

항로표지용 AIS 및 RTU가 부착된 부유식 등부표의 이출위치 연구

문범식* · 유윤자** · 김민지*** · † 김태균

*,***한국해양대학교 연구원, **,† 한국해양대학교 항해융합학부 교수

A Study on the Separated Position of Floating Light Buoy Equipment with AtoN AIS and RTU

Beom-Sik Moon* · Yun-Ja Yoo** · Min-Ji Kim*** · † 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

요 약 : 해상에 설치된 등부표는 기상, 통항선박에 의해 생성된 외력 등에 영향을 받아 위치가 항상 유동적이다. 등부표의 위치는 항로표지용 AIS와 RTU를 통해 확인 가능하다. 본 연구는 최근 5년간(2017-2021년) 등부표의 위치데이터를 분석하여 등부표의 최대 이출위치를 분석하였다. 연구결과 등부표의 위치데이터는 기본오류가 17.9%가 존재하였다. 또한 분석대상 등부표 197기의 이출위치 오류는 70.64%이고, 장비별로는 항로표지용 AIS 보다는 RTU가 심하였다. 한편, 등부표의 위치데이터를 플로팅한 결과 4가지 유형으로 구분되었다. 가장 일반적인 침추중심형, 침추를 중심으로 위치가 2개 구역으로 구분되는 침추중심 2분형, 중심이 변동된 중심 이동형 그리고 일정기간 위치가 중심을 벗어나는 끌림형이다. 침추중심형(유형-1)을 제외하고는 등부표가 설치된 위치에 따라 유형이 결정되었다. 본 연구는 등부표의 위치데이터를 분석한 첫 번째 연구로서 본 연구가 등부표 위치데이터의 품질 향상에 기여하기를 기대한다.

핵심용어 : 항로표지, 등부표, 위치데이터, 기본오류, 이출위치

Abstract : The light buoy installed on the sea is always flexible, because it is affected by the weather as well as passing vessels. The position of the light buoy can be cached through the AtoN AIS (Automatic Identification System) and RTU (Remote Terminal Unit). This study analyzed the position data of the light buoys for the last five years (2017-2021), as well as the distribution of the light buoys within the maximum separated position. As a result, there was a basic error of 17.9% in the position data. Additionally, the separated position error of 197 light buoys to be analyzed was 70.64%, and the AtoN RTU was worse than the AtoN AIS by equipment. On the other hand, as a result of the plotting the position data of the light buoy, it was classified into four types. The most common percussion center type, the percussion center dichotomous type in which the position is divided into two zones based on the chimney, the central movement type with a fluctuating center, and the drag type, in which the position is deviated from the center for a certain period. Except for Type-1, the type was determined according to the position at which the light buoy was installed. This study is the first to analyze the position data of the light buoy, and it is expected that it will contribute to the improvement of the quality of the position data of the light buoy.

Key words : aids to navigation, light buoy, position data, basic error, separated position

1. 서 론

항로표지는 관련법령에 따라 광파, 형상, 전파, 음파, 특수 신호표지로 구분된다(MOF, 2021). 법령에 따른 구분은 항로표지가 이용자에게 기능을 전달하는 기능과 신호의 방법에 따른 구분이다. 만약 항로표지를 설치위치에 따라 구분하면, 항로표지는 육상용 항로표지와 해상용 항로표지로 구분 가능하다. 육상용 항로표지는 항만이나 섬 등에 설치되는 것으로

등대, 도등 등이 있고, 해상용 항로표지에는 해상이나 해상의 암초에 설치되는 등부표, 등표 등이 있다.

오늘날 해상 및 육상에는 통항선박의 해양사고 예방을 위해 다양한 종류의 항로표지가 설치 운영되고 있다. 그중 해상에 설치된 등부표는 방파제등대 다음으로 많이 설치되어 있다. 등부표는 항만을 안내하기 위해 해상의 일정한 위치나 통항로를 표시하기 위해 항로주변 등에 주로 설치 및 운영된다(MOF, 2021). 등부표는 해저에 계류된 시스템(침추, 체인)

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

* 종신회원, tigerfood@hanmail.net

** 종신회원, yjy@kmou.ac.kr

*** kim677211@gmail.com

(주) 이 논문은 “등부표 이출위치 분석”이라는 제목으로 “2022년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회에서 한국항해항만학회논문집 (제주 국제컨벤션센터 및 부영호텔, 2022.6.2.-4, pp.66-67)”에 발표되었음

을 이용하여 해상에 정착하고 있어 바람, 조류, 파고 등 해양 기상에 항상 영향을 받는다. 따라서 등부표는 이출범위 내에서 외력에 의해 표류하기 때문에 위치가 수시로 변하게 되고, 외력이 심할 경우에는 최대 이출위치를 벗어나는 경우(항로표지사고)가 발생하기도 한다(KIM, et al, 2020).

이를 보완하기 위해 해양수산부에서는 2006년부터 항로표지 집약관리시스템을 운영 중에 있다(MOF, 2006a). 집약관리시스템은 모국과 자국으로 운영되며, 등부표는 자국에 해당한다. 모국에 등부표의 상태를 전달하기 위해서는 항로표지용 AIS(Automatic Identification System) 또는 RTU(Remote Terminal Unit) 장비를 부착한다. 항로표지용 AIS 및 RTU를 통해 전달되는 다양한 메시지를 이용하여 원격으로 등부표의 상태를 확인할 수 있다. 그중 메시지 21번은 등부표의 위치데이터로써, 위치데이터는 중심(침주)에서 등부표의 현재 위치 확인이 가능하므로 등부표가 외력을 받는 정도나 최대 이출위치를 벗어났는지 등을 확인할 수 있다.

