

전통 돛배를 바탕으로 한 크루저급 세일링보트의 개발 (31ft Cruiser/Racer Version)

박근웅*, 김동준†*, 박종현*, 김인철*, 심상목**

부경대학교 조선해양시스템공학과*
중소조선연구원**

Development of Cruiser/Racer Version Sailing Boat Based on the Traditional Fishing Boat

Gen Ong Park*, Dong Joon Kim†*, Jong Heon Park*, In Chul Kim* and Sang Mog Sim**

Pukyong National University, Dept. of Naval Architecture & Marine Systems Engineering*
Research Institute of Medium & Small Shipbuilding**

Abstract

In this paper a modern sailing boat for our costal area was developed by using the traditional boat hull form. Main particulars of design ship were determined by using the statistical values. Hull form was varied from the traditional boat hull form which was selected by the previous study and modified to fit Lateen sail. The appendage, rudder and keel were designed for good performance of against wind sailing. The performance of hull form was examined and the results were shown.

※Keywords: Traditional fishing boat(전통 돛배), BBHH971(坊坊海海971), C/R(Cruiser/Racer), Masthead rig(마스트헤드 리그), Lateen sail(종범), Lug sail(횡범), SPAN(Sailing Performance Analysis), VPP(Velocity Prediction Program)

1. 서론

세일링보트는 소형선이지만 정적 상태가 중요시 되는 대형 상선보다 동역학적 특성이 중요시되어 오히려 설계 및 제작이 더 까다로울 수도 있다. 유체역학적으로 검증된 선형, 안전하면서도 가벼

운 불침구조 선체, 인테리어가 가미된 선내거주시설, 특수재질 마스트, 선체와 동역학적 특성이 고려된 리그(Rig)의 배치, 내구성이 강하면서도 성능을 오래 유지할 수 있는 돛(Sail), 가볍고 성능이 좋으면서 내식성이 강한 각종 부속품 등 기술적 과제가 더 많을 수 있다. 뿐만 아니라 최근 동향에 맞는 기술의 도입과 이해가 필요하다.

최근 국내에서도 레저형 삼동선형(오세면과 이승희 2004), 보급형 요트의 선형개발(유재훈 등

접수일: 2005년 11월 4일, 승인일: 2006년 6월 28일

† 교신저자: djkim@pknu.ac.kr, 051-620-6485

2005) 등 세일링보트에 대한 연구가 시작되고 있다.

한편, 세일링보트는 돛을 선체에 달아 풍력으로 추진하므로 돛대의 위치, 돛의 형태, 킬(Keel), 선체, 재질 등이 그 지역의 기후, 풍습과 개성에 따라 매우 다양하게 발전되어 왔다. 우리나라에서도 1920년대에 조사된 전통 어선들의 선형을 보면 지역의 해양 특성에 맞고, 그 지역의 어류를 포획하기에 적합한 형태로 발전해 왔음을 알 수 있다(박근용 2004, 김동준 등 2004, 박종현 등 2004, 박근용 등 2005).

본 연구에서는 1900년대 초까지 국내에서 운항되었던 선형이 주변 해양 특성을 고려하여 오랜 시간 동안에 걸쳐 발전되어온 것이라는 생각을 바탕으로 현대식 돛과 조화를 이룰 수 있는 세일링보트를 개발하고자 하였다. 전통 돛은 사각형 돛(Lug Sail)으로 현대식 돛인 증범(Lateen sail)을 장착하기 위해서는 기존의 선형에서 횡경사에 버틸 수 있도록 타와 킬과 같은 부가물이 설치되어야 하며 선형이 적절히 수정되어야 한다.

2. 설계 과정의 요약

2.1 기본계획

(1) 사용목적 : 남해안 도서지방의 세일링을 목적으로 하며, 성능 검증용 위하여 ORC(Offshore Racing Council) 카테고리3의 한일 친선경기인 아리랑레이스 출전과 대양 횡단을 고려한다. 즉 C/R(Cruiser/Racer)급을 고려한다.

(2) 크기 : 4~6인을 기준으로 세일링할 때 거주 공간을 확보할 수 있는 31ft(LOA 기준)급으로 한다.

