

다방향 규칙파 중 선체, 타, 추진기에 작용하는 유체력 추정을 위한 실험적 연구

서주원* · 응웬반민** · 응웬티당디엵** · 마이티로안** · 전명준** · † 윤현규 · ‡ 김연규

*,**창원대학교 친환경해양플랜트FEED공학과, † 창원대학교 산업조선해양공학부 교수, ‡ 선박해양플랜트연구소

요약 : Traditional methods of research on ship maneuvering performance were estimated in calm water. Ship maneuverability in waves is of vital importance for navigation safety of a ship (ITTC, 2008). The accurate estimation of force and moment acting on the ship and rudder behind propeller are necessary because the rudder, propeller and hull interaction is of key importance. In addition, course-keeping ability and maneuvering performance of a ship can be significantly affected by the presence of wave. In this study, the model test is performed in the regular wave in the square wave tank in Changwon National University and the hydrodynamic force acting on the ship hull and rudder behind the propeller in various wave directions is investigated. The effect of wavelength and wave direction on hydrodynamic force acting on ship and rudder behind propeller in regular waves is discussed.

핵심용어 : Rudder Drag and Lift(타 항력, 양력), Model Test in Wave(파랑중시험), Hull-rudder-propeller Interaction(선체,타,프로펠러 간섭)

연구 배경 및 목적

연구 배경

IMO 산하의 MEPC에서 선박의 온실가스방출을 규제하기 위해 EEDI를 도입 → **선박 운항효율에 대한 연구가 활발히 진행**

선박 효율성

→

항진시 선박의 조종성능 유지를 위한 최소마력 가이드라인 제안 (MEPC, 2013)

→

선박 조종성

- 파랑중 조종성능에 대한 국제적 이슈화
- 파에 의한 영향 평가 필요
- 파랑중 모형시험 수행
 - ✓ 파랑중 운항효율성 예측 필요
 - ✓ 파랑중 조종성능 예측 필요

연구 목적

- 모형시험을 통한 유체력 변화특성 규명
- 규칙파 중 선체 동유체력, 타력, 추진력 계측 모형시험 수행 및 해석방법 정립
- 파도변수와 선체 동유체력, 타력, 추진력 간 관계 분석

대상 모형선 & 시험조건

❖ KCS (선체 + 추진기 + 타)

항목	단위	실선	모형선
축적비	-	1.0	230
수선간 길이	m	230.0	1,000
폭	m	32.2	0.140
흘수	m	10.8	0.047
배수량	m ³	52030.0	0.004
침수 표면적	m ²	9530.0	0.180



❖ 시험 조건

▪ 속도, 타각 조건

항목	실선	모형선
속도 [m/s]	12.35	0.814
타각 [deg.]	0, ±5, ±10, ±15, ±20, ±25, ±30, ±35	

▪ 규칙파 조건

파장비 (λ/L)	실선 파고 [cm]	모형선 파고 [cm]
0.4	188	0.82
0.6	188	0.82
0.8	188	0.82
1.0	325	1.41
1.2	325	1.41
1.4	325	1.41
1.6	400	1.74
1.8	400	1.74
2.0	400	1.74

† 교신저자 : hkyoon@changwon.ac.kr 055)213-3683

* asxzzqwer534@gmail.com 055)213-2930

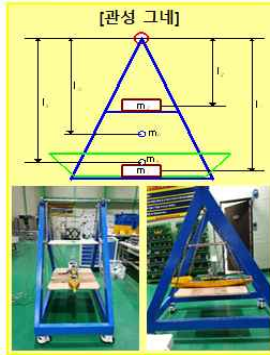
밸러스팅 & 관성시험

❖ 모형선 밸러스팅

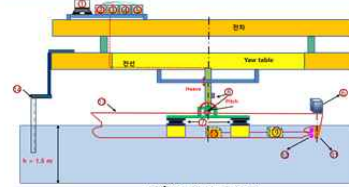


❖ 종동요 관성 시험

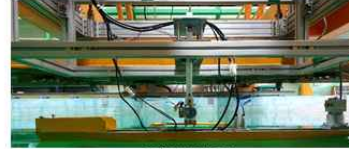
Item	Unit	Value
Measured I_{yy}	kgm ²	0.2640
Target I_{yy}	kgm ²	0.2668
Difference	%	1.03



모형선 설치



[모형선 설치 구성도]

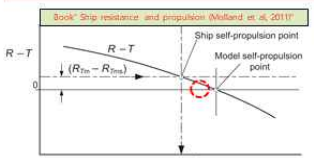


[모형선 설치 모습]

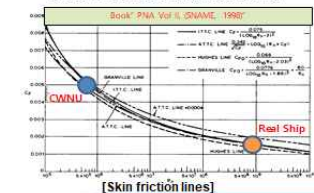
[모형선 센서 연결 순서]

