

# Floating, Production, Storage & Offloading Tanker의 개념과 그 기술적 요소 소개

박 중 흙 <삼성중공업(주) 기본설계 1팀장>  
공 도 성 <삼성중공업(주) 기본설계 1팀 수석>  
서 해 국 <삼성중공업(주) 기본설계 1팀 선임>

20세기말 국제적으로 급격한 산업화 현상 및 공업 발전 추이에 따라, 한정된 지구자원은 점차 바닥을 내 보이고 있다고 할 수 있으며, 이에 경제성을 상실했던 군소유전에 적합한 시추설비의 필요성이 대두됨에 따라, 그러한 목적에 걸맞는 선박의 개발도 지속되어왔다. 본 F. P. S. O.(Floating, Production, Storage & Offloading)선박은 삼성중공업이 Australia에 있는 B. H. P Petroleum社(발주자)의 협조하에 새로운 Type의 선박으로 개념적 개발을 시도하여 상세설계 되고 건조 되었다.

本稿는 선박의 개념을 간략히 소개하고, 주요 기능별 특징을 나열하므로써, 본 선박을 이해하는데 도움을 주고저 작성되었다.

## 1. 서 언

오늘날 해안에서 떨어져 있는 Oil의 生産을 위하여 거대한 量의 장비를 투자하는 것이, 때로는 경제적 효과가 거의 없다던지, 바다의 깊이 또는 환경조건 등이 맞지 않아 활동영역의 제한을 받는다든지, Jacket을 포함한 영구장비를 설치하기에는 적당치 않은 여러조건을 만나는 경우가 있다.

따라서 가능한 기술적, 경제적으로 타당한 生産방법을 찾기에 이르렀고, 浮體式구조에 의존하는 生産방식이, 압축된 필요장비를 갖춘 새로운 方法 및 System으로 부각되고 있다.

本 F. P. S. O.도 世界에서 처음으로 그러한 目的을 달성기 위한 새로운 Equipment를 갖춘 실선으

로 그 모습을 나타냈고, 아래와 같은 生産方法을 적용하고 있다.

### 1) Extended Well Testing

특정한 Oil Field의 특징(油井의 경제성, 원유의 특징 등)을 확인하기 위하여 장시간의 시험적 生産을 수행하고,

### 2) Early Production

영구 生産장비를 설치하기 前 조기 生産으로 더 나은 Cash Flow를 유도할 수 있으며,

### 3) Floating Production

浮體式 Body에 각종 필요장비를 Compact하게 갖추므로써, 별로 채산성이 없는 Oil Field에서도 저렴한 가격으로 生産이 可하며, Conventional System으로는 감히 높은 生産 Cost로 인하여 적용치 못하는 단점을 보완할 수가 있다.

### 4) Mobil Production

자항능력을 갖추므로써 또다른 Oil Field에서 반복 사용될 수 있다는 장점과 함께, Cyclone으로 부터 손쉽게 대피가 가능하다.

## 2. Outline of F. P. S. O. Tanker

本 F. P. S. O.는 선박이 Oil Well(油井)과 연결되어 위치를 유지하는 동안, Crude Oil을 뽑아 올려, 일련의 1차 生産과정 즉, 탈 Gas, 탈 水, 기타 모래, 흙 등의 제거과정을 거친후 선박의 화물창에 Crude

Oil을 저장했다가 Shuttle Tanker에 옮겨주어 육지로 운송될 수 있게끔 하는 System을 말한다.

계 인도되었다.

1) 설계 개념

- 本船의 주요 Dimension은 기 당사 실적선인 95,000 DWT Tanker를 모선으로 F. P. S. O.船이라는 특징 즉, M/E 및 Propeller삭제, C.L. Swash BHD. 설치, 선수에 Rigid Arm 설치 등을 고려하면서 여기에 선주의 Req't인 Cargo Capa. 및 Deadweight를 만족시키는 Base로 추진하였으며,
  - 아울러 Required Deadweight에 따른 Cb 결정과 함께, Cyclone에 대비 避航하기 위한 최소한의 요구 Speed를 만족시키는 범위에서, 현장의 작업성 및 효율을 극대화 하기 위한 선형으로 가져갈 수 있도록 초점을 맞추었다.
  - 특히, 해상오염방지를 고려하여, IMO 13F의 요구에 따른 이중구조 선체를 적용하였다.
  - 또한, 本船의 특징에 따라 아래와 같은 중요기술 내용을 事前 설정하고, 연구 및 개발하므로써, 本船 건조에 대비하였다.
- F. P. S. O. 제어 기술력 확보, Rigid Arm구조의 해석능력 확보, Single Point System형성을 위한 Unijoint Block등의 사양결정능력 확보, Process Plant Diagram 응용능력 확보, 6,600V의 고전압 System적용을 위한 Dual Fuel Oil(GAS/D.O.)Burning Generating Turbine개발

