한국항해항만학회지 제30권 제5호, pp. 375~379, 2006 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

세일링요트 핀킬 형상별 저항특성 비교연구

추경훈* · 심상목* · 박충환* · 진송한* · 권성훈**

* 중소조선연구원, ** 한일뉴즈(주)

A Study on the Comparison of Resistance Performance for Shape of Fin Keel of Sailing Yacht

Kyung-Hoon Choo · Sang-Mok Sim* · Choung-Kwan Park* · Song-Han Jin* · Seong-Hoon Kwon***

**Korea Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Pusan 618-270, Korea*
***Hanil News Inc., Kyong-Buk 790-851, Korea*

요 약 : 세일링요트의 추진시 횡류를 방지하기 위하여 선체 하부에 킬을 부착하게 되는데 이는 세일의 양력에 의한 횡흐름을 멈추게 하는 역할과 힐 모멘트를 없애고 복원력을 생기게 한다. 이는 안전성에 영향을 미치기 때문에 적절한 킬의 선택은 중요하다고 할 수 있다. 또한 킬 하부에 부가물의 부착은 발라스트 중량중심을 낮춤으로서 선체 복원력에 중요한 영향을 미치므로 킬에 대한 최적형상 도출은 매우 중요하다.

이에, 본 연구에서는 저항성능 향상을 위한 동일 침수표면적의 핀킬 하부 부가물에 따른 저항특성을 비교 실험하였다. 실험방법으로는 회류수조를 이용하여 3가지 핀킬 하부 부가물 모형킬을 모형선에 부착하여 형상별 저항특성을 비교 분석하였다. 분석 결과에 따른 저항감소 최적 형상을 도출하였다.

핵심용어 : 세일링요트, 모형시험, 저항특성, 가변핀킬, 부가물

Abstract : *The keel attached on bottom of hull part prevents yacht from flowing sideway by sailing posture. The keel remove a heel moment and make the force of stability. The selection of suitable keel is important because it has an influence on the safety.*
Also the appendage attached on bottom of keel part lower ballast weight center and have influence on hull stability. The optimum shape about the keel is very important. So this study has compared with characteristics of resistance depending on the shape of the lower part of fin keel in the same surface of water submersion , we have attached three different types of models of lower part of fin keels to the model ships using circulating water channel and analyzed resistance characteristics per shape to arrive at the optimum shape of reduction of resistance.

Key words : *Sailing yacht, Model Test, Resistance Performance, Lifting fin keel, Appendage*

1. 서 론

세일링요트는 추진시 횡류를 방지하기 위하여 선체 하부에 킬(Keel)을 부착하게 되는데 이는 세일의 양력에 의한 횡흐름을 멈추게 하는 역할과 힐 모멘트를 없애고 복원력을 생기게 한다.(최, 2005) 이는 안전성에 영향을 미치기 때문에 적절한 킬의 선택은 중요하다고 할 수 있다. 또한 킬 하부에 부가물의 부착은 발라스트 중량중심을 낮춤으로서 선체 복원력에 중요한 영향을 미치므로 킬에 대한 최적형상 도출은 매우 중요하다.(larsson, 2000)

이에, 본 연구에서는 저항성능 향상을 위한 동일 침수표면적의 핀킬 하부 부가물에 따른 저항특성을 비교 실험하였다. 실험방법으로는 회류수조를 이용하여 3가지 핀킬 하부 부가물 모형킬을 모형선에 부착하여 형상별 저항특성을 비교 분석하였다. 분석 결과에 따른 저항감소 최적 형상을 도출하였다. 향후, 세일링요트 킬 형상 설계에 유용한 핵심자료로 활용하고자 한다.(강, 2004)

2. 대상 킬 하부 부가물

본 연구의 수행에 사용된 대상선형은 33ft sailing yacht 라운드 선저 선형을 채택하였다. 가변핀킬 유압시스템은 유압시스템에 적합한 NC 66 - 010 Foil 킬 하부에 동일 침수표면적 1.672m^2 가진 부가물을 부착하였다. 부가물 형상은 벌브를 가진 킬(K1), Long span 날개형 킬(K2), Short span 날개형 킬(K3) 3가지가 있다.(박, 2004)

* 대표저자 : 추경훈(정회원), khchoo@rims.re.kr 011)9334-5466
* 정회원, smshim@rims.re.kr 011)865-5253
* shjin@rims.re.kr 011)881-1952
* chpark@rims.re.kr 016)549-9781
** newskwon@hanmail.net 054)291-0057

실선과 모형선의 주요제원을 Table 1에 정리하였으며, Fig. 1에 시험대상선 33ft 세일링요트 선체 Cp Curve를 나타내었다.

