

선박기술의 현황과 전망

이 글에서는 조선산업 세계1위인 우리나라 조선산업의 위상과 주력선종을 살펴보고, 선박을 건조하기 위한 설계와 생산의 주요 과정을 설명하며, 우리나라 조선기술의 비전으로 미래 수요가 예측되는 초대형 컨테이너선박, 고부가가치 LNG 관련 선박, 호화유람선 그리고 해양 구조물에 대해서 소개한다.

이 규 열 / 서울대학교 조선해양공학과, 교수

e-mail : kylee@snu.ac.kr

우리나라 주력 선종

TV나 각종 미디어를 보면, 수많은 컨테이너를 싣고 운항하는 컨테이너선이나 원유를 가득 싣고 가는 유조선의 모습 그리고 청정 연료인 액화천연가스(LNG : Liquefied Natural Gas)를 운반하는 LNG선 등을 자주 볼 수 있을 것이다. 이러한 선박들의 크기는 과연 얼마나 될까? 7,000TEU 컨테이너선 즉, 길이 20피트 컨테이너(TEU) 7,000개를 실을 수 있는 컨테이너선은 그 길이가 300m가 넘고 여의도 63빌딩의 높이가 지상 249m임을 생각해 보면, 일반 상선의 규모는 지상에서 거대하게 보이는 63빌딩의 규모보다도 더 크다. 또한 재화중량 30만 톤 대형유조선 즉, 원유 30만 톤을 실을 수 있는 유조선은 길이가 320m, 폭 60m, 높이 30m 정도이므로 축구장 몇 개를 합친 것보다도 더 큰 것을 알 수 있다. 그리고 14만 m^3 LNG를 운반하는 LNG 운반선도 길이가 270m, 폭이 45m가 된다. 여기서 LNG선에 대해서 간략하게 설명하고자 한다. 천연가스(Natural Gas : NG)는 유전에서 원유와 함께 나오는데 청정연료로서 최근 전 세계의 수요가 급증하고 있다. 천연가스 상태로 소비지까지 수송하기에는 부피가 너무 크므로 $-163^{\circ}C$ 까지 얼리면 기체상태의 천연가스가 액체 상태로 변하게 되며 이를 액화천연가스라고 한다. 이때 그 부피는 약 600분의 1로 줄어들기 때문에 수송량이 600배나 된다. 따라서 LNG를 $-163^{\circ}C$ 상태로 액화시켜 운반하기 때문에 선체의 재료가 극저온에서 부러지는 위험(취성)과 LNG가 선체에서 새어나가게 되면 폭발할 위

험이 있기 때문에 이를 방지하기 위한 특수한 화물창 구조를 갖고 있으며 이러한 이유로 LNG선 건조기술은 '조선기술의 꽃'이라 일컫는다. 현재 한국은 이러한 기술을 확보하여 전 세계 LNG선 시장의 약 80%를 점유하고 있다.

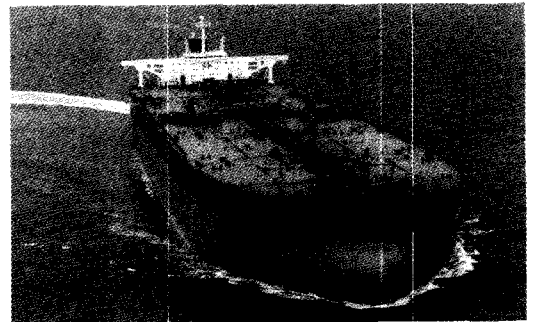


그림 1 원유 30만 톤을 운반할 수 있는 재화 중량 30만 톤급 대형 원유 운반선(Very Large Crude Oil Carrier: VLCC)의 시운전 모습