2) Construction Schedule

本船은 Steel Cutting부터 Delivery까지 약 10개월이 소요되었으며, 93年 10월에 선주에

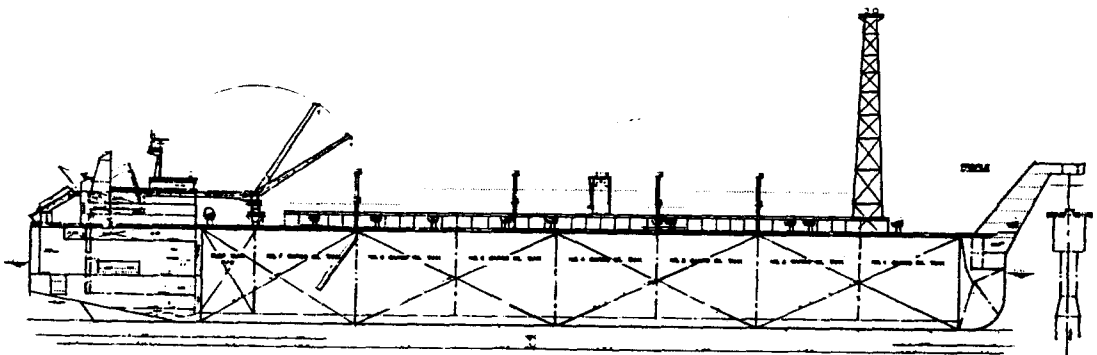
3) Principal Particulars

- L.O.A	; APPRX.	240.6	M
- L.B.P		230.6	M
- BREADTH(MLD)		41.8	M
- DEPTH(MLD)		22.9	M
- DRAFT(DESIGN)		14.15	M
- DRAFT(SCANTLING)		14.60	M
- DEADWEIGHT		97,800 MT at Design Draft	
		101,900 MT at Scantling Draft	
- CAPACITY		Cargo Tank ; 130,000 M <sup>3</sup>	
		Ballast Water ; 44,000 M <sup>3</sup>	
- SPEED		8.5 Knots at Design Draft	
- POWER PROPULSION		GAS Turbine Plant of Dual Fuel(GAS/M. D.O.)	
		TYPE : Typhoon	
		CAPA : Five(5) Sets MAX.	
		4,400 KW at Iso Standard	
- PROPULSION SYSTEM		Two(2) Sets Azimuth Thrusters(C. P. P.)	
		CAPA : Two(2) Sets 2,500 KW	
- CARGO PUMP		TYPE : Submerged Cent.	
		CAPA : Seven(7) Sets 1,000m <sup>3</sup> /Ht	
		Two(2) Sets 500m <sup>3</sup> /H	
- COMPLEMENT		40P	

3. 주요 기능별 특징

1) General Arrangement

본 선박은 현재 호주의 북서해안에 위치한 B. H. P. Petroleum 社가 개발한 Griffin Field에서 Operating되고 있으며, Day富 80,000 Barrel(12.



General arrangement

720 M<sup>3</sup>의 Oil과 DAY富 약 1.13×10<sup>6</sup> Sm<sup>3</sup>의 Gas를 생산하고 있다.

(1) Layout

본선의 주요 장비의 배열을 선수부 부터 선미부까지 나열해 보면

- Rigid Arm : Floating Riser와 연결되어 있고 비상시 차단이 가능(1 Set)
- Flare Tower : 불필요한 Gas의 소각 (1Set)
- Process Plant Area : Starboard Side에 위치한 원유정제 설비 (10 Skids)
- Lighting Tower: On Deck Port Side에 위치한 조명장치(4 Sets)
- Cargo Oil Tanks : Upper Deck 하부에 7 Tanks + 2 Slop Tanks로 나누어져 있고, 정제된 Crude Oil을 저장
- Pedestal Crane : 선박의 모든 중량물의 Handling에 사용(1 Set)
- 거주구 : 선미부에 위치하며 40명의 승선인원이 거주
- Gas Turbine Generator : 선미 거주구 하부 기관실에 위치하며 本船에 필요한 Electric을 제공 (5 Sets)
- Offloading Area : 선미 끝단부에 위치하고 본선으로 부터 他 선박으로 Oil을 이송할 수 있는 장비임.

