

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-1079 改0
提出年月日	平成30年8月31日

V-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について

目次

1. 概要	1
2. 配管系及び支持構造物の設計手順	1
3. 配管系の設計	2
3.1 基本方針	2
3.1.1 重要度別による設計方針	2
3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項	4
3.2 3次元はりモデルによる解析	5
3.3 応力を基準とした標準支持間隔法	5
3.4 振動数を基準とした標準支持間隔法	24
4. 支持構造物の設計	25
4.1 概要	25
4.2 基本原則	25
4.2.1 支持構造物の設計において考慮すべき事項	25
4.2.2 支持構造物の設計荷重	25
4.3 支持装置の設計	26
4.3.1 概要	26
4.3.2 支持装置の選定	26
4.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法	35
4.4 支持架構及び付属部品の設計	101
4.4.1 概要	101
4.4.2 支持架構及び付属部品の選定	103
4.4.3 支持架構及び付属部品の使用材料	106
4.4.4 支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法	106
4.5 埋込金物の設計	114
4.5.1 概要	114
4.5.2 埋込金物の選定	115
4.5.3 埋込金物の強度及び耐震評価方法	117
5. 耐震評価結果	121
5.1 支持構造物の耐震評価結果	121
5.1.1 概要	121
5.1.2 支持構造物の耐震評価結果	121
5.2 代表的な支持構造物の耐震計算例	203
5.2.1 支持構造物の耐震計算例	203
5.2.2 個別の処置方法	203

1. 概要

本方針は、配管系及びその支持構造物について、耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

2. 配管系及び支持構造物の設計手順

配管経路は建屋形状、機器配置計画とともに系統の運転条件、機器等への接近性、保守点検性の確保を考慮した上、配管系の熱による変位の吸収、耐震設計上の重要度分類に応じた耐震性の確保に関し最適設計となるよう配置を決定する。また、この際、配管内にドレンが溜まったり、エアポケットが生じたりしないようにするとともに、水撃現象の生じる可能性のあるものについては十分に配慮するものとする。地震による建屋間等相対変位を考慮する必要のある場所に配置されるものについては、その変位による変形に対して十分耐えられるようにし、また、ポンプ、容器等のノズルに対する配管反力が過大とならないよう併せて考慮する。

以上を考慮の上決定された配管経路について、多質点系モデル（3次元はりモデル）による解析又は標準支持間隔法により配管系及び支持構造物の設計を行う。

配管系及び支持構造物の設計、製作、据付までの作業の流れを概念的に図 2-1 に示す。

3. 配管系の設計

3.1 基本方針

3.1.1 重要度別による設計方針

配管系は**設備の重要度**，呼び径及び通常運転温度により，表 3-1 のように分類して設計を行う。ただし，表 3-1 以外の確認方法についても，その妥当性が確認できる範囲において採用するものとする。また，**工事計画の申請範囲における解析法の適用範囲を表 3-2 に示す。**

表 3-1 **設備の重要度**による解析法

耐震 クラス	分類		3次元はりモデルによる解析 ^{*1}			^{*3} 標準支持 間隔法
	呼び径	通常運転 温度	地震	自重	熱	
S ^{*4}	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	○	○	○	—
	50A 以下	121℃以上	○ ^{*2}	○ ^{*2}	○ ^{*2}	—
		121℃未満	—	—	—	○
B ^{*5}	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○ ^{*2}	○ ^{*2}	○ ^{*2}	—
		121℃未満	—	—	—	○
C	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○ ^{*2}	○ ^{*2}	○ ^{*2}	—
		121℃未満	—	—	—	○

注記 *1：耐震クラス S 及び B の配管で 3 次元はりモデルによる解析を行い，配管系の 1 次固有周期が 0.05 秒を超えた場合は，動的解析及び静的解析を実施する。

*2：複数の配管が近接して配置され，配管の仕様条件が同等の場合には，代表計算にて確認を行うことができる。

*3：標準支持間隔法は，3 次元はりモデルによる解析にて代行することができる。

*4：常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を含む。

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

表 3-2 解析法の適用範囲

	3次元はりモデル による解析	標準支持間隔法
燃料プール冷却浄化系	○	—
代替燃料プール注水系	○	—
代替燃料プール冷却系	○	—
原子炉冷却材再循環系	○	—
主蒸気系	○	—
復水給水系	○	—
主蒸気隔離弁漏えい抑制系	○	—
残留熱除去系	○	—
耐圧強化ベント系	○	—
高压炉心スプレイ系	○	—
低压炉心スプレイ系	○	—
原子炉隔離時冷却系	○	—
高压代替注水系	○	—
低压代替注水系	○	—
代替循環冷却系	○	—
残留熱除去系海水系	○	—
緊急用海水系	○	—
原子炉冷却材浄化系	○	—
制御棒駆動水压系	○	—
ほう酸水注入系	○	—
窒素供給系	○	—
非常用窒素供給系	○	—
非常用逃がし安全弁駆動系	○	—
代替格納容器スプレイ冷却系	○	—
代替循環冷却系	○	—
格納容器下部注水系	○	—
ペDESTAL排水系	○	—
原子炉建屋ガス処理系 非常用ガス再循環系	○	—
可燃性ガス濃度制御系	○	—
窒素ガス代替注入系	○	—
不活性ガス系	○	—
格納容器圧力逃がし装置	○	—
非常用ディーゼル発電装置	○	—
高压炉心スプレイ系ディーゼル発電装置	○	—
常設代替高压電源装置制御盤	○	—
緊急時対策所用代替電源設備	—	○ (応力基準)

3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項

(1) 配管の分岐部

大口径配管からの分岐管については、なるべく大口径配管の近傍を支持するようにする。ただし、大口径配管の熱及び地震による変位が大きい場合には、分岐部及び分岐管に過大な応力を発生させないようにフレキシビリティを持たせた支持をする。

(2) 配管と機器の接続部

機器管台に加わる配管からの反力が許容反力以内となるように配管経路及び支持方法を決定する。

(3) 異なる建屋、構築物間を結ぶ配管系

異なる建屋、構築物間を結ぶ配管系については、建屋、構築物間の相対変位を吸収できるように、配管にフレキシビリティを持たせた構造とするか、または、フレキシブルジョイントを設けるなどの配慮を行い、過大な応力を発生させないようにする。

(4) 弁

配管の途中に弁等の集中質量がかかる部分については、この集中質量部にできる限り近い部分を支持し、特に駆動装置付きの弁は偏心質量を考慮して、必要に応じて弁本体を支持することにより過大な応力が生じないようにする。弁は、配管よりも厚肉構造であり、発生応力は配管より小さくなる。