등부표에서 전송되는 위치데이터는 GPS오차와 해상상태에 영향을 많이 받는 특성으로 인해 많은 오류가 발생할 수 있다. 하지만 지금까지 항로표지용 AIS 및 RTU와 관련된 연구는 주로 통신횟수, 통신상태 등에 대한 연구가 이루어졌기 때문에, 등부표에서 송신하는 위치데이터의 정확성과 오류를 확인할 필요가 제기되었다(Gug, et al, 2013; Jun, et al, 2011).

따라서 본 연구의 목적은 등부표에 설치된 항로표지용 AIS와 RTU를 통해 전송되는 위치데이터가 등부표의 최대 이출거리 범위 내에 얼마나 분포하는지를 분석하는데 있다. 이를 위해 항로표지용 AIS 및 RTU가 부착된 등부표 253기를 분석하였다. 위치데이터는 국립해양측위정보원에 저장된 최근 5년간(2017-2021년)의 자료를 활용하였다. 분석의 순서는 시간, 위치 등을 분석하여 오류를 제외한 후, 각 등부표별로 위치데이터를 플로팅하였다. 등부표는 플로팅 결과에 따라 저자가 유형을 구분하였다. 각 유형은 설치수심과 체인길이를 고려하여 최대 이출위치 범위 내에 위치데이터의 수량을 확인하였다.

2. 항로표지 집약관리시스템과 등부표 특성

2.1 항로표지 집약관리시스템

과학기술의 발달과 통항선박의 증가에 따라 항로표지는 적극적인 항행지원에 필요한 기능을 가진 해양안전 시설로서의 기능이 요구되고 있다. 이에 해양수산부는 항로표지의 신뢰성 확보와 취득된 정보의 일원화된 관리를 위해 전국해역을 13개 지방청 권역으로 나누어 항로표지 집약관리시스템을 운영하고 있다(MOF, 2006b). 항로표지 집약관리시스템은 무인으로 운영되는 항로표지의 기능 상태를 감시 및 제어할 수 있도록 구성된 시스템이다(PROOF, 2014).

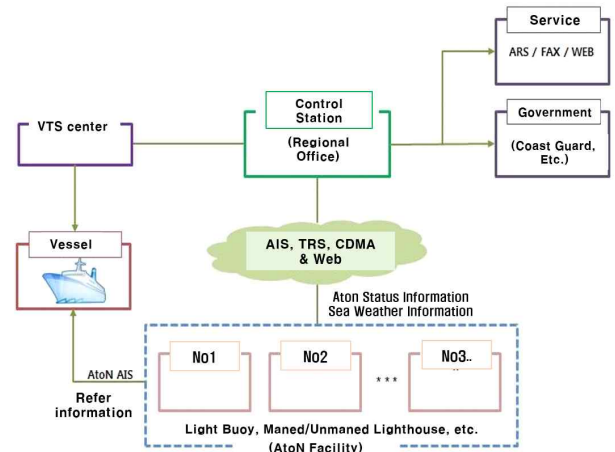


Fig. 1 AtoN Intensive Control System

Source : Aids to Navigation of 2nd plan

항로표지 집약관리시스템은 Fig. 1 과 같이 자국과 모국으로 구분된다. 자국은 등대, 등부표, 등표와 같은 독립된 항로표지이며, 모국은 지방청(관리운영시스템)이다. 항로표지의 원격감시 및 정보 수집은 항로표지에 부착된 항로표지용 RTU와 AIS 장비를 통해서 가능하다. 이때 통신방식은 항로표지용 RTU는 CDMA, TRS 등 다양한 방식을 사용하며, 항로표지용 AIS는 AIS 통신망을 사용한다.

항로표지 집약관리시스템의 핵심은 24시간 항로표지의 상태를 원격으로 감시하는 것이다. 이를 위해서는 항로표지의 상태정보가 지속적으로 송·수신된다. 항로표지의 상태정보는 설치장비(AIS, RTU)에 따라 경로가 다소 상이하다. 항로표지용 RTU가 설치된 항로표지의 상태정보는 직접 모국(지방청)으로 전송되어 저장되고, 이후 국립해양측위정보원으로 전송된다. 반면 항로표지용 AIS가 설치된 항로표지는 항로표지 상태정보(메시지 8번 및 21번)를 이용자에게 직접 제공하거나 국립해양측위정보원으로 전송하여 저장 관리한다(MOF, 2015).

현재 우리나라 전 해역에 운영되는 항로표지 중 2021년 말 기준 등대, 등표, 등부표 등 1,331기에 항로표지용 RTU 및 AIS 설치되어 운영 중이다. 그 중 본 연구의 대상인 등부표에는 항로표지용 RTU가 206기, 항로표지용 AIS가 52기 총 258기에서 생성되는 정보를 수집 관리하고 있다.

