

소형 다동체 레저낚시어선의 선형설계에 관한 연구

이승희, 이영길/인하대학교 기계공학부 선박해양공학전공 교수
강대선/선박검사기술협회 기술연구소장

요 약

쌍동선이나 삼동선과 같은 다동체를 가진 선박의 선형과 유체 동력학적 특징들에 대하여는 실험과 동시에 수치적으로 널리 연구되어 왔다. 본 연구는 소형 다동체 레저낚시어선의 선형개발에 관한 연구로서 모형실험은 인하대학교 선형시험수조에서 수행되었으며, 수치계산은 Euler방정식의 유한차분해법이 이용되었다.

지금까지 우리나라에서 수행된 소형 다동체 레저낚시어선의 선형개발 현황을 살펴보면 배의 길이 LOA 15m, LBP 12m, 총톤수 9.77톤, 경하배수량 15.1톤인 쌍동선은 이미 선형개발이 완료되어 몇 척은 이미 건조되어 운항 중에 있는데, 이는 선박검사기술협회의 위탁사업으로 인하대학교 황해권 수송시스템 연구센터(CTYS)에서 낚시전용어선으로 선형개발한 것으로서 선체의 재질은 FRP(Fiber Reinforced Plastics)이고, 주기관은 디젤엔진 360ps×2800rpm×2sets(시제선 시운전시에는 한 단계 낮은 283ps×2600rpm×2sets 장착)에 워터제트(Water Jet)추진시스템을 채용하였으며, 모형시험과 시제선의 시운전 결과를 분석할 때 설계대로 건조시 최고항해속력 23노트 이상이 가능할 것으로 예측되었는데, 새로운 선형에 대한 구조해석적인 문제와 톤수측정기준 적용의 이견 등에 따라 전반적으로 효율성 미흡 및 갯바위 접안곤란 등 몇 가지 단점이 발견되었다. 이러한 사항을 바탕으로 현재는 배의 길이 LOA 17m, LBP 14m(Side Hull 6m), 총톤수 9.77톤, 경하배수량 11.2톤인 삼동선형의 개발을 목표로 CTYS사업으로 추진중에 있는데, 이 논문에서는 CTYS사업과 관련하여 소형 다동체 레저낚시어선의 선형설계에 관하여 기술하고자 한다.

1. 서 론

국민소득의 증가와 여유로운 여가생활이 정착됨에 따라 해양레저산업에 대한 국민적 관심이 고조되면서 해상관광수요가 폭발적으로 증가하였다. 주 5일제 도입으로 다양한 레저활동을 추구하고

있으며, 젊은 세대는 전쟁과 가난의 회상에 잠겨있는 구세대와의 차별성을 요구하고 있다. 이러한 사회적 추세에 따라 해양레저산업에 대한 요구가 증가함에 따라 해양레저보트의 수요도 증가추세에 있다. 해양 레저활동은 소형선박의 설계에 있어서 과거와 차별화되는 새로운 개념의 설계나 목적을

요구하고 있다. 이것은 아마도 고속보다는 안락함, 기능보다는 안정성, 해양활동의 적합성보다는 고객의 마음을 사로잡는 선형 등일 것이다.

여러 가지 해양레저활동은 연안지역에서 이루어지고 있으며, 여기에는 해양오염, 해안침식, 토사침전 유동, 반류침식 등과 같은 환경문제가 뒤따르게 된다. 다동체를 가진 레저보트는 이러한 제약조건에 대하여 효과적으로 대응할 수 있는 선형이라 할 수 있다. 쌍동선과 삼동선은 해양레저활동뿐만 아니라 해변에서의 배가 지나간 후 조파에 따른 침식에 대하여 충분한 안전성을 보장하고 있다. 현재의 연구진행은 레저활동을 위한 수치적 및 실험에 의거한 실용적인 다동체 소형보트 설계가 어느 정도는 이루어진 상태에 있다.

한반도와 중국 본토 사이에 위치한 황해는 전형적인 천수해이며, 평균 깊이는 단지 45m이다. 바다를 둘러싸고 있는 황해권은 고도 경제성장의 지역으로 알려져 있으며, 한국과 중국의 거대한 대도시와 산업단지로 둘러싸여 있다. 2008년 베이징 올림픽 이후 해양레저활동의 폭발적인 증가를 예상하고 있는 중국은 황해권에 해양레저활동을 위한 기반시설을 개발하려 총력을 기울이고 있다.

이러한 시기로 볼 때 쌍동선형 레저보트는 이 지역의 특성과 환경에 매우 적합한 선형이라 할 수 있다. 전형적인 단동체 선형과 달리 쌍동선의 선체 사이의 거리는 매우 중요한 설계요소이다. 이에 따라 본 연구에서는 수심조건을 달리하며 인접한 선체에서 발생한 파도의 상호작용에 대하여 선체 사이의 거리에 따른 영향을 알아보았다. 또한 천수조건이 조파저항에 미치는 영향을 해석해 보았다. 모형실험은 인하대학교 선형시험수조에서 수행되었으며, 수치해석을 통하여 쌍동선의 실험결과와 기존 실적선 자료와 비교하였다. 본 연구를 통해 9.77톤급 레저낚시어선이 건조되었으며 성공적으로 시운전을 마무리해서 주로 수도권과 가까운 서해안에서 운행되고 있다.

삼동선 또한 위의 요구조건을 만족하고 있는 또 다른 선형들 중의 하나이다. 안정성을 보장하

고 더 넓은 갑판면적을 확보하기 위해서 하나의 큰 주 선체와 두 개의 작은 보조선체로 이루어져 있다. 보조선체는 횡요운동에 대하여 상당한 복원 모멘트를 만들며 외부위협으로부터 주선체를 보호할 수 있다. 넓은 갑판 면적은 그 크기에 따라 헬리콥터 이착륙공간이나 군용 시설뿐만 아니라 배낚시를 포함한 다양한 해양레저활동 목적으로 이용할 수 있다. 물론, 삼동선은 낮은 속력에서 마찰저항이 크거나 파도 중에서 요동이 심하고, 제어가 어려운 점과 내부의 공간이 세 부분으로 분리되어 있어 공간의 효율성이 떨어지며, 일반배치 및 추진시스템배치에 어려운 점이 있는 등 몇 가지 결점들도 가지고 있다. 다만, 본 연구에서는 모형실험과 MAC(Maker and Cell)법을 사용한 수치해석을 통해 설계한 배수량 7톤급 삼동선형에 대해서도 검토하여 보았다.

2. 선형설계

2.1 쌍동선 설계

CATA I은 남해안에서 현재 운항 중인 쌍동선형 여객선을 약간 수정을 한 선형이다. CATA II는 CATA I이 어깨부분과 중앙부와의 연결이 매끄럽지 못해 저항성능에 문제가 있다고 판단되어 이를 개선한 선형이며, CATA III는 CATA I과 CATA II에 비하여 흘수를 낮추어 수심제한이 심한 항로를 고려하여 설계하였다. 끝으로, CATA IV는 모형선 실험과 수치해석 시뮬레이션을 통해 얻은 자료와 축적된 경험으로부터 설계한 레저낚시보트의 최종선형이다.

