

# KRISO 고효율 계열 프로펠러 개발

문일성·김건도<sup>†</sup>·박철수·황승현  
한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

## Development of a High-Efficiency KRISO Series Propeller

Il Sung Moon·Gundo Kim<sup>†</sup>·Cheolsoo Park·Seunghyun Hwang  
Korea Research of Ships and Ocean Engineering

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Recently, the design point of the propeller is gradually changing due to the demand for energy saving and environmental protection. Until recently, self-propulsion model tests were conducted using stock propellers and geometry information was provided to propeller designers, but the range of existing stock propellers did not keep up with the changing design points, and the range of series propellers required in the initial design was also insufficient. Future propeller performance requires high performance and eco-friendliness, and the need for expansion of series propellers has increased. In order to respond to future needs and provide a wide range of advantages in propeller design, KRISO manufactures about 100 series propellers and builds series data through a model tests. In this paper, the approach method for deriving the representative optimal shape to be applied to the 4-blade series propeller in the initial stage of series propeller development was summarized.

**Keywords** : Series propeller(계열 프로펠러), Number of blades(날개수), Mean pitch-diameter ratio(평균 피치비), Expanded area ratio(확장 면적비), Propeller geometry design variables(프로펠러 형상설계 변수), Propeller open water efficiency(프로펠러 단독 효율)

### 1. 서론

계열 프로펠러의 개발은 선박에서 요구되는 추력을 만족하는 프로펠러의 설계를 위하여 다양한 분야에서 진행되었다. 과거의 추진기는 추력과 효율이 중요한 관점이었으나, 프로펠러 캐비테이션에 의한 폐해에 관한 관심이 증가하면서 최근에는 환경과 에너지 절감을 위한 최적 설계에 관한 연구를 진행하고 있다.

계열 프로펠러는 유럽과 일본 등에서 과거부터 진행됐으며, B-Series (van Lammeren et al., 1969)와 MAU Series (Atsuo et al., 1960)가 있다. 그 외에도 고속선이나 확장 면적비가 큰 경우에 대한 계열 프로펠러에 관한 연구 결과 (Gawn, 1952)도 있다. 국내에서도 조선소의 주력상선에 대한 계열 프로펠러 연구 (Lee, et al., 1991)가 수행되었으며, 어선용 계열 프로펠러 (Jang, et al., 2012)에 대한 개발도 수행되었다.

계열 프로펠러는 초기에 프로펠러 설계를 위한 매우 중요한 자료로 이용되었다. 특히, 프로펠러의 성능을 수치적으로 추정하기 힘든 과거에는 계열 프로펠러의 시험자료 및 설계 차트가 프로펠러 설계자에게 매우 중요한 지표였다.

현대에는 프로펠러의 성능을 수치적으로 추정할 수 있는 이론이 개발되고, 고성능 전산기의 보급에 따라 모형시험 없이 프로펠러의 성능을 추정할 수 있게 되었다. 하지만, 프로펠러의 성능 추정 기법이 발달하여도 계열 프로펠러 자료는 아직도 초기 설계를 위한 기준으로 사용하며, 설계에 중요한 자료로 사용되고 있다. 선박의 대형화와 고속화로 인하여 기존의 계열 프로펠러의 한계를 극복하기 위하여 국내(KRISO)에서도 계열 프로펠러를 개발하였으며, 지금까지 개발되어 사용되는 계열 프로펠러 자료를 Table 1에 비교하였다.

Table 1 Main specifications of existing series propellers

Series	No. of prop	Range of parameters		
		Z	Ae/Ao	(P/D)mean
Wageningen B	Abt. 120	2-7	0.3-1.05	0.5-1.4
AU(MAU)	34	4-7	0.4-0.758	0.5-1.2
MAU	Abt. 100	3-6	0.35-0.85	0.4-1.5
Gawn	37	3	0.2-1.1	0.4-2.0
KCA	Abt. 30	3	0.5-1.25	0.6-2.0
Ma	32	3 & 5	0.75-1.2	1.0-1.45
Newton Radar	12	3	0.5-1.0	1.05-2.08
KRISO	Abt. 18	3-6	0.3-0.9	0.6-1.1

\* Z: 날개 수, Ae/Ao: 확장 면적비, (P/D)mean: 평균 피치비

수치적인 성능추정은 고효율의 프로펠러를 설계할 기회를 제공하고 있으나, 선박의 특성에 최적인 프로펠러를 설계하기는 아직도 어려운 문제이다.

선박의 요구조건에 최적인 프로펠러의 설계는 직경, 평균 피치비, 확장 면적비 및 날개 수 등의 대표적인 설계범위를 분석하여 기초설계를 진행한다. 설계범위에 대한 분석 없이 설계자의 경험만으로 설계를 시작하는 경우, 프로펠러의 최적설계 범위 선정에 오류를 범할 수 있기에 최근에는 권장하지 않는 방법이다.

과거에는 선박의 대표 제원이 결정되면 계열자료만을 사용하여 프로펠러 설계를 완료하거나, 심지어는 설계 없이 계열자료에 있는 프로펠러를 선정하는 방식을 채택하기도 하였다. 계열자료를 이용한 설계방식은 표준형의 선박을 건조하는 경우 프로펠러 설계에 소요되는 시간과 프로펠러 제작비 절감 등을 피할 수 있으나, 최적의 프로펠러를 설계하는 데는 한계가 있다.