2.2 등부표 특성

항로표지는 선박의 위치측정 정보, 해상물류지원, 해양환경 보호 등을 위한 다양한 정보를 제공함으로써 해상교통안전 확보 및 연안환경보호 등의 역할을 수행하고 있다(Kim and Moon, 2018). 우리나라 전 해역에는 3,283기(국유표지, 2021년 말 기준)의 항로표지가 운영되고 있으며, 이중 등부표는 688기(21.0%)로 상당히 많은 부분을 차지하고 있다. 등

부표는 항행하는 선박에게 암초나 얕은 수심 등 장애물의 존재를 알려주거나, 항로를 표시하기 위하여 침추를 바다의 밑바닥에 놓아두고 수면 상에 떠온 구조물로서 상단에 등화를 달아 빛을 비추는 것이다(MOF, 2021). 따라서 등부표는 침추의 위치가 등부표의 중심이 되고, 침추의 위치를 고시한다.

등부표는 크게 2가지 형태로 구분할 수 있다. 하나는 침추와 부표 구조물이 직접 연결되어 위치 이탈이 발생하지 않는 고정식등부표(Spar buoy)이고, 다른 하나는 침추와 부표 구조물을 체인으로 연결하는 부유식등부표(이하 등부표)이다. 일반적으로 등부표는 바람, 파고, 조류 등 외력에 의해 회전반경이 발생하게 된다. 이때 고정식등부표는 침추와 바로 연결되어 외력에 의해 횡변위량이 발생하고, 등부표는 침추와 체인에 의해 연결되어 이출거리가 발생한다(Lee, et all, 2020). 이러한 특성 때문에 고정식등부표는 부산항 2항로와 같은 좁은 항로나 부산신항, 광양항 등 항만 내에서 선박을 안전하게 유도하기 위해 주로 운용된다. 이에 비해 등부표는 항로의 양쪽 끝단을 표현하는 측방표지, 통항분리항로의 중앙에 위치하는 안전수역표지, 암초 등에 정지하는 고립장애표지 등 다양하게 활용되고 있다.

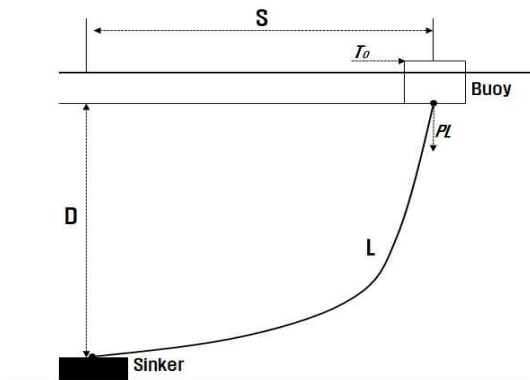


Fig. 2 Conceptual diagram of separation distance of floating light buoy

Fig. 2는 부유식등부표의 이출거리 개념도이다. 등부표의 표체(Buoy)는 침추(Sinker)와 체인으로 연결되어 외력(기상)에 의해 이출거리(S)가 발생하기 때문에 침추(Sinker)를 중심으로 선회반경이 만들어 진다. 등부표의 선회반경 크기는 체인길이(L)에 좌우된다. 체인길이는 등부표의 종류, 설치위치의 수심(D), 수평력, 체인의 수중중량, 외력 등을 고려하여 결정된다(MOF, 2014).

등부표의 이출거리는 설치되는 지점에 따라 외력, 수심 등이 상이하기 때문에 동일 형식의 등부표일지라도 이출거리가 상이할 수 있다. 등부표의 이출거리는 등부표에 부착된 항로표지용 AIS 또는 RTU를 통해 송신되는 시간별 각 등부표의 위치데이터를 이용하여 확인 가능하다. 이출거리는 침추를 중심으로 형성되는 등부표의 이출위치이다. 등부표의 이출거리는 식(1) 또는 근사적으로 식(2)와 같이 계산한다(Jeong &

Gug, 2013). 다만, 본 연구에서는 해상기상(극한값) 적용이 곤란하고, 이출위치를 확인하기 위함임으로 식(2)를 이용하여 최대 이출거리를 산출한다.

$$S = \int dx = \frac{T_0}{P} \sinh^{-1} \left(\frac{PL}{T_0} \right) \quad \text{식(1)}$$

$$S = \sqrt{L^2 - D^2} \quad \text{식(2)}$$

여기서,

T_0 : 앵커 지점에서 체인의 수평방향 장력성분

P : 체인의 수평장력

L : 체인의 길이

D : 계산기준 수심

3. 등부표의 위치데이터 분석

3.1 분석의 개요

전해역에 설치된 등부표 중에서 외력에 의해 표류되는 등부표의 위치를 확인할 수 있는 것은 등부표에 부착된 항로표지용 AIS와 RTU 장비를 통해 위치데이터가 송신하는 경우이다. 등부표의 위치데이터는 항로표지용 AIS가 등부표→측위정보원→지방청 순이고, 항로표지용 RTU는 등부표→지방청→측위정보원 순이므로, 등부표의 위치데이터는 국립해양측위정보원 DB에 저장된다. 따라서 본 연구에서는 등부표의 이출위치 분석을 위해 지난 5년간(2017-2021년) 국립해양측위정보원에 저장된 253기 등부표의 위치데이터를 분석하였으며, 그 현황은 Table 1과 같다.

Table 1 Status of light buoys to analysis by sea area

Item	AtoN AIS		AtoN RTU		Total	
	Buoy	Position data	Buoy	Position data	Buoy	Position data
East	8	3,034,570	32	4,753,896	40	7,788,466
West	31	2,225,389	45	5,047,811	76	7,273,200
South	13	5,438,590	124	7,360,250	137	12,798,840
Total	52	10,698,549	201	17,161,957	253	27,860,506

Unit : No.

