

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 10 R9
提出年月日	令和4年8月5日

設工認に係る補足説明資料

耐震設計の基本方針に関する

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する

設備の抽出及び考え方について

1. 文章中の下線部は、R8からR9への変更箇所を示す。
2. 本資料(R9)は、3月25日に提示した「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する設備の抽出及び考え方について R8」に対し、ヒアリングにおける主な指摘事項である影響検討フローと本文の整合、配管の設計手法の違いによる形状の整理として、定ピッチで設計する配管及びその流れで多質点解析で設計する配管の記載、また、冷却塔における影響検討に対する記載拡充を踏まえ、記載内容を見直したものである。

目 次

1. 概要	1
2. <u>影響対象となる評価項目について</u>	<u>2</u>
2.1 安全機能維持に必要な耐震設計上の評価項目について	2
3. <u>建物・構築物及び屋外重要土木構造物からの影響に対する検討</u>	<u>2</u>
4. <u>機器・配管系の水平2方向影響検討</u>	<u>3</u>
4.1 影響検討方針	3
4.2 影響評価対象設備の抽出	3
4.3 影響評価	4
4.4 影響評価対象設備の抽出結果	8
4.5 水平2方向の影響を軽微とする考え方	10
4.5.1 応答軸が明確である設備	10
4.5.2 標準支持間隔法を適用した配管	14
4.5.3 円筒形容器	80
4.5.4 クレーン類	88
4.5.5 円周配置のボルト	90
4.5.6 動的機能維持	94
4.5.7 電気盤	94
5. まとめ	94
添付－1 機器・配管系の耐震評価における水平2方向入力の影響評価対象設備の抽出結果	
添付－2 冷却塔 水平2方向に対する影響について	
参考資料－1 配管の耐震評価における水平2方向入力の影響	

■ : 商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、再処理施設及び MOX 燃料加工施設の機器・配管系に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに関する影響評価方針を補足説明するものである。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせについて、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 2 (制定：平成 25 年 11 月 27 日、改正：平成 26 年 10 月 29 日 原子力規制委員会決定)が示されたことに伴い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた場合の従来評価に対する影響(以下「水平 2 方向影響」という。)評価を行う。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する評価方針としては、事業変更許可申請書及び設工認 添付書類耐震設計の基本方針上の「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに関する影響評価方針」に影響評価方法及び影響有無の考え方を示す。

ここでは、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価における実施内容として、安全機能維持の観点から水平 2 方向影響の評価項目を整理した上で、水平 2 方向影響評価に対する具体的な検討内容及び検討内容を踏まえた水平 2 方向に影響が有る設備の検討結果を示す。検討に当たっては設備の構造上の特徴及び発生値の増分を踏まえ、水平 2 方向の影響が有る設備を抽出し、抽出した結果は設備形状ごとに示す。

また、水平 2 方向の影響を軽微としている設備は構造上の観点又解析結果から影響が軽微であることを示す。

本資料は、第 1 回申請(令和 2 年 12 月 24 日申請)のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ・ 再処理施設 「IV-1-1-7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに関する影響評価方針」

なお、水平 2 方向の影響評価としては、機器・配管系の構造強度評価及び機能維持評価を評価項目としており、構造強度評価対象である配管系のうちダクト、機能維持評価対象である動的機能維持*1 及び電氣的機能維持設備については、当該設備を申請する後次回で示す。

また、重大事故対処設備*2 における影響検討内容についても同様に当該設備を申請する後次回で示す。

*1：第 1 回申請対象設備である安全冷却水 B 冷却塔においては、ファンの動的機能維持評価があるが、構造強度評価によって耐震性を示しており、本資料における形状の観点から影響軽微となっている。

*2：第 1 回申請における設備形状の分類は、設計基準上の評価に対する分類であり、後次回申請において示す重大事故等対処設備等が設計基準と共通の分類となる場合は、該当する分類を示す。また、重大事故等対処設備が本分類と合致しない場合は、新たな分類を追加する。

2. 影響対象となる評価項目について

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた場合の影響検討に当たり、「再処理施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規則」という。)において安全機能を維持するために実施している耐震設計上の評価項目(構造強度、機能維持及び地震時変位)について、要求される安全機能ごとに整理を行った上で、水平 2 方向に対する確認を行う。

2.1 安全機能維持に必要な耐震設計上の評価項目について

技術基準規則において要求される安全機能を有する施設について、安全機能を維持するために必要な耐震設計上の評価項目(以下「耐震評価項目」という。)に対する整理を行った。

技術基準規則において要求される安全上重要な施設の安全機能は、放射性物質の閉じ込め機能(放射性物質の保持機能)、安全上必須なその他の機能(事故時の対応操作に必要な居住性等の維持機能)、体系の維持機能(核的制限値(寸法)の維持機能)等、15 分類となる。

これら 15 分類の安全機能に対する耐震評価上の扱いとしては、構造強度、機能維持及び地震時の臨界安全性評価を満足することで担保している。

上記より、安全機能を維持するための耐震評価項目は、構造強度評価、機能維持評価及び地震時の臨界安全性評価となるため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響検討評価についても同様にこれらの評価項目を対象とする。

このうち、設備に対する地震時の変形は、構造強度評価における応力が発生する場合の変形であり、構造強度評価の中に地震時の変位も含まれるため、影響検討としては構造強度評価及び機能維持評価を対象とする。

次項では水平 2 方向影響評価に対する検討内容について示す。

3. 建物・構築物及び屋外重要土木構築物からの影響に対する検討

建物・構築物及び屋外重要土木構築物における水平 2 方向の影響検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、当該設備の設計基準評価に用いる基準地震動 S_s を超過した応答値による水平 1 方向評価を行い、その結果を用いた水平 2 方向影響検討を行う。

以上を踏まえ、機器・配管系の設備形状に対する水平 2 方向影響検討は、基準地震動 S_s による評価に加え、建物・構築物等の検討による影響を考慮した評価、双方の確認を行う。

なお、建物・構築物等からの影響により増加した応答に対する水平 1 方向の評価結果及び水平 2 方向の評価結果を本資料の別紙に示す。

4. 機器・配管系の水平 2 方向影響検討

4.1 影響検討方針

機器・配管系における水平2方向影響検討としては、設備形状毎に物理的な振動が生じる方向（以下、「応答軸」という。）の明確さ、ねじれによる応力成分の重複等による影響が異なることから、各設備に対する影響の整理を行った上で影響評価対象設備の抽出を行い、抽出した設備に対する影響評価結果を示す。

4.2 影響評価対象設備の抽出

機器・配管系の耐震評価に用いる地震力には、水平方向として2種類(NS方向及びEW方向)、鉛直方向として1種類(UD方向)があり、機器・配管系における水平方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる従来手法では、水平方向地震力のうち大きい方又は包絡した地震力と鉛直方向地震力を組み合わせた評価(以下、「従来評価」という。)を行っている。

これに対して水平2方向影響評価では、水平2方向と鉛直方向の地震力が同時に作用することを前提として3方向の地震力の組み合わせによる評価を行う。

その場合、設備形状及び構造上の特徴により、水平2方向影響に違いが生じる。

具体的には、各方向の水平地震力により生じる最大荷重が重なる評価部位を有する設備、各方向の水平地震力が作用することでねじれ等、新たな振動モードが発生する設備の場合、影響が生じる可能性がある。

これら影響が生じる設備については、更なる確認として応答軸による確認を行う。

例えば、短辺方向と長辺方向の寸法が異なる長方形の様な形状では、水平2方向の地震力が同時に作用した場合、その影響を受けることになるが、各方向の断面性能の違いから、応答軸としては発生応力の大きくなる断面(以下、「弱軸」という。)と小さくなる断面(以下、「強軸」という。)が明確となるため、発生応力の増分に対する影響に違いが生じる。

よって、水平2方向影響に対する形状に応じた対応としては、構造上の特徴による抽出の観点 [(1), (2)] 及び発生値の増分による抽出 [(3)] の観点から影響評価対象設備の抽出を行う。

<構造上の特徴による抽出の観点>

- (1) 水平2方向の地震力が重複する観点
- (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)が生じるこ

とによる応力重複の観点

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

形状に応じた影響検討として、地震力の作用方法及び地震力により評価を行う部位の形状について確認し、水平方向地震力が2方向から作用することで生じる最大荷重が重なり合い、応力増加が発生する可能性がある評価部位を有する設備の選定を行う。

(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)が生じることによる応力重複の観点

形状に応じたもう一つの影響検討として、3次元的な広がりを持つ配管のような形状では、水平1方向において支配的な応答軸方向とは異なる応答軸方向の力が加わることにより、形状によっては回転方向にねじれの振動モードが生じるため、ねじれに伴う応力成分が増加する可能性のある設備の選定を行う。

<発生値の増分による抽出の観点>

(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

(1)又は(2)の観点いずれかの可能性が生じる設備であっても、応答軸が明確である設備では、応力の算出において支配的となる方向が存在することから、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも応力の増分が小さい*。

そのため、設備形状ごとに応答軸が明確であるか確認を行い、応答軸が明確であれば水平2方向による影響は軽微と判断する。

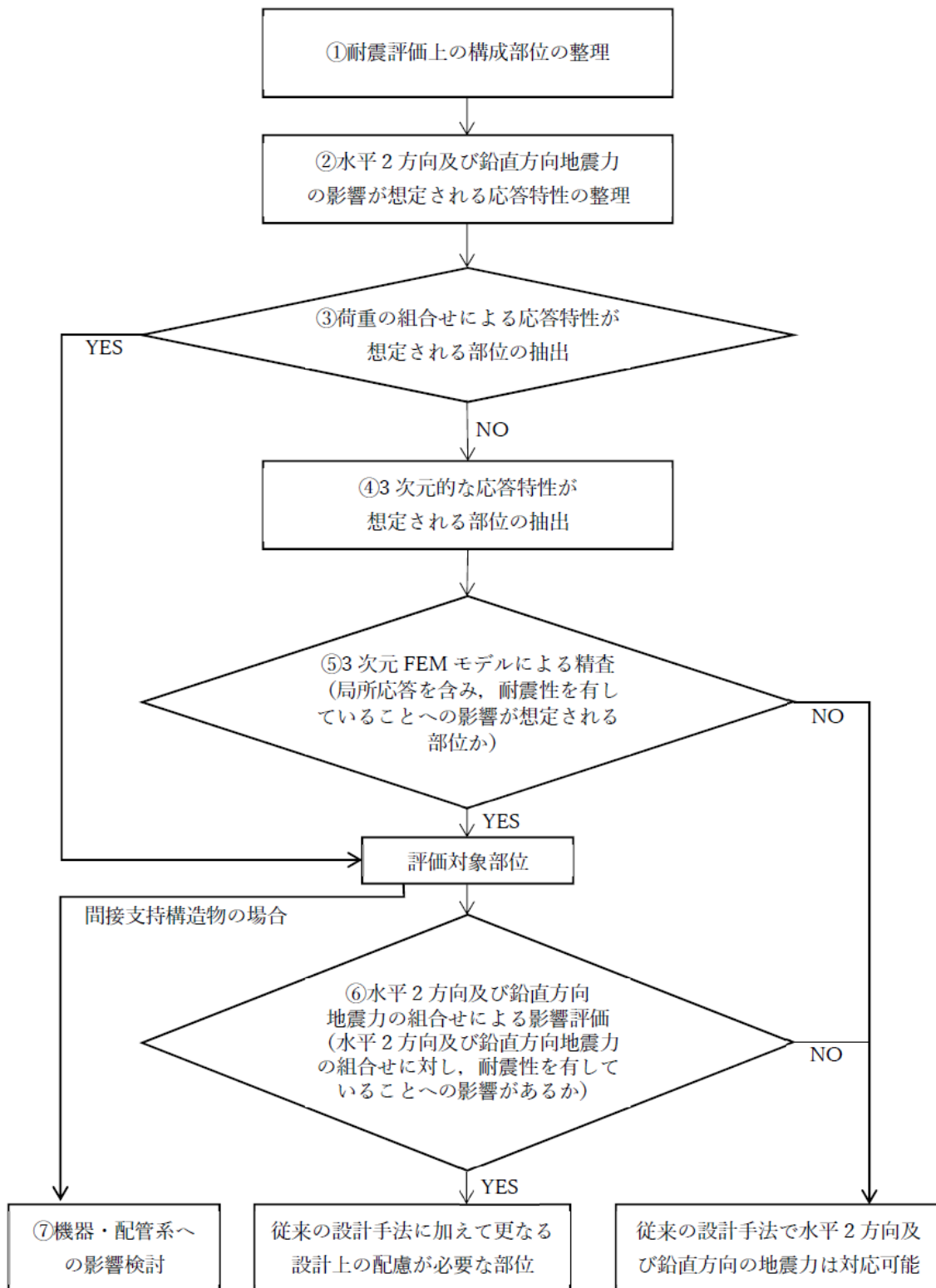
*：応力の増分における確認に当たっては、評価条件等の各種余裕を踏まえ、増分が10%程度であれば影響が無いと判断している。

以上より、機電設備の水平2方向影響評価対象設備としては、上記(1)及び(2)いずれかの観点で選定した発生応力が増加する可能性がある設備のうち、(3)の観点で設備の応答軸が明確ではない設備が対象となり、対象設備に対する影響評価を行う。

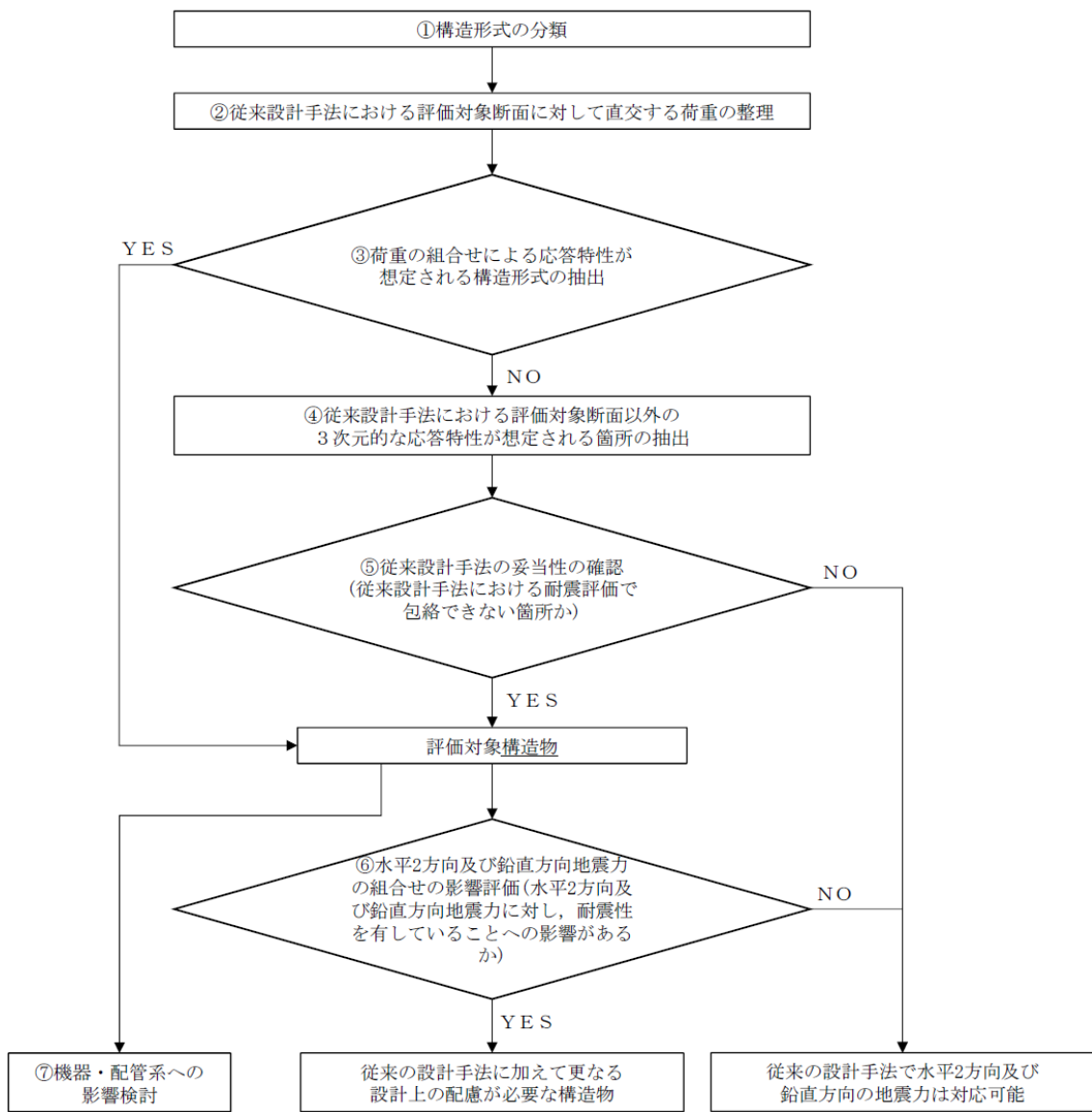
4.3 影響評価

影響評価対象設備については、水平2方向影響評価を行い、その結果を添付書類である「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」に示す。

本項に示す水平2方向の影響検討内容について、建物・構築物から機器・配管系への影響も含めた建物・構築物及び屋外重要土木構造物側の影響検討フロー並びに機器・配管系の影響検討フローを第4-1図に示す。



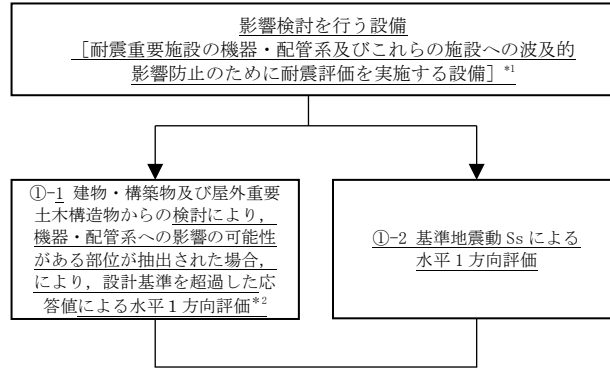
第 4-1 図(1/3) 水平 2 方向影響検討フロー(建物・構築物)



第 4-1 図 (2/3) 水平 2 方向影響検討フロー(屋外重要土木構造物(洞道))

[水平1方向に対する対応]

①影響評価対象となる設備の整理



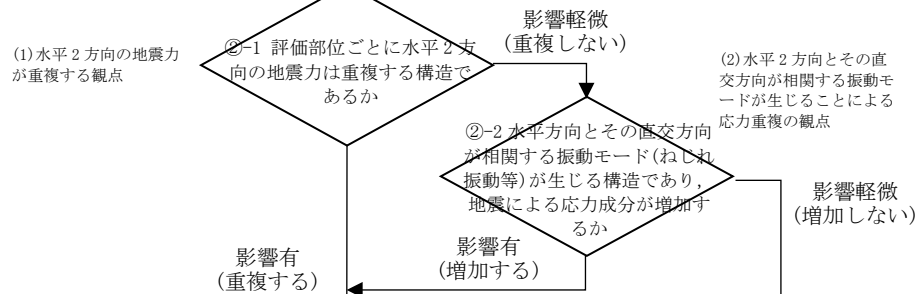
*1: 「再処理施設の技術基準に関する規則」, 「特定第一種廃棄物埋設施設又は特定廃棄物管理施設の技術基準に関する規則」及び「加工施設の技術基準に関する規則」により、耐震評価が必要となる設備

*2: 建物・構築物等からの影響により増加した応答に対する水平1方向の結果については本資料の別紙にて示す。

機器・配管系の水平2方向に対する影響検討は、建物・構築物等の検討による影響を考慮した評価(①-1)及び従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価(①-2)に対して行う。

[水平2方向に対する対応]

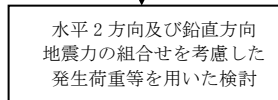
②構造上の特徴による抽出



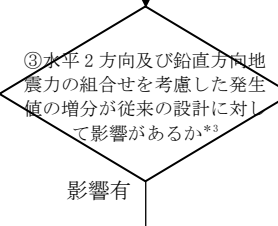
(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

(2) 水平2方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることによる応力重複の観点

③発生値の増分による抽出

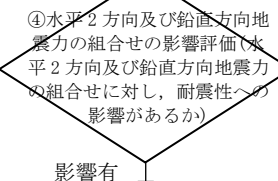


(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点



*3: 応答軸が明確であることで、荷重の発生位置が異なる。また、ねじれが生じることで応力が重複した場合においても、それぞれの応答軸に対する応力となる。これらにより、応力の増分は軽微となるため、応答軸が明確であるかによって影響軽微であるかの判断となる。

④水平2方向及び鉛直方向地震の組合せの影響評価



従来の設計手法に加えてさらなる設計上の配慮が必要な設備

従来の設計手法で水平2方向及び鉛直方向地震力に対応可能

第4-1図(3/3) 水平2方向影響検討フロー(機器・配管系)

4.4 影響評価対象設備の抽出結果

4.1 項の方針及び 4.2 項の方法による影響評価対象設備の抽出結果は、設備形状の全 72 分類に対し、影響が有として影響評価を実施する分類はスカート支持たて置円筒形容器や平底円筒形容器などの 12 分類となり、影響軽微となる分類は、横置一胴円筒形容器や横軸ポンプなどの 60 分類となる。影響評価対象設備の抽出結果の詳細について添付-1 に示す。

このうち、配管系については 3 次元的に配置する設備であるが、同一の設備であっても設計手法に応じたサポート配置設計の違いにより設備形状が異なることとなる。具体的には、多質点系はりモデルは全体系での応力を満足させることで耐震性を担保するため、配管サポートの取り付け位置によっては水平 2 方向の影響が生じる可能性がある。一方、標準支持間隔法は水平及び鉛直の各 3 方向を標準支持間隔以内で配管を拘束しているため、水平 2 方向影響は軽微である。標準支持間隔法により設計した配管に対する影響が軽微であることについて 4.5.2 項に示す。

第 4.4-1 表 水平 2 方向に対する影響軽微となる項目

影響軽微とした項目	対象設備・設備形状*
応答軸が明確である設備	脚支持設備 横置型設備 横形ポンプ, 非常用ディーゼル機関・発電機, ファン類 矩形型設備 平板型設備 躯体一体型設備 昇降設備
円筒形容器	スカート型設備 平底型設備
円周配置のボルト	スカート型設備 平底型設備 立形ポンプ
クレーン類	クレーン, 台車類
配管(標準支持間隔法)	配管本体

* : 本表中の設備名称は, 先行発電プラントを参考として整理した名称を記載。

上記に示す結果について設工認申請においては, 「IV-2-2 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」に影響評価対象設備の抽出結果及び影響評価結果を示し, 影響評価結果は各分類の応力比が大きい設備を代表として, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を示す。

次項では, 添付-1 における整理のうち, 第 4.4-1 表に示す水平 2 方向に対する影響が軽微であると整理した項目の考え方について示す。

4.5 水平2方向の影響を軽微とする考え方

水平2方向影響において、設備の形状により影響を軽微と判断している。ここでは、水平2方向の影響を軽微とした考え方について示す。

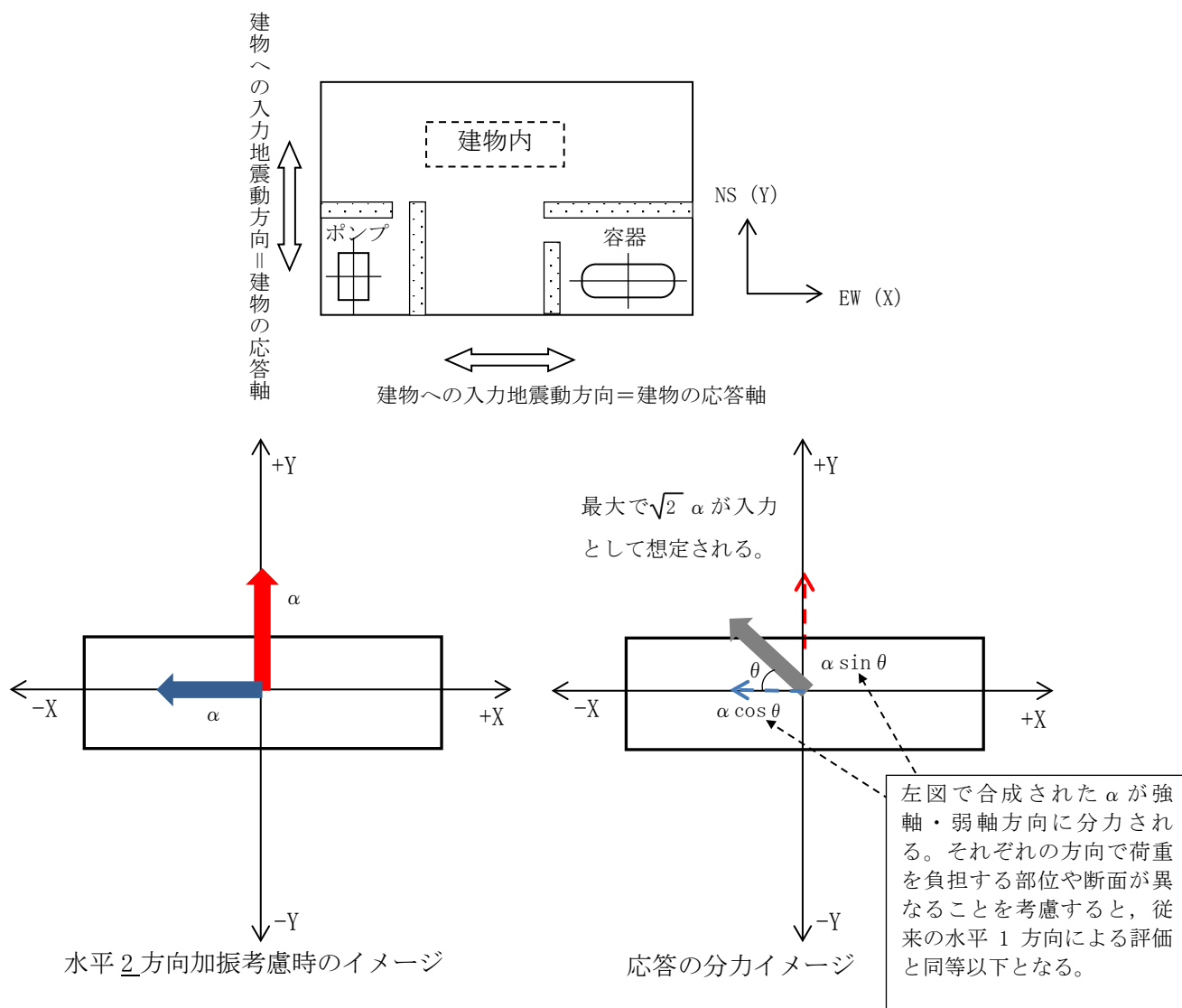
4.5.1 応答軸が明確である設備

設備の応答軸(弱軸・強軸)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設備(以下、「応答軸が明確である設備」という。)があり、このような設備については従来設計手法として、解析時にNS・EW方向を包絡した地震力(床応答曲線及び最大床応答加速度)を設備のX方向及びY方向から入力し、最大応答で評価する等、保守的な評価を実施している。このような応答軸が明確である設備については、水平2方向の地震力による従来設計手法への影響が懸念されるようなことはないと考えられる。その理由を以下に示す。

応答軸が明確である設備については、従来設計手法においても建物・構築物のNS・EW方向の応答を包絡した地震力を設備の各応答軸(第4.5.1-1図 X, Y方向)へ入力しているため、設備にとって厳しい方向となる弱軸方向への入力を用いた評価を実施している。

水平2方向の地震力を想定した場合、2方向の地震力が合成されるとすると、最大値が同時に発生する場合、最大で $\sqrt{2}$ 倍の大きさの入力となることが考えられるが、応答軸が明確である設備は対角方向へ転倒し難く、設備の応答軸方向へ応答し易いため、応答はそれぞれの応答軸方向(弱軸/強軸)に分解され、強軸側の応答は十分に小さくなる。また、強軸方向に比べて転倒し易い弱軸方向が、最も厳しい条件となるため、実質的には弱軸方向に1方向を入力した場合の応答レベルと同等となる。各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸1方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。

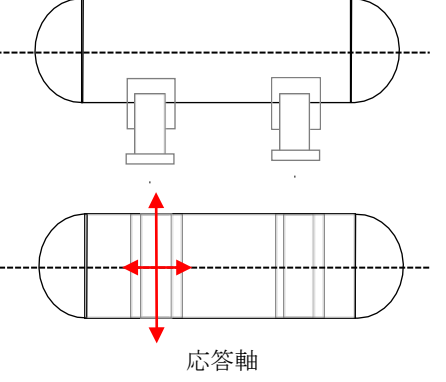
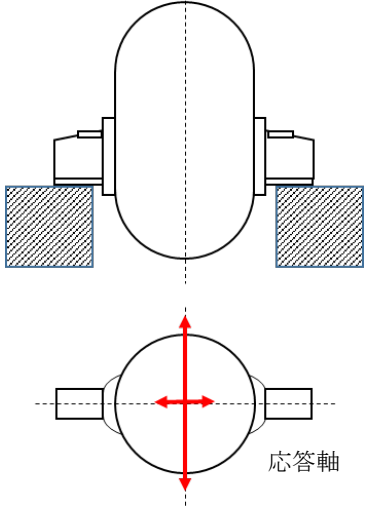
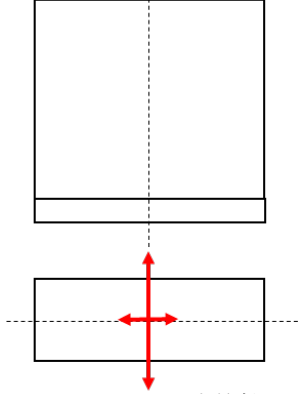
設計手法としてNS・EW方向を包絡した地震力(床応答曲線等)を入力して保守的な評価を実施していることも考えると、応答軸が明確である設備については、水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微である。



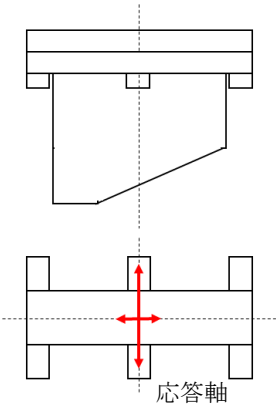
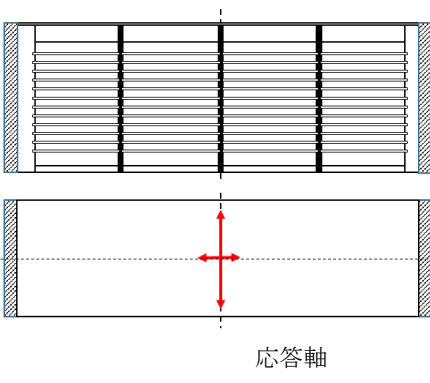
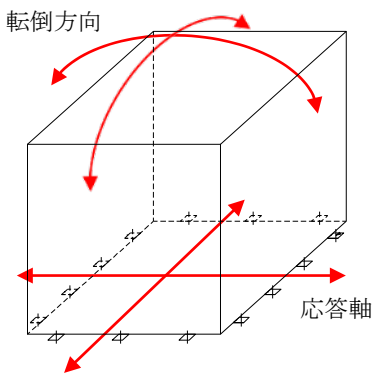
第 4.5. 1-1 図 水平 2 方向同時加振時の応答イメージ

