

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 10 R <u>8</u>
提出年月日	令和 3 年 <u>3</u> 月 <u>25</u> 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、R7 から R8 への変更箇所を示す。
2. 本資料(R8)は、12 月 22 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 R7」に対し、ヒアリングにおける主な指摘事項である配管の設計手法の違いによる形状の整理及び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. 実施内容について	1
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
2.2 水平 2 方向影響評価に対する検討内容	2
3. 水平 2 方向影響検討	4
3.1 影響評価対象設備の抽出方針	4
3.2 影響評価対象設備の抽出方法	4
3.3 影響評価対象設備の抽出結果	8
3.4 水平 2 方向の影響を軽微とする考え方	10
3.4.1 応答軸が明確である設備	10
3.4.2 標準支持間隔法を適用した配管	13
3.4.3 円筒形容器	73
3.4.4 クレーン類	81
3.4.5 円周配置のボルト	83
3.4.6 動的機能維持	87
3.4.7 電気盤	87
4. まとめ	87
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 <u>冷却塔 水平 2 方向に対する影響について</u>	
参考資料－1 <u>配管の耐震評価における水平 2 方向入力の影響</u>	

1. 概要

本資料は、再処理施設，廃棄物管理施設及び 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 方向の影響がある設備を抽出し，これら抽出した結果は設備形状の分類毎に示した上で，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は必要に応じて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」

2. 実施内容について

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 方向に対する影響検討を行う。

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分類が有る。

これら15分類の安全機能に対して耐震評価上の担保方法としては、構造強度、機能維持及び地震時未臨界評価(地震時の変形による未臨界性評価)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未臨界に対する地震時の変形となるため、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。

なお、第1回申請対象設備では構造強度評価が対象となる評価項目である*ことから、本補足説明資料には構造強度評価に対する検討内容を示し、評価結果を用いて検討内容を示す機能維持評価の考え方及び検討内容は後次回以降で示す。

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。

※：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いる。ファンの動的機能維持評価(構造強度評価)の評価内容については、補足説明資料「耐震機電14 動的機能維持に対する評価内容」で示す。

2.2 水平2方向影響評価に対する検討内容

水平2方向影響評価に対する検討としては、設計基準評価設備及び建物側の影響検討により応答値が増加した設備を対象として行う。

これら設備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、設備形状によって物理的な振動が生じる方向(以下、「応答軸」という。)が異なり、水平2方向影響の有無に違いが生じるため、形状に応じた対応が必要となる。

【検討内容】

形状に応じた水平2方向影響について、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、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。)が明確であり、設備形状及び応答軸によって影響の有無に違いが生じる。

したがって、形状に応じた対応としては、設備形状及び応答軸を確認した上で、水平方向地震力が2方向から作用した場合に、同程度の水平方向地震力が重なり合うことで応力増加が発生する可能性のある設備の選定を行う。

また、水平2方向影響によるもう一つの影響としては、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。

<水平2方向影響評価対象設備抽出における発生応力増加の観点>

- (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

さらに、上記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。

<水平2方向影響評価対象設備抽出における応力増分の観点>

- (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

上記の(1)及び(2)いずれかにて選定した発生応力が増加する可能性がある設備に対

し、(3)で設備の応答軸が明確ではなく応力の増分が大きい形状である設備を水平2方向影響有と判断する。

【判断基準】

影響有無の判断基準としては、評価条件等の各種余裕を踏まえ応力の増分10%程度としている。

また、応力の増分が10%を超えても影響軽微と判断できる場合は、個別に影響軽微とした考え方を示す。

次項では、上記に示す3つの観点により各設備形状に対して、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の有無を整理し、影響評価対象設備の抽出を行う。

3. 水平2方向影響検討

3.1 影響評価対象設備の抽出方針

水平2方向影響は、設備形状によって応答軸の明確さや、ねじれによる応力成分の重複などの影響が異なることから、設計基準の耐震評価と同様に、基本方針における計算式の分類に基づき、影響評価対象設備の抽出を行う。

また、建物・構築物の影響検討により、機器・配管系への影響の可能性がある部位が抽出された場合は、耐震性への影響が懸念される設備を抽出し、影響評価を行う。(影響評価対象設備の抽出、水平1方向の評価結果等については、補足説明資料「建物・構築物の3次元的な応答に対する機器・配管系への影響検討(仮称)」の中で整理する)。

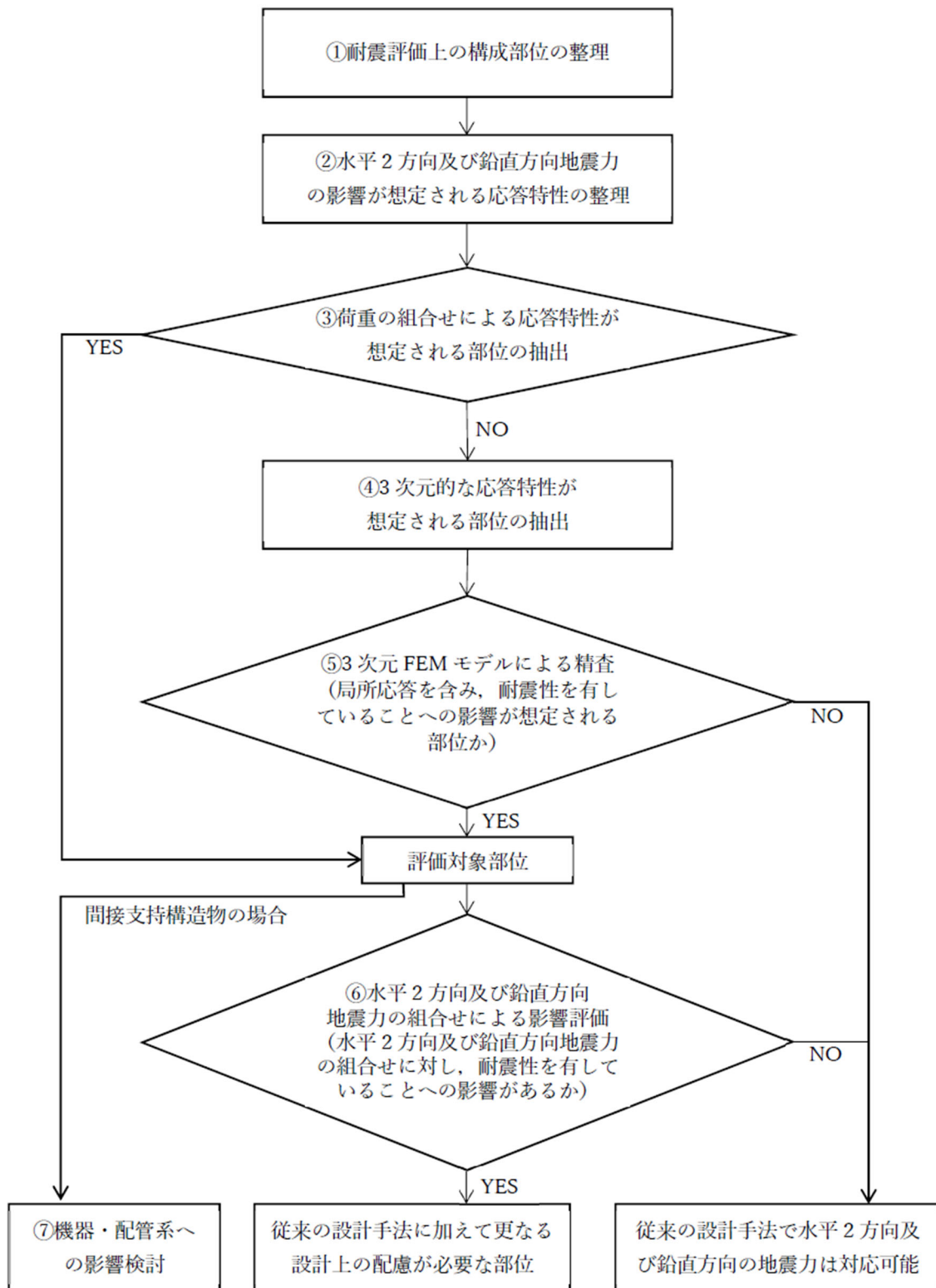
3.2 影響評価対象設備の抽出方法

水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する影響評価対象設備は、構造強度評価、機能維持評価及び地震時未臨界評価の評価項目を対象とする。

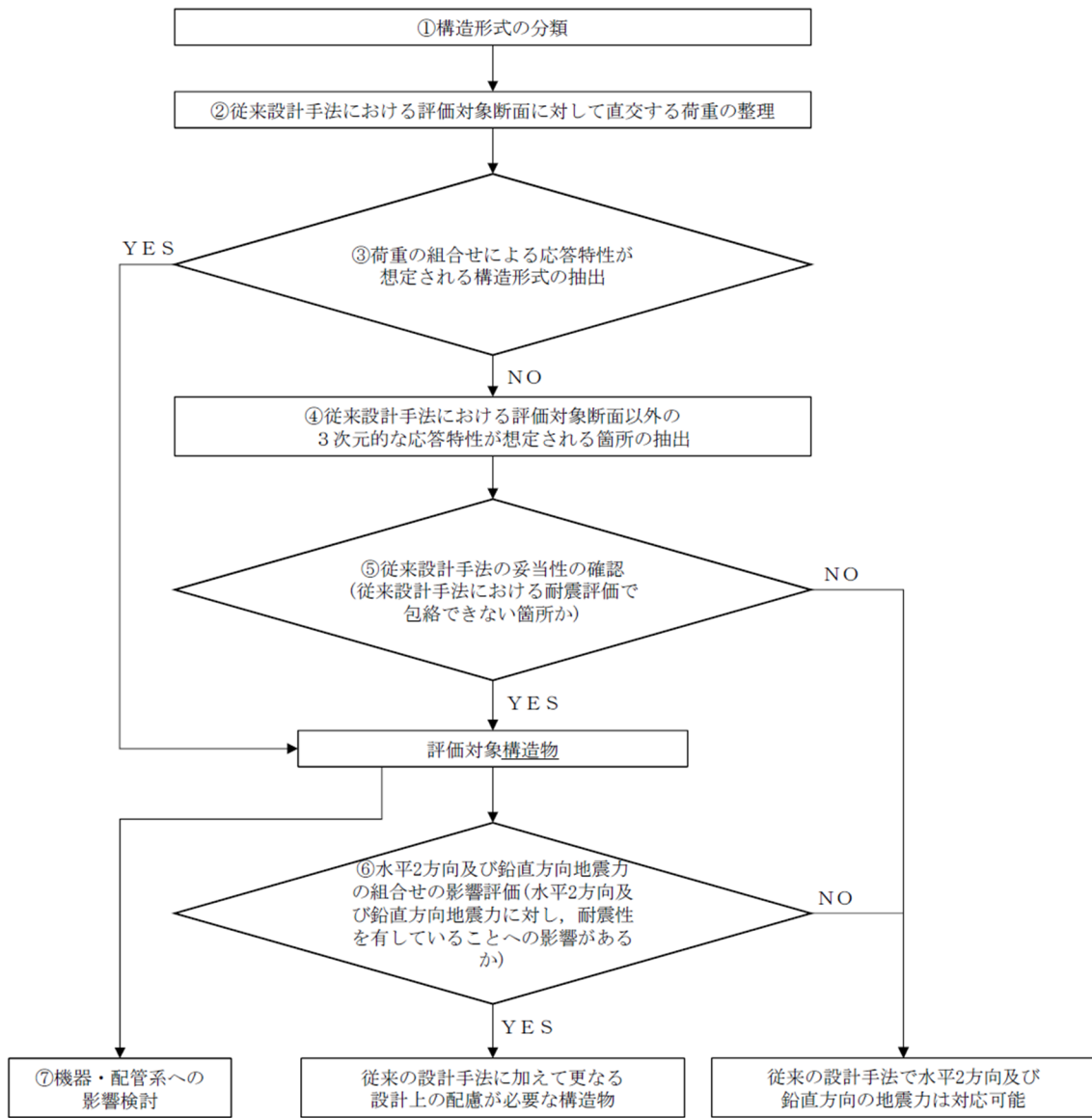
ここで、設備に対する地震時の変形は、構造強度評価における応力が発生する場合の変形であり、応力と変形は地震に対し同じ関係性となるため、水平2方向の検討において地震時変位の評価項目は構造強度評価に含まれるものとして、構造強度評価及び機能維持評価を対象とする。なお、ここに示す機能維持評価には構造強度評価によって機能維持を示す評価を含む。

水平2方向を考慮することにより従来手法の地震力を上回る可能性がある設備形状に対し、2.2項に示した3つの観点により影響評価対象設備を抽出する。

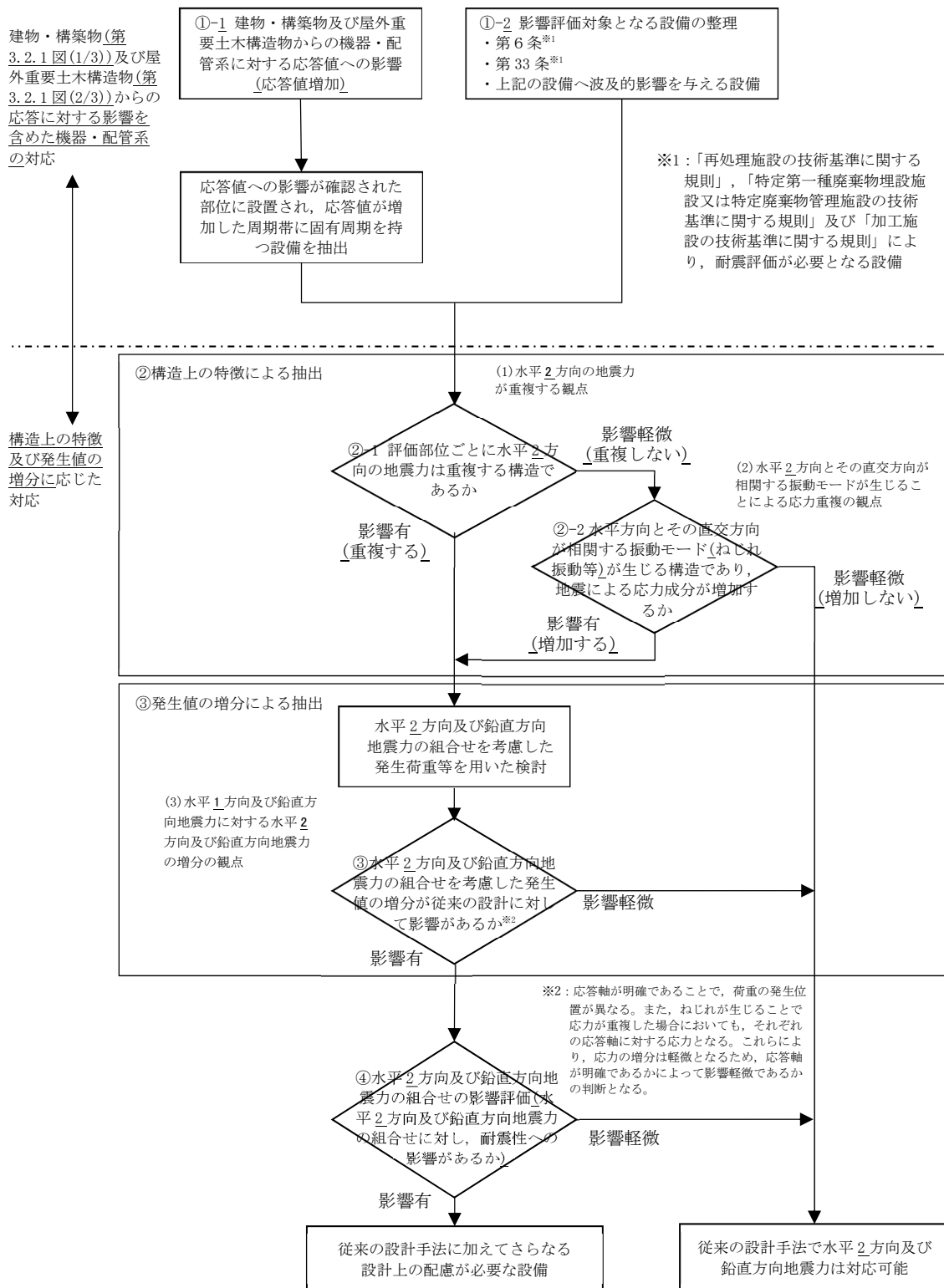
水平2方向の影響検討について、建物・構築物から機器・配管系への影響も含めた全体像を示すため、建物・構築物及び屋外重要土木構造物側の影響検討フロー並びに機器・配管系の影響検討フローを第3.2-1図に示す。



第 3. 2-1 図(1/3) 水平 2 方向影響検討フロー(建物・構築物)



第 3. 2-1 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))



第 3.2-1 図(3/3) 水平2方向影響検討フロー(機器・配管系)

3.3 影響評価対象設備の抽出結果

3.1 項の方針及び 3.2 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 3.4.2 項に示す。

第 3.3-1 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 3.3-1 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。

3.4 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。

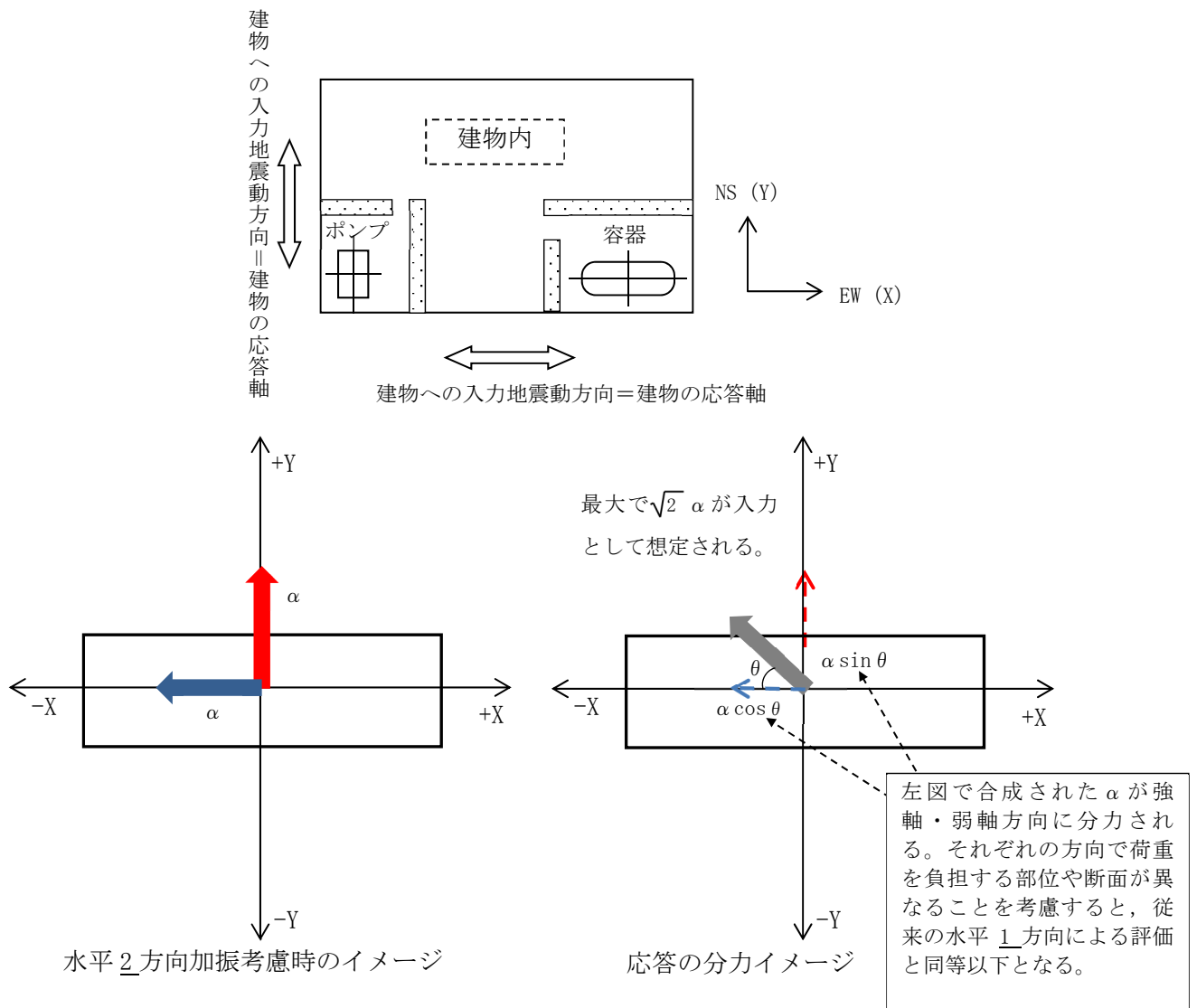
3.4.1 応答軸が明確である設備

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する。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 3.4.1-1 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。

