

삼산연륙교 건설사업 (전기 · 정보통신설비 계획)

여정훈<(주)에디슨전기 소장> · 김균환<(주)에디슨전기 실장>

1 개 요

1.1 설계개요

- 본 시설은 인천광역시 강화군 강화읍 삼산면 석모리에서 내가면 황청리에 시설되는 교량 및 토공공사에 적용되는 전기설비로 경제성과 신뢰성을 고려한 전원계통구성, 설비선정 및 설비용량을 검토하여 설계 하는데 목적이 있다.
- 도로 및 교량에서의 조명설비는 교통량, 야외휘도, 도로선형 등에 의하여 적절한 조명설비를 하여 운전자의 편안한 시환경 확보와 원활한 교통소통에 기여하도록 하였고 또한, 야간의 도로이용자가 안전하게 통행하여 교통사고로 인한 인명과 재산피해를 감소시킬 수 있도록 계획하는데, 그 목적이 있다.

1.2 사업개요

구 분		내 용
위 치	사업시점	• 인천광역시 강화군 강화읍 삼산면 석모리
	사업종점	• 인천광역시 강화군 강화읍 내가면 황청리
사업연장		• L=1.54km(해상교량구간: 1.39km, 토공구간 : 0.15km)
도로구분		• 지방지역 보조간선도로, 왕복 2차로(교량부:12.0m, 토공부: 11.0m)
사업기간		• 실시설계: 150일, 공사기간 : 착공일로부터 1,620일

2. 전기설비 계획

2.1 전원인입

2.1.1 수전전압 결정

- 수전전압은 한국전력공사의 전기공급약관에 의한 계약전력별 수전전압에 의해 결정
- 본 설계에서는 대부분 조명부하로 가로등제어반 부하용량이 100kW미만의 소용량이므로 인근의 한전 저압 공급점에서 1Φ2W, 220V를 인입하는 것으로 하였고, 교량하부 점검구내 조명의 전원공급은 이동형 발전기를 이용하여 전원을 공급하는 것으로 하였다.

계약 전력별 수전전압			
계약전력	0~100kW 미만	100kW~10,000kW 미만	10,000kW 이상
수전전압	600V이하 저압	22.9kV	154kV

2.1.2 인입선로 구성

- 본 교량의 길이가 1,540m로서 장대교량인바 인입선로 구성 시 전압강하를 고려하여 교량의 시점부와 종점부 2개소로 분할하여 인입선로를 구성하였다.

2.2 전력간선설비 계획

2.2.1 케이블 굵기 선정

- 배선은 전압강하, 허용전류 및 단락시 단시간정격에 견딜 수 있는 용량의 것을 선정하였으며, 전압강하는 내선규정에 따라 결정하였다.

인입선 접속점에서 말단부하에 이르는 사이의 전원공장(m)	전 압 강 하 (%)	
	사용장소안에 시설한 전용 변압기에서 공급하는 경우	전기사용자로 부터 저압수전하는 경우
120 이하	5 이하	4 이하
200 이하	6 이하	5 이하
200 초과	7 이하	6 이하

