

【公開版】

| | |
|----------|------------------|
| 日本原燃株式会社 | |
| 資料番号 | 耐震機電 23 R0 |
| 提出年月日 | 令和 3 年 12 月 22 日 |

設工認に係る補足説明資料

耐震設計の基本方針に関する

機器と配管の相対変位に対する設計上の扱いについて

目次

| | |
|-----------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 機器と配管の相対変位に対する設計方針 | 1 |
| 3. 機器と配管の相対変位に対する設計内容 | 2 |
| 4. 機器と配管の相対変位に対する影響 | 6 |
| 5. まとめ | 7 |

別紙-1 機器の変位による影響確認結果

: 後次回申請において提示

1. 概要

本資料は、再処理施設、廃棄物管理施設、MOX 燃料加工施設の設計基準対象施設及び再処理施設、MOX 燃料加工施設の重大事故等対処施設に対する基本方針を補足説明するものである。

機器の耐震支持方針として考慮すべき事項である機器と配管との相対変位に対しては、配管側のフレキシビリティで変位を吸収することにより、機器側の管台部又は支持構造物に過大な反力が生じないように設計している。

本資料では、機器と配管の相対変位に対する耐震設計について示す。

2. 機器と配管の相対変位に対する設計方針

機器と配管の相対変位は、機器又は配管それぞれの振動挙動が異なることにより生じ、地震時の振動による変形量に変位となる。地震時の変位には、設備の剛性と地震力が影響し、そのうち設備の剛性については、剛性が高い機器（以下、「剛な機器」という）では地震時の振幅は小さく変形量が小さいことによって変位は小さくなり、剛性が低い機器（以下、「剛ではない機器」という）では振幅が大きくなり変位も大きくなることから、機器は原則十分剛に設計することとしている。

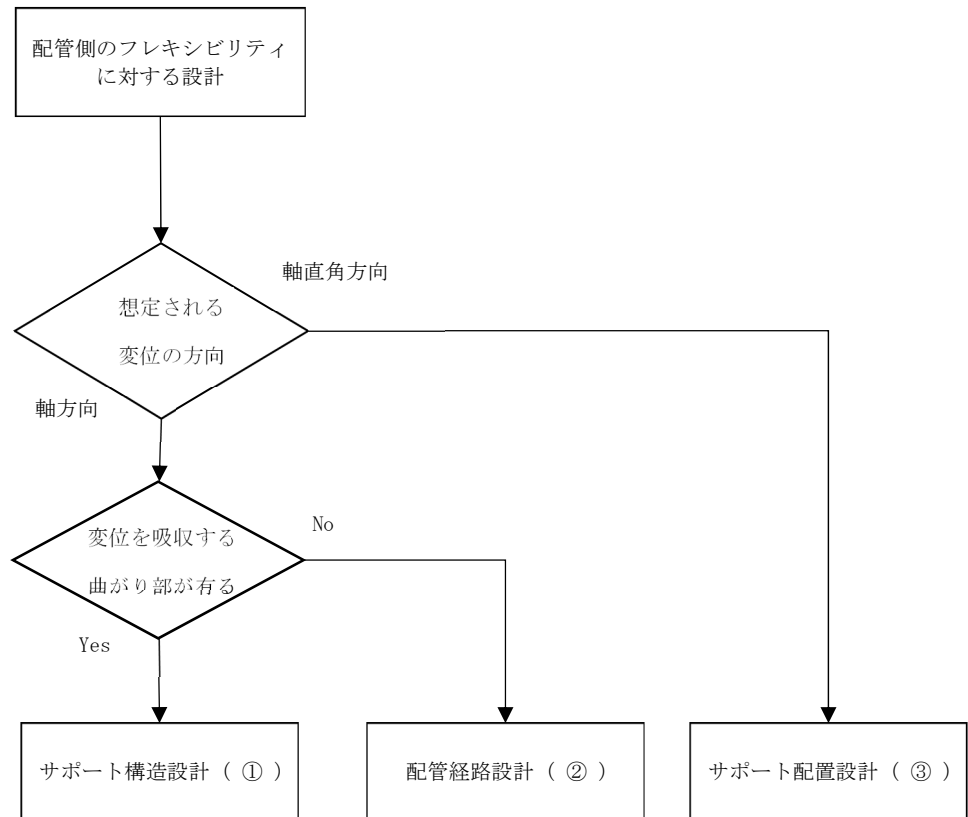
また、機器と配管の相対変位に対する設計としては、配管サポートの構造、配置及び配管経路の設計にて、変位による耐震健全性への影響が生じないような設計を行っている。

