

# 마산항 정박지 개선방안에 관한 연구

박준모\* · 김승연\*\*†

\* 목포해양대학교 항해학부, \*\* 한국해양대학교 마린시뮬레이션센터

## A Improvement Plans for Anchorage at Masan Port

Jun-Mo Park\* · Seungyeon Kim\*\*\*

\* Division of Navigation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Republic of Korea

\*\* Marine Simulation Center, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Republic of Korea

**요 약 :** 본 연구는 마산항 일부 정박지의 잠정 폐쇄로 인한 정박지 부족 문제를 분석하고 이를 개선하기 위한 방안을 제시하는 것이다. 이를 위해 마산항 정박지 가동률 평가기준 수립 및 마산항 정박지 이용 부선 규모를 추정하여 최근 5년간의 정박지 가동률을 분석하였으며, 정박지 규모의 적정성 평가 후 문제점 분석 및 개선안을 제시하고 이를 최종 검증하는 절차로 연구를 수행하였다. 연구 결과, 마산항 A-2, A-4, A-6 정박지는 가동률 평가 기준인 60%를 초과하여 정박지 확대가 필요한 것으로 분석되었다. 이에 정박지 개선을 위해 A-2, A-4, A-6 정박지를 통합하여 마산항의 정박지 이용선박 선종 및 대기시간 등을 고려하여 집단정박지 방식으로 설정하고 정박지 규모를 기존 대비 1.8배 확장하는 안을 제시하였다. 그리고 이 개선안의 검증 결과, 마산항 정박지 가동률이 기존 대비 약 1/2 감소하여 적정성 평가기준을 대부분 만족하였으며, 해상교통측면에서 문제가 없는 것으로 분석되었다.

**핵심용어 :** 마산항 정박지, 정박지 가동률, 평가기준, 정박지 지정방식, 적정성 평가

**Abstract :** This study analyzes the problem of lack of anchorage caused by some anchorage closed and suggests ways to improve Masan anchorage. For this, we established the evaluation criteria, and analysed the anchorage operating rate during 5 years after estimating the capacity of barge, and suggested improvement plan after appropriateness assessment of anchorage capacity, finally verified the anchorage improvement plan. As a result of study, it is analyzed that the Masan A-2, A-4, A-6 anchorage needs to expand the anchorage due to excess the anchorage assessment criteria of 60%. So, in order to improve the Masan anchorage, we suggested the improvement plan that extended 1.8 times by the group designated anchorage, according to integrating the A-2, A-4, A-6 anchorage and anchorage dwell time and ship type. And, the result of verification improvement plan, it is analyzed that meet the assessment criteria since decreasing the anchorage operating rate by 1/2 compared to the existing one, does not act as a risk factor in terms of maritime traffic.

**Key Words :** Masan anchorage, Anchorage operating rate, Assessment criteria, Anchorage designated method, Appropriateness assessment

### 1. 서 론

마산항은 과거 마산자유무역지역 및 창원공단을 비롯한 배후권역 산업단지 지원위주의 항만 역할을 수행하면서 발전해 왔으며, 최근에는 제2의 도약을 위해 항만시설의 차별화 및 고부가가치화에 역점을 두고, 가포 신항만 개발, 마산해양신도시 개발 그리고 구산 마리나항 조성 등의 항만발전 계획을 수립하고 이를 진행하고 있다(Kim et al., 2011).

이러한 항만개발에 따른 항만시설 확대, 수역면적 감소는 해상교통환경과 항만 안전성 측면에 악영향을 미칠 수 있다.

따라서 항만개발에 따른 항만수역 변화와 해상교통량의 변화가 예상될 때에는 항만을 이용하는 선박의 안전성 확보 차원에서 항로, 정박지, 선류장, 선회장 등 수역시설의 적정성을 반드시 검토해야 한다(Lee, 2017). 특히 기존에 지정되어 있는 수역시설의 폐쇄, 이동, 변경 시에는 더욱 그러하다.

한편 마산항은 마산해양신도시 조성을 위해 마산만 앞바다 수역을 매립함으로써 포인트 정박지 3곳(A-1, A-3, A-5)이 폐쇄되었고, 마산항 항만시설운영세칙(제2012-66호)에 따라

\* First Author : jmpark@mmu.ac.kr, 061-240-7180

† Corresponding Author : sykim7@kmou.ac.kr, 051-410-4765

마산항 정박지는 A-7, A-2, A-4, A-6 정박지만으로 운영되고 있으며, 이로 인해 정박지 부족으로 인한 정박지 내 해양사고와 투묘를 위한 장거리 이동 등의 문제가 대두되고 있다.

이에 본 연구에서는 마산항의 수역시설 중 정박지에 초점을 맞추어 정박지 이용선박 규모와 정박지 용량과의 적절성을 고찰하고, 정박선박의 안전성 향상을 위한 정박지 지정방식의 개선방안을 제시하고자 한다.

정박지 용량분석과 관련된 선행 연구는, 평택·당진항을 대상으로 일일 평균 정박지 이용 척수 및 정박지 동시 사용 가능 척수를 비교하여 정박지 확장 필요성을 제시한 Lee and Lee(2014)의 연구, 정박지 가동률 분석을 통해 울산항의 적정 정박지 규모를 제시한 Park et al.(2016)의 연구, 그리고 마산항의 정박지 개선안을 제시한 MOF(2017)의 연구 등이 있다.

