

안전한 교량등 점검을 위한 자동 교량등 지지대에 관한 연구

임민용* · † 국승기

*한국해양대학교 대학원 박사과정생, † 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

A Study on Automatic Bridge Lantern Support for Safe Bridge Lantern Inspection

Min-Yong Lim* · † Seung-Gi Gug

*Student, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Professor, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 교량등은 교량 아래의 수역 가운데 가항수역과 항로상 교각의 존재를 알리기 위해 교량이나 교각에 설치하는 등화로서 항로표지 중 광파표지의 일종이다. 국내에는 주요 하천과 해상에 중대형 교량이 산재해 있으며 선박이 운항하는 교량에는 반드시 교량등을 설치하고 1개월 혹은 수개월 단위의 주기적 점검을 시행하도록 하고 있다. 하지만, 현재 대부분의 교량등은 교량 난간 외부에 고정식 지지대 혹은 수동 회전식 지지대 형태로 설치되고 있어 점검 시 낙상사고 등의 위험성으로 인명사고 우려가 매우 높으며 교통량이 많은 교량에서는 교통통제 민원으로 인해 신속한 작업을 요하기도 한다. 이에 본 연구에서는 안전하고 신속한 교량등의 점검을 위한 방안을 마련하고자 교량등 설치 유형에 따른 맞춤형 자동 교량등 지지대 개념을 제시하였다. 또한 유무선 통신 기술을 이용한 교량등과 자동 교량등 지지대의 감시 및 제어 통합관리 프로그램과 연계시켜 교량등 시스템의 완전 자동화를 추구하고자 하였다. 이러한 연구결과는 향후 교량등이 설치되는 신규 교량과 개보수 교량의 설계 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 항로표지, 교량등, 자동 교량등 지지대, 통합관리, 자동화

Abstract : Bridge lanterns are installed on bridges or piers to signal the presence of these structures on navigational routes and navigable waters, and they fall under the category of light wave signals in Aids to Navigation. In Korea, medium to large bridges installed over major rivers and seas are equipped with bridge lanterns, which are necessary for routes frequented by ships and require periodic inspections on a monthly or multi-month basis. However, most bridge lanterns are mounted externally on bridge railings as fixed or manual rotary supports, posing a high risk of fatal falls during inspections. Furthermore, high-traffic bridges demand quick maintenance works due to complaints about traffic disruption, thus increasing work hazards. Consequently, this study introduced a tailored automatic bridge lantern support concept based on different types of bridge lantern installations, aiming for safe and rapid inspections. Additionally, the study sought to achieve full automation of the bridge lighting system by integrating it with a management program for monitoring and controlling bridge lanterns, utilizing both wired and wireless communication technologies. These findings provide foundational design data for new and refurbished bridges that will be installed in the future.

Key words : aids to navigation, bridge lantern, automatic bridge lantern support, integrated management, automation

1. 서 론

설치되는 사례도 있다(MOF, 2015).

가항수역에 속하는 하천과 해상 교량에는 야간에 운항하는 선박의 항로 안내를 위해 광파표지인 교량등을 설치하여 운영하여야 한다. 교량등은 좌측단등, 우측단등, 중앙등, 교각등, 경간등로 세분화되며 교량 아래의 가항수역한계, 항로의 중앙, 교각(방충공시설 포함)의 존재를 표시한다. 교량등은 국제항로표지기술협회(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA)의 해상부표식(Maritime Buoyage System, MBS) 및 교량표지 권고 기준에 따라 설치된다. 교량등은 야간표지로서 Table 1의 설치 기준을 따르며 교량 규모와 형태에 따라 100개 이상의 교량등이

Table 1 Installation standards for bridge light

Type	Function	Light Color	
		A Region	B Region
port hand	A light marking the left end of the route under the bridge	Red	Green
starboard hand	A light marking the right end of the route under the bridge	Green	Red
mid channel	A light that marks the center of surrounding navigable waters or shipping routes	White	White
pier	A light indicating the presence of piers	Yellow	Yellow
span	A light indicating sections of the bridge span where navigation is prohibited	Yellow	Yellow

