

9.77 Ton급 삼동선의 선형 개발 및 실용화 연구

오세면*, 이승희†*

인하대학교 선박해양공학과*

A Study for Hull Form Development of a 9.77 Ton Class Trimaran

Se-Myun Oh* and Seung-Hee Lee†*

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University*

Abstract

The objective of the present study is to design a hull form of a 9.77 ton class trimaran for use as a pleasure boat around the bay of Gyounggy. The boat will be made of fiber reinforced plastics and equipped with a 650 hp diesel engine with a conventional water jet propulsion system and the maximum speed be 25 knots after fully loaded. In the present study, the optimal configuration such as relative location of outriggers of the 9.77 ton class trimaran is selected and the resistance characteristics are carefully studied through a series of model tests. The general arrangement of the boat are also considered in the final decision of the hull form.

※Keywords: Trimaran(삼동선), Pleasure boat(레저용 선박), Hull form(선형), Model test(모형 시험), Resistance characteristics(저항 특성), Uncertainty analysis (불확실성 해석)

1. 서 론

우리나라는 국민 소득의 증대와 주 5일 근무제의 정착에 따라 자연스럽게 해양레저에 대한 관심이 고조되고 있다. 물론 현재 해양레저산업은 육상 레저산업에 비하여 아직 초기단계이지만 육상 레저산업이 자원의 한계로 인하여 포화 상태에

직면하고 있고, 선진국의 전례로 볼 때에도 국민 소득이 15,000\$ 이상이 되면 레저 활동이 육상에서 해양으로 급속히 확산되는 경향이 있으므로 가까운 장래에 해양레저 수요가 크게 늘어날 것이라고 예상할 수 있다(반석호와 김상현 2004).

삼동선은 횡 복원력이 크고 고속에서 저항능력이 우수하여 소요마력이 낮고, 험한 해상 상태에서도 내항성, 안전성 및 생존성이 우수하며, 넓은 갑판 면적을 가지고 있다는 장점을 가지고 있다(RINA 2000). 이러한 점 들은 소형 연안 레저용 선박의 요구조건에도 부합될 뿐만 아니라 참신한

접수일: 2005년 10월 18일, 승인일: 2005년 10월 27일

† 주저자, E-mail: shlee@inha.ac.kr

Tel: 032-860-7337

선형으로 사람들의 관심을 끌 수 있기 때문에 삼동선형은 레저용 선박으로 적합한 선형이라고 할 수 있다. 그러나 연안 레저용으로 사용되는 소형선의 경우 필수적인 선내 공간의 확보를 위하여 저항추진 면에서 최적의 선형을 채택하기 어렵기 때문에 단동선 등의 경우보다 오히려 연료 경제성이 낮아지는 경우가 많다. 따라서 선형의 초기계획 단계에서부터 일반배치를 고려할 필요가 있다 (오세면과 이승희 2004).

삼동선을 비롯한 다동선의 경우 각 선체의 형상뿐 아니라 선체 사이의 간격 및 상대적인 위치 등이 저항 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 저자 들은 인하대학교 선형시험수조에서 일련의 모형시험을 수행하여 4.99톤급 삼동선의 주 선체와 보조선체 사이의 간격, 보조선체의 길이방향 위치 및 형상변화가 저항 특성에 미치는 영향을 파악하기 위한 실험적인 연구를 이미 수행한바 있다(오세면과 이승희 2004, 오세면 2005, Oh et al. 2005). 본 연구에서는 이러한 선형연구를 바탕으로 9.77 Ton 급 낚시 선박의 선형 및 일반배치를 설계하고 모형시험을 통하여 저항성능이 우수한 실용적인 삼동선형을 얻기 위한 연구를 수행하였으며 그 결과는 ITTC(2002)의 불확실성 해석 절차를 통하여 정도를 확인하였다.

