

高圧ガス配管の耐震性改善簡易チェック手法  
に関する技術資料

平成 26 年 3 月

神奈川県安全防災局工業保安課

# 目 次

1	はじめに	1
2	基本方針	2
3	配管系の耐震診断と損傷モード	3
3.1	配管系の損傷	3
3.2	地震の影響要因	3
4	配管系耐震性評価の視点	3
4.1	慣性力に対する評価	4
4.2	相対変位に対する評価	4
5	配管系耐震性評価部位の選定と判定方法	4
5.1	危険箇所の見つけ方	4
5.2	配管の耐震対策の考え方	5
5.3	許容スパン法の評価方法とは	5
6	簡易点検チェック方法と考え方	8
6.1	球形タンク廻りの配管系	8
6.2	タワー(塔)廻りの配管系	14
6.3	リアクタ(反応塔)廻りの配管系	20
6.4	重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁)廻りの配管系	23
6.5	その他(大口径管分岐管、ドレンノズル、ベント管等)廻りの配管系	28
7	点検結果の記録保存	33
	附属資料の説明	34
	引用・参考文献	35
	附属資料—1 用語の解説	
	附属資料—2 アンケート調査結果のまとめ(既存配管系の耐震対策事例)	
	附属資料—3 許容スパン法概要(例題と演習)	
	附属資料—4 既存設備の耐震性簡易チェック事例(簡易チェック表活用事例)	

## 1. はじめに

高圧ガス設備は、建築物など一般の構造物と異なり、その設備に内包されるエネルギーや危険性が大きく、地震による破損が生じた場合、破壊、爆発、漏えい等により被害が広範囲に及ぶことが懸念され、その耐震性能の確保・向上は重要な課題である。

高圧ガス保安法は高圧ガス取締法時代から高圧ガス設備に対して耐震性確保について、1981年(昭和56年)の耐震告示の制定から、阪神淡路大震災や東日本大震災の教訓を受けてその度に改正を経て現在に至っている。

一方、神奈川県では、これまで地震対策について独自の行政指導を行い、国に先行して地震対策を推進してきた。また、高圧ガス保安法の耐震告示は既存設備には遡及せずあくまで新增設備にのみ適用されるが、神奈川県では県耐震設計基準に従い、塔槽類を中心に重要設備について耐震診断を実施し改善指導を行った経緯もある。

しかしながら、高圧ガス耐震設計構造物となる配管系については、耐震設計基準等への適合状況が低く、これは耐震性評価の対象となる設備数がとりわけ多く、自主的な取組が進んでいないことも背景にある。また、東日本大震災やそれ以前に我が国で発生した地震においては、配管類の被害が多数報告されている。

こうしたことから、地震時の高圧ガス設備の減災を図るため、高圧ガス事業所において自施設の耐震性に係る簡易的な点検等に活用できる技術資料を作成することで、事業所における自主的な耐震性改善の取組の促進に資することを目的として本資料を作成した。

## 2. 基本方針

本事業は、自主保安の範疇で高圧ガス事業所自らが高圧ガス施設配管系の被害軽減措置を講じるための手引き(ガイドライン)であって、図表、グラフを活用しながら比較的簡易におおまかな判定ができる資料を作製することであり、次の(1)～(6)を基本方針とする。

- (1) 配管設備における耐震判定重要箇所を選定に資するものであること。
- (2) 事業所における人材(工務関係者、設備管理関係者、オペレータ等)が設計図書(完成図書、P&I等)や設置環境から比較的簡易に耐震性の点検が実施できるものであること。
- (3) 点検部位を抽出し、具体的な耐震性判定の手順をしめすこと。
- (4) 内容は冗長な表現を避け、できるだけ簡潔な表現とし、専門的な用語には理解を助けるための解説を付すこと。
- (5) 具体的な改善対策の検討につなげられるように、点検部位毎に「良い例」として改善事例を示すこと。
- (6) 耐震簡易点検の進め方は、点検対象部位の選定し対象設備を抽出したならばチェック表に基づく判定を行う。その結果、良好と判定しがたい場合には改善対策の詳細検討となる。この流れが理解できるような記述とすること。

本書の特徴は、配管の耐震評価について必ずしも専門知識を有しない人でも、現場を熟知していれば、配管の耐震性を比較的簡易にチェックできるように意図して作成している。そのため、専門用語には分かりやすい解説をつけるとともに、平易な表現を心がけた。

点検する人が「どこが危険そうであるのか。」と自ら問題点に気が付くことが重要であると考え、「点検の視点」、「具体的な点検部位のイメージ図の提示」、「良否の判断基準の数値化、グラフ化」などにより、点検者が取り組み易くなるように心がけた。

本報告は、あくまでも企業の自主保安の範疇において、大規模地震において損傷をこうむる恐れのある部位のスクリーニングと減災対策を講じるための手引きを目指すものであり、新設もしくは既存設備の改造等を行う場合は、改めて耐震告示に沿った評価をおこない、改善対策の詳細設計については別途エンジニアリング会社等に委ねることが必要となる。

### 3. 配管系の耐震診断と損傷モード

地震発生時の大きな地震動及び液状化などによる地盤の変化によって、6. 1に示される配管系の損傷が発生すると、設備の正常な維持管理が阻害される。

こうした損傷は 6. 2に示される配管系や周辺構造物の地震時の挙動及び構造上、施工上の弱点に起因して発生する。これらの配管系の損傷と起因する要因を組み合わせ「損傷モード」と称し、この損傷モードごとに耐震診断を実施する。

#### 3. 1 配管系の損傷

配管系の損傷とは、高圧ガスの漏洩の発生の原因となる次の(1)～(9)に掲げる状態をいう。

- (1) 曲がり管、分岐管等の配管部品の変形、亀裂又は破断
- (2) フランジ継手のシール機能の喪失及びフランジ部の変形、亀裂又はフランジボルトの緩み
- (3) ねじ継手、その他の特殊フィッティングの外れ、変形、亀裂又は破断
- (4) 弁又は配管付属品の変形、亀裂又は破断又は機能喪失
- (5) 伸縮継手のベローズ又はその付属品の許容量を超える変形、亀裂又は破断
- (6) ノズル部配管反力による管台、胴板の変形、亀裂又は破断
- (7) 回転機のフランジ継手、ケーシングの変形、亀裂又は破断
- (8) サポート、取り付け金具、溶着部品及びその関連する配管の亀裂、破断
- (9) その他の配管付属品、配管部品の変形、亀裂、破断又は機能喪失

#### 3. 2 地震の影響要因

上記 6. 1の損傷を招く地震の影響要因は次の(a)～(h)の項目があげられる

- (a) 配管の地震による慣性力
- (b) 配管支持構造体の異なる動きによるサポート間の相対変位
- (c) 液状化等による地盤の移動に基づくサポート間の相対変位
- (d) 配管支持構造物(支持構造体、サポート等)の機能喪失
- (e) 配管系と周辺構造物との相互干渉
- (f) 配管系又は配管支持構造物(サポート、支持金具を含む)の経年劣化
- (g) 耐震上好ましくない配管系の構造材料や構造形態(粘りのない材料・構造形態など)
- (h) 配管系又は配管支持構造物の溶接施工等の状況

### 4. 配管系耐震性評価の視点

地震の影響要因については、6. 2項に掲げるように多数あるが、本書で扱う耐震性評価は、6. 2項(a)及び(b)に限定することとした。以下に理由を示す。

- 本書は4項で示すように、事業者が自主保安の範疇で診断を行うことを目的としており、(c)の液状化などの地盤変状が起きるかの判定が簡単ではないこと。
- (d)及び(e)に掲げるサポートなどの機能喪失や配管系と周辺構造物の相互干渉は、(a)及び(b)から二次的に起きるものであること。
- 経年劣化については、通常の自主保安で点検が実施されていること。
- 本書は高圧ガス配管を対象としており、脆性材料は使われていないこと。
- 同様の理由で、溶接施工に関しては建設時に品質が確保されていること。

(a)は、配管系そのものが地震の揺れで大きく変形・損傷してしまわないかということであり、(b)はタワーとストラクチャーの渡り配管のように、異なる構造物に支持されている配管が、構造物の異なる変位に引きずられて損傷してしまわないかということである。

これらは対策が正反対になる。つまり前者は自由度を拘束する対策であり、後者は逆に自由度(伸縮性、可動性)を高める対策である。

以降、これら(a)及び(b)のふたつの要因で引き起こされる損傷の状態(損傷モード)に対する評価をそれぞれ、「慣性力に対する評価」、「相対変位に対する評価」と呼ぶ

#### 4.1 慣性力に対する評価

配管そのものが地震による慣性力によって損傷する場合(損傷モード:慣性力)

大きな地震動が配管に作用した場合、配管は元の位置に止まろうとする(慣性)ため、揺れの加速度が大きい場合には、その揺れの方向とは反対側に大きな力(慣性力)が働く。

電車や自動車が急発進した場合に、体が後ろに倒れてしまう状態と同じであり、逆に急停車した場合には体は前方に倒れてしまう状態と同じ現象が、配管系に地震動により繰り返し作用するために発生する損傷モードを慣性力による損傷モードという。この損傷モードに対する耐震性を診断・評価することである。

#### 4.2 相対変位に対する評価

配管支持点或いは支持構造物の異なる揺れにより損傷する場合(損傷モード:相対変位)

配管系の構造物や周辺構造物は、高さも違えば、構造形状、重量が様々であり、地震時には其々が異なった揺れ周期、揺れ幅、揺れ速度、揺れ方向で振動する。

配管系の場合、配管支持点が異なる構造物に緊結固定されている場合、支持点の緊結が十分に強ければその支持点間の配管(配管スパン)に引きちぎる力、ねじ曲げる力、折り曲げる力、圧縮する力等が掛かって発生する損傷モードを支持点間の相対変位による損傷モードという。この損傷モードに対する耐震性を診断・評価することである。

### 5. 配管系耐震性評価部位の選定と判定方法

#### 5.1 危険個所の見つけ方

地震が起きた場合、どこがどのように揺れるのか想像することが重要である。例えば「高いタワーの上方は下の方より大きく揺れそうだ」、「このストラクチャーはブレース(斜材)があまり入っていないから大きく揺れそうだ」、「地震で配管が大きく動くと、他のものとぶつかりそうだ」など今までの経験や洞察力によって危険だと感じるポイントを現場で探し出すことが大切である。

現場を熟知した運転員、設備管理技術者にとって、塔槽類(タワー・ドラム)の高さと揺れ幅、架構(ストラクチャー)の高さと揺れ幅などを読み取ることができる資料があれば、点検すべきポイントのスクリーニング作業はさほど困難なことではない。

また、配管サイズ、内容物ごとに支持固定点間の距離(許容スパン長)が定められているので既存実配管系の支持固定点の間隔や渡り配管の支持固定点の間隔等を計測して点検することもさほど困難ではないと考えられる。

過去の地震でどのような被害が発生しているか、知っておくことも役にたつ。

高圧ガス保安協会発行の「高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)レベル1耐震性評価(配管系)編」の付

録Ⅱ第3項に過去の地震で生じた実際の配管の被害例が掲載されているので、耐震診断を行う前に目を通しておくことが望ましい。

## 5.2 配管の耐震対策の考え方

### 5.2.1 地震慣性力による影響と対策

配管が地震による慣性力を受けた時、ガイドなどのサポートが十分でないと、配管が大きく変形することになる。この結果、配管が隣接する配管に衝突したり、配管台座(パイプシュー)がサポートから落ちたりするかもしれない。従って配管が地震による慣性力に耐えるようにするには、サポートを多数設けて、地震時に配管系が動きにくくすることが大切である。評価するときは、配管系にガイドなどのサポートが十分設けられているかを確認すればよいわけである。

### 5.2.2 相対変位による影響と対策

支持構造物の相対変位に対する対策は、慣性力に対する対策と正反対になる。構造物の相対変位に対応するには、渡り部分の配管系が十分なたわみ性を持っていなければならない。スチームなどの温度の高い配管に伸縮ループが設けられているのを見たことがある人も多いと思う。これと同様な考え方で配管系にたわみ性を持たせることが対策になる。場合によっては、ガイドなどのサポートが悪影響を及ぼすこともあるので、取り外さなければならないこともある。

通常は異なる支持構造物の渡り配管に着目するが、パイプラック上の大口径ヘッダーから分岐している小口径配管のように、大口径配管の地震時の変位に引きずられて動かされるものについても同様の検討が必要になる。

## 5.3 許容スパン法の評価方法とは

用語の定義(附属資料-1を参照)でも述べた通り、配管サイズと内容物(液化ガス、圧縮ガス)により表1のように、最大支持点間距離(許容スパン長)が決められている。

例えば、8インチ(200A)の配管で内容物が液化ガスであった場合、パイプラック上での支持固定点間の最大距離は12.2m、圧縮ガスの場合は14.8mと定められている。一方で変位を吸収する性能(変位吸収能力)に関する規定もあり無暗に支持点間隔を狭くすれば良い訳でもない。バランスの良い設計が必要になる。

許容スパン長は表1に示されているが、実配管で地震に対する有効スパン長を算出することが出来れば、その配管系の地震慣性力に対する耐震性を評価することが可能である。そのため地震方向をX, Y, Zの3方向つまり水平2方向と鉛直方向を想定する必要がある。具体的には以下のような検討、対策が考えられる。

- (1) 配管支持間隔が長い場合、配管の揺れは大きくなり配管に発生する応力も大きくなるので、対策としては支持間隔を短くする。この場合、許容スパン長が参考となる。
- (2) 弁等の重量物の慣性力が大きくなるものが付属する配管には大きな負荷がかかるので、耐震性を改善するには、弁等の重量物を有する配管スパンは支持間隔を短くする。この場合、集中重量の効果を補正した許容スパン長が参考になる。または、弁等の重量物をサポート点近傍に配置したり、外部より支持をとることも有効である。なお補正については9.4項を参照のこと。
- (3) 偏心重量が大きい弁等の場合、その慣性力のために配管に大きな振り力(モーメント)や曲げ力(モーメント)が作用するので、対策としては弁等の偏心重量物を外部より支持する
- (4) 隣り合う支持点間に曲がり管が多い配管(両端が曲がり管の配管が連なる等)では、変形しやすく配

管が大きく揺れ、配管曲り部、分岐部、レジューサー一部等の形状が変化する部分に応力が集中する。また他の構造物と接触・衝突など相互干渉が発生することが考えられるので対策としては、サポート間配管の曲り管の数を少なくする。

- (5) 配管の変形は管軸方向には少なく、管軸直角方向の力による曲げ変形、ねじり変形が生じやすい特性があるので配管の変形特性を有効に利用して、サポート、ガイド、ストッパーなどの配置をおこない、配管系として剛性の確保(慣性力に対する対策)及び可とう性の確保(相対変位対策)をバランス良く行う。

以上のように慣性力による影響を小さくするためには、配管支持間隔をできるだけ短くし、配管の揺れを少なくおさえ、また重量物を直接あるいは近傍で支持して慣性力を小さくすることが原則である。

しかしながら、配管の熱変形、及び地震時の支持点間の相対変位が加えられるところには、支持点間隔を小さくすることが難しい場合があり、適切なサポート、ガイドやストッパーを配置する又は伸縮継手を設置するなど、配管系として可とう性を確保することも合わせて考慮する必要がある。

◆ 3方向(X方向, Y方向, Z方向)地震を考えた許容スパン法の事例

- (1) 管軸方向地震、管直角方向地震及び鉛直方向地震の3方向に関してそれぞれ算出する。
- (2) 配管スパン長とは、隣り合う支持点間の配管について配管管軸に沿った長さとする。
- (3) (2)の算出において、当該支持点における管軸が支持方向と一致する場合は当該支持点から最初の曲り管までの長さは含めないで算出する。

図1 許容スパン説明図

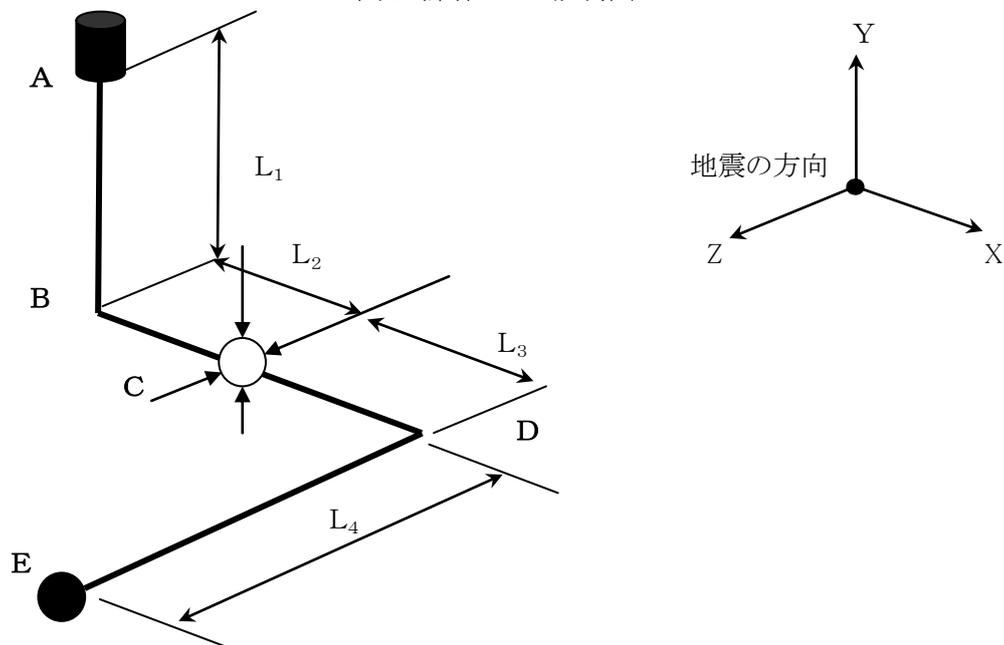


図1において、点A及び点EはX, Y, Zの3方向の動きに対して拘束されている支持点であり、点CはY, Z方向が拘束されている支持点とする。

(1) X方向の地震

C点は支持点でないので、隣り合う支持点はA点及びE点である。配管スパンはAEである。したがってX方向地震に対しては、配管スパンAE:配管スパン長 $=L_1+L_2+L_3+L_4 \leq La$  となる。

(2) Y方向の地震

支持点は点A, 点C及び点Eであるので、配管スパンAC及びCEを考慮する。配管AB間は管軸方向と地震方向が一致し配管は変形せず、A点に固定されB点も移動しないので、配管スパン長を考えるとこの方向に関しては、AB( $=L_1$ )は含めなくて良い。したがって、Y軸方向地震に関しては配管スパンAC:配管スパン長 $=L_2 \leq La$ 、配管スパンCE:配管スパン長 $=L_3+L_4 \leq La$  となる。

(3) Z方向の地震

支持点A, C及びE点であるので、配管スパンAC及びCEを考慮する。配管ED間では管軸方向は地震方向(Z方向)と一致し配管は変形せず、E点は固定されてD点も移動しないので、この方向に関しては、ED( $=L_4$ )は含めなくてもよい。したがって、Z方向の地震にたいしては配管スパンAC:配管スパン長 $=L_1+L_2 \leq La$ 、配管スパンCE:配管スパン長 $=L_3 \leq La$  となる。なお、Laは別表-1で定まる許容スパン長である。

別表-1 許容スパン長(m:メートル)

呼び径(B:インチ)	1.5B	2B	4B	5B	6B	8B	10B	12B	14B	16B	18B	20B	24B
呼び径(A)	40A	50A	100A	125A	150A	200A	250A	300A	350A	400A	450A	500A	600A
外径(mm)	48.6	60.5	114.3	139.8	165.2	216.3	267.4	318.5	355.6	406.4	457.2	508	609.6
液: 許容スパン長(m)	6.6	7.1	9.5	10.2	10.8	12.2	13.2	14.2	15.0	16.0	16.8	17.6	19.1
ガス: 許容スパン長(m)	7.0	7.8	10.7	11.7	12.7	14.8	16.4	18.0	19.0	20.3	21.5	22.7	24.9

(出展 : 高圧ガス設備等耐震設計指針 表3.1及び表3.2)

