

FPSO 관련 엔지니어링 기술 현황 및 발전 방향

박재형, 황외주 (대우조선해양 선박해양기술연구소)

1. 서 론

FPSO는 해저의 유정으로부터 원유를 채굴하여 불순물 제거(production), 저장(storage) 및 육상 정제시설로 운송하기 위한 하역(offloading) 기능을 할 수 있도록 고안된 부유식 해양 설비로 영국 BP(British Petroleum)가 1975년에 처음 개발하였다. 당시 대부분 유조선을 개조하여 제작되었으나, 현재는 점차 설치되는 해역에 맞게 신조되는 척수가 많아지고 있다.

일반적인 해양 플랫폼이 상부의 생산설비를 해저에 고정된 자켓이라는 하부구조에 지지되고 있는 것과 마찬가지로 FPSO는 상부구조(topside) 모듈의 생산설비를 지지하기 위하여 앵커와 계류삭으로 고정된 선체가 하부구조를 이루고 있다. 따라서 고정식 해양구조물과 같이 FPSO 역시 일정 기간 가동 해역에 투입되어 치명적인 구조결합이 없는 한 수십 년에 걸쳐 일정한 해역에서 머물러 운용되어야 하는데, 이러한 가동조건을 만족 시키기 위해서는 외부의 극한 조건을 고려한 구조 및 피로 강도, 시스템적 안정성 등에 대한 기술적 검토가 이루어져야 한다.

2004년도부터 출렁이기 시작한 세계 원유시장은 근래 들어 배럴당 60불 이상의 고유가를 지속적으로 유지하고 있으며, 해양개발에 있어서도 수심에 관계 없이 해저유전 개발이 활발히 진행되고 있다. 특별히, FPSO는 수심의 깊이에 제한을 덜 받는 해양설비로 상대적으로 단시간 내에 설치 가능하여 한계에 달한 유정지역이나 새롭게 개발되는 대형 유전에 사용하기 적절하다는 장점이 있다. 현재 건조 중이거나 투자 예정 중인 FPSO의 41% 정도가

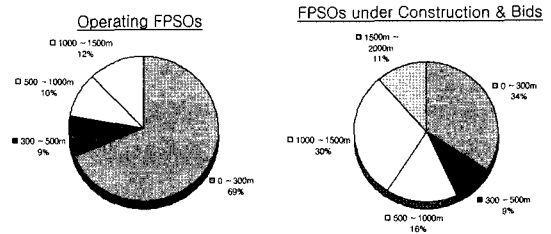


Fig. 1 FPSO의 수심 별 현황 (2006년 기준)

수심 1000m 이상의 심해 유전지대에 집중되어 있다[Fig.1].

본 논문에서는 이러한 FPSO의 제작 및 건조를 위하여 필요한 시스템, 구조, 위치제어 및 위험성 평가 등의 필요 엔지니어링 기술현황을 소개하며, 아울러 국내 조선업체가 FPSO와 관련된 기술적 우위를 지속적으로 유지하기 위한 앞으로의 발전방향에 대하여 다루고 있다.

2. FPSO의 특성 및 구성 요소

현재 심해 유전개발에 있어서 가장 주목 받고 있는 해양 생산설비인 FPSO의 가동지역이 전통적인 해저 유전개발 지역이었던 북해나 멕시코만 뿐만 아니라 중국 대륙 남쪽의 남지나해, 브라질 캄포스 해역 및 서아프리카 연안 등으로 광범위하게 확대되고 있으며 2006년 말 기준으로 총 148기가 가동 중이거나 건조 및 투입 예정되어 있다. 특히 서아프리카 연안은 Agbami, Usan 유전 등이 포함된 나이지리아 해역과 Kizomba, GIRRASOL 유전 등을 갖고 있는 앙골라 해역을 중심으로 활발한 해양자원 개발이 진행되고 있다.

