

항로표지장비 · 용품의 성능 검사

김 종 욱*

*한국항로표지기술협회

요 약 : 선박의 안전한 항해와 운항능률을 향상시키기 위하여 사용중인 광파표지에 사용하는 등명기의 경우 그 자체에 대한 중요성은 많이 인식되었으나 그 외의 항로표지장비·용품은 사용범위 및 빈도에 비해 중요성이 많이 인지되고 있지 않아 e-Navigation 시대에 맞추어 항로표지장비·용품의 품질 향상 및 기능 유지를 위한 성능 검사 방법 및 전원공급시스템의 실태 파악 분석결과에 대하여 기술하였다.

핵심용어 : 등명기, 항로표지, 검사방법, 품질향상

I. 서 론

선박의 안전한 항해와 운항능률을 향상시키기 위하여 각종 항로표지가 이용되고 있으며, 특히 우리나라는 서해안과 남해안의 해안선이 복잡하고 섬들이 많은 관계로 항로표지의 중요성이 많이 부각되어 있다. 항로표지는 크게 광파표지, 형상표지, 음파표지, 전파표지 및 특수신호표지 등으로 분류되며, 그 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 광파표지이다. 광파표지는 등대, 등표, 도등, 조사등, 지향등, 등주, 교향등, 등부표, 등선등으로 분류되며, 현재 무인등대와 등부표가 총 광파표지의 70%를 차지하고 있다. 무인등대 및 등부표에 사용하는 등명기의 경우 그 자체에 대한 중요성은 많이 인식되었으나 그 외의 항로표지장비·용품은 사용범위 및 빈도에 비해 중요성이 많이 인지되고 있지 않다. 특히 항로표지 시설이 항해지원 시설에서 해양교통시설의 핵심으로 대두되고 있으며 e-Navigation 시대의 흐름에 따라 항로표지장비·용품이 e-Navigation 시스템의 지원 및 정보제공에 중추적 역할을 하게 될것이다. 이러한 항로표지장비·용품의 품질 향상 및 기능 유지를 위한 성능 검사 방법 및 전원공급시스템의 실태 파악

분석결과에 대하여 기술하였다.

II. 항로표지용 등명기 성능 검사

1. 등명기 분류

광파표지에서 사용하고 있는 등기구는 그 사용목적에 따라 등명기, 교량등, 도등, 지향등 및 조사등 등으로 구분한다. 전구 또는 LED를 사용한 광원에서 나온 빛을 렌즈 또는 반사경을 이용하여 굴절 반사시켜 빛을 모아 외부로 방사하는 조명기구를 등명기라 한다. 등명기는 등대, 등표, 등부표, 교량표지등에 사용하고 있으며, 랜턴(Lantern), 라이트(Light) 및 비콘(Beacon)으로 표기하고 있다. 등명기는 광원이 보이는 방법에 따라 점멸식과 회전식으로 구분할 수 있다.

광원으로 전구를 사용하는 점멸식 등명기는 그림 9-3과 같이 상부 등체(렌즈)와 하부 등체로 구성되어 있으며 주요 부품은 다음과 같이 구성된다. 침수될 우려가 있는 등부표 등에 설치하는 등명기는 해상환경에 적합하도록 내수형(Deck-Water tight)구조와 주위온도 -30℃ ~ +60℃ 환경에서 이상 없이 동작하도록 제작하여야 한다.

