

8800TEU급 컨테이너선 프로펠러 추진효율 및 캐비테이션 성능향상 연구

안종우^{1,†}·김건도¹·김기섭¹·박영하¹·안해성¹·정영준²·윤지현²
한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소¹
성동조선해양(주)²

Performance Improvement Study of Propeller Propulsion Efficiency and Cavitation for the 8800TEU Class Container

Jong-Woo Ahn^{1,†}·Gun-Do Kim¹·Ki-Sup Kim¹·Young-Ha Park¹·Hae-Seong Ahn¹·Young-Jun Jung²·Ji-Hyun Yoon²
Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering¹
Sungdong Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd.²

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.

In order to investigate propulsion efficiency and cavitation characteristics for expanded area ratio variation of the 8800TEU class container propeller, a series of performance tests were conducted at Large Cavitation Tunnel (LCT) and Towing Tank (TT) in KRISO. The cavitation test of the existing propellers (KP1029 & KP1030) was conducted using FRP model ship in LCT. On the basis of LCT test results, it was required to design propeller with better propulsion efficiency and cavitation performance. Two propellers (KP1171 & KP1172) with decreased expanded area ratio were designed on the basis of KP1029 propeller. The new design propellers showed higher efficiency than KP1029 and reasonable cavitation performance. In the future, they will be applied as the standard propeller for the propeller design of the large container ship. Through the performance test and prediction results for the new design propellers, it is thought that high-load propeller with better propulsion efficiency and cavitation performance will be developed constantly.

Keywords : Propeller design(프로펠러 설계), Expanded area ratio(전개 면적비), 8800TEU class container(8800TEU급 컨테이너선), Large cavitation tunnel(LCT, 대형캐비테이션터널), Propulsion efficiency(추진효율), Fluctuating pressure(변동압력), Cavitation(캐비테이션)

1. 서론

최근 상선의 추진효율 향상을 위하여 Energy Saving Device (ESD) 연구가 활발히 수행되고 있다. 일반적으로 ESD는 프로펠러와 상관관계를 면밀히 검토하여 설계를 하여야 추진 효율에 향상을 기대할 수 있다. 그런데, 효과적인 설계를 수행하였다 할지라도 부가 장치를 선체에 설치하여야 하며, 부가장치가 캐비테이션과 같은 문제를 야기시킬 가능성도 있다. 따라서, 추진효율을 향상시키는 가장 좋은 방법은 어떤 부가장치 없이 프로펠러 자체의 효율을 높이는 것이다. 일반적으로 프로펠러 효율을 높이는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나 프로펠러 전개면적비를 감소

시키는 것이 가장 효과가 클 수 있다. 그런데, 프로펠러 전개면적비를 줄이는 것은 단위 면적당 추진 하중을 증가시킴으로서 캐비테이션 발생량을 증가시킬 수 있는 문제가 있다. 따라서, 프로펠러 전개면적비를 설계에 반영하여 추진 효율을 향상시키는 것은 캐비테이션 발생 관점에서 신중한 검토가 요구된다.

본 연구에서 대상선으로 선정된 8800TEU 급 컨테이너선은 대형급에 속하지만 단축 프로펠러로 추진된다. 요구 선속을 만족하면서 캐비테이션 문제가 없는 고하중 프로펠러를 설계하기 위하여 날개수는 6개로 결정하고 전개면적비 등의 설계요소를 조절하였다. 예인수조 시험 및 캐비테이션 시험 결과를 기반으로 실선에 장착될 프로펠러를 선정하였는데, 캐비테이션 문제로 전개면적비가 큰 프로펠러가 최종 선정된 바 없다.

2009년에 완공된 대형캐비테이션터널(LCT)은 성능시운전을 통하여 우수한 성능을 확인한 바 있으며 (Ahn, et al., 2015), 2010년부터 모형선-실선 상관관계 연구를 수행하여 실선 변동압력 예측 정도가 우수함을 확인한 바 있다 (Kim, et al., 2013; Ahn, et al., 2016). 따라서, 실선 변동압력 예측 정도가 우수한 LCT에서 기존 설계 프로펠러들의 캐비테이션 성능시험을 수행하여 그 특성을 검토할 필요가 있었다. 실선 장착을 위하여 선정된 2종의 설계프로펠러의 캐비테이션 관찰 및 변동압력 계측을 수행하였으며, 실험 결과 및 성능분석을 통하여 추진효율이 우수하면서 캐비테이션 문제가 개선된 프로펠러 설계가 가능함을 확인하였다. LCT 실험결과에 따라 전개면적비가 감소된 2종의 프로펠러를 설계하였으며, 예인수조에서 수행된 POW 시험결과를 이용하여 LCT에서 캐비테이션 시험을 수행하였다. 본 연구를 통하여 추진효율 및 캐비테이션 특성이 우수한 대형 컨테이너선용 프로펠러를 개발을 위한 기반이 마련되었다고 사료된다.