최근에 사용하는 설계방식은 1차적으로 계열 프로펠러 자료를 이용하여 설계점에 해당하는 재고 프로펠러를 이용한 자항시험을 통하여 설계하고자 하는 선박과 가장 유사한 자항계수 및 프로펠러 성능을 파악하고, 재고 프로펠러 성능자료를 근간으로 수치적인 성능추정 방법을 사용하여 최적의 프로펠러가 되도록 상세설계를 수행하고 있다. 재고 프로펠러를 이용한 설계방법은 프로펠러 설계점에서 유사한 자항성능 및 프로펠러 특성을 설계자에게 전달함으로써 선박에 요구되는 최적의 프로펠러를 설계하는 데 매우 유리하다.

최근까지 보유한 재고 프로펠러를 이용하여 자항시험을 수행하여 프로펠러 설계자에 정보를 제공하였으나, 에너지 절감 및 환경보호의 요구로 인하여 프로펠러 설계점이 점점 변경되고 있다. 특히, 기존 고 회전수의 박용기관이 저 회전수 대마력 엔진으로 변화되고 있으며, 박용기관의 변화에 따라 프로펠러도 대직경 저 회전수의 설계로 변모하고 있다.

아울러, 기존의 재고 프로펠러의 범위는 변경되어 가는 설계점을 따라가지 못하고 있으며, 초기 설계에서 필요한 계열 프로펠러의 범위 또한 부족하게 되었다.

미래의 프로펠러 성능은 고성능화, 친환경화를 요구하고 있으며, 국내 계열 프로펠러의 확장 필요성이 증가되었다. 선박해양플랜트연구소에서는 미래의 요구에 대응하고, 프로펠러 설계에 폭넓은 장점을 제공하기 위하여 약 100개의 계열 프로펠러를 제작하고 단독성능 실험을 통하여 계열자료를 구축하고자 한다.

본 논문은 (1)계열 프로펠러의 대표 형상 연구와 (2)계열 프로펠러 성능자료 및 적용으로 나누어 제공하고 있다. 내용이 방대하고 향후 산업계에서 많이 사용할 것으로 예상되어 가급적 상세하게 내용을 신고자 한다.

## 2. 재고 프로펠러 기하학 분석

새로운 계열 프로펠러의 평균 피치비, 확장 면적비, 날개 수 등의 기하학적 범위를 도출하기 위하여 연구소에서 보유한 재고 프로펠러의 기하학 정보를 분석하였다. 과거부터 최근까지 선박의

크기, 선속, 환경적 요구사항 등의 변화에 따라 프로펠러의 설계가 이루어졌기 때문에, 재고 프로펠러의 기하학 정보를 분석하는 것으로 미래 선박에서 요구되는 프로펠러 형상 특성 및 계열 프로펠러의 범위를 알 수 있다.

연구소에서 보유한 재고 프로펠러는 1980년대 초 시험시설이 완공되면서 제작되기 시작하여 현재까지 약 1500개에 이르고 있다. 이 중에서 형상 정보가 정확하지 않은 프로펠러, 함정 및 특수 추진기를 제외하였으며, 최근의 경향을 중심으로 하기 위하여 900 번째 이후의 프로펠러를 분석 대상으로 하였다. 최종 선정된 재고 프로펠러는 335개이며, 대부분 4익 프로펠러에 편중되어 있다. 프로펠러의 형상은 날개 수 및 선종별 분포를 이용하여 새로운 계열 프로펠러의 날개 수 선정 범위를 결정하고자 한다.

### 2.1 날개 수 및 선종별 분포

국내 조선소에서 주력으로 건조하고 있는 선종의 프로펠러는 대부분 기존에 건조한 선박의 특성을 바탕으로 설계하는 관계로 Table 2와 같이 선종별 동일한 날개 수를 채택하고 있음을 알 수 있다. 특히, 과거 국내 주력 선종이었던 선박의 4익 프로펠러는 전체 분석 대상의 약 64%를 차지할 정도로 많은 프로펠러가 분포되어 있다.

본 연구에서는 국내 조선소의 주력 선종과 미래 신선종을 대상으로 하여 고효율 계열 프로펠러 개발 대상을 3종으로 선정하였으며, 날개 수는 4, 5, 6익으로 한정하였다.

### 2.2 계열 프로펠러 범위(확장 면적비, 평균 피치비)

계열 프로펠러는 최적의 형상을 가지도록 설계하지만 날개 수별로 계열 프로펠러의 범위 선정 또한 매우 중요하다. 과거에는 선박에서 요구되는 추력도 크지 않았으며, 캐비테이션에 의한 문제도 심각하게 고려하지 않았기 때문에 평균 피치비와 확장 면적비의 범위가 매우 광범위하게 설정되어 있다. 그러나, 연구소에서 보유하고 있는 재고 프로펠러는 국내에서 주력으로 생산하는 선박에만 한정된 관계로 기존의 계열차트에서 최적으로 선정된 프로펠러의 활용에 있어 한계가 있으며, 광범위한 기존의 계열 프로펠러를 모두 확보하는 것도 불가능하다.

날개 수별 계열 프로펠러의 개발 범위는 최근 연구소에서 보유

Table 2 Number of propeller blades according to ship type

Number of blades	Ship type	Classification by number of blades
4 Blade	Bulk carrier Product carrier Tanker LNG carrier Small container vessel	
5 Blade	LNG carrier Container vessel	
6 Blade	Container vessel	

Classification by number of blades

- 3 Blade (2%)
- 4 Blade (64%)
- 5 Blade (19%)
- 6 Blade (15%)

하고 있는 재고 프로펠러의 특성을 분석함으로써 프로펠러의 변화 추세를 유추할 수 있다.

현실적으로 중요하고 많이 사용하는 계열 프로펠러의 범위를 선정하기 위하여, 기존 계열 프로펠러의 범위와 연구소에서 보유하고 있는 재고 프로펠러의 분포를 Fig. 1에 비교하였다.