上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力の方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。第 4.5. 1-1 表に応答軸が明確である設備の例を示す。

第 4.5.1-1 表(1/2) 応答軸が明確である設備について

設備	構造図	説明	備考
横置型設備	 <p style="text-align: center;">応答軸</p>	<p>横置型設備は短辺と長辺で構成される本体の底面を支持脚により支持しており，設備全体形状は水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>
脚支持設備	 <p style="text-align: center;">応答軸</p>	<p>脚支持設備は円筒形等である本体の側面を支持脚(ラグ)により支持しており，支持脚を含めた設備全体の形状は水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>
矩形型設備	 <p style="text-align: center;">応答軸</p>	<p>矩形型設備は短辺と長辺で構成される本体をボルトにより支持しており，設備全体形状は水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>

第 4.5.1-1 表(2/2) 応答軸が明確である設備について

設備	構造図	説明	備考
平板型設備		<p>平板型設備は短辺と長辺で構成される本体の側面上部を支持脚により支持しており，設備全体形状は水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>
躯体一体型設備		<p>躯体一体型設備は短辺と長辺で構成される本体側面の2辺を躯体に支持しており，設備全体形状は水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>
横形ポンプ，非常用ディーゼル機関・発電機(ボルト)，ファン類		<p>空調ファン等を支持する矩形に配置されたボルトは，対角方向の剛性が高いため，水平地震力に対して斜め方向へ転倒することはなく，水平の強軸方向と弱軸方向が明確である。</p>	<p>NS・EW包絡地震力を用いている。</p>

なお、矩形型設備である冷却塔支持架構については、屋外に設置されており建物と同様に直接地震力が作用することから、建物における水平2方向の影響評価を踏まえた確認を行うこととし、冷却塔の解析モデルを用いた水平1方向と水平2方向の応力比較として、最大応力部位の他、隅柱に対して確認する(添付-2)。

4.5.2 標準支持間隔法を適用した配管

配管の耐震設計における「簡易モデルによる地震応答解析(以下、「定ピッチスパン法」という。)」について、水平2方向の地震力による影響検討を行う。

4.5.2.1 設備形状により水平2方向の影響軽微とする理由

配管の設計手法は、定ピッチスパン法のほか、多質点系はりモデルによる設計手法があり、同一設備であっても設計手法に伴うサポート配置が異なる。ここでは、定ピッチスパン法及び多質点系はりモデルそれぞれのサポート配置方針について示す。

定ピッチスパン法により設計する配管については、直管部は設工認添付書類に示す直管部標準支持間隔以内で拘束されるようにサポートを設置しており、直管部以外の形状については、直管部標準支持間隔をもとに配管形状(曲がり部、分岐部、集中質量部、平面Z形部、立体Z形部、門形部及び分岐+曲がり部)に応じた支持間隔グラフを満足する支持間隔でサポートを設置している。

これら定ピッチスパン法で設計する配管は、直管部は規則的にサポートが設置され、直管部の先にある曲がり部等の形状については支持間隔グラフに応じた形状ごとにサポートが配置される。

以上のことから、定ピッチスパン法により設計する配管については、全ての形状に対して規則的なサポート配置となっており、3次元的な挙動を抑制する形状である。

一方、多質点系はりモデルによる設計では、配管全体の応力が満足していれば、水平方向及び鉛直方向の各3方向を一定の間隔以内で拘束しない場合があり、定ピッチスパン法で設計を行った配管と異なり不規則なサポート配置となる場合があるため、3次元的な挙動が生じる可能性がある。

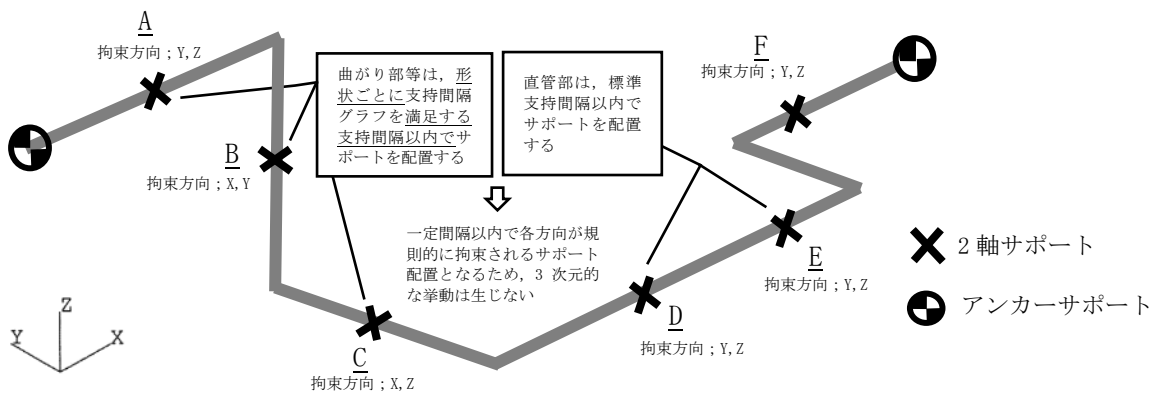
各設計手法に応じた具体的な設備形状の違いについて次頁に示す。

(1) 定ピッチスパン法による配管形状

定ピッチスパン法による具体的なサポート配置例を第4.5.2.1-1図に示す。

定ピッチスパン法による設計では、直管部(支持点D-E間)は直管部標準支持間隔以内で規則的なサポート設置を行い、直管部の先にある直管部以外の形状は形状に応じた支持間隔グラフを満足するサポート設置を行う。例えば、支持点A-B間は曲がり部の支持間隔グラフを満足するサポート設置を行う。支持点E-F間は平面Z形部の支持間隔グラフを満足する支持間隔でサポートを設置する。

以上のことから、定ピッチスパン法による配管設計においては、一定間隔以内で規則性を持ったサポート配置となり、3次元的な挙動を抑制する形状となる。



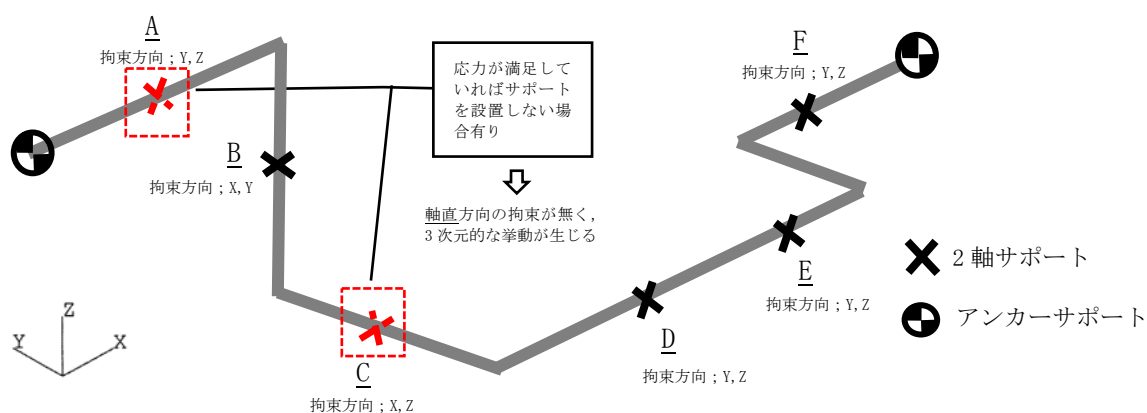
第4.5.2.1-1図 定ピッチスパン法により設計する配管配置例

(2) 多質点系はりモデルによる配管形状

前頁(1)と同形状の配管について、多質点系はりモデルによる具体的なサポート配置例を第4.5.2.1-2図に示す。

定ピッチスパン法による設計では支持点A~Fにサポート配置したものに対して、多質点系はりモデルによる設計では全支持点にサポート配置するとは限らず、配管全体の応力が満足していれば、支持点A、Cにサポートが無い場合や他の支持点にサポートが無い場合など様々なサポート配置となる。

以上のことから、定ピッチスパン法により設計する配管と異なり不規則なサポート配置となる場合があるため、3次元的な挙動が生じる可能性がある。



第4.5.2.1-2図 多質点系はりモデルにより設計する配管配置例

これらのことから、配管系に対する水平2方向影響の形状による整理としては、定ピッチスパン法により設計した配管系は多質点系はりモデルにより設計する配管系と異なり、3次元的な挙動を抑制する形状であるため、影響軽微となる。ただし、定ピッチスパン法で設計する配管であっても鉛直に立ち上がる配管などは水平2方向の同時加振の影響を受ける可能性があるため、次項以降では形状ごとに水平1方向入力と水平2方向入力との発生荷重比較などの検討を行い、定ピッチスパン法で設計する配管が影響軽微であることの確認を行う。

定ピッチスパン法による設計と多質点系はりモデルによる設計の違いによる設備形状に対する水平2方向の影響フローを参考資料-1に示す。

4.5.2.2 水平2方向の影響検討

定ピッチスパン法は水平配管，鉛直配管に関わらず，3方向に広がりを持って敷設される配管に対して標準支持間隔を定める手法であり，定ピッチスパン法にて算出した支持間隔は水平配管及び鉛直配管の双方が設計できるよう，各方向の地震力を入力して評価を行っている。

これら定ピッチスパン法に対する水平配管，鉛直配管，曲がり部等の各々に対する検討結果を示す。

(1) 配管(水平)

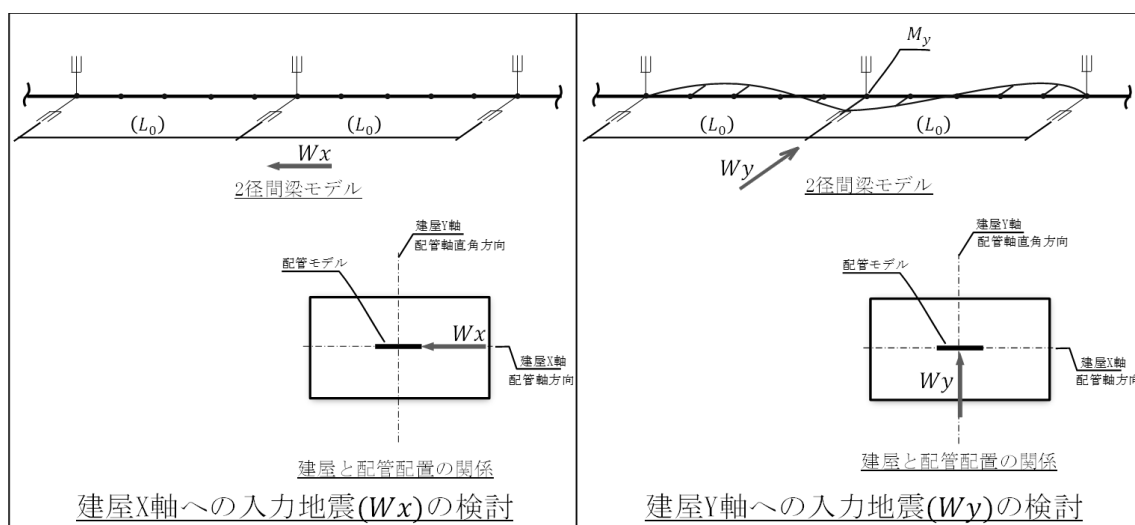
定ピッチスパン法は、2スパン3点支持にて直管のモデルを組んでおり、配管にかかる荷重はせん断、ねじり及び曲げがあるが、主となる荷重は曲げによる荷重となる。曲げによる荷重は配管の軸直角方向に作用する荷重であり、配管の軸方向側には作用しない。そのため、検討は曲げ応力に着目し、配管の軸直角方向に作用する地震力に対して検討を行う。

水平配管の検討に当たっては、建屋応答軸に沿った配管配置と建屋応答軸に対し角度を有した配管配置があるため、2つの配管配置について検討する。

建屋応答軸に沿った配管配置については第4.5.2.2-1図に示すとおり、配管に対して軸方向(建屋X軸方向)の地震力 W_x は作用せず、配管の軸直角方向(建屋Y軸方向)の地震力 W_y にのみ曲げ応力が作用している。

このような場合においては、水平2方向の地震力 W_x 、 W_y が同時に作用したとしても、軸方向地震力に対して曲げ応力が発生しないため、水平1方向と水平2方向で発生する曲げ応力は1方向しか寄与しない。

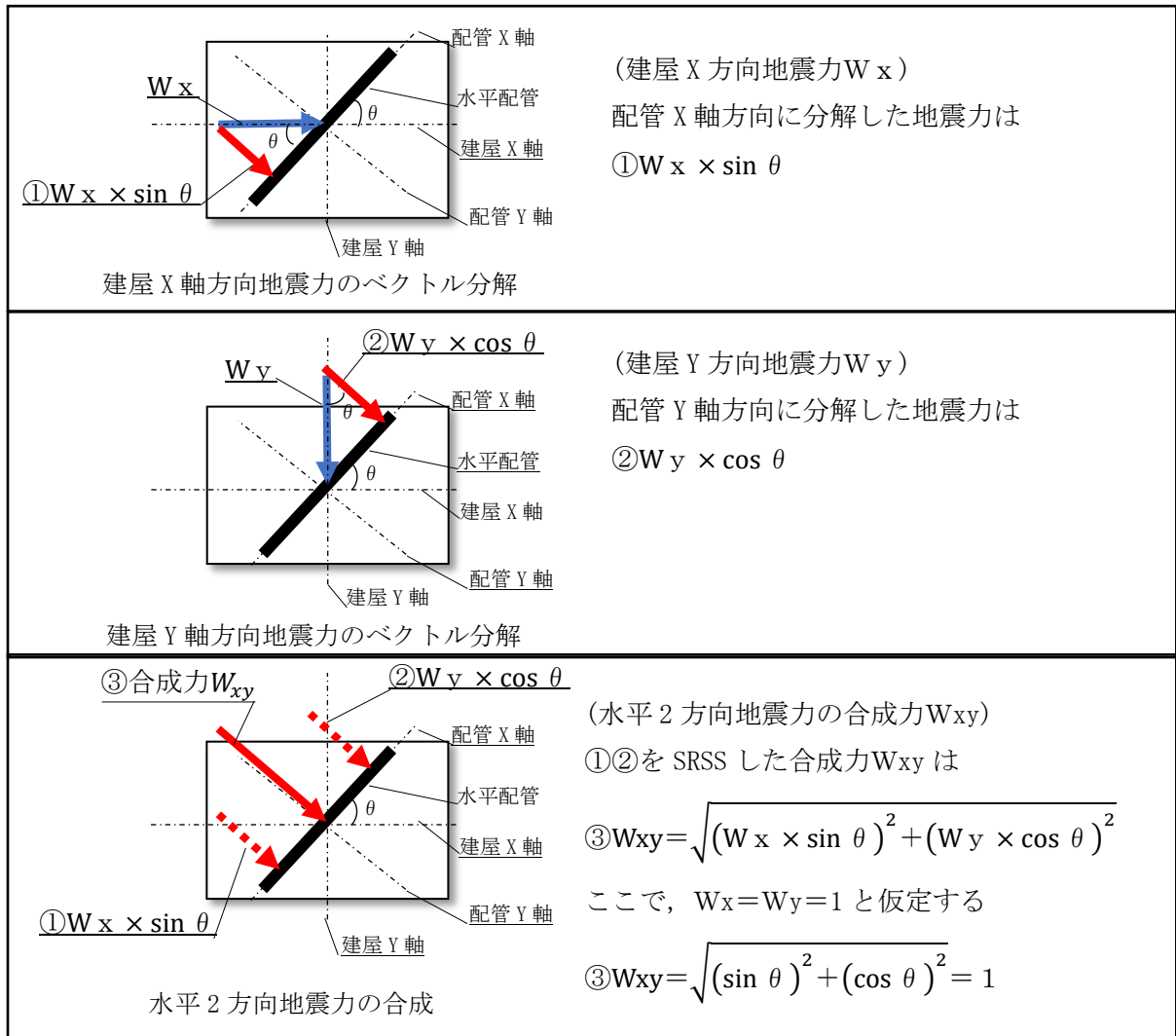
これら定ピッチスパン法における水平地震力の適用においては、X方向とY方向を包絡した加速度を適用しているため、水平1方向と水平2方向は同等となる。



第4.5.2.2-1図 建屋X軸に沿った配管配置

これに対し、建屋応答軸と角度を有した配管配置については、建屋X軸方向と建屋Y軸方向の地震力はそれぞれベクトル分解により分力された地震力($W_x \times \sin \theta$, $W_y \times \cos \theta$)となるが、SRSS(二乗和平方根)法により地震力 W_{xy} を合成して応力を算出するため、合成した応力は建屋応答軸に沿った配管配置の地震力と同等となる。

建屋応答軸と角度を有した配管配置に対する影響を第4.5.2.2-2図に示す。



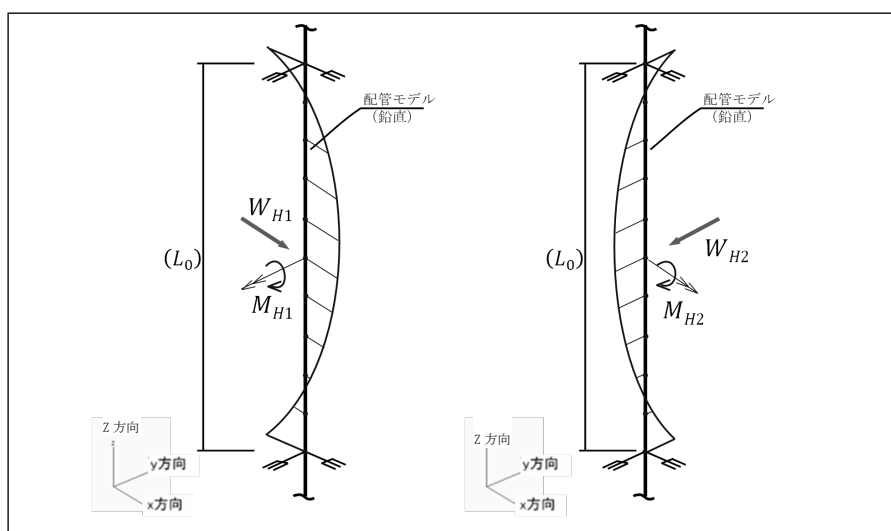
第4.5.2.2-2図 建屋応答軸と角度を有した配管配置

よって、水平配管に対する水平2方向による影響については、水平1方向の地震力と同じ曲げ応力が算出されるため影響は無い。

(2) 配管(鉛直)

鉛直に設置された配管の水平2方向の影響については、第4.5.2.2-3図に示すとおり、配管に対して軸方向(建屋Z軸方向)の地震力及び自重は作用せず、配管の軸直角方向(建屋X, Y軸方向)の地震力による曲げ応力が作用する。よって、水平地震力の双方が軸直角方向に作用し、水平2方向の同時加振の影響を受ける可能性があるため、影響確認を行う。

影響確認の方法としては定ピッチスパン法と同じ応力が算出される水平1方向と、水平2方向の荷重の組み合わせ方法を具体的に示した上で、配管評価結果を算出し影響を確認する。



第4.5.2.2-3図 水平地震による鉛直配管の発生曲げ荷重概念図

① 水平1方向入力に対する荷重組合せ

水平2方向地震に対する影響確認に当たっては、曲げ応力すなわち軸直角方向に生じる応力について、水平1方向及び水平2方向入力の応力を比較した上で示す。

水平1方向入力に対する応力の組合せ σ ①としては、水平地震動のいずれかが軸方向となるため、算出式は以下となる。

(応力組合せ)

$$\sigma \text{ ①} = \text{内圧} + \text{自重} + \text{SRSS (水平地震, 鉛直地震)}$$

軸直角方向に生じる応力

ここでいう水平地震はX方向地震及びY方向地震を包絡した加速度を適用する。応力の組み合わせを表として示したものを第4.5.2.2-1表に示す。

第4.5.2.2-1表 定ピッチスパン法 水平1方向入力 荷重組合せ

	内圧	自重 (軸直角方向)	水平地震		鉛直地震 (軸直角方向)
			X方向 (軸直角方向)	Y方向 (軸方向)	
配管	○	○	○*1	—*2	○

*1 水平1方向入力地震(X, Y方向地震FRSの包絡波を適用)による荷重。

*2 Y方向地震の曲げ応力は軸方向であり、発生しないため除外。

② 水平2方向入力に対する荷重組合せ

水平2方向入力に対する応力の組合せ σ ②としては、自重又は鉛直地震動のいずれかが軸方向となるため、算出式は以下となる。

(応力組合せ)

$$\sigma \text{ ②} = \text{内圧} + \text{SRSS (X方向地震, Y方向地震)}$$

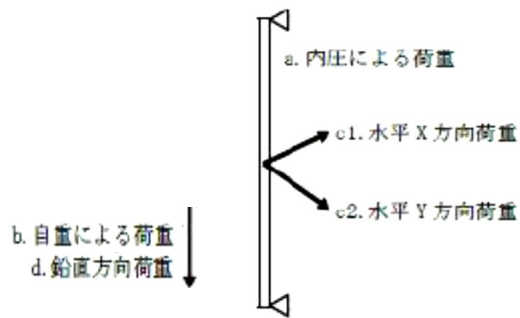
軸直角方向に生じる応力

応力の組み合わせを表として示したものを第4.5.2.2-2表に示す。また、鉛直配管に対して発生する応力のイメージを第4.5.2.2-4図に示す。

第4.5.2.2-2表 鉛直配管 水平2方向入力 荷重組合せ

	内圧	自重 (軸方向)	水平地震		鉛直地震 (軸方向)
			X方向 (軸直角方向)	Y方向 (軸直角方向)	
配管	○	—*1	○	○	—*1

*1 自重及び鉛直方向地震の曲げ応力は軸方向であり、発生しないため除外。



水平 2 方向入力の荷重の組合せ : σ ②

【 $a + SRSS(c1, c2)$ 】 b 及び d は軸方向荷重であるため寄与しない

第4.5.2.2-4図 鉛直配管の水平2方向荷重組合せのイメージ

③ 評価結果

鉛直配管に対する水平1方向入力の荷重組合せ及び水平2方向入力の荷重組合せによる応力について、安全冷却水B冷却塔の配管を代表として比較する。

配管仕様は地震加速度が大きい高階層に設置されている配管から抽出し、20A、200A及び350Aの小口径から大口径までの配管3パターンに対して、水平1方向入力の荷重組合せにより発生する応力 σ ①及び水平2方向入力により発生する応力 σ ②を基準地震動 S_s （以下、「 S_s 」という。） 弾性設計用地震動 S_d （以下、「 S_d 」という。）に対して算出した。

算出結果を第4.5.2.2-3表～第4.5.2.2-6表に示す。

第4.5.2.2-3表 安全冷却水B冷却塔*1における水平1方向入力 σ ①の結果(S_s)

口径 Sch*2	支持 間隔 (m)	発生応力 (MPa)					許容 応力 (MPa)	
		内圧	自重	水平地震		鉛直地震 (軸直角 方向)		合計応力 σ ①*3
				X方向 (軸直角 方向)	Y方向 (軸方向)			
20A SCH80								
200A SCH40								
350A SCH40								

第4.5.2.2-4表 安全冷却水B冷却塔*1における水平2方向入力 σ ②の結果(S_s)

口径 Sch*2	支持 間隔 (m)	発生応力 (MPa)					許容 応力 (MPa)	
		内圧	自重	水平地震		鉛直地震 (軸方向)		合計応力 σ ②*3
				X方向 (軸直角 方向)	Y方向 (軸直角 方向)			
20A SCH80								
200A SCH40								
350A SCH40								

*1：代表フロア (EL. ■■■■■ m～■■■■■ m, EL. ■■■■■ m～■■■■■ m) における標準支持間隔及び地震力を用いて算出。

*2：「IV-1-1-11-1 別紙1-1 安全冷却水B冷却塔の直管部標準支持間隔」の代表的な仕様について記載。

*3： σ ①=内圧+自重+SRSS(水平地震, 鉛直地震)
 σ ②=内圧+SRSS(水平地震, 水平地震)

第4.5.2.2-5表 安全冷却水B冷却塔*1における水平1方向入力 σ ①の結果(S d)

口径 Sch*2	支持 間隔 (m)	発生応力 (MPa)					合計応力 σ ①*3	許容 応力 (MPa)
		内圧	自重	水平地震		鉛直地震 (軸直角 方向)		
				X方向 (軸直角 方向)	Y方向 (軸方向)			
20A SCH80								
200A SCH40								
350A SCH40								

第4.5.2.2-6表 安全冷却水B冷却塔*1における水平2方向入力 σ ②の結果(S d)

口径 Sch*2	支持 間隔 (m)	発生応力 (MPa)					合計応力 σ ②*3	許容 応力 (MPa)
		内圧	自重	水平地震		鉛直地震 (軸方向)		
				X方向 (軸直角 方向)	Y方向 (軸直角 方向)			
20A SCH80								
200A SCH40								
350A SCH40								

*1：代表フロア(EL. ■■■■■m～■■■■■m, EL. ■■■■■m～■■■■■m)における標準支持間隔及び地震力を用いて算出。

*2：「IV-1-1-11-1 別紙1-1 安全冷却水B冷却塔の直管部標準支持間隔」の代表的な仕様について記載。

*3： σ ①=内圧+自重+SRSS(水平地震, 鉛直地震)
 σ ②=内圧+SRSS(水平地震, 水平地震)

第4.5.2.2-3表～第4.5.2.2-6表に示すとおり、水平1方向入力の荷重組合せ及び水平2方向入力の荷重組合せによる応力と許容値を比較した結果、合計応力の増分が微小であるため、安全冷却水B冷却塔の配管における鉛直配管の水平2方向の影響は軽微であることを確認した。

鉛直配管に対する水平2方向の影響としては、内圧及び自重は寄与せず、水平地震及び鉛直地震の加速度比による影響が支配的となっており、定ピッチスパン法による評価では同一の評価モデル及び評価式を用いていることから影響は全て同傾向である。

本傾向に対して、安全冷却水B冷却塔の加速度比は、鉛直地震に対して水平地震の

加速度が2.5倍程度であり，加速度比が2.5倍程度であれば影響軽微となる。

後次回申請におけるその他の建屋の示し方としては，本資料にて，定ピッチ評価に用いる谷埋め及びピーク保持した床応答スペクトルの加速度比較結果を全建屋分示した上で，2.5倍を超過する建屋の配管については，安全冷却水B冷却塔の配管同様，水平1方向及び水平2方向入力の評価結果を示す。

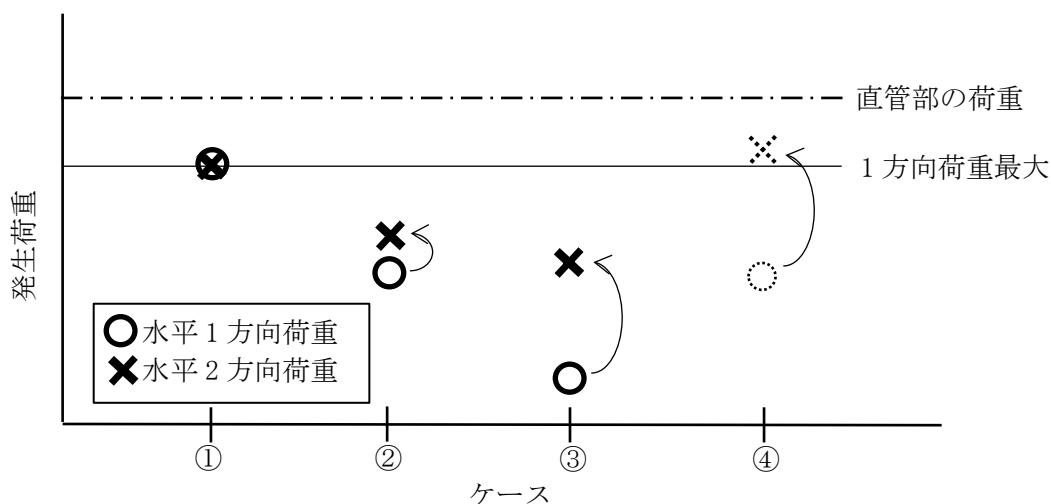
(3) 直管部以外の形状

定ピッチスパン法で設計する曲がり等の直管部以外の形状については、支持間隔グラフにより直管部と等価となる支持間隔を定めて設計している。その場合、最大スパンで設計された配管同士を比較すると、直管部以外の形状の発生荷重は直管部の発生荷重以下となり、直管部が許容応力以下であれば直管部以外も許容応力以下になる。よって、水平2方向を考慮して算出した発生荷重が水平1方向で算出した直管部の発生荷重と同程度であれば、水平2方向を考慮しても必ず許容限界以下となると言え、水平2方向を考慮することによる影響は軽微と整理できる。なお、この比較における発生荷重は入力荷重により発生する曲げモーメントを指しており、応力による比較と同等である。

直管部以外の形状の水平2方向影響として、水平1方向と水平2方向入力荷重における定ピッチ評価への影響をイメージ図として第4.5.2.2-5図に示す。

本図では、直管部以外の形状における水平1方向入力による発生荷重と水平2方向入力による発生荷重を、直管部における水平1方向入力による発生荷重と比較したイメージ図を示している。例えば水平2方向入力の最大荷重が発生しているケース①は水平1方向入力と同等であり、かつ直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。ケース②、③は、水平2方向入力の荷重がそのケースにおける水平1方向入力の荷重から増加しているが、全体における水平1方向入力の最大荷重かつ直管部の荷重以下となるため、水平2方向の影響は軽微である。その場合、仮にケース④のように水平2方向入力の荷重が、水平1方向入力の最大荷重を超過したとしても、直管部の荷重を超過しない若しくは同程度*である場合は、定ピッチ設計の耐震性に影響を与えないため、水平2方向の影響としては軽微となる。

*：水平2方向影響の判断基準としては、4.2項に示す通り、荷重の増分が10%程度であれば影響軽微と判断している。



第4.5.2.2-5図 直管部以外の形状における水平1方向及び水平2方向入力荷重比較イメージ

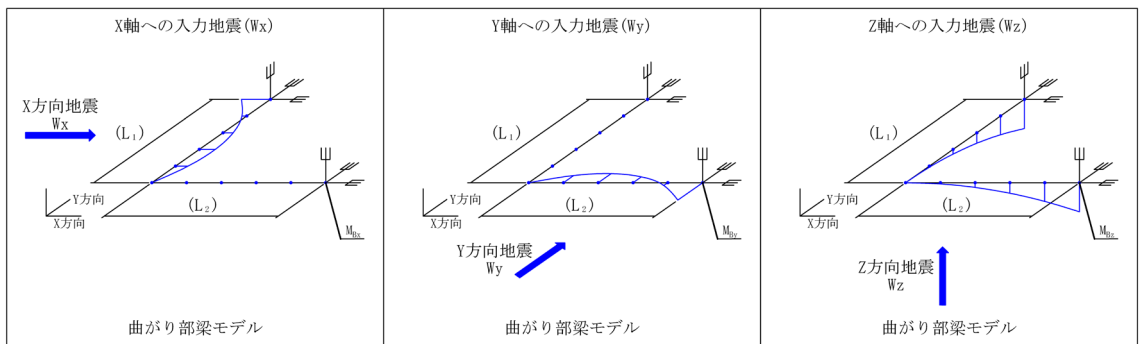
次項より定ピッチスパン法で設計する直管部以外の各形状について、実際に水平1方向入力と水平2方向入力により発生する荷重の比較検討を行う。

