

특별기고

볼레호

류기수, 정사교, 이상호(에이블이엔씨)

1. 서론

그림 1의 러시아 '페리테트 보트'사 '루커모델인 스피드 & 레저 보트는, 선수부 선저에 천공시킨 개구부를 통해海中 상태를 편안하게 관람할 수 있도록 설계된 소형 보트이다.[1]

잠수복, 공기통과 납 중량물 등 장비를 착용하지 않고도 선박 내에서 남녀노소 큰 부담 없이 바다 속 풍경을 관람하도록 선수 좌석(Bow Seats Round the Glass for Passengers)이 구비되어 있다.



그림 1 페리테트 보트 루커 320 (계속)



그림 1 페리테트 보트 루커 320

나라마다 산업화 진행 정도의 차이는 다소 있지만 세계인의 생활양식은 많이 유사해지고 있으며, 과학 기술 측면에서 4차 산업 혁명이 활발히 진행되고 있다. 일관 대량 생산 체제의 산업화 접근 방식도 바뀌고 있는 와중에, 다행히 우리에게

3천 여 개의 도서, 1만 2천km의 긴 해안선과 3면이 바다에 접해 있는 국토가 있기에 해양 레저 분야가 경제/산업적으로 그림 2와 같이 발전 가능성이 충분하다.



그림 2 해양레저장비 시장 규모
(<https://www.google.com/>)

하지만 지난 20여 년 전 국제통화기금(International Monetary Fund)으로부터 겪었던 산업 조정기를 거치며 경기는 활성화되어 극복했지만 적자로 돌아선 관광 수지는 이후 반전시키지 못하고 있다.

이는 근본적으로 국내 관광 인프라 개선을 통한 차별화와 함께 우리만의 독창성이 동반되어야 함을 의미하고 있다.

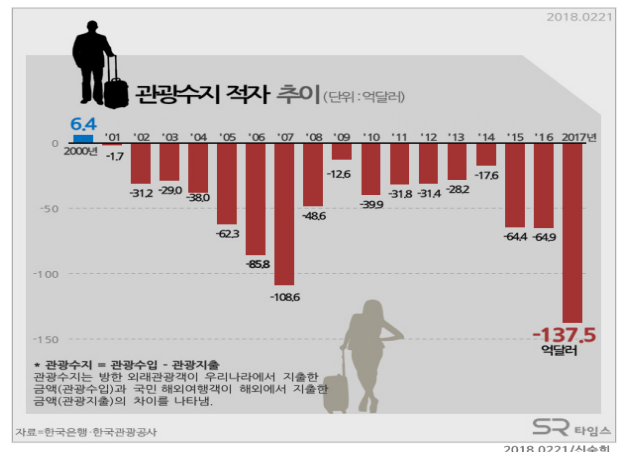


그림 3 관광수지 적자 추이 (<https://www.google.com/>)

2. 본 론

이에 4차 산업 혁명에 대하여 국내 해양 레저 산업을 중심으로 조선해양공학 관점에서 살펴보고자 한다.

먼저 국제해사기구(International Maritime Organization) 주도로 세계 상선 가운데 유조선과 살물선에 대한 구조 규정 통합에 대한 구상이 시작한 지도 20여 년 가까이 됐고, 정착된 공통구조규칙(Common Structural Rules)에 따라 길이 150m 이상의 유조선과 살물선 규정은 4년 전 완전히 통합되었다. 이는 기술의 세계 단일화와 표준화에 따라 기술 차별화에 따른 가격 경쟁력 확보가 더욱 어려워졌음을 뜻하며, CSR 초기 1,500억 원에 달하던 30만톤급 배수량의 초대형원유운반선(Very Large Crude Carrier) 가격은 현재 1,000억 원을 밑돌고 있다. 또한 건조할 수 있는 국가들 사이의 최종 견적가는 노무비 차이 정도만 있을 뿐이다.

한편 3톤급 20인승 다이버 보트는 3억 원 내외 수준이기에, 두 호선을 비교하여 급속히 확대되고 있는 세계 해양 레저 시장을 소개하고자 한다.

2.1 기술적 측면

두 호선의 기본적인 특성은 표 1과 같다.

