

해양공학계획 보고서

-Semi-Submersible Rig -

<제1조 : 해상왕 장보고>

학 과	조선해양공학과
담당 교수	최 항 순
제 출 일	2006. 12. 11
조 장	98414-015 김진호
조 원	2005-11922 김명수
	2005-11925 김상연
	2005-11953 마지한
	2005-11979 안승호
	2005-12028 정희운

목 차

1. 서문	3
2. Semi-Submersible	3~7
2.1 Semi의 일반적 특징	
2.2 Semi의 개략적인 설명	
2.3 세마이의 설계 인자.	
2.3-1 수심과 시추 깊이	
2.3-2 환경 조건과 재질	
2.3-3 운동 성능과 복원성	
3. Semi 외 대표적인 해양 설비	7~9
3.1 FPSO (Floating production storage and offloading)	
3.2 TLP (Tension Leg Platform)	
3.3 Spar	
3.4 Jacket Type Platform	
3.5 중력식 플랫폼	
4. 해양 설비 용어 정리	9~11
5. 해양 설비 전망	11
6. 참고 문헌	11

1. 서문

현재 우리나라 조선소에서 생산하고 있는 해양 구조물에는 FPSO, TLP, Semi-Submersible 등이 있다. 이 중에서도 FPSO는 우리나라의 조선소가 주력해서 생산하는 해양 구조물이며 앞으로의 석유 시추와 생산에 있어서도 주로 사용될 것으로 보이기에 조사 대상으로 처음 고려하였다.

그러나, FPSO는 다른 조에서도 조사 대상으로 고려하고 있는 것으로 보이며 상대적으로 학생들에게 잘 알려져 있는 것이기에 이번 조사에서는 덜 알려져 있으며, 흥미로운 구조물인 Semi-Submersible에 관하여 조사하기로 최종 결정하였다.

Semi는 고가의 구조물임에도 뛰어난 운동 성능으로 각광받는 부유식 구조물으로써, 시추와 생산을 두루 행할 수 있다.

2. Semi-Submersible

2.1 Semi의 일반적 특징

해저에 매장된 석유나 가스가 있는지를 확인하는 일을 시추 작업이라 하며, 이러한 시추 작업에 투입되는 설비를 시추설비이라 한다. 시추에는 해저에 매장된 석유나 가스가 있는지를 확인하는 작업을 뜻하는 Exploration Drilling과 발전된 유전을 개발하는 작업을 뜻하는 Exploitation Drilling이 있는데, Semi의 경우 이 두 가지 기능을 모두 수행할 수 있다.

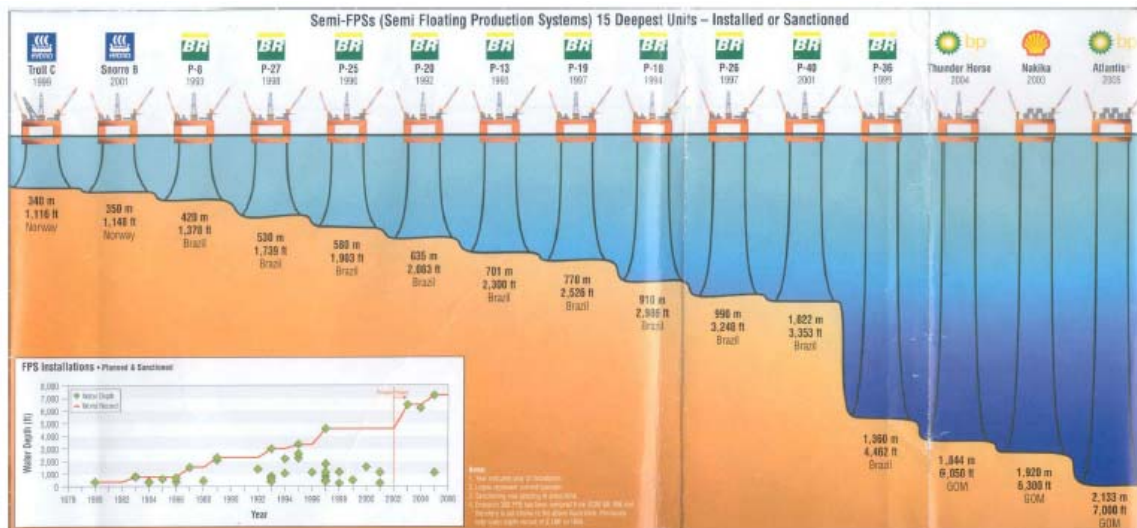
해저에 매장된 석유나 가스를 채취하여 수집하는 것을 생산이라 한다. Semi는 Drilling과 동시에 Production의 기능을 수행할 수 있는데, 이러한 두 가지 기능을 동시에 수행할 수 있는 해양구조물을 Multipurpose Unit(복합설비)라 한다.

