

접이안 시뮬레이터 개발 및 적용

이진호* 김현수* 김영복* 양승렬** 손경호**

*삼성중공업 조선해양연구소

**한국해양대학교 선박해양공학과

Development of Berthing & Deberthing Simulator and Application

JIN HO LEE*, HYUN SOO KIM*, YOUNG BOK KIM*, SEONG RYOL YANG**, KYUNG HO SHON**

*Samsung Heavy Industry Ltd, Marine Research Institute, Koje, Korea

**Korea Maritime Univ. Pusan, Korea

KEY WORDS: Berthing and deberthing simulation

ABSTRACT: Berthing and deberthing simulator was developed for real-time trajectory of ship towed by tug boats near ship yard. This paper introduces development background, the function of simulator, utilization and it's application.

1. 서 론

조선소의 dock내에서 건조하여 진수되어진 선박은 안벽 계류에 의해 deck상 장비 설치, 배선 등의 후공정 작업을 수행한다. 이러한 선박들은 호선 이동 계획에 따라 다른 안벽으로 이동하거나, 인도 직전에는 조선소 인근의 해역에 앵커링을 하게 된다. 주기판 동력 사용이 불가능한 본선은 tug boat에 towing line을 연결하여 이동하게 되며, 1명의 dock master가 트랜시버를 이용하여 tug boat 조종자에게 적절한 order를 내려서 목적지까지 이동한다. 본 논문에서는 당사와 해양대학교가 공동으로 개발한 접이안 시뮬레이터를 소개하며, 상기에 설명한 호선 이동의 상황을 재현한 예를 보이며, 당사에서 본 시뮬레이터를 활용한 적용 사례를 몇가지 들고자 한다.

2. 시뮬레이터 개발 배경

본 시뮬레이터의 개발 배경은 다음과 같이 몇 가지로 설명할 수 있다. 우선, 바다에 접해있는 조선소의 특성상, 호선 이동이 가능한 풍속의 기준치를 설정해 둘 필요가 있다. 이 기준치보다 풍속이 클 경우, 안전성 확보 차원에서 호선 이동을 보류하지만, 업무 공정상 긴급하게 타 안벽에 이동시킬 필요가 있을 때에는, dock master의 경험에 의해 호선 이동 가능 여부를 결정한다.

하지만, dock master의 판단은 주관적이어서 자칫 human error로 이어 질 수도 있다. 이러한 현실을 개선하기 위해 본 시뮬레이터를 개발하게 되었으며 수치적이고 객관적인 데이터에 의해 본선 이동을 판별할 수 있도록 하였다. 두 번째로는, 호선 이동에 사용되어지는 tug boat의 운용을 효율화하는데 있다. yard에서 운용되는 tug boat는 각기 다른 마력을 가지고 있어서 이동 선박에 따라 적절한 tug boat를 사용하여야 한다. 본 시뮬레이터에서는 이러한 tug의 마력 특성이 포함되어져 있어서 여러 조합에 의해 최적의 tug 배치를 찾는 데 도움을 줄 수 있다. 마지막으로, yard상황이나 호선 이동 경험이 미숙한 dock master들에게는 본 시뮬레이터를 이용하여 yard 특성에 맞는 호선 이동을 위한 교육용 실습 rule로도 활용 가능하다. 기타, 정교한 조종 운동 방정식 및 호선의 각종 저항 특성 등이 DB화 되어 있기 때문에, 설계 해석용으로서의 효용성도 찾아 볼 수 있다.

3. 시뮬레이터 개요

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 yard 안벽 정보가 포함되어 있는 전자 해도 상에 tug boat를 배치하여, 바람 등의 환경 외력하에서 선박의 이동을 실시간으로 수행할 수 있도록 구성하였다. 즉, 전자 해도에 의한 map의 display상에 실시간 조종 운동 방정식의 해석 알고리즘을 접목하여 시간별 선박 궤적을 출력할 수 있도록 구성되어져 있다. 아울러, yard 인근의 해역을 대상으로 시뮬레이터를 동작하기 때문에, 파랑에 의한 영향보다는 바람, 수심 등의 환경 조건의 영향이 더 중요할 것이다.

