

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電15 R0
提出年月日	令和3年6月1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  
配管設計における考慮事項について

## 目 次

1. 概要	1
2. 配管設計における考え方	2
2.1 異なる耐震クラス配管との接続部の扱い	3
2.2 隣接する配管に対する扱い	6
2.3 高温配管の扱い	7
3. まとめ	11

## 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。

設工認添付書類の基本方針配管の耐震支持方針上に示している「配管の設計において考慮すべき事項」では，先行発電プラントである東海第二発電所で示している6つの方針のほか，既設工認から記載している3つの方針を加えた9つの方針を示している。

ここでは，3つの方針「異なる耐震クラス配管との接続部」，「隣接する配管に対する考慮」，「高温配管」の設計の考え方について示す。

## 2. 配管設計における考え方

当社設工認添付書類の基本方針「配管の耐震支持方針」に示している「配管の設計において考慮すべき事項」に記載の(1)～(9)の9つの方針のうち(1)～(6)の6つの方針は、東海第二発電所の基本方針「配管及び支持構造物の耐震計算について」と同一の記載となっている。

それ以外の(7)～(9)の以下の3つの方針については東海第二発電所の基本方針「配管及び支持構造物の耐震計算について」に記載はないが、その他の基本方針に類似の記載方針が示されているため、東海第二発電所の基本方針との比較を行ったうえで当社の設計の考え方を示す。

- ・異なる耐震クラス配管との接続部
- ・隣接する配管に対する考慮
- ・高温配管

以下に(7)～(9)の3つの方針について考え方を示す。

### 当社設工認添付書類「配管の耐震支持方針」抜粋

#### (7) 異なる耐震クラス配管との接続部

耐震重要度Sクラス又はBクラスに属する施設の配管が、弁等を境界として耐震重要度Cクラスに属する施設の配管と接続され、境界となる弁等が耐震支持されていない場合には、その影響を考慮し原則として境界以降第一番目の耐震上有効な軸直角方向拘束点まで耐震重要度Sクラス又はBクラスに属する施設の配管と同様に扱い設計を行う。

#### (8) 隣接する配管に対する考慮

配管が接近して設置される場合、地震力による変位によって配管相互が干渉しないように考慮する。

また、保温材が取り付けられる配管については、保温材の厚み及び地震変位を考慮し、配管相互が干渉しないように設計を行う。

#### (9) 高温配管

最高使用温度の高い配管は、熱膨張による応力を低減するために一般に柔に設計する必要がある。また、耐震上の要求からは、剛に設計する必要がある。したがって、支持位置及び支持条件を決めるに当たっては、原則として次のような事項を考慮し、地震並びに熱膨張による応力の制限を満足する設計を行う。

- 自重を支持するために、あるいは耐震上剛性を高めるために、配管を拘束する場合には、配管の熱膨張による変位が少ない箇所にアンカサポート又はレストレイント等を設けるものとする。
- 配管の熱膨張による変位がある特定の方向に大きい場合であって、その他の方向に上記a.と同じ理由によって拘束する必要がある場合は、熱膨張による変位方向を拘束せず、目的とする方向を拘束するガイド等を設けるものとする。
- 熱膨張による鉛直方向変位が大きい箇所で、配管の自重を支持する必要がある場合は、スプリングハンガを用いる。
- 熱膨張による変位が大きい方向を、耐震上の要求から拘束する場合はスナバを用いる。

## 2.1 異なる耐震クラス配管との接続部の扱い

当社及び東海第二発電所の比較を以下に示す。

### 当社設工認添付書類の基本方針

#### 設工認添付書類「波及的影響に係る基本方針」抜粋

##### (2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響

建屋内外に設置する耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設を対象に、安全機能を損なわないように下位クラス施設の設計を行う。