## 6. 簡易点検チェック方法と考え方

### 6.1 球形タンク廻りの配管系

一般的に球形タンク廻りの配管系はタンク本体基礎と同一若しくは本体基礎に緊結されたサポートにより支持されていれば、地盤変状による相対変位の影響はないと考えられる。

こうした観点から、タンク設計資料、耐震設計計算書<sup>(注-1)</sup>等を点検することはいうまでもないが、球形タンクは地震時に球殻一体で変位するので、タンク底部ノズルもタンク本体と同じ変位であることを考慮して、敷設されている配管系の変位吸収能力と配管支持間隔を許容スパン法により評価する必要がある。また、球形タンクの地震時変位を吸収する目的で、タンクノズル元にユニバーサル型伸縮継手を取り付けられていることがあるが、伸縮継手を含む配管系の変位吸収能力が地震時のすべての方向に対して有効であることを確認する必要がある。

次頁以降には、資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例として、(その1)、(その2)、(その3)示した。

また変位吸収に必要な配管投影長を求める(表-1)球形貯槽変位量、(表-2)球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を掲載し、チェック手順を示した。

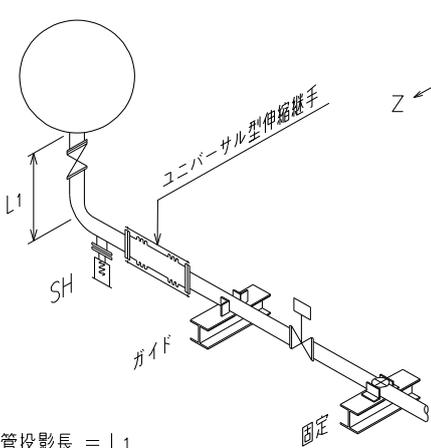
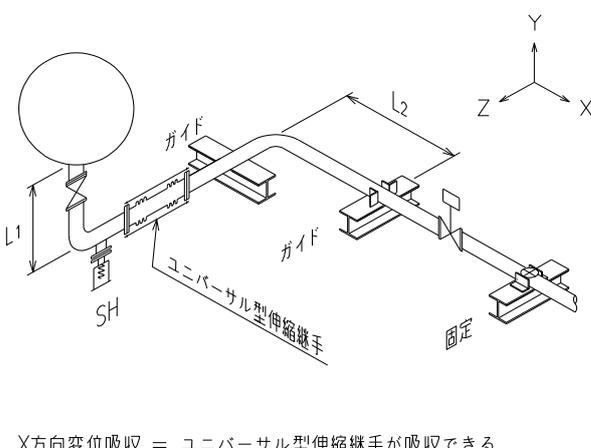
(注-1) 球形タンクの地震時変位は耐震設計計算書等から読み取るのが原則であるが、(表-1)においては耐震設計指針2012年版の簡易計算式に基づき、地表面における水平震度 $K_H = 0.3$ として、鋼管ブレースタイプ球形貯槽とロッドタイプ球形貯槽の変位量を算出している。

(参考 : 旧耐震設計指針1997年版によれば球形タンクの地震時変位は45mmとなる)

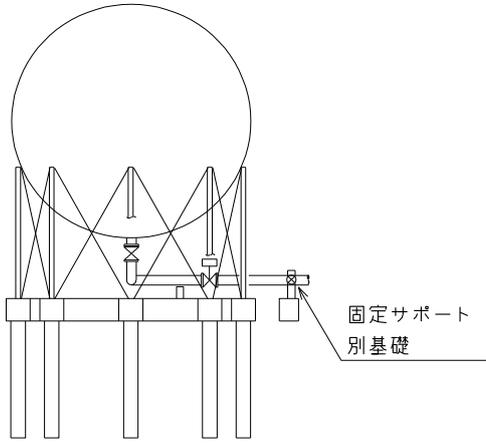
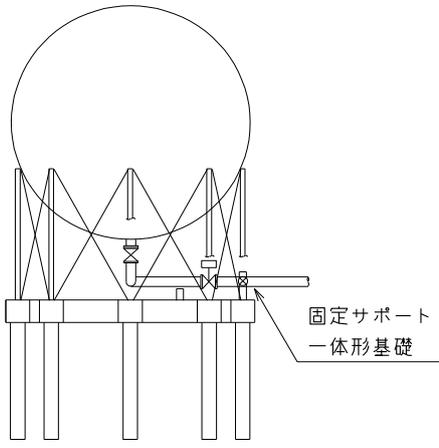
資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その1)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	球形タンクの地震時変位に対して、配管系がその変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
悪い例	良い例
球形タンク直下の元弁からの水平配管が緊急遮断弁以降の配管固定サポートまで1直線上に配置され、水平配管の軸方向にタンクが変位した場合にその変位を吸収できない。	球形タンク廻りの水平配管に曲がり部を設けて、球形タンクがどの方向に揺れても、配管系がその変位を吸収できるようになっている。
<p>&lt;図-1&gt;</p> <p>X方向配管投影長 = <math>L_1</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2 + L_3</math></p>	<p>&lt;図-2&gt;</p> <p>X方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_3</math></p>
	<p>&lt;図-3&gt;</p> <p>X方向配管投影長 = <math>L_1 + L_3 + L_6</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2 + L_4 + L_5 + L_7</math></p>
チェック内容	配管系の形状寸法が、水平2方向について、球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。
手順 (1)	球形貯槽の地震時変位は、既設耐震計算書から読み取る。 計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の簡易変位計算式に基づく、表1のグラフから球形貯槽変位量を読み取る。
手順 (2)	球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を、表-2のグラフから求める。
手順 (3)	各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(2)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長
備考	地震慣性力に対しては、X, Y, Z各方向の配管支持間隔(配管スパン長)が耐震指針の(表3. 1)、(表3. 2)の許容スパン長以内であるかチェックする。 <図-3>の場合、Z方向の配管支持間隔は、 $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7$ である。

資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

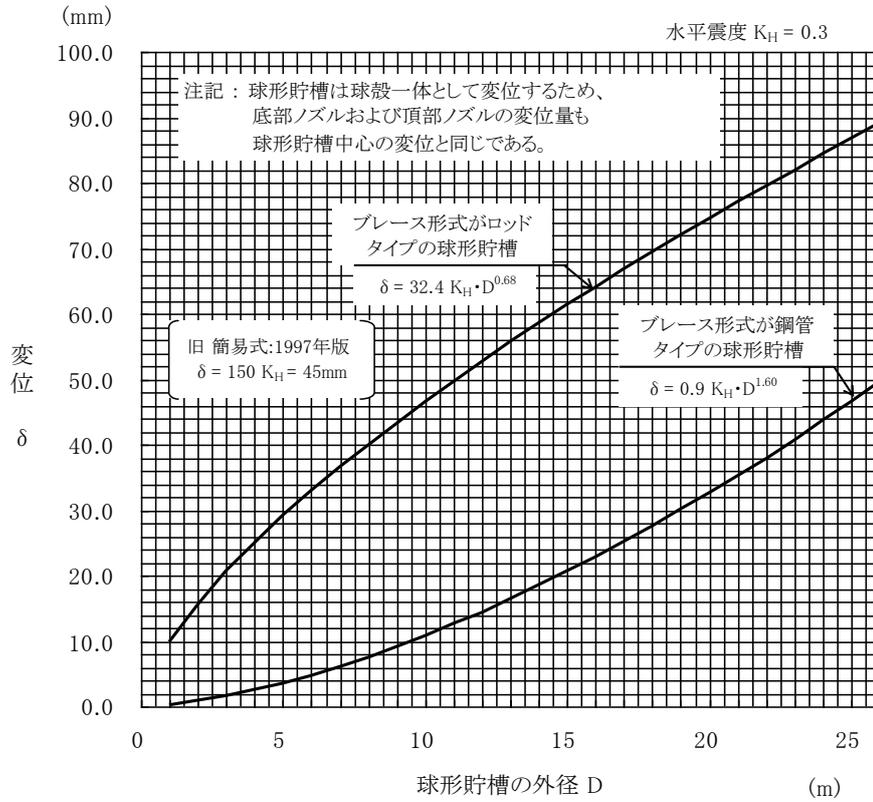
球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック（その2）	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	球形タンクの地震時変位に対して、配管系がその変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
悪い例	良い例
球形タンク直下の元弁からの水平配管にユニバーサル型伸縮継手を設置しているが、水平配管の軸方向にタンクが変位した場合にその変位を吸収できない。	球形タンク廻りの水平配管に曲がり部を設けて、ユニバーサル型伸縮継手の軸方向にタンクが変位した場合には、配管投影長により、配管系がその変位を吸収できるようになっている。
 <p>X方向配管投影長 = <math>L_1</math> Z方向変位吸収 = ユニバーサル型伸縮継手が吸収できる軸直角方向変位量</p>	 <p>X方向変位吸収 = ユニバーサル型伸縮継手が吸収できる軸直角方向変位量 Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2</math></p>
チェック内容	配管系の形状寸法が、水平2方向について、球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。
手順 (1)	球形貯槽の地震時変位は、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づき、表1のグラフから球形貯槽変位量を読み取る。
手順 (2)	ユニバーサル型伸縮継手の計算書から吸収できる変位量を求める。
判定基準	ユニバーサル型伸縮継手が吸収できる変位量 > 球形貯槽変位
手順 (3)	ユニバーサル型伸縮継手の軸方向の球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を、表-2のグラフから求める。
手順 (4)	既設配管投影長と手順(3)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長
備考	

資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

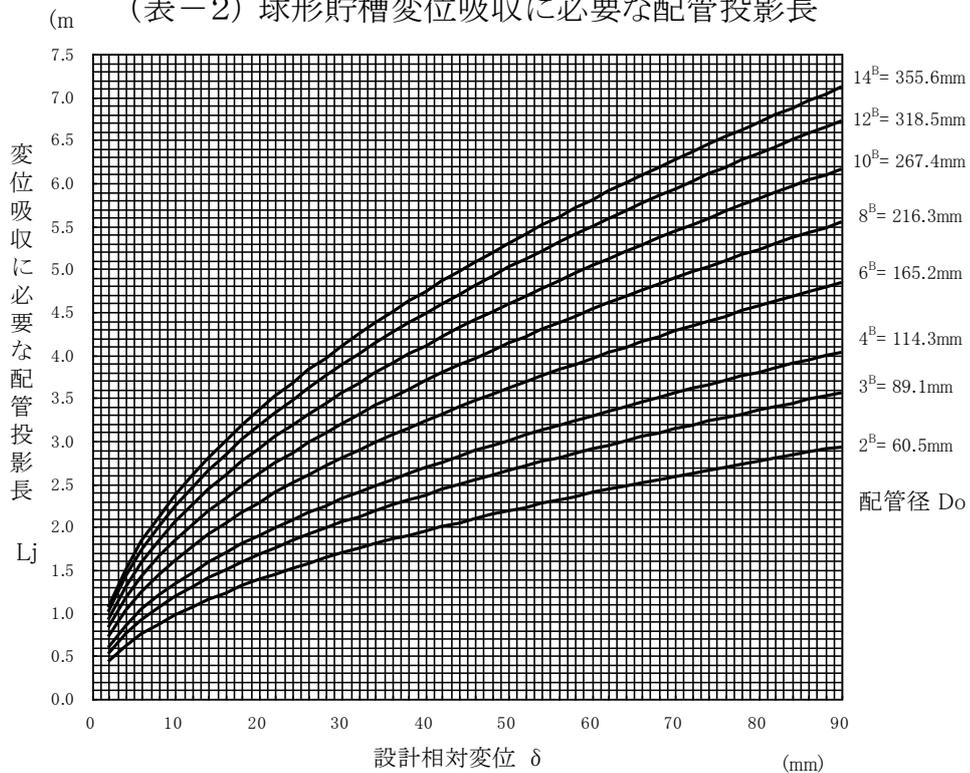
球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック（その3）	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	護岸近傍の球形タンクの基礎と配管サポートの基礎が共通基礎となっているかチェックする
悪い例	良い例
球形タンク元遮断弁直近の配管固定サポートが球形タンクとは別基礎になっているため、地震時の地盤変状による検討が必要になる。	球形タンク元遮断弁直近の配管固定サポートが球形タンクと一体形の共通基礎であるので地盤変状の影響は球形タンクノズルに作用しない。
	
チェック内容	球形タンク元遮断弁直近の配管固定サポートが球形タンクと一体形の共通基礎であるかをチェックする。
判定基準1	球形タンク元遮断弁直近の配管固定サポートが球形タンクと一体形の同一基礎であり、外部からの荷重に対して強固である。---タンク元配管は地盤変状の影響を受けない。
判定基準2	球形タンク元遮断弁直近の配管固定サポートが球形タンクとは別基礎になっている場合は、地盤変状について専門的な評価をし、その結果に基づき対策を検討する。
備考	

資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例(その1)、(その2)及び(その3)の内容チェック手順及び判定で必要となるのは以下の(表-1)、(表-2)及び(表 3.1) (表 3.2)である。

(表-1) 球形貯槽変位量



(表-2) 球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長



(表 3.1) 配管の許容スパン長 (液化ガス)

呼び径 (B)	呼び径 (A)	外径 (mm)	許容スパン長 $L_a$ (m)	基準分布重量 $\Gamma_b$ (N/m)	基準集中重量 $W_a$ (N)
1-1/2B	40 A	48.6	6.6	61.7	407
2B	50 A	60.5	7.1	85.3	605
2-1/2B	65 A	76.3	7.9	140.8	1,116
3B	80 A	89.1	8.6	179.7	1,545
3-1/2B	90 A	101.6	9.0	219.6	1,986
4B	100 A	114.3	9.5	266.5	2,532
5B	125 A	139.8	10.2	373.7	3,802
6B	150 A	165.2	10.8	493.9	5,357
8B	200 A	216.3	12.2	789.3	9,629
10B	250 A	267.4	13.2	1152.2	15,208
12B	300 A	318.5	14.2	1574.7	22,361
14B	350 A	355.6	15.0	1928.6	28,851
16B	400 A	406.4	16.0	2520.3	40,325
18B	450 A	457.2	16.8	3191.2	53,612
20B	500 A	508	17.6	3842.8	67,633
22B	550 A	558.8	18.4	4553.8	83,563
24B	600 A	609.6	19.1	5442.2	103,946

(表 3.2) 配管の許容スパン長 (圧縮ガス)

呼び径 (B)	呼び径 (A)	外径 (mm)	許容スパン長 $L_a$ (m)	基準分布重量 $\Gamma_b$ (N/m)	基準集中重量 $W_a$ (N)
1-1/2B	40 A	48.6	7.0	43.5	304
2B	50 A	60.5	7.8	57.1	445
2-1/2B	65 A	76.3	8.7	96.0	839
3B	80 A	89.1	9.5	118.5	1,126
3-1/2B	90 A	101.6	10.1	140.1	1,414
4B	100 A	114.3	10.7	165.9	1,775
5B	125 A	139.8	11.7	223.1	2,616
6B	150 A	165.2	12.7	283.7	3,616
8B	200 A	216.3	14.8	429.0	6,349
10B	250 A	267.4	16.4	601.4	9,863
12B	300 A	318.5	18.0	793.4	14,281
14B	350 A	355.6	19.0	954.6	18,110
16B	400 A	406.4	20.3	1248.2	25,339
18B	450 A	457.2	21.5	1581.2	33,995
20B	500 A	508	22.7	1855.2	42,112
22B	550 A	558.8	23.8	2148.8	51,141
24B	600 A	609.6	24.9	2580.0	64,243

(出展 : 高圧ガス設備等耐震設計指針 表3.1及び表3.2)

## 6.2 タワー(塔)廻りの配管系

ここでのタワーとは、プラットフォームがタワー本体から支持されており、周囲に架構が組み立てられていないものをいう。架構内のタワーや周囲に独立した架構が組み立てられているタワーについては、次項のリアクタ廻りの配管系を参照のこと。

地震時にはタワー及び架構等の構造物は揺れ幅、揺れ周期が別々であることが一般的であり、これらの支持構造体に接続または支持、固定されている配管は固定位置、固定方法によっては大きな伸縮、曲げ、ねじれ等が発生する危険がある。チェックすべき対象としてはオーバーヘッド配管とリボイラー廻り配管となる。

オーバーヘッド配管は他の架構への渡り配管の相対変位に対して追従できるかを確認する。リボイラー廻り配管は、リボイラー支持方法により対応が異なる。縦型のリボイラーが独立した架台で支持されている場合は配管が相対変位に追従できない可能性があるため配管の変位吸収能力を評価する。リボイラーがタワー本体から支持されている場合および水平置きになっている場合、相対変位は生じないか小さいので評価は省略してよい。

その点を考慮して、適切な位置で支持、固定されているか、配管の変位吸収能力は十分であることを点検することが大切である。

装置の種類によっては、タワーをいくつが並べて間にサブパイラックを配したレイアウトとすることがある。このような場合は、相対変位が問題になる場合があるので、極端に短いスパンでサポート(水平方向の拘束)が設けられている渡り配管がないか、確認しておく。

基本的に配管はプラットフォーム内で組まれるため、あまり長いサポートスパンとなることはなく、慣性力に対する評価は省略しても差し支えない。但し、安全弁が高いタワーの塔頂に設置されている場合は慣性力が大きくなるので、サポートの状況及び配管スパン長を確認しておくのが望ましい。

特にタワーおよび架構の全高が 30m を超える場合は、それぞれの配管支持点変位量が 100mm を超え、これら構造物間の渡り配管において、地震時に配管系が吸収すべき相対変位はそれぞれの変位量の合計である 200mm 以上となる可能性がある。

12<sup>B</sup> STPG370 配管の場合、200mm の相対変位吸収には、約 10m の配管投影長が必要になる。(表-5)参照のこと)

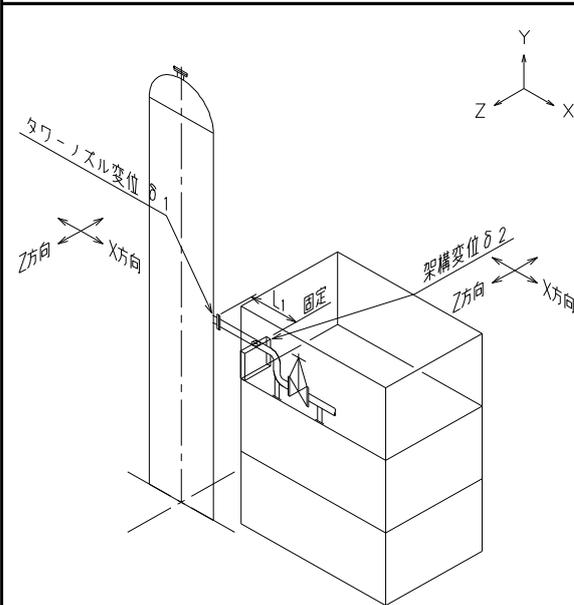
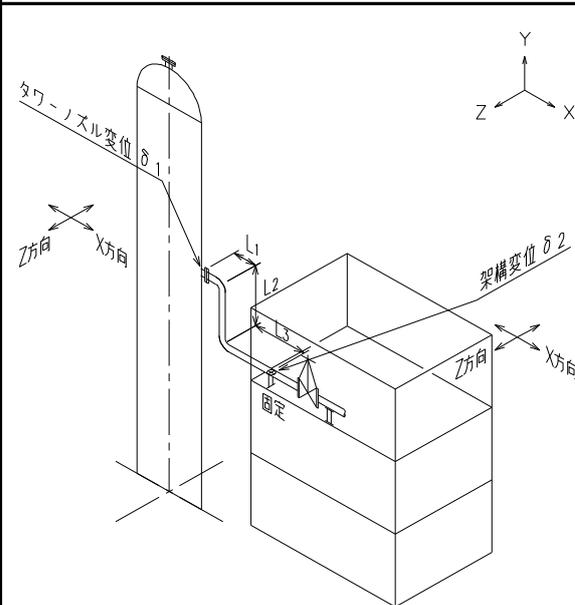
次頁以降には、資料-2 タワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例として、(その1)、(その2)、(その3)を示した。また(表-3)タワーノズル変位量及び配管支持点変位、(表-4)架構の配管支持点変位及び(表-5)タワー、架構変位吸収に必要な配管投影長を掲載し、チェック手順を示した。

なお、(表-3)および(表-4)において、タワーおよび架構の地震時変位量は、耐震設計指針 2012 年版の簡易計算式に基づき、地表面における水平震度 $K_H = 0.15$  として、支持構造体の全高  $H_t$  とノズルまたは配管支持点の高さ  $h$  が同じ場合、そしてノズルまたは配管支持点の高さ  $h = H_t / 2$  の場合について、各配管支持点の変位を算出している。

