

2척 선단 선망본선의 주요성능에 관한 연구

최 낙 경/한국중소조선기술연구소 소장

1. 서 론

최근 어선어업은 연안 해역의 오염, 과다 선복량 및 어획강도 증강에 따른 남획, 세계 주요 연안국의 배타적 경제수역 선포로 인한 어장상실, 총 허용어획량제도(TAC), WTO의 출범에 따른 수산물수입개방, 한·일어업 협정의 타결에 따른 어장의 감소, 어선 승선기피로 인한 인력난 및 인건비 상승, 유류비 인상 등의 불안정한 국내·외의 주요 여건 등의 원인으로 최대의 경영난에 봉착, 한계에 직면하고 있다(강병운, 1998).

그 중에서도 특히 선망어업은 5~6척의 어선이 선단을 이루고 75~78명의 대규모 선원이 조업하는 대표적인 노동집약적 어업이어서 새로운 어업환경 하에 업종 유지, 존속을 위해서는 선단의 소규모화 또는 단선조업 방식 등이 절실히 요구되고 있다. 이러한 추세에 따라 최근 선망어업은 소선단화 또는 단선조업 방식 등의 새로운 조업시스템에 관한 연구가 활발히 수행되고 있으며, 선단편성에 따른 기능 재정립과 경제성 검토, 기존 선망어업의 생인력화 요소도출을 통하여 생인력화 및 경제적인 측면

에서 여러 가지 방안들이 제시되고 있다(최낙경 등, 2000).

본 연구는 이러한 선망어업의 여러 가지 선단편성 방식 중에서도 2척 선단조업 시스템에 관하여 선단구성 선박별 기능재정립을 통하여 가능한 조업시스템을 간략히 살펴보고, 2척 선단 선망어선 본선에 관한 선형설계 결과를 토대로 조선공학적인 계산을 통하여 복원성능과 내항성능을 검토해 보았다.

또한, 모형선을 제작하여 회류 수조시험을 통해 파형 관측시험, 프로펠러 단독시험 및 저항·추진성능 등의 주요성능 특성을 시험, 검증함으로써 2척 선단 선망본선에 관한 선형설계 핵심기초 요소기술을 확보하였다.

2. 2척선단 선망어선 본선의 특성

2.1 일반배치 및 조업시스템

2척 선단 선망어업은 어탐기능과 어창을 갖춘 본선, 등선 겸용 운반선으로 이루어진다. 한편, 이를 조업시스템의 관점에서 기능별로 기존의 5~6척 선단과 비교해보면 Table 1과 같다.

Table 1 Comparison of function of 2 vessel type & existing purse seiner

	2 vessel purse seiner	Existing fleet
Fleet formation	Main vessel1, Carrier1	Main vessel1, Lighting boat2, Carrier3
Fish-luring	Main vessel, Carrier	Main vessel 1, Lighting boat 2
Fishing net	Main vessel (sea anchor)	Main vessel, Lighting boat
Land net	Main vessel (side thruster, triplex, net crane)	Main Vessel (power-block) Lighting boat
Pulling up fish	Main vessel, Carrier (use a fishpump)	Main vessel (main vessel assistance) 2lighting boat (carrier assistance) carrier
Carriage	carrier→port, the others continue operation	carrier→port, the others continue operation

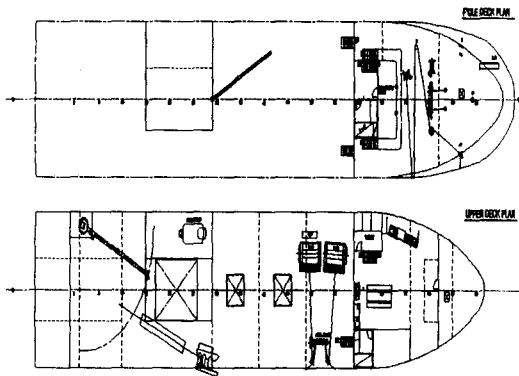


Fig. 1 Initial deck arrangement of 2 vessel purse seiner

그리고, 2척 선단 선망어업의 어로설비는 운반선의 경우에는 기존선과 유사하게 배치되나 양망 시에 피쉬펌프를 사용하는 것에 차이가 있다. 또, 본선의 경우에는 기존 본선 기능과 등선의 보조기능을 보완하기 위한 각종 장치가 선

박중앙부와 선미부에 집중 배치된다. 이를테면, Fig. 1과 같이 선미작업장 네트크레인 설치 및 그물적재장소, 중앙작업장에는 트리플릭스 양망기, 피쉬펌프, 줌출원치 2대 및 기타 보조 원치가 설치되고, 선수루 작업장에는 윈들리스 및 계선계류 장치 등이 배치된다.

