

항주자세를 고려한 세일링 요트의 선형시험 기법 연구

심상목^{†*}, 김동준^{**}, 강병윤^{*}

중소조선연구원^{*}
부경대학교 조선해양시스템공학과^{**}

A Study on the Techniques for Sailing Yacht Model Tests with Sailing Condition

Sang Mog Sim^{†*}, Dong Joon Kim^{**} and Byung Yoon Kang^{*}

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

Abstract

This study aims at establishing a technique for sailing yachts model tests with sailing condition. It is very important to estimate a ship's potential speed performance before building a real ship. Several methods are used to estimate a ship's potential speed performance such as using parent ship data, standard vessel chart and model test. Model test is the most precise among these options. In Korea, model testing is widely used with general vessels but not with sailing yachts. Because sailing yachts are propelled with heeling and leeway, using the wind, another method is needed to estimate their speed. The new model test, which is different from tests for upright general vessels, is in a great demand. In this paper, we describe a test method for the sailing yacht model test, based on Masuyama's equation of motion. And we describe choosing scale ratio, production process and materials of the model. Also, various ways of measuring instruments, attaching jigs and adjusting calibration are described so that they can be utilized as useful data for model testing.

※Keywords: Sailing yacht(세일링 요트), Model test(모형시험), Heeling(횡경사), Leeway(사향), Circulating water channel(회류수조), Model ship(모형선)

접수일: 2005년 8월 18일, 승인일: 2006년 1월 12일

†주저자, E-mail: smshim@rims.re.kr

Tel: 051-831-0125

1. 서론

최근 해양레저장비에 관한 관심이 매우 고조되고 있으나 해양레저 핵심장비인 세일링 요트의 경

우 관련 장비 대부분이 수입에 의존하고 있으며, 각종 성능을 추정하는 방법 또한 초보단계에 있다. 선박에서의 속도 성능은 매우 중요하며, 특히 세일링 요트는 일반선박과 달리 풍력이 세일을 통하여 추력을 발생시키고 이에 반하는 반작용으로 선체가 횡경사(Heeling)와 사향(Leeway)되어 추진하게 된다. 따라서 세일링 요트의 속도 예측은 이들 횡경사와 사향을 고려하여야 한다. 이에 세일링 요트의 선형시험은 직립직진 상태에서 실시하는 일반선박과는 다른 기법이 정립되어야 한다.

이에 본 연구에서는 세일링 요트의 속도예측 방법을 조사, 분석하여 세일링 요트의 속도 성능 추정을 위한 선형시험 기법을 정립하고자 한다. 또한 세일링 요트의 선형시험 실시를 위한 모형선 준비, 선형시험 기법 정립, 해석 및 분석 방법 등을 제시하고자 한다.

2. 세일링 요트의 선형시험 기법 선행 연구 조사

세일링 요트와 연관된 연구는 주로 아메리카스컵(America's Cup)에 출전하는 세일링 요트의 선형 개발과 관련된 연구가 가장 활발히 진행되어 왔다. 세일링 요트의 특성인 풍상향해시의 성능 추정은 Davidson(1936)이 Stevens 공과대학(SIT)에서 Fig. 1과 같은 실험 설비로 성능을 추정하였고, 1937년에 행해진 제16회 아메리카스컵 레이스에서 성공함으로써 세일링 요트 설계에 대한 수조시험의 유용성을 입증하였다.

한편, 캐나다의 국가연구회의(NRC)에서는 Fig. 2와 같이 모형을 구속하는 것이 아니라 세일의 풍압중심 높이에 상당하는 점으로부터 예항하는 방법인 자유항주 시스템(Free sailing system)이라 불리는 방법을 개발하였고 이 방법은 네덜란드의 MARIN (Maritime Research Institute Netherlands)에 의해 Fig. 3과 같이 발전되어 1983년 네덜란드의 아메리카스컵 레이스 도전정인 Australia II 개발에 중요한 역할을 하였다.

또한 일본의 Masuyama et al.(1992, 1993)은 세일링 요트의 실선 선형시험을 통한 세일링 요트의 성능 추정법 등을 제시하고 있다.

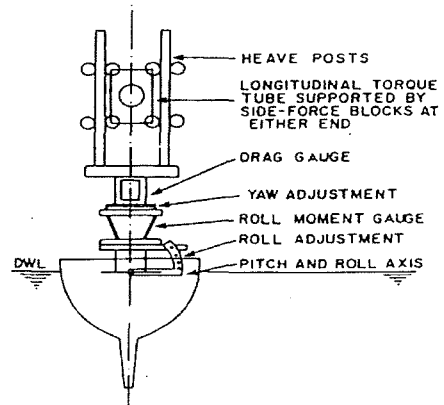


Fig. 1 Semi-captive system in use at the Davidson lab. from Murdey et al.(1987)

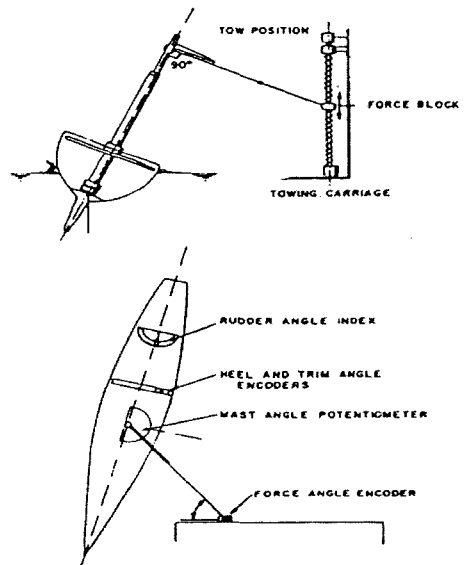


Fig. 2 Free sailing system (NRC) from Murdey et al.(1987)

우리나라에서는 유재훈 등(2005)이 VPP (Velocity Prediction Program)를 이용하여 세일링 요트 성능을 추정하는 등 최근 조금씩 연구되고 있는 실정이다.

