
 論 文

大韓造船學會誌
 第26卷 第3號 1989年 9月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 26, No. 3, September 1989

새로운 단면을 이용한 고효율 프로펠러 설계법

이진태*, 이창섭**, 김문찬*, 안종우*, 김호충***

A Propeller Design Method with New Blade Sections

by

J.T. Lee*, C.S. Lee**, M.C. Kim*, J.Y. Ahn* and H.C. Kim***

요 약

고효율 및 캐비테이션 특성이 우수한 프로펠러 날개 단면을 개발하기 위한 일련의 설계·제작·시험 및 해석과정을 기술하였다. 여러 날개 단면들의 양력-항력 특성 및 캐비테이션 특성을 비교하기 위하여 11개의 2차원 날개 단면을 설계·제작·시험하였다. 개발된 단면(KH18 단면)은 양력-항력 곡선과 캐비티 초생 곡선에서 기존 단면에 비하여 폭이 넓기 때문에 불균일한 선미후류에서 작동하는 프로펠러의 날개 단면으로서 적합하리라 생각된다.

개발단면을 사용한 프로펠러 설계법을 제시하였다. 코오드 방향 부하분포 형상이 프로펠러 성능에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 3가지 기준 부하 형상에 대한 프로펠러를 각각 설계하였다. 또한 날개 단면이 프로펠러 성능에 미치는 영향을 비교하기 위하여 기존 날개 단면만을 사용한 프로펠러를 2개 설계하였다.

Abstract

A new blade section of propeller is developed to obtain higher propeller efficiency and better cavitation performance. Eleven foil sections are carefully designed and manufactured to compare the lift-drag characteristics and cavitation performances. It is expected that the developed section behaves better in the vicinity of the ship's wake, where the angle of attack variation is large, because of its wider width in lift-drag and cavitation-free bucket diagrams.

A propeller design method using the selected foil section is presented. Three chordwise loading shapes are selected to investigate the influence of the lift-drag ratios on the propeller efficiencies and cavitation performances. Three propellers are designed, which correspond to the selected chordwise loading shapes. Two more propellers which use existing foil sections are designed to compare the section performance.

접수일자: 1989년 2월 25일, 재접수일자 1984년 4월 28일

* 정희원, 한국기계연구소 대덕선박분소

** 정희원, 충남대학교 공과대학

*** 정희원, (주) 대우

단면을 개발하였고, 새로 개발된 단면을 이용한 프로펠러 설계법을 제안하였다.

1. 서 언

효율이 높고 캐비테이션 특성이 우수한 프로펠러의 설계는 선박 설계자와 조선소, 선주들의 계속되어온 과제이다. 특히 캐비테이션에 의한 프로펠러 손상, 변동압력증가에 의한 선체 기진력 과다, 소음의 증가 등의 악영향을 최소로 하기 위하여 프로펠러 반경방향 부하 및 스쿠분포를 조절하여 프로펠러를 설계하여 왔다. 그러나 가장 기본적인 날개단면에 관한 연구는 최근에 이르러서야 프로펠러 해석 및 설계 이론의 향상 에 힘입어 시도되고 있다[1,5,6,7].

현재 프로펠러 단면으로 Wageningen-B, MAU, NACA 등이 세계적으로 널리 쓰이고 있으나 이러한 단면들이 개발된 당시 유체역학적 특성을 충분히 고려하여 설계되었다고 볼 수 없으며, 특히 불균일한 선미 후류에서 프로펠러가 회전할 때 각 반경 단면의 받음 각 변화에 따른 캐비테이션 및 점성저항 변화량 등을 고려하여 설계되었다고 생각하기 어렵다. 최근 Yamaguchi의 [5]는 각 단면이 원주방향 평균속도에서 평평한 압력분포를 갖도록 Eppler의 이론[1]에 의하여 단면의 설계를 수행한 결과 캐비티 체적과 변동압력 변화량이 현저히 감소하였다고 보고한 바 있다.

한국기계연구소에서도 단면개발에 의한 프로펠러 설계를 수행한 바 있으며[2,3,4], 본 연구에서는 보다 체계적으로 2차원 단면의 설계 및 실험을 통하여 우수

2. 2차원 단면 설계

고효율 및 캐비테이션 특성이 우수한 선박용 프로펠러를 개발하기 위해서는 성능이 우수한 2차원 단면의 개발이 필수적이다. 우수한 단면의 설계를 위해서 다음의 방법을 사용하였다. (1) 기존 우수단면 선택, (2) Eppler 이론에 의한 설계, (3) (1),(2) 결과의 조합및 경험에 의한 수정. 이러한 방법에 의하여 선박용 프로펠러의 0.8R에서의 대표적인 두께($t_{0/c}=0.0571$)와 캠버($f_{0/c}=0.0168$)를 갖는 2차원 단면들을 설계, 제작하여 이론적 방법 및 실험적 방법에 의하여 평가하여 캐비테이션 특성 및 효율이 우수한 단면을 선택하였다. 설계된 단면들의 기하학적 특성 및 형상을 Table 1과 Fig. 1에 정리하였다.

기존 우수단면으로는 NACA66(KH13)과 NACA16(KH14)을 선택하였고, KH11과 KH12는 Eppler 이론에 의하여 설계되었다. KH12는 김기섭의 [3]의 연구 결과 캐비테이션 특성이 우수하여 선정된 단면으로 본 연구에서 비교목적으로 다시 제작되었다. 두께 및 캠버 형상의 영향을 검증하기 위하여 체계적으로 단면 형상을 변화시켰다. KC7 캠버는 캐비테이션 성능이 우수 하리라 예상되어 이를 채택하였고, KC18 캠버는 $a=0.8$ 캠버분포를 수정하여 도출하였다.

Table 1 Comparison of geometric characteristics of the designed hydrofoils

Item	t	f	α_0^*	CR**	Remarks
Foil					
KH11	KT11	KC11	-1.93	0.35	Designed by Eppler theory
KH12	KT7	KC7	-1.61	0.4	Identical with KH7
KH13	N66	$a=0.8$	-2.02	0.642	NACA66 thickness
KH14	N16	$a=0.8$	-2.12	0.642	NACA16 thickness
KH15	N16	KC7	-2.40	0.642	Comparison of $a=0.8$ and KC7 camber
KH16	KT16	KC7	-9.6	0.642	Fwd: Modify N16(max. thick. at 0.37c) Aft: Ident. to KT7
KH17	KT17	KC7	-1.90	0.642	Fwd: Elliptic thick. is modified Aft: Modify KT7 (max. thick. at 0.5c)
KH18	KT16	KC18	-2.06	0.642	Leading edge singularity of $a=0.8$ is removed
KH19	N66	0	0	0.642	Comparison of N66 and KT16
KH20	KT16	0	0	0.642	
KH21	KT21	KC18	-2.42	0.642	Modify KT17

* Zero lift angle of attack in degrees ($R_n=0.99 \times 10^6$)

