

うず巻ポンプ羽根車内の流れと吸込性能

(第2報：吸込性能の実験値と理論値の比較・その2)

原 田 彊*
田 島 勲**

On the Flow in Centrifugal Pump Impellers and Suction Performance

Tsuyoshi HARADA
Isao TAJIMA

要 旨

うず巻ポンプ羽根車内の流れをポテンシャル流れとして解くことにより、吸込性能に及ぼす種々の形状因子の影響を理論的に解明する方法を考究した。その結果動的圧力降下および羽根仕事を羽根車の形状特性と結びつけて吸込性能の実験値と対比する方法が有効であることが確かめられた。

1 ま え が き

うず巻ポンプ羽根車の形状因子を種々変えた場合の吸込性能に関しては多くの実験結果が報告されているが、それらを系統的にまとめて最適設計に役立てるまでには至っていない。最近、窪田⁽¹⁾はポテンシャル流れの仮定のもとに羽根入口角を決めることにより良好なキャビテーション性能を得たことを報告しているが、吸込性能に対する形状因子の影響を明らかにする一つの方法として、ポテンシャル流れを仮定し、形状の変化に対応する羽根車内の流れの変化と吸込性能との関係をしらべることが有効と考えられる。そこでわれわれはポテンシャル理論による流れ解析に基づき動的圧力降下を計算により求めて実験値との対比を試み、さらに吸込性能と羽根車形状との関係をしらべる方法について考察したので、その結果を報告する。

2 記 号

Q : 流量 m^3/min
 H : 全揚程 m
 H_{th} : 理論揚程 m

H'_{th} : 理論羽根仕事 m
 ζ : 理論羽根仕事率 ($=H'_{th,s}/H'_{th,2}$)
 H_{sv} : 必要有効吸込ヘッド m
 Δh_{th} : 理論最大動的圧力降下 m
 n : ポンプ回転数 rpm
 α : 子午面内の流線と羽根車軸のなす角
 β : 相対流れ角
 γ : 羽根角
 i : 入射角 ($\gamma_1 - \beta_1$)
 u : 羽根車周速度 m/s
 v : 絶対速度 m/s
 w : 相対速度 m/s
 l : 羽根入口からの子午面流線の長さ m
 l_t : 羽根入口から出口までの子午面流線の長さ
 g : 重力加速度 ($=9.8m/s^2$)
 D : 羽根車径 m

添 字

1 : 羽根入口直前における値
1' : 羽根入口直後における値
2 : 羽根車出口における値
 x : 羽根車内の最低圧力点における値
 s : 羽根車内の任意点における値
 a : 側板側流面における値
 i : ボス側流面における値
 m : 中央流面における値
 bep : 設計点あるいは最高効率点における値

*助教授 機械工学科
**助 手 機械工学科

- oo : 無衝突流入点における値
- c : 初生キャビテーションについて
- d : 揚程降下開始点における値
- l : 揚程垂直降下開始点における値

3 解析方法

(1) 解析方法

羽根車内の流れの解析法は前報⁽²⁾と同様、流れを非粘性定常流とし、かつ流体は回転対象面を流れるという仮定のもとに、Katsanisの準直交曲線法⁽³⁾に基づいて子午面内の流れを求め、これによって与えられる回転対称流面に対して妹尾らの方法⁽⁴⁾により羽根間の流れを求めるものである。

