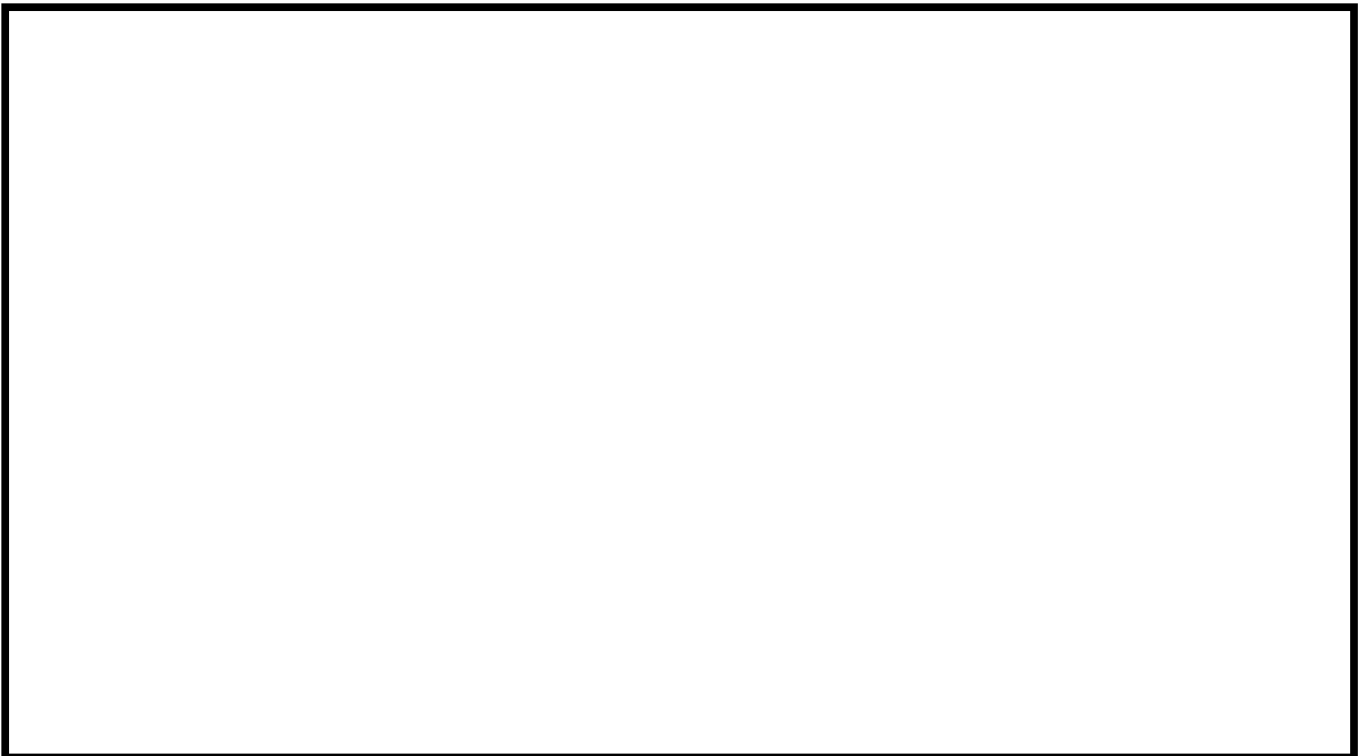
第 1-2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 周辺図



第 2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）構造概要



緊急時対策棟地上1階(EL.25.2m,EL.25.3m)



本部・執務エリア拡大図

(注) 本レイアウトについては、訓練結果等により変更となる可能性がある。

第3図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）レイアウト

緊急時対策所の居住性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料13

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	13 (1) - 1
2. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に関する 基本方針	13 (1) - 1
2.1 基本方針	13 (1) - 1
2.2 適用基準及び適用規格等	13 (1) - 2
3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための 防護措置	13 (1) - 4
3.1 換気設備等	13 (1) - 4
3.2 生体遮蔽装置	13 (1) - 6
3.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計	13 (1) - 6
3.4 資機材及び要員の交代等	13 (1) - 6
3.5 可搬型照明	13 (1) - 6
3.6 代替電源設備	13 (1) - 6
4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価	13 (1) - 7
4.1 線量評価	13 (1) - 7
4.2 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価	13 (1) - 8
4.3 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価のまとめ	13 (1) - 14

1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第46条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）（1,2号機共用（以下同じ。））の居住性について、居住性を確保するための基本方針、防護措置及びその有効性を示す評価等を含めて説明するものである。

2. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に関する基本方針

2.1 基本方針

- (1) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「1次冷却材喪失事故等」という。）が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための要員等を收容することができるとともに、それら関係要員が必要な期間にわたり滞在できる設計とする。
- (2) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等が発生した場合においても当該事故等に対処するために必要な指示を行う要員に加え、原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な数の要員を含め、重大事故等に対処するために必要な数の要員を收容することができるとともに、当該事故等に対処するために必要な指示を行う要員がとどまることができるよう、適切な遮蔽設計及び換気設計を行い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、放射線管理施設の換気設備（緊急時対策所換気設備（1,2号機共用（以下同じ。）））及び生体遮蔽装置（緊急時対策所遮蔽（1,2号機共用（以下同じ。））及び外部遮蔽）により居住性を確保する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するためには換気設備を適切に運転し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止する必要がある。このため、放射線管理施設の放射線管理用計測装置により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定し、換気設備の運転・切替の確実な判断を行う。

その他の居住性に係る設備として、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度が活動に支障がない範囲にあることを正確に把握するため、可搬型の酸素濃度計

(1,2号機共用、1号機に保管(以下同じ。))を保管するとともに、二酸化炭素濃度も酸素濃度同様、居住性に関する重要な制限要素であることから、可搬型の二酸化炭素濃度計(1,2号機共用、1号機に保管(以下同じ。))を保管する。また、常設の照明が使用できなくなった場合において、必要な照明を確保するため可搬型照明を保管する。さらに、緊急時対策所非常用空気浄化ファン(1,2号機共用(以下同じ。))は、代替電源設備からの給電が可能な設計とする。

これら、居住性を確保するための設備及び防護具の配備、運用面の対策を考慮して被ばく評価並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価を行い、その結果から、緊急時対策所(緊急時対策棟内)の居住性確保について評価する。

居住性評価のうち被ばく評価に当たっては、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド(平成25年6月19日原規技発第13061918号原子力規制委員会決定)(以下「審査ガイド」という。))」を参照して放射性物質等の評価条件及び評価手法を考慮し、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足できることを確認する。

また、居住性評価のうち緊急時対策所(緊急時対策棟内)内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価に当たっては、「労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)事務所衛生基準規則」(昭和47年9月30日労働省令第43号、最終改正平成26年7月30日厚生労働省令第87号)(以下「事務所衛生基準規則」という。))、「労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)酸素欠乏症等防止規則」(昭和47年9月30日労働省令第42号、最終改正平成15年12月19日厚生労働省令第175号)(以下「酸素欠乏症等防止規則」という。))及び「鉱山保安法(昭和24年法律第70号)鉱山保安法施行規則」(平成16年9月27日経済産業省令第96号、最終改正平成28年8月1日経済産業省令第86号)(以下「鉱山保安法施行規則」という。))の労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠し、許容基準を満足できることを確認する。

2.2 適用基準及び適用規格等

緊急時対策所(緊急時対策棟内)の居住性に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 鉱山保安法施行規則
- ・ 酸素欠乏症等防止規則
- ・ 事務所衛生基準規則
- ・ 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(昭和51年9月28日 原子力委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

- 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- 原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622－2009）
- 審査ガイド

3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、必要な要員等を収容できるとともに、重大事故等時において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性並びに換気設備及び生体遮蔽装置の性能とあいまって、想定する放射性物質の放出量等を東京電力株式会社福島第一原子力発電所と同等とし、かつ、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内のマスクの着用、交代要員体制及び安定よう素剤の服用がなく、仮設設備を考慮しない要件においても、2号機からの影響も考慮した緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量が事故後7日間で100mSvを超えない設計とする。

居住性に係る被ばく評価では、放射性物質が大気中へ放出されている間は、緊急時対策所換気設備の使用により緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧し、フィルタを通らない空気の流入は考慮しないこととしている。このため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物（緊急時対策所遮蔽含む。）及び緊急時対策所換気設備の性能を維持・管理することで、被ばく評価条件を満足するようにする。また、被ばく評価条件並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価条件を満足するよう、緊急時対策所換気設備の機能・性能試験を実施する。

要員の収容に関する詳細は、添付資料12「緊急時対策所の機能に関する説明書」に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備及び防護具の配備、着用等運用面の対策を以下のとおり講じる。

3.1 換気設備等

緊急時対策所換気設備（緊急時対策所非常用空気浄化ファン、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット（1,2号機共用（以下同じ。））及び緊急時対策所加圧設備（1,2号機共用（以下同じ。）））は、重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止し、「3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とするとともに、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故対策及び重大事故等の対策のための活動に支障がない濃度を確保できる設計とする。

換気設計に当たっては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物の気密性に対して十分な余裕を考慮した設計とするとともに、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員は、収容する最大人数である100名として設計する。

重大事故等時に環境中に放出された放射性物質の状況に応じ、緊急時対策所換

気設備の確実な運転・切替操作ができるよう、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にて放射線量を監視できるようにする。

3.1.1 緊急時対策所換気設備

緊急時対策所換気設備（緊急時対策所非常用空気浄化ファン、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所加圧設備）は、重大事故等時に環境に放出された放射性物質による放射線被ばくから緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員を防護するため、よう素フィルタ及び微粒子フィルタを通して外気を取り込むことが可能な設計とし、また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧することにより、フィルタを通らない空気の流入を防止する設計とする。

緊急時対策所換気設備の系統図を、第 3-1 図に示す。

緊急時対策所換気設備の強度に関する詳細は、添付資料 10「強度に関する説明書」に示す。

(1) 居住性確保のための換気設備運転

a. 事故時運転

緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットにより放射性物質を低減しながら外気を取り入れることができる。

また、緊急時対策所非常用空気浄化ファンを運転し、必要に応じて給排気ダンパを調整することにより緊急時対策所（緊急時対策棟内）内は加圧されるため、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットを通らない空気の流入はない。

b. 緊急時対策所加圧設備による加圧

緊急時対策所加圧設備により緊急時対策所（緊急時対策棟内）内は加圧されるため、プルーム通過中に緊急時対策所（緊急時対策棟内）内へ外気が侵入することはない。

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

令和元年 6 月 3 日付け原規規発第 1906035 号にて認可された工事計画（以下「指揮所工認」という。）の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

(3) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット
指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

(4) 緊急時対策所加圧設備
指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

3.1.2 放射線管理用計測装置

指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

3.2 生体遮蔽装置

緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員を放射線から防護するための十分な遮蔽厚さを有する設計とし、「3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所遮蔽及び外部遮蔽の放射線の遮蔽及び熱除去の評価については、添付資料 11「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」に示す。

3.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

3.4 資機材及び要員の交代等

指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

3.5 可搬型照明

指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

3.6 代替電源設備

指揮所工認の添付資料 19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価

4.1 線量評価

4.1.1 評価方針

重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量は、その滞在場所により遮蔽及び換気設備等の条件が異なることから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち指揮所（以下「指揮所」という。）に7日間滞在した場合の実効線量と緊急時対策所（緊急時対策棟内）のうち休憩所（以下「休憩所」という。）に7日間滞在した場合の実効線量を個別に評価する。その上で、事故期間中は指揮所と休憩所を行き来するため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量は、指揮所に7日間滞在した場合と休憩所に7日間滞在した場合の実効線量の平均値とし、居住性に係る被ばく評価の判断基準と比較する。

指揮所の放射線の遮蔽評価における評価方針については、指揮所工認の添付資料19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。休憩所の放射線の遮蔽評価における評価方針については、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画（以下「新規制基準適合性確認工認」という。）の添付資料42「緊急時対策所の居住性に関する説明書」による。

4.1.2 評価条件及び評価結果

指揮所の放射線の遮蔽評価における評価条件については、指揮所工認の添付資料19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」、休憩所の放射線の遮蔽評価における評価条件については、新規制基準適合性確認工認の添付資料42「緊急時対策所の居住性に関する説明書」によるが、連絡通路設置に伴い変更となる条件を以下に示す。

(1) 評価条件

a. 指揮所

(a) 指揮所バウンダリ体積

緊急時対策所換気設備の処理対象となる指揮所のバウンダリ体積については、連絡通路部の体積を含める。指揮所内の放射性物質濃度評価条件について第4-1表に示す。また、指揮所のバウンダリ体積を第4-1図に示す。

b. 休憩所

(a) 休憩所バウンダリ体積

緊急時対策所換気設備の処理対象となる休憩所のバウンダリ体積については、旧代替緊急時対策所のチェンジングエリアを含める。休憩所内の放射性物質濃度評価条件について第4-2表に示す。また、休憩所のバウンダリ体積を第4-1図に示す。

(b) 相対濃度及び相対線量の評価点

休憩所において、大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく及び大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばくの線量評価に用いる相対濃度及び相対線量の評価点については、原子炉格納容器から緊急時対策棟（休憩所）への最近接点を代表点とする。また、外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばくの線量評価に用いる相対濃度の評価点については、原子炉格納容器から外気取り込み口がある緊急時対策棟（指揮所）への最近接点を代表点とする。

大気拡散評価条件の詳細について第4-3表に、相対濃度及び相対線量の評価結果を第4-4表に示す。

(c) 評価対象方位

休憩所の外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばくの線量評価において、評価対象とする風向については、第4-2図に示すとおり指揮所を評価対象とする風向と同じである。

(2) 被ばく評価結果

重大事故等時における緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく評価結果を第4-5表に示す。評価結果は、7日間の実効線量で指揮所が約17mSv、休憩所が約35mSvであるため、7日間の実効線量の平均値は約26mSvとなり、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する。

4.2 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価

4.2.1 評価方針

(1) 評価の概要

緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用した場合及び緊急時対策所加圧

設備による加圧を実施した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度を指揮所及び休憩所で個別に評価し、それぞれの酸素濃度及び二酸化炭素濃度が活動に支障がない濃度であることを確認する。

本評価における滞在人数、体積、評価期間等は、被ばく評価条件を基に、保守的な結果となるよう設定する。なお、体積については「4.1.2(1) a. (a) 指揮所バウンダリ体積」及び「4.1.2(1) b. (a) 休憩所バウンダリ体積」に示す区画を用いて評価する。

また、酸素消費量及び二酸化炭素吐出し量等は、換気設備の使用時における緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる要員の活動状況等を想定し、設定する。

(2) 酸素及び二酸化炭素許容濃度の設定

酸素及び二酸化炭素許容濃度は、第 4-6 表に示すとおり、換気設備使用時の環境に応じた、適切な労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠する。

「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」（以下「JEAC4622-2009」という。）では、中央制御室居住性評価に係る二酸化炭素許容濃度は、「事務所衛生基準規則」に定める事務室内の二酸化炭素濃度である 100 万分の 5,000（0.5%）に準拠することとしている。緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の環境は、JEAC4622-2009 における中央制御室内の環境と同等と考えられることから、二酸化炭素許容濃度は上記濃度（0.5%以下）に準拠する。また、二酸化炭素許容濃度を事務室内という一般的な環境下を想定して設定することに鑑み、緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時の酸素許容濃度は、「酸素欠乏症等防止規則」に定める濃度（18%以上）に準拠する。

緊急時対策所加圧設備による加圧は、希ガス等の放射性物質を含む外気が緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に侵入しないように実施する防護措置であり、加圧時は、緊急時対策棟（緊急時対策棟内）の出入口扉を閉め、室内を密閉するという限られた環境である。このため、同様に限られた環境下における労働環境を規定している「鉱山保安法施行規則」に定める酸素濃度及び二酸化炭素濃度許容基準（19%以上及び 1%以下）に準拠する。

(3) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量の計算

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧し、その圧力を維持するために必要な流量並びに緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量を計算し、その結果から酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価を行う。緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価条件を第4-7表に示す。なお、計算に使用する、呼吸量、初期酸素濃度、酸素消費量等は「空気調和・衛生工学便覧」から引用する。

a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合

緊急時対策所非常用空気浄化ファンは設計基準事故発生後、ブルーム（希ガス）通過時を除いて恒常的に使用する設備であるため、平衡状態において緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件を満足する必要がある。

(a) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持について

イ. 目標圧力の設定

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の動圧を以下の式により計算する。

$$P = 0.5 \times \rho \times U^2$$

ここで、

P：動圧（Pa）

ρ ：質量密度（空気密度の1.2を使用）

U：想定風速（10m/s）

計算の結果、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の動圧は60Pa程度であるが、余裕を見込み、目標圧力は100Pa [gage] に設定する。

ロ. 必要最低換気流量

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力（100Pa [gage]）を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$\text{最低換気流量 (m}^3\text{/min)} = \text{アウトリーク率} \times \text{建屋体積} \div 60$$

ここで、

アウトリーク率：0.15（回/h）

建屋体積：3,600（m³）（指揮所）

700（m³）（休憩所）

- (b) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度維持について
酸素濃度を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$Q = \frac{k}{P_1 - P_0}$$

ここで、

Q : 必要換気流量 (m³/h)

k : 酸素消費量 (m³/h)

P₁ : 初期酸素濃度 (—)

P₀ : 酸素許容濃度 (—)

- (c) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内二酸化炭素濃度抑制について
二酸化炭素濃度の抑制に必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$L = \frac{M}{C - C_0}$$

ここで、

L : 必要換気流量 (m³/h)

M : 二酸化炭素発生量 (m³/h)

C : 二酸化炭素許容濃度 (—)

C₀ : 外部空気二酸化炭素濃度 (—)

- b. 緊急時対策所加圧設備を 10 時間使用する場合

被ばく評価上の緊急時対策所加圧設備の空気ボンベによる加圧時間は希ガス放出継続時間（1 時間）としているが、希ガス放出のタイミングに応じた運用が可能となるよう、実運用上は放射性物質の放出継続時間（10 時間）の空気ボンベによる加圧を考慮する。

10 時間連続で空気ボンベにより加圧した場合における換気流量と酸素濃度及び二酸化炭素濃度との関係は以下のとおりである。

- (a) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持について

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の目標圧力は、「a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合」と同様に 100Pa [gage] とし、緊

急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力（100Pa [gage]）を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$\text{最低換気流量 (m}^3/\text{min)} = \text{アウトリーク率} \times \text{建屋体積} \div 60$$

ここで、

アウトリーク率：0.15（回/h）

建屋体積：3,600（m³）（指揮所）

700（m³）（休憩所）

(b) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制について

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内空気の酸素濃度及び二酸化炭素濃度は下記の基礎式①を展開した式②により計算する。

$$\begin{aligned} V \frac{dC}{dt} &= C_0 \cdot N \cdot V + M - C \cdot N \cdot V \cdots \text{基礎式①} \\ &= (C_0 - C)N \cdot V + M \\ &= (C_0 - C)L + M \end{aligned}$$

$$C = - \left(C_0 - C' + \frac{M}{L} \right) e^{\left(-\frac{L}{V} t' \right)} + C_0 + \frac{M}{L} \cdots \text{式②}$$

ここで、

M：室内酸素消費量若しくは二酸化炭素発生量（m³/h）

V：室内体積（m³）

C：室内空気酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度（－）

C₀：外気又は空気ポンベの酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度（－）

C'：空気ポンベに切替えた際の酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度（－）

N：空気流入率（回/h）

L：換気流量（=N×V）（m³/h）

t：時間（h）

t'：空気ポンベ切替以降の時間（h）

また、Mは室内酸素消費量の場合、負の値となる。

4.2.2 評価結果

(1) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量

a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持に必要な最低換気流量は \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）である。また、酸素濃度を維持するために必要な最低換気流量は \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）、二酸化炭素濃度の抑制に必要な最低換気流量は \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）である。

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの流量はこれらから余裕を見て \square m³/min とすれば、被ばく評価上の使用期間における平衡時の酸素濃度は 20.6%（指揮所）及び 20.3%（休憩所）、二酸化炭素濃度は 0.23%（指揮所）及び 0.49%（休憩所）となり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件（一般的な事務所等の労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容濃度である 18%以上及び 0.5%以下）を満足することができる。

b. 緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 10 時間使用する場合

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持に必要な最低換気流量は \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）である。また、酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な最低換気流量は \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）である。

空気ポンペの流量を \square m³/min（指揮所）及び \square m³/min（休憩所）とすれば、空気ポンペによる加圧 10 時間後の酸素濃度は 20.58%（指揮所）及び 20.01%（休憩所）、二酸化炭素濃度は 0.39%（指揮所）及び 0.97%（休憩所）となり、被ばく評価上の放出継続時間である 10 時間においても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件（限られた労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容濃度である 19%以上及び 1%以下）を満足することができる。

緊急時対策所換気設備を運転した場合における緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の推移として、緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 1 時間使用した場合を第 4-3 図及び 4-4 図に、10 時間使用した場合を第 4-5 図及び 4-6 図に示す。

(2) 必要空気ポンペ本数

「4.2.2 評価結果(1)b. 緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 10 時間使用する場合」より、必要な空気ポンペ本数は、1 本あたりの空気容量が 7Nm^3 のもので、使用量を $\square\text{m}^3/\text{本}$ とした場合、1,400 本となる。なお、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧するために必要な容量を確保するだけでなく、予測困難なブルームの通過に対して十分な余裕を持つ容量を保管する。

4.3 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価のまとめ

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備を考慮して被ばく評価並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価を行い、その結果、それぞれ判断基準を満足していることを確認したことから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保できると評価する。

第4-1表 指揮所内放射性物質濃度評価条件

項目	評価条件	設定理由	備考
指揮所工認の添付資料19「緊急時対策所の居住性に関する説明書」から変更がある分のみ記載する。			
指揮所バウンダリ体積（容積）	3,900m ³	緊急時対策所換気設備の処理対象となる指揮所及び連絡通路を合わせた体積（約3,662m ³ ）を保守的に大きめに設定	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれる放射性物質の空気流入量は、空気流入率及び原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所バウンダリ体積（容積）を用いて計算する。
外部ガンマ線による全身に対する線量評価時の自由体積	3,900m ³	同上	同上

第4-2表 休憩所内放射性物質濃度評価条件

項目	評価条件	設定理由	備考
新規制基準適合性確認工認の添付資料42「緊急時対策所の居住性に関する説明書」から変更がある分のみ記載する。			
休憩所バウンダリ体積（容積）	800m ³	緊急時対策所換気設備の処理対象となる休憩所及び旧代替緊急時対策所チェンジャーエリアを合わせた体積（約768m ³ ）を保守的に大きめに設定	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれる放射性物質の空気流入量は、空気流入率及び原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所バウンダリ体積（容積）を用いて計算する。
外部ガンマ線による全身に対する線量評価時の自由体積	800m ³	同上	同上

第4-3表 大気拡散評価条件（休憩所）（1,2号機共通）

項目	評価条件	選定理由	備考
<p>新規制基準適合性確認工認の添付資料42「緊急時対策所の居住性に関する説明書」から変更がある分のみ記載する。</p>			
<p>放射性物質濃度の評価点</p>	<p>外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく</p>	<p>原子炉格納容器から緊急時対策棟（指揮所）への最近接点</p>	<p>給気口が設置されている建屋として緊急時対策棟（指揮所）を選定し、相対濃度の評価点としては、原子炉格納容器から緊急時対策棟（指揮所）への最近接点を設定</p> <p>審査ガイド 4.2(2)b. 評価期間中も給気口から外気を取入れることを前提とする場合は、給気口が設置されている原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の表面とする。</p>
	<p>大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく及び大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく</p>	<p>原子炉格納容器から緊急時対策棟（休憩所）への最近接点</p>	<p>休憩所が属する建屋として緊急時対策棟（休憩所）を選定し、相対濃度及び相対線量の評価点としては、原子炉格納容器から緊急時対策棟（休憩所）への最近接点を設定</p>

第4-4表 相対濃度及び相対線量の評価結果（休憩所）

評価対象	評価点 (対象建屋)	相対濃度 ^(注) χ/Q (s/m ³)	相対線量 ^(注) D/Q (Gy/Bq)
休憩所	緊急時対策棟 (指揮所)	約 1.2×10^{-4}	—
	緊急時対策棟 (休憩所)	約 1.1×10^{-4}	約 8.4×10^{-19}

(注) 1,2号機同時被災時の χ/Q 、D/Qの重ね合せ結果

第4-5表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく評価結果

被ばく経路		実効線量 (mSv)		
		指揮所	休憩所	平均値
室内作業時	①原子炉格納容器内の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 1.3×10^{-2}	約 3.0×10^{-2}	約 2.1×10^{-2}
	②大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 1.3×10^{-1}	約 1.6×10^{-1}	約 1.4×10^{-1}
	③外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく	約 9.5×10^0	約 9.4×10^0	約 9.4×10^0
	(内訳) 内部被ばく 外部被ばく	(約 9.4×10^0) (約 1.1×10^{-2})	(約 9.4×10^0) (約 6.9×10^{-3})	(約 9.4×10^0) (約 9.0×10^{-3})
	④大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 6.9×10^0	約 2.5×10^1	約 1.6×10^1
合計 (①+②+③+④)		約17 ^(注)	約35 ^(注)	約26 ^(注)

(注) 有効数字2桁で切り上げた値

第4-6表 酸素及び二酸化炭素許容濃度

項 目	許 容 濃 度	備 考
酸素濃度 (緊急時対策所非常用空気 浄化ファン使用时)	18%以上	「酸素欠乏症等防止規則」に準拠 (酸素欠乏危険作業に労働者を従事させる場合は、当該濃度以上の換気を要求)
二酸化炭素濃度 (緊急時対策所非常用空気 浄化ファン使用时)	0.5%以下	「事務所衛生基準規則」に準拠 (労働者を常時就業させる室において、当該濃度以下とする換気を要求)
酸素濃度 (緊急時対策所加圧設備の 空気ボンベ使用时)	19%以上	「鉱山保安法施行規則」に準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内は、当該濃度以上とする通気の確保を要求)
二酸化炭素濃度 (緊急時対策所加圧設備の 空気ボンベ使用时)	1%以下	「鉱山保安法施行規則」に準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内は、当該濃度以下とする通気の確保を要求)

第4-7表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度計算条件

項目	計算条件	設定理由	備考
人数	100人（指揮所） 100人（休憩所）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまることができる対策要員の最大人数	—
体積	3,600 m ³ （指揮所） 700 m ³ （休憩所）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）バウンダリ体積 緊急時対策所換気設備の処理対象となる区画の体積（指揮所（約3,662m ³ ）休憩所（約768m ³ ）を保守的に小さめに設定	第4-1図参照
評価期間	10 時間	ブルーム通過時における空気ポンベによる加圧時間を考慮	—
空気流入	なし	保守的な評価となるため考慮しない	—
アウトリーク率	0.15回/h	緊急時対策所非常用空気浄化ファン運転時の条件として、中央制御室の空気流入率と同等の値を設定	—
	0.15回/h	緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時の条件として、中央制御室の空気流入率と同等の値を設定	
想定風速	10 m/s	被ばく評価側で用いる気象条件における風速に対する動圧に抗する建屋内圧力に十分な余裕を見込むものとして設定	—
初期酸素濃度	20.95 %	「空気調和・衛生工学便覧」の成人呼吸気より引用	—
初期二酸化炭素濃度	0.03 %	「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」より引用	—
酸素消費量 （緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時）	65.52 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「歩行」より引用	1人当りの消費量
酸素消費量 （緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時）	21.84 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「静座」より引用	1人当りの消費量
二酸化炭素吐出し量 （緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時）	46 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「中等作業」より引用	1人当りの吐出し量
二酸化炭素吐出し量 （緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時）	22 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「極軽作業」より引用	1人当りの吐出し量