† Corresponding author, 중신회원, cooksg@kmou.ac.kr 051)410-4227

* newmarine98@naver.com 051)780-0130

이렇게 설치되는 교량등은 선박의 안전한 운항을 위해 주기적인 점검을 반드시 실시하여야 하며 무역항, 통항량 등 해당 교량 관리 등급 지정 기준에 따라 1개월 혹은 수개월 단위로 점검 관리가 되어야 한다(MGL, 2021). 현재 교량등은 교량의 교량등 지지대에 설치되고 교량등 지지대의 대표 유형은 고정식과 수동 회전식이 있으며 이러한 교량등 지지대는 교량 난간 외부에 설치되어 있어 주기적인 점검 시 낙상사고 등의 위험성으로 인명사고 우려가 매우 높으며 교통량이 많은 교량에서는 교통통제 민원으로 인해 신속한 작업을 요구하기도 한다(KICT, 1996). 특히 대도시의 철도교량의 경우에는 통행이 없는 시간대에만 점검을 실시해야 하는 등 점검에 많은 제약으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 이러한 교량등 점검의 문제점에 대해 자동 교량등 지지대와 이를 유무선 통신을 이용한 감시 및 제어 통합관리 운영프로그램 연계로 교량등 시스템의 완전 자동화를 추구하였다. 이 연구를 기반으로 교량등의 안전하고 신속한 점검을 위한 새로운 체계 마련이 기대된다.

국내에는 2021년 1월 중대재해처벌법이 제정되고 2024년 1월부터는 5명 이상(공사 금액 50억 원 미만) 기업에도 확대 적용되며 산업재해와 인명피해 방지 방안 대책이 부각되고 있다(MGL, 2022). 주로 해상 및 교량과 같이 안전사고 위험성이 높은 장소에 설치되는 항로표지 시설물에 대해서는 안전에 더욱더 높은 경각심을 가져야 할 것이다.

2. 교량등의 분류와 현재의 교량등 지지대

2.1 교량등의 분류

교량등은 측단등, 중앙등, 교각등, 경간등으로 분류된다. 측단등은 좌측단등과 우측단등으로 세분되고 교량 아래 가항수역 측단선 상의 경간에 설치한다. 중앙등은 교량 아래 가항수역의 항로 중앙선 상의 경간에 설치한다. 교각등은 교각 기초부를 포함한 수원측 및 수원 반대 측의 방향에 설치한다. 경간등은 항행이 금지된 교각의 경간에 설치한다. Fig. 1과 Fig. 2는 IALA 해양부표식 Region A, B에 따른 교량등 표준설치 예시이다(IALA, 2022; IALA 2023).

