

# 도로조명시설의 효율적 운용 사례 (한국도로공사)

상공자원부 제공

## 터널조명등 자동점소등 기기 연구개발 활용

### 가. 개발 동기

도로조명 설비로서 전력사용이 가장 많은 터널 조명등 운영은 일광점멸기로 주야간 2단계로만 자동 점소등되고 있는 것을 일기변화와 교통량이 적은 심야를 구분하여 다단계적으로 자동 조명되도록 하여 전력소비를 줄여 국가시책인 에너지 절감 차원에서 이를 연구개발하게 되었음.

### 나. 기능 및 개요

주야간 2단계로 작동단계를 세분화시켜서 일기 변화에 따라 주간에는 맑음, 흐림(비), 일출, 일몰, 야간에는 야간(일몰~24:00), 심야(24:00~일출) 등 5단계 이상으로 점소등함으로써 통행차량에 안전운행을 기하면서도 전력이 약 40% 이상 절감되는 획기적인 기기임.

#### (1) 기기의 주요특성

- 태양광 조도의 변화량을 감지하여 디지털 신호로 변환 점등제어
- 야외조도의 급격한 변화에 따른 램프의 점소등 반복을 방지하기 위한 지연회로 내장(10분)
- 실시간 제어에 의한 심야, 야간 점소등 가능
- 기기 고장시 터널내 소등을 최소화하기 위한 A.B System 자동전환 및 외부 경보신호를 발생하여 조속 보수
- 각 위치 제어기의 점소등 및 동작상태에 대한 원방 감시제어 기능 내장

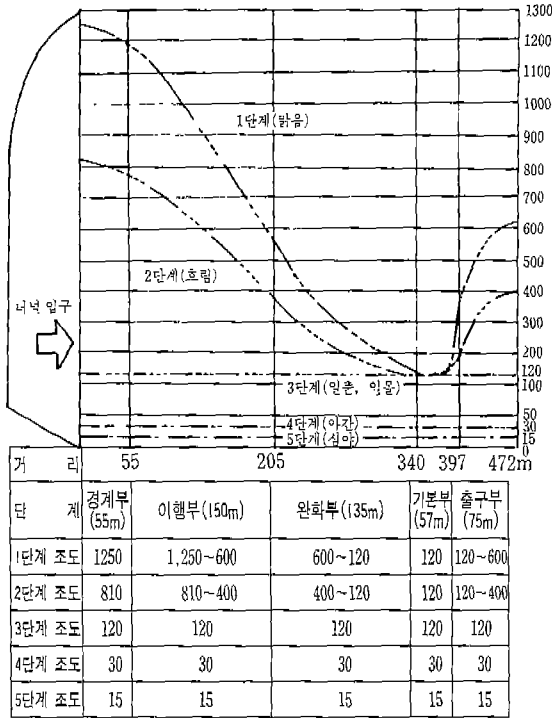
#### (2) 자동점소등 기기 개발전후 전력사용 대비

단계	현 행		개 선		
	일기상태	전력대비(%)	일기상태	전력대비(%)	비 고
1	주 간	100%	맑 은 날	100%	(2시간) 일몰~24:00 24:00~일출
2	야 간	10%	흐 린 날	65%	
3	-	-	일출·일몰	30%	
4	-	-	야 간	10%	
5	-	-	심 야	5%	

### (3) 터널내 조명등 조도분포도

- 광교터널 (상) L=472m

(단위: Lx)



### 다. 시험 설치

#### (1) 시험 설치 개요

- 위치: 광교 터널 (신갈~안산간 고속도로)
- 연 장: 상행 472m, 하행 465m
- 부하용량: 150kW (SOX-E-91W : 1,168등, SOX-E-36W : 185등)
- 설치기간: '92. 4. 1~'92. 8. 31

### (2) 시험 설치 전후 전력사용 실적

구 분	개 선 전	개 선 후	절 감	비 고
전 력 량 (월평균)	72,000kWh	42,000kWh	30,000kWh	41% 절전
전 력 요 금 (월평균)	330만원	190만원	140만원	

### 라. 터널 자동점소등 기기 설치실적 및 계획

#### (1) '92년도 설치 실적 (표 1 참조)

##### ○ 연간 절감

- 전력: 139,100kWh × 12월 = 1,670,000kWh
- 요금: 7,100,000원 × 12월 = 85,200,000원

##### ○ 투자비 회수기간

- 투자비: 13,500,000원 × 5대 = 68,750,000원
- 회수: 약 10개월 (68,750,000원 ÷ 7,100,000원)