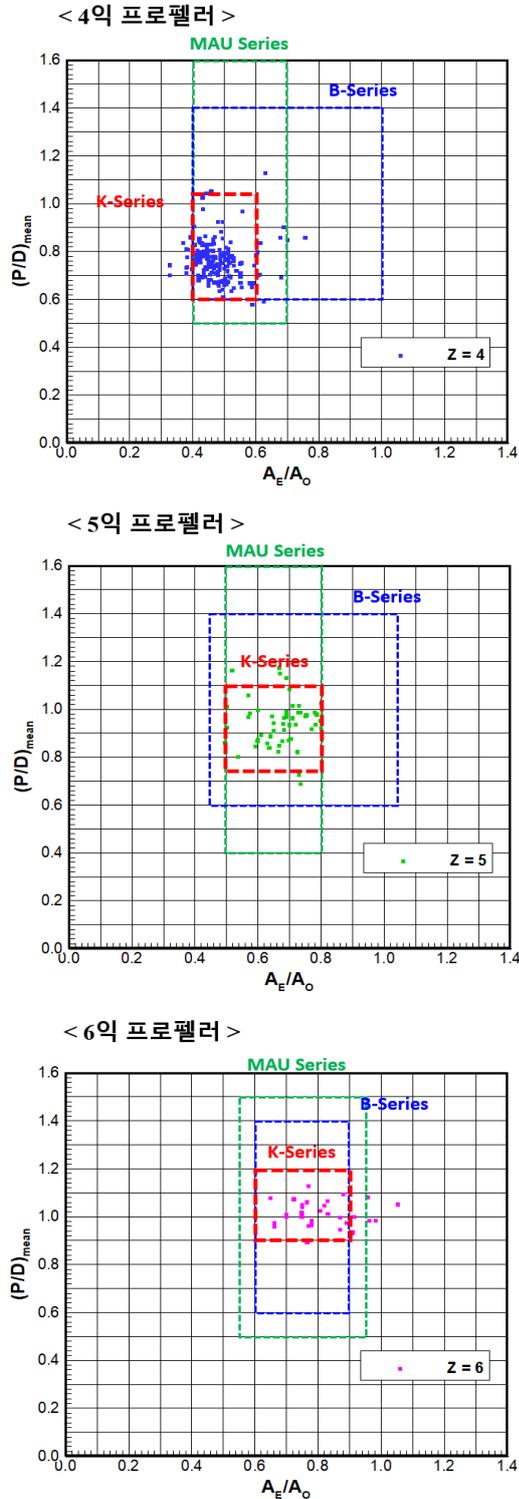


Fig. 1 Range of main specifications of existing series propellers

Table 3 Main specifications of K-series propellers

Series	No. of Prop	Range of parameters		
		Z	$A_E/A_0$	P/D
K-Series (new KRISO series propeller)	33	4	0.4-0.6	0.60-1.10
	33	5	0.5-0.7	0.75-1.05
	33	6	0.6-0.9	0.90-1.20

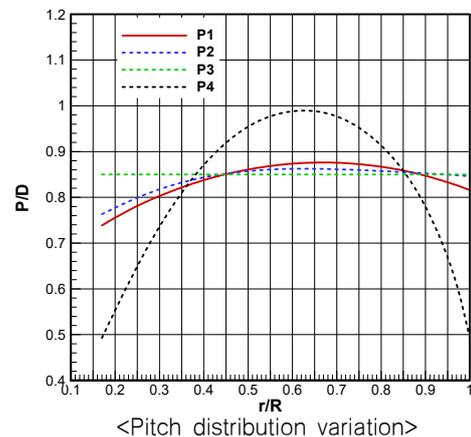
기존의 계열 프로펠러는 선박에서 요구되는 설계점을 중점으로 하지 않고, 이론적으로 가능한 전체범위를 계열 프로펠러 개발 대상으로 하였다. 그 결과 폭넓은 계열 범위와 다양한 설계점에 적용하기 좋은 장점은 있으나, 최근 요구되는 설계점에서 성능분석을 위한 정밀한 변화는 어려운 것이 현실이다. 본 연구에서는 최근 프로펠러 설계 경향을 고려하고, 재고 프로펠러를 분석하여 날개수별 선종 특성, 설계 요구조건 등 최근의 추세를 반영하여 Table 3과 같이 날개수별 계열 프로펠러의 범위를 설정하였다.

### 3. 계열 프로펠러 대표 최적 형상 도출

#### 3.1 대표 최적 형상 도출

기존의 계열 프로펠러는 대부분 일정 피치 및 스쿠가 없는 형상을 기준으로 구성되었다. 대상 선박의 반류에 대한 정보 없이 최적의 프로펠러 설계는 적절하지 않은 관계로 기존에 사용한 방식이 표준적이고 적합한 것으로 판단된다. 그러나, 본 연구에서는 최근 국내에서 주력으로 건조하고 있는 선박에 사용하기 위한 계열 프로펠러인 관계로 국내 주력 선종에서 최적으로 설계된 기존 프로펠러들의 형상 정보를 기준으로 하여 형상설계 변수의 변화가 효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 변수별로 4종의 대표 형상을 도출하였으며, 도출된 결과를 Fig. 2에 도시하였다. 4종의 형상 변화는 평균 피치비(0.85)와 확장 면적비(0.4)를 제한 조건으로 도출하였다.