検討に用いるモデルについては、支持間隔グラフの特徴として直管部と等価とみなすグラフ線上でも直管部より保守的となるよう設定しているため、直管部の荷重に最も近似するモデルとなるようグラフ線上にパラメータを設定することで直管部相当の値となるように設定し、水平2方向の影響に対して網羅的な確認を行う。

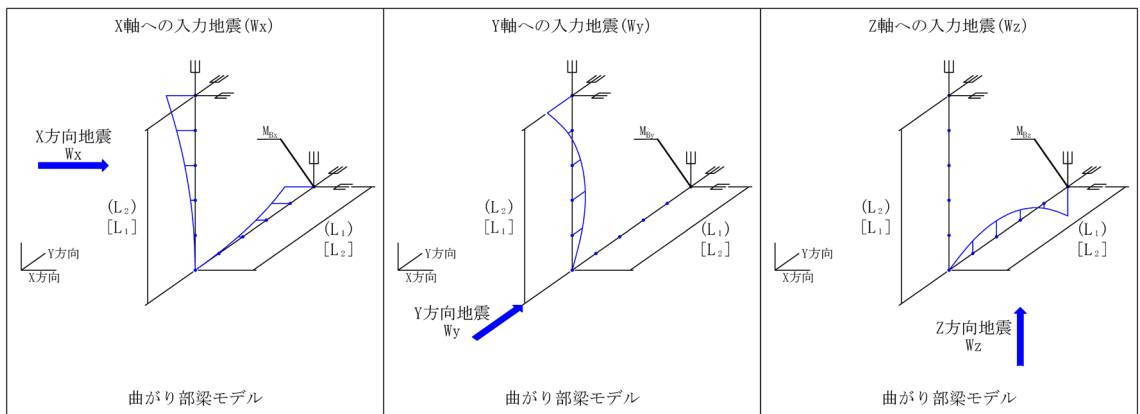
水平2方向影響の確認に当たっては、各形状でパラメータ設定した評価ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の合成力と水平2方向+鉛直方向入力による合成力のモーメント比較を行う。その場合の確認対象として、最大荷重が発生している評価ケースである水平モデル及び同ケースの鉛直モデルの両方についてはモーメント値を示し、水平方向と鉛直方向への影響度合いの傾向が直管部の傾向と同じであることを確認する。

(3)-1 配管(曲がり部)

配管(曲がり部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-6図中の L_1/L_E の長さを0.1~0.5(0.2刻み)とした各ケースについて、水平1方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向入力の曲げ荷重を比較した結果、曲げ荷重の最大値(各ケース包絡)は水平1方向及び水平2方向で同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-6図(1/2) 配管(曲がり部)モデル<水平配管>



第4.5.2.2-6図(2/2) 配管(曲がり部)モデル<鉛直配管>

また、建屋応答軸と角度を有した配管(曲がり部)配置についても、各方向の地震の成分が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

曲がり部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、曲がり部の角度(θ)と寸法比を各パラメータとする。

そのうち、曲がり部の角度については、支持間隔グラフにおける 30° 、 45° 、 $60\sim 90^\circ$ のグラフは外角を表しており、水平2方向影響としては水平地震力の双方が鉛直配管の軸直角方向に作用することにより水平2方向の同時加振の影響を受け可能性があるため、鉛直配管に近い形状として鉛直軸を基準に 30° の角度を有するケースを選定する。その場合、曲がり部の寸法比については、 30° の支持間隔グラフの最上端、最下端および中間の選定として、曲がり部長さ比を0.1、0.3、0.5とした網羅的な確認を行う。これら 30° の支持間隔グラフの曲がり部長さ比については、支持間隔グラフの非対称性を確認する必要があるため、 L_1 と L_2 を入れ替えたケース*も設定する。

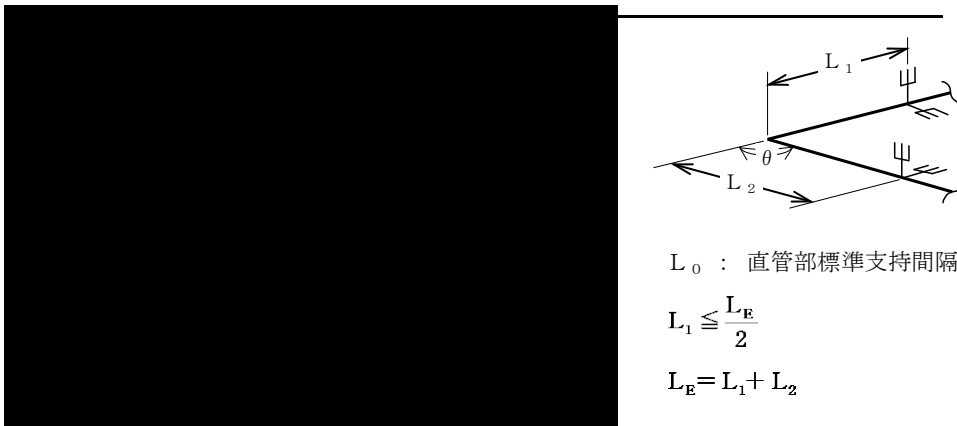
更に、網羅性の観点から曲がり部の角度が 90° のケースについて 30° の結果に影響を与えないことの確認を行う。

以上から、曲がり部の水平2方向入力の影響検討は第4.5.2.2-7表に示す8ケースに対し、定ピッチスパン法は水平配管及び鉛直配管を設計することを踏まえ、水平配管及び鉛直配管について確認を行う。

*：曲がり部長さ比0.5に対しては L_1 と L_2 を入れ替えても同じ値となるため、0.1、0.3に対して確認を行う。

第4.5.2.2-7表 配管(曲がり部)モデルの評価ケース

CASE	θ	L_1/L_E	L_E/L_0	L_1 (m)	L_2 (m)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					



第4.5.2.2-7図 曲がり部支持間隔グラフ

② 評価結果

曲がり部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重 (M_{xz} , M_{yz}) と水平2方向+鉛直方向入力による合成力 (M_{xyz}) の結果を第4.5.2.2-8表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重 (M_a)、地震荷重 (M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz}) それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、鉛直配管のケース5となり、1.3倍程度の増分となる。本荷重が1.3倍となった理由としては、大部分が鉛直配管となる形状であることから、直管部と同様に、水平2方向の同時加振の影響を受けて荷重が増加するためである。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重についても、ケースごとの比較では水平1方向荷重を超過する場合はあるが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-8表 配管(曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管	1	0.415	M _{xz}	0.415	1.000 直管部荷重*2	0.415	0.585	1.000	1.00
			M _{yz}	0.585					
	2	0.463	M _{xz}	0.472	0.961	0.463	0.505	0.968	1.01
			M _{yz}	0.498					
	3	0.403	M _{xz}	0.409	0.838	0.403	0.435	0.838	1.00
			M _{yz}	0.435					
	4	0.463	M _{xz}	0.464	0.968	0.463	0.505	0.968	1.00
			M _{yz}	0.505					
5	0.415	M _{xz}	0.462	0.963	0.415	0.585	1.000	1.04	
		M _{yz}	0.548						
6	0.415	M _{xz}	0.415	0.997	0.415	0.582	0.997	1.00	
		M _{yz}	0.582						
7	0.446	M _{xz}	0.453	0.899	0.446	0.453	0.899	1.00	
		M _{yz}	0.446						
8	0.325	M _{xz}	0.335	0.660	0.325	0.335	0.660	1.00	
		M _{yz}	0.335						
鉛直 配管	1	0.204	M _{xz}	0.462	0.666	0.204	0.585	0.789	1.19
			M _{yz}	0.413					
	2	0.118	M _{xz}	0.464	0.582	0.118	0.505	0.623	1.07
			M _{yz}	0.261					
	3	0.065	M _{xz}	0.409	0.474	0.065	0.435	0.500	1.05
			M _{yz}	0.164					
	4	0.089	M _{xz}	0.472	0.561	0.089	0.505	0.594	1.06
			M _{yz}	0.261					
5	0.082	M _{xz}	0.415	0.497	0.082	0.585	0.667	1.34 (最大)	
		M _{yz}	0.413						
6	0.117	M _{xz}	0.415	0.532	0.117	0.582	0.699	1.31	
		M _{yz}	0.409						
7	0.083	M _{xz}	0.453	0.536	0.083	0.453	0.536	1.00	
		M _{yz}	0.223						
8	0.081	M _{xz}	0.335	0.416	0.081	0.335	0.416	1.00	
		M _{yz}	0.081						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

本表に示す最大荷重のモーメント値を第4.5.2.2-9表に示す。

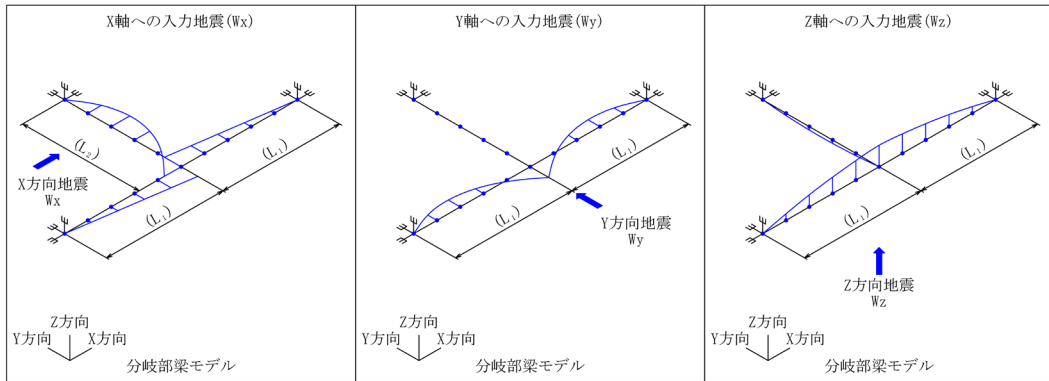
第4.5.2.2-9表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

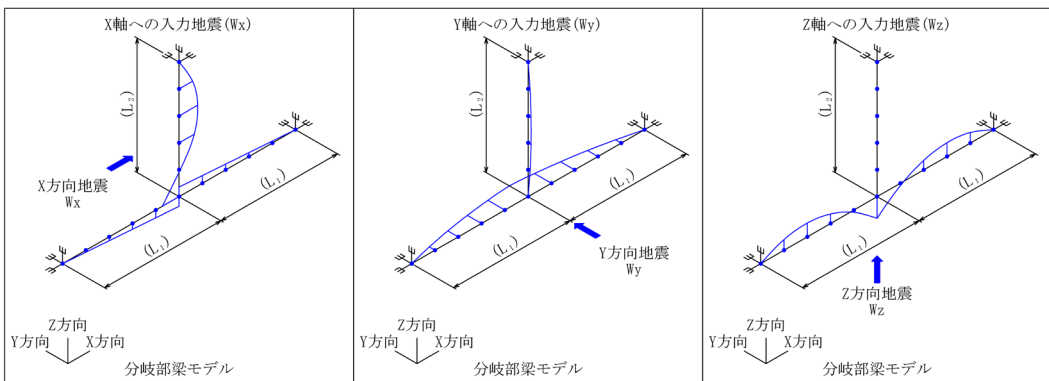
モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					M _a +√(M _x ² +M _z ²)	M _a +√(M _y ² +M _z ²)	M _a +√(M _x ² +M _y ² +M _z ²)
水平配管	1	3.701 ×10 ⁶	M _x	2.357 ×10 ⁴	7.402×10 ⁶	8.922×10 ⁶	8.922×10 ⁶
			M _y	3.682 ×10 ⁶			
			M _z	3.701 ×10 ⁶			
鉛直配管	1	1.821 ×10 ⁶	M _x	3.701 ×10 ⁶	5.945×10 ⁶	5.503×10 ⁶	7.041×10 ⁶
			M _y	3.201 ×10 ⁶			
			M _z	1.821 ×10 ⁶			

(3)-2 配管(分岐部)

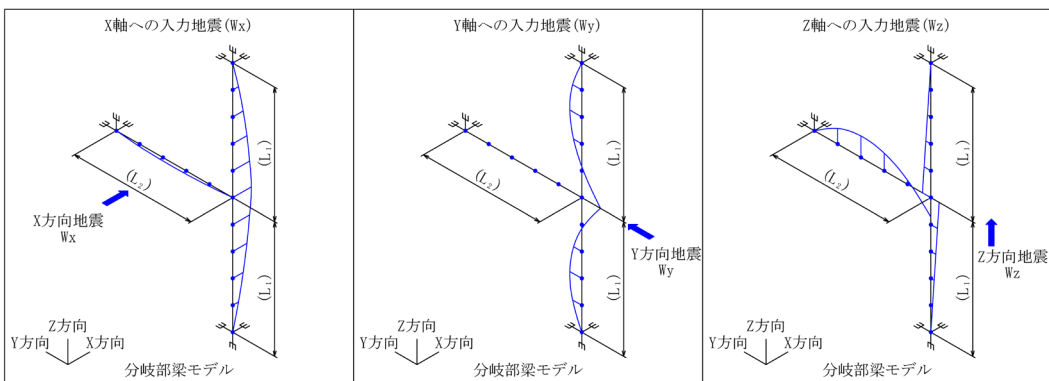
配管(分岐部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-8図中の L_B/L_0 の長さを0.2~0.8(0.2刻み)とした各ケースについて、水平1方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-8図(1/3) 配管(分岐部)モデル<水平配管>



第4.5.2.2-8図(2/3) 配管(分岐部)モデル<鉛直配管(1)>



第4.5.2.2-8図(3/3) 配管(分岐部)モデル<鉛直配管(2)>

また、建屋応答軸と角度を有した配管(分岐部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

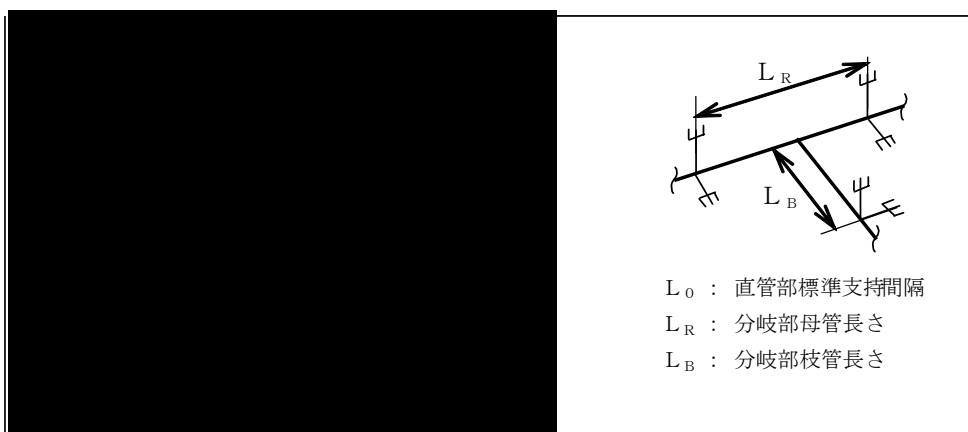
分岐部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、分岐部の寸法比を各パラメータとする。

パラメータとしては、支持間隔グラフの支持間隔比(L_R/L_0)の最上端、最下端および中間の選定として、支持間隔比(L_B/L_0)を0.2, 0.4, 0.6, 0.8とした網羅的な確認を行う。

以上から、分岐部の水平2方向入力の影響検討は第4.5.2.2-10表に示す4ケースに対し、定ピッチスパン法は水平配管及び鉛直配管を設計することを踏まえ、水平配管及び鉛直配管について確認を行う。鉛直配管については第4.5.2.2-8図(2/3), (3/3)に示している2通りに対し確認を行う。

第4.5.2.2-10表 分岐部モデルの解析ケース

CASE	L_B/L_0	L_R/L_0	L_B	L_R
1				
2				
3				
4				



第4.5.2.2-9図 分岐部支持間隔グラフ

② 評価結果

分岐部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重 (M_{xz} , M_{yz}) と水平2方向+鉛直方向入力による合成力 (M_{xyz}) の結果を第4.5.2.2-11表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重 (M_a)、地震荷重 (M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz}) それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、鉛直配管(1) (第4.5.2.2-8図(2/3)と同じモデル) ケース4となり、1.02倍の増分となる。本荷重が1.02倍となった理由としては、最大荷重が母管と枝管の取合い部に発生しており、枝管の応答が母管に影響を与えることから、結果として母管の荷重が微増となる。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重についても、曲がり部と同様、ケースごとの比較では水平1方向荷重を超過する場合はあるが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-11表 配管(分岐部)の地震による発生荷重

モデル	CASE	水平1方向入力				水平2方向入力			比率 ②/①
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}	② M _a +M _{XYZ}	
水平 配管	1	0.496	M _{xz}	0.496	1.000 直管部荷重*2	0.496	0.504	1.000	1.00
			M _{yz}	0.504					
	2	0.484	M _{xz}	0.484	0.971	0.484	0.488	0.972	1.00
			M _{yz}	0.487					
	3	0.463	M _{xz}	0.466	0.929	0.463	0.467	0.930	1.00
			M _{yz}	0.464					
	4	0.434	M _{xz}	0.446	0.880	0.434	0.446	0.880	1.00
			M _{yz}	0.434					
鉛直 配管 (1)	1	0.086	M _{xz}	0.086	0.590	0.086	0.504	0.590	1.00
			M _{yz}	0.504					
	2	0.058	M _{xz}	0.060	0.545	0.058	0.488	0.546	1.00
			M _{yz}	0.487					
	3	0.053	M _{xz}	0.100	0.517	0.053	0.467	0.520	1.01
			M _{yz}	0.464					
	4	0.055	M _{xz}	0.201	0.489	0.055	0.446	0.501	1.02 (最大)
			M _{yz}	0.434					
鉛直 配管 (2)	1	0.022	M _{xz}	0.496	0.518	0.022	0.504	0.526	1.02
			M _{yz}	0.086					
	2	0.052	M _{xz}	0.484	0.536	0.052	0.488	0.540	1.01
			M _{yz}	0.060					
	3	0.100	M _{xz}	0.466	0.566	0.100	0.467	0.567	1.00
			M _{yz}	0.100					
	4	0.201	M _{xz}	0.446	0.647	0.201	0.446	0.647	1.00
			M _{yz}	0.201					

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

本表に示す最大荷重のモーメント値を第4.5.2.2-12表に示す。

第4.5.2.2-12表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

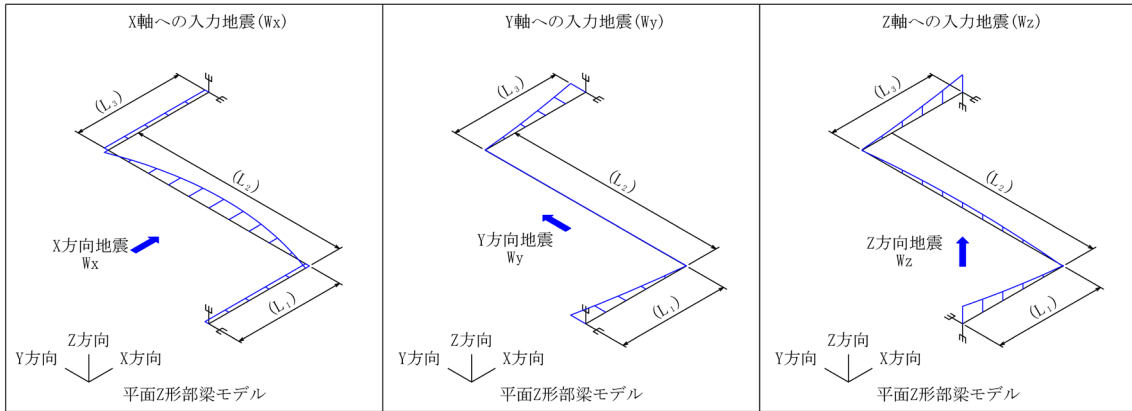
モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					M _a +√(M _x ² +M _z ²)	M _a +√(M _y ² +M _z ²)	M _a +√(M _x ² +M _y ² +M _z ²)
水平配管	1	7.821 ×10 ⁶	M _x	8.779 ×10 ⁴	1.564×10 ⁷	1.576×10 ⁷	1.576×10 ⁷
			M _y	1.355 ×10 ⁶			
			M _z	7.821 ×10 ⁶			
鉛直配管(1)	1	1.355 ×10 ⁶	M _x	8.779 ×10 ⁴	2.713×10 ⁶	9.293×10 ⁶	9.293×10 ⁶
			M _y	7.821 ×10 ⁶			
			M _z	1.355 ×10 ⁶			

(3)-3 配管(集中部)

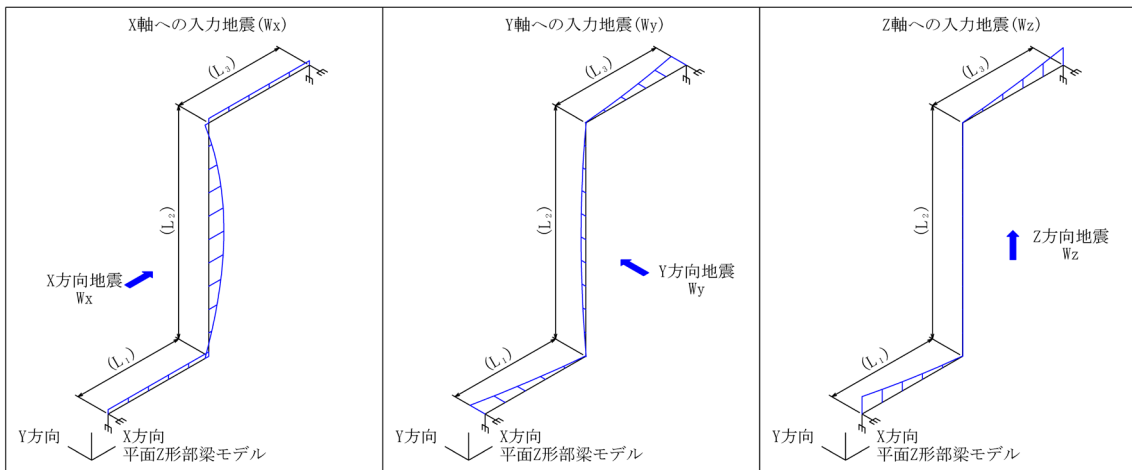
配管(集中部)について、直管部に集中重量物を考慮した形状であり、直管の水平2方向の対応と同じ結果となるため、水平2方向の地震力の影響は軽微である。

(3)-4 配管(平面Z形部)

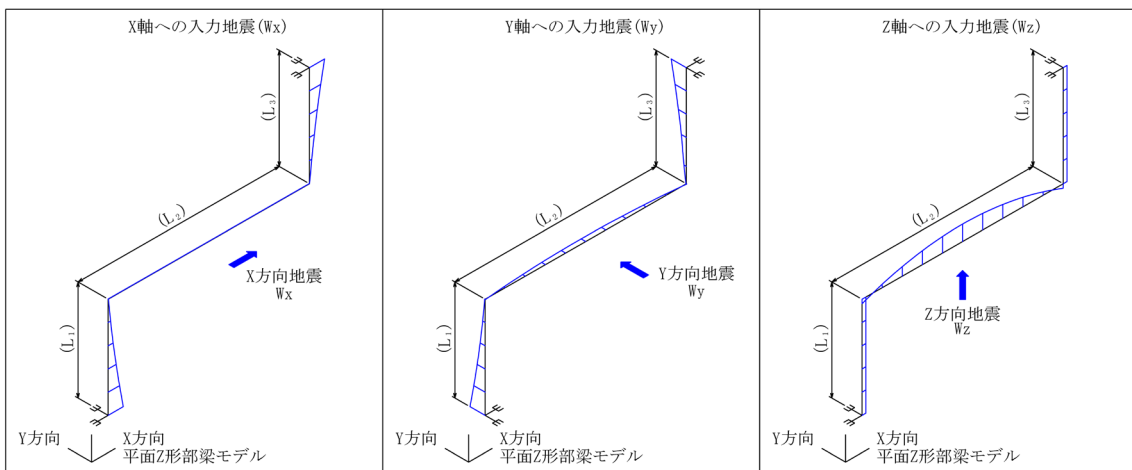
配管(平面Z形部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向及び鉛直方向の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-10図中のL₁/L₀の長さを0.1~0.3(0.1刻み)とし、各ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向+鉛直方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-10図(1/3) 配管(平面Z形部)モデル<水平配管>



第4.5.2.2-10図(2/3) 配管(平面Z形部)モデル<鉛直配管(1)>



第4.5.2.2-10図(3/3) 配管(平面Z形部)モデル<鉛直配管(2)>

また，建屋応答軸と角度を有した配管(平面Z形部)配置についても，各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため，それぞれの方向の地震力の大きさを1：1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

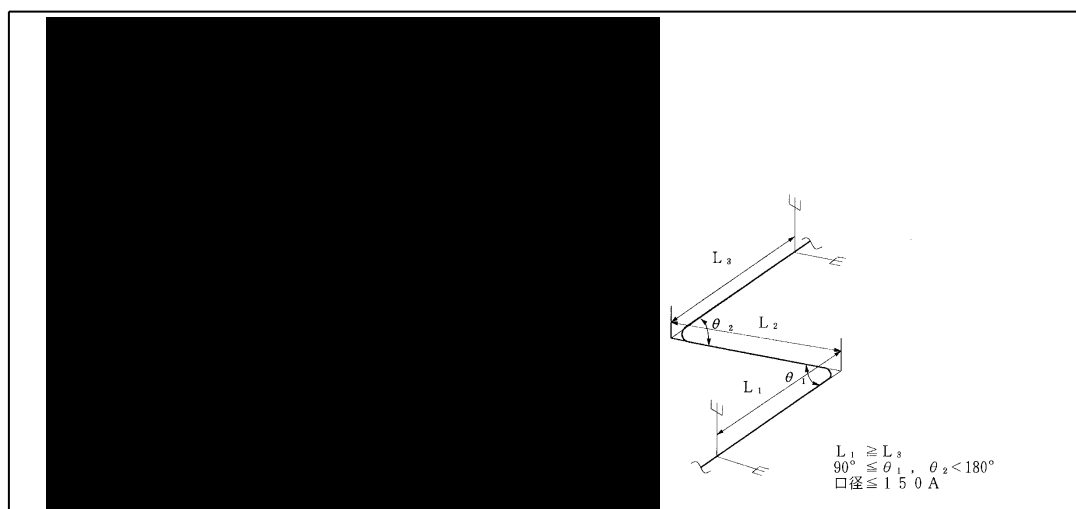
平面Z形部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、平面Z形部の寸法比を各パラメータとする。

パラメータとしては、支持間隔グラフの支持間隔比を0.1から0.1刻みとした網羅的な確認を行う。

以上から、平面Z形部の水平2方向入力の影響検討は第4.5.2.2-13表に示す3ケースに対し、定ピッチスパン法は水平配管及び鉛直配管を設計することを踏まえ、水平配管及び鉛直配管について確認を行う。鉛直配管については第4.5.2.2-10図(2/3)、(3/3)に示している2通りに対し確認を行う。

第4.5.2.2-13表 配管(平面Z形部)モデルの評価ケース

CASE	L_1/L_0	L_2/L_0	L_1	L_2	L_3	θ
1						
2						
3						



第4.5.2.2-11図 平面Z形部支持間隔グラフ

② 評価結果

平面Z形部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重(M_{xz} , M_{yz})と水平2方向+鉛直方向入力による合成力(M_{xyz})の結果を第4.5.2.2-14表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重(M_g)、地震荷重(M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz})それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、鉛直配管(2)のケース3となり、1.4倍程度の増分となる。本荷重が1.4倍となった理由としては、大部分が鉛直配管となる形状であることから、直管部と同様に、水平2方向の同時加振の影響を受けて荷重が増加するためである。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重についても、ケースごとの比較では水平1方向荷重を超過する場合はあるが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-14表 配管(平面Z形部)の地震による発生荷重

モデル	CASE	水平1方向入力				水平2方向入力			比率 ②/①
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *1		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{xyz}	② M_a+M_{xyz}	
水平配管	1	0.317	M_{xz}	0.341	0.773	0.317	0.464	0.781	1.01
			M_{yz}	0.456					
	2	0.390	M_{xz}	0.390	0.941	0.390	0.551	0.941	1.00
			M_{yz}	0.551					
	3	0.415	M_{xz}	0.415	1.000 直管部荷重*2	0.415	0.585	1.000	1.00
			M_{yz}	0.585					
鉛直配管(1)	1	0.327	M_{xz}	0.339	0.783	0.327	0.464	0.791	1.01
			M_{yz}	0.456					
	2	0.390	M_{xz}	0.390	0.941	0.390	0.551	0.941	1.00
			M_{yz}	0.551					
	3	0.412	M_{xz}	0.412	0.997	0.412	0.585	0.997	1.00
			M_{yz}	0.585					
鉛直配管(2)	1	0.204	M_{xz}	0.339	0.545	0.204	0.464	0.668	1.23
			M_{yz}	0.341					
	2	0.105	M_{xz}	0.390	0.495	0.105	0.551	0.656	1.33
			M_{yz}	0.390					
	3	0.030	M_{xz}	0.412	0.445	0.030	0.585	0.615	1.38 (最大)
			M_{yz}	0.415					

*1: $W_x=W_y=W_z$ の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

本表に示す最大荷重のモーメント値を第4.5.2.2-15表に示す。

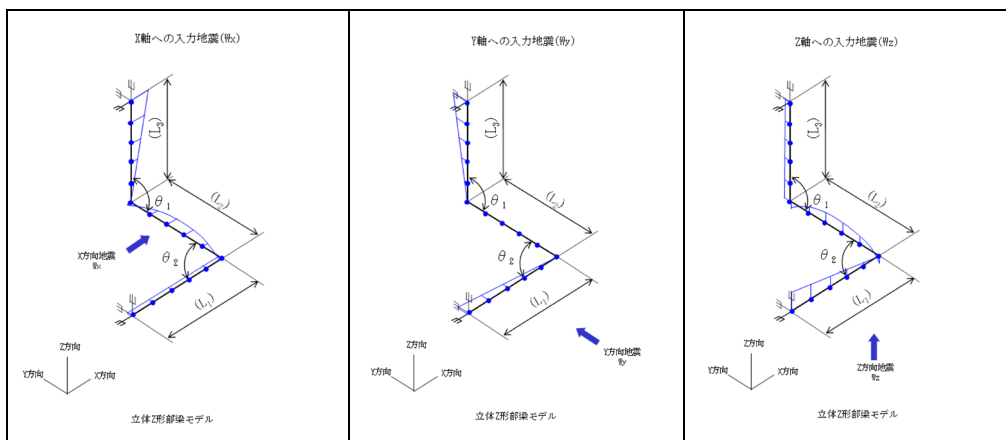
第4.5.2.2-15表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					$M_a + \sqrt{M_x^2 + M_z^2}$	$M_a + \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$	$M_a + \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$
水平配管	3	1.357×10^6	M _x	8.124×10^3	2.713×10^6	3.268×10^6	3.268×10^6
			M _y	1.346×10^6			
			M _z	1.357×10^6			
鉛直配管(1)	3	1.346×10^6	M _x	8.124×10^3	2.692×10^6	3.257×10^6	3.257×10^6
			M _y	1.357×10^6			
			M _z	1.346×10^6			

