

# 불규칙파중 다점계류중인 부유식 해양구조물의 계류력 및 운동응답특성 추정

† 김 옥석 · 오 우준\* · 김 도정\*\* · 이 경우\*\*\*

† 목포해양대학교 조선해양공학과 연구원, \*한국조선기자재연구연구원 연구원,  
\*\*한국조선기자재연구원 전남분원장, \*\*\*\*목포해양대학교 조선해양공학과 교수

**요 약 :** 본 연구는 선형이론에 기반한 상용코드를 이용하여 불규칙파중에서 다점계류중인 해양구조물의 계류력과 운동응답특성을 추정하였다. 경험적인 실험에 의존했던 방법의 병행하여 해를 갖을 필요성을 인식하지만 초기설계단계에서 계류력의 추정과 설치해역의 자연환경조건에서 해양구조물의 생명주기에 대한 추정을 하는 것은 충분한 의미를 가질 수 있다. 설치해역은 연안해역의 환경조건을 적용하였으며 해석대상은 길이 200미터, 폭 30미터 높이 10미터의 강구조물에 대해서 선정하였다. 해석결과 대형구조물의 운동응답은 계류삭과 현수선의 의존도가 높게 나타났다. 불규칙 파랑하중에 대한 중형강도에 대한 추가연구가 필요하다.

**핵심용어 :** 부유식 해양구조물, 불규칙파, 다점계류, 계류력, 운동응답특성, 파랑하중



2012년 추계학술대회, 대전(27<sup>th</sup>, Oct)

## 불규칙파중 다점계류중인 부유식 해양구조물의 계류력 및 운동응답특성 추정

Prediction on Mooring forces & Motion response Characteristic of a Multi-moored Floating Structure in Irregular waves

† 김 옥석, 오 우준\*, 김 도정\*\*, 이 경우\*\*\*

Ok-Sok, Gim<sup>†</sup> · Woo-Jun, Oh\* · Do-Jung, Kim\*\* · Gyoung-Woo, Lee\*\*\*

Mokpo National Maritime University

- <sup>†</sup> Docent, Dept. of Naval Architecture and Ocean Eng., MMU. [domingo@mmu.ac.kr](mailto:domingo@mmu.ac.kr)
- \* Researcher, KOMERI., Jeollanam-do Branch Office.
- \*\* Director, KOMERI., Jeollanam-do Branch Office.
- \*\*\* Prof. Dept. of Naval Architecture and Ocean Eng., MMU.

### Introduction & Background (Floating marine structure)

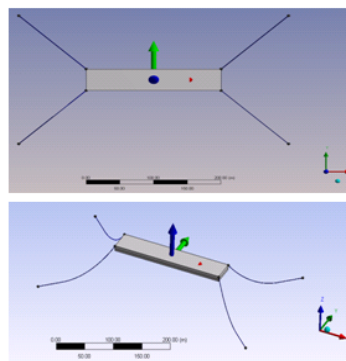
Classification	Description
Dimension	200x29x10m <sup>3</sup>
Freeboard	Upto 2.5m, adjustable
Weight	44,000 Ton
Material	Reinforced Concrete
Lifespan	50-year
Duration	May, '04 -May, '09
Mooring	6-points moored
Keep in place	4-Nelson's Column
Position	Within 100m by a combination of GPS & shore-based Total Stations
Draft	Rise and fall with the 3m tidal range
Cost	£150m
Yard	Inchgreen Dry Dock, Greenock



### Contents

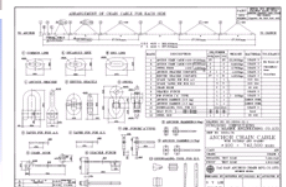
- I. 서론**
  - 1. 연구의 필요성
  - 2. 관련연구
  - 3. 연구 목적 및 제한점
- II. 본론**
  - 1. 모델 · 계류 및 매쉬
  - 2. 유체 정역학 분석
  - 3. 환경 및 경계조건
- III. 결과 및 토론 (DIS)**
  - 1. 구조물의 운동응답특성
  - 2. 계류력 추정
  - 3. 파력 추정
- IV. 결론 [후기]**
  - 1. 결론
  - 2. 제언 및 후속연구
  - 3. 후기
- V. 참고문헌**