#### (2) 설치 계획

구 분	'93	'94	'95
39개 터널	14개 터널	15개 터널	10개 터널
	대전(상·하) 대덕(상·하) 영동(상·하) 반월(상·하) 동해1·2 중부1(상·하) 중부2(상·하)	황간(상·하) 옥천(상·하) 김해(상·하) 남해(상·하) 영동2 고령·남원 합천·해인사 경주(상·하)	호남(상·하) 진주(상·하) 중부3(상·하) 중부4(상·하) 영동1 달 성

<표 1>

('92. 12. 1~'93. 5. 30 월평균)

터 널 명	전 력 량 (kWh)				전 력 요 금 (천원)			
	설치전	설치후	절 감	절전율	설치전	설치후	절 감	절전율
10 개 터 널	290,800	151,700	139,100	48%	16,900	9,800	7,100	42%
광 교(상·하)	71,900	35,500	36,400	51%	3,300	2,200	1,100	33%
광 암(상·하)	75,600	42,100	33,500	44%	4,100	2,600	1,500	37%
사 전(상·하)	40,600	19,700	20,900	51%	2,600	1,300	1,300	50%
진 교(상·하)	55,000	23,300	31,700	58%	3,900	1,700	2,200	56%
광 양(상·하)	47,700	31,100	16,600	35%	3,000	2,000	1,000	33%

(3) 전체 49개 터널 설치 완료시 연간에  
상 절감

구 분	설치전	설치후	절 감	절전율
49개 터널 전 력 량 (kWh)	13,314,000	6,950,000	6,364,000	47.8%
전 력 요 금 (천원)	771,000	447,000	324,000	42.0%

마. 의 견

본 기기는 일기변화에 따라 터널내 조명조도가 적정하게 자동 조절되므로 차량 운행에 지장이 없으며 점등시간 단축으로 절전율 40% 이상 및 조명등구, 안정기의 수명을 연장하는 절전기로서 일반 시·도 터널에 확대 보급함으로써 외화 절약에 큰 공헌을 할 수 있음.

저압나트륨 조명등 전자안정기 사용

가. 사용 동기

고속도로에 설치된 조명등은 고·저압나트륨 조명등으로서 점등에 필요한 안정기는 철심에 코일을 감은 초코방식으로 점등시 안정기 자체전력 손실률이 약 25~35% 정도 낭비되고 있는 실정 이므로 국내 처음으로 안정기 자체 전력손실이 없는 전자식 저압나트륨등 안정기가 연구 개발되어 기능 및 내구성을 시험한 후 확대 설치하여 전력요금 예산을 절감하고 조명등 수명을 연장코자 함.

도변화에 따른 확실한 내구성 분석은 되지 않고 있음.

(개당, 연간)

구 분	단위	현 행 (코일식)	개 선 (전자식)	효 과
전력사용량	kWh	468	328	149kWh 절감(30%)
전력요금	원	21,000	15,000	6,000원 절감
구입가격	원	42,900	32,000	10,900원 절감

나. 시험 설치

- 1) 위치 : 영동고속도로 대관령 휴게소 주차장 가로등
- 2) 규격 및 수량 : 저압 절전형 나트륨 조명등 (SOX-E-91W) 30개
- 3) 설치기간 : '91. 9. 30 ~ '92. 8. 30(11개월)

라. 설치계획 및 절감 예상

연 도	위 치	대상등 수(등)	절 감 량 (연간)				
			전력(kWh)	전력요금(천원)	구입가격(천원)		
총	계	13,432	1,878,000	81,200	146,410		
'93	소	계	200	28,000	1,200	2,180	
	포	평 I.C	75	10,500	450	817	
	동	해 1 터널	125	17,500	750	1,363	
확대	설치	전	국	13,232	1,850,000	80,000	144,230

○ 소형 경량화로 유지보수 용이

다. 효과 분석

- 수명연장 : 입력 전압 변동에 의한 2차측 정전압 공급 수명연장 기대
- 내 구 성 : 부품이 50여개로 구성되어 있어 온

마. 의 견

적은 수량을 터널 및 인터체인지에 실제 설치하여 약 1년간 기온변화에 따른 내구성과 기능을 검토 분석한 후 확대 설치코자 함.

## 가로등 배선회로 개선

### 가. 개선 개요

'86년부터 인터체인지 가로등 설계시 단상 2선식을 단상 3선식으로 개선하여 통행차량이 많은 일몰시부터 24:00까지는 가로등 시설수량 전체(100%)가 점등되고 비교적 통행차량이 적은

24:00부터 일출시까지의 시설수량의 절반(50%)의 격등으로 자동점소등됨으로써 25%의 전력절감을 기하고 있으며, 자동차 전용도로 조명등에 확대 적용시 상당한 전력절감에 기여할 것으로 사료됨.