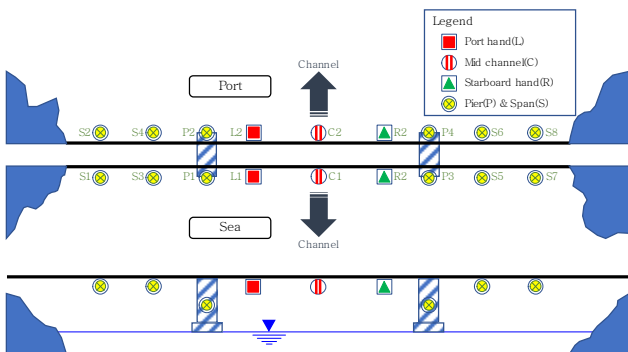


Fig. 1 IALA MBS region A bridge lights

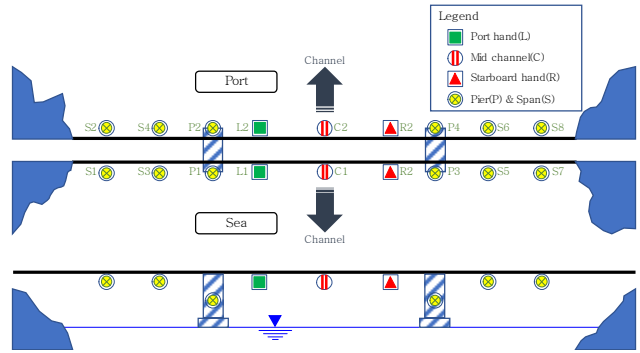


Fig. 2 IALA MBS region B bridge lights

2.2 현재의 교량등 지지대의 설치 유형

교량등의 운용을 위해서는 별도의 지지대가 교량 난간 외부 혹은 교량 상판 측면에 설치되며 교량등 지지대의 설치 유형은 교량의 구조와 형태에 따라서 고정식과 회전식으로 나뉜다. Fig 3은 고정식 교량등 지지대의 설치 사례로 교량등은 상시 운영 시에나 점검 시 모두 동일한 위치에 있는 유형이다. Fig 4는 회전식 교량등 지지대의 설치 사례로 교량 외부 측벽에 설치하고 회전축을 중심으로 사람의 힘을 이용하여 180도 회전시키는 구조로 교량등 지지대 끝단에 교량등을 거치한다. 회전식은 교량등 상시 운영 시에는 아래로 위치되고 점검 시에는 위로 회전시키는 유형이다.



Fig. 3 Example of fixed bridge light support installation



Fig. 4 Example of rotating bridge light support installation

2.3 현재의 교량등 지지대 문제점

현재의 교량등 지지대는 점검 위험성, 장시간의 점검 소요 시간과 교량 교통통제, 제한적인 점검 가능 시간 등 크게 3가

지 문제점을 가지고 있다. 첫 번째로 점검 위험성에 있어서 점검 인력은 안전화, 안전모, 구명조끼, 안전장갑, 안전대 등의 개인 안전보호구에만 의존하고 교량등 점검 특성상 Fig 5와 같이 해상 교량 난간 작업이 대부분임에 따라 항상 낙상사고의 높은 위험성을 내포하고 있는 실정이다. 두 번째로 교량 교통통제 민원 분야에서는 교통량이 많은 교량의 경우 점검으로 인한 교통정체가 심각하게 발생되고 장시간이 소요될 경우 이에 따른 민원이 높아져 교량 관리에 큰 애로사항으로 작용하고 있다. 세 번째로 제한적인 점검 가능 시간으로써 Fig 6과 같이 전동차용 철도교량의 경우 전동차 통행이 없고 전력이 차단된 새벽시간에만 점검이 가능함에 따라 점검자의 피로도와 집중력 저하로 안전사고로 이어질 수도 있다.



Fig. 5 Example of inspection of bridge lights on marine bridges



Fig. 6 Example of inspection of railway bridges and bridge lights at dawn

3. 자동 교량등 지지대

3.1 교량등 지지대 특허 사례 조사 분석

현재의 교량등 지지대 설치 구조 및 방법에 대한 개선을 위해 국내외에서는 다양한 시도를 하였으며 특허출원 사례를 통해 교량등 지지대의 개선 방향을 유추할 수 있다.

특허 검색에 있어서 해상 교량등에 한정하지 않고 교량등 지지대 구조와 제어시스템 관련된 기술로 조사 분석하였으며, Table 2는 교량등 관련 특허조사 기술트리를 표기하였다.

Table 2 Patent search technology tree

Technology to be analyzed	Patent search technology category	Technical contents
Bridge lights supports for safe inspection of marine bridge lights	Bridge lights support structure related technologies (AA)	Technology related to lights used in navigational signs, including bridge lights
	Navigation light control system (AB)	Related to the control system for lights used in AtoN, including bridge lights

분석대상 기술과 관련 없는 항공기 상의 비컨, 항해등은 노이즈로 제거하였으며 유효 건들을 기술분류 내용인 ‘교량등 지지대 구조관련 기술(AA)’과 ‘항로표지등 제어시스템(AB)’으로 재분류하여 Table 3의 유효 데이터를 조사 분석하였다.