(3) 보트유형(Boat Type) : 조작이 간편한 Mast head Rig(Marconi rigged sloop)를 장착한 C/R 급의 핀킬(Fin Keel)보트이다.

(4) 재료 : 선체의 주재료는 GRP(Glass Reinforced Plastic)를 사용한다.

2.2 선형 설계

(1) 모선(Mother ship)의 선정

전통 어선 18척 중에서 우수한 선형을 바탕으로 한 외양 크루저의 개발에 있어서 가장 중요한

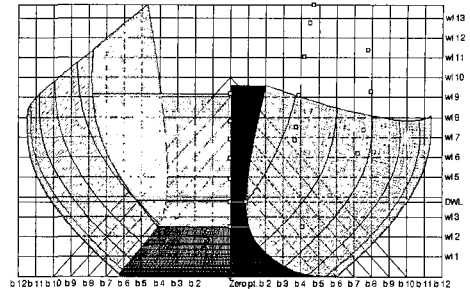


Fig. 1 Body plan of HN-iwon

조건은 내항성과 복원성이 증명된 선형을 선택하는 것이다. 본 연구에서는 여러 특징을 가지는 전통 어선 중에서 동해안 어선이면서 서해안 어선의 특징을 일부 가지고 있는 항남 이원배(Fig. 1)를 모선으로 선정하였다. 특히 이원배는 동해안에서 요구되는 내항성(Seaworthiness)과 그물배로서 갖추어야 하는 복원력이 우수하여 모선으로 충분한 조건을 갖추고 있다(김동준 등 2005).

(2) 전장(LOA), 최대선폭(B_{max}), 흘수(T)

주요 요목을 결정하기 위하여 다음의 3가지 방향으로 자료 조사를 실시하였다.

1) 우리나라에서 유일한 원양 레이스인 아리랑 레이스 참가 보트 509척의 평균 길이(33.2ft)를 조사했다. Fig. 2는 아리랑레이스 LOA의 경향을 나타낸 자료이다. 1회(1973년)에는 평균 25ft에서 16회에는 평균 39ft로 LOA의 평균 길이가 증가하고 있다. 이것은 동해안에서 큰 보트가 편안하고 안전하다는 것을 나타내는 것이다.

2) LOA를 기준으로 하여 기본적인 선체 통계치를 산출하기 위해서 크루저급 1006척의 자료를 조사하여 Table 1에서 나타내었다(김동준 등 2004).

3) 우리 해역에서 사용될 선박의 적정 특성 길이는 오래전부터 우리 해양 상황에서 활동했던 선박 자료를 참고하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 전통 어선 중, 그물어선 126척을 조사했다(박근용 2004, 김동준 등 2004, 박종현 등 2004, 박근용 등 2005). 조사결과, LOA/ B_{max} 의 평균값이 2.80으로 나타났으며, 동해안의 경우 2.98로 높게

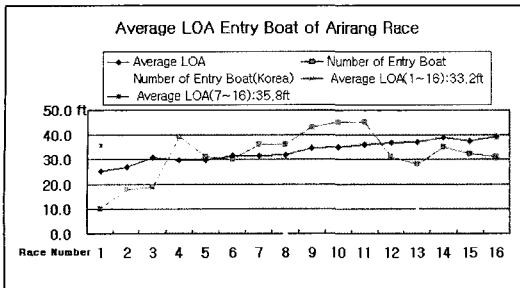


Fig. 2 LOA of entry boat in Arirang race

Table 1 Hull statistics(LOA/B_{max})

Boat type & Basis	Boats	LOA/B _{max}
Cruiser	487	3.20
Cruiser/Racer	146	3.20
ORC Standard Hull	106	3.14
ORC 9m Class	90	3.07
Yachting catalogue, 1996	177	3.04

나타났다.