(2) 解析に用いた羽根車

解析の対象として南らの実験⁽⁵⁾に用いられた羽根車の中から羽根入口端の位置異なるA、D 2種の羽根車を選んだ。それらの断面形状および諸元を図1および表1に示す。

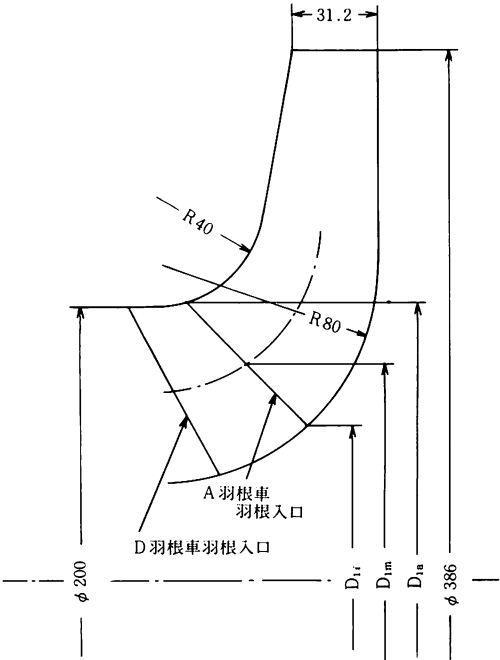


図-1 羽根車子午断面

表-1 羽根車諸元

諸 元		羽 根 車	
		A	D
外 径 (mm)		386	386
出 口 巾 (mm)		31・2	31・2
出 口 角		23°	23°
羽根入口径 {	側板側 (mm)	201	200
	ボス側 (mm)	115	78
羽根入口角 {	側板側	22°20′	22°40′
	ボス側	36°10′	44°40′
目 玉 部 径		200	200
羽 根 入 口 厚 (mm)		6	4.5
羽 根 数		5	5

表-2 出口すべり係数

羽 根 車 A	0.180 (0.169)
羽 根 車 D	0.198 (0.168)

4 計算結果とその考察

(1) 理論揚程

回転数 960 rpm での全揚程 H と、羽根車出口における中央子午流面にそう流れの羽根間流量平均値から求めた理論揚程 H_{th} とを図2および図3に示す。図中、 H と H_{th} との差が最小になる点を無衝突流入点(計算)として、最高効率点における流量 Q_{bep} とともに流量 Q_{oo} (無衝突流入流量—計算)を示してある。なお表2に、 Q_{bep} に対する出口すべり係数 k_2 を羽根車出口における平均流れから求めて示した。表中 () 内は Wiesner の実験式⁽⁶⁾ から計算した値であるが、D 羽根車についてはかなり差がみられる。

(2) 理論最大動的圧力降下

ポテンシャル流れの仮定が成立するとみられる設計点とその近傍の流量について、流れ解析の結果より羽根入口から後面にそう最低圧力点までの動的圧力降下を式(1)により求め、これを理論最大動的圧力降下として吸込性能の実験値とともに図2、3に示した。

$$\Delta h_{th} = \frac{w_x^2 - u_x^2}{2g} + \frac{u_1 \bar{v}_{u1}}{g}$$

(1)

