

## 중형 컨테이너선의 선형 및 추진기 개발 사례

이창훈<sup>†</sup>\*, 정승규\*, 최영달\*, 임효관\*

STX 조선(주) 조선해양연구소\*

### Development of Hull Form and Propeller for Medium Class Container Vessel

C.H.LEE<sup>†</sup>\*, S.G.JEONG\*, Y.D.CHOI\* and H.K.LEEM\*

STX Shipbuilding Co., Ltd. Shipbuilding & Ocean Research Institute\*

#### Abstract

STX shipbuilding Co., Ltd. has been developed a hull form and propeller of medium class container vessel. The present paper deals with numerical calculations and experimental tests for the investigation of wave resistance, viscous resistance and propeller. The characteristics of wave resistance and self propulsion factors are varied in order to find an optimized hull form. The measured results have been compared with computed results by "WAVIS". The prediction of the cavitation occurrence was predicted by "Opti-pro" and measurement is performed in KRISO.

※Keywords : Medium Class Container Vessel (중형 컨테이너 선), Hull Form Development (선형개발), Numerical Calculation (수치해석), Viscous Resistance (점성저항)

#### 1. 서론

최근 컨테이너선의 고속화, 고 마력화에 따른 추진기 하중 증가는 캐비테이션의 과도한 발생뿐만 아니라, 선미부 변동압력을 증가시켜 소음, 진동 등의 문제를 야기할 수 있다. 따라서, 설계자는 초기 단계부터 선형, 추진 효율 측면에서 뿐만 아니라 추진기 캐비테이션의 발생 측면에서 이를 예측

하고 최소화 하려는 노력이 필요하다. STX 조선에서는 설계 초기 단계에 전산유체역학 기법을 적용하여 조파특성 및 프로펠러 캐비테이션 특성을 계산하고, 그 결과를 각 설계 단계에 반영하여, 최적 선형 및 추진기를 개발하고자 하였다.

선형개발을 위한 계산에 사용된 CFD Code는 선박의 조파저항과 점성저항 계산 프로그램인 "WAVIS"이며, 선수부 자유수면 유동특성과 선미부 주위의 점성유동 해석을 통해 초기선형을 검토하였다. 프로펠러 캐비테이션 특성 및 변동압력 계산을 위해서는 STX 조선과 충남대학교가 공동

<sup>†</sup>주저자, E-mail : lch@stxship.co.kr

Tel : 055-548-1218

개발한 캐비테이션 해석 프로그램 “Opti-Pro” 을 사용하였으며, 각 계산결과를 모형시험 결과와 비교, 검토하였다.

모형시험은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소(KRISO)의 시험수조에서 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1. 선형 설계

목적 선형은  $L/B=6.3$ ,  $B/T=3.2$ ,  $CB=0.61$  을 갖는 중형 컨테이너 선으로, 설계 속도는  $F_n=0.27$  근처이다. 선형의 저항성분은 크게 조파저항과 점성저항으로 나눌 수 있는데, 일반적으로 상선의 조파저항은 주로 선수형상에 의해 영향을 받는다. 선수형상에 큰 영향을 미치는 Cp-Curve, D.L.W.L., 늑골선 형상 등 선형설계 요소의 조화를 고려하여 선형 설계를 진행하였으며, 비교적 고속에 유리한 High Bulb Type 을 적용하였다. 선미 선형은 프로펠러 작동면에서의 반류분포가 최대인 프로펠러 캐비테이션에 유리하도록 하면서 복원성을 고려하여 설계를 진행하였고, 늑골선 형태는 Barge Type 으로 설계하였다.

모형시험결과 속도성능은 만족할 만한 것으로 나타났으나, 추진기 모형시험에서 선미부 변동압력이 다소 큰 것으로 관측되었다. 반류분포 검토와 병행하여 추진기의 피치, 램버, 전개면적비 등을 변화시키며 추진기 하중 변화 및 캐비테이션 특성을 검토하였고, 추진기 직경 감소와 동시에 Propeller Tip Clearance 를 확보하는 방향으로 2 차 선형을 도출하였다.

