

1. 서론

밀동을 살짝 깨서 달걀을 세운, 일단 하고 나면 너무나 당연하지만 하기 전에는 미처 생각하지 못했던 기발한 발상을 [콜럼버스의 달걀]이라 한다.

"아랍인들의 향료무역 장악에 대항하기 위하여 포르투갈의 항해 왕자 엔히크는 세계 역사상 최초로 국립 해양학교를 설치하고 항해 기술 등을 연구하도록 하는 한편, 자주 함대를 파견하였다.[1] 카보 다 로카를 출발한 함대는 아프리카 서해안을 돌아 남쪽으로 내려가 아프리카의 황금·상아·호박을 리스본으로 가져오는 데 성공하였다. 포르투갈의 해양진출이 가속화되자, 옆 나라 스페인도 해양으로 진출하기 시작하였다. 포르투갈이 동쪽을 통한 무역로를 개설하였기 때문에 스페인은 서쪽으로 진출하였고, 당시 국왕이었던 이사벨라 여왕은 이탈리아인 크리스토퍼 콜럼버스에게 서쪽을 통한 인도까지의 무역로를 개설하도록 하였다. 콜럼버스는 인도에 다다르지는 못했지만 대신 1492년 10월 12일, 카리브해상의 산살바도르(과나하니 섬)에 도착하였다. 유럽인이 아메리카 대륙에 첫 발을 내딛은 것이다."

한편 대형 조선소 공정의 백미는 선거(Dry Dock)에서의 탑재 과정이며, 아직까지 우리 기술 수준이 세계 최고임은 모두에게 인정받고 있다. 하지만 20여 년 전 중국이 세계무역기구(World Trade Organization) 체제에 합류하며 급팽창한 물동량 이동과 함께 이루어진 조선해양 시설 증대는 또 다른 이면이 있었음도 사실이며, 그 여파는 상당 기간 우리에게 영향을 주었지만 다행히 최근 반가운 기사가 실렸다.

"중국산에 밀려 자취를 감췄다가 20년 만에 다시 부산항에서 국산 크레인을 현대삼호중공업이 제작한다.[2] 부산항에 국산 안벽 크레인이 세워진 것은 2003년이 마지막이었다. 그 해 초속 40m가 넘는 기록적 강풍을 몰고 온 태풍 매미에 쓰러진 북향 자성대 부두와 신감만 부두 안벽 크레인을 대체하기 위해 현대중공업이 제작한 4기, 한진중공업이 제작한 3기를 각각 설치했다. 이후 국산 크레인은 중국산에 밀려 1기도 부산항에 들어서지 못했다. 2006년부터 문을 연 부산 신항 5개 부두 운영사가 설치한 안벽 크레인 69기는 모두 중국산이다. 북항에 추가로 도입된 안벽 크레인들도 모두 중국 업체 차지였다."

2. 본론

목선으로부터 시작하여, 철선, 강선으로 선각 재질이 변화되었고, 작업 공정은 선대 조립, 선거 탑재, 육상 조립 후 부유식 선거의 대형 해상 크레인을 이용한 초대형 블록(Block)까지 선거와 작업 공정을 개선하려는 노력은 지금도 활발히 진행되고 있다.

2.1 선박 건조 일반

통상 발주처에서 프로젝트(Project) 입찰이 공고되면, 조선소와 중개인(Broker)은 최소의 원가를 산출하여 낙찰 받고자 노력을 경주한다. 즉 견적 단계에서 타사 대비하여 경쟁력 있는 선거를 추정하기 위해, 모든 조선소는 강재비와 노무비에 대한 축적된 실적 자료를 기반으로 신조 견적가를 산출하고 있다. 이 과정에서 제철소로부터 공급받는 강재비는 모든 조선소에 유사하므로, 결국 선거를 결정짓는 것은 개념과 기본 설계, 생산 비용 등 이다.

따라서 선거는 아래와 같이 구성되어 있으며, 계약이 체결된 후 물량과 공수는 반비례 관계를 보이며 인도 일정과 비용을 고려하여 전체 공정을 구성한다.

- 건조비 = 직접비 + 간접비
- 직접비 = 강재물량 + 작업공수 + 용접장

이상과 같이 선박 견적은 실적선에 근거한 직접비와 간접비로 구성되지만, 계약 전인 개념설계 단계에서는 물량과 공수 절감을 동시에 고려할 수 있으며 이는 아래와 같이 추가적인 선거 인하를 동반한다.

