

# 해양플랜트 공학 입문

서유택

# 해양플랜트 구조설계의 특징

- 일반화되고 규격화된 설계를 정의하기가 어려움
  - 상선의 경우 화물을 적재하고 목적지까지 운송하는 공통적 특성을 가지는 반면 해양플랜트의 경우 다양한 기능을 수행하기 위한 설비와 형태를 가지기 때문에.
  - 100년 이상 건조된 선박에 비해 해양플랜트는 50-60여년 정도의 비교적 짧은 역사를 가지고 지속적으로 혁신적인 설계 개념이 도출됨.
  - 상선은 규칙기반 설계(Design by rule)가 보편적이거나 해양플랜트는 해석기반 설계(Design by analysis)가 일반적.
- 선박은 항로를 변경할 수 있으나 해양플랜트는 작업 위치에 고정되어야 하고 사고 발생시 미치는 피해가 매우 크므로 설계하중의 크기도 크고 조건도 보수적으로 엄격함.

# 해양플랜트 구조설계 일반적 절차

- 구조물 설계조건 설정
  - 시설 목적과 기능
  - 자연환경, 입지조건 및 가동조건 검토
  - 설계기준 검토
- 설계하중 계산
  - 환경 하중
  - 적재 하중 및 가동하중
  - 조합하중
- 구조계산
  - 전산구조해석
  - 좌굴/피로강도 검토
  - 재치수 결정
- 안전성검토
  - 전복, 지반침하, 복원 성능, 돌발 사고
- 건조계획 수립
  - 건조공정 결정
  - 건조 소요시간 계산
  - 건조비 산정
- 도면 작성 및 구조물 건조 착수

# 설계 하중

- 적재하중

- 사하중 (dead load)

- 구조물 자체 중량 및 배관, 데크, 상부설비, 크레인, 헬리덱 등 영구적인 장치 및 구조부재의 무게 합

- 활하중 (live load)

- 크레인의 작동, 시추장비의 가동, 헬리콥터의 착륙 등 상황에 따라서 가변적인 하중 정확히 구하기가 어려운 경우 계수를 이용하여 사하중에 곱하여 결정한다.

- 환경하중

- 파도, 바람, 조류, 지진 등 해양환경에 의한 하중

- 해양플랜트는 육상과 달리 해상에 위치하여 끊임없이 기후의 영향을 받으며, 폭풍 등 극단적인 하중도 고려하여야 함.

- 바람, 파도, 해류는 구조물에 작용하는 가장 중요한 하중.

# 풍하중 (Wind loads)

- 해양구조물에 가장 큰 영향을 미치는 것은 지속적으로 계속 영향을 미치는 풍하중과 파랑하중임.
- 풍하중은 데크, 장비, 설비, 거주공간 등 해수면 위의 모든 부분에 영향을 미침.
  - 부재면의 형태에 따라 작용하는 풍하중이 달라짐
  - 최대풍속 및 순간최대풍속에 대한 고려가 필요.
  - 난류유동에 의한 풍하중 고려가 필요 (난류유동시 마찰과 열전달이 증가)
- 특히 극단적인 풍속과 파고를 유발하는 폭풍에 대한 고려가 중요.
- 초기 해양구조물은 25년에 한번 발생할 확률의 대형 폭풍을 기준으로 설계되었으나, 1964년 100년에 한번 발생할 확률 규모의 허리케인 Hilda가 플랫폼 13기를 파괴하고, 1965년 Betsy가 추가로 3기를 파괴함에 따라 설계대상 폭풍고려기간이 100년으로 상승하게 됨.

# 파랑하중 (Wave loads)

- 풍하중과 더불어 가장 중요한 설계하중 중 하나.
- 파력은 부유체에 6자 운동을 유발함.
- 풍하중과 마찬가지로 100년 재현기간 중 최악의 폭풍조건을 기준으로 설계.
- 수심 200m 근처의 경우 파력의 영향력이 해저에 도달하여 해저침전물의 이동이 유발될 수 있음.
- 해양파 이론(wave theory)에 따라 파의 분포를 예측 연산하여 파력에 대한 평가를 수행해야 함.

해수면에서 해수의 불규칙적, 연속적인 수평 및 수직 움직임을 파랑이라고 하며 이는 수면상 바람의 항력에 의해서 발생.

