



彩の国さいたま

高压ガス製造施設等地震対策要綱・基準

(平成11年4月改訂)

埼 玉 県

はじめに

埼玉県高圧ガス製造施設等地震対策要綱は、本県における高圧ガス製造施設等の立地環境に即した地震対策として、学識経験者等による委員会で昭和55年度から昭和56年度にわたり検討し策定され、昭和57年度から施行されました。

要綱では、都市化の進展や地震被害想定調査結果を踏まえて、施設の立地環境に応じ国の基準を上回る耐震設計基準値を定めるとともに、地盤の液状化対策、地震時の緊急遮断措置、配管、保安設備等の付属設備の耐震化などについて定め、関係事業所の協力を得て、既存施設を含めた対策を推進して参りました。

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、従来の想定を超えた高レベルの直下型地震であり、また地盤の液状化現象を伴い、高圧ガス製造施設等にも大きな被害をもたらしました。

これに対応するため国は平成9年3月に、関係法令の改正を行いました。

国の改正告示には、本県が旧要綱において導入していた基礎地盤の液状化対策、緊急遮断装置等が盛り込まれました。

県では、これらを踏まえて、平成10年6月に埼玉県高圧ガス施設耐震性向上化対策検討委員会（委員長 鈴木浩平 東京都立大学教授）を設置し、検討を進めて参りました。

本改正要綱は、同委員会の検討に基づき、地震被害想定調査結果（平成10年3月 県環境生活部）を勘案して、旧要綱を見直し、関係法令との整合を図りつつ本県において予測される地震に対する総合的安全対策として策定したものです。

この要綱・基準が高圧ガス施設の地震防災対策に活用されることを願う次第です。

終わりに本要綱作成に当たり、御多忙にもかかわらず、終始熱心に御指導いただいた委員長をはじめ、各委員の皆様方に心より感謝申し上げます。

平成11年 4月 1日

埼玉県労働商工部長
島 村 秀 夫

埼玉県高圧ガス施設等耐震性向上化対策検討委員会委員名簿
(敬称略・順不同)

委員長	鈴木 浩平	東京都立大学 工学研究科教授
副委員長	安田 進	東京電機大学 建設工学科教授
	稲葉 忠	東洋エンジニアリング株式会社 エンジニアリング技術本部 技師長
	安藤 文雄	千代田化工建設株式会社 解析技術部 部長代行
	浜田 友康	鹿島建設株式会社 建設総事業本部 土木設計本部設計技術部 設計長
	田中 典力	株式会社サイサン 取締役保安統括室長

目 次

() 内 関係解説頁

高圧ガス製造施設等地震対策要綱 -----	1(53)
-----------------------	--------

高圧ガス製造施設等地震対策基準 -----	5(57)
-----------------------	--------

§1 貯槽・基礎等耐震設計基準

1 適用範囲 -----	5(57)
2 用語の定義 -----	5(59)
3 設計方針 -----	6(60)
3-1 保有すべき耐震性能	
3-2 耐震性能の評価	
3-3 地域環境の考慮	
4 設計地震動 -----	7(65)
5 耐震設計 -----	9(68)
6 耐震設計設備の耐震設計 -----	9(69)
6-1 応答解析	
6-1-1 静的震度法	
6-1-2 修正震度法	
6-2 算定応力等	
6-3 耐震設計用許容応力等	
7 配管系の耐震設計 -----	13(81)
7-1 応答解析	
7-1-1 修正震度法	
7-1-2 配管支持構造物の応答変位	
7-2 算定応力等	
7-3 耐震設計用許容応力等	
7-4 配管支持の方法	
8 基礎の耐震設計 -----	16(95)
8-1 応答解析	
8-2 算定応力等	
8-3 耐震設計用許容応力等	
8-4 地盤の液状化対策	
9 基準に定めのない事項 -----	17
10 基準の適用 -----	17

別表1 耐震設計設備の固有周期及び設計修正地震力の計算式 -----	19
別表2 耐震設計設備の算定応力等計算式 -----	23
別表3 配管系の算定応力等計算式 -----	29
別表4 耐震設計設備の耐震設計用許容応力等 -----	31
別表5 配管系の耐震設計用許容応力等 -----	33
別表6 基礎及び地盤の耐震設計用許容応力等 -----	34

§ 2 付 属 設 備 等 地 震 対 策 基 準

1 適用範囲	37(106)
2 用語の定義	37
3 基本方針	37(106)
4 塔槽類の付属設備	37(108)
4-1 機器	
4-2 配管	
4-3 バルブ類及び計装設備	
4-4 ステージ、階段、はしご等	
4-5 建屋	
4-5-1 毒性ガスの貯槽等の建屋	
4-5-2 その他の建屋（毒性ガス・可燃性ガス）	
4-6 保安設備	
4-6-1 毒性ガスの除害設備	
4-6-2 可燃性ガスの防消火設備	
4-6-3 防液堤	
4-6-4 障壁	
4-7 地震防災設備	
4-8 付属設備に係る電気設備	
5 塔槽類以外の貯槽等	40(115)
5-1 貯槽等の耐震性	
5-2 貯槽等の付属設備	
6 容器	41(115)
6-1 容器固定措置等	
6-1-1 毒性ガスの1トン容器	
6-1-2 その他の容器（毒性ガス・可燃性ガス）	
6-2 容器の付属設備	
6-1-2 毒性ガス1トン容器の付属設備	
6-1-2 その他の容器の付属設備（毒性ガス・可燃性ガス）	
7 基準の適用	42

§ 3 地 震 防 災 体 制 基 準

既 存 施 設 地 震 対 策 指 針	47
---------------------	----

高圧ガス製造施設等地震対策要綱・基準関係解説	49
------------------------	----

要綱・基準改正の経緯と概要	49
---------------	----

要綱・基準の構成	51
----------	----

高圧ガス製造施設等地震対策要綱関係解説	53
---------------------	----

高圧ガス製造施設等地震対策基準関係解説	57
---------------------	----

高压ガス製造施設等地震対策要綱

高圧ガス製造施設等地震対策要綱

(目的)

第1条 この要綱は、埼玉県震災対策計画（昭和51年12月9日策定）に基づき、高圧ガス製造事業所等の施設の構造、形態及び機能並びに防災体制について、破壊的地震に対する総合的安全対策（以下「地震対策」という。）に係る基本的事項について定め、もって公共の安全に資することを目的とする。

(用語の定義)

第2条 この要綱において、用語の意義は、高圧ガス保安法（昭和26年法律第204号）及び液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（昭和42年法律第149号）（以下「法」という。）に定めるところによるほか、次の各号に定めるところによる。

- (1) 製造施設等 法に定める高圧ガス製造施設、特定高圧ガス消費施設、高圧ガス貯蔵所に係る施設及び液化石油ガス特定供給設備（液化石油ガス特定供給設備にあつては容器によるものを除く。）
- (2) 貯槽等 貯槽（バルク貯槽を含む。）、塔（反応、分離、精製、蒸留等を行う塔状の高圧ガス設備）並びに冷凍設備のうち受液器及び凝縮器
- (3) 保安設備 製造施設等のうち、専らそれらの保安のために設けられた設備であつて、毒性ガスの除害設備、防消火設備、保安電力など法によって設置を義務付けられたもの
- (4) 地震防災設備 地震時及び地震後の地震災害の発生並びに拡大を防止するための設備であつて、保安設備以外のもの
- (5) 地震防災遮断弁 地震防災設備のうち地震に際して遮断機能を有する弁
- (6) 既存施設 製造施設等のうち、この要綱の施行の際現に設置され、若しくは設置又は変更のための工事に着手しているもの

(適用範囲)

第3条 この要綱は、製造施設等の所有者又は占有者（以下「事業者」という。）について適用する。

2 この要綱は、製造施設等のうち、次の各号に掲げる設備について適用する。

- (1) 貯槽等並びにそれらの支持構造物及び基礎
- (2) 容器固定構造物、機器（回転機器及び気化器に限る。）、配管、バルブ類、計装設備、ステージ等、建屋（容器置場を含む。）、保安設備及び地震防災設備

(製造施設等の地震対策)

第4条 製造施設等（既存施設を除く。）に係る地震対策は、次の各号に定めるところによる。

- (1) 貯槽等、配管並びにこれらの支持構造物及び基礎は、耐震性を有する構造とすること。この場合において、これらの有すべき耐震性は、県の地震被害想定調査における震度等予測及び施設の立地する地域環境を考慮したものとする。
- (2) 地盤の液状化の可能性のある地域にあつては、これを検討し、必要な対策を講じるこ

と。

- (3) 容器（容器置場の容器を含む。）は、耐震性を有する構造体に固定するなど、地震時の振動による転倒・転落防止のための措置を講じること。
 - (4) 貯槽等と配管で接続する機器等にあつては、できるだけ貯槽等と同一の基礎等の上に設置すること。
 - (5) 配管には、十分な可とう性、逃げ等を施すとともに、貯槽等の接続部は、必要に応じて補強等すること。
 - (6) バルブ、緊急遮断弁、計装設備、その他貯槽等の付属設備は、地震時にその機能が保持され、その取付位置及び支持方法は、地震時の振動に対応できるものとする。
 - (7) 貯槽等のステージ、階段、はしご等は、地震時の振動により貯槽等に過大な力が加わらないよう設置すること。
 - (8) 毒性ガス（可燃性ガスであるものを除く。）の貯槽、容器、気化器等を設置する建屋は、当該ガスが外部に漏えいしない構造とすること。
 - (9) 建屋は、その機能等に応じた耐震性を有する構造とすること。
 - (10) 保安設備は地震時にその機能を保持しうるものであること。
 - (11) 地震防災設備は、地震時に高圧ガス設備内の高圧ガスの状態が危険側へ推移することを防止し、又は関連する設備が耐震性能を喪失した場合に、地震による被害の発生及び拡大の防止を図りうるものであること。
 - (12) 地震防災遮断弁は、原則として、感震器又は地震計（以下「感震器等」という。）と連動して遮断しうるものとする。
 - (13) 前各号に定めるもののほか、製造施設等に係る地震対策の基準（以下「地震対策基準」という。）は、別に定める。
2. 製造施設等がその構造又は機能上の理由で前項の規定を満たせない場合であっても、これと同等以上の効果を有すると認められる地震防災設備の設置、地震防災体制の整備等をした場合は、前項の規定を満たしたものと取り扱うことができる。

（既存施設の地震対策）

第5条 既存施設の地震対策は、別に定める既存施設地震対策指針によるものとする。ただし、既存施設を変更する場合にあつては、当該変更部分について前条の規定を適用するものとする。

（地震防災体制）

第6条 事業者は、破壊的地震が発生し、又は大規模地震対策特別措置法（昭和53年法律第73号）に基づく警戒宣言が対象地域に発令された場合、伝達情報に基づく適切な措置がとれるよう、別に定める地震対策基準により地震防災組織等の地震防災体制を整備すること。

第7条 この要綱に定めのない地震対策に関する事項については、別に定める。

付 則（昭和57年4月1日）

この要綱は、昭和57年4月1日から施行する。ただし、この要綱第5条の規定（ただし書

きを除く。)は、既存施設地震対策指針で定める日から施行する。

付 則 (平成11年4月1日)

この要綱は、平成11年4月1日から施行する。ただし、要綱第5条の規定(ただし書きを除く。)及び地震対策基準の適用については、それぞれ既存施設地震対策指針及び当該地震対策基準で定める。

高压ガス製造施設等地震対策基準

高圧ガス製造施設等地震対策基準

§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準

1 適用範囲

この基準は、製造施設等のうち、次に掲げるものについて適用する。

- (1) 貯槽（貯蔵能力3 t又は300 m³以上のものに限る。）
- (2) 塔（正接線間の距離が5 m以上のものに限る。）
- (3) 冷凍設備のうち受液器（内容積5,000 l以上のものに限る。）及び凝縮器（たて置円筒形であって胴部の長さが5 m以上のものに限る。）
- (4) 配管（外径45 mm以上であって次に掲げるものに限る。）
 - ア 高圧ガス設備に係る地盤面上の配管であって、(1)に規定する貯槽又は(2)に規定する塔から地震防災遮断弁までの間のもの及び地震防災遮断弁で区切られた間の内容積が3 m³以上のもの（次のイ及びウに規定するものを除く。）
 - イ 液化石油ガス特定供給設備に係るものにあつては、液状の液化石油ガスが通る地盤面上の受入管及び供給管であって、(1)に規定する貯槽から地震防災遮断弁までの間のもの
 - ウ 冷凍設備に係るものにあつては、冷媒設備に係る配管であって、(3)に規定する受液器又は凝縮器に接続されているもの及び内容積が3 m³以上のもの
- (5) 上記(1)から(4)の支持構造物及び基礎

2 用語の定義

この基準において、用語の意義は、要綱に定めるところによるほか、次のとおりとする。

- (1) 塔 1(2)に規定する塔及び1(3)に規定する凝縮器
- (2) 貯槽 1(1)に規定する貯槽及び1(3)に規定する受液器
- (3) 塔槽類 塔及び貯槽
- (4) 塔類 塔及びたて置円筒形貯槽
- (5) 耐震設計設備 塔槽類及びその支持構造物
- (6) 配管 1(4)に規定する配管、受入管及び供給管
- (7) 配管系 配管及びその支持構造物
- (8) 耐震設計構造物 耐震設計設備、配管系及びそれらの基礎
- (9) 第1種毒性ガス 塩素、シアン化水素、二酸化窒素、ふっ素及びホスゲン
- (10) 第2種毒性ガス 塩化水素、三ふっ化ほう素、二酸化硫黄、ふっ化水素、ブロムメチル及び硫化水素
- (11) 第3種毒性ガス 毒性ガスであつて、(9)及び(10)に掲げる毒性ガス以外のもの
- (12) レベル1地震動 耐震設計構造物の供用期間中に発生する確率の高い地震動
- (13) レベル2地震動 耐震設計構造物の供用期間中に発生する確率の低い高レベルの地震動

- (14) 地盤変状 耐震設計構造物の地盤の液状化に対する耐震性能を評価するための土質定数の低下及び地盤の移動
- (15) 設計地震動 耐震設計構造物に対する地震の影響を評価するための設計用の地震動
- (16) 運転重量 通常の運転状態における耐震設計設備又は配管系の自重と内容物の重量との和

3 設計方針

耐震設計構造物の設計方針は、次のとおりとする。

3-1 保有すべき耐震性能

耐震設計構造物が保有すべき耐震性能は、次のいずれにも該当することとする。

- (1) レベル1地震動に係る設計地震動に対し、有害な変形等が残留せず、かつ当該設備内の高圧ガスの気密性が保持されること（以下「レベル1耐震性能」という。）。
- (2) レベル2地震動に係る設計地震動及び地盤変状に対し、4で規定する重要度Ⅰa及びⅠの耐震設計構造物内の高圧ガスの気密性が保持されること（以下「レベル2耐震性能」という。）。

3-2 耐震性能の評価

- (1) 耐震設計構造物のレベル1耐震性能評価は、次に定めるところによること。

ア 通常の運転状態における設計地震動に関する応答解析を行い、耐震上重要な部材に生じる応力等（以下「算定応力等」という。）が、部材に応じて定められた許容応力等（以下「耐震設計用許容応力等」という。）を超えないことを確認すること。ただし、4で規定する重要度Ⅱ又はⅢの配管系であって、7-4に規定する配管支持の方法により設計した場合は、この評価を省略することができる。

イ アの規定において、設計地震動の計算方法は4の規定、応答解析の方法、算定応力等及び耐震設計用許容応力等は、耐震設計構造物の種類に応じ6、7及び8のそれぞれの該当項に規定するところによる。

- (2) 耐震設計構造物のレベル2耐震性能評価は、次に定めるところによること。

ア 通常の運転状態における設計地震動に関する応答解析を適切な計算方法（基礎にあっては地盤変状のうち土質定数の変化を考慮した適切な計算方法）により行い、耐震上重要な部材に関してレベル2地震動に係る当該部材の応答塑性変位を降伏変位で除した値（以下「応答塑性率」という。）が、当該部材の許容できる最大の塑性変位を降伏変位で除した値（以下「許容塑性率」という。）を超えないことを確認すること。

イ アの規定において、設計地震動の計算方法は4に規定するところによる。

ウ 基礎にあっては、アの規定によるほか、通常の運転状態における応答解析を地盤変状のうち地盤の移動を考慮した適切な計算方法により行い、耐震上重要な部材に関してレベル2地震動に係る応答塑性率が当該部材の許容塑性率を超えないことを確認すること。この場合において、当該評価は、基礎に係るアの評価と別々に行うことができる。

エ 耐震設計設備に接続される配管系のうち、地震防災遮断弁を超えて直近に設ける当

該配管系の支持構造物（配管を溶接等により固定するものに限る。）は、当該耐震設計設備と同一の基礎等の上に設置すること。ただし、当該配管系が十分な可とう性を有していることを確認した場合はこの限りでない。

オ アの規定において、レベル2耐震性能評価は、設計地震動を4に規定するレベル2地震動に0.5を乗じた値とし、(1)に規定するレベル1耐震性能評価を行うことによって替えることができる。

3-3 地域環境の考慮

3-2の規定により耐震設計構造物の設計震度等を設定するに当たっては、当該構造物の立地する地域環境を考慮して行うこととする。

4 設計地震動

地表面における水平震度及び鉛直震度は、次の算式により計算すること。

$$K_H = 0.150 \mu_K \beta_1 \beta_2 \beta_3 \quad \text{〔式 4.1〕}$$

$$K_V = 0.075 \mu_K \beta_1 \beta_2 \beta_3 \quad \text{〔式 4.2〕}$$

これらの算式において、 K_H 、 K_V 、 μ_K 、 β_1 、 β_2 及び β_3 は、それぞれ次の値を表すものとする

K_H 地表面における設計地震動の水平震度

K_V 地表面における設計地震動の鉛直震度

μ_K 地震動のレベルに基づく係数であって、レベル1地震動にあつては1.0、レベル2地震動にあつては2.0以上

β_1 耐震設計構造物の重要度に基づく係数であって、表4.1の上欄に掲げる重要度に応じ、同表の下欄に掲げる値

β_2 地震発生に係る地域に基づく係数であって、本県の場合、レベル1地震動、レベル2地震動ともに1.0

β_3 表層地盤増幅係数であって、表4.2の上欄に掲げる地盤種別に応じ、同表の下欄に掲げる値

表 4.1 重要度係数

重要度	I a	I	II	III
β_1	1.00	0.80	0.65	0.50

備考 1 表4.1において耐震設計構造物の重要度は、高圧ガスの種類に応じ、設備ごとに次の表4.1.1、表4.1.2及び表4.1.3に掲げるとおりとする。

2 可燃性ガス以外の高圧ガスであつて、毒性ガス以外のものに係る耐震設計構造物の重要度は、常にIIIとする。

3 コンビナート等保安規則第2条第22号に規定する特定製造事業所内の耐震設計構造物（可燃性ガス又は毒性ガスに係るものに限る。）のうち、塔槽類の貯蔵能力（処理設備にあつては処理設備内のガスの質量をいう。以下同じ。）又は配管の運転状態における内容物の質量が、可燃性ガス及

び第3種毒性ガスにあっては100t以上、第1種毒性ガス及び第2種毒性ガスにあっては30t以上のものについては、次の表4.1.1、表4.1.2及び表4.1.3により求めた重要度の一つ上位のものに変更する。この場合において、変更前の重要度がIのものにあっては、その重要度をIaとする。

- 4 配管系のうち塔槽類に接続される配管の重要度は、当該塔槽類の重要度又は備考1から3までの規定により求めた当該配管の重要度のいずれか上位のものとする。
- 5 地震防災設備の設置等により地震時及び地震後の災害拡大防止に十分な対策が講じられていると認められる耐震設計構造物にあっては、その対策の程度に応じて重要度を変更することができる。

表 4.1.1 第1種毒性ガスに係る耐震設計構造物の重要度分類

W \ X	5未満	5以上 20未満	20以上 100未満	100以上 500未満	500以上
100未満	I	I	I	I	I
100以上 200未満	II	I	I	I	I
200以上 500未満	III	II	I	I	I
500以上 1,000未満	III	III	II	I	I
1,000以上	III	III	III	II	I

表 4.1.2 第2種毒性ガスに係る耐震設計構造物の重要度分類

W \ X	5未満	5以上 20未満	20以上 100未満	100以上 500未満	500以上
50未満	I	I	I	I	I
50以上 200未満	II	I	I	I	I
200以上 500未満	III	II	I	I	I
500以上 1,000未満	III	III	II	I	I
1,000以上	III	III	III	II	I

表 4.1.3 第3種毒性ガス及び可燃性ガスに係る耐震設計構造物の重要度分類

W \ X	10未満	10以上 100未満	100以上 1,000未満	1,000以上 10,000未満	10,000以上
20未満	I	I	I	I	I
20以上 40未満	II	I	I	I	I
40以上 90未満	II	II	I	I	I
90以上 200未満	III	II	II	I	I
200以上 400未満	III	III	II	II	I
400以上 900未満	III	III	III	II	II
900以上 2,000未満	III	III	III	III	II
2,000以上	III	III	III	III	III

備考 表 4.1.1、表 4.1.2 及び表 4.1.3 において、W及びXは、それぞれ次の値を表すものとする。

W 塔槽類にあつては貯蔵能力、配管にあつては運転状態における内容物の質量 (単位 t)

X 塔槽類又は配管の外側から当該耐震設計構造物が設置される事業所の境界線 (これに接続する海、河川、湖沼又はこれと同等の効用を有する施設若しくは土地がある場合は、その外縁) までの距離のうち最短のもの (単位 m)

表 4.2 表層地盤増幅係数

地盤種別	第1種地盤 (第三紀以前の地盤)	第2種地盤 (洪積層地盤)	第3種地盤 第1種、第2種 及び第4種地盤 以外の地盤)	第4種地盤 (埋土又は沖積層 の厚さが25m 以上の地盤)
β_s	1.4	2.0	2.0	2.0

備考

第1種地盤又は第2種地盤上に表層土がある場合で、次のア又はイに該当するときは、当該地盤をそれぞれ第1種地盤又は第2種地盤とみなすことができる。

ア 基礎が第1種地盤又は第2種地盤に直接支持されている場合であつて、表層土の厚さが10m以下であり、かつ当該耐震設計設備の地表面から重心までの高さの1/2以下の場合

イ 表層土の厚さが4m以下であり、かつ当該耐震設計設備の地表面から重心までの高さの1/5以下の場合

5 耐震設計

耐震設計構造物の耐震設計は、耐震設計構造物の区分に応じ、6、7及び8に定めるところによること。

6 耐震設計設備の耐震設計

耐震設計設備の耐震設計は、次の規定によること。

6-1 応答解析

(1) 耐震設計設備の設計地震動による応答解析は、6-1-2に定める修正震度法又は適切な動的解析法によること。この場合において、重要度II又はIIIの耐震設計設備にあつては、鉛直方向の設計地震動の評価を省略することができる。

(2) (1)の規定にかかわらず、重要度がII又はIIIの耐震設計設備のうち、ベースプレートからの高さが20m未満の塔類及び貯蔵能力100t未満の横置円筒形貯槽の応答解析は、6-1-1に定める静的震度法によること。

6-1-1 静的震度法

耐震設計設備の静的震度法による応答解析は、次の規定によること。

(1) 設計静的水平震度は、次の算式によって得られる値とする。

$$K_{SH} = f_s \beta_4 K_H \quad \text{〔式 6.1〕}$$

この算式において K_{SH} 、 f_s 、 β_4 及び K_H は、それぞれ次の値を表すものとする。

K_{SH} 設計静的水平震度

f_s 耐震設計設備の立地する地域環境区分に応じた係数であって、表 6.1 に掲げる値。ただし不活性ガスに係るものについては、1.00 とする。

β_4 水平方向の応答倍率であって、表 6.2 の左欄に掲げる耐震設計設備の地表面からの高さ H の区分に応じ、同表の右欄に掲げる値

K_H 4 に規定する値

表 6.1 地域環境係数

地域環境区分	f_s
工業専用地域	1.00
工業地域	1.20
住居地域 近隣商業地域 商業地域 準工業地域	1.33
その他の地域	1.00 ~ 1.33

備考 工業専用地域等の区分は都市計画法（昭和 43 年法律第 100 号）第 8 条の規定による。ただし、住居地域は、同第 8 条第 1 項 1 号に示す第 1 種低層住居専用地域から準住居地域までとする。

表 6.2 水平方向応答倍率

H (m)	β_4
16 以下	2.0
16 を超え 35 以下	$1.04 + 0.06 H$
35 超	3.14

(2) 設計静的水平地震力は、次の算式により計算すること。

$$F_{SH} = K_{SH} W_H \quad \text{〔式 6.2〕}$$

この算式において、 F_{SH} 、 K_{SH} 及び W_H は、それぞれ次の値を表すものとする。

F_{SH} 設計静的水平地震力（単位 N）

K_{SH} (1) に規定する値

W_H 運転重量。ただし塔類にあつては耐震設計設備の設計水平地震力を算定する部分の自重と内容物の重量との和とする（単位 N）。

耐震設計設備の修正震度法による応答解析は、次の規定によること。ただし、スカート支持（鉄筋コンクリート架台の上に設置される場合を含む。以下同じ。）の自立式塔類の水平方向の固有周期が表 6.3 の上欄に掲げる地盤種別に応じ同表の下欄に掲げる値を超える場合は、当該塔類の水平方向の応答解析は、法に規定するモード解析法によること。

表 6.3 モード解析法によるべきスカート指示の自立式塔類の固有周期

地盤種別	第1種地盤	第2種又は第3種地盤	第4種地盤
固有周期(秒)	0.5	1.0	1.5

(1) 設計修正水平震度及び設計修正鉛直震度は、次の算式によって得られる値とする。

$$K_{MH} = f_s \cdot \beta_s \cdot K_H \quad \text{〔式 6.3〕}$$

$$K_{MV} = f_s \cdot \beta_v \cdot K_V \quad \text{〔式 6.4〕}$$

これらの算式において、 K_{MH} 、 K_{MV} 、 K_H 、 K_V 、 f_s 、 β_s 及び β_v は、それぞれ次の値を表すものとする。

K_{MH} 設計修正水平震度

K_{MV} 設計修正鉛直震度

K_H 及び K_V 4に規定する値

f_s 6-1-1(1)に規定する値

β_s 水平方向の応答倍率であって次の(ア)から(ウ)までに規定するところによる。

(ア) 4に掲げる地盤種別に応じ、図 6.1 により求められる基準応答倍率に図 6.2 により求められる補正係数を乗じて得られる値とする。この場合において、耐震設計設備の固有周期の計算は(2)に規定する方法又当該設備の構造に応じて適切な方法により行うこと。

(イ) (ア)において、耐震設計設備の固有周期が 0.3 秒未満であって応答倍率が 1.5 を下回るときは、これを 1.5 とし、固有周期が 0.3 秒以上の場合であって応答倍率が 0.75 を下回るときは、これを 0.75 とする。

(ウ) (ア)及び(イ)の規定にかかわらず、次の a 及び b に掲げる耐震設計設備の応答倍率は 2.0 とすることができる。

a 横置円筒形貯槽（貯蔵能力 100 t 未満のものに限る。）

b スカート支持の塔類であって、当該塔類の胴の外径と内径（腐れ代を除く。）との和の 1/2 の値（以下「平均直径」という。）に対するベースプレートからの高さの比が 4.0 未満のもの

β_v 鉛直方向の応答倍率であって、スカート支持の塔類にあつては 1.5、その他の耐震設計設備にあつては 2.0 とする。

図 6.1 基準応答倍率 (特 A 及び A 地域)

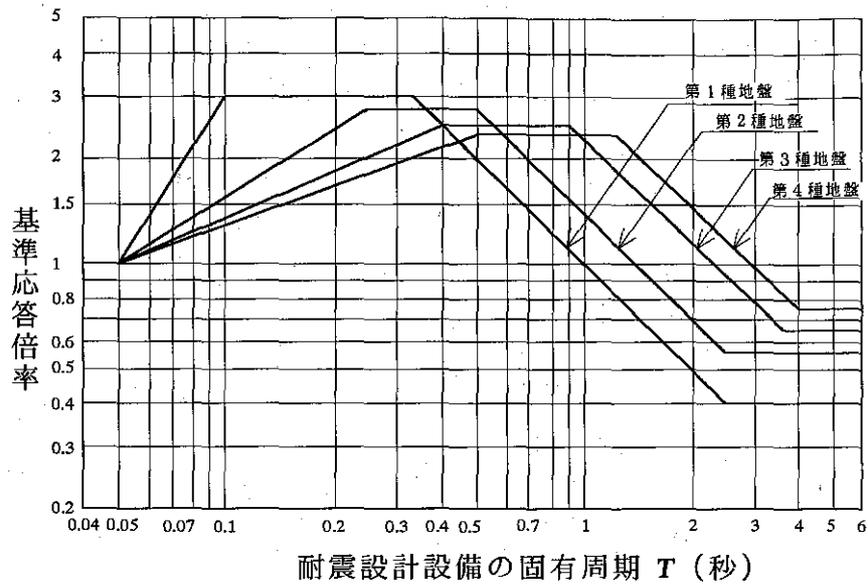
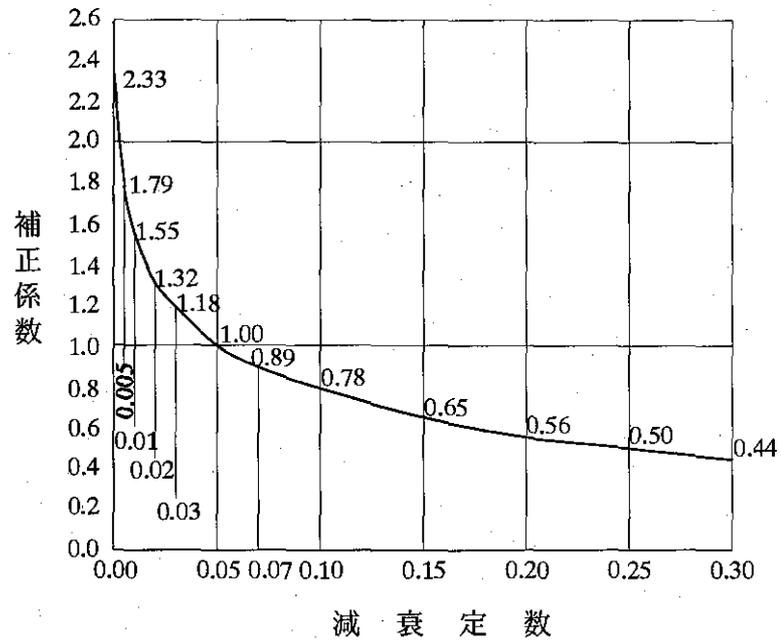


図 6.2 基準応答倍率補正係数



備考 図 6.2 において、減衰定数は耐震設計設備の種類に応じ、表 6.4 に掲げる値とする。ただし、減衰を与える機構を付加した場合はこの限りでない。

表 6.4 減衰定数

耐震設計設備の種類		減衰定数	
塔類	固有周期Tが1.0秒未満のもの	0.03	
	Tが1.0秒以上1.5秒未満のもの	0.07-0.04 T	
	Tが1.5秒以上のもの	0.01	
横置円筒形貯槽		0.07	
架構	鋼構造のもの	ブレースを有する構造のもの	0.05
		ブレースを有しない構造のもの	0.03
	鉄筋又は鉄骨コンクリート構造のもの	ラーメン構造又はこれに準じるもの	0.05
		壁量の多いもの又はこれに準じるブレースを有するもの	0.10

(2) 耐震設計設備の固有周期の計算は、耐震設計設備の種類及び構造に応じ、別表1のA欄に掲げる算式により計算すること。

(3) 耐震設計設備の設計修正水平地震力 F_{MH} 及び設計修正鉛直地震力 F_{MV} は、耐震設計設備の種類に応じ、別表1のB欄に掲げる算式により計算すること。

6-2 算定応力等

耐震設計設備の応答解析に基づく設計地震力から算定される算定応力等は、設備の種類及び部位ごとに、別表2に掲げる算式により計算すること。

6-3 耐震設計用許容応力等

耐震設計設備の耐震設計用許容応力等は、設備の部材の種類に応じ、別表4に規定する値とする。

7 配管系の耐震設計

配管系の耐震設計は、次の規定によること。

7-1 応答解析

配管系の応答解析は、対象となる配管系を適切な梁構造モデルに置き換えて行い、次に定めるところによる。

(1) 設計地震動による応答解析は、7-1-1に定める修正震度法又は適切な動的解析法によること。

(2) 配管の支持構造物（以下「配管支持構造物」という。）の応答変位に基づく当該配管系の応答解析（配管支持構造物の全高が5mを超えるものに限る。）は、7-1-2に規定するところによること。

7-1-1 修正震度法

配管系の修正震度法による応答解析は、次の算式により設計修正地震力を計算すること。

と。

$$F_{MH} = \beta_8 \mu K_{MH} W_H \quad \text{〔式 7.1〕}$$

$$F_{MV} = \beta_9 K_{MV} W_V \quad \text{〔式 7.2〕}$$

これらの算式において F_{MH} 、 F_{MV} 、 β_8 、 β_9 、 μ 、 K_{MH} 、 K_{MV} 、 W_H 及び W_V は、それぞれ次の値を表すものとする。

F_{MH} 設計修正水平地震力 (単位 N)

F_{MV} 設計修正鉛直地震力 (単位 N)

β_8 配管系に対する水平方向の応答倍率であつて、2.0。ただし、当該配管系の支持構造物が架構上の塔槽類である場合は別表1のB欄の当該欄に規定する β_7 の値に2.0を乗じた値、弁にあつては2.0に当該弁の構造、支持方法等に応じて1.0～3.0を乗じた値とする。

β_9 配管系に対する鉛直方向の応答倍率であつて、2.0

μ K_{MH} 配管を支持する位置 (以下「配管支持点」という。) における設計水平震度で、配管支持構造物の応答解析の種類に応じて次の(1)から(2)に規定するところによる。

(1) 修正震度法

K_{MH} 配管支持構造物の種類に応じて6-1-2(1)に定める値又は適切な方法により算出した値。ただし、4に定める K_H を下回る場合は K_H 、配管支持構造物の高さが3 m以下の場合は当該配管支持構造物の種類にかかわらず4に定める K_H の値とする。

μ 震度分布係数であつて、次のア又はイに規定する値とする。

ア 配管支持構造物の高さが10 m以下のもの又は配管支持構造物がスカート支持の塔類であつて平均直径に対するベースプレートからの高さの比が4.0未満のもの 1.0

イ ア以外の配管支持構造物 次の算式により得られる値又は1.0のいずれか大なる値

$$\mu = 1.5 \frac{H}{H_t} \quad \text{〔式 7.3〕}$$

この算式において、 H 及び H_t は、それぞれ次の値を表すものとする。

H 当該配管支持点の高さ (単位 mm)

H_t 配管支持構造物の高さ (単位 mm)

(2) 静的震度法

μ K_{MH} 6-1-1(1) により規定する K_{SH} と同じ値

K_{MV} 6-1-2(1)に定める値又は適切な方法により算出した値。ただし、配管支持構造物の高さが3 m以下の場合は、当該配管支持構造物の種類にかかわらず4に定める K_V の値とする。

W_H 運転重量 (単位 N)

W_V 設計修正鉛直地震力を算定する位置に作用する配管の自重と内容物の重量との和 (単位 N)

7-1-2 配管支持構造物の応答変位

配管支持構造物の応答変位は、当該配管系に係る配管支持構造物を適切な振動系モデルに置き換え、6-1-2に規定する修正震度法又は適切な動的解析法により、配管支持点の移動量を算出すること。この場合において、重要度がII又はIIIの耐震設計設備に支持される配管系については、6-1-1に規定する静的震度法によることができる。

7-2 算定応力等

配管系の応答解析に基づく設計地震力から算定される算定応力等は、配管系の部位ごとに、別表3に掲げる算式により計算すること。

7-3 耐震設計用許容応力等

配管系の耐震設計用許容応力等は、配管系の部材の種類に応じ、別表5に規定する値とする。

7-4 配管支持の方法

3-2(1)アのただし書きに係る配管の支持は次に定めるところによる。

- (1) 配管の管軸と直交する2方向及び管軸に平行な方向の3方向の地震力のそれぞれに対して配管を支持すること。
- (2) (1)に掲げる地震動の方向に大して有効な支持機能を有する隣り合う配管支持構造物の間の配管の長さ(以下「配管スパン長」という。)は、表7.1に掲げる運転状態における配管内の高圧ガスの状態及び配管の外径に応じ、それぞれ同表に掲げる許容スパン長を超えないこと。

表 7.1 配管支持の許容スパン長

運転状態における 配管内の高圧ガス の状態	許 容 ス パ ン 長 (単位 m)								
	配 管 の 外 径 (単位 mm)								
	48.6	60.5	89.1	114.3	216.3	318.5	406.4	508.0	609.6
液化ガス	6.6	7.1	8.6	9.5	12.2	14.2	16.0	17.6	19.1
圧縮ガス	7.0	7.8	9.5	10.7	14.8	18.0	20.3	22.7	24.9

- (3) (2)に掲げる配管支持構造物の間の配管に係る地震動の方向の相対変位量は、次の算式により得られる変位吸収能力を超えないことを確認すること。

$$\delta_a = L \cdot f \quad \text{〔式 7.4〕}$$

この算式において δ_a 、 L 及び f は、それぞれ次の値を表すものとする。

δ_a 配管支持構造物の間の配管に係る変位吸収能力 (単位 mm)

L 地震動の方向に直交する平面に対する配管の投影長 (単位 mm)

f 配管 1 mm 当たりの変位吸収能力であって、次の算式により得られる値

$$f = \frac{C \varepsilon_y L}{D} \quad \text{〔式 7.5〕}$$

この算式において C 、 ϵ_v 、 L 及び D は、それぞれ次の値を表すものとする。

C 配管の許容ひずみにより定まる定数であって 0.67

ϵ_v 配管材料の降伏ひずみ

D 配管の外径 (単位 mm)

8 基礎の耐震設計

基礎の耐震設計は、次の規定によること。

8-1 応答解析

基礎の設計地震動による応答解析は、次に定める静的震度法又は適切な動的解析法によること。

(1) 設計静的水平震度は、次の算式によって得られる値とする。

$$K'_{SH} = f_s \beta_4' K_H \quad \text{〔式 8.1〕}$$

この算式において K'_{SH} 、 f_s 、 β_4' 及び K_H は、それぞれ次の値を表すものとする。

K'_{SH} 設計静的水平震度

f_s 6-1-1(1)に規定する値

β_4' 水平方向の応答倍率であって、基礎の地表部分については 2.0 とし、地下部分については表 8.1 の左欄に掲げる基礎の地表面からの深さ H_F の区分に応じ、同表の右欄に掲げる値

K_H 4に規定する値

表 8.1 基礎の水平方向応答倍率

H_F (m)	β_4'
5 以下	$2.0 - 0.2 H_F$
5 超	1.0

(2) 設計静的水平地震力は、次の算式により計算すること。

$$F'_{SH} = \lambda K'_{SH} W_F \quad \text{〔式 8.2〕}$$

この算式において、 F'_{SH} 、 λ 、 K'_{SH} 及び W_F は、それぞれ次の値を表すものとする。

F'_{SH} 設計静的水平地震力 (単位 N)

λ 基礎の地上部分にあつては 0.5、地下部分にあつては基礎の根入れ深さ D_f に応じ、表 8.2 の右欄に示す値

K'_{SH} (1)に規定する値

W_F 基礎の重量 (単位 N)

表 8.2 λ の値

D_f (m)	λ
$0 \leq D_f < 0.5$	0.5
$0.5 \leq D_f < 1.5$	0.4
$D_f \geq 1.5$	0.25

8-2 算定応力等

基礎の算定応力等は、耐震設計設備から基礎に作用するモーメント、せん断力及び鉛直荷重並びに基礎の設計地震力に基づき、基礎の種類に応じ、次に掲げる応力等を算定すること。

(1) 直接基礎の応力等

- ア 基礎ボルト又はアンカーストラップの引抜力によりコンクリートに生じる応力
- イ ベースプレートからの支圧力によりコンクリートに生じる応力
- ウ 接地圧
- エ 基礎本体に生じる応力

(2) くい基礎の応力等

- ア (1)ア、イ及びエに掲げる応力
- イ くいが支持すべき鉛直荷重
- ウ 鉛直荷重及びくい頭に作用する水平地震力によりくいに生じる応力

8-3 耐震設計用許容応力等

基礎及び地盤の耐震設計用許容応力等は、部材等の種類に応じ、別表6に規定する値とする。

8-4 地盤の液状化対策

8-3の規定において、くい支持地盤の耐震設計用許容支持力等の算出に当たっては、くい周囲の地盤等の液状化の可能性について検討し、その結果に応じて当該地盤の土質定数を低減させるなどして設計すること。また、必要に応じ液状化防止対策等を講じること。

9 基準に定めのない事項

本基準に定めのない応答解析方法、設備の算定応力等の計算方法等は、法に定めるところによるほか、3-3及び8-4の規定を準用する。

10 基準の適用

- (1) 本基準は、平成11年4月1日から施行する。ただし、本基準のうち3-2(2)の規定は、平成12年4月1日から施行する。
- (2) 本基準の施行の際、現に設置されている耐震設計構造物については、本基準の規定のうち配管に係る部分については適用しない。
- (3) 本基準の施行の際、現に設置されている耐震設計構造物であって、本基準の施行後に

において、高圧ガス保安法第 14 条第 1 項又は第 19 条第 1 項の許可を受けて行われる耐震
上軽微な変更に係る耐震設計構造物については、なお従前の例による。