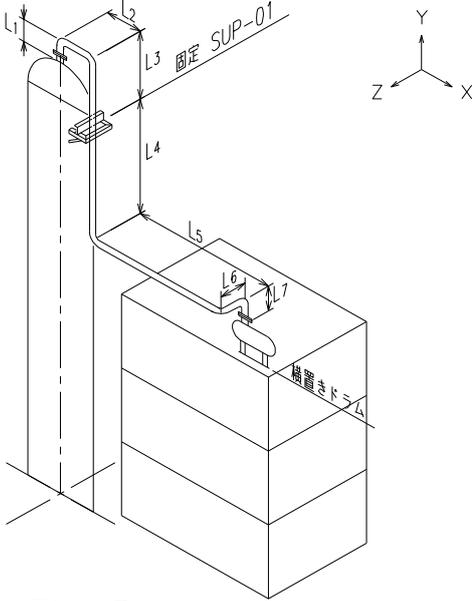
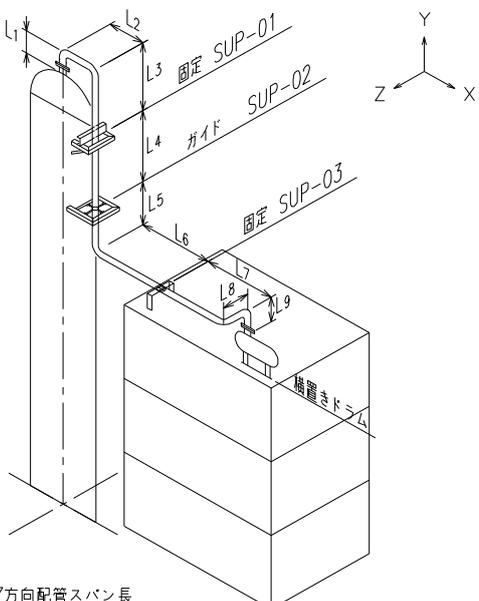
資料-2 タワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

タワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その1)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	タワーと架構間を連絡している配管系が、地震時の揺れの違いによる配管支持点の相対変位に対して、その変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
悪い例	良い例
<p>タワーの振れ止めサポートの高さと架構の固定サポートの高さが近過ぎて、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合に、配管系がその変位を吸収できない。</p>	<p>タワーの振れ止めサポートと架構の固定サポートの高さがある程度離れているので、垂直配管の投影長により、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合でも、配管系がその変位を吸収できる。</p>
<p>X方向配管投影長 = <math>L_1</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1+L_2</math></p>	<p>X方向配管投影長 = <math>L_1</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1+L_2</math></p>
チェック内容	<p>配管系の形状寸法が、水平2方向について、タワーと架構間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。</p> <p>手順 (1) タワーの配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表3のグラフからタワーの配管支持点変位量<math>\delta_1</math>を読み取る。</p> <p>手順 (2) 架構の配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表4のグラフから架構の配管支持点変位量<math>\delta_2</math>を読み取る。</p> <p>手順 (3) タワーと架構の配管支持点間の相対変位量(<math>\Delta</math>)を求める。 相対変位量<math>\Delta</math> = タワーの配管支持点変位量<math>\delta_1</math> + 架構の配管支持点変位量<math>\delta_2</math></p> <p>手順 (4) タワーと架構変位吸収に必要な配管投影長を、表-5のグラフから求める。</p> <p>手順 (5) 各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(4)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。</p> <p>判定基準 既設配管投影長 &gt; 変位吸収に必要な配管投影長</p>
備考	

資料-2 タワー(塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

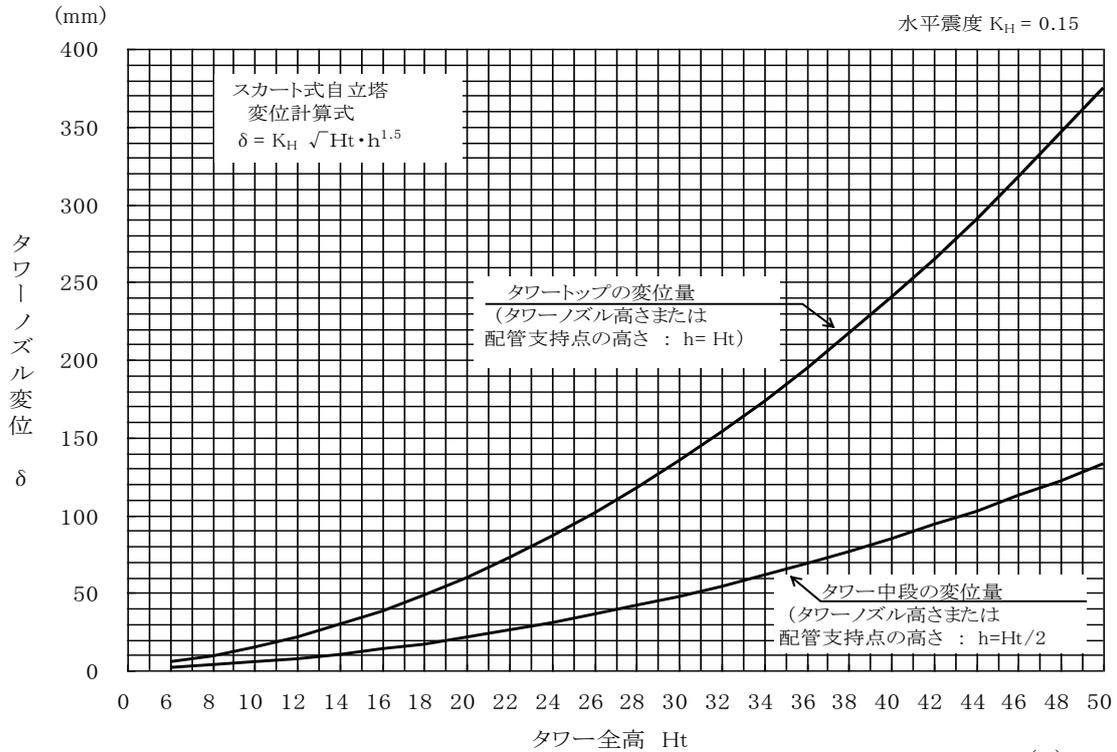
タワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その2)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	タワー中間のノズルに架構からの配管が連絡している場合、小口径配管であっても、地震時の揺れの違いによる配管支持点の相対変位に対して、その変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
悪い例	良い例
タワーノズルと架構からの配管サポートが同一レベルにあるため、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合に、配管系がその変位を吸収できない。	タワーノズルと架構からの配管サポートのレベルを変えているので、垂直配管の投影長により、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合でも、配管系がその変位を吸収できる。
 <p>X方向配管投影長 = 0 Z方向配管投影長 = L1</p>	 <p>X方向配管投影長 = L2 Z方向配管投影長 = L1+L2+L3</p>
チェック内容	配管系の形状寸法が、水平2方向について、タワーと架構間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。 架構からの配管サポートのレベルを変えることができない場合は、水平配管に曲がり部を設けてタワーと架構間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。
手順(1)	タワーの配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。 計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表3のグラフからタワーの配管支持点変位量 $\delta_1$ を読み取る。
手順(2)	架構の配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。 計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表4のグラフから架構の配管支持点変位量 $\delta_2$ を読み取る。
手順(3)	タワーと架構の配管支持点間の相対変位量( $\Delta$ )を求める。 相対変位量 $\Delta$ = タワーの配管支持点変位量 $\delta_1$ + 架構の配管支持点変位量 $\delta_2$
手順(4)	タワーと架構変位吸収に必要な配管投影長を、表-5のグラフから求める。
手順(5)	各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(4)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長
備考	

資料-2 タワー(塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

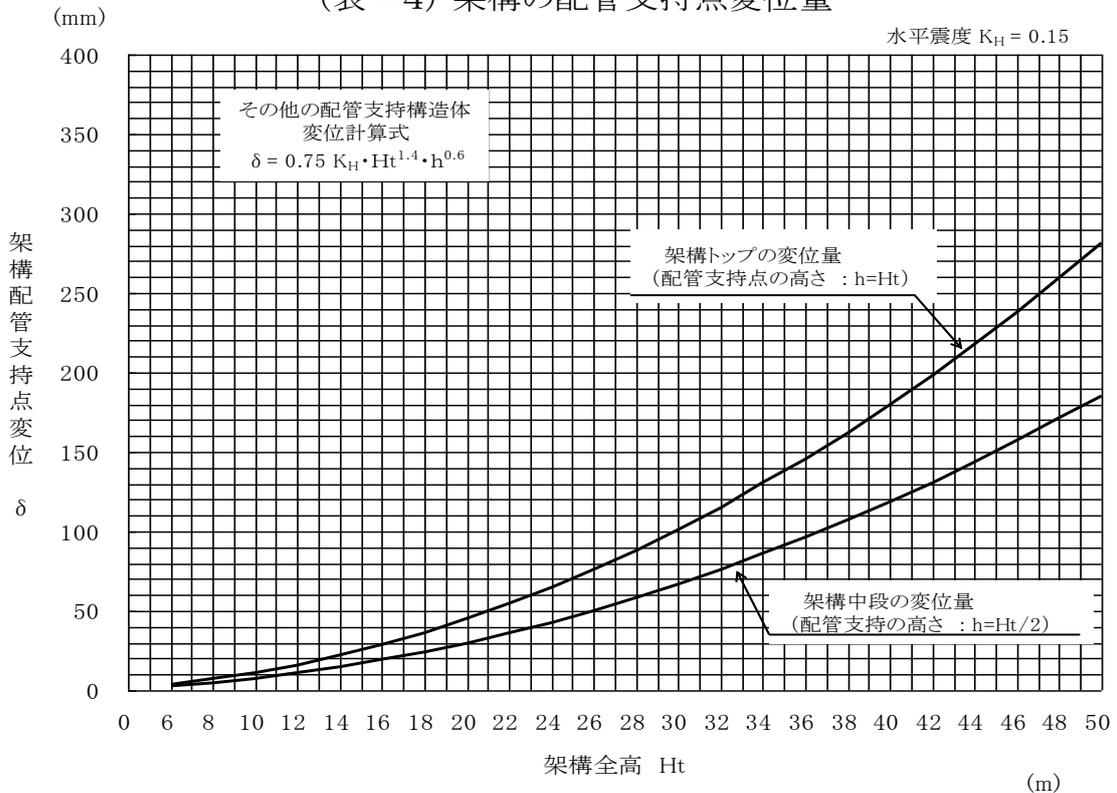
タワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その3)	
想定される損傷モード(大分類)	地震慣性力
チェック項目	配管系に適切にサポートが設置され、その支持間隔が長すぎないかチェックする
悪い例	良い例
<p>タワーの固定配管サポートから架構上の横置きドラムまで配管サポートが設置されておらず、X, Z それぞれの方向の配管支持間隔(配管スパン長)が長すぎる。</p>  <p>SUP-01~横置きドラム間                      X方向配管スパン長 = <math>L_4+L_5+L_6+L_7</math>                      Z方向配管スパン長 = <math>L_4+L_5+L_6+L_7</math>                      Y方向配管スパン長 = <math>L_5+L_6</math></p>	<p>タワーおよび架構から適切に配管サポートが取り付けられており、X, Y, Z それぞれの方向に対して配管が支持されている。</p>  <p>最も長いZ方向配管スパン長                      タワー~SUP-01間 = <math>L_1+L_2+L_3</math>                      SUP-01~SUP-02間 = <math>L_4</math>                      SUP-02~SUP-03間 = <math>L_5+L_6</math>                      SUP-03~横置きドラム = <math>L_7+L_8+L_9</math></p>
チェック内容	地震慣性力に対しては、X, Y, Z 各方向の配管支持間隔(配管スパン長)が、耐震指針の(表3.1)、(表3.2)の許容スパン長以内であるかチェックする。
	判定基準 既設配管支持間隔(配管スパン長) < 配管の許容スパン長
備考	

資料-2のタワー廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例(その1)、(その2)及び(その3)の内容チェック手順及び判定で必要となるのは以下の(表-3)、(表-4)及び(表-5)である。

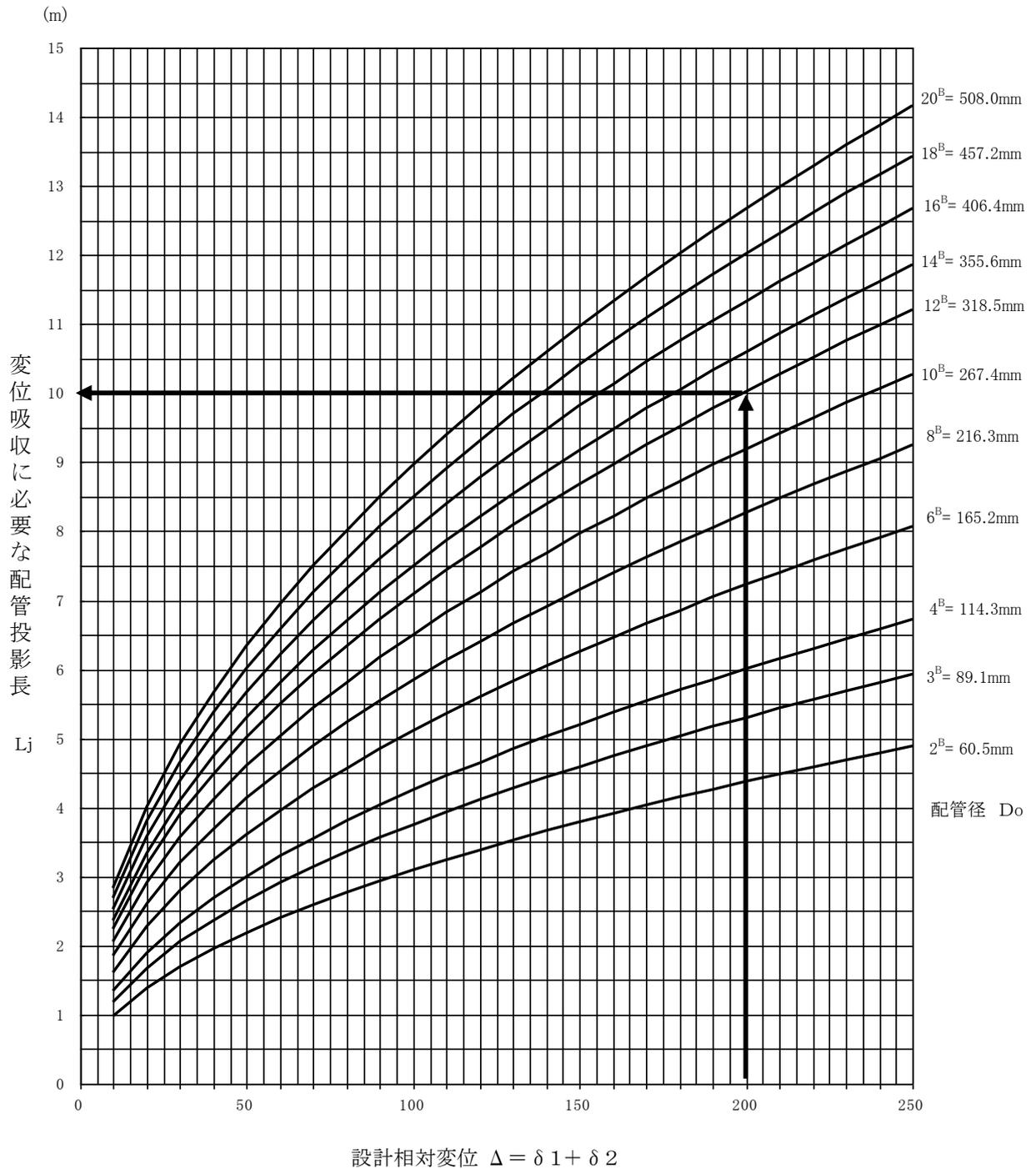
(表-3) タワーノズル変位量および配管支持点変位



(表-4) 架構の配管支持点変位量



(表-5) タワー、架構変位吸収に必要な配管投影長



(注) 表-3及び表-4を使って、タワーの配管支持点と架構の配管支持点との変位量の合算値  $\Delta$  が 200mmあった場合、塔頂配管径が 12B の配管が損傷を受けないための変位吸収に必要な配管投影長は約 10 メートルとなる。

### 6.3 リアクタ(反応塔)廻りの配管系

ここでいうリアクタには反応槽のほか、吸着塔(充填塔)などで周囲に架構が組まれているものを含む。周囲に架構が組まれている場合に最も問題となるのは相対変位である。地震時にはリアクタ及びリアクタ架台は揺れ幅、揺れ周期が別々であることが一般的であり、タワーと架構間の渡り配管と同様に、これらの支持構造体に接続または支持、固定されている配管は固定位置、固定方法によっては大きな伸縮、曲げねじれ等が発生する危険がある。

その点を考慮して、適切な位置で支持、固定されているか、配管の変位吸収能力は十分であるかを点検することが大切である。

初めに確認しなければならないのはオーバーヘッド配管である。上部はスプリングハンガーで支持されていることが多いが、ここにガイドが設けられている場合は架構とリアクタとの相対変位に配管が追従できない可能性がある。

特にリアクタは高温・高圧であり、タワーとは違って、リアクタ本体に配管サポートラグを取り付けたり、操作ステージを取り付けたりしていないので、配管熱応力にも配慮したサポート配置、支持方法を検討する必要がある。

また配管本管から分岐している小口径配管(リアクタの中央にクエンチなどの配管が接続されている場合等)についても、配管熱応力、地震慣性力および相対変位に注意して、点検する必要がある。

吸着塔(充填塔)などでは、周囲の架構のルーフにバルブセットが組まれていることがある。このような配管の場合、相対変位と慣性力の両方の要求を満足させる必要があるため評価が難しくなる。簡易法では解決しない場合、応答解析による評価を行うなどの二次評価が必要になることも考えられる。

充填塔では再生運転のための配管が複数の塔の塔頂間で接続されている場合がある。同じ形状の塔であっても地震時に異なる揺れ方をすることはあるので、相対変位の評価を行うことが望ましい。

次頁以降には、資料-3 リアクタ廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例として、(その1)、(その2)を示した。また(表-3)タワーノズル変位量及び配管指示点変位、(表-4)架構の配管支持点変位及び(表-5)タワー、架構変位吸収に必要な配管投影長を掲載し、チェック手順を示した。

リアクタの構造がタワーと同じスカート式自立塔の場合は、リアクタノズルの地震時変位量は(表-3)から求めることができる。但し、リアクタの構造がスカート式自立塔でない場合、あるいは架台上に設置されている横型円筒胴のような場合は、その他の配管支持構造体の変位計算式に基づく(表-4)からリアクタノズルの変位量を求める。

リアクタとリアクタ架台間の変位吸収能力の評価はタワー廻り配管と同様に、(表-5)タワー、架構変位吸収に必要な配管投影長を参照のこと。

配管以外では、計装設備についても相対変位に対する確認が必要である。圧力計、差圧計の導圧管などの配管はもちろんのこと、計装のケーブル類も確認し、大きな地震の時に断線する恐れがないか確認が必要である。なお、計装のケーブル類の相対変位に対する評価方法は定まっていないので、ある程度感覚的な評価にならざるを得ない。

資料-3 リアクタ(反応塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

リアクタ廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その1)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	リアクタとリアクタ架台間を連絡している配管系が、地震時の揺れの違いによる配管支持点の相対変位に対して、その変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
<b>悪い例</b>	<b>良い例</b>
リアクタ架台に設置している配管固定サポートの位置が高過ぎて、リアクタと架台が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合に、配管系がその変位を吸収できない。	リアクタ架台に設置している振れ止めサポートとリアクタトップノズルの高さが離れているので、垂直配管の投影長により、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合でも、配管系がその変位を吸収できる。
<p>X方向配管投影長 = <math>L_1 + L_3</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2 + L_3</math></p>	<p>X方向配管投影長 = <math>L_1 + L_3 + L_4</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1 + L_2 + L_3 + L_4</math></p>
<b>チェック内容</b>	配管系の形状寸法が、水平2方向について、リアクタとリアクタ架台間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。
手順 (1)	リアクターの配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づき、表3のグラフからリアクターの配管支持点変位量 $\delta_1$ を読み取る。
手順 (2)	架構の配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づき、表4のグラフから架構の配管支持点変位量 $\delta_2$ を読み取る。
手順 (3)	リアクタと架構の配管支持点間の相対変位量 $\Delta$ を求める。 相対変位量 $\Delta$ = タワーの配管支持点変位量 $\delta_1$ + 架構の配管支持点変位量 $\delta_2$
手順 (4)	リアクターと架構変位吸収に必要な配管投影長を、表-5のグラフから求める。
手順 (5)	各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(4)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長
備考	配管に小口径の分岐管がある場合は、分岐部と架台間の相対変位に対して分岐管に変位吸収能力があることを確認する。この場合熱応力についても注意する。