파고, 주기, 파속의 정의 및 연산 필요.

여러가지 파 이론이 있음. (관심 있는 학생은 3학년 해양파 수업 들으세요)

# Hydrodynamic stability of cylindrical structure

## Approaches:

- Address stability analysis of cylindrical structure on the seabed under hydrodynamic loads (wave and current)
- Provides guidelines for pipeline stabilization using concrete coating
- It does not address alternative methods such as pre- or post-trenching techniques, mattress covers, etc.
- Stability is checked for the installation case using the 1-year return period condition and for lifetime using the 100-year storm.

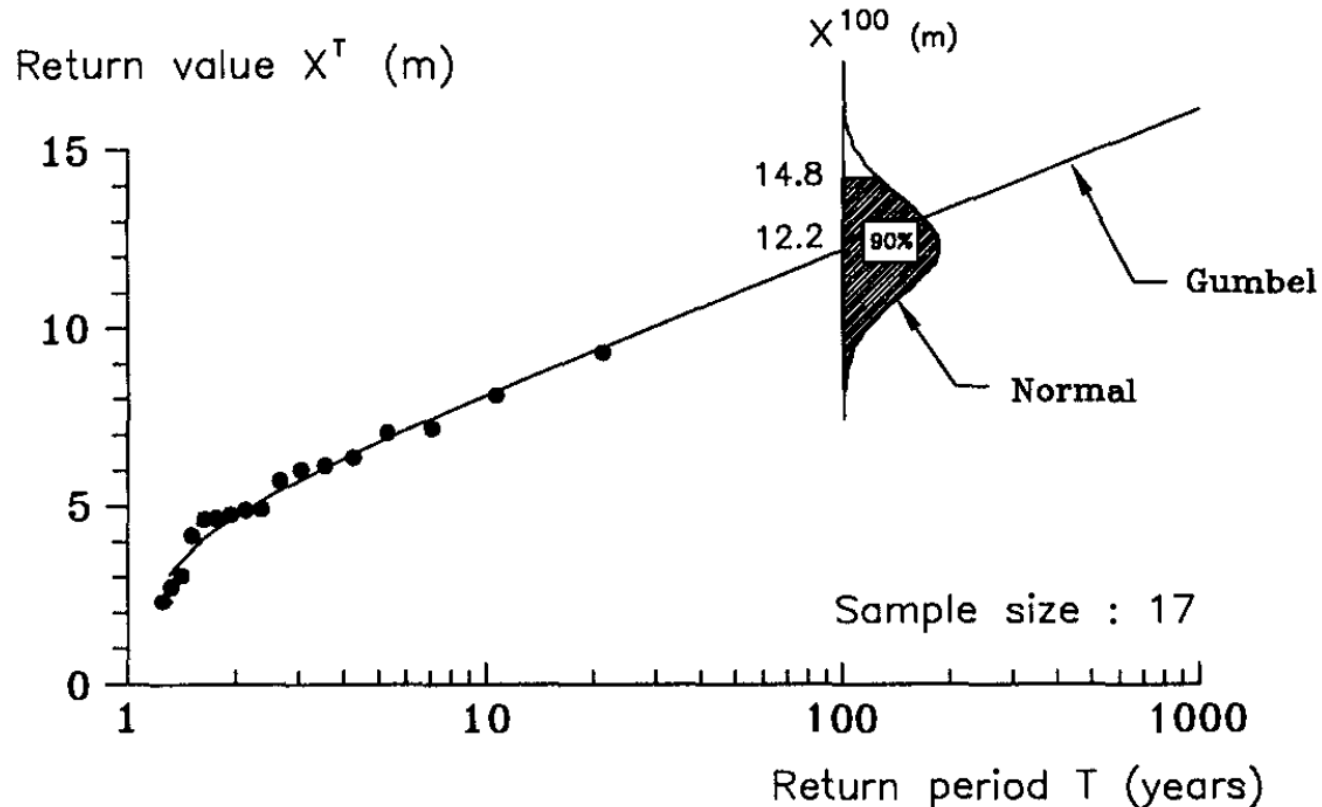
# Analysis procedure

- Step 1: Collect or define environmental criterion
  - : Water depth, wave spectrum, current characteristics, soil properties, seabed condition
- Step 2: Determine hydrodynamic coefficients
  - : Drag ( $C_D$ ), lift ( $C_L$ ), and inertia ( $C_I$ ).
  - : adjusted for  $Re$ ,  $Kc$ , ratio of wave to steady current, embedment
- Step 3: Calculate hydrodynamic forces
  - : Drag ( $F_D$ ), lift ( $F_L$ ), and inertia ( $F_I$ ).
- Step 4: Perform static force balance at time step increments and assess stability and calculate the desired weight of structure