耐震設計設備の固有周期及び設計修正地震力計算式

耐震設計設備の区分		A 固有周期の計算式 T 固有周期 (秒)	B 設計修正地震力の計算式 F _{MH} 設計修正水平地震力 (N) F _{MV} 設計修正鉛直地震力 (N)
塔類	スカート支持の自立式塔類 (胴の内径及び板厚の変化の少ないものに限る) であって、 $\frac{H_i}{D_m} \geq 4.0$ のもの	$T = \frac{CH_i}{\sqrt{K_{MH}D_m}} \dots\dots(1)$ K _{MH} 6-1-2(1)に規定する値 D _m 胴の平均直径 C 0.025 から 0.03 までの範囲で応答倍率 β _s が最大になるときの値 H _i 塔類のベースプレートからの高さ	$F_{MH} = \mu K_{MH} W_H \dots\dots(5)$ $F_{MV} = K_{MV} W_V \dots\dots(6)$ K _{MH} , K _{MV} 6-1-2(1)に規定する値 W _H 6-1-1(2)に規定する値 W _V 設計修正鉛直地震力を算定する位置に作用する耐震設計設備の自重と内容物の重量の和 (N) μ 備考2に規定する値
	その他の塔類	$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_o}{Kg}} \dots\dots(2)$ g 重力加速度 W _o 耐震設計設備の運転重量。ただし、球形貯槽にあっては、耐震設計設備の自重と 6-1-1(2)に規定する有効液重量の和 (N) K 耐震設計設備の水平剛性であって備考1に規定する値	$F_{MH} = K_{MH} W_H \dots\dots(7)$ $F_{MV} = K_{MV} W_V \dots\dots(8)$ K _{MH} , K _{MV} 6-1-2(1)に規定する値 W _H 6-1-1(2)に規定する値 W _V 式(6)において規定する値
	横置円筒形貯槽		
	架構上の塔槽類	(2)式	$F_{MH} = \beta_s \mu K_{MH} W_H \dots\dots(9)$ $F_{MV} = K_{MV} W_V \dots\dots(10)$ W _H 6-1-1(2)に規定する値 K _{MV} 6-1-2(1)に規定する値 K _{MH} , β _s , μ 備考3に規定する値 W _V 式(6)において規定する値
	塔槽類の架構	(1) 架構重量比 (架構、これに支持される塔槽類、その他当該架構に付加される設備 (以下「架構等」という。) の総重量に対する当該貯槽等の運転重量の比。以下同じ。) の最大値が 0.1 以下の場合 $T_s = 0.01H + 0.02H_i \dots\dots(3)$ T _s 固有周期 (S) H 架構のうち鉄骨構造部分の高さ (m) H _i 架構の高さ (m) (2) 架構重量比の最大値が 0.1 超の場合 $T_s = 0.057\sqrt{\eta} \dots\dots(4)$ η 架構等に、その架構等の重量を水平方向に作用させたときの当該架構等の最大変位量 (mm)。塔槽類は剛体とみなす。	$F_{MH} = \mu K_{MH} W_H \dots\dots(11)$ $F_{MV} = K_{MV} W_V \dots\dots(12)$ K _{MH} , K _{MV} 6-1-2(1)に規定する値 W _H 設計修正水平地震力を算定する部分の架構等の重量 (N) W _V 設計修正鉛直地震力を算定する位置に作用する架構等の重量 (N) μ 備考4に規定する値

別表1の備考

備考 1 K (耐震設計設備の水平剛性、式(2)関係)

レグ支持の塔類

$$K = \frac{1}{\lambda + \frac{1}{K_1 + K_2}}$$

K 水平剛性 (N/mm²)

K_1 、 K_2 それぞれ次の算式により得られる値

$$K_1 = \frac{3nEAD^2}{2H_1^3}$$

$$K_2 = \frac{nK_c}{1 + \frac{H_1 K_c}{GA}}$$

$$K_c = \frac{4E(I_1 + I_2)}{H_1^3}$$

H_1 レグの長さ (mm)

n レグの本数

E レグの材料の縦弾性係数 (N/mm²)

G レグの杖料の横弾性係数 (N/mm²)

A レグの断面積 (mm²)

D レグの中心からなる円の直径 (mm)

I_1 レグの周方向軸に対する断面2次モーメント (mm⁴)

I_2 レグの半径方向軸に対する断面2次モーメント (mm⁴)

λ 次の算式により得られる値

$$\lambda = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^2 - \frac{H_2}{H_1} + 4$$

H_2 ベースプレートから塔類の重心までの高さ (mm)

備考 2 μ (式(5)関係)

μ 震度分布係数であって、次の二つの算式により得られる値のいずれか大なるもの

$$\mu = \frac{1.5H}{H_1}$$

$$\mu = \frac{1}{\beta_3 \beta_2}$$

H_1 耐震設計設備のベースプレートからの高さ (単位 mm)

H 耐震設計設備の設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ (mm)

β_2 4に規定する値

β_3 6-1-2(1)に規定する値

備考 3 K_{MR} , β_T , μ (式(9)、(10)関係)

β_T 塔槽類の架構に対する応答倍率であって、次の算式により得られる値

$$\beta_T = 0.71 \sqrt{\frac{1 + \lambda^2}{\lambda^2 + (1 - \lambda^2)\eta_s^2}}$$

λ 次の表の左欄に掲げる塔槽類の固有周期 T_a の区分に応じ、同表の右欄に掲げる算式により得られる値

T_a	λ
0.36 T_s 以下	$\sqrt{0.52 + 0.48\gamma}$
0.36 T_s 超 0.9 T_s 以下	$\sqrt{1 - (1 - \gamma) \left(\frac{1.8T_s T_a}{T_a^2 + 0.81T_s^2} \right)^2}$
0.9 T_s 超 1.1 T_s 以下	$\sqrt{\gamma}$
1.1 T_s 超	$\sqrt{1 - (1 - \gamma) \left(\frac{2.2T_s T_a}{T_a^2 + 1.21T_s^2} \right)^2}$

[備考]

T_a 塔槽類の固有周期であって、式(1)、(2)又は次の算式により得られる値。ただし、横置円筒形貯槽（貯蔵能力が 100t 未満のものに限る。）及び最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが 5 m 未満のラグ支持のたて置円筒形貯槽にあつては、これを 0 とすることができる。
(秒)

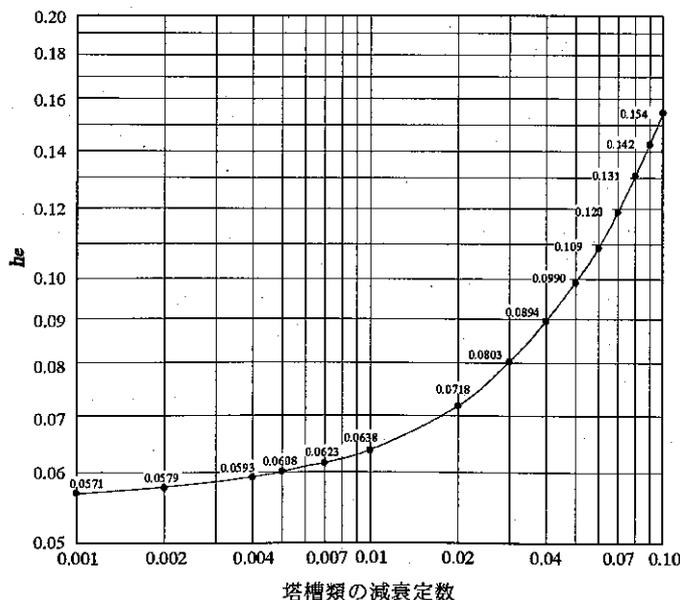
$$T_a = 0.057 \sqrt{\eta_s}$$

η_s 架構を剛体とみなし、当該塔槽類にその運転重量を水平方向に作用させたときの最大変位 (mm)

T_s 式(3)又は式(4)によって得られる値 (秒)

γ 架構重量比。ただし、架構上に当該塔槽類と同等の振動特性を有すると認められる塔槽類その他の設備がある場合は、当該塔槽類の運転重量に代えて、当該塔槽類及びこれらの設備の総重量とすることができる。

h_s 塔槽類の減衰定数に応じ、次の図により求られる値



μ 震度分布係数であって次の2つの算式により得られる値又は 1.0 のいずれか大なるもの。ただし、架構等の最高位の高さが 10m 未満の場合には 1.0 とする。

$$\mu = \frac{1.5H}{H_1}$$

$$\mu = \frac{1.5H_0}{H_1}$$

H_1 架構等の最高位の高さ (mm)

H 塔槽類の設計修正水平地震力を算定する位置の高さ (mm)

H_0 塔槽類の最低位の支持部の高さ (mm)

K_{MH} 6-1-2(1)に規定する値。この場合において、応答倍率は次の二つの算式により得られる固有周期 T_1 及び T_2 のそれぞれに対する値のいずれか大なるものとする。また、減衰定数は当該塔槽類の値とする。

$$T_1 = \sqrt{(1+\lambda) \frac{T_a^2 + T_s^2}{2}}$$

$$T_2 = \sqrt{(1-\lambda) \frac{T_a^2 + T_s^2}{2}}$$

備考 4 μ (式(11)関係)

μ 震度分布係数であって次の算式により得られる値又は 1.0 のいずれか大なるもの。ただし、架構の高さが 10m 未満の場合には 1.0 とする。

$$\mu = \frac{1.5H}{H_1}$$

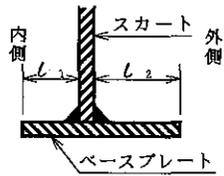
H_1 架構の高さ (mm)

H 架構の設計修正水平地震力を算定する位置の高さ (mm)

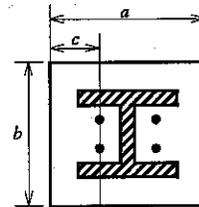
別表 2

耐震性設計設備の算定応力等計算式 (6-2関係)

耐震設計設備の区分		応力算定箇所	算定応力等計算式	
塔 カ ト 支 持 類	ス カ ー ト	胴板	引張応力 $\sigma_t = \left(\frac{P_o D_m}{4t} - \frac{W_v - F_v}{\pi D_m t} + \frac{4M}{\pi D_m^2 t} \right) \frac{1}{\cos \theta} \dots (1)$ <p> α 胴板に生じる引張応力 (N/mm²) t 胴の板厚 (腐れしをを除く。mm) P_o 常用の圧力 (MPa) D_m 胴の平均直径 (内径と外径の和の2分の1。以下同じ。mm) W_v 応力を算定する位置に作用する耐震設計設備の自重と内容物の重量との和 (N) F_v 設計鉛直地震力(6-1-2(3))に規定する設計修正鉛直地震力(以下同じ。N) M 応力を算定する位置に作用するモーメントの和 (偏心荷重がある場合には、当該荷重によるモーメントを考慮すること。N・mm) θ 円すい胴における円すい部の頂角の1/2の値 (度) </p>	圧縮応力 $\sigma_c = \left(\frac{P_o D_m}{4t} + \frac{W_v + F_v}{\pi D_m t} + \frac{4M}{\pi D_m^2 t} \right) \frac{1}{\cos \theta} \dots (2)$ <p> α 胴板に生じる圧縮応力 (N/mm²) P_o 通常の運転状態における最低の圧力 (MPa) $t, D_m, W_v, F_v, M, \theta$ 式(1)において規定する値 </p>
		スカート	圧縮応力 $\sigma_c = \left(\frac{W_v + F_v}{(\pi D_m - Y)t} + \frac{4M}{(\pi D_m^2 - 2D_m Y)t} \right) \frac{1}{\cos \theta} \dots (3)$ <p> α スカートに生じる圧縮応力 (N/mm²) D_m スカートの平均直径 (mm) Y スカート開口部の水平方向の最大長さ (mm) t スカートの板厚 (mm) θ 円すい形スカートの頂角の1/2の値 (度) W_v, F_v, M 式(1)において規定する値 </p>	
		基礎ボルト	引張応力 $\sigma_t = \frac{1}{NA} \left(-W_v + F_v + \frac{4M}{D} \right) \dots (4)$ <p> σ_t 基礎ボルトに生じる引張応力 (N/mm²) N 基礎ボルトの本数 A 基礎ボルトの有効断面積 (mm²) D 基礎ボルトの中心からなる円の直径 (mm) W_v, F_v, M 式(1)において規定する値 </p>	

耐震設計 設備の 区分		力 算定箇所		算定応力等計算式			
塔 支持	ス カ ー ト 支 持	ベ ー ス プ レ ー ト	<p>曲げ応力 (7)ベースブロック形式でない場合</p> $\sigma_b = \frac{3L^2}{t^2} \left(\frac{W_v + F_v}{A_b} + \frac{M}{Z} \right) \dots (5)$ <p> α ベースプレートに生じる曲げ応力 (N/mm²) t ベースプレートの板厚 (mm) L 下図に示すl_1又はl_2のいずれか大なる値 (mm) A_b ベースプレートの底面積 (mm²) Z ベースプレートの半径方向軸に対する断面係数 (mm³) W_v, F_v, M 式(1)において規定する値 </p>  <p>(4) ベースブロック形式の場合 式(5)による。ただし、ベースブロックの構造に応じ、当該ベースブロックに生じる応力を考慮してベースプレートに生じる曲げ応力を算定することができる。</p>				
	レ グ 支 持	胴 板	引張応力	せん断応力		曲げ応力	圧縮応力
		式(1)による。この場合、最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが5m未満のたて置円筒形貯槽は剛体とみなす。	式(2)による。この場合、最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが5m未満のたて置円筒形貯槽は剛体とみなす。				
		$\sigma_t = \frac{P}{nA} \dots (6)$ <p> α レグに生じる引張応力 (N/mm²) n レグの本数 A レグの断面積 (mm²) P ベースプレートに作用する引抜 力であって次の算式により得ら れる値 (N) </p> $P = -W_v + F_v + \frac{4F_H H_2}{D}$ <p> W_v 運転重量 (N) F_v 設計鉛直地震力 (N) </p>	$\tau = \frac{F_H}{nA} \dots (7)$ <p> τ レグに生じるせん断応力 (N/mm²) n, A 及び F_H 式(6)に規定する値 </p>		$\sigma_b = \frac{1.2F_H H_1 e}{n(I_1 + I_2)} \dots (8)$ <p> α レグに生じる曲げ応力 (N/mm²) I_1 レグの周方向軸に対する断面2 次モーメント (mm⁴) I_2 レグの半径方向軸に対する断面 2次モーメント (mm⁴) H_1 レグの長さ (mm) e レグの中立軸から外縁までの距 離の最大値 (mm) n, F_H 式(6)において規定する値 </p>	$\sigma_c = \frac{1}{nA} \left(W_v + F_v + \frac{4F_H H_2}{D} \right) \dots (9)$ <p> α レグに生じる圧縮応力 (N/mm²) $n, A, W_v, F_v, D, F_H, H_2$ 式(6)に おいて規定する値 </p>	

塔 レ グ 支 持 類		<p>F_H 設計水平地震力 (6-1-1(2)に規定する設計静的水平地震力又は 6-1-2(3)に規定する設計修正水平地震力(以下同じ。N))</p> <p>D レグの中心からなる円の直径 (mm)</p> <p>H ベースプレートから塔類の重心までの高さ (mm)</p>		
	基礎ボルト	<p>引張応力 (7) $P \geq 0$</p> $\sigma_t = \frac{e + \frac{a}{2} - c}{a - 2c} \cdot \frac{2P}{n_a A_b} \dots\dots (10)$ <p>(1) $P < 0$</p> $\sigma_t = \frac{0.48 \left(e + \frac{a}{6} + \frac{c}{3} \right)}{a - c} \left\{ \frac{15}{b(a - c)} + \frac{2}{n_a A_b} \right\} P \dots\dots (11)$ <p>α 基礎ボルトに生じる引張応力。ただし、得られた値が負の場合はこれを 0 とする。(N/mm²)</p> <p>a, b, c それぞれ右図に示す寸法 (mm)</p> <p>n_a レグ 1 本当たりの基礎ボルト本数</p> <p>A_b 基礎ボルトの有効断面積 (mm²)</p> <p>P 式(6)に規定する値</p> <p>e 次の式において得られる値</p> $e = \frac{1}{P} \cdot \frac{1.2I_1}{I_1 + I_2} \cdot F_H H_1$ <p>I_1, I_2, H_1 式(8)において規定する値</p> <p>n, F_H 式(6)において規定する値</p>	せん断応力	$\tau = \frac{F_H}{n n_a A_b} \dots\dots (12)$ <p>τ 基礎ボルトに生じるせん断応力 (N/mm²)</p> <p>n, F_H 式(6)において規定する値</p> <p>n_a, A_b 式(10)において規定する値</p>
	胴板	<p>引張応力 式(1)による。この場合、最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが 5 m 未満のため置円筒形貯槽は剛体とみなす。</p>	<p>引張応力 式(4)を準用する。</p>	<p>圧縮応力 式(2)による。この場合、最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが 5 m 未満のため置円筒形貯槽は剛体とみなす。</p>
ラゲ支持	セットボルト	引張応力 式(4)を準用する。		



耐震設計
設備の
区分

応力
算定箇所

算定応力等計算式

胴のサドル部

引張応力

$$\sigma_t = \frac{P_o D_m}{4t} + \frac{M_{Ls}}{Z_s} \dots (13)$$

- α 胴のサドル部に生じる引張応力 (N/mm²)
- t 胴の板厚 (腐れしをを除く。mm)
- P_o 常用の圧力 (MPa)
- D_m 胴の平均直径 (mm)
- M_{Ls} 胴のサドル部に作用する曲げモーメントであつて、次の算式により得られる値 (N)

$$M_{Ls} = Q \left\{ A - \frac{6A(L-A) + 3(R_m^2 - H^2)}{2(3L+4H)} \right\}$$

Q 胴がサドルから受ける反力であつて次の算式により得られる値 (N)

$$Q = \frac{W_v + F_v}{2} + F_{v'}$$

- W_v 運転重量 (N)
- F_v 設計鉛直地震力 (N)
- $F_{v'}$ 次の二つの算式により得られる値のいずれか大なるもの (N)

$$F_{vx} = \frac{F_H H_v}{L_s} \quad F_{vy} = \frac{3F_H H_v}{4B}$$

- F_{vx} 軸方向に作用する設計水平地震力の等価鉛直加重 (N)
- F_{vy} 軸直角方向に作用する設計水平地震力の等価鉛直加重 (N)
- L_s 図(a)に示すサドルの中心間の距離 (mm)
- F_H 設計水平地震力 (N)
- H_v 図(a)に示すベースプレートから胴の軸までの距離 (mm)
- B 図(a)に示すサドルの幅 (mm)
- A 図(a)に示すサドルの中心から胴の正接線までの距離 (mm)
- H 図(a)に示す鏡の深さ (mm)
- R_m 図(a)に示す胴の平均直径の1/2の値 (mm)

Z_s 胴のサドル部における断面係数であつて、次の(1)又は(2)により得られる値(mm³)

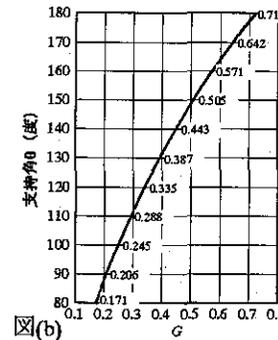
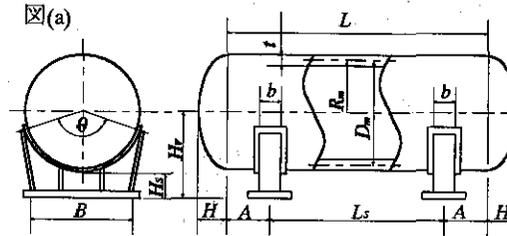
(1) 胴が鏡により補強される場合 ($\frac{A}{R_m} \leq 0.5$ の場合に限る。以下同じ。) 又は強め輪により補強される場合

$$Z_s = \pi R_m^2 t$$

(2) (1) 以外の場合

$$Z_s = G R_m^2 t$$

G 図(a)に示すサドルの支持角 θ に応じ、図(b)により求められる値



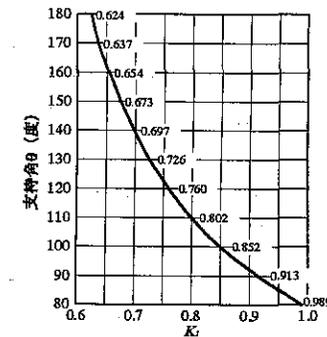
圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{K_t Q}{(b + 1.56\sqrt{R_m t}) t} \dots (14)$$

- α 胴のサドル部に生じる圧縮応力 (N/mm²)
- b 式(13)関係の図(a)に示すサドルの幅 (mm)
- R_m 、 Q 式(13)において規定する値
- t 胴の板厚 (腐れしをを除く。mm) ただし、当て板を使用する場合であつて、当該当て板の幅が次の算式により得られる値を超えるときは、当該胴板及び当て板の厚さの合計の値とすることができる。

$$b + 1.56\sqrt{R_m t}$$

K_t サドルの支持角 θ に応じ、次の図により求められる値



横置円筒形貯槽

胴の中央部

引張応力

$$\sigma_t = \frac{P_o D_m}{4t} + \frac{M_{LC}}{Z_c} \dots (15)$$

α 胴の中央部に生じる引張応力 (N/mm²)
 t, P_o, D_m 式(13)において規定する値
 M_{LC} 胴の中央部に作用する曲げモーメントであって、次の算式により得られる値 (N・mm)

$$M_{LC} = Q \left\{ \frac{3L^2 + 6(R_m^2 - H^2)}{4(3L + 4H)} - A \right\}$$

Q, L, H, R_m, A 式(13)において規定する値
 Z_c 胴の中央部における断面係数であって、次の算式により得られる値 (mm³)

$$Z_c = \pi R_m^2 t$$

圧縮応力

$$\sigma_b = \frac{M_{LC}}{Z_c} \dots (16)$$

α 胴の中央部に生じる圧縮応力 (N/mm²)
 Z_c, M_{LC} 式(15)において規定する値

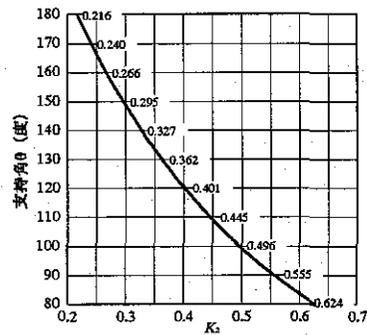
鏡

引張応力

胴が鏡により補強される場合に限る。

$$\sigma_t = \frac{K_2 Q}{R_m t_h} + \sigma' \dots (17)$$

α 鏡に生じる引張応力 (N/mm²)
 R_m, Q 式(13)に規定する値
 t_h 鏡の板厚 (腐れしをを除く。mm)
 K_2 サドルの支持角 θ に応じ、次頁の図により求められる値
 σ' 内圧によって鏡に生じる引張圧力であって、下表の左欄に掲げる鏡の形状に応じ、同表の右欄に掲げる算式により得られる値 (N/mm²)



鏡の形状	σ'
半だ円体形	$\frac{P_o D_h}{2t_h} \cdot \frac{1}{6} \left\{ 2 + \left(\frac{D_h}{2h} \right)^2 \right\}$
半球型	$\frac{P_o D_h}{4t_h}$
さら型	$\frac{P_o D_h}{4t_h} \cdot \frac{1}{4} \left\{ 3 + \sqrt{\frac{R_m}{r}} \right\}$

[表の備考]

- D_h 半だ円体形鏡にあつては当該鏡も内側のだ円体の長径、半球形鏡にあつては当該鏡の内径、さら形鏡にあつては当該鏡の中央部の内径の値 (それぞれ腐れしを除く。mm)
- h 鏡の内側のだ円体の短径の1/2の値 (腐れしを除く。mm)
- r ナックル部の内半径 (mm)
- P_o 式(13)において規定する値

耐震設計 設備の 区分	力 算定箇所	算定応力等計算式													
横 置 円 筒 形 貯 槽	サドル	<p>圧縮応力 (ア)片方のサドルが固定式の場合</p> $\sigma_c = \frac{W_v + F_v}{2A_{SD}} + \frac{(2F_H - 0.1(W_v + F_v))H_s}{2Z_{SD}} + \frac{F_H H_v}{A_{SD} L_s} \dots (18)$ <p>(イ)両方のサドルが固定式の場合</p> $\sigma_c = \frac{W_v + F_v}{2A_{SD}} + \frac{F_H H_s}{2Z_{SD}} + \frac{F_H H_v}{A_{SD} L_s} \dots (19)$ <p>α サドルに生じる圧縮応力 (N/mm²) A_{SD} サドルの有効断面積 (mm²) Z_{SD} サドルの有効断面係数 (mm³) H_s 式(13)関係の図(a)に示すベースプレートからサドル最下部までの高さ (mm) W_v, F_v, F_H, L_s, H_v 式(13)において規定する値</p>													
貯 槽	基礎ボルト	<p>引張応力</p> $\sigma_t = \frac{F_H H_v}{nA_b C_b} - \frac{W_v - F_v}{2nA_b} \dots (20)$ <p>α 基礎ボルトに生じる引張応力 (N/mm²) n サドル1個あたりの基礎ボルトの本数 A_b 基礎ボルトの有効断面積 (mm²) C_b 基礎ボルトの軸直角方向の間隔 (mm) F_H, H_v, W_v, F_v 式(13)において規定する値</p>	<p>せん断応力 (ア)片方のサドルが固定式の場合</p> $\tau = \frac{F_H - 0.1(W_v - F_v)}{nA_b} \dots (21)$ <p>(イ)両方のサドルが固定式の場合</p> $\tau = \frac{F_H - 0.1(W_v - F_v)}{2nA_b} \dots (22)$ <p>τ 固定側サドルの基礎ボルトに生じるせん断応力 (N/mm²) n 固定側サドルの基礎ボルトの本数 A_b 式(20)において規定する値 F_H, W_v, F_v 式(13)において規定する値</p>												
貯 槽	シアー プレート	<p>せん断応力 下表の左欄に掲げる地震力の方向に応じ、同表の右欄に掲げる算式により得られる値 (N/mm²)</p> <table border="1" data-bbox="403 973 750 1165"> <thead> <tr> <th>地震力の方向</th> <th>τ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>胴の軸方向</td> <td>$\frac{F_H}{b_r t_{SP}} \dots (23)$</td> </tr> <tr> <td>胴の軸直角方向</td> <td>$\frac{F_H}{b_x t_{SP}} \dots (24)$</td> </tr> </tbody> </table> <p>[表の備考] τ シアープレートに生じるせん断応力 (N/mm²) b_r シアープレートの胴の軸直角方向の長さ (mm) b_x シアープレートの胴の軸方向の長さ (mm) t_{SP} シアープレートの板厚 (mm) F_H 式(13)において規定する値</p>	地震力の方向	τ	胴の軸方向	$\frac{F_H}{b_r t_{SP}} \dots (23)$	胴の軸直角方向	$\frac{F_H}{b_x t_{SP}} \dots (24)$	<p>曲げ応力</p> $\sigma_b = \frac{3h^2 \sigma_{CP}}{t_{SP}^2} \dots (23)$ <p>α シアープレートに生じる曲げ応力 t_{SP} シアープレートの板厚 (mm) h シアープレートの高さ (mm) σ_{CP} 基礎コンクリートからの圧縮応力であって、右の表の左欄に掲げる地震力の方向に応じ、同表の右欄に掲げる算式により得られる値 (N/mm²)</p> <table border="1" data-bbox="1724 1005 2016 1189"> <thead> <tr> <th>地震力の方向</th> <th>σ_{CP}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>胴の軸方向</td> <td>$\frac{F_H}{b_r h}$</td> </tr> <tr> <td>胴の軸直角方向</td> <td>$\frac{F_H}{b_x h}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>[表の備考] b_x, b_r 式(23)に規定する値 F_H 式(13)に規定する値</p>	地震力の方向	σ_{CP}	胴の軸方向	$\frac{F_H}{b_r h}$	胴の軸直角方向	$\frac{F_H}{b_x h}$
地震力の方向	τ														
胴の軸方向	$\frac{F_H}{b_r t_{SP}} \dots (23)$														
胴の軸直角方向	$\frac{F_H}{b_x t_{SP}} \dots (24)$														
地震力の方向	σ_{CP}														
胴の軸方向	$\frac{F_H}{b_r h}$														
胴の軸直角方向	$\frac{F_H}{b_x h}$														
架 構		<p>架構は、架構等の重量及びこれらに作用する設計地震力に基づき、次の各号に掲げる部分に生じる応力を算定する。 (ア)支柱 (イ)はり (ウ)ブレース (エ)基礎ボルト (オ)その他耐震上特に重要な部分</p>													

配管系の算定応力等計算式 (7-2 関係)

応力算定箇所	算定応力等
配管	<p>曲がり管部、分岐部及び配管支持点のそれぞれについて、次のア及びイに掲げる応力をそれぞれ当該ア及びイに定める算式により計算すること。</p> <p>ア 圧力、運転重量、設計水平地震力及び設計鉛直地震力による配管長手方向応力</p> $\sigma_l = \frac{\sqrt{(i_o M_o)^2 + (i_l M_l)^2}}{Z} + \frac{F}{A} \dots (44)$ <p>σ_l 長手方向応力 (N/mm²) i_l 管継手の種類に応じ適切な方法で求める面内応力集中係数 i_o 管継手の種類に応じ適切な方法で求める面外応力集中係数 M 配管内の流体の圧力・運転重量及び配管に作用する設計水平地震力 (7-1-1 に規定する設計修正水平地震力。以下本別表において同じ。) 並びに設計鉛直地震力 (7-1-1 に規定する設計修正鉛直地震力。以下本別表において同じ。) に伴う配管の面内曲げモーメント (N・mm) M_o 配管内の流体の圧力、運転重量及び配管に作用する設計水平地震力並びに設計鉛直地震力に伴う配管の面外曲げモーメント (N・mm) Z 管の断面係数。ただし、異径分岐管にあっては、次の算式により得られる値。(腐れしをを除く。mm³)</p> $Z = \pi r^2 t_r$ <p>r 分岐管の平均半径 (mm) t_r 分岐管の有効肉厚で、主管部肉厚と分岐管に i を乗じた値のいずれか小なる値 (腐れしを及び補強板の肉厚を除く。) (mm)</p> <p>F 配管内の流体の圧力、運転重量及び配管に作用する設計水平地震力並びに設計鉛直地震力による配管軸力 (N) A 管の断面積 (腐れしをを除く。mm²)</p> <p>イ 設計水平地震力、設計鉛直地震力及び配管支持点の移動に伴う繰り返し応力範囲</p> $\sigma_E = 2 \cdot \frac{\sqrt{(i_o M_o)^2 + (i_l M_l)^2} + M_t}{Z} \dots (45)$ <p>σ_E 地震力による繰り返し応力範囲 (N/mm²) i_l, i_o, Z アに規定する値 M_t 配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量 (7-1-2 に規定する配管支持構造物の応答変位に基づく配管支持点における移動量をいう。以下本別表において同じ。) に伴う配管の面内曲げモーメント (N・mm) M_o 配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量に伴う配管の面外曲げモーメント (N・mm) M_t 配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量に伴う配管のねじりモーメント (N・mm)</p>
フランジ継手 (重要度II又はIIIの配管系に係るものを除く)	<p>アに定める配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量により配管からフランジ継手に加わる荷重に対し、イに定める応力を計算すること。なお、応力の計算の方法は日本工業規格 B2205「管フランジの計算方法」(1991)によるものとする。</p> <p>ア 配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動による配管から加わる荷重</p> $P_{eq} = P + P_s \dots (46)$ <p>P_{eq} 荷重軸方向引張り力及び曲げモーメントに係るフランジ継手に作用する全相当圧力 (MPa) P 常用の圧力 (MPa) P_s 地震荷重等価内圧であって、次の算式により得られる値 (N/mm²)</p>

$$P_c = \frac{4F}{\pi D_c^2} + \frac{16M}{\pi D_c^3}$$

F 軸方向引張力 (N)

M 曲げモーメント (N・mm)

D_c ガasket接触面の平均直径。ただし、平面座ガasketの場合は、次の算式により得られた値とする。(mm)

$$D_c = D_g + 2(N - b)$$

D_g ガasketの内径 (mm)

N ガasketの幅 (mm)

b ガasketの有効幅 (mm)

イ 計算する応力の種類

1 ハブの軸方向応力

2 フランジの半径方向応力

3 フランジの周方向応力

弁

(固有振動数 20Hz 以上を除く。)

駆動部等偏心重量部が支持されていない弁に係る応力は、次の算式により計算すること。

$$\sigma_n = \frac{F_{MH} L_b}{Z} + \sigma_L$$

σ_n 弁本体と駆動部等偏心重量部との間の断面に生じる応力 (N/mm²)

F_{MH} 7-1-1 に規定する値

L_b 当該断面から駆動部等偏心重量の重心までの距離 (mm)

Z 当該断面の断面係数 (mm³)

σ_L 内圧及び駆動力による当該断面に生じる応力 (N/mm²)

伸縮継手

配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量に係る軸方向変位全振幅、軸直角方向全振幅及び軸曲げ変位全振幅を合成して伸縮継手方向最大応力振幅を計算すること。ただし、当該伸縮継手の軸方向最大応力振幅の計算方法は、日本工業規格 B2352「ベローズ形伸縮管継手」(1994)による。

塔槽類のノズル部

(重要度 I 及び I の配管系に接続されるものに限る。)

配管に作用する設計水平地震力及び設計鉛直地震力並びに配管支持点の移動量に係る荷重に基づき、次のイからハまでに定める種類の応力強さを算定すること。

ア 1次一般膜応力強さ

イ 1次局部膜応力強さ及び1次曲げ応力強さの和

ウ 設計地震動により生じる1次局部膜応力強さ、1次曲げ応力強さ及び2次応力強さの和のサイクルにおける最大値と最小値との差

配管支持構造物

(塔槽類及び架構等に支持される配管支持構造物を除く。)

配管支持構造物の重量及びこれらに作用する設計地震力に基づき、次のイからホに掲げる部分に生じる応力を算定すること。

ア 支柱

イ はり

ウ プレース

エ 基礎ボルト

オ その他耐震上特に重要な部分

耐震設計設備の耐震設計許容応力等 (6-3 関係)

ア 耐圧部材の耐震設計用許容応力	イ 支持構造材の耐震設計用許容応力																																											
<p>下表の左欄に掲げる応力の種類に応じ、右欄に掲げる値</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:15%;">応力の種類</th> <th style="width:85%;">耐震設計用許容応力</th> </tr> <tr> <td>引張応力</td> <td>S (溶接継手のあるものにあつては、S に η を乗じて得られる値とする。)</td> </tr> <tr> <td>せん断応力</td> <td>$0.6S$</td> </tr> <tr> <td>曲げ応力</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>圧縮応力</td> <td>S 又は S' のいずれか小なる値</td> </tr> </table> <p>[備考] この表において、S、S' 及び η は、それぞれ次の値を表すものとする。</p> <p>S 次の表の左欄に掲げる材料の種類に応じ、同表の右欄に規定する値</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:25%;">材料の種類</th> <th style="width:75%;">S</th> </tr> <tr> <td>(i) 室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金及び9パーセントニッケル鋼</td> <td>次の(1)及び(2)のいずれか小なる値 (1) $0.6S_u$ (2) $0.9S_y$</td> </tr> <tr> <td>(ii) 室温以上の高温で使用するオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金鋼</td> <td>次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) S_y</td> </tr> <tr> <td>(iii) イ及びロ以外の材料</td> <td>次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) $0.9S_y$</td> </tr> </table> <p>[備考] S_u 材料の設計温度における引張強さ (N/mm²) S_{u0} 材料の常温における最小引張強さ (N/mm²) S_y 材料の設計温度における降伏点又は0.2%耐力 (N/mm²) S_{y0} 材料の常温における最小降伏点又は0.2%耐力 (N/mm²)</p> <p>S' 塔類及び横置円筒形貯槽について次の算式により得られる値</p>	応力の種類	耐震設計用許容応力	引張応力	S (溶接継手のあるものにあつては、 S に η を乗じて得られる値とする。)	せん断応力	$0.6S$	曲げ応力	S	圧縮応力	S 又は S' のいずれか小なる値	材料の種類	S	(i) 室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金及び9パーセントニッケル鋼	次の(1)及び(2)のいずれか小なる値 (1) $0.6S_u$ (2) $0.9S_y$	(ii) 室温以上の高温で使用するオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金鋼	次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) S_y	(iii) イ及びロ以外の材料	次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) $0.9S_y$	<p>(ア) 耐圧部材に直接溶接されない支持構造材 下表(a)の左欄に掲げる応力の種類に応じ、右欄に定める値。ただし、組合応力が生じる支持構造材にあつては、下表(b)の左欄に掲げる応力の組合せの種類に応じ、右欄に掲げる判定式に適合すること。</p> <p>表(a)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:15%;">応力の種類</th> <th style="width:85%;">耐震設計用許容応力</th> </tr> <tr> <td>引張応力</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>せん断応力</td> <td>$\frac{F}{\sqrt{3}}$</td> </tr> <tr> <td>曲げ応力</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">圧縮応力</td> <td>スカート</td> <td>F 又は S' のいずれか小なる値</td> </tr> <tr> <td>サドル</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>上記以外の支持構造材</td> <td>F 又は F' のいずれか小なる値</td> </tr> </table> <p>[備考] この表において、F、F' 及び S' は、それぞれ次の値を表すものとする。 F 材料の降伏点若しくは0.2%耐力又は引張強さの70%のいずれか小なる値 (N/mm²) F' 材料の有効細長比を考慮した座屈検討圧縮応力 (N/mm²) S' アの S' の算式により得られる値</p> <p>表(b)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:60%;">組合せ応力の種類</th> <th style="width:40%;">判定式</th> </tr> <tr> <td>圧縮応力及び曲げ応力の組合せ</td> <td>$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$</td> </tr> <tr> <td>引張応力及び曲げ応力の組合せ</td> <td>$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$</td> </tr> <tr> <td>圧縮応力、曲げ応力及びせん断応力の組合せ</td> <td>$\sqrt{(\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \leq f_i$</td> </tr> <tr> <td>引張応力及びせん断応力の組合せ</td> <td>$\frac{\sigma_t + 1.6\tau}{1.4} \leq f_i$</td> </tr> </table>	応力の種類	耐震設計用許容応力	引張応力	F	せん断応力	$\frac{F}{\sqrt{3}}$	曲げ応力	F	圧縮応力	スカート	F 又は S' のいずれか小なる値	サドル	F	上記以外の支持構造材	F 又は F' のいずれか小なる値	組合せ応力の種類	判定式	圧縮応力及び曲げ応力の組合せ	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	引張応力及び曲げ応力の組合せ	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	圧縮応力、曲げ応力及びせん断応力の組合せ	$\sqrt{(\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \leq f_i$	引張応力及びせん断応力の組合せ	$\frac{\sigma_t + 1.6\tau}{1.4} \leq f_i$
応力の種類	耐震設計用許容応力																																											
引張応力	S (溶接継手のあるものにあつては、 S に η を乗じて得られる値とする。)																																											
せん断応力	$0.6S$																																											
曲げ応力	S																																											
圧縮応力	S 又は S' のいずれか小なる値																																											
材料の種類	S																																											
(i) 室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金及び9パーセントニッケル鋼	次の(1)及び(2)のいずれか小なる値 (1) $0.6S_u$ (2) $0.9S_y$																																											
(ii) 室温以上の高温で使用するオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金鋼	次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) S_y																																											
(iii) イ及びロ以外の材料	次の(1)から(4)までのうちの最小の値 (1) $0.6S_{u0}$ (2) $0.6S_u$ (3) $0.9S_{y0}$ (4) $0.9S_y$																																											
応力の種類	耐震設計用許容応力																																											
引張応力	F																																											
せん断応力	$\frac{F}{\sqrt{3}}$																																											
曲げ応力	F																																											
圧縮応力	スカート	F 又は S' のいずれか小なる値																																										
	サドル	F																																										
	上記以外の支持構造材	F 又は F' のいずれか小なる値																																										
組合せ応力の種類	判定式																																											
圧縮応力及び曲げ応力の組合せ	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$																																											
引張応力及び曲げ応力の組合せ	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$																																											
圧縮応力、曲げ応力及びせん断応力の組合せ	$\sqrt{(\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \leq f_i$																																											
引張応力及びせん断応力の組合せ	$\frac{\sigma_t + 1.6\tau}{1.4} \leq f_i$																																											

$$S' = \frac{0.6Et}{\left(1 + 0.004 \frac{E}{S'_y}\right) D_m}$$

S'_y S_y 及び S_{yo} のいずれか小なる値

E 材料の設計温度における縦弾性係数 (N/mm²)

D_m 胴の平均直径 (mm)

t 胴又は側板の板厚 (腐れしろを除く。mm)

η 溶接効率

[備考] この表において、 f_c 、 f_b 、 f_t 、 σ_c 、 σ_b 、 σ 及び τ は、それぞれ次の値を表すものとする。

- f_c 当該支持構造材の耐震設計用許容圧縮応力であって、表(a)に定める値 (N/mm²)
- f_b 当該支持構造材の耐震設計用許容曲げ応力であって、表(a)に定める値 (N/mm²)
- f_t 当該支持構造材の耐震設計用許容引張応力であって、表(a)に定める値 (N/mm²)
- σ_c 当該支持構造材に生じる圧縮応力 (N/mm²)
- σ_b 当該支持構造材に生じる曲げ応力 (N/mm²)
- σ 当該支持構造材に生じる引張応力 (N/mm²)
- τ 当該支持構造材に生じるせん断応力 (N/mm²)