Table 3 Valid data

Technology Category	Number of valid data					
	KOR KIPO	USA USPTO	JPN JPO	EU EPO	WO PCT	SUM
AA	116	131	78	39	70	434
AB	55	62	18	7	18	160

분석대상 기술 ‘해상 교량등의 안전한 점검을 위한 교량등 지지대’와 관련된 16건의 핵심특허를 대국민 특허정보검색 서비스(Korea Intellectual Property Information Service, KIPRIS)를 활용하여 Table 4와 같이 분류하였다.

Table 4 Key patent list

No	Category	Patent Status	Patent application number	Title of invention
1	AA	discharge	US09-426312	Fold-up navigation light
2	AA	registration	KR2009-0070187	Apparatus for beacon lighting installation
3	AA	registration	KR2010-0024829	A installation of a bridge lamp using a linear guide equipment
4	AA	discharge	KR2011-0113610	Lighting device and bridge apparatus having same
5	AA	registration	KR2012-0098659	Bridge lamp platform
6	AA	registration	KR2015-0038974	Ascent and descent type installation of bridge lamp
7	AA	registration	KR2015-0088649	A installation of a bridge lamp
8	AB	registration	KR2015-0142650	Navigation light controller and operating method thereof
9	AB	registration	KR2016-0007700	Lighting controlling systems using LED for bridges
10	AA	registration	KR2019-0040260	Apparatus of guide lamp for course vessel

11	AA	registrat ion	US16-658639	Pivot device for a navigation light
12	AA	registrat ion	US16-658668	Pivot device for a navigation light
13	AB	registrat ion	KR2020-0025070	Smart luminous navigation route lighting system
14	AB	rejecti on	KR2020-0140685	Diagnostic device for monitoring the condition and failure of the nautical mark
15	AA	registrat ion	KR2022-0012261	Installing apparatus of a bridge lamp
16	AB	registrat ion	KR2022-0063278	LED lantern with digital illuminance sensor

Table 4에서 No 3, No 5, No 6, No 7, No 11, No 12, No 15 출원특허 7건은 교량등 지지대의 구조와 직접적 연관이 있는 기술로 현재 운용되고 있는 교량등 지지대보다 진보된 형태를 보이고 있다. No 3, No 5, No 6, No 7, No 11, No 12 특히 6건은 인력을 이용한 수동형태의 교량등 지지대로 분류될 수 있으며 No 15 특히 1건은 전동장치를 구비하여 인력을 사용하지 않는 자동 교량등 지지대로 분류할 수 있다. Fig 7은 No 15 특허 도식(KR. Patent No. 10-2439742, 2022)으로 회전동력부를 갖추고 있으며 전기동력장치를 이용하여 교량등을 점검위치 혹은 상시위치로 승강시키는 유형으로 설치 용이성, 점검 및 보수 작업 편의성, 작업 안정성 향상 효과가 크게 기대된다고 볼 수 있다.

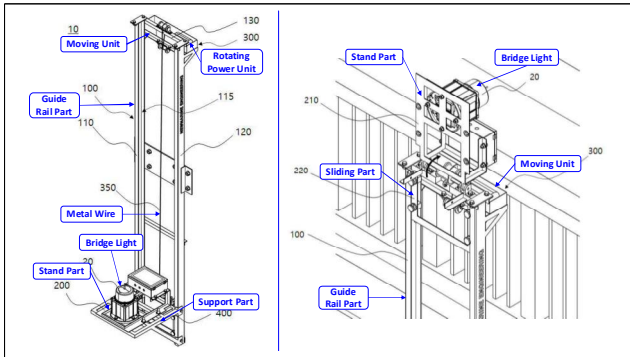


Fig. 7 Patent schematic of NO 15(KR. Patent No. 10-2439742, 2022)

또한, Table 4에서 No 8, No 9, No 13, No 14, No 16 출원특허 5건은 교량등과 교량등 지지대의 원격통합관리(제어 및 모니터링)를 위한 간접적 연관이 있는 기술로 볼 수 있으나, 교량등과 교량등 지지대의 원격통합관리를 위해서는 보다 체계화되고 진보된 유무선 통신기술 및 제어감시 기술의 제안이 필요할 것이다.