2.2.2 전압강하 적용기준

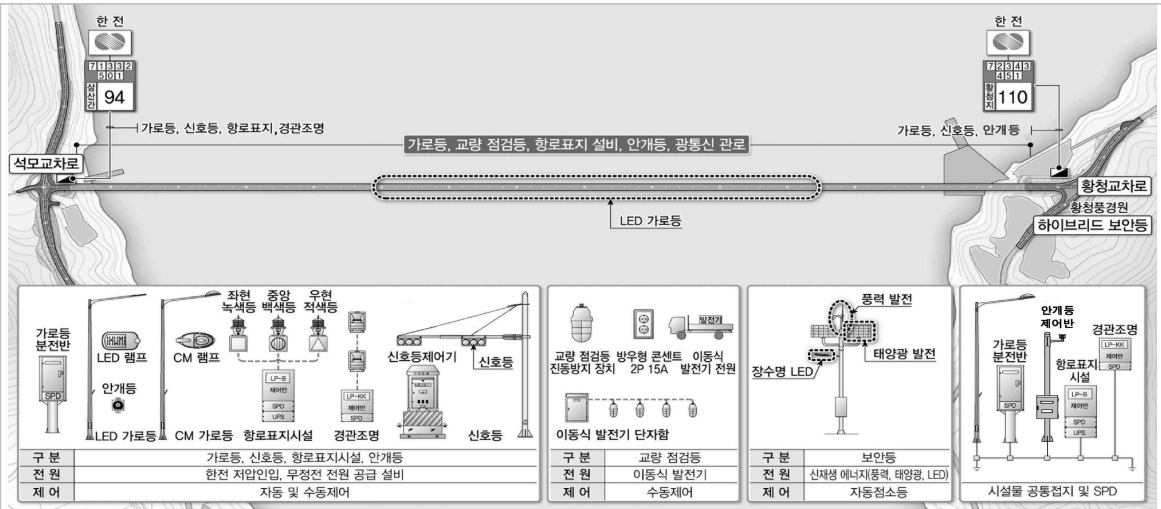
구 분	전압강하	비 고	구 분	용 도	적용기준	계산법
직류 2선식 단상 2선식	$e = 35.6 \cdot L \cdot I / 1000A$	• e : 각 선간의 전압강하[V] • L : 거리[m]	가로등	육외 조명	6% 이하	약 식
삼상 3선식	$e = 30.8 \cdot L \cdot I / 1000A$	• I : 전류[A] • A : CABLE의 단면적[mm ²]	교량점검등	점검용 조명	6% 이하	약 식
단상 3선식 삼상 4선식	$e' = 17.8 \cdot L \cdot I / 1000A$	• e' : 중심선과 외선 또는 각상의 전압강하[V]	항로표지등	항로표지등	6% 이하	약 식

2.3 가로등설비 계획

2.3.1 전기(가로등 등) 시설물의 적정성

기본방향

- 안정적인 전력공급 계획 수립 및 편리하고 안전한 도로이용 시설물 계획
- 저탄소 녹색성장 시설물 계획으로 에너지 절감 및 친환경 시설물 구현
- 해상교량임을 고려하여 안전하고 유지관리가 용이한 시설물 계획



도로조명의 설계기준 (KS A 3701 도로조명등급)

구분	설치장소	비고
고속도로, 상하행선 분리 도로	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M1
	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M2
주요한 도시 교통로, 간선도로, 국도	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M2
	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M3
중요도가 낮은 연결도로, 지방연결 도로, 주택지역의 주 접근도로, 사유지로의 접근도로와 연결도로	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M4
	• 교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M5

운전자에 대한 도로조명의 휘도 기준 (KS A 3701 부표 2)

도로조명 등급	평균노면휘도 (최소허용치) Lavg(cd/m2)	교통의 종류와 자동차 교통량		Ti (%) (최소허용치)
		종합균제도(Uo)Lmin/Lavg	차선축균제도(U1)Lmin/Lmax	
M3	1.0	0.4	0.5	10

도로조명등급 및 노면등급에 따른 조도 기준 (KS A 3701 부표D.2)

도로조명 등급	노면등급별 평균노면조도 (lx) (최소허용치)			조도균제도 (최소허용치)	
	R1(콘크리트노면)	R2,R3(아스팔트노면)	R4(아스팔트노면)	종합균제도	차선축균제도
M3	10	14	13	0.4	0.5

조명기구 배열방법에 따른 비교 (도로조명 시환경 개선)

구 분	편측 배열	지그재그 배열
설 치 단 면 도		
	<ul style="list-style-type: none"> • 선로사고시 조도 확보 불가 • 운전자의 시인성 저하 • 차로별 동일한 균제도 확보가 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 한쪽선로 사고시에도 건전선로로 최소조도 확보 • 운전자의 시인성 향상 • 차로별 동일한 균제도 만족