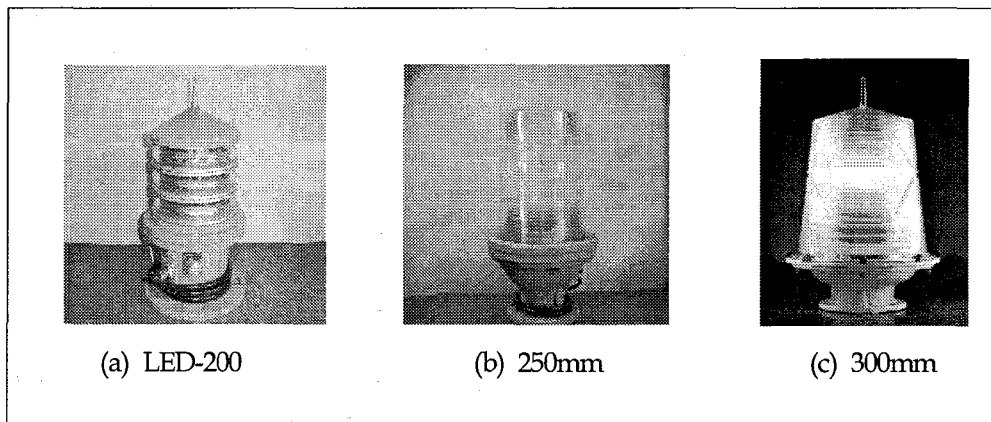


그림 1. 점멸식 등명기의 형태

* jukkim@paran.com

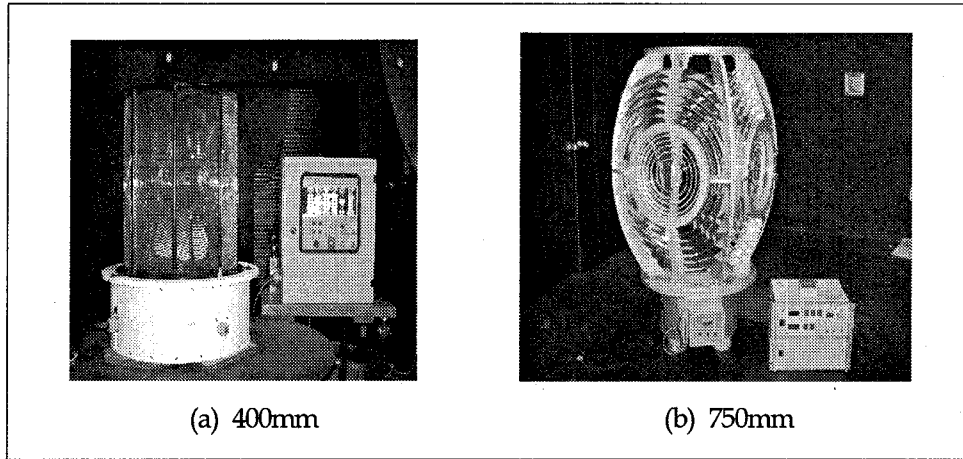


그림 2. 회전식 등명기의 형태

광원을 점등 상태로 하고 광학계 렌즈 또는 상부 등체를 회전하는 방식으로 렌즈를 회전시키거나 상부 등체의 광학계 전부를 회전시키는 회전식 등명기를 Rotating Beacon 또는 Rotating Light라 한다. 400mm 회전식과 750mm 회전식 등명기의 모양을 그림 2에 나타내었다.

2. 등명기 성능 검사

국제항로표지협회(IALA) 권고기준에 적합한 검사장비·시설 도입에 따른 해상용 등명기의 품질 향상 및 성능향상을 위하여 항로표지용 등명기에 대한 성능검사는 한국항로표지기술협회가 검사대행기관으로 지정되어 한국항로표지기술협회 시험검사소에서 검사업무를 수행하고 있으며 등명기의 사용 전 검사에 대한 세부검사항목은 다음과 같다.

