

본 학회지를 발간하는 데 도움을 주신 한국과학기술단체총연합회에 감사드립니다.

屈曲된 狹水路 通航에서 操船者의 主觀的 危險感知도와 操縱困難度와의 相關關係에 關한 基礎 研究

이 동 섭* · 윤 점 동** · 정 태 권**

A Study on the Correlation between Shiphandler's Subjective Evaluation
and Maneuvering Difficulty in Curved Narrow Channel

Dong-Sup, Lee · Jeom-Dong Yun** · Tae-Gweon, Jeong***

<목 차>

Abstract

1. 序 論

2. 船舶通航에서의 操縱困難度評價에 關한
理論

2.1 조종곤란도의 대표값

2.2 주관적 위험감지도의 평가 방법

3. 試 驗

4. 操船者의 主觀的 危險感知도와 操縱困

難度의 相關關係

4.1 조종곤란도와 주관적 위험감지도와
의 도식 방법

4.2 주관적 위험감지도와 조종곤란도의
상관 관계

5. 結 論

參考文獻

Abstract

The assesment of the safety of ship's transit in a curved narrow channel consists of the maneuvering safety determined by the chance of running aground, the maneuvering difficulty determined by ship's workload, and shiphandler's subjective evaluation. In this study, to examine the correlation between shiphandler's subjective evaluation and the maneuvering safety, the real-time and full-mission shiphandling simulator in the Korea Marine Training & Research Institute(KMTRI) was utilized. On the conning bridge of the shiphandling simulator, 50 experienced masters have conducted the modeled vessel of 60,000 deadweight tonnage along the designed channel under 3 different environmental conditions.

It was possible to assess and analyze theoretically the correlation between the shiphandler's subjective

* 한국해기연수원

** 한국해양대학교 해사대학

evaluation and maneuvering difficulty under each environmental condition by quantifying the data obtained from the tests. The results are as follows:

- ① As the degree of maneuvering difficulty increases, the shiphandler's subjective evaluation increases in the designed channel under the designed environmental condition.
- ② In the straight area, not the bend of the designed channel, maneuvering difficulty increases sharply under the environmental condition of current and wind coming from the stern.

1. 序 論

요즘 우리나라에서는 산업 발전에 따라 새로운 항만 설계를 많이 하고 있고 또 기존의 항만도 선박의 대형화로 이에 대한 설계를 다시 하기도 한다. 항만 설계시에는 그 계획 단계에서 건조될 부두의 제반 설계 인자를 고려하고 특히 선박 조종의 입장에서 본 출입항 선박의 통항 안전성에 대한 치밀한 검토가 있어야 한다. 이를 위한 효율적인 장비는 선박조종 시뮬레이터라고 볼 수 있다. 이 장비를 이용하여 미국 등 선진 외국에서는 통항 안전성을 평가한 바가 있고, 우리나라의 경우에서도 최근 아산만과 광양항의 항만과 항로의 설계시 통항 안전성을 평가한 바가 있다.^{(1),(2),(3),(4)}

선박 조종 시뮬레이터를 이용한 선박 통항의 안전성 평가에 대한 기존의 연구를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 선박의 조종 특성에 따른 잠재 수역을 이용한 연구⁽⁵⁾
- ② Fuzzy 회귀모델을 이용한 입항 조선의 곤란도 평가⁽⁶⁾
- ③ 표준 조선 모델을 이용한 안전성 평가⁽⁷⁾
- ④ 조선의 곤란도와 조선의 위험도를 이용한 안전성 평가⁽⁸⁾
- ⑤ 조선의 위험도, 조선의 곤란도, 조선자의 주관 조항 안전성 평가^{(9),(10),(11),(12),(13)}

위에 열거한 연구는 선박의 조종성 측면만을 고려한 안전성 평가에 대한 연구(①, ③, ④), 조선자의 주관적 측면만을 고려한 연구(②)이다. 다만 ⑤의 연구가 주관적 위험감지도를 고려한 종합적인 분석에 관한 연구이나 이들 연구 역시 조선자의 주관적 평가와 조선의 안전성의 관계를 각각 별도로

다룬 것에 불과하다. 다만 **李** 등이 직선항로와 곡선항로에서 조종위험도와 주관적 위험감지도를 연구한 바가 있다.^{(14),(15)}

따라서 본 연구에서는 곡선 항로에서 선박의 제어 요소로 표시되는 조종곤란도와 주관적 위험감지도와의 상관 관계를 다루고자 한다.

본 연구에서는 한국해기연수원이 보유하고 있는 풀미션 브릿지 시뮬레이터(full mission bridge simulator)를 이용하고 모델 선박으로서의 재화중량톤수 60,000톤급을 이용하였으며 본 연구에서 채용한 항로는 직선 항로와 굴곡 항로로 구성되어 있으며, 굴곡항로의 변침각도는 30° 가 되도록 하였다. 통항상의 환경 조건으로서는 조류와 바람이 동시에 작용하는 상태를 택하였다. 먼저 조류에 관하여는 속도는 2노트로서 방향은 선박의 진행 방향에 대하여 우현에서 받을 때, 좌현에서 받을 때, 선미에서 받을 때로 하였으며, 바람은 20노트로서 방향은 조류와 같은 방향으로 설정하였다.

