

# 천수역에서 외력하에 근접 항행중인 선박의 안전조선에 관한 연구

이 춘 기\*

\*한국해양대학교 수중운동체특화연구센터 연구교수

## A Study on the Safe Manoeuvring of Ships Navigating in Shallow Water under Strong Environmental Forces

Chun-Ki Lee\*

\*Research Professor, Underwater Vehicle Research Center, Korea Maritime University

**요 약** : 이 연구는 천수역에서 강한 바람과 조류하에 근접 항행중인 두 선박간의 상호유체력이 선박조종운동에 미치는 영향에 대해서 다룬다. 천수역에서 추월 및 피추월관계에 있는 대형선박의 조종운동은 바람, 조류 및 두 선박간의 상호유체력으로 인하여 상당히 복잡해진다. 이 연구의 목적은 안전항행을 위하여 천수역에서 강한 바람 및 조류하에 근접 항행중인 두 대형선박에게 요구되어지는 두 선박간의 속도에 따른 안전항과거리에 대해서 검토, 고찰하고자 한다.

**핵심용어** : 선박조종운동, 두 선박간의 상호유체력(간섭력), 안전항과거리, 천수역, 외력

**Abstract** : This paper focuses on the effects of hydrodynamic forces between overtaking and overtaken vessels moving under the influences of external forces, such as strong wind and current in shallow water, in which condition the ship handling may become very complex. The purpose of this paper is to develop a guideline for safe conducting distance between two ships according to the velocity and the significance of external disturbances.

**Key words** : Ship handling, Hydrodynamic force, Safe conducting distance, Shallow water, Wind, Current

### 1. 서 론

일반적으로 항행선박의 선평에 비하여 항로 폭이 좁은 협수로나 항행선박의 흘수에 비하여 수심이 얇은 천수로와 같은 제한수역에서 근접하여 항과하는 두 선박간의 상호 유체력(간섭력) 및 모멘트가 선박조종운동에 상당히 크게 영향을 미친다는 것은 이미 잘 알려져 있다. 대부분의 대형 선박들은 자신의 흘수에 비하여 수심이 상당히 깊은 대양에서 타 선박과 지근거리를 두고서 항해하는 경우는 없으나, 항해의 시작과 끝맺음이 되는 연안수로에서는 타 선박과 지근거리를 두고 항행하게 되고, 천수로 혹은 협수로를 항주하게 되며, 선박을 조종하는 조선자는 대양상에서보다 훨씬 곤란한 조선상(操船上)의 어려움을 겪게 된다. 특히 많은 선박들이 왕래하여 교통량이 폭주하는 폭주해역에서는 근접하여 항행하는 두 선박간의 상호 간섭작용과 수로 측벽 또는 부두로 인하여 발생하는 유체력, 천수영향 및 바람과 조류 등이 복합적으로 작용하여 선박조종이 상당히 어려워지고, 선장 혹은 선박조종자의 의도와는 달리 여러 종류의 요인들이 작용하여 해양사고로 이어질 수 있는 위험성이 상당히 높다. 한편, 지금까지 근접하여 항행하는 선박과 선박간의 상호유체력(간섭력)과 항행선박이 교각이나 수로 측벽으로부터 받는 유체력의 추정에 대해서는 다수의

연구자에 의해 수행되어 왔고(Yeung et al., 1980, Kijima et al., 1987, 1991, Landweber et al., 1991, Yasukawa, 1991, Korsmeyer et al., 1993), 이들 결과를 실용화하는 연구(Yoon et al., 1982, Yoon, 1986, Lee, 2003)가 조금씩 진전되고 있는 상황이나, 실선운항에서 좋은 지침이 될 수 있는 연구결과는 거의 없는 상태이다. 이러한 상황에서 본 연구는 천수역에서의 안전항행 및 해양사고방지를 위한 하나의 방법으로 두 선박간의 상호유체력을 바탕으로 선박조종시물레이션을 행하여 천수역에서 강한 바람 및 조류하에 근접 항행중인 두 대형선박에게 요구되어지는 두 선박간의 속도에 따른 안전항과거리에 대해서 검토, 고찰하였다.