정박지 개선에 대한 선행연구를 분석해 보면 정박지 이용선박 분석에 해양수산부에서 제공하는 Port-Mis 자료를 이용하였다. 그러나 이 자료는 부산(Barge)의 입·출항 자료가 입력되어 있지 않기 때문에 부산이 주로 이용하는 정박지 분석에는 한계가 있다. 또한 정박지 개선 시 정박지 지정방식 측면에서 구체적으로 접근한 연구도 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 마산항의 정박지를 이용하는 부산의 척수, 대기시간 등을 추정하고, 이를 고려하여 마산항의 정박지 용량을 분석하고 마산항 정박지 규모의 적정성을 평가하였다. 그리고 정박지 이용선박의 교통 환경 특성 분석을 통해 최적의 정박지 지정방식을 제시하였으며, 마지막으로 마산항 해상교통흐름 분석을 통하여 제시된 정박지 확장 및 지정방식 방안의 안전성 및 효용성을 검증하였다.

## 2. 마산항 정박지 현황

### 2.1 정박지 규모

정박지란 선박이 해상에서 닻을 바다 밑바닥에 내려놓고 운항을 멈출 수 있는 장소를 의미한다. 따라서 정박지는 정온하고 충분한 수 면적이 확보되어야 하고, 닻 높기에 양호한 저질이이어야 하며, 바람, 조류 등의 양호한 기상·해상 등의 조건을 두루 갖추어야 안전한 정박지라고 할 수 있다.

국내에서 정하는 정박지 규모는 회전의 중심이 되는 지점으로부터 선수까지의 수평거리에 자기 배 길이를 합한 값을 반지름으로 하는 원의 크기로 구할 것을 권고하고 있으며, 묘쇄길이 계산에 필요한 제원이 불분명할 때는 Table 1을 참고하여 정하도록 하고 있다(MOF, 2014). 즉, 정박지 반경을 선박의 전장(L), 수심(D), 해저 저질, 그리고 묘박법에 따라 필요 정박지 규모를 다르게 제시하고 있다.

Table 1. Anchorage radius of Korean anchorage guideline

Anchorage method	Nature of sea-bed	Anchorage radius
Lying at single anchoring	Good	L+6D
	Bad	L+6D+30m
Mooring	Good	L+4.5D
	Bad	L+4.5D+25m

### 2.2 정박지 지정방식

정박지는 2.1절에서 언급한 바와 같이 선박 1척이 안전하게 정박할 수 있는 최소 반경을 정의한 것이며, 실제 각 항만에서는 주변 해역의 지리적 특성 등 각 항만별 사정에 따라 다양한 형태의 정박지를 지정하여 운영하고 있다(Lee, 2017). Lee et al.(2012)는 다양한 정박지 지정방식을 다섯 가지로 분류하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

#### 1) 집단정박지 지정방식

정박선박이 자유롭게 정박할 수 있어 안전 확보가 가능한 정박지 지정방식이다. 하지만 정박척수가 많지 않을 경우 타선박의 정박위치에 따라 정박지 개수가 축소될 가능성이 있는 단점이 있다. 이 지정방식은 통항선박이 가장 많은 싱가포르 해협과 우리나라 울산항 입구에서 사용되고 있다.

#### 2) 집단정박지 및 원정박지 혼합방식

집단정박지 내에 원정박지를 지정하는 방식으로 요코하마항 입구, 여수·광양항 입구에 사용되고 있다.

#### 3) 집단정박지 내 정박지 위치를 포인트로 지정하는 방식

집단정박지 내에 정박위치를 원형이 아닌 포인트로 지정하는 방식으로 여러 선박이 정박하려고 할 경우 효율적으로 정박지 가능하다. 하지만 정박 선박간의 여유거리 확보가 필요하다는 단점이 있다. 이 지정방식은 일본 고베, 오사카항 입구, 우리나라 부산 북항 내에서 사용되고 있다.

#### 4) 원정박지로 지정하는 방식

1척의 선박이 정박 Circle 내에 정박하는 방식으로 타 선박과의 간섭현상이 없다. 이 지정방식은 우리나라 포항, 목포, 인천항 입구에서 사용되고 있다.

#### 5) 포인트 정박지로 지정하는 방식

1척의 선박이 정박 포인트에 정박하는 방식으로 원정박지로 지정하는 방식과 유사하다. 이 지정방식은 집단정박지와 비교할 때 타 선박과의 간섭이 비교적 적으며, 우리나라 광양, 마산항 등에 사용되고 있다.

2.3 마산항 정박지 지정 현황

마산항 정박지는 Fig. 1과 같이 2012년 7월 이전까지 7개의 정박지가 지정되어 있었으나, 그 이후에는 마산해양신도시 개발공사로 인해 A-1, A-3, A-5 정박지가 폐쇄되어 현재 총 4개의 정박지만을 운용하고 있다.

마산항 정박지는 포인트 정박지 방식에 따라 지정되어 있으며, A-2, A-4, A-6 정박지는 마산항 제2항로의 좌측 한계선 바깥쪽에, A-7 정박지는 마창대교 인근의 항로 우측 한계선 바깥쪽에 지정되어 있다.

마산항 정박지의 규모 및 특징에 대해 살펴보면 Table 2와 같이, A-2, A-4, A-6 정박지는 7,000 GT급 미만의 선박이, A-7 정박지는 7,000 GT급 이상의 선박이 이용 가능하다. 정박지 수역의 수심을 살펴보면 A-2, A-4, A-6 정박지는 6.7m~9.0m로 비교적 수심이 얕지만, A-7 정박지는 13.0m로 비교적 깊은 수심의 정박지인 것을 알 수 있다.

