

해양작업지원선(PSV)의 기본설계 및 저항추진 성능 향상을 위한 선형개선 방안 연구

염종길¹·강국진^{1,†}·이영연¹·이춘주¹·옥군도²
한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소¹
극동선박설계²

A Study on the Basic Design for Platform Support Vessel (PSV) and Hull Form Development for Enhancement of Resistance & Propulsion Performance

Jong-Gil Yum¹·Kuk-Jin Kang^{1,†}·Young-Yeon Lee¹·Chun-Ju Lee¹·Kun-Do Ok²
Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, KRISO¹
Far East Ship Design & Engineering Co., LTD, FESDEC²

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.

Present paper shows the basic design procedure for platform support vessel operating in open sea, and hull form development process. General design concept considering the operating mission, operating sea condition and shipping freight, etc. is explained shortly. For the hull form design, the initial hull form was designed based on the reference PSVs. The resistance and propulsion test results for the initial hull form with twin Azimuth thruster were analyzed and a few items for improvement were derived. At the next stage, main parameters including Length, Cp-curve, Cb, Lcb, etc. were changed totally for the hull form improvement. Furthermore, 3 different bulbous bows for the fore-body design to reduce the wave resistance and after-body design to reduce the residual resistance were carried out. The best hull form among the 3 fore-bodies with same after-body was selected through the comparison of wave resistance calculation results. Twin ducted Azimuth thruster with the smaller propeller diameter than the former were adapted to increase the propulsive efficiency. The final hull form with the twin Azimuth thruster was evaluated to satisfy more than the target design speed 14 knots in sea condition with sea margin 15% at the 5,000kW BHP through the model test in KRISO.

Keywords : Platform supply vessel(PSV, 해양작업선), Basic design of PSV(PSV 개념설계), Hull form design(선형설계), Powering performance(추진성능), Twin Ducted Azimuth Propulsor(덕트블이 이지무스 쌍 추진기)

1. 서론

일반해역의 해양작업지원선(Platform Supply Vessel, PSV)은 해양플랜트에서 석유나 가스의 시추 및 생산에 필요한 인력과 기자재, 건화물의 운송 및 각종 폐기물을 회수하는 역할을 하는 해양지원선(Offshore Support Vessel, OSV)의 한 종류이다.

수송 물자는 주로 연료유와 식수, 화학품, 시멘트, 진흙(고체 및 액체), 드릴워터(drill water), 침출수(brine water), 파이프를 포함한 시추용 자재 및 장비, 식료품 등으로 해상 플랫폼에 사용

되는 모든 물자를 포함한다. 또한, 플랫폼으로부터 나오는 오염된 화학물질과 해양에 투기할 수 없는 폐기물 등을 육상으로 수송하는 역할도 맡고 있다. 해양작업지원 기능으로는 화재 소화, 유류오염 방제, 인명 구조 및 비상 대처 등의 다양한 임무도 함께 수행하게 되는데, 운항거리는 물류기지로부터 대략 100~200해리 정도이며, 선속은 12~14 노트 정도이다. 또한, PSV는 혹독한 해상상태에서도 운항할 수 있도록 안전성을 확보해야하고 적도로부터 북해까지 모든 해상에서 운용이 가능해야 한다.

현재 국제유가의 하락으로 해양플랜트 산업이 침체되면서

OSV 시장 역시 동반 침체를 겪고 있는 상황이지만 전문가들은 머지않아 잠정 중단되었던 해양 프로젝트의 재개 및 신규 시추선의 발주 등으로 해양플랜트 산업이 활성화 될 것이고, OSV 시장도 동반 성장할 것으로 전망하고 있다. 일례로 Markets and Markets사는 OSV 시장 규모가 2013년 387억 달러에서 2019년 712억 달러로 성장 할 것으로 예측한 바 있다 (Park, 2015).

특수선 범주에 속하는 PSV는 국내 중소조선소에서 건조 가능한 선박이지만, 국내 자체 설계 실적이 전무한 상황이어서 해외 조선소에 값비싼 비용을 지불하고 기본도면을 구입한 후 가급 생산되고 있는 상황이다. 국내에서 PSV 기본설계는 초기단계 수준이지만 세계 조선시장을 선도하고 있는 대한민국 조선기술의 역량으로 볼 때 시간과 역량을 집중 투자한다면 빠른 시간 안에 세계적인 수준의 PSV 기본 설계 기술력을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 일반해역 운항용 PSV 개발을 위한 설계 기본계획을 수립하여 PSV 선박설계의 중요한 기본 인자들을 정립하고 이에 따른 개념설계를 수행하는 과정을 보인다. 개념설계는 PSV의 기본적인 임무로 여겨지는 물자 및 인원 수송에 초점을 맞추고 해상작업에 용의한 갑판공간과 지원 장비를 갖추도록 일반배치를 고려해 설계하는 것이다. PSV의 운용개념을 정립하기 위해 해외 실적선 사례를 조사한 후 시스템을 분석하고 운용개념을 파악하여 설계 기본계획을 수립하였다. 특히 본 연구에서는 선박개발의 시발점이 되는 설계 기본계획과 개념설계를 통하여 기본설계를 진행하는 과정을 보인다. 그리고 해외에서 운용되고 있는 실적선 검토를 통하여 두 척의 후보 선형을 도출하였고, 이들에 대한 조파저항계산을 통하여 초기 선형을 선정하였으며, 모형시험을 통하여 저항추진성능을 평가하였다. 이 초기 선형의 저항추진 성능 평가 결과를 바탕으로 문제점을 분석하고 개선점을 찾아서 세 척의 후보 개선 선형을 설계하였고, 이들에 대한 조파저항계산을 통하여 최종 선수 선형을 선정하였으며, 선미는 잉여 저항을 줄일 수 있도록 개선을 하였다. 그리고 추진시스템으로는 현재 생산되고 있는 Azimuth 추진시스템 사양을 고려하여 프로펠러 직경이 작지만 추진효율이 불리하지 않도록 덕트가 있는 Azimuth 추진시스템을 적용하였다.