3.2 기본오류 분석

기본오류는 등부표의 이출거리 계산에 사용할 수 없는 위치데이터를 식별하는 과정이다. 등부표의 데이터는 식별번호인 MMSI(Maritime Mobile Service Identity), 시간(Time), 위치(Position) 3가지로 구성된다. 따라서 기본오류는 MMSI 오류, 시간오류, 위치오류의 3가지로 구분하여 분석하였다.

MMSI	COLCT_DT	LATITUDE	LONGITUDE	MMSI	COLCT_DT	LATITUDE	LONGITUDE
1410047	20171000000000	35.97719193	126.6204071	994401001	20171116123557	0.0006213	0.002103958
1410047	20171000000000	35.97722244	126.6204071	994401001	20171116160556	0.000621301	0.002103956
1410047	20171000000000	35.97724915	126.6203918	994401001	20171118195054	0.000621291	0.002103952
1410047	20171000000000	35.97722244	126.6204453	994401001	20171118195354	0.00062129	0.002103952
1410047	20171000000000	35.97724915	126.6203613	994401001	20171123121455	0.00062129	0.002103951
1410047	20171000000000	35.97722244	126.6203613	994401001	20171124203555	0.000621298	0.002103957
1410047	20171000000000	35.97727966	126.6203613	994401001	20171208001841	0.000621289	0.002103949
1410047	20171000000000	35.97724915	126.6204071	994401001	20171212180945	0.000621293	0.002103956
				994401001	20171212181013	0.000621293	0.002103955

<Same time> <Position data : decimal>

MMSI	COLCT_DT	LATITUDE	LONGITUDE	MMSI	COLCT_DT	LATITUDE	LONGITUDE
999999057	20171016170833	0	0	994402863	20180223021042		
999999057	20171016171836	0	0	994402863	20180223022242		
999999057	20171016172837	0	0	994402863	20180223023442		
999999057	20171016174841	0	0	994402863	20180223024641		
999999057	20171016175837	0	0	994402863	20180223025842		
999999057	20171016180839	0	0	994402863	20180223030442		
999999057	20171016181841	0	0	994402863	20180223031041		
				994402863	20180223034641		

<Position data "0"> <Position data blank>

Fig. 3 Type of basic error

Fig. 3은 등부표 기본오류 예시이다. MMSI 오류는 식별번호의 오류로 잘못된 경우는 없었다. 위치데이터 송신시간 간격은 항로표지용 AIS가 15분이고 항로표지용 RTU는 지방청별로 상이하였다. 시간간격이 상이하더라도 이를 오류로 분류하면, 상당수의 데이터를 사용할 수 없었기 때문에, 시간 오류는 동일시간에 수신되는 경우만 오류로 간주하였다. 위치오류는 좌표 값이 없는 경우, 좌표 값이 "0"로 표현되는 경우와 (-) 또는 소수점인 경우 등이다.

Table 2 Basic error status by sea area and communication method

Item	Total	Basic Error		
		Time(%)	Position(%)	Sum(%)
Total(%)	27,860,506	711,735(2.6)	4,287,081(15.4)	4,998,816(17.9)
East	7,273,200	42,026(0.6)	129,170(1.8)	171,196(2.6)
West	12,798,840	249,051(1.9)	3,491,129(27.3)	3,740,180(29.2)
South	7,788,466	420,658(5.4)	666,782(8.6)	1,087,440(14.0)
AIS	10,698,549	211,909(2.0)	2,089,603(19.5)	2,301,512(21.5)
RTU	17,161,957	499,826(2.9)	2,197,478(12.8)	2,697,304(15.7)

Unit : No.

Table 2는 위치데이터의 해역별, 장비별 기본오류 현황이다. 전체 위치데이터 27,860,506개 중 기본오류는 17.9%인 4,998,816개이다. 이중 시간오류가 2.55%인 711,735개이고, 위치오류가 15.39%인 4,287,081개이다. 등부표는 해역에 따라 기수 차이가 심하므로 해역별 분석은 해역의 전체 데이터에 대한 오류만 분석하였다. 해역별로는 서해가 위치데이터 12,798,840개 중 29.22%로 오류가 가장 많았으며, 남해가 14.0%, 동해가 가장 낮은 2.6%였다. 한편 기본오류 중 시간에 대한 오류는 남해가 5.4%로 타 해역에 비해 상대적으로 높았으며, 위치오류는 서해가 27.3% 가장 높았다. 장비별로는 AIS가 21.5%의 오류를 보였고, RTU는 15.7%로 상대적으로 낮았으며, 2가지 장비 모두가 시간오류 보다 위치오류가 높았다.

4. 등부표의 이출위치 분석

3.2의 기본오류 분석에서, 대상 등부표 253기 중 위치데이터 전부가 기본오류를 포함하는 등부표는 31기였다. 또한 이출위치는 등부표의 설치수심과 체인길이가 필수요소이지만, 항로표지전산관리시스템을 통해 확인된 대상 등부표 중 설치수심과 체인길이 기록이 없는 등부표는 25기였다(YROOF, 2022). 따라서 본장의 이출위치 분석은 기본오류(31기)와 체인길이와 수심이 기록되지 않은 등부표(25기)를 제외한 등부표 197기, 위치데이터 22,245,083개를 대상으로 한다.