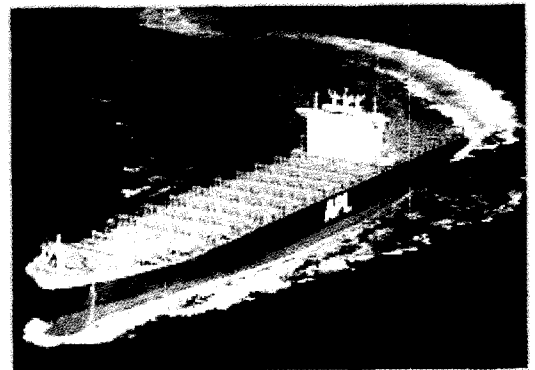


그림 2 20feet 컨테이너(TEU) 7,000개를 운반 할 수 있는 컨테이너선의 시운전 모습

조선산업의 특성

시장 측면에서는 조선시장은 세계가 단일시장이기 때문에 세계적인 경쟁력을 갖추어야만 살아남을 수 있고 따라서 영업, 기술, 생산, 품질 관리 등 국제사회기준('global standard')에 맞추어져 있다. 제품의 생산형태 측면에서도 선박은 선주의 요구에 따라 매년 설계, 생산하는 다품종 소량 수주 조립 생산품인데 비하여 같은 조립 생산품인 자동차, 항공기의 경우 제조회사에서 시장 조사를 하고 이를 토대로 제품을 개발한 후, 결정된 제조방식에 따라 대량 생산하여 시장에 출시하는 전형적인 대량 생산품과는 다르다고 할 수 있다.

한국의 조선산업의 위상

한국의 조선산업이 드디어 세계 1위 자리를 신조선 수주량(계약)에서는 1999년에, 그리고 건조량에서는 2000년에 차지하게 되었다. 즉, 우리나라의 신조선 수주량은 1999년에는 1,184만 톤(여기서 톤은 선박의 크기를 나타내는 총톤수로서 통계자료의 기준)으로서 세계시장의 41%를 차지함으로써 여태까지 세계 1위의 조선국인 일본의 870만 톤보다 세계 점유율에서 11%나 훨씬 앞질렀으며, 2000년에는 1,218만 톤을 건조하여 1,200만 톤을 건조한 일본보다 건조량에서도 앞서기 시작하였다. 2003년도에는 신조선 수주량은 한국은 전

세계 시장 점유율이 44%, 일본이 32% 그리고 중국이 14%로 이들 세 나라가 1, 2, 3위로서 세계 조선산업을 주도하고 있다. 우리의 조선산업은 1960년대에 접어들어 시행된 정부의 중화학공업 육성정책에 힘입어 조선산업이 발전할 수 있는 터전을 마련하였고, 그 터전 위에서 1970년대에는 대형 조선소의 설립과 함께 꽃피우기 시작한 이래 지난 30여 년간 많은 우여곡절을 거치면서 눈부신 발전을 거듭하여 오늘에 이르게 되었다.

조선산업이 우리나라 경제에 미치는 영향은 산업별 수출액과 무역수지에 대한 한국무역협회통계에 잘 드러나 있다. 조선산업은 2003년도에 113억 달러를 수출하여 산업별 순위에서는 석유화학 다음인 6위이지만, 무역수지면에서는 약 100억 달러의 흑자를 기록하여 우리나라 무역수지에 결정적인 기여를 하고 있다. 즉, 무역수지를 수출액으로 나눈 상대적 기여도에서는 모든 산업 중 조선산업이 단연 1위인데, 그 이유는 조선산업은 기술자립도가 매우 높고, 기자재 등 자본재의 국산화율이 85%에 이르러 우리나라 산업 중에서 제일 높기 때문이다.

조선의 주요 과정

조선기술은 한마디로 모든 공학기술이 선박이라는 공학물에 조화롭게 어우러지는 종합기술이라고 정의할 수 있다. 우선 선박의 건조계약에서 인도에 이르는 과정을 알아보기로 하자. 선박건조라는 길고도 복잡한 과정은 먼저 선주의 필요에 의하여 제기된다. 선박 한 척의 가격이 30만 톤 대형유조선의 경우 8,000만 달러, 14만 m³ LNG선 같으면 대략 1억 6,000만 달러에 이르는 거액이므로 이만한 자금을 투자하는 선주는 자신이 생각하는 수요에 가장 잘 부합하는 선박을 세계에서 가장 좋게 그리고 가장 싸게 지으려 할 것이므로 세계 여러 조선소를 대상으로 기술력과 품질, 건조능력, 가격 등 종합심사를 거쳐 가장 합당한 조건을 제시하는 조선소와 건조계약을 체결한다.

