

고속 삼동선형 설계에 관한 연구

이영길^{†*}, 최동섭^{**}, 김규석^{***}

인하대학교 선박해양공학전공^{*}, 해군본부 조함단^{**}, 인하대학교 대학원 선박공학과^{***}

A Study on the Hull Form Design of High-Speed Trimaran

Young-Gill Lee^{†*}, Dong-Sup Choi^{**} and Kyu-Seok Kim^{***}

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

R.O.K.N. Headquarters NAVSEA^{**}

Dept. of Naval Architecture, Graduate School of Inha University^{***}

Abstract

Nowadays, We have had a growing interest in high-speed vessels' because it is very important to save time and cost in marine transportation. The development of hull form for high-speed vessels is high priority to secure the competitive power for the transportation of cargos. Therefore, the demand of the high-speed vessels is gradually increased, but the conventional hull forms are limited by rapidly increasing resistance upon the increase of ship speed in high-speed region. Therefore, new concepts for the hull form of high-speed vessels have been requested. One of the derived hull forms for that demand is the hull form of trimaran type. Trimaran has a very slender main hull as compared with conventional single hull so that is reduced in wave resistance. The slender main hull has the undesirable characteristics of stability, but two side hulls make up for the weak points in the stability. That is, trimaran is able to have desirable performances for the resistance and stability.

In this paper, for the design of 200TEU class container vessel with trimaran type, which will be cruised in Yellow-Sea region, firstly a preliminary hull is designed, and the model test is carried out with the variation of side hull position. From the experience of the preliminary hull form design, an improved hull form for the 200TEU container are designed, and the model tests are carried out. Also, a numerical computation technique is adopted for the simulation of flow phenomena around the designed hull forms. The final hull form is compared with existing ships for the resistance performance from the computation with computer and ship model tests.

※Keywords: High-speed(고속), Trimaran Type Hull Form(삼동선형), Hull Form Design(선형설계), Yellow-Sea region(황해권), Container vessel(컨테이너선)

1. 서론

선박의 속도를 증가시키기 위해서는 저항이 작은 선형을 개발해야 함으로 배수량형 선박의 경우에는 길이에 비해서 선체의 폭을 적게 하여 선형을 날씬하게 하거나 활주형으로 유도하고 있다. 고속선형은 그 밖에 수중익선, 파랑관통형 쌍동선, 표면효과선 등, 여러 가지 선형이 대두되고 있는 가운데, 최근에 관심을 끄는 선형 중에 삼동선이 있다.

삼동선은 배의 초기 설계에 있어서 배의 형상, 주요치수 및 보조선체의 위치에 대한 유연성을 가지고 설계를 시작할 수 있는 선형으로서, 이러한 삼동선형은 아프리카 및 동남아시아의 카누 등에서 그 유래를 찾아 볼 수 있고, 근래에는 경주용 요트를 중심으로 발전을 해 왔다. 경주용 요트에 대한 연구는 Nigel Irens에 의해서 주목할 만한 발전을 이루었다. 그는 후에 Ilan Voyager이라고 명명된 길이 21m, 배수량 3.4톤, 속력 28노트로 250HP의 삼동선을 만들어 1990년 파워 요트대회에서 우승을 함으로써 삼동선의 우수성을 입증하였다(Andrews/Zhang 1995). 삼동선에 대한 연구는 영국의 UCL대학에서 여러 가지 종류의 군항 및 페리선에 대하여 수행되었으며, 국내는 한국해양연구원부설 해양시스템안전연구소에서 2만5천톤급의 대형 삼동선에 대한 개념 설계를 수행한 바 있다(Best/Cudmore 1992, 강국진 등 1999). 영국에서는 수선간 길이 90m, 배수량 1100톤, 최대속력 20노트의 삼동선 군항을 2000년 5월에 진수한 바 있다.

삼동선은 선형의 특성상 침수표면적이 단동선에 비하여 증가되므로 저속구간에서 마찰저항의 증가로 인한 마력증가가 예상되지만, 고속구간에서는 주선체와 보조선체의 파 간섭 효과로 인한 저항감소가 기대되어 마력의 감소가 예상되는 선형이다. 삼동선은 주선체의 길이증가로 인하여 선수미 동요가 적으며, 파도 중에서 속력의 감소효과도 적다. 또한, 보조선체로 인한 넓은 갑판면적을 확보할 수 있으며, 횡 동요가 적고, 보조선체가 주선체의 주요 공간을 보호할 수 있어 군항의 경우 손상시 안전성이 우수하다. 뿐만 아니라, 삼동선형은

주선체와 보조선체가 결합되어 갑판면적이 증가함에 따라 헬기의 탑재능력을 향상시키고, stealth 성능면에서 RCS(Radar Cross Section)형상과 부합되도록 설계가 용이하며, 보조선체가 주선체의 소음이 밖으로 나가는 것을 방지하므로 군항의 속성을 충분히 반영할 수 있다.

반면에 주선체의 폭이 감소하여 엔진, 추진체계 및 고속으로 인한 마력의 증가에 따른 일반배치에 많은 어려움이 발생하고, 삼동선형의 주요치수가 작다면 보조선체 및 주선체의 선수에 사용할 수 없는 공간이 생길 수 있다. 또한, 삼동선의 침수표면적이 단동선에 비하여 증가하여 저속구간에서는 소요마력이 단동선에 비해 클 수 있으며, 항구 접안 및 drydocking시 불리한 점이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 파도 중 운항시 높은 안전성과 종·횡 동요가 적어 여객선, 군항 그리고 고속 적하역 시스템의 적용이 용이한 컨테이너선에서 차세대 선박으로 많은 인기가 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 기존의 삼동선형에 대한 검토를 통하여 보조선체 적정 위치 결정을 위한 연구용 초기선형(Inha-tri) 및 이미 인하대학교에서 선형 설계 후에 건조하여 모형선과 비교 가능한 7톤급 고속여객선 시제선형(Inha-tri I)과 설계하고자 하는 배수량 3500톤급의 200TEU 컨테이너선 목표선형(Inha-tri II)에 대한 선형설계를 수행하였다. 초기선형에 대한 저항 실험을 통하여 파악된 삼동선형에 대한 저항특성을 시제선 및 목표선형인 200TEU급 컨테이너 삼동선의 설계에 이용하였으며, 모형시험 및 수치계산을 통하여 설계선형의 저항특성을 검토하였다. 즉, 전저항, 선수미 침하량의 계측시험, MAC법을 기초로 한 유한차분법(Finite Difference Method) 및 얇은 배 이론(Thin ship theory)을 통한 저항성능 추정기법 등이 선형 개발 과정에 응용되었다.