#### 2.1.1. 선수선형

선수선형은 고속세장선에 유리한 UV-Type 을 적용하였으며, 수선면 형상은 D.L.W.L.의 도입부에서 Entrance Angle 이 최대한 날씬하게 하고, D.L.W.L.상부의 Volume 을 덜어냄으로써 수선면 상부를 날씬하게 유지하도록 하여 선수에서 발생한 파가 자연스럽게 뒤쪽으로 빠지도록 유도하는 방향으로 선형설계를 수행하였다.

초기 선수 개념설계는 CFD 를 이용하여 선수선형요소 변화에 따른 조파특성을 비교, 검토하였으

며, 검토된 모든 선수선형은 동일한 선미선형을 적용하였다. 개념설계 마지막 단계에서 동일한 Frame 및 DLWL 개념을 적용하고, 선수 Bulb Height 만을 다르게 하여 검토한 선수선형을 Fig. 1 에 비교하여 도시하였다.

최종선형(F2A1)의 조파특성은 Fig. 2,3 에서 보듯이 검토선형(F1A1)에 비해 파고가 낮고 파장이 긴 파형특성을 갖고 있음을 알 수 있다. 이는 자유수면 유동장에서 발생한 파가 보다 원활하게 빠져나감을 의미한다.

모형시험 결과는 목표 설계속도를 0.2 knots 정도 상회하는 우수한 결과를 얻었으며, 선수

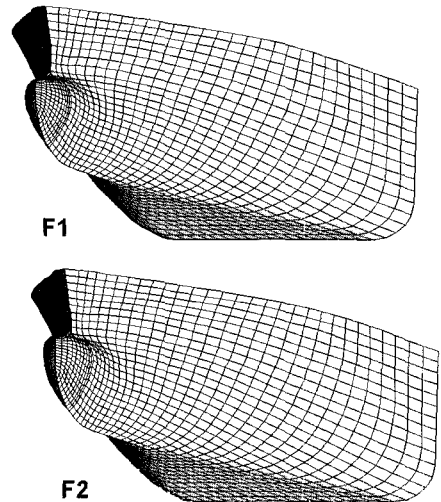


Fig. 1 Comparison of stem hull forms

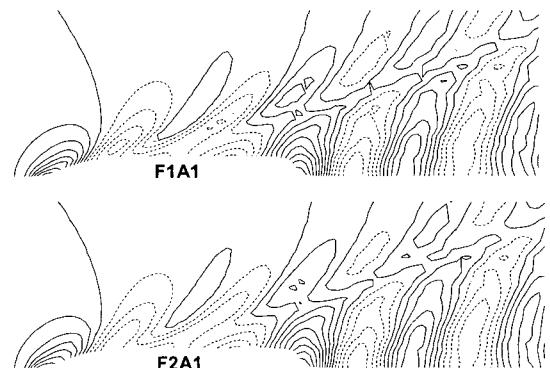


Fig. 2 Comparison of calculated wave profile

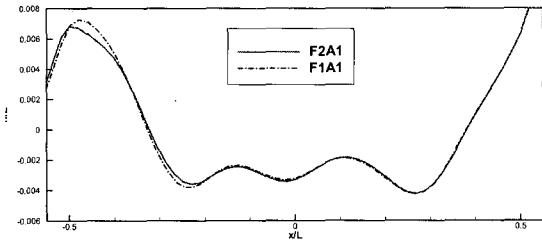


Fig. 3 Comparison of calculated wave height

Entrance 부에서 Wave Breaking 현상이 일어나지 않고 파가 자연스럽게 뒤쪽으로 빠지는 것을 확인하였다.

2.1.2. 선미선형

선미선형은 우선적으로 형상저항, 추진효율 및 M/E 구획배치 등을 고려하여 설계하였고, Fig. 4 에 선미형상의 특성을 나타내었다.

2 차 선미선형은 1 차 선형과 동일한 Cp-Curve 분포를 가지며, 늑골선 형태는 복원성을 고려하여 수선면 부분을 증가시키고, Back 캐비테이션이 주로 발생하는 영역의 반류분포를 개선하는 방향으로 프로펠러 단면부로 향하는 늑골선 형상을 형성하였다. 또한, 프로펠러 Tip Clearance 를 증가시킬 목적으로 Fig. 5 에 보이는 바와 같이 선미 Profile 을 약간 들어올리면서, Shaft Center Line Height 을 0.1m 낮추고, 동시에 Engine Room 에서의 작업공간 확보를 목적으로 Shaft Center Line 하부의 늑골선 형상을 1 차 선형에 비해 비대하게 설계하였다.