なお、これらの設計については、機器毎の特徴に応じた設計を行っており、剛な機器、剛ではない機器のどちらに対しても変位による影響が生じない設計を行っているが、剛ではない機器については変位により大きな反力が発生する可能性がある。

以上を踏まえ、機器と配管の相対変位に対する具体的な設計内容を示したうえで、剛な機器及び剛ではない機器それぞれに対する相対変位の影響について示す。

3. 機器と配管の相対変位に対する設計内容

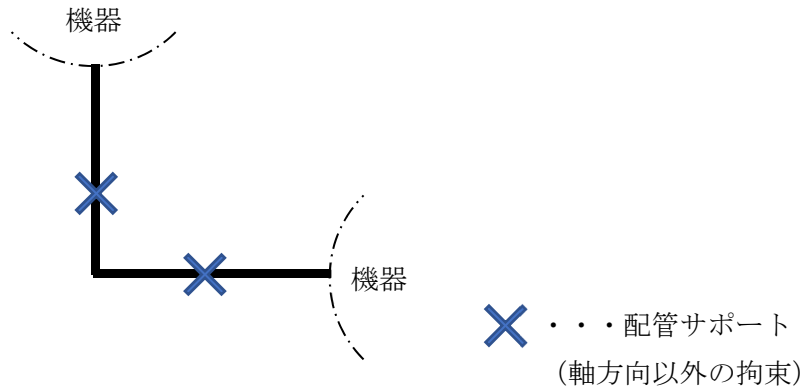
機器と配管の相対変位に対する設計としては、機器側の振動により発生する相対変位は微小であるが、構造上配管側に過大な反力が生じないように、配管側にて変位を吸収できるようなフレキシビリティとして以下に示すイメージ図の通り設計上の考慮を行っている。



第 3-1 図 変位に対する設計のイメージ図

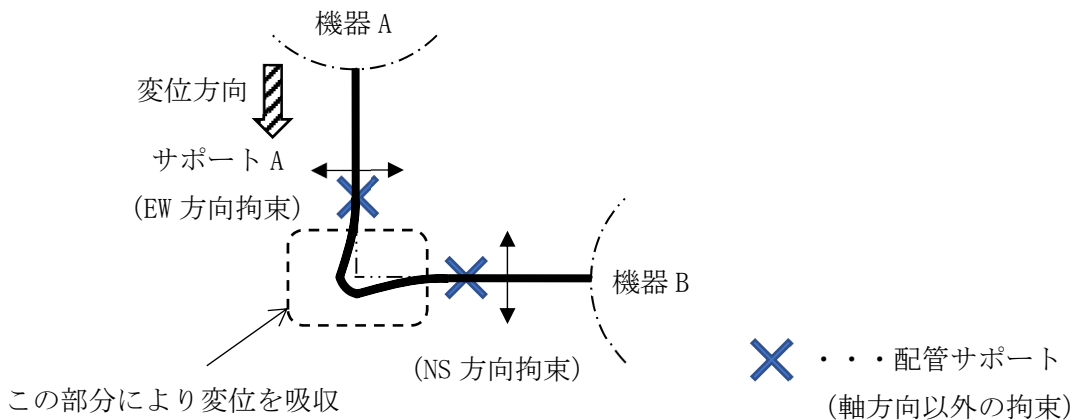
① サポート設計 (構造)

サポートが変位を拘束することにより変位による荷重が過大とならないようなサポート配置, 又は変位が生じる方向を拘束しないサポート構造を選定する設計としている。サポート配置のイメージ図を第3-2図に示す。



第3-2図 サポート配置イメージ図

第3-2図に示すサポート配置とすることにより, 機器に変位が生じた場合においても変位を拘束しないことで荷重は過大とならない。第3-3図にそれぞれの機器の変位が生じた場合の変位と拘束のイメージを示す。

