

石油・ガス等プラントの 配管設計における振動予測 —気液二相流配管の安全設計への適用—

研究・開発機関 : 千代田化工建設株式会社
 利用施設 : FOCUSスパコン
 計算規模 : 2ノード
 利用ソフトウェア : OpenFOAM 2.2

Before

●気液二相流配管の振動予測には気液流動状態の評価が不可欠です。スラグ流など配管振動を引き起こしやすい気液二相流の流動評価にはVOF法が適していますが、多大な計算資源を要するため配管設計への適用は現実的ではありませんでした。

After

○平均化手法をベースとした気液二相流計算手法をOpenFOAMで構築し、配管振動予測に対する適用性を調べました。配管振動を良好に予測可能なことが確認され、今後の配管設計への適用が期待できます。

背景と目的

石油・ガス等のプラントでは気体と液体が混在する気液二相流配管が数多く存在します。この中でもスラグ流(配管断面を占めるくらい大きな気体の塊と液体が交互に流れる)配管では大きな振動を生じ、配管や支持器具の損傷を引き起こす可能性があります。このため配管設計で振動レベルを予測する必要がありますが、一般的な評価手法はなく経験則に依存してきました。

一方、スラグ流のような大きな気液界面を有する流れは、VOF (Volume of Fluid) 法に代表される界面追跡法によって流動状態を予測できる可能性があります。しかし、VOF 法は計算負荷が非常に高く、配管設計への適用は現実的ではありません。そこで、計算負荷を低減する手段として平均化手法に自由界面モデルを組み合わせた手法^[1]をOpenFOAMを用いて構築し計算を行い、配管振動予測に対する適用性を検証しました。

利用成果

水平管のエルボ(曲がり部分)にて加振力を測定した実験を計算対象としました^[2]。図1の上段は気相体積率分布の時間変化(赤が気相、青が液相)を示し、下段は配管壁面に加わる圧力分布(赤色に向かうほど圧力が高い)を示しています。エルボを液相(図1上段青色部)が通過するのに合わせて、下段の真ん中2枚に表れるようにエルボ背側の壁面圧力が上昇する様子がわかります。このように気液が交互に繰り返し通過することで配管エルボに周期的な力が加わり、これが配管振動の原因となります。

図2はエルボに働く力の時系列変化を示しており、赤線が計算値、青線が実験結果^[2]を示します。エルボに働く力の変動の周期や振幅が実験と計算とではほぼ一致していることがわかります。

このように平均化手法をベースに構築した気液二相流の予測手法は配管内のスラグ流の挙動や振動レベルを良好に予測できる可能性があることを確認しました。今後は更に検証を重ね実際の配管設計に役立てたいと考えています。

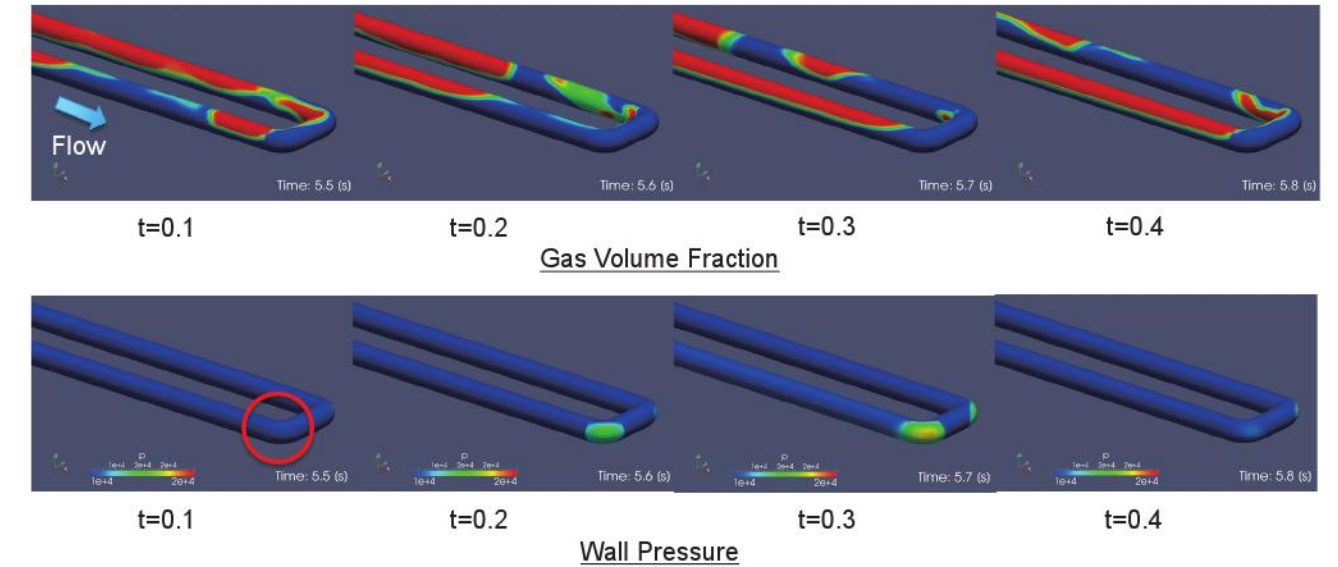


図1. 配管内気相体積率(上)と壁面圧力(下)の時間変化

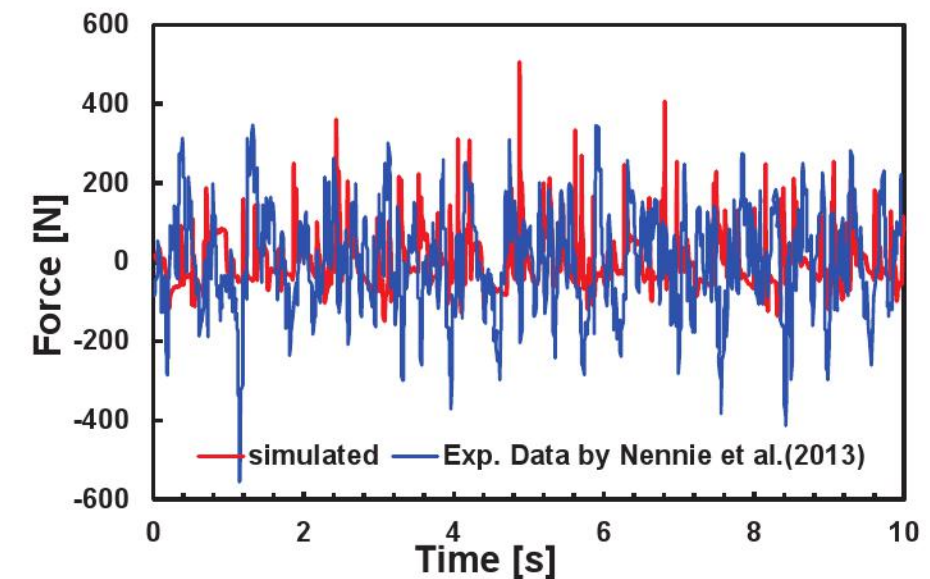


図2. エルボに働く力の計算値(赤線)と実験値(青線)との比較

■出典: [1] Irikura M., Maekawa M., Hosokawa S., Tomiyama A. (2014). Numerical Simulation of Slug Generation at a V-shaped Elbow between Inclined Pipes, 13th International Conference on Multiphase Flow in Industrial Plants, Genova.
 [2] Nennie E., Belfroid S., Mahoney T. (2013). Validation of CFD and simplified models with experimental data for multiphase fluid structure interaction with multiple bends, 8th International Conference on Multiphase Flow, Jeju, Korea.