Fig.2에서  $r/R$ 은 프로펠러 반경으로 무차원 된 무차원 반경,  $D$ 는 프로펠러 직경,  $P$ 는 피치(pitch),  $i_t$ 는 총 레이크(total rake),  $C$ 는 코오드(chord) 길이를 의미한다.



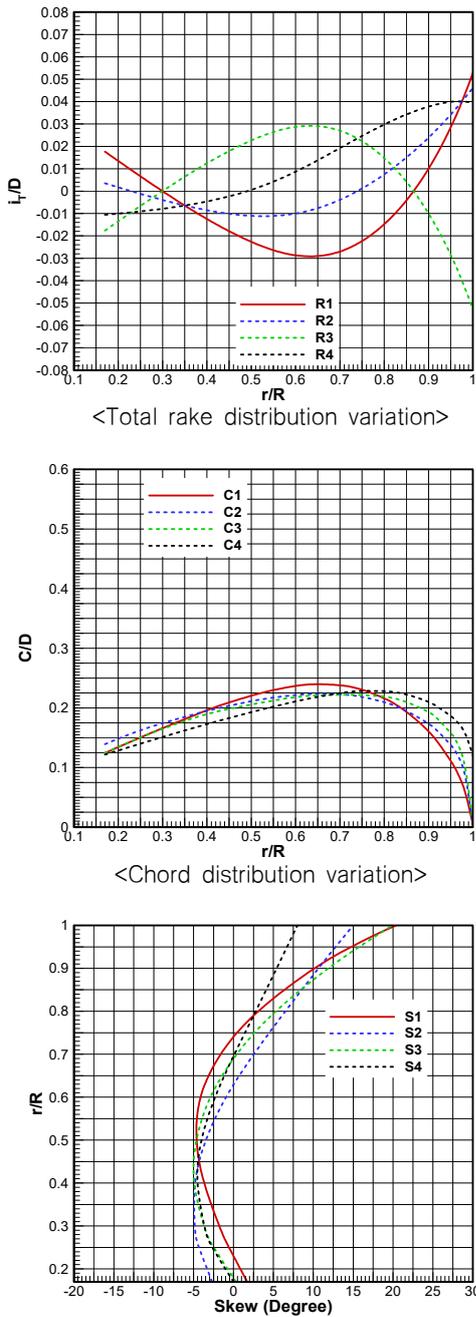
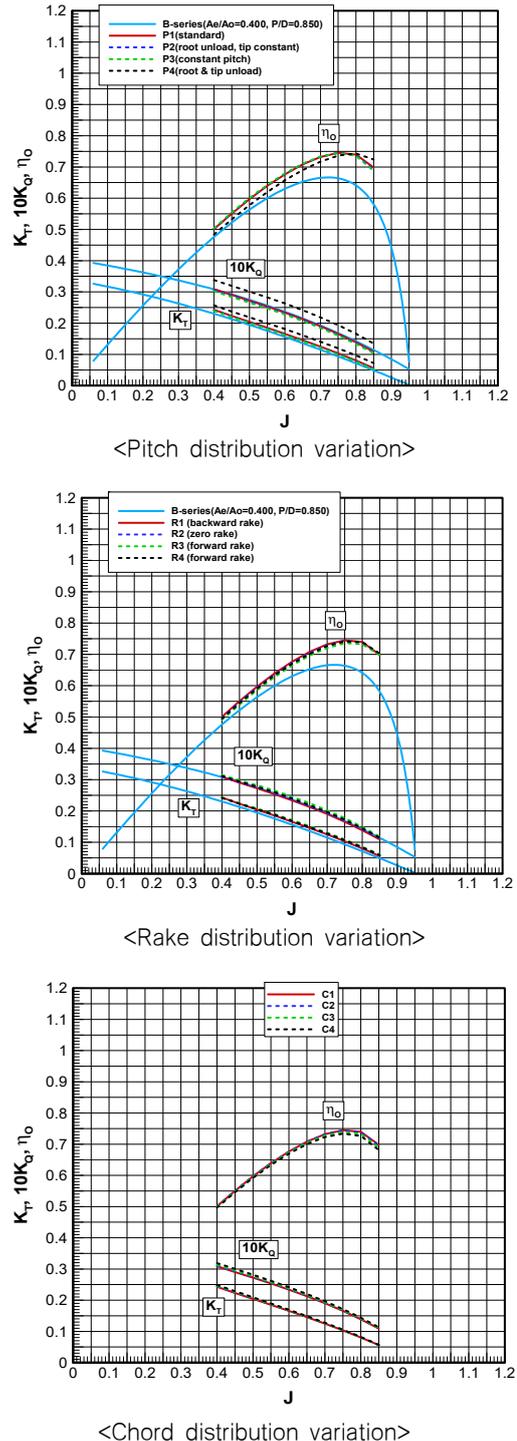


Fig. 2 4 types of representative shapes for each geometric design variables

### 3.2 형상 변화에 따른 프로펠러 단독성능 분석 결과

평균 피치비( $P/D_{mean} = 0.85$ )와 확장 면적비( $A_E/A_0 = 0.4$ )를 동일하게 하고, 도출된 최적 형상을 적용하여 형상별 특성을 살펴보았다. 각 프로펠러는 수치적인 해석을 통하여 분석하였으며, 수치계산에는 양력면이론 (Kerwin and Lee, 1987)을 적용한 성능추정 프로그램인 KPA4B를 이용하였다. 형상 변화 별 단독성능을 동일한 전진비에서 수치적으로 계산하였으며, 계산된 효율 차이를 Fig. 3에 비교 도시하였다.

