

I-27 ジグザグ配管の熱挙動

住友金属工業 正会員 渡邊奉昭

I 緒 言

配管系の熱膨張を吸収する方法として、従来は①伸縮継手 ②曲管部（Uベンド，タコベンド）が採用されているが、いずれの方法も一長一短があるので、これらと異なる新しい熱膨張吸収方法として、ジグザグ配管工法が考えられている。本報ではこの配管の設計に必要な応力・変形の解析法の確立を図るための検討を、実験用パイプラインを用いて行なうとともに、一つの設計例についてUベンドを利用する工法と比較した結果について述べる。

II ジグザグ配管の特徴

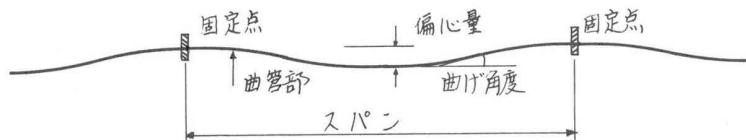


図-1 ジグザグ配管の形状

ジグザグ配管工法は図-1に見られるように、配管経路に固定点を或る間隔で設置し、固定点間の熱膨張をそのスパン内で吸収させる方法であり、下記の特徴を有している。実施例を写真-1に示す。

- (1)直管部と同じ材質であり、耐久性がある。
- (2)配管経路軸直角方向の偏心率が小さく、占有幅が比較的少ない。
- (3)曲管部の曲率半径が大きく、応力指数を小さくできる。
- (4)曲率半径、曲げ角度が小さいので圧力損失が少なく、また流量変動、圧力変動があってもそれによる加振力が小さくなり、振動に対し有利。
- (5)直管よりも管路軸方向剛性が低く、地震に対し有利。



写真-1 ジグザグ配管の実施例

III ジグザグ配管の熱応力

剛性法（Stiffness Matrix Method）により、配管系に特有な曲管部における応力指数と撓性係数が考慮可能な配管構造解析プログラムを開発し、ジグザグ配管の熱応力解析を行なった。一例として200A鋼管の温度差を20℃とした場合の最大発生応力・変形と曲げ角度・曲率半径との関係を図-2、3に示す。曲率半径が大きくなれば応力は指数関数的に低下し、200A鋼管の場合10DR以上になればほぼ一定の応力になる。また同じ曲率半径の場合、曲げ角度が8°以上になれば応力はほとんど差がなくなる傾向が見られる。変形に関しては曲率半径を変えてもほとんど変わらず、曲げ角度も8°以上では大きな差は認められない。

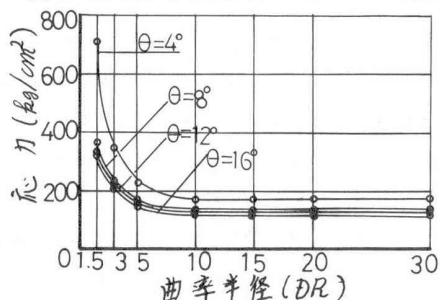


図-2 応力-曲げ角度・曲率半径の関係

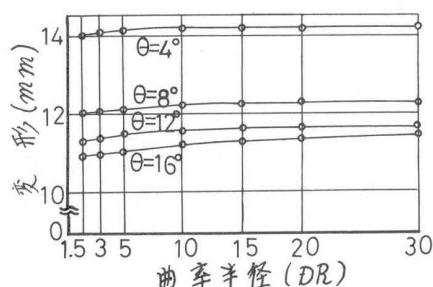


図-3 変形-曲げ角度・曲率半径の関係

（スパン60m 偏心率1m 肉厚6mm）

IV ジグザグ配管の熱挙動測定

外径318.5mm 肉厚8.4mm 全長1250mの実験用パイプラインの一部に施工したジグザグ配管の夜間と日中の

温度差による熱変形・熱応力を測定し、配管構造解析プログラムによる計算結果と比較した。

このジグザグ配管は、スパン40m 偏心率2m 曲げ角度12° 曲率半径30m Rで設計されている。温度差は9.7℃であり、その時の変形測定結果によれば架台の摩擦力のため、図-4に示す破線のような非対称変形を起していた。ここでは次の条件における計算値を求め実験値との比較を行なった。