(5) 屋外配管

主要な配管は岩盤で支持したダクト構造内に配置され、建屋内配管と同様の耐震設計をする。

(6) 振動

配管系の支持方法及び支持点は、回転機器等の振動あるいは内部流体の乱れによる配管振動を生じないように考慮して決定する。

3.2 3次元はりモデルによる解析

3次元はりモデルによる解析では、原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして、地震荷重、自重、熱荷重等により配管に生じる応力が許容応力以下となるように配管経路及び支持方法を定める。

その具体例を示すと以下のようになる。

まず、仮のアンカ、レストレイント位置を定めて熱応力解析を行い、必要に応じてアンカ、レストレイント位置、個数等の変更あるいは配管経路の見直しを行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。加えて、自重応力解析を行い、ハンガを追加することにより配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。次に、地震応力解析を行い、必要に応じてレストレイント位置、個数等の変更あるいはスナップの追加により、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。

3.3 応力を基準とした標準支持間隔法

標準支持間隔法による配管の耐震計算は、配管を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。標準支持間隔法の適用範囲は表3-2に基づくこととし緊急時対策所用代替電源設備の条件で算定を行う。

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

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

配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。なお、3次元はりモデル解析では、これらの部位に対しては応力係数を考慮しているが、標準支持間隔法では支持間隔比を考慮することにより、3次元はりモデルより保守的な評価となるようにする。また、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔をすべて抽出した上で、最も短いものを適用して評価を行う。

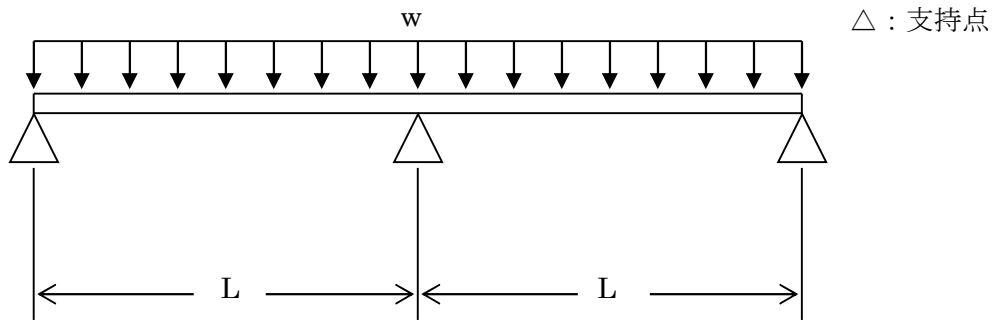
本章では、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部及び分岐部の支持間隔を基に配管に支持点を設定する場合の例を示す。その他、標準支持間隔法により配管を設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

3.3.1 直管部の支持間隔

3.3.1.1 解析モデル

配管を下図のように支持間隔 L で3点支持した等分布質量連続はりにモデル化する。

支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



L : 直管部標準支持間隔

w : 単位長さ当たりの質量

3.3.1.2 解析方法

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

3.3.1.3 解析条件

(1) 設計用地震力

重大事故等対処施設の配管については、添付書類「V2-1-1 耐震設計の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。設計用地震力は添付書類「V2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設備評価用床応答曲線を用いる。使用する基準地震動 S_s の設備評価用床応答曲線は、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととする。

(2) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる設計用減衰定数は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示している設計用減衰定数のうち、表に示す設計用減衰定数を適用する。

なお、適用に当たり配管系の支持点間の間隔は以下の条件を満たすこととする。

--	--

表 3-3 設計用減衰定数

配管区分		減衰定数 ^(注1) (%)	
		保温材無	保温材有
IV	配管区分 I ~ III に属さないもの	0.5	—

(注1) 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

(3) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物の床面毎の設計用床応答曲線を

使用して各床面の直管部標準支持間隔を求めるものとする。床区分を、表3-4「設計用床応答曲線区分」に示す。

(4) 配管質量

配管の質量は、配管自体の質量と内部流体の質量を合計した値とする。なお、内部流体については、自重が重くなるように実際の内部流体に係わらず液体にしている。

直管部標準支持間隔を算出する配管の単位長さ当たりの質量を、第3-5「配管仕様」に示す。

(5) 配管応力

配管に生ずる応力は、JEAG4601-1987 の計算式に基づき地震による応力の他に内圧及び自重による応力を求め、添付書類「V2-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

許容応力については、添付書類「V2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき算定する。

(6) 配管系の振動数

支持構造物を含めた配管系の固有振動数は、水平方向及び鉛直方向について、それぞれの建屋床面ピークの固有振動数領域を避けることを原則とする。なお、固有振動数の算出にあたっては、応力算出時の方法とは別に、配管の仕様や支持状況を踏まえて算出することも可能とする。

配管系の固有振動数は、支持構造物を含めて算出する。配管系、支持構造物の固有振動数は、表3-4「設計用床応答曲線区分」に示す値以上となるように設計する

表 3-4 設計用床応答曲線区分（緊急時対策所用代替電源設備）

建 屋	床応答曲線高さ E.L (m)	制限振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数(Hz)
緊急時対策所建屋			
緊急時対策所用発電機 燃料油貯蔵タンク基礎			

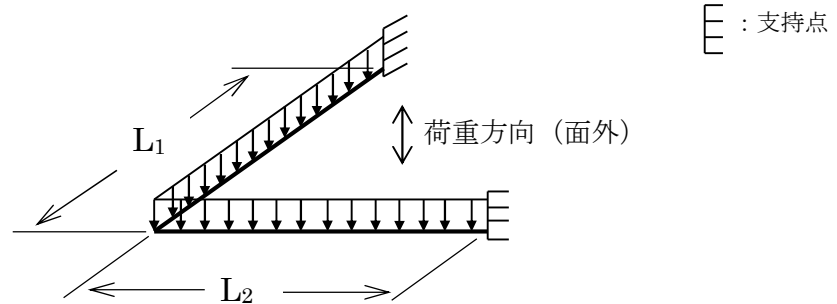
表 3-5 配管仕様（緊急時対策所用代替電源設備）

番 号	配管仕様	単位長さ当たりの重量 (kg/m)		内 圧 (MPa)
	口径(mm) / 板厚(mm)	保温材無	保温材有	
1	60.5 / 3.9			
2	60.5 / 3.9			
3	48.6 / 3.7			
4	48.6 / 3.7			
5	27.2 / 2.9			