이밖에도, 2척선단 선망어선 대부분의 조업작업이 본선에서 이루어지기 때문에 작업의 편의성을 고려해 넓은 갑판 공간을 갖는다. 또 본선의 선수미 하부에는 양망 시 그물이 영끌어지거나 선저로 유입되는 현상을 막기 위해 사이드 스톱스터를 설치하고 있다.

한편 어로작업은 본선을 중심으로 이루어진다. 우선, 첫 조업작업으로 운반선의 어창에 어획물을 먼저 채우고 나면, 어획물을 적재한 운반선은 어항으로 돌아가게 된다. 본선은 단독으로 조업을 계속하여 어획물은 본선의 어창에 적재한다. 그리고 운반선이 돌아오면 운반선의 어창에 본선의 어획물을 옮겨 실게되며, 운반선과 본선의 어창규모의 차이에 따른 운반선의 여분 어창을 채워가며 함께 조업한다.

2.2 주요요목

2척 선단 선망어업을 목표로 개발된 본선의 경우 규모는 선단 구성선박의 기능 재정립, 자체 어창확보, 조업시스템의 차이 등으로 인해 기존의 G/T 130톤 보다 약 90톤 가량 큰 G/T 220톤 정도로서 주요치수 및 요목은 Table 2와 같다.

3. 2척선단 선망본선의 선형설계

2척 선단 선망본선의 선형설계는 수집된 3척의 기존 선망본선의 선형에 대해 선형가분원리를 적용하여 가장 우수한 선형을 선정하고, 이와 함께 일반배치도상의 요건을 고려하여 설계하였다.

Table 2 Principal particulars of design ship

Item	Particular
LBP	45.00 m
B (mld)	10.00 m
D (mld)	4.30m
d	3.40m
Light weight	abt. 550 ton
Dead weight	abt. 300 ton
Block coefficient	0.542
Fishing ground	around jeju island
Ship speed	abt. 14.0 knots
Voyage period	abt. 25 day
Crew	24
Fish hold apacity	200 m ³
G/T	230 tons clas

3.1 선수형상

선수부분에 중앙횡단면적비 14%의 High nose implicit형 고속형별브를 설치하여 라이징(Rising) 속력 이상시 조파저항을 감소하도록 고려하였다. 또한, 선수시어(Sheer), 불워크(Bulwark) 높이, 플레어(Flare)를 크게 하여 향파(Head Sea)에서의 내항성을 향상시키고, 선수루를 실적선보다 50% 가량 크게 하여 충분한 예비부력 확보와 함께 복원력 향상에도 기여될 수 있도록 하였다.

3.2 선미형상

선미형상은 Steep한 Frame 형상을 갖는 U형으로 설계하였고 AP후부에 수선간장비 10%의 순양함형 트랜섬선미를 두어 추진효율 및 복원성이 우수하도록 하였다. 또한, 프로펠러는 1축이며 후타실하부와 슈우피이스의 간격을 크게하여 대직경의 프로펠러를 설치하여 단독효율을 향상시켰다.

3.3 수선면 형상

계획선의 수선면 형상은 수선면 주변의 물의 흐름을 완만하게 하여 저항감소에 기여될 수 있도록 고려하였다. 이에 계획선의 속장비가 중속선 범주임을 감안하여 선수부 어깨까지 이르기까지에 변곡점이 생기지 않은 한에서 설계홀수에서의 선수부의 유입각(entrance angle)을 가급적 작게 하였으며, 선미부와의 매끄럽게 연결될 수 있도록 고려하였다. Fig. 2는 이상과 같은 관점을 고려하여 설계된 계획선의 정면선도를 보인 것이다.