### Model (Mooring line & Cable lay)



### Mooring Chain

Classification	Description
Length	160 m
Mass/unit length	150 kg/m
Stiffness, EA	600,000,000 N
Max. Tension	7,500,000 N
Equivalent Diameter	0.01 m
Longitudinal Drag Coefficient	0.025



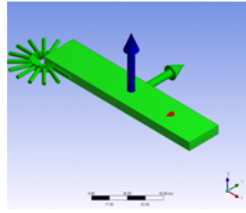
L=3D+145 or, L=5D (항만 및 어항 설계기준 부잔교 계류시설),

† 교신저자 정희원) [domingo@mmu.ac.kr](mailto:domingo@mmu.ac.kr)  
\* 정희원 [wjoh@komeri.re.kr](mailto:wjoh@komeri.re.kr)

\*\* 정희원 [djkim@komeri.re.kr](mailto:djkim@komeri.re.kr)  
\*\*\* 종신회원 [kwlee@mmu.ac.kr](mailto:kwlee@mmu.ac.kr)

## Environment & Boundary Condition

Classification	Description
Water Depth	50 m
Regular wave	Wavy wave
- Direction	180°, 135°, 90°
-	-
Irregular wave	Pierson-Moskowitz
- Direction of spectrum	180°, 135°, 90°
- Direction(x)	22.5° × 18°
- Seed	10001
- Frequency	0.1-3 rad/s
- Wave height(H <sub>1/2</sub> )	1.76 m
- Period	10 s



정적하중  
6-DOF  
동적하중  
계류장력  
부류력

## Hydrodynamic forces

Hydrodynamic forces on unit length of the element can be calculated using Morison equation

$$F = -\rho\Omega\dot{a}_w + \rho C_a\Omega a_w - \rho C_d\Omega\dot{X}^2 + \frac{1}{2}\rho C_d D|V|$$

- $C_a$  and  $C_d$  are the added mass and drag coefficients of the element;
- $\Omega$  is the volume of the element (per unit length)
- $D$  is the element diameter,
- $V$  is the relative velocity,
- $\lambda$  is the wave length.

Froude-Krylov force      Wave inertia force      Radiation force      Drag force

## Wave Theory

분류	특성	대상파고 및 수심	대상구조물
Airy파	선형파 이론 사인파 형태이며 질량수송이 없음	파고에 비해 수심이 깊은 파	선체나 대형구조물
Stokes파	유한진폭 회전성 심해파 파동(좌측) 파저(평탄)	파고에 비해 수심이 깊은 파	Jetty와 같은 Frame형 구조물
Stream파	수치해석을 통해 고려한 해를 구함	광범위의 파에 적용	광범위 구조물에 적용
Conoidal파	수심이 낮아 상기는 해저면 효과 과가 고려됨, 원뿔형	파고에 비해 수심이 낮은 파	해안 구조물
Solitary파	파정이 독자적으로 진행하는 파 파정이 무한대인 파	파고에 비해 수심이 낮은 파	해안 구조물

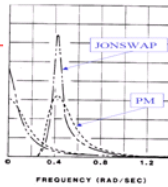
9/47

## Fluid Forces on Floating Structures

- ✓ **파고제력 (wave exciting force)**: Froude-Krylov 힘 (입사파의 파력을 물체표면에서 적분해 얻은 힘) + 산란력(diffraction force, 입사파의 산란에 의해 생기는 압력변화를 물체표면에서 적분해 얻은 힘)
- ✓ **방사력 (radiation force)**: 정수중에서 부유체가 동요할 때는 물체 주변의 유체도 그와 함께 운동을 한다. 이 유체유동에 기인한 힘을 방사력이라고 하는데, 물체주위 유체에 의한 부가질량(added mass)에 의한 **관성력**과 **조파감쇠력**(wave damping)의 합
- ✓ **점성감쇠력 (viscous damping force)**: 유체의 점성에 기인하며 유체와 물체의 상대속도의 제곱에 비례하는 힘
- ✓ **파표류력 (wave drift force)**: 일반적으로 고차의 힘으로서 계류력을 산정할 때는 꼭 고려해야 한다.
- ✓ **부력에 의한 복원력 (buoyance force)**: 부력에 의한 복원력으로서 수평운동이 아닌 경우에는 항상 작용하게 된다. 이외에도 유체력은 아니지만 계류장치에 의한 복원력이 물체에 작용한다.