설계

계약 체결 후 선박을 어떤 모양으로 어떻게 만들



그림 3 138,000m³ LNG 운반선의 시운전 모습

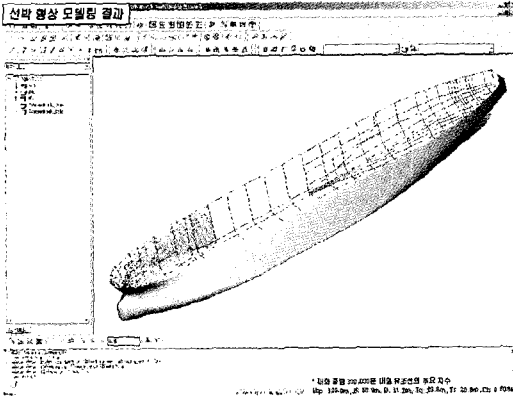


그림 4 재화 중량 30만 톤 대형 유조선의 선박 형상설계

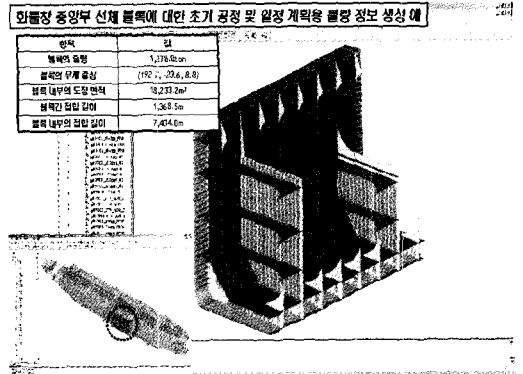


그림 6 재화 중량 30만 톤 대형 유조선의 선체구조 중량부 블록 내부 모습

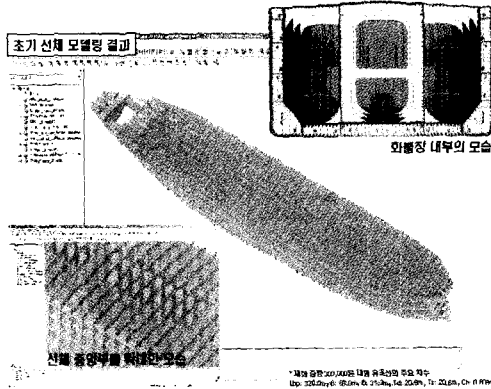


그림 5 재화 중량 30만 톤 대형 유조선의 선체구조설계

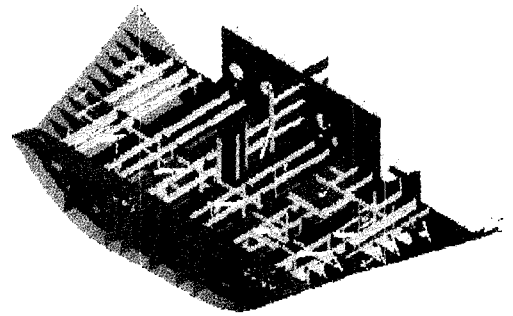


그림 7 기관실 배관설계도

것인가를 결정하는 설계에 들어간다. 설계과정에서 선주 요구조건에 부합하는 선박의 길이, 폭, 높이, 흘수(물에 잠기는 깊이)등의 제원 결정, 선박의 모양, 속도와 연비, 항만에서 짐을 싣고 내리는 화물하역 설비, 배의 구조, 기계나 장비, 배의 색깔과 페인트 등 선박의 모든 사양이 이 과정에서 확정되고 또한 선박 건조에 필요한 철판의 양과 종류, 각종 기계류, 장비 등의 의장품의 발주가 이 단계에서 함께 이루어진다. 한 척의 선박을 건조하기 위하여 필요한 도면이 보통 만 장이 넘기 때문에 컴퓨터를 이용한 CAD/CAM 프로그램을 활용하여 생산도면을 만든다.