### 2. 좌표계

먼저 근접하여 항행하는 두 선박을 가정하자. Fig.1에 표시한 것처럼, 공간고정좌표계  $o-xy$  와 근접하여 항행중인 두 선박의 선체중심을 원점으로 하는 선체고정좌표계  $o_i-x_iy_i$  ( $i=1,2$ )를 생각할 수 있다. 여기서, 추월관계에 있는 두 선박은 선속  $U_i$  ( $i=1,2$ )로 직진하는 것으로 가정하고, 피추월선박의 선체 중심선과 추월선박의 선체 중심선간의 횡방향거

\* leeck@hhu.ac.kr 051)410-4709

리를  $S_{P12}$  로 하며, 피추월선박의 선체 중심과 추월선박의 선체 중심간의 종방향거리를  $S_{T12}$  로 한다. 또한  $V_c, V_w$  는 유속 및 풍속을 의미하고,  $\alpha, \nu$  는 유향 및 풍향을 나타내고 있으며, 풍향은 선수( $0^\circ$ )를 기준으로 하여 좌현(반시계)방향으로부터 불어오는 것으로 하여 선미( $180^\circ$ )까지 계산하였다.

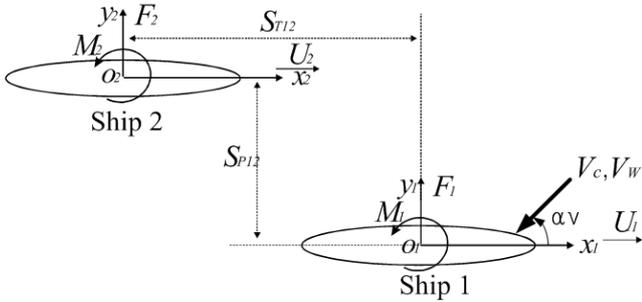


Fig. 1 Coordinate system

### 3. 선박조종시뮬레이션 결과 및 고찰

#### 3.1 수치계산에 필요한 대상선박

수치계산에 필요한 대상 선박은 표 1에 나타난 것처럼  $h/d=1.2$ 에서 비교적 조종성능이 양호한(모델 테스트와 수치 시뮬레이션을 통하여 검증된 결과임) 동일한 크기의 일반 화물선으로 하였고, 바람은 선수( $0^\circ$ )를 기준으로 하여 좌현방향으로부터 불어오는 것으로 하여 선미( $180^\circ$ )까지 동일하게 10m/sec로 계산하였으며, 조류는 정선수를 향하여( $\alpha=0^\circ$ ) 4kt로 계산하였다. 또한 선속  $U_1$ 을 10kt로 고정하고,  $U_2$ 를 각각 6kt, 12kt, 15kt로 계산하였다. 두 선박간의 선속비에 관하여는 여러 경우의 수가 있겠으나 이 연구에서는 선속비에 따른 선박조종운동의 경향을 검토하기 위하여 각각 0.6, 1.2, 1.5 세 경우에 대해서 계산하였다.

Table 1 Principal particulars

	일반 화물선
길이 $L(m)$	155.0
폭 $B(m)$	26.0
흘수 $d(m)$	8.7
방형비척계수. $C_B$	0.6978

#### 3.2 추월관계에서의 선박조종시뮬레이션

이 절에서는 두 선박간의 상호유체력을 바탕으로 천수역에서 강한 바람 및 조류하에 추월관계에 있는 두 척의 대형선박이 근접하여 항행하는 경우, 두 선박간의 속도에 따른 안전항과거리에 대해서 검토, 고찰하고 조선(操船)상 상호작용에 유의하여야 할 공간적인 범위를 정하기 위하여 선박조종시뮬레

이션을 행하였다. 선박조종시뮬레이션은 선행 논문에서 계산되어진 두 선박간의 횡방향 및 종방향 거리와 속도비에 따른 상호간섭력을 변수로 하여 행하여졌고, 외력으로서 상호유체력(간섭력) 및 바람과 조류를 고려한 선박조종수학모델(Kijima et al., 1990)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$(m'_i + m'_{x_i}) \left( \frac{L_i}{U_i} \right) \left( \frac{\dot{U}_i}{U_i} \cos \beta_i - \dot{\beta}_i \sin \beta_i \right) + (m'_i + m'_{y_i}) r'_i \sin \beta'_i \quad (1)$$

