제 13 편 항로표지시설

제 1 장 총 설

1-1 항로표지의 일반 요건

(1) 항로표지는 해상교통안전을 도모하고, 선박운항의 능률증진을 목적으로 하는 항행보조시설이다.
(2) 항로표지법 제2조의 광파(光波), 형상(形象), 색채(色彩), 음향(音響), 전파(電波) 등의 수단과 같은 법 시행규칙 제2조의 항로표지의 종류에서 정하는 항로표지를 항법(航法)과 적용해역에 이용될 지표(指標)로 사용자가 요구하는 적정한 항행정보를 제공할 수 있는 항로표지의 시설 및 시스템 설계에 적용한다.

〔해 설〕

(1) 항로표지의 종류
① 광파표지
등대· 등표· 도등· 조사등(照射燈)· 지향등(指向燈)· 등주· 등부표 및 등선
② 형상표지
입표· 도표 및 부표
③ 음파표지
전기혼· 에어사이렌· 모터사이렌· 다이아폰 및 종
④ 전파표지
라디오비콘·레이더비콘·레이마크비콘·로란·데카·위성항법보정시스템(DGPS 또는 DGLONASS) 및 레이더국
⑤ 특수신호표지
조류신호표지· 선박통항신호표지(VTS) 및 기상신호표지
⑥ 특수항로표지
공사목적용표지·침선(Wreck)표지·규정표지(Regulatory Marks)·교량표지·계선표지(Mooring Buoy)·해저케이블표지·해저송유관표지·해양자료수집용표지·해양자원탐사용표지·해양자원시추용표지 및 해양자원채굴용표지

(2) 해상항해(Marine Navigation)
① 지문항해(Terrestrial Navigation)
육상의 지형지물과 항로표지에 의하여 획득한 정보를 이용하는 항해
② 천문항해(Celestial or Astronomical Navigation)
천체 즉 태양, 달, 혹성 및 항성들로부터 획득한 정보를 이용하는 항해
③ 위성항법(Satellite Navigation)
선위를 결정하기위하여 궤도 또는 정지궤도상의 위성을 경유하는 무선전파를 이용하는 항해
④ 전파항해(Radionavigation)
위치 및 위치선을 결정함에 있어서 무선전파를 사용하는 행해

⑤ 레이더 항해(Radar Navigation)

레이더 송신기와 레이더 전파를 반사하는 물체간의 거리와 방향을 측정하기 위한 무선전파 항해

⑥ 전자항해(Electronic Navigation)

전자장비 사용을 포함하는 항해

(3) 항해의 단계

① 대양항해(大洋航海)

대륙붕 또는 육지나 다른 장애물로부터 50해리 이상 떨어진 곳에서의 항해

② 연안항해(沿岸航海)

육지에서 50해리 이내 또는 여울목이나 다른 위험물의 외측 한계 내에서 항해에 제한을 받는 항해

③ 항만접근 및 항내항해

일반적으로 연안 항해 구역에서 내해에 이르는 수역에서의 항해

④ 내륙수로항해(內陸水路航海)

항내 또는 항만 접근 항해와 비슷한 제한수역에서의 항해

(4) 해역의 구분

① 외 해

극심한 조류, 파도 등 해상조건과 기상조건의 영향을 받는 해역

② 준 외해

극심한 조류, 파도 등 해상조건과 기상조건의 영향을 크게 받지 않는 해상이나 때때로 단기간 동안 극심한 해상 및 기상영향을 받는 해역

③ 내 해

극심한 해상 및 기상조건의 여향을 거의 받지 않는 해역

④ 급류해역

5kn 이상의 조류가 흐르는 해역

(5) 항로의 구분

① 계획항로(計劃航路)

대형선박의 안전항해를 위하여 신 항만개발 또는 기존항로를 정비하는 경우 배선계획상 최대선박의 제원을 고려하여 항로 폭과 수심을 확보하고 교통 분리 등 항행관제를 하는 항로

② 법정항로(法定航路)

해상교통안전법 또는 개항질서법상 규정한 항로로서 자연조건, 교통조건, 안전성, 경제성을 고려하여 설정된 항로로서 법적 강제력이 있는 항로

③ 권고항로(勸告航路)

권한 있는 당국이 설정하여 행정지도를 하는 항로로서 법적구속력이 없는 항로

④ 추천항로(推薦航路)

자연조건을 고려하여 관계당국이 해도 상에 도재하여 안전하게 이용할 수 있도록 한 항로

1-2 항로표지의 시스템 구성

(1) 항로표지, 항로표지시스템 또는 항로표지 혼합시스템은 사용자(User)와 공급자간의 관점에서 설계되고 설치·운영되어야 한다.
(2) 레이더 및 시각표지는 위치측정, 위험경고, 위치확인 및 통항분리(Traffic Separation Schemes, Deep water Routes) 기능으로 안전항해와 오염방지 및 환경보호를 고려하여 설계하여야 한다.

［해 설］

(1) 항로표지의 설계는 항로표지의 수단과 종류를 결정할 때 다음 표를 참고하여 서비스수준을 결정한다.

표참(1-1) 항로표지의 유효거리와 정확도(IALA 기준)

육지로부터의 거리 (Nautical Mile)	획득 가능한 정확도		
	> 500m	100-500m	<100m
무제한	천측위치		GPS Glonass
150-800	천측위치	Loran-C	GPS Glonass
30-150	천측위치 Radio Beacon		GPS Glonass Loran-C 고정도 시스템
6-30	천측위치 Radio Beacon 시각방위 무선방위	Radar Bearing	GPS Glonass Loran-C 고정도 시스템
6해리 이하		Radar Bearing 시각방위 무선방위	GPS Glonass Loran-C 고정도 시스템

표참(1-2) 항로표지 시스템의 혼용

표지의 수단	이용자		공급자	
	장점	단점	장점	단점
시각 표지	- 위치측정에 이용가능 - 즉각적 정보 전달 - 사용자가 지역에 익숙한 경우, 해도 없이 사용 가능	- 설치장소, 높이, 색채, 배후광에 따라 가시범위 결정 - 시정제한을 받음 - 표지위치가 항상 정확하지 않음	- 위험경고, 통항규칙, 유도 등의 용도 - 배치상의 융통성 - 유지보수를 위한 훈련 필요	- 고가의 유지보수비 필요 - 유지보수계획이 기상상태에 영향을 받음 - 유지보수시스템 필요 - 관리자에 대한 훈련 필요
Radar 표지	- 제한시계에서 Racon식별 가능 - 저지대해안에서 Racon 식별 가능 - 단일표지만으로 구성 - 조속한 배치	- 선상 설비가 필요함 - Racon 간섭 현상이 있음 - 정확히 설치되지 않을 경우 Radar 반사기가 설치된 표지의 식별이 곤란함	- 시각표지의 대체가능 - 위험물(새로운 위험물) 경고	- Radar Reflector가 필요함 - Radar 미설치 선박 사용 불가 - Racon 투자비 고가 - Racon 유지관리 훈련 필요
전파 표지	- 광 대역 범위 - 전천후 사용 - 자동항해 - 고정도 가능	- 선상설비가 필요함	- 유지보수비 감소 - 자동감시 - 시각표지의감소	- 항로표지관련당국의 소관이 아닐 수 있음 - 감시 필요 - 관리자의 교육훈련 - 대규모 투자

(2) 서비스의 수준 결정은 자연적 특성과 교통 환경 및 위험요소를 분석하여 결정한다.

① 해당지역의 자연과 특성

가. 수심

나. 매몰(Siltation)

다. 위험요소(Hazard)

라. 조석과 조류

마. 시정(視程), 기상상태와 해빙(解氷)

바. 시각 및 Radar 항해를 위한 해안선의 특징

사. 배후광(背後光) / 배후환경과 통항로(Traffic route)에 대한 태양과의 상대적 위치

② 교통 환경 분석

가. 교통흐름의 형태 및 이용자 그룹에 따른 선박의 특성

나. 항로표지 요건을 포함한 항로 및 속력

다. 이용자 집단에 의한 교통량

라. 화물의 종류, 특히 위험화물

③ 위험요소

가. 기본적인 항해상의 위험요소와 특별한 교통 환경

나. 이용자 집단 간의 분쟁에 의한 선박의 위험 요인

④ 장비의 운영효율에 의한 업무수준

가. 처음부터 신뢰할 수 있는 장비를 선택한다.

나. 항로표지와 관리주체가 멀리 떨어져 있거나 기상 및 해상상태로 인하여 접근이 제한되어 운영효율

또는 최대휴지시간이 기능유지 목표달성이 곤란한 장소는 자동화 시스템과 원격제어시스템의 특성을 고려하여야 한다.

다. 운영효율 또는 휴지시간 단축목표가 자동화 및 원격제어시스템으로 해결하지 못할 경우에는 설비의 성능을 측정하는 시스템을 강구하여야 한다.

1-3 항로표지의 건설계획

항로표지 건설계획은 서비스의 수준과 성능요소 및 분석으로 당위성을 결정한 후 현장여건을 조사하여 구체적 수단과 종류 및 기능요소를 계획에 반영하여야 한다.

〔해 설〕

(1) 서비스의 수준(Levels of Service)

① 사용자의 확인 및 협의

② 관심 있는 집단의 확인 및 협의

③ 위험분석 ; 수용 가능한 위험수준을 포함시키기 위함

④ 품질보증

⑤ 교통밀도 및 유형

⑥ 훈 련

⑦ 경비/이익 분석

⑧ 성능측정

(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 효용성

나. 각 사용자 집단의 위한 최소 이용도

다. 운영상의 신뢰성

⑥ 향후전망 및 평가

가. 항해상의 평가

나. 환경적인 평가

⑦ 소요예산

(4) 항로표지의 당위성 분석
① 비용 /이익 분석
가. 국가적 또는 지역적 경제적 이익
나. 화물의 가치 및 운송
다. 해상교통 운송에 있어서의 항해시간 단축
라. 환경보호
마. 여가 선용 및 사용자
바. 안전에 대한 고려
② 사고의 위험
③ 교통 분석
④ 기상자료의 이용도
⑤ 시정(Visibility) 상태
(5) 현장 조사
① 해안선, 도서, 환경, 해상경계선(Maritime boundaries) 등
② 장애물 위험물 등
③ 통항분리대(TSS), 수로, 강어귀, 강, 항만 등
가. 최소수로 폭
나. 수로내 선회각
다. 위험물로부터의 거리
④ 수로측량
⑤ 독특한 특징
(6) 해상환경 조사
① 기상학적 및 시정상태
가. 풍향 및 풍속
나. 시정변화의 빈도
다. 기상으로 인한 해수면의 변화
라. 부진동(Seiches)
② 수심, 파고, 주기 및 파향
③ 조석 및 조류
④ 결빙상태
⑤ 해저저질의 상태
⑥ 환경상의 영향
(7) 항로표지의 수단 및 규격결정 요소
① 시각표지(Visual Aids to Navigation)
가. 종류(등대, 등표, 고정구조물 및 부표)
나. 위치(항로표지계획을 수립할 때에는 가장 최근의 항행통보에 따라 보정된 해도)
다. 이용범위(Coverage)
라. 정확성
마. 유지보수성
바. 유효성

② 음파표지(Audible aids to Navigation)

가. 종류

나. 위치(항로표지계획을 수립할 때에는 가장 최근의 항행통보에 따라 보정된 해도)

다. 이용범위

라. 유지보수성

마. 유효성

③ 전파표지(Radio Navigation System)

가. 종류

나. 이용범위

다. 정확성

라. 유효성

제 2 장 항로표지시스템 구성요건

2-1 시스템 구성의 일반적인 요건

항로표지시스템은 광파표지, 음파표지, 전파표지, 특수신호표지 VTS 및 도선뿐만 아니라 모든 항로표지의 수단과 기능으로 항행선박의 안전을 도모하는 항행정보를 제공하므로 항해의 안전과 효율을 증진하고 해양환경을 보호하는데 이바지하는 시설로 시설의 설치 및 관리는 국제항로표지협회(IALA)의 권고와 지침(NAVEGUIDE)의 기준에 따른다.

〔해 설〕

(1) 시각표지(視覺標識)의 유효거리결정에 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 눈의 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 광학적광달거리((Luminous Range)

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

④ 명목적광달거리(Nominal Range)

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

(3) 항행보조시설로서의 정확도

① 항로표지시스템의 정확도

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 정확도(표참(2-1) 참조)

가. 고정된 표지물(등표)의 위치 확인

나. 항로 또는 강의 중심선상에 선박을 위치시키기 위하여

다. 알고 있는 위치로 복귀하기 위하여

표참 (2-1) IALA가 권장하는 정확도

해도의 축척	상응하는 정확도(m)
1 : 10,000,000	10,000
1 : 1,500,000	1,500
1 : 750,000	750
1 : 100,000	100
1 : 50,000	50
1 : 10,000	10

〔참 고〕

(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) 관측자가 어떤 높이도 식별될 수 있는 표지와의 거리는 관측자의 시각적 예민함에 따라 좌우되지만 일반적으로 다음 식별거리 공식을 적용하면 쉽게 인지가 가능하며 이는 항로표지설계시의 표고결정에도 적용될 수 있다.

식별거리 = 표고／tan 4분 = 표고 × 860

2-2 광파표지의 설계

광파표지는 항로표지법시행규칙 제2조에 규정한 바와 같이 등대(燈臺)·등표(燈標)·도등(導燈)·조사등(照射燈)·지향등(指向燈)·등주(燈柱)·등부표(燈浮標) 및 등선(燈船)으로 주간에는 형상과 도색으로 야간에는 불빛으로 항행정보를 제공하는 지표로 시각표지의 요건에 충족하여야 한다.

〔해 설〕

(1) 광파표지의 기본요건

① 요구되는 범위 내에서 충분히 볼 수 있을 것.

② 항해자가 다른 등화와 식별할 수 있도록 등광에 개성을 주어 관측자가 명료하게 구분할 수 있을 것

③ 섬광과 암(暗) 간이 적당한 간격으로서 항해자가 쉽게 식별할 수 있는 속도로 정확히 반복될 것

④ 등명기(燈明器) 및 광원은 효율이 높고 신뢰성이 높은 것일 것

⑤ 지리적 입장에서 항로표지의 용도, 목적을 만족시킬 수 있고 충분한 안정성을 가진 것일 것

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 택할 것

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 등대는 시계(視界)상태, 식별도, 광도 및 수면상 높이에 따라 10해리 또는 이상에서 탐지되어야 한다.

② 일반적으로 유효성은 99.8% 이상 되어야 한다.

③ 등대의 등질은 시야 내의 다른 등대와 달라야 한다.

표해(2-1) 등롱(Lantern houses)의 등급

구 분 \ 등 급	1	2	3		4	5	6
			대	소			
판유리높이(㎜)	3,048	2,743	2,138	1,524	1,220	915	700
내 경(㎜)	4,140	3,658	3,150	2,642	1,965	1,53	910

표해(2-2) 등대의 등급(Lens)

구 분 \ 등 급	1	2	3		4	5	6
			대	소			
내 경(㎜)	920	700	500	375	250	187.5	150
외 경(㎜)	2,590	2,068	1,576	1,250	722	541	433

표해(2-3) 등대의 등급(국제기준-Standardized by focal distance)

구 분 \ 등 급	1	2	3	4	5	6
초점거리(㎜)	920	700	500	250	187.5	150

표해(2-4) 설계파를 기준으로 한 등고 결정

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

표해(2-5) 관측자의 눈높이를 기준으로 한 등고 결정(IALA NAVGUIDE)

관측자의 안고(m)	등고(m) Elevation of Sea Mark in Meters										
	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	3.3	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	46.3
30	11.1	13.2	14.0	14.6	15.2	15.7	17.5	25.5	31.4	39.8	46.3

표해(2-6) 광도와 광달거리를 기준으로 한 등고 결정

등 고 평균수면상(m)	광달거리 (M-해리)	등화의 광도 (cd)
	5	38.7
7	10	349
25	15	1,767
55	20	7,080
96	25	24,910
149	30	80,910
213	35	248,200
288	40	730,620

표해(2-7) 지리학적광달거리환산표

높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)	높이 (m)	광달거리 (M)
0.5	1.47	8.5	6.07	23	9.99	48	14.43	80	18.63	112	22.04	144	25.00	280	34.85	1,000	65.87
1.0	2.08	9.0	6.25	24	10.20	50	14.73	82	18.86	114	22.24	146	25.17	290	35.47	1,050	67.49
1.5	2.55	9.5	6.42	25	10.41	52	15.02	84	19.09	116	22.44	148	25.34	300	36.08	1,100	69.08
2.0	2.95	10	6.59	26	10.62	54	15.31	86	19.32	118	22.63	150	25.51	350	38.97	1,150	70.64
2.5	3.29	11	6.91	27	10.82	56	15.59	88	19.54	120	22.82	160	26.35	400	41.66	1,200	72.07
3.0	3.61	12	7.22	28	11.02	58	15.86	90	19.76	122	23.01	170	27.16	450	44.18	1,250	73.65
3.5	3.90	13	7.51	29	11.21	60	16.14	92	19.98	124	23.20	180	27.95	500	46.57	1,300	75.10
4.0	4.17	14	7.79	30	11.41	62	16.40	94	20.20	126	23.38	190	28.71	550	48.85	1,350	76.53
4.5	4.42	15	8.07	32	11.78	64	16.66	96	20.41	128	23.57	200	29.46	600	51.02	1,400	77.94
5.0	4.66	16	8.33	34	12.15	66	16.92	98	20.62	130	23.75	210	30.19	650	53.11	1,450	79.32
5.5	4.89	17	8.59	36	12.50	68	17.18	100	20.83	132	23.93	220	30.90	700	55.11	1,500	80.67
6.0	5.10	18	8.84	38	12.84	70	17.43	102	21.04	134	24.11	230	31.59	750	57.05		
6.5	5.31	19	9.08	40	13.17	72	17.67	104	21.24	136	24.29	240	32.27	800	58.92		
7.0	5.51	20	9.32	42	13.50	74	17.92	106	21.44	138	24.47	250	32.93	850	60.73		
7.5	5.70	21	9.55	44	13.81	76	18.16	108	21.65	140	24.65	260	33.59	900	62.49		
8.0	5.89	22	9.77	46	14.12	78	18.40	110	21.85	142	24.82	270	34.23	950	64.20		

(3) 지리학적 광달거리와 광학적광달거리

① 지리학적 광달거리를 구할 때

A(평균해면[MSL] 상에서 등화(燈火)까지의 높이)에서 해당되는 B(광달거리)를 구한다.

② 광학적 광달거리를 구할 때

C(광도)에서 해당되는 B(광달거리)를 구한다.

③ A나 C가 표에서 없을 때는 최근사치보다 작은 수치에서 구한다.

(예) A : 22m, C : 1000cd 인 등대의 B를 구할 때

◦ 지리학적 광달거리 : 14M(높이 22m의 근사치인 22.281이며, 이보다 작은 수치인 20.072의 광달거리는 14M임)

◦ 광학적 광달거리 : 13M(광도 1000cd의 근사치는 1.071이며, 이보다 작은 수치인 936.4의 광달거리는 13M임)

표해(2-8) 지리학적 광달거리와 광학적 광달거리를 구하는 표

A	B	C	A	B	C	A	B	C
평균수면상에서 등화까지의 높이 (m)	광달거리 (M)	광 도 (cd)	평균수면상에서 등화까지의 높이 (m)	광달거리 (M)	광 도 (cd)	평균수면상에서 등화까지의 높이 (m)	광달거리 (M)	광 도 (cd)
	0.5	0.1819	20.072	14.0	1,278	120.166	27.5	4,428×10
	1.0	0.7882	22.281	14.5	1,488	125.487	28.0	4,973×10
	1.5	1.962	24.605	15.0	1,726	130.923	28.5	5,596×10
	2.0	3.709	27.045	15.5	2,001	136.473	29.0	6,276×10
	2.5	6.294	29.600	16.0	2,310	142,140	29.5	7,052×10
	3.0	9.818	32.270	16.5	2,668	147.021	30.0	7,902×10
	3.5	14.51	35.055	17.0	3,068	153.818	30.5	8,869×10
	4.0	20.54	37.956	17.5	3,530	159.830	31.0	9,926×10
	4.5	28.22	40.972	18.0	4,046	165.957	31.5	$1,113\times10^2$
0.012	5.0	37.75	44.103	18.5	4,641	172.199	32.0	$1,259\times10^2$
0.147	5.5	49.60	47.349	19.0	5,304	178.557	32.5	$1,394\times10^2$
0.397	6.0	63.95	50.710	19.5	6,066	185.027	33.0	$1,557\times10^2$
0.762	6.5	81.50	54.187	20.0	6,914	191.618	33.5	$1,742\times10^2$
1.243	7.0	102.4	57.779	20.5	7,888	198.321	34.0	$1,944\times10^2$
1.839	7.5	127.6	61.486	21.0	8,968	205.139	34.5	$2,174\times10^2$
2.250	8.0	157.4	65.307	21.5	1,021×10	212.073	35.0	$2,424\times10^2$
3.376	8.5	192.9	67.246	22.0	1,158×10	219.122	35.5	$2,708\times10^2$
4.318	9.0	234.3	73.299	22.5	1,315×10	226.286	36.0	$3,017\times10^2$
5.375	9.5	283.5	77.467	23.0	1,489×10	233.566	36.5	$3,368\times10^2$
6.547	10.0	340.3	81.751	23.5	1,688×10	240.960	37.0	$3,749\times10^2$
7.834	10.5	407.4	86.149	24.0	1,907×10	248.470	37.5	$4,182\times10^2$
9.237	11.0	484.4	90.663	24.5	2,158×10	256.096	38.0	$4,652\times10^2$
10.754	11.5	575.0	95.292	25.0	2,435×10	263.836	38.5	$5,186\times10^2$
12.387	12.0	678.3	100.037	25.5	2,751×10	271.692	39.0	$5,765\times10^2$
14.136	12.5	799.2	104.896	26.0	3,098×10	279.662	39.5	$6,422\times10^2$
15.999	13.0	936.4	109.871	26.5	3,495×10	287.749	40.0	$7,135\times10^2$
17.978	13.5	1.071	114.961	27.0	3,931×10	295.950	40.5	$7,943\times10^2$

표해(2-9) 명목적 광학적 광달거리 환산표

광도(cd)	광달거리(M)		광도度(cd)	광달거리(M)	
	명목적	광학적		명목적	광학적
1	1.0	1.1	50	4.4	5.5
2	1.4	1.5	55	4.6	5.7
3	1.6	1.8	60	4.7	5.8
4	1.8	2.1	65	4.8	6.0
5	2.0	2.3	70	4.9	6.1
6	2.2	2.4	75	5.0	6.2
7	2.3	2.6	80	5.1	6.4
8	2.4	2.7	85	5.2	6.5
9	2.5	2.9	90	5.3	6.7
10	2.6	3.0	95	5.4	6.8
11	2.6	3.1	100	5.4	6.9
12	2.7	3.2	110	5.5	7.1
13	2.8	3.3	120	5.6	7.2
14	2.9	3.4	130	5.8	7.4
15	3.0	3.5	140	5.9	7.6
16	3.1	3.6	150	6.0	7.8
17	3.2	3.7	160	6.1	8.0
18	3.2	3.8	170	6.2	8.1
19	3.3	3.9	180	6.3	8.3
20	3.3	4.0	190	6.4	8.4
25	3.6	4.3	200	6.5	8.5
30	3.8	4.6	220	6.7	8.8
35	4.0	4.8	240	6.8	9.0
40	4.1	5.1	270	7.0	9.3
45	4.3	5.3	300	7.5	9.6

광도(cd)	광달거리(M)		광도(cd)	광달거리(M)	
	명목적	광학적		명목적	광학적
330	7.3	9.8	3,000	11.7	16.9
360	7.5	10.0	3,500	12.0	17.5
400	7.7	10.4	4,000	12.2	17.9
450	7.9	10.6	5,000	12.7	18.8
500	8.1	11.0	6,000	13.1	19.5
550	8.2	11.3	7,000	13.5	20.0
600	8.4	11.6	8,000	13.8	20.5
650	8.6	11.8	9,000	14.1	21.0
700	8.7	12.0	10,000	14.3	21.4
800	8.9	12.4	15,000	15.2	23.0
900	9.2	12.8	20,000	15.9	24.1
1,000	9.4	13.2	30,000	16.8	258
1,100	9.6	13.5	40,000	17.5	27.0
1,200	9.8	13.8	50,000	18.1	28.0
1,300	9.9	14.1	70,000	18.9	29.4
1,400	10.1	14.3	100,000	19.8	31.0
1,500	10.2	14.5	150,000	20.8	32.8
1,600	10.3	14.7	200,000	21.5	34.1
1,700	10.5	15.0	300,000	22.6	35.9
1,800	10.6	15.2	400,000	23.3	37.2
1,900	10.7	15.3	500,000	23.9	38.3
2,000	10.8	15.5	700,000	24.8	39.9
2,200	11.0	15.8	1,000,000	25.7	41.5
2,400	11.2	16.1	1,500,000	26.8	43.5
2,700	11.4	16.5	2,000,000	27.6	44.9

