

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-011 改1
提出年月日	2020年4月8日

V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針

K7 ① V-2-1-11 R0

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 機器の支持構造物	1
2.1 基本原則	1
2.2 支持構造物の設計	1
3. 電気計測制御装置	19
3.1 基本原則	19
3.2 支持構造物の設計	19
4. 配管の支持構造物	26
4.1 基本原則	26
4.2 支持構造物の設計	26
5. その他特に考慮すべき事項	39
別紙 電気計測制御装置等の耐震設計方針	



今回提出範囲

1. 概要

機器・配管の耐震設計を行う場合、基本設計条件（耐震重要度、設計温度・圧力、動的・静的機器等）、プラントサイト固有の環境条件（地震、風、雪、気温等）、形状、設置場所等を考慮して各々に適した支持条件（拘束方向、支持反力、相対変位等）を決め、支持構造物を選定する必要がある。また、現地施工性や機器等の運転操作・保守点検の際に支障とならないこと等についても配慮し設計する。

本資料は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「9. 機器・配管系の支持方針について」に基づき、各々の機器・配管の支持方法及び支持構造物の耐震設計方針を説明するものである。

2. 機器の支持構造物

2.1 基本原則

機器の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 重要な機器は岩盤上に設けた強固な基礎又は岩盤により支持され十分耐震性を有する構築物内の基礎上に設置する。
- (2) 支持構造物を含め十分剛構造とすることで建屋との共振を防止する。
- (3) 剛性を十分に確保できない場合は、機器系の振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (4) 重心位置を低くおさえる。
- (5) 配管反力をできる限り機器に持たせない構造とする。
- (6) 偏心荷重を避ける。
- (7) 高温機器は熱膨張を拘束しない構造とする。
- (8) 動的機能が要求されるものについては地震時に機能を喪失しない構造とする。
- (9) 内部構造物については容器との相互作用を考慮した構造とする。
- (10) 支持架構上に設置される機器については架構を十分剛に設計すると同時に、必要に応じ架構の剛性を考慮した耐震設計を行う。

