

KDS 64 90 30 : 2017

항로표지시설

2017년 8월



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교, 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 항만 및 어항 설계기준에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
항만설계기준	• 항만설계기준 제정 • 설계조건, 구역시설, 외곽시설, 계류시설, 기타시설, 준설 및 매립 등 기타항만공사에 관계되는 설계의 일반방침과 기준을 수록	제정 (1971.12)
항만설계기준	• 조사연구가 진전됨에 따라 국내기술향상에 도움이 되도록 개정	개정 (1979.12)
항만시설물 설계기준서	• 항만의 재개발, 워터프런트 개발사업 추진 전망에 따라 항만법 제26조에 근거하여 기술의 체계화, 표준화의 기준 수립 및 시설물의 안정성과 경제성을 고려하여 개정	개정 (1993.12)
항만 및 어항 설계기준	• 해양수산부가 새로 발족되어 항만 및 어항 설계기준·해설 및 항만시설의 기준에 관한 규칙과 어항관련 법규에서 정하는 어항 시설에 대한 설계기준을 통합하고, 설계 및 시공과정과 시공이후 건설관리 및 시설물 유지관리 관련내용 신설하여 개정	개정 (1999.12)
항만 및 어항 설계기준	• 연안정비시설물을 포함하고 관련법령 및 최신기술 변화요인 반영, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계풍속 및 하중 계수 상향, 재추산 심해파의 적용근거 마련 등 개정	개정 (2005.12)
항만 및 어항 설계기준·해설	• 변화된 항만건설여건 반영과 태풍, 이상파랑 등 해양외력의 기후변화 대응, 선박 및 장비의 대형화, 저탄소 녹색성장, 항만재해 저감을 고려하고 해외 건설사업 진출에 도움이 될 수 있도록 국제 설계기준과 연계성 향상하여 개정	개정 (2014.04)

제 정 : 2017년 8월 16일	개 정 : 년 월 일
심 의 : 기술자문위원회	자 문 검 토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소 관 부 서 : 해양수산부 항만기술안전과	
관련단체 (작성기관) : 한국항만협회	

목 차

contents

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	2
1.5 기호의 정의	3
1.6 시설물의 구성	3
2. 조사 및 계획	4
2.1 조사 및 계획일반	4
3. 재 료	6
4. 설 계	7
4.1 항로표지 설계일반	7
4.2 등대, 등표 등 고정표지	18
4.3 도등과 도선	32
4.4 부표류	41
4.5 교량표지	81
4.6 해상 인공구조물 표지	87
4.7 음파표지	96
4.8 전파표지	99



KDS 64 90 30 항로표지시설

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 항로표지시설을 설계할 때 적용하여야 할 최소한의 일반적, 기술적 사항을 정함으로서 해상교통안전과 선박의 운항 능력 향상 도모를 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 항로표지시설의 설치, 개량 및 유지보수를 위하여 실시하는 계획, 조사 및 설계에 적용한다.
- (2) 이 기준에 기술되지 않은 사항에 대하여는 해양수산부 제정 관련 기준 및 항로표지 업무편람에 따르며 항로표지 설치 여건, 위치와 교통 환경 등이 특별한 경우에는 발주자의 승인 또는 전문가의 의견을 들어 적용하여야 한다.
- (3) 이 기준에 기술된 내용과 다르거나 포함되어 있더라도 이미 널리 통용되거나 충분히 증명된 이론 또는 기술은 발주자의 승인을 얻어 적용할 수 있다.
- (4) 이 기준이 다른 기준과 상충될 경우 항로표지의 특성을 감안하여 이 기준을 우선 적용한다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련법규

항로표지법

1.3.2 관련기준

국제항로표지협회 네브가이드(NAVGUIDE), 권고와 지침
표준형 부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정
항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준
항로표지 장비 및 용품의 표준화 규정

KDS 10 00 00 공통 설계기준
KDS 11 00 00 지반 설계기준
KDS 14 00 00 구조 설계기준
KDS 17 00 00 내진 설계기준
KDS 21 00 00 가시설물 설계기준
KDS 31 00 00 설비 설계기준
KDS 34 00 00 조정 설계기준
KDS 41 00 00 건축 설계기준
KDS 44 00 00 도로 설계기준

1.3.3 관련표준

항로표지용 충방전조절기 표준규격서
해상용 등명기(일체형-LED) 표준규격서
해상용 등명기(LED-200) 표준규격서
해상용 등명기(LED-200HI) 표준규격서
해상용 등명기(전구/LED-250) 표준규격서
해상용 등명기(전구/LED-300) 표준규격서
해상용 등명기(400mm 회전식) 표준규격서
해상용 등명기(750mm 회전식) 표준규격서

1.4 용어의 정의

- 고정표지 : 부표류에 상대되는 개념으로 구조물의 안전을 확보하기 위하여 고정된 기초를 갖는 등대, 방파제등대, 등주, 등표, 입표 등을 말한다.
- 대양항해(大洋航海) : 수심 200m 이상의 대륙붕을 지나거나 육지로부터 50해리 이상 떨어진 곳에서의 항해를 말한다.
- 랜비(LANBY) : 주로 육지초인이나 항만, 항로 입구를 알리기 위하여 설치하는 대형등부표(직경 10m이상)로 고광도 등화와 함께 전파·음파표지가 병설되어 운영되는 시설을 말한다.
- 스파부이(Spar buoy) : 등부표와 같은 기능을 하나 체인의 이출거리를 최소화하기 위하여 수중에 부력실을 갖는 구조로서 침추와 표체가 바로 연결되어 이출거리가 없는 시설이다.
- 시각표지(Visual aids) : 등광, 형상, 색채 등을 이용하여 항해자가 눈으로 확인할 수 있는 항행정보를 제공하는 시설로 광파표지(야간표지)와 형상표지(주간표지) 등을 말한다.

- 연안항해(沿岸航海) : 연안으로부터 50해리 이내 혹은 대륙붕(200m)의 한계 이내의 해역에서의 항해를 말한다.
- 제한수로항해 : 위험물 또는 항행 지장물의 근처와 자유로운 조종성의 제한을 받는 제한수역 부근에서의 항해를 말한다.
- 표준형 부표 : 표준형 부표 제작 및 품질 관리 기준에 관한 규정에 명시된 제작 시방서와 설계도면에 의하여 제작된 등부표와 부표, 스파부이, 랜비 등을 말한다.
- 항로표지시설 : 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등을 수단으로 선박에게 지표가 되는 항로표지와 그 부속시설, 항로표지 운영 및 유지에 사용되는 모든 장비, 장치 등을 말한다.
- 해상부표식 : 전 세계의 다양한 부표방식을 1980년 IALA에서 5종류로 통일하여 항해자들이 식별이 용이하도록 한 부표식을 말한다.
- IALA : International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities(국제항로표지협회)의 약어로 전 세계 항로표지에 관한 조화와 표준을 마련하여 해상에서 안전하고 효율적인 항해를 촉진하고 해양환경 보존에 기여하는 국제기구를 말한다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 시설물의 구성

- (1) 시각표지
- (2) 광파표지
- (3) 형상표지
- (4) 등대, 등표 등 고정표지
- (5) 도등 및 도선
- (6) 부표류
- (7) 교량표지
- (8) 해상 인공 구조물 표지
- (9) 음파표지
- (10) 전파표지

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획일반

항로표지 건설계획은 서비스의 수준과 소요성능 및 분석을 통하여 필요성을 결정한 후 현장여건을 조사하여 구체적 수단과 종류 및 기능요소를 계획에 반영하여야 한다.

[해 설]

- (1) 항로표지는 해상교통과 이용자의 요구, 서비스 수준 등을 종합 검토, 분석하여 적합한 항로표지의 종류를 선정하여 최적의 서비스를 제공하여야 한다.
- (2) 항로표지의 건설여건은 대부분 매우 열악하므로 구조물의 안정을 확보하여야 하며 부속시설 등도 고려하여야 한다.
- (3) 교통여건과 이용자 편의를 위하여 여러 항로표지가 시스템적으로 운영되도록 고려하여야 한다.
- (4) 고시된 항로표지 기능의 지속적인 유지에 지장이 없도록 원활한 점검정비를 위한 항로표지선의 정박, 장비의 운반, 점검정비원 안전 등을 설계 시 고려하여야 한다.

[참 고]

- (1) 서비스의 수준(LOS : Levels Of Service)
 - ① 사용자의 확인 및 협의
 - ② 관심 있는 집단의 확인 및 협의
 - ③ 수용 가능한 위험수준을 포함시키기 위한 위험분석
 - ④ 품질보증
 - ⑤ 교통밀도 및 유형
 - ⑥ 훈련
- (2) 서비스 수준의 성능 요소(LOS Performance factor)
 - ① 제공될 장소 : 어느 곳에 서비스가 이루어질 것인가?
 - ② 제공될 수량 : 얼마나 많은 수량과 종류의 항로표지가 배치될 것인가?
 - ③ 제공될 품질 : 항해시스템의 신뢰성은 어떠한가?
 - ④ 제공될 서비스의 한계 : 어느 영역이 서비스가 불가한가?
- (3) 서비스수준의 분석(LOS Criteria)
 - ① 사용(Use)
 - ② 사용자(User)
 - ③ 유용성(Value-to the user)
 - ④ 제한적 조건(Limitation)

- ⑤ 배치(Disposition)
 - 가. 각 사용자 집단을 위한 설계의 효율성
 - 나. 각 사용자 집단을 위한 최소 이용도
 - 다. 운영상의 신뢰성
 - ⑥ 향후 전망 및 평가
 - 가. 항해상의 평가
 - 나. 환경적인 평가
 - ⑦ 소요예산
- (4) 서비스의 수준 결정은 자연적 특성과 교통 환경 및 위험요소를 분석하여 결정한다.
- ① 해당지역의 자연과 특성
 - 가. 수심
 - 나. 침적토 쌓임(Siltation)
 - 다. 위험
 - 라. 조석과 조류
 - 마. 시정, 기상유형, 해빙 상태
 - 바. 목측 및 레이더 항해를 위해 뚜렷이 구별되는 해안선 특징
 - 사. 배후광 / 배후 환경과 통항로에 대한 태양의 상대 위치
 - ② 교통 분석
 - 가. 이용자 그룹에 의한 선박의 종류와 선박의 특성
 - 나. 항로표지 요건과 함께 통항로와 속력
 - 다. 이용자 그룹에 의한 교통량
 - 라. 특히 위험한 경우 화물 종류
 - ③ 위험평가
 - 가. 특히 교통 밀집 상황에서 기본적인 항행위험
 - 나. 이용자 그룹 사이의 갈등으로 야기되는 선박 위험
 - 다. 해난사고로 야기되는 환경 위험
 - ④ 장비 운영을 고도로 높이기 위한 핵심 요소
 - 가. 처음부터 신뢰성 있는 장비를 선택
 - 나. 설치 위치가 너무 멀거나 혹은 기상 및 해상 상태로 접근이 제한되어서 목표로 하는 운영을 혹은 최대의 정지 시간을 달성할 수 없는 경우라도 능동적 혹은 수동적인 예비 시스템 포함
 - 다. 항로표지 목표 운영을 달성할 수 없는 경우 성능 측정장치의 설치에 실제 장애가 발생하기 전에 잠재적 장애의 확인 및 교정을 가능하게 할 것이다. 무인 자동 항로표지는 일반적으로 원격감시시스템의 설치를 필요로 한다.
 - 라. 적절한 교육을 받은 직원의 운영과 적절한 예비품의 공급
- (5) 분석절차
- ① 해상 이용자와 안전항해에 관련되어 있는 위험 요소를 확인하는 현장 분석

항로표지시설

- ② 개별적인 항로표지와 시스템으로서의 항로표지의 기능을 기초로 한 필요성 분석
- ③ 개별적인 항로표지와 시스템으로서의 항로표지의 기능을 기초로 한 운영 분석
- ④ 항로표지의 선택을 지원하기 위한 비용의 효율성 분석

(6) 현장 분석

- ① 자연 환경적인 특성 (항로 폭, 조류, 조석 등)
- ② 선박의 특성 (형태, 위치, 속도, 화물 등)
- ③ 야간항해
- ④ 기상 및 기타 조건
- ⑤ 축적된 VTS나 AIS자료를 이용한 선박의 특성, 항적(航跡) 및 교통량
- ⑥ 안전항해에 영향을 주는 위험요소

(7) 필요성 분석

- ① 설치하고자 하는 항로표지 운영을 목표에 따라 카테고리 1, 카테고리 2, 카테고리 3으로 구분한다.
 - 가. 카테고리 1은 목표 운영율 99.8% 이상으로 중요한 육지초인표지, 주 항로, 중요 수로와 해협, 항행환경을 보호하거나 새로운 위험물을 표시하는 항로표지
 - 나. 카테고리 2는 목표 운영율 99.0% 이상으로 2차 항로 또는 주항로의 보조항로에 설치되는 항로표지
 - 다. 카테고리 3은 목표 운영율 97.0%이상으로 기타 항행에 필요하다고 설치하는 항로표지
 - 라. 항로표지는 최소 운영율 수준이 95% 이상이 되는 위치에 설치하도록 한다.

(8) 효율성 분석

- ① 항해자가 필요로 하는 등화 이상의 강력한 등화를 설치하는 것은 비용적인 측면에서 비효과적이다.

3. 재 료

내용 없음

4. 설 계

4.1 항로표지 설계일반

4.1.1 항로표지의 일반요건

해상교통안전을 도모하고 선박운항의 능률증진을 목적으로 설치하는 항로표지는 법규와 국제기준에 맞추어 설치하여야 한다.

[해 설]

- (1) 항로표지는 등광(燈光), 형상(形象), 색채(色彩), 음향(音響), 전파(電波) 등의 인공적 수단으로 항해자가 요구하는 항행정보를 제공하는 시설 및 시스템이다.
- (2) 항로표지는 이용자들(Users)과 공급자들(Providers)을 고려하여 국제항로표지협회(IALA)에서 규정한 다양한 권고, 지침을 참조하여 설계되고 설치·운영되어야 한다.
- (3) 항로표지는 위치측정, 위험경고, 위치확인 및 통항분리(Traffic separation schemes, deep water routes) 등의 기능으로 선박의 안전항해와 해양 오염방지 및 자연 환경 보호를 고려하여 설계하여야 한다.
- (4) 이 기준에서는 항로표지를 설계하는데 기본이 되는 일반적 사항을 명시한다.

[참 고]

- (1) 항로표지의 종류
 - ① 광파표지
유인등대, 무인등대, 등표, 도등, 조사등(照射燈), 지향등(指向燈), 등주(燈住), 교량등, 통항신호등, 등부표(燈浮標), 스파부이(Spar buoy), 랜비(LANBY) 및 등선(燈船)
 - ② 형상표지
입표, 도표, 교량표, 통항신호표 및 부표
 - ③ 음파표지
전기혼, 에어사이렌, 모터사이렌 및 다이아폰(Diaphone)
 - ④ 전파표지
레이더비콘, 로란, 위성항법보정시스템(DGNSS) 및 레이더국
 - ⑤ 특수신호표지
조류신호표지, 해양기상신호표지 및 자동 위치식별신호표지(AIS)
 - ⑥ 특수항로표지
공사목적용표지, 침몰·좌초선박표지, 교량표지, 계선표지, 해저케이블표지, 해저송유관 표지, 해양자료수집용표지, 해양자원탐사용표지, 해양자원시추용표지 및 해양자원 채굴용표지

항로표지시설

참고 표 (4.1-1) 항로표지의 종류별 이점과 단점 비교

시스템	이 용 자		공 급 자	
	장 점	단 점	장 점	단 점
광파표지	위치 결정에 이용될 수 있음. 즉각 적으로 정보를 전달한다. 만약 이용자가 그 지역을 잘 알고 있는 경우 해도가 없이 이용할 수 있음	위치, 높이, 색깔, 배경에 따라 거리가 달라짐. 시정에 의해 제한받음. 부표형 항로표지의 위치는 항상 정확하지 않음	위험정보, 해양교통법규, 지침 등에 따라 설치가 유동적임. 유지관리에 거의 혼란이 필요하지 않음.	보수유지비가 높고, 보수유지 계획은 날씨 상태에 따름. 물류체계가 필요함. 유지관리에 대한 직원 교육 필요
선박자동 식별장치 AIS	실시간으로 정보를 보내는데 실패한 광파 표지를 대체하기 위한 임시 표지로 사용	VHF 무선통신 범위에 의해 제한된 멀리 떨어진 선박에 다른 육상 항해 시스템과 데이터 통합 부족 (인근 선박에만 자신의 정보가 표시)	레이더에 비해 낮은 비용과 유지관리로 광파 표지를 대신할 수 있으며 위험/재난 경고를 알리는데도 사용할 수 있음.	VHF 무선통신 범위에 의해 이용범위 제한
레이더 표지	제한 시계 내에서 가능한 레이콘으로 낮은 해안 선을 식별. 단 하나의 표지만 필요. 빠른 설치.	선박 탑재장비가 필요 레이콘은 적절한 구조로 되어 있지 않으면 간섭을 받을 수 있고, 레이더 반사기를 식별하기 어려움	광파표지를 대체할 수 있음. 위험정보 (예, 새로운 위험)	레이더 반사기가 필요함(어떤 선박에는 레이더가 없음) 레이콘 투자비용 증가. 레이콘 유지관리에 대한 교육 필요
무선항법	넓은 스케일의 이용 범위와 전천후로 사용. 자동 항해 정밀도가 가능	선박 탑재 장비가 필요	유지관리의 감축. 자동 으로 감시 가능한 광파 표지의 감축	등대 당국의 통제에 있지 않을 수 있음. 감시요건 유지관리에 대한 직원교육에 많은 투자가 필요

참고 표 (4.1-2) 해양 이용자의 위치 정확도 최소 요구사항

적용 대상	수평 정밀도 (95%)/m
일반 항해 :	
대양 항해	10 ~ 100
연안 항해	10
제한 수로 항해	10
항만 내 항해	1
내륙 수로 항해	10
수로 측량	1 ~ 2
해양 조사	10
항로표지 관리	1
항만 운영 :	
지역 VTS	1
컨테이너/화물관리	1
법률 집행	1
항만 하역	0.1

참고 표 (4.1-3) 항로표지 및 항법 이용 위치 정확도

이용표지 또는 항법	위치 정확도(95% 확률)	1해리에서 정확도(m)
물표 또는 등광을 측정한 자침(Magnetic compass) 각도	$\pm 3^\circ$ (고위도에서 정확도 감소)	93
물표 또는 등광 측정 Gyro-compass 각도	$0.75^\circ \times$ 위도 교차선 (위도 60° 이하에서)	<62
무선표지(RDF)	$\pm 3^\circ$ 에서 $\pm 10^\circ$ 까지	93 ~ 110
레이더 각도(Bearing)	$\pm 1^\circ$ (안정적 장비의 경우)	31
레이더 거리관측	사용스케일 최대범위의 1% 또는 30m 중 큰 값	
LORAN-C/CHAYKA	30m	
eLoran	8~10m	
GNSS	5~10m	
DGNSS	1~3m	
추측항법	1해리(1시간 항해 마다)	

- (2) 서비스의 수준은 이 기준의 2.1, [참고](4)에 따라 자연적 특성과 교통 환경 및 위험 요소를 분석하여 결정한다.

4.1.2 시각표지

시각표지는 주간에는 형상과 도색으로 야간에는 등화로 항행정보를 제공하는 항로 표지로 시각표지의 설치에 시각표지에 관한 요건을 충족하여야 한다.

[해설]

- (1) 시각표지에는 광파표지와 형상표지가 있다.
- (2) 시각표지의 설계 시에는 항해자의 시인에 의하여 항로표지의 위치와 종류가 파악되는 것이 전제되므로 시정 등 해상기상 요소와 규정된 형상, 도색, 등화의 광학적 요소를 고려하여야 한다.

[참 고]

(1) 시각표지(視覺標識)의 유효거리 결정에 고려하여야 할 사항

- ① 기상학적 시정
- ② 명암대비 및 배후광(Background lighting)
- ③ 레이더의 반사 특성
- ④ 사용 중인 역반사(Retroreflector)의 특성
- ⑤ 광도(光度)
- ⑥ 수면상의 높이
- ⑦ 관측자의 눈 높이

(2) 광달거리(Range)

① 지리학적 광달거리(Geographical range)

지구의 곡률, 대기에 의한 빛의 굴절, 등고(燈高) 및 관측자의 눈높이에 의하여 결정된다.

② 가시거리(Visual range)

배후에 대한 물체의 명암 대비가 대기에 의하여 감소되어 관측자의 눈에 대한 가시조도한계에 이르게 되는 최대거리를 말한다.

③ 광학적 광달거리(Luminous range)

등화의 광도, 대기의 투과율 및 관측자의 눈에 대한 가시조도에 의해서 결정되며 주간에 주표를 식별하는 거리에도 적용된다.

④ 명목적 광달거리(Nominal range)

광학적 광달거리에서 대기의 투과율 0.74(기상학적 시정이 약 10해리에서의 투과율)로 할 때에 산출한 광달거리를 말한다.

(3) 항행보조 시설로서의 정확도

① 항로표지시스템의 정확도에 영향을 주는 요소

가. 선종(船種) 및 선박의 크기

나. 수심

다. 조류의 세기, 기상, 안개 등

라. 여울목, 암초, 바위와 같은 자연적인 위험물이나 해상구조물과 같이 인위적인 항해상의 위험물

마. 육지로부터의 거리

바. 항해의 목적

사. 화물의 성질

아. 통항관제 계획

② 선위측정을 위한 지표로서의 적용 사례 및 해도상 위치 정확도[참고 표 (4.1-4) 참조]

가. 고정된 표지물(등표)의 위치를 확인할 때

나. 항로 또는 강의 중심선상에 선박을 위치시킬 때

다. 알고 있는 위치로 복귀할 때

참고 표 (4.1-4) 해도 축척, 적용 관련 정확도(IALA NAVGUIDE)

해도 축척	해당 정확도 요건(m)	사용 해도에서 연필 폭(0.5mm) 의 개략 오차(m)	적 용
1 : 10,000,000	10,000	5,000	
1 : 2,500,000	2,500	1,250	대양 항해
1 : 750,000	750	375	대양 항해
1 : 300,000	300	150	연안 항해
1 : 100,000	100	50	연안 항해
1 : 50,000	50	25	항만 접근
1 : 15,000	15	7.5	항만 접근
1 : 10,000	10	5	제한수역
1 : 5,000	5	2.5	항만계획

(4) 식별 또는 인지거리

- ① 항해자가 항로표지의 존재를 처음으로 탐지하는 거리를 탐지거리 (Detection range)라고 하며 항로표지를 확실하게 식별할 수 있는 거리를 식별 또는 인지거리(Identification or Recognition range)라고 한다.
- ② 어떤 높이의 심별이 식별될 수 있는 거리는 관측자의 시각적 예민함에 따라 좌우되지만 일반적으로 다음 식별거리 공식을 적용하면 쉽게 인지가 가능하며 이는 항로표지 설계시의 높이(표고) 결정에도 적용할 수 있다.

$$\text{식별거리} = \text{심별의 높이} / \tan 4\text{분} = \text{높이(표고)} \times 860$$

참고 식 (4.1-1)

4.1.3 광파표지

광파표지는 주간에는 형상과 도색으로 야간에는 불빛으로 항행정보를 제공하는 지표로 시각표지의 요건과 이 기준에서 명시된 사항을 충족하여야 한다.

[해 설]

광파표지는 등대(燈臺)·등표(燈標)·도등(導燈)·조사등(照射燈)·지향등(指向燈)·등주(燈柱)·교량등·통항신호등·등부표(燈浮標)·스파부이(Spar buoy)·랜비(LANBY) 및 등선(燈船) 등을 말한다.

[참 고]

(1) 광파표지의 기본요건

- ① 요구되는 범위 내에서 충분히 볼 수 있어야 한다.
- ② 항해자가 다른 등화와 식별할 수 있도록 등광에 개성을 주어 관측자가 명료하게 구분할 수 있어야 한다.
- ③ 섬광과 암간(暗間)이 적당한 간격으로서 항해자가 쉽게 식별할 수 있는 속도로 정확히 반복되어야 한다.
- ④ 등명기(燈明器) 및 광원은 효율과 신뢰성이 높아야 한다.
- ⑤ 지리적 입장에서 항로표지의 용도, 목적을 만족시킬 수 있고 충분한 안정성을 가져야 한다.
- ⑥ 유효광달거리는 설치해역의 배후광(背後光), 인근 항로표지의 현황, 이용선박의 실태, 주변해역의 특수성을 고려하여 유효하고 적절하게 설계하여야 한다.
- ⑦ 전원은 경제성, 안정성 그리고 보수성을 고려하여 최적의 것을 택하여야 한다.
- ⑧ 등탑은 설치해역 주변의 기상, 해황(海況) 등을 고려하여 충분한 내구성이 있도록 설계하여야 하며, 설치될 기기(機器) 등에 적합한 구조가 되어야 한다.
- ⑨ 등부표는 설치해역의 수심, 조류, 파고 등 해상조건, 선박의 항행실태 및 배후광 등을 고려하여 안정되고 시인효과가 양호하도록 설계하여야 한다.

(2) 광파표지의 설계에 필요한 성능기준

- ① 일반적으로 등대, 등표 등은 시계(視界)상태, 식별도, 광도 및 수면상 높이에 따라 10해리 또는 이상에서 탐지되어야 한다.
- ② 일반적으로 운영율은 99.8% 이상 되어야 한다.
- ③ 등대, 등표 등의 등질은 시야 내의 다른 등대, 등표와 달라야 한다.

참고 표 (4.1-5) 역사적 보존등대의 유리렌즈의 크기 및 용어

등 급 구 분	특대형	대형	1등급	2등급	3등급	3등급 소형	4등급	5등급	6등급
초점거리(mm)	1,330	1,125	920	700	500	375	250	187.5	150

참고 표 (4.1-6) 설계파를 기준으로 한 등고 결정

설 계 파 고	최소 탑 높이(기초 상)
3m 미만	7m
3 ~ 4m	8m
4 ~ 6m	9m
6m 이상	별도 설계

참고 표 (4.1-7) 관측자의 눈높이를 기준으로 한 지리학적 광달거리

관측자의 안고(m) 등고(m)	지리학적 광달거리(해리)										
	0	1	2	3	4	5	10	50	100	200	300
1	2.0	4.1	4.9	5.5	6.1	6.6	8.5	16.4	22.3	30.8	37.2
2	2.9	4.9	5.7	6.4	6.9	7.4	9.3	17.2	23.2	31.6	38.1
5	4.5	6.6	7.4	8.1	8.6	9.1	11.0	19.9	26.9	33.3	39.7
10	6.4	8.5	9.3	9.9	10.5	11.0	12.8	20.8	26.7	35.1	41.6
20	9.1	11.1	12.0	12.6	13.1	13.6	15.5	23.4	29.4	37.8	44.2
30	11.1	13.2	14.0	14.6	15.2	15.7	17.5	25.5	31.4	39.8	46.3

(3) 광달거리의 계산

① 지리학적 광달거리(Geographical range)

$$R_g = 2.03 \times (\sqrt{h_o} + \sqrt{H_m}) \quad \text{참고 식 (4.1-2)}$$

여기서, R_g = 지리학적 거리 (Nautical miles) h_o = 관측자의 눈의 높이 (Meters) H_m = 표시물의 높이 (Meters)

우리나라에서는 지상기차와 지구반경 계수로 2.083을 적용한다.

② 기상학적 광학거리(Meteorological optical range)

기상학적 광학거리는 다음 계산식에 의해 구할 수 있다.

$$V = d \frac{\log 0.05}{\log T} \text{ or } T = 0.05^{d/v} \quad \text{참고 식 (4.1-3)}$$

여기서, V = 기상학적 광학거리 (Nautical miles) d = 거리 (Nautical miles) T = 대기 투과율 (0.74)

③ 시각거리 (Visual range)

시각거리는 감쇄된 대기투과율과 배후광을 감안한 최대거리

④ 광학적 광달거리 (Luminous range)

지구의 곡률반경이나 관측자의 안고를 고려치 않고 관측자가 형상을 식별할 수 있는 최대거리

⑤ 명목적 광달거리 (Nominal range)

광학적거리에서 기상학적 시정이 10 Nautical miles 일 때의 거리로서 투과율 $T = 0.74$ 로 계산된다.

항로표지시설

(4) 색도범위와 색필터 투과율

① 색도범위와 색도좌표 기준

항로표지에 사용되는 색도 범위와 색도좌표는 다음 기준에 따른다.

가. IALA 권고(E-106), IALA 해상부표식에서 항로표지 역반사재 사용

나. IALA 권고(E-108), 시각항로표지에서의 표면색도 사용

다. IALA 지침(Guideline) 1015 항로표지용 부표 도색 지침

② 색 필터

색 필터의 투과율은 필터의 색 및 재질과 사용하는 광원의 종류에 따라 다르므로 IALA 권고(E-200-5), 해양신호등(5편)에 따라 참고 표 (4.1-8)을 적용한다.

참고 표 (4.1-8) 색 필터에 대한 투과율(%)

색온도 (K)	광 원	색 필터				비 고
		적	녹	황	청	
		유리 및 플라스틱	유리 및 플라스틱	유리 및 플라스틱	유리 및 플라스틱	
≈2500	아세틸렌 가스	25	35	75	-	
≈2750	텅스텐 백 열	22	32	70	-	
≈3000	텅스텐 할로겐 백 열	20	35	65	-	
≈3900	수은 방전	12	35	65	-	
≈6000	제논 방전	13	18	-	3	
≈8300	백색 LED	6	13		6	

4.1.4 형상표지

형상표지는 시각표지(Visual aids)의 일종으로 형상과 도색에 숫자와 기호 등으로 주간에 항행정보를 제공하는 지표로 시각표지의 요건과 이 기준에서 명시된 사항을 충족하여야 한다.

[해 설]

(1) 형상표지는 주간표지라고도 한다.

(2) 형상표지에는 부표, 도표, 교량표, 통항신호표 등이 있다.

[참 고]

(1) 색상 및 모양

- ① 특징 : 색상, 형상, 두표(Top mark)
- ② 표면색상의 목적 : 부표나 해상표지의 식별제고 및 항행메시지 또는 정보전달
- ③ 도색의 종류 : 흑색, 백색, 적색(Red), 녹색, 황색 및 청색
- ④ 색채법(彩色法) : 물, 자외선의 복사에너지, 온도변화, 해양생물 등의 영향에 잘 견디는 고품질 페인트 또는 역반사재(Retroreflector)를 사용한다.

(2) 문자, 숫자 및 기호

- ① 글자 및 기호의 크기 : 근거리에서 글자나 기호를 식별할 수 있도록 구조물의 이용 가능한 한 최대의 크기로 한다.
- ② 부표의 번호판의 규격
 - 가. 등부표의 번호판은 격자탑(Lattice tower)의 모양대로 제작하여 표체의 상단부위에 부착하되 등부표의 숫자·기호를 표기할 경우 한 글자일 때는 400×400mm으로 하고 두 글자 일 때는 가로 300×세로400mm으로 하며, 부표의 숫자·기호 표기는 표체의 노출부분을 이용하여 부표의 형상(표체의 색채) 구별에 지장이 없는 범위 내에서 크게 한다.
 - 나. 등부표의 문자·숫자·기호표기는 해양수산부의 항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준에 의한다.

(3) 부표(Buoy)의 형상

참고 표 (4.1-9) 부표의 형상 및 가시(可視)치수

부표의 형상	기 능	가 시 치 수
원추형	우현표지	저면 직경의 0.75~1.5배 높이의 원추
원통형	좌현표지	직경의 0.75~1.5배 높이의 원통
구 형	안전수역표지	수선 상에서 보이는 높이가 그 직경의 2/3 이상의 구(球)

① 측방표지와 안전수역표지의 인지

- 가. 형상물의 인지거리는 형상물의 규모, 관측자의 시력, 형상물과 그 배경 사이의 대비와 형상물의 기하학적 모양에 따라 달라진다.
- 나. 직경과 동일한 높이의 구형, 원추형 또는 원통형표지의 경우 육안(Naked eye)에 의한 인지거리는 형상 높이의 500배 정도인 것으로 추정한다.

② 원주형(Spar)과 망대형(Pillar) 부표의 인지

- 가. 원주형과 망대형 부표를 사용할 때 가시표면적이 아주 작아서 인지거리가 크게 떨어지면 방위표지와 고립장애표지의 경우처럼 두표(Top mark)를 부착하여 인지거리를 높일 수 있다.
- 나. 주표판(Day board)을 사용할 경우에는 표체의 가시부분의 폭의 5배 이상 되어야 한다.

항로표지시설

(4) 두표(Top mark/Day mark)

- ① IALA 해상부표식에서 두표의 사용은 주간에 표지를 인지하고 표지의 기능을 확인할 때 항해자에게 도움을 주기위한 시설로 항해자가 쉽게 확인할 수 있도록 하기 위하여 다음의 기준을 적용·제작하여 부표의 본체보다 높은 위치에 설치하여야 한다.

