

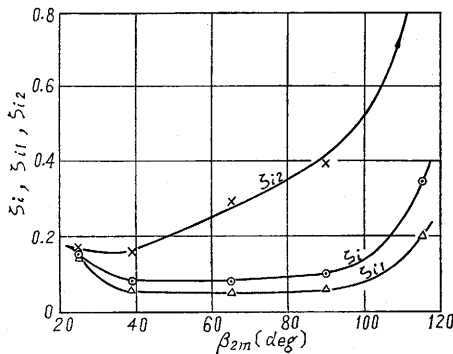
斜流ポンプにおける摩擦損失と衝突損失

Friction- and Shock-Losses in a Mixed-Flow Propeller Pump

井 田 富 夫

1. ま え が き

ポンプの羽根車や案内羽根における損失ヘッドを摩擦損失ヘッドと羽根入口の衝突損失ヘッドに分けて取り扱うことはよく行なわれているが¹⁾、その取扱いの妥当性についてもまた損失係数の値についても十分明らかにされていない。そこでこれについて試作斜流ポンプを用いて、実験的に検討した結果の一部を速報する。なお実験装置ならびに実測した水力損失曲線の一例は既報²⁾参照のこと。



第 1 図 摩擦損失係数 (羽根出口角の影響)

2. 摩 擦 損 失

第 1 図は羽根出口角の広範囲に異なる羽根車を用いた実験結果から無衝突流入点の水力損失 (= 摩擦損失) h_i を求め、これより摩擦損失係数として、それぞれ次式の値 $\zeta_i, \zeta_{i1}, \zeta_{i2}$ を算出して、二乗平均半径における出口角 β_{2m} について図示したものである。

$$h_i = \zeta_i \frac{(w_1^2 + w_2^2)/2}{2g} = \zeta_{i1} \frac{w_1^2}{2g} = \zeta_{i2} \frac{w_2^2}{2g} \dots (1)$$

ここに w_1, w_2 はそれぞれ二乗平均半径において羽根に沿って流入流出すると考えたときの入口直前および出口直後の相対流速である。なお各羽根車はその表面あらかはほぼ同一であるが、節弦比が異なるから、各損失係数をつぎのように表わした抗力係数で比較する。

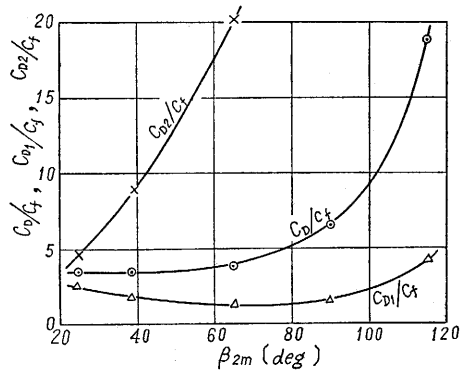
$$\zeta_i = C_D l / (t_m \sin \beta_m) \dots (2)$$

$$\zeta_{i1} = C_{D1} l / (t_1 \sin \beta_1) \dots (3)$$

$$\zeta_{i2} = C_{D2} l / (t_2 \sin \beta_2) \dots (4)$$

ここに l = 翼長, t_1, t_2 = それぞれ羽根車入口, 出口におけるピッチ, β_1, β_2 = それぞれ羽根入口および出口角 (以上いずれも二乗平均半径流線上の値), $t_m = (t_1 + t_2) / 2$, $\beta_m = (\beta_1 + \beta_2) / 2$ である。

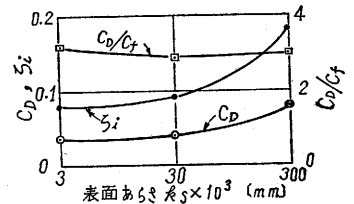
これらを同一あらかの平板の抗力係数 C_f と比較したのが第 2 図である。これより β_{2m} が $20^\circ \sim 65^\circ$ の範囲で C_D はほぼ一定値を示すこと, C_{D2} の表示は適当でな



第 2 図 摩擦抗力係数 (平板との比較)

いこと, $\beta_{2m} > 65^\circ$ では翼の転向角が著しく大きいので損失は急増することが予想される点から C_{D1} の表示もやや妥当性を欠くことなどがわかる。したがって摩擦損失の表示式として

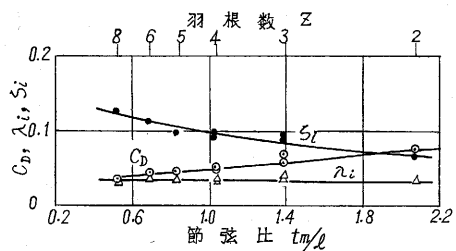
はトルクコンバータにおけると同様に³⁾、入口出口の相対流速ヘッドの平均値を基準とって表わす方法が実用的な意味では



第 3 図 表面あらかの影響

最も良いといえよう。なおこの場合の C_D の値は、第 2 図および羽根表面あらかを変えて行なった実験結果 (第 3 図) から、同一あらかの平板の抗力係数の約 3~3.5 倍と考えてよい。

羽根数を変えた実験⁴⁾からは、第 4 図のように C_D は羽根数によってやや変化するのに対し、羽根間通路を管



第 4 図 羽根数の影響

研究速報
 路と考えて求めた摩擦係数 λ_i は羽根数によらず一定値を示した。前面シュラウドの無い羽根車を管路として取り扱うのは適当でないが、羽根数の相違の影響として節弦比の変化を考慮するのみでなく羽根先端および根元壁面の変化をも考慮に入れて取り扱うべきであるといえよう（前記の実験では羽根車部分のケーシング壁面のあらかさは羽根表面とほぼ同じである）。以上の結果は斜流ポンプのように羽根長に比して羽根間通路面積がかなり大きい羽根車でもこれを一種の管路と見なして近似的に取り扱うることを意味する。

