

# 연안 카페리선박의 고박안전성 평가 방법에 관한 연구

유용웅\* · 김승연\*\* · † 이윤석

\*한국해양대학교, \*\*목포해양대학교, † 한국해양대학교 선박운항과 교수

**요 약** : 국내 연안의 카페리선박의 고박안전성은 화물의 중량과 적재된 위치에서 발생할 수 있는 선체가속도를 기반으로 한 작용 외력과 고박장치의 고박력 비고를 통해 평가하고 있다. 국내 기준상의 선체가속도는 선박의 특성 및 항해조건의 반영이 없이 적용됨에 따라, 본 연구에서는 국내 연안 카페리선박의 선체가속도를 분석하고자 부산-제주를 통항하는 DWT 6,800톤급 선속 15.5 knots의 선박을 기준으로 선체의 4개 지점에서 총 12회의 가속도 계측을 수행하였고, 수치 시뮬레이션을 통하여 가속도 해석을 수행하였다. 가속도 비교 결과를 통하여 고박안전성 평가에 적용되어야 하는 가속도 적용 및 고박안전성 평가 방법에 대한 검토를 제시하고자 한다.

**핵심용어** : 연안 카페리, 선체가속도, 실선계측, 수치시뮬레이션, 화물고박

## 01 연구 배경 및 목적

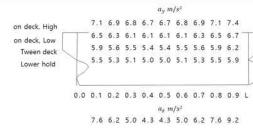
### 비표준화 화물 현황

- 선사별 자체 제작한 비표준화된 철재상자를 해상운송
- 정부는 선박안전법상 바닥면적이 7㎡ 이하이기 때문에 형식승인이 필요 없음
- 전용선기준을 획일적으로 적용함에 따라 선박 이동에 따른 화물물림현상을 막기 위하여 화물장내에 별도의 트윈스트 락, 스테커 등으로 고정하거나, 래싱로드, 또는 턴버클 등을 설치하도록 요구
- 국제항해에 종사하는 자동차운반선의 경우 차량간격을 앞뒤 400mm, 좌우 100mm, 이동간격 500mm 정도를 유지함에도 불구하고 국내의 경우 차량간 간격 600mm 이격, 차량과 화물간의 간격 600mm 이격하여 개별 고박 및 적재하고 있음에 불필요한 Broken Space 발생함에 따른 영업이익 감소 및 항천항해 시 화물간 간격 확대에 따른 가속도 증가로 인한 충격 확대 가능성 존재

## 02 연안 카페리 화물선 선체가속도 계측

### 화물적재고박 등에 관한 기준

### 선체가속도



※ 선박의 길이 : 100미터,  
운항속력 : 15노트, 선폭(B)/ 메타센터높이(GM) : 13이상  
항해구역 : 제한없음, 운항계절 : 제한없음, 항해기간 : 25일,

- 선박 제원에 따른 선체가속도 보정
  - 기준 가속도 ( $a_{x,y,z}$ )와 선속과 수선간장(LBP)에 따른 수정계수, B/GM에 따른 수정계수 보정
  - 화물적재고박 등에 관한 기준에서 기준가속도와 각 수정계수가 제시되어 있음
  - 예 on deck high 지점의 가속도 보정 :  $a_{x,y,z} \times 0.56 \times 1.40$ 
    - 선속 12knots, LBP 200 수정계수 : 0.56
    - B/GM 8 : 1.40

## 01 연구 배경 및 목적

### 연안 카페리 선박 화물 고박안전성 평가 기준 분석

- 국내 연안에서 조우 할 수 있는 선체 가속도 분석
  - 부산-제주 카페리 선박 (화물운송 전용, 여객 미탑승)에 대한 선체 가속도 실선 계측 및 수치해석 시뮬레이션 수행
  - 국내 연안 환경 및 카페리 선박을 고려한 가속도 평가
- 현행 고박 장치에 따른 고박안전성 평가
  - 현행 화물 별 고박 매뉴얼(장치 제한, 개수, 설치 위치 등)에 따른 고박안전성 평가
  - 국내 연안 환경 및 카페리 선박을 고려한 가속도 평가
- 국내 연안 카페리 선박을 위한 고박안전성 평가 기준 검토
  - 국내 연안 환경 및 카페리 선박을 고려한 가속도 기준 제안
  - 현행 고박 장치를 고려한 고박 기준 제안