이 개선 선형과 추진시스템을 적용한 설계 선형에 대한 저항 추진 모형시험을 KRISO에서 수행하여 동력 5,000 kW로 sea margin 15%를 고려한 해상상태에서 설계 목표인 선속 14노트 이상이 가능한 결과를 얻을 수 있었다.

2. 일반해역 운항용 PSV 설계개념

일반해역 운항용 PSV 기본선을 개발하기 위해서는 우선 설계 기본계획을 수립해야 한다. 설계 기본계획은 선주의 요구사항을 받아 선박의 주요임무와 운항해역, 수송화물의 종류 등을 파악하여 설계에 반영하는 것으로 선박설계의 기초 자료를 확보하는 개념설계에 속한다.

2.1 주요임무

일반해역 운항용 PSV의 주요 임무는 해양플랫폼에서 이루어지는 작업의 지원 업무다. 해양플랫폼은 크게 시추작업과 생산작업, 탐사작업, 폐기물/유해 액체 운송작업 및 기타작업 등으로 이루어져있는데, 이에 대한 지원 작업은 아래와 같다.

- 1) 시추작업 지원
 - Rig/Drill Ship에 물자지원/인원 수송
 - Mud, Cement, Chemical, Drill water, Brine water, Base oil, 연료유, Pipe 등 시추용 자재 및 장비, 식수, 식료품, 기타 자재
- 2) 생산 작업 지원
 - Production Platform / FPSO에 물자 지원/인원 수송
 - 연료유, 식수, 식료품, Spare part, 기타 자재
- 3) 탐사작업 지원
 - 탐사작업선에 물자/인원 수송
 - 연료유, 식수, 식료품, 기타 자재
- 4) 폐기물/유해 액체 운송
 - 해양 플랫폼/선박으로부터 해양에 투기할 수 없는 폐기물 및 오염된 유해 액체를 육상으로 운송
- 5) 기타
 - 플랫폼 화재 소화, 예인, 유회수 및 유류오염 방제, 인명구조, 비상대기 등

2.2 운항해역

일반적으로 PSV의 운용해역은 대양해역으로서, 유전이 개발되는 지역인데, 본 PSV는 해상환경이 열악한 것으로 알려진 북유럽의 북해 해역에서도 운용이 가능하도록 설정하였다.

- 1) 해상 상태 (DNV ERN 99 North Sea 적용)
 - Wave height: Hs 6.1 m
 - Wind speed: 21.51 m/sec
- 2) 운용 온도
 - 외부: -20°C ~ +50°C
 - 기관실: +50°C
 - 해수: -1°C ~ +32°C

2.3 수송화물 및 특성

일반해역 운항용 PSV는 해양플랫폼에 필요한 다양한 화물을 운반하며, 주로 취급되어지는 화물의 종류는 아래와 같다.

- 1) 시추용 자재
 - Mud: 액체 및 고체 / Cement: 고체
 - Chemical: 액체, IBC code 위험물

- Drill water / Brine water
- Base oil, Pipe

2) 일반 물품

- Fuel oil: Marine diesel oil (가열 불필요)
- 식수, 식료품

3. 일반해역 운항용 PSV 기본 설계

3.1 기본 선형의 주요제원 선정

PSV는 설계 기본계획에 언급되어 있는 여러 작업이 가능한 넓은 작업갑판 확보와 다양한 종류의 화물을 선적 및 저장 가능해야 하며, 해양플랜트 작업인력 수송을 위한 거주구역도 확보되어야 한다. PSV의 주요제원 설정을 위해 기존에 운행되고 있는 실적선 현황을 살펴보면 수선간장(Lpp)은 주로 70~150 m 정도로서 L/B는 3.7~4.5 정도이다. 본 연구에서는 PSV 시장 현황을 감안하여 향후 수요량이 클 것으로 판단되는 재화중량 3,800 톤급을 설계 목표 크기로 선정하였다.

3.2 일반배치계획

본 연구에서는 설계 기본계획에 따라 선박의 일반배치를 계획하였다. 우선 갑판 하부에 선수로부터 선수창, 기관실, 화물창, bow thruster room, 화물 펌프실, 연료유창, chemical tank, 평형 수 탱크, 청수창, 추진기실 등을 배치하였고, 갑판 상부는 선수부에 거주구 및 조타실을 배치하였다. 그리고 선미부 갑판면적을 최대한 확보하여 파이프, 컨테이너 등을 적재할 수 있도록 하였다. 갑판 하부의 cement tank는 corrugated형의 선체 구조 일체형으로 하고 chemical tank는 선체구조 일체형에 IBC code를 만족할 수 있도록 주위에 평형 수 탱크로 배치하였다. 또한 연료 유창은 선박 손상 시 오염 사고를 최소화시키고자 이중저 상부의 이중선체 내부로 배치하였다. 하역 작업의 편의를 위해 화물펌프실을 화물창 중앙부에 오도록 설계하였다. 이러한 개념으로 설계된 PSV의 일반배치도 일부를 Fig. 1에 보인다.