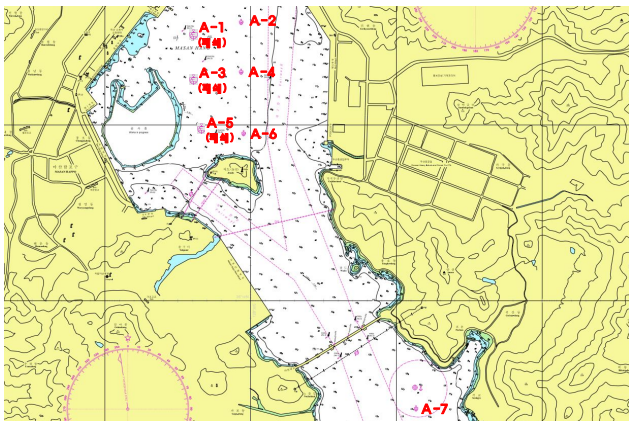


Fig. 1. Masan anchorage.

Table 2. Position and capacity of Masan port anchorage

Anchorage	Radius (m)	Depth (m)	Sea bed	Capacity (GT)
A-7	300	13.0 m	Mud	More than 7,000
A-2	250	6.7 m	Mud	Less than 7,000
A-4	250	7.5 m	Mud	Less than 7,000
A-6	250	9.0 m	Mud	Less than 7,000

2.4 Port-Mis를 이용한 마산항 정박지 이용선박 조사

마산항 정박지 이용선박의 연도별 척수, 선종별 척수를 조사하였다. 정박지 이용선박 조사는 부산지방해양수산청 Port-Mis(항만운영정보시스템) 자료를 활용하였으며, 최근 5년(2013년~2017년)간 마산항 정박지 이용선박을 조사하였다. 그러나 우리나라 Port-Mis 시스템은 부산 입력코드가 존재하지 않아, 부산이 정박지 이용 시 호출번호만 기록될 뿐 시스템에 입출항 시간이 반영되지 않는다.

따라서 정박지 이용선박 중 부산의 비율이 상당히 높은 것으로 알려져 있는 마산항 정박지의 객관적인 적정성 평가를 위해서는 정박지 이용 부산의 척수, 규모 등을 반드시 고려해야 한다.

이에 본 연구에서는 Port-Mis자료와 마산항 등록 부산의 톤수를 활용하여 정박지 이용 부산의 척수, 규모를 추정하였고, 이를 Port-Mis 자료에 더하여 부산이 포함된 마산항 정박지 이용선박 척수, 종류 및 규모를 분석하였다.

1) 연도별 정박지 이용선박 척수 분석

예선(Tug boat)은 주로 선박의 입출항 지원 목적이나, 부산과 결합하여 공사 자재 또는 공사 부산물 운반에 주로 사용된다. 그 중 정박지를 이용하는 예선의 경우, 대부분 부산을 정박지에 계류 또는 이동시키거나 부산과 함께 대기하기 위한 목적으로 이용된다. 따라서 Port-Mis 자료에서 부산 호출번호가 기록된 예선은 모두 부산과 함께 정박지에 정박한 것으로 취급하여 전체 정박지 이용선박의 연도별 척수를 조사하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 즉, 마산항 정박지 중 A-2, A-4, A-6 정박지를 많은 선박이 사용하고 있으며, 2016년을 기점으로 2017년에는 정박지 이용선박 척수가 감소한 것으로 분석되었다.

Table 3. Number of anchored ship by year

Anchorage	Year				
	2013	2014	2015	2016	2017
A-7	472	367	439	454	351
A-2	2,091	2,054	1,813	2,045	1,533
A-4	1,474	1,487	2,255	2,174	1,276
A-6	3,725	619	1,549	3,108	1,712
Total	7,762	4,527	6,056	7,781	4,872

2) 정박지 이용선박 선종별 분석

마산항 정박지 이용선박의 연도별 이용척수를 백분율로 나타내면 Table 4와 같다. 즉, 마산항 정박지 중 A-2, A-4, A-6 정박지 이용선박의 95% 이상이 예선과 부산이며, A-7 정박지는 석유제품운반선의 사용이 많은 것으로 분석되었다.

Table 4. Ship's type ratio of Masan port anchorage

Type of ship	Anchorage			
	A-7	A-2	A-4	A-6
Towing vessel (%)	20.0	<b>52.9</b>	<b>53.1</b>	<b>53.2</b>
Barge (%)	16.5	<b>45.4</b>	<b>45.6</b>	<b>44.0</b>
General cargo ship (%)	12.9	0.1	0.1	1.2
Product carrier (%)	<b>40.0</b>	1.2	0.7	1.1
Crude oil carrier (%)	7.4	0.4	0.5	0.5
Chemical carrier (%)	4.0	0.0	0.0	0.0
Container vessel (%)	0.2	0.0	0.0	0.0

3) 정박지 이용선박 크기(규모)별 분석

부선이 반영된 정박지 이용선박 크기(규모)를 분석하기 위해서는 마산항 정박지 이용 부선 크기를 조사해야 하나, Port-Mis 시스템은 정박지 이용 부선의 선명 또는 톤수가 입력되어 있지 않아 불가능하다.

일반적으로 정박지에 투묘 후 대기하는 부선은 해당 수역을 관할하는 항만에 등록되어 있는 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 마산지방해양수산청에 등록되어 있는 136척의 부선의 톤수를 조사하였고, 이를 토대로 평균톤수를 분석한 결과 1100톤으로 도출하였으며, 이를 마산항 정박지 이용 부선의 크기(규모)에 일괄적으로 적용하였다.

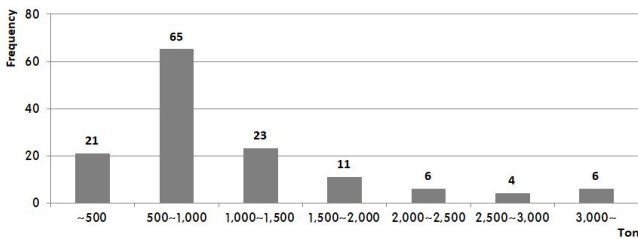


Fig. 2. Frequency distribution graph for the number of barges using Masan port anchorage.