2. 모형선 설치 및 반류계측

LCT에서 캐비테이션시험을 위하여 제작된 8800TEU급 컨테이너 모형선은 장기간 사용이 예상되어 FRP로 제작되었다. LCT 관측부의 단면은 높이 1.8 m, 폭 2.8 m이며, 길이 12.5 m로 최대 10.0 m의 길이의 모형선을 설치할 수 있다. Fig. 1에 보여지는 것과 같이 구속장치에 연결하여 관측부에 설치되는 모형선은 축적비(λ)가 약 38.8이며, 길이가 약 7.44 m, 폭 1.24 m이다. 미리 정해진 흘수선에 모형선 높이를 맞추고 모형선과 관측부 상부에 빈공간을 PE 재질로 만들어진 흡수판을 Fig. 2와 같이 설치하면 모형선 설치가 완료된다. Fig. 2에는 프로펠러 및 방향타가 설치된 상태를 보여주는데, LCT에서 캐비테이션 시험은 방향타를 포함한 모든 부가물이 설치된 상태에서 수행된다. 기존 프로펠러 2종의 캐비테이션 실험은 scantling과 ballast 2개의 흘수에서 수행되었다. Fig. 3은 2가지 흘수로 LCT에 설치된 모형선을 보여준다. 흡수판의 설치 위치는 각각의 흘수보다 70 mm 증가된 흘수를 기준으로 하여 설치하였다. Fig. 3의 설치 상태에서 프로펠러 및 방향타를 제거하고 프로펠러 허브를 설치한 후 공칭반류(nominal wake)를 LDV 장치를 이용하여 계측하였다. 2개의 흘수에서 계측된 공칭 반류 분포는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타나 있다. 2개의 LCT 관측부 속도(V_{LCT})에서 공칭반류시험을 수행하였는데, 1.8 m/s는 예인수조에서 자항 및 반류시험을 수행한 모형선 선속이고, 8.0 m/s는 LCT에서 캐비테이션 시험을 수행하는 유속이다. 2개의 유속에서 계측된 반류분포의 차이가 크게 나타나고 있다. Hoekstra는 실선에서 경계층 두께 감소로 반류분포가 모형보다 수축되므로 실선 반류 재현을 위한 외삽법을 주장한 바 있다 (Hoekstra, 1975). Hoekstra는 실선 반류를 재현하기 위하여 모형선에서 계측된 반류를 프로펠러 중심축을 향하여 수축하고, 중심면을 향하여 안쪽으로 수축하며, 마지막으로 자유수면을 향하여 상방으로 이동시켰다. Hoekstra의 주장은 타당했지만 모형시험 단계에서 실선반류 재현 기준을 제시하지 못하였다. Fig. 4와 Fig. 5에 나타난 반류분포는 유속 증가에 따라 Hoekstra 주장과 같은 실선

반류 형태를 보여준다. 기존 연구에 의하면 유속 증가에 따라 계속 수축되다가 약 8.0 m/s에서 수렴하는 특성을 보여주었다. 낮은 유속(1.8 m/s)에서 계측된 LCT 반류분포는 예인수조에서 계측된 반류분포와 거의 유사함을 확인한 바 있다 (Kim, et al., 2013). LCT 구축 이전에 캐비테이션 시험은 예인수조에서 계측된 반류분포를 황동망으로 재현하여 수행하였다 (Kim, et al., 1999).



Fig. 1 Installation of the model ship

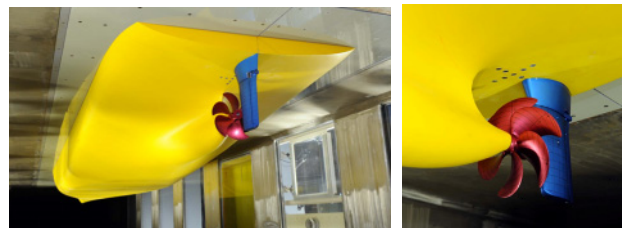
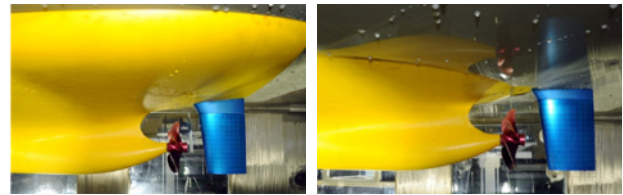


Fig. 2 Installation of the draft panel, propeller and rudder



(a) Scantling draft + 70mm (b) Ballast draft + 70mm
Fig. 3 LCT installation for 2 drafts

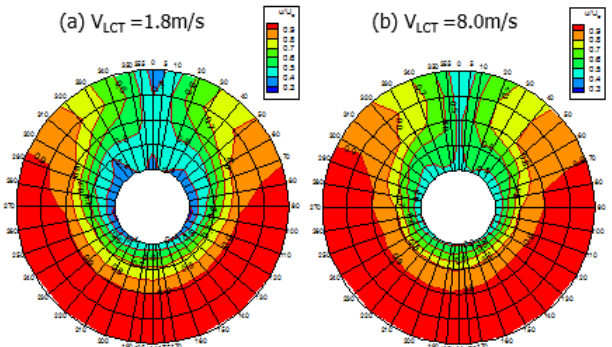


Fig. 4 Nominal wake measured at scantling draft+70 mm

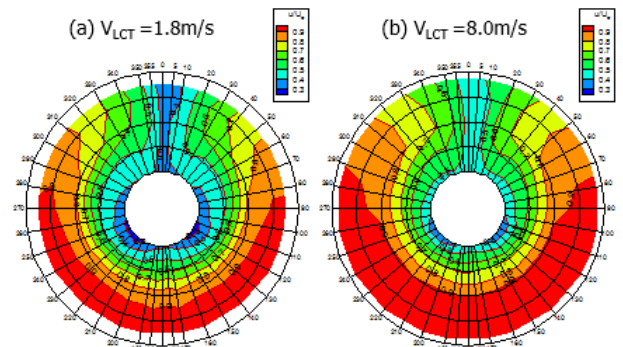


Fig. 5 Nominal wake measured at ballast draft+70 mm

Table 1 Principal particulars of the existing propellers

Model propeller No.	KP1029	KP1030
Diameter, D (mm)	248.7	250.0
Mean pitch, $(P/D)_{mean}$	0.9974	0.9818
Chord at 0.7R, $C_{0.7R}/D$	0.2737	0.2688
Expanded area ratio, (A_E/A_O)	0.7498	0.9643
No. of blades	6	6
Skew angle, $\theta_s(^{\circ})$	37.65	35.32
Rake-diameter ratio at tip	-0.0518	-0.0032
Hub ratio, d_H/D	0.179	0.190
Blade section type	Given	NACA66

3. 기존 프로펠러 캐비테이션 시험

기존 프로펠러들의 제원은 Table 1에 나타나 있다. 2개의 프로펠러의 가장 큰 차이는 전개면적비(A_E/A_O)이다. 예인수조에서 수행한 프로펠러 단독시험 및 자항추진시험 결과를 기반으로 추정된 실선 프로펠러 단독효율(η_D) 및 준추진효율(η_O)은 흘수별로 Fig.6과 Fig.7에 나타나 있다. 전개면적비가 작은 KP1029가 전선속 영역에서 효율이 증가함을 볼 수 있다. 대부분 효율이 높은 프로펠러의 경우 캐비테이션 문제가 발생할 가능성이 있으므로 최종 프로펠러는 캐비테이션 시험 후에 결정된다.