CATA I case

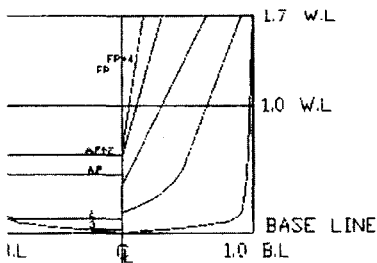
CATA I은 파랑관통형 쌍동선을 목표로 설계하였다. 유사선형에 대한 조사를 토대로 주요요목을 결정하여 설계하였으며, 설계는 Autoship과 Tribon 등을 통하여 수행하였다. 또한, CATA I에

대한 모형시험을 수행하였으며, 모형시험은 운항 항로의 평균수심(8m)을 고려하여 심수와 천수조건에 대하여 각각 수행하였다. 또한, 간격비에 따른 저항성능을 파악하고자 s/L 에 따른 실험도 천수와 심수조건에 대하여 각각 수행하였다.

〈표 1〉 Principal dimensions of CATA I

Dimensions	Proto type	Model
L_{WL} (m)	38.0	1.9
B (m)	12.0	0.6
b (m)	2.0	0.1
d (m)	1.7	0.085
D (m)	4.5	0.225
s/L_{WL}	0.263	
CB	0.589	

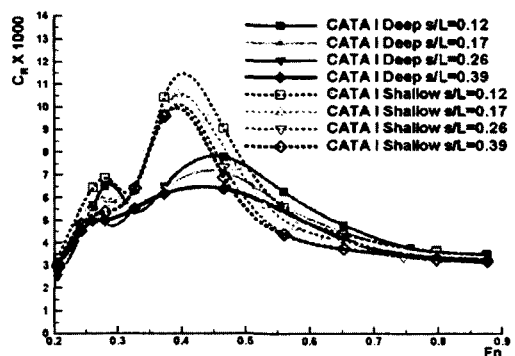
쌍동선의 간격비(s/L)는 쌍동선의 저항특성에 영향을 주는 중요한 요소이다. 본 연구에서는 이러한 쌍동선의 간격비에 따른 저항특성을 파악하고자 간격비(s/L) 0.12, 0.17, 0.26, 0.39에 대하여 수행하였으며, 0.26은 최종 설계간격비이다. 여기에서, s 는 두 보조선체의 중심선 사이의 거리이며, L 은 수선간장(L_{WL})이다. 설계속도는 25knots이며, 〈표 1〉과 〈그림 1〉에서 CATA I의 주요제원과 정면도를 보여주고 있다. 선수부는 조파저항성능의 향상을 목표로 선체를 날씬하게 하는 방향으로 설계하였다. 선미부는 추진기관을 설치할 경우의 공간을 고려하여 중앙횡단면에서 선미쪽으로 연속하여 동일한 박스타입의 형태로 설계하였다.



〈그림 1〉 The body plan of CATA I

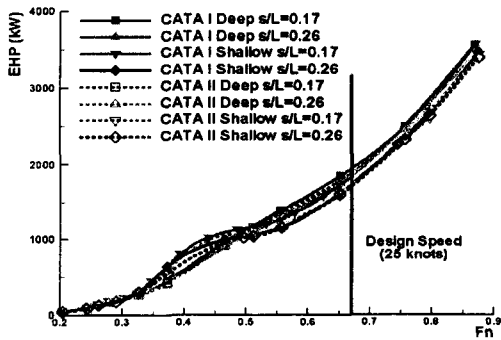
실험은 축적비가 1/20인 목재 모형선으로, 만재흘수에서 0.12, 0.17, 0.26, 0.39의 4가지 간격비(s/L)에 대하여, 심수조건과 천수조건으로 나누어 총 8가지 실험조건에 대하여 수행되었다. 속도는 $Fn=0.20\sim 0.87$ 에 걸쳐서 수행되었으며, 천수조건은 항로 1의 평균수심인 8m를 모형선의 축척비에 비례하는 깊이인 40cm에 맞추어 수조의 바닥을 올려서 실험하였다.

〈그림 2〉에서는 실험한 C_R 을 각각의 간격비에 대하여 천수와 심수조건에 따라 각각 나타내고 있다. $Fn=0.3$ 근처에서 천수와 심수조건 모두 곡선의 산(hump)이 다른 일반 배수량형 단동선형에 비하여 비교적 크게 발생하며, 간격비가 좁아질수록 저항계수가 커지는 현상을 볼 수 있다. $Fn=0.32\sim 0.46$ 의 고아임계속도에서는 천수에서의 저항계수가 심수조건에 비해 상당히 크게 증가하는 것을 볼 수 있으며, $Fn=0.46$ 이상의 초임계속도 구간에서는 오히려 더 작아지다가 $Fn=0.8$ 부근에서부터는 일정해지는 현상을 볼 수 있다. 간격비가 좁아질수록 단동체 사이에서는 파간섭에 의한 영향이 증가하여, 단동체 사이에서 복잡한 파형이 발생하게 되며, 이로 인한 에너지 손실이 발생하여 저항계수가 증가된다. 또한, 간격비가 좁을 경우 단동체 주위에서의 비대칭적 유동현상과 점성의 영향이 커지게 되어 이로 인한 선체간섭 역시 커지게 된다.



〈그림 2〉 Residual resistances of CATA I

〈그림 3〉은 저항실험을 통한 유효마력 추정결과를 수심조건에 따라 나타낸 것이다. 유효마력 곡선에서도 마찬가지로, 천수에서는 임계속도에 의한 영향으로 임계속도 근처에서 유효마력이 많이 증가하는 것을 볼 수 있으며, s/L비의 변화에 따른 영향은 극히 무시할 정도로 작게 나타난 것을 알 수 있다. 또한 설계속도에서 수심조건에 따른 유효마력의 차이가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 즉, 천수상태에서 임계속도를 지난 후, 저항값은 심수조건보다 작거나 비슷하다는 기존의 연구결과들과 잘 맞음을 알 수 있다.