$$- (m'_{x_i} - m'_{y_i}) \frac{V_{ci}}{U_i} r'_i \sin(\psi'_i - \alpha) = X'_{Hi} + X'_{Pi} + X'_{Ri} + X'_{Wi}$$

$$- (m'_i + m'_{y_i}) \left( \frac{L_i}{U_i} \right) \left( \frac{\dot{U}_i}{U_i} \sin \beta_i - \dot{\beta}_i \cos \beta_i \right) + (m'_i + m'_{x_i}) r'_i \cos \beta'_i \quad (2)$$

$$- (m'_{y_i} - m'_{x_i}) \frac{V_{ci}}{U_i} r'_i \cos(\psi'_i - \alpha) = Y'_{Hi} + Y'_{Ri} + Y'_{Ii} + Y'_{Wi}$$

$$(\dot{L}_{z_i} + \dot{i}_{z_i}) \left( \frac{L_i}{U_i} \right)^2 \left( \frac{\dot{U}_i}{L_i} r'_i + \frac{U_i}{L_i} r'_i \right) = N'_{Hi} + N'_{Ri} + N'_{Ii} + N'_{Wi} \quad (3)$$

여기서,  $m'_i$  은  $i$  번째 선박의 무차원화된 질량을 의미하고,  $m'_{x_i}, m'_{y_i}$  는  $i$  번째 선박의  $x, y$  축 방향 무차원 부가질량을 의미하며,  $\beta_i$  는  $i$  번째 선박의 편각을 나타낸다. 또한 첨자  $H, P, R, I, W$  는 선체, 프로펠러, 타 및 두 선박간의 상호유체(간섭)력과 바람을 의미하고, 침로유지를 위한 타각 제어는 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\delta_i = \delta_{oi} - K_1(\psi_i - \psi_{oi}) - K_2 r'_i \quad (4)$$

여기서,  $\delta_i, \psi_i, r'_i$  는  $i$  번째 선박의 타각, 회두각 및 무차원화된 각속도를 의미하고, 첨자 '0'는 초기값을 나타내고 있다.

Fig. 2 및 Fig. 3은 추월관계에 놓여져 있는 두 척의 대형선박이 강한 바람 및 조류와 같은 외력하에서 근접 항행하는 경우, 추월선박과 피추월선박의 궤적에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 여기서 수심  $h$ 와 흘수  $d$ 와의 비,  $h/d=1.2$ 로 하

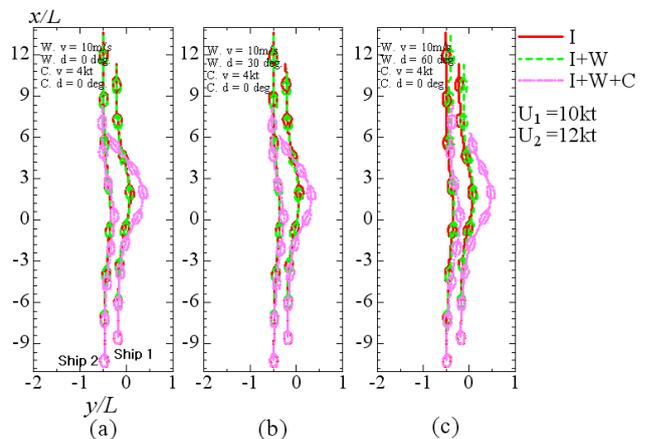


Fig. 2 Variation of ship trajectories with external disturbance ( $U_1=10kts, U_2=12kts$ , wind velocity = 10m/s, current velocity = 4 kts, current dir. = 0 deg.)

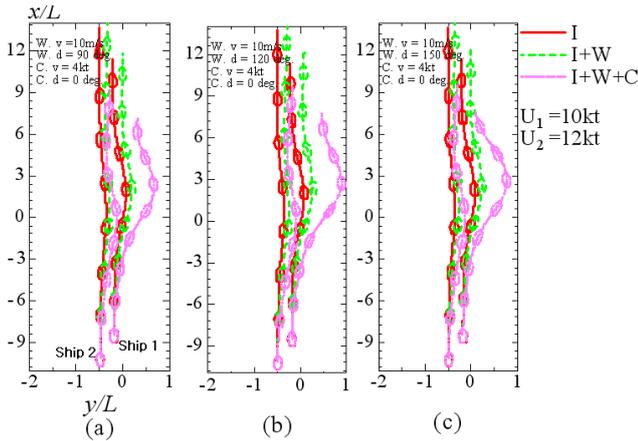


Fig. 3 Variation of ship trajectories with external disturbance ( $U_1 = 10kts$ ,  $U_2 = 12kts$ , wind velocity = 10m/s, current velocity = 4 kts, current dir. = 0 deg.)