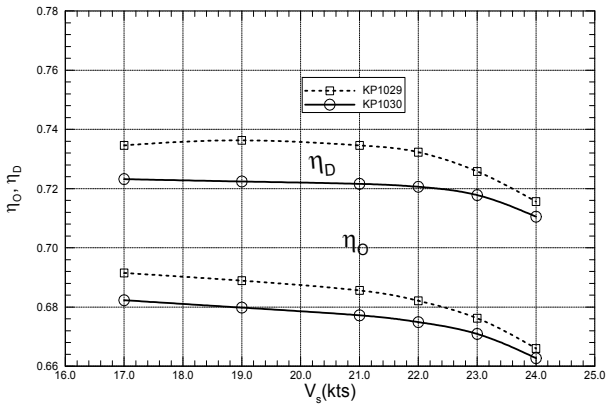


Fig. 6 Efficiency for the existing propellers(scantling draft)

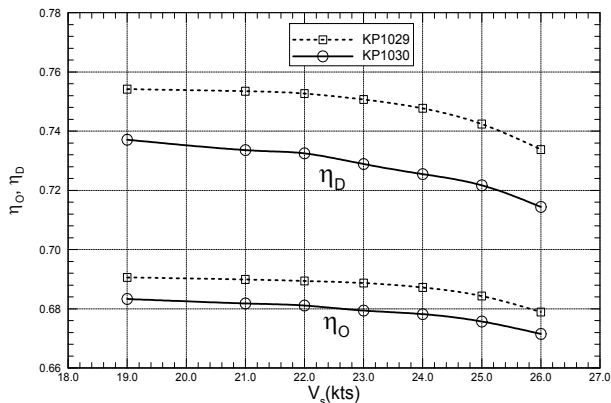


Fig. 7 Efficiency for the existing propellers(ballast draft)

캐비테이션 시험 조건은 예인수조에서 수행한 프로펠러 단독 시험 및 자항추진시험 결과를 기반으로 추정한다. 캐비테이션 시험조건 중 캐비테이션수($\sigma_{0.7R}$)는 선미파고 높이(stern wave height)를 고려하여 산정한다. 변동압력의 모형선-실선 상관관계를 추정할 바, 선미파고 높이를 고려하는 것이 실선 변동압력을 정도 높게 예측하는 것으로 나타났다 (Kim, et al., 2013). 선미파고 높이는 자항시험시 운항조건 근처에서 계측되는데, scantling 흘수에서는 1.36 m, ballast 흘수에서는 2.46 m가 계측되었다. Ballast 하중조건 및 흘수에서 관찰된 캐비테이션은 Fig. 8에 나타나 있다. KP1029는 0.8R 부근까지, KP1030은 0.9R 부근까지 캐비테이션이 발생되는 것으로 나타났다. 캐비테이션수가 커지는 scantling 하중조건 및 흘수에서는 캐비테이션이 감소하는 것으로 나타났다. 캐비테이션 관찰과 동시에 수행된 변동압력 계측결과는 Fig. 9와 Fig. 10에 나타나 있다.

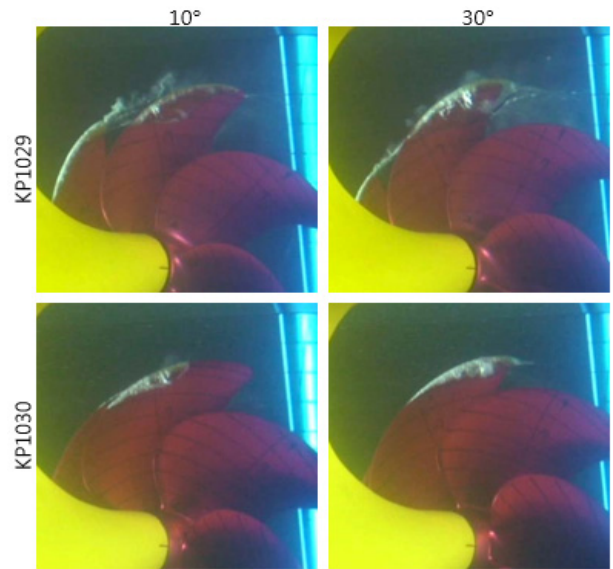


Fig. 8 Cavitation observation(ballast load & draft)

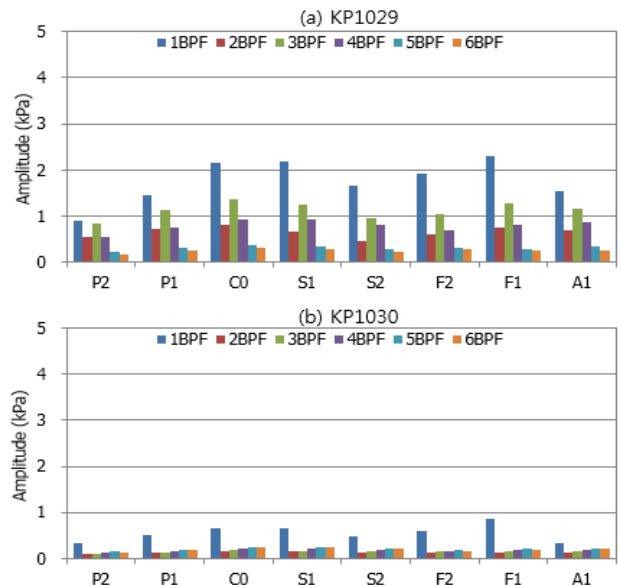


Fig. 9 Pressure fluctuation(scantling load & draft)

