

# 配管サポートについて

株式会社 プラント耐震設計システムズ

池 田 雅 俊

## 1. まえがき

サポートは、配管が地震時に変位・変形して損傷しないように拘束したり、配管を固定するために設けられている。これをサポートの支持機能という。このほか、固定機能、エネルギー吸収機能などをサポートに持たせることにより、配管の地震時の安全性を確保できる。配管に対する地震の影響は全てサポートを通して行われことになる。サポートが要求される機能を果たせないとき配管に被害が生じることにつながる。

今回は、配管サポート設計の基本的な考え方を解説する。

## 2. 配管に及ぼす地震の影響

地震が来襲すると地表が地震により揺れる。そうすると配管を支持する構造物が揺れる。配管を支持する構造物はサポートを通して配管を支持するので、サポートの位置の揺れが配管に入力される。このとき、配管を支持する構造物の揺れが配管へ与える影響は、サポート位置の加速度と変位量が配管に入力されて生じると考えられる。すなわち図 1 (a)の慣性力に関する影響と 図 1 (b)の変位荷重に関する影響である。

地震が来襲すると地表の揺れとともに、地盤の液状化により地盤変状が発生して、基礎が沈下したり側方流動により水平に移動することになる。地盤変状荷重に関する配管への影響が図 1 (c)である。地盤変状による変位量は数メートルにも達するので注意が必要である。

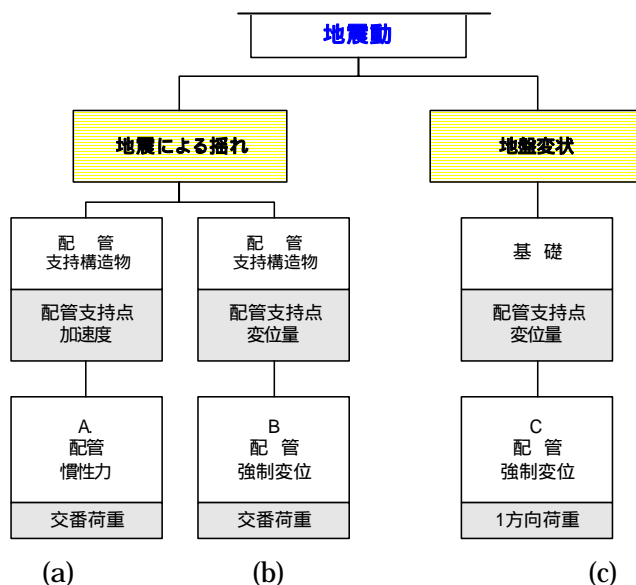


図 1 配管に及ぼす地震の影響

このようにサポートを通して配管に生じる加速度、変位、荷重を低減させ、地震時に損傷や内溶液・ガスの漏洩がないようする機能を果たすために、地震時に発生するあらゆる条件に対してサポートは機能を果たさなければならない。

### 3. サポートの設計

#### 3.1. サポートの構造及び評価

サポートとは、配管と配管を支持する構造物とを結合する構造要素をいい、溶着部品、取付金具及びサポート構造体を総称してサポートという。

溶着部品：配管に直接溶接して取り付けられる部品で、シュー、サドル、断熱材固定金具、トラニオン、ラグ等をいう。

取付金具：架構・パイラック、機器・スリーパ等に配管を支持・拘束する目的で取り付けられた金具でUボルト、パイプクランプ、クレビス等をいう。

サポート構造体：架構、パイラック、塔槽類等の上に取り付けた梁等、あるいは、単独の自立式構造物をいう。配管は、サポート構造体から取付金具、溶着部品を通して支持される。