** Leading edge radius, $CR = \frac{\rho L E}{c} / \left(\frac{t_0}{c}\right)^2$

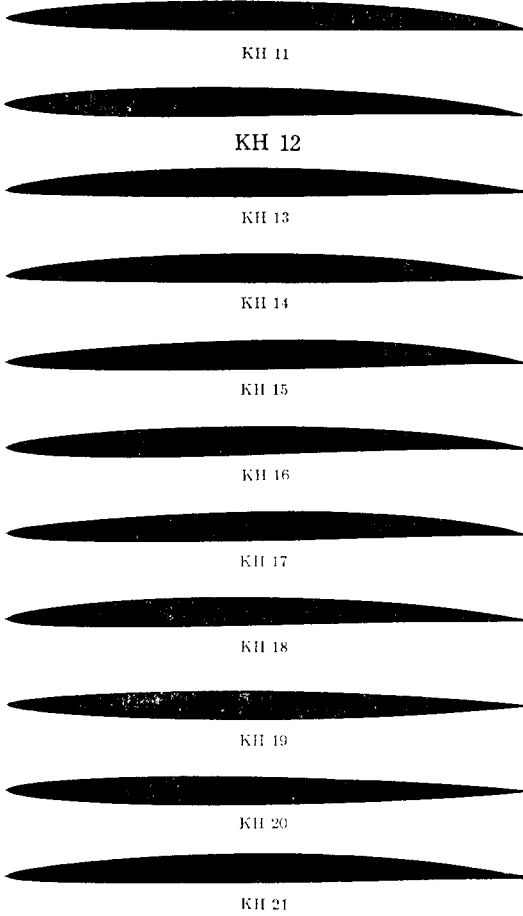


Fig. 1 Section profiles of the hydrofoils

두께분포는 캐비테이션 초생 성능이 우수한 타원형(Elliptic) 및 NACA16 두께를 수정하여 도출하였다. 즉 KT16 두께분포의 전반부는 NACA16의 최대 두께점을 37% 코오드로 평행이동한 값을 사용하였고, 후반부는 KT7의 두께분포를 사용하였다. 또한 KH17과 KH21는 통상 씨리즈 프로펠러의 0.95R 이상의 두께분포에서의 같이 기포 캐비테이션 발생을 억제하기 위하여 최대두께점을 50% 코오드에 두었다. 일련의 단면 실험결과 우수한 두께분포로 선정된 KT16의 특성을 확인하기 위하여 KH19와 KH20의 대칭단면을 제작 시험하였다. 대표적인 두께분포 및 캠버분포를 Fig. 2 및 Fig. 3에 비교하였다.

3. 표면 양력판이론에 의한 해석

설계된 단면들을 해석하기 위하여 dipole 및 source

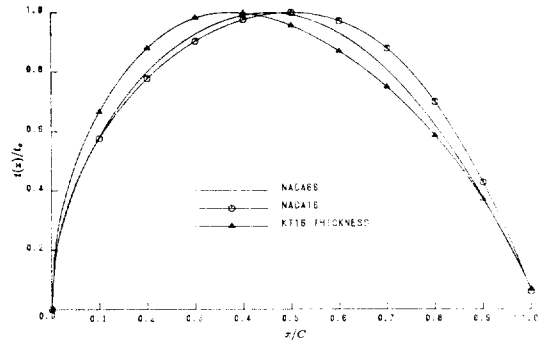


Fig. 2 Comparison of the thickness distributions (NACA66, NACA16, KT16)

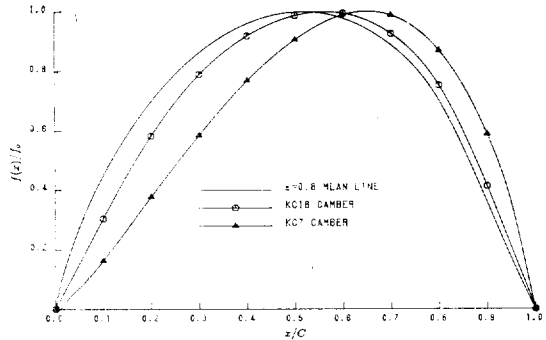


Fig. 3 Comparison of the camber distributions (a=0.8, KC7, KC18)

를 단면표면에 분포하여 압력분포등 특성을 계산하는 표면양력판 이론(surface panel method)[8]을 사용하였다. 표면 양력판이론은 이상유체의 가정하에서 단면 특성을 계산하는 방법이나 압력분포의 계산은 점성의 영향이 비교적 크지 않으므로 각 단면간의 캐비테이션 bucket diagram의 정성적인 비교는 가능하리라 판단되어 채택하였다.

설계된 단면들에 대한 해석 및 실험결과는 이전태의 [9]의 연구보고서에 수록되어 있으며, 본 논문에서는 KH13, KH14 및 KH18과 KH19 및 KH20의 결과를 중점적으로 인용하였다. Fig. 4와 Fig. 5에 표면양력판 이론에 의한 KH13 및 KH18의 무양력 받음각(zero-lift angle of attack, α_0)으로 부터 0도, 2도, 4도일 경우의 압력분포를 도시하였다. 무양력 받음각 경우의 날개 앞날 압력분포를 살펴보면 KH13의 경우 앞면 캐비테이션 발생 가능성이 큼을 알 수 있다.

