逆進する翼型のキャビテーション性能⁽¹⁾

(昭和 15 年 4 月 3 日 第 4 回日本工学会に於て講演)

正 員 沼 知 福 三 郎⁽²⁾

摘 要

代表的な翼型 3 箇をとり、迎角 180° 附近の極曲線をキャビテーション発生下に於て求め、特に極曲線のキャビテーション係数 k_d による変化を明らかにしてある。尚逆進時に発生するキャビテーションの種類とその大きさを求めた。最後にこの 3 翼型を二つの見地から比較してある。

1. 緒 論

船舶推進器の逆回転に依り船舶を後進させる場合における推進器の推力や能率を明らかにするためには、又軸流ポンプの羽根車の逆回転に依り水を逆送せんとする場合における羽根車の揚程や能率を明らかにするためには、共に迎角 180° 附近における翼型の性能曲線を必要とする。特に該迎角範囲に於てキャビテーション発生の状態と発生時における翼型の性能曲線を明らかにする必要がある。何となれば斯る推進器及び軸流ポンプに於てキャビテーションは、殆ど避けられぬ趨勢にあるからである。

迎角 180° 附近における翼型の性能曲線に関しては、キャビテーションの発生せざる場合の実験即ち風洞実験の結果⁽³⁾も極めて少い。況して、キャビテーション発生時における迎角 180° 附近の性能は、知見する処なし。

茲には、さきに発表した 4 箇の翼型のうち代表的な 3 箇、即ち Clark Y, 円弧型, Munk 6 に就て、迎角 180° 前後に於てキャビテーションの発生せざる場合の性能曲線を求め、更に同じ迎角範囲でキャビテーションの発生条件並に各キャビテーション係数における性能曲線を求めたものである。前述の目標を目指し茲に発表するものは、余りに僅少であるが、依て翼型の普通の迎角における性能 (拙文「翼型 4 箇のキャビテーション性能」を参照)⁽⁴⁾と、逆流中における性能との差異の一斑を知るに便ならしめたものである。

2. 装置と実験方法

装置、実験方法及び採用せる翼型の寸法等は、前の「翼型 4 箇のキャビテーション性能」なる拙文に記載せるものと同様に省略する。

3. キャビテーションの形態

逆流を受ける翼型に於ては、背面キャビテーション並に腹面キャビテーション (第 1 図及び第 2 図の I 並に II) の外

第 1 図

にこの 2 者と全く独立に後方キャビテーション (第 1 図及び第 2 図の III) が発生する。先縁に円味のある翼型に於ては、背面並に腹面キャビテーション共に前縁 (第 2 図で $\lambda_0=0$) より発生する事はない。然るに円弧型の如く前縁の尖鋭なる翼型に於ては、前縁より背面並に腹面キャビテーションが発生し、その他に背面後方に所謂バブリングが発生する事は前回述べたる通りである。茲に述べる 3 箇の翼型の如く普通の通り後縁の尖鋭なる翼型に於ては、キャビテーションの形態

[昭和 16 年 11 月]

(1) Ueber Kraftmessungen bei Kavitation an Flügelprofilen bei rückwärtiger Anströmung. (2) Fukusaburo Numachi, Mitglied, Kaiserl. Tohoku Univ., Sendai. (3) C. Lock and H. Townend: Lift and Drag of two Aerofoils measured over 360° range of Incidence. R. & M. 956 (1924-25). L. Prandtl: Ergebnisse der Aerodyn. Versuchsanstalt, Göttingen, III Lief., S. 78. (4) 機械学会論文集, 7 巻 28 号 (昭 16-8) 或は V.D.I. -Forschung, Bd. II (1940), Nr. 6; 頁 303.