3. 세일링 요트의 선체유체력 계산방법

세일링 요트는 항주할 때 횡경사와 사향을 가지

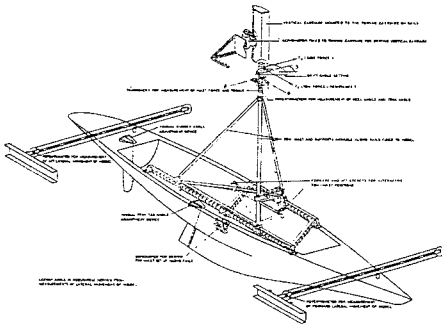


Fig. 3 Free sailing system (MARIN) from Oossanen(1985)

는 것이 일반적인 상태이다. 이러한 상태에서 세일링 요트의 속도 성능에 큰 영향을 미치는 것이 세일링 요트의 선체 제원이다.

이러한 선체 제원이 미치는 영향을 실험적 혹은 이론적으로 표현하는 것에 대하여 Gerritsma et al.(1981)의 방법, Oossanen (1981)의 방법과 Masuyama et al.(1992)의 방법 등에 대하여 기술하고자 한다.

3.1 Gerritsma에 의한 방법

Gerritsma et al.(1981)은 Frans Mass 설계의 Stand-fast43 이라 불리어지는 외양크루저를 모선으로 하는 22종류의 시리즈 모형에 대하여 수조 시험을 행하였다.

모형선은 실선의 1/6.25 축척비로 제작하여 수선 길이가 약 1.6 m 이며, 핀킬과 타는 전체의 모형에 대하여 같은 것을 이용하였다

Gerritsma 등은 이들의 모형에 대하여 직립직진시의 저항시험을 $F_n=0.13 - 0.45$ 에서 행하였고, 또 여러 가지의 횡경사각을 기준으로 사항시험을 $F_n=0.20 - 0.40$ 의 범위에서 실험하였다.

직립직진시의 저항시험에서 전저항은 $R_T = R_R + R_F$ 로 나타내고 여기서 마찰저항 R_F 는 선체와 킬 그리고 타의 침수표면적에 의한 항수로 식(1)과 같이 나타내었고 첨자 c 는 선체, k 는 킬, r 은 타를 표시하고 있다.

$$R_F = 1/2\rho V^2 (A_c C_{FC} + A_k C_{FK} + A_r C_{Fr}) \quad (1)$$

또한 실험 결과로부터 잉여저항 R_R 은 식(2)와

같이 주형계수 부심위치 및 수선간 길이 등의 항수로 표현 하였다.

$$(R_R/\Delta_c) \times 10^3 = A_0 + A_1 C_P + A_2 C_P^2 + A_3 LCB + A_4 (LCB)^2 + A_5 BWL/T_C + A_6 LWL/\nabla_c^{1/3} \quad (2)$$

Gerritsma 등의 실험은 많은 선형 파라메타 때문에 횡경사에 의한 저항증가나 조파에 의한 복원력 저하 등을 구하고 있지만 일반적으로 적용하기에는 부족하나 배수량형 요트선형의 성능에 대하여 중요하게 기여하고 있는것으로 평가되고 있다.

3.2 Oossanen에 의한 방법

Oossanen(1981)은 잉여저항을 Oortmerssen (1971)이 보인 실험식으로부터 구하여 횡력과 이와 관련되는 유도저항은 핀킬, 타, 선체를 각각 날개라고 간주한 계산식을 이용하여 선체 성능을 구하는 방법을 발표하였다.

Oortmerssen은 수선장 8-80 m의 메인선과 어선의 모형 93척에 대하여 실험을 행하였고 그 데이터를 이용하여 잉여저항의 계산식을 선체제원과 F_n 수를 이용한 다항식으로 표현하였다. 이들의 모형 제원 범위는 요트 선형을 포함하고 있는 것으로부터 Oossanen은 그의 계산식을 그대로 요트 선형에 적용하였다.

그리고 Oossanen은 횡력과 유도저항으로부터 잉여저항을 계산하였다. 횡력은 선체(L_H)와 핀킬(L_K)과 타(L_R)로 나누고 전횡력은 이들의 합으로 나타내었다. 즉 전횡력 L_T 는 식(3)과 같다.

$$L_T = L_K + L_R + L_H \quad (3)$$

다음으로 유도저항 또한 선체와 핀킬과 타로 나누어 전 유도 저항을 식(4)와 같이 나타내었다.

$$R = R_{IK} + R_{IR} + R_{IH} \quad (4)$$

Oossanen은 이 계산식을 5.5 m급 요트 Antiope에 적용하여 계산값과 실선시험결과를 비교한 결과 횡력은 4.9%, 전저항은 6.7% 이내의 오차를 가졌다.

3.3 Masuyama에 의한 방법

Masuyama 등은 세일링 요트의 수선하의 선체

에 작용하는 유체력을 타에 의한 유체력과 타 이외에 의한 유체력으로 구분하여 제시하고 있다.