Table 1에서 LOA/B_{max}의 평균값은 3.13으로 나타났다. C/R급 146척의 평균 LOA/B_{max}는 3.20이다. 이 값은 모선으로 선택한 항남 이원배(Fig. 1)의 3.1에 근접하다. Fig. 1의 정면도를 보면 약간 텀블홈(Tumble home)의 경향이 있는 갑판 아래 부분을 두툼하게 키워 아래 부분의 선들을 일정한 경사각을 유지하도록 하였다. 이는 수밀갑판이 없는 선형의 전복 위험을 줄이기 위해 탑사이드(Top side) 부근에서 선폭을 줄이고자 하는 의도가 있었던 것으로 추측된다. 따라서 수밀갑판이 있을 경우 텀블홈 형상은 필요 없으며, 텀블홈의 선체 경사선을 유지하면서 FRP(Fiber reinforced plastics) 가공에 적합하도록 하여 선형을 생성한 결과, 선폭이 증가하여 설계선(BBHH971)의 LOA/B_{max}는 2.77로서 전체 통계 값 보다는 약간 작게 결정하였다.

(3) 흘수(T)의 결정

ORC의 Standard Hull List에 수록된 자료를 조사하여 Table 2에 수록하였다. 흘수의 결정에 있

Table 2 Hull statistics LOA/T, B_{max}/T

	LOA/T	B _{max} /T
33~37ft급 (106척)	5.80	1.85
9m급 (91척)	5.55	1.82

어서는 Table 2의 통계치와 서해안이나 남해 일부 해역의 얕은 수심을 고려하였다. 특히 경기를 목적으로 한 과대한 세일면적의 설계를 지양하고 전체적인 균형을 맞추는 쪽으로 방향을 설정함에 따라 LOA/T, B_{max}/T는 각각 5.58, 2.01로 결정하였다.

(4) 중량 추정(배수량)

세일링보트의 중량 추정에 대하여 국내의 자료를 찾기가 쉽지 않다. 따라서 중량 추정의 베이스로서 배수량/길이비(Displacement/length : ∇/L)는 좋은 표준이 된다(John 1999).

$$\nabla / L = \frac{\nabla}{(0.01 \times LWL)^3}$$

∇ : Disp. (long T)

Table 1에 나타난 C/R급 146척과 크루저급 487척의 ∇/L을 계산해보면 평균값이 각각 209.8과 316.8로 나타났다. 따라서 John에 따르면 이 비율이 325를 초과하는 배는 무거운 크루저이며, 200~325사이는 적당한 C/R급을 뜻하며, 200보다 아래의 값을 가진 배는 작은 배수량을 가진 C/R급을 말한다. 1250이하는 극도로 가벼운 배수량을 가진 보트를 의미한다.

설계선의 D/L값은 240으로서 두 개의 평균범위에 있다. 본 설계에서는 이러한 기본 개념을 바탕으로 실적선 YD40(Larsson and Eliasson 1997)의 중량계산 자료에 의해 항목별로 31ft에 대한 대응 값을 산출하여 사용하였다.

(5) 선형설계의 산출근거

선형결정시 중요한 LOA/B_{max}, Lwl/∇^{1/3}, Lwl/T_c (Canoe body draft), F_r(Freeboard forward)/Lwl은 통계치에 따라 결정하였다. 설계선의 4가지 무

Table 3 Main particulars

LOA	9.71m	T	1.74m	LOA/B _{max}	2.77
Lwl	8.19m	Tc	0.44m	Lwl/Tc	18.7
B _{max}	3.5m	▽	4.71ton	Lwl/▽ ^{1/3}	4.9
Bwl	2.72m	F _r	1.24m	F _r /Lwl	0.15

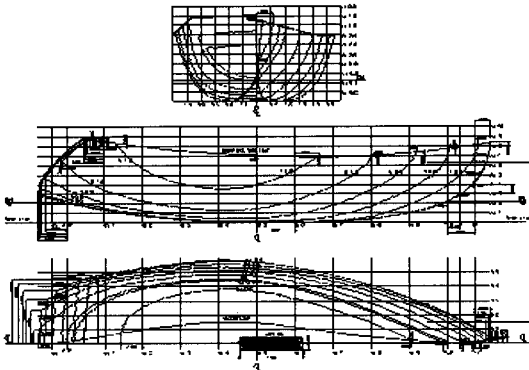


Fig. 3 Lines of BBHH971

차원비는 대부분 조사된 자료(박근용 2004, 박종현 등 2004)의 중간 값에 해당된다.