2. 개념 설계

2.1 개발 배경

세계 해운환경은 선박의 대형화 및 고속화, 항만의 민영화, 물류의 정보화 등 급격히 변화하고 있다(최낙정 1998, 백재선 1999). 세계의 주요 해운

회사들은 수송원가의 절감을 위한 초대형 컨테이너 선을 취항시키는 한편, 중심항과 그 주변의 지역항만을 피더선으로 연결하는 방사형의 hub & spoke 운송체계를 실현하고 있다(문성혁 1999, 임문택, 1999, 한국해양수산개발원 1997). 이러한 세계 해운 환경의 변화 속에서 세계 주요 경제대국의 하나로 부상하고 있는 중국과 우리나라간 해상 물류 운송로로 부각되어 가는 황해에 적합한 고속 컨테이너선을 설계하고자 한다.

1992년 한중 외교 관계 수립 후 한중간의 무역량은 급속도로 팽창하였고, 중국의 경제발전 및 중국의 시장성을 고려할 때, 이러한 교역량은 더욱 늘어날 것으로 보인다. 이러한 한중 교역은 우리나라의 인천항, 부산항과 중국의 4대 항만인 상해, 천진, 대련, 청도를 중심으로 이루어 졌으며, Table 1과 2에서는 각각 한중간수출입 물동량과 예상항로에 따른 항로별 물동량을 나타내고 있다(이재욱 1997, 박기찬 1998, 최훈 1999, Choi 1998).

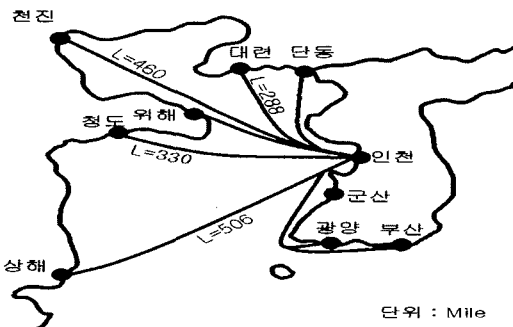


Fig. 1 Operation routes (Inha- tri II)

Table 1 Volume of trade between Korea and China (unit : 100million \$, %)

구분	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
수출	교역량	135.7	119.4	136.9	184.6	136.9	237.5
	증감율	19.3	-12	14.5	34.9	-25.8	73.5
수입	교역량	99.5	64.8	88.7	128	96.7	174
	증감율	16.6	-34.9	36.8	44.3	-24.5	80

※ 출처 : 한국무역협회(KOTIS)

Table 2 Prediction of the volume of export and import cargo between Korea and China (Unit:1000 TEU, %)

구분	2001	2006	
총 수송 물동량	1,148	1,923	
한·중간 수송 예상 비율	15	20	
한·중간 수송 물동량	172.2	442.2	
항로 별 물동량	상해	43.5	111.8
	천진	38.4	98.8
	대련	28.3	72.8
	청도	42.4	108.9
	기타	19.3	49.7

※ 출처 : korea maritime institute

한중간 황해권에서 고속 화물선의 운항항로로 예상되는 곳은 인천 물류기지를 key station으로 설정하였을 경우 Fig. 1과 같다.

2.2 주요제원

주선체 및 보조선체의 주요제원을 결정하기 위한 참고자료로써 기존의 삼동선형에 대해 조사한 후, (이춘주 등 1999) 삼동선의 개념을 체계적으로 정립하고, 삼동선의 일반적 특성을 파악하여 설계조건으로 사용하였다.

수선간장의 길이는 다른 주요치수의 결정에 기준이 되므로 저항추진성능 및 일반배치를 고려하여 먼저 결정되어야 한다. 그런데, 삼동선에서 주선체의 길이는 전통적인 단동선보다 매우 길고, 폭은 좁다. 그리고, 수선간장길이/배수용적비가 저항성능에 중요한 영향을 미치고, 비가 9.0보다 커지면서는 저항성능 면에서 그다지 큰 차이가 보이지 않게 된다.

형폭도 일반배치와 저항성능을 고려하여 결정하여야 한다. 시제선형의 경우, 초기선형의 저항실험에서 얻어진 마력추정으로부터 개략 결정된 탑재엔진의 크기를 고려하여 형폭을 결정하였으며, 보조선체의 형폭은 기존의 삼동선의 비를 참조하였다. 목표선형의 경우에는, 컨테이너의 탑재를 고려하여 결정하였다. Table 3에서 초기선형, 7톤급 고