2. 주요 제원 선정

레저용 선박의 주요 제원선정에 있어서 삼동선의 저항 성능의 확보를 위해 주 선체와 보조 선체의 형상과 위치가 동시에 최적화 되어야 하는데 이를 위한 주요 변수로는 주 선체의 길이, 폭, 흘수, 방형 비척 계수, 보조 선체의 길이 및 주 선체에 대한 상대적인 위치 등이다. 따라서 기존의 삼동선에 대한 자료 검토와 이를 바탕으로 설계된 레저용 삼동선의 모형시험 결과의 해석 (Oh et al. 2005)을 통하여 보조선체의 위치를 결정하였다. 본 연구에서 사용된 목표선형의 주요 제원은 다음과 같다.

Principal Parameters

L.O.A ----- 17.0 (m)

L.B.P ----- 14.0 (m)
 Breadth ----- 5.0 (m)
 Displacement ----- 11.2 (Ton)

선체 저항성능에 영향을 주는 요인 중의 하나인 길이/폭 비는 기존 삼동선 주 선체의 경우 12~19 사이에 있다. 그러나 레저용 선박의 경우 소형 선박이라는 제약 조건이 있기 때문에 주 선체에서 기관실 및 주거 공간을 확보하기 위해서는 길이/폭 비가 현저히 감소하게 된다. 따라서 목표선형은 LWL = 14m, Beam at W.L = 1.8m로 길이/폭 비가 7.78에 달하는 상대적으로 뚱뚱한 선형을 갖게 되었다. 보조선체의 길이/폭 비도 저항의 감소보다는 충분한 안정성 확보를 위하여 기존 대형 삼동선의 선형의 범위 18~35보다 상당히 낮은 15.0으로 선정하였다(Dubrovsky and Lyakhovitsky 2001, Kang et al. 2002) 레저용 선박은 그 특성상 고속화나 실용성 보다는 탑승자의 쾌적함과 안정성을 우선시 하게 된다. 이러한 요인은 저항성능 면에서 단점으로 나타나게 되므로 선형과 주 선체와 보조 선체의 상대적 위치 등을 최적화하여 최대한 보완 하고자 하였다.

Table 1 Principal parameters of a pleasure boat of trimaran

구 분		레저용 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

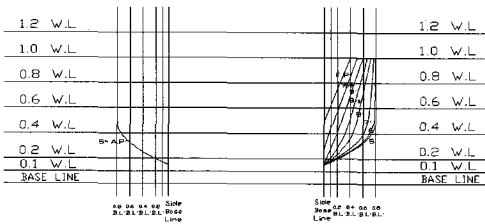


Fig. 1 Sharp edge type outriggers

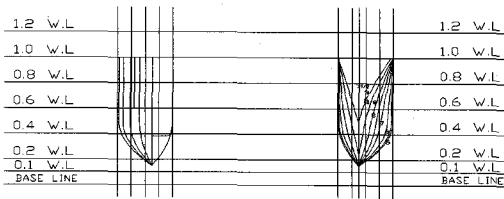


Fig. 2 Rounded edge type outriggers

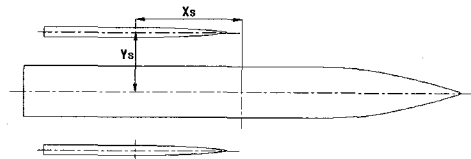


Fig. 3 Relative location of outriggers

레저용 소형 삼동선형에 적합한 보조선체의 위치 및 형상을 결정하기 위하여 선행 연구를 수행하였다. 보조선체의 형상변화와 주 선체에 대한 보조선체의 상대적 위치 변화에 따른 저항 성능의 특성을 살펴보기 위해 보조선체의 선형으로 Sharp Edge Type(Fig. 1)과 Rounded Edge Type(Fig. 2)을 택하고 상대적 위치를 변화시키면서 저항을 계측하였다.

Fig. 3에는 보조선체의 주선체에 대한 상대적 위치에 대한 정의를 보이고 있는데, X_s 는 주 선체 Midship으로부터 보조선체 Midship까지의 길이 방향 거리이며, Y_s 는 주 선체 중심부터 보조 선체 중심까지의 폭 방향 거리이다.

보조선체의 형상 변화와 보조선체의 상대적 위치 변화에 따른 삼동선의 저항 특성을 파악하기 위한 모형시험 결과는 Fig. 4, 5와 같다 (Oh et al. 2005).