3.3.2 曲がり部の支持間隔

3.3.2.1 解析モデル

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



L_1, L_2 : 曲がり部から支持点までの長さ

L_E : 曲がり部支持間隔 ($L_E = L_1 + L_2$)

w : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

3.3.2.2 解析条件及び解析方法

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

- ④ ①, ②, ③項の各条件を満足する理論解を $\left(\frac{L_1}{L_E}\right)$ の関数として $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値 $\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$ を

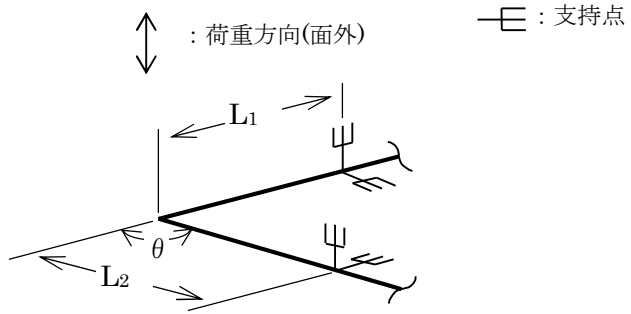
求める。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_1, L_E は「3.4.2.1 解析モデル」、 L_E' は「3.4.2.3 解析結果及び支持方針」参照。

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比により求めた等価直管長さを実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.3.2.3 解析結果及び支持方針

解析結果を図 3-1「曲がり部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、曲がり部をはさむ支持構造物間距離を直管部標準支持間隔に対する比として示すものであり、次に示すとおり、図 3-1 の許容領域内に配管を支持するものとする。



$$L_1 + L_2 \leq L_{E'}$$

$L_{E'}$ は、 L_0 (直管部標準支持間隔) に、

図 3-1「曲がり部支持間隔グラフ」より求まる

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

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

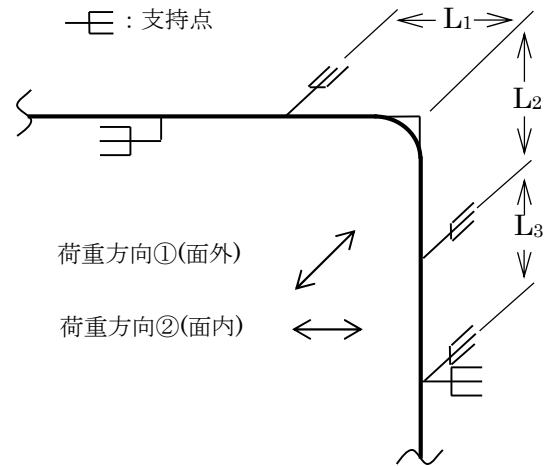
荷重方向①(面外)に対して

$$L_1 + L_2 \leq L_{E'}$$

荷重方向②(面内)に対して

$$L_2 + L_3 \leq L_0$$

面内：配管で構成される面に対して平行な方向



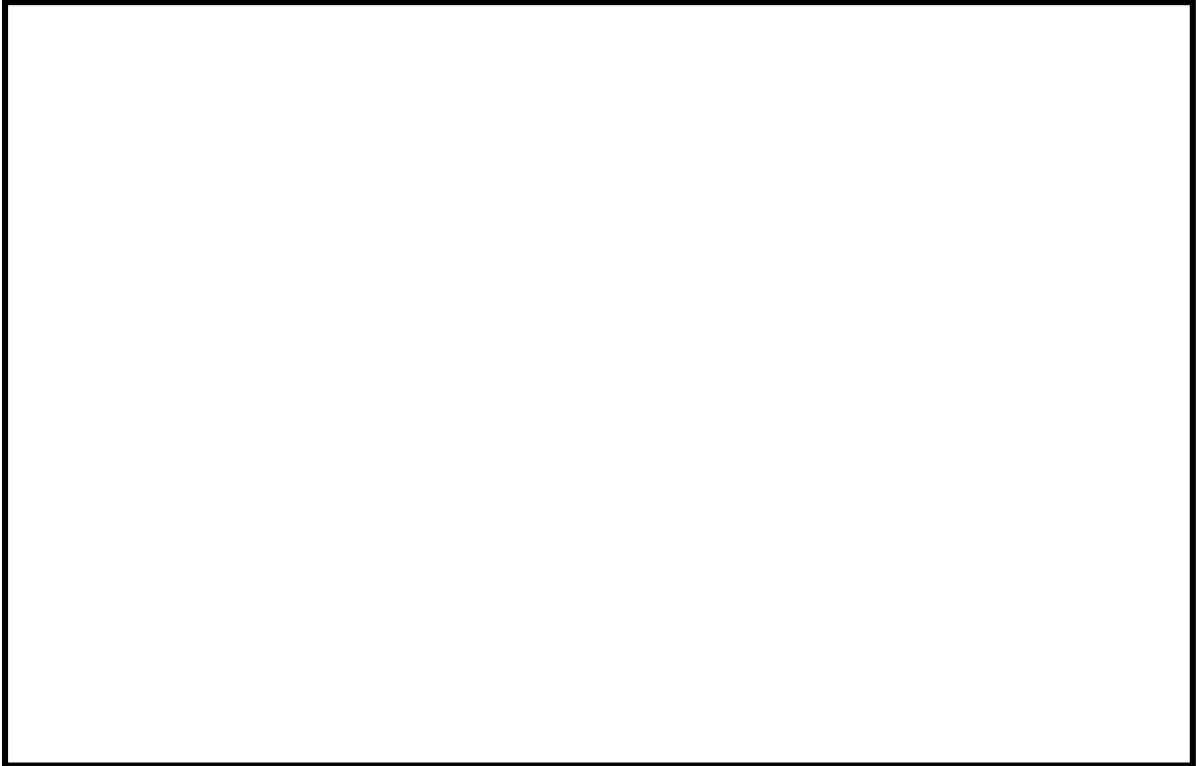
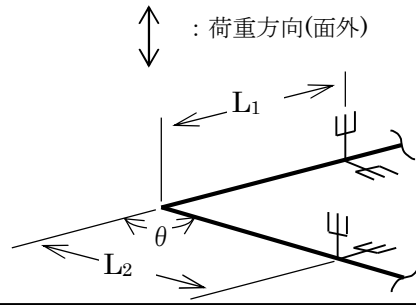
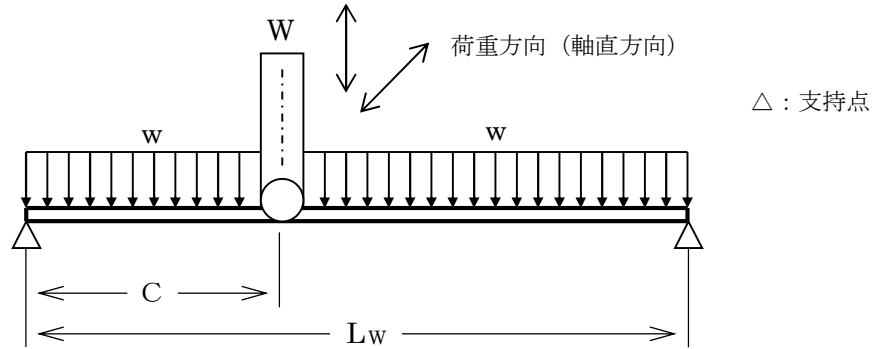