3.2 자동 교량등 지지대 제안

앞서 기술한 바와 같이 현재의 교량등 지지대는 크게 고정식과 회전식으로 나뉜다. 이러한 교량등을 대체할 수 있는 자동

교량등 지지대의 제안 형태는 Fig. 8 및 Fig. 9와 같은 자동 승강식 교량등 지지대와 Fig 10과 같은 자동 회전식 교량등 지지대이다.

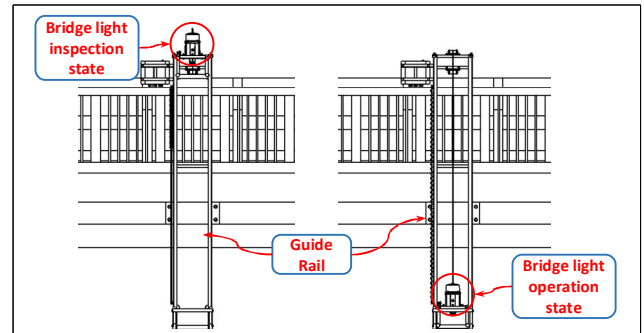


Fig. 8 Basic form of auto-elevating bridge light support

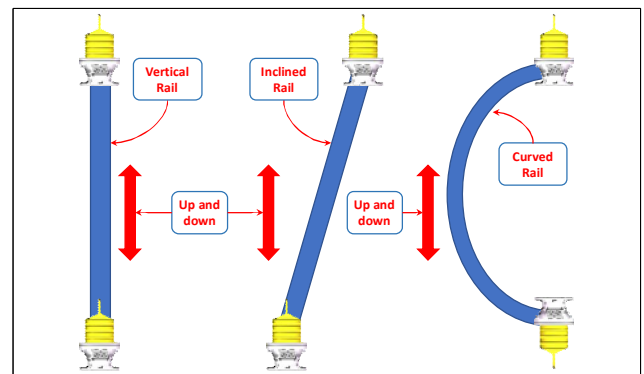


Fig. 9 Application form of auto-elevating bridge light supports

Fig. 8의 자동 승강식 교량등 지지대는 현재의 고정식 교량등 지지대를 대체하기 위한 형태이지만 회전식 교량등 지지대 또한 대체할 수 있는 형태이다. 이는 모터와 같은 전동장치와 구동 제어장치를 이용하여 교량등을 점검위치 혹은 상시위치로 상하 이동시킬 수 있도록 하는 형태이며 교량 상판 형태와 교량등 설치 위치에 따라 Fig. 9와 같은 수직 혹은 경사, 곡선 승강식 형태를 갖출 수도 있다고 볼 수 있다.

