국토교통기술촉진연구사업 12교통체계-자유01

지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 최종보고서

2014. 8. 15

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / ㈜아이라이트, ㈜온텍시스템

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 8. 15

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 정 준 화
연 구 원 : 이 석 기
" : 문 재 필
" : 김 영 록
" : 조 원 범
" : 박 순 용
" : 이 연 주
협동연구기관명 : ㈜아이라이트/(주)온텍시스템
협동연구책임자 : 이 미 애 / 조 중 호

보고서 요약서

과제고유번호	12교통체계 -자유01	해 당 단 계 연 구 기 간	2012. 03.16 ~ 2014.08.15	단 계 구 분	2/2 (최종)
연 구 사 업 명	국토교통기술촉진연구사업				
연 구 과 제 명	지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발				
연 구 책 임 자	정 준 화	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 20명 내부 : 20명 외부 : 명	총연구비	정부 : 1,130,000천원 기업 : 390,000천원 계 : 1,520,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국건설기술연구원 SOC성능연구소 도로교통연구실		참여기업명	㈜아이라이트, ㈜온텍시스템	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		

<table>
<tr><td colspan="2">요 약</td><td>보고서면수</td><td>290</td></tr>
<tr><td colspan="4">○ 기준(지침) 개발 : ‘도로안전시설설치 및 관리지침’(국토부) 개정 제안
- 횡단보도 조명 설치 기준 개정
○ 기준을 만족하는 등기구 개발
- 횡단보도 등기구 최적 배광개발, 광학설계 및 시작품 1차 제작
- 횡단보도 등기구 최적 배광개발, 광학설계 및 시작품 2차 제작
- 횡단보도 등기구 외함 설계 및 제작
○ 조명시스템 기술 개발
- 횡단보도 조명시스템 및 제어 기술 개발
- 횡단보도 조명시스템 멀티입력 디밍컨트롤러 개발
- 횡단보도 조명시스템 개발(‘13.12)
○ On-Road Testbed 구축 및 평가
- 고양시 소재 2차로, 4차로 도로 중 조명 및 무조명 구간 대상 구축
- 횡단보도 조명기구의 조명 기준 만족(수평면 조도, 연직면 조도)
- 설치 전·후 교통안전 효과 평가(주행속도, 보행자 주의력 등)
○ 기술 이전 및 사업화
- 국토교통부 : 국도상 횡단보도 조명설치 지역, 사고 잦은 곳 개선사업, 보행우선구역 사업 등
- 지자체 : 스쿨존 사업, 사고 잦은 곳 개선사업 등
☞ 정량적 성과 : 논문 6편, 특허 6건, SW 1건, 디자인 1건, 지침(개정) 1건
☞ 기술사업화 성과 : 기술이전 3건, 현장 시범적용 4개소(고양시 풍동, 송포동, 화성 향남지구, 제주 성산읍)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어</td><td>한 글</td><td colspan="2">횡단보도 조명, 눈부심, 조도, 휘도, 교통안전</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="2">Crosswalk Lighting, Glare, Illumination, Luminance, Traffic Safety</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목

지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발

Ⅱ. 연구개발과제 개요

1. 연구 배경 및 목적

○ 횡단보도 사고 위험률을 줄이기 위해 다양한 형태의 각종 첨단 횡단보도 시설물이 설치·운영되고 있으나 이에 대한 안전성 및 효율성 검증이 미흡하며 세부적 설치규정 또한 미흡한 상태임

○ 횡단보도 및 교차로의 조명시설에 대한 사항은 도로안전시설 설치 및 관리지침-조명시설 편[1]에서 조명시설의 일반적인 설치기준과 조명시설의 종합적인 배치 위주로 정리되어 있으나 횡단보도 설치 지역에 따른 조명시설 설치기준 및 설치 방법에 대한 구체적인 언급 부재

○ 따라서 횡단보도의 안전도를 향상하기 위하여 횡단보도에 설치하는 조명시설에 대한 환경맞춤형 기준이 필요하고 그에 따른 표준(안)이 제시되어야 할 것이며 이는 운전자의 인지반응 특성와 주행 안전성 분석 등 다각적인 실내·외(예비 테스트, 오프로드 테스트, 온로드 테스트) 실험분석을 통해 효과 검증 필요

○ 본 연구는 지방부 도로 횡단보도 조명에 대한 상세한 적정 설치기준을 정립하고, 기준을 만족하기 위한 조명기구의 성능기준 제시로 지방부 횡단보도 교통안전 향상을 도모하고자 하는데 그 목적이 있음

2. 연구 필요성 및 범위

○ 현재 국내 횡단보도조명 설치 및 운영에는 다음과 같은 문제점이 있음

- 조명기구 성능기준 부재
- 과도한 밝기
- 상세 설치 기준 부재

○ 지방부 도로는 도시부 도로에 비하여 교통량은 적은 편이나 운행속도가 높고 주행속도 편차 또한 도시부 도로에 비하여 큰 편임

○ 이러한 지방부 도로의 주행 특성은 연속조명이 없는 구간에서의 시거 불량, 불필요한 신호 대기로 인한 운전자 인내심 자극 및 신호 위반을 조장하여 보행자 사망사고가 빈번히 발생하기 때문에 무분별하게 횡단보도만 밝게 하는 기존 조명의 방식에서 벗어난 새로운 방법과 기술대안 개발 필요

1) 국토해양부(2008), 도로안전시설 설치 및 관리지침

○ 따라서, 본 연구는 교통사고율과 사고 심각도가 높은 지방부 도로 횡단보도의 안전 문제를 해결할 수 있는 횡단보도 조명시스템 개발과 조명 기준 정립을 주 내용으로 함

○ 이를 위한 핵심 기술 및 연구 범위는 다음과 같다

- 횡단보도 조명 관련 문헌 고찰
- 횡단보도 조명기구의 표준 성능 기준 정립 및 기초 연구
- 횡단보도 조명시스템과 제어기술 개발 및 검증

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과

연구 내용	연구 결과
□ 횡단보도 조명 기준 및 국내·외 동향	
▪ 횡단보도 조명 기준 및 문헌 검토를 통한 연구 진행 방향 도출	**[국내 기준 검토 결과]** - 용도지역에 따라 수평면 평균조도 제시 - 원칙적으로 컷오프 배광방식 사용 - 순응문제 발생으로 횡단보도 전방 50m의 조도는 5lx 확보 **[국외 기준 검토 결과]** - 연속조명이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 배경휘도 고려 - 평균 연직면 조도는 10~30lx 범위 내에서 설정 - 최소 연직면 조도는 4lx 이상 - 유효범위를 설정
▪ 특허 및 논문 동향 분석	**[기존 기술 회피 전략]** - **조명방열기술**의 경우 모든 세부기술의 구간별 출원동향을 보면 2000년대에 들어서 특허가 증가하는 추세에 있는 것으로 나타났고, 세부 기술 분야간 출원 비율도 크게 변화하지는 않고 있으나 수냉식 기술에 대한 출원비율이 늘어나고 있음을 알 수 있음 - 각 세부기술별로 CR5를 산정한 결과 시장 Top 5개사의 시장점유율이 13%~14%에 불과한 것으로 볼 때, 소수 기업의 과점상태에 있지 않아, 시장 진입이 가능할 것으로 판단 - **조명배광기술**의 경우 각 세부기술별로 CR5를 산정한 결과 시장 Top 5개사의 시장점유율이 18%~26%에 불과한 것으로 볼 때, 소수 기업의 과점상태에 있지 않아, 시장 진입이 가능할 것으로 판단 - **조명제어기술**의 경우 원격제어 및 주변장치연계제어기술에 대한 출원이 상대적으로 많고 최근 들어 감응제어기술 분야에 대한 높은 기술개발 집중도를 나타내고 있음

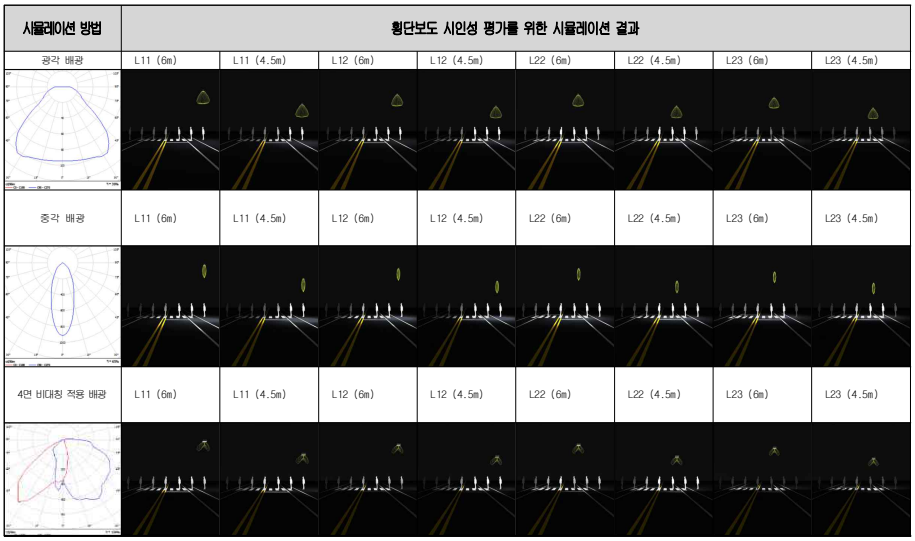
	- 각 세부기술별로 CR5를 산정한 결과 시장 Top 5개사의 시장점유율이 모두 10%에 이하이므로, 소수 기업의 과점상태에 있지 않아, 시장 진입이 가능할 것으로 판단 - **조명방수기술**의 경우 각 세부기술별로 CR5를 산정한 결과 시장 Top 5개사의 시장점유율이 17%에 불과한 것으로 볼 때, 소수 기업의 과점상태에 있지 않아, 시장 진입이 가능할 것으로 판단
▪ 국내·외 정책 동향 분석	- 횡단보행자 사고를 줄이고 보행자의 통행 안전을 확보하기 위하여 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본계획(안)을 수립하여 사업을 시행 및 차량과 보행자간의 상충 사고를 예방하기 위하여 범국가적인 기본 계획을 수립(1단계 5년 완료, 2단계 5년 계획 수립 중)하고 있음 - 보행자와 관련하여 횡단보도 조명시설의 보급이 예상되기 때문에 보행자 및 운전자에게 최적의 배광 조건을 찾고 특히, 보행자의 시인성이 증진될 수 있는 기준 및 등기구 개발이 필수적으로 필요 - 유럽에서의 도로교통안전 대책은 중장기 계획을 기반으로 유럽 여러나라가 공동으로 연구를 진행하고 있으며 특히 어린이, 고령자 등의 신체 특성을 고려한 시설 등 교통 약자에 대한 배려 및 사회적 합의는 국내에서도 정책 및 연구 개발시 참고해야 할 것으로 판단
▪ 국내·외 시장현황 및 전망 분석	- 최근 증가하고 있는 야간 횡단보도 교통사고를 감소시키기 위한 대책의 일환으로 일부 지자체에서는 횡단보도 추가조명시설을 확충 중 - 국내에 설치되고 있는 횡단보도 조명등은 일반적으로 고전력의 저수명으로 글레어 현상이 심하고 미관이 좋지 않은 단점을 가지고 있으며 일반적인 소비 전력, 중심점 조도, 조도 균제도 등에서 문제점이 있음 - 유럽의 경우 도로가 보행자 중심으로 설계되어 있고 도로조명에 대한 기준이 세부적으로 잘 마련되어 있어 횡단보도 구역에 특별한 국부조명의 설치에 대한 지침이 없으며 만약 추가조명이 필요한 경우에는 가로등이나 보행등을 추가로 설치하여 기준을 만족시키고 있음
□ 횡단보도 조명 필요성 및 광환경 측정	
▪ 횡단보도 보행자 사고 분석	- 전체 사망자 수는 2,315건으로 야간[2] 1,609건, 주간 706건으로 야간 교통사고 사망자 비율이 69.5%로 주간에 비하여 높게 나타났음 - 야간의 경우, 활동시간대(18시~21시)에 집중되었고 특이한 점은 오전 6시에 **야간 사고** 전체의 7.4%가 발생하였으며 사망사고자의 연령대는 주로 노인인 것으로 나타났음 - 전체 사망자 중 야간 사망자는 약 70%가 발생하였으며, 이 중 차량의 좌측에서 우측으로 이동하다 사망한 경우가 전체 중 약 35% - 이와 같은 결과는 야간 시인성 저하에 따른 보행자 인식 불능으로 판단됨

	- 교통사고 통계 분석 결과, 야간 사망자 수는 전체 사고의 약 70%를 차지하고 있으며 주간 사고와는 다르게 야간 사고는 보행자 진행 방향에 영향을 받는 특성을 보였음 - 이와 같은 결과는 야간 운전자가 횡단보도를 건너는 보행자를 인식하지 못한 결과와 일반적으로 보조석이 운전석보다 전조등 조사 길이가 긴 전조등 조사 범위의 특성으로 사료 - 따라서, 본 과제에서는 횡단보도 조명 범위, 보행자 인식에 유리한 방식, 글레어 등의 영향이 없는 횡단보도 등기구 및 적정 조명 기준(안) 마련
▪ 횡단보도 조명시설 필요성 설문조사	**[운전자 설문]** - 운전자들의 82.8%가 조명이 설치된 횡단보도가 교통사고 예방에 도움이 된다고 응답 - 조명이 설치되지 않은 횡단보도가 교통사고 예방에 도움이 된다는 의견은 3.1%에 불과하였고 여기서 차이가 없다고 응답한 경우는 전체 14.1%로 조사 **[보행자 설문]** - 보행자들을 대상으로 횡단보도의 조명 방식에 대한 선호도 조사결과, 횡단보도 폭보다 넓게 보도를 포함하여 비추는 방식(77.7%)을 가장 선호하는 것으로 조사 - 보행자의 안전을 고려하여 보도와 횡단보도는 물론 정지차량을 확인할 수 있는 정도의 너비까지 조명을 비추는 방식을 가장 선호하는 것으로 분석
▪ 황단보도 조명시설 광환경 측정	- 연속조명으로 배경이 밝은 경우 보행자가 어둡게 되었을 때 더 잘 보임 (Negative Contrast) - 연속조명이 없고 배경이 어두운 경우, 보행자 자신을 밝히는 방식이 더 잘 보임(Positive Contrast) - 수평면 조도가 동일한 경우라도 연직면 조건이 고려되지 않으면 보행자 보임이 다를 수 있기 때문에 연직면 조도에 대한 검토 필요 - 횡단보도 조명은 운전자 시야에서 얇은 띠로 인지, 색온도가 달라도 연속조명과의 구분 불명확하기 때문에 유효범위에 대한 검토 필요

□ 횡단보도 조명시설 기준(안) 개발

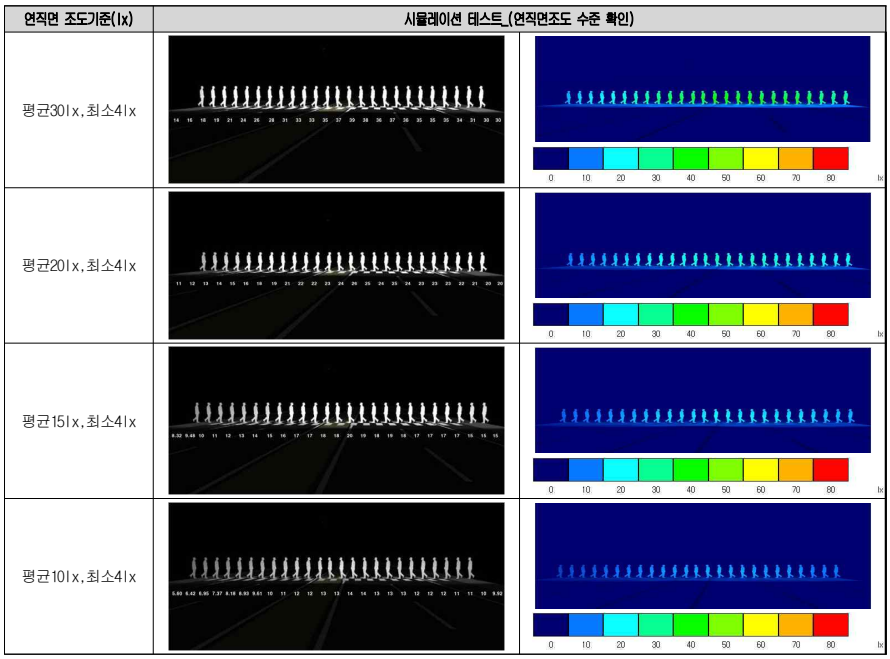
▪ 최적 횡단보도 조명조건 설정을 위한 현장 측정	- 수평면 조도가 동일한 경우라도 연직면 조건이 고려되지 않으면 보행자의 보임이 다를 수 있음 - 횡단보도 노면이 주변과의 밝기의 격차가 심할 경우 운전자 순응 문제 발생 - 횡단보도의 노면은 운전자 시야에서 얇은 띠로 인지되며 연속조명과 색온도가 구분되어도 얇은 선으로 인지되어 구분이 어려움 - 횡단보도 조명의 유효범위에 대한 검토 필요

[횡단보도 시인성평가를 위한 시뮬레이션 이미지 결과 값 비교]



▪ 시뮬레이션 테스트

[시뮬레이션테스트_연직면조도 수준 확인]



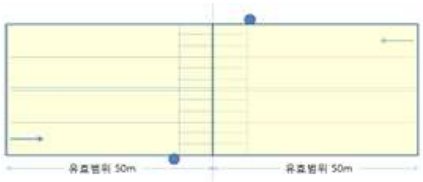
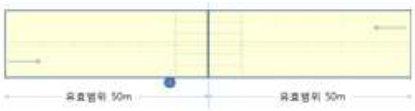
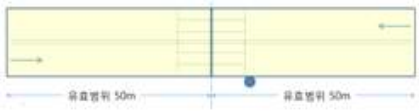
[횡단보도 조명설치 기준(안)]

▪ 횡단보도 조명 기준(안) 도출

용도지역	수평면 평균조도(lx)		수평면 최소조도(lx)		연직면조도(lx)		글레어 광도 cd/(1000lm당)		유효범위	배경 휘도
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	평균	최소	연직각 90도	연직각 80도		
상업지역	60	40	24	16	30	4	10 이하	30 이하	횡단보도 전후방 최소50m내 조도5lx, 균제도0.4	*추가 자료 참조
주거지역 공업지역	30	20	12	8	15~20	4				
기타지역	15	10	6	4	10~15	4				
무조명 구간	10	7	4	3	10	4				

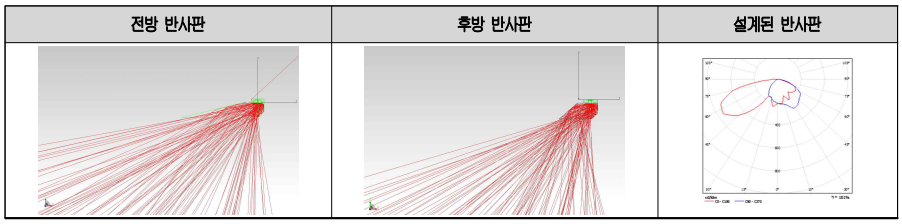
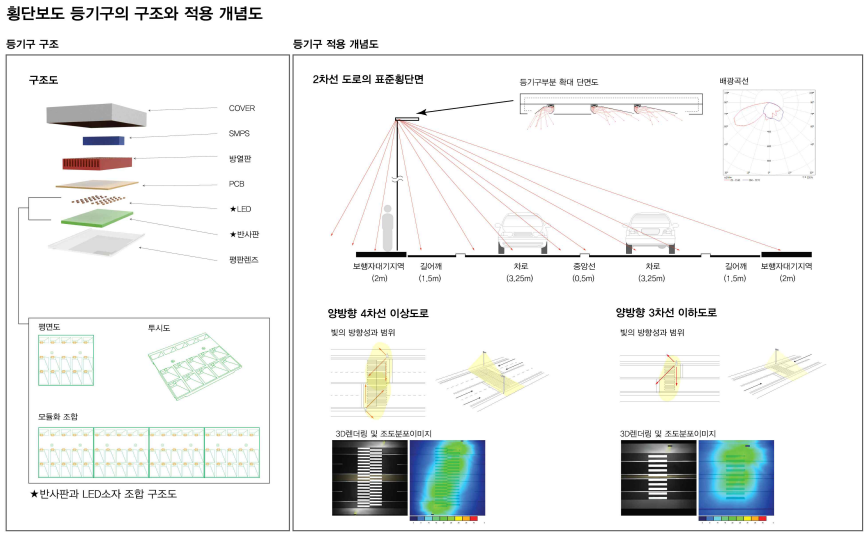
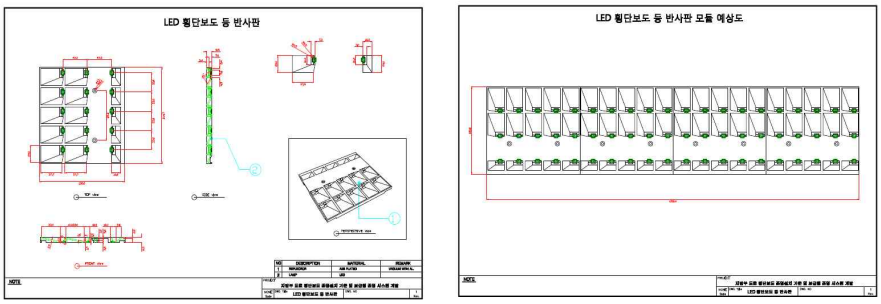
*주: 1)용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름

[* 추가자료]

1) 연속조명이 없는 경우	2) 연속조명이 있는 경우
· 연속조명이 없는 경우는 배경휘도가 어두운 환경으로 보행자를 밝혀주는 방식이 효과적임 · 수평면조도 뿐 아니라 연직면조도기준도 만족해야함 · 유효범위는 횡단보도 전후 50m까지 5lx이상 확보 될 수 있도록 보조조명을 설치하며 조도분포는 가능한 균일하게 종합균제도 0.4이상 확보 될 수 있도록 하는 것이 바람직함 · 연직면 조도기준에 만족할 경우, 양방향 3차로 이하에서는 추가조명(횡단보도 조명)은 1개만 설치하여도 무방	· 연속조명이 있는 경우는 배경휘도가 밝은 환경으로 보행자의 배경을 밝혀주는 방식이 효과적임 · 연직면조도기준은 제외됨 · 연속조명이 있는 경우는 도로조명등급이 최소 M5등급 이상이므로 횡단보도 전후 50m에서 5lx이상 확보된 것으로 기대할 수 있으며, 이때 유효범위 내 종합균제도는 0.4이상 될 수 있도록 하는 것이 바람직함 · 도로조명등급 M5 이상의 양방향 3차로 이하에서는 추가조명(횡단보도 조명)은 1개만 설치하여도 무방
·조명설치"예시" [양방향 4차선 이상]  [양방향 3차로 이하]  	·조명설치"예시" [양방향 4차선 이상]  [양방향 3차로 이하] 

□ 횡단보도 조명시스템 및 제어 기술 개발

▪ 방열기술 조사 및 적용성 검토	- LED 광원은 입력된 에너지의 80%를 열로 방출하며, LED 자체가 열에 취약하기 때문에 방열 기술이 매우 중요 - LED의 고유한 장점인 고효율 · 장수명의 관건은 LED 방열 기술 - 방열기술은 공냉식, 열전소자, 방열코팅, 수냉식으로 분류되어지고, 현재는 수냉식에 대한 연구와 특허출원이 늘어나는 추세 - 공냉식의 경우 방열면적을 공기와 최대한 접촉해야 하므로 방열기의 면적이 커지고, 중량도 높아지고 있음 중량을 줄이기 위해 알루미늄에서 마그네슘으로 재질의 변화가 있음 - 방열코팅은 전도, 대류, 복사 중에서 복사에 대한 열저항을 줄여 방열의 성능을 향상시키는 방식 - 매질과 매질사이에 접촉면 열저항을 줄이는 TIM에 대한 성능검증과 연구가 활발히 이루어지고 있음 - 고출력의 LED의 등장으로 인해 공냉식에서 수냉식에 대한 필요성이 더욱 증가하고 있음
▪ 자연순환방열 시스템을 이용한 방열판 설계 · 제작 · 시험	- 고출력의 LED가 새롭게 개발되어 방열에 대한 중요성이 더욱 커지고 있음 - 자연순환방열 시스템은 기존 공냉식에 비해 열저항이 매우 우수하며, 중량과 면적을 최소화할 수 있음 - 온도시험 결과 자연순환방열 시스템은 기존 공냉식에 비해 열저항이 31.3% 우수 - 방열코팅기술을 접목하면, 열저항을 더욱 개선할 수 있으며, 면적과 중량을 소형화 할 수 있음

▪ 횡단보도 등기구 광학설계	**[빛의 진행 및 설계된 배광곡선]** - 도로 및 보행자 대기 공간에 각각 배광  - 설계를 통한 배광곡선과 차년도에 설계 제작된 반사판의 배광곡선과 비교해야함
▪ 횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도	
▪ 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작	**[시작품 제작도면]** - 전방 및 후방 반사판 개별 설계를 통한 배광 효용 극대화 
▪ 교통신호기 연계 · 연동 기술 개발	- 교통신호기의 구성은 교통신호제어기, 교통신호등, 보행자작동신호기(압버튼), 시각장애인용 음향발생기, 잔여시간표기 등이 있음 - LED횡단보도 조명등을 교통신호기와 연계하여 디밍 기능을 구현할 때 조명등의 수명 향상 및 에너지 절약 효과가 큼 - LED 횡단보도 조명등이 교통신호기에서 정보를 받지만 이로 인해 교통신호제어기에 영향을 주면 안됨 - 교통신호기의 보행신호를 입력받아 4가지의 방법을 제안하였고, 교통신호제어기와 연계하는 시리얼 통신 방식 알고리즘과 보행신호등과 연계하는 시

	그널 입력 방식의 알고리즘을 설계 - 횡단보도 조명등 제어 알고리즘을 시뮬레이션하여 정확도를 판정하였으며 그 결과의 정확도는 100%
▪ 멀티입력디밍 컨트롤러 회로 설계	- LED횡단보도 조명등은 어두울 때 켜지고 밝을 때 꺼지는 단순동작에서 보행자 및 차량의 안전을 위하여 검지기와 센서의 데이터를 취합하고 제어 알고리즘에 의해 조명등의 디밍 및 안전시설물의 제어가 필요 - 검지기 및 센서의 데이터를 취합하고 조명등과 안전시설물의 제어가 가능한 멀티입력디밍 컨트롤러가 중요 - 보급형 횡단보도 조명시스템을 중앙관제센타에서 관리 운영할 수 있는 부분까지 설계에 포함 - 또한 단순한 컨트롤러가 아닌 보행자에게 시각적, 청각적으로 메시지를 전달할 수 있는 기능도 설계에 포함

Ⅳ. 최종 연구성과

1. 관련 지침 개정

○ 성능수준

- 횡단보도 조명설치 기준 제시 : 도로안전시설 설치 및 관리지침(조명시설 편)

○ 양적성과

- 지침 개정 1건(도로안전시설 설치 및 관리지침 ; 조명시설 편)

○ 기대효과

- 개정 지침을 통한 기준에 만족하는 횡단보도 조명 설치를 통한 야간 보행자 사고 감소 기대

2. 조명 기준에 만족하는 등기구 개발

○ 성능수준

- 관련 기준에 만족 등기구로서 미려한 디자인,
- 에너지 절감 31.3%(기존 대비)
- 열저항 59.5% 개선(1차년도 연구결과 대비)

○ 양적성과

- 눈부심 최소화 프로빔 형태의 반사판이 탑재된 횡단보도 조명

○ 기대효과

- 관련 기준에 만족하는 횡단보도 조명은 야간 보행자 사고를 줄일 수 있을 것으로 기대하며 경쟁력 있는 가격, 설치 수량 최소화를 통하여 많은 수요 기대

2) 18시~06시까지 범위 설정

3. 효과 평가

○ 성능수준 : 야간 보행자 교통안전 개선 효과

○ 양적성과

- 관련 기준 만족(수평면조도 평균/최소, 연직면조도 평균/최소)
- 횡단보도 조명 설치 후 최소정지시거 확보(세원고 : 115.9m, 무명교 : 76.8m)
- 횡단보도 조명 시스템 설치 후 주행속도 저하(약 2~6kph) , 보행자 주의력 향상(좌·우 살핌 주간 35.0%, 야간 22.7% 향상)

○ 기대효과 : 야간 횡단보도 보행자 사고 감소 효과 예상

Ⅴ. 연구실적 및 기술사업화

○ 양적성과

- 기술실시 계약 3건(정액 : 6,000만원+경상 : 매출액의 각 2%, 3%, 4%), 현장 적용 1건(몽골, 400만원)
- 특허 6건, 논문 6건, S/W 1건, 디자인 1건, 언론홍보 5건,

○ 기대효과

- 적극적 홍보 및 마케팅을 통한 확보 보급 예상
- 국토부, 지자체 등 협의 중
- LH 공사 확대 적용 및 보급(본사 도시설계처 협의 중)
- 고양시(송포동, 풍동) 시범 설치 완료
- 제주시(성산읍) 시범 설치 완료 및 확대 보급 예정

SUMMARY

○ Even though advanced crosswalk facilities installed and operated to diminish crosswalk accident rate, it is still insufficiency to evaluate and formulate safety, effectiveness, and detailed installation standards.

○ The crosswalk and intersection lighting facilities were described on The Road Safety Facility Installation and Management Guideline - Lighting Part (Land, Transport and Maritime Affairs, 2008) as a general guide and arrangement-oriented guide, however the detailed lighting facilities and its installing methods were not mentioned according to the establishing area.

○ Therefore, to improve the safety of crosswalk, the crosswalk lighting guide should be found on circumstances and proposed as a lighting standard which is reflected in the validation of drivers' PIEV characteristics, analysis of running safety, and various on-off tests.

○ This study aims to establish detailed guideline of lighting installation on rural highway crosswalk and to suggest the performance criteria of illuminator in order to satisfy the standard.

○ The key results are as followings;

1) Revised Guidelines

○ Performance Level

- Suggesting crossing lighting installation criteria : The Road Safety Facility Installation and Management Guideline - Lighting Part

○ Quantitative Achievement

- One Revising guideline (The Road Safety Facility Installation and Management Guideline - Lighting Part)

○ Desired Results

- Reduction of night time pedestrian accidents by installing crosswalk lighting which satisfied guideline

2) Development Fulfilling the Lighting Criteria

○ Performance Level

- Elegant design illuminator filling the relevant criteria
- 31.3% energy savings (compare with existing)
- 59.5% improving of heat resistance(compare with the first year)

○ Quantitative Achievement

- Crosswalk illuminator loaded pro-beam style reflector for minimizing glare

○ Desired Results

- Expecting to reduce crosswalk accident and number of installed quantity demand by competitive price

3) Evaluation of Effectiveness

○ Performance Level : Improvement of Pedestrian Traffic Safety at Night Time

○ Quantitative Achievement

- Satisfaction of criteria (average/minimum horizontal illuminance, average/minimum vertical illuminance)
- Securing the minimum stopping sight distance after installing crosswalk lighting (Sewon High School : 115.9m, MumyungGyo T: 76.8m)
- Decrease running speed about 2~6kph after installing crosswalk lighting system, and improving pedestrian attention (35% elevation watching rate on left, right side)

○ Desired Results: Expecting night time crosswalk pedestrian accident

4) Research Results and Technology Commercialization

○ Quantitative Achievement

- Three technology implementation contracts (fixed: 60,000,000won + RP: 2% of sales), One Field Application (Mongolia, 4,000,000won)
- Five Patents, Six Research Papers, One S/W, One Design Patent, Five Media Relations

○ Desired Results

- Expecting expansion through active promoting and marketing
- Consultation with MOLIT and local government
- Expanding application of LH (consultation with headquarter of the Department of Urban Design consultation)
- Completing pilot installation in Goyang-Si (Songpo-dong, Pung-dong)
- Completing pilot installation in Jeju island (Sungsan) and expecting expansion

CONTENTS

Chapter 1 Introduction of Research ····· 1
1. Research Necessity ····· 1
1.1 Background and Objectives ····· 1
1.2 Necessity and Scope ····· 1
2. Research Final Goal ····· 6
2.1 Final Performance Goal and Index ····· 6
2.2 Objectives and Content ····· 8
3. Research Strategies and Frameworks ····· 9
3.1 Strategies ····· 9
3.2 Framework ····· 10
4. Literature Review and of Industrial Trend ····· 11
4.1 Lighting Criteria and Literature ····· 11
4.2 Patents and Articles Trends ····· 22
4.3. Policy Trends ····· 35

Chapter 2 Development and Achievements ····· 47
1. Problem Statements of Crosswalk Lighting ····· 47
1.1 Analysis of Pedestrian Accident ····· 47
1.2 Cross-section and Facilities of the National Highways ····· 50
1.3 Field Survey of Crosswalk Lighting ····· 54
1.4 Questionnaire for Crosswalk Lighting ····· 83
2. Development of the Crosswalk Lighting Criteria ····· 94
2.1 Preliminary Tests for Optimal Crosswalk Lighting Condition ····· 94
2.2 Development of Crosswalk Lighting Criteria(Draft) ····· 121
3. Development of Crosswalk Illuminator satisfied the Criteria and Multi-Lighting ··· 123
3.1 Optical Design and Off Road Test (Primary) ····· 123
3.2 Optical Design and Off Road Test (Secondary) ····· 128
3.3 Development of Crosswalk Lighting System ····· 179
4. Construction and Evaluation of On Road Test-bed ····· 214
4.1 Characteristics of On Road Test-bed2 ····· 214
4.2 Construction of On Road Test-bed ····· 215
4.3 Evaluation of Crosswalk Lighting System ····· 218

Chapter 3 Research Achievement and Applying Performance ····· 257
1. Reflecting National Criteria ····· 257
1.1 The Road Safety Facility Installation and Management Guideline ; Lighting Part ···· 257
1.2 Old and New Sheet of Revised Guidelines ····· 258
2. Development Illuminator Fulfilling the Lighting Criteria ····· 261
2.1 Crosswalk Illuminator ····· 261
2.2 Results of Lighting Simulation ····· 262
2.3 Results of Field Measurement (Comparison with Criteria) ····· 263
3. Quantitative Achievement ····· 265
3.1 Academic and Intellectual Property Achievement ····· 265
3.2 Implementation Contracts and Pilot Installation ····· 270

Chapter 4 Accomplishment of Research Goal and Effectiveness ····· 275
1. Accomplishment of Research Final Goal ····· 275
2. Technical Effect Analysis of Research Products ····· 276
3. Economical Effect Analysis of Research Results ····· 278
3.1 Market Status and Scale ····· 278
3.2 Revenue according to the Technology Utilization ····· 279
3.3 The Total Sum of Royalty ····· 279
3.4 Royalty Collecting Plan to Sales ····· 280
4. Political Effect Analysis of Research Results ····· 280
4.1 The 7th Traffic Safety Master Plan ····· 280
4.2 Installation Master Plan of Crosswalk Lighting System on National Highway ·· 281

Chapter 5 Utilization of Research Results and Necessity for the further research ·· 283
1. Practical Utilizing Methods of Research Results ····· 283
1.1 Plan of Technology Implementation Contract ····· 283
1.2 Commercializing Strategies ····· 283
2. Desired Effectiveness ····· 285
2.1 Technical Part ····· 285
2.2 Economical and Industrial Part ····· 285
3. Prospect of Related Research and Development ····· 285

Reference ····· 287

목 차

제1장 연구개발과제 개요 ····· 1
1. 연구개발 필요성 ····· 1
1.1 연구 배경 및 목적 ····· 1
1.2 연구 필요성 및 범위 ····· 1
2. 연구개발 최종 목표 ····· 6
2.1 최종성과목표 및 성과지표(최종목표 성과점검기준표) ····· 6
2.2 연구 목표 및 내용 ····· 8
3. 연구개발 추진 전략 및 체계 ····· 9
3.1 연구개발 추진 전략 ····· 9
3.2 연구개발 추진 체계 ····· 10
4. 문헌 고찰 및 정책 · 산업 동향 ····· 11
4.1 국내 · 외 조명 기준 및 관련 문헌 검토 ····· 11
4.2 특허 및 논문동향 분석 ····· 22
4.3. 국내 · 외 정책 동향 ····· 35

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 47
1. 국내 횡단보도 조명시설 현황 및 문제점 ····· 47
1.1 횡단보도 보행자 사고 분석 ····· 47
1.2 도로 횡단면 및 주변 시설물 현황 ····· 50
1.3 횡단보도 조명시설 현장조사(광환경 측정) ····· 54
1.4 횡단보도 조명시설 필요성 설문조사 ····· 83
2. 횡단보도 조명 설치 기준 개발 ····· 94
2.1 최적 횡단보도 조명조건 규명을 위한 예비 테스트 ····· 94
2.2 횡단보도 조명 기준(안) 개발 ····· 121
3. 멀티라이팅이 가능하고 기준에 만족하는 횡단보도 조명등 개발 ····· 123
3.1 횡단보도 등기구 광학 설계 및 오프로드 테스트(1차) ····· 123
3.2 횡단보도 등기구 광학 설계 및 오프로드 테스트(2차) ····· 128
3.3 횡단보도 조명시스템 개발 ····· 179
4. 온로드 테스트 베드 구축 및 효과 평가 ····· 214
4.1 온로드 테스트 베드 구축지 특성 ····· 214
4.2 온로드 테스트 베드 구축 ····· 215
4.3 횡단보도 조명시스템 효과 평가 ····· 218

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 257
1. 국가 기준 반영 ····· 257
1.1 도로안전시설 설치 및 관리지침 ; 조명시설 편 ····· 257
1.2 개정 지침 신구대조표 ····· 258
2. 국가 기준에 부합하는 횡단보도 조명 개발 ····· 261
2.1 횡단보도 조명 ····· 261
2.2 시뮬레이션 검토 결과 ····· 252
2.3 현장 측정 검토 결과(기준 만족 여부 확인) ····· 263
3. 정량적 성과 ····· 265
3.1 학술 및 지재권 성과 ····· 265
3.2 기술 실시 및 현장 적용 ····· 270

제4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 275
1. 연구개발 최종목표 달성도 ····· 275
2. 연구개발 성과의 기술적 효과분석 ····· 276
3. 연구개발 성과의 경제적 효과분석(시장창출, 고용창출 등) ····· 278
3.1 시장 현황 및 규모 ····· 278
3.2 기술 활용에 따른 매출 규모 ····· 279
3.3 기술료 총액 ····· 279
3.4 매출대비 기술료 징수 계획 ····· 280
4. 연구개발 성과의 정책적 효과분석 ····· 280
4.1 제7차교통안전기본계획(국토해양부 등, 2012~2016) ····· 280
4.2 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본 계획(국토해양부) ····· 281

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 283
1. 연구성과 향후 활용 방안 ····· 283
1.1 기술실시 계획 ····· 283
1.2 사업화 추진 방안 ····· 283
2. 기대 효과 ····· 285
2.1 기술적 측면 ····· 285
2.2 경제 · 산업적 측면 ····· 285
3. 관련 후속연구개발의 전망 ····· 285

참고문헌 ····· 287

제1장 연구개발과제 개요

1. 연구개발 필요성

1.1 연구 배경 및 목적

국민소득의 증가로 인하여 삶의 질이 향상됨에 따라 편리하고 안전한 교통수단으로서 자동차의 보유가 보편화 된지 오래되면서 자동차 교통사고 또한 증가되고 있는 추세이다. 1990년 이후 2009년까지 차대사람 사고 중 횡단 중 사고가 46.3%, 2010년의 경우 지방부 도로 사망자가 전체 교통사고 사망자의 57.6%(지방도 39.1%, 일반국도 28.5%)를 차지하며 총 2,082명의 보행자 사망자 중, 지방도에서 805명(38.7%), 야간에 1,049명(51%), 횡단 중 사망자는 1,333명(64.0%)으로 나타났다. 또한 61세 이상의 사망자 비율은 해마다 약 1%씩 증가(1977년 : 5.1%, 2010년 : 37.6%), 야간 시간대(18시~20시)에 329명(18.8%)으로 집중, 일반국도에서 많이 발생(28%), 이와 같은 결과는 노인 운전자에 대한 양보운전 미흡과 무단횡단, 신호위반 등으로 분석된다. 현재, 횡단보도 사고 위험률을 줄이기 위해 다양한 형태의 각종 첨단 횡단보도 시설물이 설치·운영되고 있으나 이에 대한 안전성 및 효율성 검증이 미흡하며 세부적 설치규정 또한 미흡한 상태이다.

횡단보도 및 교차로의 조명시설에 대한 사항은 도로안전시설 설치 및 관리지침-조명시설 편[3]에서 조명시설의 일반적인 설치기준과 조명시설의 종합적인 배치 위주로 정리되어 있으나 횡단보도 설치지역에 따른 조명시설 설치기준 및 설치 방법에 대한 구체적인 언급은 없다. 따라서 횡단보도의 안전도를 향상하기 위하여 횡단보도에 설치하는 조명시설에 대한 환경맞춤형 기준이 필요하고 그에 따른 표준(안)이 제시되어야 할 것이며 이는 운전자의 인지반응 특성과 주행안전성 분석 등 다각적인 실내·외(예비 테스트, 오프로드 테스트, 온로드 테스트) 실험분석을 통해 그 효과 검증이 필요하다.

본 연구는 지방부 도로 횡단보도 조명에 대한 상세한 적정 설치기준을 정립하고, 기준을 만족하기 위한 조명기구의 성능기준 제시로 지방부 횡단보도 교통안전 향상에 목적이 있다.

1.2 연구 필요성 및 범위

지방지역 도로는 고속국도나 일반국도보다 일반적으로 주행여건이 열악하고, 교통량은 적은 편이나 주행속도가 높으며 주행속도 편차 또한 도시부 도로에 비하여 큰 편이고, 보행인구가 매우 적지만 치사율이 높다는 점을 감안하면 일반적인 교통안전 측면에서의 사고원인 분석·대책과는 또 다른 접근이 필요하다. 그러나 현재 횡단보도에 대한 안전시설의 개선은 야간 교통사고가 많이 발생하는 지점이 매우 어둡다는 이유로 지방자치단체 등 도로관리청에서 횡단보도에 집중조명방식의 조명시설을 설치·운영하고 있다.

3) 국토해양부(2008), 도로안전시설 설치 및 관리지침

횡단보도 조명시설 설치에 대한 설치효과나 설치기준에 대한 연구는 초기단계로 최근 다양한 방법으로 횡단보도 안전을 위한 조명시설을 설치하고 있으나 횡단보도 주변 배경을 고려하지 않고 밝기의 상승만으로는 운전자 시각의 순응을 어렵게 할 뿐만 아니라 과도한 밝기와 잘못된 조명방식으로 인해 글레어 발생으로 운전자나 보행자 모두에게 안전한 시인성 확보가 제공되지 못하고 있으며, 이러한 목적 이상의 과도한 밝기는 에너지 낭비를 초래하는 요인이 되고 있는 현실이다. 따라서 야간에 지방부 도로를 주행하는 운전자가 전방의 횡단보도 존재를 인지하고 횡단보도 보행자의 갑작스런 출현에 대비할 수 있는 안전대책이 필요하다. 횡단보도 지역에 안전한 조명시설을 마련하기 위하여 횡단보도 조명시설에 대한 세부 기준 및 세부적인 설치지침이 마련되어야 하며 이 기준에 의거하여 현재 설치된 횡단보도 조명시설에 대한 도로교통 안전측면에서의 적합성 여부 판단이 필요하다. 지방부 도로는 도시부 도로에 비하여 교통량은 적은 편이나 운행속도가 높고 주행속도 편차 또한 도시부 도로에 비하여 큰 편이며, 이러한 지방부 도로의 주행 특성은 연속조명이 없는 구간에서의 시거 불량, 불필요한 신호 대기로 인한 운전자 인내심 자극 및 신호 위반을 조장하여 보행자 사망사고가 빈번히 발생하기 때문에 무분별하게 횡단보도만 밝게 하는 기존 조명의 방식에서 벗어난 새로운 방법과 기술대안 개발이 필요하다.

현재 국내 횡단보도조명 설치 및 운영에는 다음과 같은 문제점이 있다.

○ 조명기구 성능기준 부재

조명밝기에 대한 상한기준이 없어 기준에 비해 5~10배 밝게 설치되어 보행자에게 눈부심 유발, 운전자 시각순응 문제가 발생한다. 또한, 조명의 배치방법은 무시되고 있으며, 교통신호기나 신호등에 추가 부착하는 방식으로 설치되고 있다.

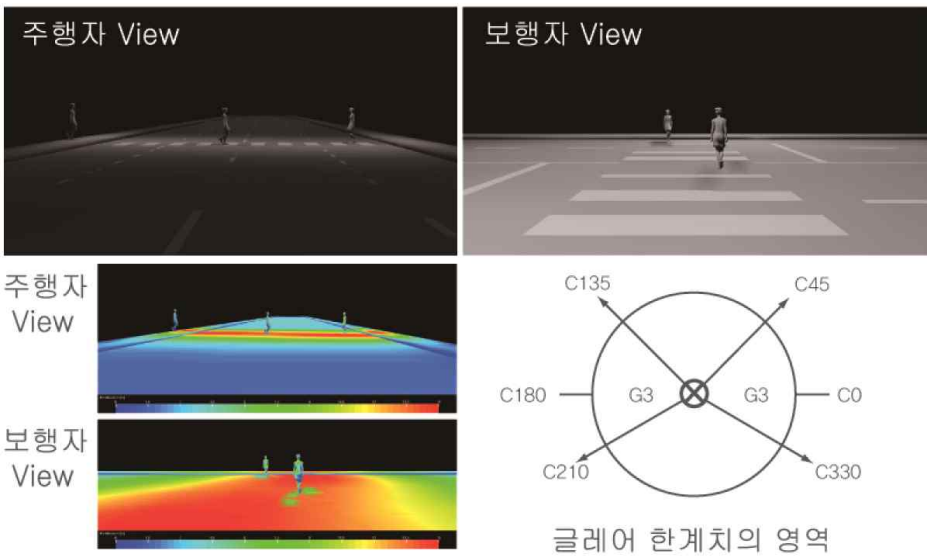
현재 설치된 조명 기구는 성능기준이 없어 횡단보도조명은 투광기로 구분하여 적용되고 있으며 조명등기구와 형식, 설치위치, 운영시스템 등이 제각각으로 설치효과가 미흡한 상태이다. 또한, 지자체별로 설치되는 조명등기구와 형식, 설치위치, 운영시스템 등이 제각각으로 설치어 효과가 미흡한 상태이다.



<그림 1-1> 횡단보도조명 현황

○ 과도한 밝기

현재 설치된 횡단보도 조명은 지나치게 밝은 횡단보도 구간과 인근 구간의 적절한 휘도대비가 확보되지 않아 운전자가 멀리서 횡단보도와 횡단보도 보행자를 인식하는 데 어려움이 있다. 이와 같은 이유는 조명시설이 연속조명과 같은 광원을 사용하여 운전자가 전방의 횡단보도를 멀리서 인식하기 힘들며, 밝기의 격차가 심해서 오는 운전자의 시각장해요소는 또 다른 사고 위험을 초래할 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.



<그림 1-2> 운전자 및 보행자 관점에서의 조명 시뮬레이션

또한 조명 시설이 주변 환경의 밝기가 고려되지 않고 있으며 횡단보도 밝기와 주변 환경의 밝기에 대한 설계기준 및 지침 내용이 없다.



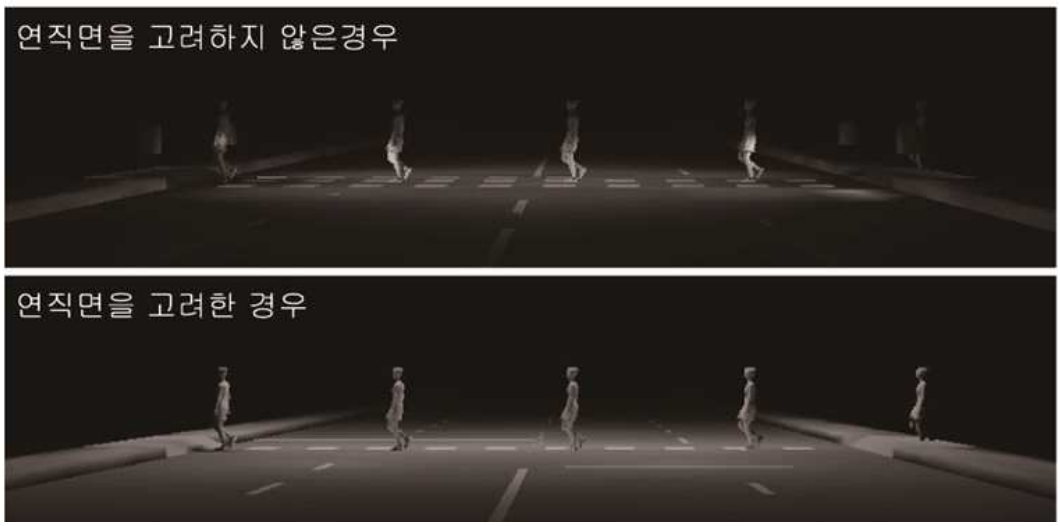
<그림 1-3> 용도 지역에 따른 횡단보도 주변 밝기 환경

대기장소의 밝기가 고려되지 않고 있어 운전자가 주의를 환기하고 보행자를 인식할 수 있도록 대기장소에 대한 밝기 기준이 필요하다.



<그림 1-4> 야간 보행자 대기 공간 조명 유·무에 따른 보행 환경

보행자 인식의 어려움이 있어 차량 운전자에게 전방의 횡단보도 위치 및 보행자의 인식이 용이하도록 연직면 조도기준이 필요하다.

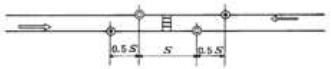
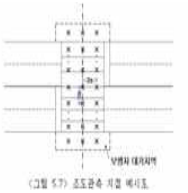
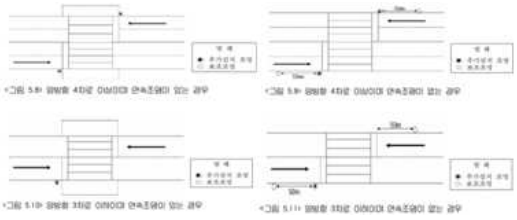
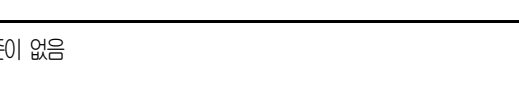
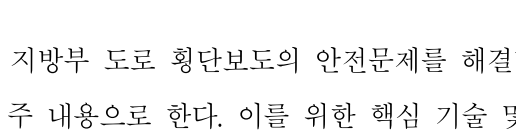


<그림 1-5> 연직면을 고려한 횡단보도 조명 시뮬레이션

○ 상세 설치 기준 부재

횡단보도 조명시설에 대한 설치기준 및 설치지침이 마련되지 않아 각 지자체별로 도로 및 교통 여건, 예산 등의 여러 제약조건에 따라 임의로 설치되고 있다. 또한, 조명시설의 설치가 일정한 기준 및 계획에 의해 이루어지지 않았기 때문에 도로주변의 시설물들이 정비되지 않고 복잡해져 도로 내부 경관을 훼손시키며 이로 인하여 운전자 주의를 분산시키는 등 운전자의 시각장해요소로 작용하여 또 다른 사고 위험으로 이어질 수 있다.

<표 1-1> 국내횡단보도 조명기준

지식경제부 기술표준원 (KS A3701:2007)	국토해양부(도로안전시설 설치 및 관리지침-조명시설 편)
 ◎ 중요 ◉ 보통(차도 노폭이 넓을 때) S : 일반부 조명기구의 간격(m) 부도 3 – 횡단보도 부근 조명기구의 배치 보기(일반부에 조명시설이 없을 경우)	<표 5.1> 횡단보도 조명기준 용도지역 / 수평면 평균조도 (lx) / 수평면 최소조도 (lx) 아스팔트 포장 / 콘크리트 포장 / 아스팔트 포장 / 콘크리트 포장 상업지역 60 40 24 16 주거지역, 공업지역 30 20 12 8 기타지역 15 10 6 4 주: 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름  (그림 5.7) 조도균속 지점 배치도   

* 지식경제부 기술표준원(KS A3701:2007)은 횡단보도에 대한 조명기준이 없음

본 연구는 교통사고율과 사고 심각도가 높은 지방부 도로 횡단보도의 안전문제를 해결할 수 있는 횡단보도 조명시스템 개발과 적정 조명기준 정립을 주 내용으로 한다. 이를 위한 핵심 기술 및 연구 범위로는 횡단보도조명 관련조사, 횡단보도 조명기구의 표준 성능 기준 정립 및 기초연구, 횡단보도 조명 시스템과 제어기술 개발 및 검증을 수행한다.

2. 연구개발 최종 목표

2.1 최종성과목표 및 성과지표(최종목표 성과점검기준표)

가. 1차년도

<표 1-2> 최종성과목표 및 성과지표(1차년도)

핵심 성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		최적목표성능	1차년도(2012~2013) 질적성과 검증 기준					당해 연도 실적목표	해당 기관	예산 (백만)	가중치
						질적목표(측정방법)	목표수준		검증 방법	실적			
							목표치	달성치					
1	횡단보도 조명시스템 개념 및 기초 설계	1-1	횡단보도 조명기준 타당성 분석 결과	국내학술지 게재	①	횡단보도 조명기준 개정을 위한 근거자료 도출	1건	1건	국내학술지 게재 여부	논문 : 2건	건설연, 아이라이트	250	37.3%
			횡단보도 조명 유형환경 분석	국내학술지 게재	②	횡단보도 시인성 향상을 위한 조명환경 도출	1건	1건	국내학술지 게재 여부				
2	횡단보도 조명시스템 방열기술 기초 설계	2-1	국내·외 등기구 방열기술 분석	보고서 작성	①	방열기술 조사 및 분석	1건	1건	보고서	분석보고서 : 1건 특허 : 출원 : 1건 시작품 : 1건	온텍, 건설연	130	19.4%
		2-2	자연순환방열 시스템	자연순환방열 시스템 개발	②	- 열저항 20% 개선 - 방열판 면적 20% 축소	20% 20%	- 열저항 25 개선 - 방열판 면적 20% 축소	단위 테스트 결과				
3	종합분석에 따른 횡단보도 조명시설 기준개발	3-1	횡단보도 조명시설 기준(안) 개발	보고서 작성	①	횡단보도 조명시설 기준(안) 도출	1건	기준(안) 도출	보고서	기준(안) : 1건	건설연, 아이라이트	110	16.4%
4	멀티라이팅이 가능한 횡단보도 조명시스템 개발	4-1	횡단보도 등기구 광학 설계	횡단보도 등기구 광학 개발	①	배광 유형 분석	1건	1건	보고서	특허 : 출원 : 1건 설계도 : 1건 개념도(2D) : 1건	건설연, 온텍, 아이라이트	120	17.9%
		4-2	횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도	횡단보도 등기구 구조와 적용 개념 설계	②	횡단보도 등기구 외함과 폴구조 개념 설계도(2D)	1건	1건	보고서				
5	횡단보도 조명시스템 제어기술 개발	5-1	교통신호기 연계·연동 기술	알고리즘 개발	①	알고리즘 판단 정확도 90% 이상	100%	100%	단위 테스트 결과	S/W : 1건 설계도 : 1건	건설연, 온텍	60	9.0%
합 계												**670**	**100%**

나. 2차년도

<표 1-3> 최종성과목표 및 성과지표(2차년도)

핵심 성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		최적목표성능	2차년도(2013~2014) 질적성과 검증 기준				당해 연도 실적목표	해당 기관	예산 (백만)	가중치
						질적목표(측정방법)	목표수준 목표치	검증 방법	실적			
1	멀티라이팅이 가능한 횡단보도 조명시스템 개발	1-1	멀티라이팅 광학설계	멀티라이팅이 가능한 광학설계	①	광학설계 정확도 80%	80%	단위 테스트 결과	시작품 : 1건	온텍, 아이라이트	70	8.6%
2	횡단보도 조명시스템 방열기술 및 제어기술 개발	2-1	LED횡단보도조명 등기구 외함 설계 및 제작	LED횡단보도조명 등기구 외함 개발	①	열저항 15% 향상	15%	단위 테스트 결과	특허 : 출원 : 2건 특허 : 등록 : 2건 디자인 출원 : 1건 시작품 : 2건	건설연, 온텍	300	35.5%
		2-2	멀티입력디밍 컨트롤러	멀티입력디밍이 가능한 컨트롤러	②	멀티입력디밍 컨트롤러 작동 정확도	100%	단위 테스트 결과				
3	Off-Road Test를 통한 광환경 측정 및 평가	3-1	광환경 측정 및 평가	기준 부합성	①	광환경 측정	70%	단위 테스트 결과 (기준 부합성)	논문 : 1건	건설연, 온텍, 아이라이트	100	14.0%
4	테스트베드 구축(On-Road Test) 및 평가	4-1	횡단보도 조명시스템 구축	횡단보도 조명시스템 테스트베드 구축	①	테스트베드 구축 건수	1건	기본 가동 여부	효과분석 보고서 : 1부 논문 : 2건 기준(안) : 1건 기술사업화 : 2건	건설연, 온텍, 아이라이트	200	24.7%
		4-2	광환경 측정 및 평가	기준 부합성	②	광환경 측정	95%	단위 테스트 결과				
		4-3	에너지 효율성 평가	에너지 절감	③	에너지 절감 30% (기존 대비)	30%	단위 테스트 결과				
		4-4	이용자 평가	시각 및 감성 특성 향상	④	시각 및 감성 특성 20% 향상 (기존 대비)	20%	단위 테스트 결과				
5	설치 기준 및 표준화, 기술사업화	5-1	설치기준 표준화	정책 제안	①	도로안전시설 설치 및 관리지침 개정 여부	1건	관련 기준		건설연, 아이라이트	160	17.2%
		5-2	기술사업화	기술사업화	②	기술실시계약, 기술사업화 체결	2건	계약서				
합 계											**830**	**100%**

2.2 연구 목표 및 내용

<표 1-4> 연차별 연구 목표 및 주요내용

연차	연구목표	주요 연구 내용
1차년도	▪ 횡단보도 조명시스템 개념 및 기초설계	· 횡단보도 조명시스템 국내·외 현황조사(문헌,측정방법,사례,시료조사 및 측정) · 횡단보도 조명시설 광환경 측정 · 횡단보도 조명시스템 국내·외 기준 및 관련 연구조사 · 횡단보도 사고율 조사와 조명의 필요성 설문조사 · 횡단보도 주변시설물 기준조사 · 최적조명조건 설정을 위한 예비테스트
	▪ 종합분석에 따른 횡단보도 조명 상세기준 개발	· 횡단보도 조명시설개발(주변시설물과의 간섭, 조명기준, 글레어 등급, 측정방법, 설치위치 등) · 시뮬레이션 테스트(밝기, 설치위치, 조사방향, 연색성, 색온도 등)
	▪ 횡단보도 조명시스템 및 제어기술 개발	· 횡단보도 등기구 광학 설계 · 횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도 · 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작 · 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 피드백 · 교통신호기 연계·연동 기술 개발 · 멀티입력 디밍 컨트롤러 회로 설계
2차년도	▪ 횡단보도 조명시스템 및 제어기술 개발	· 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작 · 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 피드백 · LED 횡단보도조명 등기구 외함 설계 및 제작 · LED 디밍이 가능한 PLC통신기반 전원장치 제작 · 차량/보행자 인지 조건별 제어 기술 · 운전자 및 보행자 연계기술 개발 · 멀티 입력 디밍 컨트롤러 제작
	▪ 최적 조명조건 선정을 위한 예비 테스트	· 현장모의테스트베드 구축 (Off-Road TestBed) · 현장모의테스트 (Off-Road Test) 및 시작품 피드백 · 테스트베드 광환경 측정 및 평가 : 밝기, 글레어 등
	▪ 온로드 테스트 베드 구축 및 평가	· 테스트베드 시설규모 확정 · 테스트베드 구축 · 테스트베드 광환경 측정 및 평가 : 밝기, 글레어 등 · 테스트베드 전기적 특성 측정 · 운전자 반응특성 평가 및 이용자 평가
	▪ 설치기준 및 표준화, 기술사업화	· 횡단보도 조명 기준제시 · 횡단보도 조명 측정방법 가이드라인 제시 · 국가 기술 반영 추진 · 기술실시계약 및 사업화 추진

3. 연구개발 추진 전략 및 체계

3.1 연구개발 추진 전략

본 연구는 가로등 조명이 없는 지방부 도로의 횡단보도 보행자 통행안전을 위한 횡단보도 조명 세부 기준과 보급형 조명시스템을 개발하는 것을 주 목표로 설정하였다. 개발하고자 하는 횡단보도 조명 등기구 및 조명 시스템이 갖추어야 할 기본 요구 조건은 <그림 1-6>과 같다.