였고,  $U_1$ 을 10kt,  $U_2$ 를 12kt로 하였으며, 두 선박간의 횡방향 거리  $S_{P12}/L$ 은 0.3으로 계산하였다. 또한 조타비례상수  $K_1$ ,  $K_2$ 와 관련하여서는 여러 경우에 대한 수치 시뮬레이션과 실무 도선사들의 조언과 이론을 바탕으로 하여  $K_1 = K_2 = 2.0$ 으로 계산하였고, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max}$ 는 좌현, 우현 각각 10도로 하였다. Fig. 2 및 Fig. 3에서 실선(I)은 두 선박간의 유체력(간섭력)만을 고려한 시뮬레이션 결과이고, 점선(I+W)은 유체력과 바람의 영향을 고려한 시뮬레이션 결과이며, 일점쇄선(I+W+C)은 유체력과 바람 및 조류의 영향을 고려한 시뮬레이션 결과이다. Fig. 2 및 Fig. 3에서 바람이나 조류는 고려하지 않고 상호유체력(간섭력)만을 고려하였을 때, 선박조종운동에는 종방향 및 횡방향 거리가 중요한 변수로 작용함을 알 수 있다. 또한 좌현 선미방향에서 바람(10m/sec)을 받는 경우에 비해서 좌현 선미방향에서 바람(10m/sec)을 받는 경우가 근접항행중인 두 선박의 조종운동에 영향을 크게 미침을 알 수 있다. 그리고 좌현 선미방향에서 바람(10m/sec)을 받으면서 조류(4kt) 및 상호유체력(간섭력)을 고려하였을 때, 바람, 조류 및 상호유체력이 동시에 복합적으로 작용하면서 선박조종운동에 미치는 영향이 대단히 크게 나타남을 알 수 있고, 정선수를 기준으로 하여 좌현 선미 120도 방향에서 바람을 받는 경우에는 피추월선박의 궤적이 원침로로부터 거의 1.0L 정도 벗어남을 알 수 있다.

Fig. 4는 추월관계에 놓여져 있는 두 척의 대형선박이 근접 항행하는 경우, 유체력(간섭력)만을 고려하여 계산한 추월선박과 피추월선박의 타각 및 회두각에 대한 시뮬레이션 결과이다. 여기서  $U_1$ 은 10kt,  $U_2$ 는 12kt로 하였으며, 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$ 은 0.3에서 0.7까지 계산하였다. 또한 상수  $K_1 = K_2 = 2.0$ 으로 계산하였고, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max}$ 는 좌현, 우현 각각 10도로 하였다. Fig. 4에서 추월선박과 피추월선박의 회두각과 침로유지를 위한 타각의 결과에서 나타나듯이, 추월선박의 경우가 피추월선박의 경우에 비하여 간섭

력의 영향이 적게 나타남을 알 수 있다. 또한 횡방향거리  $S_{P12}/L = 0.5$ 이상(두 선박의 내측 현측간의 거리가 50m 이상) 되었을 경우, 서행중인 두 선박의 조선자(操船者)가 주의하여 조선(操船)한다면 최대타각 10도(좌현, 우현 각각 10도)의 범위내에서 원침로를 유지하면서 항해 가능함을 알 수 있다.

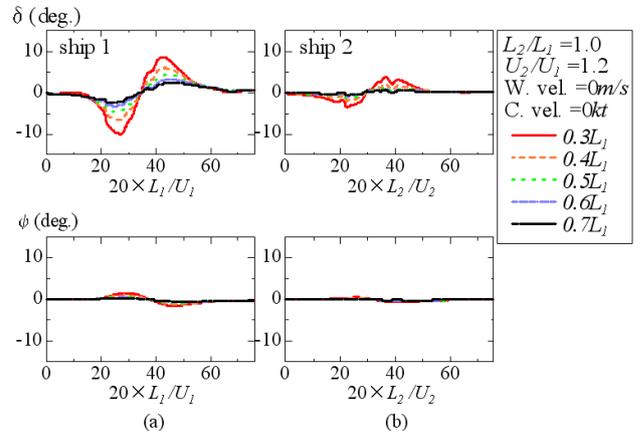


Fig. 4 Time histories of rudder and heading angle for various  $S_{P12}/L$  (wind vel.=0 m/s, current vel.=0 kt)