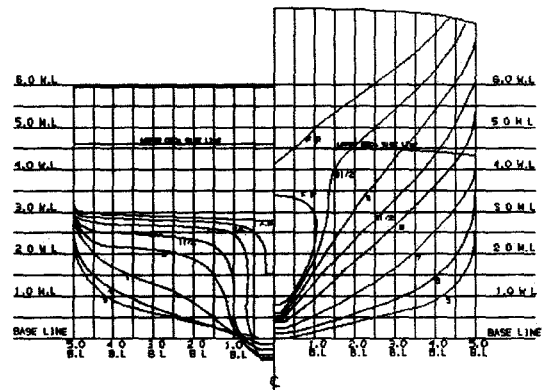


Fig. 2 Body plan of design ship

4. 기본성능 검토

4.1 복원성능 검토

계획선의 오프 세트 치수를 토대로 톤수 계산, 복원성 검토 등 조선공학적 제계산을 수행하였다. 복원성은 CASHIP 프로그램을 사용하여 계산하였으며, 해양수산부고시 제1998-91호에 따라 배 길이(등록장) 40m 이상의 복원성 규정에서 횡요각 30~40°사이의 GZ면적 기준을 적용하여 가장 위험한 만재상태에서의 복원성을 검토하였다(해양수산부, 1999).

복원성 검토는 상호비교를 위하여 G/T 129톤급의 실적선과 G/T 220톤급의 계획선을 대상으로 하였다. 계산결과 실적선의 경우에는 최대복원정(GZmax) 각도는 약 17°, GZ곡선하 면적은 0.010(M-R)이고, 계획선은 이들 값이 각각 약 27°, 0.083 (M-R)인 것으로 나타났다. 이는 기준치 25°, 0.030 (M-R)를 계획선은 만족하지만 실적선은 만족하고 있지 않음을 의미한다. Fig. 3은 만재상태에서의 복원정 곡선을 보인 것으로 Curve A, Curve B는 각각 계획선과 실적선을 의미한다.

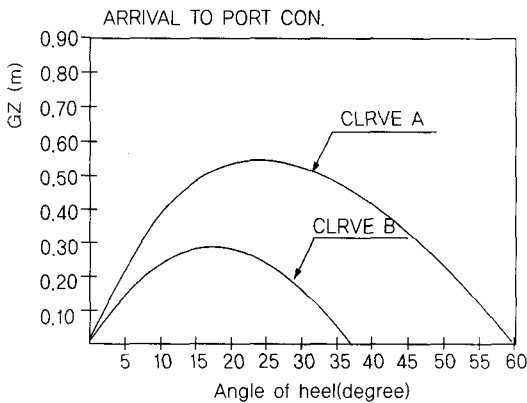


Fig. 3 Curve of the GZ on arrival to port condition.

4.2 내항성능 추정

계획선의 내항성능은 전산해석 프로그램 MOTNHW를 이용하여 이론 계산하였으며, 우선 규칙파중의 선체운동응답을 구하고 다시 이를 토대로 St. Denis와 Pierson Moskowitz의 선형중첩이론에 따라 불규칙파중의 선체운동응답은 추정하였다. 검토대상은 계획선의 전장을 20 등분하였을 때에 F.P와 17스테이션에서의 선수파중 Deck Wetness 현상과 슬래밍 현상의 운동응답을 기준으로 하였으며, Fig. 4과 Fig. 5에 그 결과를 나타낸 것이다.

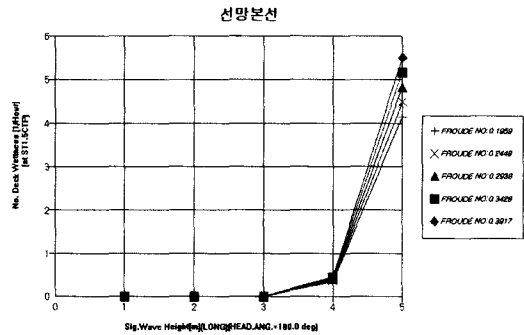


Fig. 4 Irregular response of deck wetness at F.P

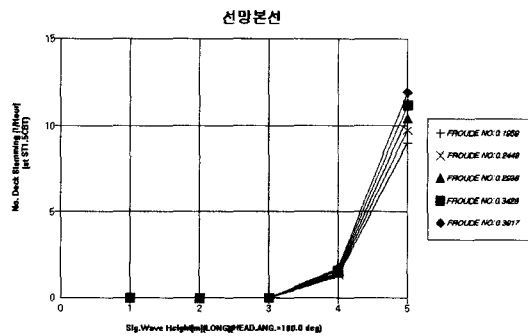


Fig. 5 Irregular response of slamming at ST. 17

일반적으로 내항성능의 정량적인 추정 기준으로는 갑판이 물을 덮어쓰는 현상이 10회/시간, 슬래밍 현상이 5회/시간의 범위 내이면 안전한 상태라 본다 (미국조선학회, 1999). 추정결과 두 현상 모두가 유의파고 3~4m의 선수파중에 F.P와 17스테이션 위치에서 시간당 5회 이내로 나타나 비교적 양호한 운동응답 특성을 지닌 것을 확인할 수 있었다.

