



친환경 소방정단 영업설계

글 : (주)리수엔지니어링 류기수 대표이사, 세호마린솔루션즈(주) 김영원 대표이사 / handyvlcc@naver.com, ywkim@sehomarine.com

1. 서론



〈그림 1 500톤급 미국 뉴욕 소방정 (출처: 인터넷[1])〉

그림 1 선종의 친환경 소재인 알루미늄 소방정단에 대한 동남아 발주처의 입찰 요목, 중앙부 형상과 운항 해역은 표 1, 표 2, 그림 2 및 그림 3과 같다.

구분	지휘정 (Command Craft)	접안정 (Landing Craft)	고속정 (Fast Craft)
척수	1척	2척	◀
전장	12.0m	22.0m	15.0m
전폭	6.0m	6.0m	4.0m
깊이	1.9m	1.8m	1.7m
흘수	0.7m	◀	◀
선속	최대 40 knot	◀	◀
추진기	워터젯 x 2기	◀	선외기x 2기
주기관	780kW x 2기	1,230kW x 2기	555kWx 2기
선각 유형	단동선	◀	◀
승선원	최대 24명	최대 57명	최대 20명
중앙부 형상 [그림2]	일점쇄선	이점쇄선	실선

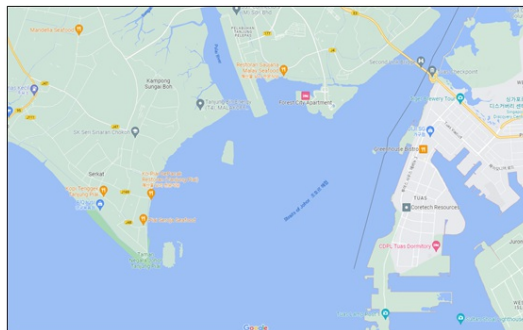
〈표 1 알루미늄 소방정단 주요 내역〉

차례	지휘정	접안정	고속정
1. GENERAL CRAFT DESIGN	○	◀	◀
2. HULL DESIGN	○	◀	◀
3. MAST	○	◀	N/A
4. DECK DESIGN AND OTHERS	○	◀	◀
5. ENGINE & PROPULSION SYSTEMS	○	◀	◀
6. FUEL TANK	○	◀	◀
7. EXHAUST	○	◀	N/A
8. FENDERS/ BOLLARDS/CLEATS/ANCHOR & TOWING	○	◀	N/A
9. ELECTRICAL SYSTEMS	○	◀	◀
10. LIGHTINGS	○	◀	◀
11. CABLES AND INSTALLATION	○	◀	N/A
12. BRIDGE	○	◀	N/A
13. NAVIGATION AND COMMUNICATION SYSTEM	○	◀	N/A
14. CCTVS AND DOCKING CAMERA SYSTEMS	○	◀	N/A
15. FLIR CAMERA	○	◀	◀
16. COMMUNICATION SYSTEMS	○	◀	◀
17. SHIP CONTROL AND MONITORING SYSTEM (SCMS)	○	◀	N/A
18. BILGE SYSTEM	○	◀	N/A
19. FIXED FIRE-FIGHTING SYSTEM	○	◀	N/A
20. LIFE SAVING APPLIANCES (LSA) AND FIRE FIGHTING EQUIPMENT	○	◀	N/A
21. TOILETS / SHOWERS	○	◀	N/A
22. ANCILLARY EQUIPMENT	○	◀	◀
23. LAUNCH & RECOVERY(L&R) SYSTEM FOR DAUGHTER CRAFT	N/A	○	N/A
24. DOCKING CONTROL SYSTEM	N/A	N/A	○
25. BILGE PUMPING SYSTEM	N/A	N/A	○
26. CONSOLE DESIGN		N/A	○
27. EXTERNAL FIRE FIGHTING SYSTEM	N/A	N/A	○
28. LIGHTINGS	N/A	N/A	○
29. [OPTION TO PURCHASE] EXTERNAL FIRE FIGHTING SYSTEMS (FIFI STANDARDS)	○	◀	N/A
30. [OPTION TO PURCHASE] CLOSE CIRCUIT TELEVISION SYSTEM	N/A	N/A	○

<표 2 알루미늄 소방정단 발주 사양서 내역>



<그림 2 중앙부 형상 (출처 : 리수엔지니어링)>



<그림 3 운항 해역 (출처 : 인터넷, <https://www.google.co.kr/>)>

2. 본 론

2.1 일반사항

선박 견적 일정은 발주처 입찰 상황에 부합되도록 진행되며, 일반적인 과정은 [표 3]의 일곱(7) 직능이 긴밀히 공조하여 산출된 건조 비용, 분할 수금되는 외국환에 대한 예상 환율과 기타 주요 사항 등을 고려하여 최종 적정 수익이 확보되도록 수행된다.

