53 二軸高速フェリー用 TCP の船後キャビテーション性能について

科学技術振興事業団 *川並 康剛

推進性能部 右近 良孝, 工藤 達郎, 藤沢 純一, 松田 登

1 はじめに

船研および海技研では、新しい概念のプロパルサで あるトランスキャビテーティング・プロペラ (TCP)や在 来型プロペラ (CP)を 30kt 超級の高速フェリーに適用し たときの推進効率,船尾変動圧力などのキャビテーショ ン性能および設計について研究してきた [1,2]。ここで は、TCPの未検討項目について船後キャビテーション 試験を追加し、興味ある結果を得たので報告する。

2 実験装置および供試模型

実験はキャビテーション試験水槽の第二計測部を用 いて行った.供試模型船は二軸二舵の大型高速フェリー を想定した M.S.No.610 である [1]. また、プロペラは4 翼トランスキャビテーティング・プロペラ (TCP) である M.P.No.434と449, および4翼在来型プロペラ(CP)であ る M.P.No.411 と 412(411 の鏡像で左回り) を用いた [1, 2]. また,新たに設計された CP である M.P.No.459(直 径: 0.1944m, ボス比:0.300, ピッチ比 (0.7R):1.343, 展 開面積比:0.82)を用いた実験も合わせて行った.このプ ロペラは船速 (Vs)35.0kt としてキャビテーションの発 生を可能な限り抑制するように設計された在来型プロ ペラであり、今回 TCP との比較に用いた. これらのプ ロペラの試験条件を表-1にまとめる. M.P.No. の後の 括弧内は回転方向である.これは M.P.No.449, 459の 設計条件ともなっている. 内廻りと外廻りでは伴流率 が違うため設計の荷重度 (CT) およびキャビテーション 数 (σ_V) が異なるが、船速による変化はないとした。

表	1.	樟刑	プロ	こぺ	ラ	ഗ	試験	冬件
-10-						• /		A

		СР			TCP		
M.P.	No.	411(外)	412(内)	459(内)	434(外)) 449(内)	
20 614		0.728	0.843	-	0.728	-	
30.0M	σ_V	1.371	1.586	-	1.371	-	
35.0kt		0.728	-	0.843	0.728	0.843	
	σ_V	1.048	-	1.213	1.048	1.213	

3 船後プロペラ効率

船後プロペラ性能計測は,表-1の試験条件に合わせ て行った.表-2は船速 30.6kt, 35.0kt 相当の条件で計 測された船後プロペラ効率 (η_B)である. M.P.No.449 は TCP であるが,翼面上にはバブル・キャビテーションが

表 2: 模型プロペラの船後効率

		СР	TCP		
M.P.No.	411(外)	412(内)	459(内)	434(外)	449(内)
30.6kt	0.642	0.641	-	0.649	-
35.0kt	0.565	-	0.610	0.611	0.566

発生したため意図通りの性能を発揮しなかった. もう 一つの TCP(M.P.No.434) は翼面が安定したシート・キャ ビテーションで覆われる. η_B も高く,「シート・キャビ テーションで覆われた状態で性能を発揮するプロペラ」 という TCP の特徴をよくあらわしている.

CP の M.P.No.459 は翼面にキャビテーションが少な く, M.P.No.411 は厚いシート・キャビテーションが広 範囲に発生した. M.P.No.459 の方が η_B が高く, 35.0kt 付近の船速と内廻りの高荷重でも CP がなお有効であ ることを示している. 30.6kt の M.P.No.411, 412 の結 果を見ると,本実験が対象としているトランスキャビ テーション状態では内廻りと外廻りで η_B はほとんど差 がないが, 推進効率では内廻りの方が良くなる.

一例のみであるが、TCPでは外廻りのプロペラ効率 が内廻りより高くなった.これは内廻りのTCPにバブ ル・キャビテーションが発生してしまったこと、内廻 りは荷重度が高いことなどが原因であると考えられる. TCPではできるだけ安定したシート・キャビテーショ ンを発生させることがより高い船後性能を発揮させる ためには不可欠であり、その設計技術の確立が課題で ある.