프로펠러에서 발생하는 하중분포의 대부분을 차지하고 있는 피치 분포는 형상 변화에 따라 약 0.8%의 최대효율 차이를 보이고 있다. 레이크(rake) 및 코우드 형상 변화는 약 0.6~0.8%의 효율 차이를 보이고 있으며, 캐비테이션의 생성과 소멸에 많은 관여를 하는 스쿠분포의 경우 형상 변화에 따라 약 0.1~0.2% 효율 차이로 매우 적은 성능 차이를 보이고 있다. 참고로 효율 비교는 동일  $K_T / J^2$  에서 이루어졌다.



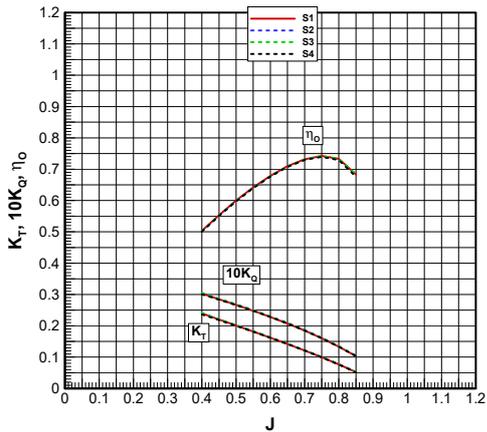


Fig. 3 Comparison of propeller open water prediction for each geometric design variables

### 3.3 대표 최적 형상 도출

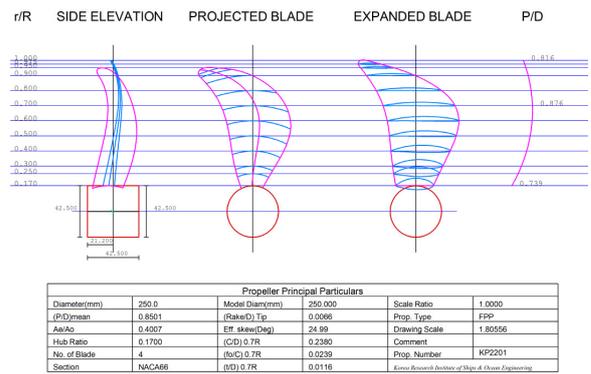
형상 변화 별 단독성능 수치 추정을 통하여 최적 형상을 조합한 대표 프로펠러 8종을 설계 및 제작하였으며, 제작된 모형 프로펠러 도면을 Fig. 4에 도시하였고, 대표 프로펠러 8종에 대한 형상 변수 적용 내용을 Table 4에 정리하였다. Table 4에 보이는 P, R, C, S는 각각 피치, 레이크, 코오드, 스쿠를 의미하며, 숫자는 Fig. 2에 도시된 각 형상 변수 분포 변화에 따른 숫자와 일치한다.

100여 건에 달하는 형상 변화 설계를 통하여 대표 최적 형상을 도출하였으며, 형상 특성 연구용 프로펠러(대표 최적 형상 포함) 8종을 선정하여 제작하였다.

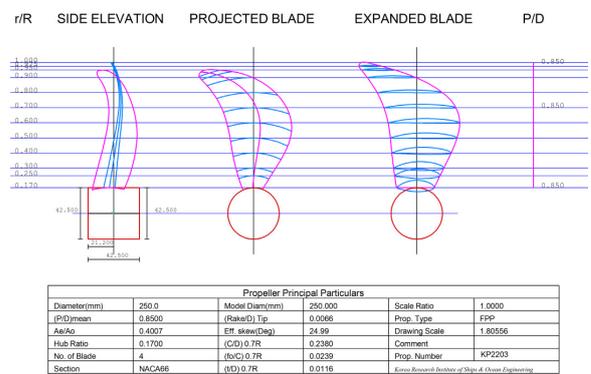
- 기준 형상: 최적 대표 형상 적용 프로펠러 (KP2201)
- 피치(Pitch) 변화 프로펠러: 4종류 (KP2201, KP2202, KP2203, KP2204)
- 레이크(Rake) 변화 프로펠러: 3종류 (KP2201, KP2205, KP2206)
- 코오드(Chord) 변화 프로펠러: 2종류 (KP2201, KP2207)
- 스쿠(Skew) 변화 프로펠러: 2종류 (KP2201, KP2208)

Table 4 Geometric parameter configuration of representative model propellers

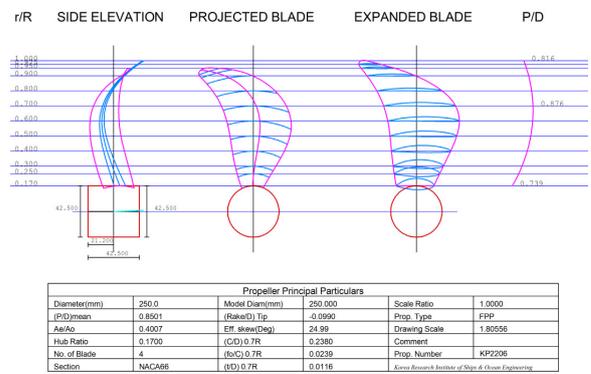
Number of blades: 4		
No.	Propeller ID	Geometric parameter configuration
1	KP2201	P1 + R1 + C1 + S1
2	KP2202	P2 + R1 + C1 + S1
3	KP2203	P3 + R1 + C1 + S1
4	KP2204	P4 + R1 + C1 + S1
5	KP2205	P1 + R2 + C1 + S1
6	KP2206	P1 + R3 + C1 + S1
7	KP2207	P1 + R1 + C4 + S1
8	KP2208	P1 + R1 + C1 + S4