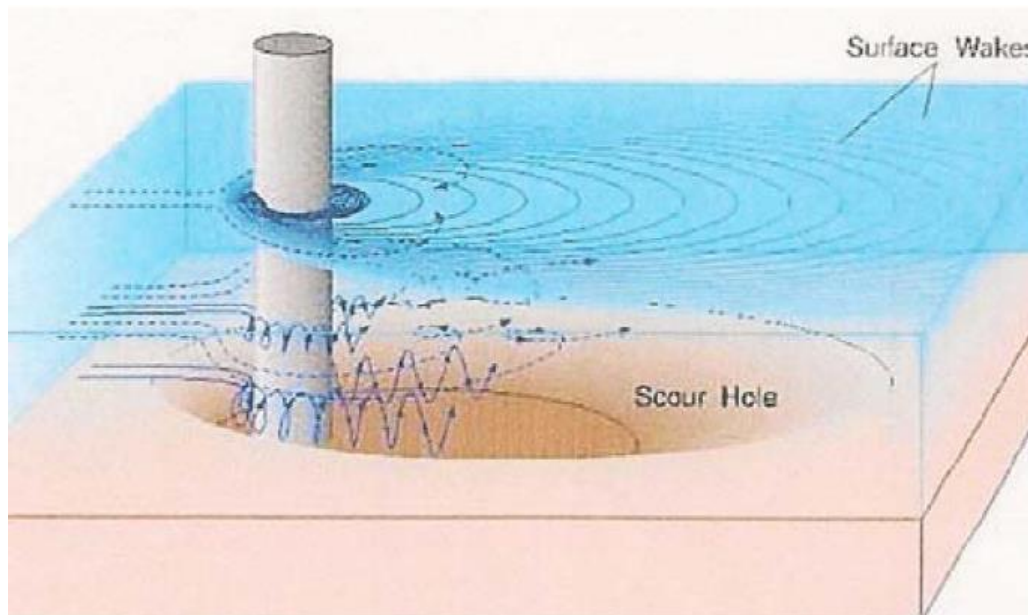
# The selection of design wave

- Wave data consist of 17 most severe storms in a period of 20 years for a deep water location. (Gumbel distribution)
- If the design level for the design wave height is a return period of 100 years, i.e.  $T=100$ , the design wave height is  $x^{100} = 12.2$  m, which means that on average this 12.2 m design wave height will be exceeded once in every 100 years.



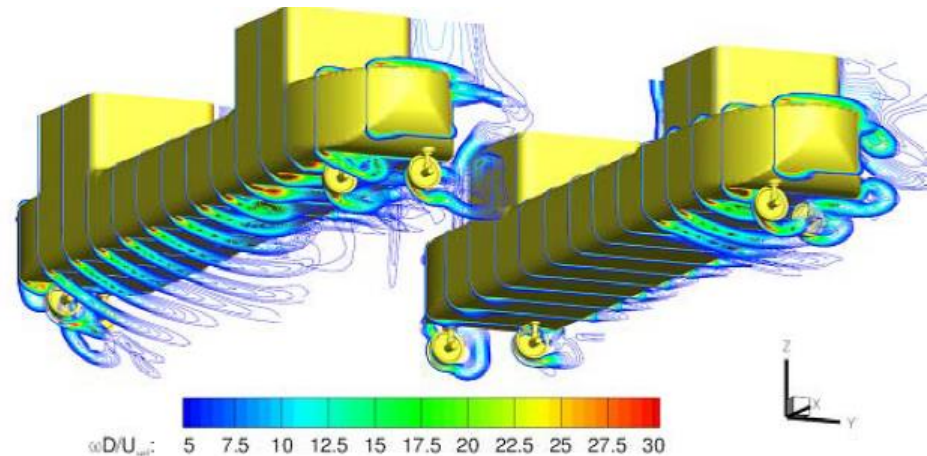
# Scour at the seabed

- Local scour = erosion of seabed material at a single foundation  
It causes complex vortex pattern and currents