4.1 위치분석 방법

이출위치는 등부표가 침추(고시좌표)를 중심으로 어느정도 이격되어 있는지를 확인하는 것이다. 이출위치는 앞에서 설명한 바와 같이 체인의 길이와 설치된 수심을 고려한다. 등부표의 이출위치는 위치데이터를 이용하여 거리를 계산할 수 있으며, 이때 침추 위치와 위치데이터의 거리는 식(3)을 이용하여 산출할 수 있다(NGII, 2022).

$$S = ACOS(COS(Radians(90 - X_1)) \times COS(Radians(90 - X_2)) (3) + SIN(Radians(90 - X_1)) \times SIN(Radians(90 - X_2)) \times COS(Radians(Y_1 - Y_2))) \times 6378.135$$

여기서,

X_1 : 고시좌표(침추) 위도

X_2 : 위치 Data 위도

Y_1 : 고시좌표(침추) 경도

Y_2 : 위치 Data 경도

이출위치의 확인을 위해, 대상 등부표 197기의 위치데이터를 플로팅하였다. 플로팅 결과, 침추를 중심으로 등부표의 이출위치(위치데이터)는 일정한 형식이 나타났다. 이에 저자는 형식에 따른 등부표의 위치를 확인하기 위해 침추 중심형(유형-1), 침추중심 2분형(유형-2), 중심 이동형(유형-3), 끝립형(유형-4)의 4가지 유형으로 구분하였다. 또한 등부표의 이출위치는 GPS 좌표 값을 활용하므로, GPS 오차는 10m를 적용한다.(Park, et al, 2014).

4.2 유형-1 : 침추중심형(131기)

침추중심형은 침추를 중심으로 등부표의 위치가 집중되는 형태이다. 유형-1은 131기로 등부표 이출위치의 일반적인 형태이다. 장비별로는 AIS가 20기, RTU가 110기이며, 해역별로는 동해 14기, 서해 20기, 남해가 96기이다.

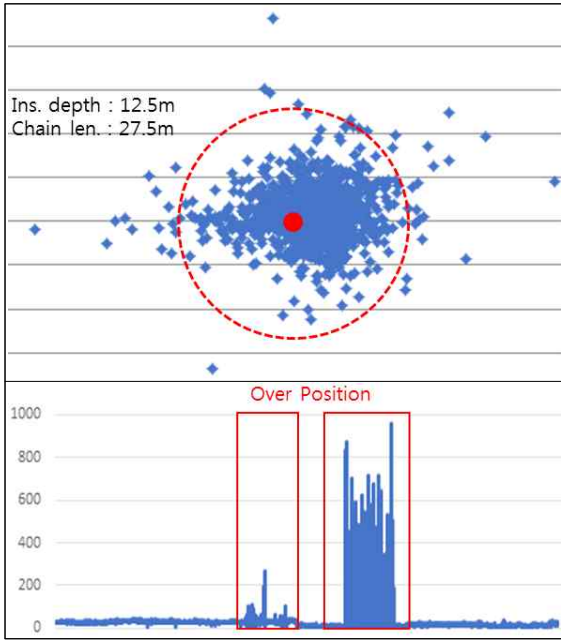


Fig. 4 Separation distance of Type-1

Fig. 4(상단)은 진해항제1호등부표(RTU)의 이출위치를 플로팅한 결과이다. 식(3)에 따라 산출한 이출거리는 24.49m이며, GPS 오차를 고려한 최대 이출거리는 34.49m이다. Fig. 4와 같이 이출위치 분포는 침추를 중심으로 한쪽으로 많이 편향되어 있다. 이는 등부표의 설치 위치가 진해항의 입구이고, 동쪽으로 육지와 가까워 외력에 의해 영향을 더 받는 방향으로 이출위치가 편향된 것으로 판단된다.

진해항 제1호등부표의 위치데이터는 46,729개로 이중 기본 오류는 6.72%인 3,142개였다. Fig. 4(상단)의 원은 최대 이출위치의 범위를 표시한 것이다. 위치데이터 중 4,291개(9.84%)가 최대 이출위치를 초과하였으며, 최대 920m까지 초과되었다. 이출위치는 Fig. 4(하단)과 같이 일정시간 동안 위치가 초과되었으며, 기간 중 등부표의 위치 이동이나 교체가 없었기 때문에 통신오류 또는 위치오류로 추정할 수 있다.

4.3 유형-2 : 침추중심 2분형(11기)

침추중심 2분형은 침추를 중심으로 등부표의 위치가 2개의 구역으로 구분되는 형태로 11기가 해당되었다. 장비별로는 AIS가 1기, RTU가 10기이며, 해역별로는 서해 1기, 남해가 10기이다.

Fig. 5(상단)는 통영항등부표(RTU)의 이출위치를 플로팅한 결과이다. 식(3)에 따라 산출한 이출거리는 17.29m이며, GPS 오차를 고려하면 최대 이출거리는 27.29m이다. Fig. 5(상단)와 같이 통영항 등부표의 이출위치는 침추를 중심으로 2분되어 있다. 통영항등부표의 설치위치는 항내에 위치하고 있어 바람, 파도보다는 조류의 흐름에 따라 위치가 2분되는 형태를 보이고 있다. 유형-2의 양상을 보이는 11기의 등부표 위치는 항내 또는 수로의 내측에 위치하고 있다. 이는 등부

표의 이출위치는 설치위치가 폐쇄된 해역에 설치되는 경우 조류에 의한 영향을 가장 많이 받는 것으로 추정된다.