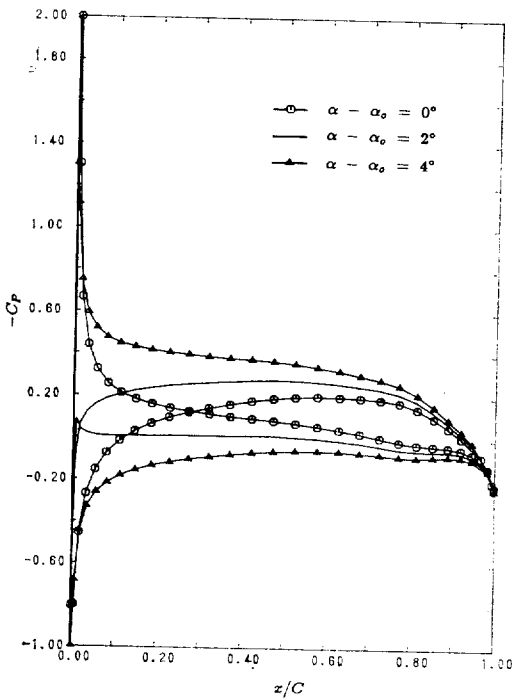


Fig. 4 Pressure distributions around the KH13 foil by panel program

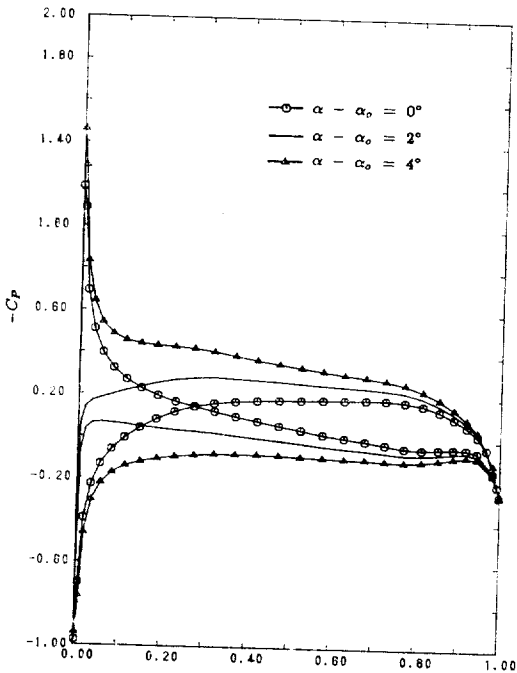


Fig. 5 Pressure distributions around the KH18 foil by panel program

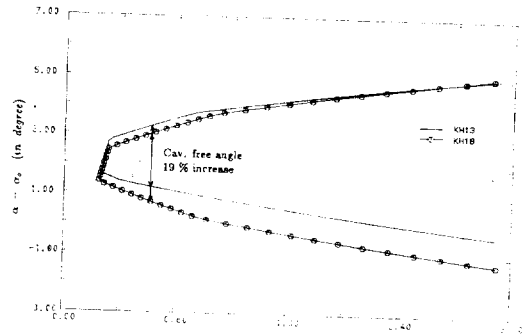


Fig. 6 Comparison of cavitation bucket diagrams by panel program (KH13, KH18)

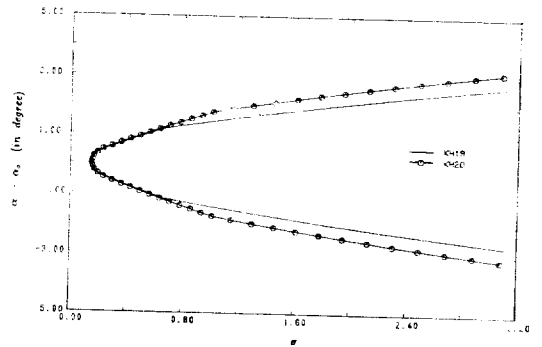


Fig. 7 Comparison of cavitation bucket diagrams by panel program (KH19, KH20)

Fig. 6과 Fig. 7은 계산된 압력분포로부터 도출된 캐비테이션 bucket diagram이다. 5장의 프로펠러 설계에서 주어진 캐비테이션수($\sigma=0.615$)에서 캐비테이션 억제 받음각의 폭을 비교하면, KH18의 경우 KH13 대비 19% 증가됨을 알 수 있다. 두께분포단의 영향을 검증하기 위한 대칭단면의 경우에도 KH20의 캐비테이션 받음각의 폭이 KH19의 폭에 비하여 증가되었음을 알 수 있다. 이상의 해석 결과 불균일한 선미 후류에서 작동할 시 예상되는 받음각의 변화에서 KH18의 캐비테이션 성능이 기존의 단면들에 비해 우수함을 알 수 있다.

4. 실험적 해석 및 고찰

4.1 2차원 단면제작 및 실험장치

우수한 성능의 2차원단면의 설계나 유동해석을 위해서는 보통 포텐셜 개념에 의한 이론적 방법이 많이 쓰이고 있지만 실제의 상황에서는 점성과 난류유동등의

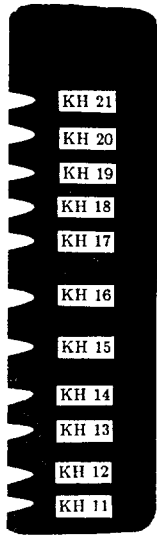


Fig. 8 Template for manufacturing hydrofoil leading edges

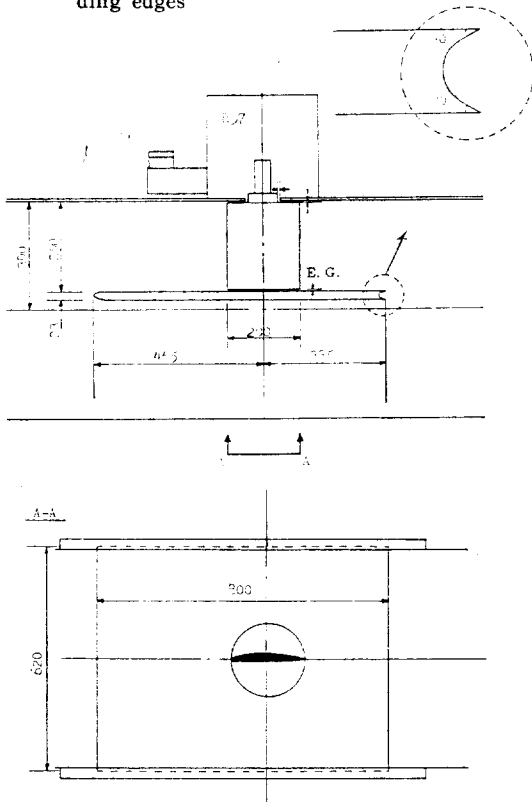


Fig. 9 Sketch of the modified 2-dimensional test section setup for hydrofoil tests

영향으로 이론과의 차이를 유발하게 되는데, 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 정확한 실험에 의한 검

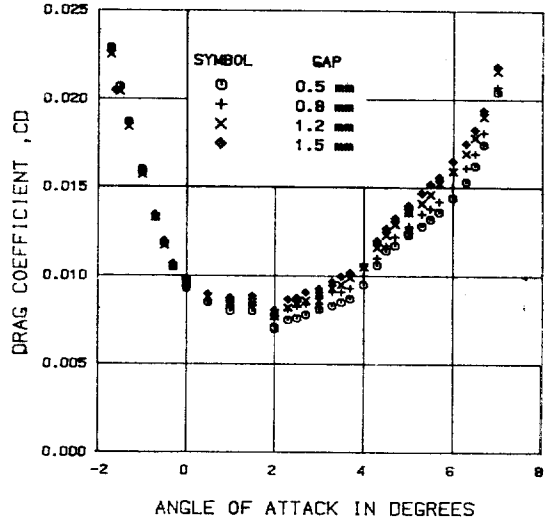


Fig. 10 Gap effect for the hydrofoil test

증이 필수적으로 요구된다. 2차원 단면의 정확한 실험을 위해서는 2차원 단면의 정밀한 제작이 요구된다. 이와 같은 제작은 1차적으로 수치제어(NC) 선반에서 수행되고 최종적으로 수작업을 수행하게 되는데, 수작업시 Fig. 8에 나타난 것과 같이 단면의 앞부분을 정밀하게 가공한 template를 사용하여 지속적인 검사를 수행하면서 제작하였다.

