

맞춤형 도로조명으로 저탄소 Green-Road 조성 성과 보고서

최금인 · 윤경득 (국도해양부)

1. 추진 배경

국내 경제 발전과 사회구조의 고도화에 따라 경제 활동 시간이 24시간으로 다양화되고 있으며 고속도로 및 일반국도 등의 지속적 확충에 따라 반일 생활권 확산으로 야간 교통안전시설인 도로조명의 설치가 확대되고 있다.

현재 고속도로 및 일반국도의 도로조명시설은 1,894지점, 2,182[km]에 걸쳐 설치 운영 중에 있다. 또한 조명시설의 연간 전기료는 약 294억원에 이르고 있다.

그러나 현재 국내 도로조명시설은 설치 기준 및 관리 체계가 관리기관에 따라 상이하며 설치 위주의 조명시설 관리로 인하여 무분별한 도로조명의 설치나 일관되지 않은 조명 운영 등의 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제점은 예산 낭비와 에너지 손실 및 탄소 배출 과다 등의 환경문제로 이어지며 특히 야간 교통안전 사고와도 밀접한 관계가 있다.

따라서 이러한 도로조명의 운영 및 관리 실태와 조명 설계에 대한 현황을 조사하기 위하여 지방청 등 관련기관 탐방과 현장 조사를 통하여 발생된 문제점을 분석하고 이에 대한 개선방안을 마련코자 하였다.

2. 추진 경과

이번 조사는 도로조명 관련 기준의 검토와 고속도로 및 일반국도, 시도 등을 대상으로 본선부와 교차로, 휴게소, 터널 등의 조명 운영 실태와 관리 실태를 조사하고 설계 중인 도로조명 성과에 대한 점검을 통하여 합리적인 도로조명 운영 방안과 개선 방안을 모색하고자 2010년 2월 1일 시행계획 보고와 함께 시작하였다. 기획 단계에서는 2010년 2월부터 5월까지 5회에 걸쳐 관련 전문가와의 자문회의를 통해 가로등 설치 기준 검토 및 현황 조사, 도로조명시설의 설치 및 운영에 대한 문제점 검토, 개선방안 검토 등을 수행하는 등 심도 깊은 논의를 거쳤다.

이를 통하여 도출된 도로조명의 세부 개선 안에 대한 확인 및 검증을 위하여 감사담당관 외 소속 직원과 한국건설기술연구원 및 도로조명 관련 외부 전문가 등 13명을 투입하여 2010년 6월과 2010년 9월 2회에 걸쳐 지방국토관리청 5개소, 국도관리사무소 10개소, 한국도로공사지사 6개소 및 현장 관리중인 고속도로 및 국도 건설현장 17개소에 대한 현장 감사를 수행하였으며 가로등과 터널 조명 및 도로조명 설계 실태를 중점적으로 점검하였다.

본 조사에 따른 문제점의 개선방안 도출을 위하여

감사 기간 동안 관련 국책 연구소 연구원, 한국도로공사 조명 실무자, 전기 및 조명 설계 전문가 등과 꾸준히 교감하면서 도로조명 기준 개선 및 터널 조명의 세부 기준, 도로조명의 체계적인 유지관리 방안, 터널 휘도 관리 개선 방안, 가로등 D/B 구축, 계약전력 방법 개선 방안, 전력 제어 방안 등의 구체적 개선 방안을 마련하였다.

조사 결과 및 개선 방안은 2010년 12월 7일 자문 회의를 거쳐 최종 확정되었다.

3. 도로 조명 관련 규명

도로의 조명시설은 크게 가로등과 터널조명으로 구분할 수 있다. 이러한 도로조명의 기준은 지식경제부의 도로조명기준(KSA 3701)과 터널조명기준(KSC 3703)이 있으며 세부 실무 지침은 우리부의 도로안전시설 설치 및 관리지침(제2편 조명시설편, 이하 도로조명지침이라 함)에 있다.

도로조명의 설치 장소는 고속도로와 같은 자동차 전용도로와 일반도로로 구분하여 연속조명과 국부조명 설치여부를 결정하며 도로별 조명 밝기 기준에 따라 조명기구의 설치 높이와 설치 방식을 결정한다. 터널 조명은 터널내에 설치하는 조명과 터널 전·후의 접속도로에 설치하는 조명으로 구분하여 설치하며 터널내에 설치하는 조명은 입구부와 기본부, 출구부로 구

분하여 터널 입구부의 야외휘도와 교통량 등에 따라 조명시설의 설치 규모를 결정한다.