Fig. 5는 추월관계에 놓여져 있는 두 척의 대형선박이 근접 항행하는 경우, 바람과 유체력(간섭력)을 고려하여 계산한 추월선박과 피추월선박의 타각 및 회두각에 대한 시뮬레이션 결과이다. 여기서  $U_1$ 은 10kt,  $U_2$ 는 12kt로 하였고, 바람은 정선수를 기준으로 하여 좌현 선미 120도 방향에서 받고 있고, 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$ 은 0.3에서 0.7까지 계산하였다. 또한 상수  $K_1 = K_2 = 2.0$ 으로 계산하였고, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max}$ 는 좌현, 우현 각각 10도로 하였다. Fig. 5에서 양 선박의 회두각과 침로유지를 위한 타각의 결과에서 알 수 있듯이, 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$ 가 0.3 (피 추월선박과 추월선박간의 내측 현측간의 거리는 20.5m)인 경우, 피 추월선박의 회두각이 커지면서 최대타각 10도를 잡는 시간영역이 길어짐

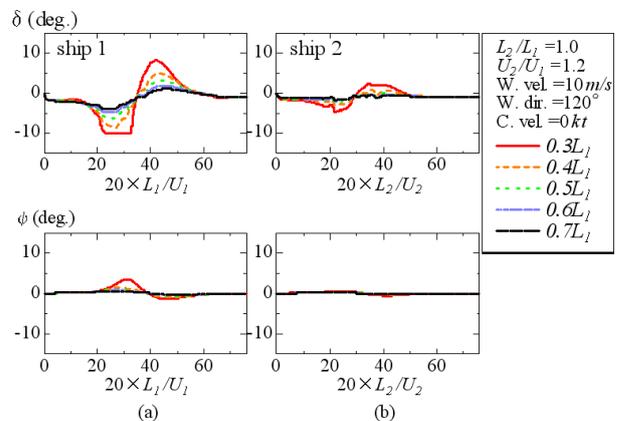


Fig. 5 Time histories of rudder and heading angle for various  $S_{P12}/L$  (wind vel.=10 m/s, wind dir.=120 deg., current vel.=0 kt)

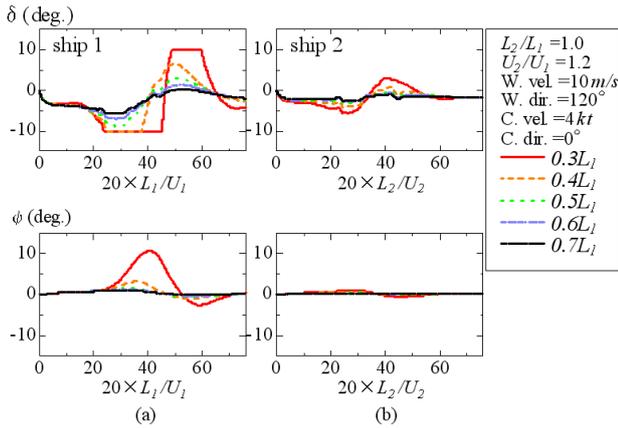


Fig. 6 Time histories of rudder and heading angle for various  $S_{P12}/L$  (wind vel.=10 m/s, wind dir.=120 deg., current vel.=4 kt, current dir.=0 deg.)

을 알 수 있다. 또한 횡방향거리  $S_{P12}/L=0.5$  이상(두 선박의 내측 현측간의 거리가 50m 이상) 되었을 경우, 서행중인 두 선박의 조선자(操船者)가 주의하여 조선(操船)한다면 최대타각 10도(좌현, 우현 각각 10도)의 범위내에서 항해 가능함을 알 수 있다.