시뮬레이션 시험에 참가한 선장은 실선의 경력이 3년 이상으로 50명이다. 시뮬레이션 방법은 선장이 직접 조종을 하도록 하고, 항해사는 선장에게 필요한 항해 정보를 제공하거나 선장의 명을 받아 기관 사용 등의 필요 조치를 하도록 하며, 조타수는 선장의 침로 변경 명령이나 조타 명령을 실선에서와 같이 수행하도록 하였다. 시뮬레이션이 끝난 후 위험감지도에 대하여는, 조종상의 심적 부담도, 업무 수행의 난이도, 선박의 제어도 및 업무 부담도의 4개 항목에 대하여 각각의 레이팅 스케일을 1에서 9까지 9등분하여 응답하도록 하였다.

2. 船舶通航에서의 操縱困難度 評價에 關한 理論

협수로에서 선박 통항의 안전성을 평가하기 위하여서는 선박 조종 시뮬레이터를 이용하여 속달된 조종자가 실제의 조종상 환경 조건과 같은 상태에서 시뮬레이션을 실시하고 키 및 기관 사용에 의한 선박의 움직임을 분석·검토할 필요가 있다. 여기서는 선박 통항의 안전성의 평가요소의 하나인 조종곤란도의 대표값을 산출하는 방법을 설명한다.

2.1 조종곤란도의 대표값

조종곤란도는 일반적으로 요잉 특성, 스융패스(swept path), 타의 사용량으로 표시되므로 본 연구에서도 이대로 선택하였다. 요잉 특성을 나타내는 변수는 선수방위 변동량, 평균 요레이트, 요레이트의 변동량이고, 스융패스를 나타내는 변수는 평균 스융패스와 스융패스의 변동량이며, 타의 사용량에 관한 변수는 평균 사용타각과 사용타각변동량이다. 한편 이들의 변수는 단위가 달라 종합하여 평가하기가 곤란하기 때문에 각 변수의 최대치를 1로 하여 이들 변수의 대표값과 주관적 위험감지도와 비교 분석할 수 있도록 하였다.

위에서 보듯이 조종곤란도는 평균을 나타내는 변수와 변동량을 나타내는 변수로 구분할 수 있다. 평균을 나타내는 변수로 표시되는 조종곤란도 md_a 는 식 (2·1)과 같이 변수의 대표값으로 표시할 수 있다.

$$md_a = \left(\frac{a_{yi}}{a_{ymax}} \times \frac{a_{spi}}{a_{spmax}} \times \frac{a_{rai}}{a_{ramax}} \right)^{1/3} \quad (2 \cdot 1)$$

$$0 \leq md_a \leq 1$$

여기서 a_{yi} , a_{spi} , a_{rai} 는 시험 대상 선박이 어떤 구역을 통항할 때 매 샘플링 위치에서의 평균 요레이트, 평균 스융패스, 평균 사용 타각을 나타내고 있다. a_{ymax} , a_{spmax} , a_{ramax} 는 평균 요레이트, 평균 스융패스, 평균 사용 타각의 최대치를 각각

나타낸다. 첨자 i 는 시뮬레이션의 순번을 나타내는데, 이는 본 시험에 참가하는 선장의 일련 번호에 해당한다.

다음으로 변동량을 나타내는 변수로 표시되는 조종곤란도 md_v 는 식 (2·2)와 같이 변동량의 대표값으로 표시할 수 있다.

$$md_v = \left(\frac{\Delta h_i}{\Delta h_{max}} \times \frac{\Delta y_i}{\Delta y_{max}} \times \frac{\Delta spi}{\Delta sp_{max}} \times \frac{\Delta rai}{\Delta r_{max}} \right)^{1/4} \quad (2 \cdot 2)$$

$$0 \leq md_v \leq 1$$

위식에서 Δh_i , Δy_i , Δspi , Δrai 는 실험선박이 어떤 구역을 통항할 때 매 샘플링 위치에서의 선수 방위 변동량, 요레이트 변동량, 스융패스 변동량, 사용 타각의 변동량을 각각 나타내고 있다. 또한 Δh_{max} , Δy_{max} , Δsp_{max} , Δr_{max} 는 선수 방위 변동량, 요레이트 변동량, 스융패스 변동량, 사용 타각 변동량의 최대치를 각각 표시하고 있다. 첨자 i 는 조종곤란도 md_a 와 마찬가지로 시뮬레이션의 순번을 나타내는데, 이는 본 시험에 참가하는 선장의 일련 번호에 해당한다.