가. 원추형

원추의 저면부터 정점까지의 수직고는 저면직경의 약 90%로 하고 부표의 경우 저면의 직경은 표체 흡수선 직경의 25~30%로 하며, 방위표지에 있어서 원추간의 분리거리는 저면직경의 35% 이상으로 한다.

나. 원통형

원통의 수직고는 저면직경의 1~1.5배로 하고 부표의 경우 원통의 직경은 표체 흡수선 직경의 최소 25~30%로 하며 표지 본체와 원통체 저점과의 간격은 원통 직경의 35% 이상으로 한다.

다. 구(球)형

고립장해표지에 있어서 구와 구의 간격은 그 직경의 50%로 하고 부표의 경우 구의 직경은 최소 표체 직경의 20% 이상으로 하며 표지 본체와 구의 최저부와의 간격은 구의 직경의 35% 이상으로 한다.

라. X, + 형

X, + 형 한 변의 길이는 표체 직경의 약 33%로 하고 정사각형안의 대각선(X형)과 높이(+ 형)로 하여야 하며 X, + 형 한 변의 폭은 변 길이의 15%로 한다.

② 일반적으로 적용하는 두표의 규격

참고 표 (4.1-10) 두표 표준규격과 재질

품 명	규격 및 두께	재 질	지주	기타
우 현	360mm×460×3t (원추형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
좌 현	500mm×390×3t (원통형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
안전수역	360φ×3t (구형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
고립장해	360φ×2개×3t×2개 (구형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
특수표지	800×800×3t (X형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
침선표지	1050×1050×3t (+형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm,
신위험물표지 (비상 침몰, 좌초 선박표지)	460×50×3t (X형)	폴리에틸렌 또는 경량재질	스테인리스 강관 φ26mm, 1.2t	스테인리스프렌지 φ200mm

(5) 항로표지의 색상

① 일반적인 도료의 색상은 RAL 색도기준으로 참고 표 (4.1-11)과 같다

참고 표 (4.1-11) 항로표지에 사용되는 일반 도료의 색상기준

도료번호	도료 색상	휘도요소 β
RAL 3028	Pure Red	> 13%
RAL 6037	Pure Green	> 15%
RAL 1023	Traffic Yellow	> 50%
RAL 2008	Bright Red Orange	> 25 %
RAL 5019	Capri Blue	> 7%
RAL 9016	Traffic White	> 80%
RAL 9017	Traffic Black	< 1%

② 형광도료의 색상은 RAL 색도기준으로 참고 표 (4.1-12)와 같다.

참고 표 (4.1-12) 항로표지에 사용되는 형광도료의 색상기준

도료번호	도료 색상	휘도요소 β
RAL 3024	Luminous Red	> 25%
RAL 6038	Luminous Green	> 25%

4.2 등대, 등표 등 고정표지

4.2.1 고정표지 일반

- (1) 고정표지는 주간·야간표지로서 역할을 할 수 있도록 소요 시인거리에서 시인할 수 있도록 충분한 규모와 장비를 갖추어야 한다.
- (2) 등탑 상부에 설치되는 장비가 파의 타상력으로 손상되지 않도록 하여야 하며 소요 광달거리를 충족할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (3) 항로표지 기능을 고려하여 IALA 해상부표식에 맞는 형상과 색채를 갖추어야 하며 등·입표에는 두표를 설치하여야 한다.

[해설]

- (1) 이 기준에서 고정표지는 부표류와 상대되는 개념으로 구조물의 안전을 확보하기 위하여 고정된 기초를 갖는 등대, 방파제등대, 등주, 등표, 입표, 등을 말한다.
 - ① 등대 : 육지초인, 섬, 항만입구 방파제 등 항해 목표가 되는 위치에 설치되어 위치정보를 제공하는 탑 모양의 구조물로서 등화가 설치되어 주간, 야간표지 역할을 하는 시설
 - ② 등주 : 강하구, 운하 등 지형의 특성이나 표지 기능상 탑 모양의 구조물 건립이 곤란하거나 필요하지 아니할 때 간단한 기둥모양으로 시설하는 표지
 - ③ 등표 : 암초, 저수심대에 설치되어 항해선박에게 위험을 알리는 표지로 등화가 설치된 시설
 - ④ 입표 : 등표와 같은 기능이나 등화가 없는 표지
- (2) 등표·등대·등주와 같이 등화를 갖추어 주·야간 이용할 수 있는 시설을 광파표지, 입표와 같이 등화가 설치되지 않아 주간에 주로 이용하는 시설을 형상표지라 한다.
- (3) 등탑의 높이는 지리학적 광달거리와 명목적광달거리를 고려하여 결정하며 등고가 너무 낮은 경우는 미관을 고려하여 높이를 결정할 수 있다.
- (4) 고정표지의 설계 시에는 파의 타상력을 고려하여 등탑 상부의 등명기, 태양전지 등 부속시설이 손상되지 않도록 고려하여야 한다.

[참고]

- (1) 고정표지의 표체 설계는 4.2.2 고정표지 표체 설계에 따른다.
- (2) 광파표지는 4.1.3 광파표지의 각종 요건을 충족하여야 한다.
- (3) 목적 및 기능
 - ① 위험한 여울목, 사주(Shoals), 암초(Rocks) 등을 표시
 - ② 위치선(LOP)을 구할 수 있는 정보제공
 - ③ 육지초인(Landfall), 곳, 하구·항만 출입구 등을 표시
 - ④ 항로의 측방표지나 고립장해표지 또는 방위표지 기능
 - ⑤ 지역표시
 - ⑥ 항로의 합류 또는 선회지점(旋回地點) 표시

(4) 성능기준

- ① 일반적으로 고정표지는 시정상태, 식별도, 광도 및 수면상의 높이에 따라 소요거리에서 볼 수 있는 광달거리를 가져야한다.
- ② 기능의 운영율은 카테고리별로 97%에서 99% 이상의 서비스 수준을 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- ③ 모든 종류의 섬광등, 등명암광, 명암광 등은 IALA 해상부표식 규정에 적합하고 즉시 식별이 가능한 고유등질(Characteristic)이어야 한다.
- ④ 등대·등주는 도색 및 형상은 임의의 색상, 형태 또는 재질을 사용 할 수 있지만 주간표지로서의 구별이 분명하여야 한다.
- ⑤ 등표·입표는 용도에 따라 IALA 해상부표식에 부합하게 설치하여야 한다.
- ⑥ 등색은 백색, 홍색, 녹색, 황색, 청색 중에서 목적에 따라 사용한다.
- ⑦ 주간에도 항해자가 멀리서도 식별할 수 있도록 등주를 제외한 등탑의 직경은 최소 1.5m (기초 제외)이상 되어야 한다.

(5) 설계시 고려사항

- ① 기상 및 해상 환경의 특징
 - 가. 구조물 설치 위치는 이용상 제한적으로 위치선택의 자유가 없으므로 항상 최악의 외력을 고려한다.
 - 나. 육상에 비하여 해상의 풍력은 강하며 등탑에서 받는 풍압이 크다.
- ② 구조상 외력의 특징
 - 가. 강력한 최고파가 등탑에 작용한다고 가정한다.
 - 나. 부분적 재해일지라도 등탑은 기능을 상실하는 경우가 많으므로 충분한 안정성을 갖추어야 한다.
- ③ 기타 사항
 - 가. 구조물 크기에 비하여 두표(Top mark)가 작아 주간에 식별이 곤란한 경우에는 별도의 주표판(Day boards)을 설치 할 수 있다.
 - 나. 항로표지의 기능을 나타내는 색상이 퇴색하여 기능을 오인하는 경우가 있으므로 해수와 외력에 강한 양질의 도료를 선택하여 도장하여야 한다.
- ④ 광파표지의 설계는 표지 등화의 광도, 이용범위, 대기혼탁의 정도, 표지의 배경의 조건 및 관측자의 조건(눈의 순응상태, 심리적 생리적 상태, 시인시간, 배의 움직임 등)을 고려하여 광달거리와 가시거리를 결정하여야한다.

(6) 주요기능

- ① 기능 : 이 기준의 2. 조사 및 계획일반을 참조하여 항로표지의 수단 및 종류와 서비스 수준 및 범위를 결정한다.
- ② 등명기 설치 : 광학적 광달거리 및 등질을 감안하여 기종을 결정한다.
- ③ 전원시설 : 등질과 시간당 소모 전력을 감안하여 태양전지, 축전지 및 충방전 조정기의 규격을 결정하며 AC/DC의 전원을 구분하여 수전설비를 결정하여야 한다.
- ④ 구조물 : 구조적 안전, 기능과 용도를 감안하여 단면과 표면색을 결정하여야 한다.
- ⑤ 서비스수준 : 이 기준의 2.1 조사 및 계획 일반에 따라 항로표지 시스템을 결정하여야 한다.

4.2.2 고정표지 표체 설계

- (1) 고정표지는 설치해역의 환경조건에 따라 각종 외력에 충분히 견딜 수 있도록 구조적 안정성을 확보하고 이용자의 편의성, 경제성을 갖도록 적절한 재질 및 공법으로 설계하여야 한다.
- (2) 이 기준은 등대 및 등표의 표체(標體)를 설계하는데 있어서 일반적인 기준 및 순서를 정한 것으로 특별한 경우를 제외하고는 구조계산 및 설계에 적용한다.

[참고]

(1) 하중(荷重) 및 외력(外力)

설계 당시 고려하여야할 하중 및 외력은 다음에 열거하는 요소의 조합에 의한 응력의 합계로 한다.

① 하중 및 외력의 종류

가. 자중(고정하중, 적재하중, 적설하중)

나. 지진력

다. 풍압력

라. 파의 타상력(올려치는 힘)

마. 부 력

바. 파압력

※ 위에서 열거한 것 외에 구조물의 실태에 따라 토압, 수압 기타 진동, 충격에 의한 외력을 설계 계산에서 고려하여야 한다.

② 하중 및 외력의 조합

가. 파도의 영향을 받지 않는 등대 및 등표

$$\left. \begin{array}{l} (자중) + (풍압력) \\ (자중) + (지진력) \end{array} \right\} \text{이 중 큰 힘을 채택한다.}$$

※ 통상 지진력이 풍압력보다 크므로 지진력으로 검토한다. 그러나 특히 바람이 강한 곳에서는 풍압력을 검토한다.

나. 파도의 작용을 받는 등대 및 등표

$$\left. \begin{array}{l} (자중) + (파압력) + (풍압력) + 부력 \\ (자중) + (지진력) \end{array} \right\} \text{이 중 큰 힘을 채택한다.}$$

※ 기초 바닥면이 최고고조면(H.H.W.L) 보다 위에 있을 때는 부력은 고려하지 않는다.

③ 자 중

자중산출에 쓰이는 재료의 중량은 참고 표 (4.2-6)에 의하며 다만 실중량이 명백한 것은 그 값을 적용한다.

④ 지진력

지진력은 등답자중에 수평진도를 곱하여 계산한다.

$$E = K \cdot N$$

참고 식 (4.2-1)

$$K = K_A \cdot K_B \cdot K_C$$

여기서, E : 지진력(t)

K : 수평진도

N : 지반면에 있어서의 자중

K_A : 지반별 계수

K_B : 지역별 계수

K_C : 높이계수

※ 지반면 이하의 기초부분에는 지진력은 작용하지 않는 것으로 한다. 파의 작용을 받는 등대 및 등표에서 지진력에 대하여 검토할 때는 부력은 고려하지 않는다.

참고 표 (4.2-1) 지반별 계수 및 높이 계수

허용지내력도(t/㎡)	지반별계수(K_A)	구조물 높이(m)	높이계수(K_C)
$f_e > 200$	0.9	지반면~10m	1.0
$200 \geq f_e > 10$	1.0	10~20m	1.1
$f_e \leq 10$	1.2	20m 이상	1.2

※ 지역별계수(K_B)는 일반적으로 특별히 정밀설계를 요하는 구조물에 대하여 지진이 발생하는 지역에서 적용한다.

참고 표 (4.2-2) 지진구역의 구분

지진구역	해당구역		지역별 계수(K_B)
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원남부(영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주 태백)	
II	도	강원 북부(홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초), 제주	0.07

⑤ 풍압력

풍압력은 속도압에 풍압계수를 곱한 값으로서 압력을 받는 면에 균일 분포되어 작용하는 것으로 한다.

$$P_w = C_w \cdot q$$

참고 식 (4.2-2)

여기서, P_w : 풍압력(t/㎡)

C_w : 풍력계수(평면 : 1.0, 원형 : 0.7)

q : 속도압(t/㎡)

속도압 q 는 일반적으로 0.3t/㎡ 로 한다.

⑥ 부력(浮力)

구조물의 최고고조면(H.H.W.L) 이하 부분이 배제되는 해수의 중량이 위쪽 방향으로 움직이는 것을 말한다.

$$F_b = w_o \cdot V$$

참고 식 (4.2-3)

여기서, F_b : 부력(t)

w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/m³)

V : 최고고조면 이하 구조물부분의 체적(m³)

파도가 작용할 경우에만 수중에 매몰되고 수면이 정지하고 있을 때 최고고조면 보다 위에 있는 구조물부분에 대하여는 부력을 고려하지 않는다.

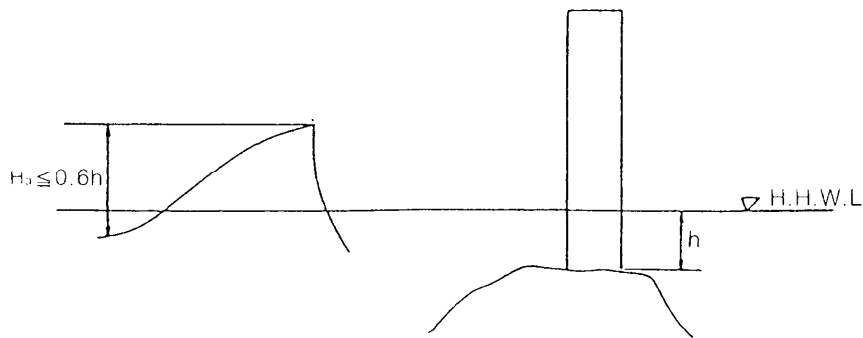
⑦ 파압력

가. 계산식 1

구조물 설치지점이 다음의 경우에 있어서의 파압력은 계산식 1을 적용하여 계산한다.

(가) 압초상이 아닌 경우

(나) 압초상이라도 압초의 상단 면이 최고고조면(H.H.W.L) 이하에 잠겨져 있고, 또한 설계파고 H_d 가 구조물 설치지점의 수심(최고고조면 이하의 수심)의 0.6배 이하일 때 파도의 압력 분포는 참고 식 (4.2-4)에 의하여 설계한다.



참고 그림 (4.2-1) 파압력의 분포

$$P_s = K_w \gamma (Z/H_d) w_o H_d$$

참고 식 (4.2-4)

여기서, P_s : 파압력(t/m²)

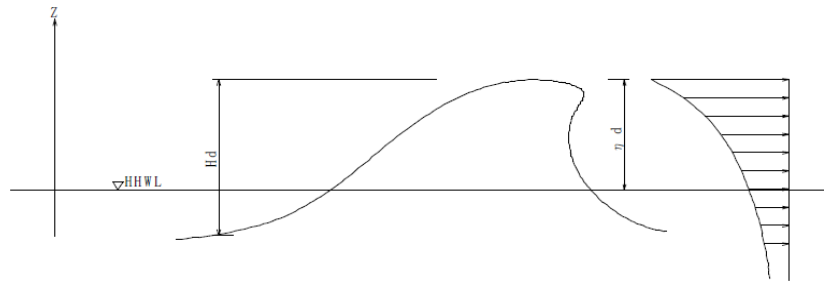
$\gamma(Z/H_d)$: 파압력 계수

Z : 정지수면을 원점으로 했을 때의 연직(鉛直)방향의 거리(m)

w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/m³)

H_d : 설계파고(m)

K_w : 파압계수(원형:1.00, 평면:1.43)



참고 그림 (4.2-2) 계산식 1의 파압력 분포도

$\gamma(Z/H_d)$ 는 Z 지점에 있어서 파압력 계수이며, 파의 작용고 η_d 는 최고고조면상 $0.75H_d$ 의 높이로 한다.

나. 계산식 2

방파제등대 또는 암초 상으로서 계산식 1에 속하지 않는 경우에 있어서의 파압력은 계산식 2를 사용하여 계산한다. 파압력의 분포는 참고 식 (4.2-5)에 의해서 계산하고, 전체 수압투영면에 등분포(等分布)로 작용하는 것으로 한다.

$$P_s = K_w 0.5 w_o \cdot H_d$$

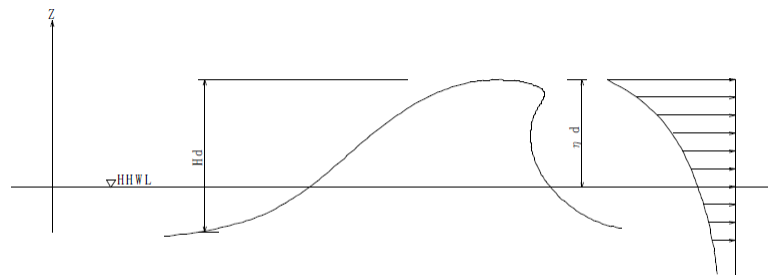
참고 식 (4.2-5)

여기서, P_s : 파압력(t/m²)

w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/m³)

H_d : 설계파고(m)

K_w : 파압계수(원형:1.00, 평면:1.43)



$$P_s = K_w 0.5 w_o H_d$$

참고 그림 (4.2-3) 계산식 2의 파압력 분포도

암초의 정상면이 최고고조면 이하에 있을 때는 파의 작용고 η_d 는 최고고조면상 $0.75H_d$ 의 높이이다.

상기 이외일 때의 작용고는 파의 작용고 및 파의 정상고에 의한다.

⑧ 기타 외력

가. 파의 타상력(처올리는 힘)

파도가 등탑에 작용하면 등탑을 따라 물기둥이 상승한다.

이 때 물의 움직임을 멈추도록 상부발판, 계단참 등의 돌출부가 등탑 중간에

항로표지시설

위치하게 되면 파가 위쪽으로 향했을 때의 타상력(쳐올리는 힘)이 작용한다. 이 작용의 한계는 파의 작용고 η_d 의 위쪽 $0.5H_d$ 로 한다.

타상력은 참고 식 (4.2-6)에 의하여 계산하고 작용하는 범위는 등탑(燈塔)의 직경 D 의 외측 $0.1D$ 이내의 범위로 한다.

$$P_u = C_u \cdot w_o (0.5H_d + \eta_d - Z) \quad \text{참고 식 (4.2-6)}$$

다만 $\eta_d < Z < (\eta_d + 0.5H_d)$

여기서, P_u : 파의 타상력(t/m)

C_u : 타상력 계수

상부발판 등의 타상력을 받는 면이 평판으로서 파의 진행을 방해할 때는 2.0
상부발판 등의 타상력을 받는 면이 파의 진행방향과 직각이 아니고 진행방향을 용이하게 바꿀 수 있는 구조일 때 1.0

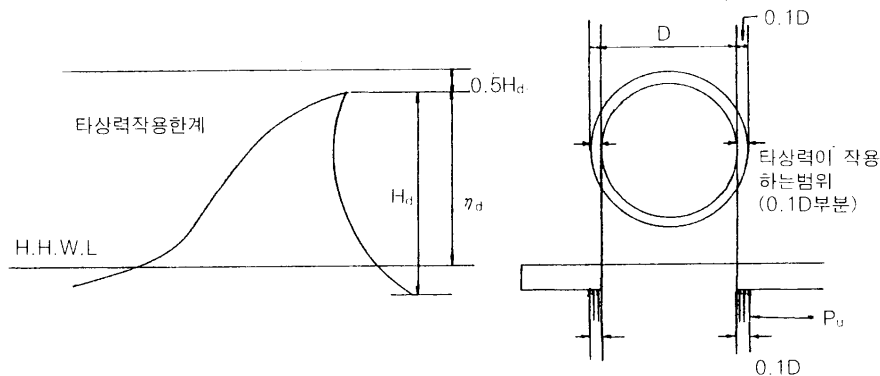
w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/m³)

H_d : 설계파고(m)

Z : 최고고조면(H.H.W.L)상 높이(m)

η_d : 파의 작용고(m)

타상력은 상부발판 등 세부설계에 사용하고 등탑전체 안정계산에는 고려하지 않는다.



참고 그림 (4.2-4) 파의 타상력

(2) 파의 작용고 및 파의 정상고

① 수상압상의 등표

파의 작용고 η_d 는 약최고고조위(A.H.H.W)상 참고 식 (4.2-7)에 의해 구하는 파의 정상고 η_c 로 하거나 참고 식 (4.2-8)에서 구하는 파도가 쳐 올라가는 높이 η_h 중 큰 값을 취한다.

$$\eta_c = 0.75 H_d \quad \text{참고 식 (4.2-7)}$$

$$\eta_h = 0.55 H_d + 0.7 R_h \quad \text{참고 식 (4.2-8)}$$

$$\eta_d = \max(\eta_c, \eta_h) \quad \text{참고 식 (4.2-9)}$$

여기서, η_c : 파의 정상고(m)

H_d : 설계파고(m)

η_h : 파도가 쳐 올라가는 높이(m)

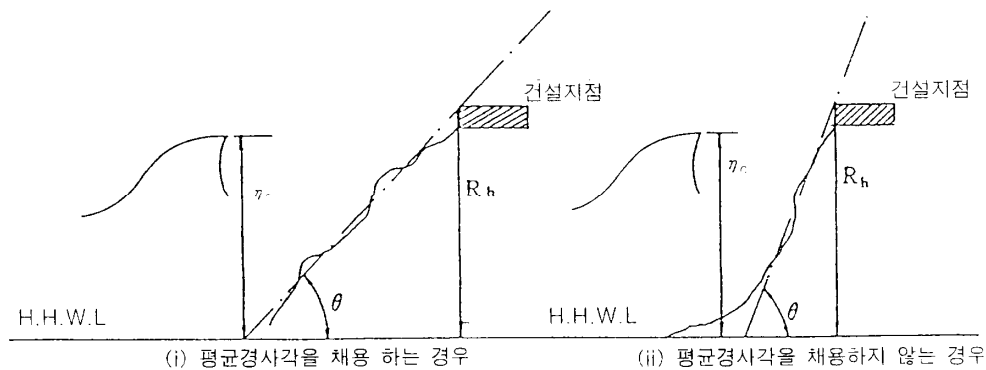
R_h : 최고고조위상 압초의 정상고(m)

η_d : 파의 작용고(m)

단, 파도가 쳐 올라가는 높이 η_h 는 압초전면의 경사각 θ 에 의한 참고 표 (4.2-3)의 값 이하로 하되 경사각 θ 는 최고고조위상에서 압초상 구조물 설치지점까지 높이의 평균경사각으로 한다. (경사의 상태가 불규칙하여 평균경사각을 알기 어려울 때 설계자가 이를 정한다.)

참고 표 (4.2-3) 파도가 쳐 올라가는 높이

경사각 (θ)	파도가 쳐 올라가는 높이 η_h (m)
90°	1.0 H_d
60°	1.23 H_d
45°	1.42 H_d
30°	1.74 H_d



참고 그림 (4.2-5) 압초 전면 경사각

② 수상암(水上岩) 이외의 압초상 등표

파의 작용고 η_d 는 최고고조위상(H.H.W.L)상 참고 식 (4.2-10)에서 구하는 파의 정상고 η_c 의 높이까지로 한다.

$$\eta_c = 0.75 H_d \quad \text{참고 식 (4.2-10)}$$

항로표지시설

③ 방파제 등대

파의 작용고 η_d 는 최고고조면(H.H.W.L)상 참고 식 (4.2-11)에서 구하는 파의 정상고 η_c 로 한다.

$$\eta_c = 0.8 H_d \quad \text{참고 식 (4.2-11)}$$

(3) 설계파

설계파를 결정할 때는 부근의 장기간 파랑관측자료를 바탕으로 결정하여야 하며 만약 자료가 없을 시는 구조물 설치지점 부근에서 생길 수 있는 파도를 추산하여 설계파를 결정한다.

① 현장심해유의파고(現場深海有意波高)

현장심해유의파고 $H'_{1/3}$ 은 심해유의파고 $H_{1/3}$ 및 파도의 방향과 부근의 지리적 조건을 감안해서 회절 굴절 등을 고려하여 결정한다.

② 파의 회절·굴절

파의 굴절과 회절은 KDS 64 10 10 설계조건 (4.3.4 파랑의 변형)과 항로표지 구조물 설계기준에 따르며 참고 식 (4.2-12)에 의해 현장심해유의파고 $H'_{1/3}$ 을 구한다.

$$H'_{1/3} = K_d \cdot H_{1/3} \quad \text{참고 식 (4.2-12)}$$

여기서, $H'_{1/3}$: 현장심해유의파고(m)

K_d : 회절계수

$H_{1/3}$: 심해유의파고(m)

③ 주 기

파랑관측자료 또는 파랑 추산자료를 바탕으로 결정한다.

자료가 없는 경우 다음에 의한다.

가. 외해로부터 파도의 영향을 받는 지점 $T_o = 12.0\text{sec}$

나. 내해 $T_o = 8.0\text{sec}$

④ 설계파고

설계파고 H_d 는 구조물에 작용하는 최대파고($H_{\max}$)를 취한다. 최대파고는 구조물 건설지점의 현장심해유의파고 $H'_{1/3}$ 의 2배 또는 건설지점에서 10 $H'_{1/3}$ 외해 쪽으로 거리가 떨어진 지점에서의 쇄파한계파고 H_b 중 작은 값을 택한다.

$$H_d = H_{\max} = \min(2H'_{1/3}, H_b) \quad \text{참고 식 (4.2-13)}$$

여기서, H_d : 설계파고(m)

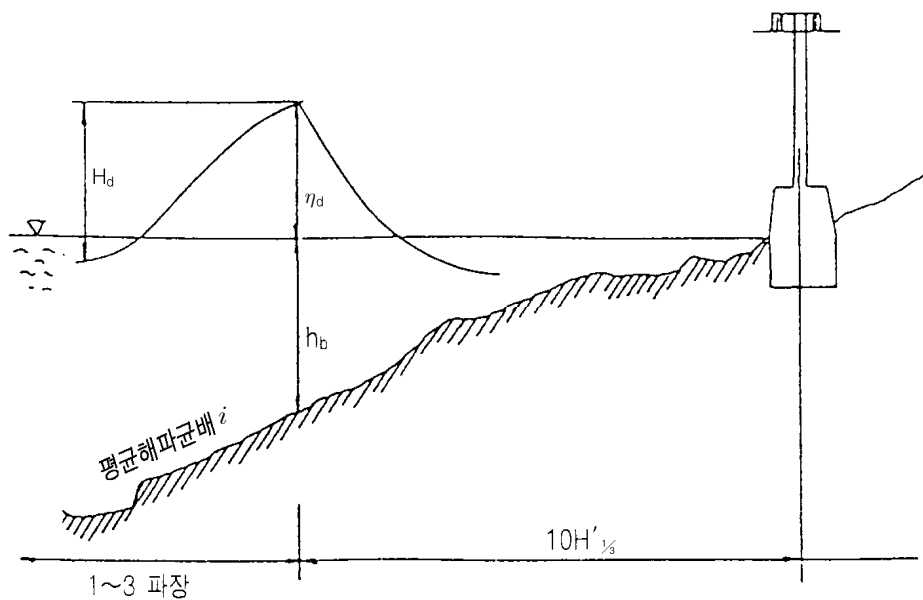
H_b : 쇄파한계파고(m)

$H'_{1/3}$: 현장심해유의파고(m)

가. 쇄파한계파고

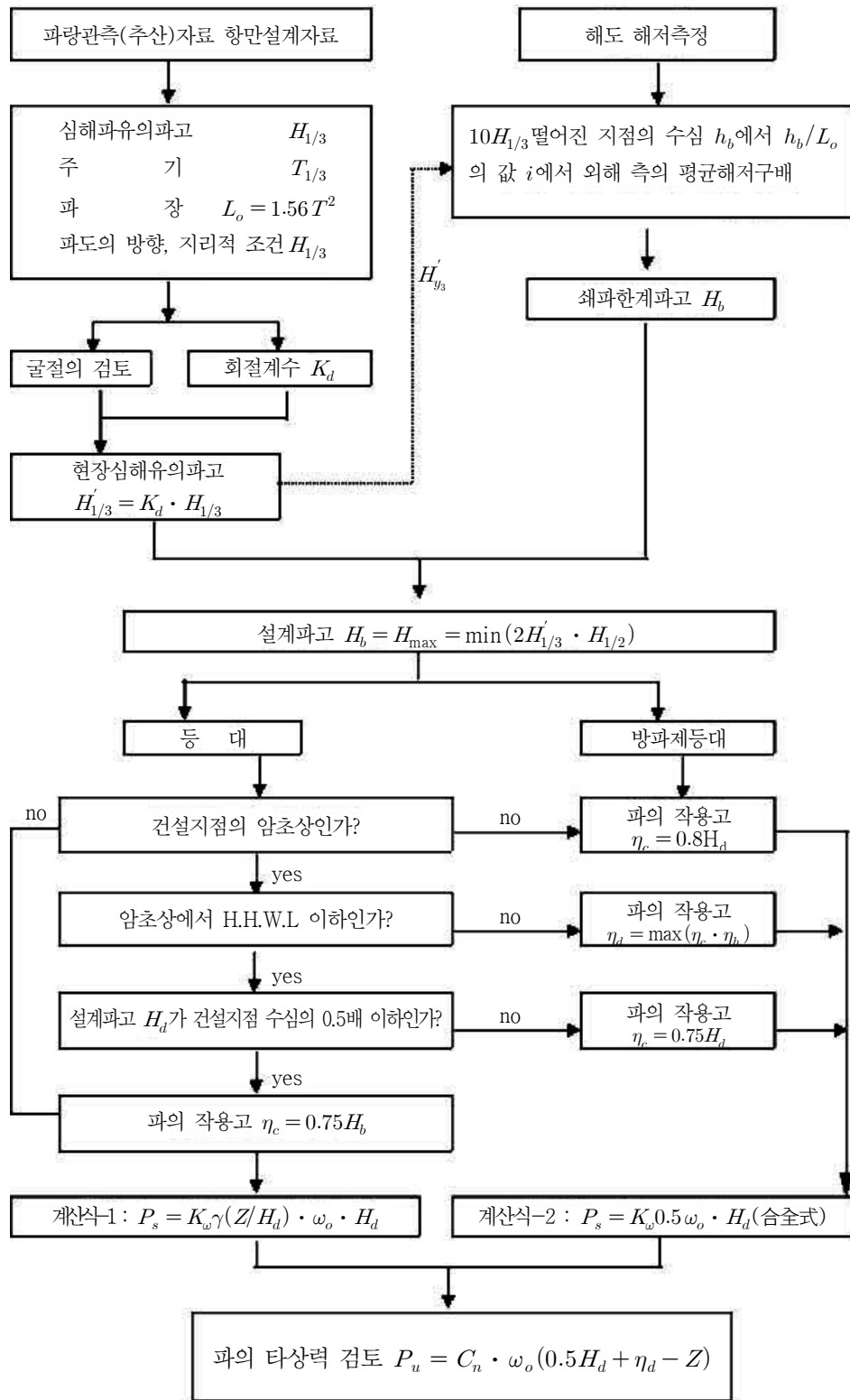
쇄파한계파고 H_b 는 쇄파지점의 수심 h_b 와 현장심해파파장 $L_o(=1.56 T_o^2)$ 와의 비 h_b/L_o 와 쇄파지점에서 외해 측의 평균해저경사 i (통상 1~3 파장 범위)를 사용, KDS 64 10 10 (4.3 파랑과 파력) 참고 그림(4.3-22)에서 쇄파한계파고와 쇄파지점의 수심과의 비 H_b/h_b 를 구해서 계산한다.

또한, 쇄파지점의 외해 측의 분명한 천퇴(Shoal)가 있고 이 지점에서 쇄파한다고 예상될 때에는 이 지점에서의 통과최대파고(쇄파현장파고와 동일)를 구하고, 이 파도에 대해서 위에서 설명한 방법을 적용한다.



참고 그림 (4.2-6) 설계파고를 고려하는 방법도

⑤ 설계의 순서



참고 그림 (4.2-7) 설계의 순서도

(4) 지반의 허용지내력도

지반의 허용 지내력도는 다음 표에 의한다.

참고 표 (4.2-4) 지반의 허용지내력도

지 반		허용지내력도 (장기)	허용지내력도 (단기)
경 반 암	화강암, 석록암, 편마암, 안산암, 화성암 및 굳은 역암 등의 암반	400	장기응력에 대한 1.5배로 한다.
연 암 반	관암, 편암 등의 수성암의 암반	200	장기응력에 대한 1.5배로 한다.
	혈암, 토단반 등의 암반	100	장기응력에 대한 1.5배로 한다.
자 갈		30	
자갈과 모래 섞인 혼합물		20	
모래 섞인 점토 또는 톱층		15	
모래 또는 점토		10	

주) 암반의 압축강도 시험을 했을 때에는 이 압축강도의 20%를 기허용지내력도로 한다.