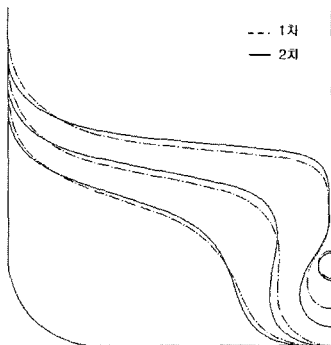


Fig. 4 Comparison of stations No.1~3

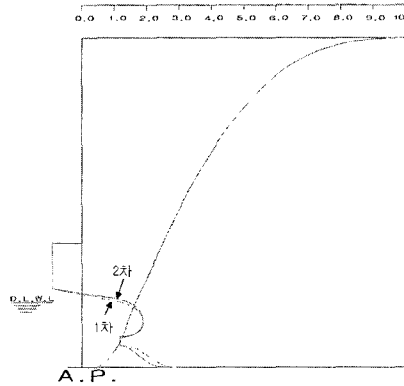


Fig. 5 Comparison of stern profile & Cp-Curve

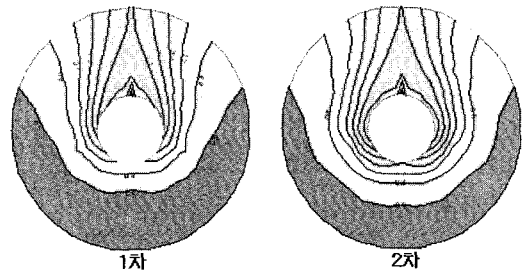


Fig. 6 Comparison of calculated results of wake distribution

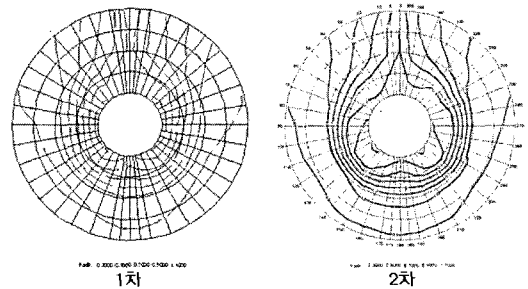


Fig. 7 Comparison of experimental results of wake distribution

1,2 차 선미선형의 반류분포 계산결과와 모형시험 결과를 Fig. 6,7 에 비교하였다.

선미 늑골선 형상 변화에 의해 Fig. 6,7 에서 Shaft Center Line 하부의 2 차 선형 반류 크기가 1 차에 비해 커진 것을 볼 수 있으며, 2 차 반류분포가 전반적으로 1 차에 비해 Homogeneous 해

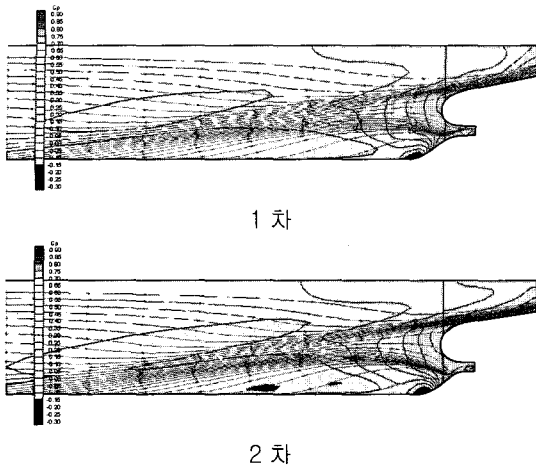


Fig. 8 Calculated results of hull pressure & streamline

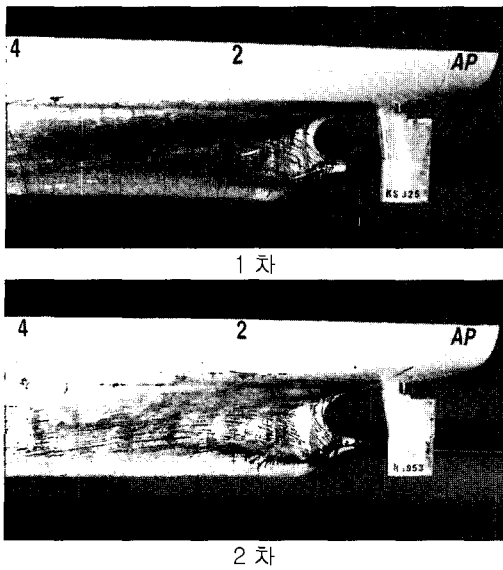


Fig. 9 Experimental results of streamline

진 것을 볼 수 있다. 계산결과는 모형시험 결과와 유사한 경향을 보이고 있다.

