

閉塞枝配管における熱成層化現象解析

Numerical Simulation of Thermal Stratification in a Branch Pipe

(株) 東芝	池田 浩	Hiroshi IKEDA	Non-Member
(株) 東芝	中田 耕太郎	Kotaro NAKADA	Non-Member
(株) 東芝	室伏 正	Tadashi MUROFUSHI	Non-Member

The cavity flow is driven by the main flow where the branched flow from main pipe in plants is stagnant. Heat of main flow is transported to the branch pipe and the thermal stratification is formed in the branch pipe. It is necessary that the location of thermal stratification can be predicted in order to estimate the thermal fatigue of pipe wall. This study predicts the location of thermal stratification using numerical simulation, and showed the prediction has good agreement with experiments.

Keywords: Numerical Simulation, Thermal Stratification, Thermal Fatigue

1. 緒言

プラント配管内の温度の異なる 2 流体が接する個所においては、流体の時間的な温度変動に伴い、配管構造物に高サイクル熱疲労が生じる場合がある。このような配管の高サイクル熱疲労に対しては、省令による性能規定化に伴い日本機械学会から評価指針が示され^[1]、実機プラントに適用される方向にある。

主管に枝管が接続され枝管端部が閉塞されている場合、枝配管の接続面近傍では主流によって駆動されたキャビティーフローが生じる。キャビティーフローの下の領域では壁面に沿って旋回する下降流と枝管中心軸近傍を上昇する流れが実験で観察されており（例えば[2]）、枝管に浸入する流れによって主管と枝管の流体に温度差がある場合、枝管に主管の温度が輸送され枝管途中に熱成層面が形成される。このような複雑な流れのメカニズム解明には実験と併用して、解析による予測・評価手法の確立が望まれており、本研究ではまず主管から枝管への浸入深さの評価手法を確立することを目的とし 3 次元熱流体解析を実施した。

れ 100mm、50mm とした^[3]。

解析手法を評価するステップは流れ場のみと温度場を含む場合に分けて、①主管と枝管が等温の場合の浸入深さ、②主管と枝管に温度差がある（非等温）場合の浸入深さ（熱成層界面位置）を評価した。解析メッシュ数は約 23 万であり、枝管部のメッシュは粘性底層に解析格子を配置することを考慮して壁面近傍メッシュを作成した。

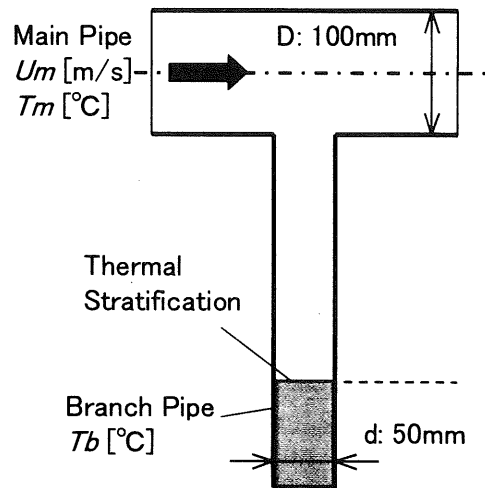


Fig.1 Numerical Configuration

2. 解析体系および解析手法

図 1 に解析体系を示す。枝管は主管に直角に接続され、鉛直下方に延びている。主管径、枝管径はそれぞれ

3. 解析結果

(1) 等温条件

主管の流速は 5 [m/s] とし^[3]、流体は 25°C の水とした（表 1）。解析では 2 次精度離散化スキームを用い、高レイノルズ数型の $k-\varepsilon$ モデル、低レイノルズ数型の $k-$

連絡先:池田浩、〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町 8、
hiroshi8.ikedata@toshiba.co.jp

ε モデルや乱流モデルを適用しないケースを実施した。図 2 に枝管中心軸における軸方向流速の一例として、低レイノルズ数型 $k-\varepsilon$ による結果を示す。縦軸のプラスが上昇流であり、枝管中心では主管との接続面近傍のキャビティーフローを除き上昇流となっていることが分かる。浸入深さは約 18D である。