5. 선형수조시험

계획선의 저항 및 추진특성을 파악하기 위해 회류수조를 이용하여 모형주위의 파형관측과 저

항시험, 자항시험, 프로펠러 단독시험 등을 수행하였다.

5.1 시험설비 및 모형

선형수조시험은 한국중소조선기술연구소가 보유한 회류수조를 이용하였으며 그 주요제원은 다음과 같다.

- 형식 : 수직순환형 2 임펠러
- 본체(L×B×D) :
17.6m × 3.1m × 6.40m
- 관측부 (L×B×D) :
6.0m × 2.0m × 1.55m
- 속도범위 : 0.1~3.0m/sec

한편, 계획선의 모형은 회류수조의 적정 유속과 실선의 계획속력을 기준으로 축척비를 1/30.0으로 하여 목재로 제작하였으며, Table 3은 관련주요치수를 실선과 비교하여 나타낸 것이다. 그리고 모형선의 9, 9.5 스테이션에는 실선 운항상태와 같은 선체주위 난류유동을 재현하기 위해 직경 1.6mm, 높이 2mm의 난류촉진용 못을 10mm 간격으로 양현에 걸쳐 부착하였다.

Table 3 Comparison of principal particulars of model ship with mother ship

Particulars	Full Load		Sea Trial		
	Ship	Model	Ship	Model	
Lwl(m)	45.00	1.500	45.0	1.500	
B (m)	10.00	0.333	10.00	0.333	
D (m)	4.30	0.140	4.30	0.140	
d(m)	df	3.40	0.113	2.10	0.070
	da	3.40	0.113	3.20	0.107
S (m ²)	634.6	0.705	542.10	0.602	
▽(m ³)	830.0	0.0307	561.4	0.0208	

5.2 파형관측시험

계획선의 저항시험에 앞서 조파현상의 정상유무를 비롯한 선체 주변의 전반적인 물의 흐름상태를 관찰하기 위해 파형관측시험을 실시하였다. 파형관측 시험은 계획선의 만재상태와 시운전상태로 나누어 계획속력으로 수행하였다. 이에 따르면 계획선의 선체주변으로 물의 흐름이 완만하며, 조파현상도 정상적인 형상을 보여 주고 있다고 판단할 수 있었다. Fig 6은 시운전상태에서의 파형관측시험 광경을 보인 것이다.



Fig. 6 Photograph of the wave patterns for sea-trail condition

5.3 저항시험

저항시험은 만재상태와 시운전상태를 대상으로 타(rudder)를 부착하고 전후방향의 부심 위치를 예인점(towing point)으로 하여 시험을 수행하였으며, 1978 ITTC 해석법을 근간으로 한 Froude 방법을 적용하여 해석하였다.

저항시험 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 뚜렷하게 나타나지는 않았지만, 만재상태에서 잉여저항계수(CR)가 14knot 부근에서 약간의 Hump현상을 보여주고 있다. 따라서, 이는 유사 실적선을 기준으로 한 설정한 계획속력 14knot보다 약간 상향조정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

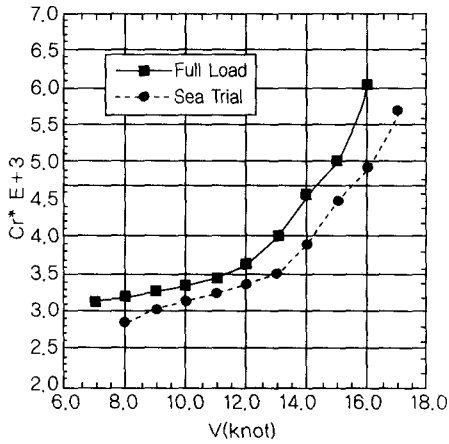


Fig. 7 Comparison of Residual resistance coefficient.