- 추가 공수 절감량 = $\alpha A + \beta B + \gamma C$
 α, β, γ : 조선소 고유 경험치
A : 절감 강재량
B : 절감 부재수
C : 절감 용접장

표 1 갠트리(Gantry) 크레인 일반

개발사	개발국	크레인당 최대 인상 하중
KOCKS	독일	15,000톤
KONE	핀란드	1,650톤
ableENC	대한민국	22,500톤 이상

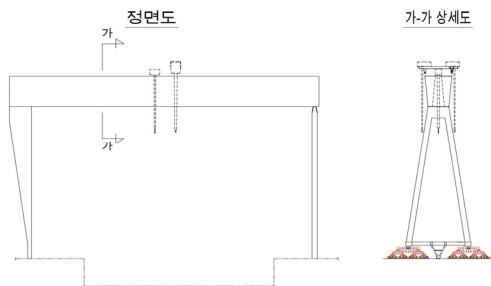


그림 1 KOCKS TYPE 갠트리 크레인 [3]

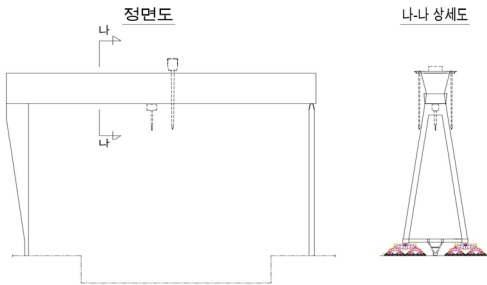


그림 2 KONE TYPE 갠트리 크레인 [3]

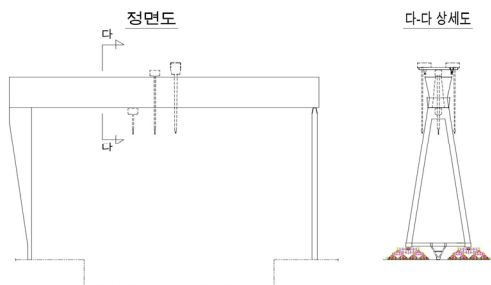


그림 3 ableENC TYPE 갠트리 크레인

이런 연유로 견적가를 줄이고자 수작업에 의한 목선은 철선 결합에 용이한 리벳(Rivet) 접합 공정을 거쳐, 2차 세계대전 시 대량 물자 공급을 위해 용접에 따른 응력 변화를 피해야 하는 항공기 등 박판 구조물을 제외하고 전 산업 분야에서 리벳 공법은 용접을 이용한 결합으로 대체되었다.

뒤이어 일본에서 시작한 선박 탑재를 위한 선거가 등장하여 현장 공법의 대변혁을 일으켰으며, 최근 20여 년 동안은 물동량 폭증에 따른 대형 선박의 건조비를 더욱 절감하고자 블록, 크레인의 인상력 (Lifting Capacity)을 키우기 위해서 막대한 투자가 이루어졌다. 이에 지금까지 대형 갠트리 크레인 시장을 양분하던 콕스와 고크네 형식에 더하여 최근 개념 설계 후 특허협력조약(Patent Cooperation Treaty)에 등재된 국내에서 고안한 새로운 유형을 추가하여 [표 1], [그림 1] ~ [그림 3]에 소개하며, 세계 최대 크레인 생산국인 중국 ZPMC 사의 인상 유형은 콕스와 동일한 좌우 비대칭임을 부연한다.

2.2 갠트리 크레인 특성 비교

기계적인 특성 대비 가성비가 월등하여 대부분의 구조물에 널리 사용되고 있는 탄소강 합금 판재의 고로를 통해 세계적인 제철소에서 제작 가능한 두께는 현재 100mm 내외이며, 이에 대해서만 제철소에서 치수, 고유번호, 기계적 성능, 충격시험계수, 화학 성분, 시험 종류와 기준, 제조 사항을 기재한 검사 증명서(Mill Test Certificate)가 발급되고 있다.

이에 일반적인 강판 두께 6mm 이상을 후판이라고 하며, 대양을 운항하는 대형 상선 선실부는 7mm 내외, 선각부의 주기 하부 지지부를 제외하고 제일 두꺼운 판재는 고장력강을 포함하여 24mm 정도이다. 한편 50mm 이상의 극후판이 적용되고 있는 선체 부위는 대형 선박의 기관실 주기 지지부, 초대형 컨테이너선 해치코밍 탑(Hatch Coaming Top)과 부유식 원유생산저장설비(Floating Petroleum Storage & Offloading) 모듈(Module) 지지부의 일부 하중 집중 부위로 국한되고 있다. 그리고 이런 극후판은 두께 방향의 인장 시험(Z-direction)을 추가 요구하기도 하는데, 이는 제강 과정에서 기공, 슬랙(Slack), 불순물 등에 의한 강제 결합 여부를 확인하기 위함이며, 지금 제철소 기술로 제강 가능한 한 매 중량은 30톤 내외이다. 따라서 극후판도 제철소 검사 증명서가 발급 가능한 범위에서만 제작 가능하도록 구조 설계 및 구조 해석 등 검증을 수행하여 선주와 선급 동의를 받고 선박 건조가 진행된다.