Semi가 수행하지 못하는 기능에는 Seismic Survey(지진에 관한 조사, 탐사), 저장(Storage), 하역(Transportation), Installation(설치), Pipeline(송유관을 통한 수송), Supply(보급) 등이 있다.

Semi-Submersible Rig는 Deck위의 모습은 다른 설비와 거의 같으나, 설비 아랫부분은 물 속에 잠겨 있다. 같은 크기의 선박에 비하여 수선 면에 접한 면적이 매우 좁아 파랑 하중을 적게 받으므로 수직 운동이 크게 줄어드는 장점이 있다. 따라서, Semi-Submersible Rig는 선박에 비하여 풍랑이 심한 해역에도 투입할 수 있다. 반면에, 수선 면적이 좁아 실을 수 있는 중량이 줄어들어 시추선의 운영과 시추에 필요한 물자를 충분히 실을 수 없어 별도의 보급선을 사용하여 물자를 조달받아야 하는 어려움이 있다. Semi-Submersible은 이와 같이, 운동 성능이 뛰어나다는 장점 외에 투입되는 해역이 수심에 직접적으로 영향을 받지 않는 Floating Type이기 때문에, 수심 130m로 제한되는 Jack-Up Rig와는 달리 세계의 어느 해역에도 투입될 수 있다.



<그림 1>Semi-Submersible Rig



<그림2>Semi-Submersible Rig 분포

전 세계적으로 Semi가 실제로 투입되어 이용되고 있는 것들을 알 수 있는 자료이다. 위의 자료로부터 대표적인 15개의 Semi의 분포를 알 수 있다.

2.2 Semi의 개략적인 설명

반잠수식 시추선은 비교적 늦은 1962년 처음 건조되었으니 고정식 구조물이 수심에 제한을 받는 점에 반하여 심해역에서 시추작업이 가능하며 또한 부유식 중에서 비교적 운동성능이 뛰어나 앞으로 수요가 계속 증대될 것으로 전망된다.

수면하 구조로 구분하면 catamaran 식 lower hull 식과 caisson 식 footing식이 있다. Footing 식은 모든 방향으로 운동성능이 비슷하기 때문에 파의 방향에 관계없이 작업할 수 있는 장점이 있으니 예인시 저항이 커서 예인속도가 느리고 또한 구조강도가 충분하지 못한

단점이 있다. Alexander Kielland가 바로 footingtir 반잠수식이었다. 한편 lower hull 식은 예인시 저항이 적어 이동속도가 빠르며(대략 7노트) 자체추진이 가능하다.

운동성능 관점에서 고려하면 수선면적이 작아 파랑하중을 비교적 적게 받으며, 수직방향의 고유운동주기가 길어져(대략 30초 가량) 보통의 해상상태에서 파랑하중과의 공진을 피할 수 있다. 시추선의 상하운동으로 인하여 시추기에 과다하게 걸리는 인장력을 피하기 위하여 작업시에 tensioner를 설치하여 3m까지의 상대수직운동을 허용한다. 또한 풍력, 조류력 등에 의한 표류운동을 억제하기 위하여 수심 300m까지는 와이어 로우프나 쇠사슬로 구성된 계류장치로 위치안정을 꾀하며 그 이상의 수심에서는 값비싼 dynamic positioning system을 설치하여야 한다. 운동성능이 뛰어나고 안정성이 좋은 장점이 있으나 건조비가 비싸고 갑판 적재하중이 제한되는 단점 또한 지니고 있다.¹⁾

2.3 세마이의 설계 인자.

