

세일링요트의 기본적 요소와 구조에 관한 소고

김 옹 재†

(부경대학교)

A Study on the Basic Element and Structure of Sailing-yachts

Yong-Jae KIM

Pukyong National University

(Received May 7, 2003 / Accepted June 30, 2003)

Abstract

The present investigations were carried out for the most and fundamental elements, what is called maneuverability, stability, safety, rig, sail about the world famous race, VOLVO60 and America's cup. The results obtained are summarized as follows:

First, the structure of yacht should be designed with focus on the preparation for the preparation of collision with other yachts around, with the dumps of iceberg and also whales nearby. At the same time, the accurate calculation on the each structure and equipment of yacht should be processed for the dynamic stability in the rainstorms.

Second, VOLVO60, long-distance sailing, should be emphasized on the light weight and the safety, while the boat for America's cup, short-distance sailing, should be stressed on the appropriate weight of the body and the maximum speed for fast maneuverability.

Third, up-to-the minute materials should be developed for the appropriate wind power and the turning of directions.

Key words : *Maneuverability, Stability, VOLVO60 and America's cup, Sailing-yacht*

† Corresponding author : 051-620-6343, nhk2146@pknu.ac.kr

I. 서 론

우리나라의 해안은 도서지역의 발달과 청정지역 및 여러 가지 독특한 관광성 등을 지니고 있음에도 불구하고, 지금까지의 관광 레저정책은 내륙중심으로 되어있고 해양관광 및 유락시설 등에는 등한시 되어 왔다. 그러나 최근에 들어 젊은 층을 중심으로 역동적인 해양스포츠 및 레저의 공간으로 인식하게 되는 움직임이 확산되고 있는 추세이다(조규남외, 1999). 우리나라는 이 같이 해양스포츠를 할 수 있는 자연적인 양호한 조건을 안고 있음에도 불구하고 이에 대한 인식이나 홍보 부족으로 요트 등의 장비에 대한 개발을 하지 않고 도입에 의존해 왔기 때문에 보급이 더디고 활성화가 되지 못하였던 것이다.

이 같이 잘못된 요트에 대한 인식이 88올림픽 이후에야 비로소 대중에게 점차 알려지기 시작하게 된 것이다. 그 보급 내용을 보면, 주로 덩기(Dinghy) 정도의 제작이나 수입에 의존하고 그 외의 세계 대회용 요트에 대하여는 무관심으로 이에 대응하지 못해 왔다. 이로 인해 요트에 대한 인식이 대중들에게는 귀족적인 스포츠로 인식되어 대중화가 되지 못하였던 것이다.

따라서 국내 요트를 국산화할 수 있는 기술개발이나 연구만이 요트가 쉽게 보급되고 해양스포츠 개발이 가능할 것으로 본다.

우리나라는 대형선박에 대하여는 국가적인 차원의 과감하고도 계획적인 투자로 조선 강대국을 이룩하였지만, 소형레저 보트와 요트 분야에 대하여 소외되어 왔다. 따라서 이 분야에 대한 투자가 대형 일반 선박인 경우와 같이 과감하고도 계획적인 투자를 하여 해양레저산업을 발전시켜야 할 것으로 본다(김진안, 김용직, 1980).

본 연구에서는 세일링 메카니즘에 대한 내용을 전부 다룬다는 것은 매우 광범위하여 대표적인 요트에 한정시켜 세계적 장거리 대회인 VOLVO60 외양경기(Ocean Race)와 단거리 대회인 America's Cup의 내만경기(Inshore Race)에 대한 선체와 리그, 하이테크적인 세일등에 대한 연구를 대상으로 조사하였다.

이에 대한 기본적인 선형구조와 기초적인 세일링 메카니즘에 대한 개발 내용과 방향을 제시하여 보기로 하였다.

II. 요트의 선체 구조와 장비

1. 선체구조

요트의 선체는 세일, 킬의 형상과 더불어 이들의 밸런스에 의해 결정된다. 그러므로 선체만의 연구가 아니라 세일, 리그등 종합적인 설계를 하여 풍상이나 풍하에서 최적의 스피드를 발휘하여야 경쟁력 있는 실용적 효과를 기대할 수 있다. 그리고 오랜 전통과 기술력을 자랑하는 세계 유명 요트경기대회인 VOLVO60 대회와 America's Cup 대회 각각의 규정과 요건의 특성을 살펴보고 국내 요트 제작에 근간을 제시하고자 문헌고찰을 실시하였다.

이중에서 중요한 요소인 재료, 제원 및 구조에 대하여 살펴보기로 한다.

