

통항량 기반의 국가어항 방파제등대 서비스수준 추정 연구

문범식* · 송재욱** · 강정구*** · † 김태균

*한국해양대학교 연구교수, **,† 한국해양대학교 항해융합학부 교수, ***한국해양수산연수원 교수

A Study on the Estimation of Service Level for National Fishing Harbour Breakwater Lighthouse Based on the Traffic Volume

Beom-Sik Moon* · Chae-uk Song** · Jeong-Gu Kang*** · † Tae-Goun Kim

*Researcher, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**† Professor, Division of Navigation Convergence, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

***Professor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

요 약 : 국가어항은 어선의 피항지로 운영되고 있고, 항구의 식별 및 통항선박의 안전 등을 고려하여 기능시설인 방파제등대가 설치되어 있다. 본 연구에서는 전국 105개 국가어항의 통항량을 기반으로 방파제등대(234기) 서비스수준을 추정하였다. 이를 위해 평가항목의 결정, 기준지수 산정(Fs=1), 근접항 식별, 방파제등대의 기능(서비스수준) 추정 순으로 진행하였다. 하지만 국가어항은 어항의 규모, 통항량, 어선 수용능력 등이 상이하였다. 따라서 105개의 국가어항은 군집분석을 통해 3개의 그룹으로 나누었다. 군집분석은 방파제등대의 서비스수준 요소인 제적어선 척수, 어선톤수, 연간 입출항척수, 어선 수용능력 등을 기준으로 하였다. 추정결과 방파제등대의 서비스수준(등탑의 높이, 등고, 광달거리, 등고)은 그룹1이 10.50m, 16.50m, 7.00mile, 5.5sec이고, 그룹2가 10.67m, 16.16m, 8.33mile, 6.0sec이며, 그룹3이 11.53m, 16.75m, 6.75mile, 5.0sec이다. 이러한 연구결과는 차후 어항에 방파제등대를 신설할 경우 통항선박의 서비스수준 향상을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 국가어항, 방파제등대, 서비스수준, 통항량, 군집분석

Abstract : National fishing harbour is as a refuge for fishing boats and a breakwater lighthouse is installed as a functional facility in consideration of harbour identification and the safety of passing vessels. In this study, the service level of breakwater lighthouse (234 units) was estimated based on the traffic volume of 105 national fishing harbour. For this purpose, the evaluation items were determined, the fishing harbour standard index was calculated (Fs=1), the proximity of fishing harbour was identified and the function (service level) of the breakwater lighthouse was estimated in the following order. However, national fishing harbour differed in size, traffic volume and fishing vessel capacity. Therefore, 105 national fishing harbour were divided into three groups through cluster analysis. The cluster analysis was based on the service level factors of the breakwater lighthouse, such as the number of weeding fishing vessels, tonnage of fishing vessels, the number of incoming and outgoing vessels per year, and fishing vessel capacity. As a result of the estimation, the service level of the breakwater lighthouse (light tower height, visual height, visual range, interval) was 10.50m, 16.50m, 7.00mile, 5.5sec for group 1, and 10.67m, 16.16m, 8.33mile, and 6.0sec for group 2, The three groups are 11.53m, 16.75m, 6.75mile and 5.0sec. The results of this study can be used as useful basic data for improving the service level of traffic vessels when a breakwater lighthouse is built in a fishing harbour in the future.

Key words : national fishing harbour, breakwater lighthouse, service level, traffic volume, cluster analysis

1. 서 론

어항에는 기본시설, 기능시설, 어항편의시설 등이 있어 수산자원의 본거지, 선박의 안전한 입출항, 휴식 및 친수공간으로 활용된다. 특히, 국가어항은 육지, 섬 등에 위치하여 태풍 등 기상악화 시 어선의 피항지로 이용되고 있다(Nam, 2019). 국가어항이 피항지로서 중요한 역할을 하는 것은 항 입구에 설치된 방파제이다. 방파제는 외해에서 어항으로 밀려오는

파도 등을 막아 어항의 정온을 유지하기 때문이다(KMI, 2019). 해양수산부는 전국 국가어항에 항구의 식별, 통항선박의 안전 등을 고려하여, 기능시설(항행보조시설)인 방파제등대를 설치하고 있다.

방파제등대는 어항의 개발 및 확장에 따라 방파제가 설치되면 필수불가결하게 설치되고 있다. 실제로 우리나라의 항로표지 중 가장 많은 종류가 방파제등대(814기, 25.7%)이다. 해양수산부는 제2차 항로표지기본계획(2015-2024년)에 방파

† Corresponding Author : 종신회원, teddykim48@kmou.ac.kr

* 정회원, tigerfood@hanmail.net

** 종신회원, songcu@kmou.ac.kr

*** 종신회원, jgkang@seaman.or.kr

제등대 111기를 신설 또는 개량을 계획하였다(MOF, 2015).

항만 및 어항설계 기준에 따르면, 항로표지는 사용자와 공급자간 관점에서 설계·운영되는 시스템이다(MOF, 2014a). 따라서 항로표지(방파제등대)는 해당지역의 자연특성과 교통량 등을 고려하여 사용자의 입장에서 설계되고 서비스 되어야한다. 하지만 지금까지 어항에 설치된 방파제등대는 어항 이용자의 민원에 의해 계획되고, 내구성을 고려하여 설치 지역의 자연환경(파고, 바람 등)에 중점을 두고 설계되었다.