2.3-1수심과 시추깊이

해양구조물을 설계하는데 고려하여야 할 설계인자는 여러 가지가 있으나, 그 중에서도 수심, 환경조건, 시추 깊이, 운동특성 등이 중요한 의미를 지니게 된다. 반잠수식은 이동이 가능하므로 가동기간동안 여러 해역에 투입되어 작업을 수행하여야 하므로 상상되는 모든 투입해역에 적합한 설계점을 찾는다는 것은 거의 불가능한 일이다. 보통 투입한계수심을 설정하고 그에 상상되는 최악의 해상상태에서 생존할 수 있도록 설계하여야 하므로 실제운영의 관점에서 볼 때는 제원이 커지고 따라서 건조비와 운영비가 높은 비경제적 설계가 될 수밖에 없다.

투입한계수심이 300m이내일 때는 앵커와 체인 및 와이어로우프를 상갑판에 설치된 윈드라스(windlass)에 연결하여 비교적 적은 비용으로 위치를 확보할 수 있다. 그러나 그 이상의 수심에 투입할 수 있도록 설계되는 반잠수식의 경우에는 비용이 많이 드는 원격조정장치를 이용한 자동위치유지장치의 사용이 불가피해진다. 이는 로우어헬에 7개 가량의 추진기(thruster)를 설치하고 중앙부에 하이드로폰(hydrophone)을 부착하여 음파를 발신토록한다. 발신했던 음파는 예정된 시추지점주위에 장치된 3개의 비콘(beacon)에 의하여 반신했고 센서에 감지됨으로써 위치를 고정시키기에 필요한 반력을 추진기에 의하여 얻도록 원격조정되는 방식이다. 한편 수심과 밀접한 관계에 있는 투입해역의 연안으로부터의 거리가 다른 설계인자로 작용하게 된다. 반잠수식은 파랑하중을 줄이고 운동성능을 높이기 위하여 수선면적이 작아야 하므로 4~8개의 원형실린더 모양의 컬럼(stabilizing column)으로 수선면이 구성되어 있다. 따라서 실을 수 있는 하중에 심한 제한을 받으므로 일상소모품과 함께 시추용 파이프, 연료, 시추액, 화학제 등은 계속 공급받도록 설계된다. 그러나 연안까지의 거리가 멀 경우 공급선의 운항간격이 길고, 또한 악천후에 대비하여 충분한 예비보급품은 구비하고 있어야 한다.

시추깊이는 시추파이프의 필요 개수, 유정에 삽입된 시추파이프를 회전시키는 회전기와 이에 전력을 공급하는 발전기의 용량, 전체 시추파이프의 중량을 결정하는 데릭의 크기 그

1) 「특집 : 해양건설 / 주요 해양구조물의 종류와 특성」, 『자연과 문명의 조화 (구 토목-대한토목학회지), Vol.34, No.6』, 최항순, (대한토목학회, 1986), p. 3.

리고 시추액을 조제하는 탱크와 각종 저장탱크 및 이를 시추파이프의 내관을 통하여 유정에 분신시키는 펌프의 용량에 영향을 미친다. 이들은 작업을 용이하게 하기 위하여 대부분 상감판에 배치되므로 반잠수식의 주요제원을 결정하게 된다.