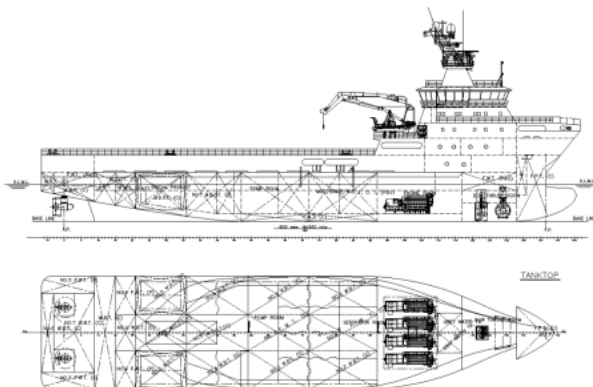


Fig. 1 General Arrangement (standard vessel)

3.3 구조설계

구조설계는 각 구역의 구조강도와 화물창의 작업성 및 경제성을 고려하여 Cement/Mud 화물창을 Corrugated 형의 선체구조 일체형으로 설계하였고 Cement 화물창 하부는 경사형 구조를 채택하여 하역이 용이하도록 설계하였으며, 중앙횡단면도는 Fig.2에 보인다.

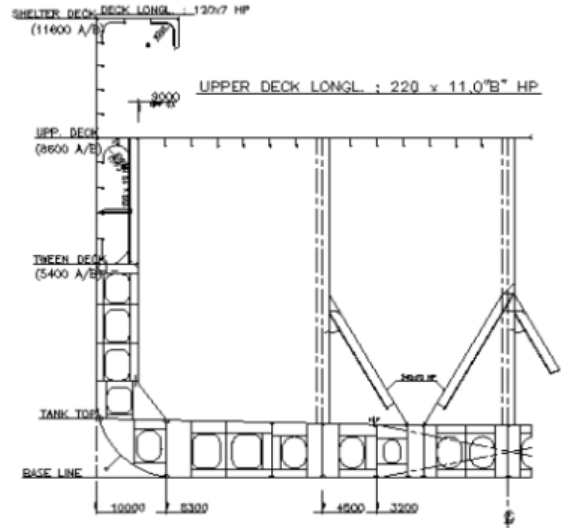


Fig. 2 Midship scantling (standard vessel)

3.4 추진시스템

일반해역용 PSV에는 다양한 추진장치가 적용되는데 적합한 추진장치로는 가변피치프로펠러, Azimuth thruster, Azipod thruster 등이 사용되고 있으며, 이들에 대한 분석결과는 다음과 같다.

1) 노즐붙이 가변피치프로펠러

가변피치 프로펠러는 피치를 변화시켜 같은 회전수에서 고회력의 추력을 발생시킬 때 사용하며, 가속노즐을 설치하여 프로펠러를 보호하고 반류특성을 개선한다. 하지만 가변피치 프로펠러 제작 단가가 일반적인 프로펠러에 비해 높은 편이고 가속노즐 설치에 따른 추가 비용도 발생하는 단점도 가지고 있다. 또한 프로펠러 날개 끝단에 공동현상이 쉽게 발생하므로 이에 대한 저감설계가 필요하다.

2) 전기추진 Azimuth thruster

전기추진 Azimuth thruster는 추력의 방향을 360도 회전할 수 있으므로 해상에서의 조종성이 우수한 추진시스템이다. 축로 공간 삭제로 인하여 선미부 구획배치 유연성이 증가되는 장점을 가지고 있고, 일반적인 축계 시스템에 비해 진동과 소음이 대폭 감소되며, 선미부 선형 형상의 단순화로 인한 부가저항 감소로 저항추진성능이 향상되는 장점을 가지고 있다. 하지만 동력을 전달하는 베벨기어장치의 복잡성으로 인하여 고마력 선박에는 적합하지 않은 것으로 알려져 있다.

3) 전기추진 Azipod thruster

전기추진 Azipod thruster는 전동기가 들어 있는 POD와 프로펠러가 직접 연결되므로 Azimuth thruster의 단점으로 지적되는 베벨기어를 이용한 기계적 동력 전달 문제를 극복함으로써 고회출력이 필요한 선박에 적합한 장점을 가지고 있다. 하지만 가격이 비싼 단점이 있다.

상기 여러 추진시스템의 장·단점을 고려해 본 연구에서는 가성비가 우수한 Azimuth thruster를 추진기로 채택하였다.

3.5 주요장비 및 DP시스템

여기에서는 PSV에 탑재되는 각 구역별 주요장비 목록을 검토하였고, 주요장비의 수량과 주요사양을 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Principle specifications of PSV

Equipment		Spec.	Q'ty	Remark
Engine	Main Generator	2,600 kW	4 ea	-
	Emergency Generator	250 kW	1 ea	-
	Propulsion	2,500 kW	2 ea	Azimuth
	Bow thruster	1,500 kW	1 ea	-
Deck Equip.	Crane	15ton x 15m	1 ea	knuckle type
	Windlass	11ton x 9.5m/min	1 ea	-
	Tugger winch	12ton x 17m/min	2 ea	-
Cargo Equip.	Bulk cargo Compressor	25.2cu.m/h x 6bar	2 ea	-
	F.W. pump	25.2cu.m/h x 9bar	2 ea	-
Electric Equip.	DP Control System	-	1 ea	-
	Joystick control system	-	1 ea	-

4. 초기 선형 설계

PSV의 설계속도는 14노트를 목표로 하고 있으며, 초기 선형의 주요목을 경험적으로 선정하여 Table 2에 보인다.