추가적으로 리벳 공법 대비 생산 효율이 개선된 용접 공법이지만 크게 주의할 점은, 아래와 같다.

- 용접부의 잔류 응력 해소
- 응력 해소부의 과도한 변형

그리고 신조 선박 블록을 운송하는 갠트리 크레인 구조를 지탱하는 거더 극후판 구조도 선박의 종통 부재와 동일한 역할을 수행하기에, 중앙부를 관통하면서 "서로 다른 두께의 판이 연결될 때, 판의 건조 두께 차이는 하중 전달 방향으로 두꺼운 판 두께의 50%를 초과하여서는 아니 된다"는 공통구조규칙(Common Structure Rules)요건 등과 동일하게 국부 삽입판을 신설하여 맞대기 이음(Butt Welding)되어야 한다.[4]

또한 [표 1]의 특성 비교는 [표 2]와 같으며, 선거에 설치되는 갠트리 크레인의 단면 계수는 거더 형상에 따라 하부판(Girder Lower Plate)에서 확정되기에, 갠트리 크레인 최종 강도 역시 거더 횡단면 하부 부재가 결정짓는다.

표 2 갠트리 크레인 특성 비교

개발사	KOCKS	KONE	ableENC
후크 위치	상단	상하단	◀
거더하부 구조	단순형	격자형	◀
거더갯수	2개	1개	2개
거더당 인상 유형	좌우 비대칭	좌우 대칭	조합

2.3 갠트리 크레인과 선박

현재 세계 최대의 15,000톤 콕스 타입 갠트리 크레인과 유사한 만재배수량 4만 톤 공통구조규칙의 정유운반선에 대한 비교는 [표 3]에 나타내었다.

먼저 대양을 운항하는 대형 선박은 정적 하중(Static Loading Condition)과 파랑에 의한 동적 하중 조건(Dynamic Loading Condition) 중에서 극심한 경우에 대하여 일정한 여유를 가지고 구조 설계하지만, 선거에 설치된 갠트리 크레인의 경우는 인상 하중에 풍하중, 지진 하중 영향 등을 가산하더라도 이는 모두 선거에서의 경우임으로 정적 하중만 가해지는 셈이다. 그리고 선박의 경우는 양단 지지 상태가 모두 자유단(Simple Support)이지만, 갠트리 크레인의 경우는 고정단(Fixed Support)과 자유단으로 구성되어 있다.

그리고 선박은 공선 풍랑시 (Heavy Ballast Condition) 최

대하중 조건이 발생되지만, 15,000톤 갠트리 크레인은 8열의 트롤리(Trolley)가 모두 60미터 이내로 인접하여 동시에 인상하는 경우 생기며 4만 톤 정유운반선의 화물창 적하 길이보다 훨씬 단축되었기에, 국부적으로 극심한 강성이 강제되어 고가의 고장력강이 요구된다.

표 3 갠트리 크레인과 정유운반선 비교

항목	15,000톤 KOCKS TYPE 갠트리 크레인	40,000톤 정유운반선
선급	ABS	IACS Member
Main Rule	F.E.M. 1,001 3 rd Edition Revised 1998.10.01	Common Structural Rules 2015.7.1
LxBxD	181m x 14.3m x 27m	177m x 27.43m x 17m
Steel Yield Strength	570MPa	235 & 315MPa
건조 기간	12개월 (운반 및 설치기간 : 12개월)	14개월
하중	• 정적 하중	• 정적 하중 • 동적 하중
Key Plan Drawing	• Girder Section	• Midship Section • Con-Pro & Deck Plan • Shell Expansion
구조 해석	• 3D-Beam Analysis	• 3-Hold Fine Mesh • Very Fine Mesh • Buckling • Fatigue

3. 결론

"상상인선박기계는 지난 년 말 순수 국내 기술로 설계한 높이 127m, 너비 181m 크기의 세계 최대 규모인 15,000톤 골리앗 크레인 완성을 눈앞에 두고 있다. 올해 3월 싱가포르 샘코 프마린에 골리앗 크레인 2대를 납품하고 현재 설치작업을 완료한 후 시운전을 하고 있다. 오는 11월말 해당 프로젝트가 종료되면 그동안 핀란드, 독일, 중국이 주도했던 골리앗크레인 시장을 상상인선박기계가 주도할 것으로 예상된다. [그림 4]."

