インデューサ内キャビテーション流れの数値解析

Numerical Simulation of Cavitating Flow in an Inducer

正 ○宇賀神裕樹 (石川島播磨重工業) 正 市東素明 (石川島播磨重工業)
正 河合理文 (石川島播磨重工業) 正 都丸裕司 (石川島播磨重工業)

Hiroki UGAJIN, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd., 1, Shin-Nakahara-Cho, Isogo-Ku, Yokohama, 235-8501, Japan

Motoaki SHITO, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Masafumi KAWAI, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Hiroshi TOMARU, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Key Words: Cavitating Flow, Inducer, 3D-CFD, Head Breakdown

1. 背景と目的

ロケットエンジン用ターボポンプのインデューサではキャビテーションによる揚程の急低下(ブレイクダウン)を知ることは重要であり、インデューサ内部キャビテーション流れ計算が強く求められている。しかし、CFDの適用例は数少なく^{1,2,3}、難しい課題である。本講演はインデューサ内部の複雑キャビテーション流れ計算の可否と計算精度を明らかにすることを目的とする。

2. 方法と結果

流れ計算コードとして STAR-CD(ver.3.1b)⁴を用いた。対象は、ロケットエンジン用ターボポンプのインデューサである。

2-1 格子と計算法

計算領域は1翼間(120deg.)で格子総数は約14万、翼端隙間部の半径方向に5格子設定した。支配方程式は非圧縮NSと体積分率(VOF)の輸送方程式である。計算法では精度よりもロバストさを重視した。高精度な方法とモデルの使用は今後の課題である。乱流モデルには高Re型k-εモデル、壁近傍では壁関数を用いた。キャビテーションモデルは気泡流モデル(BTF)⁵を使用した。平均クーラン数はおよそ2である。

2-2 作動点

試験と全てを同一であり、作動流体は標準の水である。流量係数は0.085、負荷係数0.140である。

3. 結果と考察

3.1 全体性能(試験値との比較)

キャビテーション性能における試験と計算の比較(流量平均)を図1に示す。キャビテーション数減少に従い30%近い揚程のブレイクダウンが現れており、試験と定性的に近い。ブレイクダウンのキャビテーション数は試験に比べてかなり小さい。図2にキャビテーション数に対する仕事係数と効率の変化を示す。試験では揚程ブレイクダウン時は仕事と効率の両方が大きく低下するが、計算では効率だけが低下して仕事はほとんど変わらない。これは、本計算が揚程ブレイクダウンのメカニズムを正しく再現できていないことを示す。

3.2 流れ場

キャビテーションの大きさの時間変動はかなり小さく、ほぼ定常であった。非定常現象の計算には不十分であり、今後の課題である。図3に示されるように、キャビテーション数減少とともにキャビテーション領域が大きくなっており、傾向としては妥当であった。計算にて再現できたものはシート状と翼端部隙間流れのキャビテーションであり、翼端隙間漏れ渦とせん断流れのキャビテーションは見られない。

4. まとめ

- ・ インデューサ内部のキャビテーション流れを計算できた。キャビテーション発生、発達については定性的に妥当であり、揚程ブレイクダウンも計算することができた。
- ・ 計算の問題点として、キャビテーション大きさの変動がかなり小さいこと、翼端隙間漏れに起因する渦とせん断層流れのキャビテーションが見られないこと、揚程ブレイクダウンにおいて、試験結果とは異なり羽根車仕事減少がほとんど見られないことが挙げられる。

Fig.1 Cavitation performance

Fig.2 Variations of work and efficiency

(a) $\sigma/\sigma_0=1.00$ (a) $\sigma/\sigma_0=0.31$ (a) $\sigma/\sigma_0=0.13$

Fig.3 Development of cavity with change in cavitation number

参考文献

- 1 Athvale, M. M., Singhal, A. K., 2001, AIAA paper 2001-3400.
- 2 Coutier-Delgosha, O., etc., 2002, ISROMAC-9.
- 3 Qiao, X. Y., etc., 2002, 機械学会 2002 年次大会論文集(III)
- 4 STAR-CD Version 3.1B Methodology
- 5 Kubota, A., etc., 1992, J. of Fluid Mech., Vol.240.