4.1 선수 선형설계

선수선형은 조파저항과 쇠파저항 감소 및 내항성능 향상이라는 관점에서 설계되어야 한다.

선수선형의 설계에 영향을 미치는 설계변수로는 Cp-curve 형상, DLWL 형상, Lcb 위치, 선수벌브 및 늑골선 형상 등이 있다.

Table 2 Principle dimensions of the initial hull form

L _{PP} (m)	80.00	
B (m)	20.00	
D (m)	8.60	
Load condition	Design	Ballast
∇ _A (m ³)	7391	6035
T _F (m)	6.500	5.448
T _A (m)	6.500	5.613
T _{MEAN} (m)	6.500	5.531
KB (m)	3.608	3.065
LCB (%)	-2.46	-1.57
C _B	0.7075	0.6799
C _W	0.8842	0.8646
C _M	0.9868	0.9845
Azimuth thruster propeller	Diameter(m)	3.0
	P/D mean	0.8891
	Ae/Ao	0.7888
	Z	4
Engine BHP	2,500 X 2EA = 5,000 kW	

먼저 주어진 배수량과 주요목에 따라 CB는 결정되지만 중앙 횡단면적계수(CM)와 Lcb는 주어진 CB와 Froude 수를 고려해 적절히 결정해야 하며, 이 값에 따라 Cp-curve 형상을 비롯한 주요 설계개념들이 크게 영향을 받게 된다.

Fig. 3은 본 연구에서 참조한 실적선 OSV의 모습을 보여주고 있다. OSV의 경우 공개된 선형 자료가 거의 없어 초기 연구단계에서는 선형 개발에 필요한 모선의 선형을 파악하기 위해 국외 OSV 설계사 또는 사진으로 공개된 자료를 바탕으로 선형의 개념을 수립하였다.



Fig. 3 Reference vessel of OSV (Paul Bartlett, 2013)

특히 Fig. 3에서 보면 일반적인 상선과 달리 설계흘수선이 구 상선수에 상부에 걸쳐져 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 선수부의 조파저항을 줄이려고 하는 의도로 판단된다.

여기서는 상기 OSV 선형을 참조하여 초기 선수 선형을 도출하고자 하였으며, Fig. 4와 Fig. 5에 도출된 두 척의 선수 선형 F1과 F2의 선도를 보이고 있다.

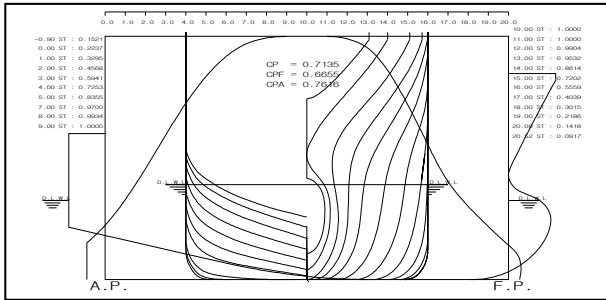


Fig. 4 Initial hull form A (F1 + A1)

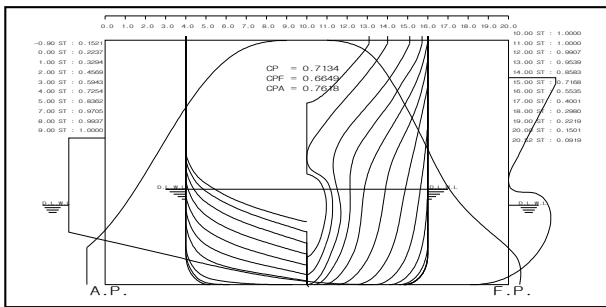


Fig. 5 Initial hull form B (F2 + A1)

여기서 Cp-curve 형상은 전체적으로 완만하면서 선수 끝단부에서는 부드러운 선수 도입부를 갖는 형상으로 설계를 하였다. 특히 설계 흘수 형상과 늑골선 형상은 서로 연관되어 있어 설계 흘수 형상에 따라 늑골선 형상도 같이 변하게 되는데, 본 개발선의 설계 흘수 형상과 늑골선 형상은 민재계획흘수에서 선수의 반유입각(half-entrance각)을 감소시켜 늑골선의 형상을 UV 형태로 설계하였다.

또한 선수벌브는 배의 길이를 증가시키고 선수 Cp-curve를 완만하게 함으로써 조파저항과 쇄파저항을 감소시키고 내항성도 개선시킬 수 있도록 하였다. F1 선형은 중간 벌브형으로, F2 선형은 높은 벌브형으로 각각 설계하였다.

4.2 선미 선형설계

선미선형은 선미침하와 스케그 등 부가물에 의한 저항 증가를 최소화 시키고 추진기로 유입되는 흐름을 좋게 하여 추진효율과 캐비테이션 성능을 향상시키는 관점에서 설계되어야 한다.

특히 본 초기 선형은 twin Azimuth thruster 장착이 용이하도록 conventional U type의 선미 늑골선 형상을 선정하였으며, 직진안정성에 유리하도록 선미 중앙부에 스케그를 설치하였다.