통영항등부표의 위치데이터는 4,582개로 이중 기본 오류는 5.94%인 272개였다. 이출위치를 초과한 경우는 Fig. 5(상단)의 원을 벗어난 위치 Data로 954개(22.13%)였으며, 최대 58m까지 초과되었다. Fig. 5(하단)와 같이 최대 이출위치를 벗어난 경우는 일정기간(5개월) 지속적으로 발생하므로, 기간 중 장비이상, 위치오류 등으로 해석 가능하다.

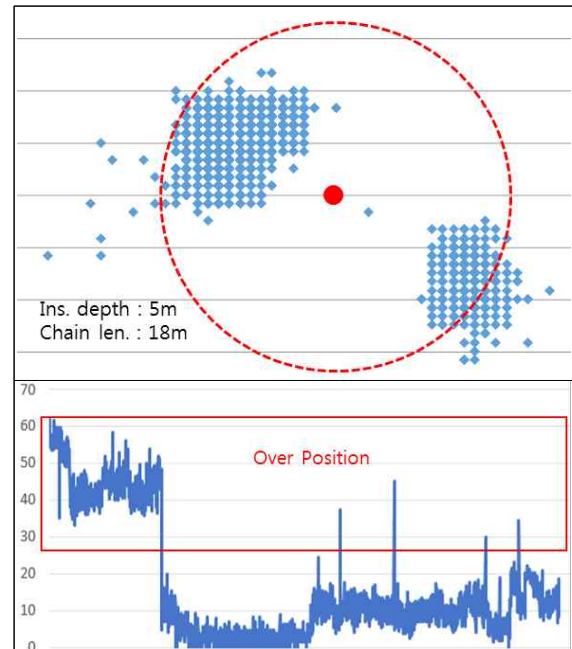


Fig. 5 Separation distance of Type-2

4.4 유형-3 : 중심 이동형(44기)

중심 이동형은 등부표의 인양 또는 위치 변동으로 인해 중심이 변경된 형태로 44기가 해당되었다. 장비별로는 AIS가 7기, RTU가 37기이며, 해역별로는 동해 9기, 서해 26기, 남해가 9기이다.

등부표의 중심위치가 변경된 이유는 다양하지만 대체적으로 통항선박의 통항패턴 변화에 따른 항로의 안정적 유도, 등부표 등간격 유지를 위한 등부표의 재배치 등이 원인이었다(PROOF, 2016). 중심 이동형은 외력에 의해 침추가 끌린 것으로 간주할 수 있다. 분석 대상기간에 대한 등부표의 중심위치는 등대표에서 확인할 수 있었다. 확인결과 등부표 44기(72회)의 중심위치 변동이 있어, 유형-3의 등부표에 매년 1월1일 변경된 중심위치를 적용하였다(KHOA, 2017-2021). 다만, 등부표의 변경된 중심위치는 연중 고시된 점을 고려할 경우 이출위치 계산에 약간의 오류가 발생할 수 있다.

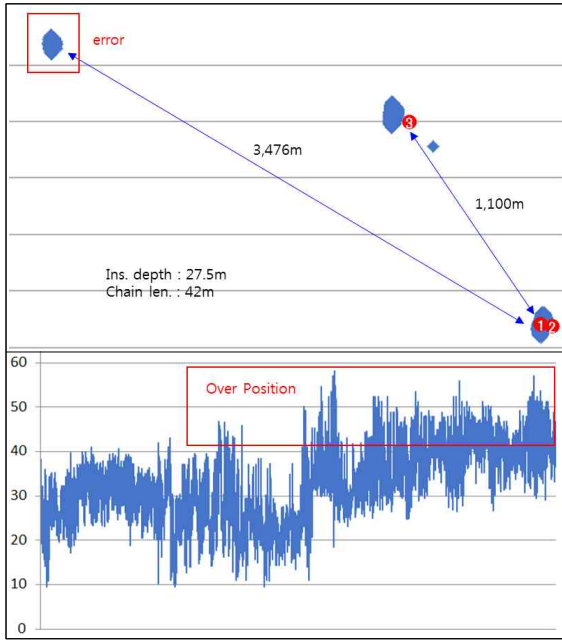


Fig. 6 Separation distance of Type-3

Fig. 6(상단)은 울산신항제8호등부표(RTU)의 이출위치를 플로팅한 결과이다. 식(3)에 따라 산출한 이출거리 31.3m이며, GPS 오차를 고려하면 최대 이출거리는 41.3m이다. 울산신항 제8호등부표는 18년, 19년, 20년 3회에 걸쳐 중심위치가 변경되었으며, 중심위치를 중심으로 이출위치가 분포되었다.

Fig. 6(상단)과 같이 등부표의 이출위치는 3개 구역으로 구분되었다. 우측의 1번, 2번 그리고 3번 위치는 침추를 중심으로 형성된 이출위치로 대다수가 이출위치 내에 형성되었다. 다만, 좌측 1개소는 1번 위치에서 3,476m 떨어진 이출위치로 위치오류였다. 울산신항제8호등부표의 위치데이터는 총 53,263개로 이중 기본오류는 4.78%인 2,547개였으며, 최대 이출위치를 초과한 위치데이터는 지속적으로 발생하며 6,827개(13.40%)이다. 울산신항제8호등부표의 최대 이출거리를 초과한 경우 다른 유형과 상이하게 산발적으로 발생하고 있어 위치데이터에 대한 지속적인 품질 모니터링 및 관리가 필요로 한다.