Fig. 6은 추월관계에 놓여져 있는 두 척의 대형선박이 근접 항행하는 경우, 바람, 조류 및 유체력(간섭력)을 고려하여 계산한 추월선박과 피추월선박의 타각 및 회두각에 대한 시뮬레이션 결과이다. 여기서  $U_1$ 은 10kt,  $U_2$ 는 12kt로 하였고, 바람은 정선수를 기준으로 하여 좌현 선미 120도 방향에서 받고 있으며, 조류는 정선수에서 4kt로 받고 있다. 그리고 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$ 은 0.3에서 0.7까지 계산하였고, 상수  $K_1=K_2=2.0$ 으로 계산하였으며, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max}$ 는 좌현, 우현 각각 10도로 하였다. Fig. 6에서 양 선박의 회두각과 침로유지를 위한 타각의 결과에서 알 수 있듯이, 바람, 조류 및 상호유체력이 동시에 복합적으로 작용하면서 양 선박의 조종운동에 대단히 크게 영향이 미침을 알 수 있고, 상당한 주의가 요구된다.

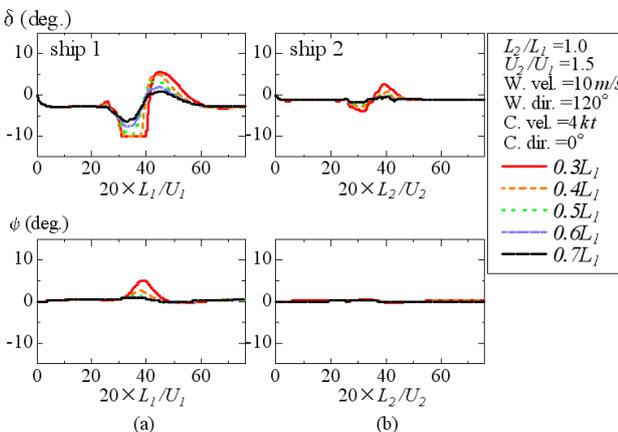


Fig. 7 Time histories of rudder and heading angle for various  $S_{P12}/L$  (ship 1=10kts, ship 2=15kts, wind vel.=10m/s, wind dir.=120deg., current vel.=4kt, current dir.=0 deg.)

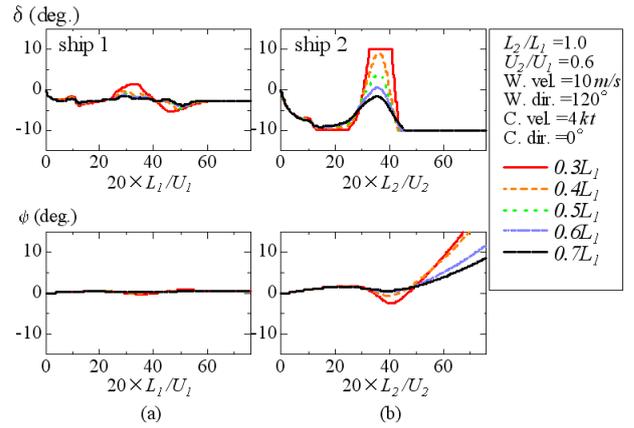


Fig. 8 Time histories of rudder and heading angle for various  $S_{P12}/L$  (ship 1=10kts, ship 2=6kts, wind vel.= 10m/s, wind dir.=120deg., current vel.=4kt, current dir.=0 deg.)

Fig. 7과 Fig. 8은 추월관계에 놓여져 있는 두 척의 대형선박이 근접항행하는 경우, 바람, 조류 및 유체력(간섭력)을 고려하여 계산한 추월선박과 피추월선박의 타각 및 회두각에 대한 시뮬레이션 결과이다. 여기서 바람은 정선수를 기준으로 하여 좌현 선미 120도 방향에서 받고 있으며, 조류는 정선수에서 4kt로 받고 있다. 그리고 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$ 은 0.3에서 0.7까지 계산하였고, 상수  $K_1=K_2=2.0$ 으로 계산하였으며, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max}$ 는 좌현, 우현 각각 10도로 하였다. 그리고 Fig. 7에서는  $U_1$ 은 10kt,  $U_2$ 는 15kt로 하였고, Fig. 8에서는  $U_1$ 은 10kt,  $U_2$ 는 6kt로 계산하였다. Fig. 7의 경우는 Fig. 6에 비하여 전체적으로 외력(바람, 조류, 유체력)으로 인하여 조종운동에 미치는 영향이 적게 나타남을 알 수 있다. 또한 Fig. 8에서 알 수 있듯이, 저속으로 항행하는 피추월선박(선속 6kt)의 경우, 바람, 조류, 상호유체력이 복합적으로 작용하면서 조종운동에 미치는 영향이 대단히 크게 나타남을 알 수 있고, 저속선박의 경우 침로유지를 위한 타각 감소로 인하여 횡방향거리  $S_{P12}/L=0.7$ 이내(두 선박의 내측 현측간의 거리가 80m 이내)이고 최대타각 10도 범위에서 조종제어불능임을 알 수 있다. 따라서 천수역에서 추월관계에 있는 근접하여 항행중인 저속선박의 경우 안전항행을 위하여 횡방향거리에 좀 더 많은 여유를 두고, 상황에 따라서는 선속을 충분히 올려 침로유지에 필요한 타각을 높여야 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

