

# 부산항 방파제 진입항로의 강한 횡조류 환경에서 선속에 따른 조종자의 선박조종의 결과 검토

이동섭\* · 정태권†

\*한국해양수산연수원, † 한국해양대학교 항해시스템공학부

## Analysis of Ship Handlers' Maneuvers with respect to Ship's Speed under Strong Cross Current in the Breakwater Channel of Busan Port

\*Dong-Sup Lee · Tae-Gweon Jeong†

\*Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Pusan 608-080, Republic of Korea  
† Division of Navigation System Engineering, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Republic of Korea

**요 약 :** 이 논문은 부산항 방파제 진입항로에서 강한 횡조류가 있는 경우 60,000 DWT의 파나마스 선박의 조종에 있어 선속에 따른 영향을 파악하기 위하여 3년 이상의 선장 경력을 가진 76명의 조종자가 선박조종 시뮬레이션을 실시하고 그 결과를 선박의 근접도 계측, 제어도 계측, 조종자의 주관적 계측을 통하여 분석하기로 한다. 조류는 남서 방향, 2노트이고 독립 변수인 선속은 각각 5노트, 10노트로 한다. 시뮬레이션의 분석 결과는 다음과 같다. ① 부산항 방파제 진입항로에서 선속 5노트인 경우 드리프트 앵글을 10° 이상으로 하는 것은 선수가 방파제 입구를 벗어나게 되므로 조종자는 심리적으로 이 각도 이상은 취하지 않는 경향이 있다. ② 선속 5노트에서의 경우가 선속 10노트보다 주관적 계측치, 선박의 근접도, 제어도가 상대적으로 크게 나타나고 있다. ③ 선박의 제어도 계측 항목을 무차원화하여 이를 단일 지표로 표시하는 방법을 제안하였다.

**핵심용어 :** 근접도 계측, 제어도 계측, 주관적 계측, 복합항적분석, 단일 제어도 평가지표, 드리프트 앵글

**Abstract :** In order to ascertain the effect of ship's speeds in maneuver under the condition of strong cross current in the breakwater channel of Busan port, this paper is to deal with the analyses of vessel proximity measures, vessel controllability measures, and ship handlers' subjective evaluation measures of simulated maneuvers, which were carried out by 76 ship handlers who conned Panamax bulk carrier of 60,000 DWT. The set and drift of current are southwesterly and 2 knots. The speeds of the model ship are 5 knots & 10 knots respectively. The followings are concluded. ① In the approaches of the breakwater of Busan port, ship handlers psychologically tend not to give the drift angle of more than 10° because ship's head points out of the entrance. ② Ship handlers' subjective evaluation, vessel proximity and controllability measures are relatively larger under the speed of 5 knots than under that of 10 knots, due to direct pressure of strong current. ③ A single index of controllability measures was suggested, by removing their units.

**Key words :** Proximity measures, Controllability measures, Ship handler's subjective evaluation measures, Composite track plot analysis, Single controllability index, Drift angle

### 1. 서 론

이 논문은 부산항 방파제 진입항로에서 강한 횡조류가 있는 경우 60,000 DWT의 파나마스 선박의 조종에 있어 선속에 따른 영향을 파악하기 위하여 선박조종시뮬레이션을 실시하고 나서 그 결과를 분석하였다. 그 분석 방법은 선박통항의 안전성을 평가에서 흔히 사용하는 선박의 근접도 계측, 제어도 계측, 그리고 조종자의 주관적 계측으로 한다(O'hara, 1985; CAORF, 1987; Jeong et al., 1997).

이 논문의 시뮬레이션 구간은 부산항 오륙도 방파제 전방 약

2마일 지점에서 동 방파제를 통과하여 제1항로의 진입구까지로 하고 선박의 모델은 파나마스 선박 60,000 DWT으로 하였다. 환경 조건에서 바람은 거의 없는 것으로 하고 조류는 남서 방향 2노트의 강한 횡조류가 있는 것으로 하였다. 독립 변수인 선속은 각각 5노트, 10노트를 유지하는 것으로 하였다. 즉, 키만을 사용하여 진입하는 것으로 하였다. 조종자는 3년 이상의 선장 경력을 가졌으며 총 조종 인원은 76명이 된다. 그리고 조종자 각 개인에 대한 항로경계 침범확률과 주관적 계측을 비교하기 위하여 근접도 계측은 평가 구간에서의 연속분석(in-length analysis)으로 하였다(Witt, 1981; Kuo, 1993; 정과 이, 2007).