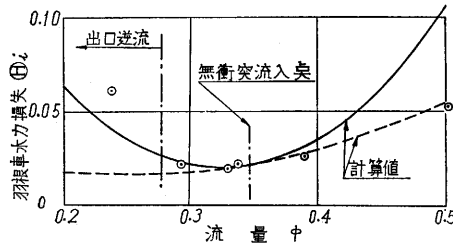
3. 衝突損失

衝突損失 h_{is} については従来つぎの二通りの表示が用いられている⁵⁾。

$$h_{is} = \zeta_{is} (\Delta v_{1u}^2 / 2g) \dots\dots\dots (5)$$

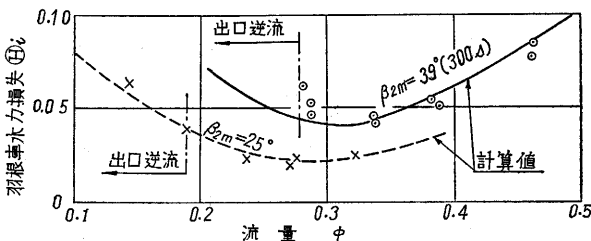
$$h_{is} = \zeta'_{is} \sin^2 \beta_1 (\Delta v_{1u}^2 / 2g) \dots\dots\dots (5')$$

ここに、 Δv_{1u} = 羽根入口の衝突速度、 ζ_{is} 、 ζ'_{is} = 衝突損失係数。平板翼列に対する実験結果⁶⁾を参照し、また実



第5図 羽根車水力損失(I)

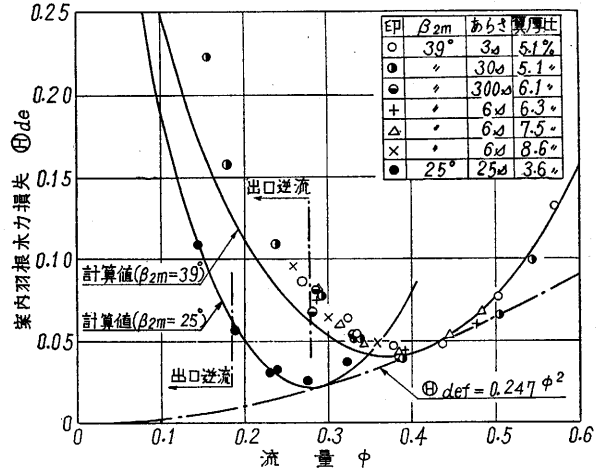
用上の便宜を考慮に入れて $\zeta_{is} = \zeta'_{is} = 1$ として h_{is} を算出し、これより得た羽根車における全損失ヘッド Θ_i (無次元値) を実測値と比較した一例が第5図である ($\zeta_i = 0.08$)。図中実線は(5)式、破線は(5')式にもとづいた Θ_i で、実測値 (●印) と比べて無衝突流入点より小流量側では(5)式が、大流量側では(5')式が適当であることがわかる(その他の羽根車でもまったく同様のので、



第6図 羽根車水力損失(II)

以下の図は流量の大小によって(5)、(5')式の方のみを用いてある。第6図は第5図より表面あらかさの大きい場合(あらかさ約 300 s, $\zeta_i = 0.17$ ●印および実線)、ならびに羽根出口角の小さい場合 ($\beta_{2m} = 25^\circ$, $\zeta_i = 0.15$ ×印および破線) である。計算値と実測値との一致は十

分満足しうる。無衝突流入点の前後で衝突損失の表示を変更するのは繁雑であるが、喰違い角の大きい翼列と考えれば、かえって妥当ともいえよう。



第7図 案内羽根における水力損失

第7図は出口角の異なる二種の羽根車 ($\beta_{2m} = 25^\circ, 39^\circ$) を用いたときの案内羽根およびそれ以後の流路の水力損失 Θ_{de} (無次元値) の実測値を、前述の取扱いによる計算値と比較したもので、図中の Θ_{def} は摩擦損失ヘッド、これと実線との差が衝突損失の計算値である ($\beta_{2m} = 39^\circ$ についてはその羽根表面あらかさ、羽根厚の異なるものを同時に図示している)。案内羽根に対しては(5)、(5')の表式が妥当であることがわかる。

4. むすび

以上斜流ポンプの実験結果から、内部の水力損失を摩擦損失と衝突損失とに分離し、それぞれについて従来の表示式の実用性を確かめ、その損失係数の値を求めた。

本研究に当たり懇篤なるご指導をいただいた本所石原智男助教授に深く感謝申し上げる。また実験装置の製作に多大のご援助を与えられた電業社機械製作所の佐藤・北村両部長、実験の遂行および整理に当たった旧職員高橋一男、小島喬の諸氏に謝意を表したい。

(1962年12月3日受理)

文献

- 1) たとえば, A. J. Stepanoff, (1957), 161, John Wiley & Sons.
- 2) 井田, 生産研究 13-9 (昭 36-9), 287.
- 3) 石原, 東大生産技術研究所報告 5-7 (昭 30-11), 156.
- 4) 井田, 機械学会第 40 期東京秋期講演大会前副集 No. 76 (昭 37-10).
- 5) 石川・平山・前田, 機械学会論文集, 22-121 (昭 31), 637.
- 6) 文献 5) 参照