50여 년 전 개발되어 골리앗 크레인으로 통칭되는 주행 가능한 최대 크기의 갠트리 크레인은 얼마 전까지 코네 타입(Kone Type)의 1,650톤이었다. 이를 10배 정도 대폭 증대시킨 새로운 방안이 시도되어 작년 12월 준공되었으며, 거더 상부에 1열 2기의 후크(Hook), 호이스팅(Hoisting)과 트롤리로

두 개 거더(Two Girder)의 최대 강성을 감안해서 설계되었던 콕스 타입(Kocks Type) 갠트리 크레인 인상 능력을 8열 16기로 확대하여 15,000톤으로 대폭 증대시켰다.



그림 4 세계 최대 15,000톤 갠트리 크레인 [5]

이제 15,000톤 갠트리 크레인 두 기가 설치된 샘코프마린(Sembcorp Marine) 조선소는 만재배수량 100만 배럴의 중형 원유운반선(Suezmax Tanker), 200만 배럴 FPSO의 구미 벤더(Vendor)가 설계한 16기 내외 설치되는 Topside Module은 기상 조건에 덜 민감한 육상에서 총 조립해서 한 번의 인상으로 선거 위치한 선각에 탑재된 후 FPSO 전체를 진수시켜 안벽으로 이동할 수 있게 되었다. 이는 건조 공기의 대폭적인 단축, 현장 작업장 확보에 따른 품질 향상, 자동화 설비 확대 등 안전성 확보와 이를 반영한 견적 단가 절감으로 대외 수주 영업 경쟁력은 더욱 강화되리라 예상된다.

이처럼 싱가포르는 2008년 리먼 사태 이후 지난 10여 년 동안 진행된 세계적인 경기 등락에 따라 동남아시아 연근해 시추 시장 부진이 계속되자, 이의 타개책으로 우리가 독식하던 심해 생산시설 시장으로 영역을 넓혀 근년에 대형 해양플랜트 프로젝트 수주 전에서 한중일과의 치열한 경쟁 끝에 연이어 최저가를 제시하며 물량을 확보하고 있다. 그리고 이를 수행하고자 조선소 확장과 시설 확충의 일단으로 15,000톤 갠트리 크레인 발주를 단행하였으며, 기본 설계부터 전 과정을 한국 기술로 수행한다는 계약 조건이지만, 우리의 기술력과 실행 의지를 믿고 과감히 발주하여 싱가포르 자국 조선해양플랜트 규모를 키우고 있다.

500여 년 전 양 제국이 지배했던 국제 정세에서 인도로 가는 익숙한 항로를 선점한 포르투갈에 밀려 미지의 길을 개척한 콜럼버스가 신세계에 도착했듯이, 싱가포르에선 15,000톤 갠트리 크레인이 올 해부터 가동되고 있다. 이처럼 우리 조선해양플랜트 업계의 심해 건조 이력(Track Record)에 독창성

과 추진력을 더하여 개념설계부터 건조 이후 설치와 관련 전체 공정(Engineering, Procurement, Construction & Installation)의 자체 수행을 도모한다면, 여전히 조선해양플랜트산업은 세계 경기를 선도하는 종합 기간 산업이기에 우리가 4차 산업혁명을 이끄는 도화선이면서 동시에 수혜자가 될 수 있다. 이에 다시 합심하여, 친환경 규범에 따른 조선해양 대체 물량 확보로 신규 발주 호선 방향을 이끄는 선도자 역할을 충분히 수행하리라 기대하며 글을 마친다.

참 고 문 헌

- [1] 중국중앙방송 [강대국의 조건, 대국굴기], www.cntv.cn
- [2] 이영희 [20년만에 부산항에 설치될 '국산' 안벽크레인, 현대삼호가 제작, 연합뉴스], <https://n.news.naver.com/>
- [3] 류기수 [세계 최대 갠트리 크레인, 대한조선학회지55권2호], <http://www.snak.or.kr/>
- [4] CSR 2015 ['Ch 3 Loads/6.2 GENERAL PRINCIPLES, IACS], <http://www.iacs.org.uk/>
- [5] 류두환 [상상인-조선업 시설투자 강화로 글로벌 시장 적극 공략, 아시아투데이], <http://me2.do/>

류 기 수



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

정 사 교



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

이 상 호



- 1993년생
- 2018년 한국해양대학교 조선해양공학부 졸업
- 현 재 : (주) 에이블이엔씨 사원
- 관심분야 : 해양구조물/육상플랜트 엔지니어링, 해수담수화 개념설계, 알루미늄 보트 EPC
- 연 락 처 : *-*-*-*-*-*-*-*
- E - mail : shlee@ableenc.co.kr