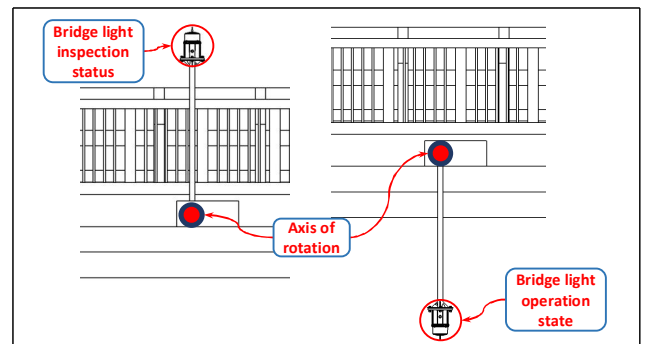


Fig. 10 Basic form of automatic rotating bridge light support

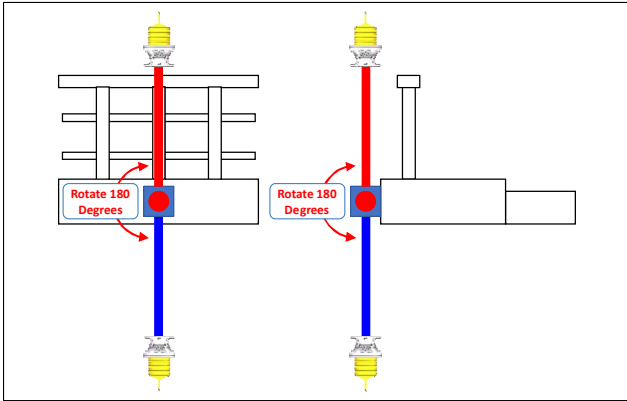


Fig. 11 Application form of automatic rotating bridge light supports

Fig 10의 자동 회전식 교량등 지지대는 수동 회전식 교량등 지지대를 대응하기 위한 형태로 모터와 같은 전동장치와 구동 제어장치를 이용하여 교량등을 점검상태 혹은 상시상태로 회전축을 중심으로 180도 회전시킬 수 있도록 하는 형태이며, Fig 11과 같이 2가지로 회전식 형태를 갖출 수도 있다고 볼 수 있다.

4. 교량등 및 교량등 지지대 통합관리

4.1 현재의 교량등 통합관리 유형

교량등은 해양수산부 고시 ‘해로표지용 LED 등명기(구 해상용 등명기) 표준규격’에 준하여 제작되며 직렬통신을 이용한 상태정보 및 제어명령 표준통신프로토콜은 2012년에 제정되었다(MOF, 2012). 이전 교량등은 통신기능이 없거나 제작사마다 필요에 따라 별도의 통신프로토콜을 만들어 사용되었다.

국내 교량 중 Table 5와 같은 일부 대형 교량은 교량등에 한해서만 원격으로 감시 혹은 감시·제어 통합관리를 운영하고 있다. 교량등 통합관리 방법은 유선 혹은 무선통신으로 이루어지고 있으며 체계화가 마련된 상태라고 볼 수 있다.

Table 5 Example of remote monitoring and control of a large bridge

Bridge name	Communication method
Incheon Bridge	Wireless(LTE) + Wire
Geoga Grand Bridge	Wire
Machang Grand Bridge	Wire

유선통신을 이용한 원격통합관리 운영방법은 교량등 각 국소마다 교량등 감시·제어를 위한 TCU(Telecommunication control unit)를 설치하고 교량 일반 통신선로와 모국까지의

광케이블 선로를 통해 실시간 교량등 감시·제어를 운영하고 있으며 TCU는 직렬통신(RS-232)으로 교량등의 상태정보를 직접 수신받거나 교량등의 상태(전압, 전류)를 직접 검출 후 정보를 생성하여 병렬통신(RS-485)과 광통신으로 모국에 전달한다. 또한, 별도의 모국이 없는 중소형 교량에서는 교량에 설치된 교량등 제어반 내에 산업용 PC를 설치하여 정기 점검 시에만 현장에서 전체 교량등을 직접 통합관리하고 있다.

무선통신을 이용한 원격통합관리 운영방법은 교량등 각 국소마다 교량등 감시·제어를 위한 무선 RTU(Remote control unit)를 설치하고 3G, 4G 등의 기간 무선통신망을 이용하여 교량등 감시·제어를 운영하고 있으며 무선 RTU 또한 TCU와 동일하게 직렬통신으로 교량등의 상태정보를 직접 수신받아 모국으로 전달하거나 교량등의 상태(전압, 전류)를 직접 검출 후 정보를 생성하여 모국으로 전달한다. 무선통신 방식은 대형 교량뿐만 아니라 중소형 교량에서도 쉽게 적용이 가능하지만 고가의 무선 RTU와 매일 발생하는 통신비 부담이 있다. 상태정보 전송 주기와 용량에 따라 다양한 요금제가 적용될 수 있으며 국내 대표 통신 3사의 10,000원/월 미만의 사물통신(machine to machine, M2M) IoT LTE 요금제는 Table 6과 같다.