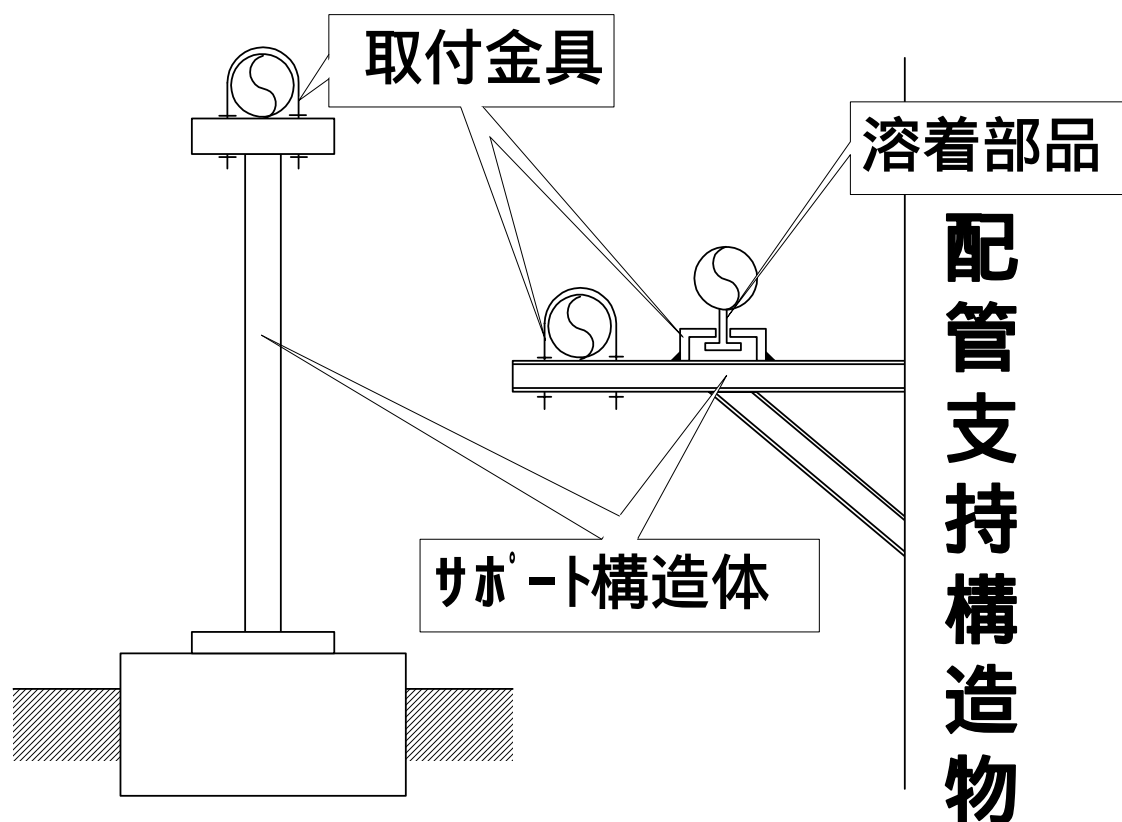


図 2 サポートの構成

### 3.2. サポートの種類と支持機能

表 1 に示すように大きく分けてレストレイント、防振器及びレスティング・ハンガーがある。

表 1 サポートの種類

名称	目的	構造	支持機能	配管設計条件
レストレイント	地震時の荷重を支持し、また、熱変形による配管の動きを拘束又は制限する。	アンカー	3方向の変位及び回転を拘束する。	3方向の変位及び回転に係る配管支持点とする。
		ガイド	配管軸直角方向の変位を拘束。	配管変位を拘束する方向に係る配管支持点とする。
		Uボルト、又は、Uバンド	配管軸直角2方向の変位を拘束。	配管軸直角2方向に係る配管支持点とする。
		軸方向ストッパー	配管軸方向の変位を拘束。	管軸方向に係る配管支持点とする。
		3軸方向ストッパー	配管の3方向の変位を拘束。	3方向に係る配管支持点とする。
防振器	配管の振動・変位を防止する。	流体式防振機	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とする。
		機械式防振機	低速変位を許容し、高速変位を拘束。	
		バネ式防振機	バネの力で変位を低減。	バネ支持点、または、配管支持点として扱う。
レスティングハンガー	配管系の重量を支持する。	レスティング	下方より配管自重を支え、下方向変位を拘束する。	自重、熱、地震の荷重を考慮して上方向変位がないとき、配管支持点とする。
		リジッドハンガー	上方より配管自重を支え、下方向変位を拘束する。	
		バリエブルハンガー	バネで自重を支える。	バネ支持点としてもよい。ただし、許容スパン法では配管支持点と見なしてよい。
		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える。	地震荷重に対しては配管支持点としない。

なお、本表で、配管支持点とは、地震時の配管系の加速度応答計算を行うとき、変位を入力する点をいう。地盤の液状化により配管に付与される荷重や熱変形に伴う荷重に対しては、たとえば流体式防振器のように配管支持点と見なし得ない場合がある。

バリエブルハンガーやコンスタントハンガーのようにバネにより配管を支持するサポートにおいては、地震時の配管変位量にバネの伸縮量が追従するようにする。万一、追従できない場合には配管支持点として扱い、配管からの荷重に対するハンガーの強度検討を実施する。