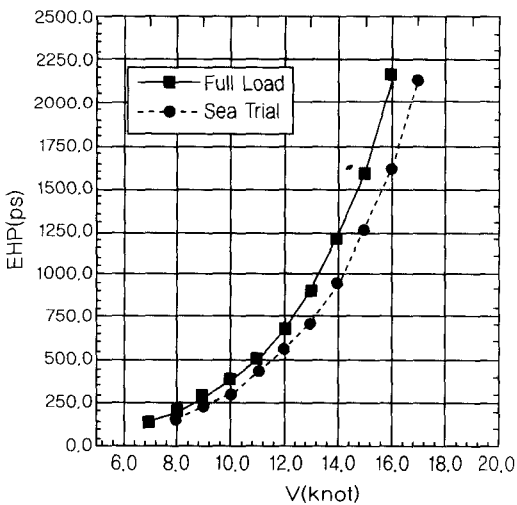


Fig. 8 Comparison of effectiveness horsepower

한편, 잉여저항계수는 Fig. 7에서 알 수 있는 바와 같이 전속도 구간에 걸쳐 만재상태와 시운전상태 상태 모두 거의 유사한 경향을 보이며, 만재상태 계획속력 14knot에서 잉여저항계수는 약 0.00455 정도인 것으로 나타났다. 그리고 이를 토대로 마찰저항계수 (C_f), 상관수정계수, 공기저항계수 등을 고려하여 유효마력 (EHP)을 구하면 Fig. 8과 같이 주어진다.

5.4 저항·추진시험

계획선의 저항·추진성능의 추정에 필요한 각종 계수를 구하기 위하여 프로펠러 단독시험과 저항시험을 수행하였다.

5.4.1 프로펠러 단독시험

계획선의 각종 추진계수를 구하기에 앞서 우선 프로펠러 단독효율을 구하기 위하여 재고프로펠러를 사용하여 프로펠러 단독시험을 행하였다. 시험에 사용된 재고프로펠러는 계획선의 기관출력과 회전수, 설계선의 홀수와 프로펠러 설치부 등을 고려하여 선정하였으며, Table 4에 그 주요제원을 나타낸 것이다.

Table 4 Principal particulars of stock propeller

Particulars (Scale:1/30)	Ship	Model
Diameter (mm)	3200	106.67
Propeller pitch ratio, mean	0.954	
Expanded blade area ratio	0.581	
Boss-Diameter ratio	0.180	
Propeller type	FPP-MAU	

프로펠러 단독시험은 수심을 모형 프로펠러 직경의 1.2배 로 하고, Fig. 9에 나타낸 단독효율곡선으로 검토한 결과, 전진진계수(J = Va/nD) 0.8에서 효율이 0.6253로 가장 우수한 것을 확인할 수 있었으며, 그리고, 이때의 프로펠러 상대속도(Va)는 1.36knot로 추정되었다.

5.4.2 저항시험

계획선의 저항시험과 프로펠러 단독시험에 이어 실선 프로펠러 설계와 탑재 엔진의 소요마력 산정에 필요한 각종 추진계수를 구하기 위하여 저항시험을 실시하였다. 시험은 정도항상을 기

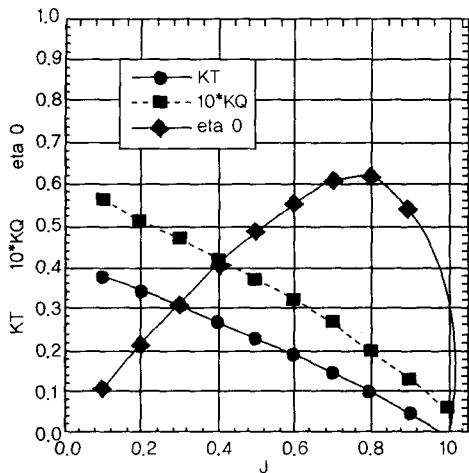


Fig. 9 Open-water characteristics of the stock propeller

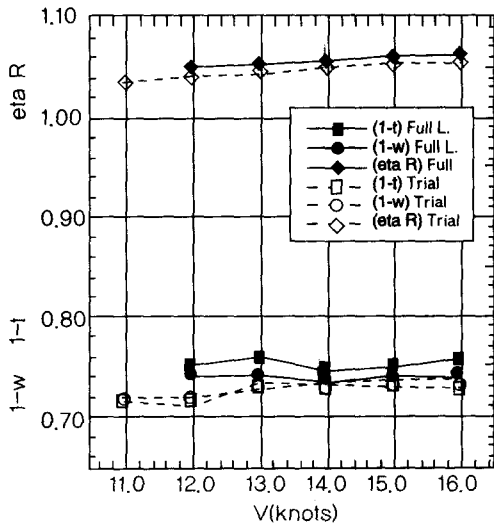


Fig. 10 Comparison of Self-propulsion coefficient

하기 위하여 자항점에 대해 저항치를 단계별로 나누어 적용하였다(Nishimoto, 2002). Fig. 10은 계획선의 만재상태와 시운전상태에서의 시험결과 나타난 선박의 속력에 대한 자항계수를 보인 것이다.