표 1 30만톤 VLCC와 3톤 Diving Boat 특성 비교표

선종	VLCC	Diving Boat
선장	322m	11.9m
선폭	60m	2.97m
깊이	29.4m	0.9m
방형계수	0.79	0.65
주 적용 법규	공통 구조 규칙	알루미늄선의 구조 기준, 수상레저안전법, 수상레저안전검사기준
운항해역	대양	평수 운항 조건일 때, 육지로부터 10마일
주 선각설계 기준	Hull Girder Strength	Local Strength
승인처	IACS Member	한국해양교통안전공단
주기관	4만 마력	270 마력
선각 재질	압연 강재	알루미늄 합금
선속	15노트 내외	25노트 내외
피로수명	북대서양 25년	-
공기	18개월	4개월

선박은 크게 선각 물량, 의장 비용과 용접장으로 관리되며, 이 가운데 선각 설계 기준이 되는 선장은 대표적으로 150m, 50m와 12m이다.

150m 이상 선장 선박은 CSR 규정에 따라 건조되며, 선장이 50m 미만이며 깊이 대비 선장의 비가 12 미만인 일반 구조 알루미늄 선박은 국부 강도만 만족되면 종굽힘, 전단 및 축하중을 만족하는 것으로 간주된다. 특히 레저 보트의 경우는 전장 12미터 미만이며 승조원 12인까지는, 선급 제출 문서가 일반배치도, 강재배치도와 중앙횡단면도만 확인받도록 되어 있다.

그리고 선박 크기에 따른 선급의 최소 굽힘 모멘트와 건조 과정에 따른 여유치를 감안한 강재 결정은, 종동 부재와 격벽을 형성하는 판재 및 보강재에 상호 연관되어 있으며, 부식 여유치를 충분히 고려하고 있는 공통 구조 규칙의 적용 결과는 선박의 자중과 공수에 상당한 증감을 초래하기에 초기 개념 설계 시 선장 결정에 신중해야 한다.

한편 압연 강재와 달리 자중 경감을 위해 소형 선박에 적용되고 있는 알루미늄 합금은 가공 과정의 굽힘 탄성이 관건이기에, 건조 과정 중 발생할 수 있는 박리(Tearing)를 피하고자 숙련된 경험자가 절대적으로 요구된다. 즉 알루미늄의 근본적인 특성인 열적가공 열위가 알루미늄 재질의 선박 확대에 부정적인 요인이었으며 또한 선형의 다중 곡가공이 어려워, 유선에 맞춘 선형으로 난류의 발생을 최소화하여 운항하고자 하는 의도에 제한이 되고 있다. 이는 주로 선수미부 곡가공이 꼭 필요한 부위에서 문제가 발생하여 보강재의 곡가공 부족으로 판재와의 과도한 이격이 발생할 수 있기에, 유선에 따른 선각 구현에 신중한 선형설계가 수반되어야 한다.

그러나 구미, 일본 등 공업 선진국에서는 이미 소형 선박의 60% 이상이 알루미늄으로 제작되어 대체되고 있으며, 열연 가공이 어려운 특성은 벌브(Bulb) 형식의 보강재가 취부된 형강판재 적용으로 극복하고 있다. 즉 블록(Block)의 내부에서는 가급적 용접량을 줄이고 경계면만 시공함으로써 알루미늄 합금 가공성의 어려움을 극복하며 FRP 선박을 대체하여 왔다. 한편 이런 공법은 열가공에 따른 소성 변화를 최소화하는 반면 강재 최적화엔 부정적인 측면이 있지만, 이를 영업 측면에서 활용하기엔 국내 중소 조선업체가 절대적인 알루미늄 용접 시공 이력 열세에 따른 기술 축적과 숙련자가 부족한 것도 현실이다. 그리고 해상의 호깅(Hogging)과 새깅(Sagging) 파랑 반복 현상에 따른 알루미늄 합금 접합부의 피로 강도 확보도 필요하지만, 이 역시 대응할 수 있는 기술이 미흡하다.

이에 알루미늄 합금 접합 시 용접 방법 및 부식, 반복 하중에 따른 피로강도 확보 등 알루미늄 합금 접합에 대한 기초

자료가 절실하며, 알루미늄 합금의 접합을 위하여 용접할 경우 고열에 따른 용접부위 강도 저감도 고려해야 한다. 이는 구조 부재의 두께, 단면뿐만 아니라 용접 각장 등에 영향을 미친다.