조명기구 배광에 따른 비교

구 분	컷오프형	세미 컷오프형	논 컷오프형
조명기구의 형태			
정의	• 90° 이상으로 방사되게 허가된 양은 2.5%미만	• 90° 혹은 90° 이상에서 5%초과 하는 것을 허가	• 빛이 사방으로 방사되는 것을 허가
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자의 눈부심 적음 • 소주지역의 빛의 통제가 좋아짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 조명기구 사이의 간격 증가를 허가 • 반사광의 감소 	<ul style="list-style-type: none"> • 조명기구 사이의 간격 최대화 • 수직 조도의 증가

도로조명 광원 선정

구 분	LED 램프	세라믹메탈(CM) 램프	고압나트륨(NH) 램프
내 용			
	<ul style="list-style-type: none"> • 연색성 좋음 • 즉시 재점등 • 장수명 	<ul style="list-style-type: none"> • 연색성 좋음 • 고효율 	<ul style="list-style-type: none"> • 연색성 저하 • 투과력 좋음 • 고효율
적용	• 공공기관 에너지융합리화 추진에 관한 규정에 의해 LED 램프 (31%), CM램프 (69%) 설치		

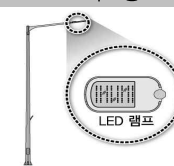
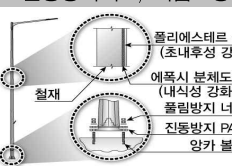
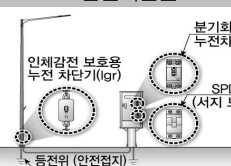

설 계 적 용

구 분	설 계 적 용			구 분	설 계 적 용
	교 량 구 간		접속도로(교차로)		
광원선정	LED 140W	CM 200W	CM 200W	배열방법	지그재그 배열
평균노면휘도	1.02(cd/m ²)	1.01(cd/m ²)	1.36(cd/m ²)	조명기구배광	컷오프형
평균노면조도	16.6(lx)	19.4(lx)	26.3(lx)	조광방법	회로제어에 의한 50% 감등
종합균제도	0.61	0.46	0.41		
차선축균제도	0.69	0.53	0.53		

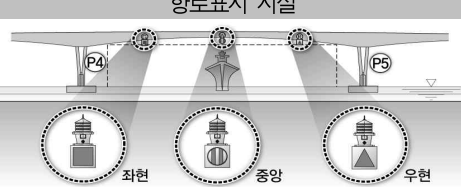
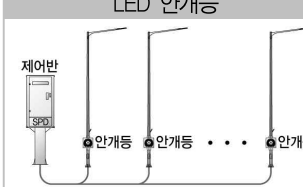
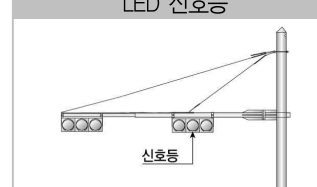
가로등주 선정

구분	철재 및 내염도장	주철재	스테인레스재
외형도			
부식성	• 내염도장으로 부식성이 매우 우수	• 외부 도색이 마모 될 경우 부식됨	• 염분에 약함
유지보수	• 물청소만으로 먼지 제거 가능	• 유지보수가 어려움	• 유지보수가 필요 없음
적용	• 본 과업구간의 조명기구는 바다에 노출됨을 고려하여 염해 및 부식에 강한 재질을 적용해야 하므로 철재에 내염도장을 적용한 가로등주로 선정		

도로조명 시설물

<p>LED 가로등</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 공공기관 에너지 이용합리화 법 준수 - LED조명 30% 이상 반영 	<p>진동방지패드, 내염도장</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 교량 진동방지PAD, 너트 • 내염 도장 실시 	<p>안전시설물</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 인체감전 보호용 ELB 및 공용접지 • 이상전압 보호용 SPD 설비 	<p>교량 내부 점검등</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 램프이탈 방지(진동방지) • PC BOX내 점검등 설치
---	---	--	---

방재 시설물

<p>항로표지 시설</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 통항선박의 안전항해도모 	<p>LED 안개등</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 악천후시 교통안전체계 구축 	<p>LED 신호등</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 시인성 증대로 교통안전 향상
--	--	--

교통신호등 시설물

- 교통의 안전과 원활한 운행을 도모하기 위하여 교통 경보등을 필요 장소에 설치하도록 하였다.
- 전원인입 : 한전 TR로부터 각 교통경보등제어기까지 단상 2선식 220V를 지중인입
- 교통 경보등 제어기는 황색점멸이 되도록 하고 점멸시간은 차로의 특성에 맞게 자유롭게 조정이 가능하도록 하였다.

