



# 해양 구조물 소개와 그 설계에 필요한 자연 조건들

Introduction to Offshore Structures and Environmental Conditions for Design

鄭 鉉\*  
Chung, Hyun

## 1. 서론

점차 인류의 해상 활동이 늘어나면서 지난날 배에 국한되었던 해상 수단으로부터 다양한 목적을 지닌 해양 구조물이 발달하게 되었다. 가장 흔히 볼 수 있는 것은 해저 석유나 가스를 개발, 생산하기 위한 부유식 또는 고정식 해양 구조물과 대형 유조선이나 LNG선 접안을 위한 항만 구조물로부터 요사이는 해상 석유 저장 시설이나 해상 공항 또는 해상 플랜트에 이르기까지 여러 형태의 해양 구조물이 등장하고 있다. 이에 본고는 해양 구조물의 종류와 설계시 고려되는 자연 환경 요소를 간략히 소개하여 타 분야 기술사 여러분과 관심 있는 다른 분들의 이해를 돕고, 가능하면 앞으로 우리나라 해양 기술 발전에 도움이 되는 좋은 충고의 말씀도 듣고자한다.

## 2. 해양 구조물의 종류

해양 구조물이란 육지와 연결된 어떤 구조도 갖지 않은 채, 어떤 날씨 조건하에서도 바다의 한 지점에 머물러 있을 수 있는 구조물을 말한다.

해양 구조물이 쓰이는 곳은 다양하다. 해저유전이나 가스의 개발과 생산을 위해 설치되기도 하고, 대형 유조선의 접안을 위한 항만 구조물로 쓰이기도 한다. 대형 유조선이 정박하려면 그만큼 수심이 필요하고 따라서 준설이 여의치 않을 때는 아예 깊은 곳까지 젯티와 돌핀을 연장하여 항만을 만들어

야 하기 때문이다. 이를 일명 오프쇼어 마린 터미널(Offshore Marine Terminal)이라 한다. 근자에 와서는 발전소나 석유저장시설, 어업 중계기지 등을 위해 해양 구조물이 만들어지기도 한다.

그러면 어떤 재료가 해양 구조물을 만들 때 쓰이는지 알아보기로 하자. 가장 많이 쓰이는 재료는 역시 철강이다. 이때 바다 밑에 들어가는 부분은 원형 단면을 갖는 강관을 사용하는데, 이는 단면 형상이 파도나 해류의 힘을 되도록 적게 받도록 하기 위함이며, 또 강관 파일을 기초용으로 사용할 수 있도록 하고, 구조물 설치시 부력을 받을 수 있게 하는 등의 이유를 들 수가 있다.

바다 위 상부 구조에는 제작이 쉽고 유지보수가 용이한 H-빔 등의 형강이 사용된다.

철강재는 부식이 잘 되고 고착성 해양 생물이 잘 자라는 등의 단점에도 불구하고 제작과 설치의 용이성, 설계의 명확성, 구조의 견고성 등의 이점으로 해양 구조물의 재료로 가장 널리 사용되고 있다.

깊은 수심과 단단한 해저 지질을 갖는 지역에서 콘크리트 구조물이 많이 사용된다. 콘크리트는 내식성이 강하고 자중만으로도 안정된 상태를 유지할 수 있다. 거대한 원통형 콘크리트는 그 내부를 유류 등의 저장시설로 사용할 수 있으며, 운반 및 설치, 그리고 구조물의 검사도 용이하게 수행할 수 있다. 그러나 제작이 힘들고 해저 지질 조건이 제약되는 등, 그 사용이 복해나 극지방으로 제한되는 단점이 있다.

해양 구조물을 그 성격상으로 구분하면 아래와

\* 해양 기술사, 포스코개발(주) 해외사업본부 차장.

같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

약하고 제작비와 운영비가 많이 드는 단점이 있다.

## 2.1 부유식 구조물

주로 석유시추용으로 사용되어 왔으나, 최근에는 해상발전소, 유류 저장시설 등으로 그 이용이 확산되고 있다.

석유시추용 부유구조물은 이동성과 고정성이 동시에 보장되어야 한다는 명제를 안고 있다. 다시 말해 시추에 실패했을 때는 즉시 다른 지역으로 이동이 가능해야하고, 시추 중에는 시추파이프에 무리한 힘이 가해지지 않을 만큼의 고정성이 확보되어야 한다는 점이다. 부유식 시추선에는 아래의 세 가지가 많이 사용된다.