上位クラス施設と下位クラス施設との接続部には、原則、Sクラスの隔離弁等を設置する等により分離し、故障時等に隔離されるよう設計する。隔離されない接続部以降の下位クラス施設については、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、内部流体の内包機能、構造強度等を確保するよう設計する。又は、これらが維持されなくなる可能性がある場合は、下位クラス施設の損傷と隔離によるプロセス変化により、上位クラス施設の内部流体の温度、圧力に影響を与えても、支持構造物を含めて系統としての機能が設計の想定範囲内に維持されるよう設計する。

#### 設工認添付書類「配管の耐震支持方針」抜粋

##### (7) 異なる耐震クラス配管との接続部

耐震重要度Sクラス又はBクラスに属する施設の配管が、弁等を境界として耐震重要度Cクラスに属する施設の配管と接続され、境界となる弁等が耐震支持されていない場合には、その影響を考慮し原則として境界以降第一番目の耐震上有効な軸直角方向拘束点まで耐震重要度Sクラス又はBクラスに属する施設の配管と同様に扱い設計を行う。

### 東海第二発電所基本方針「波及的影響に係る基本方針」抜粋

#### 3.3 接続部の観点による設計

建屋内外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に、別記 2②「耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響」の観点で、上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

上位クラス施設と下位クラス施設との接続部には、原則、Sクラスの隔離弁等を設置することにより分離し、事故時等に隔離されるよう設計する。隔離されない接続部以降の下位クラス施設については、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、内部流体の内包機能、機器の動的機能、構造強度等を確保するよう設計する。又は、これらが維持されなくなる可能性がある場合は、下位クラス施設の損傷と隔離によるプロセス変化により、上位クラス施設の内部流体の温度、圧力に影響を与えても、支持構造物を含めて系統としての機能が設計の想定範囲内に維持されるよう設計する。

「波及的影響に係る基本方針」の記載は東海第二発電所の基本方針と同様の記載となっている。これに対し、当社の「配管の耐震支持方針」では具体的な設計方法を示している。

### <先行発電プラントとの比較結果>

耐震クラスが異なる配管接続部に対する基本方針の記載として、東海第二発電所では基本方針「波及的影響に係る基本方針」、当社は「配管の耐震支持方針」及び「波及的影響に係る基本方針」に記載しており、波及的影響に係る基本方針では東海第二発電所、

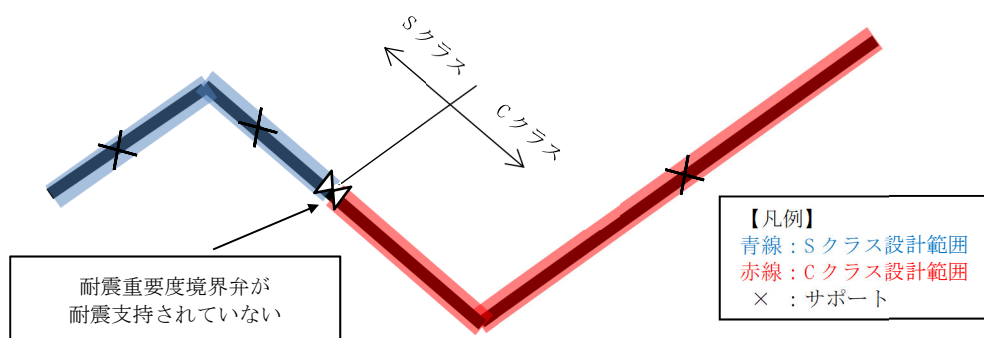
当社ともに上位クラスと下位クラスに対する相互影響に対する同様の考え方を示している。

これに対し、当社は「配管の耐震支持方針」の中に具体的な設計方針として、バウンダリを形成する弁、水封部が耐震支持されていない場合の支持範囲までを明記しており、弁等から下位クラス方向の配管の軸直角方向の第一拘束点までを上位クラスと同様に扱うことを示している。本内容について次項に示す。