4.3 파형계산 비교 및 초기 선형 선정

먼저 앞에서 설계된 초기 선형 2척에 대해서 NAPA RANS CODE를 이용하여 포텐셜 계산을 수행하여 선속 14노트 ($Fr=0.249$)에서 선측 파고를 각각 비교하여 Fig. 6에 보인다. 여기서 선형 A는 선수부에서 발생하는 1차 파정과 파골이 선형 B 보다 작은 것으로 판단되어 선형 A를 초기 선형으로 채택하였다.

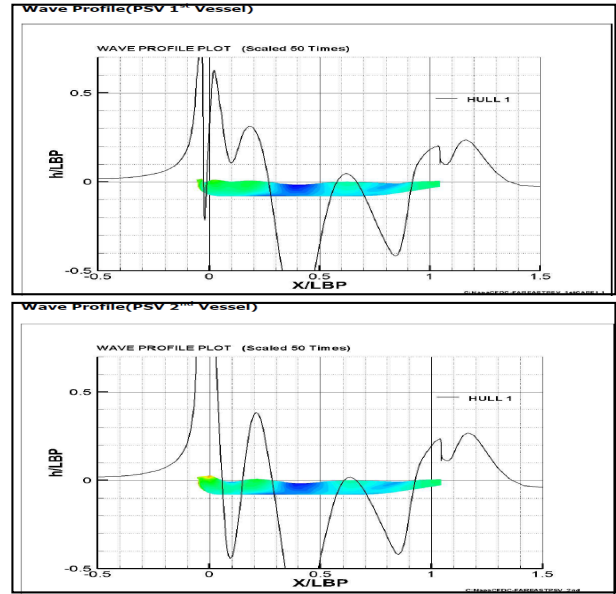


Fig. 6 Comparison of wave profile and hull pressure distribution for initial hull form A & B

5. 초기 선형 모형시험 및 성능평가

앞에서 선정된 기본 선형 A의 모형선을 제작하였고, 설계 흘수와 발라스트 흘수 대하여 저항시험과 자항시험을 통해 저항추진능을 평가하였다. 시험에 사용된 모형선은 축적비가 1/14로서 길이 약 5.7 m 정도이다.

저항추진시험 해석은 1978 ITTC 해석법을 근간으로 KRISO에서 개발한 전산프로그램을 이용하였다 (Kim & Yang, 1987).

5.1 저항시험

모형선에 쌍축의 Azimuth thruster 축과 hub를 부착하여 부가물로 간주하여 저항시험을 수행하였다.



Fig. 7 Resistance test (initial hull form A, design draft at 14 knots)

Fig. 7은 설계흘수(6.5 m), 설계속도(14 노트)에서의 시험 장면을 보여주고 있는데, 선수부에서 발생한 커다란 파형이 선체를 따라 진행되고 있다. 잉여저항(CR)은 Fig. 8에 도시되어 있는데, 관심속도 영역인 14노트에서 유사선의 잉여저항으로 추정되는 3.0×10^{-3} 보다 1.5배 커다란 4.5×10^{-3} 정도의 값을 보이고 있다. 이는 선형 설계가 잘못된 것으로부터 기인한 결과로 판단된다.

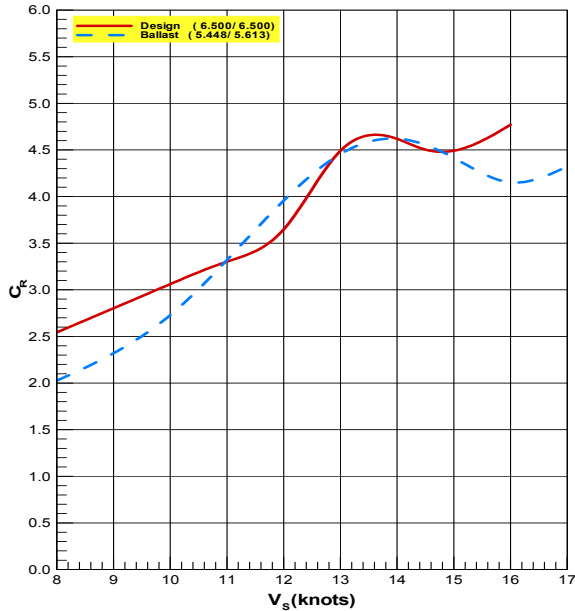


Fig. 8 Residual resistance curves for the initial hull form A

5.2 자항시험 및 해석

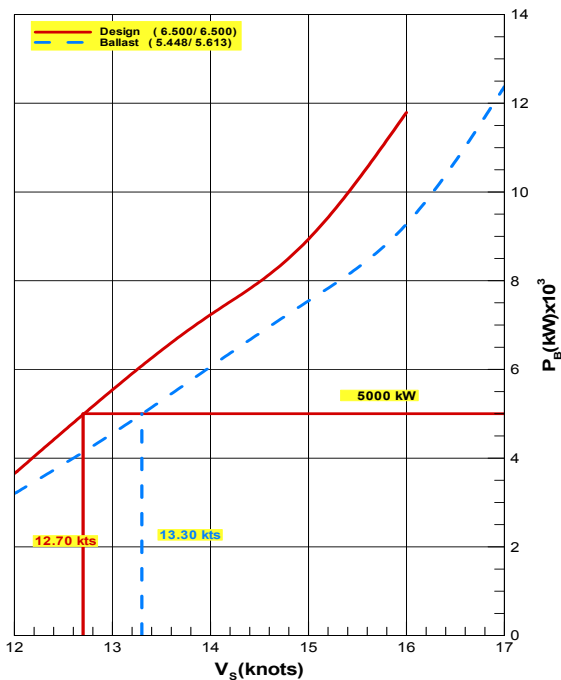


Fig. 9 Powering performance prediction for the initial hull form A (F1+A1)