조종곤란도 md_a , md_v 는 다같이 조종곤란도를 표현하고 있으므로 편의상 식 (2·3)으로 바꾸어 분석에 사용하기로 한다.

$$md = (md_a \times md_v)^{1/2} \quad (2 \cdot 3)$$

$$0 \leq md \leq 1$$

조종곤란도 md 는 0에서 1까지의 값을 취하며, 0에 가까울수록 선박을 쉽게 제어할 수 있고 1에 가까울수록 선박을 제어하기가 어렵다는 것을 나타내고 있다.

2.2 주관적 위험감지도 평가 방법

주관적 위험감지도는 시뮬레이션을 실시하고 난 후 선장 개개인이 느끼는 어려움의 정도에 대하여 설문을 작성하도록 한다. 주관적 위험감지도에 관한 평가 항목은 李 등⁽¹⁵⁾의 연구와 마찬가지로 심적 부담도(stress level), 업무 수행의 난이도(task

difficulty), 선박의 제어도(vessel controllability), 업무 부담도(overall workload)이다. 이들 평가항목을 분석하여 본 바 각 조선자가 작성하는 치는 거의 비슷하므로 이들 양을 대표값으로 나타낼 필요가 있는데 그 이유는 선박조종의 객관적인 조종위험도와 비교하기 쉽도록 하기 위함이다. 주관적 위험감지도의 대표값 Se 는 식(2·4)와 같이 표시할 수 있다.

$$Se = (Sl \times Td \times Vc \times Owl)^{1/4} \quad (2 \cdot 4)$$

$$1 \leq Se \leq 9$$

여기서 Sl 은 심적 부담도, Td 는 업무 수행의 난이도, Vc 는 선박의 제어도, Owl 은 업무 부담도를 나타낸다. 주관적 위험감지도 Se 는 1에서 9까지의 값을 취하며, 1에 가까울수록 조선자 개개인이 느끼는 조종상의 어려움이 작다는 것을 의미하고 9에 가까울수록 어려움이 크다는 것을 의미한다.

3. 試 驗

본 연구에서는 한국해기연수원의 선박조종 시뮬레이터로 시험을 실시하였으며 시험 참가자는 한국해기연수원에서 교육을 받고 있는 3년 이상의 실선의 경험이 있는 50명의 선장으로 하였다. 시험기간은 1993년 12월부터 1995년 2월까지이었다.

본 연구의 시험모델 선박은 재화중량톤 60,000톤급인 만재 상태인 벌크 캐리어로서, 선박 요목은 수선간장 232.6 미터, 선폭 38.1미터, 흘수 12.16 미터, 방형비척계수 0.8이고, 침수표면적은 11,891.6 평방미터이다. 시험 대상 선박의 수학 모델은 케이오프(CAORF, Computer Aids Operations Research Facility)에 의하여 개발되었으며 3-자유도의 운동 특성을 갖고 있다.

본 연구에서 설정한 시험 항로는 Fig. 1과 같이 항로폭이 균일하게 400미터로서, 진행 방향에서 볼 때 첫구간은 침로 000°인 직선 항로로 길이가 3마일, 다음 구간은 진행 방향의 침로가 030°인 곡선항로가 0.6마일, 마지막 구간은 침로 000°인 직선 항로가 2마일이다. 본 연구에서는 편의상 첫구간의 직선 항로 부분을 A구역, 다음의 곡선 항로

구간을 B구역, 마지막 직선 항로 구간을 C구역으로 각각 명명하였다.