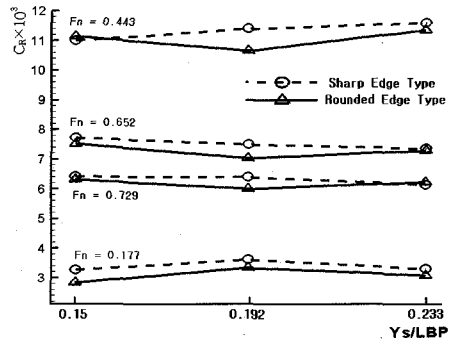


Fig. 4 Comparison of CR curves for two outrigger configurations at the various speed and transverse locations ($Y_s=0.192$)

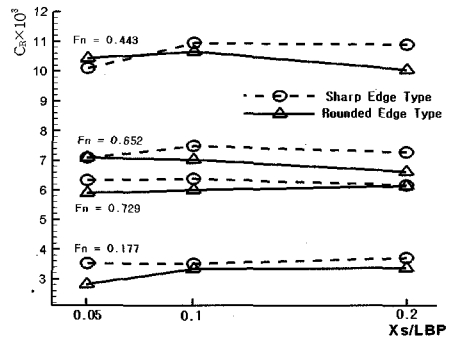


Fig. 5 Comparison of CR curves for two outrigger configurations at the various Speed and longitudinal locations ($X_s=0.1$)

모형시험 결과를 살펴보면 대부분의 시험구간에서 Rounded Edge 형의 보조선체가 Sharp Edge 형 보다 나은 저항 성능을 보이고 있으며, 본 연구에서 설계하고자 하는 선형의 경우 보조선체의 상대적 위치는 $Y_s/LBP = 0.192$ (형폭 : 5m), $X_s/LBP = 0.1$, 즉, 보조선체 MidShip이 주 선체 A.P로부터 F.방향으로 5.6m에 위치되었을 때가 최적임을 알 수 있다.

3. 선형 설계

3.1 주 선체

삼동선 배수량의 대부분을 차지하는 주 선체는



Fig. 10 Photograph of the model towed at $F_n = 0.877$

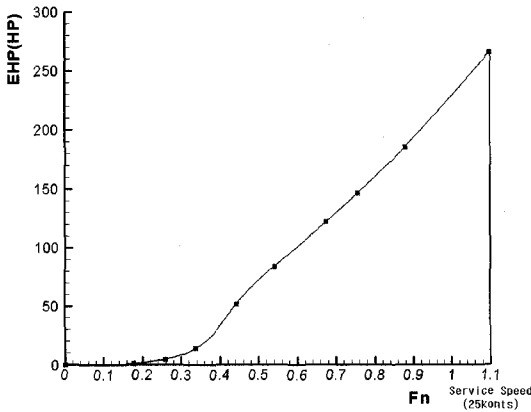


Fig. 11 EHP curve

4.2 시험 결과

Fig. 11은 모형시험 결과 예측된 모형선의 저항 값을 ITTC 1957년도 방법으로 외삽하여 실선의 유효마력을 추정한 결과를 보여 주고 있다. 이 때 삼동선의 경우에는 단동선과는 달리 주 선체와 보조 선체의 크기가 다르므로 동일한 Scale law를 이용하여 마찰 저항을 추정하는 것을 오차를 증가시킬 우려가 있으므로 마찰계수 C_f 값은 주 선체와 보조 선체를 별도로 분리하여 계산하였다.

모형시험은 시험여건에 따른 여러 제약조건에 따라 $F_n = 0.877$ (실선 속도 20 knots)까지 밖에 수행할 수 없었으므로, 설계속도 25 knts에서의 전 저항 값은 모형시험 결과를 외삽하여 추정하였다. 이 때 설계속도에서의 전달효율을 0.6으로 가

정하여 엔진의 소요마력을 추정한 결과, 650 마력의 엔진을 이용하면 충분한 설계속도를 얻을 수 있을 것으로 예상되었다.