(イ) (ア)以外の支持構造耐圧部材に直接溶接されない支持構造材
 アの耐圧部材の耐震設計用許容応力又はイの支持構造材の耐震設計用許容応力のいずれか小なる値。組み合わせ応力が生じる場合は、(ア)のただし書を準用する。

別表 5

配管系の耐震設計用許容応力等 (7-3 関係)

配管系の種類	耐震設計用許容応力								
ア 配管	<p>次の表の左欄に掲げる応力の種類に応じ、同表の右欄に掲げる値</p> <table border="1" data-bbox="483 349 1046 551"> <thead> <tr> <th>応力の種類</th> <th>耐震設計用許容応力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>配管長手方向応力</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>繰り返しの応力範囲</td> <td>$2S_y$</td> </tr> </tbody> </table> <p>[備考] この表において S 及び S_y は、それぞれ別表 4 に規定する値を表すものとする。</p>	応力の種類	耐震設計用許容応力	配管長手方向応力	S	繰り返しの応力範囲	$2S_y$		
応力の種類	耐震設計用許容応力								
配管長手方向応力	S								
繰り返しの応力範囲	$2S_y$								
イ フランジ継手	<p>次の表の左欄に掲げる応力の種類に応じ、同表の右欄に掲げる値</p> <table border="1" data-bbox="483 719 1046 987"> <thead> <tr> <th>応力の種類</th> <th>耐震設計用許容応力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フランジの半径方向応力</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>フランジの周方向応力</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>ハブの軸方向応力</td> <td>$2S_y$</td> </tr> </tbody> </table> <p>[備考] この表において S 及び S_y は、それぞれ別表 4 に規定する値を表すものとする。</p>	応力の種類	耐震設計用許容応力	フランジの半径方向応力	S	フランジの周方向応力	S	ハブの軸方向応力	$2S_y$
応力の種類	耐震設計用許容応力								
フランジの半径方向応力	S								
フランジの周方向応力	S								
ハブの軸方向応力	$2S_y$								
ウ 弁	<p>次の表の左欄に掲げる弁の種類に応じ、同表の右欄に掲げる値</p> <table border="1" data-bbox="483 1151 1209 1352"> <thead> <tr> <th>弁の種類</th> <th>耐震設計用許容応力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>重要度 L 及び I に係る地震防災遮断弁</td> <td>$0.5S$</td> </tr> <tr> <td>その他の弁</td> <td>S</td> </tr> </tbody> </table> <p>[備考] この表において S は、それぞれ別表 4 に規定する値を表すものとする。</p>	弁の種類	耐震設計用許容応力	重要度 L 及び I に係る地震防災遮断弁	$0.5S$	その他の弁	S		
弁の種類	耐震設計用許容応力								
重要度 L 及び I に係る地震防災遮断弁	$0.5S$								
その他の弁	S								
エ 伸縮継手のベローズ	<p>設計繰り返し数 500 回に応じた日本工業規格 B8281「圧力容器の応力解析及び疲労解析」(1993 年)の図 1、図 2 又は図 3 から得られる許容応力振幅の 2 倍の値</p>								
オ 塔槽類のノズル部	<p>次の表の左欄に掲げる応力の種類に応じ、同表の右欄に掲げる値</p> <table border="1" data-bbox="483 1585 1370 1955"> <thead> <tr> <th>応力強さの種類</th> <th>耐震設計用許容応力強さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>イ 1次一般膜応力強さ</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>ロ 1次局部膜応力強さ及び1次曲げ応力強さの和</td> <td>$1.5S$</td> </tr> <tr> <td>ハ 設計地震動により生じる1次局部膜応力強さ、1次曲げ応力強さ及び2次応力強さの和のサイクルにおける最大値と最小値との差</td> <td>$2S_y$</td> </tr> </tbody> </table> <p>[備考] この表において S 及び S_y は、それぞれ別表 4 に規定する値を表すものとする。</p>	応力強さの種類	耐震設計用許容応力強さ	イ 1次一般膜応力強さ	S	ロ 1次局部膜応力強さ及び1次曲げ応力強さの和	$1.5S$	ハ 設計地震動により生じる1次局部膜応力強さ、1次曲げ応力強さ及び2次応力強さの和のサイクルにおける最大値と最小値との差	$2S_y$
応力強さの種類	耐震設計用許容応力強さ								
イ 1次一般膜応力強さ	S								
ロ 1次局部膜応力強さ及び1次曲げ応力強さの和	$1.5S$								
ハ 設計地震動により生じる1次局部膜応力強さ、1次曲げ応力強さ及び2次応力強さの和のサイクルにおける最大値と最小値との差	$2S_y$								

別表 6

基礎及び地盤の耐震設計用許容応力等 (8-3 関係)

部材等の種類	耐震設計用許容応力											
ア コンクリートの耐震設計用許容応力	下表の左欄に掲げる応力の種類に応じて、右欄に掲げる値 (単位 N/mm^2)											
	応力種類	耐震設計用許容応力										
	圧縮応力	$\frac{2F_c}{3}$										
	せん断応力	$\frac{F_c}{20}$ かつ $\left(0.735 + \frac{3F_c}{200}\right)$ 以下										
	付着応力	丸鋼	上ば筋 $\frac{6F_c}{100}$ かつ 1.32 以下									
			その他の鉄筋 $\frac{9F_c}{100}$ かつ 2.00 以下									
異形鉄筋		上ば筋 $\frac{F_c}{10}$ かつ $\left(1.32 + \frac{F_c}{25}\right)$ 以下										
		その他の鉄筋 $\frac{3F_c}{20}$ かつ $\left(2.00 + \frac{3F_c}{50}\right)$ 以下										
[備考] この表において F_c はコンクリートの 28 日設計基準強度 (単位 N/mm^2) を表すものとする。												
イ 鉄筋の耐震設計用許容応力	下表の左欄に掲げる応力の種類に応じて、右欄に掲げる値											
	応力の種類	耐震設計用許容応力										
	圧縮応力	F										
	引張応力	せん断補強以外に用いる場合 F										
せん断補強に用いる場合 F (294 を越える場合は 294 とする。)												
[備考] この表において F は、鉄筋の降伏点 (単位 N/mm^2) を表すものとする。												
ウ 地盤の耐震設計用許容応力	地盤調査の結果に基づき、次の表(a)の(1)又は(2)に掲げる算式により得られる値。ただし、表(e)の左欄に掲げる地盤については、それぞれ同表の右欄に掲げる値によることができる。											
	表(a)	<table border="1"> <tr> <td>(1)</td> <td>$\frac{2}{3} \left(\alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \frac{1}{2} \gamma_2 D_f N_q \right)$</td> </tr> <tr> <td>(2)</td> <td>$2q_s + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$</td> </tr> </table>	(1)	$\frac{2}{3} \left(\alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \frac{1}{2} \gamma_2 D_f N_q \right)$	(2)	$2q_s + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$						
(1)	$\frac{2}{3} \left(\alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \frac{1}{2} \gamma_2 D_f N_q \right)$											
(2)	$2q_s + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$											
[備考] この表において α 、 β 、 C 、 B 、 N_c 、 N_r 、 N_q 、 γ_1 、 γ_2 、 D_f 、 q_s 及び N' は、それぞれ次の値を表すものとする。												
α 及び β それぞれ基礎荷重面の形状に応じ、次の表(b)に掲げる係数												
表(b)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">係数</th> <th colspan="2">基礎荷重面の形状</th> </tr> <tr> <th>円形</th> <th>円形以外の形状</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α</td> <td>1.3</td> <td>$1.0 + 0.3 \frac{B}{L}$</td> </tr> <tr> <td>β</td> <td>0.3</td> <td>$0.5 - 0.1 \frac{B}{L}$</td> </tr> </tbody> </table>	係数	基礎荷重面の形状		円形	円形以外の形状	α	1.3	$1.0 + 0.3 \frac{B}{L}$	β	0.3	$0.5 - 0.1 \frac{B}{L}$
係数	基礎荷重面の形状											
	円形	円形以外の形状										
α	1.3	$1.0 + 0.3 \frac{B}{L}$										
β	0.3	$0.5 - 0.1 \frac{B}{L}$										
[備考] L 基礎荷重面の長辺又は長径 (単位 m) B 基礎荷重面の短辺又は短径 (単位 m)												

C 基礎荷重面下にある地盤の粘着力 (単位 kN/m²)

B 表(b)に規定する値

N_c, N_r 及び N_q 支持力係数であって、それぞれ地盤の内部摩擦角に応じ、次の表(c)に掲げる値

表(c)

内部摩擦角 支持力係数	0°	5°	10°	15°	20°	25°	28°	32°	36°	40° 以上
N _c	5.3	5.3	5.3	6.5	7.9	9.9	11.4	20.9	42.2	95.7
N _r	0	0	0	1.2	2.0	3.3	4.4	10.6	30.5	114.0
N _q	3.0	3.4	3.9	4.7	5.9	7.6	9.1	16.1	33.6	83.2

[備考] この表に掲げる内部摩擦角以外の内部摩擦角に生じた N_c, N_r 及び N_q は表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補完した数値とする。

γ 基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量 (単位 kN/m³)

γ₂ 基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量 (単位 kN/m³)

D_f 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ (単位 m)

q 平板載荷試験による降伏荷重の 1/2 の値又は極限応力の 1/3 の値のうちいずれか小なるもの

N' 基礎荷重面下の地盤の種類に応じ、次の表(d)に掲げる係数

表(d)

地盤の種類 係数	砂質土地盤のうち 密実なもの	砂質土地盤 (密実 なものを除く。)	粘性土地盤
N'	12	6	4

表(e)

地盤の種類	耐震設計用許容応力 (単位 kN/m ²)
岩盤	2,000
固結した砂	1,000
土丹盤	600
密実なれき層	600
密実な砂質地盤	400
砂質地盤	100
堅い粘土質地盤	200
粘土質地盤	40
堅いローム層	200
ローム層	100

エ くい耐震設計用許容支持力

次の(1)に規定するくい本体の耐震設計用許容支持力と(2)に規定するくい支持地盤の耐震設計用許容支持力のいずれか小なる値

(1) くい耐震設計用許容支持力

くい材料の種類に応じて定まる耐震設計用許容圧縮応力に、くいの最小断面積を乗じて得られる値。ただし、長さ径比が大きいくいには、くい材料の種類に応じて定まる耐震設計用許容圧縮応力を低減しなければならない。(単位 N)

(2) くい支持地盤の耐震設計用許容支持力

次の表の(i)から(ii)までの算式(くいの周囲の地盤に軟弱な粘性土地盤、軟弱な粘性土地盤の上部にある砂質地盤又は地震時に液状化するおそれのある地盤が含まれる場合にあっては、(iii)及び(iv)の算式)の一により得られる値

(i)	$\frac{2}{3} R_u$
(ii)	$\frac{2F}{5S+0.1}$
(iii)	$q_p A_p + \frac{2}{3} R_F$
(iv)	$q_c A_p + \frac{2}{3} R_F$

[備考] この表において R_u 、 S 、 F 、 q_p 、 A_p 、 R_f 及び q_a は、それぞれ次の値を表すものとする。

- R_u くい载荷試験により求められる極限支持力 (単位 kN)
- S 基礎ぐいの最終貫入量 (単位 m)
- F ハンマーの打撃エネルギー (単位 kN・m)
- q_p 基礎ぐいの先端の地盤の耐震設計用許容応力であって、次の表の左欄に掲げる基礎ぐいの種類に応じ、同表の右欄に掲げる算式により得らるる値 (単位 kN/m²)

基礎ぐいの種類	q_p
打込みくい	$\frac{600}{3}\bar{N}$
埋込みくい	$\frac{400}{3}\bar{N}$
場所打ちくい	$\frac{300}{3}\bar{N}$

[備考] この表において、 \bar{N} は基礎ぐいの先端付近の地盤の標準貫入試験による打撃回数の平均値 (60 を超える場合は 60 とする。) を表すものとする。

- A_p 基礎ぐいの先端の有効断面積 (単位 m²)
- R_f 基礎ぐいとその周囲の地盤 (軟弱な粘性土地盤、軟弱な粘性土地盤の上部にある砂質土地盤及び地震時に液化化するおそれのある地盤を除く。) との摩擦力であって、次の算式により得られる値 (単位 kN)

$$R_f = \left(2\bar{N}_s L_s + \frac{1}{2} \bar{q}_u L_c \right) \psi$$

この算式において \bar{N}_s 、 L_s 、 \bar{q}_u 、 L_c 、及び ψ は、それぞれ次の値を表すものとする。

- \bar{N}_s 基礎ぐいの周囲の地盤のうち砂質土地盤の標準貫入試験による打撃回数 (打込みぐいにあつては 50 を超える場合は 50 とし、場所打ちぐいにあつては 25 を超える場合は 25 とする。) の平均値
- L_s 基礎ぐいとその周囲の地盤のうち砂質土地盤に接する長さの合計 (単位 m)
- \bar{q}_u 基礎ぐいの周囲の地盤のうち粘性土地盤の 1 軸圧縮強度 (打込みぐいにあつては 20 を超える場合は 20 とし、場所打ちぐいにあつては 10 を超える場合は 10 とする。) の平均値 (単位 kN/m²)
- L_c 基礎ぐいとその周囲の地盤のうち粘性土地盤に接する長さの合計 (単位 m)
- ψ 基礎ぐいの周の長さ (単位 m)

- q_a ハの表(a)に掲げる算式により得られる地盤の耐震設計用許容応力 (単位 kN/m²)

オ ぐいの耐震設計用許容引抜抵抗力	くい工法の種類及び地盤の状況に応じて求められる極限引抜力の 2/3 の値 (単位 N)
カ ぐいの許容応力	くい材料の種類に応じて定まる耐震設計用許容引張応力又は耐震設計用許容圧縮応力 (単位 N/mm ²)

§ 2 付 属 設 備 等 地 震 対 策 基 準

1 適用範囲

この基準は、製造施設等のうち、§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準が適用される貯槽等（以下「塔槽類」という。）及び配管並びにそれらの支持構造物及び基礎以外のものであって、次に掲げるもの（以下「付属設備等」といい、不活性ガスの貯槽等に係るものを除く。）について適用する。

- (1) 塔槽類以外の貯槽等並びにそれらの支持構造物及び基礎
- (2) 容器固定構造体
- (3) 貯槽等及び容器に付属する設備であって、機器、配管（基準§ 1が適用されるものを除く。）、バルブ類、計装設備、ステージ等、建屋、保安設備、地震防災設備等（以下「付属設備」という。）

2 用語の定義

この基準において、用語の意義は、要綱の定めるところによる。

3 基本方針

- (1) 付属設備等は、耐震性を有する構造とすること。
- (2) 貯槽等に連結する付属設備にあつては、(1)のほか、地震時に当該付属設備から貯槽等に過大な力が加わらないよう配慮すること。
- (3) 製造施設等には、所定の地震防災設備を設けること。

4 塔槽類の付属設備

塔槽類である貯槽等の付属設備は、次に定めるところによること。

4-1 機器

- (1) 機器は、十分な強度を有する基礎に、アンカーボルトにより堅固に固定すること。
- (2) 機器の配管取付部は、地震時の振動に対して十分な強度とし、また可とう性、逃げ等を考慮すること。
- (3) 回転機器（感震器等と連動する緊急遮断弁等に連結するものに限る。）は、感震器等と連動して電源遮断できるものとする。

4-2 配管

- (1) 配管（高圧ガスの通る部分に限り、塩素設備の圧縮空気配管を含む。以下、4-2において同じ。）の構造、サポート等の設計に当たっては、地震力を考慮すること。
- (2) 貯槽等の配管取付部（ノズル部）は、地震時に配管等から加わる応力に対して十分な強度を有すること。
- (3) 貯槽等の受入、取出配管等は、貯槽基礎等と一体化したサポート等で固定すること。

- (4) 設備相互間の配管は、地震による相対変位を考慮した可とう性、逃げ等を有すること。
- (5) 配管に接続される小口径配管の取付部は、伝達される振動に対して十分な強度を有すること。
- (6) 配管の支持構造物は、地震等に対して十分な強度を有すること。
- (7) 配管には、原則として次の継手は使用しないこと。
 - ア ねじ込み継手
 - イ エビ曲げ継手
 - ウ フレア継手
 - エ コーキング継手
 - オ ろう付け及びはんだ付け継手
- (8) 伸縮自在継手は、メタリックフレキシブルチューブ、アクシアル型ベロー継手又は、ユニバーサル型ベロー継手とし、使用流体、使用圧力等に応じて適切なものとする。

4-3 バルブ類及び計装設備

- (1) 貯槽等本体に取り付けるバルブ、安全弁、緊急遮断弁、液面計、圧力計等は貯槽等と一体化された構造とすること。
- (2) 貯槽等の元弁は、耐震上支障のないものとする。
- (3) 緊急遮断弁等に支持をとる場合は、貯槽等の基礎と一体化したものとする。
- (4) 配管に取り付ける計装設備のノズル管は十分な強度を有するものとする。
- (5) 配管に取り付ける安全弁の放出管の支持は、地震時等に母管取付部に応力が集中しないようにすること。

4-4 ステージ、階段、はしご等

- (1) 貯槽等に取り付ける操作ステージ、階段、はしご等は、地震等に貯槽等への取付部に過大な力が加わらないものとする。
- (2) 塩素設備の貯槽等の操作ステージ等は、貯槽等と同一の基礎から独立の支持をとり、かつ操作バルブ等の開口部にはゆとりをもたせるなどし、貯槽等及びバルブ等に過大な力が加わらないようにすること。

4-5 建屋

4-5-1 毒性ガスの貯槽等の建屋

- (1) 毒性ガスの貯槽等及び気化器を設置する建屋で、毒性ガスの拡散防止のためであるものにあつては、当該建屋は耐震性を有する構造とし、かつ地震時に気密性が失われない構造とすること。
- (2) (1) 以外の毒性ガス貯槽等の建屋は、耐震性を有する構造とすること。
- (3) 毒性ガス貯槽等の建屋の材料は、不燃性かつ耐食性のものとする。
- (4) 配管及びダクトの建屋の壁貫通部は、スリーブ等により地震時に配管に影響を

与えないものとするとともに、気密性が失われないものとする。

4-5-2 その他の建屋（毒性ガス及び可燃性ガスに係るものに限る。）

- (1) 充てん場所及びこれに付帯する容器置場の建屋は、耐震性を有する構造とすること。これ以外の製造施設等に係る建屋は、その機能、目的等に応じた耐震性を配慮すること。
- (2) 配管の建屋の壁貫通部は、スリーブ等により地震時に配管に影響を与えないものとする。

4-6 保安設備

4-6-1 毒性ガスの除害設備

- (1) 吸収設備等による除害設備にあつては、次に定めるところによること。
 - ア 吸収設備等は、耐震性を有する構造とすること。
 - イ 吸収設備等は、貯槽等及び気化器のできるだけ近くに設置すること。
 - ウ 配管、ダクト及び吸収設備等の取付部は、地震時の振動に対して十分な強度とし、また可とう性、逃げ等を考慮すること。
 - エ 配管の接続は、原則としてねじ込み方式としないこと。
 - オ 回転機器、吸収設備等は、十分な強度を有する基礎に、アンカーボルトにより堅固に固定すること。
 - カ 除害設備は、ガス漏えい検知器と連動させること。
 - キ 除害設備に係る計測・制御設備は、地震時の振動等を考慮したものであること。
 - ク 除害設備に係る保安電力は、地震時にその機能が保持されること。
- (2) 水噴霧設備等による除害設備にあつては、4-6-2の規定に準じること。

4-6-2 可燃性ガスの防消火設備

- (1) 貯水槽は、耐震性を有する構造とすること。
- (2) 貯水槽は、地震時に溢水を防止できる構造とすること。
- (3) 配管の応力集中部の継手は、溶接又はフランジ継手とすること。
- (4) 地下配管は、原則としてピット方式とすること。
- (5) 水噴霧設備等の配管の支持は堅固なものとし、また地震時の相対変位に耐えうる可とう性、逃げ等を有する構造とすること。
- (6) 配管のバルブは耐震上支障のないものとする。
- (7) 貯水槽及びポンプへの配管取付部は、地震時の振動に対して十分な強度とし、また可とう性、逃げ等を考慮すること。
- (8) 防消火設備に係る保安電力（エンジンポンプ等を含む。）は、地震時にその機能が保持されること。

4-6-3 防液堤

- (1) 防液堤は、貯槽の基礎等と一体化して設置すること。

- (2) 防液堤は、鉄筋コンクリート製とし、貯槽の基礎等に準じた耐震性を有すること。
- (3) 防液堤には、配管を貫通させないこと。

4-6-4 障壁

障壁は、原則として設計静的水平震度として 0.30 以上で設計すること。この場合において、障壁の壁体についての検討は省略できるものとする。

4-7 地震防災設備

地震防災設備のうち、地震防災遮断弁は、次の規定によること。

- (1) 地震防災遮断弁は、緊急遮断装置に係る遮断弁、逆止弁、調節弁その他これと同等の機能を有するものとする。
- (2) 冷凍設備のうち受液器及び凝縮器（たて置円筒形のものに限る。）には、地震防災遮断弁を設けること。
- (3) 地震防災遮断弁は、地震時にその機能が保持されること。
- (4) 緊急遮断弁等のうち主要なものは、感震器等と連動して遮断できるものとする。ただし、感震器等と連動遮断させることが保安上支障があるものは、この限りでない。
- (5) 地震防災遮断弁の連動遮断システムはフェイルセーフ構造とすること。
- (6) 操作系統には、すべての緊急遮断弁等を操作できる系統を設けること。
- (7) 感震器等本体及びその設置方法は、地表面の地震動を確実に感知しうるものであること。
- (8) 感震器等は、設定値において、(4) の緊急遮断弁等及び 4-1 (3) に規定する回転機器の電源を遮断等させうるものであること。
- (9) 感震器等は、ブザー、ランプ等による警報を発する機能を有すること。

4-8 付属設備に係る電気設備

- (1) 電気室は、耐震性を考慮すること。
- (2) 変圧器、コンデンサー、配電盤等は、地震時の転倒、移動防止を配慮すること。
- (3) 電気配線の壁貫通部等、機器、計装設備との接続部には、可とう性等の措置を講じること。
- (4) 保安電力等の非常電源は、地震時にその機能が保持されること。

5 塔槽類以外の貯槽等

塔槽類以外の貯槽等及びそれらの付属設備は、次に定めるところによること。

5-1 貯槽等の耐震性

塔槽類以外の貯槽等並びにそれらの支持構造物及び基礎は、耐震性を有する構造とすること。

5-2 貯槽等の付属設備

5-1に規定する貯槽等の付属設備については、4-1から4-8の該当規定に準じること。

6 容器

容器固定構造体及び容器の付属設備は、次に定めるところによること。

6-1 容器固定措置等

6-1-1 毒性ガスの1トン容器

- (1) 毒性ガスの1トン容器は、回転台等の構造体に固定して使用すること。
- (2) 回転台は、耐震性を有する構造とすること。この場合において、容器の飛び出し、容器長手方向のずれ及び架台の転倒について検討すること。
- (3) 回転台は、容器を容易に反転できる構造とすること。
- (4) 使用していない容器は、キャップ等を装着して固定すること。

6-1-2 その他の容器（毒性ガス及び可燃性ガスの容器に限る。）

- (1) 使用中の容器は、堅固な構造体に鎖等で固定すること。
- (2) 容器置場の容器は、次の措置等のうち、設備の実態に応じた適切な転倒、転落防止措置を講じること。
 - ア 末端を固定した鎖等による結束
 - イ 区切り柵による措置
 - ウ ワイヤロープ等による容器の結束
 - エ ネット被覆
 - オ 転倒して貯蔵する容器にあつては、床面に固定できるくさび、杵等による措置
- (3) 地盤面より高い容器置場にあつては、原則として、置場の末端から容器の高さ分の距離を保って貯蔵すること。

6-2 容器の付属設備

6-2-1 毒性ガス1トン容器の付属設備

- (1) 容器からの取出配管等は、スパイラル状のものとするなど、可とう性を有するものとする。
- (2) 気化器は、基礎にアンカーボルトにより堅固に固定すること。
- (3) 供給管の気化器への取付部、配管の接続部、曲がり部及びサポートは十分強固なものとするとともに、逃げ等を考慮すること。
- (4) 容器には緊急遮断弁を設け、また緊急遮断弁は感震器等と連動させること。
- (5) 感震器は、地震動を確実に感知し、設定値において緊急遮断弁を作動させるものであること。

6-2-2 その他の容器の付属設備（毒性ガス及び可燃性ガスの使用中の容器に限る。）

- (1) 気化器等は、基礎にアンカーボルトにより堅固に固定すること。
- (2) 配管の気化器等への取付部、配管の接続部、曲がり部及びサポートは強固なものとするとともに、可とう性、逃げ等を考慮すること。

7 基準の適用

この基準は、平成11年4月1日から施行する。

§ 3 地震防災体制基準

1 適用範囲

この基準は、製造施設等を設置するに当たって、事業者がとるべき地震防災体制について適用する。

2 用語の定義

この基準において、用語の意義は、要綱の定めるところによるほか、次のとおりとする。

- (1) 地震災害 地震により製造施設等に直接に生じる被害及びこれに伴い発生する高圧ガスの漏えい、火災、爆発等によって生じる被害
- (2) 緊急措置 地震が発生又は予知された場合、地震災害の防止又は軽減を図るために緊急に実施すべき措置
- (3) 共同防災 緊急措置等の実施に際しての共同防災組織における相互応援措置等

3 基本方針

- (1) 地震防災体制は、地震が発生又は予知された場合、製造施設等に係る適切な緊急措置を講じうるものであること。
- (2) 地震防災体制は、地震防災設備の稼動を的確に行いうるものであること。
- (3) 地震防災体制は、共同防災を配慮したものであること。
- (4) 地震防災体制は、通常時の緊急時体制と整合のとれたものであること。

4 地震防災規程

- (1) 事業者は、地震災害の防止等に関する必要事項を定めた規程（以下「地震防災規程」という。）を定めること。
- (2) 地震防災規程は、事業所の実態に応じ、次の事項について定めること。
 - ア 地震防災組織
 - イ 連絡・通報・広報体制
 - ウ 緊急措置
 - エ 復旧対策
 - オ 地震防災設備等の点検・整備
 - カ 教育・訓練
 - キ 共同防災体制
 - ク 規程の制定及び変更
 - ケ その他必要な事項
- (3) 地震防災規程は、高圧ガス危害予防規程の付属規程等として位置づけること。

5 地震防災組織

- (1) 地震防災組織は、地震発生又は予知と同時に、その規模及び内容に応じた組織体制を発動できるものであること。

- (2) 地震防災組織は、緊急措置の区分に応じて定められたものであること。
- (3) 事業所の指揮者及び代理者並びに緊急措置の区分ごとの指揮者及び代理者を定めること。
- (4) 事業所の指揮者は、地震防災体制の発動、緊急措置の実施及び復旧対策について統括的に指揮するものであること。
- (5) 地震防災組織は、事業所の職制、通常時の保安全管理組織及び自衛消防隊等と整合のとれたものであること。
- (6) 夜間、休日等の終業時間外の地震防災組織を定めること。
- (7) 地震防災組織は、共同防災組織との連携を図ること。

6 連絡・通報・広報体制

- (1) 連絡・通報・広報体制は、次の事項について整備すること。
 - ア 地震情報の収集
 - イ 事業所内の連絡及び指揮・指示系統
 - ウ 本社、関係事業所及び協力事業所への連絡
 - エ 関係官公庁への通報
 - オ 共同防災組織との連絡
 - カ 周辺住民等への広報
- (2) 地震発生時等の初期対応基準は、予め従業員に周知徹底しておくこと。
- (3) 連絡、通報等は、電気及び通信網の遮断を前提したものであること。
- (4) 夜間、休日等の就業時間外の連絡、指揮・指示、通報体制を定めておくこと。

7 緊急措置

緊急措置は、次の事項について実施すること。

7-1 地震発生時の緊急措置

- (1) 感震器等による地震規模の把握
- (2) 初期対応
- (3) 地震防災体制の発動
- (4) 製造施設等の点検
- (5) 地震防災設備等の作動確認及び稼動
- (6) 緊急停止措置及び緊急操作
- (7) 消火・防火措置
- (8) 漏えい・流出防止措置
- (9) 緊急移送措置
- (10) 救護・避難措置
- (11) 共同防災措置
- (12) 地震被害状況及び余震情報の把握
- (13) 経過措置

7-2 警戒宣言発令時の措置

- (1) 地震予知情報の把握と伝達
- (2) 地震防災体制の発動
- (3) 地震防災設備、保安設備及び防災資器材の点検
- (4) 製造施設等の点検
- (5) 運転の制限又は停止措置
- (6) 緊急移送措置の実施又は準備
- (7) 待機及び避難の指示
- (8) 共同防災体制の確認等
- (9) 経過措置
- (10) 警戒宣言解除後の措置

8 復旧対策等

地震後の復旧対策等は、次の事項について実施すること。

- (1) 地震被害状況の把握
- (2) 共同防災措置の実施
- (3) 復旧及び運転再開計画の策定
- (4) 製造施設等の点検、整備及び安全確認

9 地震防災設備等の点検・整備

次の事項について、定期的に点検・整備を実施すること。

- (1) 地震防災設備の状況
- (2) 製造施設等の地震対策措置
- (3) 保安設備の状況
- (4) 防災資器材及び応急物資の保管状況

10 教育・訓練

(1) 地震防災に関する教育・訓練は、次の事項について計画し、実施すること。

ア 教育

- (ア) 地震に関する一般知識及び関係法令等
- (イ) 事業所における製造施設等の地震対策措置
- (ウ) 地震防災設備等の点検・整備
- (エ) 地震防災組織及び連絡・通報・広報体制
- (オ) 復旧対策
- (カ) 共同防災体制

イ 訓練

- (ア) 緊急操作
- (イ) 地震防災設備の稼動
- (ウ) 連絡・通報・広報
- (エ) 消火・防火措置

- (オ) 流出防止・緊急移送措置
 - (カ) 救護・避難
- (2) 地震防災に係る教育・訓練は通常時の保安教育と関連づけて計画し、実施すること。

11 共同防災体制

事業者は、事業所の実態、周辺の立地環境等に応じ、必要な共同防災体制を整備すること。

12 基準の適用

この基準は、平成11年4月1日から施行する。

既存施設地震対策指針

既存施設地震対策指針

1 適用範囲

この指針は、製造施設等のうち既存施設について適用する。

2 用語の定義

この指針において、用語の意義は要綱の定めるところによる。

3 基本方針

- (1) 既存施設は、想定される地震により製造施設等に重大な被害が生じず、かつ事業所の外部に二次的な被害をもたらさないものであること。
- (2) 事業者は、地震防災体制を整備すること。

4 既存施設の地震対策措置

既存施設の地震対策措置は、5及び6の規定によること。

5 製造施設等の耐震性及び地震防災体制の点検

事業者は、想定される地震による製造施設等の耐震性の点検及び事業所等における地震防災体制の点検を行うこと。

6 耐震性向上化対策等の実施

5の点検結果を総合的に検討し、当該製造施設等の実態に応じ、次に掲げる耐震性向上化対策等を実施すること。

6-1 製造施設等の耐震性の強化

次に掲げる製造施設等の設備の耐震性強化措置のうち、必要なものを適切に実施すること。

- (1) 製造施設等の設備の補強・補剛
- (2) 配管等の可とう性の付与
- (3) 設備間の相対変位を制限する措置
- (4) 地震応答の軽減措置
- (5) 過重軽減の実施
- (6) 容器の転倒・転落防止措置
- (7) 保安設備の耐震化
- (8) その他これらと同等と認められる措置

6-2 地震防災設備の設置

製造施設等には、付属設備等地震対策基準（基準§2）の当該項の規定に準じて地震防

災設備を設置すること。

6-3 地震防災体制の整備

事業者は、地震防災体制基準（基準§3）に準じて地震防災体制を整備すること。

7 指針の適用

この指針は、平成12年4月1日から施行する。

高压ガス施設等地震対策要綱・基準関係解説

高圧ガス製造施設等地震対策要綱・基準改正の経緯と概要

改正の経緯

1 「埼玉県高圧ガス製造施設等地震対策要綱・基準」は、昭和 55 年度から 56 年度にわたる学識経験者等による検討を基に、高圧ガス保安法並びに液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下「液石法」という。）の耐震設計に係る省令及び告示（以下「関係省令」、「関係告示」という。）との整合を図りつつ、本県における施設の立地環境を考慮した総合的な地震対策として策定され、昭和 57 年 4 月 1 日から施行されてきた。本要綱・基準は、「埼玉県震災対策計画」（埼玉県地域防災計画別編 平成 8 年 6 月最新改訂）に位置づけられ、その当初における概要は、次のとおりである。

- (1) 貯槽等の中心設備の耐震設計基準について、県の当時の地震被害想定調査結果等を踏まえ、施設が立地する地域環境（用途地域）により国の関係告示に上乘せするほか、地盤の液状化対策を考慮していること。
- (2) 貯槽等の中心設備に付属する配管、耐震上重要な建屋、保安設備の耐震性等についての基準を定めるほか、配管等からの漏えいを防止するため、緊急遮断弁等と感震器の連動措置を定めていること。
- (3) 事業所におけるソフト面の地震防災体制の整備について定めていること。
- (4) 既存施設（当初施行当時）について、総合的な耐震性点検による補強等の措置及び緊急遮断弁と感震器の連動措置を定めていること。

本要綱・基準の施行は、関係事業所の理解と協力を得て円滑に進み、既存施設対策についても、所定の措置を昭和 61 年度までにすべて終了したところである。

2 平成 7 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震は、多くの貴重な人命を奪い、また膨大な物的損害をもたらす大災害となったが、高圧ガス施設においても、それまでの想定地震に倍する地震動と地盤の液状化現象により、多くの被害をもたらした。特に著しい被害は沿岸部において生じ、多数の住民に避難勧告が出されるなどした。それらの被害の主なものは、次のとおりである。

- (1) 高レベルの地震動及び地盤の液状化により、貯槽の傾斜、基礎の破壊が生じた。
- (2) 貯槽配管の接続部が破損し、液化ガスが大量に漏えいした。
- (3) 配管系の破損（特に接続部）、変形が広範囲に生じた。
- (4) 防液堤、建屋、保安設備、容器置場等が破損した。

3 国では、兵庫県南部地震における被害状況等を踏まえ、平成 9 年 3 月に関係省令・告示の改正を行った。そのポイントは次のとおりである。

- (1) 設計地震動をレベル 1 地震動（従来の設計地震動）及びレベル 2 地震動としたこと。
- (2) レベル 1 地震動に対しては従来どおりの弾塑性設計法、レベル 2 地震動に対しては終局強度設計法によることとし、二重の耐震設計（レベル 1 及びレベル 2 耐震性能評価）を行うこととされたこと。
- (3) 貯槽等のほか配管系についても、耐震設計（耐震性能評価）を行うこととされたこと。
- (4) 地盤の液状化の検討及び対策について規定されたこと。
- (5) 地震防災設備（地震防災遮断弁）について規定されたこと。

- 4 県では、これらを踏まえ、また県が実施した最新の地震被害想定調査（平成10年3月）等を考慮し、本要綱・基準について必要な見直しを行うため、平成10年6月、学識経験者による「埼玉県高圧ガス施設耐震性向上化対策検討委員会」を設置し、技術的事項について検討を進めてきた。本改正要綱・基準は、同委員会の報告を受け、直下型地震等の高レベル地震を含めて、破壊的地震に対する高圧ガス施設の安全性を確保し、特に施設周辺住居等への二次的災害を防止することを基本方針とする総合的な地震対策として策定されたものである。

改正の概要

今回の要綱・基準改正の概要は、次のとおりである。

- 1 従来の設計地震動（レベル1設計地震動）に加えてレベル2設計地震動を導入し、貯槽等の対象設備について、両レベルにおける耐震設計（耐震性能評価）を行うこととした。
設計地震動の設定、耐震性能評価の方法及び適用範囲は関係省令・告示に準じるほか、本県における対象設備の実態に即し、可能な限り規定を簡略化した。
- 2 配管系の耐震設計（レベル1及びレベル2耐震性能評価）を行うこととした。
配管系の耐震性能評価方法及び適用範囲は、関係省令・告示に準じている。
- 3 対象設備のレベル2耐震性能評価に当たっては、従来からの耐震設計（レベル1耐震性能評価）における考え方と同様、県の地震被害想定調査における震度予測等を勘案し、設備の周辺への影響度（重要度）が高く、かつ住居等と隣接する地域環境に立地する施設については、予測される地震の最大加速度（600～800ガル）を考慮して設計することとした。
レベル1耐震性能評価における県の震度予測等及び施設の立地環境についての配慮は、従来どおりである。
- 4 従来からの緊急遮断弁等と感震器との連動措置を、地震防災設備（地震防災遮断弁）として位置づけた。
- 5 貯槽等の付属設備対策及び地震防災体制に係るソフト対策を、兵庫県南部地震における被害状況、関連法令の改正等を踏まえ刷新した。
- 6 高圧ガス保安法の改正等に鑑み、不活性ガスに係る設備関係の基準を緩和した。
- 7 レベル2耐震性能評価、配管系の耐震性能評価、付属設備対策、ソフト対策等の具体的方法については、本解説によるほか、本県における設備の規模、様態に即した例示等を別に示すこととした。
- 8 既存施設対策については、既存施設地震対策指針によるほか、耐震性点検及び耐震性向上化対策等について、別に例示等を示すこととした。

高圧ガス製造施設等地震対策要綱・基準の構成

本要綱・基準は、「高圧ガス製造施設等地震対策要綱」（以下「要綱」という。）、「高圧ガス製造施設等地震対策基準」（以下「基準」という。）及び「既存施設地震対策指針」から成り、基準は「§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準」、「§ 2 付属施設等地震対策基準」及び「§ 3 地震防災体制基準」から構成されている。これらは、本県において予想される破壊的地震によって発生する製造施設等の被害を最小限に抑止し、特に製造施設等の周辺への二次的災害の波及を防止することを基本方針としている。本要綱・基準の構成は、次のとおりである（解図 1.1 参照）。

1 高圧ガス製造施設等地震対策要綱

要綱は、本対策全体の「目的」、「適用範囲」、ハード面に係る「製造施設等の地震対策」、ソフト面に係る「地震防災体制」などの基本的事項を定めている。

2 高圧ガス製造施設等地震対策基準

基準は、要綱の細目について定めている。

（§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準）

§ 1（セクション1）は、一定規模以上の貯槽、塔、冷凍設備のうちこれらに準じる設備、配管及びその支持構造物及び基礎（耐震設計構造物）が有すべき耐震性能及びその評価方法を規定している。なお、この基準の適用範囲、耐震性能の評価方法等は、高圧ガス設備の耐震設計に係る関係省令、関係告示（高圧ガス設備等耐震設計基準）と基本的に一致している。

（§ 2 付属設備等地震対策基準）

§ 2は、§ 1の耐震設計構造物に付属する機器、配管（§ 1が適用される部分を除く。）、バルブ類、計装設備、保安設備、地震防災設備等の付属設備の設置方法等について規定するとともに、§ 1が適用されるもの以外の貯槽等、製造施設等に係る容器固定の耐震性及びそれらの付属設備の設置方法等について規定している。

（§ 3 地震防災体制基準）

§ 3は、破壊的地震が発生した場合等に有効に機能すべき事業所内地震防災組織、教育・訓練、地震防災設備の稼働、地震時緊急措置等について規定している。

3 既存施設地震対策指針

この指針は、既存の製造施設等の耐震性点検等及び耐震性向上化対策等に関する一般的指針を規定している。

凡例

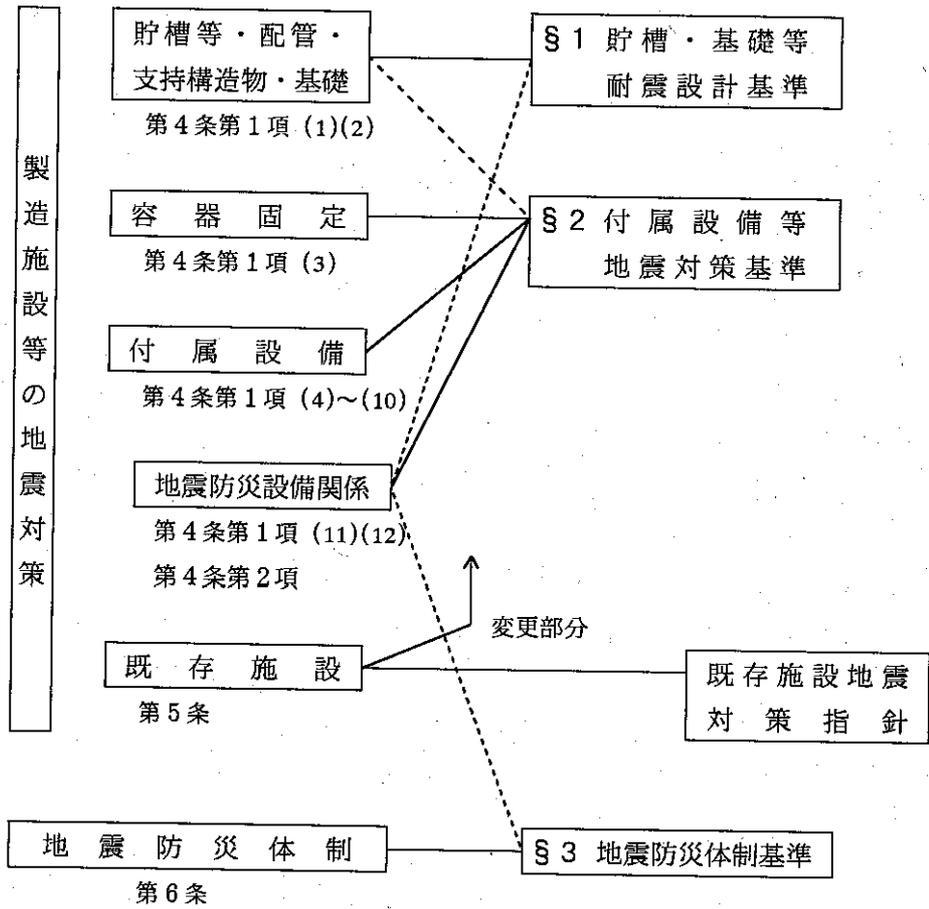
表 X.X 、 図 X.X 、〔式 X.X〕
解表 X.X 、 解図 X.X 、〔解式 X.X〕
参表 X.X 、 参図 X.X 、〔参式 X.X〕

