

# 정박지 점유율을 이용한 집단 정박지 면적 제시 방법 연구 - 울산항 E 정박지를 대상으로 시뮬레이션 -

박준모\*†

\* 한국해양대학교 대학원

## A Study on the Method of Representing Anchorage Using Occupancy Rate - Simulation Based on Ulsan E Anchorage -

Jun-Mo Park\*†

\* Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약 :** 본 연구에서는 정박지 해상교통 환경을 재현한 시뮬레이션을 통하여 정박지의 적정 면적을 결정하기 위한 방법론을 제시하고, 이를 울산항 E정박지에 적용하여 울산항 정박지 면적의 적정성을 비교 분석하기 위한 목적이 있다. 이를 위해 정박지 사용현황에 따른 시간별 정박지 점유율과 필요 정박지 면적 계산을 제시하였다. 시간별 정박지 점유율 분석을 위해 시뮬레이션 알고리즘을 구성하고, MATLAB 프로그램을 이용하여 모델링하였으며, 이를 울산항 E 정박지에 적용하여 시간별 정박지 점유율과 필요 정박지 면적을 도출하고 현재 울산항 E정박지 면적과 비교 분석하였다. 그 결과 E1 정박지의 필요 정박지 면적은 현재 정박지 면적의 1.41배, E2와 E3 정박지는 0.90배, 0.96배로 분석되었다. 본 연구에서 제시한 정박지 면적의 적정성 분석 결과를 정박지 설계기준에 반영할 경우 정박지를 이용하는 선박의 안전에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** 시뮬레이션, 점유율, 정박지 면적, 모델링, 울산항 E 정박지, 설계기준

**Abstract :** This study aims to present methodology for determining the appropriate anchorage area through the simulation reproduces the maritime transport environment, and analysis of the adequacy of anchorage applied at Ulsan E anchorage, suggests the formula of anchorage occupancy rate per hour and necessary anchorage area for this purpose. And configured simulation algorithm and modeling using MATLAB program, and applied Ulsan E anchorage, compared anchorage area with anchorage occupancy rate per hour. As a result, E1 necessary anchorage is 1.41 times, E2 necessary anchorage is 0.90 times and E3 necessary anchorage is 0.96 times compared to total anchorage area. If the result of adequacy analysis of anchor area reflect anchorage design criteria, it is determined to be helpful for the safety of the vessel using the anchorage.

**Key Words :** Simulation, Occupancy rate, Anchorage area, Modeling, Ulsan E anchorage, Design criteria

### 1. 서 론

전 세계적인 경제규모의 확대와 글로벌화로 물동량이 많아지고 항만을 입출항하는 선박이 증가하고 있다. 특히 울산항은 국제적인 유류화물 취급 거점항만으로 성장하고자 울산 신항 개발 등 활발한 항만개발을 추진하고 있어 항만 교통량 증가 추세가 뚜렷하다.

항만의 입출항 선박 증가 시에는 수역시설에 대한 평가를 실시해야 하며, 특히 입출항 대기, 수리 등의 목적으로 이용

하는 정박지에 대한 적정성 검토가 반드시 필요하다.

울산항의 정박지 이용척수를 살펴보면 2013년 8,770척, 2014년 9,480척, 2015년 9,583척(Port-MIS, 2015)으로 계속적으로 증가하고 있고, 정박지에서의 선박 밀집도가 높아져 사고발생 개연성이 높아지고 있다(Lee, 2014).

우리나라에서는 해양수산부에서 제시하고 있는 항만 및 어항설계 기준(Ministry of Oceans and Fisheries, 2014)을 준용하여 정박지를 설계하고 있으나, 기준에는 정박 시 필요한 적당 점유수역만을 제시하고 있을 뿐, 정박지 이용선박 척수, 규모 등을 고려하였을 때 필요한 전체 정박지 규모에 대한 기준이 없어 정박지 규모의 적정성을 분석할 수 없는 상

† jmpark@kmou.ac.kr, 051-410-4206

황이다.