이러한 해양자원 개발을 위한 여러 해양구조물

중에서 특별히 FPSO가 주목 받는 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 넓은 범위의 데크 구조로 원유의 생산에 필요한 모든 생산설비를 배치 가능
- 부유식 구조로 해상에서 직접 원유의 생산, 저장 및 하역을 동시에 수행 가능
- 수심에 상관 없이 가동이 가능하므로 심해 및 1500m 이상의 초심해 유전 개발에 적합
- 한계유전(Marginal field)으로 알려지는 중소형 유전 개발에 적합한 mini FPSO 의 개발
- 하부구조가 선체형 구조로 구성되어 대용량의 저장이 가능
- 외부의 환경에 알맞은 계류 시스템으로 구성 가능. 특히, 트렛형 계류 또는 DP(dynamic position) 시스템을 적용함으로써 항상 일정한 작업조건 유지 가능
- 원유 뿐만 아니라 LPG, LNG 등의 가스전 개발에도 적용 확대 가능

일반적으로 FPSO를 구성하는 요소는 Fig. 2에서 보인 바와 같이 해저로부터 생산된 원유를 저장하는 선체와 위치제어를 위한 계류식 또는 DP 시스

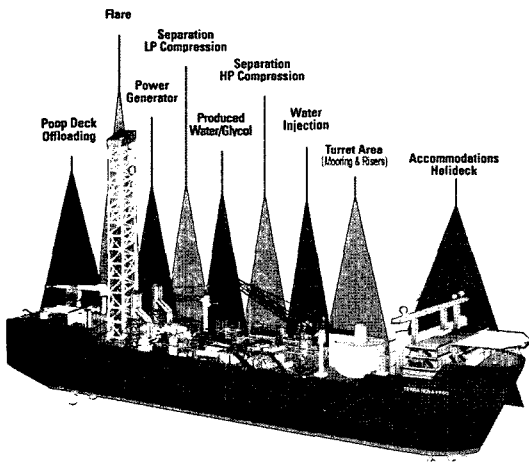


Fig. 2 트렛형 FPSO의 구성 요소(Terra Nova FPSO)

템, 원유의 정제 및 생산을 위한 상부구조, 작업자들의 숙소 그리고 생산된 원유를 뽑아 올리거나 셔틀탱커 등으로 하역하는 하역구조로 이루어진다.

3. FPSO의 엔지니어링 관련 기술 현황

3.1 시스템 관련 기술현황

FPSO 시스템기술은 시추한 원유를 STB(Standard Tank Barrel-1기압/15.5oC) 조건에서 얼마나 많은 양의 정제원유(stabilized oil)를 안정적으로 설계 조건에 맞게 생산하느냐가 중요한 기술 중의 하나이다. 이를 통해 발생한 HC 가스는 유정으로 재주입하여 원유생산에 필요한 압력을 유지시켜야 되며, Gas Lift 시스템을 통해 라이저(riser) 원유 성분의 밀도를 작게 함으로서 수송을 원활히 해주도록 한다. 아울러, Water 주입 시스템을 통해 유정 바다에 존재하는 원유들을 회수하여 생산량을 극대화하는 시스템을 갖추고 있다. 이를 생산 시스템으로 부르며, 이러한 공정을 원활히 유지하도록 보조 유틸리티 시스템들이 구성되어 있다.

현재는 FPSO의 시스템설계 자체뿐만 아니라, 가동, 유지 및 안전성 관점에서 발생 가능한 모든 인자를 고려하여 설계하는 추세에 있다.

3.2 구조평가 관련 기술현황

FPSO 제작을 위한 구조 엔지니어링 가운데에는 선체, 상부구조물 및 해저시스템에 대한 엔지니어링 기술의 확보가 필수적이다. 특히, 한 지역에서 대략 20년 이상의 장기간에 걸쳐 운용 되어야 하는 FPSO의 특성상 각 선급에서 제시하는 규정적인 rule 보다는 해당 해역에서 조사된 환경자료를 이용한 직접해석법으로 구조 엔지니어링을 수행하는 것이 더 보편적이다. 이는 최근 선박의 설계 및 건조에서 안전을 기반으로 한 목적기반기준(GBS, Goal Based Standard)과 관련이 있다.

FPSO의 선체와 상부구조물의 구조평가를 위해서는 일반적으로 각 선급에서 요구하는 설계 하중

을 만족하여야 한다. 각 선급에서는 FPSO에 대하여 기본적으로 선체의 rule scantling을 만족하도록 규정하고 있다. 그러나 FPSO는 물류의 흐름을 위한 일반 선박과는 달리 한 해역에서 장기간 동안 그 가동성을 유지할 수 있어야 하므로 직접적인 하중과의 비교 평가를 통하여 선체의 치수가 평가되어야 한다. 최근에는 기존의 선박규정과 다른 특성으로 인하여 FPSO 선체의 안전성 평가를 위하여 주요 선급에서는 해양설비의 목적에 적합한 규정을 지속적으로 개정하고 있다. 여러 선급에서 제시되고 있는 구조강도 및 피로강도 평가를 위한 직접해석법의 개념을 Fig. 3에서 보여주고 있다.

