

# 정면으로 마주치는 선박의 선속에 따른 상호 간섭력에 관한 연구

† 이상도 · 김대해\* · 공길영\*\*

† 한국해양대 대학원, \*, \*\*한국해양대학교 항해학부

## Interaction of Encountering Two Ships with Varying Speed in Calm Water

† Sang-Do Lee · Dae-Hae Kim\* · Gil-Young Kong\*\*

† Graduate school of Korea Maritime and Ocean University Busan 606-791, Korea

\*,\*\* Division of Navigation Science, Korea Maritime and Ocean University Busan 606-791, Korea

**요 약** : 두 선박이 정면에서 마주치며 선박간 상호 통항하거나 상대선을 추월할 경우 각 선박의 선체형상과 선속에 의한 유체력 상호작용에 따른 선박간 간섭력이 발생한다. 선박간 간섭력의 주요한 평가 요소인 횡력과 회두 모멘트의 측정을 통해 두 선박이 근접하였을 때의 위험도와 충돌을 예측할 수 있다. 선행된 간섭력에 관한 연구는 대부분 경험에 의하거나 이론적인 측면에서 관련 연구가 진행되어왔으며, 학계에서 통상적으로 널리 알려진 뉴턴의 연구(1960)에서는 깊은 수심에서 두 선박을 평행하게 항주시켰을 때 선박간 최대 흡인력은 두 선박이 정형으로 나란하게 위치되는 지점에서 발생하고, 이때의 간섭력은 선속의 제곱에 비례한다고 추정하였다. 현대의 조선기술이 발전함에 따라 선박의 크기는 점점 대형화되고 선박의 운항 효율성 증진을 위한 다양한 선형이 개발되어 실선에 적용되고 있다. 이런 경향에 따라 과거에 비해 현대 선박 운항환경에서의 선박간 간섭은 선박의 크기 및 선형에 의한 영향이 클 것으로 판단된다. 본 연구에서는 선박의 종류별로 대표 선종을 선정하여 두 선박이 정면에서 마주치며 통과하는 운항조건에서의 선속 증가에 따른 선박 상호간 간섭력의 변화를 통상적으로 사용되는 선박조종시뮬레이터를 이용하여 실험 및 분석하여 상관관계를 도출하였다. 선박 유형에 따른 시뮬레이션 실험 결과 최대 횡력은 주로 선미 부근에서 발생하였고 최대 회두모멘트는 선수가 근접할 때 발생하였으며, 선속이 증가할수록 선박 상호간 근접거리가 좁혀졌고 선형별로 각기 다른 선속에서 선미 충돌이 발생하였다. 이 실험연구는 선형에 따른 선박 상호간 근접 시의 횡거리와 통과속력에 대한 기준 설정의 연구 근간을 마련하였고 선박간 교항시 안전운항을 위한 지침이 될 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 선박간 간섭력(Ship-to-Ship Interaction force), 유체력 상호작용(Hydrodynamic interaction), 횡력(Lateral Force), 회두 모멘트(Yawing moment), 횡거리(Lateral distance)

### 1. 서 론

선박이 정면에서 마주치며 선박간 상호 통항하거나 상대선을 추월할 경우 각 선박의 선체형상과 선속에 의한 유체력 상호작용에 따른 선박간 간섭력이 발생한다. 선박간 간섭력의 주요한 평가 요소인 횡력과 회두 모멘트의 측정을 통해 두 선박이 근접하였을 때의 위험도와 충돌을 예측할 수 있다. 선행된 간섭력에 관한 연구는 대부분 경험에 의하거나 이론적인 측면에서 관련 연구가 진행되어왔으며, 학계에서 통상적으로 널리 알려진 뉴턴의 연구(1960)에서는 깊은 수심에서 두 선박을 평행하게 항주시켰을 때 선박간 최대 흡인력은 두 선박이 정형으로 나란하게 위치되는 지점에서 발생하고, 이때의 간섭력은 선속의 제곱에 비례한다고 추정하였다.

현대의 조선기술이 발전함에 따라 선박의 크기는 점점 대형

화되고 선박의 운항 효율성 증진을 위한 다양한 선형이 개발되어 실선에 적용되고 있다. 이런 경향에 따라 과거에 비해 현대 선박 운항환경에서의 선박간 간섭은 선박의 크기 및 선형에 의한 영향이 클 것으로 판단된다. 본 연구에서는 선박의 종류별로 대표 선종을 선정하여 두 선박이 정면에서 마주치며 통과하는 운항조건에서의 선속 증가에 따른 선박 상호간 간섭력의 변화를 통상적으로 사용되는 선박조종시뮬레이터를 이용하여 실험 및 분석하여 상관관계를 도출하였다.

