

# 구속모형시험을 통한 예선의 조종성능 추정 및 실선시운전결과 비교

† 윤 근항 · 여 동진\* · 김 연규\*\*

† 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 연구원, \*선임연구원, \*\*책임연구원

**요 약** : 예선과 부선으로 이루어진 예부선의 예인 운항 상태에 대한 수학모델을 개발하기 위하여, 먼저 예선에 대한 수학모델을 개발하였다. 이를 위하여 예선모형을 이용하여 4자유도의 수학모델에 대한 구속모형시험을 수행하였고, 그 결과를 이용하여 선회, 지그재그 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 예선실선에 대한 예선시운전 실험을 통하여 선회, 지그재그 결과를 얻고, 이를 시뮬레이션 결과와 비교하여 예선의 수학모델을 검증하였다.

**핵심용어** : 예선, 예부선, 조종성능, 구속모형시험, 실선시운전

2010 한국해양학술대회 추계학술대회

### Contents

- 1 연구 배경 및 목표
- 2 연구 내용 1 - 구속모형시험
- 3 연구 내용 2 - 실선시운전
- 4 결론 및 향후계획

KORDI

2010 한국해양학술대회 추계학술대회

### 연구 목표

- ◆ 예부선 운항 수학모형 및 시뮬레이션 기법
  - 예선, 부선, 예인줄 통합 시뮬레이션
- ◆ 예선 운항 상태에 대한 동역학 모델링
  - 예선 동역학 모델링(4자유도)
  - 예선 단독 모델에 대한 동역학 식별
    - CPMC 구속모형시험, 실선 시운전

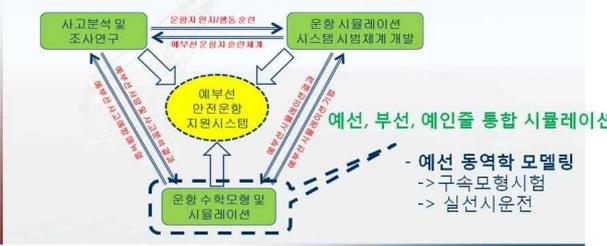


KORDI

2010 한국해양학술대회 추계학술대회

### 연구 배경

- ◆ 예부선 사고분석 및 예방을 위한 시뮬레이션기법 개발
  - 예부선 사고분석 및 조사연구
  - 예부선 운항 수학모형 및 시뮬레이션 기법
  - 예부선 운항 시뮬레이션 시스템 시범체계 개발



KORDI

2010 한국해양학술대회 추계학술대회

### 대상 예선 선형자료

- ◆ 예선 선형 자료
  - Twin propeller, Twin Rudder



주요목	값
LOA(m)	25.8
LPP(m)	23.5
B(m)	6.0
D(m)	2.7
T <sub>mean</sub> (m)	1.9
Δ(Ton, Full)	152.026
LCG(m)	-2.101
KG(m)	1.919
CB	0.5536
Propeller	4-blade
Pitch ratio	0.5797
Speed(knots)	10.0