Table 6 M2M IoT carrier plan(LTE)

Mobile carrier	IoT carrier plan(LTE)	Data(MB)	charges(₩/month)
SKT	IoT 35	40	5,500
	IoT 50	40	5,500
	IoT 70	120	7,700
KT	IoT 38	8	3,850
	IoT 55	50	5,500
	IoT 77	140	7,700
LG U+	IoT LTE 30	10	3,300
	IoT LTE 40	20	4,400
	IoT LTE 50	40	5,500
	IoT LTE 65	140	7,150
	IoT LTE 90	600	9,900

현재의 고정식 혹은 수동 회전식 교량등 지지대는 일반 구조물 형태임에 따라 원격통합관리 대상이 되지 못한다.

4.2 교량등 및 교량등 지지대 원격통합관리 제안

교량등뿐만 아니라 교량등 지지대 또한 자동 교량등 지지대로 설치된다면 유선통신용 TCU 혹은 무선통신용 RTU와 연계하여 교량등과 함께 감시·제어가 가능할 수 있다. 교량등 지지대의 감시·제어는 모국에서의 원격통합관리와 교량등 제어반을 통한 현장 통합관리가 가능하며 Fig. 12와 Fig. 13은 교량등과 자동 교량등 지지대의 감시·제어장치 시스템 계통도 제안 내용이다.

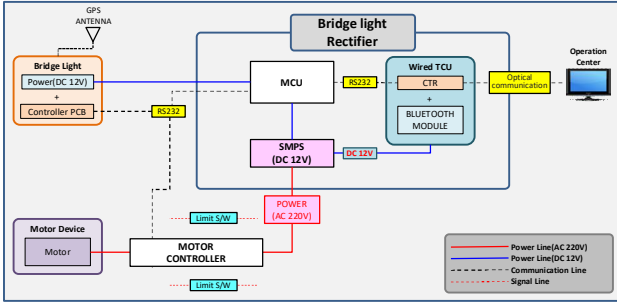


Fig. 12 Integrated management of wired communication for bridge lights and automatic bridge light supports

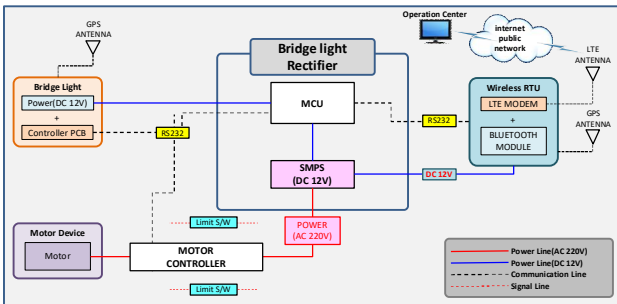


Fig. 13 Integrated management of wireless communication for bridge lights and automatic bridge light supports

유·무선 통합관리는 관리자가 PC 혹은 스마트 기기 등을 통해 시각으로 교량등 상태정보를 확인하고 감시할 수 있어야 한다. 이를 위한 통합관리 운영프로그램은 필수적이며 보통 교량 맞춤형으로 프로그램화하고 UI(User interface)를 디자인한다.

Fig. 14와 Fig. 15는 통합관리 운영프로그램의 감시·제어 및 설정·로그 화면의 UI 제안 예시이다.

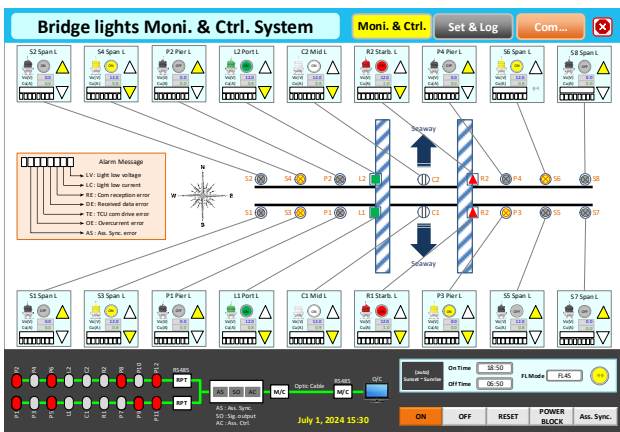


Fig. 14 Example of integrated management operation program monitoring and control UI proposal