LCB는 Fn(Froude number)=0.35(6.0knot)~0.38(6.6knot)에 초점을 두고 선체중앙에서 3.0~3.6% 후방의 위치에 결정하였다.

설계선의 Ballast(Keel weight)/▽는 0.37로서 크루저 및 경기용 162척(Yachting Catalogue 1996)의 평균값인 0.38에 접근해 있다.

복원력 통계치는 Dellenbaugh angle을 사용했고, 강항성(Seaworthiness) 평가는 복원력곡선에서 동복원력계수(DSF)를 이용했다. 설계선의 DSF 결과는 43.4로 대양항해용으로 적합한 계수 값을 보였다.

이와 같이 통계치를 근거로 한 설계선의 결정된 주요 제원은 Table 3과 같고, 최종선도는 Fig. 3과 같다.

전체적인 선형의 외관은 선저의 평저부분과 선측이 이어지는 가장자리를 둥글게 처리하였다. 그리고 선미는 리버스 스텐(Reverse stern)으로 설계하여 정박료도 고려하고, 조종실에 실리는 중량을 선체 중심 쪽으로 전진 배치함과 동시에 무게 중심을 낮출 수 있도록 하였다.

Table 4 Comparing of three 30-footer

	LOA	LWL	Bmax	T
Melges30	31'10"	28'6"	9'10"	7'
BBHH971	31'10"	26'85"	11'48"	5'55"
Mariner32	31'10"	25'8"	10'	3'8"

▽(lb)	Ballast (lb)	SA (ft ²)	▽/L	SA/▽	Ballast/▽
3,850	1,750	643	75	36	45%
10,405	3,820	522	240	17.5	37%
12,400	4,000	468	315	14	33%

(6) 유사 실적선 자료 비교

Table 4의 경기용과 크루저의 각종 비례치 영역을 비교해보면 설계선의 보트 유형을 검토할 수 있다. Melges30은 90년대 경주용 스포츠 보트로 거대한 범장을 견딜 수 있도록 매우 깊고 무거운 킬을 장착한 대형 딥기(Dinghy)이다. 이 배는 이론적으로 7.2knot의 선체속도를 일정하게 초과할 수 있으며, 선실은 최소한의 거주시설을 제공한다. 한편, Mariner32는 ▽/L=315, SA(Sail area)/▽=14를 가진 전형적인 크루저다. 이 배는 33%의 낮은 Ballast/▽ 비율과 얇은 연안에서의 항해를 위해 길고 얇은 킬(Long keel)을 가지고 있다. 빠르지는 않지만 대부분의 항해상태에서 안정적이고 편안한 보트의 종류이다(John 1999).

따라서 본 연구에서 개발된 설계선은 제작의도에서 밝힌 바와 같이 크루저와 레이스의 중간인 C/R급임을 확인할 수 있다.

2.3 선박기본계산 및 선형검토

주형계수(Cp)는 중풍(8m/sec)의 클로스홀드(Close-hauled)에 초점을 두고 Fn=0.35(6.0knot)~0.38(6.6knot)을 목표로 0.56~0.58 사이를 맞추었다. 형상 복원성(Form stability)의 증가와 연결되는 LOA/B_{max}, B_{max}/Tc와 경사한 상태의 선형이 어떤 모양으로 변하는가에 주의를 기울였다. 수면하 형상은 배수량 분포를 달리하여 성능을 추정해감으로써 세일링보트 선형의 최적배수량 분포를

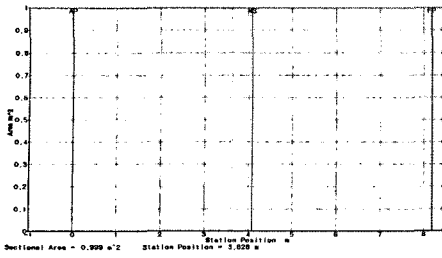


Fig. 4 Cp curve

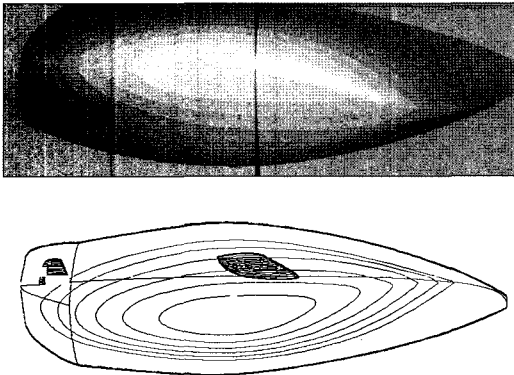


Fig. 5 Waterline of wetted surface(heel 20°)