<設計内容>

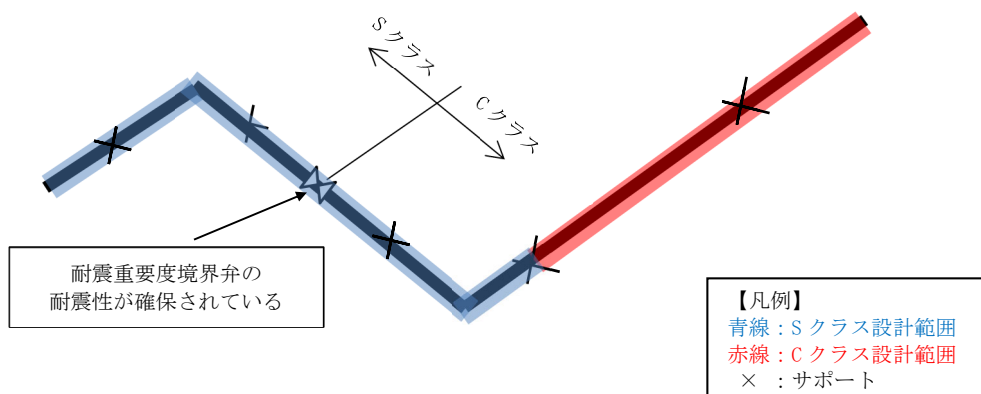
本基本方針における設計内容としては，上位クラス施設の安全機能を損なわないよう設計することを目的としており，耐震クラスが異なる配管との境界上にバウンダリとなる弁，水封部を設ける場合の設計方法を示している。

例えば，第 2.1-1 図に示す通り，弁が耐震支持されていない場合は弁近傍の設計が下位クラス設計となるため，地震による故障時等にバウンダリの確保ができず，安全機能を損なう可能性が想定されることから弁の耐震性を確保し，バウンダリを維持する必要がある。



第 2.1-1 図 弁が耐震支持されていない場合

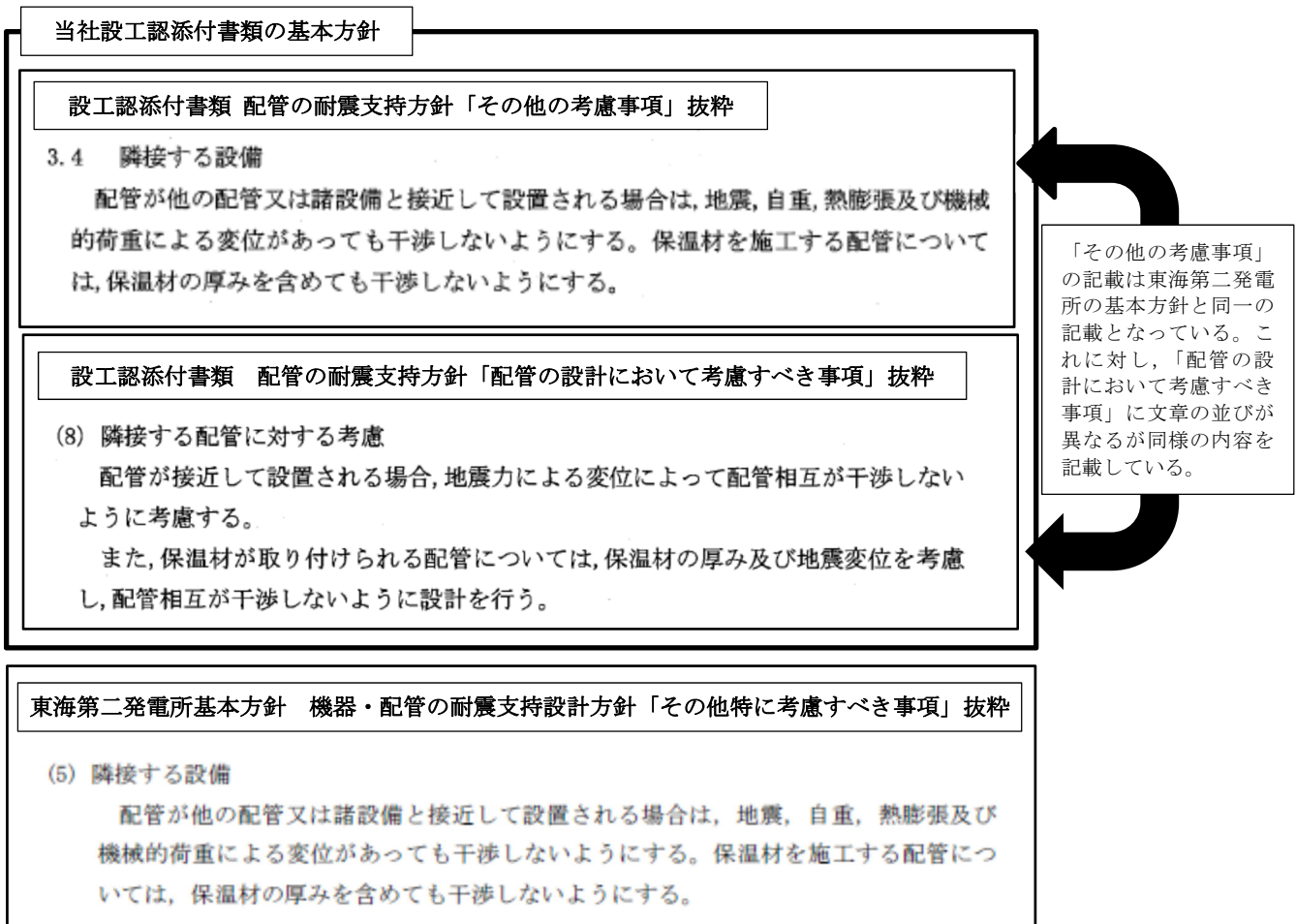
弁の耐震性確保に当たっては，第 2.1-2 図に示す通り，弁から下位クラス方向の配管第一番目の耐震上有効な軸直角方向の拘束点までを上位クラスと同様の扱いとして設計することで，下位クラス配管が破損したとしてもバウンダリが確保されるため，安全機能を維持できる設計としている。