한편 각 선급에서는 필요 치수와 축적된 자료에 따른 최소 부재를 규정하고 있으며 발주자 역시 운항 실적에 기인한 한계치를 건조사양서(SPEC)에 명기하기도 하는데, 통상 VLCC의 화물창 최소 판재 두께는 12mm 정도이다. 마찬가지로 3톤급 알루미늄 Diving Boat는 용접열에 의한 변형 방지를 위하여 선체는 5mm, 조타실 등은 4mm 정도가 현장에서 요구됨을 감안해야 한다. 따라서 수밀 격벽 판재와 보강재의 단면적 비율이 두 호선 사이에 상이하며, 이는 물량 최적화 달성을 제한시키는 요인이다. 즉 다량의 직선 부재 결합으로 구성된 선체는 부재 필요 두께와 단면계수에서 절감 효과를 얻어야 하는데, 용접 변형과 좌굴 방지를 위한 요구치가 규정의 최소치를 상회하기도 함으로 물량 측면에서는 불리하다.

2.2 환경적 측면

100여 년 전 목재 범선이 철선으로 대체되었다가 현재 대부분의 대형 상선은 탄소를 함유한 강선으로 바뀌었지만, 국내 등록된 전체 어선의 90% 이상은 아직도 20톤급 미만의 FRP (fiber reinforced plastics) 선박이다. 일 예로 2017년 기준으로 국내 침몰 선박 2,200여 척의 80%가 어선이며, 상기와 같이 대부분이 FRP 재질이어서 침몰 후 해양 생태계에 미친 영향은 닫힌 지구계 내부 순환에 따라 고스란히 우리에게 돌아오고 있다.[2] 또한 수명 주기가 끝난 FRP 폐선 처리 시에 발생하는 2차 환경오염 등 경제적, 환경적, 법 제도적으로 문제를 발생시키고 있어, 최근 신소재 알루미늄 합금을 적용한 친환경 소형 선박 건조가 차츰 공론화되고 있으며 정부에서는 알루미늄 발주 어민에 자금을 지원하여 알루미늄 소형 선박을 확대시키고자 하고 있다.

한편 그림 4와 같이 FRP 선박이 무단으로 방치되거나 사실상 불법으로 개조되면서 환경은 물론 인체에까지 심각한 피해를 줄 수 있어, 해외에서는 이같은 FRP 선박의 단점 때문에 건조와 가공 절차 등에 대한 규제를 더욱 강화하고 있다. 구체적으로 일본은 20여 년 전부터 해양오염 등을 이유로 FRP 선박 건조와 폐기 절차 등을 엄격하게 규제하고 있으며, 호주와 뉴질랜드 등도 규제를 강화하는 한편 FRP를 대체할 재질 도입에 속도를 내고 있다.



그림 4 수명주기 종료 FRP 선박
(<https://www.google.com/>)

이런 환경적 문제점으로 알루미늄 합금을 적용한 소형 선박 건조가 주목받고 있는 상황이지만, 정부 시책에도 불구하고 국내에서는 알루미늄 합금을 적용할 경우 구조물이 부실하다는 일부 선주들의 불만이 있는 상태이고, 알루미늄 합금만으로 충분한 구조적 안정성을 가지는 알루미늄 선박을 건조하기 위한 최적 설계 기술이 아직 국내에서는 정립되지 못하고 있는 것도 사실이다. 하지만 그간 꾸준히 개선된 알루미늄 합금 공정법에 따라 소형 선박의 FRP 대비 알루미늄 신조 단가는 1.5배 정도로 내려갔고, FRP 선박 건조 과정과 이후 방출되는 환경 호르몬 및 수분 흡수에 따라 가중되는 지중, 폐선 후 자원 재활용 등을 고려하여 간헐적으로 알루미늄 보트 건조가 진행되고 있다. 하지만 일본의 경우 이미 1950년대에 선박용 내식성 Al-Mg합금 5083을 개발했고, 현재도 알루미늄 선의 선형, 건조공법, 용접시공법 개발 등에 관한 연구를 활발히 수행하고 있다..

따라서 국내에선 아직 알루미늄 보트에 대한 발주는 많지 않지만, 소형 선박 설계 과정의 긴급성과 촉박함으로 효율적인 강제 배치와 절감이 수행되기 어렵고 절대적인 적용선의 사례가 부족함을 감안하더라도, 표준 알루미늄 선박의 개념/기본 설계 필요성은 더욱 가중되고 있다.

2.3 시대적 측면

지난 10여 년 간 그림 5와 같이 국민 소득 증대 및 주 5일제 정착으로 해양레저 수요가 증가하고 있으며, 이에 따른 레저 산업의 세계적인 경쟁력 확보 필요성이 대두되고 있다. 즉 다이빙 보트, 모터 보트, 세일링 요트 등 레저선박 산업은 정부의 신성장 유망동력산업으로 이미 지정되어 산업육성책이 시행되고 있다.