어항은 어선이 수시로 출입하는 곳이고, 방파제등대는 어선의 항행지표에 중요한 요소이다. 자연환경만을 고려한 방파제등대의 설계는 통항선박의 통항안전 보장이 어렵고, 항로표지의 근본목적인 해상교통안전을 도모하고, 선박운항의 능률증진을 목적으로 하는 항행보조시설로서 역할이 제한 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 어선 통항량을 기반으로 국가어항 방파제등대의 항로표지로서의 기능인 등탑의 높이, 등고, 등화의 광달거리 및 주기 등의 기준을 추정하는데 있다. 하지만 국가어항의 규모와 통항량이 상이함으로 분석된 자료를 기반으로 군집분석을 이용하여 3개 그룹으로 구분하고, 각 그룹에 적합한 항로표지 기능을 제시한다. 정확한 추정을 위해 방파제등대 관련자료는 등대표, 항로표지 이력카드 등을 이용하여 분석하고, 국가어항 관련자료는 한국어촌어항공단의 국가어항관련 자료를 이용하였다.

2. 어항의 종류 및 규모분석

2.1 어항의 종류

어항은 천연 또는 인공의 어항시설을 갖춘 수산업 근거지이다. 기존 어업기반시설 개념이외에 국민 다목적 이용시설로서의 개념인 어촌관광의 중심시설, 어항 배후공원, 친수공간, 마리나, 해양정보기지, 어업자원 관리센터 등으로의 역할을 수행한다(Park, 2013). 어항의 기능수행을 위한 필요시설은 기본시설, 기능시설, 어항편의시설 등으로 구분되며, 이중 방파제등대를 포함하는 항로표지는 기능시설에 속한다.

Table 1 Type of Fishing harbour

Contents	Definition	No.
National fishing harbour	Using Nationwide, Fishing harbour necessary for the development of fishing ground and evacuation of fishing vessel	113
Local fishing harbour	Using regional, Fishing harbour serving as a resource for coastal fishing	287
Fishing village harbour	Small fishing harbour serving as a living base for a fishing village	623
Village common fishing harbour	Fishing harbour used jointly by fishermen	2

어항은 법정어항과 비법정어항으로 구분된다. 법정어항은 어촌어항법 제16조(어항의 지정권자)에 의거 Table 1과 같이 국가어항, 지방어항, 어촌정주항, 마을공동어항으로 구분되고, 이외 소규모포구는 비법정항으로 분류된다. 2021년 기준 우리나라의 법정어항은 1,025개항(국가어항 113개, 지방어항 287개, 어촌정주항 623개, 마을공동어항 2개)이 지정되어 있다. 그중 본 연구의 대상인 국가어항은 이용범위가 전국적이고, 어장의 개발 및 어선의 대피에 필요한 어항으로, 외래어선의 이용빈도, 배후인구, 방문객, 양식어장 규모 등을 고려하여 지정될 수 있다(KMOGL, 2021).

2.2 국가어항 규모 분석

Table 2는 전국에 분포된 113개 국가어항 중 분석 가능한 105개 국가어항을 대상으로 규모를 분석한 것이다.

Table 2 National fishing harbour size analysis

Contents	East	West	South	Total	Mean	
Fish. Ha. No.	30	23	52	105	-	
Fishermen	21,319	19,149	26,832	67,300	641	
Fi. Bo.	No.	3,242	2,904	8,797	14,943	142
	ton	19,953	15,944	37,421	73,318	698
Tr. Vo.(year)	338,203	157,731	475,701	971,635	9,254	
Wa. Ar.(m ²)	5,822,861	6,761,100	15,271,195	27,855,156	265,287	
Ac. Ca.(No.)	8,142	4,882	17,454	30,478	290	
Breakw.(m)	18,306	13,396	23,868	55,570	529	

Source : Korea Fisheries Infrastructure Public Agency(2020)

국가어항은 남해지역에 가장 많이 분포되어 있으며, 어업인은 67,300명으로 항구당 105명이다. 등록어선은 총 14,943척(73,318톤)으로 어항당 평균 142척(698톤)의 어선이 등록되어 있으며, 남해가 전체 등록어선의 절반 이상(58.8%)이다. 연간 통항량은 971,635척으로 항구당 평균 연간 9,254척(일일 평균 25척)이 통항을 하고 있으며, 해역별로는 항구수가 많은 남해가 전체 통항량의 48.9%를 차지하고 있다. 국가어항의 수용능력은 30,478척으로 등록어선의 2.03배에 이른다. 또한 어항의 정운을 담당하는 방파제는 55,570m로써, 항구 당 평균 529m가 설치되어 있다.