No	Equipment
1	컴퓨터
2	A/D converter
3	Wave probe's amplifier
4	Load cell's amplifier
5	자향용력계 전트를 만듦
6	타 3분력계
7	선체 2분력계
8	프로펠러 미터
9	프로펠러 감속계
10	프로펠러 모터
11	타
12	프로펠러
13	선체
14	Wave probe

모형선 자향시험



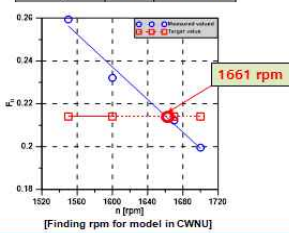
[Model and ship self-propulsion points]



[Skin friction lines]

$$F_D = (C_{F,CWNU} - C_{F,RealShip}) \frac{1}{2} \rho U^2 S_0$$

Item	Unit	Value
$C_{F,CWNU}$	-	4.91E-3
$C_{F,RealShip}$	-	1.36E-03
F_D	N	2.14E-01

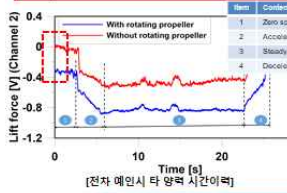


[Finding rpm for model in CFWNU]

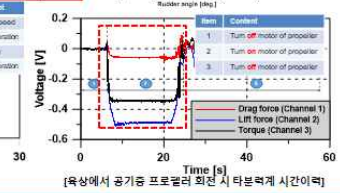
자향시험 시 체크 항목

❖ 모터 회전에 의한 자향 형성 → 계측 불확실성 증가

No.	체크 항목	Y/N
1	선체, 타, 프로펠러 간 배치 유격 유무	N
2	타 축과 선체 간에 접촉 유무	N
3	데이터 샘플링 구간에 가속속 데이터 포함 유무	N
4	계측 센서간 전기적 간섭 존재 유무	N
5	자가장 효과 유무	Y



[전차 예인시 타 양력 시간이력]



[육상에서 공기중 프로펠러 회전시 타분력계 시간이력]

계측 데이터 처리

❖ 파고(Wave height)

$$\zeta = \zeta_a \cos(-kX - \omega_e t)$$

❖ 유체력(Force/Moment)

$$\xi = F_0 + F_{ac} \cos(\omega_e t) + F_{as} \sin(\omega_e t)$$

여기서, $\omega_e = \omega - kU \cos \mu$

[무차원 방식]

$$\text{타 양력} \rightarrow C_{LW} = \frac{LW}{0.5 \rho U^2 A_R}$$

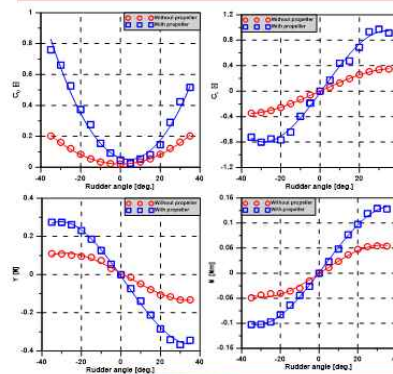
$$\text{타 항력} \rightarrow C_{DW} = \frac{DW}{0.5 \rho U^2 A_R}$$