### (1) 드릴 쉽(Drill Ship)

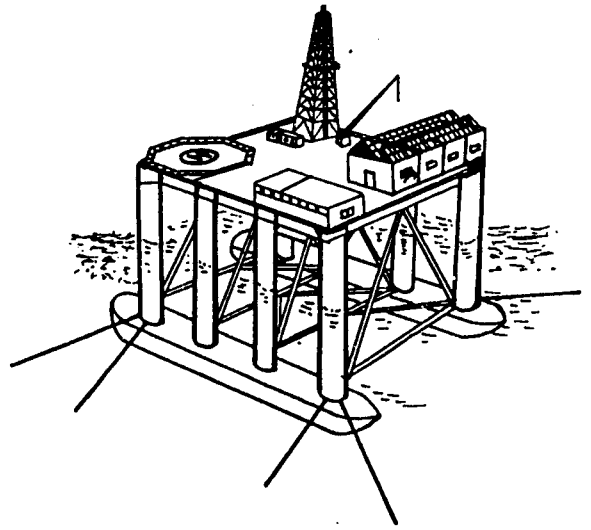
자력추진이 가능하여 기동력이 있으나, 고정성은 Mooring 또는 Dynamic Positioning 등으로 확보되기 때문에 악천후 시에는 롤링, 피칭 등의 현상이 발생하여 조업을 어렵게 한다.

### (2) 잭 업 리그(Jack-up Rig)

조업 중에는 3개의 레그(Leg)가 해저에 고정되어 안정성을 확보한다. 시추가 끝나면 레그를 잭 업 방식으로 들어올려 헐(Hull)의 부력으로 뜨게되며, 이때 견인선이 토잉(Towing)하여 다른 지역으로 이동하게 된다. 고정성은 드릴 쉽에 비해 우수하나 수심이 깊은 곳에서는 조업자체가 불가능하고, 기동성이 약하며, 악천후 시에는 잭 업 작업이 일시 중단되기도 한다.

### (3) 반 잠수식 시추선(Semisubmersible)

레그가 4개, 6개 또는 8개인 부유 구조물이며 각 레그를 연결하는 폰툰(Pontoon)이라는 수평재가 부력을 만들어준다. 구조상으로 안정하다고 할 수 있으나, 상부 데크 면적이 크고, 따라서 많은 기자재 선적이 가능해 악천후시 일시적으로 불안정한 상태가 될 가능성이 있다. 이로 인해 실제로 큰 전복사고가 일어난 적도 있다. 자력 추진이 안돼 기동성이



〈그림 1〉 반 잠수식 시추선

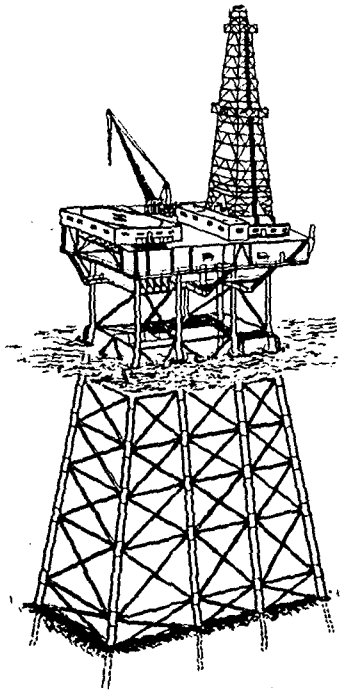
요사이는 환경오염, 님비(Nimby)현상 등으로 갈수록 용지 선정이 힘들어지는 원자력 발전소, 가스터빈 발전소, 폐기물 소각장 등을 해상 부유 구조물 위에 건설하는 일이 추진되고 있으며, 대형 철재 구조물 위로 24시간 이착륙이 가능토록 하는 해상공항도 장기적 과제로 남아 있다. 바지선 위에 설치된 중소형 디젤 발전소는 전 세계적으로 현재 많은 수가 설치 완료되어 운전 중이며, 담수화 플랜트와 유류, 가스 저장시설도 해상부유시설로 설치되고 있다.