2차원 단면 실험은 한국기계연구소가 보유하고 있는 캐비테이션 터널에서 6분력계(R37)를 사용하여 수행하였다. 스펠이 250 mm인 날개단면을 완전 2차원 유동 내에서 실험하기 위하여는 한변이 250 mm이고 균일한 유속분포를 갖는 새로운 관측부를 설계 제작하여야 하나, 여리가지 제약으로 인하여 기존 관측부(60×60 cm)를 Fig. 9에 나타난 것과 같이 두께 23 mm인 투명 아크릴판으로 나누어 2차원 단면실험용 관측부로 개조하였다. 개조된 관측부의 유속분포는 레이저 유속계(LDV)를 이용하여 측정하였고 이를 적분하여 얻은 평균 유속으로 터널 유속을 캘리브레이션하여 사용하였다. 2차원 단면에 작용하는 힘 및 모멘트를 측정하는 6분력계는 Fig. 9에 보인 것과 같이 터널의 관측부에 부착되어 있다.

2차원 단면에 작용하는 힘을 측정하기 위하여는 정확한 2차원 유동을 재현할 필요가 있다. 본 연구에서 채택한 장치에 의하면 R37에 2차원 단면간의 힘을 전달하기 위하여 아크릴판과 단면사이에 Fig. 9에 나타

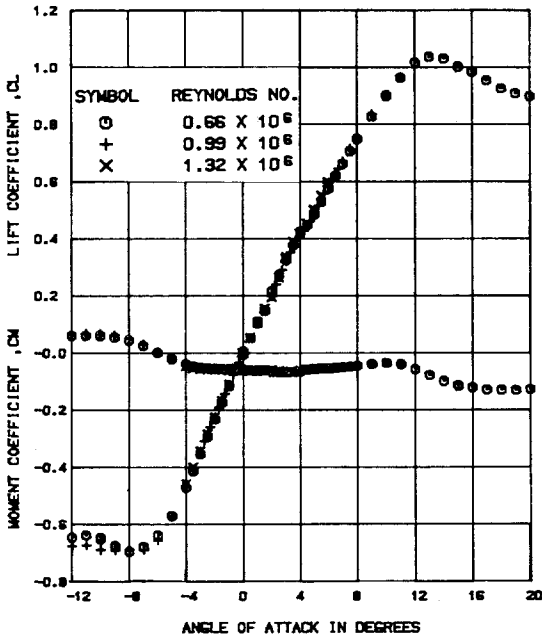


Fig. 11 Lift coefficient and quarter-chord moment coefficient of the KH13 hydrofoil in non-cavitating flow.

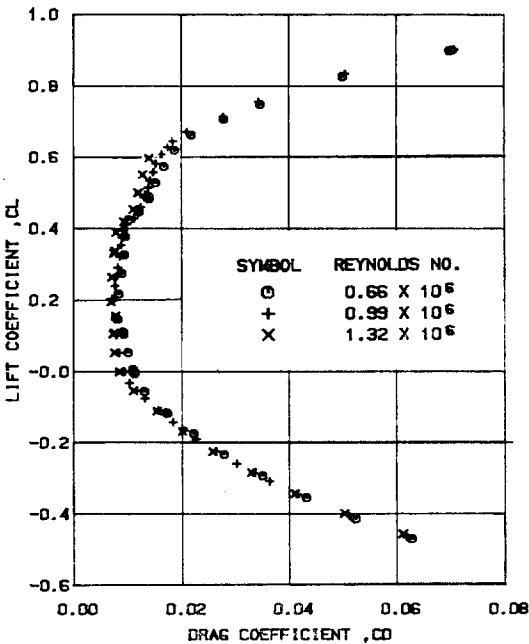


Fig. 12 Drag polar diagram of the KH13 hydrofoil in noncavitating flow

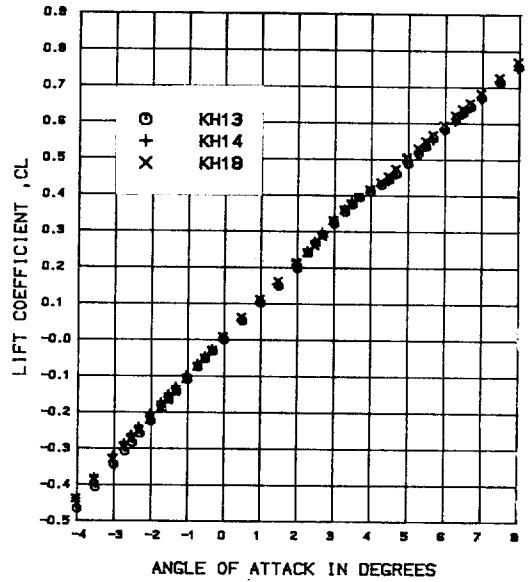


Fig. 13 Comparison of lift coefficients in noncavitating flow ($R_n=0.99 \times 10^6$)

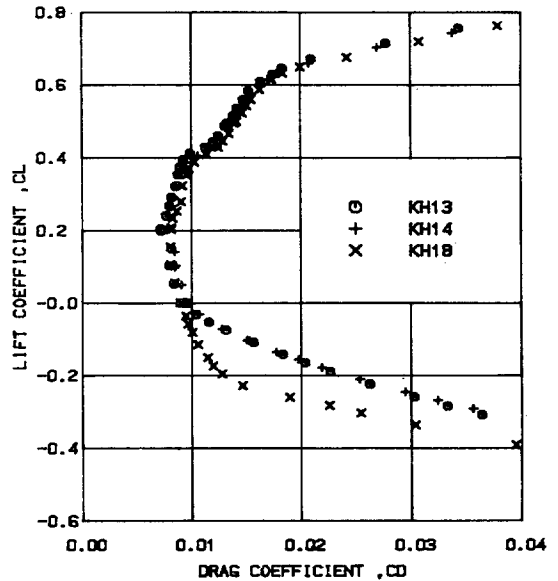


Fig. 14 Comparison of drag polar diagrams in noncavitating flow ($R_n=0.99 \times 10^6$)

난 것과 같이 실험을 위한 간극(EG: Exp. Gap)이 필요한데, 이와 같은 간극의 변화에 따라 R37 분류계에 전달되는 항력의 변화를 우선 조사하였으며, 그 결과를 Fig. 10에 정리하였다. 그림에서 보듯이 간극이 줄어들수록 단면의 항력이 감소되는 방향으로 나타나게

되는데 단면간의 상대적인 비교를 위하여 모든 실험에서 EG를 1mm로 고정하였다.

4.2 실험결과 및 고찰

본 연구과제를 수행하기 위하여 총 11개의 2차원 단면이 제작되었다. 제작된 단면 모두 캐비테이션이 없는 상태와 캐비테이션이 발생한 상태에서의 일련의 실험을 수행하였는데, 캐비테이션이 없는 상태에서는 레이놀즈수가 0.66×10^6 , 0.99×10^6 , 1.32×10^6 의 세가지 경우에 대하여, 캐비테이션이 발생한 상태에서는 레이놀즈수가 0.965×10^6 인 경우에 대하여 실험을 수행하였다.