(3)-5 配管(立体Z形部)

配管(立体Z形部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向及び鉛直方向の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-12図中の支持間隔比(L_2/L_0 , L_0 :直管部最大支持間隔)を0.2, 0.4, 0.6, 0.7とした各ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向+鉛直方向入力の曲げ荷重を比較した結果、曲げ荷重の最大値(各ケース包絡)は水平1方向+鉛直方向及び水平2方向+鉛直方向で同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向+鉛直方向入力と水平2方向+鉛直方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-12図 配管(立体Z形部)モデル

また、建屋応答軸と角度を有した配管(立体Z形部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向+鉛直方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

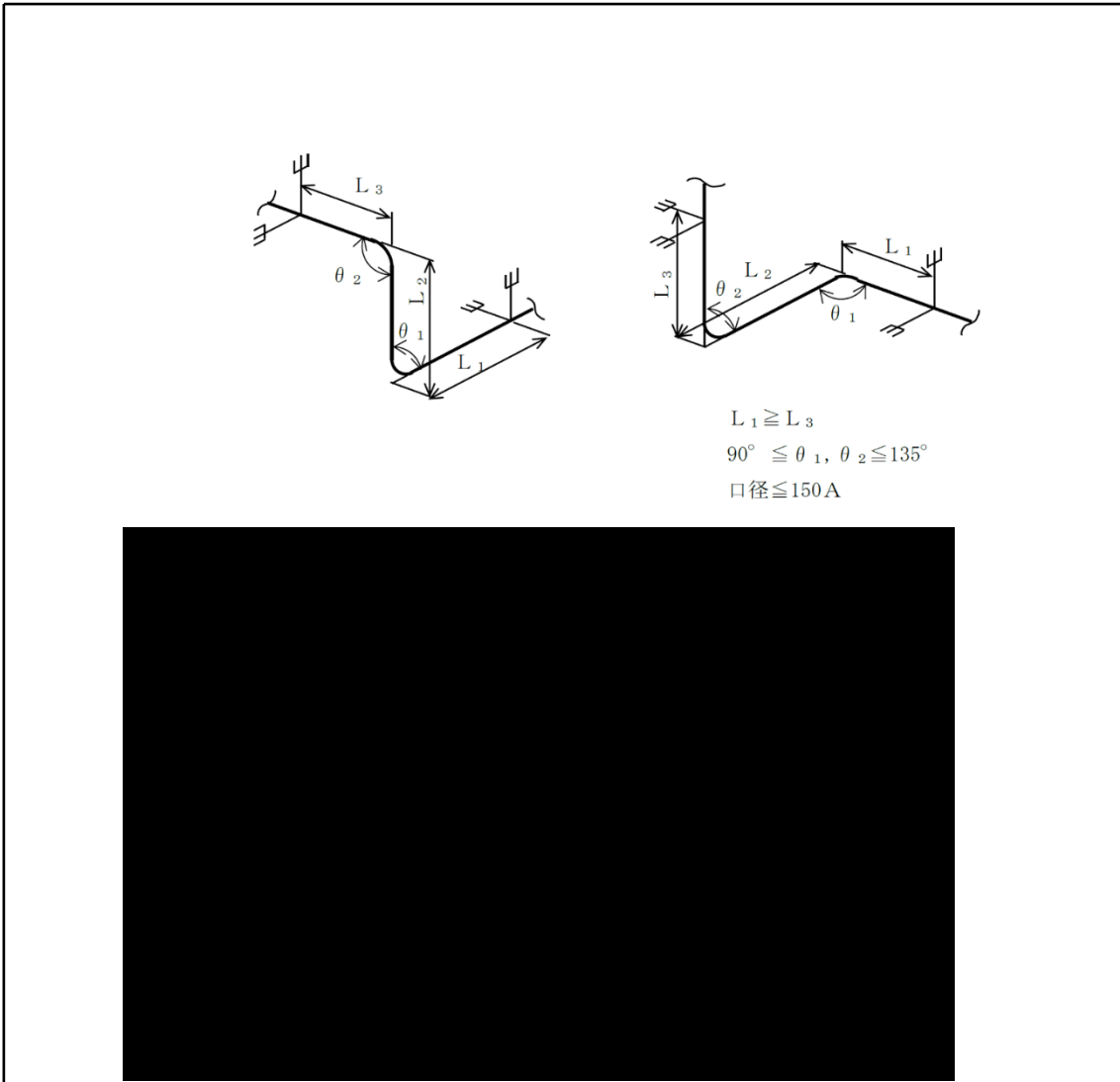
立体Z形部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、立体Z形部の角度(θ)と寸法比を各パラメータとする。

そのうち、寸法比については支持間隔グラフの支持間隔比(L_2/L_0)の選定として、支持間隔比を0.2から0.2刻みとし、最大点である0.7を含め網羅的な確認を行う。更に、網羅性の観点から角度である θ_2 については、 90° 及び 135° のケースに対して選定する。

以上から、立体Z形部の水平2方向入力の影響検討は第4.5.2.2-16表に示す8ケースに対し確認を行う。

第4.5.2.2-16表 配管(立体Z形部)モデルの評価ケース

CASE	θ_1	θ_2	L_1/L_0	L_2/L_0	\underline{L}_1	\underline{L}_2	\underline{L}_3
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							



第4.5.2.2-13図 立体Z形部支持間隔グラフ

② 評価結果

立体Z形部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重(M_{xz} , M_{yz})と水平2方向+鉛直方向入力による合成力(M_{xyz})の結果を第4.5.2.2-17表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重(M_g)、地震荷重(M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz})それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、ケース5となり、1.01倍の増分となる。ケース5の荷重が1.01倍となった理由としては、最大荷重が水平配管に発生しており、水平配管は水平2方向のうち片方が荷重を受けない配管軸方向となるが、立体Zに関しては隣接配管で発生した荷重が水平配管に伝達されることを要因としていることから、その影響により結果として荷重が微増となる。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重については、ケース8において若干直管部の荷重を超過しているが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-17表 配管(立体Z形部)の地震による発生荷重

CASE	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①
	自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *1		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{xyz}	
1	0.246	M_{xz}	0.247	0.645	0.246	0.399	0.645
		M_{yz}	0.399				
2	0.342	M_{xz}	0.344	0.819	0.342	0.478	0.820
		M_{yz}	0.477				
3	0.361	M_{xz}	0.362	0.842	0.361	0.482	0.843
		M_{yz}	0.481				
4	0.207	M_{xz}	0.210	0.570	0.207	0.365	0.572
		M_{yz}	0.363				
5	0.322	M_{xz}	0.329	0.785	0.322	0.468	0.790
		M_{yz}	0.463				
6	0.399	M_{xz}	0.404	0.929	0.399	0.534	0.933
		M_{yz}	0.530				
7	0.370	M_{xz}	0.371	0.843	0.370	0.474	0.844
		M_{yz}	0.473				
8	0.440	M_{xz}	0.442	1.000 直管部荷重*2	0.440	0.562	1.002
		M_{yz}	0.560				

*1: $W_x=W_y=W_z$ の比率を1:1:1とし、曲げ荷重を算出内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

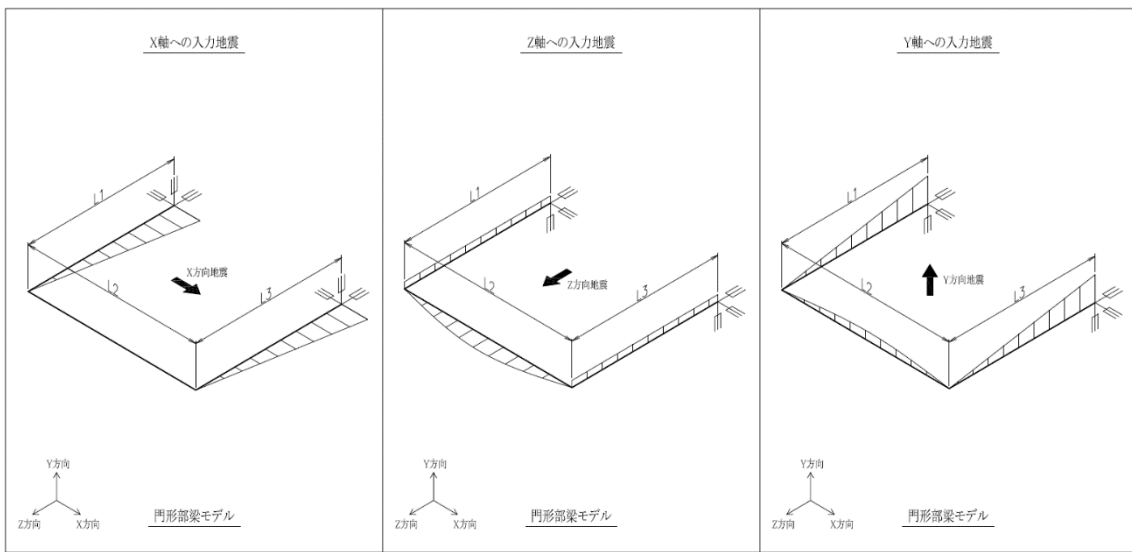
本表に示す最大荷重のモーメント値を第4.5.2.2-18表に示す。

第4.5.2.2-18表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値
(N・mm)

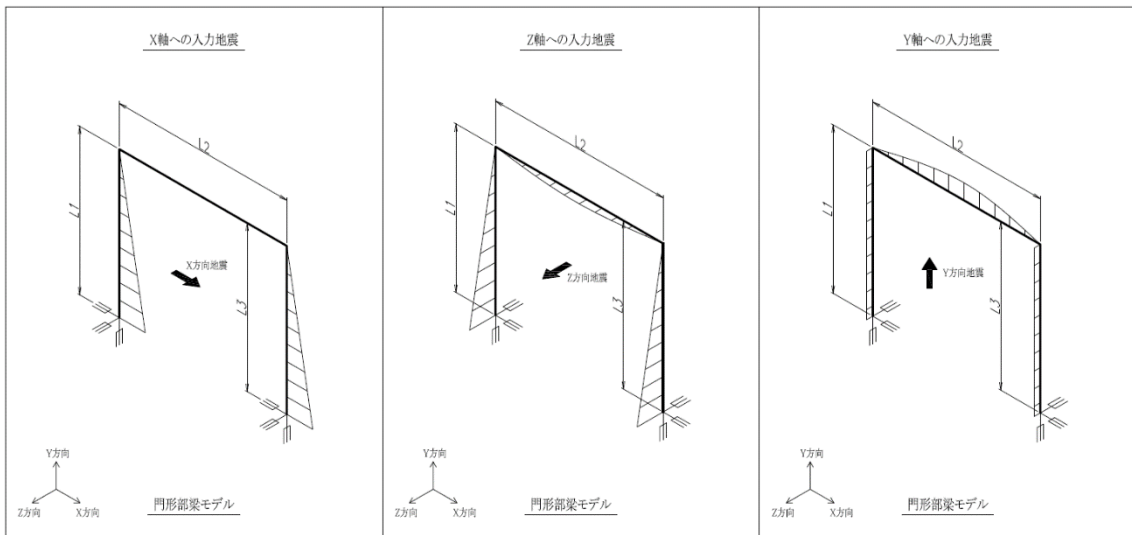
CASE	M_a	M_x, M_y, M_z		水平1方向入力		水平2方向入力
				$M_a+\sqrt{M_x^2+M_z^2}$	$M_a+\sqrt{M_y^2+M_z^2}$	$M_a+\sqrt{M_x^2+M_y^2+M_z^2}$
8	1.514×10^6	M_x	1.464×10^5	3.035×10^6	3.445×10^6	3.450×10^6
		M_y	1.198×10^6			
		M_z	1.514×10^6			

(3)-6 配管(門形部)

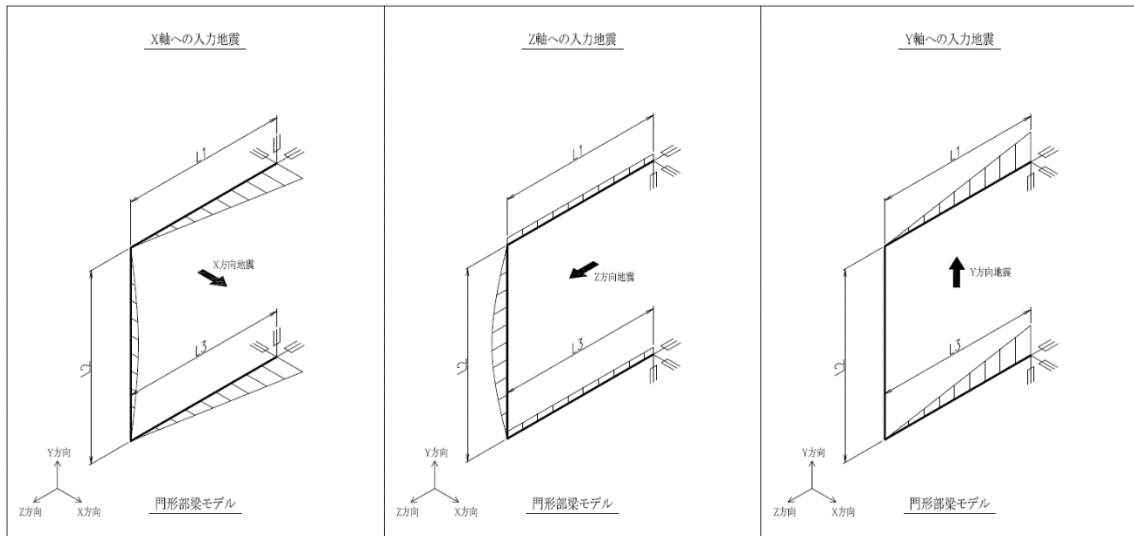
配管(門形部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平及び鉛直の地震力の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-14図中の L_2 の長さを直管部支持間隔値(L_0)に対する $0.1\sim 0.6(L_2/L_0)$ とし、各ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向+鉛直方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-14図(1/3) 配管(門形部)モデル形状<水平配管>



第4.5.2.2-14図(2/3) 配管(門形部)モデル形状<鉛直配管(1)>



第4.5.2.2-14図(3/3) 配管(門形部)モデル形状<鉛直配管(2)>

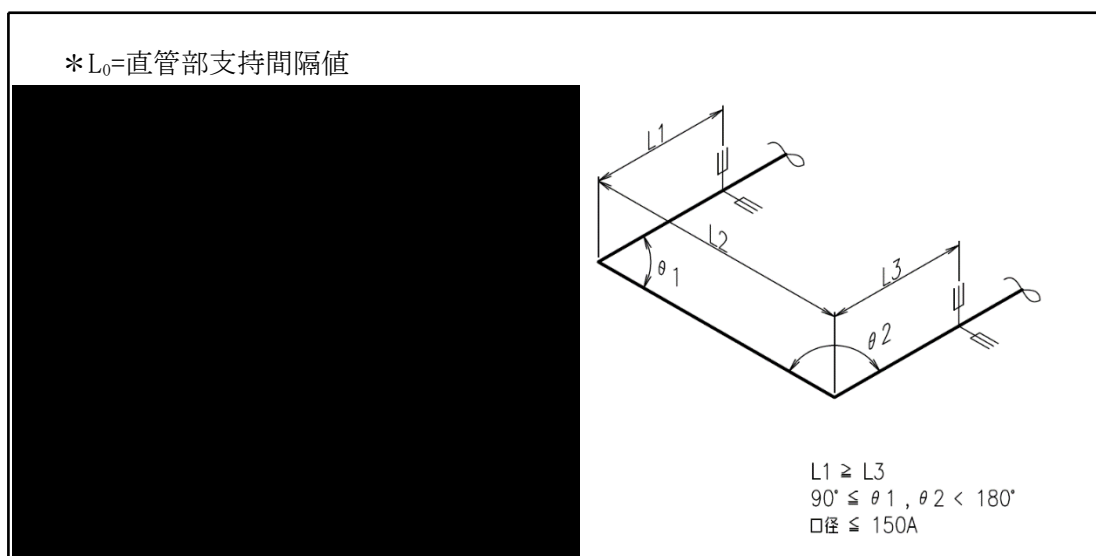
また、建屋応答軸と角度を有した配管(門形部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

門型部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、門型部の寸法比を各パラメータとする。

パラメータとしては、支持間隔グラフの支持間隔比(L_2/L_0)の最上端、最下端および中間の選定として、支持間隔比(L_1/L_0)を0.1, 0.2, 0.25とした網羅的な確認を行う。

以上から、門形部の水平2方向入力の影響検討第4.5.2.2-19表に示す3ケースに対し、定ピッチスパン法は水平配管及び鉛直配管を設計することを踏まえ、水平配管及び鉛直配管について確認を行う。鉛直配管については第4.5.2.2-14図(2/3), (3/3)に示している2通りに対し確認を行う。



第4.5.2.2-15図 門形部支持間隔グラフ

第4.5.2.2-19表 配管(門形部)モデルの評価ケース

CASE	L_1/L_0	L_2/L_0	L_3/L_0	L_1	L_2	L_3	θ_1, θ_2
1							
2							
3							

② 評価結果

門形部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重(M_{xz} , M_{yz})と水平2方向+鉛直方向入力による合成力(M_{xyz})の結果を第4.5.2.2-20表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重(M_a)、地震荷重(M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz})それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、鉛直配管(1)のケース3となり、1.4倍程度の増分となる。本荷重が1.4倍となった理由としては、大部分が鉛直配管となる形状であることから、直管部と同様に、水平2方向の同時加振の影響を受けて荷重が増加するためである。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重についても、ケースごとの比較では水平1方向荷重を超過する場合はあるが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-20表 配管(門形部)の地震による発生荷重

モデル	CASE	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *1		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{xyz}		② M_a+M_{xyz}
水平 配管	1	0.447	M_{xz}	0.553	1.000 <u>直管部荷重</u> *2	0.447	0.553	1.000	1.00
			M_{yz}	0.411					
	2	0.427	M_{xz}	0.540	0.967	0.427	0.540	0.967	1.00
			M_{yz}	0.393					
	3	0.430	M_{xz}	0.544	0.974	0.430	0.544	0.974	1.00
			M_{yz}	0.395					
鉛直 配管 (1)	1	0.003	M_{xz}	0.372	0.414	0.003	0.553	0.556	1.34
			M_{yz}	0.411					
	2	0.001	M_{xz}	0.371	0.394	0.001	0.540	0.541	1.37
			M_{yz}	0.393					
	3	0.000	M_{xz}	0.374	0.395	0.000	0.544	0.544	1.38 (最大)
			M_{yz}	0.395					
鉛直 配管 (2)	1	0.401	M_{xz}	0.553	0.954	0.401	0.553	0.954	1.00
			M_{yz}	0.372					
	2	0.403	M_{xz}	0.540	0.943	0.403	0.540	0.943	1.00
			M_{yz}	0.371					
	3	0.407	M_{xz}	0.544	0.951	0.407	0.544	0.951	1.00
			M_{yz}	0.374					

*1: $W_x=W_y=W_z$ の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

本表に示す最大荷重のモーメント値を第4.5.2.2-21表に示す。

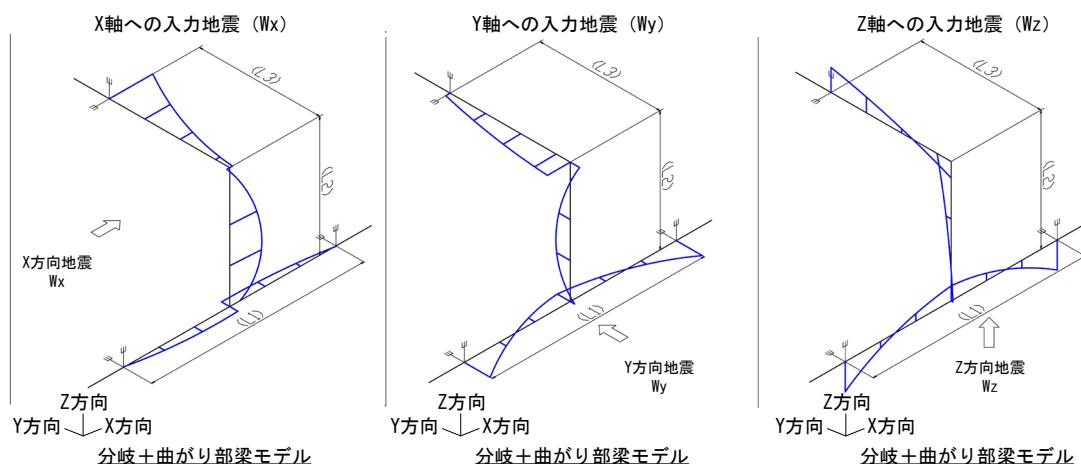
第4.5.2.2-21表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

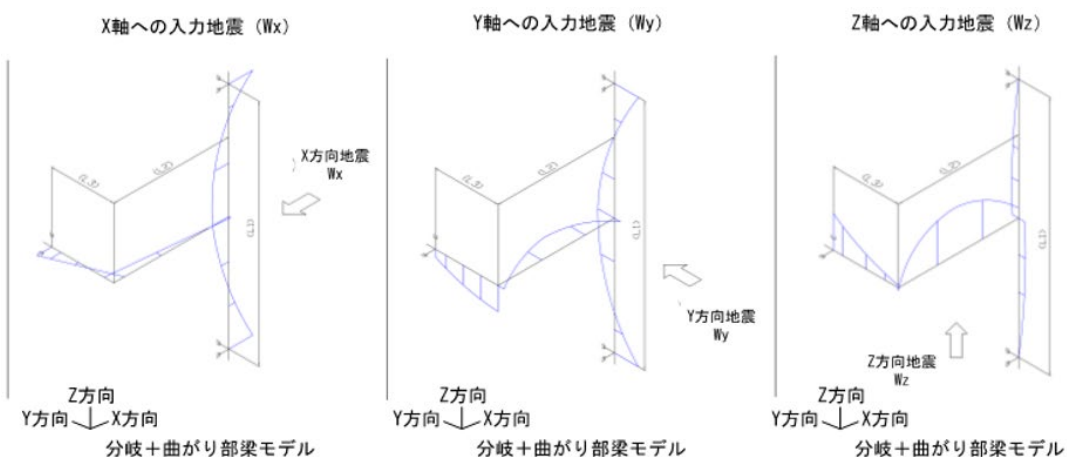
モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					M _a +√(M _x ² +M _z ²)	M _a +√(M _y ² +M _z ²)	M _a +√(M _x ² +M _y ² +M _z ²)
水平配管	1	5.019 ×10 ⁴	M _x	4.619 ×10 ⁴	11.227×10 ⁴	9.167×10 ⁴	11.227×10 ⁴
			M _y	3.170 ×10 ²			
			M _z	4.148 ×10 ⁴			
鉛直配管 (1)	1	0.036 ×10 ⁴	M _x	4.619 ×10 ⁴	4.655×10 ⁴	4.184×10 ⁴	6.244×10 ⁴
			M _y	4.148 ×10 ⁴			
			M _z	3.170 ×10 ²			
鉛直配管 (2)	1	4.508 ×10 ⁴	M _x	4.148 ×10 ⁴	10.715×10 ⁴	9.126×10 ⁴	10.715×10 ⁴
			M _y	3.170 ×10 ²			
			M _z	4.619 ×10 ⁴			

(3)-7 配管(分岐+曲がり部)

配管(分岐+曲がり部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向の大きさを1Gで設定し、第4.5.2.2-16図中の L_2/L_0 の長さを0.1~0.4(0.1刻み)とした各ケースについて、水平1方向入力の場合の曲げ荷重に対する水平2方向入力の曲げ荷重を比較した結果、曲げ荷重の最大値(各ケース包絡)は水平1方向及び水平2方向で同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第4.5.2.2-16図(1/2) 配管(分岐+曲がり部)モデル<水平配管>



第4.5.2.2-16図(2/2) 配管(分岐+曲がり部)モデル<鉛直配管>

また、建屋応答軸と角度を有した配管(分岐+曲がり部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

分岐+曲がり部の形状の設定については、グラフ線上のパラメータを選定することで発生荷重が直管の荷重に近似するケースを評価ケースとして選定し、分岐+曲がり部の角度(θ)と寸法比を各パラメータとする。

そのうち、分岐及び曲がり部の角度については網羅性の観点から角度(θ_3)を 0° 、 45° 、 90° と設定し、それぞれに対して、角度(θ_1)を 90° 、 135° として確認を行い、寸法比については支持間隔グラフの支持間隔比(L_3/L_0)の最上端、最下端および中間の選定として、支持間隔比(L_1/L_0)を0.1、0.5、0.7とした網羅的な確認を行う。

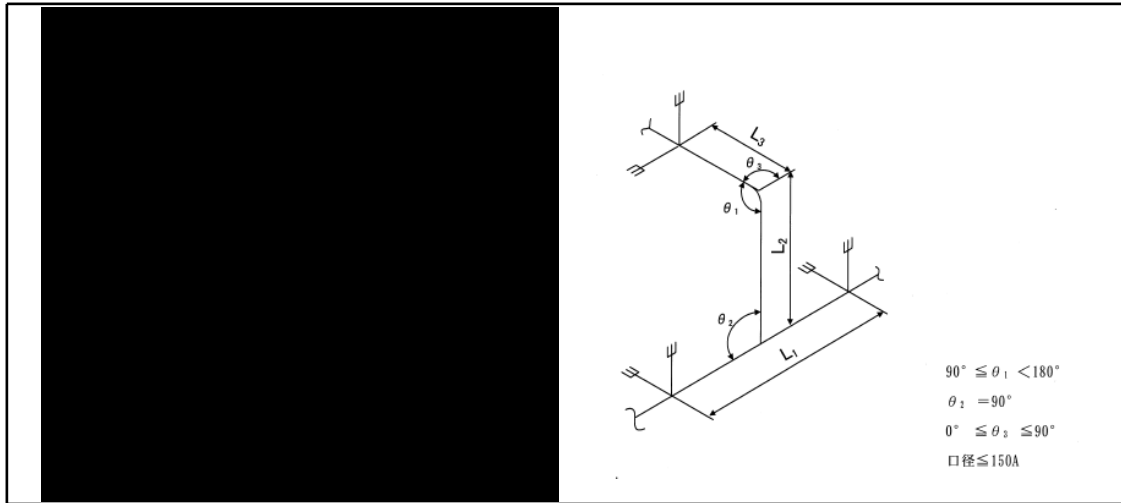
以上から、分岐+曲がり部の水平2方向入力の影響検討は第4.5.2.2-22~23表を組合せた72ケースに対し、定ピッチスパン法は水平配管及び鉛直配管を設計することを踏まえ、水平配管及び鉛直配管について確認を行う。鉛直配管については第4.5.2.2-16図(2/2)に対し確認を行う。

第4.5.2.2-22表 配管(分岐+曲がり部)モデルの評価ケース(長さのパラメータ)

CASE	L_1/L_0	L_2/L_0	L_3/L_0	L_1 (m)	L_2 (m)	L_3 (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

第4.5.2.2-23表 配管(分岐+曲がり部)モデルの評価ケース(角度のパラメータ)

CASE	θ_1	θ_3
A		
B		
C		
D		
E		
F		



第4.5.2.2-17図 分岐+曲がり部支持間隔グラフ

② 評価結果

分岐+曲がり部の評価結果について、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重 (M_{xz} , M_y , z) と水平2方向+鉛直方向入力による合成力 (M_{xyz}) の結果を第4.5.2.2-24表に整理した。発生荷重の示し方としては、水平1方向入力+鉛直方向入力の最大荷重が発生しているケースの合計荷重値を1.000とした上で自重 (M_a)、地震荷重 (M_{xz} , M_{yz} , M_{xyz}) それぞれの荷重について規格化した値として示す。

水平1方向と水平2方向荷重のケースごとの最大の増分としては、鉛直配管(A)のケース6-Aとなり、1.4倍程度の増分となる。本荷重が1.4倍となった理由としては、大部分が鉛直配管となる形状であることから、直管部と同様に、水平2方向の同時加振の影響を受けて荷重が増加するためである。本荷重については、直管部相当の荷重と比較すると小さい値であり、直管部の水平2方向影響検討結果に対して影響を与えるものではない。また、その他のケースにおける水平2方向の荷重についても、ケースごとの比較では水平1方向荷重を超過する場合はあるが、直管部の荷重以下であるため、水平2方向の影響は軽微である。

第4.5.2.2-24表(1/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (A)	1-A	0.238	M _{xz}	0.238	0.614	0.238	0.376	0.614	1.00
			M _{yz}	0.376					
	2-A	0.077	M _{xz}	0.077	0.295	0.077	0.218	0.295	1.00
			M _{yz}	0.218					
	3-A	0.030	M _{xz}	0.034	0.258	0.030	0.228	0.258	1.00
			M _{yz}	0.228					
	4-A	0.017	M _{xz}	0.037	0.173	0.017	0.160	0.177	1.02
			M _{yz}	0.156					
	5-A	0.333	M _{xz}	0.333	0.784	0.333	0.451	0.784	1.00
			M _{yz}	0.451					
	6-A	0.271	M _{xz}	0.271	0.654	0.271	0.383	0.654	1.00
			M _{yz}	0.383					
7-A	0.230	M _{xz}	0.230	0.595	0.230	0.365	0.595	1.00	
		M _{yz}	0.365						
8-A	0.287	M _{xz}	0.289	0.631	0.287	0.346	0.633	1.00	
		M _{yz}	0.344						
9-A	0.408	M _{xz}	0.408	1.000 直管部荷重*3	0.408	0.592	1.000	1.00	
		M _{yz}	0.592						
10-A	0.370	M _{xz}	0.370	0.870	0.370	0.500	0.870	1.00	
		M _{yz}	0.500						
11-A	0.427	M _{xz}	0.427	0.972	0.427	0.545	0.972	1.00	
		M _{yz}	0.545						
12-A	0.388	M _{xz}	0.391	0.779	0.388	0.456	0.844	1.08	
		M _{yz}	0.238						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