資料-3 リアクタ(反応塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック

リアクタ廻り配管耐震性改善のための簡易チェック (その2)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	リアクタ中間ノズルとリアクタ架台間を連絡している配管系が、地震時の揺れの違いによる配管支持点の相対変位に対して、その変位を吸収できるような形状寸法およびサポート配置であるかチェックする
悪い例	良い例
リアクタ架台に設置している配管固定サポートの位置がリアクタ中間ノズルに近過ぎて、リアクタと架台が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合に、配管系がその変位を吸収できない。	リアクタ架台に設置している配管固定サポートとリアクタ中間ノズルの間に垂直配管があり、この垂直配管を含む配管の投影長により、タワーと架構が固有周期の違いにより反対方向に変位した場合でも、配管系がその変位を吸収できる。
<p>X方向配管投影長 = <math>L_2</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1</math></p>	<p>X方向配管投影長 = <math>L_2+L_3</math> Z方向配管投影長 = <math>L_1+L_2+L_4</math></p>
チェック内容	配管系の形状寸法が、水平2方向について、リアクタとリアクタ架台間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。 架台の配管固定サポートのレベルを変えることができない場合は、水平配管に曲がり部を追加してリアクタと架台間の相対変位吸収に必要な配管投影長を確保できていれば良い。
手順 (1)	リアクターの配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。 計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表3のグラフからリアクターの配管支持点変位量 $\delta_1$ を読み取る。
手順 (2)	架構の配管支持点の地震時変位を、既設耐震計算書から読み取る。 計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の変位計算式に基づく、表4のグラフから架構の配管支持点変位量 $\delta_2$ を読み取る。
手順 (3)	リアクタと架構の配管支持点間の相対変位量 $\Delta$ を求める。 相対変位量 $\Delta$ = タワーの配管支持点変位量 $\delta_1$ + 架構の配管支持点変位量 $\delta_2$
手順 (4)	リアクターと架構変位吸収に必要な配管投影長を、表-5のグラフから求める。
手順 (5)	各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(4)の変位吸収に必要な配管投影長を比較する。
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長
備考	

#### 6.4 重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁等)廻りの配管系

地震時に作用する慣性力は、地震の震度と重量に比例する。このため自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁などの重量の大きな弁には大きな慣性力が作用する。特にタワーの塔頂にある安全弁など、高所にある重量弁は 近い場所で堅固なサポートが設置されているか確認する。なお、重量弁は重量(重さ)を支持するだけでは十分ではなく、水平方向にも適切にガイドが設けられていることが必要である。

許容スパン法を用いて配管スパン長を評価する場合、重量弁の重量により許容スパン長を補正する必要がある。具体的には、以下の式により $r_w$ を求めて図-2の横軸にとり、縦軸の集中重量係数 $\phi_c$ を許容スパン長に乗じればよい。

$$r_w = w/Wa$$

ここで、

$r_w$  : 集中重量率 (この値を図-2のグラフの横軸にとる。)

$w$  : 重量弁の集中重量 [N] (支持スパン内に複数ある場合は、合計する。)

$Wa$  : 基準集中重量 [N]で、表-6による。

補足

- 上記の方法は、保温などの分布重量やサイズが混在する場合を省略して簡略化したものである。
- 弁の重量は、弁の質量 [kg] に重力加速度 9.8 [m/s<sup>2</sup>]を乗じて求める。

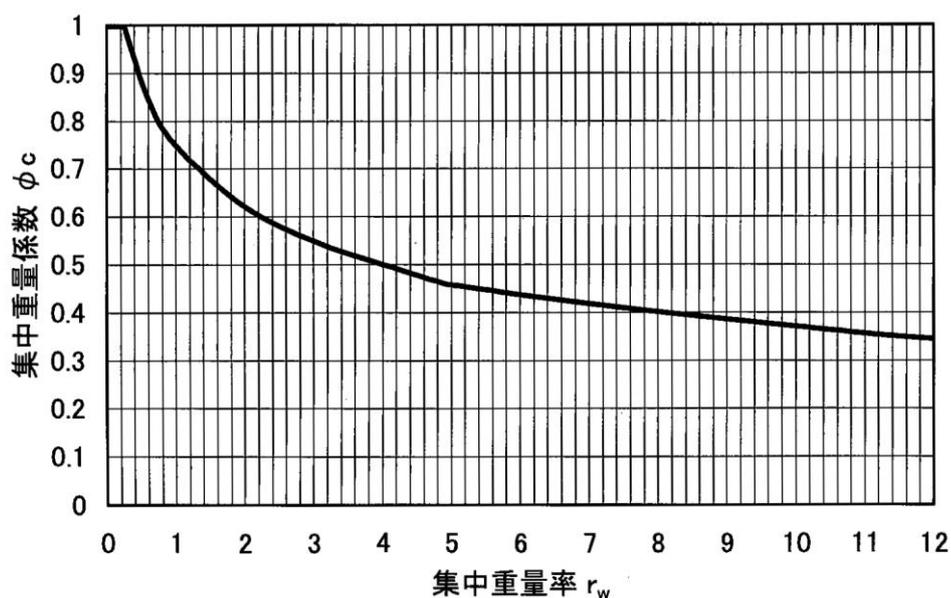


図-2 集中重量係数

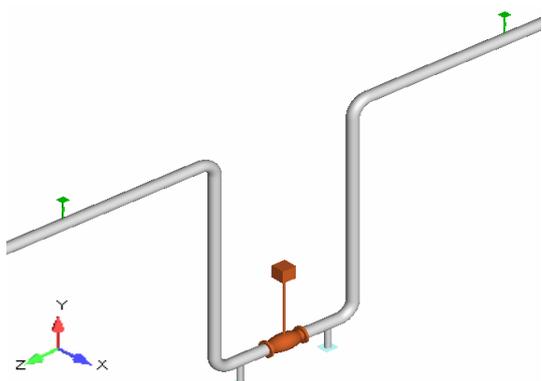
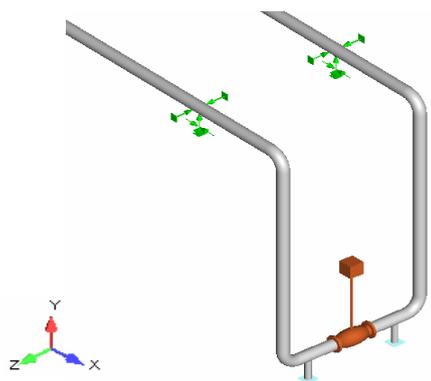
表-6 基準集中重量

呼び径		基準集中重量	
		Wa [N]	
(A)	(B)	液化ガス	圧縮ガス
40A	1-1/2	407	304
50A	2	605	445
65A	2-1/2	1,116	839
80A	3	1,545	1,126
90A	3-1/2	1,986	1,414
100A	4	2,532	1,775
125A	5	3,802	2,616
150A	6	5,357	3,616
200A	8	9,629	6,349
250A	10	15,208	9,863
300A	12	22,361	14,281
350A	14	28,851	18,110
400A	16	40,325	25,339
450A	18	53,612	33,995
500A	20	67,633	42,112
550A	22	83,563	51,141
600A	24	103,946	64,243
650A	26	103,946	64,243
700A	28	103,946	64,243
750A	30	103,946	64,243
800A	32	103,946	64,243
850A	34	103,946	64,243
900A	36	103,946	64,243
950A	38	103,946	64,243

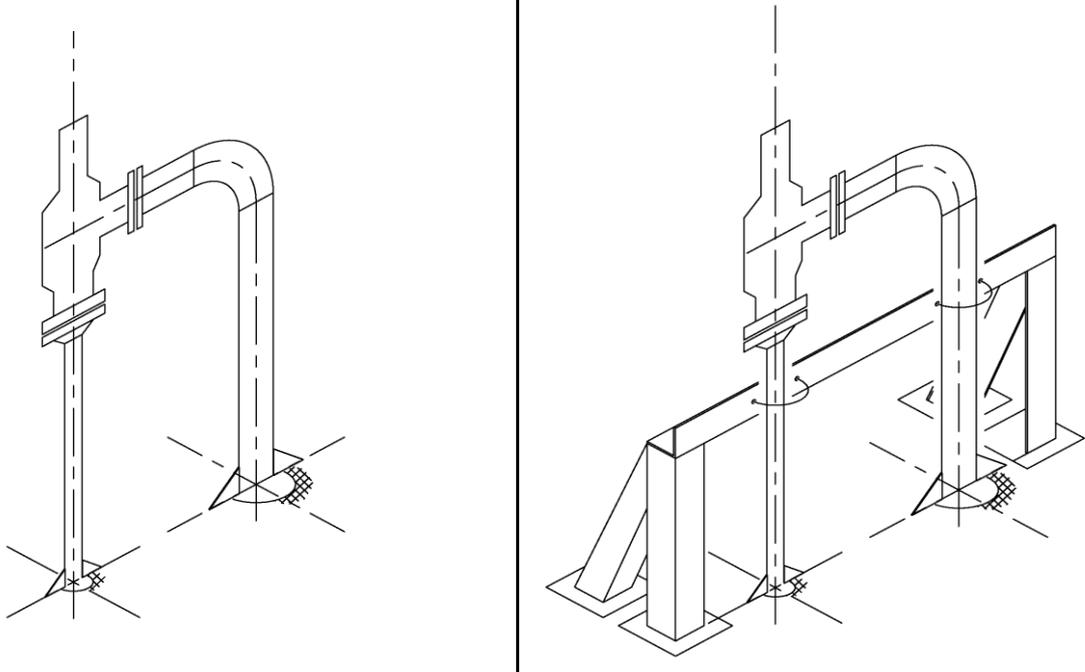
次頁以降には、資料-4 重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁等)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例として、(その1)、(その2)及び(その3)を示した。また(図-2)集中重量係数及び(表-6)基準集中重量を掲載した。

重量弁等がチェック該当配管に設置されている場合は、地震時に重量弁等が揺れた場合、大きな慣性力が働き、当該配管に過大な応力がかかることがあるため、当該配管許容スパン長を計算する場合に補正が必要になる。

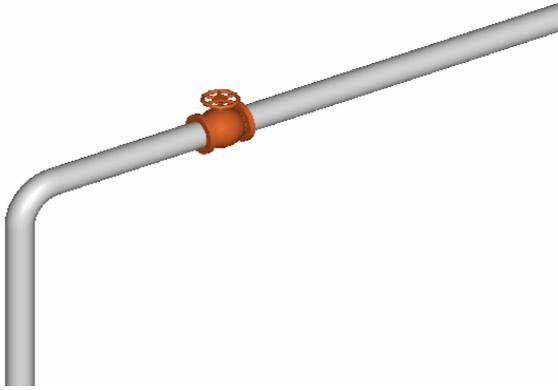
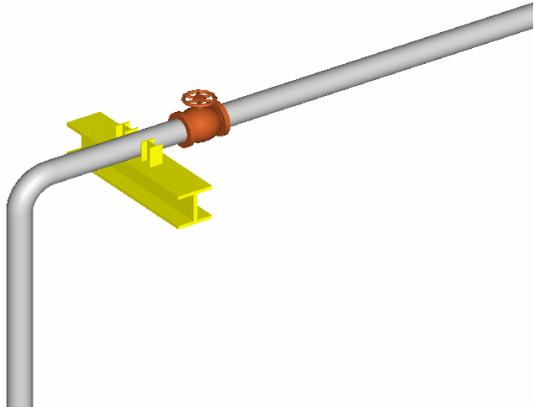
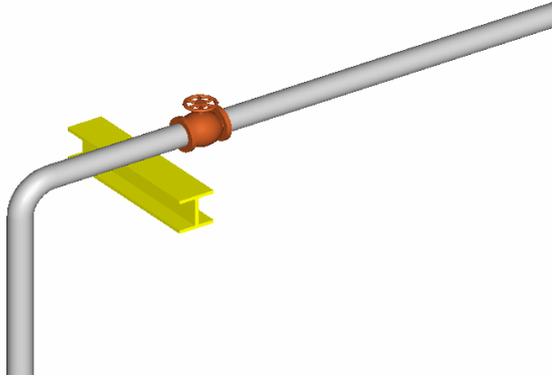
資料-4 重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁等)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

配管耐震性改善のための簡易チェック 大きな駆動部を持つ弁のゆれ	
想定される損傷モード(大分類)	地震慣性力
チェック項目	緊急遮断弁など、大きな駆動部を持つ弁まわりの配管が、揺れやすい形状となっていないか。
悪い例	良い例
配管が形状が平面的で、サポートがハンガータイプとなっていると配管系が揺れやすく、揺れが長く続くことがある。	配管系が3次的に組まれており、要所にガイドや軸ストップが設けられている。
	
チェック内容	<p>形状を確認し、揺れやすい形状となっている場合は実際に軽い力を加えてみる。</p> <p>手順 (1) 遮断弁まわりの配管形状を確認し、左の図のように平面的な形状になっていないか確認する。</p> <p>手順 (2) 平面的な形状になっている場合は、配管の上の方に図のX方向の揺れをおさえるサポートがあるか確認する。</p> <p>手順 (3) X方向のサポートがない場合は、バルブの駆動部を軽く押してみる。(装置停止中に行うこと。)</p> <p>判定基準 配管を含めてバルブが揺れる場合は、耐震性が十分でない可能性がある。</p>
備考	

資料-4 重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁等)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

安全弁の耐震性改善のための簡易チェック	
想定される損傷モード(大分類)	地震慣性力
チェック項目	タワーや架構に設置されている安全弁が地震で揺れやすいか確認する。
悪い例	良い例
安全弁の支持が床貫通部の1か所のみだと、地震動により揺れる場合がある。	安全弁まわり配管が、床貫通部と床上の2か所で支持されていると、揺れにくい。
	
チェック内容	安全弁の接続配管が、直管部で2カ所以上支持されているか、確認する。
	手順 (1) 床上に設置されている安全弁の支持点を確認する。
	手順 (2) 床上で1か所しか固定されていない場合は、床下に別の拘束がないか確認する。
	手順 (3)
判定基準	右の図のように、直管部で2カ所固定されていれば、地震で揺れにくい。
備考	

資料-4 重量弁(自動調節弁、緊急遮断弁、安全弁等)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例

重量の大きい弁の配管耐震性改善のための簡易チェック	
想定される損傷モード(大分類)	地震慣性力
チェック項目	重量の大きい弁については配管の支持点の近傍に取り付け又は構造物から直接支持されているかチェックする。
悪い例	良い例
重量弁が支持されていない場合。 重量は支持されているが、ガイドがないため、地震時にサポートから滑落する恐れがある場合。	サポートにガイドやストッパーが設けられている場合
	
	
チェック内容	重量の大きい弁が、配管の支持点の近傍に取り付けまたは構造物から直接支持されているか。
手順 (1)	重量弁近くのサポートを確認し、弁の近くのサポートにガイドが設けられているか確認する。
手順 (2)	
判定基準	重量弁の重量が支持されていること。 適切にガイドが設けられており、地震動によりバルブが滑落する恐れがないこと。
備考	バルブが機器のノズル付近に設けられている場合は、ガイドは必ずしも必要ない。また、熱応力や地震時相対変位を考慮してガイドなどをあえて設けない場合もあるので、対策を検討するときは、これらのことにも注意しなければならない。

#### 6.5 その他(大口径管分岐管、ドレンノズル、ベント管等)廻りの配管系

大口径配管(母管)に接続する小口径分岐管(母管外径の1/2以下の外径の分岐管)では、母管は小口径分岐管に比して強いため、分岐管の動きに影響を受けることは少ないが、分岐管は母管の影響を強く受ける。分岐管の配管支持点(固定点)が不適切の場合は、母管の動きにより接合部或いは配管固定点に大きな圧縮応力や引張り応力や、ねじ曲げる力が働き、小口径分岐管が破損する危険がある。

このことより、小口径分岐管は、母管を支持構造物と見なして、母管の動きを強制変位とし簡易的に母管とは独立させて取り扱うことができる。通常、分岐管に関して「渡り配管」とは言わないが、小口径分岐管は、母管(大口径配管)を支持構造物とし、渡り配管と同等の扱いとすることにする。

すなわち、分岐部(母管との接合部)を支持点とし次のサポートとの間を「渡り配管」とみなす。

その点を考慮して、適切な位置で支持、固定されているか、配管の変位吸収能力は十分であるかを点検することが大切である。

ドレン、ベントなどの自由端配管などは、むしろ配管支持構造物(配管ラック、ストラクチャー支柱、梁など)との相互干渉による衝突を考えなければならない。

#### 出荷設備周りの配管系

出荷設備まわりの配管には高所での渡り配管はないので、一般には相対変位に対する評価は不要である。また、スリーパーまたは低いラック配管は地震動も大きくないので慣性力に対しても不安は小さい。主なチェックポイントについて、以下に記す。

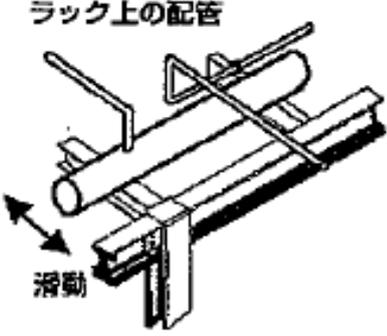
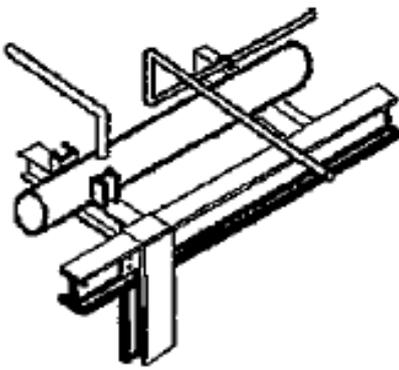
- 道路横断部のラック上の配管は、滑落しないように適切にガイドが設けられているか。
- ポンプ廻り配管が地震時に大きく動いてポンプにダメージを与えることがないか。(ガイドなどが適切に設けられているか。)
- 低所のドレンコネクションが地震時にスリーパーなどと干渉し、折れる恐れはないか。
- ポンプ直近にある吸い込み配管、吐き出し配管のフランジ接合部分のサポート強度は十分か
- 出荷配管に設置された大型ろ過器(ストレーナー)などの構造物との相対変位を吸収できる配管投影長を有しているか
- 出荷配管に設置された流量計廻りの配管の相対変位などに留意する

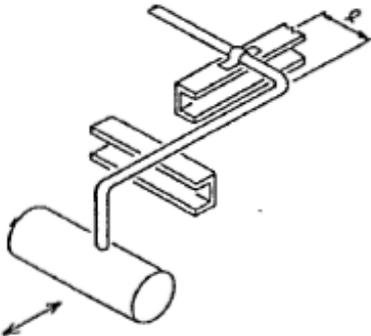
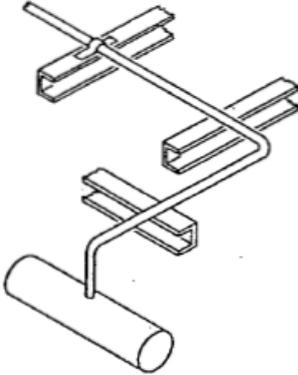
次頁以降には、資料-5 その他(大口径管分岐管、ドレンノズル、ベント管等)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例として、(その1)、(その2)、(その3)及び(その4)を掲載した。