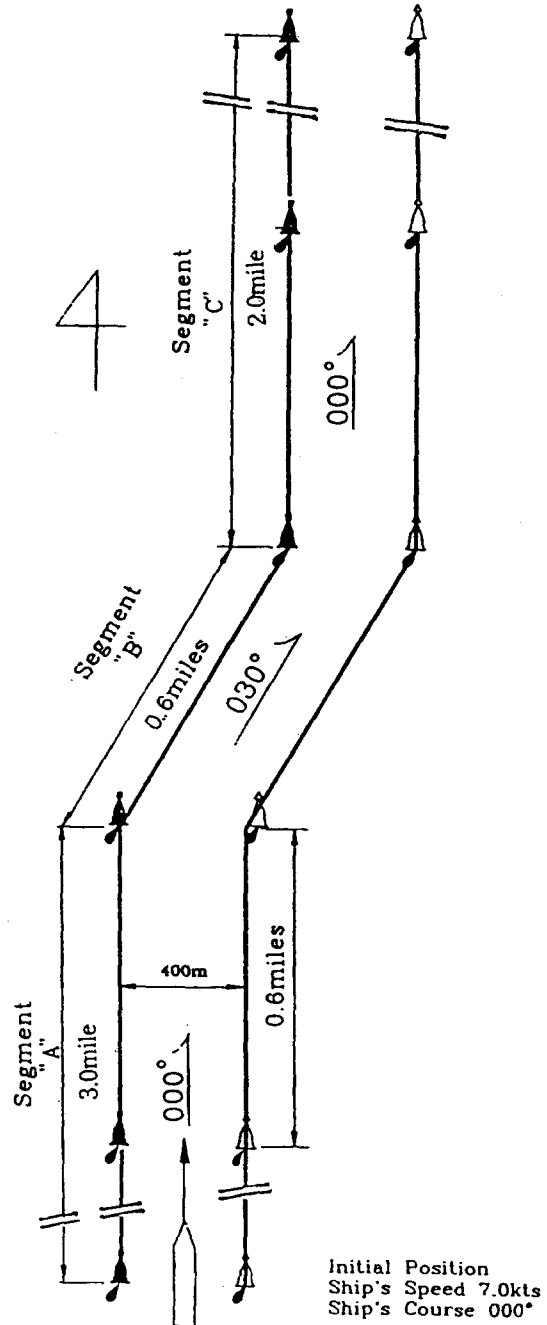


Fig. 1 Designed test channel.

시험 항로의 환경 조건은 주간으로 조류 2노트, 바람 20노트로 설정하였다. 편의상 조류의 방향과 풍향은 항상 일치하도록 하였으며, 조선상 나쁜 환경조건에 해당하는 좌현, 우현 및 선미방향에서 오는 것으로 설정하였다.

본 시험에 들어가기 전에 각 선장에게는 각 시나리오에 대하여 조류와 바람의 환경조건, 시험 선박의 항로상 초기 위치와 속력 및 침로, 시험 항로의 구조 및 부표의 배치 등에 관하여 충분히 숙지하도록 2차례 이상의 교육을 실시하였다. 이 시험에는 실선 경험이 있는 1명의 항해사와 해당 자격을 갖춘 1명의 조타수를 동원하였다.

본 시험중 항해사는 선장에게 필요한 항해 정보를 제공하거나 선장의 명을 받아 기관사용 등의 필요 조치를 하도록 하였으며, 조타수는 선장의 침로 변경 명령이나 조타명령을 실선에서와 같이 수행하도록 하였다.

주관적 위험감지도는 선장 개개인이 실험 항로를 지나면서 느끼는 양으로서 조종위험도와 조종 곤란도가 합쳐서 개인에 부과되는 양이라고 간주할 수 있다. 그러므로 이는 시험 대상 선박의 시물레이션이 끝난 후 선장에게 설문지 형식으로 작성하도록 하여 취합 하였다. 그 평가항목은 심적 부담도(stress level), 업무 수행의 난이도(task difficulty), 선박의 제어도(vessel controllability), 업무 부담도(overall workload)의 4개 항목으로 하고, 각각을 1~9까지 9등분하였다. 본 연구에 사용한 평가 항목과 레이팅 스케일은 기존의 연구를 참고하였다.⁽¹¹⁾

4. 操船者의 主觀的 危險感知도와 操縱困難度와의 相關關係

한 선박이 협수로를 통항한 후 이 선박의 조종 곤란도는 아무리 같은 환경 조건이라도 조선자에 따라 상당한 차이가 날 수 있다. 이러한 점에 착안하여 조선자가 느끼는 주관적 위험감지도와 객관적인 조종곤란도와의 상관 관계를 살펴보고자 한다.

본 장에서는 50명의 선장을 대상으로 하여 실제

로 조류와 바람의 방향을 바꾸어가면서 항행 구역 별로 느끼는 선장들의 주관적 위험감지도, 항행 구역별의 조종곤란도를 각각 분석·평가하고, 이들을 종합적으로 분석 평가한 결과에 관하여 기술하기로 한다.

4.1 조종곤란도와 주관적 위험감지도의 도식 방법

본 논문에서는 조종곤란도와 주관적 위험감지도를 각각 분석·평가하고 나아가 이들의 상관 관계를 연구하는 목적이므로 선박이 한번 시험 항로를 지날 때 선수 방위 변동량, 스웨프트 패스 등의 선박의 움직임을 자동적으로 기록한다.

조종곤란도란 2.1절에서 기술한 바와 같이 요잉 특성 (선수 방위 변동량, 평균 요레이트, 요레이트의 변동량), 스웨프트 패스량 (평균 스웨프트 패스, 스웨프트 패스의 변동량), 타 사용량 (평균 사용 타각, 사용 타각의 변동량) 으로 구성된다.

본 연구에서는 이들을 정량적으로 표현하여 주관적 위험감지도와 비교 분석할 수 있도록 하였고, 구체적인 대표값 산출 과정은 2.1절에 기술하였다. 한편 주관적인 위험감지도의 평가 항목인 심적 부담도, 업무 수행의 난이도, 선박의 제어도 및 업무 부담도를 미리 분석한 결과에 따르면 이들 값은 거의 비슷하므로 식(2·4)로 정의되는 주관적 위험감지도로 표시하였다.

조류와 바람을 좌현에서 받을 때 A의 항행 구역을 통과할 때를 예를 들어 주관적 위험감지도와 조종곤란도를 Fig. 2에 나타내었다. 이 그림에서 횡축은 조선자의 주관적 위험감지도를 나타내고, 종축은 식(2·3)과 같이 표현되는 조종곤란도 md 를 나타낸다.