## Irregular

- ◆ **해양파**: 규칙파의 중첩에 의한 불규칙파
- 유의파(Significant Wave)와 Wave Spectrum으로 분류
- ◆ 각 파도가 소유한 **총 에너지**: 파랑 주파수에 따른 분포 곡선
- P-M Spectrum, ISSC Spectrum, Jonswap Spectrum 등

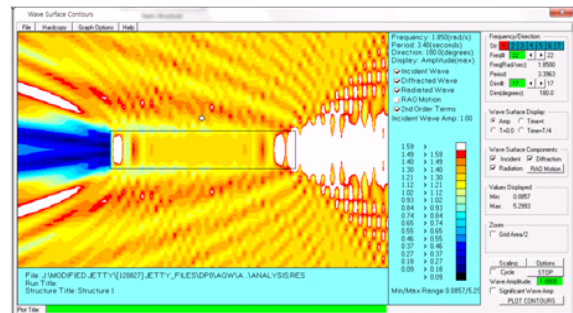


### 표준 파 스펙트럼

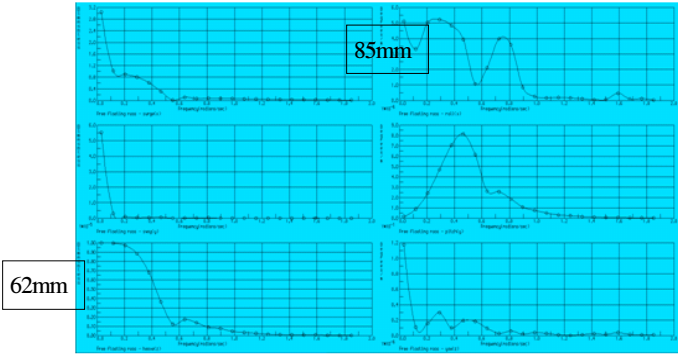
분류	Pierson-Moskowitz	ISSC (International Ship Structure Congress)	Jonswap (Joint North Sea Wave Project)
특성	Fully Developed Sea 상태의 스펙트럼 해면 상 19.5m의 풍속만으로 결정되는 스펙트럼	PM스펙트럼을 수정하여 유의파고와 평균주기를 입력하여 형성되는 스펙트럼	영국 북해에서 얻어진 스펙트럼으로부터 다 날카로운 Peak를 가짐
스펙트럼			

10/47

## Result (Wave pattern α=180)



**Result (6-DOF,  $\chi = 180$ )**



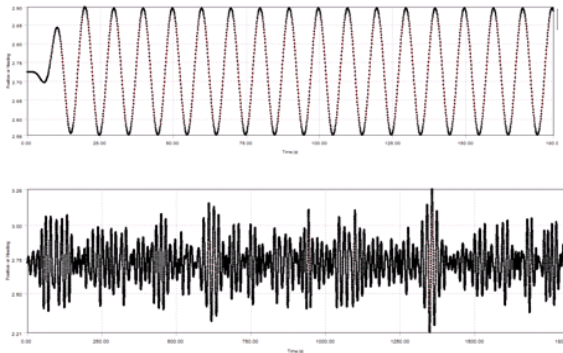
**Conclusion & Hereafter**

본 기초연구에서는 다방향 불규칙 파중에 4점계류중인 제티 (jetty)형 부유식 해양구조물의 운동응답특성과 계류력 추정을 통해 연안 해양환경에서 안정성과 계류방식의 적절성을 추정하여 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

- ❖ 계류체인의 허용 인장강도에 대한 부유식 구조물의 운동은 계류체인의 허용한계 범위 내에 있어 안정성을 확인하였다.
- ❖ 부유식 구조물과 현수선의 운동응답특성은 전후동요와 중동요 응답이 주파수 대역 별로 차이가 발생하였다.

향후 계류력에 대한 다점 계류방식의 변경 및 파압이 구조물에 미치는 강도에 대한 평가를 추가하여 동적외력이 구조물의 안정성과 관계를 알아보고자 한다.

**Result (Actual response  $\chi = 180$ )**



**Result (Cable tension  $\chi = 180$ )**