<그림 1-6> 횡단보도 등기구 및 조명시스템의 요구 조건

3.2 연구개발 추진 체계

구 분	주관연구기관 (한국건설기술연구원)	공동연구기관 (온텍시스템)	공동연구기관 (아이라이트)
1차년도 (2012 ~ 2013)	▪ 횡단보도 조명시스템 국내·외 현황조사 ▪ 횡단보도 조명시스템 국내·외 기준 및 관련 연구조사 ▪ 횡단보도사고율 조사와 조명의 필요성 설문조사 ▪ 횡단보도 주변시설물 기준조사 ▪ 최적 조명조건 설정을 위한 예비테스트	▪ 국내·외 등기구 방열 기술조사 및 적용성 검토 ▪ 자연순환방열 시스템 이용 방열판 설계·제작·시험 ▪ 횡단보도 등기구 광학설계 시작품제작 ▪ 교통신호기 연계연동 기술 개발 ▪ 멀티입력디밍 컨트롤러 회로 설계	▪ 횡단보도 조명시설 현장조사 (광환경 측정) ▪ 횡단보도 조명시설개발 ▪ 시뮬레이션테스트 및 설문조사 ▪ 횡단보도 등기구 광학설계 ▪ 횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도 ▪ 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 피드백
2차년도 (2013 ~ 2014)	▪ 차량/보행자 인지 조건별 제어기술 개발 ▪ 운전자 및 보행자 연계기술개발 ▪ 최적 조명조건 선정을 위한 예비테스트(Off-Road Test) 및 시제품피드백 ▪ On-Road Testbed 시설규모 확정((위치, 구간, 시기 등) ▪ On-Road Testbed 운전자 반응특성 평가 및 이용자 평가 ▪ 국가기준 반영추진 ▪ 기술실시계약 및 사업화 추진	▪ 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작 ▪ 자연순환방열판을 포함한 등기구 외함 설계 및 제작 ▪ LED 디밍이 가능한 PLC 통신기반 전원장치 제작 ▪ 차량/보행자 인지 조건별 제어기술 ▪ 운전자 및 보행자 연계기술 개발 ▪ 멀티입력디밍컨트롤러 제작 ▪ PLC통신과 무선통신이 가능한 제어회로 설계 및 제작 ▪ 현장 모의테스트베드 구축 (Off-Road TestBed) ▪ On-Road TestBed 구축 ▪ 테스트베드 전기적 특성 측정	▪ 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 피드백 ▪ Off-Road Test 광환경 측정 및 분석 : 밝기,글레어 등 ▪ On-Road Test 광환경 측정 및 분석 : 밝기,글레어 등 ▪ 횡단보도 조명기준 제시 ▪ 횡단보도 조명 측정방법 가이드라인 제시

4. 문헌 고찰 및 정책 · 산업 동향

4.1 국내 · 외 조명 기준 및 관련 문헌 검토

가. 국내 · 외 횡단보도 조명 기준 검토

지방도 횡단보도 보행자 사고를 줄이고 보행자의 통행안전을 확보하기 위해 조명시설에 대한 개선이 필요하며 이에 따른 기준제시가 필요함에 따라 현재 국내·외 횡단보도 조명기준을 조사하였다. 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본계획(안)을 수립함에 있어서 실질적인 대안제시가 될 것으로 판단된다.

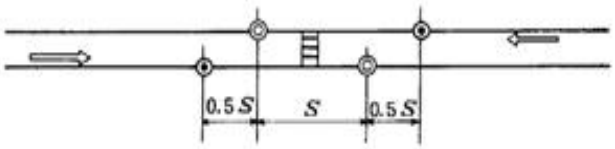
횡단보도의 특성상 도로에 위치하는 시설물임을 고려하여 도로 조명 기준을 검토하였으며 조사결과를 비교·분석하여 향후 기준제시의 방향설정 및 근거자료로 활용하고자 한다. 또한, 횡단보도 조명으로서 최적 조건을 만족할 수 있는 항목을 도출함으로써 향후 기준제시의 방향설정 및 근거자료로 활용하고자 한다.

(1) 국내조명기준

○ KS A 3701:2007 도로조명기준

도로조명기준에서는 명확한 기준의 제시가 없는 상태이며 다만 횡단보도 부근 조명기구의 배치를 제시하고 있다. 이는 도로의 유형과 상황에 대한 전반적인 고려가 없이 단순히 등기구의 배치 방식만을 제시하고 있어 현재 도로 및 주변의 상황과 유형을 고려한 기준의 제시가 필요하다.

<표 1-4> KS A 3701:2007_도로조명기준검토

도로조명기준 지침(KSA 3701:2007)
6.1.3 특수한 곳 b) 횡단보도 횡단보도 부근에서 조명기구의 배치 배열은 횡단 중 및 횡단하려고 하는 보행자의 생활을 자동차 운전자가 잘 보고 확인할 수 있도록 유의해야 한다. 횡단보도에서의 조명기구의 표준 배치 보기를 부도3에 나타낸다.    ◎ 중요 ◉ 보충(차도 노폭이 넓을 때) S : 일반부 조명기구의 간격(m) 부도 3 – 횡단보도 부근 조명기구의 배치 보기(일반부에 조명시설이 없을 경우)

- 조명기구의 표준배치

· 진행방향으로 횡단보도 이후를 중요하게 규정

· 진행방향으로 횡단보도 전에 보충조명 설치

· 국토부에서 제시하는 것과 상이

○ 국토해양부 도로지침_도로안전시설설치 및 관리지침 제 2편 조명시설

국토해양부 도로지침에 국내 횡단보도 조명 설치와 수평면조도 측정방법, 조명설치 예시 등이 명시되어 있어 이에 대한 자료를 검토하였다.

<표 1-5> 도로안전시설 설치 및 관리지침 검토

도로조명기준 지침

5.3 횡단보도의 조명설치

횡단보도 부근의 조명기구 배열은 횡단보도를 중심으로 하여 좌우 동일한 거리가 되도록 설치한다. 연속조명기구만으로 다음 표의 횡단보도 조명기준을 만족할 경우 추가적인 조명기구를 설치할 필요가 없으나 이 기준을 만족시키지 못할 경우 횡단보도를 위한 추가적인 조명시설을 설치한다.

용도지역	수평면 평균조도 (lx)		수평면 최소조도 (lx)	
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장
상업지역	60	40	24	16
주거지역, 공업지역	30	20	12	8
기타지역	15	10	6	4

주: 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름

1)조명설치

도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 표 5.1의 횡단보도 조명기준을 만족하더라도 추가 조명시설을 설치할 것을 권장한다. 단, 횡단보도에 추가 조명시설을 설치할 경우 횡단보도의 수평면 평균조도값은 연속조명의 수평면 평균조도값의 3배보다 작아야 한다.

횡단보도에 추가적인 조명시설을 설치할 경우 연속조명과 연색성을 달리하여 운전자로 하여금 전방에 횡단보도의 존재를 쉽게 인지할 수 있는 광원을 설치하도록 권장한다.

횡단보도에 추가로 설치되는 조명은 차량의 진행방향에서 횡단보도 이전에 설치하고 배광을 횡단보도방향으로 치우치도록 함으로써 운전자의 눈부심을 최소화하고 보행자를 식별하기에 유리하도록 하고, 원칙적으로 컷오프 배광방식을 사용하여 조명시설의 빛이 횡단보도 및 보행자 대기지역에 집중되도록 한다.

횡단보도 전방 50m지점의 조도 관측값이 5lx미만이면 운전자가 횡단보도를 통과할 때 발생하는 명순응(明順應) 문제가 발생하지 않도록 인근 지역의 연속조명과 동일한 보조조명을 횡단보도 전방 50m지점에 설치한다.

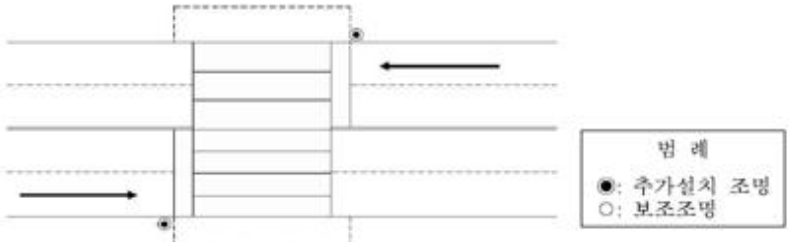
횡단보도 상에 조명시설을 추가로 배치할 경우 그 부근의 교통신호기, 도로표지 등의 안전시설물의 설치효과를 떨어뜨리지 않도록 주의하며, 주변 여건을 고려하여 조명시설과 교통신호기, 도로표지 등이 일체화가 가능한 경우 통합하여 설치할 것을 권장한다.

횡단보도의 안전도를 향상하기 위하여 안전표시등과 같은 부가적인 안전시설물을 추가로 설치할 것을 권장한다.

기타 횡단보도 조명기구의 설치 및 관리에 관련된 사항은 「도로안전시설 설치 및 관리 지침」의 조명시설편의 연속조명의 설치 및 관리 지침을 준용한다

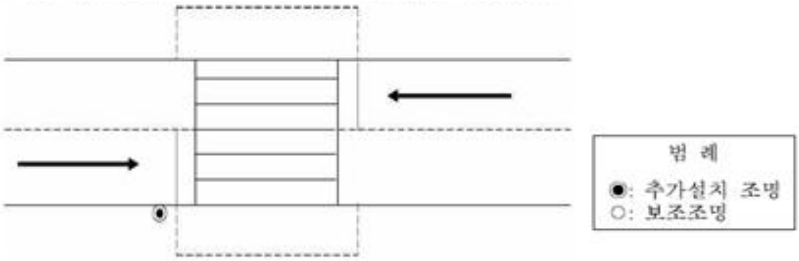
횡단보도 조명시설 설치 “예시”

횡단보도에 추가로 조명이 설치될 경우 차로수에 따라 4가지 유형으로 구분하여 설치한다. 그림 5.8과 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 설치되어 전방 50m 이전 지점에서 관측한 조도값이 5lx이상 확보되는 경우 차량의 진행 방향별로 1개의 추가 조명시설을 설치하고 보조조명시설은 설치하지 않는다.



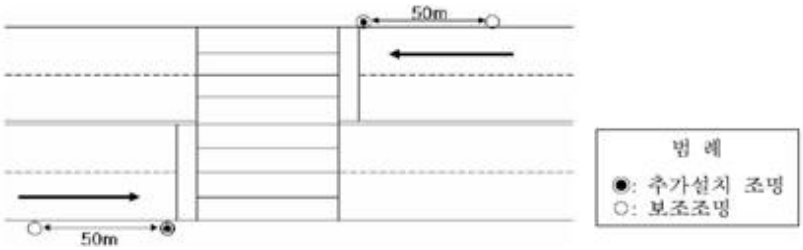
<양방향 4차로 이상이며 연속조명이 있는 경우>

아래 그림과 같이 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 설치되어 전방 50m 이전 지점에서 관측한 조도값이 5lx 이상 확보되는 경우는 1개의 추가 조명시설을 설치한다.



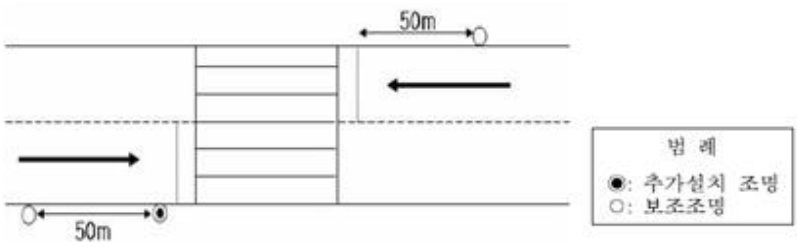
<양방향 3차로 이하이며 연속조명이 있는 경우>

아래 그림과 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 없는 경우 횡단보도에 차량의 진행방향별로 1개의 조명시설이 필요하고 명순응(明順應) 문제가 발생하지 않도록 각 방향별로 횡단보도로부터 50m 전방에 인근지역에 설치된 연속조명과 동일한 보조조명을 추가로 설치한다.



<양방향 4차로 이상이며 연속조명이 없는 경우>

아래 그림과 같이 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 없는 경우 횡단보도에 1개의 조명시설이 필요하고 명순응(明順應) 문제가 발생하지 않도록 각 방향별로 횡단보도로부터 50m전방에 인근지역에 설치된 연속조명과 동일한 보조조명을 추가로 설치한다.



<양방향 3차로 이하이며 연속조명이 없는 경우>

- 용도지역 : 상업지역/주거지역·공업지역/기타지역으로 구분
- 수평면 평균조도 : 아스팔트와 콘크리트 포장에 따라 수평면 평균조도 제시
- 수평면 최소조도 : 아스팔트와 콘크리트 포장에 따라 수평면 최소조도 제시
- 평균조도 최대한계 : 연속조명의 수평면 평균조도값의 3배보다 작아야 한다.
- 배광방식 : 컷오프형 배광방식을 원칙으로 한다.
- 유효범위 : 순응문제가 발생하지 않도록 횡단보도 전방 50m 지점의 조도 관측값이 5lx확보되도록 보조조명을 설치한다.
- 연속조명이 있는 경우

· 양방향 4차로 이상 : 연속조명으로 50m 전방 조도가 5lx 이상이면 각 방향별 추가조명을 설치하고 보조조명은 설치하지 않다.

· 양방향 3차로 이하 : 전방 50m 이전 5lx 이상 확보되는 경우 1개의 추가조명을 설치한다.

- 연속조명이 없는 경우

· 양방향 4차로 이상 : 차량 진행방향 별로 1개의 추가조명설치가 필요하고, 순응문제가 발생하지 않도록 각 방향별 횡단보도 전방 50m에 연속조명과 동일한 보조조명을 추가 설치한다.

· 양방향 3차로 이하 : 횡단보도에 1개의 추가조명 설치가 필요하고, 순응문제가 발생하지 않도록 각 방향별로 횡단보도 전방 50m에 연속조명과 동일한 보조조명을 추가 설치한다.

(2) 국외조명기준

○ CIE(국제조명위원회)의 기준

CIE136 : 2000의 조명기준에는 보행자의 도로 횡단을 위한 조명요건이 언급되어 있으며, 평균수평조도에 대한 상한치를 제시하고 있다.

<표 1-6> CIE(국제조명위원회)의 기준

CIE 136:2000

이 지역의 주요 요구 사항은 다음과 같다.
a) 도로에서 보행자의 안전한 통행을 할 수 있도록
b) 보행자가 도로 표면에 있는 보행자 및 / 또는 위반사항을 볼 수 있어야 한다.

<보행자 도로 횡단을 위한 조명 요건(유지된 값)>

	E_H ave	E_H min
산업 및 공업지역	30 lux	15 lux
주거지역	20 lux	6 lux

평균 수평 조도는 교차로의 각 측면에 있는 도로조도의 1.5배보다 작으면 안된다.
최대 50lux에 대한 높은 수준의 혼합 교통 상황에 필요할 수 있다.

- 평균수평조도: 교차로의 각 측면에 있는 도로 조도의 1.5배보다 작으면 않됨

○ EN의 기준

EN 13201에서는 부록에서 횡단보도에 대하여 언급하였으며 주된 내용은 설치 간격 및 조명기구 방식에 관한 내용과 수직조도에 대해 언급하고 있다.

<표 1-7> EN(유럽)의 기준

EN 13201
8. 보행자 횡단보도들은 특별한 고려를 필요로 할 수 있다. 어떤 국가들에서는 국가적 실행사항들에 관계하여 더 이상의 지침을 부여하는 국가규격들이 존재한다. 도로표면에 어떤 충분히 높은 휘도수준이 제공될 수 있을 때에는, 보행자를 어떤 밝은 배경에 대한 하나의 어두운 실루엣으로 보이게 하기 위한 훌륭한 네거티브 콘트라스트를 갖도록 하기 위한 위치로 도로조명용 조명기구들의 위치를 잡아주는 것이 가능하다. 추가적인 조명기구들로 하는 국지적인 조명은 다음에서 고려된다. 그 목적은 횡단보도에서의 보행자들을 직접 조명하기 위한 그리고 동력차량 운전자들의 주의를 횡단보도가 존재한다는 것으로 끌기 위한 것이다. 추가적인 조명기구들의 유형과 횡단보도 구역에 관계되는 그것들의 위치들 및 설정방향들이, 포지티브 콘트라스트를 달성하기 위해, 그리고 운전자들에게 지나친 눈부심(Glare)을 일으키지 않도록 하기 위해 고려되어야 한다. 한 해결책으로는 조명기구들을 동력차량이 접근하는 방향으로 횡단보도 이전의 어떤 짧은 간격에 장착하고, 빛이 이러한 차량 운전자들을 마주보는 보행자들 옆을 향하도록 하는 것이다. 어떤 양쪽-방향 도로에 대해서는, 횡단보도 이전에 교통흐름의 각 방향으로 차량들이 다니는 도로의 옆에 조명기구가 장착된다. 비대칭적인 빛-출력의 조명기구들이 적합하며, 운전자들에게 더 적은 섬광을 일으킨다. 국지적인 조명은 도로 횡단보도 구역의 모든 위치에서 차량들을 향하면서 측면에 있는 보행자가 충분히 조명을 받도록 하기 위해 배려될 수 있다. 조도는, 수직평면에서 측정될 때에는, 도로의 차로에 대한 도로조명에 의해 발생되는 수평조도보다 상당히 더 높아야 한다. 도로 횡단보도의 어느 한쪽 끝이 되는 장소들로서, 보행자들이 횡단보도에 들어서기 위해 기다리는 지역에는 적절한 조명이 되어야 한다. 횡단보도 구역 주위의 어떤 좁은 밴드에 한정되는 조명을 함으로써 관심을 높이는 데에 도움이 되는 어떤 극적인 효과가 나타나게 된다.

- 보행자의 배경 고려 : 보행자의 배경에 따라 조명기구의 위치를 탄력적으로 적용 가능 (Positive / Negative Contrast)
- 횡단보도 존재 인지 : 횡단보도의 존재를 인지할 수 있는 기능 필요
- 운전자 눈부심 고려 : 조명기구에 대한 눈부심 제어 필요
  · 조명기구의 배치계획 고려 (주행방향에서 횡단보도 이전에 설치)
  · 비대칭 배광의 적합성 언급
- 연직면조도 : 연직면조도는 도로의 수평조도보다 높아야 하는데, 이는 보행자 서로간의 얼굴을 식별할 필요가 있거나 운전자가 보행자의 출현을 인지하는 것이 필요하기 때문이다.
- 대기지역 밝기 : 횡단보도 대기지역에도 적절한 조명이 되어야 한다.

○ DIN의 기준

독일의 경우 횡단보도 조명에 대해 추가 설치 여부의 기준을 제시하였으며 또한 평균휘도, 균제도, 임계치증분(TI),서라운드비(SR_b) 및 연직면조도에 대한 기준을 제시하고 있다.

<표 1-8> DIN(독일)의 기준

DIN 67523-1
추가조명 없이 요구되는 횡단보도에 대한 요구사항

<추가조명 없이 요구되는 횡단보도에 대한 요구사항>

질적 기준		기호	요구 사항	
			값	유효범위
평균 차로휘도	유지값	L	≥1.5cd/㎡	보행자건널목 전후방 최소50m씩
차선축 균제도	최소치	U_l	≥0.7	
종합 균제도	최소치	U_0	≥0.4	
임계치증분	최대치	TI	≤10%	
서라운딩비	최소치	SR	≥0.5	
연직면 조도	최소치	E_{vmin}	≥4lx	독일표준 67523-2에 따른 E-F축의 모든 지점

진입 전 반드시 대기해야 하는 진입로, 즉 교차로, 합류로, 입체교차부, 혹은 구조가 복잡한 지역으로의 진입로에 있는 횡단보도에서는 ME2등급에 대한 요구사항에 최소한 CE2등급에 대한 요구사항을 적용시킬 수 있다.

CE 조명등급에 대한 요구사항		
	수평 조도	
	평균치(유지값)	종합균제도(최소)
CE2	20 lux	0.4

고정형 도로조명으로 유지되는 차로의 노면휘도가 0.3cd/㎡ 미만이라면, 차량운행자가 추가조명이 있는 횡단보도를 지나갈 때 겪게 될 순응에의 어려움을 피하기 위해서, 횡단보도 전후방 100m구역에서의 휘도 수준이 최소 ME6 등급의 수준이 되어야 한다. 이는 조명을 0.3cd/㎡ 미만의 수준으로 감광 혹은 소등하는 경우에도 해당된다.

참조: ME6 등급에 대한 요구사항				
질적 기준		기호	요구 사항	
			값	유효범위
평균 차로휘도	유지값	L	≥0.3cd/㎡	보행자건널목 전후방 최소100m씩
차선축 균제도	최소치	U_l	≥0.4	
종합 균제도	최소치	U_0	≥0.35	
임계치증분	최대치	TI	≤15%	
서라운딩비	최소치	SR	≥0.5	

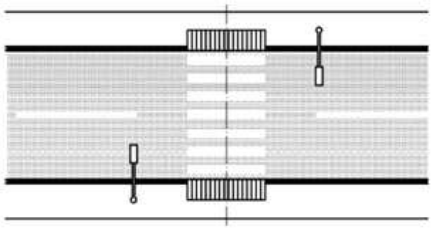
횡단보도의 추가적 조명은 어두운 시간 내내 작동하고 있어야 한다. 여기서 어두운 시간이라 함은 주광에 의한 연직면 조도가 30lx 미만인 때를 뜻한다. 야간시간 중에 추가적 조명을 별도로 작동시키는 것이 기술적으로 가능하지 않을 경우에는 횡단보도에서의 추가적 조명이 요구사항에 부합되도록 도로조명을 작동시켜야 한다.

DIN 67523-1
추가조명을 해야 하는 횡단보도조명

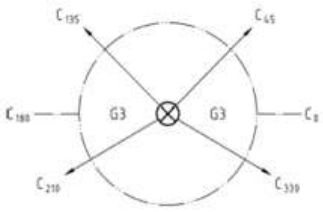
5.추가조명을 해야 하는 횡단보도 조명

횡단보도의 중심축 위쪽 1M 높이에서의 평균 수직면조도(유지조도)가 운행 진행방향에서 보았을 때 30lux라면, 보행자의 충분한 양각 대조에 필요한 휘도가 확보된 것이다. 그 밖에도 횡단보도 1M 높이에서의 연직면조도는 횡단보도의 모든 평가점에서 4lux이상으로 유지되어야 한다.

상하차선이 있는 차로에서는 양쪽 차로로부터 길을 건너는 보행자를 비추기 위해 횡단보도마다 두 개의 추가적 조명기구가 설치되어야 한다.(그림1참조) 추가적 조명기구는 주행방향마다 횡단보도 앞에 설치되어야 한다.



적용될 추가적 등기구는 글레어 제한을 위해 광도등급G3이 요구된다. 이는 그 때마다의 설치위치를 감안하여 도출했을 때 아래 그림에 제시된 C-영역에서의 광도등급 G3이다. 여기서 C0 – C180 은 차로와 평행한 축이다.



<글레어 한계치의 영역>

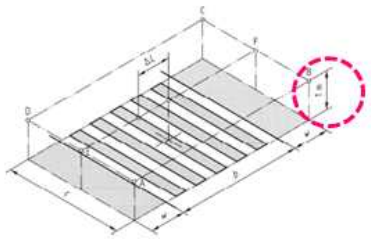
<광도 등급(유럽표준13201-2>

등급	광도의 최고값 cd/klm			기타 요구사항
	70°a 까지	80°a까지	90°a까지	
G1		200	50	없음
G2		150	30	없음
G3		100	20	없음
G4	500	100	10	95° 위쪽 0cd
G5	350	100	10	95° 위쪽 0cd
G6	350	100	0	90°위쪽 0cd

평가 영역

횡단보도 추가 조명에 대한 균일한 평가 시, 직사각형 모양의 수평적 영역으로 일치된다(그림1 참조). 통행 방향을 가로질러 거리 c에서는 두 개의 평행선이 뻗어 있고, 통행 방향을 따라 거리 b+2-w(차도 폭에 양 쪽의 대기 구간 거리를 가산하여) 두 개의 평행선이 뻗어 있다.

여기에서 주차장과 자전거 도로는 차도에 해당하지 않는다. 횡단보도의 중간축 지점 E-F의 점들이 평가 된다. 점들의 거리는 △L=1m이며, 차도 중간지점에서 차도 양측 가장자리 방향으로 전사(全射)된다. 그 외의 평가 지점은 A;B;C;D;E와 F에 해당된다.



범례
b 차도 폭 또는 차선 폭
c 횡단보도 폭
w 대기 구간 거리

- 평균 노면휘도 : 횡단보도조명은 도로조명에 추가되는 조명으로 도로조명과 같은 개념으로 함
- 차선축 균제도 : 도로축에 최대휘도에 대한 최소휘도의 비율이며, 조명이 있는 도로의 높고 낮은 휘도 값의 반폭패턴을 방지하기 위해 필요함
- 종합 균제도 : 평균노면휘도에 대한 어떤 지점에서 최소휘도의 비율이며 도로의 최소가시성을 제어하기 위해 중요함
- 임계치 증분 : 운전자 눈부심을 최소화하기 위해 조명기구에 의한 눈부심이 제한되어야 함
- 서라운딩비 : 횡단보도조명은 도로조명에 추가되는 조명으로 도로조명과 같은 휘도개념으로 함
- 연직면(수직면)조도 : 연직면조도는 주로 보행자 서로간의 얼굴을 식별할 필요가 있는 장소에 필요로 하며 운전자가 보행자의 출현을 인지하는 것에도 필요하기 때문임
  - 도로상에서 수직면조도가 요구되는 이유로는 운전자가 보행자의 출현을 인지하는 것이 필요하기 때문에 횡단보도에서는 수직면 조도가 필요함
  - 연직면조도는 횡단보도 중심축 위쪽 1m 높이에서 측정
  - 연직면조도 30lx확보, 최소 4lx 이상 유지
- 수평면 평균조도 : 도로표면 휘도계산을 위한 규약이 적용되지 않거나 비현실적일 때 조도로 적용
  - 장소적 특성을 고려하여 최소한의 조도등급을 규정함
- 추가조명의 위치 : 횡단보도 조명기구는 주행방향마다 횡단보도 앞에 설치함
- 순응고려 : 무조명구간에 횡단보도 추가조명을 할 경우, 순응을 위해 횡단보도 전후방 100m에 최소 수준의 휘도가 제공되어야 함
  - 국외의 도로조명 최소등급은 ME6
  - 국내의 도로조명 최소등급은 M5

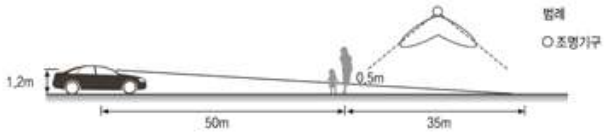
· 따라서, 국내에서는 순응을 위한 최소수준으로 M5등급 적용

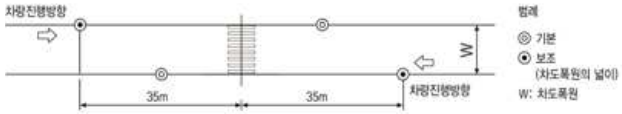
- 횡단보도 조명의 점등시간: 횡단보도 조명은 어두운 시간 내내 점등
- 조명기구의 글레어 등급: 운전자의 눈부심을 최소화하기 위해서는 횡단보도 추가조명기구에 대한 글레어 등급이 필요하며 운전자뿐만 아니라 보행자에 대한 눈부심 배려도 필요

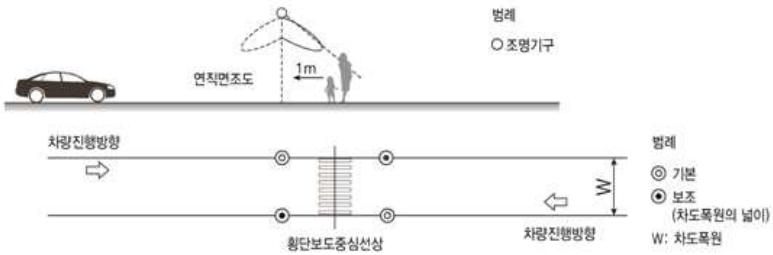
○ 일본기준

일본기준은 연속조명이 있는 경우와 없는 경우, 배경휘도와 연속조명에 따른 연직면 조도의 유효범위 등을 언급하였다.

<표 1-9> 도로조명시설설치기준·동해설(일본기준)-1

<table>
<tr><th colspan="2">Ⓐ 보행자의 배경을 조명하는 방식</th></tr>
<tr><th>1-1 연속조명이 없는 경우</th><th>1-2 연속조명이 있는 경우</th></tr>
<tr><td> 

<운전자가 보는 보행자의 배경의 길이></td><td> 

<보행자의 배경을 조명하는 방식의 조명기구의 배치 예></td></tr>
<tr><td>유효한 배경으로 횡단보도의 후방 35m 이상의 노면을 밝힐 필요가 있으며, 밝은 노면을 배경으로 하는 인물의 실루엣 효과를 양호하게 하기 위해서는 횡단보도의 후방에 조명등을 배치하고, 횡단보도의 직전에는 설치하지 않는 방식이다.
평균노면조도는 횡단보도의 전후 각각 35m의 범위를 대상으로 20lx 정도를 확보 하는 것이 바람직하고, 교통량이 적고, 주위환경이 어두울 경우에는 10lx 이상을 확보하는 것이 바람직하다.</td><td>횡단보도의 전후 각각 35m의 범위를 연속조명구간보다 밝게 한다.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ⓑ 보행자 자신을 조명하는 방식</th></tr>
<tr><td colspan="2"> 

<보행자 자신을 조명하는 방식의 조명기구의 배치 예></td></tr>
<tr><td colspan="2">장래에도 연속조명이 설치되지 않는 도로나 횡단보도가 곡선부나 언덕 등에 설치되어, 배경으로 노면이 어려울 경우, 배경의 밝기 확보가 어렵고, 실루엣효과가 얻기 어려운 경우에 적용할 수 있다.
횡단보도 부근의 보행자 등을 시인하는 것은 운전자 방향의 연직면조도가 필요하고, 횡단보도 중심선 1m의 높이에서, 연직면 평균조도는 20lx 정도를 확보하는 것이 바람직하다. 다만, 교통량이 적고, 주변환경이 특히 어두울 경우에는 10lx 이상을 확보하는 것이 바람직하다.</td></tr>
</table>

- 연속조명이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 배경휘도에 대해 고려
- 연직면 조도 : 평균 연직면 조도는 10~30lx 범위 내에서 설정
  최소 연직면조도는 4lx 이상
- 횡단보도 배경 밝기 : 연속조명 유·무에 따른 유효범위설정

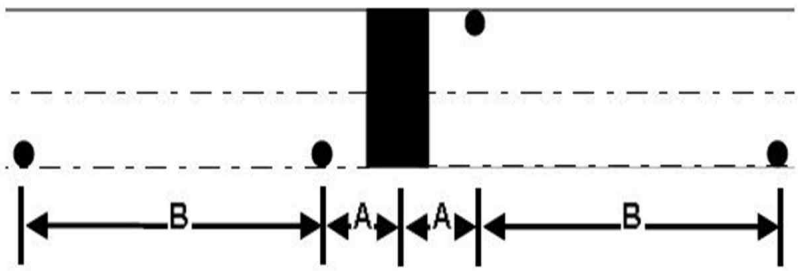
○ 스위스 기준

신규로 건설되는 모든 횡단보도에는 조명시설과 신호등이 설치되는 것을 원칙으로 하며 새롭게 건설되는 횡단보도에 추가로 설치되는 조명등급은 <표 1-10>과 같다.

<표 1-10> 스위스 도로조명의 기준

도로구분	조명시설의 기준	조명시설의 높이
1등급 도로	100/70 watt	10m
2등급 도로	70/50 watt	8m
3등급 도로	50 watt	6~8m

신규로 설치되는 횡단보도에는 각각의 통행방향에서 2개 이상의 조명시설이 설치되어 있어야 한다.



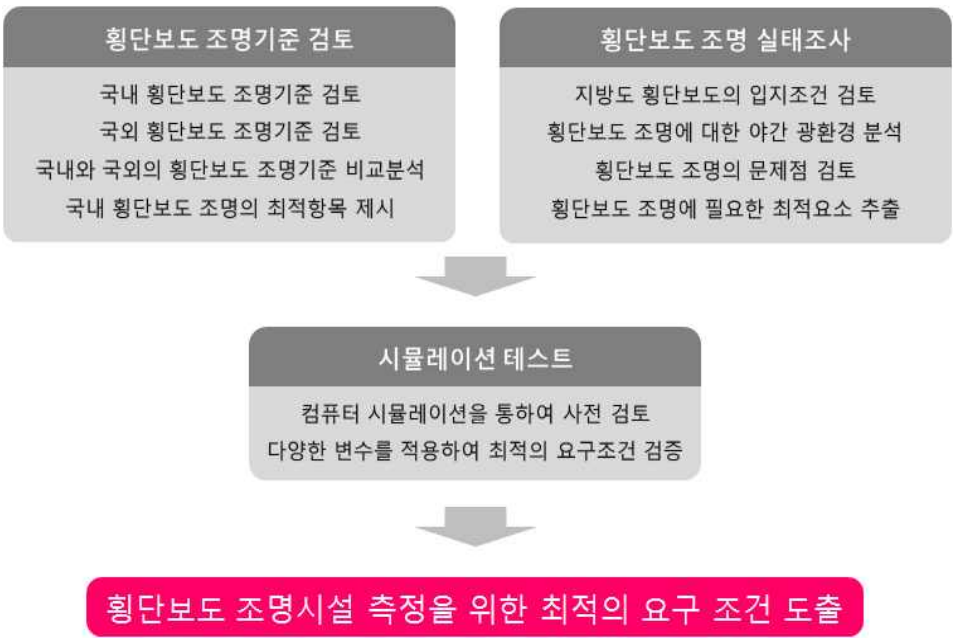
<그림 1-7> 스위스 횡단보도 조명시설 예시도

조명시설간 간격과 조명시설의 높이에 따른 조명시설 기준은 <표 1-11>과 같다.

<표 1-11> 조명시설간의 간격과 조명시설의 높이에 따른 조명시설 기준

조명시설 높이	조명의 일반적인 기준 (일몰:22:30,일출04:00)	조명의 완화된 기준(22:30~04:00)	거리A:횡단보도~ 근접조명시설 거리	거리B:연속조명간의 거리
12m	150watt	100watt	8.4m	40m
11m	150watt	100watt	7.7m	37m
10m	100watt	70watt	7.0m	35m
9m	100watt	70watt	6.3m	35m
8m	100watt	70watt	5.6m	32m
7m	70watt	50wat	4.9m	28m
6m	70watt	50wat	4.2m	25m
5m	50watt	50wat	3.5m	20m

현재 횡단보도 조명에 대한 기준이 없는 실정에서 이에 대한 명확한 기준 제시를 위해 국내·외 도로 조명기준에 대한 검토가 필요하다. 검토 후, 횡단보도 조명 기준의 항목제안과 배치 및 측정방법을 제안하여 이를 기반으로 횡단보도 조명 실태조사(현장측정) 및 시뮬레이션분석을 통해 횡단보도 조명 기준 항목을 설정할 필요성이 있다. 향후 도로 조명등급과 연관된 횡단보도 조명 기준의 제시를 위해 보다 다양하고 구체적인 매개 변수를 지정하고 이를 통해 명확한 횡단보도 조명의 등급을 지정 설계 할 수 있는 방안의 제안이 요구된다.



<그림 1-8> 횡단보도 조명시설 측정을 위한 최적 요구 조건 도출

나. 국내·외 횡단보도 관련 문헌 검토

한국교통연구원(2006)은 국도상의 횡단보도 조명시설물 설치기준(안), 수평조도의 측정방법, 조명설치 예시를 제시하였으나, 구체적인 조명 기준이나 설치방안은 제시하지 않았다.

한국건설기술연구원(1998)은 횡단보도 상 또는 그 부근에 있는 인물의 하반신 0.5m 이상을 50m 전방의 운전자가 시인할 수 있도록 하여야 하며 이를 위하여 횡단보도가 향하는 방향으로 35m이상을 밝히도록 하는 기준을 제시하였다.

김재영(2005)은 도로조명 실태 및 설계기준에 관한 연구에서 일반부에 연속조명이 없는 경우 횡단보도 전방 측 35m 이상의 노면을 밝게 하는 조명이 필요하며 일반부에 연속조명이 있는 경우 일반부와 동일한 조명기구를 사용하고 부근의 조명을 증강하여 횡단보도 전후 각각 35m 범위를 일반부보다 밝게 하도록 제시하였다.

박태훈 외(2007)는 횡단보도 조명시설의 설치효과에 관한 연구에서 집중조명시설이 설치된 횡단보도의 보행자 사고 감소효과 및 횡단보도 조명시설의 경제적 타당성 등을 평가하기 위해 광주광역시 22개소를 대상으로 연구를 수행한 결과 집중조명설치 후 야간 횡단보도 보행자사고가 37.7% 감소한 것으로 분석되었으며 집중조명시설의 설치비용과 교통사고 감소에 따른 편익을 분석한 결과 B/C가 12.85로 나타나 경제적 비용절감효과가 있는 것으로 제시하였다.

이창모 외(2009)는 횡단보도 국부조명을 자동차 진행방향으로 설치하여 보행자를 직접 조명하는 것이 횡단보도 내의 어느 위치에 보행자가 있더라도 보행자를 쉽게 볼 수 있게 한다고 제시하였다.

유형균(2010)은 횡단보도의 조명환경 측정에 관한 연구에서 단순 수평면 조도만을 만족시키기 위한 추가 조명 설치는 바람직하지 않으며 보행자와 배경의 휘도 비를 이용한 횡단보도 국부조명의 기준(안)을 제시하였으며 휘도 비는 광원으로부터 멀어질수록 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 조명등 설치 위치는 정지선(횡단보도 좌측 지점) 위치가 합리적이지만 우측통행에 따른 광원으로부터의 거리는 적절한 조명환경 구현시 해결해야 할 것으로 제시하였다.

박주천(2007)은 횡단보도 교통사고 방지를 위한 안전시설 설치효과 분석 연구에서 횡단보도 조명등 설치 전·후에 대한 효과평가를 사고 자료를 통하여 실시하였으며 횡단보도 조명등 설치 후 야간 교통사고는 약 24.2%가 감소하는 것으로 제시하였지만 횡단보도 조명 설치 기준에 관한 내용은 제시하지 않았다.

이명기(2007)는 서울 시정연구 논문에서 균제도엄수 및 빛 공해 방지와 에너지 절약을 위한 도로조명 개선방안 연구에서 횡단보도 상의 보행자 사고 예방을 위하여 운전자가 멀리서도 횡단보도임을 사전에 인지할 수 있도록 예고제 조명기획방법을 도입할 것을 제시하였다. 또한, 색상의 경우 주행차로 대비 횡단보도 색상을 2분법으로 적용하는 등 밝기를 주행차선 30럭스보다 높은 50럭스로 설치하여 보행자 식별이 용이하도록 제시하였다.

도로교통공단(e-Tac, 2011년 제10호)에서는 보행자 교통사고의 주요 특성을 다음과 같이 제시하였다.

- 차대 사람 보행자 사고의 절반이 6.0m 미만 도로에서 발생
- 전체 보행 중 사망자의 64.2%가 도로 횡단 중에 사망

- 전체 보행 사망자중 42.9%가 65세 이상
- 또한 전체 사망자의 연령층별 구성비와 비교시 14세 이하의 어린이와 65세 이상의 노인층의 보행 중 사망자 비율이 월등히 높음 : 14세 이하 어린이 사망자(보행 중 사고 : 5.4%, 전체사고 3.2%), 65세 이상 노인 사망자(보행 중 사고 : 42.9%, 전체사고 29.7%)

이와 같은 통계 결과를 보면 횡단보도 조명등 설치 우선 순위는 어린이 보호구역이 아니라 지방부 2차로 도로의 취락지 주변이라는 것을 간접적으로 알 수 있다.

USDOT(2009)에서는 18개의 ITS 기반 보행자 안전 대안들의 평가결과에 대한 검토를 포함하고 있으며 특히, 조명부문에서는 미국 Las Vegas와 Miami에 설치된 능동적 조명(Dynamic Lighting)에 대한 평가를 수행하였다.

도로 조명으로 인한 세계 각국의 교통사고 감소율은 다음과 같다.[4)]

- 미국의 교통전문가협회와 조명연구협의회의 연구결과에 의하면 도로나 교차로의 조명 개선을 통하여 야간 총사고율은 10~44%, 보행자 사고는 30~88% 감소시킨 것으로 조사
- 영국에서는 조명시설 개선 후 사망사고 50%, 중상사고 33%, 경상사고 27% 감소
- 일본에서는 연속조명이 있는 경우 야간 사고율이 11% 감소하고 사망사고는 58%가 감소
- 핀란드에서는 조명시설 설치 후 야간 교통사고 사망자수가 20~30% 감소되었으며 도로의 조도를 1.5cd/㎡에서 0cd/㎡로 줄였을 때 사고율이 25% 증가하고 조도를 1.5cd/㎡에서 0.75cd/㎡로 줄였을 때는 13% 증가하는 것으로 보고
- 노르웨이에서는 야간 교통사고 사망자수가 65%, 부상자 수가 30%, 물적 피해는 15% 감소되는 것으로 보고
- 국제조명위원회에 의하면 도로조명 설치 후 야간 교통사고 사망자는 48~65%, 중상자는 24~30%, 교통사고 발생 건수는 15~53% 감소한 것으로 분석

John F. Vna Derlofske 등은 횡단보도 보행자를 위한 LED를 이용한 노면 인입형 점멸등에 대한 효과 평가를 실시한 결과 점멸등 설치 후 횡단보도로 접근하는 차량의 평균속도는 감소하였고 보행자가 대기하고 있는 동안 횡단보도를 넘어서는 평균 차량 수도 감소한 것으로 보고하였다.

4.2 특허 및 논문동향 분석

가. 특허 동향 분석

(1) 분석 범위 및 방법

지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준, 보급형 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발기술의 경우 조명방열기술, 조명배광기술, 조명제어기술 및 조명방수기술을 대상으로 조사하였다. 조명방열기술의 경우 공냉식방열기술 및 수냉식방열기술을 중심으로, 조명배광기술은 렌즈설계기술, 광원배열기술 및 반사구조 설계기술을 중심으로, 조명제어기술은 감응기술, 주변장치연계기술, 원격기술, 기타제어기술을 중심으로,

4) 한국교통연구원, 국도상의 횡단보도 조명시설물 설치기준 연구, 2006 재인용

조명방수기술은 조명방수구조기술을 중심으로 하여 1969. 11. 10~2012. 08. 31 기간에 출원공개 된 특허를 대상으로 한국, 미국, 일본 및 유럽의 공개특허 및 등록특허를 검색하였으며, 같은 시점까지 발표된 학술논문을 함께 분석하였다. 본 분석에서는 도로조명 기술분야의 특허 기술 Landscape, 핵심기술 분석으로 나누어 분석을 실시하였다.

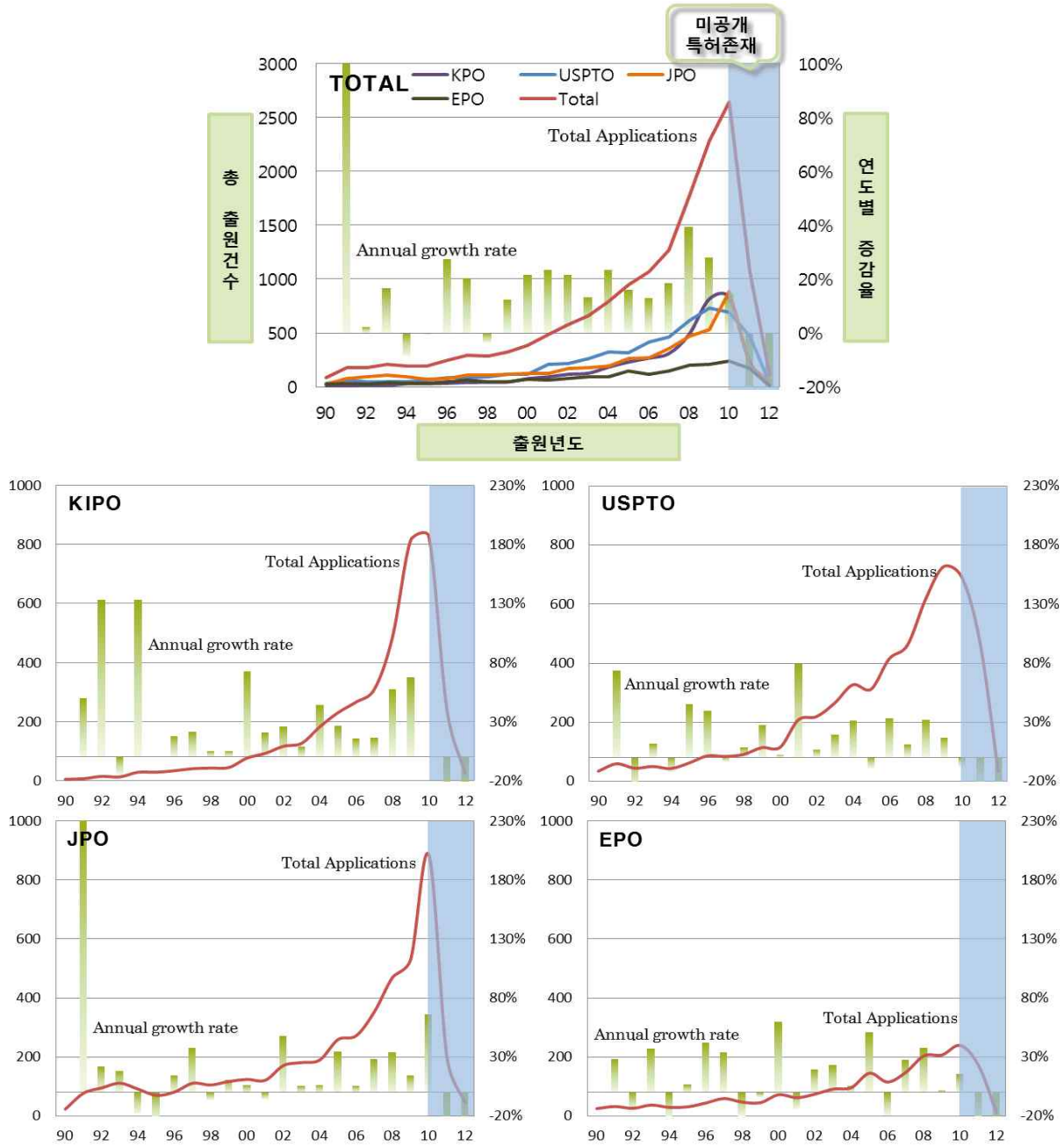
특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 주요시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 미국등록특허에서 나타나는 피인용지수, 시장력지수 등의 분석을 통한 국가간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석하였다. 또한, 상위 Top20 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장확보력 및 기술력, 주력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석하였다.

핵심기술 분석에서는 세부기술별로 구간별 특허출원 동향, 주요시장국별 세부기술 동향, 다출원인의 특허동향 등을 분석하고, 이를 분석한 의미가 시장·환경 분석결과를 반영할 수 있도록 하여 시장·환경과 특허와의 관계를 분석하였다.

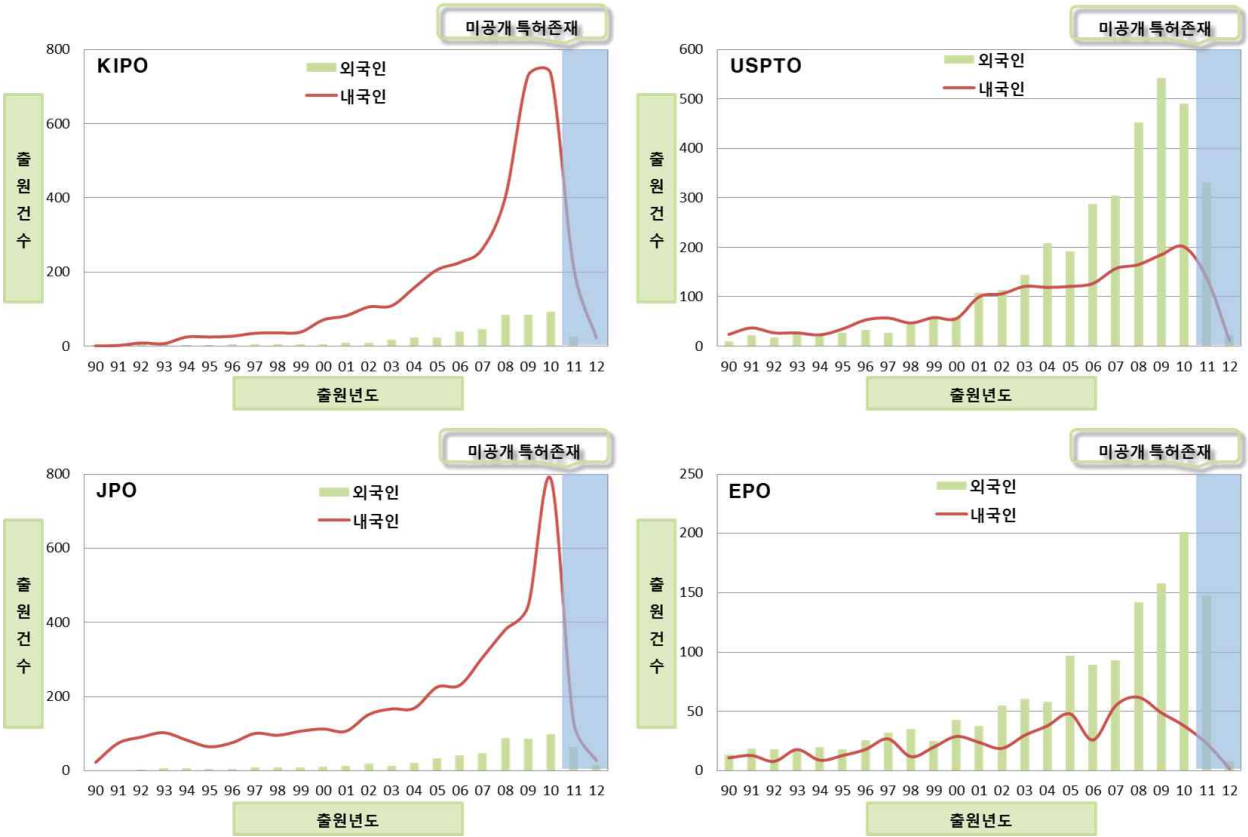
(2) 국가별 Landscape

지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면 거시적인 관점에서 전체적으로 지속적으로 특허출원이 증가하고 있으며, 비교적 일정한 출원증가율을 보이고 있는 것으로 나타났다. 한국과 일본의 경우 2000년 초까지는 미미한 수준의 특허출원증가율을 보이다가 2005년에서 2010년 사이에 특허출원활동이 매우 활발한 것으로 나타났다. 세계적으로 2000년 이후 눈에 띄게 특허출원증가율이 증가하는 원인으로는 2000년 독일 프랑크푸르트 조명전시회에 LED 조명스탠드가 처음 출품되어 전시된 후, LED조명에 대한 각 국가의 관심이 높아짐에 따라서 본격적으로 LED 조명 관련 출원이 급증한 것이 주요한 원인 중 하나라고 사료된다.

국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원규모 중 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났지만 미국에서의 출원이 한국 및 일본에서의 출원과의 격차가 크지 않아 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 분야의 연구개발은 미국뿐만이 아니라 한국과 일본에서 주도되고 있는 것으로 판단된다.



<그림 1-9> 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황(계속)



<그림 1-10> 연도별 주요시장국 내 · 외국인 특허출원현황

주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 미국 및 유럽은 외국인의 출원 점유율이 각각 62%, 70%로서 내국인 보다 외국인에 의한 특허활동이 활발한 것으로 나타났으며, 한국 및 일본은 외국인의 점유율이 각각 13%, 13%로서 내국인에 의한 특허활동이 대다수를 차지하고 있다. 이는, 한국 국적 및 일본 국적의 출원인들이 내국 위주의 특허활동을 하고 있는 동시에, 타 주요시장국에서 한국과 일본 시장에 진출하는 비율이 높지 않기 때문인 것으로 판단되며 해외 국적의 출원인들이 한국 및 일본의 시장성을 미국 및 유럽에 비하여 상대적으로 더 낮은 것으로 판단하여 한국 및 일본 시장에 적극적으로 진입하지 않고 있기 때문인 것으로 판단된다.

미국에서는 일본 국적의 출원인들이 점유율 20%의 외국인 점유율을 기록하여, 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 한국 국적 출원인들은 5%의 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 대만 국적 출원인들이 16%의 점유율을 차지하고 있어 일본에 이어 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 미국의 연도별 출원동향을 보면, 2000년대에 진입하여 내국인에 의한 특허출원이 많이 늘어나지 않는 가운데 외국인에 의한 특허출원은 증가세에 있는 것으로 나타난 점이 주목할 만하며 이는 외국인 중 가장 많은 점유율을 나타낸 일본, 대만 등이 내국에서 연구개발 된 기술을 바탕으로 미국 시장에 활발히 진출했기 때문으로 판단된다.

유럽에서는 일본 국적의 출원인들이 31%, 미국 국적의 출원인들이 18%의 점유율을 기록하였으며 한국 국적의 출원인들은 7%의 점유율을 차지한 것으로 나타나 한국 국적의 출원인들은 일본 시장 및 미국 시

장에 비하여 유럽 시장에의 진출이 부진한 것으로 분석되었다. 특히, 대만 국적 출원인들이 미국 시장과 같이 7%의 점유율을 차지한 것으로 나타나 대만 국적 출원인들의 시장진출이 활발한 것으로 판단된다.

지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발과제의 주요출원인 Top20를 추출한 결과, 일본의 MATSUSHITA가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 일본의 TOSHIBA LIGHTING, Sharp 및 네덜란드의 Philips 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 주요출원인 Top20 중 일본 국적의 출원인이 13곳으로 나타나 지방부 도로 횡단보도 보급형 조명시스템 개발 기술분야에서 일본이 두각을 나타내고 있다. 이를 고려하여 볼 때, 조명배광기술 분야에서는 일본의 MATSUSHITA 및 TOSHIBA LIGHTING과 네덜란드의 Philips등이 국내 주요출원인들과 경쟁관계에 있음을 알 수 있으며, 조명방열기술 분야에서는 일본의 Sharp 및 STANLEY ELECTRIC과 중국의 FU ZHUN PRECISION INDUSTRY등이 국내 주요출원인들과 경쟁관계에 있음을 알 수 있었다.

지방부 도로 횡단보도 보급형 조명시스템 개발 기술분야는 일본, 네덜란드, 독일 등 외국의 주요출원인들이 세계 시장에서의 연구개발을 주도하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 독일의 OSRAM을 제외한 외국의 주요출원인들은 주요 시장국 중 한국에 진출하는 비율이 적은 편인 것으로 나타나 한국시장의 경쟁력을 낮은 것으로 판단하고 있는 것으로 분석된다.

다출원인 1위인 일본의 MATSUSHITA 및 2위인 일본의 TOSHIBA LIGHTING은 공통적으로 주요 시장국 중 자국인 일본에 집중적으로 활발한 특허출원을 하고 있고, 3위인 일본의 SHARP 및 4위인 네덜란드의 PHILIPS는 공통적으로 주요시장국 중 자국과 미국에 고르게 활발한 특허출원을 하고 있는 것으로 보아 두 회사는 세계 시장에서의 고른 경쟁력 확보를 목표로 하는 것으로 분석된다.

국내의 출원인들은 모두 자국인 국내에 가장 많은 특허출원을 하고 있으며 그 외의 주요시장국 중 미국에 특허출원을 집중하고 있음을 알 수 있었다. 그 외, 주요출원인 Top20에서 두각을 나타내고 있는 중국의 FU ZHUN PRECISION INDUSTRY는 주요시장국 중 미국을 제외한 다른 시장에는 특허출원을 하지 않고 자국과 미국에 집중적으로 특허를 출원하고 있음을 알 수 있으며, 이는 후발그룹으로서 다양한 시장에 진입하기보다는 가장 큰 미국시장에 역량을 집중하고 있는 것으로 판단된다.

주력 기술분야 측면에서 대다수의 출원인들이 조명방열기술에서는 수냉식기술분야, 조명배광기술에서는 반사구조설계기술에 집중적으로 활동하는 것으로 판단된다.