(2) 원유의 흐름도

원유의 채굴에서 부터 Offloading까지의 과정은 다음과 같다.

Sea Bed(해저) → Floating Riser → Rigid Arm(本船) → Process Frant(정제) → Cargo Oil Tank(저장) → Oil Sales Metering Unit → Stern Offloading System → Shuttle Tanker

2) 선형 개발

본선은 그 주요 목적이 한 장소에서 장기간 Operating되는 관계로 Hull Form 개발시 다음과 같은 사항에 유의하여 설계되었다.

- 첫째, Speed 측면에서는 Cyclone의 접근시 避航하기 위한 Min. Speed 약 8.0KTS이상이 되면 만족되므로, 주안점을 船速보다는

Cargo Capacity를 충족하는 범위내에서, 작업성의 효율화를 위하여 주로 중앙부 및 선미부는 Straight Line을 채택하였으며,

- 선수부는 완만한 Curvature를 갖는 형상과 Floating Riser와의 충돌을 피하기 위하여, Cylindrical Type Bow를 채택하였다. 아울러, Rigid Arm의 Front Wall Plate와 Side Shell이 Inline되게 선형을 설계하므로써 Upper Deck 하부 보강량을 절감할 수가 있었다.
- 둘째, 자항시 선미부의 Drag 및 Drift Force를 감안하여, Engine Room 뒤쪽으로는 Bottom부를 Straight 경사를 갖도록 설계하였으며, Bottom부 Center Line에 Skeg를 설치하였다.
- 셋째, Ballast Condition時 Draft가 낮아 Riser의 수면상부 Weight가 증가하여, Rigid Arm에 하중이 많이 걸릴 수 있으므로, Ballast Draft가 최소한 Design Draft의 45%이상 되도록 Ballast Capacity를 적절히 조절하였다.
- 넷째, 아래와 같은 Griffin Field의 Environmental Condition에서 여하히 Positioning을 할 수 있는가를 검토키 위하여, 네덜란드의 수조에서 Course Keeping Test를 수행하였고, 그 결과는 다음과 같다.

- Environmental Condition

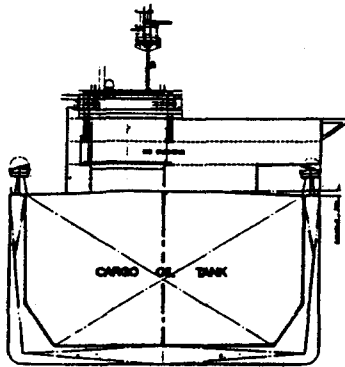
RETURN PERIOD	100 YEAR
WAVES	
Hs	11.8 M
Tp	13.9 S
WIND	
10 MINUTES	50.0 M/S
1 MINUTES	60.0 M/S
CURRENT SURFACE	2.10 M/S

- Result of Course Keeping Test

RESIDUAL SPEED(KTS)	REMARKS
8.9	CALM WATER
8.2	STERN WIND ( 440 KN)& WAVE
9.7	STERN WIND (1260 KN)& WAVE
7.4	STERN WIND ( 390 KN)& WAVE
3.4	HEAD WIND (1260 KN)
8.9	STERN WIND (1260 KN)

3) 구조 설계

- 本船의 구조는 최근의 해난사고로 부터 Oil누출을 막기 위한 IMO의 Rule 제정에 따라 이 중구조를 채택하였으며, Cargo Oil Tank가 광폭으로 해양에서 Cargo Oil을 Loading /Unloading해야하는 관계로, 선체 내부구조가 화물의 거동(Sloshing)으로 인한 Damage 받는 것을 없애고져, 선체 중앙부에 Wash Bulkhead를 설치함.