図 3-1 曲がり部支持間隔グラフ

3.3.3 集中質量部の支持間隔

3.3.3.1 解析モデル

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



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

3.3.3.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントよりも小さいこと。
- ④ ①, ②, ③項の各条件を満足する理論解を各々 $\left(\frac{C}{L_w}\right)$ をパラメータとし、 $\left(\frac{W}{w \cdot L_0}\right)$ の関数として $\left(\frac{L_w}{L_0}\right)$ の最大値を求める。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_w 、 C 、 w 、 W は「3.4.3.1 解析モデル」参照。

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比により求めた等価直管長さと実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.3.3.3 解析結果及び支持方針

解析結果を図3-2「集中質量部支持間隔グラフ」に示す。図3-2は、弁等の重量物が設置された場合の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、低温配管中の電動弁、空気作動弁については、配管系及び弁自体の剛性を適切に評価し、弁駆動部の偏心荷重によって過大な荷重が配管に生じないように配管並びに

必要に応じ、弁上部を支持する。

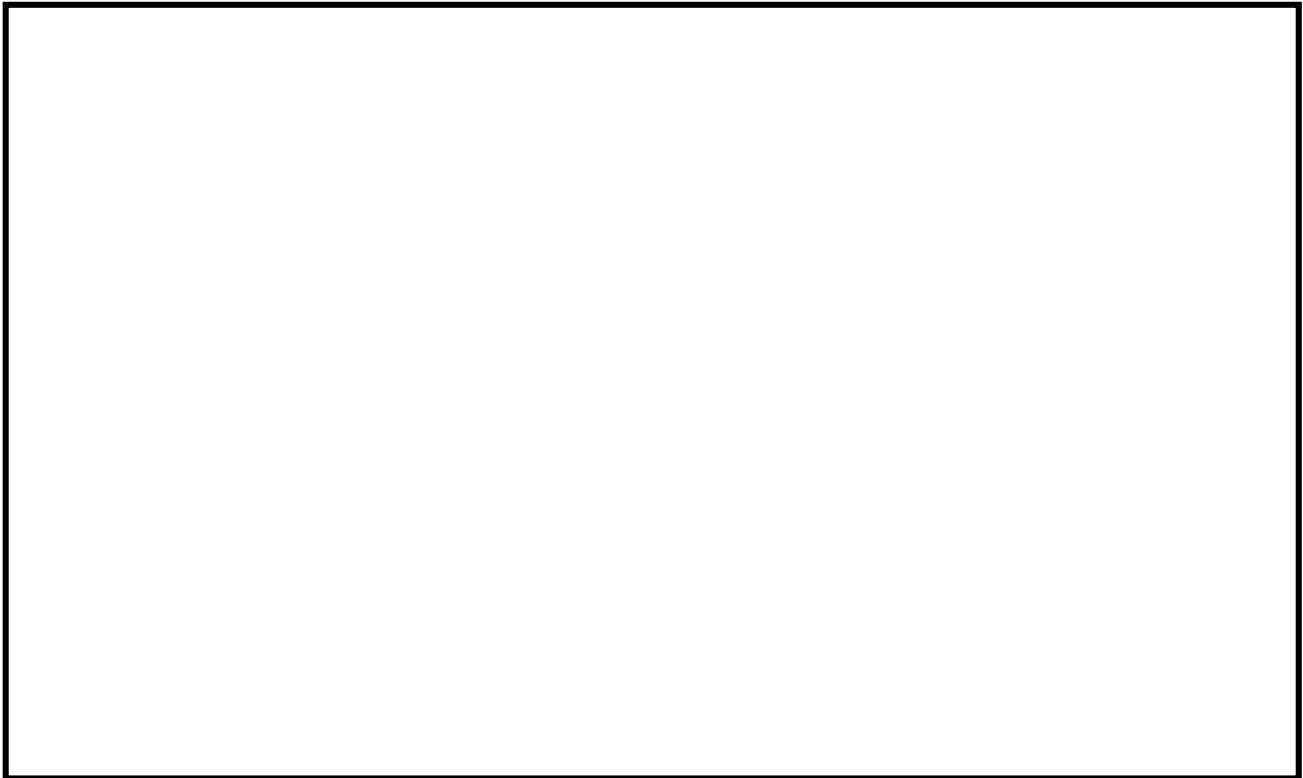
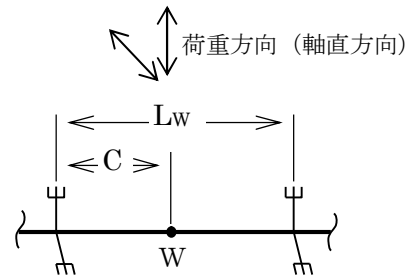
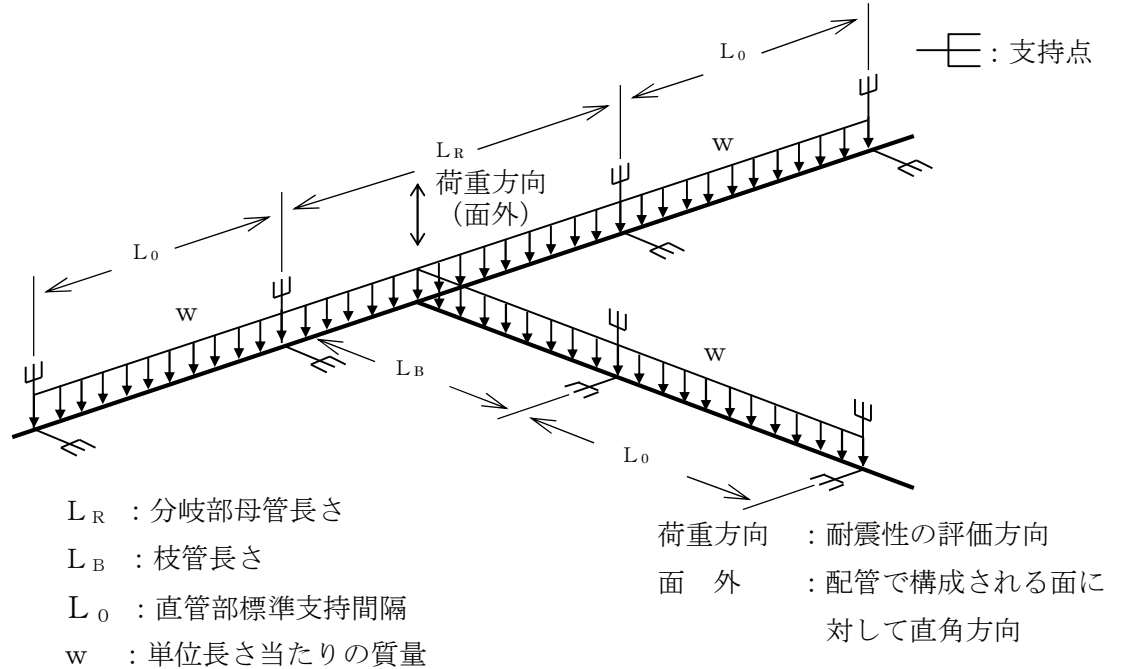