가. 재료

과거에는 보트의 재료로서 대부분 나무나 다른 자연적인 재질로 만들었지만, 산업혁명 이후 철이나 여러 가지 재료로 선체를 만들게 되었는데, 요트에도 마찬가지로 처음에는 당연히 나무로 만들었고 최근에는 많은 요트가 FRP(Fiber Reinforced Plastic: 섬유강화 플라스틱: 유리 섬유 유기체를 강화재(強化材)로서 폴리에스테르(Polyester) 수지를 형성재료하는 섬유기체와 Matrix(주형, 基質)에 의한 것이지만, 좁은 의미로는 유리 섬유기체와 불포화 폴리에스테르 수지에 의한 재질을 의미)로 만들어지고 있다. 그 외에도 철이나 알루미늄합금, 웨로세멘트(Ferro Cement)로 만든 요트가 있고 특별하게는 America's Cup나 Volvo60에 사용되는 보트는 케브라 섬유나 카본을 이용하기도 한다. 그러나 일반적으로 널리 쓰이는 것이 FRP이고, 간혹 주문제작 보트(Custom Boat)쪽에서는 알루미늄합금보트들이 만들어지기도 한다. 이중 FRP의 특징은 대량생산이 용이한 재질로서 Mold를 제작할 경우 대량 복제가 가능하고, AL-Mg계 합금인 마그네슘(Mg)의 일부를 망간(Mn)에 대체하여 크롬(Cr)을 첨가한 내식(耐蝕) 알루미늄합금(비중은 2.75로 철의 약 1/3)은 내식성이 뛰어난 알루미늄합금은 부식의 문제와 강한 재질로 요트제작에 절대적 우위를 차지하고 있다.

나. 제원

(1) VOLVO60

보통 요트의 크기는 전장을 미터나 피트로 나타내는데 클래스 이름에 붙은 VOLVO60 Class의 전장(LOA)은 64ft 전후로 60이라는 숫자는 수선장을 나타내기도 한다. 그이유는 외양의 파도 속을 뚫고 달려려면 선수의 예비부력이 필요하기 때문이다. 전폭은 5m 20cm 약간 넘고 America's Cup 클래스와 비교하면 갑판에서의 횡폭이 넓은 보트이다. 이것은 경기의 전 구간을 통해서 리칭에서 다운윈드를 달리는 거리가 길고 균형을 잡기 위한 워터볼러스트(Water Ballast)를 유효하게 사용하기 위해서이다. 그러나 수선에서의 폭은 좁아져 있다. 선체중량 자체는 모든 보트가 대개 3톤 전후로 만들어지고 거기에 리그나 킬, 의장품을 첨가한 총중량은 약 13.5톤으로 그 중 킬·스트러트(Keel strut) 밑에 매 달려 있는 벌브(Bulb)의 무게는 총중량의 반 이상으로 약 8톤이다. 홀수는 3m 75cm로 제한되어 있다. 킬·스트러트의 코드길이(전후 길이)는 규칙으로 최소치가 제한되어 있지만, 2001~2002년 대회 참가보트는 킬 실제의 코드길이를 상당히 짧게 하고 있다. 이것은 이 경기가 킬에서의 양력이 필요한 클로스·홀드로 달리는 거리가 적고 킬이 단순한 저항으로 되는 다운윈드나 고속의 리칭으로 달리는 거리가 길기 때문이다. VOLVO60의 특징은 장거리(32,000 miles) 항해와 안전이 위주로 제작된 모든 방향으로 골고루 항해가 잘 될 수 있는 퍼포먼스를 구비해야한다(KAZI JULY, KAZI AUG 1997).

(2) America's Cup

IACC(America's Cup Class Rule)의 레이팅(Rating) 공식에서의 길이와 세일의 면적 그리고 배수량에 대해서 관찰해보면, America's Cup 보트의 배수량(DSP, W)은 25톤 정도 길이(L)는 약 22~24m, 세일면적(S)은 325~330m²라고 한다(그림 1). 배수량은 규칙 제한에서 25톤을 넘을