要綱・基準本文中の表、図、式の番号
解説中の表、図、式の番号
参考中の表、図、式の番号

解図 1.1 要綱・基準の構成

要 綱 基 準

- 第1条 目 的
- 第2条 用語の定義
- 第3条 適用範囲



- 第7条 定めのない事項
- 付 則 適用期日

高圧ガス製造施設等地震対策要綱関係解説

第1条（目的）関係

要綱は、埼玉県震災対策計画（埼玉県地域防災計画別編）第2章震災予防計画等に位置づけられたものであり、本県の置かれた地理的、社会的環境の中での、高圧ガス製造施設等の総合的震災対策に係る基本的事項を定めたものである。

第2条（用語の定義）関係

- 1 第2条第1号に規定する製造施設等の区分は、高圧ガス保安法及び液石法の規定による。このうち「高圧ガス製造施設」には第一種及び第二種製造者（圧縮機による空気呼吸器用容器の充てん等を除く。）を含み、また移動式製造設備を含まない。「液化石油ガス特定供給設備」については、それらにおける高圧ガスの取扱いの実態等を勘案して、容器によるものを除外している。
- 2 第2号の「貯槽等」は、基準§1の2(3)に規定する「塔槽類」と種類は同じであるが、貯蔵能力等による限定をしていない。なお、「貯槽」はバルク貯槽を含む（以下、要綱及び基準において同じ）。
- 3 第5号の「地震防災遮断弁」は、改正前の要綱（以下「旧要綱」という。）における緊急遮断弁と感震器の連動措置等を、改めて「地震防災設備」のひとつとして位置づけたものである。
- 4 第5号中「地震に際して遮断機能を有する弁」とは、地震の際速やかに遮断が可能な弁をいう。具体的には、緊急遮断装置に係る遮断弁、調節弁等がこれに該当し、貯槽等のいわゆる元弁を含まない。

なお、設備の通常の運転時に常に閉止状態にある弁又は、可燃性ガス、毒性ガス又は酸素の液化ガスの貯槽等に取り付けられた配管（当該液化ガスの受入れのみに用いられるものに限る。）の元弁の直近に接続される逆止弁についても、地震時における遮断効果があるので、同様に取り扱う。

第3条（適用範囲）関係

要綱の適用範囲は、事業者（製造施設等の所有者又は占有者）については第3条第1項に、製造施設等を構成する設備については同条第2項に規定されている。

なお、具体的な地震対策の適用については、基準の各セクション（§）に規定されている（解図1.2参照）。

第4条（製造施設等の地震対策）関係

第4条第1項 関係

- 1 第4条第1項は、製造施設等のハード面の地震対策について規定している。このうち、第1号及び第2号は、高圧ガスの停滞量の大きい貯槽等、配管、それらの支持構造物及び基礎の耐震設計に係る規定であり、設計方法等は基準§1貯槽・基礎等耐震設計基準等で規定している。第3号から第12号は、貯槽等及び製造施設等に係る容器に付属する機器、配管、保安設備、地震防災設備等の地震対策上有効と思われる設置方法等についての規定であり、細目については基準§2

付属設備等地震対策基準に規定している。第13号は、要綱から基準への細目の委任規定である。

2 第1号について

「耐震性を有する構造とすること」とは、具体的には基準§1により耐震設計を行うことである。旧要綱の規定に加えられた「配管」は、その破断等により大量の高圧ガスの漏えいが考えられるものに限られ、具体的な適用範囲は基準§1に規定されている。

「この場合において」以下の規定は、貯槽等の有すべき耐震性について、本県の置かれた地震対策上の諸環境を考慮すべきことの規定であり、旧要綱からの考え方を明示したものである。具体的には、基準§1における施設の立地する地域環境に応じた設計震度等の設定として基準化されている。

3 第2号について

兵庫県南部地震における高圧ガス設備等の被害の多くは、基礎地盤の液状化によるものであった。液状化対策については、旧要綱にも規定があったが、今般の関係省令・告示の改正における地盤液状化対策の導入に合わせ、基準§1において具体的に規定している。

4 第4号～第7号について

第4号～第7号は、地震時の相対変位及び慣性力による付属設備から貯槽等本体への影響についての配慮に関する規定である。兵庫県南部地震においても、貯槽等本体と付属設備との相対変位により貯槽直近の配管系が損傷し、高圧ガスが大量に漏えいした事例があった。配管系については、主要配管系は基準§1による耐震設計、その他の配管は基準§2の規定により設置することになる。

5 第8号及び第9号について

高圧ガス設備の建屋に係る「耐震性を有する構造とすること」とは、建築基準法等の関係法令等によるほか、当該建屋の損傷が高圧ガス設備及び保安設備に与える影響に応じた耐震性を有することであり、具体的には基準§2に規定している。

6 第10号について

除害設備、防消火設備、保安電力等の保安設備は、地震時における高圧ガス設備の部分的破損による被害等に対して有効に機能する必要がある。具体的には基準§2に規定している。

7 第11号及び第12号について

(1) 地震防災設備は、今般の関係省令・告示の改正において初めて具体的に規定され、地震時に貯槽等及び配管系内の高圧ガスをブロック化し被害の拡大を最小限に抑止するものとして地震防災遮断弁が導入された。地震防災遮断弁は、旧要綱における緊急遮断弁と感震器との連動措置等の考え方とほぼ同じである。具体的な設置方法は基準§2によるほか、その設置位置等により基準§1における配管系の耐震設計の適用範囲等が定まることになる。

(2) 第11号中「危険側へ推移することを防止すること」とは、地震発生に伴い緊急遮断等により高圧ガスを貯槽等又は配管中に停滞させ、当該貯槽等内の高圧ガスの圧力又は温度の変化が当該貯槽等の許容範囲を超えないよう保持させることをいう。

第4条第2項 関係

第4条第2項は、製造施設等に係る第1項の規定を満たせない場合の担保措置に関する規定である。その運用については、その都度協議することとする。

第5条（既存施設の地震対策）関係

既存施設の地震対策は、第4条の規定に準じたものとする必要があるが、施設の構造、形態、設置年度等によってその対策が異なるものとなるため、第4条の規定とは別に、既存施設地震対策指

針によることとしている。

第6条（地震防災体制）関係

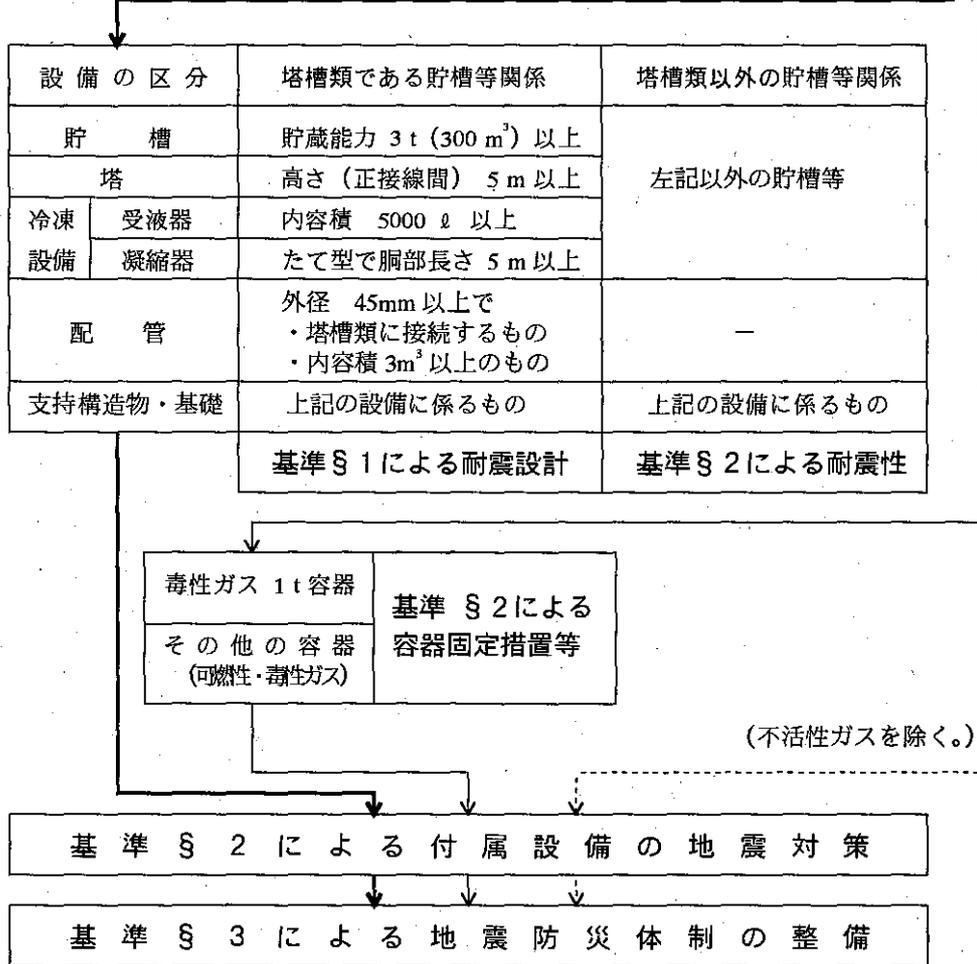
- 1 第6条は、ソフト面の地震対策に関する規定である。製造施設等のハード基準は、施設の主要部分に関するものであり、その規定もその時々^の知見に基づくものである。また、操作、制御系においても最終的な判断を行うのは人間である。特に、今回の要綱・基準の改正において導入された「レベル2 想定地震動」では、施設全体が無傷であることは考えられず、地震時における的確な緊急措置や平時からの組織、教育・訓練等の体制づくりが重要になる。
- 2 本県は、地震大規模地震対策特別措置法による強化地域（東海地震を前提したもので、その予知に基づき警戒宣言が発令され、所定の地震防災応急対策を講じる。）にはなっていないが、その隣接地域として伝達情報に基づく対策を講じることとされている（埼玉県震災対策計画）。

解図 1.2 要綱・基準の適用範囲

要綱

製造施設等	設備
高圧ガス製造施設	貯槽等（貯槽、バルク貯槽、塔、 冷凍設備のうち受液器、凝縮器） 貯槽等の支持構造物及び基礎
特定高圧ガス消費施設	
高圧ガス貯蔵所に係る施設	容器関係
液化石油ガス特定供給設備 （容器によるものを除く。）	機器、配管、バルブ類、計装設備、 ステージ等、建家、保安設備、 地震防災設備等（付属設備）

基準



高圧ガス製造施設等地震対策基準関係解説

基準では、要綱で定めた基本的事項の細目を定めている。

§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準では、エネルギー貯蓄量の大きい貯槽、危険性の高い塔状の設備、貯槽や塔に接続する配管等並びにこれらの支持構造物及び基礎について、原則として動的解析法による地震影響の評価を行うこととしている。これに付帯する付属設備等のうち地震対策上重要なものについては、§ 2 付属設備等地震対策基準で有効と思われる設置方法等を示している。

基準は、§ 1 と § 2 における対策が合わさり、これに § 3 地震防災体制基準におけるソフト面の対策が加わることによって製造施設等全体に関する総合的安全性を確保しようとするものである。

§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準関係解説

貯槽・基礎等耐震設計基準においては、貯槽等の危険波及程度（重要度）、設置する地域の地震発生期待値及び表層地盤の土質を係数化して、製造施設等の設計上の耐震強度等を定めている。基本的には予想される破壊的地震に対して製造施設等が必要な強度等を有し、また部分的損傷に対しては施設周辺に被害が波及しないことを方針としている。この観点から、製造施設等の立地環境を考慮し、住居地域等に製造施設等を設置する場合には、本県において予測されている地震動の最大のものに耐えよう、従来から関係省令・告示の基準値に上乘せを行っている。

今回の改正においては、関係省令・告示の改正に準じ、耐震設計を行うべき施設の範囲に配管系を加えるとともに、設計地震動及びこれに対する設備の耐震性能をレベル1とレベル2に分け、これに応じてそれぞれのレベルにおける耐震性能評価を行うことを設計方針とした。レベル2設計地震動は、兵庫県南部地震における被害状況等を踏まえ、また本県における最新の地震被害想定調査結果を勘案し、地表面における最大値として600～800ガルを想定している。レベル1設計地震動は、旧要綱の設計地震動と同じである。

耐震設計手法は、原則として動的解析手法とし、重要度の低いものなど、一定の範囲のものについては静的震度法を採用できることとしている。

なお、§ 1 では、関係省令・告示に定める平底円筒形貯槽及び球形貯槽に関する耐震性評価、修正震度法以外の動的応答解析法、免震構造等を有する耐震設計構造物の評価等については示していない。これらを設置又は採用する場合は、関係省令・告示によるほか、本基準における該当規定を準用することとする。

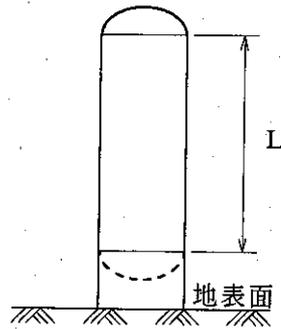
1 適用範囲 関係

1 § 1 の適用範囲は、関係省令・告示における耐震設計を行うべき設備の範囲と一致している。

今回の改正で加わったのは、配管系及びバルク貯槽である。配管系は、その破損により高圧ガスの大量漏えいが考えられる塔槽類（要綱に規定する貯槽等のうち§ 1 の適用を受けるものをいう。以下同じ。）に接続したものと及び区間の停滞量が一定量以上のものを対象としている。また、適用範囲及び重要度の決定に係る配管系の区画に関しては、高圧ガスの状態が危険側に推移することを防する地震防災遮断弁の考え方がとられている。

2 (2)中、「塔」の「正接線間の距離」とは、解図 2.1 に示すLをいう。一般には塔とよばれない蒸発器、熱交換機等であっても、ここでの規定に該当すれば塔になる。

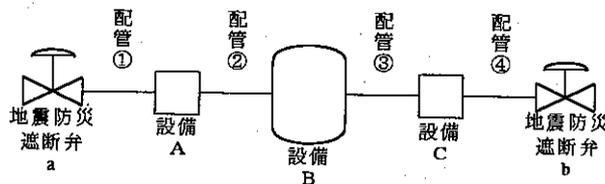
解図 2.1



- 3 (4)中、「地震防災遮断弁」については、要綱関係解説参照。
- 4 (4)アの規定は、塔槽類から地震防災遮断弁までの間の配管及び地震防災遮断弁で区切られた内容積 3 m^3 以上の配管のいずれもが適用になるということである。ウの規定も同じ趣旨である。
配管の内容積 3 m^3 以上の例を示せば、STPG 100A / sch 40 (外径 114mm、内径 102.3mm) の場合、370 m で 3.04 m^3 である。
- 5 (4)アにおいて、地震防災遮断弁で区切られた間の配管に塔槽類が含まれている場合は、塔槽類から地震防災遮断弁までの間の配管とみなす。したがって、地震防災遮断弁で区切られた内容積 3 m^3 以上の配管は、塔槽類以外の設備が含まれているもの又は単に配管のみのもとなる。
地震防災遮断弁で区切られた間の配管の内容積の算定方法を例示すると以下のとおりである。この場合、管、伸縮継手、弁等の内容積を積算することとなるが、それぞれ同一の管呼び径であれば、当該呼び径の管とみなして内容積を算定してもよいこととする。また、設備はいずれも塔槽類以外のものである。

(1) 地震防災遮断弁の間が全て高圧ガス設備の場合の配管の内容積

解図 2.2

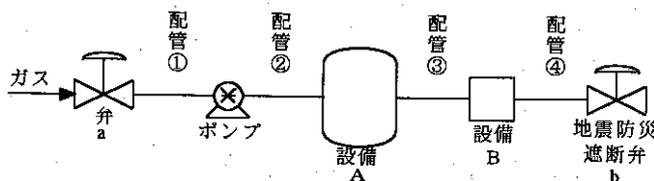


内容積 = 地震防災遮断弁 a の内容積の 1/2 + 配管①の内容積 + 配管②の内容積 + 配管③の内容積 + 配管④の内容積 + 地震防災遮断弁 b の内容積の 1/2

備考 設備と配管の区分は、当該設備の両端部にある第 1 フランジ又は第 1 溶接部とする。

(2) 地震防災遮断弁の上流にあるポンプから高圧ガス設備となる場合の配管の内容積

解図 2.3



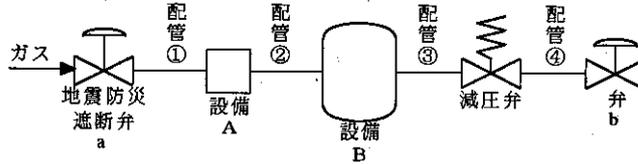
内容積 = 配管②の内容積 + 配管③の内容積 + 配管④の内容積 + 地震防災遮断弁 b の内容積

の 1/2

備考 ポンプと配管の区分は、当該ポンプの出口部第1フランジ又は第1溶接部とする。なお、ポンプ以外の設備で高圧ガスを製造する場合であっても同様とする。

(3) 地震防災遮断弁の下流にある減圧弁までが高圧ガス設備となる場合の配管の内容積

解図 2.4

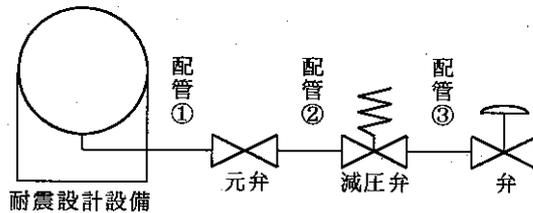


内容積 = 地震防災遮断弁 a の内容積の 1/2 + 配管①の内容積 + 配管②の内容積 + 配管③の内容積 + 減圧弁の内容積の 1/2

- 6 地震防災遮断弁がなく、レギュレーサ等により外径を 45mm 以上から 45mm 未満に変更している高圧ガス設備に係る配管にあつては、当該レギュレーサ等の小径側の第1溶接部又はフランジ部までを耐震設計の対象範囲とし、内容積の算定は、大径側の外径及び当該機器の長さから算定することとする。また、外径を 45mm 未満から 45mm 以上に変更している高圧ガス設備に係る配管にあつても、同様とする。

なお、解図 2.5 のように塔槽類に接続される配管であつて、地震防災遮断弁が接続されず、減圧弁等により高圧ガスでない状態としている設備については、当該減圧弁等までの配管（配管①及び配管②）を対象とすることとする。

解図 2.5



- 7 (5)中、「支持構造物」とは、次のものをいう。

(1) 塔槽類の支持構造物

架構、レグ、ラグ、スカート、サドル、支柱、ブレース、ベースプレート、基礎ボルト、セットボルト及びアンカーストラップ並びにこれらと類似の機能を有する構造物

(2) 配管の支持構造物

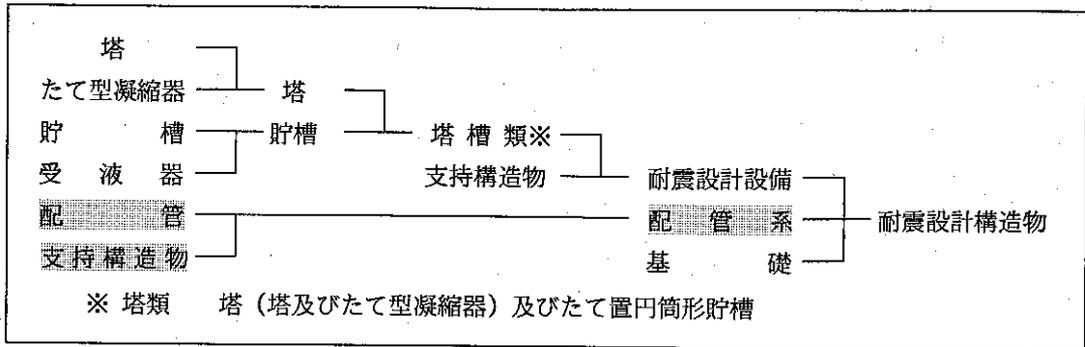
塔、貯槽、パイラック、ガイド、Uボルト、レストレイント、ストッパー、ハンガー及び架構等の小梁並びにこれらと類似の機能を有する構造物

2 用語の定義 関係

- 1 (1)から(8)の定義を図示すると解図 2.6 のようになる（網がけ部は、今回の改正に係る部分）。

なお、要綱の定義における「貯槽等」は、ここでの「塔槽類」の規模及び形態による限定を解除したものに当たる。

解図 2.6 耐震設計構造物の定義



- 2 (12)におけるレベル1地震動は、従来から想定されていた施設の供用期間中に発生する確率の高い地震動、(13)のレベル2地震動は、発生する確率は低い直下型、海溝型の巨大地震による高レベルの地震動を想定したものである。
- 3 (14)の「地盤変状」は、レベル1地震動及びレベル2地震動による地盤の液状化に対する耐震性の評価に関していう。
- 4 (16)の「運転重量」の定義中、「通常の運転状態」とは、設備の本来の運転状態をいうものであり、試験運転時等その期間が短時間に限られるものはこれに含まれない。
配管系の設計水平地震力を算定する場合の配管系の自重は、管自重（フランジ継手の自重を含む。）、保冷材自重及びその他配管附属品自重（弁、伸縮継手等の自重を含む。）の合計とする。

3 設計方針 関係

重要度の高い（I a及びI）耐震設計構造物の耐震設計は、レベル1及びレベル2地震動に対する耐震性能のいずれをも満たすこととして行い、重要度II又はIIIの耐震設計構造物については従来どおり、レベル1地震動に対する耐震性能を有すべきこととされている。3-1は、それぞれのレベルの地震動に対して耐震設計構造物が保有すべき耐震性能を規定し、3-2ではそれぞれの耐震性能の評価法を規定している。3-3は、要綱第4条第1項第1号に定める「県の地震被害想定調査における震度等予測及び施設の立地する地域環境」の考慮を、3-2における耐震設計構造物の設計震度等の設定において行うべきことの規定である。

基準§1における耐震設計構造物の耐震設計の手順の概要を解図2.7に示す。

3-1 保有すべき耐震性能 関係

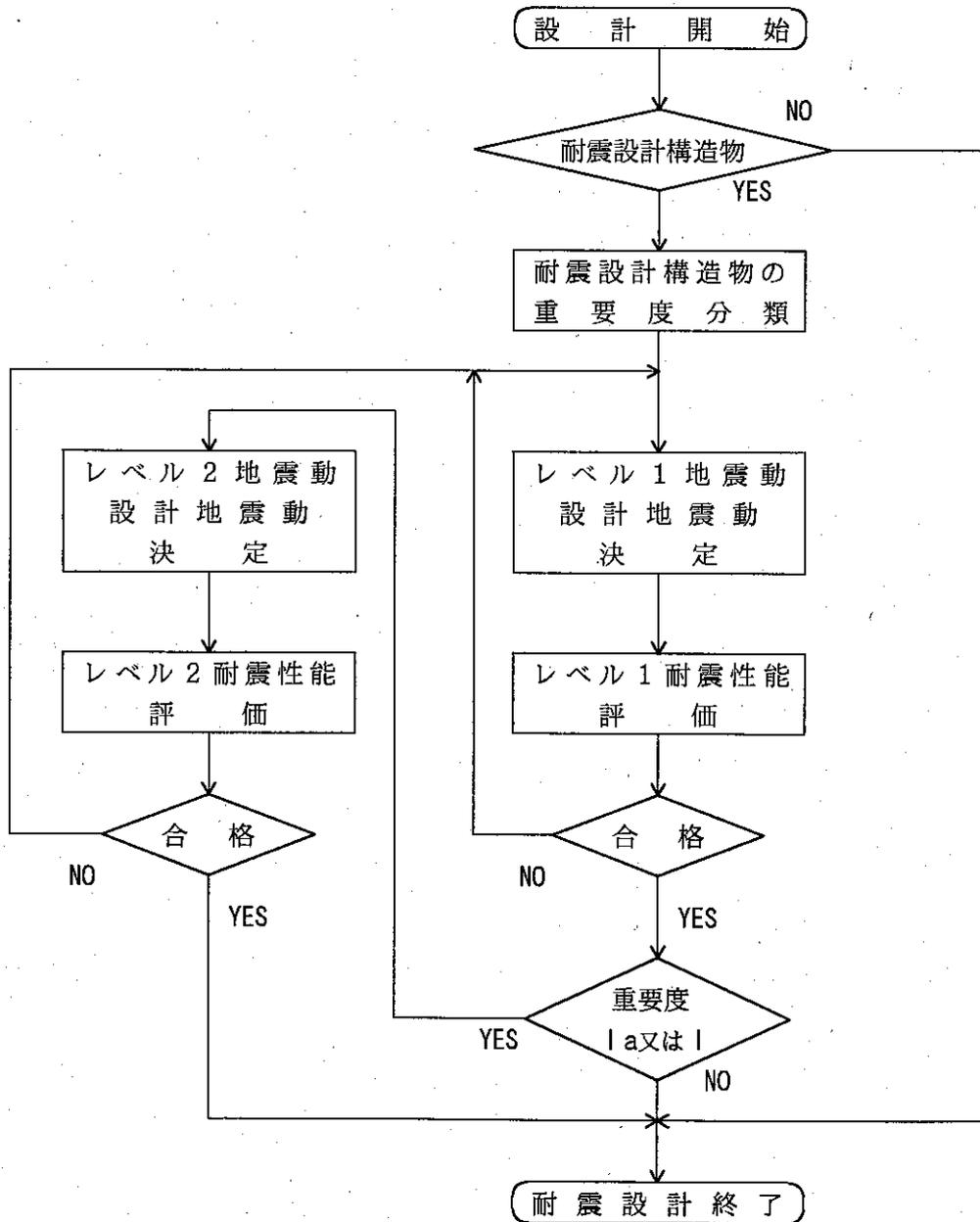
- 1 (1)中「有害な変形等」とは、レベル1地震動による地震力によって耐震設計構造物に係る部材が塑性変形に達し、地震後もその変形が残留することをいう。
- 2 (2)中「高圧ガスの気密性が保持されること」とは、レベル2地震動によって耐震設計構造物に係る部材が塑性変形を生じても高圧ガスが当該耐震設計構造物から外部に漏えいしないことをいう。これは、レベル2地震動の予測される発生確率等を勘案して、対象設備からの高圧ガスの気密性が保たれる限りでの塑性変形を容認したものである。

3-2 耐震性能の評価 関係

(1) (レベル1耐震性能の評価) 関係

- 1 (1)は、耐震設計構造物のレベル1耐震性能評価に関する規定であり、配管系を除く耐震設計構造物については従来と同じである。また、基礎地盤のレベル1地震動による液状化の可能性の検討を行い、その結果に応じて土層の土質定数を低減させて基礎の耐震設計を行うべきことについても、旧要綱と同じである。

解図 2.7 耐震設計構造物の耐震設計手順



- 2 配管系のレベル1耐震性能評価は、7の規定により耐震設計設備と同様の詳細解析により行うことになるが、重要度II又はIIIの配管系については、7-4に規定する簡易評価法によることができることとしている。
- 3 耐震設計構造物の具体的なレベル1耐震性能評価法は、5耐震設計以下に示されている。

(2) (レベル2耐震性能の評価) 関係

- 1 (2)は、今回導入されたレベル2耐震性能評価に関する規定である。重要度Ia又はIの耐震設計設備、配管系及びそれらの基礎については、(1)の規定によるレベル1耐震性能評価とは別にレベル2耐震性能評価を行い、両方の評価において3-1のそれぞれのレベルの耐震性能を満たすよう設備の設計を行う。通常は、レベル1設計地震動により設計を行い、その仕様、構造案をもってレベル2耐震性能評価を行う。

レベル2設計地震動は、本県の場合、同一設備について、レベル1設計地震動の2倍になる(4に規定)が、レベル2設計地震動に対する耐震性能評価法は部分的な塑性変形を容認した終局強度評価法であり、対象設備について2倍の強度等を要求するものではない。

- 2 (2)ア中、「適切な計算方法」とは、修正震度法のほか、モード解析法、時刻歴応答解析法又は応答変位法のいずれかの応答解析法によることである。

「降伏変位」とは、耐震上重要な部材に係る荷重変形曲線図において概ね荷重及び変形の関係が線形性を保持する限界の変位をいい、「応答塑性変位」とは、レベル2地震動時に耐震上重要な部材に生じる変位から降伏変位を減じた値をいう。「許容塑性率」とは、レベル2地震動時に当該耐震設計構造物の気密性を保持するため、耐震上重要な部材に許容される塑性率をいう。

- 3 本基準には、耐震設計構造物のレベル2耐震性能評価に係る「適切な計算方法」等に関する具体的規定はない。これについては、別に例示等として示すこととするが、耐震設計設備についてのレベル2耐震性能評価法の概要は次のとおりである。

(1) 応答解析

通常の運転状態における耐震設計設備に作用するレベル2地震動に対する応答解析により、設備の各部に生じる弾塑性応答変形量を算出する。弾塑性変形などの非線形挙動を考慮した応答解析法としては、非線形1質点系モデルによる修正震度法のほか、等価線形要素モデルによるモード解析法及び弾塑性要素モデルによる時刻歴応答解析法が挙げられる。

鉛直方向のレベル2地震動に対する応答解析は、レベル1地震動の鉛直地震動に対する応答解析に準じ、設備の構造・形態と損傷モードに応じて鉛直方向作用力を損傷部位に対して厳しくなるよう配慮する。

(2) 耐震上重要な部材に生じる応答塑性率

水平及び鉛直方向のレベル2地震動に対して、耐震設計設備の損傷モードに応じて、(1)の応答解析により求めた応答塑性変形量から、当該損傷部位すなわち耐震上重要な部材に生じる応答塑性率を求める。

(3) 当該部材の許容塑性率

耐震設計設備の耐震上重要な部材に関して、繰り返し弾塑性ピークひずみに関する低サイクル疲労、座屈変形等の塑性変形性能特性を考慮して当該部材の許容塑性率を求める。

(4) 評価

すべての耐震設計設備の耐震上重要な部材について、(2)の応答塑性率が(3)の許容塑性率以下であれば合格となる。

- 4 耐震設計構造物のうち基礎に係るレベル2耐震性能評価は、(2)アの規定により設計地震動に関する応答解析を液状化による地盤変形のうち土質定数の変化を考慮した適切な計算方法に

よって行うことによるほか、(2)ウに規定するところにより地盤変状のうち海岸・河川護岸近接地域(一定以上の耐震強度を有する護岸を除く。)における地盤の移動(流動)を考慮した評価を行うこととされている。基礎に係る上の両評価は、通常別々に行うことになる。

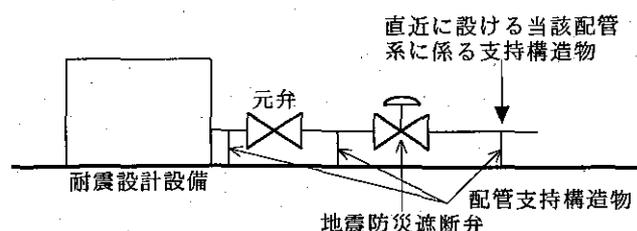
- 5 (2)アの規定による、基礎に係る終局強度評価法による評価は、レベル2地震動に対して静的震度法又は適切な動的解析法により基礎に作用する設計水平地震力を算定し、これとレベル2地震動により上部積載構造物から作用する地震力によって、損傷モードを考慮して耐震上重要な部材に生じる応答塑性率を求め、許容塑性率以下になることとして行う。この際、液状化すると判定された地盤については、その程度に応じて土層の土質定数を低減させて評価するなどとする。
- 6 (2)ウ中、「地盤変状のうち地盤の移動を考慮した適切な計算方法」とは、(社)日本道路協会の「道路橋示方書・同解説(1996年12月)」の「V 耐震設計編」における規定又は同基準に準じた計算方法により、液状化の程度に応じて水平移動が生じる場合と生じない場合に分けて行うこととする。
- 7 配管系のレベル2耐震性能評価は、(2)アの終局強度評価法によるほか(2)エの規定を満たさなければならない。配管系の終局強度評価法における応答解析は、配管系を適切な梁構造振動モデルに置き換えて行う。応答解析の方法としては、等価線形梁モデルによる修正震度法又はモード解析法及び非線形構造モデルによる時刻歴応答解析法がある。
- 8 配管系に関する(2)エの規定は、塔槽類等の耐震設計設備に接続される配管系が、地盤変状(地盤の液状化)により耐震設計設備との間に相対変位を生じ、耐震設計設備側に損傷等を与えることを防止するためのレベル2地震動対策であり、塔槽類から地震防災遮断弁(の先の第1固定支持点)までを一体化し、又は配管系が相対変位に耐えうる可とう性を有すべきこととしている。これは、兵庫県南部地震における被害(LPG貯槽元弁の後の緊急遮断弁の支持が貯槽の基礎と別にとられていたため、液状化による相対変位により元弁貯槽側のフランジが破損し、LPGが大量に漏えいした。)を踏まえたものである。
- 9 (2)エ中「地震防災遮断弁を超えて直近に設ける当該配管系に係る支持構造物」については、解図2.8参照。

同、「同一の基礎等の上に設置すること」とは、次の条件を満たすことをいう。

- (1) 耐震設計設備の基礎と地震防災遮断弁を超えて直近に設けられた配管支持構造物の基礎とは共通であること。
- (2) 配管は、溶接等により、完全固定の条件で当該配管支持構造物に支持されていること。
- (3) 基礎及び当該配管支持構造物は、地盤変状に基づく配管からの反力に対して強度は十分であること。

同、「十分な可とう性を有していること」とは、耐震設計構造物と当該耐震設計構造物に係る配管の支持構造物の間に地盤変状に伴う相対変位が生じた場合に、当該相対変位量に対して当該配管が十分な変位吸収能力を保有している設計を行うことをいう。

解図 2.8



- 10 (2)オの規定は、レベル2耐震性能評価について、終局強度評価法に代わる代替評価法に関する規定である。すなわち、(2)アの規定のうち、①耐震設計設備に関するもの、②配管系に関するもの及び③基礎に係る地盤変状のうち土質定数の変化を考慮した評価に関するレベル2耐震性能評価は、4に規定するレベル2設計地震動に0.5を乗じた値をもって3-2(1)に規定するレベル1耐震性能評価を行うことによって替えることができる。
- 11 配管系について代替評価法を採用する場合、配管支持点での慣性力及び変位は、当該配管支持構造物(塔槽類など)の応答解析も代替評価法で算出されたものを用いる。基礎について代替評価法に係る上部積載構造物からのローディングデータについても同様である。

3-3 地域環境の考慮 関係

要綱第4条第1項第1号では、製造施設等の耐震性は、県の地震被害想定調査における震度等予測及び施設の立地する地域環境を考慮したものとすることとしている。これは、旧要綱からの考え方であり、具体的には基準§1における耐震設計構造物の設計震度等の設定において、関係告示に比し、住居地域等に立地する施設については最大1.33倍の基準の強化を行っている。すなわち、昭和55年度以来数次にわたって実施している県の大規模地震被害想定調査結果を踏まえ、地表面最大加速度としてレベル1地震動では旧要綱どおり400ガル程度(関係告示では300ガル)、レベル2地震動では800ガル程度(同600ガル)を想定し、施設周辺への影響度(重要度)の高い施設が住居等と近接する立地環境にあつては、設計上この最大値を考慮して施設の安全性を確保し、もつて周辺への被害を防止しようとするものである。耐震設計上、この規定は6-1-1等における地域環境係数として定められている。

4 設計地震動 関係

- 1 4は、耐震設計構造物の設計用の地震動のうち、静的震度法又は修正震度法に用いる地表面震度について定めたものである。モード解析法等に用いる地表面加速度に関しては、関係告示に規定するところによるものとする。4の規定は、レベル1及びレベル2耐震性能評価の両方に係るものである。

なお、本基準における「設計地震動」は、関係告示における「第1設計地震動」に当たる（「第2設計地震動」は平底円筒形貯槽に係る液面揺動に関するものである）。

- 2 地表面における設計水平震度及び設計鉛直震度は、定められた基準震度（地震基盤面における設計地震動に当たる。〔式 4.1〕における0.150、〔式 4.2〕における0.075）に、地震動のレベル係数 μ_k 、耐震設計構造物の重要度に基づく係数 β_1 、設置される地域における地震発生期待値に基づく係数 β_2 及び設置される位置における表層地盤の種別に基づく係数 β_3 を乗じて設定する。

$$K_H = 0.150 \mu_k \beta_1 \beta_2 \beta_3 \quad \text{〔式 4.1〕}$$

$$K_V = 0.075 \mu_k \beta_1 \beta_2 \beta_3 \quad \text{〔式 4.2〕}$$

- 3 地震動のレベル係数 μ_k は、レベル1地震動では1.0、レベル2地震動では当分の間2.0とする。
- 4 重要度係数 β_1 は、耐震設計構造物の重要度によって定められる。重要度は、耐震設計構造物ごとに、① 高圧ガスの種類、② 貯蔵能力又は内容物の質量、及び③ 塔槽類又は配管の外周から事業所敷地境界線までの距離等によってI a、I、II及びIIIに区分される。

重要度I aは、重要度Iであってコンビナート等保安規則の適用を受ける耐震設計構造物のうち一定以上の規模のものに関する重要度の1ランク格上げによるものである（表 4.1の備考3）。

- (1) 耐震設計構造物の重要度に係る高圧ガスの種類は、第1種毒性ガス、第2種毒性ガス、第3種毒性ガス及び可燃性ガス並びに上記以外のガスに区分される。それぞれ高圧ガスの種類に応じ、表 4.1.1、表 4.1.2、表 4.1.3 から耐震設計構造物の重要度を求める。第1種、第2種、第3種毒性ガス又は可燃性ガス以外の高圧ガスに係る耐震設計構造物の重要度は、常にIIIである。

- (2) 耐震設計構造物の貯蔵能力等 W (単位 t) は、塔槽類では貯蔵能力、配管では運転状態における内容物の質量（当該配管の内容積に係る運転状態の高圧ガスの質量）である。塔槽類の貯蔵能力は、塔槽類ごとのものとし、複数の塔槽類は配管で連結している場合であっても重要度を求めるに当たっては塔槽類1基ごとの貯蔵能力による。

ア 液化ガス貯槽

$$W = 0.9 w V \quad \text{〔解式 2.1〕}$$

W : 貯蔵能力 (t)

V : 貯槽の内容積 (m^3)

w : 常用の温度における液化ガスの密度 (t/m^3)

備考 「常用の温度」は、通常の運転状態において当該液化ガスの密度が最大となるときの温度

イ 圧縮ガス貯槽

$$W = \frac{273 (10 P + 1) V M}{1000 \times 22.4 T} \quad \text{〔解式 2.2〕}$$

W : 貯蔵能力 (t)

P : 常用の圧力 (MP a)

V : 貯槽の内容積 (m^3)

M : 当該ガスの分子量 (kg/kmol)

T : 常用の温度 (絶対温度 K)

ウ 塔

塔及び中間受槽 (プロセス中の中間タンク) のように高圧ガスの処理を目的とする塔槽類にあっては、通常の運転状態における高圧ガスの気体及び液体状態それぞれの質量の合計が最大となる質量とする。この場合において通常の運転状態は、運転開始時から運転停止時までの運転状態を含むものとする。

エ 配管

圧縮ガスの配管の内容物の質量の算出は、イの圧縮ガス貯槽の貯蔵能力算定式の「 V 」を配管の内容積として行う。また液化ガスの配管の内容物の質量の算出は次による。

$$W = w V \quad \text{〔解式 2.3〕}$$

W : 配管の内容物の質量 (t)

V : 配管の内容積 (m^3)

w : 常用の温度における液化ガスの密度 (t/m^3)

- (3) 耐震設計構造物の事業所境界線までの距離 X (単位 m) は、塔槽類又は配管の外面から当該耐震設計構造物を設置する事業所の境界線までの距離である。当該事業所に接続して下記の施設又は土地がある場合にあつては、塔槽類又は配管の外面からそれらの施設又は土地の外縁 (保安物件がある場合は、その外縁) までの距離とする (解図 2.9 参照)。

ア 海、河川、湖沼及び水路並びに工業用水道事業法に基づく工業用水道

イ 貨物輸送専用鉄道

ウ 工業専用地域又は工業専用地域になることが確実な地域内の土地

エ 製造業 (物品の加工修理業を含む)、電気供給業、ガス供給業及び倉庫業に係る事業所の敷地のうち、現にそれらの事業活動の用に供されているもの

オ アからエまでに掲げる施設又は土地と当該事業所とに接続する道路及び鉄道

カ アからオまでに掲げるもののほか、保安物件が設置されるおそれのない土地であつて、保安上支障がないと認められるもの

キ 当該事業所において高圧ガスを製造等する者が所有し、又は地上権、賃借権その他土地の使用を目的とする権利を設定している土地

- (4) 配管の外面から当該耐震設計構造物が設置される事業所の境界線までの距離は、当該配管の最も事業所の境界線に近い箇所からの距離とする。

- (5) 配管系のうち塔槽類に接続される配管の重要度は、当該塔槽類の重要度 (地震防災遮断弁で区切られた間に含まれる塔槽類のうち最も上位のもの) 又は当該配管の重要度のうちいずれか上位のものとする。