강재절단

설계과정에서 발주·입고된 철판은 설계 작업이 끝난 즉시 컴퓨터로 전송된 설계도에 따라 전자동 절

단기계에 의해 적절한 크기로 재단되고 잘려진 철판은 저마다 부재 번호를 부여받고 선별되어 다음 공정으로 옮겨진다.

조립

선박은 워낙 커서 제작 공장에서 한 번에 만들 수 없으므로 여러 개의 토막으로 나눠서 제작하는데 이러한 토막을 ‘블록’이라고 한다. 재화중량 30만 톤 대형 유조선의 경우, 자체 무게가 약 4만 2,000톤 정도 되며 블록은 개략 120~130개 정도 된다. 블록을 만들기 위해서는 먼저 절단된 부재들은 하나하나 용접으로 붙여져 점점 큰 덩어리로 만드는 작업을 조립이라고 한다. 블록제작이 끝나면 다음 공장으로 특수운반차량으로 운반된다.

의 장

블록의 제작과정에는 엔진이나 발전기, 펌프 등의 각종 기계설비들과 배관, 전기설비, 선실 내부 작업 등 각종 의장작업이 동시에 수행된다. 이 의장품들은 배의 운항 및 선원들의 생활에 필요한 모든 것들로 작업을 쉽게 하기 위해 블록 제작단계에서부터 작업을 시작해서 도크, 안벽에서 시운전 작업에 들어가기 전까지 계속해서 진행된다.

도장(페인팅)

선체는 바다를 운항하며 염분에 훼손되지 않도록 도장(페인트 칠)을 한다. 배에서 페인트를 칠하는 면적은 대형 유조선의 경우 평균 6만여 평에 달하며 평균 3회 가량 도장을 한다. 특히 배가 바닷물 속에 잠기는 외판의 경우는 약 여섯 겹 정도를 칠하게 된다. 그 중요성만큼 가격도 비싸 배 값의 10% 정도(30만 톤 대형유조선의 가격 8,000만 달러)가 페인트를 사고 칠하는 데 들어간다. 페인트를 칠할 때는 페인트가 잘 칠해지도록 철판 위의 오물을 말끔히 제거해야 한다. 이를 위해 작은 쇠알갱이(쇼트 그리트)를

공기로 뿜어서 표면을 얇게 깎아내는 블라스팅 작업을 하고, 표면을 시너로 깨끗이 닦아낸 다음 스프레이로 칠하게 된다.

탑재

조립과 도장을 마친 블록은 본격적인 선박제작을 위해 도크 근처의 옥외 조립장으로 옮긴 후 이곳에서 몇 개의 블록을 연결, 용접하여 좀 더 큰 대형블록으로 만드는데 대형 유조선의 경우 최종적으로 약 80개의 대형블록으로 만들어져 골리아스 크레인으로 들어서 도크 안에 차곡차곡 쌓고, 연결부위를 용접해서 배의 모양을 완전하게 만드는 작업을 탑재라고 한다.

진수

도크에서 탑재와 각종 의장품 설치로 선박의 모양이 완성되면 마지막으로 외판 마무리 페인팅을 하고 도크에 물을 채워 배를 물 위에 띄워 도크의 수문을 열고 선박을 밖으로 끌어내어 안벽에 접안 시키고 마무리 의장과 각종 장비들을 시험 가동한다.

시운전

안벽에서 각 장비들에 대한 시험 가동과 검사가 끝나면 선박을 조선소에서 큰 바다로 운전해 나와서 화물을 싣고 항해할 때와 똑같은 조건으로 최대속도나 진동, 레이더나 엔진, 화물량 하역장치 등 배의 모든 성능에 이상이 없는지를 검사한다.