이 연구에서는 천수역에서의 두 선박간의 안전항과 및 해양 사고방지를 위한 하나의 방법으로 추월관계에 있는 두 척의 대형선박이 근접하여 항행하는 경우, 선박과 선박간의 상호유체력(간섭력)을 바탕으로 선박조종시뮬레이션을 행하여 천수역에서 강한 바람 및 조류하에 근접 항행중인 두 대형선박에게 요구되어지는 두 선박간의 속도에 따른 안전항과거리에 대

해서 검토, 고찰하였다. 또한 실제의 경우, 추월선박과 피추월 선박의 종방향거리, 횡방향거리, 속도차, 선박의 크기, 수심 및 타 사용각도에 대한 경우는 무수히 많겠으나, 본 시뮬레이션에서는 두 선박간의 횡방향거리  $S_{P12}/L$  은 0.3에서 0.7까지 하였고, 두 선박의 크기  $L_2 / L_1 = 1.0$ 으로 하였다. 또한  $U_1$ 을 10kt로 고정하고,  $U_2$ 를 각각 6kt, 12kt, 15kt로 하였으며, 침로유지를 위한 조타비례상수  $K_1 = K_2 = 2.0$ 으로 하였고, 침로유지를 위한 타각  $\delta_{max} = 10^\circ$ 로 하였다. 검토 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 바람이나 조류는 고려하지 않고 상호유체력(간섭력)만을 고려하였을 때, 선박조종운동에는 종방향 및 횡방향 거리가 중요한 변수로 작용함을 알았다. 또한 횡방향거리  $S_{P12}/L=0.5$ 이상(두 선박의 내측 현측간의 거리가 50m 이상) 되었을 경우, 서행중인 두 선박의 조선자(操船者)가 주의하여 조선(操船)한다면 최대타각 10도(좌현, 우현 각각 10도)의 범위내에서 원침로를 유지하면서 항해 가능함을 알았다.

둘째, 본 시뮬레이션에서 가정한 바람(10m/sec)과 상호유체력(간섭력)을 고려하였을 때, 상호유체력만을 고려하였을 경우에 비하여 바람과 상호유체력이 동시에 작용하면서 선박조종운동에 어느 정도 영향이 미침을 알았다. 한편 횡방향거리  $S_{P12}/L=0.5$ 이상(두 선박의 내측 현측간의 거리가 50m 이상) 되었을 경우, 서행중인 두 선박의 조선자(操船者)가 주의하여 조선(操船)한다면 최대타각 10도(좌현, 우현 각각 10도)의 범위내에서 원침로를 유지하면서 항해 가능함을 알았다.

셋째, 본 시뮬레이션에서 가정한 바람(10m/sec), 조류(4kt) 및 상호유체력(간섭력)을 고려하였을 때, 바람과 상호유체력만을 고려하였을 경우에 비하여 바람, 조류 및 상호유체력이 동시에 복합적으로 작용하면서 선박조종운동에 미치는 영향이 대단히 크게 나타남을 알았다. 또한 저속으로 항행하는 피추월선박(선속 6kt)의 경우, 바람, 조류, 상호유체력이 복합적으로 작용하면서 횡방향거리  $S_{P12}/L=0.7$ 이내(두 선박의 내측 현측간의 거리가 80m 이내)이고 최대타각 10도 범위에서 조종제어불능임을 알았다. 따라서 추월관계에 있는 근접하여 항행중인 저속선박의 경우 상황에 따라서는 선속을 충분히 올려 침로유지에 필요한 타효를 높여야 할 것으로 판단된다.