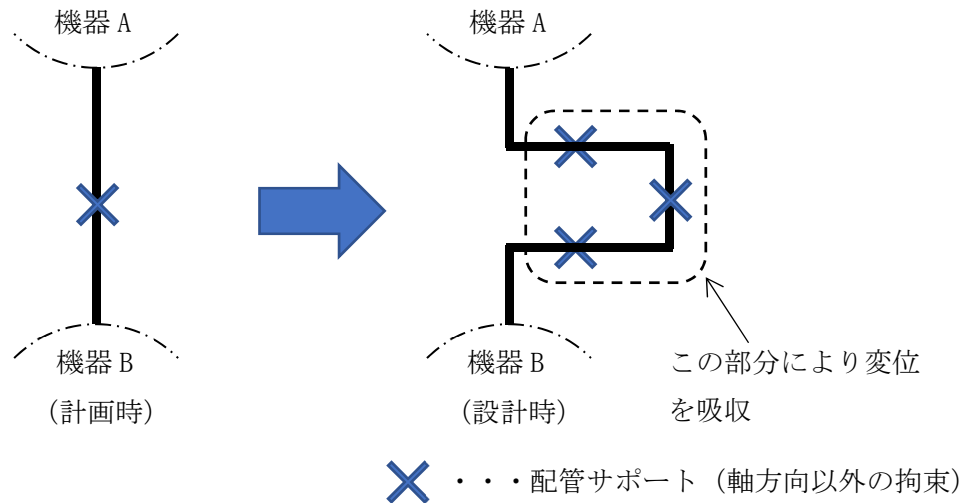


第3-3図 サポートによる変位と拘束のイメージ図

機器Aから機器Bに伝達される変位は, サポートAが軸方向荷重を拘束しないことで, 機器Aには変位の反動による荷重が発生しない。また, サポートAの先の曲がり部で変位を吸収するため機器Bに作用する荷重は小さくなる。

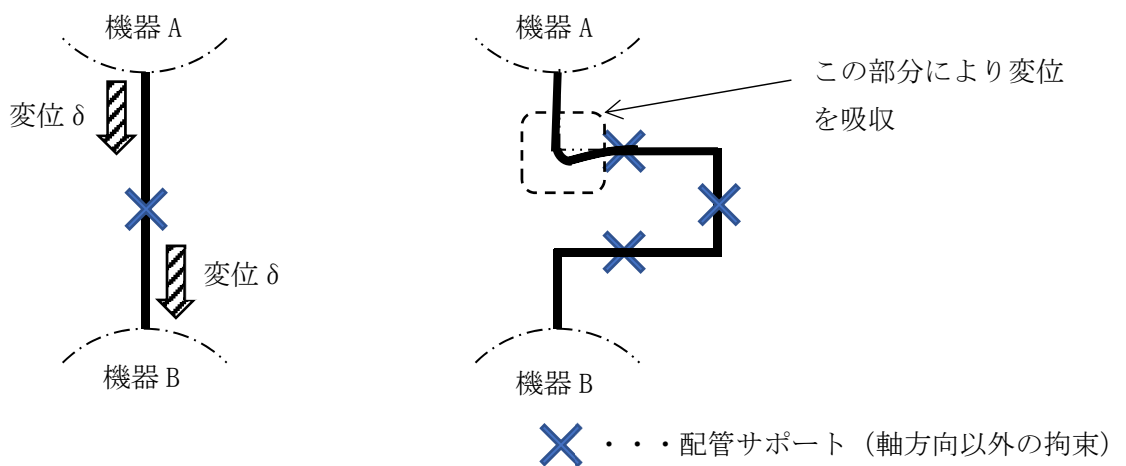
② 配管設計（配管経路設計）

配置上①に示すサポート設計による変位の吸収が困難である場合には、配管の布設ルートにおいて変位を拘束しないような配管経路又はサポート配置としている。配管経路の設計イメージを第3-4図に示す。



第3-4図 配管経路の設計イメージ図

第3-4図に示す配管経路設計では、機器Aから配管に生じる変位について、軸方向の剛性が大きい直線的な経路ではなく、フレキシビリティとして、曲がり部を取り入れて剛性を下げ、配管側で変位を吸収する設計としている。第3-5図に変位が生じた場合のイメージを示す。



第3-5図 変位発生イメージ図

機器Aから機器Bに伝達される変位は、曲がり部が無い場合機器Aから生じた全てが伝わるが、配管経路設計により曲がり部を設けることで変位を吸収する箇所ができるため、変位によって機器Bに作用する荷重は曲がり部を設けない場合に比べ小さくなる。

その他配管側のフレキシビリティとしては、上記①及び②の設計上の考慮を踏まえたうえで、配管の一次応力と二次応力のどちらかが過度に発生することが無く最適となるよう、サポート間の配置設計で変位を吸収する設計としている。

③ サポート設計（配置）

変位に対しては、拘束される支持長さ L が長い方が変位を吸収できることから、剛性が低く変位が大きな機器と取合う配管に対して、機器から受ける変位による影響が過大とならないようサポートによる拘束位置を変位が生じる位置から遠ざけ、過度な変位が生じないサポート配置としている。