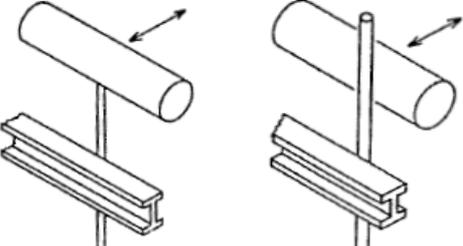
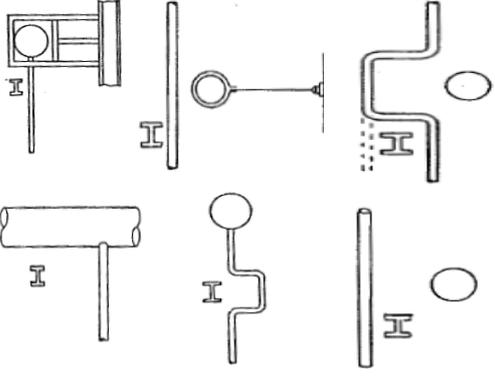
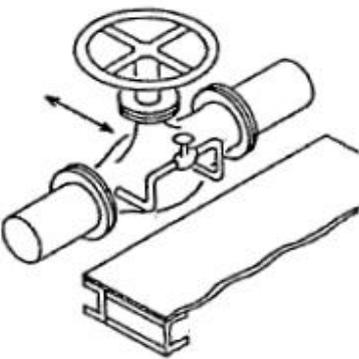
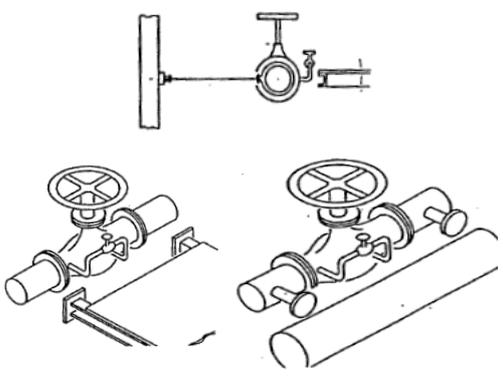
ここで取り扱う項目は、点検ポイントとなる系の構造物(柱、梁、ブレース、床等)、配管周辺の機器との位置関係など非常に複雑である。

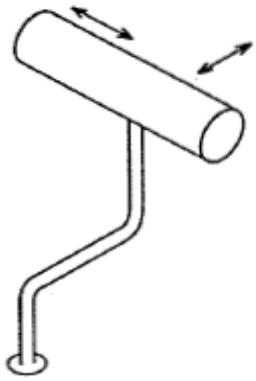
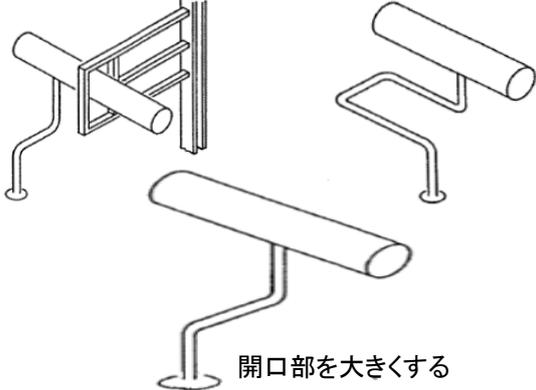
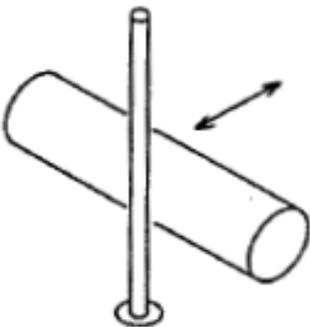
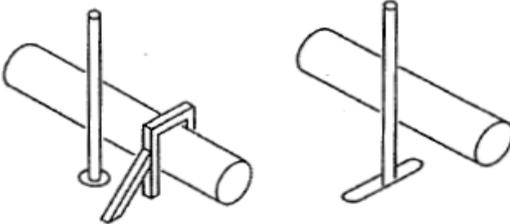
そのため、簡易チェック例として示した(その1)～(その4)のチェック内容手順には良否判定のための数値的根拠をしめすことが難しく、定性的(感覚的)な判定とならざるを得なかった。

しかし、床貫通開口部のチェックやストラクチャーの柱や梁、機器との相互干渉のチェックなど、現場の熟練者の感性、視点が大きく影響する分野でもある。

耐震性改善のための簡易チェック 大口径配管から分岐する小口径配管(その1)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	地震により大口径配管が架構上を滑動した場合に、分岐する小口径配管が過大に変形したり、隣接する弱小構造物への衝突する恐れが無いか確認する。
悪い例	良い例
大口径配管の拘束が不足しており、大口径配管が滑動したり落下する恐れがある場合。	大口径配管に拘束(ガイド)が設置されており、過大な滑動や落下の恐れがない場合。
<p>ラック上の配管</p>  <p>滑動</p>	
チェック内容	大口径配管(特に末端)にガイドが設置され、地震により滑落する恐れが無ければよい。
手順(1)	大口径配管に繋がる小口径分岐を探す。
手順(2)	分岐付近に大口径配管のガイドがあるか探す。
手順(3)	
判定基準	ガイドは耐震性に有効であるが、ガイドがない場合は耐震性の詳細確認を行う。
備考	

耐震性改善のための簡易チェック 大口径配管から分岐する小口径配管(その2)	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	地震により大口径配管が振動した場合に、分岐する小口径配管が直近の配管拘束と分岐部との相対変位で、過大に変形する恐れが無いか確認する。
悪い例	良い例
分岐部と直近の配管拘束までの小口径配管に十分な可とう性がない場合。	分岐部と直近の配管拘束までの小口径配管に十分な可とう性を保つ位置に配管拘束がある場合。
	
チェック内容	小口径分岐配管から直近の拘束点まで十分な可とう性があればよい。
手順 (1)	大口径配管のサポート中間部(サポート位置から遠い場所)にある小口径分岐を探す。
手順 (2)	小口径分岐から二つ目の曲がりより手前に拘束が無いか、又は二つ目の曲がり直近に拘束が無いか(上図の「悪い例」)。
手順 (3)	
判定基準	二つ目の曲がりより手前、又は二つ目の曲がり直近に拘束が無ければ可とう性は確保されているが、拘束があれば耐震性(可とう性)の詳細確認が必要。
備考	

耐震性改善のための簡易チェック 架構と隣接する配管の干渉	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	地震により大口径配管と隣接する架構が別々に振動した場合、分岐する小口径配管と架構が干渉する恐れが無いか確認する。
悪い例	良い例
大口径配管が架構に拘束されておらず架構と振動が異なることで、小口径分岐が架構と干渉する恐れがある場合。	大口径配管が架構に拘束されており、架構と同じ振動をされると考えられる場合。または、小口径配管と架構に十分な距離があり干渉しない場合。
	
	
チェック内容	地震による大口径配管の振動振幅と比較して、隣接する架構との離間距離が十分であればよい。
手順 (1)	大口径配管の既設耐震計算書から地震時変位を読み取る。計算書に地震時変位がない場合は表-3、表-4から変位を読み取る。
手順 (2)	小口径分岐配管と隣接する架構との離間距離を測る。
手順 (3)	地震変位と離間距離を比較する。
判定基準	地震変位より離間距離が大きければ、衝突などの相互干渉の危険性はすくないが、離間距離が小さければ詳細確認が必要。
備考	

耐震性改善のための簡易チェック 小口径分岐と開口部との干渉	
想定される損傷モード(大分類)	相対変位
チェック項目	分岐する小口径配管が狭い開口部を通過する設計で、地震により大口径配管が振動した場合に、開口部と干渉して大口径配管が過大に変形する恐れが無いか確認する。
悪い例	良い例
大口径配管の振動振幅と比較して開口部が小さい場合。	大口径配管が架構に拘束されている場合、小口径配管に十分な可とう性がある場合、開口部が十分大きい場合。
	
	
チェック内容	地震による大口径配管の振動振幅と比較して、隣接する小口径配管の開口部の大きさが十分であればよい。
手順 (1)	大口径配管の既設耐震計算書から地震時変位を読み取る。計算書に地震時変位がない場合は表-3、表-4から変位を読み取る。
手順 (2)	小口径分岐配管と開口部の離間距離を測る。
手順 (3)	地震変位と離間距離を比較する。
判定基準	地震変位より離間距離が大きければ、衝突などの相互干渉の危険性はすくないが、離間距離が小さければ詳細確認が必要。
備考	

7. 点検の記録と保存

配管系耐震性簡易点検チェック記録の考え方

高圧ガス設備の主要機器の耐震性評価にくらべ、配管の耐震性評価の対象となる部位は桁違いに大きな数になる。それら点検箇所を記録に残し管理することは、耐震性改善のための対策を計画的に実施していくうえで重要となる。

資料—6 配管系の点検記録表の参考例

高圧ガス施設の配管系耐震性点結果記録表				年月日	年 月 日
				点検者名	
点検配管系の区分			損傷の原因と考えられる地震の影響		
リアクター周りの配管			相対変位		
点検対象配管系	高圧リアクター塔頂配管⇄タワーフィード配管				
P&I 配管番号	スプール図号	配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)	
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況		
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性			
温度	(°C)				
圧力	(Mpa)				
流体名					
点検の視点	リアクターからタワーに行く配管の架構へ渡り配管のサポートの位置が気になる タワーと架構が別々に動いた場合、途中のフランジの損傷がないか気になる				
該当部分の簡単な見取り図					
良否 1次 判定	○		判定の根拠 タワー全高60m、架構全高40mで配管支持点高さ(30m)の地震時の揺れ幅をグラフィを用いてチェックしたところ、タワー側で220mm、架構側で150mmあり、相互干渉の最大揺れ幅は約370mmとなる。両構造物を渡る配管に変位を吸収させる伸縮ループをとる必要があるのではないか。両構造物の支持点高さにおける隙間は300mmしかない、場合によっては衝突するかもしれない。		
	△	レ			
	×				
今後の対応		詳細の検討が必要と考えられる。			

本報告書の附属資料として「附属資料-1」～「附属資料-4」を掲載した。その概要は以下の通りである。

附属資料-1: 用語の定義と解説

原則として本報告書で使用する用語について定義と解説をつけたが、高圧ガス保安協会 高圧ガス設備等耐震診断検討委員会 平成20年3月 「高圧ガス設備配管系耐震診断マニュアル」の用語の定義を参考とした。

附属資料-2: アンケート調査結果のまとめ(既存配管系の耐震対策事例)

一般社団法人 神奈川県高圧ガス保安協会エンジニアリング部会会員事業所に対して既存配管系に対する耐震性改善事例について調査した結果、10件事例紹介があった。

附属資料-3: 許容スパン法の概要説明と理解度を確認するための簡単な演習問題を記載したもので許容スパン法を理解するのに活用いただきたい。

なお、ここに示したグラフはタワー・架構の支持点の変位量をタワー(スカート式自立塔)全高80m、60m、40m、20m、架構(その他支持構造)全高60m、50m、40m、30mごとのグラフであり、本文中で使用している関係図表等とは別の視点で作成したものである。

附属資料-4: 既存設備の耐震性を簡易チェック表(資料-1 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック例、資料-2 タワー(塔)周り配管耐震性改善のための簡易チェック例)を活用してチェックした事例を掲載した。

本報告書の作成にあたり、サブワーキンググループメンバーの皆様から多くのご助言とご支援、ご協力を頂いたが、次に示した文献、資料から参考引用させて頂いた部分も多くあり、編纂発行された団体、執筆者の皆様にご感謝申し上げます。

- 引用・参考文献：「平成24年度 経済産業省委託 石油精製業保安対策事業 報告書」  
耐震診断マニュアルの検証 平成25年2月 高圧ガス保安協会
- ：「高圧ガス設備配管系耐震診断マニュアル」 平成20年3月 高圧ガス保安協会
- I 配管系耐震診断指針 編
- II 配管系耐震診断要領 編
- IV 既存配管系耐震性能改善対策 編
- V 配管系耐震診断に係る参考資料 編
- ：「高圧ガスプラント耐震化対策 報告書」 平成23年2月 高圧ガス保安協会
- ：「配管の耐震設計」 (株)プラント耐震設計システム 池田雅俊
- ：「過去の地震被害から学ぶ配管系の耐震設計」 配管技術 vol. 47 稲葉 忠
- ：「許容スパン法による配管系の耐震設計」 (株)プラント耐震設計システム 池田 雅俊
- ：「化学プラントの耐震設計」 丸善株式会社 柴田 碧
- ：「石油精製・石油化学プラントの地震防災のマネジメント」  
日本地震工学会誌 創刊号 稲葉 忠
- ：「高圧ガス設備等耐震設計基準」  
日本地震工学会誌 創刊号 池田 雅俊
- ：「高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)」レベル1耐震性能評価 高圧ガス保安協会
- ：「高圧ガス施設等耐震設計基準」 平成5年1月 神奈川県工業保安課
- ：「高圧ガス施設耐震性改善事例集」 平成8年3月 神奈川県工業保安課

## 附属資料－1. 用語の解説

本書に使用される専門的な用語と耐震関係資料や文献を理解するうえで必要と思える用語についての定義と解説を述べる。

- (1) 耐震診断 : 既存配管系の耐震性の程度を判断すること。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (2) 耐震性能 : 地震の影響に関する配管系の性能(耐震診断マニュアル 1.2 項)  
耐震設計構造物及び地震防災設備の地震の影響に対する性能(告示第 1 条)
- (3) 要求耐震性能 : 配管系に求められる耐震性能
- (4) 保有耐震性能 : 配管系が現に有する耐震性能耐震性レベル:地震影響比に応じて区分した耐震性能耐震重要度:耐震告示第3条に準じて定めた重要度(耐震診断マニュアル 1.2 項)  
耐震告示:昭和56年通称産業省告示第515号、最終改正 平成23年告示第236号による「高圧ガス設備等耐震設計基準」
- (5) 耐震重要度 : 耐震告示第3条に準じて定めた設備ごとの重要度でIa、I、II、IIIの四段階に区分している。  
重要度Ia ( $\beta_1=1.00$ )の設備等とは、その損傷もしくは機能喪失が、事業所外の広範囲の公衆、公共財産、環境に壊滅的損害を与えるおそれのあるものをいう。  
重要度 I ( $\beta_1=0.80$ )の設備等とは、その損傷もしくは機能喪失が、事業所外の広範囲の公衆、公共財産、環境に多少の損害を与えるおそれのあるものをいう。  
重要度 II ( $\beta_1=0.65$ )の設備等とは、その損傷もしくは機能喪失が、事業所外の人命を損なうおそれがないものをいう。  
重要度 III ( $\beta_1=0.50$ )の設備等とは、通常の耐震性を要するものをいう。  
地表面における水平震度及び鉛直震度の算出計算式で使われる。  
(高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)レベル1耐震性能評価(配管系)編 高圧ガス保安協会)
- (6) 耐震告示 : 昭和56年通商産業省告示第515号、最終改正平成25年11月経済産業省告示第250号「高圧ガス設備等耐震設計基準」
- (7) 配管支持構造体 : 配管を支持或いは配管が接続される構造体で、耐震設計設備及び耐震設計設備と類似の構造体をいう。配管は配管支持構造体とその基礎を通じて地盤に支持される。(耐震設計指針第II章 1.1.1)
- (8) サポート : 配管と配管支持構体との連結構造をいう。(耐震設計指針第II章 1.1.2)
- (9) 配管支持点 : サポートと配管との結合部で、通常、配管断面の中心に位置させる。サポートの配管側の取り付け点で、管径の中心位置をいう。(耐震設計指針第II章 1.1.5)
- (10) 配管支持構造物 : 配管構造体及びサポートをいう。(耐震設計指針第II章 1.1.3)
- (11) 配管系 : 配管及び配管支持構造物をいう。(耐震設計指針第II章 1.1.4)
- (12) 周辺構造物 : 配管系の地震時挙動・耐震性に関連する当該配管系を除く全ての構造物

- 又はその部品をいう。なお隣接する配管系、防液堤、盛土等も含むものとする。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (13) 既存配管 : 現に設置されている配管をいう。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (14) 既存配管系 : 既存配管及びその配管支持構造物をいう。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (15) 配管スパン : 地震動の方向又は変位方向に対して有効な支持機能を有する隣り合うサポート間の配管、またその離間距離を配管スパン長という。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (16) わたり配管 : 配管スパンの両端が異なる配管支持構造物又は基礎に係る配管支持点とする範囲の配管をいう。配管支持点が地震方向ごとに支持点異なる位置にある場合は、当該方向ごとに定まる配管スパンを全て含む範囲の配管をいう。  
大口径配管(母管)に接続する小口径配管(分岐管)では、母管は小口径管の支持構造物として影響を及ぼすのでわたり配管とみなし、支持構造物間を渡る配管と同様な扱いをする。(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (17) 変位吸収能力 : 配管スパンに関して、当該サポート両端の許容相対変位(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (18) 損傷モード : 当該配管系及び周辺構造物に関して、耐震性能を損なうに至るまでの状態又は変位・力・加速度・変形・応力・亀裂等の分布(耐震診断マニュアル 1.2 項)  
本報告書においては、配管系そのものが地震の揺れで大きく変形・損傷する状態を「慣性力による損傷」といい損傷モード分類としては、「地震慣性力」とする。また、タワーとストラクチャーの渡り配管のように、異なる構造物に支持されている配管が、構造物の異なる変位に引きずられて変形・損傷する状態を「相対変位による損傷」といい損傷モード分類としては、「相対変位」とする。
- (19) 慣性力 : これは日常的によく感じる力である。例えば電車が急発進したときに進行方向とは逆向きに感じる力が慣性力である。この見えない力のことを慣性力といっている。これは重力や接触力による影響ではない、単なる見かけの力なのである。なぜならば、この慣性力というのは電車に乗っている人だけが感じる力だからである。
- (20) 相対変位 : 配管は、架構や塔槽類(以下「配管支持構造体」という)にサポートを通して固定されている。地震時に配管支持点が異なった方向、異なった幅でゆれることによって生じる相対的な変位(移動量)
- (21) 地盤変状 : 配管系の地盤の液状化に対する耐震診断を行うために想定する地盤の移動(耐震診断マニュアル 1.2 項)
- (22) 配管投影長 : 地震方向に直交する平面に対する配管スパンの投影長さであり、配管系の変位吸収能力を評価する時に用いる。  
当該地震方向に直交する平面への当該配管スパン投影図において、隣り合う支持点の間の配管管軸に沿った長さ(耐震指針 3.5.5(2)の説明文)
- (23) 許容スパン法 : 高圧ガス保安法で規定されている許容スパン法は、解析を行わない配管系について表1のように配管支持間隔(許容スパン長)を規定している。この許

容スパン長と実配管の支持点距離を比較・評価する方法

別表-1 許容スパン長(m:メートル)

呼び径(B:インチ)	1.5B	2B	4B	5B	6B	8B	10B	12B	14B	16B	18B	20B	24B
呼び径(A)	40A	50A	100A	125A	150A	200A	250A	300A	350A	400A	450A	500A	600A
外径(mm)	48.6	60.5	114.3	139.8	165.2	216.3	267.4	318.5	355.6	406.4	457.2	508	609.6
液: 許容スパン長(m)	6.6	7.1	9.5	10.2	10.8	12.2	13.2	14.2	15.0	16.0	16.8	17.6	19.1
ガス: 許容スパン長(m)	7.0	7.8	10.7	11.7	12.7	14.8	16.4	18.0	19.0	20.3	21.5	22.7	24.9

(出展 : 高圧ガス設備等耐震設計指針 表3. 1及び表3. 2)

(24) ユニバーサル型伸縮継手 : ユニバーサル型伸縮継手は、図1aのように2つのベローズを中間パイプを介して接続し、図1b のようにして軸直角変位を吸収させるための伸縮継手である。圧力によって発生する推力を拘束するためのタイロッドが取り付けられているため、軸方向の変位は吸収できない。

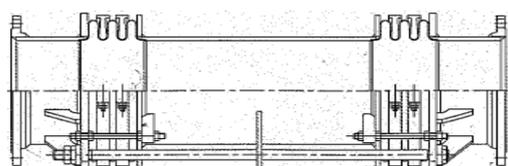


図1a ユニバーサル型伸縮継手

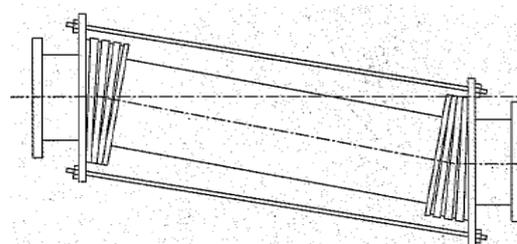


図1b 軸直角変位吸収時

(25) 曲管バランス型伸縮継手 : 曲管バランス型伸縮継手は球形タンクボトムノズルに採用されることが多い形式である。この継手は、ユニバーサル型伸縮継手の片端をエルボとし、エルボの後ろに内圧推力をキャンセルするためのバランスベローズを設けた構造となっている。この型式は軸直角変位のほか、軸方向変位も吸収できる。

