

정박지 용량지수를 활용한 대기정박지 수요 분석에 대한 기초 연구

권승철* · 유용웅** · 박준모*** · 이윤석****†

* 한국해양수산연수원, ** 한국해양대학교 대학원, *** 목포해양대학교 항해학부, **** 한국해양대학교 선박운항과

A Basic Study on the Demand Analysis of Waiting Anchorage
using Anchorage Capacity Index

Seung-Cheol Kwon* · Yong-Ung Yu** · Jun-Mo Park*** · Yun-Sok Lee****†

* Korea Institute of Maritime and Fishery Technology, Busan, Korea

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

*** Department of Navigation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo, Korea

**** Division of Ship Operation, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

요 약 : 본 연구는 대기정박지의 신설 및 조정이 필요한 항만을 위해 정박지의 적정 용량을 산정하기 위한 방법론을 제시하고, 이를 진해만 내 항만과 부산에 적용하여 국내 주요 항만의 정박지 용량과 비교 분석하여 적용에 무리가 없는지 검토하기 위한 목적이 있다. 이를 위해 항만을 이용하는 선박의 총톤수 용량과 동시 정박 가능 용량의 개념을 정의하고 정박지 용량지수를 계산하여 대상항만을 위한 적정 정박지 용량을 산정하는데 이용하였다. 그 결과 진해만 내 항만의 정박지 용량지수는 0.89로 산출되었으며, 대기정박지 신설을 위한 적정 정박지 용량지수는 6.0 수준으로 분석되었다. 본 연구에서 제시한 정박지 용량지수의 개념을 정박지 설계 기준으로 반영할 경우 정박지를 이용하는 선박의 안전, 정박지 안전성 및 항만의 효율적인 운영에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 대기정박지, 정박지 용량지수, 정박지 용량, 정박지 안전성, 설계 기준

Abstract : This study proposes a methodology for estimating the appropriate capacity of anchorage for ports requiring the establishment of waiting anchorage and then applying the methodology to the ports in Jinhae Bay to compare it with the anchorage capacity of major ports in Korea. To estimate the appropriate anchorage capacity, the "Anchorage Capacity Index" was used, which was calculated from the "Total Gross Tonnage" and "Simultaneous Anchoring Capacity". The calculations were made according to the anchorage capacity index of 0.89 of the target harbors. The adequate anchorage capacity index for the new waiting anchorage was analyzed at a level of 6.0. If the concept of anchorage capacity index suggested in this study is reflected as a new design criteria of waiting anchorage, it will be helpful for the safety of berth, safety of anchorage and effective operation of harbor.

Key Words : Waiting Anchorage, Anchorage Capacity Index, Capacity of Anchorage, Safety of Anchorage, Design Criteria

1. 서 론

우리나라에서는 정박지 지정을 위해 해양수산부에서 제시하는 항만 및 어항설계 기준에 근거하여 정박지를 설계하고 있으나, 단순히 항만의 자연적인 특성(수심, 저질 등)에 따른 정박지의 반경만을 제시하고 있을 뿐, 항만에 입항하는 선박의 척수나 총톤수 규모 등을 고려한 정박지의 규모

에 대한 기준이 없어 정박지가 적절하게 지정되어 있는지 평가하기 어렵다.

국내외적으로 정박지의 적정성 또는 개선을 위한 연구는 꾸준히 수행되어왔다. 여수광양항 정박지 개선을 위한 연구(Lee, 2017), 미포항 비상정박지 지정에 관한 연구(Lee et al., 2012), 평택항의 변화에 따른 정박지 부족을 예상하여 1년간의 총 정박지 이용 척수를 바탕으로 일일 평균 정박지 이용 척수를 산출하고, 정박지를 동시에 사용 가능한 선박의 척수와 비교하여 정박지의 확장 방안을 제시한 연구(Lee and

* First Author : sckwon@seaman.or.kr, 051-620-5774

† Corresponding Author : lys@kmou.ac.kr, 051-410-5098

Lee, 2014)가 있었으며, 국내 주요 항만별 정박지의 통일되지 않은 운영세칙을 검토하고 단일화 방안을 제시한 연구(Yun, 2014), 울산항의 항계 및 정박지 확충 기준을 수립하기 위한 국내 주요 항만의 정박지 면적, 동시 접안 선석을 이용하여 정박지 효율을 분석하고, 평균값 대비 항만의 정박지 면적 효율을 분석한 연구(Yun et al., 2010) 등과 같이 많은 연구가 수행되었다.

