

항로표지 시물레이터 적용을 위한 속성 분석

† 김종욱* · 지형민* · 한주섭* · 강성복*

*항로표지기술협회

요 약 : 우리나라 항만 입출항 통행 선박의 대형화, 고속화에 따른 해양안전사고가 증가하고 있어 항만 연안 해역에서의 해상교통 안전 확보가 절실히 요구되고 있는 실정으로, 최근 국제항로표지협회(IALA)에서 항로표지 설계와 배치계획에 대한 의사결정을 지원할 수 있는 항로표지 전문 기능 시물레이터의 개발과 주요 항로의 항로표지 설계 및 계획 등을 검증할 수 있는 시스템 필요성을 제기하였다. 우리나라 주요 항로의 항로표지 설계와 적정 배치 여부 등을 검증하고 보완할 수 있는 시물레이션 시스템이 필요하며 3차원 가상현실 기법을 이용하여 항로표지의 신설 및 이설에 따른 여러 가지 효과를 직관적으로 파악하고 대상 해역의 특성이 고려된 다양한 해상교통환경 변화에 따른 항로표지의 신설 및 이설 효과를 선박 운항자 관점에서 검증하거나, 새로운 항만·항로 건설시 최적 항로표지 배치에 대한 의사결정을 지원하기 위한 항로표지용 시물레이터 시스템 개발이 진행되고 있다. 이러한 항로표지 시물레이터 개발에 필요한 항로표지 관련 속성에 대하여 기술하였다.

핵심용어 : 항로표지, 시물레이터, 시각표지, 조위기준, 광달거리

시물레이터 해상환경의 조위기준의 속성

시물레이터 해상 조위기준(기본수준면, 평균수면, 임의 조정)결정 필요

- 선박안전운항 시물레이터(해양연구원, 해양대)의 조위기준
- 항로표지 시물레이터의 조위기준
- 시물레이터의 조위기준은 항로표지의 지리학적 광달거리와 관련한 시인거리에 결정에 중요한 요소로 작용하므로 조위기준 결정이 중요
 - 조석간만의 차가 심한 "인천영감문북방파제등대" 의 평균수면상 높이 16m, 기초상 높이 9m
 - 영해사 안고 5.0m를 적용시 평균수면상 높이 21.0m, 시인거리는 약 9.55M, 약최고조면상 높이 26m, 시인거리는 약 10.62M로 거리차가 발생
 - 등대, 등표의 등고는 평균수면상으로부터 광원의 중심부까지 높이를 적용함

시물레이터 해상환경의 조위기준의 속성

시물레이터 해상 조위기준(기본수준면, 평균수면, 임의 조정)결정 필요

- 선박안전운항 시물레이터(해양연구원, 해양대)의 조위기준
- 항로표지 시물레이터의 조위기준
- 시물레이터의 조위기준은 항로표지의 지리학적 광달거리와 관련한 시인거리에 결정에 중요한 요소로 작용하므로 조위기준 결정이 중요
 - 조석간만의 차가 심한 "인천영감문북방파제등대" 의 평균수면상 높이 16m, 기초상 높이 9m
 - 영해사 안고 5.0m를 적용시 평균수면상 높이 21.0m, 시인거리는 약 9.55M, 약최고조면상 높이 26m, 시인거리는 약 10.62M로 거리차가 발생
 - 등대, 등표의 등고는 평균수면상으로부터 광원의 중심부까지 높이를 적용함

시물레이터 해상환경의 조위기준의 속성

시물레이터 해상 조위기준(기본수준면, 평균수면, 임의 조정)결정 필요

- 예) 등표의 등고가 10.0m 일 경우, 시물레이터의 해상환경인 파고 2.0m 적용시 수면상 노출 형상이 최저 9.0m, 최고11.0m로 시인됨
- 따라서 등표, 입표의 경우 해저면부터 기초 및 등탑 전체를 포함한 3D 형상과 필요
- 인천지방해양항만청 관내 장안서등표의 경우 평균수면상 등고 16.0m, 기초상 높이 21.0m로 등대표에 고시됨



신유도등표 전경

항로표지 등고의 기준 속성

항로표지의 등고에 대한기준은 종류별로 상이 함

- 등부표, 부표, 권비는 부채로 표체 윗수로부터 등명기 초점까지의 높이를 기준으로 형상화 필요(협의사항)
- 스파비는 등대표에 등고를 생략하나 시물레이터 상에 등고기준(평균수면상 높이) 마련이 필요(협의사항)
- 등표, 등대, 등주, 지항등, 도등 : 평균수면으로부터 등명기 초점까지의 높이를 기준(협의사항)
 - 등고가 10m 미만은 소수 1위까지, 10m 이상은 정수 1위까지 기재