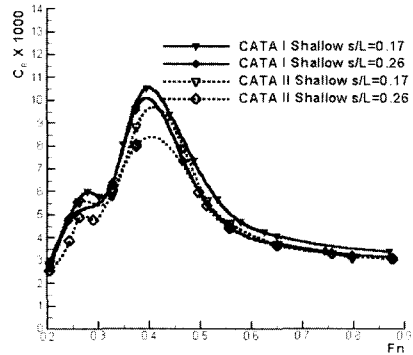


〈그림 3〉 EHP curves of CATA I

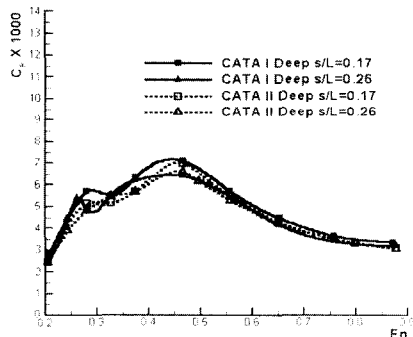
CATA II case

CATA II는 CATA I이 어깨부분과 중앙부와의 연결이 매끄럽지 못해 저항성능에 문제가 있다고 판단되어 이를 개선한 선형이다. 실제실험에 앞서서 CATA I과 CATA II에 대한 수치시뮬레이션을 통하여 선형개선에 의한 효과를 검토하고자 하였다. 수치계산은 선형설계에 있어서 경제적, 시간적인 절감효과를 거둘 수 있는 유용한 방법이다. 수치계산은 MAC (Marker And Cell)법을 기초로 한 직사각형격자계에서 수행되었다. 지배방정식은 유동장을 비압축성, 비점성유동이라고 가정하여 보존형의 3차원 Euler equations와 연속방정식을 사용하였다(H.E.Kim et al, 1999). 실험은 CATA I과 축적비가 같은 1/20인 모형선으로, 최대만재

흘수에서 0.17, 0.26의 2가지 간격비(s/L)에 대하여 심수조건과 천수조건으로 나누어 $Fn=0.20\sim 0.87$ 에 걸쳐서 수행되었다.



a) Shallow water

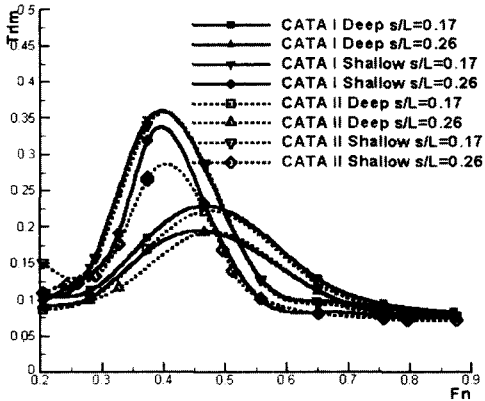


b) Deep sea

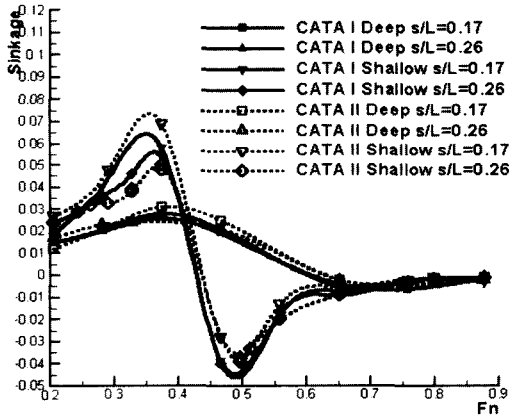
〈그림 4〉 Comparison of residuary resistances of CATA I and II (s/L=0.26)

수치계산 결과로 볼 때, 선형개선을 통한 어깨 파의 감소가 효과가 있다고 판단되어 이를 반영하는 쪽으로 선형개선을 수행하였으며, 〈그림 4〉에서는 CATA I과 CATA II의 간격비 0.17과 0.26에 대한 C_r 을 수심조건에 따라 나타내고 있다. 전체적으로 CATA I에 비해서 CATA II의 잉여저항이 적은 것을 알 수 있다. 특히, $Fn=0.5$ 근처에서는 약 10% 정도씩 감소한 것을 볼 수가 있다. 하지만, 조파저항에 의한 영향이 줄어드는 $Fn=0.80$ 근처의 높은 Fn 에서는 그 효과가 1~3%로 비교적

적은 것을 알 수 있다. 그림 5에서는, 설계속력에 서 CATA II가 CATA I과 비슷한 항주자세를 갖는 것을 볼 수 있다.



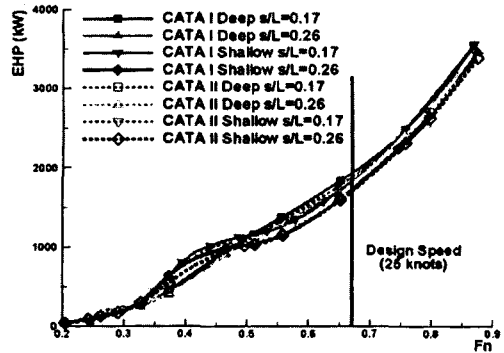
a) Trim curves



b) Sinkage curves

〈그림 5〉 Comparison of hull attitudes of CATA I and II (demi-hull spacing $s/L = 0.17, 0.26$)

〈그림 6〉에서는 유효마력에 대한 해석결과 설계속력 25knots에서 심수 및 천수조건에서 유효마력은 간격비에 따른 영향이 있음을 확인할 수 있었다. CATA II의 유효마력이 CATA I보다 설계속력 25knots에서 약 3%정도 감소함을 보여주고 있다.



〈그림 6〉 EHP curves of CATA I and II

CATA III case

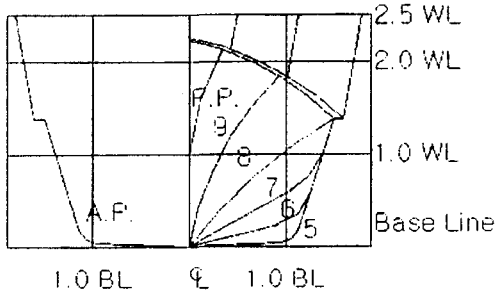
〈표 2〉 Principal dimensions of CATA III

Dimensions	Proto type	Model
L_{WL} (m)	30,000	2,000
B (m)	11,260	0,751
b (m)	2,759	0,184
d (m)	1,000	0,067
D (m)	3,000	0,200

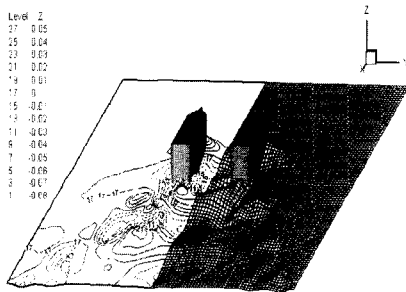
CATA III는 CATA I과 CATA II에 비하여 흘수를 낮추어서 수심제한이 심한 항로를 고려하여 설계하였다. 선형설계는 활주형 쌍동선을 목표로 유사선형에 대한 조사를 토대로 주요요목을 결정하여 설계하였다. 쌍동선의 간격비(s/L)는 CATA I과 CATA II의 실험결과를 토대로 구조부재의 증가로 인한 경하중량의 증가를 최대한 억제할 수 있고, 저항상의 문제가 적도록 최적화된 간격비라고 판단되는 0.26으로 결정하였다. 〈표2〉와 〈그림 7〉에서는 CATA III의 주요제원 및 정면도를 보여주고 있다.

