36 渦巻ポンプ内部流の可視化 (オープンインペラの場合)

玉川大学・工学部 小倉研治[○]
岩井機械工業(株) 今井健二

On the Visualization of Internal Flow in the Volute Pump with an Open Impeller

Kenji OGURA* and Kenji IMAI**

A system was developed to visualize the internal flow in the open impeller of a volute pump by photographing with slit lighting of stroboflash. The flow was visualized by the added tracer particles of polystyrene beads having mean diameter of 1mm. With this, velocity distribution relative to the impeller and secondary flow between the impeller blades can be observed by use of still camera mounted on the disc which rotates synchronizing with the impeller. And color slit lighting of stroboflash brought a 3-dimensional visualization of the internal flow by the aid of an image-processing method in emphasizing the intensity of color of each trace on the original picture.

1. 緒論

オープンインペラを持つ渦巻ポンプの場合、クローズドインペラを持つ場合と異なりインペラ内の流れはインペラとケーシング内壁面のすきま及び内壁面の影響を受ける。このためインペラ内の流れは複雑となり、実機の性能改善や設計のためにはその流れを三次元的に捉えることが有効となる。渦巻ポンプのインペラ内部の流れに関する従来の可視化適用例⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾はクローズドまたは主板のあるセミオープンインペラを対象としたものであり、三次元的な観測例は知見しない。

本研究は主板、側板ともないオープンインペラ内の流れを対象とし、透明ケーシングの実機を使用し、回転同期可視化装置によりインペラに対する相対流れの観測を試みるものである。可視化は注入流跡法により、照明にはスリット光を用い、ケーシング内を、前、中、後の断面に分けて観測した。さらに、カラースリット光を用いた三次元的観測も試みた。

2. 実験装置および方法

供試ポンプは、直径190mm、出口幅16mmのオープンインペラを持つ渦巻ポンプであり、

* Department of Mechanical Engineering, Tamagawa University
Machida-shi, Tokyo, 194, Japan

**Iwai Kikai Kogyo Co., Ltd.
Ota-ku, Tokyo, 144, Japan

Fig.1 Experimental set-up

Fig.2 The objective area of visualization

後面側を除くケーシング全体を透明アクリル樹脂化した。可視化実験装置の概略を図1に示す。本装置では目的の部位の相対流れを観測するため定点撮影が可能な回転同期撮影装置になっている。市販のカメラ用ストロボ（ガイドナンバ32、閃光時間1ms）を光源とし、スライド映写機によりスリット状の照明を得た。スリット照明の幅は10mmとした。撮影断面はこの照明を移動させ前面、中面、後面の各断面に分けた。トレーサには粒径1mmのポリスチレン粒子を採用し、発泡させて比重を1に調整し使用した（比重調整の他、発泡により照明を反射し易くなるとともにアクリル壁面に損傷を与え難くもなる）。35mm判カメラ（シャッター及び絞りを除去し開放f3.5で撮影）を回転円板に固定したうえでポンプを回転させ、設定回転数になり流量が安定した後、ポンプの吸い込み側からポリスチレン粒子を注入し、回転同期定点発光系を作動させ、ストロボ発光により撮影した。今回の撮影領域は図2に示す位置とした。なお、露光中に羽根が回転移動する角度は 8.55° である。

また、三次元的な流れを観測可能なように3つの断面（各5mm）を3色に色分けをしたカラースリット光をスライドフィルムにより得て撮影を行った。カラーで撮影することにより一枚の写真から前、中、後の各断面に渡る流れを同時に観測することができる。撮影フィルムは白黒カラーともにISO感度3200のものを使用した。

3. 結果および考察

3. 1. 各断面における流れ

ポンプ回転数1425rpm、最高効率点における運転状態のインペラ内部の相対流れを図3に示す。前、中、後各断面により流れの向き及び、大きさが異なっているのが認められる。中面では羽根の形状に従った比較的均質な流れが見られ、前面、後面では逆流していることが判る。この現象は、オープンインペラでは静止側壁であるケーシング内壁がインペラに対し相対的に逆方向に回転する一方でインペラと静止側壁間のすきまがあるために二

Fig.3 Photograph of internal relative flow in each section

Fig.4 Meridian velocity distribution in the impeller

次流れとして生ずるものと見られる。

図4は各々10枚の可視化写真をもとに半径85mmにおける羽根間の流速の子午線成分分布図を描いたものである。観測された子午線速度は正逆ともその最大値は実流量より求めた平均流速の8倍の7m/sを超えている。次に本可視化結果の妥当性を調べるため、各断面の分布図より、流量を算出したところ、実流量計測値の0.44m³/minに対し0.69m³/minとなった。ケーシングとの位置関係によって羽根間の流量が変化しないとして算出したことに加え、現状での撮影領域におけるスリット照明の幅の誤差が±1mm程度あるものの、この流量の相違については今後の検討を要する。

3. 2. カラースリット照明

カラースリット照明によって得られる現段階の可視化カラー写真ではトレーサの色の相違の表現がまだ不十分である。そこで、画像処理による僅かな色の相違の強調を試みた。その結果、流速の定量化には不十分なものの定性的な観測には利用可能なものが得られた。図5にその結果を示す。本来のカラー（黄、青、赤）をここでは白黒化したため判りにくい、最も白い流跡は前面の、白色輪郭のある濃い灰色の流跡は中面の、そして淡い灰色の流跡は後面の流れを示している。断面から断面に渡りような三次元的な流れを示す流跡が認められないのは前、中、後の各断面を均等な厚さに設定したため壁近傍の二次流れが前面または後面の外部にまで到達しなかったためと考えられる。

Fig.5 Picture taken by color slit strobflash lighting,
emphasized in the intensity of color

4. 結論

(1) オープンインペラを持つ渦巻ポンプのインペラ内の流れについて、前、中、後の断面に分けた可視化を試みた結果、各断面間の流れの相違や、二次流れの存在が観測された。

(2) カラースリットストロボ照明による撮影を試み、この方法が三次元的な流れの観測に利用可能であることが判った。色の選定、照明系、解析方法について改善を加えることにより、活用可能となると考える。

本研究についてご指導、ご鞭撻、ご助言を下された玉川大学谷林英毅教授に厚く御礼申し上げます。また、カラー写真の画像処理についてご協力下された日本アビオニクス株式会社殿に厚く御礼申し上げます。一方、卒業研究テーマとしてご協力頂いた玉川大学流体工学研究室学生であった木村修、杉勇人両氏に感謝申し上げます。

文献

- (1) 山根, 機誌, 56-414 (昭28), 564.
- (2) 丹・ほか2名, 鶴岡工高専研究紀要, NO. 9 (昭50), 89.
- (3) 青木・ほか3名, 機論, 51-468 (昭60), 2753.