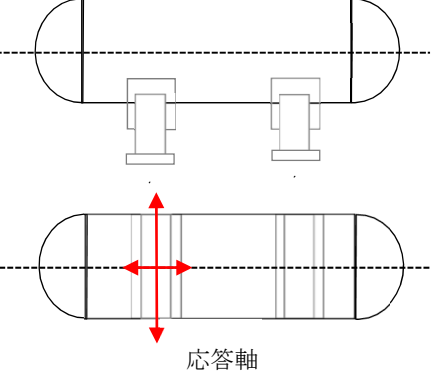
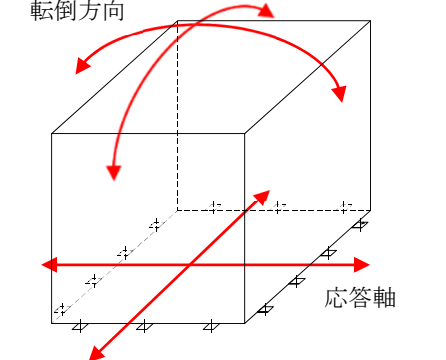
設計手法として NS・EW 方向を包絡した地震力(床応答曲線等)を入力して保守的な評価を実施していることも考えると、応答軸が明確である設備については、水平 2 方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微である。



第 3.4.1-1 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 3.4.1-1 表に応答軸が明確である設備の例を示す。

第 3.4.1-1 表 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，脚支持設備，矩形型設備，平板型設備，躯体一体型設備		横置型設備は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確であることから，応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。 このため，構造上応答軸が明確である設備については同様の扱いとする。	NS・EW包絡地震力を用いている。
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		空調ファン等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向の剛性が高く，水平地震力に対して斜め方向へ転倒することなく，弱軸/強軸方向にしか応答せず，その方向に地震を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡地震力を用いている。

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)。

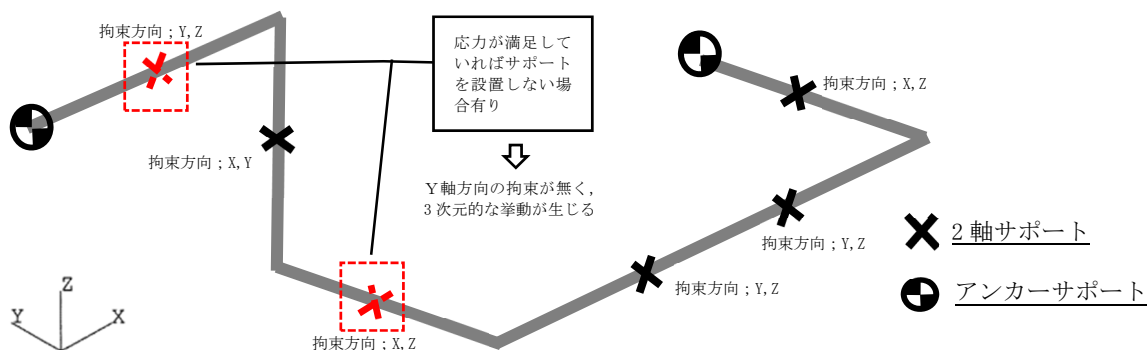
3.4.2 標準支持間隔法を適用した配管

3.4.2.1 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

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。

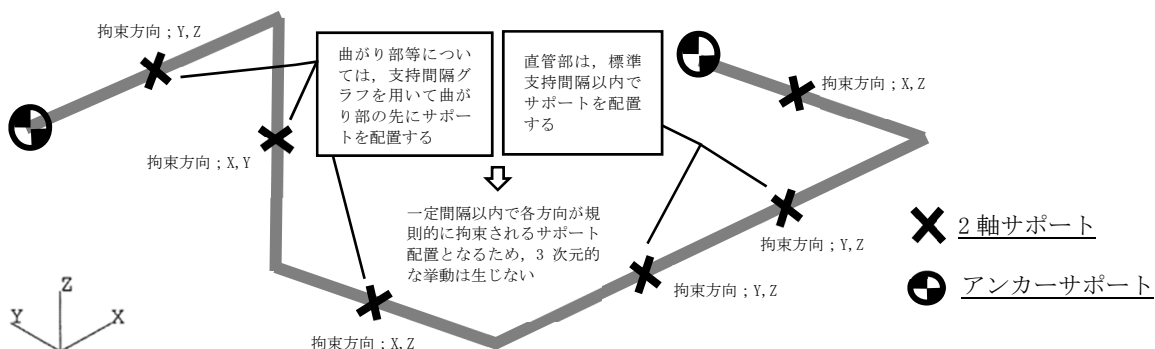
配管の設計手法は、定ピッチスパン法の外、多質点系はりモデルによる設計手法があり、サポート配置の違いにより設備形状が異なる。ここでは各設計手法に応じた設備形状の違いについて示す。

多質点系はりモデルによる設計は、配管全体の応力が満足していれば、X, Y, Zの各3方向のうちいずれかの方向で拘束点が無いことが想定されるため、配管サポートの配置によっては3次元的な挙動が生じる可能性があるサポート配置となっている。



第3.4.2.1-1図 多質点系はりモデルにより設計する配管配置例

一方、定ピッチスパン法による設計は、X, Y, Zの各3方向を標準支持間隔以内で拘束するため、一定間隔以内で規則的にサポートを配置し各方向が拘束される形状となることから3次元的な挙動を抑制するサポート配置となっている。



第3.4.2.1-2図 定ピッチスパン法により設計する配管配置例

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。

以上より、定ピッチスパン法により設計した配管系は3次元的な挙動を抑制する形状であるため、水平2方向の影響に対しては影響軽微と整理している。次項より定ピッチスパン法を水平2方向の影響軽微とした検討結果を示す。

3.4.2.2 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と鉛直配管の各々に対する検討結果を示す。

(1) 配管(水平)

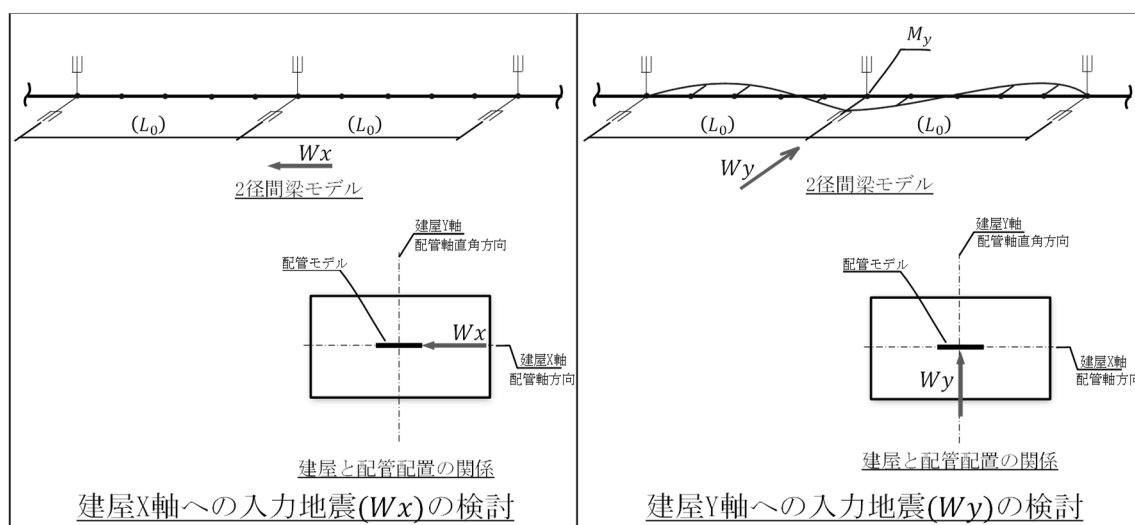
定ピッチスパン法は、2スパン3点支持にて直管のモデルを組んでおり、配管にかかる荷重はせん断、ねじり及び曲げがあるが、主となる荷重は曲げによる荷重となる。曲げによる荷重は配管の軸直角方向に作用する荷重であり、配管の軸方向側には作用しない。そのため、検討は曲げ応力に着目し、配管の軸直角方向に作用する地震力に対して検討を行う。

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3.4.2.2-1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。

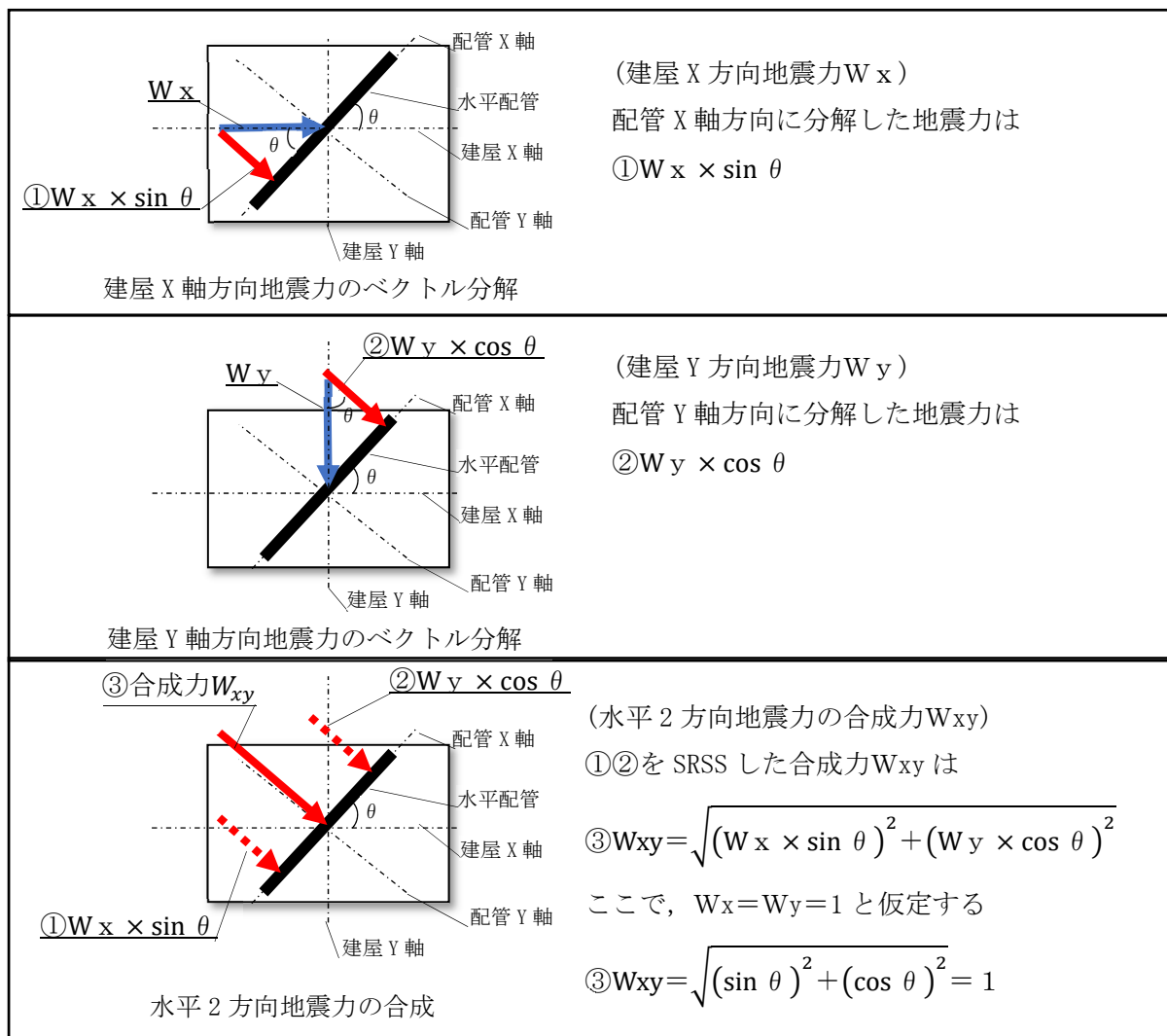
これら定ピッチスパン法における水平地震力の適用においては、X方向とY方向を包絡した加速度を適用しているため、水平1方向と水平2方向は同等となる。



第3.4.2.2-1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3.4.2.2-2図に示す。



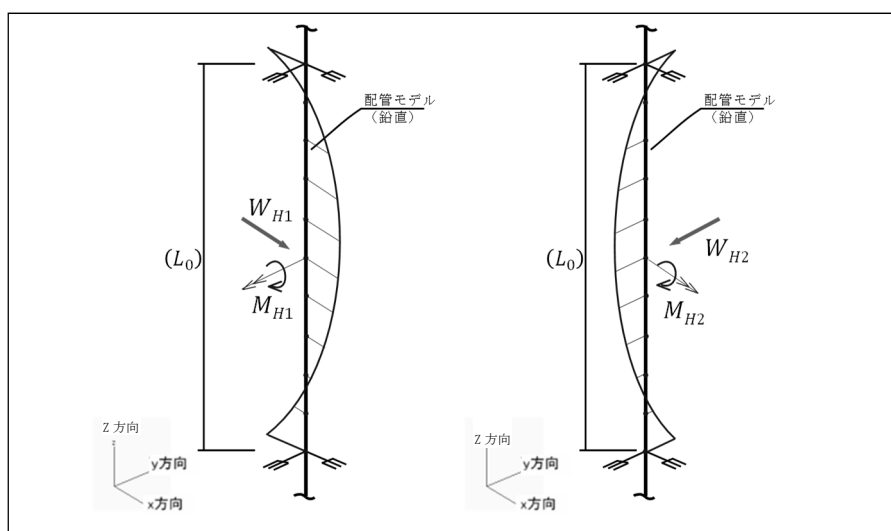
第3.4.2.2-2図 建屋応答軸と角度を有した配管配置

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3.4.2.2-3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3.4.2.2-3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3.4.2.2-1表に示す。

第3.4.2.2-1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)

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

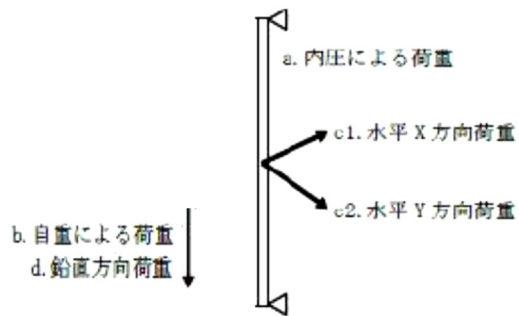
軸直角方向に生じる応力

応力の組み合わせを表として示したものを第3.4.2.2-2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3.4.2.2-4図に示す。

第3.4.2.2-2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3.4.2.2-4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3.4.2.2-3表～第3.4.2.2-6表に示す。

第3.4.2.2-3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3.4.2.2-4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3.4.2.2-5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3.4.2.2-6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3.4.2.2-3表～第3.4.2.2-6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。

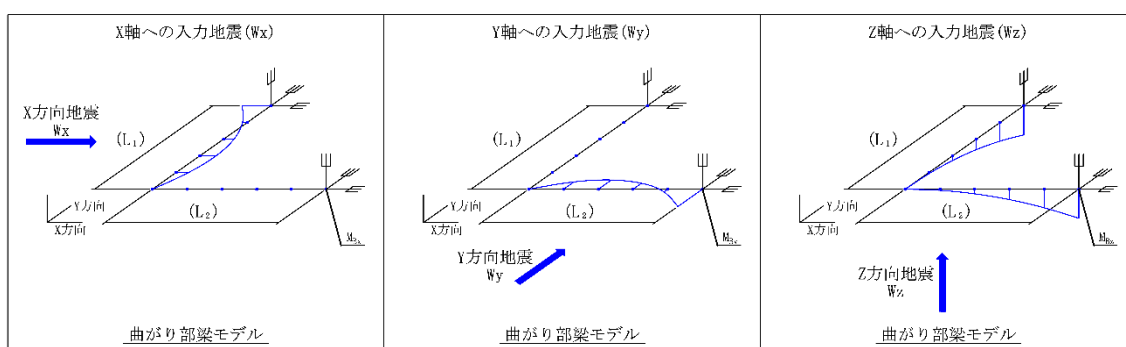
本傾向に対して、安全冷却水B冷却塔の加速度比は、鉛直地震に対して水平地震の

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。

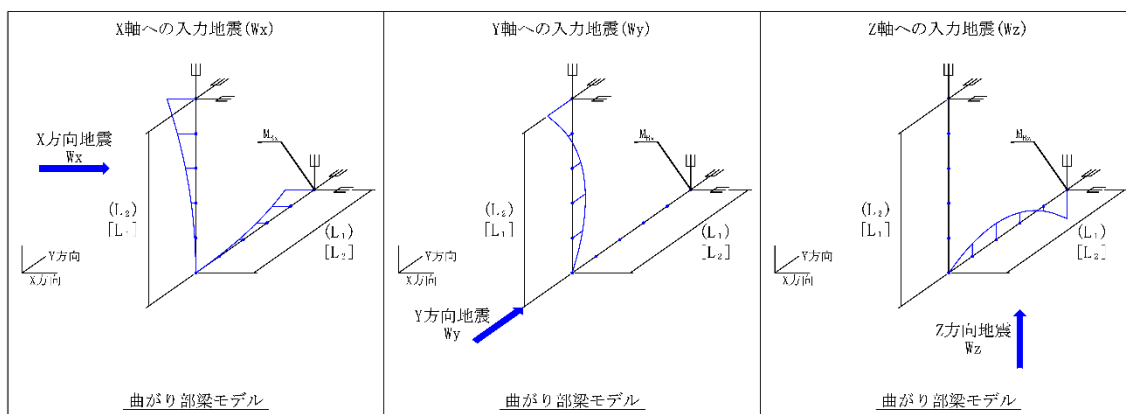
後次回申請におけるその他の建屋の示し方としては，本資料にて，定ピッチ評価に用いる谷埋め及びピーク保持した床応答スペクトルの加速度比較結果を全建屋分示した上で，2.5倍を超過する建屋の配管については，安全冷却水B冷却塔の配管同様，水平1方向及び水平2方向入力の評価結果を示す。

(3) 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3.4.2.2-5図中の L_1 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3.4.2.2-5図(1/2) 配管(曲がり部)モデル