2.2 支持構造物の設計

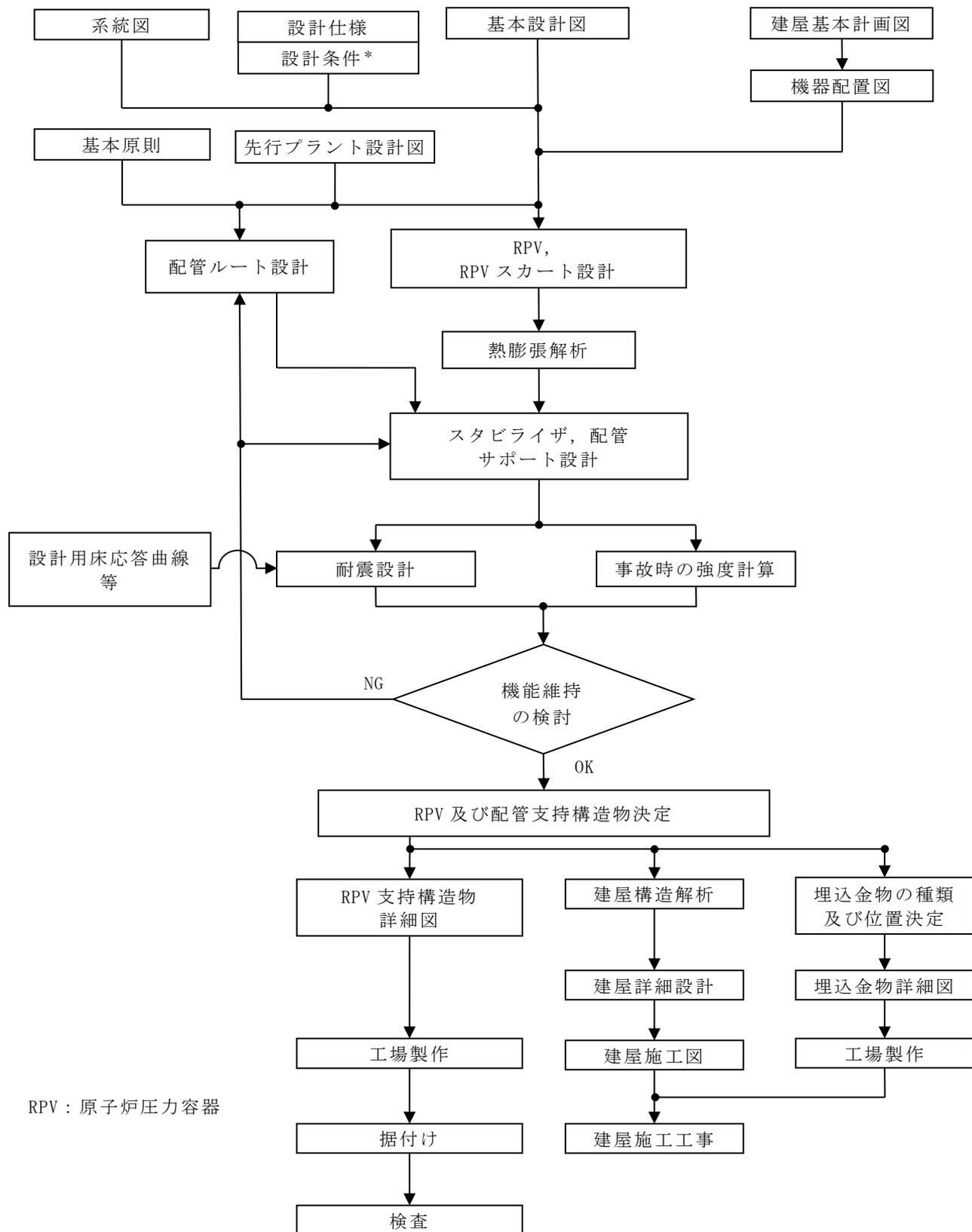
2.2.1 設計手順

機器類の配置、構造計画に際しては、建物・構築物、配管、ダクト等機器類以外の設備との関連、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、機器類の特性、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等についての配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。

設計手順を図 2-1、図 2-2、図 2-3 に示す。

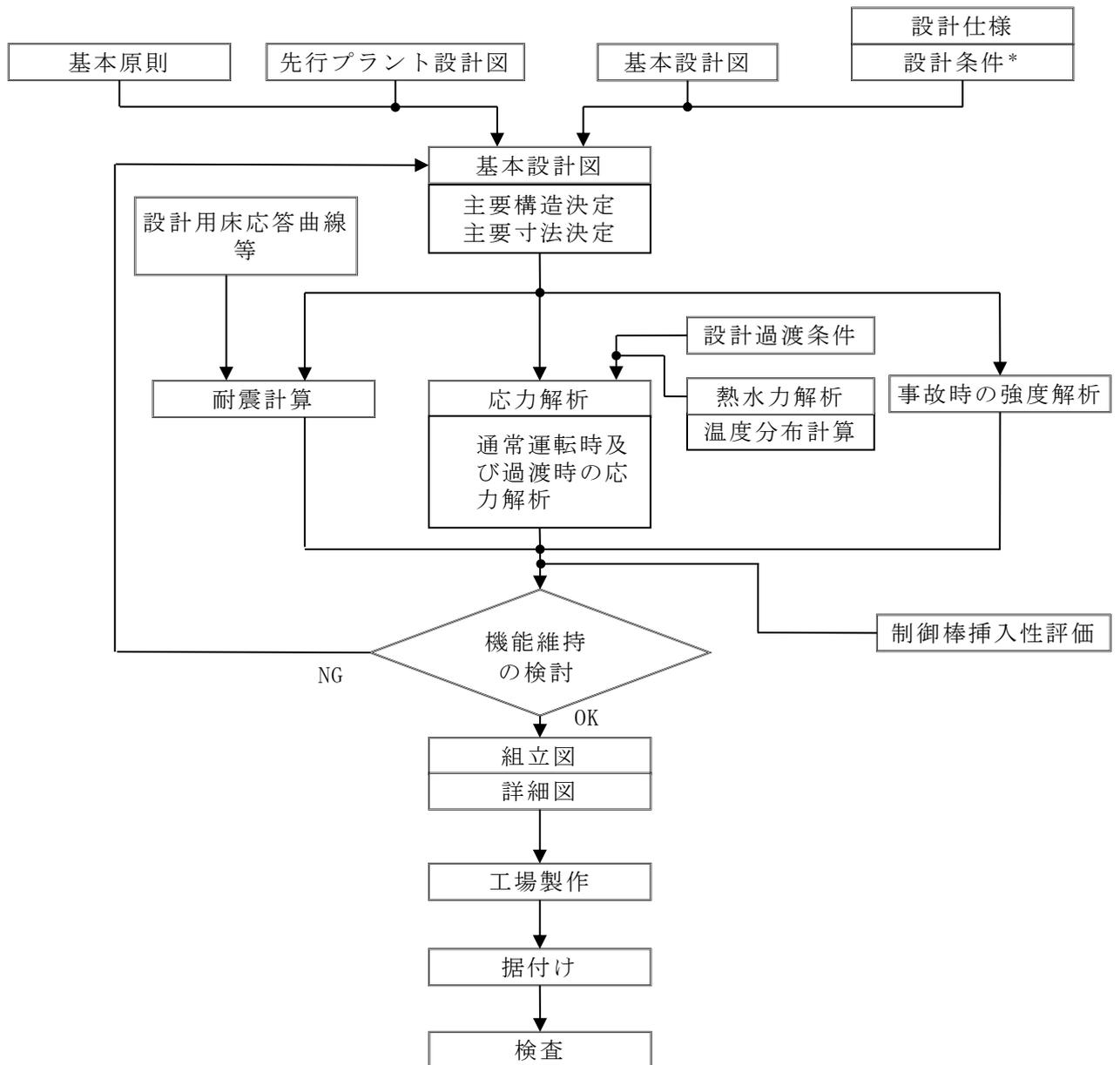
支持構造物の設計は、建屋基本計画及び機器の基本設計条件等から配置設計を行い、支持する機器、配管の熱膨張解析、耐震解析、機能維持の検討により強度