Table 3 Principal parameters of the designed

구분	시제 설계 선형		목표 설계 선형	
	초기 선형	7톤 고속여객선	200TEU 컨테이너선	
Ship name	Inha-Tri	Inha-Tri I	Inha-Tri II	
LOA(m)	trimaran	19.0	17.0	140.0
	mainhull	19.0	17.0	140.0
	sidehull	7.0	5.3	42.0
LWL(m)	trimaran	18.0	16.0	126.0
	mainhull	18.0	16.0	126.0
	sidehull	7.0	5.3	42.0
Beam at WL (m)	trimaran	4.0	4.0	30.0
	mainhull	1.3	1.9	10.3
	sidehull	0.25	0.25	2.08
Depth(m)	trimaran	1.4	1.5	12.5
	mainhull	1.4	1.5	12.5
	sidehull	1.4	1.5	12.5
Draft(m)	trimaran	0.542	0.5	5.1
	mainhull	0.542	0.5	5.1
	sidehull	0.542	0.5	5.1
Displacement (Ton)	trimaran	7.0	7	3,500
	mainhull	6.3(90%)	6.3	3,150(90%)
	sidehull	0.7	0.7	350
Speed (Knot)	trimaran (Fn)	25.0 (0.968)	25.0 (1.02)	25 (0.366)
	L/B	mainhull 13.8	8.42	12.31
B/T	sidehull	28.0	28.0	21.2
	mainhull	2.4	3.8	2.0
Slenderness ($L/\nabla^{1/3}$)	sidehull	0.46	0.46	0.39
	mainhull	9.75	8.66	9.06
	sidehull	9.90	7.52	8.04

속여객선, 200TEU 컨테이너선의 주요 제원을 보여주고 있다.

형깊이를 결정함에 있어서 중요한 것은 엔진의 탑재공간 높이 및 건현확보이다. 시제선형의 경우, 기준선에서 추진기관 설치위치의 하부까지 높이, 개략 결정된 탑재엔진의 높이 및 추진기관 상부와 주갑판사이의 여유 공간을 고려하여 형깊이를 1.5m로 하였다. 목표선형의 경우는 기존의 삼동선을 참고하여 결정하였다.

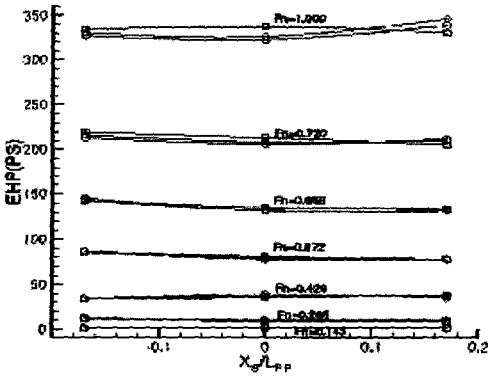
길이/폭비는 삼동선이 가지는 주요한 특징인데, 단동선에 비해 큰 값을 가져 매우 날씬한 선형이 되는 것이다. 일반적으로 삼동선 주선체는 12~19이며, 보조선체는 18~35이다. 시제선형의 경우, 초기선형의 저항실험을 통하여 얻은 소요마력의 추정치로부터 주선체는 추진체계 및 일반배치를 고려하여 8.42로 하였다. 목표선형의 경우, 주선체는 12.3, 보조선체는 저항 증가를 억제하기 위해 21.2로 하였다.

길이/배수용적비($L/\nabla^{1/3}$)는 일반적으로 삼동선의 경우 기존선의 검토로부터 주선체는 8~11이며, 보조선체는 7~12이다. 같은 속력을 내기 위한 길이/배수용적비는 커질수록 소요마력이 작아진다. 즉, 작은 소요마력으로 고속을 내기 위해서는 날씬한 선형이 요구된다(Mizine/Amromin 1999). 본 연구에서 시제선형의 경우는 8.66, 목표선형의 경우는 9.06로 하였다(Levander 1996).

삼동선체의 저항을 줄이기 위해 보조선체가 차지하는 배수량은 작을수록 좋다. 그러나 보조선체가 차지하는 배수량이 너무 작으면 삼동선의 안정성능에 문제가 되므로, 보조선체가 차지하는 배수량은 삼동선 전체 배수량의 3~5%가 적당한 것으로 알려져 있다. 그러나, 본 연구에서는 선박의 안정성 향상을 위하여 설계선형 및 목표선형의 주선체는 전체배수량의 90%, 보조선체는 10%를 차지하도록 하였다.

2.3 보조선체의 위치

보조선체의 위치를 결정하기 위해서는 저항감소, 일반배치 및 황동요주기, 안정성 등을 고려해야 한다. 일본의 Narita는 주선체와 보조선체가 같은 조파저항특성을 갖는다고 가정하여, 보조선체의 최적 위치를 산정한 바 있다(Suzuki/Ikehata 1993). 한국해양연구원 부설 해양시스템안전연구소의 강국진 등의 연구결과에 의하면, 보조선체의 종방향 최적위치는 Fn을 기준으로 보조선체의 중앙이 주선체의 중앙으로부터 후방으로 주선체 길이의 15%가 되며, 최대속도에서는 보조선체의 중앙이 주선체의 중앙과 일치하며, 그리고 횡방향의 위치변화에 따른 저항값의 변화는 그리 크지 않은 것으로 나타났다(강국진 등 2001).



□ $Y_s/L_{BP}=0.10$, ◇ $Y_s/L_{BP}=0.12$, ○ $Y_s/L_{BP}=0.15$
 Fig. 2 EHP values at several Fn (Inha-tri)



Fig. 3 Model ship (Inha-tri)



Fig. 4 Photograph of the model test(Inha-tri)

본 연구의 초기선형 저항실험에 의하여도, 보조 선체의 위치에 따라 저항값이 다음을 나타내었다. 초기 선형의 경우, 저항성능 관점에서 보조선체의 최적위치를 찾기 위하여 보조선체의 위치를 몇 가지 달리 선택하였다(최동섭, 2000). 종방향으로 $X_s/L=0.0$ 과 횡방향으로 $Y_s/L=0.1$ 를 포함하여, 종/횡방향 각 3번씩 모두 9번 위치를 변화하면서 실험을 하였다.