第3.4.2.2-5図(2/2) 配管(曲がり部)モデル

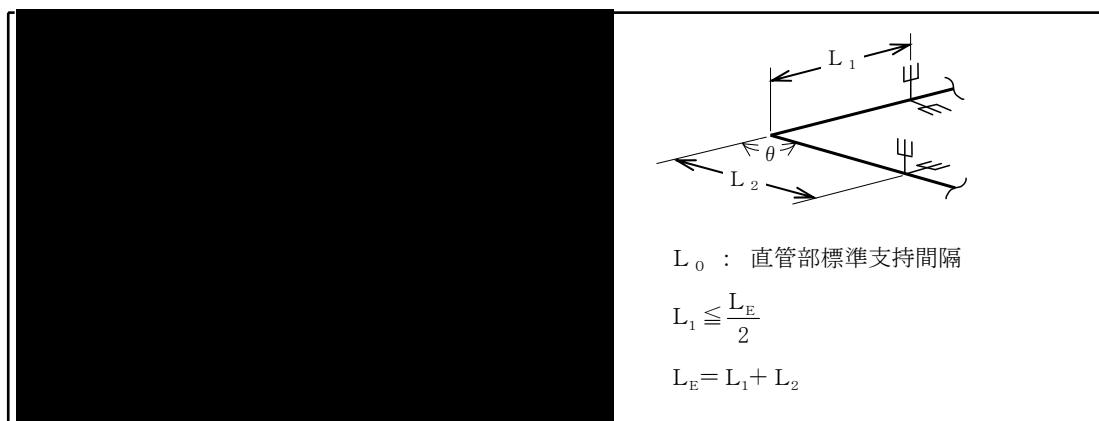
また、建屋応答軸と角度を有した配管(曲がり部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

水平2方向入力の影響を検討するため、曲がり部の長さ比(L_1/L_E)と曲がり部の角度(θ)をパラメータとした第3.4.2.2-7表の8ケースについて評価を行う。

第3.4.2.2-7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3.4.2.2-6図 曲がり部支持間隔グラフ

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における曲がり部の長さ比(L_1/L_E)と曲がり部の角度(θ)をパラメータとした8ケースについて評価を行った。

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_{SRSS})の結果を第3.4.2.2-8表に整理する。

第3.4.2.2-8表より、水平2方向+鉛直方向入力を受ける曲がり部配管の最大荷重はケース1及びケース5に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大荷重はケース1に生じている。これら水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.00であり、水平2方向入力の影響は軽微と言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース1について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-9表に示す。

他ケースはいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生荷重がケース1及び5の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって、「定ピッチスパン法」における配管(曲がり部)は、水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題とならないことを確認した。

第3.4.2.2-8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			最大値の比率 ②/①
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{SRSS}	
水平配管	1	0.415	M_{xz}	0.415	1.000 (1方向最大)	0.415	0.585	1.000 (2方向最大)
			M_{yz}	0.585				
	2	0.463	M_{xz}	0.472		0.463	0.505	
			M_{yz}	0.498				
	3	0.403	M_{xz}	0.409		0.403	0.435	
			M_{yz}	0.435				
	4	0.463	M_{xz}	0.464		0.463	0.505	
			M_{yz}	0.505				
5	0.415	M_{xz}	0.462	0.415	0.585			
		M_{yz}	0.548					
6	0.415	M_{xz}	0.415	0.415	0.582			
		M_{yz}	0.582					
7	0.446	M_{xz}	0.453	0.446	0.453			
		M_{yz}	0.446					
8	0.325	M_{xz}	0.335	0.325	0.335			
		M_{yz}	0.335					
鉛直配管	1	0.204	M_{xz}	0.462	1.000 (1方向最大)	0.204	0.585	1.000 (2方向最大)
			M_{yz}	0.413				
	2	0.118	M_{xz}	0.464		0.118	0.505	
			M_{yz}	0.261				
	3	0.065	M_{xz}	0.409		0.065	0.435	
			M_{yz}	0.164				
	4	0.089	M_{xz}	0.472		0.089	0.505	
			M_{yz}	0.261				
5	0.082	M_{xz}	0.415	0.082	0.585			
		M_{yz}	0.413					
6	0.117	M_{xz}	0.415	0.117	0.582			
		M_{yz}	0.409					
7	0.083	M_{xz}	0.453	0.083	0.453			
		M_{yz}	0.223					
8	0.081	M_{xz}	0.335	0.081	0.335			
		M_{yz}	0.081					

注記 * : $W_x=W_y=W_z$ 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。

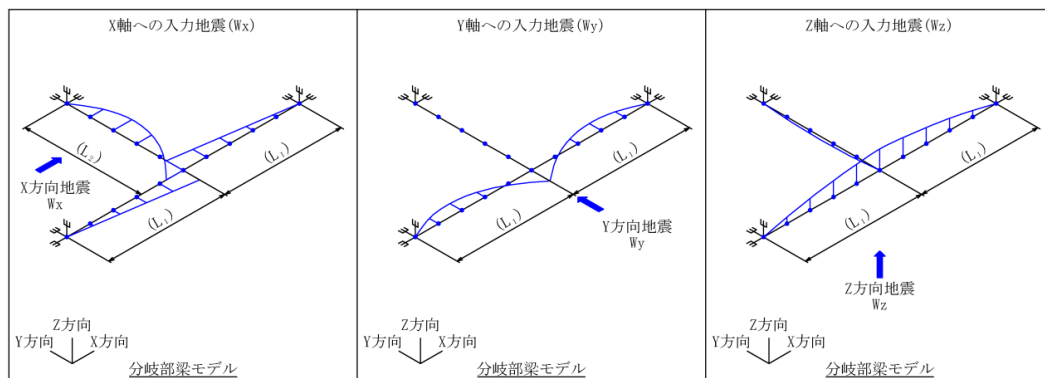
第3.4.2.2-9表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(N・mm)

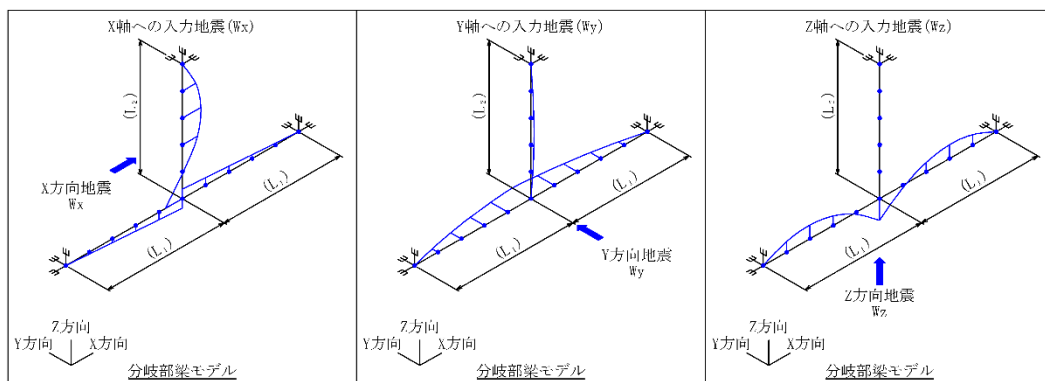
モデル	CASE	M_a	M_x, M_y, M_z		水平1方向入力		水平2方向入力
					$M_a + \sqrt{(M_x^2 + M_z^2)}$	$M_a + \sqrt{(M_y^2 + M_z^2)}$	$M_a + \sqrt{(M_x^2 + M_y^2 + M_z^2)}$
水平配管	1	3.701×10^6	M_x	2.357×10^4	7.402×10^6	8.922×10^6	8.922×10^6
			M_y	3.682×10^6			
			M_z	3.701×10^6			
鉛直配管	1	1.821×10^6	M_x	3.701×10^6	5.945×10^6	5.503×10^6	7.041×10^6
			M_y	3.201×10^6			
			M_z	1.821×10^6			

(4) 配管(分岐部)

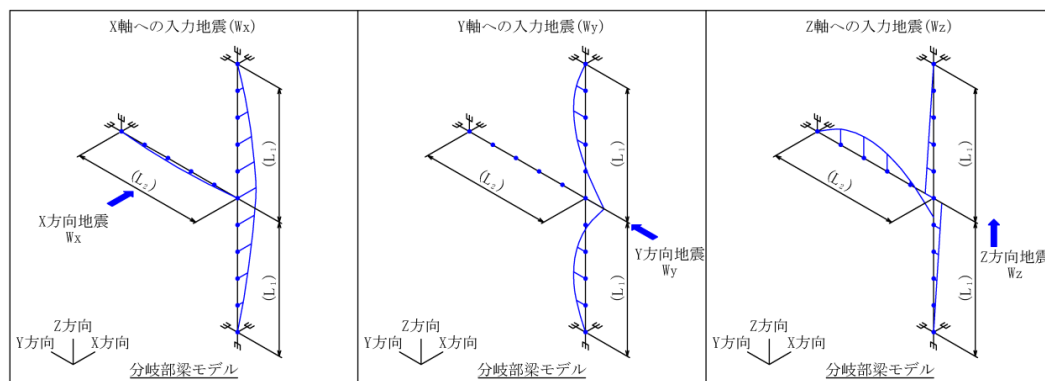
配管(分岐部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向の大きさを1Gで設定し、第3.4.2.2-7図中の L_B の長さを0.2~0.8(0.2刻み)とした各ケースについて、水平1方向入力に対する水平2方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第3.4.2.2-7図(1/3) 配管(分岐部)モデル



第3.4.2.2-7図(2/3) 配管(分岐部)モデル



第3.4.2.2-7図(3/3) 配管(分岐部)モデル

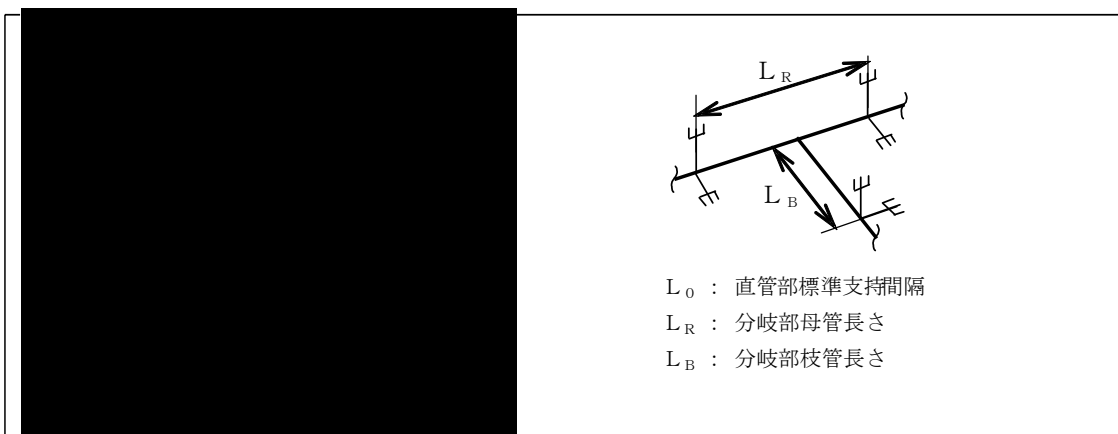
また、建屋応答軸と角度を有した配管(分岐部)配置についても、各方向の地震の力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

水平2方向入力の影響を検討するため、分岐部の長さ比(L_B/L_0)をパラメータとした第3.4.2.2-10表の4ケースについて評価を行う。

第3.4.2.2-10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3.4.2.2-8図 分岐部支持間隔グラフ

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における分岐部のスパン比(L_B/L_0)をパラメータとした4ケースについて評価を行った。第3.4.2.2-11表に、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_{SRSS})の結果を整理する。

第3.4.2.2-11表より、水平2方向+鉛直方向入力を受ける分岐部配管の最大荷重はケース1に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大荷重も同様にケース1に生じている。このケース1における水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.00であり、2方向入力の影響は軽微と言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース1について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-12表に示す。

ケース2, 3, 4はいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生荷重がケース1の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって、「定ピ

「ツチスパン法」における配管(分岐部)は、水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題とならないことを確認した。

第3.4.2.2-11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			最大値の比率 ②/①
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{SRSS}	
水平配管	1	0.496	M_{xz}	0.496	1.000 (1方向最大)	0.496	0.504	1.000 (2方向最大)
			M_{yz}	0.504				
	2	0.484	M_{xz}	0.484		0.484	0.488	
			M_{yz}	0.487				
	3	0.463	M_{xz}	0.466		0.463	0.467	
			M_{yz}	0.464				
	4	0.434	M_{xz}	0.446		0.434	0.446	
			M_{yz}	0.434				
鉛直配管(1)	1	0.086	M_{xz}	0.086	1.000 (1方向最大)	0.086	0.504	1.000 (2方向最大)
			M_{yz}	0.504				
	2	0.058	M_{xz}	0.060		0.058	0.488	
			M_{yz}	0.487				
	3	0.053	M_{xz}	0.100		0.053	0.467	
			M_{yz}	0.464				
	4	0.055	M_{xz}	0.201		0.055	0.446	
			M_{yz}	0.434				
鉛直配管(2)	1	0.022	M_{xz}	0.496	1.000 (1方向最大)	0.022	0.504	1.000 (2方向最大)
			M_{yz}	0.086				
	2	0.052	M_{xz}	0.484		0.052	0.488	
			M_{yz}	0.060				
	3	0.100	M_{xz}	0.466		0.100	0.467	
			M_{yz}	0.100				
	4	0.201	M_{xz}	0.446		0.201	0.446	
			M_{yz}	0.201				

注記 * : $W_x=W_y=W_z$ 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。

第3.4.2.2-12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)

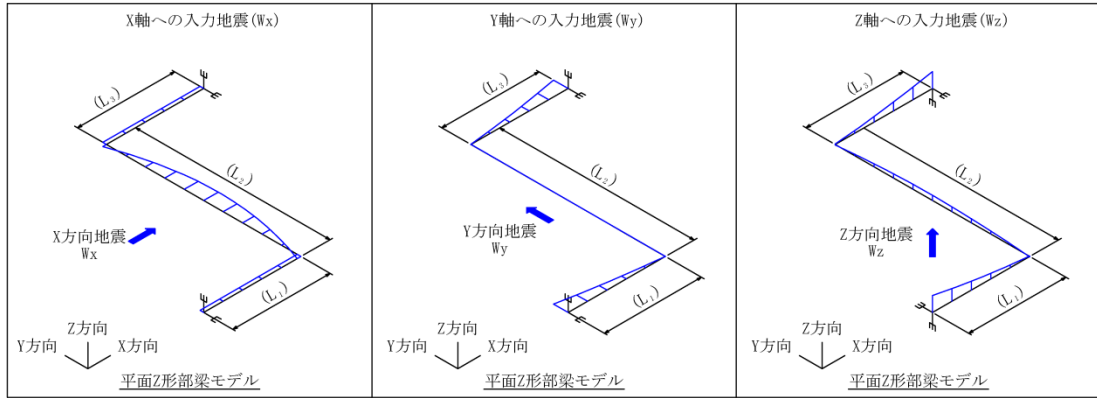
モデル	CASE	M _a	M _x , M _y , M _z		水平1方向入力		水平2方向入力
					M _a +√(M _x ² +M _z ²)	M _a +√(M _y ² +M _z ²)	M _a +√(M _x ² +M _y ² +M _z ²)
水平配管	1	7.821 ×10 ⁶	M _x	8.779 ×10 ⁴	1.564×10 ⁷	1.576×10 ⁷	1.576×10 ⁷
			M _y	1.355 ×10 ⁶			
			M _z	7.821 ×10 ⁶			
鉛直配管 (1)	1	1.355 ×10 ⁶	M _x	8.779 ×10 ⁴	2.713×10 ⁶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

(5) 配管(集中部)

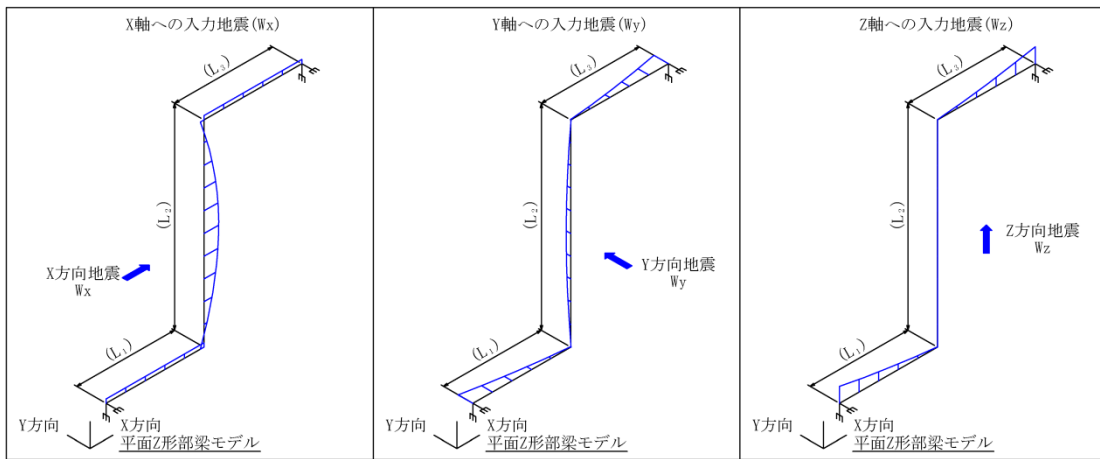
配管(集中部)について、直管部に集中重量物を考慮した形状であり、直管の水平2方向の対応と同じ結果となるため、水平2方向の地震力の影響は軽微である。

(6) 配管(平面Z形部)の影響評価

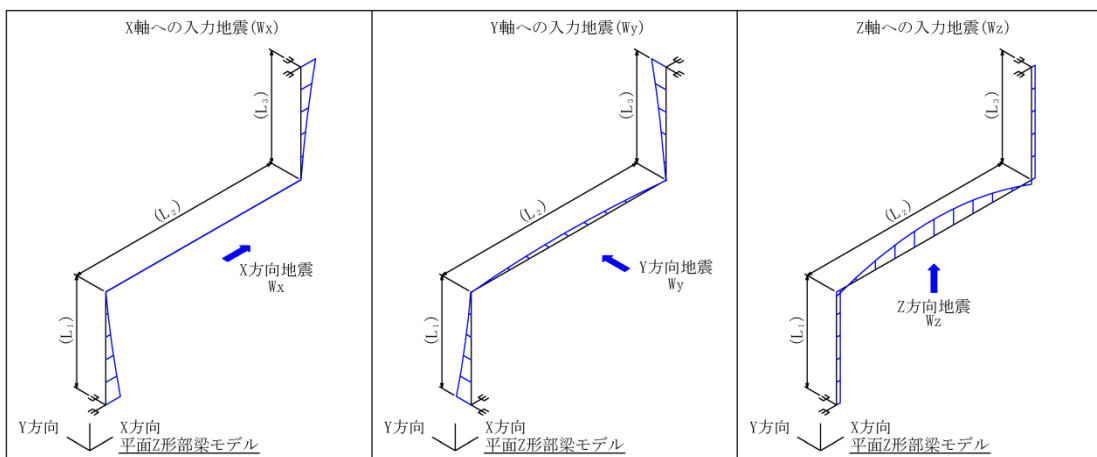
配管(平面Z形部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平各方向及び鉛直方向の大きさを1Gで設定し、第3.4.2.2-9図中のL₁の長さを0.1~0.3(0.1刻み)とし、各ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向+鉛直方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第3.4.2.2-9図(1/3) 配管モデル(1)



第3.4.2.2-9図(2/3) 配管モデル(2)



第3.4.2.2-9図(3/3) 配管モデル(3)