즉 세일링 요트 선체에 작용하는 유체력 가운데 카누보디(Canoe body)와 핀킬에 작용하는 정상 유체력은 다음 식(5) - (8)과 같은 다항식으로 나타내었다.

$$X_H = X_{VV}V^2 + X_{V\phi}V\phi + X_{\phi\phi}\phi^2 + X_{VVVV}V^4 \quad (5)$$

$$Y_H = Y_VV + Y_{\phi\phi} + Y_{VVV}V^3 + Y_{VV\phi}V^2\phi + Y_{V\phi\phi}V\phi^2 + Y_{\phi\phi\phi}\phi^3 \quad (6)$$

$$K_H = K_VV + K_{\phi\phi} + K_{VVV}V^3 + K_{VV\phi}V^2\phi + K_{V\phi\phi}V\phi^2 + K_{\phi\phi\phi}\phi^3 \quad (7)$$

$$N_H = N_VV + N_{\phi\phi} + N_{VVV}V^3 + N_{VV\phi}V^2\phi + N_{V\phi\phi}V\phi^2 + N_{\phi\phi\phi}\phi^3 \quad (8)$$

여기서 X_H 는 요트 길이방향의 힘
 Y_H 는 요트 나비방향의 힘
 K_H 는 요트 길이축 방향의 모멘트
 N_H 는 요트 나비축 방향의 모멘트를 나타낸다.

또한 타에 의하여 세일링 요트의 길이 및 나비 방향의 힘과 모멘트의 유체력 계수를 다음 식(9) - (12)로 나타냈다.

$$X'_R = C_{x\delta}\sin\alpha_R\sin\delta \quad (9)$$

$$Y'_R = C_{Y\delta}\sin\alpha_R\cos\delta\cos\phi \quad (10)$$

$$K'_R = C_{K\delta}\sin\alpha_R\cos\delta \quad (11)$$

$$N'_R = C_{N\delta}\sin\alpha_R\cos\delta\cos\phi \quad (12)$$

여기서 $C_{x\delta} - C_{N\delta}$ 는 타각 시험에 의해 결정된 계수이다.

이로서 Masuyama 등은 세일링 요트의 유체력을 선박 6자유도 중 피칭과 히빙을 제외한 4자유도에 대하여 제시하고 있다.

4. 회류수조에서의 세일링 요트 선형 시험 기법 정립

세일링 요트의 선체 유체력을 Masuyama 방법

에 따라 측정하기 위한 선형시험 기법, 모형선의 선택, 지그의 부착, 지그의 조정 등에 관하여 제시한다.

4.1 직립직진시의 저항시험

세일링 요트의 직립직진시 저항시험은 핀킬과 타가 없는 카누보디 상태에서 사항과 횡경사가 없이 세일링 요트의 길이방향 힘 X 력을 측정한다. 이는 일반선박의 저항시험과 동일하게 일정속도 간격으로 측정하면 된다.

계측되어진 저항시험으로부터 실선의 저항을 추정하는 다음과 같이 실선의 카누보디에 대한 저항을 예측할 수 있다.

$$C_t m(\text{canoe body}) = C_f m(1+K_m) + C_w m(\text{model test}) \quad (13)$$

$$C_t s(\text{canoe body}) = C_f s(1+K_m) + C_w m(\text{ship}) \quad (14)$$

여기서 m 은 모형선, s 는 실선을 의미. 타와 핀킬을 부착한 실선의 저항계수는 식(15)과 같이 카누바디의 저항계수에 핀킬과 타의 저항계수를 합하여 구할 수 있다.

$$C_{ts}(\text{with all app.}) = C_t s(\text{canoe body}) + C_D \text{ FIN KEEL} + C_D \text{ RUDDER} \quad (15)$$

4.2 타에 작용하는 유체력 측정시험 방법

타에 작용하는 유체력을 측정하기 위하여 세일링 요트가 사항과 횡경사로 항주할 때 어떤 타각에서 계측되어진 유체력과 타의 직압력이 없는 상태에서의 값의 차이로 표현할 수 있다. 즉 Fig. 4와 같이 각각의 사항각 β , 횡경사 ϕ 와 타각 δ 인 경우의 힘과 모멘트를 계측하고 타에 직압력이 없는 상태의 힘과 모멘트와의 차를 구하면 된다.

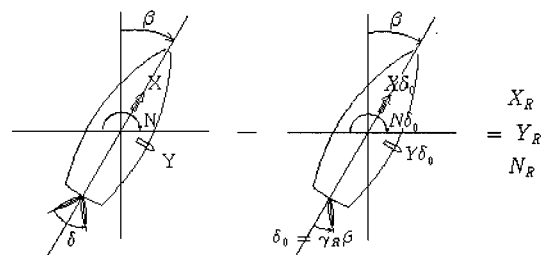


Fig. 4 The diagram of X_R, Y_R, N_R calculation

즉 타에 작용하는 유체력은 식(16) - (18)과 같다.

$$X_R = X - X_{\delta_0}, \quad (16)$$

$$Y_R = Y - Y_{\delta_0}, \quad (17)$$

$$N_R = N - N_{\delta_0}, \quad (18)$$

4.3 타 이외의 선체에 작용하는 유체력 측정시험 방법

타 이외 선체에 작용 하는 유체력 측정을 위하여 타각을 0°로 고정하고 선체를 횡경사와 사향시켜가면서 $X(kg)$, $Y(kg)$, $N(kg-m)$, $K(kg-m)$ 의 4가지 힘과 모멘트를 구한다.

본 시험을 통하여 선체에 대한 유체력 계수를 구할 수 있다.