본 실험시 받음각은 무양력 받음각(zero-lift angle of attack)으로 부딪의 각도를 계속하였다. 본 연구과제를 수행하면서 여러가지 단면들을 이론해석에 의하여 개발하였으나, 연구목적이 고효율 단면에 의한 고효율 프로펠러 개발이라는 것을 감안해서, 본 논문에서는 개발단면중 가장 효율이 좋은 KH18 단면과 기존의 NACA 단면들(KH13, KH14)과의 비교검토를 수행하고 두께효과만을 고찰하기 위하여 제작된 대칭 단면들(KH19, KH20)의 비교검토를 수행하기로 한다.

Fig. 11은 KH13 단면의 받음각에 따른 양력계수와 1/4 코오드 피칭모멘트계수를 보여주고 있으며, Fig. 12는 양력과 항력계수의 관계를 보여주고 있다. Fig. 11의 경우 레이놀즈수의 변화에 따라 특별한 경향을

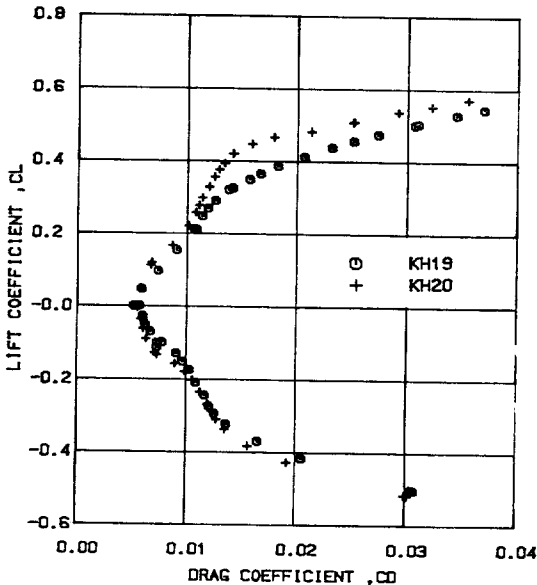


Fig. 15 Comparison of drag polar diagrams of symmetric hydrofoils in noncavitating flow ($R_n=0.99 \times 10^6$)

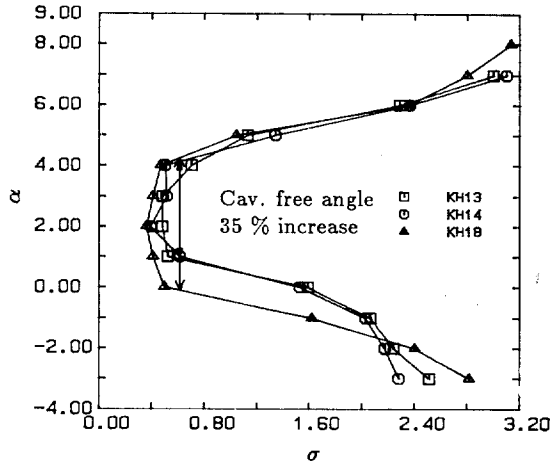


Fig. 16 Comparison of cavitation free buckets ($R_n=0.965 \times 10^6$)

나타나지 못하나 Fig. 12의 경우는 레이놀즈수의 증가에 따라 항력계수가 작아지는 경향을 보여주고 있다. 이와 같은 경향은 모든 단면에 대하여 나타나는 것으로 레이놀즈수의 변화에 대한 일반적인 경향과도 일치한다. Fig. 11에서 살펴보던 받음각 4도 부분($C_L=0.4$)에서 양력계수의 불연속점이 형성되는데, 이와 같은 불연속점은 얇은 단면의 날개 앞날에서의 long type bubble separation-reattachment 현상이다[10]. Bubble이 발생하기 시작하면 항력이 갑자기 증가하는데 이는 Fig. 14에 잘 나타나 있다.

Fig. 13과 Fig. 14는 기존의 NACA 단면(KH13, KH14)과 새로 개발된 KH18 단면과의 받음각-양력-항력의 비교를 보여준다. KH18이 기존 단면에 비해 양력-항력의 bucket이 넓어진 것을 볼 수 있다. 두께

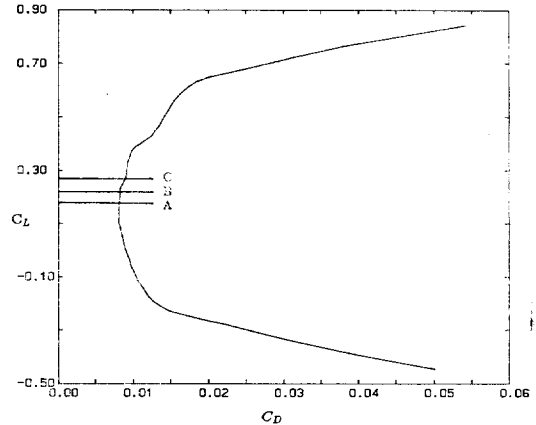


Fig. 17 Selected design points on drag polar curve for the KH18 section

효과만을 비교하기 위해 제작된 KH19와 KH20의 실험 결과는 Fig. 15에 나타나는데, 이번에 새로 개발된 K-H20 단면이 전 범위에 걸쳐 양력-항력의 bucket이 깊고 넓어진 것을 볼 수 있다. Fig. 16은 기존단면들과 KH18의 캐비테이션 bucket diagram을 비교하였는데, $\sigma=0.615$ 일 때 KH18의 캐비테이션 억제 받음각의 폭이 KH13 및 KH14에 비해 35% 이상 증가하였다. 선박용 프로펠러는 불균일한 선미후류에 위치하기 때문에 각 반경에서의 단면들은 받음각의 변화가 큰 유동속에서 작동하게 된다. 따라서 캐비테이션 특성 및 효율이 우수한 프로펠러를 개발하기 위해서는 양력-항력의 bucket이 넓고 캐비테이션 bucket diagram에서 캐비테이션 억제 받음각의 폭이 넓은 단면을 사용하여야 한다. 이와 같은 관점에서 KH18 단면이 기존 단면보다 우수하리라 생각된다.

5. 새로운 단면을 이용한 프로펠러 설계

5.1 설계 개념

본장에서는 우수단면으로 선정된 KH18 단면을 이용하여 캐비테이션 특성과 효율이 우수한 프로펠러를 설계하는 개념에 대해 고찰하였다.