- (6) 塔槽類の架構、配管の支持構造物又は基礎の重要度は、当該架構、配管の支持構造物又は基礎が支持する塔槽類又は配管 (本基準が適用されるものに限る。) の重要度のうち最も上位のものとする。

- 4 地震発生 (の期待度) に係る地域係数 β_2 は、関係告示において本県全域「特A地域」であり、レベル1、レベル2とも最大値の1.0である。

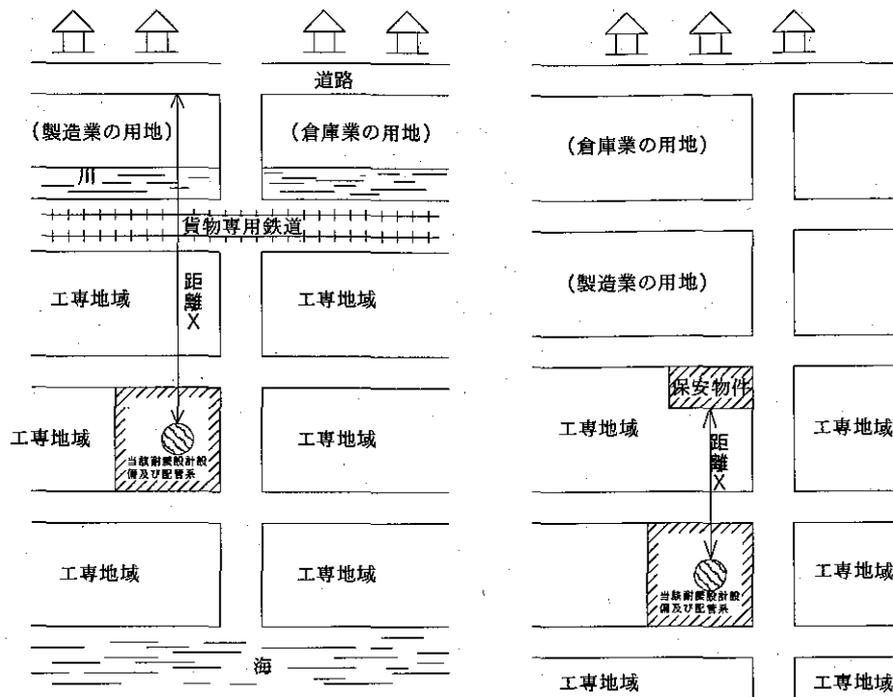
- 5 表層地盤増幅係数 β_3 は、地震基盤面に入力された設計 (想定) 地震動が、基盤面上の表層地盤中を伝播して地表面に到達する間に増幅される割合を意味している。

表層地盤増幅係数の表 4.2 中「地盤種別」は、当該地盤のボーリングによる調査結果により判定する (解表 2.1 参照)。これにより第3種地盤と第4種地盤の区別が困難な場合にあつては、当該地盤のN値 (JIS A1219-1995 土の標準貫入試験方法により得られる値をいう。以下同じ。) により判定することとし、次に掲げるいずれかに該当する地盤を第4種地盤とする。

(1) 地表面から地表面下およそ30mまでにおいて、N値の大部分が10以下の地盤

(2) 地表面から地表面下60mまでにおいて、値が50を超えるかなり厚い地層がない場合

解図 2.9 重要度分類に係る距離 X (参考)

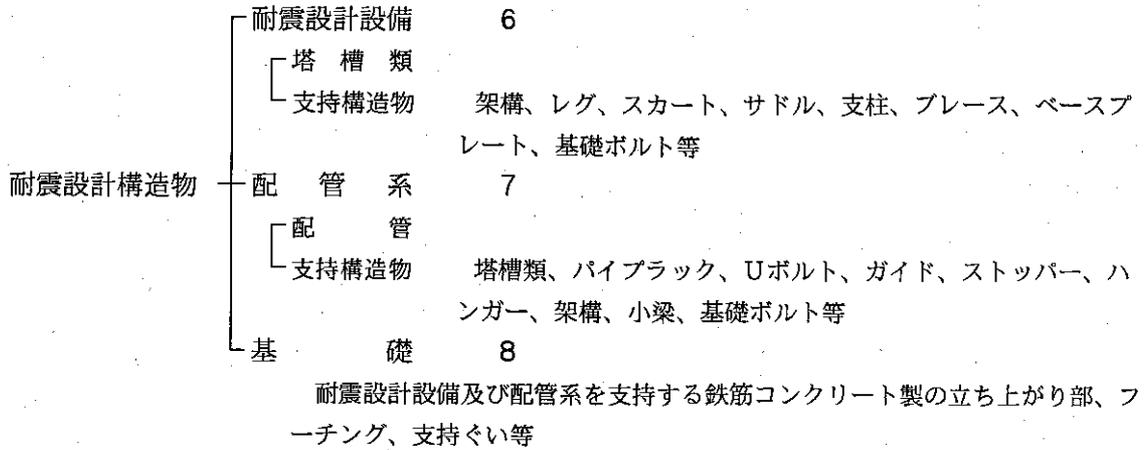


解表 2.1 表層地盤増幅係数 β_0 に係る地盤種別地盤構成 (参考)

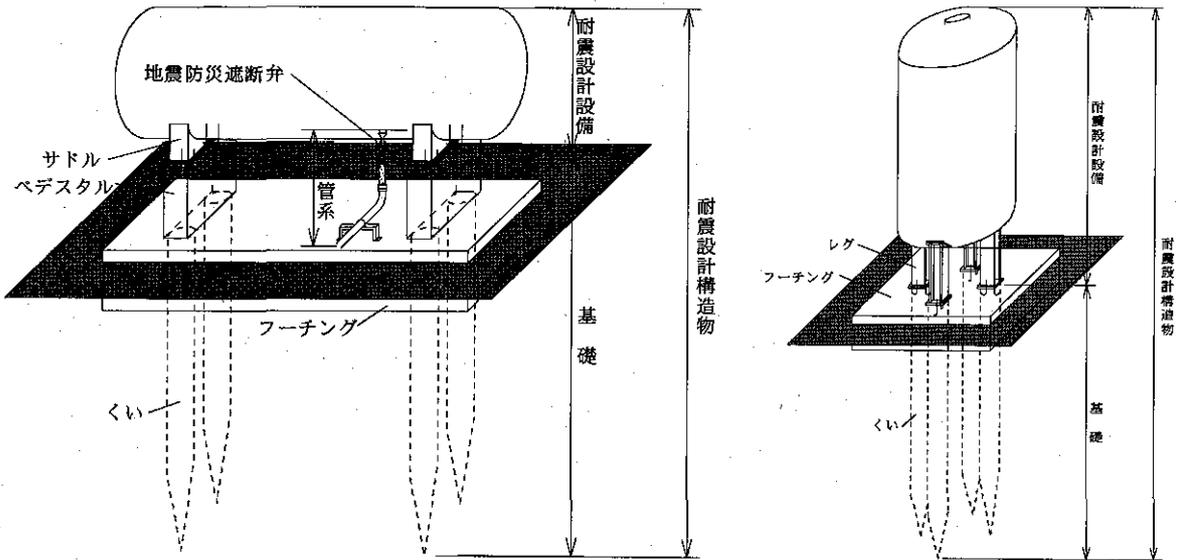
種 別	定 義	地 盤 構 成	常時微動特性	
			周期平均	卓越周期
第1種地盤	第3紀以前の地盤	地盤が、耐震設計構造物の周辺相当の範囲にわたって岩盤、硬質砂礫層、その他主として第3紀以前の地層によって構成されているもの	0.2秒以下	0.1秒以下
第2種地盤	洪積層地盤	地盤が、耐震設計構造物の周辺相当の範囲にわたって砂礫層、砂混じり硬質粘土層、ローム層、その他主として洪積層によって構成されているもの、又は厚さが概ね5m以上の砂利層若しくは砂利層の沖積層によって構成されているもの	0.1秒 ～ 0.45秒	0.3秒付近
第3種地盤	第1種、第2種及び第4種地盤以外の地盤	—	0.35秒 ～ 0.75秒	0.5秒付近
第4種地盤	埋土又は沖積層の厚さが25m以上の地盤	腐植土、泥土、その他これらに類するもので構成されている沖積層(盛土及び埋立土を含む)の厚さが概ね25m以上のもの	0.55秒以上	0.8秒付近

5 耐震設計 関係

- 1 耐震設計構造物の設計地震動による耐震設計(3-2(1))に規定するレベル1耐震性能の評価)は、次の区分に応じて6、7及び8に定めるところによる。



解図 2.10 耐震設計構造物の概念図



- 2 本基準では、3-3に規定するように、耐震設計構造物の設計震度等を設定するに当たって当該構造物の立地する地域環境を考慮することとしている(レベル2耐震性能評価において同じ)。具体的には次のとおりである。

- (1) 耐震設計設備については、静的震度法による応答解析における設計静的水平震度(6-1-1)、同修正震度法による設計修正震度(6-1-2)及び基礎本体の静的震度法による設計静的震度(8-1)の算定において、当該構造物の設置される地域環境の区分に応じた係数(地域環境係数 f_s)を乗じる。
- (2) 配管系については、例えば修正震度法による応答解析における設計修正地震力の算定に当たってローディングされる配管支持構造物(塔槽類、架構等)の応答解析結果に含まれることになる(7-1-1)。
- (3) 基礎に係る地盤の液状化の検討においては、4に規定する地表面の設計地震動を用いる。

- (4) 耐震設計設備及び配管系について、修正震度法以外の動的解析法を用いる場合は、(1)及び(2)に準じて行う。
- (5) 地域環境係数 f_s は、都市計画法（昭和43年法律第100号）第8条に規定する用途地域の区分に従い、表 6.1 のように定められている。

表 6.1 地域環境係数

地域環境区分	f_s
工業専用地域	1.00
工業地域	1.20
住居地域 近隣商業地域 商業地域 準工業地域	1.33
その他の地域	1.00 ~ 1.33

ア 表 6.2 中、「住居地域」は都市計画法第8条に規定する「第1種低層住居専用地域」から「準住居地域」までとし、「その他の地域」は同「市街化調整区域」及び都市計画区域外の地域である。

イ 「その他の地域」における地域環境係数 f_s については、耐震設計構造物を設置する地域の周辺状況、将来計画等を勘案して 1.00 ~ 1.33 の範囲内で定めることとしている。これについては、運用上次のように扱うこととする。

解表 2.2 地域環境区分における「その他の地域」の区分

「その他の地域」の区分	地域環境係数 f_s
耐震設計構造物（塔槽類）の外側から現に設置されている第1種保安物件又は第2種保安物件までの距離が90m以上ある場合	1.00
同 90m未満40m以上である場合	1.20
同 40m未満である場合	1.33

ウ 今回の改正において、不活性ガスに係る耐震設計構造物の地域環境係数 f_s は、一律 1.00 とされた。なお、不活性ガスとは、高圧ガス保安法施行令第3条で定める「第1種ガス」であり、次のものをいう。

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素及びフルオロカーボン（可燃性のものを除く。）

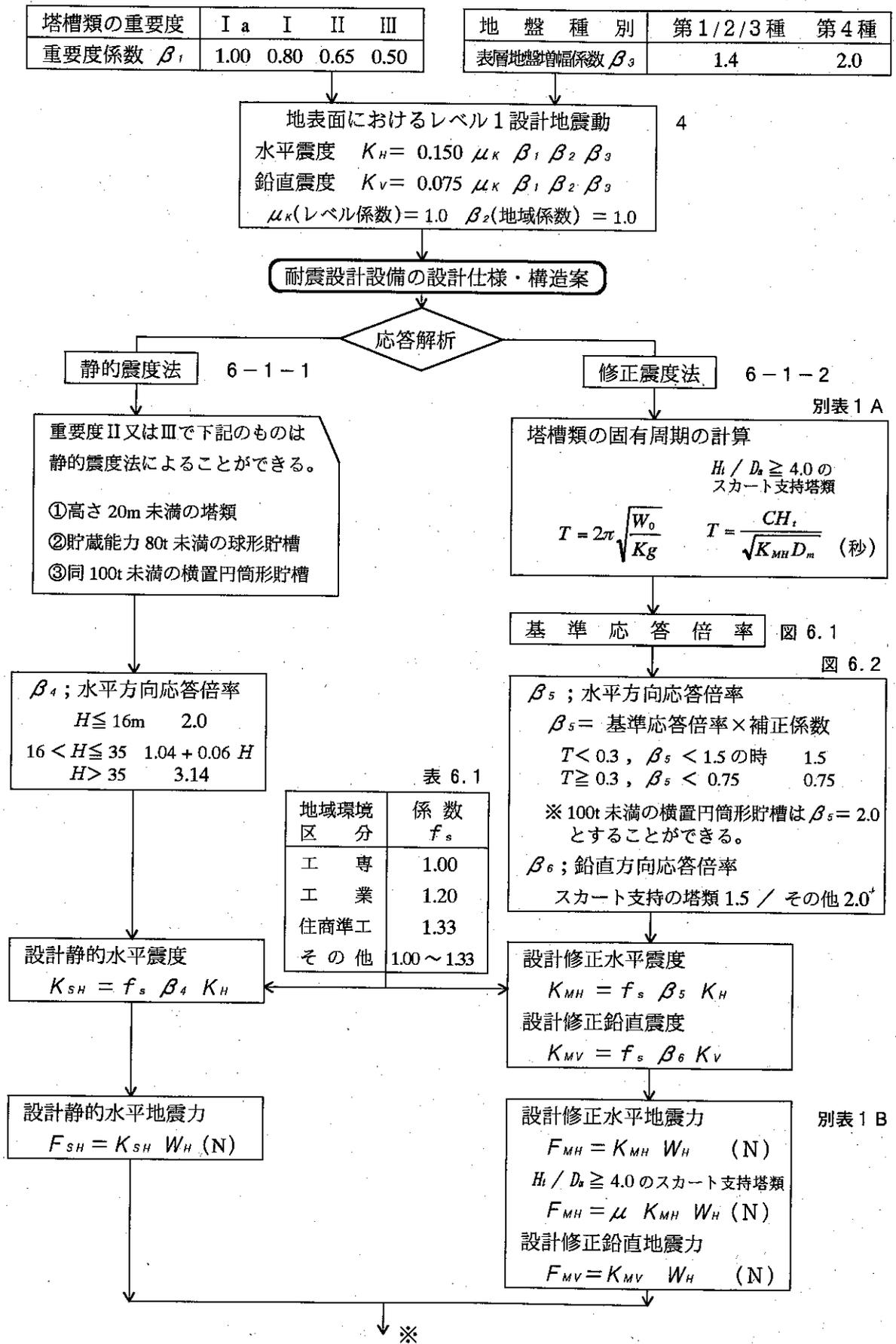
- 3 3-2(2)に規定するレベル2耐震性能評価の具体的手法については、本基準とは別に例示等として示す。

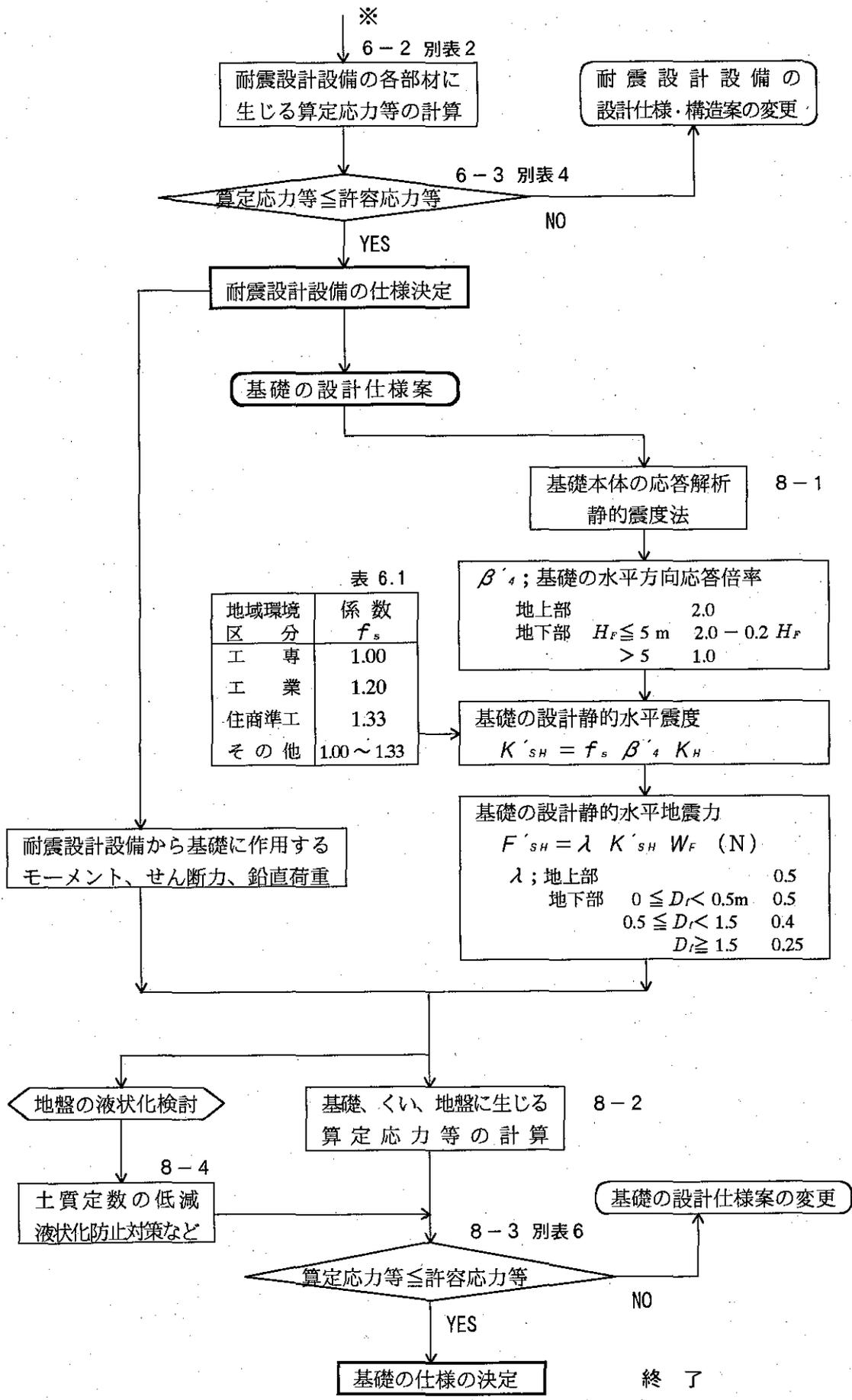
6 耐震設計設備の耐震設計 関係

- 1 耐震設計設備の耐震設計（レベル1耐震性能評価）は、6-1の規定により地表面設計地震動に基づく設備の応答解析を行い、これによって求まる設備の設計震度等から6-2の規定により設備の耐震上主要な部位に生じる算定応力等を求め、これが6-3に規定する設備の部材ごとに定められた許容応力等を超えないこととして行う。

耐震設計構造物（配管系を除く。）のレベル1耐震性能評価手順の概要を解図 2.11 に示す。

解図 2.11 耐震設計構造物（配管系を除く。）のレベル1耐震性能評価手順





- 2 6において規定されていない応答解析の方法を採用し、又は算定応力等の計算方法等を示していない球形貯槽等の設備を設置する場合は、関係告示の規定によるほか、構造物の設計震度、設計応答加速度等の算定に当たっては、6-1-1等に準じて地域環境係数 f_s を乗じて行うこととする。

6-1 応答解析 関係

(1) (動的解析法) 関係

- 1 耐震設計設備の応答解析は、原則として設備の動特性を考慮した動的解析法によることとしている。これは、設備の特性を考慮することにより地震に対する安全性を高めるとともに、合理的な設計を行おうとするものである。
- 2 動的解析法は、対象とする耐震設計設備を適切な振動系モデルに置き換えて行うもので、修正震度法、モード解析法、時刻歴応答解析法などがあるが、本県において立地が考えられる設備に対しては、最も簡易な修正震度法が一般的であると考えられる。
 - (1) 修正震度法は、静的設計の簡便さに動的手法を取り入れた準動的手法である。この方法は、長周期の構造物を除いて一般に多質点振動系では、1次のモードが特に顕著に発生しやすいことに着目したものである。構造物の1次の固有周期(振動数)を求め、その周期(振動数)に対する構造物の応答量を応答曲線(予め設計地震波に対して計算された固有周期(振動数)に対する1質点振動系の最大応答値のグラフ)より求め、それを入力値として静的震度法と同様に強度計算を行う方法である。
 - (2) モード解析法は、(3)の時刻歴応答解析法の最大応答のみを求める手法である。はじめに対象となる系の固有値解析を行い、固有周期(振動数)及び固有モードを求め、次に各固有モードが独立に応答した場合の最大応答値を応答曲線から求める。最後に各振動次数の応答値を合算して、最大応答値を求める。
 - (3) 時刻歴応答解析法は、設計用地震波により構造物がどのような挙動をするかどうかを知るため、当該構造物の振動モデルに設計用地震波を入力して時々刻々の経過を追い、当該振動モデルの変位、速度、加速度等を求める方法である。
- 3 重要度がII又はIIIの耐震設計設備にあつては、鉛直方向の設計地震動の評価を省略できる。

(2) (静的震度法) 関係

- 1 静的震度法は、重要度が低く、かつ比較的剛な耐震設計設備に適用される。静的震度法は、地震動の加速度を構造物の各質点に一律に与えて慣性力を求め、その慣性力が構造物に作用するとして応答量を求める(構造物の動特性と無関係に、その高さに応じて定めた設計震度を用いて設計を行う)方法である。
- 2 静的震度法は、重要度がII又はIIIであつて、かつ次の解表2.3に掲げる範囲に該当する耐震設計設備について採用できる。静的震度法による応答解析においては、鉛直方向の設計地震動の評価を要しない。

解表 2.3 静的震度法によることが出来る塔槽類(重要度II又はIII)

塔槽類の種類	範囲
塔 類	ベースプレートからの高さが20 m未満のもの
横置円筒形貯槽	貯蔵能力100 t未満のもの
球形貯槽	貯蔵能力80 t未満のもの(関係告示による。)

解表 2.3 中、応答解析を静的震度法により行うことができる塔槽類には、当該塔槽類を支持する支持構造物（スカート、レグ、サドル、支柱等）を含むものとする。

「塔類」は塔、冷凍設備のたて型凝縮器及びCE貯槽などのたて置円筒形貯槽である。塔類の「ベースプレートからの高さ」は、スカート支持及びレグ支持のものにあってはベースプレート下面から当該塔類の最高位の正接線までの長さをいう。

6-1-1 静的震度法 関係

- 1 (1)中、地域環境係数 f_s については、5 関係解説2を参照。
- 2 (2)中、耐震設計設備の設計静的水平地震力 F_{SH} の算定式〔式 6.2〕における「 W_H 運転重量」は、設備の区分に応じ次のとおりとする。なお、塔槽類に付帯する安全弁、液面計、水噴霧配管、ステージ、はしご等の重量は、当該塔槽類の自重に含める（6-1-2において同じ）。
 - (1) 塔類及び架構
当該耐震設計設備の設計静的水平地震力を求める部分の自重と内容物の重量の和（単位 N）
 - (2) 横置円筒形貯槽
当該耐震設計設備の自重と内容物の重量との和（単位 N）

6-1-2 修正震度法 関係

(1) (設計修正水平震度及び設計修正鉛直震度) 関係

- 1 修正震度法は、動的設計の一手法であり、耐震設計設備の1次の固有周期のみを考慮した近似的設計手法である。設備の1次の固有周期を求め、設備の形態に応じた減衰を考慮して設計地震動による応答倍率を算定して設計震度を求めることにより、耐震設計設備の動特性を考慮した設計を行うことができる。
- 2 スカート支持の自立式塔類であって、その水平方向の固有周期が地盤種別に応じ一定値以上のものについては、より詳細なモード解析法による応答解析を行うこととし、応答解析の方法は関係告示によることとしている。これに係る6-1-2本文中「鉄筋コンクリート架台」とは、架構のうち鉄筋コンクリート（鉄骨コンクリートを含む。）製で、地表面からベースプレートまでの高さが3m未満のものをいう。鉄筋コンクリート架台の耐震設計は、基礎に準ずるものとする。
なお、「架構」とは、形鋼、鋼管、鉄骨コンクリート等の構造物であって、スカート、レグ等のベースプレート又はラグを介して塔槽類を支持するものをいう。
- 3 (1)における耐震設計設備の設計修正水平震度 K_{MH} 及び設計修正鉛直震度 K_{MV} の算定に当たっては、静的震度法の場合と同様、6-1-1(1)の表 6.1 に示す地域環境係数 f_s (1.00 ~ 1.33) 乗じる。ただし、不活性ガスに係る耐震設計設備については、 $f_s = 1.00$ とする。

地域環境係数 f_s については、5 関係解説2を参照。

$$K_{MH} = f_s \beta_s K_H \quad \text{〔式 6.3〕}$$

$$K_{MV} = f_s \beta_s K_V \quad \text{〔式 6.4〕}$$

4 水平方向応答倍率 β_s の算定

- (1) 水平方向応答倍率 β_s の算定は、(2)に規定するところにより固有周期（1次固有周期）を求めて行うことを基本とするが、次の解表 2.4 に示す耐震設計設備にあっては、固有周期の計算を省略して $\beta_s = 2.0$ とすることができる。

解表 2.4 $\beta_s = 2.0$ とすることができる塔槽類

塔槽類の種類	範 囲
横置円筒形貯槽	貯蔵能力 100 t 未満のもの（2点支持のものに限る。）
スカート支持の自立式塔類	胴の平均直径 D_m に対するベースプレートからの高さ H の比が 4.0 未満のもの（ $D_m / H < 4.0$ ）

(2) 重要度の高い設備では、なるべく固有周期を求めて β_s を算定することが望ましい。これにより、設備の耐震設計上の特性を考慮できるとともに、基礎、配管系へのローディングデータを含め、より合理的な設計ができるからである。なお、一般の塔槽類では、メーカーサイドの標準仕様として設計される（通常、固有周期の計算を省略して $\beta_s = 2.0$ としている。）ことが多いため、これを固有周期を計算する方法で確認した上で、基礎等へのローディングデータについてはこの計算方法によるデータを用いることができるものとする。

(3) β_s の算出は、計算した設備の固有周期 T （計算方法は(2)の別表1A）から図 6.1 により地盤種別に応じた基準応答倍率を求め、これに表 6.5 に示す設備の種類に応じた減衰定数に対応する図 6.2 の補正係数 h を乗じて求める。

β_s の算出フローを解図 2.12 に、減衰定数をパラメータとする固有周期-水平方向応答倍率（ $T-\beta_s$ ）図を地盤種別ごとに解図 2.13.1~2.13.4 に示す。これによれば、設備の固有周期の計算値及び当該設備の構造による減衰定数（表 6.4）から、ただちに β_s を求めることができる。

図 6.1 に示す基準応答倍率図（基準応答スペクトル図）は、減衰定数 0.05 のときのものである。

なお、表 6.4 の減衰定数中の「架構」の構造は、水平力を支持する主たる部分の構造によりその種類を判定するものとし、これにより判定できない場合にあっては、減衰定数が小さい方の構造とみなす。

5 鉛直方向応答倍率 β_v は、スカート支持の塔類にあっては 1.5、その他の耐震設計設備にあっては 2.0 となっている。なお、6-1(1)の規定により、重要度 II 又は III の耐震設計設備については鉛直方向の設計地震動の評価を省略できる。

(2) (耐震設計設備の固有周期) 関係

1 水平方向応答倍率 β_s の算定の算定に用いる固有周期 T (秒) 計算方法は、次の(1)から(3)の耐震設計設備の種類及び構造の区分に応じ、6-1-2(2)の別表1のA欄に示すところによるほか、次の2及び3に示すところによる。

(1) スカート支持の自立式塔類（胴の内径及び板厚の変化の少ないもの）であって、平均直径に対するベースプレートからの高さの比が 4.0 以上のもの

(2) (1)以外の塔槽類

横置円筒形貯槽、(1)以外の塔類（塔、レグ支持のたて置円筒形貯槽等）及び架構上の塔槽類

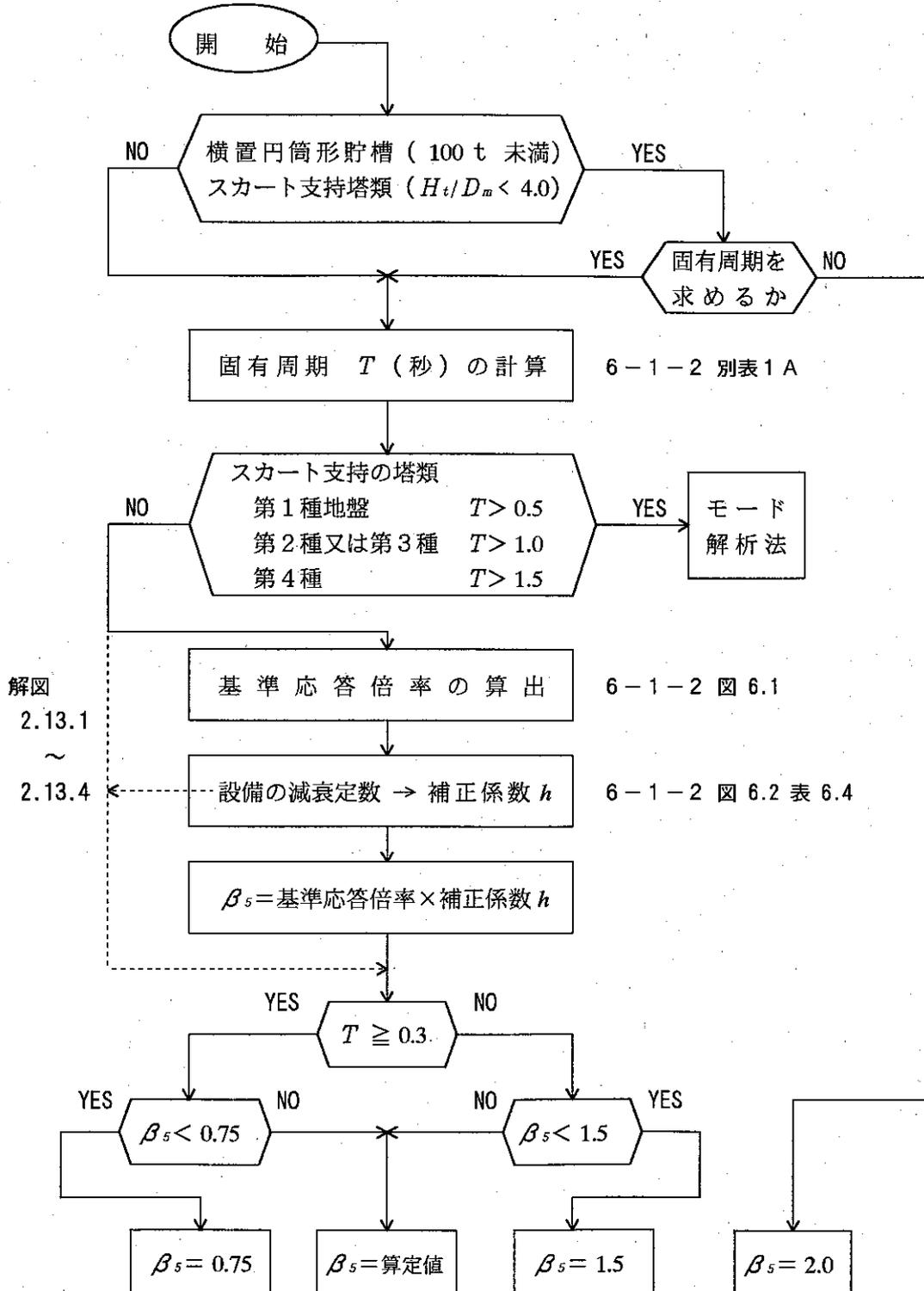
(3) 塔槽類の架構

備考 1 (1)において、「胴の内径及び板厚の変化が少ないもの」とは、胴（これに接続されるスカートを含む。）の最小内径に対する最大内径との比が 2.0 以下であり、かつ、胴の周継手の上下の肉厚の比が 0.5 以上で、2.0 以下のものをいう（(3)において同じ）。

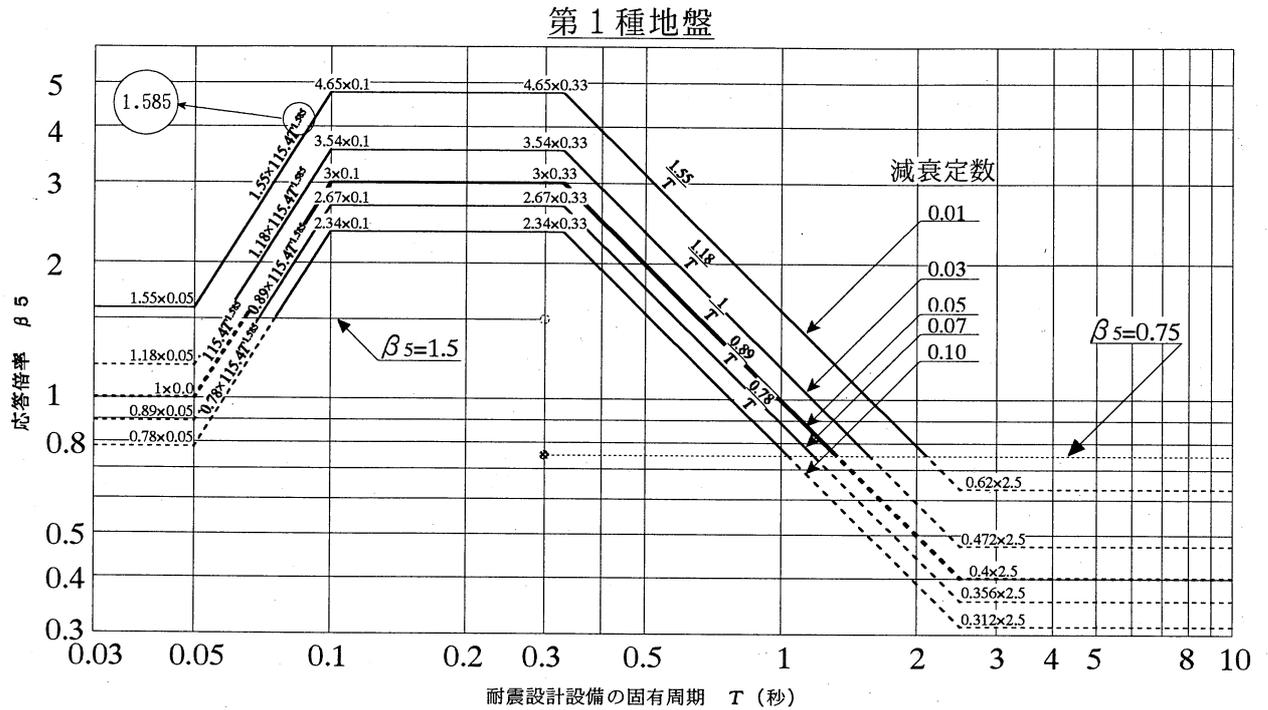
備考 2 冷凍設備の受液器及びたて型凝縮器に係る固有周期の算定に当たっては、受液器

は貯槽（横置円筒形貯槽）、たて型凝縮器は塔として扱う（(3)において同じ）。

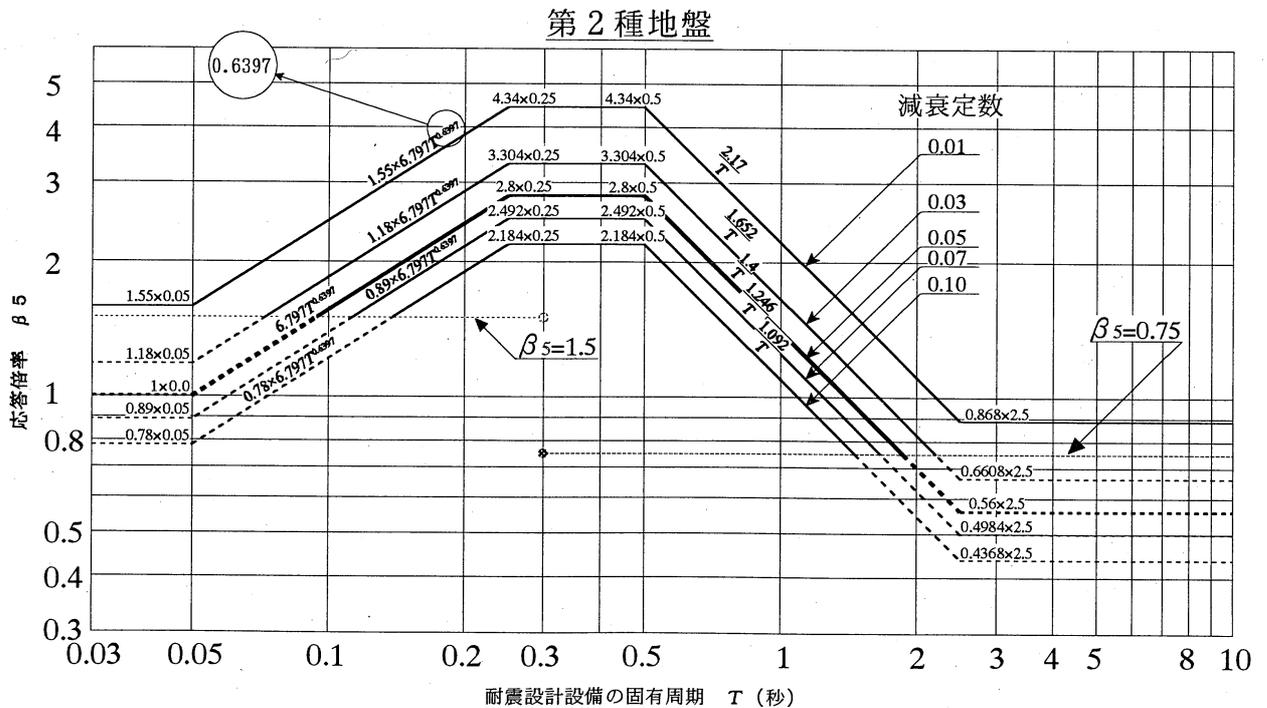
解図 2.12 耐震設計設備の水平方向応答倍率 β_s 算出フロー（レベル1耐震性能評価・修正震度法）



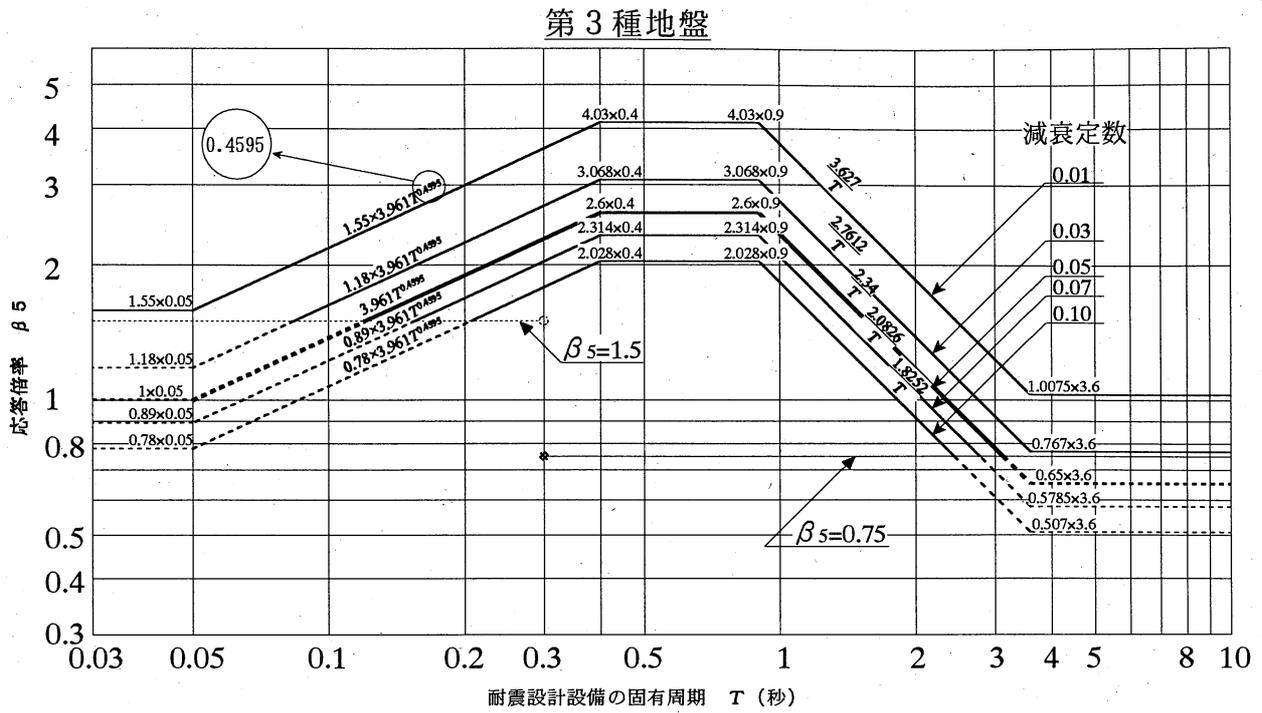
解図 2.13.1 固有周期—水平方向応答倍率 ($T-\beta_5$) 図1 (特A地域及びA地域)