## 2.2 고정식 구조물

현재 가장 많이 쓰이는 해양 고정식 구조물에는 소위 잭켓이라하는 강관 용접 구조물이 있다. 이 구조물은 보통 육상에서 제작 후 바지선에 실려 해당지역까지 운반된 다음 진수시켜 설치한다. 이때 3-8개의 레그를 통하여 각각 파일을 박게 되는데 상부의 주요 시설은 주로 이 파일들이 지지하게 되고, 강관 구조물은 레그와 브레이스로 이 파일들을 옆으로 지탱하여 측倾力에 대한 파일의 거동이

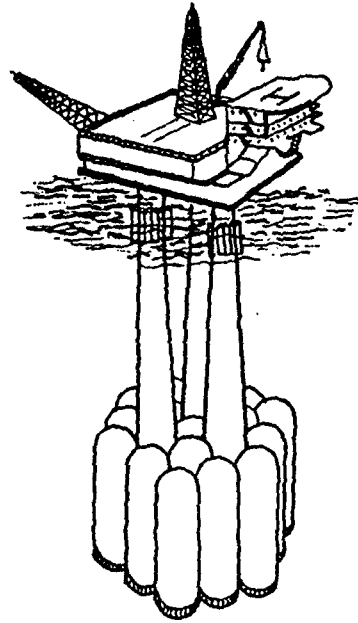
총합적으로 이루어지게끔 해준다. 자켓이란 이름은 구조물이 파일을 감싸고 있기 때문에 붙여진 이름이다. 파일은 해저면 약 100미터까지 깊이 박혀 해양 플랫폼을 해저 지층에 영구적으로 고정시켜주고, 측면 및 수직 하중을 해저에 전달하여 구조물을 안정하게 유지한다.

상부의 주요 시설은 2-3개의 덱(Deck)를 갖는 구조물로 이루어지고, 여러 개의 플랫폼을 갖는 해상 콤플렉스에서는 각 플랫폼을 연결하는 브릿지를 여기에 설치한다. 이 자켓 플랫폼은 보통 20년 정도의 설계 수명을 가지며, 해저 석유 생산과 시추, 해상 거주용 등으로 널리 사용된다.



〈그림 2〉 자켓형 해양 플랫폼

고정식 구조물의 다른 한 종류인 콘크리트 중력식 구조물은 외부하중에 대해 파일이 아닌 자체 무게로 지지력을 갖는 구조물이다. 이 때 중력식 구조물에 오랜 기간에 걸친 침하가 일어나지 않도록 하기 위해선 안정되고 단단한 해저 지면이 필요하다.



〈그림 3〉 콘크리트 중력식 구조물

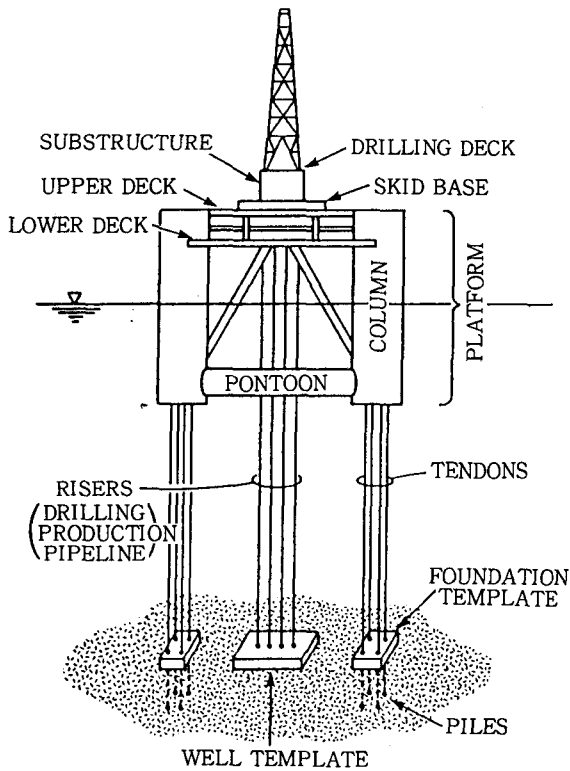
극지방에서는 빙산과의 충돌 위험을 줄이기 위해, 또 단단한 해저지면을 갖는 심해에서는 보다 경제적 설계를 위해 큰 베이스(Base)를 갖는 모노타워(Monotower)콘크리트 플랫폼을 설치하기도 한다. 천해에서는 매립을 통해 해중심을 쌓아 해상도시, 해상공항, 석유생산 시설 등을 만들고 있다.