넷째, 본 시뮬레이션에서 가정한 바람( $\nu = 120^\circ$ ), 조류, 상호유체력을 고려하였을 때, 근접항행중인 두 선박의  $U_2 / U_1 = 1.2$  ( $U_1 = 10kt$ ,  $U_2 = 12kt$ )의 경우 침로유지를 위한 최대타각 10도(좌현, 우현 각각 10도)의 범위내에서 바람, 조류, 상호유체력이 복합적으로 작용하면서 피추월선박이 원침로로부터 1.0L(155m)정도 벗어남을 알았다.

다섯째, 본 시뮬레이션에서 가정한 바람, 조류 및 상호유체력을 고려하였을 때, 제한수역에서 바람 및 강조류하에 근접항행중인 두 대형선박(동일크기의 선박)에게 요구되어지는 두 선박간의 횡방향 안전항과거리는 최소한 1.0L이상 되어야 하고, 피추월중인 저속선박의 경우 상황에 따라서는 선속을 충분히 올려야 할 것으로 판단된다.

본 연구의 이론, 방법 및 시뮬레이션 결과는 항계 부근이나 협수로와 같은 제한수역에서 선형 개선 혹은 항로 폭을 결정할 경우 및 실선운항에 좋은 지침이 되기를 바라며 앞으로의 연구과제로서 대형선과 소형선, 선형의 종류, 마주보면서 항과하는 경우에 대해서도 선박조종운동시뮬레이션을 행할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 여러 경우에 대한 수치 시뮬레이션과 실무 도선사들의 조언과 이론을 바탕으로 하여 조타비례상수  $K_1$ ,  $K_2$ 를 각각 2.0으로 계산 하였으나, 조타비례상수 파라메타의 변화에 따라 선박의 조종운동도 상당히 크게 변하는 것을 확인한 바 있다. 따라서 향후 연구과제로서 실제 해역에 적용하여 선박조종운동 시뮬레이션을 행하면서  $K_1$ ,  $K_2$  값에 대한 좀 더 명확한 결과를 도출할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 방위사업청 지정 수중운동체특화연구센터 및 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0015889).

## 참 고 문 헌

- [1] Kijima, K. and Qing, H.(1987), "Manoeuvring Motion of a Ship in the Proximity of Bank Wall", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 162.
- [2] Kijima, K., Nakiri, Y., Tsutsui, Y., Matsunaga, M. (1990). "Prediction Method of Ship Maneuverability in Deep and Shallow Waters". Proceedings of MARSIM and ICSM 90, pp.311-318.
- [3] Kijima, K., Furukawa, Y. and Qing, H.(1991), "The Interaction Effects between Two Ships in the Proximity of Bank Wall", Trans. of the West-Japan Society of Naval Architects, Vol.81.
- [4] Korsmeyer, F.T., Lee, C.H. and Newman, J.N.(1993), "Computation of Ship Interaction Forces in Restricted Waters", Journal of Ship Research, Vol.37.
- [5] Landweber, L., Chwang, A.T. and Guo, Z.(1991), "Interaction Between Two Bodies Translating in an Inviscid Fluid", Journal of Ship Research, Vol.35.
- [6] Lee, C.K.(2003), "Assessment of Safe Navigation Including the Effect of Ship-Ship Interaction in Restricted Waterways", International Journal of Navigation and Port Research, Vol.27.
- [7] Yoon, J.D., Park, S.K.(1982), "A Study on the Approaching Distance in Taking Action to Avoid Collision", 한국항해학회지, 제6권 제1호, pp. 41~59.
- [8] Yoon, J.D.(1986) "선박간의 상호작용과 안전조선에 관한

연구”, 한국항해학회지, 제10권 제1호, pp. 11~17.

- [9] Yasukawa, W.(1991), "Bank Effect on Ship Manoeuvrability in a Channel with Varying Width", Trans. of the West-Japan Society of Naval Architects, Vol.81.
- [10] Yeung, R.W. and Tan, W.T.(1980), "Hydrodynamic Interactions of Ships with Fixed Obstacles", Journal of Ship Research, Vol. 24.

---

원고접수일 : 2010년 12월 8일  
심사완료일 : 2010년 12월 23일  
원고채택일 : 2010년 12월 24일