국내외적으로 정박지 규모의 적정성을 분석하기 위한 연구가 실시되었다. Lee and Lee(2014)는 1년간의 총 정박지 이용 척수를 바탕으로 일일 평균 정박지 이용 척수를 산출하고, 정박지의 동시 사용가능 선박 척수와 비교하여 정박지의 확장 필요성을 제시하였다. Yun et al.(2010)은 울산항의 항계 및 정박지 확충 기준을 수립하기 위해 국내 주요 무역항의 정박지 면적, 동시 접안 선척을 이용하여 평균 정박지 효율을 분석하고, 평균값 대비 각 항만의 정박지 면적 효율을 도출하였다. Fan and Cao(2007)는 정박지 용량에 대하여 전체 정박지 면적을 해당 정박지를 이용하는 평균 규모의 선박과 평균 정박지 이용 시간으로 나눈 값으로 정의하였다. 그러나 기존의 연구는 정박지의 특성을 고려하지 못했다는 점에서 한계점이 있다. 정박지를 이용하는 선박은 그 크기 및 정박지 대기시간이 서로 다를 뿐만 아니라 항만교통시스템 흐름에 따라 선박의 투묘, 양묘 및 대기 선박이 공존하기 때문에 선박이 차지하는 정박지 면적은 계속적으로 변화하며(Huang et al., 2009), 정박선박의 점유면적 크기와 관계가 있는 환경적 요인도 정박지 내에서 일정하지 않다. 따라서 평균값을 이용하여 정박지 면적의 적정성을 판단할 경우에는 정박지 점유 면적이 평균값보다 커질 경우를 반영할 수 없다는 한계점이 있어 그 타당성이 부족하고, 안전성 확보 측면에서도 문제가 발생할 가능성이 있다.

따라서 본 연구에서는 정박지의 교통환경 특성을 고려하여 정박지 규모의 적정성을 판단할 수 있는 지표로서 시간별 정박지 점유율 개념을 제시하고, 이를 토대로 필요 정박지 면적을 산출할 수 있는 일반식을 제안하였으며, 시간별 정박지 점유율 분석을 위한 시뮬레이션 알고리즘을 구성하고, MATLAB 프로그램을 이용하여 모델링하였다. 그리고 이 모델을 울산항 E정박지에 적용하여 시간별 정박지 점유율을 분석하고, 필요 정박지 면적을 산출하였으며, 이를 현재 울산항 E 정박지와 비교 분석하였다. 이러한 시간별 정박지 점유율을 이용한 집단정박지 필요면적 제시 방법을 정박지 설계 시 반영할 경우 정박지를 이용하는 선박의 안전에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 정박지 규모의 적정성 평가 개념 수립

### 2.1 정박지 점유 면적(Possible Anchorage Occupancy Space, $S_p$ )

집단정박지에서 투묘 대기하고 있는 선박은 Fig. 1과 같이 투묘지점을 중심으로 묘쇄길이를 선회반경으로 하여 회전하고 일정한 수역을 점유하기 때문에 정박지 전체 면적(Total Anchorage Space,  $S_{TA}$ )을 정박수역으로 사용할 수 없다.

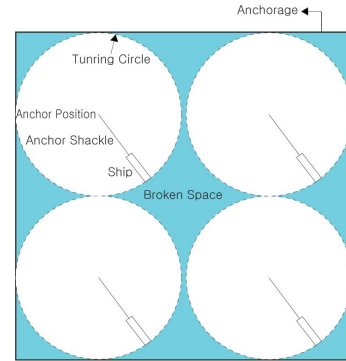


Fig. 1. Broken space of anchorage.

따라서 정박지 점유 면적은 해당 정박지를 이용한 선박의 평균길이를 갖는 선박이 양호한 환경조건(바람, 조류) 하에서 평균 수심과 저질을 갖는 수역에 투묘하였을 때 동시에 투묘 가능한 선박이 점유한 총 면적으로 정의하였으며, 그 일반식은 식(1)과 같다.

$$S_p = \sum_{k=1}^N AS_k \quad (1)$$

여기서,  $AS_k$  : 평균규모의  $k$ 선박이 점유한 면적

정박지를 이용하는 선박의 적당 점유면적은 Table 1과 같이 우리나라 정박지 설계기준 중 일반적인 환경조건 하에서 통상적으로 취하여지는 방법인 단묘박(Yun, 2008)시의 점유 수역 반경을 기준으로 계산하였다.