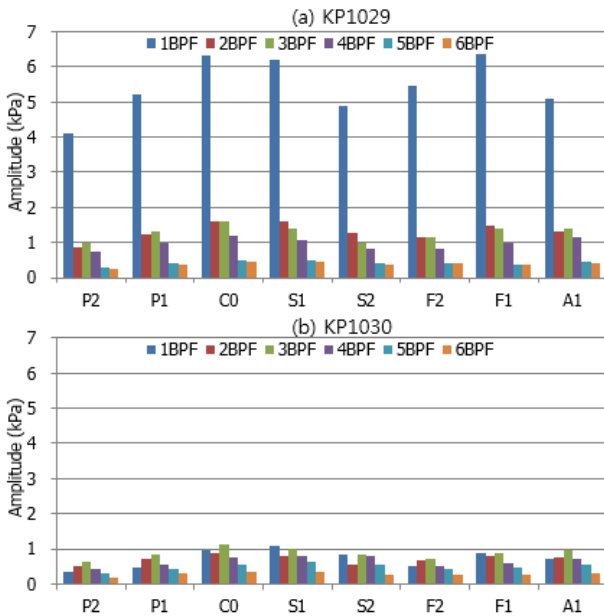


Fig. 10 Pressure fluctuation(ballast load & draft)

Fig. 9는 scantling 하중조건 및 흘수에서 수행된 변동압력 결과를 보여주는데, 매우 작은 값이 추정되어 진동 등에 문제는 없을 것으로 보인다. Fig. 10은 ballast 하중조건 및 흘수에서 수행된 변동압력 결과를 보여주는데, Fig.8에 캐비테이션 발생량에서 보여준 것과 같이 KP1029는 비교적 큰 변동압력이 추정되었으며, KP1030은 대부분 1.0kPa 이하의 작은 실선 변동압력이 추정되었다. LCT 실험결과를 기반으로 KP1030은 추진효율 관점에서 개선될 필요가 있으며, KP1029는 변동압력을 줄이는 설계를 수행할 필요가 있다. 따라서, KP1029 프로펠러를 기반으로 추진효율은 높이고 캐비테이션은 감소시키는 설계가 요구된다.

4. 개선 프로펠러 설계 및 성능 시험

KP1029 프로펠러를 기반으로 Table 2와 같은 2개의 프로펠러가 설계되었다. KP1171은 KP1029에 비하여 전개면적비를 약 4.9% 감소시키고 평균피치를 약간 증가시켰다. KP1172는 KP1029와 기하학적 특성이 거의 유지시키면서 레이크 분포만 하류쪽을 향하도록 수정하였다. KP1171과 KP1172는 예인수조에서 프로펠러 단독시험을 수행하였다. 실선 운항성은 추정은 KP1029 프로펠러 자항추진시험 결과를 이용하고 KP1171과 KP1172의 단독시험 결과를 입력하여 수행하였다. 이와같이 추정된 실선 프로펠러 단독효율(η_0) 및 준추진효율(η_D)은 흘수별로 Fig.11과 Fig.12에 나타나 있다. Scantling 및 ballast 흘수에서 KP1171과 KP1172의 단독효율이 KP1029에 비하여 약 2% 가까이 증가하면서 준추진효율도 2% 이상 향상된 것을 볼 수 있다. KP1171이 KP1029보다 단독효율이 증가한 것은 기하학적 특성에서 타당하다. 특이한 것은 전개면적비가 KP1029와 유사한 KP1172의 단독효율이 2% 이상 향상되고 심지어 전개면적비가 감소된 KP1171과 거의 유사하다는 것이다. Rake를 하류방향으로 분포한 것이 효율 증가에 어느 정도 기여할 수 있는 지 기하학적 분석을 통하여 특성을 파악할 필요가 있다.

Table 2 Principal particulars of the existing & new propellers

Model propeller No.	KP1029	KP1171	KP1172
Diameter, D (mm)	248.7	248.7	248.7
Mean pitch, $(P/D)_{mean}$	0.9974	1.0050	0.9974
Chord at 0.7R, $C_{0.7R}/D$	0.2737	0.2737	0.2737
Expanded area ratio, (A_E/A_O)	0.7498	0.7008	0.7498
No. of blades	6	6	6
Skew angle, $\theta_s(^{\circ})$	37.65	37.65	37.65
Rake-diameter ratio at tip	-0.0518	-0.0518	0.0415
Hub ratio, d_H/D	0.179	0.179	0.179
Blade section type	Given	NACA66	NACA66

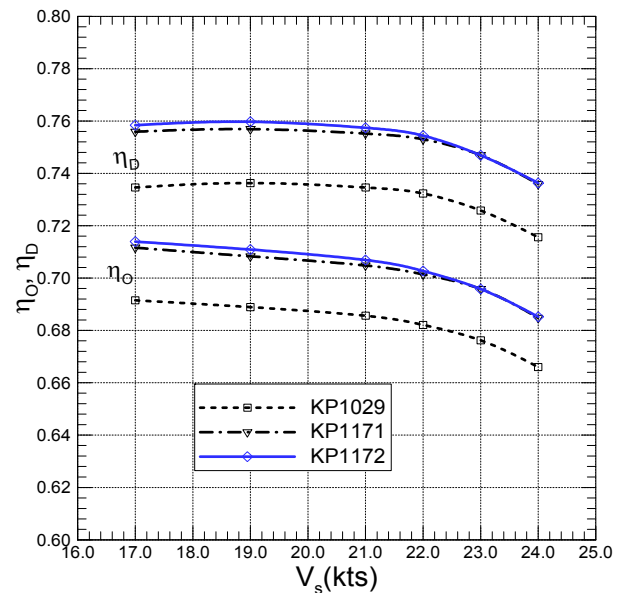


Fig.11 Efficiency for the design propellers(scantling draft)