가. 광속 및 색도검사

- 검사장비 : 광속계, 색도계, 전원공급장치, 광학테이블, 분광방사휘도계
- 광속검사 : 등명기에 사용되는 전구의 광속측정
- 색도검사 : 등명기의 렌즈 및 색필터에 대한 스펙트럼, 색도측정

나. 배광시험기에 의한 검사

- 검사장비 : 배광시험기, 전원공급장치, 디지털멀티메타 등
- 수직·수평발산각검사 : 등명기의 수직·수평축에 대한 배광 및 발산각 시험
- 유효광도검사 : 등명기의 순간 광도를 측정하여 섬광의 유효광도 측정
- 등질검사 : 등질기준에 따른 명간(섬광시간), 암간, 주기의 시간 측정

다. 전기적특성검사

- 검사장비 : 전원공급장치, 조도계, 오실로스코프, 디지털 멀티메타 등
- 일광감지기검사 : 주위 밝기에 따라 점·소등되는 점등 및 소등 조도 측정
- 전구교환기검사 : 등명기내 전구교환기의 동작 및 전기

적 특성 측정

- 섬광기검사 : 등명기내 섬광기의 동작 및 전기적 특성 측정

등명기의 성능을 평가하는 중요요소는 배광시험기를 이용하여 측정하는 광학특성(수직·수평발산각, 부동광도, 등질, 유효광도)이며 등명기의 수평방향(360°)의 전체적인 배광곡선을 이용하여 평균광도를 계산한다. 등명기의 광도 측정은 측정결과가 충분히 광학계의 성능을 나타낼 수 있는 거리에서 측정하여야 하며 수광기의 조도가 측정하는 광학계에서 수광기까지의 거리의 역 2승으로 변화하는 거리에서 측정하여야 한다.

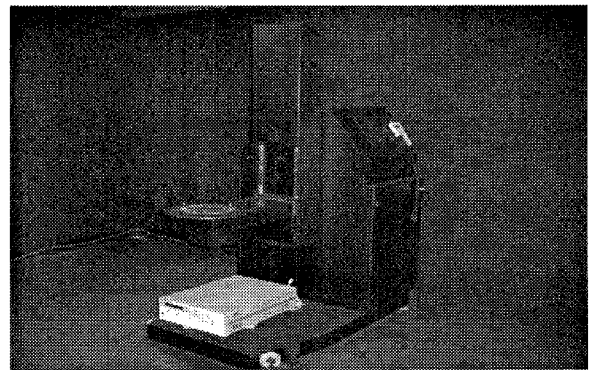


그림 3. 소형배광시험기

광학 측정거리는 소형 광학계(예를 들면 등부표용 등명기, 실드빔 램프, 낮은 등급의 등명기 등)는 30m 이내로 하고, 대형 광학계는 200~300m에서 측정한다. 소형 광학계는 실내에서 측정하는 것을 원칙으로 하고, 대형 광학계는 실외에서 측정할 수 있다. 실외에서 측정할 때에는 기상학정시정이 10해리 이상인 야간에 실시하는 것을 원칙으로 하고 이때의 대기 투과율은 무시하여도 된다. 현지에 설치되어 있는 대형 광학계의 광도는 표준 등명기를 이용하여 비교 측정하고 근사값을 계산할 수 있다.

표 1. 등명기 분류별 배광측정 거리

기준	등명기 분류		
	대형급 등명기	중형급 등명기	소형급 등명기
렌즈의 내경	750mm이상	300mm ~ 750mm미만	300mm미만
렌즈의 높이	1,250mm이상	433mm ~ 1,250mm미만	433mm미만
광도측정거리	300m 실외측정	실내 · 외측정	25m 실내측정

배광시험기를 이용하여 측정된 등질검사(0.5초, 1초, 2초) 광도값을 스미트-크라우센의 식, 알라드의 식, 블론델-레이-더글러스의 식 및 그 외의 IALA에서 추천하는 식을 통해 환산하며, 섬광이 매분 300회 이하의 비율로 발광할 때에는 스미트-크라우센의 식을 사용한다. 측정섬광의 등질이 시간이 다른 섬광 또는 보이는 섬광이 다른 섬광을 포함할 때에는 각각의 최저치를 잡으며 발광시간에 있어서 순간광도의 변화를 측정할 수 없을 때에는 유효광도는 다음 식을 사용한다.

$$I_e = \frac{I_o \cdot \tau}{a + \tau} \quad [\text{cd}]$$

a : 시각의 시간정수 [초]