\* 대표저자 : 이동섭(정회원), dslee3196@hanmail.net 051)620-5826

† 교신저자 : 정태권(중신회원), tgjeong@hhu.ac.kr 051)410-4246

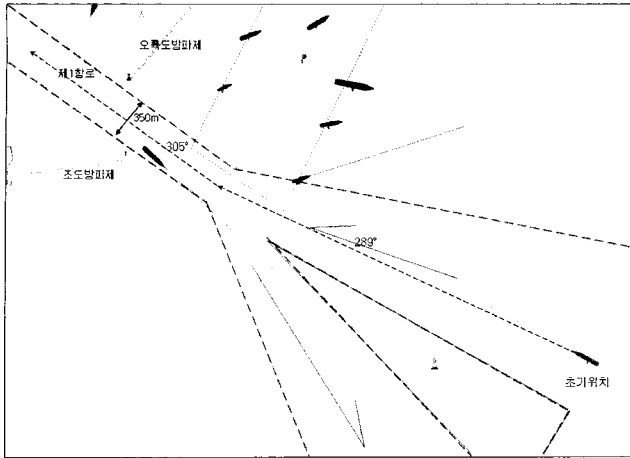


Fig. 1 Simulation area in Busan Port approach

## 2. 부산항 출입항로 설계 및 모델선박

### 2.1 부산항의 출입항로

이 연구에 사용된 부산항의 출입항로는 해도(No. 201)에 있는 기존의 항로이며 Fig. 1과 같다. 모델 선박은 오륙도 방파제로부터 약 2마일 떨어진 곳에 있고 선박의 초기 침로는 289°로 설정되어 있으므로 선박은 처음 침로를 289°로 부산항을 향하여 진입을 하다가 오륙도 방파제로부터 0.5마일 떨어진 곳에서 침로를 305°로 변경하여 제1항로를 따라 들어가도록 되어 있다. 출항 선박은 설정은 되어 있으나 이것에 의하여 모델 선박의 조종에 영향을 받지 않는 것으로 한다.

### 2.2 모델선박 및 환경 조건

모델 선박의 제원은 Table 1과 같이 길이 220m, 폭 32.2m, 흘수 10.0m, 재화중량톤 60,000DWT인 파나마스형의 벌크 캐리어이다.

Table 1 Panamax bulk carrier

LOA	220 m	DWT	60,000 ton
Breadth	32.2 m	Max Speed	15.0 knots
Depth	16 m	BHP	15,000 kW
Draft	10.0 m	Thruster	1,500 kW

환경 조건은 Table 2와 같이 강조류에 대한 선속의 영향을 확인하기 목적으로 바람은 거의 없는 북풍 3노트이고 시정은 주간으로 아주 좋은 상태로 하였다. 조류는 진입항로에 대하여 거의 직각인 횡조류의 남서방향 2노트로 설정하였다. 이 2노트는 부산항 도선사의 전반적인 의견에 따른 것인데 이런 정도의 조류가 종종 나타나고 있다고 하여 최강의 조류로 설정한 것이다.

Table 2 Environmental condition

Current	SW'ly, 2 knots
Wind	N'ly 3 knots
Visibility	Daytime & Good
Ship's Speed	5 knots, 10 knots

이런 환경조건에서 각 침로 구역에서 예상되는 드리프트 앵글(drift angle, crab angle)은 <Table 3>와 같다. 드리프트 앵글  $da$ 의 계산은 단순하게 벡터적으로 합성하여 구한 다음의 식으로 계산한다.

$$da = \tan^{-1} \frac{C_a}{SS_f \pm C_f}$$

여기서  $C_a$ 는 조류의 정횡 방향 성분이고  $C_f$ 는 조류의 선수미 방향 성분이며 이 성분은 의도한 침로와 조류의 방향의 차이를 이용하여 계산한다.  $SS_f$ 는 선속의 선수미방향 성분(5노트, 10노트)이다.  $\pm$ 기호는 조류가 선수 방향(-)에서 오느냐 선미방향(+에서 오느냐에 따라 결정된다.