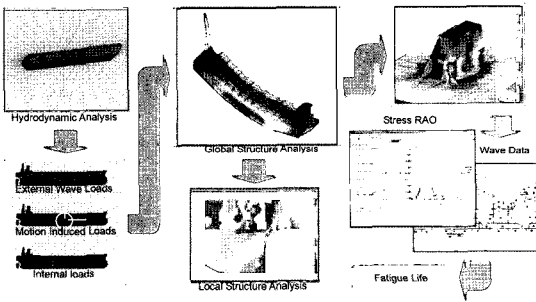


Fig. 3 구조강도 및 피로강도 평가 시 적용되는 직접해석법의 개념도

특히 이러한 평가를 위해서는 설치해역에서 실제 조사된 metocean 자료가 필수적이다. Metocean은 기상학 (meteorology)과 해양학 (oceanography)의 합성어로서 설치해역의 바람, 파도, 조류 등의 모든 환경정보를 포함하고 있는 자료를 말한다. 직접구조해석은 이러한 환경 자료를 기준으로 전체 FPSO 시스템에 대한 운동해석을 수행한 후 선체에 가장 중요하게 영향을 미치는 파를 선정하고 계산된 수압, 가속도 등을 구조모델에 직접적인 하중으로 적용, 평가하는 방법으로 항복 및 좌굴을 고려한 강도 평가가 이루어진다. 구조의 내구성 평가를 위한 피로해석은 스펙트럼으로 표현되는 해상의 특성과 선체 거동특성에 대한 RAO를 고려하여 통계적 스펙트럴 피로해석을 사용하여 수행한다.

상부구조물 자체의 구조강도 평가에 있어서는 선체와 같은 직접적인 구조평가와는 달리 AISC, API 등과 같은 고전적인 해양설비에 대한 구조강도 평가가 아직도 주를 이루고 있다. 이는 상부구조물을 형성하는 각 모듈의 시스템과 작업여건 등이 선주의 기호에 따라 이루어지고 있으며 대부분의 선주들의 설계 개념이 안전성이 이미 입증된 기존의 설계방법을 선호하고 있기 때문이라 판단된다. 그러나 구조물의 내구성을 판단하는 피로평가에 대하여는 기존의 결정론적(deterministic) 피로해석보다는 가동상태의 해상환경을 직접적으로 고려하여 해석하는 스펙트럴 피로해석법을 사용하는 추세이다. 따라서, 수선면에서의 파면 변화로 인한 비선형적 거동이 중요한 인자 중의 하나인 선체구조의 피로해석은 component-based spectral fatigue analysis를 제안하고 있으며 상부 모듈의 주부재에 대한 피로해석 수행에서는 full spectral fatigue analysis를 적용하여 내구성을 평가한다. 특히, 플레어붐(flare boom)과 같은 세장형 구조에 대하여서는 바람의 동적인 영향을 고려하여 VIV (vortex induced vibration)나 돌풍(gust) 영향을 조합하여 평가 한다.

3.3 내항성능 관련 기술현황

FPSO는 특성상 극한 파랑 중에서도 안전하게 소정의 목적을 달성할 수 있는 내항성능이 요구된다. 선체 갑판상의 상부구조물의 장비로 인한 높은 무게중심은 큰 운동응답을 야기할 수 있으며, 이는 생산된 원유의 유수 분리공정의 중단, slamming, green water 등의 문제를 야기할 수 있다. 파랑 중에서 안전하게 그 기능을 충분히 수행하는 우수한 FPSO를 개발하기 위해서는 파랑 중 FPSO의 운동 특성을 정확히 추정하는 것이 무엇보다 중요하다.