표해(2-10) 명목적 광달거리에 대한 광도환산표(야간)

명목적 광달거리 (M)	광 도 (cd)	명목적 광달거리 (M)	광 도 (10^3cd)	명목적 광달거리 (M)	광 도 (10^6cd)
1	0.9	10	1.4	26	1.1
1.5	2.4	11	2.2	27	1.6
2.	5	12	3.6	28	2.4
2.5	9	13	5.9	29	3.4
3.	15	14	8.9	30	4.9
3.5	24	15	14	31	7.1
4.	36	16	21	32	10
4.5	53	17	32	33	15
5	77	18	49	34	21
6	150	19	73	35	30
7	270	20	110	36	43
8	480	21	160	37	61
9	820	22	240	38	87
		23	360	39	120
		24	520	40	180
		25	770		

표해(2-11) 명목적 광달거리에 대한 광도환산표(주간)

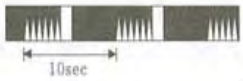
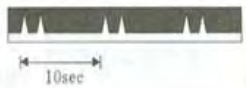
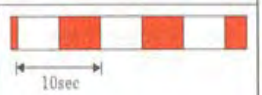
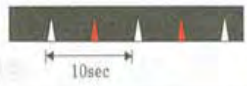
명목적 광달거리 (M)	광 도 (10^3cd)	명목적 광달거리 (M)	광 도 (10^6cd)	명목적 광달거리 (M)	광 도 (10^6cd)
1	4.6	7	1.4	14	45
2	25	8	2.4	15	69
3	75	9	4.1	16	105
4	182	10	6.9	17	161
5	388	11	11	18	244
6	745	12	18	19	367
		13	28	20	549
				21	816

표해(2-12) 등질(燈質) 설명

등 질 설 명

종 별	정 의	약기	보 기		
			호 칭	등 질	그 림 설 명
不 動 光 Fixed	일정한 光度를 유지하고 暗間이 없다.	F	不動白光	FW	
明 暗 光 Occulting	일정한 光度의 빛이 일정한 간격으로 發하고 明間 또는 明間의 合이 暗間 또는 暗間의 合보다 언제나 길다.	Oc			
單 明 暗 光 Single Occulting	1週期內에 1개의 明間이 있는 明暗光	Oc	單明暗白光 명6초, 암2초	Oc W 8s	8sec
群 明 暗 光 Group Occulting	1週期內에 複數의 明間이 있는 明暗光	Oc	群明暗白光 명6초, 암1초 명2초, 암2초	Oc (2) W 10s	10sec
等 明 暗 光 Isophase	일정한 光度의 빛이 일정한 간격으로 發하며, 明間과 暗間의 길이가 같다.	Iso	等明暗白光	Iso W 10s	10sec
閃 光 Flashing	일정한 光度로 1분간에 50回 미만의 빛을 일정한 간격으로 發하며, 明間 또는 暗間의 合이 暗間 또는 暗間의 合보다 언제나 짧다.	Fl			
單 閃 光 Single Flashing	1週期內에 1개의 明間이 있는 閃光.	Fl	單閃紅光 매10초에 1섬광	Fl R 10s	10sec
群 閃 光 Group Flashing	1週期內에 複數의 明間이 있는 閃光.	Fl	群閃紅光 매12초에 3섬광	Fl(3) R 12s	12sec
複合群閃光 Composite Group Flashing	1週期內에 2개의 群閃光 또는 群閃光과 單閃光이 있는 閃光.	Fl	複合群閃紅光 매7초에 2섬광과 1섬광	Fl(2+1) R 7s	7sec
長 閃 光 Long Flashing	1週期內에 2초이상의 明間이 1개 있는 閃光.	L Fl	長閃白光 매10초에 1장섬광	L Fl W 10s	10sec
急 閃 光 Quick Flashing	일정한 光度로 1분간에 50回 이상의 빛을 일정한 간격으로 發하며, 明間의 合이 暗間의 合보다 언제나 짧다.	Q			
連續急閃光 Continuous Quick Flashing	연속적으로 發하는 急閃光	Q	連續急閃白光	Q W	
群 急 閃 光 Group Quick Flashing	1週期內에 複數의 明間이 있는 急閃光.	Q	群急閃白光 매10초에 3급섬광	Q (3) W 10s	10sec
			群急閃白光 매15초에 6급섬광과 1장섬광	Q(6)+L Fl W 15s	15sec

제 13 편

종 별	정 의	약기	보 기		
			호 칭	등 질	그림설명
超急閃光 Very Quick Flashing	일정한 光度를 유지하고 1분간에 80회~160회의 빛을 일정한 간격으로 發하는 것.	VQ			
連續超急閃光 Continuous Very Quick Flashing	連續적인 超急閃光.	VQ	連續超急閃白光	V Q W	
群超急閃光 Group Very Quick Flashing	1週期內에 複數의 明間이 있는 超急閃光.	VQ	群超急閃白光 매10초에6초급섬광과 1장섬광	V Q(6)+L F1 W 10s	
모르스 符號光 Morse Code	모르스부호의 빛을 발사한다.	Mo	모르스 符號白光 매8초에 A	Mo(A) W 8s	
連成不動光 Fixed and Occulting of Flashing	不動光중에 보다 밝은 빛을 發하는 것.	F Fl			
連成不動單閃光 Fixed and Single Flashing	不動光중에 單閃光을 發하는 것.	F Fl	連成不動單閃白光 매10초에 1섬광	F Fl W 10s	
連成不動群閃光 Fixed and Group Flashing	不動光중에 群閃光을 發하는 것.	F Fl	連成不動群閃白光 매10초에 2섬광	F Fl(2) W 10s	
互 光 Alternating	각각 일정한 光度로 서로 다른 빛을 번갈아 發한다.	Al			
不動互光 Fixed Alternating	暗間이 없는 互光.	Al	不動白紅互光 백5초, 홍5초	Al W R 10s	
單閃互光 Alternating Flashing	1週期內에 2번의 單閃光이 互光하는 것.	Al Fl	單閃白紅互光 매10초에 2섬광	Al Fl W R 10s	
群閃互光 Alternating Group Flashing	1週期內에 群閃光의 각 閃光이 互光하는 것.	Al Fl	群閃白紅互光 매15초에 2섬광	Al Fl(2) W R 15s	
複合群閃互光 Alternating Composing Group Flashing	1週期內에 複合群閃光의 각 群閃光이나 群閃光과 單閃光이 互光하는 것.	Al Fl	複合群閃白紅互光 매20초에 백2섬광과 홍1섬광	Al Fl(2+1)W R 20s	

비고 : 약기중에 W.R.G.Y는 橙色을 표시하고 각각 白, 紅, 綠, 黃色을 표시한다.

표해(2-13) IALA 해상부표식

IALA해상부표식(B지역)의 종류,의미,도색,형상 및 등질

종별		의미	표체 도색	두표 도색	두표 형상	표지별 도색 등부표	표지별 도색 부표	표지별 도색 등표	표지별 도색 입표	등질 등색	등질 점멸방식
측방표지	좌현표지	1. 표지의 위치가 항로 좌측 한계에 있다. 2. 표지의 우측에 가항수역이 있다. 3. 표지의 좌측에 암초, 천소, 침선등 장애물이 있다.	녹	녹	원통형 1개					녹	단섬광(주기는 3.4또는 5초) 군섬광(매6초에2섬광)
측방표지	우현표지	1. 표지의 위치가 항로 우측 한계에 있다. 2. 표지의 좌측에 가항수역이 있다. 3. 표지의 우측에 암초, 천소, 침선등 장애물이 있다.	홍	홍	원추형 1개					홍	모르스부호광 (A,B,C 또는 D주기는 임의) 연속급섬광
측방표지	좌항로우선표지	표지의 좌측에 우선항로가 있다.	홍색바탕에 녹횡대 1선	홍	원추형 1개					홍	복합군섬광 (매7초에 2섬광과 1섬광)
측방표지	우항로우선표지	표지의 우측에 우선항로가 있다.	녹색바탕에 홍횡대 1선	녹	원통형 1개					녹	
방위표지	북방위표지	1. 표지의 북측에 가항수역이 있다. 2. 표지의 남측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있다. 3. 표지의 북측에 항로의 출입구, 굴곡점, 분기점 또는 합류점이 있다.	상부흑 하부황	흑	원추형 종으로 2개 (정점 상향)					백	연속급섬광
방위표지	동방위표지	1. 표지의 동측에 가항수역이 있다. 2. 표지의 서측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있다. 3. 표지의 동측에 항로의 출입구, 굴곡점, 분기점 또는 합류점이 있다.	흑색바탕에 황횡대 1선	흑	원추형 종으로 2개 (저면 대향)					백	군급섬광 (매10초에 3급섬광)
방위표지	남방위표지	1. 표지의 남측에 가항수역이 있다. 2. 표지의 북측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있다. 3. 표지의 남측에 항로의 출입구, 굴곡점, 분기점 또는 합류점이 있다.	상부황 하부흑	흑	원추형 종으로 2개 (정점 하향)					백	군급섬광 (매15초에 6급섬광과 1장섬광)
방위표지	서방위표지	1. 표지의 서측에 가항수역이 있다. 2. 표지의 동측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있다. 3. 표지의 서측에 항로의 출입구, 굴곡점, 분기점 또는 합류점이 있다.	황색바탕에 흑횡대 1선	흑	원추형 종으로 2개 (정점 대향)					백	군급섬광 (매15초에 9급섬광)
고립장애표지		표지의 위치또는 주위에 암초, 천소, 침선 등의 고립장애물이 있다.	흑색바탕에홍횡대 1선이상	흑	원형 종으로 2개					백	군섬광 (매5초에 또는 10초에 2섬광)
안전수역표지		1. 표지의 주위가 가항수역이다. 2. 표지의 위치는 가항수역 중앙에 있다.	홍백 종선	홍	원형 1개					백	등명암광 (명2초, 암2초) 모르스부호광 (매8초에A) 장섬광 (매10초에 1장섬광)
특수표지		1. 표지의 주위가 공사구역등 특별한 구역의 경계에 있다. 2. 표지의 위치 또는 부근에 특별한 시설이 있다.	황	황	X형 1개					황	단섬광 (주기는 임의) 군섬광 (매20초에 5섬광) 모르스부호광 (A와U 제외, 주기 임의)

주의 : 1. 의미(意味)에 대하여는 전부이거나 일부인 것이 있다.
2. 항로 및 표지의 좌측(우측)이란 것은 수원을 향하여 좌측(우측)을 말한다.
3. 위표에 게제된 표지 외에도 특별한 의미를 갖는 특정표지를 설치하는 경우가 있다.

〔참 고〕

(1) 색도범위

등색의 색도범위와 색도좌표에 대하여 1977년 IALA에서 권고한 바 있으며, 해양수산부에서는 아래 표참(2-13)의 색도좌표를 기준으로 하고 있다.

표참(2-3) 색도범위

색 상	색의 한계	색도 범위의 계산식
백	자 측	y = 0.382 (x > 0.440)
		y = 0.047 + 0.762x (x < 0.440)
	청 측	x = 0.285
	녹 측	y = 0.150+0640x
		y = 0.440
	황 측	x = 0.500
적	적 측	극 한
	자 측	y = 0.980-x
	황 측	y = 0.335
황	적 측	y = x-0.200
	백 측	y = 0.951-0.930x
	녹 측	y = x-0.120
녹	녹 측	y = 4.50-12.5x
	백 측	y = 1.54x
	청 측	y = 0.390-0.171x

비고 : x, y는 KSA-0061(X Y Z색 표시계에 따른 표시방법)에 의하여 색도의 경계를 표시하는 것으로 KSA- 0068(공원색의 측정방법)의 규정에 따라 측정한다.

표참(2-4) 일반범위의 색도좌표

색 상	색도좌표	1	2	3	4	5	6
백	x	0.500	0.440	0.285	0.285	0.453	0.500
	y	0.382	0.382	0.264	0.332	0.440	0.440
적	x	0.735	0.721	0.645	0.665		
	y	0.265	0.259	0.335	0.335		
황	x	0.600	0.596	0.555	0.560		
	y	0.400	0.396	0.435	0.440		
녹	x	0.305	0.321	0.228	0.028		
	y	0.689	0.494	0.351	0.385		

표참(2-5) 권고범위의 색도좌표(해양수산부 기준)

색 상	색도좌표	1	2	3	4
백	x	0.440	0.285	0.285	0.440
	y	00.382	0.264	0.332	0.432
적	x	0.710	0.700	0.670	0.680
	y	0.290	0.290	0.320	0.320
황	x	0.585	0.581	0.555	0.560
	y	0.415	0.411	0.435	0.440
녹	x	0.022	0.282	0.207	0.013
	y	0.778	0.518	0.397	0.494

(2) 색 필터 및 등롱의 투과율

색 필터의 투과율은 필터의 색 및 재질과 사용하는 광원의 종류에 따라 다르다.

1977년 IALA에서는 색 필터 및 투명한 유리로 된 등롱의 투과율을 권고하였으며, 해양수산부에서는 이 권고한 내용을 기준으로 하고 있다.

표참(2-6) 색 필터 및 등롱유리에 대한 투과율

색온도 (K)	광 원	색 필 터				등 롱 (투명유리)
		적	록		황	
		유 리 및 플라스틱	유 리	플라스틱	유 리 및 플라스틱	
1900~2000	석유등	30	8	10	70	85
1900~2000	진공전구	25	10	15	60	
1900~2000	아세틸렌등 가스 입 전구 백열 Mantle	20	12	20	50	
1900~2000	크세논 방전구	13	15	23		

비고 : 파장눈금이 붙어 있는 곡선은 스펙트럼 과적으로서, 스펙트럼 과적의 양끝을 잇는 직선은 순자 과적이다.

제 3 장 주간표지(晝間標識)의 인식(認識)

주간표지는 시각표지(Visual Aids)의 일종으로 형상과 도색에 숫자와 기호 등으로 기능을 식별하는 표지로 IALA 해상부표식(MBS-Maritime Buoyage System) 일반원칙에 의하여 엄격히 적용되어야 한다.

〔해 설〕

(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 및 황색

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 한자일 때는 400×400㎜으로 하고 두자 일 때는 가로 300×세로400㎜으로 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 “항로표지의기능및규격에관한기준” 및 “항로표지명칭부여요령”에 의한다.

③ 문자, 숫자 및 기호 색과 바탕색

가. 흑색기호 : 황색과 백색바탕 / 밝은 형광홍색 또는 녹색바탕

나. 백색과 황색기호 : 흑색, 홍색 또는 녹색바탕

다. 유색횡대 : 서방위표지, 북방위표지, 특수표지의 흑색횡대는 해양생물에 의해 형성되는 검은 띠로 하여금 다른 표지기능으로 오인될 요소가 있으므로 황색 방오도료를 사용하여야 한다.

(3) 부표(Buoy)의 형상

표해(3-1) 부표의 형상 및 가시(可視)치수

부표의 형상	기 능	가 시 치 수
원추형	우현표지	밑부분 직경의 0.75~1.5배 높이의 원추
원통형	좌현표지	직경의 0.75~1.5배 높이의 원통
구 형	안전수역표지	흘수선 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.

(4) 두표(Top mark /Day mark)

① IALA 해상부표식에서 두표의 사용은 주간에 표지를 인지하고 표지의 기능을 확인할 때 항해자에게 도움을 주기위한 시설로 기능에 따라 다음과 같이 크기와 종류를 결정한다.

가. 원추형

㉮ 밑 부분으로부터 정점까지의 수직높이는 대략 밑 부분직경의 90% 이어야 한다.

㉯ 방위표지는 원추 사이의 분리거리는 대략 밑 부분 직경의 50% 이어야 한다.

㉰ 부표의 경우 및 부분의 직경은 부표의 수선(Waterline)부 직경의 25~30% 이어야 한다.

㉱ 두표의 가장 낮은 지점과 표지의 다른 모든 부분 사이의 수직간격은 적어도 원추직경의 35%이어야 한다.

나. 원통형

㉮ 원통의 수직 높이는 밑 부분 직경의 1~1.5배 이어야 한다.

㉯ 원통의 가장 낮은 지점과 표지의 다른 모든 부분 사이의 수직간격은 적어도 원추직경의 35% 이어야 한다.

㉰ 부표의 경우 원통의 밑 부분직경은 부표의 수선부직경의 25~30% 이어야한다.

다. 구(球)형

㉮ 고립장해표지에 있어서 구와 구의 간격은 대략 그 직경의 50% 이어야 한다.

㉯ 구의 가장 밑 지점과 본체의 다른 모든 부분 사이의 수직간격은 적어도 구 직경의 20% 이어야 한다.

㉰ 부표의 경우 구의 직경은 부표의 수선부(水線部) 직경의 25~30% 이어야 한다.

라. X형

부표의 경우 X형 한 팔의 길이는 표체 직경의 약33%로하고 정사각형 안에 대각선으로 하여야 하며 X형 팔의 1변의 폭은 1변의 길이의 15%로 한다.

② 일반적으로 적용하는 두표의 규격

표해(3-2) 두표 규격 및 재질(해양수산부 고시)

품 명	규격 및 두께	재 질	지 주
우 현	700㎜×534×3.5t (원추형)	FRP	강관32ϕ3t,1000
좌 현	600㎜×700×3.5t (원통형)	FRP	강관32ϕ3t,1000
안전수역	600ϕ×3.5t (구형)	FRP	강관32ϕ3t,1000
고립장해	600ϕ×2개×3.5t (구 형)	FRP	강관32ϕ3t,1892
특수표지	1,000㎜×110×6t (X 형)	FRP	강관32ϕ3t,1125

(5) 레이더 반사기(Radar Reflector)

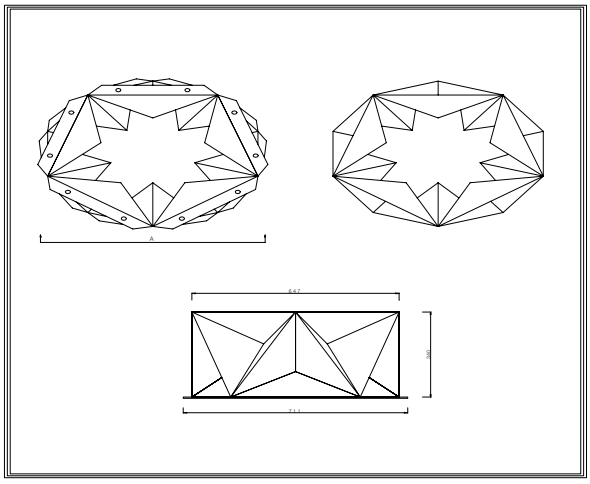
① 사용목적

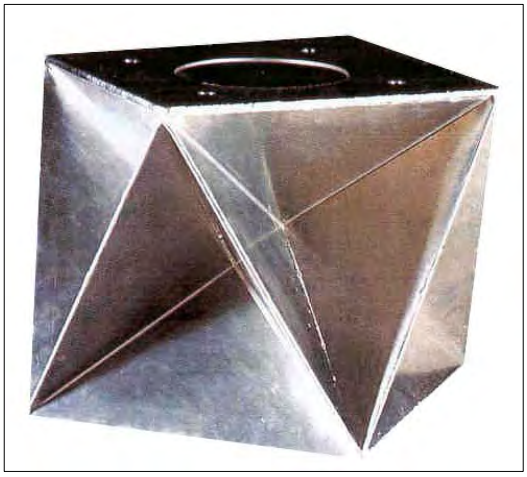
가. 원거리 물표탐지의 개선

나. 해면 또는 비나 눈에 의한 반사 범위 내에서의 물표탐지의 개선

다. 충돌에 의한 항로표지의 손상으로부터의 보호 기능의 개선

도해(3-1) Corner Cluster 구성도





표해(3-3) Corner Cluster의 규격

레이더의 탐지거리(㎚)	3	5.5	10
X-band의 등가단면적(RCS)	≥ 10㎡	≥ 100㎡	≥1000㎡
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)

가. 금속판 또는 알루미늄 판으로 제작 한다

나. 높은 전기전도율을 가진 다른 재료도 제작 가능하다.

다. 환경 친화적인 소재로 금속표면 또는 금속 나일론 망을 속에 넣고 GRP와 같은 플라스틱제로 유사한 효력을 나타낸다.

표해(3-4) 반기의 최대 각 허용오차

반 사 기 직 경	최대 각 허용오차
0.5m	±1 ~ 2°
1m	±0.5 ~ 1°

③ 반사기의 특성

가. 반사기의 형태

나. 반사기의 크기

다. 반사기의 높이(수면 상)

④ 반사기의 시수평 거리를 구하는 공식

Ropt = 2.1(√Ht + √Ho)

Ht = 물표의 높이(m)

Ho = 관측자의 눈높이(m)

표해(3-5) 반사제의 시인 효과

고광도 역반사재의 종류	역 반 사 계 수 (cd/lx ㎡)	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 4㎞일에서 역반사제의 크기가 0.3㎡이고 4° 이하의 입사각을 기준으로 한 측정치

제 4 장 항로표지의 시스템 설계와 분석

어떤 장소에 대한 항로표지의 필요성을 결정하기 위한 절차와 분석은 다음 요령에 따른다.

〔해 설〕

(1) 분석절차

① 해상이용자와 안전항해에 관련되어 있는 위험 요소를 확인하는 현장 분석

② 개별적인 항로표지와 시스템으로서의 항로표지의 기능을 기초로 한 필요성 분석

③ 개별적인 항로표지와 시스템으로서의 항로표지의 기능을 기초로 한 운영 분석

④ 시각표지의 선택을 지원하기 위한 비용의 효율성 분석

(2) 현장분석

① 일반적인 특성

② 선박의 특성

③ 야간항해

④ 기상 및 기타 조건

⑤ 선박의 항적(航跡)

⑥ 안전항해에 영향을 주는 위험요소

(3) 필요성 분석

① 항로표지의 서비스 수준

가. 시각표지의 설계에 관한 최소의 기준은 0.5해리로 정하고 있다(시정 0.5해리).

나. 시각표지의 설계에 관한 표준 업무 수준은 95% 정도이다

② 외측으로부터의 접근항로

가. 육상에 설치된 초인 등화는 항해자의 시각 인지거리(P)를 만족시킬 수 있도록 설계한다.

나. 시각 인지거리는 등화로부터 위험물까지의 거리(d), 선박의 반지름 오차와 동일한 거리(r) 및 등화가 소등일 경우 항해자가 대처하기 위해 필요한 시간인 여유 안전거리(s)를 모두 합한 총거리이다

$(P = r+d+s)$ s = 최대항진거리의10%

③ 내측으로부터의 접근항로

가. 조선(Steering) 공간을 충분히 확보하고 바람 또는 횡 조류의 영향을 고려한다.

나. 등부표의 위치와 등질 및 기능을 확인한다.

다. 항로 내에서 선박의 통항 형태와 배후광의 영향 등 항로표지 식별에 지장요인을 확인 한다

라. 해도와 서지가 가장 최근에 발행되고 보정 및 개보가 된 것인지 확인하여야 한다.

제 5 장 등대(燈臺) 및 등주(燈柱)

5-1 등대(Lighthouses)

(1) 시각표지(Visual Aids)는 등광, 형상, 색채로 이루어진 선박의 항행보조시설이다.
(2) 등대는 육지나, 주요 변침점(Turning Point) 또는 선위를 확인하기 위하여 연안에 설치하거나 항만의 위치, 항구(Port mouth) 등을 나타내기 위하여 설치한 구조물로서 등광을 발하는 것 중 구조가 탑 모양인 것을 등대, 기둥 모양인 것을 등주라 한다.
(3) 주간에는 구조물의 모양, 색상 및 형상물로서 기능을 식별 할 수 있게 하는 인위적인 항행지표이다.
(4) 등대에는 Racon, Radio beacon, 음향신호(Sound signal)와 같은 기능시설을 병설하여 다양한 항행정보를 제공하는 항로표지시스템으로 운영하기도 한다.

〔해 설〕

(1) 광파표지의 기본요건
① 요구되는 범위 내에서 충분히 보여야 한다.
② 항해자가 다른 등화와 식별할 수 있도록 등광의 개성이 있어야한다
③ 명간(明間)과 암간(暗間)이 적당한 간격으로서 항해자가 쉽게 식별할 수 있는 속도로 정확히 반복되어야 한다.
④ 등명기 및 광원은 효율이 높고 신뢰성이 높은 것이라야 한다.
⑤ 지리학적 입장에서 항로표지의 용도 및 목적을 만족과 동시 충분한 안정성이 확보되어야한다.

(2) 목적 및 기능
① 위험한 여울목, 사주(shoals), 초(rocks) 등을 표시
② 위치선(LOP)을 구할 수 있는 정보제공
③ 육지초인(Landfall), 곶, 하구/ 항만 출입구 등을 표시

(3) 성능기준
① 일반적으로 등대는 시정상태, 식별도, 광도 및 수면상의 높이에 따라 10해리 또는 그 이상에서 탐지되어야 한다.
② 기능의 유효성은 99.8% / 99% 이상의 서비스 수준을 유지하여야 한다.
③ 등대의 등질(Characteristic)은 시야내(視野內)에 다른 등대와 달라야 한다.