Table 1. Capacity of anchorage

Objective	Bottom condition	Radius
Waiting or cargo operation	Good	$L(\text{Ship's Length}) + 6D(\text{Depth})$
	Bad	$L+6D+30m$

### 2.2 시간별 정박지 점유 면적(Anchorage Occupancy Space per Hour, $S_{Ai}$ )

정박지를 이용하는 선박은 그 크기가 다양하고, 대기시간이 다를 뿐만 아니라 환경적인 요인에 의해서 정박지 점유 면적이 각기 다르기 때문에 정박지의 환경적 요소, 입항 선박의 시간 패턴, 대기시간 등을 종합적으로 고려하고 시간별 실제 정박지 점유 면적을 산출하여 정박지 규모의 적정성을 판별할 필요가 있다. 본 연구에서는 시간별 정박지 점유 면적을 해당 정박지의 기상상태 출현 빈도, 정박지 입항 선박척수 및 규모, 정박지 입항 시간 간격, 정박지 점유 시간, 다양한

정박지 점유율을 이용한 집단 정박지 면적 제시 방법 연구  
- 울산항 E 정박지를 대상으로 시뮬레이션 -

정박지 수심 및 저질 등의 조건 하에서 정박지에 대기하고 있는 선박의 선회반경이 점유한 면적의 합으로 정의하였으며, 그 일반식은 식(2)와 같다.

$$S_{Ai} = \sum_{j=1}^N AS_{ij} \quad (2)$$

여기서,  $S_{Ai}$  :  $i$ 시간의 실제 정박지 점유 면적

$AS_{ij}$  :  $i$ 시간에 투묘해 있는  $j$ 선박의 점유 면적

### 2.3 시간별 정박지 점유율(Anchorage Occupancy Rate per Hour, $A_{Oi}$ )

시간별 정박지 점유율은 시간별 실제 정박지 점유 면적을 가능 정박지 점유 면적으로 나눈 값의 백분율로 정의하며 그 일반식은 식(3)과 같다.

$$A_{Oi} = \frac{S_{Ai}}{S_P} \times 100 \quad (3)$$

여기서,  $A_{Oi}$  :  $i$ 시점에서의 정박지 점유율

### 2.4 필요 정박지 면적(Necessary Anchorage Space, $A_N$ )

필요 정박지 면적을 도출함에 있어서 평균 정박지 점유율을 기준으로 산정할 경우 안전한 항만의 운영 및 선박안전에 악영향을 미칠 가능성이 있다. 왜냐하면 평균 정박지 점유율을 초과하는 시점 이후에 입항하는 선박은 정박지를 이용하지 못하고 항만 인근수역에 표류하거나 정박지로 고시되지 않은 수역에 임의로 투묘하는 상황이 발생하여 해양사고 발생의 개연성이 크기 때문이다. 또한 시간별 정박지 점유율 중 Peak 시점을 기준으로 정박지 면적을 제시할 경우, 항계 수역이 상대적으로 협소한 우리나라의 특성 상황개발에 부정적인 영향을 끼칠 뿐만 아니라 항만 수역의 효율적인 이용 측면에서도 문제가 있을 것으로 판단된다. 따라서 정박선박의 안전과 항만의 효율적인 운용 측면을 고려하여 일정 수준의 안전계수를 추가함으로써 적정 규모의 정박지 면적을 산출할 수 있을 것이다.

외국의 경우 교통공학 분야에서 공간의 규모, 수용 용량, 제한속도 등의 설계기준을 제시할 때 백분위수(Percentile, %ile) 개념을 주로 사용하며, 특히 USKH(2010)은 75 %ile을 적용하여 항만 및 보조시설의 규모를 제시하였다. 백분위수는 전체 자료의 빈도분포에서 크기가 있는 값들로 이루어진 자료를 순서대로 나열했을 때 백분율로 나타낸 특정 위치의 값을 의미한다.

본 연구에서도 전체 정박지 점유율의 75 %ile를 기준으로

안전계수를 도출할 수 있으나, 항행환경 및 항해사의 특성이 다르기 때문에 같은 조건을 적용하는데 문제가 있다고 판단된다. 따라서 우리나라의 정박지를 실제 이용하고 있는 전문가 집단인 선박 운항자를 대상으로 설문조사를 실시하여 정박지의 안전계수에 대해 기준을 제시하고자 한다.

#### 1) 설문조사

설문조사는 정박선박의 안전을 고려한 적정 규모의 정박지 면적을 산정할 때 정박지 점유율 분포에서 몇 번째 백분위수를 기준으로 안전계수를 산정할 필요가 있는지 조사하였다. 설문조사의 개요에 대해 살펴보면 Table 2와 같이 총 39명의 선박 운항자를 대상으로 2015년 12월부터 2016년 2월까지 3개월간 실시하였으며, 인터뷰 형식으로 진행하였다. 설문조사 대상자의 승선경력은 10년 초과자가 3명, 5년~10년 14명, 3년~5년 8명, 그리고 3년 미만의 승선경력자는 14명이다.