즉, $\delta = 0^\circ$ 로 설정하여 행한 사향시험의 결과 X_m' , Y_m' , N_m' 으로부터 다음 식을 이용하여 무차원화 한다.

$$X'_m = \frac{X_m}{\frac{1}{2} \rho_s V_B^2 L D} \quad (19)$$

$$Y'_m = \frac{Y_m}{\frac{1}{2} \rho_s V_B^2 L D} \quad (20)$$

$$N'_m = \frac{N_m}{\frac{1}{2} \rho_s V_B^2 L^2 D} \quad (21)$$

계측되어진 X'_m , Y'_m , N'_m 로부터 무차원화 계수의 $\delta = 0^\circ$ 의 경우에 대하여 타에 작용하는 유체력 계수 $X_{R'}(\delta=0)$, $Y_{R'}(\delta=0)$, $N_{R'}(\delta=0)$ 와의 차이를 찾으면 이것이 타 이외의 선체에 작용하는 유체력으로 식(22) - (25)와 같다

$$X_H' = X_m' \quad (22)$$

$$Y_H' = Y_m' - Y_{R'}(\delta=0) \quad (23)$$

$$N_H' = N_m' - N_{R'}(\delta=0) \quad (24)$$

$$K_H' = K_m' - K_{R'}(\delta=0) \quad (25)$$

4.4 선형시험을 위한 모형제작 등

4.4.1 모형선 재질

세일링 요트 선형시험을 위한 모형선의 재료는 최근 세일링 요트의 고속화를 위하여 경량화가 가능한 신소재 개발이 활발히 진행되고 있어 세일링 요트의 흘수는 매우 낮음을 고려 선형시험용 모형선도 낮은 흘수를 위한 재료가 필요하다. 이에 세일링 요트의 선형시험을 위한 모형선 재질로는 계측용 각종 지그의 부착, 충분한 흘수 확보 등을 위하여 우레탄, 합성수지(FRP) 등이 적합하다.

4.4.2 모형선 축척비

모형선의 축척비는 시험 정도와 관련하여 매우 중요한 요소 중의 하나로써 계측할 수조의 규모, 각종 계측 장비의 허용치, 시험 항목 등을 고려하여 신중히 결정하여야 한다. 즉, 모형선의 크기가 작으면 계측의 정도가 낮아지는 단점이 있고 모형선의 크기가 크면 직진시 혹은 최대 사향시 수조 폭에 대해 모형선 폭이 넓어 모형선에 의하여 생기는 파가 간섭 등의 영향을 미치는 경우가 있어 시험계측기의 최대 허용치를 넘을 경우가 있다.

4.4.3 모형선 상태 등

소형 모형선은 선체상태에 따라 계측 결과가 민감하므로 준비된 모형선을 정밀하게 관찰, 점검하여야 한다. 우선 모형선의 표면상태의 점검이 필요하다. 특히 모형선의 구조가 약한 선수미 부분의 파손 여부, 핀킬, 타 등 선체부가물 부착 상태, 난류 축진을 위한 Stud 또는 Trip Wire의 부착 상태 등을 점검하여야하며, 각종 지그의 고정을 위하여 중요 프레임 부분은 합판 등으로 제작하여 지그 고정의 각종 볼트가 고정될 수 있도록 하여야 한다.

4.5 지그(Jig) 및 계측장치의 부착과 고정

세일링 요트에서 타 이외의 선체에 작용하는 유체력과 타에 작용하는 유체력을 측정하기 위한 좌표계를 Fig. 5에 나타내었다.

여기서 X : x 축(길이) 방향 힘

Y : y 축(폭) 방향 힘

- N : z 축 주위 모멘트
- K : x 축 주위 모멘트
- β : 사향각, δ : 타각
- ϕ : 횡경사각을 나타내었다.

각각의 힘과 모멘트 및 각도를 계측하기 위한 각종 지그의 종류는 다음과 같다.

X, Y 및 N 의 값을 계측은 Fig. 6에 나타난 것과 같은 3-컴퍼넌트 로드셀 (3-Components Load Cell)을 부착한다. 본 3-컴퍼넌트 로드셀은 상하운동이 자유롭도록 부착 되어야 한다.

다음으로 횡경사 모멘트인 K 값을 계측할 수 있는 횡경사 계측기로 이것은 Fig. 7와 같이 취부한다. 이것의 취부 위치는 회전운동의 중심이 선체 수직 중심위치를 고려하여 선박의 수직중량 중심 위치인 KG 위치에 놓이도록 한다.

타의 각도를 계측하는 장비는 Fig. 8와 같이 설치하였다. 타의 회전 각도는 좌우현 35° 까지 계

측할 수 있도록 하였고 각도 계측기는 라다 포스트(Rudder post)에 고정시켜 계측할 수 있도록 하였다.

또한 사향각 계측을 위하여 3-컴퍼넌트 로드셀 상부에 Fig. 9와 같이 사향각 계측기를 설치하였다. 수평의 핸들을 돌려 상판에 있는 게이지를 읽음으로써 세일링 요트의 사향각을 조절할 수 있도록 하여야 한다.