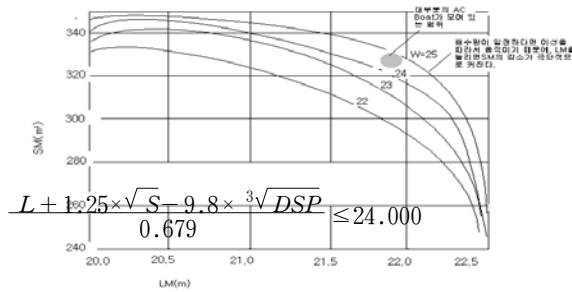


그림 1. IACC RATING 공식을 이용한 L, S, DSP Balance

어 선수(Destroyer bow)나 스푼(Spoon) 양쪽의 선수 형상이 가능하다. 데스트로이어 선수를 채용하는 것은 평수시(平水時)에 수선장을 길게 하기 위한 것이다. 일반적으로 이 모양의 선형은 평수 직립시라는 조건에서 좋은 결과로서 낮은 저항을 나타낸다. 즉 이것은 순풍에 성능을 발휘하기 위한 것이라고 보아도 좋다. 한편 파랑중이나 역풍에서 보트는 경사하거나, 풍압차를 동반해 달리므로, America's Cup용 보트뿐만 아니라 기타 요트에도 경사하면 전체적으로 떠올라 선수트림으로 된다. 그러므로 역풍에서는 확실하게 긴 수선장을 가지게 되지만, 경사가 생기면 스푼이나 데스트로이어나 그 차는 적어진다고 할 수 있겠다. 수선폭의 넓고 좁음은 직립상태의 저항과 복원성에 효과가 있다. 캐터마란(Catamaran)의 선체를 보면 알 수 있듯이 수선폭이 좁아지면 조파저항이 적어지고, 그 대신 복원성이 적어지면서 경사하기 쉽다. 규칙에 홀수 제한을 두는 것을 보더라도 부가물은 수면하 가능한 한 깊은 곳에 위치하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다. 따라서 선체의 중앙뿐만 아니라 선수에서 선미에 걸쳐 플레어량을 조절하면 경사시의 트림의 경향을 조정할 수가 있다. 가령 선수 플레어를 크게 하고 선미 쪽을 작게 한다면 선수트림(Bow trim)이 생기는 것을 적게 할 수가 있고, 수면에 가까워지는 러더(Rudder)를 깊게 유지할 수 있을뿐더러 선미의 오버·행(Over Hang)을 유효하게 사용할 수 있게 된다. 따라서 각 개발자는 안전성과의 균형에 의해 어느 정도의 플레어량으로 할 것인가를 결정해 가는데 거기에는 VPP(Velocity Prediction Program), RMP(Race Modeling Program)를 구사한 검토가 행해지는 것이다(박근용, 1997).

선체의 제원에 있어서 VOLVO60 대회의 경우 32,000miles 장거리 항해를 위해 안전 위주의 선체 제작이 이루어져 모든 항해에 적합한 퍼포먼스를 구비해야 되고, America's Cup 대회의 경우는 레이팅 공식에 맞추어 설계가 되

수 없고 만약 길이를 22m에서 더욱 더 늘이고 싶더라도 이미 규칙상의 상한(上限)에 가깝기 때문에 별점이 상당히 크게 산출되게 되어 반대로 세일 면적을 희생시키는 결과로 된다.

길이 L은 계측 부양상태(Floatation)에서 수선 윗쪽 20mm의 선에 따라서 측정하기 때문에 그림 2처럼 데스트로이

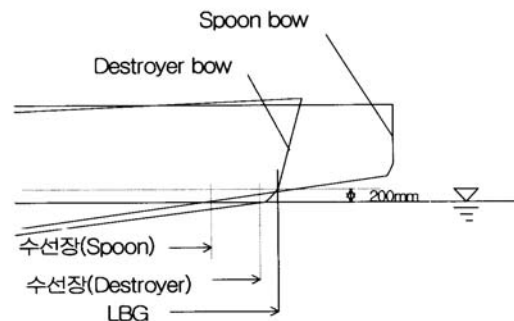


그림 2. LBG를 산출하기 위한 수선장 계산법

는 동시에 심한 폭풍어 속에서 선수부분이 파고를 치고 나갈수 있고 충분한 복원력을 구사하기 위한 풍상에서의 킬의 설계가 최대 관건이 될 수 있다.