실제실험에 앞서서 CATA III에 대한 수치계산을 수행하였다. 수치계산은 설계간격비 $s/L = 0.26$ 에 있어서 천수와 심수조건에 대하여 수행되었다. 〈그림 8〉에서는 3차원 조감도를 계산조건에 따라 각각 보여주고 있다. 속도는 $Fn = 0.20 \sim 0.96$ 에 걸쳐서 수행되었으며, 천수조건은 계획

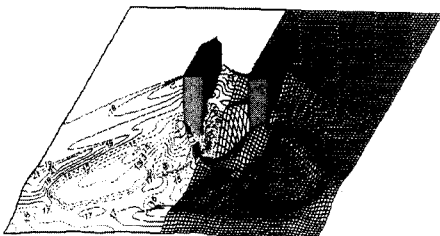
항로상에서 가장 얇은 한강의 평균수심 2m에 해당하는 깊이인 14cm에 대하여 실험하였다.



〈그림 7〉 The body plan of CATA III



a) Deep sea

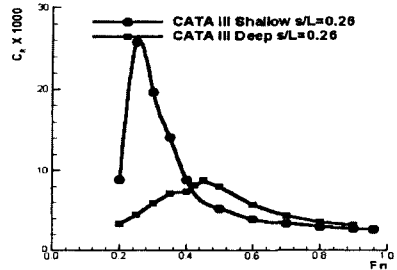


b) Shallow water

〈그림 8〉 Free surface contours around CATA III at the design speed ($s/L=0.26$)

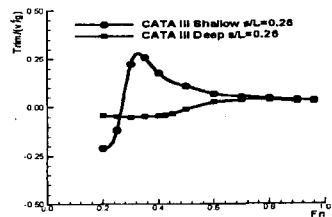
〈그림 9〉에서는 CATA III의 양여저항계수를 심수 및 천수조건에 대하여 각각 나타내고 있다. 천수조건에 있어서 임계속도에 해당하는 $Fn=0.25$ 근처에서 조파저항계수가 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 천수에서의 실험결과는 CATA III의 천수조건인 H/T(수심/흘수)가 2로

CATA I, II의 H/T인 4.7에 비하여 천수영향이 크기 때문이라고 여겨지며, 임계속도에서의 천수영향의 이론과 잘 맞는다고 판단된다.

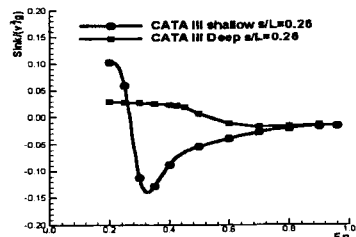


〈그림 9〉 Coefficients of residuary resistance CATA III in shallow and deep water conditions ($s/L=0.26$)

〈그림 10〉은 CATA III의 트림 및 침하에 대한 곡선을 각각의 수심조건에 따라서 나타내었다. 심수에서 CATA III는 $Fn=0.5$ 이상에서 선수가 들리는 선미 트림의 상태에서 운항되며, 천수에서는 $Fn=0.27$ 이상에서부터 천수의 영향으로 선미 트림의 상태로 운항된다.

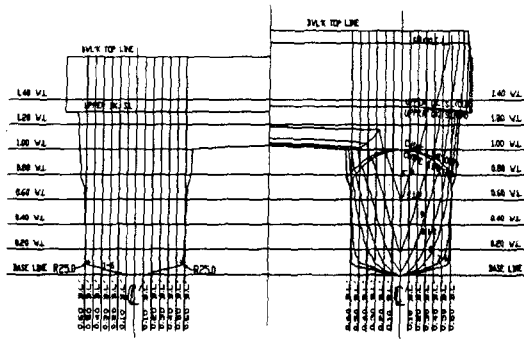


a) Trim curves

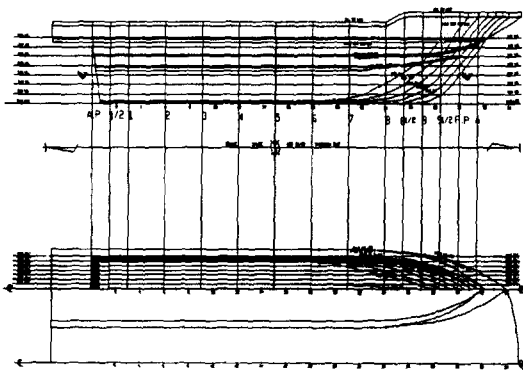


b) Sinkage curves

〈그림 10〉 Hull attitudes of CATA III for shallow and deep water ($s/L=0.26$)



a) Body plan

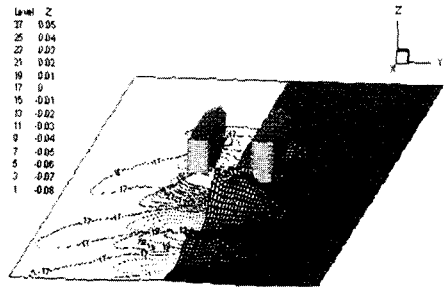


b) Lines plan

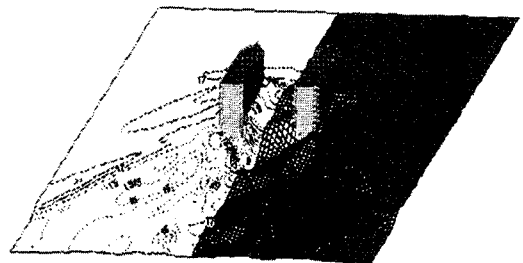
〈그림 11〉 The body and lines plans of CATA IV

CATA IV case

CATA IV는 CATA III의 실험 결과를 바탕으로 선형개선을 목적으로 수행하였다. 운항항로의 제한조건으로 인하여 CATA III는 CATA I 및 II에 비하여 주요목의 설정에서 불리한 점이 있으며, 이로 인하여 저항성능 면에서 약 6% 정도의 매톤당 유효마력에서의 증가를 얻게 되어, 선형의 개선을 시도하였다. 〈그림 11〉와 〈그림 12〉에서는 CATA IV의 정면도와 선도 및 3차원 파형의 조감도를 계산조건에 따라 각각 보여주고 있다.

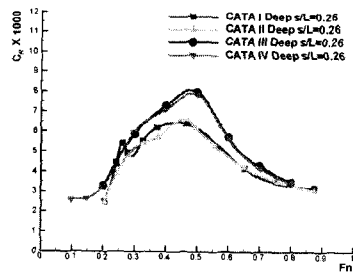


a) Deep sea

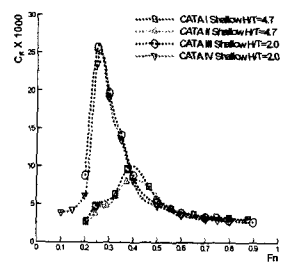


b) Shallow water

〈그림 12〉 Free surface contours around CATA IV at the design speed ($s/L=0.26$)



a) Deep sea

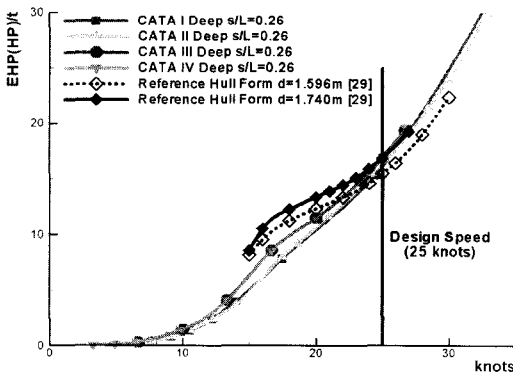


b) Shallow water

〈그림 13〉 Comparison of residuary resistances, C_R curves

〈그림 13〉에서는 CATA IV의 잉여저항계수와 CATA I, II 및 CATA III의 잉여저항계수를 심수 및 천수조건에 대하여 각각 나타내고 있다. 심수 조건에 있어서 CATA IV의 잉여저항계수는 CATA III와 비교하여 약 1~3%정도 적은 값을 보이고 있다. 또한, 천수조건에 있어서도 CATA III에 비하여 잉여저항계수가 약 5~8%정도 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한, $Fn=0.75$ 이상의 고속에서 C_R 이 CATA I, II에 비하여 약 10%정도, CATA III에 비하여 약 5%정도 감소하였다. 즉, 선형개선의 결과로 심수보다는 천수에서 저항 성능이 개선되었음을 알 수 있었다.