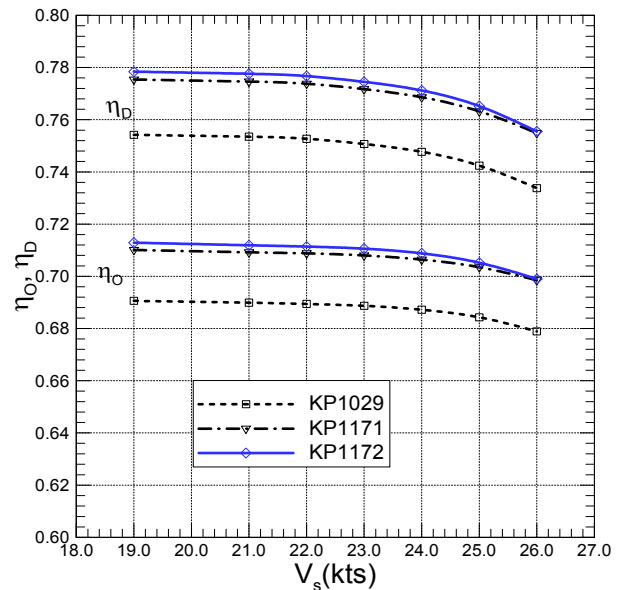


Fig.12 Efficiency for the design propellers(ballast draft)

캐비테이션 관찰 및 변동압력 계측은 scantling 및 ballast 하중 조건에서 수행되었으며, 흘수는 scantling으로 고정하였다. 이는 일반적으로 조선소가 요구하는 실험방법이다. Fig. 13과 Fig. 14는

각각의 하중 조건에서 3개 프로펠러 캐비테이션 관찰 결과를 보여준다. 프로펠러별 캐비테이션 발생량을 사진상으로 판정하기는 어려움이 있다. Ballast 하중 조건에서의 캐비테이션 발생량이 scantling 보다는 증가했음을 알 수 있다.

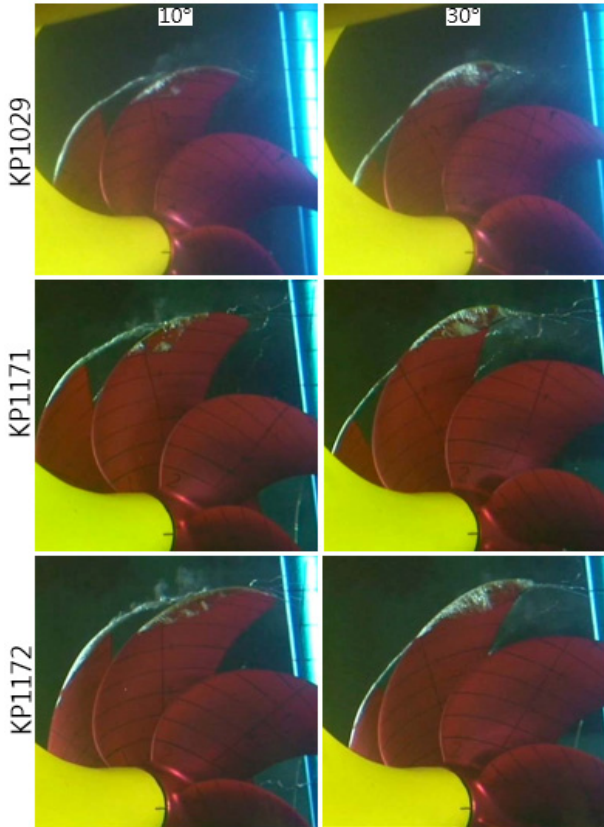


Fig. 13 Cavitation observation(scantling load & scantling draft)

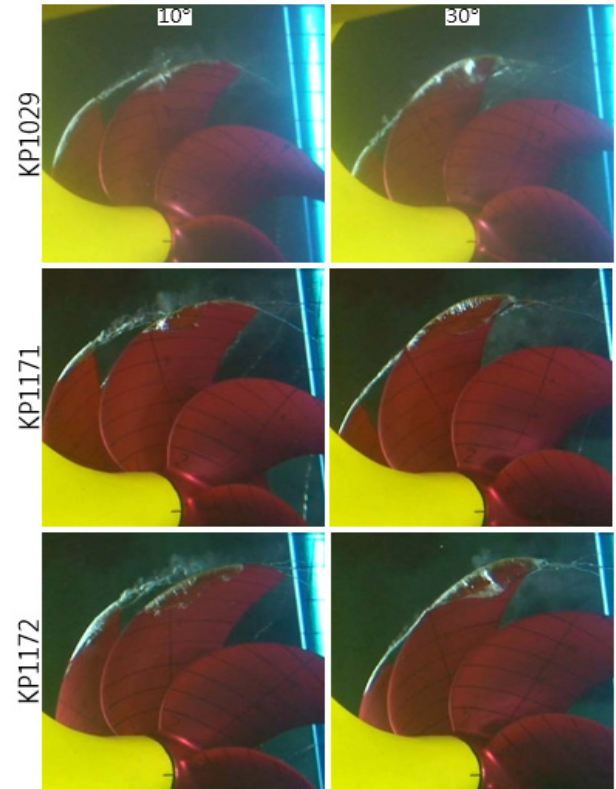


Fig. 14 Cavitation observation(ballast load & scantling draft)