다. 구조

VOLVO60 클래스에서는 러더를 제외한 선체구조에 카본(Carbon)을 사용하는 것이 규칙으로 금지되어 있다. 결국 VOLVO60 클래스는 코어재를 케브라섬유로 샌드위치한 구조로 만들어져 있다. 보통 샌드위치구조의 주문제작 보트 특히, 경기보트는 선수에 충돌구역(Clasherble Zone)을 갖추고 있다. 선수재(Stem) 하부의 선체부분 폼(Foam)을 두껍게 해서 그것을 외피와 내피로 끼운다. 이렇게 해두면 표류물이나 다른 보트와 심하게 충돌했을 때 외피는 파손된다 하더라도 폼이 찌그러지는 것으로 충격을 흡수하고 내피까지 피해가 미치는 일이 적어짐으로서 침수, 침몰이라는 최악의 사태를 피할 수 있게 된다. 고속으로 달리고 있을 때 빙산조각이나 고래 등과의 충돌위험이 있는 VOLVO60 클래스에서는, 이 충돌부분을 일반적으로 크게 만든다. 또한 VOLVO60 클래스에만 엄하게 규칙으로 정해져 있는 응급조타장치를 설치하는 타축(Pintle)을 고물보(Transom)에 장비하게 되어 있다. 긴급시 조타장치를 거기에 끼워서 응급 손잡이(Tiller)로 조종한다.

America's Cup에서는 내만 경기일 뿐더러 짧은 거리를 주파하기 위해 최첨단장비를 갖춘 보트로 운행되기 때문에 그러한 사고가 일어나서는 안되지만, 설사 사고가 발생하더라도 주위의 도움을 바로 받을 수 있게 하여야 하고, 선체의 구조 문제는 용도에 따라서 적절한 구조로 하여야 한다. 특히 2000년 Americas Cup, 루이스·바통·컵(Louis Vuitton Cup) 및 라운드로빈(Round Robin)의 제3경기에서 택킹 중 큰 파도를 정면에서 받고 선수가 쳐올려져 심하게 파도에 쳐박히면서 선체의 중앙부분이 잘리는 일이 있었다. 이와 같은 사고는 전 대회 호주에서 참가한 완·오스트리아에서도 발생한 일이 있는데, 이런 것은 바로 그 사용 보트의 용도에 따라서 선체구조의 취약점이 쉽게 드러나는 경우라 볼 수 있겠다.

선체의 구조 설계는 장거리대회에서 발생하는 충돌 위험에 적합한 선수 충돌구역(Clasherble Zone)과 선수재 하부 폼을 단단히 갖추고 있는 것이 특징이고, 내만 경기 위주의 America's Cup 대회의 경우는 최첨단 장비를 구축하였지만 선체 구조의 취약점이 많이 노출되고 있는 실정이다.

2. 장비

우리가 보통 요트라 부르는 것은 일반적으로 부르는 명칭이고, 마스트의 수, 그 위치, 세일의 형태에 따라서 Sloop, Cutter, Ketch 및 Yawl 등 여러 종류로 분류된다. 현재 일반적으로 많이 보급되어 있는 것은 마스트가 하나, 세일이 헤드세일과 메인 두 장이 올려지는 슬루프형이 많이 보급되고 있다. 물론 이 슬루프형도 어느 정도의 크기를 넘어서면 VOLVO60이나 America's Cup 등 전문적인 경기위주의 보트거나, 쉽게 세일을 조작할 수 있는 장치를 갖추 수 없는 경우에는 자연히 세일의 면적을 줄이게 되고, 그것을 보충하기 위해 마스트가 자연히 하나 더 서게

되는 것이다.