変位に対する支持長さとは荷重について、一端を固定端とした片持ちはりを用い、同じ変位 δ が生じた場合の距離 L と荷重 F によりそれぞれの関係を以下に、イメージ図を第3-6図に示す。

変位は、 $\delta = \frac{FL^3}{3EI}$ より、求める。

ここで、 F ：荷重

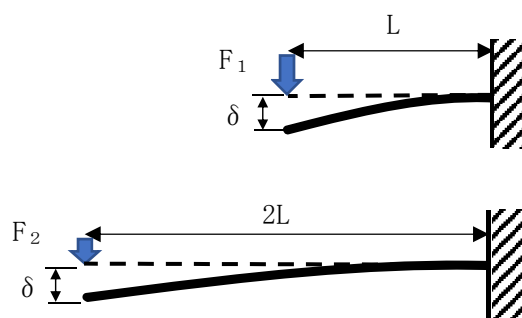
L ：支持長さ

E ：縦弾性係数

I ：断面二次モーメント

長さ L の場合の変位 $\delta = \frac{F_1 L^3}{3EI}$

長さ $2L$ の場合の変位 $\delta = \frac{8F_2 L^3}{3EI}$



第3-6図 変位に対する距離と荷重の関係イメージ図

第3-6図に示す通り、配管に係る変位を同じとした場合、支持長さである L を2倍にすることで変位点における荷重 F_2 は F_1 の約 $1/8$ と小さくなる。

次項では、機器側から生じる変位が配管側に与える影響について示す。

4. 機器と配管の相対変位に対する影響

機器と配管の相対変位による影響としては、設備の配置設計を行うことで変位を小さくしており、同一床面に設置される機器と配管は一体となって振動することからさほど大きくなる傾向となる。

また、これら配置設計上の考慮は設計時に全ての機器、配管類を対象に行っており、機器、配管共に耐震評価において健全性が確保できている場合は、設備形状を維持しているため、機器からの過大な反力は生じない。

剛な機器と剛ではない機器に対する影響について、以下に示す。

(1) 剛な機器に対する影響

機器に生じる変位 δ は、機器の剛性 K と機器に作用する地震力 F を用いて下式により算出する。

$$\delta = F / K$$

ここでは、剛な機器の変位量について、定型式を用いて耐震評価を行っている一般的な平底タンクを例として、単位加速度 a ($=1\text{m/s}^2$) 当たりの重心位置における変位量を以下に示す。

$$\delta = F / K = 0.07\text{mm}$$

ここで、

$$F = ma = 16200\text{N}$$

m : 機器の質量 ($=16200\text{kg}$)

$$K = \frac{1}{\frac{L^3}{3E \cdot I} + \frac{L}{G \cdot A_e}} = 2.568 \times 10^5 \text{N/mm}$$

L : 変位算出高さ ($=3000\text{mm}$)

E : 縦弾性係数 ($=201000\text{MPa}$)

I : 断面二次モーメント ($=1.902 \times 10^{10}\text{mm}^4$)

G : せん断弾性係数 ($=77300\text{MPa}$)

A_e : せん断断面積 ($=2.521 \times 10^4\text{mm}^2$)

単位加速度当たりの変位量は 0.07mm と非常に小さく、震度が $1G$ の場合においても 0.7mm 以下と微小である。

本結果で示した 0.7mm 程度の変位は、標準支持間隔によるサポート間距離数 m に比べて非常に小さい。

剛な機器と配管の取合いについては、機器から生じる変位は微小な変位となっており、過大な反力は生じず、更に配置設計として配管フレキシビリティによる設計を行っているため、施設の健全性に影響を与えない。

(2) 剛ではない機器に対する影響

剛ではない機器で変位が発生した場合、大きな反力が生じる可能性があるため、剛ではない機器の変位が大きい機器を代表として過大な反力が発生していないことの確認を行う。

第一回申請設備は剛な機器と配管の取合いであるため、剛ではない機器の結果は後次回申請にて示す。

5. まとめ

機器と配管の相対変位については、剛な機器、剛ではない機器のどちらに対しても変位による影響が生じない配置設計上の考慮として、配管サポートの構造、配置及び配管経路の設計にて、変位を吸収することで設備の健全性への影響が生じない設計としている。

後次回申請においては、剛ではない機器で変位が配管の耐震健全性に影響を与えないことについて示す。