4.5 유형-4 : 끌림형(12기)

끌림형은 일정기간 위치가 중심을 현저하게 벗어나는 형태로 12기가 해당되었다. 장비별로는 AIS가 4기, RTU가 8기이며, 해역별로는 동해 2기, 서해 7기, 남해가 3기이다. 끌림형은 이출위치의 끌리는 형태만 제외하면 유형-1(침추 중심형)과 유사하다.

Fig. 7(상단)은 부산항유도등부표(AIS)의 이출위치를 플로팅한 결과이다. 식(3)에 따라 산출한 이출거리 55.9m이며, GPS 오차를 고려하면 최대 이출거리는 65.9m이다.

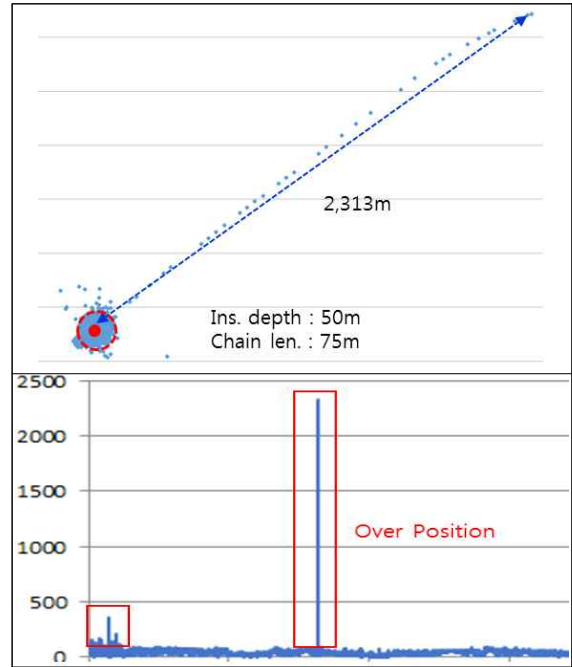


Fig. 7 Separation distance of Type-4

부산항유도등부표의 이출위치는 대다수 침추를 중심으로 이출위치가 형성되었다. 하지만 Fig. 7(하단)과 같이 일정기간 중심에서 벗어나 이출위치가 끌리는 형태를 취하고 있으며, 최대 이출위치는 중심에서 2,313m이다. 이러한 끌림현상은 이출위치 오류로 판단된다. 유형-4는 인천항로분기등부표 등 대형등부표이거나 수로 진입부에 위치한 등부표가 주를 나타내고 있었다.

부산항유도등부표의 위치데이터는 187,085개로 이중 기본오류는 3.92%인 7,341개였다. Fig. 7(상단)의 원은 최대 이출위치의 범위를 표시한 것으로 최대 이출위치가 초과된 위치데이터는 42,747개(23.78%)이다.

4.6 이출위치 분석 종합

지금까지 유형별로 이출위치를 분석하였다. 4가지 유형은 등부표에 설치된 항로표지용 AIS와 RTU를 통해 송신되는 위치데이터를 각 등부표별로 플로팅한 결과이다. 각 유형별 이출위치는 침추를 중심으로 형성되는 점과 최대 이출위치를 초과하는 경우에는 일정기간 동안 지속적으로 벗어난다는 공통점이 있었다. 하지만 유형에 따라 최대 이출위치를 벗어나는 편차는 상이하였다.

Table 3은 유형별로 전체 위치데이터(Total), 기본오류(Basic error), 최대 이출위치 초과(Over position) 및 범위 내(Truth) 위치데이터를 종합한 결과이다. 전체 위치데이터는 각 유형별 등부표의 기수 차이로 편차가 심하였다. 하지만 본 연구에서 다루려고 했던 신뢰 가능한 위치데이터 즉, 이출위치 범위 내에 분포된 등부표의 위치데이터는 유형-2가 88.48%로 가장 높았으며, 유형-4가 31.91%로 가장 낮았다.

두 유형은 약 2.8배의 차이가 발생하였다. 또한 등부표 이출 위치의 가장 일반적인 형태인 유형-1의 경우에도 82.53%가 이출위치 범위 내에 있었다. 한편, 각 유형과 무관하게 전체 위치데이터의 70.64% 이출위치 범위 내였다.

Table 3 Status of type

Item	Type-1	Type-2	Type-3	Type-4	Total
1. Total	10,621,830	676,152	8,556,541	2,390,560	22,245,083
2. Basic Error	716,123	28,357	1,022,435	806,195	2,573,110
3. Over position	1,139,189	49,528	1,948,190	821,569	3,958,476
4. Truth data	8,766,518	598,267	5,585,916	762,796	15,713,497
5. Percent(4/1)	82.53%	88.48%	65.28%	31.91%	70.64%

Unit : No.

Table 4 Status of AtoN AIS & RTU

Item	AIS	RTU	Total
1. Total	8,091,312	14,153,771	22,245,083
2. Basic Error	317,272	2,255,838	2,573,110
3. Over position	540,145	3,418,331	3,958,476
4. Truth data	7,233,895	8,479,602	15,713,497
5. Percent(4/1)	89.40%	59.91%	70.64%

Unit : No.

Table 4는 장비별 위치데이터를 종합한 결과이다. 장비별로는 전체 위치데이터 중 항로표지용 AIS가 89.40%, RTU가 59.91%로 RTU 보다는 AIS의 위치데이터가 30%이상 이출위치 범위 내에 있는 것으로 확인되었다.