A구역에서 Se 는 2~7의 범위이고 조종곤란도 md 는 0.4~0.7이며 Se 5를 느끼는 사람이 가장 많음을 알 수 있다.

4.2 主觀的 危險感知도와 操縱困難度와의 상관 관계

Fig. 2에서 보는 바와같이 주관적 위험감지도가 같아도 조종곤란도는 각각 다르게 나타나고 있으

며 그 분포는 정규 분포와 비슷하다. 주관적 위험 감지도와 조종곤란도의 상관 관계를 파악하기 위하여서는 동일한 주관적 위험감지도에 대한 조종 위험도의 대표값을 구할 필요가 있다. 이 대표값은 조종위험도의 산술 평균을 취하여 나타내기로 한다. 이하에 조종곤란도와 주관적 위험감지도에 대하여 설명하기로 한다.

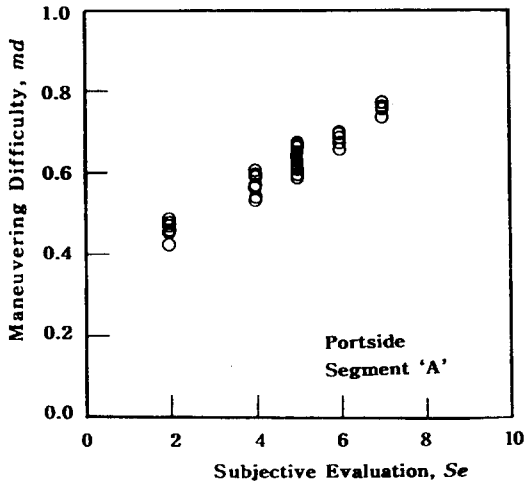


Fig. 2 Maneuvering difficulty distribution in case of the portside current & wind in segment 'A'

4.2.1 조류와 바람을 좌현에서 받을 경우

Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5는 조류와 바람의 외력을 동시에 좌현으로부터 받을 경우 항행 구역 A, B, C를 분석한 결과를 나타낸다. 이들 그림에서 횡축은 조종자의 주관적 위험감지도 Se를, 종축은 조종곤란도 md를 대표값으로 나타낸 것이다.

관측값의 구간을 살펴보면 A구역에서는 Se는 2~7, md는 0.4~0.7, B구역에서는 Se는 3~9, md는 0.5~0.9, C구역에서는 Se는 2~7, md는 0.5~0.7로 나타나고 있다. 이를 보면 A구역, B 구역, C 구역에서는 Se값이 증가할수록 md 값의 증가량이 비슷하게 나타나고 있다. 또 B 구역에서는 주관적 감지도와 조종곤란도의 구간의 최대값이 A 구역 및 C구역보다 크게 나타나고 있는데 이것은

굴곡 항로에서 선박의 제어도가 크게 필요한 것으로 생각된다. 한편 주관적 위험도와 조종곤란도의 대표값은 서로 강한 양(+)의 상관관계가 있음을 알 수 있다.

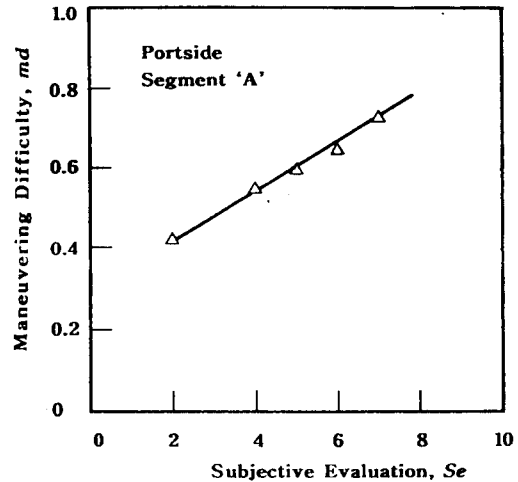


Fig. 3 Maneuvering difficulty in case of the portside current and wind in segment 'A'

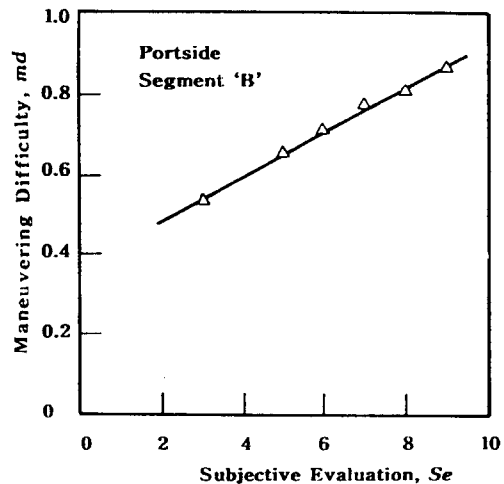


Fig. 4 Maneuvering difficulty in case of the portside current and wind in segment 'B'