적용

- 도로이용자의 편의와 안전을 고려하여 각종 안전 시설물 설치 및 안정적인 전력공급 구현
- 저탄소 녹색성장형 시설물 계획(LED 조명, 디밍안정기)으로 에너지 절감 및 친환경 시설물 구현
- 석모도측 석모교차로와 강화도측 황청교차로에 교통신호등 설비 적용

3. 경관조명설비 계획

3.1 경관조명 계획의 적정성

기본방향 • 교량에 창조적인 빛 이미지를 구현하여 시민들에게 긍정적 이미지를 확산

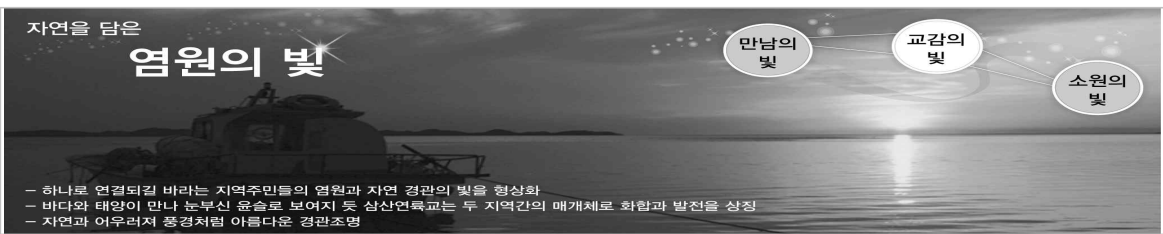
빛의 테마

- 지역주민들의 염원이 담긴 빛
- 자연과 어우러져 풍경처럼 아름다운 빛
- 바다와 태양이 만난 석양의 눈부신 윤슬을 형상화
- 안전하고 시민들의 커뮤니티의 장이 되는 공간 연출

빛의 전략

- 지역과 지역, 도시와 자연을 연결하는 빛
- 어둠의 강약(음영)을 활용한 빛
- 자연과 환경을 보호하는 빛
- 섬세하고 유연한 빛

경관조명 컨셉



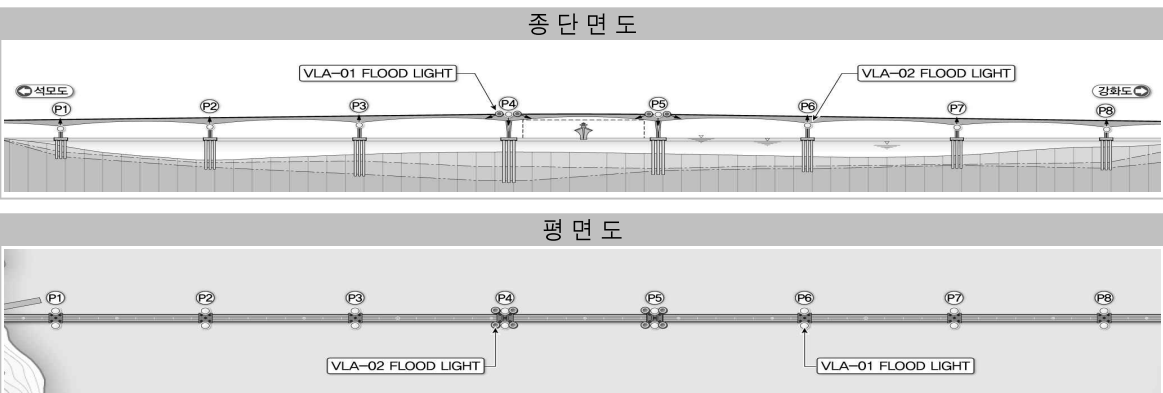
색온도 계획



색온도 계획

- 눈부심이 적고, 편안하고 아늑한 경관조명
- 온백색 색상(3,000K)을 주조명으로 연출하여 교량의 안정감을 부여하는 동시에 수변야경의 극대화
- 차갑고 정적인 콘크리트 교량에 생기를 불어 넣는 효과
- 불필요한 빛을 배제한 절제된 조명 연출