통상 양력면 이론[11, 12]에 의한 프로펠러 설계의 장점은 코오드방향별 부하분포의 모양을 조절할 수 있다는 것이다. NACA 단면을 갖는 프로펠러의 경우는 최대캠버와 피치비를 조절하여 $a=0.8$ mean line의 부하모양을 쉽게 맞추어 설계할 수 있다. 그러므로 KC18 캠버를 사용하는 설계에 있어서도 NACA 단면을 사용하여 설계하는 경우와 같이 최적 부하분포 모양을 결정할 필요가 있다. 본 연구에서는 KH18 단면의 C_L -

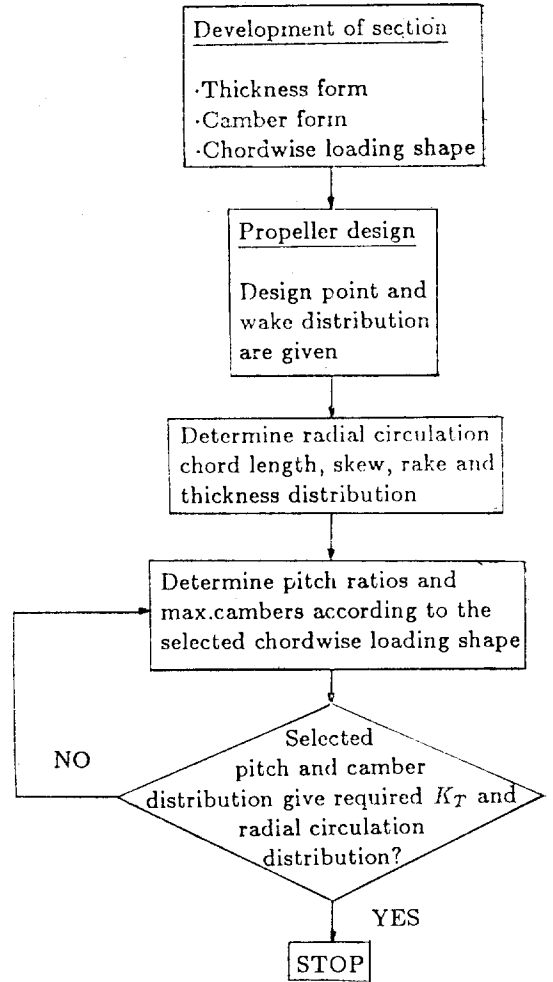


Fig. 19. Flow chart of the propeller design procedure

C_D 실험자료들 토대로 최적점을 선정하여 그 점에서의 부하형상을 택하여 설계에 사용하였다.

코드방향 기준 부하형상이 결정되면 양력면 이론에 의하여 각 단면이 평균 입사류에서 기준형상에 맞도록 캠버와 피치량을 조절하여 프로펠러를 설계한다. 이러한 설계개념에 의한 프로펠러 설계과정 제통도는 Fig. 19에 표시하였다. 그러나 2차원 실험결과에서의 최적점을 선택하는 기준이 명확치 않아 Fig. 17에 보인바와 같이 양력-항력 bucket diagram에서 최소 항력점을 기준으로 입사각을 0.5도, 1도 증가시켜 3개의 기준점을 정하였다. 즉 3개의 기준점에서 입사각 및 캠버에 의한 부하를 변화시켜 3개의 기준 부하형상을

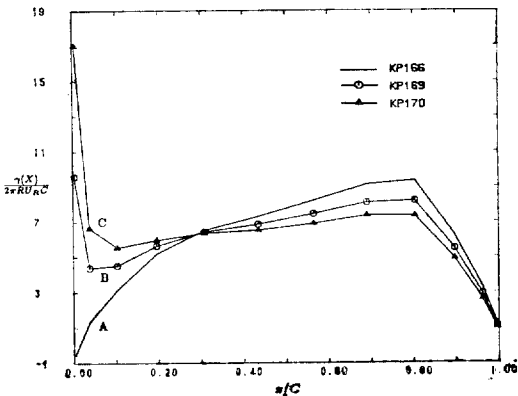


Fig. 18. Three standard chordwise loading shapes corresponding to the selected points

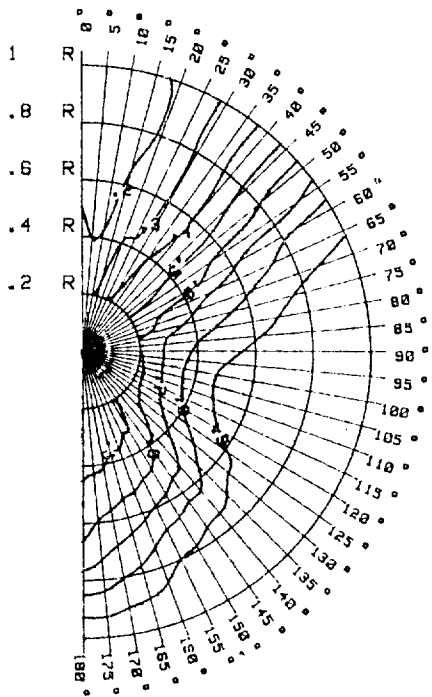


Fig. 20. Estimated full-scale effective wake

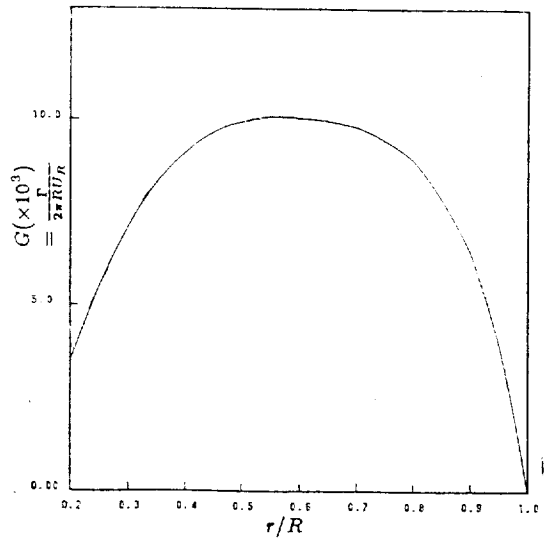


Fig. 22. Prescribed radial circulation distribution

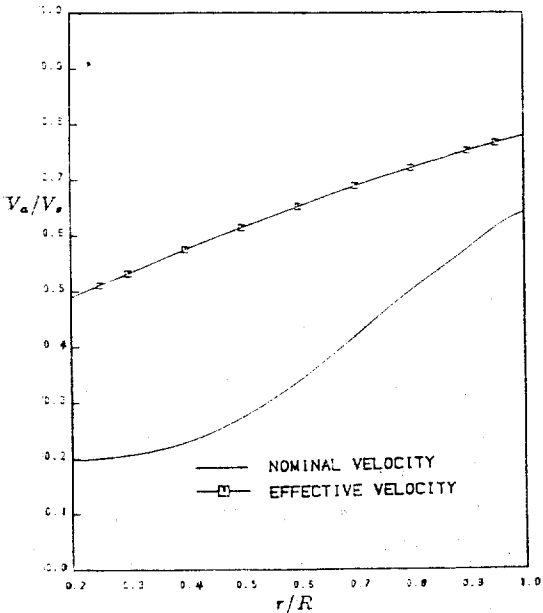


Fig. 21. Radial distribution of the mean wake

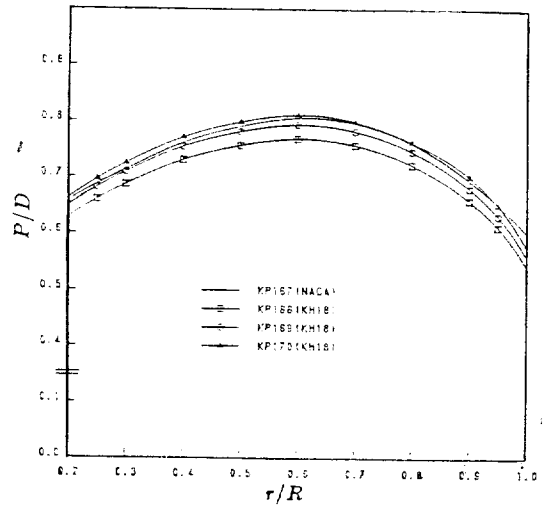


Fig. 23. Comparison of pitch distributions

Fig. 18에 보인바와 같이 선정하였다. 선정된 기준 부하형상을 앞날에서의 부하가 작은 순으로 A형, B형, C으로 명하기로 한다.