## 02 연안 카페리 화물선 선체가속도 계측

### 성우 YJ호 가속도 계측

### 실선 계측 기간

Data			Weather Alert		Data			Weather Alert	
Date	Voyage		Advisory	Warning	Date	Voyage	Advisory	Warning	
Jan 22 ~ 23	Busan>Jeju				Mar 04 ~ 05	Busan>Jeju		⊙	
Jan 23 ~ 24	Jeju>Busan				Mar 05 ~ 06	Jeju>Busan			
Feb 21 ~ 22	Busan>Jeju		⊙		Mar 09 ~ 10	Busan>Jeju		⊙	
Feb 22 ~ 23	Jeju>Busan				Mar 10 ~ 11	Jeju>Busan		⊙	
Feb 24 ~ 25	Busan>Jeju				Mar 27 ~ 28	Busan>Jeju		⊙	
Feb 25 ~ 26	Jeju>Busan				Mar 28 ~ 29	Jeju>Busan			

### 실선 계측 기상 정보 (기상특보 중)

Date	Wave (H <sub>w</sub> )						
	Height (m)		Period (sec)		Direction(deg)		
	Range	Peak	Range	Peak	Range	Peak(Y/Z)	
02.21 ~ 22	0.7 ~ 1.2	1.7	4.8 ~ 6.4	5.8	120 ~ 180	150	158
03.04 ~ 05	1.0 ~ 2.0	2.0	4.0 ~ 6.7	6.7	310 ~ 355	337	337
03.09 ~ 10	1.0 ~ 2.8	2.1	4.6 ~ 8.0	7.8	060 ~ 180	178	156
03.10 ~ 11	1.0 ~ 2.5	2.5	4.0 ~ 7.4	7.2	270 ~ 120	019	087
03.27 ~ 28	1.1 ~ 2.6	1.9	3.8 ~ 8.0	4.6	300 ~ 060	301	338

† 교신저자 : 종신회원, lys@kmou.ac.kr  
\* 정회원, yyung@kmou.ac.kr

## 02

### 연안 카페리 화물선 선체가속도 계측

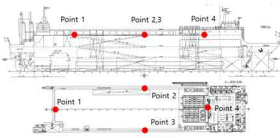
#### 성우 YJ호 가속도 계측

##### 대상 선박 선정

- 제주 입항 연안 카페리선박 선정
- 선속 : 15.5 knots, LBP 105.5m
- GM : 2m

##### 측정 위치

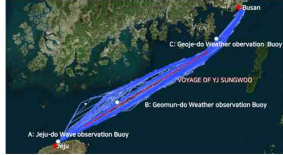
- 선체 측정 : 선수, 선미, 좌현, 우현 총 4개 지점



Item	Dimensions
Length overall, LOA [m]	114.54
Length between perpendiculars, LBP [m]	105.5
Breadth [m]	20.0
Draught at full load [m]	5.8055
Dead weight [ton]	6,830
Sea speed [knots]	18.5
Navigation speed [knots]	15.5

##### 가속도 계측 해역

- 부산-제주 통항 : 거제도, 거문도 인근 통항
- 계측 기간 : 12회 (기상특보 5회 발효)

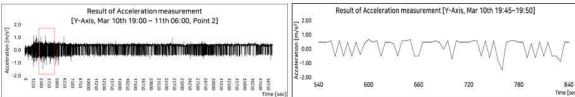


## 02

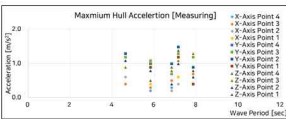
### 연안 카페리 화물선 선체가속도 계측

#### 실선 계측 결과

실선 계측 : 최대 가속도 계측 (3월 10일 19:00 ~ 11월 06:00 중 19시 48분 Y축 1.48m/s<sup>2</sup>)



#### 실선 계측 기상 정보 (기상특보 중)



- 기상특보 5회 중 기간별 최대 가속도

- X축 0.20 ~ 0.69m/s<sup>2</sup>
- Y축 0.69 ~ 1.47m/s<sup>2</sup>
- Z축 0.49 ~ 1.37m/s<sup>2</sup>