2.3-2 환경조건과 재질

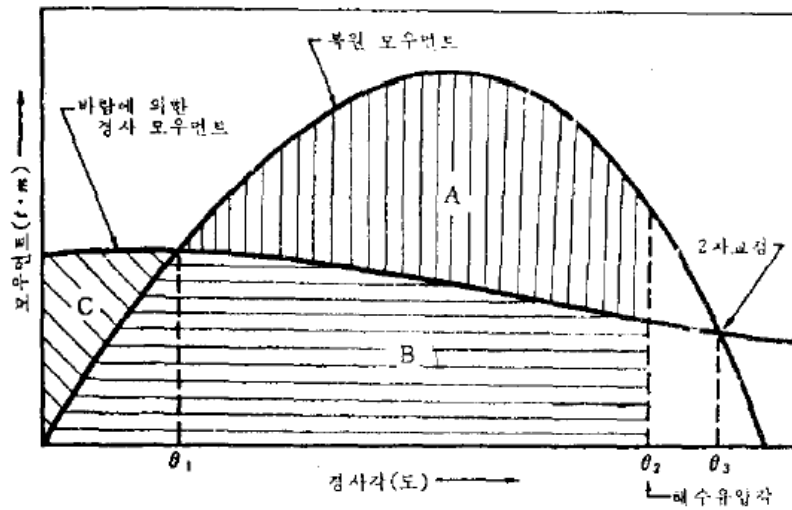
반잠수식이 투입되어 작업하게 되는 해역의 파랑, 바람, 조류, 지진 그리고 빙하 등이 설계 외력으로 작용하고 이에 견딜 수 있는 적합한 강도를 주는 부재의 치수가 결정되어야 한다. 1950년대 멕시코만을 강타한 Hilda와 Betsy 등의 허리케인으로 인하여 10여개의 자켓이 손실된 후, 이제 설계외력은 일반적으로 100년간 주기에 해당하는 값을 적용하도록 되어 있다. 특히 북해나 알래스카 해역에 투입되는 경우에는 그 설계 파고가 30m, 풍속 120노트, 조류 3노트, 지진으로 1ds한 해저면의 가속도 $0.35g$ (g 는 중력가속도) 그리고 깊이 35m, 폭 120m, 길이 150m, 두께 4.5m에 이르는 빙하에 의한 충격력 등이 설계조건으로 택하여진다.

반잠수식은 상기한 설계조건 외에도 운동성능을 고려한 operational condition을 고려하여야 한다. 재질은 일반선박에서 흔히 사용하는 연강외에 고인장강을 함께 사용한다. 연강의 인장강도는 $43\text{KN}/\text{cm}^2$, 항복응력은 $28\text{KN}/\text{cm}^2$ 의 강도를 지녀야 하며 V-notch실험에서는 28Nm 의 충격에너지를 견딜 수 있어야 한다. 반잠수식은 겨울철에 장기간 빙하의 조건에 견딜 수 있어야 하므로 등급에 따라 서로 다른 온도에서 재료실험을 시행하여야 한다. 연강의 경우 W급은 0°C , D급은 -15°C , 그리고 E급은 -30°C 에서 시험을 수행한다. 한편 고인장강의 인장강도는 $50\text{KN}/\text{cm}^2$ 이상, 항복응력은 $27\text{KN}/\text{cm}^2$, $32\text{KN}/\text{cm}^2$, $36\text{KN}/\text{cm}^2$ 등이 있으며 V-notch실험의 충격에너지는 항복응력에 따라 28Nm , 32Nm , 36Nm 로 규정되어 있으며, 시험온도는 A급이 0°C , D급이 -20°C , 그리고 E급은 -40°C 이다.

설계온도는 투입해역의 최저 월평균 온도보다 5°C 낮게 책정되어야 하며, 그 값은 -15°C 이하이어야 한다. 반잠수식의 컬럼에는 수평 또는 경사브레이싱(bracing)이 관통되어 연결부에 용접되어 있다. 특히 이 부위에는 응력집중이 발생하므로, 공작상 특별한 배려를 요구하게 된다. 수평 및 경사브레이싱이 컬럼에서 중첩되는 K-joint의 경우에는 그 중첩길이가 수평브레이싱 직경의 20%를 넘어서는 안 된다. 파랑하중은 주기적이고 이러한 운연결부에는 응력이 집중되므로 초기설계단계에서부터 피로강도를 반드시 고려하여야 한다. 피로강도기간(fatigue life)은 구조물의 수명과 같아야 하나, 만약 이 기간이 20년 미만일 경우에도 피로강도 기간은 최소한 20년을 기준으로 택하여야 한다.

2.3-3 운동성능과 복원성

반잠수식은 비록 운동성능이 일반선박보다는 월등히 우수하지만, 일반부체와 마찬가지로 3가지 직선운동과 3가지 회전운동을 경험하게 된다. 이는 반잠수식의 작업조건에 직접적인 영향을 미치며 작업이 가능한 해상상태를 규명하는 데 기준이 된다. 즉, 시추기는 반잠수식에 고정설치할 수가 없으므로 텐션너시스템(Tensioner system)을 이용하여 시추파이프나 반잠수식에 직접 응력이 발생치 않도록 되어 있다.