Table 1 Principal Particulars

Particulars		대상선형 (Scale = 1/10)	
		실 선	모형선
L_{BP} (m)		10.000	1.000
L_{WL} (m)		8.277	0.827
B (m)		3.320	0.332
D (m)		1.64	0.164
d(m)	df	0.370	0.037
	da	0.752	0.075
S(m^2) Without Keel		23.991	0.239
∇(m^3) Without Keel		5.868	0.0058

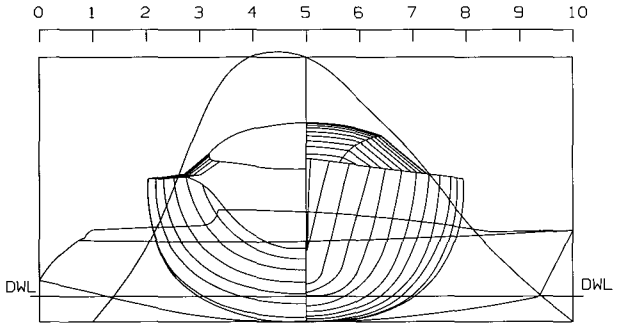

Fig. 1 33ft sailing yacht Cp Curve

3. 실험설비 및 대상모형

3.1 실험설비

실험에 이용된 회류수조의 주요사양은 아래와 같으며 개략적인 형상은 Fig. 2와 같다.

Type : 2 Impeller, Vertical type

L×B×D(whole body) : 17.6m×3.1m×6.4m

L×B×D(measuring body) :

6.0m×2.0m×1.55m

Water Capacity : abt. 90 ton

Velocity range : 0.1~3.0 m/sec

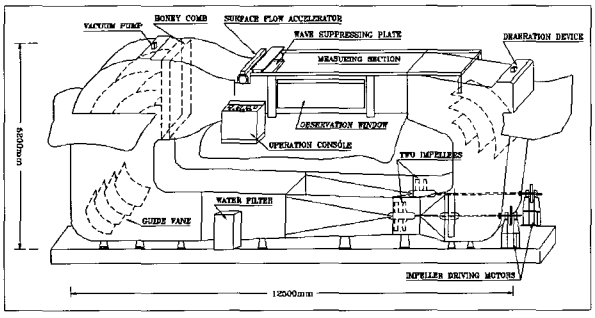

Fig. 2 Schematic diagram of C.W.C

회류수조 정도향상에 있어 가장 중요한 것은 관측부에서의 균일한 유속을 얻는 것이다. 이에 본 실험에서는 제파판으로부터 1.2m(보통 모형선의 F.P가 되는 위치) 관측부 단면에서 JIS 형 피토관을 이용하여 계측한 1.0m/s의 유속분포를 Fig. 5에 표시하였다. 회류수조 유속 1.0m/s 속도에서의 유속 오차범위가 2% 내외가 되면 관례상 아주 양호한 회류수조 성능을 갖추었다고 볼 수 있는데(박, 2004) 계측결과, 회류수조 시험계측 단면에서의 유속의 편차가 1% 내외임을 확인하였다. Fig. 3은 관측부에서 계측한 유속결과 분포도이다.

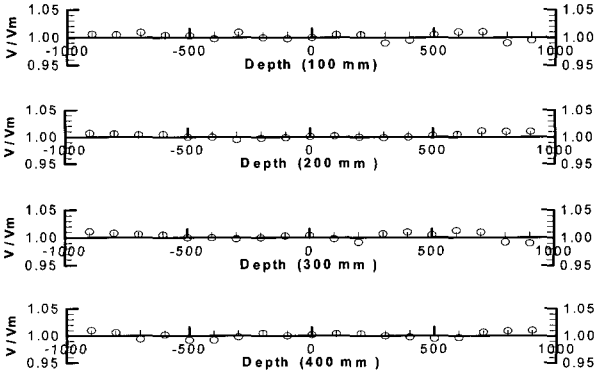

Fig. 3 Velocity Distribution(V_m;Mean Velocity)