第 2.1-2 図 第一番目の耐震上有効な軸直角方向の拘束点まで上位クラス設計とすることにより弁の耐震性が確保される場合

## 2.2 隣接する配管に対する扱い

当社及び東海第二発電所の基本方針の比較を以下に示す。



### <先行発電プラントとの比較結果>

隣接する配管に対する基本方針の記載として、東海第二発電所の基本方針機器・配管の耐震支持設計方針の「その他特に考慮すべき事項」に示しており、当社の設工認添付書類の基本方針配管の耐震支持方針の「その他の考慮事項」は同一の記載をしている。

これに対し、当社の「配管の設計において考慮すべき事項」の記載は、文章の並びが異なるが内容としては「その他の考慮事項」と同様の内容を記載している。

### <設計内容>

隣接する配管に対する設計方針は、地震力による変位及び保温材の厚みを考慮し、配管同士の距離を確保することで配管相互が干渉しない設計としている。

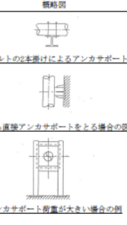
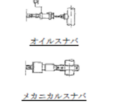

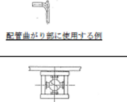

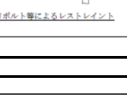
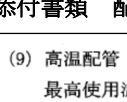
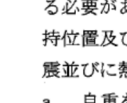