ここで $\bar{v}_{u1}$: 絶対速度の周方向成分の羽根入口における平均値

図2、3から両羽根車の側壁側流線にそう値 Δ

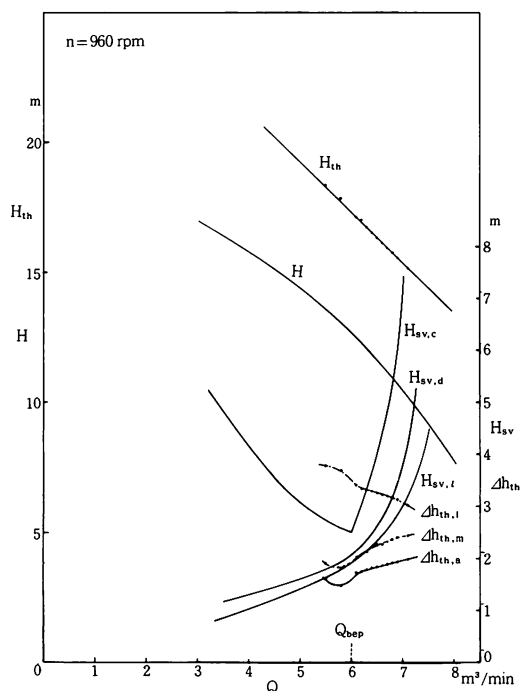


図-2 流量と揚程，理論揚程および必要有効吸込ヘッドの関係（A-羽根車）

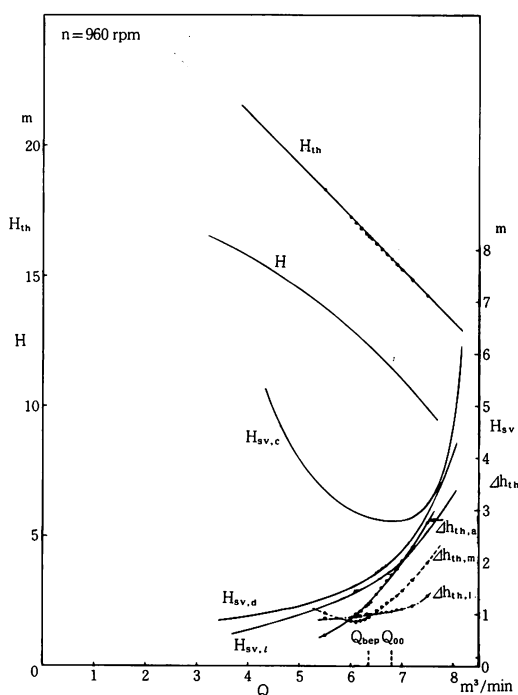


図-3 流量と揚程，理論揚程および必要有効吸込ヘッドの関係（D-羽根車）

$h_{th, a}$ が全体に $H_{sv, c}$ より下方にあり，かつそれと傾向が一致していることがわかる。

キャビテーションは羽根車内部の局部的低圧部に発生し吸込圧力の低下とともに発達するもので，羽根車における圧力降下は，羽根入口端における流れの衝突，軸方向から半径方向への流れの曲り，羽根仕事による羽根前後面の圧力差等種々の要因の複雑な相互作用の影響を受けてきまるものであり，理想流れの計算によって簡単に予測できる性質のものではないと考えられるが，流れ解析の結果から以下に2，3の検討を試みた。

いま羽根入口から半径 r の任意点 s までの理論羽根仕事 $H'_{th, s}$ は，羽根前面および後面の圧力を P_f, P_b として式(2)で与えられる。

$$H'_{th, s} = \frac{\omega Z}{2Q} \int_1^s (P_f - P_b) \gamma dA \quad (2)$$

ここで γ : 流体の比重量 kgf/m^3

ω : 羽根車の角速度

Z : 羽根数

dA : 子午面へ回転投影した羽根微小面積

羽根入口から出口までの全理論羽根仕事 $H'_{th, 2}$

に対する $H'_{th, s}$ の比を理論羽根仕率 $\xi (= H'_{th, s} / H'_{th, 2})$ として，構軸に羽根入口からの長さの比 l/l_2 をとり図4，5，6および7に示した。なお，同図中に子午面流線の曲りの変化をみるために軸方向と流線のなす角 α をあわせて示してある。また図8および9に羽根入口端における流れの衝突の程度をみるために入射角 $i = \gamma_1 - \beta_1$ (ただし β_1 は羽根入口直前の平均値， γ_1 は羽根入口角) と流量との関係を示した。

羽根車AとDの形状のちがいは羽根入口端の位置とその厚みにあり，これは子午面流れの曲りと羽根入口角の分布に影響する。図2～9にみられるように，羽根入口から内部へ向けて ξ の変化が大きい程 Δh_{th} は大となり，また α の変化および i が大きい程 ξ は大きく変化している。両羽根車の吸込性能 $H_{sv, d}$ は明らかに羽根入口における ξ の分布と密接に関連していると考えられ，この ξ は羽根入口流れに関するパラメーターとして基本的性格を有するものと考えられる。

初生吸込性能は羽根入口端における流れの衝突に関係があり，羽根入口端形状に左右されるが，図1，2および8，9から $H_{sv, c}$ と i との関係をみるとA，Dいずれについても実験による羽根の前

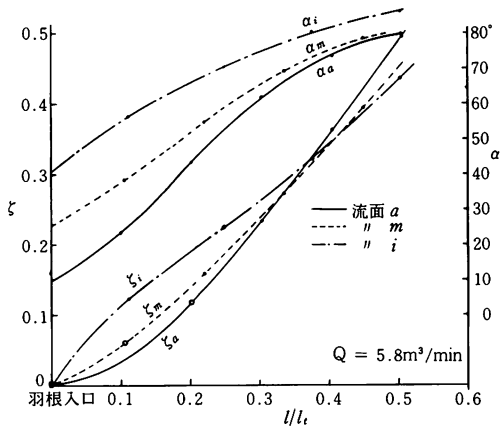


図-4 理論羽根仕事率および α の分布
(A-羽根車)

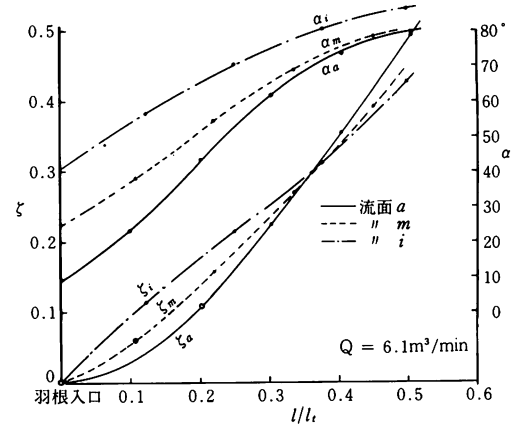


図-5 理論羽根仕事率および α の分布
(A-羽根車)