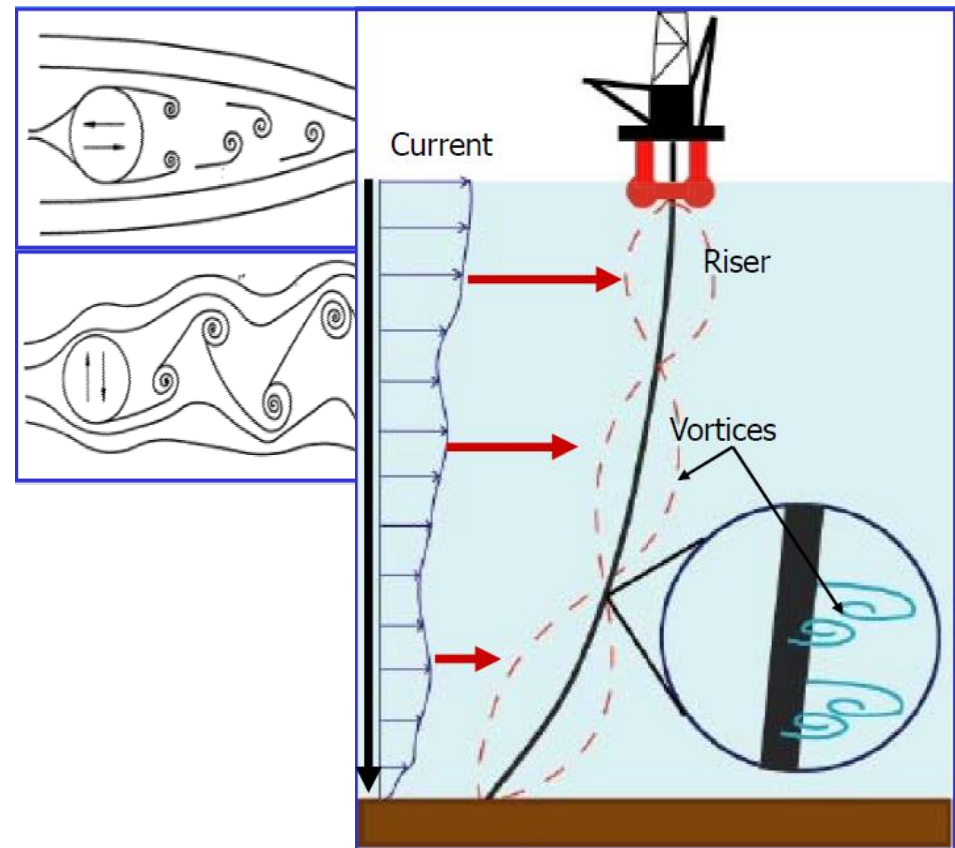
# 해류하중(Currents loads)

- 해류는 구조물의 수평하중을 유발하는 주요인자이며 베르누이 효과로 인하여 배관의 진동을 유발.
- 가장 큰 영향을 미치는 것은 천체의 힘에 의한 조류 및 바람에 의한 취송류.
- 조류는 해당 해역 및 그 부분의 실측치 및 추산치를 근거로 구함.