<표 1-12> 경쟁자 Landscape

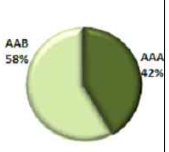
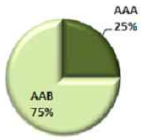
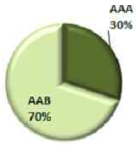
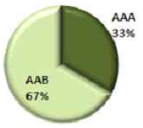
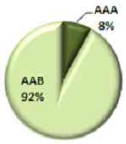
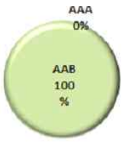
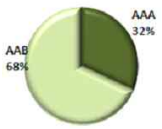
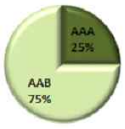
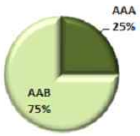
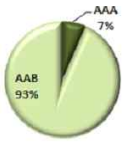
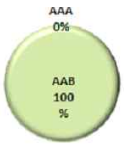
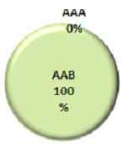
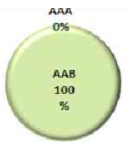
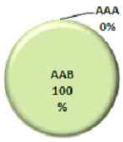
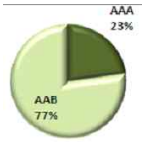
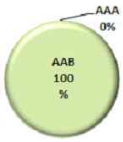
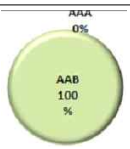
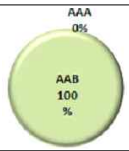
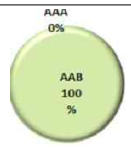
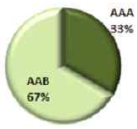
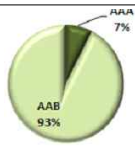
분석항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)					주력 기술 분야
		KR	US	JP	EP	IP시장국 종합	
MATSUSHITA	JP	14 (1.5%)	56 (6.0%)	773 (83.6%)	82 (8.9%)	JP	반사구조설계기술
TOSHIBA LIGHTING	JP	2 (0.3%)	107 (13.9%)	558 (72.7%)	101 (13.2%)	JP	반사구조설계기술
Sharp	JP	3 (0.8%)	141 (37.3%)	135 (36.1%)	95 (25.4%)	US	수냉식
Philips	NL	42 (13.3%)	118 (37.3%)	59 (18.7%)	97 (30.7%)	US	반사구조설계기술
KOITO	JP	13 (5.0%)	47 (18.1%)	187 (71.9%)	13 (0.05%)	JP	반사구조설계기술
STANLEY ELECTRIC	JP	1 (0.4%)	27 (10.7%)	212 (83.8%)	13 (5.1%)	JP	수냉식
LG Innotek	KR	80 (41.7%)	43 (22.4%)	27 (14.1%)	42 (21.9%)	KR	렌즈설계기술
FU ZHUN PRECISION INDUSTRY	CN	0 (0.0%)	169 (99.4%)	0 (0.0%)	1 (0.6%)	US	수냉식
Hitachi	JP	8 (4.9%)	54 (33.1%)	89 (54.6%)	12 (7.4%)	JP	수냉식
MITSUBISHI	JP	7 (4.4%)	21 (13.3%)	120 (75.9%)	10 (6.3%)	JP	수냉식
Samsung Electronics	KR	82 (51.9%)	48 (30.4%)	7 (4.4%)	21 (13.3%)	KR	수냉식
ICHIKOH	JP	2 (1.7%)	13 (10.7%)	95 (78.5%)	11 (9.1%)	JP	방수구조
CANON	JP	3 (2.6%)	51 (44.0%)	49 (42.2%)	13 (11.2%)	US	반사구조설계기술
OSRAM	DE	26 (23.6%)	34 (30.9%)	22 (20.0%)	28 (25.5%)	US	방수구조
LG Electronics	KR	52 (49.5%)	22 (21.0%	11 (10.5%)	20 (19.0%)	KR	수냉식
Sony	JP	13 (12.4%)	33 (31.4%)	37 (35.2%)	22 (21.0%)	JP	수냉식
SEIKO EPSON CORP	JP	9 (8.9%)	28 (27.7%)	46 (45.5%	18 (17.8%)	JP	반사구조설계기술
Toyoda Gosei	JP	0 (0.0%)	24 (25.8%)	67 (72.0%)	2 (2.2%)	JP	방수구조
IWASAKI ELECTRIC	JP	0 (0.0%)	1 (1.2%)	78 (94.0%)	4 (4.8%)	JP	반사구조설계기술
Samsung LED	KR	50 (63.3%)	11 (14.0%)	9 (11.4%)	9 (11.4%)	KR	렌즈설계기술

(3) 세부기술별 특허 동향

○ 조명 방열 기술

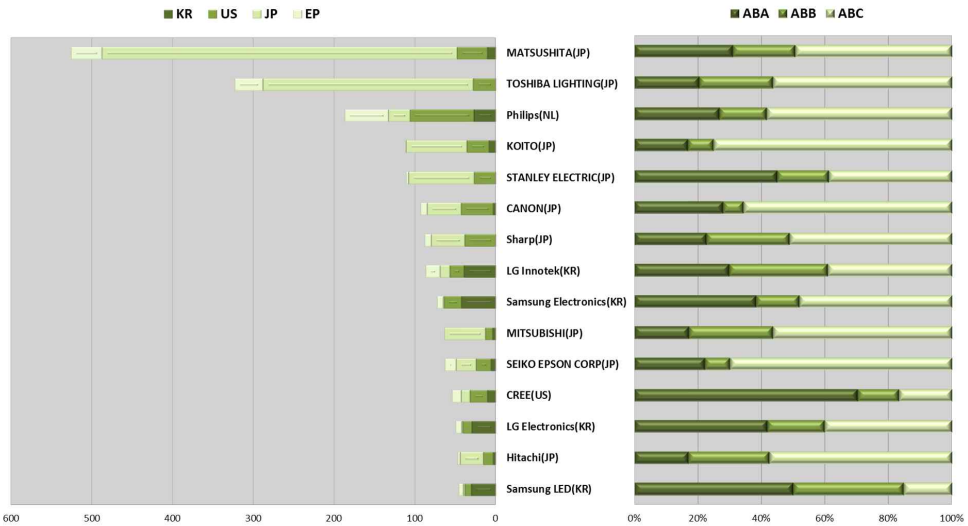
2000년대 들어 처음 FU ZHUN PRECISION INDUSTRY(CN)사의 관련 기술 특허출원이 발생하였다. 최다 특허출원인인 TOSHIBA LIGHTING(JP)을 보면 점점 수냉식기술(AAB)에 대한 기술개발이 늘어나고 있으며, 그 외 출원인들도 수냉식기술(AAB)로 시작하여 공냉식기술(AAA)에 대한 출원이 늘었다가 최근에는 다시 수냉식기술(AAB)에 대한 개발이 늘어난 것으로 분석되었다.

<표 1-13> 조명방열기술의 주요 출원인별 구간별 집중도 추이

	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간
TOSHIBA LIGHTING(JP)					
MATSUSHITA(JP)					
SHARP(JP)					
FUZHUN PRECISION(CN)	–	–	–		
STANLEY ELECTRIC(JP)					

* 1구간(1990~1994), 2구간(1995~1998), 3구간(1999~2002), 4구간(2003~2006), 5구간(2007~2010)
* AAA : 공냉식, AAB : 수냉식

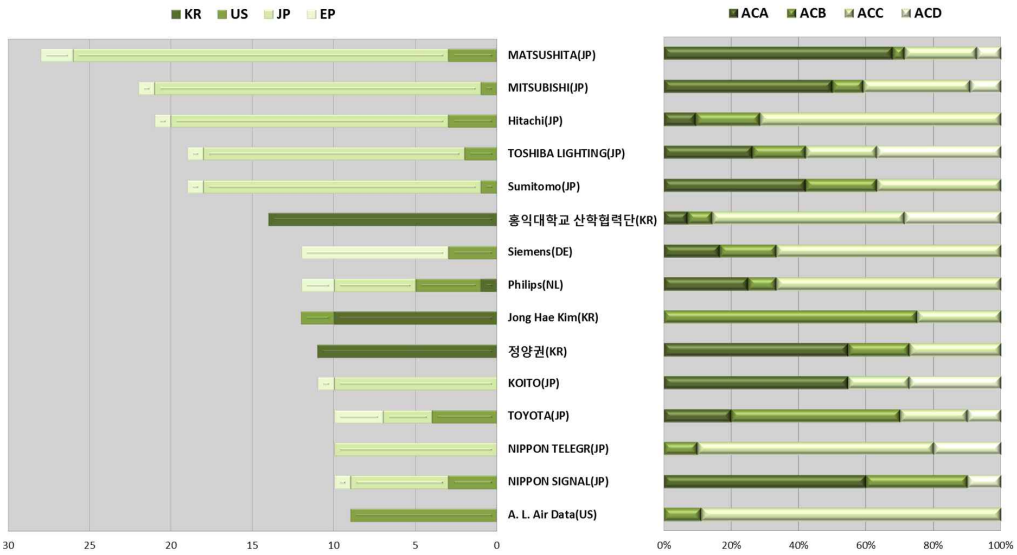
조명배광기술은 일본 국적 출원인들의 출원 활동이 활발한 상태이며, 일부 한국과 유럽 및 미국국적의 출원인이 존재하며 STANLEY ELECTRIC(JP)과 CREE(US) 및 SAMSUNG LED(KR)의 경우에는 렌즈설계기술(ABA)의 특허출원비중이 높고, 그 외의 출원인들은 반사구조설계기술(ABC)의 특허출원비중이 높은 것으로 나타났다.



<그림 1-11> 조명배광기술의 다출원인 특허동향

○ 조명 제어 기술

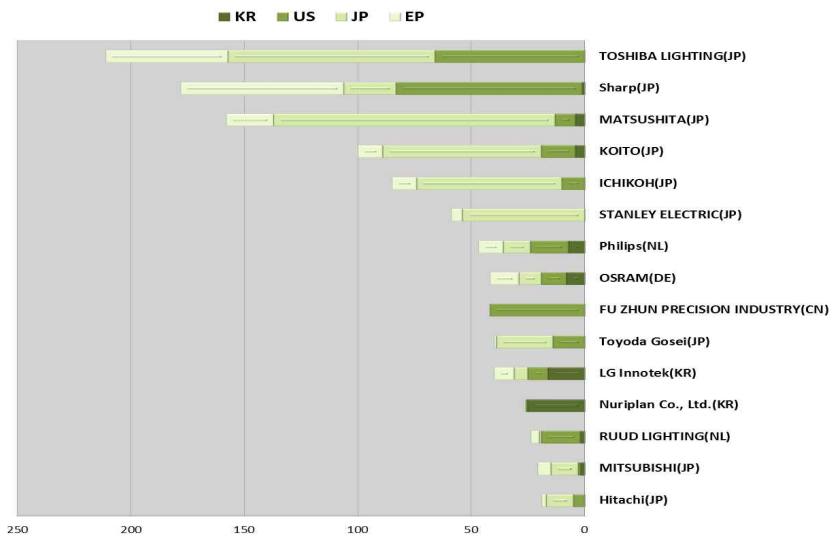
전체 출원에서 일본 출원인의 비중은 작은데 반하여 MATSUSHITA(JP) 및 MITSUBISHI(JP) 등 주로 일본 업체들이 다출원인으로 기록되어 일본의 특정 기업들이 집중적으로 자국 및 외국에 출원한 것으로 분석되었다. 조명제어기술의 경우에는 다른 분야에 비하여 다출원인들의 출원 건수 차이가 크지 않았다. 이는 조명제어기술 전체 출원건수가 상대적으로 적고, 기술이 특정 제품에 구현되는 것이 아니라 교통신호 시스템과 전체적으로 연동되는 것이므로, 대기업의 출원활동이 상대적으로 부진한 것에 기인한 것으로 판단된다.



<그림 1-12> 조명제어기술의 다출원인 특허동향

○ 조명 방수 기술

조명방수기술은 일본 국적 출원인들의 출원 활동이 활발한 상태이며, 일부 한국과 유럽국적의 출원인이 존재한다. 일본 국적 출원인들은 주로 자국출원을 중심으로 미국 및 유럽에 출원하고 있으며 한국 출원 비중은 미미하였다.



<그림 1-13> 조명방수기술의 다출원인 특허동향

나. 논문 동향 분석

(1) 분석 대상 기술 분류 기준 및 분석 범위

○ 분석 대상 기술 분류

<표 1-14> 분석대상 기술 분류 기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발	조명배광기술	반사구조 설계기술	- 조명기기의 배광효율을 높이기 위해 반사갓 등의 반사판을 이용하여 조도를 조절하는 조명기기내부의 반사구조설계 기술
	조명제어기술	감응	- 신호등 또는 조명기기 또는 자동차등에서 자발적으로 횡단보도 및 도로에서 보행자 및 차량을 감지하여 신호등 또는 조명기기를 제어하는 기술

○ 분석 범위

본 분석에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색 식을 설정하였으며 논문 DB 검색(R&D 특허센터 제공 SCOPUS DB활용) 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따랐다.

<표 1-15> 논문 검색 식 및 검색결과

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수	유효데이터
지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명 시스템 개발	조명 배광 기술	반사구 조설계 기술	TITLE-ABS-KEY((illuminat* OR lighting OR luminarie OR streetlamp OR streetlight OR lamp OR light OR led) AND ((light AND (direction OR refrac* OR angle OR distribut*))) AND (street* OR road*))	1,433	245
	조명 제어 기술	감응	TITLE-ABS-KEY((((illuminat* OR lighting OR LED OR luminarie OR streetlamp OR streetlight OR (signal* and (control* and apparatus*)) OR (traffic* and light*) OR (signal* and light*)) and (pedestrian* OR walker* OR man OR men OR human* OR user* OR voice* OR move* OR moving* OR action* OR act* OR gesture*) and (sensing* OR sensor* OR detect*) and (control* OR adjust* OR regulate* OR modif* OR switch*) and (road OR street OR sidewalk OR pavement OR crosswalk OR crossing OR crossroad OR traffic))))	792	157

(2) 논문으로 본 연도별 동향 및 특허출원 현황과의 비교

○ 조명배광기술(반사구조설계기술)의 세부기술 동향

연도별 논문 발행건수를 살펴보면 1990년대부터 뚜렷한 경향 없이 증감을 반복하다가 2000년대 초반부터 증가세를 유지하였다.

특허출원 현황과 비교해 보면, 연도별 추이 측면에서 유사한 것으로 나타났으며 연도별 특허출원동향은

1990년대부터 크게 변동이 없었으나 미세하게나마 꾸준히 증가세를 유지하고 있었으며, 2000년대 들어서 급증하였다.



<그림 1-14> 조명배광기술(반사구조설계기술)의 연도별 논문발행 건 수

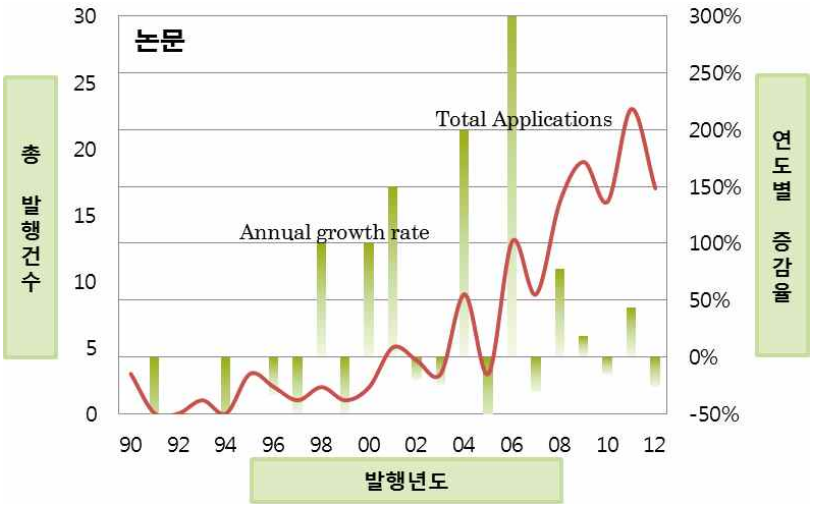


<그림 1-15> 조명배광기술(반사구조설계기술)의 연도별 특허출원 건 수

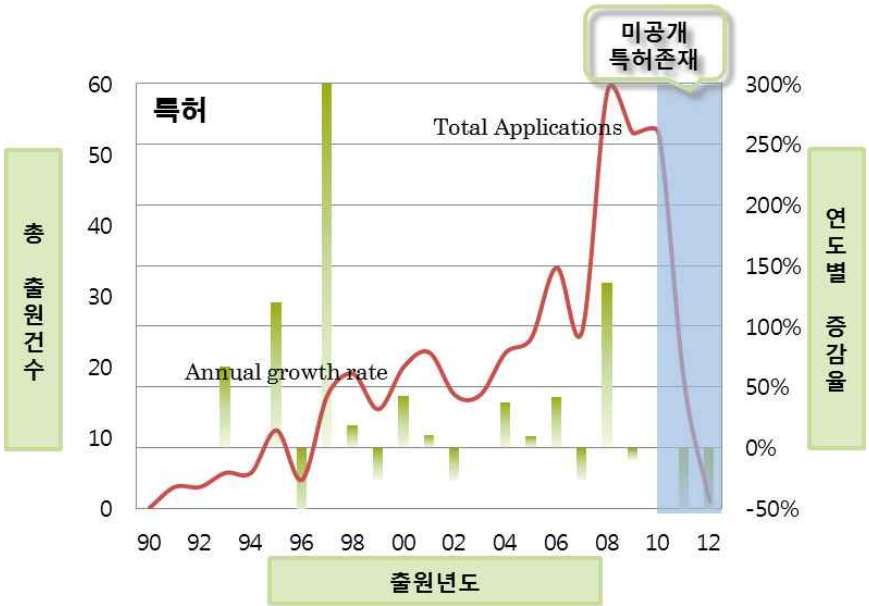
○ 조명제어기술(감응기술)의 세부기술 동향

연도별 논문 발행건수를 살펴보면 1990년대부터 뚜렷한 경향 없이 증감을 반복하다가 2000년대 초반부터 증가세를 유지하였으며 특허출원 현황과 비교해 보면, 연도별 추이 측면에서 유사한 것으로 나타났다.

연도별 특허출원동향은 1990년대 말부터 조금씩 증가하기 시작하였고, 2000년대 들어서는 뚜렷한 경향 없이 증감을 반복하다가 2005~2006년을 기점으로 큰 폭으로 증가하기 시작하였다. 이는 2004~2006년을 기준으로 큰 폭으로 늘어나고 있는 논문발행건수 증가와 연관이 있는 것으로 판단된다.



<그림 1-16> 조명제어기술(감응기술)의 연도별 논문발행 건수



<그림 1-17> 조명제어기술(감응기술)의 연도별 특허출원 건수

(3) 부상 기술 도출

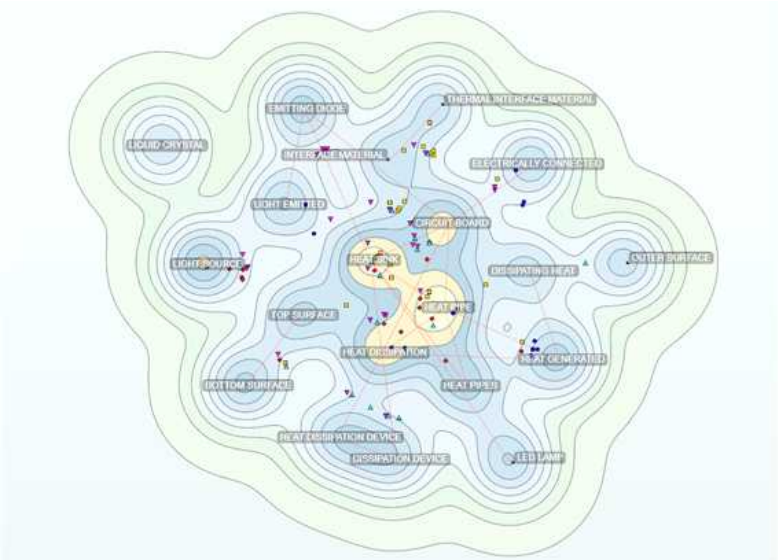
부상기술 평가표는 최근 출원증가율, 성장단계 지수, 주요 출원인별 점유율, 기술별 점유 증가율을 종합적으로 평가하여 최근 부상기술을 도출하였다.

<표 1-16> 부상기술 평가표

기술분류			출원증가율	성장단계 지수	주요 출원인별 점유율	기술별 점유 증가율	결론 (부상기술)
지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발	AA	AAA	◕	●	◔	◑	◑
		AAB	◕	●	◔	◑	◑
	AB	ABA	◕	◕	◑	◕	◕
		ABB	◕	◕	◑	◑	◕
		ABC	◑	◑	◑	○	◑
	AC	ACA	◕	◑	○	◕	◑
		ABC	◑	◔	○	◑	◔
		ACC	◑	◔	○	◑	◔
		ACD	○	◔	○	◔	○
	AD	ADA	◕	●	◔	◑	◕

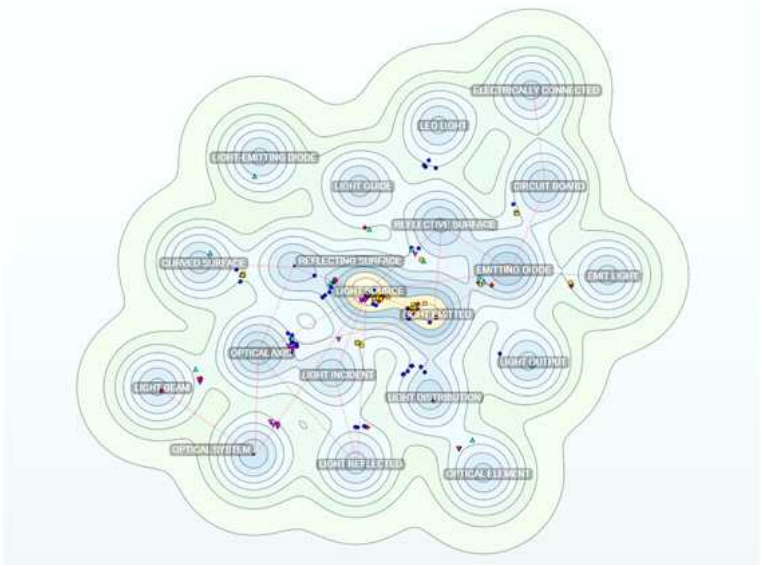
AA : 조명방열기술 AB: 조명배광기술, AC : 조명제어기술, AD : 조명방수기술
AAA : 공냉식, AAB : 수냉식
ABA : 렌즈설계기술, ABB : 광원배열기술, ABC : 반사구조설계기술
ACA : 감응, ACB : 주변장치연계, ACA : 기타, ACB : 원격
ADA : 방수구조

조명방열기술(AA) 분야와 조명방수기술(AD) 분야에서는 세부기술 모두 출원증가율, 성장단계 지수가 높으며 영문 키워드로는 HEAT SINK, HEAT PIPE, HEAT DISSIPATION 등 방열부재에 관한 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났다.



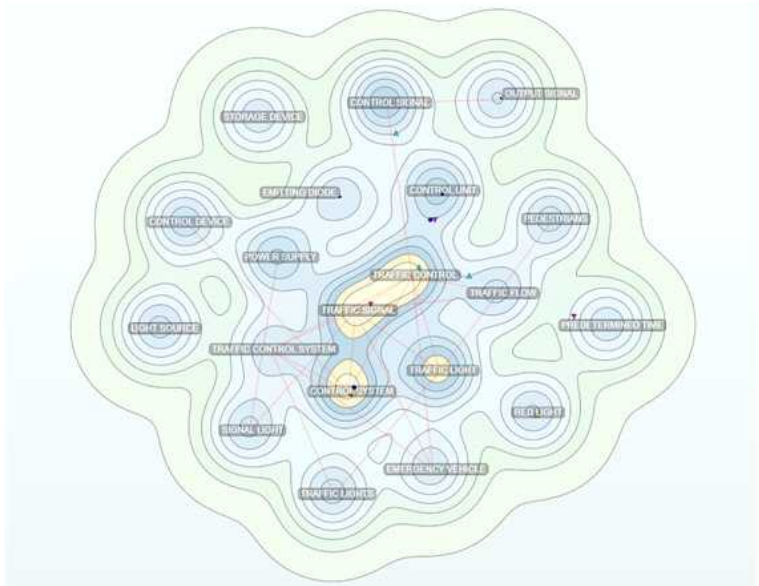
<그림 1-18> 조명방열기술의 Keyword Map

조명배광기술(AB) 분야에서는 세부기술 모두 출원증가율, 성장단계 지수 및 주요 출원인별 점유율이 높은 것으로 조사되었고, 조명배광기술(AB) 분야의 다른 기술에 비해 연구개발의 집중도가 줄어든 것으로 판단된다. 조명배광기술에서 영문 키워드로는 OPTICAL AXIS, LIGHT OUTPUT, LIGHT SOURCE 등 조명램프에 관한 단어와 REFLECTIVE SURFACE, REFLECTING SURFACE, LIGHT REFLECTED, CURVED SURFACE 등 조명기구에 관한 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났다.



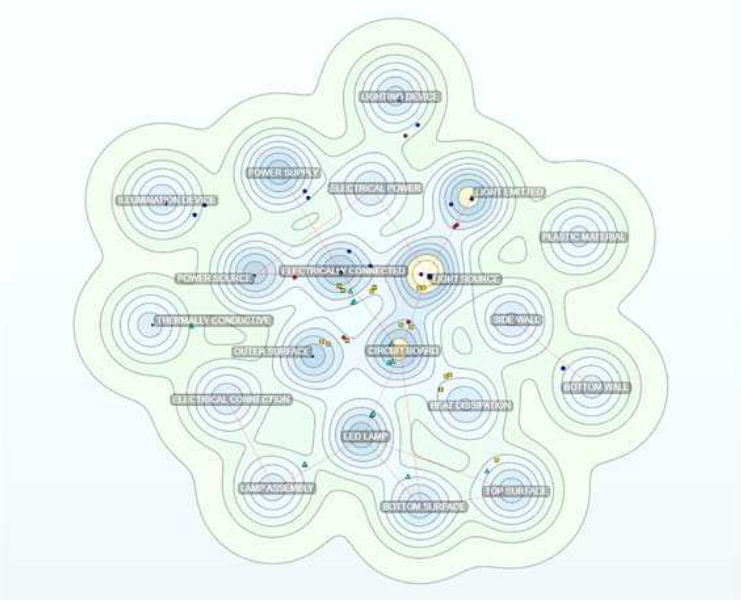
<그림 1-19> 조명배광기술의 Keyword Map

조명제어기술(AC) 분야에서는 감응기술(ACA)이 출원증가율, 성장단계 지수, 기술별 점유 증가율이 모두 높게 나와 부상기술인 것으로 판단된다. 조명제어기술에서 영문 키워드로는 TRAFFIC CONTROL, TRAFFIC SIGNAL, CONTROL SYSTEM 등 교통신호기와 그 교통신호기를 제어하여 교통을 제어하는 기술에 관한 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났다.



<그림 1-20> 조명제어기술의 Keyword Map

조명방수기술에서 영문 키워드로는 SIDE WALL, BOTTOM WALL, PLASTIC MATERIAL, LAMP ASSEMBLY 등 조명외관에 관한 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났다.



<그림 1-21> 조명방수기술의 Keyword Map

4.3. 국내 · 외 정책 동향

가. 제7차교통안전기본계획(국토해양부 등, 2012～2016)

(1) 수립 배경

교통안전은 생명과 직결되는 최고의 가치이며, 국민의 전반적인 삶의 질 향상을 위해 미래를 대비한 교통안전대책 마련 필요하며 도로교통사고 사망자수의 감소('00년 대비 약 50% 감소), 철도·항공 분야 안전도 선진국 수준 진입, 영해 내 사고 감소 등의 성과 창출이 목표이다.

(2) 추진 전략별 교통안전 대책

주요 추진 전략은 총 5개로서 교통이용자 행태개선, 안전한 교통인프라 구축, 스마트 교통수단 운행, 안전관리 시스템 강화, 비상대응체계 고도화를 포함한다. 추진 전략 모두 국민의 안전과 관련된 대책이며 이 중 교통이용자 행태 개선과 관련하여 어린이 통학 안전성 확보, 고령운전자 교통안전 대책 강화, 교통안전, 보행 홍보·교육의 다각화가 주요 대책으로 설정되었다. 안전한 교통인프라 구축과 관련하여 보행자 교통사고 사망자수를 2,082명(2012년)에서 800명 이하로 감소시키는 것을 목표로 설정하였다.

추진 내용 중 보행우선구역, 보행환경개선지구의 지정·운영 확대 등을 통한 보행 특화거리 조성, LED 등을 이용한 횡단보도 조명시설 설치를 통한 야간 횡단시 보행자 교통사고 예방을 목적으로 한다. 상기와 같이 보행자와 관련하여 횡단보도 조명시설의 보급이 예상되기 때문에 보행자 및 운전자에게 최적의 배광 조건을 찾고 특히, 보행자의 시인성이 증진될 수 있는 기준 및 등기구 개발이 필수적으로 필요하다.

나. 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본 계획(국토해양부)

(1) 수립 배경

교통사고 사망자 중 보행자 사고는 '05년 전체 교통사고의 38.5%인 2,457명으로 보행자 사고가 차지하는 비율이 높으며, OECD 국가들과 비교할 때도 2~3배 높은 실정이다. 도로횡단 중 사망자가 전체 보행자 사망자의 48%이고, 이 중 13.9%는 횡단하는 도중에 사망하였으며, 주간 보다 야간에 2배 이상 많은 사망자가 발생하고 있다. 이러한 배경에서 횡단보행자 사고를 줄이고 보행자의 통행 안전을 확보하기 위하여 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본계획(안)을 수립하여 사업을 시행하고 있으며 차량과 보행자간의 상충사고를 예방하기 위하여 범국가적인 기본 계획을 수립하고 있다.

(2) 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준

1단계 5년간(2008~2012) 사업에서 수행되어진 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준은 다음과 같다.

- 1, 2순위 : 어린이 보호구역 인접 횡단보도, 통학로로 이용되는 횡단보도
- 3순위 : 1, 2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 설치의 시급성이 높은 지역
- 4순위 : 1, 2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 설치의 시급성이 낮은 지역

기존 우선순위는 1, 2순위가 어린이 보호구역 인접 횡단보도 등으로 설정되었지만 조명이 켜지는 야간에 어린이 통학이 거의 없기 때문에 그 우선순위를 후 순위로 설정함이 바람직하다.

본 연구에서 수행한 설문조사와 현장 조명환경 측정 및 시뮬레이션 검토 결과, 무조명구간이 가장 위험한 것으로 도출되어 2단계 사업시 우선 검토할 필요성이 있다. 따라서, 본 연구진은 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준(안)을 <표 1-17>과 같이 제시하여 2단계 사업 추진시 참조하도록 제안하였다.

<표 1-17> 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준(안) : 2단계

1순위	2순위	3순위	4순위
조명 유·무	사고 발생 및 민원	보행자 특성 및 보행 통행량	교통 관제시설 유·무
1.1 지방지역 도로 중 무조명구간(연속/국부 조명이 없는 구간)	2.1 횡단보도 포함 주변 사고 다발 구간(야간사망사고 1건/년 이상)	3.1 해당 노선 인접 버스정류장 또는 취락지	4.1 보행자 신호등 미설치
1.2 지방지역 도로 중 국부조명만 있는 경우	2.2 민원	3.2 전체 보행자 통행량 중 고령자 또는 어린이 통행 50% 이상	4.2 점멸 신호 운영
1.3 도시지역 도로 중 연속조명이 설치되어 있지만 횡단보도 시인 불량	-	-	4.3 횡단보도 교통신호등이 있는 경우

다. 유럽연합 도로 안전 연구

(1) 수립 배경

WHO에 의하면 전세계 교통사고사망자는 2010년 현재 127만명이며 2030년에는 240만명으로 약 2배 증가할 것으로 예상하고 있다. 특히, 중진국 및 후진국들에서 운행되고 있는 차량은 전세계의 50%를 차지하며 사망자는 전세계 교통사고 사망자의 90%를 차지하고 있다. 또한 교통사고 비용의 경우 중진국 및 후진국은 GNP의 1~1.5%를 차지하며 선진국의 경우 2%를 차지하기 때문에 교통사고 저감에 선진국들이 더욱 노력하는 것으로 판단된다.

(2) 추진 전략별 교통안전 대책

도로에서의 어린이 안전성 확보, 규제시스템, 테스트 툴 개발(물리적 또는 가상 공간), 통합 교통안전 등이 주요 핵심 내용이며 특히, 어린이 교통안전과 인간공학에 대한 연구가 진행되고 있으며 인간공학에 있어서는 운전자 및 보행자 행태 및 특성에 관한 기초 연구를 통한 교통안전성 향상 방안과 첨단장치를 이용한 교통안전시설 연구 등으로 구성되어 있다.

유럽에서의 도로교통안전 대책은 중장기 계획을 기반으로 유럽 여러 나라가 공동으로 연구를 진행하고 있으며 특히 어린이, 고령자 등의 신체 특성을 고려한 시설 등 교통 약자에 대한 배려 및 사회적 합의는 국내에서도 정책 및 연구 개발시 참고해야 할 것으로 판단된다.

4.4 국내 · 외 시장동향 및 전망

가. 국내 시장 동향

(1) 횡단보도 등기구 제품 조사

○ 조사배경

조달품목으로 등록된 국내 횡단보도조명 제품과 해외 횡단보도조명 사례를 조사해 시장의 흐름과 동향을 분석하고 개선점을 찾아 연구과제에 적용하기 위함으로 제품조사를 통해 파악된 문제점을 보완할 수 있는 방법을 찾고 해외의 우수사례를 참고하여 국내 횡단보도 조명의 설계와 설치에 대한 기준을 마련하고 보급형 표준 모델에 대한 디자인 방향을 제시하고자 한다.

○ 조사방법

국내제품은 조달청 나라장터에 등록된 제품을 중심으로 인터넷을 통해 1차로 기본 자료를 수집하여 제조사별 문의전화를 통해 자료를 보강하여 정리하였고 국외제품은 국외에서 인지도가 높은 브랜드를 선정하고 인터넷과 홍보 브로셔를 통해 횡단보도와 관련된 LED 등기구를 조사하였다.

○ 국내제품 현황

- 조달등록 제품의 수 : 62개 (2012년 5월)
- 나라장터 등록 제품의 수 : 19개 (2012년 5월)
- 조달등록 업체의 수 : 26개 (2012년 5월)

○ 국내제품 분석

국내 횡단보도조명 업체는 기존 투광등 제품을 활용하여 제작한 LED광원의 고효율성과 출력을 높여 밝기를 높였다는 점을 내세워 제품을 홍보하고 있다.



<그림 1-22> 기존 제품의 주요 특징

기존 제품이 가진 문제점과 해결 방안은 <그림 1-23>과 같으며 국내 횡단보도조명 제품이 가진 문제점을 나열하고 그 해결방안을 제시해 향후 보급형 횡단보도조명 디자인에 참고할 예정이다.

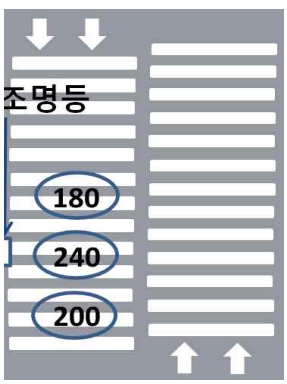
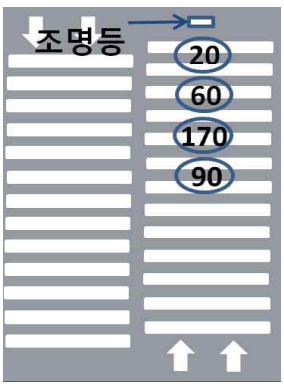
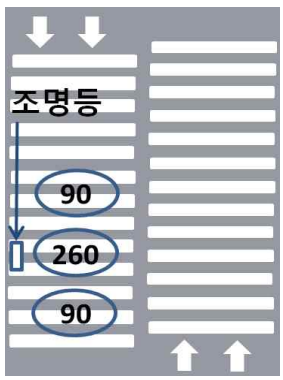


<그림 1-23> 기존의 제품이 가진 문제점과 해결방안

(2) 횡단보도 조명설치 현황

최근 증가하고 있는 야간 횡단보도 교통사고를 감소시키기 위한 대책의 일환으로 일부 지자체에서는 횡단보도 추가조명시설 확중에 있으며 특히 경기도 파주시에는 “도로조명의 설치 및 관리에 관한 규정 제4조”를 신설하여 “횡단보도 지점의 보행자 보호등은 노폭에 불구하고 안전사고방지를 위해 설치하여야 한다”고 명시함으로써 횡단보도 추가조명시설의 설치를 강화하고 있다.

<표 1-18> 국내 설치된 횡단보도 조명등의 주요 제품별 특성

구분	일반등	A사 LED조명등	B사 LED조명등
제품 및 현장이미지	 	 	 
소비전력	250W	90W	90W
중심점조도(lx)	240lx	170lx	260lx
조도균제도(lx)			
특징 및 문제점	· 균제도 좋음(상부설치) · 저수명/고전력 · 조도제어 불가 · 미관 불량	· 균제도 불량/글레어 심함 · AL대형방열판(640×330) · 횡단보도 마킹만 집중조명 · 좁은 조사각, 미관 불량	· 균제도 불량/글레어 심함 · AL 방열판 이용 · 횡단보도 마킹만 집중조명 · 좁은 조사각, 미관 불량
가격	· LED횡단보도 조명등 : 90W~120W기준 980,000원~2,130,000원(조달청 나라장터 기준)		

국내에 설치되고 있는 횡단보도 조명등은 일반적으로 고전력의 저수명으로 글레어 현상이 심하고 미관이 좋지 않은 단점을 가지고 있으며 일반적인 소비 전력, 중심점 조도, 조도 균제도 및 주요 문제점은 <표 1-18>, <1-19>와 같다.

<표 1-19> 횡단보도 조명시설의 운영형태별 장·단점

	일반적 조명시설	추가 국부 조명시설
장점	· 국도변 횡단보도의 일반적 조명시설 형태 · 조명시설이 미흡하다고 판단되는 지역에 이미 설치되어 있는 지주에 등기구 추가	· 횡단보도 위에 설치되어 배광방식은 기존의 가로등 조명과는 달리 횡단보도 구역만으로 빛을 제한하여 운전자의 눈부심을 최소화하고 보행자가 더 용이하게 인식될 수 있도록 함
단점	· 횡단보도상의 휘도 및 조도의 절대값이 작아 전체적으로 어둡고 횡단보도 이외의 지역까지 빛이 분산되어 횡단보도 지역과 인근 지역간에 적절한 휘도대비가 확보되지 않아 운전자가 횡단보도와 보행자 인식 곤란	· 휘도대비가 지나치게 크면 주행하는 운전자에게 부적절한 눈부심 유발 · 주행하는 차선의 상부에 설치되어 유지보수 난해 · 강풍이나 악천후 조건에서 지주 내구성 검증 필수 · 교통량이 많은 도심부에 설치 곤란

(3) 추가 국부조명 운영 형태

○ 횡단보도 조명시설(A Type) : 노면 밝기 상승 방식

노면 밝기 상승 방식의 횡단보도 조명시설은 횡단보도 주변 시설물(신호등, 가로등)을 이용하거나 추가 조명시설을 하여 횡단보도를 집중적으로 밝히는 방식이며 주변 휘도보다 밝은 것이 특징이다.



<그림 1-24> 횡단보도 조명시설 (A type) : 노면 밝기 상승 방식

<표 1-20> 노면휘도 상승방식

구분	현수식	장주식	단주식
설치 예			
균제도	· 노면 상단 직접 조사 · 횡단보도 구간만 배광	· 도로편측 높은 곳에서 배광 · 현수식에 비해 비균일한 밝기	· 도로편측 조사 · 밝기의 편차가 심함
설치비용	· 고가	· 보통	· 저가
유지보수	· 차량통제 난해	· 용이함	· 용이함
기타	· 도로경관 훼손	· 도로경관 훼손	· 방향성에 의한 눈부심 유발

○ 횡단보도 조명시설(B Type) : 광색 차별화 방식

광색 차별화 방식의 횡단보도 조명시설은 주변도로조명과 광색을 다르게 하여 시인성을 높이고자 한 광색 구분 조명방식이 주요 특징이다.



<그림 1-25> 횡단보도 조명시설 (B type) : 횡단보도 노면 색상구분(광색)

○ 횡단보도 조명시설(C Type) : 발광 표지식

발광 표지식 횡단보도 조명시설은 발광 사인물을 이용하여 야간에도 전방에 횡단보도가 있음을 알리는 것이 특징이다.



<그림 1-26> 횡단보도 조명시설 (C type) : 발광사인 이용

나. 국외 시장 동향

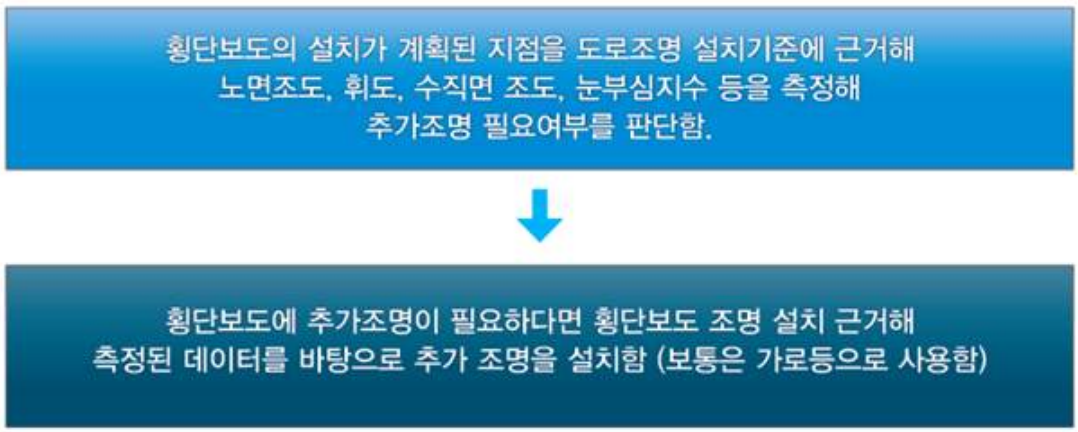
(1) 횡단보도 등기구 제품 조사

○ 국외제품 브랜드 선정

상위 5개 업체를 선정해 LED광원이 적용된 횡단보도 또는 보행자를 위한 등기구를 조사하였다(선정업체 : PHILIPS / ERCO / IGUZZINI / SCHREDER / IWASAKI).

○ 국외제품 분석

국외에서는 도로조명기준과 횡단보도에 대한 조명설치 기준이 세부적으로 정리되어있어 횡단보도조명 설치에 대한 모호함이 적을 것으로 예상된다.



<그림 1-27> 횡단보도 추가조명의 설치과정

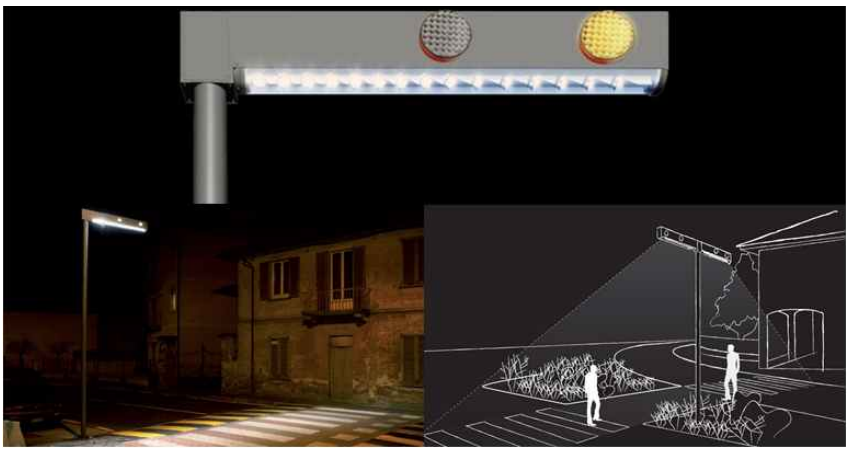
유럽의 경우 도로가 보행자 중심으로 설계되어 있고 도로조명에 대한 기준이 세부적으로 잘 마련되어 있어 횡단보도 구역에 특별한 국부조명의 설치에 대한 지침이 없으며 만약 추가조명이 필요한 경우에는 가로등이나 보행등을 추가로 설치하여 기준을 만족시키고 있다.

캐나다와 영국 등 일부 국가에서는 특별횡단보도 조명지침(법령)을 마련해 그 기준에 따라 설계된 횡단보도용 조명(점멸신호, 조명표지판, 하단국부조명)을 설치해 운영하고 있다.



<그림 1-28> Special Crosswalk 등기구 (캐나다)

이탈리아의 IGUZZIN(I)社에서 2011년도에 횡단보도 전용조명을 개발하는 프로젝트를 진행해 ADI DESIGN INDEX 2011(이탈리아 산업디자인협회 주관)에서 수상한 경력이 있다.



<그림 1-29> 이탈리아 IGUZZINI(社) 횡단보도 전용조명개발 프로젝트

(2) 횡단보도 조명설치 현황

횡단보도 내 보행자 안전성 확보 및 에너지 절감을 위한 노력은 국내·외 모두 공통된 이슈이며 프랑스(Jura)의 경우 보행자 안전을 위하여 횡단보도 조명등을 설치하였으며 주로 ECLATEC이라는 조명회사에서 설치 및 보수를 수행하고 있다.

일반적인 공공조명의 평균 소비전력은 155w이며 프랑스 전체 보급은 8명/조명 개수이며 공공 조명의 소비 전력 비용은 7.5유로/명, 단순 조명이 아닌 인간과의 조화, 지구 온난화 예방차원에서 접근하고 있다.[5)]

운전자로 하여금 보행자가 잘 보이도록 색 온도가 다른 조명을 설치하고 있다(가로등은 나트륨 등, 횡단보도 조명등은 요오드 등).

일반적으로 가로등은 약 2,700K, 횡단보도 집중 조명은 4,000K의 색온도를 가지며 <그림 1-30>은 프랑스 쥐라 지역에 설치된 횡단보도 조명등으로서 나트륨을 사용하였고 조도 센서 등의 부가 장치는 없는 것으로 조사되었다.



<그림 1-30> 나트륨 등을 이용한 횡단보도 조명등(편측 설치, 프랑스 쥐라)

<그림 1-31>은 조명구간(가로등) 내에 편측에 횡단보도 조명등을 설치하여 운전자의 시환경을 개선하였으며 가로등은 나트륨등을 사용하여 색온도를 낮추어 황색 계열로 비춰지고 횡단보도 조명등은 메탈할라이드를 사용하여 백색 계열로 비춰져서 조명 색으로 확실히 횡단보도라는 것을 운전자에게 인식시킬 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 1-31> 색온도를 달리한 횡단보도 조명등 설치

5) 정준화 외 1(2012. 11), “도로 보행자 안전 정책 및 조명관련 기술 습득 국외출장”, 건기연 해외출장복명서

외부 반사판을 이용한 간접 배광방식의 가로등은 글레어가 없어 보행자 및 운전자의 시환경에 도움을 줄 것으로 판단된다.

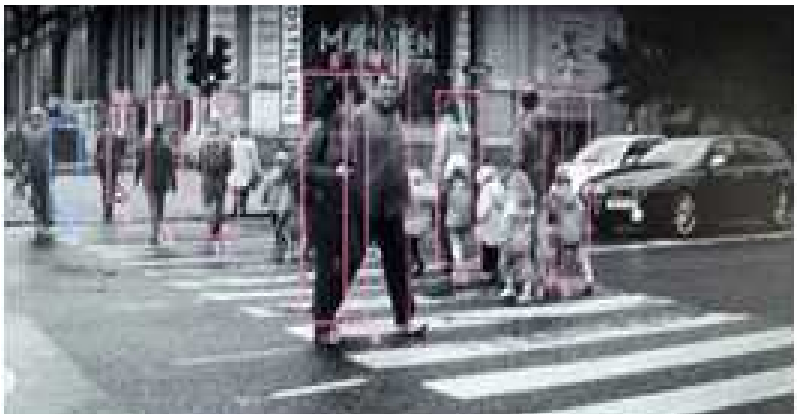


<그림 1-32> 외부 반사판을 이용한 간접 배광방식의 가로등

(3) 보행자 안전을 위한 시설 운영 형태

○ 보행자 안전을 위한 검지기

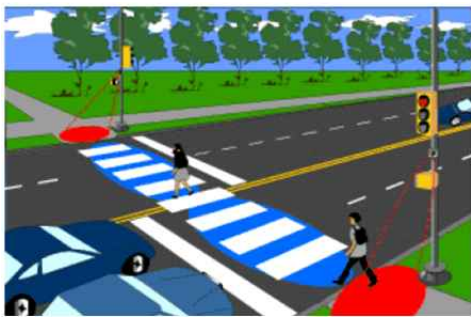
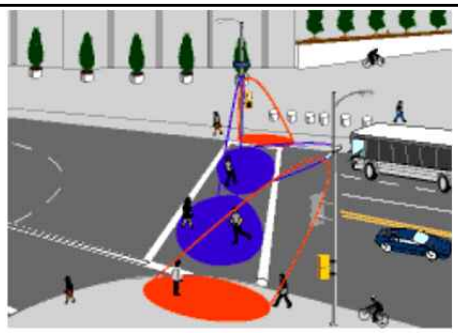
<그림 1-33>은 횡단보도 보행자 검지 기술을 나타낸 것으로 횡단보도 보행자 이동 유·무, 보행 경로, 보행 중·후를 이미지 프로세싱 기법을 이용한 검지를 통하여 보행자 안전을 도모할 수 있다.



<그림 1-33> 횡단보도 보행자 검지 기술

보행자 검지를 위한 센서는 일반적으로 적외선 및 초음파를 이용하며 특성은 <표 1-21>과 같다.

<표 1-21> 보행자 검지 센서 개념 및 특징

종류	적외선 센서	초음파 센서
개념도		
특 징	- 보행자 대기 공간에서 보행자 센싱(적색 범위) - Clearance interval check(청색 범위) - 보행자 움직임 → 열 방사선 감지 - 보행자 push button 대체	- 자동으로 보행자 인식 - Microwave zone에서의 보행자 인식(적색 범위) 및 횡단보도 내 인식(청색 범위)

다. 국내·외 시장동향 조사 결론

국내·외 제품과 사례를 조사한 결과 국외에서는 횡단보도조명에 대한 세부적인 성능기준과 가이드를 마련해 적용하고 있으나 국내의 경우 성능기준이나 설치기준에 명확한 지침이 없어 설치되고 있음을 확인하였다. 따라서, 횡단보도조명에 대한 명확한 성능기준과 디자인가이드의 정립이 필요한 것으로 판단된다.

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 국내 횡단보도 조명시설 현황 및 문제점

1.1 횡단보도 보행자 사고 분석

가. 교통사고 분석 범위

○ 사고분석 년도 : 2007~2011년

○ 사고 유형 : 차대사람, 횡단 중 사망사고

○ 지 역 : 충청 남·북도, 전라 남·북도, 경상 남·북도, 강원도(총 7개도)[6)]

나.교통사고 분석

(1) 주・야간 사망자 수

전체 사망자 수는 2,315건으로 야간[7)] 1,609건, 주간 706건으로 야간 교통사고 사망자 비율이 69.5%로 주간에 비하여 높게 나타났다. 야간의 경우, 활동시간대(18시~21시)에 집중되었고 특이한 점은 오전 6시에 야간 사고 전체의 7.4%가 발생하였으며 사망사고자의 연령대는 주로 노인인 것으로 나타났다.

전체 사망자 중 야간 사망자는 약 70%가 발생하였으며, 이 중 차량의 좌측에서 우측으로 이동하다 사망한 경우가 전체 중 약 35%를 차지하였으며 이와 같은 결과는 야간 시인성 저하에 따른 보행자 인식 불능으로 판단된다.

<표 2-1> 연령별, 보행자 이동 방향별, 주·야간별 사망자 수

연령 / 주야간	<10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
야간	20	41	50	101	231	271	324	415	135	21	1609
좌에서우	6	20	17	53	109	133	172	227	71	7	815
우에서좌	10	11	11	19	52	65	64	91	26	5	354
기타	4	10	22	29	70	73	88	97	38	9	440
주간	60	31	9	10	24	56	123	232	147	14	706
좌에서우	25	16	3	4	9	18	48	82	54	3	262
우에서좌	22	10	2	2	5	10	41	78	42	7	219
기타	13	5	4	4	10	28	34	72	51	4	225
총합계	80	72	59	111	255	327	447	647	282	35	2315
비율	3.5%	3.1%	2.5%	4.8%	11.0%	14.1%	19.3%	27.9%	12.2%	1.5%	100%

6) 지방부 지역 & 시골 & 노인이 상대적으로 많이 거주할 것으로 판단(경기도 등 수도권 대비)
7) 18시~06시까지 범위 설정

<표 2-2> 연령별, 보행자 이동 방향별, 주·야간별 사망자 비율

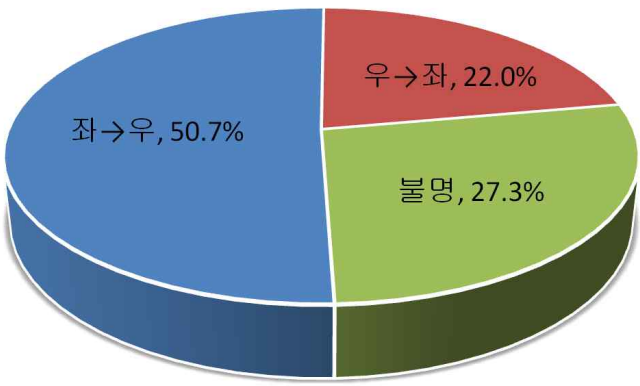
연령 / 주야간	<10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
야간	25%	57%	85%	91%	91%	83%	72%	64%	48%	60%	70%
좌에서우	8%	28%	29%	48%	43%	41%	38%	35%	25%	20%	35%
우에서좌	13%	15%	19%	17%	20%	20%	14%	14%	9%	14%	15%
기타	5%	14%	37%	26%	27%	22%	20%	15%	13%	26%	19%
주간	75%	43%	15%	9%	9%	17%	28%	36%	52%	40%	30%
좌에서우	31%	22%	5%	4%	4%	6%	11%	13%	19%	9%	11%
우에서좌	28%	14%	3%	2%	2%	3%	9%	12%	15%	20%	9%
기타	16%	7%	7%	4%	4%	9%	8%	11%	18%	11%	10%
총합계	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(2) 가해자 및 피해자(사망자) 연령 비교

가해자의 연령대는 20~40대가 1,116명(69.4%)으로 나타났으며, 50대 311명(19.3%), 60대 136명(8.5%) 순서로 나타났으며 이와 같은 결과는 젊은 층의 면허 소지자가 많고 운전 빈도도 높기 때문인 것으로 판단된다.

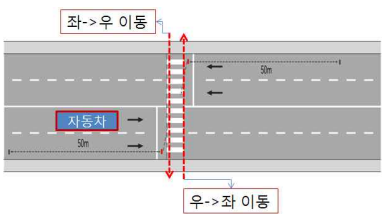
(3) 보행 방향에 따른 사망자 수

야간 사망자의 경우, 진행하는 차량[8] 입장에서 좌측에서 우측으로 이동하는 보행자의 사고가 815명(50.7%), 우측에서 좌측으로 이동시 354명(22.0%), 불명 440명(27.3%)으로 나타났다.



<그림 2-1> 야간 보행자 이동 방향별 교통사고 사망자 비율

8) 자동차 입장에서의 보행자 이동 경로



야간에 보행자가 좌측에서 우측으로 이동시 초저녁에 사망사고 발생 비율이 높았으며 이른 오전에도 빈번히 발생하는 것으로 나타났다. 전체적인 사망자 연령은 50대 이상인 것으로 나타났다.

<표 2-3> 야간 보행자 이동 방향별 교통사고 사망자 수(좌측 → 우측)

연령 / 시간	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
18	2	4	1	3	13	7	35	60	20	2	147
19	1	5	1	2	12	24	41	45	20	4	155
20	1	1	2	4	16	25	23	32	8	1	113
21		4	1	5	17	24	14	20	4		89
22	1	4	4	9	14	11	12	7	1		63
23				6	13	10	4	5	3		41
24			4	7	9	11	2	3			36
1	1	1	2	9	5	5	2	3			28
2		1		1	3	4	2	1			12
3			1	2	4		1	1	1		10
4						2	2	4	2		10
5			1	1	3	4	11	16	7		43
6				4		6	23	30	5		68
총합계	6	20	17	53	109	133	172	227	71	7	815
비율	0.7%	2.5%	2.1%	6.5%	13.4%	16.3%	21.1%	27.9%	8.7%	0.9%	100.0%

야간에 보행자가 우측에서 좌측으로 이동시 사망사고 수는 반대 방향의 사망사고 수보다는 적게 나타났으며 주로 초저녁에 사망사고 발생 비율이 높았으며 이른 오전에도 빈번히 발생하는 것으로 나타났다.

<표 2-4> 야간 보행자 이동 방향별 교통사고 사망자 수(우측 → 좌측)

연령 / 시간	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
18	4	1	4	1	8	11	15	24	7		75
19	2	4		2	10	9	14	20	4	2	67
20	3	1		4	6	11	9	13	3	2	52
21	1	1	1	1	6	9	10	5	3		37
22				2	4	7	2	2			17
23					5	4	4	1	1		15
24		2		3	6	7			1	1	20
1		2	1	1	2	2	1		1		10
2			2	3		1	1	3			10
3			2	1	2			1	1		7
4			1	1	1	1		6			10
5					1	1		7	1		10
6					1	2	8	9	4		24
총합계	10	11	11	19	52	65	64	91	26	5	354
비율	2.8%	3.1%	3.1%	5.4%	14.7%	18.4%	18.1%	25.7%	7.3%	1.4%	100.0%

보행자 진행 방향에 따라 야간의 경우 전조등 빛의 한계로 좌측에서 진입하는 보행자 인식이 어려웠던 것으로 판단된다. 주간 사망자의 경우, 진행하는 차량의 좌측에서 우측으로 이동하는 보행자 사고가 37.1%, 우측에서 좌측으로 이동시 31.0%로 나타났다. 주간의 경우 시거 확보가 야간에 비하여 양호하기

때문에 야간과 같은 방향별 차이는 크게 보이지 않았다. 사망자 연령은 주로 60~80대에 분포되었으며 야간 사망자와 다른 것이 10세 이하의 어린이 사망자가 많이 발생한 것이 특징이다.