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

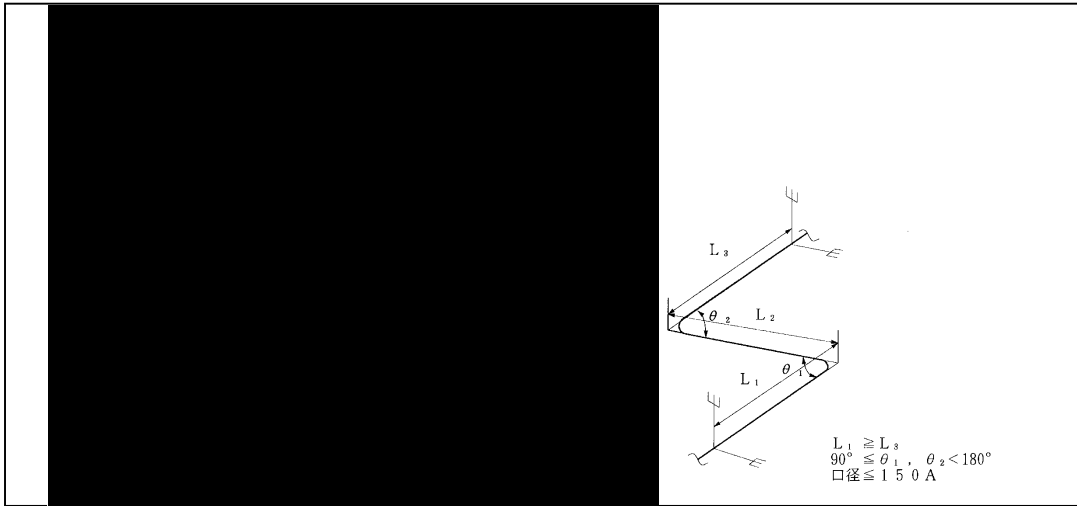
の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1 : 1と仮定しても水平1方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

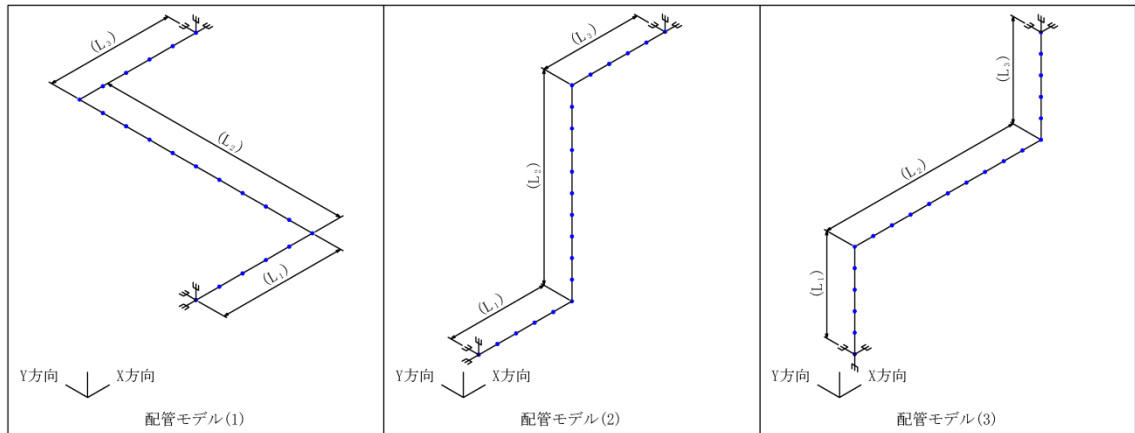
水平2方向入力の影響を検討するため、支持間隔比 (L_1/L_0) をパラメータとした第3.4.2.2-13表の3ケースについて評価を行う。

第3.4.2.2-13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3.4.2.2-10図(1/2) 平面Z形部支持間隔グラフ



第3.4.2.2-10図(2/2) 配管(平面Z形部)モデル

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における平面Z形部の支持間隔比 (L_1/L_0) をパラメータとした3ケースについて評価を行った。第3.4.2.2-14表に水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重 (M_{xz} , M_{yz}) と水平2方向+鉛直方向入力における合成力 (M_{SRSS}) の結果を整理する。

第3.4.2.2-14表より水平2方向+鉛直方向入力を受ける平面Z形部の最大荷重はケース3に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大荷重も同様にケース3に生じている。このケース3における水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.00であり、水平2方向入力の影響は軽微であると言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース3について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-15表に示す。

ケース1, 2はいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生荷重がケース3の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって、「定ピッチスパン法」における配管(平面Z形部)は水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題となることはないことを確認した。

第3.4.2.2-14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			最大値の比率 ②/①
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{SRSS}	② Max (M_a+M_{SRSS})	
水平配管	1	0.317	M_{xz}	0.341	1.000 (1方向最大)	0.317	0.464	1.000 (2方向最大)	1.00
			M_{yz}	0.456					
	2	0.390	M_{xz}	0.390		0.390	0.551		
			M_{yz}	0.551					
	3	0.415	M_{xz}	0.415		0.415	0.585		
			M_{yz}	0.585					
鉛直配管(1)	1	0.327	M_{xz}	0.339	1.000 (1方向最大)	0.327	0.464	1.000 (2方向最大)	1.00
			M_{yz}	0.456					
	2	0.390	M_{xz}	0.390		0.390	0.551		
			M_{yz}	0.551					
	3	0.412	M_{xz}	0.412		0.412	0.585		
			M_{yz}	0.585					
鉛直配管(2)	1	0.204	M_{xz}	0.339	1.000 (1方向最大)	0.204	0.464	1.000 (2方向最大)	1.00
			M_{yz}	0.341					
	2	0.105	M_{xz}	0.390		0.105	0.551		
			M_{yz}	0.390					
	3	0.030	M_{xz}	0.412		0.030	0.585		
			M_{yz}	0.415					

注記 * : $W_x=W_y=W_z$ 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。

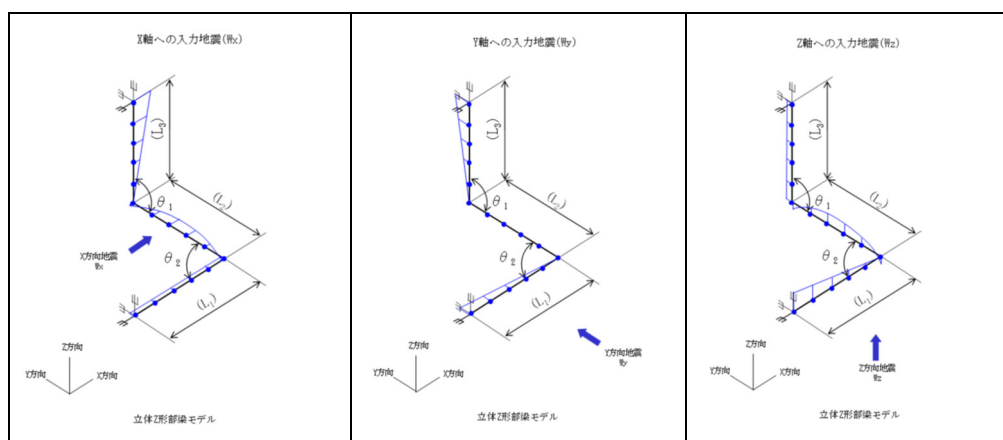
第3.4.2.2-15表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(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			

(7) 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3.4.2.2-11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3.4.2.2-11図 配管(立体Z形部)モデル

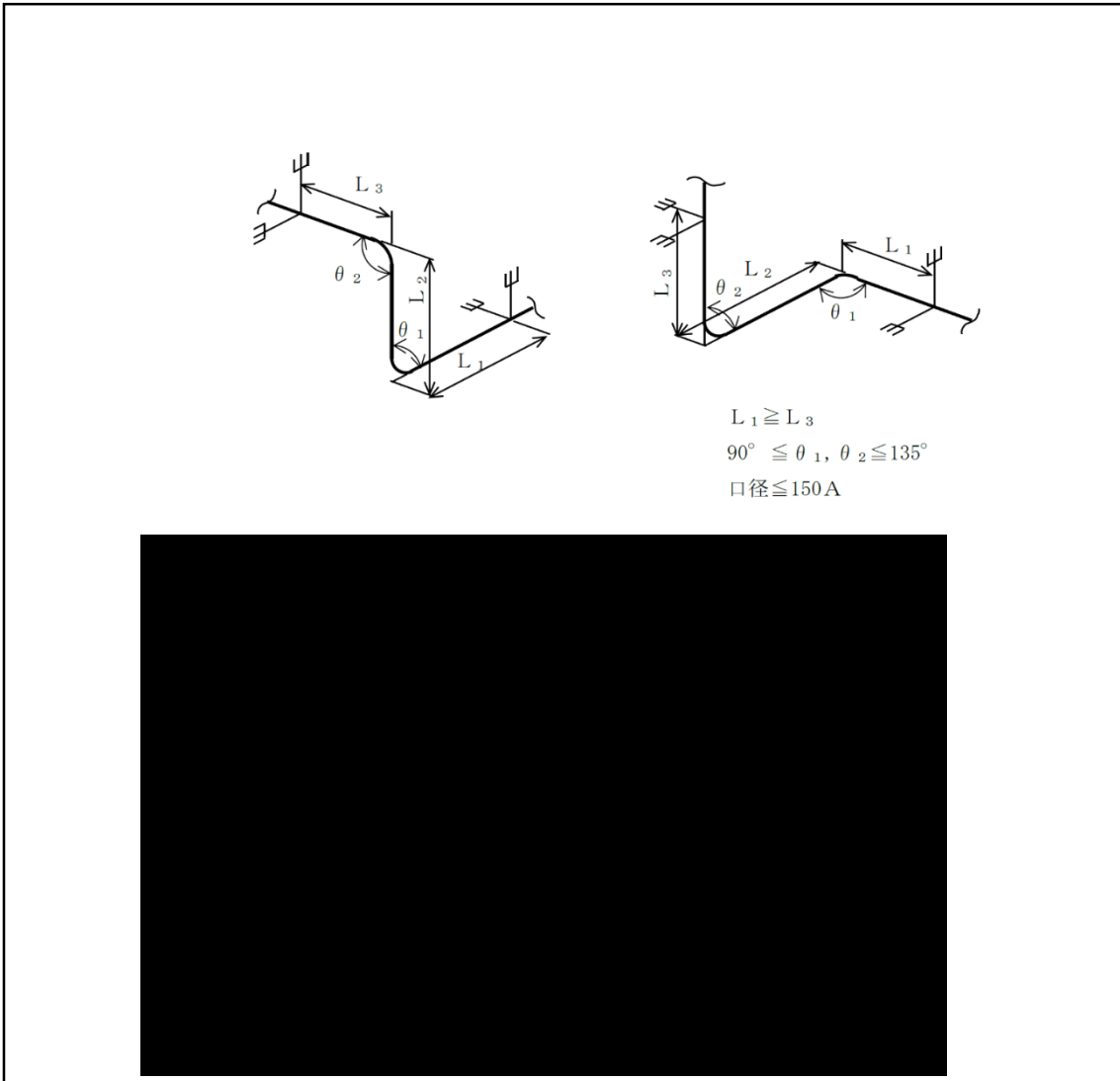
また、建屋応答軸と角度を有した配管(立体Z形部)配置についても、各方向の地震の分力が曲げ荷重となるため、それぞれの方向の地震力の大きさを1:1と仮定しても水平1方向+鉛直方向の地震力と同等となる。

① 評価ケース

水平2方向入力の影響を検討するため、支持間隔比(L_1/L_0)と曲がり部の角度(θ_2)をパラメータとした第3.4.2.2-16表の8ケースについて評価を行う。

第3.4.2.2-16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
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				



第3.4.2.2-12図 立体Z形部支持間隔グラフ

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における曲がり部の支持間隔比(L_2/L_0)と曲がり部の角度(θ_2)をパラメータとした8ケースについて評価を行った。

水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重($\text{Max}(M_{xz}, M_{yz})$)と水平2方向+鉛直方向入力による合成力(M_{SRSS})の結果を第3.4.2.2-17表に整理する。

第3.4.2.2-17表より、水平2方向+鉛直方向入力を受ける立体Z形部配管の最大荷重はケース8に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大荷重も同様にケース8に生じている。このケース8における水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.00であり、水平2方向入力の影響は軽微と言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース8について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-18表に示す。

他ケースはいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生荷重がケース8の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって、「定ピッチスパン法」における配管(立体Z形部)は、水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題とならないことを確認した。

第3.4.2.2-17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			最大値の比率 ②/①	
	自重 M_a	M_{xz}, M_{yz}^*		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{SRSS}		② Max (M_a+M_{SRSS})
1	0.246	M_{xz}	0.247	1.000 (1方向最大)	0.246	0.399	1.002 (2方向最大)	1.00
		M_{yz}	0.399					
2	0.342	M_{xz}	0.344		0.342	0.478		
		M_{yz}	0.477					
3	0.361	M_{xz}	0.362		0.361	0.482		
		M_{yz}	0.481					
4	0.207	M_{xz}	0.210		0.207	0.365		
		M_{yz}	0.363					
5	0.322	M_{xz}	0.329	0.322	0.468			
		M_{yz}	0.463					
6	0.399	M_{xz}	0.404	0.399	0.534			
		M_{yz}	0.530					
7	0.370	M_{xz}	0.371	0.370	0.474			
		M_{yz}	0.473					
8	0.440	M_{xz}	0.442	0.440	0.562			
		M_{yz}	0.560					

注記 * : $W_x=W_y=W_z$ の比率を 1:1:1 とし、曲げ荷重を算出

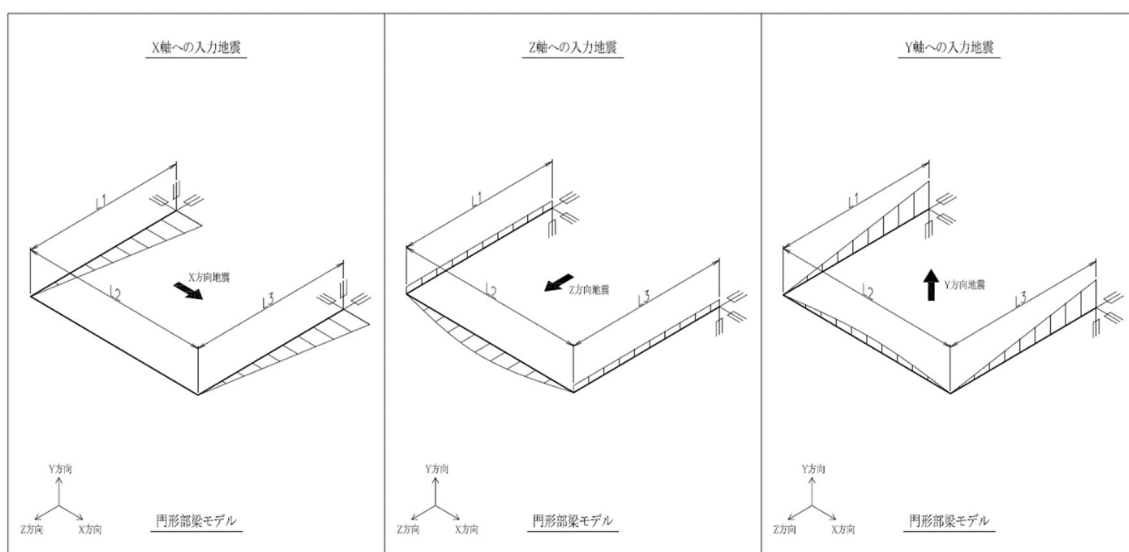
内圧に関しては一律に同じ値が発生するため、内圧を考慮したとしても結果は変わらない。

第3.4.2.2-18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)

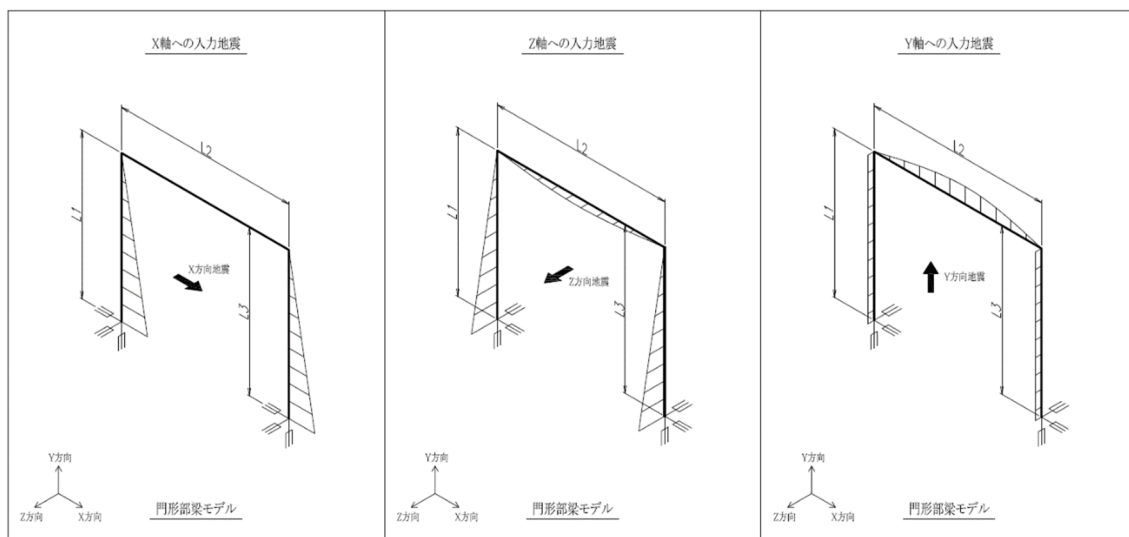
CASE	M_a	M_x, M_y, M_z		水平1方向入力		水平2方向入力
				$M_a+\sqrt{(M_x^2+M_z^2)}$	$M_a+\sqrt{(M_y^2+M_z^2)}$	$M_a+\sqrt{(M_x^2+M_y^2+M_z^2)}$
8	1.514×10^6	M_x	1.464×10^6	3.035×10^6	3.445×10^6	3.450×10^6
		M_y	1.198×10^6			
		M_z	1.514×10^6			

(8) 配管(門形部)

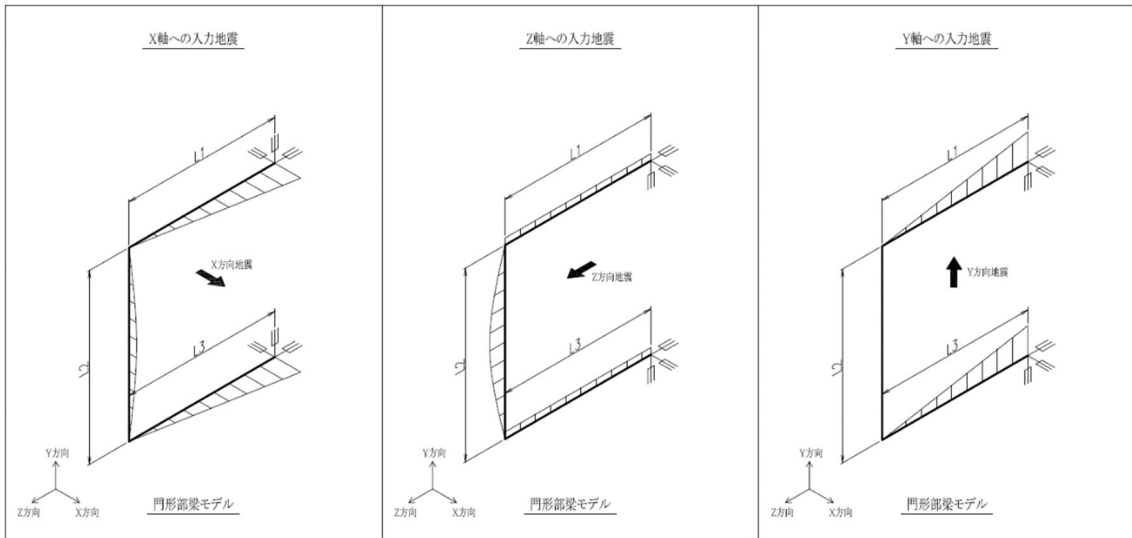
配管(門形部)について、建屋応答軸に沿った(又は直交した)配管配置で水平2方向の地震力を考慮した場合、水平及び鉛直の地震力の大きさを1Gで設定し、第3.4.2.2-13図中の L_2 の長さを直管部支持間隔値(L_0)に対する $0.1\sim 0.6(L_2/L_0)$ とし、各ケースについて、水平1方向+鉛直方向入力の曲げ荷重に対する水平2方向+鉛直方向入力の発生値を検討した結果、それぞれの曲げ荷重の最大値は同等であり、水平2方向の地震力の影響は軽微であることを確認している。水平1方向入力と水平2方向入力の評価ケース及び比較結果を次頁以降に示す。