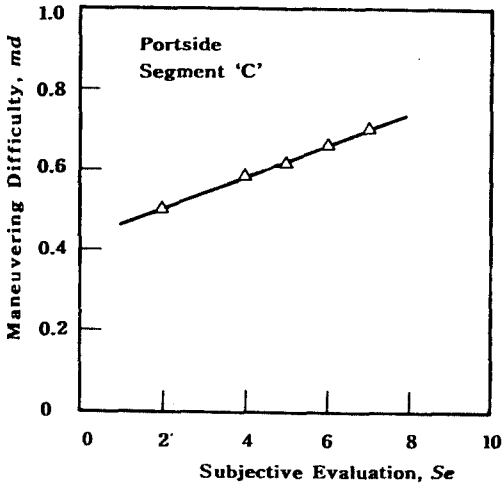


Fig. 5 Maneuvering difficulty in case of the portside current and wind in segment 'C'

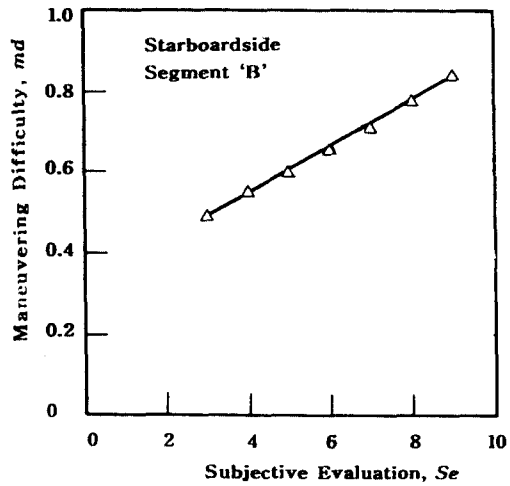


Fig. 7 Maneuvering difficulty in case of the starboard side current and wind in segment 'B'

4.2.2 조류와 바람을 우현에서 받을 경우

Fig. 6, Fig. 7 및 Fig. 8은 조류와 바람의 외력을 동시에 우현으로부터 받을 경우 항행구역 A, B, C별의 분석 결과를 각각 나타낸다. 관측값의 구간을 살펴보면 A구역에서는 Se는 3~7, md는 0.5~

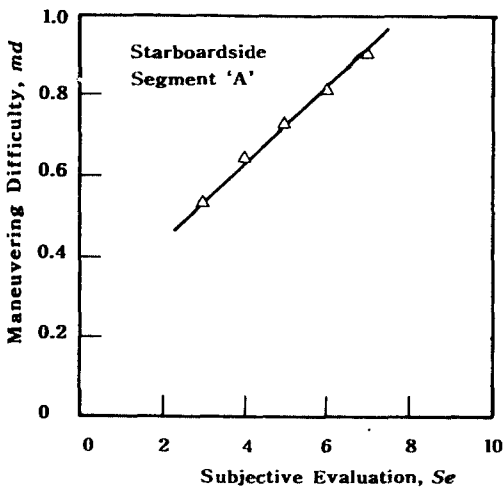


Fig. 6 Maneuvering difficulty in case of the starboard side current and wind in segment 'A'

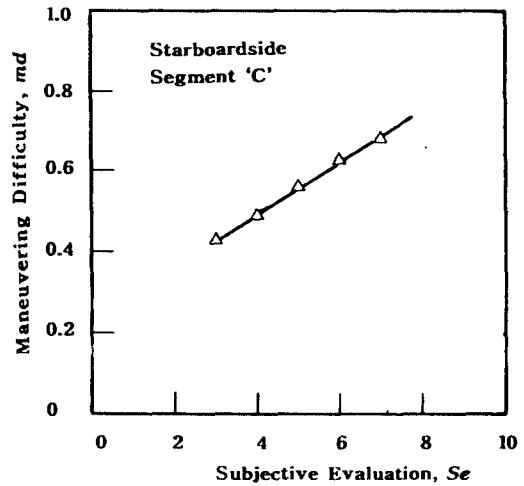


Fig. 8 Maneuvering difficulty in case of the starboard side current and wind in segment 'C'

0.9, B구역에서는 Se는 3~9, md는 0.5~0.8, C구역에서는 Se는 3~7, md는 0.4~0.7로 나타나고 있다. 이를 보면 A 구역에서는 Se값이 증가할수록 md 값의 증가량이 크게 나타나고 그 값은 외력을

좌현에서 받을 때보다 크게 나타나고 있다. 또 B와 C구역에서는 Se에 대한 md의 증가량은 거의 같고 그 값은 외력을 좌현에서 받을 때와 거의 같다. 한편 B 구역에서는 주관적 감지도와 조종곤란도의 구간의 최대값이 A구역 및 C구역보다 크게 나타나고 있는데 이것은 골곡 항로에서 선박의 제어도 가 크게 필요한 것으로 생각된다.