〈그림 14〉는 비교선형과의 매톤당 유효마력 (EHP/t)을 심수조건에서 CATA I, II 및 CATA III와 함께 비교한 것이다. CATA IV의 설계속도에서의 유효마력이 CATA III에 비하여 심수조건에서는 약 2%, 천수조건에서는 약 3% 감소하였다.



〈그림 14〉 Comparison of effective horse powers

2.2 삼동선 설계

2.2.1 설계동향

삼동선과 같은 다동선의 경우 각 선체의 간격, 위치 및 형상이 저항 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이러한 특성을 파악하기 위해

삼동선의 선형설계와 모형 시험을 통해 각각의 경우에 대한 연구가 선행되었다. 이전의 연구 결과를 통해 삼동선의 주선체와 보조선체간의 간격, 보조선체의 길이방향 위치 및 형상변화가 삼동선 전체에 미치는 저항 특성을 파악하였다.

삼동선의 특징은 횡 복원력이 크고 고속에서 저항 성능이 우수하여 소요마력이 작고, 험한 해상에서도 내항성과 안전성 및 생존성이 우수하며, 넓은 갑판 면적으로 인해 충분한 공간의 확보가 용이하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 점은 레저용 선박의 요구사항을 만족시킬 뿐만 아니라 상대적인 연료 경제성을 증진하며 참신한 선형으로 사람들의 관심을 모을 수 있기 때문에 레저용 선박으로서 적합한 선형이라고 할 수 있다.

우리나라는 국민 소득의 증대와 주 5일 근무제의 정착에 따라 자연스럽게 레저에 대한 관심이 증가하고 있다. 비록 해양레저산업은 초기단계이지만 육상 레저산업은 자원의 한계로 인한 포화 상태에 직면하고 있고, 선진국의 전례로 볼 때 국민 소득이 15,000\$ 이상이 되면 육상 레저에서 해양레저로 관심이 변화하는 경향이 있는데 이러한 점은 해양레저 산업의 수요가 증대될 것이라는 예상을 할 수 있다.

본 연구에서는 여러 가지 레저용 선박 중 수상 레저용으로 유망한 9.77 Ton Class 낚시 선박의 실용화에 대한 연구를 수행하였다.

2.2.2 주요 제원 선정

레저용 선박의 주요 제원선정에 있어서 삼동선의 장점인 우수한 저항 성능의 확보를 위해 주선체와 보조 선체가 동시에 최적화되어야 하는데 이를 위한 주요 변수로는 주선체의 길이, 폭, 흘수, 방형 비척 계수, 보조선체의 길이 및 주선체에 대한 상대적인 설치 위치 등이다. 따라서 기존의 삼동선에 대한 검토와 이를 바탕으로 설계된 레저용 삼동선의 모형 시험을 통해 보조선체의 위치를 결정하였다.

목표선형의 주요 제원은 <표 3>과 같다.

Principal Parameters

L.O.A	-----	17.0 (m)
L.B.P	-----	14.0 (m)
Breadth	-----	5.0 (m)
Displacement	-----	1.2 (Ton)

<표 3> Principal parameters of a Pleasure Boat of Trimaran

구 분		레이저 삼동선
LBP(m)	Main Hull	14.00 m
	Side Hull	6.00 m
Beam at WL (m)	Main Hull	2.00 m
	Side Hull	0.40 m
Depth(m)	Main Hull	1.50 m
	Side Hull	1.35 m
Draft(m)	Main Hull	0.60 m
	Side Hull	0.45 m
Displacement (Ton)	Main Hull	9.76 Ton
	Side Hull	1.44 Ton
L/B	Main Hull	7.78
	Side Hull	15.00
B/T	Main Hull	3.33
	Side Hull	0.89
C _b	Main Hull	0.66
	Side Hull	0.66

선체 저항성능에 영향을 주는 요인 중의 하나인 길이/폭비는 기존 삼동선 주 선체의 경우 12~19이다. 레이저 선박의 경우 주 선체에서 주저 환경을 확보해야 하고 소형 선박이라는 제약 조건이 있기 때문에 $L_{wl}=14$ m, Beam at W.L=1.8m, 즉 길이/폭비가 7.78인 상대적으로 폭이 큰 선형을 갖게 되었다. 보조선체의 경우 저항의 감소보다는 충분한 안정성을 확보하기 위해 기존 선형의

18~35보다 상당히 낮은 15.00 값을 갖도록 하였다. 레이저 선박의 특성상 고속화나 실용성 보다는 탑승자의 쾌적함과 안정성을 우선시 하게 된다. 이러한 요인으로 인해 발생되는 저항 성능 면에서 단점은 레이저용으로 적합한 선형 설계와 주 선체에 대한 보조선체 상대적 위치의 최적화를 통해 보완 하였다.

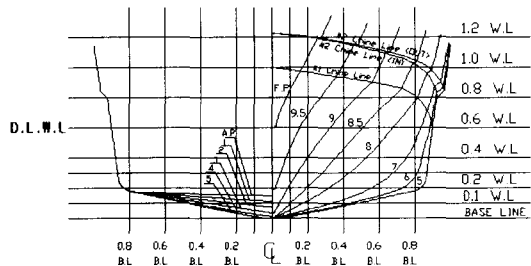
삼동선 전체의 형폭의 결정에 있어 이전의 모형시험을 통한 주선체와 보조선체의 간격에 따른 저항 성능을 검토한 결과 5m로 결정하였다. 기존의 9.77 Ton Class 쌍동형 낚시 전용 선박의 형폭과 비교해 보면 쌍동형의 경우 4.9m, 삼동선의 경우 5.0m로 보다 넓은 형폭으로 인한 레이저공간의 확충이라는 장점을 잘 나타내고 있다.