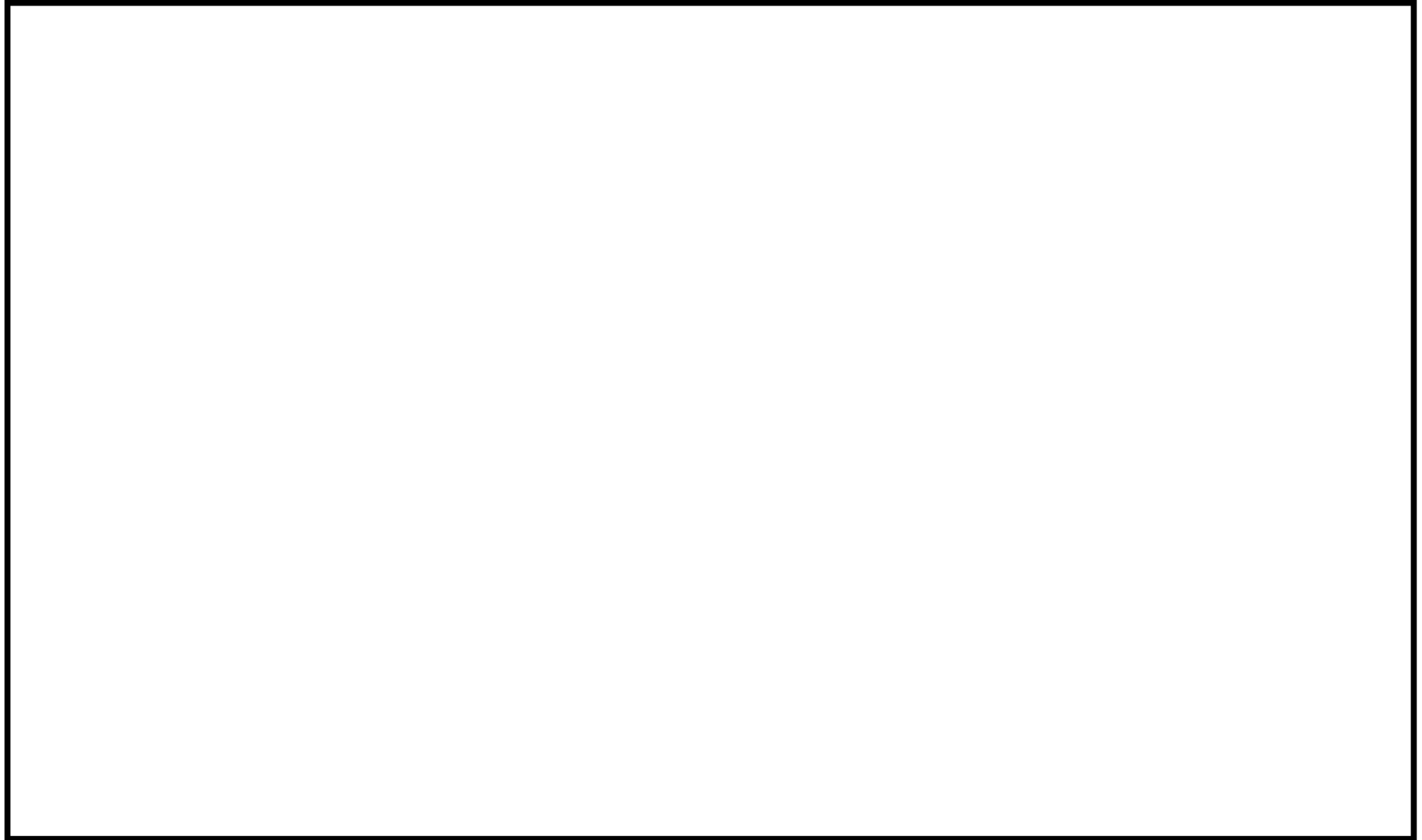


緊急時対策所非常用空気浄化ファン及びフィルタユニット

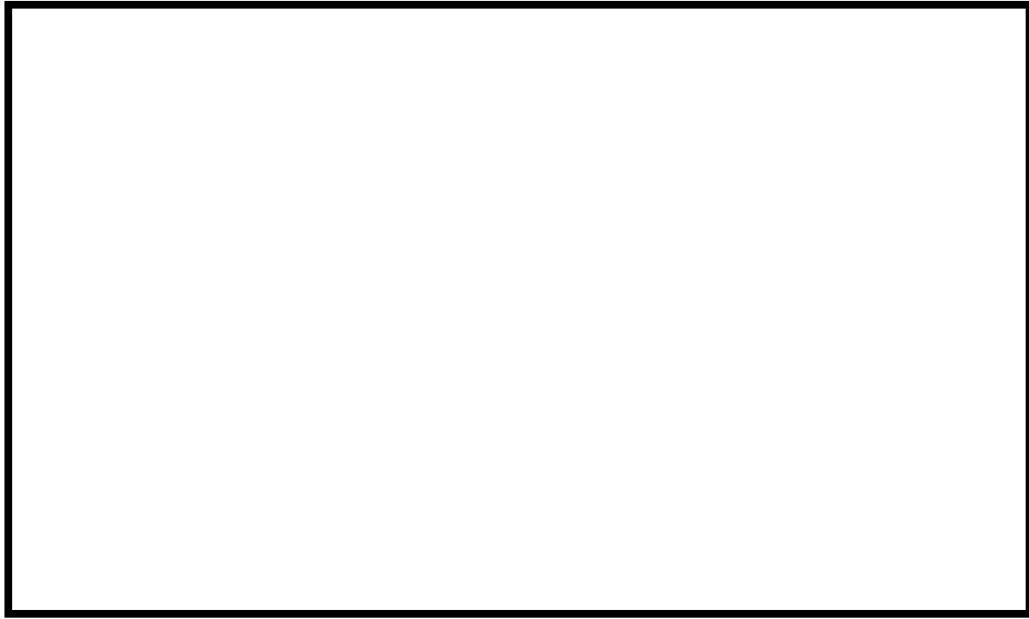


緊急時対策所加圧設備

第3-1図 緊急時対策所換気設備系統図



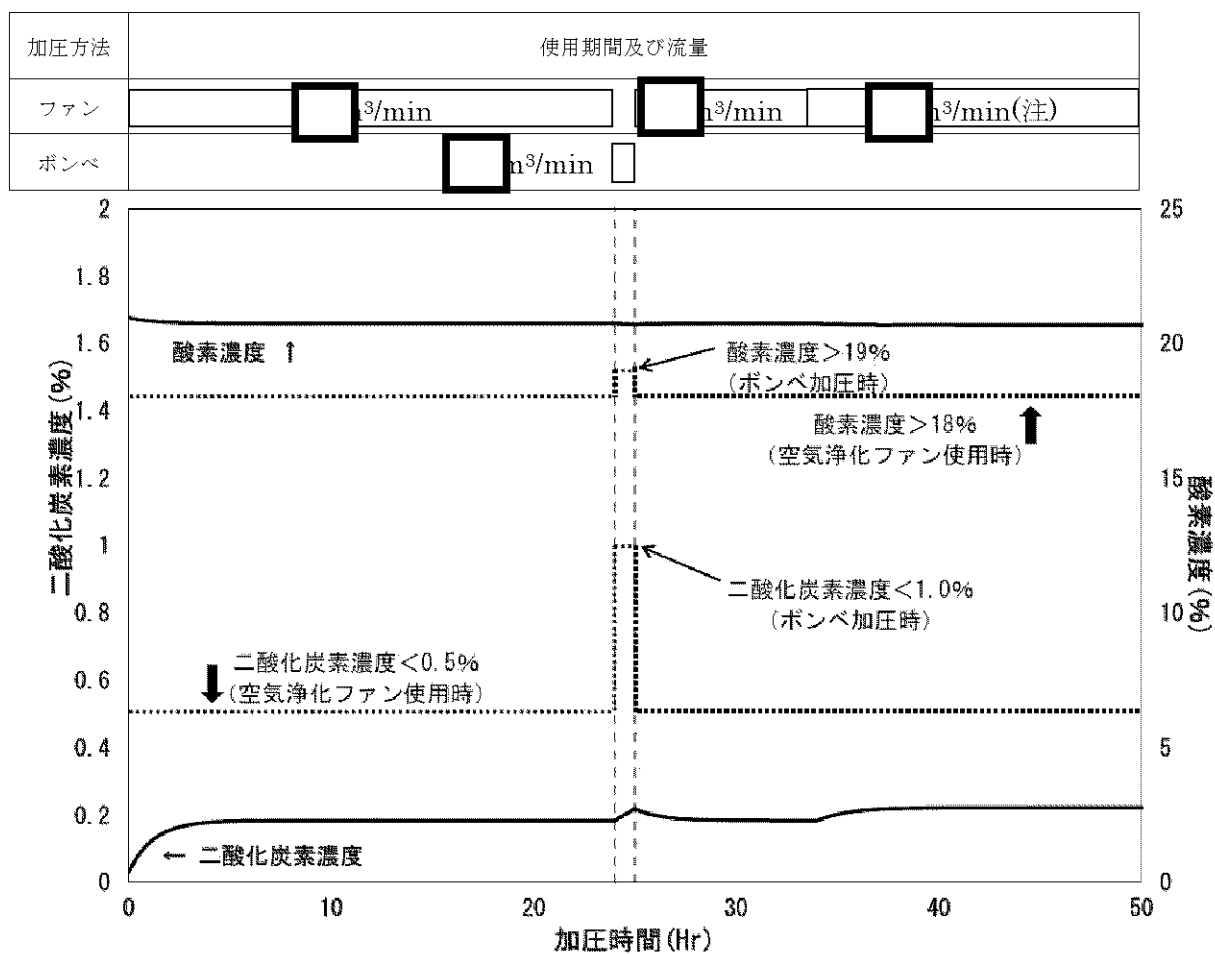
第 4-1 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）のバウンダリ体積



第4-2図 休憩所の外気から室内に取り込まれた放射性物質による
被ばくにおいて評価対象とする風向^(注2)
(放出源：1, 2号機／評価点：緊急時対策棟（指揮所）)

(注1) Lは、巻き込みを生じる代表建屋（原子炉格納容器）の風向に垂直な面での幅とする。

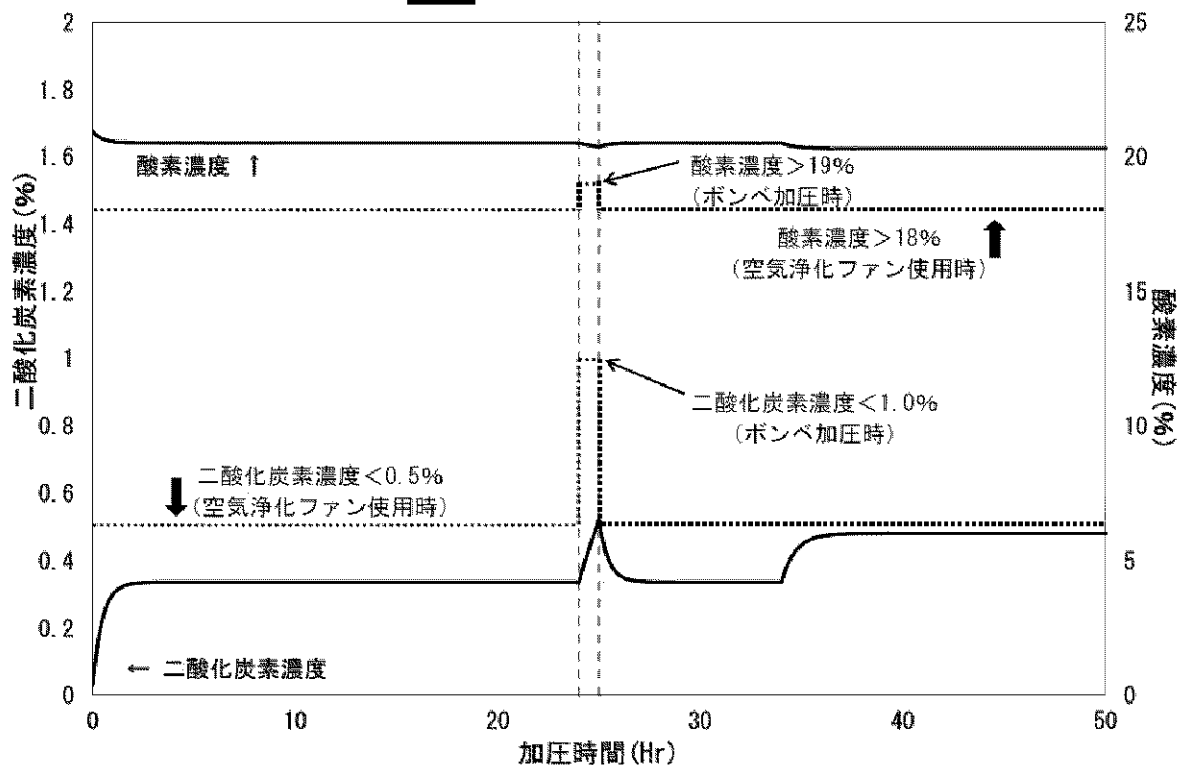
(注2) ここでいう評価対象とする風向は、評価点からの放出点の方位を示している。一方、着目方位は、放出点からの評価点の方位であり、評価対象とする風向とは180°向きが異なる。



(注) プルーム放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上は保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-3図 酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（指揮所）
（プルーム通過中、1時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

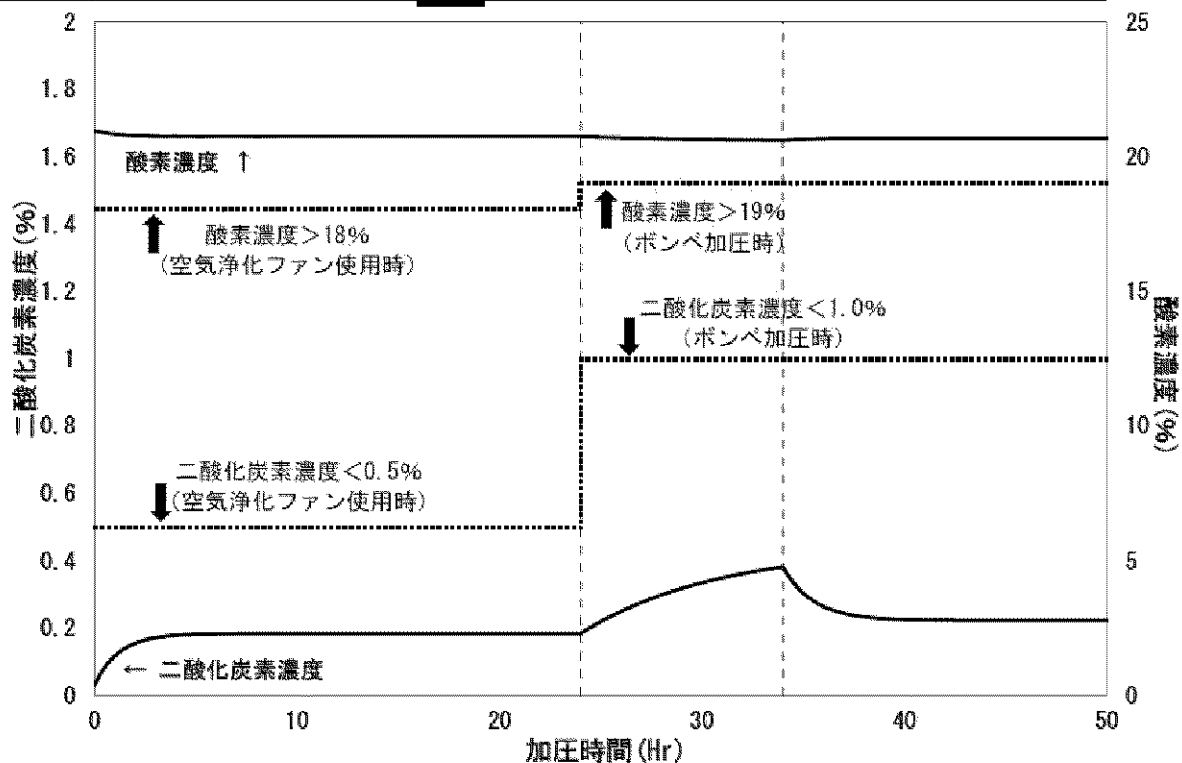
加圧方法	使用期間及び流量
ファン	3/min 3/min 3/min(注)
ポンベ	3/min 3/min



(注) プルーフ放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-4図 酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（休憩所）
（プルーフ通過中、1時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

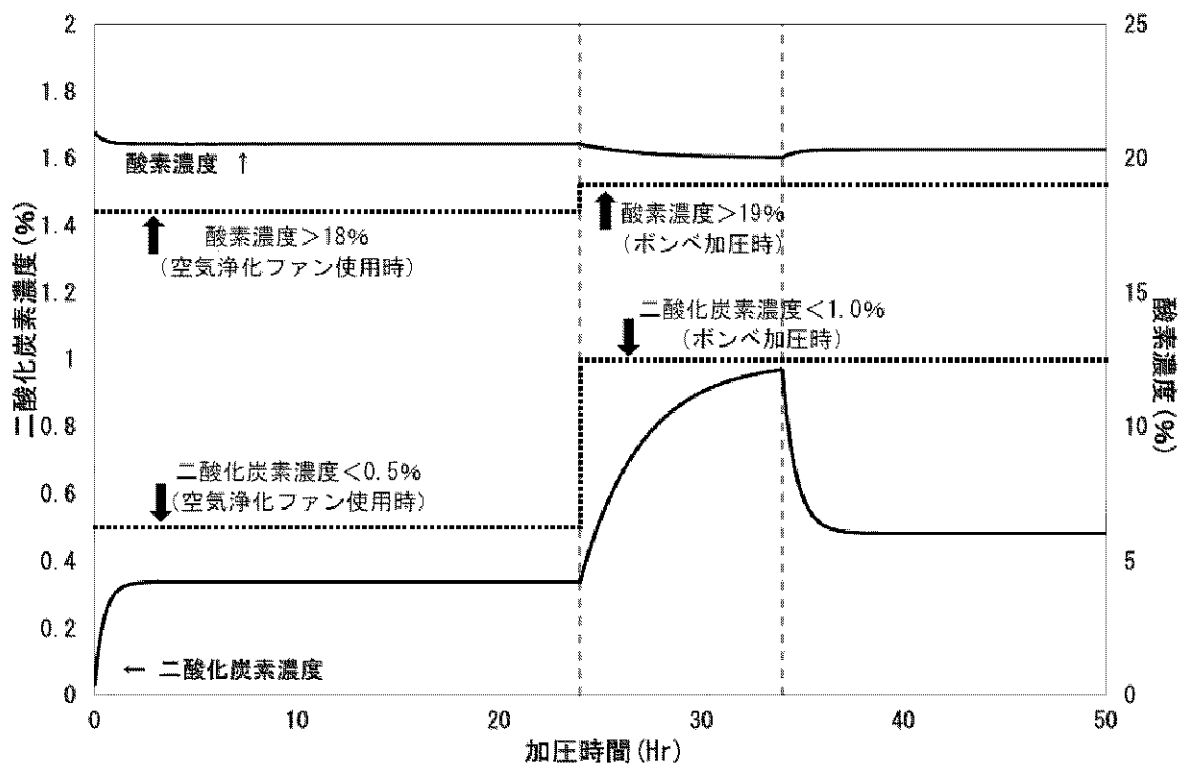
加圧方法	使用期間及び流量
ファン	3 ³ /min 3³/min(注)
ポンベ	3 ³ /min



(注) プルーフ放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-5図 酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（指揮所）
（プルーフ通過中、10時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

加圧方法	使用期間及び流量
ファン	3 ³ /min
ポンベ	3 ³ /min



(注) プルーム放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-6図 酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（休憩所）
（プルーム通過中、10時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

設計及び工事に係る品質マネジメントシステム
に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 14

川内原子力発電所第1号機

設計及び工事に係る品質マネジメントシステム

設計及び工事計画認可申請添付資料 14-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	14 (1) - 1 - 1
2. 基本方針	14 (1) - 1 - 2
3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る 品質管理の方法等	14 (1) - 1 - 5
3.1 設計、工事及び検査に係る組織 (組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。)	14 (1) - 1 - 5
3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査	14 (1) - 1 - 7
3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画 ..	14 (1) - 1 - 12
3.4 工事に係る品質管理の方法	14 (1) - 1 - 23
3.5 使用前事業者検査	14 (1) - 1 - 25
3.6 設工認における調達管理の方法	14 (1) - 1 - 34
3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ	14 (1) - 1 - 39
3.8 不適合管理	14 (1) - 1 - 44
4. 適合性確認対象設備の施設管理	14 (1) - 1 - 45
5. 様 式	14 (1) - 1 - 47

1. 概 要

本資料は、設計及び工事の計画（以下「設工認」という。）の「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」（以下「設工認品管計画」という。）及び原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）に基づき、設工認の技術基準規則等に対する適合性の確保に必要な設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画、並びに、工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を記載する。

2. 基本方針

本資料では、設工認における、「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」及び「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」を、以下のとおり説明する。

(1) 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画

「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」として、以下に示す2つの段階を経て実施した設計の管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に、不適合管理の方法について「3.8 不適合管理」に記載する。

これらの方法で行った管理の具体的な実績を、様式-1「本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）」（以下「様式-1」という。）を用いて資料14-2に示す。

- a. 実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認対象設備に対する技術基準規則の条文ごとの基本設計方針の作成
- b. 「a.」で作成した条文ごとの基本設計方針を基に、実用炉規則の別表第二に示された事項に対して必要な設計を含む技術基準規則等への適合に必要な設備の設計

これらの設計に係る記載事項には、設計の要求事項として明確にしている事項及びその審査に関する事項、設計の体制として組織内外の部門間の相互関係、設計開発の各段階における審査等に関する事項並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(2) 工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画

「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」として、設工認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）の工事及び検査に係る品質管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.4 工事に係る品質管理の方法」及び「3.5 使用前事業者検査」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に、不適合管理の方法について「3.8 不適合管理」に記載する。

これらの工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を、様式-1 を用いて資料 14-2 に示す。

工事及び検査に係る記載事項には、工事及び検査に係る要求事項として明確にする事項及びその審査に関する事項、工事及び検査の体制として組織内外の部門間の相互関係（使用前事業者検査等の独立性、資源管理及び物品の状態保持に関する事項を含む。）、工事及び検査に必要なプロセスを踏まえた全体の工程及び各段階における監視測定、妥当性確認及び検査等に関する事項（記録、識別管理、トレーサビリティ等に関する事項を含む。）並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(3) 設工認対象設備の施設管理

適合性確認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）は、必要な機能・性能を發揮できる状態に維持されていることが不可欠であり、その維持の管理の方法について「4. 適合性確認対象設備の施設管理」で記載する。

(4) 設工認で記載する設計、工事及び検査以外の品質保証活動

設工認に必要な設計、工事及び検査は、設工認品管計画に基づく管理の下で実施するため、(1)～(3)に関する事項以外の事項については、保安規定の品質マネジメントシステム計画（以下「品質マネジメントシステム計画」という。）に従った管理を実施する。具体的には、責任と権限（品質マネジメントシステム計画「5.5 責任、権限及び情報の伝達」）、原子力の安全の確保の重視（品質マネジメントシ

ステム計画「5.2 原子力の安全の確保の重視」)、必要な要員の力量管理を含む資源の管理(品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」)及び評価及び改善(品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」)等の必要な管理を実施する。

また、当社の品質保証活動は、健全な安全文化を育成し維持するための活動と一体となった活動を実施している。

設工認申請(届出)時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合でも、対象設備の中には、現在のような健全な安全文化を育成し維持するための活動を意識したものとなっていなかった時期に導入している設備もあるが、それらの設備についても現在の安全文化につながる様々な品質保証活動を行っている。(添付-1「建設時からの品質保証体制」第1表参照)

3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等

設工認における設計、工事及び検査に係る品質管理は、品質マネジメントシステムに基づき実施する。

以下に、設計、工事及び検査、調達管理等のプロセスを示す。

3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）

設工認に基づく設計、工事及び検査は、品質マネジメントシステム計画の「5.5.1 責任及び権限」に従い、本店組織及び発電所組織に係る体制で実施する。

設計（「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」）、工事（「3.4 工事に係る品質管理の方法」）、検査（「3.5 使用前事業者検査」）並びに調達（「3.6 設工認における調達管理の方法」）の各プロセスにおける主管組織を第 3.1-1 表に示す。第 3.1-1 表に示す各主管組織の長は、担当する設備に関する設計、工事及び検査並びに調達について、責任と権限を持つ。

各主任技術者は、それぞれの職務に応じた監督を行うとともに、相互の職務について適宜情報提供を行い、意思疎通を図る。

設計から工事及び検査への設計結果の伝達、当社から供給者への情報伝達等、

組織内外の部門間や組織間の情報伝達については、設工認に従い確実に実施する。

3.1.1 設計に係る組織

設工認に基づく設計は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に係る組織が設計を主管する組織として実施する。この設計は、設計を主管する組織を統括する部長（所長）の責任の下で実施する。

設工認に基づき実施した設計の具体的な体制については、設工認に示す設計の段階ごとに様式-1 を用いて資料 14-2 に示す。

3.1.2 工事及び検査に係る組織

設工認に基づく工事は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.4 工事に係る品質管理の方法」に係る組織が工事を主管する組織として実施する。

設工認に基づく検査は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.5 使用前事業者検査」に係る箇所が検査を主管する組織として実施する。

設工認に基づき実施した工事及び検査の具体的な体制については、設工認に示す工事及び検査の段階ごとに様式-1 を用いて資料 14-2 に示す。

第 3.1-1 表 設計及び工事の実施の体制

項番号	プロセス	主管組織
3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力建設部門 原子力電気計装グループ 原子力建設部門 安全設計グループ 原子力管理部門 放射線安全グループ 原子力管理部門 原子力防災グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ
3.4	工事に係る品質管理の方法	原子力土木建築部門 調査・計画グループ 川内原子力発電所
3.5	使用前事業者検査	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力建設部門 安全設計グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ 川内原子力発電所
3.6	設工認における調達管理の方法	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ 原子力土木建築部門 調査・計画グループ 川内原子力発電所

3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査

3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用

設工認における設計は、設工認対象設備（該当する場合には設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）に対し、第 3.2-1 表に示す「設工認における設計等、工事及び検査の各段階」に従って技術基準規則等の要求事項への適合性を確保するために実施する工事に係る設計である。