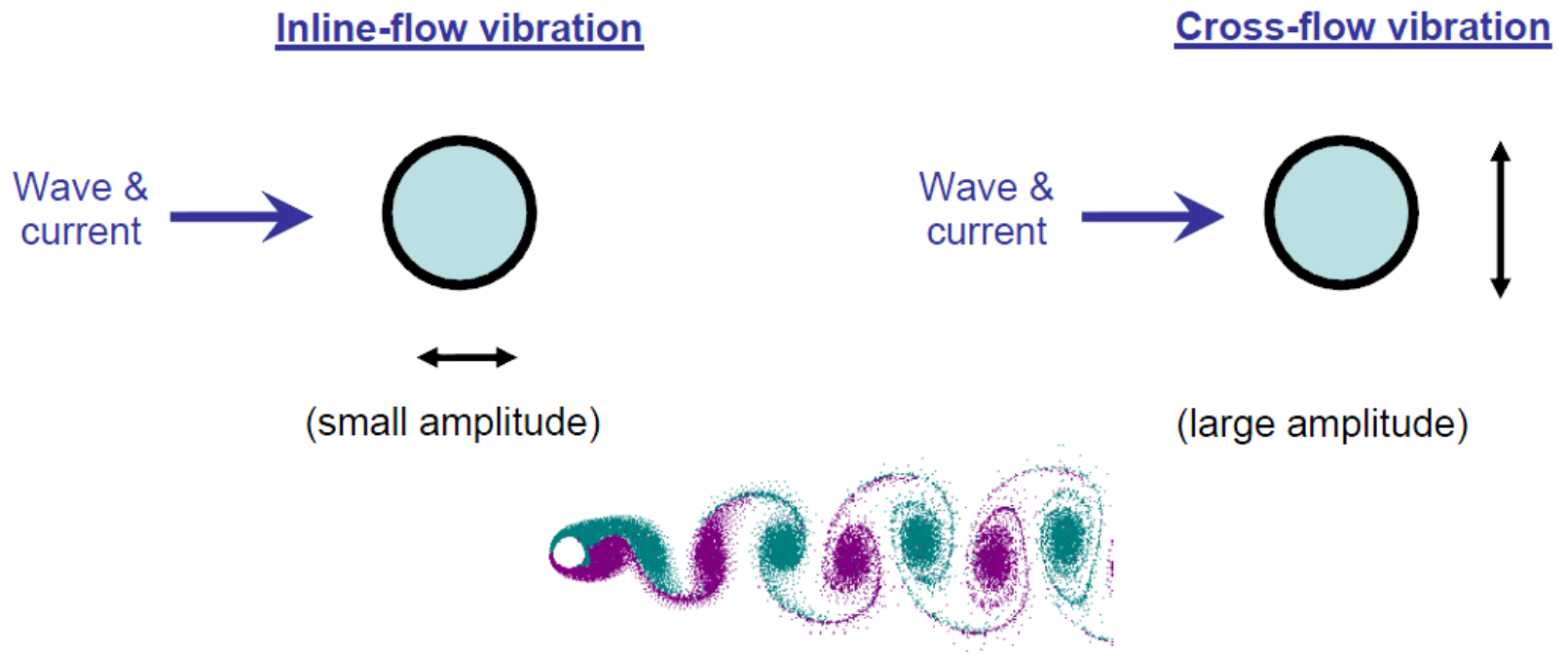
# Effects of currents – Pipelines & Risers

- Vortex shedding is an unsteady flow that takes place in special flow velocities (according to the size and shape of the cylindrical body). In this flow, vortices are created at the back of the body and detach periodically from either side of the body.
- Vortex shedding is caused when a fluid flows past a blunt object. The fluid flow past the object creates alternating low-pressure vortices on the downstream side of the object. The object will tend to move toward the low-pressure zone.



Vortex induced Vibration (VIV)

- Vortex induced Vibration (VIV) or vortex shedding induced oscillations



# VIV Suppression: Strakes/Fairings

## 1. Strakes

: Typically polyurethane, fibreglass or plastic

## 2. Fairings

: Typically fibreglass or plastic



# Model Testing

- Model testing is carried out in wave basins that are designed to simulate operating conditions of surface facilities. Results are filmed and recorded and compared against theoretical hydrodynamic models



# 기타

- 빙하중

조류 등으로 인하여 빙산이 해양구조물 또는 해저배관에 충돌할 수 있는 극지방에서 고려되어야 하는 하중

- 해양생물(Marine Growth)

패류 및 해조류 등의 해양생물이 바다에 잠긴 구조물에 부착되면서 발행하는 문제

통상적으로 해양 생물이 부착되면 구조물의 표면구조가 변화하여 저항이 증가하거나 파랑하중을 변화시키는 등의 문제가 발생.

생물체를 통하여 촉진되는 부식 메커니즘이 존재하여 부식 문제도 발생.





# Offshore Structures Guidelines and Standards

- DNV-OSS-101 Rules for Classification of Offshore Drilling and Support Units
- DNV-OSS-102 Rules for Classification of Floating Production, Storage and Loading Units
- DNV-OSS-103 Rules for Classification of LNG/LPG Floating Production and Storage Units or Installations
- DNV-OSS-121 Classification Based on Performance Criteria Determined by Risk Assessment Methodology
- DNV – OSS-201 Structural Design Method for Offshore Structures 2012
- API RP 2A – Recommended Practice for designing fixed structures



Thank you!