직능	담당 업무
1. 기본반	- 관련 법규와 규정(Rule & Regulation) 종합된 개념 건조사양서(Outline SPEC) 작성 - 개념 일반배치도(Sketch General Arrange)와 초기 복원성 계산서(Preliminary Trim & Stability Booklet) 작성 - 제조자목록(Maker List) 작성
2. 선체반	- 전체적인 구획, 중량 분포 및 도장 견적
3. 기장반	- 주기 사양 관련한 기관실 배치 및 견적 - 기관실 배치도 (Machinery Arrangement) 작성
4. 배관반	- 전체적인 배관 배치 및 견적
5. 전장반	- 전체적인 전장 배치 및 견적
6. 선장반	- 전체적인 선내 물품 배치 및 견적
7. 구조반	- 전체적인 규정을 만족시키며 최적의 운항을 위한 선각 견적하며, 개념 중앙횡단면도(Sketch Midship Section Drawing) 작성 - 선각 견적 중량표 작성 (Hull Estimated Weight Sheet)

<표 3 영업설계 직능>

검토 항목	표준사양서 (Standard SPEC)	개념사양서 (Outline SPEC)	상세사양서 (Full SPEC)
항복 강도	○	○	○
최종 강도	○	*	○
좌굴 강도	○	*	○
피로 강도	○	*	○
발주처 특성	*	*	○
조선소 설비	○	○	○
운항 특성	*	*	○

○ : 견적가에 반영함, * : 관련 사항 감안함

<표 4 건조사양서 선각 내역>

그중 선각 물량은 배수량, 현장 공기로부터 운항 수익을 좌우하며, 또한 세계적인 경기에 민감하여 선가를 결정짓는 주된 요인이다. 따라서 [표 4]의 일반적인 견적 기준과 동남아 소방정단 발주처에 합리적인 입찰을 위해 주어진 공기('22.12.30. ~ '23.1.10.)를 고려하여, [표 5]의 일정으로 개념 선각 중량 추정이 진행되었다.

항 목	내 역
1. 발주사양서 (Tender SPEC) 검토	- [표 2]에 정리된 발주처 3가지 선종 일관되며, 특이사항 없음.
2. 모선 (Mother Ship) 결정	- 요구된 특성 중 핵심 사항은 최대 선속 40 knot임.
3. 초기 선형 (Lines) 설계	- 협소한 항만에 부합되도록 기본치수 설정함.
4. 추진기 마력(Power), 복원성 검토	- 발주사양서 확인함.
5. 개략 중앙횡단면도 설계	- 발주사양서에 부합되도록 개념 설계함.
6. 선각 알루미늄 중량 (Hull Al. Weight) 추정	- 실적선 자료에 근거한 개념도 등으로부터 산출함.

<표 5 선각 견적 중량 산출 일정>

먼저 발주사양서에 따른 특이사항 여부를 확인하고, [표 5]의 항목 2에 부합되는 최대 선속 40 knot의 성능을 보유한 [그림 4]와 [표 6] 실적선을 모선(Mother Ship)으로 선정하였다.



<그림 4 형제섬 근해의 알루미늄선 (출처 : 인터넷[2])>

항목	내역
1. 건조년도 / 선질	2020년 9월 / 알루미늄합금
2. 선종 / 승선인원	유어선 / 9명
3. 선적항 / 선명	부산시 우○항 / 풍○호
4. 선장x형폭x형심x흘수	11.00m x 2.80m x 0.75m x 0.45m
5. 최대 선속	40 knot
6. 선외기 사양	300 PS x 2EA

<표 6 [그림 4] 모선의 주요 내역>

2.2 선형 설계

[표 6] 모선으로부터 [표 1]의 특성에 부합하는 소방정단 개념설계안은 [그림 5]와 같으며, 점선으로 모선 형상을 병기하였다. 구체적으로 항만의 운항 특성, 규정에 따른 판재 두께가 감안된 선장, 형폭과 형심 등 기본 요소 결정하고, 선형설계를 진행하여 모선의 성능이 발휘되도록 하였으며 [표 7]과 같이 정리하였다.