(5) 표준 방파제등대의 안전한 표고 한계

H_d : 설계파고

b : 최고고조면에서 방파제 상단까지의 높이

M : 방파제 면사에서의 모멘트

I : 1 ~ 3형

$$Mr = M = 0.26(0.8H_d - b)^2 D_B$$

II : 4 ~ 9형

$$Mr = M = 0.2(0.8H_d - b)^2 27$$

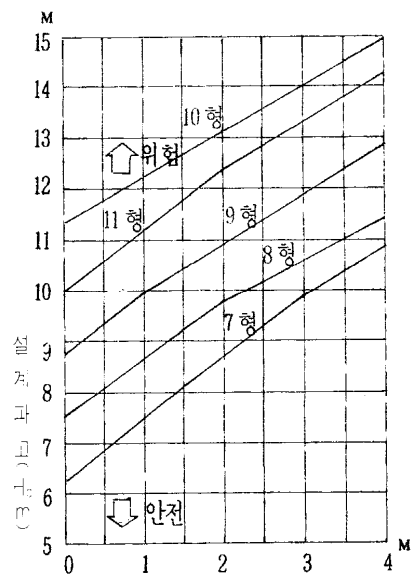
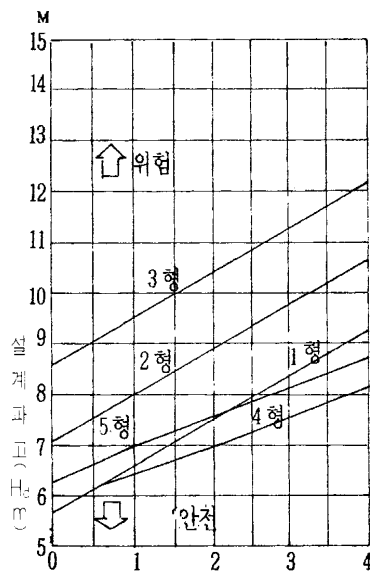
4 ~ 9형

$$Mr = M = 0.45(0.8H_d - b)^2$$

항로표지시설

참고 표 (4.2-5) 표준 방파제등대의 안전한 파괴한계

설계 파고 (H_d)	수면 상에서 방파제 상단까지의 거리 (11. 10형은 기초상단)	1형	2형	3형	4형 6형	5형	7형	8형	9형	10형	11형
저항모멘트 에서 정하는 파고한계	b = 0 m	5.7	7.1	8.6	5.8	6.3	7.3	8.0	9.2	10.7	11.4
	b = 0.5	6.2	7.6	9.1	6.2	6.8	7.8	8.3	9.6	11.1	11.8
	b = 1.0	6.6	8.0	9.5	6.4	7.0	8.2	8.9	10.0	11.5	12.3
	b = 2.0	7.5	8.9	10.4	7.0	7.5	9.1	9.8	10.9	12.4	13.1
	b = 3.0	8.4	9.8	11.3	7.5	8.1	10.0	10.6	11.8	13.4	14.0
	b = 4.0	9.3	10.7	12.2	8.2	8.8	10.9	11.5	12.8	14.3	15.0
파의 작용고에서 정하는 파고 한계 (상파 상단면- 2.0m)	b = 0 m	6.3	7.5	8.8	6.3	7.5	6.3	7.5	8.8	10.0	12.5
	b = 0.5	6.8	8.1	9.3	6.8	8.1	6.8	8.1	9.3	10.6	13.1
	b = 1.0	7.5	8.7	10.0	7.5	8.7	7.5	8.7	10.0	11.3	13.8
	b = 2.0	8.7	10.0	11.2	8.7	10.0	8.7	10.0	11.2	12.5	15.0
	b = 3.0	10.0	11.2	12.5	10.0	11.2	10.0	11.2	12.5	13.8	16.3
	b = 4.0	11.2	12.5	13.6	11.2	12.5	11.2	12.5	13.8	15.0	17.5



참고 그림 (4.2-8) H.H.W.L에서 방파제상단까지의 높이 h (m)

참고 표 (4.2-6) 재료의 단위 중량표

(kgf/m³)

종 류	명 칭	형 상	중 량	비 교
암 석	화 강 암	자연상태	2,600~2,700	
	안 산 암	자연상태	2,300~2,710	
	사 암	자연상태	2,400~2,790	
	현 무 암	자연상태	2,700~3,200	
	응 회 암	자연상태	1,500	
	대 리 석	자연상태	2,700	
	경 암	자연상태	900	
토사 및 자갈, 점토	자 갈	건 조	1,600~1,800	
		습 기	1,700~1,800	
		포 화	1,800~1,900	
	모 래	건 조	1,500~1,700	
		습 기	1,700~1,800	
		포 화	1,900~2,000	
	점 토	건 조	1,200~1,700	
		습 기	1,700~1,800	
		포 화	1,800~1,900	
	점 질 토	보 통	1,500~1,700	
		자갈이 섞임	1,600~1,800	
		자갈이 섞이고 습함	1,900~2,100	
	모래 진흙		1,700~1,900	
	자갈 섞인 토사		1,700~2,000	
	자갈 섞인 모래		1,900~2,100	
	호 박 돌		1,800~2,000	
	사 석		2,000	
	조 약 돌		1,700	
금 속	주 철		7,250	
	간, 주강, 단철		7,850	
	연 철		7,800	
	청동, 황동		8,400	
	구 리		8,900	
	아 연		6,900	
	연 (납)		11,400	
	알루미늄		2,700	
	스테인리스	SUS 304	7,930	
콘크리트	철근콘크리트		2,450	
	무근콘크리트		2,300	
목 재	목 재	생소나무	800	
	소 나 무	건 조	580	
	적 송	건 조	590	
	미 송	건 조	400~700	
기 타	시 멘 트	자연 상태	1,500	
	시 멘 트		3,150	
	시멘트몰탈		2,100	
	역청포장		2,200	
	역청재(방수용)		1,100	
	물		1,000	
	해 수		1,030	
	눈	분말상태	160	
	눈	동결상태	480	
	눈	수분포화	800	

4.3 도등과 도선

도등(도선) 설계시는 인공항로 또는 자연항로에 중심선 주변의 항로표지 현황과 해당 항로를 이용하는 선박의 폭, 이들 선수 움직임의 크기, 선박교행을 위한 폭, 횡방향의 바람과 조류의 영향 등으로 항적과 선수방위 사이의 편각 및 수심의 변경요인 등 항해 여유값을 고려하여야 한다.

[해 설]

- (1) 도등(도선)은 좁은 수로나 인공항로의 중앙선을 표시하기 위하여 항로의 연장선상 육상지점에 전(前)·후(後) 도등 2기 이상을 1조로 설치하는 시스템이다.
- (2) 등화 없이 주간만 이용하는 시설을 도표(導標)라 하고 야간에 등화를 사용하는 시스템을 도등(導燈)이라 한다.
- (3) 도등은 항해자가 동일한 각도에 있는 등화를 보고 항로를 유지하여 항해할 수 있도록 동일 수직선상에 두 개 또는 그 이상의 등화를 설치한 시설을 이용한 항로유도선(航路誘導線)으로서, 이용구간 내에서 선박을 정확히 유도하며 신뢰할 수 있고, 대단히 감도가 좋고 간단히 이용할 수 있는 항로표지 시설을 말한다.
- (4) 도등을 설치할 수 없는 여건에서는 지향등(Direction light/sector light)을 설치한다.
- (5) 전(前)·후(後) 도등의 설치 위치와 등화의 높이 및 주간표지판의 크기에 관한 계산은 항로표지 기능 및 규격에 관한 기준과 함께 다음 기준에 따라 설계하여야 한다.
 - ① 국제항로표지협회의 도등라인의 설계 지침(IALA Guideline 1023, the design of leading lines, 2005.12)
 - ② 국제항로표지협회의 도등의 설계 권고(IALA Recommendation E-112, leading lights, 2005.12)
- (6) 도등의 설계는 국제항로표지협회의 컴퓨터 설계 프로그램 Leading line design programme V2.02 E-112-2을 이용할 수 있다.

[참 고]

4.3.1 도등(Leading lights)

- (1) 일반적인 개요
 - ① 도등(Leading lights)은 선박이 이용구간(Useful segment)이라고 하는 직선항로의 구역을 따라 정확하게 유도하기 위하여 설치하는 것으로 신뢰성이 있고 매우 민감하며 이용하기 쉬운 항로표지이다.
 - ② 도등은 직선을 이루는 이용가능구간으로 된 자연 상태의 좁은 수로 또는 인공항로의 중앙선을 표시하기 위하여 항로의 연장선상의 육상 지점에 2기 이상을 1조로 설치하는 시스템이다.
 - ③ 이용구간에서 가장 먼 관측지점과 전도등까지의 거리를 최대거리라 하고 가항 항로에서

가장 가까운 관측지점과 전도표까지의 거리를 최소거리라고 하며, 가장 큰 잠재적인 위험물과 전도등까지의 거리를 위험거리라 하고 가장 큰 위험물과 가항 항로의 중앙과의 거리를 측면거리라 한다.

- ④ 도등은 인공항로 폭의 결정 또는 자연항로에 중심선을 설정할 축은 주변의 항로표지 현황과 해당항로를 이용하는 선박의 폭, 이들 선박의 선수의 움직임(Yaw)의 크기, 선박 사이의 교행을 위한 폭, 횡방향의 바람과 조류의 영향으로 항적과 선수방위 사이의 편각(Drift angle) 및 수심의 변경요인 등 항해 여유값(Nautical margins)을 고려하여야 한다.

(2) 목적 및 기능

- ① 가항항로(Navigable channel)를 나타낸다.
- ② 심흘수(深吃水) 선박에게 항로의 최대 수심 부분을 가리켜 준다.
- ③ 등표 또는 등부표가 없거나 정확한 항해용으로 부적합한 경우에 가항 항로를 나타내 준다.
- ④ 특히 횡 조류(Cross currents)가 있는 항구 또는 하구 진입로에서 안전한 접근을 가능케 한다.
- ⑤ 양방향 통항을 분리시키는 역할을 한다.
- ⑥ 대규모 항만(재)개발 또는 해상교량 설치에 따라 해상교통환경이 급격히 악화될 경우 설치할 수 있다.

(3) 성능기준

- ① 항해자가 위험물로부터 충분히 멀리 떨어진 지점에서 인지하여 중시선 축을 따라 항해할 수 있도록 하여야 한다.
- ② 항해자가 선박이 중시선 축에서 편류하는 경향 및 그러한 경향의 정도와 방향을 신속하게 인지할 수 있도록 하여야 한다.

(4) 기술적 고려사항

- ① 도등의 주기는 항상 두 등화를 동시에 관측될 수 있도록 점멸하는 경우에는 동기(同期)화 한다.
- ② 소형선박이 전도등을 후도등으로 오인할 수 있으므로 전도등의 등고를 너무 높지 않도록 하여야 한다.
- ③ 도등을 밤낮으로 이용할 경우 도등의 광도는 야간에 눈부심을 방지하기 위하여 주간 및 야간에 적합한 광도를 채택하여야 한다.

(5) 도등의 등화(IALA 권고 E-112 1998년 5월)

- ① 이용구간 내에서의 각막조도
이용구간 내에서 각 등화에 대한 항해자의 각막조도는 최소 $1 \times 10^{-6} \text{lx}$ 이상이어야 한다.
- ② 조도의 동등성
이용구간 내에서 두 등화의 대한 각막조도는 가능한 한 동일하여야 한다.
- ③ 접근구역 내에서의 각막조도
접근구역 내에서 어느 곳에서든지 항해자의 각막조도는 $0.2 \times 10^{-6} \text{lx}$ 가 되어야 한다.
- ④ 눈부심(Glare)을 방지
이용가능구역에서의 각 등화에 대한 항해자의 각막조도는 0.1lx 를 초과하여서는 안 된다.

도등의 배후지역이 너무 어두울 때는 0.01 lx까지 줄여야 한다.

⑤ 등화의 분리(Separation)

이용가능구역의 어느 곳에서든지 항해자가보는 두 등화의 수직각은 적어도 계산식으로 구한 값 γ_m (Radian)값 이상이어야 한다.

$$E_1 = E_2 \text{ (*) 일 때 } \gamma_m = (2.4 + 0.2 \log E^+) 10^{-3} \quad \text{참고 식 (4.3-1)}$$

$$| \log(E_1/E_2) | = 1 \text{ (*) 일 때 } \gamma_m = (2.6 + 0.16 \log E^+) 10^{-3} \quad \text{참고 식 (4.3-2)}$$

$$| \log(E_1/E_2) | = 2 \text{ (*) 일 때 } \gamma_m = (3.32 + 0.08 \log E^+) 10^{-3} \quad \text{참고 식 (4.3-3)}$$

여기서 $E_1 = E_2$: 각 전후도등에 대한 항해자의 각막조도(lx)

E^+ : 이들 두 값 중 큰 값

(*) E_1/E_2 의 비가 다른 값일 때에는 보간식을 이용한다.

최종광도를 채택하기 전에 적합한 도등 위치를 사전 조사하는 경우에는 $\gamma_m = 1.5 \times 10^{-3}$ Radian(약 5분의 값) 값을 기초로 하여야 한다.

⑥ 감도(Sensitivity)

가. 관측자가 두 등화가 일직선상에서 수직으로 있다고 인식할 때, 두 등화가 이루는 수평분리각의 표준편차는 다음 공식을 사용하여 계산한다.

$$\Theta_Q = \sup(\text{괄호안의 두 숫자 중 큰 값})(\Theta_1, \Theta_2) \quad \text{참고 식 (4.3-4)}$$

$$\gamma \leq 5 \times 10^{-3} \text{ Radian 일 때 } \Theta_1 = 0.05 \times 10^{-3} + 0.038\gamma \quad \text{참고 식 (4.3-5)}$$

$$5 \times 10^{-3} \leq \gamma \leq 20 \times 10^{-3} \text{ Radian 일 때 } \Theta_1 = 0.1 \times 10^{-3} + 0.028\gamma \quad \text{참고 식 (4.3-6)}$$

$$\Theta_2 = 0.07 \gamma_m \quad \text{참고 식 (4.3-7)}$$

나. 관측자가 도등의 도선 축으로부터 벗어나지 않고 방향을 찾을 수 있는 두 등화의 최소 수평분리각은 다음 공식으로 계산한다.

$$\Theta_D = \sup(\text{괄호안의 두 숫자 중 큰 값})(\Theta'_1, \Theta'_2) \quad \text{참고 식 (4.3-8)}$$

$$\gamma \leq 5 \times 10^{-3} \text{ Radian 일 때 } \Theta'_1 = 0.16 \times 10^{-3} + 0.12\gamma \quad \text{참고 식 (4.3-9)}$$

$$5 \times 10^{-3} \leq \gamma \leq 20 \times 10^{-3} \text{ Radian 일 때 } \Theta'_1 = 0.31 \times 10^{-3} + 0.09 \gamma \quad \text{참고 식 (4.3-10)}$$

$$\Theta'_2 = 0.224 \gamma_m \quad \text{참고 식 (4.3-11)}$$

다. 선박의 형태나 항해조건을 고려하여 설치된 도등의 축선은 항해자가 관측하여 다른 각도로 이탈하여 보이는 지점(다음 식에 얻어지는 Radian 값)까지 선박을 안전하게 유도해야 한다.

$$\Theta_M = \sup(\text{팔호안의 두 숫자 중 큰 값})(\Theta''_1, \Theta''_2) \quad \text{참고 식 (4.3-12)}$$

$$\Upsilon \leq 5 \times 10^{-3} \text{ Radian일 때 } \Theta''_1 = 0.25 \times 10^{-3} + 0.19\Upsilon \quad \text{참고 식 (4.3-13)}$$

$$5 \times 10^{-3} \leq \Upsilon \leq 20 \times 10^{-3} \text{ Radian일 때 } \Theta''_1 = 0.5 \times 10^{-3} + 0.14\Upsilon \quad \text{참고 식 (4.3-14)}$$

$$\Theta''_2 = 0.35\Upsilon_m$$

Υ 는 항해자가 관측한 등화의 수직분리 각(radian 값)이다.

라. 주간에 사용하는 도등은 야간에 비하여 광도를 2000~5000배로 증가시켜야 한다는 것을 제외하고는 야간 도등과 마찬가지로 설계하여야 한다.

⑦ 시스템의 정의

가. 도선, 도등축 : 지표상에서 도등을 통과하는 수직면상의 궤적(Trace)

나. 이용구간 : 선박이 유도를 받을 수 있도록 계획된 구역 내에서 도등 축을 따라 가는 부분

다. 후도등 : 도등축을 따라 항해자로부터 가장 멀리 있는 등화

라. 전도등 : 도등축을 따라 항해자로부터 가장 가까이 있는 등화

마. 도등접근구역 : 항해자에게 적어도 하나 혹은 그 이상의 등화를 볼 수 있어서 어려움 없이 이용구간으로 들어갈 수 있다고 생각되는 구역

바. 양각(Elevation angle) : 관측자가 있는 위치에서 수평면과 등화 사이의 각

⑧ 기호(Symbols)

E_1 : 전도등에 의해 생긴 관측자의 각막조도(lx)

E_2 : 후도등에 의해 생긴 관측자의 각막조도(lx)

E^+ : E_1 과 E_2 중에서 큰 값

F_1 : 전도등

F_2 : 후도등

H_1 : 기준수면 상에서 전도등의 높이(m)

H_2 : 기준수면 상에서 후도등의 높이(m)

H' : 기준수면 상에서 장애물의 높이(m)

H'' : 장애물에 의해 차폐되는 등화의 기준수면 상의 높이(m)

I : 등화의 광도

I_1 : 전도등의 광도

I_2 : 후도등의 광도

M : 관측자의 안고

M_o : 기준수면에 투영한 M 의 위치

R : 등화간의 수평거리(m)

S : 등화가 차폐되는 장애물과 등화사이의 수평거리(m)

V : 기상학적 시정(m)

V_a : 도등접근구역에서의 최소 시정

V_u : 이용구역에서의 최소 시정

a : 전도등으로부터 이용구간간의 최근접점까지의 수평거리(m)

b : 해면상의 관측자의 안고(m)

c : 기본수준면 상에서 해수면까지의 높이(m)

d : 등화까지의 수평거리(m)

l : 전도등으로부터 이용구간간의 가장 먼 곳까지의 수평거리(m)

u : 장애물과 관측자 사이의 수평거리(m)

x : 전도등과 도등축 상의 어떤 점간의 수평거리(이용구간을 향할 때의 바른 값)(m)

y : 수평면 축으로부터의 거리(m)

y_M : 항해자가 축으로부터 벗어나 있는 것을 확신을 가지고 인식할 때의 거리(m)

z : 수평면 안고차 : 관측자 위치에서 해면의 점평면과 임의 점의 해면간의 거리(M)

z_1 : 전도등의 수평면 안고차(m)

z_2 : 후도등의 수평면 안고차(m)

Υ : 수직분리각(Radian으로 측정한 두 등화의 양각(Elevation angle)차)

Υ_m : 양 등화의 적합한 분리에 필요한 최소의 수직분리 각(Radian)

Θ : 수평분리각(두 등화의 방위의 차, Radian)

Θ_Q : 수평분리각의 표준편차

Θ_1 : Θ_Q 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ 의 함수

Θ_2 : Θ_Q 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m 의 함수

Θ_D : 안전하다고 탐지하는 수평 분리각

Θ'_1 : Θ_D 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ 의 함수

Θ'_2 : Θ_D 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m 의 함수

Θ_M : 수로 경계에서 추천되는 최소 수평분리각

Θ''_1 : Θ_M 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ 의 함수

Θ''_2 : Θ_M 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m 의 함수

(6) 도선 및 도등에 적용되는 공식(IALA 권고 E-112)

① 각막조도(Allard)

기상학적 시정 $V(m)$ 에 있어서 광원으로부터의 거리 $d(m)$ 떨어진 지점에서의 광도 $I(cd)$ 의 빛에 의해 생기는 각막조도 $E(lx)$ 는 다음의 식에 의해서 주어진다.

$$E = Id^{-2}(0.05)^{d/v} \quad \text{참고 식 (4.3-15)}$$

조건 A-1은 V 가 V_u 와 같을 때 다음 두 개의 공식에 의한 등식의 조합에 의해 표시된다.

$$\left. \begin{aligned} I_1 l^{-2}(0.05)^{l/v} &\geq 1 \times 10^{-6} \\ I_2 (l+R)^{-2}(0.05)^{(l+R)v} &\geq 1 \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.3-16)}$$

조건 A-2는 다음의 값의 비가 1과 거의 같을 때이다.

$$I_1 x^{-2} (0.05)^{x/v} \text{과 } I_2 (x+R)^{-2} (0.05)^{(x+r)/v} \quad \text{참고 식 (4.3-17)}$$

여기서 x 는 a 와 l 사이의 값이고 V 는 V_u 보다 큰 값이다.

$$I_2/I_1 + (1 + \frac{R}{a})(1 + \frac{R}{l})(20)^{R/2LV} \quad \text{참고 식 (4.3-18)}$$

조건 A-3은 도등포착구역이 경계의 어떤 위치에서도 관련 방향에 있다면 두 등화 중에 최소한 한 개가 다음 식을 만족하여야 한다.

$$Id^{-2} (0.050d/V \geq 0.2 \times 10^{-6} \quad \text{참고 식 (4.3-19)}$$

여기서 V 는 V_u 와 같고 d 는 광도 I 까지의 거리이다.

조건 A-4는 다음 두 공식이 동시에 만족되었을 경우이다.

$$I_1 a^{-2} \leq 0.1 \quad \text{참고 식 (4.3-20)}$$

$$I_2 (a+R)^{-2} \leq 0.1 \quad \text{참고 식 (4.3-21)}$$

② 등화의 분리

등화의 분리에 표시되어 있는 E_1/E_2 의 중간선에 관해서는 그래프에 의한 산출이나 다음 보간식에 의해 구할 수 있다.

$$\Upsilon_m = [2.4 - 0.06 |\log (E_2/E_1)| + 0.26 |\log (E_2/E_1)|^2 + \log E^+ (0.2 - 0.02 |\log (E_2/E_1)| - 0.02 |\log (E_2/E_1)|^2)] 10^{-3} \quad \text{참고 식 (4.3-22)}$$

③ 수직분리각

R 만큼 떨어진 두 지점의 수직각 Υ 은 기본수준면 상의 높이가 각각 H_1 과 H_2 이고 관측자로부터 x 만큼 떨어졌을 때 다음 식에 의해 얻어진다.

$$\Upsilon = \frac{H_2 - b - c - 6.75 \times 10^{-8} (x+R)^2}{x+R} - \frac{H_1 - b - c - 6.75 \times 10^{-8} x^2}{x} \quad \text{참고 식 (4.3-23)}$$

이 식은 관측자로부터 d 만큼 떨어진 곳의 수평안고차(Dip of the horizon) z 를 등대표에 있는 것처럼 $6.75 \times 10^{-8} d^2$ 라고 가정한다.

이 공식은 다음과 같이 간단히 할 수가 있다.

$$\gamma = \frac{H_2 - b - c}{x + R} - \frac{H_1 - b - c}{x} - 6.75 \times 10^{-8} R \quad \text{참고 식 (4.3-24)}$$

(조건) $6.75 \times 10^{-8} R$ 은 지구의 곡률에 의한 보정값이고, 관측지점간의 거리의 함수이며, 등화의 분리 조건은 $\gamma \geq \gamma_m$ 이다.

등화의 조건은 설명에 표시된 Data를 기초로 하여 $\gamma \geq \gamma_m$ 으로 쓸 수 있다.

(주) 이 식은 장애물에 의해 차폐의 영향을 받지 않는다는 조건을 포함하고 있다. 이 경우 u 는 관측자의장애물 사이의 수평거리이고 H' 는 장애물의 높이 H'' 는 장애물에 의해 차폐되는 등화의 기준수면 상의 높이, S 는 등화가 차폐되는 장애물과 등화사이의 수평거리라면 다음 표현식이 얻어질 것이다.

$$\frac{H'' - b - c}{u + S} - \frac{H' - b - c}{u} - 6.75 \times 10^{-8} S \geq 0 \quad \text{참고 식 (4.3-25)}$$

위의 식에서는 최저조위에서 만재하중인 선박과 장애물에서 가장 가까운 이용 구간의 지점을 기초 재원으로 하여야 한다.

④ 축에서 벗어난 거리

전도등에서 x (전도등과 도등축 상의 어떤 점간의 수평거리)만큼 떨어진 곳에서 도등축에서 벗어난 거리 y 는 두 등화 사이의 거리 R , 두 등화의 수평분리각(Bearing difference) θ 이면 다음과 같이 구해진다.

$$y = \theta x \left(1 + \frac{x}{R}\right) \quad \text{참고 식 (4.3-26)}$$

확실하게 감지되는 축거리 y_D 는 확실하게 감지되는 수평분리각이 θ_D 이면 다음과 같다.

$$y_D = \theta_D \left(1 + \frac{x}{R}\right) \quad \text{참고 식 (4.3-27)}$$

최소로 권고되는 항로 폭의 반절 y_m 은 최소의 수평분리각이 θ_m 이면 다음과 같이 구해진다.

$$y_m = \theta_m \left(1 + \frac{x}{R}\right) \quad \text{참고 식 (4.3-28)}$$

⑤ 지리학적광달거리

등화의 기본수준면상의 높이 H , 해면상의 관측자의 안고 b 일 때 미터로 표시한 지리학적 광달거리는 아래와 같다.

$$3.849(\sqrt{H - c} + \sqrt{b}) \quad \text{참고 식 (4.3-29)}$$

이 공식은 장거리용 도등의 경우에는 이용구간의 가장 먼 거리 끝단과 접근수역의 범위는 전·후도등의 지리학적 광달거리 내에서 검토되어야 한다.

4.3.2 지향등(Sector light)

(1) 일반적인 개요

- ① 지향등(Sector light)은 도등(Leading lights) 설치가 불가능할 때 적용할 수 있다.
- ② 지향등(Sector light)은 항로의 연장선상의 육지에 단독으로 설치된 구조물로서 항해자에게 하나의 등기구(燈器具)에서 3색광이 투사되며 이 중 백광은 유도항로를 표시하고 좌현 측의 녹색광(Green)과 우현 측의 홍색광(Red)은 위험구역으로 선박이 편위(Deviation)되고 있음을 알려준다.
- ③ 지향등/분호등(Sector light)의 특수한 형식으로 (2)항의 용도에 따라 선택적으로 적용한다.

(2) 지향등(Sector light)의 용도

- ① 가항 항로의 경계
- ② 변침지점
- ③ 여울목, 사주 등
- ④ 구역 또는 위치(표박지)
- ⑤ 항로의 최대수심 부분

4.3.3 도표(Leading mark)

(1) 주간표지판의 크기

- ① 주간표지판은 다음 식을 이용하여 높이와 폭을 산출한다.

$$\text{주간표지판의 높이} = 2.01 - e^{D/5780}$$

참고 식 (4.3-30)

$$\text{주간표지판의 폭} = 1.34 - e^{D/5780}$$

참고 식 (4.3-31)

여기서, D = 최대거리(m)

- ② 이 공식에 의해 판의 규격이 결정된 적색고정판(Solid red panel)은 다음의 조건하에서도 감지될 수 있다.

참고 표 (4.3-1) 주간표지판의 인지거리

배후광(cd/m ²)	최대거리(m)	기상학적 시정(km)
3 박명시(Twilight)	10,000	20
300 잔뜩 흐리고 어두운 날씨	7,500	10
3000 청명한 날씨	5,000	7

- ③ 계산된 크기의 표지판을 설치할 수 없다면 가능한 한 최대크기의 표지판을 설치할 수 있도록 모든 조건을 재조사할 필요가 있다.
- ④ 주간표지판의 3가지 색상(적색-황색-적색 또는 백색-흑색-백색)의 수직 줄무늬로 도색한다.

항로표지시설

(2) 도등 및 도표 설치 시 요구되는 사항

- ① 주간표지판의 크기
- ② 해면과 지면상의 마스트(Mast) 높이
- ③ 해면과 지면상의 등화 높이
- ④ 해면과 지면상의 구조물의 높이
- ⑤ 역 반사 면적(Retroreflector area)
- ⑥ 설치장소의 토질
- ⑦ 초기 좌표와 기준점의 작도
- ⑧ 도선방향

(3) 역반사재(Retroreflector)

- ① 역반사재는 소형 레이보트의 항로와 일반적인 빛을 발할 수 없는 항로에서의 등화 대체용으로 사용되고 있다.
- ② 역반사재의 설계치는 소형 레이보트는 10,000cd이며 상선의 경우는 1,000,000cd이다.
- ③ 역반사재의 최소 반사범위는 다음과 같이 계산된다.

$$A = ED^4 / I.R.0.5^{2D/1850}$$

참고 식 (4.3-32)

여기서, A = 반사범위(m^2)

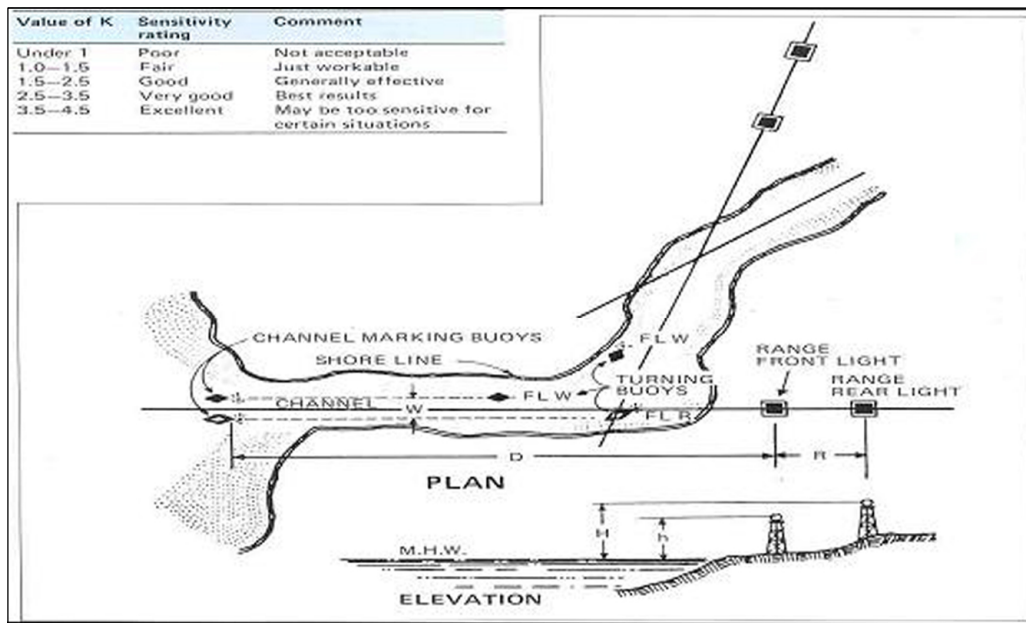
E = 빛의 한계치(lx)

D = 관측거리(m)

I = 선박등 의 광도(cd)

R = 역반사기의 반사율($lx/m^2/cd$)

- ④ 역반사재의 설계는 등화에 대한 설계기준과 유사하나 충분한 빛을 얻기 위한 것이므로 최대광도의 계산은 필요하지 않는다.



참고 그림 (4.3-1) 도등(도표)의 배치 예

4.4 부표류

4.4.1 부표류의 설계

- (1) 부표류는 설치 위치, 해상환경과 수심 등을 고려하여 특별한 사유가 없는 한 표준형 부표를 설치하여야 한다.
- (2) 해역여건이나 용도에 따라 불가피하게 비표준형부표를 설치하고자 할 때에는 표체, 체인, 계류구, 침추 등에 대하여 별도로 안전계산을 하여 안정성을 확보하여야 한다.
- (3) 부표류는 IALA해상부표식과 항로표지 기능 및 규격에 관한 기준 및 표준형 부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정에 따라 제작, 설치, 관리하여야 한다.

[해설]

- (1) 등부표는 항해하는 선박에게 항로 법선과 암초, 천소 등 장애물의 존재를 알려주기 위하여 침추를 해저에 정치하여 해면상에 뜨게 하는 구조물로서 등광을 발하는 것을 말하며 등광을 방하지 않고 주로 주간에 이용되는 것을 부표라고 한다.
- (2) 이 장에서는 등부표, 부표, Spar Buoy, LANBY를 통칭하여 부표류 또는 부표로 칭한다.
- (3) 스파부이(Spar buoy)는 조류가 강한 지역이나 조위차가 큰 해역에 설치는 부적당하다.
- (4) 부표류는 주변의 환경적 외력으로 인하여 고정표지와 비교시 신뢰도가 떨어지며 특히 유실, 위치이동 등의 사고에 대비하기 위하여 규정을 준수하여 제작, 설치, 유지관리하여야 한다.