4 船尾変動圧

本実験では、プロペラ直上近傍の船底に圧力計 を配置し、キャビテーションの発生に伴う船尾変 動圧力を計測した.図-1 は 35.0kt 相当外廻りでの TCP(M.P.No.434) と内廻りの TCP(M.P.No.449) および 内廻りでの CP(M.P.No.459) の船尾変動圧力を比較し たものである.縦軸は $K_{pi} = \Delta P_i / \rho n^2 D_P^2 (\Delta P_i : 変動$ 圧力の周波数成分(周波数 *in*)の片振幅値、 ρ :水の密 度、*n*:プロペラ回転数、 D_P :プロペラ直径)である. 横軸は船幅方向の圧力計の配置を示しており、SC が プロペラ直上、SI が船体中央側、SO が舷側側の圧力 計である.なお、各圧力計はすべて等間隔に配置され ており間隔は $0.2D_P$, プロペラ軸間距離は $2D_P$ である. したがって, SI5 の圧力計が船体中央となる.

外廻りプロペラでは変動圧の翼数次成分 (K_{P4})のピー ク位置がほぼプロペラ直上にあるのに対し,内廻りプ ロペラではピーク位置が船体中央側にずれている. ピー クの高さはシート・キャビテーションが卓越して発生し ていた M.P.No.434 のほうが高く,バブル・キャビテー ションが多かった M.P.No.449 ではピーク値は低くなっ ている. M.P.No.459 はキャビテーションの発生量が少 なかったが,船体中央部で翼数次成分,倍翼数次成分 (K_{P8})ともに TCP よりも大きくなっており,明確なピー クはみられない.

キャビテーションを発生した 2 軸プロペラの位相角 が船尾変動圧に与える影響を詳しく検討するために, M.P.No.411, 412 を用いて実験を行った.同位相 ($\Delta \phi = 0^\circ$, $\Delta \phi$:プロペラ回転角の位相差)の場合ともっとも条 件の差が大きいと考えられる位相差 ($\Delta \phi = 45^\circ$)で,両 舷のプロペラを回転させて変動圧を計測した.計測結 果を図-2,3に示す.なお,この図には片軸のみプロペ ラを回転させ,他方の軸にはダミーボスをつけた場合 の計測結果も含まれている (図中 alone).

まず K_{P4} をみると、位相差を 45° としたときは単独 の場合と比較してプロペラ直上付近や舷側側で変動圧 の差はそれほど大きくないが、船体中央付近では変動 圧が小さくなっている。一方、両プロペラを同位相で回 転させた場合は単体の場合と比較して、船体中央部付 近を除くほぼ全域で変動圧が低い。また、 K_{P8} は多少 のばらつきがあるもののプロペラ回転角の位相差の影 響は少ない。これは回転角の位相差が 45° のとき、 K_{P8} に関する位相差がなくなるためである。 K_{P4} のピーク は内廻りと外廻りで差がないが、 K_{P8} のピーク値は内 廻りの方が外廻りの約 2 倍大きくなっている。

以上の結果は、「プロペラ回転角の位相差を適切に制 御すれば、二軸船の船尾変動圧低減が可能である」と いうことを示唆しており、非常に興味深い.

5 おわりに

35kt 超大型高速フェリー用 TCP および CP の船後キャ ビテーション試験を行い,船後プロペラ効率と船尾変 動圧および TCP の特性について検討し,次のような結 果を得た.

- 1. TC 状態で作動する 2 軸プロペラ (CP および TCP) について,内廻りと外廻りで船後プロペラ効率が どのような影響を受けるかを示した.
- 2.2軸船プロペラの位相角,回転方向をパラメータ として船尾変動圧がどのように変化するかを示し

た. 位相差を制御することによって船尾変動圧力 を低減できる可能性を指摘した.

参考文献

- [1] 右近他 (1999), 造学論文集第 186 号, pp.51-58
- [2] 工藤他 (1999), 造学論文集第 186 号, pp.41-49



図 1: 船幅方向の変動圧分布



図 2: プロペラ回転の位相差と変動圧分布 (外廻り)



図 3: プロペラ回転の位相差と変動圧分布 (内廻り)