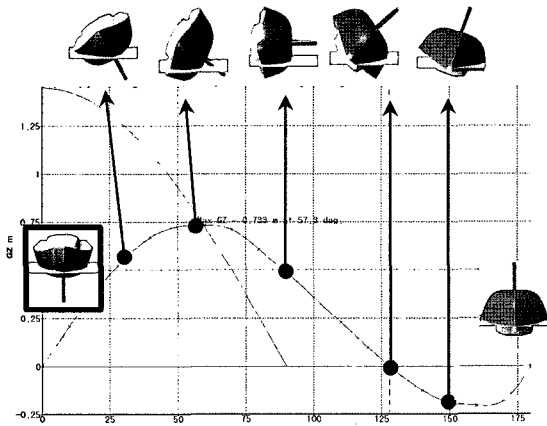


Fig. 6 Curve of static stability

찾아내었다(Fig. 4 참조). Fig. 5는 설계선의 20° 경사한 상태의 선형의 변화 모양을 보여주며, Fig. 6은 정복원력곡선이다. 이러한 일반적인 계산결과에 따라 선형의 성능을 파악할 수 있었으며 모형선 실험을 통하여 선체 주위의 유선흐름의 경향을

검증할 수 있었다. 그러나 세일링보트 선형설계에서 어려운 점은 급격한 방향전환이나 바람세기에 의한 경사 및 가속이라는 상황의 변화가 크기 때문에 그와 같은 상황에 적합한 선형을 개발하기 위해서는 많은 연구와 새로운 실험기법이 따라야 한다.

2.4 부가물의 설계

세일링보트의 부가물로서는 킬과 타(Rudder)를 들 수 있다. 이들의 역할은 보트가 풍향에 대해서 40°정도까지 바람을 거슬러 올라갈 수 있도록 하는 것이다. 횡범(Lug rig)의 항남 이원배는 주로 풍하범주에 성능이 뛰어나다. 따라서 설계선에 중범을 설치하고 풍향에 대해서 보다 좋은 각도로 거슬러 올라가기 위해서는 킬과 같은 부가물의 설계가 중요하다. 이러한 부가물의 적절한 설계기준으로서 세일면적의 비례 값을 사용하였다. C/R의 경우, SA/KA(Keel area)의 평균값은 3.5%로 평균값을 기준으로 상·하한의 폭은 약 0.75%이다.

따라서 설계선의 킬면적은 3.2%로 결정하였으며, 이는 분포 폭 내에 있다. 타는 근대형 C/R의 평균비율 1.4%를 채택하였다(타 면적=0.679m²). Fig. 7은 부가물의 곡면화한 형상이다.

2.5 모형시험에 의한 성능검토

세일링보트는 항주할 때 횡류(Leeway)와 횡경사(Heeling)를 가지는 것이 일반적이다. 따라서 일반적인 선박의 모형시험 방법과는 다른 방법이 적용되어야 한다. 세일링보트 실험방법으로는 Gerritsma법, Oossanen법, Nomoto법 등이 있는데 본 실험에서는 Masuyama 법을 이용하였다.