4. 도로조명 현황 및 문제점

도로조명기준(KSA 3701)은 도로의 형태와 주변 환경을 고려하여 도로의 노면 휘도를 0.5~2.0(cd/m²) 범위 내에서 도로의 특성에 맞게 적용하도록 최근 개정하였다. 그러나 우리부의 도로조명지침은 도로의 노면 휘도를 1.0~2.0(cd/m²)으로 KS기준보다 높게 규정하고 있으며 미국 및 일본, 독일 등과 비교하여도 높은 휘도 기준을 적용하고 있다.

KS도로 조명기준은 기존 4단계 조명등급 기준을 도로종류, 교통량, 도로시설, 주변의 밝기 등 여건을 고려하여 9단계로 세분화(10.5.)하고 있으나 도로조명지침은 단순 도로등급 기준(고속국도, 주·보조간선도로, 집산도로)으로 4등급으로만 운영하고 있어 도로의 형태나 주변 환경에 대한 고려 없이 일률적으로 가로등을 설치하고 있으며 또한 조명 밝기의 최대 제한기준이 없어 대부분 기준보다 2~4배 밝기로 과도하게 운영 중인 현상이 많았다. 실제 홍천국도관리사무소에서 관리 중인 국도5호선 강원도 춘천 소재 동면교차로의 경우 가로등 측정 조도가 최대 61(lx)로 기준조도(15(lx)) 대비 4배의 밝기로 운영 중이었으며 대구국도관리사무소에서 관리 중인 국도5호

표 1. 국가별 조명 기준 비교

국 가	휘도 (cd/m ²)	종합균제도	차선균제도	비 고	
국제조명위원회(CIE)	0.5~2.0	0.4	0.5~0.7	교통량, 도로시설 복잡성 M1~M5 구분	
미국(IESNA)	0.4~1.2	0.1~0.3	-	도로성격과 보행자 혼잡지역으로 구분	
일 본(JIS)	0.5~1.0	0.4	0.5~0.7	도로등급 및 외부 간접조명을 고려함	
독 일(DIN)	0.3~2.0	0.35~0.4	0.4~0.7	교통량, 도로의 등급 ME1~ME6 구분	
한국	KS 기준	0.5~2.0	0.4	0.5~0.7	교통량 도로시설 복잡성 M1~M5 구분
	도로조명지침	1.0~2.0	0.4	0.5~0.7	도로등급으로 구분

선 대구광역시 북구 철곡 소재 천평고가교는 측정 조도가 최대 71(lx)로 4.7배의 밝기로 운영 중인 것을 확인하였다.

터널의 입구부는 야외 휘도와 터널 내부 휘도 차이로 인해 암순응이 발생하며 터널의 출구부는 명순응이 발생한다. 이러한 생리적 시각 반응에 의해 터널에서의 교통 용량 변화와 안전사고 위험이 동시에 발생한다. 이에 따라 KS기준은 조도를 1,860(lx)에서 2,600(lx)로 20~25[%] 기준 강화하고 조명 설치 단계를 3단계에서 2단계로 조정하여 운영토록 2010년 5월 개정하였으나 도로조명지침은 시간대별 및 교통량 등 세부 조명기준이 없어 설계속도별로 동일하게 설치·운영함으로써 에너지 낭비 및 터널 입구부 조도 부족 등으로 안전사고 발생이 우려된다. 실제 강원도에서 관리 중인 지방도 000호선 00시소재 000터널의 경우 22시에서 4시까지 시간당 교통량이

10~25대 임에도 불구하고 심야시간대 터널 조명을 야간시간대 조명 상태로 운영하고 있었다.

가로등 및 터널 조명 등 도로조명은 빛 효율을 확보하기 위하여 최소 장비 및 인력을 확보하여 체계적으로 유지관리 필요가 있다. 그러나 지방국도관리청 산하 국도관리사무소의 전기시설 유지관리 실태를 조사한 결과 유지관리를 담당할 전문 인력이 부족하고 사다리차, 청소차 등 유지관리장비는 18개 국도관리사무소에 54대만 보유하고 있어 가로등의 청소 불량 및 가로등 소등 등 부실한 가로등 운영 상황이 발생하고 있으며 특히 교차로와 장대교량에서 가로등의 조도를 측정할 결과 측정조도의 편차가 심하게 나타나 유지관리 부실의 문제점을 확인할 수 있었다.