は前記円弧型と極似してゐる。

今キャビテーション係数 k_d を徐々に減少すると、キャビテーションが発生する。 $k_d = (p - p_d) / \frac{1}{2} \rho v^2$, 茲に p , v は翼型前方の流水圧並に流速であり、 p_d は蒸気圧である。

第2図乃至第4図に於ては、各迎角 α_∞ に於て前記3種のキャビテーションの発生すべき k_d の値、尙キャビテーシ

ンが更に発達してその大き λ (翼弦長 t の百分比 λ/t にて示す。第2図参照) となるべき k_d の値を曲線で表はしてある。

尙同図面の左の部分には、前記3種のキャビテーションが各迎角 α_∞ に於て発生する箇所 λ_0 並に消滅する箇所 λ の値を翼弦長 t の百分比で示してある。前記の如く I 及び II キャビテーションに於ては、 λ_0 は常に零であり、III に於て

第2図 迎角 α_∞ における初生キャビテーションの発生箇所 λ_0 消滅箇所 λ , 並に k_d の変化による大きさ λ の変化 (翼型 Clark Y)

第3図 同上 (翼型欠円型)

第4図 同上 (翼型 Munk 6)

第5図 キャビテーション係数 k_d による揚力係数 C_d の変化 (α' =未補正迎角) (翼型 Clark Y)

第6図 同上(翼型欠円型)

第7図 同上(翼型 Munk 6)

第8図 キャビテーション係数 k_d による抗力係数 C_w の変化 (α =未補正迎角)

第9図 キャビテーション係数 k_d による抗力係数 C_w の変化 (α = 未補正迎角)

第10図 同上

第11図 揚力係数 C_a と迎角 α_∞ の関係は k_d により異なる

第12図 同上

は迎角により λ_0 が種々の値を採る。

4. キャビテーションと揚抗力変化

第5図乃至第7図には、 180° 前後の種々なる迎角 α' に於てキャビテーション係数 k_d を変化し、その際の揚力係数 C_a を測定した結果を示してある。第8図乃至第10図には、同様にキャビテーション係数 k_d を変化して抗力係数 C_w を測定した結果を示してある。上記第5図乃至第10図中には、I, II 及び III 種のキャビテーションの発生点を点線にて示してある。依て各種キャビテーションの発生による揚力並に抗力の変化が、迎角 α' に依て異なる有様が明瞭になつてゐる。尙図中 α' は、見掛けの迎角であるがこれに水路壁の修正を施したのが、第11図以下の α_∞ である。

5. 性能曲線

揚力係数 C_a と迎角 α_∞ との関係がキャビテーション係数 k_d により異なる有様は、第11図乃至第13図に示してある。又同様に抗力係数 C_w と迎角 α_∞ との関係に就ては、第14図乃至第15図に示してある。更に第17図乃至第19図にはこの3種の翼型の逆流時における極曲線がキャビテーション係数 k_d により異なる有様を示してゐる。第11図乃至第19図には、この逆流の場合に對し参照のため正常の即ち前方から流れ懸る場合を夫々点線にて記入してある。依て逆流の場合は、如何に揚力が減少し抗力が増加するやを知る事が出来る。種々のキャビテーション係数における抗揚比の値は、第21図乃至第26図に示してある。

6. 3 翼型の比較

(1) 発生点 何れの翼型がキャビテーションを発生し易きやを比較するするには、第2図乃至第4図からキャビテーションの発生点を示す $\alpha_\infty - k_d$ 線を取り出して比較すればよい。即ち第20図の如し。この図により各翼型を発生し易き順に列記すると次の如くなる。

I 種(背面)キャビテーションは

$\alpha_\infty > 183^\circ$:— M. 6, 欠円型, Clark Y

III 種(後方)キャビテーションは

$186^\circ > \alpha_\infty > 182^\circ$:— Clark Y, 欠円型, M. 6

$192^\circ > \alpha_\infty > 186^\circ$:— Clark Y, M. 6, 欠円型

$\alpha_\infty > 193^\circ$:— M. 6, 欠円型, Clark Y

II 種(腹面)キャビテーションは

$179^\circ > \alpha_\infty > 175^\circ$:— M. 6, 欠円型, Clark Y

(2) 抗揚比 この三つの翼型は、殆ど同じ厚さなるによりその性能を比較するには、或揚力係数 C_a を出すため生すべき抗揚比を比較すればよい。第21図乃至第23図に於ては、種々なるキャビテーション係数に於てその三つの翼型の抗揚比が比較してある。これによると逆流時に於ては、M. 6 が Clark Y 並に円弧型に比し優秀なる事を示してゐる。この事は、M. 6 の下面形状が直線ではなく凸曲線をなしてゐるためと考へられる。