자항시험은 재고 프로펠러 KP811/812를 이용한 쌍축의 Azimuth thruster로 설계 흘수와 발라스트 흘수에서 시험이 실시되었다. 자항시험에서 예측된 선속별 프로펠러 회전수와 토크 및 추력 값들로부터 해석한 결과를 Fig. 9와 같이 속도-마력 곡선으로 보인다. 설계흘수, 설계속도 14 노트에서 준추진 효율은 0.46 정도로서 예상했던 것보다 효율이 작게 나왔으며, 설계흘수에서 설계속도 14 노트 보다 낮은 약 12.7 노트로 추정되었고, 발라스트 흘수에서는 약 13.3 노트로 추정되었다. 따라서 대폭적인 선형 개선 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

6. 개선 선형설계

6.1 선형 개선안

초기 선형의 선수 선형은 조파저항 계산과 모형시험을 통해 선수부에서 큰 조파저항을 발생시키는 것을 알 수 있었다. 이는 선수 Cp 곡선 형상이 최적화되지 않았으며, 선수 벌브가 크며 상부가 설계흘수선에 걸쳐 있어서 과도한 조파저항을 유발시킨 것으로 파악된다. 또한 선미 끝단이 수면에서 많이 잠겨있어서 선미 끝단에 의해 커다란 와류와 침수표면적의 증가로 인해 잉여저항이 큰 것을 알 수 있다. 이러한 초기선형의 단점을 개선시키기 위해서 아래와 같은 대폭적인 개선을 꾀하였다.

- 1) 주요목 및 선형계수 개선
 - Lbp를 80 m에서 85 m로 하여 L/B를 증가시킴
 - 방형비계수 C_b 를 0.72에서 0.6846으로, L_{cb} 를 -2.5%에서 -1.76%로 수정하여 선미 체적을 줄임.
 - 중속선형에 유리하도록 Cp-curve 수정
 - 선수 어깨부 급격한 경사를 줄임
- 2) 선수 선형 개선
 - 선수벌브 길이를 늘림
 - 선수벌브의 위치를 설계흘수선 아래로 낮추고 high bulb와 low bulb, Ax bow 형태의 middle bulb 형상을 적용하여 서로 다른 3가지 선수선형을 도출하고 파형계산을 통하여 조파저항성능을 비교 검토함
- 3) 선미 선형 개선
 - 선미 끝단이 깊게 잠김으로 인해 발생하는 커다란 선미와류 저항을 감소시키기 위하여 선미 끝단 부분을 수선면 근처로 올림.
 - 전기추진시스템의 효과적 설치를 위하여 선미 profile과 늑골선 형상을 가능한 평평하게 설계함.
 - Head box의 제거로 인해 부가저항 감소 효과를 얻음.
- 4) 추진기 개선
 - 추진시스템 제작업체의 생산 사양을 고려하고, 프로펠러 직경의 감소로 인한 추진효율 저하를 방지하기 위하여 ducted Azimuth thruster를 채택함.

Table 3은 PSV 초기 선형과 개선 선형의 주요목적과 추진기 제원을 함께 비교하여 보인다.

Table 3 Comparison of principle dimensions (Initial hull form / Improved hull form)

L _{PP} (m)	80.00 / 85.00	
B (m)	20.00	
D (m)	8.60	
Draft	Design	Ballast
∇ _A (m ³)	7391 / 7588	6035 / 5300
T _F (m)	6.500	5.448 / 4.158
T _A (m)	6.500	5.613 / 5.633
T _{MEAN} (m)	6.500	5.531 / 4.895
KB (m)	3.608 / 3.710	3.065 / 2.852
LCB (%)	-2.46 / -1.76	-1.57 / -2.31
C _B	0.7075 / 0.6846	0.6799 / 0.6360
C _W	0.8842 / 0.9046	0.8646 / 0.8770
C _M	0.9868 / 0.9869	0.9845 / 0.9825
Azimuth thruster propeller	Diameter(m)	3.0 / 2.68
	P/D mean	0.8891 / 1.175
	Ae/Ao	0.7888 / 1.0102
	Z	4
Engine BHP	2,500 X 2 EA = 5,000 kW	

6.2 개선 선형설계 및 파형계산 해석

앞에서 도출한 개선안으로부터 선미부 선형을 개선하였고, 선수부 형상 개선을 위해 도출된 세 가지 형태의 벌브형상에 대한 파형계산을 수행하였다. 특히 선수 벌브형상은 high bulb와 low bulb, Ax bow 형태의 middle bulb 형상으로 설계하여 비교·검토하였다. Figs. 10, 11 & 12은 세 가지 벌브에 따른 선수 선형 변화를, Fig. 13에는 초기 선형과 개선 선형 (F3+A2)의 CP-curve를 비교하여 보여주고 있다

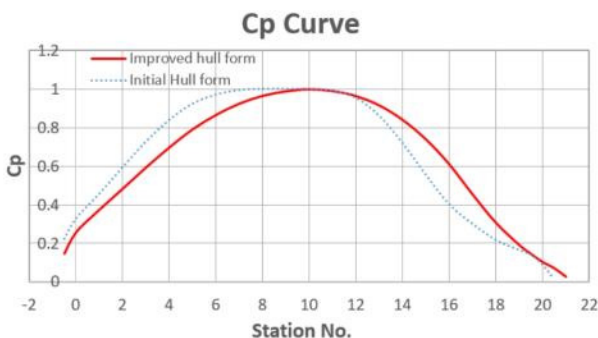


Fig. 10 Comparison of Cp-curves (F1+A1 vs F3+A2)