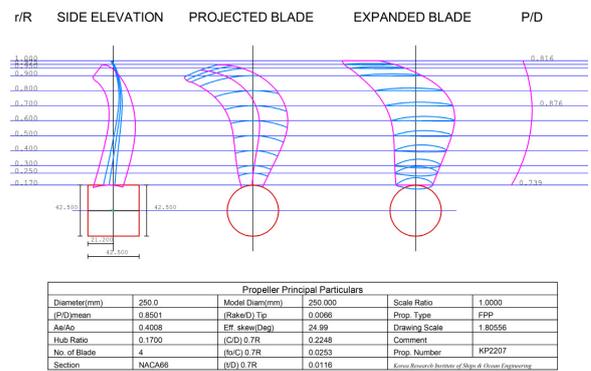
< KP2201 >



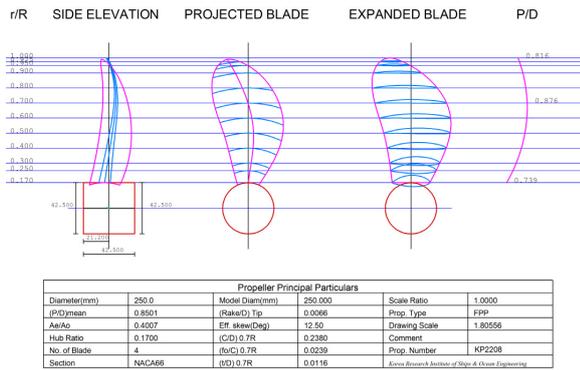
< KP2203: pitch distribution variation >



< KP2206: rake distribution variation >



< KP2207: chord distribution variation >



< KP2208: skew distribution variation >

Fig. 4 Drawings of representative model propellers

## 4. 최적 대표 형상 적용 프로펠러

### 4.1 대표 형상 프로펠러 모형 제작

형상 변화 설계를 통하여 대표 최적 형상을 도출하였으며, 형상 특성 연구용 프로펠러(대표 최적 형상 포함) 8종을 선정하여 제작하였다. 모형 프로펠러는 알루미늄(aluminum) 재질로 5축 정밀 기계가공을 통하여 제작되었고, 프로펠러 주요 제원을 Table 5에 정리하였다. Fig. 5는 제작된 8종의 모형 프로펠러를 보여주고 있다.

Table 5 Principal particulars of model propellers

Particulars	Value
Propeller ID	KP2201 ~ KP2208
Model propeller diameter	250 mm
Number of blades	4
Hub-diameter ratio	0.17
Mean pitch-diameter ratio, $P/D_{mean}$	0.85
Expanded area ratio, $A_E/A_0$	0.4
Propeller rotational direction	right handed
Material of model propeller	Aluminum

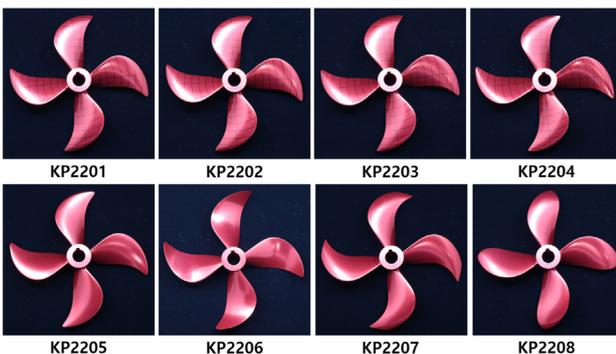


Fig. 5 Photographs of representative model propellers

## 4.2 대표 형상 프로펠러 단독성능 비교

형상 특성 연구용 프로펠러 8종(대표 최적 형상 포함)을 대상으로 프로펠러 단독성능 검증/비교를 위하여 선박해양플랜트연구소의 예인수조에서 모형시험이 수행되었다. 시험 대상 프로펠러는 프로펠러 추진성능과 그 외 유체성능에 주요하게 영향을 미치는 형상 변수를 고려하여 피치 변화, 레이크 변화, 코오드 변화와 스류 변화 프로펠러로 구성하였다.

8종의 모형프로펠러는 확장 면적비 0.4와 평균 피치비 0.85의 동일 조건으로 설계되었지만, 동일 작동조건(유속, 회전수)에서 형상 변수 변화에 따른 반경별 하중분포의 변화가 동반(추력계수의 차이가 발생)되기 때문에 동일 전진계수에서 효율을 상대 비교하기 어렵다. 따라서 프로펠러 8종의 효율 비교는 프로펠러 설계점이라 판단되는 동일  $K_T / J^2 (=0.478)$  에서 이루어졌으며, 비교 결과를 Table 6에 정리하였다. Fig. 6에는 형상 변화 설계에 따른 8종의 모형프로펠러에 대한 단독성능 시험결과를 각 형상설계 변수로 분류하여 비교 도시하였다.

### ① 피치 분포 변화에 따른 단독성능 비교

피치 분포 변화에 따른 단독성능 시험결과를 Fig. 6에 비교 도시하였다. 대상은 4종의 피치 변화 프로펠러 (KP2201, KP2202, KP2203, KP2204)이며, 효율과 캐비테이션 성능 일부를 고려하여 다양한 피치 분포로 설계되었다 (Table 4 참고).

Table 6의 결과에서 확인할 수 있듯이 피치 분포는 형상 변화에 따라 약 0.6%의 최대효율 차이를 보이고 있다. 상선 프로펠러 설계에 통상적으로 사용되는 P1, P2의 분포와 함정 프로펠러 설계에 사용되는 P4의 분포가 많은 차이를 보이고 있음에도 최대효율 차이는 0.5~0.6%에 불과하다. 이러한 효율 차이는 선체 반류를 고려한 자항상태에서 좀 더 큰 차이를 보일 수 있지만, 이는 회전수 맞춤(RPM matching)의 부분을 제외하면 프로펠러 설계 시 적절한 평균 피치비(mean pitch ratio)의 선정은 프로펠러 단독성능에서 1% 내의 효율 변화를 보인다고 할 수 있다. 프로펠러 설계 시 설계 요구조건 만족을 위한 중요한 변수로서, 적절한 선정이 필요하다고 판단된다.