第13図 揚力係数 C_L と迎角 α_∞ の関係は k_d により異なる

7. 結 論

(1) 逆流の場合における翼型には、背面並に腹面キャビテーションの外にこの2者と全く独立に後方キャビテーションが生ずる。前2者は必ず尖端より発生する(第1図)。

第14図 C_L - α_∞ の関係もキャビテーション係数 k_d により異なる

第16図 同上

第15図 同上

第17図 逆進時の極曲線(キャビテーション係数により異なる)(Clark Y)

(2) 前記3種のキャビテーションの発生すべきキャビテーション係数 k_d 並にキャビテーションの大きさが λ となるべき k_d の値を求めた(第2図乃至第4図)。

(3) 種々の迎角 α_∞ に於て前記3種のキャビテーションの発生する箇所 λ_0 と消滅する箇所 λ を示した(第2図乃至第4図)。

(4) 種々の迎角 α_∞ に於てキャビテーションの発生により揚力並に抗力の変化する有様を示した(第5図乃至10図)。

(5) 逆流時における翼型の極曲線が、種々なるキャビテーション係数 k_d により異なる有様を示した(第11図乃至19図)。

(6) キャビテーションの発生せざる場合の逆流時翼型の極曲線も測定してある(第11図乃至19図)。

(7) 種々の k_d における(抗揚比-揚力係数)の曲線を示した(第21図乃至23図並に第1表乃至第3表)。

(8) 逆流時における三つの翼型をキャビテーションの発生点(k_d の値)と抗揚比(C_w/C_L - C_L 曲線)の二つの見地より比較した(第20図、第21図乃至23図)。

終りに臨み、本研究に関しては、日本學術振興會 並に

第 18 図 同上 (欠円型)

第 19 図 同上 (Munk 6)

近藤記念海事財団の補助を受けた。
又本学宮城教授からは激励を受けた。茲に列記して謝意を表す。また本実験に際しては角田助手並に和泉副手の助力を受けたことを茲に附記する。

第 22 図 同上 ($k_d=1.4$ 及び 1.2)

第 20 図 3 種の翼型の比較 (発生すべき k_d の値から)

第 21 図 三つの翼型の抗揚比による比較 (キャピテーション係数 $k_d=2.5$ 及び 1.8)

第 23 図 同上 ($k_d=1.0$ 及び 0.8)

第 1 表 翼型 (Clark Y)

α_∞	k_d	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5
175°	$C_a =$ $C_w =$	-0.26 0.041	-0.34 0.034	-0.48 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.034	-0.54 0.035	-0.57 0.035	-0.57 0.036	-0.57 0.036	-0.57 0.037
178°		-0.07 0.027	-0.16 0.022	-0.20 0.022	-0.22 0.022	-0.22 0.023	-0.22 0.023	-0.22 0.023	-0.22 0.024	-0.22 0.024	-0.22 0.025	-0.22 0.026	-0.22 0.026	-0.22 0.027	-0.22 0.028	-0.22 0.028
180°		0.14 0.044	0.05 0.031	-0.01 0.031	-0.01 0.031	-0.01 0.031	-0.01 0.033	-0.01 0.033	-0.01 0.034	-0.01 0.034	0.02 0.033	0.02 0.035	0.02 0.035	0.02 0.037	0.02 0.038	0.02 0.040
183°				0.40 0.080	0.36 0.071	0.33 0.068	0.31 0.066	0.31 0.066	0.31 0.068	0.31 0.068	0.34 0.070	0.35 0.071	0.35 0.071	0.35 0.076	0.37 0.076	0.37 0.076
185°							0.48 0.100	0.48 0.100	0.48 0.100	0.48 0.100	0.48 0.102	0.49 0.107	0.49 0.107	0.49 0.107	0.51 0.107	0.51 0.107
190°									0.50 0.205	0.58 0.205	0.58 0.209	0.60 0.217	0.62 0.217	0.64 0.220	0.63 0.220	0.63 0.220
195°										0.56 0.316	0.56 0.320	0.58 0.323	0.59 0.323	0.60 0.320	0.62 0.320	0.62 0.320
198°												0.61 0.404	0.63 0.404	0.63 0.404	0.64 0.394	0.64 0.394