## 2.3 高温配管の扱い

当社及び東海第二発電所の比較を以下に示す。

### 当社設工認添付書類の基本方針

#### 設工認添付書類 配管の耐震支持方針「支持構造物の設計」抜粋

支持構造物名称	構造図	機能	用途
アンカサポート (ガイドサポート)	 <p>Uボルトの固定によるアンカサポート</p> <p>壁から固定アンカサポートをとる場合の図</p> <p>アンカサポート取付が大きい場合の図</p>	<p>地震及び熱膨張による変位、軸まわりの回転を完全に拘束する。</p> <p>ガイドサポートは、一定方向の移動を許すが軸まわりの回転を拘束する。</p>	<p>固定用サポートとして使用する。また、配管応力解析上の解析モデルの境界として使用する。</p>
スナバ (オイルスナバ) (メカニカルスナバ)	 <p>オイルスナバ</p>  <p>メカニカルスナバ</p>	<p>配管の熱膨張のような緩やかな移動に対しては拘束せず、地震時のような急激な荷重増大時に拘束する。</p>	<p>地震時の急激な荷重により生じる応力の低減を目的として使用する。</p>
ハンダ (スプリングハンダ)	 <p>配管直下に使用する図</p>  <p>配管曲がり部に使用する図</p>	<p>配管の自重を支持する目的で使用する。なお、地震荷重に対する地震応力は無く、耐震支持機能は変していない。</p>	<p>運転速度が早い配管で、かつ立上がり部又は定常で、鉛直方向支持点変位が大きい部位に使用する。また、許容荷重が小さい機器管台部の自重支持を目的として使用する。</p>
レストレイント (保構式レストレイント) (ロッドレストレイント) (Uボルト)	 <p>保構式レストレイント</p>  <p>ロッドレストレイント</p>  <p>Uボルト固定によるレストレイント</p>	<p>地震及び熱膨張による一定方向の変位を拘束する。</p>	<p>配管の回転を許すが変位を妨ぐ場合に使用する。</p>

2.2.3 種類及び選定  
支持構造物の機能別選定要領を、第2.2.3-1図 支持構造物の選定フローに示す。

(1) スプリングハンガ  
スプリングハンガは、支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスプリングハンガを選定する。

(2) ロッドレストレイント(リジットサポート(架構形))  
ロッドレストレイントは、配管軸直方向又は配管にラグを設置して配管軸方向の拘束に使用するもので、支持点荷重に基づき、定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のロッドレストレイントを選定する。  
なお、リジットサポート(架構形)は、形鋼を組み合わせて架構として床、壁面等の近傍の配管を支持するもので、支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。

(3) スナバ(オイルスナバ及びメカニカルスナバ)  
支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスナバを選定する。通常はオイルスナバを選定するが、保守の難易度が高い場所に設置する場合は、メカニカルスナバを選定する。

(4) アンカサポート(ガイドサポート)  
アンカサポートは、配管に直接接続されるラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成される。支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。  
なお、アンカサポートと同様な構造及び機能であるが、一定の方向だけ熱膨張変位を許容する場合はガイドサポートを選定する。

(5) Uボルト(Uバンド)  
Uボルトは、配管軸直方向を拘束する機能を有し、支持点荷重を基にその仕様(材質、形状及び寸法)を配管口径ごとに決めていることから、配管口径に応じたUボルトを選定する。  
配管軸直方向に加えて配管軸方向も拘束する場合は、Uボルトと同様な構造を有するUバンドを選定する。

「支持構造物の設計」の記載は東海第二発電所の基本方針と同様の記載となっている。これに対し、「配管の設計において考慮すべき事項」では具体的な支持構造物の設置例を記載している。

#### 設工認添付書類 配管の耐震支持方針「配管の設計において考慮すべき事項」抜粋

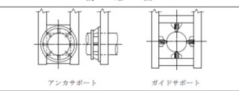

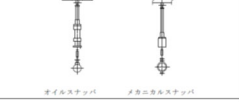

##### (9) 高温配管

最高使用温度の高い配管は、熱膨張による応力を低減するために一般に柔に設計する必要がある。また、耐震上の要求からは、剛に設計する必要がある。したがって、支持位置及び支持条件を決めるに当たっては、原則として次のような事項を考慮し、地震並びに熱膨張による応力の制限を満足する設計を行う。

- 自重を支持するために、あるいは耐震上剛性を高めるために、配管を拘束する場合には、配管の熱膨張による変位が少ない箇所にアンカサポート又はレストレイント等を設けるものとする。
- 配管の熱膨張による変位がある特定の方向に大きい場合であって、その他の方向に上記a.と同じ理由によって拘束する必要がある場合は、熱膨張による変位方向を拘束せず、目的とする方向を拘束するガイド等を設けるものとする。
- 熱膨張による鉛直方向変位が大きい箇所、配管の自重を支持する必要がある場合は、スプリングハンガを用いる。
- 熱膨張による変位が大きい方向を、耐震上の要求から拘束する場合はスナバを用いる。