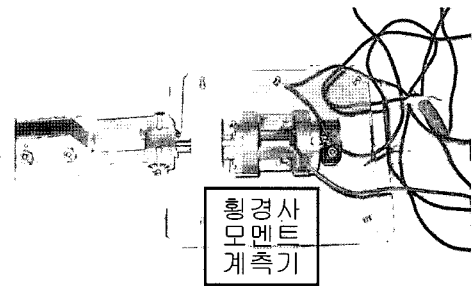


Fig. 7 Heel torque dynamometer

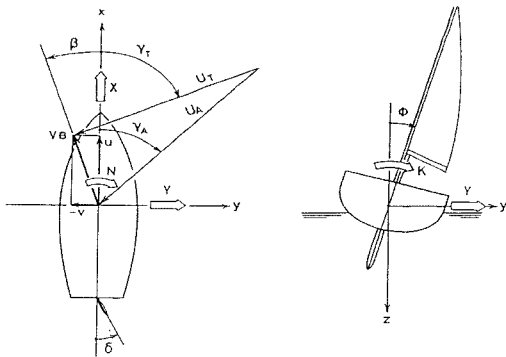


Fig. 5 Co-ordinate system

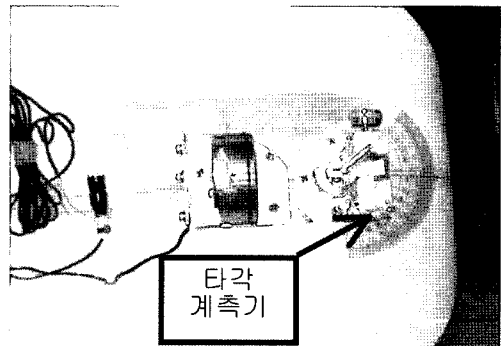


Fig. 8 Installed system for rudder angle

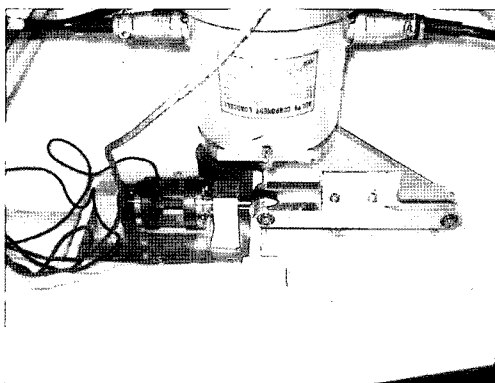


Fig. 6 3-Components load cell

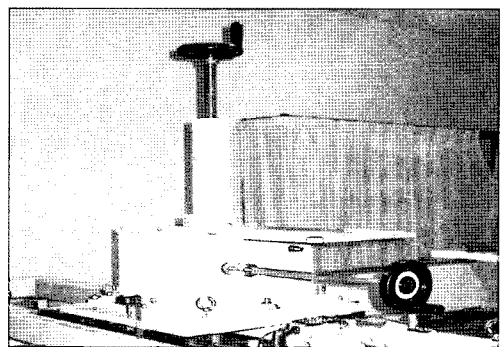


Fig. 9 Adjusting system for leeway angle

다음으로 모형선을 수조에 입수시켜 시험상태에 맞도록 출수를 조절하여야 한다.

출수 조절용 중량물 배치는 선체 길이방향 중앙 부부터 탑재하여 Fig. 10과 같이 횡경사를 고려하여 배치하였다. 이때 출수조절용 중량물은 각종 힘과 모멘트를 계측하기 위하여 탑재되어진 계측기 등을 고려하여 탑재하여야 한다. 특히, 횡경사 시험을 위하여 미리 한쪽 현에 모멘트를 발생시킬 수 있도록 Fig. 11과 같이 횡경사 조절용 가이드를 만들어 동일 배수량에서 횡경사가 이루어 질 수 있도록 고려하여야 한다.

지그 설치의 전체 개념도를 Fig. 12에 나타내었다.

5. 31피트급 세일링 요트의 선형시험

5.1 대상선형

본 실험에 사용되어진 모형은 31피트급 크루저 세일링 요트로서 본선의 선형은 박종현 등(2004)이 우리나라 전통돛배의 선형을 기초로 하여 개발되어진 선형을 대상으로 하였다.

Fig. 13는 개발 대상 선박의 일반배치도를 Fig. 14는 선도를 나타내고 있다.