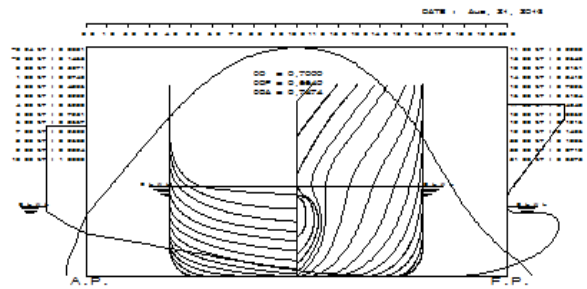


Fig. 11 Improved hull form I (F3 + A2)

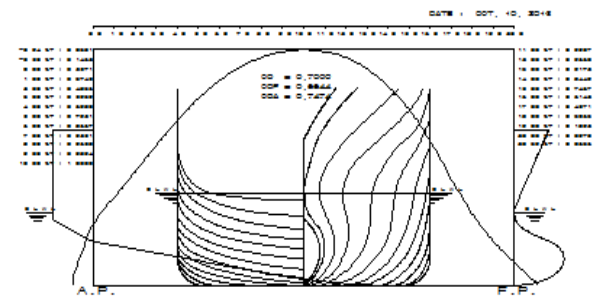


Fig. 12 Improved hull form II (F4 + A2)

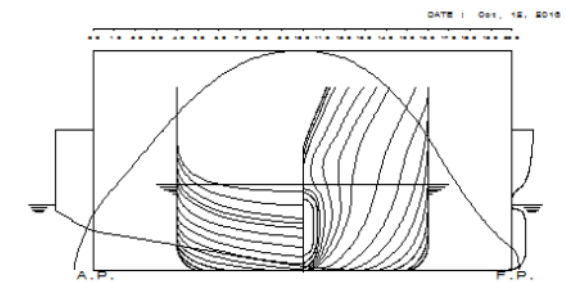


Fig. 13 Improved hull form III (F5 + A2)

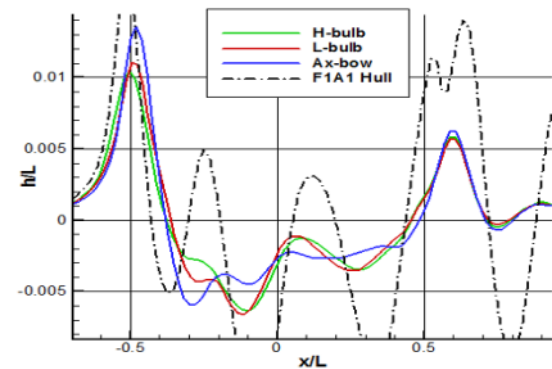


Fig. 14 Comparison of wave profile calculated by WAVIS's Rankine method at 14 knots

그 다음은 세 가지 선형에 대한 수치계산을 통해 우열을 비교하여 최종선형을 결정하는 과정인데, 선미부 형상은 동일한 선형을 대상으로 하였고 WAVIS ver1.3의 Rankine method를 이용한 조파저항 계산을 수행하였다. 여기서 선체표면 격자는 1,922개

의 패널로 구성하였고 자유수면 격자는 1,596개로 구성하였으며, 계산 선속은 14 노트로 Froude 수는 0.244 이다. Fig. 14에서 보이는 바와 같이 개선 선형은 선수부에서 시작되는 1차 선속 파고가 초기 선형 (F1A1)에 비하여 대폭 낮은 것을 보인다. 특히 개선 선형은 세 가지 벌브형태로 설계되었고, 계산 결과에서는 high-bulb 형상의 선형 (F3A2)이 가장 낮은 선수파를 보이므로 조파저항 관점에서 가장 우수한 것으로 판단된다. 이에 high-bulb 형상의 선형을 최종 개선 선형으로 선정하였다.

6.3 개선 선형 모형시험 및 결과비교

개선 선형에 대한 모형시험은 설계 흘수와 발라스트 흘수에서 저항시험과 자항시험을 통해 저항추진성을 평가하고자 하였다. Fig. 15는 개선 선형의 저항시험 모습을 보여주고 있는데, 초기 선형에 비하여 대폭적으로 개선된 파형을 보이므로 저항성능의 대폭적인 개선을 짐작할 수 있다.