この設計は、設工認品管計画「3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用」に示すグレード（添付-2「当社におけるグレード分けの考え方」第 1 表参照）に従い、「設計・調達管理基準」に基づき管理する。

3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査

設工認として必要な設計、工事及び検査の基本的な流れを第 3.2-1 図及び第 3.2-2 図に示す。また、設工認における設計、設工認申請（届出）手続き、工事及び検査の各段階と品質マネジメントシステム計画との関係を第 3.2-1 表に示す。

品質マネジメントシステム計画「7.3.4 設計開発レビュー」に基づき設計の

結果が要求事項を満たせるかどうかを評価し、問題を明確にし、必要な処置を提案する設計の各段階におけるレビューは、適切な段階において設計を主管する組織が実施するとともに、「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき記録を管理する。設計におけるレビューの対象となる段階を第 3.2-1 表に「※」で示す。

このレビューについては、第 3.1-1 表に示す設計又は工事を主管する組織で当該設備の設計に関する力量を有する専門家を含めて実施する。

(1) 実用炉規則別表第二対象設備に対する管理

設工認のうち、実用炉規則別表第二対象設備における適合性確認に必要な作業と検査の繋がりを第 3.2-1 図に示す。

なお、実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認申請（届出）が不要な工事を行う場合は、設工認品管計画のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準規則に適合していることを確認する。

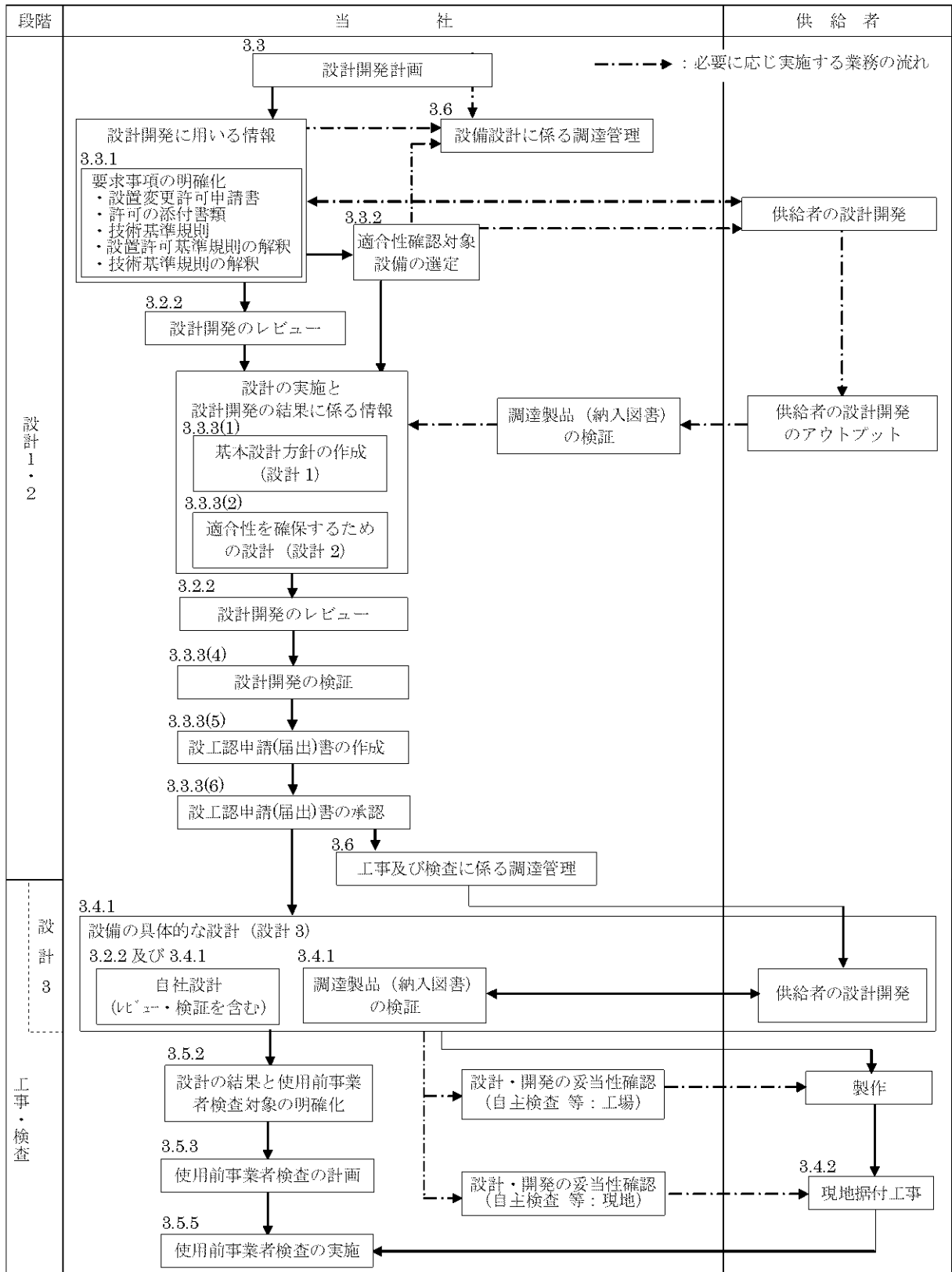
(2) 主要な耐圧部の溶接部に対する管理

設工認のうち、主要な耐圧部の溶接部に対する必要な設計、工事及び検査の管理は、「3.4 工事に係る品質管理の方法」、「3.5 使用前事業者検査」及び「3.6 設工認における調達管理の方法」に示す事項（第 3.2-1 表における「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」～「3.6 設工認における調達管理の方法」）のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準に適合していることを確認する。

第 3.2-1 表 設工認における設計等、工事及び検査の各段階

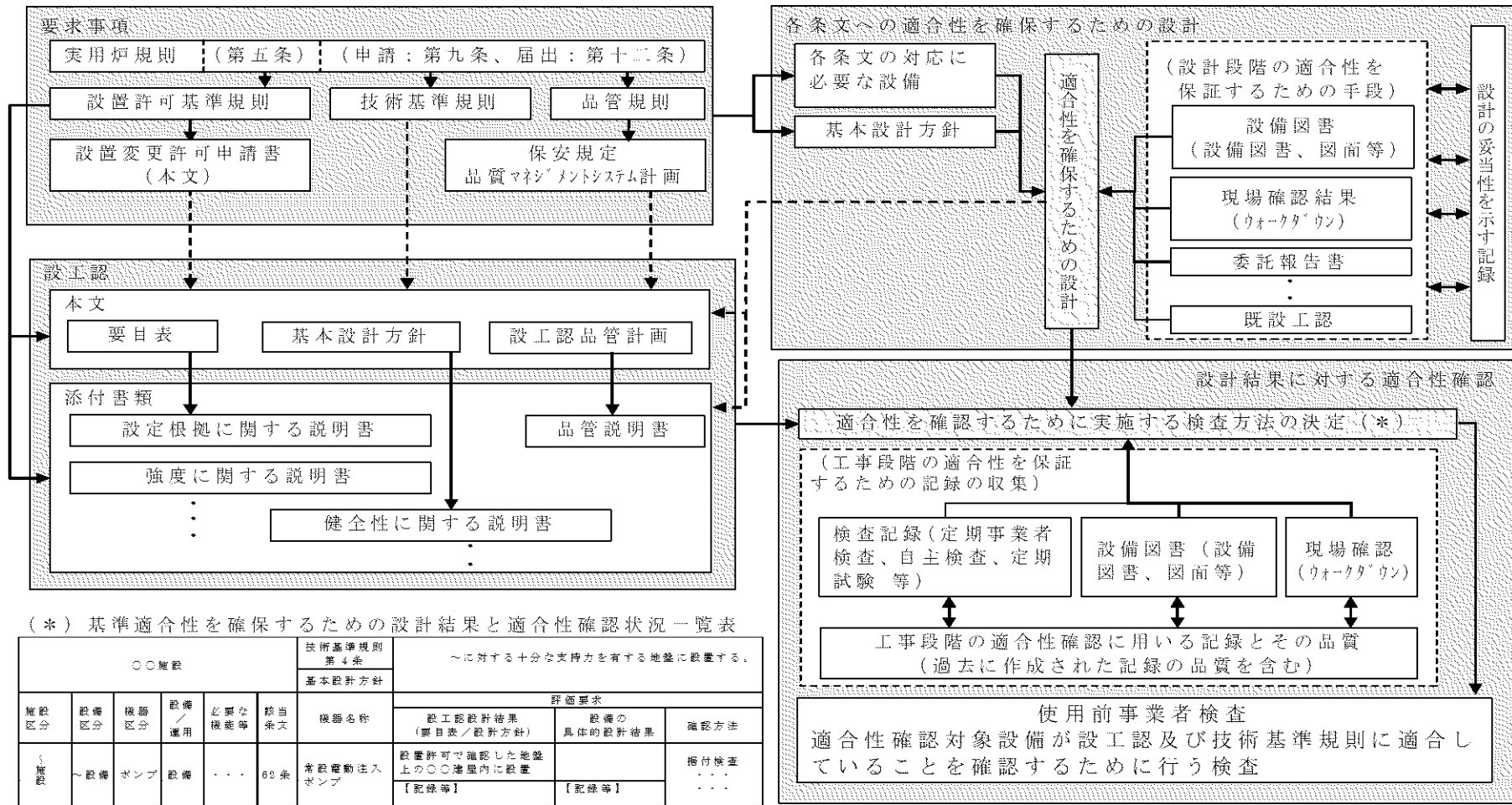
各段階		品質マネジメントシステム計画の対応項目	概要
設計	3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	7.3.1 設計開発計画 適合性を確保するために必要な設計を実施するための計画
	3.3.1※	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	7.3.2 設計開発に用いる情報 設計に必要な要求事項の明確化
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	— 要求事項に対応するための設備・運用の抽出
	3.3.3(1)※	基本設計方針の作成（設計 1）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 要求事項を満足する基本設計方針の作成
	3.3.3(2)※	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 適合性確認対象設備に必要な設計の実施
	3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	7.3.5 設計開発の検証 基準適合性を確保するための設計の妥当性のチェック
	3.3.3(5)	設工認申請（届出）書の作成	— 実用炉規則 第九条に従った申請書又は実用炉規則 第十二条に従った届出書の作成
	3.3.3(6)	設工認申請（届出）書の承認	— 作成した設工認申請（届出）書の承認
	3.3.4※	設計における変更	7.3.7 設計開発の変更の管理 設計対象の追加や変更時の対応
工事及び検査	3.4.1※	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 7.3.5 設計開発の検証 設工認を実現するための具体的な設計
	3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	— 適合性確認対象設備の工事の実施
	3.5.1	使用前事業者検査での確認事項	— 使用前事業者検査における確認すべき事項の整理
	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり	— 検査に先立ち設計の結果と使用前事業者検査の対象との繋がりを整理
	3.5.3	使用前事業者検査の計画	— 適合性確認対象設備が、設工認への適合性を確認する計画と方法の決定
	3.5.4	検査計画の管理	— 使用前事業者検査の工程等の管理
	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理	— 溶接が特殊工程であることを踏まえた使用前事業者検査の管理
	3.5.6	使用前事業者検査の実施	7.3.6 設計開発の妥当性確認 8.2.4 機器等の検査等 認可された設工認どおり、要求事項に対する適合性が確保されていることを確認
調達	3.6	設工認における調達管理の方法	7.4 調達 設工認に必要な、設計、工事及び検査に係る調達管理

※：「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査」でいう、品質マネジメントシステム計画の「7.3.4 設計開発レビュー」対応項目



*1: バックフィットにおける「設計」は、要求事項を満足した設備とするための基本設計方針を作成(設計1)し、その結果を要求事項として、既に設置されている適合性確認対象設備の現状を念頭に置きながら各要求事項に適合させるための詳細設計(設計2)を行う行為をいう。

第 3.2-1 図 適合性を確保するために必要な当社の活動 (基本フロー)



第 3.2-2 図 適合性確認に必要な作業と検査の繋がり

3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画

設計を主管する組織の長は、設工認における技術基準規則等への適合性を確保するための設計を、「設計・調達管理基準」に基づき、要求事項の明確化、適合性確認対象設備の選定、基本設計方針の作成及び適合性を確保するための設計の段階を設計開発計画に明確化し、この計画に従い実施する。

以下に設計開発計画で明確化した各段階における活動内容を示す。

3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化

設工認における設計に必要な要求事項は、以下のとおりとする。

- ・「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」（以下「設置許可基準規則」という。）に適合しているとして許可された設置変更許可申請書
- ・技術基準規則

また、必要に応じて以下を参照する。

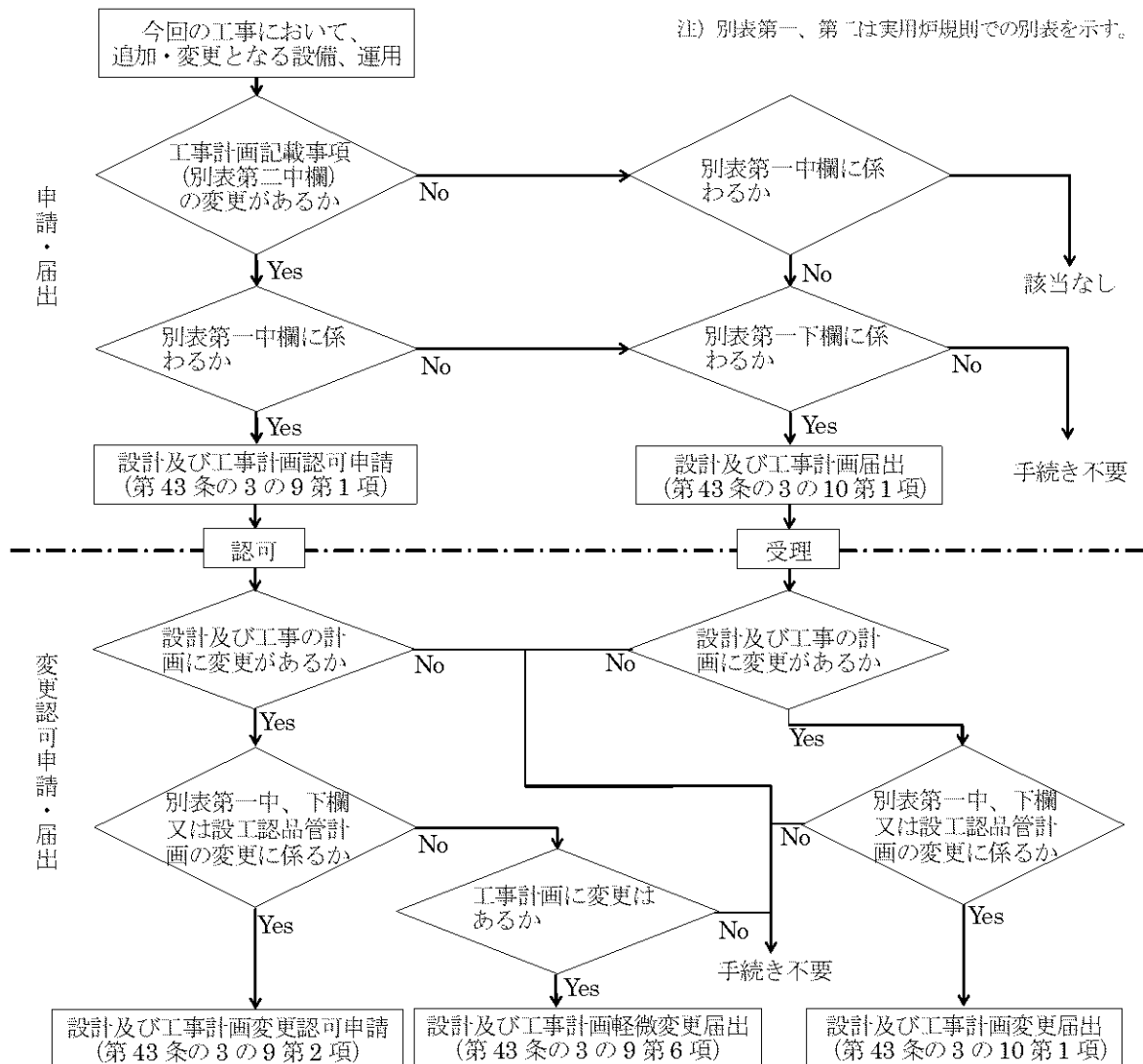
- ・許可された設置変更許可申請書の添付書類
- ・設置許可基準規則の解釈
- ・技術基準規則の解釈

3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定

適合性確認対象設備に対する要求事項への適合性を確保するため、設置変更許可申請書に記載されている設備及び技術基準規則への対応に必要な設備（運用を含む。）を、実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備を含めた適合性確認対象設備として、以下に従って抽出する。

適合性確認対象設備を明確にするため、設工認に関連する工事において追加・変更となる設備・運用のうち設工認の対象となる設備・運用を、要求事項への適合性を確保するために実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備・運用を考慮しつつ第 3.3-1 図に示すフローに基づき抽出する。

抽出した結果を様式-2「設備リスト（例）」（以下「様式-2」という。）の該当する条文の設備等欄に整理するとともに、設備／運用、既設／新設、追加要求事項に対して必須の設備・運用の有無、実用炉規則 別表第二の記載対象設備に該当の有無、既設工認での記載の有無、実用炉規則 別表第二に関連する施設区分／設備区分及び設置変更許可申請書添付八主要設備記載の有無等の必要な要件を明確にする。



第 3.3-1 図 適合性確認対象設備の抽出について

3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証

適合性確認対象設備の技術基準規則等への適合性を確保するために、「設計 1」、「設計 2」を以下のとおり実施する。

(1) 基本設計方針の作成（設計 1）

様式-2 で整理した適合性確認対象設備の要求事項に対する適合性確保に必要な詳細設計を「設計 2」で実施するに先立ち、適合性確認対象設備に必要な要求事項のうち、設置変更許可申請書及び技術基準規則に対する設計を漏れなく実施するために、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にするとともに、技術基準規則の条文ごとに関連する要求事項を含めて設計すべき事項を明確にした基本設計方針を作成する。

a. 適合性確認対象設備と適用条文の整理

適合性確認対象設備の技術基準規則への適合に必要な設計を確実に実施するため、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則を条項号単位で明確にする。

- (a) 技術基準規則の条文ごとに実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された各施設区分との関係を明確にし、明確にした結果とその理由を、様式-3「技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方(例)」(以下「様式-3」という。)の「適用要否判断」欄と「理由」欄に取りまとめる。
- (b) 様式-3に取りまとめた結果を、様式-4「施設と条文の対比一覧表(例)」(以下「様式-4」という。)の該当箇所を星取りにて取りまとめ、施設ごとに適用される技術基準規則の条文を明確にする。
- (c) 適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の各条文の関係を様式-3及び様式-4に代え整理することが可能な場合には、様式-3及び様式-4に代えることができる。
- (d) 様式-2で明確にした適合性確認対象設備を、実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された施設区分ごとに、様式-5-1「技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表(例)」(以下「様式-5-1」という。)及び様式-5-2「設工認添付書類星取表(例)」(以下「様式-5-2」という。)に反映する。様式-4でまとめた結果を用いて、設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にし、各条文と設工認との関連性を含めて様式-5-1で整理する。

b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成

適合性確認対象設備に必要な要求事項を具体化し、漏れなく適用していくための基本設計方針を、設工認の適合性確認対象設備に適用される技術基準規則の条文ごとに作成する。

基本設計方針の作成にあたっては、基本設計方針の作成を統一的に実施するための考え方を定めた「工事計画業務要領」に従い、これに基づき技術基準規則の条文ごとに作成する。この基本設計方針の作成に当たっての統一的な考え方の概要を添付-3の「技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方」に示す。

具体的には、様式-7「要求事項との対比表(例)」(以下「様式-7」という。)に、基本設計方針の作成に必要な情報として、技術基準規則の各条

文とその解釈、関係する設置変更許可申請書本文とその添付書類に記載されている内容を引用し、その内容を確認しながら、設計すべき項目を漏れなく作成する。

基本設計方針の作成に併せて、基本設計方針として記載する事項とそれらの技術基準規則への適合性の考え方、基本設計方針として記載しない場合の考え方及び詳細な検討が必要な事項として含めるべき実用炉規則 別表第二に示された添付書類との関係を明確にし、それらを様式-6「各条文の設計の考え方(例)」(以下「様式-6」という。)に取りまとめる。

作成した基本設計方針をもとに、抽出した適合性確認対象設備に対する耐震重要度分類、機器クラス、兼用する際の登録の考え方及び当該適合性確認対象設備に必要な設工認書類との関連性を様式-5-2に明確にする。なお、過去に作成した基本設計方針が適用できる場合には、「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」で作成する様式-2に項目をおこして明確にすることができる。

(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計2)

様式-2で整理した適合性確認対象設備に対し、今回新たに設計が必要な基本設計方針への適合性を確保するための詳細設計を、「設計1」の結果を用いて実施する。

具体的には、適合性確認対象設備に係る設計すべき事項を明確化した様式-5-1、様式-5-2及び様式-7等の「設計1」の結果(適合性確認対象設備、技術基準規則、作成が必要な設工認本文・添付資料の項目、基本設計方針との関係)を踏まえ、適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計(対象設備の仕様の決定を含む。)を実施し、設備の具体的設計の方針を決定する。詳細設計に関しては、基本設計方針の要求種別に応じて第3.3-1表に示す要求種別ごとの「主な設計事項」に示す内容について実施する。具体的には、「3.7.1 文書及び記録の管理」で管理されている設備図書等の品質記録や「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達からの委託報告書をインプットとして、基本設計方針に対し、適合性確認対象設備が技術基準規則等の必要な設計要求事項への適合性を確保するための設計の方針(要求機能、性能目標、防護方針等を含む。)を定めるための設計を実施する。

設工認申請(届出)時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合は、その設備が定められた設計の方針を満たす機能・性能を有している

ことを確認した上で、設工認申請（届出）に必要な設備の仕様等を決定する。

この詳細設計は、様式-6 で明確にした詳細な検討を必要とした事項を含めて実施するとともに、以下に該当する場合は、その内容に従った設計を実施する。

a. 評価（解析を含む）を行う場合

詳細設計として評価を実施する場合は、基本設計方針を基に詳細な評価方針及び評価方法を定め、評価を実施する。また、評価の実施において、解析を行う場合は、「3.3.3(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理」に基づく管理を行うことにより信頼性を確保する。

b. 複数の機能を兼用する設備の設計を行う場合

複数の機能（施設間を含む。）を兼用する設備の設計を行う場合は、兼用する全ての機能を踏まえた設計を確実に実施するため、組織間の情報伝達を確実にし、兼用する機能ごとの系統構成を把握し、兼用する機能を集約したうえで、兼用する全ての機能を満たすよう設計を実施する。この場合の具体的な設計の流れを第 3.3-2 図に示す。

c. 設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合

設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合は、設計が確実に行われるようにするために、組織間の情報伝達を確実にし、設計をまとめて実施する側で複数の対象を考慮した設計を実施したのち、設計を委ねている側においても、その設計結果を確認する。

d. 他号機と共用する設備の設計を行う場合

様式-2 をもとに他号機と共用する設備の設計を行う場合は、設計が確実に行われることを確実にするため、組織間の情報伝達を確実にし、号機ごとの設計範囲を明確にし、必要な設計が確実に行われるよう管理する。

上記 4 つの場合において、設計の妥当性を検証し、設計の方針を満たすことを確認するために検査を実施しなければならない場合は、検査の条件及び方法を定め、実施する。

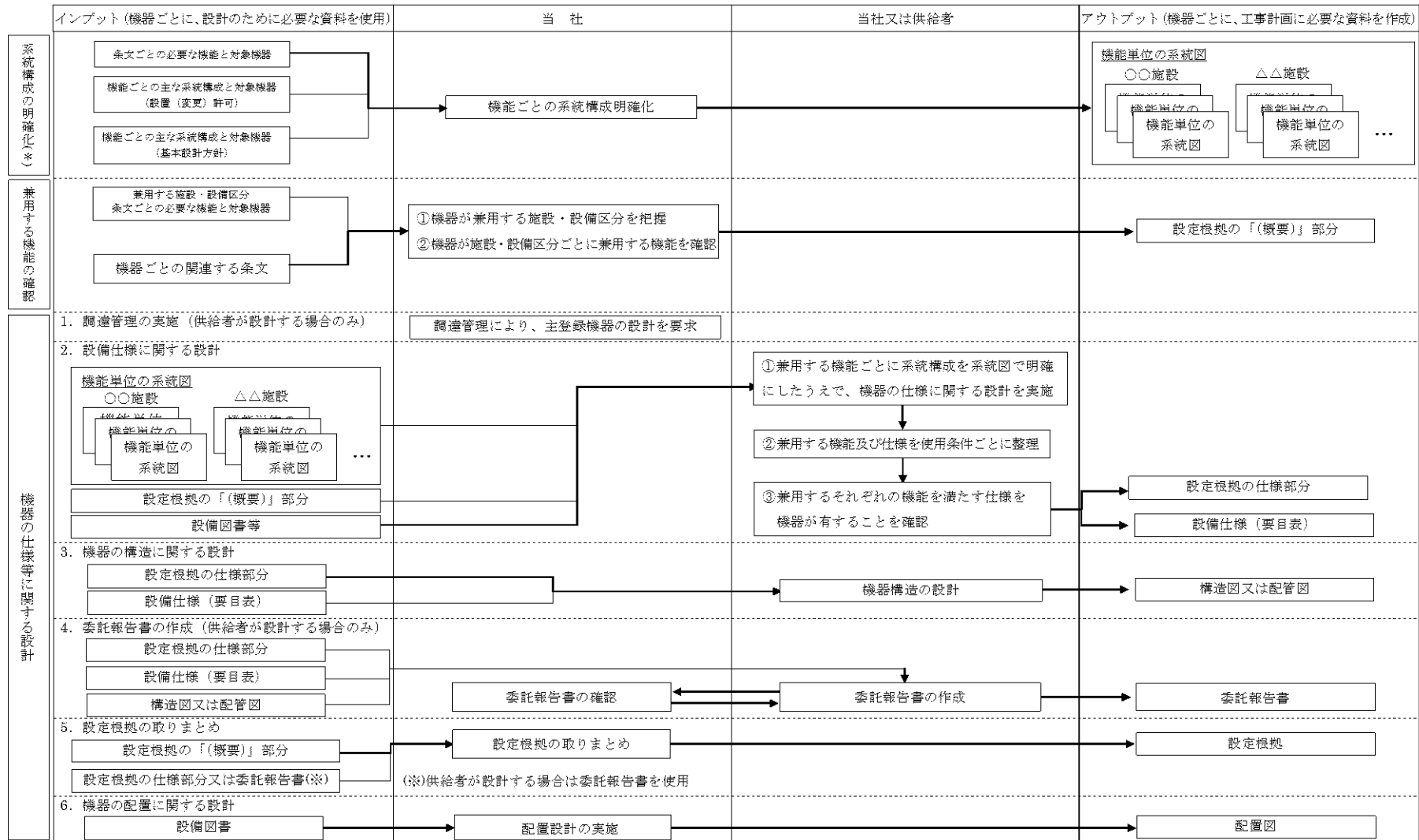
これらの設計として実施したプロセスの実績を様式-1 で明確にする。

第 3.3-1 表に示す要求種別のうち「運用要求」に分類された基本設計方針については、本店組織の保安規定を取りまとめる組織にて、保安規定として必要な対応を実施する。