<그림3 Static Stability Requirement>

반잠수식은 어떠한 흘수에서도 충분한 안정성을 지녀야하며, 작업을 위하여 경사각은 어떤 특정각을 넘어서는 안된다. 1980년 123명의 인명을 앗아간 Alexander Kielland호의 전복사고 이후에 안정성에 대한 관심이 한층 높아졌다. 반 잠수식은 선박에 비하여 중심의 수직 위치가 높고 풍압을 받는 면적이 커서 풍력에 의한 모멘트가 가장 크게 작용한다. 따라서 평균풍속 70노트에서 경사각도가 12°를 넘지 않아야 하고, 바람에 의하여 경사가 이루어졌을 때, 최소건현이 정상적 건현의 반보다 커야 한다. 또한 복원력을 계산할 때 그림에서 하갑판에 해수가 유입하는 각 θ_2 는 바람에 의한 경사 모멘트와 복원모멘트의 2차교점 각 θ_3 보다 작아야 하며, (A+B) 부분의 면적은 (B+C) 면적의 1.3배보다 커야하고, 손상후에는 1.0배보다 커야한다.

상기한 정적 복원성은 일반적인 경우 충분하다고 사료되나 정적 경사각이 커져 하갑판을 통하여 해수가 유입되면 복원력이 급속히 감소되어 전복의 우려가 발생하게 된다. 더욱이 비선형시간평균 복원력과 조류에 의하여 항력이 발생하고 이에 의한 경사각의 증가가 복원성에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있으나, 현재는 이를 고려하고 있지 못한 실정이다.²⁾

3. Semi외 대표적인 해양설비.

3.1 FPSO (Floating production storage and offloading)

FPSO(Floating Production, Storage & Offloading)는 부유식 원유생산 및 저장설비로서, 해상에서 원유채굴부터 저장과 하역 등이 가능하고 이동이 자유로워 소규모 심해유전개발에 적합한 특수선이다.

고유가 시대에 접어들면서, 세계 각국의 석유 생산업체들은 원유가격의 추가 상승을 전제로 석유탐사 개발 프로젝트에 상당한 투자를 하고 있다. 이에 따라 해상유전 개발의 경제성과

2) 「논문 : 해저자원 (해저자원) 개발용 Semi - Submersible 설계기준의 정립을 위한 연구」, 『대한조선학회지, Vol.20, No.2』, 박종은, 김재근, 황종홍, 임상진, 최항순, (대한조선학회, 1983), pp. 3 - 4.

편리한 이동으로 인해 기존의 고정식 석유시추선과는 다른 새로운 형태의 FPSO가 등장하게 된 것이다. FPSO의 기능은 그 이름이 나타내는 바와 같다.

- Floating : 부유식 탱커 선박으로 자유로운 이동 가능
- Production : 유전의 시험탐사 및 생산 가능
- Storage : 석유의 저장
- Offloading : 셔틀탱커나 기존의 유조선에 하역 가능

FPSO의 전체적인 모습을 보면, 일반 초대형 유조선과 비슷하게 생겼다. 다만 상부에는 원유 정제, 가스압축, 원유하역, 해수주입, 자체발전에 필요한 설비들이 설치되어 있어 원유채굴에서부터 정제, 저장, 하역이 자체적으로 이루어진다.



<그림4 건조 중인 FPSO>

3.2 TLP (Tension Leg Platform)

TLP는 해상 상태가 잔잔하면 마치 고정식 구조물과 같이 거의 움직임이 없고, 태풍이 몰려와 해상상태가 거칠어지면 마치 Submersible 설비와 같이 큰 폭의 운동을 함으로써 구조물에 발생하는 응력을 크게 줄일 수 있는 방식이다.

TLP는 여러개의 파이프로 해저바닥에 연결하여 해상의 일정 위치에서 벗어나지 못하게 만들었다. 이 파이프들은 시추기나 석유를 생산하는 라이저의 통로로 활용되기도 한다.

Platform을 정적 평형 위치보다 조금 아래로 내려가게 설치함으로써 pipe에는 강한 인장력이 걸리게 된다. 이렇게 함으로써 구조물이 좌우로 움직이면 복원력이 생겨 바로 원래의 위치로 되돌아오도록 설계되었다.