2.2.3. 선형 설계

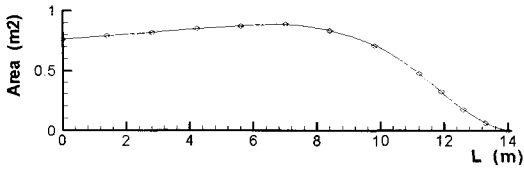
① 주선체 설계

삼동선 배수량의 대부분을 차지하는 주 선체는 삼동선의 저항성능에 지배적인 영향을 미친다. 목표 선형의 설계에 있어서 레이저 선박이 갖는 제약조건으로 인한 저항 증가를 억제하기 위해 주 선체의 선형을 Semi-Planing으로 채택하다. 특히 선수부는 조파 저항 및 쇄파저항을 감소시키기 위해 매우 날카로운 형상을 하고 있으며 선미부의 경우 본 선박의 추진기로 사용될 Water Jet의 장착이 가능한 박스에 가까운 형태를 취하고 있다.

<그림 15>과 <그림 16>는 주 선체의 정면도 및 단면적 곡선을 나타내고 있다.



<그림 15> Body Plan of the Main Hull



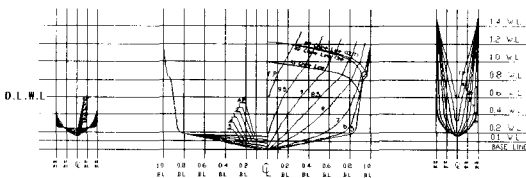
〈그림 16〉 Sectional Area Curve of the Main Hull

② 보조 선체 설계

보조 선체의 설계에 있어서 삼동선의 주 선체에서 문제되는 복원성이나 안정성을 확보에 주안점을 두고 설계하였다. 보조 선체는 주 선체의 부족한 배수량과 복원력을 보완하기 위한 보조 역할을 하는 것으로 저항증가를 최소화하여야 한다. 보조 선체의 형상변화에 따른 저항 특성을 파악하기 위한 모형 시험결과 V Type의 선형이 주 선체와 마주하는 면이 평평한 Wigley Type 보다 저항 성능 면에서 유리하다는 것을 알 수 있었다.

따라서 보조 선체의 선형을 위에서 연구된 V Type을 기본으로 하여 설계하였다.

〈그림 17〉은 삼동선의 보조선체 및 주 선체의 정면도를 보여 주고 있다.



〈그림 17〉 Body Plan of the Trimaran

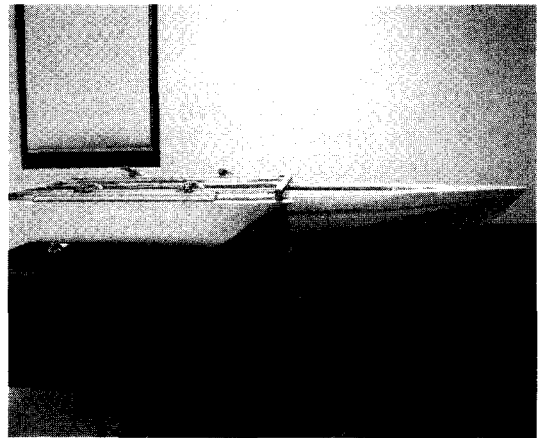
2.2.4. 선형의 유효성 검토

① 모형 시험

개발된 선형의 유효성 검토를 위해 모형선을 제작하여 서울대학교 선형 수조에서 고속 무인 전차를 이용하여 모형시험을 수행하였다. 〈표 4〉는 모형선의 주요 요목, 〈그림 18〉는 모형선의 모습을 보여 주고 있다.

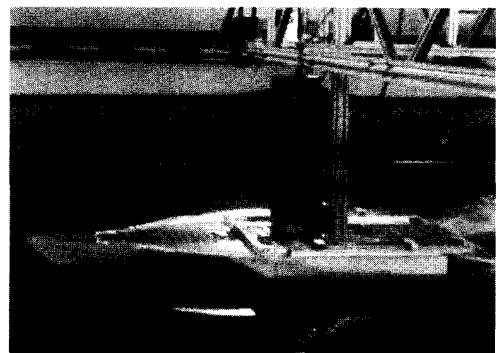
〈표 4〉 Principal Parameters of the Model Ship

Length B. P	1.40 m
Breadth(MLD)	0.50 m
Depth(MLD)	0.15 m
Draft(D.L.W.L)	0.06 m
Scale	1/10



〈그림 18〉 Photograph of the Model Ship

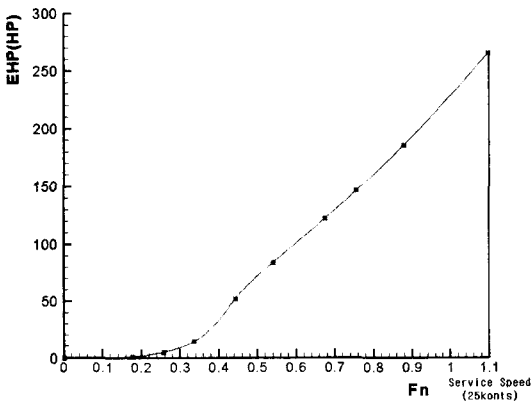
〈그림 19〉의 사진은 실선속력 20 knots($F_n = 0.877$)에서의 항주 자세를 보여 주고 있는데 이때 모형선의 주 선체로부터 상당히 높은 파도가 발생하고 선체 전체가 양력을 받아 많이 뜨게 됨을 알 수 있다.



〈그림 19〉 Photograph of the Model Test ($F_n = 0.877$)

② 시험 결과

〈그림 20〉에서는 모형시험 결과 계측된 모형선의 저항 값을 ITTC 1957년도 방법으로 외삽하여 실선의 유효마력을 추정하였다. 그러나 단동선과는 달리 주 선체와 보조선체의 크기가 다르므로 따라서 동일한 Reynolds Number를 이용하여 마찰 저항을 추정하는 것을 오차를 증가시킬 우려가 있으므로 CF의 값을 구할 때 주 선체와 보조 선체를 별도로 분리하여 계산하였다.



〈그림 20〉 EHP Curve

모형시험은 여러 가지 시험 여건을 고려하여 $F_n=0.877$ (실선 속도 20 knots)까지 수행되었으므로, 25knts까지는 외삽하여 검토하였다. 설계 속도에서의 전달효율을 0.6으로 가정하여 엔진의 소요마력을 추정한 결과, 본 선형에 사용될 650마력 엔진을 이용하여 설계속도를 얻을 수 있음을 확인하였다.

2.2.5. Hydrostatic Properties

주선체와 삼동선 전체의 KMT값을 비교한 〈표 5〉을 살펴보면 보조 선체의 Draft가 0.35이므로 보조 선체의 영향을 받기 시작하는 0.2W.L 이상

에서는 주선체의 값보다 약 30% 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이는 삼동선의 특성인 보조선체에 의한 Stability가 크게 증가하여 삼동선의 안정성을 향상시킬 것이다.

〈표 6〉와 〈그림 21〉는 레저용 삼동선에 관한 Hydrostatic Properties 그래프를 보여 주고 있다.