(4) 설계기준
① 광파표지의 등화가 도달하는 최대의 거리를 광달거리라고 하며 빛의 발산이나 대기 중에서의 흡수, 산란에 의해서 감쇄하기 때문에 관측자의 눈에 느끼지 않게 되어 버리는 거리를 광학적 광달거리라고 하고, 진행하는 빛이 지구의 표면에 의해 가로막혀져 관측자의 눈에 들어가지 않게 되어 버리는 거리를 지리학적 광달거리라고 한다.
② 광파표지의 설계는 표지등화의 광도, 이용범위, 대기혼탁의 정도, 표지의 배경의 조건 및 관측자의 조건(눈의 순응상태, 심리적 생리적 상태, 시인시간, 배의 움직임 등)을 고려하여 광달거리와 가시거리를 결정하게 된다.

(5) 주요기능

① 등대기능 : 제1장 항로표지의 일반요건 (1) 항로표지의 종류 및 (3) 항해의 단계의 항로표지건설계획 참조하여 항로표지의 수단 및 종류와 서비스 수준 및 범위를 결정하여야 한다.

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/DC 의 전원을 구분하여 수전설비를 결정하여야 한다.

④ 등대 구조물 : 등대기능과 용도를 감안하여 단면을 결정하고 표면색을 결정하여야 한다.

⑤ 서비스수준 : 1-3의 항로표지건설계획과 운영효율에 따른 항로표지 시스템을 결정하여야한다.

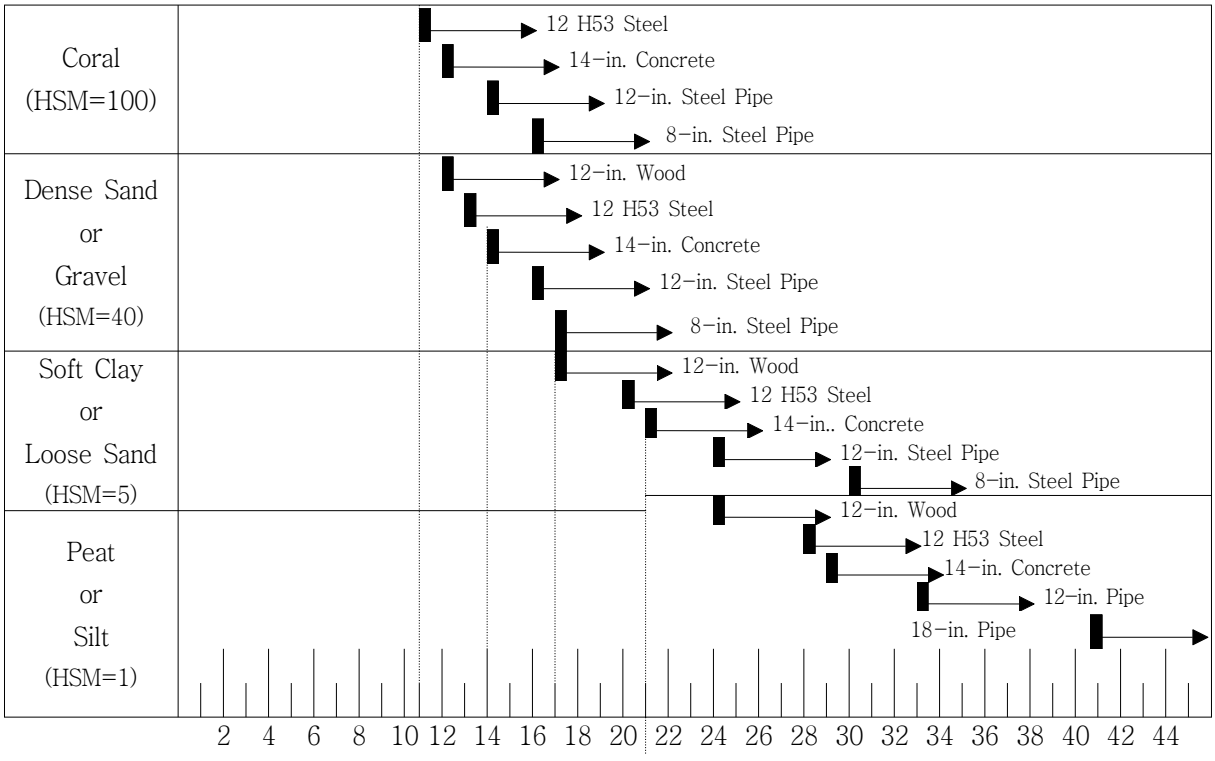
5-2 등주(燈柱)

(1) 지형의 특성이나 표지기능상 탑 모양의 구조물의 건립이 곤란하거나 필요하지 아니할 때 간단한 기둥모양으로 시설하는 표지물로 식별상 문제가 될 경우에는 주표 기능을 부설하여야한다.

(2) 광파표지 기능은 등대기능을 적용한다.

(3) 등주식 등표 및 입표(Single Pile Wood /Steel Beacon Structure) 설계는 다음의 지반조건을 참고한다.

표(5-1) 지 반 조 건



※HSM : Horizontal Subgrade Modulus(Technical Manual-USCG)

제 6 장 등표(燈標) 및 입표(立標)

6-1 등 표

(1) 등(입)표의 구조는 지역적 환경조건, 전통(Tradition), 사용 가능한 재질 및 기술에 따라 매우 다양하다.
(2) 등(입)표는 운영상 및 기술상으로 고정표지의 설치가 바람직하고, 건설가능한 곳에 부표 대신 설치될 수 있다.
(3) 부표와 동일한 기능을 수행하는 등(입)표는 실행 가능한 한 그와 동등한 부표와 동등한 신호로 표시되어야 한다.

〔해 설〕

(1) 목적 및 기능
① 육지초인표지
② 유도(거리)선의 일부 기능수행
③ 항로에 인접한 장해물 및 위험물 표지
④ 항로의 측방표지
⑤ 지역표시
⑥ 항로의 합류 또는 선회지점(旋回地點) 표시

(2) 기술적 고려사항
① 구조물의 색상이 실제적이 아닐 수 있어 오인(誤認)할 수 있다.
② 등표나 입표의 형태는 구조에 따라 결정 된다
③ 대형 등(입)표 구조물에 비하여 두표(Top mark)가 너무 작을 수도 있다.

(3) 성능기준
① 격자구조 및 간단한 원주구조는 주간에 식별이 곤란하므로 주표판(Day boards)을 이용하여 구조 색상 두표의 기능이 나타나게 하여야 한다.
② 주표판의 색상과 크기로 주간 식별기능이 양호하게 되면 별도의 주표시설을 생략할 수 있다.

(4) 기본 요건
① 장애 또는 항만인지(認知)표지로서의 요건
가. 야표로서의 해상 및 기상조건과 선박교통량을 고려하고 안전한 거리를 감한하여 충분한 광달거리를 확보하여야 한다.
나. 광달거리는 부근의 항로표지가 있어 선위(船位)결정이 용이한 경우로서 내해는 2마일, 외해는 5마일 정도가 요구되며, 소형선박으로서 속력이 6~10kn 정도의 선박이 항해하는 항로라면 1~4마일 거리로 설치한다.
다. 등탑이 주표로서의 역할을 하기 위한 경우라면 등탑의 직경은 1.5~3 m이상 되어야 한다.
② 항만표지(港灣標識)로서의 요건
항역(港域)의 적절한 위치를 표시하고 항상 정확히 운영되어야 한다.

(5) 등표건설상의 고려하여야 할 문제
① 기상 및 해상 환경의 특징

가. 필요한 위치는 결정적이며 위치선택의 자유가 없으므로 항상 최악의 파랑을 받는다.

나. 육상에 비하여 해상의 풍력은 강하며 등탑에서 받는 풍압이 크다.

② 구조상의 특징

가. 강력한 최고파가 등표 전체에 충돌한다.

나. 부분적 재해일지라도 등표는 항로표지로서의 기능을 상실하는 경우가 많다.

(6) 주요기능

① 등대기능 : 제1장 항로표지의 일반요건 1-1-1, 1-1-3 및 1-3의 항로표지건설계획 참조하여 항로표지의 수단 및 종류와 서비스 수준 및 범위를 결정하여야 한다.

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/DC 의 전원을 구분하여 수전설비를 결정하여야 한다.

④ 등대 구조물 : 등대기능과 용도를 감안하여 단면을 결정하고 표면색을 결정하여야 한다.

⑤ 서비스수준 : 1-3의 항로표지건설계획과 운영효율에 따른 항로표지시스템을 결정하여야한다.

6-2 입 표

(1) 등표의 제반요건을 적용한다.

(2) 주간(晝間) 항로표지의 인지

① 색상(Colours)

가. 항로표지가 눈에 잘 띄게 하기위해

나. 간단한 항행메시지 또는 정보를 전달하기 위해

② 색상의 선택

가. 항로표지의 색상은 근거리에서 명확히 인식되어야 한다.

나. 항로표지의 사용기간 동안 지정된 색도계(色度系)를 내에서의 색도를 유지하여야 한다.

다. 항로표지의 색도는 “항로표지로 사용되는 표면색도에 대한 IALA 권고”의 색도기준에 따른다.

③ 문자 숫자 또는 기호

가. 근거리에서도 해상부표식의 문자, 숫자, 또는 기호를 읽을 수 있어야 한다.

나. 충분한 크기와 별도로 기호와의 배경 사이에 적절한 대비가 이루어져야 한다.

다. 흑색기호는 황색과 백색배경에 또는 형광 홍색 또는 녹색위에 사용될 수 있다.

라. 백색과 황색기호는 흑색 위에 또는 일반적인 적색 또는 녹색 배경 위에 사용될 수 있다.

제 7 장 등대 및 등표 구조물 설계

이 기준은 등대 및 등표의 표체(標体)를 설계하는데 있어서 일반적인 기준 및 순서를 정하여 설계의 합리화와 능률화를 도모하는데 그 목적이 있으며 설계의 대상이 되는 시설물의 목적 및 기능을 충분히 이해하고 설계에 영향을 미치는 제반조건을 검토하여 목적 및 기능에 가장 적합한 구조물을 경제적으로 설계될 수 있도록 하여야 한다.

〔해 설〕

(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(自重)

나. 지진력

다. 풍압력

라. 파의 타상력(올려치는 힘)

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

② 하중 및 외력의 조합

가. 파도의 영향을 받지 않는 등대

$$\left.\begin{matrix}(\text{자 중})+(\text{풍 압 력})\\(\text{자 중})+(\text{지 진 력})\end{matrix}\right\}$$ 이 중 큰 힘을 채택한다.

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

나. 파도의 작용을 받는 등대 및 등표

$$\left.\begin{matrix}(\text{자 중})+(\text{파 압 력})+(\text{풍 압 력})+\text{부 력}\\(\text{자 중})+(\text{지 진 력})\end{matrix}\right\}$$ 이 중 큰 힘을 채택한다.

※ 기초 저면이 최고고조면(H.H.W.L) 보다 위에 있을 때에는 부력을 고려하지 않는다.

③ 자 중

자중산출에 쓰이는 재료의 중량은 표해(7-5)에 의하며 다만 실 중량이 명백한 것은 실 값에 의한다.

④ 지진력

지진력은 등탑자중에 수평진도를 곱하여 계산한다.

$$E = K \cdot N \qquad \text{(해7-1)}$$

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

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.

표해 (7-1) 지반별 계수 및 높이 계수

	허용지내력도(t/㎡)	지반별계수(K_A)
단가	fe > 200	0.9
	200 ≧ fe > 10	1.0
	fe ≦ 10	1.2

구조물 높이(m)	높이계수(k)
지반면~10m	1.0
10~ 20m	1.1
20m 이상	1.2

※ 지역별계수(K_B)는 일반적으로 우리나라에서는 적용할 필요가 없으나, 특별히 정밀설계를 요하는 구조물에 대하여는 지진이 발생하는 지역에서 지역별 계수는 제2편 제12장 지진 및 지진력을 참조한다.

⑤ 풍압력
풍압력은 속도압에 풍압계수를 곱한 것으로서 압력을 받는 면에 균일 분포되어 작용하는 것으로 한다.

$$P_w = C_w \cdot q \qquad \text{(해7-2)}$$

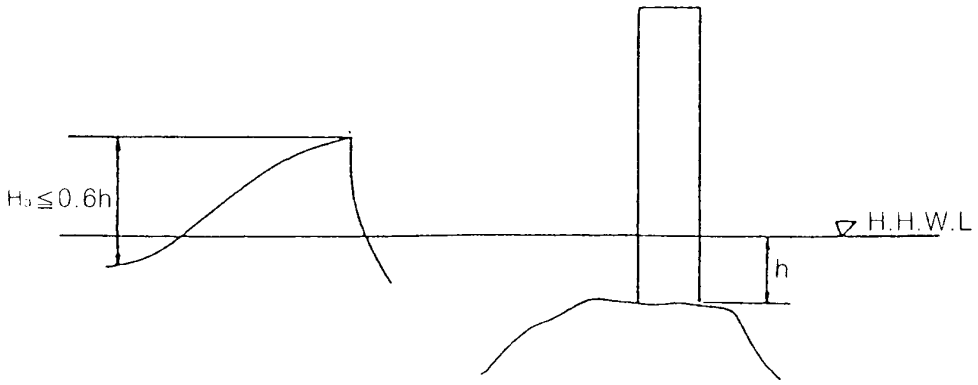
여기서,
P_w : 풍압력(t/㎡)
C_w : 풍력계수(평면 : 1.0, 원형 : 0.7)
q : 속도압(t/㎡)
※ 속도압q 는 일반적으로 0.3t/㎡로 한다.

⑥ 부력(浮力)
구조물의 최고고조면(H.H.W.L) 이하의 부분을 배제하는 해수의 중량이 상향으로 작용하는 것을 말한다.

$$F_b = w_o \cdot V \qquad \text{(해7-3)}$$

여기서,
F_b : 부력(t)
w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/㎥)
V : 최고고조면 이하 구조물부분의 체적(㎥)
※ 파도가 작용할 경우에만 수중에 매몰되고 수면이 정지하고 있을 때 최고고조면 보다 위에 있는 구조물부분에 대하여는 부력을 고려하지 않는다.

⑦ 파압력
가. (해 7-1)
구조물 설치지점이 다음의 경우에 있어서의 파압력은 (해7-1)을 적용하여 계산한다.
㉮ 암초상이 아닌 경우
㉯ 암초상이라도 암초의 상단 면이 최고고조면(H.H.W.L) 이하에 잠겨져 있고, 또한 설계파고 Hd가 구조물 설치지점의 수심(최고고조면 이하의 수심)의 0.6배 이하일 때에 있어서 파도의 압력의 분포는 식(참7-4)에 의하여 설계한다.



도해 (7-1) 파압력의 분포

$$P_S = \gamma(Z/H_d) \cdot w_o \cdot H_d \qquad \text{(해7-4)}$$

여기서

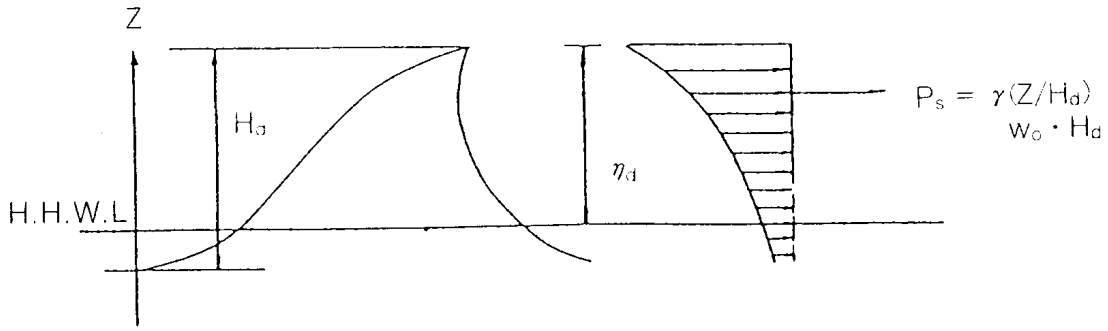
P_s : 파압력(t/㎡)

$\gamma(Z/H_d)$: 파압력 계수

Z : 정지수면을 원점으로 했을 때의 연직(鉛直)방향의 거리(m)

w_o : 해수의 단위체적당 중량(1.03t/㎥)

H_d : 설계파고(m)



도해(7-2) (해7-1)의 파압력 분포도

※ $\gamma(Z/H_d)$는 Z지점에 있어서 파압력 계수로서 Z/H_d을 변수로 하여 항로표지 업무편람 제4장 항로표지시설의 설계 부도-1(이하 부도라 한다)에서 구한다. 이 경우 파의 작용고 η_d 는 최고고조면상 $0.75H_d$의 높이이다.

나. 해(7-2)(合田式)

방파제등대 또는 암초 상으로서 (해7-1)에 속하지 않을 경우에 있어서의 파압력은 (해7-2)를 사용하여 계산한다. 파압력의 분포는 (해7-4)에 의해서 계산하고, 전체수압투영면에 등분포(等分布)로 작용하는 것으로 한다.

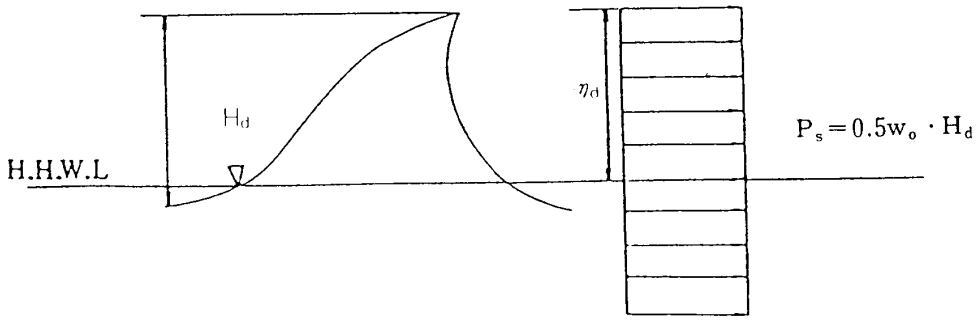
$$P_s = 0.5 w_o \cdot H_d \qquad \text{(해7-5)}$$

여기서,

P_S : 파압력(t/㎡)

w_o : 해수의 단위체적중량(1.03t/㎥)

H_d : 설계파고(m)



도해(7-3) (해7-2)의 파업력 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 정상고"에 의한다.

⑧ 기타 외력

가. 파의 타상력(처올리는 힘)

파도가 등탑에 작용하면 등탑을 거슬러 물기둥이 위로 상승한다. 이때 물의 이동을 방해하는 상부발판, 계단참 등의 돌출부가 등탑 중간에 위치하게 되면 파가 위쪽으로 향했을 때의 타상력(처올리는 힘)이 작용한다. 이 작용의 한계는 파의 작용고 η_d의 위쪽 $0.5H_d$로 한다.

타상력은 식(해7-6)에 의하여 계산하고 작용하는 범위는 등고(燈高) 직경 D의 외측 0.1D의 범위로 한다.

$$P_u = C_u \cdot w_o(0.5H_d + \eta_d - Z) \qquad \text{(해7-6)}$$

다만 $\eta_d < Z < (\eta_d + 0.5H_d)$

여기서

P_u : 파의 타상력(t/㎡)

C_u : 타상력 계수

㉮ 상부발판 등의 타상력을 받는 면이 평판으로서 파의 진행을 방해할 때는 2.0

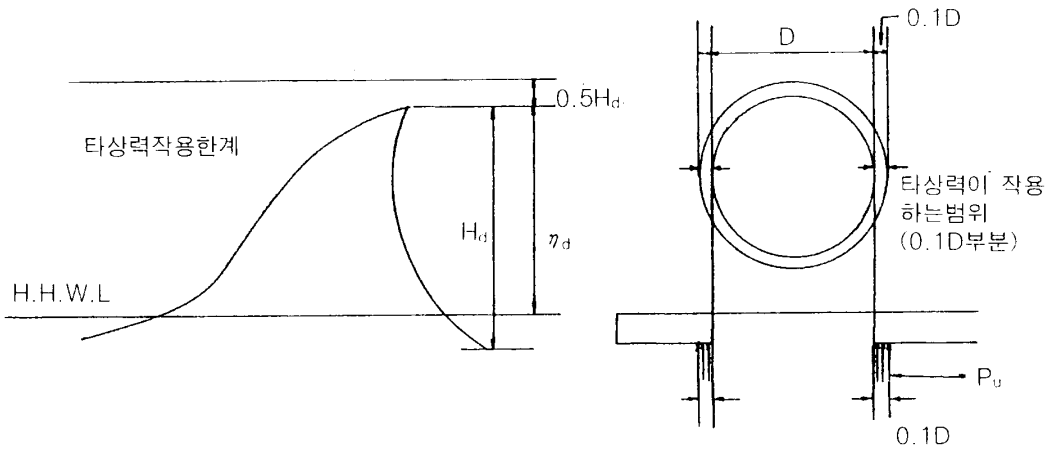
㉯ 상부발판 등의 타상력을 받는 면이 파의 진행방향과 직각이 아니고 진행방향을 용이하게 바꿀 수 있는 구조일 때 1.0

w_o : 해수의 단위체적중량(1.03t/㎥)

H_d : 설계파고(m)

Z : 최고고조면(H.H.W.L)상 높이(m)

η_h : 파의 작용고(m)



도해 (7-4) 파의 타상력

(2) 파의 작용고 및 파의 정상고

① 수상암상의 등표

파의 작용고 η_h는 최고고조위(H.H.W.L)상 식(참7-7)에 의해 얻어지는 파의 정상고 η_c로 하거나 (해7-8) 식에서 구하는 파도가 쳐 올라가는 높이 η_h중 큰 값을 취한다.

$$\eta_c = 0.75\ H_d \qquad \text{(해7-7)}$$

$$\eta_h = 0.55\ H_d + 0.7\ Rh \qquad \text{(해7-8)}$$

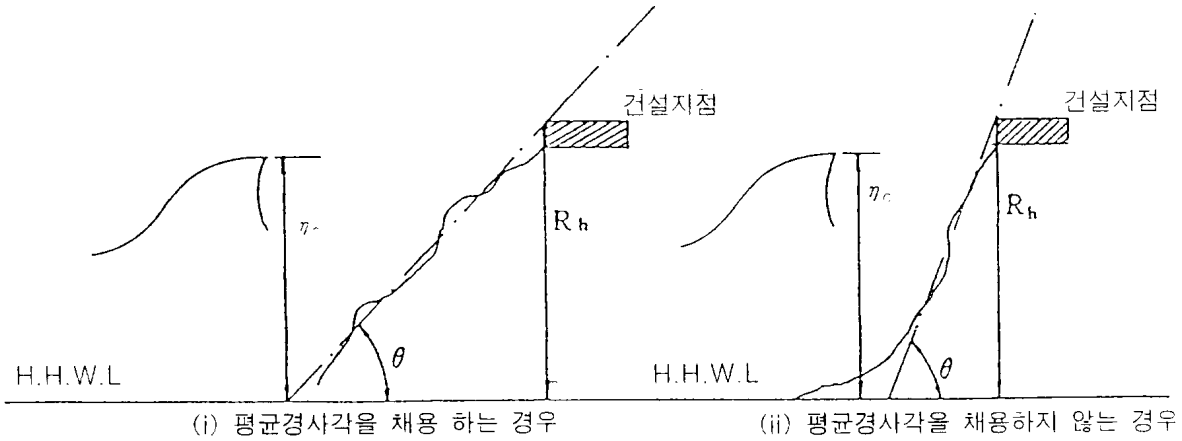
$$\eta_d = max(\eta_d \cdot \eta_h) \qquad \text{(해7-9)}$$

여기서 η_c : 파의 정상고(m)
H_d : 파의 쳐 올라가는 높이(m)
R_h : 최고고조위상 암초의 정상고(m)
η_d : 파의 작용고(m)

단, 파도가 쳐 올라가는 높이 η_h는 암초전면의 경사각 θ에 의한 표해(7-2)의 값 이하로 하되 경사각 θ는 최고고조위상에서부터 암초상 건설지점까지 높이의 평균경사각으로 한다. (경사의 상태가 불규칙하여 평균경사각을 알기 어려울 때 설계자가 이를 정한다.)

표해(7-2) 파의 쳐 올라가는 높이

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



도해(7-5) 암초 전면 경사각

② 수상암(水上岩) 이외의 암초상 등표

파의 작용고 η_d는 최고고조위(HH.W.L)상 식(참7-10)에서 구하는 파의 정상고 η_c로 한다.

$$\eta_c = 0.75\, H_d \qquad \text{(해7-10)}$$

③ 방파제 등대

파의 작용고 η_d는 최고고조위(H.H.W.L)상 식(참7-11)에서 구하는 파의 정상고 η_c로 한다.

$$\eta_c = 0.8\, H_d \qquad \text{(해7-11)}$$

(3) 설계파

설계파를 결정할 때는 부근의 장기간의 파랑관측자료를 바탕으로 하여 결정하여야 하며 만약 자료가 없을 시는 건설지점 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

부근의 지리적 영향에 의해 파도가 회절 한다고 생각되었을 때는 다음 각항을 검토한 다음 부도-2~7을 사용하여 식(참7-12)에 의해 환산심해파고 $H_{1/3}$을 구할 것

가. 장해물의 수직면과 파향이 이루는 각(입사각)이 ±45°이내의 경우 외에는 부도-2~7을 사용하면 오차가 커진다.

