9 渦流ポンプ内の流れの可視化(1) (ケーシング側壁のオイルフローパターン)

八戸高専 金沢行哉

Flow visualization in vortex pump (/)
(Oil flow patterns of side plate)

Yukiya KANAZAWA*

Performance of a vortex pump is improved by theoretical and experimental method. Theoretical method is not established well in general, therefore experimental method can be chosen.

Then it is necessary to observe the flow in vortex pump.

This paper presents the flow visualization in vortex pump by oil film method and discussions of the relation between oil flow patterns and pump performance under the following conditions,

- (/) shapes and sizes of the casing are constant,
- (2) number of vanes are 20, 40 and 60,
- (3) rotating speeds are 1000, 1450 and 2000 rpm.

1. まえがき

渦流ポンプの性能を向上させるためには、理論的に揚水原理を基とし、ポンプの最適形状を求めていく方法と実験的に改良を加えていく方法とが考えられる。しかし、理論的にポンプケーシングおよび羽根車形状の最適形状を求めることは非常に困難である。したがって、実験的に改良を加える方法によらざるを得ない。実験により改良していくためには、単に、各種の性能試験を繰り返すだけでなく、渦流ポンプ内の流れを可視化し、観察し、性能との関連を明らかにして、より良い流れを得るためのケーシング形状および羽根車形状を求めて行かなくてはならない。本報では、第1段階の実験として、ケーシング形状を変化させず、羽根車の羽根数の変化(羽根溝幅比の変化)および回転数の変化に対して、ケーシング側壁のオイルフローパターンがどのように変化するか、同一羽根車および同一回転数において、吐出量の変化がオイルフローパターンにどのような変化をよめるかを観察した結果を報告する。

* Hachinohe Technical Collage : Tamonoki, Hachinohe, Aomori

2. 実験装置および実験方法

供試渦流ポンプの流路形状寸法をFig. 1に示す。流路の形状寸法は一定であり、流路代表寸法 $R_m = 5.58$ である。

羽根車の名称および形状寸法はFig. 2およびTable 1に示した。Fig. 2より明らかなように、羽根溝は直線溝（羽根溝幅 $b_2 = \text{一定}$ ）である。したがって、羽根溝の隔壁厚は半径方向に変化し、外周ほど厚くなっている。本実験では、この隔壁は各羽根車共に同一とし、羽根数を20, 40, 60と変化させたため、溝幅がTable 1のように変化した。それぞれの羽根溝幅比 b_1/b_2 は7.57, 3.28, 1.85となった。

回転数は1000, 1450, 2000 rpm とし、観測点はそれぞれの羽根車につい

て、上記の回転数で性能試験を行ない、その性能曲線上の3点とした。その3点は吐出バルブ全閉（吐出量が零）、最高効率点近傍および吐出バルブ全開（実験上の最大吐出量）である。

（Fig. 3参照）

ケーシング壁面のフローパターンは油膜法により、ニ酸化タタンとインジェクションポンプオイルを用い、一部にオレエン酸を混入した。ニ酸化タタンとオイルとの混合重量比は2:1～5:1であり、実験条件により重量比を変え使用した。

Fig 1 Sizes of channel in the pump

Fig 2 Sizes of impellers

Table 1 Name of impellers

Name	Number of vanes	t_1	t_2	t_1/t_2
No. 1	20	20.81	2.75	7.57
No. 2	40	9.03	2.75	3.28
No. 3	60	5.10	2.75	1.85

Fig 3 Performance curve

油膜法により得たフローパターンは写真撮影あるいは一部は計測手書により流水の様子を観察した。

3. 実験結果および考察

Fig 3に性能曲線の例を示すが、前述のように、それぞれの性能曲線上の矢印で示したような点についてフローパターンをとり考察した。

Fig 4はその一例を示すもので、(a)(b)は吐出量がゼロの例であり、(c)(d)は最高効率での例である。また、(e)(f)は吐出量が多い場合である。これらの写真からわかるように、吐出量によって、フローパターンが異なっていることがわかる。

しかし、全体的に比較検討することも大切であるが、詳細に検討するために、3つの領域に分けて考察する。すなわち吸込口の影響を受けている領域(吸込領域)、吐出口の影響を受けている領域(吐出領域)および吸込口、吐出口の影響を受けず、フローパターンが安定して