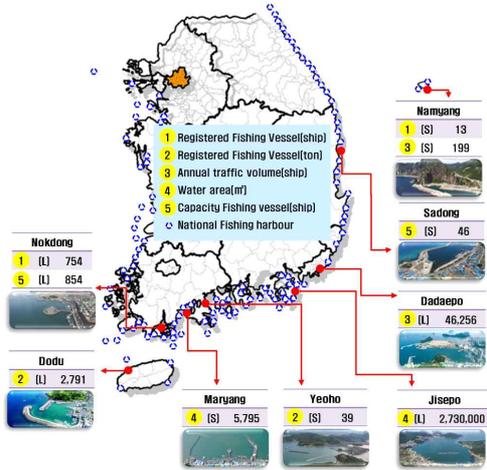


Fig. 1 Comparison of fishing harbour characteristics

Fig. 1은 국가어항의 위치, 등록어선(톤수), 연간 통항량, 수용능력(면적, 척수)을 전국 단위의 최대와 최소를 나타낸 것이다. 먼저, 국가어항의 위치는 Fig. 1과 같이 육지와 도서에 산재해 있다. 등록어선은 녹동항이 754척으로 가장 많고, 남양항이 13척으로 가장 적다. 등록톤수는 도두항이 2,791톤(72척)으로 가장 많고, 여호항이 389톤(83척)으로 가장 적다. 도두항의 척당 평균 등록톤수는 38톤으로 여호항의 전체 등록톤수와 유사하다. 연간 통항량은 다대포항(46,256척)이 가장 많고, 남양항(199척)이 가장 적다. 남양항의 연간 통항척수는 다대포항의 일일평균 통항척수(126척)를 다소 상회한다. 수용능력은 녹동항이 854척으로 가장 많고, 사동항으로 46척으로 가장 적다. 수용능력은 수용어선의 크기에 따라 차이는 있겠지만, 척수는 약20배의 차이가 있다.

이처럼 국가어항은 해역에 따라 등록어선, 통항량, 수용능력 등이 서로 상이하다. 국가어항은 전국의 어선이 이용할 수 있는 항이고, 어선대피 등 선박의 안전확보를 위해 지정·운영되고 있는 항이다. 따라서 어선의 안전통항에 영향을 주는 항해보조시설인 방파제등대는 어항의 특성을 고려하여 이용자의 관점에서 계획하고 설계될 필요성이 있다.

3. 국가어항 방파제등대의 기능 분석

3.1 국가어항 항로표지 현황

우리나라 전 해역에 설치·운영되고 있는 항로표지는 선박의 위치추정 정보, 해상물류지원, 해양환경 보호 등을 위한 다양한 정보를 제공함으로써 해상교통안전 확보 및 연안환경 보호 등의 역할을 수행하고 있다(Kim & Moon, 2018).

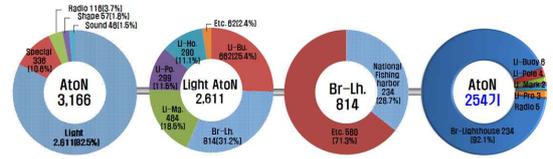


Fig. 2 Current status of AtoN in Korea(2019)

Fig. 2는 2019년 기준 항로표지 종류별 현황이다. 전국 항로표지(국유)는 3,166기로, 광파표지가 2,611기(82.5%)로 가장 많으며, 형상표지 336기(10.6%), 전파표지 116기(3.7%) 순이다. 광파표지 중에서는 방파제등대가 814기(31.2%)로 가장 많고, 등부표가 662기(26.4%)이다. 814기의 방파제등대는 국가어항에 234기(28.7%), 무역항, 연안항, 지방어항 등 각 항구 입구에 580기가 설치 운영 중이다(MOMAF, 2019).

국가어항에는 방파제등대, 등부표, 등주, 조사등, 전파표지 등 254기의 항로표지가 설치되어 있으며, 방파제등대가 234기(92.1%)로 가장 많다. 국가어항에 설치된 방파제등대는 어선이 통항하는 항구의 특성상 원거리에서 항을 식별하고, 방파제 끝단을 표시하는 특성상 어선의 안전항해에 필수적인 요소이다.

Table 3 Comparison of AtoN vs Breakwater lighthouse

Contents	AtoN No.	Breakwater Lighthouse		
		No.	percent	Increase
2016 year	3,352	772	23.03%	-
2017 year	3,326	786	23.63%	1.81%
2018 year	3,226	801	24.83%	1.91%
2019 year	3,166	814	25.71%	1.62%

Table 3은 연도별 항로표지와 방파제등대의 변화현황이다. 우리나라의 항로표지 수는 해마다 감소하지만 방파제등대는 평균 약 1.8%정도 증가되고 있어, 방파제등대가 전체 항로표지에서의 비중이 점차 높아지는 양상이다. 이는 항로표지 주관기관인 해양수산부가 항로표지를 계획함에 있어 무역항, 연안항 등 대형선박이 통하는 항만보다는 소형어선이 통항하는 어항을 중심으로 설치를 계획하고 있으며, 어항도 이제 항만으로 점차 중요성이 증가되고 있음을 간접적으로 입증하고 있다. 따라서 방파제등대를 이용하는 선박에게 이용자 관점에서 현재보다 향상된 항로표지 서비스를 제공할 필요성이 있다.

3.2 국가어항 방파제등대 분석

국가어항 방파제등대 분석은 105개 국가어항에 설치된 234기의 방파제등대를 물리적 특성인 등탑의 형상과 재질 그리고 기능적 특성(서비스수준)인 등화의 광달거리, 주기, 등탑의 높이와 등고를 분석하였다.