일반적으로 FPSO 설계 시 적합한 위치제어 방법을 선정하기 위해서는 가동해역의 특성이 먼저 검토되어야 한다. 북해, GOM 등에서 가동되는 FPSO는 일반적으로 터렛형의 계류시스템을 가지고 있으며, 서아프리카 연안에서 활동 중인 FPSO는 spread



형 계류시스템을 갖추고 있다(Fig. 4). 이것은 가동해역의 특성을 고려해서 결정되는데, 특히 터렛형 계류시스템은 weather vane 효과를 이용하여 FPSO의 횡동요 운동응답을 감소시킬 수 있도록 고안되며 보통 내부형과 외부형으로 구분된다. 또한 DP 시스템은 인공위성의 위치제어 시스템인 GPS(global positioning system)를 사용하여 FPSO의 위치를 제어하는 것인데, 계류 장비와 같은 것이 필요 없기 때문에 설치와 해체가 쉽다는 장점이 있다. 그러나, 대형 유전개발과 같이 한 장소에 장기간 설치되어야 할 경우에는 장비유류로 인한 보존성 및 가동성 문제로 인한 경비지출(OPEX, operational expenditure)을 증가시킬 수 있다.

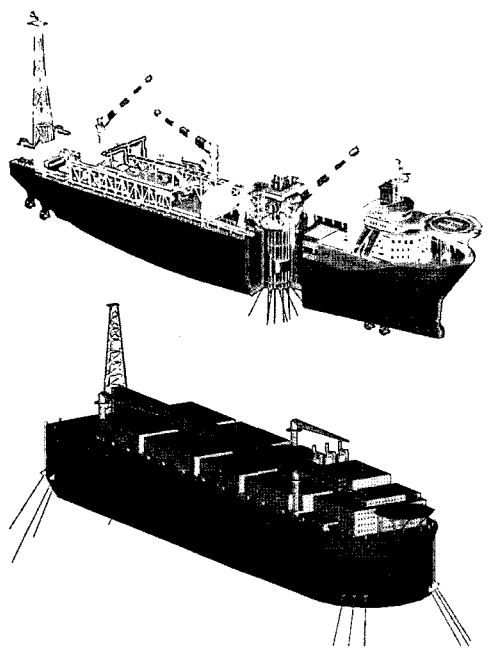


Fig. 4 FPSO의 일반적인 계류 형식(상: 터렛형 계류, 하: spread형 계류)

또한 실제 해역에서 FPSO의 간섭이나 가동성을 평가하기 위해서는 계류시스템과 라이저 및 하역시스템 등을 모두 고려하여 유체역학적으로 문제를 해석하는 global performance 해석을 수행하는데, 해석방법으로는 세장형의 해저설비와 FPSO를 동시

에 모델하여 시간영역에서 해석하는 연성해석법이 있으며 정도 검증을 위하여 수조 모형시험이 수행된다.

3.4 소음 및 진동 관련 기술현황

일반 선박과 마찬가지로 해양설비에서도 기존에 중요하게 여겨지던 구조적 안전성, 유체역학적 내항성능뿐만 아니라 작업자들의 안락함을 위한 저진동/저소음 설계의 필요성이 증대되고 있다. 특히 FPSO를 포함한 해양구조물의 경우 소음 규제치가 엄격하고 선주들의 소음에 관한 관심 또한 전문화 및 다양화되고 있으며 이러한 선주의 관심이 반영되어 계약 시방서 역시 종전의 포괄적 소음 총량 규제에서 소음원 및 수음원에 따른 세부적 기준을 규정하는 추세이다.

FPSO는 일반 상선과 같이 거주구에서의 선원의 안락성뿐만 아니라 일반 선박에 없는 작업 구역인 상부구조물 전체가 소음원 구역이므로 상부구조물에서의 소음 수준을 기준치 이하로 유지하는 것이 대단히 중요하다. 관련 규정에 따르면 작업자의 청각 손실을 예방하기 위하여 8시간 작업 기준으로 85 dBA 이하의 소음 기준을 요구하므로 보통 이 기준치가 상부구조물의 소음기준이 된다. 따라서 상부구조물 전 구역에 대한 소음 분포를 해석하고 Noise contour map을 작성하여 상부구조물 전체에서의 소음 수준과 분포를 한 눈에 볼 수 있도록 하여야 한다. 이 결과에 따라 필요한 방음 대책을 수립하고 아울러 작업자의 배치 및 작업 시간 등도 조정 가능하다.