第 3.3-1 表 要求種別ごとの適合性の確保に必要となる主な設計事項とその妥当性を示すための記録との関係

要求種別		主な設計事項	設計方針の妥当性を示す記録
設備	設置要求	必要となる機能を有する設備の選定	設置変更許可申請書に記載した機能を持つために必要な設備等の選定 ・社内決定文書 等
	設計要求	系統構成	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な具体的な系統構成・設備構成 設置変更許可申請書の記載を基にした、実際に使用する系統構成・設備構成の決定 ・社内決定文書 ・有効性評価結果(設置変更許可申請書での安全解析の結果を含む) ・系統図 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) 等
		機能要求	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な設備の具体的な仕様 仕様設計 構造設計 強度設計(クラスに応じて) 耐震設計(クラスに応じて) 耐環境設計 配置設計 ・社内決定文書 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) ・インターロック線図 ・算出根拠(計算式等) ・カタログ 等
		評価要求	対象設備が目的とする能力を持つことを示すための方法とそれに基づく評価 仕様決定のための解析 基準適合性確認のための解析 条件設定のための解析 実証試験 ・社内決定文書 ・解析計画(解析方針) ・委託報告書(解析結果) ・手計算結果 等
運用	運用要求	運用方法について保安規定に基づき計画 維持・運用のための計画の作成 —	

第 3.3-2 図 主要な設備の設計



(*) 系統設計を伴う場合

(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理

詳細設計の品質を確保する上で重要な活動となる、「調達による解析」及び「手計算による自社解析」について、信頼性を確保するため以下の管理を実施する。

a. 調達による解析の管理

基本設計方針に基づく詳細設計で解析を実施する場合は、解析結果の信頼性を確保するため、設工認品管計画に基づく品質保証活動を行う上で、特に以下の点に配慮した活動を実施し、品質を確保する。

(a) 調達による解析

調達により解析を実施する場合は、解析の信頼性を確保するために、供給者に対し、次に示す管理を確実にするための品質保証要求事項や解析業務に関する要求事項等の調達要求事項を調達仕様書により要求し、それに従った品質保証体制の下で解析を実施させるよう「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達管理を実施する。解析の調達管理に関する具体的な流れを添付－4「設工認における解析管理について」（以下「添付－4」という。）第1表に示す。

イ. 解析を実施する要員の力量管理（品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」）

- ・解析対象業務の経験等により、当該解析に関する力量を有しているとされた要員による解析の実施

ロ. 解析業務に関する業務の計画（解析業務計画書）の作成とそれに基づく業務の実施（品質マネジメントシステム計画「7 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施」）

- ・解析業務着手時に、従事する要員に対して、実施する解析の重要性を意識付けするための教育の実施
- ・使用するコードが正しい値を出力できることを確実にするためのコードの検証（「(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理」参照）
- ・適切な入力情報の使用（「(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達」参照）と、それに基づく入力根拠の作成（「(d) 入力根拠の作成」参照）
- ・作成した入力データのコードへの正しい入力

- ・得られた解析結果の検証
- ・解析結果を基にした報告書の作成 等

ハ. 当該業務に関する不適合管理及び是正処置（品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」）

(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理

計算機プログラムは、評価目的に応じた解析結果を保証するための重要な役割を持っていることから、使用実績や使用目的に応じ、解析コードが適正なものであることを以下のような方法等により検証し、使用する。

- ・簡易的なモデルによる解析解の検算
- ・標準計算事例を用いた解析による検証
- ・実験、ベンチマーク試験結果との比較
- ・他の計算機プログラムによる計算結果との比較

(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達

設工認に関する解析に係る供給者との情報伝達について以下に示す。

設工認に必要な解析業務が、設備や土木建築構造物を設置した供給者と同一の供給者が主体となっている場合、解析を実施する供給者が所有する図面とそれを基に作成され納入されている当社所有の設備図書は、同じ最新性が確保されている。

当社は供給者に対し調達管理に基づく品質保証上の要求事項として、JISQ9001 の要求事項を踏まえた文書及び記録の管理の実施を要求し、適切な版を管理することを要求している。

また、設備を設置した供給者以外で実施する解析の場合、当社で管理している図面を提供し、供給者は、最新性の確保された図面で解析を行っている。

(d) 入力根拠の作成

供給者に、解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠書を作成させ、また計算機プログラムへの入力間違いがないか確認させることで、入力根拠の妥当性及び入力データが正しく入力されたことの品質を確保する。

この入力根拠の作成に際し、解析の品質管理を強化する必要がある場合には、異なる 2 名の者が入力根拠から作成し、入力根拠と入力結果を同時にチェックする「入力クロスチェック」(添付-4 第 1 図参照)を行わせる。

b. 手計算による自社解析の管理

自社で実施する解析(手計算)は、評価を実施するために必要な計算方法及び入力データを明確にし、当該業務の力量を持つ要員が実施する。

実施した解析結果に間違いがないようにするために、入力根拠、入力結果及び解析結果について、解析を実施した者以外の者によるダブルチェックを実施し、解析結果の信頼性を確保する。

自社で実施した解析ごとの具体的な管理方法を添付-4 第 2 表に示す。

(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証

「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の設計 1 及び設計 2 で取りまとめた様式-3~7 及び適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計の結果について、当該業務を直接実施した原設計者以外の者に検証を実施させる。

(5) 設工認申請(届出)書の作成

様式-2 に取りまとめた適合性確認対象設備について、設工認の設計として実施した「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の(1)~(4)からの結果を基に、「工事計画業務要領」に従って、設工認に必要な書類等を以下のとおり取りまとめる。

a. 「要目表」の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計 2)」からの結果に係る情報となる詳細設計結果(図面等の設計資料)を基に、実用炉規則 別表第二の「設備別記載事項」の要求に従って、必要な事項(種類、主要寸法、材料、個数等)を設備ごとに表(要目表)や図面等に取りまとめる。

b. 「基本設計方針」、「適用基準及び適用規格」及び「工事の方法」の作成

「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1）」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」で作成した条文ごとの基本設計方針を整理した様式-7、基本設計方針作成時の考え方を整理した様式-6 及び各施設に適用される技術基準規則の条文を明確にした様式-4 を用いて、実用炉規則 別表第二に示された発電用原子炉施設の施設ごとの基本設計方針としてまとめ直すことにより、設工認として必要な基本設計方針を作成する。

また、技術基準規則に規定される機能・性能を満足させるための基本的な規格及び基準を「適用基準及び適用規格」に、実用炉規則別表第二に基づき、工事及び使用前事業者検査を適切に実施するための基本事項を「工事の方法」として取りまとめる。

c. 各添付書類の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」からの結果に係る情報となる詳細設計結果を基に、基本設計方針に対して詳細な設計結果や設計の妥当性に関する説明が必要な事項を取りまとめた様式-6 及び様式-7 を用いて、設工認と実用炉規則 別表第二の関係を整理した様式-5-2 に示された添付書類を作成する。

実用炉規則 別表第二に示された添付書類において、解析コードを使用している場合には、当該添付書類の別紙として、使用した解析コードに関する内容を記載した「計算機プログラム（解析コード）の概要」を作成する。

d. 設工認申請（届出）書案のチェック

本店組織の設工認の取りまとめを主管する組織の長は、作成した「設工認申請（届出）書」の案について、「工事計画業務要領」に基づき、以下の要領で本店及び発電所の関係組織のチェックを受ける。

- (a) 本店及び発電所の関係組織のチェック分担を明確にする。
- (b) 本店及び発電所の関係組織からチェックの結果が返却された際に、コメントが付されている場合には、その反映要否を検討し、必要であれば資料を修正のうえ、再度、チェックを依頼する。
- (c) 必要に応じ、これらを繰り返し、設工認申請（届出）書案のチェックを完了する。

(6) 設工認申請（届出）書の承認

「(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証」及び「(5) d. 設工認申請（届出）書案のチェック」が終了した後、設工認申請（届出）書を原子力発電安全委員会へ付議し、審議・了承を得た後、原子力建設部長の承認を得る。

3.3.4 設計における変更

設計対象の追加や変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

3.4 工事に係る品質管理の方法

工事を主管する組織の長は、第 3.2-1 表及び第 3.2-1 図に示す工事段階において、設工認に基づく設備の具体的な設計（設計 3）を「設計・調達管理基準」、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を「保修基準」、「土木建築基準」及び「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

なお、実用炉規則別表第二対象設備外の設備の主要な耐圧部の溶接部においては、設計 3 の実施に先立ち該当設備の抽出を「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

また、これらの活動を調達する場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」を適用して実施する。

具体的な管理の方法を以下に示す。

3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）

設工認に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計 3）（主要な耐圧部の溶接部については溶接部に係る設計が設工認対象となる。）を、以下のいずれかの方法で実施する。

(1) 自社で設計する場合

設計を主管する組織の長が設計 3 を実施し、適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）との照合を行う。また、設計開発の検証として「(2) 設計 3 を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合」と同等の対応を行う。設計の妥当性確認については使用前事業者検査にて行う。

- (2) 設計 3 を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合
本店組織の設計を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達により設計 3 を実施する。
本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (3) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が工事の調達に含めて調達し、本店組織の設計を主管する組織が管理する場合
発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。
本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設備の具体的な設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (4) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が調達管理として管理する場合
発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。
発電所組織の工事を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。

3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施

設工認に基づく設備を設置するための工事を「3.6 設工認における調達管理の方法」に従い実施する。

設工認に基づく設備のうち、設工認申請（届出）時点で設置されて新たな工事を伴わない範囲の適合性確認対象設備がある場合については、「3.5 使用前事業者検査」以降の検査段階から実施する。

3.5 使用前事業者検査

検査を主管する組織の長は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに行われていること、技術基準規則に適合していることを確認するため、設計を主管する組織の長及び工事を主管する組織の長とともに保安規定に基づく使用前事業者検査を計画し、「試験・検査基準」に従い、工事を主管する組織のうち、「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」を実施する組織からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。

3.5.1 使用前事業者検査での確認事項

使用前事業者検査は、以下の項目について実施する。

I 実設備の仕様の適合性確認

II 実施した工事が、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」及び「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に記載したプロセス並びに「工事の方法」のとおり行われていること。

これらの項目のうち、I を設工認品管計画の第 3.5-1 表に示す検査として、II を品質管理の方法等に関する使用前事業者検査（以下「QA 検査」という。）として実施する。

II については工事全般に対して実施するものであるが、「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」を実施する場合は、工事を主管する組織が実施する溶接に関するプロセス管理が適切に行われていることの確認を QA 検査に追加する。

また、QA 検査では上記 II に加え、上記 I のうち工事を主管する組織（供給者含む。）が検査記録を採取する場合（工事を主管する組織が採取した記録・ミルシートや検査における自動計測等）には記録の信頼性の確認（記録確認検査や抜取検査の信頼性確保）を行い、設工認に基づく工事の信頼性を確保する。

なお、主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査では、供給者が作成する検査項目毎の記録（溶接作業検査、熱処理検査、放射線透過試験等）を用いるが、検査を主管する組織（供給者含む。）が「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」に基づく管理を行うため工事を主管する組織（供給者含む。）が実施する検査項目毎の信頼性は確保済みであるため、この範囲は QA 検査の対象外とする。

3.5.2 設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり の明確化

設計 1～3 の結果と適合性確認対象の繋がりを明確化するために様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」（以下「様

式-8」という。)を以下のとおり使用前事業者検査に先立ちとりまとめる。

(1) 基本設計方針の整理

基本設計方針（「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1）」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」参照）に基づく設計の結果を踏まえた適合性の確認を漏れなく実施するため、基本設計方針の内容を以下に従い分類し、適合性の確認が必要な要求事項を整理する。

- ・ 条文ごとに作成した基本設計方針を設計項目となるまとまりごとに整理
- ・ 整理した設計方針进行分类するためのキーワードを抽出
- ・ 抽出したキーワードをもとに要求事項を第 3.3-1 表に示す要求種別に分類

整理した結果は、設計項目となるまとまりごとに、様式-8 の「基本設計方針」欄に反映する。

また、設工認の設計に不要な以下の基本設計方針を、様式-8 の該当する基本設計方針に「網掛け」することにより区別し、設計が必要な要求事項に変更があった条文に対応した基本設計方針を明確にする。

- ・ 「定義」：基本設計方針で使用されている用語の説明
- ・ 「冒頭宣言」：設計項目となるまとまりごとの概要を示し、「冒頭宣言」以降の基本設計方針で具体的な設計項目が示されているもの
- ・ 「規制要求に変更のない既設設備に適用される基本設計方針」：既設設備のうち、過去に当該要求事項に対応するための設計が行われており、様式-4 及び様式-5-1 で従来の技術基準規則から変更がないとした条文に対応した基本設計方針
- ・ 「適合性確認対象設備に適用されない基本設計方針」：当該適合性確認対象設備に適用されず、設計が不要となる基本設計方針

(2) 設計結果の反映

設計 2（「3.3.3(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）」参照）で実施した詳細設計結果及び「3.3.3(5) 設工認申請（届出）書の作成」で作成した設工認申請（届出）書の本文、添付資料のうち「(1) 基本設計方針の整理」で整理した基本設計方針に対応する設計結果を、様式-8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」欄に整理する。

設計 3（「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」参照）で実施した設備の具体的な設計結果の結果を様式-8 の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

なお、設工認に基づく設備の設置において、設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合は、既の実施された具体的な設計の結果が設工認に適合していることを確認し、設計 2 の結果を満たす具体的な設計の結果を様式-8 の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

3.5.3 使用前事業者検査の計画

技術基準規則に適合するよう実施した設計結果を取りまとめた様式-8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」欄ごとに設計の妥当性確認を含む使用前事業者検査を計画する。

使用前事業者検査は、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3-1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5-1 表に示す確認項目、確認視点及び主な検査項目をもとに計画を策定する。

適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、使用前事業者検査を計画する。

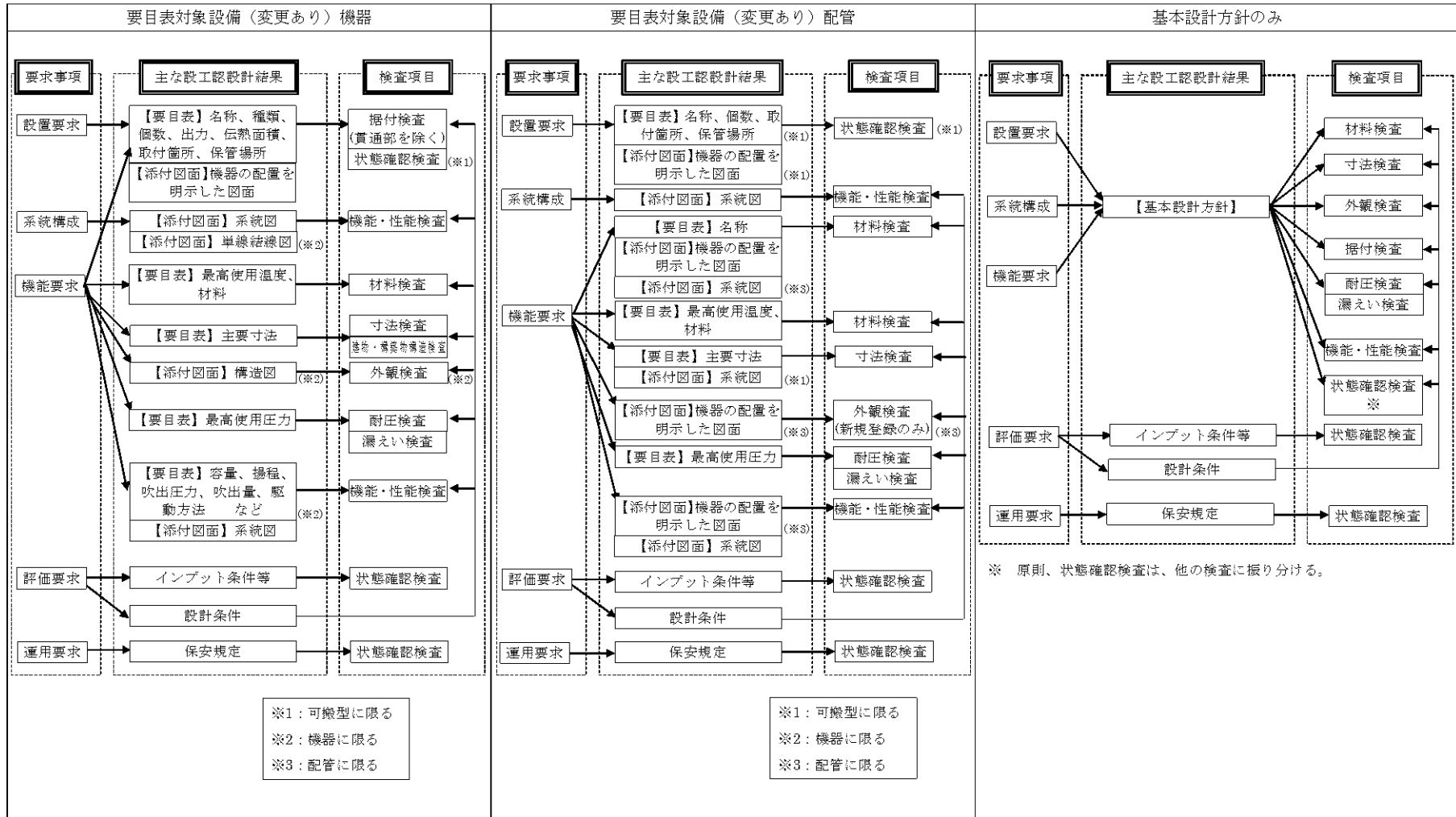
個々に実施する使用前事業者検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、特定の条文・様式-8 に示された「設工認設計結果（要目表／設計方針）」によらず、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる使用前事業者検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。

(1) 使用前事業者検査の方法の決定

使用前事業者検査の実施に先立ち、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3-1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5-1 表に示す確認項目、確認視点、主な検査項目、第 3.5-1 表に示す検査項目の分類の考え方を使って、確認項目ごとに設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を以下の手順により使用前事業者検査の方法として明確にする。設工認品管計画第 3.5-1 表の検査項目ごとの概要及び判定基準の考え方を第 3.5-2 表に示す。

- a. 様式-8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」及び「設備の具体的な設計結果」欄に記載された内容と該当する要求種別を基に、設工認品管計画第 3.5-1 表、第 3.5-1 表を用いて検査項目を決定する。
- b. 決定された検査項目より、第 3.5-2 表に示す「検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）」を参照し適切な検査方法を決定する。
- c. 決定した各設備に対する「検査項目」及び「検査方法」の内容を、様式-8 の「確認方法」欄に取りまとめる。

第 3.5-1 表 主な設工認設計結果に対する検査項目



第 3.5-2 表 検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）

検査項目	検査概要	判定基準の考え方
材料検査	使用されている材料が設計結果のとおりであること、関係規格 ^{※1※2} 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	使用されている材料が設計結果のとおりであり、関係法令及び規格等に適合すること。
寸法検査	主要寸法が設計結果のとおりであり、許容範囲内であることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあること。
外観検査	有害な欠陥のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。
組立て及び据付け状態を確認する検査（据付け検査）	常設設備の組立て状態、据付け位置及び状態が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	設計結果のとおりに設置されていること。
耐圧検査	技術基準規則の規定に基づく検査圧力で所定時間保持し、検査圧力に耐え、異常のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力に耐え、異常のないこと。
漏えい検査	耐圧検査終了後、技術基準規則の規定に基づく検査圧力により漏えいの有無を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力により著しい漏えいのないこと。
建物・構築物 構造検査	建物・構築物が設計結果のとおり製作され、組立てられていること、関係法令及び規格 ^{※2} 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあり、関係法令及び規格等に適合すること。
機能・性能検査 特性検査	・系統構成確認検査 ^{※3} 実際に使用する系統構成及び可搬型設備等の接続が可能なることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・実際に使用する系統構成になっていること。 ・可搬型設備等の接続が可能なること。
	・運転性能検査、通水検査、系統運転検査、容量確認検査 設計で要求される機能・性能について、実際に使用する系統状態、模擬環境により試運転等を行い、機器単体又は系統の機能・性能を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・実際に使用する系統構成になっていること。 ・目的とする機能・性能が発揮できること。
	・絶縁耐力検査 電気設備と大地との間に、試験電圧を連続して規定時間加えたとき、絶縁性能を有することを適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での試験記録等を含む。）又は目視により確認する。	・目的とする絶縁性能を有すること。
	・ロジック回路動作検査、警報検査、インターロック検査 電気設備又は計測制御設備についてロジック、インターロック確認及び警報確認等により機能・性能又は特性を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・ロジック、インターロック及び警報が正常に動作すること。
	・外観検査 建物、構築物、非常用電源設備等の完成状態を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。 ・設計結果のとおりに設置されていること。
	・計測範囲確認検査、設定値確認検査 計測制御設備の計測範囲又は設定値を適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での校正記録等を含む。）又は目視により確認する。	・計測範囲又は設定値が許容範囲内であること。
	・接続確認検査 電源の接続が設計結果のとおりであること、受電状態で機器が正常に動作することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・設計結果のとおりに接続されていること。 ・受電状態で機器が正常に動作すること。
状態確認検査 ^{※4}	・設置要求及び機能要求における機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び負荷が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 ・評価要求に対するインプット条件（耐震サポート等）との整合性確認を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 ・運用可能な手順が設計結果のとおりであることを確認する。	・機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び負荷が適切であること。 ・評価条件を満足していること。 ・運用可能な手順が設計結果のとおり定められ、利用できる状態となっていることが確認できること。

※1 消防法及び JIS

※2 設計の時に採用した適用基準、規格

※3 通水検査を分割して検査を実施する等、使用時の系統での通水ができない場合に実施。（通水検査と同系統である場合には、検査時に系統構成を確認するため不要）

※4 検査対象機器の動作確認は、機能・性能検査を主とするが、技術基準規則第 54 条の検査として、適用可能な手順を用いて動作できることの確認を行う場合は、その操作が可能な構造であることを状態確認検査で確認する。

3.5.4 検査計画の管理

使用前事業者検査を適切な時期で実施するため、本店及び発電所の関係組織と調整のうえ、発電所全体の主要工程、「工事の方法」に示す検査時期を踏まえた使用前事業者検査の検査計画を立案する。また、使用前事業者検査の実施時期及び使用前事業者検査が確実に行われることを以下のとおり管理する。

- ・検査の管理は、使用前事業者検査実施要領書単位で行い計画及び実績を、別途、発電所内にて作成する使用前事業者検査計画表で管理する。
- ・使用前事業者検査の進捗状況に応じ、検査計画又は主要工程の変更を伴う場合は、速やかに関係組織と調整を行うとともに、検査工程を変更する。

3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理

溶接が特殊工程であることを踏まえ、工程管理等の計画を策定し、溶接施工工場におけるプロセスの適切性の確認及び監視を行う。また、溶接継手に対する要求事項は、溶接部詳細一覧表（溶接方法、溶接材料、溶接施工法、熱処理条件、検査項目等）により管理し、これに係る関連図書を含め、業務の実施に当たって必要な図書を溶接施工工場に提出させ、それを審査、確認し、必要な管理を実施する。

3.5.6 使用前事業者検査の実施

使用前事業者検査は、「試験・検査基準」に基づき、以下のとおり実施する。

(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成

適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 (1) 使用前事業者検査の方法の決定」で決定し、様式-8の「確認方法」欄で明確にした確認方法を基に、使用前事業者検査を実施するための検査要領書を作成する。

検査要領書は、工事を主管する組織の長が、検査目的、検査対象範囲、検査項目、検査方法、判定基準、検査体制、不適合管理、検査手順及び検査成績書の事項を記載した検査要領書を作成し、品質保証担当の審査を経て検査実施責任者が制定する。検査要領書では、検査の確認対象範囲として含まれる技術基準規則の条文を明確にする。

実施する検査が代替検査となる場合は、「(2) 代替検査の確認方法の決定」に従い、代替による使用前事業者検査の方法を決定する。

(2) 代替検査の確認方法の決定

a. 代替検査の決定

使用前事業者検査の実施にあたり、以下の条件に該当する場合には代替検査の評価を行い、その結果を当該の検査要領書に添付する。

b. 代替検査の条件

代替検査とは、通常の方法で検査ができない場合に用いる手法であり、以下の場合をいう。

- (a) 当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）※
- (b) 構造上外観が確認できない場合
- (c) 耐圧検査で圧力を加えることができない場合
- (d) 系統に実注入ができない場合
- (e) 電路に通電できない場合 等

※：「当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）」とは、以下の場合をいう。

- ・材料検査で材料検査証明書（ミルシート）がない場合
- ・寸法検査記録がなく、実測不可の場合

c. 代替検査の評価

代替検査を用いる場合、代替検査として用いる方法が本来の検査目的に対する代替性を有していることの評価を実施する。その結果は、「(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成」で作成する検査要領書の一部として添付し、検査実施責任者の承認を得て適用する。

検査目的に代替性の評価にあたっては、以下の内容を明確にする。

- (a) 設備名称
- (b) 検査項目
- (c) 検査目的
- (d) 通常の方法で検査ができない理由※¹
- (e) 代替検査の手法、判定基準※²
- (f) 検査目的に対する代替性の評価※²

※1：記載にあたって考慮すべき事項

- ・既存の原子炉施設に悪影響を及ぼすことによる困難性
- ・現状の設備構成上の困難性
- ・作業環境における困難性 等

※2：記録の代替検査の手法、評価については「3.7.1 文書及び記録の管理」に従い、記録の成立性を評価する。

(3) 使用前事業者検査の体制

使用前事業者検査実施要領書で明確にする使用前事業者検査の体制を、第3.5-1 図に示す当該検査における力量を有する者等で構成される体制とする。

a. 統括責任者

保安に関する業務を統括するとともに、その業務遂行に係る品質保証活動を統括する。

b. 主任技術者

検査の指導・監督を行う。

検査成績書の内容を確認する。

検査の指導・監督を行うに当たり、以下に示す主任技術者と検査内容に応じた所掌の調整等を実施することで情報の共有を図る。

- 原子炉主任技術者は、主に原子炉の核的特性や性能に係る事項等、原子炉の運転に関する保安の監督を行う。
- ボイラー・タービン主任技術者は、主に機械設備の構造及び機能・性能に係る事項等、原子力設備の工事、維持及び運用（電気設備に係るものを除く。）に関する保安の監督を行う。
- 電気主任技術者は、主に電気設備の構造及び機能・性能に係る事項等、電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督を行う。

c. 品質保証担当

品質保証の観点から、検査対象範囲、検査方法等の妥当性の確認を実施するとともに、検査要領書の制定・改訂が適切に行われていることを審査する。

d. 検査実施責任者

検査要領書の制定及び改訂を行う。適合性評価並びにリリースを伴う検査の結果を確認する。

e. 検査担当者

検査の力量を持った者で、適合性評価並びにリリースを伴う検査を直接行うとともに、検査成績書を作成する。

f. 検査助勢者

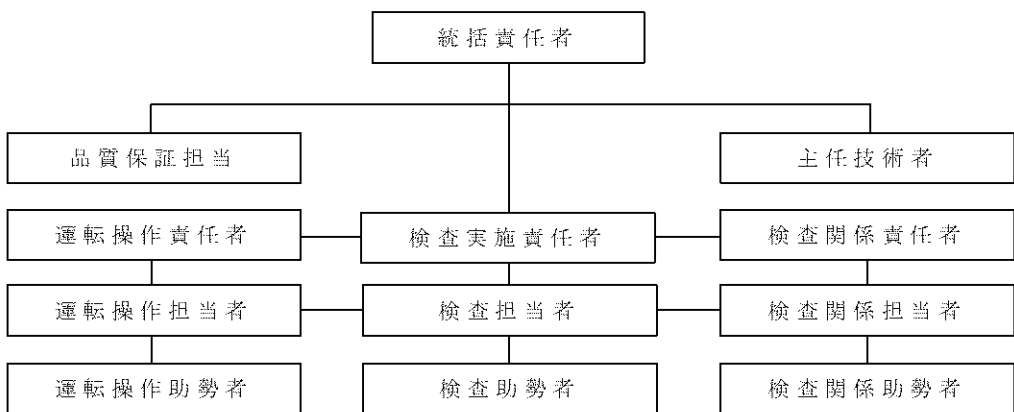
検査実施責任者又は検査担当者の指示に従い、検査に係る作業の助勢を行う。

(4) 使用前事業者検査の実施

検査担当者は、検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、使用前事業者検査を実施し、その結果を検査実施責任者に報告する。