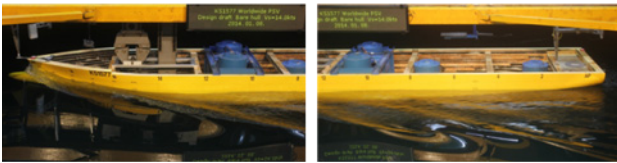


Fig. 15 Resistance test for improved hull form at 14 knots

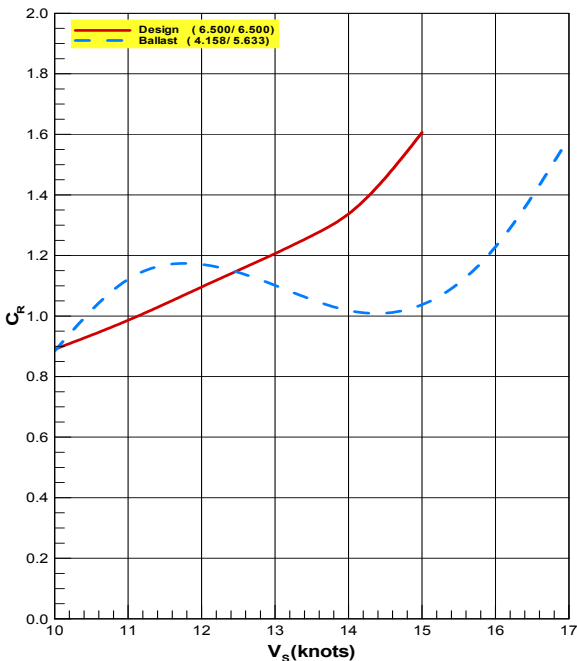


Fig. 16 Resistance curves of improved hull form

저항시험 결과로서 잉여저항(CR)을 Fig. 16에 보이는데, 설계 흘수 14노트에서 개선 선형의 잉여저항이 1.337×10^{-3} 로서 초기 선형의 4.5×10^{-3} 에 비하여 약 70% 정도 개선되었다.

자항시험 해석결과로부터 각 흘수에서 추진마력 대비 속도 곡

선을 Fig. 17에 보인다. 개선된 선형의 저항성능이 대폭 개선되었고 추진효율도 초기 선형보다 약간 개선됨에 따라서 전반적으로 속도가 크게 향상되었다. 즉, 5,000 kW의 동력으로 15%의 sea margin을 고려한 해상상태에서 설계 흘수에서 14.9 노트, 발라스트 흘수에서 대략 16.1 노트의 속도가 도달 가능한 것으로 추정되었다.

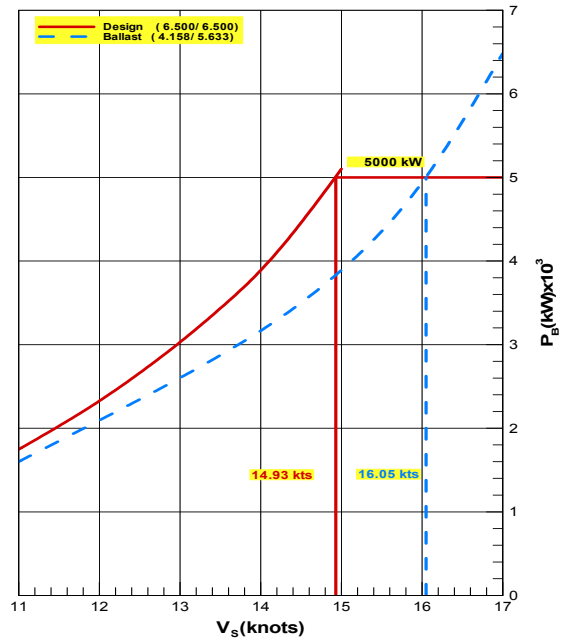


Fig. 17 Powering performance prediction for the improved hull form

7. 결론

본 연구에서는 PSV의 설계 기본계획과 개념설계를 통하여 기본설계를 진행하였다. 초기 설계 검토를 통하여 초기 선형을 도출하였고, 모형시험 결과를 바탕으로 선형 개선 방안을 도출하고, 선형을 수정하여 개선된 최종 선형을 설계하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

우선 PSV 선박에 대한 개념설계와 기본설계를 통해 선형개발 단계에서 고려되어야 하는 여러 가지 요인들 중 작업, 운송, 및 주요임무 등을 정리하여 설계에 반영함으로써 중소조선소의 선형설계 능력 향상에 기여하고자 하였다.

실적선의 외형을 바탕으로 설계된 PSV의 초기 선형에 대한 모형시험을 수행하였으나, 저항추진성능 평가 결과가 초기에 목표로 한 성능에 많이 미치지 못하는 것을 확인하였고 이에 대한 원인분석을 통하여 선형을 개선하였다.

개선 선형은 저항의 관점에서 초기 선형 결과와 비교 시 잉여저항의 경우, 초기 선형 대비 약 70% 정도 대폭 개선된 결과를 얻었고, 설계흘수의 14 노트에서 추진효율도 기본 선형에 비해 5% 정도 개선된 결과를 얻었다. 따라서 개선 선형은 초기 선형보다 18% 정도 속도성능이 향상된 것으로 판단된다.

또한 조파저항계산이 여전히 선형개선에 효과적인 역할을 할 수 있음을 확인하였다.

끝으로, 본 연구 과정과 결과는 일반해역 운항용 PSV 표준선 기본 설계에 유용하게 참고가 될 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부의 산업원천기술개발사업인 “극지용 PSV 핵심기술 개발(PNS1930)”과 해양수산부의 국가연구개발사업인 “북극항로 운항선박용 항해안전지원시스템 개발(PMS3640)”에 의해 수행되었습니다.

References

- Kim, E.C. & Yang, S.I., 1987. The Development of the analysis program for the resistance and propulsion test result. *Bulletin of KIMM*, 17.
- Paul Bartlett, West Africa's OSV promise. *Seatrade Maritime News*, (Posted 01 October 2013) Available at: <http://www.seatrade-maritime.com/news/middle-east-africa/west-africas-osv-promise.html> [Accessed 10, May, 2017].

- Park, K.S., 2015. Forecast of Offshore Support Vessel(OSV) and our strategies. The Korean Society for Marine Environment & Energy. *Proceedings of KAOSTS 2015*, p.135.



염종길

강국진

이영연

이춘주



옥군도