- 計算値①……温度差を9.7℃とし架台の拘束を考慮せず
- 計算値②……温度差を9.7℃とし、かつ架台の拘束を考慮し、この位置での管軸直角方向変位を実験値と同じにする。

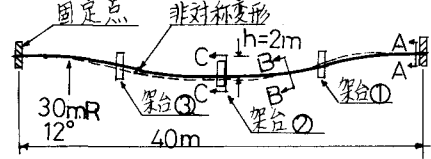


図-4 ジグザグ配管の熱変形

実験値と上記計算値①②を表-1に示す。応力の最大値について実験値と計算値①を比較すれば、実際のラインでは計算値①の約4倍の応力が発生している。架台②の位置の実際の変形は8.8mmであるが、計算値①では16.5mmであり、架台位置における摩擦力の影響が現われている。一方実験値と計算値②の最大応力を比較すれば、それぞれ281-220N/mmとほぼ一致しており、解析法の妥当性が確認できた。今回の実験では9.7℃と温度差が小さいので、架台の摩擦力の影響がとくに大きく現われたと考えられるが、実際の設計にあたっては非対称変形により応力が增大しないよう、架台の摩擦力を低減させることが望ましい。

表-1 ジグザグ配管測定結果

位置	応 力 (N/mm ²)			変 形 (mm)	
	実験値	計算値①	計算値②	実験値	計算値①
A	+ 235	56	146	架台① 0.5	- 8.3
	- -281	- 65	-220		
B	+ 126	46	72	架台② - 8.8	-16.5
	- -206	- 55	-147		
C	+ 168	56	10	架台③ - 1.3	- 8.3
	- -161	- 65	- 84		

V Uベンドを利用する工法との比較

某火力発電所で予定されている原重油受入配管は、直線区間が最大570mと長いので、この配管においてジグザグ配管とUベンドを利用する工法との比較を行なった。鋼管は材質STPG38 管径216.3mm 肉厚8.4mmであり、設計温度差を80℃許容熱応力を700N/mmとした。構造解析により応力を許容値以下とするには、ジグザグのスパン60m 曲げ角度8° 曲率半径30DR 偏心率0.8mとすればよいことを見出した。一方Uベンド工法においてはベンド部に1.5DRのエルボを用いれば、130m毎に6m×6mのベンドを設置する必要があった。二通りの工法の基本設計を図-5, 6に示す。

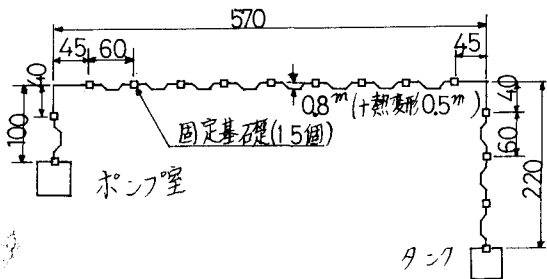


図-5 ジグザグ配管工法による基本設計

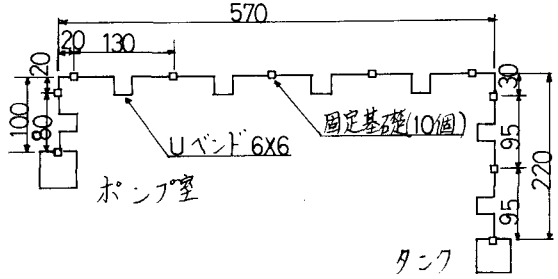


図-6 Uベンド工法による基本設計

両者の基本設計の比較を表-2にまとめた。ジグザグ配管がUベンド工法に比して劣っているのは、固定基礎の数のみであり特に配管経路軸直角方向の占有幅が約1/3と少なくすむことから、カルバート内に配管する場合にも有効と考えられる。また溶接リング数も大巾に低減させることが可能である。

VI 結 言

新しい熱膨張吸収方法であるジグザグ配管工法の解析法を見出すとともに、これがUベンド工法に比して優れている点の多いことを明らかにした。

表-2 基本設計の比較

項 目	ジグザグ配管工法	Uベンド工法
配管総延長	891.3 m	974 m
占有幅	1.3m (熱変形0.5m含)	6 m
固定基礎	15 個	10 個
溶接リング数	115 箇所	150箇所