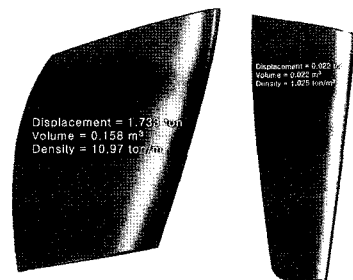


Fig. 7 Keel & rudder

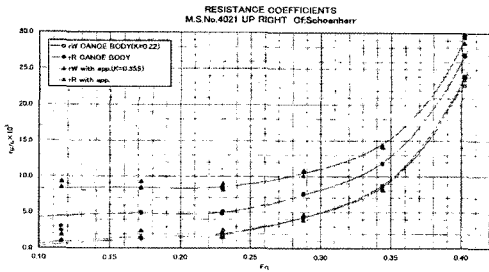


Fig. 8 Curve of r_R, r_W

Fig. 8은 회류수조실험 결과로 얻어진 잉여저항과 속도별 저항계수를 그린 것이다. 횡축은 F_n 이고, 종축은 잉여저항계수이다. 크로스홀드 범주 ($F_n=0.32$ 부근)와 순풍항주($F_n=0.35$ 부근) 고속 영역에서 급속하게 저항이 증가하는 것을 알 수 있다(심상욱 2005).

2.6 세일플랜(Sail plan)

세일면적은 세일링보트 추진력의 지표이다. 따라서 세일면적에 대한 평가는 보트의 저항발생요인인 침수면적과 배수량을 비교하여 판단해야 한다. 이 경우의 적절한 무차원계수는 SA/WSA (Wetted surface area)와 $SA/\nabla^{2/3}$ 이다. 실제 대부분의 SA/WSA는 2.0~2.5사이에 해당한다.

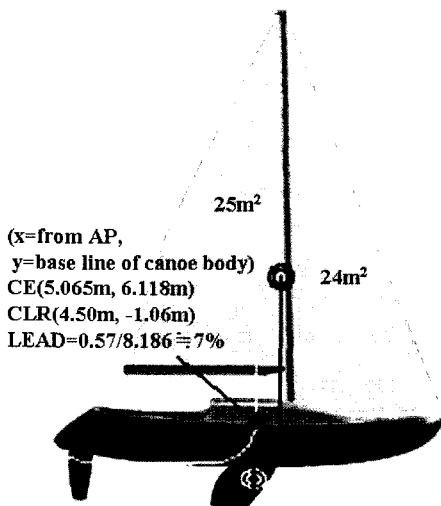


Fig. 9 Lead & sail plan

리그는 Masthead Rig로 조작의 용이성을 채택했고 마스트 전체 높이는 14.5m이다. 균형(Balance)은 핀킬에서만 사용할 수 있는 수선까지 연장한 킬의 압력중심위치와 세일플랜 도심을 이용하였다. 여기서 압력중심위치는 25% 코드상 45% 흘수 깊이에 있다고 가정한다. 리드(Lead)는 Mast head sloop에서 채택하는 5~9%값을 사용하였다. Fig. 9는 세일플랜을 나타낸 것이다.

2.7 VPP(Velocity Predict Program)

속력의 예측은 추진력과 저항을 바르게 평가하는 것으로부터 시작한다. 기관만으로 항해하는 일반 선박의 경우, 추진력은 기관출력과 프로펠러효율로 계산하고, 저항력은 직립 직진시의 예인시험 등을 통해 계산하여 균형점을 알 수 있다. 한편 세일링보트의 경우, 세일에 발생하는 추진력은 풍향, 풍속에 의해서 변화한다. 또한 겉보기바람의 풍향, 풍속이 변화하므로 보트가 달리는 속도에 따라서도 추진력은 변화한다. 그리고 횡경사하는 정도에 따라 유효 세일면적이 변화하여 세일면상의 흐름이 변화하기 때문에 추진력에 영향을 미친다. 저항도 직립 직진 시와 경사 시가 서로 다를 뿐만 아니라 횡류(leeway)에 따라서도 변화한다. 추진력과 저항이 독립된 항목으로써가 아니라 서로 관련되어 얽혀있기 때문에 균형점을 구하는 것이 쉽지 않다. 실제로 이것은 수치계산을 통해 구하고 있다.