등부표

부표

스파비

유인등대

무인등대

등주

† 교신저자 : 김종욱(중신회원) jukkim@empas.com

항로표지 높이의 기준 속성

항로표지의 높이기준은 등고와 상이 함

- 등대, 등주, 지향등, 도등은 평균수면으로부터 광원(등명기) 중심부(초점)까지의 높이를 기준
 - 등고가 10m 미만은 소수 1위까지, 10m 이상은 정수 1위까지 기재
- 등표, 입표의 경우는 암초 또는 해저지반으로부터 등명기 초점까지의 높이를 기준함
 - 등표에 있는 경우 지면으로부터 등표상부 구조물(피뢰기, 풍령개, 안테나 등 제외)까지의 높이를 기준함
 - 시뮬레이터의 해상구조물의 높이에 대한 조위기준이 중요함



표준형 부표 안정성의 속성

- 표준형 등부표는 종류별로 설치지역의 환경여건에 따라 진동주기 및 경사각이 변화하므로 시뮬레이터 상에 운동 상태구현이 필수적임

○ 등부표의 운동 영상구현

- 등부표의 진동주기의 변화에 대한 영상구현
- 외력(바람, 조류, 파도)에 의한 경사각의 변화에 대한 영상구현

구분	LNBV-100	LL-30	LL-26	LS-35
바람에 의한 경사각	1.46°	11.35°	19.89°	8.14°
조류에 의한 경사각	0.37°	4.55°	19.46°	5.61°
파도에 의한 경사각	7.73°	10.83°	19.18°	8.4°

- 자연환경 조건 : 수심 20m, 파주기 10sec, 파고 5m, 풍속 45m/s, 조류 5knots



항로표지용 등명기의 수직발산각의 속성

항로표지에 사용되는 등명기의 종류는 약 20종

- 유(무)인동태용 회전식 등명기의 수직발산각 기준은 $\pm 3^\circ$
- 무인표지용 점멸식 백열, LED 등명기의 수직발산각 기준은 $\pm 5^\circ$ 이나,
- 제조사 별 발산각도는 최소 각 3.6° , 최대 각 9.8° 로 다양함



회전식 등명기

점멸식 등명기

표준형 부표 안정성의 속성

등부표의 운동영상 구현의 필요성

- 등부표는 해상 환경여건(바람, 조류, 파도 등)에 따라 좌우, 상하로 운동한다
- 운동상태는 등부표의 종류별로 특성을 가짐
- 등부표의 경사각도에 따라 등명기 광원의 밝기가 변화함
- 광원의 밝기변화는 동기점멸 방식으로 운영하는 항로의 경우 시인효과가 급격히 저하됨
- 자연환경 변화로 인한 등질의 변화, 광도의 변화, 시인 및 식별성에 대하여 시뮬레이터를 통한 검증이 필요함

- 등부표의 진동주기 구현
- 바람에 의한 경사각 변화의 구현
- 조류에 의한 경사각 변화의 구현
- 파도에 의한 경사각 변화의 구현

항로표지용 등명기의 수직발산각의 속성

LED-200 등명기 제조사별 수직발산각과 부동광도 비교

검사 항목	검사 기준	측정 결과					비고
		OSA	MSA	LSA	KSA	HSA	
수직 발산각	색색 $\pm 5^\circ$ 이내 (최대 평균)	-3.9~3.5 (7.4)	-3.5~2.7 (6.2)	-3.6~5.0 (8.6)	-4.8~5.0 (9.8)	-2.4~4.0 (6.4)	수직 발산각은 최대 각도임
	광도값의 50% 지점	-3.8~2.6 (6.4)	-3.4~3.8 (7.2)	-2.9~5.0 (7.9)	-4.2~4.5 (8.7)	-2.2~2.5 (4.7)	
	색색	-3.4~2.5 (7.9)	-3.7~3.5 (7.2)	-1.6~2.0 (3.6)	-3.7~3.4 (7.1)	-1.5~3.3 (4.8)	
	부동 광도	330cd 이상	720	1,430	768	492	
부동 광도	색색 300cd 이상	545	853	593	494	540	부동 광도는 평균값임
	색색 450cd 이상	857	972	735	866	840	
	색색 500cd 이상	668	741	917.3	870	590	
	부동 광도	330cd 이상	720	1,430	768	492	

항로표지 등질의 속성

- 2011. 4. 10 기준 광표지지는 총 3,572개소, 등질은 40종을 사용하고 있음

- 광표지지 : 유인등대, 무인등대, 등표, 도등, 조사등, 지향등, 등주, 등부표, 교량(야)

- 시뮬레이터 상에 등질의 종류별로 **섬광주기, 등색** 등이 정확한 구현이 필수적임(협의사항)