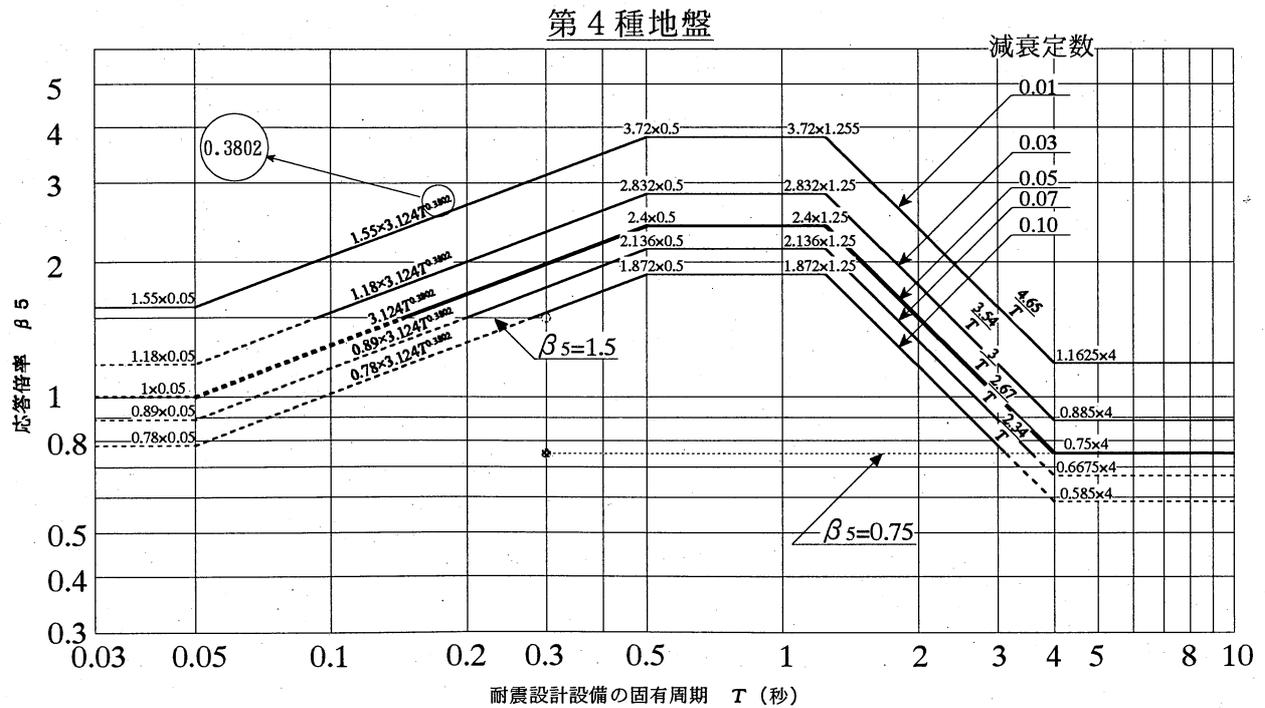
解図 2.13.2 固有周期—水平方向応答倍率 ($T-\beta_5$) 図2 (特A地域及びA地域)



解図 2.13.3 固有周期-水平方向応答倍率 ($T-\beta_s$) 図3 (特A地域及びA地域)



解図 2.13.4 固有周期-水平方向応答倍率 ($T-\beta_s$) 図4 (特A地域及びA地域)



- 2 横置円筒形貯槽（2点支持のものに限る。）については、貯槽の軸方向及び軸直角方向のそれぞれについて、別表1のA欄の該当方法により固有周期を求める。この場合において、軸方向の水平剛性は、ベDESTALの曲げによる水平剛性、地震反力によるフーチングの回転剛性及びつなぎ梁（はり）によるフーチングの回転剛性から計算し、軸直角方向の水平剛性は、胴の平均直径に対する胴の正接線間の距離の比（ L/D_m ）が4.5を超えるものにあつてはベDESTALの曲げによる水平剛性、地震力によるフーチングの回転剛性及び胴の曲げによる水平剛性から、胴の平均直径に対する胴の正接線間の距離の比が4.5以下のものにあつてはベDESTALの曲げによる水平剛性及び地震反力によるフーチングの回転剛性から計算する。

具体的な計算方法については、参考に示す。

- 3 6-1-2(2)の別表1のA欄に示す方法及び上記2の方法以外の固有周期の算定方法は、レーリー法又はこれと同等以上の方法とする。
- 4 上記1(2)の塔槽類の固有周期の計算に用いる耐震設計設備の運転重量 W_0 は、6-1-1(2)及び同関係解説2の W_H と同じである。ただし、横置円筒形貯槽（貯蔵能力100t未満の場合及び100t以上であつて $L/D_m \leq 4.5$ の場合）では、固有周期計算用の運転重量 W_0 は、貯槽軸方向及び軸直角方向について次のとおりである。

$$W_0 = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \quad \text{〔解式 2.4〕}$$

- W_0 : 横置円筒形貯槽の固有周期算定用の運転重量（単位 N）
 W_1 : 液重量（N）
 W_2 : 胴板及び鏡板の重量（N）
 W_3 : 貯槽付属品の重量（N）
 W_4 : サドル及び当板の重量（N）
 W_5 : ベDESTALの地上部分の全重量（N）

(3) (設計修正水平地震力及び設計修正鉛直地震力) 関係

- 1 (2)で求めた耐震設計設備の設計修正水平震度、設計修正鉛直震度及び当該設備の運転重量から算定される設計修正水平地震力 F_{MH} 及び設計修正鉛直地震力 F_{MV} は、次の耐震設計設備の種類及び構造の区分に応じ、6-1-2(3)の別表1のB欄に示すところによる。
- (1) スカート支持の自立式塔類（胴の内径及び板厚の変化の少ないもの）であつて、平均直径に対するベースプレートからの高さの比が4.0以上のもの
- (2) (1)以外の塔槽類（(3)を除く。）
横置円筒形貯槽及び(1)以外の塔類（塔、レグ支持のたて置円筒形貯槽等）
- (3) 架構上の塔槽類
- (4) 塔槽類の架構

- 2 上記1(2)の塔槽類に係る設計修正水平地震力 F_{MH} 及び設計修正鉛直地震力 F_{MV} の計算に用いる耐震設計設備の重量等 W_H 及び W_V は、次のとおりである。

W_H : 運転重量 6-1-1(2)及び同関係解説2の W_H に同じ（単位 N）

W_V : 設計修正鉛直地震力 F_{MV} を算定する位置に作用する耐震設計設備の自重と内容物の重量の和（N）

例えば、横置円筒形貯槽における W_V は、地震力の作用する部位によって次のようになる。

胴及び鏡に作用する地震力（N） $W_{V1} = W_1 + W_2 + W_3$ 〔解式 2.5.1〕

サドル及び基礎ボルトに作用する地震力（N） $W_{V2} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$ 〔解式 2.5.2〕

- W_1 : 液重量（N）
 W_2 : 胴板及び鏡板の重量（N）
 W_3 : 貯槽付属品の重量（N）

W_4 : サドル及び当板の重量 (N)

6-2 算定応力等 関係

- 1 耐震設計設備が設計地震動を受ける時に、当該設備の主要部位に発生する算定応力等は、当該設備の内圧、自重、内容物等、通常の運転状態において長時間継続して作用すると考えられる通常荷重による力による応力等と、設計地震動に基づき種々の方法による応答解析によって求めた設計地震力による応力等を、最も厳しい条件下で合算して求める。
- 2 耐震設計設備の種類別及び応力等を算定する部位別の算定応力等の種類は、解表 2.5 のとおりであり、それらの計算方法は 6-2 の別表 2 に定められている。

別表 2 中、架構の応力の算定は、(社)日本建築学会の「鋼構造設計規準(1973 年)」、「鉄筋コンクリート構造計算規準(1991 年)」及び「鉄筋鉄骨コンクリート構造計算規準(1987 年)」によるものとする。ただし、単位系は SI 単位に換算する。

別表 2 中、架構の応力算定に係る「その他耐震上特に重要な部分」とは、仕口のうち重要なもの及びベースプレートをいう。

6-3 耐震設計用許容応力等 関係

耐震設計設備の部材に応じて定められる耐震設計用許容応力等は、貯槽等本体の耐圧部材とその支持構造材に区別して、6-3 の別表 4 に定められている。

支持構造物であっても耐圧部材に直接溶接される支持構造材の許容応力は、耐圧部材又は支持構造材の許容応力のうち、いずれか小さい値が適用される(支持構造材側の第 1 溶接線まで)。

なお、別表 4 のア欄の備考中、「 S_u 」及び「 S_{uo} 」は、特定設備検査規則(昭和 51 年通商産業省令第 4 号)別表第 2 の値(同表の備考 3(1)に該当するものは除く。)の 4 倍の値を用いるものとする。

解表 2.5 耐震設計設備の算定応力等を算定する部位及び種類

耐震設計設備の種類		応力を算定する部位	算定応力の種類				
			引張	せん断	曲げ	圧縮	座屈
塔 類	スカート支持のもの	胴板 スカート 基礎ボルト ベースプレート	○ ○		○	○ ○	○ ○
	レグ支持のもの	胴板 レグ 基礎ボルト	○ ○ ○	○ ○	○	○ ○	○ ○
横置円筒形貯槽 (2点支持のもの)		胴のサドル部 胴の中央部 鏡 ($\frac{A}{R_m} \leq 0.5$) サドル 基礎ボルト シアープレート	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○	○ ○ ○
架 構		支柱 はり ブレース 基礎ボルト その他耐震上主要な部位	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○

7 配管系の耐震設計 関係

1 配管系の耐震設計（レベル1耐震性能評価）は、7-1に規定する動的解析法により設計地震動及び配管支持構造物の応答変位に基づく応答解析を行い、これによって求まる設計地震力及び地震時変位量から配管系各部位に生じる算定応力等を7-2により計算し、これが7-3に規定する配管系の部材ごとに定められた許容応力等を超えないこととして行う。

また、3-2(1)アのただし書きの規定により、重要度がII又はIIIの配管系については、7-4に規定する配管の支持方法の確認（以下「許容スパン法」という。）を行ったとった場合は、この簡易評価法をもって、上の詳細解析による許容応力評価法に代えることができることとしている。

2 今回の改正により耐震設計の対象となった配管系は多岐にわたる。本県に設置されることが考えられる製造施設等に係る配管系への基準§1による耐震設計の適用は、ほとんどが塔槽類に接続されたものなどに限定されるが、その範囲の設計でさえもかなり複雑なものになる。特に、塔槽類の耐震設計がメーカーサイドで行われるのに対し、配管系は実態上現場サイドでの設計となるため、別に詳細の設計計算例、基準を満たす標準仕様例などを示すこととしたい。

3 配管系のレベル1耐震性能評価の概要

(1) 詳細定義

ア 配管支持構造体

配管を支持し、又は配管に接続する構造体で、塔槽類、その支持構造物及びこれら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固定される。

イ サポート

配管と配管支持構造体との連結部構造であって次のもの

(ア) 溶着部品

配管に直接取り付けられる部品（シュー、サドル、断熱材固定金具等）

(イ) 取付金具

パイブラック、架構、スリーブ等に配管を支持又は拘束する金具（Uボルト、パイプクランプ等）

(ウ) サポート構造体

架構、パイブラック、塔槽類に取り付けられた梁、単独の自立式構造物

ウ 配管支持構造物

配管支持構造体及びサポート

エ 配管系

配管及び配管支持構造物

オ 配管支持点

サポートの配管側の取付点で、管径の中心をいう。支持点において当該配管を支持する方向は、サポートの種類（機能）に応じて、管軸方向、管軸直角方向及びこれらの組合せとなる（解表 2.6 参照）。

カ 固定支持点

変位、回転に対して全方向を拘束する支持点をいう。サポートが配管に溶接等により剛に取り付けられている支持点及び塔槽類、機器等のノズル部をいう。

解表 2.6 サポートの分類と機能等

種別	分類 機能	小分類		耐震上の機能
		名称	一般機能	
レ ス ト レ イ ン ト	地震時の配管荷重を支持し、又は熱変形による配管の動きを拘束する。	アンカー	3方向の変位及び回転を拘束	固定支持点
		ガイド	管軸直角方向の変位を拘束	変位を拘束する方向に係る配管支持点
		Uボルト 又は Uバンド	管軸直角2方向の変位を拘束	管軸直角2方向の配管支持点とする。ただし、4B以下の配管であって配管に密着して取り付けられる場合は3方向支持点とみなすことができる。
		軸方向 ストッパー	管軸方向の変位を拘束	管軸方向に係る配管支持点
防 振 器	配管の振動、変位を防止する。	流体式・機械式防振器	低速変位を許容し、高速変位を拘束	拘束方向に係る配管支持点
		バネ式防振器	バネの力で変位を低減	バネ支持点。ただし、許容スパン法では配管支持点とみなす。
レ ス テ ィ ン グ 等	配管系の自重を支持する。	レスティング	下方から配管自重を支え、下方向変位を拘束	自重、熱、地震の荷重を考慮して上方向変位がないとき、鉛直方向の配管支持点
		リジッドハンガー	上方から配管自重を支え、下方向変位を拘束	
		バリアブルハンガー	バネで自重を支持	バネ支持点。ただし、許容スパン法では配管支持点とみなす。
		コンスタントハンガー	カウンターウエイト又はバネにより配管自重を支持	地震時の配管支持点とはしない。

(2) 配管系の耐震性評価の基本的考え方

- ア 配管系は、配管、フランジ継手、弁、伸縮自在継手等の耐圧部材のほか、配管を支持する構造物及びその基礎、配管と支持構造体をつなぐサポート類、貯槽等のノズル等から構成される。これらの構成要素が適切な耐震性能を有するよう総合的に設計する。
- イ 地震波（力、変位等）は、地盤から基礎、配管支持構造体、サポートを通して配管に伝わり、また配管に発生した揺れは、サポートを通して逆に地盤に伝わる。このように変位と力は系全体の構成要素において相互に影響しあうため、連成系としての応答解析による配管系の挙動を解析することができるが、通常は簡略化のため、配管支持構造物と配管を独立に解析する。
- ウ 配管支持構造物の応答解析は、配管を質量として考慮し地震加速度に対して応答解析を行い、配管支持点における加速度（震度）及び変位量を算定する。
- エ 配管支持構造物の応答解析から得られた加速度（震度）及び変位を入力値として配管系の地震応答解析を行い、配管各部、ノズル、配管支持構造物等の反力、モーメント、応力等を算定し、この算定応力等を耐震設計用許容応力と比較して評価を行う。

オ 多岐にわたる配管系のすべてを上記の応答解析による許容応力評価法で評価するのは実用的でないため、重要度の低い（Ⅱ又はⅢ）設備については、上記に準じて配管支持の強度と変位に対する系の可とう性を評価する許容スパン法によることができることとしている。

(3) 配管系の耐震性能評価の手順（解図 2.14 参照）

ア 配管系の重要度の決定

配管系の重要度は、当該配管系が接続される塔槽類の重要度のうち最上位のものとする。

イ 配管系の耐震性能評価法の決定

その重要度に応じ、応答解析による評価法又は許容スパン法によるかを決定する。

ウ 配管系の応答解析法の決定

応答解析法は、基本的に修正震度法とする。重要度がⅡ又はⅢの配管支持構造物の場合は、静的震度法によることができる。

エ 配管支持構造物の応答解析の実施

配管支持構造物の応答解析により、配管支持点の設計水平震度及び応答変位を算定する。この場合、配管はその剛性を無視し、配管支持点に関連する配管（継手、弁等を含む。）の重量を配管支持構造物に負荷させて応答解析を行う。応答変位の算定は、配管支持構造物の全高が5 m以下の場合省略できる。

オ 配管系の応答解析の実施

エにおいて求めた設計修正地震力及び配管支持点の応答変位に基づく移動量、配管の内圧、運転重量等に対して、配管系の静的応力計算を行う。

カ 配管系の算定応力等の計算

配管の荷重の組合せ、地震の方向等を考慮して、流体の圧力、運転重量及び設計地震力による長手方向応力並びに設計地震力及び配管支持点の移動量による繰り返し応力範囲を算定する。

配管に作用する設計地震力及び配管支持点の移動量による荷重等により、フランジ継手、弁、伸縮自在継手及び塔槽類のノズル部に生じる応力等を計算する。

キ 応力評価

算定応力等が配管系の種類及び応力種類ごとに定められた許容応力等以下であれば合格。

ク 配管支持構造物の耐震性能評価

(ア) 配管支持構造体

配管支持構造体が耐震設計設備である場合の耐震性能評価は、当該耐震設計設備に係る基準の規定による。また、配管支持構造体が耐震設計設備に類似した構造物である場合は、これに準じて行う。

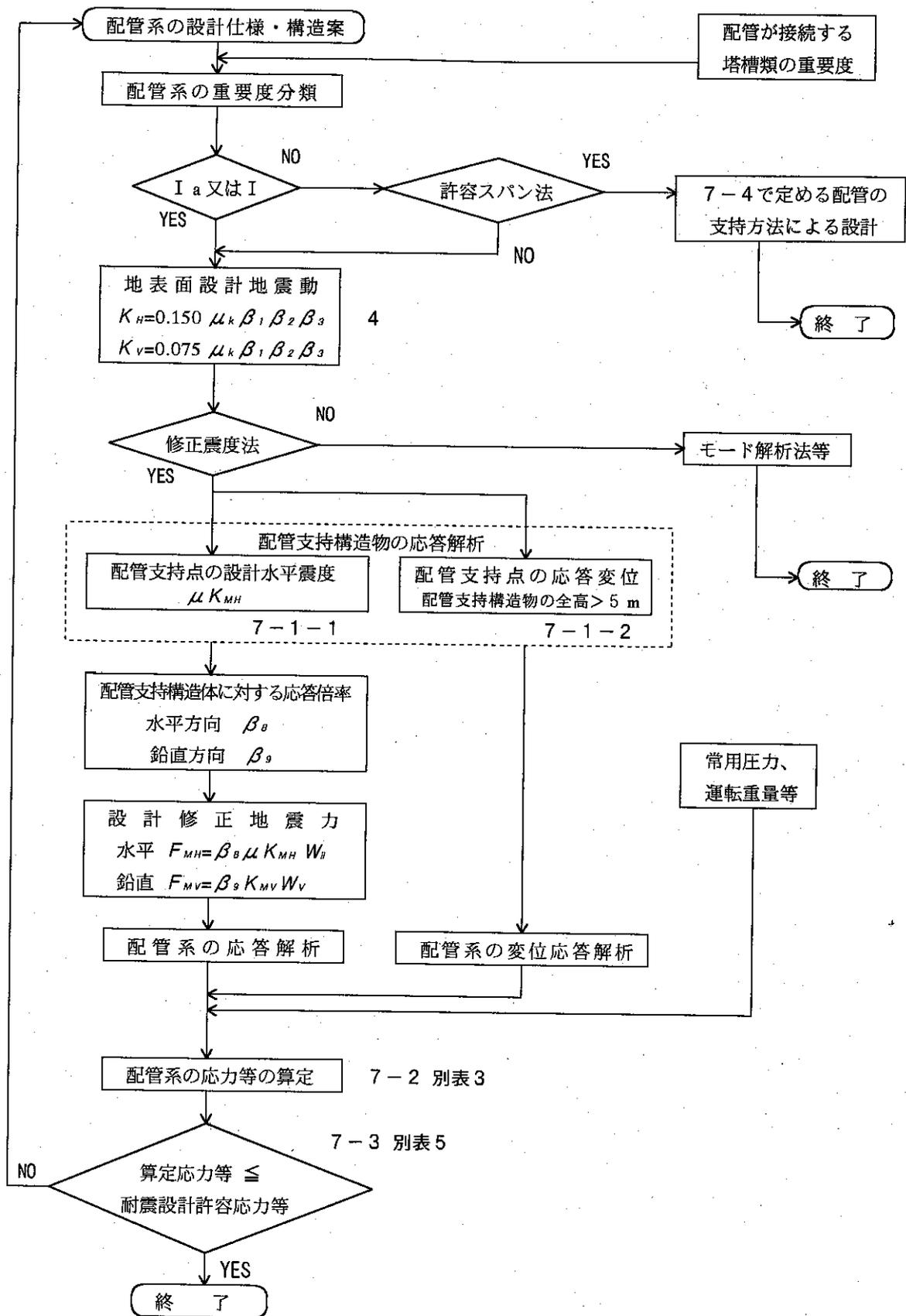
(イ) サポート

配管系の応答解析結果から得られる配管支持点における反力をサポート部品（溶着部品、取付金具、自立式構造物など）の強度設計に用いる。

(ウ) 配管支持構造体の基礎

配管支持構造体の基礎の耐震性能評価は、耐震設計設備の基礎に準じる。

解図 2.14 配管系のレベル1耐震性能評価手順



7-1 応答解析 関係

- 1 配管系の応答解析は、対象となる配管系を適切な梁（はり）構造モデル等に置き換えて、7-1(1)に規定するレベル1設計地震動に基づく応答解析及び同(2)に規定する配管支持構造物の応答変位に基づく応答解析を行う。(1)は地震による加速度（震度）応答解析であり、(2)は配管支持構造物の応答解析により求められる地震時における配管支持点の変位を配管系の強制変位として解析するものである。応答変位が少ないと考えられる、配管支持構造物の全高5 m以下の配管系では(2)の変位応答解析を省略できる。また、(1)において、重要度II又はIIIの配管の支持構造物については、静的震度法により行ってもよいこととする。
- 2 配管系の加速度（震度）応答解析及び変位応答解析における配管系モデルの原則は次のとおりである。
 - (1) 配管支持構造物の解析モデルは、塔槽類及び架構の耐震性能評価モデルに準じて作成する。
 - (2) 配管の解析モデルは、原則として直管及び曲がり管をそれぞれ直梁要素及び曲がり梁要素にモデル化して構造解析を行う。
 - (3) 配管の解析モデル化の範囲は、原則として固定支持点間とする。ただし、力学的に妥当な場合はこの限りでない。
 - (4) 配管の梁要素の剛性及び配管に生じる応力の算定は、公称寸法から腐れ代を除いたものとし、配管の重量は公称寸法により算定する。

7-1-1 修正震度法 関係

- 1 配管系の設計地震動に基づく応答解析は、基本的に修正震度法によって行う。

配管系の設計修正水平地震力（ F_{MH} ）及び設計修正鉛直地震力（ F_{MV} ）は、配管支持構造物の応答解析によって求める。すなわち、配管支持点における設計水平震度（ μK_{MH} ）及び設計鉛直震度（ K_{MV} ）を、当該配管支持構造物の応答解析の種類に応じた応答解析結果から求め、これにそれぞれ配管の配管支持構造物に対する水平方向応答倍率（ β_B ）及び鉛直方向応答倍率（ β_g ）、配管の運転重量（それぞれ W_H 及び W_V ）を乗じることによって求める。

$$F_{MH} = \beta_B \mu K_{MH} W_H \quad \text{〔式 7.1〕}$$

$$F_{MV} = \beta_g K_{MV} W_V \quad \text{〔式 7.2〕}$$

- 2 配管支持構造物として想定されているのは、耐震設計設備（塔槽類、塔槽類の支持構造物、塔槽類の架構）及びこれに類似の構造物（架構、T型サポート、M（門）型サポートなど）である。

配管系の設計水平震度（ μK_{MH} ）及び設計鉛直震度（ K_{MV} ）は、配管支持構造物が耐震設計設備であるものについては6の該当規定による応答解析による設計震度に当該配管支持構造物（耐震設計設備）の高さに応じたファクター（ μ ）を加味して求める。耐震設計設備に類似の構造物については、塔槽類の架構に準じた方法で応答解析を行って求める。

(1) 配管系の設計水平震度（ μK_{MH} ）

ア 配管支持構造物の応答解析を修正震度法で行った場合

例えば塔槽類の配管（当該塔槽類の配管接続ノズル部が配管支持点）で、当該塔槽類の応答解析を6-1-2に定める修正震度法で行った場合、 K_{MH} は同(1)で求めた値となる。ただし、 K_{MH} は地表面設計水平地震動 K_H 以上とし、また配管支持構造物の高さが3 m以下の場合は、地盤面と同じ挙動を示すと考え $K_{MH} = K_H$ （地表面設計水平震度）とする。

高さ方向震度分布係数 μ は、次による。

解表 2.7 高さ方向震度分布係数

配管支持構造物の構造	μ
<ul style="list-style-type: none"> 配管支持構造物（耐震設計設備）の高さ 10 m 以下のもの 配管支持構造物がスカート支持の塔類であって、平均直径に対するベースプレートからの高さの比が 4.0 未満のもの 	1.0
上記以外の配管支持構造物	$1.5 H/H_t$

H ; 配管支持点の高さ (m) H_t ; 配管支持構造物の高さ

イ 配管支持構造物の応答解析を静的震度法で行った場合

μK_{MH} は、6-1-1(1)に規定する設計静的水平震度 K_{SH} と同じ値とする。

(2) 配管系の設計鉛直震度 (K_{MV})

6-1-2(1)に定める K_{MV} 、又は当該配管支持構造物を架構に準じた方法で応答解析を行って求まる値とする。配管支持構造物の高さが 3 m 以下の場合、 $K_{MV} = K_V$ (地表面設計鉛直震度) とする。

3 配管の配管支持点における配管支持構造物に対する応答倍率は、次のように定められている。

(1) 水平方向応答倍率 β_h

解表 2.8 配管支持構造物の水平方向応答倍率 β_h

区 分	β_h
下記以外のもの	2.0
配管支持構造物が架構上の塔槽類である場合	別表 1 の B 欄の当該欄に規定する β_r に 2.0 を乗じた値
配管のうち弁に係るもの	2.0 に当該弁の構造、支持方法等に応じ 1.0 ~ 3.0 の乗数 (注) を乗じた値

(注) 弁に係る乗数は次のとおりとする。

H/\sqrt{D}	乗 数
40 以下	1.0
40 超 60 以下	$0.1 \frac{H}{\sqrt{D}} - 3.0$
60 超	3.0

左表において

H ; 弁のボンネットフランジ面から当該フランジ面上部の重量の重心までの距離 (mm)

D ; 弁のヨーク部の最小幅 (mm)

(2) 鉛直方向応答倍率 β_v 2.0

4 配管支持点における配管の設計地震力を算定するための配管の運転重量等は、水平方向についての W_h は運転重量 (配管の自重と内容物の重量との和。単位 N)、鉛直方向についての W_v は設計鉛直地震力を算定する位置に作用する配管の自重と内容物の重量の和 (単位 N) とする。

7-1-2 配管支持構造物の応答変位 関係

1 配管支持構造物の応答変位に基づく当該配管系の応答解析は、当該配管支持構造物を適切な振動系モデルに置き換え、修正震度法、その他適切な動的解析法によって、配管支持構造物の設計用地震動によって生じる振動から配管支持点の変位量 (移動量) を算定する。重要度が II 又は III の耐震設計設備に支持される配管系については、6-1-1 に規定する静的震度法によることが

できる。

算定された変位量は7-2で規定する配管系の算定応力等の算出の際、変位をモーメント等に換算して用いることになる。

- 2 配管支持構造物の応答変位に基づく応答解析は、当該配管支持構造物の全高が5 mを超えるものに限っている。全高5 m以下のものについては、7-2の算定応力等の計算において変位量は考慮しないで行う。

7-2 算定応力等 関係

- 1 配管系の算定応力等は、7-1の配管支持構造物の応答解析によって求めた配管支持点における設計修正地震力及び変位量、流体の圧力、運転重量等に対し配管系の静的応力計算を行い、次の配管系の種類別に、主要部位に生じる応力等を算定する。

配管系の種類別の算定すべき応力等の計算方法は、別表3に示している。

- (1) 配管本体の曲がり管部、分岐部及び配管支持点
 - (2) フランジ継手（重要度II又はIIIの配管系に係るものを除く。）
 - (3) 弁（固有振動数20 Hz以上のものを除く。）
 - (4) 伸縮継手
 - (5) 塔槽類のノズル部（重要度I a及びIIの配管系に接続されるものに限る。）
 - (6) 配管支持構造物（塔槽類及び架構等に支持される配管支持構造物を除く。）
- 2 配管本体（上記(1)）の応力算定における各荷重の組合せは次のとおりである。

解表 2.9 配管の応力算定における荷重組合せ

応力の種類	荷重の種類	流体の 圧 力	運 転 重 量	地震荷重	
				慣性力	変 位
長手方向応力		○	○		
繰り返し応力範囲				○	

- 3 別表3（上記1(3)）中、弁の「固有振動数 20Hz 以上」の判定については、弁の強度計算から固有振動数を算出するほか、解表 2.8 の注に示す H/\sqrt{D} が 40 以下であることを確認することをもって判定してもよいものとする。

- 4 配管支持構造物の応力算定は、①配管支持構造体、②サポート及び③配管支持構造体の基礎に区分して行われることになるが、上記1(6)はこのうち②に関するものである。

配管支持構造物の応力の算定は、(社)日本建築学会の「鋼構造設計規準(1973年)」、「鉄筋コンクリート構造計算規準(1991年)」及び「鉄筋鉄骨コンクリート構造計算規準(1987年)」によるものとする。ただし、単位系はSI単位に換算することとする。

別表3中、配管支持構造物に係る「その他耐震上特に重要な部分」とは、仕口のうち重要なもの及びベースプレートをいう。

7-3 耐震設計用許容応力等 関係

配管系の耐震設計用許容応力等は、次の配管系の種類別に、別表5に示すところによる。

- (1) 配管
- (2) フランジ継手
- (3) 弁
- (4) 伸縮継手のペローズ
- (5) 塔槽類のノズル部

7-4 配管支持の方法 関係

- 1 3-2(1)アのただし書きの規定により、重要度II又はIIIの配管系であって、7-4の配管支持の方法(許容スパン法)により設計した場合は、7-1から7-3の規定による応答解析に基づく許容応力評価を省略できる。

許容スパン法は、配管系における地震時の慣性力及び配管支持点間の相対変位に対して、配管の支持(固定)方法、配管径に応じた配管支持点間の距離及び配管の変位吸収能力について検討、設計することによって対応する簡易設計法である。すなわち、7-4(1)では配管を管軸3方向について支持(固定支持)すること、(2)では配管支持点間の距離(配管スパン長)を高圧ガスの状態及び管径に応じて定めた配管支持点間の長さ(許容スパン長)以下とすること、(3)では地震動による支持点間の相対変位量を当該配管の許容ひずみ等から求める変位吸収能力以下とすることが定められ、(1)から(3)の規定のすべてが満たされることとして行う。

許容スパン法は、(1)及び(2)によって地震力に対する配管支持の強度、剛性を、(3)によって配管の可とう性による地震時の相対変位の吸収について評価するものである。

- 2 許容スパン法による配管系の耐震性能評価を行う配管系の範囲は次のとおりである。
 - (1) 配管の固定支持点から固定支持点までの配管区間ごとに評価を行う。当該区間内に適用対象外の配管が含まれる場合は、対象区間を超える第1支持点までを評価範囲とする。
 - (2) 許容スパン長の評価は、① 当該配管系の最大スパン長の配管スパン及び② 弁、保温材等による集中荷重が付加される配管スパン等について行う。
 - (3) 変位吸収能力の評価は、① 両端の支持点が異なる配管支持構造体に設置されている配管スパン及び② 分岐部を有する配管スパンであって分岐管の外径が母管の外径の1/2以下の分岐部より分岐管の第1支持点までの配管について行う。
 - (4) (2)及び(3)の評価は、管軸方向及び管軸直角2方向の3方向について行う。伸縮継手を有する配管スパンにあつては、伸縮継手に係る変位吸収能力の評価を行う。

(1) (配管支持方法) 関係

配管は、管軸と直行する2方向及び管軸方向の3方向の地震力に対して、変位を拘束するよう有効に支持する。すなわち、固定支持点とするということである。固定支持点は、溶接等によるサポートであるが、Uボルト又はUバンドによるもの(一般的には、管軸方向拘束とはみなさない。)であっても、4B以下の配管であつて支持構造体に密着して取り付けられる場合には3方向支持点(固定支持点)とみなす。

(2) (配管スパン長) 関係

- 1 (2)中、「配管支持構造物の間の配管の長さ」は、ガイド、Uボルト等のサポートに係る配管支持点の間の長さとする。

表7.1中の配管の外径について、該当する配管の外径がない場合は、外径に関して同表の値から直線補間して算定することとする。

許容スパン長の算定において、外径が48.6mm未満の配管にあつては48.6mmの値を、また、外径が609.6mmを超え1,000mm以下の配管にあつては609.6mmの値を適用することとする。なお、外径が1,000mmを超える配管にあつては、7-1から7-3の規定に規定する方法で計算する。

- 2 表7.1に示す許容スパン長は、配管中の弁等の集中荷重、保温材等の分布荷重が付加されないときのものである。これらを付加した許容スパン長の算定は次による。

- (1) 保温材等の分布荷重又はバルブ等の集中荷重が付加されないときの許容スパン長 L_0 (以下「基本許容スパン長」)は解表2.10.1及び2.10.2による。

解表 2.10.1 配管の基本許容スパン長 (液化ガス)

呼び径 (B)	呼び径 (A)	外径 (mm)	基本許容スパン長 L_a (m)	基準集中荷重 W_a (N)
1-1/2B	40A	48.6	6.6	407
2B	50A	60.5	7.1	605
2-1/2B	65A	76.3	7.9	1,116
3B	80A	89.1	8.6	1,545
3-1/2B	90A	101.6	9.0	1,986
4B	100A	114.3	9.5	2,532
5B	125A	139.8	10.2	3,802
6B	150A	165.2	10.8	5,357
8B	200A	216.3	12.2	9,629
10B	250A	267.4	13.2	15,208
12B	300A	318.5	14.2	22,361
14B	350A	355.6	15.0	28,851
16B	400A	406.4	16.0	40,325
18B	450A	457.2	16.8	53,612
20B	500A	508	17.6	67,633
22B	550A	558.8	18.4	85,563
24B	600A	609.6	19.1	103,946

解表 2.10.2 配管の許容スパン長 (圧縮ガス)

呼び径 (B)	呼び径 (A)	外径 (mm)	基本許容スパン長 L_a (m)	基準集中荷重 W_a (N)
1-1/2B	40A	48.6	7.0	304
2B	50A	60.5	7.8	445
2-1/2B	65A	76.3	8.7	839
3B	80A	89.1	9.5	1,126
3-1/2B	90A	101.6	10.1	1,414
4B	100A	114.3	10.7	1,775
5B	125A	139.8	11.7	2,616
6B	150A	165.2	12.7	3,616
8B	200A	216.3	14.8	6,349
10B	250A	267.4	16.4	9,863
12B	300A	318.5	18.0	14,281
14B	350A	355.6	19.0	18,110
16B	400A	406.4	20.3	25,339
18B	450A	457.2	21.5	33,995
20B	500A	508	22.7	42,112
22B	550A	558.8	23.8	51,141
24B	600A	609.6	24.9	64,243

(2) 保温材等の分布重量及び弁等の集中重量が付加される場合の許容スパン長は、解表 2.10.1 及び 2.10.2 に掲げる基本許容スパン長に、それぞれ分布重量補正係数 ϕ_d 及び集中重量補正係数 ϕ_c を乗じた値を許容スパン長とする。

(3) 保温材等の分布重量が付加されるときは、次式により分布重量補正係数 ϕ_d を算出するものとする。

$$\phi_d = \left(1 + \frac{\Gamma}{\Gamma_p}\right)^{-0.25} \quad \text{〔解式 2.6〕}$$

ϕ_d : 分布重量補正係数、なお、 $\Gamma/\Gamma_p \leq 0.5$ の時、 $\phi_d = 1.0$ とみなすことができる。

Γ_p : 配管長さ 1m あたりの配管及び配管内流体重量の和(N/m)

Γ : 配管長さ 1m あたりの保温材等の分布重量(N/m)

(4) 当該配管スパンにバルブ等の集中重量が付加されているとき、集中重量補正係数 ϕ_c は解図 2.15 又は解表 2.11 により算出するものとする。解図 2.15 において縦軸は集中重量補正係数 ϕ_c を表し、横軸は付加重量率 r_w を表す。ここで、付加重量率 r_w は、次式により算出される値とする。なお、 $r_w \leq 0.25$ の時は $\phi_c = 1.0$ である。

$$r_w = \frac{\omega}{W} \left(1 + \frac{\Gamma}{\Gamma_p}\right) \quad \text{〔解式 2.7〕}$$

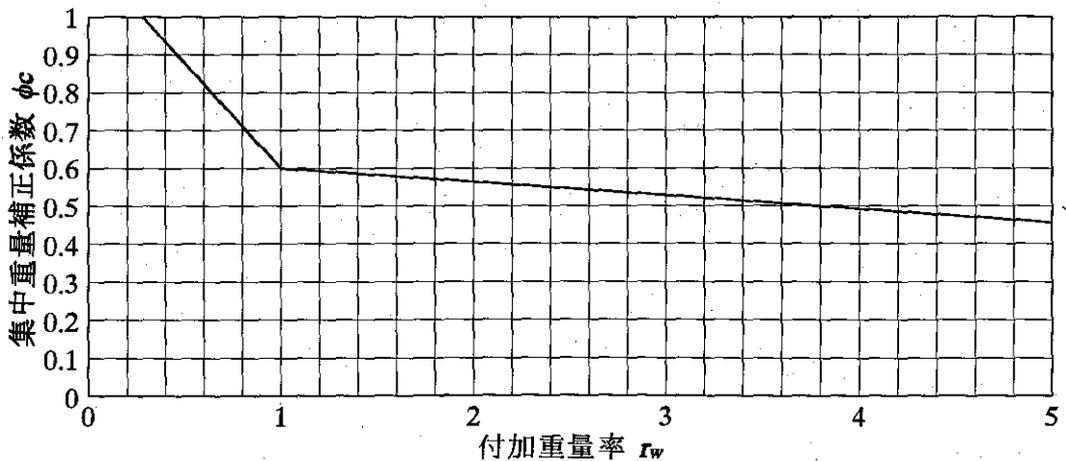
r_w : 付加重量率

ω : 当該スパンの集中重量 (N)

W_a : 液化ガス配管は解表 2.10.1、圧縮ガス配管は 2.10.2 に示す基準集中荷重(N)

Γ, Γ_p : (3) の Γ 及び Γ_p と同じ。

解図 2.15 集中重量補正係数



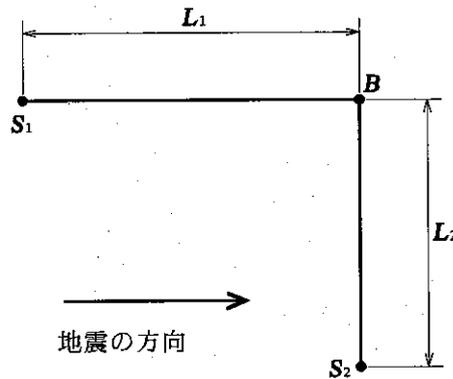
解表 2.11 集中重量補正係数

付加重量率の範囲	集中重量補正係数 ϕ_c
$r_w \leq 0.25$	$\phi_c = 1.0$
$0.25 \leq r_w < 1$	$\phi_c = 1.13 - 0.53 \cdot r_w$
$1 < r_w$	$\phi_c = 0.636 - 0.036 \cdot r_w$

3 配管スパン長は、次により算定する。

- (1) 水平2方向及び鉛直方向のそれぞれの地震動の方向に係る配管スパン毎に評価を行う。
- (2) 配管スパンの長さは隣り合う支持点の間の配管管軸に沿った長さを算出する。
- (3) (2)の算出においては、当該支持点における管軸が支持方向（地震動の方向）と一致する場合は当該支持点から最初の曲がり管までの長さは含めないで算出することができる。

解図 2.16 管軸方向支持点を有する配管スパン



解図 2.16 の例の場合で、支持点 S_1 及び S_2 が当該地震方向支持点とするとき、管 S_1-B は、管軸が地震方向と一致するので、配管スパン長の算出に当たっては長さ L_1 は加えず、 $L=L_2$ となる。

- (4) 当該配管スパンにおいて配管外径が異なる場合には、配管スパン長 L は次の算式にて当該配管スパンの最大管径に換算して、算出するものとする。

$$L = l + l_1 \sqrt{\frac{d}{d_1}} \quad \text{〔解式 2.8〕}$$

- L : 配管スパン長 (m)
- d : 当該配管スパン内の最大管外径 (mm)
- d_1 : 配管外径 (mm)
- l : 配管の外径 d なる配管の長さ (m)
- l_1 : 配管の外径 d_1 なる配管の長さ (m)

- (5) 解図 2.17 に示すような分岐部を有する配管の場合

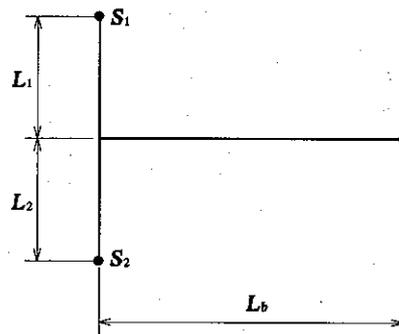
ア 分岐管外径が母管外径の 1/2 を超える場合

$(L_1 + L_2)$ 、 $(L_1 + L_b)$ 及び $(L_2 + L_b)$ のいずれもが許容スパン長以下であるものとする。同図においては、当該地震方向は紙面直角方向とし、支持点 S_1 、 S_2 及び S_b は紙面直角方向を支持する配管支時点としている。なお、 L_1 、 L_2 及び L_b は(1)から(4)により算出する。

