

# 실선실험을 통한 사고선박 예인 소요마력 검증에 관한 연구

† 정창현 · 남택근\*

†, \* 목포해양대학교 교수

**요 약** : 사고선박을 예선(또는 예인선)을 이용하여 안전한 곳으로 이동시키기 위해서는 예인소요마력을 계산하여 예선의 척수를 결정해야 한다. 예선의 신속한 투입은 잠재적인 환경오염 및 사고선박의 2차적인 피해로의 확산을 예방할 수 있다. 하지만, 국내에는 아직까지 사고선박의 형태, 크기, 외력조건에 따라 지원되어야 할 예선의 척수 산정 및 최적의 배치방법에 대한 정량적이고 체계적인 결정 시스템이 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실선을 활용한 소요마력 측정을 위한 실험방법의 제시와 상황에 따른 예선의 다양한 배치에 따른 장력 측정 방법을 제시하고, 이러한 실험을 통하여 얻은 결과를 이론계산 결과와 비교 분석함으로써 추후 구축하게 될 사고선박 예인지원시스템 프로그램 개발을 위한 이론식을 정립하고자 한다.

**핵심용어** : 사고선박, 예선/예인선, 예인소요마력, 최적의 배치방법, 장력 측정, 사고선박 예인지원시스템



## 발표 내용

1. 연구목표
2. 관련 연구 동향
3. 실험장치의 구성
4. 실험조건 및 예인방식
5. 결론


2



## 1. 연구 목표

- ❖ 신속하고 안전한 예인을 위한 정량적인 계산이 요구됨
  - 사고선박의 형태, 크기, 외력조건에 따른 소요마력 계산
  - 예선의 배치방식에 따른 소요마력의 계산
  - 예선의 지원 척수와 배치 방법에 대한 지침 제시(최적의 예인법)
- ❖ 실선실험을 통한 예인 소요마력 검증
  - 대상선박(목포해양대학교 실습선)에 대한 예인 실험
  - 다양한 형태의 예인 실험(선수, 선미, 현측, 1척, 2척 등)
  - 이론 계산과 실측자료의 비교 분석


3



## 2. 관련 연구 동향

1. 대형 예부선 안전관리 강화 방안(2008)-  
국토해양부(한국선급, 선박안전기술공단)
  - 부선에 대한 예인방식(선수예인-1척, 2척 직렬, 2척 병렬)
2. U.S. Navy Towing Manual
  - 예인식 장력(피예인선 저항, 예인식 저항) 계산-군함에 한정
  - 와이어 직경에 따른 장력-현수부 계산
  - 예인방식(선수예인-1척, 2척 병렬)
3. Tug Use Offshore-The Towmaster's Manual
  - 예인장비, 선회 등 항해술
  - Flat Towing/Dead Ship Movement

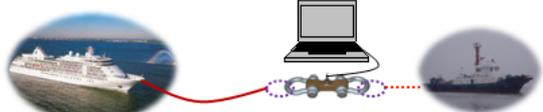

4



## 3. 실험장치의구성(2척 예인-2세트)

1. 출력 및 저장장치(Notebook) 1대
2. 인장형 로드셀(Load Cell) 장치 1개
3. 기타 연결장치(샤클-2개, 와이어-1개)

\* 안전사용허중 확인 : 로드셀, 연결장치, 예인식, 볼리드 등



볼리드 - 예인식 - 샤클 - 로드셀 - 샤클 - 와이어 - 볼리드


5

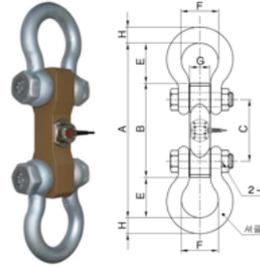
† 교신저자(중신회원) hyon@mmu.ac.kr

\* 중신회원 tknam@mmu.ac.kr

## 실선 예인 사례(형태)



## 로드셀(Load Cell) 사양



사양

모델	TLH
장력용량 (R.C.)	10, 20, 30, 50t
정격출력 (R.O.)	1.0mV/V ± 0.5%
비직선성	≤ 0.1% R.O.
히스테리시스	≤ 0.1% R.O.
반복성	≤ 0.05% R.O.
크리이프	≤ 0.03% in 20min.
제동달라스	≤ 1% R.O.
온도보상범위	-10 ~ 70°C
저온온도범위	-20 ~ 80°C
출력의 온도영향	≤ 0.03% LOAD/10°C
영향의 온도영향	≤ 0.03% R.O./10°C
입력저항	800 Ohms ± 20 Ohms
출력저항	700 Ohms ± 10 Ohms
절연저항	2000 MOhms at 50V DC
인가전압	10V(Recommended), 15V(Maximum)
연결케이블	07mmφ6(22AWG x 4Core Shielded)
보호등급	meets IP 67
허용교부하	150% R.C
극한교부하	500% R.C