### 2.3 유동식 구조물

부유식 구조물의 일종이나 해저면에 설치된 고정식 구조물로부터 강선이 연결되어 부유 구조물의 횡방향 안정을 도모하는 형식의 구조물이다. 이는 심해에 경제적인 구조물을 설치하려는 노력에서 나온 산물이다. 여기에는 가이드 타워(Guyed Tower)와 텐션 레그 플랫폼(Tension Leg Platform)등이 있다.

가이드 타워는 플랫폼의 수직하중을 해저면까지 경사 없이 수직으로 내려간 강구조물이 지지하고, 측면하중은 강구조물에 사방으로 경사지게 연결되어 해저면에 고정된 강선이 지탱해 주는 형태이다.

텐션 레그 플랫폼은 각 코너의 레그에서 해저면 고정 구조물까지 수직으로 강선(tendon 또는 tether)을 연결, 측면하중을 일정 한도 내에서 잡아주는 구조물이다. 상부 플랫폼의 부력이 강선의 장력을 항상 일정하게 유지하며, 이 때문에 플랫폼의 상하 운동이 감쇄되어 심해용 유정 개발작업에 유리한 안정성을 제공한다. 텐션 레그 플랫폼은 한 지역에서 작업을 마치면 딥 지역으로 이동하여 재 설치가 가능하기 때문에 석유 부존량이 적은 유정 개발시 경제적이다. 텐션 레그 플랫폼은 원래 철강재료로 만들기 시작했으나, 콘크리트 구조로 상부 및 해저 구조물을 만들어 임시 유류 저장시설로도 사용 가능토록 고안되기도 한다.



〈그림 4〉 텐션 레그 플랫폼

이외에도 심해저 구조물로는 상부를 자켓 타입의 강 구조물, 하부를 콘크리트 케이슨으로 만들어 연

결시키거나, 반대로 상부를 콘크리트 부유 구조물, 하부를 철구조 트러스로 만들어 특별한 조인트로 이를 연결, 횡력을 제거하는 아티큘레이티드 타워(Articulated Tower)가 제안되기도 한다.

### 3. 설계시 고려해야 할 자연조건

#### 3.1 수심과 해저 지형

수심은 기본 수준면(Tidal Datum)으로부터 해저면에 이르는 수직거리를 말한다. 여기서 기본 수준면은 최저 간조면을 의미하며, 이 이하로 수면이 내려가는 예는 극히 드물다. 수심의 정확한 측정과 그 지역 해저 지형의 불규칙성에 대한 올바른 이해는 해양 구조물 설계의 시발점이며, 이로부터 해양구조물의 높이, 구조물 하부 형태, 선박 접안 시설의 수직 위치 결정, 부식 방지 설계 범위 등을 결정할 수 있고, 구조물의 지형적 안정성도 검증할 수 있다. 수심의 연속 측정에는 음향 측심기인 Precision Depth Recorder와 2차원적 이해가 가능한 Side Scan Sonar등이 사용된다.

#### 3.2 해저 지질

해양 구조물의 기초를 지탱하는 해저 지질의 물리적, 공학적 파악은 경제적이고 안전한 구조물 설계를 위해 필수적인 요소이다. 해저 표면의 지질 상태와 하부 기반암까지의 해저 지층 분석을 위해 해저지질 조사가 행하여진다. 해저 지질 조사는 직접 보오링을 하여 연속적인 지질 샘플을 구하고 이를 실험실에서 조사 분석하여 설계 자료를 수집하는 것이 보통이다. 그러나 보오링의 전 단계로서 Subbottom Profiler, Boomer, Sparker, Air Gun등 지구 물리학적 장비를 통해 구조물 주변의 해저 지질 정보를 수집하여야 한다. 이 때는 얇은 지층에 대한 보다 실질적인 이해를 위해 피스톤 시추기, Grab Sampler 등의 샘플 채취를 병행 할 수도 있다. 이는 구조물이 설치될 주변 해역의 해저 지질학적 특성을 미리 파악하여 주요 보오링 지점을 결정

하고 기타 비 보어링 지역의 지질 상태를 점검할 필요가 있기 때문이다. 만약 단층, 퇴적층내의 특이 구조, 해저 지층의 급격한 변화, 이상 침식 상태, 퇴적물의 흐름 등이 구조물 주변 해역에서 발견된다면 구조물의 안정성에 중대한 문제를 야기시킬 수 있다.