국외에서도 Fan and Cao(2007), Huang et al.(2009) 등 많은 연구에서 정박지의 용량을 산출함에 있어 식(1)과 (2)와 같이, 대부분 정박지에서의 대기시간과 정박지의 점유면적을 활용하였다. 또한 선박운항자의 심리적 영향을 고려하여 정박지의 수용 척수를 정박지 용량으로 정의하기도 하였으며, 선박이 정박지를 이용할 확률을 백분율로 환산하여 정박지 용량 산출 시 반영하기도 하였다.

$$C_j^A = \frac{T \times A_j^A}{\sum_{i=1}^n P_{ij}^A D_{ij}^A O_i^A} \quad (1)$$

여기서, C_j^A : 정박지 용량

A_j^A : 정박지 j 의 전체 면적(m^2)

D_{ij}^A : 선박 i 가 j 정박지를 점유한 평균 시간(시간)

P_{ij}^A : 선박 i 가 j 정박지에 입항할 평균 백분율(%)

O_i^A : 선박 i 가 점유한 평균 면적(m^2)

T : 정박지 전체 이용 시간(시간)

$$U_t = \frac{\sum S_i}{A} \times 100$$

$$U_a = \frac{\sum S_i \times D_i}{A \times T} \times 100 \quad (2)$$

여기서, U_t : 정박지 순간 이용률(%)

U_a : 정박지 평균 이용률(%)

S_i : i 시점에 정박선이 점유한 정박지 면적(m^2)

A : 정박지 전체 면적(m^2)

T : 정박지 전체 이용시간(시간)

D_i : i 시점의 정박선 대기시간(시간)

하지만 기존 연구에서 제시한 정박지 용량 개념은 현재 지정되어 있는 정박지의 적정성을 검토하기 위함이며, 항만의 규모나 특성에 맞는 정박지의 신설이나 추가를 위한 기

준을 제시하지 못한 한계점이 있다.

따라서 본 연구에서는 항만운영의 안전성 및 효율성, 정박지 안전성 확보를 위한 대기정박지의 신설을 위해 국내 주요 항만의 입항 선박의 규모를 고려하여 항만시설 운영세칙에 명시된 정박지에 대한 평가를 통해 적정 정박지 용량을 산출할 수 있는 일반식과 정박지 용량지수의 개념을 제안하였으며, 이 기준을 통해 진해만 내 항만에 필요한 정박지 용량을 산출해보았고, 현재 지정된 정박지와 비교 하였다. 이러한 정박지 용량지수를 이용해 대기정박지를 신설하여 반영할 경우 항만운영의 안전성과 효율성 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

2. 대상해역 내 정박지 현황

2.1 정박지 설계 지침 및 지정 방식

정박지의 지정은 해양수산부장관이 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률 제5조 1항에 의거 지정·고시하도록 되어 있으며, ‘항만 및 어항설계기준’에 명시되어 있으며, 선박의 길이(L: Length Over All)와 정박지의 수심(D: Depth)을 기준으로 저질의 상태와 풍속의 강도에 따라 정박지의 선회반경을 Table 1과 같이 고려하도록 되어 있다.

Table 1. Anchorage turning radius with depth and ship's length

Method of Anchoring	Seabed Condition	Turning Radius
Single Anchor	Good	L+6D
	Bad	L+6D+30
Pair Anchor	Good	L+4.5D
	Bad	L+4.5D+25

지금까지의 정박지 관련 연구를 살펴보면 정박지 지정방식은 집단 정박지, 집단 정박지와 원형 정박지를 혼합하는 방식, 집단 정박지내 포인트로 지정하는 방식, 원형 정박지를 지정하는 방식의 네 가지 방식으로 분류하였다(Lee et al., 2012).

1) 집단 정박지 지정 방식

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

2) 집단 정박지 및 원형 정박지 혼합 방식

집단정박지내에 원형정박지를 지정하는 방식으로 일본 요코하마항 입구, 우리나라 여수 광양항 입구 등에서 사용되고 있다.

3) 집단 정박지 내 정박위치를 포인트로 지정하는 방식

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

4) 원형 정박지 지정 방식

1척의 선박이 정박 Circle내에 정박하는 방식으로 타 선박과의 간섭현상이 없다. 이 지정방식은 우리나라 포항, 목포, 인천항 입구 등에서 사용되고 있다.

2.2 정박지 현황

마산항 항만시설 운영세척 및 경상남도 항만시설 운영세척상 정박지의 현황은 Table 2~4와 같다(Masan Regional Office of Oceans and Fisheries, 2019).

마산항에 지정된 정박지는 Table 2와 같이 제5부두 전면에 7,000 G/T 미만의 규모의 A-2,4,6 정박지와 7,000 G/T 이상 규모의 A-7 정박지가 있다. 해도 검토 결과, 4곳의 정박지 모두 포인트 정박지 형태이나, 마산항 항만시설 운영세척에는 정박지점 중심으로 일정한 반경 이내의 수역을 정박지로 지정하고 있는 원형 정박지 형태로 고시하고 있다.

진해항에 지정된 정박지는 Table 3과 같이 제2부두 전면에 10,000 G/T 이하 규모의 J-1,2 원형 정박지가 있다.