$$\text{전후동요 힘} \rightarrow X'_W = \frac{XW}{0.5 \rho g L^2 \zeta_a^2}$$

$$\text{좌우동요 힘} \rightarrow Y'_W = \frac{YW}{0.5 \rho g L^2 \zeta_a^2}$$

$$\text{선수동요 모멘트} \rightarrow N'_W = \frac{NW}{0.5 \rho g L^2 \zeta_a^2}$$

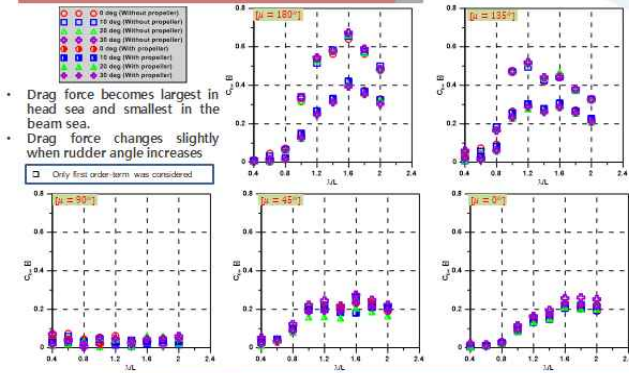
정수 정적타각시험



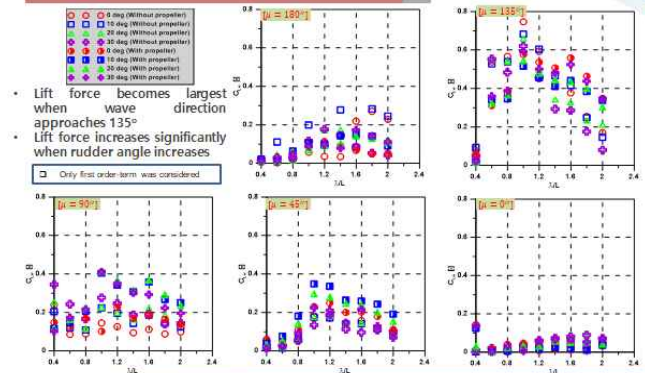
- 추진기 회전 시, 타양력, 항력, 타력 모두 회전이 없을 때와 비교하여 뚜렷하게 증가하는 경향을 보임.
→ **측방향 유입속력 증가**에 의한 효과
- 추진기의 회전은 타 주위 교차항력을 변화시키는 효과를 야기함. (Simonsen, 2000)

Simonsen (2000), Ph.D thesis "Rudder, Propeller and Hull interaction by RANS", Technical University of Denmark.

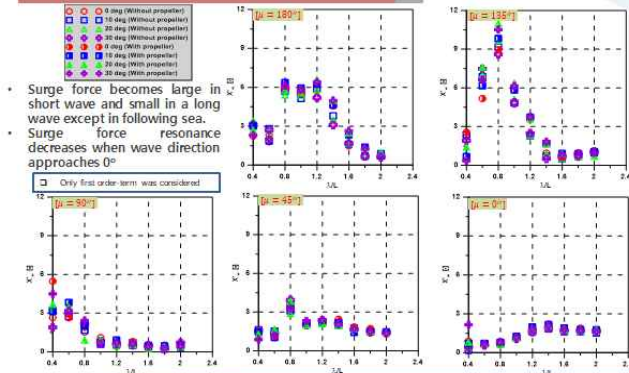
타(Rudder) 항력 계측 결과



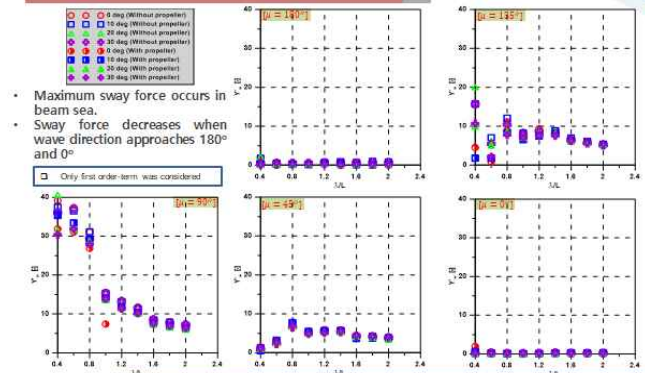
타(Rudder) 양력 계측 결과



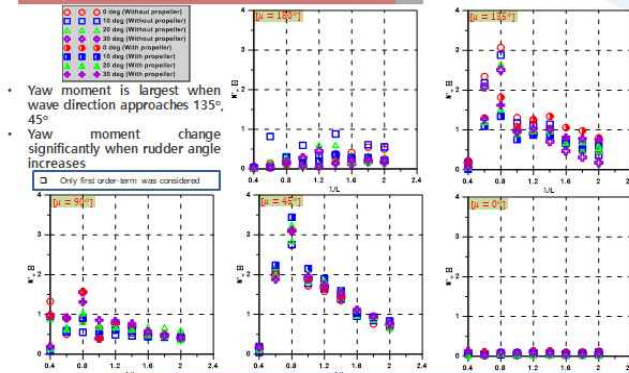
전후동요 동유체력 계측 결과



좌우동요 동유체력 계측 결과



선수동요 동유체력 모멘트 계측 결과



결론

정수중 시험

- 추진기 회전 시, 타 양력과 항력이 뚜렷하게 증가함.
 - 프로펠러 후류에 의한 측방향 유입속력 증가가 원인
- 추진기 회전 시, 좌우동요 동유체력과 선수동요 동유체력 모멘트가 추진기 회전이 없을 때와 비교하여 뚜렷하게 증가하는 경향

파랑중 시험

- 추진기 회전이 없을 때와 비교하여 전반적으로 추진기 회전시 계측되는 항력과 양력이 감소
- 파장비와 파향에 따라서 선체에 작용하는 동유체력은 뚜렷한 변화를 보이지만 추진기 회전과 타각에 따른 유체력 변화는 크지 않음. → 타력과 추력이 파 표류력(Wave drift force)이 존재할 때 상대적으로 작다는 의미로 추정됨.