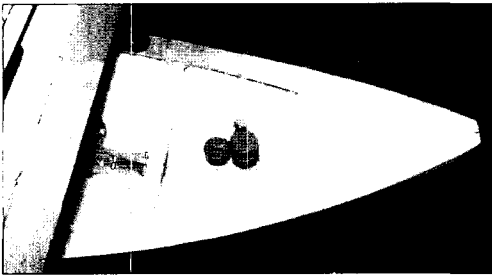


Fig. 10 Control weight for displacement

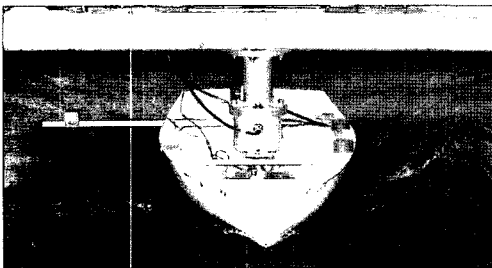


Fig. 11 Weight guide for heeling

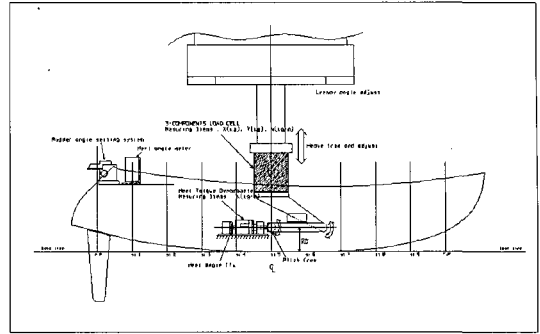


Fig. 12 The diagram of jig-set

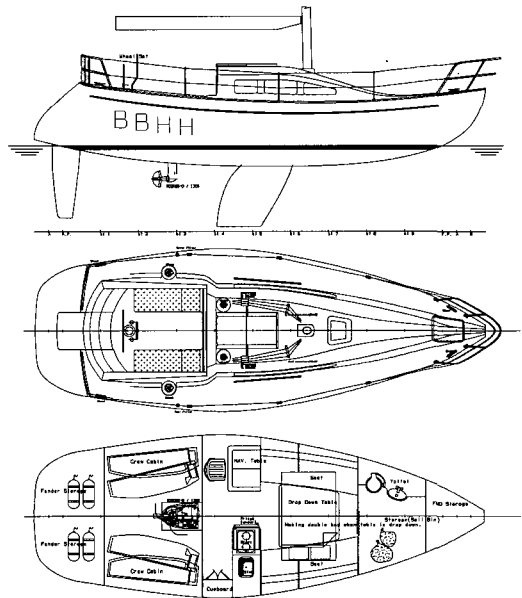


Fig. 13 General arrangement

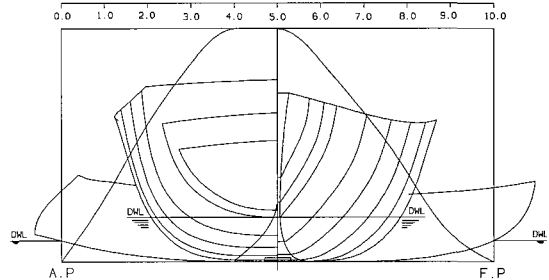


Fig. 14 Lines and Cp curve

5.2 선형시험 및 결과

주어진 세일링 요트를 기준으로 서일본유체기연의 회류수조를 이용 선형시험을 실시하였으며, 선형시험 방법은 Masuyama의 방법에 따라 직립직진시의 저항시험을 비롯하여 타에 작용하는 유체력과 타 이외에 작용하는 유체력의 측정을 실시하였다.

Table 1에 시험에 사용되어진 모형선과 실선의 주요치수를 나타내었고, Fig. 15에는 계측용 각종 지그가 부착된 상태의 모형선을 나타내었다.

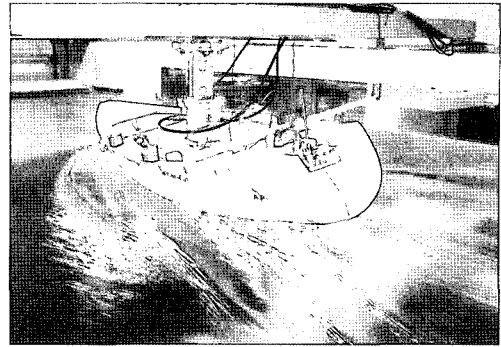


Fig. 15 Model of sailing yacht with jig

5.2.1 저항시험 결과

직립직진시의 저항시험은 카누보다와 타, 핀킬이 부착된 선체 2가지에 대하여 실시하였고, Table 2에 보인 바와 같이 사항 및 횡경사가 없는 상태에서 선속 3노트에서 7노트까지 1노트 단위로 실시하여 계측은 X방향의 힘(Kg)을 계측하였다. 저항시험 결과 잉여저항계수 곡선을 Fig. 16에 나타내었고 7노트에서의 조파 현상은 Fig. 17에 사진으로 나타내었다.

Table 2 Test points of resistance test

Vs (kt)	3	4	5	6	7
Fn	0.172	0.230	0.287	0.345	0.402
Vm (m/s)	0.539	0.719	0.899	1.079	1.259

Table 1 Principal dimensions of model and actual ship

Item		Model ship (1/8.186)	Actual ship
Length (B.P, LWL)		1.000 m	8.186 m
Breadth (Max)		0.428 m	3.500 m
Depth (Max)		0.172 m	1.411 m
Draft	from B.L	0.054 m	0.439 m
	from Keel bottom	0.213 m	1.740 m
Disp. (Δ)	without Appendage	0.008075 m ³	4.54 t
	with Appendage	0.00848 m ³	4.768 t
Wetted surface area	without Appendage	0.2684 m ²	17.988 m ²
	with Appendage	0.33135 m ²	22.204 m ²
KG	from Base Line	0.062 m	0.504 m

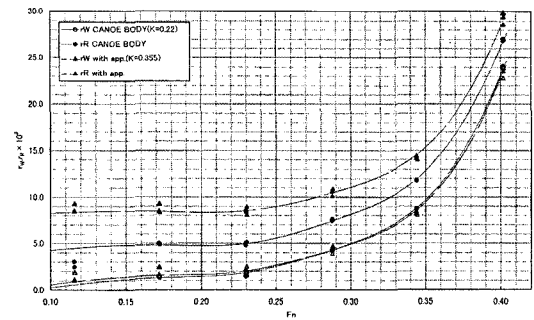


Fig. 16 Resistance coefficient (r_R, r_W)

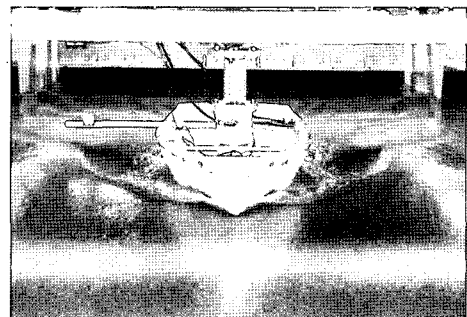


Fig. 17 Wave pattern of up right resistance test (7kts)

5.2.2 타에 작용하는 유체력 시험 결과

다음으로 타에 작용하는 유체력을 측정하기 위하여 핀킬과 타를 부착한 모형선을 대상으로 횡경사가 없는 상태에서 사향각과 타각을 변화시켜 가면서 계측 속도는 일반 항해 속도로 예상되는 4노트($F_n = 0.230$)와 6노트($F_n = 0.345$)의 2가지 속도에서 실시하였다. 타의 변화 범위는 일반적으로 타각의 변화 범위인 -35° 에서 35° 까지를 5° 간격으로 계측하였으며, 사향각은 직진상태와 10° , 20° 의 3가지로 90가지 상태로 수행하였다.