구분	밤	낮
차폐 또는 절멸에 의한 섬광	0.2	0.1
회전광학계에 의한 섬광	0.3	0.15

3. 등명기 검사 현황

시험검사소에서 2002년도 부터 등명기에 대한 성능검사를 실시한 결과 등명기의 기술수준 및 품질이 향상(2002년도합격을 43% ⇨ 2005년도합격을 74%)되었다. 등명기의 2004년도 합격률은 75.4%이었으나, 홍색 렌즈의 수정계수를 30% 적용(현재 24% 적용) 기간 중 불합격 수량이 증가하여 2005년도 합격률이 74%로 약간 감소하는 경향을 보였다.

표 1. 2005년도 항로표지장비·용품 검사실적

계	종류별 검사대수 (대)				합격률
	사용전	정기	변경	시험	
1,695	1,474	125	3	93	74%

가. LED 등명기의 검사 보완 내용

- 1) 색도 : LED 모듈 교체, LED 소비전력 조정(LED의 동작전류 감소)
- 2) 등질 : 섬광기 교체, 제어IC Reset 회로 및 전원공급회로 수정
- 3) 수직·수평발산각, 유효광도 : LED 모듈 교체, LED와 렌즈간의 위치조정, LED에 공급되는 출력전압과 소비전류 조정

- 4) 섬광기 : LED 소비전력 조정(LED의 동작전류 감소), 기판의 제어회로 소자값 변경, 일광감지기 제어소자와 센서 보완 및 교체

나. 소·중형급 전구식 등명기의 검사 보완 내용

- 1) 광속 : 전구 교체
- 2) 색도 : 렌즈 교체
- 3) 등질 : 섬광기(회로기판) 교체 및 제어IC 프로그램 수정, 등질변환 스위치 수정(교체)
- 4) 수직·수평발산각, 유효광도 : 렌즈 교체, 전구위치(높낮이) 조정 및 교체, 전구교환기 위치 조정(전구가 렌즈 중심부에 오도록 조정)
- 5) 섬광기 : 섬광기(회로기판) 수정 및 교체, 전구교환기내 전구 베이스 연결부분 수정, 섬광기내 출력단자 보완 또는 교체, 일광감지기 교체(일광감지기 부동작에 따른 무부하 전류 측정 불가)
- 6) 전구교환기 : 전구교환기 보완 및 교체, 전구교환 모터와 전달축 보완 및 교체, 제어IC 프로그램 및 회로 수정, 섬광기 교체
- 7) 일광감지기 : 일광감지기 센서 위치 변경(내장형에서 외장형으로), 일광감지기 교체, 일광감지기 감도 조정, 섬광기 회로기판 보완 및 교체

다. 대형급 등명기의 검사 보완 내용

- 1) 수직·수평발산각, 유효광도 : 전구위치(높낮이) 조정 및 교체, 중심 프리즘 렌즈 위치 조정 및 교체
- 2) 제어반 : 제어반내 회로보완 및 교체

Ⅲ. 항로표지용 전원공급시스템 성능 검사

1. 전원공급시스템

항로표지의 종류에 따른 전원공급 방식은 설치위치 및 환경에 따라 차이가 있으며, 또한 용도에 따라서도 원하는 유효광도를 얻기 위해 각기 다른 형태를 가진다. 유인등대의 경우는 등명기에 사용되는 램프의 소비전력이 500W~1000W급으로 외부전원을 인가 받지 못하는 경우 다수의 태양전지(대략 75W급 100장 이상) 및 축전지가 필요하며, 무인등대, 등표, 등부표의 경우는 대부분 DC 12V 100W 미만의 램프를 사용하므로, 태양전지 2~6장, 축전지 6~12개가 일반적으로 이용된다.