FPSO의 상부구조물에는 Generator, Compressor 및 각종 Pump 류와 이와 연결된 파이프 및 밸브 등의 많은 소음원이 존재한다. Generator 나 compressor의 경우 소음이 매우 크게 발생하므로 일반적으로 Enclosure를 시공하여 소음이 상부구조물의 작업 공간으로 전파되는 것을 막아준다. 또 주요 소음원으로서 파이프 및 밸브와 관련해서는 해석을 통하여 기준치를 초과하는 구역에 대한 lagging/insulation

등의 작업을 해야 한다. 이를 위해서는 Compressor 나 Pump 류에서 Piping으로 전달되는 소음과 함께 고압/고속의 유체의 흐름에 의해 파이프와 밸브에서 발생하는 소음도 함께 평가해야 한다. 압력이나 유량을 제어하는 밸브의 경우도 주요 소음원 중의 하나인데, 밸브 소음은 해석적인 방법에 의한 접근은 해석 이론을 실제 적용하기 어려우며 주로 Maker의 소음 데이터에 근거하여 설계를 수행한다.

3.5 위험성평가 관련 기술현황

위험성평가(RA, Risk Assessment)는 FPSO 가동시 발생 가능한 위험인자의 발생확률과 초래될 결과를 기반으로 평가하는 엔지니어링 기술이다. 이러한 업무를 수행하기 위해서는 수년간의 많은 경험과 확률론적 엔지니어링 기술을 바탕으로 한 논리적 접근이 필수적이다. 이러한 위험성평가와 관련된 기술의 대두 및 발전은 해양플랜트와 같이 항상 안전사고의 위험성에 노출된 작업자들에 대한 안전성 확보뿐만 아니라 해양개발 분야를 선도하고 있는 오일메이저들이 개발 산유국으로 진출하기 위한 요건으로 기본적으로 충족되어야 하는 사항이기 때문에 앞으로도 지속적인 주목을 받을 것이 예상된다.

FPSO는 그 설계 목적상 원유의 생산, 분리, 저장, 하역 및 그에 수반한 기능을 담당하는 다양한 모듈을 제한된 공간 내에서 안전하게 배치하여야 한다. 그와 같은 배치의 안전도를 결정짓기 위해서는 폭발의 영향을 미치지 못하도록 하는 안전한 이격 거리를 확보하여야 한다. 폭발뿐만 아니라 화재, 낙하물, 선박충돌, 플레어 방사열 등 다양한 위험요소가 작업자, 환경 및 프로세서 시스템의 안전성과 기능에 영향을 줄 수 있으므로, 초기 설계 단계에서 체계적이고 정량적인 분석이 필요하며 현재 이것은 FPSO 설계의 한 주요한 과정으로 확립되어 있다. 특히 환경에 관한 고려는 최근 들어 선주로부터 강하게 요구 받고 있으며 FPSO가 수명 동안 제 기능을 충실히 수행할 수 있을지 평가하는 신뢰성 해석

역시 매우 중요한 쟁점 가운데 하나이다.

FPSO에서 고려되는 사고성 하중으로는 crane 가동시 발생 가능한 낙하물 사고, FPSO의 생산 프로세스의 결합이나 오작동으로 인한 폭발 사고 그리고 보급선 혹은 하역탱크와의 선체 충돌이 있다. 이러한 사고성 하중을 평가하는 방법은 전체적인 엔지니어링 단계에 따라서 달라질 수 있으나, 실제 정량적인 위험의 크기를 도출하는 QRA(Quantitative Risk Assessment)로부터 계산된 설계하중을 사용하여 사고에 노출된 구조물에 대하여 직접적인 평가가 이루어진다. 평가에는 구조물의 재료나 가해지는 하중의 비선형성을 고려하여 Dytran, Abaqus 등을 사용한 비선형 유한요소해석법이 주로 사용된다. Fig. 5에서는 낙하물 및 선박 충돌에 대한 구조평가를 위하여 수행된 비선형 유한요소해석을 수행한 결과를 보이고 있다.