4.2.3 조류와 바람을 선미에서 받을 경우

Fig. 9, Fig. 10 및 Fig. 11은 조류와 바람의 외력을 동시에 선미 방향으로부터 받을 경우 항행 구역 A, B, C별의 분석 결과를 각각 나타낸다. 관측값의 구간을 살펴보면 A구역에서는 Se는 1~5, md는 0.5~0.9, B구역에서는 Se는 3~8, md는 0.7~0.8, C구역에서는 Se는 3~6, md는 0.4~0.7로 나타나고 있다. 이를 보면 A와 C 구역에서는 Se 값이 증가할수록 md 값의 증가량이 크게 나타나고 있으나 B구역에서는 Se에 대한 md의 증가량은 비교적 작다. 한편 B 구역에서는 주관적 감지도와 조종곤란도의 구간의 최대값이 A구역 및 C구역보다 크게 나타나고 있는데 이것은 골곡항로에서 선박의 제어도 가 크게 필요한 것으로 생각된다.

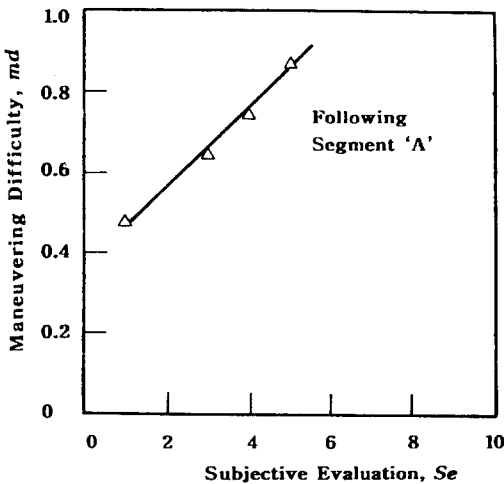


Fig. 9 Maneuvering difficulty in case of the stern current and wind in segment 'A'

이상을 종합하면 주관적 위험도와 조종곤란도의 대표값은 서로 강한 양의 상관 관계가 있다. B구역에서는 외력이 어느쪽에서 작용하든지 주관적 위험도와 조종곤란도의 대표값은 최대를 나타내고 있는데 이는 이 구간에서 선박의 제어량을 나타내는 조종곤란도가 크게 나타나고 이것이 곧 주관적 위험도에 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 설정한 시험항로에서 선미방향의 외력이 작용할 때 A구역 및 C구역이 B구역보다 주관적 위험감지도에 대한 조종곤란도의 변화가 크게 나타나고 있다. 좌현의 외력이 작용할 때에는 A, B와 C구역에서는 Se에 대한 md의 증가량은 거의 같고 우현의 외력이 작용할 때에는 B와 C구역에서는 Se에 대한 md의 증가량은 거의 같고 그 값은 A구역에서보다 작게 나타나고 있다. 또 전반적으로 살펴보면 주관적 위험감지도에 대한 조종곤란도의 변화는 우현 또는 선미방향에서 오는 외력의 경우가 좌현 방향에서 오는 외력의 경우보다 크게 나타나고 있다.

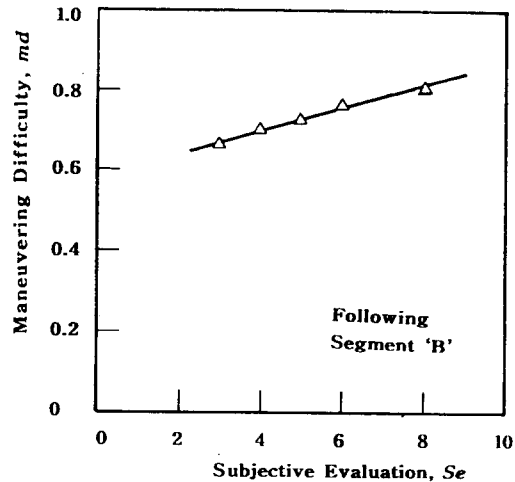


Fig. 10 Maneuvering difficulty in case of the stern current and wind in segment 'B'

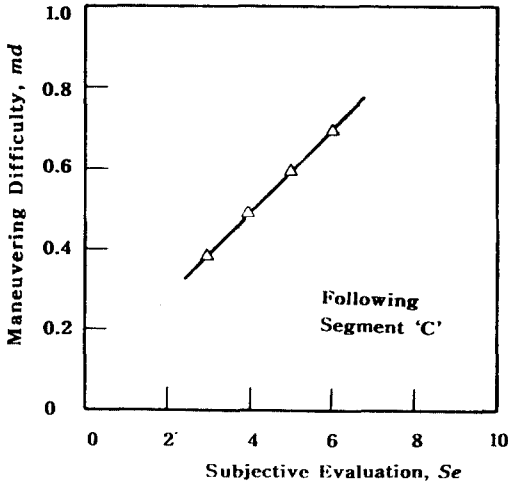


Fig. 11 Maneuvering difficulty in case of the stern current and wind in segment 'C'