東海第二発電所基本方針 機器・配管の耐震支持設計方針「支持構造物の設計」抜粋

表4-1 支持装置の機能と用途(例)

支持構造物名称	概 略 図	機 能	用 途
アンカ (アンカサポート) (ガイドサポート)		地震及び熱による変位、軸まわりの回転を完全に拘束する。 ガイドサポートは、一定方向の移動を許すが軸まわりの回転を拘束する。	固定用サポートとして使用する。また、配管応力解析上の解析モデルの境界として使用する。
レストレイント (架橋式レストレイント) (ロッドレストレイント) (Uボルト)		地震及び熱による一定方向の変位を拘束する。	配管の回転を許すが変位を防ぐ場合に使用する。
スナップ (オイルスナップ) (メカニカルスナップ)		配管の熱膨張のような緩やかな移動に対しては拘束せず、地震時のような急激な荷重発生時に拘束する。	地震等の急激な荷重により生じる応力の低減を目的として使用する。
ハンガ (スプリングハンガ) (コンスタントハンガ) (リジッドハンガ)		配管の自重を支持する目的で使用。なお、地震荷重に対する拘束効果は無く、耐震支持機能は有していない。	耐震支持機能を有していないことから、地震応力解析上は考慮されない。

c. 種類及び選定  
支持装置の機能別選定要領を、図4-2「支持構造物の選定フロー」に示す。

(a) アンカ  
アンカサポートは、配管に直接接触されるラグ又は配管固定用クランプと架橋部分から構成され、周囲の構造物との関係や支持点荷重を基に選定する。  
なお、アンカサポートと同様な構造及び機能であるが、一定の方向だけ熱変位を許容する場合は、ガイドサポートを選定する。

(b) レストレイント  
レストレイントは、配管軸直角方向又は配管にラグを設置して配管軸方向の拘束に使用する。架橋式レストレイント又はUボルトにおいて、支持点荷重がUボルトの最大使用荷重を超える場合は架橋式レストレイントを、支持点荷重がUボルトの最大使用荷重以下の場合はUボルトを選定する。ロッドレストレイントの場合は、定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のロッドレストレイントを選定する。  
なお、周囲の構造物との関係にもよるが、支持点と床、壁等が接近している場合は架橋式レストレイント又はUボルトを使用し、支持点から床、壁等までの距離が離れている場合はロッドレストレイントを使用する。

(c) スナップ  
定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のスナップを選定する。

(d) ハンガ  
支持点荷重及び熱膨張による変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重が支持点荷重を下回らない範囲で、支持点荷重に近い定格荷重のハンガを選定する。  
通常はスプリングハンガを使用するが、配管の熱膨張によって生じる支持点の変位が大きい場合はコンスタントハンガを、極めて小さい場合はリジッドハンガを使用する。

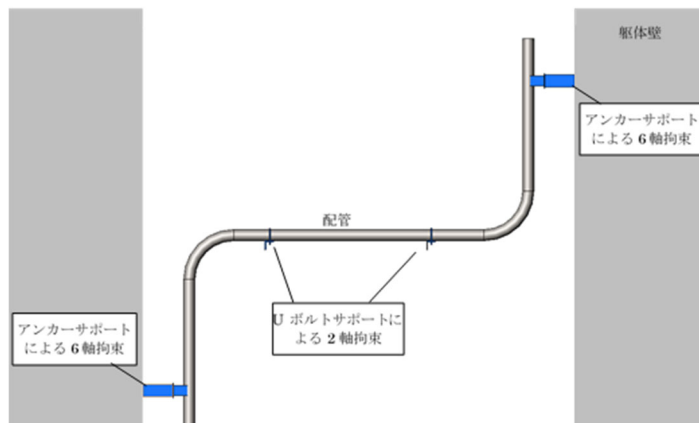
<先行発電プラントとの比較>

高温配管に対する基本方針の記載として、東海第二発電所の基本方針機器・配管の耐震支持設計方針の「支持構造物の設計」に示している。これに対し、当社は設工認添付書類の基本方針配管の耐震支持方針の「配管の設計において考慮すべき事項」及び「支持構造物の設計」の2カ所に記載しており、「配管の設計において考慮すべき事項」には高温配管に対する具体的な支持構造物の設置例を記載している。本内容について次項に示す。