イ 分岐管外径が母管外径の 1/2 以下の場合

$(L_1 + L_2)$ 及び L_b のいずれもが許容スパン長以下であるものとする。

解図 2.17 分岐部を有する配管スパン



(2) (配管の変位吸収能力) 関係

1 配管の変位吸収能力の評価は、評価を行う配管スパンについて、両端の配管支持点の相対変位量が、当該スパンの配管本体の変位吸収能力を超えないことを確認することとして行う。地震時の配管支持点間の相対変位量の評価は、当該配管支持構造物の全高が5 m以下のものについては省略できる。この場合において、配管支持点の一方の配管支持構造物の全高は5 mを超え、他方は5 m以下である時には、前者の地震時変位量をもって当該支持点間の相対変位量とする。

2 評価する配管支持点間の配管の変位吸収能力の算定は次による。

(1) 両端の支持点異なる配管支持構造体に設置されている配管スパン及び分岐部を有する配管スパンにあって分岐管の外径が母管の外径の1/2以下の分岐部より分岐管第1支持点まで配管に関して変位吸収能力の評価を行う。

(2) 当該配管スパンの変位吸収能力 δ_a は、次式により計算する。

$$\delta_a = L_j \cdot f \quad \text{〔式 7.4〕}$$

δ_a : 当該地震方向に係る配管スパンの変位吸収能力 (mm)

L_j : 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、(4)に述べる原則に従い算出するものとする。(mm)

f : 管長さ1mm当たりの変位吸収能力であって、次の算式により得られる値

$$f = \frac{C \cdot \varepsilon_y \cdot L_j}{D} \quad \text{〔式 7.5〕}$$

C : 配管材料の許容ひずみにより定まる定数で、降伏ひずみまで許容するとして、 $C = 0.67$ とする。

ε_y : 配管材料の降伏ひずみで、次の算式により得られる値。

$$\varepsilon_y = \frac{S_y}{E} \quad \text{〔解式 2.9〕}$$

S_y : 材料の設計温度における降伏点又は0.2%耐力 (N/mm²)

E : 材料の設計温度における縦弾性係数 (N/mm²)

D : 配管の外径 (mm)

(3) 伸縮継手に係る変位吸収能力

伸縮継手を有する配管スパンの変位吸収能力は、7-3別表5のエによる許容応力振幅に

対応する当該配管支持点間の相対変位量とする。

(4) 配管スパン投影長

配管スパン投影長は、次の原則により算出するものとする。

ア 水平2方向のそれぞれの地震動の方向に係る配管スパン毎に評価を行う。

イ 配管スパン投影長は、当該地震方向に直交する平面への当該配管スパンの投影図において、隣り合う支持点の間の配管管軸に沿った長さ L_j とする。

ウ 当該配管スパンにおいて、配管外径が異なる場合に配管スパン長 L_j は次の算式にて、当該配管スパン内の最大管径に換算して、算出するものとする。

$$L_j = l + l_1 \sqrt{\frac{d}{d_1}} \quad \text{〔解式 2.10〕}$$

L_j : 配管スパン長 (m)

d : 当該配管スパン内の最大管外径 (mm)

d_1 : 配管外径 (mm)

l : 配管の外径 d なる配管の投影長 (m)

l_1 : 配管の外径 d_1 なる配管の投影長 (m)

エ 解図 2.17 に示すような分岐部を有する配管スパンの場合

(ア) 分岐管部が母管外径の 1/2 を超える場合

変位吸収能力評価は、投影長 $L_j(12) = (L_1 + L_2)$ 、 $L_j(1b) = (L_1 + L_b)$ 及び $L_j(2b) = (L_2 + L_b)$ に係る変位吸収能力をそれぞれ $\delta_c(12)$ 、 $\delta_c(1b)$ 及び $\delta_c(2b)$ とし、また、支持点 S_1 - S_2 の相対変位を $\Delta(12)$ 、支持点 S_1 - S_b の相対変位 $\Delta(1b)$ 、支持点 S_2 - S_b の相対変位 $\Delta(2b)$ とするとき、 $\Delta(12) \leq \delta_c(12)$ 、 $\Delta(1b) \leq \delta_c(1b)$ 及び $\Delta(2b) \leq \delta_c(2b)$ を確認することによる。同図においては、当該地震方向は紙面直角方向とし、支持点 S_1 、 S_2 及び S_b は紙面直角方向を支持する配管支持点としている。

なお、 L_1 、 L_2 及び L_b は(1)から(3)により算出する。

(イ) 分岐管外径が母管外径の 1/2 以下の場合

$$\Delta(12) \leq \delta_c(12) \text{ 及び } \frac{\Delta(1b) + \Delta(2b)}{2} + 20 \left(\frac{L_{12}}{L} \right)^4 \leq \delta_c(Tb) \text{ を確認することによる。}$$

ここで $\delta_c(Tb)$ は L_b に係る変位吸収能力とし、 L は当該母管に係る許容スパン長とし、 L_{12} は当該母管の配管スパン長とする。

3 評価する配管支持点間の相対変位量の算定は次による。

(1) 変位吸収能力の評価を行う配管スパンにおいて、当該地震方向に係る支持点の地震時変位量は、支持点の高さに応じて(2)に示す方法により得られた当該支持点に係る配管支持構造体の地震時変位量とする。

当該配管スパンに係る相対変位 Δ は、次の算式により得られた値とする。

$$\Delta = \delta_1 + \delta_2 \quad \text{〔解式 2.11〕}$$

Δ : 当該配管スパンに係る相対変位量 (mm)

δ_1 : 支持点1の地震時変位量 (mm) で、(2)による。

δ_2 : 支持点2の地震時変位量 (mm) で、(2)による。

(2) 配管支持構造体の地震時変位

全高 5 m 以下の配管支持構造体に関しては変位量の評価を省略してよい。

ア 自立式スカート支持塔の地震時変位

自立式スカート支持塔の地震時変位は配管支持点の高さ毎に次式により計算するものとする。

$$\delta = C_b K_H \sqrt{H_t} \cdot h^{1.5} \quad \text{〔解式 2.12.1〕}$$

δ : 当該配管支持点の変位 (mm)

K_H : 配管系の重要度に係る 4 に定める地表面における水平震度

C_b : 1.0

H_t : 当該自立式スカート支持塔の全高 (m)

h : 当該配管支持点の高さ (m)

イ 球形貯槽の地震時変位

球形貯槽の地震時変位は次式により計算するものとする。

$$\delta = 150 K_H \quad \text{〔解式 2.12.2〕}$$

δ : 当該配管支持点の変位 (mm)

K_H : 配管系の重要度に係る 4 に定める地表面における水平震度

ウ その他配管支持構造体の地震時変位

その他の配管支持構造体の場合、地震時変位は配管支持点の高さ毎に次式により計算するものとする。

$$\delta = C_s \cdot K_H \cdot H_t \cdot h \quad \text{〔解式 2.12.3〕}$$

δ : 当該配管支持点の変位 (mm)

K_H : 配管系の重要度に係る 4 に定める地表面における水平震度

C_s : 0.7

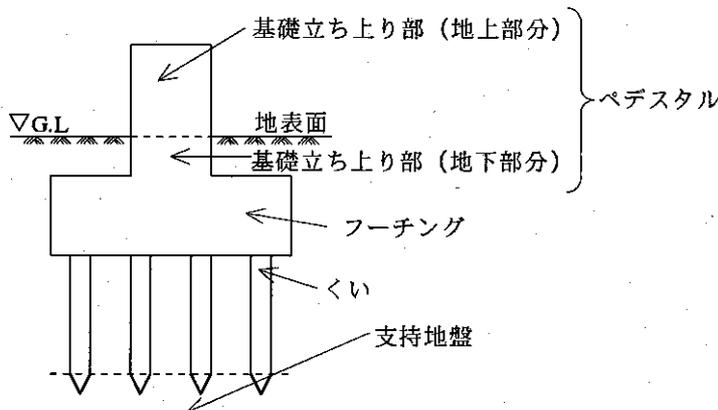
h : 当該配管支持点の高さ (m)

H_t : 当該配管支持構造体の全高 (m)

8 基礎の耐震設計 関係

- 1 基礎の耐震設計（レベル1耐震性能評価）は、8-1の規定により地表面設計地震動に基づく基礎の応答解析を行い、これによって求めた基礎に作用する設計地震力及び上載構造物から基礎に作用する地震力から8-2の規定により基礎の耐震上重要な各部位に生じる算定応力等を計算し、これが8-3に規定する基礎の部材等の種類に応じた耐震設計用許容応力等を超えないこととして行う。
- 2 基礎の耐震設計は、①基礎本体の強度・剛性、②直接基礎の地盤の地耐力及び安定性、③くい基礎のくい本体及びくい支持地盤強度及び④地盤の液状化に関して行う。
基礎のレベル1耐震性能評価における地盤の液状化の検討及び対策については、8-4に規定するところによる。
基礎（くい基礎）の各部分の名称を解図 2.18 に、基礎の耐震設計手順を解図 2.19 に示す。
なお、「直接基礎」とは、くいをを用いない基礎である。
- 3 耐震設計設備の基礎の設計は、耐震設計設備等の耐震設計とは別々に行われることが一般的であるが、耐震設計設備から作用させる地震力（ローディングデータ）の算定は当該設備の応答解析に基づくものであり、基礎の設計は、耐震設計構造物全体の設計の中で行う必要がある。特に、修正震度法による横置円筒形貯槽に係る耐震設計においては、基礎の形状等が耐震設計設備の応答解析（固有周期の算定）に影響するため、設計はシステム的に行う必要がある。
- 4 地盤によっては、基礎に浮力を生じたり、くいにネガティブフリクションにより荷重がかかったりして、くいの支持能力に悪影響を及ぼすことがあるので注意する。

解図 2.18 基礎の名称



8-1 応答解析 関係

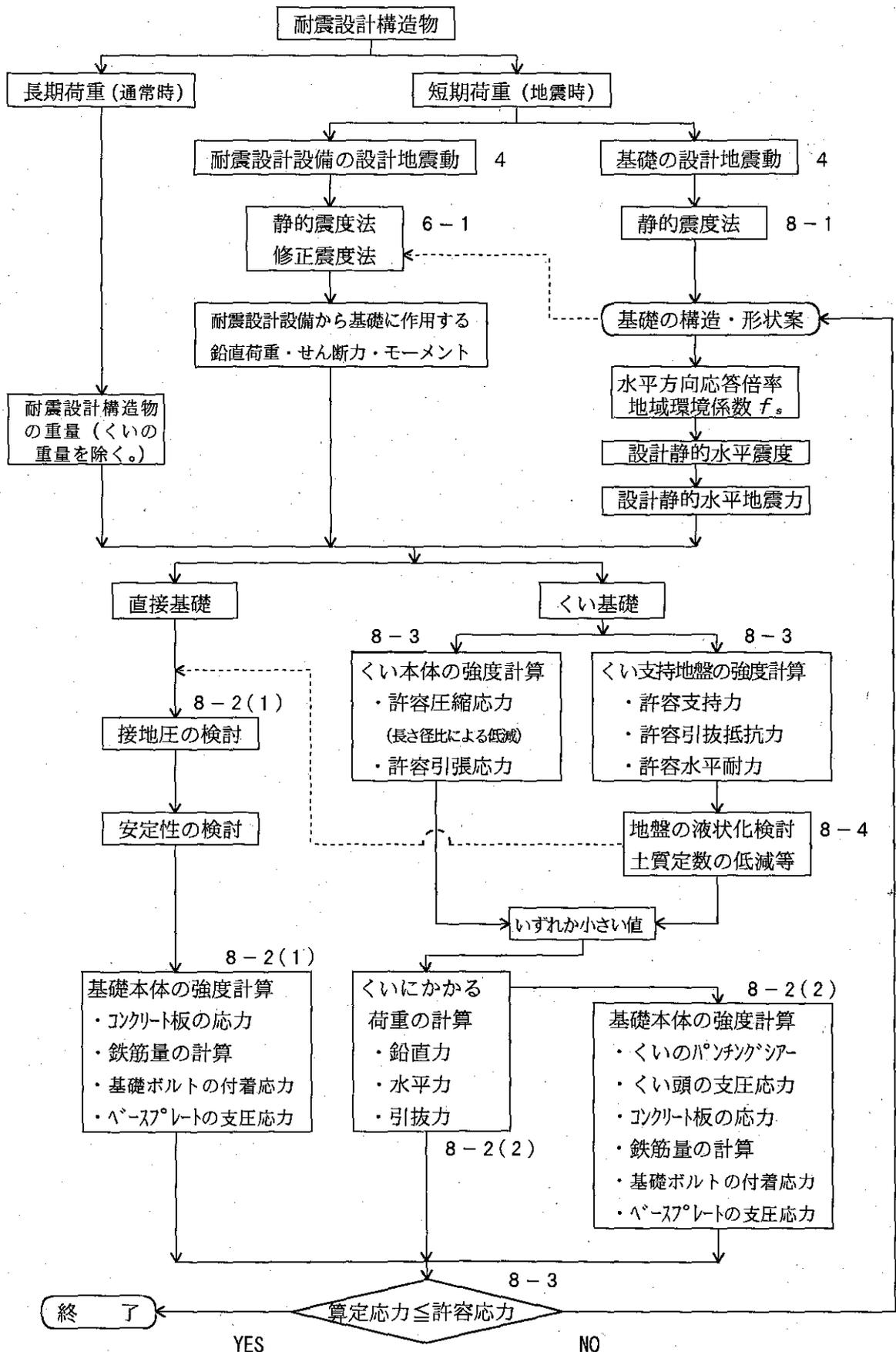
基礎の設計地震動による応答解析は、静的震度法により、鉛直方向の地震力（基礎に直接作用する地震力）は考慮しない。

(1) (設計静的水平震度) 関係

- 1 基礎に係る設計静的水平震度 K'_{SH} の算定に当たっては、6-1-1(1)の表 6.1 に示す地域環境係数 f_s (1.00 ~ 1.33) を乗じる。ただし、不活性ガスに係る耐震設計設備等の基礎については、 $f_s = 1.00$ とする。地域環境係数については、5 関係解説 2 を参照。

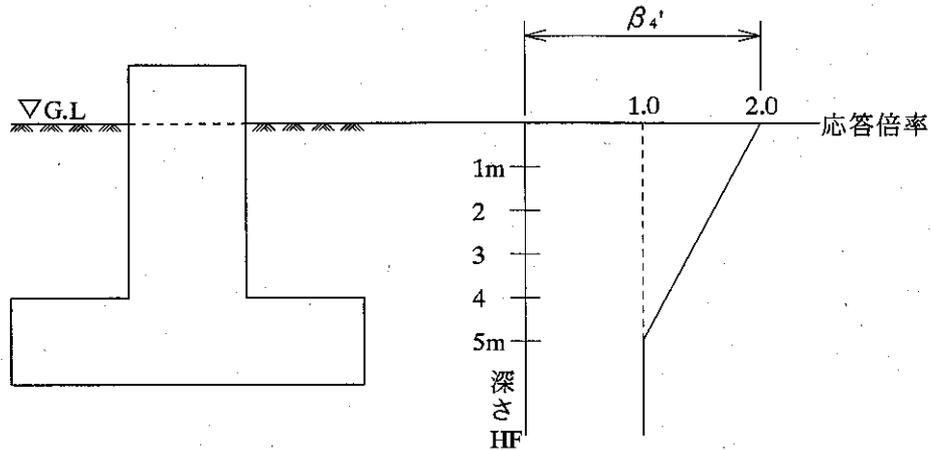
$$K'_{SH} = f_s \beta_A' K_H \quad \text{〔式 8.1〕}$$

解図 2.19 基礎の耐震設計（レベル1耐震性能評価）の手順



- 2 水平方向の応答倍率 β_4' は、解図 2.20 に示すように、基礎の地上部分については一定 (2.0)、地下部分は下方に向かって低減し、5 m を超える地下部分については 1.0 とする。計算手順上は、解図 2.21 に示す分割の例により各部分の β_4' を求める。

解図 2.20 基礎の水平方向応答倍率 β_4'

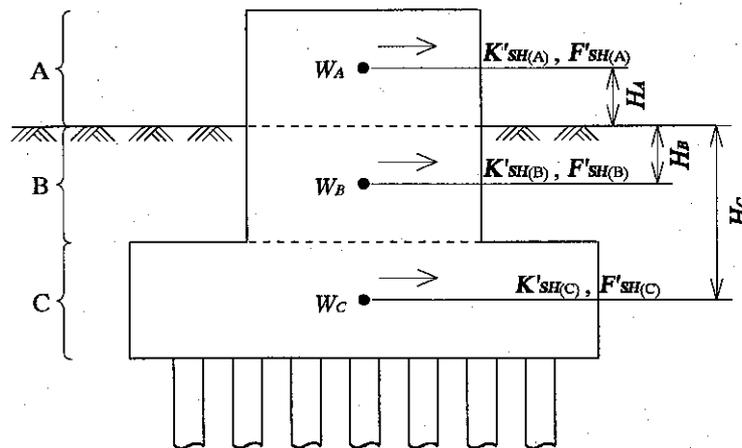


(2) (設計静的水平地震力) 関係

- 1 基礎に係る設計静的水平地震力震度 F'_{SH} は、基礎本体を例えば解図 2.21 のように設計静的水平震度 K'_{SH} (β_4') の区分に応じて分割し、各部分ごとに〔式 8.2〕によって計算する。

$$F'_{SH} = \lambda K'_{SH} W_F \quad \text{〔式 8.2〕}$$

解図 2.21 基礎の分割の例



- W_A : 基礎の地上部分 A の重量 (N)
- W_B : 基礎の地下部分 B の重量 (N)
- W_B : フーチングの重量 (N)
- H_A, H_B, H_C : 地表面から各部分の重心の位置までの距離 (m)
- $F'_{SH(A)}, K'_{SH(A)}$ 等 : 各部分の設計静的水平震度及び地震力

- 2 基礎に係る設計静的水平地震力は、基礎の各区画部分の根入れ深さ D_f (地表面から基礎の各区画部分の底面までの距離) に応じた値 λ を乗じて求める。

基礎の地上部分の高さ (地表面からベースプレートまでの高さをいう。) が 3 m 以上で、耐震設計設備と連成する場合は、根入れ深さに応じて地中部分のみに λ を乗じるものとする。なお、この場合の地上部分は架構として扱う。

表 8.2 D_f に応じた λ の値

D_f	λ
地上部分	0.5
$0 \leq D_f < 0.5$	0.5
$0.5 \leq D_f < 1.5$	0.4
$D_f \geq 1.5$	0.25

- 3 フーチング上の土の重量は、鉛直荷重として算入する (8-2) が、基礎に係る水平地震力の算定における水平荷重としては算定しない。また、くい本体への地震入力 (くい本体の重量に応じた地震力) は考慮しない。

8-2 算定応力等 関係

- 1 地震時に基礎に作用する力としては、耐震設計設備 (上載構造物) から基礎に作用する力と基礎の応答解析に基づく基礎本体に作用する設計地震力とがある。基礎に係る算定応力の計算に当たって考慮すべき外力は次のとおりである。

(1) 耐震設計設備から基礎に作用する力

ア 水平方向の力

耐震設計設備の設計水平地震力

イ 鉛直方向の力

耐震設計設備の運転重量及び設計鉛直地震力

ウ 転倒モーメント

耐震設計設備の高さ方向の各部分に作用する設計水平地震力とその高さとの積の和

(2) 基礎本体に作用する設計水平地震力

- 2 基礎の設計に当たっては、地震時等の短期荷重による耐震設計及び通常時の長期荷重による設計のそれぞれについて検討する。

- 3 基礎に作用する外力に基づき、基礎本体の各部、くい、地盤等に生じる応力等を算定する。

算定応力等の計算箇所は、直接基礎及びくい基礎の区分に応じ、8-2(1)及び(2)に規定している。

応力等の算定については、(社)日本建築学会の「建築基礎構造設計指針 (1988 年)」によるものとする。この場合において、8-2(1)の直接基礎の応力等については同指針「第II編5章 直接基礎の設計」の規定、同(2)のくい基礎の応力等については同指針「第II編6章 杭基礎の設計」の規定によるものとする。ただし、単位系は S I 単位に換算することとする。

- 4 8-2(1)及び(2)の規定について、応力等の算定部位及び応力種類の例を示すと次のようになる。

(1) 直接基礎

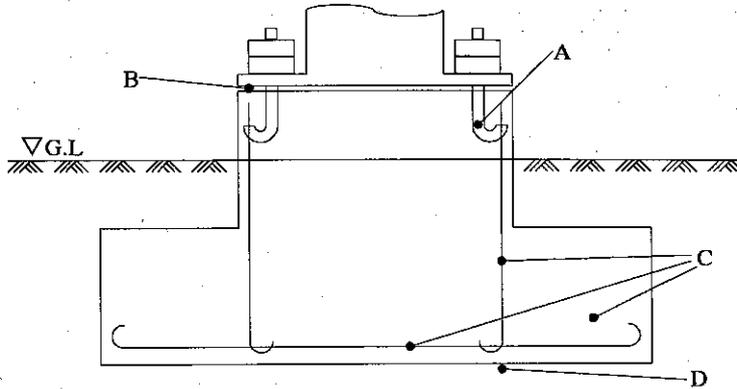
ア 基礎ボルト又はアンカーストラップの引抜力によりコンクリートに生じる応力

例 基礎ボルトのコンクリート付着応力 (解図 2.22 の A)

イ ベースプレートからの支圧力によりコンクリートに生じる応力

- 例 基礎上面の支圧力 (解図 2.22 のB)
- ウ 接地圧
 - 例 接地圧 (解図 2.22 のD)
- エ 基礎本体に生じる応力
 - 例 基礎本体の鉄筋の引張応力及びコンクリートの圧縮応力 (解図 2.22 のC)

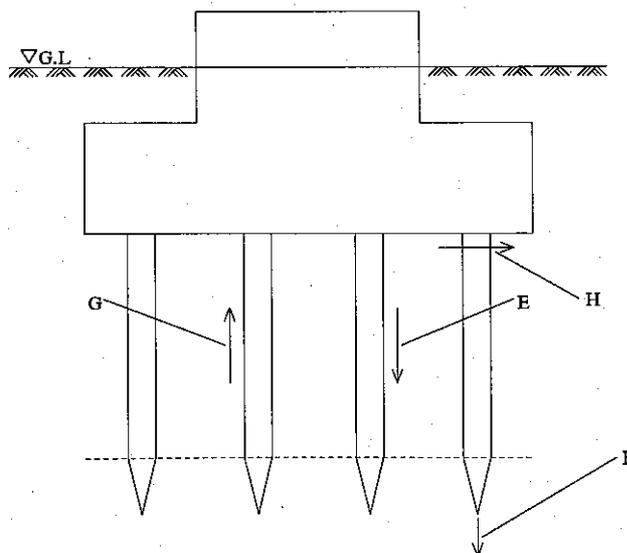
解図 2.22 直接基礎の応力算定部位



(2) くい基礎

- ア (1)直接基礎におけるア、イ及びエ
- イ ぐいが支持すべき鉛直荷重
 - 例 くい1本当たりの鉛直荷重 (解図 2.23 のE)
 - くい先端の接地圧 (解図 2.23 のF)
 - くい1本当たりの引拔力 (解図 2.23 のG)
- ウ 鉛直荷重及びくい頭に作用する水平地震力によりぐいに生じる応力
 - 例 くい1本当たりの水平力 (解図 2.23 のH)

解図 2.23 くい基礎の応力算定部位



5 基礎に作用する地震荷重の算定例を次に示す。

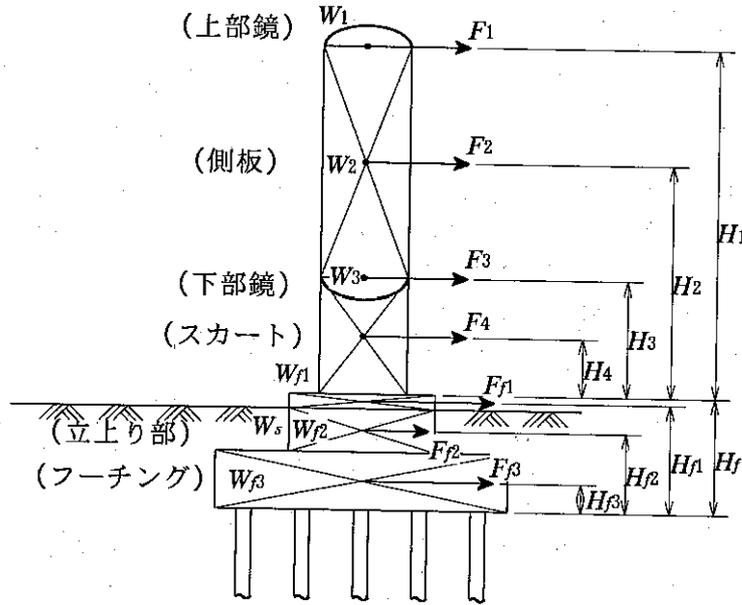
(1) 算定対象と算定荷重

応力を算定する位置とその算定荷重の例を解表 2.12 に示し、その場合における基礎に作用する耐震設計構造物に対する地震荷重を解図 2.24 に示す。

解表 2.12 基礎の算定荷重の例

位置	算定荷重
基礎上面	ボルトの引抜力・せん断力 ベースプレートの支圧力
基礎底面	地震荷重 くい荷重

解図 2.24 基礎に作用する地震荷重



- K_{av} : 設計鉛直震度 (静的震度法、重要度 II、III においては 0)
- W_1, W_2, W_3, W_4 : 耐震設計設備の分布重量 (N)
- W_{f1}, W_{f2}, W_{f3} : 基礎部の重量 (N)
- W_s : 基礎上の土の重量 (N)
- F_1, F_2, F_3, F_4 : 耐震設計設備の分布水平地震力 (N)
- F_{f1}, F_{f2}, F_{f3} : 基礎部の水平地震力 (N)
- H_1, H_2, H_3, H_4 : 地震力作用点のベースプレートからの高さ (mm)
- H_f : 基礎の厚さ (mm)
- H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} : 基礎の地震力作用点の高さ (mm)

基礎上面に作用する地震荷重 (解図 2.25.1 参照)

(a) 水平力 $Q_1 = \sum_{i=1}^4 F_i$ [解式 2.13.1]

(b) 鉛直荷重 $P_1 = \left(\sum_{i=1}^4 W_i \right) (1 \pm K_{MV})$ [解式 2.13.2]

(c) 転倒モーメント $M_1 = \sum_{i=1}^4 F_i H_i$ [解式 2.13.3]

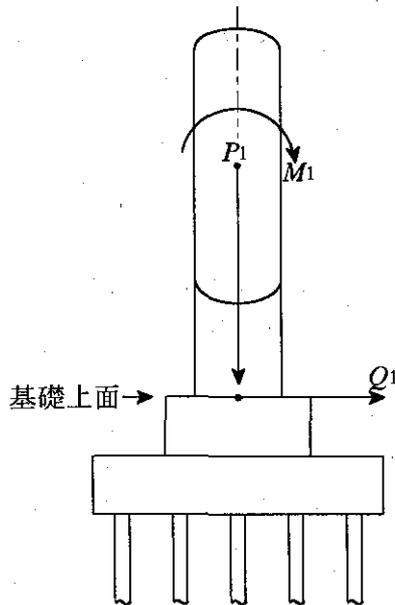
基礎底面に作用する地震荷重 (解図 2.25.2 参照)

(a) 水平力 $Q_3 = \sum_{i=1}^4 F_i + F_{f1} + F_{f2} + F_{f3}$ [解式 2.14.1]

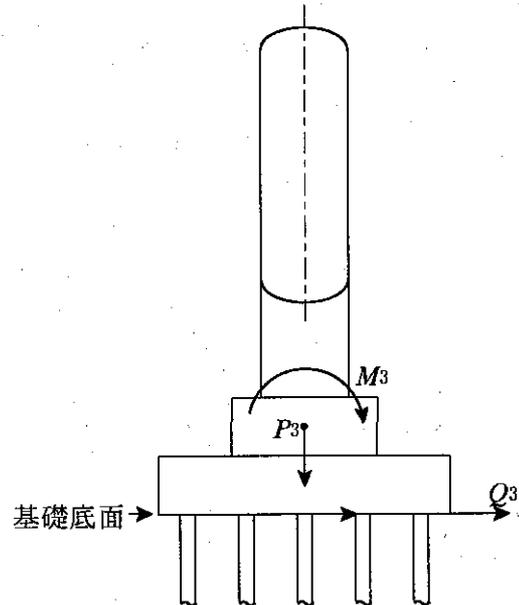
(b) 鉛直荷重 $P_3 = \left(\sum_{i=1}^4 W_i \right) (1 \pm K_{MV}) + W_{f1} + W_{f2} + W_{f3} + W_s$ [解式 2.14.2]

(c) 転倒モーメント $M_3 = \sum_{i=1}^4 F_i H_i + Q_1 H_f + \sum_{i=1}^3 (K'_{SH} \lambda W_f H_f)_i$ [解式 2.14.3]

解図 2.25.1 基礎上面に作用する地震荷重



解図 2.25.2 基礎底面に作用する地震荷重



8-3 耐震設計用許容応力 関係

1 基礎及び地盤の耐震設計用許容応力等は、次の部材等について、8-3の別表6に示している。許容応力等に関し、基準に定めのない事項については、(社)日本建築学会の「建築基礎構造設計指針(1988年)」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準(1991年)」によることとする。

(1) コンクリートの耐震設計用許容応力

- (2) 鉄筋の耐震設計用許容応力
 - (3) 地盤の耐震設計用許容応力 (地耐力)
 - (4) くい耐震設計用許容支持力
 - (5) 群くいの耐震設計用許容引抜抵抗力
 - (6) 群くいの許容応力
- 2 地盤の耐震設計用許容応力は、地盤調査の結果に基づき、ボーリング調査による場合は別表6のウの表(a)の(1)式、平板載荷試験による場合は同表の(2)式による。ただし、同表(e)に掲げる地盤の種類いずれかに該当する場合は、同表の値を用いることができる。

「地盤調査」は、建築基準法施行令(昭和25年政令第338号)第93条に基づく調査又は「建築基礎構造設計指針(1988年)」の「第II編1章 地盤調査」による。

- 3 群くいの耐震設計用許容支持力は、群くい本体の耐震設計用許容支持力と群くい支持地盤の耐震設計用許容支持力のいずれか小さい方の値を用いる(別表6のエの(1)又は(2))。

群くい材料の種類に応じて定まる耐震設計用許容圧縮応力は、「建築基礎構造設計指針(1988年)」又は(社)日本建築センターの「地震力に対する建築物基礎の設計指針」によるものとする。

群くい本体の耐震設計用許容支持力は、群くいの耐震設計用許容圧縮応力に群くいの最小断面積を乗じた値となるが、群くいの長さ径比が大きくない場合は、この値を群くいの長さ径比に応じて低減する。また、群くいにあつてはその相互の間隔等により水平地盤反力係数を補正する。

- (1) 長さ径比による低減は、「建築基礎構造設計指針(1988年)」6.7節に規定する次式による。

$$\mu = \frac{L}{D} - n \quad \text{〔解式 2.15〕}$$

μ : 長さ径比に対する低減率 (%)

L/D : 群くいの長さ径比。 L は群くいの長さ (m)、 D は腐れ代を除いた外径 (m)

n : 材料の耐震設計用許容支持力を低減しなくてもよい長さ径比の限界値
(解表 2.13.1 及び 2.13.2 参照)

解表 2.13.1 建設省通達

群くいの種類	n	備考
場所打ちコンクリート群くい	60	
遠心力鉄筋コンクリート群くい	60	JIS 以外の製品
	70	JIS A5310 製品
振動詰め鉄筋コンクリート群くい	60	
鋼管群くい	100	
H鋼群くい	70	

解表 2.13.2 日本建築センター

群くいの種類	n	備考
高強度プレストレスト コンクリート群くい (PHC 群くい)	85	製品によっては 80 建設省建築指導課長認定品に限る。
外殻鋼管付コンクリート群くい (鋼管巻群くい)	85	建設省建築指導課長認定品に限る。

- (2) 群くいの耐震設計用許容支持力は次による。

ア 軸方向押込力に対する群くいによる支持力は、群くい基礎全体を仮想ケーソンと考え、そのケーソンの許容支持力を超えないものとする。

イ 軸直角方向力に対する群ぐいによる支持力は、ぐい中心間隔に応じて、水平地盤反力係数に次の補正係数 μ を乗ずるものとする。

$$(7) L < 2.5D \quad \mu = 1 - 0.2(2.5 - L/D)$$

L : ぐい中心間隔(m)

D : ぐいの外径(m)

$$(1) L \geq 2.5D \quad \mu = 1.0$$

4 ぐいの耐震設計用許容支持力のうちぐい支持地盤の耐震設計許容支持力の算定式(別表6の工の(2))における「地震時に液状化するおそれのある地盤」の判定は、次に示す液状化判定基準による。

液状化判定基準

地震時に液状化するおそれのある地盤とは、次の(1)から(5)のすべてに該当する地盤(土層)とする。

- (1) 砂質土又は礫質土の地盤であって、粘土含有率が20%以下の地盤
- (2) 地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- (3) 細粒分含有率 F_c が35%以下の土層、又は F_c が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- (4) 平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層
- (5) 次式で示す F_L 値が1.0以下である土層

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \text{〔解式 2.16〕}$$

R : 地盤の動的せん断強度比であって、次の算式により得られる値

$$R = C_w R_L \quad \text{〔解式 2.17〕}$$

C_w : 地震動特性による補正係数であって、レベル1地震動において1.0とする。

R_L : 地盤の繰返し三軸強度比であって、次の算式により得られる値

ア N_a が14未満の場合

$$R_L = 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} \quad \text{〔解式 2.18〕}$$

イ N_a が14以上の場合

$$R_L = 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{0.5} \quad \text{〔解式 2.19〕}$$

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値を表すもので、次の算式により得られる値

(7) 砂質土の場合

$$N_a = C_1 \cdot N_1 + C_2 \quad \text{〔解式 2.20〕}$$

C_1 : 細粒分含有率による N 値の補正係数であって、 F_c (細粒分含有率(%))の値によってそれぞれ次の値を表す。

- a) F_c が0%以上10%未満の場合 1
- b) F_c が10%以上60%未満の場合 $(F_c + 40) / 50$
- c) F_c が60%以上の場合 $(F_c / 20) - 1$

N_1 : 有効上載圧 98kN/m^2 相当に換算した N 値であって、次の算式により得られる値

$$N_1 = \frac{1.7N}{\frac{\sigma'_v}{98} + 0.7} \quad \text{〔解式 2.21〕}$$

N : 標準貫入試験から得られる地盤の N 値

σ'_v : 設計深度における有効上載圧 (kN/m^2)

C_2 : 粒分含有率による N 値の補正係数であって、 F_c (細粒分含有率 (%)) の値によってそれぞれ次の値を表す。

a) F_c が 0 % 以上 10 % 未満の場合 0

b) F_c が 10 % 以上の場合 $(F_c - 10) / 18$

(イ) 礫質土の場合

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50} / 2)\} N_1 \quad \text{〔解式 2.22〕}$$

D_{50} : 地盤の平均粒度

N_1 : (ア)に規定する値

L : 地盤の地震時におけるせん断応力比であって、次の算式により得られる値

$$L = r_d K_H \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \quad \text{〔解式 2.23〕}$$

r_d : 地震時のせん断応力比の深さ方向の低減係数であって、次の算式で得られる値

$$r_d = 1.0 - 0.015\chi \quad \text{〔解式 2.24〕}$$

χ : 地表面からの深さ (m)

K_H : 4で規定する地表面における水平震度

σ_v : 設計深度における全上載圧 (kN/m^2)

σ'_v : 設計深度における有効上載圧 (kN/m^2)

5 くい許容応力 (別表6の力) は、くい材の種類に応じて定まる耐震設計用許容引張応力又は耐震設計用許容圧縮応力であるが、くい体内に発生する応力は①鉛直荷重と②くい頭に作用する水平地震力によるものであり、①の大きさにより②の許容しうる水平地震力は変わってくる。メーカー等が作成するくい寸法ごとの鉛直荷重と許容曲げモーメントの関係図 (相関曲線) を利用すると簡便である。この場合、耐震設計計算には、短期の値を用いる。

くい材料の種類に応じて定まる耐震設計用許容圧縮応力及び耐震設計用許容引張応力は、「建築基礎構造設計指針(1988年)」又は(社)日本建築センターの「地震力に対する建築物基礎の設計指針」によるものとする。

8-4 地盤の液状化対策 関係

1 液状化した砂質土層等は、その強度及び及び支持力が低下する。

基礎のレベル1耐震性能評価における地盤の液状化対策は、8-3関係解説4に示す液状化判定基準による判定結果に基づいて行うこととしている。すなわち、同基準に示す(1)~(4)に該当する土層であって、(5)に示す F_L 値 (液状化抵抗率) が 1.0 以下である土層については、 F_L 値に応じて土層 (地盤) の土質定数を低減して設計するか、土質改良等の液状化対策を講じて設計、施工することとする。

2 F_L 値(液状化抵抗率)による土質定数の低減は、「道路橋示方書・同解説 v 耐震設計編」(1996年、(社)日本道路協会)に規定されている土質定数の低減係数 D_E に準拠して行う。

通常、 F_L 値は、深さ1mごとに計算して、各土層の F_L 値を求め、解表 2.14 に示す対応する低減係数 D_E を乗じて土質定数を定め、これを用いてくい支持地盤の耐震設計用許容支持力等を算定する。

D_E を乗じて低減させる土質定数とは、地盤反力係数、地盤反力度の上限値及び最大周面摩擦力度を指す。土質定数を耐震設計上ゼロとしあるいは低減させる土層の重量は、それ以下の地盤に対して負載重量として働くものとする。

解表 2.14 道路橋示方書の低減係数 D_E

F_L の範囲	深度 X (m)	動的せん断強度比 R	
		$R \leq 0.3$	$0.3 < R$
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq X \leq 10$	0	1/6
	$10 < X \leq 20$	1/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 \leq X \leq 10$	1/3	2/3
	$10 < X \leq 20$	2/3	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 \leq X \leq 10$	2/3	1
	$10 < X \leq 20$	1	1

3 液状化に対する対策には、液状化の発生を防止する対策と液状化発生を前提とした構造物対策がある。参考に、現在までのに実用化されているものを示すと解表 2.15 のとおりである。

解表 2.15 地盤の液状化対策(参考)

区 分		対 策
液 状 化 発 生 防止対策	密度の増加	サンドコンパクション バイプロフローテーション 動 圧 密 群 く い
	土質・粒度の改善	置 換 注 入 固 化 混 合 処 理
	排 水	深井戸工法 砕石ドレン
液状化の発生を前提とした対策		く い シートパイル

4 「埼玉県地震被害想定調査報告書」(平成10年3月 埼玉県環境生活部)の第1章には、該当地盤を500mメッシュに区切り、地盤調査等を行って本県内において予測される地震による地盤の液状化の可能性について検討した結果が示されている。製造施設等の設置に当たっての液状化の検討は、当該地点における地盤調査等によるが、同報告書における液状化の可能性の判定方法は、上に示した方法とほぼ同じであり、検討に際しての参考になる。

§ 2 付属設備等地震対策基準関係解説

付属設備等地震対策基準は、§ 1 貯槽・基礎等耐震設計基準が適用される耐震設計構造物以外のものであって、地震対策上重要な付属設備等の設置方法等に関する基準である。

付属設備等における耐震性の配慮の重要性は、先の兵庫県南部地震において改めて認識されたところであり、先般の関係省令・告示の改正においても、配管系の耐震設計の導入、地震防災遮断弁による危険状態のブロック化の考え方などが取り入れられた。

本県では、旧基準においても、貯槽等の中心設備の基準§ 1による耐震設計に加えて、貯槽付帯設備、配管、機器、建屋、保安設備等の主要設備の耐震性の配慮のほか、貯槽等の緊急遮断弁と感震器との連動措置等を基準§ 2において規定してきた。これは、①地震発生時における緊急遮断措置の自動化による高圧ガスの迅速なブロック化、②保安設備等の耐震化による地震時における施設の部分的破損による被害の拡大防止、③地震時の相互影響により配管等を通じて貯槽等に被害を与えることの防止を図ったものである。

今回の要綱・基準改正においては、関係省令・告示の改正に準じて貯槽等のレベル2耐震設計が基準§ 1に導入されたが、本県で想定されているような高レベルの地震動や地盤の液状化を伴う地震に対しては、施設全体の耐震性を配慮し、当該設備の重要度（影響度）に応じた付属設備対策を講じ、§ 3におけるソフト対策を含めた総合的な安全対策を推進する必要がある。

1 適用範囲 関係

§ 2の適用範囲を、設備の種類・形態ごとに示すと、解表 3.1 のとおりである。

高圧ガスの配管については、§ 1の規定により耐震設計を行うべき配管系以外のもの、すなわち外径 45 mm未満のもの及び外径 45 mm以上であって塔槽類の地震防災遮断弁より先の配管に係るものについて§ 2が適用になる。

なお、今回の改正においては、地震対策上の危険性がより少ないと考えられる不活性ガスの貯槽等に係る付属設備等については、本基準を適用しないこととした。

3 基本方針 関係

(1) 関係

付属設備等は、それらの機能、地震時における機能停止又は損壊による影響度に応じた耐震性を有する構造である必要がある。

(2) 関係

付属設備のうち、貯槽等に連結又は付帯する設備は、設備相互間に生じる地震時の慣性力又は相対変位により、貯槽等の地震対策上の重要設備に有害な影響を与えないよう十分配慮する必要がある。