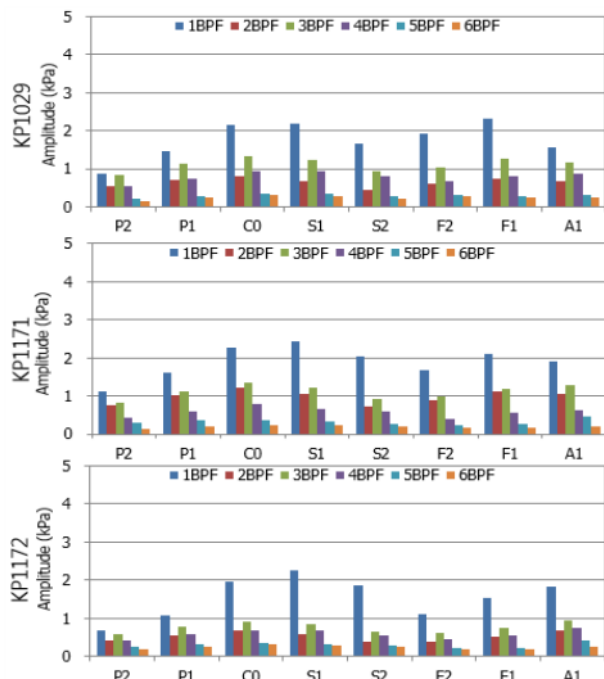


Fig. 15 Pressure fluctuation(scantling load & scantling draft)

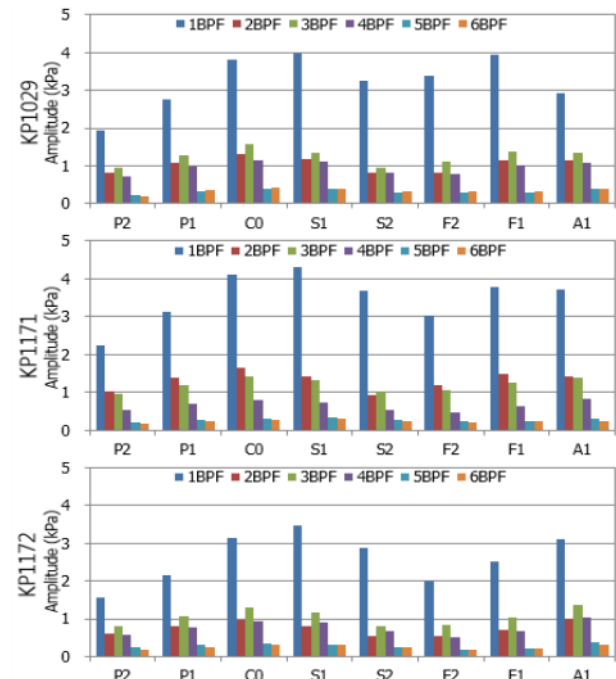


Fig. 16 Pressure fluctuation(ballast load & scantling draft)

Scantling 및 ballast 하중조건에서 변동압력 계측 결과는 Fig. 15와 Fig. 16에 나타나 있다. Scantling 하중조건에서 변동압력은 모든 프로펠러에서 문제가 되지는 않는다. 그 중 KP1172의 변동압력 특성이 가장 우수한 것으로 나타난다. Scantling 흡수를 고정하고 ballast 하중조건에서 수행한 변동압력은 Fig. 16에 나타나 있는데, Fig.10에 KP1029 변동압력 결과와 비교할 필요가 있다. 흡수 차이에 따라 1차 날개주파수 성분(1BPF)만 약 60% 정도 증가될 뿐 2차 성분(2BPF) 이상에서는 차이가 거의 없다. Fig. 8에 캐비테이션 발생량과 비교해 보면 흡수편에 따라 캐비테이션 발생량만 증가했을 뿐 발생거동 자체는 큰 변화가 없는 안정적인 캐비테이션이 발생했음을 알 수 있다. 흡수 변화에 따라 캐비테이션 발생 및 변동압력 특성이 변경되면 문제가 될 수 있는데, 거의 특성 차이가 없어 상대적인 비교는 충분히 가능하리라 사료된다. Ballast 하중조건에서는 전개면 적비가 작은 KP1171의 변동압력이 가장 크게 나타났으며, KP1172가 가장 좋은 변동압력 특성을 보여준다. KP1172 프로펠러가 효율과 함께 변동압력 특성도 가장 좋은 것으로 나타났다.

5. 결과 고찰

기존프로펠러(KP1029)를 기반으로 효율개선과 캐비테이션 저감을 목적으로 각기 2개의 프로펠러(KP1171, KP1172)가 설계하였다. KP1171 프로펠러의 경우, 효율개선을 위하여 기존 KP1029 프로펠러 대비 전개면적비 감소 및 반경방향 하중분포 변화 통하여 효율 증가를 고려한 설계를 수행하였다. 캐비테이션 저감을 위해 설계된 KP1172 프로펠러의 경우, 반경방향 레이크(rake)분포의 변화를 통하여 캐비테이션 성능을 향상시키는 설계를 수행하였다. 프로펠러 단독시험 (POW) 시험 수행 후 운항점 (선속 22 kts) 근처에서 2개의 설계 프로펠러는 단독효율이 유사했으며, KP1029 프로펠러와 비교해서 약 2% 정도 효율이 크게 증가하는 결과를 보여주었다. 이와같은 실험 결과를 검토하고자 수치해석을 통한 성능 검증을 수행하고자 한다. KP1029 프로펠러의 경우 외국의 프로펠러 제작사가 설계하여 날개단면 형상을 알 수가 없다. 따라서, 수치해석을 위하여 KP1029와 모든 기하학적 특성은 동일하면서 날개 단면형상만 NACA66 + 0.8 meanline 캠버를 사용한 KP1371을 Table 3과 같이 설계하였다. 이는 상선 프로펠러에서 주로 사용하는 단면 형상이다.