최종적으로, 본 연구에서 추정된 부선의 크기를 반영한 마산항 정박지별 이용선박의 크기(규모)를 분석하면 Table 5와 같다. 분석 결과, 마산항 정박지는 2,000톤 미만 톤수의 중·소형선이 주로 이용하고 있는 것으로 분석되었다. 특히 A-7 정박지는 상대적으로 다양한 톤수대의 선박이 정박하고 있으나, A-2, A-4, A-6 정박지는 3,000톤 미만의 선박이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

Table 5. The number of ship's tonnage each Masan port anchorage

Tonnage interval	Anchorage			
	A-7	A-2	A-4	A-6
Less than 100	171	3,850	3,445	3,655
100 ~ Less than 1,000	1,018	1,335	1,257	2,209
1,000 ~ Less than 2,000	671	4,346	3,960	4,740
2,000 ~ Less than 3,000	61	5	4	100
3,000 ~ Less than 4,000	41	0	0	6
4,000 ~ Less than 5,000	11	0	0	0
5,000 ~ Less than 6,000	72	0	0	0
6,000 ~ Less than 7,000	6	0	0	0
More than 7,000	32	0	0	3

3. 마산항 정박지 적정성 분석

3.1 정박지 적정성 분석 방법론

정박지 중 포인트 방식으로 지정된 정박지는 그 점유 수역의 크기를 계산할 수 없으나, 마산항 정박지의 경우 Table 2와 같이 정박지의 경계를 반경으로 나타내고 있기 때문에, 본 연구에서는 기존의 집단정박지 또는 원형 정박지 평가 방법과 동일한 방법을 이용하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

1) 정박지 가동률 평가 기법

정박지 가동률 평가기법은 정박지 면적, 정박지 대기시간을 기준으로 전체 정박지 면적과 정박지 가동시간 대비 실제 정박지 이용선박의 점유면적 및 대기시간을 분석하는 방법을 이용하며 계산식은 식(1)과 같다. 그리고 이 평가 기법은 정박지 적정성 평가에 일반적으로 사용하는 방법이다.

$$M_c( Group ) = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times D_i)}{AC \times OR} \times 100\% \quad (1)$$

여기서, AC : 정박지 전체 수역 면적 (m<sup>2</sup>)

OR : 정박지 가동 일수 (일)

A<sub>i</sub> : i톤수 구간 선박의 정박지 점유 면적 (m<sup>2</sup>)

D<sub>i</sub> : i톤수 구간 선박의 정박지 대기 일수 (일)

3.2 정박지 가동률 평가 기준 수립

정박지 가동률의 적정성을 평가하기 위해서는 도출된 가동률이 적정범위 수준인지 평가할 수 있는 기준이 수립되어야 한다. 정박지 가동률에 대한 Huang(2011)의 연구에 따르면 정박지 가동률은 정박지 형상, 정박 선박의 크기에 따라 전체 정박지 면적 대비 선박이 최대로 이용할 수 있는 정박지의 수역 규모가 다르기 때문에 상황에 따른 상대적인 평가 기준의 수립 필요성을 제시하였다. 또한 형상이 동일한 정박지에 가능한 범위 내에서 최대로 많은 선박이 정박할 경우, 길이가 긴 선박보다 짧은 선박이 정박할 때 정박지의 가동률이 높아짐을 밝혔다.

이에 본 연구에서는 마산항 A-2, A-4, A-6, A-7 정박지에 지정·고시된 톤수의 선박이 정박했을 경우와 평균 톤수의 선박이 정박했을 경우에 대해 정박지 가동률을 도출하고, 가동률의 최대값과 최소값을 기초로 정박지 가동률 평가 기준을 수립하였다.

1) 선박 1척당 정박지 점유 수면적(선회반경) 분석

마산항 정박지에 지정·고시되어 있는 톤수와 실제 정박지 이용선박의 평균 톤수를 조사하고, 이 선박이 마산항 정박

## 마산항 정박지 개선방안에 관한 연구

지에 정박했을 때 선박 1척이 점유하는 선회반경을 조사하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

여기서, 정박지 선회반경 계산을 위한 정박지 설계기준은 해저저질의 상태가 양호하며, 묘박지에서 통상적으로 취하는 단묘박법(Yun, 2013)을 이용하여 정박했을 때의 선회반경 크기 산정방식을 적용하였고, 각 정박지 이용선박의 평균톤수는 Port-Mis를 통해 최근 5년간 해당 정박지 이용선박을 조사하여 도출하였다.

Table 6. Turning radius by anchored ship's capacity

Case An.	Designated capacity		Average capacity	
	Tonnage	Turning radius	Tonnage	Turning radius
A-7	7,000	124+(6×13)=202.0 m	1,401	72+(6×13)=150 m
A-2	7,000	124+(6×6.7)=164.2 m	651	56+(6×6.7)=96.2 m
A-4	7,000	124+(6×7.5)=169.0 m	734	58+(6×7.5)=103 m
A-6	7,000	124+(6×9.0)=178.0 m	823	60+(6×9.0)=114 m

### 2) 선박규모에 따른 정박지 점유수역 분석

위 1)항에서 분석한 선박규모에 따른 선회반경 크기를 실제 마산항 정박지에 작도하고, 각각의 정박지에 최대한 많은 선박이 정박할 수 있도록 배치한 결과는 Fig. 3과 같다.