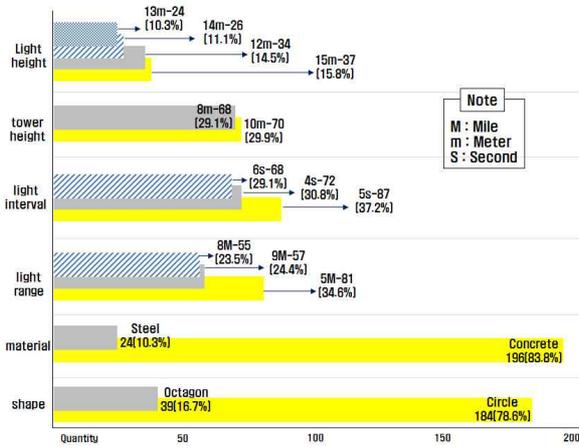


Fig. 3 Characteristics of Breakwater lighthouse

Fig. 3은 국가어항 방파제등대의 특성을 도식화 한 것이다. 먼저, 물리적 특성인 등탑의 형상과 재질을 분석하였다. 등탑의 형상은 원형, 8각형, 6각형 등 다양한 형상으로 설치되어 있다. 그 중 원형이 184기(78.6%)로 대다수이며, 8각형은 궁평항북방파제등대 등 39기(16.7%)이다. 또한 지역적 특성을 반영한 대변항월드컵기념등대 등 조형등대가 4기이다. 방파제등대에 원형이 가장 폭넓게 사용되는 이유는 등대가 바다에 인접해 있다는 특수한 기상여건 속에서 바람과 태풍, 파도 등의 영향에 원형이 가장 효과적으로 분산시키기 때문이다(Park, 2012).

방파제등대의 재질은 콘크리트, 철 등이다. 콘크리트가 192기(83.8%)로 가장 많고 초도항 등 12개 항에 설치된 철이 24기(10.3%)이다. 또한 정자항남북방파제등대에 사용된 고래형상의 조형등대에는 청동이 사용되었다. 콘크리트가 방파제등대의 재질로 가장 널리 사용되는 것은 철 등에 비하여 관리하기가 용이하고 해수에 의한 부식을 최소화할 수 있기 때문으로 추정된다.

방파제등대의 기능적 특성인 광달거리는 5~15mile이고, 평균 광달거리는 7.13mile이다. 거리대 별로는 5mile이 81기(34.6%)로 가장 많고, 9mile 57기(24.4%), 8mile 55기(23.5%) 순이다. 등화의 주기는 4~8sec이고, 평균 등화주기는 5.06sec이다. 주기별로는 5sec가 87기(37.2%)로 가장 많고, 4sec 72기(30.8%), 6sec 68기(29.1%) 순이다. 등탑의 등고는 7~29m이고, 평균 등고는 14.57m이다. 등고 별로는 15m가 37기(15.8%)로 가장 많고, 12m 34기(14.5%), 14m 25기(10.7%) 순이다. 등탑의 등고는 같은 높이의 방파제등대라 할지라도 방파제의 높이에 따라 등고 차가 발생할 수 있다. 등탑의 높이는 4.8~21m이고, 평균 높이는 9.45m이다. 높이별로는 10m가 70기(30.2%)로 가장 많고, 8m 68기(29.1%) 순이다.

국가어항에 설치된 방파제등대는 사용된 형상(원형)과 재질(콘크리트)의 물리적 특성은 유사하지만, 기능적 특성인 등탑의 높이, 등화의 주기, 광달거리, 등고는 다소 상이하다. 따라서 국가어항의 규모를 고려하여 기능적 특성(서비스수준)을 정립할 필요가 있다.

4. 방파제등대의 서비스수준 추정

4.1 방파제등대 서비스수준 설정의 기본 요소

항로표지의 서비스수준은 Table 4와 같이 설치지역의 자연환경, 교통환경, 위험요소를 고려해야 하고, 시각표지의 유효거리 요소와 항행보조시설의 정확도를 고려하여 시스템 구성요소를 결정해야 한다(MOF, 2014b). 하지만 방파제등대의 설계는 방파제등대를 직접 이용하는 통항선박 보다는 운영지역의 기상(자중, 파압력, 풍압력 등)과 자연환경만을 고려하기 때문에 이용자 맞춤형 서비스수준을 기대하기는 어렵다.

Table 4 Service level & System components of AtoN

Contents		Meaning
Level of Service	Natural Environment	Depth, Current, Visibility, Shoreline
	Traffic Environment	Ship type, Sea route, Speed, Traffic volume
	Risk Factor	Navigation, Ship, Environment
System Components	Effective Distance of Visual Aids	Luminance, Surface height, Observer height
	Accuracy of Navigation Aids	Type, Size, Current, Weather, Purpose of Navigation

방파제등대의 기능은 Table 4에서 제시한 항로표지의 서비스수준과 시스템 구성요건을 이용선박의 통항량을 기준으로 정립하고자 한다. 이를 위해 Fig. 3과 같이 평가항목 결정, 기준지수 산정, 근접항 식별, 방파제등대 기준 값 추정 순으로 진행한다.