나. 반도(半島)와 같이 육지가 바다 쪽으로 돌출한 경우에 있어서 파의 회절은 굴절현상도 함께 나타나므로 종합하여 검토할 필요가 있다.

다. 파도의 방향에 의해서 회절계수가 크게 변화하는 일이 생기므로 파향 결정의 검토가 충분히 되어야 한다.

라. 장해물보다 안쪽에 직립안벽 등 파도를 반사하는 구조물이 있을 때는 단순한 회절도를 적용할 수가 없다.

$H'_{1/3} = K_d \cdot H_{1/3}$ (해7-12)

여기서, $H'_{1/3}$: 현장심해유의파고(m)
K_d : 회절계수
$H_{1/3}$: 심해유의파고

K_d를 구하는 법

마. 부도-2~7 중 x/L_o 축 및 y/L_o 축은 장애물로부터의 상대위치를 가리키는 좌표로서 심해파 파장 L_o(=1.56 T_o2) 의 배수로서 눈금이 그려져 있다.

바. 개구부의 폭 B와 그 지점에 대응하는 파장 L_o와의 비(B/L_o)를 계산한다.

사. 회절도 중에서 B/L_o는 거의 같은 도표를 찾아 그 도상에서 계산한 $x/L_o \cdot y/L_o$ 점의 회절계수를 읽는다.

③ 파의 굴절

등표의 경우 전면 해저의 등심선과 파향 등이 직각이 아닐 때에는 굴절에 의한 파향 및 파고의 변화를 고려해서 현장 심해유의파고를 정한다. 또한 굴절에 따른 파향 및 파고의 변화는 원칙적으로 항만구조물설계기준의 굴절도 작성법에 의해서 굴절도를 작성하여 구한다. 다만 다음과 같은 장소에서는 굴절도의 정도는 기대할 수 없다.

가. 해저지형이 복잡다난(複雜多難)한 장소

나. 해저구배가 1/10 이상으로 매우 급경사일 때

다. 쇄파대 내의 장소

라. 큰 굴절률로서 굴절하는 파도의 방향선에서 파고의 변화를 구하려고 할 때

④ 주 기

파랑관측자료 또는 파랑추산자료를 기본으로 결정한다.

자료가 없을 시는 다음에 의한다.

가. 외해로부터 파도의 영향을 받는 지점 To = 12.0sec

나. 내해로 To = 8.0sec

⑤ 설계파고

설계파고 H_d는 구조물에 작용하는 최대파고(H_{max})를 취한다. 최대파고는 구조물 건설지점의의 현장심해유의파고 $H'_{1/3}$의 2배나 건설지점에서 $10H'_{1/3}$ 외해 쪽으로 거리가 떨어진 지점에서의 쇄파한계파고 H_h 중 작은 쪽을 취한다.

$H_b = H_{max} = min(2H'_{1/3} \cdot H_d)$ (해7-13)

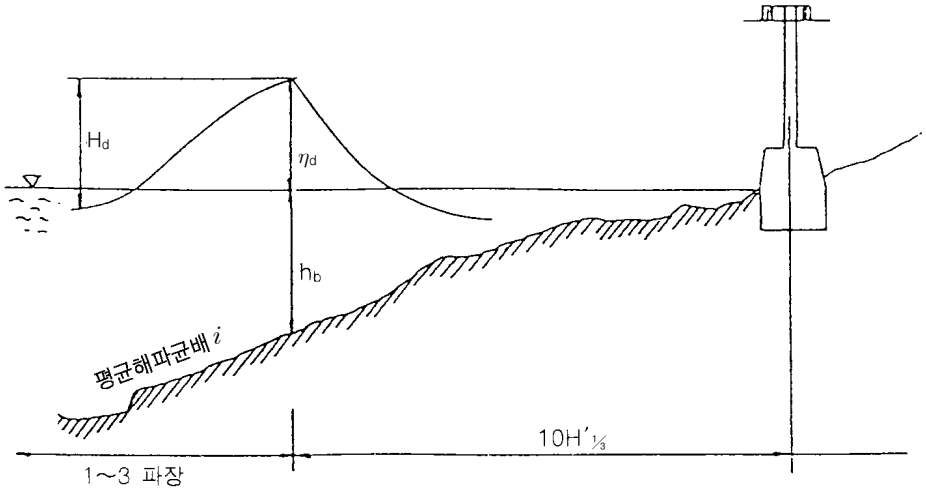
여기서 H_d : 설계파고(m)
H_b : 쇄파한계(m)
$H'_{1/3}$: 현장심해유의파고(m)

가. 쇄파한계파고

쇄파한계파고 H_b는 쇄파지점의 수심 h_b와 확산심해파파장 L_o (=1.56 T_o^2) 와의 비 h_b/L_o와의 쇄파지점에서 외해 측의 평균해저구배 i (통상 1~3 파장의 범위)를 사용, 부도-8에서 쇄파한계파고와 쇄파지점의 수심과의 비 H_b/h_b 를 구해서 계산한다.

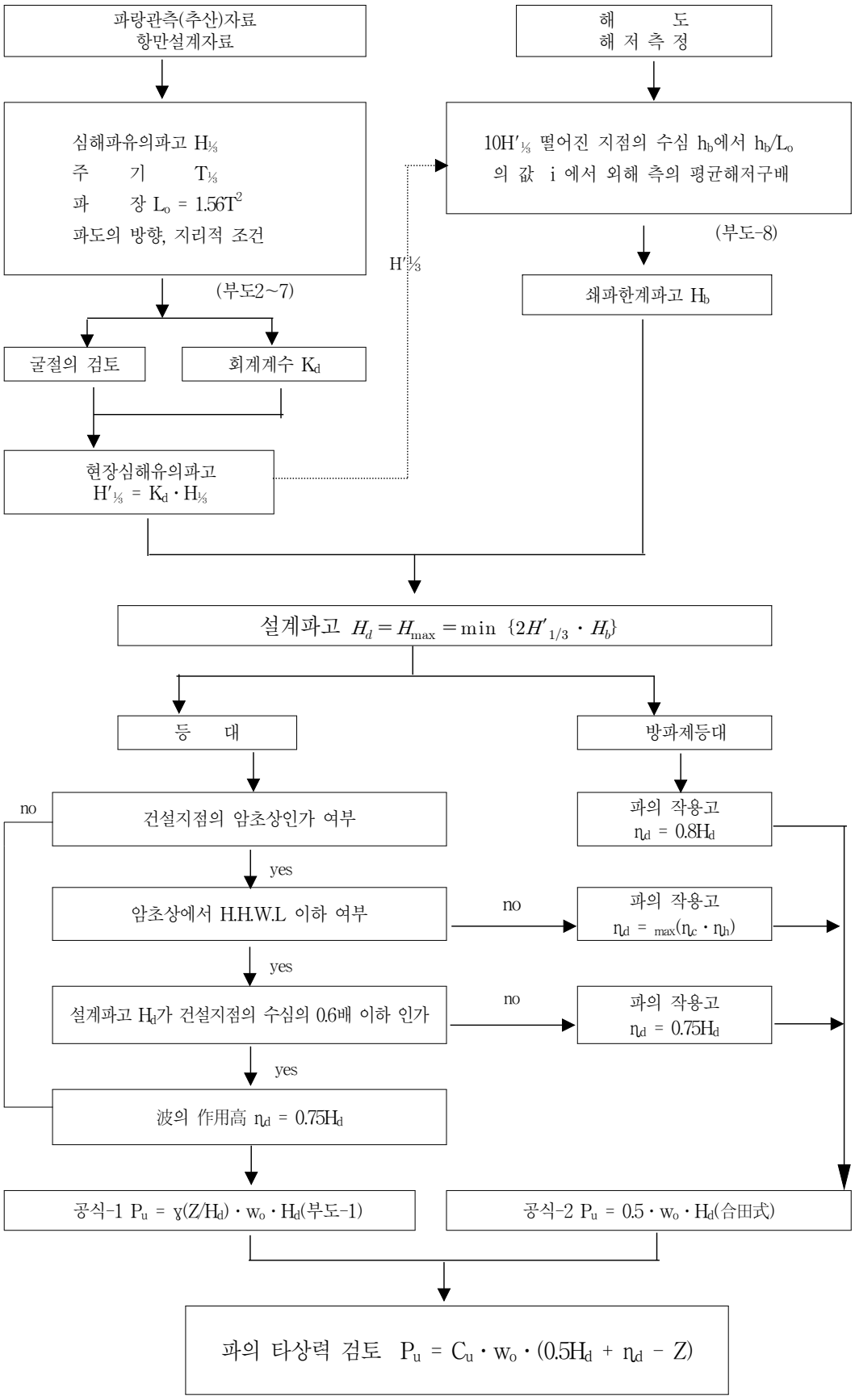
또한, 쇄파지점의 외해 측의 분명한 천퇴(Shoal)가 있고 이 지점에서 쇄파한다고 예상될 때에는 이

지점에서의 통과최대한계파고(쇄파한계파고와 동일)를 구하고, 이 파도에 대해서 위에서 설명한 방법을 적용한다.



도해 (7-6) 설계파고를 고려하는 방법도

⑥ 설계의 순서


파랑관측(추산)자료
항만설계자료
해 도
해 저 측 정
심해파유의파고 $H_{1/3}$
주 기 $T_{1/3}$
파 장 $L_o = 1.56T^2$
파도의 방향, 지리적 조건
10H′1/3 떨어진 지점의 수심 h_b에서 h_b/L_o
의 값 i 에서 외해 측의 평균해저구배
(부도-8)
(부도2~7)
$H'_{1/3}$
쇄파한계파고 H_b
굴절의 검토
회계계수 K_d
현장심해유의파고
$H'_{1/3} = K_d \cdot H_{1/3}$
설계파고 $H_d = H_{max} = \min\{2H'_{1/3} \cdot H_b\}$
등 대
방파제등대
no
건설지점의 암초상인가 여부
파의 작용고
$\eta_d = 0.8H_d$
yes
암초상에서 H.H.W.L 이하 여부
no
파의 작용고
$\eta_d = max(\eta_c \cdot \eta_h)$
yes
설계파고 H_d가 건설지점의 수심의 0.6배 이하 인가
no
파의 작용고
$\eta_d = 0.75H_d$
yes
波의 作用高 $\eta_d = 0.75H_d$
공식-1 $P_u = \gamma(Z/H_d) \cdot w_o \cdot H_d$(부도-1)
공식-2 $P_u = 0.5 \cdot w_o \cdot H_d$(合田式)
파의 타상력 검토 $P_u = C_u \cdot w_o \cdot (0.5H_d + \eta_d - Z)$

(4) 지반의 허용지내력도

지반의 허용 지내력도는 다음 표에 의한다.

표해 (7-3) 지반의 허용지내력도

지 반		허용지내력도 (장기)	허용지내력도 (단기)
경반암	화강암, 석록암, 편마암, 안산암, 화성암 및 굳은 역암 등의 암반	400	장기응력에 대한 1.5 배로 한다.
연암반	판암, 편암 등의 수성암의 암반	200	장기응력에 대한 1.5 배로 한다.
	혈암, 토단반 등의 암반	100	장기응력에 대한 1.5 배로 한다.
자 갈		30	
자갈과 모래 섞인 혼합물		20	
모래 섞인 점토 또는 룸층		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

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

II : 4 ~ 9형

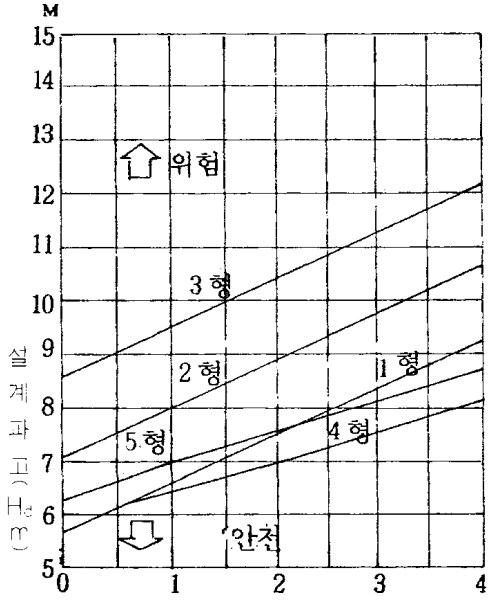
$$Mr = M = 0.2H_d\{(0.8H_d-b)^2+27\}$$

4 ~ 9형

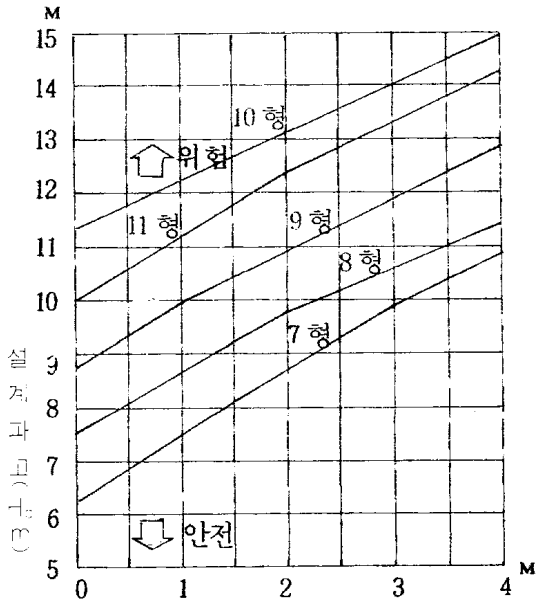
$$Mr = M = 0.45H_d(0.8H_d-b)^2$$

표해(7-4) 표준 방파제등대의 안전한 파고한계

설계파고 (H_d)	수면 상에서 방파 제 상단까지의 거리 (11. 10형은 기초상단)	1형	2형	3형	4형 6형	5형	7형	8형	9형	11형	11형
저항모멘트에서 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	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



도해(7-7) H.H.W.L에서 방파제상단까지의 높이 b(m)



도해(7-8) H.H.W.L에서 방파제상단까지의 높이 b(m)

표해(7-5) 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	

제 8 장 도선(導線) 및 도등(導燈)

8-1 도선(Leading Line)

(1) 도선은 선박이 일직선상으로 항해할 수 있도록 유도하는 선(Line)이다. 이것은 각각의 광원을 가진 최소한의 2개 또는 3개의 구조물로 구성된 지표(指標)로 선박은 일정한 각도의 중시선(重視線)을 따라 안전하게 항해할 수 있도록 배치된 표지이다. (등화 없이 주간만 이용하는 시설을 도표(導標)라 하고 야간에 등화를 사용하는 시스템을 도등이라 한다.)

(2) 도등을 설치할 수 없는 여건에서는 지향등(Direction light/Sector light)을 설치한다.

(3) 도표의 주간표지의 크기는 IALA의 권고가 없기 때문에 유용성과 경제성을 고려하여NAVEGUIDE에 핀란드방식을 적용한다.

〔해 설〕

(1) 설정목적

① 가항(可航) 항로를 표시한다.

② 심흘수(深吃水) 선박에게 항로의 최대수심 부분을 가리켜 준다.

③ 등표 또는 등부표가 없거나 정확한 항해용으로 부적합한 경우에 가항 항로를 나타내 준다. (예를 들면 결빙현상으로 인하여 항로표지가 유실되거나 파괴된 항로)

④ 특히 횡 조류가 있는 항구 또는 하구(河口)진입로에서 안전하게 접근을 유도한다.

⑤ 양방향 통항의 분기점(分岐點)을 표시하여 준다.

(2) 성능기준

① 항해자가 안전하게 도착지에 이를 수 있도록 축선을 이루어야 하며, 위험으로부터 충분히 먼 거리에서 볼 수 있어야 한다.

② 항해자는 중시선 축에서 편류(Deviation)하는 경향 및 그러한 경향의 정도와 방향을 신속하게 탐지할 수 있도록 해야 한다.

(3) 기술적으로 고려하여야할 사항

① 도등의 주기는 항상 두 등화를 함께 관측할 수 있는 방법으로 동기 되어야 한다.

② 전도등의 등고를 너무 높지 않도록 하여야 한다.
이는 소형선박이 전도등을 후도등으로 오인할 수 있기 때문이다.

③ 도등을 밤낮으로 이용할 경우 도등의 광도는 야간에 눈부심을 방지하기 위하여 주간 및 야간에 적합한 광도를 채택하여야 한다.

(4) 기타 유도표지의 형태

① 지향등(Direction Light)은 도등(Leading Lights) 설치가 불가능할 때 이용할 수 있다.

② 지향등/분호등(Sector Light)의 특수한 형식으로 (6)항의 용도에 따라 선택적으로 적용한다.

③ 지향등(Sector Light)은 항로의 연장선상의 육지에 단독으로 설치된 구조물로 하나의 등기구(燈器具)에서 3색광이 투사되며, 이 중 백광은 유도항를 표시하고 좌현 측의 녹광과 우현 측의 홍광(Red)은 위험구역으로 선박이 편위(Deviation)되고 있음을 알려준다.

(5) 지향등(Sector Light)의 용도

① 가항 항로의 경계

② 변침지점
③ 여울목, 사주 등
④ 구역 또는 위치(묘박지)
⑤ 항로의 최대수심 부분
⑥ 부표의 위치 확인

8-2 도등(Leading Lights)

(1) 일반적인 개요

① 도등(Leading lights)은 선박이 "이용구간"(Useful Segment)이라고 하는 직선항로의 구역을 따라 정확하게 유도되도록 하는 것으로 신뢰성이 있고 매우 민감하며 사용이 쉬운 항로표지이다.

② 도등은 직선을 이루는 이용가능구간으로 된 자연 상태의 좁은 수로 또는 인공항로의 중앙선을 표시하기 위하여 항로의 연장선상의 육지에 설치하는 2기 이상을 1조로하는 시스템이다.

③ 지향등(Sector Light)은 항로의 연장선상의 육지에 단독으로 설치된 구조물로 하나의 등기구(燈器具)에서 3색광이 투사되며 이 중 백광은 유도항로를 표시하고 좌현 측의 녹광과 우현 측의 홍광(Red)은 위험구역으로 선박이 편위(Deviation)되고 있음을 알려준다.

④ 이용구간에서 가장 먼 관측지점과 전도등까지의 거리를 **"최대거리"**라 하고 가항 항로에서 가장 가까운 관측지점과 전도표까지의 거리를 **"최소거리"**라고 하며, 가장 큰 잠재적인 위험물과 전도등까지의 거리를 **"위험거리"**라 하고 가장 큰 위험물과 가항 항로의 중앙과의 거리를 **"측면거리"**라 한다.

⑤ 도등은 인공항로 폭의 결정 또는 자연항로에 중심선을 설정할 축은 주변의 항로표지 현황과 해당항로를 이용하는 선박의 폭, 이들 선박의 선수의 움직임(Yaw)의 크기, 선박사이의 교행을 위한 폭, 횡방향의 바람과 조류의 영향으로 항적과 선수방위 사이의 편각(Drift Angle) 및 수심의 변경요인 등 해상의 여유(Nautical Margins)를 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.

(3) 성능기준

① 항해자가 위험물로부터 충분히 멀리 떨어진 지점에서 탐지하여 중시선 축을 따라 항해할 수 있도록 해준다.
② 항해자가 선박이 중시선 축에서 편류하는 경향 및 그러한 경향의 정도와 방향을 신속하게 탐지할 수 있도록 해준다.

(4) 기술적 고려사항

① 리듬을 가진 도등의 주기는 항상 동시에 관측될 수 있도록 등기(同期)시켜야 한다.
② 전도등의 등고를 너무 높지 않도록 하여야 한다. 이는 소형선박이 전도등을 후도등으로 오인할 수 있기 때문이다.
③ 선박이 도선(導線) 상에 이르기 위하여 선회를 시작하는 지점 앞에 선박 길이의 3~5배를 커버할 수 있

도록 지형을 연장하여야 한다.

④ 도표는 최대거리, 최소거리에서 주간표지를 방해받지 않고 관측할 수 있어야 한다.

(5) 도등의 등화(IALA 권고 E-112 1998년 5월)

① 이용가능구역에서의 각막조도

이용가능구역에서의 각 등화에 대한 항해자의 각막조도는 1×10^{-6}lx이어야 한다.

② 동일한 조도치

이용가능구역 내에 두 등화의 대한 각막조도는 가능한 한 동일하여야 한다.

③ 도등포착구역에서의 각막조도

도등포착구역 어느 곳에서든지 항해자의 각막조도는 0.2×10^{-6}lx가 되어야 한다.

④ 눈부심(Glare)을 방지

이용가능구역에서의 각 등화에 대한 항해자의 각막조도는 0.1lx를 초과하여서는 아니 된다 배경이 너무 어두우면 이 값은 0.01 lx까지 줄여야 한다.

⑤ 등화의 분리(Separation)

이용가능구역의 어느 곳에서든지 항해자가보는 두 등화의 수직분리 각은 적어도 실험적으로 구한 값 Υ_m (radian)과 같아야 한다.

$E_1 = E_2$ (*)1 일 때 $\Upsilon_m = (2.4+0.2 \log E^+)10^{-3}$ (8-1)

$\log | (E_1/E_2) | =1$(*) 일 때 $\Upsilon_m = (2.6+016 \log E^+)10^{-3}$ (8-2)

$\log | (E_1/E_2) | =2$(*) 일 때 $\Upsilon_m = (3.32+0.08 \log E^+)10^{-3}$ (8-3)

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

E^+ : 이들 두 값 중 큰 값

※ (*)1 E_1/E_2의 비가 다른 값일 대에는 보간공식(11)을 이용할 것

최종광도를 채택하기 전에 적합한 도등 위치를 사전 조사하는 경우에는 $\Upsilon_m = 1.5\times10^{-3}$ Radian(대략 5′의 호에 해당) 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.

Θ_Q = sup(괄호안의 두 숫자 중 큰 값)(Θ_1, Θ_2) (8-4)

$\Upsilon \le 5\times10^{-3}$ radian 일 때 Θ1 = $0.05\times10^{-3} + 0.038\Upsilon$ (8-5)

$5\times\le10^{-3}$ $\Upsilon \le 20\times10^{-3}$ radian 일 대 $\Theta_1 = 0.1\times10^{-3} + 0.028\Upsilon$ (8-6)

$\Theta_2 = 0.07\ \Upsilon_m$ (8-7)

나. 관측자가 일직선상에서 명확하게 벗어난 것으로 판단할 때의 두 등화가 이루는 최소 수평분리각은 다음 공식으로 계산한다.

Θ_D = sup(괄호안의 두 숫자 중 큰 값)(Θ'_1, Θ'_2) (8-8)

$\Upsilon \le 5\times10^{-3}$ radian 일 때 $\Theta'_1 = 0.16\times10^{-3} + 0.12\Upsilon$ (8-9)

$5\times\le10^{-3} \le \Upsilon \le 20\times10^{-3}$ radian 일 대 $\Theta'_1 = 0.31\times10^{-3} + 0.09\Upsilon$ (8-10)

$\Theta'_2 = 0.224\ \Upsilon m$ (8-11)

다. 도등 축은 안전 면을 볼 때, 선박의 종류 및 항해조건에 대하여 이 축에서 관측자가 본 수평분리각이 다음의 값(radian 값)이 될 때까지 선박이 도등 축에서 벗어나도 안전하도록 설치되어야 한다.

Θ_M = sup(괄호안의 두 숫자 중 큰 값)(Θ''_1, Θ''_2) (8-12)

$\Upsilon \le 5\times10^{-3}$ radian 일 때 $\Theta''1 = 0.25\times10^{-3} + 0.19\Upsilon$ (8-13)

$5\times\leq10^{-3} \leq\gamma \leq 20\times10^{-3}$ radian 일 대 $\theta_1'' = 0.5\times10^{-3} + 0.14\gamma$ (8-14)

$\theta''_2 = 0.35\gamma m$

γ는 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 괘적(trace).

