キャビテーションジェットに及ぼす噴流ノズル形状の影響

Effect of a nozzle shape on cavitation jet

正 長谷川 豊 (名大)

○学 古谷 則生 (名大院)

正 菊山 功嗣 (名大院)

Yutaka HASEGAWA, Nagoya University
Norio Furuya, Graduate School of Nagoya University
Koji Kikuyama, Graduate School of Nagoya University

Key Words : Cavitation Jet, Turbulent Flow, Numerical Analysis, LDV

1. 緒言

近年キャビテーションジェットを用いた鉄板やデバイスの洗浄が注目され、いくつかの研究が行われている。ノズルによるキャビテーションの発生はジェットによる強い速度勾配を持つ剪断層と関係しているが、現象が突発性を伴うことと並びに気液二相であるためにジェット内部の計測が困難であり、いまだ十分には解明されていない点が多く残されており、有効な洗浄法の確立にも至っていない。

本研究は、佐野らの研究⁽¹⁾において円形ノズルのノズルスロート部の長さの違いによりキャビテーション壊食量が著しく異なる結果に注目し、ノズル形状とキャビテーション発生との関係を明らかにするための第1ステップとして、異なる形状のノズル内部における速度やキャビテーション発生に関係が深いと思われる速度の乱れ強さをレーザドップラ流速計(LDV)により測定を行った。また汎用解析ソフトSTAR-CDを用いて、流れ場の数値解析を行い実験との比較を行った。

2. 実験装置と方法

本実験で用いた実験装置の概要を Fig.1 に示す。作動流体は水である。リザーバタンクの水を渦流ポンプで汲み上げ、ノズルから測定タンク内の水中に水平方向に噴射させる。噴射された水は水位を一定に保つために設けられた流出口から流出し、再びリザーバタンクに戻る回流式となっている。

本研究で用いるノズルは Fig.2 に示す3種類である。ノズル1は円筒形状であり、速度場を計測の検証に用いた。ノズル2, 3は佐野らがキャビテーションジェットによる壊食試験⁽¹⁾において用いた形状であり、壊食試験の結果、ノズルスロート部の長さの違いによりキャビテーションジェットの壊食に大きく影響が及ぶことが分かっている。

LDVは前方散乱差動型で、光源には He-Ne レーザ(50mW)を用いた。また、速度の正負が判別できるように周波数シフタを用いた。軸方向、周方向速度測定に関しては LDV 光学系をトラバースし、半径方向速度測定に関してはノズルを上下にトラバースする事により測定を行った。

流速測定は、レイノルズ数が単層流下でキャビテーションが発生しない最大値 4.0×10^4 となるように、ノズルからの噴出流量を設定した。流量の測定は重量法により計測した。

3. 解析モデルと方法

解析では軸対称を仮定し、噴流の軸を含む面で半分を切断した噴流軸周りの方位角で 180 度の計算格子を用いた。切断面には対称境界を仮定した。モデル形状

は実験装置と異なり、タンク部分が円筒形になっている。これは全体の計算負荷を低減させるためであり、このことによる計算結果への影響はほとんどないことが確認されている。壁面には滑りの無い壁面境界条件を用いた。メッシュ数は約 23 万点である。乱流モデルは RNG/ $k-\epsilon$ モデルを用いている。壁境界では壁関数を用いているが、壁面境界層の発達の予測が重要であるノズル部分に関しては、2 層モデルを導入し低レイノルズ数型の乱流方程式を使用している。計算は SIMPLE 法による定常計算を行い、空間離散化は 3 次差分精度の QUICK 法を用いた。

4. 結言

三つの異なる形状のノズルを用いて、キャビテーション発生に強く影響するノズル内の速度及び乱れ強さについて、実験と計算により以下の結論を得た。

- 1) 出口端を拡大したノズル 2, 3 ではノズルの内部に大きな乱れが存在し、ホーン部出口に近づくにつれて全体の乱れが強くなっていく。特にスロート部の短いノズル 2 ではその傾向がノズル 3 よりも強い。
- 2) 数値解析によって、速度及び乱れの分布を定性的に再現することができた。

参考文献

- 1) 高橋, 増山, 水中ウォータージェットノズルの性能, 静岡理工科大学機械工学科卒業論文, (1998).
- 2) N. ラジャラトナム 原著, 野村安正 訳者, 噴流, 森北出版, (1981)

Fig.1 Schematic diagram of experimental equipment

Fig.2 nozzle shape