### 3.3. サポートに要求される機能

サポートの機能には、支持機能、固定機能、エネルギー吸収機能及び支持力解放機能がある。

#### 支持機能

支持機能とは、地震動による加速度応答により配管に生じる慣性力 - 地震力 - や、地盤変状による地盤の移動に対して、地震時の配管反力を負荷する機能をいう。

このような機能を有するサポートは、たとえば、レベル1地震動に関しては、塑性変形が生じないように降伏点以下とするが、レベル2地震動に対して、塑性変形は許容するが支持荷重は破断荷重（崩壊荷重）又は座屈荷重等の限界荷重以下とするなど、設計方針により許容条件を設定する。ただし、部材間の結合機能を有するピン、クレビス等のように塑性変形後の変形吸収能力がない取付金具に関しては、レベル2地震動であっても降伏応力以下とすべきである。

#### 固定機能

固定機能とは、サポートの両側の配管を力学的に独立させる又は相互に有害な影響を阻止する機能をいう。固定機能を有するサポートは、「固定サポート」とか「アンカー」といわれる。配管の応答解析モデルの区切りとすることができる。また、共通基礎上の配管とその外部配管の境界に取り付けるサポートは固定機能もたせることにより地盤変状の影響の範囲を限定させることができる。固定サポートは3方向の変位並びに回転に係る反力及びモーメントに対して固定サポート両側の配管応力が相互に影響しないことを確認しなければならないが、通常は便宜的にそのサポートに発生する応力が降伏応力以下であることを確認することによっている。

#### エネルギー吸収機能

エネルギー吸収機能とは、サポートに制振要素（オイルスナッパ等）を取り付けることにより地震エネルギーを吸収し、地震エネルギーが配管へ入力されるのを抑制する機能をいう。

#### 支持力解放機能

地震動に対する加速度応答に関しては、支持機能を有するが地盤変状に対しては当該支持力を解放することにより地盤変状にたいする安全性を確保する機能をいう。これは、慣性力に対して支持機能を有するサポートが、地盤変状に対しては悪影響を及ぼす場合、地震動の揺れに対しては有効に働らくが、最大の揺れが経過後に遅れて地盤の液状化に伴う地盤変状が発生したときにはそのサポートの支持機能を喪失させ配管に損傷がないようにするものである。このような支持力を解放する機能を有するサポートを「解放サポート」という。

解放サポートの例を図3に説明する。平面Z型配管系ABCがある。A,Cは固定サポート、BはUボルトである。今、X方向の地震を考えると、B配管支持点がないときスパンACが長く慣性力に対して、配管発生応力が過大となり地震時損傷するため、B点を配管支持点とする必要があるのでUボルトを設置するとする。

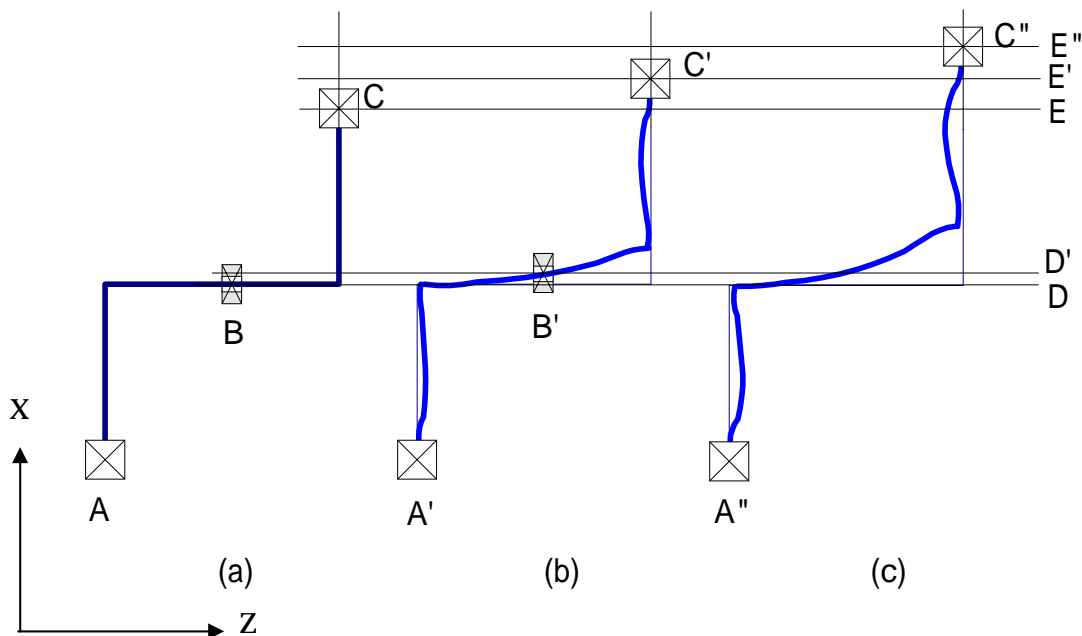


図 3 解放サポート

通常、慣性力が最大値となったあと、時間が経過後に地盤が液状化し沈下、側方流動が生じC点はC''点まで移動するとする。すると、B点のUボルトの強度が確保されていると、大きな拘束とるため配管に発生する応力が過大となり配管損傷のおそれが生じる。