図 3-2 集中質量部支持間隔グラフ

3.3.4 分岐部の支持間隔

3.3.4.1 解析モデル

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



3.3.4.2 解析条件及び解析方法

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

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

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比より求めた等価直管長さと実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.3.4.3 解析結果及び支持方針

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

なお、異径分岐の場合は、各口径に対応する標準支持間隔のうち最短のものを選定し

て分岐部支持間隔を求める。

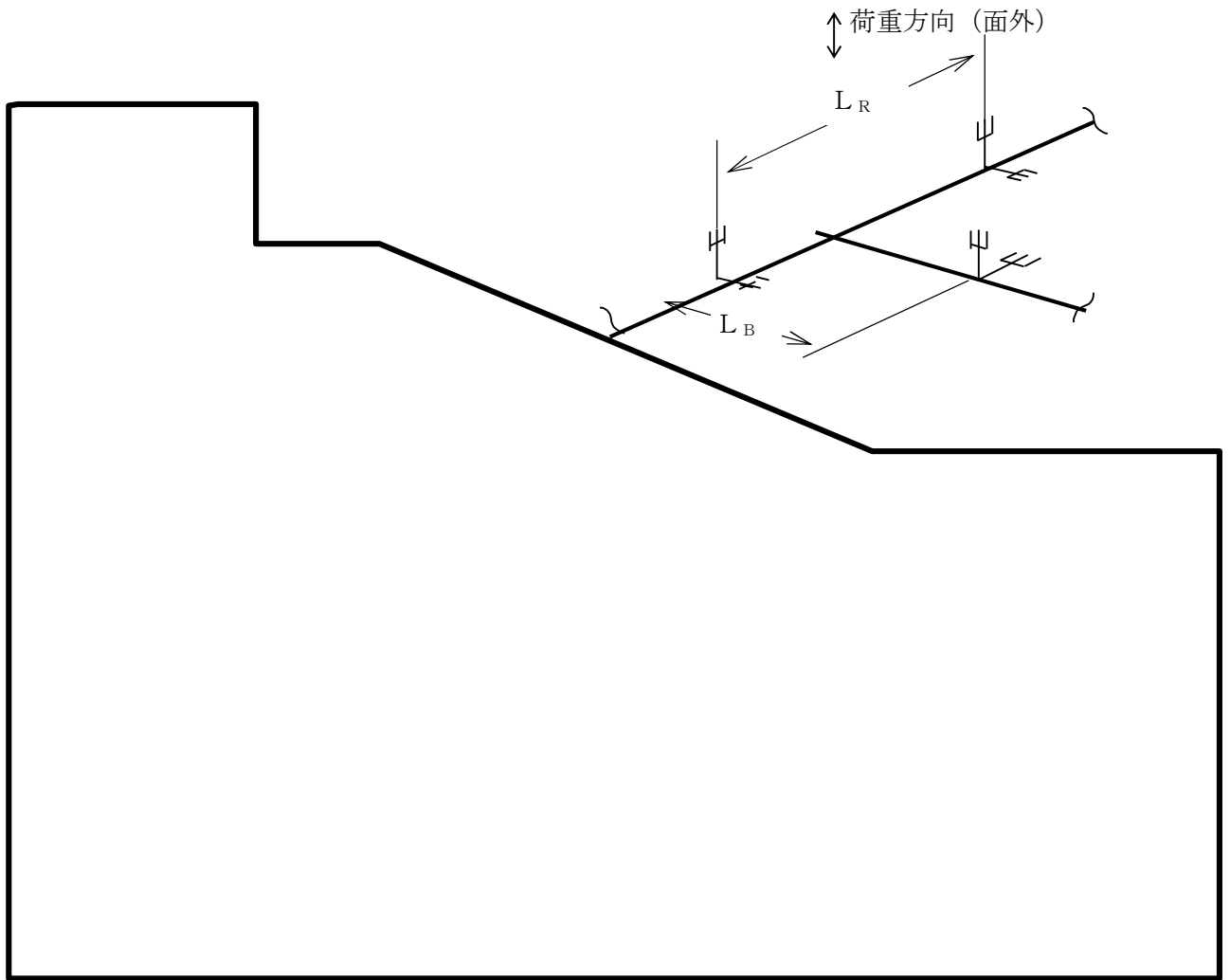