이진호: 경상남도 거제시 삼성중공업

055-630-5354 jh1225.lee@samsung.com

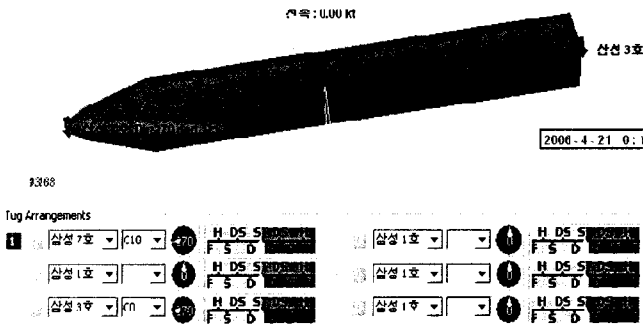


Fig. 1 Layout of berthing & deberthing simulator

3.1 구동 알고리즘

본 시뮬레이터의 선박 거동 알고리즘인 조종 운동 방정식은 저속에서의 본선의 surge, sway 및 yaw의 연성된 평면 운동을 실시간 해석하여 x, y 방향의 선박 속도, 가속도 및 z축 중심의 각속도, 각가속도의 해를 실시간으로 구하여 준다. 또한, 환경 외력으로는 바람, 조류 및 파도에 의한 표류력이 적용되며, 그 외에도 tug boat에 의한 towing force 및 본선 자체의 저항력을 입력하고 있다. tug force등의 환경 외력과, 대상 선박의 유체력 미계수에 의한 본선 저항값을 비교하여, 두 값의 평형 상태가 될 때까지 프로그램 내에서 실시간으로 본선의 속도를 가감속하여 줌으로써 결국에는 정속이 유지될 것이다. 그러므로, 대상 선박의 저항값을 추정하는 것은 바로 시뮬레이터의 신뢰도와 직결된다. 본 시뮬레이터의 유체력 미계수 추정은 이노우에 교수의 실험 경험식을 기초로 해서 이루어지지만, FPSO, 드릴링 선박과 같은 특수한 목적의 선박에 본 시뮬레이터를 적용하기 위해서는 적절한 유체력 미계수 추정을 위한 경험 데이터가 필요할 것이다.

3.2 바람 및 풍하중 계산

본 시뮬레이터에서는 실시간 바람 정보를 입력하여 선박의 변위를 계산하고 있으며, 총 풍속은 변동풍속과 평균 풍속의 합으로 나타낸다. 식(1)에는 바람에 관한 대표적인 스펙트럼으로서 Davenport 스펙트럼을 나타내고 있으며 본 시뮬레이터는 본 방법을 이용하여 변동풍 시계열을 재현하였다.

$$S_u(f) = 4KU^2 X^2 / f(1 + X^2)^{4/3} \quad (1)$$

단, f : frequency

K : 표면마찰계수

X : $1200 f / V$ (V는 풍속 및 본선의 상대 속도)

U : 평균 풍속

풍하중은 식 (2)에 의해 계산되어지며, 풍하중 계수는 회귀 분석에 근거한 Fujiwara 방법으로 추정되어진다.

$$F_w = 0.5 C_w \rho A V_w^2 \quad (2)$$

단, C_w : 풍하중 계수

ρ : 공기 밀도

A : 바람의 투영 면적

V : 풍속 및 본선의 상대 속도

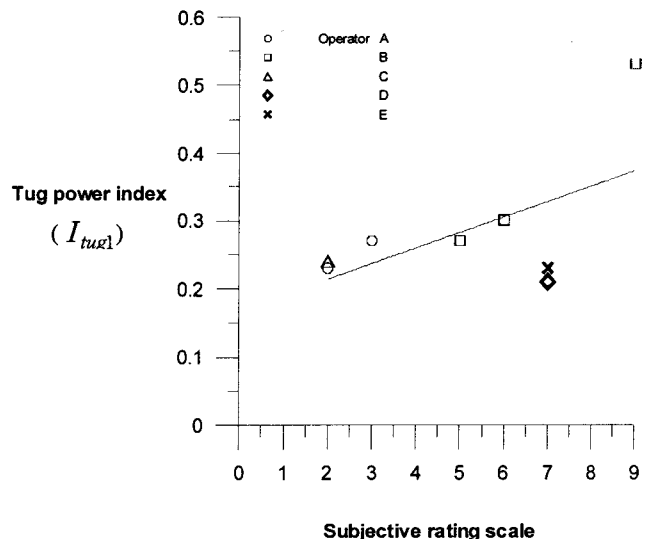
본 시뮬레이터에서는 실시간 바람 정보를 입력하여 선박의 변위를 계산하고 있으며, 총 풍속은 변동풍속과 평균 풍속의 합으로 나타낸다. 풍하중은 식 (2)에 의해 계산되어지며, 풍하중 계수는 회귀 분석에 근거한 Fujiwara 방법으로 추정되어진다.