이러한 가로등의 운영 및 유지관리는 세부적인 유지관리 지침 및 매뉴얼을 통해 관리할 수 있다. 현재 한국도로공사에서는 Hi포탈-유지관리 매뉴얼을 운영

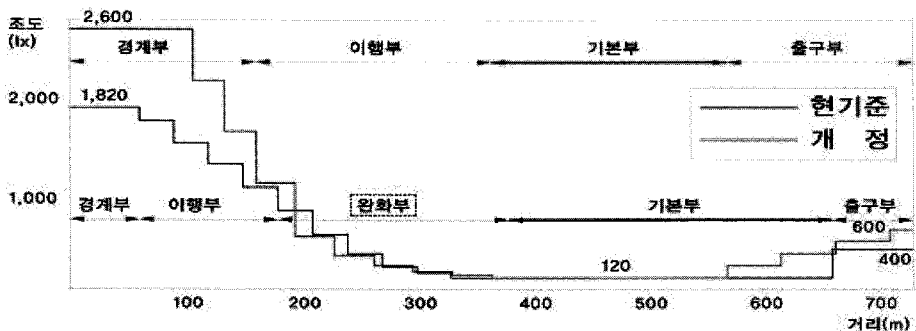


그림 1. 터널 위치별 조명기준 개정 현황

표 2. 국도관리사무소 별 가로등 유지관리 운영 실태

구분	관리대상 관리여부	점검			조도 측정		청 소
		수시	정기	특별	횟수	기록여부	
의정부	○	○	월1회	×	필요시	×	반기1회
강릉	×	○	×	×	필요시	×	반기1회
정선	×	○	월2회	×	분기1회	○	연1~2회
전주	○	○	월1회	×	년1회	○	연1회
대구	×	○	반기1회	×	년1회	○	반기1회

중에 있으며 서울시는 유지관리지침 및 매뉴얼을 운영하고 있으나 국도관리사무소에는 점점, 보수주기 등과 같은 세부적인 지침과 매뉴얼 부재로 효율적인 관리가 곤란하고 사무소별 가로등 운영의 차이가 발생하고 있다.

동일 노선에 대해서는 가로등의 설치는 일관되게 하여 도로 노면의 균제도 및 야간 시인성을 확보하고 가로수 가림, 중복 설치 등으로 효율이 저하되지 않도록 하여야 하나 서울외곽순환고속도로, 자유로 등에서는 동일구간에서 상이하게 설치 관리 운영하고 있으며 국도00호선 의정부소재 가로등은 인근 군부대 가로등과 국도 가로등이 중복 설치되어 있으며 동일 지역에서 가로등의 지주 형태도 서로 상이하게 운영하고 있다. 또한 가로수에 의해 가린 가로등의 운영과 조도 기준 미달 LED가로등 설치 등 일관되지 않은 가로등 설치로 인해 도로노면의 균제도 및 야간 시인성 저하로 안전하고 발생이 우려되는 현장을 다수 확인할 수 있었다.

도로조명지침에서는 도로 조명은 운전자 시각을 감안하여 휘도로 측정하여 관리토록 규정하고 있으나 국도관리사무소에서는 이를 측정하기 위한 휘도측정 장비가 없어 조도계로 측정한 후 휘도 환산하여 관리하고 있으며 한국도로공사가 1대 보유하고 있다. 이러한 문제점을 확인하기 위하여 최신 휘도 측정 장비

인 LMK를 현장 적용하여 도로의 휘도현황을 분석한 후 조도계 활용방법과 비교하였으나 LMK장비는 주행차량 등 주변의 환경에 영향을 받으며 입력변수 값의 불안정으로 측정결과에 대한 신뢰성이 저하되어 활용이 곤란하였다.

그밖에 터널의 계약전력 산정방법 잘못으로 전기요금의 과다 지출사례와 전력 케이블 규격 불일치, 교통량에 따른 가로등 전력제어 개선 방안의 필요성을 확인할 수 있었다.

5. 도로조명의 주요 개선 방안

조명관련 전문가 및 관계기관 담당자와의 기술 자문회의를 통해 도출된 문제점 및 현장 감사를 통해 확인한 문제점에 대한 원인을 분석하여 관련 기준의 정비 및 운영 및 관리 방안 등 현장에서 적용 가능한 대안과 제도 개선을 위한 기준 수립 등 다양한 개선 방안을 수립하였다.