[참고]

- (1) 해상부표식의 종류[참고 그림 (4.4-1), (4.4-2) 참조]

① 측방표지

부표설치의 관습적 방향에 따라 설치되며 일반적으로 지정된 항로를 표시하는데 사용하며 통항항로의 좌현 측 및 우현 측을 표시한다. 다만 항로가 분기되는 곳에서는 우선항로를 지시하기 위하여 변형된 측방표지를 사용할 수 있다.

② 방위표지

나침의(Compass)를 사용하는 항해자가 가항수역을 확인할 수 있도록 하기 위하여 사용된다.

③ 고립장애표지

가항수역 내에 존재하는 일정 규모의 고립장애물을 표시한다.

④ 안전수역표지

설치 위치 주변의 모든 수역이 가항수역임을 표시하는데 사용한다(예 : 항로 중앙표지).

항로표지시설

⑤ 특수표지

일반적으로 항로 또는 장애물을 표시하는 것이 아니고 수로도지에서 표시되는 구역이나 지물을 표시한다.

⑥ 기타표지

항행을 지원하기 위한 정보를 제공하기 위해 사용한다.

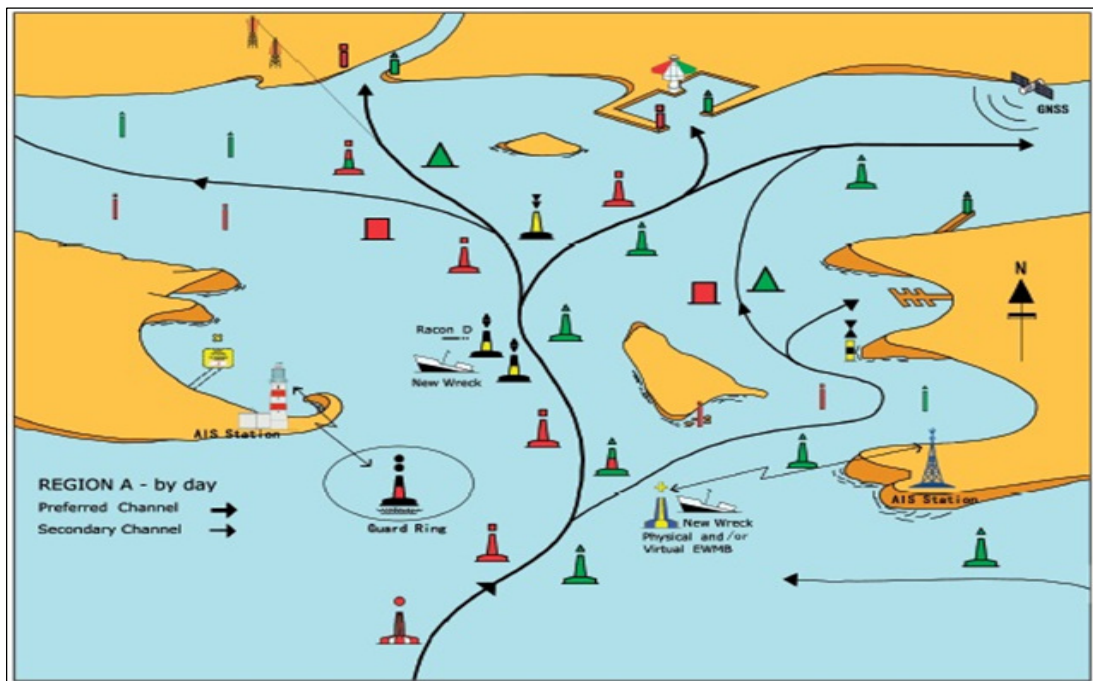
(2) 부표류 설치의 관습적 방향

① 주 항로에서 항만에 접속한 항로는 항만 쪽을, 또는 항만 내에 있는 항로에 관해서는 통상 선박이 정지해서 하역하는 곳이 있는 쪽을 수원으로 한다.

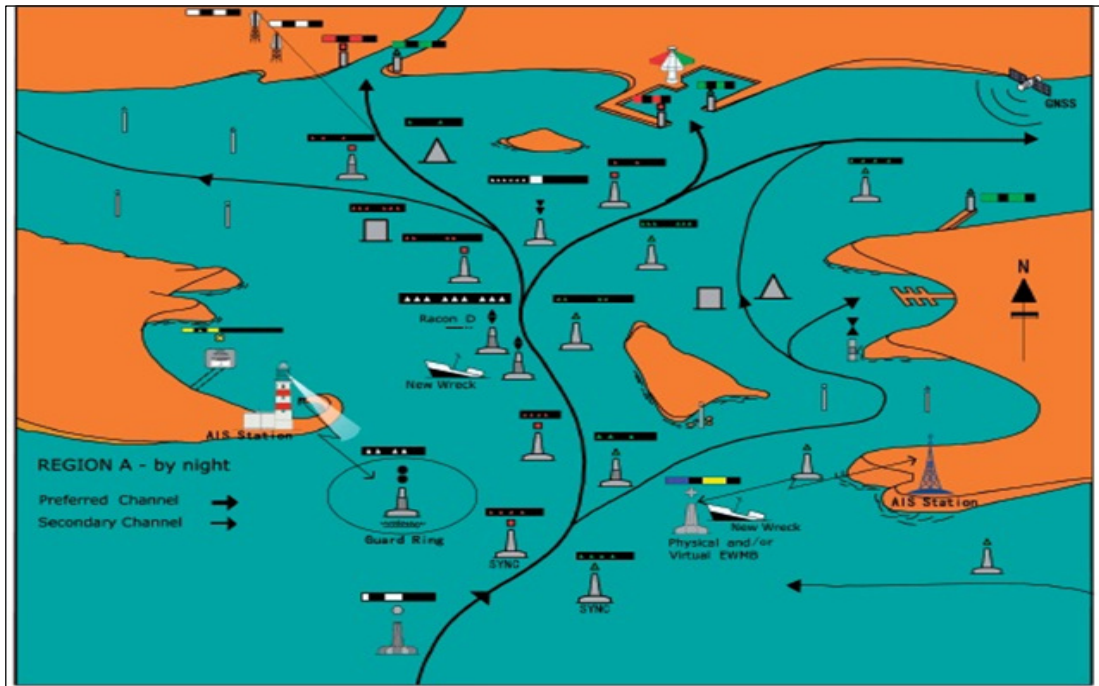
② IALA 해상부표식에 의한 좌현표지, 우현표지, 좌항로우선표지, 우항로우선표지의 방향의 기준이 되는 수원은 다음의 기준에 의한다.

가. 항, 만, 하천 및 이곳에 접속하는 수역은 항이나 항의 곡부(曲部) 또는 하천의 상류나. 여수해만, 진주만, 삼천포수도, 조도수도, 사랑도부근, 견내량해역, 진해만, 가덕수도의 연속된 해면은 마산항이 수원이다.

다. 항해자가 부표의 방향에 관하여 혼돈 가능성이 있는 곳에는 수로당국에 의하여 해도에 표시된 국제적으로 등재된 부표방향 기호에 따른다.



참고 그림 (4.4-1) 해상부표식-주간표지(B방식)



참고 그림 (4.4-2) 해상부표식-야간표지(B방식)

(3) 부표류 설치위치 및 규격기준

- ① 부표류를 설치하고자 할 때에는 이용자의 요구, 해안가의 특성, 수로의 물리·환경상태와 수로에서의 해상교통 형태 및 교통 밀집도 등을 고려하여 부표류의 설치위치, 종류 및 규격을 결정하여야 한다.
- ② 부표류의 설치위치를 결정할 때는 최신 대축척 해도상에서 검토 하여야 하며 최대 이용선박의 안전을 기준으로 해저지형이나 하상지형과 수심, 저질, 장애물, 천소 등의 여건을 고려하여야 한다.
- ③ 부표류의 위치는 침추를 해저나 하상에 투하하여 정치된 지점으로 한다.
- ④ 부표류는 표준형 부표 제작 및 품질관리 기준에 따른 표준형부표를 사용하여야 한다.
- ⑤ 항로 여건 등으로 표준형부표를 사용하기 어려운 곳에서는 표준형부표 외의 규격을 사용할 수 있다. 다만 1년 이상 설치되는 비표준형 부표류는 절차에 따라 비표준형 부표류 사용 승인요청서를 주무관청에 제출하여 승인을 받은 후 사용하여야 한다.

(4) 부표류의 배치기준

① 일반적인 배치기준

- 가. 항로한계선 표시를 위한 부표 배치 방식 및 설치간격 결정은 항로를 이용하는 선박 중에서 최대 톤급에 해당하는 선박을 기준으로 하고 자력으로 처음 입항하는 항해자 입장에서 편리하게 이용할 수 있도록 하여야 한다.
- 나. 항로상의 부표는 항로 양측선상에 일정 간격으로 설치하는 측방표지 기능 이외에도 항로의 교차수로, 변침점, 만곡부에 설치되어야 하며, 기능적으로는 항로 접근위치, 항로의 입출구 및 안전항로(자연 수로, 준설수로 및 운하를 포함한다)

항로표지시설

경계부근의 얕은 수역, 암초, 위험물 등 항해선박에게 위험 및 경고를 알려 줄 필요가 있는 위치에도 설치하여야 한다.

다. 특별히 높은 항행 정밀도가 필요하거나 항로를 분명하고 뚜렷하게 나타내기 위해서는 연속적인 부표 설치가 요구된다.

라. 안전항로에서 연속적인 부표를 설치하기 위하여 다음 사항을 고려하여야 한다.

(가) 안전항로의 시작점은 뚜렷하게 눈에 띄는 부표나 한 쌍의 부표를 설치하여야 한다.

(나) 부표의 거리 간격은 선박에서 가장 가까운 부표의 접근 전 약 100m 이상에서 다음에 설치된 부표 또는 연속된 2개의 부표를 식별할 수 있어야 한다.

(다) 선박이 안전항로에서 운항을 할 때에는 선박 레이더를 3해리 범위 내에서 대부분 이용하고 있으므로 항로 내에서 연속적으로 설치되는 부표의 설치 간격은 3해리를 초과하지 않는다.

(라) 안전항로에서 부표의 설치간격은 다음 범위 내로 한다.

㉠ 특별히 높은 항행 정밀도가 필요하거나 연속적인 부표 설치가 요구되는 항로 : $D(\text{부표의 거리 간격}) < L(\text{부표 식별 가능 거리})/2$

㉡ 일반적인 안전수로 : $D < L$

㉢ 대양항로에서의 선박 통항로 : $D < 2L$

㉣ 안전항로상의 부표들은 항로의 기점에서부터 동일한 간격으로 짝을 지어 설치하여야 한다.

㉤ 안전수로에서 연속적으로 설치된 부표는 번호체계, 등질 등에 대한 연속성과 일관성이 유지되도록 하여야 한다.

㉥ 일반적으로 고밀집 안전항로에 설치된 부표들은 보다 쉽고 정밀한 항행을 할 수 있도록 지원하지만, 적정 이상의 많은 부표를 설치하게 되면 선박의 위치결정에 도움을 주지 못하며 오히려 혼란을 초래할 수 있다.

마. 항로 폭이 150m에서 600m 이내의 협수로에서의 등부표의 설치 간격은 시물레이션 결과 1~1.5해리가 항행에 가장 적절하나, 항로 내의 선박통항 흐름, 배후광 및 기타 해상환경 여건에 따라 적절히 설치간격을 증감 할 수 있으며 등화를 설치하지 않은 부표는 부표의 크기나 주간 시계를 감안하여 설치 간격을 결정한다.

바. 항로의 입구, 변침점 등 주요지점을 표시하는 부표에는 특수신호표지, 항로표지용 AIS 및 전파표지 등 각종 정보를 수집 제공할 수 있는 장비나 장치 등을 병설할 수 있다.

사. 중요한 항로의 부표 설치를 위하여 시물레이션과 위험평가를 거쳐 상세한 설계를 시행할 수 있다.

② 준설향로 및 협소한 자연항로

가. 준설향로는 준설편선 내측에 침추(Sinker)를 바짝 붙여서 설치한다.

나. 자연적 항로는 가항수로의 한계선에 설치한다.

다. 항해의 위험을 초래하는 고립장애물에는 필요한 경우에 설치한다.

라. 계획수심을 유지관리하고 있는 준설항로 또는 하천(河川)항로에는 유지수심보다
알아 위험이 있는 곳에 필요한 경우 설치한다.

마. 굴곡위치에는 거리에 관계없이 필요한 경우에 설치한다.

③ 법정항로 및 권고항로

가. 법선을 명확히 하기 위하여 항로의 양측에 설치한다.

나. 변침점(Turning point)에 설치한다.

다. 위험한 장애물을 표시하기 위하여 설치한다.

라. 설치간격은 육안으로 볼 수 있는 정도로서 3해리 이내로 한다.

④ 항만표지 배치

가. 준설항로는 되도록이면 직선이 좋으나 굴곡이 있으면 거리에 관계없이 그 지점에
설치한다.

나. 항만 내에 지정된 표박지에 투묘하는 선박으로 인하여 부표류 기능에 장애가
되지 않도록 설치한다.

⑤ 부표류의 형상

측방표지 및 안전수역표지의 부표류 형상을 분명하게 확인할 수 있게 하기 위하여
다음 기준을 적용한다.

가. 원 추 형 : 저면직경의 0.75~1.5배 높이의 원추

나. 원통형(캔) : 직경의 0.75~1.5배 높이의 원통

다. 구 형 : 수선(水線)상에서 보이는 높이가 그 직경의 2/3 이상의 구(球)

⑥ 두표의 위치 및 규격

두표의 위치 및 규격은 이 기준의 4.1.4 형상표지의 [참고] (4)를 따른다.

⑦ 부표의 문자, 숫자, 기호 표기

가. 항해자의 항로표지 이용 효율을 증진시키기 위하여 부표에는 문자, 숫자 또는
기호로 항로표지 명칭을 약칭으로 표기해야 한다.

나. 부표에 표기하는 문자, 숫자 또는 기호의 크기는 번호판 규격을 최대한 활용하여
이용자가 쉽게 시인할 수 있도록 하여야 하며 황색 및 백색바탕에는 흑색으로
표기하고 흑색, 홍색 및 녹색바탕에는 백색으로 하여야 한다.

(5) 부표류의 기능 및 용도

① LANBY (Large navigation buoys)

가. 적용범위

(가) 해상교통량 밀집 해역

(나) 육지초인위치 또는 통항분리대(TSS)의 진입로 표시

(다) 주의할 지역 내의 선회지점 표지

나. 성능기준

(가) 표체의 안정성을 지녀야한다

(나) 표지 등화는 충분한 가시거리를 가져야 한다.

(다) RACON을 설치할 경우에는 X 및 S-band 모두 사용되어야 한다.

(라) 음향신호(무신호)는 보통 위험경고용으로 설치한다.

(마) 표체는 규정된 색으로 식별이 용이하게 한다.

(바) 원격제어 및 감시체제가 운영되어야 한다.

다. 위치를 이탈하는 사고 발생 시의 안전 대책

(가) 국제충돌 예방규칙 제27조의 규정에 따라 운전부자유등(전 방향에서 보일 수 있는 수직선상의 2개의 홍등)을 자동 점등한다.

(나) 국제충돌 예방규칙 제35조의 규정에 따라 운전부자유 음향신호 모르스 부호 D를 발사한다.

(다) RACON 설치 시 “D” 신호를 발사한다.

(라) AIS(자동식별장치)가 설치된 경우에는 Off station를 표시한다.

② 일반적인 등부표와 부표

가. 적용범위

(가) 항로나 수역의 측방 한계표시

(나) 항해 위험물 또는 방해물표시

(다) 항해에 위험을 초래할 수 있는 장애물표시

(라) 육지초인 위치표시

(마) 항로중앙 위치표시

(바) 특수지역 또는 형태표시

(사) 해양자료수집구조물(ODAS)표시

(아) 선회지점표시

(자) 통항분리표시

(차) 분기점 표시

나. 성능기준

(가) 등부표에는 등화가 설치되어야 하며, 항해자가 레이더 상에서 식별을 보다 용이하게 할 수 있도록 레이더 반사기를 함께 설치하여야 한다.

(나) 필요한 경우 RACON과 음향신호(무신호)를 병설할 수 있다.

(다) 표체는 규정된 색으로 식별을 용이하게 한다.

(라) 등화를 설치할 때에는 적절한 수직 발산각을 확보하여야 한다.

(6) 부표류의 재질 및 규격

① 부표의 몸체의 주된 재질은 철재를 사용하여야 한다. 단, 설치 해역의 자연환경, 선박 교통량, 이용 선박의 크기 및 사용용도 등을 감안하여 알루미늄 등 비철금속 또는 합성물질(GRP, 폴리에틸렌, 우레탄수지, FRP, Foam 등)의 재질을 사용할 수 있다.

② 철재 부표는 참고 표 (4.4-1) ~ 표 (4.4-5), 참고 그림 (4.4-3) ~ 그림 (4.4-5)와 같은 표준형등부표의 현황을 참고하여 제작하고 비표준부표와 비철금속 또는 합성물질을 사용하여 부표를 제작하는 경우에는 부표안정 계산을 하여 안정성을 확보하여야 한다.

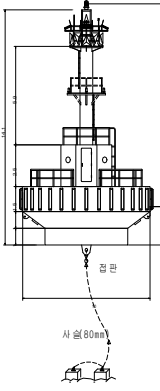
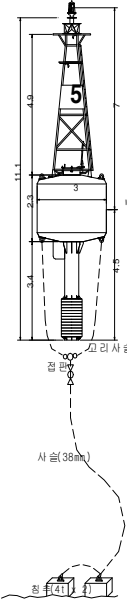
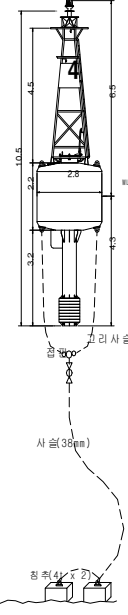
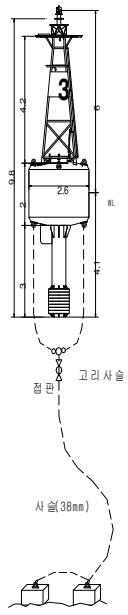
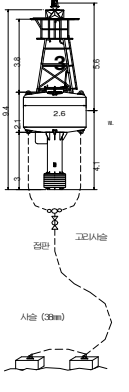
참고 표 (4.4-1) 표준형 등부표의 현황표

종 류		설 정 기 준			표체직경 (mm)	등 고 (m)	제 원					비 고
		해 역	수심(m)	조류(kt)			중량(kg)	중심(m)	부심(m)	경심(m)	홀수심(m)	
등 부 표	LANBY-100	전 해역 주요 통항로	40m 이상	강 조류	10,000	11.9	109,324	1.58	1.31	4.33	2.22	
	LS-35	전 해역 주요 통항로	10~40	강 조류 (7 이하)	3,500	5.38	7,660	1.21	1.03	1.34	1.45	
	LL-30	전 해역 주요 통항로	10~50	강 조류 (7 이하)	3,000	6.97	7,536	2.98	3.86	4.10	4.50	
	LL-28	전 해역	10~40	강 조류 (7 이하)	2,800	6.52	7,039	2.96	3.63	3.85	4.33	
	LL-26	전 해역	10~30	5 이하	2,600	6.03	5,674	2.90	3.43	3.67	4.07	
	LL-26(M)	전 해역	10~30	3 이하	2,600	5.63	5,982	3.20	3.48	3.70	4.13	M=main
	LL-24	내 해역	10~20	3 이하	2,400	5.37	5,144	2.55	2.80	3.02	3.45	
	LS-24	천수 해역, 내 해역	2~20	3 이하	2,400	5.27	5,266	1.81	1.77	2.00	2.28	
	LSP-24	내 해역	13~17	1 이하	2,400	3.8 /7.8	7,099	-	-	-	11.3 / 15.3	
	LT-10	내 해역	10m 전후	3 이하	1,000	2.30	491	1.50	1.74	2.15	2.12	
	소형 어장용등부표	전 해역	30m 이내	5 이하	600	1.1	68.4	0.21	0.08	0.5	0.09	

항로표지시설

참고 표 (4.4-2) 표준형 부표의 현황표

종 류		설 정 기 준			표체직경 (mm)	등 고 (m)	제 원					비 고
		해 역	수심(m)	조류(kt)			중량(kg)	중심(m)	부심(m)	경심(m)	흘수심(m)	
부 표	U-17C(P)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	3,303	1.41	1.45	1.63	2.29	
	U-17S(P)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	2,680	1.57	1.53	1.74	2.20	
	U-17C(S)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	3,272	1.36	1.44	1.62	2.27	
	U-17S(S)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	2,649	1.51	1.52	1.73	2.19	
	UR-17C(P)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	3,099	1.30	1.39	1.58	2.20	
	UR-17S(P)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	2,476	1.45	1.48	1.71	2.11	
	UR-17C(S)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	2,924	1.13	1.35	1.55	2.12	
	UR-17S(S)	전 해역	5~25	강조류 (5 이하)	1,700	-	2,300	1.23	1.43	1.68	2.00	

형 식	등 부 표					
	LANBY-100	LS-35	LL-30	LL-28	LL-26	LL-26(M)
표준 설치 장소	전 해역, 주요 통항로 강조류	전 해역, 주요 통항로 강 조류 (7kt 이하)	전 해역, 주요 통항로 강 조류(7kt 이하)	전 해역, 강 조류(7kt 이하)	전 해역, (5kt 이하)	전 해역 (3kt 이하)
수심	40m 이상	10~40 m	10~50 m	10~40 m	10~30 m	10~30 m
등명기	300mm 250mm LED-200 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI
표 준 설 치 도						

참고 그림 (4.4-3) 표준형 등부표

참고 표 (4.4-2) 표준형 부표의 현황표 (계속)

형 식	등 부 표					
	LL-24	LS-24	LSP-24	LSP-28	LT-10	소형 어장용
표준 설치 장소	내 해역 (3kt 이하)	천수해역, 내 해역 (3kt 이하)	내 해역 (1kt 이하)	내해역 (2kt 이하)	내 해역 (3kt 이하)	전 해역 (3kt 이하)
수심	10~30 m	2~20 m	13~17 m	13~17m	10m 전후	30m 전후
등명기	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	LED-200 또는 LED-200HI	일체형-LED
표준 설치 도						

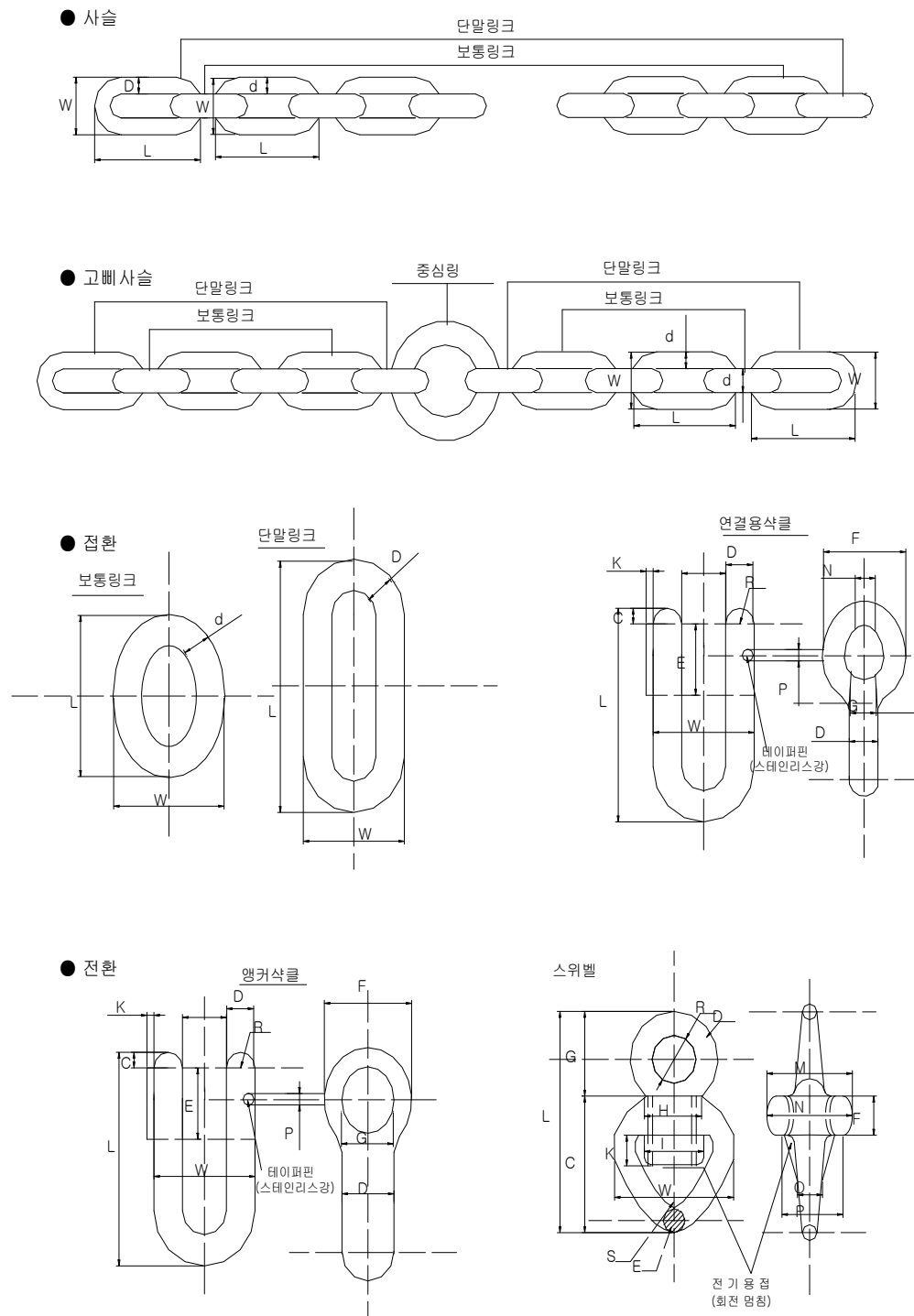
참고 그림 (4.4-4) 표준형 등부표

형 식	부 표							
	U-17 C(P)	U-17 S(P)	U-17 C(S)	U-17 S(S)	UR-17 C(P)	UR-17 S(P)	UR-17 C(S)	UR-17 S(S)
표준 설치 장소	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)	전 해역, 강조류 (5kt 이하)
수심	5~25 m	5~25 m	5~25 m	5~25m	5~25 m	5~25 m	5~25 m	5~25 m
표준 설치 도								

참고 그림 (4.4-5) 표준형 부표

(7) 계류구(Mooring equipment)의 재질 및 규격

- ① 부표와 침추를 연결하는 계류구 중 부표에 사용되는 체인은 스테드 없는 체인을 사용하나 부표의 크기, 조류·유속·파력 등 외력의 영향 등을 감안하여 필요할 경우 스테드 있는 체인을 사용할 수 있다.
- ② 체인링크의 형상과 치수 및 재료는 다음 각 호에서 정하는 바에 따라야 한다.
 - 가. 각종 체인, 세کل 및 스위블의 모양은 참고 그림 (4.4-6)의 형상과 같이 모양은 균일하며 각각의 고리 또는 연결부품이 서로 적합하게 연결되어 원활히 움직이는 것이어야 한다.
 - 나. 체인 1련의 길이는 한 끝에서 고리의 안쪽 바깥 끝으로부터 다른 끝에서의 고리의 안쪽 바깥 끝까지의 거리로 표시하고 25m를 표준으로 한다.
 - 다. 체인 각 연의 고리의 총 개수는 홀수이어야 한다. 다만 스위블을 포함하는 경우는 이에 한하지 않는다.
 - 라. 체인 등 부표에 장착되는 계류구의 재료와 특성은 참고 표 (4.4-3) ~ 참고 표 (4.4-4)와 같다.



참고 그림 (4.4-6) 사슬 링크의 형상과 치수

항로표지시설

참고 표 (4.4-3) 계류구의 재료 특성

체인의 부분	재 료			
	스터드 있는 체인(ST)			스터드 없는 체인(SH)
	제1종	제2종	제3종	
각종 고리	KS D 3546의 SBC300 KS D 3503의 SS400 KS D 3752의 S20C	KS D 3546의SBC300	KS D 3546의 SBC690	KS D 3546의 SBC300 KS D 3503의 SS400 KS D 3752의 S20C
새클, 스위블	고리와 동일재료 KS D 3752의 S25C ~ S35C	고리와 동일재료, KS D 3752의 S25C~S35C 표2의 2종 체인용 주강품	고리와 동일재료, 또는 표2의 3종 체인용 주강품	고리와 동일재료, 또는 KS D 3752의 S25C ~ S35C표2의 2종 체인용 주강품
스터드	고리와 동일재료 기계구조용 탄소 강재 탄소주강품 가단 주철품	체인용 재료 혹은 압연강재, 주강품 또는 단강품 * 가단주철 및 회 주철은 사용하여서는 안된다		
무어링피스	KS D3546의 SBC490	KS D 3546의 SBC490	KS D 3546의 SBC690	KS D3546의 SBC490

참고 표 (4.4-4) 체인용 주강품 재료 특성

재료 명칭	인장 시험				충격 시험	
	항복점(N/mm ²)	인장강도 (N/mm ²)	신장율(L=5d)(%)	수축률(%)	시험온도(℃)	최소 평균흡수 에너지 값(J)
제2종 체인용 주강품	295 이상	490~690	22 이상	-	-	-
제3종 체인용 주강품	410 이상	690 이상	17 이상	40 이상	0	60
비 고	- 32mm, 38mm 체인 및 계류품은 제2종 체인용 주강품에 의해 시험 - 81mm, 100mm 체인 및 계류품은 제3종 체인용 주강품에 의해 시험					

③ 부표와 침추를 연결하는 재질은 부표의 종류와 설치 해역의 수심, 자연환경 및 섬유의 특성 등을 감안하여 다음의 섬유 재질 및 탄성고무 재질의 로프를 사용할 수 있다.

가. 나일론 : 충격을 흡수하는 탄력성이 있으며 고장력을 가진 로프로써 수중에 오래 있어도 물의 흡수에 의해 장력을 잃지 않아야 한다.

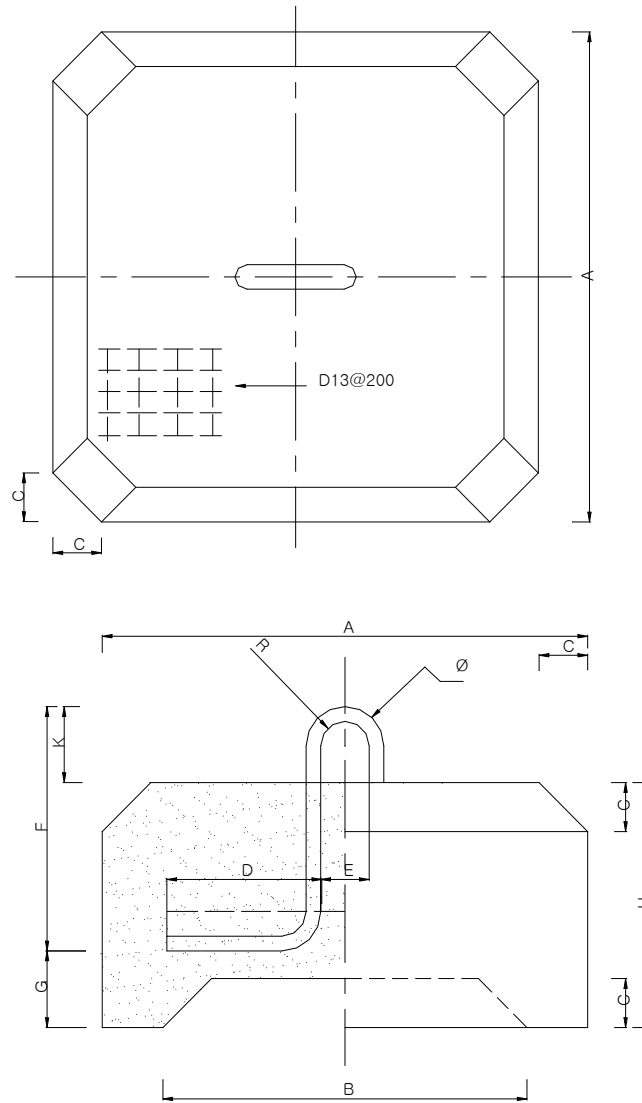
나. 폴리에스테르 : 구조물에 널리 사용되는 고장력, 저신축성 재질로서 장수명의 특성을 지녀야 한다.

다. 폴리프로필렌 : 가격이 싸고 일반적으로 로프에 많이 사용되고 있으나 고분자 섬유로 나일론이나 폴리에스테르에 비해 많이 저렴하면서도 적절한 기능성 로프로 개발된 것을 사용한다.