*3: 今回の検討条件はグラフ線上に設定し、直管部荷重が同等の値となるものを設定しているため、水平1方向荷重で最大となるものが直管部に最も近い値となる。

第4.5.2.2-24表(2/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			最大値の比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (B)	1-B	0.239	M _{xz}	0.314	0.553	0.239	0.374	0.613	1.11
			M _{yz}	0.314					
	2-B	0.077	M _{xz}	0.155	0.234	0.077	0.207	0.284	1.21
			M _{yz}	0.157					
	3-B	0.030	M _{xz}	0.156	0.190	0.030	0.221	0.251	1.32
			M _{yz}	0.160					
	4-B	0.017	M _{xz}	0.110	0.131	0.017	0.157	0.174	1.33
			M _{yz}	0.114					
	5-B	0.291	M _{xz}	0.362	0.656	0.291	0.423	0.714	1.09
			M _{yz}	0.365					
	6-B	0.274	M _{xz}	0.279	0.617	0.274	0.347	0.621	1.01
			M _{yz}	0.343					
7-B	0.229	M _{xz}	0.284	0.526	0.229	0.341	0.570	1.08	
		M _{yz}	0.297						
8-B	0.290	M _{xz}	0.311	0.611	0.290	0.340	0.630	1.03	
		M _{yz}	0.321						
9-B	0.422	M _{xz}	0.424	0.894	0.422	0.474	0.896	1.00	
		M _{yz}	0.472						
10-B	0.367	M _{xz}	0.392	0.780	0.367	0.435	0.802	1.03	
		M _{yz}	0.413						
11-B	0.430	M _{xz}	0.463	0.914	0.430	0.513	0.943	1.03	
		M _{yz}	0.484						
12-B	0.395	M _{xz}	0.412	0.831	0.395	0.452	0.847	1.02	
		M _{yz}	0.436						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(3/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (C)	1-C	0.240	M _{xz}	0.372	0.612	0.240	0.372	0.612	1.00
			M _{yz}	0.240					
	2-C	0.078	M _{xz}	0.197	0.275	0.078	0.197	0.275	1.00
			M _{yz}	0.078					
	3-C	0.030	M _{xz}	0.214	0.244	0.030	0.214	0.244	1.00
			M _{yz}	0.035					
	4-C	0.017	M _{xz}	0.150	0.167	0.017	0.154	0.171	1.02
			M _{yz}	0.040					
	5-C	0.298	M _{xz}	0.419	0.717	0.298	0.420	0.718	1.00
			M _{yz}	0.299					
	6-C	0.276	M _{xz}	0.281	0.597	0.276	0.325	0.601	1.01
			M _{yz}	0.321					
7-C	0.228	M _{xz}	0.321	0.549	0.228	0.321	0.549	1.00	
		M _{yz}	0.228						
8-C	0.292	M _{xz}	0.330	0.622	0.292	0.334	0.626	1.01	
		M _{yz}	0.296						
9-C	0.423	M _{xz}	0.424	0.874	0.423	0.453	0.876	1.00	
		M _{yz}	0.451						
10-C	0.364	M _{xz}	0.402	0.766	0.364	0.403	0.767	1.00	
		M _{yz}	0.364						
11-C	0.431	M _{xz}	0.489	0.920	0.431	0.489	0.920	1.00	
		M _{yz}	0.431						
12-C	0.400	M _{xz}	0.431	0.831	0.400	0.448	0.848	1.02	
		M _{yz}	0.419						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(4/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (D)	1-D	0.172	M _{xz}	0.243	0.533	0.172	0.400	0.572	1.07
			M _{yz}	0.361					
	2-D	0.056	M _{xz}	0.076	0.261	0.056	0.211	0.267	1.02
			M _{yz}	0.205					
	3-D	0.023	M _{xz}	0.024	0.210	0.023	0.187	0.210	1.00
			M _{yz}	0.187					
	4-D	0.018	M _{xz}	0.024	0.182	0.018	0.165	0.183	1.01
			M _{yz}	0.164					
	5-D	0.246	M _{xz}	0.330	0.708	0.246	0.512	0.758	1.07
			M _{yz}	0.462					
	6-D	0.204	M _{xz}	0.219	0.517	0.204	0.323	0.527	1.02
			M _{yz}	0.313					
7-D	0.202	M _{xz}	0.219	0.520	0.202	0.329	0.531	1.02	
		M _{yz}	0.318						
8-D	0.214	M _{xz}	0.241	0.518	0.214	0.324	0.538	1.04	
		M _{yz}	0.304						
9-D	0.186	M _{xz}	0.195	0.625	0.186	0.442	0.628	1.00	
		M _{yz}	0.439						
10-D	0.236	M _{xz}	0.254	0.614	0.236	0.390	0.626	1.02	
		M _{yz}	0.378						
11-D	0.298	M _{xz}	0.318	0.732	0.298	0.448	0.746	1.02	
		M _{yz}	0.434						
12-D	0.267	M _{xz}	0.296	0.656	0.267	0.410	0.677	1.03	
		M _{yz}	0.389						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(5/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (E)	1-E	0.172	M _{xz}	0.305	0.477	0.172	0.393	0.565	1.18
			M _{yz}	0.303					
	2-E	0.056	M _{xz}	0.149	0.205	0.056	0.203	0.259	1.26
			M _{yz}	0.149					
	3-E	0.023	M _{xz}	0.127	0.153	0.023	0.181	0.204	1.33
			M _{yz}	0.130					
	4-E	0.018	M _{xz}	0.111	0.134	0.018	0.160	0.178	1.33
			M _{yz}	0.116					
	5-E	0.255	M _{xz}	0.378	0.649	0.255	0.482	0.737	1.14
			M _{yz}	0.394					
	6-E	0.211	M _{xz}	0.222	0.512	0.211	0.309	0.520	1.02
			M _{yz}	0.301					
7-E	0.206	M _{xz}	0.254	0.481	0.206	0.312	0.518	1.08	
		M _{yz}	0.275						
8-E	0.218	M _{xz}	0.259	0.505	0.218	0.320	0.538	1.07	
		M _{yz}	0.287						
9-E	0.259	M _{xz}	0.263	0.690	0.259	0.434	0.693	1.00	
		M _{yz}	0.431						
10-E	0.262	M _{xz}	0.291	0.610	0.262	0.371	0.633	1.04	
		M _{yz}	0.348						
11-E	0.314	M _{xz}	0.352	0.719	0.314	0.435	0.749	1.04	
		M _{yz}	0.405						
12-E	0.275	M _{xz}	0.312	0.655	0.275	0.408	0.683	1.04	
		M _{yz}	0.380						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(6/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
水平 配管 (F)	1-F	0.173	M _{xz}	0.349	0.522	0.173	0.389	0.562	1.08
			M _{yz}	0.244					
	2-F	0.056	M _{xz}	0.189	0.245	0.056	0.196	0.252	1.03
			M _{yz}	0.076					
	3-F	0.023	M _{xz}	0.175	0.198	0.023	0.175	0.198	1.00
			M _{yz}	0.024					
	4-F	0.018	M _{xz}	0.155	0.173	0.018	0.156	0.174	1.01
			M _{yz}	0.025					
	5-F	0.260	M _{xz}	0.411	0.671	0.260	0.468	0.728	1.08
			M _{yz}	0.343					
	6-F	0.208	M _{xz}	0.212	0.506	0.208	0.301	0.509	1.01
			M _{yz}	0.298					
7-F	0.210	M _{xz}	0.280	0.490	0.210	0.297	0.507	1.03	
		M _{yz}	0.232						
8-F	0.222	M _{xz}	0.275	0.497	0.222	0.315	0.537	1.08	
		M _{yz}	0.270						
9-F	0.284	M _{xz}	0.287	0.715	0.284	0.432	0.716	1.00	
		M _{yz}	0.431						
10-F	0.279	M _{xz}	0.315	0.603	0.279	0.356	0.635	1.05	
		M _{yz}	0.324						
11-F	0.328	M _{xz}	0.379	0.707	0.328	0.422	0.750	1.06	
		M _{yz}	0.377						
12-F	0.283	M _{xz}	0.328	0.653	0.283	0.406	0.689	1.06	
		M _{yz}	0.370						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(7/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (A)	1-A	0.000	M _{xz}	0.238	0.291	0.000	0.376	0.376	1.29
			M _{yz}	0.291					
	2-A	0.025	M _{xz}	0.032	0.244	0.025	0.220	0.245	1.00
			M _{yz}	0.219					
	3-A	0.016	M _{xz}	0.034	0.242	0.016	0.228	0.244	1.01
			M _{yz}	0.226					
	4-A	0.087	M _{xz}	0.087	0.216	0.087	0.129	0.216	1.00
			M _{yz}	0.129					
	5-A	0.001	M _{xz}	0.314	0.339	0.001	0.461	0.462	1.36
			M _{yz}	0.338					
	6-A	0.002	M _{xz}	0.271	0.273	0.002	0.383	0.385	1.41 (最大)
			M _{yz}	0.270					
7-A	0.006	M _{xz}	0.230	0.289	0.006	0.365	0.371	1.28	
		M _{yz}	0.283						
8-A	0.029	M _{xz}	0.289	0.318	0.029	0.346	0.375	1.18	
		M _{yz}	0.192						
9-A	0.001	M _{xz}	0.408	0.430	0.001	0.592	0.593	1.38	
		M _{yz}	0.429						
10-A	0.001	M _{xz}	0.370	0.371	0.001	0.500	0.501	1.35	
		M _{yz}	0.337						
11-A	0.003	M _{xz}	0.427	0.430	0.003	0.545	0.548	1.27	
		M _{yz}	0.338						
12-A	0.043	M _{xz}	0.391	0.434	0.043	0.456	0.499	1.15	
		M _{yz}	0.239						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表, 英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(8/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (B)	1-B	0.203	M _{xz}	0.314	0.517	0.203	0.374	0.577	1.12
			M _{yz}	0.287					
	2-B	0.168	M _{xz}	0.169	0.402	0.168	0.234	0.402	1.00
			M _{yz}	0.234					
	3-B	0.153	M _{xz}	0.156	0.372	0.153	0.221	0.374	1.01
			M _{yz}	0.219					
	4-B	0.108	M _{xz}	0.110	0.264	0.108	0.157	0.265	1.01
			M _{yz}	0.156					
	5-B	0.215	M _{xz}	0.362	0.577	0.215	0.423	0.638	1.11
			M _{yz}	0.307					
	6-B	0.163	M _{xz}	0.240	0.405	0.163	0.300	0.463	1.14
			M _{yz}	0.242					
7-B	0.167	M _{xz}	0.284	0.451	0.167	0.341	0.508	1.13	
		M _{yz}	0.253						
8-B	0.113	M _{xz}	0.311	0.424	0.113	0.340	0.453	1.07	
		M _{yz}	0.178						
9-B	0.038	M _{xz}	0.424	0.462	0.038	0.474	0.512	1.11	
		M _{yz}	0.214						
10-B	0.138	M _{xz}	0.392	0.530	0.138	0.435	0.573	1.08	
		M _{yz}	0.234						
11-B	0.172	M _{xz}	0.463	0.635	0.172	0.513	0.685	1.08	
		M _{yz}	0.281						
12-B	0.117	M _{xz}	0.412	0.529	0.117	0.452	0.569	1.08	
		M _{yz}	0.220						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(9/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (C)	1-C	0.285	M _{xz}	0.372	0.657	0.285	0.372	0.657	1.00
			M _{yz}	0.285					
	2-C	0.240	M _{xz}	0.240	0.481	0.240	0.241	0.481	1.00
			M _{yz}	0.241					
	3-C	0.211	M _{xz}	0.214	0.425	0.211	0.214	0.425	1.00
			M _{yz}	0.212					
	4-C	0.149	M _{xz}	0.150	0.302	0.149	0.154	0.303	1.00
			M _{yz}	0.153					
	5-C	0.295	M _{xz}	0.419	0.714	0.295	0.420	0.715	1.00
			M _{yz}	0.296					
	6-C	0.203	M _{xz}	0.268	0.471	0.203	0.269	0.472	1.00
			M _{yz}	0.204					
7-C	0.226	M _{xz}	0.321	0.547	0.226	0.321	0.547	1.00	
		M _{yz}	0.226						
8-C	0.155	M _{xz}	0.330	0.485	0.155	0.334	0.489	1.01	
		M _{yz}	0.164						
9-C	0.163	M _{xz}	0.335	0.498	0.163	0.339	0.502	1.01	
		M _{yz}	0.171						
10-C	0.171	M _{xz}	0.402	0.573	0.171	0.403	0.574	1.00	
		M _{yz}	0.172						
11-C	0.232	M _{xz}	0.489	0.721	0.232	0.489	0.721	1.00	
		M _{yz}	0.232						
12-C	0.158	M _{xz}	0.431	0.589	0.158	0.448	0.606	1.03	
		M _{yz}	0.200						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし, 曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため, 内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表, 英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(10/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (D)	1-D	0.172	M _{xz}	0.243	0.533	0.172	0.400	0.572	1.07
			M _{yz}	0.361					
	2-D	0.052	M _{xz}	0.076	0.255	0.052	0.211	0.263	1.03
			M _{yz}	0.203					
	3-D	0.007	M _{xz}	0.024	0.192	0.007	0.187	0.194	1.01
			M _{yz}	0.185					
	4-D	0.090	M _{xz}	0.090	0.228	0.090	0.138	0.228	1.00
			M _{yz}	0.138					
	5-D	0.220	M _{xz}	0.330	0.669	0.220	0.512	0.732	1.09
			M _{yz}	0.449					
	6-D	0.104	M _{xz}	0.202	0.395	0.104	0.338	0.442	1.12
			M _{yz}	0.291					
7-D	0.085	M _{xz}	0.219	0.345	0.085	0.329	0.414	1.20	
		M _{yz}	0.260						
8-D	0.111	M _{xz}	0.241	0.354	0.111	0.324	0.435	1.23	
		M _{yz}	0.243						
9-D	0.137	M _{xz}	0.240	0.487	0.137	0.401	0.538	1.10	
		M _{yz}	0.350						
10-D	0.095	M _{xz}	0.254	0.406	0.095	0.390	0.485	1.19	
		M _{yz}	0.311						
11-D	0.112	M _{xz}	0.318	0.447	0.112	0.448	0.560	1.25	
		M _{yz}	0.335						
12-D	0.127	M _{xz}	0.296	0.437	0.127	0.410	0.537	1.23	
		M _{yz}	0.310						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表、英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(11/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (E)	1-E	0.251	M _{xz}	0.305	0.605	0.251	0.394	0.645	1.07
			M _{yz}	0.354					
	2-E	0.138	M _{xz}	0.149	0.333	0.138	0.203	0.341	1.02
			M _{yz}	0.195					
	3-E	0.125	M _{xz}	0.127	0.304	0.125	0.181	0.306	1.01
			M _{yz}	0.179					
	4-E	0.110	M _{xz}	0.111	0.269	0.110	0.160	0.270	1.00
			M _{yz}	0.159					
	5-E	0.278	M _{xz}	0.378	0.687	0.278	0.482	0.760	1.11
			M _{yz}	0.409					
	6-E	0.165	M _{xz}	0.241	0.415	0.165	0.306	0.471	1.13
			M _{yz}	0.250					
7-E	0.147	M _{xz}	0.253	0.400	0.147	0.312	0.459	1.15	
		M _{yz}	0.234						
8-E	0.140	M _{xz}	0.259	0.399	0.140	0.320	0.460	1.15	
		M _{yz}	0.233						
9-E	0.162	M _{xz}	0.287	0.452	0.162	0.374	0.536	1.19	
		M _{yz}	0.290						
10-E	0.127	M _{xz}	0.291	0.418	0.127	0.371	0.498	1.19	
		M _{yz}	0.262						
11-E	0.158	M _{xz}	0.352	0.510	0.158	0.435	0.593	1.16	
		M _{yz}	0.300						
12-E	0.148	M _{xz}	0.312	0.460	0.148	0.408	0.556	1.21	
		M _{yz}	0.301						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表, 英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

第4.5.2.2-24表(12/12) 配管(分岐+曲がり部)の地震による発生荷重

モデル	CASE*2	水平1方向入力			水平2方向入力			比率 ②/①	
		自重 M _a	M _{xz} , M _{yz} *1		① Max (M _a +M _{xz} , M _a +M _{yz})	自重 M _a	M _{XYZ}		② M _a +M _{XYZ}
鉛直 配管 (F)	1-F	0.303	M _{xz}	0.349	0.652	0.303	0.389	0.692	1.06
			M _{yz}	0.349					
	2-F	0.196	M _{xz}	0.196	0.392	0.196	0.196	0.392	1.00
			M _{yz}	0.196					
	3-F	0.173	M _{xz}	0.175	0.348	0.173	0.175	0.348	1.00
			M _{yz}	0.173					
	4-F	0.154	M _{xz}	0.155	0.309	0.154	0.156	0.310	1.00
			M _{yz}	0.155					
	5-F	0.318	M _{xz}	0.411	0.729	0.318	0.468	0.786	1.08
			M _{yz}	0.388					
	6-F	0.196	M _{xz}	0.265	0.461	0.196	0.283	0.479	1.04
			M _{yz}	0.221					
7-F	0.185	M _{xz}	0.280	0.465	0.185	0.297	0.482	1.04	
		M _{yz}	0.210						
8-F	0.163	M _{xz}	0.275	0.438	0.163	0.315	0.478	1.09	
		M _{yz}	0.224						
9-F	0.181	M _{xz}	0.311	0.492	0.181	0.359	0.540	1.10	
		M _{yz}	0.255						
10-F	0.147	M _{xz}	0.315	0.462	0.147	0.356	0.503	1.09	
		M _{yz}	0.222						
11-F	0.190	M _{xz}	0.379	0.569	0.190	0.422	0.612	1.08	
		M _{yz}	0.266						
12-F	0.166	M _{xz}	0.328	0.494	0.166	0.406	0.572	1.16	
		M _{yz}	0.291						

*1: W_x=W_y=W_z の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出。内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

*2: CASE の数字は第 4.5.2.2-22 表, 英字は第 4.5.2.2-23 表のパラメータに対応。

本表に示す最大荷重のモーメント値を第 4.5.2.2-25 表に示す。

第4.5.2.2-25表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					$M_a + \sqrt{M_x^2 + M_z^2}$	$M_a + \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$	$M_a + \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$
水平配管 (A)	9-A	2.430×10^6	M _x	3.300×10^1	4.860×10^4	5.957×10^4	5.957×10^4
			M _y	2.556×10^4			
			M _z	2.430×10^4			
鉛直配管 (A)	9-A	3.300×10^1	M _x	2.430×10^4	2.433×10^4	2.559×10^4	3.530×10^4
			M _y	2.556×10^4			
			M _z	3.300×10^1			

(3)-8 まとめ

定ピッチスパン法で設計を行う直管部以外の7形状に対する水平2方向の影響検討として、水平1方向入力と水平2方向入力の荷重の比較を行った結果、ケースごとの確認では最大で1.4倍程度の増加となった。本理由としては、いずれの形状においても鉛直配管の場合は、水平2方向の同時加振の影響を受けることから、荷重が増加することとなる。

一方、水平配管の場合は、配管軸方向には荷重が作用しないことから、水平2方向+鉛直方向の3方向入力した場合においても1方向は必ず配管軸方向となるため、荷重が作用する方向としては2方向となる。

なお、鉛直配管であっても荷重の増分が微小であった分岐部及び立体Z形部について、分岐部は最大荷重発生箇所が母管と枝管の取合い部となっており、鉛直に立ち上がる母管に枝管がつく分岐部の場合、水平方向の枝管が母管を抑える効果により荷重の増分が小さくなる。また、立体Z形部は、最大荷重が鉛直配管ではなく水平配管に発生しているため水平1方向と同程度の荷重となっている。

これら直管部以外の7形状のモーメント値としては、水平配管は水平2方向のうち片方のモーメント値が1~3桁程度小さい値となっており、鉛直配管は各方向のモーメント値が同じ桁であるため、これらが要因となり上述の傾向となることを確認した。

以上のことから、直管部以外の7形状に対して水平2方向の影響検討を行った結果、直管部以外の形状においても直管部と同様の傾向となり、そのうち鉛直配管を含む形状の場合は水平2方向による荷重は増加するが、最大荷重は直管部の荷重と同程度であることから、直管部における水平2方向の結果に影響を与えないことを確認した。

4.5.2.3 建屋間相対変位における水平2方向の影響検討

建屋間相対変位の影響を受ける配管は異なる建屋間を跨る配管が対象となっており、これら配管に対して水平2方向の影響検討を行う。

(1) 実配管の挙動イメージ

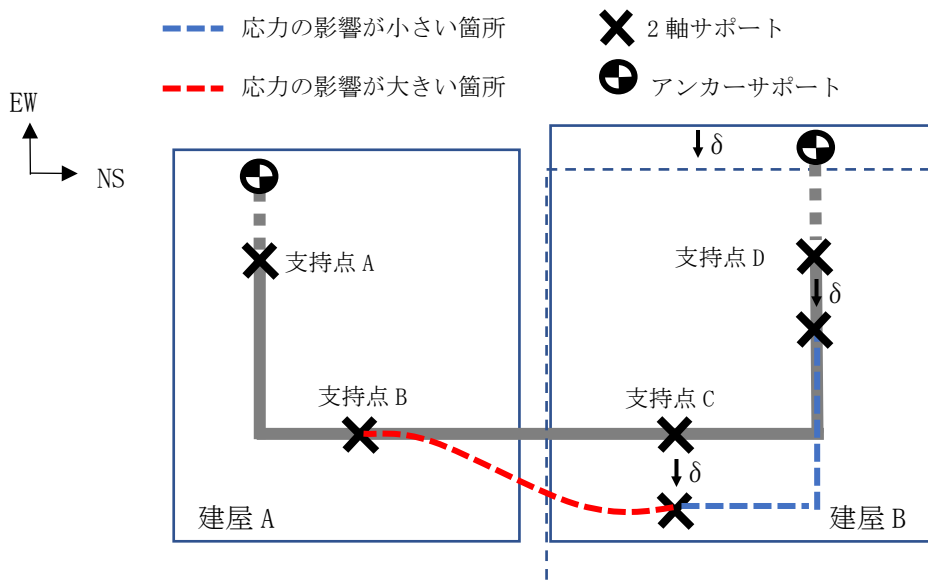
建屋間を跨る配管に生じる応力は、一次応力と建屋間相対変位により生じる二次応力を考慮する必要がある。

建屋間を跨る配管の設計としては、一次応力に対しては拘束することで応力の低減を図り、二次応力は変位を吸収させるよう拘束を避ける設計にする必要があるため、双方のバランスを取った設計を行っている。その場合、壁からの第2サポート点を6軸拘束としてしまうと過大な二次応力が発生するため、2軸サポート*を設置する設計としている。

*：軸方向は拘束せず、軸直角方向を拘束するサポートのことである。

相対変位による配管挙動の概念的なイメージ図として、EW方向に相対変位が生じた場合を第4.5.2.3-1図に示す。図は建屋Aを起点とした場合の建屋間相対変位を示しており、建屋内の配管は同様の挙動を示す。

なお、支持点Bは6軸拘束ではないため支持点AにNS方向の変形が生じるが、支持点B～C間距離に比べて相対変位量 δ は2桁程度小さく支持点Aに発生する変形は非常に軽微である。

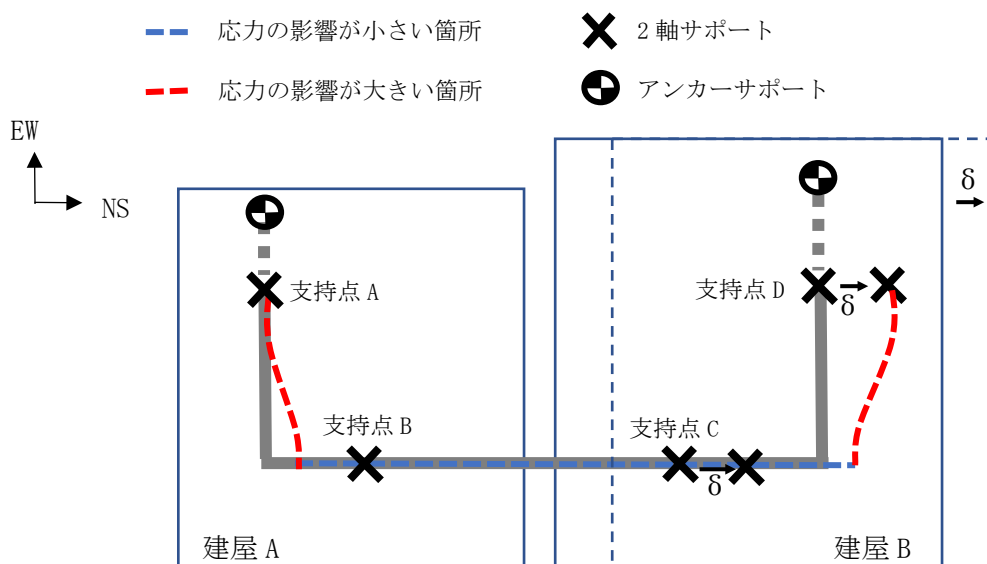


*：実配管に対する挙動としては、支持点B,CともにNS方向の変形が若干生じるが、支持点B-C間距離の数 m に比べて相対変位は10mm程度と小さく、その影響も軽微であり、本イメージ図では変形が分かるようEW方向の変形を強調して示している。

第4.5.2.3-1図 EW方向の相対変位に対する配管挙動イメージ

配管に生じる応力の影響が大きい箇所としては、変位量 δ による影響から支持点 B ~C 間に働く軸直角のモーメントが主要となる(赤線部)。それ以外の配管支持点 D 点については、軸方向への配管の挙動となるため応力の影響は小さい。

次に、NS 方向に変位が生じた場合のイメージ図を第 4.5.2.3-2 図に示す。



第 4.5.2.3-2 図 NS 方向相対変位に対する配管挙動イメージ

NS 方向への変形としては、前述の挙動と逆に配管の変形は支持点 A~B 間、及び支持点 C~D 間に働くモーメントが主要なモーメントとなり、配管にかかる応力の影響が大きい箇所となる(赤線部)。

以上の挙動イメージを踏まえ、次項では実機の配管挙動を模擬できる多質点系はりモデルを用い、相対変位に対する 2 軸拘束と 6 軸拘束の効果を示した上で相対変位を考慮した配管挙動について示す。

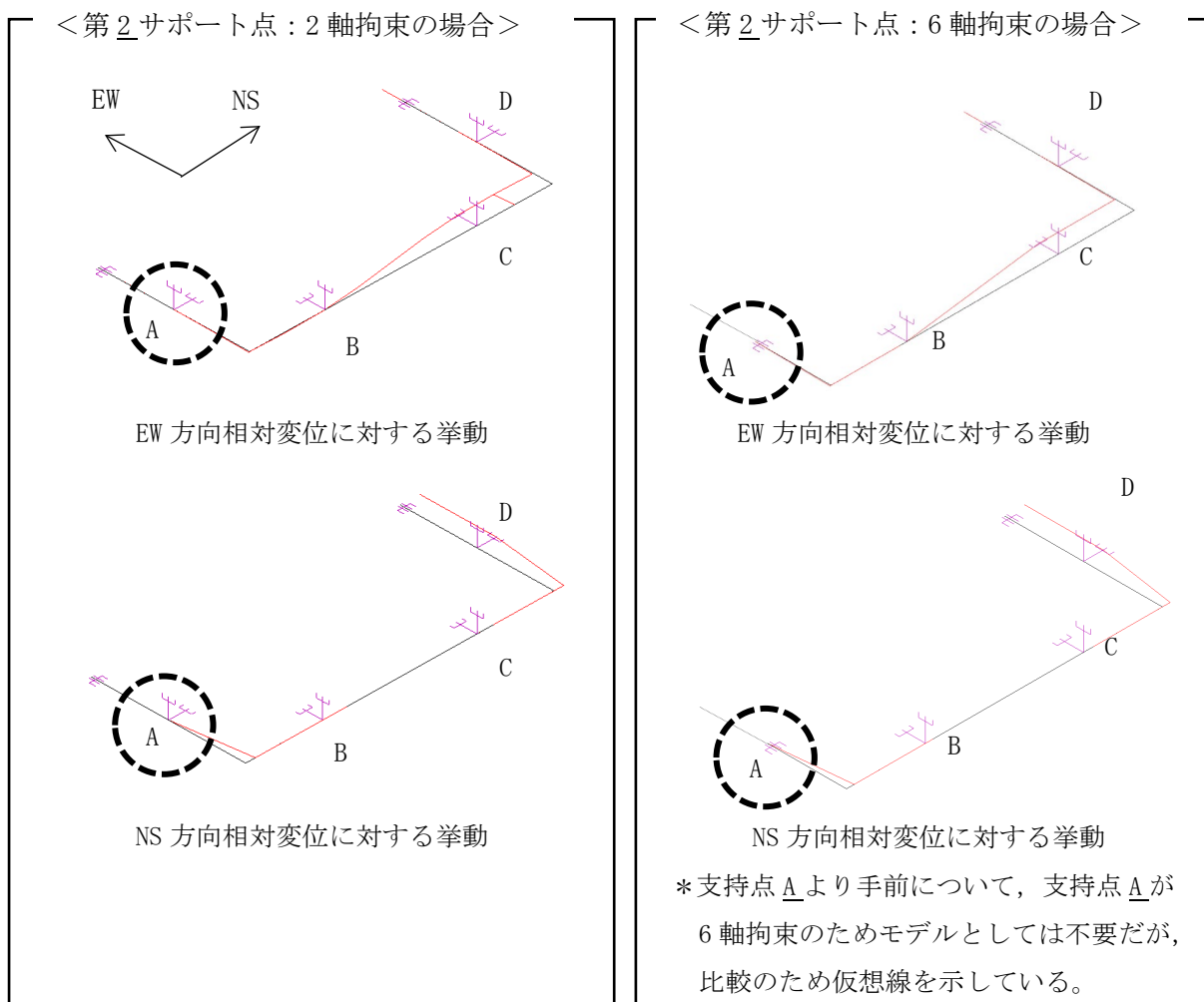
(2) 実配管の相対変位に対する挙動

<拘束の効果>

水平 2 方向の相対変位を考慮した配管挙動を示すに当たり，壁からの第 2 サポート点の片側を 2 軸サポート及び 6 軸サポートにした場合の拘束の違いによる挙動について第 4.5.2.3-3 図に示す。

拘束の違いによる配管挙動として，NS 方向は A 点が 2 軸拘束であっても 6 軸拘束であっても軸直方向である NS 方向変形を抑制する効果は同じであり，EW 方向は A 点が 2 軸拘束の場合は拘束されないが A 点ではなく B 点に変形を抑制するため，配管全体は同様の挙動となる。