본 시험을 통하여 각각의 사향각에 대한 타의 유체력 계수인 X'_R , Y'_R , N'_R , K'_R 의 곡선을 예상속도 4노트와 6노트에서 구하였고 Fig. 18은 6노트에서 계측된 X'_R 의 곡선을 예로 나타내었다.

5.2.3 타이외의 선체에 미치는 유체력 측정 시험 결과

타 이외의 선체에 미치는 유체력을 측정하기 위한 시험으로 타의 각도를 0° 로 고정하고 선체를 횡경사와 사향 시켜가면서 X (kg), Y (kg), N (kg-m), K (kg-m)의 4가지 힘과 모멘트를 구하는 시험으로 계측속도는 4노트($F_n = 0.230$)와 6노트($F_n = 0.345$)의 두가지 속력으로 수행하였다.

사향 각도는 0° 에서 10° 까지는 2° 간격, 10° 에서 20° 까지는 5° 간격으로 계측하였으며, 횡경사는 10° 와 20° 그리고 갑판 침수각도와 유사한 30° 를 기준으로 좌우현 대칭을 가정하여 좌현만의 경사

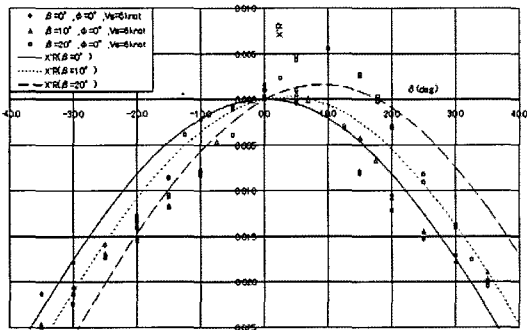


Fig. 18 The results of rudder test at 6 kts speed (X'_R)

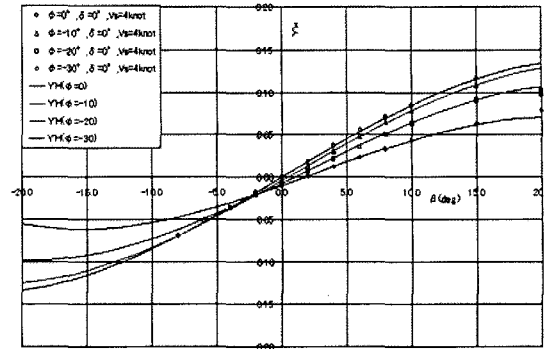


Fig. 19 The results of heel and oblique test (Y'_H)

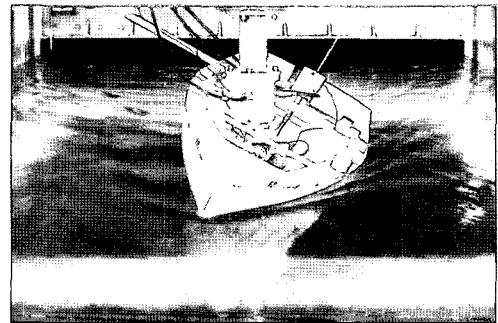


Fig. 20 Heel and oblique test

를 수행하였다. 시험 수행 횟수는 각 속도별 38가지로 총 76가지를 시험 하였다.

시험결과 X_m , Y_m , N_m , K_m 을 계측하였고 이 들로부터 중회귀분석법을 통하여 각 사향에 대한 X'_H , Y'_H , N'_H , K'_H 값을 구하였다.

Fig. 19는 4노트시 계측된 Y'_H 곡선의 예를 나타내었고 시험당시의 사진을 Fig. 20에 나타내었다.

5.2.4 31피트급 세일링 요트의 선체 유체력 산출

31피트급 세일링 요트의 선형시험은 Masuyama가 제시한 선체 운동 방정식의 선체 유체력 계수를 구하고자 실시하였다.

즉, 타에 작용하는 유체력 시험과 횡경사-사향 시험에서는 타의 유체력 계수인 X_R , Y_R , N_R , K_R 와 타 이외의 선체에 의한 유체력 계수 인

Table 3 The hydrodynamic data of 31 ft sailing yacht

Moment		
Symbol	4 Knot	6 knot
K_V	2.7535E-01	1.8000E-01
K_ϕ	-1.7317E-03	5.7831E-03
K_{VV}	-1.4718E+00	-3.8453E-01
$K_{V\phi}$	8.5870E-01	1.3097E-01
$K_{\phi\phi}$	-1.5872E-01	-5.3465E-02
$K_{\phi\phi\phi}$	2.0771E-02	1.2028E-04
N_V	-3.5868E-02	-3.2092E-02
N_ϕ	-2.2334E-02	-1.9162E-02
N_{VV}	-5.8683E-01	-2.7770E-01
$N_{V\phi}$	3.2397E-01	1.3146E-01
$N_{\phi\phi}$	-1.4586E-01	-6.6604E-02
$N_{\phi\phi\phi}$	3.8299E-02	2.4823E-02
$C_{K\delta}$	6.0159E-02	5.5431E-02
$C_{N\delta}$	8.6323E-02	8.3847E-02