즉, 마산항 정박지에 지정·고시된 선박이 정박할 경우, 4곳 정박지 모두 1척 밖에 정박할 수 없는 것으로 나타났으며, 평균 규모의 선박이 정박할 경우, A-7 정박지는 2척, A-2와 A-4 정박지는 4척, A-6 정박지는 3척이 정박할 수 있는 것으로 나타났다.

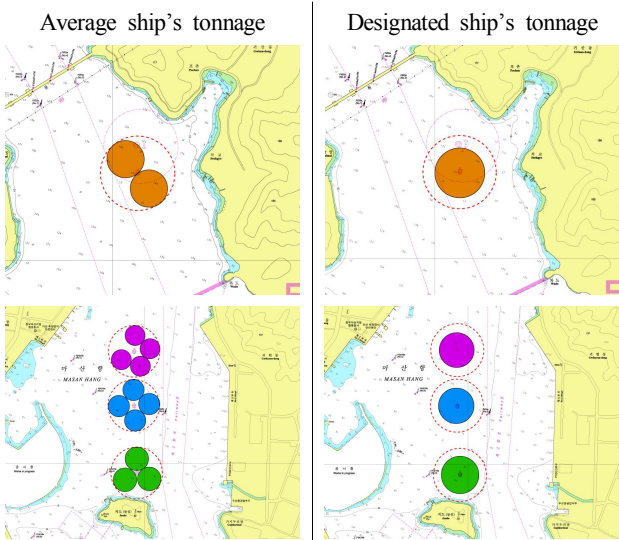


Fig. 3. Drawing for the turning radius by anchored ship's capacity.

### 3) 마산항 포인트 정박지 가동률 평가기준 수립

마산항 정박지 이용선박의 규모에 따른 정박지 가동률 분석 결과는 Table 7와 같다. 즉, 마산항 정박지는 평균 규모의 선박을 배치했을 때가 지정·고시된 선박을 배치했을 때보다 가동률이 높으며, 전체적으로 보았을 때 약 43%~68% 수준인 것으로 분석되었다. 이는 마산항 정박지가 원형 정박지 형태를 나타내고 있어 해당 수역에 큰 규모의 선박이 정박할 경우 정박지로 사용할 수 없는 여유 공간이 상대적으로 많이 남기 때문인 것으로 유추할 수 있다.

Table 7. Assessment result for the anchorage operating rate

Capacity Anchorage	Designated Capacity	Average Capacity
	A-7	45.3 %
A-2	43.1 %	59.2 %
A-4	45.7 %	67.9 %
A-6	50.7 %	62.4 %
Average	46.20 ≒ 46 %	59.88 % ≒ 60 %

본 연구에서는 Table 7의 결과를 토대로 최대 가동률과 최소 가동률을 기준으로 정박지 가동률 평가기준을 수립하였으며 그 결과는 Table 8와 같다.

Table 8. Evaluation Criteria for Anchorage of Point Designated Method

Evaluation	Criteria
Anchorage Enough	Less than 46 %
Examination for Anchorage Expansion	46 % ~ 60 %
Anchorage Shortage	More than 60 %

### 3.3 마산항 정박지 가동률 분석 및 적정성 평가

마산항 정박지의 적정성 평가는 정박지 가동률을 분석하고, 이 결과를 3.2절에서 수립한 가동률 평가기준에 적용하는 절차로 진행하였다.

마산항 정박지별 가동률 분석 및 정박지 규모의 적정성 평가 결과는 Table 9와 Fig. 4와 같다. 즉, 정박지 가동률 분석 결과 A-7 정박지는 모두 적정성 평가 기준인 46% 미만으로 정박지 이용선박 대비 충분한 수역이 확보되어 있는 것으로 분석되었다. 그러나 A-2, A-4, A-6 정박지는 정박지 적정성 평가기준인 60%를 대부분 초과하며, 2016년 A-2 정박지의 가동률은 최대 약 170%로 매우 높은 것으로 나타나 마산항 A-2, A-4, A-6 정박지에 대한 시급한 확장이 필요한 것으로 나타났다.

Table 9. Masan Anchorage Operating Rate

Parameter	Year	Anchorage				
		2013	2014	2015	2016	2017
Anchorage Area (m <sup>2</sup> )	A-7		282,740			
	A-2		196,350			
	A-4		196,350			
	A-6		196,350			
The number of ship using anchorage (ships)	A-7	472	367	439	454	351
	A-2	2,091	2,054	1,813	2,045	1,533
	A-4	1,474	1,487	2,255	2,174	1,276
	A-6	3,725	619	1,549	3,108	1,712
Total dwell time using anchorage (hour)	A-7	393	298	402	316	251
	A-2	3,498	4,553	4,397	5,044	3,532
	A-4	1,682	2,238	3,779	4,546	3,625
	A-6	3,181	1,625	1,914	3,196	2,904
Anchorage Operating Rate (%)	A-7	22.8	17.1	23.7	18.0	16.6
	A-2	118.0	148.7	147.3	167.9	115.2
	A-4	62.3	81.5	136.5	166.9	130.6
	A-6	135.1	60.6	81.7	141.1	44.0

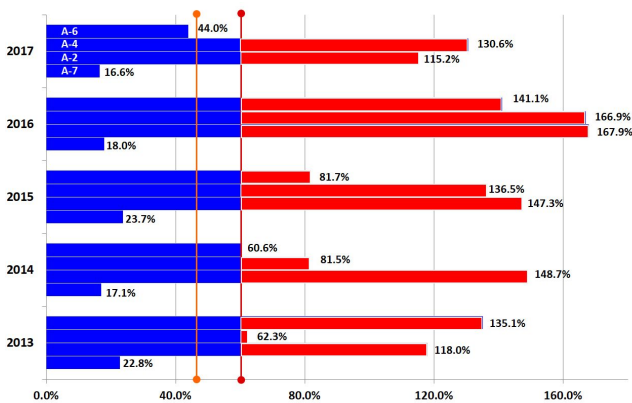


Fig. 4. Adequacy assessment for anchorage operating rate.