Table 2. Consultation outline

Consultation Item	Contents	
Group	Related ship operator	
License grade	1st: 7, 2nd: 18, 3rd: 14	
Period	2015.12 ~ 2016.02	
Embarkation career	over 10 years	3
	5 ~ 10 years	14
	3 ~ 5 years	8
	under 3 years	14
Number / Method	39 / Interview	

#### 2) 설문조사 결과

설문조사 결과 Table 3과 같이 정박지 점유율 분포 중 50 %ile를 적정 규모라고 응답한 인원은 1명(2.56%), 55 %ile는 0명(0%), 60 %ile는 4명(10.26%), 65 %ile는 8명(20.51%), 70 %ile는 20명(51.28%), 75 %ile는 4명(10.26%), 그리고 80 %ile는 2명(5.13%)으로 조사되었다. 즉, 적정 규모의 정박지 면적 산출 시 정박지 점유율의 70 %ile까지 포함해야 될 필요가 있다는 의견이 과반수 이상을 차지하였다.

이 결과는 외국의 교통공학 분야에서 용량, 공간의 설계 시 기준으로 사용하는 75 %ile보다 작지만 항만수역이 협소하고, 정박지 이용선박 척수가 많은 우리나라의 특징 및 선박 운항자의 설문조사 결과를 고려했을 때 전체 정박지 점유율의 70 %ile까지를 필요 정박지 면적으로 산정하는데 문제가 없다고 판단된다.

Table 3. Result of consultation

Items	Numbers	Percent
50 %ile	1	2.56 %
55 %ile	0	0.00 %
60 %ile	4	10.26 %
65 %ile	8	20.51 %
70 %ile	20	51.28 %
75 %ile	4	10.26 %
80 %ile	2	5.13 %

3) 필요 정박지 면적 산출식

일정 기간의 정박지 점유율 분포는 일반적으로 정규분포의 형태를 나타내므로(Deville, 2011), 정규분포에서의 평균, 표준편차, 백분위수의 관계를 나타내면 Fig. 2와 같다.

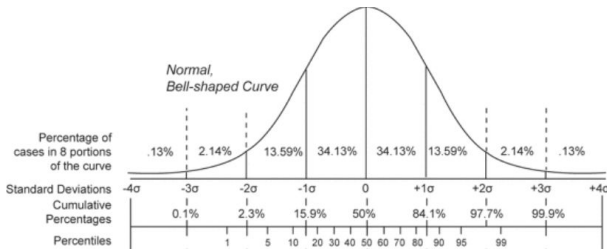


Fig. 2. Connection with percentile and standard deviation of the normal distribution.

따라서 설문조사를 통해 정박지 면적 산출 시 고려해야 하는 안전계수로 산출된 70 %ile는  $0.5\sigma$ (표준편차)로 근사하고, 정박지는 항만의 안전지침 또는 환경영향으로 정박지를 폐쇄하여 사용하지 못하는 경우가 발생할 수 있으므로 이를 고려하여 식(4)와 같이 면적 산출식을 제시하였다.

$$A_N = \left[ \frac{1}{N-t} \sum_{i=1}^N A_{O_i} + 0.5\sigma \right] \times S_{TA} \quad (4)$$

여기서,  $t$  : 지침 또는 환경적 영향으로 정박지 폐쇄 일자  
 $\sigma$  : 표준편차  
 $N$  : 총 시뮬레이션 시간

3. 정박지 면적 분석 시뮬레이션 개발 및 검증

3.1 MATLAB-SIMULINK를 이용한 분석모델 설계

필요 정박지 면적을 계산하기 위해서는 앞서 설명한 바와 같이 정박지 점유율의 평균 및 표준편차를 도출해야 한다.

시간별 정박지 점유율을 분석하기 위해서는 일정기간 동안 막대한 양의 자료를 분석해야 하고, 결과 도출에도 많은 시간이 소요되므로 좀 더 효과적인 실제 정박지 점유 면적을 산출할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 동적 시스템을 아이콘화 된 블록을 사용하여 모델링하고 시뮬레이션 할 수 있도록 해줄 뿐 만 아니라 시간에 따라 사건을 발생시킬 수 있는 기능을 제공하는 MATLAB 프로그램을 사용하여 분석 모델을 설계하였다.