<표 2-5> 야간 연령별, 보행자 이동경로(좌측 → 우측, 우측 → 좌측)에 따른 사망사고

연령 / 방향	<10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
좌->우	6	20	17	53	109	133	172	227	71	7	815
우->좌	10	11	11	19	52	65	64	91	26	5	354
기타	4	10	22	29	70	73	88	97	38	9	440
총합계	20	41	50	101	231	271	324	415	135	21	1609
비율	1.2%	2.5%	3.1%	6.3%	14.4%	16.8%	20.1%	25.8%	8.4%	1.3%	100.0%

<표 2-6> 주간 연령별, 보행자 이동경로(좌측- → 우측, 우측 → 좌측)에 따른 사망사고

연령 / 방향	<10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100	총합계
좌->우	25	16	3	4	9	18	48	82	54	3	26
우->좌	22	10	2	2	5	10	41	78	42	7	219
불명	13	5	4	4	10	28	34	72	51	4	225
총합계	60	31	9	10	24	56	123	232	147	14	706
비율	8.8%	4.4%	1.3%	1.4%	3.4%	7.9%	17.4%	32.9%	20.8%	2.0%	100.0%

교통사고 통계 분석 결과, 야간 사망자 수는 전체 사고의 약 70%를 차지하고 있으며 주간 사고와는 다르게 야간 사고는 보행자 진행 방향의 특성을 보였다. 이와 같은 결과는 야간 운전자가 횡단보도를 건너는 보행자를 인식하지 못한 결과와 일반적으로 보조석이 운전석보다 전조등 조사 길이가 긴 전조등 조사 범위의 특성에 기인한 것으로 사료된다. 따라서, 본 과제에서는 횡단보도 조명 범위, 보행자 인식에 유리한 방식, 글레어 등의 영향이 작은 횡단보도 등기구 및 적정 조명 기준(안)을 마련해야 할 것으로 판단된다.

1.2 도로 횡단면 및 주변 시설물 현황

가. 조사 배경 및 현황

(1) 조사 배경

국내 지방부에 위치한 일반국도 및 지방도 도로의 횡단면 및 주변 시설물 조사를 실시하였다. 조사 항목은 2차로 및 4차로 도로의 횡단면 구조와 보행자를 위한 시설로 구분하였다.

보행자를 위한 시설로는 보행자 신호등, 횡단보도 조명등, 가로등 설치 유·무로 구분하여 조사하였으며 도로로 횡단면 구조는 길어깨, 차로폭 중분대로 구분하여 조사하였다.

(2) 조사 지점 및 대상지

- 총 94지점(2차로 : 58지점, 4차로 : 36지점)
- 전라북도 일대 일반국도 17호선, 30호선, 지방도 712호선

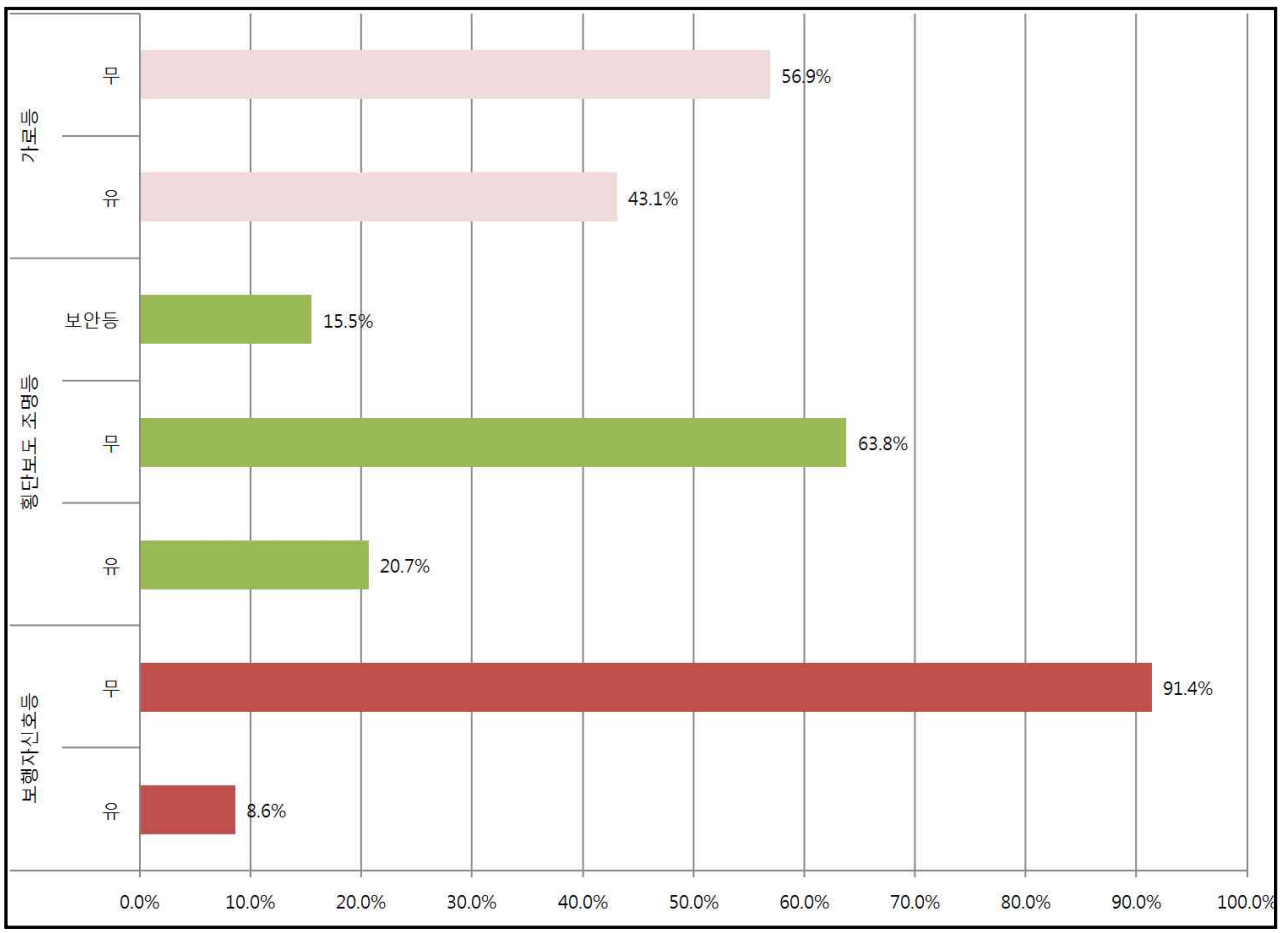
나. 차로별 특성

(1) 2차로 도로

2차로 도로의 보행자를 위한 시설 조사 결과, 신호등이 설치된 비율은 8.6%, 횡단보도 조명등이 설치된 비율은 20.7%, 가로등이 설치된 비율은 43.1%로 조사되었으며 지방부 2차로 도로에서 보행자를 위한 시설은 비교적 열악한 것으로 판단된다.

<표 2-7> 횡단보도 주변 시설 유·무(2차로 도로)

	보행자신호등		횡단보도 조명등			가로등	
	유	무	유	무	보안등	유	무
개소	5	53	12	37	9	25	33
비율(%)	8.6	91.4	20.7	63.8	15.5	43.1	56.9

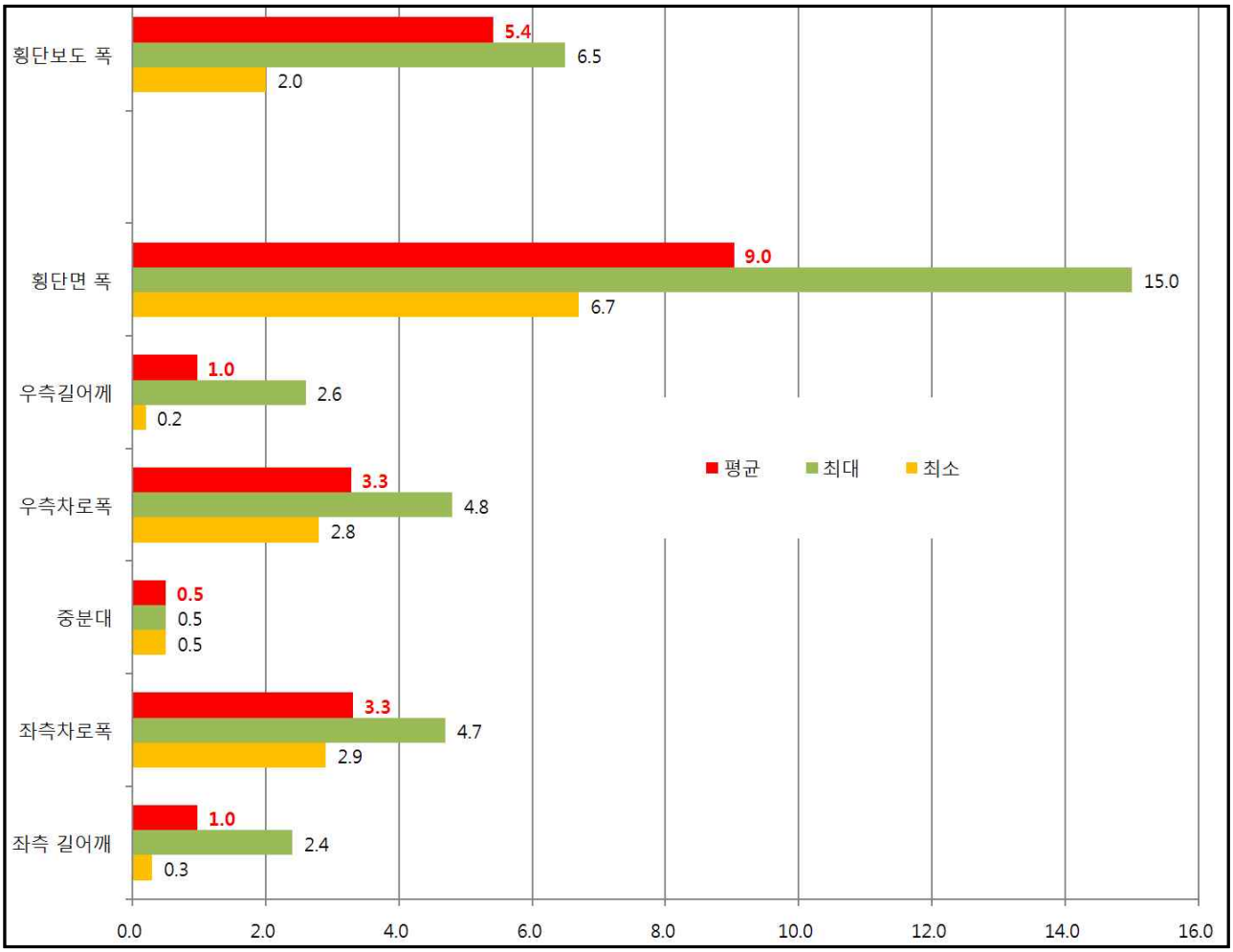


<그림 2-2> 횡단보도 주변 시설 유·무(2차로 도로)

2차로 도로 횡단면 구조의 경우 평균 횡단면 폭은 9.0m, 최대 15.0m까지 조사되었으며 광폭 2차로 도로의 경우 좌·우측 길어깨를 버스정류소 등을 위하여 넓게 확장시킨 것이 특징이었다. 2차로 도로에서 횡단보도 조명등 설치시 횡단보도 폭 및 횡단면 폭을 포함한 전체가 배광될 수 있도록 설계해야 할 것으로 판단된다.

<표 2-8> 2차로 도로 횡단면 구조(단위 : m)

	좌측 길어깨	좌측 차로폭	중분대	우측 차로폭	우측 길어깨	횡단면 폭	횡단보도 폭
평균	1.0	3.3	0.5	3.3	1.0	9.0	5.4
최소	0.3	2.9	0.5	2.8	0.2	6.7	2.0
최대	2.4	4.7	0.5	4.8	2.6	15.0	6.5



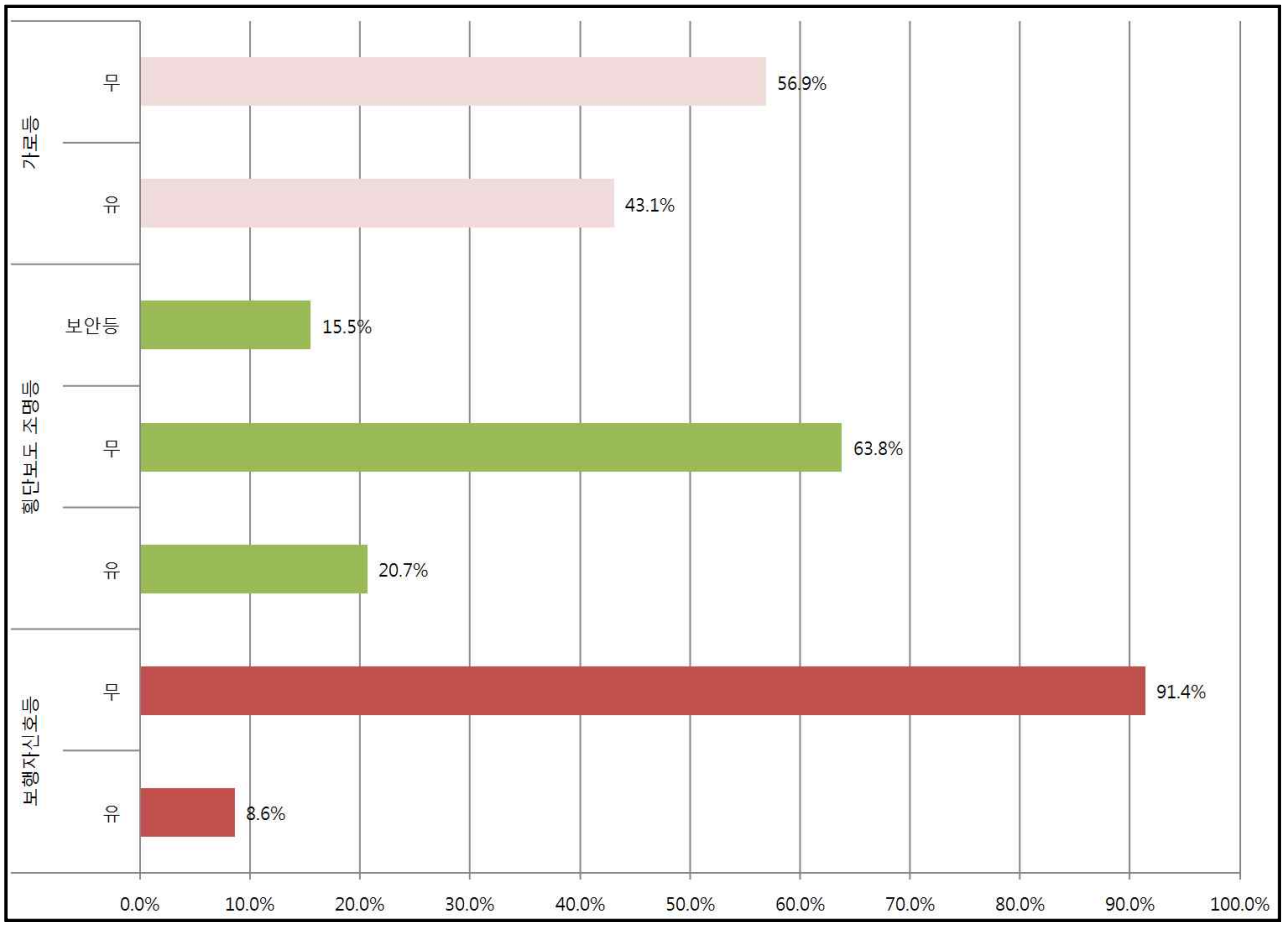
<그림 2-3> 2차로 도로 횡단면 구조

(2) 4차로 도로

4차로 도로의 보행자를 위한 시설 조사 결과, 신호등이 설치된 비율은 72.2%, 횡단보도 조명등이 설치된 비율은 227.8%, 가로등이 설치된 비율은 30.6%로 조사되었다. 지방부 4차로 도로의 경우 일반적으로 제한속도가 80km/h로 2차로 도로에 비하여 높기 때문에 신호를 통한 보행자 안전을 확보하였다.

<표 2-9> 횡단보도 주변 시설 유·무(4차로 도로)

	보행자 신호등		횡단보도 조명등			가로등	
	유	무	유	무	보안등	유	무
개소	26	10	10	10	16	11	25
비율(%)	72.2	27.8	27.8	27.8	44.4	30.6	69.4

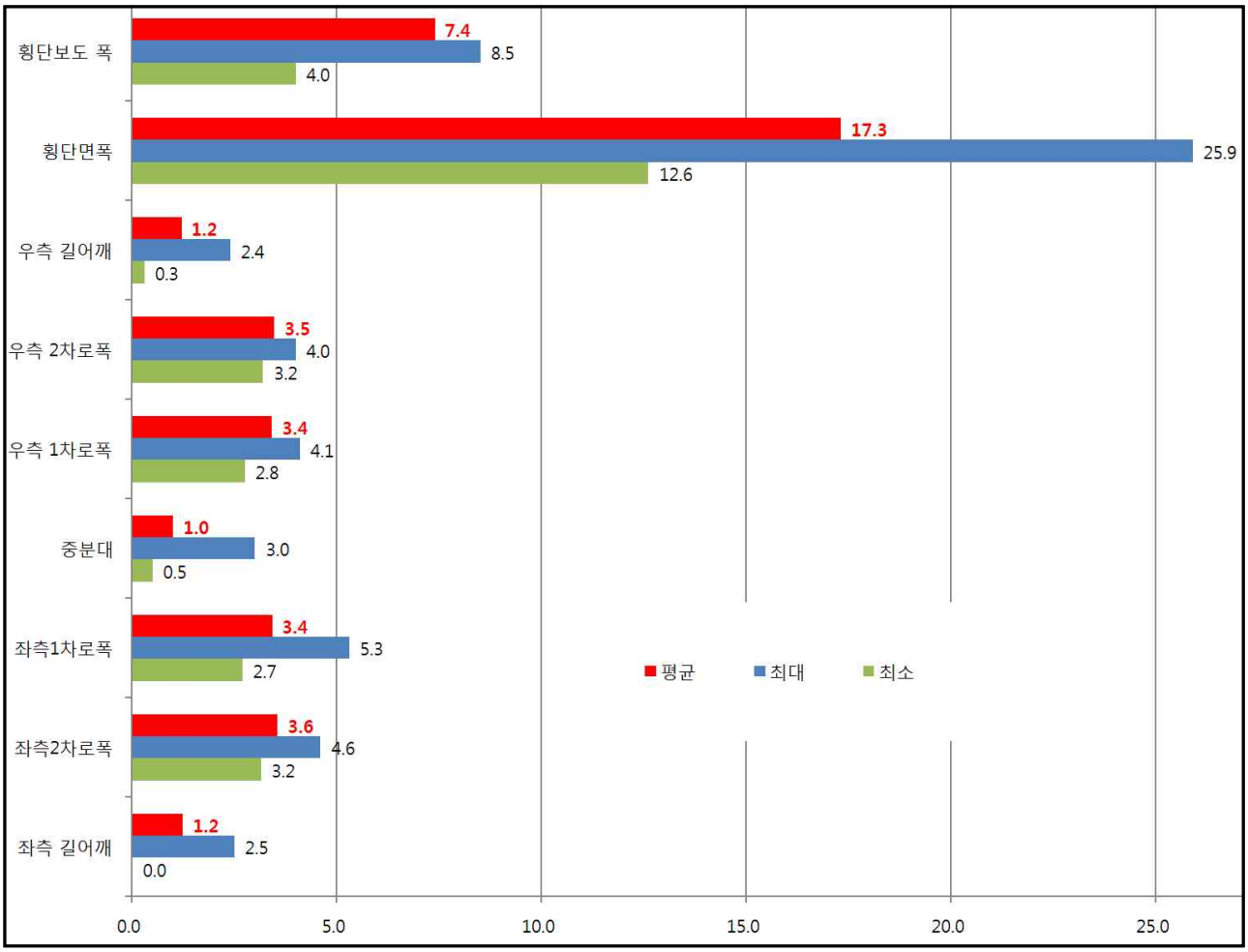


<그림 2-4> 횡단보도 주변 시설 유·무(4차로 도로)

4차로 도로 횡단면 구조의 경우 평균 횡단면 폭은 17.3m, 최대 25.9m까지 조사되었으며 횡단보도의 폭은 평균 7.4m로 조사되었으며 횡단보도 조명등 설치시 횡단보도를 포함한 도로횡단면 폭 전체에 배광될 수 있도록 설계해야 할 것으로 판단된다.

<표 2-10> 4차로 도로 횡단면 구조(단위 : m)

	좌측 길어깨	좌측 2차로폭	좌측 1차로폭	중분대	우측 1차로폭	우측 2차로폭	우측 길어깨	횡단면 폭	횡단보도 폭
평 균	1.2	3.6	3.4	1.0	3.4	3.5	1.2	17.3	7.4
최 소	0.0	3.2	2.7	0.5	2.8	3.2	0.3	12.6	4.0
최 대	2.5	4.6	5.3	3.0	4.1	4.0	2.4	25.9	8.5



<그림 2-5> 횡단보도 주변 시설 유·무(4차로 도로)

1.3 횡단보도 조명시설 현장조사(광환경 측정)

가. 조사 배경

본 현장 조사의 목적은 현재 운용 중인 횡단보도 조명시설에 대하여 이용자의 안전을 최우선으로 생각하고 나아가 운전자의 사고를 미연에 방지하는 최소의 수단이 되는 횡단보도조명등의 조도, 휘도, 노면 반사율, 보행자 시인성 평가 등을 측정하고 현재 KS도로조명기준에 따로 지침이 없는 횡단보도조명기준의

확립에 필요한 데이터 수집에 있다.

1차 측정은 현재 지방부도로의 횡단보도 조명현황을 측정하여 횡단보도조명등이 어떻게 운영되고 있는가 대한 현황분석이 목적이며 2차 측정은 현재 국토해양부의 지침에 의한 추가등이 설치된 1,2순위 지역을 측정하여 1,2순위지역에 설치된 추가등의 운영실태 조사와 적용 가능한 기준을 검토하여 기준에 적합한 환경으로 운영되고 있는지 파악하는 것에 목적을 두고 있다.

<표 2-11> 횡단보도 조명시설 설치 사업 우선순위 기준(국토해양부, 2008)

구분	횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준
1순위	· 어린이 보호구역 인접 횡단보도
2순위	· 통학로로 이용되는 횡단보도
3순위	· 1,2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 설치의 시급성이 높은 지역
4순위	· 1,2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 시급성이 낮은 지역

나. 조사 항목 및 장비

<표 2-12>는 측정 장비를 나타낸 것으로 현장 조사시 측정 항목은 조도, 휘도, 보행자 시인성 평가이며 기본적으로 도로의 노면 반사율을 측정하였다.

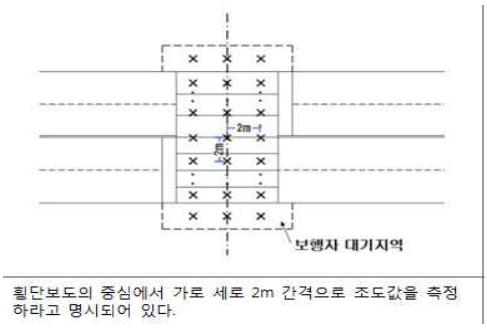
<표 2-12> 현장 측정 장비

조도측정 (수평,연직)	휘도측정 및 보행자 시인성평가	반사율 측정
		
· T-10 (MINOLTA), MAVOLUX5032(Gossen)	· LMK (Technoteam)	· CM-2500d (MINOLTA)
· 수평면조도/연직면조도	· 횡단보도 평균노면휘도	· 도로노면/횡단보도선 반사율
· 연직면 조도 측정용 거치대	· 삼각대 거치	

다. 조사 방법

○ 수평면조도 측정

수평면조도는 도로안전시설설치 및 관리 지침에 명시된 횡단보도 조명기준 조도측정법으로 측정하였다.



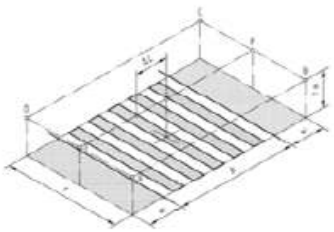
횡단보도의 중심에서 가로 세로 2m 간격으로 조도값을 측정하라고 명시되어 있다.



<그림 2-6> 수평면조도 측정

○ 연직면조도측정

횡단보도는 보행자 이용공간으로 연직면조도에 대한 검토가 필요하며, 국내에 관련기준이 없는 관계로 독일기준(DIN67523-2)에 명시된 연직면조도 측정법을 이용하였다.



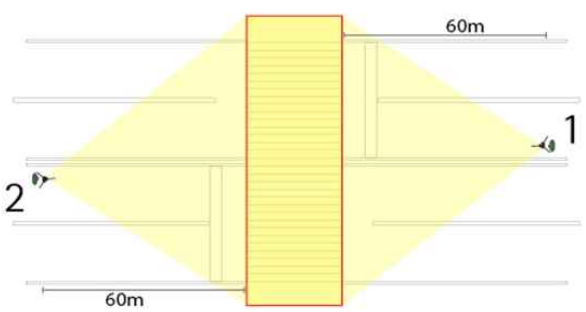
독일의 횡단보도 기준에서는 횡단보도의 1m 높이에서 측정하라고 명시되어 있다.



<그림 2-7> 연직면조도 측정

○ 휘도 측정

- 횡단보도의 평균노면휘도는 도로조명기준 (KS3701 : 2007)의 도로 평균노면휘도측정법을 참고하여 횡단보도 표시선을 기준으로 60m 후방에서 횡단보도 전체영역에 대한 휘도를 측정함

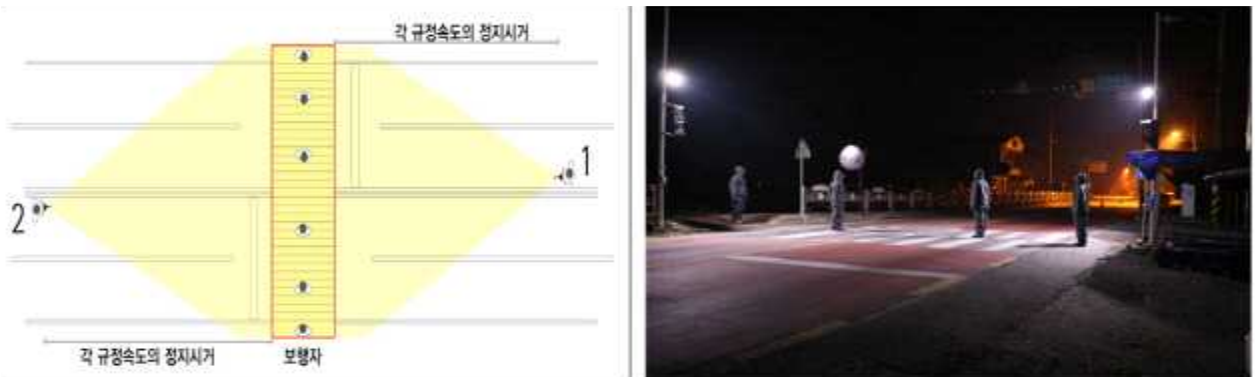




<그림 2-8> 휘도 측정

○ 보행자 시인성 평가

보행자의 시인성 평가를 위해서 각각의 규정 속도에 대한 정지시거의 위치에서 측정하였으며, 보행자는 대기지역을 포함해서 횡단보도 중심 각 차선의 중앙에 위치시켰다.



<그림 2-9> 보행자 시인성 평가

○ 반사율측정

횡단보도 마감재의 반사율을 측정하여 설계반사율과의 차이점 및 조도와 휘도에 미치는 영향을 검토하였다.



<그림 2-10> 반사율 측정

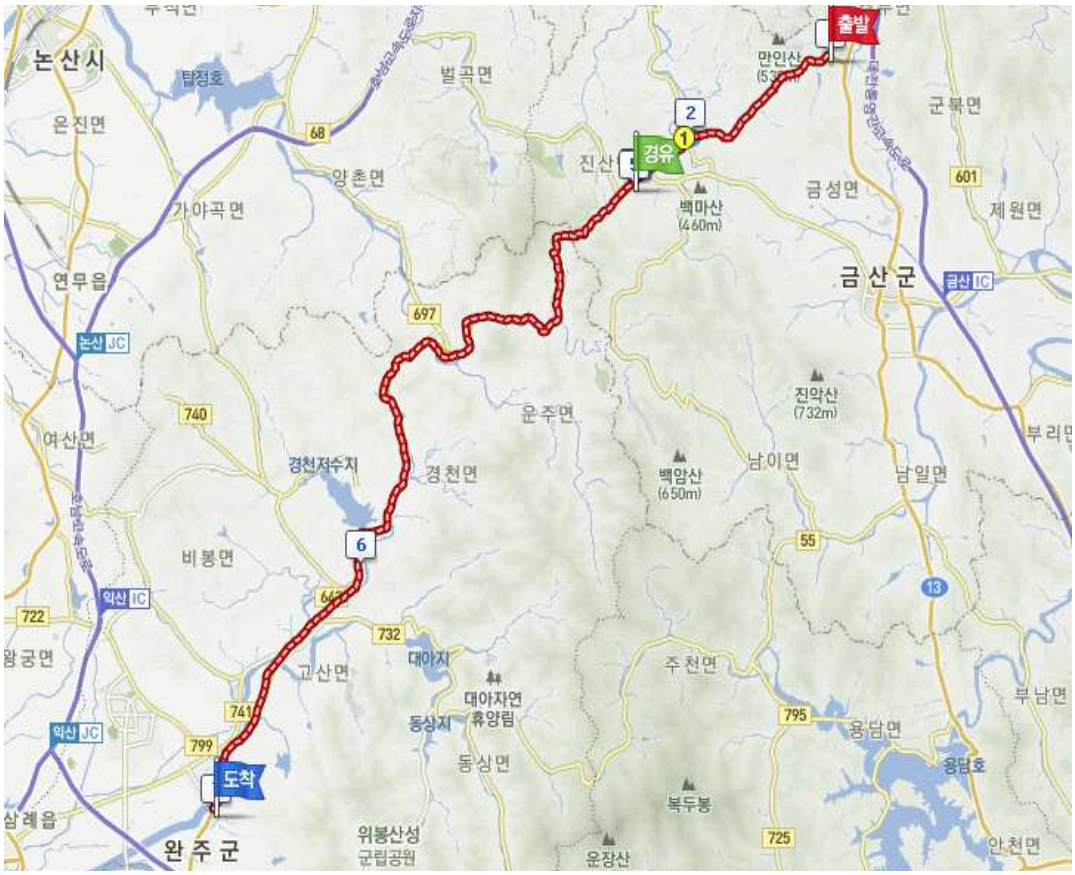
라. 사전 현장 답사(일반국도 17호선 횡단보도 주변 환경 측정)

○ 조사목적

지방도 도로 횡단보도의 주변환경과 현장조사데이터를 통해 최적의 측정 장소를 설정하여 1차 야간 현장조사장소를 선정하기 위함이다.

○ 조사일정

- 일시 : 2012. 6. 7(목) ~ 8(금)
- 답사장소 : 17번 국도 마전사거리 ~ 봉동삼거리(총 50Km)



<그림 2-11> 횡단보도 1차조사 현장답사 장소

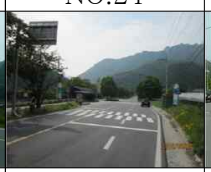
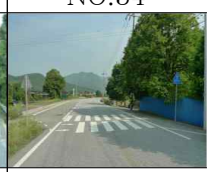
○ 조사내용

- 횡단보도의 폭과 너비를 측정
- 주변에 설치된 조명등 파악
- 약 5분간 주간 차량통행량 조사

<표 2-13> 조사내용

횡단보도 조사	주변 조명등 조사	차량 통행량 조사
		

<표 2-14> 지방도 횡단보도 사전답사 현장촬영

17번 국도 (마전사거리~봉동사거리) 사전답사					
NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6
					
NO.7	NO.8	NO.9	NO.10	NO.10-1	NO.10-2
					
NO.11	NO.12	NO.13	NO.14	NO.15	NO.16
					
NO.17	NO.18	NO.19	NO.20	NO.21	NO.22
					
NO.23	NO.24	NO.25	NO.26	NO.27	NO.28
					
NO.29	NO.30	NO.31	NO.32	NO.33	NO.34
					
NO.35	NO.36	NO.37	NO.38	NO.39	NO.40
					
NO.41	NO.42	NO.43	NO.44	NO.45	NO.46
N.47					

<표 2-15> 17번국도(마전사거리～봉동삼거리) 횡단보도 환경 측정표

분류	측정구간 횡단보도 환경상태 분석표									
	2차선	3차선	4차선	5차선	6차선	점멸등	신호등	횡단보도등	가로등	보안등
1	○						○		○	
2	○									○
3	○					○		○		
4		○				○		○		
5			○			○		○		
6	○							○		○
7	○					○		○		○
8			○			○		○		
9	○									
10	○						○		○	
11		○				○		○		
12		○						○		
13	○									○
14	○					○		○	○	
15	○							○	○	
16	○							○	○	
17	○							○		
18		○								
19		○						○	○	○
20		○				○		○	○	
21		○							○	
22	○								○	
23	○									
24		○							○	
25	○									
26	○					○		○	○	○
27	○					○		○		
28	○					○		○		
29				○			○	○		
30	○					○		○		
31	○					○				○
32		○								
33	○									
34	○									○
35	○									○
36	○							○	○	
37	○					○		○		
38	○									
39	○					○			○	
40	○							○	○	
41	○								○	
42	○					○		○		
43					○		○	○	○	
44					○		○	○	○	
45			○			○		○		
46					○	○		○		○
47					○		○	○		
합계	30	9	3	1	4	18	6	28	17	10

<표 2-16> 노면반사율

분류	노면반사율				
	NO.37	NO.38	NO.39	NO.41	NO.44
현장사진					
아스팔트	19.21	17.65	7.05	11.99	16	
차선(흰색)	49.59	49.38	52.43	48.38		
횡단보도선(흰색)	46.88	54.77	49.43	43.84		
중앙선(노란색)	28.72	25.99	31.36	29.71		
컬러 아스팔트					10.22	

차선별 노면노후 정도에 따라 반사율에 차이가 있으나 차선(흰색)의 반사율 값은 거의 유사하며 중앙선인 황색에 비해 흰색의 반사율이 약 2배 이상 높았다. 아스팔트 노면반사율은 노후 정도에 따라 차이가 발생하였으며 컬러 아스팔트 반사율은 아스팔트보다 반사율이 낮았다.

○ 현장답사결과

취락지가 있거나 버스정류장부근에 횡단보도가 있으며 조명등이 설치되어 있으며 횡단보도 조명등은 점멸등이나 신호등에 부착하는 방식으로 설치되었다. 폴 형태의 경우는 횡단보도 조명등이 보안등의 기능을 겸하고 있었다.

본 측정구간에는 운전자에 대한 경고용 점멸신호등이 많았고, 2차선 도로라 보행자신호등은 없었으며 횡단보도 주변에 조명이 없는 장소는 약 10%정도 되었다.

측정구간의 주변상황은 대부분은 농촌으로 주간시간의 통행량에 비해 보행자는 적었다.

○ 결론

동일노선상에서 측정한 47개소의 횡단보도 주변 환경은 다양했으며 주간촬영을 통한 유사환경을 분류했을 때 다음과 같이 5가지 유형으로 구분할 수 있었다.

<표 2-17> 횡단보도 유사환경 분류

5가지 유형 구분				
농경지	스쿨존	주거지	4차로 도로의 연속조명 미설치	4차로 도로의 연속조명 설치
				

분류된 4가지 환경에 대한 1차 야간 현장조사로 각 환경이 횡단보도에 미치는 영향을 파악하여 횡단보도에 맞는 기준의 정리가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

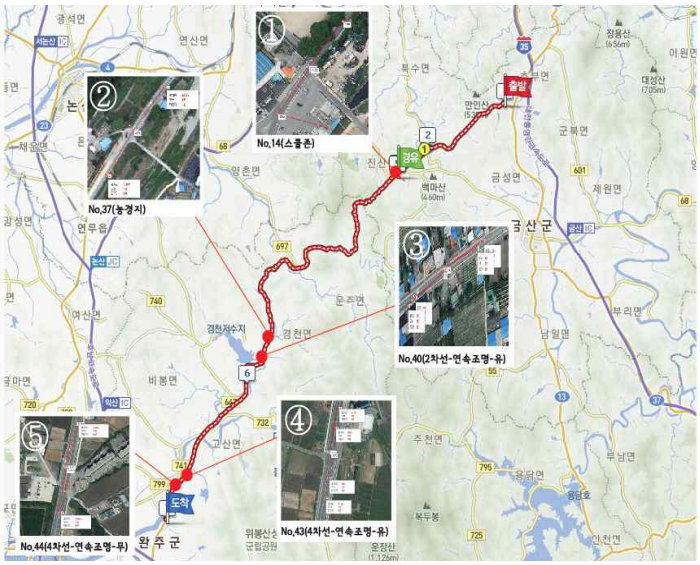
마. 1차 현장조사(야간 광환경 측정)

○ 측정 목적

1차 현장조사는 현재 운영 중인 지방부도로 내 횡단보도 조명환경에 대한 현황조사 및 현장 측정으로서 17번 국도(마전사거리~동봉삼거리) 약 60km 내의 횡단보도 47개소 중에 용도지역구분에 따라 상업지역, 주거지역, 기타지역으로 분류했으며 소분류로 주거지역에서는 스쿨존과 주거지역, 기타지역은 농경지, 녹지로 분류 하였으며, 각 분류를 통해서 측정이 용이한 직선도로에 위치한 횡단보도를 선별하여 측정하였다.

○ 측정일정

1차 현장 조사는 2012년 7월 25일 ~ 26에 일반국도 17호선 완주군청방향, 마전사거리~봉동삼거리(총 51Km)에서 실시하였다. 사전답사를 통해 총47개 횡단보도 중 5가지 유형(농경지, 주거지, 스쿨존, 연속조명 있음, 연속조명 없음)을 선정하였으며 전·후방의 시야확보와 안전을 위해 직선구간을 측정 장소로 선정하였다.



<그림 2-12> 1차 현장조사

○ 선정된 횡단보도 측정환경

<표 2-18> 횡단보도별 측정환경

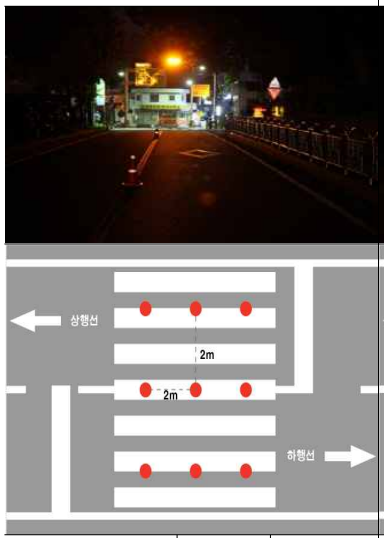
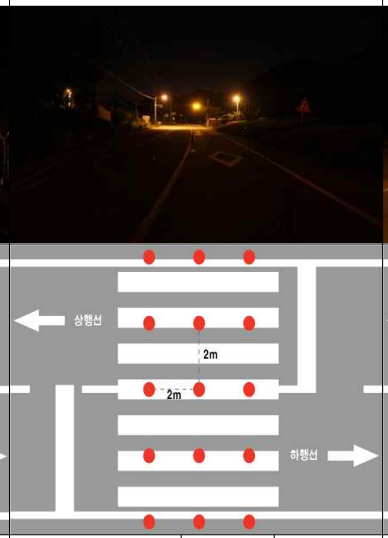
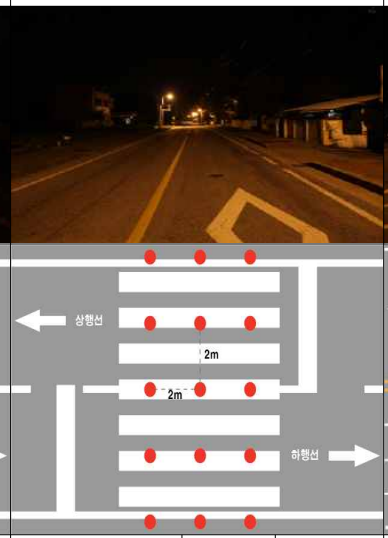
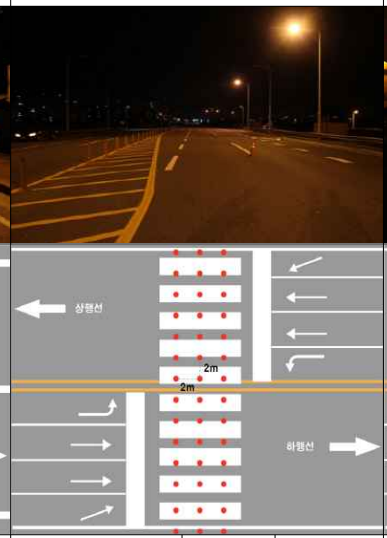
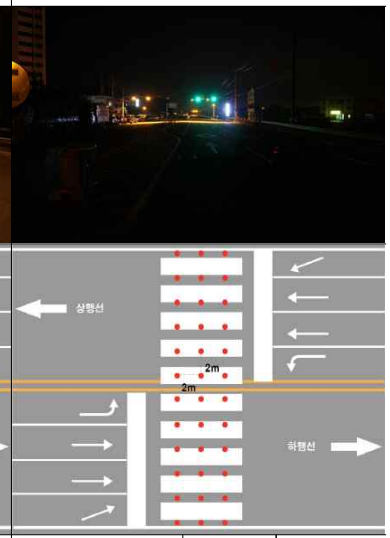
분류	NO.14	NO.37	NO.40	NO.43	NO.44
장소특성	· 스쿨존	· 농경지	· 주거지	· 농경지	· 주거지
차선	· 2차선	· 2차선	· 2차선	· 4차선	· 4차선
연속조명	· 없음	· 없음	· 있음	· 있음	· 없음
규정속도	· 40Km/h	· 60Km/h	· 60Km/h	· 80Km/h	· 80Km/h
정지시거	· 40m	· 75m	· 75m	· 110m	· 110m
조명기구	· 가로등	· 가로등	· 가로등	· 폴방식 횡단보도등	· 커티너리 투광등
	· 1개(상행)	· 1개(상행)	· 2개(상 · 하행)	· 2개(상 · 하행)	· 6개

① 지방부도로 횡단보도 1차 현장조사

○ 수평면조도 측정내용

- 스쿨존은 주거지로 분류하였으며, 농경지는 기타지역으로 분류하여 기준을 적용하였을 경우 ①~④는 각 지역별 기준 평균 및 최소조도 모두 만족하지 못하였으며, ⑤의 평균조도는 기준(30lx)보다 약 2배 정도 높은 57.26lx였으나, 최소조도는 기준(12lx)의 1/2 수준인 5.8lx로 만족하지 않음

<표 2-19> 수평면조도 결과

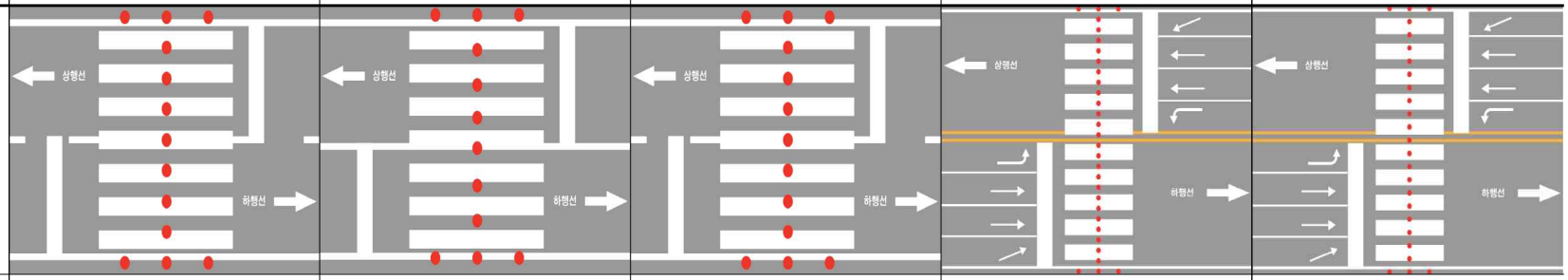
① NO.14 (스쿨존)				② NO.37 (농경지)				③ NO.37 (주거지)				④ NO.43 (농경지)				⑤ NO.44 (주거지)			
																			
*주거지역기준		결과값	만족여부	*기타지역기준		결과값	만족여부	*주거지역기준		결과값	만족여부	*기타지역기준		결과값	만족여부	*주거지역기준		결과값	만족여부
최소값(lx)	12	2.00	불만족	최소값(lx)	6	3.20	불만족	최소값(lx)	12	6.80	불만족	최소값(lx)	6	3.40	불만족	최소값(lx)	12	5.80	불만족
평균값(lx)	30	7.98	불만족	평균값(lx)	15	12.85	불만족	평균값(lx)	30	21.85	불만족	평균값(lx)	15	11.56	불만족	평균값(lx)	30	57.26	만족

*각 기준값은 도로안전시설 설치 및 관리지침 기준을 적용한 값임

○ 연직면조도 측정내용

- 국내에는 연직면조도에 대한 기준은 있지만 보행자에 대한 기준이며 횡단보도에 관한 적용기준은 없음
- 연직면조도는 운전자의 시야에서 보이는 보행자의 밝기 정도를 확인할 수 있으므로 수평조도보다 운전자가 보행자를 시인성 평가하는 데 도움이 될 것으로 보이며, 다만 배경휘도와의 상관관계에 따라 시인성의 정도가 다를 수 있으므로 이에 대한 검토가 필요함

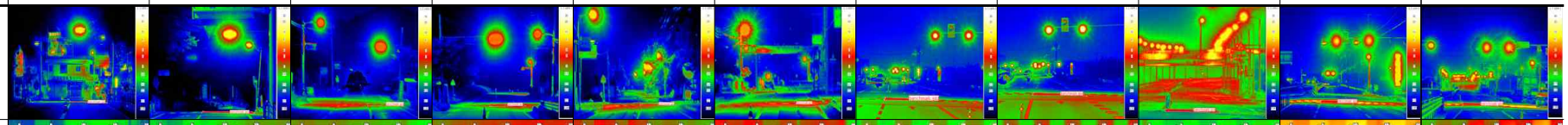
<표 2-20> 연직면조도 결과

장소	① NO.14 (스쿨존)	② NO.37 (농경지)	③ NO.37 (주거지)	④ NO.43 (농경지)	⑤ NO.44 (주거지)
이미지					
최소값(Ix)	0.50	0.90	1.60	0.30	0.50
전체평균값 (Ix)	2.09	8.45	6.55	8.32	11.36
E-F지점 평균값(Ix)	2.06	8.40	7.25	8.26	10.37
종합균제도 (Uo)	0.24	0.11	0.24	0.04	0.04

○ 평균노면휘도 측정내용

- 횡단보도영역의 평균노면휘도는 상행과 하행에서 큰 차이가 없었으며, 운전자 시야에서의 횡단보도 영역은 얇은 띠로 보여 횡단보도 영역을 인지하는 데 어려움이 있었음
- 또한 연속조명이 있는 경우에는 도로조명에 의한 평균노면휘도와 섞여 정확한 시인성이 평가되지 못하였음

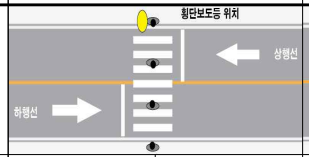
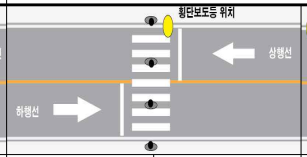
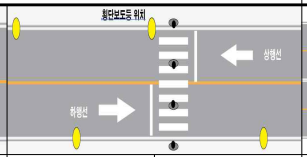
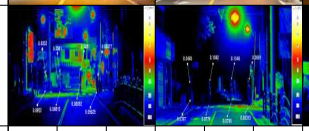
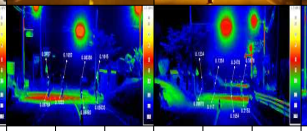
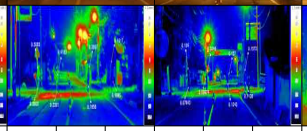
<표 2-21> 평균노면휘도 결과

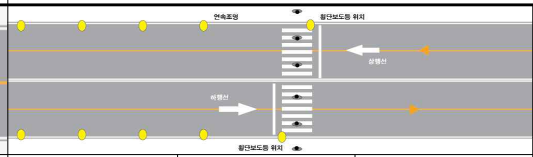
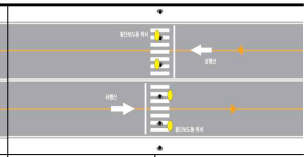
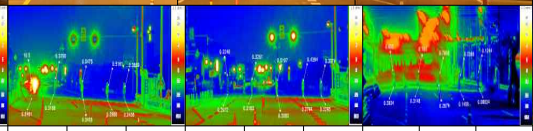
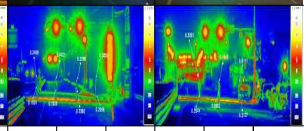
장소	① NO.14 (스쿨존)		② NO.37 (농경지)		③ NO.37 (주거지)		④ NO.43 (농경지)			⑤ NO.44 (주거지)	
차선	하행	상행	하행	상행	하행	상행	하행1차	하행2차	상행1차	하행1차	상행1차
											
최소 (cd/㎡)	0.15	0.20	0.38	0.95	0.15	0.20	0.48	0.90	0.27	1.96	0.74
평균 (cd/㎡)	0.38	0.75	0.89	1.64	0.38	0.75	0.90	1.47	0.44	5.33	3.25
종합 균제도 (Uo)	0.40	0.26	0.42	0.58	0.40	0.26	0.54	0.62	0.62	0.37	0.23

○ 보행자 시인성 측정내용

- 도로상에서는 배경휘도에 따라 보행자의 보임이 다르게 평가되었으며, 이는 배경의 밝기가 보행자의 시인성에 영향을 미치기 때문으로 판단됨
- ④ 지역의 경우 횡단보도를 전후로 상행방향으로는 연속조명이 없고 하행방향으로는 연속조명이 있어서 횡단보도를 중심으로 배경휘도가 확연히 다른 공간이었으며, 이 구간에서는 조망방향에 따라 Positive와 Negative가 동시에 일어나는 장소로서 배경휘도로 도로조명이 영향을 미침을 알 수 있었음

<표 2-22> 보행자 시인성 결과

분류	① NO.14 (스쿨존)						② NO.37 (농경지)						③ NO.37 (주거지)					
측정 거리	규정속도 40km/h, 정지시거 40m						규정속도 60km/h, 정지시거 75m											
조명 기구 위치																		
측정 방향	하행			상행			하행			상행			하행			상행		
야간 촬영																		
휘도 분포도																		
결과값	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소
1	0.25	0.63	0.10	0.06	0.06	0.04	0.10	0.34	0.09	0.10	0.24	0.10	0.40	0.51	0.30	0.08	0.12	0.08
2	0.14	0.30	0.10	0.05	0.11	0.04	0.10	0.25	0.10	0.12	0.31	0.12	0.41	0.42	0.23	0.11	0.32	0.10
3	0.08	0.13	0.08	0.07	0.15	0.07	0.06	0.15	0.06	0.20	0.41	0.20	0.17	0.28	0.17	0.12	0.32	0.11
4	0.07	0.09	0.05	0.06	0.27	0.05	0.05	0.16	0.05	0.26	0.57	0.22	0.11	0.30	0.11	0.11	0.19	0.10
5																		

분류	④ NO.43 (농경지)									⑤ NO.44 (주거지)					
측정 거리	규정속도 80km/h, 정지시거 110m														
조명 기구 위치															
측정 방향	하행1차			하행2차			상행1차			하행1차			상행1차		
야간 촬영															
휘도 분포도															
결과값	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소	1m	최고	최소
1	5.13	10.50	0.85	0.22	0.22	0.21	0.45	0.66	0.31	0.19	0.26	0.19	0.35	0.53	0.35
2	0.38	0.38	0.32	0.29	0.32	0.22	0.34	1.04	0.31	0.18	0.44	0.18	0.36	0.46	0.33
3	0.46	0.55	0.35	0.50	0.51	0.33	0.44	0.78	0.27	0.24	0.34	0.24	0.31	0.81	0.31
4	0.48	0.52	0.30	0.42	0.44	0.28	0.18	0.24	0.15	0.24	0.39	0.21			
5	0.29	0.39	0.24	0.28	0.34	0.23	0.13	0.18	0.09						

○ 노면반사율 측정내용

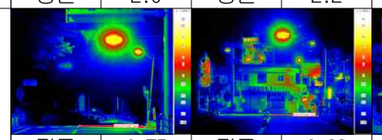
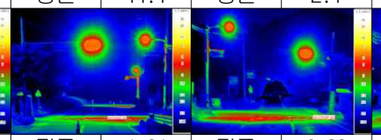
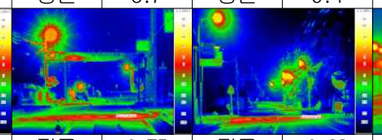
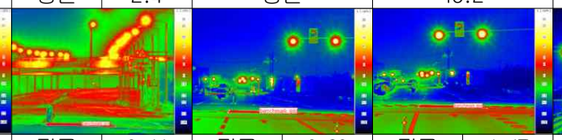
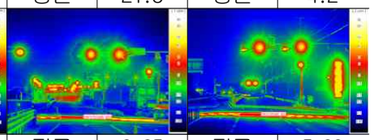
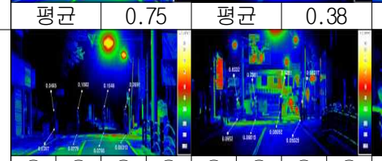
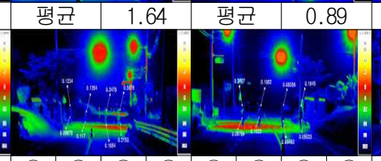
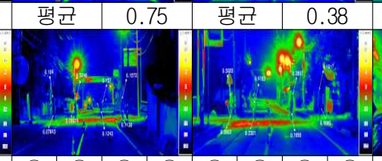
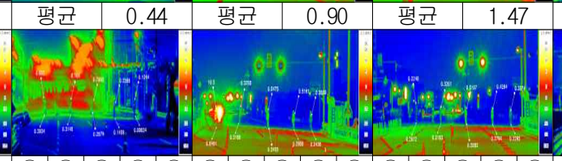
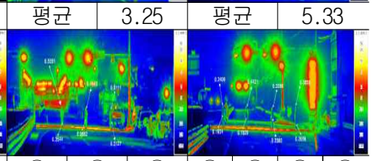
- 노면반사율은 도로포장 재료 및 보수율에 따라 반사율 값이 다름
- 횡단보도의 미드블럭(흰 표시선)이 도로에 차지하는 비율에 따라 반사율의 영향으로 휘도값이 상승할 것으로 보임
- 도로의 보수율에 따라 반사율 값이 달라짐
- 노면반사율이 휘도에 미치는 영향은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인해보고자 함
- 노면보수율을 적용한 횡단보도 노면을 이용하여 휘도 값을 시뮬레이션해보고 노면반사율이 휘도에 미치는 영향을 파악해 봄

<표 2-23> 노면반사율 결과 값

장소	① NO.14 (스쿨존)	② NO.37 (농경지)	③ NO.37 (주거지)	④ NO.43 (농경지)	⑤ NO.44 (주거지)
이미지					
1. 횡단보도 노면	19.78	31.62	30.29	32.49	30.25
2. 횡단보도 표시선	80.91	67.99	76.05	72.58	79.10
3. 중앙차선	60.96	63.71	58.41	62.83	56.25
4. 도로차선	83.38	71.69	76.41	79.84	69.01
5. 붉은노면	-	-	-	-	24.23

○ 지방부도로 횡단보도 광환경1차 측정값 비교

<표 2-24> 횡단보도 1차 현장조사 측정 결과

분류	① NO.14 (스쿨존)				② NO.37 (농경지)				③ NO.37 (주거지)				④ NO.43 (농경지)				⑤ NO.44 (주거지)			
현황사진																				
연속조명유무	무				무				유				유				무			
*수평면조도(lx)	기준(주거지역)		결과값	만족여부	기준(기타지역)		결과값	만족여부	기준(주거지역)		결과값	만족여부	기준(기타지역)		결과값	만족여부	기준(주거지역)		결과값	만족여부
	최소	12	2.00	불만족	최소	6	3.20	불만족	최소	12	6.80	불만족	최소	6	3.40	불만족	최소	12	5.80	불만족
	평균	30	7.98	불만족	평균	15	12.85	불만족	평균	30	21.85	불만족	평균	15	11.56	불만족	평균	30	57.26	만족
연직면조도(lx)	상행		하행		상행		하행		상행		하행		상행		하행1차	하행2차	상행		하행	
	최소	0.5	최소	0.9	최소	4.4	최소	1.3	최소	1.6	최소	5.5	최소	0.3	최소	5.6	최소	3.9	최소	0.5
	평균	2.0	평균	2.2	평균	14.1	평균	2.1	평균	3.7	평균	9.4	평균	2.4	평균	13.2	평균	21.8	평균	4.2
휘도분포도 (cd/㎡)																				
	평균	0.75	평균	0.38	평균	1.64	평균	0.89	평균	0.75	평균	0.38	평균	0.44	평균	0.90	평균	1.47	평균	3.25	평균	5.33
보행자시인성 평가																				
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤	①	②	③	①	②	③	④
	0.06	0.05	0.07	0.06	0.25	0.14	0.08	0.07	0.10	0.12	0.20	0.26	0.10	0.10	0.06	0.05	0.08	0.11	0.12	0.11	0.40	0.41	0.17	0.11	0.45	0.34	0.44	0.18	0.13	5.13	0.38	0.46	0.48	0.29	0.22	0.29	0.50	0.42	0.28	0.35	0.36	0.31	0.19	0.18	0.24	0.24
노면반사율	횡단보도 노면		19.78		횡단보도 노면		31.62		횡단보도 노면		30.29		횡단보도 노면		32.49			횡단보도 노면		30.25		
	횡단보도 표시선		80.91		횡단보도 표시선		67.99		횡단보도 표시선		76.05		횡단보도 표시선		72.58			횡단보도 표시선		79.10		
	중앙차선		60.96		중앙차선		63.71		중앙차선		58.41		중앙차선		62.83			중앙차선		56.25		
	차선		83.38		차선		71.69		차선		76.41		차선		79.84			차선		69.01		
	붉은노면		x		붉은노면		x		붉은노면		x		붉은노면		x			붉은노면		24.23		

*수평면 조도 기준은 「도로안전시설설치 및 관리지침」에 명시된 기준임

본 1차 측정결과 아래와 같은 결론을 내릴 수 있었음

- 첫째, 수평면조도는 5개소 지역 모두 기준을 만족하지 못하고 있었으며, 동일한 수평면조도 하에서도 연직면조도는 추가등이 양방향 대칭으로 설치되지 않을 경우 상행, 하행 측정값이 다르게 나타남으로서 보임의 조건이 다름을 알 수 있었음
- 둘째, 횡단보도의 평균노면휘도는 운전자 시야의 차량 정지거리에서 측정시 연속조명이 없는 구간에서는 얇은 띠로 인지되었으며, 연속조명이 있는 구간에서는 도로조명과 혼재되어 얇은 띠마저도 시인성 평가가 어려웠음
- 셋째, 보행자 시인성 검토에서는 보행자가 잘 보이기 위해서는 연직면 조도가 높을수록 유리한 조건이나, 이는 배경휘도에 따라 달라질 수 있음으로 배경휘도와 보행자 휘도와의 대비에 대한 검토가 이루어져 할 것임
- 1차 현장조사는 국도내 횡단보도 조명환경에 대한 현황분석으로 이에 대한 결과만으로는 결과 값에 대한 확률적 정확성 및 기준에 만족하는 조건을 판단하기 어려우므로, 2차 현장조사에서는 횡단보도조명시설 설치 우선순위에 따라 시설된 장소와 측정방법에 대한 내용을 분류 및 선별하여 측정결과를 분석해야 할 것으로 판단됨

바. 2차 현장조사(야간 광환경 측정)

○ 측정목적

2차 횡단보도 야간현장조사는 국토해양부의 지침에 의해 추가등 설치지역의 1,2순위 지역에 대한 추가등 설치 기준 만족 여부 및 운영실태 조사에 그 목적이 있다.