及び支持機能を確認し，詳細設計を行う。このとき，高温機器については，熱膨張解析による熱膨張変位を拘束しない設計とするよう配慮する。



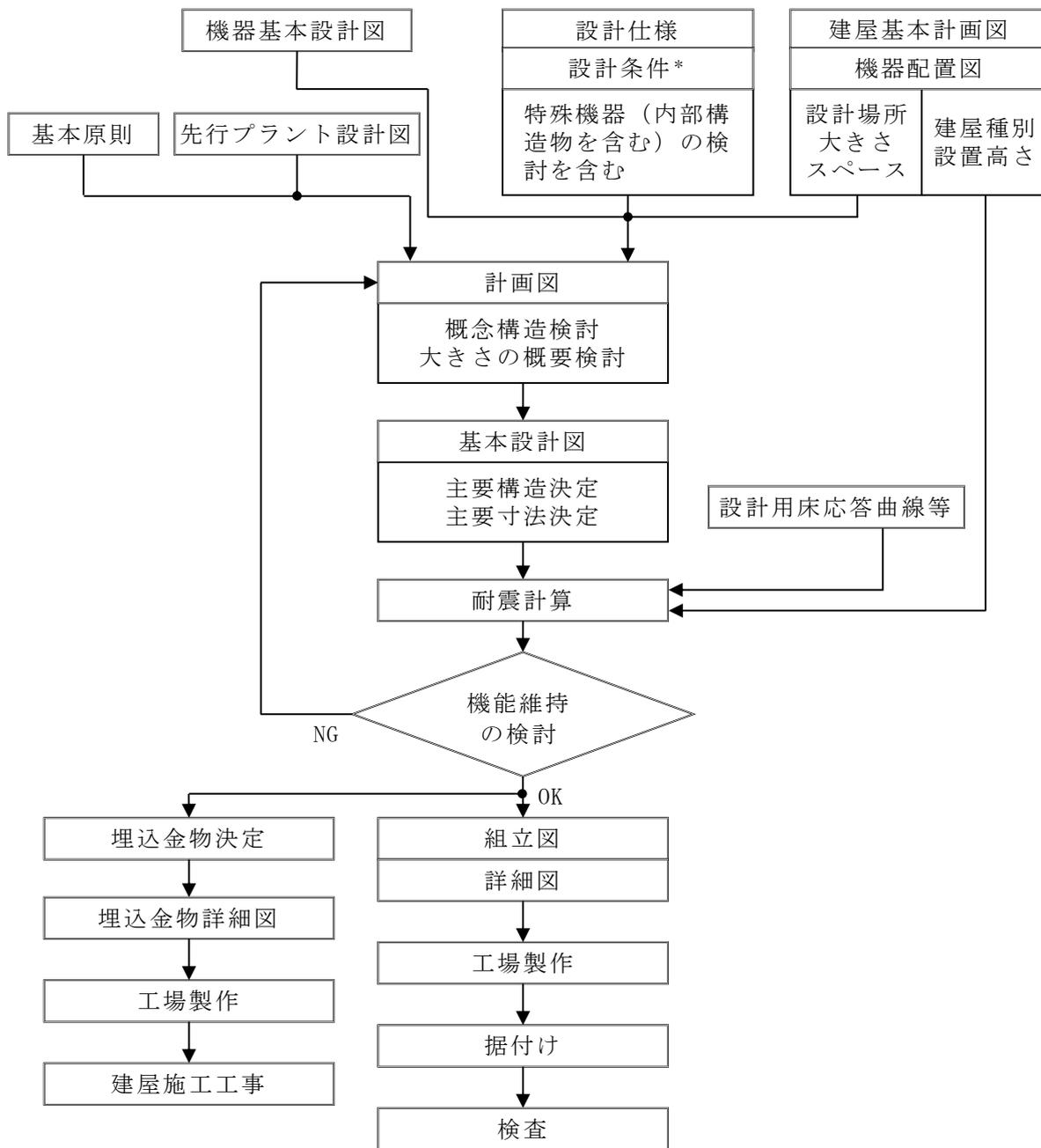
* : 環境条件, 現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