KORDI

† 교신저자 정희원) gnangi@moeri.re.kr

\*, \*\* 정희원 lonepier@moeri.re.kr, ygkim@moeri.re.kr

## 예선 수학모형

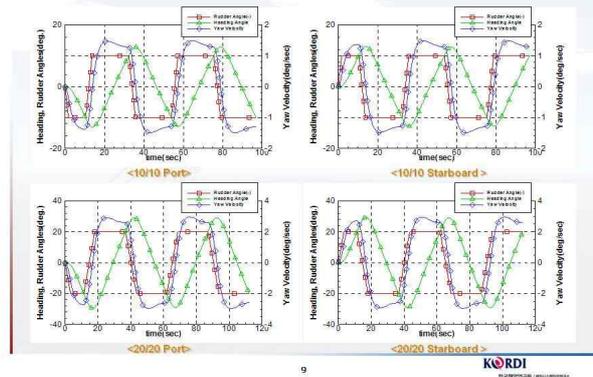
### ◆ 예선 : 4자유도(횡동요 포함) 운동 방정식

$$\begin{aligned}
 m(\ddot{u} - \dot{v}r - x_G \dot{r}^2 + z_G \dot{r}^2) &= X_B + X_R + X_P \\
 m(\ddot{v} + \dot{u}r + x_G \dot{r}^2 - z_G \dot{r}^2) &= Y_B + Y_R + Y_P \\
 I_x \ddot{r} + m x_G (\dot{v} + \dot{u}r) &= N_B + N_R + N_P \\
 I_{zz} \dot{v} - m x_G (\dot{v} + \dot{u}r) &= K_B + K_R + K_P \\
 X_B &= X_{\dot{u}} \dot{u} + X_{uv} uv + X_{v\dot{v}} \dot{v} + X_{v\dot{r}} \dot{r}^2 + X(u) & K_B &= K_{\dot{v}} \dot{v} + K_{\dot{r}} \dot{r} + K_{\phi} \phi - Y_B z_B - WGM\phi \\
 X_P &= (1-t_B) m \dot{v}^2 D_{\dot{v}}^A K_{F_B} (J_{F_B}) + (1-t_L) m \dot{L}^2 D_{\dot{L}}^A K_{F_L} (J_{F_L}) & Q_B &= -2 + t_{\dot{v}} \dot{v} - \rho n^2 D_{\dot{v}}^2 K_{Q_B} (J_{F_P}) \\
 X_R &= -(1-t_R) F_{R\dot{v}} \sin \delta_R - (1-t_L) F_{R\dot{L}} \sin \delta_L & K_R &= (z_R + a_{R\dot{v}} \dot{v}) (F_{R\dot{v}} + F_{R\dot{L}}) \cos \delta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_B &= Y_{\dot{v}} \dot{v} + Y_{\dot{r}} \dot{r} + Y_{\dot{L}} \dot{L} + Y_{\dot{r}\dot{L}} \dot{r}\dot{L} + Y_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} + Y_{\dot{v}\dot{r}} \dot{v}\dot{r} + Y_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} + Y_{\dot{v}\dot{r}\dot{L}} \dot{v}\dot{r}\dot{L} + Y_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} \\
 &\quad - \frac{\rho}{2} d C_{D0} \left[ \int_{-L/2}^{L/2} |v + C_{\dot{v}} r z| (v + C_{\dot{v}} r z) dx - L \dot{L} \dot{L} \right] \\
 Y_P &= 0 \\
 Y_R &= (1 + a_{R\dot{v}}) F_{R\dot{v}} \cos \delta_R + (1 + a_{R\dot{L}}) F_{R\dot{L}} \cos \delta_L \\
 N_B &= N_{\dot{v}} \dot{v} + N_{\dot{r}} \dot{r} + N_{\dot{L}} \dot{L} + N_{\dot{r}\dot{L}} \dot{r}\dot{L} + N_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} + N_{\dot{v}\dot{r}} \dot{v}\dot{r} + N_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} + N_{\dot{v}\dot{r}\dot{L}} \dot{v}\dot{r}\dot{L} + N_{\dot{v}\dot{L}} \dot{v}\dot{L} \\
 &\quad - \frac{\rho}{2} d C_{D0} \left[ \int_{-L/2}^{L/2} |v + C_{\dot{v}} r z| (v + C_{\dot{v}} r z) z dx \right] \\
 N_P &= 0 \\
 N_R &= (z_R + a_{R\dot{v}} \dot{v}) F_{R\dot{v}} \cos \delta_R + (z_R + a_{R\dot{L}} \dot{L}) F_{R\dot{L}} \cos \delta_L
 \end{aligned}$$

6

## 예선 CPMC 모형시험 결과 분석(zigzag)



9

## 예선 구속모형시험

### ◆ 모형 조건

- 축척비 : 9:1, 시험 속도 : 1.2 m/s (실선 7 knots)

### ◆ 시험 조건

- 간이 저항 및 자항 시험
- 4자유도 구속모형시험 (횡동요 포함)
  - 정적 시험, 동적 시험
- Bare Hull 시험 : Drift Test, Turning Test