도로조명의 기준은 우선 KS기준과 상이한 도로조명지침의 규정 내용을 통일 시키며 도로 형태 및 주변 환경을 고려하여 도로의 평균 노면 휘도를 1.0~2.0[cd/m²]에서 0.5~2.0[cd/m²]으로 개정토록하며 도로 특성에 적합한 가로등이 설치될 수 있도록 규제도 관련 기준을 추가하고 도로조명의 최대 기준 설

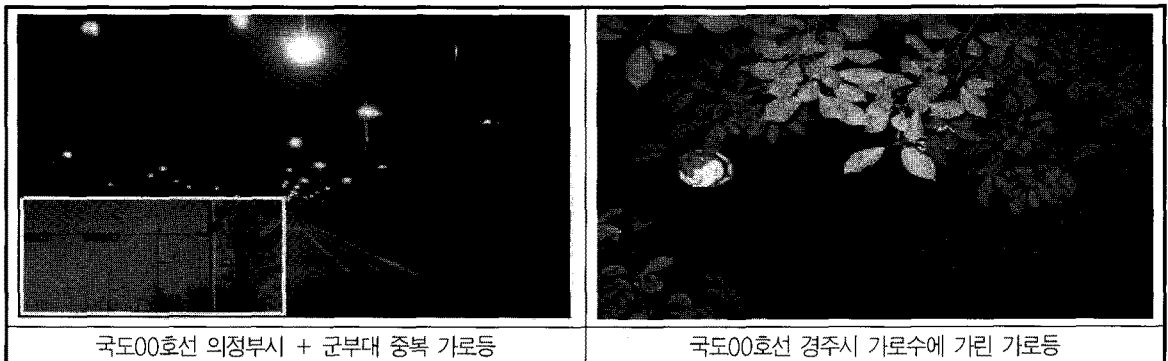


그림 2. 비효율적 가로등운영 실태

정을 검토토록 하였다. 특히 중요도가 낮은 중로·소로 등과 같은 저급도로의 도로조명 기준을 완화할 경우 연간 78억원의 전기료 절감과 12,926톤의 탄소 배출량 저감, 이에 따른 환경 개선비 19억 발생 등의 예산절감 효과를 기대할 수 있다. 또한 도로조명 설계 시 도로의 교통량에 따른 도로조명기준을 마련하고 교차로 및 장대교량 등 국부조명이 필요한 구간에 대한 세부 설치기준을 포함토록 하였다.

더불어 터널 입구부의 안전사고 예방을 위하여 강화된 KS터널 조명기준을 반영하여 도로조명지침에 시간대별 및 교통량 등을 감안한 입구부 순응 조명 세부기준을 마련하고 터널 주변의 경관과 하늘 조명 비율을 검토하여 터널 입구부에 캐노피 설치, 조경수 식재 등을 검토토록 하였다. 이러한 터널 조명 세부기준 마련 시 연간 72억원의 전기료 절감과 11,892톤의

탄소 배출량 저감 및 18억원의 환경개선 등 예산절감 효과를 기대할 수 있다.

시간대별 주변 지역의 광환경 및 교통량에 따른 정량적 세부 기준을 마련하기 위하여 맑음, 흐림, 일·출몰, 야간, 심야 등 터널 조명 단계별 세부 운영 기준을 마련하도록 하며 최근 개발 중인 LED 전등의 터널등 적용성 검토 결과 800[m] 이상의 장대터널에 기본부 조명으로 적용 시 연간 1.5억원의 예산절감 효과가 발생하는 것으로 분석되었다. 현재 LED 광원의 지속적 성능 개량과 발전 속도를 감안 시 향후 터널조명의 적용성은 더욱 클 것으로 판단된다.