○ 측정일정

2차 현장조사는 2012년 9월 19일 ~ 20일에 화천군 산양초등학교, 포천군 보장초등학교, 충북괴산 괴산중학교, 충남논산 논산훈련소 횡단보도 앞에서 실시하였다.



<그림 2-13> 2차 현장조사

○ 선정된 횡단보도 환경

야간 광환경 측정 장소는 국토해양부의 조명시설 설치 우선순위 기준에 따라 1, 2순위에 대한 설치자료와 도로안전시설설치 및 관리지침에 명시된 횡단보도 추가등 설치기준을 토대로 측정이 용이한 장소를 선별하였다.

<표 2-25> 횡단보도별 측정환경

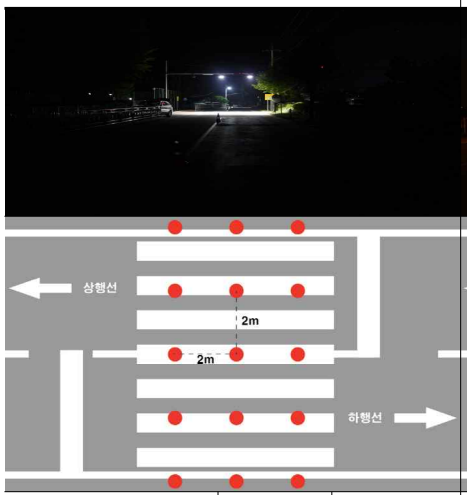
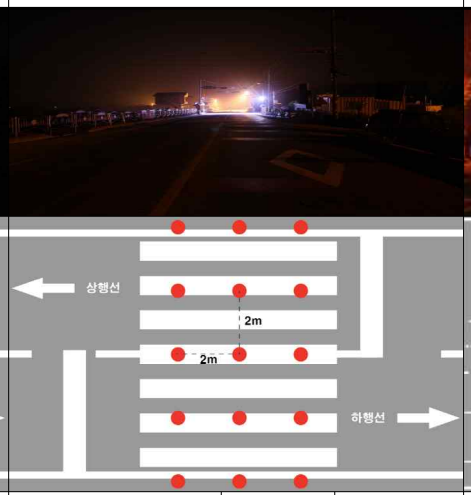
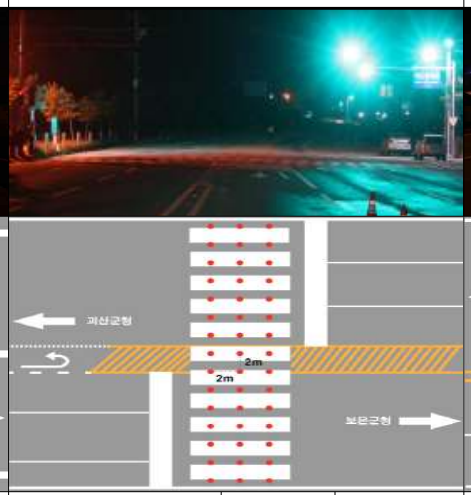
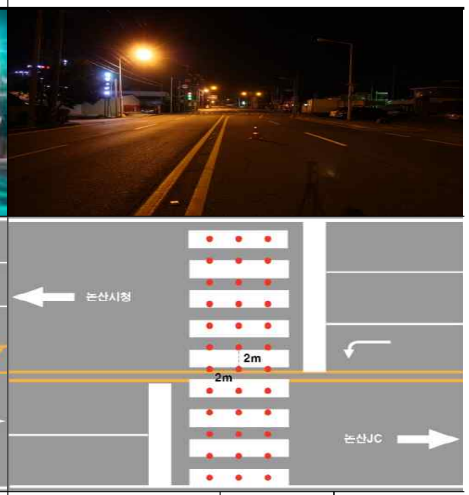
구분	산양초등학교	보장초등학교	괴산중학교	논산훈련소
장소특성	· 스쿨존	· 스쿨존	· 스쿨존	· 주거지
차선	· 양방향 3차로 이하	· 양방향 3차로 이하	· 양방향 4차로 이상	· 양방향 4차로 이상
연속조명	· 무	· 유	· 무	· 유
제한속도	· 40Km/h	· 40Km/h	· 60Km/h	· 60Km/h
정지시거	· 40m	· 40m	· 75m	· 75m
추가등	· 설치 및 운영 중	· 설치 및 운영 중	· 설치 및 운영 중	· 설치 및 운영 중

② 지방부도로 횡단보도 2차 현장조사

○ 수평면조도 측정내용

- 수평면조도 기준은 평균 15lx, 최소 6lx로써 위 4개소는 모두 기준을 만족하지 못함
- ⓐ, ⓑ 지역은 왕복2차선도로로 횡단보도 추가조명에 의해 평균조도는 기준의 2배 내외로 높게 측정되었으나 최소조도기준에는 모두 만족하지 않았으며, 이는 추가등이 횡단보도 노면 및 대기지역으로 빛이 고르게 분포되지 않아 밝고 어두움의 격차가 심하여 효율적인 조명설치가 되었다고 보기 어려움
- ⓒ, ⓓ 지역은 왕복3차로이상 도로로 횡단보도 추가등이 설치되어 있음에도 운영을 하지 않아 횡단보도 조명기준에 모두 만족하지 못함

<표 2-26> 수평면조도 결과

ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)				ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)				ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)				ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)			
															
*기타지역 기준		결과값	만족여부	*기타지역 기준		결과값	만족여부	*기타지역 기준		결과값	만족여부	*주거지역 기준		결과값	만족여부
최소값(lx)	6	2.40	불만족	최소값(lx)	6	4.80	불만족	최소값(lx)	6	0.16	불만족	최소값(lx)	12	0.40	불만족
평균값(lx)	15	32.20	만족	평균값(lx)	15	26.20	만족	평균값(lx)	15	1.20	불만족	평균값(lx)	30	1.15	불만족

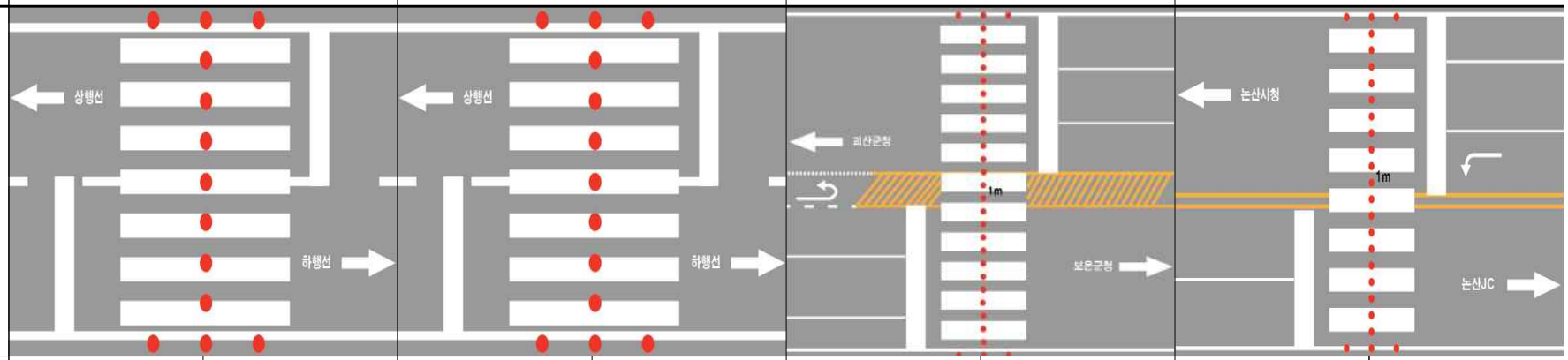
* 각 기준값은 도로안전시설 설치 및 관리지침 기준을 적용한 값임

* 위 4개소를 횡단보도 조명기준에 제시된 용도지역으로 구분하면 학교주변 또는 훈련소 앞은 기타지역으로 구분할 수 있음

○ 연직면조도 측정내용

- 현수식으로 설치한 ⓐ 지역의 경우 하행방향의 평균 연직면 조도값은 높게 측정되었으나 반대 상행방향은 낮게 측정되었으며, 이는 조명등의 위치가 하행에서 조망시 횡단보도 전방쪽으로 치우쳐 있기 때문에 같은 수평면조도에서도 연직면조도는 보는 방향에 따라 차이가 있음
- 추가등을 양방향으로 설치한 ⓑ 지역에서는 평균 연직면 조도값이 양방향에서 유사하게 측정
- ⓒ, ⓓ 지역은 우선순위로 추가등이 설치되었지만 미운영되고 있어 연직면조도가 낮았으며, 사업의 우선순위설치기준과는 다르게 운영되고 있음을 확인

<표 2-27> 연직면조도 결과

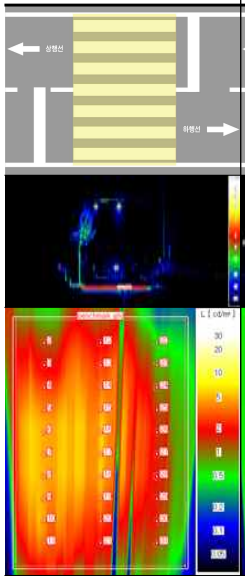
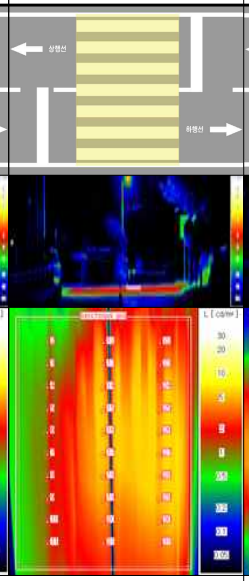
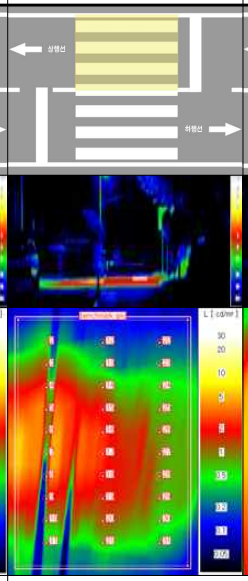
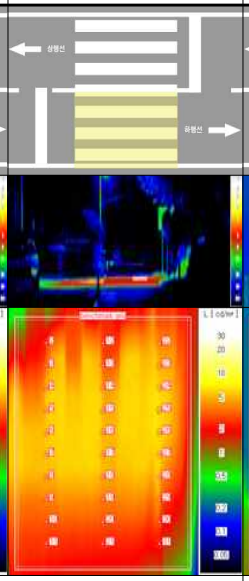
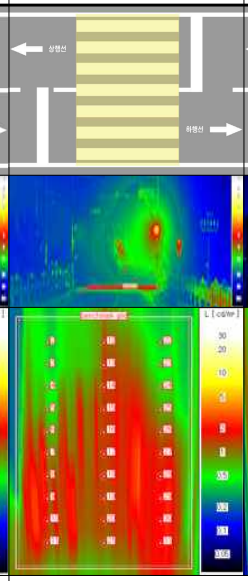
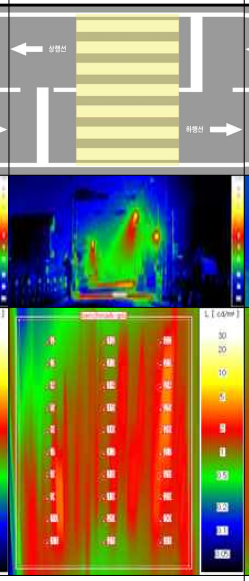
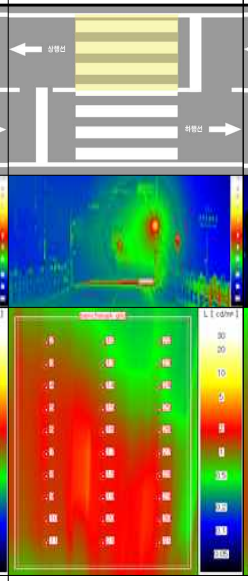
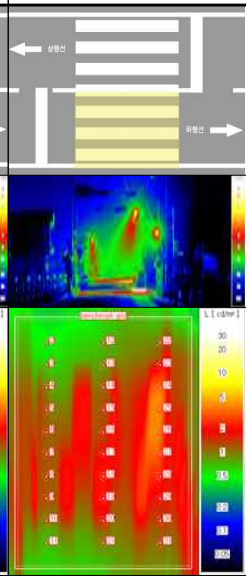
장소	ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)		ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)		ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)		ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)	
이미지								
조도	상행	하행	상행	하행	상행	하행	상행	하행
최소(lx)	0.1	3.4	1.4	2.2	0.45	0.10	0.10	1.05
평균(lx)	1.5	20.1	17.2	17.0	2.40	0.39	0.69	2.36

* 각 측정값은 DIN67523(독일기준)을 적용한 값임

○ 평균노면휘도측정내용

- ⓐ 지역은 현수식으로 3개의 추가등 중 2개만이 운영 중이었으며, 각 방향별로 휘도 값에 차이가 발생하는 것은 설치된 조명등이 상행에서 조망시 광원이 마주보이도록 틸트(Tilt)가 되어 있기 때문임
- ⓑ 지역은 추가등이 보행자 신호등 위에 양방향에 걸쳐 설치되어 있으며, 차량 진행 방향별 횡단보도 전체 영역에 대한 평균노면휘도값의 차이는 미미하였음

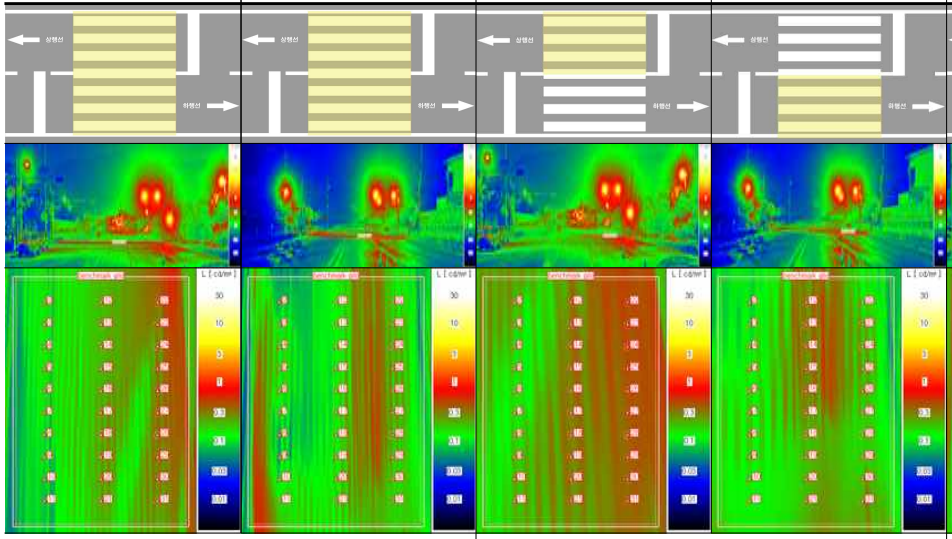
<표 2-28> 평균노면휘도 결과

ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)				ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)			
상행	하행	상행	하행	상행	하행	상행	하행
							
전체영역 평균값(cd/㎡)		차선영역 평균값(cd/㎡)		전체영역 평균값(cd/㎡)		차선영역 평균값(cd/㎡)	
2.70	3.16	1.17	4.19	1.21	1.39	1.30	1.37

* 60m후방에서 측정한 자료임

- 4차로 이상 도로인 ⓒ, ⓓ 지역은 추가등이 설치되어 있지만 미운영중으로 횡단보도 평균노면휘도는 낮게 측정됨
- 다만, 연속조명의 유무와 상관없이 평균노면 휘도값이 유사하게 측정되어 연속조명이 있어도 횡단보도 평균노면휘도에 미치는 영향이 거의 없음
- 이는 연속조명인 가로등의 설치위치나 배광이 횡단보도 평균노면휘도에 영향을 미치지 못하였기 때문으로 판단
- ⓐ, ⓒ 지역은 연속조명이 없는 구간이고 ⓑ,ⓓ 지역은 연속조명이 있는 구간으로 측정위치에 따라 도로노면의 휘도는 다르게 측정
- 여기에 도로선상에 있는 횡단보도는 도로노면과의 구분으로 시인성을 찾을 수 있을 것이나, 60m 후방 측정지점에서 얇은 띠로 인지되어 연속조명이 있는 구간에서는 더욱 더 인지하기 어려웠음

<표 2-29> 평균노면휘도 결과(계속)

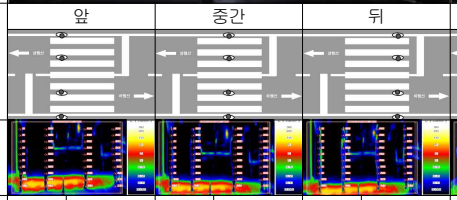
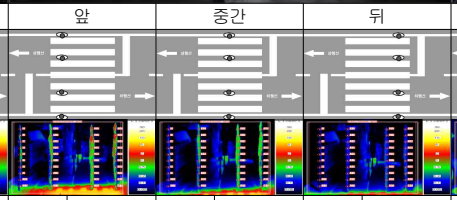
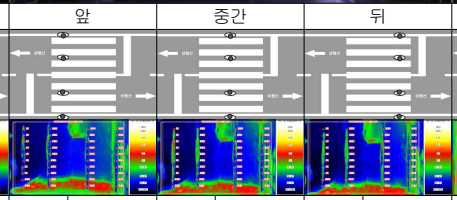
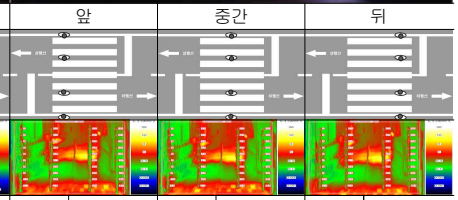
ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)				ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)			
상행	하행	상행	하행	상행	하행	상행	하행
							
전체영역 평균값(cd/㎡)		차선영역 평균값(cd/㎡)		전체영역 평균값(cd/㎡)		차선영역 평균값(cd/㎡)	
0.21	0.19	0.29	0.25	0.26	0.28	0.35	0.21

* 60m후방에서 측정한 자료임

○ 보행자 시인성 측정내용 (양방향3차로 이하도로)

- 보행자의 위치별 변화를 검토하기위해 양방향 3차로 이하 도로에서 진행방향의 앞, 중간, 뒤 3개의 위치에서 보행자의 시인성을 평가함
- ⓐ 지역은 조명등의 위치가 하행쪽으로 치우쳐 있기 때문에 하행에서 측정한 보행자가 밝게 보였으며, 상대적으로 상행에서 측정한 보행자는 어둡게 보였으며, 이는 연속조명이 없는 ⓐ 지역의 특성상 배경휘도가 어두워 보행자가 밝을수록 시인성이 좋은 조건을 나타내고 있는 것임
- ⓑ 지역은 연속조명이 있고 상행에서 조망시 배경휘도가 되는 가로등의 일부소등으로 상/하행의 배경휘도가 다른 상태였으며, 양방향으로 추가등이 설치되어 있어 상/하행의 연직면조도가 유사하게 측정되었으나 배경휘도가 달라 보행자 시인성에서도 다른 차이를 보임
- 어두운 배경휘도에서는 추가등이 보행자 앞에 설치되어 있을 때 보임의 조건이 좋았으며, 밝은 배경휘도에서는 추가등이 보행자의 뒤에 설치되어 있을 때 대비로 인하여 보임의 조건이 더 좋았음

<표 2-30> 보행자시인성 평가 결과

	ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)												ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)											
측정방향	상행						하행						상행						하행					
측정 전경																								
보행자 위치	앞		중간		뒤		앞		중간		뒤		앞		중간		뒤		앞		중간		뒤	
휘도 분포도																								
결과값	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비	평균	휘도대비
④	0.06	-0.32	0.06	-0.36	0.10	0.08	0.61	9.16	0.31	4.18	0.12	1.05	0.24	0.28	0.27	0.41	0.31	0.61	0.27	-0.59	0.25	-0.61	0.37	-0.43
③	0.13	0.41	0.13	0.42	0.19	1.09	0.63	9.55	0.40	5.59	0.13	1.16	0.27	0.42	0.30	0.59	0.34	0.80	0.37	-0.43	0.40	-0.38	0.51	-0.21
②	0.22	1.45	0.28	2.15	0.27	1.95	0.40	5.59	0.22	2.70	0.09	0.50	0.20	0.05	0.33	0.73	0.28	0.46	0.43	-0.34	0.47	-0.28	0.37	-0.43
①	0.15	0.70	0.21	1.32	0.22	1.47	0.14	1.40	0.10	0.68	0.05	-0.21	0.20	0.03	0.37	0.93	0.22	0.18	0.26	-0.59	0.32	-0.50	0.27	-0.59

* 정지시거 기준 40m지점, 보행자의 위치는 ①보행자 대기지역/ ②,③ 각 차선별 중앙/ ④보행자 대기지역에 위치하여 측정하였음

○ 보행자 시인성 측정내용 (양방향 4차로 이상도로)

- ⓒ, ⓓ 지역은 왕복 4차선 이상의 도로이고, ⓒ 지역은 추가등이 운영되지 않고 연속조명이 없는 무조명 구간으로 보행자 시인성이 좋지 못하였음
- ⓓ 지역은 추가등이 운영되지 않고 연속조명이 있는 구간으로 도로조명에 의한 배경휘도가 밝아 Negative효과로 ⓒ지역보다 보행자 시인성이 좋았음

<표 2-31> 보행자시인성 평가 결과

ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)						ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)					
상행			하행			상행			하행		
											
	보행자 위치 중앙 평균값	휘도대비		보행자 위치 중앙 평균값	휘도대비		보행자 위치 중앙 평균값	휘도대비		보행자 위치 중앙 평균값	휘도대비
8	0.16	-0.32	8	0.09	-0.38	7	0.12	-0.50	7	0.13	-0.58
7	0.13	-0.45	7	0.11	-0.22	6	0.07	-0.25	6	0.20	-0.77
6	0.16	-0.30	6	0.13	-0.05	5	0.10	-0.26	5	0.19	-0.66
5	0.18	-0.21	5	0.10	-0.26	4	0.14	-0.39	4	0.16	-0.53
4	0.11	-0.54	4	0.08	-0.43	3	0.27	-0.49	3	0.13	-0.06
3	0.07	-0.68	3	0.09	-0.39	2	0.18	-0.38	2	0.16	-0.39
2	0.09	-0.61	2	0.13	-0.10	1	0.08	-0.57	1	0.11	-0.72
1	0.07	-0.70	1	0.08	-0.42						

* 정지시거 기준 75m지점, 배경휘도와 보행자휘도의 대비공식 $C = \frac{d1-d2}{d2}$ d1 - 보행자휘도 d2 - 배경휘도

○ 노면반사율측정내용

- 횡단보도 표시선은 백색도료를 이용하여 영역표시를 함으로 기본적으로 도로노면보다 두배 정도의 밝은 휘도를 나타냄
- 따라서, 노면반사율이 휘도에 미치는 영향을 검토하기 위해서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인
  (노면보수율을 적용한 횡단보도 노면을 이용하여 휘도값을 시뮬레이션해보고 노면반사율이 휘도에 미치는 영향 파악)

<표 2-32> 노면반사율 결과

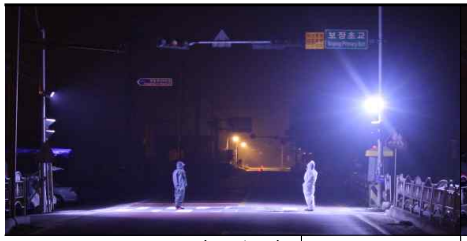
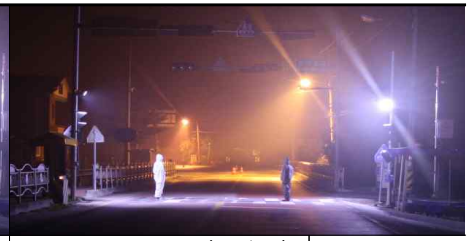
장소	ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)	ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)	ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)	ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)
이미지				
1. 횡단보도 노면	35.64	36.96	47.51	52.06
2. 횡단보도 표시선	73.23	74.73	78.62	76.39
3. 중앙차선	54.77	53.62	68.60	60.38
4. 도로차선	80.43	63.15	70.50	76.86
5. 붉은 도로 노면	39.45	34.05	없음	없음

○ 보행자 시인성 추가 측정내용(의복색상 대비)

- 횡단보도 추가등이 양방향으로 설치된 보장초등학교에서 의복 색상별 보행자 시인성에 대한 측정을 추가로 실시
- 측정차선에 대해 흰색의복과 회색의복의 보행자의 위치를 변경하여 측정함
- 배경이 어두운 경우에는, 보행자 앞면을 비추는 방식이 의복 색상 구분 없이 잘 보였으며, 보행자 뒷면을 비출 경우 흰색의복은 잘 보였으나 회색의복은 잘 보이지 않음
- 배경이 밝은 경우에는, 흰색의복은 배경이 되는 황색의 도로조명하에서도 잘 보였으며, 회색의복의 경우 배경보다 어둡게 되었을 때 더 잘 보임
- 실제 도로에서 보행자의 의복에 대한 정량화가 어렵기 때문에 추가등의 설치위치에 대한 정량화가 필요하다고 판단됨

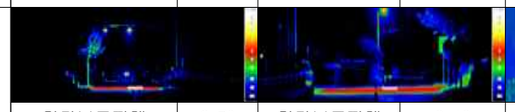
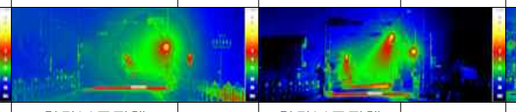
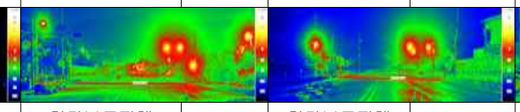
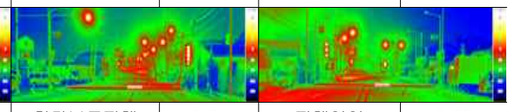
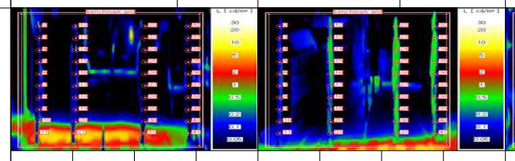
<표 2-33> 보행자 시인성 측정 (의복색상 대비)

ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)

상행						하행					
											
보행자 휘도값 (cd/㎡)		대비값	보행자 휘도값 (cd/㎡)		대비값	보행자 휘도값 (cd/㎡)		대비값	보행자 휘도값 (cd/㎡)		대비값
회색	흰색		흰색	회색		회색	흰색		흰색	회색	
0.36	0.99	-0.63	1.81	0.31	-1.50	0.52	1.47	-0.95	2.30	0.59	-1.71

○ 지방부도로 횡단보도 2차 현장조사 측정 값 비교표

<표 2-34> 횡단보도 2차 현장조사 측정 결과

분류	양방향 3차로 이하 도로								양방향 4차로 이상 도로							
	ⓐ 산양초등학교 (강원도 화천)				ⓑ 보장초등학교 (경기도 포천)				ⓒ 괴산중학교 (충북 괴산)				ⓓ 논산훈련소 (충남 논산)			
현황사진																
연속조명유무	무				유				무				유			
*수평면조도 (lx)	기준(기타지역)		결과값	만족여부	기준(기타지역)		결과값	만족여부	기준(기타지역)		결과값	만족여부	기준(주거지역)		결과값	만족여부
	최소	6	2.4	불만족	최소	6	4.8	불만족	최소	6	0.16	불만족	최소	12	0.40	불만족
	평균	15	32.2	만족	평균	15	26.2	만족	평균	15	1.20	불만족	평균	30	1.15	불만족
연직면조도 (lx)	상행(철원방향)		하행(화천방향)		상행(철원방향)		하행(동두천방향)		상행(괴산군청방향)		하행(보은군청방향)		상행(논산시청방향)		하행(논산JC방향)	
	최소	0.1	최소	3.4	최소	1.4	최소	2.2	최소	0.45	최소	0.10	최소	0.10	최소	1.05
	평균	1.5	평균	20.1	평균	17.2	평균	17.0	평균	2.40	평균	0.39	평균	0.69	평균	2.36
횡단보도 휘도 (cd/㎡)																
	횡단보도전체	2.70	횡단보도전체	3.16	횡단보도전체	1.21	횡단보도전체	1.39	횡단보도전체	0.21	횡단보도전체	0.19	횡단보도전체	0.21	전체영역	0.28
	측정차선영역	1.17	측정차선영역	4.19	측정차선영역	1.30	측정차선영역	1.37	측정차선영역	0.29	측정차선영역	0.25	측정차선영역	0.29	측정차선영역	0.21
보행자 시인성 평가																
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
	⑤	⑥	⑦	⑧	⑤	⑥	⑦	⑧	⑤	⑥	⑦	⑧	⑤	⑥	⑦	
	0.21	0.28	0.13	0.06	0.10	0.22	0.40	0.31	0.37	0.33	0.30	0.27	0.32	0.47	0.40	0.25
	0.07	0.09	0.07	0.11	0.08	0.13	0.09	0.08	0.08	0.18	0.27	0.14	0.11	0.16	0.13	0.16
	0.18	0.16	0.13	0.16	0.10	0.13	0.11	0.09	0.10	0.07	0.12		0.19	0.20	0.13	
노면반사율	횡단보도 노면		35.64		횡단보도 노면		36.96		횡단보도 노면		47.51		횡단보도 노면		52.06	
	횡단보도 표시선		73.23		횡단보도 표시선		74.73		횡단보도 표시선		78.62		횡단보도 표시선		76.39	
	중앙차선		54.77		중앙차선		53.62		중앙차선		68.60		중앙차선		60.38	
	차선		80.43		차선		63.15		차선		70.50		차선		76.86	
	붉은노면		39.45		붉은노면		34.05		붉은노면		x		붉은노면		x	

* 노면조도 기준은 「도로안전시설설치 및 관리지침」에 명시된 기준임

○ 지방부 도로 횡단보도 1,2차 현장조사·측정 결론

본 과제에서는 지방부도로의 횡단보도에서 보행자의 시인성을 높일 수 있는 조명환경을 찾아보고자 국내·외 횡단보도조명 기준을 분석하였고, 1,2차 현장조사를 통해 조도·휘도· 보행자 시인성 등을 측정·평가하였으며, 이러한 데이터를 바탕으로 현재 횡단보도 조명기준의 보완 항목을 찾을 수 있을 것이며 결과는 다음과 같다.

첫째, 횡단보도에서 보행자의 연직면 조도가 높을수록 보임이 유리하였기 때문에 노면조도 뿐만 아니라 연직면조도가 확보되어야 시인성을 높일 수 있을 것이다(즉, 횡단보도조명에 연직면조도가 추가 되어야 한다고 판단됨).

둘째, 횡단보도 평균노면휘도는 연속조명이 없는 경우 운전자 시야에서 얇은 띠로 인지되고, 연속조명이 있는 경우 도로조명과의 구분이 되지 않아 횡단보도를 시인성 평가하기 어려웠기 때문에 횡단보도 조명의 유효범위에 대한 기준이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 배경이 어두운 환경에서는 보행자의 연직면이 높을수록 보행자 시인성 평가가 양호하였으나, 연속조명이 있는 밝은 배경휘도에서는 오히려 보행자가 어두워야 시인성 평가가 잘 되었으며, 따라서 횡단보도 조명을 설치하기에 전에 반드시 배경휘도에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

넷째, 연속조명이 없는 무조명 구간에서 보행자의 존재는 어두운 배경에 묻혀 시인성 평가가 전혀 되지 않았기 때문에 지방도로의 무조명 구간에서의 횡단보도 조명에 대한 대안 마련이 시급한 것으로 판단된다.

1.4 횡단보도 조명시설 필요성 설문조사

가. 설문조사 개요

(1) 설문조사 배경 및 목적

○ 설문조사 배경

횡단보도를 통행하는 보행자의 안전은 확보되어야 하지만 야간 운전자의 경우 시인성 저하로 인하여 빈번히 사고가 발생하고 있다. 특히, 지방부 도로 중 연속조명이 설치되어 있지 않거나 횡단보도 주변에 방범등을 설치한 경우에는 보행자 인식에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 만약 횡단보도 조명등이 설치되어 있더라도 제반 기준, 보행자 및 운전자 입장에서 고려되어야 할 사항이 배제된 설치는 도로・교통 안전뿐만 아니라 설치 비용 및 에너지 효율면에서 취약한 실정이다. 따라서 횡단보도 조명시설의 필요성, 밝기 범위 등을 운전자 및 보행자로 구분하여 설문 조사・분석을 수행하였다.

○ 설문조사 목적

횡단보도 조명시설 설치의 목적은 야간 운전자에게 횡단보도 및 보행자를 쉽게 인지시켜 주고 운전자에게 직접적으로 눈부심이 유발되지 않으면서 보행자를 조명하여 연직면 조도를 높이는 등 보행자 인식을 위한 적절한 조명환경 제공이 필요하다. 본 조사는 야간에 조명이 적은 지방부 일반국도, 지방도 등에서

횡단보도가 설치된 주변 마을에 거주하고 있는 지역주민(보행자)과 운전자(일반 자가운전, 운수업 종사자 등)를 대상으로 야간 횡단보도 보행과 통행에 대한 실태와 의견을 수렴하고 안전성 여부 평가, 적절한 횡단보도 조명 방식 선호도 등을 파악하여 효율적인 횡단보도 조명설치 개발에 필요한 기초자료로 활용하고자 함에 그 목적이 있다.

(2) 설문조사 설계

○ 조사 설계

본 조사는 구조화된 설문지를 이용하여 1:1 서면 면접조사 방식으로 설시되었으며 조사된 설문지는 보행자 157부, 운전자 128부를 포함하여 전체 285부로 구성되었으며 <표 2-35>와 같다.

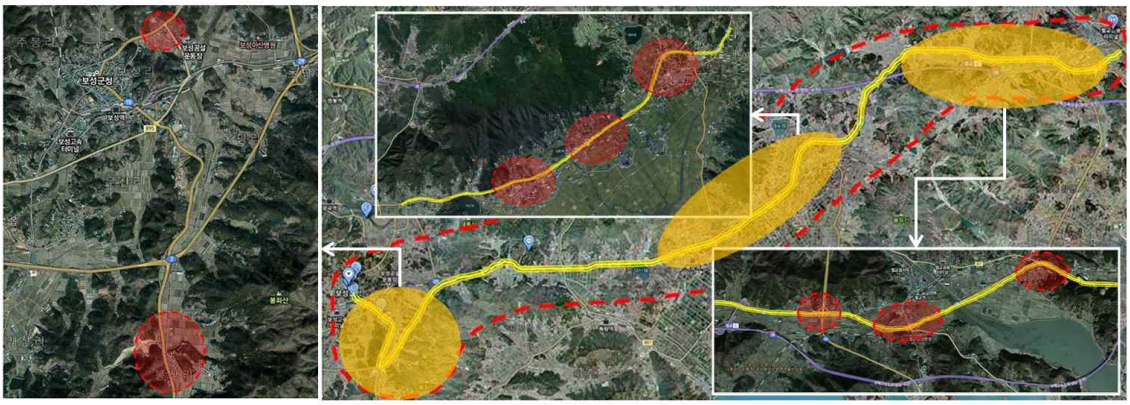
<표 2-35> 조사 설계 요약

구분	내 용
조사 대상	보행자, 운전자
조사 기간	2012. 09. 05 ~ 2012. 09. 12(총 8일)
표본 크기	전체 285표본(보행자 157명, 운전자 128명)
표본 추출	판단표본추출법(Purposive Sampling)
조사 방법	구조화된 설문지를 이용한 1:1 대인면접조사 방식
표본 오차	전체 모집단의 규모를 모르는 경우 (95% 신뢰수준, 최대허용오차 ±5.81%)

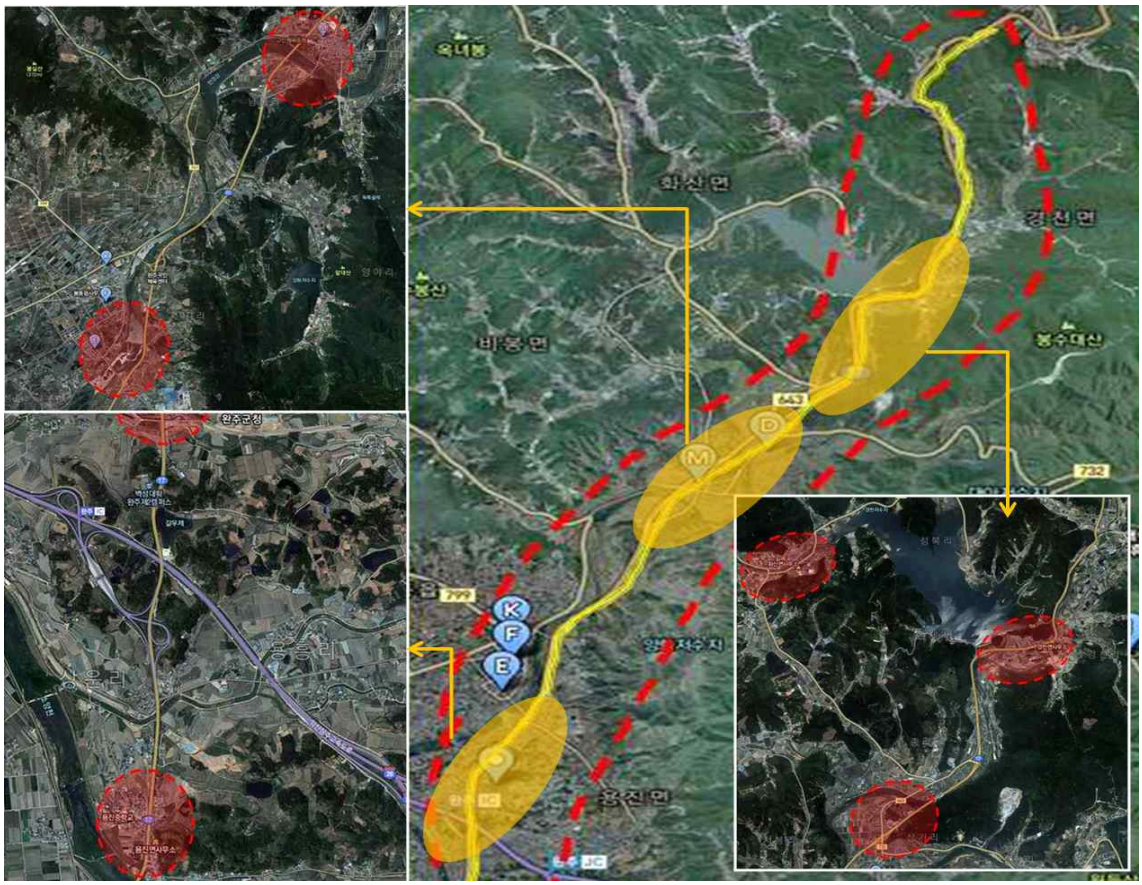
○ 설문조사 지역

본 조사는 사전에 두 개 지역을 선정하고 각각의 지역 내에서 조사특성에 맞는 지점을 중심으로 표본조사를 실시하였다. 첫 번째 조사 지역은 전남 보성군 지역이며, 용문삼거리와 일반국도 18호선이 지나는 봉산리 일대이며 나머지 조사지역은 일반국도 2호선을 따라 예당리, 신방저수지 조성리, 칠동리 척령리, 벌교 여자고등학교, 장양리 순으로 신호등이 위치하고 도로변에 인접된 마을 또는 보행자를 대상으로 조사를 실시하였다.

전북 완주군 지역의 경우 완주 IC에서 용진면사무소를 시작으로 일반국도 17호선, 오나주군청, 완주경찰서, 신지리, 남봉리, 고산면 읍내리, 삼기리, 경천면사무소, 용복리 순으로 신호등이 위치하고 도로변에 인접된 마을의 보행자를 대상으로 조사를 실시하였다.



<그림 2-14> 설문조사 대상 지역(전남 보성군 일대)



<그림 2-15> 설문조사 대상 지역(전남 보성군 일대)

○ 분석 방법

최종 조사된 표본을 대상으로 기록상의 오류, 누락 검증 확인, 자료 입력, 입력 자료의 오류 검사를 통하여 통계 패키지(SPSS)를 이용한 빈도 분석 및 교차 분석을 수행하였다.

나. 설문조사 결과

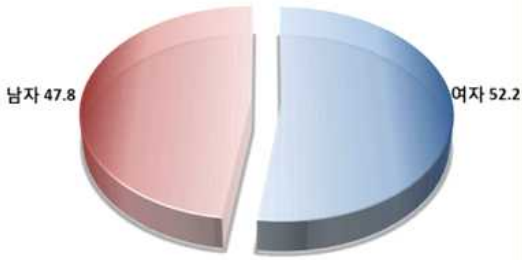
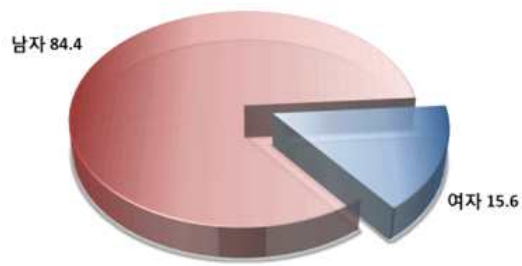
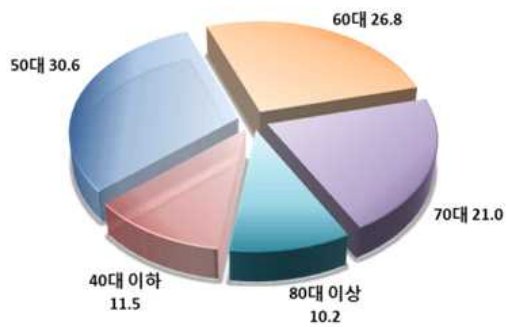
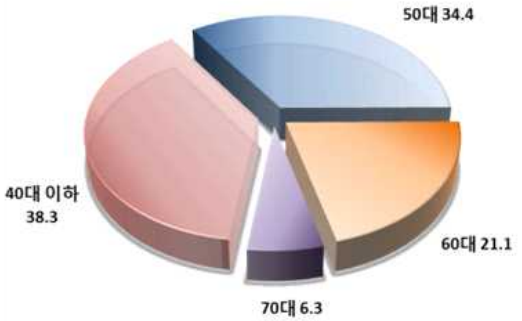
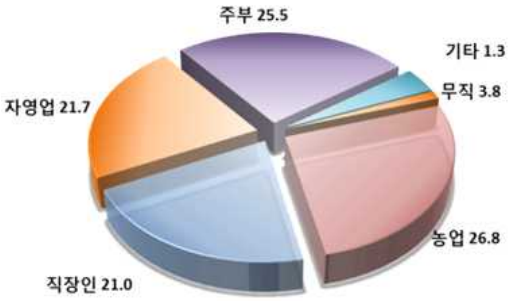
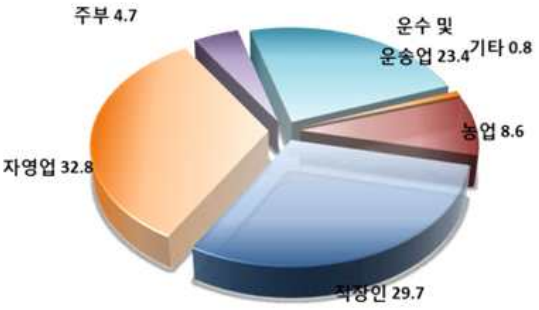
(1) 응답자 특성

○ 성별, 연령, 직업별 보행자 및 운전자 특성

보행자 성별은 남자(47.8%), 여자(52.2%), 운전자 성별은 남자(84.4%), 여자(15.6%)로 조사되었고 보행자 연령은 50대(30.6%) > 60대(26.8%) > 70대(21.0%) > 40대 이하(11.5%) > 80대 이상(10.2%) 순으로, 운전자 연령은 40대 이하(38.3%) > 50대(34.4%) > 60대 (21.1%) > 70대(6.3%) 순서로 조사되었다.

보행자 직업은 농업(26.8%) > 주부(25.5%) > 자영업(21.7%) > 직장인(21.0%) > 무직(3.8%) > 기타(1.3%) 순으로, 운전자 직업은 자영업(32.8%) > 직장인(29.7%) > 운수 및 운송업(23.4%) > 농업(8.6%) > 주부(4.7%) > 기타(0.8%) 순서로 조사되었다.

<표 2-36> 성별, 연령, 직업별 보행자 및 운전자 특성

특성	보행자	운전자
성별		
연령		
직업		

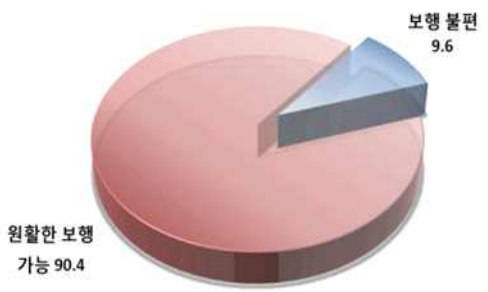
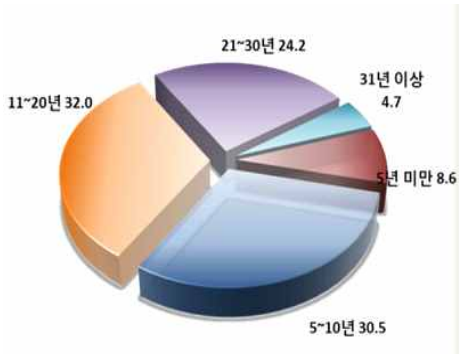
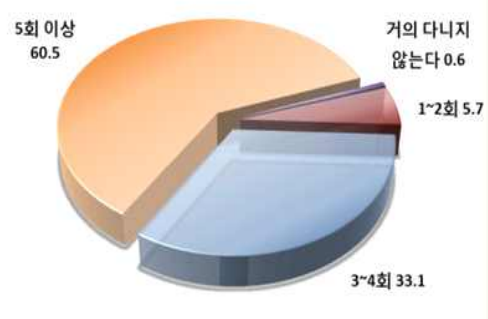
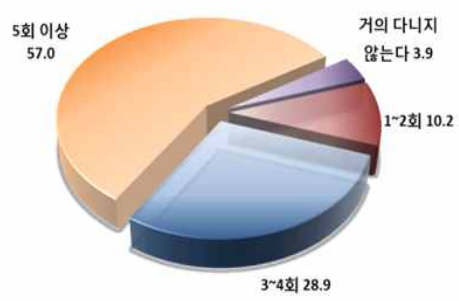
○ 보행능력/운전차종, 이동수단/운전경력, 보행/운전 빈도별 보행자 및 운전자 특성

보행자 보행능력은 원활한 보행가능(90.4%) : 보행불편(9.6%) 순으로, 운전자 운전차종은 일반 승용차(51.6%) > 일반 승합자(21.1%) > 영업용 택시(12.5%) > 영업용 화물차(10.9%) > 시내버스(3.1%) > 기타(0.8%) 순으로 조사되었다.

보행자 주 이동수단은 보행 61.8% > 자전거 31.8% > 기타 5.7% > 의료용 스쿠터 0.6% 순으로, 운전자 운전경력은 11~20년 32.0% > 5~10년 30.5% >21~30년 24.2% > 5년 미만 8.6% > 31년 이상 4.7% 순으로 조사되었다.

보행자 야간보행 빈도는 5회 이상 60.5% > 3~4회 33.1% > 1~2회 5.7%, 순으로, 운전자 야간 운전빈도는 5회 이상 57.0% > 3~4회 28.9% > 1~2회 10.2% 순으로 조사되었다.

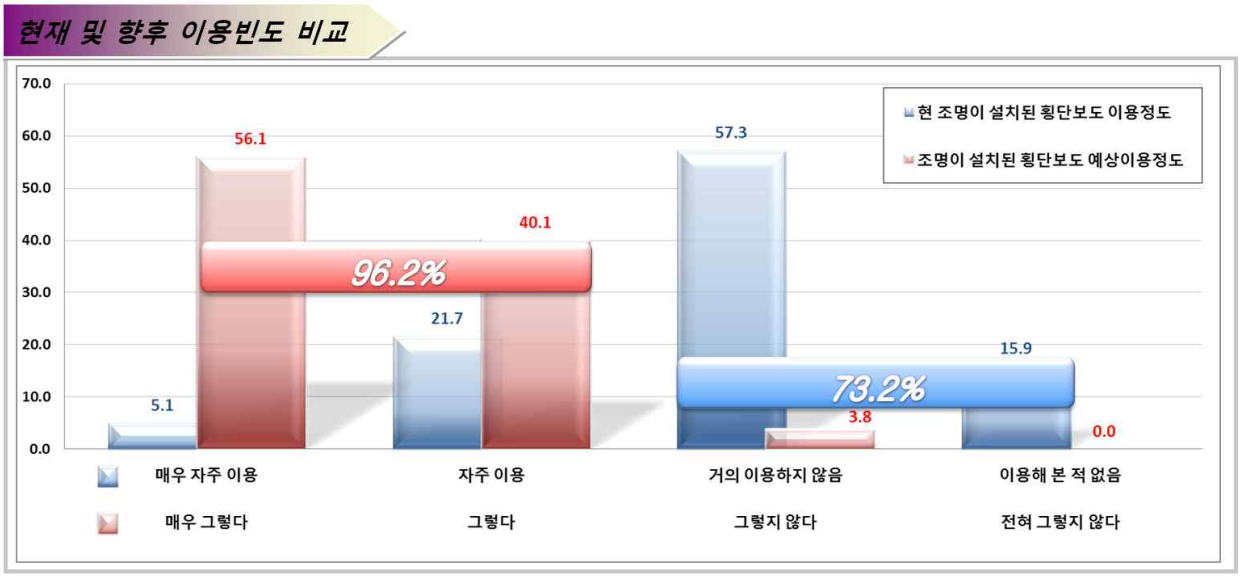
<표 2-37> 보행능력/운전차종, 이동수단/운전경력, 보행/운전 빈도별 보행자 및 운전자 특성

특성	보행자	운전자
보행능력/ 운전차종		
이동수단/ 운전경력		
야간보행빈도/ 야간운전빈도		

(2) 보행자 대상 응답 특성

○ 횡단보도 이용 빈도

현재 조명이 설치된 횡단보도 이용 빈도는 대부분 이용하지 않는 경우(73.2%)가 높은 것으로 나타났으며 향후 가까운 위치에 조명이 설치된 횡단보도가 있을 경우 예상이용정도는 이용하겠다는 경우가 전체 96.2%로 매우 높은 수준이다. 현재 조명이 설치되지 않은 횡단보도가 대부분이기 때문에 이용을 하고 싶어도 못하는 경우가 많았으며, 조명이 설치될 경우 높아진 안전성으로 횡단보도의 이용도는 높아질 것으로 판단된다.



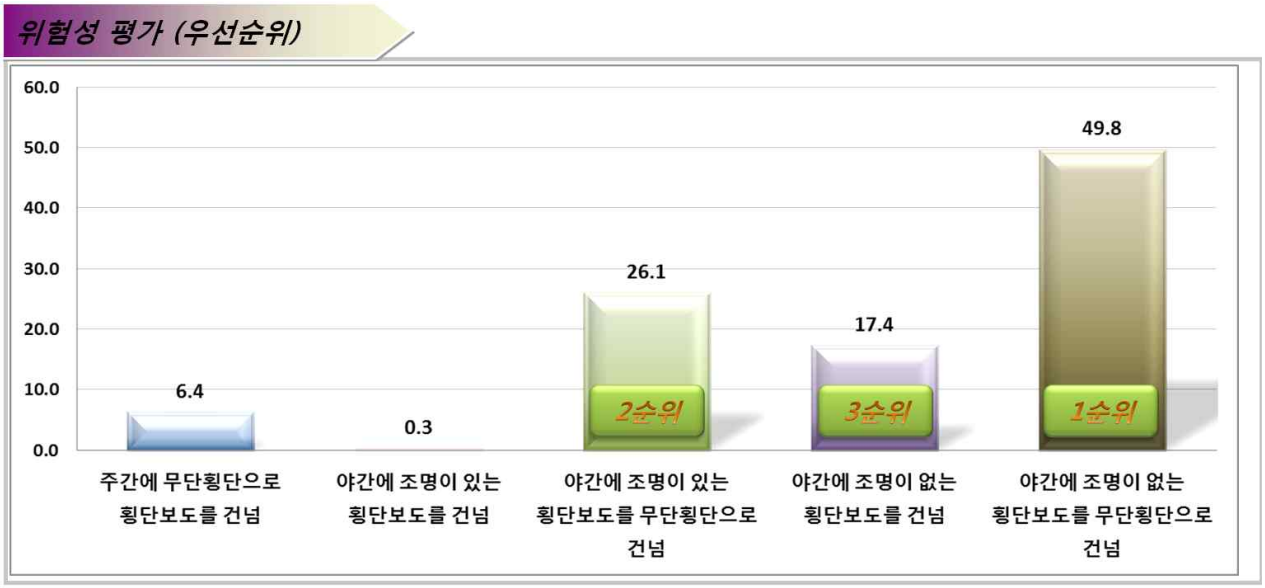
<그림 2-16> 횡단보도 이용 빈도(보행자)

○ 횡단보도 통행시 위험 상황

횡단보도를 건너는 상황에 대한 위험성 평가에 대해 6가지 항목을 제시 후 우선순위 3가지를 선정하는 방식으로 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1순위 : 야간에 조명이 없는 횡단보도를 무단횡단으로 건넘 (49.8%)
- 2순위 : 야간에 조명이 있는 횡단보도를 무단횡단으로 건넘 (26.1%)
- 3순위 : 야간에 조명이 없는 횡단보도를 건넘 (17.4%)

결과적으로 야간 무단횡단 > 야간조명 설치 유무 > 주간, 야간 구분 등으로 위험도가 평가되는 것으로 분석되었다.



<그림 2-17> 횡단보도 통행시 위험성 평가(우선 순위)

○ 횡단보도 차량 및 보행자 통행

먼저 야간에 횡단보도를 건너는 중 차량으로 인해 위협을 경험한 경우가 전체 81.5%로 매우 높은 것으로 조사되었으며 야간 횡단보도 보행자 신호 시 접근차량의 정지정도에 대해 72.6%는 제대로 정지하지 않는 것으로 분석되었다. 이로 인해, 보행자들이 보행신호가 들어왔을 경우 전체 94.3%가 좌우를 확인하고 건너는 것으로 나타났다.

일반적으로 보행자의 경우 횡단보도에서 좌우를 먼저 확인하고 건너는 것이 안전하다는 것은 당연하겠지만 차량의 경우 정확하게 신호를 지키는 것이 사고를 예방할 수 있는 가장 최선의 방법이다.

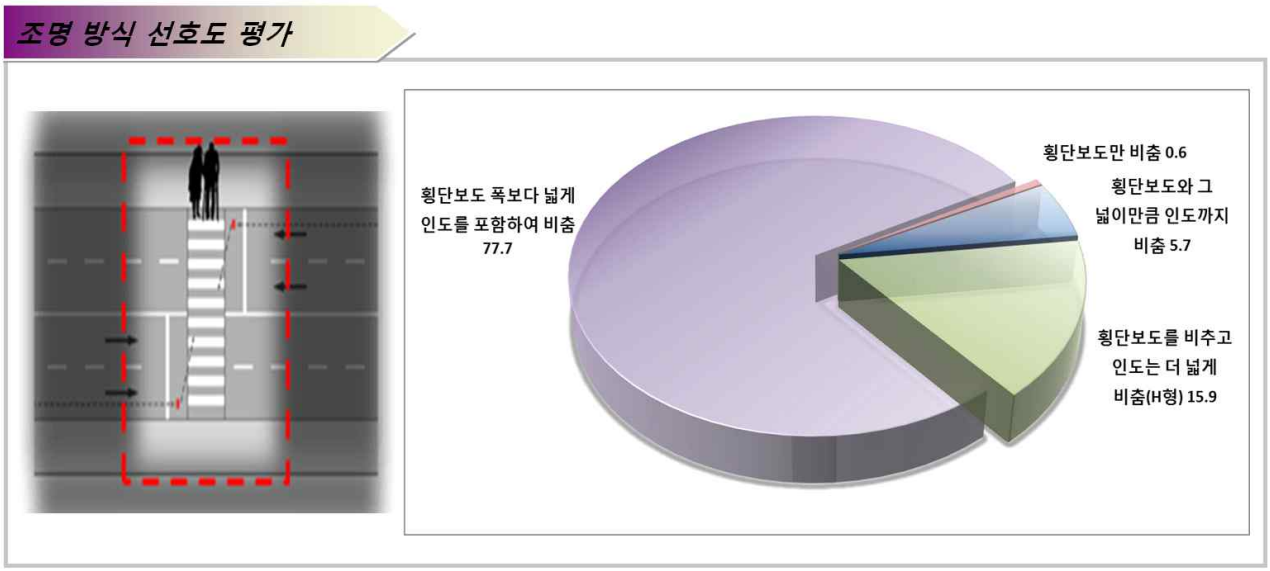


<그림 2-18> 야간 횡단보도 통행시 차량 정지 및 보행자 좌·우 확인 정도 비교

○ 횡단보도 조명 방식 선호도

보행자들을 대상으로 횡단보도의 조명 방식에 대한 선호도 조사결과, 전체적으로 횡단보도 폭보다 넓게 보도를 포함하여 비추는 방식(77.7%)을 가장 선호하는 것으로 조사되었다.

보행자의 안전을 고려하여 보도와 횡단보도는 물론 정지차량을 확인할 수 있는 정도의 너비까지 조명을 비추는 방식을 가장 선호하는 것으로 분석되었다.