3.3 수심 영향

Yard 인근의 수심은 일반 대양에 비해 상당히 얕다. 여기에 비례해서 대상 선박의 흘수도 낮아지기 때문에 일반적인 조종 유체력 미계수를 적용하는데에는 한계가 있다. 본 시뮬레이터에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해서 Kijima의 회귀식을 이용하여 수심의 영향을 고려하였다. 즉, 흘수-수심비의 함수인 천수 영향 수정계수를 도입하여 일반 심해역에서의 유체력 미계수를 천수역에 맞도록 만들어준다.

3.4 시뮬레이터 결과 평가법

시뮬레이터 수행 후 나오는 결과로서는 시간별 tug마력, 풍하중, 본선 속도, 궤적등이 있다. 이러한 정보를 이용하여 dock master가 수행한 시뮬레이터 결과의 난이도를 평가해 볼 필요가 있다. 평가 방법으로서는 tug의 사용시간과 마력을 이용한다든지, 또는, 풍하중과 tug force의 비를 구하는 방법등이 있을 수 있다. Fig. 2는 tug의 마력과 사용시간을 이용하여 난이도를 평가한 결과이다. 여기에서 실험자가 느끼는 조종의 위험도 (subjective rating scale)을 수치 0-9의 단계로 나누어 직접 평가하도록 하였으며, 앞서 설정한 tug 마력과 사용 시간간의 상관관계를 나타내었다. 그림에서 보듯이 실험자가 느끼는 조종 위험도가 높을 수록 tug power 및 time index가 올라가고 있음을 알 수 있다. 여기서 제시한 객관적 조종 위험도와 주관적 조종 위험도의 상관 관계를 보다 명확하게 파악하기 위해서는 더 많은 시나리오를 설정하여 시뮬레이션 실험을 수행한 결과가 있어야 된다고 생각된다.



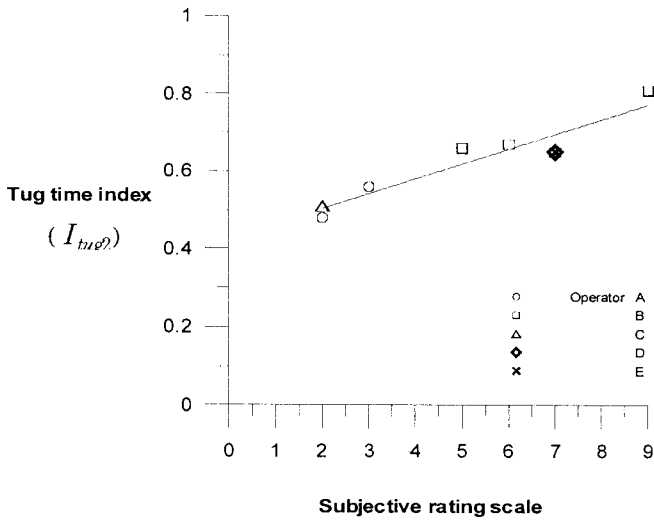


Fig. 2 Correlation between tug power, time index and subjective rating scale

4. 시뮬레이터의 적용 사례

이장에서는 본 시뮬레이터의 현업 적용 사례를 몇가지 예로서 들고자 한다.

4.1 실선 케적 계측 및 비교

우선 시뮬레이터 결과의 신뢰성을 검증하는 것이 우선시 되어야 한다는 판단하에, 이동 호선의 실제 케적을 2대의 GPS를 설치하여 계측하였다. 계측에 이용한 선박은 Crude Oil Tanker로서 2대의 tug와 본선을 towing line으로 연결하여 목적지까지 이동한다. 이동 케적의 실험 및 수치 계산결과는 Fig. 3에 나타내었으며, 그림에서 보듯이 1번의 turning을 포함하여 yard인근 해역에 앵커링하는 상황이다. 계측된 결과를 본 시뮬레이터에서 검증하기 위해서는 호선 이동중의 tug의 마력 및 위치를 시간별로 파악해 둘 필요가 있다. 이를 위해서 dock master가 트랜시버로 각각의 tug boat 선장에게 지시한 order를 기록해 두었다. 또한, 시뮬레이터 구동을 위해 필요한 본선의 유체력 미계수 등의 데이터를 산정하여 계측 결과와 비교하였다. 그림에서 보듯이 정성적으로 계측 결과의 케적을 잘 따라가고 있음을 알 수 있으나, 정량적인 비교 결과는 수심, 본선 홀수에 따른 유체력 미계수의 추정 및 tug boat 운용 등의 시뮬레이션에서는 반영이 어려운 실제 상황의 항목을 고려하여 상세한 재검토가 필요하리라 생각된다.