가로등 및 터널등의 체계적인 유지보수 시스템 마련을 위하여 긴급 상황에 대비한 필수 장비 및 인력을 확보하도록 하며 전국에 설치된 가로등 현황의 조사 관리를 위한 D/B구축 및 관리 프로그램을 연구 개발

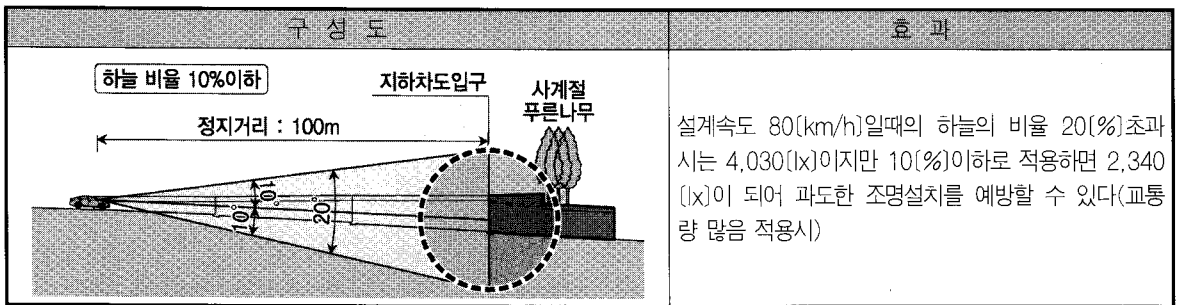


그림 3. 터널 입구부 하늘조명 검토(예시)

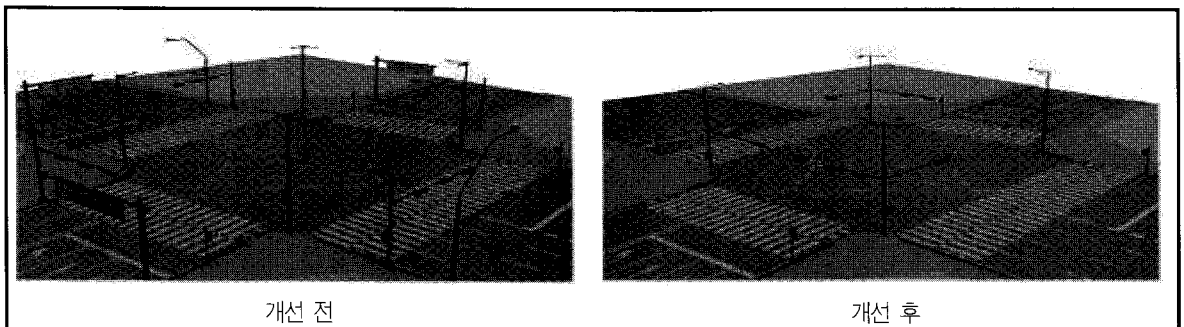


그림 4. 교차로 지주 통합 개선 효과

하며 또한 효율적인 가로등 유지관리를 위한 유지관리 세부지침 및 매뉴얼의 제정과 가로등의 휘도 관리 부실을 해소하기 위한 휘도 측정장비의 확보와 관련 프로그램의 개발을 유도하도록 하였다.

비효율적으로 운영 중인 가로등의 경우 가로등이 가로수에 가리거나 시가지 간접조명 등으로 가로등의 효율이 저하되는 구간에 대한 개선대책 마련이 필요하며 노후화된 터널의 전기시설에 대해서는 정밀안전진단 실시 등을 통해 근본대책 수립이 필요하다. 또한 교차로내에 표지판, 신호등, 가로등, 전주 등을 통합할 경우 지주의 이중 설치 방지 및 가로변 개선효과를 기대할 수 있으며 경제적으로도 연간 78억원의 예산 절감 효과를 기대할 수 있다.

현재 도로조명지침에서 규정하고 있는 터널조명 등기구의 4[m] 설치높이 기준에 의한 획일적인 터널 조명등의 운영을 등기구의 광효율 극대화와 터널 특성에 맞춘 등기구 설치가 가능하도록 설치 높이에 대한 규정을 건축한계 높이로 조정하여 다양한 조명등 설치와 경제적 터널 단면이 설계될 수 있도록 하였으며 또한, 터널조명 설계 시 시뮬레이션 등 적용성 평

가를 의무화 하도록 도로공사 표준시방서 개정 등을 제안하였다. 특히 터널 조명 등기구의 설치 높이를 건축한계 밖으로 규정 시 터널 단면 축소가 가능하며 이에 따른 공사비 절감액은 연간 309억원으로 추정된다.