1) 알고리즘 설계

시간별 정박지 점유율을 분석하기 위한 시뮬레이션 시스템 개념은 Fig. 3과 같이 선박의 도착 간 시간간격, 대기시간, 수역의 바람 속도, 수심 및 저질 등의 자료를 확률분포로 입력하고, 시뮬레이션 모델 및 점유율 계산 알고리즘을 통해 정박지 대기선박 척수, 시간별 정박지 점유 면적을 출력하는 시스템을 구성하였다.

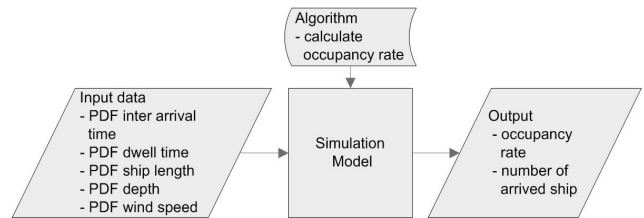


Fig. 3. Conceptual diagram of simulation.

시뮬레이션을 수행하는 절차는 Fig. 4와 같이 선박도착 간의 시간의 확률분포에 따라서 선박을 생성하고, 대기시간 및 투묘 수역의 수심, 저질, 바람 속도, 선박길이 등의 속성을 할당한다. 그리고 정박지를 할당하고 일정 시간의 대기시간 후에 정박지에서 선박을 제거하는 순서로 시뮬레이션이 수행된다.

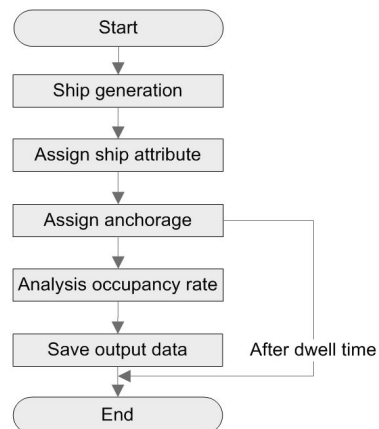


Fig. 4. Procedure of simulation model.

정박지 점유율을 이용한 집단 정박지 면적 제시 방법 연구  
- 울산항 E 정박지를 대상으로 시뮬레이션 -

정박지 점유율 계산을 위한 알고리즘은 Fig. 5와 같이 Table 1에서 제시한 우리나라의 정박지 설계기준을 바탕으로 선박의 길이와 수심, 저질에 따른 선박의 선회반경을 계산하였다.

일반적으로 선박 운항자는 정박지에서 신출하는 묘쇄의 길이를 결정함에 있어 수심과 저질 뿐만 아니라 바람의 세기 정도를 중요하게 고려한다. 그러나 우리나라의 정박지 설계기준에는 바람의 세기에 따른 추가 반경을 제시하고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 풍속이 20m/s를 초과하는 경우에 대하여 PIANC에서 제시하는 기준을 바탕으로 선회반경을 계산하도록 알고리즘을 구성하여 현실을 반영할 수 있도록 하였다.

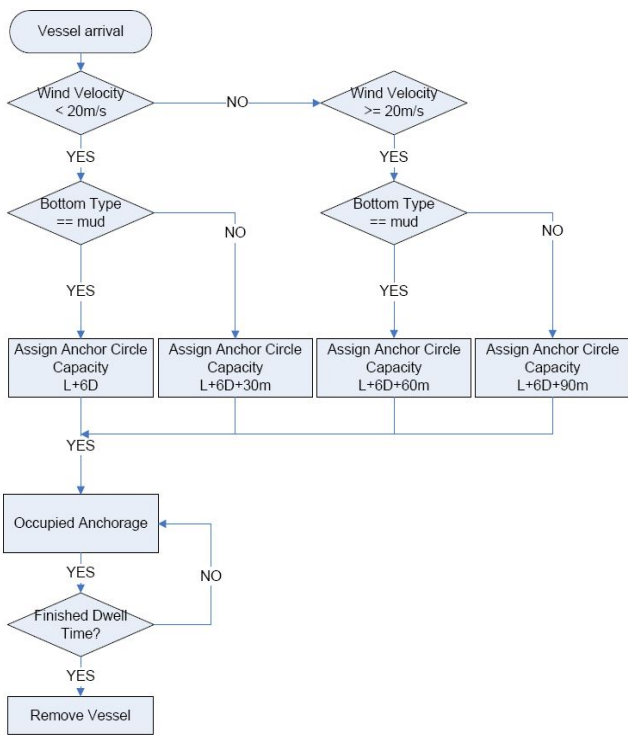


Fig. 5. Algorithm of calculation of occupancy rate.