第3.4.2.2-13図(1/3) 配管(門形部)モデル形状①



第3.4.2.2-13図(2/3) 配管(門形部)モデル形状②



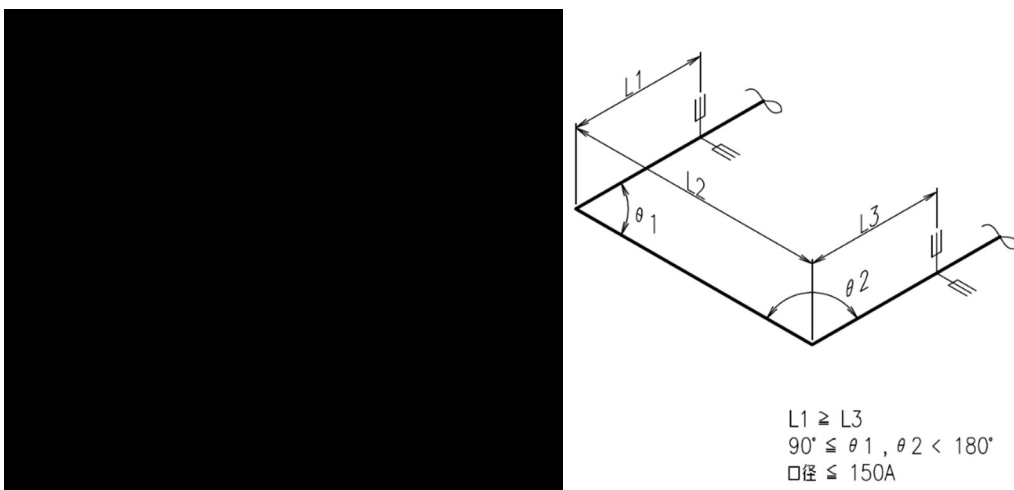
第3.4.2.2-13図(3/3) 配管(門形部)モデル形状③

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

水平2方向入力の影響を検討するため、支持間隔比(L_1/L_0)をパラメータとした第3.4.2.2-19表の3ケースについて評価を行う。

※ L_0 =直管部支持間隔値



第3.4.2.2-14図 門形部支持間隔グラフ

第3.4.2.2-19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	θ_1, θ_2
1				
2				
3				

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における門形部のスパン比をパラメータとした3ケースについて評価を行った。

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_{SRSS})の結果を第3.4.2.2-20表に整理する。

第3.4.2.2-20表より、水平2方向+鉛直方向入力を受ける門形部配管の最大値はケース1に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大値も同様にケース1に生じている。このケース1における水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.00であり、2方向入力の影響は軽微と言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース1について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-21表に示す。

ケース2, 3はいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生応力がケース1の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって「定ピッチスパン法」における配管(門形部)は、水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題とならないことを確認した。

第3.4.2.2-20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			最大値 の比率 ②/①
		自重 M_a	M_{xz}, M_{yz} *		① Max (M_a+M_{xz}, M_a+M_{yz})	自重 M_a	M_{SRSS}	
水平 配管 (1)	1	1.000	M_{xz}	1.000	1.000 (1方向最大)	1.000	1.000	1.00 (2方向最大)
			M_{yz}	0.744				
	2	0.954	M_{xz}	0.977		0.954	0.977	
			M_{yz}	0.710				
	3	0.961	M_{xz}	0.985		0.961	0.985	
			M_{yz}	0.715				
鉛直 配管 (1)	1	0.007	M_{xz}	1.000	0.007	1.000		
			M_{yz}	0.744				
	2	0.001	M_{xz}	0.671	0.001	0.977		
			M_{yz}	0.710				
	3	0.000	M_{xz}	0.677	0.000	0.985		
			M_{yz}	0.715				
鉛直 配管 (2)	1	0.898	M_{xz}	1.000	0.898	1.000		
			M_{yz}	0.673				
	2	0.901	M_{xz}	0.977	0.901	0.977		
			M_{yz}	0.671				
	3	0.909	M_{xz}	0.985	0.909	0.985		
			M_{yz}	0.677				

注記 * : $W_x=W_y=W_z$ 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。

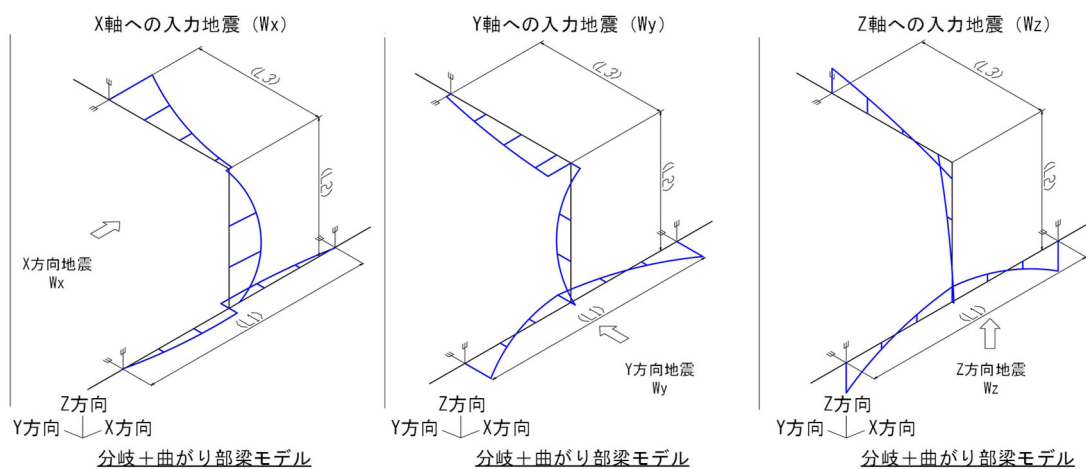
第3.4.2.2-21表 水平2方向入力の最大荷重発生ケースにおけるモーメント値

(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
					$M_a + \sqrt{(M_x^2 + M_z^2)}$	$M_a + \sqrt{(M_y^2 + M_z^2)}$	$M_a + \sqrt{(M_x^2 + M_y^2 + M_z^2)}$
水平配管 (1)	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	0.032×10^4			
			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	0.032×10^4			
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	0.032×10^4			
			M _z	4.619×10^4			

(9) 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3.4.2.2-15図中の L_2 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3.4.2.2-15図 配管(分岐+曲がり部)モデル

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

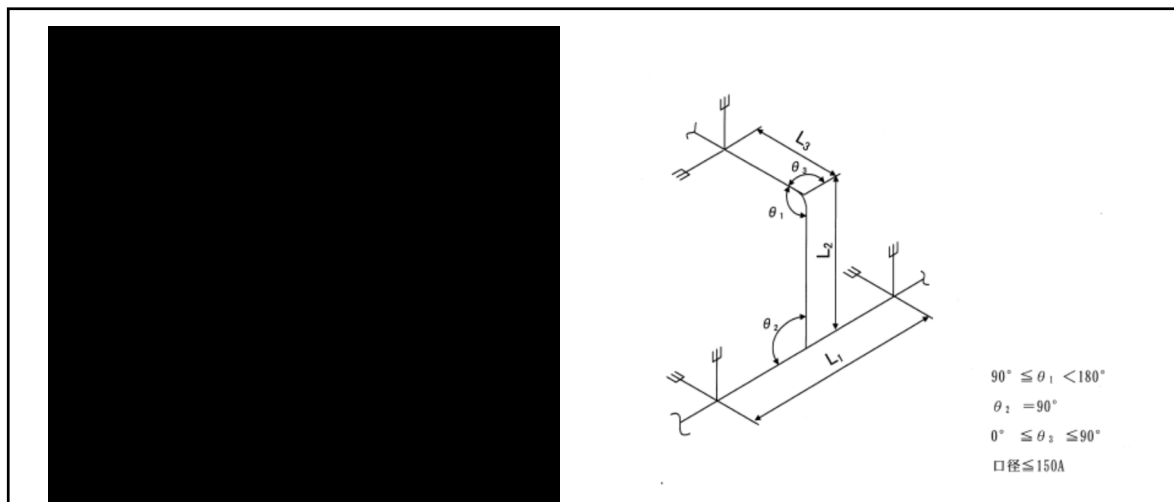
水平2方向入力の影響を検討するため、分岐及び曲がり部の長さ比(L_1/L_0 , L_2/L_0 , L_3/L_0)と曲がり部の角度(θ_1 , θ_3)をパラメータとした第3.4.2.2-22表～第3.4.2.2-23表の組合せの72ケースを、母管が水平配管のケースと鉛直配管のケースの場合について評価を行う。

第3.4.2.2-22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3.4.2.2-23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3.4.2.2-16図 分岐+曲がり部支持間隔グラフ

② 評価結果

「定ピッチスパン法」における分岐及び曲がり部の長さ比(L_1/L_0 , L_2/L_0 , L_3/L_0)と曲がり部の角度(θ_1 , θ_3)をパラメータとした72ケースを、母管が水平配管のケースと鉛直配管のケースの場合について評価を行った。

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_{SRSS})の結果を第3.4.2.2-24表に整理する。

第3.4.2.2-24表より、水平2方向+鉛直方向入力を受ける曲がり部配管の最大荷重はケース9-A(母管が水平)及びケース9-A(母管が鉛直)に生じており、水平1方向+鉛直方向入力を受ける場合の最大荷重はケース9-A(母管が水平)に生じている。これら水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率は1.000であり、水平2方向入力の影響は軽微と言える。水平2方向+鉛直方向入力と水平1方向+鉛直方向入力の最大値の比率が1.00となるケース9について、水平2方向及び鉛直方向におけるモーメントの寄与度を示すため、各方向のモーメント値を第3.4.2.2-25表に示す。

他ケースはいずれも水平2方向+鉛直方向入力による発生荷重がケース9-A(母管が水平)及びケース9-A(母管が鉛直)の値を下回っていることから水平2方向入力による問題は生じない。したがって、「定ピッチスパン法」における配管(分岐+曲がり部)は、水平2方向同時入力を行わなくても構造設計上問題とならないことを確認した。

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
水平 配管 (1)	1-A	0.238	M _{xz}	0.238	1.000 (1方向最大)	0.238	0.376	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.376				
	2-A	0.077	M _{xz}	0.077				
			M _{yz}	0.218				
	3-A	0.030	M _{xz}	0.034				
			M _{yz}	0.228				
	4-A	0.017	M _{xz}	0.037				
			M _{yz}	0.156				
	5-A	0.333	M _{xz}	0.333				
			M _{yz}	0.451				
	6-A	0.271	M _{xz}	0.271				
			M _{yz}	0.383				
	7-A	0.230	M _{xz}	0.230				
			M _{yz}	0.365				
	8-A	0.287	M _{xz}	0.289				
			M _{yz}	0.344				
	9-A	0.408	M _{xz}	0.408				
			M _{yz}	0.592				
	10-A	0.370	M _{xz}	0.370				
			M _{yz}	0.500				
	11-A	0.427	M _{xz}	0.427				
			M _{yz}	0.545				
	12-A	0.388	M _{xz}	0.391				
			M _{yz}	0.238				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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 _{SRSS}	
水平 配管 (2)	1-B	0.239	M _{xz}	0.314	1.000 (1方向最大)	0.239	0.374	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.314				
	2-B	0.077	M _{xz}	0.155				
			M _{yz}	0.157				
	3-B	0.030	M _{xz}	0.156				
			M _{yz}	0.160				
	4-B	0.017	M _{xz}	0.110				
			M _{yz}	0.114				
	5-B	0.291	M _{xz}	0.362				
			M _{yz}	0.365				
	6-B	0.274	M _{xz}	0.279				
			M _{yz}	0.343				
	7-B	0.229	M _{xz}	0.284				
			M _{yz}	0.297				
	8-B	0.290	M _{xz}	0.311				
			M _{yz}	0.321				
	9-B	0.422	M _{xz}	0.424				
			M _{yz}	0.472				
	10-B	0.367	M _{xz}	0.392				
			M _{yz}	0.413				
	11-B	0.430	M _{xz}	0.463				
			M _{yz}	0.484				
	12-B	0.395	M _{xz}	0.412				
			M _{yz}	0.436				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
水平 配管 (3)	1-C	0.240	M _{xz}	0.372	1.000 (1方向最大)	0.240	0.372	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.240				
	2-C	0.078	M _{xz}	0.197				
			M _{yz}	0.078				
	3-C	0.030	M _{xz}	0.214				
			M _{yz}	0.035				
	4-C	0.017	M _{xz}	0.150				
			M _{yz}	0.040				
	5-C	0.298	M _{xz}	0.419				
			M _{yz}	0.299				
	6-C	0.276	M _{xz}	0.281				
			M _{yz}	0.321				
	7-C	0.228	M _{xz}	0.321				
			M _{yz}	0.228				
	8-C	0.292	M _{xz}	0.330				
			M _{yz}	0.296				
	9-C	0.423	M _{xz}	0.424				
			M _{yz}	0.451				
	10-C	0.364	M _{xz}	0.402				
			M _{yz}	0.364				
	11-C	0.431	M _{xz}	0.489				
			M _{yz}	0.431				
	12-C	0.400	M _{xz}	0.431				
			M _{yz}	0.419				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
水平 配管 (4)	1-D	0.172	M _{xz}	0.243	1.000 (1方向最大)	0.172	0.400	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.361				
	2-D	0.056	M _{xz}	0.076				
			M _{yz}	0.205				
	3-D	0.023	M _{xz}	0.024				
			M _{yz}	0.187				
	4-D	0.018	M _{xz}	0.024				
			M _{yz}	0.164				
	5-D	0.246	M _{xz}	0.330				
			M _{yz}	0.462				
	6-D	0.204	M _{xz}	0.219				
			M _{yz}	0.313				
	7-D	0.202	M _{xz}	0.219				
			M _{yz}	0.318				
	8-D	0.214	M _{xz}	0.241				
			M _{yz}	0.304				
	9-D	0.186	M _{xz}	0.195				
			M _{yz}	0.439				
	10-D	0.236	M _{xz}	0.254				
			M _{yz}	0.378				
	11-D	0.298	M _{xz}	0.318				
			M _{yz}	0.434				
	12-D	0.267	M _{xz}	0.296				
			M _{yz}	0.389				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
水平 配管 (5)	1-E	0.172	M _{xz}	0.305	1.000 (1方向最大)	0.172	0.393	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.303				
	2-E	0.056	M _{xz}	0.149				
			M _{yz}	0.149				
	3-E	0.023	M _{xz}	0.127				
			M _{yz}	0.130				
	4-E	0.018	M _{xz}	0.111				
			M _{yz}	0.116				
	5-E	0.255	M _{xz}	0.378				
			M _{yz}	0.394				
	6-E	0.211	M _{xz}	0.222				
			M _{yz}	0.301				
	7-E	0.206	M _{xz}	0.254				
			M _{yz}	0.275				
	8-E	0.218	M _{xz}	0.259				
			M _{yz}	0.287				
	9-E	0.259	M _{xz}	0.263				
			M _{yz}	0.431				
	10-E	0.262	M _{xz}	0.291				
			M _{yz}	0.348				
	11-E	0.314	M _{xz}	0.352				
			M _{yz}	0.405				
	12-E	0.275	M _{xz}	0.312				
			M _{yz}	0.380				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
水平 配管 (6)	1-F	0.173	M _{xz}	0.349	1.000 (1方向最大)	0.173	0.389	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.244				
	2-F	0.056	M _{xz}	0.189				
			M _{yz}	0.076				
	3-F	0.023	M _{xz}	0.175				
			M _{yz}	0.024				
	4-F	0.018	M _{xz}	0.155				
			M _{yz}	0.025				
	5-F	0.260	M _{xz}	0.411				
			M _{yz}	0.343				
	6-F	0.208	M _{xz}	0.212				
			M _{yz}	0.298				
	7-F	0.210	M _{xz}	0.280				
			M _{yz}	0.232				
	8-F	0.222	M _{xz}	0.275				
			M _{yz}	0.270				
	9-F	0.284	M _{xz}	0.287				
			M _{yz}	0.431				
	10-F	0.279	M _{xz}	0.315				
			M _{yz}	0.324				
	11-F	0.328	M _{xz}	0.379				
			M _{yz}	0.377				
	12-F	0.283	M _{xz}	0.328				
			M _{yz}	0.370				

注記 *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3.4.2.2-22表, 英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (1)	1-A	0.000	M _{xz}	0.238	1.000 (1方向最大)	0.000	0.376	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.291				
	2-A	0.025	M _{xz}	0.032				
			M _{yz}	0.219				
	3-A	0.016	M _{xz}	0.034				
			M _{yz}	0.226				
	4-A	0.087	M _{xz}	0.087				
			M _{yz}	0.129				
	5-A	0.001	M _{xz}	0.314				
			M _{yz}	0.338				
	6-A	0.002	M _{xz}	0.271				
			M _{yz}	0.270				
	7-A	0.006	M _{xz}	0.230				
			M _{yz}	0.283				
	8-A	0.029	M _{xz}	0.289				
			M _{yz}	0.192				
	9-A	0.001	M _{xz}	0.408				
			M _{yz}	0.429				
	10-A	0.001	M _{xz}	0.370				
			M _{yz}	0.337				
	11-A	0.003	M _{xz}	0.427				
			M _{yz}	0.338				
	12-A	0.043	M _{xz}	0.391				
			M _{yz}	0.239				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (2)	1-B	0.203	M _{xz}	0.314	1.000 (1方向最大)	0.203	0.374	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.287				
	2-B	0.168	M _{xz}	0.169				
			M _{yz}	0.234				
	3-B	0.153	M _{xz}	0.156				
			M _{yz}	0.219				
	4-B	0.108	M _{xz}	0.110				
			M _{yz}	0.156				
	5-B	0.215	M _{xz}	0.362				
			M _{yz}	0.307				
	6-B	0.163	M _{xz}	0.240				
			M _{yz}	0.242				
	7-B	0.167	M _{xz}	0.284				
			M _{yz}	0.253				
	8-B	0.113	M _{xz}	0.311				
			M _{yz}	0.178				
	9-B	0.038	M _{xz}	0.424				
			M _{yz}	0.214				
	10-B	0.138	M _{xz}	0.392				
			M _{yz}	0.234				
	11-B	0.172	M _{xz}	0.463				
			M _{yz}	0.281				
	12-B	0.117	M _{xz}	0.412				
			M _{yz}	0.220				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (3)	1-C	0.285	M _{xz}	0.372	1.000 (1方向最大)	0.285	0.372	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.285				
	2-C	0.240	M _{xz}	0.240				
			M _{yz}	0.241				
	3-C	0.211	M _{xz}	0.214				
			M _{yz}	0.212				
	4-C	0.149	M _{xz}	0.150				
			M _{yz}	0.153				
	5-C	0.295	M _{xz}	0.419				
			M _{yz}	0.296				
	6-C	0.203	M _{xz}	0.268				
			M _{yz}	0.204				
	7-C	0.226	M _{xz}	0.321				
			M _{yz}	0.226				
	8-C	0.155	M _{xz}	0.330				
			M _{yz}	0.164				
	9-C	0.163	M _{xz}	0.335				
			M _{yz}	0.171				
	10-C	0.171	M _{xz}	0.402				
			M _{yz}	0.172				
	11-C	0.232	M _{xz}	0.489				
			M _{yz}	0.232				
	12-C	0.158	M _{xz}	0.431				
			M _{yz}	0.200				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (4)	1-D	0.172	M _{xz}	0.243	1.000 (1方向最大)	0.172	0.400	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.361				
	2-D	0.052	M _{xz}	0.076				
			M _{yz}	0.203				
	3-D	0.007	M _{xz}	0.024				
			M _{yz}	0.185				
	4-D	0.090	M _{xz}	0.090				
			M _{yz}	0.138				
	5-D	0.220	M _{xz}	0.330				
			M _{yz}	0.449				
	6-D	0.104	M _{xz}	0.202				
			M _{yz}	0.291				
	7-D	0.085	M _{xz}	0.219				
			M _{yz}	0.260				
	8-D	0.111	M _{xz}	0.241				
			M _{yz}	0.243				
	9-D	0.137	M _{xz}	0.240				
			M _{yz}	0.350				
	10-D	0.095	M _{xz}	0.254				
			M _{yz}	0.311				
	11-D	0.112	M _{xz}	0.318				
			M _{yz}	0.335				
	12-D	0.127	M _{xz}	0.296				
			M _{yz}	0.310				