지구 물리탐사자료를 분석한 후 해당지역 주변의 지층 변화 정도를 보고 해양 구조물 형태 및 중요도, 갯수 등을 고려하여 해저 지층의 시추 지점과 시추 공수 등을 결정한다. 시추된 시료는 현장 분석과 실험실 분석을 통해 각종 토질 특성, 파일의 응력계수와 변위 정도 등을 파악, 기초 설계를 위한 기본적 자료를 제공하게 된다. 특히 해저 표면에 가까운 지층을 집중 분석해야 하는데 이는 이 곳 토질이 구조물의 침하량, 허용지지력, 수평변위 등의 계산에 큰 영향을 미치기 때문이다.

### 3.3 해 풍

바람은 해수면 위의 상부 구조물과 시설물에 압력을 가하거나 진동을 일으켜 영향을 준다. 바람의 세기는 파도나 해류의 그것에 비하면 보잘 것 없으나 해저면 기초로부터의 모멘트 암이 크기 때문에 무시할 수 있는 것은 결코 아니다. 해수면 바람은 돌풍과 지속풍으로 나눌 수 있는데 돌풍은 보통 1분 이하의 풍향 및 풍속의 연속성, 지속풍은 1분 이상의 연속성을 갖는 바람을 말한다. 해양 구조물과 기초 설계에 쓰이는 설계 풍속은 지속풍이 쓰이며, 각 시설물 개체와 바람에 민감한 소형 구조물 설계에는 돌풍을 적용한다.

고유 주기가 긴 심해의 가이드 타워나 텐션 레그 플랫폼에는 풍속 스펙트럼을 써서 고유 주기에 따른 다이내믹 효과를 반드시 고려하여야 한다.

### 3.4 파 도

해양 구조물 설계에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 해파이다. 해파는 기초 설계나 구조물

각 부재의 설계에 가장 직접적인 큰 힘을 가해 부재의 크기나 길이 설계에 결정적인 요소로 작용한다.

파도의 가장 중요한 특징은 그 불규칙성에 있다. 그러므로 스펙트럼 모델이 어떤 해상 상태를 표시하는 바로미터가 되는데, 이 때는 구조물 해석도 통계적으로 수행되어야 한다. 그러나 설계상의 편리성과 그 동안의 경험에 비추어 규칙파 모델링도 해양 구조물 설계에 매우 적합한 것으로 인정되고 있다. 규칙파란 파도를 일정한 파장, 파고, 주기를 갖는 일련의 파형으로 정의하는 것인데 현재 실용화되어 있는 규칙파 모델에는 에어리파, 스토크스 5차 파, 스트림 평선(Stream Function)파 등이 있다. 어떤 파 모델을 설계에 적용하느냐는 수심, 구조물 형상, 적용 파고 등에 따라 달라진다. 이렇게 선택된 파를 설계파라고 하는데 설계파의 변수는 파고, 파주기, 수심의 세 가지로 대별된다. 이 설계파로부터 각 부재 또는 구조물의 각 지점에 작용하는 물 입자의 속도와 가속도를 계산하여 모리슨 방정식으로부터 최종 파력을 산정하게 된다.

파도의 생성 원인에는 여러 가지가 있으나 가장 큰 것이 바람의 영향이며 이 때문에 구조물 설계시 바람과 파도를 같은 방향으로 적용시켜 최대 설계 외력을 구하게 된다. 또한 해양 구조물 설치 지역에 대한 상당 기간에 걸친 해파 자료가 있을 때에는 설계파를 구하는데 별 애로가 없으나, 풍속 자료밖에 없을 때도 있어 이 풍속으로부터 설계파를 계산하는 방법도 많이 개발되어 있다. 이 때는 먼저 통계적 방법으로 반복 주기를 고려한 유의 파고와 평균 파주기를 구하고 이로부터 최대 파고(설계 파고)와 이에 해당되는 파 주기를 계산하게 된다.