<그림 5 중양횡단면도 (출처 : 선박해양시스템기술협동조합 [3])>

구분	지휘정	접안정	고속정
선장	7.90m	17.50m	11.50m
형폭	5.80m	5.80m	3.80m
형심	1.90m	1.80m	1.70m
흘수	0.70m	0.70m	0.70m
중양부 형상 [그림5]	일점쇄선	이점쇄선	실선
VOL.	16.85m ³	38.69m ³	15.56m ³
LCB	-0.64m M/S	-1.33m M/S	-0.89m M/S
LCF	-0.42m M/S	-0.91m M/S	-0.61m M/S
KB	0.45m	0.45m	0.45m
BM	5.54m	5.78m	2.19m
C _M	0.64	0.65	0.65
C _w	0.86	0.86	0.86

<표 7 알루미늄 소방정단 선형설계 요약안>

2.3 기타사항

본 입찰 건은 동남아시아 항만에 인접한 국제 공항의 항공기 이착륙 시 발생할 수 있는 불의의 사고를 조기 수습하는 용도이며, 항공기의 해수면 추락에 따른 화염 진화와 조난자에 대한 초기 구난 용도로 5척의 선박으로 구성된 소방정단에 대한 영업 설계이다.

특히 지휘정은 길이 대비 폭 비율이 통상적이지 않기에, 협소한 해역에서의 운항을 위해 승선감이 뛰어난 카타마란(Catamaran) 선형 대신 단동선을 적용하여 긴급상황 시 최대 선속과 탁월한 선회 조종성이 발휘될 수 있도록 사전 검토가 필요하였다. 따라서 기존선 자료에서 [표 1] 추진기 마력을 만족하는지를 [표 6] 모선의 추진기 이(2)기에 설치되어 총 마력 600PS로 충분함을 확인하고 진행하였다.

한편 항만 수심 제한에 따른 흘수, 상부 재화 중량 적재에 기인한 선박 무게 중심과 부심 간의 상대 거리는, 선박 복원성 확보를 위해 발주처로부터 수주 후 본 설계 진행 시 세심한 고려가 필요한 사항이다.

2.4 중량 추정

선적항만의 특성과 해양수산부의 2020년도 ‘알루미늄선의 구조 기준’에서 요구되는 중강도에 충족되며, 좌굴과 피로 강도 등 추가 항목의 영향 및 고속 운항에 수반된 소형선의 선수선저부 충격력이 감안되도록 구조설계를 검토하였다. 구체적으로 최소 부재 치수는 선급 규정을 상회하며, 판재 가공과 용접 변형이 발생하지 않도록 고려되었다.

최종적으로 견적 단계의 허용 오차 여유치 (Contingency)를 감안하여, [표 8]의 선각 중량이 산출되었다.

구분	지휘정	접안정	고속정
Flag	한국	◀	◀
Class	KOMSA	◀	◀
Cont.	10%	◀	◀
Weight	14.7 tons	30.8 tons	12.7 tons

<표 8 알루미늄 소방정단 선각 중량 추정치>

3. 결론

친환경 소재인 알루미늄 소방정단 선각 중량 확정 후, [표 9] 용도의 선박 모의조정장치(Craft Simulator) [그림 6] 시스템에 입력될 수 조 시험 수행비에 대한 견적을 발주처로부터 추가 요구받았다.

특히 수치적 모형(Mathematical models)과 연관된 유체역학 자료(Hydrodynamic data)는 수조 시험 등을 통해 입증되어야 하며, 또한 시운전 결과에 따라 갱신되어야 한다. 이에 국내 관련 기관[4]의 긴밀한 공조를 통해 내항성(Seakeeping)과 모형시험(Planar Motion Mechanism) 비용을 획신하였고, 이처럼 발주처 문의에 대한 정확한 기술적 대응은 수조 성패 여부와 인도 후 최종 조선소재 무 성과를 예단할 수 있는 가능자이다. 끝으로 [표 10]의 영업설계 주요 사항과 [그림 7]의 동남아 소방정단을 구성하는 지휘정 개념도를 소개하며 글을 마친다.