바람의 영향을 무시할 경우 침로 289° 구간을 지날 때에는 모델선박은 선속 5 노트일 경우 드리프트 앵글을 적어도 17.0°, 10노트일 때에는 9.4°를 주어야만 그런 대로 안전하게 통행할 수 있을 것이고 침로 305° 구간에서는 선속 5노트에서는 적어도 20.2°, 선속 10노트에서는 10.8°를 주어야만 조도 방파제와 충돌하지 않고 무난하게 진입할 것으로 보인다.

Table 3 Drift angle necessary for track

	5 kts	10 kts
Course 289°	17.0°	9.4°
Course 305°	20.2°	10.8°

한편 시뮬레이션 참가자는 2005년 10월부터 2007년의 6월까지 이 기간에 한국해양수산연수원에서 선박조종시뮬레이션을 교육을 받고 있는 선장으로서 선장 경력 3년 이상이 되는 사람을 대상으로 하였으며 총 그 숫자는 76명이 된다. 이 연구의 시뮬레이션은 선박 조종 시뮬레이션 교육의 종료 후에 실시하기 때문에 시뮬레이션에 대한 숙지는 완전히 끝난 상태로 볼 수 있다. 아울러 조종자에게는 조류, 이에 따른 유지해야 할 드리프트 앵글, 유지할 속력 등을 설명하였다. 속력은 5노트, 혹은 10노트를 유지하기 위한 기관 RPM으로 하고 그 외의 기관의 사용은 없는 것으로 하였다.

## 3. 선박조종시뮬레이션 및 결과 분석

### 3.1 선박조종시뮬레이션 결과의 분석 항목

이 연구에서는 한국해양수산연수원이 보유하고 있는 실시

간의 전기능 선박조종시뮬레이터(real-time, full-mission ship handling simulator)를 사용하여 부산항 진입항로 특히 방파제 부근에서의 시뮬레이션을 실시하였다.

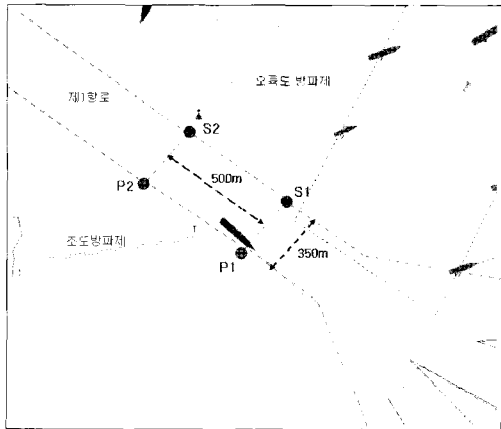


Fig. 2 Segment for analysis

Fig. 1에서와 같이 오륙도 방파제로부터 약 2마일 떨어진 곳에서 초기 침로는 289°로 진입하며 참가자인 각각의 선장은 선속 5노트와 10노트 중 하나를 선택하여 1회의 시뮬레이션을 하도록 하였다. 이 시뮬레이션은 10초 단위로 저장된다.

각 조종자는 시뮬레이션이 끝난 후 전반적인 조종 수행에 대하여 자신이 느끼는 정도를 체크하도록 하였다. 이 주관적 평가 항목은 '필요 조종 기술(Skill Required)', '업무의 복잡성(Task Complexity)', '업무의 난이도(Task Difficulty)', '스트레스 정도(Stress Level)', '전체의 업무량(Overall Workload)', '선박의 제어도(Vessel Controllability)', '선박의 안전도(Vessel Safety)' 등이며 각 항목은 9개의 레이팅 스케일로 구성한다(O'Hara, 1985). 이 레이팅 스케일에서 '필요 조종 기술'에서 '전체의 업무량'은 숫자가 클수록 그 값이 많은 것을 의미하고 '선박의 제어도'와 '선박의 안전도'의 경우는 숫자가 클수록 떨어지거나 나빠짐을 의미한다. 이 연구에서는 이런 항목의 값을 다른 계측 즉, 선박의 근접도나 제어도와 용이하게 비교할 수 있도록 단일 평가 지표로 나타내었다(이, 윤, 정, 1994).