2) 시뮬레이션 모델링

시간별 정박지 점유율 분석을 위한 알고리즘 설계 결과를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하기 위하여 MATLAB 프로그램을 이용하여 모델링하였으며 그 결과는 Fig. 6과 같다.

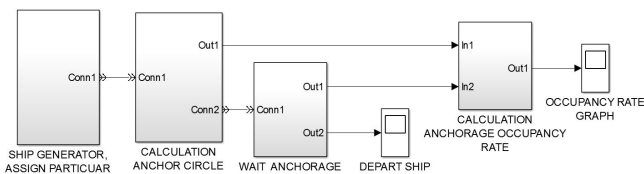


Fig. 6. Simulation system model.

3.2 시뮬레이션 모델 검증

본 연구에서 제시한 시간별 정박지 점유율 분석 모델이 현실을 잘 반영하고 있는지 검증할 필요가 있다. 이를 위해 울산항 E정박지의 2015년 자료를 조사 및 분석하여 시뮬레이션을 실시하고 연간 정박지 입항 척수를 도출하였다. 그리고 이 결과가 실제 울산항 E정박지 실적과 어느 정도의 정확도가 있는지 검증하였다. 검증 결과 Fig. 7과 같이 시뮬레이션에서는 정박지에 입항하는 선박을 생성할 때 사전에 입력된 정박지 도착 간 시간간격의 확률분포에 따라서 선박을 발생시키기 때문에 정확한 일치를 보일 수는 없었지만 약 1%의 오차 범위 안에서 현실을 반영하고 있음을 알 수 있다.

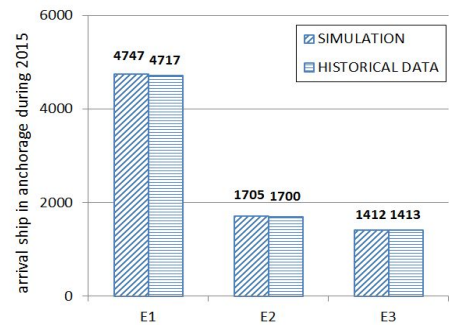


Fig. 7. Verification of simulation model.

4. 울산항 E정박지의 적정 규모 분석

4.1 정박지 점유 면적

울산항 E정박지의 정박지 전체면적과 점유면적은 Autocad 프로그램을 이용하여 도출하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 즉 E1정박지의 정박지 점유면적은 6,955,936 m<sup>2</sup>로, 전체 정박지 면적인 9,387,662 m<sup>2</sup>의 약 74.1%이며, E2 정박지의 정박지 점유면적은 7,328,990 m<sup>2</sup>로, 전체 정박지 면적인 10,280,501 m<sup>2</sup>의 약 71.3%이다. 그리고 E3 정박지의 정박지 점유면적은 8,194,304 m<sup>2</sup>로, 전체 정박지 면적인 11,668,354 m<sup>2</sup>의 약 70.2%인 것으로 분석되었다.

Table 4. Possible anchorage occupancy space of Ulsan port

Anchorage	Items	Space
E1	$S_A$	9,387,662 m <sup>2</sup>
	$S_P$ (Length:96m, Depth:46m)	6,955,936 m <sup>2</sup>
E2	$S_A$	10,280,501 m <sup>2</sup>
	$S_P$ (Length:135m, Depth:58m)	7,328,990 m <sup>2</sup>
E3	$S_A$	11,668,354 m <sup>2</sup>
	$S_P$ (Length:187m, Depth:64m)	8,194,304 m <sup>2</sup>

Table 5. Distribution of input parameter

	Parameter	Distribution	$\mu$	$\sigma$
E1	Inter-arrival time	Exponential	1.53	-
	Dwell time	Log-normal	2.33	1.33
	Wind speed	Log-normal	2.04	0.33
	Ship length	Arbitrary discrete	-	-
	Depth	Arbitrary discrete	-	-
E2	Inter-arrival time	Exponential	4.17	-
	Dwell time	Log-normal	2.49	1.32
	Wind speed	Log-normal	2.04	0.33
	Ship length	Arbitrary discrete	-	-
	Depth	Arbitrary discrete	-	-
E3	Inter-arrival time	Exponential	6.27	-
	Dwell time	Log-normal	2.77	1.31
	Wind speed	Log-normal	2.04	0.33
	Ship length	Arbitrary discrete	-	-
	Depth	Arbitrary discrete	-	-