図 2-1 大型機器支持構造物設計フロー



* : 環境条件, 現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

図 2-2 炉心支持構造物設計フロー



* : 環境条件, 現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

図 2-3 一般機器支持構造物設計フロー

2.2.2 支持構造物及び基礎の設計

(1) 支持構造物の設計（埋込金物を除く）

a. 設計方針

支持構造物の設計は，機器を剛に支持することを原則とし，機器の重心位置をできる限り低くするとともに，偏心荷重をおさえるよう設計する。

また，熱膨張変位の大きいものについては，その変位を拘束することなく，自重，地震荷重等に対し，有効な支持機能を有するよう設計する。

b. 荷重条件

支持構造物設計に当たっては機器の自重，積載荷重，運転荷重等通常時荷重の他に，地震時荷重，事故時荷重を考慮する。

また，屋外機器については積雪荷重の屋外特有の荷重を考慮する。荷重の種類及び組合せについてはV-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

支持構造物は大別して，機能材と構造材とに分け設計を行い，下記に従い選定する。

(a) 機能材

耐圧母材の機能維持に必須のもので，母材に直接接合されており構造物境界が明瞭でなく，当該支持構造物材の部分的損傷が直接母材の機能低下をもたらすおそれのある重要なものに使用する。

また，部材については，容器と同等の応力算定を行い，十分な強度を有するよう設計する。

（代表例）容器の支持構造物取付用ラグ，ブラケット等

(b) 構造材

当該支持構造物が単に耐圧母材を支持することのみを目的とするものであり，当該材と母材との構造物境界が明瞭で，当該材の部分的損傷は直接母材の機能低下をもたらさないようなものに使用する。

また，部材については，鋼構造設計規準等に準拠して設計する。

（代表例）支持脚，支持柱，支持架構，ボルト，スナッパ

(2) 埋込金物の設計

a. 設計方針

機器の埋込金物は，支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え，支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は，機器の支持方法，支持荷重及び配置を考慮して行う。このとき，機器の埋込金物及び定着部は，原則としてボルトの限界引き抜き力に対して，コンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで，基礎ボルトに対して十分な余裕を持つように設計する。