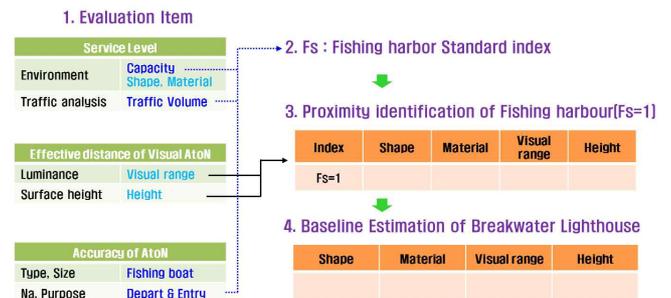


Fig. 4 Procedure of Breakwater Lighthouse setting

우선 평가항목은 서비스수준, 시각표지 유효거리, 항행보조시설 정확도의 각 항목을 고려하였다. 그 결과 수용능력, 통항량(입출항), 등탑의 형상과 재질, 광달거리, 등고를 평가항목으로 결정하였다. 하지만 항행보조시설의 정확도인 선박의 크기와 선종, 항행목적은 어항 및 어선이라는 공통점을 고려하여 제외한다.

기준지수는 국가어항의 필수요소인 어선 수용능력과 통항량을 고려하여 식(1)과 같이 톤(ton)으로 산출한다.

$$F_s = \frac{Tv_i + At_i}{\sum_{i=1}^n (Tv_n + At_n)} / n \quad (1)$$

여기서,

F_s(Fishing Harbor Standard Index) : 기준지수

Tv(Traffic Volume) : 통항량, 통항척수를 톤수로 환산

At(Acceptable Tonnage) : 수용가능 톤수, 수용가능 선박 척수를 톤수로 환산

한편, 국가어항에는 방파제등대가 기 설치되어 있기 때문에 *F_s*=1에 가장 근접한 국가어항의 항로표지 특성(형상, 재질, 광달거리, 등고, 등탑높이)을 식별하여 이를 기준 값으로 추정한다.

4.2 서비스수준별 국가어항 분류

식(1)에 따라 산정한 통항량(톤)과 수용가능 톤은 Table 5와 같다. 통항량(*Tv*)은 106~211,379톤이고, 수용가능 톤(*At*)은 120~11,384톤이다. 또한 합계톤(*Tv+At*)은 227~217,039톤으로 최소에서 최대톤수 배율은 약945배로 편차가 심하였다.

Table 5 *Tv* & *At* of National fishing harbour

Contents	min	max	mean	Few times (max/min)
Traffic Volume (<i>Tv</i>)	106.70	211,379.49	42,744.11	1,981.1
Acceptable tonnage(<i>At</i>)	120.69	11,384.64	1,728.57	94.3
<i>Tv</i> + <i>At</i>	227.38	217,039.01	44,472.68	954.5

따라서 평가항목 중에서 서비스수준 요소인 항구별 제적어선척수, 어선톤수, 연간입출항빈도, 어선수용능력, 수역면적을 기준으로 분석 가능한 105개 국가어항에 대하여 군집분석(Cluster Analysis)을 실시하였다. 즉, Table 6과 같이 변수들 간의 상관분석(Correlation analysis)과 추가적인 편상관분석(partial correlation analysis)을 실시하였다. 이를 통해 상호 독립성이 높고 항구별 특성을 대표할 수 있는 어선톤수, 연간입출항빈도, 어선수용능력을 최종변수로 채택하여 Fig. 5와 같이 유사성이 높은 상위 3개의 그룹으로 군집화 하였다.

Table 6 Correlation Analysis Result

Contents	Capacity	Arr./dep. Freq.	Sea area	Tonnage	No. of boat
Capacity	1				
Arr./dep. Freq.	0.4076	1			
Sea area	0.3334	-0.0622	1		
Tonnage	0.3137	0.4016	0.0857	1	
No. of boat	0.5192	0.4518	0.1598	0.4382	1