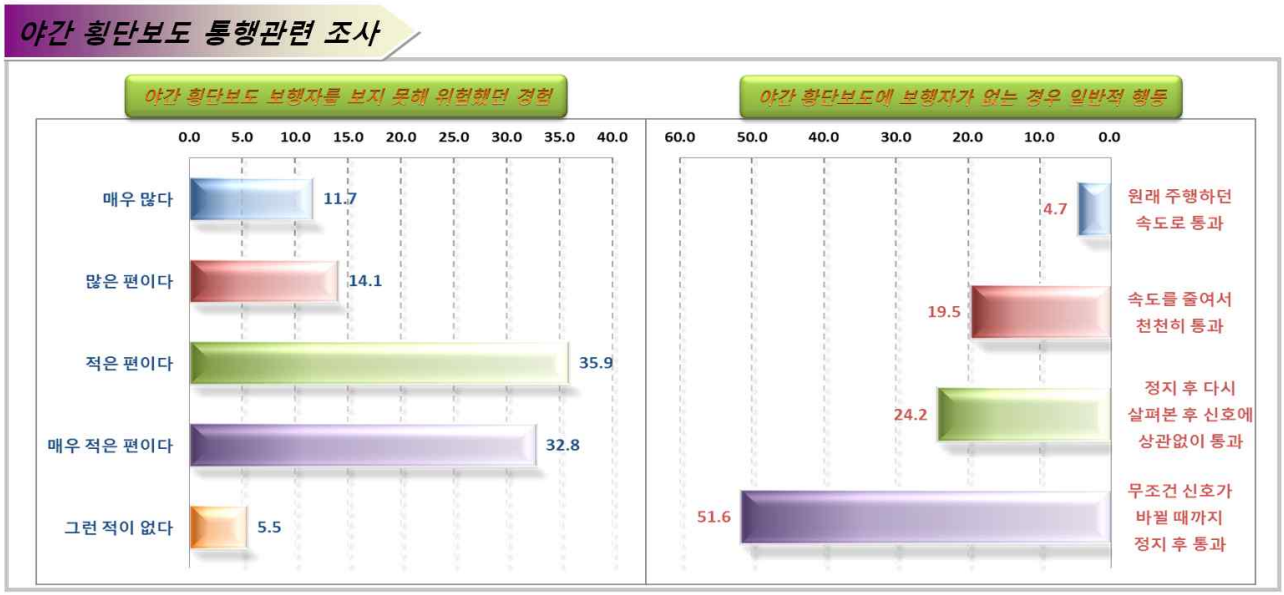


<그림 2-19> 횡단보도 조명방식 선호도(보행자)

(3) 운전자 대상 응답 특성

○ 야간 횡단보도 통행관련 조사

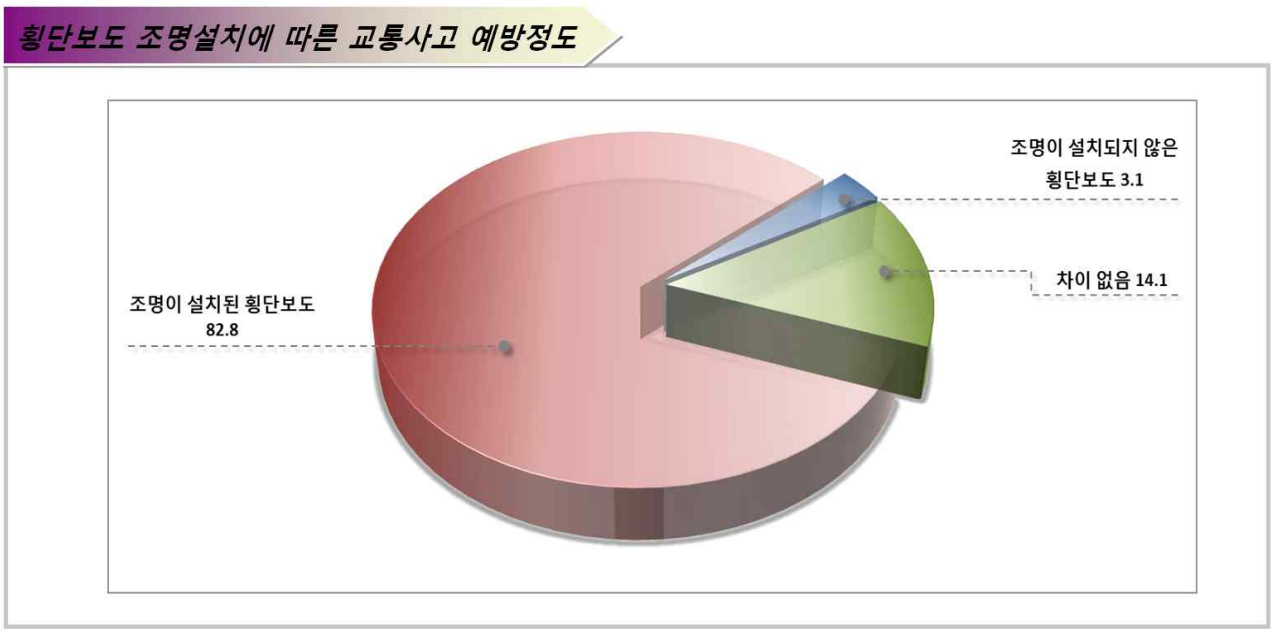
야간에 어두운 횡단보도를 건너는 보행자를 보지 못해 위험했던 경험이 적었다는 경우가 전체 68.8%, 그런 경우가 없었다는 응답이 5.5%로 조사됨. 반면, 많았다는 경우는 25.8%로 상대적으로 낮은 응답분포를 보였다. 야간에 횡단보도에 보행자가 없는 경우 일반적인 행동으로 무조건 정지 히 신호변경 시 통과한다는 응답이 51.6%로 과반수 이상인 것으로 나타났다. 여기서 실제 운전자가 응답한 내용과 보행자가 체감한 의견과는 다소 차이가 있음을 알 수 있었다.



<그림 2-20> 야간 횡단보도 통행관련 조사(운전자)

○ 횡단보도 조명설치에 따른 교통사고 예방 도움 정도

본 조사에 응답한 운전자들의 82.8%가 조명이 설치된 횡단보도가 교통사고 예방에 도움이 된다고 응답하였다. 조명이 설치되지 않은 횡단보도가 교통사고 예방에 도움이 된다는 의견은 3.1%에 불과하였고 여기서 차이가 없다고 응답한 경우는 전체 14.1%로 조사되었다.

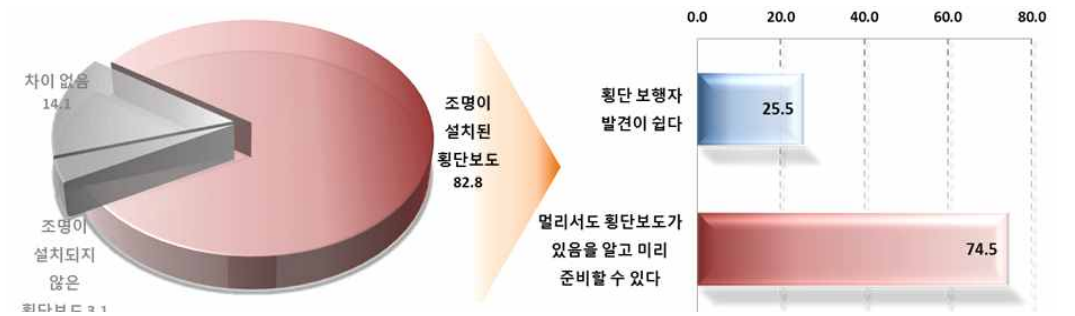
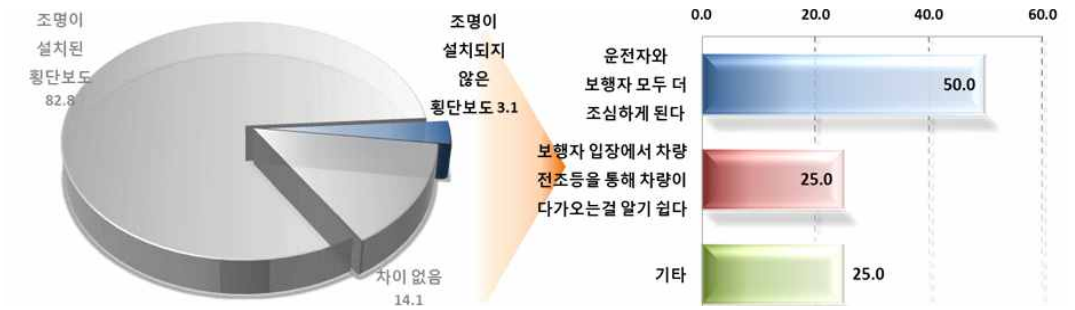
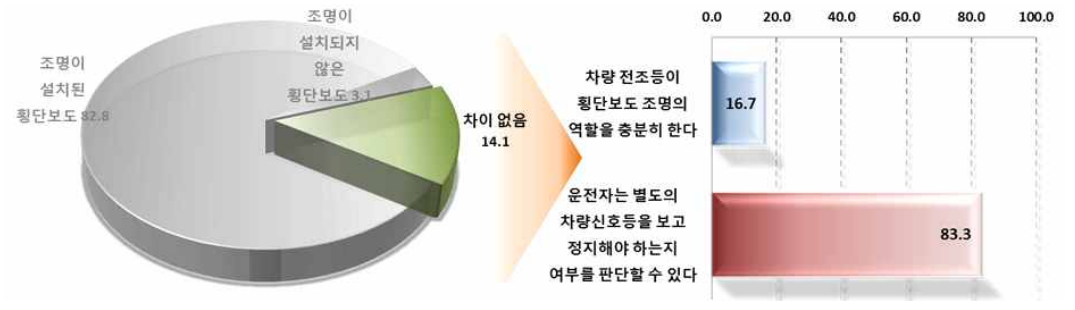


<그림 2-21> 횡단보도 조명설치에 따른 교통사고 예방 정도(운전자)

○ 횡단보도 조명설치 유·무별 교통사고 예방 도움 이유

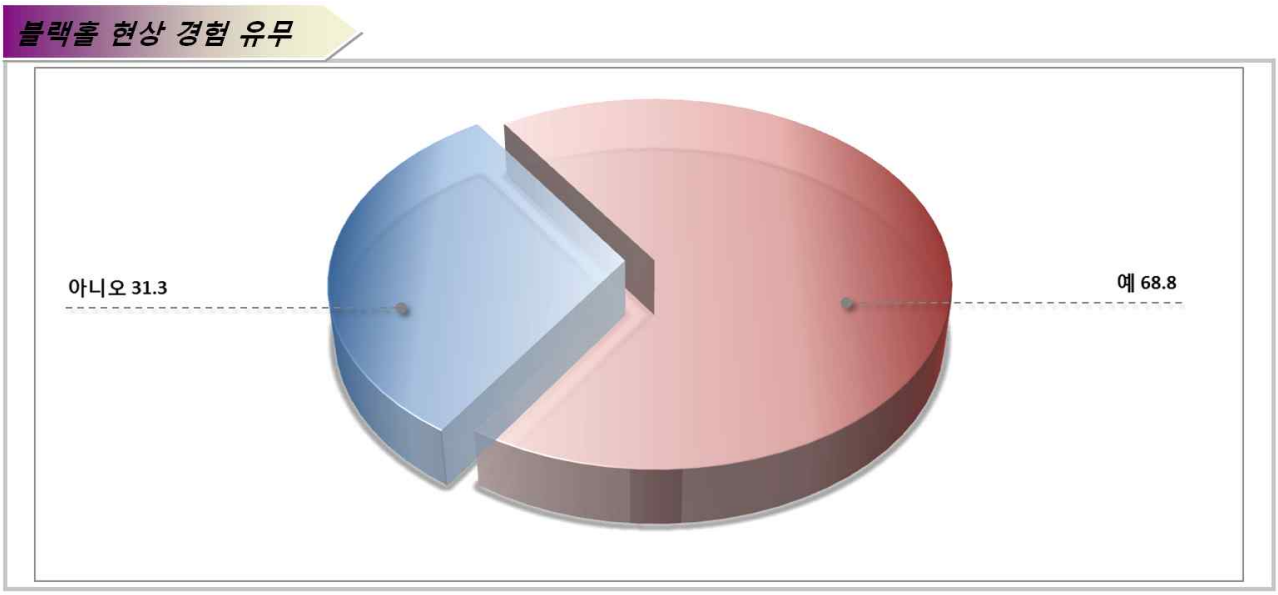
조명이 설치된 횡단보도가 사고예방이 도움이 된다면, 그 이유로는 운전자가 멀리서도 횡단보도가 있음을 알고 미리 준비할 수 있기(74.5%) 때문인 것으로 조사되었으며 조명이 설치되지 않은 횡단보도가 사고예방에 도움이 된다면, 그 이유로는 운전자와 보행자 모두 더 조심(50.0%)하게 되기 때문인 것으로 조사되었다. 횡단보도 조명의 설치유무에 상관없이 사고예방 도움에 차이가 없다면, 그 이유로는 운전자는 별도의 차량신호등을 보고 정지해야 하는지 여부를 판단할 수 있기(83.3%) 때문인 것으로 조사되었다.

<표 2-38> 횡단보도 조명설치 유·무별 교통사고 예방 도움 이유(운전자)

특성	설문 결과
횡단보도 조명설치	
횡단보도 조명 미설치	
설치 유·무 관계 없음	

○ 밝은 횡단보도 조명으로 인한 블랙홀 현상 경험

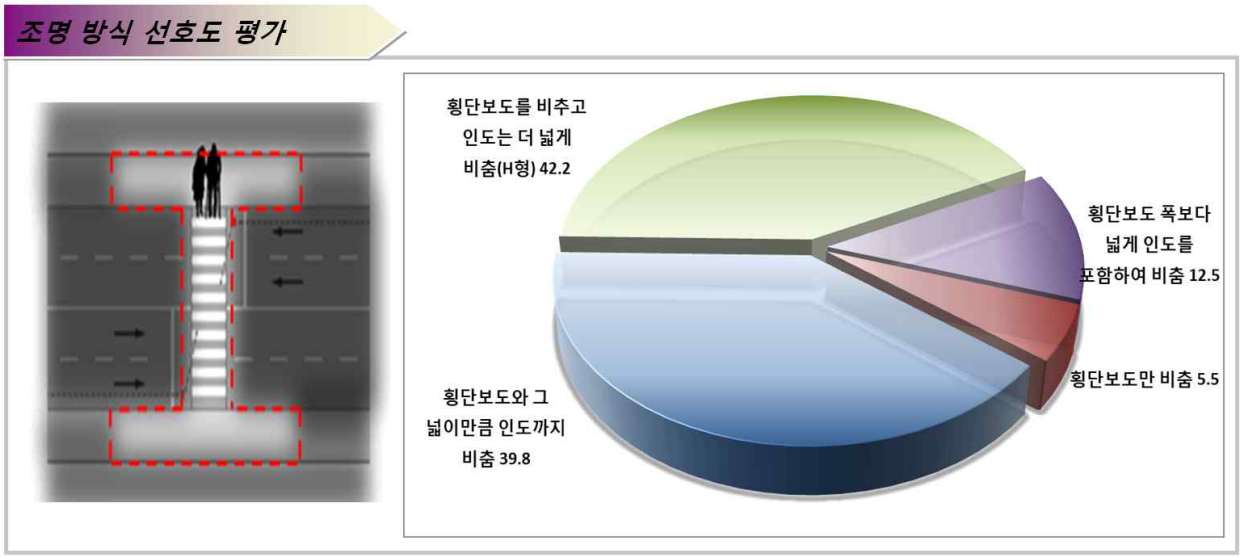
운전자들의 68.8%가 너무 밝은 횡단보도 조명으로 통과 후 앞이 안 보이는 현상(블랙홀)을 경험한 적이 있는 것으로 조사됨. 반면, 그 외 31.3%는 그러한 현상을 경험한 적이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 횡단보도 조명 뿐 아니라, 터널 통과나 지하차도 통과시에도 비슷한 경험을 많이 하는 것으로 조사되었다.



<그림 2-22> 블랙홀 현상 경험 유·무(운전자)

○ 횡단보도 조명 방식 선호도

운전자들을 대상으로 횡단보도의 조명 방식에 대한 선호도 조사결과, 전체적으로 횡단보도를 비추고 보도는 더 넓게 비추는 H자 형태의 조명(42.2%)을 가장 선호하는 것으로 조사되었다. 앞의 보행자의 의견과는 달리 차량이 정지되어 있는 정지선 부근은 조명을 비추지 않아야 운전자 시야의 조도 적응시간에 차이가 없기 때문인 것으로 설명하였다.



<그림 2-23> 횡단보도 조명 방식 선호도(운전자)

2. 횡단보도 조명 설치 기준 개발

2.1 최적 횡단보도 조명조건 규명을 위한 예비 테스트

가. 예비 테스트를 위한 시뮬레이션 사전 검토

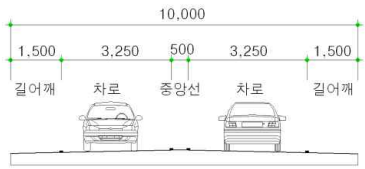
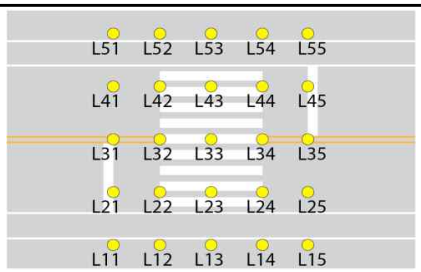
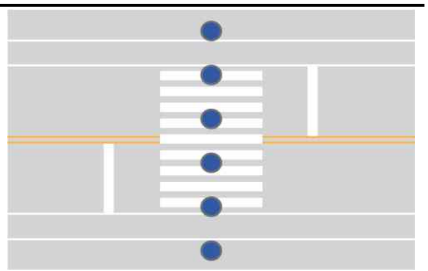
(1) 시뮬레이션 목적 및 방법

○ 시뮬레이션 목적

무조명구간의 횡단보도 내의 어느 위치에 추가등을 설치하면 가장 시인성이 높은가에 대한 결과 도출을 목적으로 한다.

○ 시뮬레이션 방법

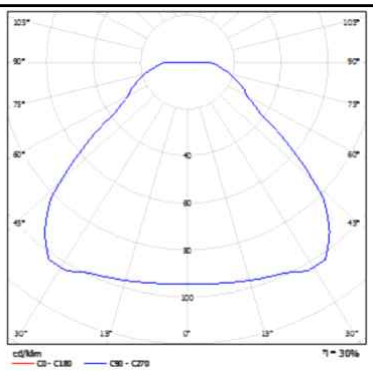
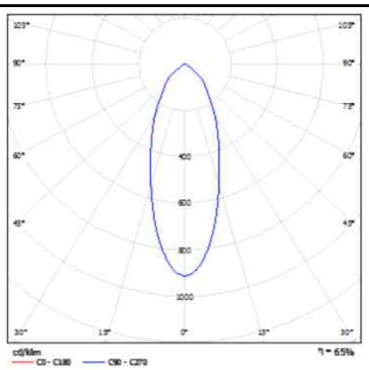
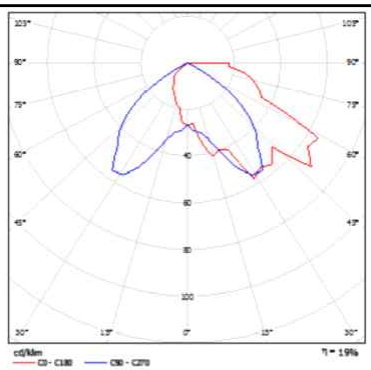
<표 2-39> 시뮬레이션 방법

도로표준횡단면	조명등의 위치	보행자의 위치
		

도로표준횡단면을 기준으로 각각의 배광(중각, 광각, 비대칭각)을 변경하고 높이를 6.0m, 4.5m로 각각 설정하여 보행자 위치에서 보행자의 시인성을 평가하였으며 등기구 높이 6.0m는 교통신호기 설치 높이이며, 4.5m는 건축한계선 높이이다(<표 2-40>).

(2) 시뮬레이션 적용 배광

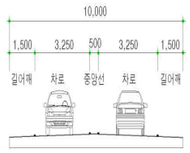
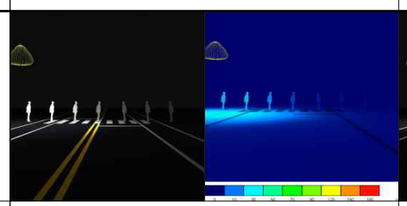
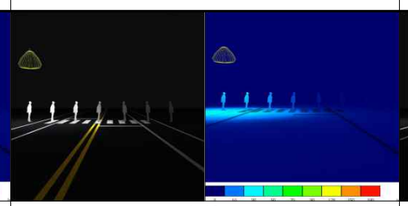
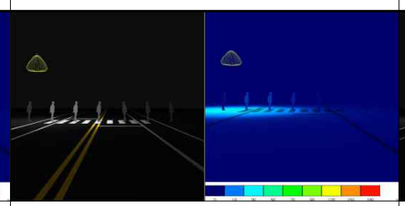
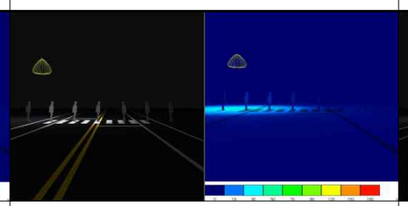
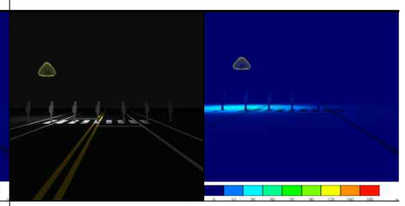
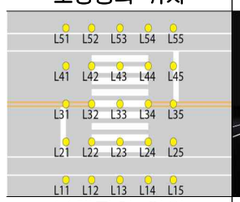
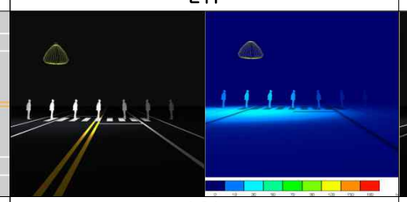
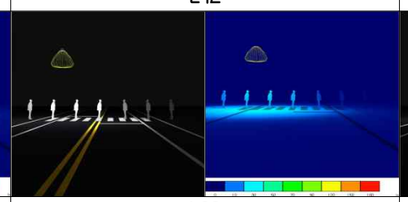
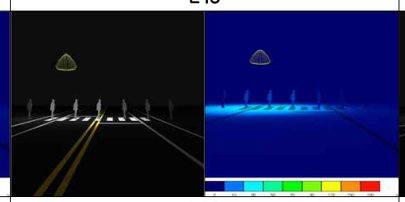
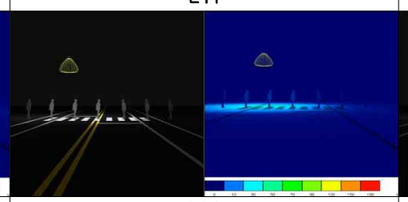
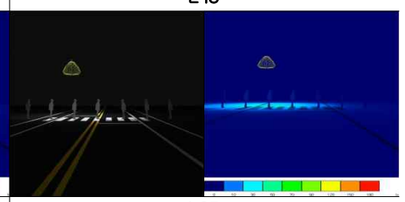
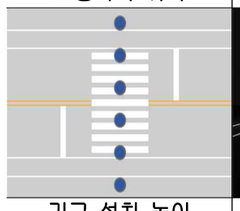
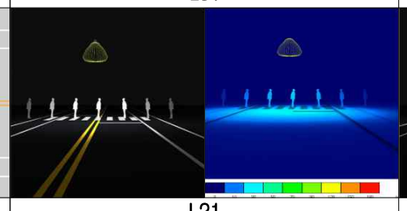
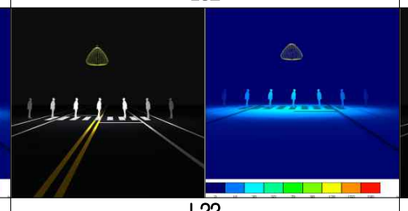
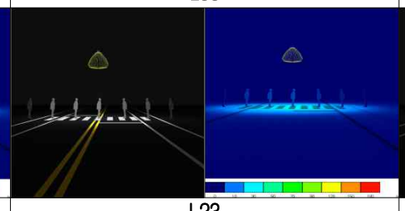
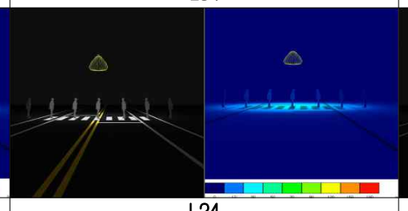
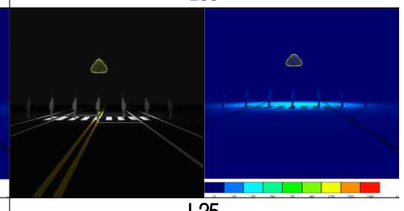
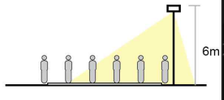
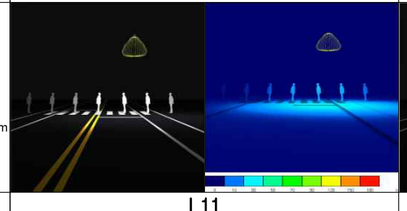
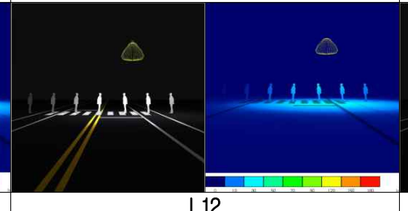
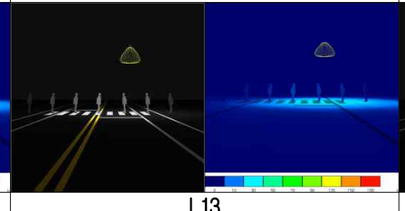
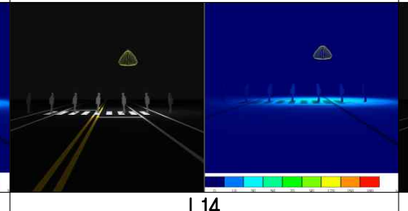
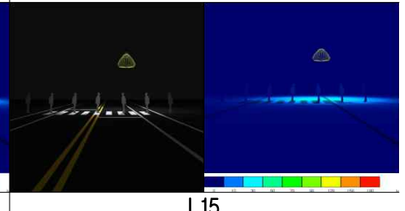
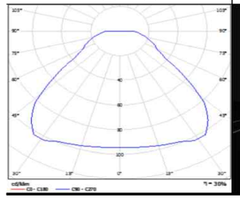
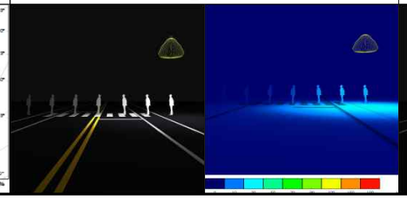
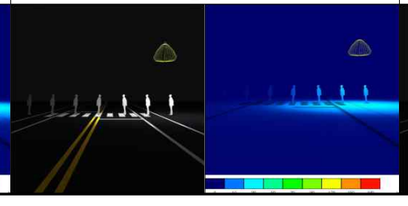
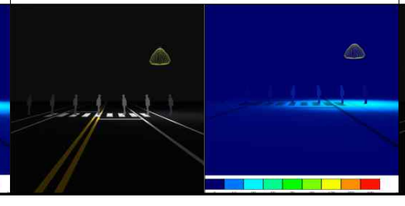
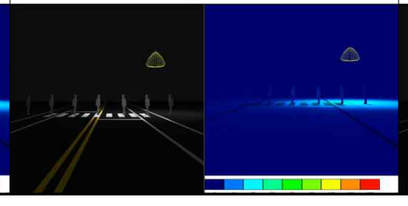
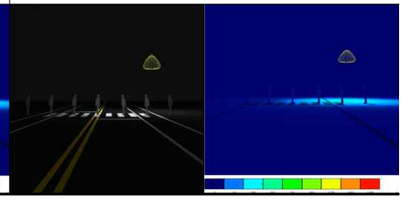
<표 2-40> 시인성 평가에 사용한 배광곡선 표

광각배광	중각배광	비대칭배광
		
빛의 분포도가 전체적으로 고르게 분포하며 어느 한곳에 집중적으로 분포하지 않음	광속값 조절에 따라 빛이 넓게 퍼지지만 한곳에 집중적으로 빛이 분포되는 특징이 있음	양옆과 전방으로 빛이 고르게 분포하고 주행차선에 약간에 집중조명이 가능함

(3) 횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지

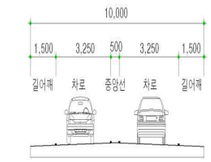
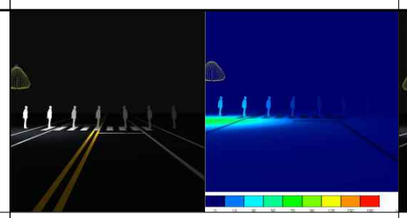
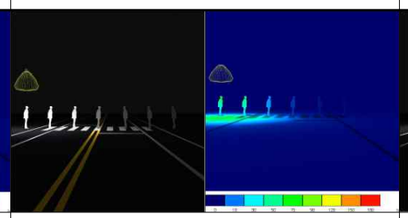
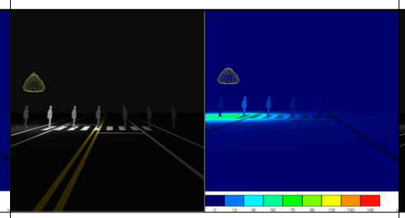
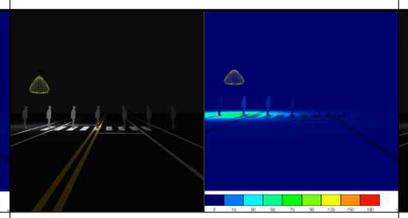
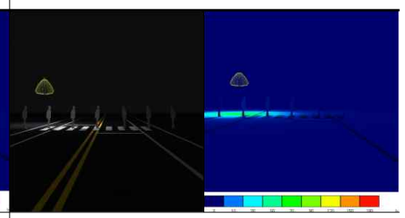
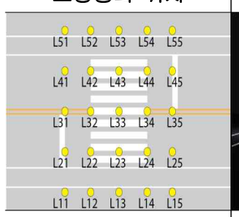
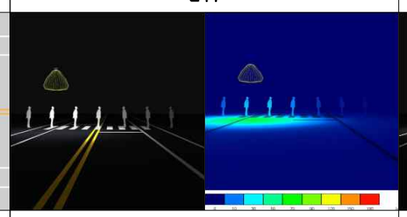
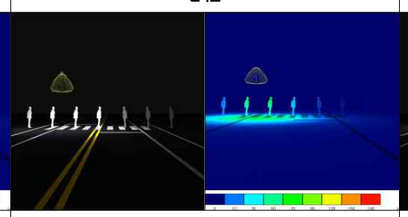
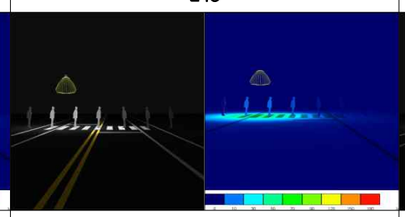
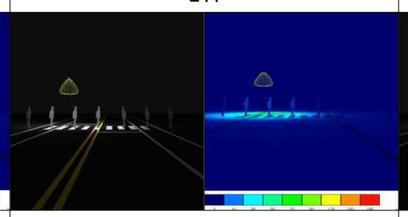
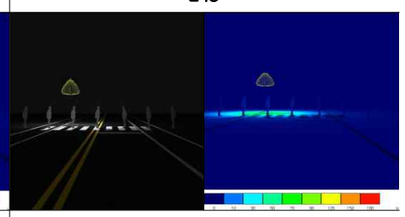
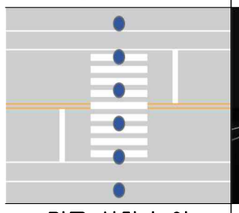
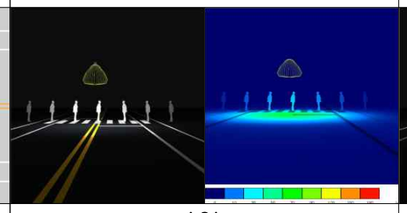
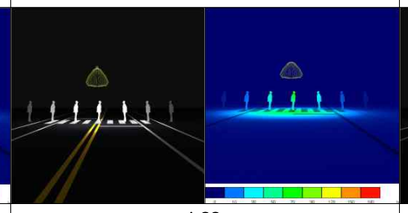
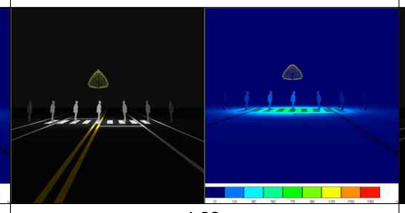
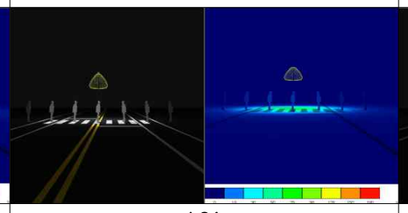
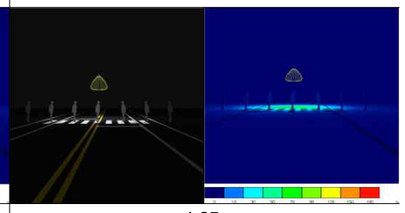
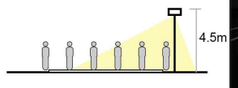
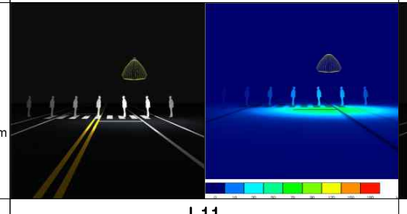
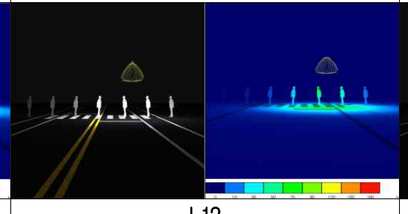
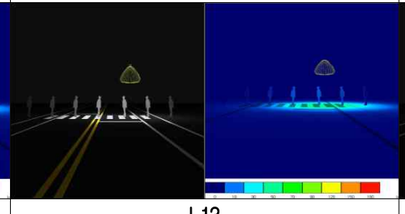
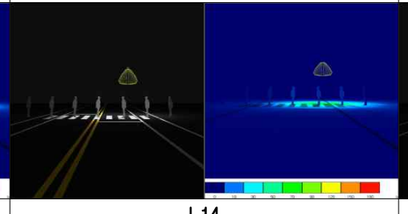
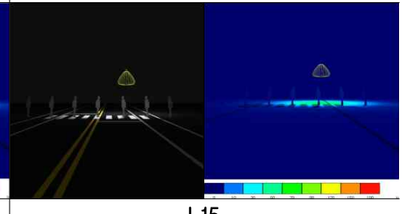
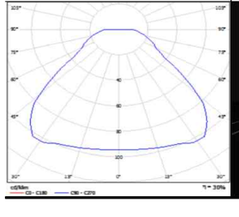
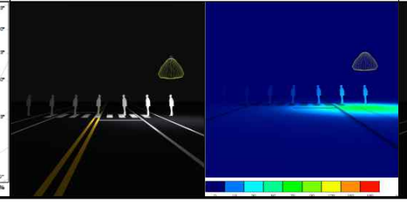
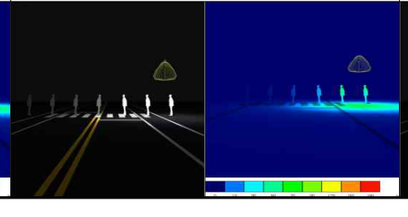
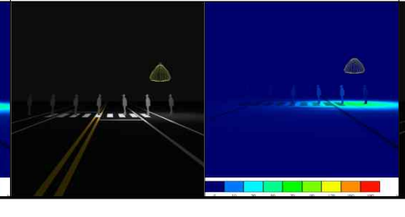
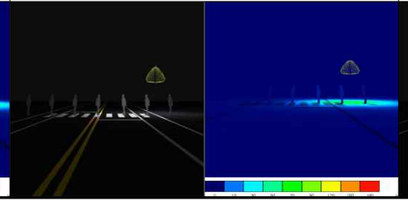
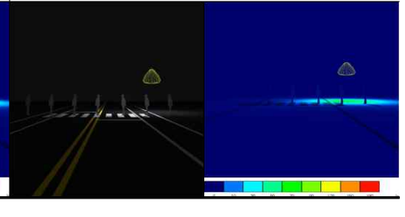
○ 광각배광 적용, 설치높이 6.0m

<표 2-41> 시뮬레이션 검토 (광각배광 적용, 설치높이 6.0m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (광각배광 적용, 설치높이 6.0m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

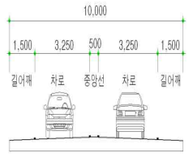
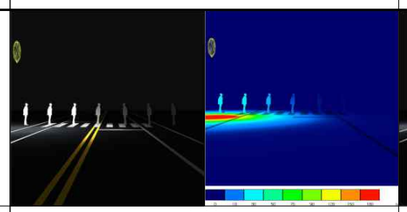
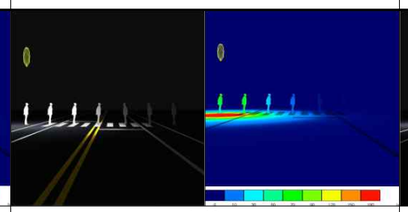
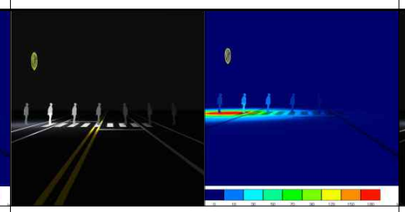
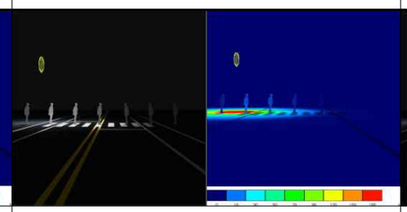
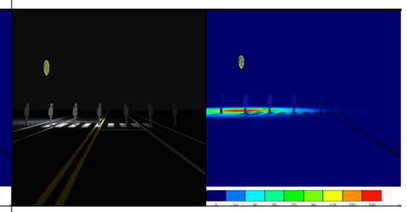
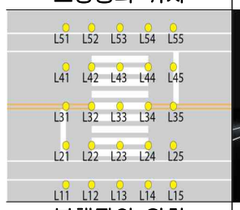
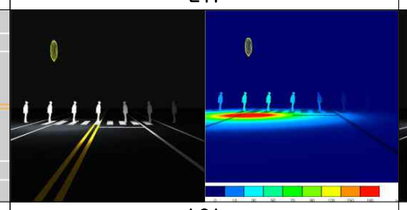
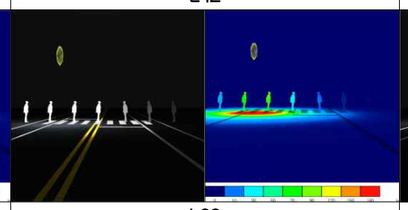
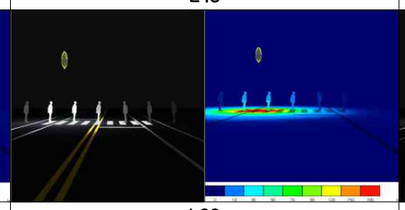
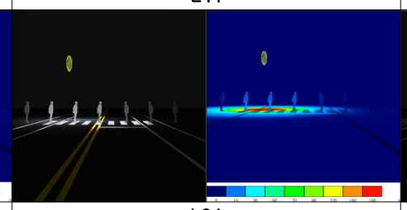
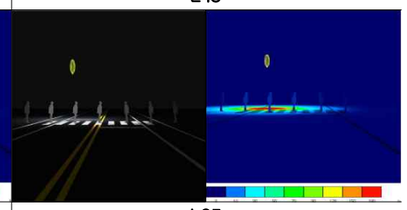
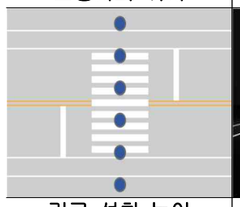
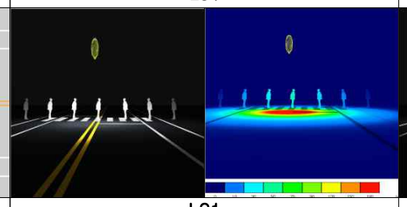
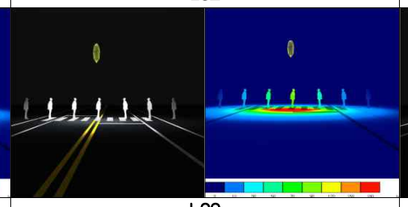
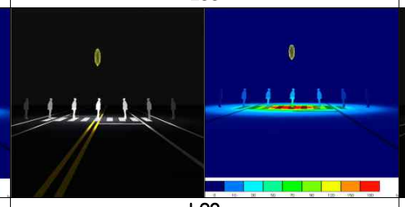
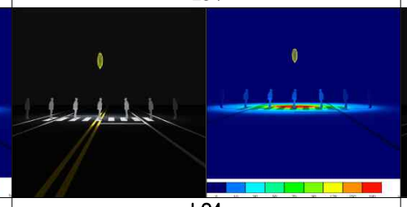
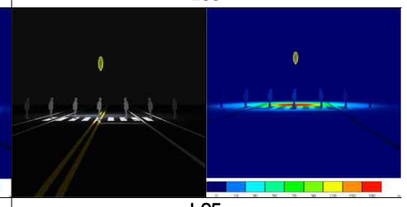
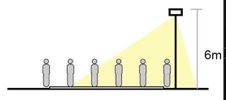
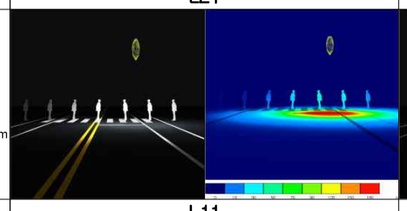
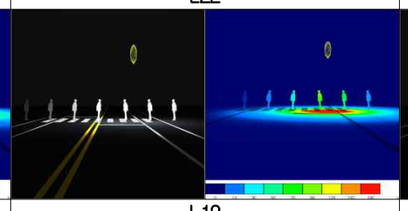
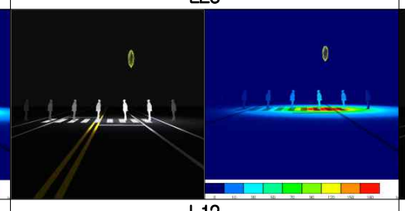
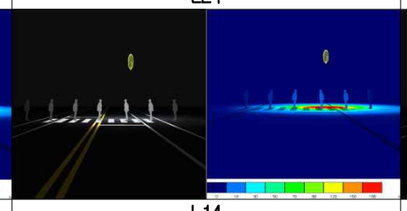
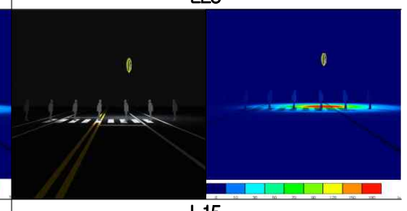
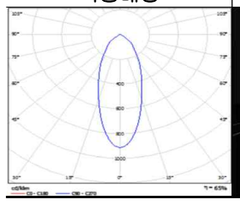
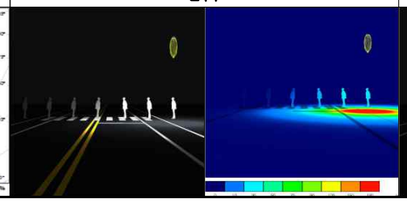
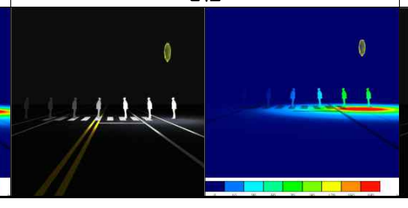
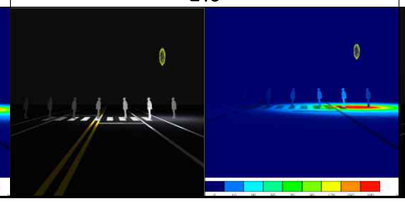
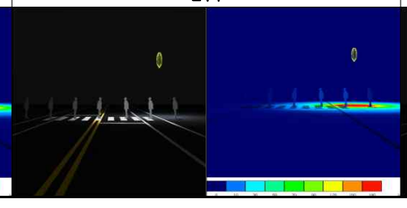
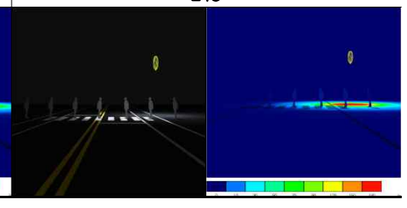
○ 광각배광 적용, 설치높이 4.5m

<표 2-42> 시뮬레이션 검토 (광각배광 적용, 설치높이 4.5m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (광각배광 적용, 설치높이 4.5m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

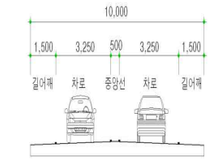
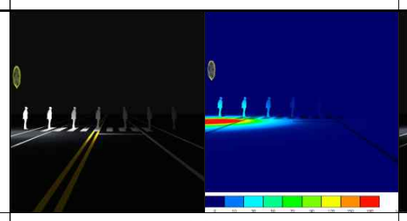
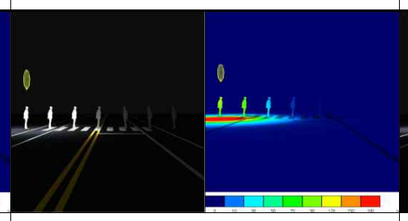
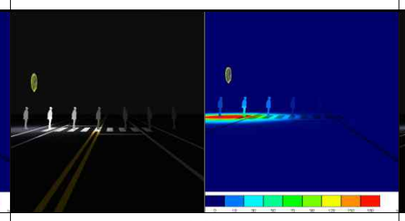
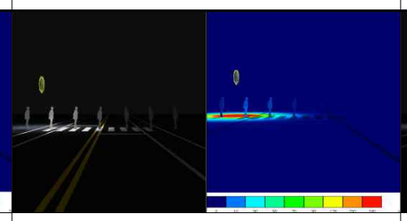
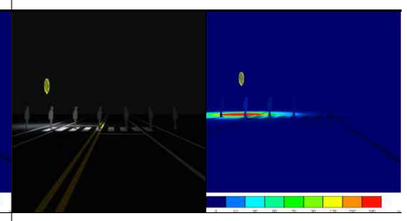
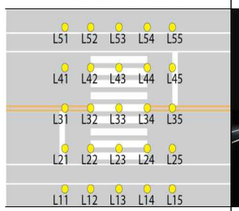
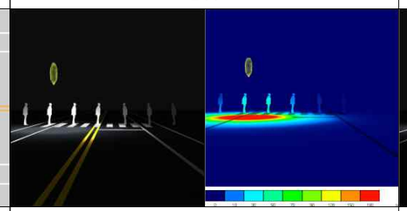
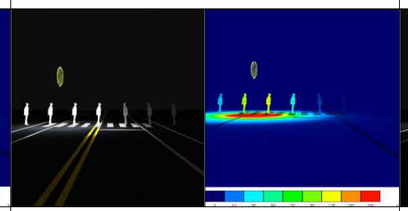
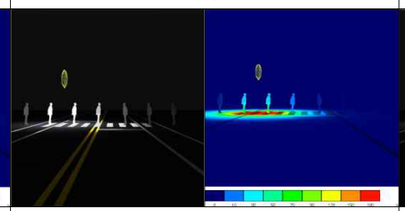
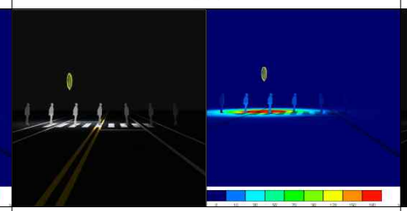
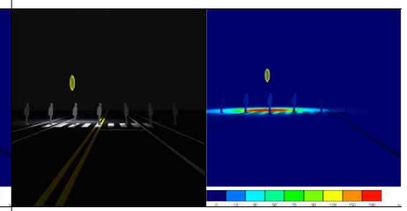
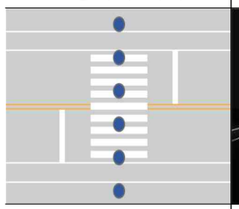
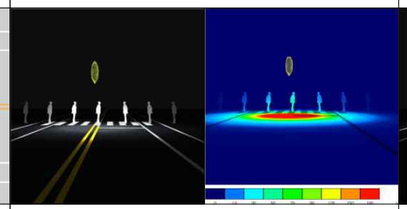
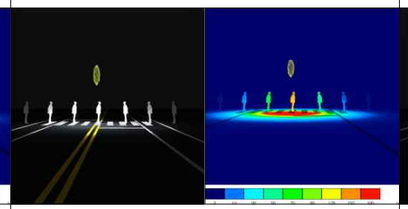
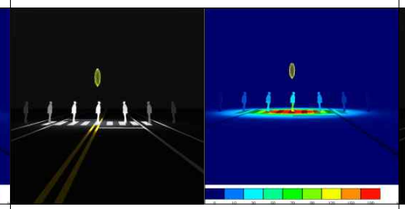
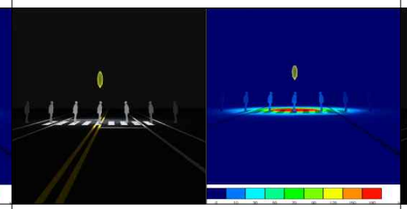
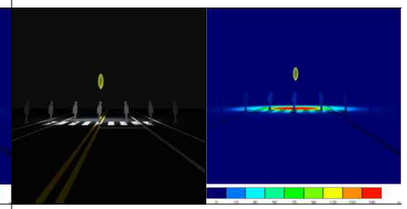
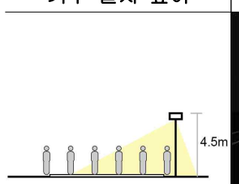
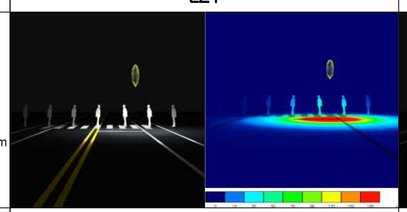
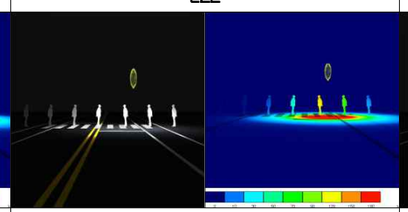
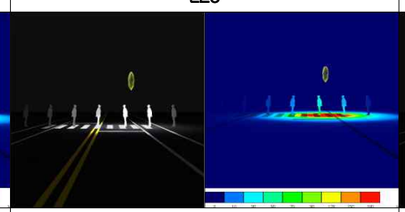
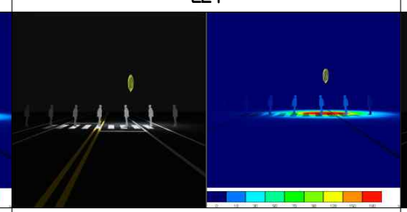
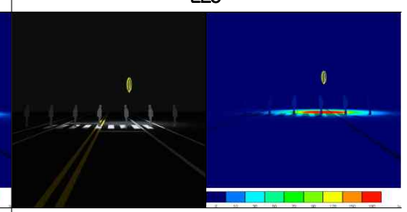
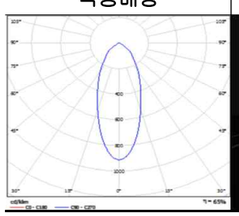
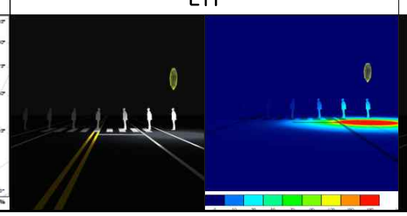
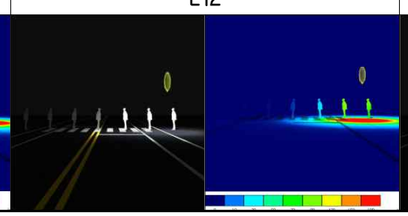
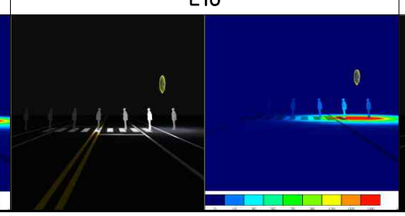
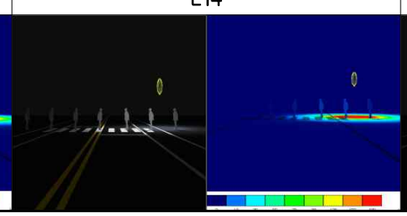
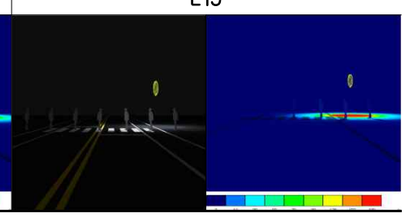
○ 중각배광 적용, 설치높이 6.0m

<표 2-43> 시뮬레이션 검토(중각배광 적용, 설치높이 6.0m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (중각배광 적용, 설치높이 6m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

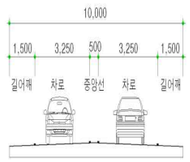
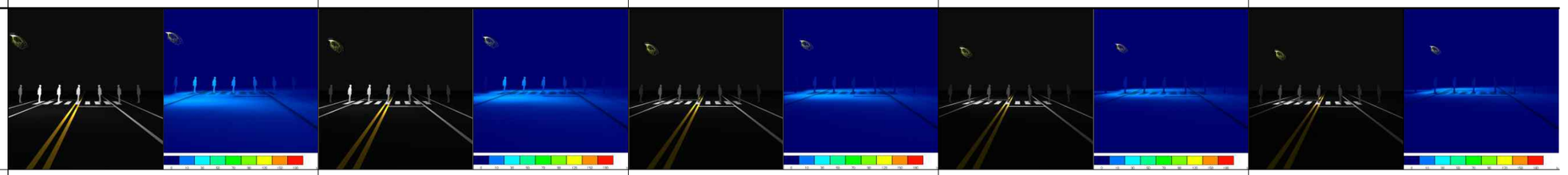
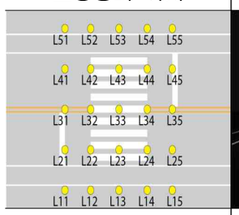
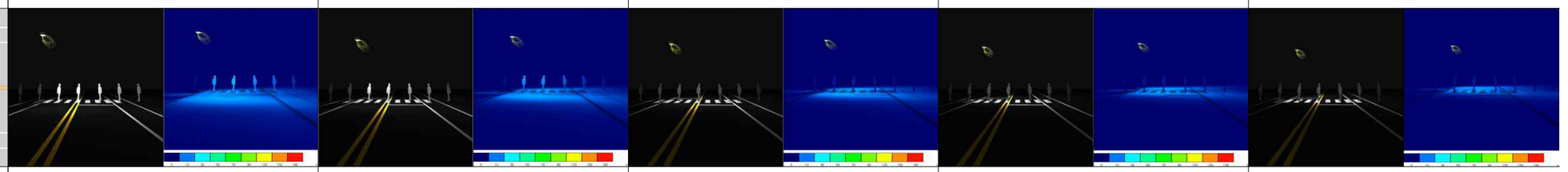
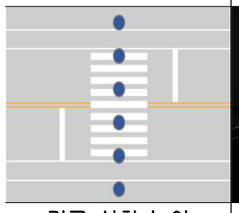
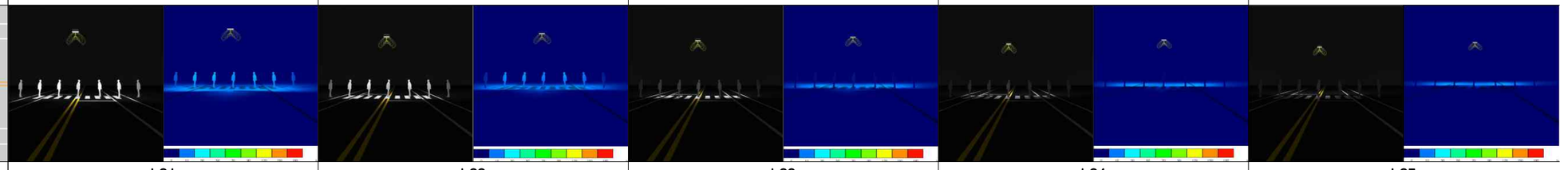
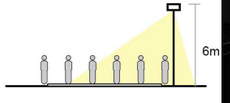
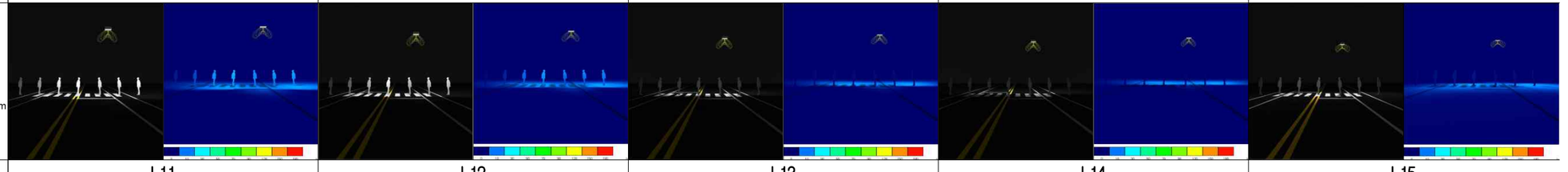
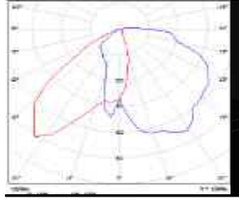
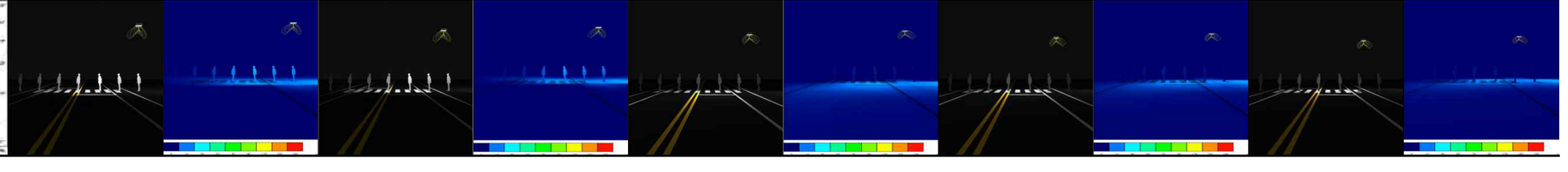
○ 중각배광 적용, 설치높이 4.5m

<표 2-44> 시뮬레이션 검토 (중각배광 적용, 설치높이 4.5m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (중각배광 적용, 설치높이 4.5m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

