

반쌍동선미선형을 갖는 중형연승어선의 저항성능에 관한 연구

이 귀 주 * · 한 재 호 *

* 조선대학교 선박해양공학과

(1997년 7월 14일 접수)

Application of Semi - Twin Hull Form to a Medium Size Off - Shore Long Liner

Kwi-Joo, Lee * · Jae - Ho, Han *

* Dep,t of Naval architecture & Ocean Engine ering Chosun University

(Received July, 14, 1997)

Abstract

The new concept of hull form for G/T 19 ton class off-shore long liner was studied with the support of special research fund of Korean Ministry of Science and Technology.

Newly developed hull form of semi-twin afterbody combined with partly curvilinear type forebody shows outstanding improvement in resistance performance point of view compared with hard chine form, especially at the range of high speed.

NOMENCLATURE

- B, b Beam or breath, moulded (m)
- C_B Block coefficient
- C_R Residual resistance coefficient
- V Ship speed (Kts)
- Δ Displacement weight (ton)
- L_{oa} Length overall(m)
- L_{WL} Length of waterline (m)
- R_T Total resistance (Newton)
- S Wetted surface area(m²)
- T Draft moulded (m)

서 론

최근 국내 연근해 어선의 선속이 점차 고속화되어 가고 있으나 고속화에 따른 선형분야의 연구는

미흡한 실정이다. 우리 나라 인근 국가의 어선이 우리나라 어선보다 월등히 빠르게 운항, 조업하고 있어 공해상에서 경쟁력이 뒤지고 있는 문제와 인건비 상승, 국제시장개방 등의 내적, 외적요인을

해결해야 하는 문제등으로 인하여 어선고속화는 앞으로 계속되어져야 하고 이에 적합한 선형에 대한 연구가 다각도로 이루어져야 할 것이다.

배의 형상은 사용 목적에 적합하도록 특성 형상으로 설계된다. 1980년대 후반부터 건조되는 배의 특징으로는 산업구조의 다변화로 인한 다양한 전용선의 등장, 컴퓨터 기술의 발달로 인한 자동화, 탱커류의 해양오염 방지를 위한 이중 선체구조 그리고 선주, 승무원, 승객의 요구에 부응한 선속의 고속화 및 소음과 진동의 최소화 등을 들 수 있다. 어떠한 목적의 선박이라도 그 선형(船型)은 저항, 추진, 운동, 조종 등의 성능상 문제가 없도록 조화와 균형을 잘 이룬 형상이 되어야 하며, 이러한 문제들을 해결하기 위하여 선수는 물을 무리없이 가르고 선체는 물의 흐름이 용이하도록 그리고 선미는 프로펠러에 유입되는 유속의 적절한 분포를 갖도록 하는 등의 기본 조건을 우선적으로 만족시키는 상태에서 선형을 설계하여야 할 것이다. 과거에는 일반적으로 선박의 선형을 이러한 여러 가지 조건을 무리없이 만족시키기 위하여 기존 건조 선박의 자료를 참고하여 유사한 형상으로 설계하였으나 새로운 경제 및 사회적 환경에 적합한 신선형을 개발할 때에는 좀더 진보적인 방법을 선택해야 할 것이다. 현재 조업하고 있는 우리나라의 어선 속도는 10노트 전후이나 일본의 어선은 20노트를 상회하고 있어 경쟁력 있는 고속어선화에 대한 선형연구를 수행하려면 기존 선형과는 전혀 다른 개념으로 시작되어야 할 것이다. 배의 성능면에 있어서 고속력에서 속력을 현저하게 개선할 수 있는 주요한 가능성 세 가지를 꼽으면, 첫째는 동적 부양력에 의한 저항의 감소를 유도하는 방법이며, 두 번째는 조파저항의 급격한 증가를 막을 수 있는 가느다란 선형을 만드는 방법이고, 마지막 한가지는 기존선형의 형상을 탈피한 대폭적인 선형의 수정에 의한 방법일 것이다. 어선의 선형으로서, 두 번째 방법은 어창용적의 확보나 안정성측면에서 불가능하고 첫 번째나 세 번째 방법은 가능한 방법이 될 것이다. 동적 부양력을 발생시키기 위해 설계된 배는 활주선, Hydrofoil선, 공기부양선등이 있고, 선형의 대폭수정에 의해 성능을 개선한 선형은 비대칭선미, 쌍동선, 반쌍동선등이 있다. 이밖에도

다방면에 걸친 배의 성능과 안정감의 개선에 대한 연구는 지난 20년간 연료가격의 증가와 개인수입의 증가로 인하여 선형의 설계에 중요한 주제로 되어 왔으며 이러한 문제는 일반적으로 선박유체역학의 관례적인 방법, 즉 최적 선형과 추진기의 개선의 응용에 의해 다루어져 왔다.