図 3-3 分岐部支持間隔グラフ

3.3.5 支持点の設定方法

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

3.3.5.1 直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔

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

3.3.5.2 各要素の評価方向

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

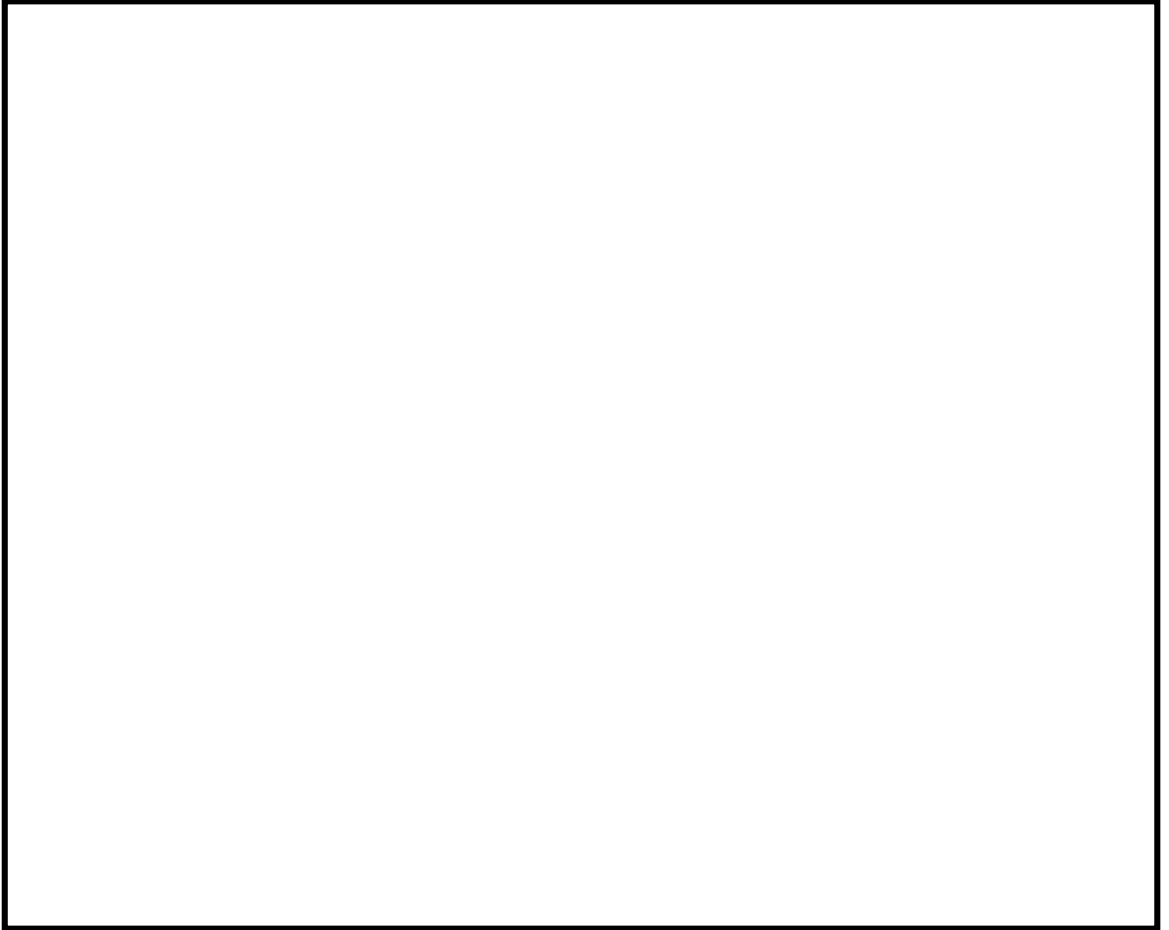
- (1) 直管部及び集中質量部の支持間隔は、配管軸直 2 方向
- (2) 曲がり部の支持間隔は、曲がり部をはさむ両辺で作る面の面外方向
- (3) 分岐部の支持間隔は、母管と分岐管が作る面の面外方向

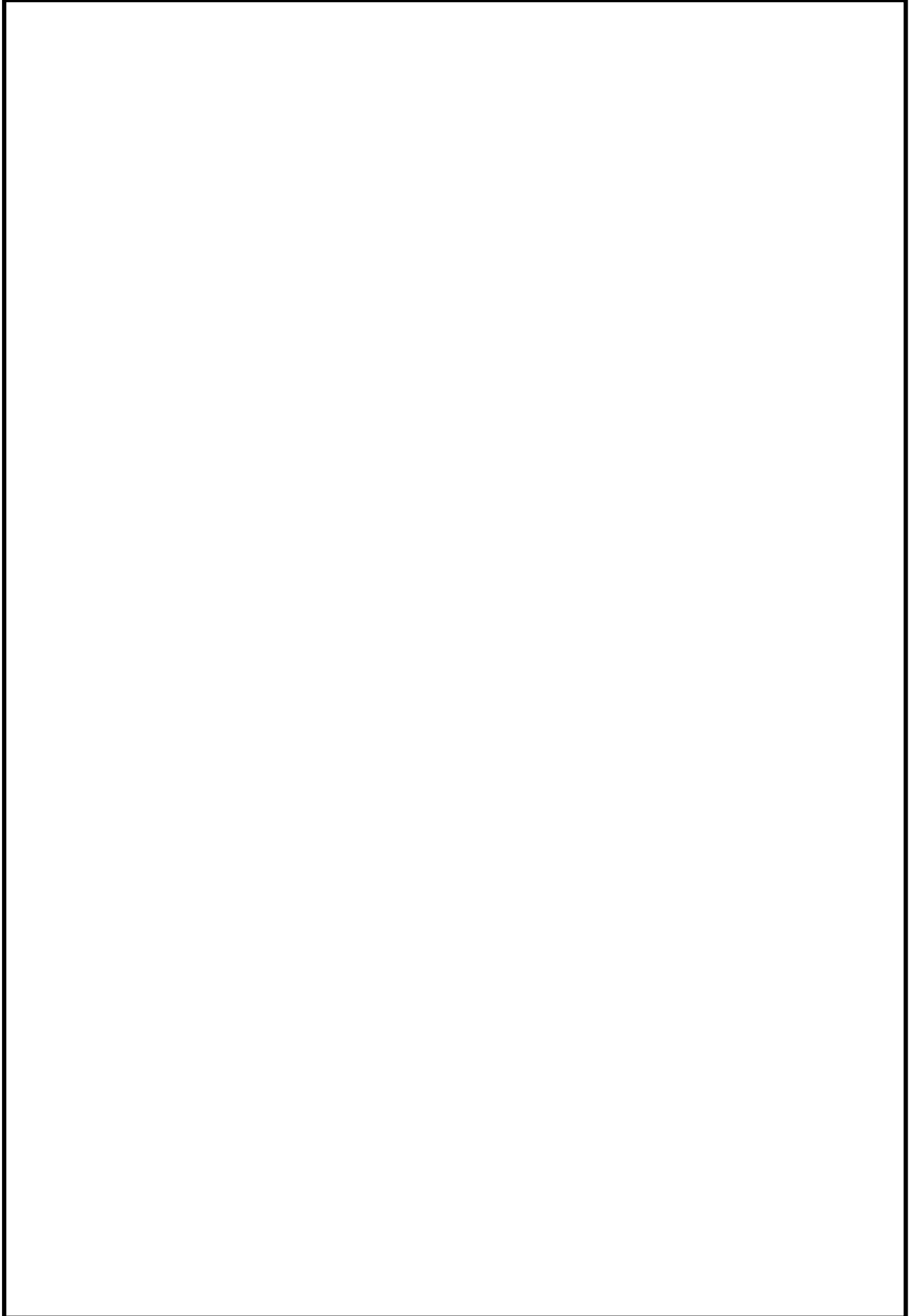
なお、配管軸方向の評価は、配管軸方向の配管質量を集中質量とみなし、それに直交する配管上の支持点で評価することとして、集中質量部の支持間隔を用いる。