3.2 대상모형

본 연구 사용된 sailing yacht 및 킬 하부 부가물은 실선 대응 모형선의 축척비(Scale Ratio)는 선도(Lines)를 바탕으로 1/10 비율로 하였으며, 모형선 재질은 시험조건인 모형선 배수량, 흘수 및 트림변화를 고려하여 가벼운 FRP와 목재로서 제작하였다. 모형시험에 사용된 핀킬 하부 부가물 3가지 형상을 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6에 나타내고, 주요제원을 Table 2, Table 3, Table 4에 정리하였다. Fig. 4(K1)은 선체중심을 최대한 낮춤으로서 복원력을 향상시키며 Fig. 5(K2), Fig. 6(K3)는 K1보다는 선체중심을 낮추지는 못하지만 양력과 복원력발생기능을 특징을 동시에 나타내고 있다. 생산측면에서 볼때 K1은 곡면이 많아 수공으로 제작하기 어려워 NC 가공을 하였고 K2, K3는 수공으로 제작하였다. 이는 실물 제작에 적용되어 K1이 K2, K3보다 공수 및 공기가 많이 든다.

Table 2 Principal Particulars of K1 (bulb)

Particulars	대상선형 (Scale = 1/10)	
	실 선	모형선
L_{OA} (m)	2.500	0.250
B (m)	0.296	0.0296
D (m)	0.296	0.0296
Wetted Surface (m^2)	1.672	0.01672
Volume (m^3)	0.100	0.0001

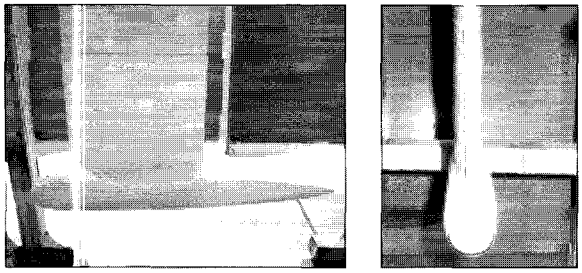

Fig. 4 Keel with bulb (K1)

Table 3 Principal Particulars of K2 (Long-span)

Particulars	대상선형 (Scale = 1/10)	
	실 선	모형선
L_{OA} (m)	1.240	0.124
B (m)	0.697	0.0697
D (m)	0.160	0.0160
Wetted Surface (m^2)	1.672	0.01672
Volume (m^3)	0.077	0.000077

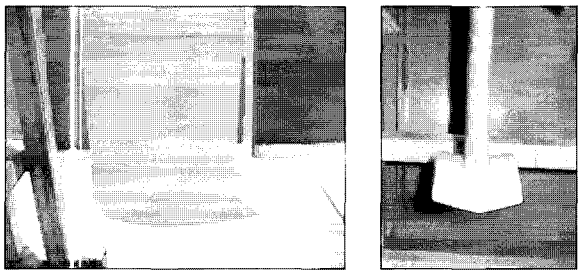

Fig. 5 Keel with Long-span Wing (K2)

Table 4 Principal Particulars of K3 (Short-span)

Particulars	대상선형 (Scale = 1/10)	
	실 선	모형선
L_{OA} (m)	1.655	0.250
B (m)	0.513	0.0296
D (m)	0.172	0.0296
Wetted Surface (m^2)	1.672	0.01672
Volume (m^3)	0.071	0.000071

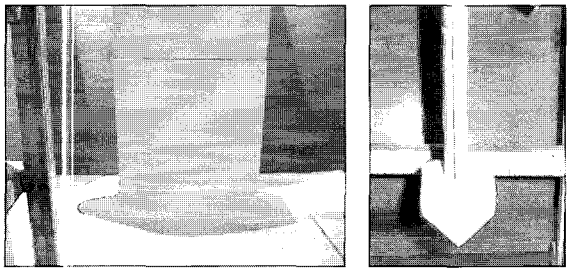

Fig. 6 Keel with Short-span Wing (K3)

4. 실험방법 및 고찰

가변핀킬 하부 부가물에 따른 저항특성 비교를 위하여 각 부가물을 사용하여 저항실험을 수행하였다.