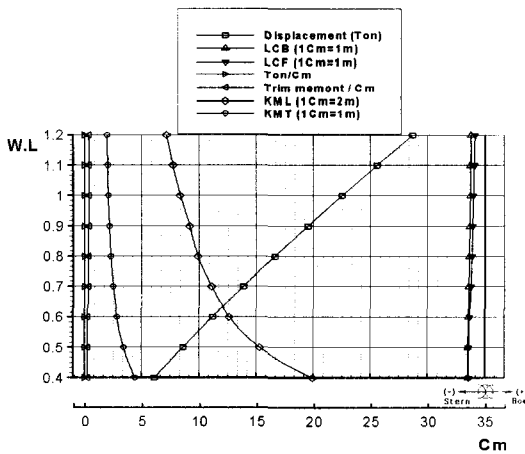
부심의 전후 방향 위치(LCB)와 부면심의 전후 방향 위치(LCF)는 Semi-Planing Type인 주 선체와 선미 방향으로 치우쳐 있는 보조선체의 영향으로 Midship에서 선미 방향으로 약 10% 치우쳐 있음을 알 수 있다.

〈표 5〉 Comparison of KMT

	Main Hull(Only)	Trimaran
0.1 W.L	1.02	1.02
0.2 W.L	2.41	5.39
0.3 W.L	1.44	6.01
0.4 W.L	1.11	4.39
0.5 W.L	0.97	3.41
0.6 W.L	0.91	2.84
0.7 W.L	0.89	2.51
0.8 W.L	0.75	2.29
0.9 W.L	0.67	2.18
1.0 W.L	0.63	2.06
1.1 W.L	0.61	2.01
1.2 W.L	0.59	1.95

〈표 6〉 Hydrostatic Properties of Trimaran

	배수량	LCB(m)	LCF(m)	KML(m)
0.4 W.L	6.11	-1.44	-1.59	4.39
0.5 W.L	8.61	-1.47	-1.47	30.69
0.6 W.L	11.20	-1.45	-1.25	25.34
0.7 W.L	13.87	-1.42	-1.24	22.20
0.8 W.L	16.63	-1.38	-1.14	19.81
0.9 W.L	19.73	-1.34	-1.06	18.35
1.0 W.L	22.51	-1.30	-0.99	16.74
1.1 W.L	25.57	-1.26	-0.94	15.43
1.2 W.L	28.69	-1.22	-0.88	14.43



〈그림 21〉 Hydrostatic Properties Curves of Trimaran

2.2.6. General Arrangement

General Arrangement의 결정에 있어서 삼동선의 장점인 넓은 Upper Deck을 최적화 하는데 주안점을 두었다.

상부구조물의 경우 다른 선박과 비교하여 볼 때 선수 방향으로 치우쳐 있다. 이는 Semi-Planing Type의 주선체 특성과 보조 선체가 선

미방향으로 치우쳐 있어 다른 선박보다 선미 쪽으로 가까이 있는 LCB로 인해 발생할 수 있는 고속에서 과도한 선수트림 억제와 함께 선미에서 레저를 즐기는 것을 선호하는 우리나라 사람의 특성을 고려하여 설계하였다.

뿐만 아니라 다른 선형에서는 이용하기 힘든 선체의 양 현측 및 선수부에서도 다양한 레저를 즐길 수 있도록 충분한 공간을 마련하였으며, 승객들의 외형적 호감 도를 높이기 위해 날씬한 선수부와 친근한 상부 갑판 구조로 설계되었다. 또한 주선체의 중앙부분에 승객이 설 수 있는 휴식 공간을 확보하여, 레저용 선박으로서의 기능적인 면에 충실 하였다.

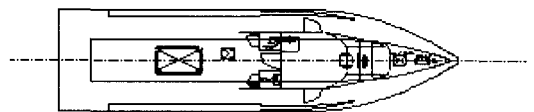
〈그림 22〉부터 〈그림 25〉까지는 실선에 적용할 수 있도록 예상되는 일반 배치를 나타내고 있다.



〈그림 22〉 PROFILE



〈그림 23〉 B' WLK TOP PLAN

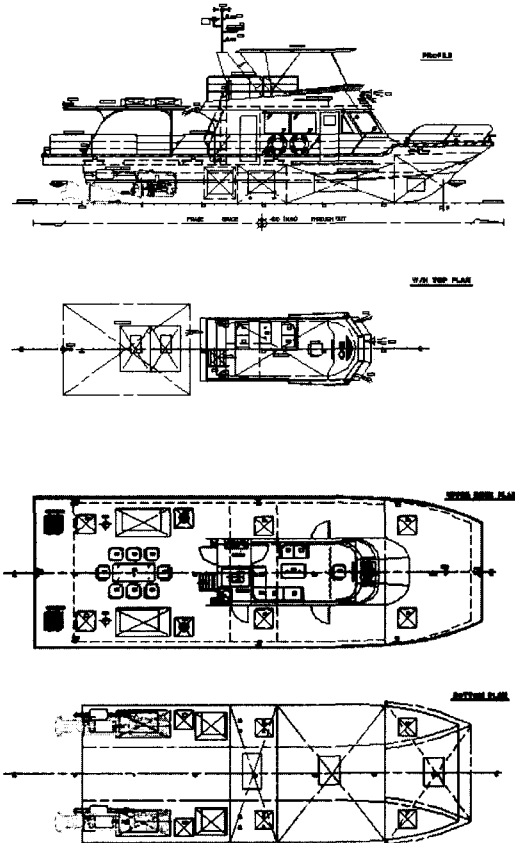


〈그림 24〉 UPPER DECK PLAN



〈그림 25〉 BOTTOM PLAN

2.3 레저낚시보트



〈그림 26〉 General arrangements of the pleasure fishing boat

9.77톤급 쌍동선형의 레저낚시어선이 본 연구에서의 실험결과 및 수치계산 등을 참고로 하여 설계되었다. 〈그림 26〉에서는 쌍동 레저낚시어선의 일반배치를 보여주고 있다. 이는 낚시 및 해양 레저활동을 하기엔 충분히 넓은 갑판면적을 가지고 있다. 〈표 7〉에서는 다양한 속도에서 실험한 결과 얻어진 저항계수 및 유효마력을 보여주고 있다.

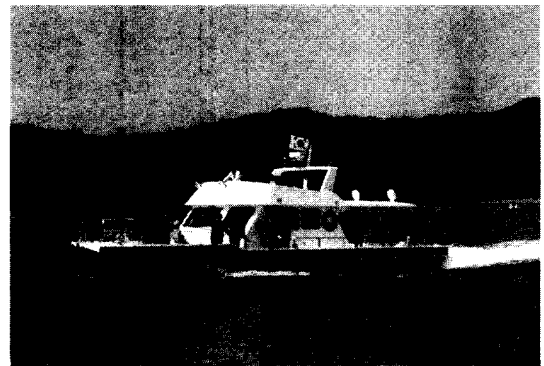
엔진과 추진기로는 최대출력이 2600RPM에서 283PS인 CUMMINS(68TA-5.9M)와

Hamilton Jet 274를 사용하였다. 〈그림 27〉은 건조된 레저낚시어선을 시운전하고 있는 장면이다.