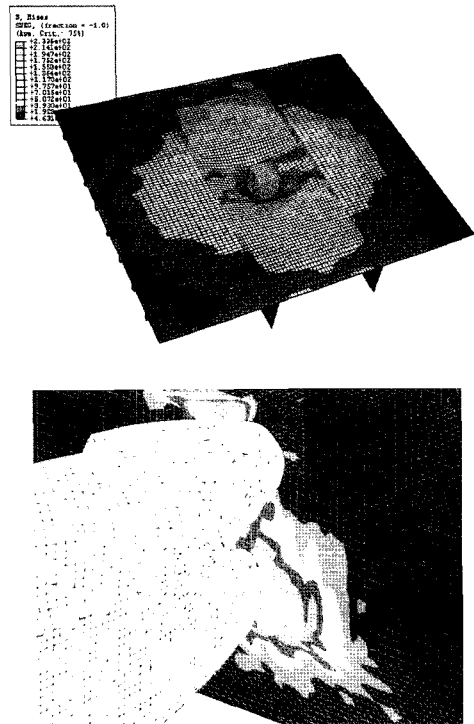


Fig. 5 낙하물 및 선박 충돌에 대한 비선형 유한요소해석 결과 (Agbami FPSO)

4. FPSO의 국내 건조 기술현황

현재 원유 저장용량이 2백만 배럴을 넘는 대형 FPSO가 지속적으로 서아프리카 주요 산유국을 중심으로 발주됨으로써 FPSO의 선체 및 상부구조물에 대한 건조기술 역시 설계 엔지니어링에 못지 않게 발전되고 있다. 특히, 예전에는 선체와 상부구조물은 각각 조선업체 또는 전문 엔지니어링사에서 개별적으로 설계 및 건조하는 경우가 많았지만, 최근에는 국내 조선업체의 해양 엔지니어링 기술개발의 확대로 기존의 선체뿐만 아니라 상부구조물을 일괄 탑재하여 동시에 건조하고 있으며, 이를 위하여 상부구조물의 탑재를 위한 대형 리프팅 설비 및 모듈화 공법 등의 건조 기술이 개발되었다. 리프팅 설비는 일반적으로 리프팅 용량이 3500톤 이상의 해상크레인으로 일괄 탑재하는 방법을 사용한다. 대우조선해양에서 2004년 Chevron으로부터 수주한 Agbami FPSO는 EPCI로 선체 및 상부구조를 일괄 수주하여 설계뿐만 아니라 상부구조물 탑재까지의 건조 엔지니어링을 동시에 수행한 좋은 예라 할 수 있다[Fig. 6]. 이는 이미 세계적으로 검증된 국내 조선업체의 상선 기술과 반잠수식 리그 및 TLP 등의 부유식 해양설비 공사를 수행함으로써 광범위하게 축적된 기술적 노하우를 기반으로 한 결과라고 판단된다.

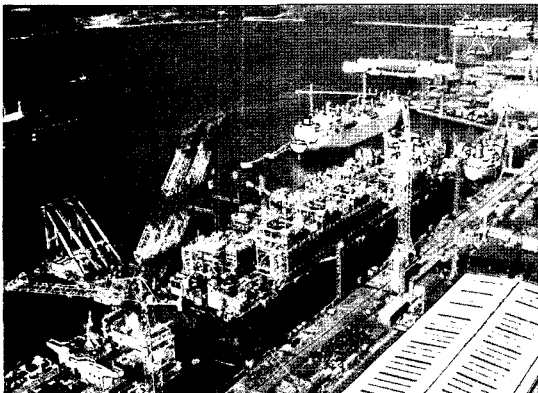


Fig. 6 대용량 해상크레인을 사용한 Agbami FPSO의 상부구조물 탑재 모습

5. FPSO 관련 엔지니어링의 기술적 당면과제 및 발전방향

상기에서 서술된 바와 같이 국내 조선업체의 FPSO 설계 및 제작 기술은 모든 측면에서 세계적으로 높은 기술력을 자랑하고 있다. 하지만, 이러한 핵심 기술력을 더 확대하는 것과 동시에 더 나은 부가가치형 산업으로 진일보하기 위해서는 아직도 풀어야 할 과제가 있다. FPSO 관련 엔지니어링 기술을 한층 더 발전시키기 위해서 필요한 당면과제 및 발전방향을 살펴보면 아래와 같이 정리할 수 있다.