### 나. 가로등 배선회로 개선 전·후 효과분석

구 분	기 준	개 선
배선방법	<p style="text-align: center;">1φ 2W식</p>	<p style="text-align: center;">1φ 3W식</p>
절감실적 (연 간)	인터체인지 102개소 10,525등 전력: 9,986,000kWh 요금: 4억5536만원	인터체인지 102개소 10,525등 전력절감량: 9,986,000kWh * 25% = 2,496,000kWh 요금절감액: 2,496,000kWh * 45.6원 = 1억1400만원
공사비	전력케이블 14mm <sup>2</sup> ×2C                      m당 1,424원	전력케이블 8mm <sup>2</sup> ×1C×3                      m당 1,203원
	전선관 PE 28m/m                              m당 274원	전선관 PE 28m/m                              m당 274원
	노무비    1식 1,810원	노무비    1식 2,035원
	계    3,508원	계    3,512원
	공사비 큰 증감이 없음	

## 태양광 가로등

### 가. 원 리

무한한 태양광을 이용, 주간에 태양전지(Solar Cell)에서 태양빛을 전기에너지로 변화시켜 충전기를 통하여 배터리에 충전시킨 후 야간에 인버터(D.C → A.C) 및 자동점소등 기기에 의하여 조명등을 점소등하는 시설임.

### 나. 설치 개요

- (1) 설치 개소  
- 총 193개소: 398등

- 버스정류장 166개소: 328등
- 비상주차대 27개소: 70등
- (2) 조명 등: 저압나트륨등 SOX-55W
- (3) 기 간: '90. 7. 1~'91. 10. 22
- (4) 기대효과
  - 야간 이용객에게 편의 제공
  - 대체에너지 개발 활용
  - 전력 절감액(연간)
    - 전력절감량: 110,000kWh
    - 요금절감액: 5,000,000원

(5) 검토의견

본 태양광 조명방식은 몇 등씩 소요되는 소규모 시설조명이 필요한 개소에 설치되는 것으로 버스정류장 및 비상주차대에 조명시설을 하여 야간 이용객들에게 편의를 제공하는 시설이며, 광범위하게 연속조명이 소요되는 인터체인지 조명은 조명시설 중심부에 태양광 발전시설을 설치하여 전력을 공급하는 방식으로 전문연구기관에 용역을 의뢰하여 성과에 의하여 소형 인터체인지 1개소를 선정, 시험설치가 필요하다고 사료됨.

다. 태양광 전원 활용계획

(1) 태양광 가로등 개발용역

- (가) 대 상 : 영동고속도로 덕평 인터체인지
- (나) 개 요 : 절전형 저압나트륨등(SOX-E-91W)-83등
- (다) 계약금액 : 75,000,000원
- (라) 계약기간 : '92. 7. 3~'93. 8. 14
- (마) 계약자 : 한국에너지기술연구소(과학기술처 산하)
- (바) 용역개요

-국내 전지역을 17개 권역으로 나누어 '80~'90(11년)간의 위치별 수평면 일사량과 경사면 일사량, 온도, 일조시간 등의 세부자료를 정밀 조사분석하여 지역별 태양전지 용량 결정

- 태양광 가로등 시제품 제작, 각종 기능시험
- 실시 설계서 작성

(2) 주요 태양광 전원 이용현황

- (가) 국내 이용현황 (표 2 참조)
- (나) 국외 이용현황

- (1) 터널조명 사례 : Meotoura Tunnel(일본)
  - 태양광 발전용량 : 17.9kWp
  - 용도 : 터널조명용(저압나트륨등 90W) 64등
  - 발전방식 : 독립형 발전 시스템
- (2) 방음벽 위에 설치사례 : 스위스 고속도로
  - 태양광 발전용량 : 100kWp(방음벽 830m)
  - 용도 : 가정용 전원
  - 발전방식 : 계통 연계 시스템

(3) '94 태양광 전원 활용계획

노선	이전(km)	명칭	전기시설	소요예산(천원)	비고
계		2개소		40,000	산악지대이며
영동선	110.5(하)	봉화산 공중변소	120W	20,000	의선거리가 2km나 되어 전기인
	131.5(하)	태기산 공중변소	120W	20,000	입공사비가 4600만원임

고속도로 전 시설물에 대하여 본 설계용역 성과를 기초로 하여 태양광 이용방안을 검토 발전시켜 대체에너지 활용에 기여하겠음.