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

다. 후도등 : 도등축을 따라 항해자로부터 가장 멀리 있는 등화

라. 전도등 : 도등축을 따라 항해자로부터 가장 가까이 있는 등화

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

바. 앙각(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 도등포착구역에서의 최소 시정

V_u 이용구역에서의 최소 시정

a 전도등으로부터 이용구간간의 최근접점까지의 수평거리(m)

b 해면상의 관측자의 안고(m)

c 기본수준면 상에서 해수면까지의 거리)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 수평면상 도선축에서 벗어난 거리(m)

y_M 항해자가 확실하게 탐지할 정도의 축에서 벗어난 거리(m)

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

z_1 전도등의 수평면 안고차(m)

z_2 후도등의 수평면 안고차(m)

Υ 수직분리각(radian으로 측정한 두 등화의 앙각(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 Υ의 함수

Θ_2 Θ_Q 의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m의 함수

Θ_D 안전하다고 탐지하는 수평 분리각

Θ'_1 Θ_D의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ의 함수

Θ'_2 Θ_D의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m의 함수

Θ_M 수로 경계에서 추천되는 최소 수평분리각

Θ''_1 Θ_M의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ의 함수

Θ''_2 Θ_M의 계산에 이용되는 중간 값으로 Υ_m의 함수

(6) 도선 및 도등에 적용되는 공식(IALA 권고 E-112 1998년 5월)

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.

$$E = Id^{-2}(0.05)^{d/v} \tag{8-15}$$

조건A-1은 V가 Vu 와 같을 때 다음 두 개의 공식에 의한 등식의 조합에 의해 표시된다.

$$\left.\begin{aligned} &I_1\, l^{-2}(0.05)^{\,l/v} \geq 1\times10^{-6} \\ &I_2(l+R)^{-2}\,(0.05)^{(l+R)/v} \geq 1\times10^{-6} \end{aligned}\right\} \tag{8-16}$$

조건 A-2는 다음의 값의 비가 1과 거의 같을 때이다.

$$I_1\, x^{-2}(0.05)^{x/v} \text{ 과 } I_2\,(x+R)^{-2}(0.05)^{(x+r)/v} \tag{8-17}$$

여기서 x는 a와 l 사이의 값이고 V는 Vu 보다 큰 값이다

$$I_2 / I_1 + \left(1+\frac{R}{a}\right)\left(1+\frac{R}{l}\right)(20)^{R/2l/v} \tag{8-18}$$

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

$$Id^{-2}(0.050d/V \geq 0.2\times^{10-6} \tag{8-19}$$

여기서 V는 Va 와 같고 d는 광도 I 까지의 거리이다.

조건 A-4는 다음 두 공식이 동시에 만족되었을 경우이다.

$$I_1\, a^{-2} \leq 0.1 \tag{8-20}$$

$$I_2\,(a+R)^{-2} \leq 0.1 \tag{8-21}$$

② 등화의 분리

권고사항에 표시되어 있는 E1/E2 의 중간 값을 구하기 위해 다음 공식에 따라 그래프 보간 또는 수치

값을 이용하는 것은 가능하다.

$$\Upsilon_m = [2.4-0.06|\log(E_2/E_1)|+0.26|\log(E_2/E_1|^2 + \log E^{+}(0.2-0.02|\log(E_2/E_1|)-0.02|\log(E_2/E_1)|^2)]10^{-3} \quad (8\text{-}22)$$

③ 수직분리각

R 큼 떨어진 두 지점의 수직각 Υ은 기본수준면 상의 높이가 각각 H1과 H2이고 관측자로부터 x만큼 떨어졌을 때 다음 식에 의해 얻어진다.

$$\Upsilon = \frac{H_2-b-c-6.75\times10^{-8}(x+R)^2}{x+R} - \frac{H_1-b-c-6.75\times10^{-8}x^2}{x} \quad (8\text{-}23)$$

이 식은 관측자로부터 d 만큼 떨어진 곳의 수평안고차(dip of the horizon) z를 등대표에 있는 것처럼 $6.75\times10^{-8}\ d^2$ 라고 가정한다.

이 공식은 다음과 같이 단순화 할 필요가 있다.

$$\Upsilon = \frac{H_2-b-c}{x+R} - \frac{H_1-b-c}{x} - 6.75\times10^{-8}\ R \quad (8\text{-}24)$$

$-\ 6.75\times10^{-8}\ R$ 은 지구의 곡률에 기인한 수정 값으로 단지 관측지점 사이의 거리에만 관계가 있다.

등화의 조건은 설명에 표시된 Data를 기초로 하여 $\Upsilon \geq \Upsilon_m$ 으로 쓸 수 있다.

(주) 이 식은 장애물에 의해 차폐의 영향을 받지 않는다는 조건을 포함하고 있다.

이 경우 u는 관측자의장애물 사이의 수평거리이고 H'는 장애물의 높이 H″는 장애물에 의해 차폐되는 등화의 기준수면 상의 높이, S는 등화가 차폐되는 장애물과 등화사이의 수평거리라면 다음 표현식이 얻어질 것이다.

$$\frac{H''-b-c}{u+S} - \frac{H'-b-c}{u} - 6.75\times10^{-8}S \geq 0 \quad (8\text{-}25)$$

최저 저조면, 최저 선교높이, 장애물에 가장 근접하거나 장애물에서 가장 먼 이용구간에서의 위치를 고려하여야 한다.

④ 축에서 벗어난 거리

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

$$y = \Theta x(1+\frac{x}{R}) \quad (8\text{-}26)$$

확실하게 감지되는 축거리 y_D는 확실하게 감지되는 수령분리각이 Θ_D이면 다음과 같다.

$$y_D = \Theta_D(1+\frac{x}{R}) \quad (8\text{-}27)$$

최소로 권고되는 항로폭의 반절 ym은 최소의 수평분리각이 Θm이면 다음과 같이 구해진다.

$$ym = \Theta m(1+\frac{x}{R}) \quad (8\text{-}28)$$

⑤ 지리학적광달거리

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

$$3849(\sqrt{H-c}+\sqrt{b}) \quad (8\text{-}29)$$

이 공식은 장거리 도등의 경우에 이용구간간의 바깥 끝과 도등포착군역의 경계가 두 등화의 지리학적 광달거리 안에 있는지를 확인할 때 유용하다.

8-3 도표(Leading Mark)

(1) 주간표지판의 크기

① 주간표지판은 다음 식을 이용하여 높이와 폭을 산출한다.

주간표지판의 높이= $2.01-e^{D/5780}$ (8-30)

주간표지판의 폭 = $1.34-e^{D/5780}$ (8-31)

여기서, D = 최대거리(m)

② 이 공식에 의해 판의 규격이 결정된 적색고정판(Solid Red Panel)은 다음의 조건하에서도 감지될 수 있다.

표(8-1) 주간표지판의 인지거리

배후광(cd/㎡)	최대거리(m)	기상학적 시정(㎞)
3 박명시(twilight)	10,000	20
300잔뜩 흐리고 어두운 날씨	7,500	10
3000청명한 날씨	5,000	7

③ 계산된 크기의 표지판을 설치할 수 없다면 가능한 한 최대크기의 표지판을 설치할 수 이도록 모든 조건을 재조사할 필요가 있다.

④ 주간표지판의 3가지 색상(적색-황색-적색 또는 백색-흑색-백색)의 수직 줄무늬로 도색될 수 있다.

(2) 도등 및 도표설치시 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(Retroreflective Area)

⑥ 설치장소의 토질

⑦ 초기 좌표와 기준점의 작도

⑧ 도선방향

(3) 역반사기(Retroreflector)

① 역반사기는 소형 레저보트의 항로와 일반적인 빛을 발할 수 없는 항로에서의 등화 대체용으로 사용되고 있다.

② 역반사기의 설계치는 소형 레저보트는 10,000cd이며 상선의 경우는 1,000,000cd이다.

③ 역반시기의 최소 반사범위는 다음과 같이 계산된다.

$$A = ED^4 / I.R.0.5^{2D/1850} \quad (8-32)$$

여기서, A = 반사범위(㎡)

E = 빛의 한계치(lx)

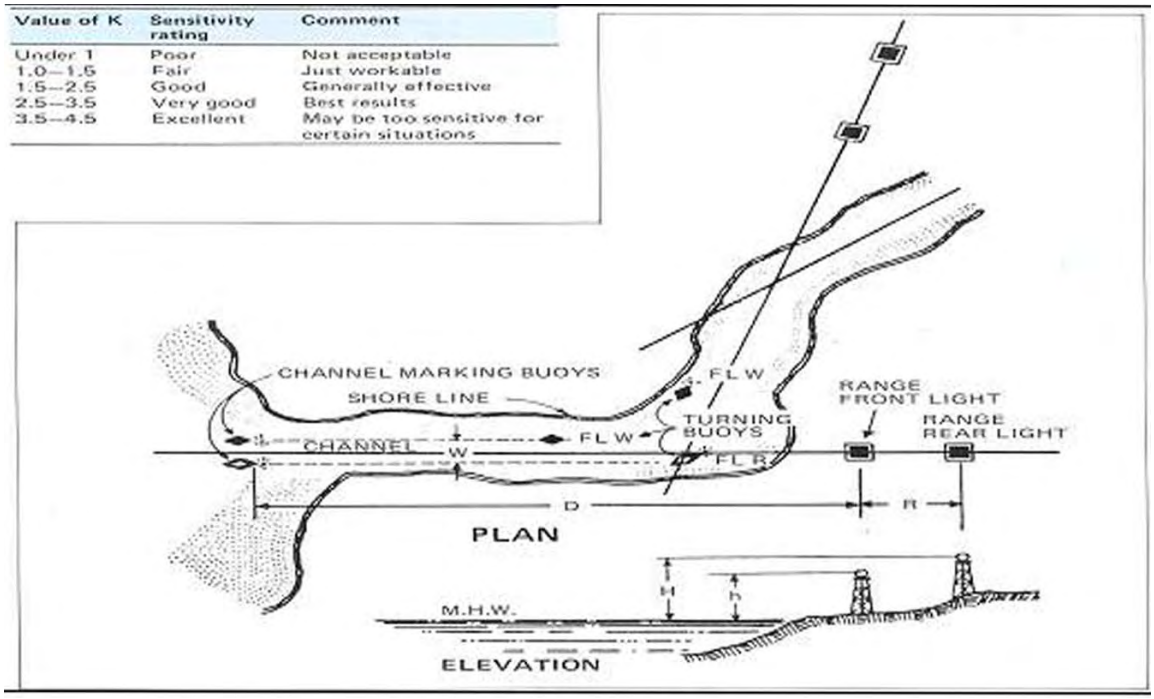
D = 관측거리(m)

I = 선박등 의 광도(cd)

R = 역반사기의 반사율(lx/㎡/cd)

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

Value of K	Sensitivity rating	Comment
Under 1	Poor	Not acceptable
1.0—1.5	Fair	Just workable
1.5—2.5	Good	Generally effective
2.5—3.5	Very good	Best results
3.5—4.5	Excellent	May be too sensitive for certain situations



제 9 장 등부표(燈浮標) 및 부표(浮標)

9-1 표준형 (등)부표

(1) 선박에 암초나 천소(Shoal) 등의 장애물의 존재나 항로를 표시하기 위하여 해저에 침추(Sinker)를 정치하여 해면상에 뜨게 한 표지물로서 등광(燈光)을 발하는 것을 등부표, 등광을 발하지 않는 것을 부표라 한다.

(2) (등)부표의 제작 및 설치는 항로표지 기능 및 규격에 관한 기준(해양수산부고시 제2004-15호)과 표준형 부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정(해양수산부훈령 제251호)에 따른다.

(3) (등)부표는 주변의 환경적 외력으로 인하여 고정표지 만큼 신뢰도가 떨어지며, 특히 유실, 위치이동 등의 사고에 대비하기 위하여 안정성검토와 식별기능 제고에 따른 MBS(Maritime Buoyage System) 규칙을 준수한다.

〔해 설〕

(1) 해상부표식의 종류(도해(9-1), (9-2) 참조)

① 측방표지

부표설치의 관습적 방향에 따라 사용되며 일반적으로 정해진 항로용으로 사용된다.

이 표지는 통항로의 좌현측 및 우현측을 표시하며, 항로가 분기되는 곳에서는 우선항로를 지시하기 위하여 수정된 측방표지(우항로/좌항로 우선표지)로 사용할 수 있다.[9-1(2) 참조]

② 방위표지

나침의(Compass)와 관련하여 항해자에게 가항수역을 표시하기 위하여 사용한다.

③ 고립장해표지

전 주변이 가항수역인 일정 규모의 고립장해물을 표시한다.

④ 안전수역표지

수로중앙표지와 같이 전 주변이 가항수역임을 표시한다.

⑤ 특수표지

항행보조를 주목적으로 하는 것이 아니고 수로도지에 기재된 구역이나 지물을 표시한다.

(2) (등)부표의 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.

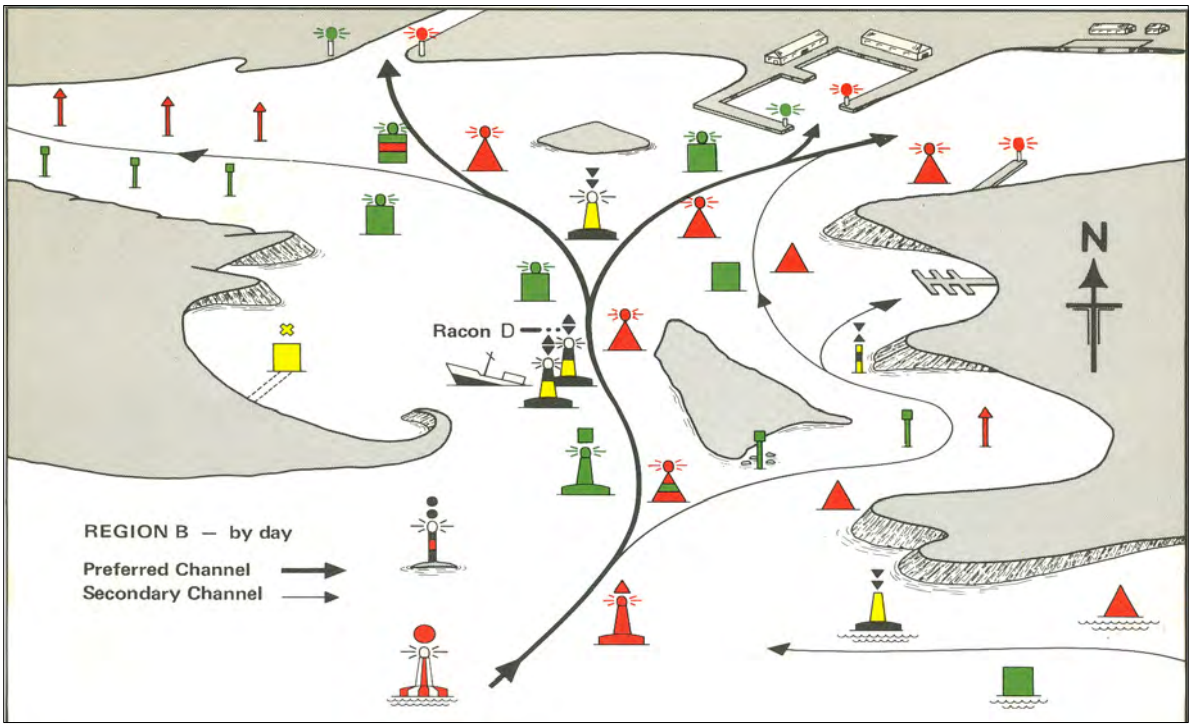
② IALA 해상부표식에 의한 좌현표지, 우현표지, 좌항로우선표지, 우항로우선표지의 방향의 기준이 되는 수원은 다음의 기준에 의한다.

가. 항, 만, 하천 및 이곳에 접속하는 수역은 항이나 항의 곡부(曲部) 또는 하천의 상류

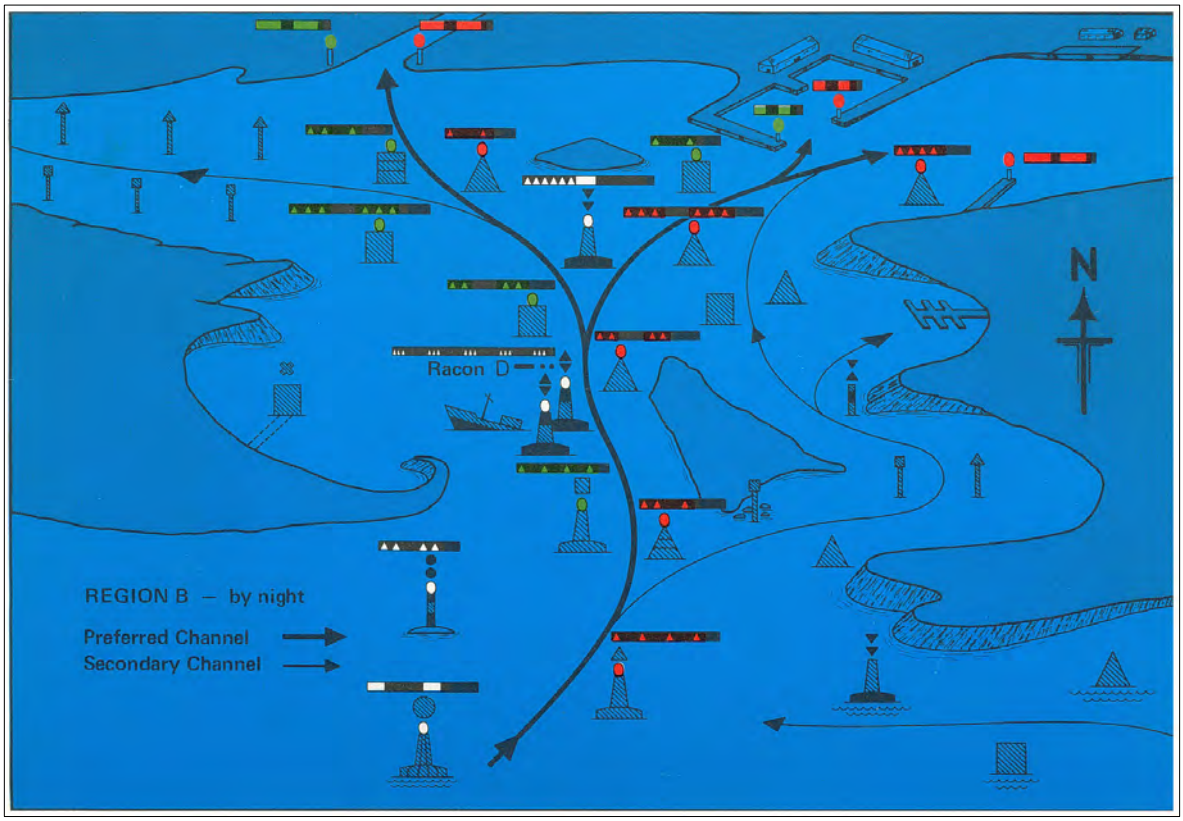
나. 여수해만, 진주만, 삼천포수도, 조도수도, 사량도부근, 견내량해역, 진해만, 가덕수도의 연속된 해면은 마산항이 수원이다.

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

도해(9-1) 해상부표식-주간표지-B방식



도해(9-2) 해상부표식-야간표지-B방식



(3) (등)부표의 설치위치 및 규격기준

① (등)부표의 위치는 침추(Sinker)를 해저에 투하하여 정치된 지점으로 한다.

② (등)부표의 설치위치를 결정할 때에는 최신 대축척 해도 상에서 검토하여야 하며 최대이용선박의 안전을 기준으로 해저지형과 수심, 저질, 장해물, 천소 등의 여건을 고려하여야 한다.

③ (등)부표의 종류 및 규격은 수심, 해저지형과 조류, 파고 등 해상여건을 충분히 조사하여 결정하여야 하며, 그 결정된 (등)부표는 이용선박 등의 규모를 고려하여 설치한다.

④ 항로표지용으로 사용되는 (등)부표는 표준형부표제작및품질관리기준에관한규정에서 정하는 표준형(등)부표를 적용하여야 한다.

다만 6개월 이하의 기간 동안 한시적으로 설치하는 부표는 관할 지방해양수산청장의 승인을 받아 사용할 수 있다.

⑤ (등)부표의 현황표 및 일람표는 표해(9-1) 및 (9-2)를 참조한다.

(4) (등)부표의 배치기준

① 일반적인 배치기준

가. 시정이 일반적인 상황 하에서 항로의 한계선상에는 항로의 전방 양측에 2개 이상의 (등)부표를 볼 수 있도록 설치한다.

나. 항로상 좌우측 한계선을 따라 설치하여야할 (등)부표간의 평균거리는 항로의 길이 및 폭과 조류 등을 감안하고 최대 출입선박을 기준으로 해역조건에 따라 배치한다.

㉮ 외 해 : 3해리 이내

㉯ 준 외해 : 1해리 내외

㉰ 내해 또는 시계불량해역 : 0.5해리 정도

다. (등)부표의 배치선(配置線)은 가능한 한 직선이거나 완만한 곡선이어야 한다.

라. 항로상 변침점(變針点)의 한쪽에만 (등)부표를 설치하고자 할 때에는 만곡부의 내측 법선에 설치한다.

마. 승양 또는 좌초의 위험이 많은 위치에는 서로간의 기능에 장해가 없도록 기수를 추가 설치한다.

바. 항로의 입구 변침점등 주요지점을 표시하기 위하여 (등)부표 상에 전파표지나 음파표지를 병설할 수 있다.

② 준설항로 및 협소한 자연항로

가. 준설항로는 준설법선 내측에 침추(Sinker)를 바짝 붙여서 설치한다.

나. 자연적 항로는 가항수로의 한계선에 설치한다.

다. 항해의 위험을 초래하는 고립장해물에는 필요한 경우에 설치한다.

라. 계획수심을 유지관리하고 있는 준설항로 또는 하천(河川)항로에는 유지수심보다 얕아 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 장해물 위치에 설치한다.

④ 항만표지 배치

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

나. 항만 내에 지정된 묘박지에 투묘하는 선박으로 인하여 (등)부표 기능에 장해가 되지 않도록 설치한다.

⑤ 부표의 형상

측방표지 및 안전수역표지의 부표형상을 분명하게 확인할 수 있게 하기 위하여 다음 각호의 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

두표는 그 목적을 쉽게 확인하기 위하여 표지의 본체보다 높게 위치하도록 설치하고 그 크기는 다음 각 목과 같이 한다.

가. 원추형 : 원추의 저면부터 정점까지의 수직고(垂直高)는 저면직경의 약 90%로 하고 부표의 경우 저면의 직경은 표체 홀수선 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 홀수선 직경의 최소 25~30%로 하며, 표지본체와 원통체저점과의 간격은 원통직경의 35%이상으로 한다.

다. 구 형 : 고립장해표지에 있어서 구와 구의 간격은 그 직경의 50%로 하고 부표의 경우 구의 직경은 최소 표체직경의 20%이상으로 하며 표지본체와 구의 최저부와의 간격은 구의 직경의 35% 이상으로 한다.

라. X 형 : 부표의 경우 X 형팔 1변의 길이는 표체직경의 약 33%로 하고 정사각형안의 대각선으로 하여야 하며, X 형팔 1변의 폭은 1변 길이의 15%로 한다.

(5) (등)부표의 기능 및 용도

① LANBY-Large Navigation Buoys

가. 적용범위

㉮ 위험한 여울목, 사주, 암초 등을 표시

㉯ 육지초인위치 또는 통항분리대(TSS) 의 진입로 표시

㉰ 주의할 지역 내의 선회지점 표시

나. 성능기준

㉮ 부체의 안정성을 지녀야한다

㉯ 표지 등화는 충분한 가시거리를 가져야 한다.

㉰ Racon을 설치할 경우에는 X 및 S-Band 모두 사용되어야 한다.

㉱ 음향신호(무신호)는 보통 위험경고용으로 필요하다.

㉲ 부체는 뚜렷한 기능 색으로 식별이 용이하게 한다.

㉳ 고장 시에는 즉시 항해자에게 통보되는 체제를 갖추어야 한다.

㉴ 원격제어 및 감시체제가 운영되어야 한다.

다. 위치를 이탈하는 사고 발생시의 보안대책

㉮ 운전부자유등 자동 점등(국제충돌 예방규칙 제 27조)

㉯ 운전부자유 음향신호 "D" (국제충돌 예방규칙 제 35조)

㉰ Racon 설치시 'D" 신호 발사

② 원주형 및 기타 (등)부표

가. 적용범위

㉮ 항로나 수역의 측방 한계표시
㉯ 항해 위험물 또는 방해물표시
㉰ 어떤 범주의 항해에 위험을 초래할 수 있는 장애물표시
㉱ 육지초인 위치표시
㉲ 항로중앙 위치표시
㉳ 특수지역 또는 형태표시
㉴ 해양자료수집구조물(ODAS)표시
㉵ 선회지점표시
㉶ 통항분리표시
㉷ 분기점 표시

나. 성능기준

㉮ 대양용 부표에는 등화가 설치되어야 하며, 레이더 반사기를 설치 할 수도 있다.
㉯ Racon을 설치할 경우에는 X 및 S-Band 모두 사용되어야 한다.
㉰ 음향신호(무신호)는 보통 위험경고용으로 필요하다.
㉱ 부체는 뚜렷한 기능 색으로 식별이 용이하게 한다.
㉲ 등화를 설치할 때에는 적절한 수직 발산각을 확보하여야 한다.