시험결과, 추력감소계수(1-t), 상대회전효율

(η_R)은 정량적으로 거의 일치하고 있지만, 반류계수(1-w)는 0.03~0.04정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 그리고, 이러한 시험결과를 토대로 초기 계획속력 14knot에서의 추력감소계수(1-t), 반류계수(1-w), 상대회전효율(η_R)은 각각 대략 0.736, 0.728, 1.052로 주어졌다.

이상과 같은 계획선의 저항, 프로펠러단독시험 및 자항시험 결과 자료를 토대로 운항상태별로 속력에 대응한 마력과 회전수를 구하면 Fig. 11과 같이 주어진다. 이 표를 통하여 계획선의 제동마력은 계획속력 14knot에서 2,400(ps)정도이며, 이때의 회전수는 177rpm 정도임을 확인할 수 있다. 그리고, 이를 엔진 최대연속출력의 약 85%로 보면, 탑재 엔진의 마력은 최소 약 2820(ps) 추정된다.

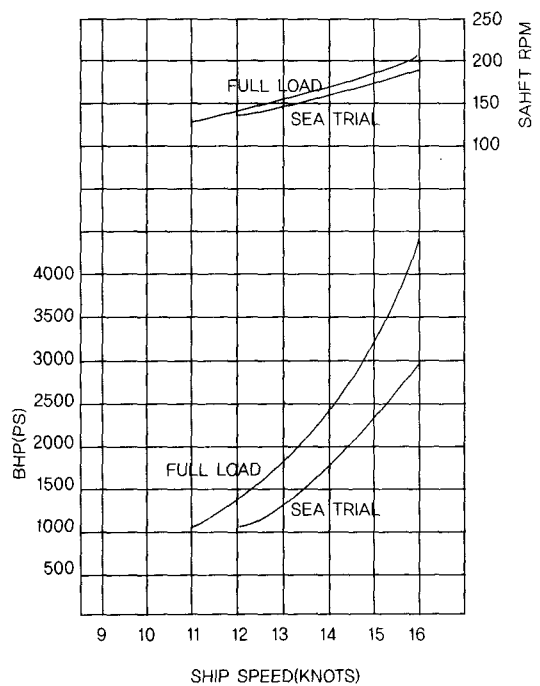


Fig. 11 Speed-horse power curve on design ship

5. 결 론

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 2척선단 선망본선의 선형개발을 위해 조선 공학적 제 계산을 거쳐 복원성능과 내항성능을 추정하고, 회류수조 모형시험을 통해 저항 및 저항·추진요소를 구함으로써 우수한 성능의 2척선단 선망 본선의 선형개발에 필수적인 유용한 기초자료를 마련하였다.
- 2) 계획선의 초기계획속력 14knot는 저항시험 결과 14.0knot에서 약간의 Hump현상이 나타나는 것으로 보아 0.5knot정도 상향조정하는 것이 바람직하다. 또한 프로펠러 단독시험과 저항시험을 통하여 만재상태 계획속력 14knot에서 만재상태 계획선의 제동마력(BHP)은 약 2400(ps), 회전수는 177rpm인 것으로 나타났으며, 이를 토대로 탑재엔진의 소요마력을 추정하면 최소 약 2820(ps)가 필요한 것으로 나타났다.
- 3) 계획선의 내항성능은 선수과중 F.P 갑판 위치에서 시간당 Deck Wetness 횡수와 17 스테이션 선저부분에서의 슬래밍 횡수

를 기준으로 하면 유의파고 3~4m에서 시간당 5회 이내인 것으로 나타나 양호한 내항성능을 가지는 것으로 판단할 수 있었다.

- 4) 이밖에도 잉여저항계수와 유효마력곡선의 경향이 만재상태와 선수벌브가 노출되는 시운전상태에서 유사하게 나타남으로서 선수벌브 형상도 적절하게 선정하였음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 강병운(1998), “어선어업 주변환경과 중소조선업”, 한국중소조선기술연구소 세미나 자료
- 최낙경 외(2000), “선단조업어선의 생인력화에 관한 연구”, 해양수산부 수산특정연구개발사업 연구보고서
- 해양수산부(1999), “선박복원성 기준”, 해양수산부 고시 제98-91호, pp 23-29
- 미국조선학회(1966), “기본조선학”, 대한교과서 주식회사, pp 1082-1099
- Nishimoto(2002), “Hull form development of coast fishing boat by effective use of CWC”, West Japan Fluid Engineering Laboratory Co. report