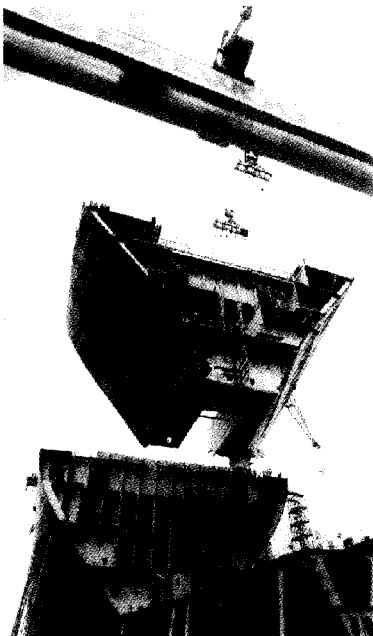


그림 8 900톤을 들 수 있는 골리아스 크레인 을 이용하여 블록을 탑재하고 있는 모습

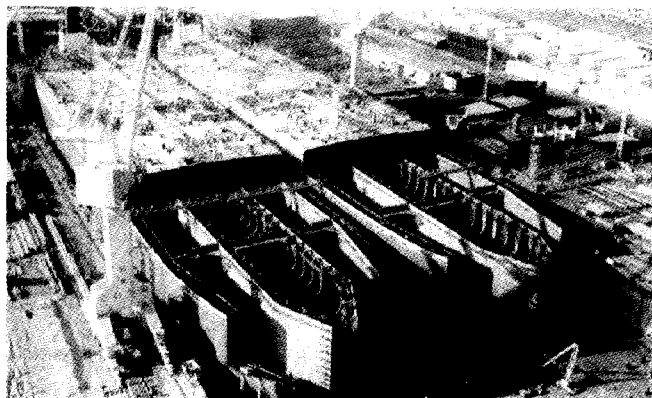


그림 9 100만 톤급 대형 도크 내에서 30만 톤 대형유조선 두 척이 나란히 탑재되고 있는 모습

인도

시운전 결과 선박의 기능에 이상이 없으면 선주측에 인도하며, 조선소는 선박이 인도된 뒤에도 품질을 보증하기 위해 1년간 애프터서비스를 한다.

선박기술의 발전 전망

선주가 요구하는 선박의 종류가 같고 크기가 비슷하더라도 선박의 기본 제원이 달라지고 이에 따라 선박 형상이 조금씩 달라질 수밖에 없는데, 그 형상에 따라 선박의 성능이 크게 달라지므로 선박마다 길고도 복잡한 설계과정을 매번 되풀이하여야 한다. 따라서 조선기술의 핵심은 거대하고 복잡한 선박에 관련

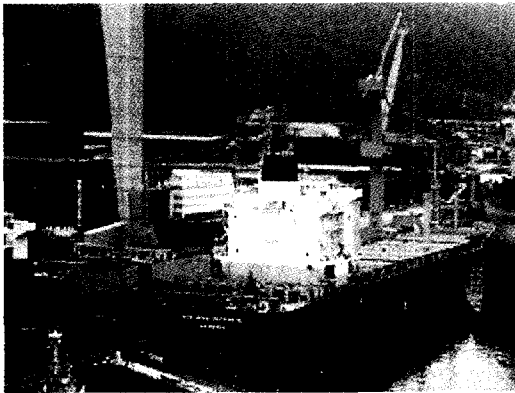


그림 10 도크에서 여러 척의 선박이 건조된 후 토크 수문을 열어 선박들을 진수시키는 모습

되는 매우 다양한 요소기술들을 잘 조화시켜 최적의 해를 얻는 시스템설계기술에 있다고 할 수 있다.

현재, 우리나라는 다양한 종류의 선박 주문에 신속하게 대응할 수 있는 설계 유연성 능력 면에서 일본에 비해 우위에 있다. 일본의 경우, 조선업체들이 고기능 설계 인력 부족 등의 이유로 고기능, 고부가가치선보다는 일반선을 표준화하여 생산성을 높이는 데 주력해 왔기 때문이다. 반면, 우리나라는 설계 전문 인력 양성에 지속적인 투자를 해왔으며, 고기능, 고부가가치선의 다양한 선종을 수주·건조함으로써 설계기술 노하우를 축적하고 있으며 이를 바탕으로 대형 유조선, 대형 컨테이너선, LNG선 등의 세계시장에서 주력선종의 수주, 건조에서 주도적인 역할을 하고 있다.