고현항에 지정된 정박지는 Table 4와 같이 죽도 돌단부와 오비리 선착 사이에 위치한 제1구 정박지와 삼성중공업 전면해역에 위치한 제2구 정박지가 있으며, 이후 항계까지의 제3구 정박지가 있다. 마산항과 진해항과는 다르게 구역만을 지정해놓고 있는 집단 정박지 형태로 운영 중이다. 이에 추가해 항만시설 운영세척에는 명시되어 있지 않지만 해도 관찰 결과 항계 밖에 지정된 정박지가 존재하는데, 제4번 정박지(반경 250m)로 주로 검역이나 접안을 위한 도선사 승선을 위한 지점으로 운용되고 있다.

안정LNG터미널에는 정박지가 지정되어 있지 않다.

Table 2. Anchorage of Masan port

Name	Position	Depth (m)	Turning Radius (m)	Capacity (GT)
A-2	N 35° 11' 35" / E 128° 34' 56"	6.5	250	< 7,000 all type of vs1
A-4	N 35° 11' 18" / E 128° 34' 56"	6.8	250	
A-6	N 35° 10' 57" / E 128° 34' 57"	7.8	250	
A-7	N 35° 09' 23" / E 128° 36' 08"	11.9	300	≥ 7,000

Table 3. Anchorage of Jinhae port

Name	Position	Depth (m)	Turning Radius (m)	Capacity (GT)
J-1	N 35° 07' 36" / E 128° 41' 12"	7.9	335	≤10,000
J-2	N 35° 07' 10" / E 128° 41' 15"	8.0	335	

Table 4. Anchorage of Gohyeon port

Name	Position	Depth (m)	Capacity (GT)
Sector1	Inside Joined line N 34° 54' 37", E 128° 36' 21" / N 34° 54' 50", E 128° 36' 33"	10.0	≤ 5,000
	Joined Area below 5 Points N 34° 55' 09", E 128° 36' 32" / N 34° 55' 29", E 128° 36' 13" / N 34° 54' 49", E 128° 35' 18" / N 34° 54' 37", E 128° 36' 21" / N 34° 54' 50", E 128° 36' 33"		
Sector2	Joined Area below 5 Points N 34° 56' 37", E 128° 35' 17" / N 34° 54' 54", E 128° 33' 50" / N 34° 54' 25", E 128° 34' 14" / N 34° 55' 29", E 128° 36' 13" / N 34° 54' 49", E 128° 35' 18"	13.0	≤30,000
	Joined Area below 5 Points N 34° 56' 37", E 128° 35' 17" / N 34° 54' 54", E 128° 33' 50" / N 34° 54' 25", E 128° 34' 14" / N 34° 55' 29", E 128° 36' 13" / N 34° 54' 49", E 128° 35' 18"		
Sector3	Joined Area below 5 Points N 34° 56' 37", E 128° 35' 17" / N 34° 54' 54", E 128° 33' 50" / N 34° 54' 25", E 128° 34' 14" / N 34° 55' 29", E 128° 36' 13" / N 34° 54' 49", E 128° 35' 18"	16.0	≤30,000
No.4	N 34° 55' 30", E 128° 33' 50"	18.2	(Turning Radius, 250m)

2.3 정박지 이용 선박 현황

2017년의 선박통항로 안전성평가(마산항) 연구용역 보고서에 따르면, 마산항 정박지 이용 선박의 톤수별 분석 결과, 가장 큰 규모의 선박이 이용하는 정박지는 A-7 정박지이며, 10,000~20,000 GT급 선박의 정박지 이용 비율이 1.4%를 차지하였다. 반대로 가장 작은 규모의 선박이 정박하는 곳은 A-2 정박지로 50~100 GT급 미만의 선박 비율이 25.2%를 차지하는 것으로 조사되었다. 그리고 A-2, A-4 및 A-6 정박지를 이용하는 선박의 규모 중 1,000~2,000 GT급 미만의 선박 비율이 50% 이상을 차지하는 것으로 보아, 대부분 해당 톤수대의 예부선이 주로 정박하는 것으로 분석되었다.

또한 마산항 정박지 이용 선박의 선종별 분석 결과로는 마산항 내에 지정된 정박지(A-2, A-4, A-6)는 부선의 비율이 50%를 넘는 것으로 분석되었다. 마창대교 인근에 지정되어 있는 A-7정박지의 경우 항만 인근 정박지와 달리 석유제품 운반선이 38.8%로 정박지 이용선박 중 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 분석되었다.

진해항의 경우 현장 답사를 통해 정박지 이용 선박을 조사한 결과, 대부분 예부선 및 작업선이 정박지를 이용하고 있었으며, 입항하는 선박의 대기 목적의 이용에는 제한이 있는 것으로 판단된다.