Fig. 8 에 두 선형의 선체 압력분포 및 표면유선 계산결과를 비교하였으며, Fig. 9 에 모형시험 결과를 도시하였다.

Fig. 8 에서 2 차 선미선형의 늑골선 형상이 수 선면 부근에서 Hard 해 지고, Shaft Center Line 하부에서 비대해진데 따른 선체 압력분포의 변화

를 볼 수 있으며, Boss 부분에서 유선의 변화를 볼 수 있다. Fig. 9 의 모형시험 결과에서도 이와 동일한 경향이 보이고 있어, 계산결과가 모형시험에서 나타난 특성과 유사한 결과를 보여줌을 알 수 있다.

모형시험결과 속도성능은 1 차 선형에 비해 0.1 knots 정도 낮은 결과를 나타내었으며, 이는 1 차 선형에 비해 잉여저항이 13% 정도 증가한 것이 원인으로 나타났다.

3 차원 해석결과 2 차 선미의 형상계수가 1 차 선미에 비해 21% 정도 증가하였고, 1,2 차 선형의 선수형상이 같은 점을 감안하면 선미형상 변화에 의한 저항성분의 증가가 잉여저항 증가에 작용한 것으로 판단된다.


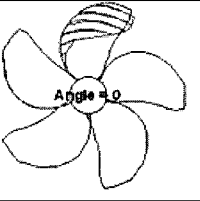
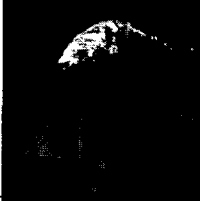
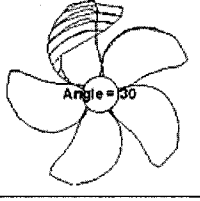

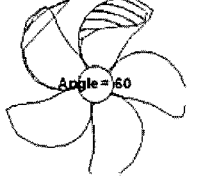
### 2. 2 추진기 설계

추진기 하중 분포 및 캐비테이션 특성 등을 검토하여, 1 차 추진기를 설계하였으며, 추진기 특성은 Table 1 에 나타내었다.

1 차 설계 추진기 모형시험 결과 캐비테이션이 20°~30° 근처에서 추진기 날개면의 30% 정도로 발생하였고, 캐비테이션 양이 다소 크고 거동이 불안정한 것으로 관측되었으며, 변동압력 1 차 성분이 9kpa 을 상회하는 것으로 나타나 이를 개선하고자 2 차 추진기 설계를 수행하였다. 2 차 설계 추진기는 0.7 R/Ro 에서부터 Tip 방향으로 하중분포를 증가시켜 안정적인 캐비테이션 발생을 유도하고자 하였으며, 앞서 언급한 선미선형 변경과 함께 추진기 직경을 0.2% 감소시켰다. 이러한 설계요소 변경적용으로 인하여, 1 차 선형 대비 Tip Clearance (tc/D)는 7% 증가되었으며, 캐비테이션

Table 1 Principals of propeller geometry

	1st Design	2nd Design
Dia.	7.8	7.7
Ae/Ao	0.700	0.705
P/D (mean)	0.869	0.890
Skew Angle	24.5°	24.5°
Section Type	NACA	NACA