- 등명기의 종류별(점멸식, 회전식)로 섬광주기 구현

- 섬광주기별 등색이 정확히 구현

- 광표지지의 사용등색 : 백색광, 황색광, 황색광, 녹색광

- 도등의 경우 전, 후도등의 지도선(leading line)과 명호각이 정확히 구현

- 예) 포항신항도등(전도등) 명호 : 237.5° ~ 245.4°, 지도선 241.5°

- 예) 포항신항도등(후도등) 명호 : 237.5° ~ 245.4°, 지도선 241.5°

- 지도선상에서 전후도등의 등화는 일직선으로 시인되어야함



도등의 원리

광달거리의 속성

※ 시뮬레이터에서 항해사가 주간에 항로표지 형상시인, 야간에 등화의 시인가능 거리 등에 대한 현실적인 구현이 필요

- 시뮬레이터 해상환경의 조위기준의 결과를 적용
- 시뮬레이터의 항해사의 안고는 기본적으로 수평상 5.0m를 적용
- 야간에 등화의 시인거리는 등대표의 광달거리(명목적)를 기준하며, 명목적광달거리를 이탈시 시인 불가로 구현
- 대형등대를 설치하는 경우 고광도 등명기를 사용하더라도 그 위치가 낮으면 빛의 산란, 지구의 곡률 등으로 먼 지점에서 인지하지 못함
- 높은 장소에 등대를 설치하는 경우 광원의 광도가 낮으면 빛의 감소, 낮은 안고 등으로 근거리에서도 인지하지 못함
- 낮은 위치에 등대가 설치된 경우 소형선에서는 인지하지 못하나, 안고가 높은 대형선에서는 인지할 수 있음

음파표지의 속성

※ 음파표지는 안개, 눈, 노을, 호우, 연무 등에 의하여 시계가 불량한 경우음파를 (시장 500m 이하) 발생시켜 음향을 발사함으로써 선박에 그 위치를 알리는 기능

- 음파표지의 취명주기는 부근의 음파표지와 다른 주기를 사용하며 등대표에 상쇄가 개재되어 있음
- 모터사이렌(Motor Siren): 전동장치에 의해서 사이렌을 취명하는 무신호기
- 에어사이렌(Air Siren): 압축공기에 의해서 사이렌을 취명하는 무신호기
- 전기혼(Horn): 전자식으로서 300 - 500Hz 저주파로서 음향을 발사하는 무신호기



모터사이렌



에어사이렌



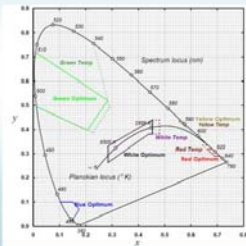
전기혼

항로표지 등색의 속성

※ 항로표지(광파표지)에 사용하는 등색은 백, 홍, 녹, 황색광으로 국제항로표지 협회에서 광색의 범위를 지정하여 권고함

- 시뮬레이터상 광파표지의 등색은 국제기준 맞는 색상 사용이 필요(협의사항)

색	X	Y	0.440	0.285	0.285	0.440
백	X	Y	0.982	0.264	0.332	0.432
홍	X	Y	0.710	0.700	0.670	0.680
	X	Y	0.290	0.290	0.320	0.320
적	X	Y	0.022	0.282	0.207	0.013
	X	Y	0.778	0.518	0.397	0.494
황	X	Y	0.585	0.581	0.555	0.560
	X	Y	0.415	0.411	0.435	0.440



조류신호시스템의 속성

※ 전광판에 표시되는 조류정보의 표시방법은 다음과 같다

- 유향: NE(북류), W(서류), SE(남류), E(동류), NE(북동류), NW(북서류), SE(남동류), SW(남서류)의 8방위 방향으로 표시
- 유속: 노트(Knot)로 나타내며, 0.1~9.9 사이의 숫자로 표기
- 유속의 경향: 조류속도의 증 감 상태를 ↑(증), ↓(감) 기호로 표기
- 조석상태: 밀물상태는 녹색등화로 썰물상태는 적색등화로 표시
- 전광판의 광도: 주, 야간, 날씨, 시계 등의 상태에 따라 고광도, 중광도, 저광도로 전환 표시
- 유향 (영문약자 8개 방위) Ⓞ 유속 (숫자 0.1 - 9.9/ 단위노트)
- 유속의 증감 표시 (기호 ↑ ↓)
- 밀물상태(), 썰물상태()

<예시>



항로표지 표면색의 속성

※ 항로표지(형상표지, 광파표지)에 사용하는 등색은 백, 홍, 녹, 황, 흑, 보라색으로 국제항로표지협회에서 도색의 범위를 지정하여 권고함

- 시뮬레이터상 항로표지의 표면색은 항로표지 시설관리지침(국도해양부령-제11호, 2010.5.10) 기준에 맞는 색상 사용이 필요(협의사항)

표준색 이름 (KSA0011)	KS기호 (KSA0082)	비고
불강	7.5R 4/14	중색
진한 연두	7.5GY 5/8	녹색
진한 노랑	2.5Y 8/12	황색
파랑	-	청색
-	-	흑색

배후광 영향에 의한 항로표지 시인 속성

※ 예안 산업단지의 급격한 증가와 빛 오염의 증가 결과로 항로표지 이용자들은 일반적인 빛(general lighting)과 개별적인 밝은 광원들(individual bright light source)로 이루어진 배경과 대조하여 항로표지를 시인하고 식별하는데 종종 어려움을 겪으며 항로표지 식별에 심각한 문제를 일으킬 수 있음

※ 시인성은 표지나 시설물 등을 볼 수 있는 상태 또는 정도로 정의되며, 시인성을 결정하는 요인은 다음과 같음