상기와 같은 정박지 이용 현황을 종합적으로 판단해볼 때 단일 항로를 이용하여 입항해야 하는 대상항만을 위한 통합 대기정박지의 지정에 대해 고려해 볼 필요가 있으며, 항만에 입항하는 선박의 특성을 고려한 합리적인 기준으로 적정 정박지 용량에 대해 평가하고, 그 결과를 바탕으로 정박지가 지정되어야 한다.

3. 정박지 용량 평가 개념 수립

대기정박지 신설에 필요한 적정 정박지 용량을 산출하기 위해 항만에 입항하는 선박의 규모와 현재 지정되어 있는 정박지의 규모를 정량적으로 계산할 필요가 있다. 이를 위해 일일 선박 총톤수 용량, 일일 정박 가능 용량 및 정박지 용량지수의 개념을 수립하고, 국내 주요 무역항의 톤급별 입항 선박 척수와 정박지 현황 자료를 바탕으로 산출하고 분석하였다.

3.1 일일 선박 총톤수 용량(Total Gross Tonnage, TGT)

항만을 이용하는 선박은 그 톤수가 다양하고, 이용 시간도 서로 다를 뿐만 아니라 국내외 경제상황에 따라 계속적으로 변화한다. 그렇지만 항만에 입항하는 선박의 종류 및 규모는 당시 상황에 따른 약간의 증감에 있을 뿐 Port-Mis상 각 톤급별 분포($i=1\sim 16$)는 유사한 것으로 분석되었다. 따라

서 정박지 설계 기준을 수립하기 위해서는 일정 시점에 항만을 이용하는 선박의 총톤수 규모가 어느 정도인지 파악할 수 있어야 하며, 이를 위해 일일 선박 총톤수 용량을 식(3)과 같이 정의 한다.

$$TGT = \sum_{i=1}^{16} (T_i \times N_i) \div 365 \quad (3)$$

여기서, TGT : 일일 선박 총톤수 용량(Tonnage*척)

T_i : 톤급별 평균톤수(Tonnage)

N_i : 톤급별 입항척수(척)

3.2 일일 정박 가능 용량(Simultaneous Anchoring Capacity, SAC)

일일 정박가능 용량은 현재 각 항만별로 항만시설 운영계획에 지정된 정박지 이용 권장톤급에 따른 정박규모로 정의하며, 식(4)와 같다. 정박지를 이용하는 시간은 각 정박선 및 정박지마다 다양하나, Port-Mis의 통계는 일 단위로 기록되기 때문에 본 연구에서도 표준화하여 일 단위로 분석하였으며, 집단정박지의 경우 원형정박지 형태로 동시에 최대 정박가능한 선박의 척수를 산출하였다.

$$SAC = GT_R \times A_N \quad (4)$$

여기서, SAC : 일일 정박 가능 용량(Tonnage*척)

GT_R : 정박지 이용 권장톤급(Tonnage)

A_N : 동시 정박 가능 척수(척)

3.3 정박지 용량지수(Anchorage Capacity Index, ACI)

정박지 용량지수는 일일 선박 총톤수 용량과 일일 정박 가능 용량의 비율로 정의하며, 식(5)와 같다.

$$ACI = \frac{SAC}{TGT} \quad (5)$$

4. 적정 정박지 용량지수 산출

4.1 일일 선박 총톤수 용량(TGT) 산출

국내 주요 항만 및 대상해역 항만의 입항 선박의 톤급별 분포는 해양수산부의 2018년 Port-Mis 통계자료를 이용하였고, 안정LNG터미널의 경우 국가관리 항만으로 지정되어 있지 않아 통계자료의 이용이 어려워, 부두관리자의 2016년 자료를 입수하여 산출하였다. 그 결과는 Table 5와 같다.

정박지 용량지수를 활용한 대기정박지 수요 분석에 대한 기초 연구

Table 5. Result of calculation *TGT*

Port	<i>TGT</i>	Port	<i>TGT</i>
Incheon	495,418	Pohang	155,781
Pyeongtaek · Dangjin	378,489	Donghae · Mukho	75,289
Mokpo	98,112	Masan	97,629
Yeosu · Gwangyang	1,030,098	Jinhae	7,463
Busan	1,677,727	Gohyeon	3,858
Ulsan	562,136	Anjung	24,178

Table 6. Result of calculation *SAC*

Port	<i>SAC</i>	Port	<i>SAC</i>
Incheon	4,862,000	Pohang	2,450,000
Pyeongtaek · Dangjin	2,860,000	Donghae · Mukho	235,000
Mokpo	615,000	Masan	28,000
Yeosu · Gwangyang	4,480,000	Jinhae	40,000
Busan	939,000	Gohyeon	50,000
Ulsan	1,096,000	Anjung	0

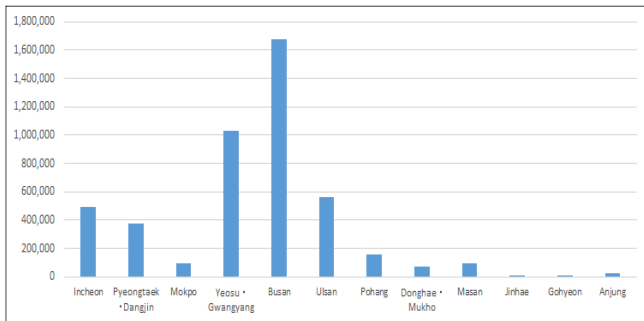


Fig. 1. Result of calculation *TGT*.