b. 荷重条件

埋込金物の設計は，機器から伝わる荷重に対し，その荷重成分の組合せを考

慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

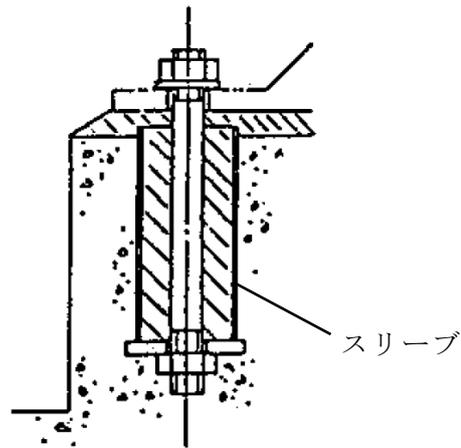
c. 種類及び選定

埋込金物には下記の種類があり、それぞれ使用用途に合わせて選定する。

(a) 基礎ボルト形式（スリーブ付）

タンク、ポンプ等、基礎ボルト本数が多く、高い据付け精度が必要な機器に使用する。

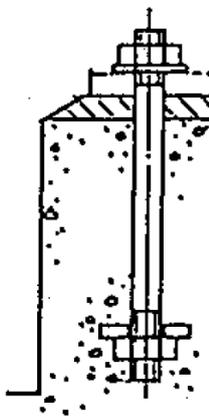
(代表例) 残留熱除去系ポンプ



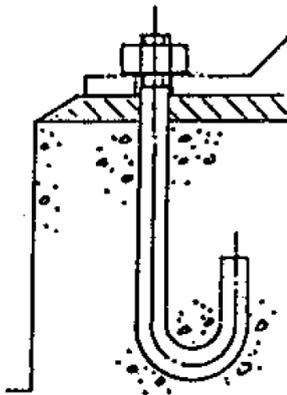
(b) 基礎ボルト形式（スリーブ無し）

基礎ボルト本数が少ない機器の支持構造物，あるいは高い据付け精度が必要でない一般機器，タンク等に多く使用する。

（代表例）空気だめ



- (c) 基礎ボルト形式（曲り棒使用）
荷重条件として引張荷重や曲げモーメントが小さい機器に使用する。
（代表例）復水器

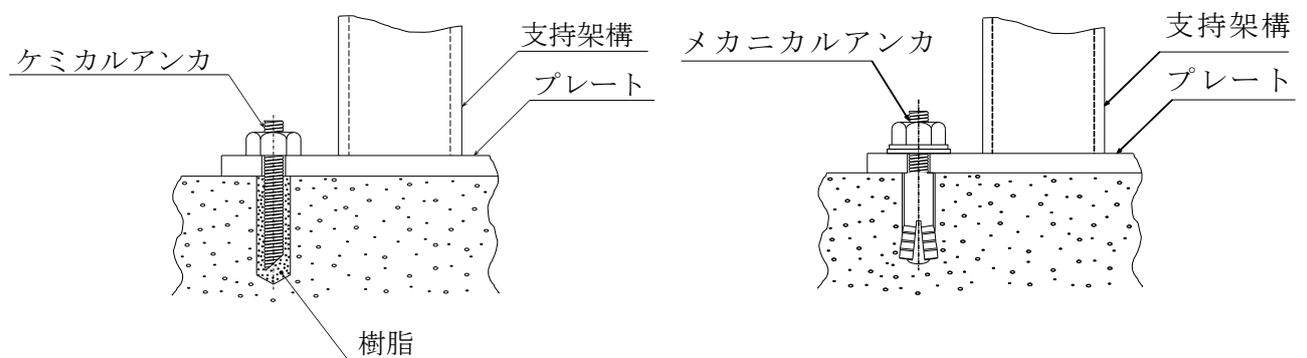


(d) 後打ちアンカ

打設後のコンクリートに穿孔機で孔をあけて設置するもので、ケミカルアンカ又はメカニカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件で使用する。メカニカルアンカは振動が大きい箇所に使用しない。

後打ちアンカの設計は、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 又は「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会，2010年改定）に基づき設計する。また、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。

(代表例) 電気盤



(3) 基礎の設計

a. 設計方針

機器の基礎は、支持構造物から加わる自重、地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、機器の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

基礎の設計は、機器から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

基礎は機器の種類、設置場所により、下記に従い選定する。

(a) 大型機器の基礎

イ. 原子炉本体基礎

原子炉本体基礎は、原子炉圧力容器の支持構造物から加わる自重、熱膨張荷重、地震荷重、事故時荷重等の鉛直・水平荷重及びタイヤフレーム・フロアからの鉛直・水平荷重に対して、鋼板のみで十分耐える構造とする。

(b) 一般機器の基礎

イ. 屋内の基礎

屋内に設置される一般機器の支持構造物は、建屋の床壁あるいは天井を基礎として設置される。従って建屋設計に際しては、これら機器からの荷重を十分考慮した堅固な鉄筋コンクリート造とする。