5. 결 론

등부표 위치는 바람, 조류, 파고 등의 기상적 요인과 통항 선박의 외력 등으로 항상 유동적이다. 등부표의 이러한 특성을 고려하여 본 연구에서는 최근 5년간(2017-2021년) 국립해양측위정보원에 저장된 등부표의 위치데이터를 이용하여 이출위치 내 분포하는 위치데이터의 수량을 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 등부표의 위치데이터는 기본오류가 17.9% 존재하였다. 등부표의 위치데이터는 식별번호, 시간, 위치가 동시에 존재하고, 시간으로 흐름에 따라 시간과 위치는 변하게 된다. 하지만 기본오류 확인결과 시간의 중복, 위치가 "0" 또는 (-)인 경우 등이 존재하였다. 만약 이런 경우가 지속된다면, 무인으로 운영되는 등부표의 관리는 정확한 확인을 통한 개선이 필요하다.

둘째, 등부표 위치데이터를 플로팅한 결과 4가지 유형으로 분류되었다. 유형-1은 침추를 중심으로 위치가 형성되는 가장 이상적인 형태였다. 유형-2는 침추를 중심으로 위치가 2개구역 구분되는 형태였는데, 주로 폐쇄된 해역에 존재하였다. 유형-3은 등부표의 중심이 이동된 형태이며, 고시가 변경된 경우였다. 유형-4는 일정기간 위치가 중심에서 벗어나는 형태로 주로 대형등부표 등에서 존재하였고, 벗어난 경우는 오류로 판단하였다.

셋째, 수심과 체인의 길이가 확인된 등부표 197기의 위치데이터를 분석한 결과 전체 2,224만여 건 중 70.64%인 1,571만여 건이 각 등부표의 이출위치 범위 내에 존재하였다. 또한 장비별로는 항로표지용 AIS(89.40%)가 RTU(59.91%)보다 최대 이출범위 내에 존재하였다.

본 연구는 2006년부터 해양수산부가 운영 중인 항로표지 집약관리시스템 중 등부표의 위치데이터를 세부적으로 분석한 첫 번째 연구로, 항로표지집약관리시스템 상 등부표의 위치데이터 품질향상에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 항로표지를 실제로 관리하는 관리자 입장에서는 100%는 아니지만, 신뢰할 수 있는 위치데이터를 필요로 한다. 이를 위해 현재보다 정확한 위치데이터를 획득하기 위한 방법 등은 우리가 앞으로 더 연구해야 할 분야이다. 하지만 본 연구의 분석과 같이 사소한 위치데이터이지만 신뢰할 수 있는 데이터가 많아진다면, 항로표지의 관리자 및 이용자에게 항상 믿음을 줄 수 있고, 이를 통해 해양사고도 예방할 수 있을 것이다.

후 기

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해양 디지털 항로표지 정보협력시스템 개발(2/5) (20210650)).

References

- [1] Gug, S. G., Jeong, T. G., Park, H. R. and Kim, J. R.(2013), "A Study on Operation Analysis and Improvement Method of Aids to Navigation AIS in Korean West Coast", KINPR, Vol. 37, No. 4, pp. 391-400.
- [2] Jun, J. C., Cheong, H. T., Park, J. S., Kang, Y. M. and Han, S. H.(2011), "Integrated Navigation Management System for Supporting Heterogeneous AIS AtoN", Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol. 7, No. 3, pp. 28-38.
- [3] Jung, T. K. and Gug, S. G.(2013), 'Aids to Navigation', Sejong press, pp. 650-667.
- [4] Kim, T. G., Moon, B. S. and Gug, S. G.(2020), "A Study on the Sea Areas Dynamic Stability of

- LL-26(M) Light Buoy”, KINPR, Vol. 44, No. 3, pp. 166-173.
- [5] Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (2017-2021), ‘Lighthouse table’.
- [6] Korea Ministry of Government Legislation(2021), ‘Law of Aids to Navigation’.
- [7] Lee, M. K., Park, Y. S., Jeong, H. S. and Gug, S. G.(2020), “Risk Assessment for Contact Accident of Buoy - Focusing on Busan New Port”, KINPR, Vol. 44, No. 3, pp. 158-165.
- [8] Ministry of Ocean and Fisheries(2006a), Aids to navigation annual report, pp. 123-125.
- [9] Ministry of Ocean and Fisheries(2006b), Aids to navigation annual report, pp. 162-164.
- [10] Ministry of Ocean and Fisheries(2014), ‘Harbour and Fishing Design criteria’, pp. 1428-1447.
- [11] Ministry of Ocean and Fisheries(2015), ‘The 2nd Basic plan of Aids to Navigation’, pp. 3-38 - 3-52.
- [12] Ministry of Ocean and Fisheries(2021), ‘Standard for AtoN function and specifications’.
- [13] National Geographic Information Institute(2022), <https://www.ngii.go.kr/kor/main.do>
- [14] Park, B. W. and Yoon, D. H.(2014), “A Study on the DGPS Service Utilization for the Low-cost GPS Receiver Module Based on the Correction Projection Algorithm”, KINPR, Vol. 38, No. 2, pp. 121-126.
- [15] Pusan Regional Office of Ocean and Fisheries(2016), ‘Research of Aids to Navigation replaced’, pp. 121-128.
- [16] Pyeongtaek Regional Office of Ocean and Fisheries (2014), ‘Rule of Aids to Navigation inverse system and remote control system for lighthouse’.
- [17] Yeosu Regional Office of Ocean and Fisheries(2022), “Aids to Navigation computerized management system”

Received 25 July 2022

Revised 06 August 2022

Accepted 09 August 2022