Fig. 1과 같이 산출 결과가 클수록 항만을 이용하는 선박의 총톤수 규모가 크다는 것을 의미하며, 부산항을 입항하는 선박의 *TGT* 규모가 가장 큰 것으로 분석되었고, 이어 여수·광양항, 울산항, 인천항 및 평택·당진항의 순으로 나타났다. 마산항의 경우 12개 항만 중 7번째로 큰 *TGT* 규모를 보이고 있다.

4.2 일일 정박 가능 용량(*SAC*) 산출

각 항만의 항만시설 운영세척에 지정된 사항을 바탕으로 한 일일 정박 가능 용량을 산출한 결과는 Table 6와 같으며, 각 정박지 별로 지정된 권장톤급(GT)을 그대로 적용하였으며, 명시되지 않은 정박지는 당 항만을 주로 이용하는 선박의 총톤수(GT)를 적용하였다. 집단 정박지로 지정되어 있는 경우 항만 및 어항 설계기준의 수심에 따른 정박지 반경을 가지는 원형 정박지 형태로 정박지 면적을 산출하여 적용하였다.

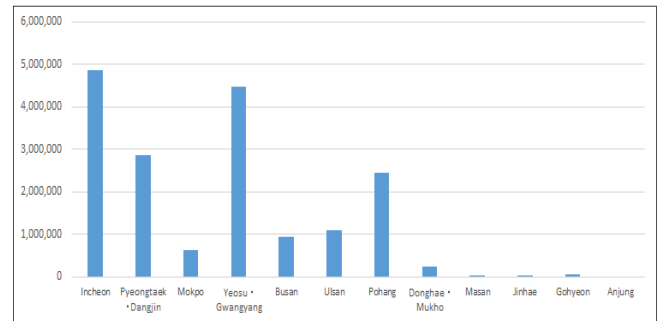


Fig. 2. Result of calculation *SAC*.

Fig. 2와 같이 산출 결과가 클수록 선박을 수용할 수 있는 정박지 용량이 크다는 것을 의미하며, 인천항과 여수·광양항이 상대적으로 크게 산출되었으며, 평택·당진항과 포항항이 그 뒤를 이어 큰 규모의 정박 가능 용량을 가진 것으로 분석되었다. 안정LNG터미널의 경우 정박지가 지정되어 있지 않아 0으로 산출되었다.

마산항의 경우 가장 작은 정박 가능 용량을 가지고 있으며, 대상항만의 정박지를 모두 더한 정박지 용량도 타 항만에 비해 절대적으로 부족한 것으로 분석되었다. 이는 앞서 정박지 이용 선박 현황에서 살펴봤다시피, 대상항만의 정박지는 대부분 예부선이 이용 중이고, 마산항의 정박지 이용 권장톤급(GT)은 7,000톤급으로 대형 상선의 정박지로는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

4.3 적정 정박지 용량지수(*ACI*) 산출

상기와 같은 산출결과를 토대로 정박지 용량지수를 계산한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Result of calculation *ACI*

Port	<i>ACI</i>	Port	<i>ACI</i>
Incheon	9.81	Pohang	15.73
Pyeongtaek · Dangjin	7.56	Donghae · Mukho	3.12
Mokpo	6.27	Masan	0.29
Yeosu · Gwangyang	4.35	Jinhae	5.36
Busan	0.56	Gohyeon	12.96
Ulsan	1.95	Anjung	0

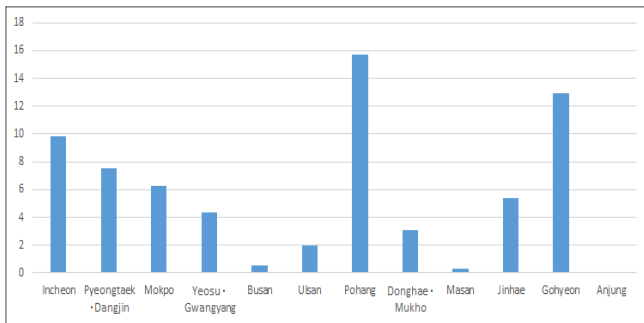


Fig. 3. Result of calculation *ACI*

Fig. 3과 같이 정박지 용량지수가 작을수록 정박지가 부족하다는 것을 의미하며, 그 분석 결과 국내 주요 8개 항만의 평균 *ACI*는 6.17로 산출되었고, 마산항의 *ACI*가 0.29로 정박지가 없는 안정LNG터미널을 제외하고 가장 작은 것으로 나타났다. 대상항만을 하나의 항만으로 보고 산출한 정박지 용량지수는 0.89로 역시 평균 지수에 비해 턱없이 작은 값이 나왔으며, 이 역시 대상항만의 경우 타 항만에 비해 작은 정박지 규모를 가지고 있어 정박지의 추가 지정이 필요하다는 것을 의미한다.

