

1. 서론

2013년 9월 현재 '34차 아메리카스컵' 요트대회가 열리고 있다. 대회가 열리는 샌프란시스코 앞바다에서는 시속 100킬로미터가 넘는 요트들이 각 나라의 명예를 걸고 달리고 있다. 1851년 영국과 미국의 요트 경주로 시작했던 아메리카스컵 대회는 1983년 25차 대회 직전까지 모든 대회에서 컵을 차지했던 미국이 호주에게 패한 이후로 각국이 가진 기술을 다투는 대회로 변모하게 된다. 이후 과학기술의 혁신적인 발달에 힘입어 아메리카스컵 대회는 볼보오션레이스(Volvo ocean race), 방데글로브레이스(Vendée globe race) 등과 함께 세계적으로 가장 권위 있는 고성능요트대회로 손꼽히게 된다. 아메리카스컵 대회는 '바다의 포뮬라(F1)' 경기라고 불리기도 한다. 참가한 모든 팀들이 F1 자동차 경기와 같이 하나의 같은 규칙 내에서 만들어진 요트로 경쟁하는 대회이기 때문이다. 아무리 뛰어난 운전기술을 가진 드라이버라 할지라도 자동차의 성능이 좋지 않으면 우승할 수 없듯이 아메리카스컵 대회에서의 우승도 아무리 훌륭한 선원들로 경기에 임한다 해도 훌륭한 성능의 요트가 아니라면 감히 꿈꿀 수도 없다. 우수한 선수를 키워 훌륭한 팀을 만드는 것뿐만 아니라 심층적이고 체계적인 연구와 그 결과를 설계에 반영하는 것이 중요하다. 물론 경기정의 설계뿐만 아니라 재료와 제작기술 또한 중요한 요소이다. 본 글에서는 이번 34차 아메리카스컵 대회에서 사용되어지는 경기정의 특징을 간단히 살펴보고자 한다.

2. AC72의 탄생

마지막으로 모노헐(monohull) 요트가 경쟁하였던 32차 대회까지는 참가 경기정은 전 대회에 참가했던 경기정을 바탕으로 좋았던 성능을 강조하거나 문제점들을 개선하는 방법으로 설계되고 제작되어졌다. 물론 이 과정에서 성능의 개선을 위해 컴퓨터 시뮬레이션이나 예인수조 모형시험 등을 이용한 심층적인 분석이 이루어지며, 최종적으로 만들어진 경기정은 설계팀과 제작팀의 완벽한 작품으로 탄생하게 된다. 그러나 34차인 2013년 대회는 얘기가 달라지고 만다. 아메리카스컵 대회는 대회규정을 바탕으로 경기정의 설계와 제작이 출발한다. 그런데 이번 34차 대회는 이전 대회에서 사용되어졌던 규정

과는 완전히 다른 새로운 형태의 요트를 만들어야 하는 'AC72 class rule'이 적용된다. 이번 대회의 모토가 'The best sailors on the fastest boats'인 것처럼 개념조차 새로운 세상에서 가장 빠른 요트를 개발해야 하는 것이다. 따라서 전 대회에 참가했던 경기정을 개선하는 절차는 이번 대회에서는 더 이상 존재하지 않는다. 어느 팀이던 경기정과 관련해서는 어떠한 기대권도 가지지 못하는 상황이 된 것이다.



그림 1. AC72의 기본제원과 개략도

'AC72'는 이전의 경기정과와는 완전히 다른 모습이다. 물론 2010년 33차 대회에서 미국의 BMW-Oracle과 스위스의 Alinghi간에 멀티헐(multihull)을 사용하느냐 마느냐를 두고 대회정의규정(deed of gift)의 유효함을 다투었던 경기정과와는 유사한 점이 많지만, 모노헐의 전통적인 경기정과와는 차원이 다른 형태이다. 'AC72'의 가장 두드러진 모습은 선체가 두개로 이루어진 캐터머랜(catamaran)이라는 것과 윙세일(wing sail) 그리고 하이드로포일(hydrofoil)이다. 사실 32차 대회가

