

# 安定性を考慮したスプール図作成方法

笠原 孝保<sup>†</sup> 児玉 泰孝<sup>‡</sup>

(株)日立製作所 日立研究所<sup>†</sup> (株)バブcock日立<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

プラント配管をトラック等で輸送する際、スプールと呼ばれる部分配管に分割し、現地で溶接して組み立てる。この分割方法は工場での配管の製作費、輸送費、及び現地での据付費に影響する。しかし、荷姿を考慮した輸送寸法の評価は人手では手間がかかり、計算機による支援が有効である。輸送時の接地面を投影面とした作図と、接地面に置いた場合の縦、横、高さの寸法の評価を支援できれば、図面を見ながら輸送時や検査時の設置向きを決められるので、現場作業の支援にもなる。本発表では、スプールの安定性を考慮したスプール図面作成方法について述べる。

## 2. 対象とする問題

火力、原子力、および化学などの大規模なプラントでは、施設の中に数多くの配管が張り巡らされている。図1の左側は、プラントの3次元CADモデルから、配管の一部のみを切り取ったものを、ある投影面から表示したものである。スプールとは、このような配管を現地で組み立てるための部分配管で、図1の左側の配管を現地溶接線とよばれる線で切り分けた部品である。主に輸送上の制約から、このようなスプールに分けた状態でプラント建設現場に発送される。図1の右側は、スプールのひとつについて作成したスプール図の例である。スプール図はスプールの接地面を基準とした投影面で作成する3面図である。スプール図は、配管製作現場での製作のための図面としてのみでなく、トラックや船などの輸送手段を手配するために必要な輸送寸法を評価する目的でも作成される。しかし、

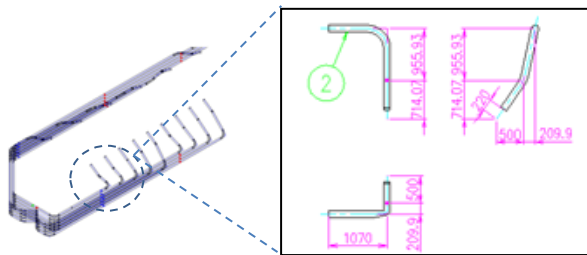


図1 スプール図の例

Engineering Drawing Method for Pipe Parts in Consideration of Setting Stability

<sup>†</sup> Takayasu Kasahara Hitachi Research Lab, Hitachi Ltd.

<sup>‡</sup> Yasutaka Kodama Bubcock-Hitachi K.K.

輸送寸法を正確に評価するためには、輸送時の接地面を投影面とする矩形での評価が必要となる。大規模プラントでは、スプールの数は数百以上になり、それぞれの形状に適した安定な接地面を人手で決定し、スプール図を作成するには手間がかかり、計算機の支援が不可欠である。

## 3. 安定な投影面での作図方法

個々のスプールのスプール図を書くためのデータは、プラント全体の3次元CADモデルから抽出する。3次元CAD上で現地溶接線により、配管を区切ってスプールを設定する。各スプールに対して配管断面の中心座標を点列として抽出し、管の外形、肉厚(管の厚み)は、別途、数値データとして、3次元CADモデルから取り出す。

さらに、ここでは、輸送上の寸法の制約条件を直方体(L, W, H)で与えることとする。高さHは、接地面からの高さとし、残りのL, Wについては、順不同で、組合せとして制約が満たされれば良いとする。もし、輸送制約を満たす安定な接地面がなければ、安定な接地面のなかで、 $(L \times W) / H$ が一番大きくなる接地面を基準に3面図を出力するとともに、寸法制約が満たされない旨の警告を出力する。

安定性の評価は、図2に示すように、スプールの重心Cを接地面に投影した点PCが、スプールの接地している部分の線分の外包多角形により包含されていることを条件とした<sup>1)</sup>。以下に処理の詳細を示す。

**<Step1>**スプール断面の中心座標を結ぶスプール中心線上の点列の中から、スプールの両端の点と屈曲点を抽出し、その中の3点の組合せで定義される平面を接地面の候補とする。ただし、空間を平面で分割したときの両側にスプール中心線がある場合には、接地面にはなり得ないので候補からはずす。

**<Step2>**各接地面の候補に対して、以下のStep 2a~Step 2cを実行する。

**<Step 2a>**スプールが接地しているスプール中心線上の端点、および屈曲点を抽出し、これらの点に対する外包凸多角形を生成する(図2)。外包凸多角形は文献<sup>2)</sup>のGraham Scanアルゴ

リズムに従って実装した。

<Step 2b> スプールの重心  $C$  を接地面に垂直に投影する。投影点  $PC$  が外包凸多角形に含まれなければ接地面候補ではスプールを安定に支えられないと判定し、接地面候補から除外する。