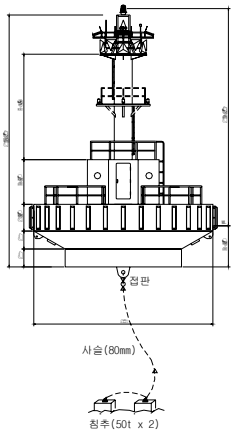
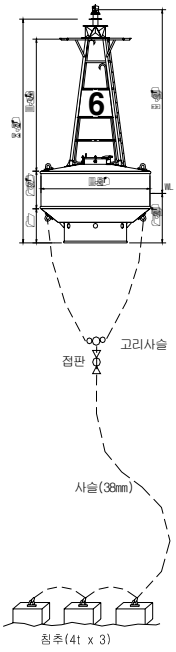
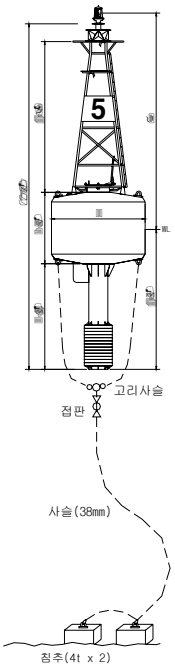
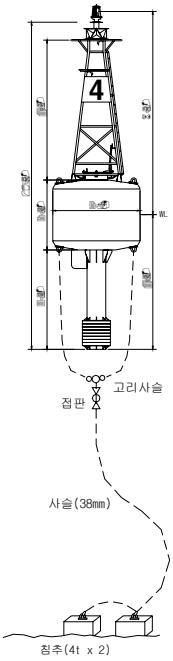
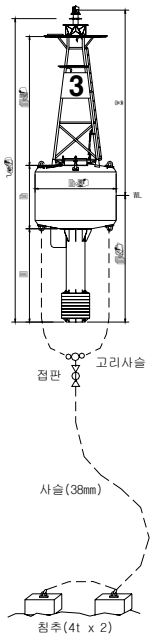
표해(9-1) 표준형 등부표의 현황표

종 류		설 정 기 준			표체직경 (㎜)	등 고 (m)	제 원					비 고
		해 역	수심(m)	조류(kt)			중량(kg)	중심(m)	부심(m)	경심(m)	흘수심(m)	
등부표	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	

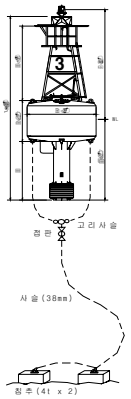
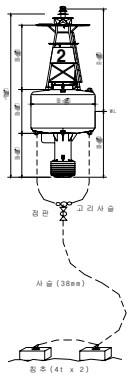
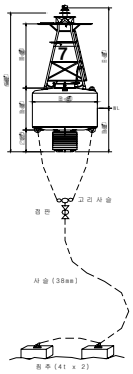
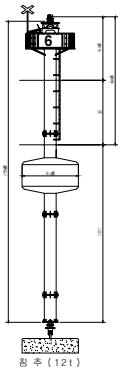
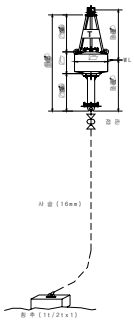
표해(9-2) 표준형 부표의 현황표

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

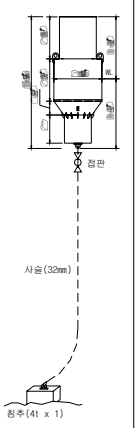
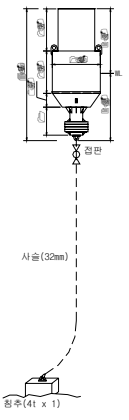
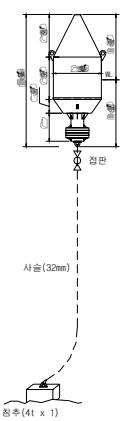
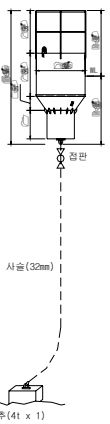
도해(9-3) 표준형 등부표

형 식	등 부 표				
	LANBY-100	LS-35	LL-30	LL-28	LL-26
표준 설치 장소	전 해역, 주요 통항로 강 조류	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)
수심	40m 이상	10~40 m	10~50 m	10~40 m	10~30 m
등명기	300㎜/LED-200	LED-200㎜	LED-200㎜	LED-200㎜	LED-200㎜
표준 설치도					

도해(9-4) 표준형 등부표

형 식	등 부 표				
	LL-26(M)	LL-24	LS-24	LSP-24	LT-10
표준 설치 장소	전 해역 (3kt 이하)	내 해역 (3kt 이하)	천수해역, 내 해역 (3kt 이하)	내 해역 (1kt 이하)	내 해역 (3kt 이하)
수심	10~30 m	10~30 m	2~20 m	13~17 m	10m 전후
등명기	LED-200㎜	LED-200㎜	LED-200㎜	LED-200㎜	LED-200㎜
표준 설치도					

도해(9-5) 표준형 부표

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, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (5kt 이하)	전 해역, 강 조류 (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 설치도								

표해(9-3) 용접비드 형상의 허용치

	항 목	허 용 한 계
1.	용접비드 표면의 요철	2㎜ 미만
2.	용접 각장의 공차	0㎜이상 2㎜미만 단 용접선에서 전용접장의 10%까지의 범위에서는 (-)1㎜이상 (+)4㎜미만의 허용치를 인정한다.
3.	용접단면에서 수직 및 수평 용접각장의 차	2㎜미만 단 용접선에서 전용접장의 10%까지의 범위에서는 ㎜미만의 허용치를 인정한다.
4.	용접단면에서 목두께의 차	0㎜이상 1.5㎜미만 단 용접선에서 전용접장의 10%까지의 범위에서는 0.7㎜이상 +3㎜미만의 허용치를 인정한다.
5.	언더컷의 깊이(주 부재)	0.3㎜미만 단 용접선에서 전용접장의 10%까지의 범위에서는 0.5㎜미만의 허용치를 인정한다.
6.	언더컷의 깊이(부 부재)	0.5㎜미만 단 용접선에서 전용접장의 20%까지의 범위에서는 0.7㎜ 미만의 허용치를 인정한다.

표해(9-4) 표준형 등부표용 강재의 품질 규격

강재의 종류	규 격		부표용 부재 기호	부 재
구조용 강재	KSD3503	일반구조용 압연강재	SS41	철탑 수평, 수직보강재, 표체 외판, 내통, 미통 및 브라켓류
강 관	KSD3556	일반구조용 탄소강관	SPS41, SPS50	철탑 경사 보강재, 핸드레일류
주철조품	KSD4101	탄소강주강품	SC-37/42	중 추
용 접 봉	KSD7004	연강용피복 아크용접봉		SS41, SMA용

표해(9-5) 표준형 등부표용 강재의 허용응력도

(단위: kg/cm^2)

강재의 종류 / 응력도의 종류	SS41, SMA41	SPS	SC46
축 방향 인장응력도	1,400	1,400	1,400
축 방향 압축응력도	1,400	1,400	1,400
휨 인장응력도	1,400	1,400	1,400
휨 압축응력도	1,400	1,400	1,400
전단 응력도	800	800	800
지압 응력도	2,100	-	6,000

표해(9-6) 표준형 등부표용 Zn-anode의 종류 및 수량

등부표 형식	방식면적(m^2)	전류밀도(㎃/$m^{2)}$	규 격 (㎜)	수 량
U-17(P) & (S) C, S	12.46	120	70x150x20t, 1 ㎏	2
UR-17(P) & (S) C, S	12.46	120	70x150x20t, 1 ㎏	2
LT-10	4.03	120	70x150x20t, 1 ㎏	2
LS-24	29.0	120	100x200x20t, 2 ㎏	2
LL-24	30.76	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LL-26(M)	29.55	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LL-26	29.55	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LL-28	32.64	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LL-30	36.00	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LS-35	28.89	120	100x200x20t, 2 ㎏	3
LSP-24	52.39	120	100x200x20t, 2 ㎏	5
LANBY-100	159.41	120	150x300x25t, 7 ㎏	4
도장결함율 = 5%, 소모율 = 11.23 ㎏/A.Yr 유효사용율 = 85%				

③ 계선표지(Mooring Buoys)

가. 적용범위

유조선 등 특정선박을 계류하기 위하여 설치하는 표지로서 항로 또는 항로부근이나 항만에 설치하여 다른 선박의 항행안전에 지장을 초래할 우려가 있거나 다른 항로표지와 혼동할 가능성이 있는 표지에 한하여 적용한다.

나. 성능기준

㉮ 계선표지는 항로표지와의 혼동을 방지하기 위하여 백색바탕에 청색수평띠(부표상단과 수선[Waterline] 사이의 중간위치)를 한다.

㉯ 부표의 형상은 원통형 또는 원추형으로 한다.

㉰ 등부표의 경우 주기가 늦은 백색섬광을 사용하지만 항로상에 위치하여 야간에 다른 선박의 통항에 지장을 초래할 우려가 있을 때에는 급섬광을 사용한다.

㉱ 계선용 부표에는 소유자를 명기한다. 다만, 명기의 방법과 위치는 색상 또는 문자에 의해 표시할 수 있으나 그 뜻이 왜곡되지 않도록 해야 한다.

도해(9-6) 계선표지의 형상

④ 규정표지(Regulatory Marks)

가. 적용범위

규정표지는 선박이 표지와 떨어져야 하는지 또는 표지에 표기된 글자를 읽기 위해 안전하게 접근할 수 있는지를 알리기 위한 표지로 선박출입금지구역, 접근금지구역, 위험구역, 선박운항제한구역용으로 설치한다.

나. 성능기준

㉮ 규정표지는 국제오렌지색 도형과 함께 백색으로 한다.

㉯ 부표가 규정표지로 사용될 경우에는 상·하에 국제오렌지색 수평띠를 표시한 백색부표로 한다. 상부의 수평띠는 표체의 상부에, 하부의 수평띠는 표체의 수선상에 표시하여 선박이 이를 확실히 확인할 수 있도록 하여야 하며 두 수평띠 사이의 표체는 백색으로 한다.

㉰ 국제오렌지색 도형은 표체의 백색부분에 위치해야 하며 그 도형은 다음과 같다.

㉠ 위험을 의미하는 수직 다이아몬드형

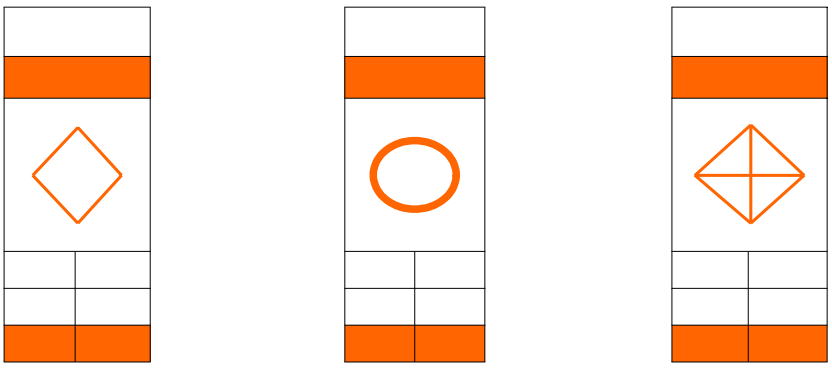
㉡ 선박이 표시지역으로 들어가서는 안 되는 의미를 가진 다이아몬드중앙에 십자가 표시를 한 수직 다이아몬드형

㉢ 표지가 위치한 지역에서 선박이 운항제한을 받게 됨을 의미하는 원형

㉣ 내부에 문자로 표기된 지시사항과 정보를 알리는 사각 또는 직사각형

㉤ 표지의 의미와 관련이 있는 다이아몬드 또는, 원형의 도형이 포함될 때 그것은 표체 상의 중심에 위치해야 한다.

도해(9-7) 규정표지의 형상



위험구역표지 제한구역표지 출입금지구역표지

(6) (등)부표의 도장

① 도장과정에 대한 일반적인 원칙

가. 표면처리를 위하여 녹, 더러워진 부분, 흑피 등을 브라스팅(blasting)이나 피킹(picking)으로 제거하여야 한다. 이때 표면 거칠기는 KS B 0161(표면 거칠기)의 50S를 초과해서는 아니 된다.

나. 전처리 도장시 금속전처리 도료 또는 동등품 이상을 브러싱(brushing)에 의할 때는 80g/㎡이상, 스프레이(spray)에 의할 때는 100g/㎡이상을 칠하여야 한다.

다. 1층 하도 작업시 브러싱에 의할 때는 200g/㎡이상, 스프레이에 의할 때는 250g/㎡이상을 칠하여야 한다.

라. 2층 하도 작업시 브러싱에 의할 때는 180g/㎡이상, 스프레이에 의할 때는 230g/㎡이상을 칠하여야 한다.

② 도장된 표면의 상태

도장된 표면은 매끄러워야 하며, 표면에는 붓 자국, 흘러내린 자국, 울퉁불퉁함이 없어야 한다. 또한 표면에는 들뜨기, 변색 또는 오손, 균열이나 흠 등이 없어야 한다.

③ 다음과 같은 경우에는 도장작업을 하여서는 아니 된다.

가. 온도가 5℃이하일 때

나. 상대습도가 80%를 초과하는 경우

다. 바람에 모래와 먼지가 날릴 때

라. 일출 3시간 이내 일몰 3시간 전(단 옥내 작업의 경우 제외)

④ 도장 기준 및 색상

표해(9-7) 표준형 부표의 도막두께

도장 부위	도 료 형	도막두께(㎛)	비 고
수선 하부	탈에폭시계 방청도료	150	
	에폭시계 Sealer	100	
	Tin 미 함유 방오도료(1회)	100	
	Tin 미 함유 방오도료(2회)	100	
수선 상부	에폭시계 방청도료	150	
	에폭시계 마감도료	100	

※ 도장색상은 한국페인트잉크협동조합 규격번호로 녹색은(E-39484), 적색은(E-16398), 황색은(E-31799), 백색 및 흑색을 사용하여야 한다.

표해(9-8) 표준형 부표의 도료기준

도장 부위	도 료 형	확 인 사 항	비 고
수선 하부	탈 에폭시계 방청도료	1. 고형분용적비(S.V.R)68% 이상 2. 부식제어용 도료로 선급협회에 인증된 제품	
	에폭시계 Sealer	1. 고형분용적비(S.V.R)50% 이상	
	Tin 미함유 방오도료(2회)	1. 고형분용적비(S.V.R)50% 이상 2. 비유기주석계(Tin-Free)방오도료로 선급협회에 인증된 제품	
수선 상부	에폭시계 방청도료	1. 고형분용적비(S.V.R)80% 이상 2. 부식제어용 도료로 선급협회에 인증된 제품	
	에폭시계 마감도료	1. 고형분용적비(S.V.R)60% 이상	

표해(9-9) 항로표지의 도색기준

종류	도료번호	색 도 규 격		
		x	y	z
홍색	16398	0.596	0.327	0.120
녹색	39484	0.2540	0.4888	0.186
황색	31799	0.460	0.481	0.596

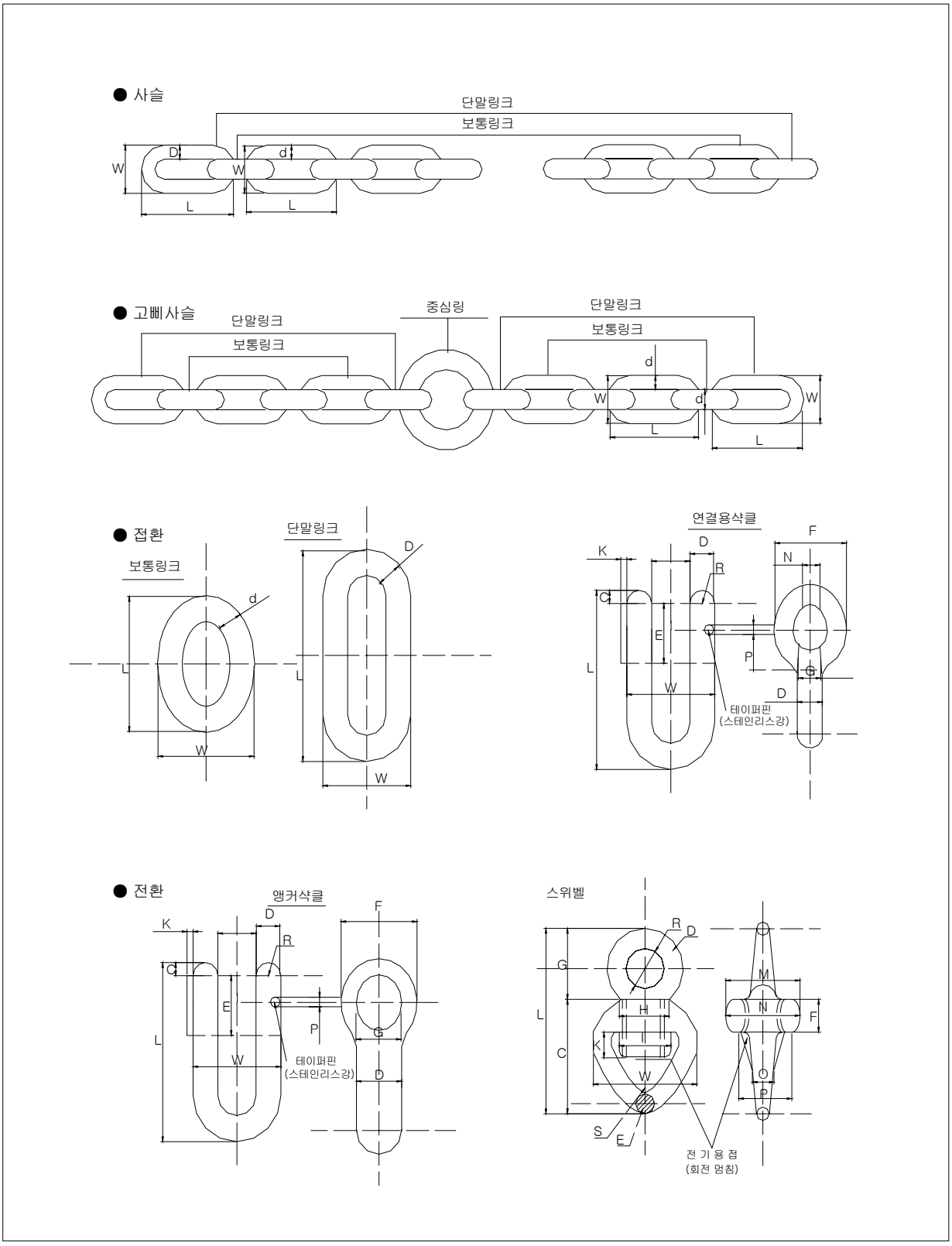
표해(9-10) 계류사슬의 검사기준(마모율)

원래의 크기		마모된 상태의 크기			
100%		75%		50%	
1-3/4 in	44.5	1-1/2 in	38.1	1-1/4 in	31.8
1-5/8	41.3	1-3/8	34.9	1-1/8	28.6
1-1/2	38.1	1-1/4	31.8	1-1/16	27.0
1-1/4	31.8	1-1/16	27.0	7/8	22.2
1-1/8	28.6	31/32	24.6	25/32	19.8
1	25.4	7/8	22.2	23/32	18.3
7/8	22.2	3/4	19.1	5/8	15.9
3/4	19.1	5.8	15.9	1/2	12.7

주 : 사슬 및 침추 고리는 50% 정도 마모되면 교체하여야 한다.

(7) 계류구(Mooring Equipment)

도해(9-8) 사슬 링크의 형상과 치수



표해(9-11) 사슬의 규격과 시험하중

사슬의 호칭지름(d)	보통링크(㎜)			단말 링크(㎜)			시험하중(t)		1m의 무게(kg)	1 연 의 표준길이(m)
	d	L	w	d	L	w	절단	내력		
28	28.0	137.2	98.0	30.8	168.0	106.4	29.6	14.8	17.08	25.0
32	32.0	190.0	118.0	38.0	228.0	136.0	38.60	19.3	22.28	25.0
38	38 .0	228.0	136.0	45.0	260.0	170.0	54.4	27.2	31.44	25.0
40	40.0	196.0	140.0	44.0	240.0	152.0	60.3	30.2	34.80	25.0

표해(9-12) 고삐사슬의 규격과 시험하중

연결하는 사슬의 지름(d)	보통링크(㎜)			단말링크(㎜)			중심링(㎜)		시험하중(t)		1m의 무게(kg)
	d	L	w	d	L	w	d	R	절단	내력	
28	28.0	137.2	98.0	30.8	168.0	106.4	42.0	154.0	29.6	14.8	17.08
32	32.0	190.0	118.0	38.0	228.0	136.0	48.0	176.0	38.6	19.3	22.28
38	38.0	228.0	136.0	45.0	260.0	170.0	57.0	209.0	54.4	27.2	31.44
40	40.0	196.0	140.0	44.0	240.0	152.0	60.0	220.0	60.3	30.2	34.80

표해(9-13) 연결용 접환(Shackle)의 규격과 시험하중(1개의 무게)

연결하는 사슬의 지름(d)	각 부 의 치 수(㎜)											시험하중	
	d	L	w	c	E	F	G	H	K	P	R	절단	내력
28	33.6	170.8	106.4	19.9	42.0	71.4	31.6	26.3	5.3	7.8	19.9	29.6	14.8
32	38.4	195.2	121.6	22.7	48.0	81.6	36.2	30.1	6.1	9.0	22.7	38.6	19.3
38	45.6	231.8	144.4	27.0	57.0	69.9	42.9	35.7	7.2	10.6	27.0	54.4	27.2
40	48.0	244.0	152.0	28.4	60.0	102.0	45.2	37.6	7.6	11.2	28.4	60.3	30.2

표해(9-14) 앵커새클의 규격과 시험하중(1개의 무게)

연결하는 사슬의 지름(d)	각 부 의 치 수(㎜)											시험하중	
	d	L	w	c	E	F	G		K	P	R	절단	내력
28	37.0	238.0	133.0	21.0	53.2	79.0	37.0		5.3	10.4	21.0	29.6	14.8
32	42.2	272.0	152.0	24.0	60.8	90.2	42.2		6.1	11.8	24.0	38.6	19.3
38	50.2	323.0	180.5	28.5	72.2	107.2	50.2		7.2	14.1	28.5	54.4	27.2
40	52.8	340.0	190.0	30.0	76.0	112.8	52.8		7.6	14.8	30.0	60.3	30.2

표해(9-15) 전환(Swivel)의 규격과 시험하중(1개의 무게)

연결하는 사슬의 름(d)	각 부 의 치 수(㎜)																시험하중	
	d	L	w	c	E	F	G	H	K	I	M	N	O	P	R	S	절단	내력
28	30.8	249.2	131.6	159.6	31.5	46.2	89.6	75.6	38.1	43.6	89.6	45.6	56.0	61.6	40.6	18.8	29.6	14.8
32	35.2	284.8	150.4	182.4	36.0	52.8	102.4	86.4	43.5	49.6	102.4	52.2	64.0	70.4	46.4	21.4	38.6	19.3
38	41.8	338.2	178.6	216.6	42.8	62.7	121.6	102.6	51.7	58.9	12.6	61.9	76.0	83.6	55.1	25.5	54.4	27.2
40	44.0	356.0	188.0	228.0	45.0	66.0	128.0	108.0	54.4	62.0	128.0	65.2	80.0	88.0	58.0	26.8	60.3	30.2

표해(9-16) 쇠사슬의 허용오차

호칭지름 (d)	지름	바깥너비		바깥길이
		보통링크	단말링크·연결용새클·앵커새클·스위블	링크·새클· 스위블
15이하	+1.0 -0	±0.10d	+0.15d-0	+0.15D-0
15를 넘고 29이하	+1.5 -0.5			
29를 넘고 50이하	+2.0 -0.5			
50을 넘고 70이하	+2.5 -1.0			
70을 넘고 88이하	+3.0 -1.0			
88을 넘고 100이하	+3.5 -1.0			
100을 넘고120이하	+4.0 -1.0			
120을 넘는 것	+5.0 -1.0			

표해(9-17) 쇠사슬 마모한도

(단위 : ㎜)

원지름	평균지름	원지름	평균지름	원지름	평균지름
32	28.5이하	38	34.0이하	40	36.0이하

(8) 침추(Sinker)

① 침추 제작기준

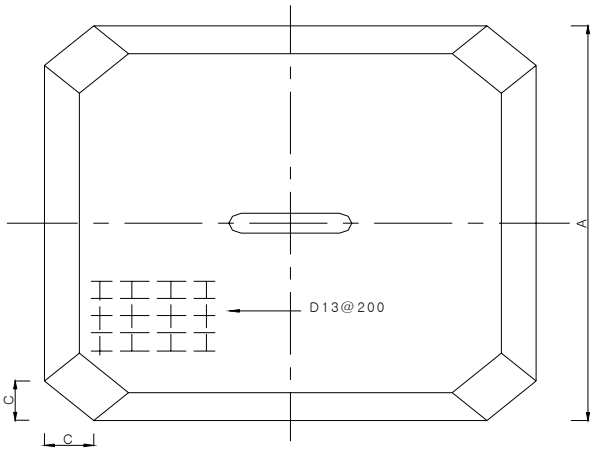
가. “침추고리”는 환봉(50ϕ)으로 제작하여야 하며, 규격(D400×H-G680×E180×K260)은 도참(9-9)에 의한다.