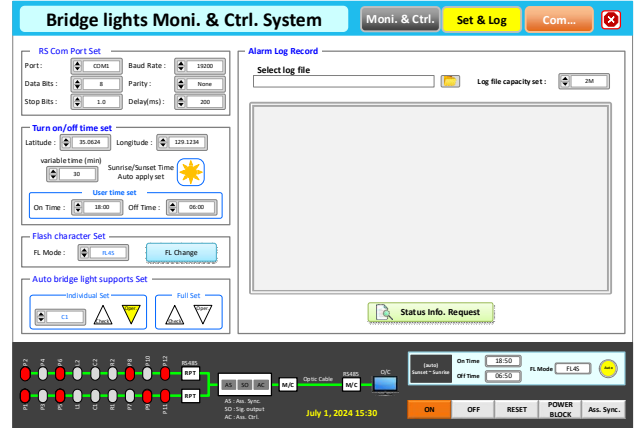


Fig. 15 Example integrated management operation program settings & log UI proposal

현재의 교량등 통합관리 운영프로그램에서는 교량등의 상태정보 감시와 점·소등 제어만 가능한 반면 제안된 교량등 및 자동 교량등 지지대의 통합관리 운영프로그램은 자동 교량등 지지대의 상태정보 감시가 가능하고 제어명령을 통해 교량등 전체 혹은 국소 개별로 점검위치 혹은 상시위치로 이동시킬 수 있어 안전하고 신속한 점검이 이루어질 수 있도록 제안하였다.

5. 결 론

본 연구는 항로표지 중에서도 점검 시 낙상사고 등의 위험 요소가 많다고 볼 수 있는 교량등의 안전한 점검과 신속하고 효율적인 점검을 위해 교량등 지지대 개선 방안을 제시하였다. 이는 국내외 특허출원 사례 조사·분석을 통해 개선 방향을 유추하였으며 현재의 교량등 지지대를 자동 승강식 교량등 지지대와 자동 회전식 교량등 지지대 2가지 유형으로 제안하고 교량등에 한정된 통합관리를 교량등 지지대로 확대함으로써 보다 체계화되고 선진화된 교량등 점검 시스템을 제시하였다.

본 연구의 결과가 신규 교량의 항로표지 설계단계와 기존 교량의 항로표지 개선사업에서 핵심 기반 기술로 활용된다면 항로표지업계 현장 종사자의 실질적인 안전뿐만 아니라 경영자(사업주)에 있어서도 중대재해 중압감이 크게 감소할 것으로 기대된다. 또한 신속한 교량등 점검으로 인해 교통통제 시간 감소는 장기적인 사회적 부담 비용 축소로도 이어질 것으로 기대된다.

References

- [1] Ministry of Oceans and Fisheries(2015), "AtoN Work Guide". pp. 2-3~2-45.
- [2] Ministry of Oceans and Fisheries(2015), "AtoN Work Guide". pp. 3-23~3-29.

- [3] Ministry of Government Legislation(2021), “Aids to Navigation Facility Management Guidelines”. p. 1, <https://www.law.go.kr/>.
- [4] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(1996), “Traffic Management Guidenlines in Highway Work Zones”. pp. 2, <https://www.codil.or.kr>.
- [5] Ministry of Government Legislation(2022), “Act on Punishment for Serious Accidents, etc”. p. 4, <https://www.law.go.kr/>.
- [6] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities(2022), “G1172 The Marking of Bridge and Other Structures over Navigable Waters”. pp. 7-9, <https://www.iala-aism.org>.
- [7] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities(2023), “R1001 IALA Maritime Buoyage System”. pp. 30-32, <https://www.iala-aism.org>.
- [8] Ko, S. K.(2022), “Installing Apparatus of A Bridge Lamp”, KR. Patent No. 10-2439742, KIPRIS.
- [9] Ministry of Oceans and Fisheries(2012), “Aids to Navigation Equipment and supplies standard model change designation”. p. 4

Received 08 July 2024

Revised 22 July 2024

Accepted 30 July 2024