외국어선의 선형

어선의 형상은 조업방법, 선종, 해상조건, 해안의 상태 그리고 생활 습관 등에 의하여 결정되기 때문에 선종에 따라 지역별 나라 별로 독특한 선형 특성을 갖는 경우가 많다. 1960년대까지는 선조 때부터 내려온 선형을 그대로 사용하거나 조금씩 시대의 변화에 따라 변형시킨 선형이 대부분이었고 최근에 들어서면서부터 선속의 고속화나 선질의 개선 그리고 승선감 및 안정성 등의 문제가 대두되어 이의 개선에 대한 노력이 시도되고 있다. 이러한 문제점들이 대두되기 이전 1960년대에 주로 건조 운항되었던 주요 국가별 어선의 선형들을 Fig. 1-1에서부터 Fig. 1-8에 소개하였다. Fig. 1-1은 미국 후로리다 주에서 건조 운항되었던 총 톤수 20톤급 근해어선의 선도이고 Fig. 1-2는 덴마크영 그린랜드에서 건조된 전장 9.75m급 어선의 선도이며 Fig. 1-3은 아일랜드에서 건조된 전장 20.20m급 어선이다. Fig. 1-4는 일본에서 건조된 선형으로 기존 각형정의 선도를 건조가 용이하도록 변형시킨 것으로 장-폭비를 여러 가지로 변형시킨 아카스키 계열선의 기본 선형이다. Fig. 1-5는 독일의 어선 선도로서 기존어선의 선수 용골의 경사각을 직각에서 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 정도 기울인 것이며 배의 특성은 길이가 19.75 m, 폭이 6.25m 그리고 흘수가 2.19m이다. Fig. 1-6은 터키에서 건조된 어선의 선도로서 배의 길이가 14.0m이고 폭이 4.5m이다. Fig. 1-7은 홍콩에서 건조된 수선 간장 30.0m, 폭 9.0m인 선미트로울선이고 Fig. 1-8은 캐나다에서 건조된 다목적 트로울선으로서 비척 계수가 0.45, 중앙단면계수가 0.74이고 선수 입사각이 24° 이다. 이러한 선형들의 특징을 조사하여 본연구과제의 선형개발에 참조 응용하였다.