## 03

### 연안 카페리 화물선 선체가속도 해석

#### 선체 가속도 해석

##### 외력 입력 조건

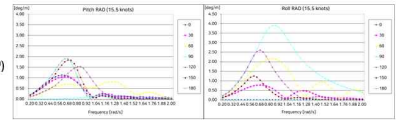
- 선속 : 대상선박의 일반 항해속력 15.5 knots 적용
- Wave frequency : 0.2~2.0 rad/sec(파 주기 3~30초)
- 파향 (선박 입사각) : 000~180°(30°)
- 파고 : 유의파고 1.7m, 2.0m, 2.5m(실선 계측과 비교)

Vessel Speed (knots)	Wave (H <sub>1/3</sub> )		
	Height (m)	Frequency (rad/sec)	Direction (deg)
15.5	1.7, 2.0, 2.5	0.20 ~ 2.0	000 ~ 180 (each 30)

##### RAO 해석

- 6자유도 운동에 대한 Response amplitude operator 해석 수행

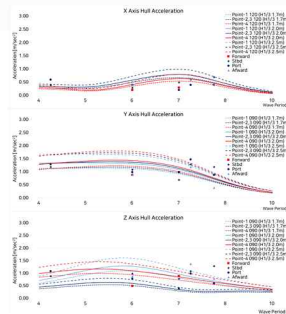
- RAO 결과 해석
- 횡동요 : 횡파(090°)
- 중동요 : 선수사파 (120 ~ 180°)
- Wave frequency : 0.5 ~ 1.0rad/s(파 주기 6 ~ 12초)



## 03

### 연안 카페리 화물선 선체가속도 해석

#### 선체 가속도 계측 및 해석 결과 비교



- XYZ축에 대한 실선계측과 수치해석시뮬레이션의 비교

- 환경조건

- 파 4~10초 주기
- 파랑입사각 : X축 120°, Y,Z축 090°
- 유의파고 1.7~2.5m

- 실선계측과 수치시뮬레이션 비교 결과

- 평균적으로 수치시뮬레이션이 높게 평가됨

- 실선계측과 수치시뮬레이션 비교 (파주기 제외 최대값 비교)

- X축 수치시뮬레이션 > 실측 (143%)
- Y축 수치시뮬레이션 > 실측 (123%)
- Z축 수치시뮬레이션 > 실측 (167%)

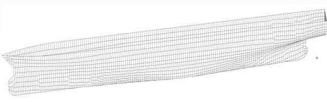
## 03

### 연안 카페리 화물선 선체가속도 해석

#### 성우 YJ호 선박 모델링

##### 가속도 해석 모델링

- Patran 기반 3차원 선박 모델링
- 운동해석을 통한 파랑에 따른 RAO 해석 및 선박이 항해 중 선체의 위치에 따른 가속도 분석
- 실선 계측 결과와 비교 분석을 통한 검증



## 04

### 국내 연안 카페리 선박 선체가속도 분석

#### 가속도 비교 분석

- XYZ축에 대한 실선계측과 수치해석시뮬레이션, 화물 적재고박등에 관한 기준(보정) 비교
- 가속도 비교 결과 화물 적재고박등에 관한 기준 > 수치시뮬레이션 > 실선 계측
- X축 : 화물 적재고박등에 관한 기준 > 수치시뮬레이션 X 3.78 > 실선 계측 X 5.43
- Y축 : 화물 적재고박등에 관한 기준 > 수치시뮬레이션 X 4.74 > 실선 계측 X 5.84
- Z축 : 화물 적재고박등에 관한 기준 > 수치시뮬레이션 X 2.65 > 실선 계측 X 4.45

성우 YJ호 가속도 분석	실선 계측 (m/s <sup>2</sup> )	수치시뮬레이션 (m/s <sup>2</sup> )	화물 적재고박등에 관한 기준 (m/s <sup>2</sup> )
X Axis	0.69	0.99	3.75
Y Axis	1.47	1.81	8.59
Z Axis	1.37	2.30	6.11