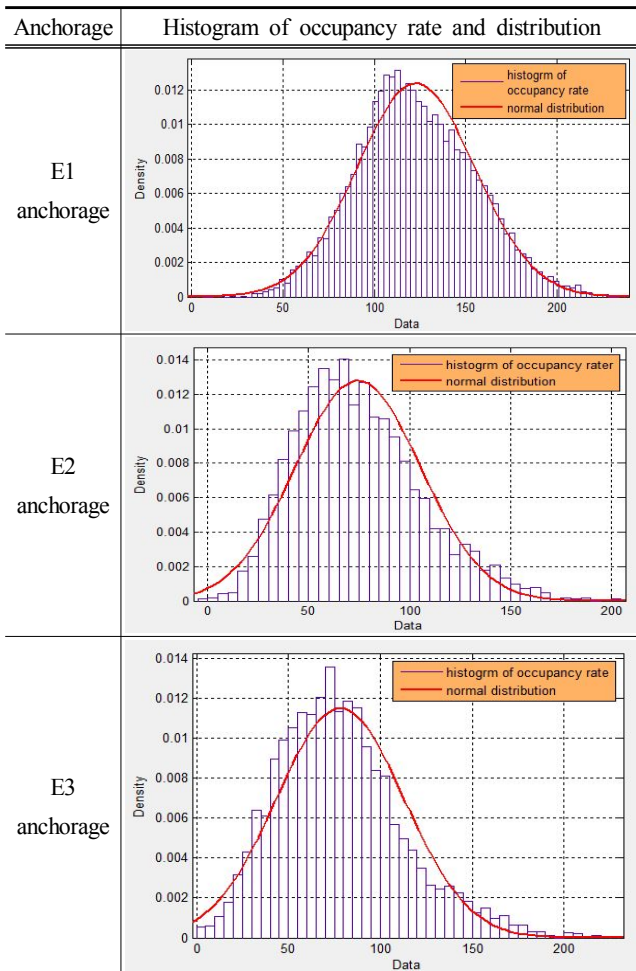


Fig. 8. Anchorage occupancy rate per hour distribution.

4.2 시뮬레이션 입력변수

시뮬레이션 입력변수는 Table 5와 같이 울산항 E정박지의 2015년 실적치를 분석하여 확률분포의 형태로 입력하였다.

4.3 시간별 정박지 점유율 분석 결과

시뮬레이션을 통해 울산항 E정박지의 2015년 1년간 시간별 정박지 점유율 분포 분석 결과를 히스토그램으로 나타내면 Fig. 8과 같다.

정박지 점유율 분포를 보면 E 정박지 모두 정규분포의 형태를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있으며, 정박지 점유율의 평균, 표준편차, 최대 및 최소값에 대해 기술분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Anchorage occupancy rate parameter

ID	Item	Average	Standard deviation	Max.	Min.
E1	Parameter	125.39	0.22	236.5	41.0
	Standard error	30.84	0.16	-	-
E2	Parameter	74.30	31.02	201.8	0
	Standard error	0.38	0.27	-	-
E3	Parameter	78.30	34.73	225.2	0
	Standard error	0.46	0.33	-	-

울산항 E1정박지의 2015년 평균 정박지 점유율은 125.39%이며, 표준편차는 30.84%인 것을 알 수 있다. 따라서 2015년 울산항 E1정박지의 입출항 선박 척수, 정박선박 대기시간, 정박지 이용선박의 규모를 고려할 때 E1정박지의 적정 규모는 약 13.22 km<sup>2</sup>가 필요하며, E1정박지 면적을 고려할 때 약 1.41배 정도 확충해야 하는 것으로 확인하였다.

E2 정박지의 평균 정박지 점유율은 74.30%, 표준편차는 31.02%이다. 즉, E2 정박지의 적정 규모는 약 9.23 km<sup>2</sup>이며, 이는 E2정박지 면적의 약 0.90배 규모로 이미 충분한 수역이 확보되어 있는 것을 확인하였다.

E3 정박지의 평균 정박지 점유율은 78.30%, 표준편차는 34.73%이다. 즉, E3 정박지의 적정 규모는 약 11.2 km<sup>2</sup>이며, 이는 E3정박지 면적의 약 0.96배 규모로 이미 충분한 수역이 확보되어 있는 것을 확인되었다.