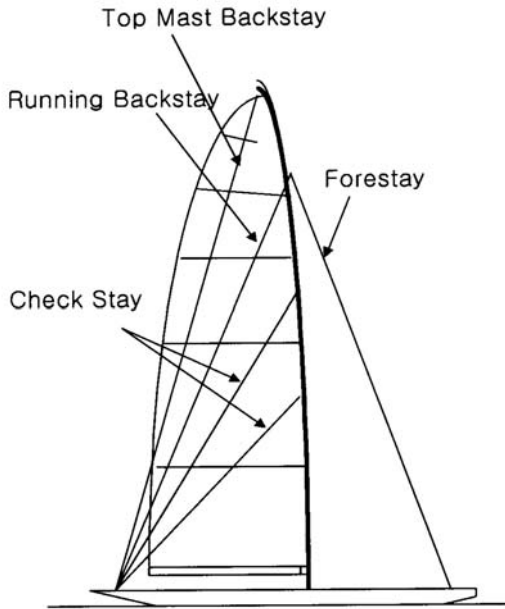


그림 3(a). 세일형상에 따른 리깅 방법

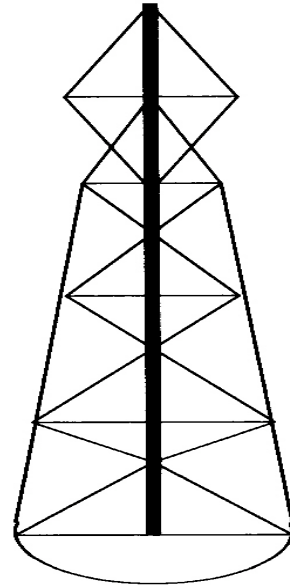


그림 3(b). 밀레니엄 리그

또한, 마스트의 조절은 상당히 어려워서 하나만 잘못되어도 디스마스트(Dismast)의 위험을 안게 되므로, 마스트 소재의 선택을 신중히 해야 하는데, 마스트의 소재는 바이킹시대부터 사용해오던 나무나 알루미늄 합금 또는 특별하게는 카본 마스트로 대체되었다. 알루미늄 마스트의 이점은 단기간 또는 장기간에 걸쳐 사용하더라도, 압축가중(壓縮加重)에 의한 변형이 없어야 하고 내구성이 강하여야 한다. 알루미늄 마스트가 부러지는 것은 마스트를 지지하고 있는 리깅이 끊어질 때 가장 많이 일어난다(船社, 1993).

아주 유연한 마스트는 세일링중에 하중(荷重)의 집중에 따라서 꺾이지 않도록 다이아몬드·스테이(Diamond Stay)나 스프레더(Spreader)같은 중간 리깅에 의해서 전체 균형을 잡는 경우가 많다. 마스트를 갑판 상에서 유지하기 위한 포어스테이, 백스테이, 슈라우드(Shroud) 외에, 런닝 백스테이, 체크스테이등 각종 스텐딩·리깅과 런닝·리깅등의 배치와 같은 이 부분만 하더라도 하나의 산업체를 거느려야 할만큼 지속적인 연구가 이루어져야 하는 분야라고 본다. 일본의 경우 리그와 선체를 포함한 소재는 주로 항공우주산업을 위해 개발된 최상질의 카본 프리플래그(Carbon prepreg; 수지와 섬유를 사용한 복합재료)로 이 분야는 세계 최고 수준의 기술을 가진 미쓰브시·레이온이 제공하고 있다(그림 3 참조).

가. VOLVO60

볼보 세계일주 오션·대회 2001-2002 이전의 경기까지는 이 클래스의 마스트(Mast)와 붐(Boom)을 카본(Carbon)으로 만드는 것이 금지되어 왔으나, 알루미늄의 금속피로 원인으로 지나치게 많은 마스트가 부러지는 사고가 발생해서, 이후의 추가 경기부터는 마스트와 붐에 카본·화이버를 사용하게 되어서 결과적으로 전 경기참가보트들이 카본 마스트와 붐을 사용하고 있다. 갑판으로부터의 마스트 높이는 26m, 포어스테어(Forestay)가 마스트·톱에서 나와 있지 않기 때문에 프랙셔널리그(Fractional Rig) 이긴하지만, 마스트 톱 제너커(Gennaker)와 코드제로(Code Zero: 미풍의 풍상에 사용하는 마스트 헤드 제너커의 명칭)의 사용으로 풍상에서는 16kt 정도까지이고 마스트·헤드·리그(Mast head rig)로 밖에 볼 수 없는 리그이다. 이와 관련해서 마스트·톱의 횡 방향을 지탱하는 점퍼·스테이(Jumper Stay: Jumper Strut를 지지하는 Wire)도 보통의 프랙셔널·리그와는 다르다. 아래 쪽 끝은 톱·스프레더(Top sprader)로 리드되어 있다. 보트의 측면에서 포어스테이를 보면 프랙셔널리그, 보트의 정면에서 슈라우드를 보면 마스트·헤드·리그라 할 수 있고 변형 리그이다. 또 코드제로를 전개할 때 러프가 새깅(Sagging)하지 않게, 러프·로프(Luff rope)에 방대한 장력을 걸기 위해서 톱·마스트·백스테이(Top mast backstay)에는 특대 유압실린더가 달려있다(船社, 1992).