특이점으로 부산항과 같이 항만을 이용하는 선박의 총톤수 규모 대비 작은 정박지 용량지수(*ACI*=0.56)를 보이는 것은 정시성을 중요시하는 컨테이너 화물의 특성 때문인 것으로 판단된다. 정확한 시간에 입출항하는 특징과 하역 작업을 위한 부두가 전용화 되어 있어 빠른 시간의 적양하가 가능하기 때문에 정박지 대기 시간 및 정박지 이용 척수가 적어도 항만의 운영에는 부담이 없는 것이다.

또한 포항항의 경우 정박지 용량지수가 15.73으로 주요 8개 항만 지수의 약 2.5배의 규모가 더 큰 것으로 산출되었는데, 이 역시 대형 벌크선 중심의 항만이긴 하지만, 연안 컨테이너선박의 출입이 잦으며 집단 정박지의 면적도 넓고 항

만을 이용하는 선박의 규모(*TGT*)가 적기 때문에 이러한 결과가 도출 된 것으로 분석된다.

4.4 적정 정박지 용량 분석

상기와 같은 특징을 보이는 부산항과 포항항을 제외하고, 대상항만과 같이 긴 항로를 따라 입항하는 교통특성과 입항 선박의 뚜렷한 특징이 없는 5개 항만(인천항, 평택·당진항, 목포항, 여수·광양항, 울산항)의 정박지 용량지수 평균은 5.99이다.

자연환경 및 교통환경이 허락한다면, 대기정박지의 지정은 할 수 있는 만큼 많이 지정 되는게 좋겠지만, 본 연구에서는 대상항만을 위한 적정 정박지 용량을 일반적인 항만의 수준인 6.0으로 설정하였으며, 대상항만에 입항하는 선박의 주요 톤급을 정박지 이용 권장톤급으로 간주하고 단묘박, 원형 정박지 형태로 적용하여 검토해보았다.

5. 대기정박지 지정 검토

5.1 진해만 내 항만 대기정박지 지정 검토(안)

적정 정박지 용량지수 6.0 수준으로 대상항만을 위한 대기정박지를 지정하기 위해서는 일일 정박 가능 용량을 약 680,000 이상 증가시키면 된다.

대상선박은 마산항을 입항하는 최대 선박(자동차 운반선 75,000톤급), 진해항 및 고현항 최대 선박(일반 화물선 50,000톤급), 안정LNG터미널 최대 선박(LNG 운반선 150,000톤급)을 고려하여 지정하였다.

마산항을 위한 대기정박지는 75,000톤급 정박지 2곳과 50,000톤급 정박지 2곳, 진해항 및 고현항은 50,000톤급 정박지 3곳, 안정LNG터미널은 150,000톤급 정박지 2곳을 새로 지정하면, 일일 정박 가능 용량이 818,000으로 상향되고, 대상항만의 총 정박지 용량지수는 6.1로 상향된다.

앞서 살펴봤듯이, 대상항만의 항내 정박지는 대부분 예부선이 이용하고 있어 대형 선박의 이용에는 어려움이 존재한다. 안정LNG터미널의 경우 최소 75,000톤급 이상의 LNG 운반선이 입항하고 있으나, 항만 내에는 대기 정박지가 지정되어 있지 않아, 여름철과 같이 LNG의 수요가 줄어들어 장기 계선하는 경우에는 정박 안전성 확보를 위한 정박지가 필요하다. 대상항만은 가덕수로라는 단일항로를 이용하여 각 항만으로 분산되는 교통특성을 가지고 있고, 항로를 따라 입항하기 위해서는 도선사의 승선이 강제적이다. 이에 따른 불필요한 운항 비용이 발생할 수 있고, 항내 정박지 이용에는 예부선으로 인한 어려움이 존재하므로 항로 밖 해역에 대기 정박지 지정의 필수적인 상황이다.

아울러 마산, 부산신항, 옥포VTS의 관제구역이 혼재해 있어 각 항만을 이용하는 선박이 잠정적으로 대기하고 있는 옥포항 인근 잠정 정박지의 정박 선박의 안전 확보를 위한 관제 주체도 불분명하다.