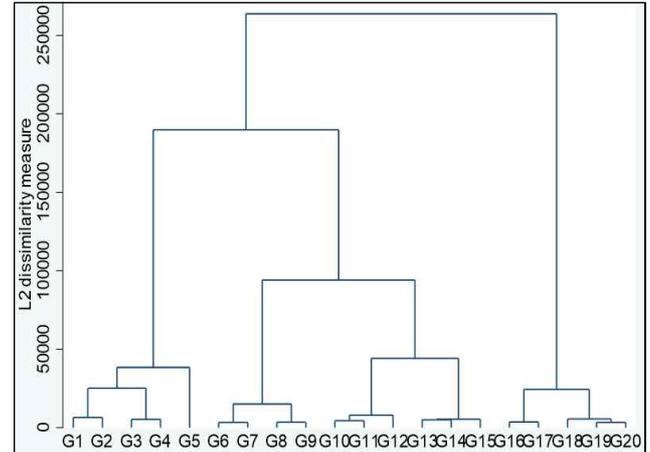


Fig. 5 Dendrogram of Cluster Analysis

3개의 그룹으로 군집화된 국가어항들 집단 간에 모든 서비스수준 요인변수(제적어선척수, 어선톤수, 연간입출항빈도, 어선수용능력 및 수역면적)에 대하여 통계적으로 유의한 평균의 차이가 있는지 검정하였다. 검정은 STATA 16.0 통계 프로그램을 이용하였고, 2개 이상의 집단 간 비교를 위한 다변량 분산분석(Multivariate Analysis of Variance; MANOVA)을 실시한 결과는 Table 7과 같다. 즉, 4가지의 MANOVA 검정통계량 모두 유의확률 값이 0.000으로써, *p*-value가 0.05보다 작기 때문에 “3개 그룹간의 변수들의 평균값이 같다”라는 귀무가설($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$)을 95% 신뢰수준에서 기각 할 수 있다. 그러므로 서비스수준 요소에 있어 국가어항 그룹별로 모두 같지 않다고 할 수 있다.

Table 7 Test Results for the grouped Fishing Harbour by MANOVA

W = Wilks' lambda			L = Lawley-Hotelling trace					
P = Pillai's trace			R = Roy's largest root					
Source	Statistic	df	F(df1, df2)=	F	Prob>F			
Group	W	0.2081	2	10	196	23.37	0.000***	e
	P	0.7968		10	198	13.11	0.000***	a
	L	3.7821		10	194	36.69	0.000***	a
	R	3.7759		5	99	74.76	0.000***	u
Residual		= 102						
Total		= 104						
No. Obs.(n)		= 105						

Note : e = exact, a = approximate, u = upper bound on F

***, **, * Significant at *p* = 0.01, 0.05, and 0.10, respectively

Table 8 Pairwise Comparisons between Groups after MANOVA Test

Between Groups		Contrast	Std. Err.	Unadjusted			
				t	P> t	95% CI	
No_boat	Gp.2:Gp.1	-114.02	31.88	-3.58	0.001***	-177.27	-50.78
	Gp.3:Gp.1	-178.90	33.30	-5.37	0.000***	-244.94	-112.85
	Gp.3:Gp.2	-64.87	21.23	-3.05	0.003***	-106.99	-22.75
Ton	Gp.2:Gp.1	-513.80	172.45	-2.98	0.004***	-855.85	-171.75
	Gp.3:Gp.1	-736.29	180.09	-4.09	0.000***	-1093.50	-379.08
	Gp.3:Gp.2	-222.49	114.85	-1.94	0.055*	-450.29	5.32
No_entering	Gp.2:Gp.1	-15042.51	1118.83	-13.44	0.000***	-17261.71	-12823.31
	Gp.3:Gp.1	-22003.23	1168.43	-19.00	0.000***	-24520.80	-19885.65
	Gp.3:Gp.2	-7160.71	745.15	-9.61	0.000***	-8638.71	-5682.72
Cap_boat	Gp.2:Gp.1	-143.15	52.49	-2.73	0.008***	-247.26	-39.05
	Gp.3:Gp.1	-219.13	54.81	-4.00	0.000***	-327.85	-110.41
	Gp.3:Gp.2	-75.98	34.96	-2.17	0.032**	-145.31	-6.64
Sea area	Gp.2:Gp.1	97126.48	115000.70	0.84	0.400	-130976.80	325229.80
	Gp.3:Gp.1	72208.06	120098.40	0.60	0.549	-166006.50	310422.60
	Gp.3:Gp.2	-24918.41	76590.90	-0.33	0.746	-176836.10	126999.30

***, **, * Significant at $p = 0.01, 0.05,$ and $0.10,$ respectively

그러나 Table 7과 같이, 단순 MANOVA 검정 결과로는 각 변수별로 어느 그룹간의 평균 차이를 확인할 수 없다. 따라서 Table 8과 같이 사후추정(post estimation)을 통한 그룹간 대응비교분석을 실시하였다. 대표적인 예로 어선톤수(ton)의 경우 그룹 1·2와 그룹 1·3 사이에는 99% 신뢰수준에서 평균값이 서로 다른 것으로 나타났지만, 그룹2와 그룹3 사이에서는 유의확률 값이 0.055이기 때문에 90% 신뢰수준에서 두 집단 간의 어선톤수 평균값이 다른 것으로 나타났다. 반면, 수역면적은 모든 그룹 간에 유의확률이 0.05보다 커서 귀무가설(H_0)을 기각할 수 없기 때문에, 다른 서비스수준 요인과 달리 그룹간의 차이가 없는 것으로 분석되었다.

따라서, 본 연구에서는 군집분석과 MANOVA 분석을 통하여 서비스수준 요소별로 국가어항이 3개의 그룹으로 분류되었다. 그룹1은 강원도 고성군에 위치한 대진항 등 12개의 어항이고, 그룹2는 인천 선진포항 등 56개항이며, 그룹3은 진도의 도장항 등 37개항이다. 각 그룹별 요인변수(제적어선척수, 어선톤수, 연간입출항빈도, 어선수용능력 및 수역면적)의 평균, 표준편차, 최소값, 최대값은 Table 9와 같다.