4.1 저항시험 조건

저항시험은 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물 모형을 모형선에 부착하여 저항실험을 하였다. Fig. 7, Fig. 8은 0° 직립 직진시와 15° 횡경사 상태에서 선속대응 저항 계측 실험을 나타내고 있다.

Table 5 Model speed & froude number

Vm	0.163	0.325	0.488	0.651	0.813	0.976	1.139	1.301
Fn	0.057	0.114	0.171	0.228	0.285	0.343	0.400	0.457

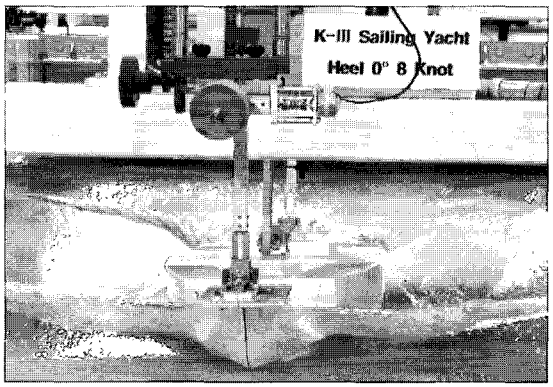

Fig. 7 Model test of 0° Heeling angle

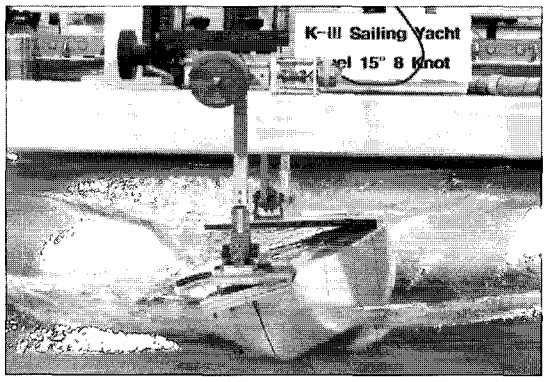

Fig. 8 Model test of 15° Heeling angle

4.2 저항시험 해석

저항시험은 모형선을 선수회전(Yaw)과 좌우동요(Sway)가 제한된 상태에서 저항동력계 로드 셀(Load Cell)로 모형선을 무게중심(L.C.G) 위치에 고정하여 모형선 유속에 따른 저항치를 계측하였으며, 흘수상태는 추(Weight)를 이동하여 3가지 타입의 핀 킬 부가물 부착시 동일한 평흘수 상태로 맞추어 시험을 수행하였다.(심, 2001)

한편, 저항시험 해석은 1978 ITTC 해석법을 근간으로 한 Froude 방법에 의해 수행되었으며, 3가지 핀 킬 하부 부가물 모형 부착시 실선의 전저항 계수는 식(1)과 같이 구하였다.

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A + C_{AA} \quad (1)$$

여기서, 잉여저항계수 C_R은 모형선과 실선에서의 값이 같다고 보았으며, 마찰 저항계수 C_{FS}은 1957-ITTC 상관곡선을 사용하였다. C_A는 모형선-실선 상관수정계수이며, C_{AA}은 공기저항계수이다.(심, 2005)

Fig. 9~Fig. 11은 직립 직진시(0°)와 15° 횡경사 상태에서의 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물의 프루드수(Fn) 대응 잉여저항계수(Cr) 값을 비교한 곡선이다.

모형실험 결과, 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물 부착 모형선의 잉여저항계수(Cr)는 실선속력과 대응하여 전체적으로는 유사한 경향을 보였다. 프루드 수(Fn) 0.4를 기점으로 3가지 타입 모두 잉여저항계수값(Cr)이 급격히 높아지는 현상으로 보아 5~7knot사이에서 운항선속하는 것이 가장 이상적이며 7knot 이상에서는 상당한 양의 저항증가가 예상됨을 확인하였다. 또한, 직립 직진시(0°)와 15° 횡경사 상태에서의 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물 저항시험 결과 프루드 수(Fn) 0.2까지의 저속에서는 3가지 타입 모두 15° 횡경사 상태가 직립 직진시(0°)보다 선속대응 잉여저항계수값이 낮게 계측되었다.