報告を受けた検査実施責任者は、検査プロセスが検査要領書に基づき適正に実施されたこと及び検査結果が判定基準に適合していることを確認後、主任技術者の確認を受ける。

実施した使用前事業者検査の結果として、使用前事業者検査実施要領書の番号を様式-8の「確認方法」欄に取りまとめる。



第 3.5-1 図 検査実施体制 (例)

3.6 設工認における調達管理の方法

設工認に係る業務を調達する、設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長（以下「調達を担当する組織の長」という。）は、調達管理を「設計・調達管理基準」に基づき以下のとおり実施する。

3.6.1 供給者の技術的評価

供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として、「供給者評価チェックシート」を用いて、以下の項目について供給者の技術的評価を実施する。

- ・ 技術的能力及び製造能力の有無
- ・ 調達製品の納入・使用実績の有無
- ・ 調達製品のサンプルの検査・試験結果等の良否（使用実績がない場合、必要に応じ確認）
- ・ 品質保証に関する能力の有無（第 3.6-1 表参照）
- ・ 前回評価から再評価までの間の確認事項の良否（再評価時のみ実施）

これらの項目の確認・評価結果を基に、調達文書の要求事項に適合する製品又は役務を供給する総合的な能力の有無を判断する。

また、供給者の再評価を、5 年を限度として定期的に行い、供給者が重大な不適合を発生させた場合にも再評価を行う。

第 3.6-1 表 品質保証に関する能力の有無の判定表

		業務の区分 A,B	業務の区分 C,D	業務の区分 E
品質保証に関する能力	①品質保証計画 (品質マニュアル)	いずれか 1 つは「良」であること。	いずれか 1 つは「良」又は「有」であること。	いずれか 1 つは「良」又は「有」であること。
	②当社による品質保証監査の結果			
	③品質保証に関する公的認証	—	—	
	④供給実績等における評価	—	—	

3.6.2 供給者の選定

設工認に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の重要度に応じた業務の区分（添付－2「当社におけるグレード分けの考え方」（以下「添付－2」という。）第5表参照）を明確にした上で、調達に必要な要求事項を明確にし、資材調達部門へ供給者の選定を依頼する。

資材調達部門は、「3.6.1 供給者の技術的評価」で、技術的な能力があると判断した供給者の中から供給者を選定する。

3.6.3 調達製品の調達管理

調達の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じたグレードを適用する。

調達に関する品質保証活動を行うに当たっては、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の区分（添付－2 第5表参照）を明確にした上で、以下の調達管理を実施する。また、一般産業工業品については、調達に先立ち、あらかじめ採用しようとする一般産業工業品について、原子炉施設の安全機能に係る機器等として使用するための技術的な評価を行う。

(1) 調達仕様書の作成

業務の内容に応じ、以下の a.～m.を記載した調達仕様書を作成し、供給者の業務実施状況を適切に管理する。（「(2) 調達製品の管理」参照）

- a. 仕様明細
- b. 設計要求事項
- c. 材料・機器の管理に関する要求事項
- d. 製作・据付に関する要求事項
- e. 試験・検査に関する要求事項
- f. 適用法令等に関する要求事項
- g. 品質保証要求事項（添付－2 第6表参照）
- h. 調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項
- i. 健全な安全文化を育成し維持するための活動に関する必要な要求事項
- j. 解析業務に関する要求事項（解析委託の管理については、添付－4 参照）
- k. 安全上重要なポンプの主軸の調達における要求事項
- l. 原子炉施設に係る情報システムの開発及び改造に関する要求事項
- m. 一般汎用品を原子炉施設に使用するにあたっての要求事項

これらに加え、以下の事項を供給者に要求する。

- ・ 調達製品の調達後における維持又は運用に必要な保安に係る技術情報の取得に関する事項
- ・ 不適合の報告（偽造品又は模造品の報告を含む。）及び処理に関する事項
- ・ 当社が供給先で検査を行う際に原子力規制委員会の職員が同行して工場等の施設に立ち入る場合があることに関する事項
- ・ 調達製品を受領する際に要求事項への適合状況を記録した文書の提出に関する事項

なお、取得した保安に係る技術情報は、必要に応じてほかの原子炉設置者と共有する。

(2) 調達製品の管理

調達仕様書で要求した製品が確実に納品されるよう調達製品が納入されるまでの間、「設計・調達管理基準」、「保修基準」及び「土木建築基準」に基づき、業務の実施に当たって必要な図書（品質保証計画書（業務の区分 A,B）、作業要領書等）を供給者に提出させ、それを審査、確認する等の製品に応じた必要な管理を実施する。

(3) 調達製品の検証

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確実にするために、業務の区分、調達数量・調達内容等を考慮した調達製品の検証を行う。

供給先で検証を実施する場合、あらかじめ調達文書で検証の要領及び調達製品のリリースの方法を明確にした上で、検証を行う。

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確認するために実施する検証は、以下のいずれかの方法により実施する。

a. 検査

「試験・検査基準」に基づき、工場あるいは発電所で設計の妥当性確認を含む検査を実施する。検査の実施にあたっては、検証に関する管理要領を検討する。

当社が立会い又は記録確認を行う検査に関しては、供給者に以下の項目のうち必要な項目を含む検査要領書を作成させ、当社が事前に審査、確認した上で、検査要領書に基づき実施する。

- ・対象設備、目的、範囲、条件
- ・実施体制、方法、手順
- ・記録項目
- ・合否判定基準
- ・時期、頻度
- ・適用法令、基準、規格
- ・使用する測定機器
- ・不適合管理

可搬式ポンプ及びそれに接続するホース等の型番指定の汎用品を添付ー2 第5表に示す「業務の区分 E,F」で管理し購入する場合で、設備個々の機能・性能を調達段階の工事又は検査中で確認できないものについては、当社にて検査要領書を作成し、受入後に、機能・性能の確認を実施する。

b. 受入検査の実施

製品の受入れに当たり、受入検査を実施し、現品、発送許可証、その他の記録の確認を行う。

c. 記録の確認

作業日報、工事記録等調達した役務の実施状況を確認できる書類により検証を行う。

d. 報告書の確認

調達した役務に関する実施結果を取りまとめた報告書の内容を確認することにより検証を行う。このうち、設計を調達した場合は供給者から提出させる納入図書に対して設計の検証を実施する。

e. 作業中のコミュニケーション等

調達した役務の実施中に、適宜コミュニケーションを実施すること及び立会い等を実施することにより検証を行う。

f. 受注者品質保証監査（「3.6.4 受注者品質保証監査」参照）

3.6.4 受注者品質保証監査

供給者の品質保証活動及び健全な安全文化を育成し維持するための活動が適切で、かつ、確実に行われていることを確認するために、受注者品質保証監査を実施する。

(受注者品質保証監査を実施する場合の例)

(設備) 添付-2 第5表に定める業務の区分Aに該当し、機能・性能の大幅な変更がある場合

(役務) 過去3年以内に監査実績がない供給者で、添付-2 第5表に定める業務の区分Bに該当する場合

但し、過去(5年を目安)に同種製品又は役務の調達の実施され、監査結果が良好な場合は除外可能とする。

供給者の発注先(安全上重要な機能に係る主要業務を行う企業)(以下「外注先」という。)について、下記に該当する場合は、直接外注先に監査を行う。

- ・当社が行う供給者に対する監査において、供給者における外注先の品質保証活動の確認が不十分と認められる場合
- ・不適合等が発生して、外注先の調査が必要となった場合
- ・設計・製作の主体が外注先である場合

設工認に係る供給者については、供給者の評価を実施し、供給者の調達製品を供給する能力に問題はないことを確認しており、必要に応じて監査を実施する。

3.6.5 設工認における調達管理の特例

設工認の対象となる適合性確認対象設備のうち、設工認申請(届出)時点で設置されている設備がある場合は、設置当時に調達を終えており、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づく管理は適用しない。

3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ

3.7.1 文書及び記録の管理

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る文書及び記録について、以下の管理を実施する。

(1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る文書及び記録

設計、工事及び検査に係る文書及び記録については、品質マネジメントシステム計画の「別図 1 保安規定品質マネジメントシステム計画に係る規定文書体系図」に示す規定文書、規定文書に基づき業務ごとに作成される文書（一般図書）、それらに基づき作成される品質記録（設備図書、一般図書）があり、これらを「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき管理する。

当社の品質記録は、設備に関する情報として最新性を維持するための管理が行われている「設備図書」と、活動の結果を示す記録として管理する「一般図書」に分けて管理している。設工認に係る主な品質記録の品質マネジメントシステム上の位置付けを第 3.7-1 表に示す。

設工認では、主に第 3.7-1 図に示す文書及び記録を使って、技術基準規則等への適合性を確保するための設計、工事及び検査を実施するが、これらの中には、原子力発電所の建設時からの記録等、過去の品質保証体制で作成されたものも含まれている。

これらの記録であっても、建設以降の品質保証体制が品管規則の文書及び記録の管理に関する要求事項に適合したものとなっていることから、品質マネジメントシステム計画に基づく品質保証体制下の文書及び記録と同等の品質が確保されている。

建設時からの文書及び記録に関する管理とそのベースとなる民間規格等の変遷及びそれらが品管規則の趣旨と同等であることについて、添付-1 第 2 表に示す。

(2) 供給者が所有する当社の管理下でない図書を設計、工事及び検査に用いる場合の管理

設工認において当社の管理下でない供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合、当社が供給者評価等により品質保証体制を確認した供給者で、かつ、対象設備の設計を実施した供給者が所有する設計時から現在に至るまでの品質が確認された設計図書が当該設備としての識別が可能な場合において、適用可能な図書として扱う。

この供給者が所有する図書を入手した場合は、当社の文書管理下で第 3.7

ー1表に示す設備図書又は一般図書として管理する。

当該設備に関する図書がない場合で、代替可能な図書が存在する場合は、供給者の品質保証体制をプロセス調査することによりその図書の品質を確認し、設工認に対する適合性を保証するための図書として用いる。

(3) 使用前事業者検査に用いる文書及び記録

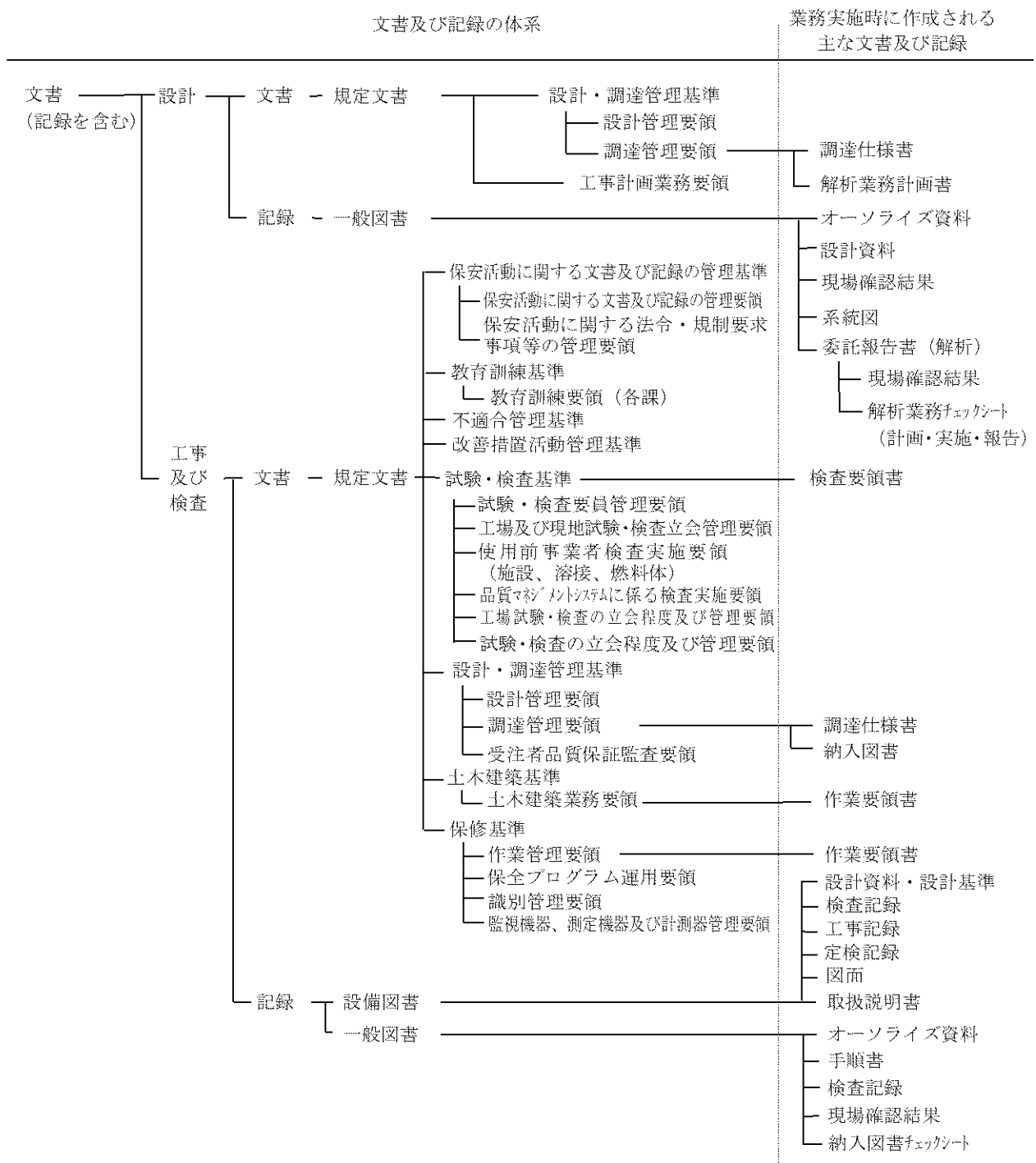
使用前事業者検査として、記録確認検査を実施する場合に用いる記録は、原則として最新性が確保されている「設備図書」を用いて実施する。

なお、適合性確認対象設備に設工認申請（届出）時点で設置されている設備が含まれている場合があり、この場合は、「設備図書」だけでなく、第3.7ー1表に示す「一般図書」も用いることもあり、この場合は、「一般図書」の内容が、実施する使用前事業者検査時の適合性確認対象設備の状態を示すものであることを、型番の照合、確認できる記載内容の照合又は作成当時のプロセスが適切であることを確認することにより、使用前事業者検査に用いる記録として利用する。

使用前事業者検査に用いた「一般図書」は、供用開始後に、「設備図書」として管理する。

第 3.7-1 表 品質記録の品質マネジメントシステム上の位置付け

記録の種類	品質マネジメントシステム上の位置付け
設備図書	品質保証体制下で作成され、建設当時から同様の方法で、設備の改造等に合わせて、図書を最新に管理している図書
一般図書 (主な一般図書)	作成当時の品質保証体制下で作成され、記録として管理している図書（試験・検査の記録を含む。） 設備図書のように最新に維持されているものではないが、設備の状態を示すものであることを確認することにより、設備図書と同等の記録となる図書
既設工認	設置又は改造当時の工事計画、設計及び工事の計画の認可を受けた図書で、当該計画に基づく使用前検査の合格若しくは使用前確認の確認を以って、その設備の状態を示す図書
設計文書（記録）	作成当時の適合性確認対象設備の設計内容が確認できる記録（自社解析の記録を含む。）
自主検査結果（記録）	品質保証体制下で行った当該設備の状態を確認するための試験及び検査の記録
工事中の設備に関する納入図書	設備の工事中の図書であり、このうち、図面等の最新版の維持が必要な図書は、工事竣工後に「設備図書」として管理する図書
委託報告書	品質保証体制下の調達管理を通じて行われた、業務委託の結果（解析結果を含む。）
供給者から入手した設計図書等	供給者を通じて、供給者所有の設計図書、製作図書等を入手した図書
製品仕様書、又は仕様 がわかるカタログ等	供給者が発行した製品仕様書、又は仕様を確認できるカタログ等で設計に関する事項が確認できる資料
現場確認（ウォークダウン）結果	品質保証体制下で確認手順書を作成し、その手順書に基づき現場の適合状態を確認した記録



【定義】 (保安活動に関する文書及び記録の管理基準)

- ・ 規定文書：統一的な取扱を必要とする事項について定めた文書
- ・ 業務要領：規定文書のうち「基準」を補足する詳細な手順を定めた文書
- ・ 一般図書：規定文書、業務要領及び設備図書以外の文書及び記録
- ・ 記録：業務の実施結果又は、活動の証拠で、設備図書、一般図書の2種類に区分して管理

第 3.7-1 図 設計、工事及び検査に係る品質マネジメントシステムに関する文書体系

3.7.2 識別管理及びトレーサビリティ

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る識別及びトレーサビリティについて、以下の管理を実施する。

(1) 計測器の管理

a. 当社所有の計測器の管理

(a) 校正・検証

定めた間隔又は使用前に、国際又は国家計量標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正若しくは検証又はその両方を行う。また、そのような標準が存在しない場合には、校正又は検証に用いた基準を記録する。

なお、適合性確認対象設備で、調達当時の考え方によりトレーサブルな記録がない場合は、調達当時の計測器の管理として、国際又は国家計量標準につながる管理が行われていたことを確認する。

(b) 識別管理

イ. 計測器管理台帳による識別

校正の状態を明確にするため、計測器管理台帳に、校正日及び校正頻度を記載し、有効期限内であることを識別する。計測器が故障等で使用できない場合、使用禁止を計測器管理台帳に記載する。修理等で使用可能となれば、使用禁止から校正日へ記載を変更することで、使用可能であることを明確にする。

ロ. 計測器管理ラベルによる識別

計測器の校正の状態を明確にするよう、計測器管理ラベルに必要事項を記載し、計測器の目立ちやすいところに貼付し識別する。

b. 当社所有以外の計測器の管理

供給者持込計測器の管理については、使用する前までに計測器名、型式、製造番号、校正頻度、トレーサビリティを校正記録等で確認する。

(2) 機器、弁及び配管等の管理

機器類、弁及び配管類は、刻印、タグ、銘板、台帳、塗装表示等にて管理する。

3.8 不適合管理

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る設計、工事及び検査において発生した不適合については、「不適合管理基準」及び「改善措置活動管理基準」に基づき管理を行う。

4. 適合性確認対象設備の施設管理

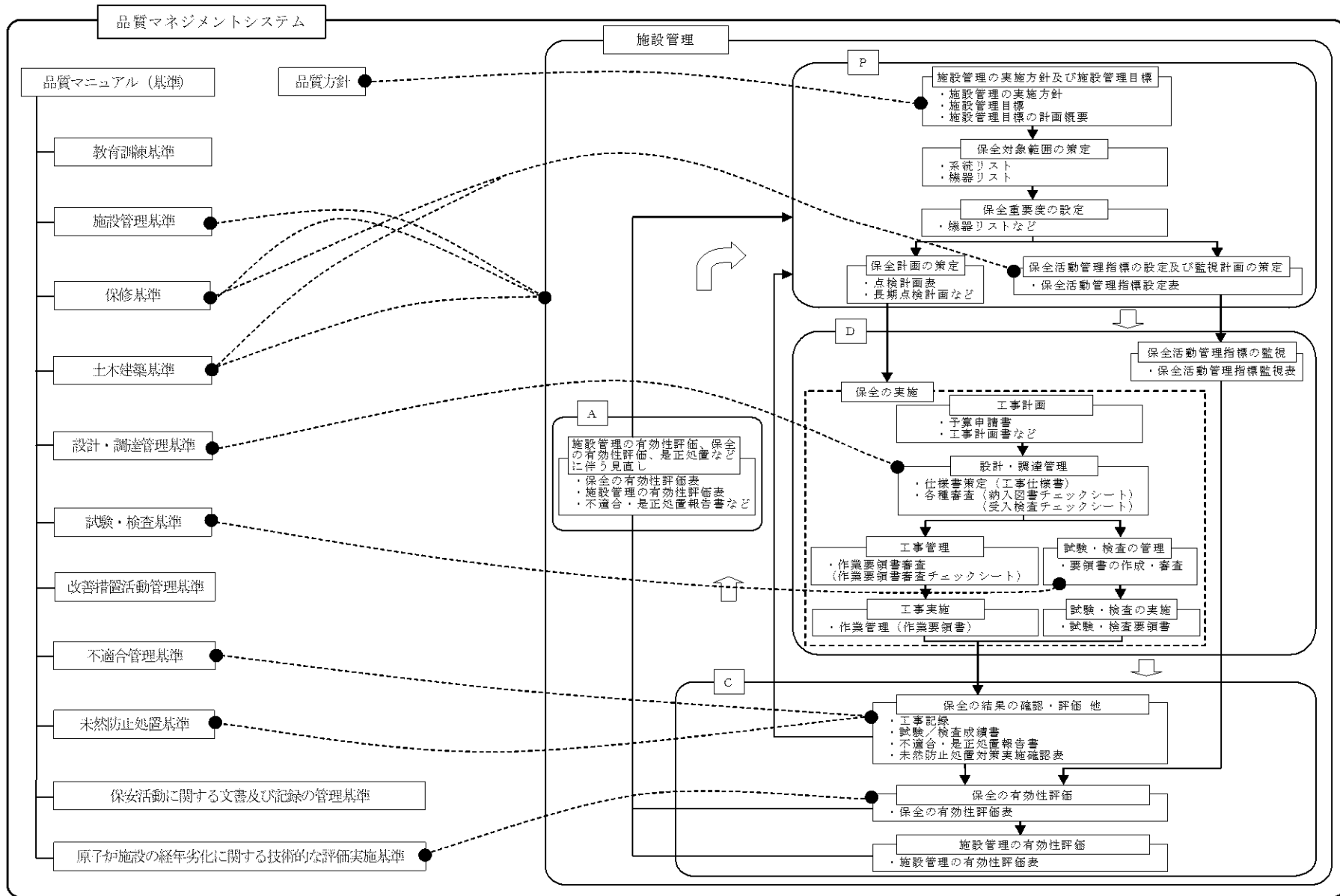
設工認に基づく工事は、「保修基準」及び「土木建築基準」の「保全計画の策定」の中の「設計及び工事の計画」として、保安規定に基づく施設管理に係る業務プロセス

□実施している。

施設管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連を第 4-1 図に示す。

設工認申請（届出）時点で設置されている適合性確認対象設備がある場合は、巡視点検、日常の保守及び保全計画に基づく点検等を実施し、異常のないことを確認している。

適合性確認対象設備については、技術基準規則への適合性を、使用前事業者検査を実施することにより確認し、適合性確認対象設備の使用開始後においては、施設管理に係る業務プロセスに基づき保全重要度に応じた点検計画を策定し保全を実施することにより、適合性を維持する。



第 4-1 図 施設管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連

5. 様式

- (1) 様式-1：本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）
- (2) 様式-2：設備リスト（例）
- (3) 様式-3：技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方（例）
- (4) 様式-4：施設と条文の対比一覧表（例）
- (5) 様式-5-1：技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表（例）
- (6) 様式-5-2：設工認添付書類星取表（例）
- (7) 様式-6：各条文の設計の考え方（例）
- (8) 様式-7：要求事項との対比表（例）
- (9) 様式-8：基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）

本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）

各段階	プロセス 実績：3.3.1~3.3.3(4) 計画：3.4.1~3.5.6	組 織						インプット	アウトプット	他の記録類
3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化									
3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定									
3.3.3(1)	基本設計方針の作成（設計1）									
3.3.3(2)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）									
3.3.3(3)										
3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証									
3.4.1	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）									
3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施									
3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりでの明確化									
3.5.3	使用前事業者検査の計画									
3.5.4	検査計画の管理									
3.5.6	使用前事業者検査の実施									

設備リスト【重大事故等対処設備】(例)

設置許可 基準規則 ／ 技術基準 規則 条文	技術基 準規則 及び 解釈	必要な 機能等	設備等	設備 ／ 運用	既設 ／ 新設	追加要求 事項に対 して必須 の設備、 運用か (○、×)	実用炉規則 別表第二の 記載対象 設備か (○、×)	既設工認 に記載が されてい ないか (○、×)	必要な対 策が(a),(b) のうち、 どこに対 応するか	実用炉規則 別表第二に 関連する施 設・設備区 分	添八主要 設備記載 有無	備 考
○○設備												
○○設備												

(注) (a)は適合性確認対象設備のうち未設工認設備、(b)は適合性確認対象設備のうち既設工認設備を示す。

技術基準規則の各条文と各施設における適用可否の考え方（例）

技術基準規則 第〇〇条（〇〇〇〇〇）		条文の分類		
实用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則		实用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈		
対象施設		適用可否判断 (○or△)	理由	備考
原子炉本体				
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設				
原子炉冷却系統施設				
計測制御系統施設				
放射性廃棄物の廃棄施設				
放射線管理施設				
原子炉格納施設				
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備			
	常用電源設備			
	補助ボイラー			
	火災防護設備			
	浸水防護施設			
	補機駆動用燃料設備			
	非常用取水設備			
	敷地内土木構造物			
	緊急時対策所			
第7、13条への対応に必要となる施設（原子炉冷却系統施設）				

施設と条文の対比一覧表 (例)

条文	重大事故等対処施設																													
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	地盤	地震	津波	火災	特重設備	重大事故等対処設備	材料構造	破壊の防止	安全弁	耐圧試験	未臨界	高圧時の冷却	パウンダリの減圧	低圧時の冷却	最終ヒートシンク	CV冷却	CV過圧破損防止	下部溶融炉心冷却	CV水素爆発	原子炉建屋水素爆発	SFP冷却	拡散抑制	水の供給	電源設備	計装設備	原子炉制御室	監視測定設備	緊急時対策所	通信	準用
原子炉施設の分類	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通
原子炉本体																														
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設																														
原子炉冷却系統施設																														
計測制御系統施設																														
放射性廃棄物の廃棄施設																														
放射線管理施設																														
原子炉格納施設																														
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備																													
	常用電源設備																													
	補助ボイラー																													
	火災防護設備																													
	浸水防護施設																													
	補機駆動用燃料設備																													
	非常用取水設備																													
	敷地内土木構造物																													
緊急時対策所																														