注記 *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3.4.2.2-22表, 英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (5)	1-E	0.251	M _{xz}	0.305	1.000 (1方向最大)	0.251	0.394	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.354				
	2-E	0.138	M _{xz}	0.149				
			M _{yz}	0.195				
	3-E	0.125	M _{xz}	0.127				
			M _{yz}	0.179				
	4-E	0.110	M _{xz}	0.111				
			M _{yz}	0.159				
	5-E	0.278	M _{xz}	0.378				
			M _{yz}	0.409				
	6-E	0.165	M _{xz}	0.241				
			M _{yz}	0.250				
	7-E	0.147	M _{xz}	0.253				
			M _{yz}	0.234				
	8-E	0.140	M _{xz}	0.259				
			M _{yz}	0.233				
	9-E	0.162	M _{xz}	0.287				
			M _{yz}	0.290				
	10-E	0.127	M _{xz}	0.291				
			M _{yz}	0.262				
	11-E	0.158	M _{xz}	0.352				
			M _{yz}	0.300				
	12-E	0.148	M _{xz}	0.312				
			M _{yz}	0.301				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-24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			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 _{SRSS}	
鉛直 配管 (6)	1-F	0.303	M _{xz}	0.349	1.000 (1方向最大)	0.303	0.389	1.000 (2方向最大)
			M _{yz}	0.349				
	2-F	0.196	M _{xz}	0.196				
			M _{yz}	0.196				
	3-F	0.173	M _{xz}	0.175				
			M _{yz}	0.173				
	4-F	0.154	M _{xz}	0.155				
			M _{yz}	0.155				
	5-F	0.318	M _{xz}	0.411				
			M _{yz}	0.388				
	6-F	0.196	M _{xz}	0.265				
			M _{yz}	0.221				
	7-F	0.185	M _{xz}	0.280				
			M _{yz}	0.210				
	8-F	0.163	M _{xz}	0.275				
			M _{yz}	0.224				
	9-F	0.181	M _{xz}	0.311				
			M _{yz}	0.255				
	10-F	0.147	M _{xz}	0.315				
			M _{yz}	0.222				
	11-F	0.190	M _{xz}	0.379				
			M _{yz}	0.266				
	12-F	0.166	M _{xz}	0.328				
			M _{yz}	0.291				

注記 *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3.4.2.2-22表、英字は第3.4.2.2-23表のパラメータに対応

第3.4.2.2-25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 (1)	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 (1)	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			

3.4.2.3 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

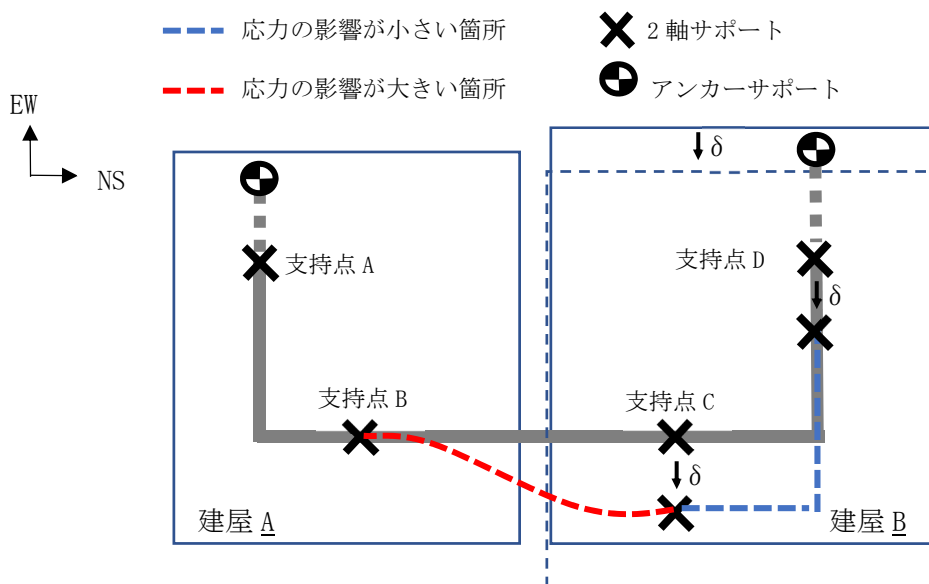
建屋間を跨る配管に生じる応力は、一次応力と建屋間相対変位により生じる二次応力を考慮する必要がある。

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1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3.4.2.3-1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。

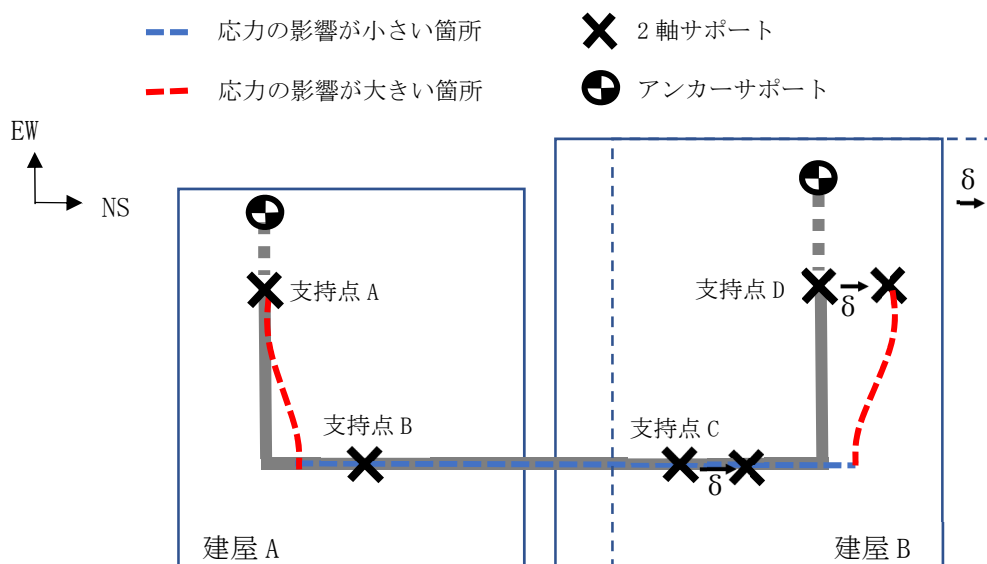


^{*}：実配管に対する挙動としては、支持点B,CともにNS方向の変形が若干生じるが、支持点B-C間距離の数 m に比べて相対変位は10mm程度と小さく、その影響も軽微であり、本イメージ図では変形が分かるようEW方向の変形を強調して示している。

第3.4.2.3-1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 3.4.2.3-2 図に示す。



第 3.4.2.3-2 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)。

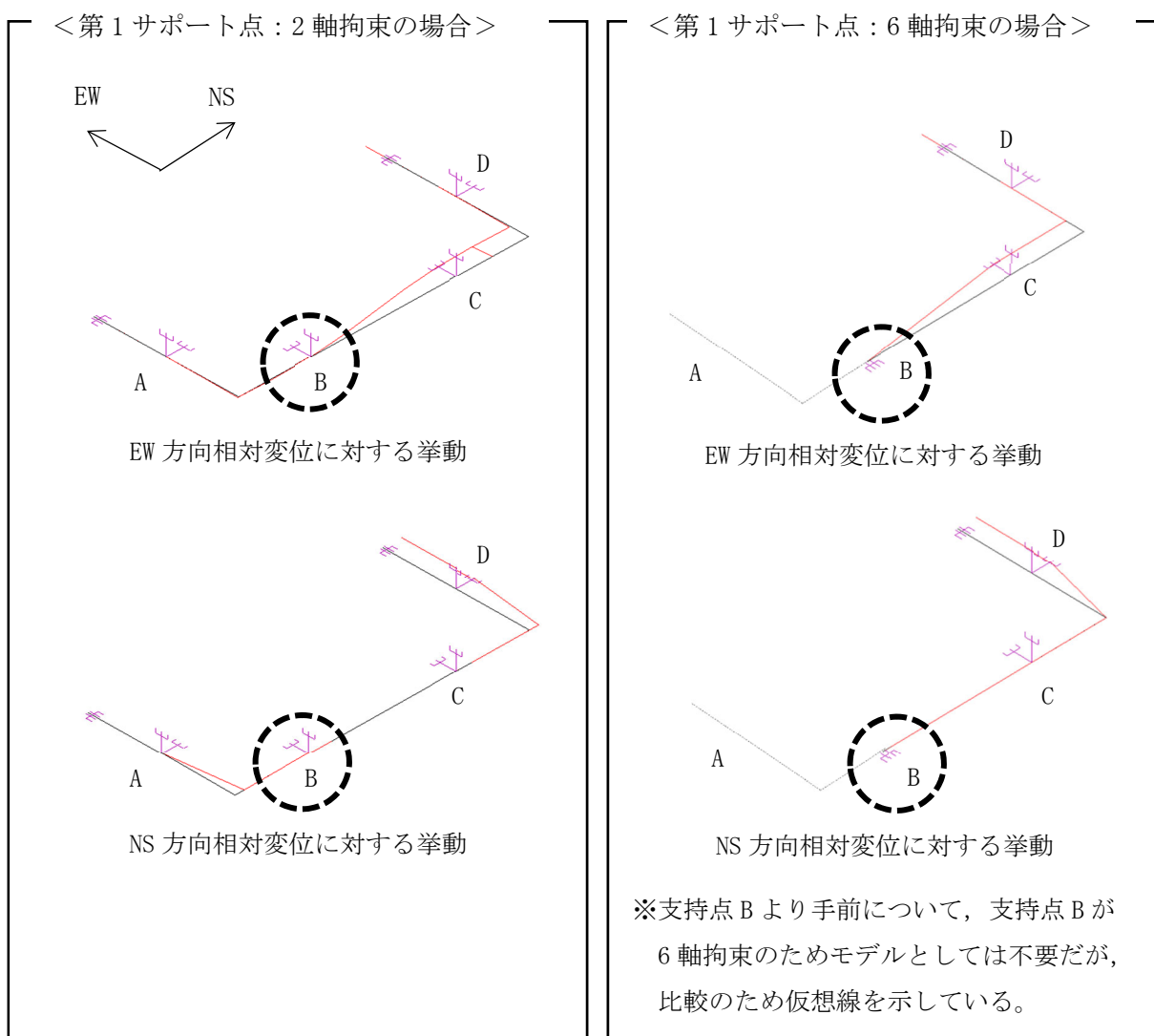
以上の挙動イメージを踏まえ、次項では実機の配管挙動を模擬できる多質点系はりモデルを用い、相対変位に対する 2 軸拘束と 6 軸拘束の効果を示した上で相対変位を考慮した配管挙動について示す。

(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 1 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挙動を示す。

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 3.4.2.3-3 図 2 軸サポートと 6 軸サポートによる配管挙動の比較

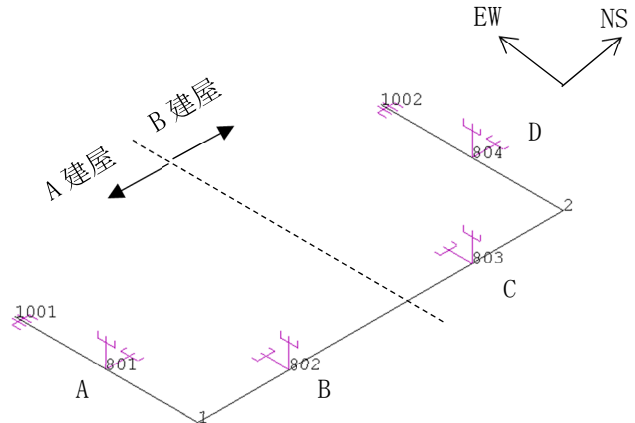
次頁以降では実配管に水平 2 方向入力した場合の影響を示す。

<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

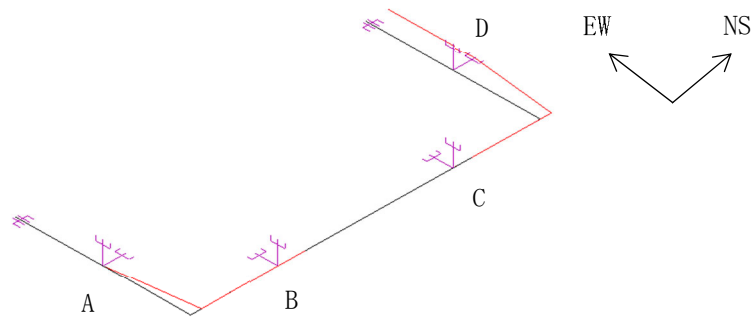


第3.4.2.3-4図 評価モデル

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>

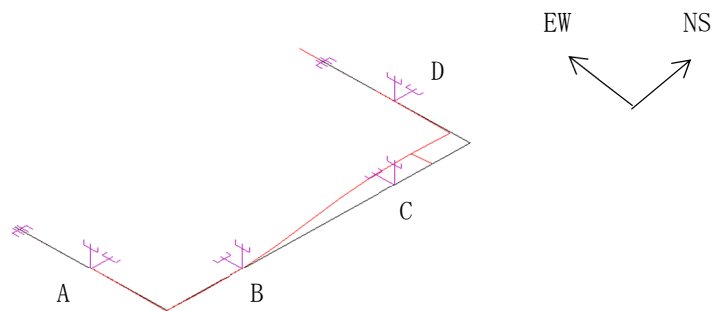
NS方向に変位を入力した場合の挙動としては、NS方向手前及び奥側のNS方向に対して影響を受け、EW方向については影響を受けない。



第 3. 4. 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。



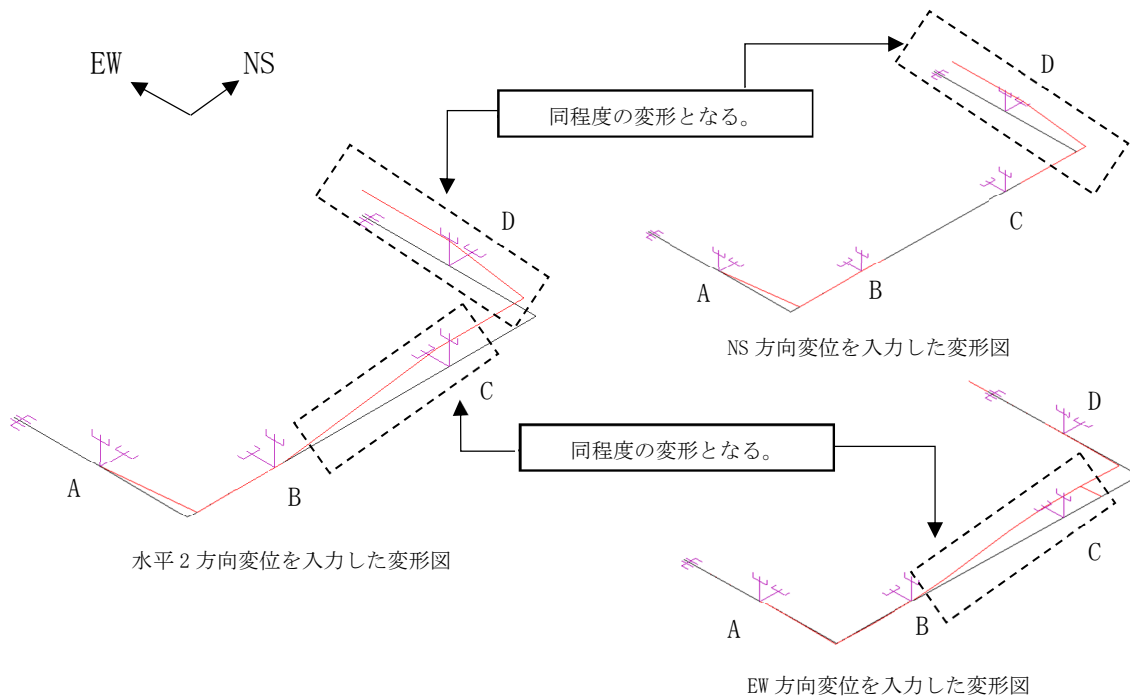
第 3. 4. 2. 3-6 図 EW 方向の相対変位を入力した場合の変形図

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3.4.2.3-7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。

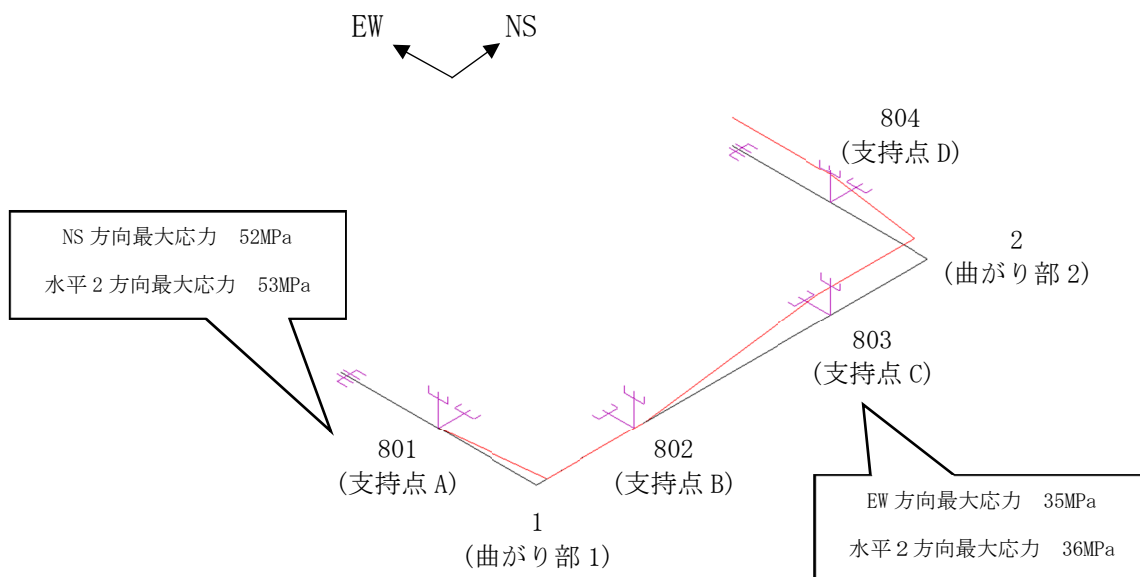


第3.4.2.3-7図 水平2方向入力および水平1方向入力の変形図における比較結果

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3.4.2.3-8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。