Force		
Symbol	4 Knot	6 knot
X_{VV}	5.3363E-01	1.8780E-01
$X_{V\phi}$	-2.7862E-02	-1.6754E-02
$X_{\phi\phi}$	-1.5675E-03	-3.2210E-03
X_{VVV}	-5.2646E+00	-6.0558E-01
Y_V	-7.2493E-01	-4.9250E-01
Y_ϕ	2.2428E-02	5.4266E-03
Y_{VV}	2.9614E+00	7.1240E-01
$Y_{V\phi}$	-5.4527E-01	-1.4411E-01
$Y_{\phi\phi}$	1.0613E+00	8.6078E-01
$Y_{\phi\phi\phi}$	-1.3605E-02	2.7062E-02
$C_{X\delta}$	-1.1102E-01	-1.1070E-01
$C_{Y\delta}$	-1.8732E-01	-1.7730E-01

X_H, Y_H, N_H, K_H 를 구하였으며, 이것으로부터 Table 3과 같이 31피트급의 세일링 요트의 선체 유체력을 구할 수 있었다. 이들 값들은 31피트급 세일링 요트의 속도를 추정하는데 선체에 작용하는 유체력으로 유용하게 사용될 것이다.

6. 결 론

본 연구는 항주자세를 고려한 세일링 요트의 선형시험 기법을 정립하고자 수행하였으며, 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다

첫째, 회류수조를 이용한 세일링 요트의 선형시험 실시를 위한 모형선, 지그의 선정 방법 등을 정립 하였다. 회류수조에서 선형시험을 실시하기 위한 모형선의 축적비 결정 방법, 모형선 재료 선정 및 제작 방법 등을 정립 하였고 시험에 사용된 각종 계측장비의 사용법, 지그 부착 방법 등을 정립하여 추후 회류수조에서 세일링 요트의 선형시험에 유효한 자료로 활용되도록 하였다.

둘째, 세일링 요트의 선체 유체력을 구하기 위한 선형 시험 방법을 정립 하였다.

세일링 요트의 선체 유체력은 타에 의한 유체력과 타 이외의 선체에 의한 유체력으로 나누고 이들의 유체력을 측정하는 기법을 제시하고 정립 하였다.

셋째, 정립된 세일링 요트의 선형시험 기법은 박종현 등(2004)에 의하여 선형개발 되어진 31피트급 세일링 요트의 선형을 대상으로 회류수조를 이용한 선형시험을 실시하여 세일링 요트의 타에 의한 유체력과 타 이외의 선체 유체력을 측정하는 시험을 실시하였다.

선형시험 방법은 저항계수 계측을 위하여 직립 직진시의 저항시험을 실시하였고 이를 통하여 모형선의 마찰저항계수와 잉여저항계수를 추정하였고 타에 의한 유체력 계수 도출을 위하여 사항시 타의 압력이 없는 타각 측정 시험, 타에 작용하는 유체력 시험과 타 이외의 선체 유체력 측정을 위한 횡경사-사항시험 등을 실시하였다.

그 결과 타에 의한 유체력 계수인 X_R, Y_R, N_R, K_R 와 타 이외의 선체에 의한 유체력 계수 인 X_H, Y_H, N_H, K_H 를 구 할 수 있었다. 이로써 회류수

조에서 항주상태를 고려한 세일링 요트의 선체 유체력에 관한 선형시험 기법을 정립하였다.

한편, 세일링 요트 속도 성능의 더욱 정밀한 추정을 위해서는 선체에 작용하는 유체력과 더불어 세일에 작용하는 유체력 추정이 필요함으로 이를 검증하는 풍동시험 기법 정립과 속도 추정 프로그램인 VPP 개발 등에 관하여도 지속적인 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- 박종현, 박근용, 김동준, 2004, "세일링요트 개발을 위한 20세기초 전통 어선의 선형연구," 한국해양공학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 71-76.
- 유재훈, 반석호, 안해성, 김진, 김상현, 2005, "30 피트급 요트의 선형개발 및 성능추정," 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 1호, pp. 34-42.
- Davidson, K.S.M., 1936, "Some Experimental Studies of the Sailing Yacht," Trans. SNAME Vol. 44.
- Gerritsma, J., Onnink, R. and Versluis, A., 1981, "Geometry Resistance and Stability of the Delft Systematic Yacht Hull series," International Shipbuilding Progress Vol. 28 no 328.
- Masuyama, Y., Nakamura, I., Tatano, H., Takagi, K. and Miyakawa T., 1992, "Sailing Performance of Ocean Cruising Yacht by Full-Scale Sea Test (Part 1 : Steady Sailing Performance and Dynamic Performance in Waves)," Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 172, pp. 349-364.
- Masuyama, Y., Nakamura, I., Tatano, H., Sakaguchi, K. and Kanekiyo, T., 1993, "Sailing Performance of Ocean Cruising Yacht by Full-Scale Sea Test (Part 2 : Maneuverability and Tacking Performance)," Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 174, pp. 377-388.
- Murdey, D.C., Molyneux, W.D. and Killing, S., 1987, "Techniques for Testing Sailing Yacht," Advances in Yacht Testing Technique, ITTC87, pp. 1-10.
- Van Oortmerssen, G., 1971, "A Power Prediction Method and Its Application to Small Ships," International Shipbuilding Progress.
- Van Oossanen, P., 1981, "Method for the Calculation of the Resistance and Side Force of Sailing Yachts," Conference on Calculator and Computer Aided Design for Small Craft- The Way Ahead, RINA.
- Van Oossanen, P., 1985, "The Development of the 12 Meter Class Yacht "Australia II," 7th Chesapeake Sailing Yacht Symposium, SNAME.Murdey, D.C., Molyneux, W.D. and Killing, S.



< 심 상 목 >



< 김 동 준 >



< 강 병 윤 >