Midship Section

- 그림과 같은 Tank형상을 채택하므로써, 종래의 선박에 비해 Cargo Tank의 수가 줄어들게 되어, 최소의 Cost로써 각 Tank별로 Deep Well Pump의 설치가 가능하게 되었다. 이에 대한 잇점으로는 첫째, 위험한 Area로 간주될수 있는 Pump Room을 없앨수가 있고, 둘째는 모든 Cargo Piping 및 Valve류를 Tank

내부로 부터 On Deck설치로 변경 가능하게 되어, 결국은 Maintenance가 쉬우면서도 더 안전한 조건이 될 수 있도록 하였다.

- 本船과 같은 新개념의 선박에 있어 선체구조에 대한 신뢰성 확보는 굉장히 중요한 요건으로써, 이를 확인키 위하여 아래와 같은 다양한 구조해석을 실시하였다. 그 주요항목을 나열하면

선체구조 강도

Cargo Hold 3-D & 2-D F.E. Analysis.,

E/Room Skag部 Docking Analysis,

Sloshing Analysis,

Helideck 하부구조 3-D Beam Analysis,

Rigid Arm 구조 3-D F.E. Analysis,

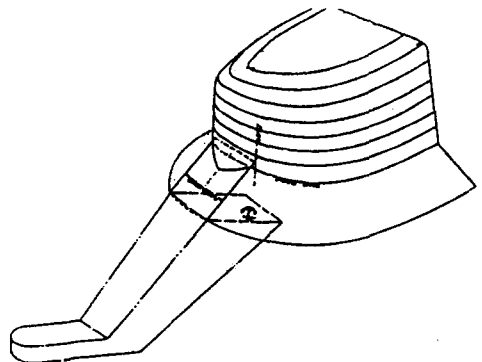
Bow Impact Loading에 대한 Rigid Arm 구조강도 계산

피로강도

Upper Deck / Double Bottom / Side Shell Longi. Fatigue Analysis

4) Rigid Arm

- Rigid Arm은 本船의 가장 중요한 기능을 맡고 있는 장비로써, Riser와 Hook Up(연결)時 작동이 편리하도록 설계되었고, Field의 기상 이 악조건인 경우를 대비하여, 언제든지 신속히 선박과 Riser간의 Disconnection이 이루어질수 있도록 Mooring System을 갖추었으며, Turntable Bearing장치에 의해 해상의 바람 및 조류상태에 따라서 선박이 적절히 360° 회전할 수 있도록 설비되었다.
- 또한 Oil의 생산시 Oil Well内の 압력저하로



생산능력이 저하되는 경우를 대비하여 本船으로 부터 Gas 또는 Water를 Injection시켜 Oil을 Boosting할 수 있도록 Service Line을 설치하였고, Well Head에서 Oil생산량을 통제할 수 있도록 Control Line을 설치하였다.

- Rigid Arm의 주요 설비로는, Universal Joint for Structural Connection, Swivel Stack for Fluid Transfer, Turntable Bearing for Weathervaning Mooring, Mooring Winch and Linear Winch for Hook up, Connection and Disconnection System이 있다.

### 5) Process Plant Area(10 Skids)

- 10개의 Skid로 구성되어 있는 Process Plant는 On Deck에 설치되어 있으며, Rigid Arm을 통하여 이송된 Crude Oil을 다단계의 분리/제거 System을 거치게 하므로써 Gas, Water 및 불순물의 완전 분리 및 제거가 가능하도록 System이 갖추어져 있다.
- 그 주요 System을 보면,  
Gas Compressors, Gas Heater/Cooler /Separator, LPF lare Drum, High Pressure/Medium Pressure/Low Pressure Separator, Crude Oil Pump and Cooler, Oil Sales Metering Unit, Laydown Area로 구성되어 있다.
- 상기 System중 Gas Separator로 부터 나온 Gas중 불필요한량은 Flare Tower로 이송되어 약 50M 상부에 위치한 Burner에 의해 연소되게 된다.
- 특히, Oil Sales Metering Unit는 Shuttle Tanker등으로 Oil을 Offloading時 이송량을 정확히 Check할수 있도록 설비되었다.