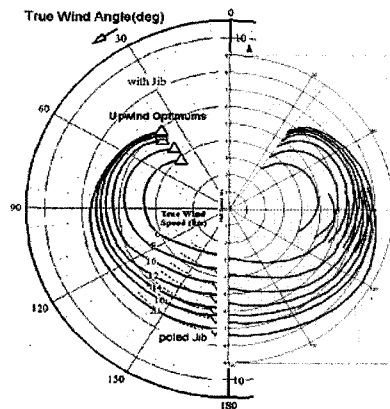


Fig. 10 Polar diagram of BBHH971

Table 5 The result of SPAN

Output	Result
Hull Speed	5.533Kts
VMG	4.539Kts
Hydro Heel Moment	0.265 tonne.m
Drive force	155.14 lbf
Side force	781.8 4 lbf
Form Drag	112.76 lbf
Induced drag	46.97 lbf
Aero heel moment	2.317 ton.m
Hull right moment	1.916 ton.m
Crew right moment(500kg기준)	0.663 ton.m

※VCG가 Dwl상에 있다고 가정 함.

설계선의 성능예측을 위해서 SPAN(Sailing Performance Analysis)과 IMS(International Measurement System)의 상용 VPP를 사용하여 보았다. SPAN과 IMS의 VPP 둘 다 다양한 풍역에서 세일링보트의 성능을 예측하는 프로그램이다. Fig. 10의 왼쪽은 IMS의 VPP에 의해서, 오른쪽은 SPAN에 의해서 생성된 속도 예측 극좌표이다.

SPAN 역시 IMS의 알고리즘을 기초로 하여 경사각과 속력의 균형을 찾아내서 선체의 양력과 저항 그리고 리그에 작용하는 힘들의 방정식을 해석한다. SPAN의 입력 값들은 IMS의 경우보다 기초적인 자료만 입력되나 그 결과는 IMS에 의한 성능 예측과 거의 같다. Table 5는 SPAN의 풍력 16knot, 진풍각 35°일 때의 계산 결과이다.

3. 결론

본 연구에서는 전통 돛배의 횡범(Lug sail) 선형을 바탕으로 종범(Lateen Sail)을 장착할 수 있는 현대식 선형을 개발하였다. 전통 돛배 선형의 풍하범주 성능 우수성은 그대로 유지하면서 풍상범주 성능을 개선하는데 주력하였다. 이를 위해

선형을 수정하고, 부가물을 적절히 설계하였으며, 종범의장을 설치하기 위한 선체 내부의 구조를 설계하였다.

본 연구를 통해 전통 돛배의 특징을 고려한 선형을 개발함으로써 우리 해역에 적합한 현대 요트의 설계 과정을 정립할 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 연구결과의 일부임을 밝히며, 본 연구를 가능케 한 한국산업기술재단 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김동준, 박종현, 박근웅, 최병문, 2004, 전통 돛배를 바탕으로 한 크루저급 Sailing Boat의 개발 1차년도 연차보고서, 부경대학교 조선해양시스템공학과.
- 김동준, 박종현, 박근웅, 박현수, 2005, 전통 돛배를 바탕으로 한 크루저급 Sailing Boat의 개발 2차년도 연차보고서, 부경대학교 조선해양시스템공학과.
- 박근웅, 2004, 현대 세일링보트 개발을 위한 한선 선형의 연구, 부경대학교 공학석사학위논문, pp. 71-75.
- 박근웅, 김동준, 박종현, 최병문, 2005, “현대 세일링보트의 설계관점에서 본 전통어선의 성능고찰,” 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 1호, pp. 50-56.
- 박종현, 박근웅, 김동준, 2004, “세일링요트 개발을 위한 20세기초 전통 어선의 선형연구,” 한국해양공학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 71-76.
- 심상목, 2005, 항주자세를 고려한 세일링 요트의 선형시험 기법 연구, 부경대학교 공학박사학위논문, pp. 38-41.
- 오세면, 이승희, 2004, “레저용 삼동선의 선형 특성에 관한 연구,” 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp. 907-912.
- 유재훈, 반석호, 안해성, 김진, 김상현, 2005, “30피트급 요트의 선형개발 및 성능추정,” 대한

조선학회 논문집, 제 42권, 제 1호, pp. 34-42.

- John R., 1999, The Annapolis Book of Seamanship.
- Larsson, L. and Eliasson, R.E., 1997, Principles of Yacht Design, Second Edition, International Marine, Camden, Maine.
- Yachting Catalogue, Force Seven Co. Ltd, 1996.



< 박근웅 >



< 김동준 >



< 박종현 >



< 김인철 >



< 심상목 >