3.3 Spar

단일 탱크가 buoy역할을 하여 구조적으로 균형을 잘 잡을 수 있도록 설계되어 있고, 특히 깊은 수심에서 적합하도록 되어 있다.

3.4 Jacket Type Platform

Jacket은 1950년대 초반 멕시코 만에서 해저 유전이 본격적으로 개발되면서 만들어져 가장 널리 사용되고 있는 생산 구조물으로써 대부분은 시추 작업도 할 수 있다.

구조물의 상부는 시추와 생산을 하기 위한 장비와 작업 공간이 마련된 platform 이며, 하부는 구조물을 움직이지 못하도록 땅속에 박혀있는 파일이다.



<그림5 Spar >

3.5 중력식 플랫폼

중력식 플랫폼은 오직 유럽의 북해와 캐나다 뉴펀들랜드 해역에서만 설치 되어 있는 특이한 구조물이다.

북해는 멕시코만과 달리 바다가 너무 거칠어 Jacket을 설치하기 위한 파일 작업을 할 수 있는 충분한 시간을 얻지 못하고, 해저 지질이 매우 단단한 모래층으로 되어 있다. 그래서 석유 회사들은 이러한 자연 환경 조건을 감안하여 Pile에 의존하는 Jacket 대신 자체의 중량으로 위치를 확보하는 독특한 형태의 중력식 플랫폼을 창안하였다.



<그림6 삼성중에서 건조한 세계 최대 규모의 해양 플랫폼 룬스코예 A >

4. 해양설비 용어정리

(1) RIG

지중에 매설되어 있는 액체 또는 기체상태(가스로 활용되는 것이라 할지라도 지하에서는 압력과 온도의 영향으로 액체상태로 존재하는 경우도 있다)를 채굴하는 설비를 Drilling Unit 또는 Rig라 부른다. 이것의 일반적인 형태는 가운데에 derrick 또는 tower를 설치하여 채굴에 사용되는 pipe를 handling(주로 회전력을 이용 나사를 돌리듯이)하여 필요한 깊이까지 도달하게 된다. Dry Land Rig와 Offshore Drilling Unit로 설치지역에 따라 구분되며, 선급

이나 굴착형태에 따라 불리는 이름이 상이한 경우도 많이 있다.

(2) DERRICK

큰 하중에 견디는 구조물로 대개 볼트 체결되는 구조물. Drilling에서 Steel Derrick은 Substructure의 코너에 세워진 4개의 Leg를 갖고 Crown Block까지 이른다. Substructure의 Heavy Beam의 결합체로서 Derrick을 올리기 위해 이용되며, 또 BOP Casing Heads, 등을 설치하는데 필요한 공간을 제공한다. STD Derrick은 조각조각 결합되어야 하기 때문에 분리되지 않고 설치해체 되는 mast 대부분 교체되고 있다.

(3) BOP

BLOW OUT PREVENTER. 분출방지장치. 드릴링이나 작업완료 때 케이싱과 드릴파이프 사이 또는 열린 구멍(죽, 드릴파이프가 없는 구멍)의 원통형 공간에서 압력의 분출을 방지하기 위해 관정상부에 설치하는 여러 밸브중의 하나. 육상리그에서 BOP는 리그하부 지표면에 잭업(JACK UP) 또는 플랫폼 리그에서는 수면에 부유식 해상 리그에서는 해저에 위치한다.

(4) THRUSTER

부유식 해양구조물의 이동 또는 위치유지를 위해 사용되는 추진장치

(5) AZIMUTHING THRUSTER

해상위치보정추진장치. 부유식 구조물에서 앵커링을 하지않고 해상에서 위치를 보정할 수 있도록 도와주는 회전형 추진프로펠러로서 DPS(Dynamic Positioning System)와 연동되어 가동된다

(6) DRAWWORKS

Derrick을 통해 Drilling Line을 감거나 풀어서 Drill Stem과 Bit를 올리거나 내리는 큰 Winch 이다.