항목	내역
1	Manoeuvring training of the search and rescue craft
2	Ship performance and operational assessments
3	Assess. of berthing and manoeuvr. in small channels
4	Ship handling training
5	Operational simulation for firefighting
6	Operational simulation for launch and recovery of unmanned systems

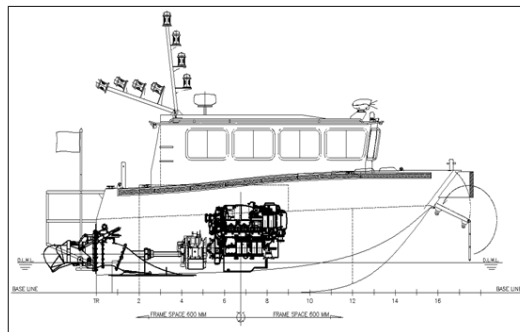
<표 9 추가 요구된 자료>



<그림 6 선박 모의조정장치 (출처 : 인터넷 [5])>

항 목	내 역
1	<ul style="list-style-type: none"> 표준선 대비 기본치수(길이, 폭, 깊이) 확인 ; 발주처 운용선, 운항 해역 특성 및 선적함에 따른 한계치를 고려하여, 초기 영업설계 단계에서 명확히 검토되어야 함. 기본치수 폭/깊이 비율 확인[6] ; 폭/깊이 비율이 2.5배 내외를 상회하는 경우, 스프링 진동(Spring Vibration)에 의한 상갑판 보강 용도로 저주기 피로 수명(Low Cycle Fatigue Life) 구조 해석 수행 기간, 선각 물량의 3~5% 보강 및 현장 공기 추가에 대한 견적이 반영되어야 함.
2	<ul style="list-style-type: none"> 발주처와 등록국적 확인 ; 선박 법규는 대부분 국제화되었지만, 편이치적 국가, 그리스, 싱가포르 등 특이 조항의 속지주의 규정에도 부합되도록 견적이 반영되어야 함. 선각 설계 시, 국제선급연합회(UN IACS)의 반올림 경계는 0.25와 0.75이지만 프랑스 등 특정 국가의 0.2, 0.7과 같은 상이한 규정에 대한 견적이 반영되어야 함.
3	<ul style="list-style-type: none"> 추진 연료 확인 ; 2050년 탄소중립 시대(Net-Zero 2050)에 따른 연료 전환 시, 일반 배치와 보강 물량이 검토되어야 함.
4	<ul style="list-style-type: none"> 선수미단 청수창, 연료유창 등의 체적과 위치 확인 ; 길이 방향 중립축으로부터 원단에 위치한 구역은 실제굽힘모멘트(Actual Bending Moment)가 증감되어 선각에 큰 영향을 미침으로 초기에 검토되어야 함.
5	<ul style="list-style-type: none"> 선급 규정 계산 결과 올림(Round-up) 여부 확인 ; 발주처 사양서의 올림 요구에 따른 선각 증가 물량의 견적이 반영되어야 함. 구조해석 시 발생 응력 한계치 확인 ; 발주처 사양서의 선급 허용 응력 대비 최대 응력을 85% 이하로 제한하는 등의 별도 규정을 확인하여 견적이 반영되어야 함. 설계굽힘모멘트(Designed Bending Moment) 확인 ; 설계굽힘모멘트 설정 방법은 두 가지이며, 건조되어 인도되기까지 추가 발생될 과정을 감안하여 설계 굽힘모멘트 이하로 최종 실제굽힘모멘트 종결되도록 영업 단계에서 검토되어야 함.[7] 유형1 ; 통상적인 경우, 건조 실적(Track Record)을 확인하여 항해 해역 실제굽힘모멘트의 105% 이하로 설계굽힘모멘트 설정함. 유형2 ; 부유식원유저장시설(FPSO) 혹은 발주처에서 지정하여 사양서에 명기된 설계굽힘모멘트 대비 95% 이상으로 실제굽힘모멘트가 발생되도록 복원성 계산서(Trim & Stability Booklet)를 설정함.

〈표 10 영업 설계 주요 사항〉



〈그림 7 지휘정 개념도 (출처 : 세호마린솔루션즈[8])〉

참 고 문 헌

- [1] 황선윤, [부산신항에 500t급 소방선 도입, 중앙일보], <https://www.joongang.co.kr/>
- [2] 류기수, [알루미늄 보트 일괄수행, 대한조선학회], <https://www.snak.or.kr/>
- [3] 류재문, [LINES PLAN, 선박해양시스템기술협동조합], jmlw1@naver.com
- [4] 장호윤, [모형시험 조종성능, 중소조선연구원], <https://www.rims.re.kr/>
- [5] 박정민, [소형해양레저선박 조종시뮬레이션 개발, 국제신문], <http://www.kookje.co.kr/>
- [6] [No.30.7 Fatigue Assessment of Ship Structures October 2008, DNV], <https://rules.dnv.com/>
- [7] [Common Structural Rules, IACS], <https://iacs.org.uk/>
- [8] 류심형, [General Arrangement (Command Craft), 세호마린솔루션즈], <http://www.sehmarine.com/>