나. America's Cup

2000년 뉴질랜드의 새로운 변화 가운데 가장 눈에 띄이는 것은 밀레니엄·리그라 불리는 것이다(그림3(b)참조). 이 리그의 특징은 스프레더가 3조 밖에 없고 로드·리깅(Rod rigging)이 마스트 위에서 아래까지 X자로 교차하면서 통해 있다. 전나무모양처럼 마스트 바깥방향 만으로 향해서 펼쳐 있던 종래의 리깅과는 다르다. 이것은 마스트 본체를 지탱하기 위해서 리깅이 스프레더(Spreader)와 같은 역할을 하도록 한 것이다. 따라서 3조의 스프레더로 6개의 패널로 구성된 것과 같은 성능의 리그가 만들어진다. 또 리깅을 접속하기 위한 금속부품이 적고 게다가 제 각각에 걸리는 부하가 낮아져서 부품을 가볍게 할 수 있다. 한편 결점을 찾아낸다면 마스트 중앙부의 풍압저항이 커져 버리는 것을 꼽을 수 있다. 그러나 마스트의 가장 열쇠가 되는 요소는 그 구조이다. 이 리그는 스파(Spar:원통재)의 중량을 분산시키는 반면, 보다 많은 선택의 여지를 가져다 준다. 또 마스터 본체의 구조에 있어서는 관성모멘트에 대해서 어떻게 절충을 할까하는 선택의 여지를 보다 폭넓게 하여 주고 있다. 조절 포인트는 갑판, 스프레더, 그리고 중간부분을 제각각 얻을 수가 있다(KAZI MAY 2000, KAZI JULY 2002).

강풍에서도 마스트를 지지하기 위한 리깅의 형태는 다양하게 설계되고 있다. VOLVO60 대회에서도 2001년 이후부터 마스트와 붐에 카본·화이버 사용을 허용하였고, America's Cup 대회에서도 2000년 뉴질랜드 경기에서 밀레니엄 리그가 등장하여 로드·리깅이 마스트 아래까지 X자 형태로 교차하면서 마스트에 본체의 구조에 걸리는 관성모멘트를 최소화 시킬려는 노력이 진행되었다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 재료 및 방법

앞에서 언급한 바와같이 우리나라의 대형요트의 세계대회 참여는 물론 이에 대한 기술 개발은 전무한 상태이다. 따라서 여기서는 이에대한 기술개발 방법 및 실험에 대하여 소개하고자 한다. 우리나라가 앞으로 대형요트를 개발하기위해서는 다음에 소개하는 기술 개발 방법에 의하여 자료축적과 개발을 해내기만 하면, 소형요트의 개발은 물론 대형요트 개발을 해 낼 수가 있을 것이고, 국내 보급은 물론 외국 수출도 무난하리라고 생각된다. 왜냐하면 요트의 원리는 추진방법이 세일에 의한 것이외에는 일반선박과 유사하기 때문에 이미 우리가 일반선박을 세계 제1수주국이 된 저력을 보더라도 그 가능성이 있다고 본다.

세계적인 요트대회의 기술 개발은 America's Cup 대회용 요트가 대형요트의 표준이 되고 있다. 따라서 여기서는 본 기술 개발의 방법은 America's Cup 대회용 요트 기술 개발 방법만을 언급하고자 한다.

1. 조직적 기술 개발 방법

주어진 Rule 조건하에서 가장 빠른 보트를 개발하기 위해서는 대규모적인 개발이 필요하다. 제 26회(1983년)의 America's Cup Yacht Race에서 「Australia II」가 참신한 윈블이 킬에 의한 승리를 하고부터 과학적인 개발의 중요성이 강하게 인식 되었다. 이후에도 해가 거듭할수록 조직적 기술 개발의 필요성이 더해가고 있다. America's Cup Yacht Race는 기술 개발 경쟁력을 부추기고 있다.

세일과 킬은 양력을 발생하는 윈으로서 양항비를 최대가 되도록 설계하고, 선체는 모든 중량을 수면상에서 지탱해주면서 최소의 저항이되게 하고, 동시에 윈의 작용을 최적의 밸런스로 결합 하여야 한다. 이들 각각의 요소를 가장 효율있게 하고 가장 경량화한 구조로 되지 않으면 안 된다. 각 요소의 최적화는 반드시 전체 시스템의 최적화를 의미하지는 않는다. 따라서 전체적인 시스템 설계를 하는 종합설계가 중요하다. 즉, ①물의 설계포인트(정장, 세일, 배수량의 관계 즉 중요 치수) 선정.②연구개발의 중요도와 가중치 ③전체 성능의 고정도 추정 방법 ④레이스, 시뮬레이션에 의한 승패 추정 ⑤세일링팀의 능력과 상호 튜닝. 이들을 종합적으로 하지 않으면 안된다.

기술 팀과세일링외에 건조, 공작 보수, 총무등의 지원 팀이 필요하지만은 가장 직접적으로 레이스의 결과를 지배하는 것은 기술과 세일링인 것이다.

2. 수조실험과 풍동 실험

레이스정의 설계는 주어진 물과 예측되는 해상기상의 조건하에서 양항비 최대의 세일과 킬, 라더, 부력과 항력의 비가 최대인 선체를 최소의 중량으로 구하고 이들의 최적 밸런스를 이루도록 한다.