또 선박의 근접도 계측 및 조종도 계측에 대한 평가 구간은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 두 방파제가 포함되는 오륙도방파제로부터 500m되는 구역 즉, 우현측은 S1, S2이고 좌현측은 P1, P2되는 구역이다. 또 이 구역의 항로 폭은 350m이다.

평가구간에서 선박의 근접도 계측은 다음과 같은 방법으로 실시한다. 선박의 측면에서 좌측 및 우측 항로 경계까지의 최근접거리와 표준편차를 구하고 이를 이용하여 좌우측 항로경계의 침범확률을 각각 구한 다음 그 침범확률의 합을 평가 구간에서의 항로경계 침범확률로 정하였다.

또 선박의 조종도 계측에서는 요잉 레이트(Yaw rate), 스위프트 패스(Swept path), 타각 사용량(Rudder angle used) 등의 3개 항목으로 하였다.

결과에 대한 통계적 분석은 일원분산분석을 통하여 모수

사이의 차이를 비교하였다. Fig. 5, Fig. 6, Fig. 9 등에서 표시한 박스 플롯(Box plot)은 그 결과이다.

### 3.2 선박조종시뮬레이션 결과분석

선속 5노트 및 10노트로 선박조종시뮬레이션을 실시한 후의 복합항적플롯은 각각 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다. 이 복합항적플롯을 살펴보면 속력 5노트의 선박의 경우에는 2노트의 남서방향 횡조류의 영향을 충분히 이기지 못하여 좌현 쪽으로 압류되어 조도 방파제와 충돌하는 횡수가 38명의 조종자 중 26명이나 되고 있다.

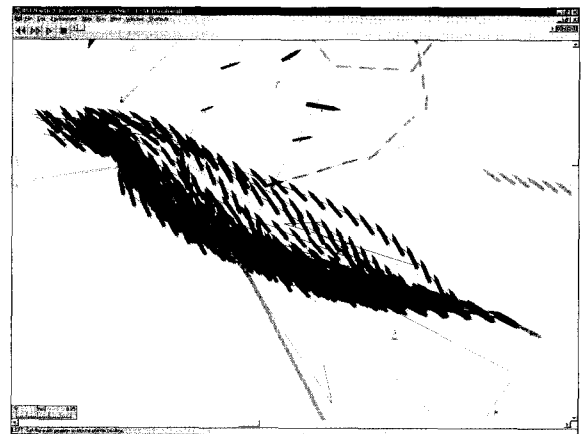


Fig. 3 Composite track plot of passages with 5 knots

한편 선속 10노트의 경우에는 2노트의 횡조류라 하더라도 전진 방향 속력이 횡조류의 영향을 충분히 이길 수 있어 좌현 방향의 압류 영향은 미미한 것으로 나타나고 있다.

한편 각 조종자가 실제로 취한 선수방위(heading)를 살펴보면 Table 4와 같다. 선속이 10노트인 경우에는 드리프트 앵글 10°에 해당하는 선수방위를 298°, 315°를 유지하고 있으나 선속이 5 노트인 경우에는 실제의 드리프트 앵글에 못 미치는 선속이 10노트와 거의 같은 선수방위를 취하고 있다. 이것은 조종자가 필요로 하는 드리프트 앵글을 알고 있다하더라도 선수가 방파제 입구에서 벗어나는 것을 꺼리는 경향이 있는 것으로 생각된다.



Fig. 4 Composite track plot of passages with 10 knots

Table 4 Model ship's heading

	5 kts	10 kts
Course 289°	299° (17.0°)	298° (9.4°)
Course 305°	316° (20.2°)	315° (10.8°)

Note : The numbers in parentheses mean drift angles.