Table 9 Grouped Fishing harbours by Cluster Analysis

Contents		Obs.	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Group 1	No_boat	12	266.2	175.9	80.0	754.0
	Ton		1,231.8	618.2	262.0	2,621.0
	No_entering		25,100.3	7,609.0	18,284.0	46,256.0
	Cap_boat		443.8	247.9	153.0	854.0
	Sea area		188,041.7	132,363.3	32,000.0	501,000.0
Group 2	No_boat	56	152.1	100.9	24.0	477.0
	Ton		717.9	626.9	39.0	2,791.0
	No_entering		10,057.8	3,216.6	5,349.0	16,378.0
	Cap_boat		300.7	167.7	55.0	763.0
	Sea area		285,168.1	444,602.7	5,795.0	2,730,000.0
Group 3	No_boat	37	87.3	58.8	13.0	244.0
	Ton		495.5	339.7	75.0	1,473.0
	No_entering		2,897.1	1,245.7	199.0	5,043.0
	Cap_boat		224.7	124.1	46.0	542.0
	Sea area		260,249.7	250,903.8	10,040.0	1,220,000.0

4.3 서비스수준별 방과제등대 기준 추정

요인변수에 따라 분류된 국가어항의 그룹별 F_s 값(통항량 기반 및 식1 적용)은 Table 10과 같다.

Table 10 Standard fishing harbour index each group

Contents	Group 1	Group 2	Group 3
Tv + At (mean)	13,795 - 187,755 (90,608)	557 - 217,039 (45,090)	227 - 55,620 (9,252)
F_s	0.152 - 2.072	0.012 - 4.813	0.025 - 6.012
$F_{s_n} \leq F_{s=1} \leq F_{s_n}$	Daejin(0.734) ≤ $F_{s=1} \leq$ Hongwon(1.189)	Gyeongpo(0.989) ≤ $F_{s=1} \leq$ Namdang(1.045)	Balpo(0.933) ≤ $F_{s=1} \leq$ Gungchon(1.201)

F_s 값은 그룹1이 0.152~2.072이고, 그룹2는 0.012~4.813, 그룹3은 0.025~6.012로 3그룹의 F_s 값이 가장 넓게 분포되었다. 산출된 F_s 값을 토대로, $F_{s=1}$ 에 근접한 국가어항을 그룹별 기준어항으로 선정하였다. 그룹1은 강원도 고성군의 대진항(0.734)과 서천군의 흥원항(1.189)이고, 그룹2는 부안군의 격포항(0.989)과 홍성군의 남당항(1.045)이며, 그룹3은 고흥군의 발포항(0.933)과 삼척시의 궁촌항(1.201)이다.

Table 11 National Fishing Harbour Breakwater Lighthouse Standard selection

Contents	Group 1		Group 2		Group 3	
	Daejin	Hongwon	Gyeogpo	Namdang	Balpo	Gungchon
Index	0.734	1.189	0.989	1.045	0.933	1.201
No.	2	2	2	1	2	2
Shape	Circle	Circle	Circle	Circle	Oc./Ci.	Circle
Material	Con-2	Con-2	Con-2	Steel-1	Con-1 Steel-1	Con-2
Height(m)	10.00	11.00	10.00	12.00	14.00	9.05
Int(sec)	5.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0
Vi-Ra(M)	9.0	5.0	8.0	9.0	8.5	5.0
Vi-He.(m)	16.0	17.0	17.50	13.50	22.00	11.50



Fs = 1			
Shape	Circle	Circle	Circle
Material	Con.	Con./Steel	Con./Steel
Height(m)	10.50	10.67	11.53
Int(sec)	5.50	6.00	5.00
Vi-Ra(M)	7.00	8.33	6.75
Vi-He.(m)	16.50	16.16	16.75

그룹별로 선정된 국가어항의 방파제등대 특성은 물리적 특성인 형상, 재질 그리고 기능적 특성인 등탑의 높이, 등화의 주기 및 광달거리, 등고를 서비스수준의 기준으로 선정하였다. Table 11(상단)과 같이 기준항으로 선정된 각 그룹의 국가어항의 방파제등대는 항별 1~2기가 설치되어 있으므로 각각의 공통 또는 평균을 적용하여 이를 각 그룹의 기준으로 선정하였다.

그룹별 국가어항 방파제등대의 서비스수준별 기준은 Table 11(하단)과 같다. 방파제등대의 형상은 모든 그룹에서 바람과 태풍, 파도 등의 영향에 가장 효과적으로 분산시킬 수 있는 원형이고, 재질은 그동안 국가어항 방파제등대에 가장 많이 적용된 콘크리트와 철이다.

주간에 형상표지로 식별되는 등탑의 높이는 그룹1이 10.50m, 그룹2가 10.67m로 유사하지만, 그룹3은 11.53m로 그룹1·2 대비 약 1m 정도 높다. 등고는 그룹1이 16.50m, 그룹2가 16.16m, 그룹3이 16.75m이다. 등고의 편차는 0.59m로 등탑높이 편차대비 1/2 수준이었다. 등탑의 높이 대비 등고의 편차가 작은 것은 방파제등대가 설치된 방파제의 높이에 따라 등고가 결정되기 때문이다. 또한 야간에 방파제등대를 원거리에서 식별할 수 있는 광과표지의 특성인 등화의 주기는 전그룹에서 5~6sec로 유사하였다. 광달거리는 그룹2가 8.33mile로 가장 길었고, 그룹1이 7mile, 그룹3이 6.75mile로 다소 차이를 보인다.