<設計内容>

当社基本方針配管の耐震支持方針の「配管の設計において考慮すべき事項」にて示している具体的な設置例（a～d項）としては、a項は熱膨張による変位が小さい配管に対する設置例、b～d項は熱膨張による変位が大きい配管に対する設置例を示している。

a項については、熱膨張の変位が小さい配管であるため耐震上剛性を高めることを目的として、Uボルトやアンカー等を設置し、耐震性を確保している（第2.3-1図に支持構造物の設置イメージを示す）。

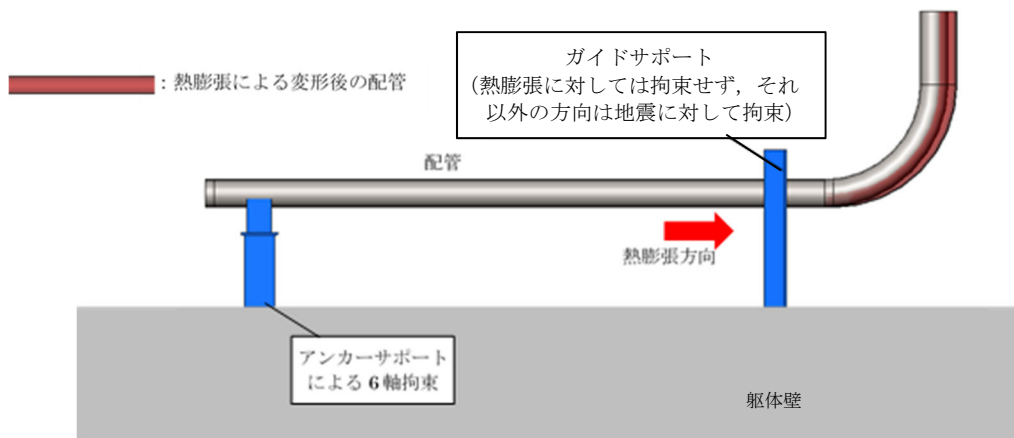


第2.3-1図 剛性を高める支持構造物の設置イメージ

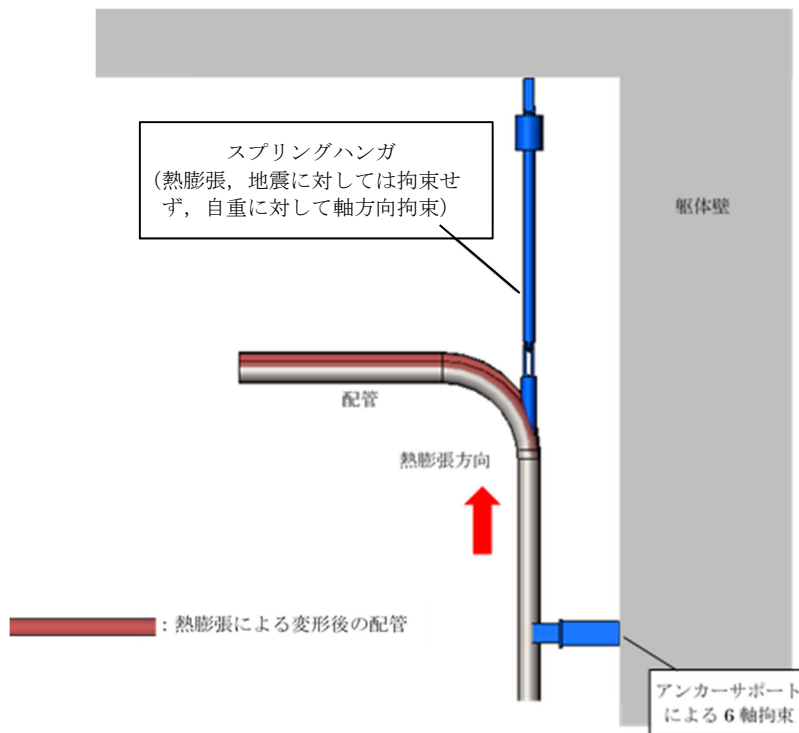
b～d項については、a項と同様、耐震上剛性を高めるが、高温配管に対して熱膨張を考慮した設計を行っている。