5. 結 論

본 연구에서는 선박 조종 시뮬레이터를 이용하여, 항로폭 400미터의 협수로를 설계하고, 조류와 바람이 동시에 외력으로서 작용하는 환경 조건하에서 재화중량톤 60,000톤급의 대형 선박의 협수로 통항 시험을 하고 주관적 위험감지도와 조종위험도를 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) B구역에서는 외력이 어느쪽에서 작용하든지 주관적 위험도와 조종곤란도의 대표값이 최대를 나타내고 있는데 이는 이 구간에서 선박의 제어량을 나타내는 조종곤란도가 크게 나타나고 이것이 곧 주관적 위험도에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

(2) 선박 조종시의 주관적 위험감지도와 조종곤란도와의 상관 관계를 외부의 환경 조건별로 분석 평가할 수 있었으며 그 결과 주관적 위험감지도가 증대될수록 선박의 제어량인 조종곤란도도 증대하고 있다. 즉, 이 둘은 강한 양(+)의 상관 관계가 있다. 특히 본 연구에서 설정한 시험 항로에서 선미 방향의 외력이 작용할 때 A구역 및 C구역이 B구역보다 주관적 위험감지도에 대한 조종곤란도의

변화가 크게 나타나고 있다.

(3) 본 연구에서 설정한 시험 항로에서 전반적으로 보면 주관적 위험감지도에 대한 조종곤란도의 변화는 우현 또는 선미 방향에서 오는 외력의 경우가 좌현 방향에서 오는 외력의 경우보다 크게 나타나고 있다.

본 연구에서는 하나의 선종과 3가지의 외력 조건, 그리고 30°의 굴곡 항로에 대하여 다루었으나 앞으로 다양한 선종, 외력 조건, 굴곡도에 대하여 지속적인 연구가 필요하다.

參 考 文 獻

- [1] 韓國海技研修院：“牙山工業基地 港灣施設 實施設計(2次), 船舶操縱시뮬레이션篇”, 船舶運航技術研究所 報告書, 1991.
- [2] 韓國海技研修院：“海上新都市 船舶運航安全性 Simulation 研究”, 船舶運航技術研究所 報告書, 1992.
- [3] 韓國海技研修院：“光陽港 鑛石專用埠頭 船舶操縱 시뮬레이션 研究”, 船舶運航技術研究所 報告書, 1993.
- [4] 이동섭 等：“아산항 계획 항로에서의 선박 통항의 안전성 평가 검토”, 韓國航海學會誌, 第18卷, 第2號, pp. 41~56, 1994.
- [5] 井上欣三：“操船의 안전評價에 關する 基礎的 研究”, 日本航海學會論文集, 第79號, pp.133~140, 1988.
- [6] 中村, 富久尾, 原：“フアジイ回歸モデルによる入港操船困難度評價方法”, 日本航海學會論文集, 第82號, pp. 25~31, 1988.
- [7] 中村神也, 石岡青, 郭壁奎, 小瀬邦治：“水域施設における船舶操船의 安全性評價에 關する 研究”, 日本航海學會論文集, 第88號, pp.153~160, 1992.
- [8] 郭壁奎：“出入港操船의 安全性評價에 關する 研究”, 日本航海學會論文集, 第89號, pp.121~132, 1993.
- [9] K. Williams et al.：“The Application of CAORF Simulation as a New Technology

- for the Determination of Dredging Requirements", CAORF 20-8104-02, 1982.
- [10] John M. O'Hara : "The Navigability of the Main Ship Channel in Mobile Harbor Deepening Project by Deep-Draft Vessels CAORF Investigation", CAORF 27-8333-02, 1984.
- [11] John M. O'Hara et al. : "An Investigation of the Relative Safety of Alternative Navigational System Designs for the New Sunshine Skyway Bridge", CAORF 26-8232-04, pp. 19~87, 1985.
- [12] Jane A. Conway : "AN EVALUATION OF THE EFFECT OF A BRIDGE-TUNNEL CONFIGURATION ON CHANNEL NAVIGABILITY", PROCEEDINGS OF SIXTH CAORF SYMPOSIUM, pp. B3-1~B3-12, 1985.
- [13] George T. MacDonald : "MOBILE HARBOR, ALABAMA; A PRAGMATIC APPROACH TO THE DETERMINATION OF AN ACCEPTABLE CHANNEL DESIGN", PROCEEDINGS OF SIXTH CAORF SYMPOSIUM, pp. B5-1~B5-7, 1985.
- [14] 이동섭 等 : "선박통항 안전성에서의 주관적 평가의 정량화에 관한 기초연구", 韓國航海學會誌, 第18卷, 第4號, pp. 1~9, 1994.
- [15] 이동섭 等 : "屈曲된 狹水路 通航에서 操船者의 主觀的 危險感知도와 操縱危險度와의 相關關係에 관한 基礎研究", 海洋安全學會誌, 第2卷, 第1號, pp. 35~45, 1996.