<Step 2c> スプールの中心線のすべてを接地面へ投影する。投影した中心線から外包凸多角形を生成し、さらに外包凸多角形を包含する長方形を生成する。

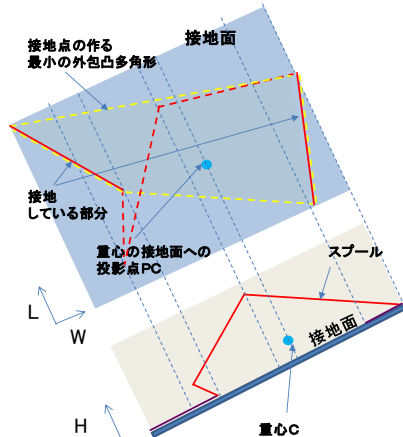


図2 スプール接地安定性の評価方法

図3に示すように、こうしてできた長方形をスプールの接地面からの最大の高さまで接地面に垂直に押し出してできた直方体はスプールの中心線を包含する。ただし、中心線から生成したこの直方体に対して輸送寸法は、この直方体の  $L, W, H$  に管の外径を加えた値とする。これは、実際の配管は中心線から管の外

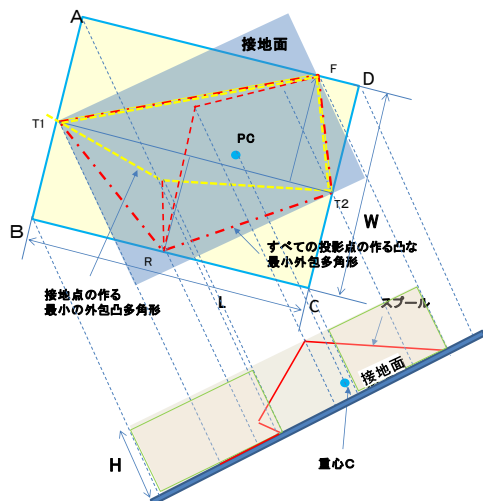


図3 安定な接地面での輸送寸法評価

径の  $1/2$  だけの幅をもっているための補正である。この値を輸送寸法制約と比較し、制約を満たさない場合は接地面候補から除外する。

<Step3> 安定性および輸送寸法の制約の両方を

満たす接地面の候補が複数ある場合は、 $L \times W/H$  (底面の面積と高さの比) が最大のものを最も安定であるとして、接地面とする。実際には、接地面からの高さも安定性に影響すると考えられる。しかし、必ずしも高さが高いことが不安定であることにはつながらず、評価が複雑となるためここでは考慮していない<sup>1)</sup>。

<Step4> 決定したスプールの接地面に対して、輸送寸法と、3面図(スプール図)を出力する。

#### 4. 結果

比較のため、参照アルゴリズムとして、もとの3次元CADモデルの  $XY, YZ, ZX$  の各座標平面にスプールを投影し、各座標平面と並行な6つの面でスプールを包含する直方体から輸送寸法を求めるアルゴリズムにより、スプール図を作成した。図4に、参照アルゴリズムによるスプール図と、提案手法によるスプール図を示す。提案手法による図の左上が接地面で、この面で安定にスプールがおけることが確認できる。一方、参照アルゴリズムによる図では、左上を接地面とすると、接地部分が平面を作らず直線になり、スプールの重心を接地面へ投影した点はこの直線上にないため、不安定である事がわかる。

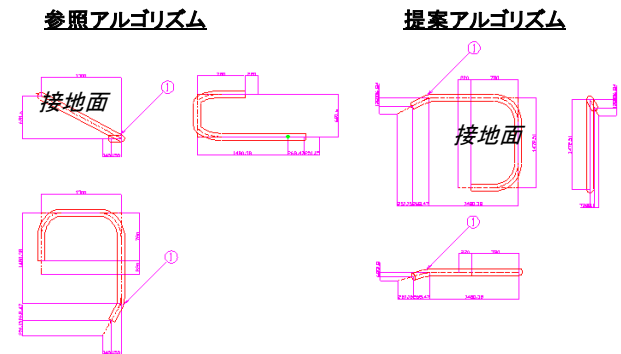


図4 スプール図作成例

#### 5. おわりに

安定性を考慮してスプールの輸送寸法を評価し、安定な接地面を投影面とするスプール図を作成する機能を開発した。プラントの3次元CADから切り出して作成したスプールに適用し、安定性を考慮した輸送寸法の評価とスプール図の作成が可能であること確認した。

#### 参考文献

- 1) 昆 恵介:” 義肢装具学のための知識-重心と力学的安定について”, <http://www.hit.ac.jp/~gisisougu/rikigakukiso002-jyusin.html>.
- 2) J. O' Rourke: Computational Geometry in C, Cambridge University Press, 1994.