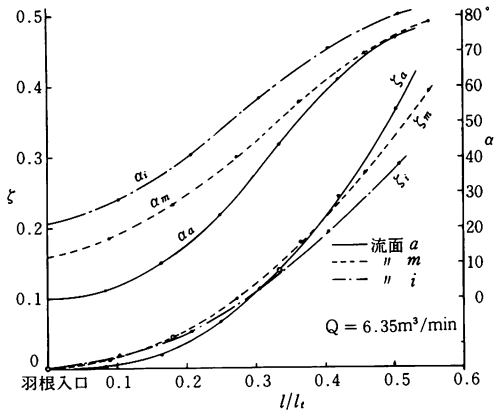


図-6 理論羽根仕事率および α の分布
(D-羽根車)

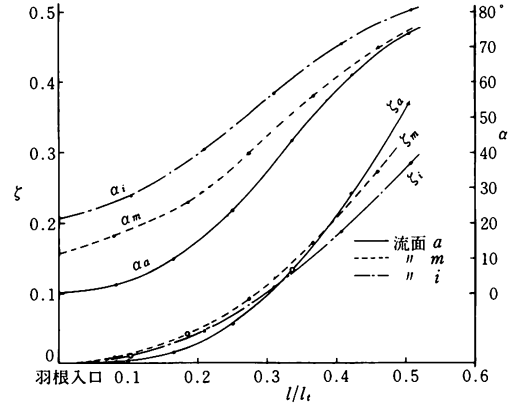


図-7 理論羽根仕事率および α の分布
(D-羽根車)

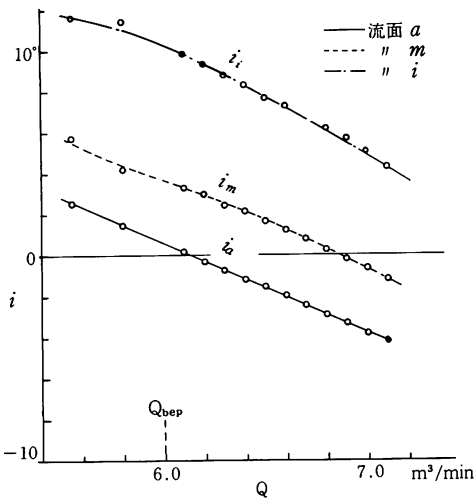


図-8 入射角と流量の関係 (A-羽根車)

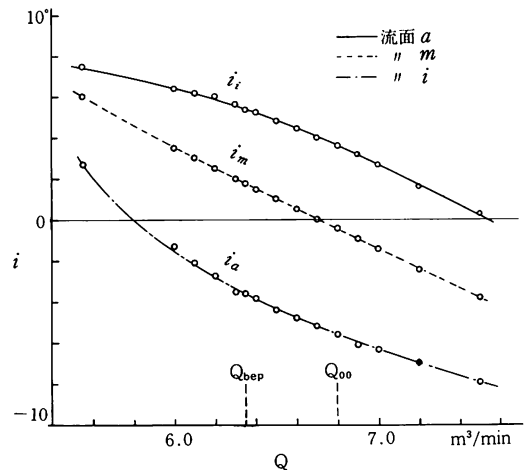


図-9 入射角と流量の関係 (D-羽根車)

面と後面の初生曲線の交わる点と $ia=0$ となる点はほぼ一致しており, また Q_{bep} 近傍での初生性能の差は計算による入射角 i_a に関係していることが分かり, ここにも流れ解析の有効性をみることができると考えられる。

5 結 言

羽根車内の流れ解析をもとに, 2種の羽根車についてその形状と羽根入口流れと吸込性能との関係をしらべた結果, 設計点とその近傍において計算値と実験値は良好な一致を示すことが分った。さらに理論羽根仕事率を基本パラメーターとして導き, 形状因子と吸込性能の関係を解明する手がかりを得た。

数値計算には北海道大学大型電子計算機 FACOM 230/75 および HITAC M 180 を使用した。

文 献

- (1) 窪田, ターボ機械, 1-1 (昭48-11), 46
- (2) 原田・田島, 苫小牧高専紀要, No. 14, (昭和54-3), 9
- (3) Katsanis, T., NASA TN, D-4525 (1964)
- (4) 妹尾・中瀬, 日本機械学会論文集, 37-302 (昭46-10), 1927
- (5) 南・ほか2名, 日本機械学会誌, 62-485 (昭34-6), 881
- (6) Wiesner, F. J., Trans. ASME, Ser. A, 89-4 (1967-10), 558

(昭和54年12月3日受理)