4.3 모형 시험에 대한 불확실성 해석

모형시험 결과의 불확실성 해석의 목적은 계속 시 나타나는 오차를 정량화하고 계속결과와 신뢰성에 대한 객관적인 지표를 얻는 것이다. 또한 불확실성 해석을 통하여 구하여진 결과는 다른 이론이나 실험 결과와의 비교 및 실험 방법의 개선 등을 통하여 실험의 정도를 향상시키는데 유효하게 사용될 수 있다.

삼동선의 모형시험 결과의 신뢰도를 확인하기 위하여 인하대학교 선형시험수조에서 모형시험을 4일 동안 되풀이하여 $F_n = (0.185, 0.514, 0.756)$ 에 대한 저항 값을 구하였으며 그 결과는 Table 3에 정리되어 있다. 전저항 계수 C_{TM} 에 대한 불확실성 해석은 ITTC의 방법(2002)을 이용하였다.

이 때 C_{TM} 값의 불확실성 U_{CT} 는 Bias Error B_{CT} 와 Random Error P_{CT} 로 나누어지며 다음 식과 같은 관계를 갖는다.

$$U_{CT}^2 = B_{CT}^2 + P_{CT}^2$$

본 선형의 모형시험에 대한 전 저항계수에 대한 불확실성 해석 결과 오차의 범위가 저속구간에서 4.2%, 고속구간에서 2.177%로 나타나며 특히 관심 구간인 설계속도에 근접 할수록 오차의 범위가 감소하며 대부분의 구간에서 모형시험에서 요구되는 95%의 신뢰도를 만족하고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 2 Results of uncertainty analysis for resistance

Fn	C_T ($\times 10^{-3}$)	B_{CT} ($\times 10^{-4}$)	P_{CT} ($\times 10^{-4}$)	U_{CT} ($\times 10^{-4}$)	%
0.185	8.56	2.25	2.91	3.69	4.210
0.514	12.19	1.08	4.58	4.71	3.867
0.756	8.75	0.875	1.74	1.94	2.177

5. 일반 배치

일반배치의 결정에 있어서 삼동선의 장점인 넓은 상갑판의 활용도를 최대화 하는데 주안점을 두었다. 상부구조물의 경우 다른 종류의 선박들과 비교하여 볼 때 선수 방향으로 치우쳐 있다. 이는 반 활주형인 주 선체의 특성과 보조 선체 또한 주 선체의 선미 쪽으로 치우쳐 있어 삼동선 전체의 LCB가 선미 쪽으로 이동함에 따라 고속에서 발생할 수 있는 과도한 선수트림을 억제하고 특히 선미 공간을 선호하는 우리나라 레저 특성을 고려하였기 때문이다. 뿐만 아니라 다른 선형에서는 이용하기 힘든 선체의 양 현측 및 선수부에서도 다양한 레저 활동이 가능한 충분한 공간을 마련하였으며, 외형적 호감도를 높이기 위해 날씬한 선수부와 친근한 상부 갑판 구조로 설계되었다. 또한 주 선체의 중앙부분에 승객이 쉴 수 있는 휴식공간을 확보하여, 레저용 선박으로서의 기능적인 면에 충실 하고자 하였다.

Fig. 12 ~ Fig .15는 실선에 적용할 수 있도록 예상되는 일반 배치를 나타내고 있다.

7. 결 론

본 연구에서는 실용적인 9.77톤급 레저용 삼동선의 개발을 위하여 일반배치를 고려한 선형설계와 고속 및 선형시험 수조에서의 모형시험을 통하여 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 일반배치를 고려하여 삼동선의 주 선체를 설계하고 모형시험을 통하여 저항성능을 확인하였다. 보조선체의 형상으로는 기존의 모형시험 결과를 비교 분석하여 저항성능 면에서 우수한 Rounded Edge Type을 택하였다.

2) 모형시험을 통하여 보조 선체의 주 선체에 대한 최적위치는 선정된 선형의 경우 설계속도에서 $Y_s/LBP = 0.192$, $X_s/LBP = 0.1$ 임을 확인하였다. 또한 650Hp 엔진을 이용하여 설계속도인 25knots를 도달할 수 있음을 확인하였다.