#### 4. 마산항 정박지 개선방안 제안

##### 4.1 정박지 개선방안

정박지 적정성 평가 결과에 따라 본 연구에서는 마산항 A-2, A-4, A-6 정박지에 대해 적정 수준으로 확대하고, 정박지 이용 선종을 고려하여 정박지 지정방식 개선 안을 Fig. 5와 같이 도출하였으며, 해당지점의 경위도는 Table 10과 같다.

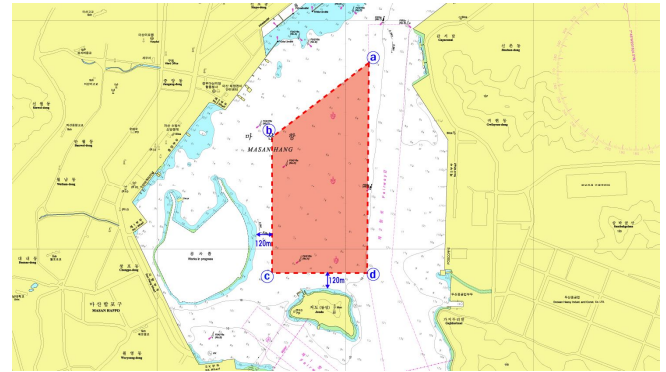


Fig. 5. Boundary Lane for Masan Anchorage (Suggestion).

Table 10. Position for Anchorage boundary (Suggestion)

Anchorage Boundary Point	Latitude, Longitude
Ⓐ	Lat.: 35° 11' 49", Long.: 128° 35' 08"
Ⓑ	Lat.: 35° 11' 30", Long.: 128° 34' 37"
Ⓒ	Lat.: 35° 10' 54", Long.: 128° 34' 37"
Ⓓ	Lat.: 35° 10' 54", Long.: 128° 35' 07"

정박지 개선방안 제시(안)은 우선 마산항 정박지 이용선박의 선종, 대기시간, 항만 내 해상교통 흐름 등을 고려하여 집단정박지 지정방식으로 개선하였으며, 그 특징은 Table 11과 같다. 왜냐하면 포인트 정박지 지정방식은 주로 중대형 선박의 입·출항 대기 정박지이거나, 정박지 이용선박이 많지 않은 수역에 적절한 방식으로 마산항 정박지에는 적절하지 않고, 마산항과 같이 중·소형선박이 주로 이용하고, 대기시간이 24시간 이상의 긴 경우에는 집단정박지 지정방식이 더욱 효과적이기 때문이다.

그리고 정박지 이용선박의 안전을 고려하여 마산항 정박지가 적정 가동률 범위 내로 유지될 수 있도록 그 규모를 1,077,227 m<sup>2</sup>로 기존 A-2, A-4, A-6 정박지 대비 약 1.8배 확대하였으며, 저도(돌섬)과 마산해양신도시로부터 일정 이격거리(약 120 m)를 설정하여, 주묘로 인한 좌초사고 방지 등을 고려하였다.

Table 11. Evaluation Criteria for Anchorage of Group Designated Method

Evaluation	Criteria
Total area (m <sup>2</sup> )	1,077,227
Average depth (m)	6.7

4.2 정박지 개선 방안 적절성 검증

마산항 정박지의 이용선박 규모 및 인근 수역의 해상교통 흐름 등을 고려한 정박지 개선 방안에 대해 정박지 가동률 차원에서 개선효과와 마산항 내 교통흐름과의 간섭영향에 대해 검토하여 본 연구에서 제시한 개선방안의 적정성을 검증하고자 하였다.

1) 정박지 개선안 가동률 평가기준 수립

마산항 A-2, A-4, A-6 정박지를 통합한 집단 정박지에 대해 정박지 가동률을 분석하고, 이에 대한 적정성을 평가하기 위해서는 마산항 정박지 개선안에 대한 정박지 가동률 평가기준을 수립해야 한다. 이는 3.2절에서 언급한 바와 같이 정박지의 지정방식 및 이용선박의 크기 등에 따라 정박지를 최대로 이용할 수 있는 가동률의 범위가 달라지는데, 마산항의 경우 정박지 지정방식이 포인트 정박지에서 집단 정박지로 바뀌었기 때문에 정박지 가동률 평가기준도 다르게 적용해야 한다.

따라서 3.2절에서 설명한 정박지 가동률 평가기준 도출 방법을 적용하여 A-2, A-4, A-6 정박지를 이용한 선박의 평균 톤수인 734톤 선박과 지정·고시된 7,000톤 선박을 개선방안으로서 제시된 집단정박지에 배치한 결과는 Fig. 6과 같다. 즉, 마산항 정박지 개선 시 평균톤수의 선박이 정박할 경우 총 22척이 정박할 수 있으며, 7,000톤 선박은 8척이 정박할 수 있는 것으로 분석되었다.

마산항 정박지 개선안을 3.1절의 정박지 가동률 평가 방법을 적용하여 평균톤수의 선박이 정박할 경우와 지정·고시된 선박이 정박할 경우 각각에 대해 가동률을 평가하고 이를 마산항 정박지 개선안에 대한 정박지 가동률 평가기준으로 수립하였으며 그 결과는 Table 12과 같다.