지의 경기정들은 대회규정에 따라 오랫동안 변함이 없었다. 그럼에도 과학기술의 발전은 대회 초창기의 경기정들이 10노트 이하의 속도를 가지던 것을 2003년 31차 대회의 우승팀인 스위스의 Alinghi에게 18노트라는 최고속도를 가져다주었다. 그런데 지금 샌프란시스코 앞바다에서 루이뷔통컵(Louis Vuitton Cup)을 놓고 달리고 있는 경기정들의 최고속도는 40노트가 넘는다. 아마도 9월에 있을 아메리카스컵 대회 본선에서는 더 이상의 속도가 나타날 것으로 예상하고 있다. 어쨌든 다른 팀보다 조금이라도 빠르고 성능이 우수한 경기정을 보유하기 위해서는 규정이 허락하는 범위 내에서 누가 가장 혁신적인 개념의 요트를 만들어 내느냐가 관건이다. 앞서 얘기한 것처럼 고성능의 아메리카스컵 대회 경기정에 적용되는 기술은 수도 없이 많다. 대회가 진행 중인 현재로서는 아직 공개되지 않은 수많은 비밀들이 숨겨져 있으나, 기본적인 형태나 특징들은 살펴볼 수 있다.

2.1 선체(Hull)

기본적으로 이번 대회의 경기정은 두 개의 선체로 이루어진 캐터머랜이다. 하나의 선체는 길이가 22미터이고 선포는 1미터 정도이다. 유체역학적 저항성능으로 봤을 때 선체가 가질 수 있는 최대의 성능을 가질 수밖에 없는 매우 길고 가느다란 유선형의 형태이다. 이러한 선체 두 개가 병렬로 이어져 전체 폭은 14미터를 이루게 된다. 이러한 형태의 캐터머랜은 조파저항과 형상저항 관점에서 최적의 성능을 가지게 된다. 이러한 선체의 형상은 각 팀 당 3~4명의 경험 많은 유체역학 전문가들이 설계하게 된다. 이번 대회 본선에 출전한 4개국(미국, 뉴질랜드, 이탈리아, 스웨덴)의 선체 형상은 크게 달라 보이지는 않는다. 전통적으로 아메리카스컵 대회에 출전한 경기정들의 설계와 비밀은 대회가 끝난 뒤 한참 후에야 공개되므로 아직까지는 정확한 차이를 파악하기는 힘들다.

선체의 설계 및 제작에 있어서 가장 중요한 것은 필요한 강도를 확보하고도 누가 더 가볍게 만드느냐이다. 이를 위해 경기정의 선체와 윈세일의 골격 그리고 킬과 러더 등의 부가물(appendage)들은 주재료가 탄소섬유인 복합재료로 만들어진다. 탄소섬유는 요트에 사용할만한 복합재료 중에 가장 견고하면서도 가볍다. 하지만 원하는 품질을 위해서는 특별한 제작 설비와 기술이 소요되고 꽤 많은 투자가 필요하다. 경기정을 만드는 과정을 간단히 살펴보면, 먼저 선체를 포함한 모든 구성품을 3차원으로 모델링한다. 이를 NC 삭성기를 사용하여 금형이나 몰드(mold)로 만든다. 그리고 탄소섬유에 수지를 함침하여 처리한 프리프레그(prepreg)를 금형이나 몰드에 적층한 후 가열, 가압하여 성형시키는 프리프레그 공법을 사용한

다. 성형에는 고온, 고압이 가능한 오토클레이브(autoclave)를 사용하는 것이 일반적이거나, 선체와 같이 크기가 제한적일 경우 A-Va RTM(advanced vacuum assisted resin transfer molding)을 사용하기도 한다.



그림 2. 이탈리아팀의 경기정 선체



그림 3. 부양 시험 중인 뉴질랜드팀

이렇게 만들어진 선체는 필요한 강도를 충분히 가지면서도 최소의 중량을 가지게 된다. 물론 설계와 제작과정에 컴퓨터를 이용한 모델링과 FEM(finite element method) 해석을 통해 만들어질 선체와 부가물의 강도와 신뢰성을 평가하고, 과도설계(over design)되어진 부분을 제거하여 더욱 가벼운 선체가 되도록 한다. 사실 경기만을 위해 제작되는 경기정은 일반적인 요트와는 달리 구조강도에 대한 안전계수(safety factor)가 1에 가깝다. 그만큼 치밀한 해석과 설계가 이루어진다는 의미이기도 하지만, 이런 극단의 설계는 경기정이 피치폴(pitchpole)과 같은 전복(capsize) 사고가 나는 경우 이를 버티지 못하고 산산조각이 나고 만다. 척당 수백만 달러가 소요된 세상에서 가장 비싼 요트가 한순간에 사라지는 것이다.



