

流れ加速型腐食に対する RANS による形状係数予測に関する研究

Study of Geometry Factor Prediction for Flow Accelerated Corrosion with RANS Calculation

*恒吉 達矢¹, 伊藤 高啓¹, 辻 義之¹

¹名古屋大学

複雑流動場における熱伝達(物質伝達)の計算精度向上を目的に、温度場 2 方程式モデルを用いた RANS 計算を実施した。計算結果を LES および電気化学的手法による実験結果と比較し、RANS による形状係数予測の精度について考察する。

キーワード：配管減肉，流れ加速型腐食，物質移行係数，形状係数，RANS.

1. 緒言

発電プラントの炭素鋼配管における減肉事象の一因として流れ加速型腐食が挙げられる。流体力学因子として、オリフィスやエルボ等の配管要素における物質移行係数 k_c を正確に算出することが求められている。また、配管要素と直円管部の物質移行係数の比として定義される形状係数 k_c/k_{c0} を評価することも重要である。オリフィス下流を対象に、電気化学的手法により物質移行係数を直接測定して求めた形状係数と、LES (Large Eddy Simulation)による熱流動場計算をもとにアナロジーを介して熱伝達率 h から求めた形状係数 h/h_0 は定量的に一致していた^[1]。本研究では、LES よりも簡易な計算である RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes)を用いた場合に、形状係数を精度よく予測する方法について検討する。

2. 数値計算手法 (温度場 2 方程式 RANS)

2 方程式系の RANS では、渦粘性近似を用いてレイノルズ応力を計算する。渦粘性 ν_t は、乱流エネルギー k とその散逸率 ε からモデルを用いて導出される。RANS における温度場計算では、レイノルズ応力と同様に、渦拡散係数を用いて乱流熱流束を求める。代数モデル(ゼロ方程式モデル)では、渦拡散係数 α_t は渦粘性 ν_t に乱流プラントル数 Pr_t を乗じた値として計算される。代数モデルは、流動場と温度場が非相似に発達する条件において、計算精度の低下が予想される。温度場 2 方程式モデルでは、温度変動 k_θ と温度変動の散逸 ε_θ の輸送方程式を解き、 k_θ と ε_θ から渦拡散係数 α_t を導出することで温度場の計算精度を高めている。本研究では流体計算のオープンソースコードである OpenFOAM を用い、乱流モデルに温度場 2 方程式の AKN モデル^[2]を導入して RANS 計算を実施し、オリフィス下流の形状係数予測を行った。

3. 結果・考察

オリフィス下流の形状係数分布を Fig. 1 に示す。レイノルズ数は 25000, オリフィス開口率は 0.62 である。流動場計算を AKN モデル^[3], 温度場計算を乱流プラントル数一定($Pr_t = 0.9$)の代数モデルで行った場合に、LES や実験の結果^[1]と比較して形状係数を過大評価していることがわかる。温度場計算を 2 方程式モデル^[2]で行った場合には、LES や実験値と定量的によく一致した形状係数となっている。この結果は、RANS において、流動場計算に適切な乱流モデルを使用するだけでなく、温度場の計算手法を改善することが形状係数予測の精度向上に大きく寄与することを示している。ただし、数値計算と電気化学実験ではスカラー場(温度場・濃度場)の拡散係数が異なる点は注意を要する。電気化学実験における鉄錯イオンの拡散係数は、無次元化したシュミット数で 1940 である。LES 計算では水の熱伝達を想定しており、拡散係数はプラントル数で 5.8 としている。RANS については、AKN モデルが開発段階で空気の熱伝達を想定していることから、本計算においてもプラントル数を 0.71 と設定している。この拡散係数の違いが形状係数予測に及ぼす影響については今後検証が必要である。

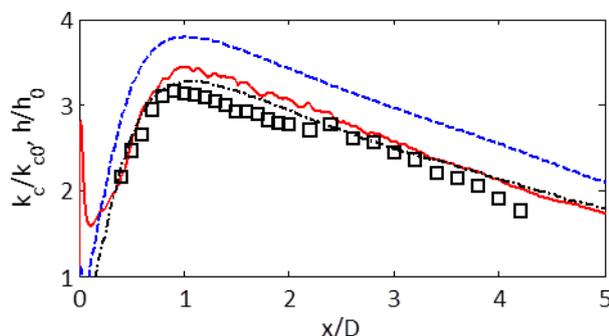


Fig.1 Geometry factor profile behind the orifice. —: LES, - - -: RANS (AKN^[3]/Pr_t=0.9), - · - · -: RANS (AKN^[3]/AKN^[2]), □: experimental measurement.

参考文献

- [1] 恒吉達矢, 神谷一彰, 伊藤高啓, 辻義之, 日本機械学会論文集, 81, 828 (2015), DOI:10.1299/transjsme.15-00162.
 [2] K. Abe, T. Kondoh and Y. Nagano, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 38, 8 (1995), pp. 1467-1481.
 [3] K. Abe, T. Kondoh and Y. Nagano, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 37, 1 (1994), pp. 139-151.

^{*}Tatsuya Tsuneyoshi¹, Takahiro Ito¹ and Yoshiyuki Tsuji¹

¹Nagoya Univ.