### 3.3 주관적 계측의 결과

선속 5 노트의 경우는 Fig. 5에서 보듯이 평가 항목을 단일 평가 지수로 표시한 결과를 보면 선속 5노트의 경우 레이팅 스케일은 25분위수 6.86과 75분위수 7.28로 그 간격은 0.43이며 중앙값 7이다. 10노트의 경우 레이팅 스케일은 25분위수 3.57과 75분위수 3.86으로 그 간격은 0.29으로 좁으며 또 중앙값 3.7이다. 이렇게 중앙값이 선속 5노트에서 높게 나타난 것은 횡조류의 압류 영향이 선속 5노트 경우에는 크게 나타나기 때문이다. 이것은 복합항적플롯의 결과와 같다고 볼 수 있다.

또 선속 5노트의 경우 복합항적플롯을 보면 조도 방파제와 충돌하는 경우가 많은데도 불구하고 레이팅 스케일의 75분위수가 7.28로서 최대치인 9에 다소 못 미치는 것은 충돌을 하여도 조종자는 최대값인 9로 표현하기를 꺼려하는 심리 현상이 있는 것으로 판단된다.

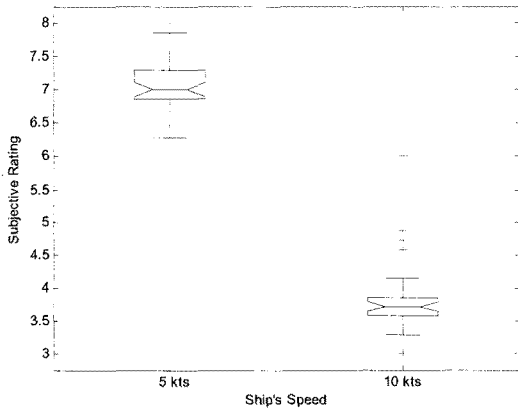


Fig. 5 Subjective rating depending on ship's speed

### 3.4 근접도 계측

분석 방법은 다음과 같다. 먼저 각각의 조종자가 시뮬레이션 한 결과에 대하여 위에서 말한 평가 구역에서 선박의 각각 위치에 대하여 선수방위 등을 고려하여 현측 끝(정선수, 선수부의 좌우현, 중앙부의 좌우현, 선미부의 좌우현, 정선미 등 8곳)에서 좌우 항로 경계까지의 거리 중에서 가장 가까운 거리를 각각 계산한다. 이 거리를 선박 위치에서의 최근접거리로 하고 선폭으로 나누어 단위를 무차원화 한다. Fig. 2의 평가 구간에서 한명의 조종자에 대하여 평균 최근접거리, 표준편차를 구한 후 좌우 항로경계의 침범확률을 각각 구하고 이를 합하여 항로경계의 침범확률로 하였다.

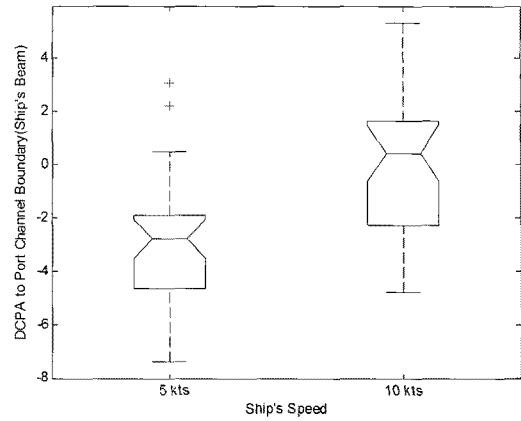


Fig. 6 DCPA to port channel boundary

Fig. 6는 좌현측의 항로경계까지의 최근접거리를 선폭으로 표시한 것이다. 5노트의 경우 25분위수는 선폭의 -4.63배이며 여기서 부호(-)는 침로 경계를 벗어난 것을 의미한다. 75분위수는 -1.91배로 그 간격은 2.72배이며 중앙값은 선폭의 -2.79배로 항로를 아예 벗어나 조도방파제와 충돌하고 있는 경우가 대부분이다. 또 10노트의 경우 25분위수는 선폭의 -2.30배, 75분위수는 1.64배로 그 간격은 3.94배이며 그 중앙값이 선폭의 0.42배로 방파제와 충돌하고 있는 경우도 상당히 나타나 있다.