그림 4. 시운전 중 전복사고를 당해 부서진 경기정

2.2 윙세일(Wing Sail)

물 위로 보이는 AC72는 요트라기보다는 비행기에 가깝다. 글라이더와 같은 비행기어나 달려있을 날개를 세로로 세워 놓은 모습이다. 실제로 AC72의 윙세일은 40미터 높이에 260m²의 면적으로 최신의 수퍼점보 여객기인 에어버스 A380의 한 쪽 날개와 면적이 같다. 윙세일의 골격과 프레임은 선체와 마찬가지로 탄소섬유 복합재료이나 외곽을 구성하는 표면은 아주 얇고 투명한 플라스틱 필름이다. 윙세일을 세우고 버티는 기능을 제외한 부분은 공기의 흐름만을 제어하도록 되어있는 것이다.

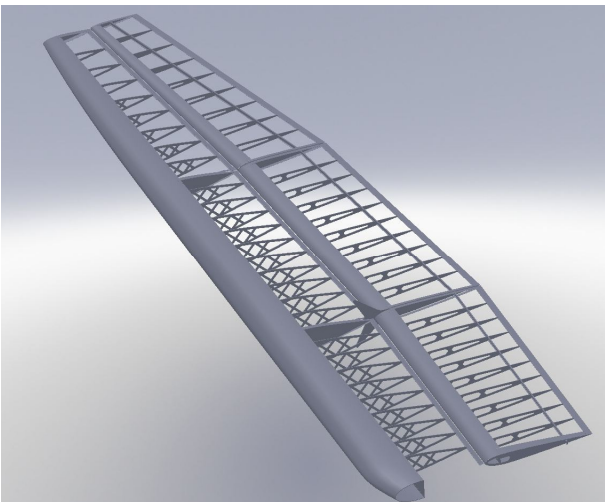


그림 5. 윙세일의 형태

윙세일은 마치 플랩이 달린 비행기 날개와 같이 앞, 뒤로 두 개의 윙이 합쳐져 있는 모습이다. 양력 효율을 극대화하기 위해 전산유체역학(CFD) 해석과 풍동시험(wind tunnel test)

을 통해 최적의 날개 형태와 배치를 가지도록 설계한다. 결국, 최소 저항의 선체와 최대 양력의 윙세일이 만나 불어오는 풍속의 두 배가 넘는 선속을 만들어낼 수 있는 것이다. 세일에 들어오는 빈바람(apparent wind)의 세기와 방향은 참바람(true wind)에 배의 속도가 더해져 앞 쪽으로 이동하고 빨라진다. 그래서 AC72와 같이 배의 속도가 바람의 세기에 비해 빠른 경우 아주 재미있는 현상이 나타난다. 바람의 방향이 배의 뒤쪽에서 불어오는 풍하(leeward) 범주에서도 풍상(windward) 범주와 같은 세일트림을 하게 된다. TV나 영상으로 경기를 볼 때와 같이 실제 바람의 방향을 알기 힘든 경우에는 모든 경기정이 항상 크로스홀드(close hold)를 달리는 것처럼 착각하게 된다. 더군다나 AC72와 같이 풍상범주나 풍하범주에서 모두 철저히 최적의 VMG(velocity made good) 상태로 항해하는 경우에는 흔히 보았던 스피네이커(spinnaker)나 제네커(gennaker)와 같은 풍하범주용 세일이 부착되는 일을 볼 수 없게 될지도 모른다.



그림 6. 미국팀의 경기정

2.3 하이드로포일(Hydrofoil)

이번 대회의 경기정에서 가장 특징적인 것을 뽑으려면 하이드로포일이다. 기본적으로 세일요트는 바람의 힘으로 달리는 것이므로 바람의 방향이 요트의 전진 방향과 다른 경우 요