즉, 종방향 위치는 $X_s/L=-0.17, 0.0, 0.17$ 이며, 횡방향은 $Y_s/L=0.10, 0.12, 0.15$ 이다. 여기서 X_s 는 주선체의 부심위치에서 보조선체의 부심위치까지의 거리이며, Y_s 는 주선체의 중심선에서 보조선체의 중심선까지의 수직거리이다. 그러나, 초기선형의 경우 보조선체가 변화된 Wigley 선형 반쪽이므로, Y_s 를 주선체의 중심선에서 보조선체의 반쪽으로 잘린 절단면까지로 정의하였다.

그 동안의 연구와 초기선형의 모형선 시험 결과로부터 보조선체의 위치를 고려하면, 시제선형의 경우 설계속도 25knots인 $Fn=1.02$ 에서 $X_s/L=0.0$ 이 비교적 유리하며, 목표선형에서의 경우 설계속도 25knots인 $Fn=0.366$ 에서도 $X_s/L=0.00$ 이 유리함을 알 수 있었다.

Fig. 2에서 보조선체의 길이 및 폭방향 위치변화에 따른 초기선형의 속도별 유효마력의 차이를 보여주고 있다. 따라서, 보조선체의 적절한 위치를 설계속도와 일반배치가 가능하도록 선정해야 한다.

설계된 초기선형의 모형은 Fig. 3과 같으며, 초기선형의 예인 실험장면을 Fig. 4에서 보여주고 있다.

2.4 선형 설계

선형설계를 위해 인하대학교에서 이미 개발한 화물선과 여객선 및 인터넷의 자료 등을 참고하였으며, 초기선형은 기존의 쌍동화물선의 단동체를 주선체로, 변화된 Wigley선형을 보조선체로 하였다. 실험을 실시하여 삼동선형의 저항특성을 파악하였고, 그 결과를 바탕으로 선형을 개선하였다. 개선된 선형으로 시제선인 배수량 7톤급인 선형과 200TEU급 컨테이너선 설계를 수행하였다.

기존의 삼동선형들에 대한 검토로부터 주요 선형 관련의 계수들을 정하였으며, 선수선형은 고속선에서 선수형상에 의해 지배되는 조파저항과 선평파저항을 줄이기 위한 목적으로 설계를 하였다. 따라서, 선수부는 저항강소를 위해 매우 뾰족한 형상을 가지고 있으며, 선미부는 엔진 탑재 공간 및 재화중량을 위해 박스형태를 하고 있다. 저항 실험에서 얻은 마력으로 탑재엔진을 개략 결정하였으며, 그 결과 초기선형으로부터 시제설계선형의 선미부를 엔진의 탑재를 위해 변환시켰다. Fig.

5에서는 7톤급 고속여객선의 정면도를 보여주고 있다. 그리고, Fig. 6, 7에서는 시제선형과 목표선형에 대한 단면적 곡선을 보여주고 있다.

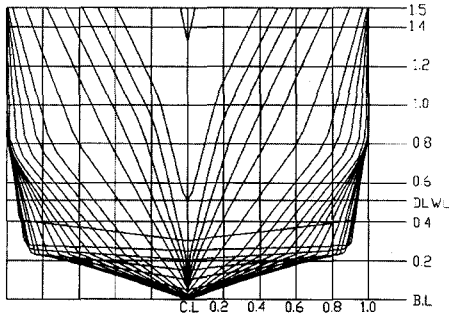


Fig. 5 Body plan (Inha-tri I)

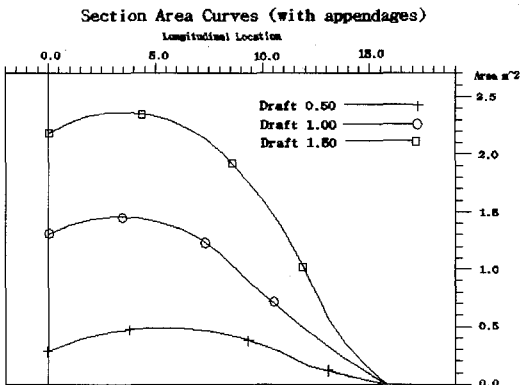


Fig. 6 Sectional area curves (Inha-tri I)

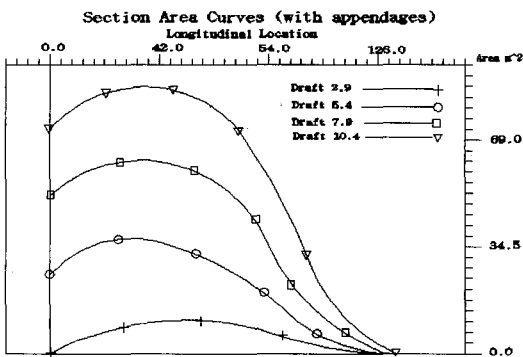


Fig. 7 Sectional area curves (Inha-tri II)

삼동선에서 보조선체는 주선체의 안정성능을 향상시키고, 저항의 증가를 최소화하는 것이 최적의 설계가 될 수 있다. 그러므로, 초기선형에서는 주선체보다는 보조선체의 설치 위치가 삼동선의 저항성능에 미치는 영향을 파악하기 위한 것이 목적이므로, 기존의 황해권 연안도서운항용 고속 쌍동 여객선에서 연구한 쌍동선의 단동체를 주선체로 하고, 일반적으로 기초적 연구에 흔히 사용되는 Wigley 선형을 본 삼동선에 맞게 변화시킨 것을 보조선체의 선형으로 채용하였다.

3. 수치 계산 및 모형시험

실험에 앞서 설계선형에 대한 수치계산을 통하여 선형 개선효과를 검토하기 위한 수치시뮬레이션이 수행되었다. 수치계산은 선형설계에 있어서 경제적, 시간적인 이득을 제공하는 유용한 방법이 되며, 또한 본 연구를 통하여 삼동선에 대한 수치 계산 조직을 별도로 확보할 수 있었다.