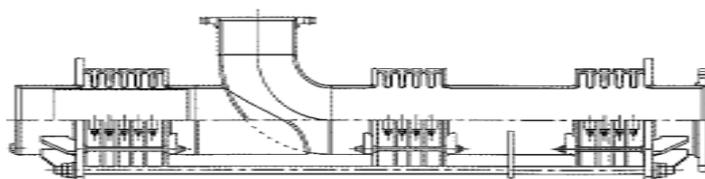


図2 曲管バランス型伸縮継手

(26) 内圧推力 : パイプに圧力が作用すると、圧力により軸方向に伸ばそうとする力が作用する。これを内圧推力と呼ぶ。パイプは十分に剛性が高いため 通常 この力を意識することはないが、伸縮継手に使用されているベローズに内圧推力が作用すると伸びてしまう。ユニバーサル型伸縮継手はこの推力をタイロッドで抑えてベローズが伸びない設計となっている。

以上

附属資料2 アンケート調査結果のまとめ(既存配管系の耐震対策事例)

高圧ガス施設配管系耐震性改善事例調査票

<b>高圧ガス施設配管系耐震性改善事例調査表</b>			
<b>1. 会社情報について</b>			
会社名			
事業所名			
装置名/記号			
配管名称			
起点/終点			
P&I 配管番号			
<b>2. 記載事項</b>			
整理番号	改善実施事例		
新設・増設・既設改造・更新	耐震性改善実施年月と期間	法的根拠と届出	届出
想定される損傷モード(大分類)	実施した改善の視点(中分類)	関連事例	
耐震性改善実施例			
備考			

## 高圧ガス施設配管系耐震性改善事例調査のお願い

一般社団法人神奈川県高圧ガス保安協会(以下協会という)では、平成25年度神奈川県委託事業として『平成25年度高圧ガス施設等保安推進業務』を受諾することとなりました。つきましては会員各社には耐震性改善実施事例の調査にご協力頂きたくお願い申し上げます。なお、調査は別に調査表(アンケート方式)を準備いたしましたので、ご活用頂きたいと存じます。またお気づきの点等がありましたら、備考欄にご自由にお書きください。

### 【調査表の概要と記入例】

#### 1. 会社情報について

会社名	
事業所名	
装置名/記号	
配管名称	
起点/終点	
P&I 配管番号	

#### 2. 記載事項と記入例

(1)

整理番号	改善実施例
	配管サポートの増設

(注1) 整理番号は記載しないでください。改善実施例は簡潔に記載下さい。

(2)

新設・増設・既設改造・更新	耐震性改善実施年月と期間	法的根拠と届出	届出
増設に伴う既設改造変更	平成15年8月 SDM期間	耐震告示 神奈川県耐震基準	(自)

(注2) 当該改善が起案、実施された動機を記載

実施年月と期間及び運転中かSDMの別を記載

根拠法を記載

届出が必要な場合は(有)、自主対応若しくは必要のない場合は(自)若しくは(無)

(3)

想定される損傷モード(大分類)	実施した改善の視点(中分類)	関連事例
地震の加速度	支持スパンが大きいので許容スパン内とする	

(注3) 想定される損傷モード(大分類)とは一般的に『地震慣性力』、『相対変位』、『地盤変状』の三分類とする

『地震慣性力』による損傷：配管の揺れ加速度に配管(弁やその他の付属物を含めた)の質量を乗じて得られる慣性力(地震力)により、機器ノズルやフランジに過大な地震荷重が作用し配管系の弱い部分が損傷するモードである。

『相対変位』による損傷：配管支持構造物の地震時の揺れにより、支持構造物が相対的に異なる移動・変位(相対変位)することにより、機器ノズルやフランジに過大な地震荷重が加わり、配管系の弱い部分が損傷するモードである。

『地盤変状』による損傷：地盤の液状化により基礎が上下左右互いに異なった方向に移動することにより、機器や配管系に過大な荷重が加わり、損傷するモードである。

(4)

#### 耐震性改善実施例

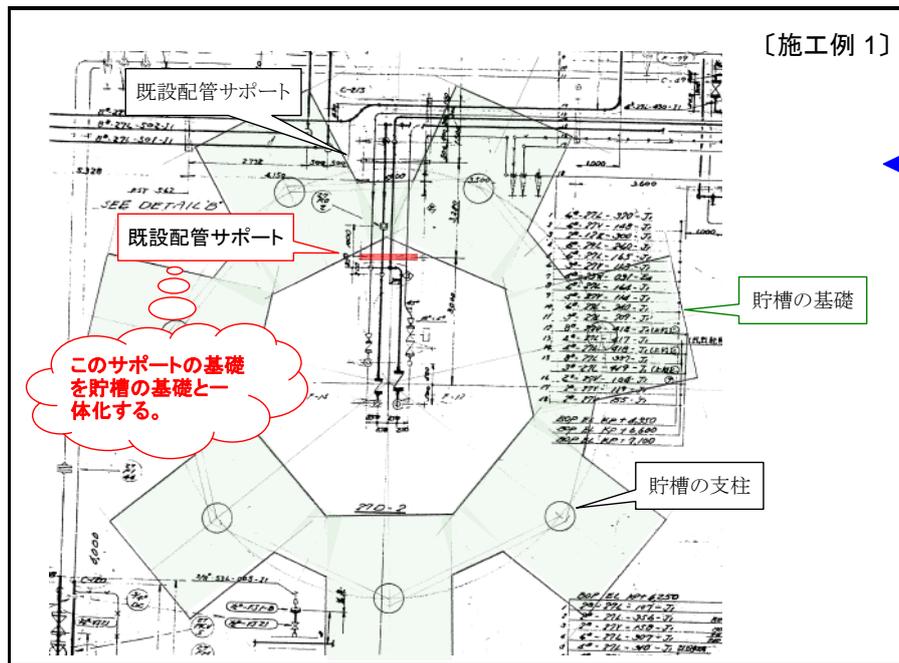
高圧脱硫反応塔頂出口配管(20B)が塔頂冷却器に入るまでの水平配管をスパン法に準じて調査した結果、サポート架構の増設と滑動防止のサポート増設を実施した。

なお、塔頂から配管の水平部までの鉛直方向の配管サポートは塔本体に設置されており、かつ間隔も適正であった。また塔頂冷却器の設置されている架構の相対変位によるその他の機器、ノズルの損傷は回避できると判定した。

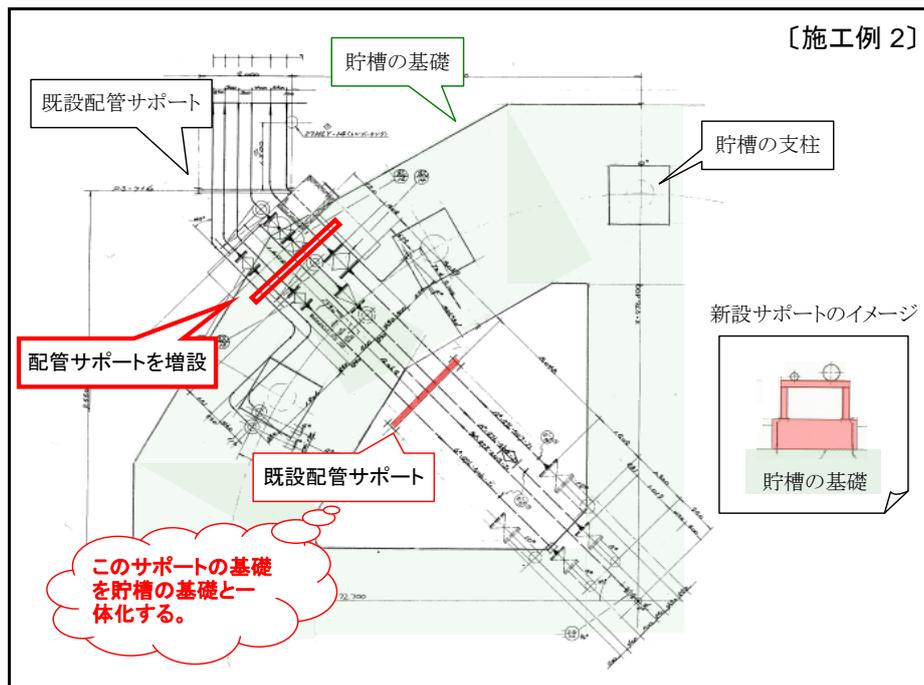
アンケート結果

No	損傷モード	改善実施設備	改善実施内容
1	相対変位	球形貯槽	既設配管サポート基礎を貯槽基礎から取り直す
2			貯槽基礎と一体のサポート基礎を増設
3			貯槽支柱間にサポートビームを増設
4	相対変位 地震慣性力		タンクの地震時変位を吸収できるように、ループを設置した また、地震慣性力に耐えるよう固定サポートを増設した。
5	地盤変状 相対変位 地震慣性力		地盤変状による相対変位対策として配管サポートをタンク基礎と一体化した。地盤変状の影響を最小化するためタンク支柱と一体化した地中梁を増設した
6	地盤変状		フーチング基礎(杭あり)に固定した配管サポートを増設
7		免震建屋 配管	地盤側固定点と建屋との間を免震継手で接合、建屋本体とはバネ式吊金具で固定
8	地震慣性力	高圧ガス導管	レベル2耐震評価の結果を反映し、サポートを増設
9	地震慣性力	配管	許容スパン内となるようにサポートを追加、増設した
10	相対変位 地震慣性力	配管サポート	構造物間を往来する配管の許容スパン法によるサポート追加と強度を補強し構造物の相対変位による損傷に対応した、

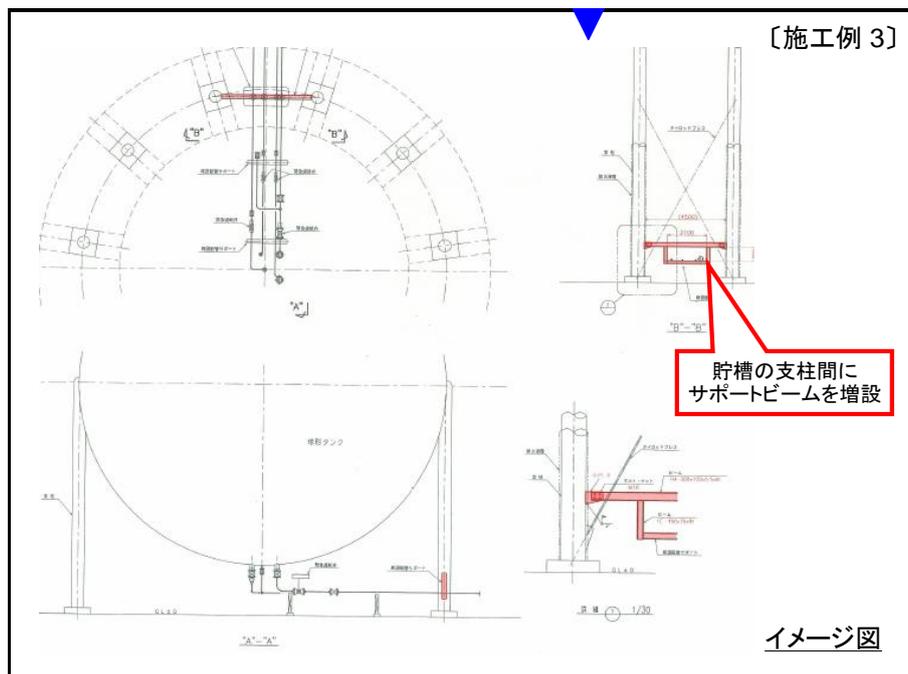
事例 No1



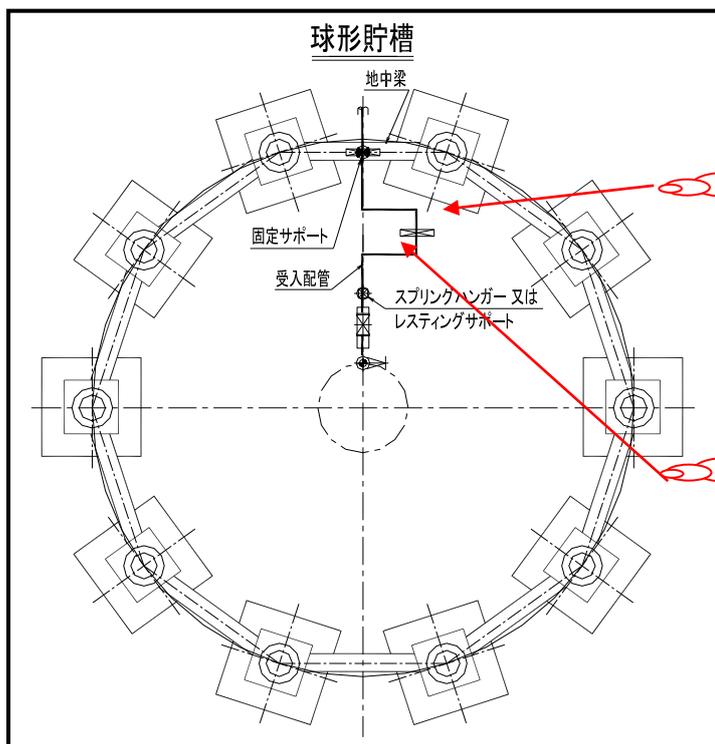
事例 No2



事例 No3



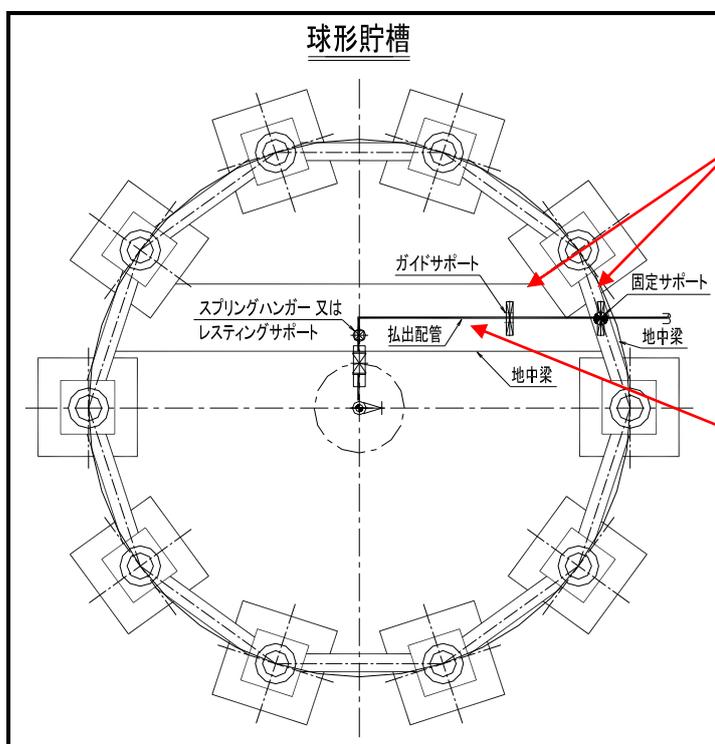
事例 No4



慣性力に耐えるようにサポートを追加

変位吸収のためにループを設置

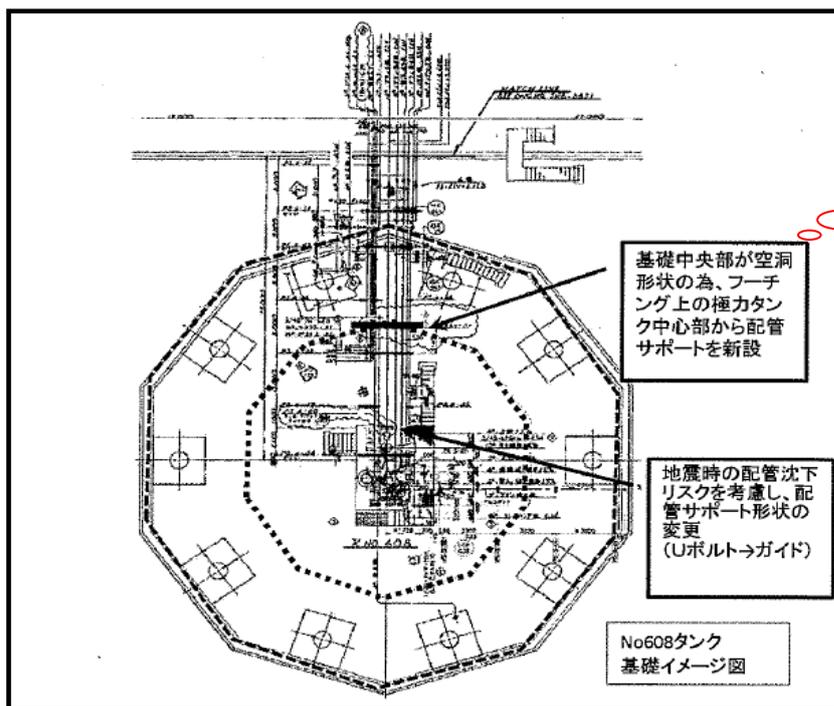
事例 No5



地盤変状による相対変位対策として配管サポートをタンク基礎と一体化

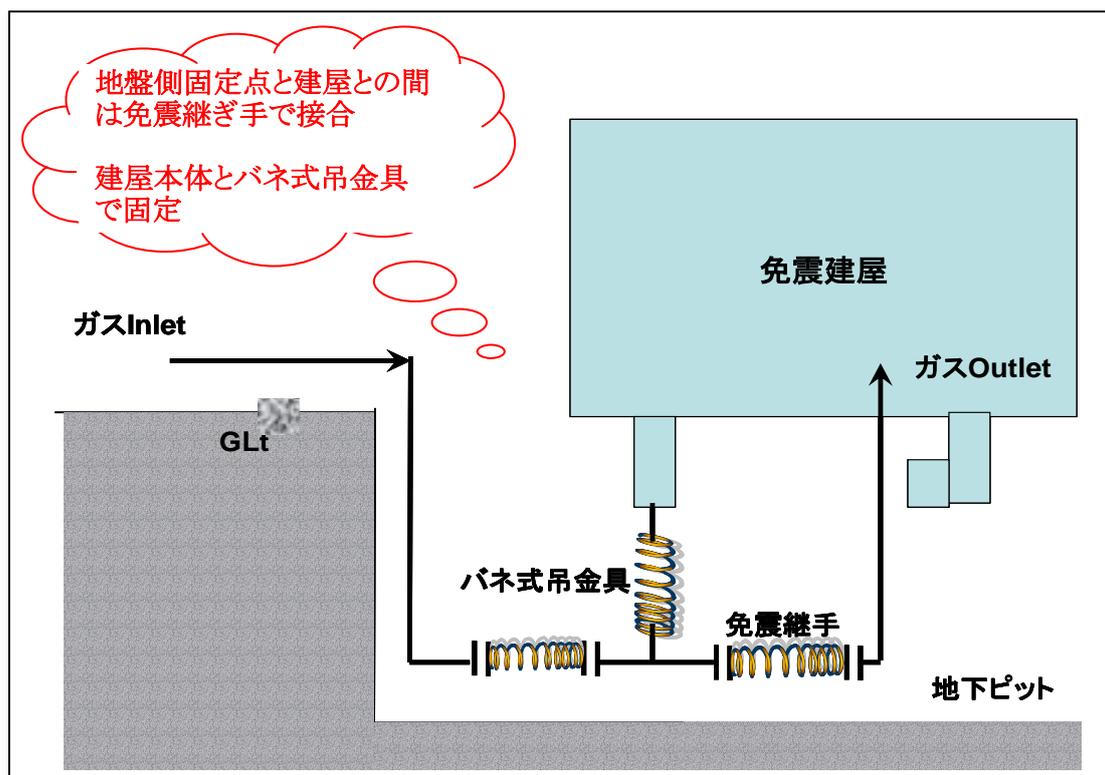
地盤変状の影響を最小化するため  
タンク支柱基礎と一体化した地中梁を設置

事例 No6

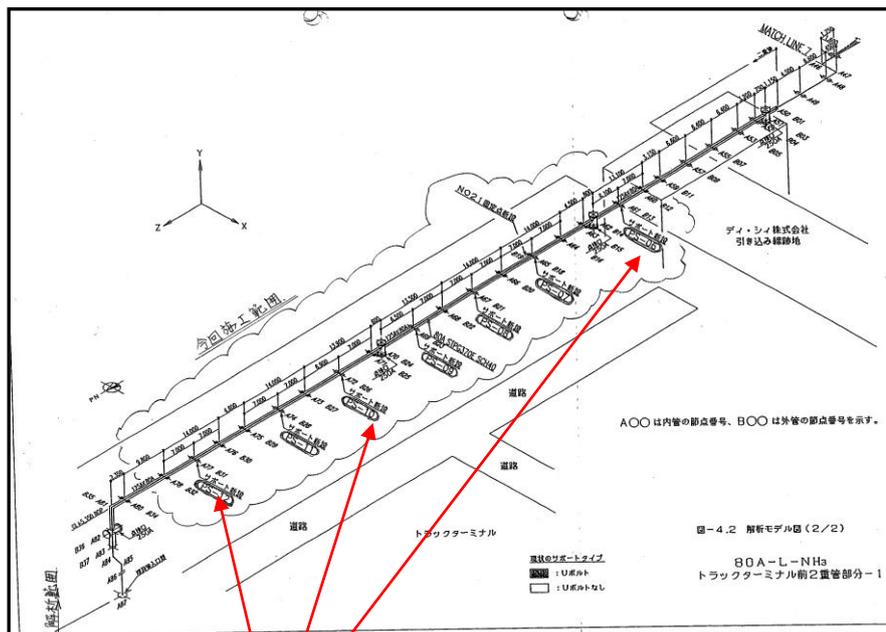


フーチング基礎(杭有り)に固定した配管サポートを設置

事例 No7



事例 No8



レベル2耐震評価の結果  
サポートを増設

## 附属資料-3 許容スパン法概要(例題と演習)

配管の耐震診断を行う場合、高圧ガス保安法の耐震告示に示された許容スパン法について理解しておくに役立つ。本書は耐震診断を行う場合に必要になる最低限の知識について、演習を通じて理解することを目的として作成されたものである。バルブや保温などの付加重量がある場合や多分岐配管などの考え方は省略しているので、詳細は「高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)レベル1耐震性能評価(配管系)編」を参照していただきたい。