- ：条文要求に追加・変更がある又は追加設備がある
- △：条文要求に追加・変更がないため当該条文の変更要求に対する設備がないが、他条文の変更等により対応する追加設備があるため基準への適合性を確認する必要があるもの
- －：条文要求を受けない設備がない
- ：保安規定等にて維持・管理が必要な追加設備がある
- ◇：条文要求の一部準用（特定重大事故等対処施設を構成する設備の性質から必要と考えられる要求事項を踏まえた設計とする）

技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表（例）

〇〇施設							第〇〇条			第〇〇条									
							第〇項			第〇項			第〇項						
							基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面				
施設区分	設備区分	機器区分	設備／運用	必要な機能等	該当条文	設備名称	基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面				
〇〇施設																			
	技術基準 要求設備 (要目表と して記載要 求のない設 備)																		

設工認添付書類星取表 (例)

申請対象設備						基本設計方針						要目表	別表第二 添付書類						備考	
						【耐震重要度分類】※ 耐震重要度分類については、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照			【機器クラス】※ 機器クラスについては、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照 ※運用及び可搬型の SA 設備については斜線とする。				【申請区分】 D-1：耐震基準変更(耐震 S クラス) (B,C クラスの S クラスへの波及的影響)(共振のおそれのある耐震 B クラス設備) D-2：RCPB 範囲拡大 D-3：基準変更・追加又は別表変更・追加 D-4：別表該当なし D-5：記載の適正化 D-6：改造工事			【設備区分】 設備区分については、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照				【機器クラス】 機器クラスについては、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照
別表第二		機器名		兼用する場合の施設・設備区分		設計基準対象設備 (DB)			重大事故等対処設備 (SA)			「◎」:申請対象 (新規) 「○」:申請対象 (既設工認登録済み) 「□」:申請対象 (既設工認登録なし) 「△」:記載の適正化 「×」:無								
発電用原子炉施設の種類	設備区分	機器区分	機器名	主登録	兼用登録	耐震重要度分類 (当該設備)	機器クラス (当該設備)	申請区分	設備区分 (当該設備)	機器クラス (当該設備)	申請区分							設備共通		「各施設 (設備)」

各条文の設計の考え方（例）

第〇条（〇〇〇〇〇〇）					
1. 技術基準規則の条文、解釈への適合性に関する考え方					
No.	基本設計方針で 記載する事項	適合性の考え方（理由）	項-号	解釈	説明資料等
2. 設置許可本文のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方					
No.	項目	考え方			説明資料等
3. 設置許可添八のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方					
No.	項目	考え方			説明資料等
4. 詳細な検討が必要な事項					
No.	記載先				

要求事項との対比表 (例)

技術基準規則・解釈*	設工認 基本設計方針	設置(変更)許可(〇〇年〇〇 月〇〇日付け)本文	設置(変更)許可(〇〇年〇 〇月〇〇日付け)添付書類八	備 考

*技術基準規則・解釈については、記載内容が少ない場合は、この欄を省略することを「可」とする。

基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表 (例)

○○施設						技術基準規則 第○○条						
						基本設計方針						
施設区	設備区分	機器区分	設備／運用	必要な機能等	該当条文	機器名称	設工認設計結果 (要目表/設計方針)	設備の具体的設計結果	確認方法	設工認設計結果 (要目表/設計方針)	設備の具体的設計結果	確認方法
							【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】	【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】
○○施設	技術基準要求設備として記載要求のない設備)				○○条				【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】			【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】
						【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】	【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】	
		○○条							【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】			【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】
		【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】	【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】					

建設時からの品質保証体制

当社は、日本電気協会が原子力発電所の品質保証活動推進のために民間指針として昭和47年に制定した「原子力発電所建設の品質保証手引き」(JEAG4101-1972)の内容を反映した「原子力発電所建設工事品質管理要則」(昭和51年10月1日制定)を定めることにより最初の品質保証体制を構築した。その後、川内原子力発電所第1号機(昭和54年1月工事着工)、同第2号機(昭和56年5月工事着工)、玄海原子力発電所第3/4号機(昭和60年8月工事着工)の建設を開始することになるが、JEAG4101の改正を適宜反映しながら、発電所の建設工事に関する品質を確保してきた。平成15年には品質保証計画書を保安規定に定めることが義務化され、それに合わせて、JEAG4101からJEAC4111「原子力発電所における安全のための品質保証規程」に移行されたことを受けて、当社の品質保証体制を再構築し、現在に至っている。

このような品質保証活動の中で、一貫して行ってきた根幹となる品質保証活動と安全文化を醸成するための活動につながる視点をを用いて整理した結果を第1表に示す。

また、建設当時からの文書及び記録に関する管理とそのベースとなる民間規格の変遷及びそれらが品管規則と同等の趣旨の管理を求めていたことについて、第2表に示す。

第1表 安全文化を醸成する活動につながる品質保証活動

	安全文化を醸成するための活動につながる主な視点	品質保証体制を構築した以降の安全文化を醸成するための活動につながる品質保証活動
1	原子力安全に対する個人及び集団としての決意の表明と実践	・品質保証体制の把握と確実な遂行の確認
2	原子力安全に対する当事者意識の高揚	
3	コミュニケーションの奨励と報告を重視する開かれた文化の構築	・必要な会議の実施 ・工場検査立会い時の日報作成(コミュニケーション)
4	欠陥に関する報告	・懸案事項とその処置の検討 ・不具合に対する処置と是正処置の確認
5	改善提案に対する迅速な対応	
6	安全と安全文化の更なる醸成とその継続的な改善	・安全に関する基本的設計条件を満たすことの確認 ・試験時の安全管理
7	組織及び個人の責任と説明責任	・組織及び業務分担の明確化
8	問い掛ける姿勢及び学習する姿勢の奨励と慢心を戒める方策の模索と実施	・品質管理に関する教育の実施 ・検査時の基本的姿勢の明確化(単なる検査にならないよう)
9	安全及び安全文化に関する重要な要素についての共通の理解	・業務の各段階におけるルールの明確化 ・試験時の安全管理
10	リスクの意識とその共通理解	・問題点、懸案事項に対する検討と処置
11	慎重な意思決定	・審査・承認の明確化 ・受注者の供給者に対する管理方法の明確化

第2表 文書及び記録に関する管理と文書体系の主な変遷

	JEAG4101に基づく管理		JEAC4111に基づく管理	
	JEAG4101 1981 (IAEA50 C QA(1978)反映) 原子力発電所の設計から運転段階における品質保証指針として改定	JEAG4101 1993 独立監査組織に関する要求事項追加	JEAG4101 2000 IAEA50 C/SG-Q(1996)反映	JEAC4111 2009 ISO9001 2008 反映
	S51.10.1 JEAG4101 1972 (10CFR50AppBを参考に、原子力発電所建設の品質保証手引きとして制定)	JEAG4101 1990 (IAEA50 C QA(1988)の反映)	H15.11.1 JEAC4111 2003 (原子力発電所における安全のための品質保証規程として制定)	H25.7.1 品管規則に基づく管理
文書管理と文書管理に適用する規格との関係図	JEAG4101に基づく管理		JEAC4111に基づく管理	
品質保証と適用規格など	2.一般事項 (4) 設置者は、図面、仕様書、試験、検査記録、監査記録等、品質保証に関する文書について、設置者と受注者がそれぞれ保管管理すべきものを明確にし、責任を持って管理し、また管理させること。	3.1 文書管理 12.品質記録管理	4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理	(文書の管理) 第六条 (第七条) (記録の管理) 第七条 (第八条)
品質保証上の文書管理に関する要求事項	原子力発電所建設工事品質管理要則【S51.10.1版】 2.3 図面、仕様書の管理 2.13 品質管理記録の管理 建設所における品質管理基準【S54.3.13版】	原子力発電所建設工事品質保証要則【H3.3.1版】 4.文書管理 12.品質記録の管理	原子力発電所品質マニュアル(要則)【H15.11.1版】 4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理	原子力発電所品質マニュアル(要則)【H25.7.1版】 4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理
品質記録の管理方法 (設備図書と一般図書の扱い)	3.4 文書、記録管理 (1)法令に基づく願、届、報告書、検査記録等 (2)図面、仕様書、要領書等 (3)台帳類 (4)記録写真 (5)工事記録、検査記録、チェックシート等 (6)建設記録 (7)その他の文書、記録 図面、資料整理基準【S52.11版】 (適用対象：管理課(現技術課))	文書管理要領【S53.4.11版】 2.1 管理すべき文書の区分 1.設備図書 (1)取扱説明書 (2)設計資料、設計基準 (3)検査記録 (4)台帳、リスト (5)改造工事記録 (6)定検記録 (7)建設記録 (8)契約仕様書 (9)図面 2.一般図書 2.5 文書の改訂 2 設備図書の改訂 設備図書の管理手順に従い、図書を修正するとともに改訂内容を周知徹底する。 技術要項【H4.2.28版】	品質保証活動に関する文書及び記録の管理基準【H15.11.1版】 1.4 用語の定義 (1)設備図書 (2)一般図書 3 品質記録管理基準 品質保証関連記録は、設備図書、一般図書(記録)の2種類に区分して管理する。 技術基準【H15.11.1版】	保安活動に関する文書及び記録の管理基準【H25.7.1版】 1.4 用語の定義 (1)設備図書 (2)一般図書 3 記録管理 記録は、設備図書、一般図書の2種類に区分して管理する。 技術基準【H25.7.1版】
	2.適用範囲 (1)本基準による整理対象は次のものとする a.図面及び資料(現在の設備図書を含む) ・工事中変更箇所が生じた場合、受注者は図面を修正し、再承認申請を行う。 ・再承認を行った図面及び資料は関係各課へ送付し、各課にて保管を行う。 b.官庁関係資料 c.一般図書 文書、記録管理基準【S52.10版】 (適用対象：技術課(現保修課))	設備・運用方法等変更時の規定類等反映管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の工事完了あるいは運用開始までに変更を行う。※	設備・運用方法等変更時の管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の運用開始までに変更を行う。	設備・運用方法等変更時の管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の運用開始までに変更を行う。
	1.1 文書類の基本分類 文書、資料、図面、工事写真 2.文書 3.資料(現在の設備図書を含む) ・「図面、資料整理基準」に従い、配布された資料の回覧、保管を行う。 4.図面(現在の設備図書を含む) ・「図面、資料整理基準」に従い、配布された図面の回覧、保管を行う。 5.工事写真		※：H4.2以降、他社トラブル対応の一つとして、設備・運用方法等の変更により設備図書の改訂が必要な場合の処置を新たに導入した。	

当社におけるグレード分けの考え方

1. 設計管理、調達管理におけるグレード分けの考え方

当社では業務の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じて、グレード分けの考え方を適用している。設工認に係る「設計・開発」管理（品質マネジメントシステム計画「7.3 設計開発」）や「調達」管理（品質マネジメントシステム計画「7.4 調達」）に係るグレード分けについては、次のとおりである。

(1) 設備の「設計開発」管理に係るグレード分けの考え方

設工認に係る設備の「設計開発」の管理におけるグレード分けの考え方は、第1表のとおりである。

第1表 設備の「設計開発」の管理に係るグレード分け

グレード	工事区分	設計区分
グレード1	原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計*1（以下「要求事項への適合性を確保するための設計」という。）
グレード2		実用炉規則別表第二対象設備以外の原子炉施設の工事のための設計
グレード3	上記以外の原子力施設に関する工事	

*1：この設計には、新たな規制基準等の要求事項を既存の施設等へ適用する場合を含む。

(2) 設備の「設計開発」の管理に係るグレードごとの適用範囲

設工認に係る設備の「設計開発」の管理におけるグレードに応じて適用する管理の段階は、第2表のとおりであり、各管理の段階とその実施内容は、第3表のとおりである。

第2表 管理の段階とグレード毎の適用範囲

管理の段階		管理のグレード		
		グレード1	グレード2	グレード3
I	設備導入の計画	○	○	○
II	要求事項への適合性を確保するための設計（設計1、設計2）	○	—	—
III	調達文書作成（必要により）	○	○	○
IV	設備の具体的な設計（設計3）	○	○※3	○※3,※4
	工事及び試験・検査	○※1	○	○
V	一般汎用品に対する機能・性能確認	○※2	—	—

※1 一般汎用品の機能・性能を当社により管理できる場合を含む。

※2 一般汎用品の機能・性能を管理の段階IVの工事及び検査で確認できない場合

※3 自社設計の場合、以下に示す必要な管理を実施する。

・グレード2：「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」～「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）」

・グレード3：「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）」

※4 一般汎用品を除く。

第3表 管理の段階毎の実施内容

管理の段階		実施内容
I	設備導入の計画	主要工事業務計画、オーソライズにより、設計対象設備の基本仕様、工事完了までに必要となる業務、関係箇所の役割分担を含めた設備導入の計画を作成する。
II	要求事項への適合性を確保するための設計 (設計1、設計2)	要求事項への適合性を確保するための設計を、「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」～「3.3.3(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証」に基づき、実施する。 設計業務をアウトソースする場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき管理する。
III	調達文書作成 (必要により)	調達文書を「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき作成し、供給者に設備の設計業務をアウトソースする。
IV	設備の具体的な設計 (設計3)	設備の具体的な設計を実施する。設計業務をアウトソースする場合は、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施(設計3)」に基づき管理する。
	工事及び試験・検査	工事を、設計結果に基づき実施する。工事をアウトソースする場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき管理する。 検査は、「3.5 使用前事業者検査」に基づき、工場製作段階又は現地工事段階において実施する。
V	一般汎用品に対する機能・性能確認	一般汎用品に対する機能・性能確認を「3.6.3 調達製品の調達管理」の「(3) 調達製品の検証」に基づき実施する。

(3) 設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方

設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方は、以下に示す品質保証上の要求事項に対し、業務の重要度に応じたグレード分けを適用する。

a. 業務の区分に応じた品質保証上の要求事項

当社は、供給者に対し、「業務の区分」(第5表参照)に応じた品質保証上の要求(第6表参照)を行うことにより、供給者に品質保証体制を確立させた上で、調達管理を実施する。

この「業務の区分」は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度(稼働率)を加味した「品質重要度分類」(第4表参照)等の業務の重要度に応じて定め、該当する業務の区分が複数ある場合は、業務の区分が高い方を適用する。

第4表 品質重要度分類

安全性 稼働率	クラス1		クラス2		クラス3		クラス外	
	PS-1	MS-1	PS-2	MS-2	PS-3	MS-3		
R1*1	A		B				C1*4	C2*5
R2*2								
R3*3								

- *1 その設備の故障により発電停止となる設備
- *2 その故障がプラント運転に重大な影響を及ぼす設備（R1を除く。）
- *3 上記以外でその故障がプラント稼働にほとんど影響を及ぼさない設備
- *4 ①第3者機関の検査を受ける設備、②予備機がなくかつ保守・取替等の作業が出来ない機器、③原子炉格納容器内の設備、④特殊な条件下での信頼性維持を求められている設備
- *5 A,B,C1以外の設備

第5表 業務の重要度に応じた業務の区分

業務の重要度		業務の区分（高⇔低）*3					
		A	B	C	D	E	F
設備	品質重要度分類 A,B の工事	○	—	—	—	○*1	—
	品質重要度分類 C(C1,C2)の工事	—	—	○	—	—	—
	設工認申請又は届出対象の工事	○	—	—	—	○*1	—
	上記以外の工事	—	—	—	—	—	○
*2 役務	品質重要度分類 A,B に関する役務	—	○	—	—	—	—
	品質重要度分類 C(C1,C2)に関する役務	—	—	—	○	—	—
	設工認申請又は届出対象の工事に関する役務	—	○	—	—	—	—
	保安規定に直接関連する役務	—	○	—	—	—	—
	品質マネジメントシステムの運用管理に関する役務	—	—	—	○	—	—
	上記以外の役務	—	—	—	—	—	○

- *1 過去に設計を行った設備と同じ設備の型番購入において実績があること。また、一般汎用品の型番購入においては、原子力特有の技術仕様書を基に設計・製作されたものでない一般汎用品の中からそれに合致する設備を当社が設計の中で特定し、その設備を調達するものであることから、供給者に対する品質保証上の要求事項（第6表参照）は必要なものに限定している。
- *2 役務には、本設工認に係る解析業務が該当
- *3 上記に示した「業務の区分」よりも高いグレードを適用する場合がある。

第6表 業務の区分ごとの供給者の品質保証体制に対する品質保証上の要求

品質保証活動に関する要求項目	業務の区分					
	A	B	C	D	E	F
①品質保証体制の構築（組織の状況）	○	○	○	○	—	—
②経営者の責任（リーダーシップ）	○	○	—	—	—	—
③計画並びにリスク及び機会への取組み（予防処置を含む）	○	○	○	○	—	—
④資源の運用管理（支援）	○	○	○	○	—	—
⑤監視機器及び測定機器の管理	○	○	○	○	○	—
⑥コミュニケーション	○	○	○	○	—	—
⑦文書及び記録の管理（文書化した情報）	○	○	○	○	—	—
⑧業務の計画及び管理	○	○	○	○	—	—
⑨設計管理（製品及び役務の設計・開発）	○	○	○	○	—	—
⑩調達管理（外部から提供されるプロセス、製品及び役務の管理）	○	○	○	○	—	—
⑪業務の実施及び特殊工程管理	○	○	○	○	—	—
⑫識別及びトレーサビリティ	○	○	○	○	○	—
⑬当社の所有物	○	○	○	○	○	○
⑭中間品及びアウトプットの保存	○	○	○	○	—	—
⑮引渡し後の活動	○	○	○	○	—	—
⑯変更の管理	○	○	○	○	—	—
⑰監視及び測定（製品及び役務のリリース）	○	○	○	○	—	—
⑱不適合及び是正処置（不適合の報告及び処理に係る要求を含む）	○	○	○	○	—	—
⑲パフォーマンス評価	○	○	○	○	—	—
⑳改善	○	○	—	—	—	—

技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方

1. 設置変更許可申請書との整合性を確保する観点から、設置変更許可申請書本文に記載している、適合性確認対象設備に関する設置許可基準規則に適合させるための「設備の設計方針」や、設備と一体となって適合性を担保するための「運用」を基にした詳細設計が必要な設計要求事項を記載する。
2. 技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文以外で詳細設計が必要な設計要求事項（多様性拡張設備 等）がある場合は、その理由を「各条文の設計の考え方」に明確にした上で記載する。
3. 自主的に設置したものは、原則として記載しない。
4. 基本設計方針は、必要に応じて並び替えることにより、技術基準規則の記載順となるように構成し、箇条書きにするなど表現を工夫する。
5. 基本設計方針の作成に当たっては、必要に応じ、以下に示す考え方で作成する。
 - (1) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち、「性能」を記載している設計方針は、技術基準規則への適合性を確保する上で、その「性能」を持たせるために特定できる手段がわかるように記載する。

また、技術基準規則への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。

なお、手段となる「仕様」が要目表で明確な場合は記載しない。
 - (2) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち「運用」は、「基本設計方針」として、運用の継続的改善を阻害しない範囲で必ず遵守しなければならない条件がわかる程度の記載を行うとともに、運用を定める箇所（品質マネジメントシステムの2次文書で定める場合は「保安規定」を記載）の呼び込みを記載し、必要に応じ、当該施設に関連する別表第二に示す添付書類の中でその運用の詳細を記載する。

また、技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。

- (3) 設置変更許可申請書本文で評価を伴う記載がある場合は、設工認資料にて担保する条件を以下の方法を使い分けることにより記載する。
- a. 評価結果が示されている場合、評価結果を受けて必要となった措置のみを設工認対象とする。
 - b. 今後評価することが示されている場合、評価する段階（「設計」若しくは「工事」）を明確にし、評価の方法及び条件、その評価結果に応じて取る措置の両者を設計対象とする。
- (4) 第 10 条など、要求事項が該当しない条文については、該当しない旨の理由を記載する。
- (5) 条項号のうち、適用する設備がない要求事項は、「適合するものであることを確認する」という設工認審査の観点を踏まえ、当該要求事項の対象となる設備を設置しない旨を記載する。
- (6) 技術基準規則の解釈等に示された指針・行政文書・他省令の呼び込みがある場合は、以下の要領で記載を行う。
- a. 設置時に適用される要求など、特定の版の使用が求められている場合は、引用する文書名及び版を識別するための情報（施行日等）を記載する。
 - b. 監視試験片の試験方法を示した規格など、条文等で特定の版が示されているが施設管理等の運用管理の中で評価する時点でエンドースされた最新の版による評価を継続して行う必要がある場合は、保安規定等の運用の担保先の表示に加え、当該文書名とそのコード番号（必要時）を記載する。
 - c. 解釈等に示された条文番号は、当該文書改正時に変更される可能性があることを考慮し、条文番号は記載せず、条文が特定できる表題で記載する。
 - d. 条件付の民間規格や設置変更許可申請書の評価結果等を引用する場合は、可能な限りその条件等を文章として反映する。また、設置変更許可申請書の添付を呼び込む場合は、対応する本文のタイトルを呼び込む。なお、文書名を呼び込む場合においても「技術評価書」の呼び込みは行わない。

設工認における解析管理について

1. 設工認対象工事における解析管理

設工認に必要な解析のうち、調達（「3.6 設工認における調達管理の方法」参照）を通じて実施した解析は、「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン（平成 26 年 3 月 一般社団法人 原子力安全推進協会）」（以下「解析業務ガイドライン」という。）に示される要求事項に、耐震バックチェック不適合を踏まえた当社独自の要求事項を加えて策定した「設計・調達管理基準」に従い、供給者への解析要求事項を明確にしている。

解析業務における具体的な活動内容を、以下に示す。また、事業者と供給者の解析業務の流れ、及び組織内外の部門間の相互関係を第 1 表に示す。

調達によらない解析業務の管理（自社解析）の実績を第 2 表に示す。

(1) 調達仕様書の作成

調達を担当する組織の長は、解析業務における以下の要求事項を記載した調達仕様書を作成する。

a. 解析業務計画書の作成

解析業務計画書には、以下の内容を含む。

- (a) 解析業務の作業手順
- (b) 解析結果の検証
- (c) 委託報告書の確認
- (d) 解析業務の変更管理
- (e) 品質記録の保管管理
- (f) 教育の実施

b. 教育の実施

c. 計算機プログラムの検証

d. 入力根拠の明確化

e. 入力結果の確認

f. 解析結果の検証

g. 委託報告書の確認

h. 解析業務の変更管理

i. 品質記録の保管管理

j. 調達

(2) 調達製品（解析業務）の調達管理

調達管理における当社の管理を「a.当社が実施する解析業務の管理」に、供給者の管理を「b.供給者が実施する解析業務の管理」に示す。

a. 当社が実施する解析業務の管理

(a) 解析業務計画の確認

調達を担当する組織の長は、供給者に提出を求めた「解析業務計画書」（又は「委託実施要領書」）で以下のイ. ～ へ. の計画が明確にされていることを、「解析業務チェックシート（解析業務計画書用）」により確認する。

イ. 解析業務の作業手順（デザインレビュー、審査方法、時期等を含む。）

(イ) 計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法

(ロ) 解析ごとの入力根拠の明確化

(ハ) 入力根拠の整理方法

(ニ) 入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認

(ホ) 入力クロスチェック（必要時）*やダブルチェックによるデータの信頼性の確保

*入力クロスチェックとは、解析担当者以外で解析に精通した者で、解析担当者と業務の独立性が確保された者が、入力根拠及び入力に正確に実施されていることの確認として、解析担当者が作成した入力根拠とは別の入力根拠を独立して作成し、そのデータと解析担当者が出力したエコーデータ（入力したデータの計算機出力）を照合することをいう。（入力クロスチェックの流れは第1図を参照）

この入力クロスチェックは、以下の条件に合致する供給者に対して適用する。

- ・当社における解析の委託実績がない供給者
- ・当該解析において、解析対象物に対し供給者で一般的に使用されていない解析手法を用いたり、実績のない対象に係る解析を実施する場合
- ・その他、調達を担当する組織の長が必要と判断した場合

ロ. 解析結果の検証

ハ. 委託報告書の確認

ニ. 解析業務の変更管理

ホ. 品質記録の保管管理

へ. 教育の実施

(b) 解析実施状況の確認

調達を担当する組織の長は「解析業務チェックシート（解析実施状況確認用）」を用いて現地調査による以下の実施状況を確認する。

- イ. 教育の実施状況
- ロ. 計算機プログラムの検証状況
- ハ. 計算機への入力が行われたことの確認状況
- ニ. 解析結果の検証状況
- ホ. 解析業務の変更管理

(c) 解析業務結果の確認

調達を担当する組織の長は、供給者から提出された「委託報告書」を「解析業務チェックシート（委託報告書用）」により確認し、供給者が解析業務の計画に基づき適切に解析業務を実施したことを確認する。

b. 供給者が実施する解析業務の管理

供給者は、当社の調達仕様書の要求事項に基づき、以下のとおり、解析業務を実施する。

(a) 解析業務計画書の作成

供給者は、解析業務を実施するに当たり、あらかじめ解析業務の計画を解析業務計画書として策定し、事前に当社に提出して確認を受ける。

解析業務の計画では、以下の計画を明確にする。

イ. 解析業務の作業手順

- (イ) 計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法（「(c) 計算機プログラムの検証」の内容を含む。）
- (ロ) 解析ごとの入力根拠の明確化（「(d) 入力根拠の明確化」の内容を含む。）
- (ハ) 計算機プログラムへの入力が行われたことの確認（「(e) 入力結果の確認」の内容を含む。）

(ニ) 入力及び計算式を含めた手計算結果の確認

- ロ. 解析結果の検証（「(f) 解析結果の検証」の内容を含む。）
- ハ. 委託報告書の確認（「(g) 委託報告書の確認」の内容を含む。）
- ニ. 解析業務の変更管理（「(h) 解析業務の変更管理」の内容を含む。）
- ホ. 品質記録の保管管理（「(i) 品質記録の保管管理」の内容を含む。）
- ヘ. 教育の実施（「(b) 教育の実施」の内容を含む。）

(b) 教育の実施

解析業務の実施に先立ち、当該の解析を実施する要員に対し、入力根拠・入力データに対する確認の重要性とそれを誤った場合の結果の重大性、及びそれらの誤りを見つけることの重要性に関する教育を実施する。

(c) 計算機プログラムの検証

計算機プログラムが適正なものであることを事前に検証する。

(d) 入力根拠の明確化

解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠を明確にした文書を作成する。

(e) 入力結果の確認

イ. 解析担当者は、計算機プログラムへの入力が正確に実施されていることの確認を行う。建屋の耐震安全性評価の場合は、解析担当者及びそれ以外の者の2名によりダブルチェックする。