따라서 대상항만을 위한 대기 정박지는 마산VTS의 관제 구역 내에 자연환경 및 교통환경 등을 고려하여 지정하면 정박선박의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 정박지 반경은 항만 및 어항설계 기준의 $L+6D$ 를 적용하고, 설계를 위한 선박의 길이는 국내 무역항의 표준 선박길이에 관한 연구(Lee and Ahn, 2013)의 국내 표준 선박길이 식(6)를 적용하였다.

$$GT = 0.00365 \times L^3 \quad (6)$$

Table 8은 각 항만을 이용하는 최대 선박의 전장과 최대 수심 25m를 바탕으로 각 정박지별 선회 반경을 항만 및 어항설계기준으로 계산한 결과이다. 원형 정박지의 크기는 등급에 맞는 충분한 정박지 규모로 판단된다.

Table 8. Designation waiting anchorage for Jinhae bay ports

Name	Depth (m)	Standards LOA(m)	Turning Radius (m)	Capacity (GT)
MS-1		274		75,000
MS-2		274		75,000
MS-3		239		50,000
MS-4		239	400	50,000
H-1	14~25	239		50,000
H-2		239		50,000
H-3		239		50,000
LNG-1		345		150,000
LNG-2		345	500	150,000

Fig. 4는 대상항만을 관할하는 마산VTS 관제구역 내에 대기 정박지 지정 안을 국내에서 발간하는 대축척 해도 상에 작도한 것이다. 거가대로 남단에 가덕수로의 통항을 방해하지 않은 해역에 지정하고, 여유수역에는 정박지 수요를 감안하여 추가로 지정할 수 있는 것으로 판단된다.

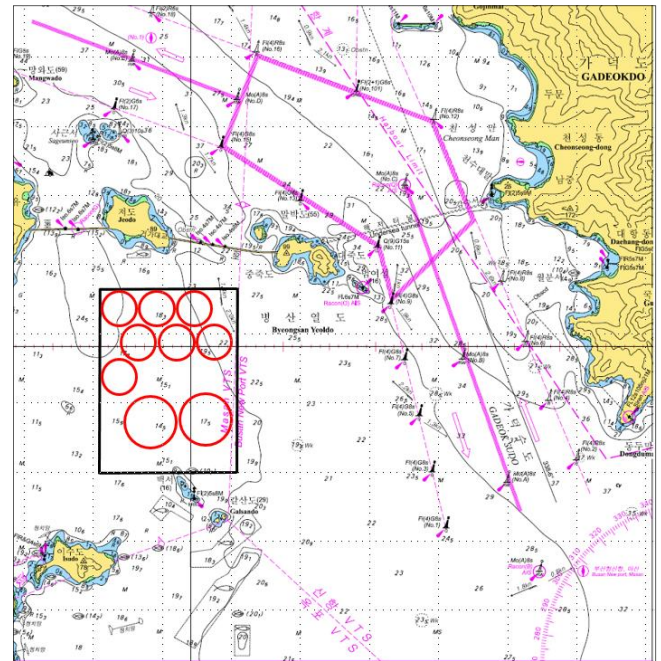


Fig. 4. Designation waiting anchorage plan (Jinhae bay).

(Chart Source: KHOA 2132, Published 2016)

항만 내에 지정된 정박지 이용의 어려움을 해소하고, 가덕수로 통항 선박의 안전에 지장을 초래하지 않으며, 마산 VTS의 관제구역 내에 존재하여 정박 선박의 관리주체를 명확하게 한다면, 항만의 탄력적인 운영과 선사의 선박 운항에 융통성을 발휘할 수 있을 것으로 보여, 상기와 같이 대기 정박지를 지정하여 운영하는 방안을 제시한다.

5.2 부산항 대기정박지 조정 검토(안)

정시성을 중요시 하는 컨테이너 중심 부산항의 대기정박지 조정을 위한 적정 정박지 용량지수 1.5 수준으로 지정하기 위해서는 일일 정박 가능 용량을 약 1,600,000 증가시키면 된다.

대상선박은 부산항을 주로 입항하는 선박 컨테이너 운반선 80,000톤급을 고려하여 지정하였다. 현재 가덕도 동쪽에 총톤수 30,000톤급 포인트 정박지 6곳과 80,000톤급 정박지 2곳이 지정되어 있다. 해당 수역은 통항선박에 방해되지 않으며, 수심도 20m 전후이며, 해역도 넓어 정박지로서 적절한 것으로 판단된다. Fig. 5는 부산 신항VTS 관제구역 내 해역에 80,000톤급 선박을 위한 20개의 정박지(선회반경 400m)를 지정하는 안을 국내에서 발간하는 대축척 해도 상에 작도한 것이다. 이 해역에 대기정박지를 지정하여 운영하면, 역시 항만의 탄력적인 운영과 기상악화 등으로 인한 항만운영 정지 시 안정적으로 운용될 것으로 판단된다.