모형선 및 밸러스팅

CPMC부착 및 실험 수행



7

## 예선 실선시운전 실험

### ◆ 대상 해역

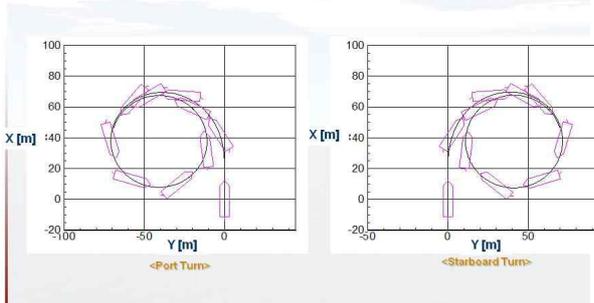
- 여수, 2010/07/08 ~ 10



10

## 예선 CPMC 모형시험 결과 분석(turning)

### ◆ 35deg Turn(7kts)



8

## 계측 장비 및 계측값

### ◆ 계측값

- 위치(dGPS), 속도(dGPS)
- 러더각, RPM
- 선수각 등



11

## 예선 시운전 시나리오

### ◆ Conventional Trials

- 환경 영향의 고려를 위해 진행 방향을 반대로 2회씩 수행
- Speed Test
  - Maximum speed (Fwd., Rev.)
  - Step Speed (Fwd., Rev.)
- Turning
  - Speed: 3, 5, 7 knots
  - Rudder angle: 5, 10, 20, 30, Max
    - 3knots: Rudder angle → Max.
    - 5knots: Rudder angle → 20, Max
- Zigzag
  - Speed: 3, 5, 7 knots
  - ±10/±10, ±20/±20
    - 3knots: ±20/±20

### ◆ 기타

- Counter propulsion test, Kicking test, modified zigzag 등

12

## 결론 및 향후 계획

### ◆ 결론

- 구속모형시험을 통한 예선의 조종성능 추정 및 수학모형 구축
- 예선 실선시운전을 통한 조종성능 확인 및 수학모델 검증
- 실선 시운전 조류보정 결과, 선회 결과 등 비교적 잘 맞음

### ◆ 향후 계획

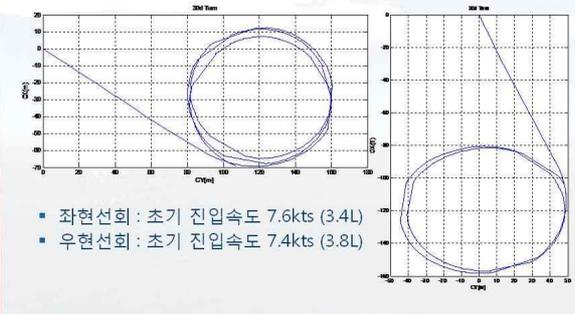
- 부선 단독 구속모형 시험 완료
- 예부선 통합 시뮬레이션을 위한 예인줄 모델링 진행 중
- 예부선 통합시운전 계획 중

→ 예부선 운항 상태에 대한 통합 시뮬레이션기법 개발

15

## 예선 시운전 결과

### ◆ 효동 99호 30도 선회시험 결과



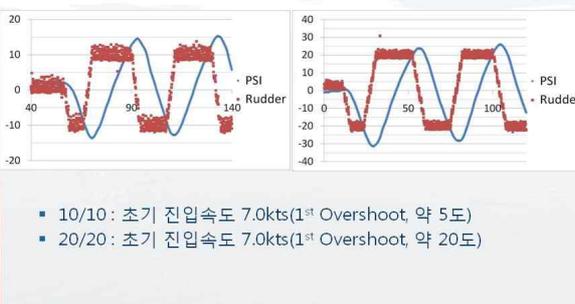
13

## 후 기

본 논문은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 수행한 “예부선의 사고분석 및 예방기술 개발(PES132D)” 과제에 대한 연구결과의 일부입니다.

## 예선 시운전 결과

### ◆ 효동 99호 10/10, 20/20 지그재그시험 결과



14