5.2 설계 과정

고효율 프로펠러를 설계함에 있어서 단면 이외에도 코오드의 분포, 스쿼분포, 레이크, 피치비 등 효율에 영향을 미칠 수 있는 계원들을 고려하여야 한다. 본 연구에서는 단면에 의한 효과만을 비교하기 위하여 대부분의 설계조건을 단순화하였고 설계된 프로펠러의

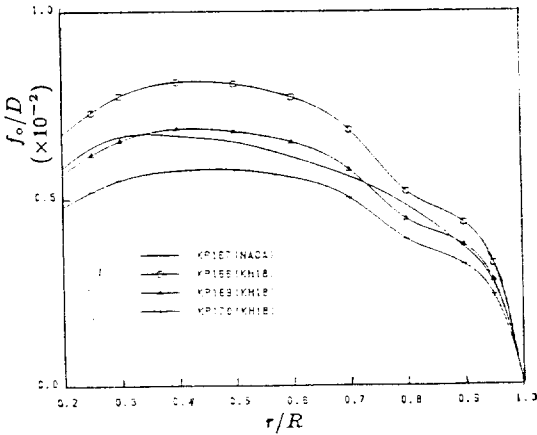


Fig. 24. Comparison of camber distributions

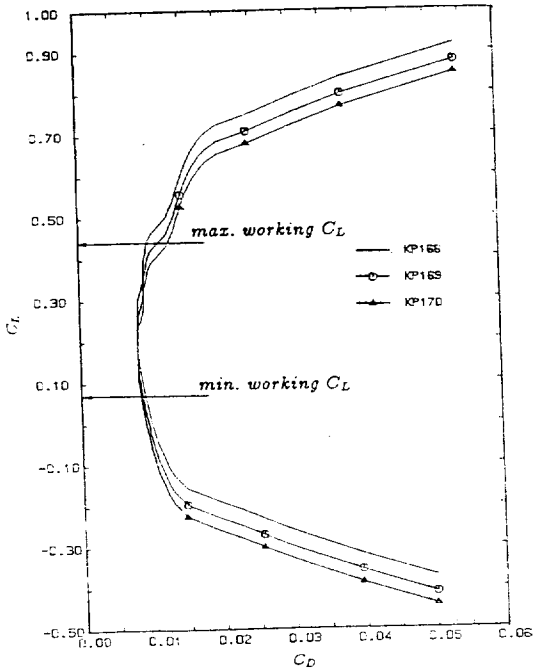


Fig. 26. Comparison of drag polar curves for KP166, KP169 & KP170

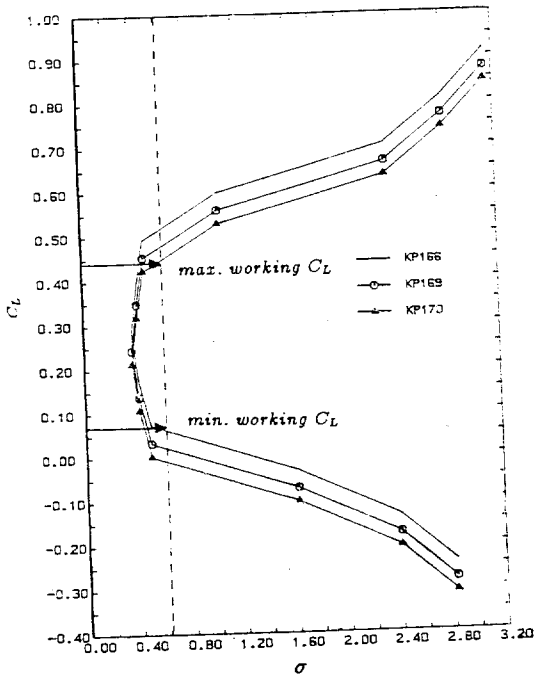


Fig. 25. Comparison of cavitation bucket diagrams of 0.8R section (KP166, KP169, KP170)

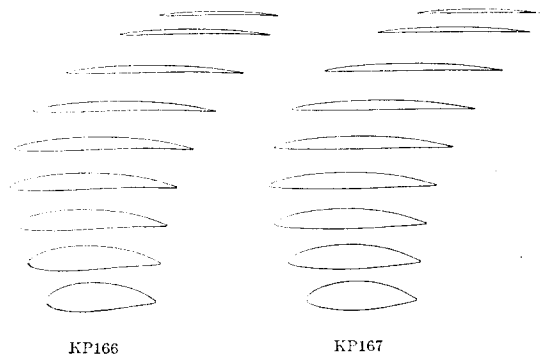


Fig. 27. Propeller section shapes

제원중 피치를 캠버를 제외한 제원은 동일하게 하였다. 전개면적비의 경우 캐비테이션 성능이 우수한 단면을 사용하였기 때문에 4익 프로펠러의 경우 비교적 작은 값을 갖게 하였고, 스쿠분포는 3차원 식[13]을 사용하여 기진력이 최소가 되는 스쿠분포를 선정하였고, 최대 두께분포는 실적선의 결과를 이용하여 결정하였다. 대상 선형의 반류분포는 Fig. 20에 보였고, 설계점

은 $J=0.4613$, $K_T=0.1569$, $\sigma_0^{0.7R} \left(\frac{p-p_v}{1/2\rho V_T^2} \right) = 0.626$

로 선택하였다. 유효반류의 추정에는 dyne의 방법을 사용하였으며, 추정된 대상선의 반경방향 평균 반류분포와 반경방향 부하분포를 Fig. 21, 22에 보였다.

Fig. 18에 보인 부하형상을 따라 KH18 단면을 사용하여 반경방향 부하분포를 만족시키면서 설계점이 만족되도록 각각 최대 캠버와 피치비를 조절하여 설계된 프로펠러의 제원은 Table 2에 정리하였고, 피치분포와

Table 2 Comparison of geometric characteristics of the designed propellers

Prop. no.	KP166	KP167	KP168	KP169	KP170	KP171
Diam.(mm)				245.5		
P/D(mean)	0.640	0.677	0.759	0.663	0.681	0.640
A_e/A_o				0.418		
r_H/R				0.1524		
Z				4		
Rake				0		
Skew				25°		
Section	KH18	NACA	MAU	KH18	KH18	KH18+KH21

캠버분포를 Fig. 23와 24에 보였다.