ロ. 入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認を目的として、入力クロスチェック者が入力クロスチェックを実施する(必要時)。建屋の耐震安全性評価の場合は、入力クロスチェック者及びそれ以外の者によりダブルチェックする。

(f) 解析結果の検証

イ. 解析結果の検証として、あらかじめ策定した解析業務計画書等に従い、以下の観点を参考に審査を行う。

- ・入力根拠を明確にし、計算機プログラムへ入力しているか。
- ・汎用表計算ソフトウェアを使用する場合、その使用を明確にし、入力した計算式を事前に検証して登録しているか。
- ・解析結果が受容できるものであることを次の例に示すような方法で確認しているか。

(イ) 類似解析結果との比較

(ロ) 物理的あるいは工学的整合性の確認

- ・新設計の燃料、炉心、系統・設備等を採用した場合、あるいは新しい解析手順や計算機プログラムを適用した場合など、許認可申請用の設計解析に設計変更又は新規性が認められる場合には、デザインレビュー等により解析の妥当性を確認しているか。
- ・新たな解析を行わず、過去の検証済みの解析結果をそのまま使用する場合には、適用する設計インプットが同等であることを個々の仕様ごとに検証しているか。

- ・過去の検証済みの解析結果に適用された検証方法・内容程度が、最新の手順と同等でない場合には、最新の手順に従って改めて検証を行うか、あるいは不足分に対する追加の検証を行っているか。

ロ．審査者の検証活動を明確にして審査を行う。

(g) 委託報告書の確認

解析業務の結果を、当社の指定する書式又は当社の確認を得た書式に加工、編集して以下の内容を含めた委託報告書を作成する。

イ．教育の実施結果

ロ．計算機プログラムを用いた解析結果・汎用表計算ソフトウェアを用いた計算結果又は手計算による計算結果

ハ．解析ごとの入力根拠が正しく作成されたことの確認結果

ニ．計算機プログラムへ入力が正確に実施されたことの確認結果（入力クロスチェックの結果を含む。）

ホ．計算機プログラムの検証結果

検証結果として、「計算機コード（プログラム）名」、「開発機関」、「バージョン」、「開発時期」、「解析コード等の概要」、「検証方法」を記載する。

開発元が提示する例題や理論解との比較の実施状況などを確認し、計算機能が適正であることを検証する。

(h) 解析業務の変更管理

調達を担当する組織の長の要求に従い、以下の変更管理を実施する。

イ．解析業務の変更有無や変更があった場合は、変更内容を文書化し、解析業務の各段階において、その変更内容を反映する。

ロ．供給者から当社へ解析モデル・条件等を提案した後に供給者がそれらを変更する場合は、当社の確認を得てから変更する。

(i) 品質記録の保管管理

解析業務に係る必要な文書を、期限を定めて品質記録として管理する。

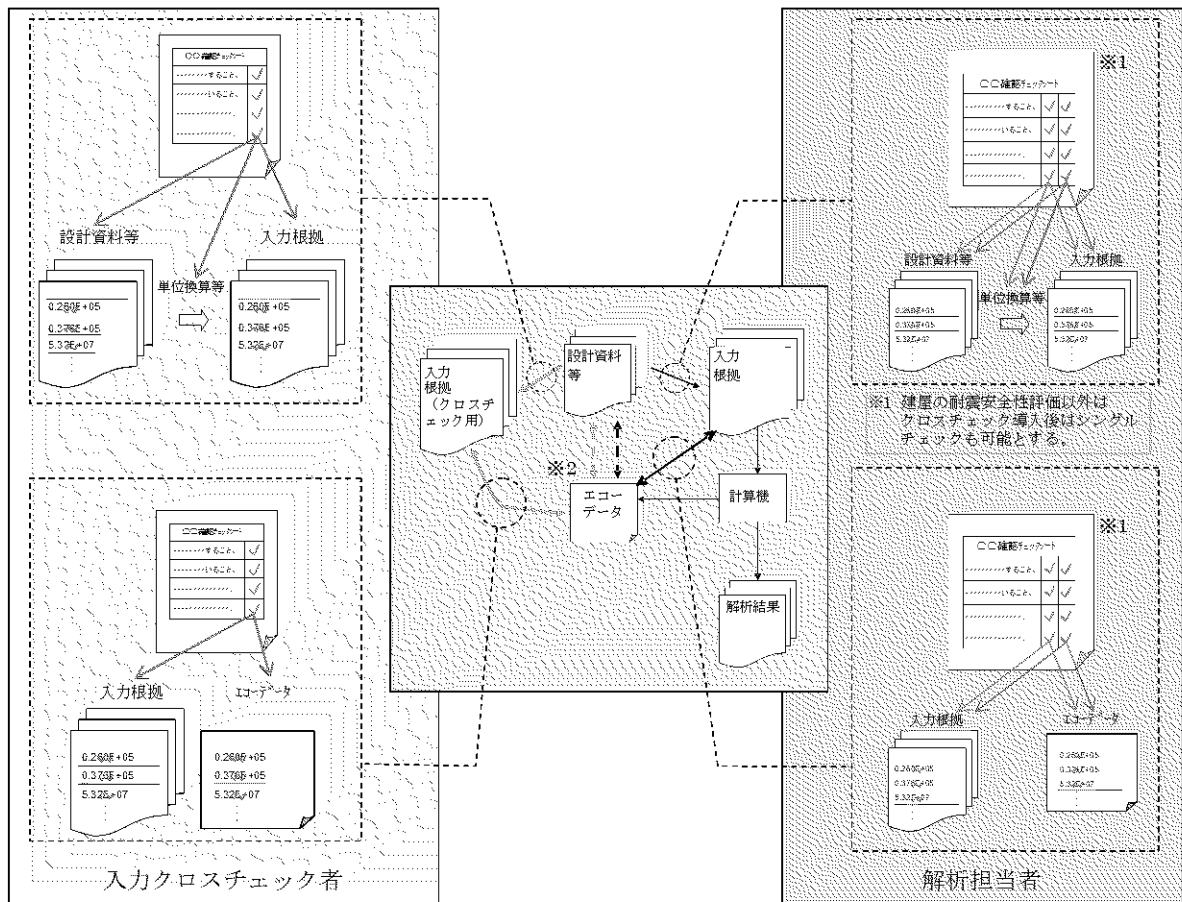
(j) 調 達

イ．解析業務のプロセスをアウトソースする場合には、あらかじめその内容を明確にする。また、アウトソースすることについて当社の確認を得る。

ロ．解析業務に係る必要な品質保証活動として、当社からの解析に関する要求事項を、購入仕様書や文書等で供給者の調達先にも要求する。

第1表 解析の業務フロー

管理の段階	当社(本店)	供給者(解析者)	解析結果を保証するための品質管理のポイント	当社における具体的な調達(解析)の管理の方法	証拠書類	備考(背景)
調達仕様書作成	① 調達仕様書作成 ↓ 解析業務発注	解析業務受注	① 当社は、当社からの解析に関する要求事項(③、⑤～⑩、⑬、⑭)を、調達仕様書で確実に要求する。	(当社) ① 「(1)調達仕様書の作成」参照	・仕様書	① 「解析業務ガイドライン」
解析業務計画確認	② 「解析業務計画書」の確認	③ 解析業務の計画 ⑬ 変更管理	② 当社は、供給者の活動を確実に管理するため、供給者が行う活動内容(⑤～⑩、⑬、⑭)を事前に解析業務計画書(③)にて提出させ確認する。	(当社) ② 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 a.(a)参照(供給者) ③ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(a)参照	・解析業務計画書(供給者提出) ・解析業務チェックシート(解析業務計画書用)	②、③ 「解析業務ガイドライン」
解析実施状況確認	④ 解析業務計画書に基づき、供給者に対する解析業務実施状況について現地調査にて確認し、適宜、監査を実施 ・教育の実施状況 ・計算機プログラムの検証状況 ・入力根拠の作成状況 ・入力結果(手計算結果含む。)の確認状況 ・入力クロスチェックの状況(必要時) ・解析結果の検証状況(審査の実施状況、デザインレビュー等の実施状況を含む。) ・変更管理の状況	⑤ 教育の実施 ⑥ 計算機プログラムの検証 ⑦-1 入力根拠の明確化(解析担当者) ⑦-2 入力根拠の作成(入力クロスチェック者)(必要時) ⑧ 入力結果の確認 ⑨ 解析結果の検証 ⑩ 委託報告書の確認 ⑪ 「委託報告書」の確認	④ 当社は、供給者が解析業務計画書に基づき、解析業務を確実に活動していることを確認するため、以下の活動の実施状況を現地に確認し、適宜、監査を実施する。 ・入力データの重要性等の意識付けを行うための教育の実施状況(⑤) ・入力根拠の妥当性の確認と入力データが確実にインプットされていることの確認のための入力クロスチェック(⑦-1、⑦-2、⑧)の実施状況(必要時) ・計算方法が適切な方法で確実に行われていることの確認のための計算機プログラムの検証(⑥)の実施状況 ・解析結果が妥当であることの確認のための解析結果の検証(⑨)の実施状況 ・解析業務に変更が生じた場合の変更管理(⑬)の実施状況	(当社) ④ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 a.(b)参照(供給者) ⑤ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(b)参照 ⑥ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(c)参照 ⑦ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(d)参照 ⑧ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(e)参照 ⑨ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(f)参照 ⑩ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(g)参照 ⑪ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(h)参照	・解析業務チェックシート(解析実施状況確認用)	④、⑤ 「耐震 BC 不適合」を受けた管理の強化 ⑥ 「解析業務ガイドライン」 ⑦-1 「解析業務ガイドライン」 ⑦-2 「耐震 BC 不適合」を受けた管理の強化 ⑧、⑨、⑩ 「解析業務ガイドライン」
解析結果確認	⑪ 「委託報告書」の確認	委託報告書作成 ⑩ 委託報告書の確認 委託報告書提出 ⑫ 品質記録の保管	⑪ 当社は、供給者の活動が確実に実施されたかを確認するため、供給者が確認した委託報告書(⑩)を提出させ、当社も確認する。	(当社) ⑪ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 a.(c)参照(供給者) ⑩ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(g)参照 ⑫ 「(2)調達製品(解析業務)の調達管理」 b.(i)参照	・報告書(供給者提出) ・解析業務チェックシート(委託報告書用)	⑩～⑫ 「解析業務ガイドライン」

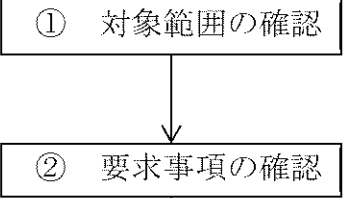
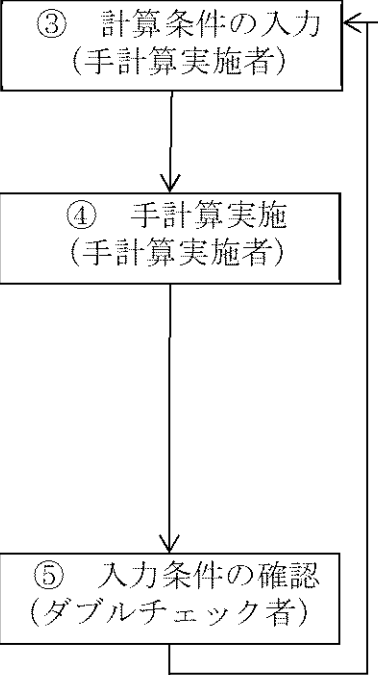
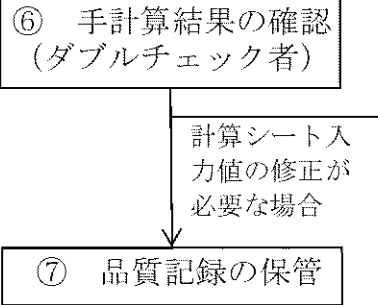


※2 入力クロスチェック者は、設計資料等から直接エコーデータの確認ができる場合は、設計資料等とエコーデータを直接照合してよいものとする。

↔ : 入力クロスチェック者による照合 → : データの流れ

第1図 入力クロスチェックのフロー

第2表 設工認に係る手計算実施時の品質管理について（例：耐震計算）

管理段階	当 社	手計算結果を保証するための品質管理のポイント	備考（背景）
実施の必要性確認		<p>① 当社は、耐震計算を実施するに当たり、「設備リスト」「要目表」「系統図」等を用いて評価対象範囲を明確にする。</p> <p>② 当社は、評価対象範囲について、技術基準規則^(注1)の要求事項に基づき、JEAG4601-1991（追補版）の適用する規格等で規定されている適切な評価式を選定し、評価式を用いて手計算を実施する必要があることを確認する。</p>	<p>（注1）実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則</p>
手計算実施状況確認		<p>③ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、計算条件を入力する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式による計算に必要なパラメータを「要目表」「図面」等より整理する。 <p>④ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程を明確にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式に計算条件を当てはめ、計算式を作成する。 手計算実施者は、作成された計算式を用いて手計算を実施し、その過程及び結果を整理する。 手計算実施者は、正しいパラメータが入力されていることを確認する。 <p>⑤ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、入力条件を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ダブルチェック者は、計算に必要なパラメータが適切に収集されていることを確認する。 ダブルチェック者は、収集されたパラメータが整理されていることを確認する。 手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。 	
手計算結果確認		<p>⑥ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程及び結果を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ダブルチェック者は、計算過程及び計算結果に正しいパラメータが入力されていることを確認する。 手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。 <p>⑦ 当社は、耐震計算を実施するに当たり、計算結果を品質記録として保管する。</p>	

本設計及び工事の計画に係る設計の実績、
工事及び検査の計画

設計及び工事計画認可申請添付資料 14-2

川内原子力発電所第1号機

設計及び工事に係る
品質管理の方法等に関する実績又は計画について

1. 概 要

本資料は、本文「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に基づく設計に係るプロセスの実績、工事及び検査に係るプロセスの計画について説明するものである。

2. 基本方針

設計に係るプロセスとその実績について、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」に示した設計の段階ごとに、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動実績について説明する。

工事及び検査に関する計画として、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動計画について説明する。

3. 設計及び工事に係るプロセスとその実績又は計画

「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」に基づき実施した、設計の実績、工事及び検査の計画について、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」の様式－1により示す。

本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画

[組織の星取における凡例 ◎：主担当箇所 ○：関係箇所 ◆：調達]

各段階	プロセス 実績：3.3.1～3.3.3(4) 計画：3.4.1～3.5.6	組織								川内原子力発電所	インプット	アウトプット	他の記録類
		原子力機械G	原子力電気計装G	原子力工事G	安全設計G	放射線安全G	原子力防災G	リスク管理・解析G	設計・解析G				
3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	◎	◎	○	—	◎	◎	○	—	—	設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈	基本設計書	設計・開発へのインプットレビューチェックシート
3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	◎	◎	—	◎	◎	◎	—	◎	—	実用炉規則別表第二、設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈、既工事計画（既に提出した設工認及び既に認可された工事計画。以下、同じ。）の設計結果	様式-2	—
3.3.3(1)	基本設計方針の作成（設計1）	◎	—	○	◎	—	—	○	◎	—	実用炉規則別表第二、設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈、既工事計画の設計結果、様式-2	様式-3、様式-4、様式-5-1、様式-5-2、様式-6、様式-7	設計・開発からのアウトプットレビューチェックシート
3.3.3(2)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計2)												
3.3.3(3)	1. 本文												
	要目表												
	放射線管理施設	◎	◆	—	—	—	—	—	◎	—	様式-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書、委託報告書	要目表	委託業務の検証
	火災防護設備	◆	—	—	◎	—	—	—	◎	—	様式-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書、委託報告書	要目表	委託業務の検証
	緊急時対策所	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、基本設計方針、設備図書、既工事計画の設計結果	要目表	—
	工事の方法	◎	—	○	◎	—	—	○	◎	—	様式-2、基本設計方針、保安規定	工事の方法	—
	2. 添付資料												
	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	—	—	—	◎	—	—	—	◎	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	—
	設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	◎	◆	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書、委託報告書	設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	委託業務の検証
	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	—
	発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	◆	—	—	◎	—	—	—	◎	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、委託報告書	発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	—
	発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	—	—	—	◎	—	—	—	○	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果	発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	委託業務の検証
	安全避難通路に関する説明書	—	◎	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針	安全避難通路に関する説明書	—
	非常用照明に関する説明書	—	◎	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針	非常用照明に関する説明書	—
	耐震性に関する説明書	◎	◆	—	○	—	—	—	◎	◆	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設置変更許可、JEAG等の適用規格、設備図書、委託報告書	耐震性に関する説明書	委託業務の検証、解析業務チェックシート

各段階	プロセス 実績：3.3.1～3.3.3(4) 計画：3.4.1～3.5.6	組織										インプット	アウトプット	他の記録類
		原子力機械G	原子力電気計装G	原子力工事G	安全設計G	放射線安全G	原子力防災G	リスク管理・解析G	設計・解析G	調査・計画G	川内原子力発電所			
	強度に関する説明書	◎	◆	○	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、JSME等の適用規格、設備図書、委託報告書	強度に関する説明書	委託業務の検証、解析業務チェックシート
	生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書	◎	◆	—	—	—	—	○	◎	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、JEAG等の適用規格、設備図書、既工事計画の設計結果、委託報告書	生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書	委託業務の検証、解析業務チェックシート
	緊急時対策所の機能に関する説明書	◎	◆	—	—	—	—	○	◎	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、設置変更許可、設備図書、既工事計画の設計結果、委託報告書	緊急時対策所の機能に関する説明書	委託業務の検証
	緊急時対策所の居住性に関する説明書	◎	◆	—	—	—	—	○	○	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、JEAC等の適用規格、設備図書、委託報告書	緊急時対策所の居住性に関する説明書	委託業務の検証、解析業務チェックシート
	3. 添付図面													
	各発電用原子炉施設共通	◆	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書、委託報告書	安全避難通路を明示した図面、非常用照明の取付箇所を明示した図面	委託業務の検証
	放射線管理施設	◎	◆	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、設備図書、委託報告書	放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面、放射線管理施設の系統図、放射線管理施設の構造図	委託業務の検証
	火災防護設備	◆	—	◎	—	—	—	◎	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書、委託報告書	火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図	委託業務の検証
	緊急時対策所	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	様式-2、様式5-1、様式5-2、基本設計方針、設備図書	緊急時対策所の設置場所を明示した図面	—
	設計結果の取りまとめ	◎	○	○	○	—	○	○	○	—	—	設計2のアウトプット	設計及び工事の計画設計資料	設計・開発からのアウトプットレビューチェックシート
3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	◎	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	—	設計及び工事の計画設計資料	設計及び工事の計画設計資料	設計・開発からのアウトプット検証チェックシート
3.4.1	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）	○	○	—	○	—	—	—	◎	◎	—	設計及び工事の計画設計資料、調達仕様書	納入図書	納入図書チェックシート
3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	—	—	—	—	—	—	—	◎	◆	—	納入図書、調達仕様書、作業実施要領書	工事記録	—
3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりの明確化	◎	—	○	◎	—	—	○	◎	—	◎	既工事計画の設計結果、設計及び工事の計画設計資料	様式-8	基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況チェックシート
3.5.3	使用前事業者検査の計画	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式-8	検査計画、検査整理表	—
3.5.4	検査計画の管理	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	検査計画、検査整理表	検査計画、検査整理表	—
3.5.6	使用前事業者検査の実施	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式-8	検査記録、様式-8	基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況チェックシート

添付図面目次

- 第 1-1 図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（発電所全体図）
- 第 1-2 図 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図
緊急時対策棟(EL.25.3m) 緊急時対策棟(EL.25.2m)
- 第 2 図 安全避難通路を明示した図面
緊急時対策棟(EL.25.3m) 緊急時対策棟(EL.25.2m)
- 第 3 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面
緊急時対策棟(EL.25.3m) 緊急時対策棟(EL.25.2m)
- 第 4-1 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(1/2)
- 第 4-2 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(2/2)
- 第 4-1 図及び第 4-2 図の補足
- 第 4-3 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（生体遮蔽装置）屋外
- 第 5-1 図 放射線管理施設の系統図（換気設備）(1/2)（設計基準対象施設）
- 第 5-2 図 放射線管理施設の系統図（換気設備）(2/2)（重大事故等対処設備）
- 第 6 図 放射線管理施設の構造図（生体遮蔽装置）
緊急時対策所遮蔽（緊急時対策所（緊急時対策棟内））
- 第 6 図の補足

第 7 図 その他発電用原子炉の附属施設
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図
（火災区域構造物及び火災区画構造物）
緊急時対策棟（EL.25.3m）
緊急時対策棟（EL.25.2m）

第 7 図の補足

第 8 図 その他発電用原子炉の附属施設
緊急時対策所の設置場所を明示した図面（緊急時対策所機能）
屋外

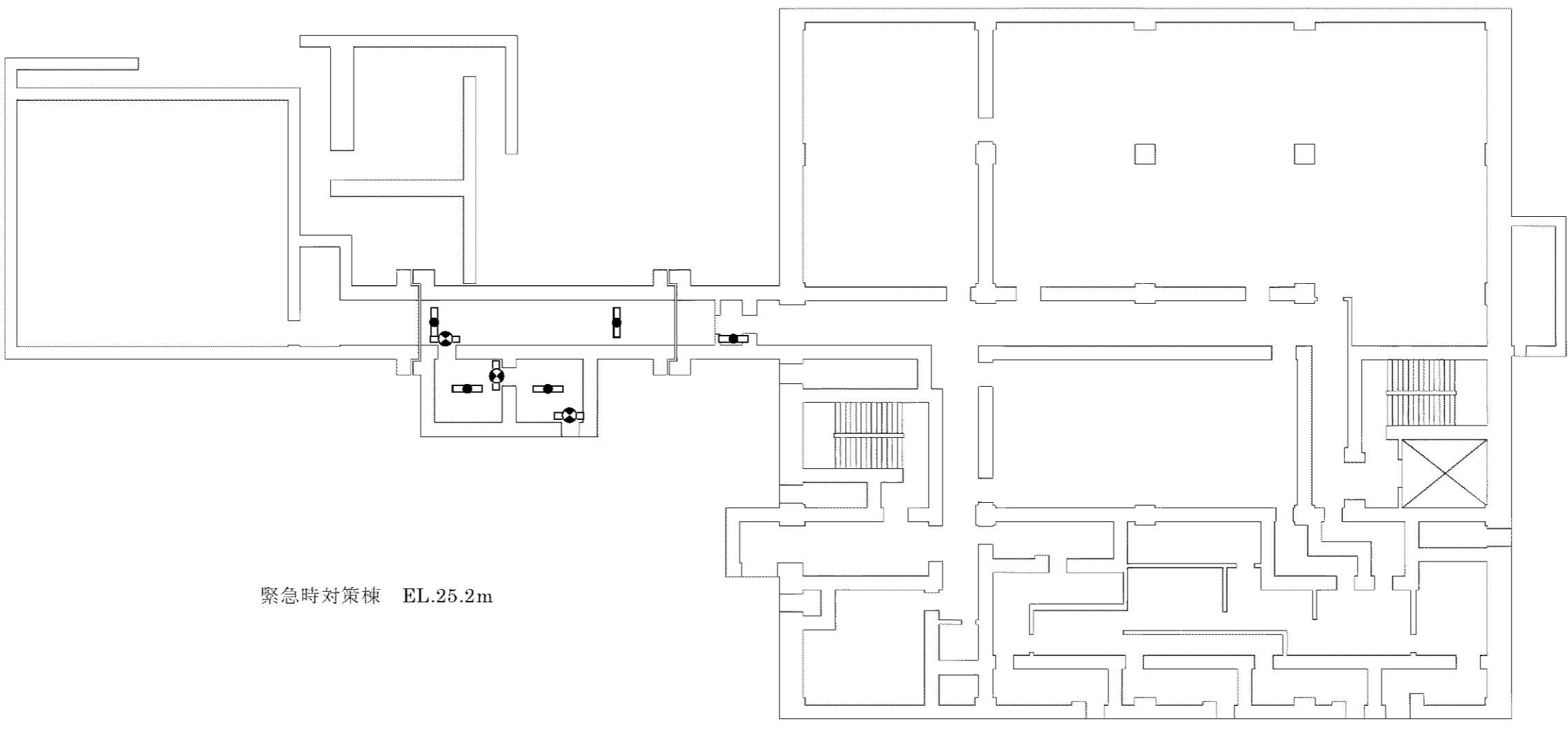
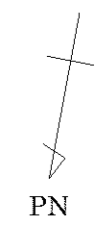
設計及び工事計画認可申請	第1-1図
川内原子力発電所第1号機	
主要設備の配置の状況を明示した 平面図及び断面図 (発電所全体図)	
九州電力株式会社	

設計及び工事計画認可申請 第1-2図

川内原子力発電所第1号機

主要設備の配置の状況を明示した
平面図及び断面図
緊急時対策棟(EL.25.3m)
緊急時対策棟(EL.25.2m)



九州電力株式会社



緊急時対策棟 EL.25.2m

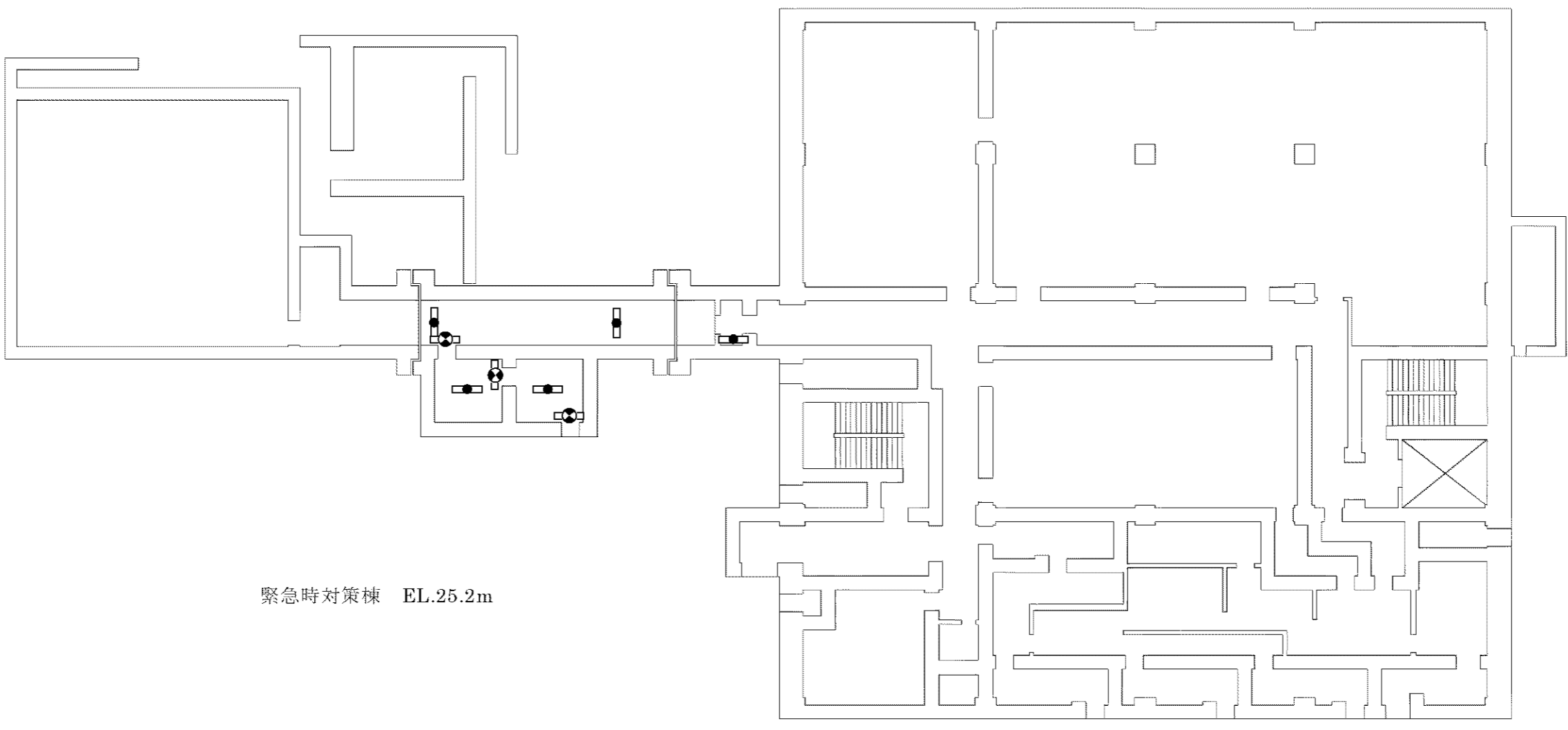
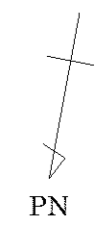
緊急時対策棟 EL.25.3m