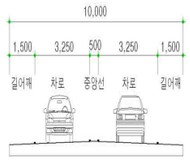
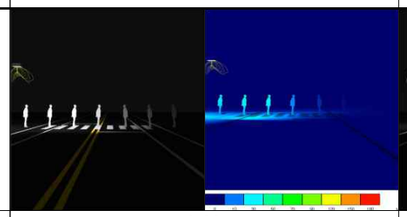
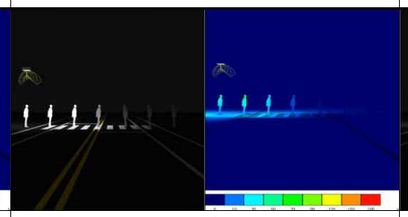
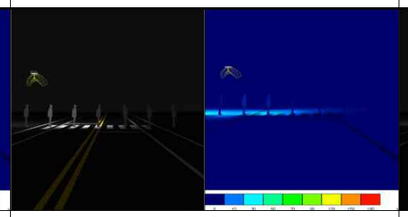
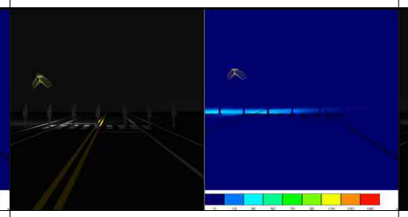
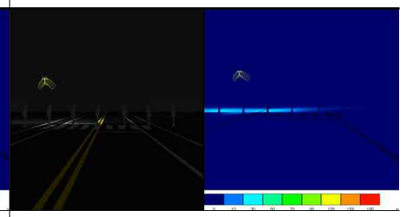
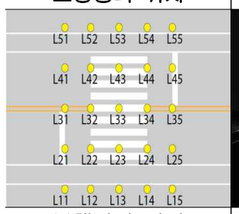
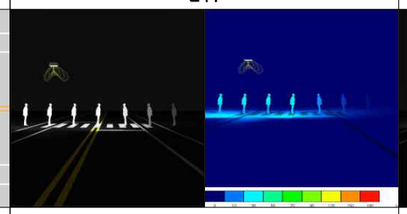
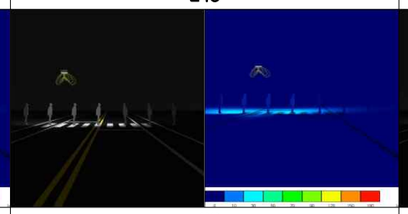
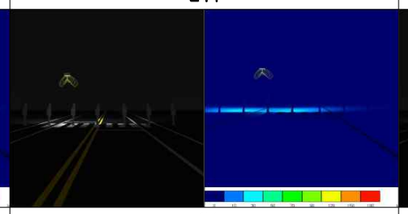
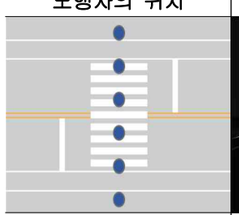
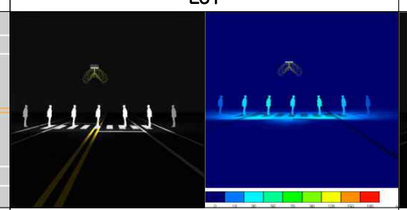
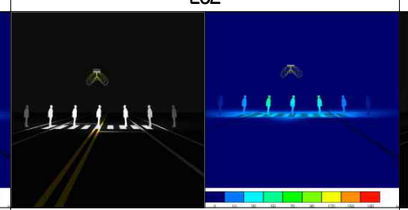
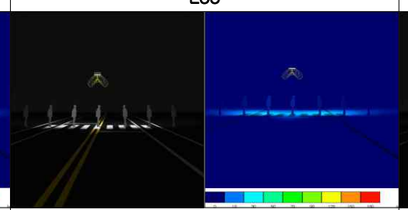
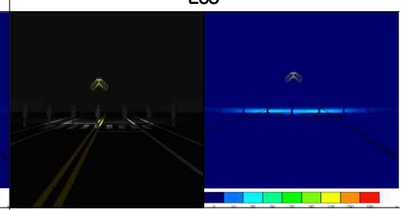
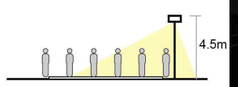
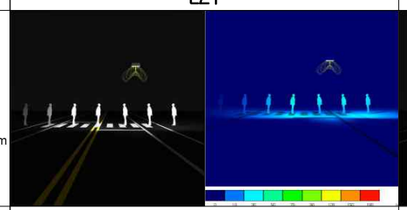
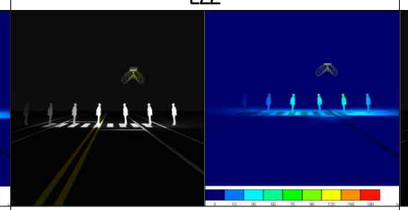
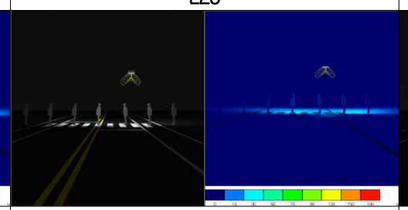
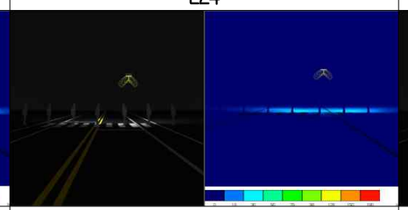
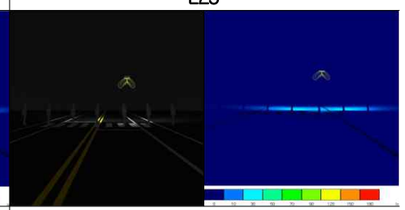
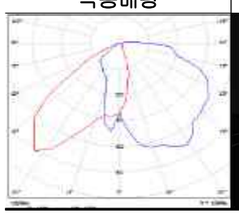
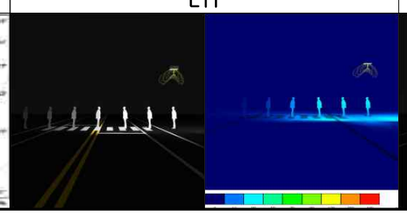
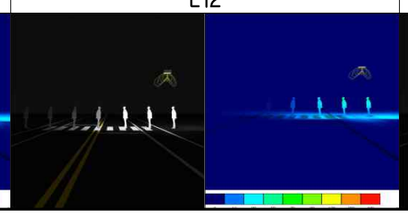
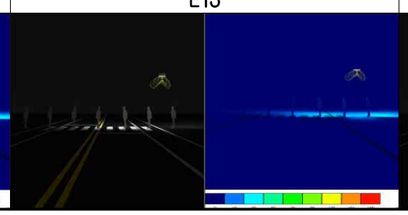
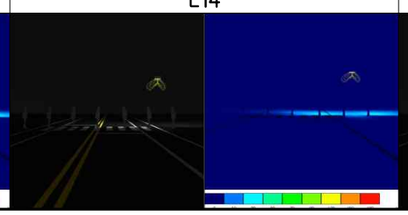
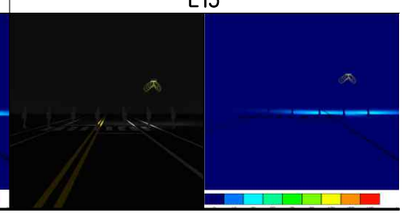
○ 4면 비대칭배광 적용, 설치높이 6.0m

<표 2-45> 시뮬레이션 검토(비대칭배광 적용, 설치높이 6.0m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (비대칭배광 적용, 설치높이 6m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

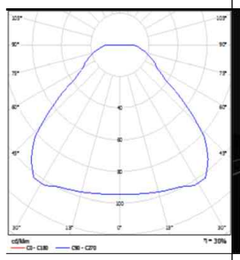
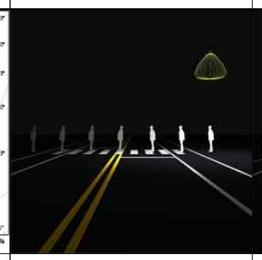
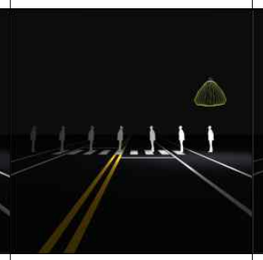
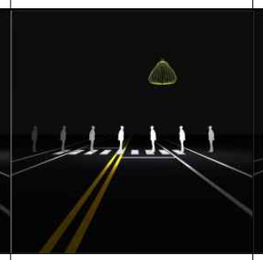
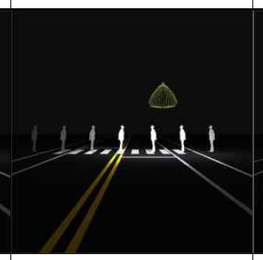
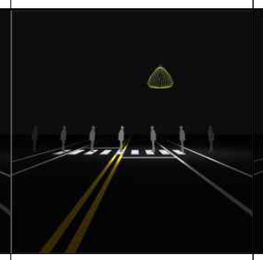
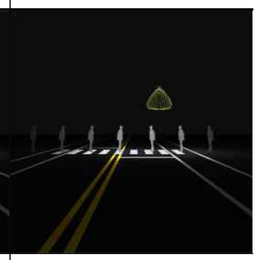
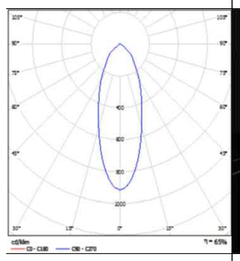
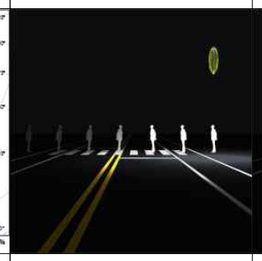
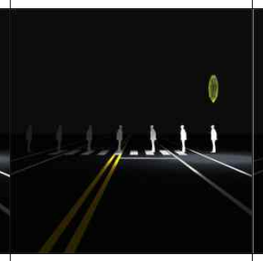
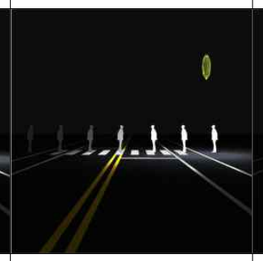
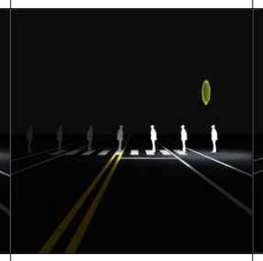
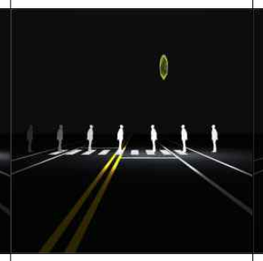
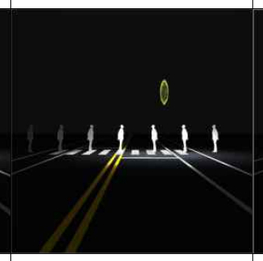
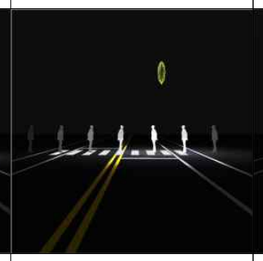
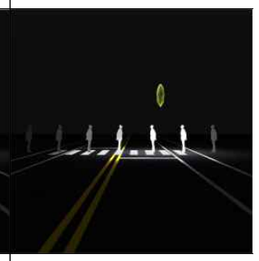
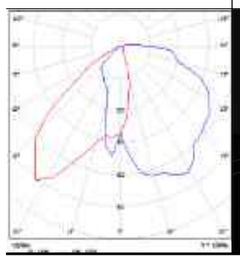
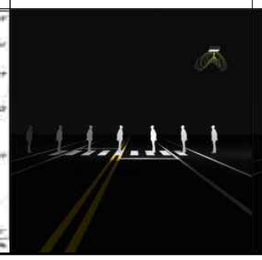
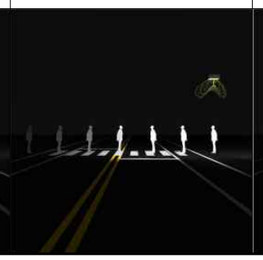
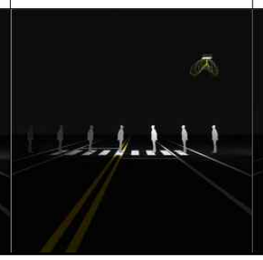
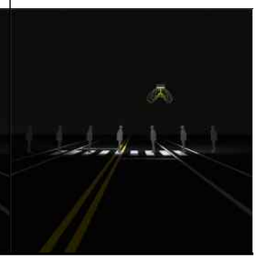
○ 4면 비대칭배광 적용, 설치높이 4.5m

<표 2-46> 시뮬레이션 검토(비대칭배광 적용, 설치높이 4.5m)

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 (비대칭배광 적용, 설치높이 4.5m)				
도로표준횡단면	L51	L52	L53	L54	L55
					
조명등의 위치	L41	L42	L43	L44	L45
					
보행자의 위치	L31	L32	L33	L34	L35
					
기구 설치 높이	L21	L22	L23	L24	L25
					
적용배광	L11	L12	L13	L14	L15
					

○ 횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 이미지 결과

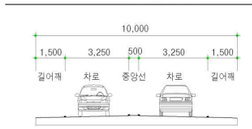
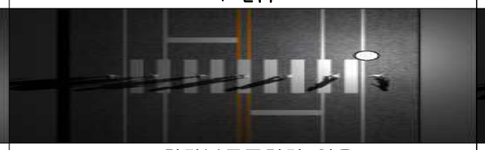
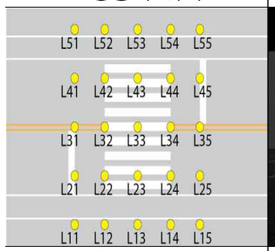
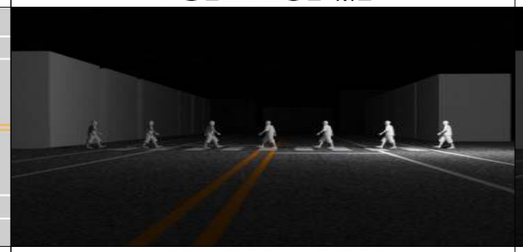
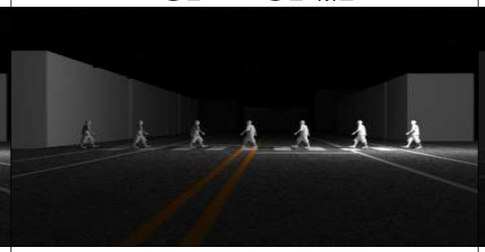
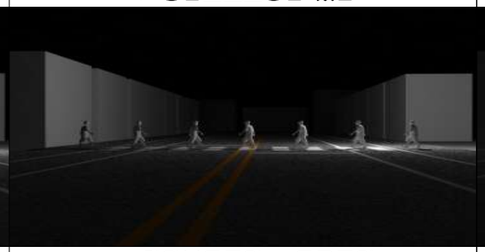
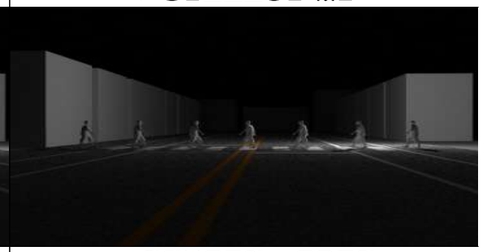
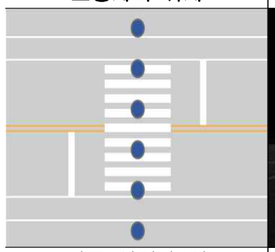
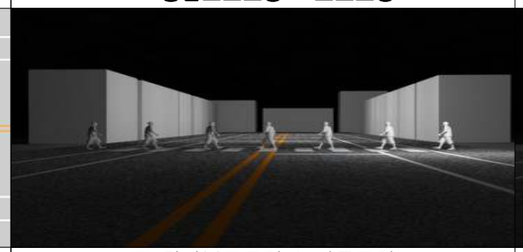
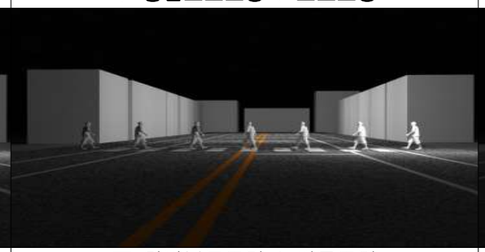
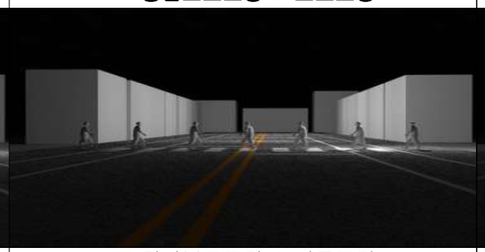
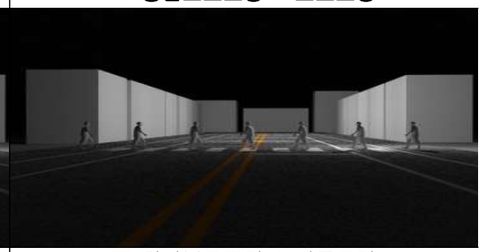
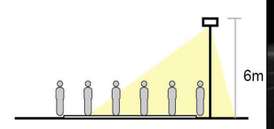
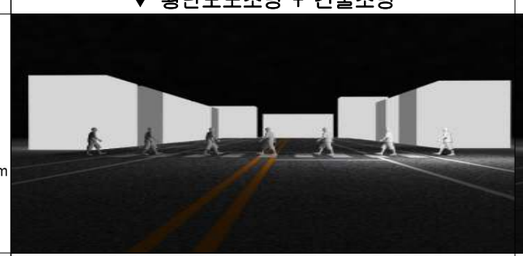
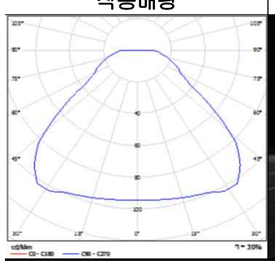
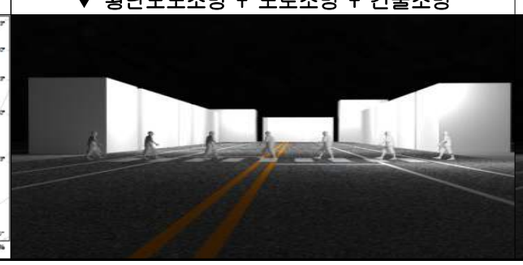
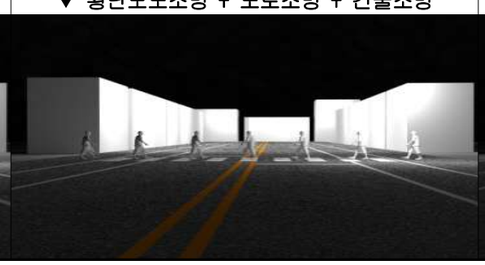
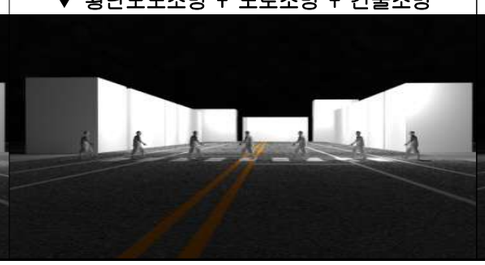
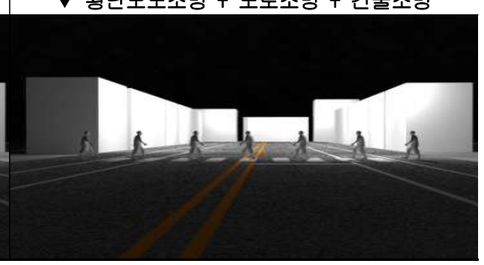
<표 2-47> 시뮬레이션 검토 결과

시뮬레이션 방법	횡단보도 시인성 평가를 위한 시뮬레이션 결과							
광각 배광	L11 (6.0m)	L11 (4.5m)	L12 (6.0m)	L12 (4.5m)	L22 (6.0m)	L22 (4.5m)	L23 (6.0m)	L23 (4.5m)
								
중각 배광	L11 (6.0m)	L11 (4.5m)	L12 (6.0m)	L12 (4.5m)	L22 (6.0m)	L22 (4.5m)	L23 (6.0m)	L23 (4.5m)
								
4면 비대칭 적용 배광	L11 (6.0m)	L11 (4.5m)	L12 (6.0m)	L12 (4.5m)	L22 (6.0m)	L22 (4.5m)	L23 (6.0m)	L23 (4.5m)
								

- 무조명구간의 횡단보도 내 각각의 조명등 위치(L11~L55)를 변경하고 높이를 6m,4.5m로 하여 보행자의 시인성을 평가한 결과 차량의 진행방향 전방에 조명등이 설치 될 때 가장 시인성이 높은 것으로 나타남(L11,12 / L21,22)
- 또한, 각각의 배광에 대한 광속값을 동일하게 주어 측정한 결과 위에서 언급한 위치에서 모든 배광이 잘 보였으며 각 배광의 특징에 따라 다소 차이는 있었음
- 무조명구간이라는 장소적 특성을 고려할 시 주변환경에 대한 영향을 배제한다면 설치위치는 차량의 진행방향 전방에 설치하는 것이 보행자 시인성 평가에 가장 좋은 것으로 판단됨

○ 배경밝기의 종류와 횡단보도등 설치위치에 따른 보행자 시인성 평가 검토

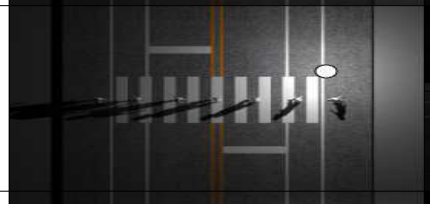
<표 2-48> 시뮬레이션 검토

시뮬레이션 방법	배경밝기의 종류와 횡단보도등 설치위치에 따른 보행자 시인성 평가			
	전방을 밝혔을 때		후방을 밝혔을 때	
도로표준횡단면	▼ L11	▼ L12	▼ L14	▼ L15
				
조명등의 위치	▼ 횡단보도조명만 있음	▼ 횡단보도조명만 있음	▼ 횡단보도조명만 있음	▼ 횡단보도조명만 있음
				
보행자의 위치	▼ 횡단보도조명 + 도로조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명
				
기구 설치 높이	▼ 횡단보도조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 건물조명
				
적용배광	▼ 횡단보도조명 + 도로조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명 + 건물조명	▼ 횡단보도조명 + 도로조명 + 건물조명
				

○ 배경 밝기의 종류와 횡단보도등 설치 위치에 따른 보행자 시인성 평가 비교(3d 렌더링)

배경이 어두운 환경에서는 보행자의 연직면이 높을수록 보행자 시인성 평가가 양호하였으나, 연속조명이 있는 밝은 배경휘도에서는 오히려 보행자가 어두워야 잘 보인다. 따라서, 횡단보도 조명을 설치하기에 앞서 반드시 배경휘도에 대한 검토가 이루어져야 할 것이라 판단됨

<표 2-49> 시뮬레이션 검토

	추가등 위치	배경어두움	배경 밝음	배경 아주 밝음
L15				
L14				
L12				
L11				

나. 예비 테스트

(1) 측정 목적

컴퓨터 시뮬레이션을 통해 횡단보도 조명의 시인성 평가를 하였으며, 그 결과 설치위치, 높이 등에 대한 최적의 변수를 찾았다. 이를 토대로 실제 환경에서 이 변수들을 검증하는 단계로 온로드테스트를 실시하였으며, 5가지 배광유형을 갖는 제품을 선별하여 배광검토를 통해 횡단보도 영역과 보행자 인식에 대한 실험을 실시하였으며 5가지 실험 배광으로 횡단보도 보행자 안전을 위한 최적의 횡단보도 조명환경을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 측정 장소 및 일정

○ 장소적 특성

예비 테스트 선정 정소는 외부의 직·간접적으로 영향을 주는 빛이 없는 지역으로 무조명구간을 전제로 한다(가로등은 소등된 상태임)

<표 2-50> 현장모습

주간 현장모습	야간 현장모습
	

예비 테스트 측정은 2012년 11월 12일 ~ 16일까지 인천시 영종도 운북경제자유구역 내 횡단보도가 설치된 직선도로에서 수행하였다.



<그림 2-24> 횡단보도 측정 장소

○ 요일별 측정 등기구 일정

<표 2-51> 요일별 측정 등기구

11월12일(월)	11월13일(화)	11월14일(수)	11월15일(목)	11월16일(금)
측정 준비	S사 LED등	O사 LED등	I사 LED등 (수평)	기구물 해체 및 복귀
	LED볼라드등	I사 LED등 (틸트)	차량헤드램프	

(3) 측정 장비 및 방법

○ 측정 장비

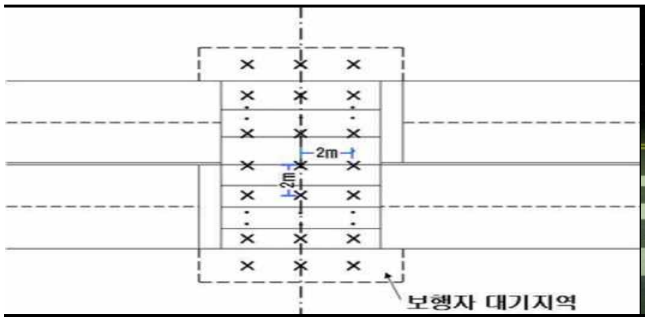
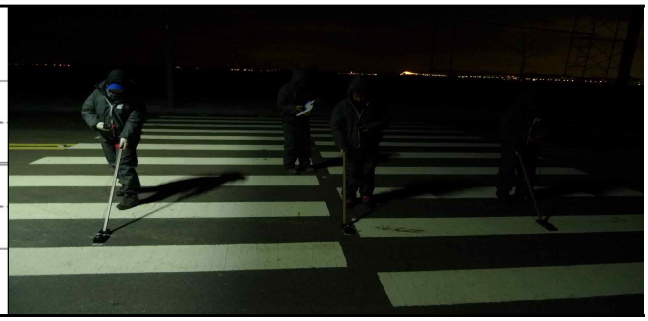
<표 2-52> 측정 장비 리스트

조도측정 (수평, 연직)	휘도측정 및 보행자 시인성 평가	반사율 측정
		
· T-10 (MINOLTA), MAVOLUX5032 (Gossen)	· LMK (Technoteam)	· CM-2500d (MINOLTA)
· 수평면조도/연직면조도	· 횡단보도 평균노면휘도	· 도로노면/횡단보도선 반사율
· 연직면 조도 측정용 거치대	· 삼각대거치	

○ 측정방법

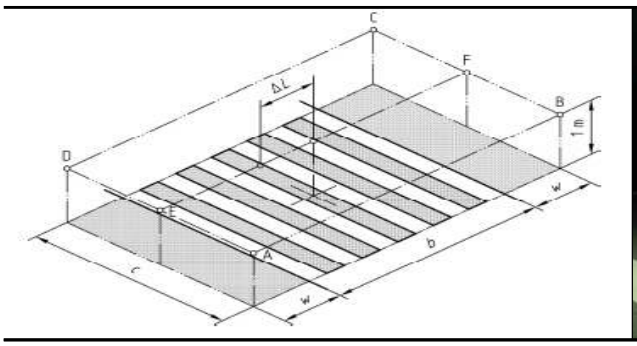
측정 방법은 각각의 조명등 설치 높이에 대한 수평면, 연직면조도, 횡단보도 수평면 조도를 측정하였으며, 수평면조도는 도로안전시설설치 및 관리지침에 명시된 횡단보도 조명기준 조도측정법을 이용하여 측정하였다(<표 2-53>).

<표 2-53> 수평면 조도 측정

수평면 조도측정	
	

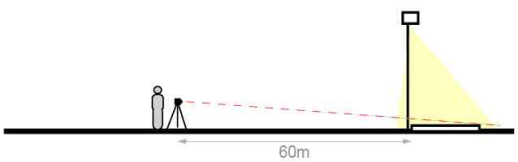
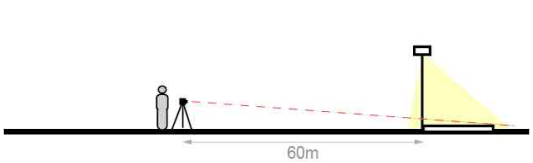
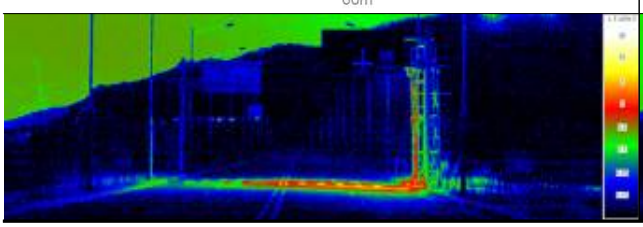
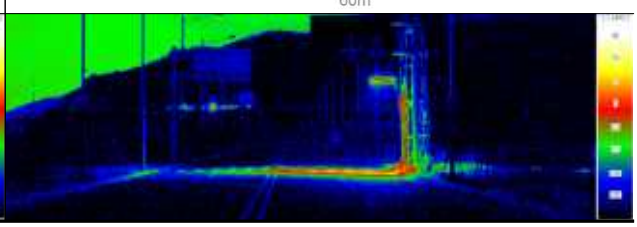
횡단보도 연직면조도 측정은 국내에 관련기준이 없는 관계로 독일기준(DIN67523-2)에 명시된 연직면 조도 측정법을 이용하여 측정하였다(<표 2-54>).

<표 2-54> 연직면 조도측정

연직면 조도측정	
	

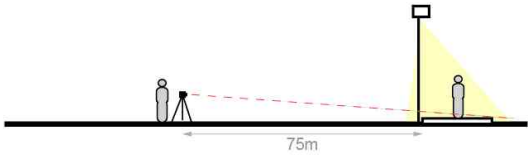
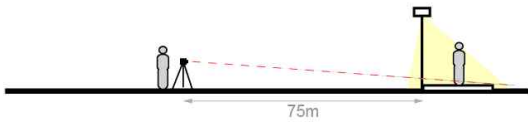
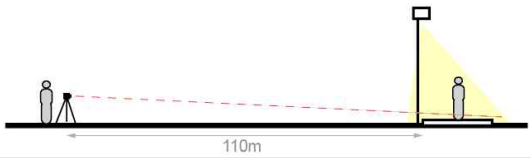
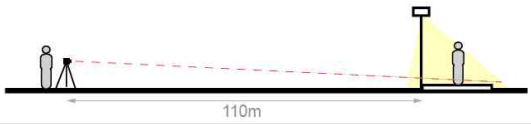
횡단보도 평균노면휘도 측정은 각각의 조명등 설치높이에 대한 횡단보도 영역의 평균노면휘도를 측정하였다(<표 2-55>).

<표 2-55> 평균노면휘도 측정

설치높이 6m	설치높이 4.5m
	
	

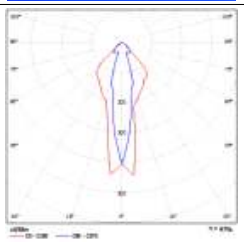
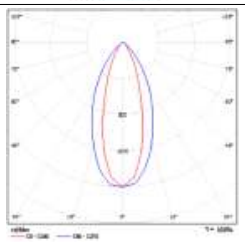
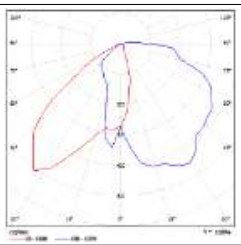
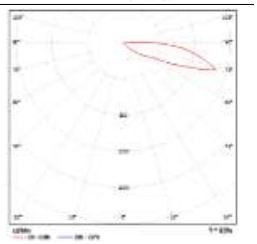
보행자 시인성 평가는 정지시거 75m(설계속도 60km/h)와 정지시거 110m(설계속도 80km/h) 설치높이를 6m(신호등 높이)와 4.5m(건축한계선 높이)로하여 각각 보행자 시인성을 평가하였다(<표 2-56>).

<표 2-56> 보행자 시인성 평가

정지시거	설치높이 6m	설치높이 4.5m
75m		
110m		

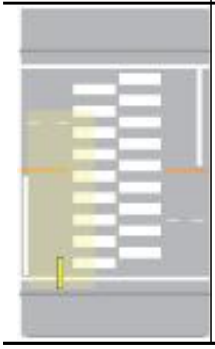
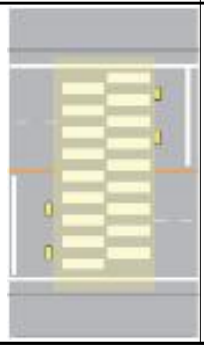
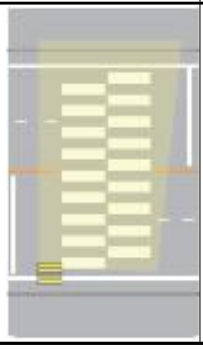
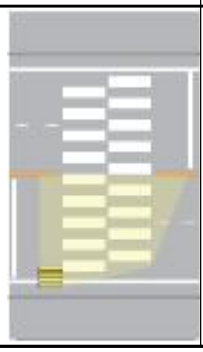
측정 등기구는 5가지 배광유형을 갖은 제품을 선별하여 배광검토를 하여 횡단보도 영역과 보행자 인식에 대한 실험을 실시하였다(<표 2-57>).

<표 2-57> 측정 등기구

설치높이	6.0m/4.5m		6m	1.0m
측정기구	S사	O사	I사	볼라드등
기구용량	LED 60W	LED 90.3W	LED120W	LED 9W
기구이미지				
기구배광				
내용	· 후사광 없음 · 3 면 비대칭 배광(좌우대칭)	· 축대칭 배광	· 4면 비대칭 배광 · 4개의 unit으로 구성	· 후사광 없음 · 도로용 볼라드 (노면집중형) · 3면 비대칭 배광

측정 등기구 배치에 따라 횡단보도에 미치는 영향을 분석하였다. <표 2-58>은 5개 등기구에 대한 배치 현황을 나타낸 것이다.

<표 2-58> 측정 등기구 배치

S사	O사		I사(틸트)	I사(수평)	볼라드
측정기구수량	1개	4개	Unit 4개	Unit 4개	4개
					

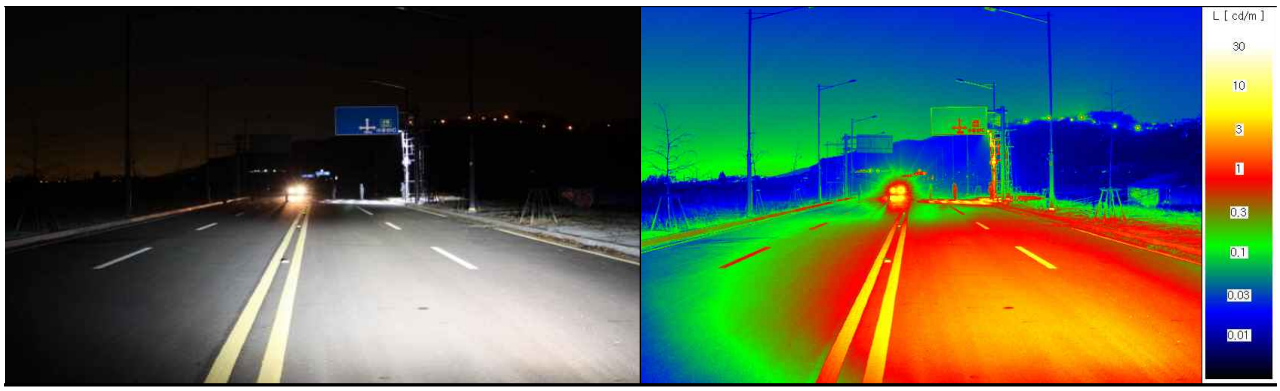
○ 추가 검토 사항 측정 방법

- 차량헤드램프 영향 측정

· 양방향 20m, 40m, 75m, 110m 지점에 2대의 차량을 놓고 각 위치를 변경하여 차량헤드램프가 보행자 인식에 어떤 영향을 미치는 지를 측정함 (40m는 차량 헤드램프의 유효거리, 75m와 110m는 설계속도에 따른 정지시거임)(<표 2-59>)

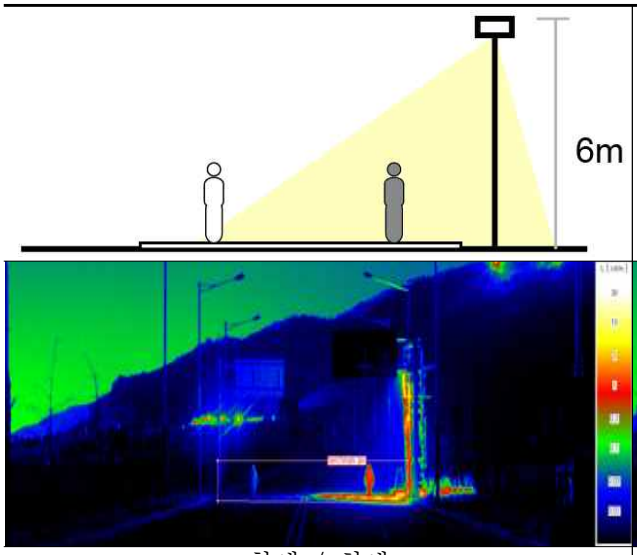
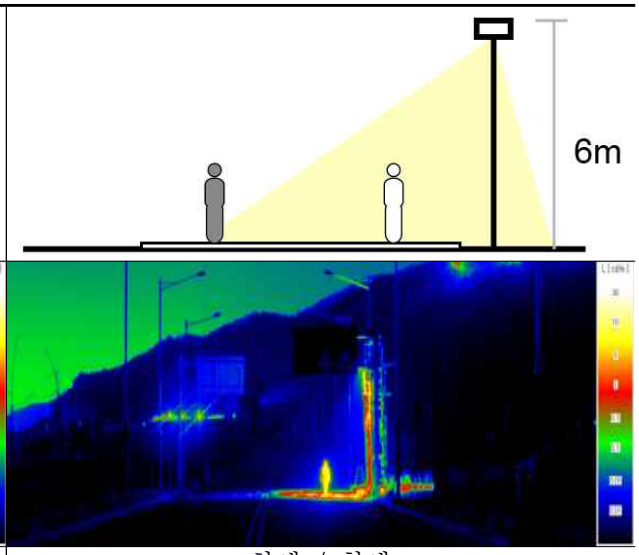
<표 2-59> 차량헤드램프 영향측정

양방향 차량헤드램프 영향 측정



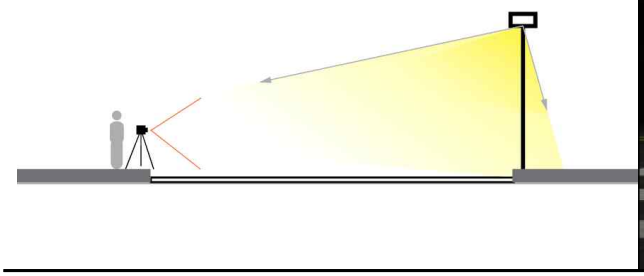
- 보행자의 색상에 따른 대비 : 흰 의복과 회색의복의 보행자 색상 대비에 대한 조명등의 영향과 보행자 인식에 대한 실험(<표 2-60>)

<표 2-60> 보행자의 색상에 따른 대비

의복 색상이 시인성에 미치는 영향	
	
흰색 / 회색	회색 / 흰색

보행자 대기지역에서 바라본 조명등의 눈부심 검토는 각 조명등이 보행자 대기지역에서 보행자의 눈부심에 얼마큼 영향을 미치는지에 대한 실험을 통하여 도출하였다(<표 2-61>).

<표 2-61> 보행자 눈부심 영향

보행자 눈부심 영향	
	

(4) 수평면 조도 측정 결과

S사의 LED등과 O사의 LED등으로 설치높이에 따른 조도값을 비교하였으며, 비교 결과 4.5m보다 6m에서 수평면 조도값이 더 높게 측정되었으나 그 차이는 미미하며 설치의 편의성·유지관리성·경관성을 등을 고려한다면 높이가 낮을수록 유리할 것으로 판단됨. 높이 변화에 따른 눈부심은 차이는 없었다. 비면대칭 배광인 O사의 LED등의 경우 1개 설치시 보다 4개 설치시 4배 이상의 조도값이 측정되었는데 이는 4개의 등기구를 횡단보도방향으로 틸트(Tilt)시켜 횡단보도 영역에 집중시킨 결과로 판단된다.

I사의 LED등의 경우 4개의 unit를 각각 틸트(Tilt) 시킨 것과 노면과 수평으로 맞춰 비교하였을 경우 동일한 용량으로도 틸트(Tilt) 시킨 등기구가 횡단보도 영역에 넓게 분포되어 평균조도값 및 최소조도값을

상승시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 그러나, 조명기구를 틸트(Tilt) 시킬 경우 반대편 보행자 시야에 광원이 직접적으로 투사되어 눈부심을 유발하였으며, 운전자 및 보행자의 눈부심 영향을 고려할 경우 횡단보도 조명기구를 틸트(Tilt) 시키는 방식은 지양해야 할 것이며, 노면과 수평방향으로 하되 횡단보도 영역 전체로 빛이 고르게 투사되도록 배광이 개발되어야 효율적인 조명기구가 될 것이라 판단된다.

<표 2-62> 수평면조도 결과값

설치높이	조도 (lx)	S사	O사		I사(틸트)	I사(수평)	볼라드
		1개	1개	4개	unit 개	unit 4개	4개
6.0m	평균	6.4	5.3	199.3	32.2	20.8	-
	최소	0.3	0.3	32.2	5.2	0.0	-
4.5m	평균	4.7	4.5	-	-	-	-
	최소	0.1	0.2	-	-	-	-
1.0m	평균	-	-	-	-	-	5.1
	최소	-	-	-	-	-	0.1

(5) 연직면조도 측정 결과

O사의 LED등 4개와 볼라드 4개는 양방향 대칭으로 설치되어 연직면조도가 양방향 유사하게 측정되었으나 그 외의 조명기구의 경우 한 방향에만 설치되어 양방향 측정 시 연직면조도 값이 상이한 결과가 나타났다. 양방향 수직조도 값이 유사하게 측정되기 위해서는 양방향에 모두 횡단보도 추가등을 설치하는 것이 바람직하다. 독일의 횡단보도 기준(DIN 67523-1)의 경우 모든 평가점에서 최소 4lx 이상 유지되어야 한다고 명시하고 있으나, 기준에 대한 측정법이 나라별로 다르기 때문에 기준치 적용에 대해서는 추후 세부적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

<표 2-63> 연직면조도 결과값

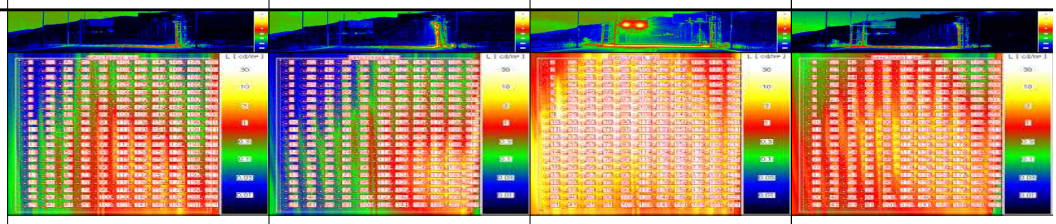
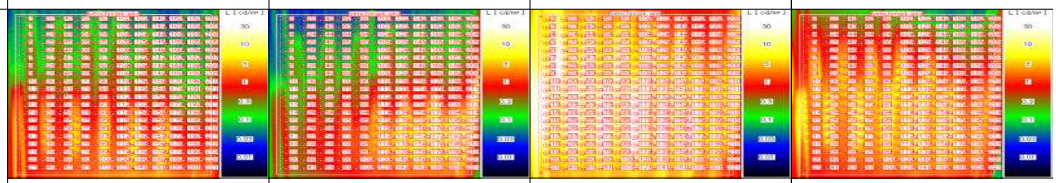
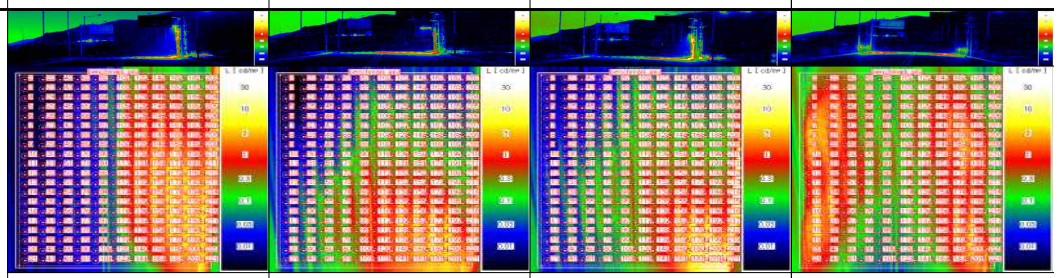
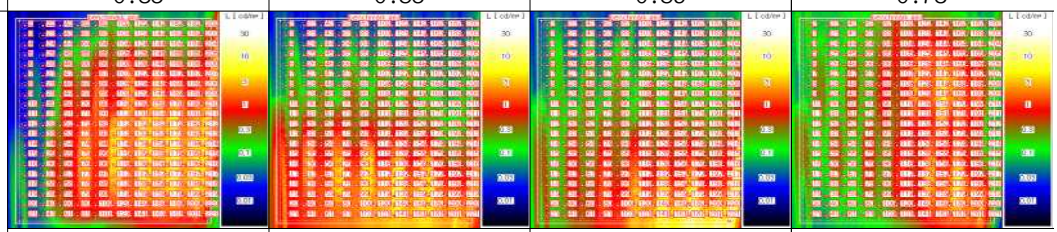
설치 높이	조도 (lx)	S사		O사				I사(틸트)		I사(수평)		볼라드	
		1개		1개		4개		unit 4개		unit 4개		4개	
		◀	▶	◀	▶	◀	▶	◀	▶	◀	▶	◀	▶
6m	평균	4.2	0.5	8.0	1.0	99.9	101.5	32.5	3.0	18.0	1.7	-	-
	최소	0.2	0.1	0.3	0.1	2.6	2.2	2.3	0.2	0.1	0.1	-	-
4.5m	평균	3.8	0.4	12.6	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	최소	0.2	0.1	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
1m	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	1.5
	최소	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.4

*◀,▶는 각 연직면조도의 측정방향임

(6) 평균노면휘도 측정 결과

주행방향에서 횡단보도 전체영역에 해당되는 4차선 영역과 주행방향영역에 해당되는 2차선 영역을 측정 비교하였다. 도로조명은 주행방향 영역에 대한 평가를 하나 횡단보도는 도로와 달리 주행방향의 차선만 고려하면 안 될 것으로 판단된다. 운전자 시야에서는 반대차선의 횡단보도 영역도 중요한 요소가 될 수 있으므로 반드시 횡단보도 전체 영역에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다. 그러나 평균노면휘도의 경우 조망거리에 따라 노면반사율, 횡단보도 표시선의 반사율 등의 변수로 인해 그 값이 변동될 수 있으므로 정량화하기 어려운 단점을 가지고 있으나, 횡단보도가 도로에 있는 시설로서 연속된 도로와의 휘도대비는 검토되어야 할 사항이라고 판단된다.

<표 2-64> 평균노면휘도 결과

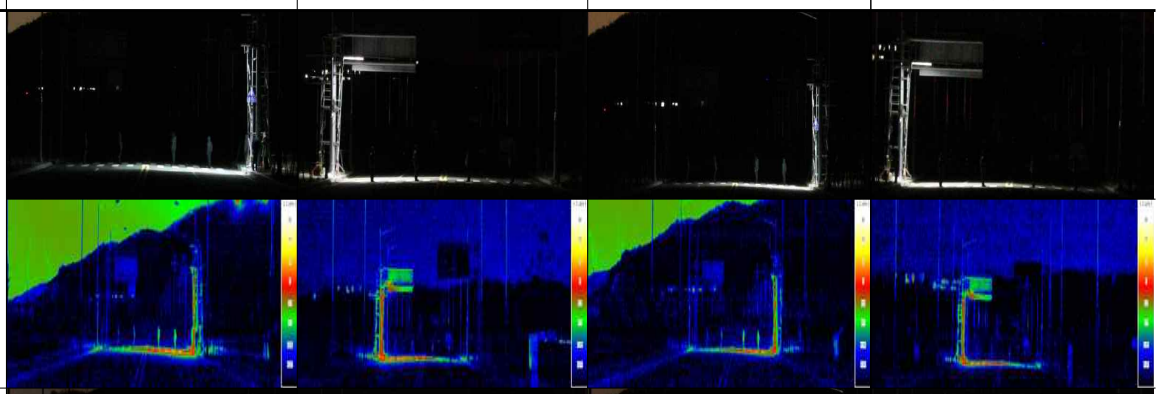
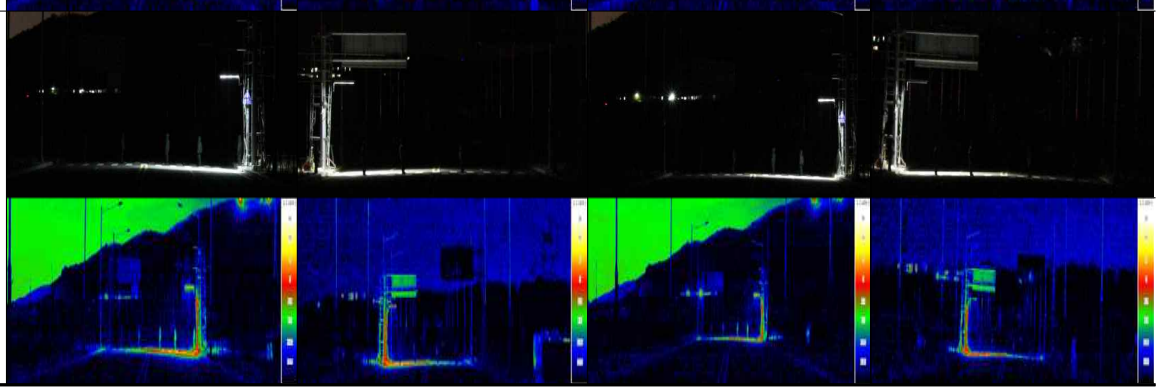
설치 높이	휘도 (cd/㎡)	S사	O사		I사(틸트)
		1개	1개	4개	unit 4개
6m	4차로 영역				
		0.66	0.80	12.73	2.19
	2차로 영역				
		0.92	1.40	12.24	2.71
설치 높이	휘도 (cd/㎡)	I사(수평)	S사	O사	볼라드
		unit 4개	1개	1개	4개
4.5m	4차로 영역				
		0.83	0.53	0.59	0.78
	2차로 영역				
		1.34	0.92	0.70	0.74

* 횡단보도 평균노면휘도는 4치선(전체차선)과 2차선(주행방향차선)으로 범위를 분류하여 측정함

(7) 보행자 시인성 측정 결과

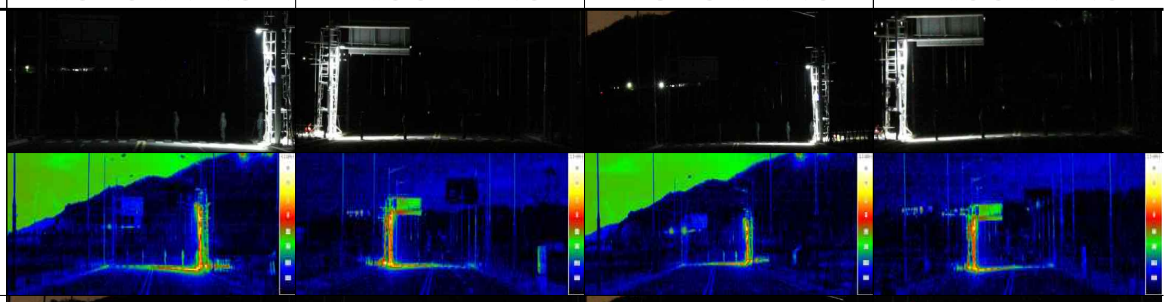
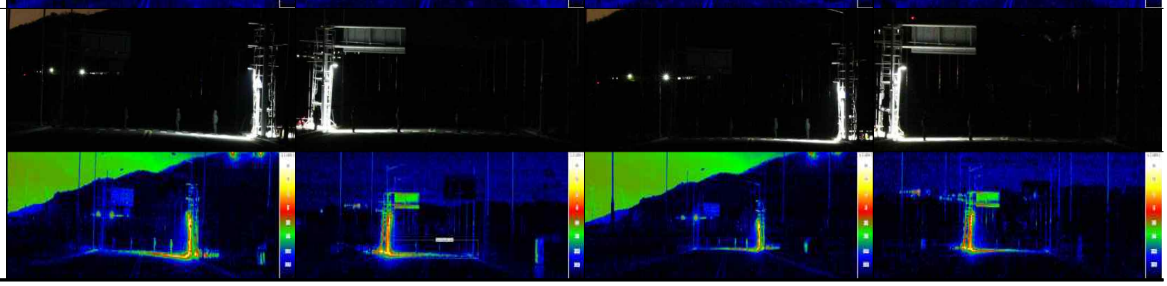
보행자 시인성 평가는 각각 설치 높이 6m/4.5m에서 측정하였으며, 6m높이에서 보행자 휘도가 더 높게 측정되나 차이는 미미하다. 측정지점은 규정 속도 60km/h에서 75m지점의 정지시거와 80km/h에서 110m 지점에서 실시하였으며 횡단보도 전체영역에 대해서 고른 배광을 나타내지 못한 것이 특징이다.

<표 2-65> S사(1개) 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	S사 (1개)			
	정지시거 75m		정지시거 110m	
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
6m				
4.5m				

장소적 특성상 배경휘도가 낮아 횡단보도 주행방향 전방에 설치되는 것이 보행자 인지에 유리하며, 반대방향에서는 보행자 인지가 거의 되지 않았으며 주행전방 설치시와 반대방향에 대한 보행자 시인성 평가에서는 동일한 수평조도 환경에서라도 보행자에 대한 조명의 영향 즉 연직면조도가 고려되지 않을 경우 보행자가 인지되지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서, 보행자가 잘 보이기 위한 조건을 마련하기 위해서는 연직면조도에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

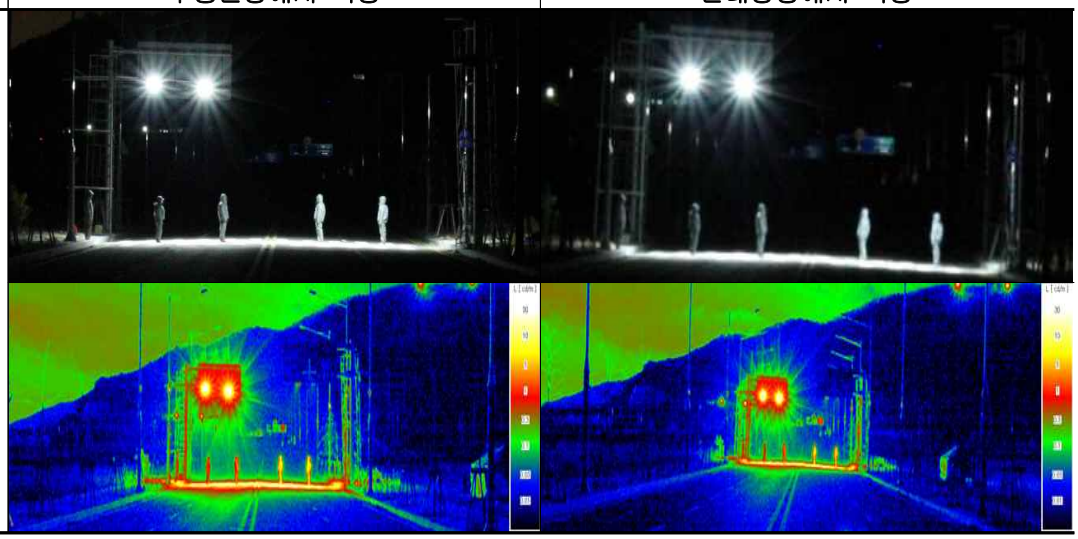
<표 2-66> O사(1개) 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	O사 (1개)			
	정지시거 75m		정지시거 110m	
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
6m				
4.5m				

면대칭 배광으로 틸트(Tilt)없이 수평으로 설치할 경우 기구를 중심으로 노면에 상하좌우로 빛이 분포됨으로써 원하지 않는 영역으로 손실되는 빛이 존재하며 보행자 시인성 평가에 있어서 조명기구 바로 아래의 보행자 시인성 평가는 높으나 반대차로는 매우 낮게 나타났다.

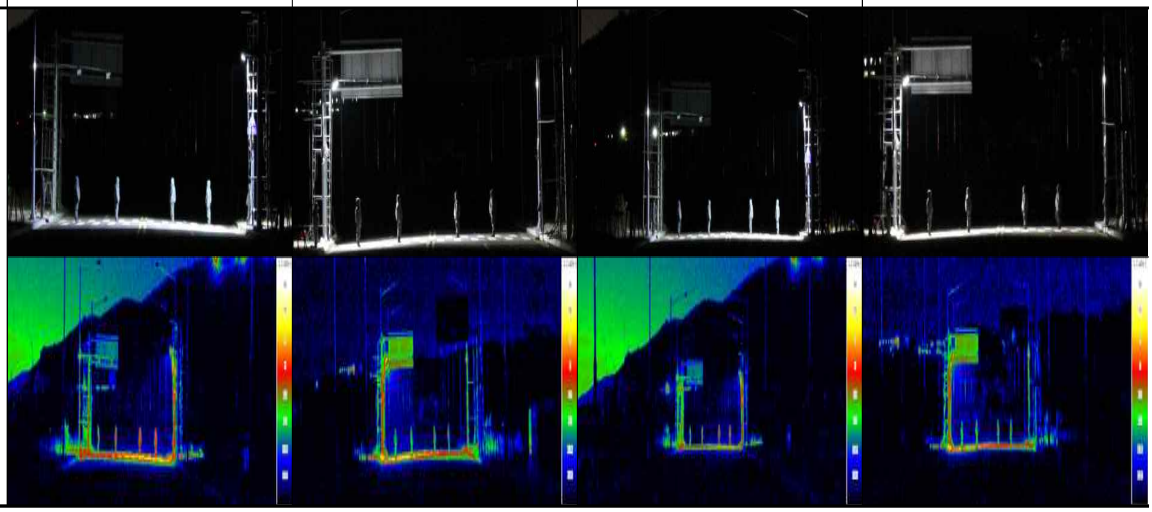
현재 횡단보도 조명으로 많이 이용되는 방식으로 횡단보도 영역에 대한 밝기와 보행자 시인성 평가의 기능은 좋으나 보행자와 운전자에게 눈부심을 유발하는 단점이 있다.