熱膨張による変位が大きい配管は支持構造物を設置すると熱膨張による過大な応力が発生するため、熱膨張方向に発生する変位を拘束しない機能を有する支持構造物を設置する必要がある。

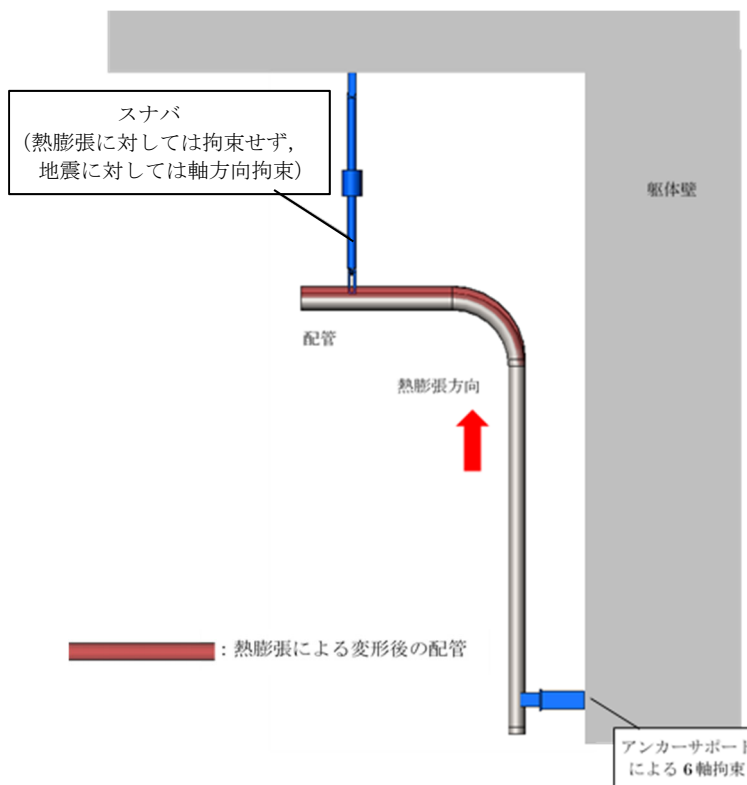
そのため、熱膨張方向について拘束しない機能を持つガイドサポート、スプリングハンガ、スナバ等の支持構造物を設置することにより過大な応力が発生しない設計としている（b～d項の支持構造物の設置イメージを第2.3-2図～第2.3-4図に示す）。



第2.3-2図 熱膨張による変位が大きい配管に対する支持構造物の設置イメージ①



第 2.3-3 図 熱膨張による変位が大きい配管に対する支持構造物の設置イメージ②



第 2.3-4 図 熱膨張による変位が大きい配管に対する支持構造物の設置イメージ③

### 3. まとめ

当社の配管の設計において考慮すべき事項の3つの方針については、東海第二発電所と配管に対する設計としては同様の設計を行っており、本対応を行うことで配管に対する耐震性を確保できる設計としている。

また、設工認添付書類配管の耐震支持方針の「配管の設計において考慮すべき事項」の記載について、既設工認より具体的な設計方針等を示している「異なる耐震クラス配管との接続部」、「高温配管」は記載内容を現行の記載とし、「隣接する配管に対する考慮」は、基本方針内の別の項目にて同様の設計方針を記載しているため「配管の設計において考慮すべき事項」より削除する。