よって EW 方向，NS 方向各々の変位に対して軸直角方向に挙動が生じ，2 軸サポートも 6 軸サポートも同様の挙動となる。



* 同条件で解析

第 4.5.2.3-3 図 2 軸サポートと 6 軸サポートによる配管挙動の比較

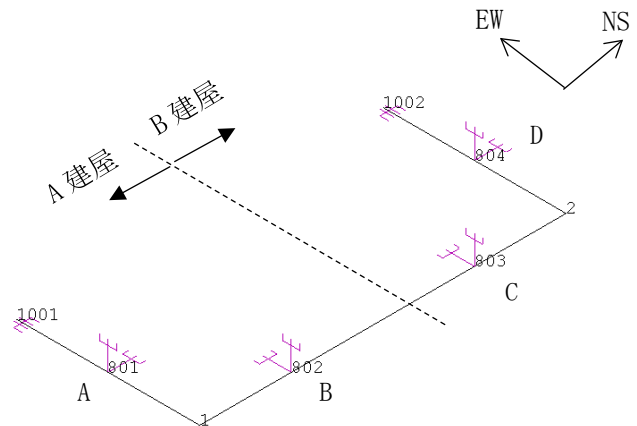
次頁以降では実配管に水平 2 方向入力した場合の影響を示す。

<評価モデル条件>

配管形状は、3次元的に広がりを持つ形状となっており、その配管構成としては配管本体とサポート部材で構成され、配管全般同様の設計となる。

その場合、建屋間を跨る配管については一般的に2軸拘束を用いるため、以下モデルを用いて確認を行う。

配管仕様：80A sch20
建屋渡り配管長（B-C間）：4000mm
材質：STPG370
入力変位
X(EW)方向：10mm
Y(NS)方向：10mm
変位入力節点番号：803, 804, 1002
※端部は解析上6軸拘束で解析

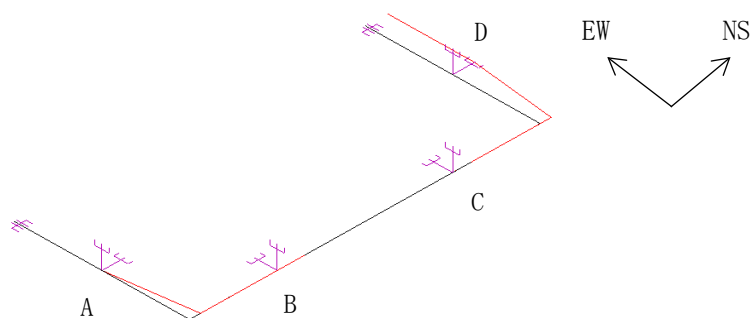


第 4.5.2.3-4 図 評価モデル

水平2方向の影響の確認に当たっては、NS方向、EW方向各々の1方向変位の入力影響を確認した上で、水平2方向変位の影響度合いを示す。

<水平1方向(NS)の変位を入力した場合の挙動>

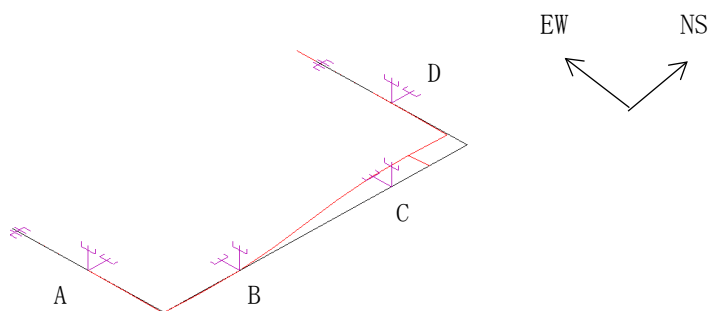
NS方向に変位を入力した場合の挙動としては、NS方向手前及び奥側のNS方向に対して影響を受け、EW方向については影響を受けない。



第4.5.2.3-5図 NS方向の相対変位を入力した場合の変形図

<水平1方向(EW)の変位を入力した場合の挙動>

EW方向に変位を入力した場合の挙動としては、上述とは逆に建屋間を跨る配管のEW方向に対して影響を受け、NS方向については影響を受けない。



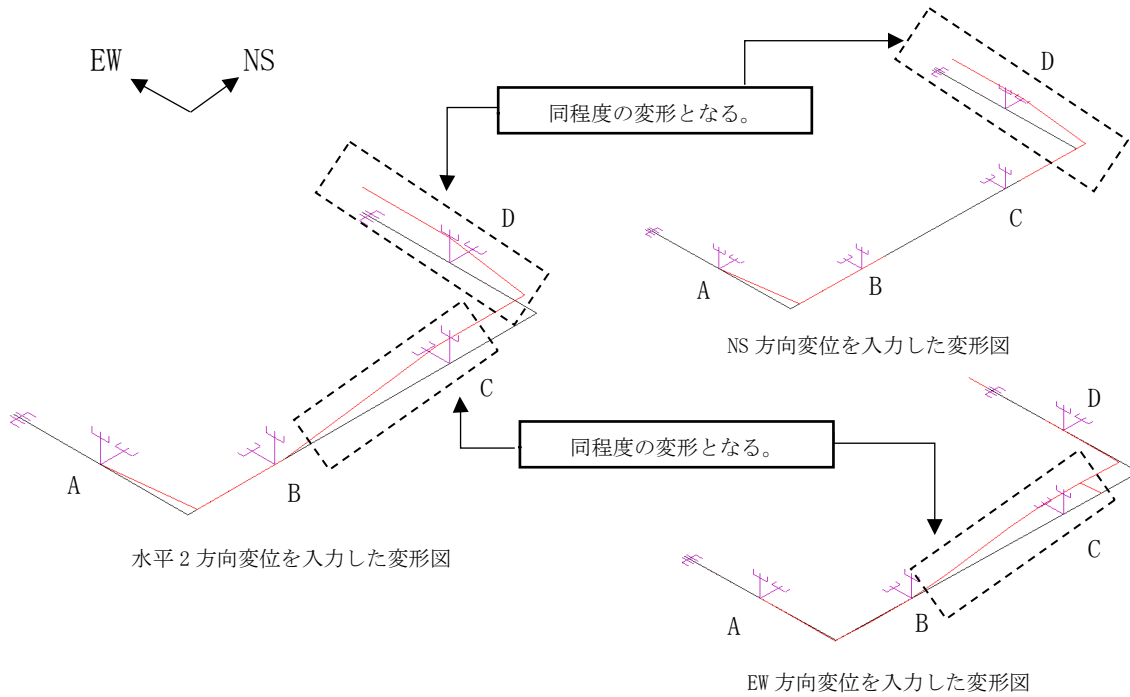
第4.5.2.3-6図 EW方向の相対変位を入力した場合の変形図

水平1方向に相対変位を入力した影響としては、NS方向に入力するとNS方向、EW方向に入力するとEW方向、それぞれに影響が生じる傾向となる。

＜水平2方向(NS, EW)の変位を入力した場合の挙動＞

水平2方向の変位を同時入力した配管挙動としては、第4.5.2.3-7図の左の変形図となる。

本変形について水平1方向の変形と比較すると、NS方向の変位に対してはNS方向に変形し、EW方向の変位に対してはEW方向に変形することとなり、水平2方向同時入力時においても水平1方向入力時と方向性が合致した変形となっている。

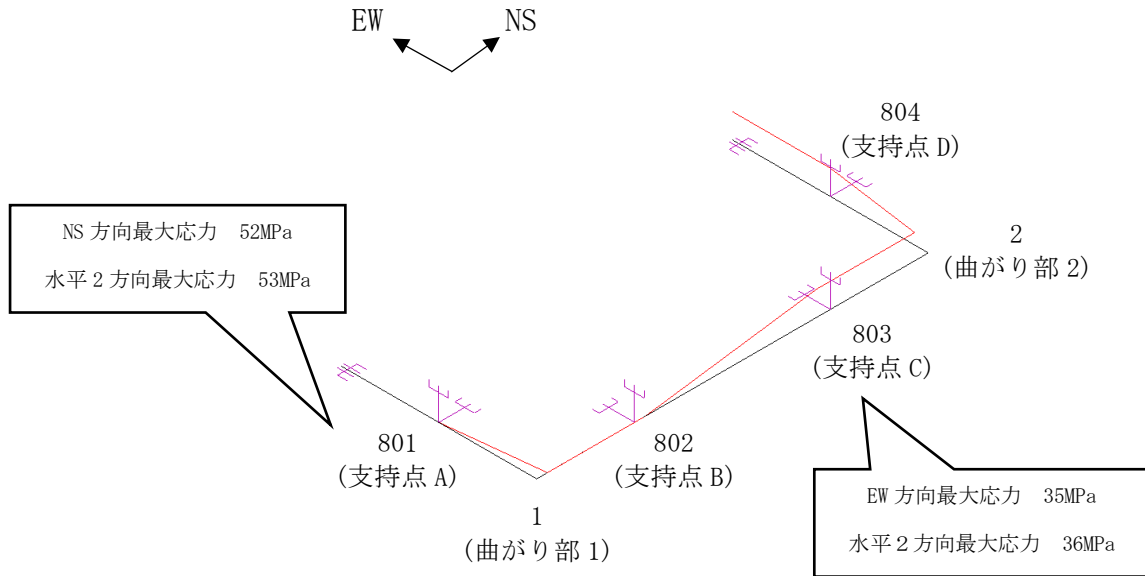


第4.5.2.3-7図 水平2方向入力および水平1方向入力の変形図における比較結果

これら変形に対する実際の応力を踏まえた水平2方向変位の影響について次頁に示す。

(3) 水平2方向における評価確認結果

NS方向とEW方向それぞれ1方向の相対変位による応力と水平2方向による応力について以下に示す。



節点番号	応力(MPa)		
	NS	EW	水平2方向 [※]
801 (支持点A)	52	4	53
1 (曲がり部1)	48	4	49
802 (支持点B)	6	35	36
803 (支持点C)	6	35	36
2 (曲がり部2)	48	4	49
804 (支持点D)	52	4	53

※ NS方向とEW方向の応力をSRSS法により合成して応力を算出する。

第4.5.2.3-8図 相対変位を入力した場合の応力

水平2方向に対する影響としては、NS方向の相対変位に対する応力は支持点A,Dと節点1,2に大きく発生しており、理由としてはNS方向の相対変位に対しては支持点A～節点1, 支持点D～節点2の配管変形が大きいため配管にモーメントが発生する。一方、EW方向は支持点B,C間についてモーメントが発生する。

以上の事から、水平2方向を入力した場合においても最大応力発生箇所は水平1方向それぞれを入力した発生箇所と同一の場所となり、そのときの応力増分についても1MPa程度と微小であるため、建屋間相対変位における水平2方向の影響は軽微である。

なお、再処理施設の配管設計については、相対変位が生じる配管は全て定ピッチスパン法により設計しているため、軸及び軸直角の3方向を方向ごとに拘束し、相対変位から生じる応力の緩和としてサポート間の距離を長くとりバランスをとった設計を行っている。よって、相対変位が生じる全ての配管においてはNS、EW方向それぞれ相対変位による応力が異なる箇所に発生するため、水平2方向の影響を受けない。

4.5.2.4 まとめ

定ピッチスパン法を適用した全ての配管系について、振動特性や構造特性上、水平2方向の地震力及び建屋間相対変位における水平2方向の影響が軽微であることを確認した。

4.5.3 円筒形容器

4.5.3.1 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

円筒形容器については、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項では、解析にて影響確認することを目的として、円筒形容器のFEMモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の組合せ一次応力を対象としたものである。

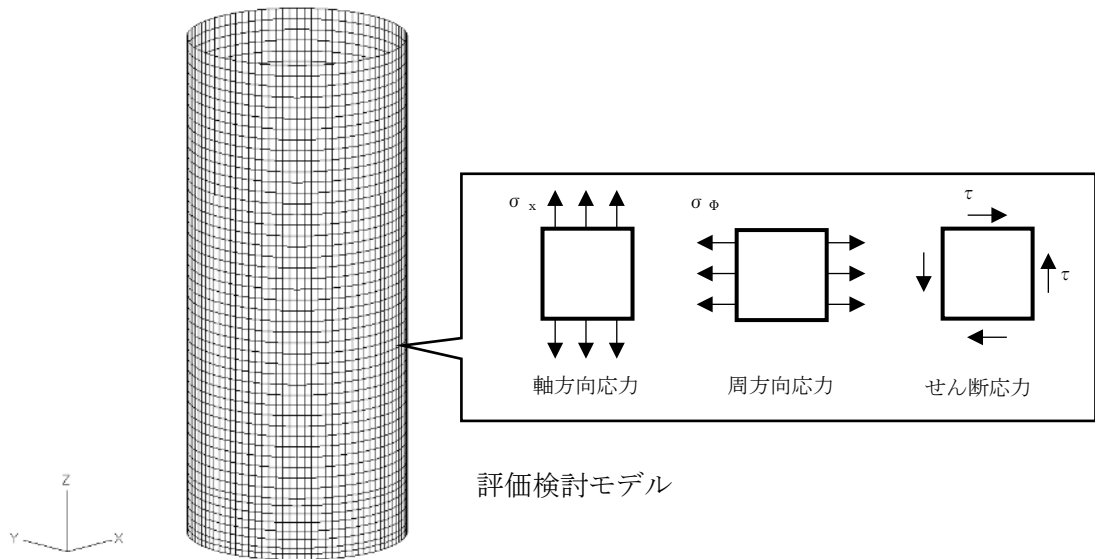
具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

- ① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認
- ② 最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認

4.5.3.2 影響評価検討

評価検討モデルを第4.5.3-1図に示す。また、検討方法を以下に示す。

- ・ 検討方法 : 水平方向震度1GをX方向(0°方向)へ入力し、周方向0°方向から90°方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。
- ・ 検討モデル : たて置円筒形容器をシェル要素にてモデル化
- ・ 拘束点 : 容器基部を拘束
- ・ 荷重条件 : モデル座標のX方向に水平方向震度1Gを与える
- ・ 解析方法 : 静的解析
- ・ 検討対象部位及び応力 : 容器基部における応力
- ・ 水平2方向同時加振時の組合せ方法 : SRSS法(最大応答の非同時性を考慮)



第 4.5.3-1 図 検討モデル図

4.5.3.3 検討結果

(1) 軸方向応力 σ_x

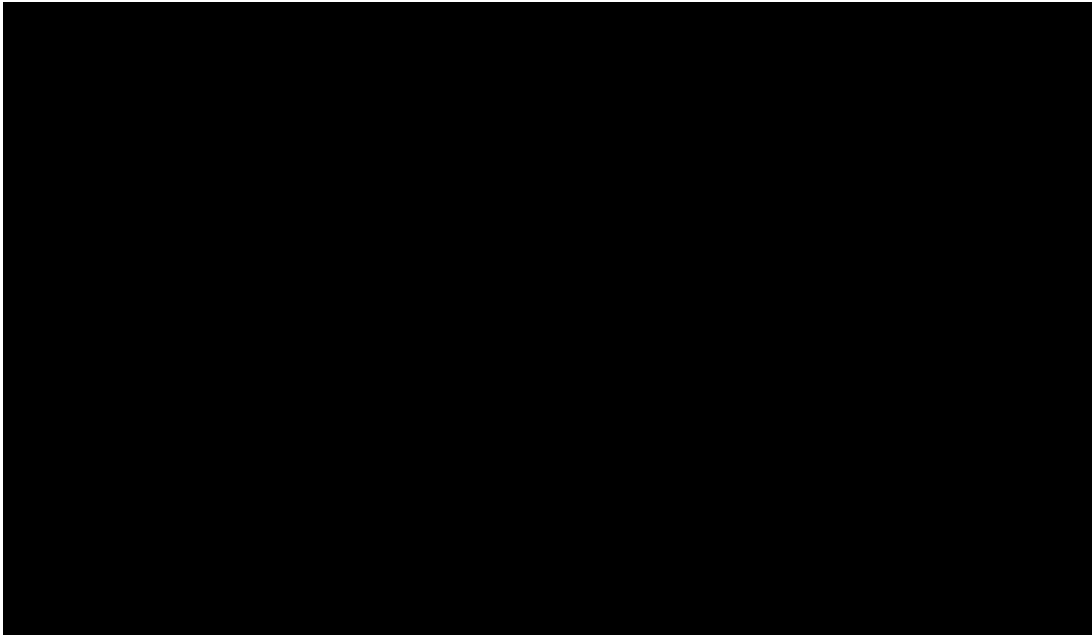
容器基部における水平方向地震時の軸方向応力コンタ図を第 4.5.3-2 図に、軸方向応力分布を第 4.5.3-1 表に示す。

この結果により、最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y 方向から水平方向地震力を入力した場合においても最大応力点は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また、第 4.5.3-1 表に X 方向、Y 方向及び水平 2 方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において水平 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、SRSS 法を用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{x,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{x,X}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{x,Y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

$$\sigma_{x,s}(\theta) = \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta))^2 + (\sigma_{x,Y}(\theta))^2}$$



第 4.5.3-2 図 水平方向地震時軸方向応力コンタ図

第 4.5.3-1 表 水平方向地震時の軸方向応力分布

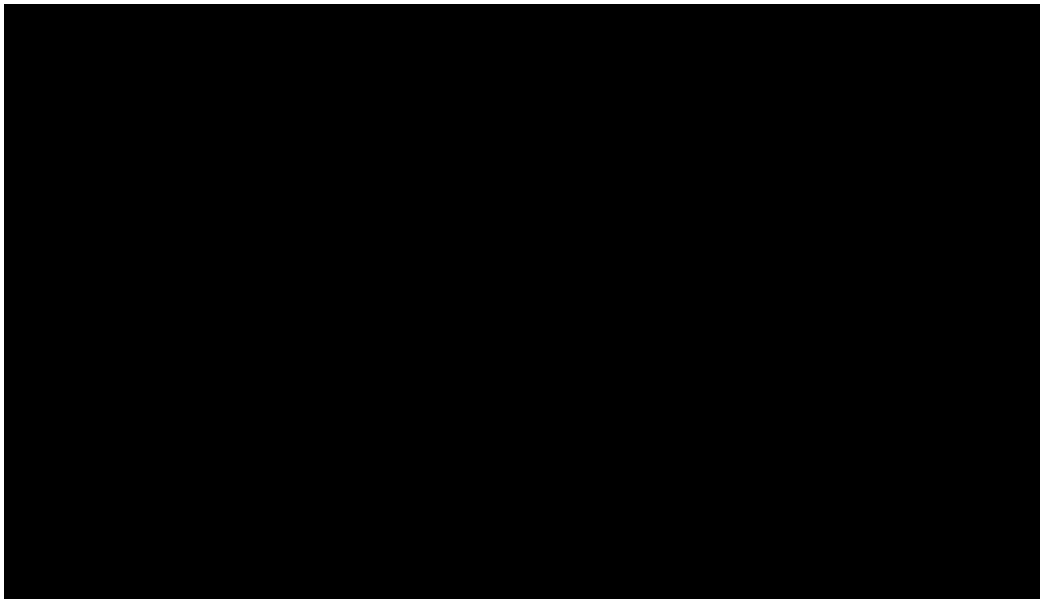
角度	X 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	7.39	0.24	7.39
22.5° 方向	6.92	2.60	7.39
45° 方向	5.23	5.23	7.40
67.5° 方向	2.60	6.92	7.39
90° 方向	0.24	7.39	7.39

(2) 周方向応力 σ_{ϕ}

容器基部における水平地震時の周方向応力コンタ図を第 4.5.3-3 図に、周方向応力分布を第 4.5.3-2 表に示す。軸方向応力同様に最大応力点は 0° /180° 位置に発生しており、最大応力点が異なることについて確認できる。

また、水平 2 方向入力時の影響についても軸方向応力と同様に中間部(0° /90° 方向以外)において水平 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、SRSS 法を用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の周方向応力解析結果(X 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,x}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,y}(\theta)$)により、以下のとおり算出する。

$$\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{(\sigma_{\phi,x}(\theta))^2 + (\sigma_{\phi,y}(\theta))^2}$$



第 4.5.3-3 図 水平方向地震時周方向応力コンタ図

第 4.5.3-2 表 水平方向地震時の周方向応力分布

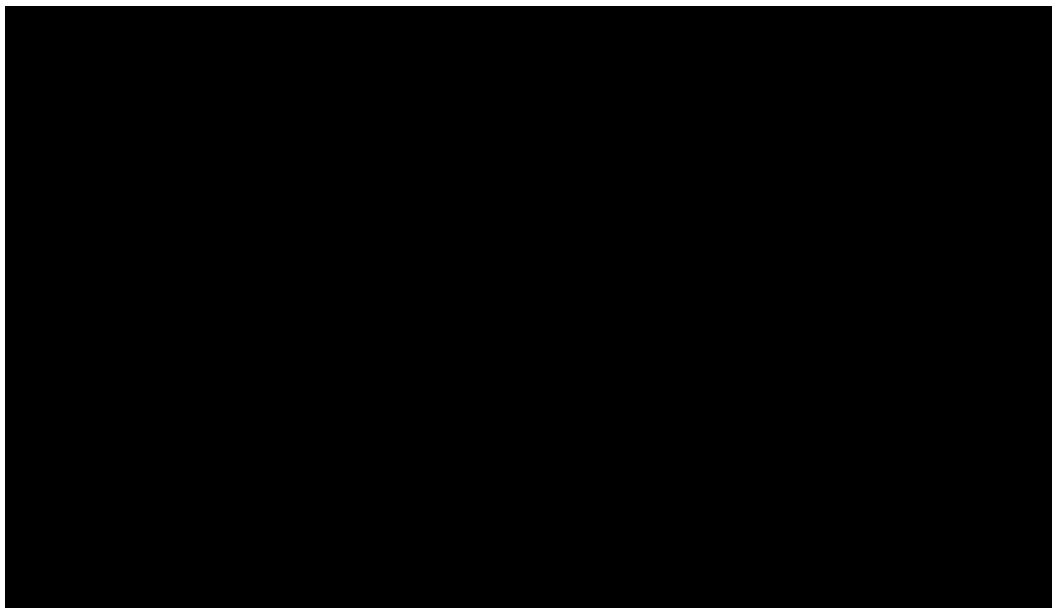
角度	X 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{\phi, X}(\theta)$	Y 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{\phi, S}(\theta)$
0° 方向	2.14	0.07	2.14
22.5° 方向	2.00	0.75	2.14
45° 方向	1.51	1.51	2.14
67.5° 方向	0.75	2.00	2.14
90° 方向	0.07	2.14	2.14

(3) せん断応力 τ

容器基部における水平地震時のせん断応力コンタ図を第 4.5.3-4 図に示し、せん断応力分布を第 4.5.3-3 表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は 90° /270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、水平 2 方向入力時の影響についても軸方向応力、周方向応力と同様に中間部(0° /90° 方向以外)において水平 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、SRSS 法を用いた水平 2 方向入力時の応力 $\tau_s(\theta)$ は、水平 1 方向入力時のせん断応力解析結果(X 方向入力時応力 $\tau_X(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_Y(\theta)$)により、以下のとおり算出する。

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{(\tau_X(\theta))^2 + (\tau_Y(\theta))^2}$$



第 4.5.3-4 図 水平方向地震時せん断応力コンタ図

第 4.5.3-3 表 水平方向地震時のせん断応力分布

角度	X 方向入力時応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y 方向入力時応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa) $\tau_s(\theta)$
0° 方向	-0.06	-1.77	1.77
22.5° 方向	-0.62	-1.65	1.76
45° 方向	-1.25	-1.25	1.77
67.5° 方向	-1.65	-0.62	1.76
90° 方向	-1.77	-0.06	1.77

(4) 組合せ応力 σ

胴の組合せ応力 σ は、第 4.5.3-1 表から第 4.5.3-3 表に示した X 方向、Y 方向及び水平 2 方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を用いて算出する。

<水平 1 方向のうち、X 方向入力時の組合せ応力 $\sigma_x(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,x}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,x}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,x}(\theta)$ は以下のとおり表される。

$$\sigma_{1,x}(\theta) = \frac{1}{2} \{ \sigma_{x,x}(\theta) + \sigma_{\phi,x}(\theta) + \sqrt{((\sigma_{x,x}(\theta) - \sigma_{\phi,x}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2)} \}$$

$$\sigma_{2,x}(\theta) = \frac{1}{2} \{ \sigma_{x,x}(\theta) + \sigma_{\phi,x}(\theta) - \sqrt{((\sigma_{x,x}(\theta) - \sigma_{\phi,x}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2)} \}$$

$$\sigma_{3,x}(\theta) = 0$$

各応力により，組合せ応力 $\sigma_X(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_X(\theta) = \max(|\sigma_{1,X}(\theta) - \sigma_{2,X}(\theta)|, |\sigma_{2,X}(\theta) - \sigma_{3,X}(\theta)|, |\sigma_{3,X}(\theta) - \sigma_{1,X}(\theta)|)$$

なお，Y 方向入力時の組合せ応力 $\sigma_Y(\theta)$ は，上記の式における X を Y に置き換えた式により算出する。

ここで， $\theta = 0^\circ$ の場合，第 4.5.3-1 表より $\sigma_{x,X}(0^\circ) = 7.39$ ，第 4.5.3-2 表より $\sigma_{\phi,X}(0^\circ) = 2.14$ ，第 4.5.3-3 表より $\tau_X(0^\circ) = -0.06$ であるため，

$$\sigma_{1,X}(0^\circ) = \frac{1}{2} \{7.39 + 2.14 + \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (-0.06)^2)}\} = 7.39$$

$$\sigma_{2,X}(0^\circ) = \frac{1}{2} \{7.39 + 2.14 - \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (-0.06)^2)}\} = 2.14$$

$$\sigma_{3,X}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって，

$$\sigma_X(0^\circ) = \max(|7.39 - 2.14|, |2.14 - 0|, |0 - 7.39|) = 7.39$$

<SRSS 法による水平 2 方向入力時を考慮した組合せ応力 $\sigma_s(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$ ， $\sigma_{2,s}(\theta)$ ， $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおり表わされる。

$$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2} \{ \sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{((\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4 \tau_s(\theta)^2)} \}$$

$$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2} \{ \sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{((\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4 \tau_s(\theta)^2)} \}$$

$$\sigma_{3,s}(\theta) = 0$$

各応力により，応力 $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_s(\theta) = \max(|\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta)|, |\sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta)|, |\sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta)|)$$

ここで， $\theta = 0^\circ$ の場合，第 4.5.3-1 表より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 7.39$ ，第 4.5.3-2 表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 2.14$ ，第 4.5.3-3 表より $\tau_s(0^\circ) = 1.77$ であるため，

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \{7.39 + 2.14 + \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (1.77)^2)}\} = 7.93$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \{7.39 + 2.14 - \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (1.77)^2)}\} = 1.60$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって，

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|7.93 - 1.60|, |1.60 - 0|, |0 - 7.93|) = 7.93$$

$\theta = 0^\circ$ の場合に，SRSS 法を用いて算出した応力を第 4.5.3-4 表に示す。

第 4.5.3-4 表 SRSS 法を用いて算出した応力 ($\theta = 0^\circ$)

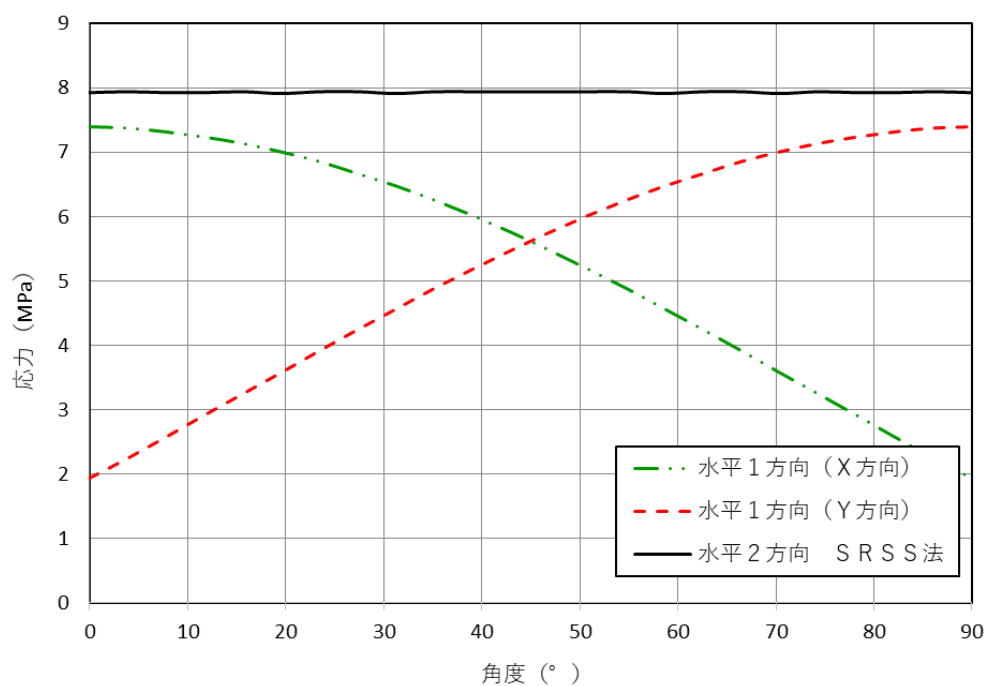
応力	X 方向 入力時応力 (MPa)	Y 方向 入力時応力 (MPa)	SRSS 法 (MPa)
$\sigma_x(\theta)$	7.39	0.24	$\sqrt{((7.39)^2 + (0.24)^2)} = 7.39$
$\sigma_\phi(\theta)$	2.14	0.07	$\sqrt{((2.14)^2 + (0.07)^2)} = 2.14$
$\tau(\theta)$	-0.06	-1.77	$\sqrt{((-0.06)^2 + (-1.77)^2)} = 1.77$
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times \{7.39 + 2.14 + \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (1.77)^2)}\} = 7.93$
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times \{7.39 + 2.14 - \sqrt{((7.39 - 2.14)^2 + 4 \times (1.77)^2)}\} = 1.60$
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0.00
$\sigma(\theta)$	-	-	$\max(7.93 - 1.60 , 1.60 - 0 , 0 - 7.93) = 7.93$

注記：本表記載の数値は計算例を示すものであり、実際の評価とは桁数処理の関係上一致しないことがある。

算出した組合せ応力の分布及び分布図を第 4.5. 3-5 表及び第 4.5. 3-5 図に示す。

第 4.5. 3-5 表 水平方向地震時の組合せ応力分布

角度	X 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	7.39	1.93	7.93
22.5° 方向	7.00	3.57	7.92
45° 方向	5.61	5.61	7.94
67.5° 方向	3.57	7.00	7.92
90° 方向	1.93	7.39	7.93



第 4.5. 3-5 図 水平方向地震時組合せ応力分布図

水平 2 方向入力時の SRSS 法による組合せ最大応力は、第 4.5. 3-5 表に示すとおり水平 1 方向入力時の最大応力に対して約 7%上回る程度であり、水平 2 方向による影響は軽微といえる。