		1st Design	
		Experiment	Calculation
0°			
30°			
60°			


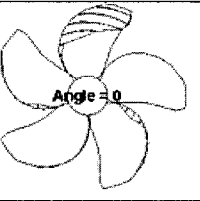

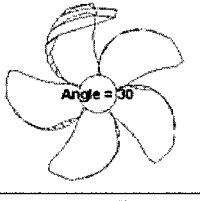

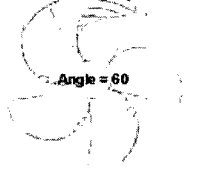
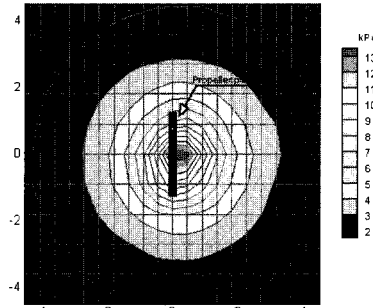
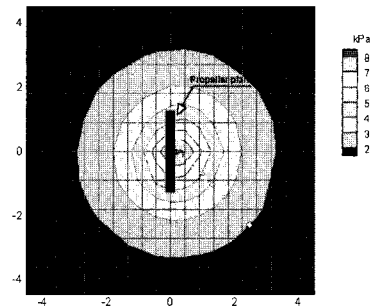
		2nd Design	
		Experiment	Calculation
0°			
30°			
60°			

Fig. 10 Comparison of propeller cavitation (Experimented & Calculated)



1 차



2 차

Fig. 11 Calculated results of fluctuating pressure

No.는 4.4% 증가하였다.

추진기 설계 검토는 STX 조선과 충남대학교가 공동 개발한 캐비테이션 해석 프로그램 (Opti-Pro)을 사용하여 캐비테이션 특성 및 변동압력 계산을 수행하고 그 결과를 비교, 검토하였다. Fig. 10 에 1,2 차 추진기의 캐비테이션 관측사진을 캐비테이션 해석 프로그램(Opti-Pro)을 이용해 계산한 결과와 비교하여 도시하였으며, Opti-Pro 가 캐비테이션 발생 면적을 크게 표시하고는 있으나 계산결과와의 일관성을 보이고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 11 의 변동압력 계산결과에서 보인 바와 같이 계산결과가 변동압력 값을 정량적으로 크게 보여주고는 있으나, 정성적인 특성을 잘 나타내고 있어, “Opti-Pro” 는 초기 설계단계에 설계 도구로서 충분히 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 모형 시험 결과 선미 변동압력의 크기는 4.8kpa 로 예측되었다.

3. 결 론

1. 2,800TEU 급 중형 컨테이너선의 선형 및 추진기 설계를 성공적으로 완료하였다.

2. 선미 늑골선 형상, Profile 수정 및 추진기 직경 감소를 통해 Propeller Tip Clearance (tc/D)를 1 차 선미선형 대비 7% 증가시키고,

3. 추진기 Tip 부분의 하중분포를 증가시켜 안정적인 캐비테이션이 발생을 유도하여 변동압력 크기를 감소시켰다.

4. 2 차 선미선형은 캐비테이션 발생 영역에서 선미 늑골선 형상을 날씬하게 하여 반류분포를 캐비테이션 발생에 유리한 방향으로 유지하면서, 덜어낸 체적을 S.C.L. 하부에 적용하여 Engine Room 에서의 작업공간을 충분히 확보할 수 있었다.

5. “WAVIS” 의 점성유동해석기법을 적용한 선미 점성유동특성은 모형시험결과와 유사한 경향을 나타내고 있어 실선 설계에 참고 자료로 활용 가치가 있다고 판단되었다.

6. “Opti-Pro” 를 이용한 캐비테이션 및 변동압력 계산결과는 추진기 설계 시 참고 가능한 정도의 경향성을 보이고 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- 이창섭, 이진태, 서정천, 김영기, 1992, “ 캐비테이션에 의해 유기된 선체표면 기진력 해석”, 대한조선학회 논문집, 제 29 권, 제 1 호, pp.81-92

- J. S. Calton, 1993, “ Marine propellers and propulsion”
- SV. AA. Harvald, “ Resistance and Propulsion of Ships”, Department of Ocean engineering, The Technical University of Denmark, Lyngby
- Justin E. Kerwin and Chang-Sup Lee, 1978, “ Prediction of Steady and unsteady marine propeller performance by numerical lifting surface theory”, Trans. SNAME, Vol.86, Soc. of Naval Arch. & Marine Eng.



< 이 창 훈 >



< 정 승 규 >



< 최 영 달 >



< 임 효 관 >