Fig 4 Flow patterns

圧力上昇に影響する領域（圧力上昇領域）とに分けて考察する。

3-1 吸込領域

Fig 5に吸込領域のフローパターンを示す。

(a), (b)は吐出量がゼロの例であるが、これらの写真からも明らかにように吸込口付近に渦が生じている。この渦は必ずしも1個だけでなく2~3個の場合もある。従って、羽根車から与えられたエネルギーは、主に圧力エネルギーに変換され高揚程となり、一部は渦損失や流動損失となっている。

(c), (d)は最高効率点におけるフローパターンである。流れは滑らかに吸込口から流入しているがわかる。

(e), (f)は吐出量が多い例であり、最も適した流量以上であるためスムーズに流入できないため外周部に渦状のものがみられる。また、流入後かなりの下流まで、周方向の流れ

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Fig 5 Flow patterns
(Suction region)

が多く、吸込口の影響を大きく受け、その水だけ圧力上昇が遅水、低い揚程となる。

この水らのフローパターンは羽根車の種類及び回転数による影響は少ない。

3-2 吐出領域

Fig 6 に吐出領域のフローパターンを示す。

(a), (b) は吐出量ゼロの例であり、吐出口付近でのフローパターンは半径方向に対する角度を α とすれば、 α は小さな値であり、また、上流の内周近くに逆流域がみられる。

(c), (d) は最高効率点の例である。フローパターンは吐出量ゼロの場合より大きな角度となり、滑らかに流出している。

(e), (f) は吐出量の多い例で、さらに角度 α が大きくなっている。吐出量の少ない時にはみられない逆流が発生している。羽根への流入と外部への流出の分岐点は吐出量が増すにつれて、上流側へ移動している。

吐出領域でのフローパターンは吸込領域の場合と同様、羽根車の種類と回転数による影響は少なく、ほぼ等しいものとして考察して良いと考えられる。ただし、吸込口および吐出口の影響を受ける範囲には多少の差が認められる。

Fig 6 Flow patterns
(Discharge region)

3-3 圧力上昇領域

圧力上昇領域のフローパターンの一例を Fig. 7 に示す。流れは外周より内に向っており、半径となす角度 α は $40 \sim 65^\circ$ であり、吐出量が増すに従って、 α も大きくなる。羽根車 No. 2 を 1450 rpm で動かした場合、吐出量 $Q=0$ で $\alpha \approx 60^\circ$ 、 $Q=1.0 \times 10^{-3}$ で $\alpha \approx 52^\circ$ 、 $Q=1.3 \times 10^{-3}$ で $\alpha \approx 45^\circ$ である。しかし、吐出量ゼロのときの α は不安定である。性能の良い No. 2 は No. 1、No. 3 と比べて、 α の値は小さい。 α が小さいと揚程が高くなるが、流出方向速度が小さくなるので吐出量に影響する。実験の結果からは $\alpha \approx 52^\circ$ が良い性能を示している。

Fig. 7 Flow patterns
(Pressure-increasing region)

4. まとめ

以上のような3種の羽根車および3種の回転数に対する結果より次のようなことがわかった。

- (1) ケーシング側壁のフローパターンは吸込領域、吐出領域および圧力上昇領域の3領域に分割して考察すると良い。
- (2) 吸込領域のフローパターンは最高効率点では滑らかに流入しているが、吐出量の少ないときには内周部に、吐出量の多いときには外周部に渦が生じ、損失の原因となっている。
- (3) 吐出領域でのフローパターンは吸込領域程には差異はないが、最高効率点での流出が滑らかであることがわかる。
- (4) 圧力上昇領域では、流れの半径となす角度が性能に影響を与えている。

5. 参考文献

(1) 浅沼強 編	流水の可視化ハンドブック 昭52 朝倉書店
(2) 葛西・妹尾	日本機械学会論文集 17-56 (S26) p109
(3) 葛西・妹尾	日本機械学会論文集 19-85 (S28) p49
(4) 葛西・妹尾	日本機械学会論文集 19-85 (S28) p53
(5) 下坂・山崎	日本機械学会論文集 25-159 (S34) p943
(6) 金沢	八戸工業高等専門学校紀要 第16号 (S56) p51