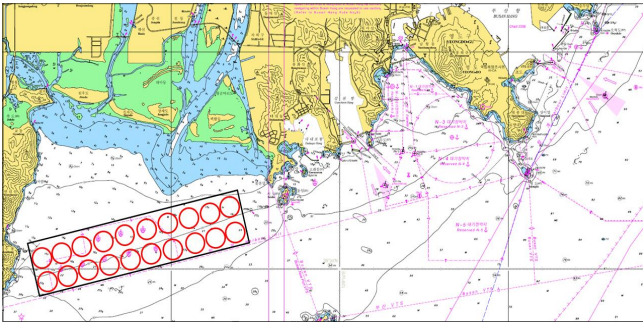


Fig. 5. Designation waiting anchorage plan (Busan).
(Chart Source: KHOA 2131, Published 2016)

6. 결 론

현행 정박지 설계기준은 정박지를 이용하는 선박의 제원(전장, 총톤수 등) 및 정박지의 환경요소(수심 등)에 따른 선박의 선회반경만을 제시하고 있을 뿐, 항만을 이용하는 선박의 규모와 관련 된 정박지 용량에 대한 기준은 없는 실정이다. 항만의 교통 특성, 이용 선박의 규모 및 정박지 지정 현황 등을 파악하기 위해 국내 주요 항만의 톤급별 입항 선박 척수와 각 항만의 항만시설 운영세칙을 참고하여 조사하였으며, 정박지 설계 용량 제시의 합리적인 모델을 제시하기 위해 정박지 용량 평가 개념을 수립하고 이를 진행만 내 항만을 대상으로 적용해보았다. 이를 통해 정박지에 대한 용량 평가 및 대기 정박지 신설이 필요한 항만을 위해 적정 정박지 용량을 산정할 수 있도록 하고자 하였다.

항만의 특성이 두드러지는 부산항과 포항항을 제외하고, 항로를 따라 비교적 긴 시간동안 입항해야하는 교통 특성을 가진 국내 주요 5개 항만의 평균 정박지 용량지수는 5.99로 산출되었으며, 대상항만을 하나의 항만으로 간주한 정박지 용량지수는 0.89로 계산되었다.

대상항만을 위한 대기 정박지의 용량지수를 6.0으로 산정하고, 그 수준으로 정박지 용량을 향상하기 위해 항만을 이용하는 주요 톤급의 선박 길이와 수심을 바탕으로 정박지 선회반경을 계산하였다.

마산항을 위한 75,000톤급 정박지 2곳과 50,000톤급 정박지 2개소, 진해항 및 고현항을 50,000톤급 정박지 3개소, 안정 LNG터미널을 위한 150,000톤급 정박지 2개소를 새로 지정하면, 일일 정박 가능 용량이 818,000으로 상향되고, 대상항만의 총 정박지 용량지수는 6.1로 상향된다.

본 연구는 정박지 적정 용량 평가를 위한 합리적인 모델을 개발하여, 현재 시점에서의 국내 주요 항만의 이용 선박 총톤수 규모 대비 정박지 용량을 평가하여 정박지 신설이나 확장이 필요한 사례에서 정박지 용량의 비교를 가능하게 함으로써 그 활용성 측면에서 가치가 있다고 보지만, 지수의

척도에 대한 절대적인 정박지 용량의 기준을 정하는 데에는 그 한계가 있는 것으로 사료된다. 항만의 운영과 선박과 관련된 다양한 관련 요소 역시 반영하지 못하는 점 역시 본 연구의 한계성이라고 본다.

추후 연구를 통해 항만의 물동량, 항만시설 현황, 입항 척수 대비 정박지 이용 비율, 정박지 이용 시간, 자연환경 특성 등 다양한 변수를 고려하여 정박지의 적정 정박지 용량을 산정할 수 있도록 정박지 용량지수를 보완할 계획이다.

References

- [1] 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.
- [2] 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, pp. 1-6.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Lee, Y. S. and Y. J. Ahn(2013), A Study of the Standard Ship's Length of Domestic Trade Port, The Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19, No. 2, pp. 164-170.
- [6] Lee, Y. S., J. S. Kim, J. M. Park and G. H. Yun(2012), A Study on the Designation of MIPO Emergency Anchorage, The Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 4, pp. 316-322.
- [7] Yun, G. H.(2014), A Study on the Revision of Regulation for Effective Operation of Anchorage, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 4, pp. 398-404.
- [8] Yun, G. H., B. Y. Kim, J. S. Park and Y. S. Lee(2010), Enlargement of Harbour limit and Anchorages according to the development of New Ulsan Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 34, No. 6, pp. 487-492.

Received : 2019. 06. 17.

Revised : 2019. 07. 26.

Accepted : 2019. 08. 28.