第 2 表 翼型 (Munk 6)

α_∞	k_d	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5
177°	$C_a =$ $C_w =$	-0.35 0.039	-0.42 0.036	-0.44 0.034	-0.46 0.035	-0.46 0.036	-0.46 0.036	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037	-0.46 0.037
179°		-0.19 0.027	-0.23 0.025	-0.26 0.025	-0.26 0.025	-0.26 0.025	-0.26 0.025	-0.27 0.025	-0.27 0.026	-0.27 0.026	-0.29 0.026	-0.29 0.026	-0.29 0.027	-0.29 0.028	-0.29 0.028
180°		-0.10 0.025	-0.13 0.023	-0.16 0.023	-0.17 0.023	-0.17 0.023	-0.17 0.024	-0.18 0.024	-0.18 0.024	-0.18 0.025	-0.19 0.025	-0.19 0.026	-0.19 0.026	-0.19 0.027	-0.19 0.028
183°		0.20 0.041	0.18 0.028	0.16 0.028	0.14 0.028	0.14 0.028	0.14 0.028	0.14 0.029	0.14 0.029	0.14 0.029	0.14 0.029	0.14 0.030	0.14 0.031	0.14 0.032	0.14 0.033
185°				0.40 0.054	0.38 0.050	0.36 0.044	0.35 0.043	0.35 0.042	0.35 0.042	0.35 0.043	0.35 0.043	0.35 0.043	0.35 0.044	0.35 0.044	0.35 0.044
190°								0.67 0.164	0.69 0.154	0.69 0.147	0.69 0.145	0.69 0.145	0.69 0.145	0.69 0.145	0.69 0.145
195°									0.70 0.285	0.70 0.285	0.70 0.285	0.70 0.285	0.70 0.285	0.70 0.285	0.70 0.285
198°											0.66 0.357	0.66 0.357	0.66 0.357	0.66 0.357	0.66 0.357

第 3 表 翼型 欠 冏 型

α_∞	k_d	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5
175°	$C_a =$ $C_w =$			-0.75 0.062	-0.87 0.057	-0.94 0.044	-0.89 0.035	-0.86 0.035	-0.86 0.035	-0.86 0.035	-0.86 0.035	-0.86 0.035	-0.86 0.037	-0.86 0.037
178°		-0.475 0.052	-0.62 0.045	-0.72 0.034	-0.72 0.025	-0.73 0.024	-0.73 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024	-0.74 0.024
180°		-0.40 0.042	-0.54 0.030	-0.60 0.023	-0.61 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021	-0.62 0.021
183°		-0.175 0.046	-0.27 0.034	-0.31 0.030	-0.31 0.029	-0.31 0.029	-0.32 0.029	-0.33 0.029	-0.33 0.030	-0.33 0.030	-0.33 0.030	-0.33 0.030	-0.33 0.030	-0.33 0.030
185°			0.04 0.060	-0.065 0.053	-0.09 0.050	-0.11 0.049	-0.13 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049	-0.14 0.049
190°							0.19 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131	0.18 0.131
195°								0.23 0.217	0.23 0.213	0.23 0.213	0.23 0.213	0.23 0.213	0.23 0.213	0.23 0.213
198°									0.30 0.281	0.30 0.281	0.30 0.281	0.30 0.280	0.30 0.275	0.30 0.274

(昭和 16 年 8 月 28 日受付)

[昭和 16 年 11 月