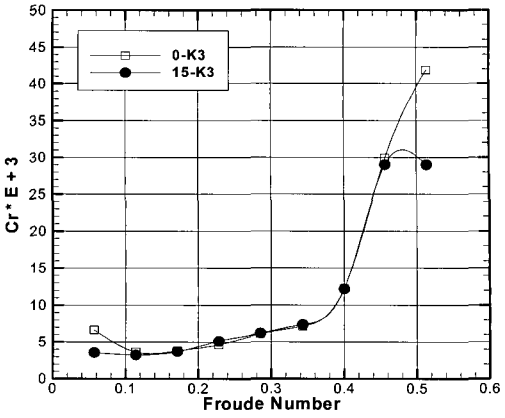

Fig. 11 Comparison of K3 Cr Curves

프루드 수(Fn) 0.2이상부터는 직립 직진시(0°)상태가 15° 횡경사 상태에 비해 낮게 계측되었다.

한편, 세일링 요트 직립 직진시(0°)와 15° 횡경사 상태에서의 동일한 침수표면적으로 가진 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물을 부착한 모형선의 프루드수(Fn) 대응 잉여저항계수(Cr) 값은 매우 유사한 경향을 보이고 있으며, k1(bulb)타입과 k3(Short-span)타입에 비해 k2(Long-span)타입의 저항이 가장 높게 계측되었고 k1(bulb)타입과 k3(Short-span)타입은 거의 동일한 잉여저항계수(Cr)값을 가지는 것으로 나타났다.