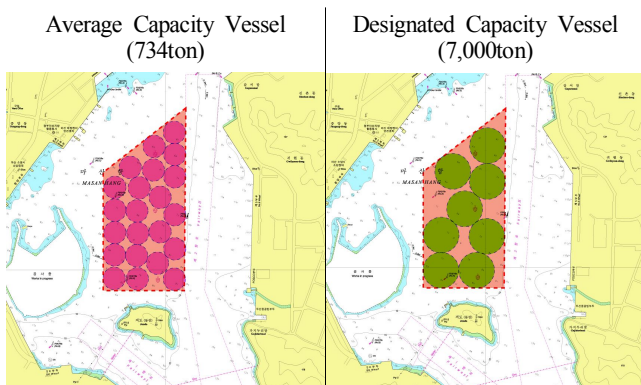


Fig. 6. Drawing for the turning radius by anchored ship's capacity.

Table 12. Evaluation Criteria for Anchorage of Group Designated Method

Evaluation	Criteria
Anchorage Enough	Less than 53 %
Examination for Anchorage Expansion	53 % ~ 68 %
Anchorage Shortage	More than 68 %

즉, 마산항 정박지 개선안의 가동률 평가기준은 53% 미만일 때 충분한 정박지 확보상태이며, 68% 초과일 때 정박지가 부족한 상태이고, 53%~68%는 정박지 확대를 고려할 필요가 있는 가동률인 것으로 정의하였다.

2) 정박지 가동률 개선효과 검증

마산항 정박지 개선을 위해 본 연구에서 제시한 마산항 정박지 개선안의 가동률을 분석하고, 이 결과를 토대로 기존 정박지와 비교하여 마산항 정박지 개선안을 검증하였다.

여기서, 정박지 제시안에 대한 가동률 평가를 위해 필요한 정박지 제시안의 이용선박 척수 및 대기시간 등은 기존 마산항 A-2, A-4, A-6 정박지 이용선박을 모두 더하여 산출하였다. 그리고 정박지 개선안에 대한 최근 5년간의 가동률 분석 결과는 위의 4.2절 1)항에서 수립한 가동률 평가기준을 적용하였으며, 그 결과는 Table 13와 Fig. 7과 같다.

Table 13. Anchorage Operating Rate for Group Designated Method

Parameter	Year	Proposal anchorage				
		2013	2014	2015	2016	2017
Average Water Depth(m)		6.7				
Anchorage Area(m <sup>2</sup> )		1,077,227				
Total Anchoring Ship(ships)		7,290	4,160	5,617	7,327	4,521
Total Dwell time(hours)		8,361	8,415	10,090	12,786	10,061
Anchorage Operating Rate(%)		58.5	54.9	67.7	88.2	53.7

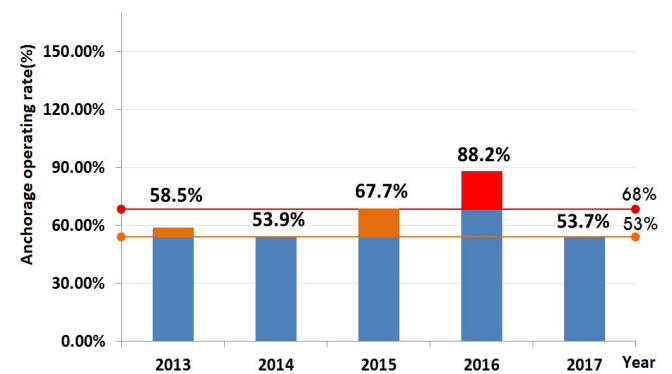


Fig. 7. Adequacy assessment for anchorage operating rate (Suggestion).

마산항 정박지 개선안의 가동률 평가 결과, 기존 A-2, A-4, A-6 정박지의 가동률과 비교할 때 전체적으로 약 1/2 정도 감소한 것으로 나타났으며, 정박지 개선안에 대한 가동률 평가 기준을 적용했을 때에도 2016년을 제외하고 정박지 부족으로 평가된 년도는 존재하지 않았다. 여기서 2016년의 경우 정박지 부족으로 평가된 이유는 마산해양신도시 매립공사 완료로 장기 대기한 부선이 많았기 때문인 것으로 분석되었다. 또한 2017년의 정박지 가동률은 약 53%로 충분한 정박지가 확보된 것으로 평가된 것으로 볼 때 정박지 개선안의 적정성이 검증되었다.

### 3) 마산항 내 교통흐름과의 간섭 영향 검증

마산항 내 해상교통흐름과 마산항 정박지 개선안과의 간섭영향 정도를 분석하기 위해 2016년 계절별 통항량이 가장 많았던 3일간의 해양수산부 GICOMS 자료를 수집하여 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

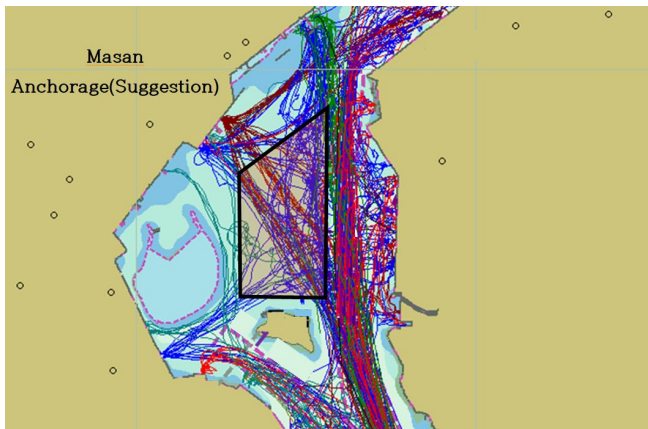


Fig. 8. Analysis for Vessel Traffic Impact with Masan anchorage (Suggestion).