전기 공급지침에 따라 부하설비 용량과 변압기 용량 중 작은 용량을 계약전력으로 적용할 수 있으며 이를 비교 검토하여 전기요금에 절감되는 방향으로 전기 사용 계약을 체결토록 조치하고 터널 입출구부 가로등, 터널 조명등으로 각각 설치된 계량기를 통합하여 가로등 전기요금체제로 운영토록 개선하였으며 이를 통해 연간 전기료를 24억원 절감할 수 있으며 탄소배출량 3,912톤 저감 및 환경개선 6억원의 효과를 기대할 수 있다.

교차로 및 장대교량 등에 설치된 가로등의 운영을 터널과 같이 교통량이 적은 심야시간에 밝기 조절을 통한 에너지 절감을 도모하도록 전력제어 방안을 검토하였으며 가로등의 밝기를 25~30(%) 조광 시 연간 124억원의 전기료 절감 및 20,423톤의 탄소배출량 저감과 환경개선 31억의 효과를 기대할 수 있다.

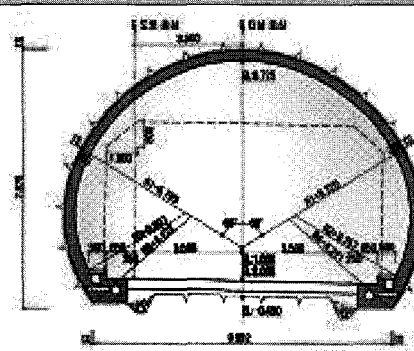
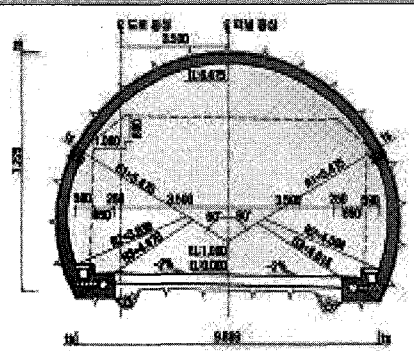
구분	당초안	축소안
표준 단면		
비교	건축한계 여유 30[cm]	건축한계 여유 5[cm]
굴착량	74.682[m ³]	70.260[m ³]
검토결과	내장 및 조명여유 축소로 (m)당 굴착량이 4.422[m ³] 감소로 약 6(%)의 단면 축소 가능	

그림 5. 2차로 터널 단면 축소 방안(예시)

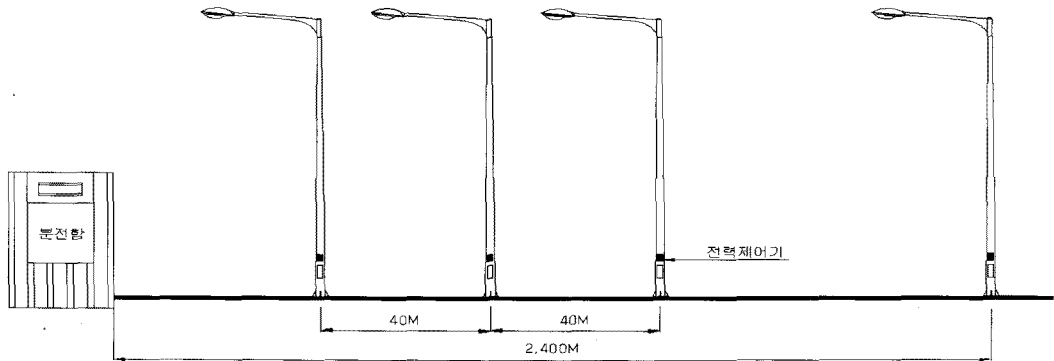


그림 6. 가로등 전력제어 개념도

6. 쏘사를 마무리 하며

도로조명시설은 시가지 도로 및 터널, 입체교차로, 교량, 위험구간 등에 설치하여 야간 운전자의 시환경을 개선하고 야간 교통사고를 예방을 통하여 쾌적하고 원활한 도로 환경 구현을 목적으로 한다.

실제 서울시 한 지역에서 가로등 설치 전후의 사고 감소율을 보면 보행자 사고의 경우 가로등 설치 후 야간사고 감소율이 45[%]로 감소하였고, 기타 교통사고는 23[%]나 감소한 것으로 나타나 가로등이 야간 교통사고에 미치는 영향을 단적으로 말해 주고 있다. 미국의 Traffic Safety Fact 2000에 의하면 교통량이 매우 적은데도 불구하고, 야간주행의 사망 사고율은 낮 시간 주행에 비해 약 3~4배 많은 것으로 보고 되어 도로조명시설의 중요성을 확인할 수 있다.