조명기구 배치

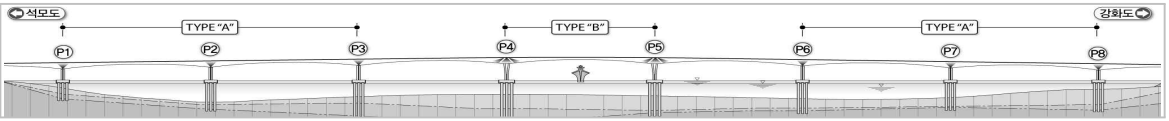


적용 • 안전뿐만 아닌 미적요소까지 충족시키는 연출, 자연과 동화되는 친환경적 야간 경관 조성

3.2 경관조명 설계의 적정성

기본방향 • 안전하고 쾌적한 야간활동 제공 및 시민들의 커뮤니티 공간 창출

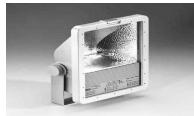

경관조명 계획



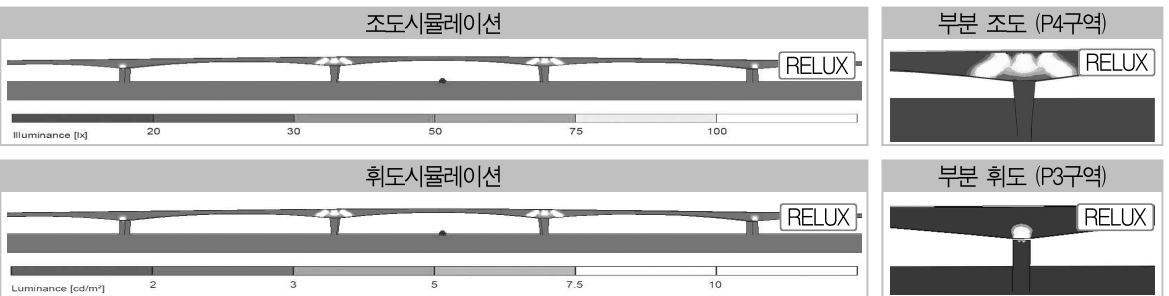
조명기구 설치






조명기구 사양

구 분	VLA-1 투광등	VLA-2 투광등
조명기구		
	형 태 : FLOOD LIGHT	형 태 : FLOOD LIGHT
	몸 체 : AL DIE-CASTING	몸 체 : AL DIE-CASTING
	커 버 : TEMPERED GLASS	커 버 : TEMPERED GLASS
	램 프 : MH 250W	램 프 : MH 400W
	비 고 : WIDE BEAM	비 고 : NARROW BEAM

경관조명 조도 데이터



운영관리계획

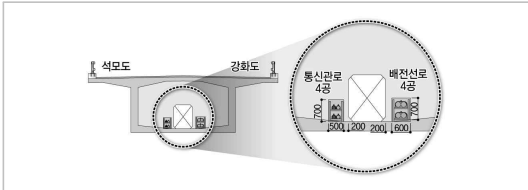
운영 계획		시간대별 연출관리	
최소조명 (향로쪽 구간 : VLA-01, VLA-02)		일출~19시	최소 전체 소등
부분조명 (VLA-01)		19시~20시	기본 VLA-01점등
전체조명 (VLA-01, VLA-02)		20시~23시	전체 VLA-01점등, VLA-02점등
		23시~24시	부분 P4-P5점등(향로쪽 구간)
		24시~일출	최소 전체 소등