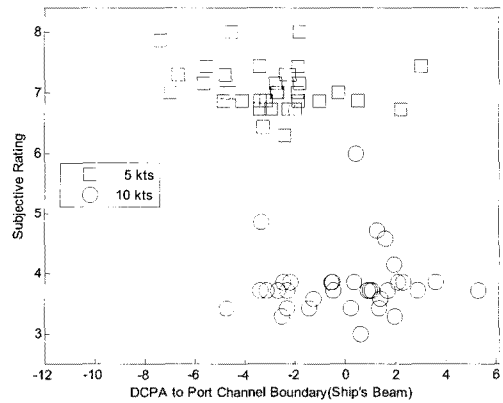


Fig. 7 Subjective rating level versus DCPA to port channel boundary

Fig. 7은 좌현측 항로경계까지의 최근접거리와 주관적 평가와의 관계를 도시한 것이다. 선속 5노트의 경우 최근접거리는 선폭의 -7.38배에서 3.05배까지 걸쳐있으나 주관적 평가 값은 6.3에서 8.0의 범위가 된다. 항로경계까지의 최근접거리가 선폭의 -7.38배와 3.04배인 경우 주관적 평가는 각각 7.9와 7.4이다. Fig. 5에서 보듯이 중간 값은 7로 되어 있음을 알 수 있다.

다시 Fig. 7에서 선속 10노트의 경우를 보면 최근접거리는 선폭의 -4.75배에서 5.29배까지 걸쳐있고 주관적 평가 값은 3.0에서 6.0의 범위가 된다. 항로경계까지의 최근접거리가 선폭의 -4.75배와 5.29배인 경우 주관적 평가는 각각 3.4와 3.7이다. Fig. 5에서 보듯이 중간 값은 4로 되어 있음을 알 수 있다.

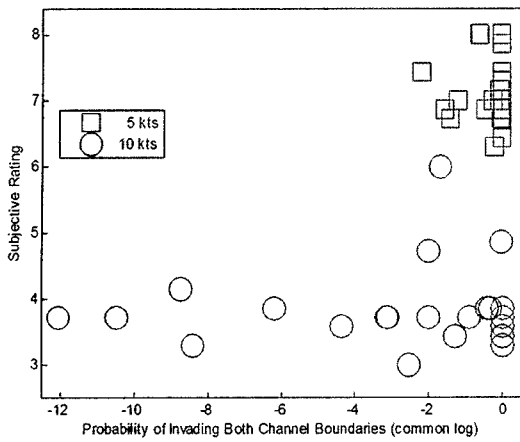


Fig. 8 Subjective rating level versus probability of invading both channel boundaries

한편 좌우현의 항로경계를 침범할 확률에 대한 주관적 평가를 살펴보면 Fig. 8과 같다. 선속 5노트의 경우 상용로그로 환산한 확률  $-2.187 \sim 0$  즉, 실확률  $0.0065 \sim 1$ 의 범위로 대부분이 실확률 1에 모여 있다. 이것은 조도 방파제에 충돌하는 선박이 대부분이기 때문이다. 확률  $0.0065$ 에 해당하는 주관적 평가는 7.4이고 1에 해당하는 것은 8이 된다. 이 주관적 평가의 평균은 7.07이 되며 대부분이 이 주위에 몰려 있다. 선속 10노트의 경우의 침범확률에서 상용로그로 환산한 값은  $10^{-12} \sim 0$ 이며 실확률은  $0.8 \times 10^{-11} \sim 1$ 이다. 선속 5노트에 비하여 다소 넓게 흩어져 있으나 실확률 1에 많이 몰려 있음을 볼 수 있다. 주관적 평가는  $0.8 \times 10^{-11}$ 에 대한 것이 3.8이고 1에 대한 것이 4.9이다. 주관적 평가의 평균은 약 3.82가 되며 대부분이 이 주위에 몰려 있다.