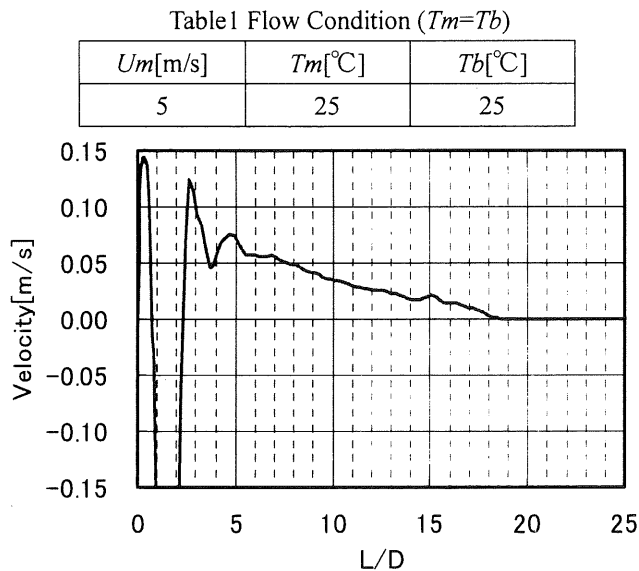


Fig.2 Velocity distribution along branch pipe

(2) 非等温条件

主管と枝管の温度差が 40°C となる条件^[3]の解析を実施した。表 2 に熱流動条件を示す。

Table 2 Flow Condition ($T_m > T_b$)

U_m [m/s]	T_m [°C]	T_b [°C]
5	60	20

図 3 に配管中心断面における温度分布を示す。枝管を下降する竜巻状渦は枝管壁面に沿い、上昇流は配管中心近傍に生じるので、枝管中心近傍の温度分布が低くなっていることが分かる。図 4 に枝管壁面近傍の軸方向温度分布を示す。浸入深さは約 15D 位置となっており、文献^[3]による試験値 15.4D を良好に予測できている。また、等温条件の場合と比べて浮力の影響により浸入深さが小さくなっていることが分かる。

4. 結言

- (1) 閉塞枝管に生じる渦の浸入深さを解析評価し、枝管内に生じる旋回渦挙動を捉えることができた。
- (2) 主管と枝管に温度差がある場合の解析結果は熱

成層界面位置に関して、試験結果を良好に予測することができた。また、浮力の影響によって渦の浸入深さ（熱成層界面位置）が温度差がない場合より小さくなることが確認された。

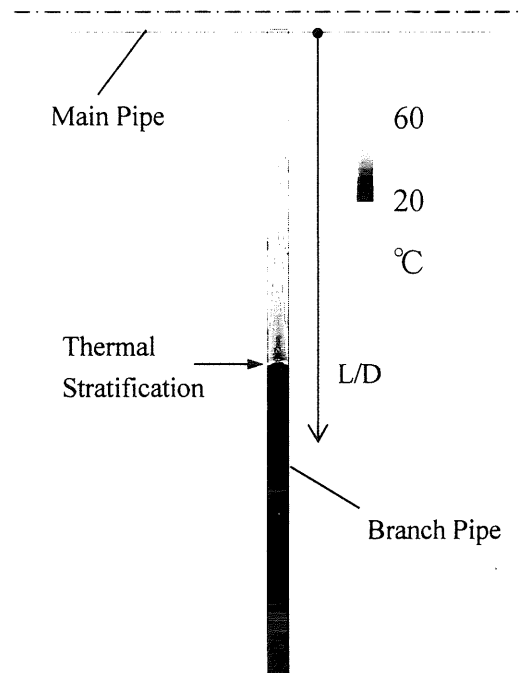


Fig.3 Temperature distribution

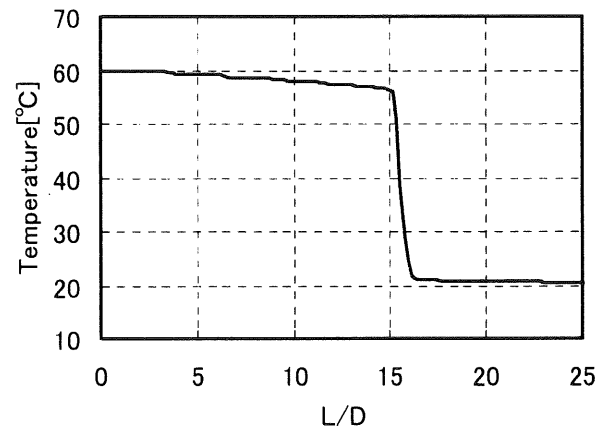


Fig.4 Temperature distribution along branch pipe

参考文献

- [1] 配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針、日本機械学会、2003。
- [2] 中村・他 4 名、枝配管に起こる熱成層変動現象の実験と数値解析、Journal of the Institute of Nuclear Safety System、Vol.9、2002、p.67-79。
- [3] 若松・他 8 名、滞留部の熱成層化による高サイクル熱疲労評価に関する研究 (1)、日本原子力学会「2003 年春の大会」、2003、p. 50