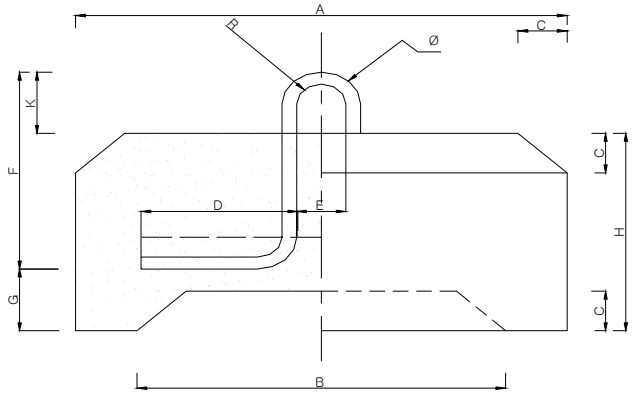
나. 침추고리는 침추의 중심상부 260㎜지점에 고정하여 중심을 들었을 때 지나치게 기울지 않도록 한다.

다. 철근배근은 D10㎜ 철근을 사용하여 도면과 같이 200㎜ 간격으로 배근하고 접합부를 견고히 용접한다.

라. 콘크리트 타설은 레미콘의 강도는 210㎏f/㎠, 최대골재의 최대치수는 ϕ25㎜로 하고 침추의 무게는 4톤/개당(기준)이 되도록 한다.

도해(9-9) 침추(Sinker) 및 침추고리도면

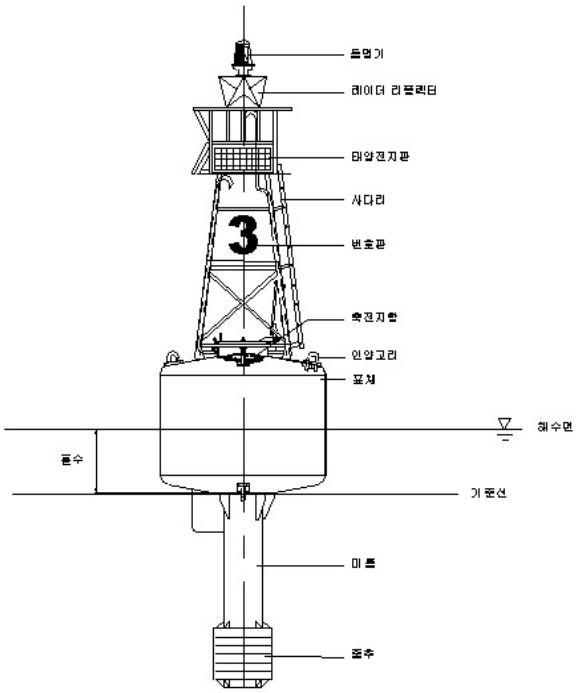




중량(kg)	치수(mm)											수중중량(kg)
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	R	Ø	
2.000	1.200	800	100	300	180	680	220	650	250	90	50	1.100
3.000	1.400	1.000	100	400	180	730	220	700	250	90	50	1.700
4.000	1.500	1.100	100	400	180	840	220	800	260	90	50	2.200
5.000	1.600	1.200	100	400	180	890	220	850	260	90	50	2.800

9-2 표준형 등부표의 안정성 [LL-26(M)기준]

(1) 구조 및 명칭



도(9-10) (등)부표 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[도참(9-10) 부표의 구조와 명칭 참조].

$$KG = M_c / W \qquad (9\text{-}1)$$

여기서, KG : 기준선에서 중심까지의 거리 (m)

M_c : 중량의 (1차)모멘트 (kgf-m)

W : 총 중량 (kgf)

※ 1kgf = 1kg×9.8 m/s^2

※ 부표의 총 중량을 계산할 때 작업원의 중량은 고려하지 않았다.

식(해9-1)부터 계산된 부표 LL-26(M)의 중심위치는 다음과 같다.

$$KG = 1613/5743 = 0.281m$$

(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.

$$V = W/\gamma_w \qquad (9\text{-}2)$$

여기서 V : 배수체적 (m^3)

W : 부표의 전 중량 (kgf)

γ_w : 해수의 단위부피당 중량 (= 1025 kgf/m^3)

식(해9-2)로부터 계산된 부표 LL-26(M)의 배수체적은 다음과 같다.

$$V = 5743/1025 = 5.603 m^3$$

이상 계산된 배수체적으로부터 부표 가 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. 사용상태에 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.

$$d_2 = \frac{V'}{A'} \text{ (m)} \qquad (9\text{-}3)$$

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

A': 수직부 표체의 단면적 (=πR^2, m^2)

R : 수직부 표체의 반지름 (m)

따라서 체인이 연결되지 않은 상태에서 부표의 흘수는 다음과 같이 계산된다.

$$d = d_1 + d_2 \qquad (9\text{-}4)$$

= (표체 하부의 경사부 높이)+(수직부 표체의 수면 아래쪽 깊이)

표참(9-18)의 부표 LL-26(M)의 흘수는 다음과 같다.

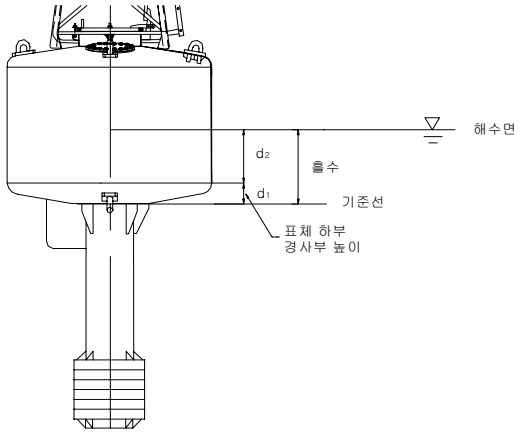
$$d_1 = 0.27 m$$

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

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

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) 흘수는 다음과 같이 계산된다.

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



도(9-11) 흘수면의 결정

표(9-18) (등)부표 LL-26(M) 의 부재 목록표

명 칭	재 질	규 격 (단위: ㎜)	수 량	중량(kgf)	기준선에서 각부중심까지 거리	중량의1차모멘트(kgf-m)	각부 중심 까지 거리 제곱 (m^2)	질량의 관성 모멘트(kg-m^2)
등 명 기	SS400	250㎜	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
철탑 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
철탑 수직보강재	SS400	65×65×2900	4	68.6	3.51	240.786	12.32	845.16
철탑 고정재	SS400	200×148×9t	4	14.0	2.2	30.8	4.84	67.76
철탑 수평보강재-중	SS400	50×50×1100	4	19.5	3.475	67.763	12.1	235.47
철탑 경사보강재	SS400	50×50×1665	6	44.3	2.9	128.47	8.41	372.56
철탑 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
철탑상부수평보강재	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 중판	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.

$$KB = M_B / V \qquad (9\text{-}5)$$

여기서, KB : 기준선에서 부심까지의 거리 (m)

M_B : 각 부위 배수체적의 기준면에 대한 모멘트 (m^4)

V : 배수체적(m^3)

표(9-19) 배수체적과 1차 모멘트

명 칭	배수체적 (㎥)	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.

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

한편 부심에서 경심(메타센터, metacenter)까지의 높이를 BM 이라 하는데 이 값은 부체의 횡 동요 주기를 결정하고 복원력 특성을 좌우하는 중요한 인자이다(조선공학개론 참조/동명사, 1999). 경심은 안정상태에서 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.

$$BM = I_X / V \qquad (9\text{-}6)$$

여기서, BM : 부심으로부터 경심(메타센터)까지의 높이 (m)

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

R : 표체 흘수면의 반지름 (m)

V : 배수체적 (㎥)

부표 LL-26(M)에 대한 부심 계산은 다음과 같다.

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

$$BM = 2.243/5.603 = 0.40m$$

중심에서 메타센터(metacenter)까지의 높이 GM은 다음과 같이 정의한다.

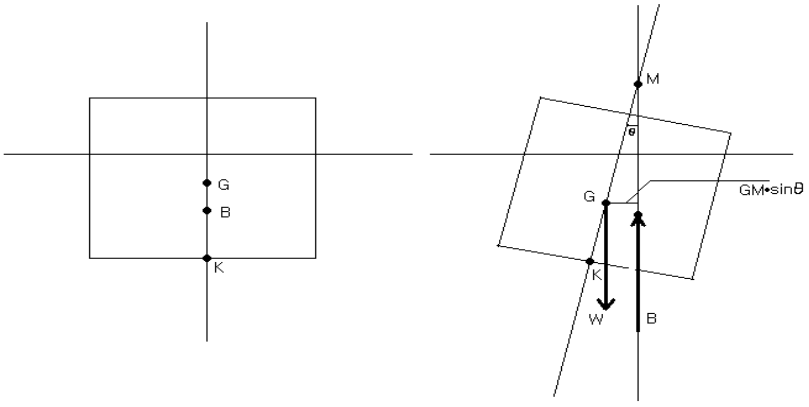
$$GM = BM + KB - KG \tag{9-7}$$

따라서 GM의 계산결과는 다음과 같다.

$$GM = 0.40 + 0.28 - 0.281 = 0.399m$$

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

$$M_R = W \cdot GM \cdot \sin\theta \approx W \cdot GM \cdot \theta \tag{9-8}$$



도(9-12) 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_R과 크기가 같고 방향이 반대이다. 즉 $-I_v\ddot{\theta} = W \cdot GM \cdot \sin\theta$ 이다. 따라서

$$I_v\ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot \sin\theta = 0 \tag{9-9}$$

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

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

$$\ddot{\theta} + \frac{W \cdot GM}{I_v}\theta = 0 \qquad (9\text{-}10)$$

따라서 부표의 고유진동수와 고유진동주기는 다음 식으로 계산된다.

$$\omega_o = \sqrt{\frac{W \cdot GM}{I_v}} \qquad (9\text{-}11)$$

$$t_o = 2\pi\sqrt{\frac{I_v}{W \cdot GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{\kappa^2}{GM \cdot g}} \qquad (9\text{-}12)$$

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-m^2)

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

※ I_v 는 부표의 무게중심에 대한 값인데 표참(9-18)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 표참(9-18)의 중량W(kgf)를 중력가속도로 나누어 질량(kg)으로 바꾸어 계산해야 한다. 수중에서의 운동이므로 부가질량관성모멘트를 고려해야 하는데 통상적으로 부가질량관성모멘트는 질량관성모멘트의 10%를 선택한다.

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

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

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

(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 (등)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.

$$F_a = 1/2 \times \rho_a \, C_D \, A_a \, V_a^2 \qquad (9\text{-}13)$$

여기서, ρ_a : 공기의 밀도 (=0.125 kgf-s^2/m^4)
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.

$$C_a = M_a / F_a$$
$$= 772.147/247.526 = 3.119m \qquad (9\text{-}14)$$

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.

$$M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 772.147 \, kgf \cdot m$$

따라서 $5743 \times 0.399 \times \sin\Theta = 772.147$, 최대경사각은 $\theta_{\max} = 19.69°$ 이다.

표(9-20) LL-26(M) 의 풍력과 풍력모멘트 계산(기준풍속 45m/s 로 가정)

부 재 명	풍력 면적계수	투영면적 (m2)	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.

$$F_c = 1/2 \times \rho_w \, C_D \, A_c \, V_c^2 \qquad (9\text{-}15)$$

여기서, ρ_w : 해수의 밀도 (= 105 kgf-s^2/m^4)

V_c : 조류력을 받는 부재에 대한 조류의 상대속도 (m/s)

A_c : 조류력을 받는 부재의 투영면적 (m^2)

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.

$$C_c = M_c / F_c = 763.47/908.83 = 0.84m$$

여기서, C_c : 조류력의 중심 (수면하 m)

M_c : 전체 조류력모멘트 (kgf-m)

F_c : 전체 조류력 (kgf)

조류에 의한 부표의 최대 경사각은 조류력모멘트가 부표의 복원모멘트와 같을 때 발생한다.

$$M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 763.47 \; kgf \cdot m$$

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

표(9-21) 수면하부 부재의 조류력과 조류력모멘트 계산(유속은 5kt)

부 재 명	투영면적 (m^2)	중심으로부터의 거리(m)	높이에 따른 속도구배 (height actor)	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	7.355				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).

$$y = \frac{H}{2} cos 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) = \frac{H}{2} cos(\omega t - kx) \quad (9\text{-}16)$$

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

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \tan\phi = \frac{\pi H}{\lambda} sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) \quad (9\text{-}17)$$

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

$$\phi \approx \tan\phi = \alpha \sin\frac{2\pi}{T} t = \alpha \sin\omega t \quad (9\text{-}18)$$

여기서 $\alpha = \phi_{\max} = \frac{\pi H}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} A$ (A 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,

$$I_v \ddot{\theta} + W \cdot GM \cdot \sin(\theta - \phi) = 0 \quad (9\text{-}19)$$

여기서, θ : 부표의 경사각

I_v : 부표의 질량관성모멘트

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

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

$$\ddot{\theta}+\frac{W}{I_v}GM\ \theta=\frac{W}{I_v}GM\ \alpha \sin\omega t \tag{9-20}$$

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

$$\theta=\frac{\alpha}{1-t_o^2/T^2}[\sin\omega t-\frac{t_o}{T}sin\omega_0 t] \tag{9-21}$$

여기서, t_o : 부표의 고유진동주기

ω_o : 부표의 고유진동수

T : 파의 주기

위 식에서 최대 경사각은 [ ] 안이 1일 때이다. 즉,

$$\theta_{\max}=\frac{\alpha}{1-t_o^2/T^2} \tag{9-22}$$

이론상 t_o가 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 (여기서 λ는 주어진 유한수심에서의 파장이다.) 심해파의 파장과 수심과의 관계인 표(9-22)로부터 얻는다. 여기서 파주기를 10초라하면,

$\lambda_o=\frac{gT^2}{2\pi}=\frac{9.8\times10^2}{2\pi}=155.972\ m$ (여기서 λ_o : 심해파의 파장)

$d\ /\lambda_o=20/155.972=0.128$ (여기서d 는 수심)

표(9-22)로부터 $d/\lambda=$ 0.1649 이므로

$\lambda=121.29$ m

$\alpha=\frac{\pi H}{\lambda}=3.14\times5/121.29=0.129$ (여기서 파고 H=5m 가정)

따라서 파도에 의한 부표의 최대 경사각은 다음과 같다.

$$\theta_{\max}=\frac{0.129\times10^2}{10^2-7.84^2}=\ 0.335\ rad=19.18^\circ$$

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.

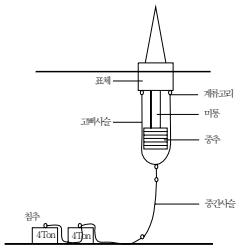
표(9-22) 심해파의 수심과 파장과의 관계

(U.S. Army Coastal Engineering Research Center)

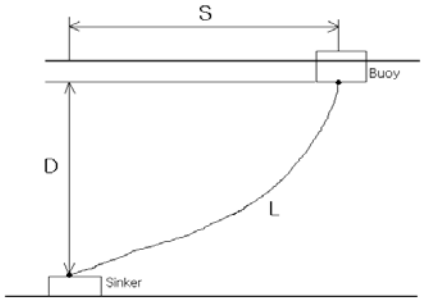
d/λ_o	d/λ
0.1200	0.1581
0.1210	0.1590
0.1220	0.1598
0.1230	0.1607
0.1240	0.1615
0.1250	0.1624
0.1260	0.1632
0.1270	0.1640
0.1280	0.1649
0.1290	0.1657
0.1300	0.1665

(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.



도(9-13) 부표와 침추의 묘식도

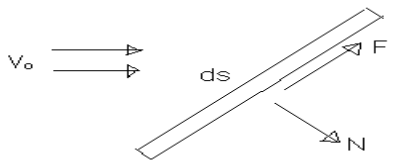


도(9-14) 현수곡선에 따른 계류삭의 형태

(10) 계류삭(Chain)

수직방향으로 작용하는 힘은 계류삭 자체의 중량에서 부력을 뺀 것이다. 즉 계류삭의 수중중량 P (kgf/m)에 해당한다.

각도 ϕ만큼 기울어져 있는 계류삭에 수평으로 유속 V_o의 유체가 흐르면 항력성분은 법선방향과 접선방향으로 나누어서 고려해야 한다.



도(9-15) 임의의 각도 ϕ만큼 기울어진 계류삭에 작용하는 항력

법선항력 성분은 다음과 같이 표현된다.

$$N\,ds = \frac{1}{2}\rho_w \cdot C_N \cdot d \cdot (V_N)^2 \cdot ds \qquad (9\text{-}23)$$

여기서, N : 계류삭의 단위 길이 당 작용하는 법선항력 (kgf/m)

ds : 미소길이

C_N : 법선항력계수

d : 계류삭의 직경

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

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

$$N = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_N \cdot d \cdot V_o^2 \cdot \sin^2\phi \qquad (9\text{-}24)$$

$$= R \cdot \sin^2\phi$$

한편 계류삭의 접선방향 항력성분은 다음과 같이 표현된다.

$$F\,ds = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_T \cdot \pi\, d \cdot V_T^2 \cdot ds \qquad (9\text{-}25)$$

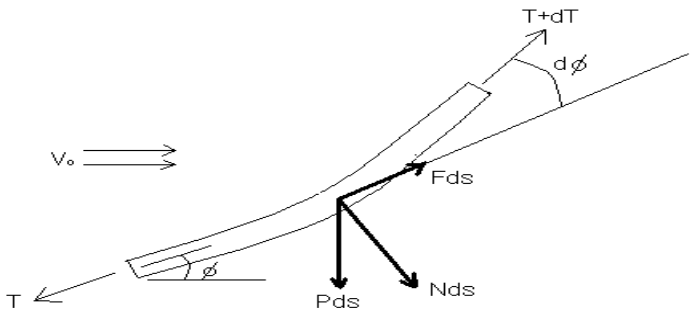
여기서 C_T : 접선방향 항력계수

$V_T = V_o \cdot \cos\phi$

유체 흐름의 접선방향 속도성분 정리하면 다음과 같다.

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_T \cdot \pi\, d \cdot V_o^2 \cdot \cos^2\phi \qquad (9\text{-}26)$$

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



도(9-16) 계류삭의 자유물체도

법선방향의 힘의 성분을 합치면 다음과 같다.

$$(T + dT)\sin d\phi - N\,ds - P\cos\phi\,ds = 0 \qquad (9\text{-}27)$$

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

$$Td\phi = (N + P\cos\phi)ds \tag{9-28}$$

접선방향 평형방정식은 다음과 같다.

$$-T + (T + dT)\cos d\phi - P\sin\phi ds + Fds = 0 \tag{9-29}$$

정리하면

$$dT = (P\sin\phi - F)ds \tag{9-30}$$

이상의 평형방정식은 일반적인 계류삭의 법선과 접선 방향의 평행방정식을 나타낸다.

이 경우 평형방정식은 아주 간단하게 정리된다.

법선방향 방정식 : $Td\phi = P\cos\phi ds$ (9-31)

접선방향 방정식 : $dT = P\sin\phi ds$ (9-32)

위 두 식을 합쳐 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{dT}{T} = \tan\phi d\phi \tag{9-33}$$

이 식을 ϕ=0° 에서 임의의 각도까지 적분하면

$$\log\frac{T}{T_0} = \int_{\phi=0}^{\phi=\phi} \tan\phi d\phi = \log\sec\phi \tag{9-34}$$

$$T_H = T\cos\phi = T_0 \tag{9-35}$$

여기서 T_0 : Φ = 0° 인 지점에서 장력

위 결과에서 알 수 있듯이 현수곡선 해석에서는 계류삭(체인)의 모든 위치에서 수평장력성분 T_H 는 T_0로 일정하다. 장력의 수직성분은 다음과 같다.

$$T_0\tan\phi = PL$$

$$T_V = T\sin\phi = PL \tag{9-36}$$

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

체인에 작용하는 전체 장력은 다음과 같이 계산된다.

$$T = (T_H^2 + T_V^2)^{(1/2)} \tag{9-37}$$

$$= (T_o^2 + (PL)^2)^{(1/2)}$$

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

체인의 길이를 따라서 임의 지점의 x 좌표는 다음과 같다.

$$x = \int dx = \int ds \cos\phi \tag{9-38}$$

식(해9-31)을 이용하면 다음 관계를 얻을 수 있다.

$$dx = \frac{ds}{\sqrt{1+(PL/T_0)^2}} \tag{9-39}$$

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

$$S = \int dx = \frac{T_o}{P} sinh^{-1}\left(\frac{PL}{T_o}\right) \tag{9-40}$$

한편 체인의 길이는

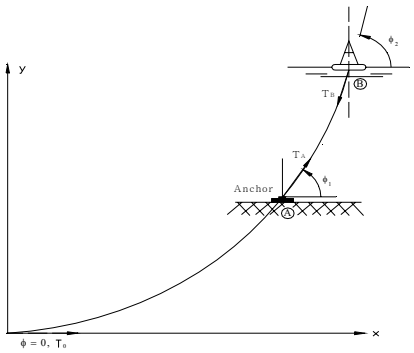
$$L = \frac{T_o}{P} sinh\left(\frac{PS}{T_o}\right) \tag{9-41}$$

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

$$D = \int dy = \frac{T_o}{P}\left[\cosh\left(\frac{PS}{T_o}\right) - 1\right] \tag{9-42}$$

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 (도9-17 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 본 연구에서는 적절한 체인 길이로 부표의 이출거리와 체인의 장력을 고려하여 수심의 2배 정도의 길이로 결정할 것을 권장한다.



도(9-17) 현수곡선 계류삭의 모식도

(11) 체인의 장력계산과 침추

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

$$T_B = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \qquad (9\text{-}43)$$

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.

$$L = \sqrt{D^2 + (2T_o/P)D} \qquad (9\text{-}44)$$

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 $L = 54.6\,m$ (이는 계산기준 수심 23.842m의 약 2.3배에 해당한다). 실제 체인의 길이는 여기에서 연결부의 고삐사슬 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.

$$S \approx \sqrt{L^2 - D^2} = 49.1\,m \qquad (9\text{-}45)$$

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

$$T_B = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

$$= F_H + DP = 1387.63 + 23.842 \times 27.42 = 2041.38\,kgf$$

한편 LL-26(M)에서 체인은 ϕ38㎜ 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 계류삭에 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.

$$W_{eff} = W_S - B = T_o \tan\phi_1 + \frac{T_o}{\mu} \quad (9\text{-}46)$$

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 μ로부터 결정된다.

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

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 50㎜ 2개, 인양고리는 직경 70㎜ 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/㎟가 작용하는데 이 수치는 주철재의 전단강도 1224kgf/㎟ (=120MN/㎡) 를 넘지 않으므로 계류고리와 인양고리의 절단에 따른 문제는 없다고 판단된다.

(13) 부표의 안정성 계산

표(9-23) 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

① 중심위치

$KG = M_c / W$

$KG = 1613/5743 = 0.281\,m$

② 배수체적

$V = W/\gamma_w$

$V = 5743/1025 = 5.603\,m^3$

③ 흘 수

$d = d_1 + d_2$

= (표체 하부의 경사부 높이) + (수직부 표체의 수면아래쪽 깊이)

$d_1 = 0.27m$

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

$d = 0.27 + 0.815 = 1.085m$

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

④ 부 심

$KB = M_B / V$

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

⑤ 경 심

$BM = I_X / V$

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

$BM = 2.243/5.603 = 0.40\,m$

⑥ GM(중심과 경시 사이의 거리)

$GM = BM + KB - KG$

$GM = 0.40 + 0.28 - 0.281 = 0.399\ m$

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-m^2)

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

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

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

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

⑧ 바람에 의한 경사각

풍력 : $F_a = 1/2 \times \rho_a\, C_D\, A_a\, V_a^2$

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

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

최대경사각 $\theta_{\max} = 19.69°$

⑨ 조류에 의한 경사각

조 류 력 : $F_c = 1/2 \times \rho_w \, C_D \, A_c \, V_c^2$

복원모멘트 : $M_R = W \cdot G_M \cdot \sin\theta = 763.47 \, kgf \cdot m$

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

최대경사각 $\theta_{\max} = 19.46°$

표(9-24) 풍력과 풍력모멘트(기준풍속 45m/s)

부 재 명	풍력면적 계수	투영면적 (m^2)	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
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

표(9-25) 조류력과 조류력 모멘트(유속은 5kt)

부 재 명	투영면적 (m^2)	중심으로부터의 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

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

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

$d \, / \lambda_o = 20/155.972 = 0.128$ (여기서 d 는 수심)

$d/\lambda = 0.1649$

$\lambda = 121.29$ m

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

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

⑪ 체인의 길이

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

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

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

$P = 27.42\ kgf/m$

$L = 54.6\ m$

⑫ 부표의 이출거리

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

⑬ 체인에 작용하는 장력

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

체인의 수중중량 $P = 27.42kgf/m$

$T_B = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$

$= F_H + DP = 1387.63 + 23.842 \times 27.42 = 2041.38\ kgf$

⑭ 침추의 중량

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

여기서 콘크리트 침추의 비중이 2.4 이면,

공기중의 중량 $W_S = 5130.45 \times \frac{2.4}{1.4} = 8795.06kgf$ (4톤 x 3(침추 개수)

⑮ 고리의 강도

계류고리 : 2041.38kgf(체인의 장력)/2=1020.69kgf

인양고리 : 5743kgf(부표의 중량)/4=1435kgf

계류고리에 최대 55kgf/cm^2 의 전단응력 작용

(재료전단강도 1224kgf/cm^2)

⑯ 안정성 계산결과 요약

표(9-26) 부표 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

표(9-27) 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)	M_c	64201	-1,086	1,613	5,313	-1413.6
질량관성모멘트(kg-m^2)	I_o	513,448	51,993	32,286	15,350	20750.9
중심에 대한 질량관성모멘트(kg-m^2)	I_G	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)	M_B	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)	I_x	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)	t_0	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)	T_B	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 (㎜)		80	38	38	38	32
적 정 침 추 (ton)		100ton	4ton x 3	4ton x 3	4ton × 3	4ton × 2
비 고		*수심 50m				*체인중량 포함

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

특성 \ 모델	기 호	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)	M_c	2079	1297.55	-710.262	-781.25	-606.5	-770.97	-1068.43	-1302.66
질량관성모멘트 (kg-m^2)	I_o	23372	30074.4	18904.3	18960.44	19455.4	19555.7	17863.8	17875.1
중심에 대한질량관성 모멘트(kg-m^2)	I_G	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)	M_B	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)	I_x	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)	t_0	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)	T_B	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
고삐사슬 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 직경(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.					