### 3.5 선박 제어도 계측

선박 제어도 계측 요소는 근접도 계측의 구간에서의 선수방위 변동량(Heading Variability), 요잉 레이트(Yaw rate), 스웨프트 패스(Swept path), 사용 타각(Rudder angle used)을 선택하였다. 나머지 요소 즉, 선박의 전후진 방향 속도, 정형 방향 속도, 사용 기관 등은 속력 자체가 결정되어 있으므로 분석에서 제외하였다.

여기에서는 선박 제어도 계측의 항목이 다양하므로 이를 주관적 평가와 비교하기 어렵기 때문에 먼저 계측 항목을 무차원화하고 이를 하나의 평가 지표로 만들었다. 그 방법은 다음과 같다.

$$M_j = \max(N_{ij})$$

$$n_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_j}$$

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^4 n_{ij}}{4}$$

$N_{ij}$  : 제어도 계측치이며 첨자  $i$ 는 측정횟수 즉, 선장의 수를 말하며 여기서는 76회가 된다. 첨자  $j$ 는 계측 항목이다. 여기서는 선수방위 변동량, 요잉레이트, 스웨프트 패스, 사용 타각 등 4개의 항목이 된다.

$M_j$  : 항목  $j$ 에서의 최대값.

$n_{ij}$  : 항목  $j$ 의 제어도 계측치를 항목  $j$ 의 최대값인  $M_j$ 로 나누어 무차원화된 선박의 제어도

$S_i$  : 측정  $i$ 에서의 계측 항목의 평균치이다.

선박의 제어도는 Fig. 9에 나타난 바와 같이 선속 5노트의 경우의 중앙값은 4.63이고 25분위수는 4.02 75분위수는 6.22이다. 선속 10노트의 경우 중앙값은 2.01이며 25분위수는 1.64이고 75분위수는 3.43이다. 따라서 선박의 제어도에서는 5노트의 경우가 10노트보다 더 크게 나타나고 있다.

Fig. 10은 선박의 제어도와 주관적 평가와의 관계를 도시한 것이다. 선속 5노트의 경우 선박의 제어도는 2.2에서 9.3까지 걸쳐있으나 주관적 평가 값은 6.3에서 8.0의 범위가 된다. 선박의 제어도가 2.2, 9.3인 경우 주관적 평가는 각각 6.8과 7.1이다.

선속 10노트의 경우를 보면 선박의 제어도는 1.0에서 6.5까지 걸쳐있고 주관적 평가 값은 3.0에서 6.0의 범위가 된다. 선박의 제어도가 0.84, 6.22인 경우 그 주관적 평가는 각각 3.8과 4.1이다.