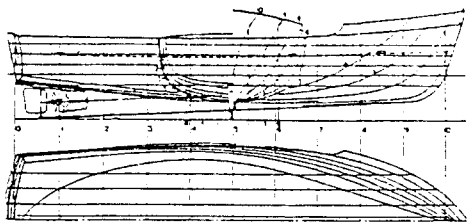


Fig. 1 - 1 Body Plan. American

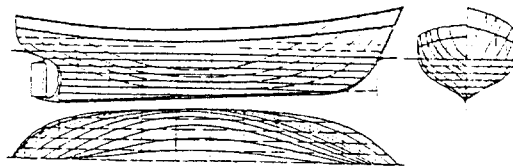


Fig. 1 - 5 Body Plan. German

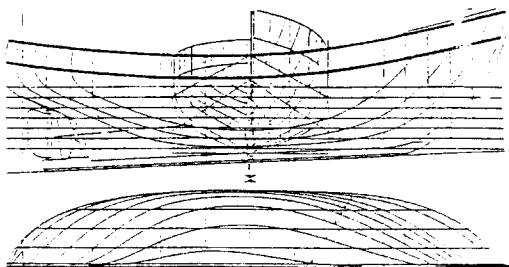


Fig. 1 - 2 Body Plan. Denmark



Fig. 1 - 6 Body Plan. Turkey

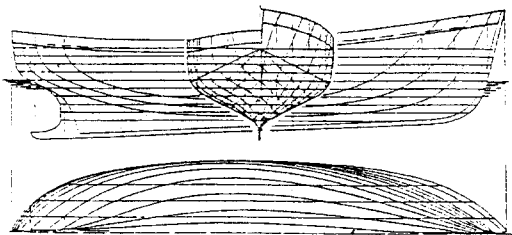


Fig. 1 - 3 Body Plan. Irish

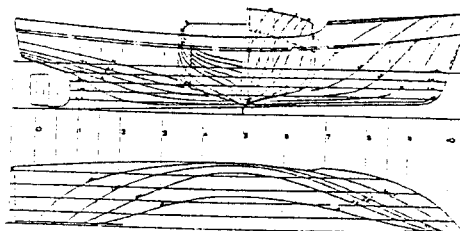


Fig. 1 - 7 Body Plan. Hong kong

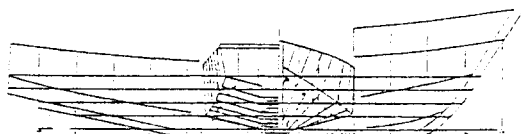


Fig. 1 - 4 Body Plan. Japan

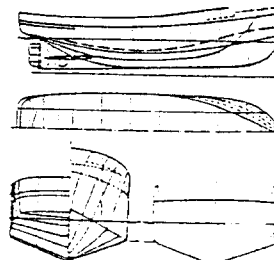


Fig. 1 - 8 Body Plan. Canada

연구의 진행

본 연구과제를 성공적으로 수행하기 위해서 다음의 수순에 의해 연구를 진행하였다.

1) 기존어선의 통계적 자료로부터 가장 폭넓게 확대 사용가능한 총 톤수 20 ton 급 연근해어선을 모선으로 선택

2) 모선(Parent Ship)의 실제성능 및 문제점을 조사하기 위해 제주 서귀포에서 실선 조사 및 시운전수행

3) 실선 조사 및 시운전 자료를 근거로 선형의 수정

4) 모선 및 개발선 모형선 제작

5) 모형시험수행 및 최적선형도출

한편 연구의 진행과정중 개발선 선형 설계시 반영되어야 할 사항들을 요약해 보면 다음과 같다.

- 1) 어장, 안벽 및 운항구역을 고려한 선수 측면형상(stem profile) 및 sheer의 정도
- 2) 어로 작업에 충분한 갑판면적 확보를 고려한 flare
- 3) 선미부와 프로펠러간의 적절한 간격(clearance) 유지 및 해상 조건을 고려한 선미 flatness의 정도 결정
- 4) 선수에 어구나 얼음상자 적하시 과대한 트림으로 운항성능이 저하되는 것을 방지하기 위한 적절한 배수량 증가
- 5) 저항성능 및 내항성능을 고려한 선저 구배 결정
- 6) 선속에 적절한 entrance angle 및 run angle 결정
- 7) 저항 측면에서의 C_p -curve의 형상, 수선면의 형상, LCB, C_B , C_M , 등을 결정

모형시험

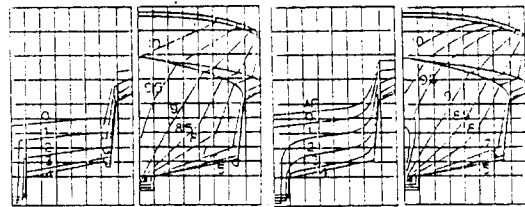
이 연구에 사용한 모형시험 설비는 회류수조이며 개략적인 사양은 Table 1과 같다.

Table 1. Main Characteristics of the Test Facility

Facility	Specification	
CWC	Type	2 impellers, vertical type
	L×B×draft(measuring section)	5.5m×2.0m×1.0m
	Max. velocity	2m/sec
	Velocity distribution	within ±1.5% at 1.0m/s

Table 2. Comparison of Ship and Model

	Ship		Model	
	Full load	Trial	Final	Trial
LOA(m)	16.50	16.50	1.50	1.50
LWL(m)	17.64	17.23	1.60	1.57
B(m)	4.30	4.30	0.39	0.39
TF/TA(m)	1.35/1.45	0.4/1.45	0.123/0.132	0.036/0.132
C_B	0.64	0.60	0.64	0.60
S(m ²)	101	75	0.835	0.616



(Parent Ship) (Design Ship)
Fig.2 Comparison of Body Plan

모선의 실선과 모형선의 주요 요목은 Table 2에 정리하였으며, 모선 및 개발선형의 body plan은 Fig 2와 같다.

모형시험시 난류유동을 발생시키기 위해서 19 스테이션과 FP에 지름 1.6mm, 높이 2mm의 stud를, 선저에서는 5mm, 선측에서는 10mm 간격으로 부착하였다.