양항비, 부력 항력비를 최대로 하는 것은 유체역학의 문제이다. 유체역학의 문제를 해결하여 최적 형상을 구하기 위한 도구로서는 실험과 이론해석과 CFD(계산유체역학)가 있다. 이중 이론해석은 가장 간편하여 사용하기 쉽지만은 단순화의 가정도 크고 계산결과와 신뢰성이 높지 않다. 따라서 이론해석은 초기 검토에 사용하는 정도로 하고 대부분은 실험과 CFD에 의존하게 된다.

수조실험은 선체 또는 Appandage 붙이 선체를 수면에 부상시켜 행하는 실험이다. 보트의 진행상태를 구현하기 위하여 보트모형을 긴 수조에 부상시켜 예인하는 방식과 보트 모형을 고정시켜 물을 순환 회류시키는 방식 두가지가 있다. 후자는 수면이 경사하든가 흐름이 교란함에 따라 정도가 떨어져서 미소한 성능차를 평가하지 않으면 안되는 Race정의 실험에 적합하지 않다.

예인 수조에서 사용하는 모형의 축적은 1/10~1/2로 모형의 크기에 따라 필요한 수조의 규모도 바뀐다. 수질과 예인하는 대차와 물의 정도 관리도 중요하다. 수조실험은 Froude의 상사칙에 따라 속도를 맞추어 실험과 같은 파도를 발생시키고 조파저항 계수를 구한다. Reynold의 수를 일치 시킬수 없기 때문에 점성저항을 추적하게 된다. 풍동실험은 고정된 모형에 송풍기로 바람을 보내는 실험이다. 바람을 흐르게 하는 경우와 순환시키는 경우가 있는데, 후자의 쪽이 일반적이다. 수면이 없기 때문에 선체의 실험에는 그리 사용하지 않고 세일이나 킬의 실험, 각각이 선체에 붙은 상태에서의 상호간섭 실험등에 사용되고 있다. 가능한 대형규모로 하지 않으면 정도에 어려움이 있다(Japan Ship and Ocean Advanced Craft 기술위원회, 1998).

IV. 결과 및 고찰

America's Cup 요트 및 VOLVO60에 사용되는 요트는 경제성과는 무관하게 개발된 요트들로 92년의 이탈리아 팀은 탄소섬유를 사용한 검은 천의 세일을 처음 사용하였고, 미국 팀은 탄소섬유와 Crystal Liquid라 부르는 투명 소재와의 복합포로서 망목 모양의 세일과, 2000년도에는 어메리카 1호에 농감색의 PBO섬유의 메인·세일을 개발해 사용했다. 그보다는 장거리경기인 VOLVO60은 전 구간을 통해서 경기에 사용할 수 있는 세일만도 최대 38매(스톱세일 제외)나 된다. 각 구간의 출발 전에 네비게터(Navigater), 스킵퍼(Skipper), 트리머(Trimmer), 세일 설계자(Sail designer), 세일 코디네터(Sail Coordinator)는 기상을 예상해서 탑재할 세일을 결정하고 있다(Wallance Ross, 1975).

이상과 같이 세계적인 경기에 사용되는 세일이야말로 첨단 섬유 또는, 우주항공 소재산업의 소산물이 매 경기마다 실험되고 또한 비장의 무기로서 등장하고 있는 것이다. 거기다가 세일의 형상 역시 해마다 공력학적인 차원에서 진보를 거듭하며, 그 결과가 최첨단의 과학과 인간이 어우러진 팀에게 항상 승자의 자리가 돌아가는 것을 목격하고 있는 것이다. 앞으로는 더욱더

보트를 견고하게 만드는 기술이 발전함에 따라서 세일에 충분한 장력을 주어도 보트가 휘어지지 않게 되는 등 많은 기술적 변화와 동시에 세일의 형상도 더욱더 과학적으로 발전해 나가리라 본다.

요트는 거의 대부분의 경우 경사하면서 주행하게 됨으로 선형도 당연 횡상 상태에서 최상의 설계가 되어야 한다. 일반적으로 수선 폭이 좁을수록 선체저항은 작아지지만은 쉽게 횡을 하게 되어 세일이나 핀킬(Fin keel) 효율이 나쁘게 된다.

복원력과 세일 파워에서 미묘한 밸런스를 추구하면서 저항치와의 사이에서 적절한 수선 폭을 정하여야 한다. 또 요트선형은 비교적 폭이 넓고 얇은 선형이므로 활하게 되면 수면하의 부분이 크게 이동하게 되어 선형이 크게 변화하게 된다. 이것이 선체의 복원력을 증가 시키면서 선체의 제특성도 크게 변화하게 된다.