5.1 중국 조선업체의 기술력 증대에 대한 견제

현재 FPSO 시장일 뿐만 아니라 해저원유를 개발하는 산유국 중의 하나인 중국은 2007년 초를 기준으로 발해만(Bohai bay) 및 남지나해(South China Sea)에서 12기의 FPSO를 가동 중에 있으며 3기 정도는 현재 자국의 조선업체에서 건조 중이다. 물론 대부분의 FPSO가 중소형 크기의 설비라고는 하지만, 중국에서 발주되는 FPSO 물량의 대부분이 중국 조선업체에서 건조되고 있는 것을 고려할 때 머지않아 해양 시장의 영업 경쟁력이 두드러질 것으로 예상된다. 따라서 국내 조선업체가 지속적으로 전세계 FPSO 시장을 선도하기 위해서는 관련 기술 개발에 대한 많은 노력이 요구된다.

5.2 해양 기자재의 해외 의존 축소

현재 해양구조물 분야가 부가가치 측면에서 국내 조선산업 분야의 차세대 성장동력 제품으로 꼽히고 있지만, 상부구조를 구성하고 있는 수 많은 해양기자재의 대부분은 해외에서 구매하거나 선주로부터 직접 공급받는 경우가 대부분이다. 따라서, 이러한 해양설비와 관련된 주요 기자재의 해외의존도를 낮추기 위해서는 다양한 방법으로 해양 기자재 국산화와 관련된 전문 기술인력 양성 및 시장 경쟁력 측면에서 종합적인 재고가 필요하다.

5.3 해양플랜트 전문 인력의 양성

해양설비, 특히 FPSO는 조선해양뿐만 아니라 화공, 기계 등의 모든 기술이 조합된 종합 엔지니어링의 결과로 만들어진다. 그러나 현재 국내에서 해양개발을 선도하는 대형 조선업체들조차도 여전히 탱커나 액화천연가스운반선과 같은 상선 관련 설계 및 제작 업무에 치중하고 있는 상황이며, 상대적으로 해양플랜트와 관련된 프로세스 분야는 해외의 전문 플랜트 엔지니어링 업체에 비하여 열악한 상황이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 FPSO를 건조하는 조선업계에서는 해양플랜트 엔지니어링과 관련된 전문 인력을 정책적으로 확대하고 육상플랜트와 같은 타 산업과의 연계를 통하여 적절한 해양산업 인프라 구축에 앞서야 할 것이다.

5.4 해저설비에 대한 엔지니어링 기술개발

현재 국내의 조선업계에서는 선체구조 및 상부구조물과는 달리 해저설비와 관련된 엔지니어링이 거의 이루어지지 않고 있다. 대신 대부분의 엔지니어링은 SOFEC, SBM과 같은 전문 해저설비 엔지니어링 업체를 통하여 수행되고 있다. 해저설비 관련 엔지니어링은 선체와의 interface 부분에 대한 평가에 있어서 아주 중요한 역할을 한다. 따라서 이러한 부분에 대한 기술개발 및 평가 수행력 등의 기술을 확보하지 않는다면 점차 복잡해지고 엄격해지고 있는 선주의 요구사항에 대해 능동적으로 대처하기 어려워질 것이다.

5.5 조선업체들의 무리한 수주 경쟁 지양

일반적으로 FPSO의 공사가 마무리되면 오일메이저들은 각 조선업체로부터 얻어진 교훈을 상호간 공유하는 것으로 알려져 있으며, 이런 공유를 통하여 얻어진 정보는 다음 공사에 필요한 선주의 설계 사양서에 추가되어 공사를 맡은 다른 조선업체에 재 요구되기도 한다. 그럼에도 불구하고, 국내 조선업체의 무리한 수주 경쟁으로 말미암아 입찰가격이 하락되고 그에 따라 기술적 향상에도 불구하고 FPSO의 부가가치성이 희석되는데 문제가 있다. 따

라서 서로 상생하기 위해 각 조선업체의 고유 특성을 살리면서 상호간의 경험을 공유할 수 있는 전략적 대응방법이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