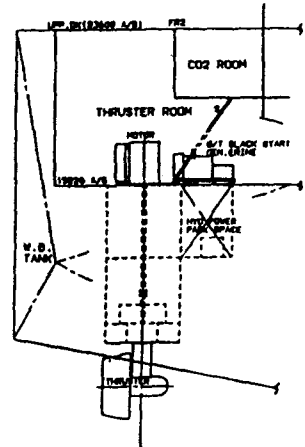
### 6) Azimuth Thrusters(C. P. P)

- 本船에는 2,500KW×900 RPM의 Motor에 의하여 구동되는 Azimuth Thruster가 선미 좌우에 각 1대씩 설치되어 있으며, Gas Turbine Generator로부터 나오는 Power를 利用, 기관실 또는 Wheel House로 부터의 원격 조종(W/House : Joystick)에 의해 Pitch/RPM/회전각도의 Control이 가능하게 설계되었다.
- 이러한 회전식 Thruster의 장점으로는 他 설

비에 비해 무게가 훨씬 가볍고, 조종성이 우수하며, Compact설계가 가능하고, 본선의 후진시 멈춤거리가 아주 짧아 안전성이 뛰어난을 들 수 있다.

- 주요 System구성을 보면,

Propeller 및 Speed Reduction Gear Box, Steering Gear, Electric Motor 및 Interm. Shaft, Thruster Pitch / Lub Oil System이 있다.



### 7) Gas Turbine Generating System

- 선박에 있어 일반적인 Main Engine 대신 Gas Turbine을 Operating하기 위해서는 Fuel Gas를 저장하거나 천연 Gas를 공급할 수 있는 설비가 갖추어져야 한다. 本船은 On Deck에 Crude Oil을 정제할 수 있는 Process Plant가 설치되므로써 약 10,000KW이상의 전력이 필요하므로, Diesel Generator Engine의 구동時 막대한 연료손실이 필연적이므로, 천연 Gas를 이용한 Gas Turbine의 적용이 발전기用으로 효과적이라고 할수 있겠다.
- 따라서 本船 Gas Turbine은 Dual Fuel(Gas와 Light Diesel Oil)이 가능토록 되어있으며, Gas Turbine을 Hazadous Area인 기관실에 설치하기 위하여 Fuel Gas를 공급하기 위한 Double skin(Wall) Pipe 및 연소 Air Intake, Exhaust System의 Duct 설치 등을 적용하였다.
- Gas Turbine Generating System은, Gas Turbine Part, Reduction Gear Part, Generator Part로 나누어져 있고, 특히 소음

및 진동의 주원인이 될수 있으므로 Seat의 설계 및 G/Turbine Deck 하부보강에 각별한 주의가 필요하였다.

#### 4. 결 언

本 Project는 여러가지 난관을 극복하며 설계 및 건조한, 한시대를 앞선 새로운 개념의 선박이라 할수 있으며, 아울러 고기술선이라 칭할수가 있겠다.

최초 본선의 수주시 전혀 건조경험이 없었던 관계로, 일부에서는 부정적인 견해도 있었으나, 모두가 합심하여 최상의 선박을 건조코져 노력한 결과, 훌륭한

한 결실을 맺을수가 있었고, 이제는 향후 어떠한 어려운 선박도 설계/건조 할수 있다는 자신감과 긍지를 갖게 되었다고 감히 말할수 있겠다.

특히, 本船의 개발 및 건조과정을 통하여 선체구조의 각종 강도해석 및 의장/배관설계능력의 배가와, 생산단계에서의 재료준비, 가공 및 용접의 전과정에 대한 Audition/Inspection의 수행으로 ISO 9001의 체질화에 큰 도움을 줄수 있었던 것도 수확의 하나라 할수 있겠다.

本船의 건조에 참여한 모든분께 감사를 드리고, 아울러 本船의 성공적인 Activity를 기원한다.

## 原稿募集

### 원고내용

- 기술보고
- 조사보고
- 회원동정
- 강 좌
- 전 망
- 해설
- 수필
- 견학기
- 회원 제안
- 연구 개발 내용
- 신조선/신기술
- 조선해양 관련 소식
- 심포지움 및 회의 참관기
- 특집 기사용 원고

원고접수: 수시 접수

원고분량: 200자 원고지 35매 이내

제 출 처: 135-703

서울특별시 강남구 역삼동 635-4, 과학기술회관 508호

대한조선학회 편집담당자 앞

TEL (02)568-7533, 539-2380, FAX (02)554-1006