요트가 Full power 상태에서 활하여 주행 할 때는 세일에 큰 힘을 받고 있을 때이다. 선체는 Heel moment에 대응하는 충분한 복원력을 가지고 있음과 동시에 긴 수선장이 되어주는 것이 바람직하다.

그와 반면에 활하지 않고 있을 때에는 바람이 약하고 세일 파워가 부족한 경우로서 선체 저항은 가능한한 작게 해주는 것이 바람직하다. 즉 수선폭이 좁고 전속력에서의 저항치를 차지하게 되는 선체접수 면적을 작게 되어주는 것이 바람직하다. 이와 같은 필요조건을 선형에 표현되도록 되어야 한다.

또 한가지 매우 중요한 것은 요트는 세일에 의하여 추진력을 얻어 횡방향 흐름을 방지하기 위해 Fin keel과 Rudder를 갖추고 있다. 이들이 발생하는 힘이 밸런스가 되지 않으면 잘 주행할 수 있는 요트가 될 수 없다. 세일 파워는 활에 의하여 선체로부터 상당히 외측으로 벗어나 작용하게 됨으로 큰 회두 모멘트를 발생하게 된다. Heel각도도 바람에 의하여 변화하게 됨으로 최적 heel각도를 선정하여 킬이나 마스트위치의 밸런스를 정하여야 한다(Japan Ship and Ocean Advanced Craft 기술위원회 발간, 1998).

V. 요약 및 결론

우리나라 요트의 오늘날 현황은 우리나라 고유의 독자적인 요트는 전무하고, 거의가 외국에서 수입하여 운영되어 온 것은 사실이다.

따라서 우리나라 요트가 세계요트경기에서 제패하기 위해서는 지금까지 형태의 수입 의존에서 탈피하여 자체 생산할 수 있는 기술적인 능력을 갖추어야 하고, 그렇게 함으로써 요트의 국내 보급은 물론 해양스포츠 산업을 활성화할 수 있도록 해야 한다. 이제까지 대형 조선의 활성화를 위해 국가적인 차원에서 과감하고도 체계적인 연구 자금 지원을 한 것과 같이 요트 개발 연구에도 과감한 투자만이 장래 우리나라의 해양레포츠산업의 발전이 가능 할 것이다. 이를 수

행하기 위한 한 방편으로 한정된 연구이기하지만 세일링정의 개발 방향을 모색하기 위하여 VOLVO60 과 America's Cup에 사용된 요트를 중심으로 비교 검토 하였다.

VOLVO60 과 America's Cup 대회용 요트의 제원과 구조에서 가장 기본적인 요소인 선체, 리그, 세일에 대해 살펴본 결과 다음과 같은 요소의 개발이 중요하다고 생각한다.

첫째, 선체의 구조는 다른 요트, 빙산조각, 고래 등과의 충돌위험에 대한 대비책, 폭풍우 속에서 복원력에 대한 연구가 이루어져야 한다.

둘째, 장거리 주행인 VOLVO60 대회용 요트는 경량화와 안정성에 치중을 두어야 하고, 단거리 위주의 America's Cup 대회용 요트는 신속한 조정성을 위해 적절한 경량화와 최대의 스피드에 치중을 두어야 한다.

셋째, 적절한 풍력과 방향 전환에 적합한 세일이 될 수 있는 최첨단 소재 개발이 되어야 한다. 이상과 같은 요소개발이 감안된 설계와 제작이 이루어져야 함을 제안하고자 한다.

참고 문헌

김진안·김용직, 세일링 요트, 문우당, 1980.

박근웅, SAILING CRUISER 그 실체 및 기법, pp. 397~406, 1997.

이귀주외, 경주용 YACHT의 모형시험 기법에 관하여, 기계기술연구, pp. 224~226, 1998.

Japan Ship and Ocean Advanced Craft 기술위원회 발간, 요트의 과학, pp. 138~185, 1998.

조규남, 김영국, 환경친화적 레저용 요트의 디자인 연구 I, pp. 75~76, 1999.

舵社, Tuning a racing yacht, pp. 95~110, 1993.

舵社, Yacht 百科, pp. 146~148, 1992.

C. A. Marchaj, Sailing Theory and Practice, Adlard Coles Limited, 1964.

KAZI JULY, pp. 244~247, 1997.

KAZI AUG, pp. 228~231, 1997.

KAZI MAY, pp. 38~40, 2000.

KAZI JULY, pp. 212~221, 2002.

Wallance Ross, Sail Power, Adlard Coles Limited, 1975.