적 용 • 조도 시뮬레이션 데이터를 통한 적정 조도 및 색온도 책정으로 쾌적한 야간경관 구성

4. 통신설비 계획

4.1 통신 인입관로 계획

기본방향 • 인접구간 관로계획에 따른 연계성 검토 및 공공기반시설의 선시공 인터페이스 확보

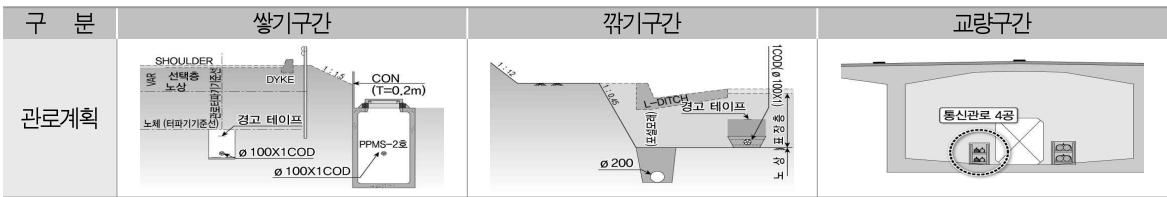


구 분	관계기관 협의	관 로
배전선로	한전 - 강화지점	파형관 175mm - 4공
통신관로	SK 텔레콤	FC 100mm - 1공
	KT	FC 100mm - 1공
	LG 유플러스	FC 100mm - 1공
	군부대협의	COD1공(내관 28mm×5공)

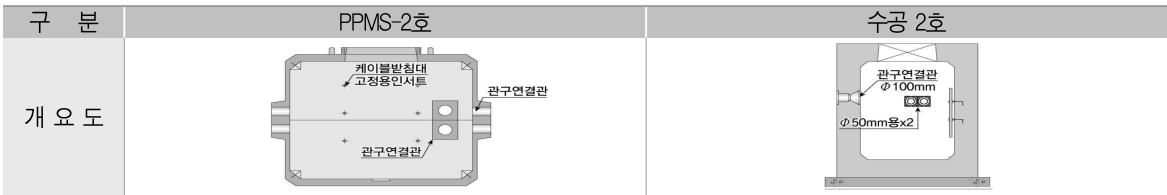
적 용 • 관계기관 협의 후 통신관로 4공(군부대, KT, SK텔레콤, LG유플러스), 전력관로 4공(한전) 경과지 확보

4.2 광통신 관로 계획

기본방향 • 통신관로 제반법규와 설계기준을 반영하고 관계기관 협의(군부대, KT외) 및 관로기준을 검토하여 적용



☑ 통신맨홀 설치 간격 및 위치 검토



☑ 인공 및 수공의 점용위치 검토

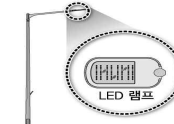
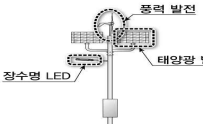
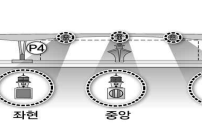
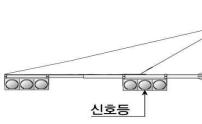
구 분	인·수공 위치	위치 선정시 고려사항	
교량구간	교량의 양끝 교대 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 인가등의 출입구 배제 • 타시설물의 영향이 적은 장소 • 시공상 도로교통에 지장이 적은 장소 • 인공 설치공사 및 선로공사 시공상 도로 교통에 따른 지장이 적은 장소 • L2, L3측구 구간에는 가급적 배제 	
토공 구간	쌓기구간		도로의 법면
	깎기구간		L형 측구 외측

적 용

- 시공 및 유지보수를 고려하여 PC BOX내 점검구 좌측에 경과지 선정
- 한전배전선로 시설계획을 고려하여 규정 이격거리 확보 및 격벽 관통슬리브 반영
- 케이블 접속개소·인입점등 각종 유지관리 장치의 설치점을 고려하여 지지금구 시설공간 확보

5. 친환경적인 전기설비 계획

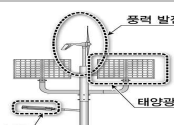

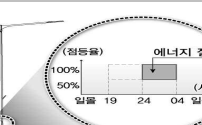
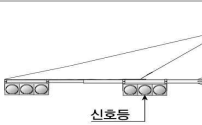
기본방향 • 저탄소 녹색성장 시설물 계획으로 친환경 시설물 구현