Table 6 Comparison of propeller open water efficiency ( $\eta_o$ ) for 8 model propellers (at  $K_T / J^2 = 0.478$ )

Number of blades: 4		
No.	Propeller ID	Propeller open water efficiency, $\eta_o$ (%)
1	KP2201	67.8
2	KP2202	67.9
3	KP2203	67.6
4	KP2204	67.3
5	KP2205	67.7
6	KP2206	66.6
7	KP2207	67.2
8	KP2208	67.7
9	B-series	62.1

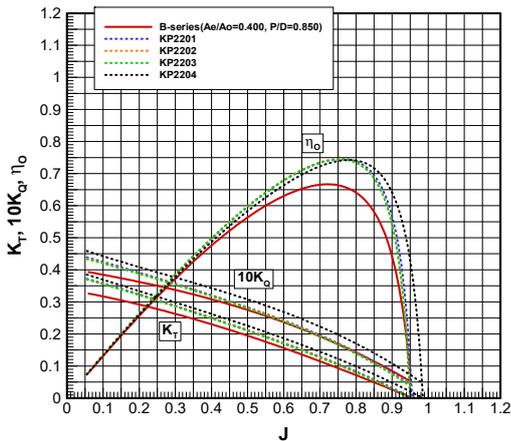
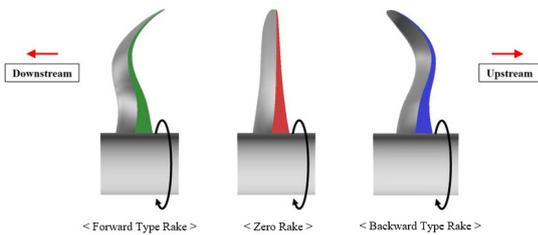


Fig. 6 Comparison of open water performance (for pitch distribution variation)

② 레이크 분포 변화에 따른 단독성능 비교

레이크 분포 변화에 따른 단독성능 시험결과를 Fig. 7에 비교 도시하였고, 대상은 3종의 레이크 변화 프로펠러(KP2201, KP2205, KP2206)이다. 3종의 프로펠러는 레이크 분포를 제외한 모든 형상 변수가 동일하며 적용된 레이크 형태는 아래와 같다. 모형시험 결과로부터 레이크 분포의 경우 형상 변화에 따라 약



- KP2201: Backward Type Rake 적용
- KP2205: Zero Rake 적용 (design rake 기준)
- KP2206: Forward Type Rake 적용

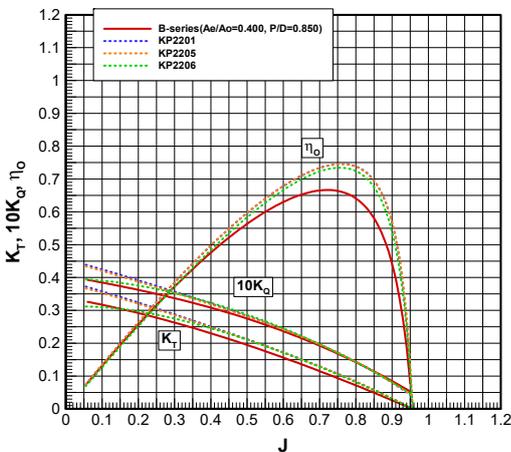


Fig. 7 Comparison of open water performance (for rake distribution variation)

1.2%의 최대효율 차이를 보이고 있다. 일반적으로 프로펠러 설계 시 레이크의 적용이 날개 끝단에서 감김 유동(roll-up flow) 및 교차 유동(cross flow) 역제를 통하여 효율 향상에 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 하지만 반경별 하중분포, 총 레이크(total rake) 형상, 날개 외각(blade outline) 형상 등의 요소를 고려하지 않은 무분별한 적용은 오히려 효율 저감과 캐비테이션의 증가 또는 불안정화를 초래할 수 있기 때문에 설계 시 신중한 적용이 요구된다.

③ 코오드 분포 변화에 따른 단독성능 비교

코오드 분포 변화에 따른 단독성능 시험결과를 Fig. 8에 비교 도시하였고, 대상은 2종의 코오드 변화 프로펠러(KP2201, KP2207)이다. Fig. 2의 코오드 분포에서도 확인할 수 있듯이 상대적으로 높은 반경에서 코오드 분포의 집중은 효율 측면에서 불리할 것으로 나타나며, 약 0.6%의 효율 차이를 보이고 있다. 반경에 따른 코오드 분포는 효율과 캐비테이션 발생 관점에서 적절한 균형을 맞추어 설계에 적용하기를 추천한다.