- 라. 침단(슈퍼)섬유 : 저 신축성을 가지며 매우 강한 강도를 지닌 아라미드 계의 섬유, 고분자 폴리에틸렌 섬유 또는 탄소섬유 등을 사용하여 만든 제품이어야 한다.
- 마. 탄성고무 로프 : 연신율이 높아 수심과 동일한 길이를 사용하여 부표의 정위치 유지와 해저 자연환경 보호가 가능한 탄성고무와 슈퍼 섬유가 혼합된 제품이어야 한다.
- 바. 섬유재질 로프와 탄성고무 로프를 부표에 사용하는 경우에는 재료시험 성과 결과와 함께 부표 계류의 안정성을 검토하여야 한다.

(8) 침추(Sinker)

- ① 부표에 사용하는 침추는 콘크리트로 제작하는 것을 원칙으로 하나 필요시 철제 침추, 앵커 등을 사용할 수 도 있다.
- ② 콘크리트 침추의 무게는 4톤/개당을 기준으로 제작하며 부표의 종류 및 해역의 환경에 따라 침추 무게를 증감하여 제작할 수 있다.
- ③ 콘크리트 침추는 참고 그림 (4.4-7)와 같이 제작 기본도면에 의해 제작하나 해역의 자연환경 및 부표의 종류에 따라 적절한 규모와 형상으로 변경할 수 있다.

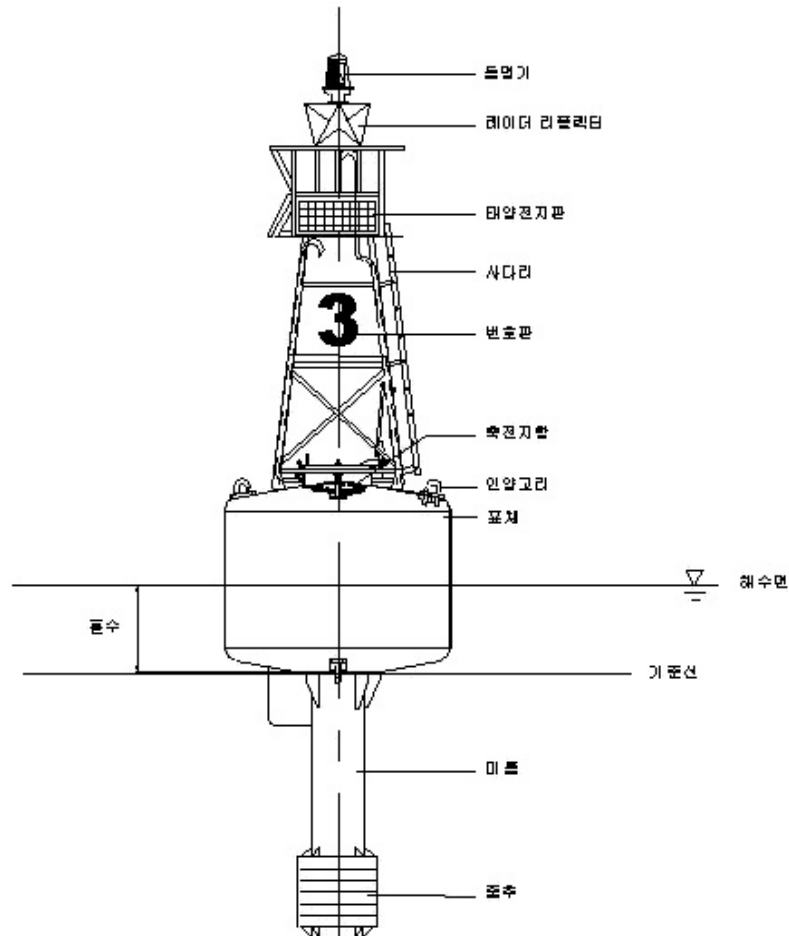


총량(kg)	치 수(mm)											수중중량(kg)
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	R	Ø	
2.000	1.200	800	100	300	180	680	220	650	250	90	50	1.100
3.000	1.400	1.000	100	400	180	730	220	700	250	90	50	1.700
4.000	1.500	1.100	100	400	180	840	220	800	260	90	50	2.200
5.000	1.600	1.200	100	400	180	890	220	850	260	90	50	2.800

참고 그림 (4.4-7) 침추(Sinker) 및 침추고리 도면

4.4.2 표준형 등부표 안정성 계산의 예 [LL-26(M)기준]

(1) 구조 및 명칭



참고 그림 (4.4-8) 등부표 LL-26(M)의 구조와 명칭

(2) 중심(Center of gravity)

부표의 중심위치는 표체, 미통, 중추, 철탑, 등명기, 축전지 등 모든 부재에 대하여 상세한 중량분포를 구하여 산정한다. 이 경우 전체 계산결과에 그다지 영향을 주지 않는 것은 생략할 수 있다. 중심의 위치는 부표를 구성하는 부재들의 (1차)모멘트를 총 중량으로 나눈 값이다. 이 계산에서 기준선은 편의상 미통과 연결되는 표체의 경사부 하단을 기준선으로 정하였다. [참고 그림 (4.4-8) 등부표의 구조와 명칭 참조].

$$KG = M_c / W$$

참고 식 (4.4-1)

여기서, KG : 기준선에서 중심까지의 거리 (m)

M_c : 중량의 (1차)모멘트 (kgf-m)

W : 총 중량 (kgf)

항로표지시설

$$\ast 1\text{kgf} = 1\text{kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

※ 부표의 총 중량을 계산할 때 작업원의 중량은 고려하지 않았다.

참고 식 (4.4-1)부터 계산된 부표 LL-26(M)의 중심위치는 다음과 같다.

$$KG = 1613/5743 = 0.281 \text{ m}$$

(3) 배수체적(Displacement)과 흘수(Draft)

부표의 총 중량은 부표가 밀어낸 해수의 무게와 같은 크기의 부력에 의해 지탱된다. 따라서 부표가 밀어낸 해수의 체적 (즉 부표의 수면하부 배수체적)은 다음 식으로 계산된다.

$$V = W / \gamma_w$$

참고 식 (4.4-2)

여기서, V : 배수체적 (m^3)

W : 부표의 전 중량 (kgf)

γ_w : 해수의 단위부피당 중량 (= 1025 kgf/ m^3)

참고 식 (4.4-2)로부터 계산된 부표 LL-26(M)의 배수체적은 다음과 같다.

$$V = 5743/1025 = 5.603 \text{ m}^3$$

이상 계산된 배수체적으로부터 부표가 물에 잠기는 위치인 흘수를 결정할 수 있다. 먼저 미통 자체의 체적과 표체 경사부의 공간을 고려하여 표체 수직부의 공간을 구하고 이를 표체의 단면적으로 나누면 수직부에서의 흘수가 계산된다. 사용 상태에 있어서 실제의 흘수면은 부표에 연결된 체인의 중량을 고려할 필요가 있는데 표체의 1cm 침하중량이 계산되어 있다면 체인의 총 중량을 1cm 침하중량으로 나누어 표체가 추가로 가라앉은 깊이를 계산할 수 있다.

1cm 침하중량이란 부표를 1cm 침하시키는데 소요되는 중량을 말하는데 이는 표체의 수직부에서 계산된다.

즉 1cm 침하중량 = $\pi R^2 \times 0.01 \times 1025$ (kgf) 로 계산된다.

체인이 연결되지 않은 부표에서 수직부 표체의 수면 아래쪽 깊이 d_2 (m) 는 다음 식으로 계산된다.

$$d_2 = \frac{V'}{A'} \text{ (m)}$$

참고 식 (4.4-3)

여기서, V' : 수직부 표체의 공간 (=부표의 배수체적(V)-미통과 중추의 체적-표체의 경사부 공간, m^3)

A' : 수직부 표체의 단면적 ($=\pi R^2$, m^2)

R : 수직부 표체의 반지름 (m)

따라서 체인이 연결되지 않은 상태에서 부표의 홀수는 다음과 같이 계산된다.

$$d = d_1 + d_2 \quad \text{참고 식 (4.4-4)}$$

$$= (\text{표체 하부의 경사부 높이}) + (\text{수직부 표체의 수면 아래쪽 깊이})$$

참고 표 (4.4-5)의 부표 LL-26(M)의 홀수는 다음과 같다.

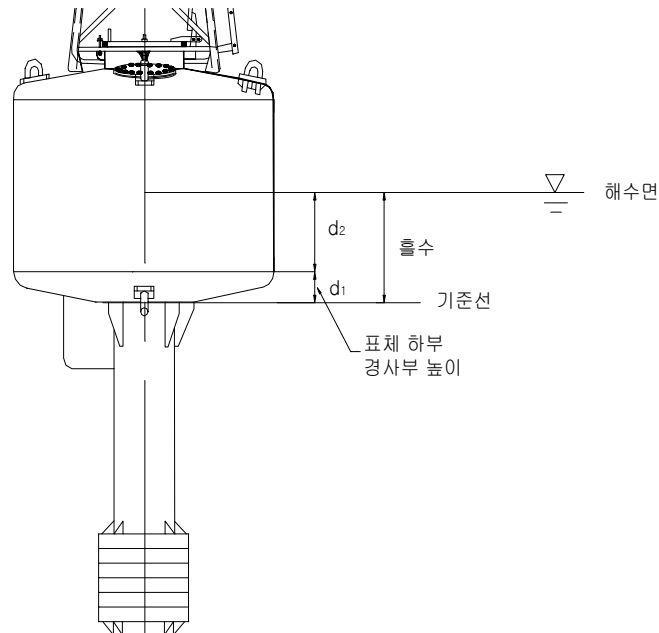
$$d_1 = 0.27m$$

$$d_2 = 4.329/5.309 = 0.815m$$

$$\therefore d = 0.27 + 0.815 = 1.085m$$

이 부표의 1cm 침하중량은 54.41kgf 인데 부표에 체인을 연결할 경우 체인의 총 수중중량을 1069kgf 라면 (적정한 체인의 길이는 부표에 작용하는 외력의 크기에 따라 달라지는데 여기서는 편의상 수심 20m의 1.6배인 34m로 가정했다) 홀수는 다음과 같이 계산된다.

$$d = 0.27 + 0.815 + 1069/54.41/100 = 1.281m$$



참고 그림 (4.4-9) 홀수면의 결정

항로표지시설

참고 표 (4.4-5) 등부표 LL-26(M) 의 부재 목록표

명 칭	재 질	규 격 (단위: mm)	수 량	중량 (kgf)	기준선 에서 각부중심 까지 거리	중량의1 차모멘트 (kgf-m)	각부 중심 까지 거리 제곱 (㎡)	질량의 판성 모멘트(kg-m ²)
등 명 기	SS400	250mm	1	7.0	6.697	46.879	44.85	313.95
등명기 취부판	Al	400×400×9t	1	11.3	6.415	72.49	41.15	465.02
레이더 리플렉터	SS400	750×454	1	27.4	6.177	169.25	38.155	1045.456
상부 핸드레일	SS400	d42×4720	1	9.4	5.82	54.708	33.87	318.4
레일 경사보강재	SS400	50×50×520	4	9.2	5.57	51.244	31.02	285.43
등명기용수직보강재	SS400	50×50×1000	4	17.7	5.42	95.934	29.376	519.96
태양전지판		SM50	3	18.9	5.17	97.713	26.73	505.176
레일 수직보강재	SS400	50×50×1000	4	17.7	5.42	95.934	29.376	519.96
중간 바닥판	SS400	d1500, 9t	1	120.8	4.92	594.336	24.206	2924.133
태양전지판 지지대	SS400	도면10a -10e	3	63.9	5.12	327.168	26.214	1675.1
공기순환관-단	SPS290	d42, 4400	1	8.7	3.51	30.537	12.32	107.185
공기순환관-장	SPS290	d42, 4820	1	9.6	4.01	38.496	16.08	154.369
Ladder 지지대	SS400	150×50×9t	6	3.2	3.4	10.88	11.56	36.992
Ladder side plate	SS400	2487×50×9t	2	20.1	3.71	74.571	13.764	276.66
Ladder step	SS400	d19×300	9	6.0	3.5	21.0	12.25	73.5
철타 수평보강재-상	SS400	50×50×900	3	15.9	4.375	69.563	19.14	304.34
번호판	SS400	(928+1132)×820	3	119.3	3.95	471.235	15.6	1861.378
철타 수직보강재	SS400	65×65×2900	4	68.6	3.51	240.786	12.32	845.16
철타 고정재	SS400	200×148×9t	4	14.0	2.2	30.8	4.84	67.76
철타 수평보강재-중	SS400	50×50×1100	4	19.5	3.475	67.763	12.1	235.47
철타 경사보강재	SS400	50×50×1665	6	44.3	2.9	128.47	8.41	372.56
철타 수평보강재-하	SS400	50×50×1400	3	18.6	2.275	42.315	5.176	96.267
축전지함 해치	SS400	830×830×9t	1	80.2	2.225	178.044	4.95	397.04
철타상부수평보강재	SS400	50×50×1047	3	13.9	5.82	80.898	33.872	470.826
리플렉터 취부판	SS400	542×542×9t	1	20.8	5.82	121.056	33.872	704.546
등명기 수평보강재	SS400	50×50×542	4	9.6	5.92	56.832	35.05	336.446
해치 코밍	SS400	Id780×224	2	38.8	2.21	85.748	4.88	189.503
중간바닥판 보강재1	SS400	50×50×1300	2	11.5	4.92	56.58	24.2	278.374
중간바닥판 보강재2	SS400	50×50×1100	1	9.7	4.92	47.724	24.2	234.802
표체 상판	SS400	9t	1	393.6	1.965	773.424	3.86	1519.778
인양 고리		d50 RB	4	100.8	2.1	211.68	4.4	444.528
맨홀	SS400	510×610	1	18.0	1.965	35.37	3.86	69.502
표체 측판	SS400	Od2600×1560	1	899.8	1.05	944.79	1.1	992.03
축전지함 상판	SS400	d1000,220×220	1	43.1	1.82	78.442	3.3	142.764
축전지함 측판	SS400	d1000	1	23.3	1.57	36.581	2.465	57.432
축전지함 바닥판	SS400	d1000	1	37.0	1.47	54.39	2.16	79.953
표체 내부 튜브	SS400	Id1000×2100	1	465.9	1.05	489.195	1.1	513.655
스텝	SS400	d19×500	4	4.4	1.0	4.4	1	4.4
계류 고리		d70 RB	2	105.6	0.03	3.168	0.0009	0.095
표체 하판	SS400	9t	1	372.6	0.135	50.301	0.018	6.79
튜브 하판	SS400	d1018×9t	1	57.5	0	0	0	0
논슬립바	SS400	10×10×600	4	1.9	1.965	3.734	3.861	7.336
축전지함 보강재	SS400	50×50×1000	2	8.9	1.42	12.638	2.016	17.946
미통	SS400	Od600×3000	1	399.3	-1.5	-598.950	2.25	898.425
미통 연결보강재	SS400	400×200, 9t	8	29.8	-0.155	-4.619	0.024	0.716
중추 지지판 보강재	SS400	100×100, 9t	16	5.7	-2.48	-14.136	6.15	35.06
방향타판	SS400	655×500, 9t	1	21.6	-0.3	-6.48	0.09	1.944
중추	Cast iron	Od900,Id606,100t	6	1637.3	-2.58	-4224.23	6.66	10898.52
중추지지판	SS400	Od860,Id606,9t	2	41.3	-2.58	-106.554	6.66	274.91
축전지		LDA400	6	240	1.713	411.12	2.93	704.2486
소 계				5743		1613.214		32285.8
작업원 2명				140	4.448	622.720	19.785	2769.859
작업원 포함 소계				5883		2235.934		35055.66

(4) 부심(Center of buoyancy)과 경심(Metacenter)

물속에 잠긴 체적의 중심을 부심이라 하는데 다음 식으로 계산한다.

$$KB = M_B / V$$

참고 식 (4.4-5)

여기서, KB : 기준선에서 부심까지의 거리 (m)

M_B : 각 부위 배수체적의 기준면에 대한 모멘트 (m^4)

V : 배수체적(m^3)

참고 표 (4.4-6) 배수체적과 1차 모멘트

명 칭	배수체적 (m^3)	기준선에서 각 배수체적의 중심까지 거리 (m)	각 배수체적의 1차 모멘트 (m^4)
표체	5.349	0.406	2.172
미통	0.02	-1.5	-0.03
중추	0.22	-2.58	-0.568
계류고리	0.004	0.03	0.00012
방향타판	0.003	-0.3	-0.009
미통 연결보강재	0.007	-0.155	-0.0011
소 계	5.603		1.564

따라서 부표 LL-26(M)의 부심은 다음과 같다.

$$KB = 1.564 / 5.603 = 0.28 m$$

한편 부심에서 경심(메타센터, Metacenter)까지의 높이를 BM 이라 하는데 이 값은 부체의 횡 동요 주기를 결정하고 복원력 특성을 좌우하는 중요한 인자이다. (조선공학 개론 참조/동명사, 1999). 경심은 안정 상태에서 수면에 떠 있는 물체의 부심을 통과하는 수직선과 기준면에 대하여 약간 경사진 상태로 떠 있는 물체의 부심을 통과하는 수직선과의 교점으로서 경심이 중심보다 위쪽에 있을 때는 경사진 물체에 복원모멘트가 작용하기 때문에 물체는 제자리로 돌아가려는 복원성을 가지게 된다. 복원모멘트의 크기는 중심과 경심 사이의 거리, 즉 GM 에 비례하여 증가한다.

$$BM = I_x / V$$

참고 식 (4.4-6)

여기서, BM : 부심으로부터 경심(메타센터)까지의 높이 (m)

I_x : 표체 홀수면의 단면2차모멘트 (원형단면이므로 $\frac{\pi R^2}{4}$; m^4)

R : 표체 홀수면의 반지름 (m)

V : 배수체적 (m^3)

항로표지시설

부표 LL-26(M)에 대한 부심 계산은 다음과 같다.

$$I_X = \frac{\pi \times 1.3^4}{4} = 2.243 \text{ m}^4, \quad V = 5.603 \text{ m}^3$$

$$BM = 2.243 / 5.603 = 0.40 \text{ m}$$

중심에서 메타센터(Metacenter)까지의 높이 GM 은 다음과 같이 정의한다.

$$GM = BM + KB - KG$$

참고 식 (4.4-7)

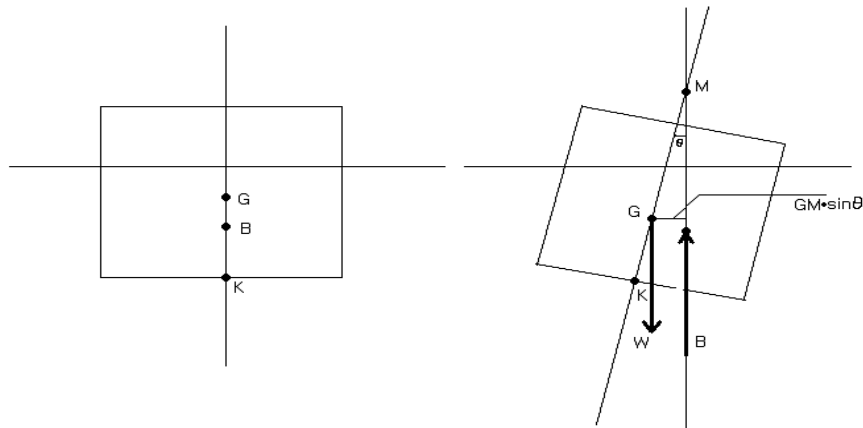
따라서 GM 의 계산결과는 다음과 같다.

$$GM = 0.40 + 0.28 - 0.281 = 0.399 \text{ m}$$

경사각이 작은 경우 (보통 10도 이내) 부표의 경심의 위치는 거의 일정하며 복원모멘트는 다음 식으로 계산된다. GM 이 클수록 부표의 안정성이 크다.

$$M_R = W \cdot GM \cdot \sin\theta \approx W \cdot GM \cdot \theta$$

참고 식 (4.4-8)



참고 그림 (4.4-10) 중심과 부심, 경심 및 복원모멘트의 관계

(5) 부표의 진동주기

부표의 진동주기란 표체가 무게중심을 중심축으로 1주기 동요하는데 걸리는 시간이다. 부표의 경사각이 작은 경우 경심(Metacenter)의 위치는 거의 일정하고 이때 부표의 복원모멘트는 $M_R = W \cdot GM \cdot \sin\theta$ 로 계산한다.

강제외력이 없는 경우 부표의 모멘트는 $I_v \ddot{\theta}$ 인데, 이것은 복원모멘트 M_R 과 크기가

같은 방향이 반대이다. 즉 $-I_v\ddot{\theta} = W \cdot GM \cdot \sin\theta$ 이다. 따라서

$$I_v\ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot \sin\theta = 0 \quad \text{참고 식 (4.4-9)}$$

θ 가 작다고 가정하면 $\sin\theta \approx \theta$ 를 사용하여

$$I_v\ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot \theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{W \cdot GM}{I_v} \theta = 0 \quad \text{참고 식 (4.4-10)}$$

따라서 부표의 고유진동수와 고유진동주기는 다음 식으로 계산된다.

$$\omega_o = \sqrt{\frac{W \cdot GM}{I_v}} \quad \text{참고 식 (4.4-11)}$$

$$t_o = 2\pi \sqrt{\frac{I_v}{W \cdot GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{\kappa^2}{GM \cdot g}} \quad \text{참고 식 (4.4-12)}$$

여기서, ω_o : 부표의 고유진동수 (1/sec)

t_o : 부표의 고유진동주기 (sec)

I_v : 부표의 무게중심에 대하여 수중에서의 부가질량에 의한 관성모멘트 I_v' 가
포함된 질량관성모멘트 (kg·m²)

κ : 관성반경(Radius of gyration, m) = $\sqrt{I_v \cdot g / W}$

I_v 는 부표의 무게중심에 대한 값인데 참고 표 (4.4-5)의 기준선에 대한 질량관성모멘트로부터 평행축 정리를 이용해 $I_v = I_o - W/g \cdot \overline{KG}^2$ 로 계산된다.

고유진동주기 t_o (sec)를 구할 때 참고 표 (4.4-5)의 중량 W (kgf)를 중력가속도로 나누어 질량(kg)으로 바꾸어 계산해야 한다. 수중에서의 운동이므로 부가질량관성모멘트를 고려해야 하는데 통상적으로 부가질량관성모멘트는 질량관성모멘트의 10%를 선택한다.

$$I_v = (I_o - W/g \cdot \overline{KG}^2) \times 1.1 = (32286 - 5743 \times 0.281^2) \times 1.1 = 35015.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\kappa = \sqrt{\frac{35015.8}{5743}} = 2.469 \text{ m}$$

$$t_o = 2\pi \sqrt{\frac{2.469^2}{0.399 \times 9.81}} = 7.84 \text{ sec}$$

(6) 외력에 의한 경사각

바람의 속도는 위치와 시각에 따라 너무 빨리 변하기 때문에 통상 수면상 10m 위치에서 정해진 시간 동안 부는 바람의 속도를 평균하여 풍속을 결정한다.

기상관측에서 사용되는 풍속은 이 값으로서 해수면에서의 풍속 0에서 해수면 상부 10m까지 높이의 1/7승에 비례하는 속도구배를 가진다.

따라서 풍속이 45m/s에 이르는 강풍이라 하더라도 수면상부의 높이가 10m보다 작은 부표의 경우 직접 맞닥뜨리는 바람의 속도는 조금 작다고 할 수 있다.

바람에 의한 부표의 경사각을 결정하기 위해서는 먼저 부표의 수면상부 부재에 작용하는 풍속과 풍력, 이에 의한 풍력모멘트를 계산해야 한다.

각 부재에 작용하는 풍하중(Wind force)은 정적하중으로 취급하여 다음 식으로 계산한다.

$$F_a = 1/2 \times \rho_a C_D A_a V_a^2 \quad \text{참고 식 (4.4-13)}$$

여기서, ρ_a : 공기의 밀도 (=0.125 kgf-s²/m⁴)

V_a : 풍압을 받는 부재에 대한 풍속 (m/s)

C_D : 부재의 항력계수(부재 형상에 따라 0.5 - 2.0 사이, 대략 1.0 사용)

아래와 같이 바람을 받는 부재의 투영면적, 풍속, 풍력을 계산한다.

여기서 풍력면적계수란 동일한 투영면적을 가진 부재가 여러 개 있을 때 각기 놓여 있는 방향에 따라 전체 투영면적으로 환산되는 정도를 나타낸다.

풍압이 작용하는 중심은 풍압모멘트를 풍하중으로 나누어 결정할 수 있다.

$$C_a = M_a / F_a = 772.147 / 247.526 = 3.119 m \quad \text{참고 식 (4.4-14)}$$

여기서, C_a : 풍압의 중심 (수면상 m)

M_a : 전체 풍압면적의 모멘트 (kgf-m)

F_a : 전체 풍력 (kgf)

바람에 의한 부표의 최대 경사각은 풍력모멘트가 부표의 복원모멘트와 같을 때 발생한다.

$$M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 772.147 \text{ kgf} \cdot m$$

따라서 $5743 \times 0.399 \times \sin\theta = 772.147$, 최대경사각은 $\theta_{\max} = 19.69^\circ$ 이다.

참고 표 (4.4-7) LL-26(M) 의 풍력과 풍력모멘트 계산

(기준풍속 45m/s 로 가정)

부 재 명	풍력 면적계수	투영면적 (㎡)	중심으로부터의 거리(m)	높이에 따른 속도구배 (Height factor)	풍속 (m/s)	풍력 (kgf)	풍력모멘트 (kgf-m)
등 명 기	1.0	0.104	6.416	0.92(5.612)	41.4	11.14	71.47
레이더 리플렉터	0.8	0.24	5.896	0.908(5.902)	40.86	20.034	118.12
레일 수직 보강재	0.5	0.1	5.139	0.887(4.335)	39.915	4.98	25.59
등명기용 수직보강재	0.25	0.05	5.139	0.887(4.335)	39.915	1.245	6.398
태양전지판	0.7	0.415	4.889	0.88(4.085)	39.6	28.472	139.2
번 호 판	0.7	0.837	3.669	0.836(2.865)	37.62	51.825	190.146
철탑 수직 보강재	0.6	0.39	3.229	0.817(2.425)	36.765	19.77	63.837
표 체	1.0	1.92	1.43	0.673(0.626)	30.285	110.06	157.386
소 계		4.051				247.526	772.147

(7) 조류력

조류에 의한 부표의 경사각을 결정하기 위해서 먼저 부표의 수면하부 부재에 작용하는 유속과 조류력에 의한 조류력모멘트를 계산한다. 각 부재에 작용하는 조류력 (Current force)은 다음 식으로 계산한다.

$$F_c = 1/2 \times \rho_w C_D A_c V_c^2 \quad \text{참고 식 (4.4-15)}$$

여기서, ρ_w : 해수의 밀도 (= 105 kgf-s²/m⁴)

V_c : 조류력을 받는 부재에 대한 조류의 상대속도 (m/s)

A_c : 조류력을 받는 부재의 투영면적 (㎡)

C_D : 부재의 항력계수 (부재 형상에 따라 0.5~2.0 사이, 대략 1.0 사용)

조류력이 작용하는 중심은 조류력모멘트를 조류력으로 나누어 결정할 수 있다.

$$C_c = M_c / F_c = 763.47 / 908.83 = 0.84 \text{ m}$$

여기서, C_c : 조류력의 중심 (수면하 m)

M_c : 전체 조류력모멘트 (kgf-m)

F_c : 전체 조류력 (kgf)

항로표지시설

조류에 의한 부표의 최대 경사각은 조류력 모멘트가 부표의 복원 모멘트와 같을 때 발생한다.

$$M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 763.47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

따라서 $5743 \times 0.399 \times \sin\theta = 763.47$, $\theta_{\max} = 19.46^\circ$ 이다.

참고 표 (4.4-8) 수면하부 부재의 조류력과 조류력모멘트 계산(유속은 5kt)

부 재 명	투영면적 (㎡)	중심으로부터의 거리(m)	높이에 따른 속도구배 (Height factor)	조류와 부표의 상대속도(m/s)	조류력 (kgf)	조류력모멘트 (kgf-m)
표 체	3.28	-0.125	1.0	1.8	557.928	-69.741
미 통	1.44	2.321	1.0	1.8	244.944	568.515
중 추	0.54	2.861	1.0	1.8	90.104	257.788
미통 연결보강재	0.095	0.436	1.0	1.8	15.85	6.91
소 계	5.355				908.83	763.47

(8) 파도에 의한 부표의 경사각

파도에 의한 부표의 경사각은 파도의 기울기에 좌우된다고 볼 수 있다. 참고문헌에 따르면 파도의 형상은 다음과 같이 간단한 조화함수로 표현 된다(Buoy engineering/ H. Berteaux, 1976; Offshore structural engineering/ T.H. Dawson, 1983).

$$y = \frac{H}{2} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = \frac{H}{2} \cos(\omega t - kx) \quad \text{참고 식 (4.4-16)}$$

여기서, H : 파고 (Wave height, m)

T : 파주기(sec)

λ : 파장 (Wave length, m)

k : 파수 (Wave number = $\frac{2\pi}{\lambda}$)

ω : 주파수 (Wave frequency = $\frac{2\pi}{T}$)

파의 기울기는

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \tan\phi = \frac{\pi H}{\lambda} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \text{참고 식 (4.4-17)}$$

기울기가 작다고 가정하고 $x = 0$ 에서 위 식을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\phi \approx \tan \phi = \alpha \sin \frac{2\pi}{T} t = \alpha \sin \omega t$$

참고 식 (4.4-18)

$$\text{여기서 } \alpha = \phi_{\max} = \frac{\pi H}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} A \quad (A \text{는 파도의 진폭} = \frac{H}{2})$$

부표가 파도 속에서 동요할 때 부표의 복원모멘트는 파도의 위상과 차이를 고려하여 $M_R = W \cdot GM \cdot \sin(\theta - \phi)$ 로 계산한다. 따라서 부표의 운동방정식은 앞에서와 같이,

$$I_v \ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot \sin(\theta - \phi) = 0$$

참고 식 (4.4-19)

여기서, θ : 부표의 경사각 I_v : 부표의 질량관성모멘트

경사각이 작을 때는 $\sin(\theta - \phi) \approx \theta - \phi$ 이므로 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$I_v \ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot (\theta - \phi) = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{W}{I_v} GM \theta = \frac{W}{I_v} GM \alpha \sin \omega t$$

참고 식 (4.4-20)

초기조건 $\theta_0 = \dot{\theta}_0 = 0$ 을 가지고 위 미분방정식의 해를 구하면

$$\theta = \frac{\alpha}{1 - t_o^2/T^2} [\sin \omega t - \frac{t_o}{T} \sin \omega_0 t]$$

참고 식 (4.4-21)

여기서, t_o : 부표의 고유진동주기 ω_o : 부표의 고유진동수 T : 파의 주기

위 식에서 최대 경사각은 [] 안이 1일 때이다. 즉,

$$\theta_{\max} = \frac{\alpha}{1 - t_o^2/T^2}$$

참고 식 (4.4-22)

이론상 t_o 가 T 가 가까워지면 공진 때문에 심한 동요가 일어난다.(하지만 실제로는 부표에 연결된 체인과 수면하부의 긴 미통 부분이 저항(감쇠)역할을 하여 공진현상은 상당히 감소된다.) 여기서 계수 $\alpha = \frac{\pi H}{\lambda}$ 를 결정하기 위하여 유한수심에서의 파장을

항로표지시설

(여기서 λ 는 주어진 유한수심에서의 파장이다.) 심해파의 파장과 수심과의 관계인 참고 표 (4.4-9)로부터 얻는다. 여기서 파주기를 10초라하면,

$$\lambda_o = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.8 \times 10^2}{2\pi} = 155.972 \text{ m} \quad (\text{여기서 } \lambda_o : \text{심해파의 파장})$$

$$d / \lambda_o = 20 / 155.972 = 0.128 \quad (\text{여기서 } d \text{ 는 수심})$$

참고 표 (4.4-5)로부터 $d/\lambda = 0.1649$ 이므로

$$\lambda = 121.29 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{\pi H}{\lambda} = 3.14 \times 5 / 121.29 = 0.129 \quad (\text{여기서 파고 } H=5\text{m} \text{ 가정})$$

따라서 파도에 의한 부표의 최대 경사각은 다음과 같다.

$$\theta_{\max} = \frac{0.129 \times 10^2}{10^2 - 7.84^2} = 0.335 \text{ rad} = 19.18^\circ$$

한편 표를 이용하는 것이 번거로울 경우 기존의 지침서의 방법과 같이 근사적으로

$\alpha = \phi_{\max} = \tan \phi \approx \frac{H/2}{\lambda}$ 을 사용할 수도 있으나 파장에 비해 파고가 높은 경우는 오차가 크다.