<p>LED 램프 가로등</p>  <p>• 장수명기자재 선정</p>	<p>하이브리드 보안등</p>  <p>• 태양광 및 풍력발전 이용</p>	<p>LED 항로등</p>  <p>• 장수명 기자재선정</p>	<p>LED 신호등</p>  <p>• 장수명 기자재선정</p>
---	--	--	--

적용 • LED램프, 태양광발전, 풍력발전 적용으로 저탄소 녹색성장 정책 구현

6. 에너지 절약 방안

기본방향 • 에너지 절감을 위한 저탄소 녹색성장 기자재 적용

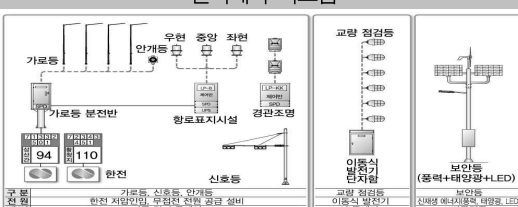

<p>친환경 하이브리드 보안등</p>  <p>• 태양광 및 풍력발전 이용</p>	<p>LED 램프 가로등</p>  <p>• 장수명 기자재 적용</p>	<p>가로등 회로 제어</p>  <p>• 감광기준준수 및 에너지절약</p>	<p>LED 신호등</p>  <p>• 저소비전력 LED 램프 적용</p>
---	---	--	---

적용 • 장수명 고효율제품 적용 및 심야시간대 조광에 의한 유지관리비용 및 에너지 절약

7. 유지관리의 용이성

7.1 조명, 전력, 통신설비 등의 자동제어

기본방향 • 효과적인 점검 및 보수방안 강구 및 사고의 미연방지

<p>전력제어 시스템</p>  <p>• 저압인입 및 신재생 에너지 활용</p>	<p>가로등 감시 및 제어 시스템</p>  <p>• 관리자 PC → CDMA 방식으로 원격 제어 시스템 가능</p>
---	---

유지관리의 용이성

<p>LED 안개등</p> <p>안개센서, 안개감지, 자동점멸, 제어반, 안개등</p> <p>• 안개센서에 의해 자동 점멸</p>	<p>용량성 누전차단기</p> <p>가로등 분전반, SPD, lgr(저용량성누전류) 30mA, 용량성누전류 오작동 개선 영역, lgr ELB (30mA) 기존 ELB, lgr(저용량성누전류) 30mA</p> <p>※ 차단용량 개선효과 3배</p> <p>• 누전차단기 오작동 개선</p>	<p>LED 램프 가로등</p> <p>LED 램프</p> <p>• 장수명 기자재 선정</p>	<p>LED 신호등</p> <p>신호등</p> <p>• 장수명 기자재 선정</p>
---	--	--	--

적용 • 전력시설물의 이상 예측 및 장애 예방으로 공공시설물의 안전확보와 관리인원의 최소화 실현

8. 맺음말

강화군의 삼산면 석모리와 내가면 황청리를 연결하는 삼산연륙교 건설사업은 전기설비 측면에서 운전자의 편안한 시환경 확보와 신뢰성 있는 전기설비 구성에 중점을 두어 계획하였다.

또한, 모든 기자재 선정 시 해상교량임을 감안하여 안전하고 유지보수가 용이한 시설물을 계획하였으며, 인근 군부대, 관할 경찰서와의 협의 절차를 사전에 실시하였다.

신기술, 신제품, 에너지절약 기자재 적용 시 무엇보다 인공광 설치에 따른 해양 생태계의 영향 등을 사전 고려하여 신중히 결정하여 설계하였다.

◇ 저 자 소개 ◇

여정훈(呂政勳)
 1971년 8월 3일생. 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. (주)새한설계콘설탄트 현재 (주)에디슨전기 소장. 건축전기설비 기술사. CMP.

김균환(金均奂)
 1975년 1월 10일생. 동국대학교 전기공학과 졸업. (주)세진전기연구소. 현재 (주)에디슨전기 실장.