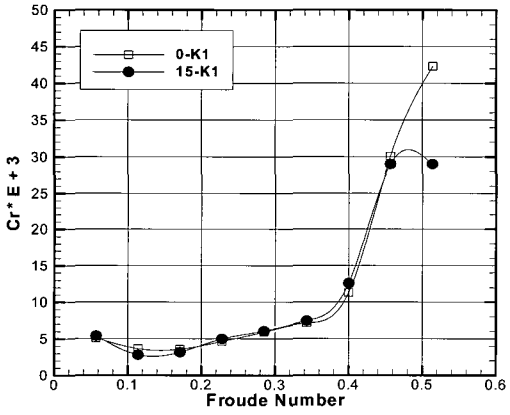

Fig. 9 Comparison of K1 Cr Curves

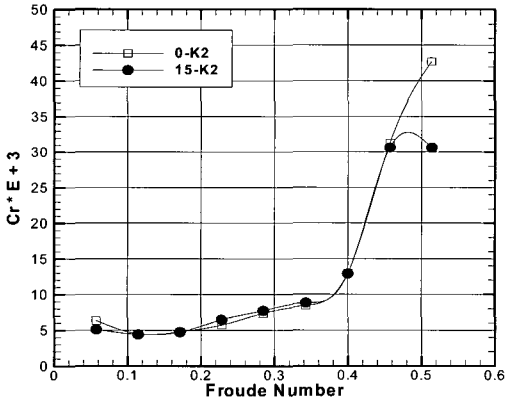

Fig. 10 Comparison of K2 Cr Curves

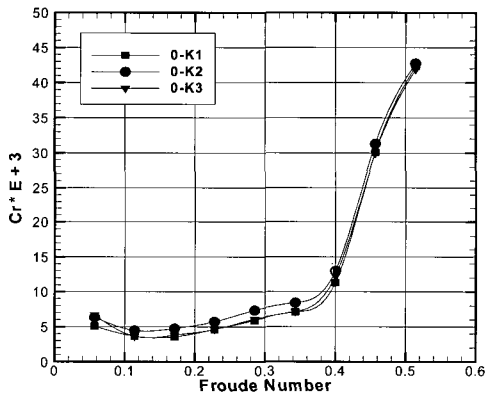

Fig. 12 Comparison of 0° Cr Curves

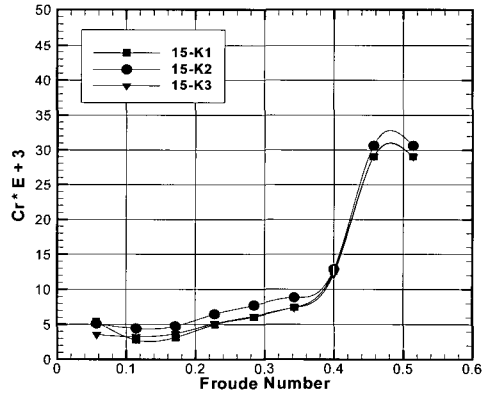

Fig. 13 Comparison of 15° Cr Curves

이로 미루어 보아 저항감소측면에서는 k2(Long span)타입보다는 k1(bulb)이나 k3타입의 핀킬 하부 부가물이 우수한 것으로 판명되었으며, 가공, 생산측면에서는 k1(bulb)보다는 k3(Short-span)타입이 더 유효한 핀킬 하부 부가물이라 사료된다. Fig.12~13에 직립 직진시 0°와 15° 횡경사 상태에서의 동일한 침수표면적을 가진 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물의 프루드수(Fn) 대응 잉여저항계수(Cr)값을 비교한 곡선이다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 저항성능 향상을 위한 동일 침수표면적의 3가지 핀킬 하부 부가물 형상 모형킬을 모형선에 부착하여 형상별 모형시험을 수행하여 저항특성을 비교 검증함으로서 향후, 세일링요트 킬 형상 설계에 유용한 핵심자료로 활용하고자 한다.

2) 모형시험 결과, 세일링 요트 직립 직진시(0°)와 15° 횡경사 상태에서의 동일한 침수표면적으로 가진 3가지 타입의 핀킬 하부 부가물의 잉여저항은, k1(bulb)타입과 k3(Short-span) 타입에 비해 k2(Long span)타입이 높게 계측되었고 k1(bulb)타입과 k3(Short-span)타입은 거의 동일한 잉여저항값을 가지는 것으로 나타났다.

3) 이로 미루어 보아 저항감소측면에서는 k2(Long span)타입보다는 k1(bulb)이나 k3(Short-span)타입의 핀킬 하부 부가물이 최적형상 부가물로 판명되었으며, 생산측면에서는 부가물 형상에 따른 제작이 용이하고, 공수절감과 공기단축으로 생산비용을 절감할 수 있는 k3(Short-span)타입이 k1(bulb)타입에 비해 효율적인 핀킬 하부 부가물이라 사료된다.

한편 본 연구에서는 가변핀킬 하부 부가물의 대표적인 3가지 형상을 대상으로 저항시험만을 수행하였으나 향후, 다양한 부가물 형상과 종횡비 변화에 따른 횡력 및 모멘트 시험등이 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

후 기

본 논문은 2005년도 산업자원부 자전거 · 해양레저장비 육성사업의 일부로 수행된 것을 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 강병윤 등(2004), "세일보트 중장기 기술개발 로드맵 연구 최종보고서", 국민체육진흥공단,

[2] 민계식 등(1994), "활주형선의 단면형상 및 장-폭비와 저항특성과의 관계에 대한 실험적 연구," 대한조선학회지, 제31권 제3호, pp.64-68

[3] 박충환 등(2004), "활주형선의 Spray Striip 부착에 따른 저항특성 연구," 대한춘계조선학회, pp.60-65

[4] 박근옹 등(2004), "세일링 요트 개발을 위한 20세기초 전통어선의 선형연구", 한국해양공학회지 제18권 제4호, pp 71-76

[5] 심상목(2005), "항주자시를 고려한 세일링 요트의 선형시험 기법연구", 부경대학교 박사학위 논문, pp 1-144

[6] 심상목 등(2001) "소형예인수조를 이용한 선체 저항시험에 관한 연구", 대한조선학회 춘계 학술대회논문집, pp 236-239

[7] 유재훈 등(2004), "30피트급 요트의 선형개발 및 성능추정", 대한조선학회 추계 학술 대회논문집 pp 172-180

[8] 최기철 등(2005), "요트의 킬의 유무에 따른 성능 연구", 대한추계조선학회지, pp 352-358

[9] B.S.R.A, Report NS 316(1971), "Methodical Series Resistance and Propulsion Experiments on Ocean-Gong Merchant-Ship Forms",

[10] International Marine, a Division of The McGraw-Hill Companies(1964) "FIBERGLASS BOATS", MAURICE GRIFFITHS(1997) "BOAT DESIGNS REVIEWED",

[11] J. S. Carlton(1994), "Marine Propellers & Propulsion", Butterworth-Heinemann,

[12] Lars larsson, Rolf e eliasson(2000), "Principles of Yacht Design "

원고접수일 : 2006년 6월 12일
원고채택일 : 2006년 7월 14일