## 4. 실험 조건 및 예인방식

### 1. 실험 조건

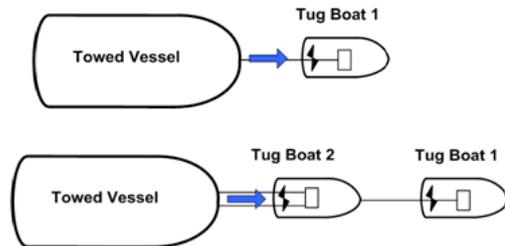
- 대상선박의 저항 계산을 위한 치수(Ship's Particulars) 확인
- 실험 당시의 외력조건(바람, 조류, 파고, 수심, 선체거칠기 등) 확인
- 예인 마력(2척 예인의 경우 동일장력 유지), 예인삭 장력, 예인속력 비교 확인
- 예인방식에 따른 장력을 상호 비교하기 위해서는 동일 선속 유지에 따른 마력(장력)의 계측

### 2. 예인방식(8가지)

- 선수예인 : 1척, 2척 직렬, 2척 병렬, 2척 현측
- 선미예인 : 1척, 2척 직렬, 2척 병렬, 2척 현측

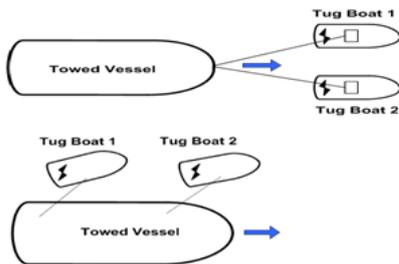
## 예인 방식-1

### 선수 예인-1척, 2척 직렬 배치



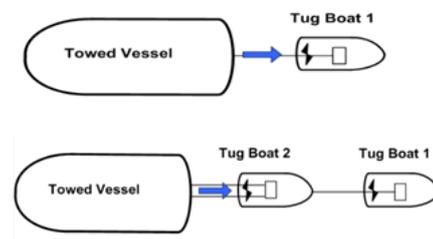
## 예인 방식-3

### 선수 예인-2척 병렬, 현측 배치



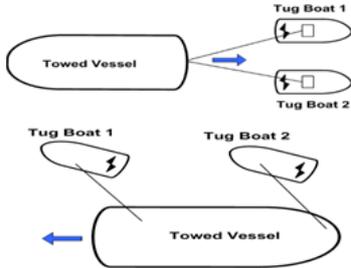
## 예인 방식-5

### 선미 예인-1척, 2척 직렬 배치



## 예인 방식-7

### 선미 예인-2척 병렬, 현측 배치



## 예인삭의 저항 측정

> 예인삭의 종류 및 특성 D/B 구축

> 수면에 잠긴 길이에 따른 저항값 측정

- 예인삭의 종류 및 특성을 정리하여 사고선박예인지원시스템에서 활용할 수 있도록 D/B로 구축

모드 종류	심수 모드				
	피의 모드	나일론 모드	나일론 다발보레이더드 모드	폴리에스터 다발보레이더드 모드	와이어 모드
사진					

## 이론계산과 비교분석

### 소요 예인마력 계산

> 사고선박의 예인에 필요한 소요마력을 기본저항 및 각종 외력에 대한 부가저항을 고려하여 계산함



- ✓ 바람에 의한 저항 증가
- ✓ 표류력에 의한 저항 증가
- ✓ 선체 표면 거칠기에 의한 저항 증가
- ✓ 선체 파손에 의한 저항 증가
- ✓ 프로펠러 교착에 의한 저항 증가
- ✓ 파랑에 의한 저항 증가
- ✓ 천수효과에 따른 선속 감소
- ✓ 조류에 따른 선속 감소

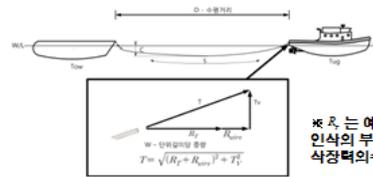
< 예인력과 연계된 각종 저항 요소 >

## 이론계산과 비교분석

### 예인장력 계산

> 예인선과 피예인선이 직선거리 D, 길이가 S인 예인삭에 의해 연결되어 있는 상태에서 예인삭에 걸리는 장력은 다음과 같이 계산할 수 있음

$$T = \sqrt{(R_p + R_{res})^2 + T_1^2}$$



\*  $R_p$  는 예인저항,  $R_{res}$  는 예인삭의 부가저항,  $T_1$  는 예인삭장력의 수직성분을 나타냄

## 5. 결론

### 1. 다양한 형태의 예인방식에 따른 소요마력 실측 방법 제시

- 협수로, 외력 상황에 따른 예인방식 선정
- 예인력을 극대화 할 수 있는 최적의 예인방식 선정

### 2. 이론계산과 실측자료의 비교연구 가능

- 실선실험을 통한 대상선박의 저항값을 바탕으로 각종 저항계산 이론식 검증
- 사고선박 예인지원시스템 프로그램 개발을 위한 이론식 정립



## 후 기

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업 "지능형 해양구난 핵심기술개발 사업(D10811511H360000170)"의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.