機器を床に設置する場合、一般に基礎は水はけをよくするためかさ上げる。支持構造物は、鉄筋コンクリート造に十分深く埋め込んだ基礎ボルトにより基礎に固定する。

機器を壁あるいは天井から支持する場合は、一般にあらかじめ壁あるいは天井の鉄筋コンクリート造に埋込金物を埋め込み、支持構造物を溶接あるいはボルトにより固定する。

ロ. 屋外の基礎

屋外に設置される重要な機器は岩盤上に設けた強固な基礎又は岩盤により支持され十分耐震性を有する基礎上に設置する。

基礎は基礎自身の自重、地震荷重の他に基礎上に設置される機器からの通常時荷重、地震時荷重、積雪荷重を考慮して十分強固であるよう設計する。

機器支持構造物は一般に基礎中に埋め込んだ基礎ボルトにより固定する。

2.2.3 機器の支持方法

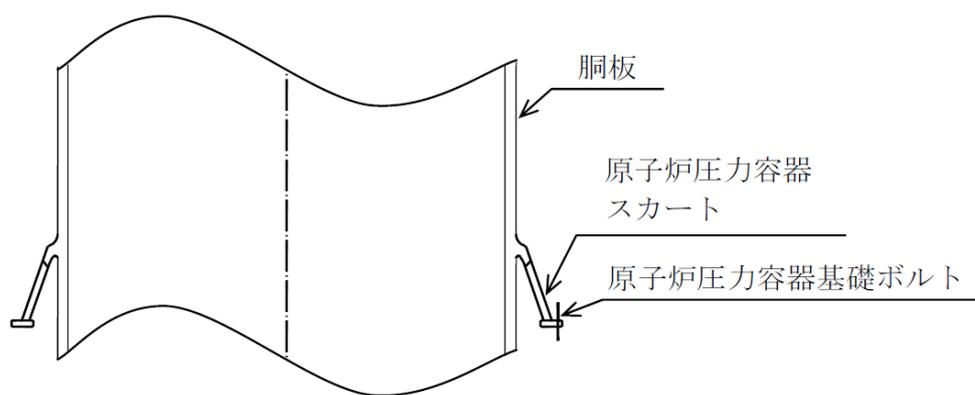
(1) たて置の機器

a. スカートの支持

スカートはベースプレートを介して基礎ボルトにより基礎に固定する。スカート剛性、基礎ボルトサイズは、容器重量及び地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造は原子炉圧力容器及びたて型のタンク類に採用する。

(代表例) 原子炉圧力容器

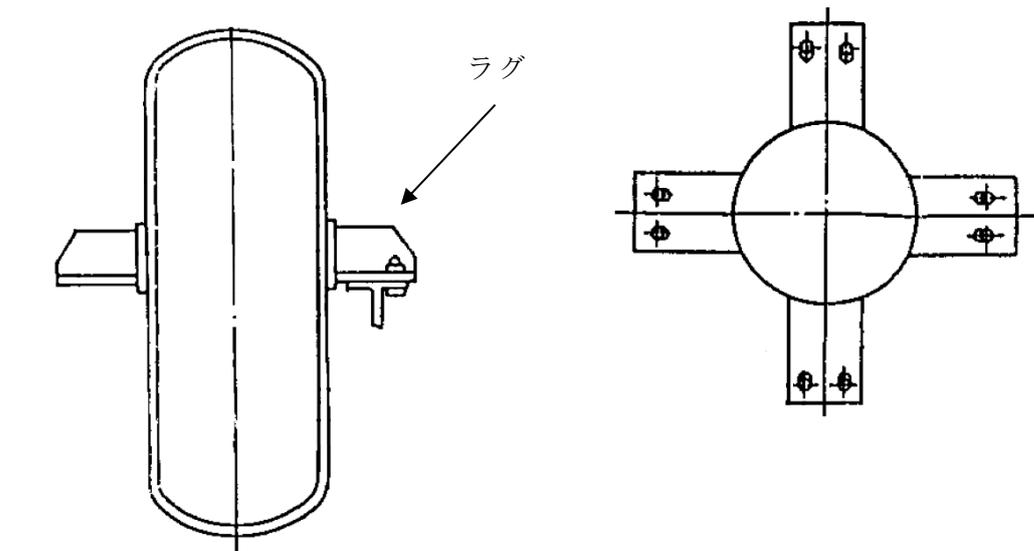


b. ラグによる支持

下図の様に機器本体に取り付けられたラグにより支持する形式のものである。この形式は機器本体の半径方向の熱膨張を自由にし、円周方向及び鉛直方向のラグ剛性で支持するものとする。