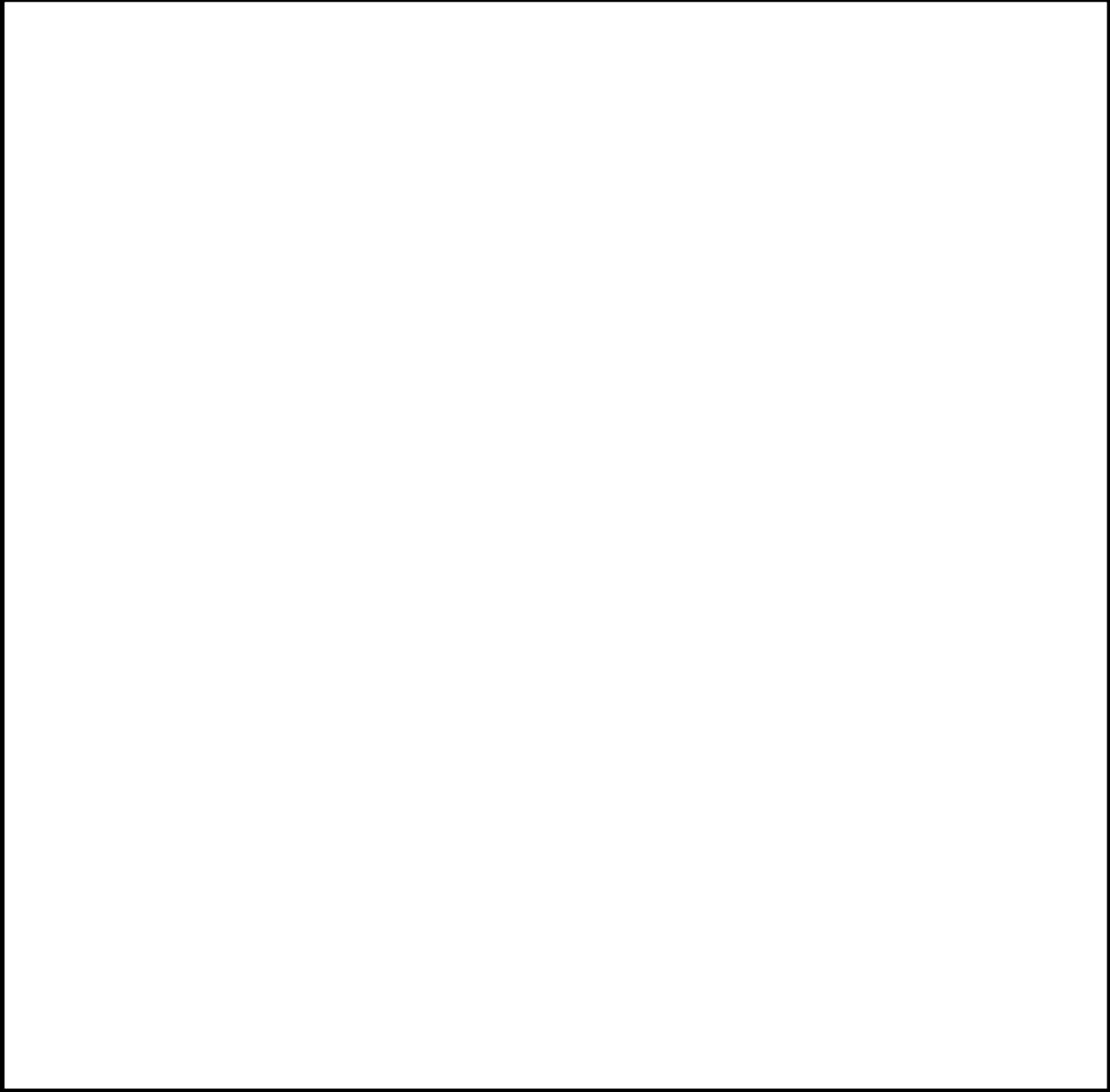
以上を考慮するとともに、各要素の方向（配管軸直と軸方向の 3 方向）ごとに拘束されていない方向がないようにする。