앞으로 우리나라 선박 기술의 비전은 미래 수요가 예측되는 차세대 전략 제품, 예로서 초대형 컨테이너선박, 고부가가치 LNG 관련 선박, 호화 유람선(cruise ship), 그리고 해양산업에서는 해양 구조물 설계·제작, 해양자원 개발, 해양 공간 이용, 해양 에너지 이용 등 향후 신규 시장에 대한 일등 제품의 설계 기반을 확보하는 것이다. 또한, 정보화 기술의 접목을 통해 조선해양산업을 지식 기반 산업으로 패러다임을 변화시키는 기술적 차별화를 주도함으로써 기존의 물량 위주 경쟁으로부터 질적 경쟁력을 겸비

한 수의 중심의 산업 체제를 구축하는 것이다.

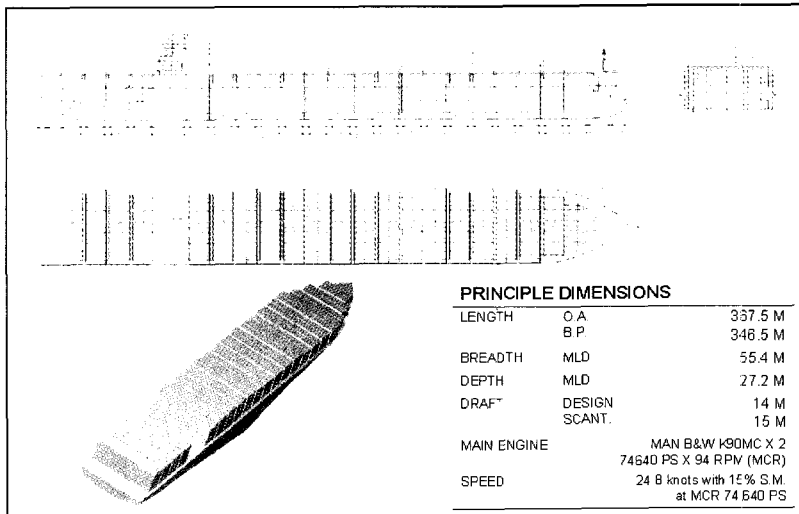


그림 11 1만 2,000TEU 초대형 컨테이너선의 개념설계

초대형 컨테이너선 9,000~1만 2,000 TEU급 초대형 컨테이너선의 속력 25노트(1노트는 1시간에 1해리 즉, 1.852km를 달리는 속력) 경우에는 현재 디젤기관 1대의 최대 마력 약 9만 6,000마력 장착으로 건조 가능하며 국내 조선소들 대부분이 관련 설계 기술을 확보하고 있어 수요만 있으

면 언제든 실용화될 수 있다. 그리고 1만 2,000 TEU급 이상 되는 초대형 컨테이너선의 경우 디젤 기관마력의 한계 등으로 두 대의 엔진과 두 개의 프로펠러를 장착하는 쌍축 컨테이너선의 핵심 기술 개발을 진행 중에 있다. 컨테이너선의 대형화 경향은 필연적으로 항만, 환적 시스템 그리고 운하의 증설 등 전 세계 해상 운송 시스템에 영향을 미치고 있다. 일부 컨테이너 터미널에는 컨테이너 22열까지 적·하역이 가능한 초대형 크레인이 이미 도입된 항구가 있는 것으로 보고되고 있어 1만 2,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선의 출현이 예견되고 있다.

LNG선박의 대형화

LNG의 국내외 소비 증가로 인해 생산지로부터 소비지까지의 수송 물동량이 증가하고 있는 추세이므로 운항 선사에서는 운항 비용을 감소시키기 위해 LNG 운반선은 현재 13만 8,000m³에서 14만 5,000m³, 20만m³, 25만m³으로 점차 대형화하는 추세로 전망된다. LNG 탱크를 대형화할 경우 탱크의 평탄부가 길어지고 코너 형태에 따른 멤브레인 형상, 생산 공수의 절감, 로봇에 의한 멤브레인 자동 용접기 개발, 그리고 슬로싱 문제를 해결할 수 있는 기술이 필요하다. 그리고 선박 갑판상부에 집적하여 설치할 수 있는 Topside 장비에 대한 제품 개발이 활발하게 이루어질 것이며, 조선소는 이들 장비의 시스템 최적화를 위한 엔지니어링을 개발할 필요가 있다.