트가 옆으로 밀리는 사항(leeway) 현상이 나타나게 된다. 이를 방지하고 세일에서 만들어진 양력을 효율적으로 추진력으로 전환하기 위해 날개 모양으로 만들어진 킬(keel)을 부착하게 된다. 모노힐 요트의 경우 복원력을 향상시키기 위해 선체 무게의 50% 이상의 무게를 가지는 킬이 부착된다. 이러한 킬은 그 크기가 제법 커지게 되므로 저항과 양력을 최적화하기 위해 꽤 많은 연구가 집중되어 왔다. 1983년 호주 팀은 네덜란드의 마린(MARIN)이라는 선박유체역학 전문연구소와 공동 연구를 통해 킬의 끝단에 날개가 달린 윙렛킬(winglet keel)을 개발하였고, 결국 미국을 이기고 우승하였다. 이를 계기로 참가국들은 킬을 포함하여 경기정의 고성능화에 투자를 급격히 늘리기 시작하였고 자국의 우수한 연구진들을 투입시켰다. 1987년 대회를 위해 미국이 NASA까지 동원했다는 사실은 잘 알려진 아메리카스컵 대회의 역사 중 하나이다. 이 이후로 킬은 아메리카스컵 대회의 정체성(identity)을 나타내는 대표적인 상징이 되었다. 1992년 미국이 들고 나온 벌브 킬(bulb keel)은 돌고래와 제트기가 결합된 듯한 모습으로 아름다운 걸작이었다.



그림 7. 스웨덴팀의 경기정

하지만 이미 충분한 복원력을 가진 캐터머랜은 더 이상 이런 육중한 킬이 필요 없고 단지 사항을 방지하기 위한 양력만 요구된다. 그래서 AC45에서 사용했던 널빤지 모양의 재미없는 형태의 대거보드(dagger board)가 장착되게 된다. 그러나 AC72에서는 이 대거보드가 완전히 새로운 스타로 탈바꿈하게 된다. 마치 호미처럼 휘어진 이상한 형태의 대거보드가 선체 전체를 물 위로 부상시켜버리는 엄청난 무기가 된 것이다. AC72는 15노트 정도의 바람만 있으면 5톤이 넘는 선체를 비행기처럼 이륙시킨다. 그리고는 20노트의 속도를 넘기지 못하던 요트를 한순간에 40노트의 속도로 날려버리는 것이다. 물론 이렇게 원하는 데로 작동하는 포일을 탄생시키기 위해서는

컴퓨터 시뮬레이션을 통한 치밀한 설계와 장착한 이후에도 끊임없는 시운전과 튜닝이 필요하다.

3. 결론

이렇게 탄생하는 AC72는 대략적으로 77,000시간이 투입되어진다. 각 팀은 30~40명 정도의 디자인팀을 구성하고 있다. 유체역학, 조선공학, 기계공학, 재료공학, 전자공학, 시스템공학 등 거의 대부분의 공학 분야에서 숙련된 전문가들이 참여한다. 설계에 참여했던 한 공학자는 경기정을 설계하고 만들어가는 과정이 마치 하나의 외출을 위태롭게 타는 느낌이었다고 말한다. 성능의 극대화를 위해 가지고 있는 모든 기술이 경기정의 설계와 제작에 투입되는 과정, 선수들에 의해 끊임없이 튜닝 되는 과정, 속도 향상과 경기정의 한계를 극복하기 위한 수많은 시행착오, 이 모든 과정이 한 치의 오차도 허용하지 않을 뿐더러 대회에 출전하는 시간 이전에 이루어져야 한다는 것 때문일 것이다. 가지고 있는 모든 기술과 경험이 총 동원되는 것이 아메리카스컵 대회인 것이다.

불행히도 우리 대한민국은 이번 34차 대회 본선에는 참가하지 못하였다. 2012년 프로모션 대회였던 아메리카스컵 월드 시리즈에 출전하여 꽤 괜찮은 성적을 거두었음에도 결국은 스폰서를 구하지 못해 포기하고 말았다. 하지만 21세기 언젠가는 대한민국의 경기정이 어느 바다에선가 힘차게 달리게 될 것이라고 믿는다.

참고 문헌

America's Cup, <http://www.americascup.com> (2013).
 유재훈 [아메리카스컵 요트대회와 과학기술] (2012).
 유재훈 외 [고성능 세일링 요트의 최근 연구 동향에 관한 고찰] (2006).



유재훈

- 1964년생
- 1996년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 목포대학교 해양시스템공학과 교수
- 관심분야 : 레저선박
- 연락처 : 061-450-2731
- E-mail : yoojaehoon@mokpo.ac.kr