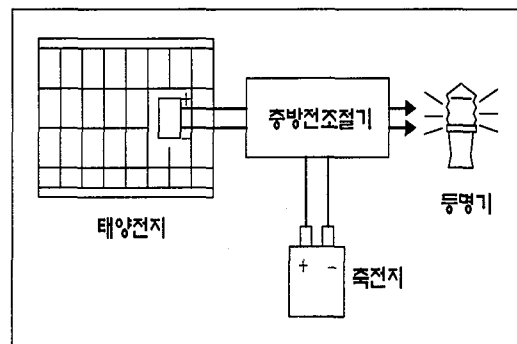


그림 4. 등부표용 전원공급시스템

특히 태양전지, 축전지 및 등명기를 연결하여 제어하는 장치인 충방전조절기는 축전지의 과충전 및 과방전 보호를 위한 기능을 가지며 전원공급시스템에서 중요한 역할을 수행하는 장비이다.

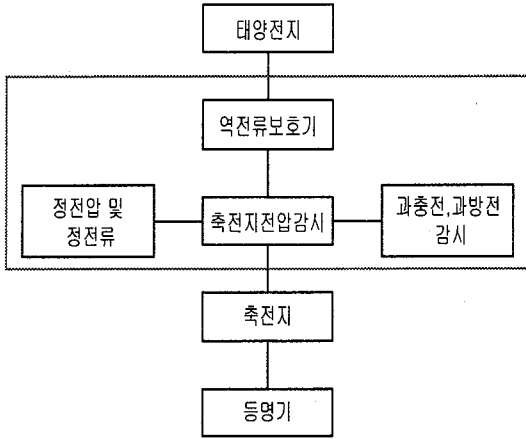


그림 5, 충방전조절기 구성도

현재 해상용으로 가장 많이 쓰이고 있는 것은 DC12V-5A, DC12V-10A 형태이며, 해상용 등명기의 집약관리시스템이 도입되므로써, 점점 DC 12V-10A의 사용이 증가하고 있다.

2. 전원공급시스템 설문 결과 분석

가. 제품 사용에 대한 이해도 부족

충방전조절기의 경우 전원공급시스템에서 반드시 필요한 장치임에도 불구하고, 사용자들은 대부분의 광과표지에서 이 장치를 배제하고 축전지와 태양전지를 직접 연결하여 사용하고 있다. 그 원인은 일정하지 않은 일사량, 해수에 의한 부식 및 내부 소자 파손 등에 의해 고장이 자주 발생하기 때문인 것으로 나타났다. 그러나 이는 축전지의 충전제어(과충전, 과방전 등) 및 역전류 보호 기능 등을 수행할 수 없게 만들어 축전지의 성능을 급격히 떨어뜨릴 수 있다.

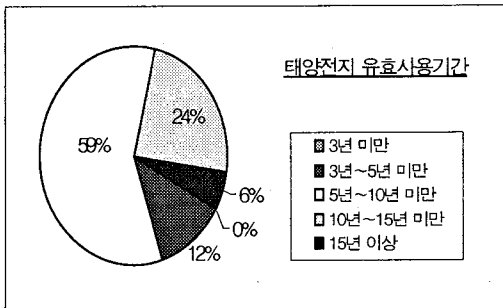


그림 6. 태양전지 유효사용기간

나. 제품 검사에 대한 필요성 인식

축전지는 자체적으로 전해액 보충 및 비중검사를 실시하고 있으며, 충방전조절기의 경우도 설문대상의 75% 정도가

자체검사를 실시하는 것으로 나타났다. 그러나 태양전지와 축전지의 경우 대부분의 설문대상들에게서 공인검사기관의 검사성적서는 받아보지 못하였다는 답변을 얻었으며, 직접 검사신청도 해 보지 않은 것으로 조사되었다. 또한 충방전조절기의 경우에는 공인검사기관의 유무도 알지 못하는 것으로 조사되었다. 이는 제품의 신뢰성을 떨어뜨릴 뿐아니라, 선박의 안전한 항해를 위협하는 요인이 될 수 있다.