この型式の支持構造は熱膨張を拘束しない機器に採用する。

(代表例) 高電導度廃液系濃縮装置加熱器

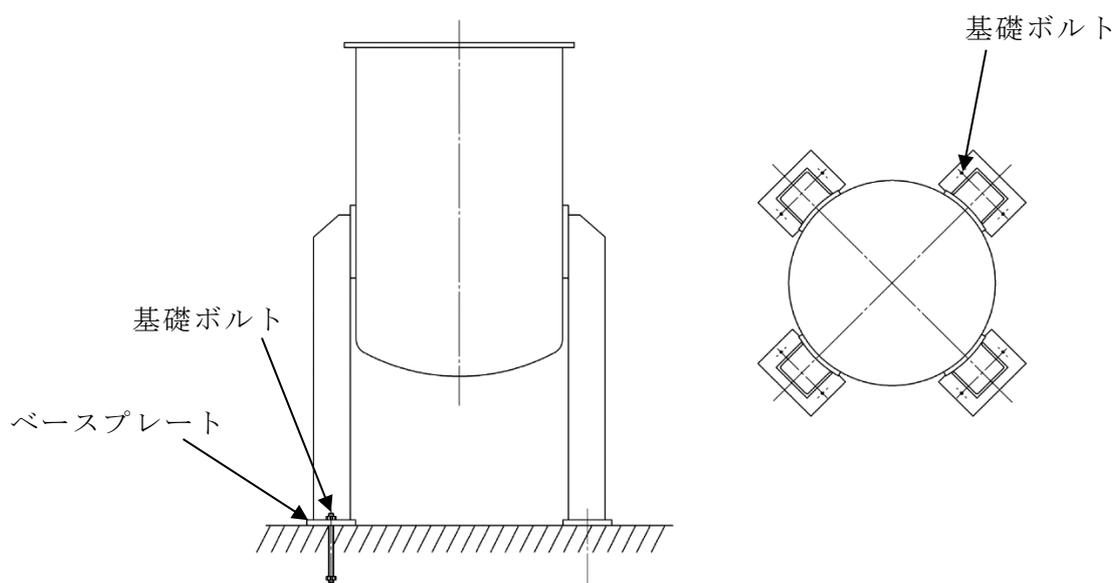


c. 支持脚による支持

下図のとおり，形鋼を胴周囲対角線上の4箇所に取り付けベースプレートを基礎ボルト又は溶接により基礎に固定する。脚剛性，基礎ボルトサイズは，容器重量及び地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この型式の支持構造は比較的軽中量のタンク等に採用する。

(代表例) 原子炉建屋低電導度廃液サンプ

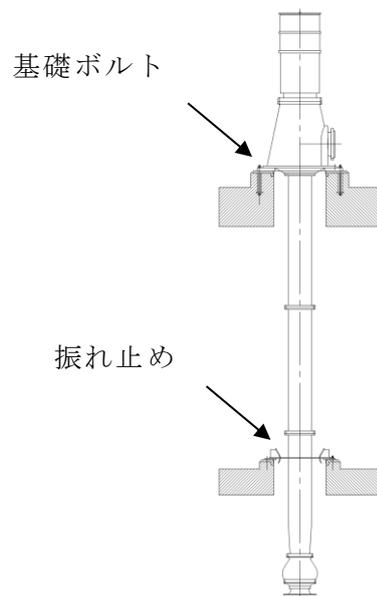


d. 振れ止めによる支持

下図の様にケーシングの長いたて形ポンプは，上部基礎だけでなく，中間部等にも振れ止めを設ける設計とする。振れ止めは，振れ止め部の地震荷重に対し，十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造はたて形ポンプに採用する。

(代表例) 原子炉補機冷却海水ポンプ



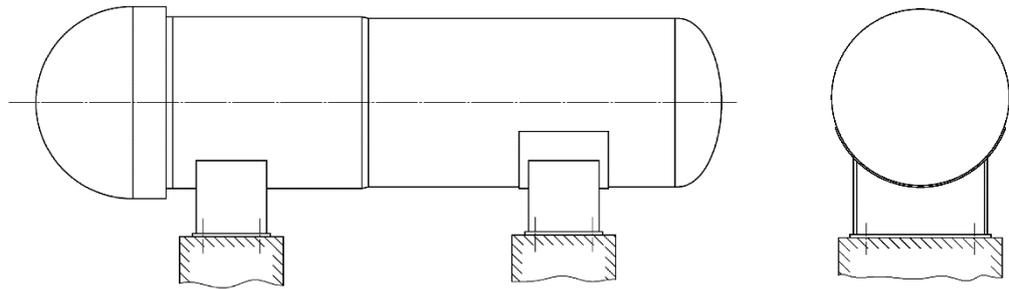
(2) 横置の機器

a. 支持脚による支持

支持脚は鋼板製の溶接構造とし、多数の基礎ボルトで基礎に固定する。支持脚は十分な剛性及び強度を持たせ、基礎ボルトは、地震力による転倒モーメント等に対し十分な強度を有する設計とする。