(3) 関係

1 本規定は、旧要綱・基準における貯槽等の緊急遮断弁と感震器の連動措置等を、今回の改正において位置づけなおしたものである。(3)において製造施設等に設置すべき「所定の地震防災設備」とは、従来どおり、法により設置することが義務づけられた貯槽等の緊急遮断弁等及び本基準によるアンモニア冷凍設備に係る緊急遮断弁等に係る地震防災遮断弁を指すほか、基

準 § 1 に規定する配管系の区画のための措置として設ける地震防災遮断弁を指す。

- 2 地震防災遮断弁は、地震時に耐震設計設備内の高圧ガスが配管を通じて漏えいするなどの危険状態に推移することを防止するものである。基準 § 1 では、地震防災遮断弁を重要度の高い貯槽等と他の設備を区画することによって当該設備の重要度をより低いものとする地震防災設備としているが、本基準では、その具体的な設置方法等を規定している。

解表 3.1 § 2 付属設備等地震対策基準の適用範囲

区 分	塔槽類 (耐震設計設備)	塔槽類以外 の貯槽等	容器関係		摘 要
			毒性ガスの 1トン容器	その他の容器 (可燃性・毒性)	
貯 槽 等 支持構造物・基礎 (容器関係を含む)	-	耐 震 構 造 5-1	容 器 固 定 の 耐 震 構 造 6-1-1	容 器 固 定 措 置 等 6-1-2	
附 属 設 備	機 器 4-1	○ 5-2 (左準用)	○ 6-2-1	○ 6-2-2	回転機器 気化器
	配 管 4-2	○ 同上	○ 6-2-1	○ 6-2-2	特に貯槽等本 体に影響を及 ぼすもの
	バルブ類 計装設備 4-3	○ 同上	○ 6-2-1	△	
	階 段 ステージ はしご 4-4	○ 同上	-	-	
	建 屋 4-5	○ 同上	△	△	毒性ガス貯槽 室、製造施設 等の容器置場
	保安設備 4-6	○ 同上	△	△	除害設備 防火設備 防液堤、障壁
	地震防災設備 4-7	○ 同上	○ 6-2-1	△	地震防災遮断 弁、感震器
	電気設備 4-8	○ 同上	△	△	電気設備 保安電力等

備考 表中 ○ : 基準を適用するもの
 △ : 設備の実態に応じて基準を適用するもの
 項番号 : 当該附属設備等に係る § 2 の規定の項番号

4 塔槽類の付属設備 関係

4では、基準§1の適用になる塔槽類である貯槽等の付属設備の設置方法等について規定している。

4-1 機器 関係

(1) (機器の固定) 関係

機器の基礎ボルト部は、上部構造に生じる地震力を基礎に伝える要所として、地震時には大きな応力が集中する。基礎ボルトは、せん断力、引張力に対し十分な強度を有し、熱や温度変化による膨張、収縮、腐食にも留意する必要がある。基礎ボルトは、機器の基礎の施工時に埋め込む。

貯槽等と短い配管で接続される機器の基礎は、貯槽等と共通の基礎とするか、配管に十分な可とう性をもたせる。

回転機器にあつては、駆動部とポンプ等は必ず同一基礎上に設置する。

(2) (ノズル部) 関係

機器と配管の接続部は、設備の形態に応じて伸縮自在継手、配管のループ化等を施す。当該配管が短く、十分な可とう性を施しえない場合は、機器の基礎と配管の最初のサポートを同一の基礎とする。また、配管のサポートを、支持機能を考慮しつつ基礎の沈下等に追随しない構造とすることなどが考えられる。

回転機器にあつては、駆動に伴う振動を考慮する。

(3) (連動遮断) 関係

地震時に感震器等と連動して、例えば貯槽の液払出配管の緊急遮断弁が閉止した場合、同時に液送ポンプ等の電源が遮断されるようにシーケンスを組む。4-7 関係解説参照。

4-2 配管 関係

(1) (配管の構造等) 関係

- 1 配管の設計、施工は「高圧ガスの配管に関する基準」(高圧ガス保安協会基準 KHK302)による。配管の設計に当たっては、軸力、せん断力、曲げモーメント、ねじりモーメントについて、地震時の応力のほか、通常時の支持機能及び熱変位を十分考慮して行う。
- 2 配管自体は、その使用実態を勘案すれば地震時の振動に対しても十分な強度を有すると考えられるが、曲り部、分岐部、レジューサ部など形状が変わる部分及びノズル部、バルブ部、継手部等の配管本体と剛性が相違する部分には応力が集中するため、地震による慣性力及び相対変位を十分考慮する必要がある。
- 3 配管の構造設計及びサポート設計については、基準§1の7-4に規定する許容スパン法により、配管系の強度及び必要な可とう性を確認して設計することが簡便であり、かつ合理的である。基準§1が適用にならない配管系についても、これによって設計することが望ましい。
- 4 一般に、配管系の構造計画及び設計は、①地震によって加わる慣性力、②支持構造物間の相対変位及び③地盤の液状化(地盤変状)による影響を考慮して行う。§1の7-1が適用になる配管系では、これらについて、所定の応答解析を行って耐震性能を評価することとして設計を行うことになるが、配管系は様々な設備を連結し、また多様な構造物によって支持される連成系であり、当該基準の適用を受けない部分、計装、保安設備に係るものを含めて、システム

全体として計画、設計する必要がある。

(2) (ノズル部) 関係

貯槽等のノズル部及び直近のフランジ部は、配管の接続方法等によっては応力が集中しやすく、かつその破損等により重大な被害が生じることになる部分である。貯槽等のノズル部については、基準 § 1 の 7-1 が適用される配管系では応答解析に基づく強度計算等がなされる。小口径の配管であっても、液配管などでは、貯槽等との相対変位が生じないようにサポートを工夫するか配管に十分な可とう性をもたせる必要がある。

(3) (受入・払出配管) 関係

貯槽等の受入、払出配管のうち地震防災遮断弁（を超える最初の固定支持点）までの間の部分のサポートは、貯槽等本体と相対変位を生じないように、貯槽等の基礎と一体化して設置する。通常のLPG横置円筒形貯槽などでは、元弁、緊急遮断弁が連結して設置されているが、これらは一連の配管系として、特に応力の集中しやすいフランジ部に着目して設計する必要がある。

(4) (設備相互間の配管) 関係

一般に、配管はそれ自体ある程度の可とう性をもっているが、基礎の異なる設備間の比較的短い配管では、設備相互間の相対変位を十分吸収できない場合がある。こうした場合、設備と配管の接続部、配管の継手部等に応力が集中するため、設備の様態に応じ、配管のループ化、伸縮自在継手の使用などにより、十分な可とう性をもたせる必要がある。

配管自体の可とう性によって対応する場合には、当該区間にはフランジ継手、レジャーサ等を設けないようにする。

(5) (配管の分岐部) 関係

配管の分岐部のうち、大口径の管に接続される小口径管の接続部は、大口径管から出た小口径管がすぐに他の構造物に支持されている場合、小口径管がすぐに他の構造物に近接している場合など、相対変位によって損傷する可能性がある。こうした場合、支持を同一構造物からとる、小口径管に十分な可とう性をもたせるなどの措置が必要である。

配管安全弁の放出管の設置方法、配管圧力計のノズル部についても同様の注意が必要である。

(6) (サポート) 関係

配管の支持構造物は、貯槽等、その支持構造物、架構、地盤面上のM型（門型）、T型サポート、建屋等の構造物などである。

貯槽等又はその支持構造物にサポートする場合は、それらと一体化しかつ貯槽等本体に影響を与えないように設置する。

地盤面上のM型サポート等は、別に示す標準仕様を参考に、十分な強度を有する鋼材により製作し、基礎にアンカーボルトで確実に固定する。配管の支持の仕方に応じ、固定支持、ガイド、ストッパー等を施す。設置に当たっては、配管のフランジ部、弁設置部等を保護するとともに、設備間の相対変位を十分考慮して行う。

建屋等に支持する場合は、建屋等の構造材からとった鋼材の梁等に支持し、相対変位を考慮した可とう性、継手の種類・位置の選択、貫通部の保護措置などを施す。

(7) (配管の継手) 関係

(7) に掲げる継手は、耐震強度に問題があるものであり、軸力及び曲げモーメントにより容易に引き抜け、漏えいが生じやすい。機器のノズル部など設備の構造上これらの継手の使

用を避けられない場合は、継手部に応力が集中しないよう配慮する。

(8) (伸縮自在継手) 関係

伸縮自在継手は、回転機器の振動吸収などの目的で使用されるほか、地震時の振動、相対変位の吸収などの目的で使用されているが、許容値を超える力や変位が加われば損傷する。

伸縮自在継手を使用する場合は、当該配管系が基準§ 1の適用を受ける場合は、当該規定に基づき強度計算等を行う。

伸縮自在継手は、使用流体、使用圧力に応じたものとし、伸縮許容方向及び範囲は、想定地震荷重の程度、方向及び変位に応じたものとし、サポートは使用目的に応じた適切なものとする。

4-3 バルブ類及び計装設備 関係

(1) (貯槽等のバルブ等) 関係

貯槽等本体に接続される元弁、緊急遮断弁、安全弁、止め弁などのバルブ類及び液面計、圧力計、温度計などの計装設備のうち、重量が大きく本体と異なった振動が生じるおそれのあるものについては、ガゼット、ステー等による補強が必要になる。

(2) (貯槽の元弁) 関係

貯槽等の元弁には、耐震上問題のある鋳鉄等の脆弱材料を使用しない。

(3) (緊急遮断弁) 関係

緊急遮断弁は、通常、貯槽等の元弁に隣接して設けるが、重量や偏心荷重を考慮して支持をとる場合は、貯槽等の基礎と一体化して設置する。

また、配管中の重量の大きいバルブ、偏心重量のあるバルブでは、慣性力やねじれモーメントにより配管、バルブ本体に過大な応力が加わることがあるので、サポート位置をバルブ近傍にするほか、必要に応じ駆動部等の支持をとる。

(4)及び(5) 関係

配管に取り付ける計装設備についての留意点については、4-2(5) 関係解説参照。

4-4 ステージ、階段、はしご等 関係

ステージ、階段等は、原則として貯槽等ごとに設ける。また、はしご等の下端は地盤面に強固に固定しないこと。複数の貯槽間にわたってステージ等を設ける場合は、当該貯槽等から支持をとらないこととする。

4-5 建屋 関係

1 高圧ガス設備の建屋のうち、その損傷が高圧ガス設備に大きな影響を与えるもの又は高圧ガスによる危害を防止するためのものについては、その目的に応じた耐震性を有するものである必要がある。本基準では、毒性ガスの拡散防止のための建屋及び可燃性ガス及び毒性ガスの充てん場所及びこれに付帯する容器置場の建屋について基準を定めている。これ以外の建屋であっても、毒性ガス及び可燃性ガスの高圧ガス設備に係るものであって、その損壊等により設備及びその機能等に有害な影響を与える建屋については、これらに応じた耐震性を配慮することとする。

- 2 今回の改正においては、この間の建築基準法等の関係法令の改正及び兵庫県南部地震以降における「建築物の構造規定」((財)日本建築センター)の改訂等による建築物の耐震設計の進捗に鑑み、旧基準において定めていた設計震度等の規定を削除している。

4-5-1 毒性ガスの貯槽等の建屋 関係

(1) (建屋の耐震性) 関係

毒性ガスの貯槽室及び気化器室であって、除害設備に付帯する拡散防止のための建屋にあつては、建築基準法及び「建築物の構造規定(1977)」等の関係基準に準拠するほか、地震時に壁体の崩壊、扉、監視用窓等の破損により、当該建屋の気密性が損なわれない構造とする。

なお、貯槽室の建屋の基礎を貯槽等の基礎と一体のものとして設置する場合は、当該貯槽室の建屋の基礎は、基準§1に規定する貯槽等の基礎に係る耐震性能を満たすものであることとする。

(3) (建屋の材料) 関係

不燃性かつ耐食性の材料とは、鉄筋コンクリート又は同等の強度を有する耐薬品塗装等を施したものをいう。

(4) (配管等の壁貫通部) 関係

配管、除害用ダクト等の壁貫通部には、地震時に応力が集中する。スリーブ等を設けかつシール材等で気密性を保持し、又は前後の配管に十分な可とう性をもたせるようにする。

4-5-2 その他の建屋 関係

(1) (建屋の耐震性) 関係

高圧ガスの充てん場所及びこれに付帯する容器置場の建屋は、建築基準法及び「建築物の構造規定(1977)」等の関係基準に準拠するほか、散水配管、高圧ガス配管等の重量を考慮して設計し、また壁材、屋根材等の損落による高圧ガス設備及び容器への影響を考慮した、ゆとりのある設計を行うこととする。

(2) (配管等の壁貫通部) 関係

配管等の壁貫通部には、地震時に応力が集中する。スリーブ等を設け、又は前後の配管に十分な可とう性をもたせるようにする。また、貯槽等の基礎と機械室、充てん場所の基礎は別に設けられるため、貯槽等、配管、機器等の応力集中部の強度、可とう性について全体的に検討して設計すること。

4-6 保安設備 関係

毒性ガス除害設備、防消火設備、防液堤、障壁等の保安設備の設置方法は、関係省令等に定められた基準によるほか、地震時にその機能を維持しうるよう設計する必要がある。特に、高レベルの地震や地盤の液状化を伴う地震時には、予測外の被害が生じる可能性が大きく、部分的な高圧ガスの漏えい、周辺火災の影響等に対処するため、保安設備の機能維持が重要である。

また、保安設備の稼働システムは、地震時の設備の部分的破損、誤作動等により、通常時における異常状態を想定したシーケンスが機能しなくなる場合を考慮して設計する必要がある。

なお、液化塩素消費設備に係る保安設備等に関する一般的事項については、「特定高圧ガス消費

マニュアル」(昭和 61 年、埼玉県)を参照のこと。

4-6-1 毒性ガスの除害設備 関係

(1) (吸収設備等による除害設備) 関係

- 1 吸収設備等による除害設備は、拡散防止のための建屋、防液堤、吸引ダクト、ダンパー、吸引ファン、吸収塔、吸収液循環ポンプ、吸収液循環配管及びこれらの制御装置からなり、いずれが損傷等を被っても機能停止又は作動が不完全なものになる。
- 2 吸収塔、吸収液槽、吸収液循環配管などの設備は、設備外部を鋼板、鋼管とした硬質ゴム、硬質塩化ビニル等のライニング材、FRP又はこれに準じた材料による。
- 3 吸収塔、吸収液槽、吸収液循環ポンプ、吸引ファンは、十分な強度を有する基礎にアンカーボルトにより堅固に固定する。
- 4 吸引ダクトは、FRP材などとし、塩化ビニルなどの脆性材料を用いない。
- 5 吸引ダクト用ダンパーの開閉は、自動化することが望ましい。
- 6 吸収液循環配管、吸引ダクトの設計、施工は、4-2の配管に関する規定に準じて行う。また、建屋の壁の貫通部の措置は4-5-1による。
- 7 吸収液循環配管のバルブは、耐震性を考慮したものとする。
- 8 吸収設備等の液面検知等の計測・制御設備は、地震による液面揺動を考慮するなどして設計する。

4-6-2 可燃性ガスの防消火設備 関係

可燃性ガスの防消火設備は、周辺火災等に際しての貯槽等の温度上昇防止措置のためのものであり、地震時にその機能が維持されることが重要である。また、防消火設備の操作位置は、地震時の建屋の損壊等を考慮し、非常時に確実に操作できる場所に設ける必要がある。

(1) (貯水槽の耐震性) 関係

防消火設備の貯水槽は、耐震構造の鉄筋コンクリート製又はこれと同等以上の強度を有するものとする。

(2) (溢水防止措置) 関係

貯水槽は、水面上部閉鎖型又は波よけ板等により、地震時の溢水防止措置を講じる。

(3)、(4)及び(5) (防消火設備の配管) 関係

防消火設備の配管の継手部、地下配管の地上立上り部、建屋の壁貫通部等の応力集中部には、破損が生じやすい。これらの設計、施工は、4-2の配管に関する該当規定に準じて行う。また、建屋の壁の貫通部の措置は4-5-2(2)による。

防消火設備の配管の内、貯槽等に支持されるものについては、4-4の規定に準じて設計する。

地下水槽にあつては、地震時の浮き上がり等による配管接続部への影響に注意する。

4-6-3 防液堤 関係

防液堤は、液化塩素貯槽に係るものがほとんどであり、地震時に貯槽周りの配管等からの漏えいがあった場合、液の外部漏えいを防止するためのものである。防液堤及び防液堤内のピットは、貯

マニュアル」(昭和 61 年、埼玉県)を参照のこと。

4-6-1 毒性ガスの除害設備 関係

(1) (吸収設備等による除害設備) 関係

- 1 吸収設備等による除害設備は、拡散防止のための建屋、防液堤、吸引ダクト、ダンパー、吸引ファン、吸収塔、吸収液循環ポンプ、吸収液循環配管及びこれらの制御装置からなり、いずれが損傷等を被っても機能停止又は作動が不完全なものになる。
- 2 吸収塔、吸収液槽、吸収液循環配管などの設備は、設備外部を鋼板、鋼管とした硬質ゴム、硬質塩化ビニル等のライニング材、FRP又はこれに準じた材料による。
- 3 吸収塔、吸収液槽、吸収液循環ポンプ、吸引ファンは、十分な強度を有する基礎にアンカーボルトにより堅固に固定する。
- 4 吸引ダクトは、FRP材などとし、塩化ビニルなどの脆性材料を用いない。
- 5 吸引ダクト用ダンパーの開閉は、自動化することが望ましい。
- 6 吸収液循環配管、吸引ダクトの設計、施工は、4-2の配管に関する規定に準じて行う。また、建屋の壁の貫通部の措置は4-5-1による。
- 7 吸収液循環配管のバルブは、耐震性を考慮したものとする。
- 8 吸収設備等の液面検知等の計測・制御設備は、地震による液面揺動を考慮するなどして設計する。

4-6-2 可燃性ガスの防消火設備 関係

可燃性ガスの防消火設備は、周辺火災等に際しての貯槽等の温度上昇防止措置のためのものであり、地震時にその機能が維持されることが重要である。また、防消火設備の操作位置は、地震時の建屋の損壊等を考慮し、非常時に確実に操作できる場所に設ける必要がある。

(1) (貯水槽の耐震性) 関係

防消火設備の貯水槽は、耐震構造の鉄筋コンクリート製又はこれと同等以上の強度を有するものとする。

(2) (溢水防止措置) 関係

貯水槽は、水面上部閉鎖型又は波よけ板等により、地震時の溢水防止措置を講じる。

(3)、(4)及び(5) (防消火設備の配管) 関係

防消火設備の配管の継手部、地下配管の地上立上り部、建屋の壁貫通部等の応力集中部には、破損が生じやすい。これらの設計、施工は、4-2の配管に関する該当規定に準じて行う。また、建屋の壁の貫通部の措置は4-5-2(2)による。

防消火設備の配管の内、貯槽等に支持されるものについては、4-4の規定に準じて設計する。

地下水槽にあっては、地震時の浮き上がり等による配管接続部への影響に注意する。

4-6-3 防液堤 関係

防液堤は、液化塩素貯槽に係るものがほとんどであり、地震時に貯槽周りの配管等からの漏えいがあった場合、液の外部漏えいを防止するためのものである。防液堤及び防液堤内のピットは、貯

槽の基礎又は建屋の基礎と一体化し、それらと同等の耐震性を有するものとして設計する。

4-6-4 障壁 関係

障壁は、高圧ガス設備に生じた漏えい、爆発等の異常状態が他の設備又は保安物件に影響することを抑止するためのものであり、地震時にもその機能が維持される必要がある。また、障壁は、貯槽周り配管、機器等と近接して設けられる場合、その損壊がこれらに大きな影響を与えることが考えられる。

障壁の構造については、関係省令に定める基準によるほか、構造物の設計静的水平震度として0.30（重要度Ⅲ、第2種～第4種地盤相当）以上で設計することとしている。この場合において、障壁の壁体は十分な強度を有すると考えられるため、基礎及び壁部との接合部について耐震性を検討することとする。

4-7 地震防災設備 関係

本基準では、地震防災設備のうち地震防災遮断弁について、本県における設備の実態に即して定めている。

(1)～(3) (地震防災遮断弁)

地震防災遮断弁は、次のものであって、地震時における速やかな遮断効果があり、かつその状態を保持できるものをいう。

- 1 緊急遮断装置に係る遮断弁（緊急遮断弁）
- 2 液化ガスの逆止弁（貯槽等への受入のみに用いられるもの）
- 3 調節弁等であって地震時に速やかに遮断しうるもの
- 4 設備の通常の運転時及び停止時に常に閉止状態にある弁

(4) (連動遮断) 関係

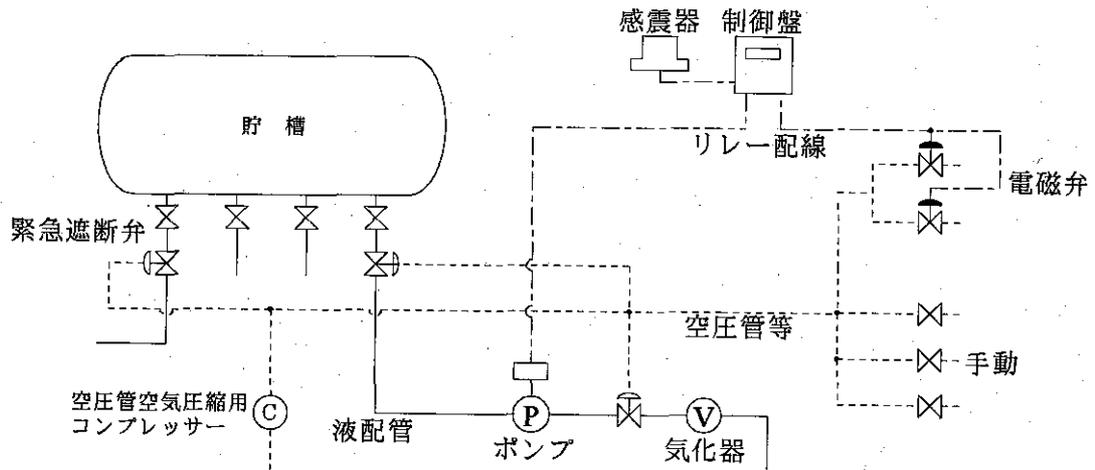
- 1 地震防災遮断弁のうち緊急遮断弁は、地震時の連動遮断又は通常時の誤作動等により保安上支障があるものを除き、原則として感震器等からの信号により連動遮断しうるものとする。
- 2 地震防災遮断弁の連動遮断に係るシステムは次の装置等から成る。解図 3.1 に連動遮断の例を示す。

- (1) 地震動感知装置（感震器、地震計）
- (2) 地震動信号配線（感震器等からの信号配線）
- (3) 制御・操作部（信号処理及び遮断信号発信回路、制御・操作盤、表示盤）
- (4) 遮断等信号配線（遮断用役動作部及び関連回転機器等）
- (5) 遮断用役動作部（電磁弁等）
- (6) 作動用役源（空気、窒素、油圧、電気）
- (7) 地震防災遮断弁（緊急遮断弁）
- (8) 回転機器等（連動停止）

(5) (フェイルセーフ構造) 関係

- 1 地震防災遮断弁の連動遮断システムは、フェイル・セーフ構造とする。すなわち、上記(4)関係解説2の地震防災遮断弁以外のいずれか（一の装置等が複数ある場合はそのひとつ）が破損又は機能喪失した場合には、地震防災遮断弁が閉止され、人為的に解除しない限り閉止状態が持続するものとする。この場合、通常時における誤作動の影響について十分検討するとともに、誤作動の検出システムを設けることが望ましい。

解図 3.1 感震器等による連動遮断システム



2 遮断用用役動作部の電磁弁等は、原則として複数個を並列に設け、そのうちのひとつ電磁弁の作動により空圧等が放出され、緊急遮断弁等が閉止されるようにする。電磁弁等は、原則として通常時通電状態とし、遮断信号により電源遮断されることにより空圧等を放出できるようにする。可燃性ガスの火気制限距離内に設ける場合は、防爆構造の電磁弁等とする。

(6) (操作系統) 関係

地震防災遮断弁の連動遮断システムの操作系統には、手動又は自動によりすべての緊急遮断弁等进行操作できる系統を設ける。

(7) (感震器等) 関係

1 感震器等は、地震動を確実に感知し、地震動信号を発信できるものとする。

現在、感震器等には、落球式、水銀式、倒立振子式、サーボ式などの方式のものがある。本県内の関係事業所では、昭和57年度以降、数メーカーの感震器が採用されているが、誤作動に関する報告はほとんどない。

2 感震器等は、原則として地盤面上の、他の振動等の影響のない場所とする。また、複数の感震器等によるチェック体制とすることが望ましい。建物内に設ける場合は、概ね地表面と同等の振動を感知しうる場所に設置する。

(8) (設定値等) 関係

1 感震器等の設定値(遮断地震動)は、150ガル程度以下とし、事業所の実態に応じて定める。150ガルの地震動は、気象庁の新震度階級における震度5強の中位に当たり、ほとんどの関係者が経験したことの無いものである。

2 地震防災遮断弁の閉止と連動して停止させる必要のある回転機器等への電源遮断回路を設ける。

4-8 付属設備に係る電気設備 関係

付属設備に係る電気設備については、地震時における機能停止が制御系等に大きな影響を与える。

特に保安電力等の非常電源は、地震時における保安設備の稼動のため、機能が維持される必要がある。

(1)～(3) (電気設備一般) 関係

高圧ガス設備等に係る電気設備は、「電気設備に関する技術基準を定める省令」(昭和40年通商産業省令第61号)、「工場電気設備防爆指針」(労働省産業安全研究所)及び「一般電気機器の防爆構造通則」(JIS C 0903)に従うほか、(社)日本電設工業協会の「建築電気設備の耐震設計・施工マニュアル」を参考にして設計、施工する。

(4) (保安電力等) 関係

保安電力等の非常電源に係る配線工事等は、(1)～(3)及び上記関係解説によるほか、次による。

- 1 地震時における保安電力等の機能維持とは、停電等になった場合、自動的に非常電源装置に切り替わり、ガス漏えい検知警報設備、除害設備、防消火設備、地震防災遮断設備等の稼動及び操作のための非常照明の電源が確保できることである。
- 2 非常電源設備室は、崩壊等により非常電力設備が損壊しないような耐震性を有するものとする。
- 3 自家用発電設備(防消火設備のエンジンポンプ等を含む)、燃料タンク等は、移動、転倒を防止するため、本体、架台、防振台等をアンカーボルトにより堅固に固定する。
- 4 燃料配管、冷却水配管の支持は軸直角2方向支持とし、設備との接続部、壁貫通部等には可とう管を用いるなどする。
- 5 自家用発電機の排気管は、熱膨張による応力が生じないようにするとともに、地震時に過大な相対変位が生じないようにする。
- 6 保安電力の機能維持時間は、関係省令の定める基準等による。
- 7 詳細については、(社)日本内燃力発電設備協会の「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」を参考にする。

5 塔槽類以外の貯槽等 関係

旧基準においては、基準§1による耐震設計を行うべき塔槽類以外の貯槽等のうち、貯蔵能力が3t(300m³)未満、1t(100m³)以上の貯槽等、冷凍設備のうち内容積5,000ℓ未満、1,500ℓ以上の受液器等について、基準§1に準じた耐震設計を行うこととしていた。しかし、該当する設備が極めて限定されるため、今回の改正においてこの規定を削除した。

塔槽類以外の貯槽等、その支持構造物及び基礎が有すべき耐震性については、今後、必要に応じ標準設計・仕様例等を示すこととする。

6 容器 関係

- 1 製造施設等に係る高圧ガス容器については、貯蔵量の大きい毒性ガス(塩素)容器、可燃性ガス及び毒性ガスの容器の固定措置等について定めている。製造施設等に付帯する容器置場、特定高圧ガスの消費設備に係る容器置場は高圧ガスの停滞量が大きく、地震時の転倒、転落による漏えい等により不測の災害をもたらす、またこれが原因となって貯槽等に被害が及ぶこともありうるからである。
- 2 本基準では、特殊高圧ガス(特殊材料ガス)について特に定めていないが、これについては関係省令、高圧ガス保安協会自主基準及び「特殊高圧ガス消費指針」(平成4年、埼玉県)に

よるほか、その使用実態に応じ、本基準等の該当規定を準用することとする。

6-1 容器固定措置等 関係

6-1-1 毒性ガスの1トン容器 関係

毒性ガス（液化塩素）の1トン容器による消費は、元弁等からの液漏えいがあった場合、容器を反転させて液漏えいを防止するため、回転台等の載せて行われている。この場合における容器の固定措置については、実態上固定設備の構造が規格化されており、またこれらは耐震上一定の強度を有すると考えられるため、今回の改正において設計震度等に関する規定を廃止した。

液化塩素1トン容器に係る回転台における容器固定方法の例を、解図 3.2 に示す。

液化塩素1トン容器による消費に関する一般的事項については、前掲の「特定高圧ガス消費マニュアル（液化塩素編）」を参照。

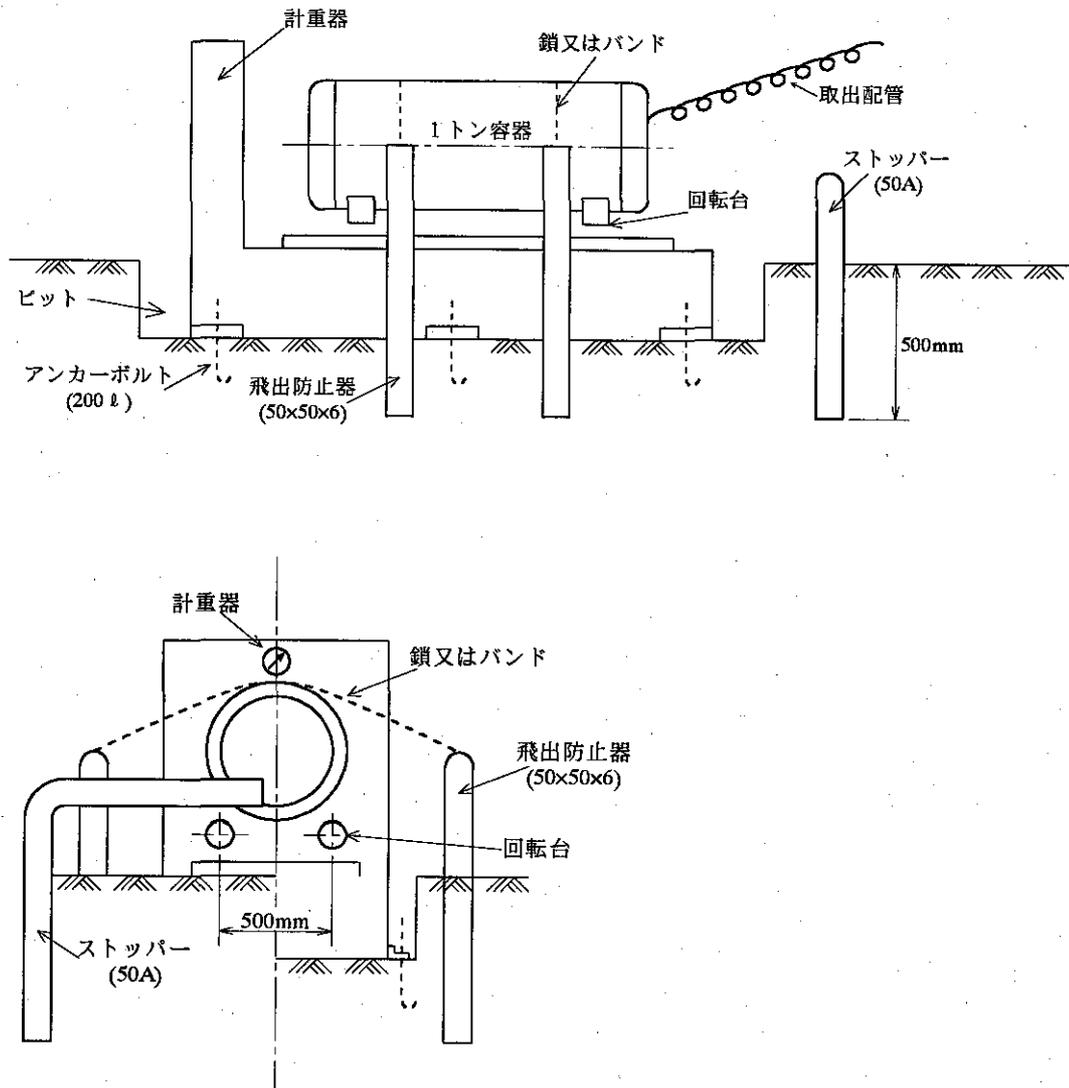
6-1-2 その他の容器 関係

- 1 毒性ガス1トン容器以外の毒性ガス及び可燃性ガスの容器のうち、高圧ガス製造施設、高圧ガス貯蔵施設及び特定高圧ガス消費施設に係る容器の固定措置については、通常の転倒転落防止（容器置場の容器のバルブ保護キャップの装着等を含む。）のほか、地震時における振動を考慮し6-1-2に定めるところにより容器固定措置を行う。
- 2 容器固定に係る構造体及び鎖等の形状、寸法については、強度計算等を行って確認する。

6-2 容器の付属設備 関係

容器のうち、毒性ガス1トン容器による消費に係るものについては、6-2-1の規定により容器の元弁の直近（元弁と一体化されているものを含む。）に緊急遮断弁を設け、感震器と連動して閉止しうるものとする。感震器との連動遮断の方法は、4-7の地震防災遮断弁に関する規定に準じる。

解図 3.2 毒性ガス 1 トン容器の回転台の例

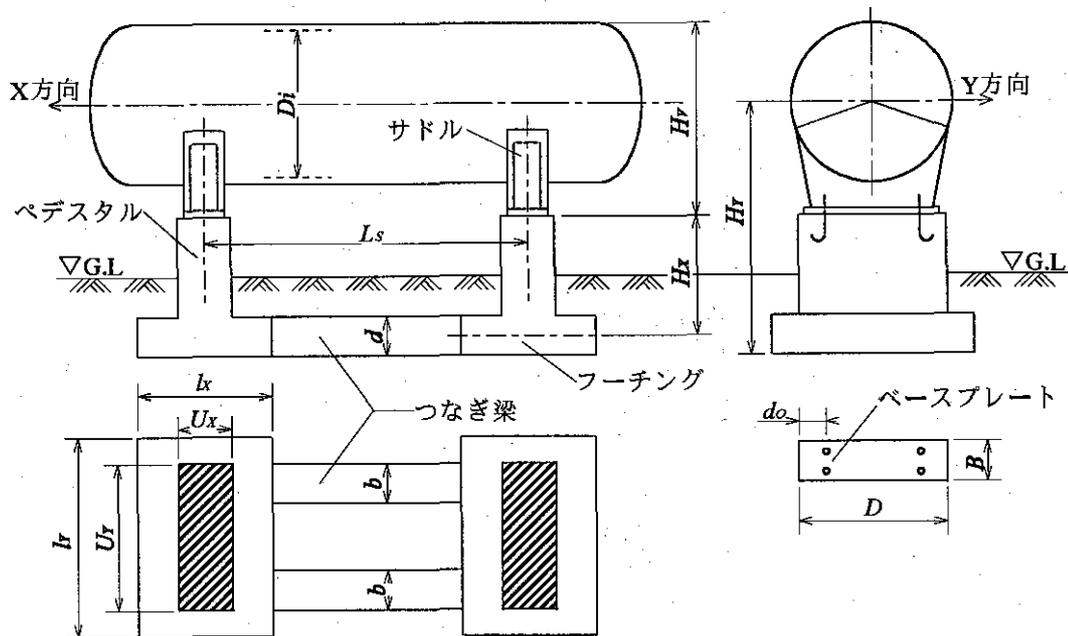


参考 横置円筒形貯槽の固有周期の計算方法

横置円筒形貯槽は高さが低く、貯槽自体の剛性が高いので、地震時の動的特性に及ぼす基礎及び地盤の影響が大きい。

横置円筒形貯槽の固有周期（1次固有周期）は、貯槽の軸方向（X方向）については、①ペDESTALの曲げによる水平剛性、②地盤圧力によるフーチングの回転剛性、③地中梁の曲げによるフーチングの回転剛性から、軸直角方向（Y方向）については、①ペDESTALの曲げによる水平剛性及び②地盤圧力によるフーチングの回転剛性から、それぞれの方向についての貯槽全体の水平剛性を求めて固有周期を算定する（胴の平均直径に対する胴の正接線間距離が4.5以下のもの）。

参図 1.1 横置円筒形貯槽（2点支持）及び基礎の仕様



1. X方向（貯槽の軸方向）

(1) ペDESTALの曲げによる水平剛性

$$G_{HX} = \frac{3EI_{HY}}{H_X^3} \quad \text{〔参式 1.1〕}$$

G_{HX} : ペDESTALの曲げによるX方向の水平剛性 (N/mm)

E : 縦弾性係数 (N/mm²) コンクリートの場合

$$E = 2.1 \times 10^4 \times (\gamma / 23)^{1.5} \times \sqrt{F_c / 20} \quad \text{〔参式 1.2〕}$$

γ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³) (調査しない場合は $\gamma=23$)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

I_{HY} : ベDESTAL断面のY軸周りの断面2次モーメント (mm⁴)

$$I_{HY} = \frac{1}{12} u_x^3 u_y \quad \text{〔参式 1.3〕}$$

u_x : ベDESTALのX方向の幅 (mm)

u_y : ベDESTALのY方向の幅 (mm)

H_x : つなぎ梁の中心からベースプレート下面までの高さ (mm)

(2) 地盤反力によるフーチングの回転剛性

$$G\phi_x = k_v I\phi_y \quad \text{〔参式 1.4〕}$$

$G\phi_x$: 地盤反力によるフーチングのX方向回転剛性 (N・mm/rad)

$I\phi_y$: フーチング底面のY軸周りの断面2次モーメント (mm⁴)

$$I\phi_y = \frac{1}{12} l_x^3 \times l_y \quad \text{〔参式 1.5〕}$$

l_x : フーチングのX方向の幅 (mm)

l_y : フーチングのY方向の幅 (mm)

k_v : フーチング底面の鉛直地盤反力係数 (N/mm³)

地盤調査又は次による。

① 直接基礎の場合 参表 1.1

地盤種別	第1種地盤	第2種地盤	第3種地盤	第4種地盤
k_v	0.02	0.01	0.01	0.005

② くい基礎の場合

$$k_v = \frac{1}{A_F} \frac{a E_K A_K}{l_k} \quad \text{〔参式 1.6〕}$$

A_F : くい1本当たりが受け持つフーチングの底面積 (mm²)

A_K : くいの断面積 (mm²)

E_K : くいの縦弾性係数 (N/mm²) 参表 1.2

くいの種類	鋼管くい	PHCくい	RCくい
E_K	2.1×10^5	3.9×10^4	2.1×10^4

l_k : くいの長さ (mm)

a : 次の算式による係数 参表 1.3

くいの種類		a
鋼管くい	打込みくい	$0.014(l_k/D_k) + 0.78$
	中掘りくい	$0.009(l_k/D_k) + 0.39$
PHCくい	打込みくい	$0.013(l_k/D_k) + 0.61$
	中掘りくい	$0.011(l_k/D_k) + 0.36$
場所打ちくい	(RC)	$0.031(l_k/D_k) - 0.15$

l_k : くいの長さ D_k ; くいの外径 (鋼管くいは腐れ代を除く。)

$l_k/D_k \geq 10$

E : 縦弾性係数 1 (1)に同じ

I_{HY} : ペDESTAL断面のX軸周りの断面2次モーメント (mm^4)

$$I_{HX} = \frac{1}{12} u_x u_y^3 \quad \text{〔参式 1.12〕}$$

u_x : ペDESTALのX方向の幅 (mm)

u_y : ペDESTALのY方向の幅 (mm)

γ : ペDESTALの中心軸せん断応力の平均せん断応力に対する比 (長方形断面 1.5)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (N/mm^2)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \text{〔参式 1.13〕}$$

E : コンクリートの縦弾性係数 (N/mm^2)

ν : ポアソン比 1/6

A : ペDESTALの水平断面積 (mm)

$$A = u_x u_y \quad \text{〔参式 1.14〕}$$

(2) 地盤反力によるフーチングの回転剛性

$$G\phi_y = k_v I\phi_x \quad \text{〔参式 1.15〕}$$

$G\phi_y$: 地盤反力によるフーチングのY方向回転剛性 ($\text{N}\cdot\text{mm}/\text{rad}$)

k_v : フーチング底面の鉛直地盤反力係数 (N/mm^3) X方向に同じ。

$I\phi_x$: フーチング底面のX軸周りの断面2次モーメント (mm^4)

$$I\phi_x = \frac{1}{12} l_x \times l_y^3 \quad \text{〔参式 1.16〕}$$

l_x : フーチングのX方向の幅 (mm)

l_y : フーチングのY方向の幅 (mm)

(3) 貯槽全体のY方向水平剛性

$$K_x = \frac{2}{\frac{H_y^2}{G\phi_y} + \frac{1}{G_{HY}}} \quad \text{〔参式 1.17〕}$$

K_x : 貯槽重心におけるY方向の水平剛性 (N/mm)

H_y : フーチング底面から貯槽重心までの高さ (mm)

(4) Y方向の固有周期

$$T_y = 2\pi \sqrt{\frac{W_0}{K_y g}} \quad \text{〔参式 1.18〕}$$

T_y : Y方向の固有周期 (秒)

W_0, g : 1 (5)に同じ