다. 제품별 규격 통일화

현재 해상용으로 사용되는 태양전지는 53W, 75W 및 80W급 등의 3종류로 크게 분류된다. 이러한 3종류 타입은 서로 크기와 형태가 다르므로, 태양전지의 설치조건(정남방향을 향하게 설치하거나, 지형적인 여건 등으로 설치가 곤란할 때는 정남을 중심으로 10° 또는 20°도 범위 내로 어레이 방향을 조정)에 맞추려할 때, 타입별로 그 설치형태를 각각 조정하여야 하는 어려움이 있다.

충방전조절기의 경우 제작회사별로 자사의 제품과의 호환성만을 고려하여 제작한 관계로, 타사제품과의 호환성이 문제가 되어 실사용자 측에서 어려움을 느끼고 있다.

또한 해상용 광과표지의 효율적인 관리를 위해 새롭게 도입되고 있는 집약관리시스템의 경우, 기존 사용되고 있는 제품들과 상호호환이 이루어지지 않아 일관된 적용에 어려움이 있는 실정이다.

라. 사용상의 편리와 안전성 향상

현재 사용되는 태양전지의 경우 해상에서 사용하는 관계로 단자에 부식이 발생하는 경우가 많이 발생하며, 표면도 손상되는 경우가 발생하는 것으로 조사되었다. 이런 문제점을 개선하기 위해서는 부식에 강한 재질의 사용과 추가적인 표면코팅이 요구된다.이외에도 이동시에 편리한 손잡이 기능, 축전지 전조 강도 강화 및 자체 비중계의 신뢰도 개선 등이 요구되는 것으로 조사되었다.

충방전조절기의 경우에는 해수 침투 및 고온 다습한 환경 여건으로 인해 고장이 많이 발생하는 관계로 밀폐기능을 보완하고, 자체 소비전력을 최소화 시키는 방안을 모색해 보아야 할 것으로 조사되었다. 또한 내부 소자의 고장이 많이 발생하여, 신뢰도를 크게 잃은 것으로 조사되었다.

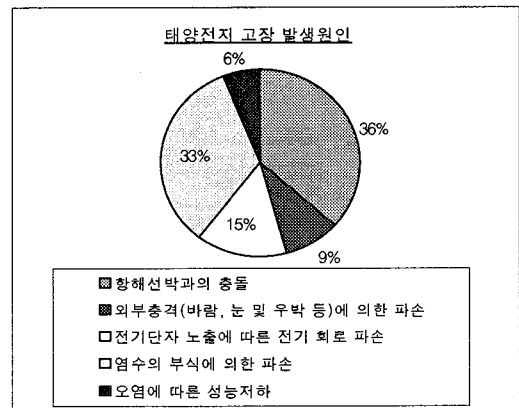


그림 7. 태양전지 고장 발생원인

IV. 결 론

항로표지장비·용품에 대한 검사현황과 전원공급장치(태양 전지, 충전전조절기, 축전지 등)의 사용실태를 알아보고, 설문조사 및 담당자 면담을 통해 현 시스템의 문제점 및 개선 요구사항들을 조사하였으며, 전반적으로 시스템의 낙후로 인해 개선을 요하는 부분들이 많았고 제품별로는 축전지가 전체 설문대상의 63%로 개선이 가장 시급하다는 의견이었으며 그다음으로 충전전조절기가 31%의 순이었다. 또한 이와 더불어 집약관리시스템이 새롭게 도입됨으로 인하여, 추가적인 전원공급의 문제점, 전원공급장치의 용량 증가에 따른 축전지 및 기타 장치들의 설치의 문제, 구조의 난해함으로 인한 유지·보수문제 등이 크게 대두될 것이라는 의견이 많았다.

향후 본 조사를 통해 제기되어진 문제점들에 대한 개선 및 새로운 시스템의 원활한 적용을 위해 제품의 규격화, 성능향상을 위한 검사기준 마련 등을 현재 진행중에 있으며 계속적인 연구가 진행되어져야 할 것으로 판단된다.