### 1 準備

#### 1.1 作図

手書きでもよいので、対象となる配管のスケッチ図を作成しておくとその後の検討に役立つ。

#### 1.2 座標系

座標系は、一般に上方向をYとした図1のような座標系を使用する。

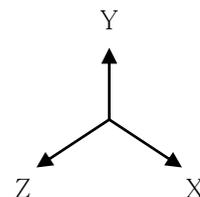


図1 座標系

#### 1.3 拘束条件の表記について

機器のノズルやサポートのように、配管を固定しているものを「拘束」と呼び、スケッチ図に矢印で表現する。矢印の方向は拘束の方向を示す。

パイプラックやスリーパー上の配管はY方向のみ拘束、ガイドが設けられていればY方向と管軸に直角の方向が拘束、機器ノズルはX、Y及びZすべてが拘束となる。(図2参照)

#### 1.4 配管に要求される耐震性能について

許容スパン法で要求される配管の耐震性能評価は、以下の2つである。

##### 1.4.1 配管系の剛性(配管スパン長の評価)

配管の支持(サポート)が十分でないと、配管自体が地震の振幅により大きく変位し、破壊につながることになる。このようなことにならないよう、適切に拘束点を設け、配管の剛性を高める必要がある。

許容スパン法では、配管の支持の間隔(配管スパン長と言う。)を、許容スパン長以下とすることで、耐震性能を保証する。この作業は、X方向、Y方向及びZ方向それぞれに対して行う。

##### 1.4.2 配管系の柔軟性(変位吸収能力の評価)

タワーやストラクチャー、パイプラック等はそれぞれ独立した構造物であり、地震の際それぞれ異なる動きをする。配管がこのような異なる支持構造物の間に敷設されている場合、配管はこれらの異なる変位(相対変位)に追従する柔軟性が要求される。このためには前項とは逆に拘束を減らし、配管が自由に動けるようにする必要がある。

許容スパン法では、地震時の配管支持構造物の水平方向の変位量を求め、配管の変位吸収能力と比較して評価する。この作業は、水平2方向(X方向及びZ方向)に対して行う。

### 2 配管スパン長の評価(許容スパン法)(指針 P97 3.4項を参照)

#### 2.1 許容スパン法による判定基準

配管スパン長を計算し、配管スパン長が許容スパン長以下になっていれば合格である。

#### 2.2 許容スパン長について

許容スパン長は、配管の呼び径ごとに定められている。また、液化ガスと圧縮ガスとでは値が異なる。許容スパン長は、指針表3-1、3-2による。

#### 2.3 配管スパン長の求め方

##### 2.3.1 基本

配管スパン長は、サポートなどの固定点から固定点までの配管の長さである。固定点はX軸、Y軸及びZ軸それぞれ分けて考える。機器のノズルは、X、Y及びZ方向全てに対して固定されていると考える。例えば、図2において、X方向の拘束点は、**A**と**B**で、この間の配管スパン長は、3,000mmとなる。

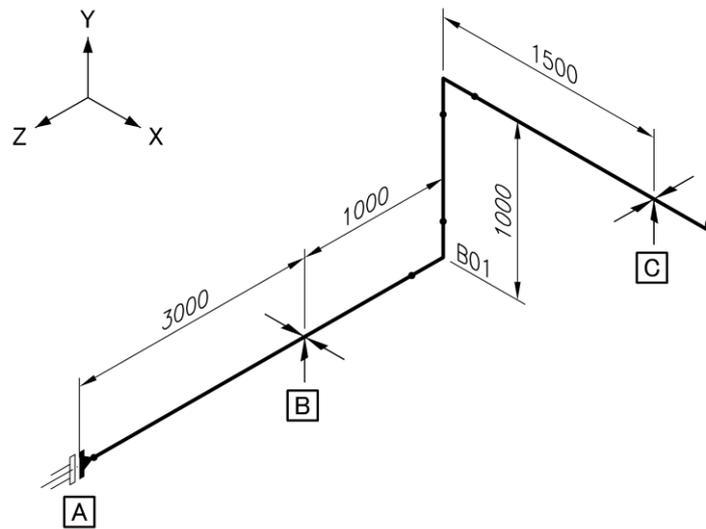


図 2 配管スパン

## 【 練習 】

図 2 で、Y 方向について、固定点と、配管スパン長を求めよ。  
(2組あります。)

【 答 】  $\boxed{A} \sim \boxed{B}$  3,000mm  
 $\boxed{B} \sim \boxed{C}$   $1,000 + 1,000 + 1,500 = 3,500$ mm

## 2.3.2 管軸と支持方向が一致する場合

図2において、Z方向の拘束点は、**A**と**C**である。が、この場合の配管スパン長の考え方は他と多少異なる。

Z方向の地震動に対し、**A**から次のエルボ(ポイントB01)までの配管は、他の部分と違って、大きく動くことはない。このため、**A**から次のエルボ(ポイントB01)までの長さを配管スパン長に含めなくてよいことになっており、**A**から**C**までのZ方向のスパン長は、 $1,000 + 1,500 = 2,500\text{mm}$ となる。

## 【練習】

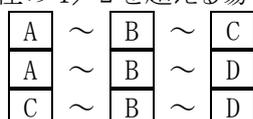
図2で、**C**がX方向について拘束されていると仮定した場合、**B**～**C**間のX方向に関する配管スパン長を求めよ。

【答】 $1,000 + 1,000 = 2,000\text{mm}$

## 2.3.3 分岐管の考え方1「分岐管外径が、母管外径の1/2を超える場合」

分岐のある配管の計算方法は、母管と分岐管の外径の比によって異なる。

図3では母管外径が165.2mm(6B)、分岐管外径が114.3mm(4B)である。このように、分岐管外径が母管外径の1/2を超える場合の配管スパンは、



の3通り計算・評価する。(管外径は、呼び径ではなく実際の直径で判定する。)

なお、この例でX軸については、**A**～**B**～**D**のみ評価すればよいことになる。

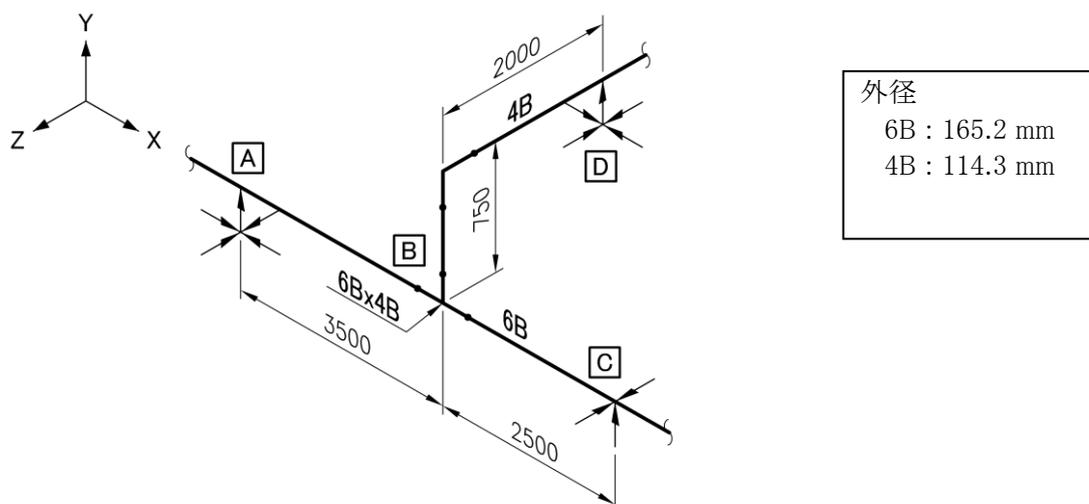


図3 分岐管(分岐管外径が、母管外径の1/2を超える場合)

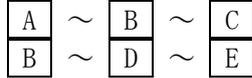
【 練習 】

図 3 で、**A** ~ **B** ~ **D** について、Z 軸方向の配管スパン長を求めよ。

【 答 】 $3,500 + 750 = 4,250\text{mm}$

2.3.4 分岐管の考え方2「分岐管外径が、母管外径の 1/2 以下の場合」

分岐管外径が母管外径の 1/2 以下の場合には前項と考え方が異なり、分岐管については分岐部を固定点と考えることができる。図 4 では、



の2通り計算・評価すればよいことになる。

但し、母管側には、分岐管の重量(分岐部~分岐管第1支持点までの重量)の 1/2 を付加重量として考慮する必要がある。

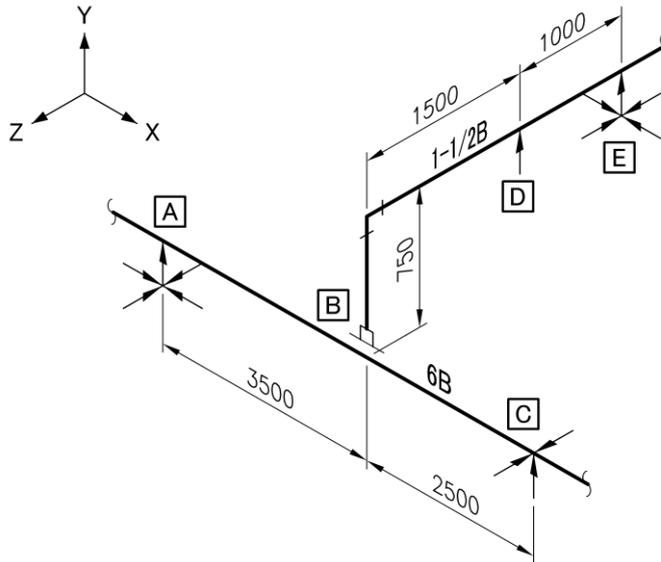


図 4 分岐管(分岐管外径が、母管外径の 1/2 以下の場合)

2.3.5 同一スパン内に異なる管径が混在する場合(レデューサーなど)

配管スパン内で、サイズが異なる配管が混在する場合は、サイズが最大の配管を代表管径とし、それより細い配管については 配管の長さ以下にの係数をかけて長さを補正する。

$$\sqrt{\frac{\text{代表管径}[\text{mm}]}{\text{配管外径}[\text{mm}]}}$$

図 5 の例では  $\sqrt{(165.2/114.3)} = 1.202$  なので、**A** ~ **B** 間のスパン長は  $1,000 \times 1.202 + 2,000 = 3,202\text{mm}$  となる。

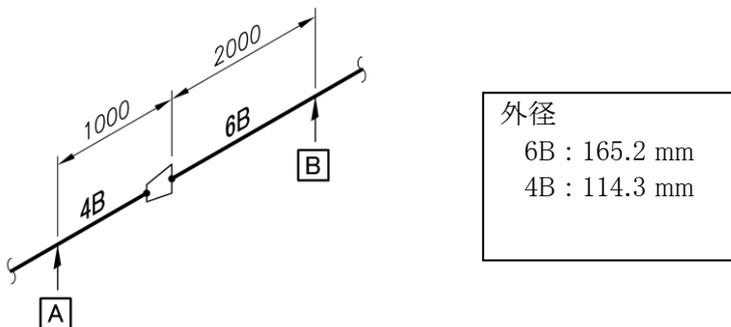


図 5 異なる管径の混在

2.4 サポートの種類と拘束条件について

サポートの拘束条件について問い合わせが多いものを以下にリストアップしておく。(出典: 指針 P90 2.9.2.2 サポートの機能と種類)

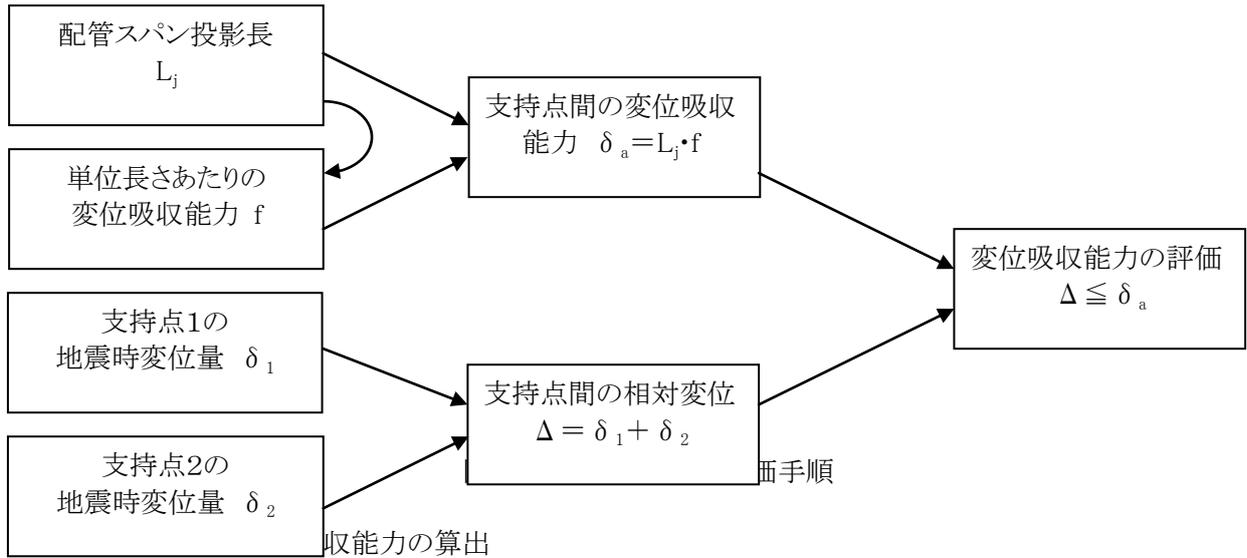
- ラックなどで、梁に載っているだけの(上を押さえていない)状態でも Y 方向(上下方向)拘束としてよい。
- スプリングハンガーは、バリエブルタイプであれば Y(上下)方向拘束と考えることができる。コンスタントタイプは、Y 方向拘束としては扱えない。
- U-Bolt は、管の呼び径が 4B 以下の場合は計算上、軸方向拘束として扱ってよい。6B 以上の場合は軸方向の拘束としては扱えない。

### 3 変位吸収能力の評価(指針 P105 3.5 項を参照)

タワーやストラクチャー、パイプラックなどの配管支持構造体は、地震時に異なる動きをする。これらの構造体間に敷設されている配管(渡り配管)が、これらの動き(相対変位)に追従できるか確認することを変位吸収能力の評価と呼ぶ。なお、これは水平方向のみ評価すればよく、鉛直方向については評価不要である。

#### 3.1 変位吸収能力の評価手順

変位吸収能力の評価の手順を図 6 に示す。



3.2.1 配管スパン投影長

はじめに異なる構造物の支持点を確定し、この間の配管スパン投影長を求める。  
 配管スパン投影長は、地震方向に直交する配管スパンの長さ(地震方向から見たときに見える配管の長さ)となる。

図7において、**A**は、**A**～**C**と異なる支持構造体にある支持点とする。配管スパン**A**～**B**～**D**のX方向の地震動に対する投影長は、1,000+400+2,000=3,400mmとなる。**A**～**B**間は、X方向から見たとき0mmとなり、B01～B02間は、X方向から見たとき400mmとなるためである。

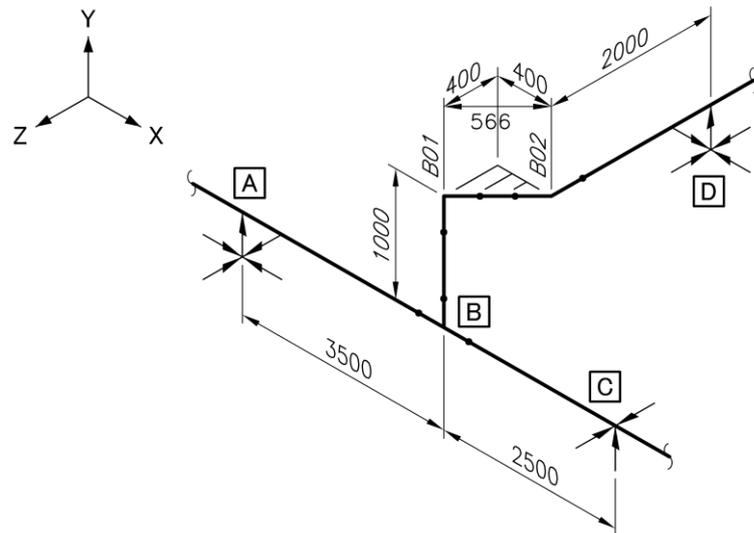


図7 配管スパン投影長

【練習】

図7で、Z方向の配管スパン**C**～**B**～**D**の投影長を求めよ。

【答】2,500+1,000+400=3,900mm

3.2.2 支持点間の変位吸収能力

配管支持点間の変位吸収能力  $\delta_a$ は、以下の式で求める。

$$\delta_a = 0.67(S_y/E)L_j^2/D$$

ここで

- $S_y$  : 材料の降伏点 [N/mm<sup>2</sup>]  
 $E$  : 材料の縦弾性係数 [N/mm<sup>2</sup>]  
 $L_j$  : 配管スパン投影長で、3.2.1 項で求めた値 [mm]  
 $D$  : 配管の外径 [mm]

### 3.3 支持点間の相対変位

#### 3.3.1 配管支持点における地震時変位

配管支持点変位を求めるためには、地表面における水平震度、配管支持構造物の種類及び全高並びに配管支持点の高さが必要となる。

支持構造物の全高  $H_t$  について、図 8 に示す。テーブルトップ上の機器であれば、 $H_t$  はテーブルトップの上面からの高さとしてよい。構造物の全高が 5 メートル以下の場合には変位量の評価を省略してよいこととされている。

支持点を求める計算式については 指針 110 ページ 3.6.3 項による。変位量を簡易的に求める資料として、スカート式自立塔と架構などの地震時変位を図 9 及び 10 に示す。支持構造物の全高に近いグラフを選び、支持点の高さを縦軸にとることで支持点の地震時変位が得られる。なお、同図は地表面における水平震度  $K_H$  を 0.15 として求めたものであるので、水平震度  $K_H$  が異なる場合は支持点の変位に  $K_H/0.15$  を乗じて補正する必要がある。