이상과 같이 통항량을 고려한 국가어항 방파제등대의 서비스수준을 보면, 등탑의 높이는 10.50m, 등고는 16.16m, 등화의 주기는 5초, 광달거리는 최소 6.7mil이다.

5. 결 론

본 연구에서는 어항의 주 이용자인 어선의 통항량을 기반으로 국가어항에 설치된 방파제등대의 서비스수준인 등탑의 높이, 등고, 광달거리, 등화의 주기 등에 대한 기준을 추정하고자 하였다.

주요 연구결과 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 국가어항에 설치 운영 중인 방파제등대 234기는 해상 특성을 가장 효과적으로 대처할 수 있는 원형과 콘크리트 및 철을 주 재질로 사용하였다. 또한 통항어선의 안전을 위하여 광달거리는 최소 5마일, 등고는 최소 7마일, 등탑의 높이는 방파제 높이를 고려하여 최소 4.8m 이상으로 기능적 측면을 고려하여 설계되고, 설치되었다. 하지만, 국가어항의 규모, 통항량 등이 상이하여, 주 이용자인 어선을 고려한 방파제등대의 서비스수준은 미흡하다.

둘째, 본 연구에서는 항구별 제적어선 척수, 연간 입출항 빈도, 어선수용능력 및 수역면적으로 고려하여 상관분석과 편상관분석을 통해 105개 국가어항을 3개 그룹으로 군집화하였다.

셋째, 각 그룹별 방파제등대의 서비스수준에 대한 기준(Fs=1)을 추정하였다. 물리적 측면에서 모든 그룹의 형상은 원형이고, 재질은 콘크리트 및 철이다. 기능적 측면에서는 그룹별로 상이하였다. 형상표지의 특성인 등탑의 높이는 10.50~11.53m이고, 등고는 16.16~16.75m이다. 광과표지의 특성인 광달거리는 6.75~8.33마일이고, 등화의 주기는 5~6초이다.

어항은 개발되고, 발전하고 있다. 이에 따라 어항의 입구에는 방파제등대가 지속적으로 필요하게 될 것이고, 해양수산부도 이에 부응하여 매년 방파제등대를 건립하고 있다. 방파제등대는 어선이 주야간으로 이용하는 항로표지이며, 항로표지는 통항어선의 안전과 직결된다. 그러므로 각 해역에 적합하고, 어선의 통항를 고려한 방파제등대의 서비스수준은 정립되어야 한다. 다만, 현재 어항의 통항량은 국가어항만을 대상으로 통계화 되고 있으며, 지방어항, 어촌정주항 등은 해경의 V-Pass 시스템을 통하여 관할구역별로 통항량이 확인되고 있다. 따라서 어항의 방파제등대에 CCTV, 센서 등을 설치하여 통항량을 확인하는 방법 등이 강구되어야 할 것이다.

본 연구는 국가어항 통항량을 기반으로 방파제등대의 서비스수준을 추정하였다. 하지만 지방어항, 어촌정주항 등도 방파제등대는 설치되어 있고, 해양수산부는 지속적으로 설치를 계획하고 있다. 따라서 어항을 이용하는 어선에게 항해 안전을 지원하고, 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 모든 어항을 대상으로 방파제등대의 서비스수준에 대한 추가적인 연구가 필요하고, 이를 설치 시 반영해야 할 것이다.

후 기

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해양 디지털 항로표지 정보협력시스템 개발(1/5) (20210650)).

References

- [1] Kim, T. G. and Moon, B. S.(2018), “Study on Estimating Economic Risk Cost of Aids to Navigation Accident in Busan Port, Korea using Contingent Valuation Method ”, KINPR, Vol. 42, No. 6, pp. 478-485.
- [2] Korea Maritime Institute(2019), ‘A Study on Establishing Outcome Assessment System for Fishing Community New Deal 300’, pp. 19-20.
- [3] Korea Ministry of Government Legislation(2021), ‘Low of the Fishing village and Fishing harbour’.
- [4] Ministry of Ocean and Fisheries(2015), ‘The 2nd Basic plan of Aids to Navigation’, pp. 7-38 - 7-95.
- [5] Ministry of Ocean and Fisheries(2014a), ‘Harbour and Fishing Design criteria’, pp. 1365-1367.
- [6] Ministry of Ocean and Fisheries(2014b), ‘Harbour and Fishing Design criteria’, pp. 1368-1370.
- [7] Nam, G. H.(2019), “Fishing Village New Deal Project 300 Promotion Direction”, Fishing Village Fishing Pond, KFIPA, Vol 4-2. 2, pp. 32-37.
- [8] Park, I. K.(2012), “A Study on the Architectural Characteristics of Lighthouse in Marine area”, Korean Institute of Rural Architecture, Vol 14, No. 4, pp. 77-87.
- [9] Park, M. Y.(2013), “A Study of the Efficiency of National Fishing Port Based on DEA Model: in the Case of Facility Area” Department of Applied Economics, The Graduate School, Pukyung National University, MS Dissertation.

Received 30 September 2021

Revised 15 October 2021

Accepted 19 October 2021