3.1 유한차분법에 의한 유동해석 프로그램

수치계산은 MAC(Marker And Cell)법을 기초로 한 직사각형격자계에서 수행되었다. 계산영역은 주선체와 보조선체를 포함하는 유동장으로 구성하였으며, 주선체의 중앙면에 대칭조건을 부가하였으며, x, y, z 방향은 각각 유입속도 방향, 선체의 폭 방향 및 수직상방향이다. 지배방정식의 차분화에 있어서는, 대류항을 제외한 나머지 항들은 시간에 대하여 전진차분, 공간에 대하여 2차중심 차분으로 정리하였다. 대류항의 차분기법으로는 2차중심 차분과 donor cell법을 조합한 hybrid scheme을 적용하였다. 본 연구에서의 계산조건은 Table 4와 같다.

3.2 얇은 배 이론법

Mitchell 이론에 의한 파 진폭함수(wave amplitude function) $P(\theta)$, $Q(\theta)$ 는 실제 선체에 의한 파의 파형해석 결과와 비교시 진폭이나 phase가 선형에 따라 차이를 보인다. 그 결과 모형선의 파형해석에 의한 조파저항과 이론에 의한 저항추정치 차이를 보이게 되므로, 일반 선박에서 Mitchell 이론

Table 4 Computational conditions about Inha-tri I & Inha-tri II

Condition	Hull	Inha-tri I	Inha-tri II
Number of Cell	X	120	120
	Y	72	72
	Z	22	22
Computational domain	X	48m	4.8m
	Y	6.6m	6.6m
	Z	2.2m	2.2m
Minimum Cell	X	0.4	0.4
	Y	0.1	0.1
	Z	0.1	0.1
Fn		1.02	0.366
Time steps for acceleration		1600	1500
DTND		0.0192	0.0167
Total time step		5000	

자체의 직접설계에의 응용은 다소 어려움이 있으나, 삼동선의 주선체 및 보조선체는 일반선형에 비하여 비교적 얇은 배에 근접하기 때문에 파형해석에 의한 $P(\theta)$, $Q(\theta)$, 조파저항의 값들이 실제와 상당히 가까울 것으로 추정되므로, 본 논문에서는 저항성능해석에 얇은 배 이론도 적용하여 보았다

3.3 모형시험 수조

인하대학교 선형시험수조의 주요 제원은 길이가 79m, 폭이 5m, 수심은 2.7m이며, 예인전차의 최고속도는 3.5m/s이다. 또한, 본 수조에는 천수실험용 장비로 철골구조 위에 PVC판을 붙인 길이가 6m인 5개의 평판으로 구성된 총 길이 30m, 그리고 폭은 5m로 된 천수판이 수심의 변화가 가능하도록 설비되어 있다.

4. 결과 및 고찰

4.1 수치 계산

수치계산은 초기선형 및 시제선형, 목표선형에 대하여 설계속력에 있어서 가변 교차격자계를 사용하여, 계산을 수행하였다.

Fig. 8, 9에서는 초기선형의 등파고선 및 선측 파형을 보여주고 있다. Fig. 8의 등파고선도에서 알 수 있듯이 주선체와 보조선체의 파 간섭현상을 확인할 수 있고, Fig. 9의 선측파형도에서는 주선체의 어깨에서 발생한 파와 보조선체의 파가 간섭현상을 일으켜 보조선체의 중앙에서 파가 높아짐을 알 수 있으며, 주선체의 앞쪽에서 파가 높은 것은 주선체의 piercer 때문이라고 판단된다.

Fig. 10, 11에서는 시제선형의 등파고선과 선측 파형을 보여주고 있다. Fig. 10의 등파고선도에서도 초기선형과 마찬가지로 주선체와 보조선체의 파간섭 현상을 확인할 수 있으며, Fig. 11에서 주선체의 선수가 매우 뾰족하기 때문에 초기선형 주선체의 앞쪽과 같이 파가 높게 발생하는 현상은 보이지 않고 있다.

Fig. 12, 13에서는 목표선형의 등파고선과 선측 파형을 보여주고 있다. Fig. 12의 목표선형 등파고선도에서도 주선체와 보조선체사이의 파 간섭

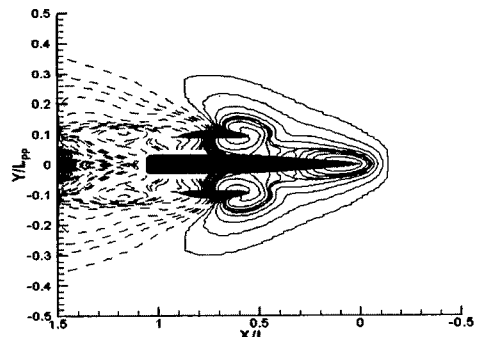


Fig. 8 Wave height contours (Inha-tri, Fn=0.968)

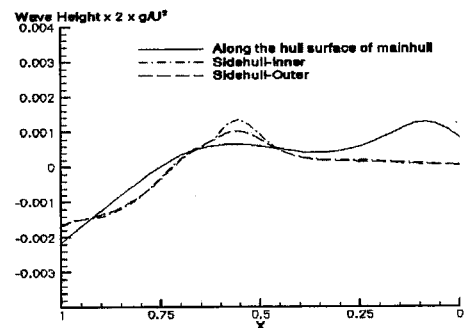


Fig. 9 Wave profiles (Inha-tri, Fn=0.968)

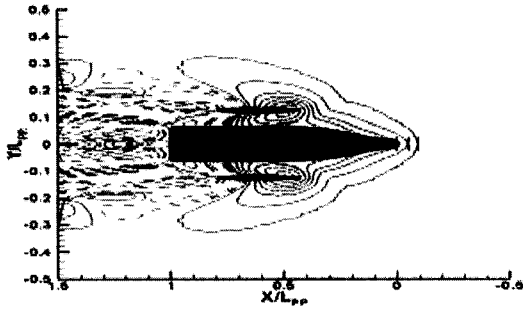


Fig. 10 Wave height contours(Inha-tri I, Fn=1.02)