### 3.5 해 류

파도가 물입자의 진동에 의한 파형의 흐름이라 한다면 해류는 물입자가 여러 요인에 의해 수평 방향으로 직접 이동하는 흐름이라 할 수 있다. 따라서 이 흐름이 구조물과 만나면 일정한 수평력을 가하게 되고, 배가 해양 구조물에 접안하기 위해 접근할

때에도 해류가 배에 일정한 영향을 주게된다. 해류를 발생시키는 요인은 대규모적인 것과 국지적인 것으로 나눌 수 있다. 대규모적 요인에는 항풍과 지구 회전에 의한 것, 온도차나 염도차에 의한 것 등이 있고 국지적 요인에는 해저 퇴적물에 의한 것, 파도에 의한 것, 조석에 의한 것, 바람이나 태풍에 의한 것 등이 있다. 해류에 의한 물입자의 속도는 해파에 의한 물입자의 속도와 벡터로 합해져 구조물에 작용하는 전체 힘을 구성하게 된다.

### 3.6 조 석

천체의 움직임이 지구에 미치는 영향 가운데 가장 눈에 띄는 현상이 조석 현상이다. 달과 태양의 인력이 합해질 때 일어나는 밀물과 그 반대의 경우에 생기는 썰물은 누구나 경험을 통해 익히 알고 있는 친숙한 해양의 움직임이다. 그러나 수면의 승강 현상이 천체에 의해서만 생기는 것은 아니고 국지적으로 바람이나 파도, 압력의 차이로 생기는 현상도 무시할 수 없다. 따라서 이 모든 것을 더하여 설계 최대 수심을 결정하게 된다. 만약 구조물이 해변에 가깝거나 만과 같이 폐쇄된 내해 지역에 위치해 있을 경우는 상기한 조석 등의 승강 효과가 현저해져 만약 이를 적절히 고려치 않고 설계했을 경우 심각한 결과를 초래할 수 있다. 보통 최대 수심에서 최대 파고가 구조물에 접근했을 경우를 가정하여 외력 산정과 데크(Deck) 높이를 정하여야 한다. 또 최대 수심과 최소 수심의 수직선상 범위를 계산하여 이에 따라 배 정박을 위한 시설물의 설치, 철 구조물인 경우 최대 부식 범위의 산정, 고착성 해양 생물의 두께 산정 등에 이를 적용하여야 한다.

### 3.7 해저 지진

우리나라도 더 이상 지진 안전 지대가 아니며 최근에도 여러 번 근해 지역을 진앙으로 한 지진이 일어난 적이 있다. 이를 감안해 볼 때 해양 구조물 설계시 반드시 내진 설계가 필요하며 만약 해양 구

조물이 동적으로 민감한 구조일 경우는 지진에 의한 동적 해석을 반드시 수반하여야 한다. 구조물의 중요도가 높을 때나 초대형 구조물일 경우 하부 지질 구조를 면밀히 검토하므로써 지진시 동시다발적으로 생길 수 있는 단층 현상, 퇴적물 이동 현상 등도 고려하여야 한다.

### 3.8 해양 생물

해양 구조물에는 시간이 흐르면 고착성 해양 생물이 달라붙어 자라게 된다. 이 해양 생물의 두께가 2-3센티미터씩 되어감에 따라 파도나 해류의 힘을 받는 구조물 각 부재의 투영 면적과 부피가 급격히 늘어나게 된다. 또한 각 부재의 겉 표면을 더욱 거칠게 함으로써 드래그 효과(Drag Effect)를 크게 하며, 강재인 경우 국부적으로 부식 현상을 촉진시키기도 한다. 따라서 설계시 반드시 이 효과를 고려하여야 한다. 한편 고착성 해양 생물이 구조물 표면을 덮어 감에 따라 해양 구조물의 유지, 관리도 힘들어져 이를 일부분 제거할 필요성도 생길 수 있다.