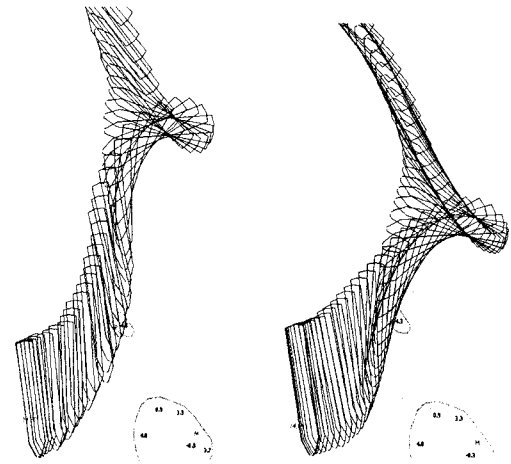


Fig. 3 Ship trajectory of C.O.T
(left : physical measurement, right : numerical simulation)

4.2 풍속별 선박 이동 케적 검토

Fig 4는 LNGC의 풍속별 이안 상황을 시뮬레이터를 이용하여 계산한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 풍속이 증가할수록 주어진 tug에 의한 본선의 control이 어렵게 됨을 알 수 있으며, 이러한 결과를 토대로 선종별 이안 가능한 풍속의 기준치를 정하는데 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

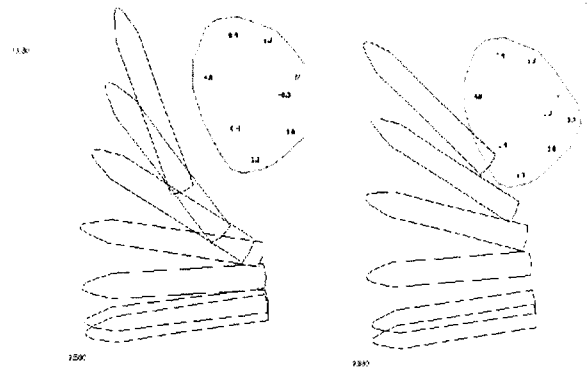


Fig. 4 Ship trajectory of LNGC according to wind speed

4.3 Bow thruster에 의한 접안 시뮬레이션

본 과정은 주어진 풍속하에서 컨테이너 선박의 bow thrust용량을 검토하는 것으로서 tug 외력을 thrust외력으로 가정하여 실시간으로 계산을 수행하였다. Fig. 5에서 보듯이 두 경우의 bow thrust용량 모두가 주어진 설계 풍속에서 선박을 control할 수 있음을 알 수 있다.

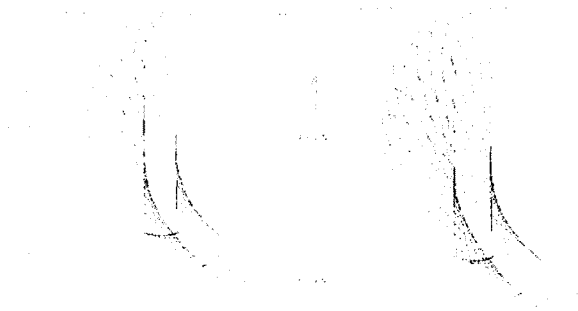


Fig. 5 Berthing simulation for the container ship

5. 결 론

본 논문을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) Yard 현업 적용을 위한 접이안 시뮬레이터를 개발하였다.
- (2) C.O.T에 2대의 GPS를 설치하여 궤적을 계측하였으며, 시뮬레이터와 결과를 비교하여 정성적으로 일치함을 알 수 있었다.
- (3) 풍속에 따른 LNGC의 시뮬레이션 결과를 통해 호선 이동이 가능한 기준 풍속을 정하였다.

- (4) Bow thrust에 의한 컨테이너선의 접안 시뮬레이션을 수행하여 thrust용량에 따른 접안 가능성을 파악하였다.

참 고 문 헌

- [1] 삼성 중공업 보고서 (2004), "선박 접이안 조종 시뮬레이션 구현 시스템 개발"
- [2] Sohn, Kyoungcho (1992), "Hydrodynamic Forces and Manoeuvring Characteristics of Ships at Low Advance Speed", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 29, No. 3
- [3] Inoue, S., et al. (1981), "Hydrodynamic Derivatives on Ship Manoeuvring", ISP, Vol. 28, No. 324.
- [4] Kijima, K., et al. (1990), "Prediction Method of Ship Manoeuvrability in Deep and Shallow Waters.", MARSIM & ICSM '90, Tokyo
- [5] Fujiwara, T. (1998), "선체에 작용하는 풍압력의 추정", 일본조선학회논문집, 제183호.

2006년 0월 0일 원고 접수

2006년 0월 0일 최종 수정본 채택