Table 3 Principal particulars of KP1371 & comparison

Model propeller No.	KP1029	KP1172	KP1371
Diameter, D (mm)	248.7	248.7	248.7
Mean pitch, (P/D) _{mean}	0.9974	0.9974	0.9974
Chord at 0.7R, C _{0.7R} /D	0.2737	0.2737	0.2737
Expanded area ratio, (A _E /A _O)	0.7498	0.7498	0.7498
No. of blades	6	6	6
Skew angle, θ _s (°)	37.65	37.65	37.65
Rake-diameter ratio at tip	-0.0518	0.0415	-0.0518
Hub ratio, d _H /D	0.179	0.179	0.179
Blade section type	Given	NACA66	NACA66

Fig. 17은 Vortex Lattice Method(VLM) 수치해석 (Kerwin & Lee, 1978)을 통해 예측된 프로펠러 단독성능(POW) 곡선을 보여주고 있다. Scantling 흡수에서 도출된 프로펠러 운항점은 J=0.72 근방이며, 운항속도는 22.3 kts 정도였다. J=0.72에서 수치해석 효율을 비교해 보면 KP1171의 효율이 가장 높았으며, KP1371의 효율이 가장 낮았다. 그러나, 그 차이는 KP1172를 중심으로 약 ±0.3%이다. 레이크 차이에 의한 프로펠러 특성을 검토하기 위하여 Fig. 18과 같이 균일 유동상태의 운항점 부근에서 반경방향 하중분포를 조사하였다. 하중분포는 단독시험 결과와 같이 차이가 거의 나타나지 않는다.

수치해석에서 나타난 단독시험 결과는 운항점 근처에서 거의 차이가 나타나지 않았는데, KP1029 프로펠러의 단독효율은 차이가 크게 나타났다. 날개 단면 형상이 프로펠러 효율에 영향을 준 것이라 사료되어 이를 검증하고자 KP1371 프로펠러를 제작하였고, 프로펠러 단독시험을 수행하였다. Table 3에 나타난 프로펠러들의 단독시험 결과를 기반으로 추정된 선속별 실선 프로펠러

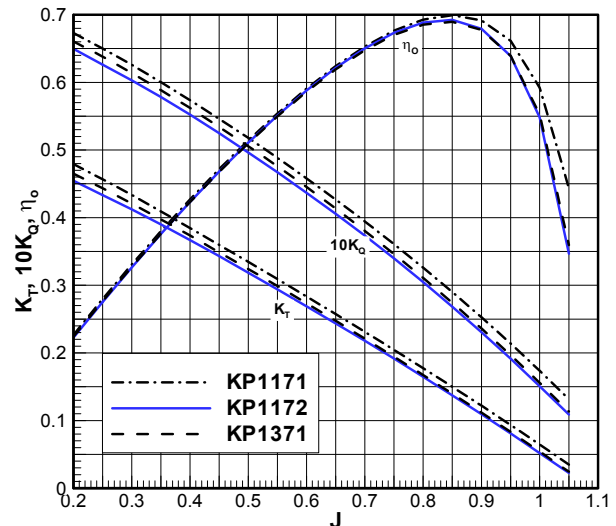


Fig. 17 Comparison of POW performance(Prediction)

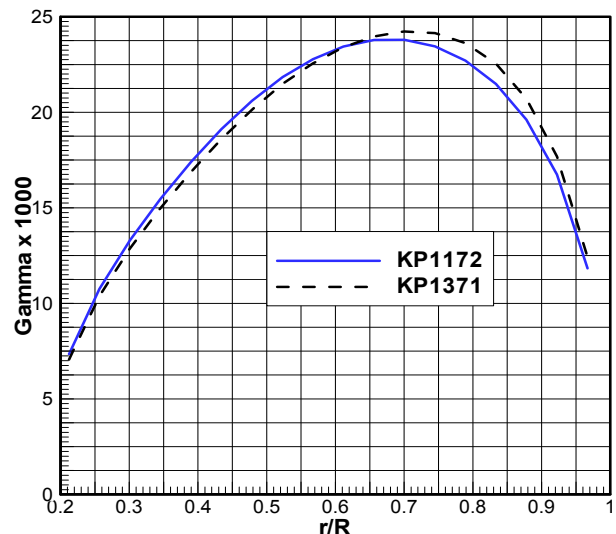


Fig. 18 Circulation distribution of radial direction

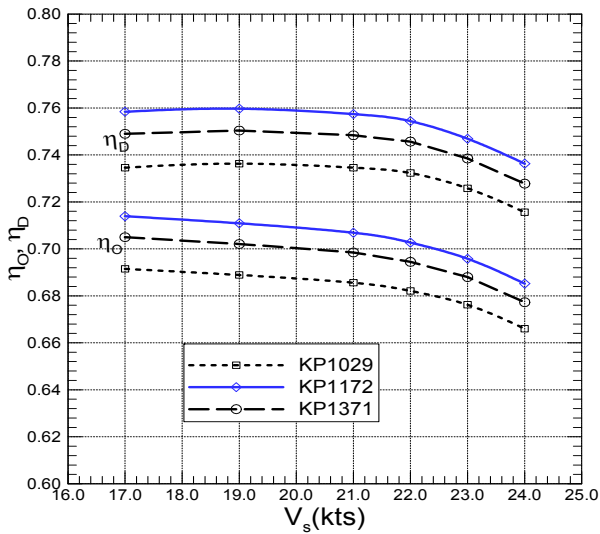


Fig. 19 Efficiency for KP1371 propeller(scantling draft)

단독효율(η_o) 및 준추진효율(η_b)은 Fig. 19에 나타나 있다. 운항 선속인 22.3 kts에서 프로펠러 단독 효율은 KP1171 프로펠러가 가장 높으며, KP1371은 약 0.8% 작게 나타난다. 날개단면만 차이가 있는 KP1029 프로펠러는 KP1371 보다 약 1.2% 낮은 효율을 보여주고 있다. 결국 날개단면에 따라 효율 차이가 나타난 것으로 볼 수 있는데, 이는 프로펠러 제작사가 전개면적비를 감소시키면서 효율보다는 캐비테이션이 성능이 우수한 날개단면을 선택하면서 나타난 현상이라 사료된다. 그러나, 추진효율과 캐비테이션 특성 모두 만족된 결과를 보여주지는 못하였다.