제 10 장 교량표지(Marking of Fixed Bridge)

선박이 교량의 교각들과 충돌 가능성 때문에 교량의 안전과 통항선박의 안전을 확보하기 위하여 교량아래의 가항수역이나 항로의 중앙, 교량양측과 교각의 존재 및 통과높이를 표시하는 시설로 "항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준" 및 교량표지에 관한 권고(O-113)에 따른다.

[해 설]

(1) 교량표지의 일반요건

① 교량아래의 가항수역한계, 항로의 중앙, 교각(방충공시설 포함)의 존재표시는 해상부표식(MBS) 및 IALA교량표지 권고 기준에 따른다.

② 교량표지의 좌현 및 우현표시는 [9-1(2)]의 (등)부표의 관습적 방향을 참고한다.

③ 교량등의 명칭은 해당 교량의 공칭명칭을 부여한다.

④ 교량등의 번호는 수원을 향하여 좌측 앞단의 P, L, C, R, P등(燈)은 1번부터 홀수로 하고 뒷단등은 2번부터 짝수로 하여 수원방향의 좌측에서 우측으로 차례로 번호를 부여한다.

⑤ 교량등이나 교량표는 최고고조면(홍수수위)를 고려하여 설치하여야 한다.

⑥ 교량등의 설치는 관리(임검・정비)가 편리하도록 시설하여야 한다.

⑦ 가항수로 결정시 항해가능한 선박의 마스트 높이와 교량 밑의 수심 및 일방통항 또는 왕복항로인지를 고려하여야 한다.

⑧ 야간이나 안개 시에 선박안전을 위하여 Racon이나 음향표지장치를 병설한 수 있다.

(2) 교량등의 특질

① 교량등의 광도는 30㏅이상으로 필요한 소요거리에서 시인할 수 있어야 하며, 항해자의 눈이 부시지 않도록 하여야한다.

② 등질은 부동광을 원칙으로 하며 주의 배경광의 상황에 따라 중앙등은 등명암광이나 급섬광을 사용할 수 있다.

(3) 통항 최적지점 결정요소

① 최대통과 선박 높이(약최고고조위 기준)

② 수심이 일정하지 않은 교량 밑의 수심

③ 교각 및 다른 장해물 보호

④ 일방향 또는 양방향 통항의 필요성

⑤ 조정자(선장)의 심리적 영향을 고려하여 약최고고조면(AHHWL)에서의 클리어런스(Clearance)는 통과선박의 최대 마스터 높이 [경하(輕荷)상태의 공선(空船) 수면으로부터 선박의 최대상부까지 의 높이]에 여유높이(일반적으로 2m 이상)를 더한 값으로 한다.

(4) 교량표지의 종류

① 교량등(야표)

표해(10-1) 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

② 교량표(주표)

표해(10-2) 교량표의 설치 기준

종 류	내 용	도 색	형 상
좌현표	교량아래의 가항수역이나 항로의 좌측 끝을 표시	녹	정사각형
우현표	교량아래의 가항수역이나 항로의 우측 끝을 표시	홍	정삼각형(정점상향)
중앙표	교량아래의 가항수역이나 항로의 중앙을 표시	백색바탕에 홍 종선 2선 이상	원형

(5) 설치기준

① 교량등

가. 통항가능한 전체경간에서 항해가 가능하다면 교각에 등화를 설치한다.

나. 경간의 일부에서만 통항이 가능하다면 경간아래에 홍색(Red) 또는 녹색등화를 설치하거나 등부표 및 등표를 설치하여 가항수로의 경계를 표시한다.

다. 통항최적지점은 경간아래에 백색등을 안전수역표지의 특성으로 한다.

라. 교량아래에 2개 이상 수로가 있는 경우에는 각 수로마다 똑같은 시스템으로 등화를 설치할 수 있다.

마. 배후광이 등화의 식별을 어렵게 하는 경우에는 주위환경을 고려하여 충분한 광도를 가지는 홍색 및 녹색등화표지를 확보할 수 있도록 검토한다.

바. 등화는 교량구조물에 의해 방해받지 않고 180도 수평방향에서 볼 수 있도록 설치한다.

사. 녹색과 홍색의 측방표지로 표시된 교량경간 외의 소형선박이 이용하는 경간들은 해상부표식에서 규정한 것과 같이 황색등화를 설치할 수 있다.

아. 등화의 대용으로 교량표(주표)를 투광 조명할 수 있다.

자. 교각에 대한 투광조명이 가항수로를 표시하는데 만족스러운 경우도 있다.

차. 야간에 교량표(주표)의 식별을 용이하게 하기 위하여 적절한 색상의 역반사재를 사용해도 된다.

카. 교각등의 등질은 해상부표식에서 정한 바에 따른다.

② 교량표(주표)

가. 전체경간이 통항 가능한 경우에는 교각에 표지를 설치하며 경간일부만 통항 가능한 경우는 가항수로의 한계를 표시하기 위하여 경간 또는 그 아래에 설치한다.

나. 우현에는 꼭지점이 위로 향한 홍색의 정삼각형판을 좌현에는 녹색사각형의 판을 설치한다.

다. 통항 최적지점은 백색바탕에 홍색의 수직 줄무늬의 원형판을 설치한다.

라. 교량표(주표)판의 색상과 교량구조물 색상을 확실히 식별할 수 있도록 백색배경색에 주표판을 설치하면 효과가 있다.

마. 교량아래에 2개 이상의 가항수로가 있다면 각각의 수로마다 같은 시스템으로 설치한다.

바. 홍색 및 녹색 측방표지로 표시된 교량경간 외의 소형선박이 이용하는 경간은 해상부표식에서 규정한 것과 같이 황색표지를 설치할 수 있다.

③ 무신호(Fog Signal)

가. 항해자에게 교량의 존재를 알려줄 수 있도록 하나 이상의 무호기를 사용할 수 있다.

나. 무신호를 교량 또는 교량지지물 위에 서로 다른 장소에 설치한다면 그 신호의 특성은 서로 달라야 한다.

④ 레이더 반사기(Radar Reflector)

가. 레이더에 잘 나타나지 않는 교각에 레이더반사기를 설치하여 반사효과를 높일 수 있다.

나. 레이더 반사기 간의 거리는 20m 이상 되어야 반사효과가 있다.

⑤ 레이콘(Racon)

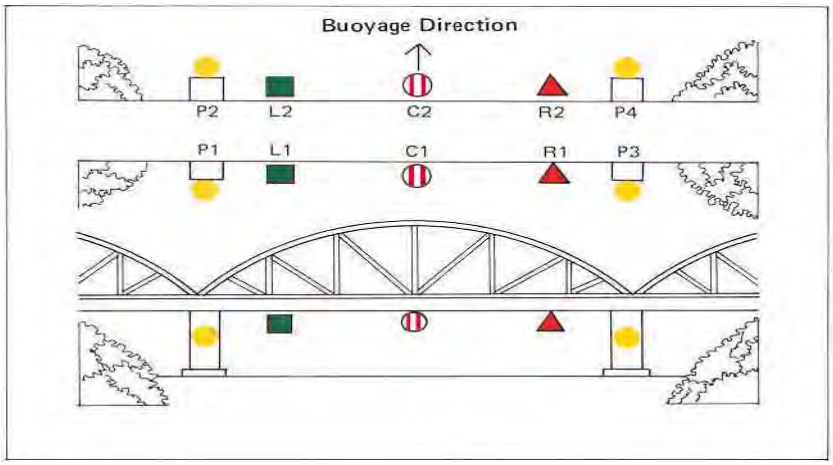
가. 교량 아래에 통항의 최적장소(Best Point of Passage)를 표시하기 위하여 단거리 레이콘을 사용할 수 있다.

나. 하나 이상의 레이콘을 설치할 경우에는 우현에는 모스부호 T(–)로 하고, 좌현에는 모스부호 B(–…)로 한다.

⑥ Light Pipe

항로 폭이 좁은 경우에 교각 조사등이 항해자의 눈부심을 유발할 수 있으므로 교각의 존재를 확실히 나타내기 위하여 적절한 크기의 Light Pipe를 교각중앙에 수직으로 설치함이 효과적일 수 있다.

도해 (10-1) 교량표지 설치기준



System B		
	Night Light	Daymark
Best Point Passage Light	White	
Starboard	Red	
Port Side	Green	
Pier	Yellow	

제 11 장 해상구조물 표지(Marking of Offshore Structures)

(1) 해면 위로 돌출하고 예를 들어 광물탐사와 시추, 굴착, 원유생산설비, 유정, 해양자료수집용 구조물, 해양자원탐사, 또는 영구적인 고정구조물 표지에 적용한다.
(2) 공사목적용 표지, 침선표지, 해저케이블 또는 송유관표지, 해양자료수집용 표지(ODAS) 등의 기능 및 규격에 관하여는 해상부표식의 종류 및 규격기준에 의한다.

[해 설]

(1) 기술적인 조건

① 야간에 구조물에 접근할 때 어떤 방향에서도 적어도 하나의 등화를 볼 수 있는 백색등화를 표시하여 구조물을 표시하여야 한다.

② 구조물의 수직 및 수평 끝단에 주관당국이 정한 방식으로 항공 비행규칙의 조건에 맞는 표지를 하여야 한다.

③ 각 구조물은 모든 방향에서 볼 수 있는 식별판(Identification Panel)을 설치하여야 한다.

④ 구조물에는 어떤 방향에서도 청취가 가능한 무신호기를 1개소이상 설치한다.

(2) 표지기능

① 주등(Main Light(s))

가. 광력 : 최소 12,000cd(모든 손실이 고려된 후의 광도)이상 / IALA 권고1,400cd의 최소 시광도(視光度) 이상으로 대조의 평균고조면에서부터 12m 이상 30m 이하에 설치되어야 한다.

나. 등질 : 모스 부호 U(··—)의 백색섬광등으로 15초의 주기로 공동 운영되어야 한다.

다. 등화의 점등시간

㉮ 일몰 15분전부터 일출 때까지 점등되어야 한다.

㉯ 어떤 방향으로 기상학적인 시계가 2마일 이하일 때는 주간이라도 점등되어야 한다.

② 예비등(Standby Lights)

가. 주등의 고장시 자동적으로 동작하는 예비등화 시스템을 갖추어야 한다.

나. 예비등화는 주등의 기능과 동일하여야 한다.

다. 예비등화는 주등의 전원과 관계없이 적어도 4일간(96시간) 전력으로 연속적인 작동이 가능해야 한다.

③ 경보신호장치

주등의 전원이 꺼지면 운영요원에게 경보를 발할 수 있는 경보신호장치를 설치한다.

④ 보조등(Subsidiary Lights)

가. 광력 : 최소 15cd(모든 손실이 고려된 후의 광도)이상

나. 등질 : 홍색 섬광등으로 주등과 동일한 특성을 가져야 하며, 각각 다른 보조등과는 동일하게 작동되어야 한다. (반드시 주등과는 일치하지 않아도 됨)

다. 설치위치 : 구조물의 수평면 끝단 (최소 4개소 이상 설치)

⑤ 무신호(Fog Signals)

가. 신호음 : 모스부호 "U"를 나타내는 음향이어야 한다.

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

다. 설치위치 : 대조의 평균 고조 면에서 12m 이상 30m 이하의 높이에 설치되어야 하며, 어느 방향에서도 청취가 가능하여야 한다.

예외적으로 해양수산부장관이 특별히 승인한 높이에 무신호기를 설치할 수 있다.

라. 무신호 발사 : 어느 방향에서든지 기상학적인 시계가 2해리 이하일 때는 울려야 한다.

⑥ 예비 무신호(Secondary Fog Signal)

가. 기능 : 주 무신호기가 전체적으로 고장이 발생하였을 때 자동적으로 작동하여야 한다.

나. 음달거리 : 0.5해리

다. 기타기능 : 주 무신호기의 기능과 동일

⑦ Racon 설치 : 특별한 구조물의 식별이필요한 지역에서는 Racon이 설치되어야한다
발신부호는 D(— ··)이다.

⑧ 경보 신호장치

항로표지 시스템의 기능이 정지될 경우 운영요원에게 경보를 발할 수 있는 경보 신호장치를 설치한다.

⑨ 식별판(Identification Panels)

가. 식별판은 노란색 바탕에 1m 크기의 검은색 숫자/문자로 구조물의 등록명 또는 다른 명칭을 나타내어야 하며 어느 방향에서든지 적어도 한 면을 볼 수 있도록 배치되어야 한다.

나. 별판은 조명이 되어야 한다. 선택적으로 문자/숫자는 역반사할 수 있는 위치에 표기하여야 한다.

(3) 항로표지가 전체적으로 고장이 날 경우의 항로표지(Marking in the Event)

① 구조물에 장착된 주 기능 및 예비기능의 항로표지 모두가 고장이 날 경우에 대체할 수 있는 임시표지(Temporary Marking)를 보유하여야 한다.

② 임시표지는 두 개의 방위등부표로 설치하여야 한다.

가. 등부표에는 두표, 레이더반사기와 무신호기가 설치되어야 한다.

㉮ 무신호기 : 파동작동 종(Wave Actuated Bell), 파동작동 경적(Whistle) 또는 매5초마다 한번 치거나 울리며 최소 0.5해리의 음달거리를 갖는 전자종 또는 전기무신호 중의 한 가지

㉯ 등부표의 등화 광도 : 모든 손실이 고려된 후의 광도가 70cd 이상

㉰ 등부표의 전원 : 태양전지와 축전지

(4) 기타 표지

공사목적용 표지, 침선표지, 해저케이블 또는 송유관표지, 해양자료수집용 표지 등의 기능 및 규격에 관하여는 해상부표식의 종류 및 규격기준에 의한다.

제 12 장 음파표지(Audible Signals)

(1) 안개나 눈 기타에 의해서 시계가 좋지 않을 때 음향으로 신호소의 위치를 선박에 알리기 위하여 약정된 음향신호를 발하는 것을 말한다.
(2) 음향신호는 위치확인용 표지가 아니며 단지 위험물 경고용으로만 사용하는 것으로 국제항로표지협회 권고 E-109에 따른다.

〔해 설〕

(1) 설계기초

① 이용범위에 대하여 충분한 음향이 이르도록 공칭유효거리와 통상유효거리를 감안하여 기종을 선정한다.
② 음향학적으로 발생음파는 전파특성(傳播特性) 및 측정자의 가청능력에 대하여 우수하여야한다.
③ 기상, 해상의 영향에 의하여 음향이 감쇄되지 않고, 전파(傳播)방위의 변화가 적도록 설치위치를 선정한다.
④ 부근의 지형에 의하여 음향이 반사 및 굴절되지 않도록 설치위치를 전정하여야 한다.
⑤ 음파에 일정한 표지부호 및 음색을 갖고 정확한 주기로 반복되어 측정자가 다른 음향과 즉시 구별할 수 있어야 한다.
⑥ 장해물과 충돌방지를 위한 위험 경고용 저출력 무신호기는 꼭 필요한 장소에만 설치한다.

(2) 일반적인 설계기준(해상 구조물)

① 신호음 : 모스부호 "U"를 나타내는 소리여야 한다.

단음	0.75초	
침묵	1.00초	
단음	0.75초	6.00초
침묵	1.00초	
장음	2.50초	
침묵	24.00초	
총주기	30.00초	

② 음달거리 : 어느 방향에서도 최소 2해리의 범위에서 들을 수 있어야 한다.
③ 설치위치 : 대조의 평균고조면에서 12m 이상, 30m 이하의 높이에 설치되어야 하며, 어느 방향에서도 청취가 가능하여야 한다.
예외적으로 해양수산부장관이 특별히 승인한 높이에 무신호기를 설치할 수 있다.
④ 무신호 발사 : 어느 방향에서든지 기상학적인 시계가 2해리 이하일 때는 울려야 한다.
⑤ 전 원 : 무신호기는 주전원과 독립되어 적어도 96시간 동안 각각 연속적으로 작동할 수 있어야한다
⑥ 예비 무신호
가. 기능 : 주 무신호기가 전체적으로 고장이 발생하였을 때 자동적으로 작동하여야한다
나. 음달거리 : 0.5해리
다. 기타기능 : 주 무신호기의 기능과 동일

제 13 장 전파표지(Radio Aids)

13-1 레이콘(Racon)

(1) 선박의 레이더로부터 발사된 전파를 수신하여 자동으로 약정된 기호를 응답하므로서 선박레이더 영상위에 휘선기호로 나타나게 하여 방위 및 위치를 알 수 있도록 하는 표지시설이다.
(2) 레이더비콘은 레이콘, 레이더반사기(Reflector)와 레이더물표증폭기(Radar Target Enhancer)의 설치는 IALA권고 R-101r1 및 NAVEGUIDE에 따른다.

〔해 설〕

(1) 레이더비콘의 설치기준
① 레이더비콘은 다음 각호의 목적으로 사용할 수 있어야 한다.
가. 눈에 잘 띄지 않는 해안선의 위치표시
나. 통항분리항로상에서의 중앙분기점 및 변침점
다. 항만입구 등 중요한 국부적 특징을 식별할 수 있는 인지표지
라. 선박안전항로 유도를 위한 유도표지
마. 교량의 가항수로를 표시하는 교량표지
바. 피항수역 표시
사. 해도에 표시되어 있지 않는 위험지역의 표시
② (등)부표 등에 설치하는 레이더비콘은 안정적인 기능을 유지하기 위하여 방수기능을 갖춘 장비를 설치한다.
③ 레이더비콘은 이용자의 편의를 위하여 가능한 X / S밴드 겸용으로 설치한다.
④ 레이더비콘을 설치하고자 할 때에는 표참 (13-1)의 기술규격에 적합하게 한다.
⑤ 레이더비콘 설치 시에는 낙뢰 등 이상전압으로부터 장비를 보호하기 위하여 다음 각 호의 기준을 검토한다.
가. 레이더비콘 장비는 피뢰접지와 별도로 규격에 맞게 접지한다.
나. 레이더비콘과 피뢰기간의 이격거리는 최소 1.5m이상으로 하고 대지면 접지 이격거리를 7.6m이상으로 한다.

(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 침선과 같은 새로운 위험물을 표시할 때에는 모스부호 "D"를 사용하고 레이더 화면상에서 부호의 길이는 1해리 이내로 하여야 한다.
④ 새로운 장해물을 표시하고자 할 때에는 일반 항로표지와 구별하기 위하여 모스부호 "W"로 사용되며, 부호의 길이는 레이더 화면상에 1해리를 넘지 않아야 한다.
※ 모스부호 "W" 는 IALA 권고 상에는 언급이 없으나 국내 기준인 "항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준"에는 명시되어 있다.

표해(13-1) 일반용 해상 레이콘에 관한 기술적인 파라미터

항 목	파라미터	내 용
1. 안테나	편 파	9㎓ 대에서, 수평편파를 사용하는 레이더의 응답에 적합 3㎓대에서, 수평편파를 사용하는 레이더와 수직편파를 사용하는 레이더에 적합
2. 수신기	1. 주파수대 2. 차단시간 3. 초기 레이더 펄스길이	9300~9500㎒ 및 /또는 2900~3100㎒. 응답종료 후 ≤ 100㎲ ≥ 0.05㎲
3. 송신기	주 파 수	송신은 200㎱ 이하의 주기를 갖는 질의 펄스에 대해 ±3.5㎒의 주파수 허용오차 또는 0.2㎲ 와 동일하거나 이상의 주기를 갖는 펄스에 대하여 ±1.5㎒의 주파수 허용오차를 갖는 질의 신호의 주파수에서 발생하거나, 신호가 수신되었던 수신기의 전체 주파수 대역을 포함하는 연속적인 소인에 의하여 발생하여야 한다. 송신이 연속적인 소인으로 이루어지는 곳에서는, 소인의 형태는 톱니 형태가 될 것이며 200㎒ 당 60초와 120초 사이의 회전속도를 가져야한다.
4. 응 답	1. 질의 수신후의 지연 2. 식별형태	보통 0.7㎲ 보통식별부호는 모스부호의 형태가 되어야 한다. 사용된 식별부호는 적절한 항해용 수로서지에서 설명된 것이어야 한다. 식별부호는 레이콘 응답의 전체 길이로 구성되어야 하며, 모스부호가 사용되는 곳에서는, 응답은 3개의 단(dot)부호에 해당하는 한 개의 장(dash)부호와 1단(dot) = 1 space의 비율로 나누어져야 한다. 식별코드는 통상적으로 장부호로 시작하여야 한다. 응답주기는 특정한 레이콘의 최대 거리 조건의 약 20% 이어야 하거나, 5마일을 초과해서는 아니 된다. 어떤 경우에는, 응답주기는 특정한 레이더비콘에 대한 운영조건에 맞도록 조정되어야 한다. (주의 1 참조)

주의 : 안테나의 구경과 이득, 수신기 감도, 송신기 출력, 레이콘 응답주기, 주파수 감응형(Frequency agile) 레이콘 on /off 시간 및 측엽(side -lobe)의 억제는 주무 당국에 의해서 결정되어야 한다.

표해(13-2) 레이콘 범위(해리 단위)의 예

레이콘 높이(m)	5m 스케너 높이 3㎾ 송신기 (요트)		13m 스케너 높이 7㎾ 송신기 (소형선박)		35m 스케너 높이 25㎾ 송신기 (대형선)	
	3㎝	10㎝	3㎝	10㎝	3㎝	10㎝
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

13-2 레이더물표 증폭기(Radar Target Enhancers)

(1) 개 요

레이더 물표 증폭기(RTE)는 능동적인 레이더 반시기로 레이더가 소인(swept)할 때 수신된 레이더 신호를 증폭하여 전송하는 장비로서, 반사된 레이더 신호는 수동적인 물표와 동일한 형태로 레이더 화면상에 표시되지만 훨씬 지속적이며 보다 먼 거리에도 탐지될 수 있는 장비이다.

(2) 사용목적

RTE은 탐지거리의 증대 및 항로표지로부터의 반사파의 지속성을 향상

(3) 신호특성

RTE는 단지 9300 ~ 9500㎒ 주파수대(X-밴드)에서만 운영되고 있다.

[참고문헌]

1) 항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준(해양수산부고시 제2004 - 15호 2004. 3. 8)
2) 표준형부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정(해양수산부훈령 제251호 2001. 12. 5)
3) 주요부표의 "위치이동" 신호에 관한 권고(IAlA 권고 O-104, 1998. 5)
4) 해상 부표식에서의 항로표지에 관한 역반사재 사용에 관한 권고(IALA 권고 E-106, 1998. 5)
5) 항로표지의 시각신호로 이용되는 표면색상에 관한 권고(IALA 권고 E109, 1998. 5)
6) 음파표지의 등달거리 계산에 대한 권고(IALA 권고 E-109, 1998, 5)
7) 항로표지의 등질에 관한 권고(IALA 권고 E-110, 1998, 5)
8) 도등에 관한 권고(IALA 권고 E-112, 1998. 5)
9) 교량표지에 관한 권고 (IALA 권고 O-113, 1998. 5)
10) 해상 레이콘에 관한 권고(IALA 권고 R-101rl, 200. 12)
11) 항로표지지침서(1, 2, 3, 4판) (IALA NAVEGUIDE)
12) 항로표지업무편람(해양수산부 1997. 12)
13) 항로표지용어사전(해운항만청 1998. 2)
14) 항로표지구조물 설계기준(해운항만청 1997. 12)
15) 항로표지 (1997. 12)
16) 등대표(국립해양조사원 2003. 1)