LNG FPSO(Floating, Production, Storage and Offloading) & LNG FSRU (Floating Storage & Re-gasification Unit)

LNG FPSO는 기존의 부유식 원유 생산 시스템

인 FPSO의 개념을 LNG 생산에 채용한 것을 말한다. 그러므로 LNG FPSO는 LNG를 생산, 처리할 수 있는 설비와 LNG 저장을 위한 대형 화물창, 그리고 LNG 하역 시스템을 탑재하고 있다.

LNG는 폭발 위험성이 많기 때문에 육상의 인수 터미널의 건립은 지역 주민의 반대가 심하지만, LNG의 수요가 계속 늘어가기 때문에 인수 터미널은 계속 증가 될 수밖에 없다. 이에 대한 대안으로 제시되는 것이 해상 부유식 인수 터미널로서 이것을 LNG FSRU라고 한다. FSRU는 바다에 영구적으로 계류되어 있으며, LNG 운반선으로부터 LNG를 인수하여 액체 상태로 저장하고, 다시 가스화 시켜 소비지가 있는 육지로 공급할 수 있는 설비를 갑판상에 가지고 있다.

LNG FPSO 혹은 FSRU의 적용 해역에 따라 Tandem Offloading 방식(LNG 운반선과 FSRU가 길이 방향으로 연결)과 Side-by-Side Offloading 방식(LNG 운반선과 FSRU가 수평으로 연결, 그림 12의 우측)에 대한 비교 연구가 있어야 한다.

호화 유람선

일반적으로 여객선(passenger ship)은 부정기적으로 항해·유람하는 호화 유람선과, 정기 항로를 운항하는 페리(ferry)로 대별된다. 특히 호화 유람선은 선내 호화 편의 시설을 통해 최고의 안락한 서비스를 승객에게 제공하면서 순수 유람을 목적으로 항해하는 선박이다.

세계 여객선 시장은 연간 100억 달러 규모로 전체 조선시장 300억 달러 중 약 30%를 차지하는 고부가 시장으로 현재는 유럽의 조선소들이 90% 이상을 건조하고 있다. 우리나라는 1,000여 명의 승객과 400여 대의 차량을 싣고 운항 할 수 있는 3만 톤 대형 페리(PASSENGER RO RO FERRY)를 건조하였으나 아직까지 초호화 유람선은 건조해본 경험이 없다. 호화 유람선과 웨리선 사이에는 인테리어 정도에서 큰 격차