4.5.4 クレーン類

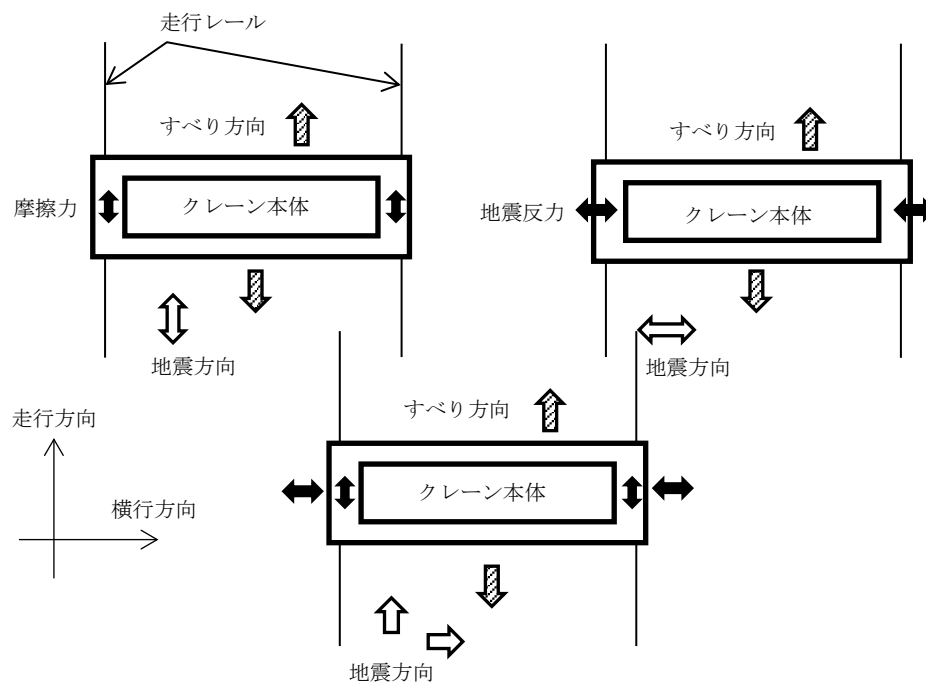
4.5.4.1 設備(クレーン類)の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

クレーンが負担する水平地震荷重イメージ図を第4.5.4-1図に示す。

クレーンはレール上を車輪で移動する構造であるため、基本的には建物と固定されておらず、地震時に横行方向にすべりが生じた場合は、車輪のつばとレールの側面が接触し、レールのすべりを制限する構造となっている。つまり、車輪とレールが接触し、クレーンが横行方向に建物と固定された構造では地震入力がクレーン本体へそのまま伝達される。

一方、走行方向については、車輪とレールの接触面(踏面)を介してクレーン本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微と考えられる。

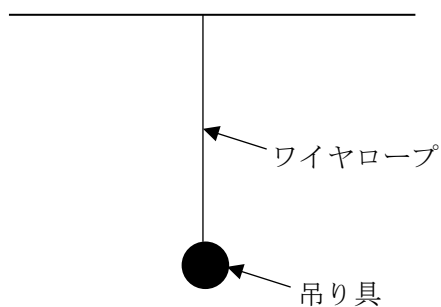
上記より、クレーン類の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、クレーン類については水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微である。



第4.5.4-1図 クレーンが負担する水平地震荷重イメージ図

4.5.4.2 設備(吊り具)の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

吊り具については、フック及びワイヤロープで構成されており、フックをワイヤロープにて支持し、ワイヤロープが上端を拘束される構造である。吊り具のモデルイメージを第4.5.4-2図に示す。



第4.5.4-2図 吊り具モデルイメージ図

吊り具については、水平地震時に振り子運動が励起されることで遠心力として作用することになるが、水平地震力による荷重が吊り具に直接作用するものではなく、地震荷重として作用するものは鉛直方向荷重が支配的である。

これは水平2方向に地震力が作用した場合においても水平1方向に地震力が作用した場合と同様であり、水平地震による影響は軽微であると考えられるため、吊り具については水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微である。

4.5.5 円周配置のボルト

4.5.5.1 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

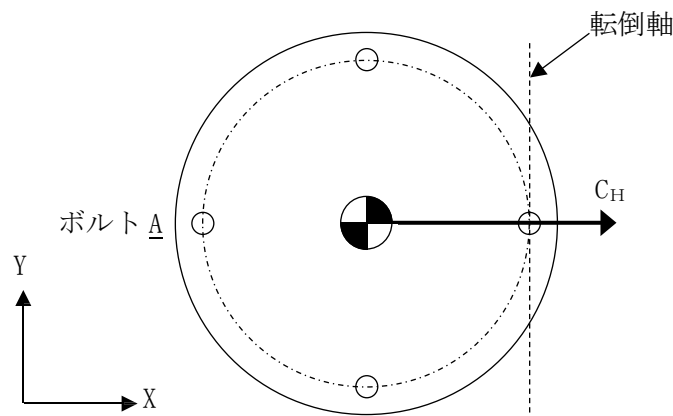
円周配置のボルトについては、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項では、円周配置のボルトの引張応力に対する影響検討結果をまとめたものである。

4.5.5.2 影響検討

水平1方向のみに地震力が作用する場合と、水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを検討する。

(1) 水平1方向のみに地震力が作用する場合

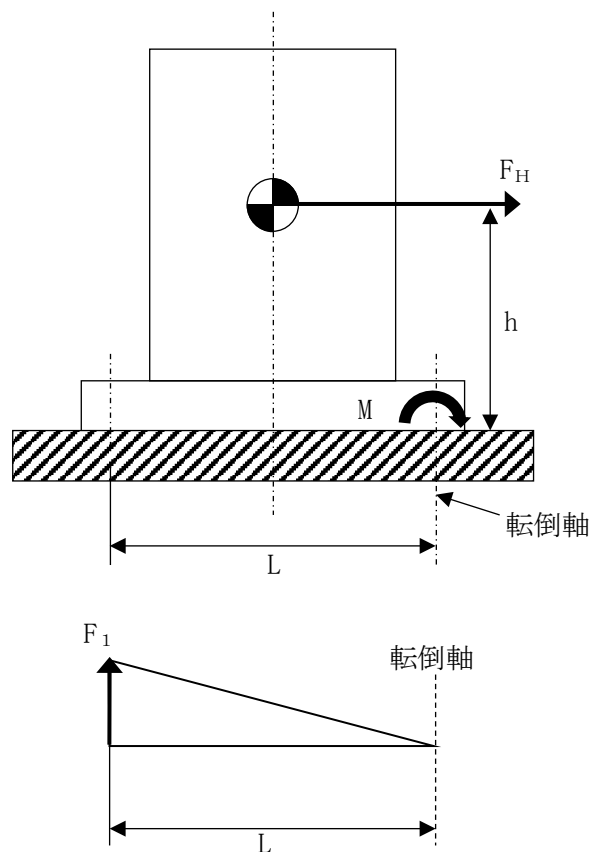
水平1方向の地震力による応答イメージを第4.5.5-1図に示す。水平1方向のみによる地震力が作用する場合、第4.5.5-1図のX方向に水平方向震度 $C_H = \max(C_X, C_Y)$ が作用するものとする。ここで、機器の質量を m 、重力加速度を g とする。



第4.5.5-1図 水平1方向の地震力による応答イメージ

水平方向震度 C_H が $C_X > C_Y$ の場合に水平方向地震力 F_H は、 $F_H = mgC_X$ で表され、 F_H により最外列のボルトを通る転倒軸を中心にモーメント M が生じる。

F_H により生じるモーメント M は、 $M = F_H h = mgC_X h$ で表され、各ボルトに引張荷重が作用する。水平方向地震力による荷重を第4.5.5-2図に示す。



第 4.5.5-2 図 水平方向地震力による荷重

第 4.5.5-2 図より，ボルトに作用する引張力は転倒軸からの距離に比例し，転倒軸から最も遠く最大引張力が作用するボルト A の引張荷重 F_1 は，以下のとおり表される。

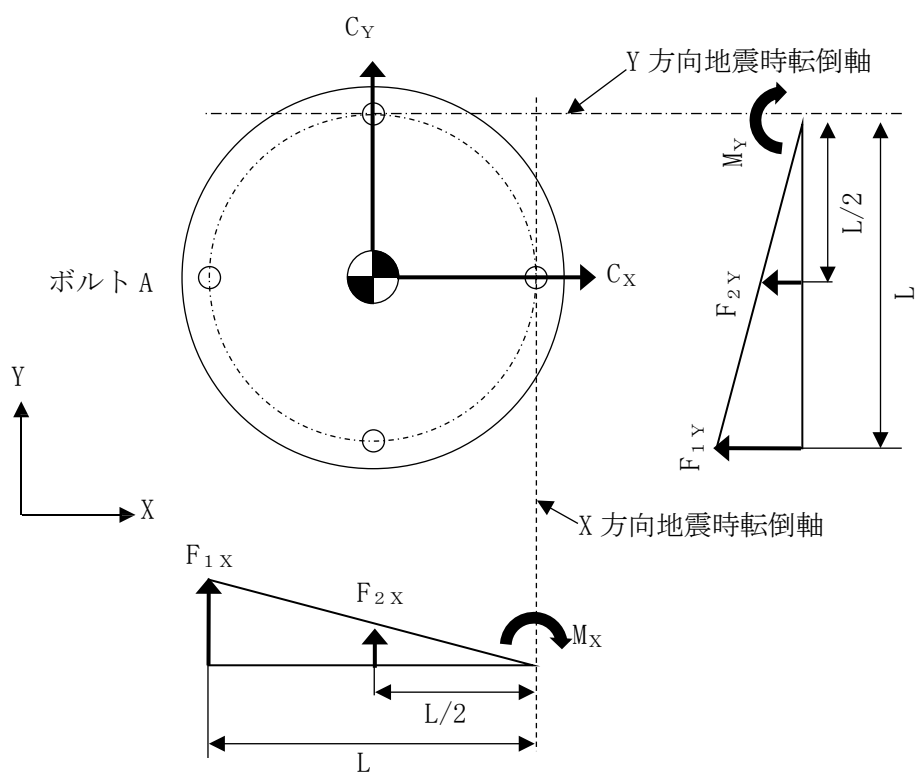
$$F_1 = \frac{M}{L}$$

ボルトに生じる引張応力 σ_b は，引張荷重を断面積 A_b のボルト 1 本で受けるため，以下のとおり表される。

$$\sigma_b = \frac{F_1}{A_b} = \frac{1}{L} \times \frac{mgC_H h}{A_b}$$

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

水平2方向の地震力による応答及び荷重イメージを第4.5.5-3図に示す。



第4.5.5-3図 水平2方向の地震力による応答及び荷重イメージ

X方向地震によりボルトAに作用する引張荷重 F_{1X} は以下のとおり表される。

$$F_{1X} = \frac{M_X}{L}$$

水平1方向のみに地震力が作用する場合と同様に、水平方向地震力により生じるモーメント M_X は、 $M_X = mgC_Xh$ で表される。

X方向地震によりボルトAに発生する引張応力 σ_{bX} は、引張荷重 F_{1X} を断面積 A_b のボルト1本で受けるため、以下のとおり表される。

$$\sigma_{bX} = \frac{F_{1X}}{A_b} = \frac{1}{L} \times \frac{mgC_Xh}{A_b}$$

Y方向地震によりボルトAに作用する引張荷重 F_{2Y} は以下のとおり表される。

$$F_{2Y} = \frac{1}{2}F_{1Y} \text{より, } F_{2Y} = \frac{M_Y}{2L}$$

X方向地震と同様に、水平方向地震力により生じるモーメント M_Y は、 $M_Y = mg C_Y h$ で表される。

Y方向地震によりボルトAに発生する引張応力 σ_{bY} は、引張荷重 F_{2Y} を断面積 A_b のボルト2本で受けるため、以下のとおり表される。

$$\sigma_{bY} = \frac{F_{2Y}}{2A_b} = \frac{1}{4L} \times \frac{mgC_Y h}{A_b}$$

水平2方向の水平方向地震 C_H' がそれぞれの水平方向に対し、 $C_X = C_Y$ とした場合 $C_H' = C_H$ となり、ボルトAに生じる引張応力 σ_b' はSRSS法による組み合わせによって、以下のとおり表される。

$$\begin{aligned} \text{ボルトの引張応力 } \sigma_b' &= \sqrt{(\sigma_{bX})^2 + (\sigma_{bY})^2} \\ &= \sqrt{(1)^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^2} \times \frac{1}{L} \times \frac{mgC_H h}{A_b} \\ &= 1.03 \times \frac{1}{L} \times \frac{mgC_H h}{A_b} \end{aligned}$$

上記より、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。

4.5.6 動的機能維持

4.5.7 電気盤

これらの評価に対する水平2方向影響検討内容及び結果については、評価結果を用いて示す必要があり、評価対象設備が第1回申請対象範囲外のため、後次回申請で示す。

5. まとめ

水平2方向影響に対する検討結果を踏まえた対応としては、影響有無の抽出結果及び影響軽微とした設備の考え方、影響有りとした設備に対する評価結果として、従来評価結果と水平2方向影響に対する評価結果を示し、影響軽微とした設備については従来評価結果を示す。

第1回申請では、設計基準における構造強度に対する影響軽有無の抽出結果及び申請対象設備に対する結果を示し、後次回申請では、重大事故対処設備における構造強度及び設備の評価結果が必要となる機能維持に対する影響有無の抽出結果を含めた全ての影響評価結果を示す。

各結果に対する示し方は以下のとおり。

- ・従来評価結果：「IV-2-1 再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」*
- ・影響有無の抽出結果及び影響評価結果
：「IV-2-2 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」
- ・影響有無の抽出に対する整理内容：本補足説明資料

*：水平2方向の影響が軽微な設備の結果は、従来評価結果にて示す。

このうち影響評価結果については、各分類の応力比が大きい設備を代表として示す。代表設備は補足説明資料「機器、配管系の類型化に対する分類の考え方について（耐震機電07）」に示す類型化分類の代表設備抽出方法に基づいた選定を行う。

以上

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	左記の形状に対する影響有無の説明		
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由			(1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施		影響評価実施又は影響軽微	
① スカート型設備	1	::	スカート支持たて置円筒形容器	胴板、スカート	一次応力	×	B	×	○	○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確	影響評価実施又は影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
					一次+二次応力	×	B					同上	
				基礎ボルト	引張	×	B					ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.5項】	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
	2	別紙2-28	スカート支持たて置円筒形容器(コイル付)	胴板、スカート	一次応力	×	B	×	○	○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確	影響評価実施又は影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
					一次+二次応力	×	B					同上	
				基礎ボルト	引張	×	B					ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.5項】	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
				冷却コイル	一次応力	△	-					影響評価を実施	上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。
					一次+二次応力	△	-						円筒形の容器に設置されることから、2方向入力の影響がある。
					組合せ	△	-						
				支持構造物、支持梁	組合せ	△	-					×	影響軽微
② 平底型設備	3	別紙1-8 別紙1-29	平底たて置円筒形容器	胴板	一次応力	×	B	×	○	○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確	影響評価実施又は影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
					一次+二次応力	×	B					同上	
				基礎ボルト	引張	×	B					ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.5項】	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
				組合せ	△	-	上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。						

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価の実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明			
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有								
② 平底型設備	4	別紙2-2 別紙2-7	環状形槽(平底たて置)	胴板	一次応力	×	B	×	○	影響評価を実施 又は 影響軽微	影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】			
					一次+二次応力	×	B						同上		
					未臨界寸法	×	B						水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】		
				基礎ボルト	引張	×	B						影響評価を実施	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
					せん断	△	-								上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。
					組合せ	△	-								円筒形の容器に設置されることから、2方向入力の影響がある。
				冷却コイル	一次応力	△	-								
					一次+二次応力	△	-								
					組合せ	△	-								
	5	別紙1-23	中間支持たて置円筒形容器(フランジ固定)	胴板	一次応力	×	B	×	○	影響軽微	影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】			
					一次+二次応力	×	B								
				基礎ボルト	引張	×	B								影響評価を実施
					せん断	△	-						上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。		
					組合せ	△	-								
					引張	×	B								
	6	-	清澄機	胴板	一次応力	×	B	×	○	影響軽微	影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】			
					一次+二次応力	×	B						同上		
				基礎ボルト	引張	×	B						影響評価を実施	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
					せん断	△	-								上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。
	7	-	よう素追出し塔	胴板	一次応力	×	B	×	○	影響軽微	影響軽微	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】			
					一次+二次応力	×	B						同上		
				基礎ボルト	引張	×	B						影響評価を実施	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。	
					せん断	△	-								上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。
					組合せ	△	-								
引張					×	B									

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明	
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有						
③ 脚支持設備	8	別紙1-1 別紙1-20	中間支持たて置円筒形容器(4ラグ支持)	胴板	一次応力	×	B	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。	
					一次+二次応力	×	B					同上	
					未臨界寸法	×	B					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
				ラグ	組合せ	△	-					同上	
					基礎ボルト	引張	△					-	同上
						せん断	△					-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	9	別紙2-27	中間支持たて置円筒形容器(4ラグ支持、コイル付)	胴板	一次応力	×	B	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。	
					一次+二次応力	×	B					同上	
					未臨界寸法	×	B					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
				ラグ	組合せ	△	-					同上	
					基礎ボルト	引張	△					-	同上
						せん断	△					-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				冷却コイル	一次応力	△	-					応答軸が明確な容器に設置されることから、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
					一次+二次応力	△	-						
					組合せ	△	-						
				支持構造物	組合せ	△	-						
					胴板	一次応力	△					-	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
						一次+二次応力	△					-	
	ラグ	組合せ	△	-	同上								
		基礎ボルト	引張	△	-	同上							
	せん断		△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】								

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有					
③ 脚支持設備	11	別紙1-4 別紙1-24	中間支持たて置円筒形容器(1ラグ支持)	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	△	-					同上
				ラグ	組合せ	△	-					同上
					基礎ボルト	引張	△					-
				せん断		△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	12	別紙1-3 別紙1-22	中間支持たて置角形容器(2ラグ支持)	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	△	-					同上
				ラグ	組合せ	△	-					同上
					基礎ボルト	引張	△					-
				せん断		△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	13	別紙1-10 別紙1-31	四脚たて置円筒形容器	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	△	-					同上
支持脚				組合せ	△	-	同上					
				座屈	△	-	同上					
基礎ボルト				引張	△	-	同上					
	せん断	△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】								
14	別紙1-38	プレート式熱交換器	側板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
				一次+二次応力	△	-					同上	
			底板	組合せ	△	-					同上	
				基礎ボルト	引張	△					-	同上
			せん断		△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明							
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有												
③ 脚支持設備	15	別紙1-16 別紙1-43	中間支持たて置円筒形容器 (長手方向2ラグ支持)	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】							
					一次+二次応力	△	-					同上							
				ラグ	組合せ	△	-					同上							
					基礎ボルト	引張	△					-	同上						
				せん断		△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】							
				16	別紙2-5 別紙2-24	円筒形バルスカラム	胴板					一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	一次+二次応力	△	-					同上											
	未臨界寸法	△	-					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】											
	バルスレグ	一次応力	△				-	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】											
		一次+二次応力	△				-	同上											
	基礎ボルト	引張	△				-	同上											
		せん断	△				-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】											
	17	別紙2-26	充てん搭				胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微					評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
								一次+二次応力	△	-									同上
								未臨界寸法	△	-									水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】
							基礎ボルト	引張	△	-									同上
								せん断	△	-									基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				18	別紙2-4 別紙2-9	バッファチューブ(2ラグ支持)	胴板	一次応力	△	-					×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	一次+二次応力	△	-					同上											
	ラグ	組合せ	△				-	同上											
		基礎ボルト	引張				△	-	同上										
	せん断		△				-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】											

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明	
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有						
③ 脚支持設備	19	別紙2-6 別紙2-25	バッファチューブ(小口径タイプ)	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	△	-					同上	
				ラグ	組合せ	△	-					同上	
					基礎ボルト	引張	△					-	同上
						せん断	△					-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	20	別紙1-41	固定式クレーン	ジブ	曲げ	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					せん断	△	-					同上	
				基礎ボルト	引張	△	-					同上	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
	21	別紙2-12	環状形バルスカラム	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	△	-					同上	
					未臨界寸法	△	-					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	
				ラグ	組合せ	△	-					評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					バルスレグ	一次応力	△					-	同上
				一次+二次応力		△	-					同上	
				基礎ボルト	引張	△	-					同上	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
				22	別紙2-19	シュート	管					一次応力	△
	一次+二次応力	△	-					同上					
	ラグ	組合せ	△				-	同上					
基礎ボルト	引張	△	-				同上						
23	-	ガラス溶融炉	ケーシング	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
				一次+二次応力	△	-					同上		
			基礎ボルト	引張	△	-					同上		

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの 一:影響有					
③ 脚支持設備	24	-	ハル洗浄槽	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	△	-					同上
				脚	組合せ	△	-					同上
					基礎ボルト	引張	△					-
				せん断		△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				25	別紙2-17	ラグ支持たて置容器	胴板					一次応力
	一次+二次応力	△	-					同上				
	ラグ	組合せ	△				-	同上				
		基礎ボルト	引張				△	-	同上			
	せん断		△				-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】				
	26	-	高レベル廃液濃縮缶				胴板	一次応力	△	-	×	×
				一次+二次応力	△	-		同上				
ラグ				組合せ	△	-	同上					
				基礎ボルト	引張	△	-	同上				
せん断					△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】					
27				-	プール水冷却系熱交換器	胴板	一次応力	△	-	×		
	一次+二次応力	△	-				同上					
	ラグ	組合せ	△			-	同上					
		基礎ボルト	引張			△	-	同上				
	せん断		△			-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】					

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明														
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有																			
③ 脚支持設備	28	-	プルトニウム濃縮缶	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	同上														
					一次+二次応力	△	-																			
					未臨界寸法	△	-																			
				基礎ボルト	引張	△	-						×	×	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	同上									
					せん断	△	-																			
					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】																					
				29	-	補助油水分離槽	胴板											一次応力	△	-	×	×	影響軽微	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	同上	
																		一次+二次応力	△	-						
																		未臨界寸法	△	-						
	ラグ	組合せ	△				-	×	×	影響軽微	水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】														
		基礎ボルト	引張				△											-	同上							
			せん断				△											-								
	30	-	ウラン洗浄塔				胴板						一次応力	△	-	×	×	影響軽微		評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】						同上
													一次+二次応力	△	-											
													未臨界寸法	△	-											
				ラグ	組合せ	△	-						×	×	影響軽微						水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大変形点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.3項】	評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じるが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】				
					基礎ボルト	引張	△																-	同上		
						せん断	△																-			
				基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】																						

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	左記の形状に対する影響有無の説明		
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有			△:ねじれ振動発生の可能性有 ×:発生しない		○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確	影響評価実施 又は 影響軽微
④ 横置型設備	31	別紙1-5 別紙1-25	横置一胴円筒形容器	胴板	一次応力	×	A	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
					一次+二次応力	×	A						
					未臨界寸法	×	B						
				支持脚	組合せ	×	A						
					基礎ボルト	引張	×					A	
		せん断	△	-		基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】							
	32	別紙1-6 別紙1-27	デミスタ(2脚支持)	胴板	一次応力	×	A	×	×	影響軽微		水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	×	A						
				支持脚	組合せ	×	A						
					基礎ボルト	引張	×						A
						せん断	△						-
	33	別紙1-7 別紙1-28	デミスタ(1脚支持)	胴板	一次応力	×	A	×	×	影響軽微			水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	×	A						
				支持脚	組合せ	×	A						
					基礎ボルト	引張	×						
				せん断		△	-				基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	左記の形状に対する影響有無の説明	
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有			△:ねじれ振動発生の可能性有 ×:発生しない		○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確
④ 横置型設備	34	別紙1-26	横置一胴円筒形容器(3脚以上支持)	胴板	一次応力	×	A	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	×	A					
				支持脚	組合せ	×	A					
					基礎ボルト	引張	×					A
						せん断	△					-
	35	別紙2-13	デミスタ	胴板	一次応力	×	A	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	×	A					
				支持脚	組合せ	×	A					
					基礎ボルト	引張	×					A
						せん断	△					-
⑤ 横形ポンプ、非常用ディーゼル機関・発電機、ファン類	36	別紙1-11 別紙1-32	横軸ポンプ	基礎ボルト、取付ボルト	引張	×	A	×	×	影響軽微	基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					せん断	△	-					
	37	別紙1-33	ディーゼル機関・発電機	基礎ボルト、取付ボルト	引張	×	A	×	×	影響軽微	基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
					せん断	△	-					
⑥ 立形ポンプ	38	別紙1-12 別紙1-34	たて軸ポンプ	基礎ボルト、取付ボルト	引張	×	B	×	○	影響軽微	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.5項】	
					せん断	△	-					影響評価を実施

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明		
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの 一:影響有							
⑦ クレーン、台車類	39	別紙2-18	クレーン・台車類	構造物フレーム	曲げ	×	A	△	×	影響軽微	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】			
					せん断	×	A							
					組合せ	×	A							
				レール	曲げ	×	A							
					せん断	×	A							
					組合せ	×	A							
				転倒防止装置	組合せ	×	A							
				吊具	吊具荷重	×	C					×	鉛直荷重のみ作用し水平荷重が作用しないため水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】	
				40	-	固化セル移送台車	構造物フレーム					曲げ	×	A
	せん断	×	A											
	組合せ	×	A											
	レール	曲げ	×				A							
		せん断	×				A							
		組合せ	×				A							
	転倒防止装置	組合せ	×				A							
	吊具	吊具荷重	×				C	×	鉛直荷重のみ作用し水平荷重が作用しないため水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】					
	41	-	バスケット搬送機				構造物フレーム	曲げ	×	A		△	×	影響軽微
				せん断	×	A								
				組合せ	×	A								
				レール	曲げ	×	A							
					せん断	×	A							
組合せ					×	A								
転倒防止装置				組合せ	×	A								
吊具				吊具荷重	×	C	×	鉛直荷重のみ作用し水平荷重が作用しないため水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】						

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明	
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有						
⑦ クレーン、台車類	42	-	燃料移送水中台車	構造物フレーム	曲げ	×	A	△	×	影響軽微	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】		
					せん断	×	A						
					組合せ	×	A						
				レール	曲げ	×	A						
					せん断	×	A						
					組合せ	×	A						
				転倒防止装置	組合せ	×	A						
	吊具	吊具荷重	×	C	×	鉛直荷重のみ作用し水平荷重が作用しないため水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】							
	⑦ クレーン、台車類	43	別紙2-20	しゃへい容器付クレーン	構造物フレーム	曲げ	×	A	△	×		影響軽微	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】
						せん断	×	A					
						組合せ	×	A					
					しゃへい容器本体	引張	×	A					
						せん断	×	A					
しゃへい容器取付ボルト					引張	×	A						
					せん断	×	A						
シアプレート溶接部					せん断	×	A						
レール					曲げ	×	A						
					せん断	×	A						
					組合せ	×	A						
転倒防止装置					組合せ	×	A						
吊具					吊具荷重	×	C	×			鉛直荷重のみ作用し水平荷重が作用しないため水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】		

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2		部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	左記の形状に対する影響有無の説明	
					△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有			△:ねじれ振動発生の可能性有 ×:発生しない		○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確
⑦ クレーン、台車類	44	-	トレンチ移送台車	構造物フレーム	曲げ	×	A	△	×	影響軽微	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.4項】
					せん断	×	A				同上
					組合せ	×	A				同上
				しゃへい容器本体	引張	×	A				同上
					せん断	×	A				同上
				しゃへい容器取付ボルト	引張	×	A				同上
					せん断	×	A				同上
				シアプレート溶接部	せん断	×	A				同上
				レール	曲げ	×	A				同上
					せん断	×	A				同上
					組合せ	×	A				同上
				転倒防止装置	組合せ	×	A				同上
				吊具	吊具荷重	×	C				×
⑧ 使用済燃料ラック	45	別紙1-44	燃料仮置きラック	ラック箱	一次応力(曲げ、せん断)	△	-	△	○	影響評価を実施	水平2方向入力の影響がある。
				ラック箱(フレーム)	一次応力(曲げ、せん断)	△	-	△	○	影響評価を実施	水平2方向入力の影響がある。
	46	-	燃料貯蔵ラック	基礎ボルト	引張	×	A	×	○	影響軽微	取付ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない。2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					せん断	△	-				影響評価を実施
組合せ	△	-	同上	上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。							

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理 *1	設備 *2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明	
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの 一:影響有						
㊟ 矩形型設備	47	別紙1-13 別紙1-35	フィルタユニット	基礎ボルト	引張	×	A	×	×	影響軽微		基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
	48	別紙1-14 別紙1-36	フィルタユニット(しゃへい体一体形)	基礎ボルト	引張	×	A	×	×	影響軽微		基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
					せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
	49	別紙1-15 別紙1-45	溶媒フィルタ	胴部	一次応力	×	B	×	×	影響軽微		水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	×	B					同上	
				脚	組合せ	×	B					同上	
					基礎ボルト	引張	×					A	基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】
	せん断	△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】									
	50	別紙2-3 別紙2-8	ミキサ・セトラ	本体	一次応力	×	B	×	×	影響軽微		水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
					一次+二次応力	×	B					同上	
					未臨界寸法	△	-					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、応答軸が明確であることから水平2方向の変形量は重ならないため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
				架台	組合せ	×	B					同上	
					基礎ボルト	引張	×					A	基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】
						せん断	△					-	
	51	別紙2-10	グローブボックス等	缶体	主応力	×	B	×	×	影響軽微		水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
					架台	組合せ	×					B	同上
				基礎ボルト	引張	×	A					基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】	
せん断					△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】						
基礎ボルト					引張	×	A						基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】
せん断	△	-	基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】										
52	別紙1-37	矩形電気計装設備	基礎ボルト	引張	×	A	×	×	影響軽微		基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】		
				せん断	△	-					基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。 【補足説明資料3.4.1項】		

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有			△:ねじれ振動発生の可能性有 ×:発生しない			
⑨ 矩形型設備	53	別紙2-1	冷却塔	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 ただし、3.4.1項の整理は建屋内に設置される設備に対する整理であり、冷却塔の支持構造物は建物同様に直接地震力が作用することから建物同様に水平2方向の影響について検討する(添付資料-2)。		
				伝熱管	一次応力	×	B					同上	
					一次+二次応力	×	B					同上	
				基礎ボルト、取付ボルト	引張	×	A					基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】	
	せん断	△	-		基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】								
	54	-	バスケット仮置き架台	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
				基礎ボルト	引張	×	A						
					せん断	△	-						
	55	-	第1チャンネルボックス切断装置	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
				基礎ボルト	引張	×	A						
					せん断	△	-						
	56	-	第1バーナブルポイズン切断装置	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
基礎ボルト				引張	×	A							
				せん断	△	-							
57	-	セル内クーラ	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】			
			伝熱管	一次応力	×	B					同上		
				一次+二次応力	×	B					同上		
			基礎ボルト、取付ボルト	引張	×	A					基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】		
せん断	△	-		基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】									