### 3.9 기타 조건들

이 밖에 해양 강재 구조물의 부식과 해수 성질 등에 관련된 해수 밀도 및 염도, 해수 온도의 깊이에 따른 급격한 변화, 10미터에 1기압씩 증가하는 정수압 등은 설계시 기본적으로 고려하여야 할 자연 조건들이다. 또 해파나 해저지진, 빠른 퇴적 등으로 인해 발생할 수 있는 해저 지반의 불안정성, 지속적 해류나 해파에 의해 해양 구조물 기초 주위에 생길 수 있는 패임과 퇴적 현상(Scouring and Deposition) 등은 기초 설계시 반드시 짚고 넘어가야 할 사항들이다.

## 4. 설계 조건의 선택

설계 조건에 영향을 주는 것에는 크게 작업 조건과 환경 조건이 있다.

작업 조건을 고려할 때는 첫째로 그 구조물이 어떠한 목적을 위해 설치되는가를 생각해야 한다.

석유 시추용인가, 생산 및 조업용인가, 저장 시설인가, 주거용인가 아니면 물류 시설인가 등이다. 그 기능상의 목적 달성을 위해 대체적인 구조물의 크기, 면적, 높이 등이 결정되며 필요한 기자재, 레이아웃, 유동 하중 등의 작업 조건이 지정되게 된다.

환경 조건은 해양 구조물의 위치, 방향, 수심 등에 의하여 주어지는 파랑, 해류, 조석, 해저지질 등의 자연 조건이다. 이 환경 조건은 다시 보통 환경 조건과 극한 환경 조건으로 나눌 수 있다. 보통 환경 조건이란 해양 구조물의 수명기간동안 자주(1년에 한 번 정도) 맞닥뜨리게 되는 해상 상태이다. 따라서 이 때의 풍 하중, 파랑 하중, 해류, 조석 등의 외력이 동시에 한 방향으로 작용할 때 구조물이 충분히 탄성 한계 내에서 견딜 수 있도록 설계하는 것이 필요하다. 극한 환경조건이란 그 구조물의 수명 기간 동안 만날 가능성이 작은 환경 조건(100년에 한 번 정도)을 말하며 이 때의 외력 조건하에서는 구조물의 주요 부분만 충분히 견딜 수 있게끔 설계한다. 지진 하중은 별도의 환경 조건으로 파랑, 해류 등과 관계없이 독립된 조건하에서 고려하는 게 보통이다.

이 밖에 해양 구조물을 제작, 수송, 설치 할 때 생길 수 있는 임시 하중 조건도 설계에 지배적 요인으로 작용할 수 있으므로 반드시 검증해야 한다. 이 임시 하중 조건은 주 구조물의 형태를 바꾸기보다는 그 일부분을 보강함으로써 해결하는 것이 경제적이다.

## 5. 결 언

본고는 마지막으로 해양 구조물의 가장 최근 경향을 보여주는 아래 두 가지 경우를 간단히 살펴보고자 한다.

(1) 환경 친화적 해양 구조물(하이버니아 석유 생산 플랫폼)

캐나다 동해안 육지로부터 300킬로미터 떨어진 뉴펀들랜드 해역에 하이버니아 오일 필드가 있다. 이 곳 수심 80미터 해역에 1997년 여름 설치 완료 될 하이버니아 플랫폼은 전형적인 콘크리트 중력식 해양 구조물이다. 유빙과의 충돌을 막아내기 위해 지름 106미터인 외형은 톱니바퀴 모양으로 둘러싸여져 있고 하부 콘크리트 구조는 상부 모듈을 지지해 줄뿐만 아니라 생산된 석유를 백만 배럴 이상 저장할 수 있는 시설로도 이용된다. 상부의 시추, 생산, 유틸리티 설비를 운용하기 위해 280 여명의 인원이 상주하게 되며 앞으로 약 19년간 석유를 생산하여 해저 파이프라인을 통해 해상에서 유조선에 바로 선적할 예정이다.

하이버니아 플랫폼의 가장 큰 특징은 설계 단계에서부터 환경 친화적인 조건, 즉 주위 환경과 인근 거주지 및 어업 등에 최소한으로 영향을 주도록 철저히 고려되었다는 점이다. 이를 위해 모든 환경 규제 조항을 엄격히 조사, 준수하였으며, 심지어 어떤 경우에는 정부의 규제 조항보다 한 걸음 더 나아간 기준을 적용하기도 했다. 환경 기준은 먼저 프로젝트에 영향을 주는 환경 효과(Physical Environment)와 환경에 영향을 주는 프로젝트 효과(Biological Environment)로 대별되었다. 설계 단계에서부터 환경 및 품질, 안전 전문가로 이루어진 팀이 구성되어 프로젝트 각 단계별로 필요한 사항을 해당 부문에서 반드시 이행토록 감시, 조치하였으며, 구조 해석 기술을 적용한 환경 검토 기법이 개발되어 플랫폼 설계가 해양 폐기물 처리 규제 조항에 부합하도록 하였다.