凡例

-  避難口誘導灯
-  非常灯

- ※ 避難口誘導灯の取付箇所及び数量は関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。
- ※ 本申請の対象範囲のみ示す。



設計及び工事計画認可申請	第2図
川内原子力発電所第1号機	
安全避難通路を明示した図面 緊急時対策棟(EL.25.3m) 緊急時対策棟(EL.25.2m)	
九州電力株式会社	



緊急時対策棟 EL.25.2m

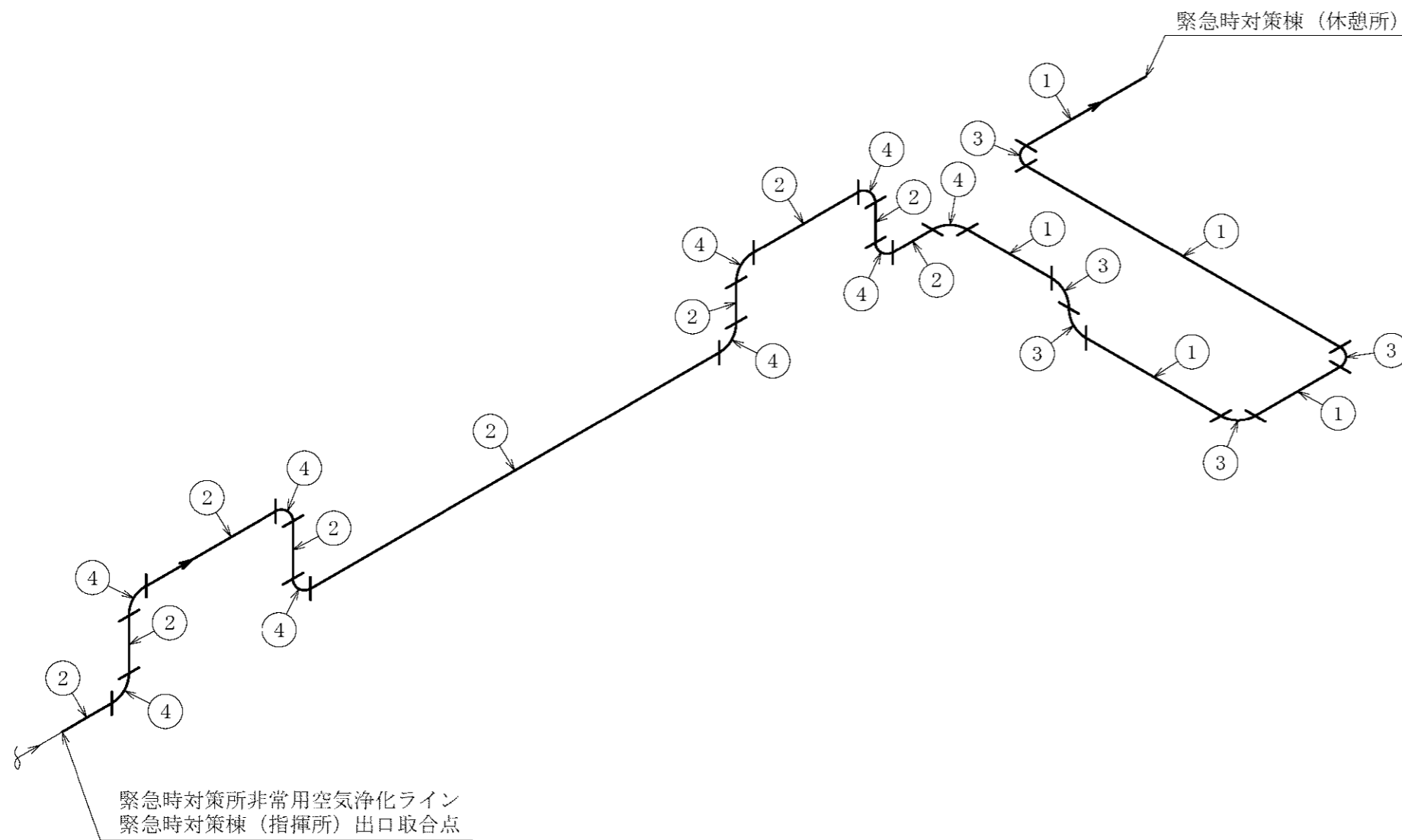
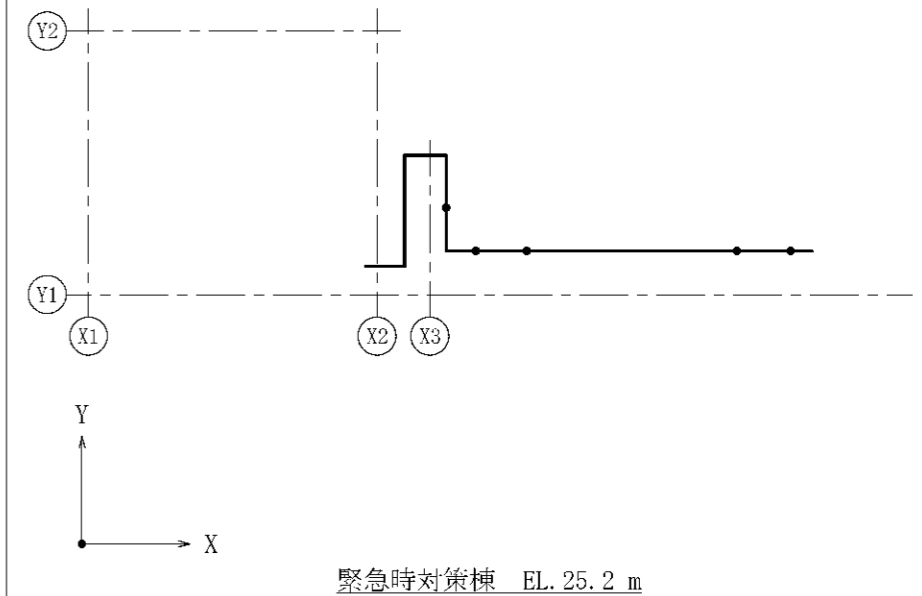
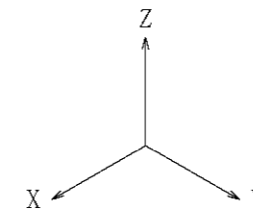
緊急時対策棟 EL.25.3m

凡例

-  避難口誘導灯
-  非常灯

- ※ 避難口誘導灯の取付箇所及び数量は関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。
- ※ 本申請の対象範囲のみ示す。

設計及び工事計画認可申請	第3図
川内原子力発電所第1号機	
非常用照明の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟(EL.25.3m) 緊急時対策棟(EL.25.2m)	
九州電力株式会社	

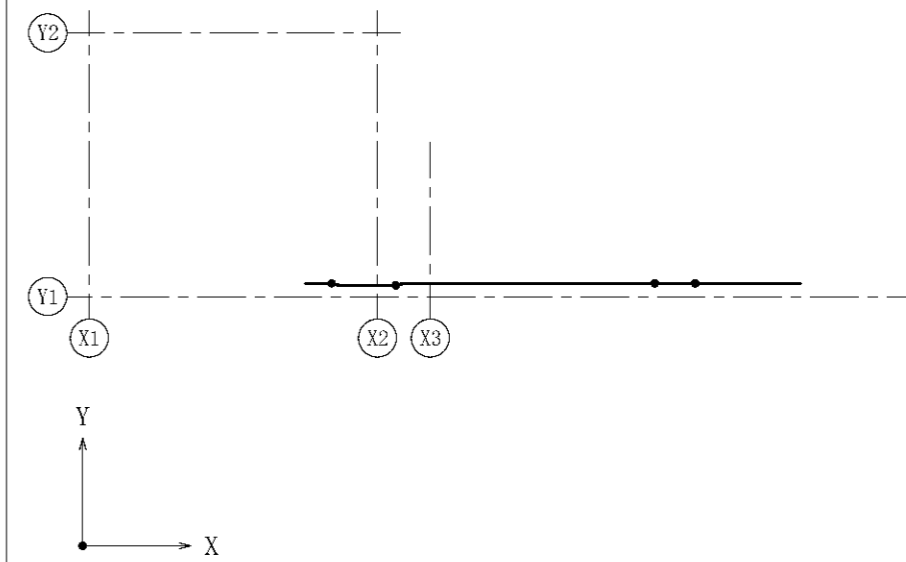
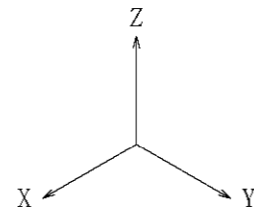


管の設計仕様			
番号	外径(mm)	厚さ(mm)	材料
1	318.5	10.3	STPT370
2	318.5	10.3	
3	318.5	10.3	STPT370
4	318.5	10.3	

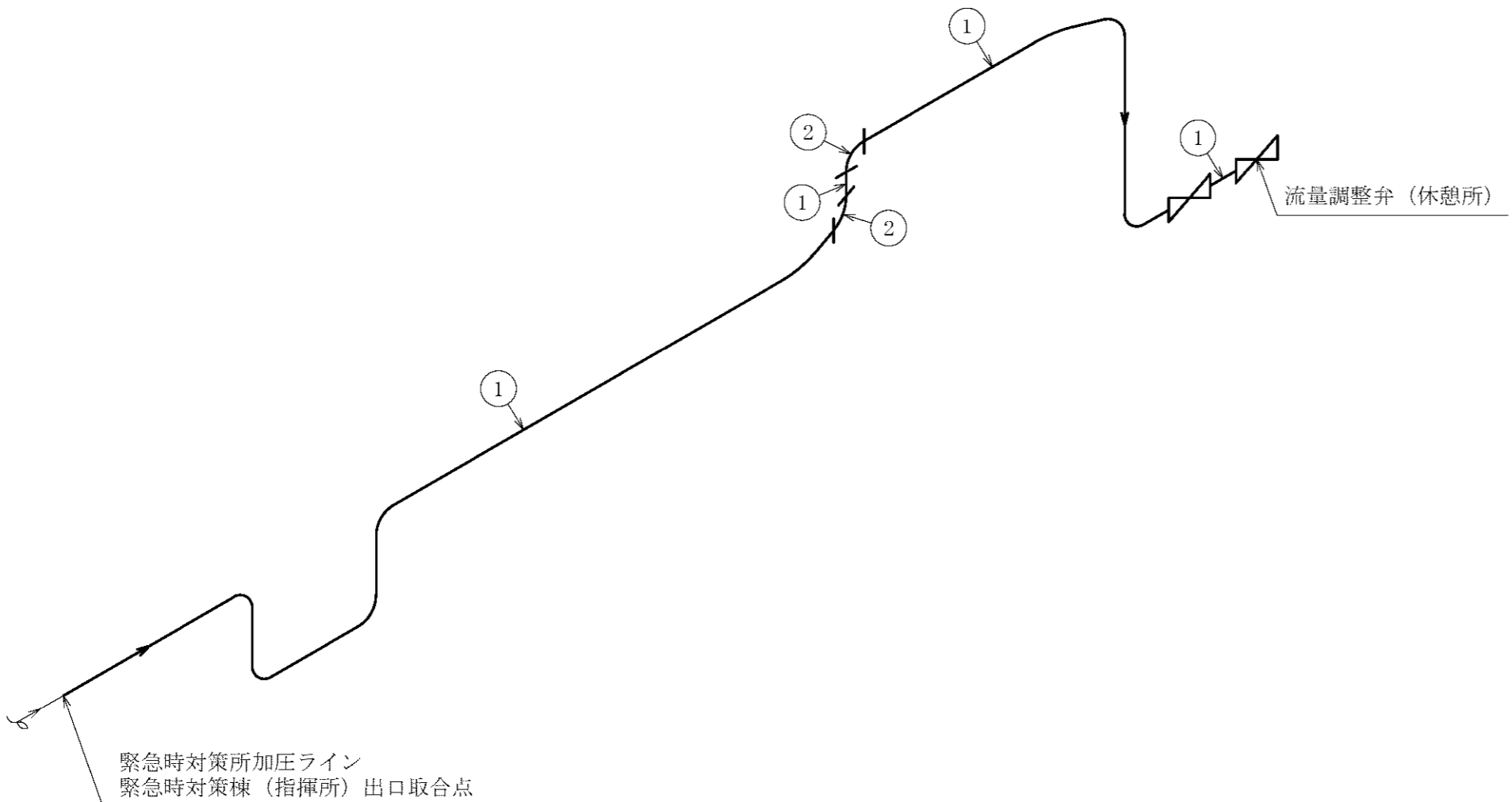
※1,2号機共用

設計及び工事計画認可申請	第4-1図
川内原子力発電所第1号機	
放射線管理施設に係る機器の 配置を明示した図面 (換気設備) (1/2)	
九州電力株式会社	

(注1) 管の設計仕様の番号とアイソメ図中 ○ 内の番号は一致する。
(注2) 本図の範囲の配管はすべて重大事故等クラス2管を示す。



緊急時対策棟 EL. 25.2 m



管の設計仕様			
番号	外径(mm)	厚さ(mm)	材料
1	60.5	3.5	SUS304TP
2	60.5	3.5	SUS304TP

※1,2号機共用

設計及び工事計画認可申請	第4-2図
川内原子力発電所第1号機	
放射線管理施設に係る機器の 配置を明示した図面 (換気設備) (2/2)	
九州電力株式会社	

(注1) 管の設計仕様の番号とアイソメ図中 ○ 内の番号は一致する。
 (注2) 本図の範囲の配管はすべて重大事故等クラス2管を示す。

第4-1図から第4-2図「放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面(換気設備)」の補足

(1) 配管の寸法許容範囲

工事計画記載の管及び管継手に関する公称値(外径、厚さ)の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法	外径(mm)	厚さ(mm)	備 考	
放射線 管理施設	管	2B	最大値	61.105	4.0	第4-2図
			公称値	60.5	3.5	
			最小値	59.895	3.0	
		12B	最大値	321.048	11.5875	第4-1図
			公称値	318.5	10.3	
			最小値	315.952	9.0125	
	管継手 ^(注1)	2B	最大値	62.1	規定しない	第4-2図
			公称値	60.5	3.5	
			最小値	59.7	3.0625	
12B		最大値	322.5	規定しない	第4-1図	
		公称値	318.5	10.3		
		最小値	315.3	9.0125		

(注1) エルボ

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる JIS に定める許容差は次のとおり。

名 称		外 径(mm)	厚 さ(mm)	根 拠	
放射線 管理施設	管	2B	公称値±1% (60.5±0.605)	公称値±0.5 (3.5±0.5)	JIS G 3459
		12B	公称値±0.8% (318.5±2.548)	公称値±12.5% (10.3±1.2875)	JIS G 3456
	管継手 ^(注1)	2B	公称値 ^{+1.6} -0.8 (60.5+1.6) (60.5-0.8)	公称値 ^{+規定しない} -12.5% (3.5-0.4375)	JIS B 2312
		12B	公称値 ^{+4.0} -3.2 (318.5+4.0) (318.5-3.2)	公称値 ^{+規定しない} -12.5% (10.3-1.2875)	

出典：JIS G 3456 「高温配管用炭素鋼鋼管」

JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼鋼管」

JIS B 2312 「配管用鋼製突合せ溶接式管継手」

(注1) エルボ

設計及び工事計画認可申請	第 4-3 図
川内子力発電所第 1 号機	
放射線管理施設に係る機器の配置を 明示した図面 (生体遮蔽装置) 屋外	
九州電力株式会社	

設計及び工事計画認可申請	第 5-1 図
川内原子力発電所第 1 号機	
放射線管理施設の系統図 (換気設備) (1/2) (設計基準対象施設)	
九州電力株式会社	

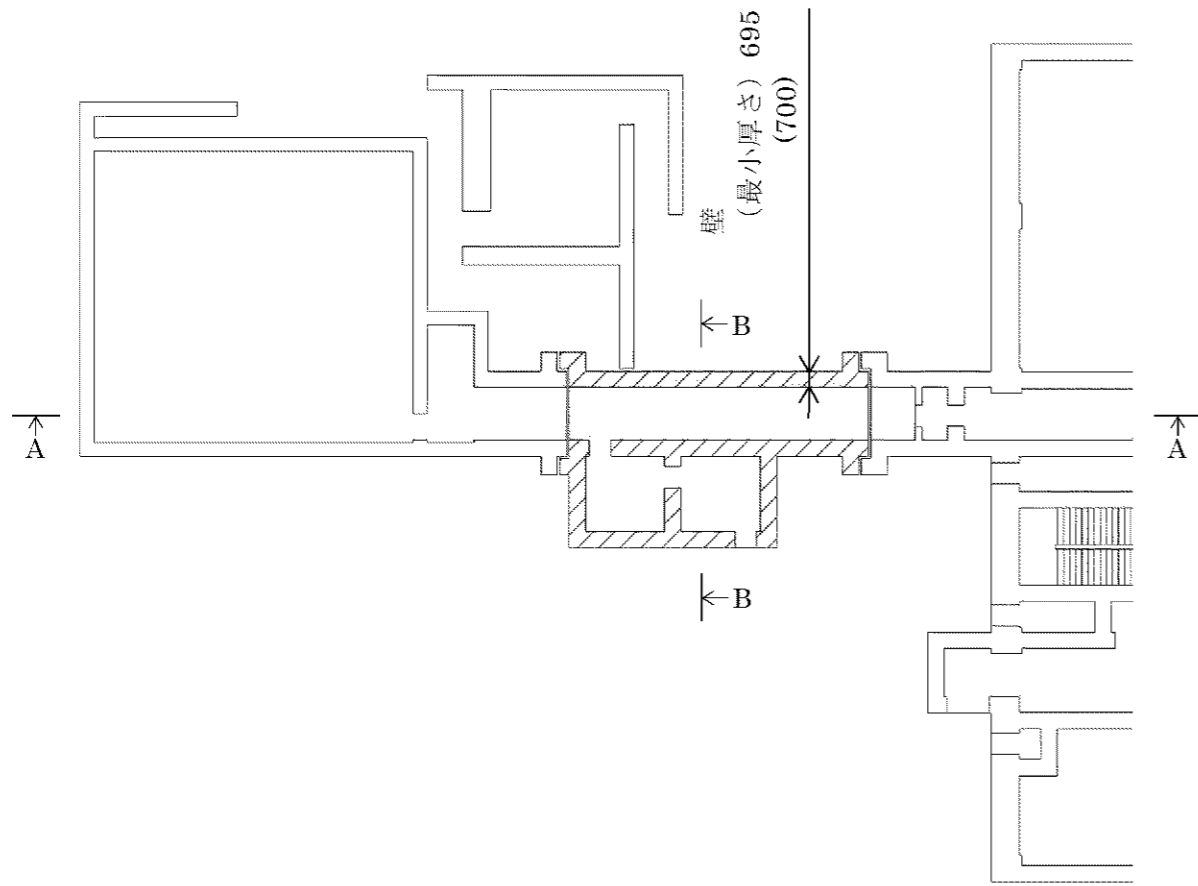
設計及び工事計画認可申請 第 5-2 図

川内原子力発電所第 1 号機

放射線管理施設の系統図
(換気設備)
(2/2)

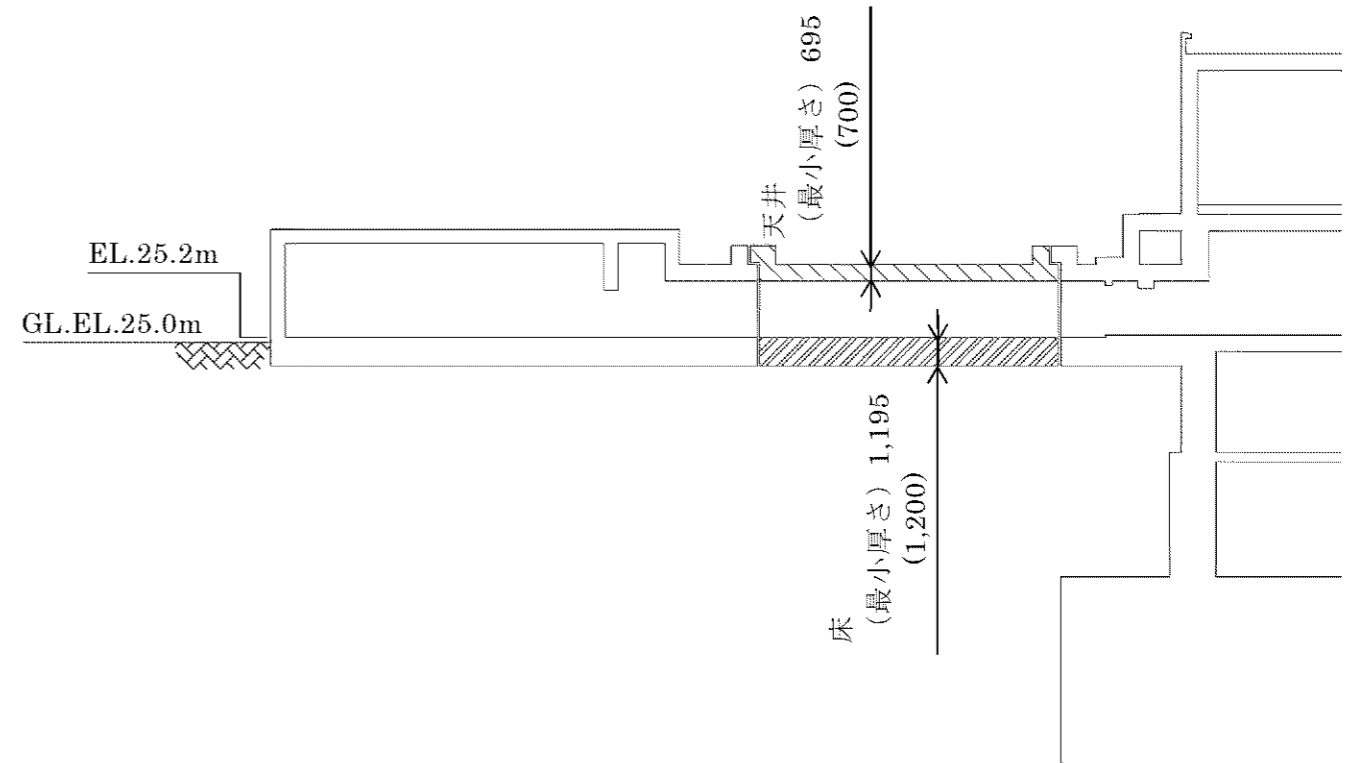
(重大事故等対処設備)

九州電力株式会社

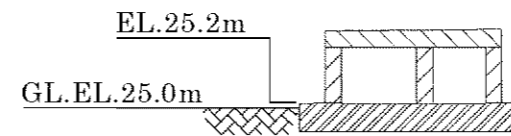


緊急時対策棟 EL.25.2m

主要目表			
名 種	称 類	冷却方法	材 料
緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策所 (緊急 時対策棟内)) (1,2号機共用)	連絡通路	壁	自然冷却 鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)
		天井	自然冷却 鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)
		床	自然冷却 鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)



A-A 断面



B-B 断面

- : 緊急時対策所遮蔽 連絡通路 壁
- : 緊急時対策所遮蔽 連絡通路 天井
- : 緊急時対策所遮蔽 連絡通路 床

(単位 : mm)

※1,2号機共用

設計及び工事計画認可申請 第6図

川内原子力発電所第1号機

放射線管理施設の構造図
(生体遮蔽装置)
緊急時対策所遮蔽

九州電力株式会社

第 6 図「放射線管理施設の構造図（生体遮蔽装置）緊急時対策所遮蔽」の補足

(1) 生体遮蔽装置の寸法許容差

工事計画記載の生体遮蔽装置に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称			適用寸法(mm)			備 考
			最大値	公称値	最小値	
緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策所(緊急時対策棟内)) (1,2号機共用)	連絡通路	壁	715	700	695	第 6 図
		天井	715	700	695	
		床	1,215	1,200	1,195	

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称			許容差(mm)	根 拠
緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策所(緊急時対策棟内)) (1,2号機共用)	連絡通路	壁	公称値 ⁺¹⁵ -5	JASS 5N
		天井		
		床		

出典：日本建築学会 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」

設計及び工事計画認可申請	第7図
川内原子力発電所第1号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を 明示した図面及び構造図 (火災区域構造物及び火災区画構造物) 緊急時対策棟 (EL.25.3m) 緊急時対策棟 (EL.25.2m)	
九州電力株式会社	

第 7 図「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図（火災区域構造物及び火災区画構造物）」の補足

(1) 火災区域構造物及び火災区画構造物の寸法許容差

工事計画記載の火災区域構造物及び火災区画構造物に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法(mm)			備 考
		最大値 <small>(注1)</small>	公称値 <small>(注2)</small>	最小値	
緊急時対策棟 <small>(注3)</small>	壁	—	200	195	第7図
			600	595	

(注1) 火災区域又は火災区画構造物の耐火能力として、+側の許容差は規定しない

(注2) 公称値のうち最小のもの

(注3) 緊急時対策棟のうち手続き対象である火災区域構造物及び火災区画構造物のみを示す。

(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称		許容差(mm)	根 拠
緊急時対策棟 ^(注3)	壁	公称値 + 規定しない ^(注1) - 5 ^(注2)	JASS 5N

(注1) 火災区域又は火災区画構造物の耐火能力として、+側の許容差は規定しない

(注2) 出典：日本建築学会 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」

(注3) 緊急時対策棟のうち手続き対象である火災区域構造物及び火災区画構造物のみを示す。

設計及び工事計画認可申請	第 8 図
川内子力発電所第 1 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 緊急時対策所の設置場所を 明示した図面 (緊急時対策所機能) 屋外	
九州電力株式会社	