<표 2>

설비명칭	설치장소	발전규모(kW)	용도	실험기관	설치연도
태양광발전소	충남호도	90	촌락전원	한국전력	'93. 2
	제주마라도	30	촌락전원	한국전력	'91. 12
	전남하와도	25	촌락전원	에너지연구소	'87. 4
	강화아차도	4	촌락전원	에너지연구소	'80. 6
	대전에너지연구소	2	성능비교분석	에너지연구소	'81. 5
	대전에너지연구소	1.35	가정용전원	에너지연구소	'92. 8
유인등대	전국	6~8	등대(14개소)	해운항만청	'91년 이전
무인등대	전국	0.3~1	등대(497개소)	해운항만청	'91년 이전
전화전원	전국	0.1~0.5	무선중계용(2,332개소)	한전,수자원연구소,국방부,한국통신,항만청	

## 터널조명등 절전형 저압나트륨등 사용

### 가. 현 황

터널조명 시설은 터널 조명기준 KSA-3703에 의거 고압나트륨등, 메탈할라이드등, 절전형 저압나트륨등(SOX-E)으로 설치되고 있는 실정으로 고속도로의 터널조명등은 1973년부터 타조명등에 비하여 절전효과가 크며 매연 및 안개속에서 빛의 투과력이 좋은 저압나트륨등(SOX)을 사용하였으며 1987년도에는 저압나트륨등이 발전되어 신개발된 것으로 성능은 동일하면서 절전률이 높은 절전형 저압나트륨등(SOX-E)를 도입 사용하여 에너지 절감에 크게 기여하고 있음.

### 나. 조명등 제원

종 류	규격 (W)	광 속 (LM)	색 상	효 율 (LM/W)	효 율 대비	효 율 순위	비 고
메 탈 할 라이 드	175	12,000	유백색	68.6	1	10	175W 기준
	250	20,500	유백색	82	1.2	9	
고 압 나 트 륨 등	150	14,000	등황색	93	1.4	8	
	250	25,000	등황색	100	1.5	7	
저 압 나 트 륨 등 (SOX)	35	4,600	황 색	131	1.9	6	
	55	8,000	황 색	145	2.1	5	
	90	13,500	황 색	150	2.2	4	
	135	21,500	황 색	159	2.3	3	
절전형저압 나 트 륨 등 (SOX-E)	36	5,700	황 색	158	2.3	2	
	91	17,000	황 색	186	2.7	1	

### 다. 전력사용 대비

메탈할라이드등 175W의 전력소비율을 100%로 기준시 절전형 저압나트륨등(SOX-E)의 전력소비율은 36.9~43.3%이며, 메탈할라이드등은 절전형 저압나트륨등에 비하여 2.3~2.7배의 전력을 더 소비함.

### 라. 전력절감 실적

- (1) 조명등 설치 수량  
 SOX-E 36W : 3,853등  
 SOX-E 91W : 17,978등

### (2) '93년도 절감실적

(단위 : kWh, 천원)

구 분	메탈할라이드등	절전형저압나트륨등	절감실적	비 고
사 용 량	26,925,000	10,770,000	16,155,000	절전률 : 60%
전 력 금	1,227,000	491,000	736,000	

### 마. 의 견

절전률이 가장 높은 저압나트륨등(SOX-E)을 터널 및 상습 안개지역의 조명등으로 설치 점등 운영하고 있으며 앞으로 산악지대와 해안 고속도로에 확대 설치계획임.

## 6. 연간 전력절감 실적

('93년도분)

구 분	절감전력량(kWh)	절감전력요금(천원)
계	22,623,000	1,051,200
터널조명등 자동점소등기기	3,834,000	195,000
저압나트륨등 전자안정기	28,000	1,200
가로등 배선회로개선	2,496,000	114,000
패양평가로등	110,000	5,000
메탈할라이드등 ↳ SOX-E	16,155,000	736,000

## 7. 결 론

한국도로공사에서는 1973년도 세계적인 석유파동 이후부터 국가시책인 에너지 절감에 기여코자 지속적으로 절감 방안을 수립, 추진하고 있으며 특히, 도로조명에 대하여 국내의 신기술, 신자재 및 자체 연구개발을 통하여 실제로 활용함으로써 많은 전력절감 실적과 기술을 축적하였으며 유사 업무를 수행하는 시도의 도로조명에 활용한다면 에너지 절감에 지대한 공헌이 되리라 확신함.