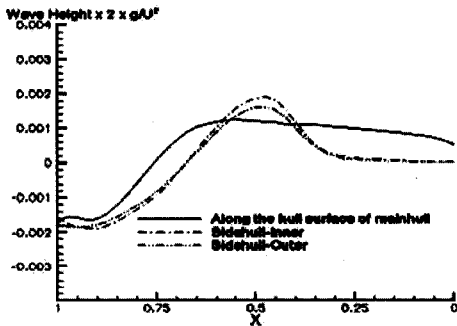


Fig. 11 Wave profiles(Inha-tri I,Fn=1.02)

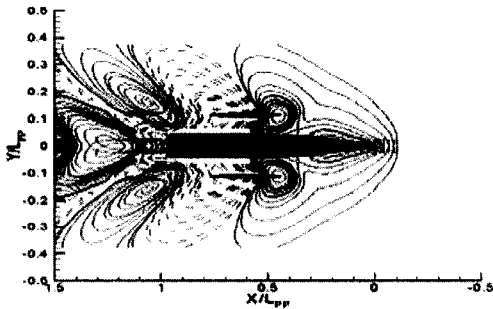


Fig. 12 Wave height contours(Inha-tri II, Fn=0.366)

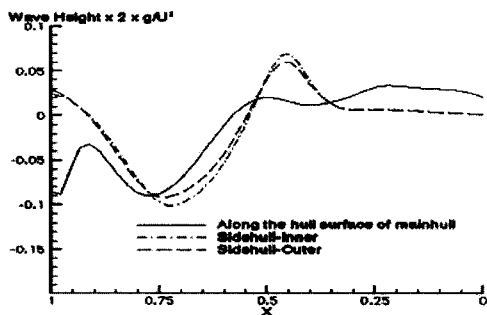


Fig. 13 Wave profiles(Inha-tri II, Fn=0.366)

현상을 확인할 수 있으며, Fig. 13의 선측파형에서도 주선체와 보조선체의 파 간섭현상을 확인할 수 있고, 그 위치는 보조선체의 앞쪽임을 알 수 있다.

Fig. 14, 15에서는 시제선형의 조파저항 성분을 보여주고 있다. Fig. 14에서는 시제선형에서 발산파와 가로파에 의한 조파저항 성분을 보여주고 있다. 저속에서는 발산파와 가로파에 의한 조파저항이 서로 2배정도의 차이가 나나, 고속에서는 가로파에 의한 조파저항은 거의 없어지고, 발산파에 의한 조파저항 성분만이 보이고 있다. Fig. 15에서는 시제선형의 발산파 및 가로파의 파 간섭에 의한 조파저항 성분을 보이고 있다. 저속에서는 발산파와 가로파의 파 간섭으로 인해 조파저항이 변화하나, 고속에서는 가로파와 발산파의 간섭에 의한 조파저항은 거의 없어지고 있다. 그리고 설계속력인 25노트에서, 가로파의 파 간섭으로 인한 조파저항은 거의 없고, 발산파에 의한 조파저항값은 음의 값을 나타내고 있는데, 이것은 설계속력에서 발산파의 파간섭이 저항성능에서 유리하게 작용함을 나타내고 있어, 설계속력과 보조선체의 선정이 적절함을 알 수 있었다.

Fig.16에서는 목표선형인 200TEU 상동선에 대한 조파저항성분을 보여주고 있는데, 속력이 빨라지면서 가로파에 의한 조파저항은 거의 없고, 발산파에 의한 조파저항이 주를 이루고 있다. Fig. 17의 파 간섭에 의한 조파저항은 19~25 Knots구간에서 음의 값을 나타내고 있어, 목표선형의 설계속력과 보조선체의 위치 등이 적절함을 알 수 있다.

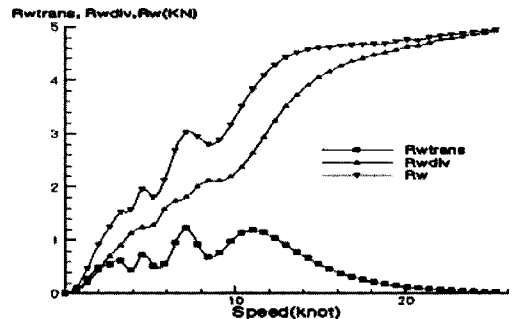


Fig. 14. Rw curves of the total transverse and diverging waves (Inha-tri I)

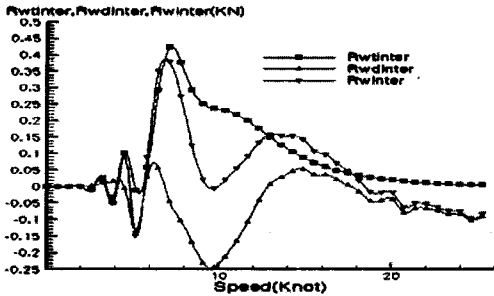


Fig. 15 Interference of the R_w curves by the total transverse and diverging waves(Inha-tri I)

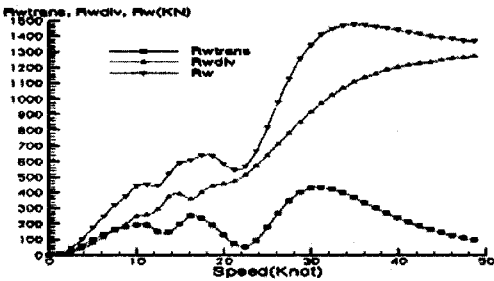


Fig. 16 R_w curves of the total transverse and diverging waves (Inha-tri II)