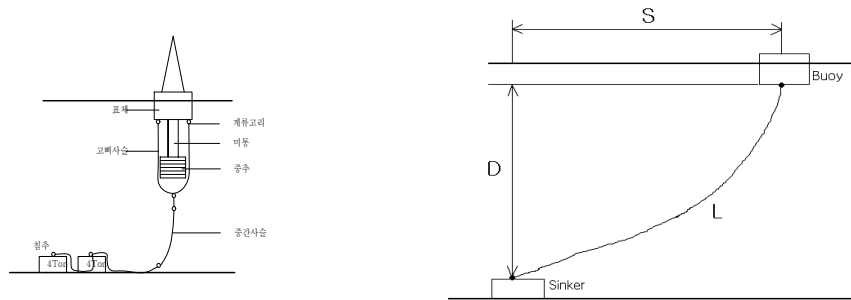
참고 표 (4.4-9) 심해파의 수심과 파장과의 관계

(U.S. Army coastal engineering research center)

d/λ_o	d/λ
0.1200	0.1581
0.1210	0.1590
0.1220	0.1598
0.1230	0.1607
0.1240	0.1615
0.1250	0.1624
0.1260	0.1632
0.1270	0.1640
0.1280	0.1649
0.1290	0.1657
0.1300	0.1665

(9) 체인과 침추

여기서는 부표를 일정한 위치에 설치하기 위한 체인(Chain)과 침추(Sinker)의 해석을 통하여 적절한 체인의 길이와 장력을 계산하고 또한 부표의 수평이동을 억제할 침추의 중량을 결정한다.

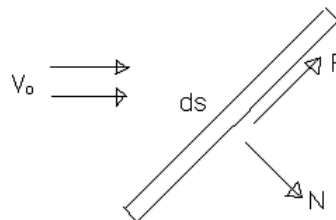


참고 그림 (4.4-11) 부표와 침추의 묘식도 참고 그림 (4.4-12) 현수곡선에 따른 계류라인의 형태

(10) 계류체인(Chain)

수직방향으로 작용하는 힘은 계류체인 자체의 중량에서 부력을 뺀 것이다. 즉 계류체인의 수중중량 $P(\text{kgf/m})$ 에 해당한다.

각도 ϕ 만큼 기울어져 있는 계류체인에 수평으로 유속 V_o 의 유체가 흐르면 항력성분은 기준선방향과 접선방향으로 나누어서 고려해야 한다.



참고 그림 (4.4-13) 임의의 각도 ϕ 만큼 기울어진 계류체인에 작용하는 항력

기준선허력 성분은 다음과 같이 표현된다.

$$N ds = \frac{1}{2} \rho_w \cdot C_N \cdot d \cdot (V_N)^2 \cdot ds \quad \text{참고 식 (4.4-23)}$$

여기서, N : 계류체인의 단위 길이 당 작용하는 법선허력 (kgf/m)

ds : 미소길이

C_N : 기준선허력계수

d : 계류체인의 직경

$V_N = V_o \cdot \sin \phi$: 계류체인에 작용하는 유체 흐름의 수직성분

항로표지시설

계류체인에 수직으로만 작용하는 유체 흐름에 의한 항력 R 과의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} N &= \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_N \cdot d \cdot V_o^2 \cdot \sin^2 \phi \\ &= R \cdot \sin^2 \phi \end{aligned} \quad \text{참고 식 (4.4-24)}$$

한편 계류체인의 접선방향 항력성분은 다음과 같이 표현된다.

$$F ds = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_T \cdot \pi d \cdot V_T^2 \cdot ds \quad \text{참고 식 (4.4-25)}$$

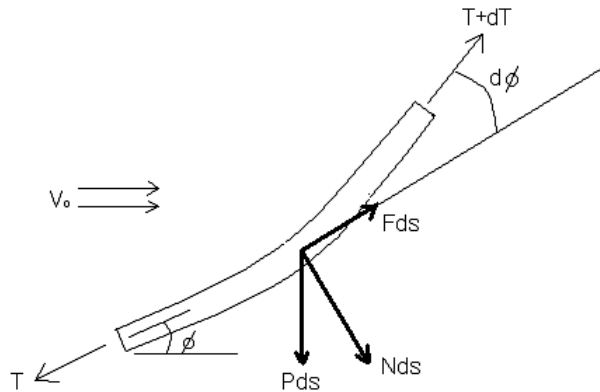
여기서, C_T : 접선방향 항력계수

$$V_T = V_o \cdot \cos \phi$$

유체 흐름의 접선방향 속도성분 정리하면 다음과 같다.

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_T \cdot \pi d \cdot V_o^2 \cdot \cos^2 \phi \quad \text{참고 식 (4.4-26)}$$

계류체인에 대한 정적 평형방정식을 유도하기 위해서 그림과 같이 자유 물체도를 그려서 접선방향과 기준선방향으로 작용하는 힘의 합을 구한다.



참고 그림 (4.4-14) 계류체인의 자유물체도

기준선방향의 힘의 성분을 합치면 다음과 같다.

$$(T + dT) \sin d\phi - N ds - P \cos \phi ds = 0 \quad \text{참고 식 (4.4-27)}$$

$d\phi$ 와 dT 가 작다고 가정하면 $\sin d\phi \simeq d\phi$, $dT d\phi \simeq 0$ 이 되고 위의 방정식은 다음과 같이 정리된다.

$$Td\phi = (N + P \cos \phi) ds \quad \text{참고 식 (4.4-28)}$$

접선방향 평형방정식은 다음과 같다.

$$-T + (T + dT) \cos d\phi - P \sin \phi ds + F ds = 0 \quad \text{참고 식 (4.4-29)}$$

정리하면

$$dT = (P \sin \phi - F) ds \quad \text{참고 식 (4.4-30)}$$

이상의 평형방정식은 일반적인 계류라인의 기준선과 접선 방향의 평행방정식을 나타낸다. 이 경우 평형방정식은 아주 간단하게 정리된다.

$$\text{기준선방향 방정식 : } Td\phi = P \cos \phi ds \quad \text{참고 식 (4.4-31)}$$

$$\text{접선방향 방정식 : } dT = P \sin \phi ds \quad \text{참고 식 (4.4-32)}$$

위 두 식을 합쳐 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{dT}{T} = \tan \phi d\phi \quad \text{참고 식 (4.4-33)}$$

이 식을 $\phi=0^\circ$ 에서 임의의 각도까지 적분하면

$$\log \frac{T}{T_0} = \int_{\phi=0}^{\phi} \tan \phi d\phi = \log \sec \phi \quad \text{참고 식 (4.4-34)}$$

$$T_H = T \cos \phi = T_0 \quad \text{참고 식 (4.4-35)}$$

여기서, T_0 : $\phi=0^\circ$ 인 지점에서 장력

위 결과에서 알 수 있듯이 현수곡선 해석에서는 계류체인의 모든 위치에서 수평장력 성분 T_H 는 T_0 로 일정하다. 장력의 수직성분은 다음과 같다.

항로표지시설

$$T_0 \tan \phi = PL$$

$$T_V = T \sin \phi = PL \quad \text{참고 식 (4.4-36)}$$

이것은 현수곡선 체인에서 임의 지점의 수직 장력 성분은 그 지점 아래쪽의 체인 중량과 같다는 것을 의미한다.

체인에 작용하는 전체 장력은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} T &= (T_H^2 + T_V^2)^{(1/2)} \\ &= (T_o^2 + (PL)^2)^{(1/2)} \end{aligned} \quad \text{참고 식 (4.4-37)}$$

다음은 임의의 위치에서 그 지점의 좌표 값을 계산하여 체인의 전체 길이와 수평이동 거리(즉 체인의 이출거리)를 찾을 수 있다.

체인을의 길이를 따라서 임의 지점의 x 좌표는 다음과 같다.

$$x = \int dx = \int ds \cos \phi \quad \text{참고 식 (4.4-38)}$$

참고 식 (4.9-31)을 이용하면 다음 관계를 얻을 수 있다.

$$dx = \frac{ds}{\sqrt{1 + (PL/T_o)^2}} \quad \text{참고 식 (4.4-39)}$$

양변을 적분하여 부표가 계류점에서 벗어난 거리 S 를 구할 수 있다.

$$S = \int dx = \frac{T_o}{P} \sinh^{-1} \left(\frac{PL}{T_o} \right) \quad \text{참고 식 (4.4-40)}$$

한편 체인의 길이는

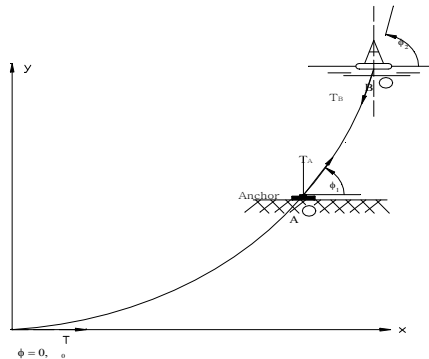
$$L = \frac{T_o}{P} \sinh \left(\frac{PS}{T_o} \right) \quad \text{참고 식 (4.4-41)}$$

또한 $\frac{dy}{dx} = \tan \phi$ 이므로 앞서 구한 관계식을 이용하면 수직거리 D 를 구할 수 있다.

$$D = \int dy = \frac{T_o}{P} \left[\cosh\left(\frac{PS}{T_o}\right) - 1 \right] \quad \text{참고 식 (4.4-42)}$$

이상과 같이 체인이 앵커로 고정된 지점의 체인의 각도가 $\phi = 0^\circ$ 인 경우에 대하여 체인의 길이 및 수평거리와 수직거리를 계산할 수 있다. 그러나 앵커지점의 체인 각도가 $\phi = 0^\circ$ 이 아니고 임의의 각도를 가질 경우에는 $\phi = 0^\circ$ 인 가상지점으로부터 앵커지점까지의 길이를 계산하여 전체 길이로부터 뺀 값이 실제 체인의 길이이다[참고 그림 (4.4-15) 참조].

체인이 원칙적으로 현수곡선(Catenary curve)이 되도록 한다. 중요한 것은 체인의 길이와 체인에 걸리는 장력인데 수심에 비해 체인의 길이가 충분히 길지 않다면 조류 등 수평하중에 의해 부표가 이동하면서 체인에는 장력이 증가하고 부표는 하항력을 받아 가라앉게 된다. 반대로 체인의 길이를 필요 이상으로 하면 부표의 이동반경이 크게 되고 아울러 부표에 작용하는 체인의 무게가 증가하여 역시 장력이 커질 우려도 있다. 따라서 적절한 체인 길이로 부표의 이출거리와 체인의 장력을 고려하여 수심의 2배 정도의 길이로 결정할 것을 권장한다.



참고 그림 (4.4-15) 현수곡선 계류체인의 모식도

(11) 체인의 장력계산과 침추

부표에 체인을 연결하는 지점(B)에서의 장력은 부표에 작용하는 수평력 F_H 과 수직력 F_V 을 계산하여 다음 식으로 구한다.

$$T_B = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \quad \text{참고 식 (4.4-43)}$$

수심 20m에 대하여 체인의 길이는 다음 식으로 구한다. 이때 계산기준 수심은 해도상의 수심에 최고조위(대조승)와 그 지점의 최대 파고를 더한 값에서 수면에서 체인이 부표에 연결된 수심을 뺀 값으로 한다.

$$L = \sqrt{D^2 + (2T_o/P)D} \quad \text{참고 식 (4.4-44)}$$

여기서, 계산기준 수심 $D = (20 + 2.7 + 2.5 - 1.358) = 23.842m$
 수평력 $T_o = F_H = (247.526 + 908.83) \times 1.2 = 1387.63 kgf$
 (풍속 45m/s 조류 5knots)
 체인의 수중중량 $P = 27.42 kgf/m$

따라서 체인의 길이 $L = 54.6m$ (이는 계산기준 수심 23.842m의 약 2.3배에 해당한다).
 실제 체인의 길이는 여기에서 연결부의 고배사슬 길이(5m)를 빼주어야 한다.
 부표의 이출거리는 다음 식으로 계산한다.

$$S = \int dx = \frac{T_o}{P} \sinh^{-1} \left(\frac{PL}{T_o} \right) = 47.37 m$$

근사적으로 다음 식을 사용할 수도 있다.

$$S \approx \sqrt{L^2 - D^2} = 49.1 m \quad \text{참고 식 (4.4-45)}$$

부표에 작용하는 수직력은 체인의 전 중량과 같으므로 $F_V = PL$ 이다.
 따라서 체인의 장력은

$$\begin{aligned} T_B &= \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \\ &= F_H + D P = 1387.63 + 23.842 \times 27.42 = 2041.38 kgf \end{aligned}$$

한편 LL-26(M)에서 체인은 $\phi 38mm$ 짜리를 사용하는데, 이 체인은 수중에서 무게가 1m 당 27.42kgf 이고 절단 시험하중이 54.4ton 이고 내력이 27.2ton 이다.
 체인의 장력은 이 시험하중을 넘지 않으므로 체인의 강도는 충분하다.
 침추(Sinker)의 파주력은 계류체인에 걸리는 수평력 T_o 보다 커야 한다. 침추의 파주력은 침추의 수중 중량에 지반과의 마찰계수(혹은 부착계수)를 곱하여 계산한다.
 마찰계수는 해저지반의 종류에 따라 다르므로 정확한 값은 설치해역의 실측치를 바탕으로 해야 할 것이다. 통상 암반 상에서 마찰계수로 0.4를 사용한다.
 지반이 평평할 경우 침추에 작용하는 수직방향 힘의 평형으로부터 침추의 중량이 계산된다.

$$W_{eff} = W_S - B = T_o \tan \phi_1 + \frac{T_o}{\mu} \quad \text{참고 식 (4.4-46)}$$

여기서, W_{eff} : 침추의 수중중량

W_s : 침추의 중량

B : 침추에 작용하는 부력

T_o : 앵커 지점에서 체인의 수평방향 장력성분

따라서 침추의 중량은 수평방향 외력과 마찰계수 μ 로부터 결정된다.

$$W_{eff} = \frac{2041.38}{0.4} = 5103.45 \text{ kgf}$$

침추의 수중중량은 5103.45kgf 보다 커야 한다. 공기 중에서 중량으로 환산하면 8795.06kgf 이상이어야 한다. 따라서 설계외력 조건인 풍속 45m/s 조류 5kt에 대하여 침추는 4톤짜리 3개를 설치해야 한다. 그러나 조류의 속도를 3kt라 생각하면 침추는 4톤짜리 2개로 충분하다.

(12) 계류구의 구조강도

부표에서 구조상으로 문제가 되는 부분은 체인과 연결되는 계류고리 및 인양고리 그리고 철탑과 표체와의 연결부이다. LL-26(M) 부표에서 계류고리는 직경 50mm 2개, 인양고리는 직경 70mm 4개인데 고리 하나에 걸리는 하중이 각각 2041.38kgf(체인의 장력)/2=1020.69kgf 그리고 5743kgf(부표의 중량)/4=1435kgf 이다. 따라서 인양고리에 최대 전단응력 55kgf/cm²가 작용하는데 이 수치는 주철재의 전단강도 1224kgf/cm²(=120MN/m²)를 넘지 않으므로 계류고리와 인양고리의 절단에 따른 문제는 없다고 판단된다.

(13) 부표의 안정성 계산

참고 표 (4.4-10) 배수체적과 1차 모멘트

명 칭	배수체적 (m ³)	기준선에서 각 배수체적의 중심까지 거리 (m)	각 배수체적의 1차 모멘트 (m ⁴)
표 체	5.349	0.406	2.172
미 통	0.02	-1.5	-0.03
중 추	0.22	-2.58	-0.568
계류 고리	0.004	0.03	0.00012
방향타판	0.003	-0.3	-0.009
미통 연결보강재	0.007	-0.155	-0.0011
소 계	5.603		1.564

항로표지시설

① 중심위치

$$KG = M_c / W$$

$$KG = 1613/5743 = 0.281 \text{ m}$$

② 배수체적

$$V = W / \gamma_w$$

$$V = 5743/1025 = 5.603 \text{ m}^3$$

③ 흘 수

$$d = d_1 + d_2$$

$$= (\text{표체 하부의 경사부 높이}) + (\text{수직부 표체의 수면아래쪽 깊이})$$

$$d_1 = 0.27 \text{ m}$$

$$d_2 = \frac{V'}{A'} = 4.329/5.309 = 0.815 \text{ m}$$

$$d = 0.27 + 0.815 = 1.085 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm 침하중량} = \pi R^2 \times 0.01 \times 1025 = 54.41 \text{ kgf}$$

④ 부 심

$$KB = M_B / V$$

$$KB = 1.564 / 5.603 = 0.28 \text{ m}$$

⑤ 경 심

$$BM = I_X / V$$

$$I_X = \frac{\pi \times 1.3^4}{4} = 2.243 \text{ m}^4, \quad V = 5.603 \text{ m}^3$$

$$BM = 2.243/5.603 = 0.40 \text{ m}$$

⑥ GM(중심과 경시 사이의 거리)

$$GM = BM + KB - KG$$

$$GM = 0.40 + 0.28 - 0.281 = 0.399 \text{ m}$$

⑦ 부표의 진동주기

$$t_o = 2\pi \sqrt{\frac{I_v}{W \cdot GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{\kappa^2}{GM \cdot g}}$$

I_v : 부표의 무게중심에 대한 질량관성모멘트 (kg·m²)

κ : 관성반경 (m) = $\sqrt{I_v \cdot g / W}$

$$I_v = (I_o - W/g \cdot \overline{KG^2}) \times 1.1 = (32286 - 5743 \times 0.281^2) \times 1.1 = 35015.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\kappa = \sqrt{\frac{35015.8}{5743}} = 2.469 \text{ m}$$

$$t_o = 2\pi \sqrt{\frac{2.469^2}{0.399 \times 9.81}} = 7.84 \text{ sec}$$

⑧ 바람에 의한 경사각

$$\text{풍력} : F_a = 1/2 \times \rho_a C_D A_a V_a^2$$

$$\text{복원모멘트} : M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 772.147 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$5743 \times 0.309 \times \sin\theta = 772.147$$

$$\text{최대경사각 } \theta_{\max} = 19.69^\circ$$

⑨ 조류에 의한 경사각

$$\text{조류력} : F_c = 1/2 \times \rho_w C_D A_c V_c^2$$

$$\text{복원모멘트} : M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 763.47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$5743 \times 0.399 \times \sin\theta = 763.47$$

$$\text{최대경사각 } \theta_{\max} = 19.46^\circ$$

항로표지시설

참고 표 (4.4-11) 풍력과 풍력모멘트(기준풍속 45m/s)

부 재 명	풍력면 적계수	투영면적 (㎡)	중심으로부터 의 거리(m)	높이에 따른 속도구배 (Height factor)	풍속 (m/s)	풍력 (kgf)	풍력모멘 트 (kgf-m)
등 명 기	1.0	0.104	6.416	0.92(5.612)	41.4	11.14	71.47
레이더 리플렉터	0.8	0.24	5.896	0.908(5.902)	40.86	20.034	118.12
레일 수직 보강재	0.5	0.1	5.139	0.887(4.335)	39.915	4.98	25.59
등명기용 수직보강재	0.25	0.05	5.139	0.887(4.335)	39.915	1.245	6.398
태 양 전 지 판	0.7	0.415	4.889	0.88(4.085)	39.6	28.472	139.2
번 호 판	0.7	0.837	3.669	0.836(2.865)	37.62	51.825	190.146
철탑 수직 보강재	0.6	0.39	3.229	0.817(2.425)	36.765	19.77	63.837
표 체	1.0	1.92	1.43	0.673(0.626)	30.285	110.06	157.386
소 계		4.051				247.526	772.147

참고 표 (4.4-12) 조류력과 조류력 모멘트(유속은 5kt)

부 재 명	투영면적 (㎡)	중심으로부터 의 거리(m)	높이에 따른 속도구배 (Height factor)	조류와 부표의 상대속도 (m/s)	조류력 (kgf)	조류력 모멘트 (kgf-m)
표체	3.28	-0.125	1.0	1.8	557.928	-69.741
미통	1.44	2.321	1.0	1.8	244.944	568.515
중추	0.54	2.861	1.0	1.8	90.104	257.788
미통 연결보강재	0.095	0.436	1.0	1.8	15.85	6.91
소 계	5.355				908.83	763.47

⑩ 파도에 의한 경사각

$$\theta_{\max} = \frac{\alpha}{1 - t_o^2 / T^2}$$

$$\lambda_o = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.8 \times 10^2}{2\pi} = 155.972 \text{ m} \quad (\text{여기서 } \lambda_o : \text{심해파의 파장})$$

$$d / \lambda_o = 20 / 155.972 = 0.128 \quad (\text{여기서 } d \text{ 는 수심})$$

$$d / \lambda = 0.1649$$

$$\lambda = 121.29 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{\pi H}{\lambda} = 3.14 \times 5 / 121.29 = 0.129 \quad (\text{여기서 파고 } H \text{ 는 } 5\text{m})$$

$$\theta_{\max} = \frac{0.129 \times 10^2}{10^2 - 7.84^2} = 0.335 \text{ rad} = 19.18^\circ$$

⑪ 체인의 길이

$$L = \sqrt{D^2 + (2T_o/P)D}$$

$$D = (20 + 2.7 + 2.5 - 1.358) = 23.842m$$

$$T_o = F_H = (247.526 + 908.83) \times 1.2 = 1387.63 \text{ kgf}$$

$$P = 27.42 \text{ kgf/m}$$

$$L = 54.6 \text{ m}$$

⑫ 부표의 이출거리

$$S = \int dx = \frac{T_o}{P} \sinh^{-1} \left(\frac{PL}{T_o} \right) = 47.37 \text{ m}$$

⑬ 체인에 작용하는 장력

$$\text{수평력 } T_o = F_H = (247.526 + 908.83) \times 1.2 = 1387.63 \text{ kgf}$$

$$\text{체인 수중중량 } P = 27.42 \text{ kgf/m}$$

$$\begin{aligned} T_B &= \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \\ &= F_H + D P = 1387.63 + 23.842 \times 27.42 = 2041.38 \text{ kgf} \end{aligned}$$

⑭ 침추의 중량

$$\text{수중중량 } W_{eff} = \frac{2041.38}{0.4} = 5103.45 \text{ kgf}$$

여기서 콘크리트 침추의 비중이 2.4 이면,

$$\text{공기 중의 중량 } W_s = 5103.45 \times \frac{2.4}{1.4} = 8795.06 \text{ kgf} [4\text{톤} \times 3(\text{침추 개수})]$$

⑮ 고리의 강도

$$\text{계류고리 : } 2041.38\text{kgf}(\text{체인 장력})/2 = 1020.69\text{kgf}$$

$$\text{인양고리 : } 5743\text{kgf}(\text{부표 중량})/4 = 1435\text{kgf}$$

계류고리에 최대 55kgf/cm²의 전단응력 작용
(재료전단강도 1224kgf/cm²)

항로표지시설

⑯ 안정성 계산결과 요약

참고 표 (4.4-13) 등부표 LL-26(M)의 안정성 계산결과

검 토 사 항	부 호	값	비 고
중심위치		0.281m	
부심위치	KB	0.28m	
경심(Metacenter)	GM	0.399m	
고유진동주기	t_o	7.84sec	
흘 수 심	d	1.085m	
외력에 의한 경사각	Θ_1	풍력 : 19.69 ° 조류력 : 19.46 °	45m/s 5knots
파도에 의한 경사각	Θ_2	19.18°	”
체인길이	L	54.6m	”
이출거리	S	47.37m	”
침추 무게	W_S	4ton × 3EA	”

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

(14) 각 표준형 부표의 안정성 계산 요약

참고 표 (4.4-14) 표준형 부표의 안정성 특성표

특성 \ 모델	기호	LANBY -100	LL-30	LL-26(M)	LS-35	UR-17S
부 표 중 량 (kgf)	W	109,324	7,644	5,743	5,705	2669.17
표 체 직 경 (m)	D	10	3.0	2.6	3.5	1.7
부 표 길 이 (m)	H	17	11.8	9.98	6.9	4.9
중량1차모멘트 (kgf-m)	Mc	64201	-1,086	1,613	5,313	-1413.6
질량관성모멘트(kg-m ²)	Io	513,448	51,993	32,286	15,350	20750.9
중심에 대한 질량관성모멘트(kg-m ²)	IG	475,778	51,839	31,833	10,405	22164.66
중 심(m)	KG	0.587	-0.142	0.281	0.931	-0.53
수중에서 관성반경(m)	k	2.188	2.731	2.471	1.416	2.871
배 수 체 적 (m ³)	V	106.66	7.458	5.603	5.566	2.604
배수체적 1차 모멘트 (m ⁴)	MB	33.29	1.975	1.564	1.722	1.174
부 심 (m)	KB	0.312	0.265	0.28	0.309	0.451
수선 단면2차 모멘트(m ⁴)	Ix	490.87	3.976	2.243	7.366	0.41
BM (m)	BM	4.602	0.533	0.40	1.323	0.157
GM (m)	GM	4.327	0.94	0.399	0.701	1.138
1센티 침하중량(kgf)		805.032	72.45	54.42	98.62	23.265
고유진동주기 (sec)	t0	2.11	5.65	7.84	3.393	5.4
흘 수 (m)	d	1.224	1.098	1.085	0.677	1.21
최대흘수(m)		1.24	1.125	1.405	0.84	1.21
최소건현(m)		1.26	1.275	0.695	0.56	0.79
바람에 의한 경사각		1.46 °	11.35 °	19.69 °	6.14 °	8.85 °
조류에 의한 경사각		0.37 °	4.553 °	19.46 °	5.61 °	2.714 °
파도에 의한 경사각		7.735 °	10.83 °	19.18 °	8.4 °	10.43 °
계류 고리에 걸리는 최대인장력(kgf)	TB	22,391.3	2,452.9	2,041.4	1,799	1,240.4
풍 압 면 적 (m ²)	A	32.04	5.943	4.051	5.155	3.815
체인 전체길이 (m)	L	129.59	61.1	54.6	51.17	48.73
고삐사슬 길이 (m)			5	5	5	5
이 출 거 리 (m)		115.1	54.54	47.4	42.9	41.41
계류사슬 직경 (mm)		80	38	38	38	32
적 정 침 추 (ton)		100ton	4ton x 3	4ton x 3	4ton x 3	4ton x 2
비 고		수심 50m				*체인중량 포함

주) 극한 자연환경 조건 : 수심 20m, 파주기 10sec, 파고 5m, 풍속 45m/s, 조류 5kt

항로표지시설

참고 표 (4.4-15) 표준형 부표의 안정성 특성표(계속)

특성 \ 모델	기호	LL-24	LL-26	U17C (S)	U17S (S)	U17C (P)	U17S (P)	UR17C (S)	UR17S (S)
부 표 중 량 (kgf)	W	5359.87	5599.02	2711.26	2804.88	2716.2	2919.2	2499.81	2593.43
표 체 직 경 (m)	D	2.4	2.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
부 표 길 이 (m)	H	9.016	10.3	4.897	4.897	4.69	4.69	4.897	4.897
중량1차 모멘트 (kgf-m)	Mc	2079	1297.55	-710.262	-781.25	-606.5	-770.97	-1068.43	-1302.66
질량관성모멘트 (kg-m ²)	Io	23372	30074.4	18904.3	18960.44	19455.4	19555.7	17863.8	17875.1
중심에 대한질량관성 모멘트(kg-m ²)	IG	23421.6	32750.3	20013.3	20616.3	21252.4	21287.5	19148.8	18943.7
중 심 (m)	KG	0.388	0.232	-0.262	-0.279	-0.223	-0.264	-0.427	-0.502
관성반경 (m)	k	2.152	2.419	2.576	2.711	2.797	2.7	2.768	2.703
배 수 체 적 (m ³)	V	5.229	5.462	2.645	2.736	2.65	2.848	2.439	2.53
배수체적 1차 모멘트 (m ⁴)	MB	1.027	1.645	0.853	1.242	0.857	1.338	-0.021	0.2
부 심 (m)	KB	0.196	0.301	0.323	0.454	0.323	0.47	-0.008	0.079
수선 단면2차 모멘트 (m ⁴)	Ix	1.629	2.243	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
BM (m)	BM	0.311	0.411	0.155	0.15	0.155	0.144	0.168	0.162
GM (m)	GM	0.12	0.48	0.74	0.882	0.701	0.878	0.587	0.743
1센티 침하중량 (kgf)		46.37	54.42	23.265	23.265	23.265	23.265	23.265	23.265
고유진동주기 (sec)	t0	12.466	7.003	6.428	5.791	6.7	5.782	7.246	6.289
흘 수 (m)	d	1.226	1.06	1.097	1.269	1.099	0.878	1.006	1.178
최 대 흘 수 (m)		1.226	1.308	〃	〃	〃	〃	〃	〃
최 소 건 현 (m)		1.074	0.792	0.903	0.731	0.901	1.122	0.994	0.822
바람에 의한 경사각		80.6°	9.972°	12.2°	9.01°	23.57°	16.3°	19.48°	14.2°
조류에 의한 경사각		36.7°	11.08°	-5.637°	-8.43°	-5.4°	-6.02°	-11.95°	-9.65°
파도에 의한 경사각		-13.42°	14.6°	12.7°	5.79°	13.5°	11.17°	15.66°	12.3°
계류고리에 걸리는 최대 인장력(kgf)	TB	1846.55	1702.8	1178.1	1039.2	1260.5	1250.1	1211.8	1147.17
풍 압 면 적 (m ²)	A	4.124	4.845	3.011	2.719	3.522	3.15	2.841	2.873
체인 전체길이(m)	L	51.5	49.13	47.5	46.89	49.47	49.1	48.3	46.7
고배사슬 길이(m)		5	5	5	5	5	5	5	5
이 출 거 리 (m)		43.7	40.8	39.73	39.1	42.1	41.7	40.68	38.8
계류사슬 경(mm)		38	38	32	32	32	32	32	32
적 정 침 추 (ton)		4ton×2	4ton×2	4ton×2	4ton×2	4ton×2	4ton×2	4ton×2	4ton×2
비 고				* U17계열 모델의 경우 체인의 무게를 총중량에 포함.					

4.5 교량표지

- (1) 선박이 통항하는 교량에는 교량시설을 보호하고 선박의 안전한 통항을 위하여 교량표지를 설치하여야 한다.
- (2) 교량표지는 항로표지 기능 및 규격에 관한 기준과 국제항로표지협회의 교량표지에 관한 권고(O-113)에 따른다.

[해설]

- (1) 교량표지는 교량을 통항하는 선박이 가항수역으로 안전하게 항해하도록 설치하는 시설로 최대 통항선박의 흘수와 높이, 선폭을 고려하여 가항수역에 설치한다.
교량아래 가항수역의 중앙과 교량 양측 끝단과 교각의 존재를 국제기준에 따른 형상물과 등화로서 표시한다.
- (2) 교각을 표시하는 교각등, Light Pipe, 전파표지(레이콘)등은 해상여건과 통항선박의 운항행태를 고려하여 설치할 수 있다.

[참고]

- (1) 교량표지의 설치 기준
 - ① 교량표지는 야간표지(교량등)와 주간표지(교량표)로 구분한다.
 - ② 야간표지(교량등)는 좌측단등, 우측단등, 중앙등, 교각등, 경간등으로 세분한다.
 - ③ 주간표지(교량표)는 좌측단표, 우측단표, 중앙표로 세분한다.
 - ④ 교량아래의 가항수역한계, 항로의 중앙, 교각(충격방지 구조물 포함)의 존재 표시는 IALA 해상부표식 및 IALA 교량표지 권고 기준에 따른다.
 - ⑤ 교량표지의 좌현 및 우현표시는 IALA 해상부표식에 따른다.
 - ⑥ 교량등의 명칭은 해당 교량의 공칭명칭을 부여한다.
 - ⑦ 교량등의 번호는 수원을 향하여 좌측 앞단의 P, L, C, R, P등(燈)은 1번부터 흘수로 하고 뒷단 등(燈)은 2번부터 짝수로 하여 수원방향의 좌측에서 우측으로 차례로 번호를 부여한다.
 - ⑧ 교량등이나 교량표는 최고고조면(홍수수위) 보다 상단에 위치하여야 한다.
 - ⑨ 교량등의 설치는 관리(점검정비)가 편리하도록 시설하여야 한다.
 - ⑩ 가항수로 결정시 항해가능한 선박의 마스트 높이와 교량 밑의 수심 및 일방통항 또는 교행항로인지를 고려하여야 한다.
 - ⑪ 야간이나 안개 시에 선박안전을 위하여 RACON이나 음향표지 장치를 병설할 수 있다.
- (2) 교량등의 특징
 - ① 교량등의 광도는 항해자가 교량을 안전하게 통과할 수 있도록 충분한 소요거리에서 시인할 수 있어야 한다.

항로표지시설

② 홍색 및 녹색등은 IALA 해상부표식 기준에 따르며, 동기점멸을 하는 경우 시인성이 증가된다.

③ 중앙등(가장 최적 통항지점)은 백색 섬광등화 또는 경간 밑에 안전수역표지의 특성을 나타내는 등화로 나타낸다.