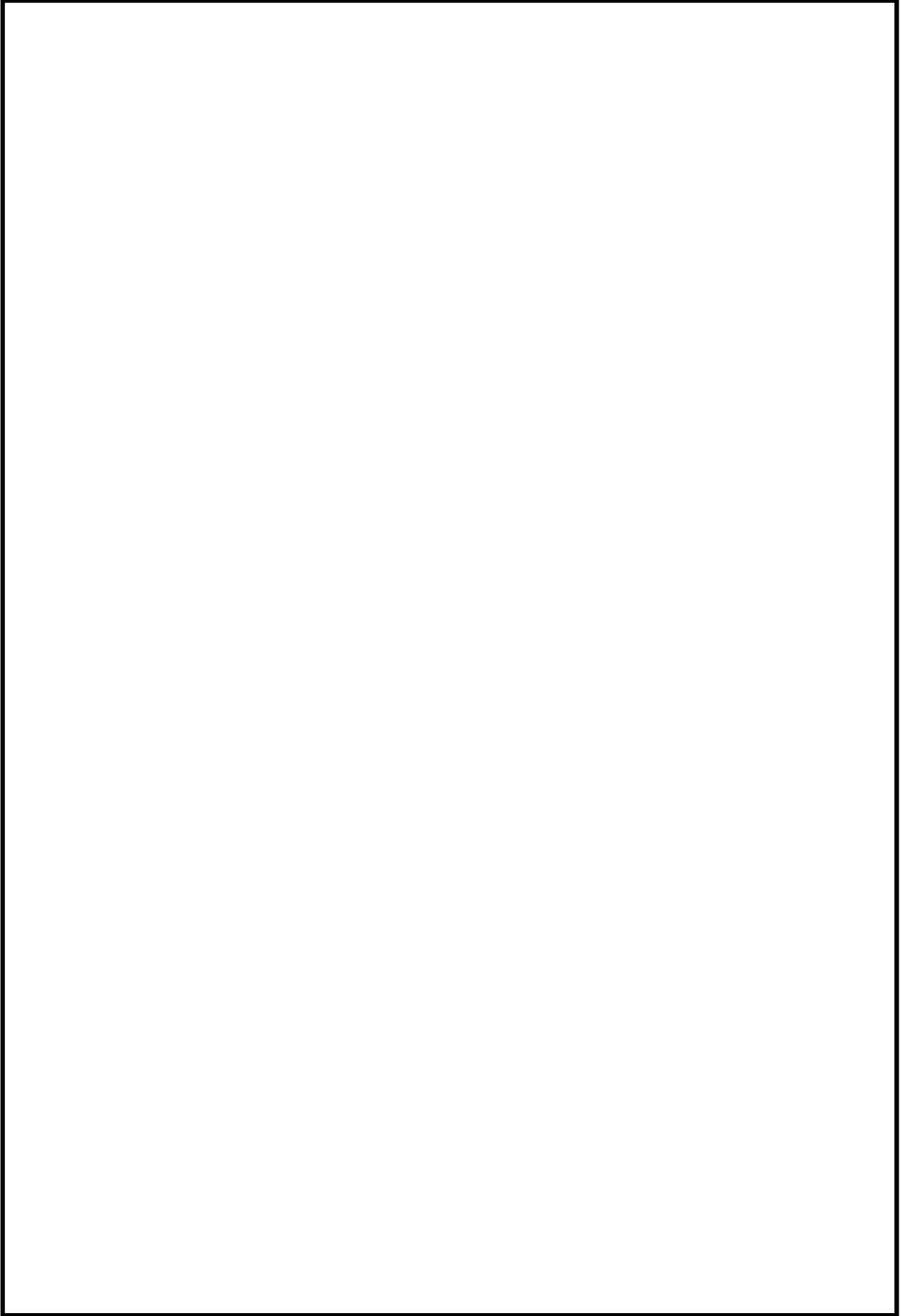
3.3.5.3 支持点の設定方法及び手順

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







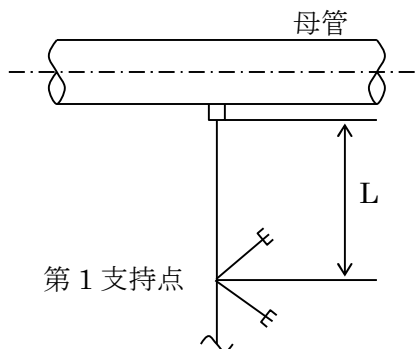


3.3.6 支持点を設定する上での考慮事項

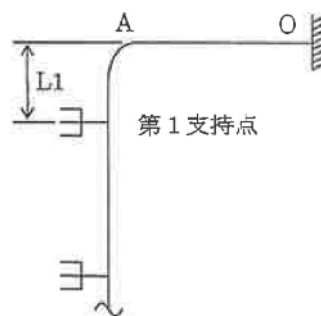
配管の各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設計する。

3.3.6.1 分岐部

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



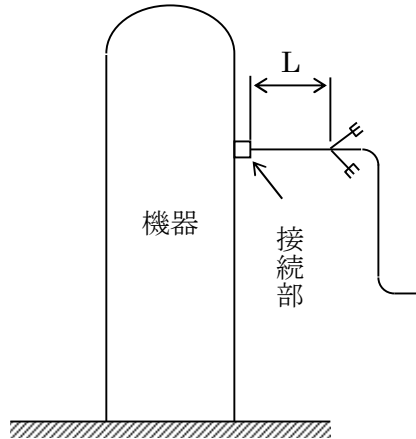
また右図のような曲げ部でA O間の熱膨張変位がある場合は、曲げ部から第1支持点までの長さ L_1 を、これらの変位により発生する応力が許容応力以下となるように定める。



3.3.6.2 機器との接続部

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

この場合のLは、「3.4.6.1 分岐部」と同様に機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。



3.3.6.3 弁

配管に弁が設置される場合は、第 3-2 図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づき前後の支持点が決められる。

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

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

3.3.6.4 建屋階層

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

3.3.7 設計上の処置方法

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

- (1) 配管系を3次元はりモデルとして解析を行い、配管の設計及び支持方法を定める。

実際の配管条件に基づいた直管部標準支持間隔法を算出し、配管間隔を設定する。

- (2) 当該配管が121℃未満かつ口径50A以下であることを確認した上で、直管部標準支持間隔を算出する解析モデルを、当該配管固有の設計条件（制限振動数、適用床区分、適用減衰定数、解析ブロック範囲、配管系内最小必要支持点数、圧力、温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たりの質量）に応じて設定する。

3.3.8 標準支持間隔

3.3.8.1 設計基準対象施設

本章を踏まえて定めた緊急時対策所用代替電源設備の配管における基準地震動 S_s に対する直管部標準支持間隔，固有振動数及び発生応力を表3-7「直管部標準支持間隔」に示す。

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

表3-7 直管部標準支持間隔(減衰定数0.5%)

建屋	E L. (m)	材料	外径 (mm)	保 温 材 の 有 無	単 位 長 さ 当 た り の 質 量 (kg/m)	解析結果				番 号
						支 持 間 隔 (m)	固 有 振 動 数 (Hz)	一 次 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎	23.3	STPT370	60.5	無	7.27	4.0	10.0	148	331	1
緊急時対策所建屋	23.3		60.5	無	7.27	4.0	10.0	148	331	1
			60.5	無	7.27	3.9	10.3	101	331	2
		48.6	無	5.21	3.6	10.1	147	331	4	
緊急時対策所建屋	30.3	STPT370	48.6	無	5.21	3.5	10.4	103	331	3
	23.3		48.6	無	5.21	3.6	10.1	147	331	4
	30.3		48.6	無	5.21	3.5	10.4	104	331	4
緊急時対策所建屋	30.3	STPT370	27.2	無	2.04	2.7	10.1	147	331	5

3.4 振動数を基準とした定ピッチ支持方法

配管系を剛にし、地震による過渡の振動がないようにするために、配管系の各支持区間について、あらかじめ基準振動数をベースに定められた基準区間長以下となるように支持する。

(1) 直管部分

a. 配管軸直角方向の支持

両端単純支持と仮定した場合の配管径と長さの関係を1次固有振動数が基準振動数となるように定めておく。

b. 配管軸方向の支持

直管部分が長く、配管軸方向の動きが拘束されていない場合は軸方向の支持を行う。

(2) 曲り部分

曲り部分は曲面と直角な方向（面外方向：曲り部分前後の直管部分により構成される平面に垂直な方向）の振動数が低下する。このため曲り部分の近くで面外振動を抑えるよう支持を行い、支持区間の長さを直管部分の基準長さより縮小した値とし、曲げ部分についても1次固有振動数が基準振動数を下回ることがないようにする。