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV 1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否	左記の形状に対する影響有無の説明
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有			△:ねじれ振動発生の可能性有 ×:発生しない	
⑨ 矩形型設備	58	-	ガラス固化体放射能測定装置	支持架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルトは矩形配置であり、ボルトに作用する荷重伝達部が水平2方向の入力で対角方向に転倒することなく、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であるため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				取付ボルト	引張	×	A				
					せん断	△	-				
【再処理特有の形状】 ⑩ 平板型設備	59	別紙2-11	平板容器	胴板	一次応力	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 同上 水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、応答軸が明確であることから水平2方向の変形量は重ならないため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 同上 取付ボルトの引張荷重は槽本体の変形によるものであるため、胴板同様2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 取付ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	×	B				
					未臨界寸法	×	B				
				ラグ	組合せ	×	B				
					取付ボルト	引張	×				
				せん断		△	-				
	60	-	溶解槽	胴板	一次応力	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 同上 水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、応答軸が明確であることから水平2方向の変形量は重ならないため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 同上 取付ボルトの引張荷重は槽本体の変形によるものであるため、胴板同様2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】 取付ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					一次+二次応力	×	B				
					未臨界寸法	×	B				
				ラグ	組合せ	×	B				
取付ボルト					引張	×	A				
				せん断	△	-					
【再処理特有の形状】 ⑪ 躯体一体型設備	61	別紙1-39	躯体付構造設備	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	62	別紙1-40	躯体付構造設備(架構支持)	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	63	別紙2-14	通風管	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	64	別紙2-15	収納管	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	65	別紙2-16	迷路板	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	66	別紙2-21	整流板	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	67	別紙2-22	流路形成板	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】

*1 水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

*2 【設備】の縦軸の数については、「IV1-2-1 機器の耐震性に関する計算書作成の基本方針」において、再処理全体を取り込んだ計算式の共通部分の再整理を実施しているため、後次回にて整理結果を反映させる。
本反映に伴い、【設備】の数量は計算式の分類に応じて増減するが、水平2方向影響の設備抽出の観点自体は変わらないため、影響評価の要否に影響は生じない。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理*1	設備*2			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否 (1)または(2)で△且つ(3)で○の場合は影響評価を実施	影響評価の実施 又は 影響軽微	左記の形状に対する影響有無の説明
						△:影響の可能性有 ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有					
【再処理特有の形状】 ⑪ 躯体一体型設備	68	別紙2-23	架構支持貯蔵設備	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				胴部	未臨界寸法	×	B					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、応答軸が明確であることから水平2方向の変形量は重ならないため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				基礎ボルト	引張	×	A					取付ボルトの引張荷重は槽本体の変形によるものであるため、胴板同様2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					せん断	△	-					取付ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
	69	-	貯蔵ホール	架構	組合せ	×	B	×	×	影響軽微	影響軽微	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				胴部	未臨界寸法	×	B					水平1方向への最大変形寸法を確認するものであり、応答軸が明確であることから水平2方向の変形量は重ならないため影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				基礎ボルト	引張	×	A					取付ボルトの引張荷重は槽本体の変形によるものであるため、胴板同様2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					せん断	△	-					取付ボルト全断面で水平荷重を負担するが、設備の応答軸が明確であり影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
【再処理特有の形状】 ⑫ 昇降設備	70	別紙1-42	昇降装置	昇降シャフト	組合せ	△	-	×	○	影響評価を実施	影響軽微	水平2方向入力の影響がある。
				取付ボルト	引張	×	A					取付ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力で対角方向に転倒することはない、2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
					せん断	△	-					取付ボルト全断面で水平荷重を負担するため、2方向入力の影響がある。
					組合せ	△	-					上記せん断応力により許容応力が低減する場合に影響が生じる。
⑬ 配管 (定ピッチスパン法)	71	定ピッチ	配管、ダクト	直管配管(水平)	一次応力	×	C	×	×	影響軽微	影響軽微	・定ピッチスパン法で設計する配管は、3次元的な挙動を抑制する設計であるため、水平2方向入力の影響が軽微な形状である。そのうち水平配管は水平1方向の地震力の応答が支配的であることから、他の水平方向の地震力による応答は小さい。【補足説明資料3.4.2項】 ・また、相対変位に対する水平2方向影響は、配管にかかるモーメントが異なる箇所が発生するため、影響は軽微である。【補足説明資料3.4.2項】
				直管配管(鉛直)	一次応力	×	C					定ピッチスパン法で設計する配管は、3次元的な挙動を抑制する設計であるが、鉛直配管は水平地震力の双方が軸直角方向に作用し、水平2方向の同時加振の影響を受ける可能性があるため、水平1方向と水平2方向の応力比較により従来設計である水平方向の設計と同等の応力であり、水平2方向入力の影響が軽微であることを確認している。【補足説明資料3.4.2項】
				曲がり部 分岐部 平面Z形部 立体Z形部 門形部 分岐+曲がり部	一次応力	×	C					定ピッチスパン法で設計する配管は、3次元的な挙動を抑制する設計であるため、水平2方向入力の影響が軽微な形状である。そのうち曲がり部、分岐部等について、支持間隔長さをパラメータとし解析した結果、標準支持間隔法を用いた制限値内において、水平2方向入力と水平1方向入力との場合の発生荷重の最大比率を確認しており、水平2方向入力の影響が軽微であることを確認している。【補足説明資料3.4.2項】
⑭ 配管、サポート (多質点はモデル解析)	72	多質点	配管	配管	一次応力	△	-	△	○	影響評価を実施	影響軽微	水平2方向入力の影響がある。
				配管	一次+二次応力(疲労評価)	△	-					同上
				サポート	組合せ	△	-					同上

冷却塔 水平2方向に対する影響について

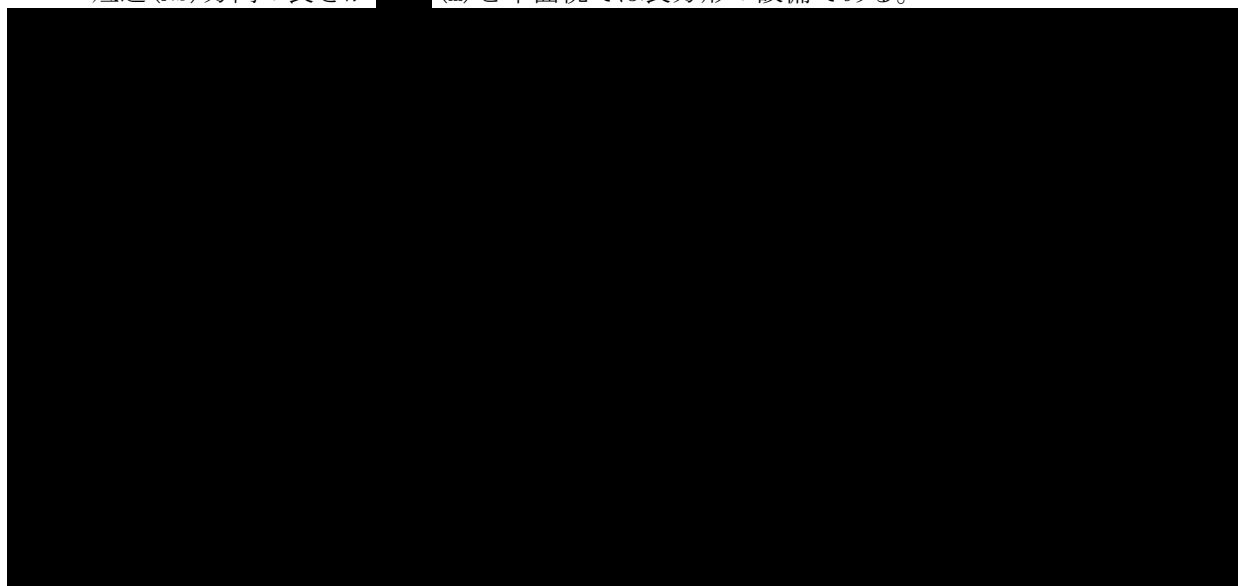
1. はじめに

冷却塔は、複数設備を搭載している支持構造物により構成されて、その構造は平面的に長方形の矩形型設備である。矩形型設備は、水平2方向に対して応答軸が明確な設備として影響は軽微としている。

本資料では、安全冷却水B冷却塔(冬期休止側ベイ)を例として、矩形型設備に対する水平2方向の影響が軽微であることを評価結果をもって示すものである。

2. 設備形状と応答軸について

安全冷却水B冷却塔の構造概要図を第2-1図に示す。長辺(EW)方向の長さが■■■■(m)、短辺(NS)方向の長さが■■■■(m)と平面視では長方形の設備である。



第2-1図 構造概要図

第2-1図に示すとおり、短辺及び長辺のそれぞれの方向で形状が異なることにより支持剛性も異なり、地震に対して応答するそれぞれの方向に対する応答軸を有している。

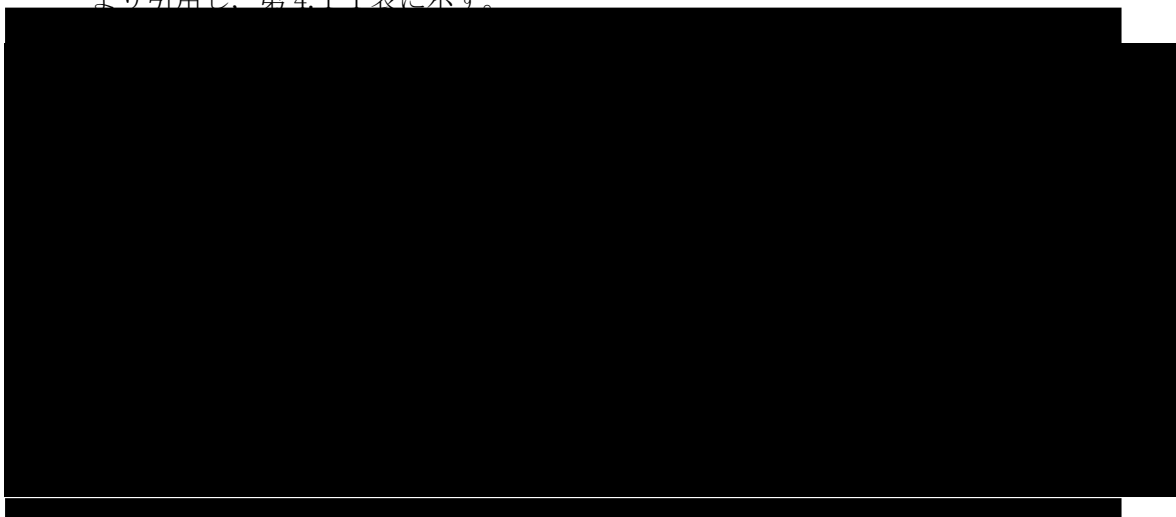
3. 検討方法

水平2方向に対する検討は、水平2方向のそれぞれの方向に対し応答軸の観点、及び水平2方向を考慮した場合の水平1方向による応力に対する応力増分の観点に対し、固有周期及び応力の観点により行う。ここで、応力増分の観点については、水平1方向及び鉛直方向地震力により最大応力が生じる部位及び建物・構築物の水平2方向影響検討において着目されている柱に対し、それぞれに生じる水平方向地震時の応力の関係から、水平2方向に対する影響について検討結果を示す。

4. 検討結果

4.1 解析モデル

検討に用いた解析モデルを第 4.1-1 図に、モデルの諸元を別途資料「耐震機電-13 設工認に係る補足説明資料 耐震計算書に関する既設工認からの変更点について」より引用し、第 4.1-1 表に示す。



第 4.1-1 図 解析モデル図

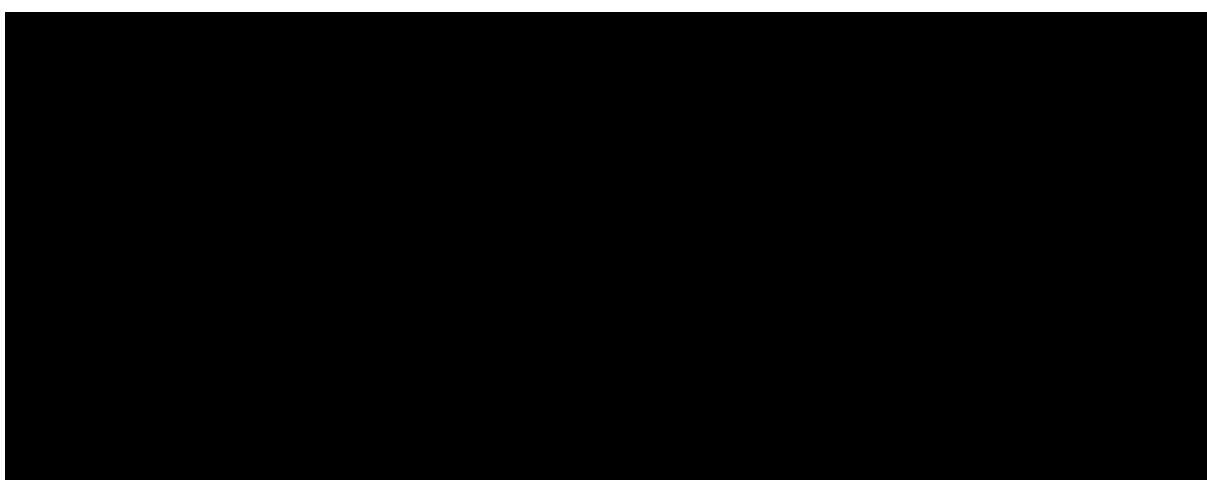
第 4.1-1 表 モデル諸元

項目	内容	
解析コード	MSC NASTRAN	
モデル	材料物性	縦弾性係数：■■■■ MPa ポアソン比：■■
	要素種別	■■■■
	境界条件	■■■■
固定荷重	<p>支持架構(耐火被覆重量を含む)、支持架構搭載機器及び配管内を流れる冷却水の重量を考慮する。</p> <p>各荷重は、配管のように広く作用する荷重は分布荷重として考慮し、ファンのように局所的に作用する荷重は集中荷重として考慮する。</p>	

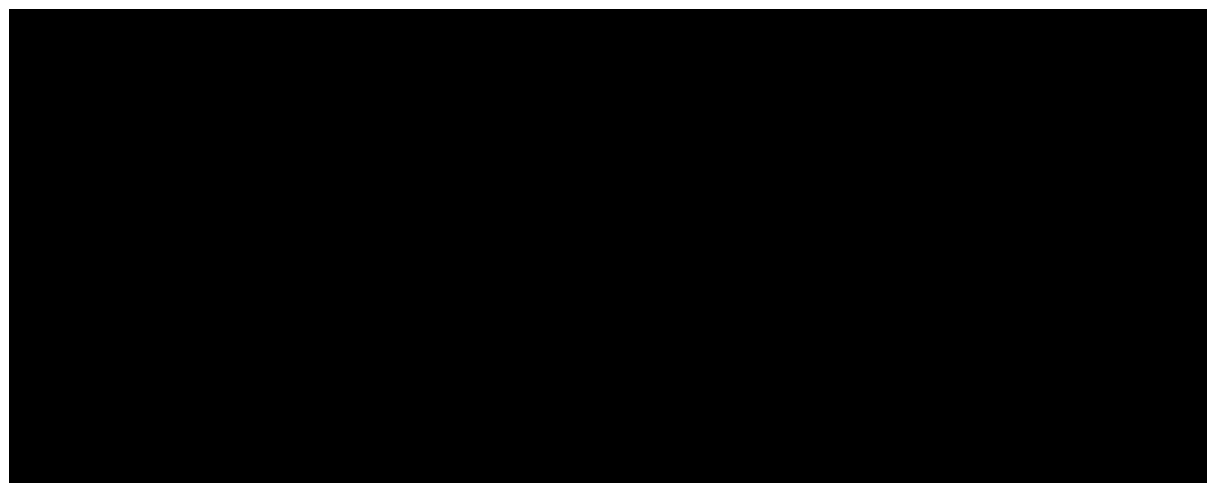
4.2 固有周期

NS 及び EW 方向それぞれの卓越振動モード図を第 4.2-1 図に，固有周期を第 4.2-1 表に示す。振動モード図より，水平方向振動は NS 方向と EW 方向に対する振動モードが卓越しており，また，第 4.2-1 表に示すとおり NS 方向と EW 方向で固有周期が異なることから，応答方向である応答軸が明確である。

なお，固有周期については応答方向に応じた剛性を確保するためにブレースが使用されていることにより，結果として卓越固有周期が NS 及び EW 方向で近い値になっているものの一致しておらず，それぞれの振動モードは異なることから，最大発生加速度が重畳することはない。



(NS 方向振動モード)



第 4.2-1 図 振動モード図

第 4.2-1 表 水平方向の卓越固有周期

方向	固有周期 (s)
NS 方向	
EW 方向	

4.3 応力の観点

水平1方向地震力の応力は、添付書類耐震計算書に示す応力算出方法と同様に、NS方向及びEW方向の各水平1方向に入力した地震力に対し、それぞれの方向に対し求めた応力のうち最大となる応力を水平1方向の応力とする。

上記により算出した水平1方向の応力を次式により組み合わせて水平2方向の応力を算出する。

$$\text{水平2方向地震力による応力} = \sqrt{(\text{EW方向応力})^2 + (\text{NS方向応力})^2}$$

ここで、応力の観点としては、水平1方向地震力における最大応力発生部位(以降「最大応力部位」という。)及び隅柱について検討を行った。

4.3.1 最大応力発生部位

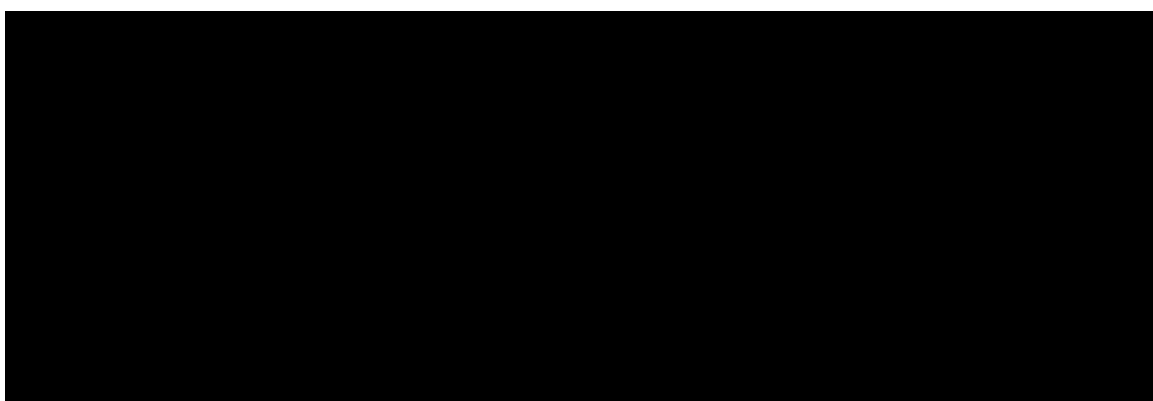
(1) 水平1方向地震動による応力

冷却塔は、短辺方向が弱軸であるため、NS方向地震力による応力が大きくなる。

水平1方向地震動による応力として、NS方向地震に対する応力算出結果を第4.3-1表に、最大応力部位を第4.3-1図に示す。

第4.3-1表 応力算出結果(NS方向)

評価部位	地震動	応力(MPa)
最大応力部位	NS地震時	

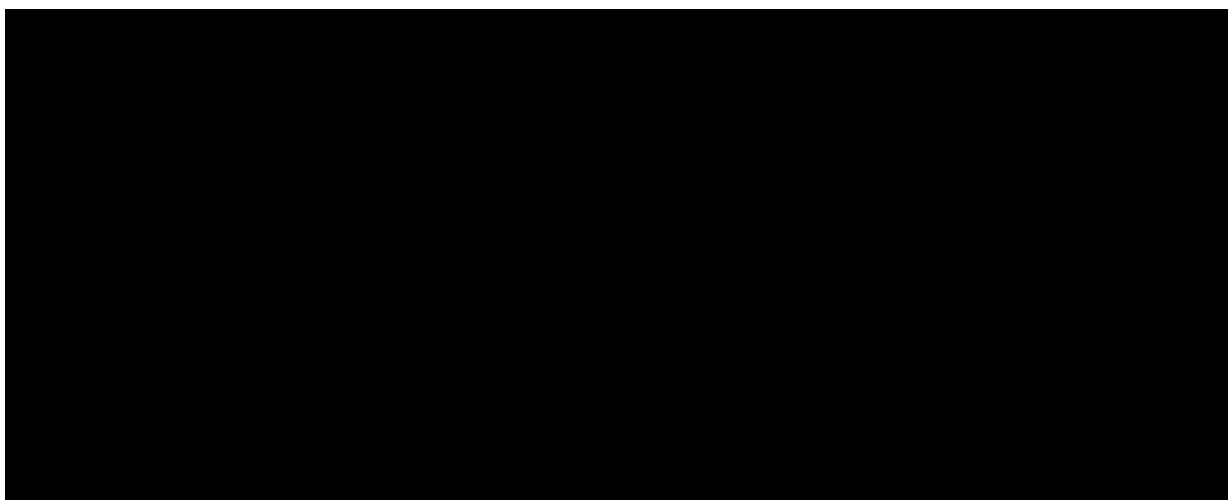


第4.3-1図 水平1方向地震動による最大応力部位(NS方向)

一方，EW 方向地震力に対しては，強軸側である長辺方向への入力となるため，発生応力としては弱軸側の半分程度となっている。EW 方向地震に対する応力算出結果を第 4.3-2 表に，最大応力発生位置を第 4.3-2 図に示す。

第 4.3-2 表 応力算出結果(EW 方向)

評価部位	地震動	応力 (MPa)
最大応力部位	EW 地震時	



第 4.3-2 図 水平 1 方向地震動による最大応力部位 (EW 方向)

水平 1 方向地震力に対しては，短辺方向と長辺方向の形状の違いにより，各方向の振動モードが異なることでそれぞれの入力地震方向によって最大応力発生位置が異なる。

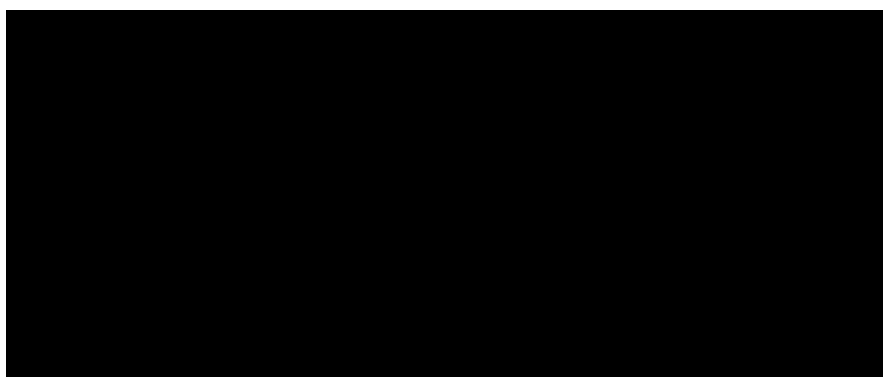
水平 1 方向の結果に対し，次項では水平 2 方向地震力を考慮した場合の第 4.3-1 図の A 点に対する応力増分の確認を行う。

(2) 水平2方向の組合せを考慮した応力

水平2方向地震動に対する評価点を第4.3-3図に、応力算出結果を第4.3-3表に示す。水平2方向地震力の組合せを考慮した場合、水平1方向による応力からは約■%と微増であった。

第4.3-3表 水平2方向検討結果

評価部位	水平1方向(MPa)		水平2方向 (MPa)	応力増分 (%)
	NS地震時	EW地震時		
最大応力 部位				



第4.3-3図 水平2方向地震動における評価点

冷却塔に対し水平2方向地震力の組合せを考慮した場合の影響としては、形状によってそれぞれの方向によって支配的となる振動モードが異なり、地震荷重は入力地震方向に応じて各部材に作用することから、各方向の地震力に対して応力の違いが生じる。

冷却塔の様に短辺方向と長辺方向の寸法が異なる長方形の様な形状においては応答軸が明確であるため、各方向の地震力に対し弱軸、強軸それぞれに応じた部材に荷重が発生することによって最大応力発生位置が異なり、水平2方向影響による応力の増分としては微増の傾向となる。

次項では、建物・構築物の水平2方向地震力の組合せにおいて影響の可能性があると整理している隅柱を対象に直交する水平2方向の荷重が重畳するものとして、水平2方向による影響の確認を行う。

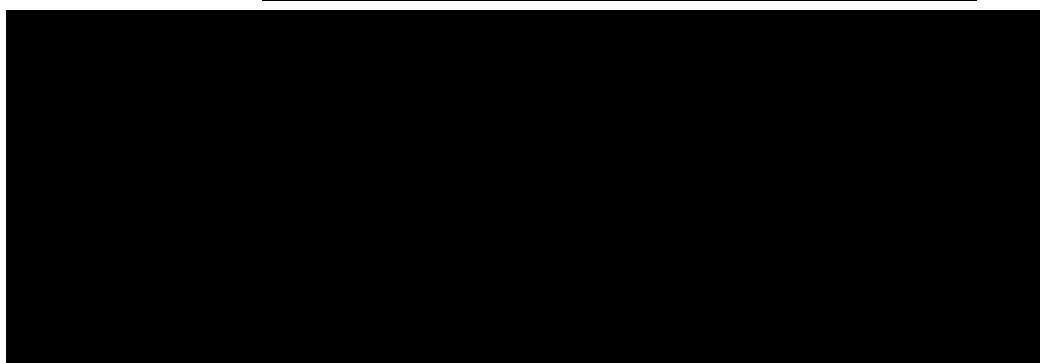
4.3.2 隅柱

隅柱に対する水平 2 方向の検討については、水平 1 方向地震力により最大応力が生じる隅柱に対して行った。

水平 2 方向地震動に対する評価点を第 4.3-4 図に、水平 1 方向及び水平 2 方向を組み合わせた場合の応力算出結果を第 4.3-4 表に示す。水平 2 方向地震力の組合せを考慮した場合、水平 1 方向による応力からは約 \blacksquare MPa と微増であった。

第 4.3-4 表 水平 2 方向検討結果

評価部位	水平 1 方向 (MPa)		水平 2 方向 (MPa)	応力増分 (MPa)
	EW 地震時	NS 地震時		
隅柱				



第 4.3-4 図 水平 2 方向地震動における評価点

冷却塔の隅柱に対し、建物・構築物としての観点より水平 2 方向地震力の組合せを考慮した場合の影響として、水平 2 方向の荷重が重畳する部位である隅柱においても応力の増分は微増であり、本理由としては水平 2 方向の荷重が重畳する部位であっても実形状を模擬しているモデルを用いることにより、それぞれの水平方向地震動で応力発生点が異なるため、最大応力部位と同様に水平 2 方向の組合せによる影響は軽微であった。

5. まとめ

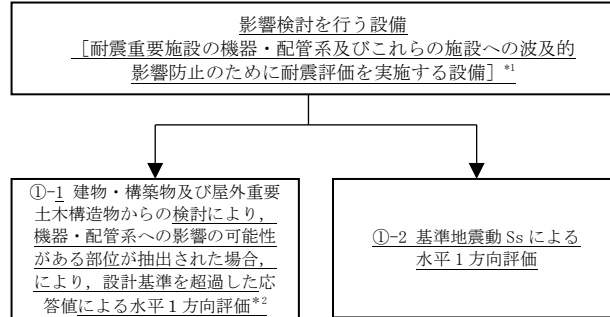
水平 2 方向に対する影響検討として、設備形状によって応答軸が明確となる場合は、影響軽微となる。その理由としては、設備の強軸と弱軸の関係から応力の発生点が異なるためである。

矩形型設備である冷却塔を例に応力増分の傾向を比較した結果、評価部位に係らず応答軸が明確な設備については、応力発生箇所が異なることにより水平 2 方向の影響は軽微である。

配管の耐震評価における水平2方向入力の影響

[水平1方向に対する対応]

①影響評価対象となる設備の整理



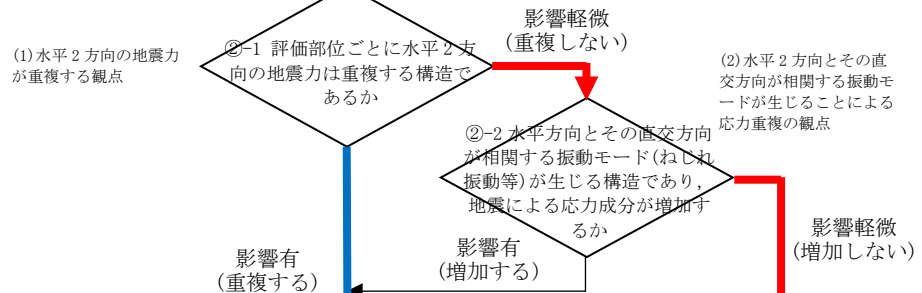
*1: 「再処理施設の技術基準に関する規則」, 「特定第一種廃棄物埋設施設又は特定廃棄物管理施設の技術基準に関する規則」及び「加工施設の技術基準に関する規則」により, 耐震評価が必要となる設備

*2: 建物・構築物等からの影響により増加した応答に対する水平1方向の結果については本資料の別紙にて示す。

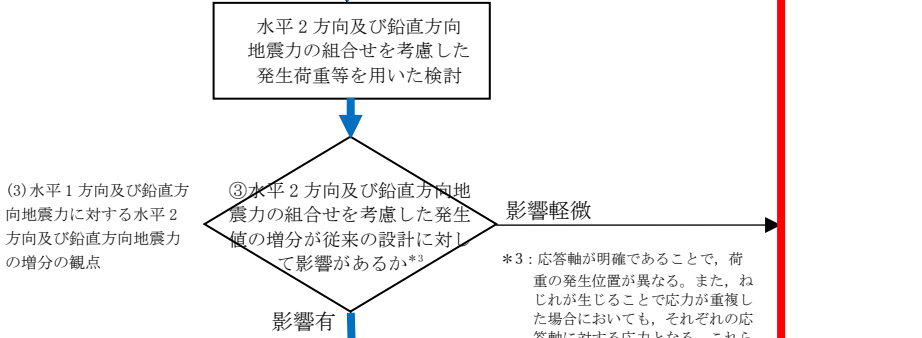
機器・配管系の水平2方向に対する影響検討は, 建物・構築物等の検討による影響を考慮した評価(①-1)及び従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価(①-2)に対して行う。

[水平2方向に対する対応]

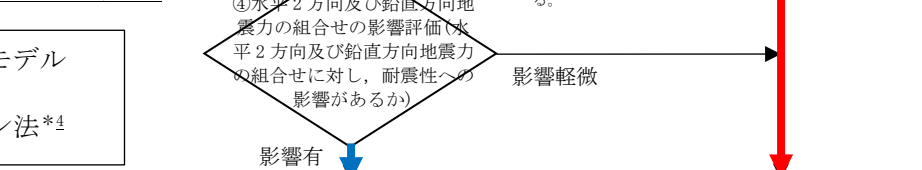
②構造上の特徴による抽出



③発生値の増分による抽出



④水平2方向及び鉛直方向地震の組合せの影響評価



→ 多質点系はりモデルによる評価
→ 定ピッチスパン法*4

*4: ②-1及び②-2において, 定ピッチスパン法の水平2方向に対する影響は軽微であると整理した詳細については3.4.2項で示す。

従来の設計手法に加えてさらなる設計上の配慮が必要な設備

従来の設計手法で水平2方向及び鉛直方向地震力に対応可能

図-1 実施工配管の水平2方向影響の整理