(3) 통항 최적지점 결정요소

- ① 교량 통항 최대 선박의 선평 및 최대 높이
- ② 교량 아래의 수심, 특히 일정하지 않은 교량 아래의 수심
- ③ 교량의 교각과 다른 구조물의 보호
- ④ 한쪽방향 통항 또는 양방향 통항의 필요성 등 해상교통 형태
- ⑤ 조석 간만의 차 및 유속

(4) 교량표지의 종류

- ① 교량등(야표)

참고 표 (4.5-1) 교량등의 설치 기준

종 류	내 용	등 색
좌현등	교량아래의 가항수역이나 항로의 좌측 끝을 표시	녹
우현등	교량아래의 가항수역이나 항로의 우측 끝을 표시	홍
중앙등	교량아래의 가항수역이나 항로의 중앙을 표시	백
교각등	교각의 존재를 표시	황
경간등	교량 경간 중 항행이 금지된 구간임을 표시하는 등화	황

② 교량표(주표)

참고 표 (4.5-2) 교량표의 설치 기준

종 류	내 용	도 색	형 상
좌현표	교량아래의 가항수역이나 항로의 좌측 끝을 표시	백색바탕에 녹색	정사각형
우현표	교량아래의 가항수역이나 항로의 우측 끝을 표시	백색바탕에 홍색	정사각형
중앙표	교량아래의 가항수역이나 항로의 중앙을 표시	백색바탕에 홍백 2줄 종선	원형

(5) 설치기준

① 교량등(야간표지)

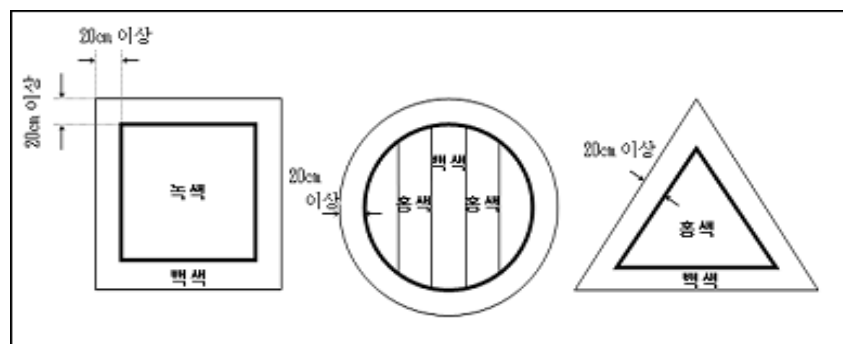
교량등은 다음의 기준에 따라 설치하여 항해자가 교량을 안전하게 통과할 수 있도록 유도하여야 한다.

- 가. 모든 경간에서 항행이 가능할 경우에는 교각에만 등화를 설치 할 수 있다.
- 나. 오직 한 구역의 경간에서만 항행이 가능할 경우에는 경간 아래에 등화를 설치하거나 제한된 항로를 표시하기 위하여 부표나 등표를 설치하여 통항 최적지점으로 항행을 유도할 수 있다.
- 다. 교량 아래에 한 개 이상의 항행 가능 수로가 있을 경우에는 각 수로별로 통항 최적지점과 같은 시스템으로 설치하여야 한다.
- 라. 홍색과 녹색등화는 배후광으로 고유한 기능 식별이 어려운 해역을 포함하여 주변 환경을 고려한 적절한 광달거리를 확보하여야 한다.
- 마. 모든 등화는 교각 구조물에 의해 시계가 차단되지 않고 모든 구역에서 보이도록 설치하여야 한다.
- 바. 홍색 및 녹색의 측방표지로 표시된 교량의 경간 외에도 소형 선박은 IALA 해상 부표식에 특수표지용인 황색등을 설치한 경간에서도 항해 할 수 있다.
- 사. 어떤 경우에는 교각에 조사등을 설치하여 항행가능 구역이나 교각을 을 나타내는데 충분한 효과를 거둘 수 있으므로 설치를 고려할 필요가 있다.

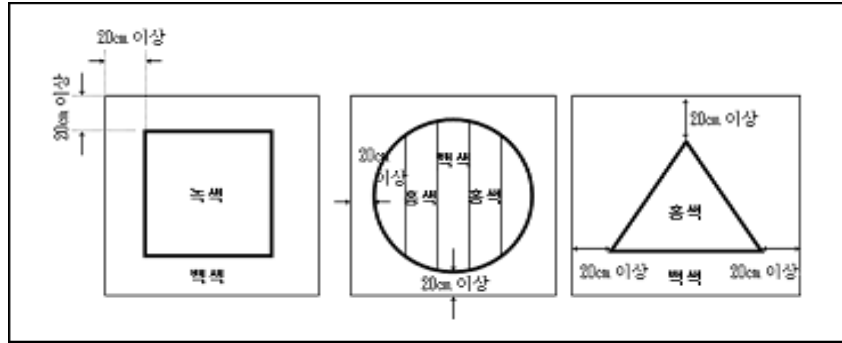
② 교량표(주간표지)

교량표는 다음의 기준에 따라 설치하여 항해자가 주간에 교량을 안전하게 통과할 수 있도록 유도하도록 하여야 한다.

- 가. 교량 구조물과 교량표가 대비되어 항해자가 명확하게 식별할 수 있도록 교량표의 바탕을 백색으로 하고 바탕과 교량표의 간격은 20cm 이상으로 한다.
- 나. 우측단표에는 꼭지점이 위로 향한 홍색의 정삼각형을, 좌측단표에는 녹색 사각형의 판을 설치한다.
- 다. 중앙표는 원형판 백색바탕에 홍색 종선 2선 이상의 원형판을 설치한다.
- 라. 교량표의 크기는 교량의 구조를 고려하여 항해자가 쉽게 식별이 가능 하도록 가능한 큰 크기로 설치하여야 한다.
- 마. 주간표지판을 야간에 식별이 가능하도록 빛을 조사하거나 전자패널로 교체 또는 보완할 수 있다.
- 바. 적절한 색상의 역반사재를 사용하여 야간에 주간표지판의 식별을 증진시킬 수 있다.



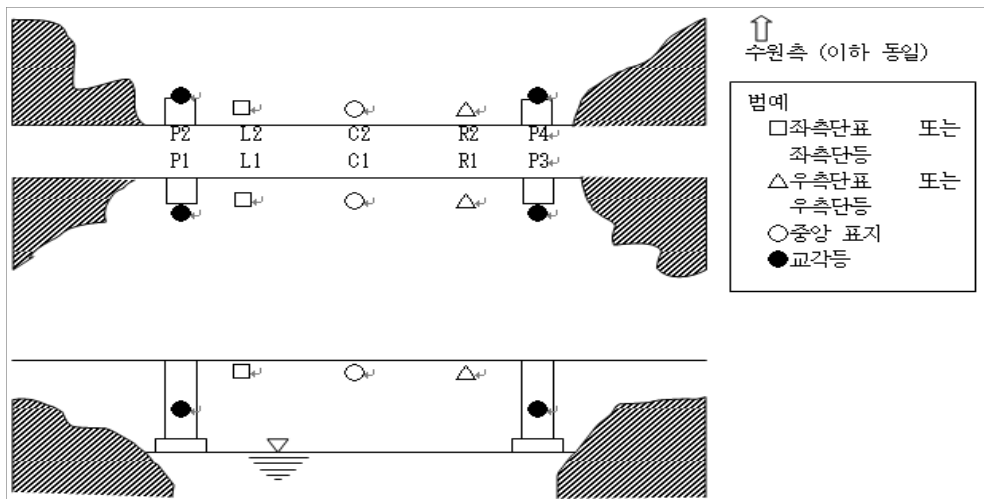
참고 그림 (4.5-1) 주간표지(교량표)의 형상



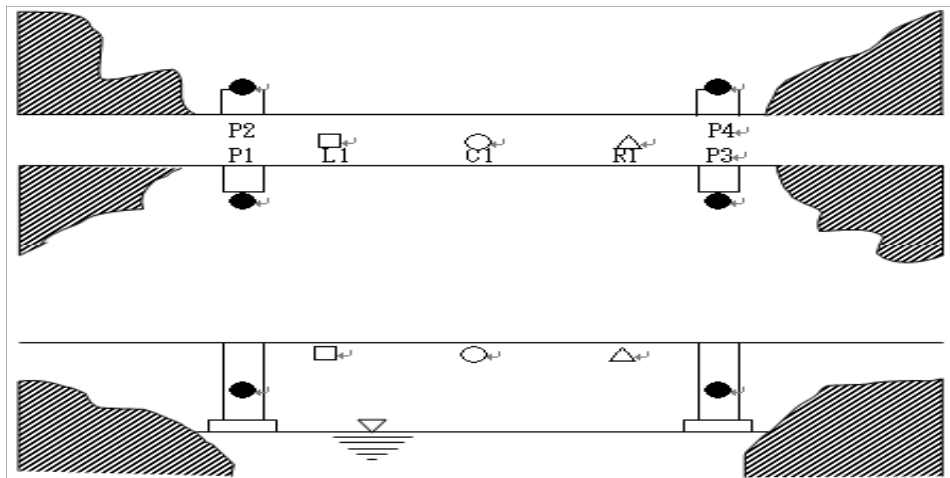
참고 그림 (4.5-2) 사각형 배경의 주간표지(교량표)의 형상

(6) 설치위치

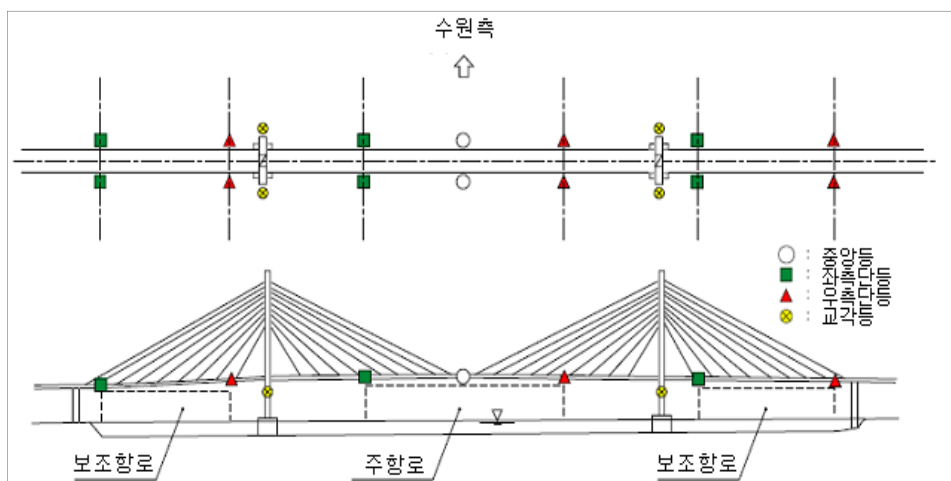
- ① 측단표지는 좌측단표, 우측단표 및 측단등을 말하고, 교량 아래의 가항수역 측단선 상의 경간에 설치한다.
- ② 중앙표지는 중앙표 및 중앙등을 말하고, 교량 아래의 가항수역의 항로 중앙선 상의 경간에 설치한다.
- ③ 교각등은 교각 기초부를 포함한 수원측 및 반대 측의 방향에 설치한다.
- ④ 항행이 금지된 교각의 경간에는 경간의 중앙에 황색등을 설치하여야 한다.
다만 항행이 금지된 황색등 설치 구간이라도 소형 선박은 수심을 고려하여 항행을 할 수 있다.
- ⑤ 교량표지의 설치위치는 교량 경간 및 교각에 설치하여야 한다.
- ⑥ 교량 아래 복수의 가항수역 또는 항로가 존재할 경우는 가항수역 또는 항로마다 교량표지를 설치하여야 한다.
- ⑦ 교량 아래의 통행 방법이 일방통행일 경우에는 교량표지 일부를 설치하지 아니할 수 있다.
- ⑧ 가항수역 혹은 항로 중심선 및 측단선의 경계는 수심측량 결과와 통행선박의 규모를 종합 검토하여 결정한다.
- ⑨ 교량표지는 참고 그림 (4.5-3)~참고 그림 (4.5-6)까지의 표준설치방법(그림에서 좌측단은 L, 우측단은 R, 중앙은 C, 교각은 P로 표시)을 참고하여 교량 주변 환경 및 여건을 감안하여 설치하여야 한다.



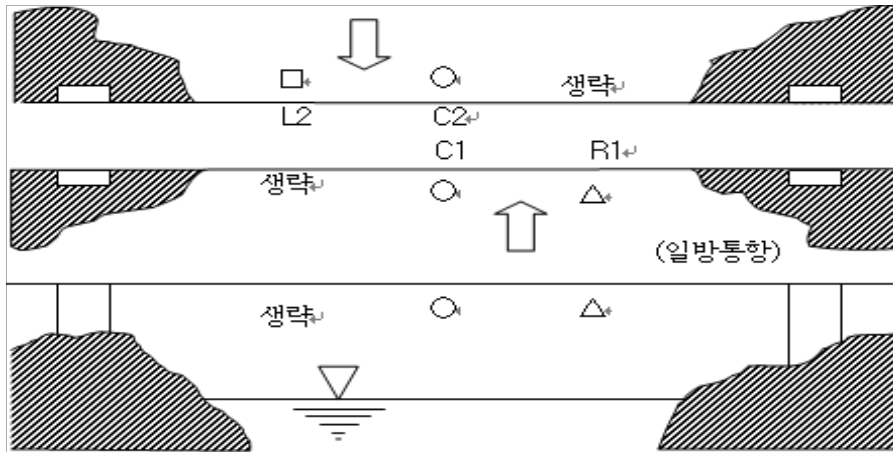
참고 그림 (4.5-3) 표준설치 1 (양방 통행방식)



참고 그림 (4.5-4) 표준설치 2 (단일 통행방식)



참고 그림 (4.5-5) 표준설치 3 (가항구간이 여러 개 있는 통행방식)



참고 그림 (4.5-6) 표준설치 4 (통행분리방식)

(7) 교량표지와 병설 가능한 표지

- ① 교량의 존재를 항해자에게 경고하기 위하여 1개 이상의 무신호기를 설치 할 수 있다.
- ② 레이더상에서 교각을 분명하게 판별할 수 있도록 충돌방지구조물이나 부표 또는 고정된 교각 구조물에 레이더반사기를 설치하되 설치 전에 시험을 한 후 성과를 분석하여 설치하여야 한다.
- ③ 교량 아래 통과 최적지점을 표시하기 위하여 탐지범위가 짧은 범위의 레이콘을 다음과 같이 설치할 수 있다.
 - 가. 레이콘을 설치할 경우 현재의 기술적 제한사항을 깊이 고려하여야 하며 한 개 이상의 경간에 한 개 이상의 레이콘을 설치하여 이용할 수 있다.
 - 나. 교량의 한 경간에 두 개의 레이콘을 설치할 때의 식별부호는 다음과 같다.
 - (가) 우현 : 모르스부호 T(-)
 - (나) 좌현 : 모르스부호 B(- ...)
- ④ 교량 아래 통과 최적지점 정보와 통행 해역의 수심, 유속, 조류, 조위 등 항행에 필요한 기타 정보를 제공하기 위하여 항로표지용 AIS를 사용할 수 있다.
- ⑤ Light pipe

항로 폭이 좁은 경우에 교각 조사등이 항해자의 눈부심을 유발할 수 있으므로 교각의 존재를 확인할 수 있도록 적절한 크기의 Light pipe를 교각중앙에 수직으로 설치할 수 있다.

4.6 해상 인공구조물 표지

- (1) 선박 통항이 이루어지는 해상에 인공 구조물을 설치하는 경우 해상 인공구조물 표지를 설치하여야 한다.
- (2) 해상구조물표지는 항로표지 기능 및 규격에 관한 기준과 국제항로표지협회의 인공 해상 구조물 표지에 관한 권고(O-139)에 따른다.

[해설]

- (1) 해상 인공구조물 표지는 원유와 가스 플랫폼(Oil and gas platforms)과 연안풍력발전 단지(Offshore wind farms)와 파력과 조력발전장치(Wave and tidal energy devices) 및 양식장(Aquaculture farms) 등에 적용한다.
- (2) 해상 인공구조물 표지는 해상구조물이 설치된 지점이나 지역에 해상교통량, 항만과의 근접성, 선박의 진입 가능성 및 태풍·조석 등에 자연환경으로 인한 해상교통의 위험 정도를 검토하여 항해 선박이 구조물을 파악하여 안전하게 항해할 수 있도록 각종 항로표지를 종합적으로 설치하여야 한다.
- (3) 해상 인공구조물이 시공 중이거나 설치시에는 선박이 접근하지 않도록 공사용 표지를 설치하고 항행통보를 하도록 하여야 한다.

[참고]

- (1) 일반적인 해상 인공구조물/플랫폼의 표시
 - ① 야간에 구조물에 접근 시 어떤 방향에서도 적어도 하나의 등화를 볼 수 있는 백색 등화를 점등하여 구조물을 표시하여야 한다.
 - ② 각 구조물은 모든 방향에서 볼 수 있는 표지판을 설치하여야 한다.
 - ③ 구조물에는 어떤 방향에서도 청취가 가능한 무신호기를 1개소 이상 설치한다.
 - ④ 집단 해상구조물의 둘레를 표시하거나, 집단 해상구조물을 통과하는 항로 표시 또는 구조물을 설치하거나 해체하는 동안의 고정된 구조물을 표시하기 위하여 부표나 등표를 설치할 수 있으며 설치되는 표지는 IALA 해상부표식에 따른다.
 - ⑤ 수중 콘크리트 우물통, 파이프라인 및 해저터널 등과 같은 해저장애물이 있는 곳에서는 선박에게 수중의 위험물을 경고하기 위하여 IALA 해상부표식에 따라 적절한 표시를 하여야 한다.
- (2) 해상 구조물 표지
 - ① 주등(Main light(s)) 및 기타 등화
 - 가. 광력 : 배후광을 감안하여 최소 10해리 이상의 광달거리를 갖추어야 한다.
 - 나. 등질 : 15초 이하의 주기로 백색광 모르스부호 U(···)를 같은 높이에서 동시에 섬광 (동기점멸)하도록 하여야 한다.

항로표지시설

다. 등화의 설치 높이 : 해면의 최고 고저면에서 최소 6미터 이상 최대 30m 이하의 높이에 설치하여야 한다.

라. 조사등 : 인접한 구조물에 최대광도로 수직으로 조사하여 구조물이 보일 수 있도록 하여야 한다.

마. 항공장해등 : 구조물의 최상부 수평과 수직 끝단은 항공장해등 설치 규정에 따라 적절하게 표시하여야 한다.

② 무신호(Fog signals)

가. 음향신호 : 매 30초 주기로 모스부호 U를 나타내는 소리로서 단음의 최소주기는 0.75초 이상이어야 한다.

나. 음달거리 : 어느 방향에서도 최소 2해리의 범위에서 들을 수 있어야 한다.

다. 설치위치 : 해면의 최고 고저면에서 최소 6미터 이상 최대 30미터 이하의 높이에 설치되어야 한다.

라. 무신호 발사 : 기상학적인 시계가 2해리 이하일 때는 운영되어야 한다.

③ RACON 설치

가. 레이콘 : 특수한 구조물로서의 고유한 식별이 요구되는 곳에서는 레이콘을 설치할 수 있으며, 설치되는 레이콘의 탐지범위와 부호는 주무관청이 결정한다.

나. 해도에 표시되지 않은 일시적 해상구조물에 설치되는 레이콘은 모스부호 D (— ··)를 사용하여야 한다.

(3) 해상구조물의 건설과 철거작업 중 항로표지 설치

① 해상구조물을 건설하거나 철거할 때에는 IALA 해상부표식에 따른 표지를 설치하여야 한다.

② 연안에서 파력발전이나 조력 발전을 건설 하는 기간에는 항행통보, 국제무선항행경보 및 방송 등을 통해 항해자에게 공포하여야 한다.

③ 일반적으로 수상 면에 해상구조물을 건설하거나 철거 단계 기간 중에는 부가적인 임시표지 설치를 고려하여야 한다.

④ 해상구조물 설비를 철거하고자 할 때에는 모든 장애물을 제거하여 해저의 원래 수심이나 지형을 원상회복 시켜야 한다.

참고 표 (4.6-1) 해상구조물의 항로표지 시설 설치 기준

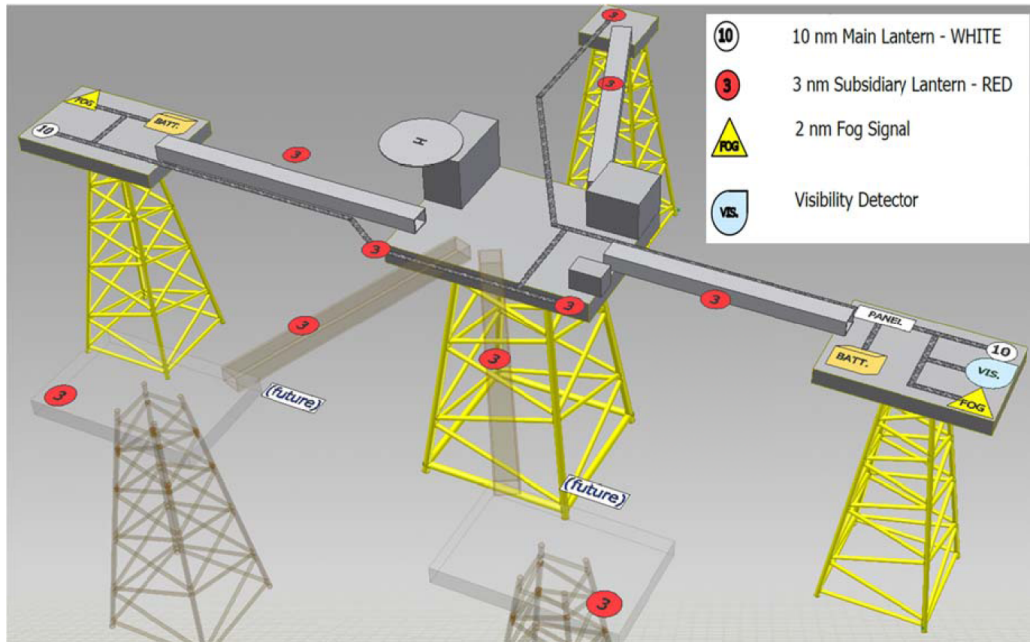
○ : 필수 설치 △ : 설치고려	주등 (백색)	경고등 (황등)	부가등 (홍색)	긴급등 (황색)	무신호기	레이다 비콘	항로표지 AIS	등부표
고정형 해양오일/ 가스 플랫폼	○		○		△	△	△	△
부유식 원유생산저장설비	○		△		△	△	△	
부유식석유화학 계류시설	○		△		△	△	△	
양식장		○				△	△	○
해상기상관측시설	○				△	△	△	
최소설비플랫폼	○		△		△	△	△	△
해상도크/ 해상하역설비	○		○		△	△	△	△
해저파이프/ 해저배관	△							△
독립적 조력/ 파력발전장치	○		△		△	△	△	△
조력/ 파력발전소 단지		○			△	△	△	○
해상풍력발전단지		○		△	△	△	△	△
독립적 해상 풍력발전장치	○				△	△	△	△
해상변전소	○		△		△	△	△	

(4) 오일 또는 가스 플랫폼 표시

- ① 설치된 고정구조물의 어느 방향에서나 보일 수 있는 위치에 1개 이상의 백색등화를 설치하며, 등화의 광달거리는 최소 10해리 이상이 되어야 한다.

항로표지시설

- ② 구조물의 끝단 등에 부가적인 홍색점멸등을 설치하되, 등질의 특성은 주등과 같이 15초 이하 간격의 모르스부호(U)로서 동기점멸하고, 최소 광달거리는 3해리 이상이어야 한다.
- ③ 어느 방향에서도 잘 보일 수 있도록 높이 1m 이상의 크기로 노란색 바탕에 검은색 숫자/문자로 구조물의 식별정보를 표시하여야 하며 야간에도 쉽게 식별할 수 있도록 적절한 발광재나 역반사재를 사용할 수도 있다.



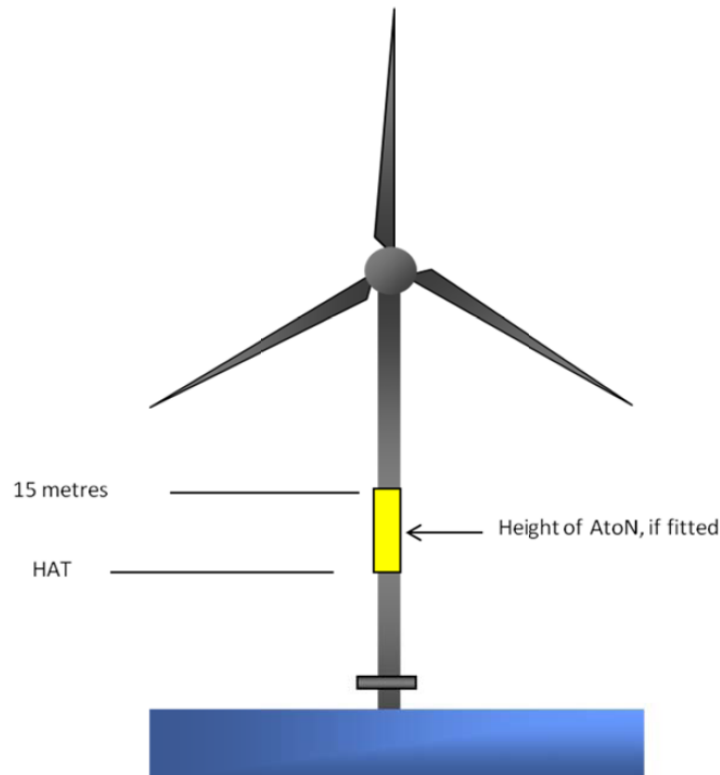
참고 그림 (4.6-1) 오일 또는 가스 플랫폼 항로표지 설치기준

(5) 해상풍력단지 표시

- ① 해상풍력단지는 기상관측탑, 풍력발전기, 변전소로 구성된다.
- ② 각 구조물은 어느 방향에서도 잘 보일 수 있도록 높이 1m 이상의 크기로 노란색 바탕에 검은색 숫자/문자로 구조물의 식별정보를 표시하여야 하며 야간에도 쉽게 식별할 수 있도록 적절한 발광재나 역반사재를 사용할 수도 있다.
- ③ 구조물에는 최고만조위(HAT)에서 15m 높이까지 노란색으로 도장하여야 하며, 야간에도 쉽게 식별할 수 있도록 역반사재를 부착 사용할 수도 있다.
- ④ 선박에 장치된 레이더나 연안레이다기지국에서 레이더 화면상에 분명히 나타날 수 있어야 한다.
- ⑤ 표시되는 등화는 수평면의 어느 방향에서 볼 수 있어야 한다.
- ⑥ 지형적 환경 등으로 시계가 불량할 때를 대비하여 무신호기를 설치할 수 있으며, 설치되는 무신호기는 음달거리가 최소 2해리 이상이어야 한다.

(6) 독립된 해상 풍력발전기, 기상관측탑과 기타 구조물

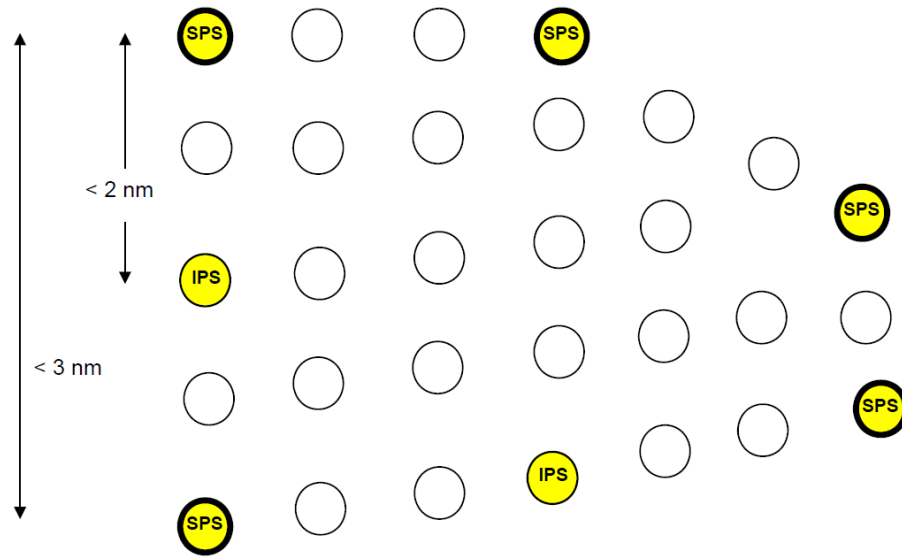
- ① 주등은 백색섬광등으로 등질 및 주기가 15초 이하 간격의 모르스부호(U)로서 명목적 광달거리가 10해리 이상이어야 한다.
- ② 항로표지는 풍력발전기의 날개 하단에 설치하여야 하며, 최고만조위(HAT)에서 6m 높이 정도에 설치하도록 한다.
- ③ 설치되는 항로표지의 운영율은 최소 99% 이상이 되어야 한다.



참고 그림 (4.6-2) 독립형 해상 풍력발전기 항로표지 설치방법

(7) 해상 풍력발전단지(그룹 구조물)의 표시

- ① 중요 주변 구조물(가장자리 등)과 기타 중요지점의 등화는 IALA 해상부표식의 특수 표지 등화인 황색등을 사용하며 명목적 광달거리가 5해리 이상이 되어야 한다.
- ② 모든 주변구조물의 등화는 동기 점멸하여야 한다.
- ③ 풍력발전단지가 넓을 경우에도 가장자리 사이의 거리가 3해리 이상을 초과하여서는 아니 된다.
- ④ 풍력발전단지의 각 가장자리 중간의 구조물에는 명목적 광달거리 2해리의 황색 등화를 사용하되 가장자리 등화와 등질을 달리하여야 한다.
- ⑤ 가장 가까운 가장자리와 2해리 이상의 간격이 벌어져서는 안 된다.
- ⑥ 참고 그림 (4.6-3)에서 SPC는 가장자리 구조물이고, IPS는 중간 구조물을 의미한다.



참고 그림 (4.6-3) 풍력발전단지의 항로표지 설치방법

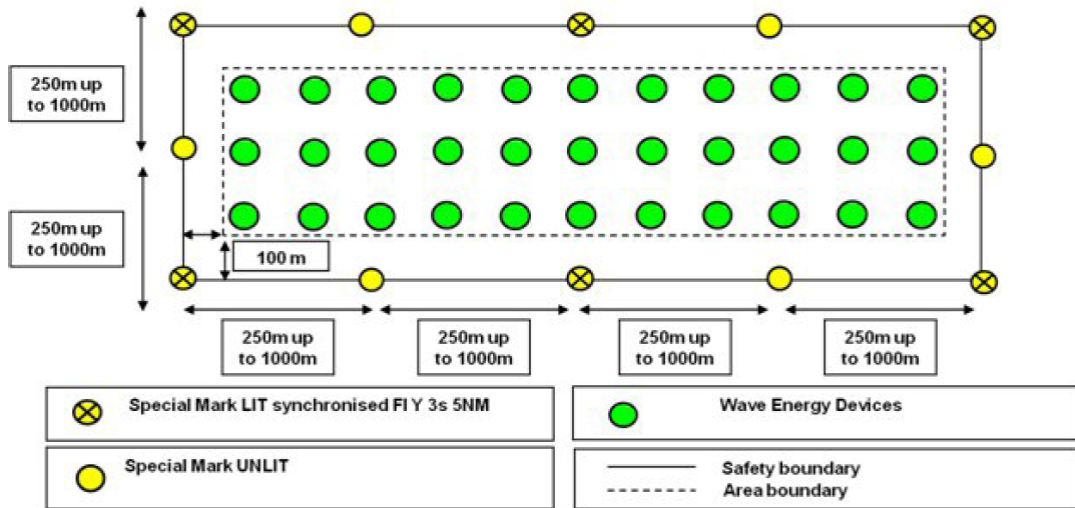
(8) 부가적 항로표지 설치

- ① 기타 각 구조물 마다 명목적 광달거리 2해리 범위의 황색 섬광 등화 또는 표시
- ② 등화가 부착되지 않은 개별 구조물 마다 역반사재 설치
- ③ 레이콘 설치
- ④ 항로표지용 AIS 설치
- ⑤ 해상 변전소 또는 기상탑은 해상풍력발전 단지의 표시 방법에 준한다.