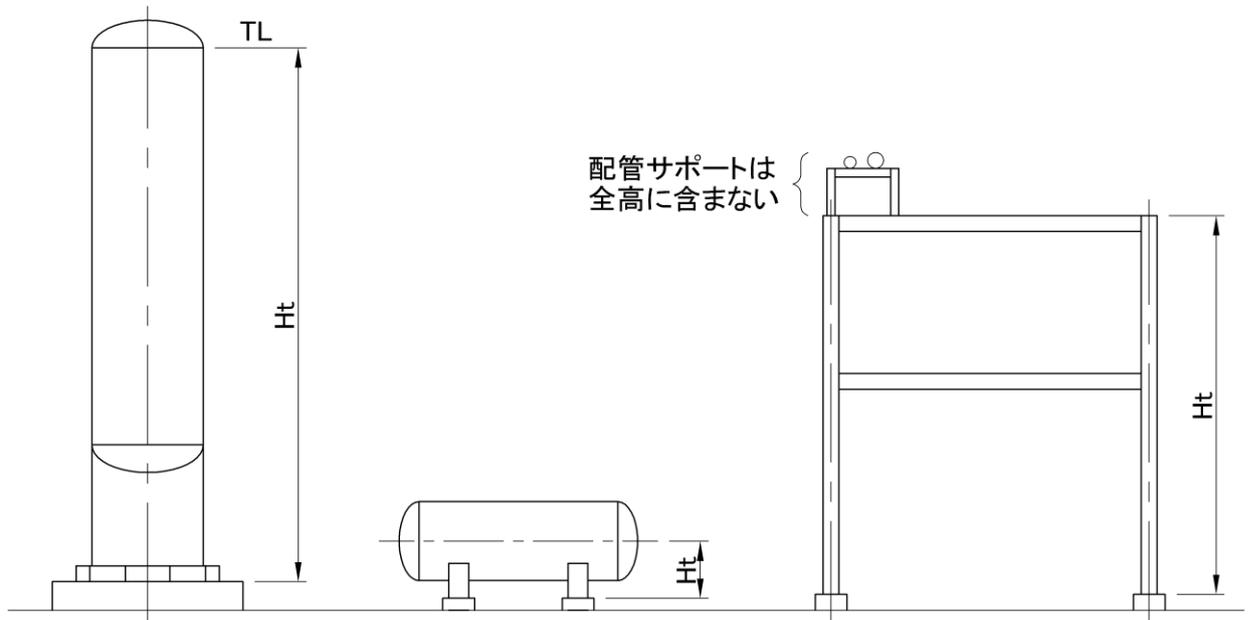
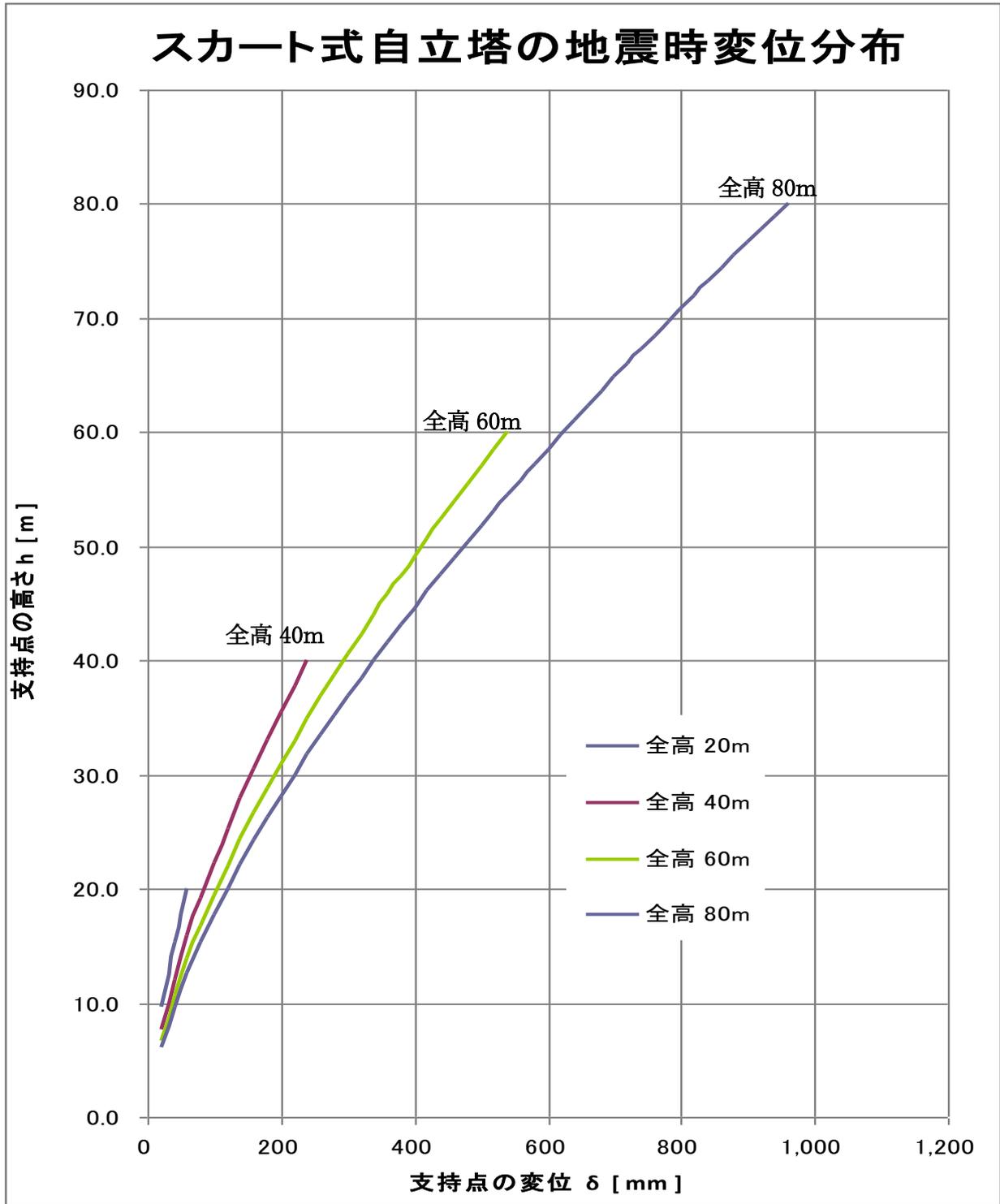


図 8 配管支持構造物の全高

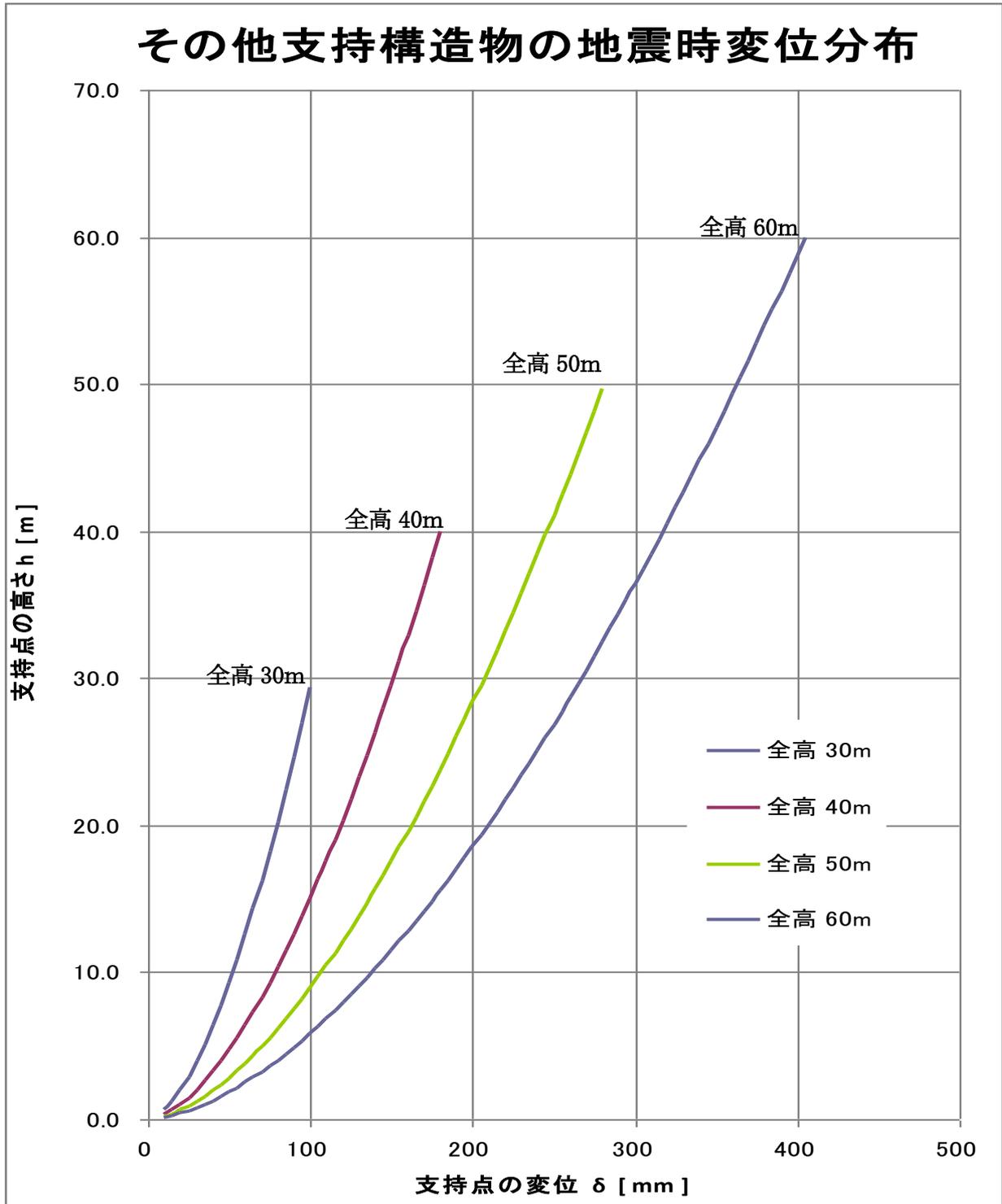
#### 3.3.2 配管支持点間の相対変位

配管支持点間の相対変位は 3.3.1 項で求めた異なる配管支持構造物の地震時変位を足して求める。



本図は、地表面における水平震度  $K_H$  を 0.15 として 高圧ガス設備等耐震設計指針(2012) レベル1耐震性能評価(配管系)編 3.6.3 項の簡易計算式に基づいて算出したものである。地表面における水平震度が異なる場合は、支持点の変位に  $K_H/0.15$  を乗じて補正すること。

図9 タワー全高別支持点の変位量



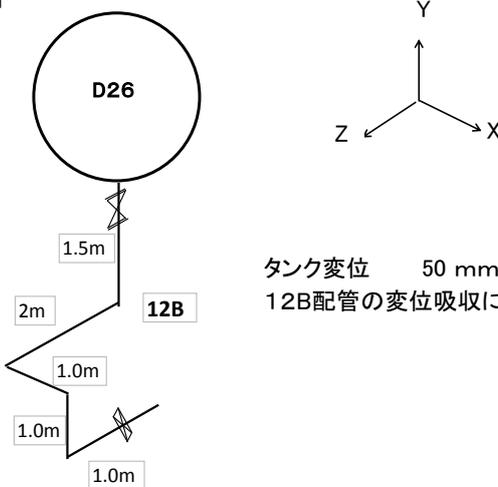
本図は、地表面における水平震度  $K_H$  を 0.15 として 高圧ガス設備等耐震設計指針(2012) レベル1耐震性能評価(配管系)編 3.6.3 項の簡易計算式に基づいて算出したものである。地表面における水平震度が異なる場合は、支持点の変位に  $K_H/0.15$  を乗じて補正すること。

図 10 架構等の全高別支持点の変位量

附属資料-4 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その1

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日	
		点検者名	神瓦斯 太郎	
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響		
球形タンク		相対変位		
点検対象配管系				
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)	
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況	
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性		
温度	(°C)			
圧力	(Mpa)			
流体名				
点検の視点				
<p>該当部分の簡単な見取り図</p>				
良否 1次 判定	○	判定の根拠		
	△	タンク変位50mmで、6B配管の場合の変位吸収に必要な配管投影長は3.6mである。 X方向配管投影長は4.5m、Z方向配管投影長は10.5mであり、既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長であり、問題ないと判断した。		
	×			
今後の対応				

## 附属資料-6 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その2

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日
		点検者名	神瓦斯 太郎
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響	
球形タンク		相対変位	
点検対象配管系			
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性	
温度	(°C)		
圧力	(Mpa)		
流体名			
点検の視点			
該当部分の簡単な見取り図  <p>タンク変位 50 mm 12B配管の変位吸収に必要な配管投影長 5.0m</p>			
良否 1次 判定	○		判定の根拠
	△	レ	直径26m、鋼管ブレースの球形タンク変位は表1から50mmである。次に表2から12B配管の場合の変位吸収に必要な配管投影長は5.0mである。 X方向配管投影長は5.5m、Z方向配管投影長は3.5mであり、X方向については既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長であり、問題ない。Z方向については既設配管投影長 < 変位吸収に必要な配管投影長となる。
	×		
今後の対応		Z方向についての変位吸収能力改善のための、配管固定点等について詳細な検討が必要である。	

## 附属資料-6 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その3

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録			
点検配管の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響	
球形タンク廻りの配管		相対変位	
点検対象配管系		製品タンク ボトム配管	
P&I 配管番号	スプール図 配管番号	装置エリア区分	ロケーション (具体的な場所)
配管サイズ (インチ)	配管材料	フランジ継手の数	配管サポートの状況
4	STPG 370		
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性	
温度	40 (°C)		
圧力	1.5 (MPa)		
流体名			
点検の視点			
ロッドタイプ球形貯槽 水平震度 $K_{mH}=0.34529$ 球形貯槽の内径 $D=8400\text{mm}$			
X方向配管投影長 $1100+2150+900=4150\text{ (mm)}$ Z方向配管投影長 $1100+2950=4050\text{ (mm)}$			
チェック 内容	配管系の形状寸法が、水平2方向について、球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を確保できているか。		
	手順(1)	球形貯槽の地震時変位は、既設耐震計算書から読み取る。計算書に地震時変位が記載無い場合は、耐震指針の簡	42 (mm)
	手順(2)	球形貯槽変位吸収に必要な配管投影長を表2のグラフから求める。	2700 (mm)
	手順(3)	各配管サイズについて、水平2方向それぞれの既設配管投影長と手順(2)の変位吸収に必要な配管投影長を	$4150\text{ (mm)} > 2700\text{ (mm)}$ $4050\text{ (mm)} > 2700\text{ (mm)}$
判定基準	既設配管投影長 > 変位吸収に必要な配管投影長		X、Zともに問題なし
良否 1次判定	○	△	判定の根拠 既設配管投影長が必要な配管投影長を十分満たしているため、問題ないと判断した。
	△		
	×		
今後の対応			

## 附属資料-6 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その4

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録			
点検配管の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響	
球形タンク廻りの配管		地震慣性力	
点検対象配管系		製品タンク ボトム配管	
P&I 配管番号	スプール図 配管番号	装置エリア区分	ロケーション (具体的な場所)
配管サイズ (インチ)	配管材料	フランジ継手の数	配管サポートの状況
2	STPG 370		
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性	
温度	40 (°C)		
圧力	1.5 (Mpa)		
流体名			
点検の視点			
ロッドタイプ球形貯槽 水平震度 $K_{mH}=0.34529$ 球形貯槽の内径 $D=8400\text{mm}$			
X方向配管スパン長 $450+1850=2300\text{ (mm)}$ Z方向配管スパン長 $450+1850=2300\text{ (mm)}$ Y方向配管スパン長 $1850\text{ (mm)}$			
チェック 内容	地震慣性力に対しては、X, Y, Z各方向の配管支持間隔(配管スパン長)が、耐震指針の(表3.1)、(表3.2)の許容スパン長以内であるかチェックする。		
	判定基準	配管の許容スパン長 > 既設配管支持間隔(配管スパン長)	X方向 $7100\text{ (mm)} > 2300\text{ (mm)}$ Z方向 $7100\text{ (mm)} > 2300\text{ (mm)}$ Y方向 $7100\text{ (mm)} > 1850\text{ (mm)}$
良否 1次判定	○	レ	判定の根拠 既設配管支持間隔(配管スパン長)が配管の許容スパン長以下となっているため、問題ないと判断した。
	△		
	×		
今後の対応			

## 附属資料-6 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その5

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014 年 3 月 14 日
		点検者名	神瓦斯 太郎
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響	
球形タンク廻りの配管		相対変位	
点検対象配管系	球形タンク受入配管		
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)
AN-M-OF-056		タンクヤード	
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況
4B	STPG370	3	球形タンク遮断弁の後弁直近にてUバンドで固定
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性	
温度	35 (°C)		
圧力	1.37 (Mpa)		
流体名	プロピレン		
点検の視点	球形タンクの地震による相対変位に対し、配管系がその変位を吸収できるような形状、寸法であるかをチェックした。		
該当部分の簡単な見取り図			
良否 1次 判定	○	レ	判定の根拠
	△		球形タンク直径15.5mの地震による相対変位を表1から読み取ると、変位は22mmとなり、表2から必要な配管投影長は、4Bの場合2.0mとなる。水平2方向の既設配管長は3.4m及び7.5mである。既設配管長>変位吸収に必要な配管投影長となっており、問題ないと判断した。
	×		
今後の対応	特に無し		

## 附属資料-6 球形タンク廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その6

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日	
		点検者名	神瓦斯 太郎	
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響		
球形タンク廻りの配管		相対変位		
点検対象配管系	球形タンク受入配管			
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)	
AN-M-OF-056		タンクヤード		
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況	
4B	STPG370	3	球形タンク遮断弁の後弁直近にてUバンドで固定	
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性		
温度	35 (°C)			
圧力	1.37 (Mpa)			
流体名	プロピレン			
点検の視点	球形タンクと配管固定サポートの相対変位により、配管が損傷しないかチェックした			
該当部分の簡単な見取り図				
良否 1次 判定	○		判定の根拠	
	△	レ	球形タンク基礎と遮断弁直近の配管固定サポートが別基礎となっており、地盤変状による相対変位が懸念される。	
	×			
今後の対応	地盤変状に係る評価を行う。			

附属資料-6 タワー(塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その7

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日	
		点検者名	神瓦斯 太郎	
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響		
タワー廻り配管		相対変位		
点検対象配管系	タワー中段抜き出し配管			
P&I 配管番号	スプール図 号	配管番 号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況	
3B				
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性		
温度	(°C)			
圧力	(Mpa)			
流体名				
点検の視点				
該当部分の簡単な見取り図				
良否 1次 判定	○	レ	判定の根拠	
	△		当該ノズルの位置を10.5mタワートップと近似して、表-3より変位量 $\delta_1$ を20mmと読む。次に架構5mの位置での変位量 $\delta_2$ を表-4から5mmと読む。次に表-5を使って設計相対変位 $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 25\text{mm}$ 、配管3Bから変位吸収に必要な配管投影長を2mと読み取る。X方向配管投影長=5.5m、Z方向配管投影長=6.2mであり、既設配管投影長>変位吸収に必要な配管投影長となり、問題ないと判断した。	
	×			
今後の対応				

附属資料-6 タワー(塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その8

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日	
		点検者名	神瓦斯 太郎	
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響		
タワー廻り配管		相対変位		
点検対象配管系	塔頂配管			
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)	
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況	
6B				
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性		
温度	(°C)			
圧力	(Mpa)			
流体名				
点検の視点				
該当部分の簡単な見取り図				
良否 1次 判定	○	△	×	判定の根拠
				塔頂配管6Bの固定点変位量を表3の $h=Ht/2$ のグラフ、タワー全高20mから $\delta_1=20$ m、表-4の架構全高8mから $\delta_2=10$ mmを読み取る。次に表-5を使って設計相対変位 $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 30$ mm、配管6Bから変位吸収に必要な配管投影長を2.8mと読み取る。X方向配管投影長 $=11mH-8mH=3.0$ m、Z方向配管投影長 $=9$ mであり、既設配管投影長 $>$ 変位吸収に必要な配管投影長となり、問題ないと判断した。
今後の対応				

## 附属資料-6 タワー(塔)廻り配管耐震性改善のための簡易チェック実施事例 その9

高圧ガス施設の配管系耐震性点検記録		年月日	2014年 3月 14日
		点検者名	神瓦斯 太郎
点検配管系の区分		損傷の原因と考えられる地震の影響	
タワー廻り配管		地震慣性力	
点検対象配管系	塔頂配管 ⇒ 架構支持点		
P&I 配管番号	スプール図号 配管番号	装置エリア区分	ロケーション(具体的な場所)
配管サイズ(インチ)	配管材質	フランジ継ぎ手の数	配管サポートの状況
6B			
プロセス情報		プロセス流体の性質と漏洩等が発生した場合の危険性	
温度	(°C)		
圧力	(Mpa)		
流体名			
点検の視点			
該当部分の簡単な見取り図			
良否 1次 判定	○	レ	判定の根拠  塔頂配管11mH支持点と架構8mノズル固定点までの配管長は $L=6m+(11mH-8mH)=9m$ となる。高圧ガス配管6B(内容物:高圧ガス)の許容スパン長は、別表-1から12.7mである。 配管スパン長<許容スパン長であるから問題ないと判断した。
	△		
	×		
今後の対応			