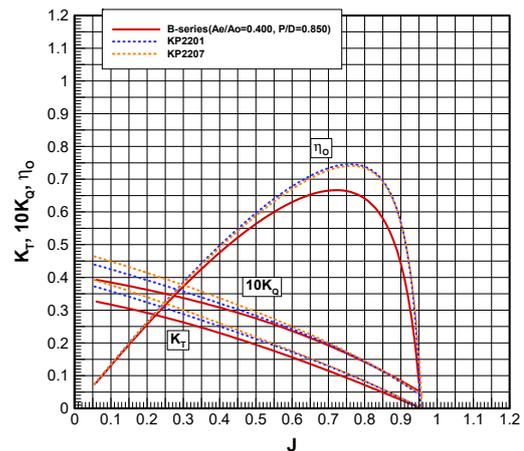


Fig. 8 Comparison of open water performance (for chord distribution variation)

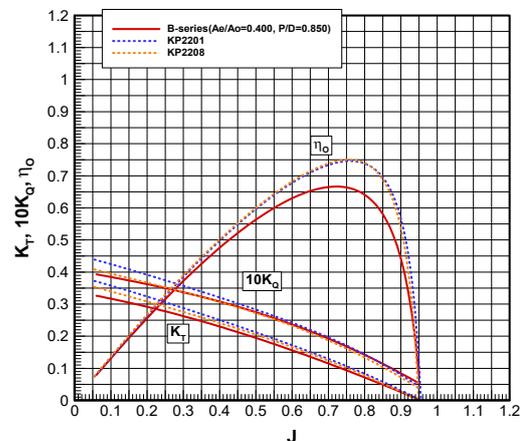


Fig. 9 Comparison of open water performance (for skew distribution variation)

## 후 기

본 논문은 해양수산부 재원으로 선박해양플랜트연구소의 주요 사업인 “극한환경상태의 선박성능 평가기술 개발”에 의해 수행되었습니다(1525014865, PES4730).

## Reference

- Atsuo Yazaki, Einosuke Kuramochi & Tetsuaki Kumasaki, 1960. Open water test series with modified AU-type four-blade propeller models. *Journal of Zosen Kioka*, 108, pp.99-104.
- Gawn, R.W.L., 1952. Effect of pitch and blade width on propeller performance. *Trans. RINA*.
- Jang, J.Y., Kim, M.C., Lee, W.J., Lee, Mun, W.J., Lee, C.S. and Moon, I.S., 2012. Study on performance of high efficiency series propeller (KF Series) for fishing vessels. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 49(5), pp.416-424.
- Kerwin, J.E. and Lee, C.S., 1987. Prediction of steady and unsteady marine propeller performance by numerical lifting-surface theory. *Trans. Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 86, pp.1-30.
- Lee, J.T., Kim, M.C., Ahn, J.W., and Kim, H.C., 1991. Development of KD-propeller series using a new blade section. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 28(2), pp.52-68.
- van Lammeren, W.P.A., van Manen, J.D. and Oosterveld, M.W.C., 1969. The Wageningen B-Screw Series. *Trans. Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 77, pp. 269-317.

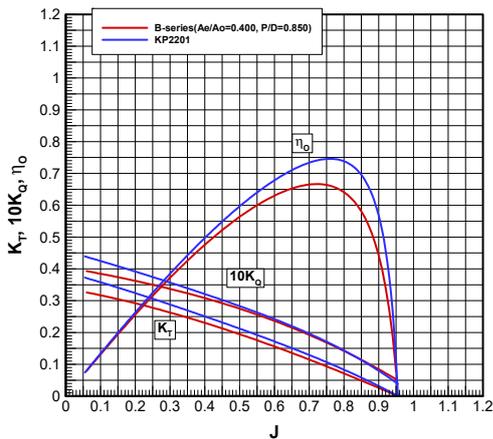


Fig. 10 Comparison of open water performance (KP2201 vs. B-series propeller)

### 4.3 최적 대표 형상 선정

프로펠러 형상 특성 연구를 통하여 얻어진 결과로부터 효율, 선체 반류에 따른 효율 변화, 캐비테이션 영향과 최근 설계 경향을 고려하여 대표 최적 형상(KP2201)을 선정하였다.

본 연구에서 개발되는 KRISO 고효율 계열 프로펠러는 지금까지도 프로펠러 초기 설계에 많이 사용되고 있는 B-계열 프로펠러 대비 약 3~5%의 효율 향상을 목표로 개발될 예정이다. 도출된 대표 최적 형상(KP2201)은 B-계열 프로펠러 대비 약 5.7%의 효율 향상을 보이고 있으며, Fig. 10에 단독성능을 비교 도시하였다.

## 5. 결 론

프로펠러 대표 형상설계 변수의 변화가 효율에 미치는 영향에 대하여 설계/모형제작/모형시험 등을 통하여 추진효율에 미치는 영향을 조사/분석하였고, 성능평가 결과로부터 날개 수 4익 기준의 고효율 최적 대표 형상을 선정하였다.

도출된 최적 대표 형상을 기반으로 4익의 KRISO 계열 프로펠러가 다양한 면적비(0.4~0.6), 피치비(0.6~1.1)에 대하여 개발될 예정이며, 설계/모형제작/모형시험을 통하여 4익 프로펠러에 대한 시리즈 데이터를 구축할 예정이다.

추후 5익, 6익에 대한 KRISO 고효율 계열 프로펠러 개발이 완료되면, 구축된 계열 프로펠러 자료를 이용한 계열 프로펠러 단독성능 회귀식 개발, 고효율 추진기 최적 변수(최적 직경, 면적비, 피치비 등) 도출 기법 개발 등의 연구가 수행될 예정이며, 최종적으로는 프로펠러 최적 형상 도출 기법에 관한 연구를 진행할 예정이다. 또한 구축된 계열 프로펠러 자료들은 연구소에서 진행 중인 추진성능 예측 빅데이터 시스템 구축에도 활용될 예정이다.

본 연구를 통하여 개발된 최종 결과물들은 고효율 추진기 최적 설계 지원이라는 측면에서 관련 산업계에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.



문 일 성

김 건 도

박 철 수

황 승 현