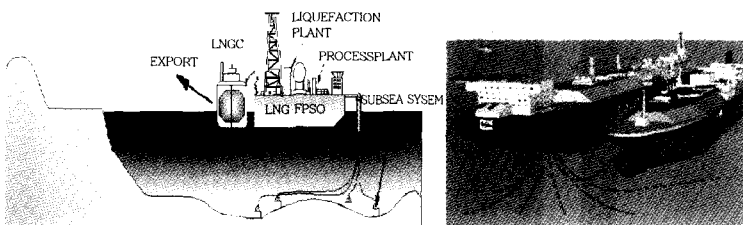


그림 12 LNG FPSO(좌측)와 LNG FSRU(우측)의 개념도

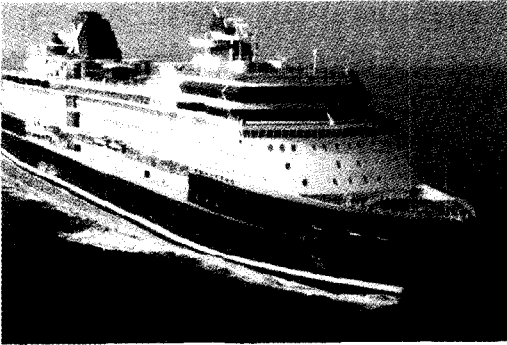


그림 13 프랑스 조선소에서 건조한 총톤수 9만 1,000톤 급 초모와 유람선, 길이 294m, 폭 32.2m

가 있고, 인테리어 설계는 유럽, 미국 승객의 문화와 관습 등을 고려한 디자인이 중요하기 때문에 선진국의 인테리어 기술 전문 업체와의 기술 제휴를 통한 국내 업체의 기술 확보와 아울러 국내의 호텔 및 백화점 등 시공 경험 업체를 호화 유람선의 인테리어 시공 업체로 육성하는 방향으로 추진되어야 한다. 또한 호화 유람선에서는 선실의 고급화 경향에 따라 승객과 승무원의 안락함이 가장 중요한 요구 사항이며 저진동, 저소음 기술, 파랑 중의 내항 성능 향상 기술, 그리고 여러 항구에 입·출항이 잦기 때문에 충돌 방지 및 항구 내에서의 원활한 운전을 위하여 고도의 조종 성능을 필요로 한다. 또한 일반 선박과 마찬가지로 운항비 절감을 위하여 추진 성능이 우수하

여야 하며, 추진기에 의한 기진력이 매우 작아야 하기 때문에 우수한 선형 개발이 필요하다.

해양 구조물(offshore)

해양 관련 산업은 해양 석유 자원의 개발 및 해양 공간을 이용하기 위한 선박, 해양 플랜트의 복합 제품 개발, 그리고 심해저의 광물 자원의 개발을 위한 제품 개발로 크게 대별될 수 있다. 초기의 해양 플랜트 제품은 해양 석유 개발을 위해 제작된 고정식 구조물인 platform, 자켓(jacket)과 부유식 구조물인 리그(rig)가 출현했지만, 최근에는 유연식 구조물인 TLP(Tension Leg Platform), SPAR, 가스 생산을 위한 Platform 등이, 그리고 선박과 플랜트의 복합제품인 FPSO, drill ship, BMP (Barge Mounted Plant), 초대형 부유식(mega float) 구조물 등에 대한 개발이 가속화 될 것으로 전망된다.

해양 자원의 개발은 해양 석유 자원을 주축으로 하여 천연가스, 망간 단괴 등 매우 다양한 해저 광물의 개발에까지 이를 것으로 전망된다. 이러한 자원 개발을 위하여 해저 정밀 탐사기술을 위한 잠수정인 AUV(Autonomous Underwater Vehicle), ROV(Remotely Operated Vehicle)의 개발, 광물 채취 및 운반을 위한 전용 선박의 건조가 필요할 것이다.

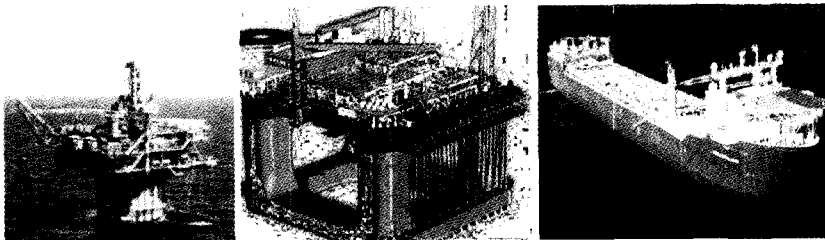


그림 14 SPAR(좌측), 반잠수식 가스 생산 platform(중앙), FPSO(우측)

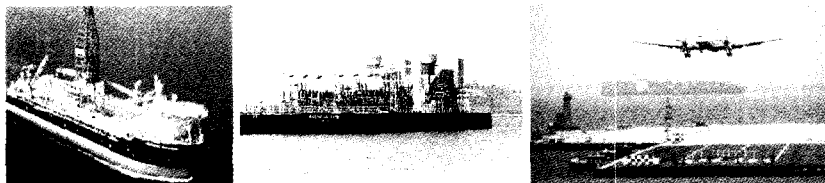


그림 15 drill ship, BMP(해상 발전용), mega float(부유식 공항)