5. 결 론

전 세계적인 물동량 증가와 선박 대형화로 인하여 항만의 정박지를 이용하는 선박이 꾸준히 증가하고 있으며 이에 일부 항만에서는 정박지 부족현상이 발생하고 있다. 그러나 우리나라의 정박지 설계기준은 단일 선박에 필요한 정박지

정박지 점유율을 이용한 집단 정박지 면적 제시 방법 연구  
- 울산항 E 정박지를 대상으로 시뮬레이션 -

점유 수역에 대해서만 기준을 제시하고 있어, 현재의 정박지 규모가 정박지 이용선박을 모두 수용할 수 있는지에 대한 분석이 불가능한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정박지 규모의 적정성을 분석하기 위한 방법을 제시하기 위하여 아래와 같은 연구를 실시하였다.

(1) 정박지를 이용하는 선박 척수, 규모, 대기시간을 고려한 정박지 규모의 적정성을 정량적으로 제시하기 위해서 정박지 점유 면적, 시간별 정박지 점유 면적에 따른 정박지 점유율 개념을 제안하였고, 이를 통해 필요 정박지 면적 산출식을 제시하였다.

(2) 시간별 정박지 점유율 분석을 위하여 시뮬레이션 알고리즘을 설계하고 MATLAB 프로그램을 이용하여 모델링하였다.

(3) 필요 정박지 면적 분석 산출 방법을 울산항 E정박지에 적용한 결과, E1정박지의 경우 현재 E1정박지 면적을 약 1.41배 정도 확충할 필요가 있는 것으로 확인되었다. 또한 E2 및 E3정박지의 적정 규모는 현재 E2 및 E3정박지 면적의 0.90배, 0.96배로 이미 충분한 수역이 확보되어 있는 것을 확인하였다.

본 연구를 통해 확인한 울산항 E1 정박지의 부족 문제를 정책에 반영하여 E1 정박지 이용선박을 E2 혹은 E3 정박지로 분산하거나, E1 정박지의 확장을 위한 정량적인 연구로서 활용한다면 그 가치가 있다고 판단되며, 필요 정박지 면적 분석 방법을 타 항만에 적용할 경우 정박지를 이용하는 선박의 안전에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

후속 연구로는 항만 물동량, 선석 수, 입항 척수, 선석 접안 시간 등과 정박지 필요 면적과의 상관관계를 분석하는 추가적인 연구를 통하여, 항만개발에 따른 미래의 잠재적인 물동량 증가 또는 선석 수 증가를 고려할 때 설치해야 하는 정박지 면적을 정량적으로 제시하는 연구를 실시할 예정이다.

## References

- [1] Deville, S. B.(2011), Port of Rotterdam Anchorage Study: An Occupancy Evaluation Using Simulation, Delft University of Technology, pp. 37-68.
- [2] Fan, H. S. L. and J. M. Cao(2007), Sea Space Capacity and Operation Strategy Analysis System, Transportation Planning and Technology, Vol. 24, No. 1, pp. 49-63.
- [3] Huang, S. Y., W. J. Hsu, Y. He, T. Song, D. S. Charles, Y. Rong, C. Chuanyu and N. Stuti(2009), Anchorage Capacity analysis using simulation, The International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation HMS, Vol. 2009. No. 1, pp. 1-6.
- [4] Lee, C. H. and H. H. Lee(2014), A Study on Expansion of Anchorage according to Increased Trading Volume at Pyeongtaek Port, The Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 6, pp. 663-670.
- [5] Lee, Y. S.(2014), A Study on the Anchorage Safety Assessment of G-Group Anchorage in Ulsan Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 2, pp. 172-178.
- [6] Ministry of Oceans and Fisheries(2014), Guidelines of Port and Harbor Design, Chapter 6 Water Facilities, pp. 708-715.
- [7] Port-MIS(2015), <http://www.portbusan.go.kr/port-mis/04/>.
- [8] USKH(2010), Harbor Capacity Study: Statter Harbor Improvements Project, p. 7.
- [9] Yun, G. H., B. Y. Kim, J. S. Park and Y. S. Lee(2010), Enlargement of Harbour Limit and Anchorage according to the Development of New Ulsan Port, The Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 6, pp. 487-492.
- [10] Yun, J. D.(2008), "Theory and Practice of Ship Handling", Sejong Publishing Company, p. 13.

Received : 2016. 03. 21.

Revised : 2016. 04. 22.

Accepted : 2016. 04. 27.