5.6 신선종 관련 기술개발 및 대응

원유를 다루는 일반 FPSO와는 달리 근래 유망산업으로 각광받고 있는 가스자원의 해양개발을 위하여 대두되는 신선종이 계속적으로 시장에 나오고 있다. 이미 액화석유가스(LPG, Liquefied Petroleum Gas)의 해양개발을 위한 LPG FPSO는 현재 한 척이 건조되어 가동 중에 있다. 가스산업에서 가장 주목 받고 있는 액화천연가스(LNG, Liquefied Natural Gas)는 해저의 매장량이 상당한 것으로 알려져 있는데, 이를 개발하기 위하여 일반 FPSO에서 응용한 제품이 LNG FSRU(Floating Storage & Re-gasification Unit)와 GTL(Gas-To-Liquid) FPSO이다. 현재 이 제품들은 개념설계 단계이지만, 미국을 중심으로 한 가스에너지 주요 수유국은 자국내의 남비(Nimbi) 영향으로 인하여 지속적으로 관심을 가지고 있는 신선종이다. 따라서 국내 조선업체가 이러한 신선종과 관련된 해양개발에서 세계적인 우위를 점하기 위해서는 관련된 기술적 엔지니어링을 개발하고 확보하여야 할 것이다.

6. 결 론

부유식 해양설비인 FPSO는 수심의 깊이에 제한을 덜 받는 해양 유전개발 관련 설비로 중장기적으로 높은 시장성뿐만 아니라 기술적으로 파급 효과가 매우 큰 전략제품으로서 성공적인 건조를 위해서는 높은 설계 기술력과 생산 기술력이 요구된다. 따라서 상대적으로 기술적 우위를 점하고 있는 국내 조선업체가 일본이나 중국 조선업체의 추격을 따돌릴 수 있는 차세대 성장엔진이라 할 수 있다. 국내 조선업체에서 제작하는 대부분의 FPSO는 고난도의 기술을 요하는 엔지니어링 업무가 주로 진행되는 중대형 FPSO와 관련된 것으로써 하부의 선체와 상부구조 모두 그 기술력을 인정받고 있다. 특

히 초대형 유전개발에서 필수적인 2백만 배럴 이상의 대형 FPSO의 선체와 상부구조를 동시에 건조할 수 있는 역량을 끌고루 갖추고 있어 세계시장에서도 중요한 전략적 위치를 차지하고 있는 것은 물론이며 FPSO의 설계, 구매, 제작, 건조 면에서도 그 기술력을 인정받고 있다. 그러나 현재의 높은 수준의 제작 및 건조기술과는 달리 종합 엔지니어링에 있어서 필수적인 화학, 화공 등의 프로세스 기술은 해외 전문 엔지니어링 업체의 약진으로 말미암아 비교적 자체 수행이 어려워 향후 FPSO 시장의 추가 발전을 위해서는 해결되어야 할 최대의 관건이다. 또한 엔지니어링 기술과 관련하여 선주들의 요구가 점점 복잡해지면서 난해해지고 있는 실정인데, 특히 작업자들의 안전성과 밀접한 위험성 평가는 설계가 이루어지고 난 후에도 요구되는 경우가 많아 이에 대한 실제적이며 논리적인 접근방법이 앞으로 더 구체화되어야 할 것이다.

끝으로 앞으로도 FPSO를 중심으로 한 해양산업 분야에서 지속적인 성장을 이룩하기 위해서는 대형화되는 해양 프로젝트, 초심해 또는 극한 환경에서

의 해저자원 개발 및 중소형 한계유전에 대한 높은 경제성 그리고 기존의 원유 중심의 가스, 수산화메탄(methane hydrate)와 같은 차세대 에너지로의 영역확대 등을 고려하여 종합적인 엔지니어링 기술을 발전시켜야 할 것이다. 또한 현재의 선박 중심의 조선산업에 종합 엔지니어링 기술이 필수적인 해양개발 기술을 접목함으로써 해양 기자재의 국산화 및 종합적인 해양 관련 전문 인력양성 등의 엔지니어링 중심의 기반 기술을 증대시켜야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국수출입은행, “세계 이동식 석유·가스 시추설비 시장동향”, 2002
2. 산업연구원(KIET), “해양구조물 분야의 시장확대와 대응전략”, 2006
3. 에너지경제연구원 보고자료, “내년도 석유시장 동향 및 유가 전망”, 2006
4. 대우조선해양, Agbami FPSO 관련 보고서, 2005
5. Offshore Magazine, “2005 Worldwide Survey of Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) Units”, Aug. 2005