이러한 도로조명은 도로별 관리기관에 의해 계획·설치·운영되고 있으나 계획단계에서는 관련 기준의 상이로 인한 조명설계의 부적절 사례가 발생하고 또한 설치 시 설계된 도로조명의 성능 및 기능 확인 과정이 없으며 체계적인 유지 보수 시스템이 미흡하여 일부 지자체 및 고속도로를 제외하고는 대부분의 도로조명은 비효율적으로 운영되고 있는 실정이다. 이는 조명설계 전문가 인력 부족 및 검증 시스템 미비, 도로조명의 유지관리 중요도에 대한 인식 부족 등의

원인을 찾을 수 있으며 보다 체계적인 인력 양성 및 검증 시스템의 구축과 유지관리 체계의 선진화 등을 통하여 지속적으로 관리할 필요가 있다.

우선 가로등 설계기준 분야의 경우 개정된 KS기준의 반영 및 도로별 조명 기준 세부화와 터널 입구부 조명에 대한 기준 강화가 필요하다. 이러한 기준 개정을 통한 예산 절감액은 연간 187억원에 이를 것으로 예상된다. 가로등의 운영 및 유지관리분야는 체계적인 유지관리를 위한 인력 및 장비의 확보가 시급하다. 이를 위하여 우선 공사 준공 시 조도 측정을 의무화하고 그 결과를 관리기관에 이관하고 이를 관리할 수 있도록 유지관리 세부 기준을 마련하여야 한다. 터널 조명의 경우에도 시간대별, 주변 지역의 빛 밝기 및 교통량에 따른 정량적 세부 조명기준을 마련하고 조명등의 높이 다양화를 통하여 터널 특성에 맞는 조명 설치로 효율성과 경제성을 확보할 수 있다.

조명설계의 경우 전문화된 자격제도가 국내에 없으며 설계 성과에 대한 검토 인력과 시스템이 부족하여 설계 부실에 대한 검증이 곤란한 경우가 있다. 따라서 이러한 조명 인력 양성 및 기술력 확보를 위하여 관련 자격제도의 도입과 설계 성과에 대한 자문 시행, 조명 시뮬레이션과 같은 설계 검증 시스템을 도입하여 설계의 내실화를 확보할 필요가 있다.

또한 효율적인 도로조명의 유지관리를 위하여 조명

시설의 계획 및 설치 단계에서부터 운영단계에 이르는 도로조명운영D/B구축이 필요하다. 현재 일부 지자체 및 도로공사에서 운영하고 있는 시스템의 통일된 기준을 마련하고 운영 매뉴얼 및 관련 프로그램의 개발을 통하여 일관되고 체계적인 도로조명의 관리가 절실하다.

최근 금융위기 및 유가 급등으로 국가에서는 에너지 절약을 위하여 승용차 5부제 및 자체단체별로 유흥업소에 대한 옥외 간판의 점등 시간을 제안하는 등의 노력을 경주하고 있을 때 각종 도로에 설치 운영하고 있는 가로등에 대해서 안전사고 위험개소는 안전사고 예방을 위하여 더욱 밝게 하고 지방지역 등 차량 통행량이 적은 저급도로에 대해서는 도로 조명에 밝기에 대한 기준을 선진국 기준과 같이 낮추어 에너지 절약에 동참함이 바람직 한다고 판단된다.

◇ 저 자 소 개 ◇



최금인(崔錦仁)

1956년 7월 17일생. 1976년 8월 12일 ~1997년 1월 5일 마산·동해·포항·부산지방 해양항만청 부두내 조명담당. 1997년 1월 6일~2008년 2월 29일 해양수산부 항만정책과 항만건설 담당.

2008년 3월~현재 국토해양부 감사담당관실 근무 (2010년 국토해양부 도로 조명시설 설치 및 운영실태 기획감사 실시).



윤경묵(尹梗默)

1962년 10월 23일생. 1993년 8월 16일 ~2006년 3월 19일 원주지방국토관리청 국도건설 및 국도유지관리 담당(국도상에 설치된 가로등 및 터널등 관리 포함).

2006년 3월 20일~2008년 9월 9일 국토해양부 도로건설과 도로건설 사업관리 담당. 2008년 9월~현재 국토해양부 감사담당관실 근무(2010년 국토해양부 도로 조명시설 설치 및 운영실태 기획감사 실시).