### 2. 이론적 배경

본 연구의 선체운동방정식은 다음과 같다.

$$p = \dot{\phi} - \dot{\psi} \sin\theta ;$$
$$q = \dot{\theta} \cos\phi + \dot{\psi} \cos\theta \sin\phi ;$$

† 교신저자 : 정희원, oksangdo@naver.com

\*,\*\* 종신회원 : sun2hae@kmou.ac.kr, kong@kmou.ac.kr

$$r = -\dot{\theta} \sin\phi + \dot{\psi} \cos\theta \cos\phi ;$$

$$m(\dot{v}_0 - u_0 r + \omega_0 p) = Y ;$$

$$I_{z_c} \dot{r} + (I_{y_c} - I_{x_c}) p q = N .$$

선박 상호 간에 작용하는 유체역학적인 간섭력의 성분은 일반적으로 다음의 식을 이용하여 구한다.

$$Y_{INT} = C_{INT} \left( F_n, (y_{int} - 0.5B - 0.5B') / (0.5B), \frac{2x_{int}}{L'}, \psi, \psi', \beta, \beta', \frac{H}{T}, \frac{V'}{V}, \frac{L'}{L}, \frac{B'}{B}, \frac{T'}{L'} \right) \frac{\rho U^2}{2} L T$$

$$N_{INT} = C_{INT} \left( F_n, (y_{int} - 0.5B - 0.5B') / (0.5B), \frac{2x_{int}}{L'}, \psi, \psi', \beta, \beta', \frac{H}{T}, \frac{V'}{V}, \frac{L'}{L}, \frac{B'}{B}, \frac{T'}{L'} \right) \frac{\rho U^2}{2} L^2 T$$

### 3. 시뮬레이션

바람과 조류의 영향이 없는 정수 중에 두 선박이 마주치며 통과하도록 시뮬레이션을 실시하였다. 두 선박은 선수, 선미 흘수가 같으며, 일정속도로 정해진 코스를 항주하도록 하였다. 수심은 100m, 횡거리는 0.5B(보다 큰 선박의 폭)으로 정하였다.

Table 1 Simulation model

	Own	Target	Own	Target
Vessel's Name	CNTR 9	CNTR 12	BLK 9	BLK 5
Displacement	188280	164300	364253	248000
LOA [m]	382	347	340	327
Beam [m]	54.2	45.2	60	55
Draft [m]	15	13.5	21.13	16.3
Max Speed [knots]	25	25.5	14.9	14.6
Max power [kW]	91520	72243	23640	25000

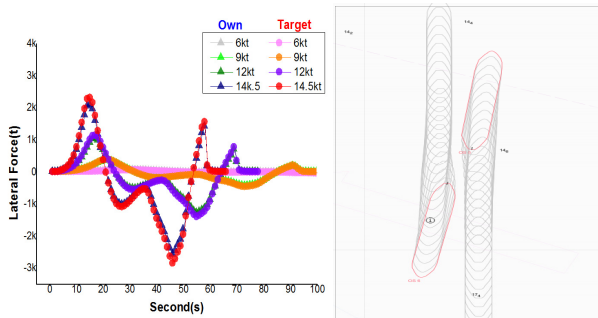


Fig. 1 lateral force of bulk carrier-bulk carrier(left) and trajectory of bulk carrier(Vo=Vt=12kt, 0.5B)(right)

### 4. 결 론

선박의 종류별로 대표선종을 선정하여 두 선박이 정면에서 마주치며 통과하는 운항 조건에서 선속 증가에 따른 선박 상호간 간섭력의 변화를 시뮬레이터를 이용하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 선형별 동일 횡거리 조건에서 선속의 영향에 따른 간섭력을 분석한 결과, 0.5B의 거리에서 컨테이너 선은 21kt, 카캐리는 14kt, 여객선은 15kt일 경우에 선미 부분에서 충돌이 발생하였다. 여객선과 카캐리 선박은 다른 선박에 비해 통항 속력과 횡거리에 여유를 두어야 한다.

2) 선박 상호 간섭의 횡력과 모멘트를 분석한 결과, 두 선박이 정면으로 마주치며 교항할 때 최대 횡력은 선미가 통과하는 시점이며, 최대 회두모멘트는 선수가 통과할 때 발생하고, 12kt 이상의 선속으로 운항시에 선체가 서로 가까이 붙는 것을 볼수 있었다. 즉, 0.5B의 횡거리에서는 통과 속력이 10kt를 넘게 되면 선박 상호 간섭의 영향이 작용한다.

3) 선중에 따른 선박 상호 간섭의 방지를 위한 유의사항으로 탱크 선박은 다른 선형에 비해 모멘트 변화가 작으므로 10kt 이상의 선속시 보침성에 유의해야 한다. 컨테이너 선의 경우, 21kt로 통과 시에 간섭력은 급격히 높아지므로 통항 속력에 주의가 필요하며, VLCC와 벌크선은 비슷한 조건의 컨테이너선보다 간섭력이 높게 나타나므로, 횡거리에 유의해야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 윤점동(1986), 선박간의 상호작용과 안전조선에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 10권 1호, pp.11~27
- [2] 이춘기, 윤점동, 강일권(2006), 근접 항해하는 선박의 상호 작용과 충돌시간 계산에 관한 연구, 한국항해항만학회지 30권 5호, pp. 315~320
- [3] Newton, R. N.(1960), "Some notes on interaction effects between ships close aboard in deep water", 1<sup>st</sup> Symp. Naval Maneuverability, Washington, pp. 1-24
- [4] Sutulo S., Guedes S.C., Otzen J.F.(2012), "Validation of potential-flow estimation of interaction forces acting upon ship hulls in parallel motion, Journal of Ship Research, Vol.56, No.3. pp. 129-145
- [5] Vantorre, M., Verzhbitskaya, E., Laforce E.(2002) "Model test based formulations of ship-ship interaction forces", Ship Technology Research, Vol. 49, pp 124- 141
- [6] Xu Xiang, Odd M. Faltinsen(2011), "Maneuvering of two interacting ships in calm water", Marine systems & ocean technology, Vol. 6. no. 2, pp. 65-73
- [7] Yasukawa H.(2003), "Maneuvering motions of two ships in close proximity", The Japan society of naval architects and ocean engineers, Vol. 105