そこで、B点のUボルトの強度を弱めてB点がB'点に達した時点で切断するように設計する。このとき、C点はC'点まで移動しているが、この時点におけるUボルトの拘束力では配管に発生する応力は許容範囲にあり健全性を保持しているものとする。

さらにC点はC''点まで移動するが、B点のUボルトは切断するために配管に拘束力を与えず、健全な状態を保たせることができる。

このように、配管を守るために支持力を喪失させるように設計したサポートを「支持力解放機能を有するサポート」(又は、単に「解放サポート」という。

### 3.4. サポートの材料

サポートの材質は次の事項を考慮して定める。

- サポートは使用条件に対して適切な耐久性のある材料を選定すること。
- 配管にサポートを溶接する場合は、配管と同材質の当て板を付けるか又は同材質のサポートを使用することが好ましい。
- 配管に直接取り付けするサポート(一体形構造付属物)の材料
 

配管の支持又はガイドの構成部材として用いられるラグ、板及びアングルクリップ等の一体形構造付属物は、溶接性のよい材料が用いられており、かつ、使用温度及び荷重に耐えるような設計がされている場合にあっては、管に直接溶接してもよい。

高温で使用する配管系に溶接する付属物は、管と付属物との間に有害な伸び差が出ない構造にすること。
- 次のようなサポート材を使用することは好ましくない。
 

鋳鉄材(ローラースタンド、ローラ、アンカーベース、ブラケット及び主として静的圧縮荷重を受ける支持部材以外に使用することは除く。)

黒心可鍛鋳鉄又は球状黒鉛鋳鉄（パイプクランプ、ビームクランプ、ハンガーフランジ、クリップ及びスィベルリング以外に使用することは除く。）  
 木材及び低熱伝導率の材料（配管の金属温度が常温未満で主として圧縮荷重を受ける支持部材以外には使用することは除く。）

## 4. サポートの評価

### 4.1. 支持機能、固定機能及び解放機能を有するサポートの評価

支持機能、固定機能及び解放機能を有するサポートの評価は、そのサポートに地震時負荷される荷重と、サポートの荷重・変形特性を考慮して降伏荷重、限界荷重及び解放荷重とを比較することにより行う。