측벽 효과에 의한 영향을 고려하기 위하여 식 (1)에 의해 저항을 수정하였다.

$$\frac{\Delta V}{V_M} = 0.85m \left(\frac{L_{PP}}{B_M} \right)^{3/4} \quad (1)$$

여기서, V_M : 유속(m/s)

ΔV : 속도증가분

m : A_X/A_T

A_X : 모형선의 중앙 단면적(m²)

A_T : $B_T \cdot H_T$

B_T : 수조폭(m)

H_T : 수조깊이(m)

L_{PP} : 모형선길이(m)

B_M : 모형선의 폭(m)

또한 수조특성상 발생하는 수면의 경사에 의한 저항수정은 식(2)에 의해 수행하였다.

$$R_{T0} = R_T / \cos\theta - \Delta \sin\theta \quad (2)$$

여기서, R_T : 계측 저항값 (N)
 Δ : 모형선 무게(N)
 θ : Mean gradient (rad)

또한, θ 는 속도별로 수조에서 계측한값을 수식화한 식(3)에 의해 계산하였다.

$$\theta = [1.32 \cdot V^2 / (gH_T - V^2) \cdot 10^{-3}] \quad (3)$$

실선에서의 전 저항 계수는 식(4)에서와 같은 방법으로 계산하였다.

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R \quad (4)$$

식(4)의 C_{FS} 는 ITTC - 1957 ship-model

correlation line에 의한 실선마찰저항계수이며 C_R 은 식(5)에 의해 계산된 잉여저항계수이다.

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (5)$$

선형최적화

최적선형 도출에 필요한 정보를 얻기 위해 모선의 티프트(tuft) 실험(Fig. 3), 페인트(paint) 실험(Fig. 4), 선측파형(wave profile) 관측실험(Fig. 5) 그리고 반류(wake) 측정(Fig. 6)을 회류수조에서 수행하였다. 모선의 수조시험 결과를 종합해 보면 선수각진(knuckle)부분에서 유선이 매끄럽지 못하였으며 선미의 차인(chine)부분에서 심한 박리(seperation)현상이 목격되었다.

모형시험결과에 나타난 모선의 문제점들을 해결하기 위해 다음 사항을 반영하여 선형을 수정하였다.