(7) LMRP

Lower Marine Riser Package. Drilling Rig의 시추용파이프를 조정하는 장비

(8) ROTARY

시추작업을 위해 Drill Stem에 회전력을 주어 시추파이프가 수직으로 Well을 파고들 수 있도록 하는 장치

(9) DIVERTER

상대적으로 얕은 깊이에서 만날 수 있는 시추공(Well)의 폭발(Blowout)을 제어하기 위한 시스템. 폭발동안 시추공으로부터 올라오는 유동을 리그(Rig)로부터 먼 곳으로 돌림으로써 플로팅 리그(Floating Rig)를 보호함

(10) DESILTER

가능한 가장 낮은 정도로 유체 안의 SOLID량을 유지하기 위해 DRILLING FLUID로부터 매우

작은 미립자 혹은 실트를 제거하기 위한 원통 원추형 장치. 보통 MUD의 SOLID 함유량이 낮을수록, 관통률이 더 빠르다. DESILTER는 DESANDER 와 같은 원리로 작동한다.

5. 해양설비 전망

해양석유시추설비 시장이 한국 조선업계의 또 다른 성장 엔진으로 부상하고 있다.

올 들어 현대중공업 대우조선해양 삼성중공업 등 조선 3사 의 해양원유 시추설비 수주협상과 수주가 활발히 진행되고 있다.

우선, 현대중공업은 현재 미국 및 유럽의 오일메이저들과 드릴십 등 해양원유 시추설비 수주에 관한 협상을 전개하고 있으며 삼성중공업 역시 노르웨이 원유 개발업체인 모스볼드와의 드릴십 수주협상이 마무리 단계에 와 있으며 유럽의 다른 해양유전 개발업체들과도 시추설비 수주협상을 진행하고 있다고 한다.

대우조선해양 역시 오일 메이저 및 유럽 선주들과 해양석유시추설비에 대한 협상을 펼치고 있다. 현대중공업에 따르면 세계 해양개발사업시장은 2004년 기준 약 550억불 규모이며 지속적인 고유가와 이에 따른 해양유전 및 대체에너지 개발에 힘입어 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있다.

또 2010년까지 Floater(FPSO, FSO, TLP, Semi-submersible, Spar) 총 수는 230~246대에 달할 것으로 예상하며, 향후 5년간 82~104대의 신규 수요가 예상됨에 따라 그 건조를 위해서는 230~330억달러가 투자될 것으로 전망하고 있다.

CSFB(미국 뉴욕에 본사를 두고 있는 자본금 170억달러 규모의 세계 최대 투자은행중 하나)도 해양석유시추설비 시장 전망을 낙관하고 있다.

CSFB의 조선담당 애널리스트인 이석재 이사는 고유가로 인해 해양석유시추설비에 대한 수요가 늘어나고 있다고 말했다.

또 근해에 매장된 석유 자원이 고갈됨에 따라 심해 유전 개발이 대세를 이루고 있으며 현재 진행중인 해양석유개발 프로젝트는 23건에 달하고 있으며 25건의 프로젝트가 논의되고 있다. 한국 조선업계는 20년 이상 동안 해양석유시추설비 건조 경험이 있으며 최근 발주되고 있는 해양석유시추설비 건조에 적합한 크기의 드라이도크를 보유하고 있어 다른 경쟁자에 비해 훨씬 유리한 입장이다.

또, 최근까지 해양석유시추설비 시장은 오일 메이저들이 조선소를 좌지우지하는

추세였지만 최근 허리케인 카트리나 및 리타로 인해 멕시코만에 집중되어 있던 석유시추설비가 크게 파손돼 이제 상황은 조선소에게 유리하게 전개되고 있다고 한다.

해양석유시추설비 시장의 호황으로 한국 조선업계는 발주가 주춤하고 있는 대형 컨테이너선 신조선 시장을 충분히 대체할 수 있을 것으로 기대하고 있다

6. 참고문헌

- 1) 현대중공업: <http://www.hhi.co.kr/korea/division/offshoreengineering/performance.asp>
- 2) Transocean Company: <http://www.deepwater.com/fleetspecifications.cfm?ID=700>
- 3) 해양공학용어사전: <http://oceanlove.com.ne.kr/dic/d.html>
- 4) 삼성중공업: <http://www.shi.samsung.co.kr/>