KP1171과 KP1371은 수치해석과 모형시험에서 같은 경향을 보여주었지만 결과의 차이는 수치해석시 프로펠러 레이크 변화에 따른 유동예측의 정밀도에 기인한 것으로 판단된다. 레이크 변화에 따른 프로펠러 효율과의 상관관계는 프로펠러 주위 3차원 유동 변화 및 프로펠러 유효직경 변화 부분에 있어 더욱 면밀한 연구가 이루어져야 한다고 사료된다. 또한 자항관점에서의 성능은 예인수조 시험을 통하여 더욱 심도 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

6. 결론

8800TEU 급 컨테이너선을 대상으로 FRP 모형선을 제작하여 대형캐비테이션터널(LCT)에서 기존 프로펠러 2종(KP1029 & KP1030)에 대한 캐비테이션 성능평가를 수행하였다. LCT 캐비테이션 실험에서는 실선에 장착된 KP1030 프로펠러의 변동압력이 1.0 kPa 근방에 매우 안정적인 결과를 보여주었으며, 전개면적비가 작은 KP1029 프로펠러의 변동압력도 약간의 개선설계가 되면 실선 적용이 가능한 수준으로 나타났다.

실선 변동압력 예측 정도가 우수한 LCT 실험결과를 기반으로 추진효율 및 캐비테이션 성능이 개선된 프로펠러 설계가 요구되나, KP1029 프로펠러를 기반으로 2개의 개선 프로펠러(KP1171 & KP1172)가 설계되었다. 프로펠러 단독효율(η_o)은 운항조건에

서 2개의 개선 프로펠러가 KP1029 프로펠러보다 약 2% 이상 향상되는 것으로 나타났다. 변동압력 특성은 KP1172 프로펠러가 가장 우수한 것으로 나타났다. KP1171 프로펠러 변동압력이 크게 나타나면서, KP1172 프로펠러가 효율 및 캐비테이션 측면에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

KP1029 프로펠러와 거의 모든 제원이 동일하고 rake 분포만 하류로 향한 KP1172의 단독효율 향상 정도는 여러 가지 방향에서 고려해 볼 필요가 있었다. 우선 KP1029가 외국 프로펠러 제작사 날개단면이 적용됨으로서 수치해석을 통한 성능해석이 어려워 상선 프로펠러에서 많이 사용되는 NACA66 날개단면을 적용한 KP1371을 설계하여 수치해석을 수행하였다. 수치해석 결과를 살펴보면 운항조건 근처에서 KP1172 프로펠러의 단독효율은 KP1371보다 약간 높아지지만 KP1171 프로펠러보다는 낮은 것으로 나타났지만 그 차이는 크지 않았다. 전개면적비가 가장 작은 KP1171의 경우 효율이 거의 증가하지도 않으면서 캐비테이션 특성도 좋지 않은 것으로 나타났다. 따라서, 전개면적비는 KP1172 정도가 적합할 것으로 사료되었다.

날개단면에 따른 프로펠러 효율을 파악하기 위하여 KP1371을 제작하였으며, 단독시험을 수행하였다. 시험결과는 KP1371 프로펠러가 KP1029에 비하여 운항점 부근에서 단독효율이 약 1.2% 증가하는 결과를 보여주었으며, KP1172와 비교해서 약 0.8% 감소한 결과를 보여주었다. 이는 수치해석과 같은 경향이며, 프로펠러 날개단면이 효율에 영향을 줄 수 있음을 보여주었다.

프로펠러 날개단면 및 레이크도 프로펠러 효율에 영향을 줄 수 있을 것으로 사료되는 바, 앞으로 날개 단면 및 레이크에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 단독효율 및 캐비테이션 관점에서 KP1172가 KP1029 프로펠러보다 성능이 향상되었다고 사료되지만, 예인수조 자항시험 등을 통하여 좀 더 심도 있는 연구가 요구된다. 본 연구결과를 기반으로 추진효율 및 캐비테이션 성능이 우수한 고하중 프로펠러의 개발이 지속적으로 추진될 것을 기대한다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 방위사업청이 지원하는 민군기술협력사업 ‘선박용 CPP 캐비테이션 초생선속 최적 설계기술 개발’ 과제(PNS3020)와 주요사업 ‘추진기 소음저감기술을 응용한 추진기침식 모형시험법 개발과 추진기 소음저감기술 고도화’ 과제(PES8910)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Ahn, J. W. Kim, G. D. Kim, K. S. & Park, Y. H., 2015. Performance trial-test of the full-scale driving pump for the large cavitation tunnel. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 52(6), pp.428-434.
- Ahn, J. W. Paik, B. G. Seol, H. S. Park, Y. H. Kim, G. D.

Jung, B. J. & Choi, S. J., 2016. Comparative study of full-scale propeller cavitation test and LCT Model test for MR tanker. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 53(3), pp.171-179.

Hoekstra, M., 1975. Prediction of full scale wake characteristics based on model wake survey. *International Shipbuilding Progress*, 22(250), pp. 204-219.

Kerwin, J. E. & Lee, C.-S., 1978. Prediction of steady and unsteady marine propeller performance by numerical lifting-surface theory. Trans. *The Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 86, pp.218-253.

Kim, K. S. Ahn, J. W. Park, Y.H. Kim, G. D. Kim, S. P. Yu, Y. W. & Lee, C. S., 2013. Correlation study on pressure fluctuation measurement at large cavitation tunnel with full-scale data for two container carriers. *12th Practical Design of Ships and Other Floating Structures*, Changwon, Republic of Korea, 20-25 October 2013.

Kim, K.S. Moon, I.S. Kim, K.Y. Song, I.H. & Lee, J.T., 1999. An experimental study for prediction of the fluctuating pressure induced by a cavitating propeller.

Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 36(1), pp.47-52.