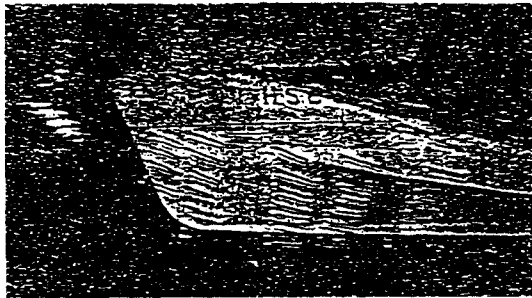


Fig.3. Tuft test of Parent Ship

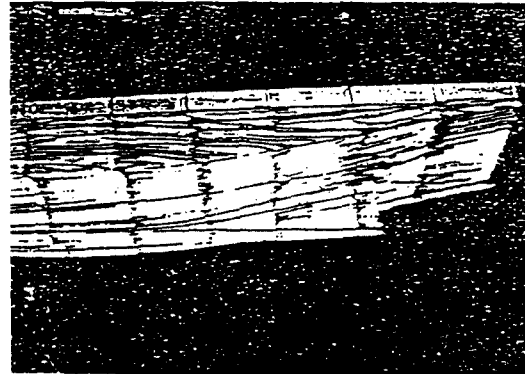


Fig.5 Wave Profile test of Parent Ship

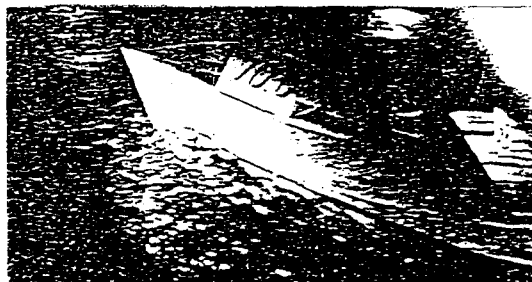


Fig.4. Paint test of Parent Ship

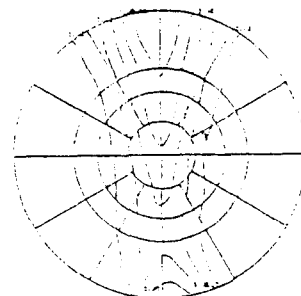


Fig.6. Wake suvery test of Parent Ship

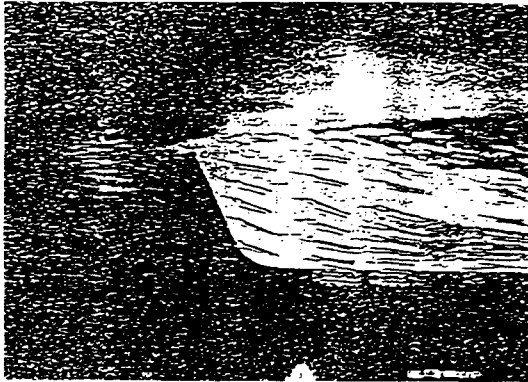


Fig 7. Tuft test of Design Ship

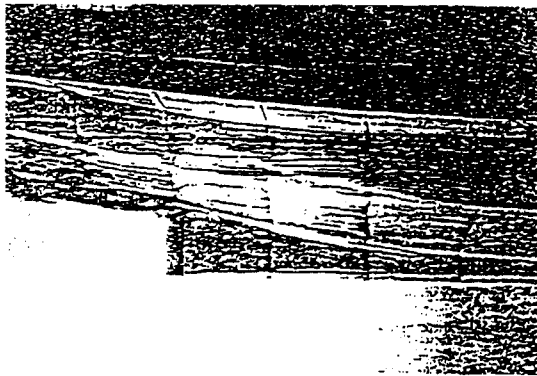


Fig 8. Paint test of Design Ship

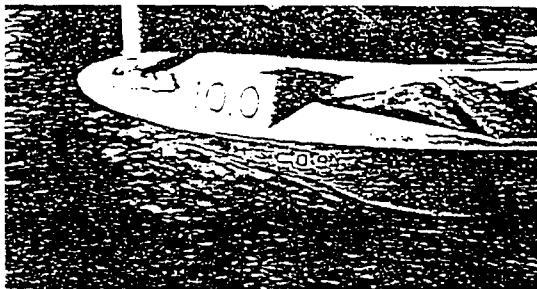


Fig 9. Wave Profile test of Design Ship

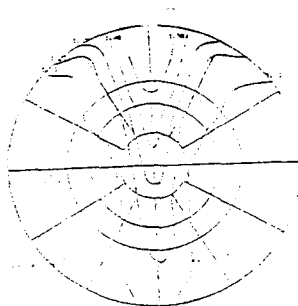


Fig 10. Wake survey test of Design Ship

1) 빌지(bilge)부분을 곡부로 처리하고, 연결부분을 순정(Fairing)

2) Fig. 2에서 도시한 것과 같이 반쌍둥선형을 선미선형으로 채택

이상의 내용으로 수정한 선형의 모형시험을 수행하였으며 그 결과를 Fig. 7(Tuft test), Fig. 8(Paint test), Fig. 9(wave profile), 그리고 Fig. 10(wake survey)에 각각 도시하였다.

또한 두 선형의 저항성능을 비교하기 위하여서 두 선형의 모형시험결과 자료로부터 Fig. 11에 만재 상태와 시운전 상태에서의 두 선형에 대한 C_R 을 비교하였다. 그리고 Table3 에 두 선형의 EHP 를 비교하였다.

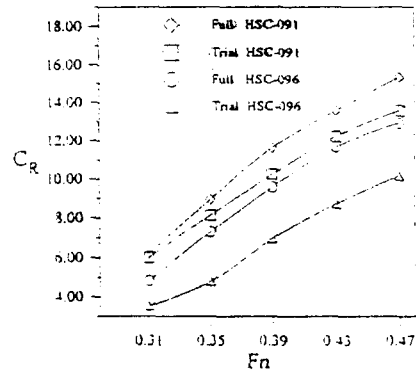


Fig 11. Comparison of CR

Table 3. Comparison of EHP(kW)

Hull Form		Speed(Kts)			
		9	10	11	12
HSC-091	Full	65.0	107.9	161.7	230.9
	Trial	45.0	72.5	110.0	154.7
HSC-096	Full	54.6	90.3	138.7	194.4
	Trial	37.2	55.0	85.2	123.2

Table 3에 보인바와 같이 개선된 선형은 모선에 비하여 유효마력이 만재상태에서 약 20% 시운전 상태에서 약 25% 감소하였음을 알 수 있다.

결 론

- 1) 개발된 선형(반쌍동선미선형과 곡부선수를 갖는 선형)은 기존 Hardchine 선형보다 20~25%의 저항성능이 개선되었다.
- 2) 추진 효율적인 관점에서 볼 때 개발선형은 선체와 추진기propeller의 상호작용 관점에서 덕트의 효과를 유발하여 추진성능의 향상과 진동소음의 감소 이점이 있을 것으로 추측된다.
- 3) 개발선형은 고속화할수록 기존선형보다 저항감소율이 더욱 크게 될 것이다.

REFERENCE

- [1] J. J. Muntjewerf and M. W. C. Oosterveld, Research and Development on Ship,s Hull and Propeller, WEGEMT 84,1984.
- [2] T. Watanabe, A. Shiraki, M. Fukuda, Y. Kasahara, and Y. Okamoto, Recent Development on Energy -- Saving Technology for Actual Ships, 4th IMSDC, 1991.
- [3] E. J. Srierman, The Design of an Energy Saving, Wake Adapted Duct, PRADS,87, 1987