3) ITTC 방법을 사용하여 전 저항계수에 대한 불확실성 해석을 수행하였다. 그러나 ITTC방법은

단동선에 국한된 방법이므로 삼동선에 적합하도록 확장하였으며 그 결과 고속구간인 설계 속도에서 전 저항 값의 오차가 1.371%로 나타나 모형시험에서 일반적으로 요구되는 신뢰도 구간 내에 들어 있음을 확인하였다.

4) 동일한 크기의 단동선은 물론이고, 쌍동선보다도 넓은 외부 갑판을 확보하여 충분한 레저활동 공간의 확보할 수 있다는 점과 색다른 외형으로 인한 호감도의 상승 등이 레저용 삼동선의 장점 중의 하나이므로 일반배치 설계는 탑승자의 쾌

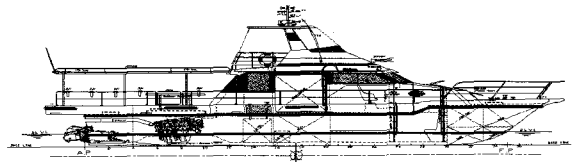


Fig. 12 PROFILE

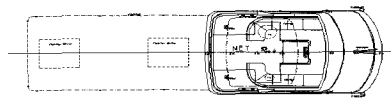


Fig. 13 B'WLK TOP PLAN

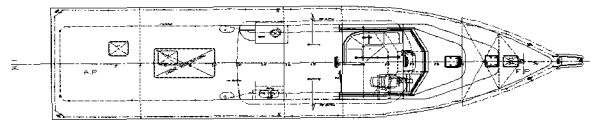


Fig. 14 UPPER dECK pLAN

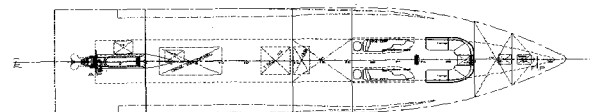


Fig. 15 BOTTOM pLAN

적함, 휴식 공간의 확보, 외형적인 호감도 등에 주안점을 두고 수행하였다.

위와 같은 연구 결과를 통하여 차세대 선형인 삼동선의 유체역학적 특성 및 레저용 선박으로서의 가능성을 검토하고 향후 레저용 삼동선의 개발 및 수상레저산업에 중요한 기반 기술을 제공하였다. 본 연구결과와 실용성을 검증하기 위하여 실제로 길이가 14m인 9.77Ton 급 시제선을 건조하고 있으며, 앞으로 실선 시운전을 통하여 저항, 추진성능을 비롯하여 안정성과 운동성능 등 선형과 관련된 유체역학적 제 성능을 확인하여 고부가가치의 레저용 삼동선 개발을 위한 요소기술을 축적할 계획이다.

후 기

본 연구는 인하대학교의 지원으로 이루어진 것으로 모형시험을 도와주신 인하대학교와 서울대학교의 수조 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 반석호, 김상현, 2004, “보급형 해양레저선박 개발,” 해양정책/R&D 동향 제16호, pp. 13-17.
- 오세면, 2005, 9.77 Ton급 레저용 삼동선의 선형 개발 연구, 인하대학교 공학 석사 학위 논문.

- 오세면, 이승희, 2004, “레저용 삼동선의 선형특성에 관한 연구,” 대한조선학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 907-912.
- Dubrovsky, V. and Lyakhovitsky, A., 2001, Multi-Hull Ships, Backbone Publishing Company, NJ, USA.
- ITTC, 2002, ITTC Quality Manual, 23rd International Towing Tank Conference, Venice, Italy.
- Kang, K.J., Lee, C.J., Kim, S.Y., Choi Y.R. and Lee, J.T., 2002, "Hydrodynamic Performance of a 2,500-ton Class Trimaran," Journal of ship and ocean technology, Vol. 6, No. 2, pp. 23-36.
- Oh, S., Lee S.H. and Lee, Y.G. 2005, "A Development of a Small Trimaran Leisure Boat," SOTECH Vol. 9, No. 3, pp. 14-22.
- RINA, 2000, RV' TRITON ' : Trimaran Demonstrator Project. International conference proceeding



< 오 세 면 >



< 이 승 희 >