〈표 7〉 Resistance coefficients measured in the model tests at various speeds

Coefficients($\times 10^{-3}$)

Vs (knots)	Vm (m/s)	RTm (kgf)	CTm	CRm	Cfm	CTs	PE (HP)
15.0	2.44	1,550	9,728	6,027	3,701	8,188	136,108
16.0	2.60	1,605	8,848	5,193	3,655	7,334	148,020
17.0	2.77	1,671	8,159	4,546	3,613	6,668	161,534
17.9	2.92	1,777	7,787	4,211	3,576	6,316	179,969
18.9	3.08	1,886	7,413	3,873	3,540	5,962	200,033
19.9	3.25	2,029	7,193	3,688	3,505	5,761	225,565
20.9	3.40	2,187	7,050	3,576	3,474	5,634	254,374



〈그림 27〉 A photograph of the pleasure fishing boat at the speed trial.

3. 결 론

본 연구에서는, 국민적 관심이 증가하고 있는 해양레저산업에 발맞추어 레저낚시보트를 설계하였다. 레저보트는 폭풍이 부는 해상에서 신속하게 대처할 수 있는 능력보다는 보트갑판에 머무는 동안 편안함을 느낄 수 있어야 하는데, 쌍동선과 삼동선같은 다동체를 가진 선박은 다른 선형에 비해

상대적으로 안전하며 넓은 갑판을 가지고 있어 그러한 요구조건을 만족하는 선형이라 할 수 있다. 또한 수심이 깊지 않은 연안에서 해양레저활동을 하고 싶은 욕구를 충족시킬 수 있는 적합한 선형이라 할 수 있다.

쌍동선에서는 두 선체 사이 거리에 따라 저항에 미치는 영향을 분석하여 최적의 선형을 결정할 수 있도록 모형선 실험과 수치계산을 통해서 천수와 심수 조건에서 유체역학적 특징을 검토하여 보았으며, 선체 사이의 거리 및 속력에 따라 유효마력을 예측할 수 있었다. 이러한 모형선 실험과 수치계산을 통한 접근은 쌍동선의 초기선형 설계에 큰 효과가 있었다.

레저용 선박의 일반배치 경우 탑승자의 쾌적함, 휴식 공간의 확보, 외형적 호감도에 주요점을 두고 설계되었다. 같은 급의 단동선은 물론이고, 쌍동선형보다도 넓은 외부 갑판으로 인한 레저공간의 확충과 색다른 외형으로 인한 호감도의 상승은 레저용 선박으로서 삼동형 선박이 많은 강점을 갖고 있음을 알 수 있었다.

위와 같은 연구 결과 차세대 선형인 삼동선의 특성 및 레저용 선박으로서의 가능성을 검토함으로써 향후 삼동선의 개발 및 수상레저산업에 중요한 기반 기술을 제공할 수 있을 것이다.

후 기

센터 및 관계하신 여러분과 원고의 정리와 실험 및 계산에 조력을 아끼지 않은 김구석, 정광열 군과 모형 시험을 도와주신 서울대 SNUTT 관계자 여러분께 감사하며, 본 연구는 KOSEF 지정 인하대학교 황해권 수송시스템 연구센터의 연구비 지원을 받아 수행된 것으로 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

이승희, 오세면, 2003, “황해형 삼동형 선박의 개

발”, 인하대학교 황해권 수송 시스템 연구센터 연구 보고서, pp 62-79.

오세면, 이승희, 2004, “레저용 삼동선의 선형특성에 관한 연구”, 대한조선학회 춘계 학술대회 논문집, pp.907-912

최동섭, 이영길, 이승희, 2000, “고속삼동선형의 설계에 관한 기초적 연구”, 대한조선학회 춘계 발표연구회 논문집, pp. 98-101.

김호은, 최동섭, 이영길, 이승희, 2000, “연안 운항용 고속 삼동선”, 2000 Workshop on Hull Form Development 발표논문집, 한국해양연구원 선박해양공학분소, pp. 27-32.

김호은, 이영길, “황해형 고속 삼동 여객선의 선형 설계에 관한 연구(1)” 2000 대한조선학회 추계학술대회 논문집 pp. 12-15

선박 검사 기술 협회, 2003. 7 “낚시 전용어선 개발에 관한 연구” pp.75-85.

반석호, 김상현, 2004. 2. “보급형 해양레저선박 개발”, 해양정책/R&D 동향 제16호, pp.13-17

H. E. Kim, Y. G. Lee (2000) “A Study on the Hull Development for a Passenger Ship of High-speed Trimaran Type in the Yellow Sea (1),” Proc. Of Annual Autumn Meeting SNAK, Ulsan, pp 9-10.

R. E. Rovera (1997) “Catamaran Resistance from Tests on a Single Demi-hull,” Proc. Fast'97, pp 737-742.

I. Mizine, E. Amromin (1999) “Large High-speed Trimaran-concept Optimization, FAST'99,” pp 643-655.

K. Suzuki, M. Ikehatda (1993) “Fundamental Study on Optimization Position of Outriggers of Trimaran from the View Point of Wave Making Resistance,” FAST'93, pp 1219-1230.

D. Andrew, J. W. Zhang (1995) “Trimaran

- Ships, Naval Engineers Journal," pp 77-93.
- A. Millward (1984) "The Effect of Hull Cross Section on the Theoretical Wave Resistance of a Fast Ship in Shallow Water, Int. Shipbuilding Progress, Delft University Press," Vol. 31:353, pp 28-33.
- S. H. Lee, Y. G. Lee, J. W. Lee (2001) "Hull Form Design of a Passenger Catamaran for Operation in the Yellow Sea Region," PRADS Elsevier Science Ltd., pp 373-379.
- Seung-Hee Lee, Young-Gill Lee, Jae Wook Lee and NamChul Kim, 2004, "On the Development of a Small Multi-Hull Pleasure Fishing Boat" Proc. of MDY'04, pp.149~164
- V. Dubrovsky, A. Lyakhovitsky, "Multi - Hull Ships"
- Kuk-jin Kang, Chun-Ju Lee, Sun-Young Kim, Yun-rak Choi and Jin-Tae Lee: 2002, Hydrodynamic Performance of a 2,500-ton Class Trimaran, Journal of ship and ocean technology, Vol. 6, No. 2, pp. 23~36.
- Kuk-jin Kang, Chun-Ju Lee, and Do-hyun Kim: Powering Performance Characteristics of 2,500 Ton Class Trimaran, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol.38, No. 3, pp.14~22, August 2001.
- D. Andrew, J. W. Zhang: Trimaran Ships, Naval Engineers Journal, May 1995, pp77~93.
- I. Mizine, E. Amromin, Large High-speed Trimaran-concept Optimization, FAST'99, pp643~655
- K. Suzuki, M. Ikehatda, Fundamental Study on Optimization Position of Outriggers of Trimaran from the View of Point of Wave Making Resistance, Fast'93, pp1219~1230.
- RINA 2000 RV' TRITON ': Triamaran Demonstrator Project. International conference proceeding