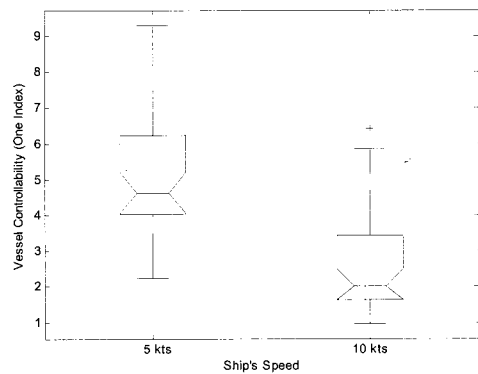


Fig. 9 Vessel controllability versus ship's speed

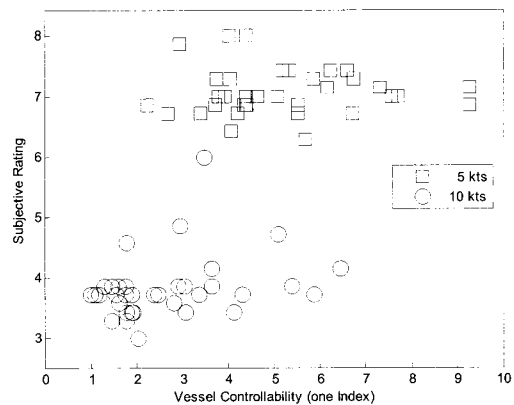


Fig. 10 Subjective rating level versus vessel controllability

#### 4. 결 론

#### 참 고 문 헌

이 연구에서는 바람은 거의 없고 조류가 남서 방향 2.0노트 인 환경조건하에서 파나마스 형태의 60,000 DWT 선박에 대하여 선속 5노트 및 10노트로 각각 선박조종시물레이션을 실시하고 그 결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 방파제 진입 방향에 대하여 조류의 압류 영향을 줄이기 위하여 충분히 드리프트 앵글을 주어야 한다고 조종자가 설사 알고 있다 하더라도 진입 항로 방향에 대하여 10° 이상 취하지 않는 경향이 있는데, 이것은 방파제 입구를 벗어날 정도로 선수를 돌리고 싶지 않은 심리적 영향이 아닌가 한다.
- ② 주관적 계측에서 각 항목의 값은 선속 5노트나 10노트에서 거의 비슷하게 나타나고 있으며 단일 지표로 나타낸 주관적 계측은 선속 5노트에서 7, 선속 10노트에서 3.7이 되어 10노트의 경우가 선속 5노트보다 적게 나타나고 있다. 또 조종자는 설사 충돌을 하는 경우에도 최대치인 9로 표시하는 것을 꺼려하는 심리적 경향이 있는 것으로 보인다.
- ③ 근접도 계측인 좌현 항로계까지의 최근접거리는 5노트의 경우 그 중앙값은 선속의 -2.79배로 항로를 아예 벗어나 조도방파제와 충돌하고 있는 경우가 대부분이다. 또 10노트의 경우 그 중앙값이 선속의 0.42배로 선속 5노트보다는 크지만 방파제와 충돌하고 있는 경우도 나타난다.
- ④ 선박의 제어도 계측 항목의 단위가 다른 것을 각 항목에서의 최대치로 나누어 무차원화 하여 이들 항목을 단일 지표로 표시하는 방법을 제안하였다.
- ⑤ 선박의 제어도 계측은 선속 5노트의 경우의 중앙값은 4.63 이고 선속 10노트의 경우 중앙값은 2.01로 5노트의 경우가 10노트보다 더 크게 나타나고 있다.

이상을 종합하면 선속 5노트에서의 경우가 조류에 의한 압류의 영향을 크게 받아 주관적 계측치, 선박의 근접도, 제어도가 상대적으로 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

이 연구에서는 선속 5노트와 10노트를 비교하였는데 보다 다양한 선속에 대하여 실험을 실시하고 주관적 계측과의 관계를 보다 심층적으로 검토할 필요가 있다. 이들에 관한 실험 및 연구는 추후 과제로 남겨 둔다.

- [1] 이동섭, 윤점동, 정태권(1994), “아산항 계획 항로에서의 선박 통항의 안전성 평가검토”, 韓國航海學會誌, 第18卷, 第2號, pp.41~56.
- [2] 정태권, 이동섭(2007), “선박조종시물레이선의 근접도 평가에서 연속 분석과 목표선 분석에 관한 비교 연구”, 한국항해항만학회지, 제31권 제1호, pp.1~6.
- [3] CAORF(1987), “CAORF RESEARCH METHODOLOGY”, CAORF National Maritime Research Center, pp.28.
- [4] Jeong, T. G., Kim, H. S., and Lee, J. W.(1997), “An Examination of the Safety of #2 Berth of the ‘HPC’ Pier using Port Design Simulator”, The Korean Institute of Navigation, Vol. 21/4, pp. 11~20.
- [5] Kuo, P. K.(1993), “A Study on the Safety Evaluation of Ship Maneuvering in Ports -An Introduction of Ship Handling Simulator Studies in Taiwan-”, Japanese Journal of Navigation, No. 89, pp. 121~132.
- [6] O’Hara, J. M. and Brown, W. S.(1985), An Investigation of the Relative Safety of Alternative Navigational System Designs for the New Sunshine Skyway Bridge: A CAORF Simulation, pp. 103-106.
- [7] Witt, F.G.J.(1981), “Analysis of Simulated Maneuvers”, 2nd International Conference on Marine Simulation, pp. A12-1~A12-17.

---

원고접수일 : 2008년 9월 29일  
 심사완료일 : 2008년 10월 27일  
 원고채택일 : 2008년 10월 29일