この形式の支持構造は容量の大きい横置の熱交換器、タンク類に採用する。

(代表例) 残留熱除去系熱交換器

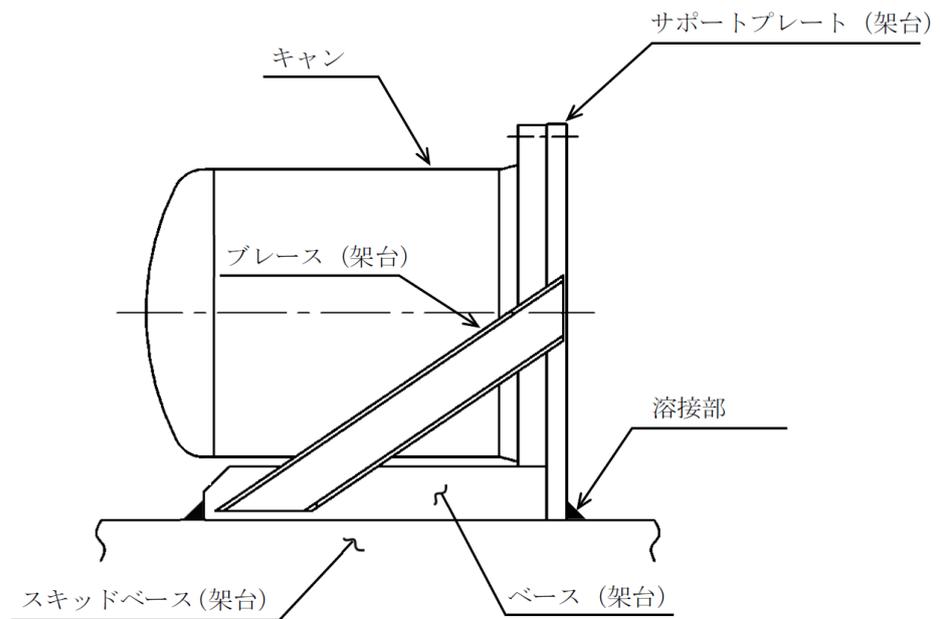


b. 架台支持

架台は鋼板または形鋼を組合せた溶接構造とし、機器は取付ボルトで架台に固定する。架台は十分な剛性及び強度を持たせる設計とする。

この形式の支持構造はポンプ、ブロワ等に採用する。

(代表例) 可燃性ガ濃度制御系再結合装置ブロワ



(3) 内部構造物

a. 原子炉本体

原子炉圧力容器内にある構造物は、燃料集合体を直接支持又は拘束する炉心支持構造物と、それ以外の炉内構造物に大別できる。

炉心支持構造物は炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具及び制御棒案内管から構成され、炉内構造物は蒸気乾燥器、気水分離器及びスタンドパイプ、シュラウドヘッド、スパージャ及び内部配管等から構成される。

燃料集合体上部の水平方向は上部格子板で支持し、下部の水平方向は燃料支持金具及び制御棒案内管を介して炉心支持板で支持される。燃料集合体の鉛直方向の荷重は燃料支持金具を介して制御棒案内管で支持し、制御棒案内管は原子炉圧力容器下部鏡板に取付けられた制御棒駆動機構ハウジングで支持される。

上部格子板は炉心シュラウドの上部フランジ上に設置し、炉心支持板は炉心シュラウドの下部フランジ上にボルトにより固定される。炉心シュラウドは下端をシュラウドサポートに溶接され、シュラウドサポートは原子炉圧力容器下部鏡板に溶接される。

気水分離器及びスタンドパイプはシュラウドヘッドに溶接され、シュラウドヘッドは上部格子板上にボルトによりフランジ接続される。

蒸気乾燥器、スパージャ及び内部配管は、原子炉圧力容器内部に取付けられたブラケット等により支持される。

b. 熱交換器

熱交換器には、伝熱管がU字管式のものと同直管式のものがあり、いずれもじゃま板によって伝熱管を剛に支持し、地震及び流体による振動を防止する。

c. タンク類

タンク類でその内部にスプレイノズル、スパージャ、ヒータ等が設けられるものについては、それらを機器本体からのサポートにより取り付ける。