또 시공과 설치시 일어나는 준설, 폭파, 투기 등으로 인해 해양 조류(鳥類)의 생태계나 주변 해역의 고래 등에 대한 영향이 최소화되고, 수질과 해변, 해저 퇴적물에 나쁜 영향이 없도록 미리 실험이나 모니터링을 하여 예방 조치가 취해졌다. 상기한 모든 조치의 관리는 ESQA (Environment, Safety and Quality Assurance) 시스템에 의해 이루어졌으며, 이 시스템에 합격한 업자만이 하이버니아 프로젝트

에 참여할 수 있었다. 이 조치에는 석유 생산에 본격적으로 들어가기전 환경에 대한 전반적인 조사를 실시하고 석유 생산 시작 후 정기적으로 환경 조사를 계속 실시하여 오염도의 변화 추이를 모니터링 하는 것도 포함되어 있다.

## (2) 바다 위에 떠 있는 섬 (메가 플리트)

현재 일본에서는 17개 철강 회사와 선박 건조 회사로 이루어진 기술 연구 조합이 결성되어 '메가 플리트' 사업을 활발하게 추진하고 있다. '메가 플리트'란 바다 위에 떠 있는 대형 철재 부유 구조물을 일컫는 말로서, 흙과 바위를 쏟아 부어 건설하는 대형 인공섬을 대신할 수 있는 차세대 해양 구조물이다. 이미 1단계 모형인 길이 300미터, 폭 60미터, 높이 2미터의 바다 구조물이 완성되어 현재 구조물의 균열과 부식을 계속 측정 중에 있다한다. 이 대형 플랫폼은 만과 같은 폐쇄된 지역에 설치되고, 외해 쪽으로는 방파제를 건설하여 큰 파도를 막게된다. 또한, 플랫폼의 안정성 확보를 위해 바다 밑바닥 해저에 말뚝을 박고 여기에 강선을 연결하여 부채를 붙들어 매게된다. 이렇게 만들어진 떠 있는 섬은 매립을 통해 인공섬을 만드는 것보다 비용이 30%나 절감되고, 깊은 바다에도 세울 수 있으며, 지진이나 매립된 흙의 성질 등에 상부 시설이 큰 영향을 받지 않는 등 매우 혁신적인 해양 구조물로 각광받고 있다. 일본에서는 1단계 모형이 성공적으로 판단되었을 경우 길이 1킬로미터, 폭이 80미터인 대형 플랫폼을 제작, 장차 해상 공항이나 해상 공장, 해상 도시 등으로 쓸 수 있도록 할 방침이다.

우리나라도 한국 기계 연구원 주관으로 원자력 연구소, 해양 연구소 등과 해상 플랜트 관련 기술 개발 경험을 갖고 있는 기업들이 총체적으로 참여하여 해양 공간 이용 대형 복합 플랜트 개발 사업을 추진하고 있다. 1998년까지의 1단계 사업으로 해상 폐기물 처리 공장을 세우고, 2000년까지 2단계로 해상 가스터빈 발전소(50MW급)와 담수화 공장을 건설하며, 2003년까지는 남, 서해 중 적절한 해상에 500MW급 원자력 발전소도 짓겠다는 야심찬 구상이다.

## •참고 문헌

- (1) 한국 과학 기술원, "해저 석유 개발을 위한 Offshore Platform 설계 기술 개발", 제1권 서론 및 제반 하중, 1985.
- (2) American Petroleum Institute, "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design", API RP2A Twentieth Edition, 1993.
- (3) Project Management Institute, "PM Network", August, 1996.
- (4) Turgut Sarpkaya and Michael Isaacson, "Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures", VNR, 1981.
- (5) S. K. Chakrabarti, "Hydrodynamics of Offshore Structures", Computational Mechanics Publications, 1987.