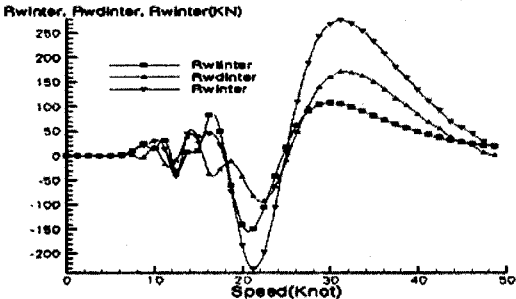


Fig. 17 Interference of the R_w curves by the total transverse and diverging waves (Inha-tri II)

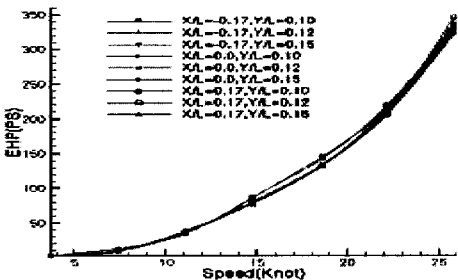


Fig. 18 EHP curves (Inha-tri)

4.2 모형 시험

설계선형들에 대하여 모형실험을 인하대학교 선형시험수조에서 하였으며, Fig. 18에서는 초기선형의 유효마력곡선들을 볼 수 있다. 보조선체의 길이 및 폭 방향 위치변화, 그리고 속도에 따라 유효마력의 차이가 발생함을 알 수 있다.

Fig. 19, 20에서는 모형선-실선 상관계수로 0.0004를 고려한 시제선형의 톤당 유효마력 및 목표선형의 유효마력을 보여주고 있다. 그림에서 계산에 의한 결과는 Michell 얇은 배 이론으로 계산한 것을 나타낸다.

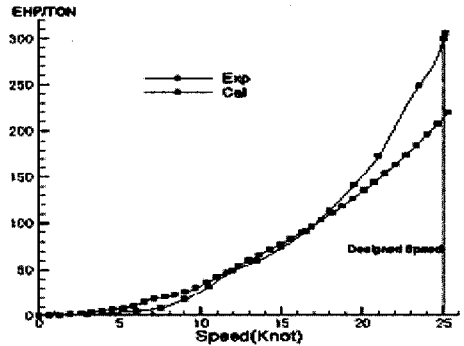


Fig. 19 EHP curves (Inha-tri I)

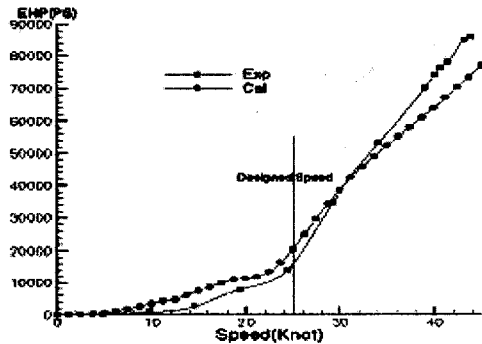


Fig. 20 EHP curves (Inha-tri II)

Fig. 21에서는 목표선형의 실험, 계산자료 및 쌍동선의 실험자료(전재우 1999), 단동 일반화물선인 PC(Product Carrier)선의 실험 자료(김호은 등 2000), Series 64 계열실험을 이용한 유효마력 추정프로그램에 목표선형의 주요목을 입력하여 얻은 일반 단동선 추정결과 등의 톤당 유효마력을

보여주고 있다. 목표선형이 설계속도에서 톤당 유효 마력이 쌍동선보다는 약 32%, 일반화물선보다는 약 24% 작아 보다 경제적인 선형임을 알 수 있다.

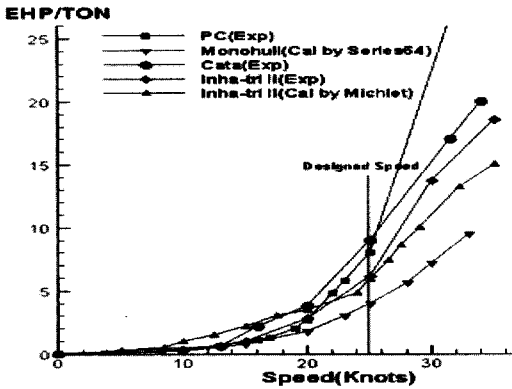


Fig. 21 EHP/Δ curves (Inha-tri II)

Fig. 22에서는 시제선형과 목표선형에 대한 잉여저항계수 값들의 비교를 보여주고 있다. 목표선형의 주선체에 의한 잉여저항 값이 제일 작으며, 시제선형과 목표선형의 잉여저항계수 값은 유사한 경향을 보이고 있다. 그리고 삼동선에서 봉우리가 두 번 나타나는 것은 주선체와 보조선체의 파 간섭으로 인한 것으로 생각된다.

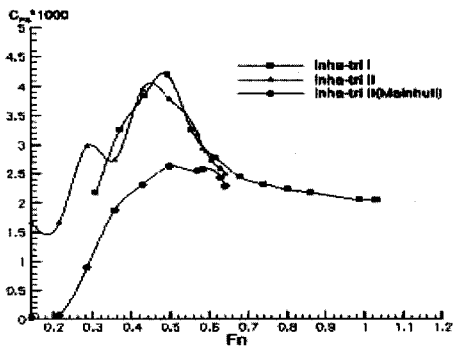


Fig. 22 Comparison of Cr curves

Fig. 23과 Fig. 24는 시제선형과 목표선형에 대한 트림과 침하량을 보여주고 있다. 시제선형과 목표선형은 거의 전 속도구간에서 같은 항주자세를 보이고 있으며, 목표선형의 주선체만의 항주자세는 삼동선과 다름을 보여주고 있다.