3.4.2.4 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おける水平2方向の影響が軽微であることを確認した。

3.4.3 円筒形容器

3.4.3.1 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。

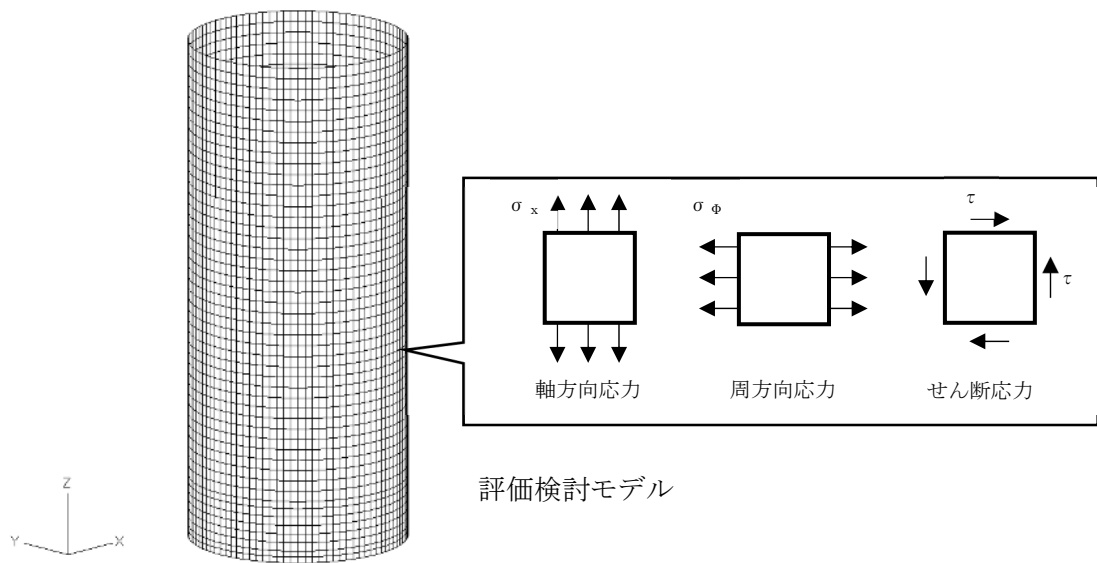
具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

- 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

3.4.3.2 影響評価検討

評価検討モデルを第3.4.3-1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 3.4.3-1 図 検討モデル図

3.4.3.3 検討結果

(1) 軸方向応力 σ_x

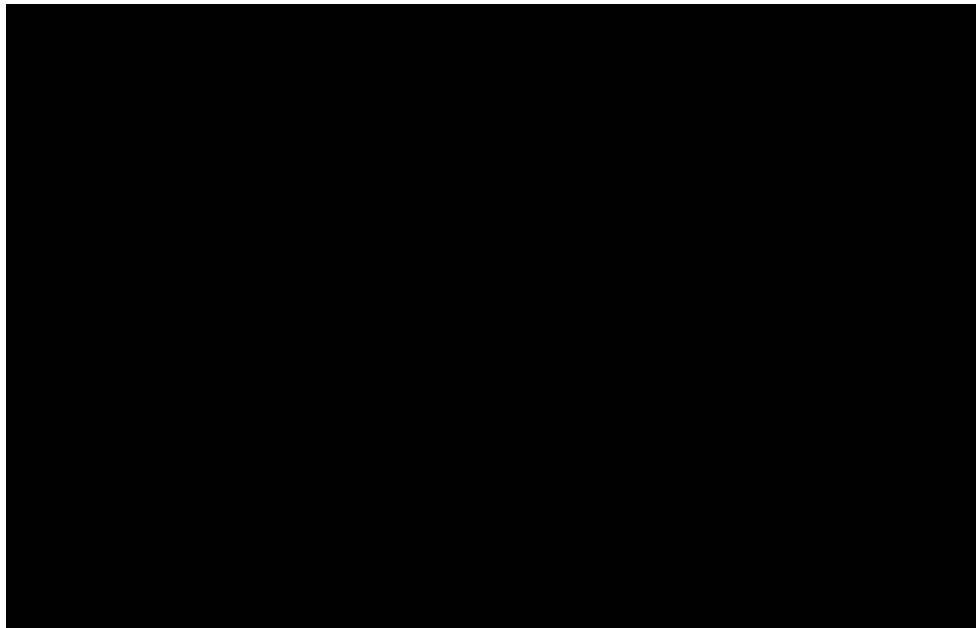
容器基部における水平方向地震時の軸方向応力コンタ図を第 3.4.3-2 図に、軸方向応力分布を第 3.4.3-1 表に示す。

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 3.4.3-1 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 3.4.3-2 図 水平方向地震時軸方向応力コンタ図

第 3.4.3-1 表 水平方向地震時の軸方向応力分布

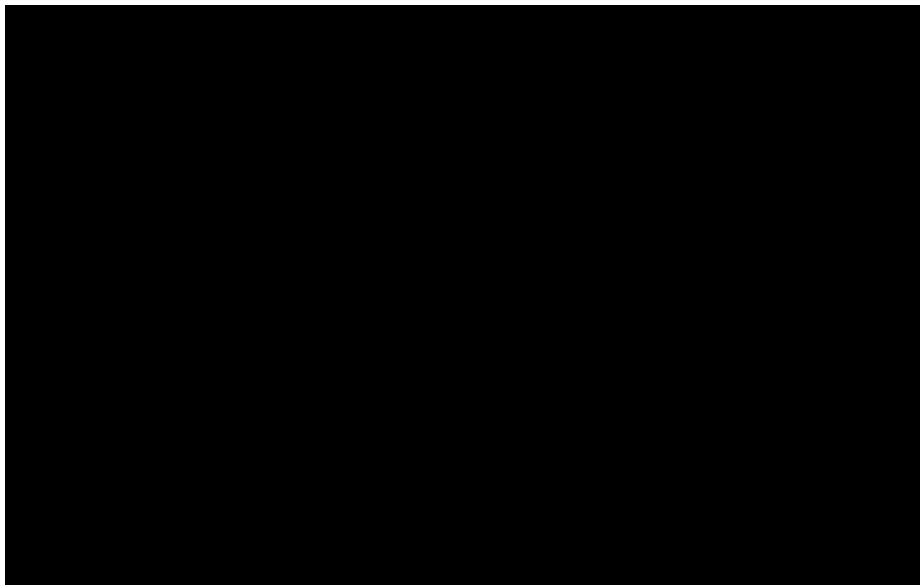
角度	X 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa) $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	7.39	0.24	7.39
22.5° 方向	6.92	2.60	7.39
45° 方向	5.23	5.23	7.40
67.5° 方向	2.60	6.92	7.39
90° 方向	0.24	7.39	7.39

(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 3.4.3-3 図に、周方向応力分布を第 3.4.3-2 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 3.4.3-3 図 水平方向地震時周方向応力コンタ図

第 3.4.3-2 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 3.4.3-4 図に示し、せん断応力分布を第 3.4.3-3 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 3.4.3-4 図 水平方向地震時せん断応力コンタ図

第 3.4.3-3 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 3.4.3-1 表から第 3.4.3-3 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 3.4.3-1 表より $\sigma_{x,X}(0^\circ) = 7.39$ ，第 3.4.3-2 表より $\sigma_{\phi,X}(0^\circ) = 2.14$ ，第 3.4.3-3 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 3.4.3-1 表より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 7.39$ ，第 3.4.3-2 表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 2.14$ ，第 3.4.3-3 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 3.4.3-4 表に示す。

第 3. 4. 3-4 表 SRSS 法を用いて算出した応力 ($\theta = 0^\circ$)

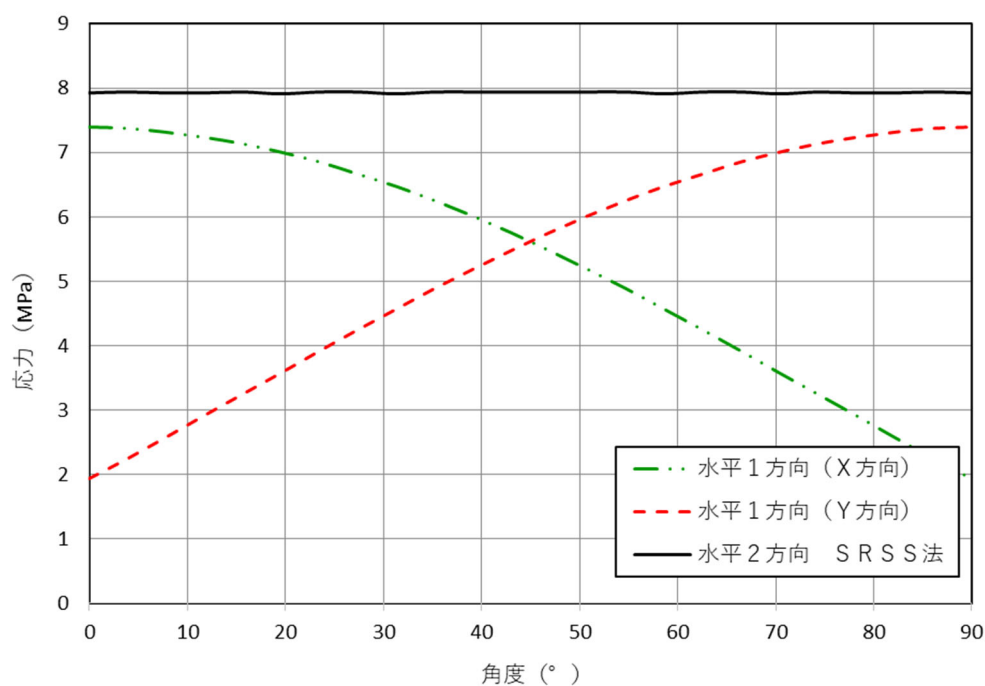
応力	X 方向 入力時応力 (MPa)	Y 方向 入力時応力 (MPa)	SRSS 法 (MPa)
$\sigma_x(\theta)$	7.39	0.24	$\sqrt{((7.39)^2 + (0.24)^2)} = 7.39$
$\sigma_\phi(\theta)$	2.14	0.07	$\sqrt{((2.14)^2 + (0.07)^2)} = 2.14$
$\tau(\theta)$	-0.06	-1.77	$\sqrt{((-0.06)^2 + (-1.77)^2)} = 1.77$
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times \{7.39 + 2.14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

注：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 3. 4. 3-5 表及び第 3. 4. 3-5 図に示す。

第 3. 4. 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 3. 4. 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 3. 4. 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。

3.4.4 クレーン類

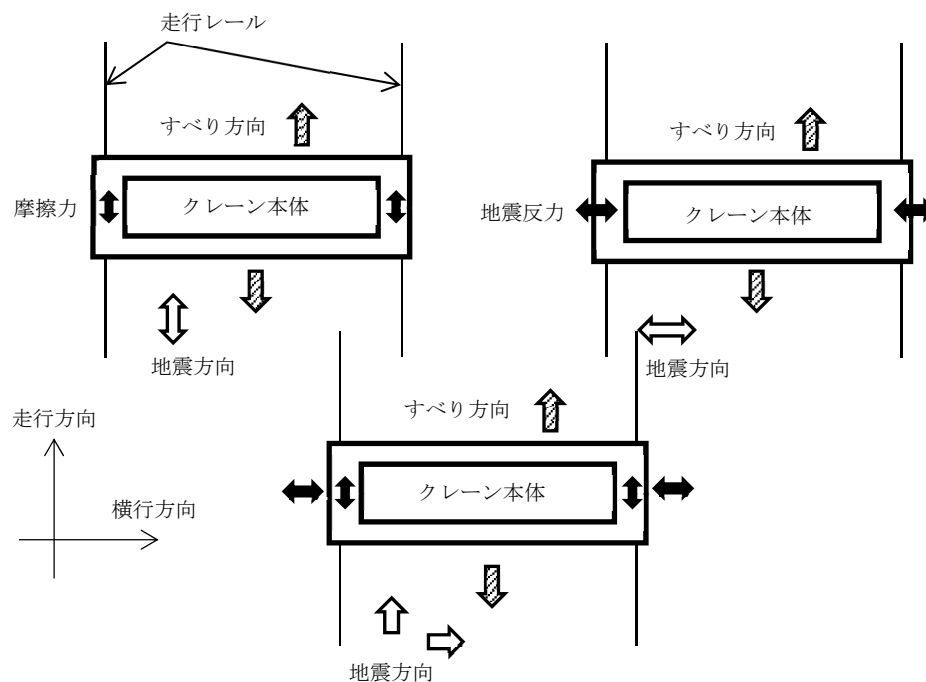
3.4.4.1 設備(クレーン類)の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

クレーンが負担する水平地震荷重イメージ図を第3.4.4-1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。

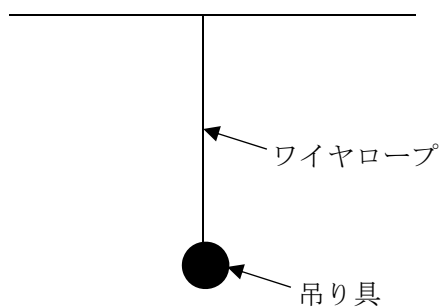
上記より、クレーン類の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、クレーン類については水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微である。



第3.4.4-1図 クレーンが負担する水平地震荷重イメージ図

3.4.4.2 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3.4.4-2図に示す。



第3.4.4-2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。

3.4.5 円周配置のボルト

3.4.5.1 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

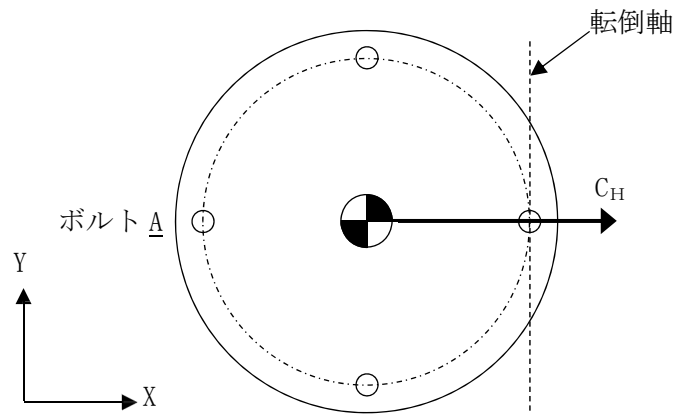
円周配置のボルトについては、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項では、円周配置のボルトの引張応力に対する影響検討結果をまとめたものである。

3.4.5.2 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

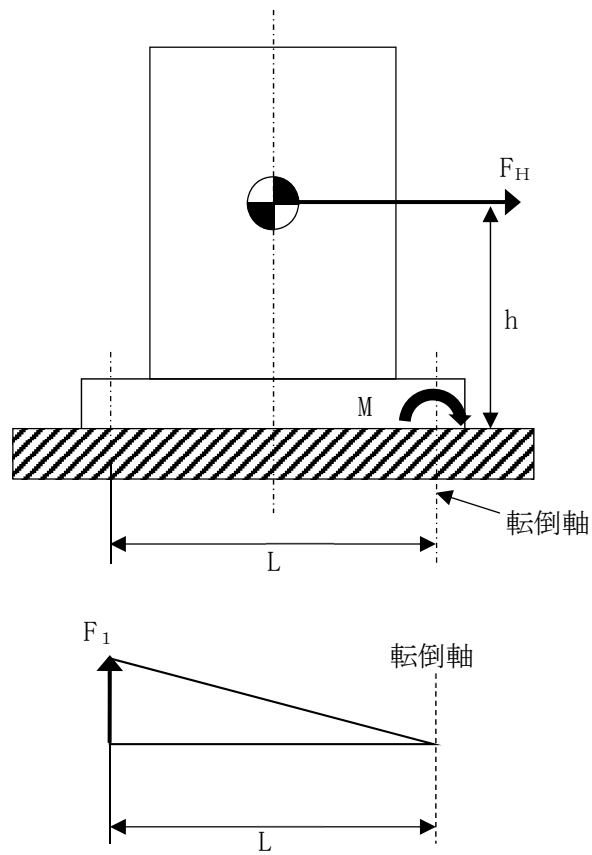
水平1方向の地震力による応答イメージを第3.4.5-1図に示す。水平1方向のみによる地震力が作用する場合、第3.4.5-1図のX方向に水平方向震度 $C_H = \max(C_X, C_Y)$ が作用するものとする。ここで、機器の質量を m 、重力加速度を g とする。



第3.4.5-1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3.4.5-2図に示す。



第 3.4.5-2 図 水平方向地震力による荷重

第 3.4.5-2 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。

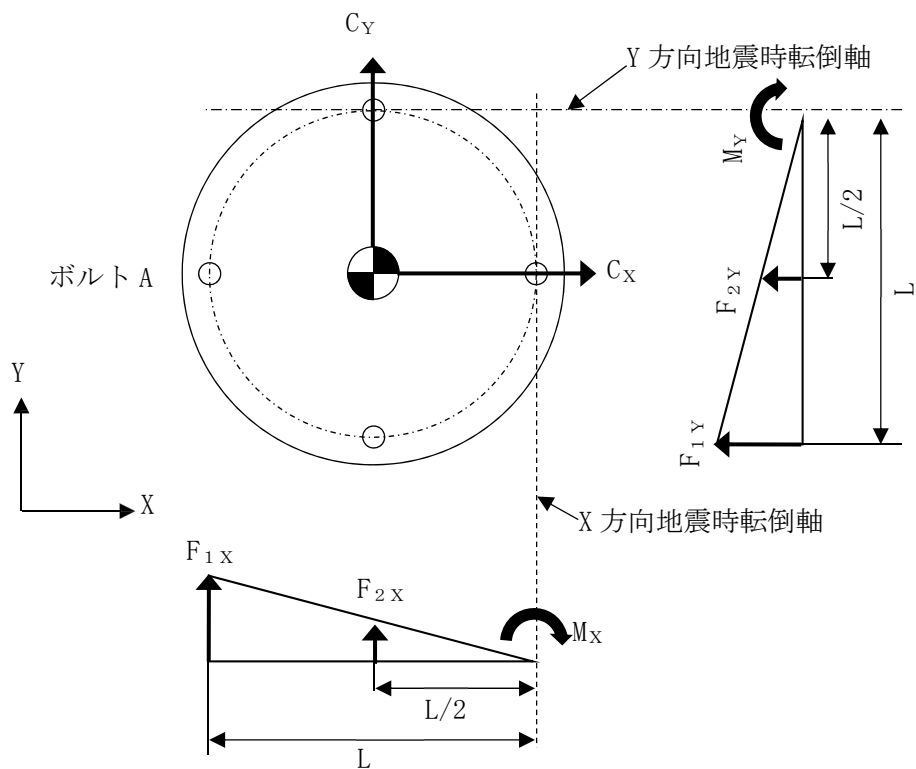
$$F_1 = \frac{M}{L}$$

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 4.5-3 図に示す。



第 3.4.5-3 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、 $M_X = mg C_X h$ 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。

$$\sigma_{bX} = \frac{F_{1X}}{A_b} = \frac{1}{L} \times \frac{mg C_X h}{A_b}$$

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。

3.4.6 動的機能維持

3.4.7 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。

4. 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、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、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。