(9) 파력과 조력발전장치의 표시

- ① 사용되는 항로표지와 부가적인 레이더반사기, 역반사재 설치, 레이콘 및 AIS송신기는 설치 구조물 주변의 해상교통수준과 위험 요구조건을 고려한 적절한 위험평가를 거쳐 결정한다.
- ② 광파표지는 전 수평 방향에서 시인할 수 있어야 하며 주야간 점등한다.
- ③ 등화의 동기점멸화는 배후광으로부터 시인성을 향상시키는데 효과적이다.
- ④ 등화의 명목적 광달거리와 수직 발산각도는 위험 평가 결과에 따른다.
- ⑤ 개별적인 파력 또는 조력발전 장치는 수면 상부의 표면에는 황색으로 도색하여야 한다. 만약 발전소 내 해역에 항행이 허용된다면 개별적인 요구되는 표시를 할 수도 있다.
- ⑥ 만일 개별적인 장치에 황색 점멸등을 사용한다면 발전단지 가장자리의 등화와 다른 등질을 사용하여야 하며, 명목적 광달거리도 2해리를 넘지 않아야 한다.
- ⑦ 부표는 발전단지의 부유 구조물의 계류 장치 바깥에 위치하여야 한다.
- ⑧ 단독 파력 또는 조력 발전장치는 위험평가를 거쳐 고립장애표지와, 특수표지로 표시하여야 한다.
- ⑨ 설치되는 항로표지의 운영률은 99% 이상이 되도록 한다.

- ⑩ 파력 또는 조력 발전장치 구역의 항로표지는 참고 그림(4.6-4)와 같이 배치하며 위험 평가를 거쳐 등화가 있는 특수표지와 등화가 없는 특수표지의 거리 간격을 적절히 고려하여야 한다.



참고 그림 (4.6-4) 파력 또는 조력 발전단지의 항로표지 배치

(10) 해상 양식장치의 표시

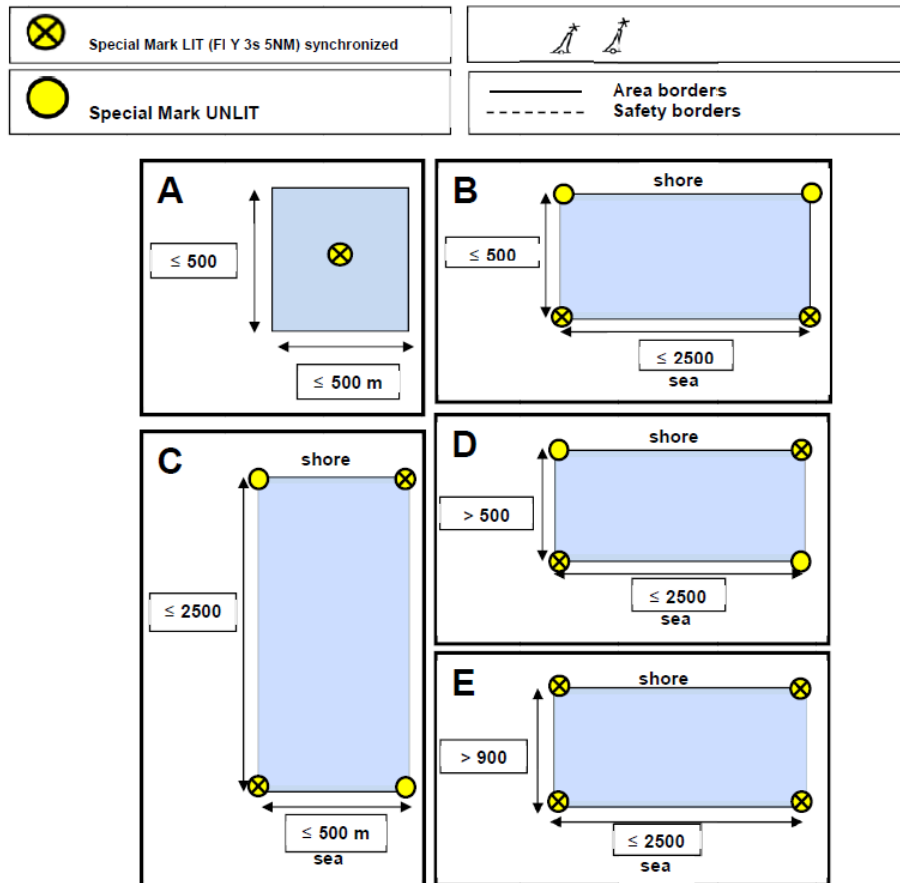
- ① 양식장표지는 일반적으로 특수표지로 표시한다.
- ② 양식장 사이로 선박 통항을 한다면 수로 측에는 측방표지를 사용할 수 있다.
- ③ 양식장으로부터 떨어진 위치에서 선박 교통이 이루어지는 경우에는 방위표지를 사용할 수도 있다.
- ④ 부가적으로 레이더반사기, 역반사재, 레이콘과 항로표지용 AIS를 사용할 수도 있다.
- ⑤ 적절한 위험평가를 통해 배후광이 있는 경우 등화의 동기점멸로 시인성을 향상시키는 것이 효과적이다.
- ⑥ 소형 선박의 요구 사항을 고려하여야 한다.
- ⑦ 설치되는 항로표지는 99%의 운영률을 가져야 한다.

(11) 장방형 양식장의 항로표지 표시 배치기준

- ① 가로, 세로가 500m 이하일 경우에는 양식장 중앙에 최소 1개의 야간표지를 설치하고 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다(참고 그림 4.6-5의 A 참조).
- ② 가로 2,500m 이하, 세로가 500m 이하일 경우에는 가장자리에 각 1개씩의 야간표지와 연안 측 가장자리에 각 1개씩의 주간표지를 설치하여야 하며, 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.
- ③ 가로 500m 이하, 세로가 2,500m 이하일 경우에는 대각선으로 마주보는 가장자리에 각 1개의 야간표지와 기타 가장자리에 각 1개씩의 주간표지를 설치하여야 하며 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.

항로표지시설

- ④ 가로가 500m보다 크고 세로가 2,500m 이하로서 면적이 1,250,000m² 이하일 경우에는 대각선 가장자리에 각 1개의 야간표지를 설치하고 나머지 2개의 가장자리에 주간표지를 설치하여야 하며, 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.
- ⑤ 가로가 900m보다 크고 세로가 2,500m 이하로서 면적이 1,250,000m² 이상일 경우에는 각 가장자리에 주간표지를 설치하여야 하며, 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.

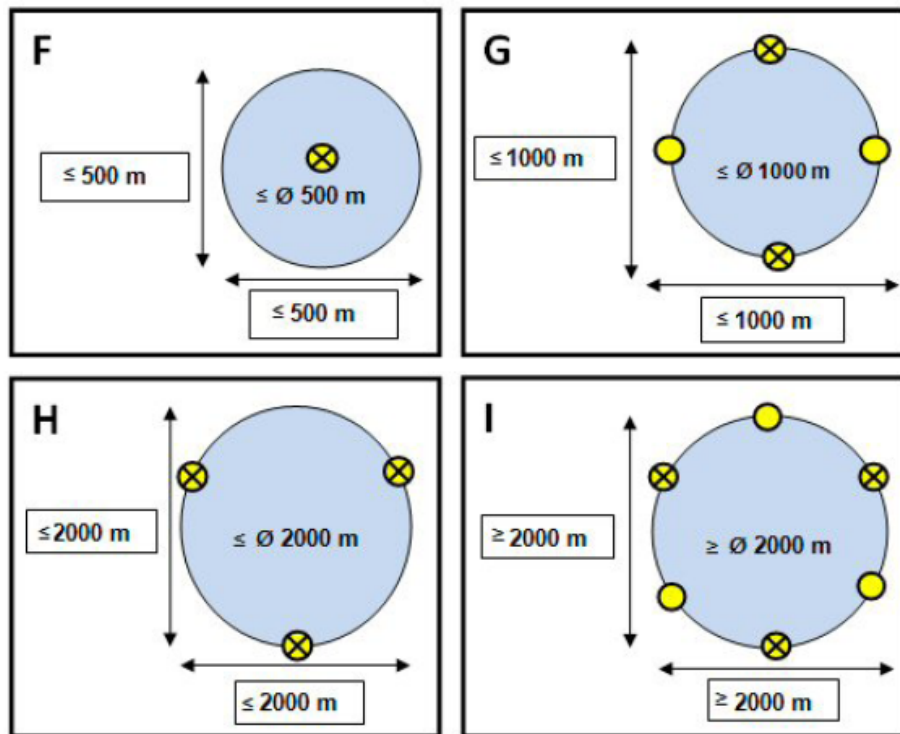


참고 그림 (4.6-5) 장방향 양식장의 항로표지 배치

(12) 원형 양식장의 항로표지 배치기준

- ① 지름 500m 이하일 경우에는 양식장 중앙에 1개의 야간표지를 설치하고 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.
- ② 지름 500m 이상이고 1,000m 이하인 경우에는 180도로 양분한 위치에 각 1개의 야간 표지와 야간표지 설치 위치에서 각 90도 위치에 각 1개의 주간표지를 설치하고 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.
- ③ 지름 1,500m 이상이고 2,000m 이하인 경우에는 120도로 나눈 위치에 각 1개의 주간표지를 설치하고 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.

- ④ 지름 2,000m 이상인 경우에는 120도로 나눈 위치에 각 1개의 주간표지를 설치하고 야간표지 설치위치에서 60도 지점에 각 1개의 주간표지를 설치하고 레이더반사기 설치를 고려하여야 한다.



참고 그림 (4.6-6) 원형 양식장의 항로표지 배치

4.7 음파표지

- (1) 안개나 눈 등으로 시계가 좋지 않을 때 돌핀이나 대형등부표 등의 위치를 알려 시설을 보호하기 위하여 설치한다.
- (2) 음파표지는 현재 위치 확인용이 아니며 단지 위험경고용으로 설치한다.
- (3) 음파표지의 설치에 국제항로표지협회의 음파표지의 이용범위 계산에 관한 권고(E-109)에 따른다.

[해설]

- (1) 음파표지는 안개등 시계가 좋지 않을 때 정해진 음향신호로 시설의 존재를 알리는 시설이다.
- (2) 현재는 위치확인용이 아닌 위험경고용으로서 선박이 빈번히 운항하는 해역에서 돌핀과 같은 해양 인공 구조물을 보호하기 위하여 설치 운영한다.

[참고]

- (1) 설계기초
 - ① 인공 해상구조물인 재생에너지시설, 교량, 방파제, 돌핀, 독립적인 항로표지시설 등에 대한 위험성을 경고하는데 사용된다.
 - ② 음향학적으로 발생음파는 전파특성(傳播特性) 및 측정자의 가청능력에 대하여 우수하여야 한다. 연간 시정이 나쁜 수준(예를 들어 1년에 1해리 이내의 시정이 10일 이상이 되는 해역) 등을 감안하여 위험을 경고하기 위하여 음파표지 설치를 결정한다.
 - ③ 음향신호로 항행 경보를 하기 위하여 최소 음달거리는 2해리 이상이 되어야 한다.
 - ④ 무신호기의 예비가 요구되는 경우 음달거리 0.5해리의 음향신호기를 병설한다.
- (2) 부표류에 사용되는 음파표지
 - ① 항해자의 시정 저하에 효율적으로 이용될 수 있도록 부표류에 음파표지를 사용할 수 있다.
 - ② 부표류에 사용되는 음향신호는 모래톱, 암초 또는 항행 요구사항의 변경의 경보, 제한수역의 입구 등과 같은 특정 위험요소를 항해자에게 경고한다.
 - ③ 부표류에 사용되는 음향신호는 바다에서의 부표의 운동을 이용하는 벨(Bells), 징(Gongs), 휘슬(Whistles)이 주로 사용된다.
 - ④ 부표류에는 전기폰도 사용할 수 있으며 사용되는 전기폰의 음달거리는 주로 0.25 ~ 0.5해리 정도이다.
- (3) 음향신호의 음달거리
 - ① 음파표지의 명목적 범위는 선박의 갑판 날개에서 90% 이상의 소리를 듣거나 또는 대형 상선에서 84%이상 음원을 발견할 수 있는 거리로서 해리로 나타내며 참고 표(4.7-1)로 산출할 수 있다.

참고 표 (4.7-1) 명목적 음달거리 (Nominal range)

Sound pressure level (decibels)				
$f(\text{Hz}) \backslash P_n(\text{NM})$	0.5	1	1.5	2.0
25	162	172	176	178
50	149	161	165	168
100	138	150	154	157
200	130	142	147	150
400	122	135	140	144
800	115	130	137	142
1000	113	129	137	144
1250	112	129	138	146
1600	110	130	140	150
2000	109	132	145	156
2500	108	136	151	166
3150	107	141	160	179
4000	109	150	177	199

P_n - Nominal range in sea miles

f - Frequency of the sound in Hz

N_r - Sound pressure level, in decibels, of the sound emitted by the AUDIBLE SIGNAL at the reference distance of 1 metre in the direction concerned.

- ② 음파표지의 이용 범위는 안개 낀 날씨에 선박의 갑판 날개에서 50% 이상의 명백하게 소리를 듣거나, 또는 잔잔한 날씨에 대형 상선에서 50% 이상 음원을 발견할 수 있는 거리로서 참고 표 (4.7-2)에서 산출할 수 있다.

항로표지시설

참고 표 (4.7-2) 사용되는 음달거리 (Usual range)

Sound pressure level (decibels)				
$f(\text{Hz}) \backslash \text{Pu(NM)}$	0.5	1	1.5	2.0
25	155	162	165	168
50	144	150	154	157
100	132	139	143	146
200	125	132	136	140
400	117	125	130	135
800	112	121	128	134
1000	110	121	128	165
1250	109	121	129	137
1600	109	122	132	141
2000	108	123	136	148
2500	109	127	142	157
3150	110	132	152	170
4000	112	142	168	193

Pu - Usual range in sea miles

f - Frequency of the sound in Hz

Nr-Sound pressure level, in decibels, of the sound emitted by the AUDIBLE SIGNAL at the reference distance of 1 metre in the direction concerned.

(4) 자동 안개탐지기

- ① 자동 안개탐지기는 적외선 빔을 방사하여 공기 중의 물 입자의 반사를 측정하여 특정 시계에서 음파신호를 동작시킨다.
- ② 원격으로 신뢰성 있는 시정거리를 알기 위하여 원격기상관측소에서도 안개탐지기를 사용한다.
- ③ 안개뿐만 아니라 폭우나 폭설에서도 동작되어진다.

(5) 원격 작동 음향신호기

- ① 원격 작동 음향신호시스템은 사전 설정된 무선 주파수를 통해 권한 있는 기관이나 선박에 의해 동작되어진다.
- ② 이 시스템은 항로표지 음파표지로서 신뢰성이 증진되고 비용이 절감되는 시스템이다.

4.8 전파표지

4.8.1 레이더비콘 (Radar beacon ; RACON)

- (1) 선박 레이더 화면에서 위치의 식별이 어려운 지점, 만곡부, 변침점, 해상구조물의 위치 표시, 항만입구를 표시하여 해상교통안전을 도모하기 위하여 레이더비콘(RACON)을 설치하여야 한다.
- (2) 레이더비콘은 국제해사기구(IMO) 의결서 A.615(15) 레이더비콘의 운영 표준과 국제통신연합(ITU)의 ITU-R M.824-2 성능표준에 적합하여야 한다.

[해설]

- (1) 레이더비콘은 선박의 레이더로부터 발사된 전파를 수신하여 자동으로 약정된 기호로 응답함으로써 선박레이더 영상위에 휘선기호로 나타나게 하여 방위 및 거리를 알 수 있도록 하는 표지시설이다.
- (2) 항해자가 레이더 화면에서 항행안전 또는 기타 중요한 항행정보를 제공받을 수 있도록 설치하거나 항로표지와 병설할 수 있다.
- (3) 레이더비콘은 참고 표 (4.8-1)의 성능특성을 갖추어야 한다.

[참고]

(1) 레이더비콘의 설치기준

- ① 레이더비콘은 다음과 같은 목적으로 사용한다.

- 가. 눈에 잘 띄지 않고 레이더 화면에서도 식별이 어려운 해안선표시
- 나. 항로지정 방식 또는 위험회피지역의 표시
- 다. 탐지범위가 짧은 레이더비콘으로 항만 입구 등 중요한 국부적 특징 표시
- 라. 만곡부 및 변침점 표시
- 마. 교량의 가향수로 표시(특별할 경우 교각 표시)
- 바. 탐지 범위가 긴 장거리에서 항행목표 표시
- 사. 육지초인표시
- 아. 2대의 레이더비콘을 전·후 도등에 설치하여 레이더 화면상의 도선(導線) 표시
- 자. 해상 인공구조물 표시
- 차. 침선 등 신 위험물 표시

- ② (등)부표 등에 설치하는 레이더비콘은 안정적인 기능을 유지하기 위하여 IP 67등급 이상의 방진 및 방수 기능을 가져야 한다.
- ③ 레이더비콘은 이용자의 편의를 위하여 가능한 사용 주파수가 9GHz(X밴드)와 3GHz대(S밴드)를 겸용으로 설치한다. 다만, 내륙수로에 사용되는 레이더비콘은 9GHz대(X밴드) 단일 주파수를 사용한다.

항로표지시설

- ④ 설치하는 레이더비콘은 NT레이더를 이용할 때에도 레이더의 이용범위 등 기능에 이상이 없어야 한다.
- ⑤ 레이더비콘을 설치하고자 할 때에는 국제해사기구(IMO) 의결서 A.615(15) 레이더비콘의 운영표준과 국제통신연합(ITU)의 ITU-R M.824-2의 성능표준에 따라 참고 표 (4.8-1)의 해상용 레이더비콘 기술규격에 적합하게 한다.

참고 표 (4.8-1) 해상용 레이더비콘 기술규격

항 목		성능 특성
안테나	편파 (Polarization)	X-band : 수평 S-band : 수평, 수직
	이득	X-band(수평) 5dBi 이상 S-band(수평) 2dBi 이상 S-band(수직, 수평) 0dBi 이상
수신기	주파수 밴드	X-band 9,300 - 9,500MHz S-band 2,900 - 3,100MHz
	블로킹 (수신차단시간)	응답 종료 후 $\leq 100\mu\text{s}$
	1차 레이더의 펄스길이	$\geq 0.05\mu\text{s}$
	수신감도	X-band -40dBm 이상 S-band -35dBm 이상
송신기	주파수 정확도	$\pm 1.5 \text{ MHz}(>200\text{ns})$ $\pm 3.5 \text{ MHz}(<200\text{ns})$
	출력	최소한 1W(조정가능)
응답	응답지연	$< 700\text{ns}$ 이하
	응답코드	장선으로 시작되는 모든 모尔斯부호, 13개 코드 프로그램 가능
	응답부호 길이	최대유효거리의 약 20%이거나, 최대 5마일을 초과하지 않아야 함
	대기 및 레이콘 On/Off 시간	원하는 시간으로 프로그래밍 가능하여야 함
기타	보호 장치	낙뢰방지기능
	입력 전압	9 - 36V
	동작 온도	-40° C to +70° C
	보호등급	IP67이상을 만족
	원격 감시 및 프로그래밍	통신 포트를 통해 레이콘 상태감시제어와 프로그래밍 가능
	통신포트	RS232 또는 RS485 통신포트, 가능한 프로토콜 공개
	측업억제장치	SLS(측업억제) 기능을 가져야 함

- ⑥ 레이더비콘 설치 시에는 낙뢰 등 이상전압으로부터 장비를 보호하기 위하여 다음의 기준에 따라야 한다.
- 가. 레이더비콘 장비는 피뢰접지와 별도로 규격에 맞게 접지한다.

나. 레이더비콘과 피뢰기간의 이격거리는 최소 1.5m 이상으로 하고 대지면 접지 이격거리를 7.6m이상으로 한다.

- ⑦ 레이더비콘 설치 시에는 IALA 지침 No 1010 레이콘의 기능범위를 참조하여 레이더 비콘 높이를 결정하여야 한다. 참고 표 (4.8-2)를 이용하여 레이더비콘 높이를 결정 할 수 있다.

참고 표 (4.8-2) 레이콘 범위(해리 단위)의 예

레이콘 높이(m)	5m 스캐너 높이 3kW 송신기 (요트)		13m 스캐너 높이 7kW 송신기 (소형선박)		35m 스캐너 높이 25kW 송신기 (대형선)	
	3cm	10cm	3cm	10cm	3cm	10cm
100	18		23	20	30	28
75	16		21	18	27	25
50	14		18	15	24	22
40	12		17	14	23	21
30	11		15	13	21	20
25	10		14	12	20	19
20	10		13	11	19	18
15	9		12	10	18	16
10	7		11	9	17	15
5	6		9	7	15	13

(2) 레이더비콘의 식별부호

- ① 부호의 길이가 최대유효거리의 약20%이거나, 최대 5해리를 초과하지 않아야 한다.
- ② 장 부호로 시작하여 3개 이하의 단 부호 또는 장 부호로 구성되어야 한다.
- ③ 침몰·좌초선박과 같은 신 위험물이나 새로운 장애물 및 연안구조물 중 해도에 표시 되지 않은 임시구조물을 표시할 때에는 모르스부호 D(—··)를 사용하고 레이더 화면상에서 부호의 길이는 1해리 이내로 하여야 한다.
- ④ 교량의 가항 경간을 표시하기 위하여 두 개의 레이더비콘을 사용하는 경우, 적용하는 부호는 우현인 경우 모르스부호 T(-), 좌현인 경우 모르스부호 B(— · · ·)를 사용 한다.

(3) 레이더비콘 이용 시 주의사항 검토

항해자가 레이더비콘을 물표로 이용 할 경우 다음 사항을 주의하여야 하므로 레이더 비콘 설계 시 반영 및 검토되어야 한다.

- ① 해상 상태 및 레이더 안테나의 높이에 따라 해면 반사에 의한 차폐현상이 발생 하여 레이더비콘의 응답 신호가 해면 파도에서 온 레이더 반사파에 의하여 덮여져 나타나지 않을 수 있다.
- ② 레이더비콘 가까이 육지 혹은 유빙 군이 있으면 레이더비콘 응답 신호를 차폐할 정도로 방해 잡음이 발생할 수 있으며 유빙군은 레이더 화면에 나타나는 해안선을 변형 시킬 수 있다.

4.8.2 레이더 반사기(Radar reflector)

선박 레이더상에서 부표류나 등표의 식별을 용이하게 하기 위하여 레이더파를 반사시켜주는 레이더 반사기를 설치하여야 한다.

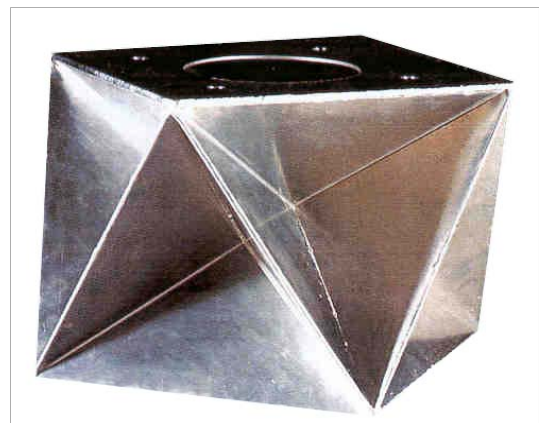
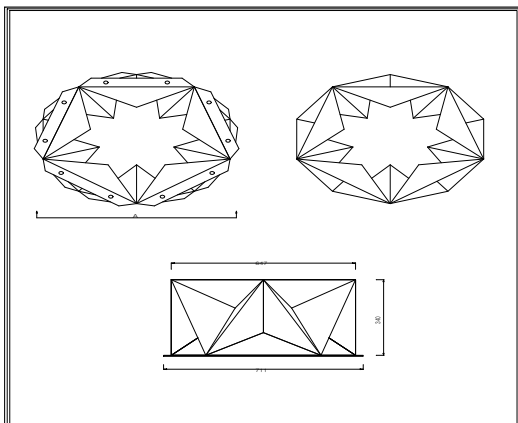
[해설]

- (1) 레이더 반사기는 선박에서 보내온 레이더파를 반사하여 항로표지의 식별을 용이하게 하는 수동적인 장치이다.
- (2) 레이더파의 직진성을 이용하여 직각 교차하는 금속판으로 제작하며 설치 시 레이더상에서 등부표나 부표, 압초상의 등표 등의 식별을 높이는 효과가 있다.

[참고]

(1) 사용목적

- ① 원거리 물표탐지의 개선
- ② 해면 또는 비나 눈에 의한 반사 범위 내에서의 물표탐지의 개선
- ③ 충돌에 의한 항로표지의 손상으로부터의 보호 기능의 개선



참고 그림 (4.8-1) 10방향 레이더 반사기 형상

참고 표 (4.8-3) 레이더 반사기 규격

레이더의 탐지거리(nm)	3	5.5	10
X-band의 등가단면적 (RCS)	$\geq 10\text{m}^2$	$\geq 100\text{m}^2$	$\geq 1000\text{m}^2$
반사기의 필요한 직경	0.3 - 0.4m	0.5 - 0.7m	0.9 - 1.2m
반사기의 필요한 고도	1 - 2m	2 - 4m	4 - 8m

(2) 반사기의 재질(Corner cluster)

- ① 알루미늄판 3t로 제작 한다.
- ② 높은 전기전도율을 가진 다른 재료도 제작 가능하다.
- ③ 환경 친화적인 소재로 금속표면 또는 금속 나일론 망을 붙인 GRP와 같은 플라스틱제도 유사한 효력을 나타낸다.

참고 표 (4.8-4) 반사기의 최대 각 허용오차

반 사 기 직 경	최대 각 허용오차
0.5m	$\pm 1 \sim 2^\circ$
1m	$\pm 0.5 \sim 1^\circ$

(3) 반사기의 특성

- ① 반사기의 형태
- ② 반사기의 크기
- ③ 반사기의 높이(수면 상)

(4) 반사기의 시인 수평 거리를 구하는 공식

$$R_{opt} = 2.1(\sqrt{Ht} + \sqrt{Ho})$$

참고 식 (4.8-1)

여기서, Ht = 물표의 높이(m) Ho = 관측자의 눈높이(m)

참고 표 (4.8-5) 반사제의 시인 효과

고광도 역반사재의 종류	역반사 계수 (cd/lx m ²)	650cd Spotlight를 이용한 가시거리	200,000cd Searchlight를 이용한 가시거리
공업규격 또는 적색, 녹색, 청색	025~100	350~470	1,100~1,400
황 색	100~200	470~540	1,400~1,550
은백색	200~300	540~590	1,550~1,650

주) : 기상학적 시정 4km일에서 역반사제의 크기가 0.3m²이고 4° 이하의 입사각을 기준으로 한 측정치

[참고문헌]

- 1) 국립해양조사원(2003.1), 등대표
- 2) 동명사(1999), 조선공학개론
- 3) 해양수산부(2013.11), 표준형부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정 (해양수산부 훈령 제128호)
- 4) 해양수산부(2015.4), 항로표지업무편람
- 5) 해양수산부(2015.7.15), 항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준(해양수산부고시 제 2015-103호)
- 6) 해운항만청(1997.12), 항로표지구조물 설계기준
- 7) 해운항만청(1998.2), 항로표지용어사전
- 8) H. Berteaux(1976), Buoy engineering
- 9) IALA 권고(E-106), IALA 해상부표식에서 항로표지 역반사재 사용
- 10) IALA 권고(E-108), 시각항로표지의 표면 색도기준
- 11) IALA 권고(E-109), 음향신호의 음달거리 계산
- 12) IALA 권고(E-110), 항로표지의 등질에 관한 권고
- 13) IALA 권고(E-112), 도등의 설계 권고
- 14) IALA 권고(E-112-2, V2.02), 도등 설계 컴퓨터 설계프로그램
- 15) IALA 권고(E-200-5), 해상신호등(5편) 적합한 등기구의 추산방법
- 16) IALA 권고(e-NAV-146), 레이콘 서비스 역량 유지를 위한 전략
- 17) IALA 권고(O-104), 주요 부표의 위치이동 신호에 관한 권고
- 18) IALA 권고(O-113), 항행 가능해역에서의 교량과 기타 구조물의 표시
- 19) IALA 권고(O-139), 해상 인공 구조물의 표시
- 20) IALA 권고(R-101), 레이더비콘(RACON)
- 21) IALA 지침(No.1010), 레이더비콘의 기능범위
- 22) IALA 지침(No.1015), 항로표지용 부표 도색 지침.
- 23) IALA 지침(No.1023), 도등 라인의 설계 지침
- 24) IALA 지침(No.1066), 항해용 부표의 계류물의 설계 기준
- 25) IALA 지침(No.1090), 음향신호의 이용
- 26) IALA 지침(No.1099), 부표의 유체 정역학적 설계기준
- 27) IALA 해상부표식 (2014)
- 28) IALA NAVGUIDE (1, 2, 3, 4, 5판)
- 29) T.H. Dawson(1983), Offshore structural engineering

집필위원	분야	성명	소속	직급
	총괄	류혁근	(주)삼영기술	부회장
	총괄	안익성	(주)항도엔지니어링	사장
	파랑및파력	이종인	전남대학교	교수
	조석	김태인	(주)지오시스템리서치	부사장
	수역시설	이홍훈	목포해양대학교	교수
	준설및매립	박남홍	(주)도화엔지니어링	전문무
	지반	유남재	강원대학교	교수
	지반	이충호	(주)알지오이엔씨	대표이사
	콘크리트	이재훈	영남대학교	교수
	콘크리트	최정욱	한국콘크리트학회	책임연구원
	방식	배일용	한국화학융합시험연구원	책임연구원
	도장	이창근	도로교통연구원	책임연구원
	외곽시설	고덕형	(주)한국항만기술단	부사장
	표사, 연안보전시설	강윤구	(주)세광종합기술단	기술연구소장
	연안보전시설	박원경	(주)대영엔지니어링	사무
	재료, 콘크리트부재	김광태	(주)항도엔지니어링	부사장
	계류시설	구본수	(주)건화	전문무
	계류시설	이욱한	(주)건일	부사장
	부두포장	문성호	서울과학기술대학교	교수
	내진	최재순	서경대학교	교수
	전문및타부두	이화수	(주)한국항만기술단	전문무
	어항	강석형	(주)세일종합기술공사	부사장
	마리나	정현	(주)오션스페이스	대표이사
	항로표지시설	김민철	(주)아이플러스원	연구소장
	항만하역시설	심영석	코리아테크인스펙션(주)	부사장
	항만전기설비	김홍인	(주)한양케엔이	대표이사

심의위원	분야	성명	소속	직급
	총괄	주재욱	(주)평화엔지니어링	고문
	파랑및파력	오세범	(주)세광종합기술단	부회장
	조석	강석구	한국해양과학기술원	책임연구원
	수역시설· 준설및매립	이윤한	(주)도화엔지니어링	부회장
	지반	임종철	부산대학교	교수
	콘크리트	김우	전남대학교	교수
	방식·도장	라윤강	(주)한국국토안전연구원	원장
	외곽시설	전인식	건국대학교	교수
	표사·연안보전시설	김효섭	국민대학교	교수
	표사·연안보전시설	전인식	건국대학교	교수
	재료·계류시설	이진용	(주)세광종합기술단	사장
	재료·계류시설	정대연	(주)대영엔지니어링	대표이사
	부두포장	정진훈	인하대학교	교수
	내진	박두희	한양대학교	교수
	전문맞기·타부두	오세범	(주)세광종합기술단	부회장
	어항	이상기	(주)건일	부사장
	마리나	지삼엽	부경대학교	교수
	항로표지시설	이승재	대기해양(주)	상임고문
	항만하역시설	함성진	(사)인천항시설관리센터	소장
	항만전기설비	김세동	두원공과대학교	교수

기술자문위원회	분야	성명	소속	직급
	총론	송인철	(주)헤인이앤씨	부사장
	파랑·조석	김규한	가톨릭관동대학교	교수
	파랑·조석	이달수	(주)헤인이앤씨	기술고문
	수역시설· 준설및매립	한명식	(주)유신	부사장
	지반·내진	권오순	한국해양과학기술원	책임연구원
	내진	김동수	한국과학기술원	교수
	코크리트· 부두포장	김제인	(주)건일	부사장
	외곽시설	홍근	(주)삼영기술	사장
	표사·연안보전시설	김인호	강원대학교	교수
	계류시설	유병화	(주)대영엔지니어링	부사장
	계류시설	소준영	(주)세일종합기술공사	부사장
	전문맞기타부두	김태유	(주)아산이엔지	부사장
	전문맞기타부두	김홍석	(주)수성엔지니어링	부사장
	방식·도장	송종현	(주)고려안전연구원	회장
	항로표지시설	이승영	인천지방해양수산청	항로표지과장
	항만하역시설	최광학	인천지방해양수산청	항만개발과장
	항만전기설비	이충환	(주)세종기술단	전무

해양수산부	성명	소속	직책
	박준권	항만국	국장
	김우철	항만기술안전과	과장
	장기문	항만기술안전과	사무관
	이광석	항만기술안전과	주무관

설계기준
KDS 64 90 30 : 2017

항로표지시설

2017년 8월 16일 발행

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0090 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

<http://www.koreaports.or.kr>

(자문검토)

국가건설기준센터

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951

<http://www.mof.go.kr>