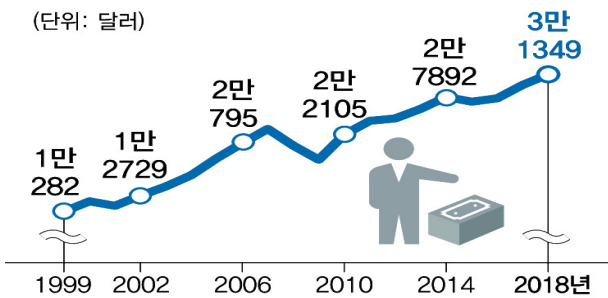


그림 5 1인당 국민총소득(GNI) 추이
(<http://www.hani.co.kr/>)

구체적으로 그림 6의 2015년 보고서에 따르면 2020년 해양레저 소형선박 시장규모(세계시장+국내시장)는 약 40조원(400억달러) 규모로 추정되며, 지속적으로 성장하는 산업으로 분석되고 있다.

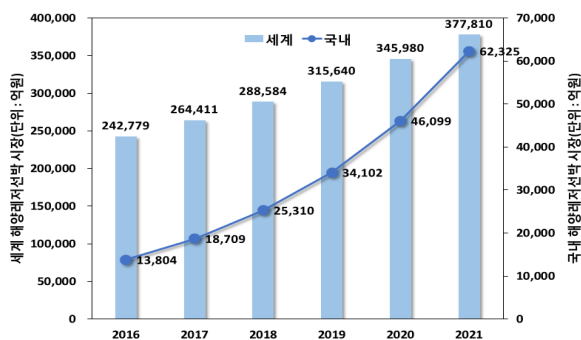


그림 6 국내·외 해양레저선박시장 현황 및 전망
(출처: 중소기업기술로드맵 2018-2020)

3. 결론

그림 6으로부터 국내 레저 소형선박 시장 성장세에서 4차 산업 혁명을 알 수 있고, 기술의 융합이 모든 분야에 영향을 미치고 있다. 이에 그동안 축적된 우리 조선해양 기술의 유기적인 결합을 통해 새로운 시장으로의 진출을 시도함으로써, 4차 산업 혁명 영향으로 급변하고 있는 세계 시장을 조선해양 산업계가 한 단계 도약할 수 있는 지렛대로 삼을 수 있겠다.

끝으로 그림 7의 '볼레호'는 '볼레(뜻:보리)', '낭(뜻:나무)', '개(뜻:바닷가)'의 합성어인 '볼레낭개'에 기인하며, 서귀포시에 위치한 보목항을 지칭하는 제주어로서 예전에 보목 지역 바닷가 벼랑에 보리장 나무들이 많았던 데서 유래했으며[3], 장마 이후 찾아 온 폭염에도 내년부터 시행되는 '환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률'에 부합하는 알루미늄 재질의

다이빙 보트인 '볼레호' 건조에 매진했던 모든 기술진에 심심한 경의를 표하며 글을 맺는다.



그림 7 시운전 검사 중인 볼레호

참고 문헌

- [1] [PASSO], <http://boat.passo.co.kr/>
- [2] 공석, 박성동 [바닷속 위험물 '침몰선박' 관리로 깨끗하고 안전한 바다 만든다, 해양수산부], <http://www.mof.go.kr/>
- [3] [DISCOVER JEJU], <https://discover-jeju.com/hopping>

류기수



- 1968년생
- 1992년 서울대학교 조선공학과 졸업
- 현 재 : (주) 에이블이엔씨 상무이사
- 관심분야 : 선박/해양구조물/크레인 기본설계, 특허컨설팅, 해수담수화 개념설계, 소형보트 EPC
- 연락처 : ***-****-****
- E-mail : ksryu@ableenc.co.kr

정사교



- 1978년생
- 2006년 강원대학교 토목공학과 졸업
- 현 재 : (주) 에이블이엔씨 대표이사
- 관심분야 : 해양구조물/육상플랜트 엔지니어링, 플랜트컨설팅, 해수담수화 사업화, 소형보트 EPC
- 연락처 : ***-****-****
- E-mail : skjeong@ableenc.co.kr

이상호



- 1993년생
- 2018년 한국해양대학교 조선해양공학부 졸업
- 현 재 : (주) 에이블이엔씨 직원
- 관심분야 : 해양구조물/육상플랜트 엔지니어링, 해수담수화 개념설계, 소형보트 EPC
- 연락처 : ***-****-****
- E-mail : shlee@ableenc.co.kr