なお、第1回申請対象である冷却塔及び冷却塔配管に対する結果については、補足説明資料「既設工認からの変更点について（耐震機電13）」の中で示す。

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、「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	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			△: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
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	×	○	○	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	×	○	○	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	×	B					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】
				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	組合せ	△	-					同上
					一次応力	△	-					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	△	-					同上
				支持構造物、支持梁	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。
					組合せ	△	-					円筒形の容器に設置されるが、冷却コイルを支持する支持構造物は、構造上対称とならない設計となっており、部位として応答軸が明確であるため、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料3.4.1項】
				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+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	△	-					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、「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		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	
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	×	○	影響軽微	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】 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、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】 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】
					一次+二次応力	×	B					
					未臨界寸法	×	B					
				基礎ボルト	引張	×	B					
					せん断	△	-					
					組合せ	△	-					
				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】 同上 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】 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。 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	×	B					
				基礎ボルト	引張	×	B					
					せん断	△	-					
				組合せ	△	-						
				6	-	清澄機	胴板					
	一次+二次応力	×	B									
	基礎ボルト	引張	×				B					
		せん断	△				-					
	7	-	よう素追出し塔	胴板	一次応力	×	B	×	○	影響軽微	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】 同上 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】 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。 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	×	B					
				基礎ボルト	引張	×	B					
					せん断	△	-					
	組合せ	△	-									

※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	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	△	-					△	-	△	-	-	-	-		
				10	別紙1-2 別紙1-21	中間支持たて置円筒形容器(2ラグ支持)	胴板					一次応力	△	-	×	×	影響軽微	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	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	△					-	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】
	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	△					-	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】
	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、「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	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	△	-	△: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	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	△	-					×	×	影響軽微	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】
				16	別紙2-5 別紙2-24	円筒形バルスカラム	胴板					一次応力	△	-	×
	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	△				-	同上							
		一次+二次応力	△				-			同上					
	基礎ボルト	引張	△				-	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】							
		せん断	△	-											
	17	別紙2-26	充てん搭	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】				
					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	△	-	×
	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	パuffアチューブ(小口径タイプ)	胴板	一次応力	△	-	△: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	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	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	環状形パルスカラム	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】							
					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】						
					パルスレグ	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	△	-	×	×	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	△	-				
	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	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、「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	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
				基礎ボルト	組合せ	△	-					同上
					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】
	25	別紙2-1Z	ラグ支持たて置容器	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
				基礎ボルト	組合せ	△	-					同上
					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	△	-	×	×	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				組合せ	△	-	同上					
				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	△	-	×	×	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	組合せ	△	-					同上	
				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	28	-	ブルトニウム濃縮缶	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響評価実施 又は 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	△	-						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	△	-							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	影響評価実施 又は 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、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】
							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】
	引張	△	-					同上													
	基礎ボルト	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】													
		30	-				ウラン洗浄塔	胴板	一次応力	△	-	×	×	影響軽微	影響評価実施 又は 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】													
				引張	△	-			同上												
	基礎ボルト			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	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	
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				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、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】
				支持脚	組合せ	×	A				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	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				同上
				支持脚	組合せ	×	A				同上
					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】
	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				同上
				支持脚	組合せ	×	A				同上
					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】				

※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	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			(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		
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	△	-					
	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	△	-					
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、「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 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	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	△	×	影響軽微	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】						
	41	-	バスケット搬送機	構造物フレーム	曲げ	×	A	△	×	影響軽微	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】							

※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					
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】						
	43	別紙2-2Q	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、「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	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	△	-				○
組合せ	△	-	○	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。						

※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	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	×	B				同上
				脚	組合せ	×	B				同上
					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	×	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	△	-				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】
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】	
				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】	
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 一: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】								
	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】		
				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】		
				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	×
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】 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】 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】			
			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		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			△: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	
⑨ 矩形設備	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】
				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	影響評価の要否 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					
				基礎ボルト	引張	×	A					
					せん断	△	-					
	69	-	貯蔵ホール	架構	組合せ	×	B					
				胴部	未臨界寸法	×	B					
				基礎ボルト	引張	×	A					
					せん断	△	-					
【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					
					せん断	△	-					
					組合せ	△	-					
【再処理特有の形状】 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					
				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					
【再処理特有の形状】 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)	△	-					
				サポート	組合せ	△	-					

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。

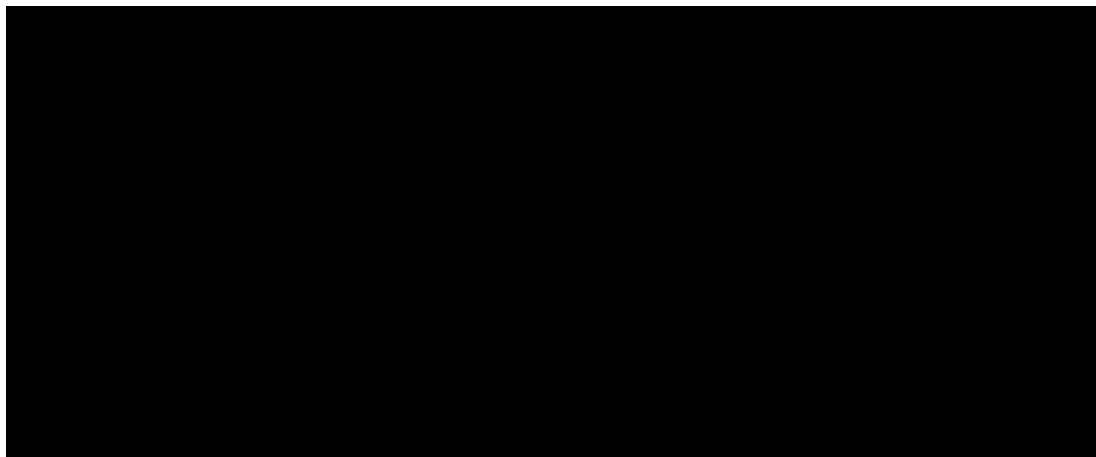
3. 検討方法

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。



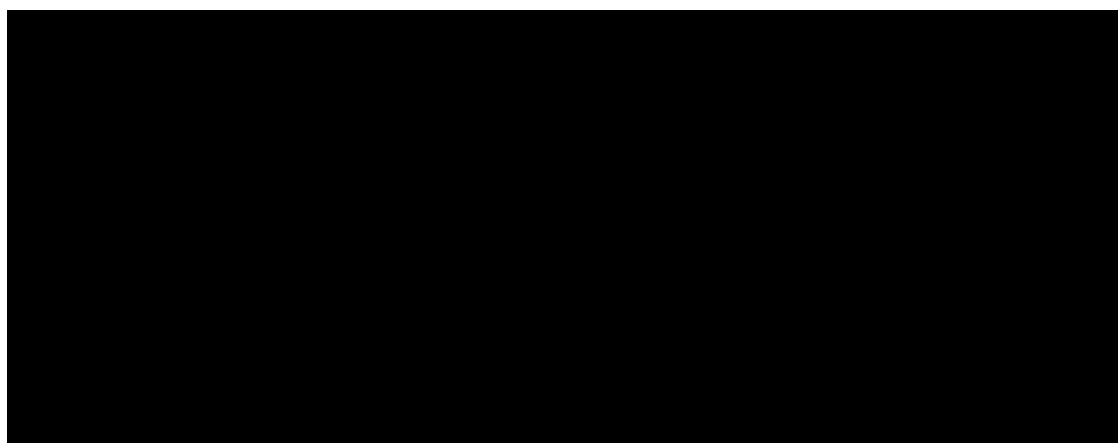
第 4.1-1 図 解析モデル図

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		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。 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。

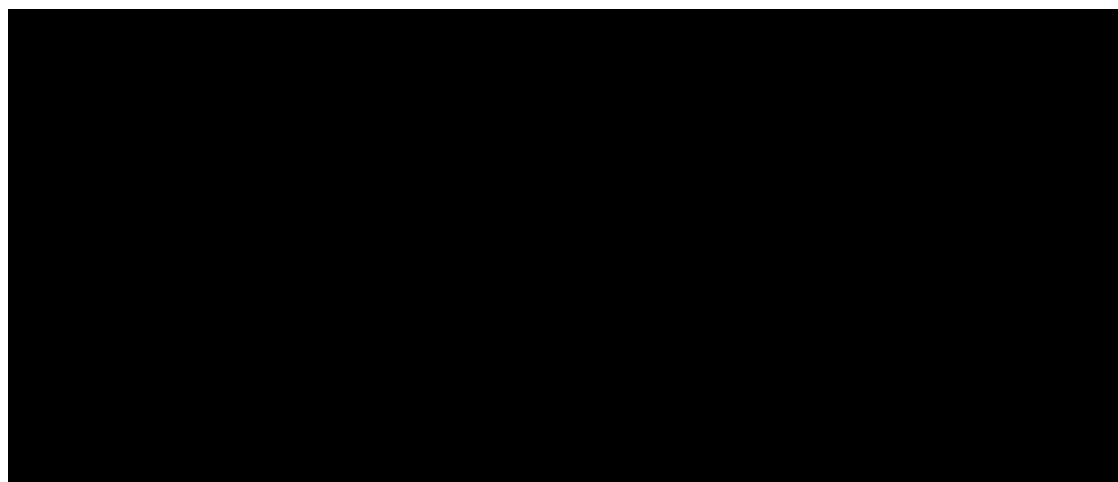
4.2 固有周期

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。



(NS 方向振動モード)

振動方向



(EW 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

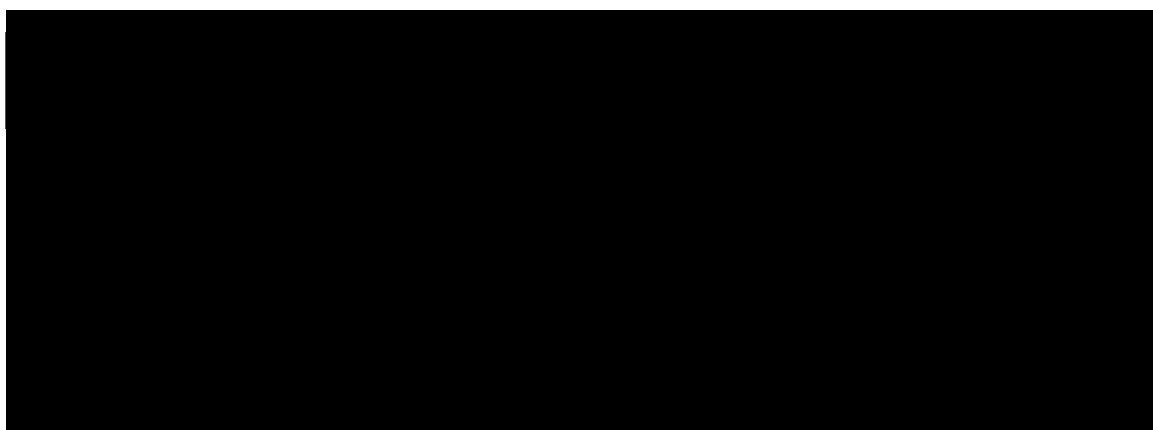
(1) 水平1方向地震動による応力

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	

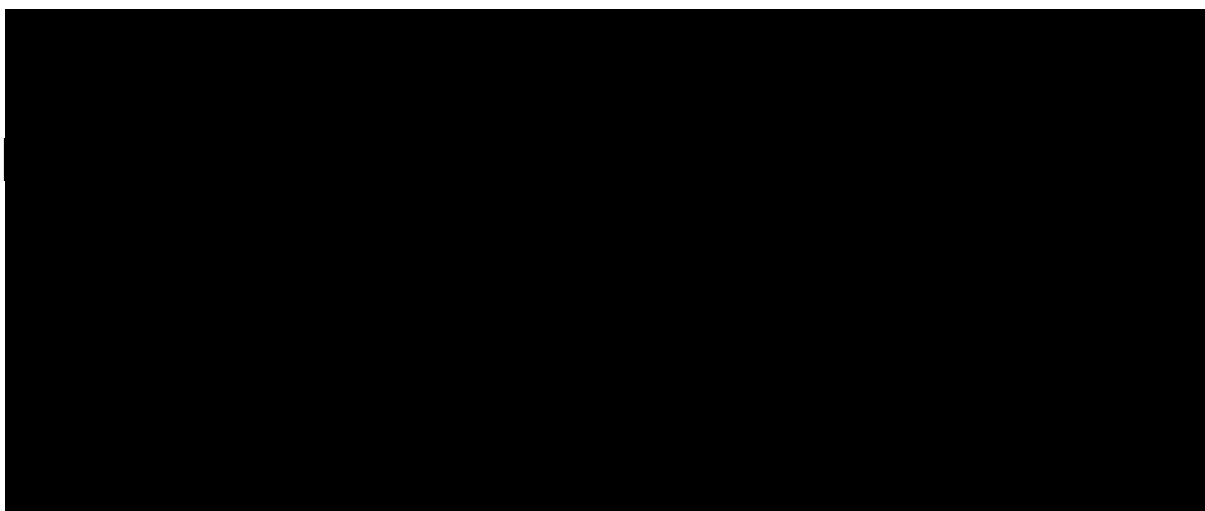


第4.3-1図 水平1方向地震動による最大応力部位 (NS方向)

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。

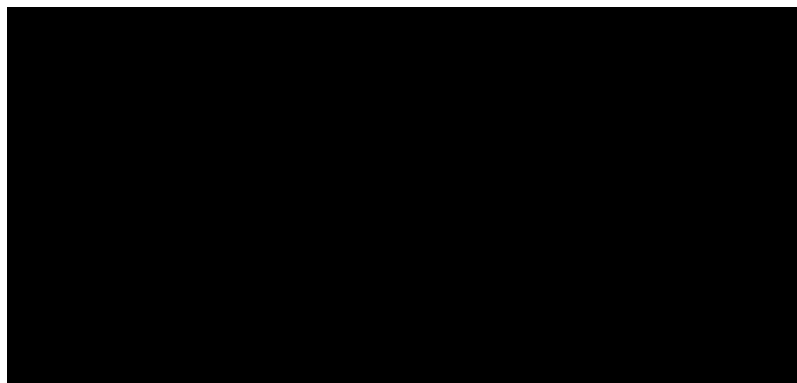
水平 1 方向の結果に対し、次項では水平 2 方向地震力を考慮した場合の第 4.3-1 図の A 点に対する応力増分の確認を行う。

(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■パーセントと微増であった。

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。

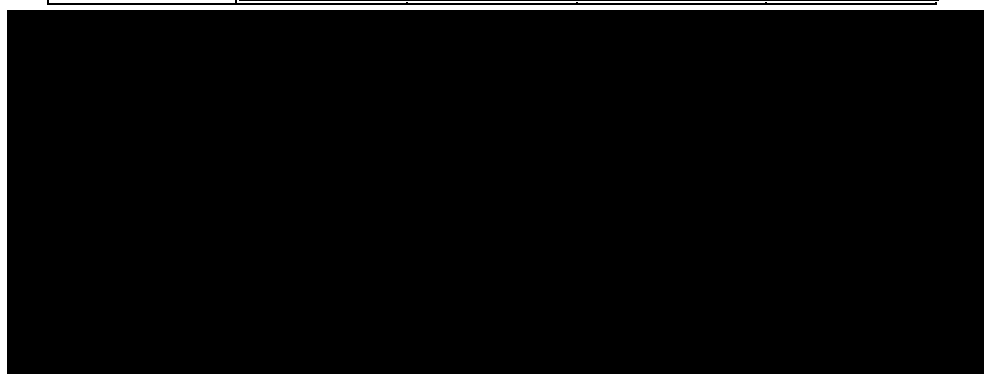
4.3.2 隅柱

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■ 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

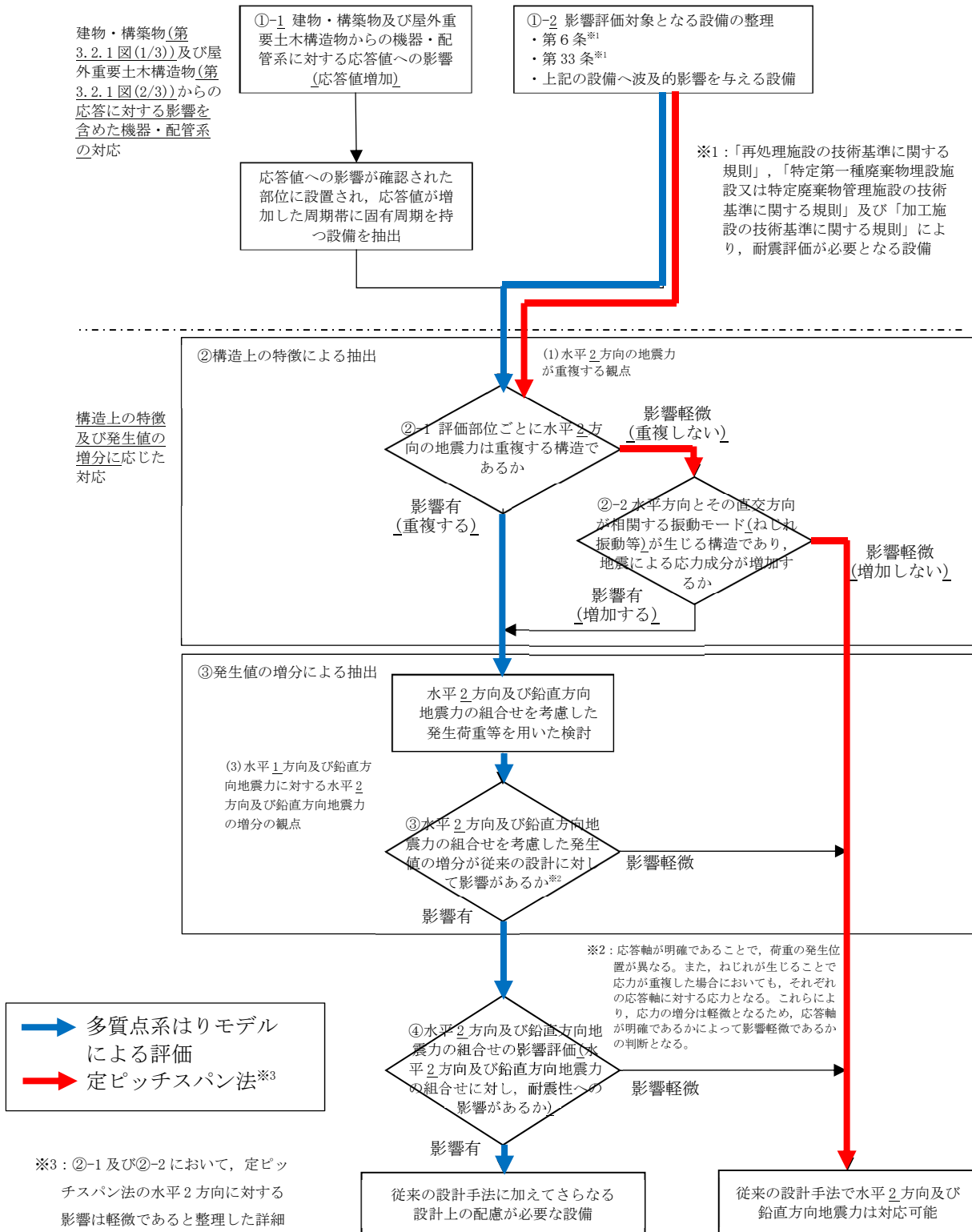


図-1 実施工配管の水平2方向影響の整理