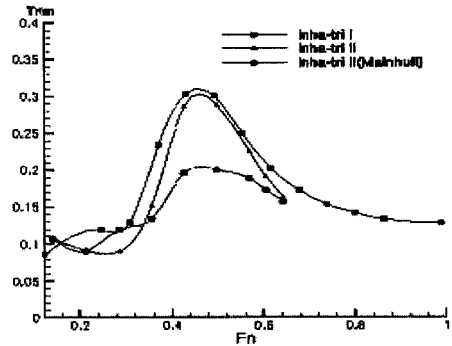


Fig. 23 Trim curves

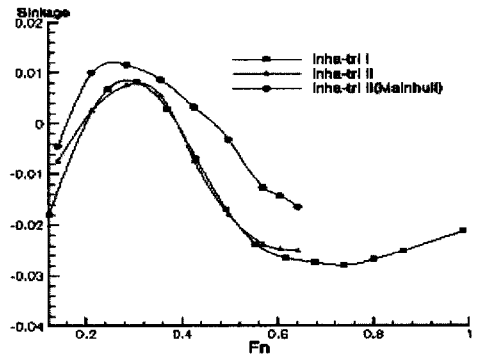


Fig. 24 Sinkage curves

5. 결론

목표 선형인 200TEU급 삼동선을 설계하기 위하여, 초기 선형에 대한 저항실험을 하였고, 배수량 7톤, 속력 25 노트급 시제 삼동선에 대해서도 설계조건과 선형계수에 따라 선형설계를 수행하였으며, 본 연구를 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 삼동선형에 대한 검토를 통하여 파악된 특성을 이용하여 삼동선에 대한 기본 설계를 수행하였으며, 이러한 과정을 통하여 삼동선형에 대한 저항성능 측면에서의 기본 설계기술이 정립될 수 있었다.
- 2) 삼동선주위의 유동장 특성 해석을 위한 수치계산 조직을 확보하였으며, 또한 모형선 저항실험을 통하여 실제적인 삼동선의 저항특성을 파악하였다.
- 3) 저항성능 면에서 보조선체의 길이방향 및 폭

방향 최적위치가 선체의 속도에 따라 영향을 받는 특성을 확인 할 수 있었으며, 기본설계 단계에서는 운항속도, 일반배치 등을 고려하여 적절한 보조선체 위치를 정해야 한다.

4) 수치계산과 저항실험을 통하여, 설계된 목표 선형이 설계속도에서 톤당 마력이 일반적인 비교 쌍동선 및 단동선보다 각각 32%, 24%정도 적고, Michell선형이론으로부터 추정된 단동선 결과와는 근접한 값을 보이고 있어 개발된 선형이 저항성능 면에서 우수한 선형임이 확인 되었다.

후 기

본 연구는 KOSEF 지정 인하대학교 황해권 수송시스템 연구센터의 연구비 지원을 받아 수행된 것으로, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강국진, 이춘주, 김도현, 윤현세, 1999, “2만톤급 삼동선의 선형 설계와 저항 특성,” 99초고속선 WORKSHOP, pp. 62-70.
- 강국진, 이춘주, 김도현, 2001, “2500톤급 삼동선의 저항추진특성”, 대한조선학회논문집 제38권 3호, pp. 14-22.
- 김호은, 최동섭, 이영길, 2000, “200TEU 삼동선의 선형설계,” 대한조선학회 선박설계연구회 하계연구발표회 논문집, pp. 41-1 ~ 41-16.
- 박기찬, 1998, “Sea-Port 인천의 지향점,” 21세기 인천의 도시 경영, 인하대학교 경영연구소, pp. 361-409.
- 백재선, 1999, 유럽항만의 화두, 국제종합물류기, 월간무역.
- 문성혁, 1999, “새로운 개념의 컨테이너터미널 출현과 중추항만 - 부해양한국산신항의 건설과 관련하여,” 해양한국 308호, 한국해사문제연구소, pp. 35-46.
- 이재욱, 1997, “미래의 황해권 운송시스템 연구,” 대한조선학회지 34권 1호, pp. 11-15.
- 이춘주, 강국진, 윤현세, 김도현, 1999, “삼동선의 저항특성에 관하여,” 대한조선학회 춘계학술대회, April, pp. 83-86.
- 임운택, 1999, “무한경쟁시대에 컨테이너부두 운영전략,” Container Terminal, 한국컨테이너부두공단, pp. 46-65.
- 전재우, 이승희, 1999, “황해형 고속 Feeder선의 선형설계에 관한 연구,” 대한조선학회 추계 학술대회, pp. 408-411.
- 최낙정, 1998, “세계 해운환경의 변화와 우리 항만의 동북아 물류 중심화 전략,” 해양한국 300호, pp. 69-80.
- 최동섭, 이영길, 이승희, 2000, “고속삼동선형의 설계에 관한 기초적 연구,” 대한조선학회 춘계 발표연구회 논문집, pp. 98-101.
- 최훈, 1999, “인천광역시 물류기지화 구상과 이의 실천전략,” 대한조선학회지 제34권 1호, pp. 26-32.
- 한국해양수산개발원, 1997, “우리나라 주요항만의 국제물류 중심화방안”, 용역 보고서.
- Choi, H., 1998, “Prospective of Developing Logistics in Yellow Sea Region Sea-Air Freight Transport from New Incheon Airport”, Proceeding of Yellow Sea Transportation System, pp. 54-72.
- Andrews, D. and Zhang, J.W., 1995, “Trimaran ships”, Naval Engineers Journal, pp. 77-93.
- Best, G. and Cudmore, A., 1992, Small aircraft carrier, Department of Mechanical Engineering Ship Design Exercise for University College London.
- Mizine, I. and Amromin, E., 1999, “Large high speed trimaran-concept optimization”, FAST, pp. 643-655.
- Levander, K., 1996 “The EURO-Express concept -Application of slenderness monohull design to fast vessels”, Conceptual designs of fast sea transportation.
- Suzuki, K. and Ikehata, M., 1993, “Fundamental study on optimization position of outriggers of trimaran from view point of wave making resistance”, FAST, pp. 1219-1230.



< 이 영 길 >



< 최 동 섭 >



< 김 규 숙 >