선체 반류분포와 반경방향 부하분포가 주어지면 비정상 양력면이론[11]에 의해서 프로펠러가 작동되는 범위를 2차원 양력계수를 사용하여 나타낼 수 있다. Fig. 25, 26은 캐비테이션 bucket diagram 및 양력-항력 bucket diagram에서 설계된 프로펠러의 0.8R에서의 단면이 작용하는 영역을 도시하고 있다. Fig. 25를 보면 A형 부하형상을 갖는 KP166 프로펠러의 경우 face cavitation 여유가 적음을 알 수 있고, KP170 프로펠러의 경우는 반대로 back cavitation 여유가 적음을 알 수 있다. KP169 프로펠러가 비교적 face, back cavitation 성능에서 우수하리라 예상된다. 양력-항력 bucket에 있어서는 KP166 프로펠러가 거의 전 영역에 걸쳐 최소 항력을 사용하는 상태에 있으므로 효율이 우수하리라 예상된다.

새로운 단면에 의한 프로펠러의 특성을 비교하기 위하여 NACA 단면과 MAU 단면을 이용한 프로펠러를 설계 제작하였다. NACA 단면을 갖는 프로펠러의 경우는 코오드방향 부하분포를 $a=0.8$ mean line에 맞게 최대캠버와 피치비를 결정하였으며 MAU 단면을 갖는 프로펠러의 경우는 최대두께를 다른 설계프로펠러와 일치시켜 피치만을 변화시켜 줌으로써 주어진 반경방향 부하분포를 맞출 수 있었다. 제작된 프로펠러의 비교표는 Table 2에 정리하였다. KP166(KT16+KC18)과 KP167(NACA66+a=0.8) 프로펠러의 단면형상을 Fig. 27에 비교하였고, 설계된 프로펠러들의 시험 결과는 앞으로 학회지를 통하여 발표할 예정이다.

6. 결 론

캐비테이션 특성 및 효율이 우수한 선박용 프로펠러를 설계하기 위한 일련의 계산 및 실험을 수행하여 새로운 프로펠러 설계법을 제안하였다. 프로펠러의 효율

을 증가시키기 위한 프로펠러 단면의 개발을 위하여 Eppler 이론에 의하여 설계된 단면과 기존 우수단면의 장점을 취합하여 새로운 KH18 단면을 개발하였다.

KH18 단면은 기존 NACA 66 및 NACA 16 단면에 비하여 양력-항력 bucket diagram의 폭이 넓고, 캐비테이션 bucket diagram에서는 대상선형의 캐비테이션수에서 캐비테이션 억제각의 폭이 35% 증가하였다. 이러한 특성은 불균일한 선미후류에서 작용하는 선박용 프로펠러 단면의 경우 효율 및 캐비테이션 관점에서 우수한 특성으로 사료된다.

개발된 KH18 단면을 이용하여 프로펠러를 설계하는 방법을 제안하였다. 즉 2차원 단면 시험에서의 양력-항력 bucket diagram에서 기준점을 정하여 그때의 코드방향 부하형상을 기준으로 각 단면에서의 피치 및 캠버크기를 양력면 이론에 의하여 결정한다. 본 논문에서는 양력-항력 bucket diagram에서 3개의 기준점을 정하여 각 점에 대응하는 기존 부하형상에 따라 3개의 프로펠러를 설계하였다.

설계된 3개 프로펠러의 0.8R에서의 날개 단면이 반류 중에서 작동할 때의 캐비테이션 특성을 표면양력관이론에 의한 계산과 2-D 단면 실험결과를 토대로 예측하였다. 예측된 결과에 의하면 날개 앞날에서 부하가 적은 프로펠러가 앞면 캐비테이션 여유가 가장 적음을 알 수 있다. 그러나 설계된 3개의 프로펠러에 대한 추정된 캐비테이션 bucket과 양력-항력 bucket을 통해 볼때 효율과 캐비테이션 특성이 양호하리라 예측된다. 새로운 날개 단면을 이용하여 설계된 프로펠러와의 비교를 위하여 기존 단면인 MAU와 NACA 단면을 이용하여 2개의 프로펠러를 제작하였다.

후 기

본 연구는 계속하여 수행되고 있으며 앞으로 학회지

를 통하여 연구결과를 발표할 예정이다. 본 연구에 많은 수고를 아끼지 않았던 추진기 기술실 김경렬, 이창용씨에게 감사드리며, 끝으로 본 연구의 일부는 과학기술처 일반 출연연구 및 대우조선의 수탁연구로 수행되었음을 밝혀두며 관계계위에 깊은 감사를 드린다.

References

- [1] Eppler, R. and Somers, D.M., "A Computer Program for the Design and Analysis of Low Speed Airfoils", NASA Technical Memorandum 80210, 1980.
- [2] 이창섭외, "프로펠러 날개단면 개발을 위한 기초 연구", 한국기계연구소 연구보고서 UCN 197C-506. D, 1984.12.
- [3] 김기섭외, "캐비테이션 성능이 우수한 고효율 프로펠러 개발", 한국기계연구소 연구보고서 UCE 236-641. D, 1985.12.
- [4] 이창섭외, "고속 프로펠러 개발", 한국 기계연구소 연구보고서, 1987.8.
- [5] Hajime Yamaguchi and Hiroharn Kato, "Recent Activities on New Propeller Blade Sections in the University of Tokyo", June 19-20, 1987, London.
- [6] Hajime Yamaguchi, Hiroharn Kato, Akihiro Kamijo and Masatsugu Maeda, "Development of Marine Propellers with Better Cavitation Performance", *J. of SNAJ*, Vol. 163, 1988.
- [7] Hiroyuki Kadoi, Michio Okamoto and Mitsuo Yoshida, "On the Development of the SRLB Propellers and Those Characteristics", *Bulletin of Ship Research Institute*, Vol. 21, No. 6, 1984.
- [8] Jin-Tae Lee, "A Potential Based Panel Method for the Analysis of Marine Propellers in Steady Flow", Ph.D. Thesis, Dept. of Ocean Engineering, M.I.T, 1987.
- [9] 이진태외 "고효율 프로펠러 씨리즈 개발" 한국기계연구소 연구보고서, 1988.7.
- [10] Sighard F. Hoerner, "Fluid Dynamic Lift", P4-3, Hoerner Fluid Dynamics, 1975.
- [11] J.E. Kerwin and Chang-Sup Lee, "Prediction of Steady and Unsteady Marine Propeller Performance by Numerical Lifting-Surface Theory", *SNAME Trans.*, Vol. 86, 1978.
- [12] Greeley, D.S. and Kerwin J.E., "Numerical Methods for Propeller Design and Analysis in Steady Flow", SNAME Annual Meeting, 1982.
- [13] Yamasaki "Research on Highly Skewed Propellers", *Trans. of W.J.S.N.A.*, Vol. 62, 1981.