一般的に荷重・変形特性は図 4 のようになる。ここで、ハッチ部分はデータのばらつきを示す。

降伏荷重、限界荷重及び解放荷重は次のように定める。

降伏荷重

降伏荷重は、図 4 の設計降伏荷重 $F_{yd}$ 以下の値とする。

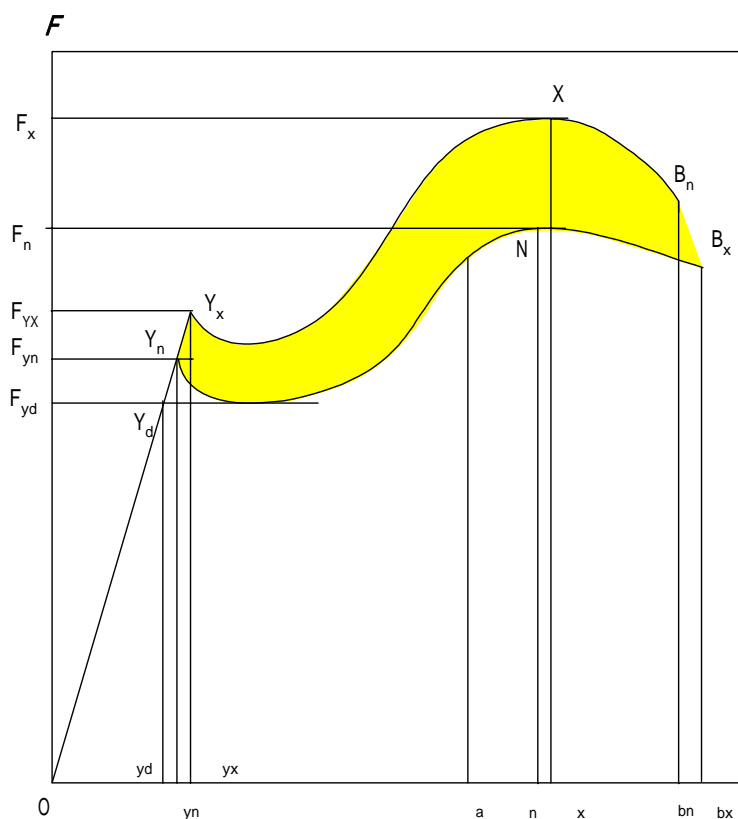
限界荷重

限界荷重は、図 4 の破断最小荷重（最小崩壊荷重） $F_n$ 以下の値とする。

解放荷重

解放荷重は、図 4 の破断最大荷重（最大崩壊荷重） $F_x$ 以上とする。

この場合、降伏荷重を超える場合は、地震後にそのサポートは継続して使用できるが検査して、必要に応じて修復することになる。



$Y_x$ : 最大降伏点	$y_x$ : 最大降伏変位量	$F_{yx}$ : 最大降伏荷重
$Y_n$ : 最小降伏点	$y_n$ : 最小降伏変位量	$F_{yn}$ : 最小降伏荷重
$Y_d$ : 設計降伏点	$y_d$ : 設計降伏変位量	$F_{yd}$ : 設計降伏荷重
$X$ : 破断最大荷重点	$F_x$ : 破断最大荷重 (最大崩壊荷重)	
$N$ : 破断最小荷重点	$F_n$ : 破断最小荷重 (最小崩壊荷重)	
$B_x$ : 破断最大変位点	$b_x$ : 最大破断変位量	
$B_n$ : 破断最大変位点	$b_n$ : 最小破断変位量	
$a$ : 許容変位量		

図 4 配管支持構造の荷重・変形曲線

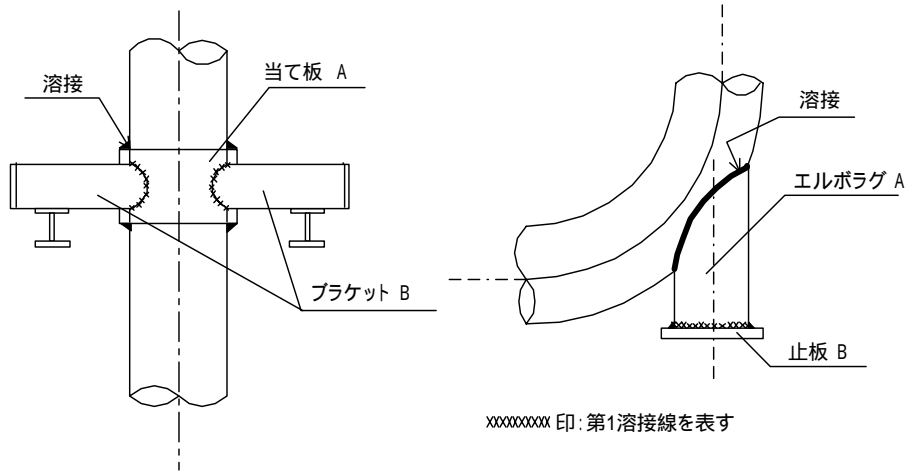
#### 4.2. エネルギー吸収機能を有するサポートの評価

エネルギー吸収機能を有するサポートの評価は、次の(a)、(b)及び(c)を満たすことを確認することによる。

- (a) 応答変位量は許容変位量以下であること。
- (b) 塑性変形吸収エネルギーは塑性変形吸収エネルギー能力以下であること。
- (c) 地震エネルギー吸収サポートはその性能が確認されたものであること。

#### 4.3. 耐圧部材の評価

サポートの部材であっても耐圧部材に直接溶接される部材は、サポートの評価のほかに耐圧部材として評価も行う。耐圧部材として評価を行う範囲は、図 5 に示す第 1 溶接線までである。なお、耐圧部材とは内圧により 1 次応力が生じる部材をいう。



- A : 支持構造材ではあるが耐圧部材としての評価もあわせて行う部分
- B : 支持構造材として評価を行う部分

図 5 耐圧部材の区分

### 5. あとがき

今回はサポートの耐震設計に関して基本的な考え方を解説した。具体的なサポートの種類ごとの荷重の計算方法、許容荷重の計算方法、計算例などは述べていない。別の機会に述べることにする。