분석 결과, 본 연구에서 제시한 마산항 정박지 개선안 내를 통항하는 선박은 예부선, 도선선이 대부분을 차지하며, 일반 상선 또는 특수선 등의 통항은 전무한 것으로 분석되었다. 여기서, 정박지 제시안 내에 포함된 예부선 항적은 마산항 A-2, A-4, A-6 정박지에서 물량장으로 이동하거나 물량장에서 정박지 이동으로 인한 것으로 해당 수역을 가로질러 단순 통항하는 예부선은 많지 않은 것으로 분석되었다. 또한 도선선의 경우는 선박의 운항 목적 및 특성 상 해당 수역을 정박지로 지정한다 하더라도 도선선의 운항에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 마산해양신도시 건설에 따른 3개(A-1, A-3, A-5) 포인트 정박지의 잠정 폐쇄로 마산항 정박지 부족 또는 정박지 안전성 등에 문제를 조사·분석하고, 이를 개선하기 위한 방안 제시 및 검증을 실시하였다.

마산항 A-7, A-2, A-4, A-6 정박지를 대상으로 한 최근 5년간의 정박지 가동률 분석을 위해 마산항 정박지 가동률 평가기준을 수립하고, 부선의 척수 및 대기시간을 추정한 후 이를 반영하여 정박지 가동률을 분석하였으며, 이를 통해 규모의 적정성을 평가하고자 하였다.

최근 5년간의 정박지 이용선박을 이용하여 마산항 정박지의 적정성을 평가한 결과, A-7 정박지는 정박지 이용선박 대비 충분한 수역이 확보되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 A-2, A-4, A-6 정박지는 정박지 적정성 평가기준인 60%를 대부분 초과하는 것으로 나타나 A-2, A-4, A-6 정박지에 대한 시급한 확장이 반드시 필요한 것으로 평가되었다.

이에, 본 연구에서는 마산항 정박지의 정박지 부족 문제를 해결하고 정박지 인근을 통항하는 선박의 해상교통흐름 등을 고려하여 마산항 정박지 개선안을 제시하였다. 이 정박지 개선안은 마산항 정박지 이용 선박의 패턴 및 선종 등을 고려하여 기존 포인트 정박지 방식에서 집단정박지 방식으로 지정하였으며, 적정 수준의 정박지 가동률을 유지할 수 있도록 기존 A-2, A-4, A-6 정박지 대비 약 1.8배를 확대하였다.

마지막으로 마산항 정박지 개선안의 적정성 검증을 위해 정박지 규모의 적정성 평가 및 해상교통평가를 실시하였다. 그 결과, 기존 A-2, A-4, A-6 정박지의 가동률과 비교할 때 전체적으로 약 1/2 정도 감소한 것으로 나타났다. 그리고 정박지 개선안에 대한 가동률 평가 기준을 적용했을 때에도 마산해양신도시 매립공사 완료에 따른 장기대기 부선이 많았던 2016년을 제외하고 모든 연도에서 적정 수준의 정박지 가동률을 유지하는 것으로 분석되었다. 또한 해상교통측면에 있어서는 정박지 개선안으로 지정한 수역 내를 통항하는 선박이 존재하는 것으로 나타났으나, 해당 선박의 안전운항에 영향을 미치지 않을 것으로 분석되었다.

본 연구는 정박지 이용선박 중 예부선이 차지하는 비율이 상대적으로 많은 마산항 정박지의 개선방안 수립을 위한 것으로서 해양수산부 Port-Mis Big Data에서 제공하지 않는 정박지 이용 부선의 척수 및 대기시간을 추정하여 정박지 가동률을 분석하였으며, 정박지 이용선박의 선종, 대기시간 등을 고려하여 정박지 지정방식을 개선한 정박지 개선안을 제시 및 검증하였다는 점에서 의미가 있는 연구라고 할 수 있다.



향후에는 정박지를 추가적으로 지정하거나 기존 정박지를 개선하고자 할 때 정박지 지정위치, 선종, 대기시간, 자연환경 등의 요소를 고려하여 안전하고 효율적인 정박지 지정 방식 선택을 위한 구체적인 가이드라인 수립 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] Huang, S. Y., W. J. Hsu and Y. He(2011), Accessing Capacity and Improving Utilization of Anchorages, Transportation Research, Part E, pp. 2016-227.
- [2] Kim, H. G., D. A. Kong and Y. S. Kang(2011), Suggestions for the Development of Masan Port, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 27, No. 3, pp. 179-206.
- [3] Lee, Y. S., J. S. Kim, J. M. Park and G. H. Yun(2012), A Study on the Designation of MIPO Emergency Anchorage, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 4, pp. 316-322.
- [4] Lee, C. H. and H. H. Lee(2014), A Study on Expansion of Anchorage according to Increased Trading Volume at Pyeongtaek Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 6, pp. 663-670.
- [5] Lee, H. H.(2017), Improvement Plans for Anchorage at Yeosu Kwangyang Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, No. 1, pp. 17-25.
- [6] MOF(2014), Design Standards of Ports and Fishing Ports, Mooring Facilities, Ministry of Oceans and Fisheries, pp. 827-845.
- [7] MOF(2017), A Study on Safety Evaluation of Ship's Route in 2017, Ministry of Oceans and Fisheries, pp. 6.1-6.54
- [8] Park, J. M., G. H. Yun, H. D. Jeon and G. Y. Kong(2016), The Proper Capacity of Anchorage in Ulsan Port with Reference to the Anchorage Operating Rate, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 5, pp. 380-388.
- [9] Yun, J. D.(2013), Theory and Practice of Ship Maneuvering, Sejong Press, pp. 12-15.

---

Received : 2018. 08. 16.

Revised : 2018. 09. 28.

Accepted : 2018. 10. 26.