<표 2-67> O사(4개) 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	O사 (4개)	
	정지시거 75m	정지시거 110m
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
6m		

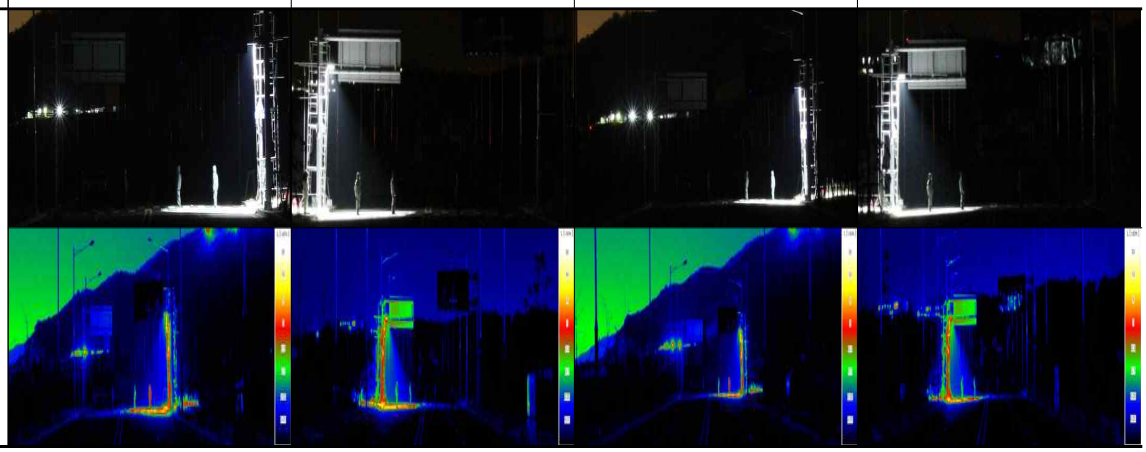
I사의 틸트된 LED등은 횡단보도 전체 영역으로 빛이 고르게 분포되며 프로빔 방식으로 운전자 시야에서의 눈부심이 거의 없는 4면 비대칭 배광이다. 그러나 보행자 입장에서 반대차선에서 횡단 시 눈부심을 유발하는 단점이 있다. 보행자 시인성 평가에서도 전체차선에 대해서 보행자의 보임의 조건은 양호하나, 주행전방에 설치했을 경우 반대방향에 비해 더 좋은 시인성을 보였다.

<표 2-68> I사 (틸트/unit 4개) 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	I사(틸트/unit 4개)			
	정지시거 75m		정지시거 110m	
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
6m				

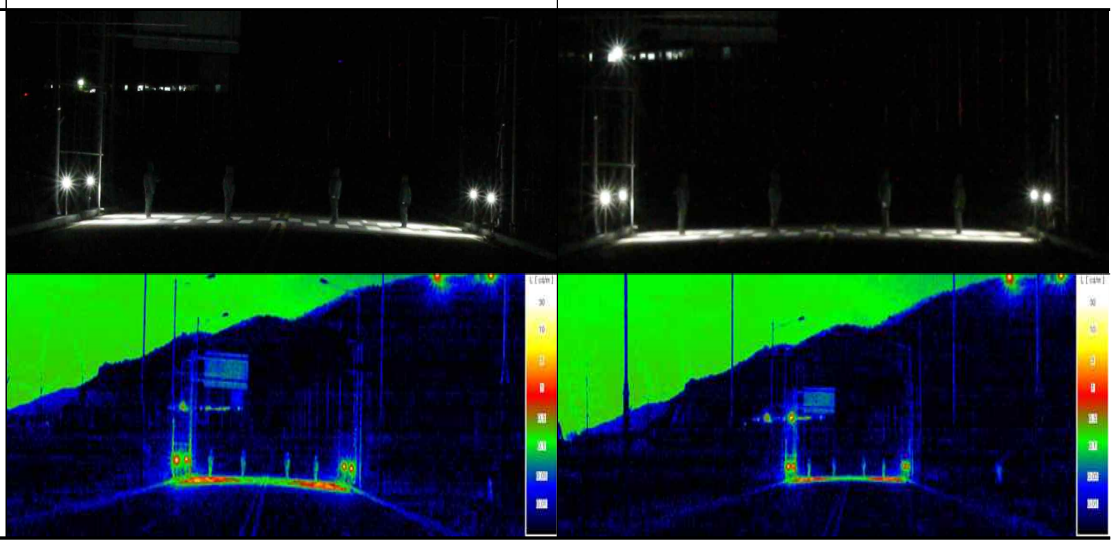
I사의 틸트된 LED등의 틸트(Tilt)된 unit을 노면과 수평이 되게 하여 측정하였다. 등기구를 중심으로 도로면과 보행로에 대칭으로 빛이 분포하고, 차량 진행방향으로 빛이 넓게 투사되는 3면 비대칭 배광의 형태를 가지고 있다. 수평한 LED등은 틸트된 LED등에 비해 배광이 좁으며 횡단보도 전체영역에 대한 보행자 시인성 평가가 어려우나 운전자, 보행자 입장에서 눈부심 영향은 거의 없었다. 설치위치에서 2차선까지만 비추는 형태로 후방으로 가는 빛을 전방으로 유도할 수 있도록 배광 개발이 된다면 최적의 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

<표 2-69> I사 (수평/unit 4개) 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	I사(수평/unit 4개))			
	정지시거 75m		정지시거 110m	
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
6m				

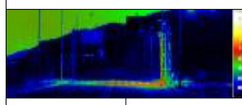
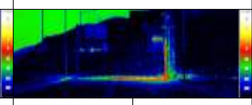
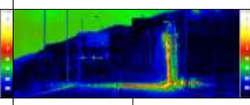
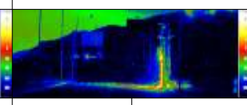
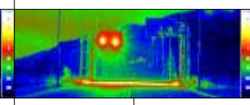
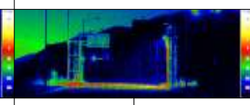
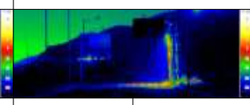
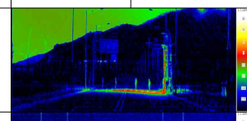
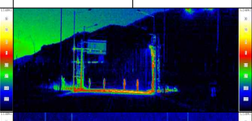
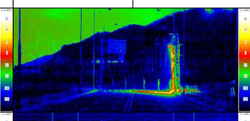
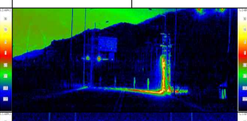
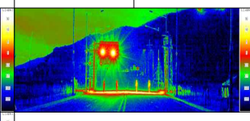
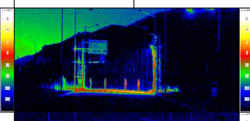
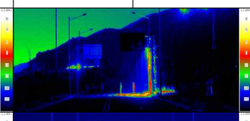
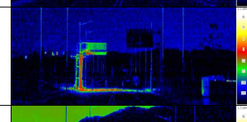
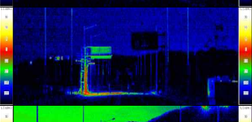
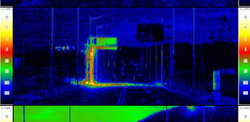
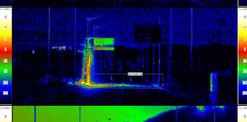
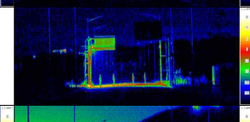
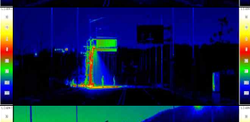
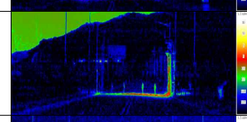
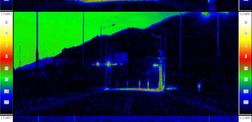
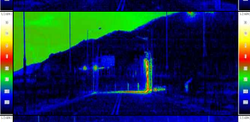
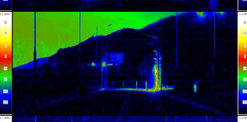
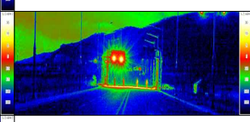
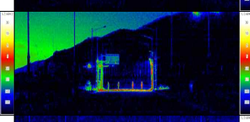
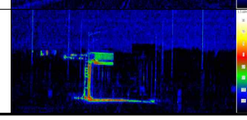
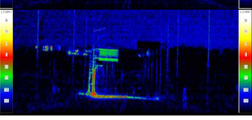
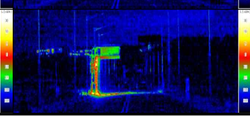
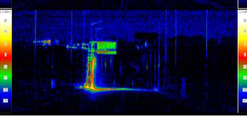
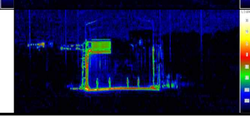
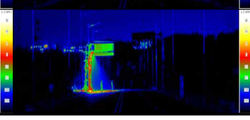
1m높이의 볼라드를 횡단보도 좌우 양쪽에 설치하여 측정하였으며 운전자의 시야에서 보행자의 무릎까지만 빛이 조사되어 보행자를 인식하는 데 어려움이 있었다.

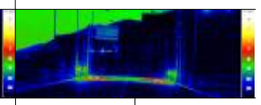
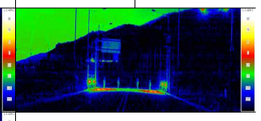
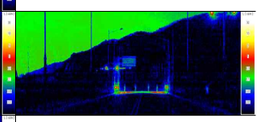
<표 2-70> 볼라드 보행자 시인성 측정 결과

설치 높이	볼라드 (unit 4개)	
	정지시거 75m	정지시거 110m
	주행전방에서 측정	반대방향에서 측정
1m		

(8) 예비테스트 측정 결과(종합)

<표 2-71> 온로드테스트 측정결과

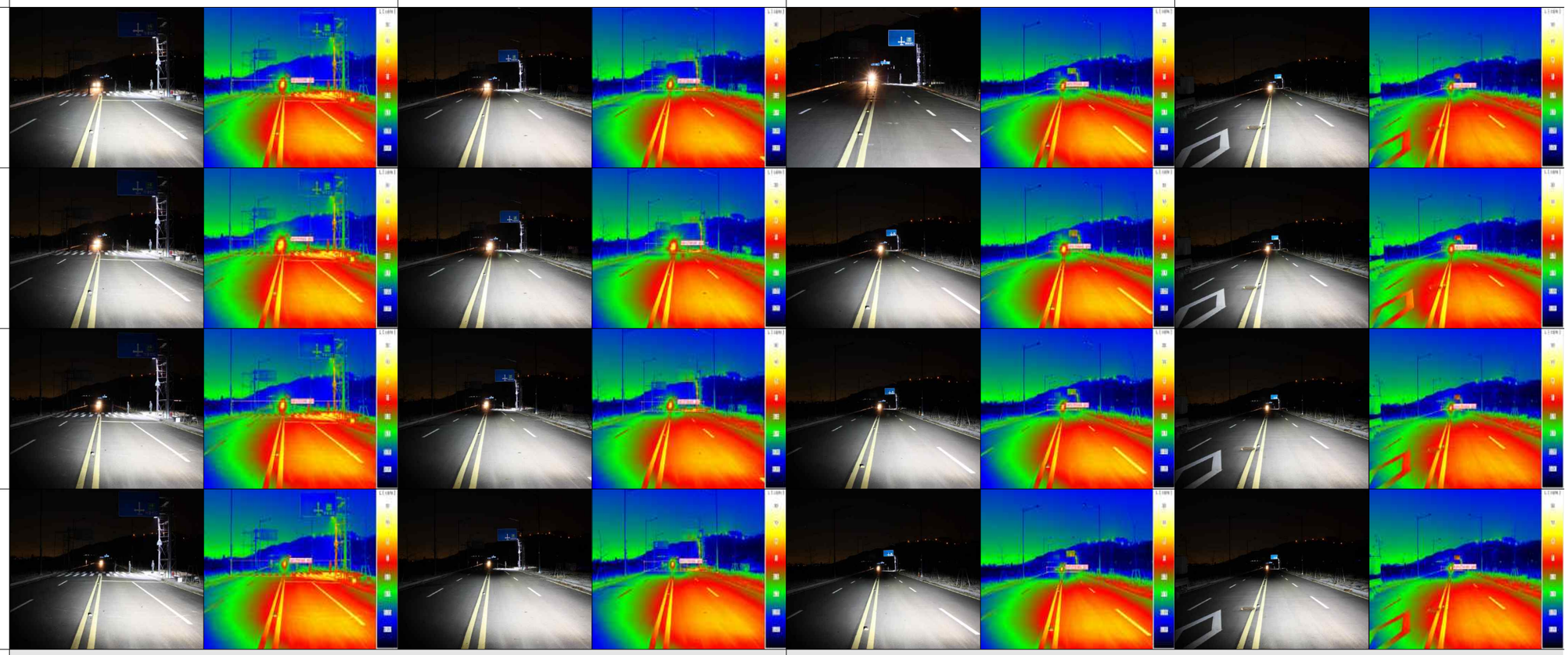
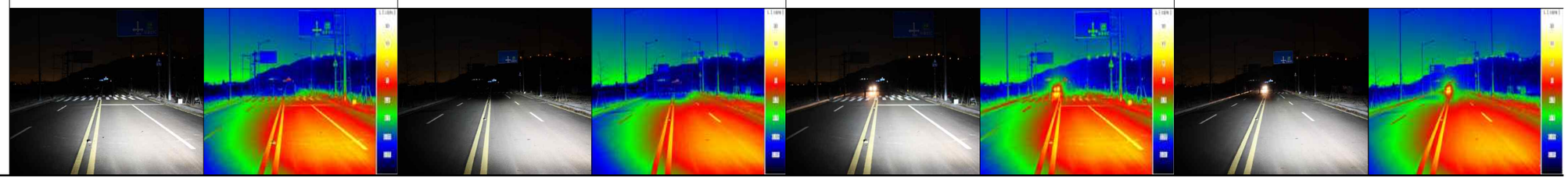
분류		측정 조명등																			
		S사				O사								I사(틸트)				I사(수평)			
측정기구수량		1개				1개				4개				1개 (unit4개)				1개 (unit4개)			
수평면 조도 (lx)주1)	설치높이	최소		평균		최소		평균		최소		평균		최소		평균		최소		평균	
	6m	0.3		6.4		0.3		5.3		x		x		32.2		199.3		5.2		32.2	
	4.5m	0.1		4.7		x		x		0.2		4.5		x		x		x		x	
	1m	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
연직면 조도(lx)주1,2)	설치높이	상행방향				하행방향				상행방향		하행방향		상행방향		하행방향		상행방향		하행방향	
		최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균	최소	평균
	6m	0.2	4.2	0.1	0.5	0.3	8.0	0.1	1.0	x	x	x	x	2.6	99.9	2.2	101.5	2.3	32.5	0.2	3.0
	4.5m	0.2	3.8	0.1	0.4	x	x	x	x	0.2	12.6	0.1	0.8	x	x	x	x	x	x	x	x
	1m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
횡단보도 휘도(cd/㎡)		6m		4.5m		6m		4.5m		6m				6m				6m			
																					
		횡단보도전체	0.66	횡단보도전체	0.53	횡단보도전체	0.80	횡단보도전체	0.59	횡단보도전체	12.73			횡단보도전체	2.19			횡단보도전체	0.83		
		측정차선영역	0.92	측정차선영역	0.92	측정차선영역	1.40	측정차선영역	0.70	측정차선영역	12.24			측정차선영역	2.71			측정차선영역	1.34		
보행자 시인성 평가	75m	주행 전방																				
		반대 방향									-											
	110m	주행 전방																				
		반대 방향									-											

분류		측정 조명등							
		볼라드							
측정기구수량		4개							
수평면 조도 (lx)주1)	설치높이	최소		평균					
	6m	x		x					
	4.5m	x		x					
	1m	0.1		5.1					
연직면 조도(lx)주1,2)	설치높이	상행방향				하행방향			
		최소		평균		최소		평균	
	6m	x		x		x		x	
	4.5m	x		x		x		x	
	1m	0.6		1.6		0.4		1.5	
횡단보도 휘도(cd/㎡)		1m							
									
		횡단보도전체	0.78						
		측정차선영역	0.74						
보행자 시인성 평가	75m	주행 전방							
		반대 방향	-						
	110m	주행 전방							
		반대 방향	-						

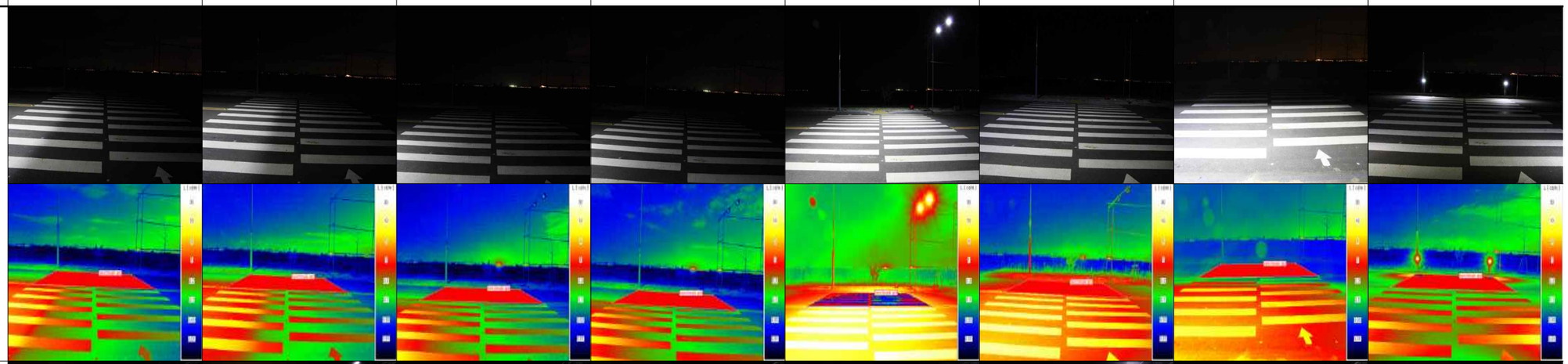
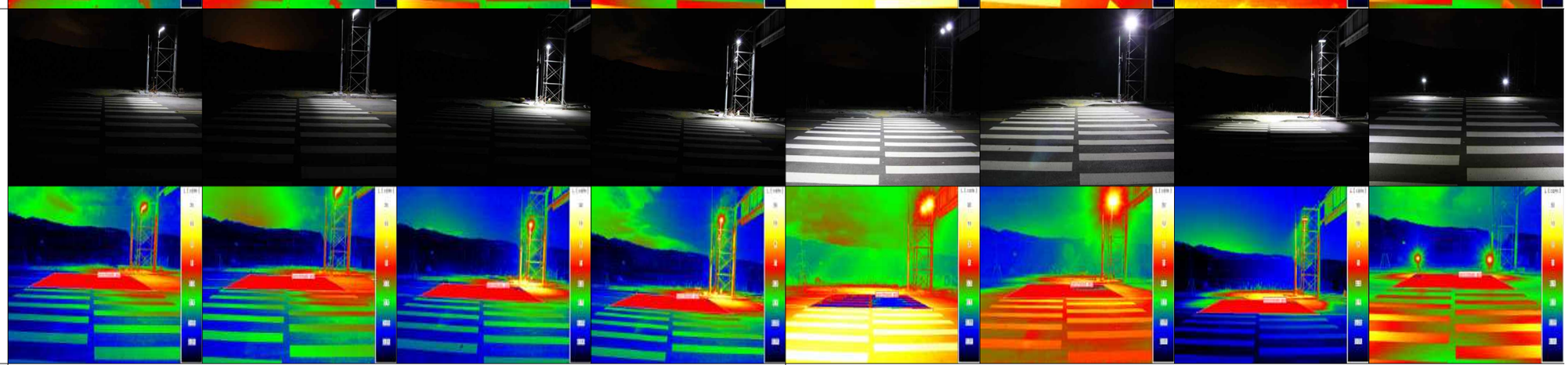
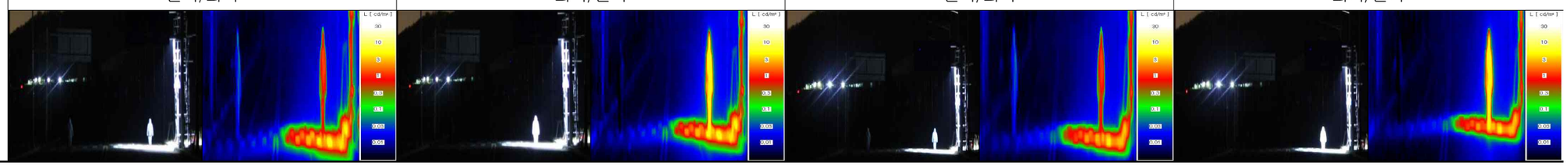
주1) 수평면,연직면조도는 6m높이에선 볼라드를 제외한 모든 기구를 측정하였으며, 4.5m높이에서는 S사 1개소와 O사 1개만 측정하였고, 1m높이는 볼라드만 측정하여 각 높이별 설치 후 검토하고자 하는 등기구를 측정

주2) 연직면조도는 횡단보도 상·하행 양방향을 바라보고 측정하였음.

<표 2-72> 차량 헤드램프가 보행자 시인성에 미치는 영향(추가검토-1)

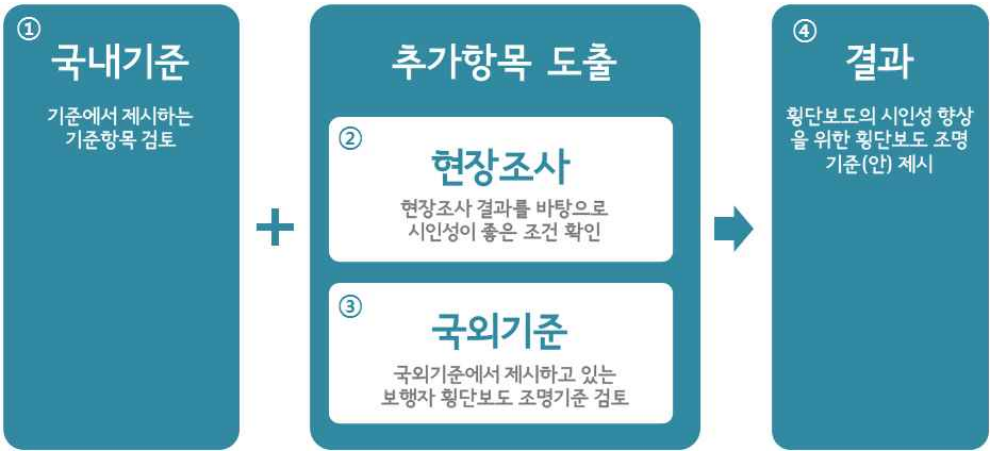
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">분류</td><td colspan="4">차량헤드램프가 보행자 시인성에 미치는 영향 평가</td></tr>
<tr><td colspan="4">진행방향차량위치</td></tr>
<tr><td rowspan="4">차량헤드램프 영향측정 (횡단보도조명 설치)</td><td>대향방향 차량위치</td><td>20m</td><td>40m</td><td>75m</td><td>110m</td></tr>
<tr><td>20m</td><td colspan="4" rowspan="3">  </td></tr>
<tr><td>40m</td></tr>
<tr><td>75m</td></tr>
<tr><td>110m</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">차량헤드램프 영향측정 (횡단보도조명 미설치)</td><td colspan="2">진행방향 차량의 헤드램프와 보행자인식실험</td><td colspan="2">양방향 차량의 헤드램프와 보행자인식실험</td></tr>
<tr><td>20m</td><td>40m</td><td>20m</td><td>40m</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

<표 2-73> 보행자 대기지역에서의 조명등 눈부심(추가검토-2)

분류		보행자대기지역에서 바라본 조명등의 눈부심 검토							
		S사		O사			I사(틸트)	I사(수평)	볼라드
기구설치 높이		4.5m	6m	4.5m	6m	6m(4개)	6m		
보행자대기지역에서 바라본 조명등의 눈부심 검토	전방위치								
	후방위치								
보행자 의복색상에 따른 대비측정		75m지점에서 측정한 보행자색상 대비				110m지점에서 측정한 보행자색상 대비			
		흰색/회색		회색/흰색		흰색/회색		회색/흰색	
									

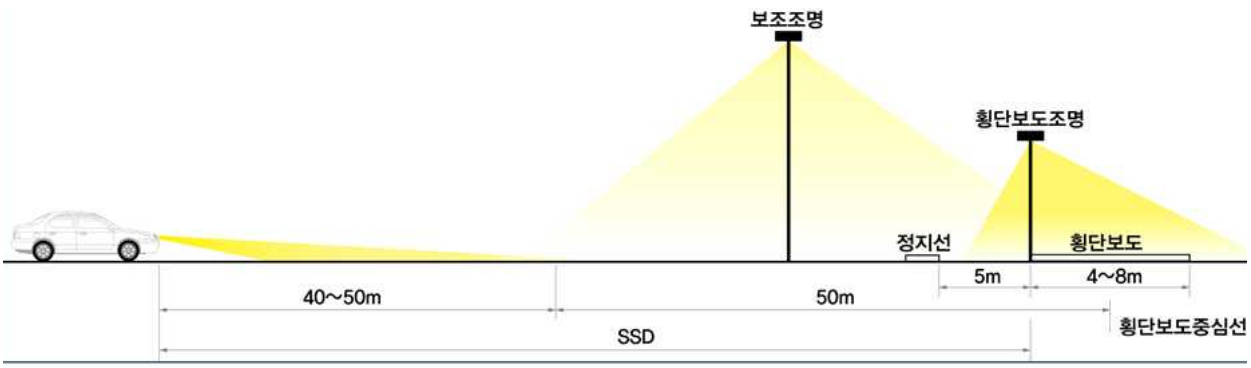
2.2 횡단보도 조명 기준(안) 개발

가. 횡단보도 조명 기준(안) 정립



<그림 2-25> 횡단보도 조명보완(안) 찾기

횡단보도 보행자의 시인성을 향상시키는 최적의 횡단보도 조명기준안을 찾고자 국내실정에 맞는 기준 마련을 위해 국내기준에서 제시하는 기준항목을 검토하였으며, 현장조사·측정 및 국외기준 검토를 통해 추가 필요항목을 도출하여 보완기준에 대한 결과 값을 제시하였다. 횡단보도 영역 인지 및 운전자 순응을 고려한 유효범위 기준의 경우 제한속도별 정지시거와 자동차 전조등 조사길이의 한계(40~50m)를 감안하여 최소 50m로 제시하였다.



정지시거(SSD)

제한속도(KPH)	평상시(주간)	야간(평상시의 90%)*
80	110m	100m
70	95m	85m
60	75m	70m

* KHCM(2013) 야간 운행속도 분석 결과

<그림 2-26> 정지시거 기반 횡단보도 보조조명 유효범위

나. 횡단보도 조명기준 보완(안) 도출

<표 2-74> 향후 횡단보도 조명기준 보완항목(안) 제시

a. 용도지역별 보완 항목

용도지역*	수평면 평균조도(lx)		수평면 최소조도(lx)		연직면조도(lx)		글레어 광도 cd/(1000lm당)		유효범위
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	평균	최소	연직각 90도	연직각 80도	
상업지역	60	40	24	16	30	4	10 이하	30 이하	횡단보도 전후방 최소 50m내 수평면 최소 조도 5lx, 균제도 0.4
주거, 공업 지역	30	20	12	8	15~20	4			
기타지역	15	10	6	4	10~15	4			

*단, 다음과 같은 경우는 예외로 한다.

1) 도로조명등급이 ME2등급 이상이면 횡단보도 조명을 설치하지 않아도 된다.

2) 도로조명에 의하여 연직면조도가 평균 30lx이상이고, 최소 4lx이상이면 횡단보도 조명을 설치하지 않아도 된다.

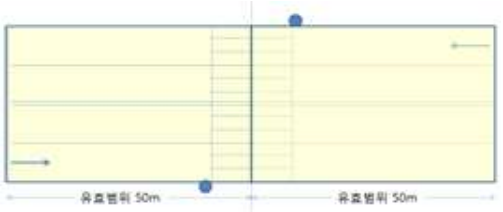
3) ③ 글레어기준은 KS(KS C 7611:1978)의 도로조명기구 성능기준 [표6]에 따른다.

4) 무조명구간의 경우에는 다음 기준(b)을 따른다.

b. 무조명구간 보완 항목

용도지역*	수평면 평균조도(lx)		수평면 최소조도(lx)		연직면 조도(lx)		글레어 광도 cd/(1000lm당)		배경휘도		유효범위
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	평균	최소	연직각 90도	연직각 80도	밝은경우	어두운경우	
무조명 구간 (모든지역)	10	7	4	3	-	-	10 이하	30 이하	보행자 배경을 밝히는 방식	보행자 자신을 밝히는 방식	횡단보도 전후방 최소 50m내 수평면 최소 조도 5lx, 균제도 0.4

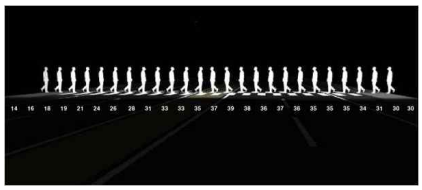
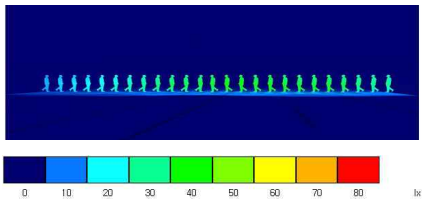
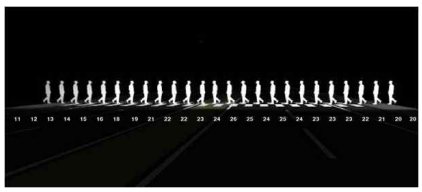
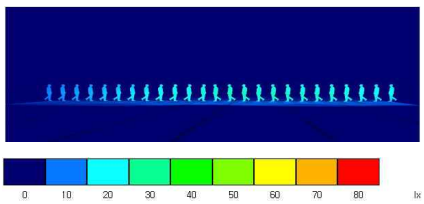
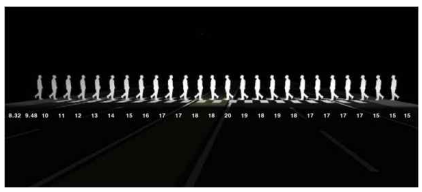
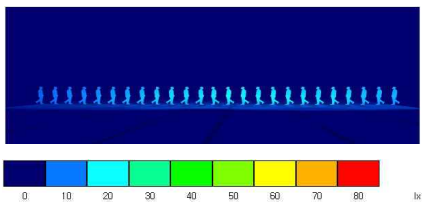
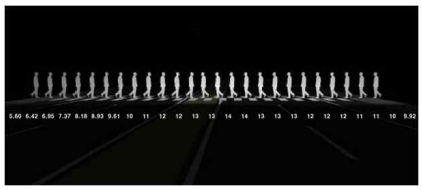
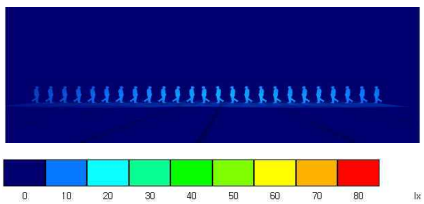
<표 2-75> 배경휘도 추가자료

1) 배경이 밝은 경우	2) 배경이 어두운 경우
보행자의 배경을 밝혀주는 방식이 효과적	보행자를 밝혀주는 방식이 효과적
· 조명설치"예시" [양방향 4차로]  [양방향 3차로 이하]  	· 조명설치"예시" [양방향 4차로]  [양방향 3차로 이하] 

다. 시뮬레이션 테스트

연속조명이 없는 상황에서 연직면조도 보완기준·등급별로 보행자의 보임의 정도를 확인하기 위한 것이며 시뮬레이션 결과, 연속조명이 없는 상황에서 연직면조도가 최소 4lx를 만족하고 평균 10~30lx가 보행자 보임의 조건이 용이하다 판단되어 용도지역별 연직면조도의 적정 영역을 설정하였다.

<표 2-76> 시뮬레이션 테스트_(연직면조도 수준 확인)

연직면 조도기준(lx)	시뮬레이션 테스트_(연직면조도 수준 확인)	
평균 30lx, 최소 4lx		
평균 20lx, 최소 4lx		
평균 15lx, 최소 4lx		
평균 10lx, 최소 4lx		

3. 멀티라이팅이 가능하고 기준에 만족하는 횡단보도 조명등 개발

3.1 횡단보도 등기구 광학 설계 및 오프로드 테스트(1차)

가. 등기구 광학설계

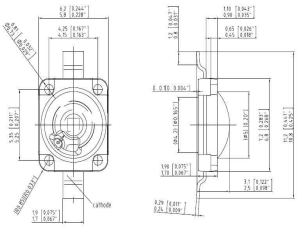
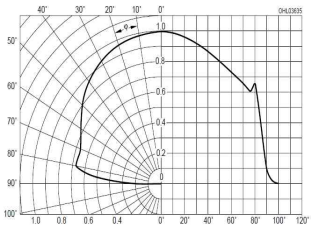
횡단보도조명 기준에 만족할 수 있는 최적화된 기구배광으로 소비자에게 목적에 맞는 조명기구를 선택할 폭을 넓게 해주기 위한 목적과 LED의 성능 향상 추세에 발맞추어 광학 성능이 개선된 새로운 횡단보도 조명기구를 개발하고자 하였다. 연구 진행 중에도 LED의 성능은 나날이 발전하고 있으며, 광학부의

특성상 LED를 변경하는 경우, 동일한 성능 혹은 개선된 광학 성능 개선을 위해서는 광학부도 변경되어야 할 것으로 판단된다.

(1) LED의 선정

횡단보도 조명기구는 OSRAM의 Golden dragon LED를 적용하였으며 보급이나 시장성 측면에서 원활한 보급을 확보할 수 있고, LED의 성능과 안정성을 고려하여 선정하였다. 또한 LED의 사이즈가 작기 때문에 소형의 반사판을 설계할 수 있으며, 전체적으로 소형, 경량의 조명기구로 제작하는 데 용이하기 때문이다.

<표 2-77> 선정된 OSRAM LED 사양

이미지	도면	배광
		

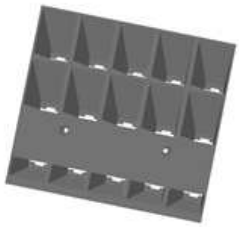
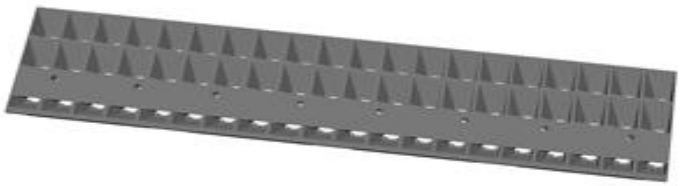
<표 2-78> 선정된 OSRAM LED

Type	Color of Emission	Luminous Flux I_F=350mA, ϕ_V(mlm)	Luminous Intensity I_F=350mA, ϕ_V(mcd)	Ordering Code
LUW W5AM-KXKZ-5P7R	White	71.000...112.00	22.900(typ.)	Q65110A7565
LUW W5AM-KYLX-6P7Q	White	82.000...130.00	26.500(typ.)	Q65110A7564
LUW W5AM-KZLY-6P7Q	White	97.000...150.00	30.900(typ.)	Q65110A8397
LUW W5AM-LXLY-6P7Q	White	112.000...150.00	32.800(typ.)	Q65110A8399

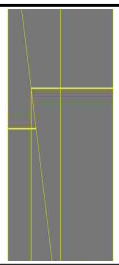
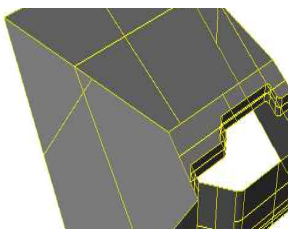
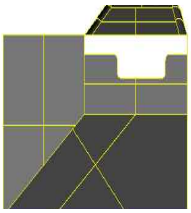
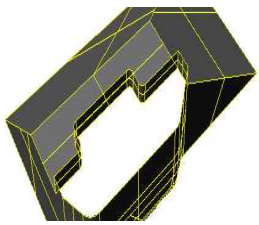
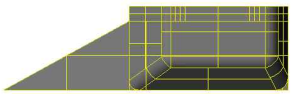
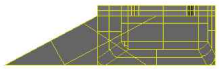
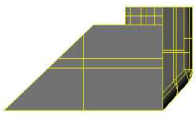
(2) 반사판 설계와 제작 과정

반사판의 형상은 횡단보도 영역 전체를 밝히기 위하여 전방을 비추는 전방반사판과 보행자 대기지역을 비추기 위하여 후방을 비추는 후방반사판 두 가지 형상으로 설계하였다. 차량 주행시 운전자 눈부심을 최소화하기 위해 프로빔 방식을 적용하여 보행자 눈부심을 고려하여 횡단보도에 집중할 수 있도록 틸트 없이 4면 비대칭 설계하였다. 반사판의 조합은 5개의 작은 반사판이 총 4개의 반사판을 형성하여 모듈화 할 수 있다.

<표 2-79> 반사판 모델링

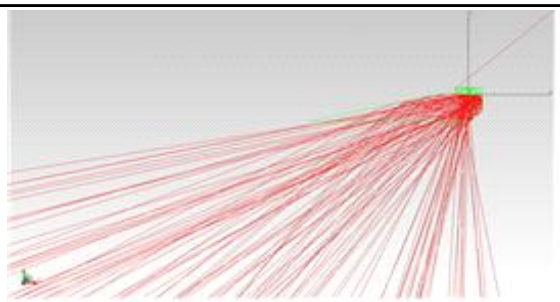
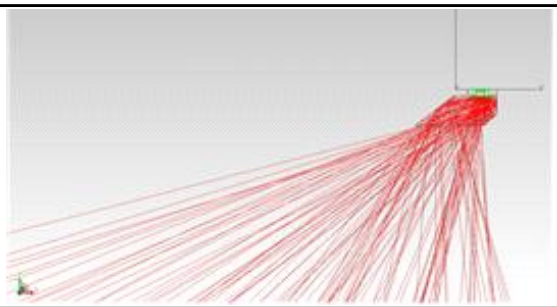
모델링	
반사판	모듈 반사판 (4EA)
	

<표 2-80> 반사판 설계 형상과 모델링

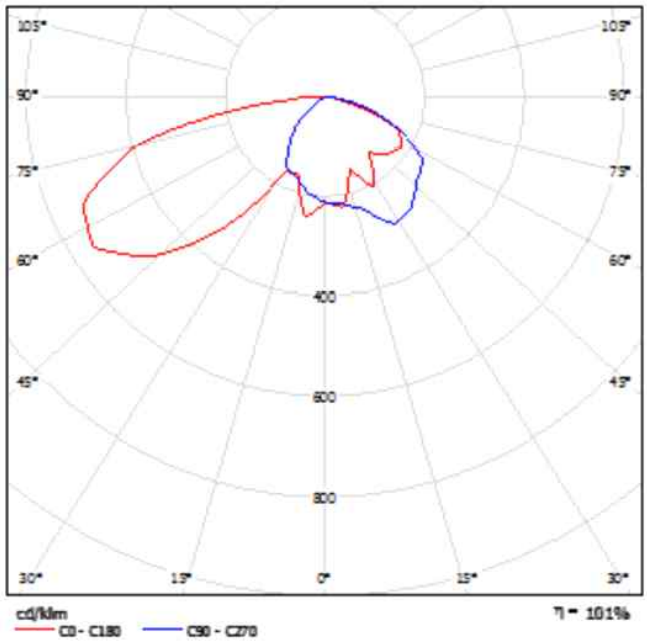
설계형상			
전방 배광 형상		후방 배광 형상	
			
			

<표 2-81>은 반사판 빛의 진행 방향을 나타낸 것으로 반사판의 개념을 설계하여 광학전문프로그램으로 빛의 진행 방향 확인하였다.

<표 2-81> 빛의 진행

전방 반사판	후방 반사판
	

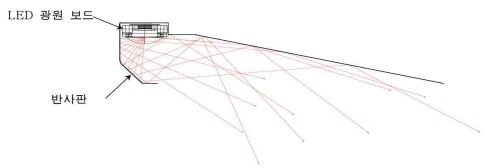
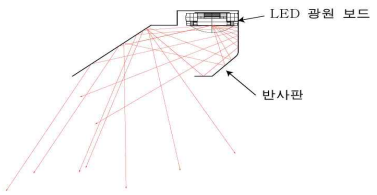
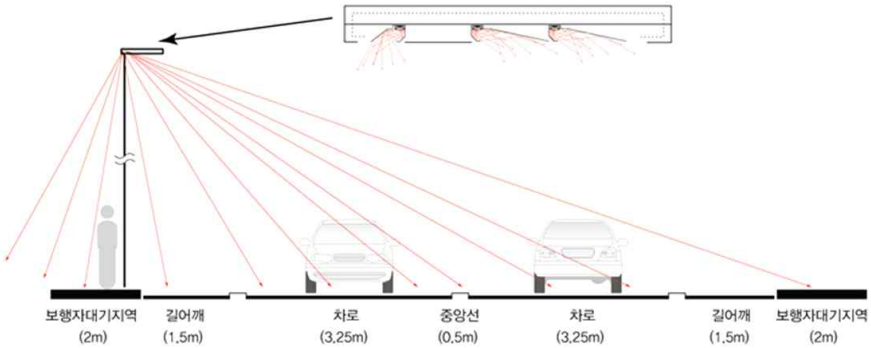
<그림 2-27>은 광학설계에 따른 배광 곡선을 나타낸 것으로 반사판에서 반사되어 나오는 빛들은 횡단보도 노면을 향하게 됨을 알 수 있다.



<그림 2-27> 광학설계에 따른 배광 곡선

설계를 통해 나타난 배광 곡선은 <표 2-82>와 같이 나타났으며 추후 설계 제작될 반사판의 배광곡선과 비교해야 할 예정이다.

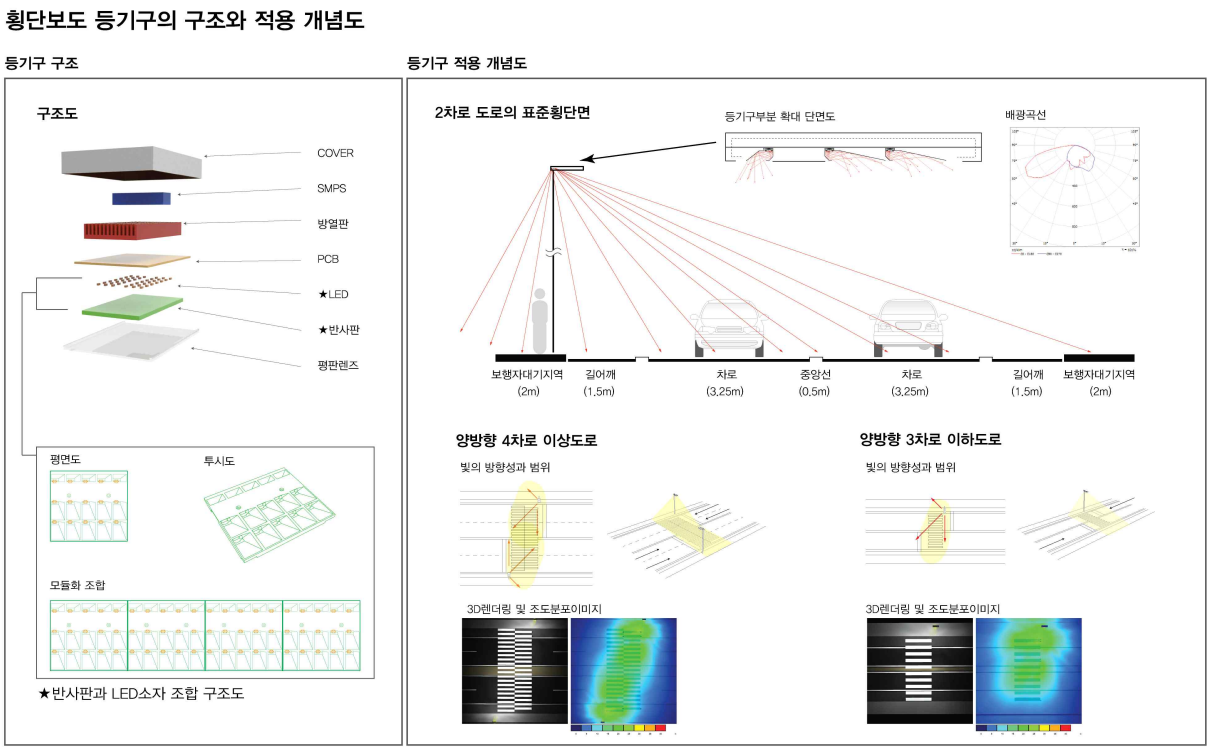
<표 2-82> 반사판 설계 개념

반사판 설계 개념	
전방 배광 개념	후방 배광 개념
	
최종 반사판 설계 개념	
	

<표 2-83> 반사판 효율

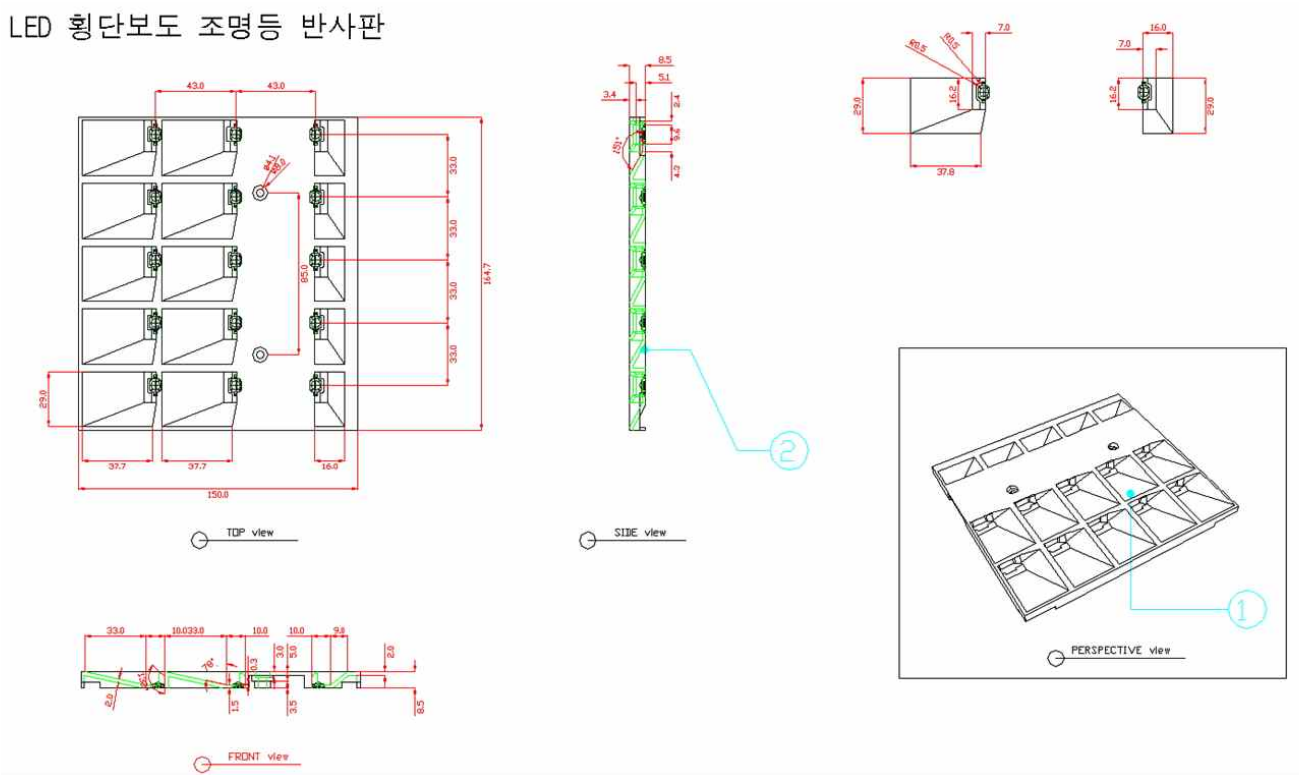
구분	설개된 반사판
LED소자 1개 광속	85lm
적출 광속	81lm
효율	95%

(3) 횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도

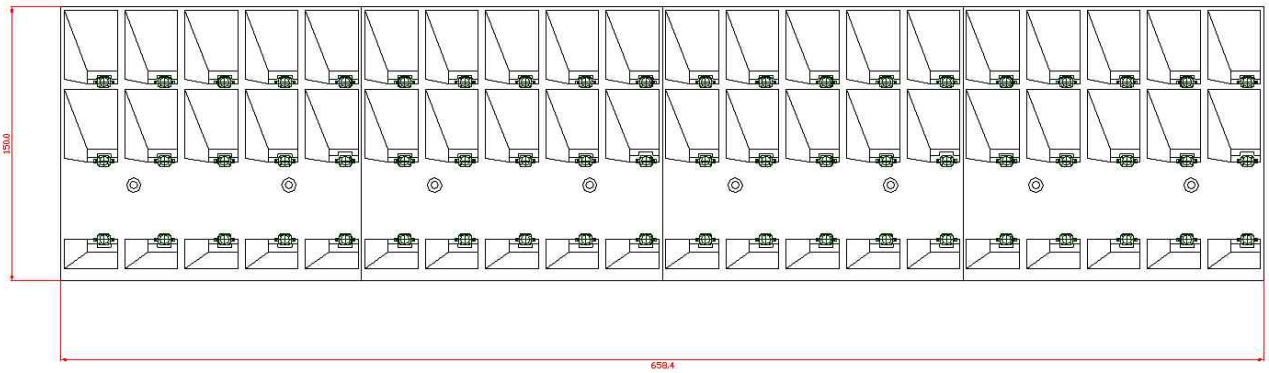


<그림 2-28> 등기구의 구조와 적용 개념도

(4) 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작



<그림 2-29> LED 횡단보도 조명등 반사판 시작품 도면



<그림 2-30> LED 횡단보도 조명등 반사판 모듈 예상도

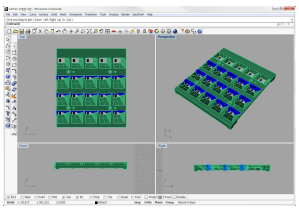
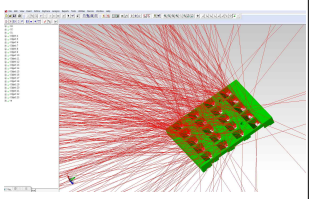
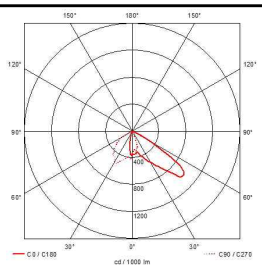
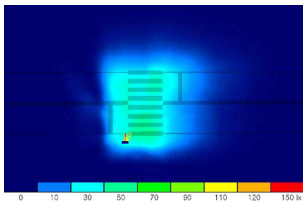
3.2 횡단보도 등기구 광학 설계 및 오프로드 테스트(2차)

가. 등기구 광학설계

(1) 반사판 광학설계 프로세스

광학전문 프로그램인 TracePro73를 이용하여 빛의 진행방향을 예측하여 보다 정확하고 세밀하게 반사판을 설계하였다. 추출된 배광파일로 시뮬레이션 검토를 통해 설계배광이 기준조도를 만족하는지 확인하였다.

<표 2-84> 빛의 진행

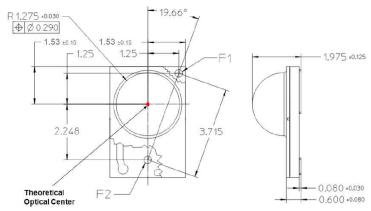
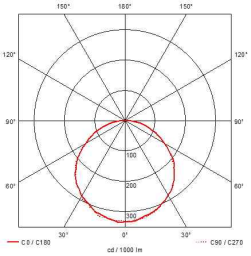
모델링	광학설계	배광파일 추출	조도 시뮬레이션 검토
			
모델링 프로그램을 통해 반사판 형상 검토	광학설계프로그램으로 빛의 진행 방향 확인	최종적인 배광설계를 통한 배광파일 추출	시뮬레이션 검토를 통한 기준조도 만족여부 확인

(2) 반사판 광학설계

○ LED의 선정

기존 반사판에 적용하였던 OSRAM社의 Golden dragon LED는 업그레이드가 안되기 때문에 지속적으로 업그레이드되면서 보급이나 시장성 측면에서 원활한 보급을 확보할 수 있는 PHILIPS社의 LUXEON R LED를 적용하였다.

<표 2-85> 선정된 PHILIPS LED 사양

이미지	도면	배광이미지
		

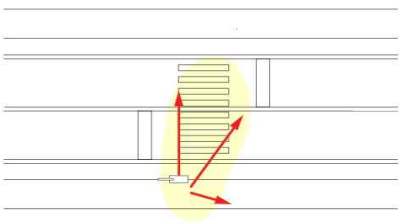
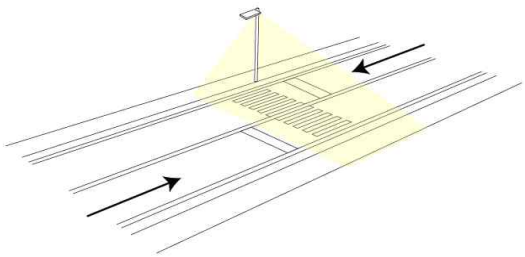
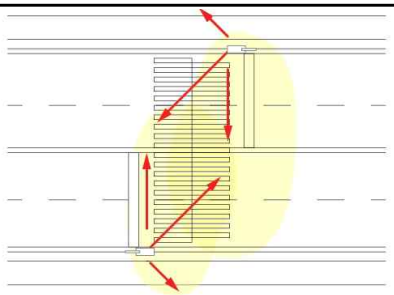
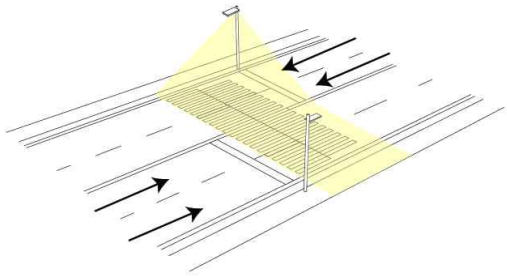
<표 2-86> LUXEON R Product Characterictics

Part Number	Nominal CCT	Typical CRI	Minimum Liminous Flux(lm)	Typical Luminous Flux(lm)	Typical Efficacy(lm/W)
			700mA	700mA	350mA
LXA7-PW30	3000K	75	160	180	105
LXA7-PW40	4000K	75	200	215	125
LXA7-PW50	5000K	75	200	220	128
LXA7-PW57	5700K	75	200	220	128
LXA7-PW65	6500K	75	200	220	128

○ 반사판 설계내용

반사판의 형상은 횡단보도 영역 전체를 밝히기 위하여 전방을 비추는 전방반사판과 보행자 대기지역을 비추기 위하여 후방을 비추는 후방반사판 두 가지 형상으로 설계하였다. 차량 주행시 운전자 눈부심을 최소화하기 위해 프로빔 방식을 적용하였으며, 보행자 눈부심을 고려하여 횡단보도에 집중할 수 있도록 틸트(Tilt)없이 4면 비대칭으로 설계하였다.

<표 2-87> 횡단보도 조명 조사범위 개념도

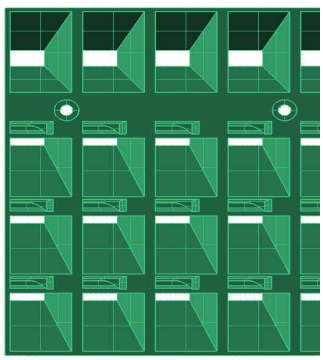
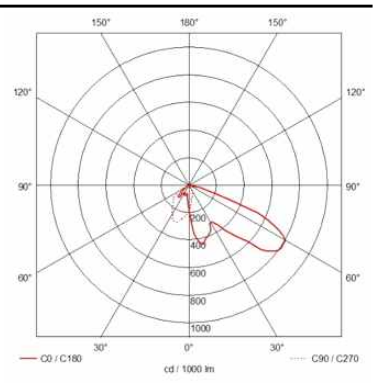
양방향 2차선 도로		
양방향 4차선 도로		

○ 구간별 반사판 타입

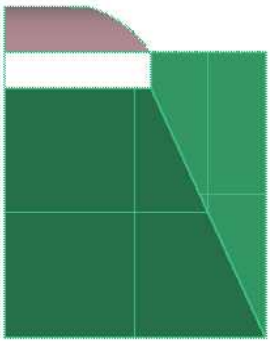
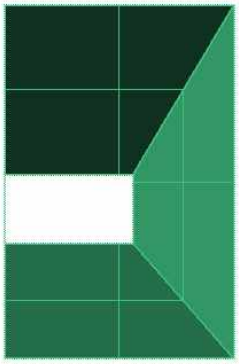
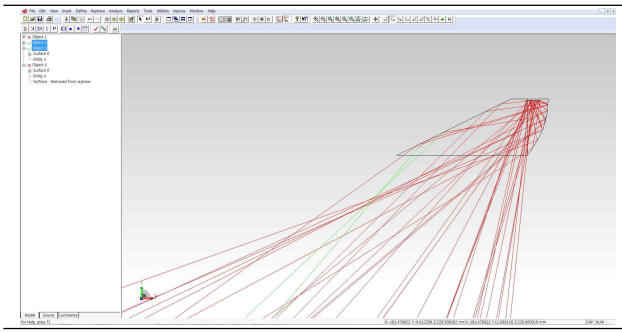
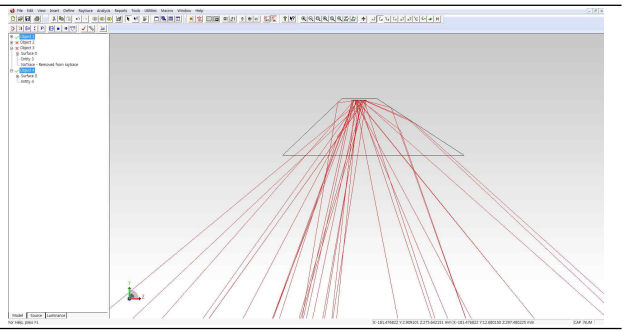
① A TYPE : 연속조명 구간

보행로 폭이 넓고 횡단보도 주변으로 가로등이 설치되어 있는 구간으로 주변 빛 영향을 받는 장소이다.

<표 2-88> A TYPE 반사판 설계형상과 배광이미지

A TYPE 반사판		
설계형상		배광이미지
		

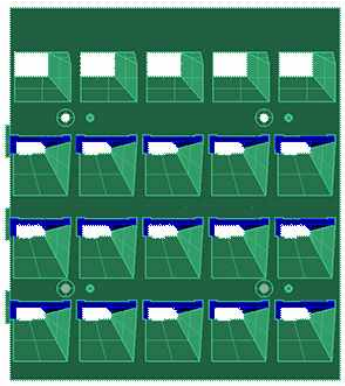
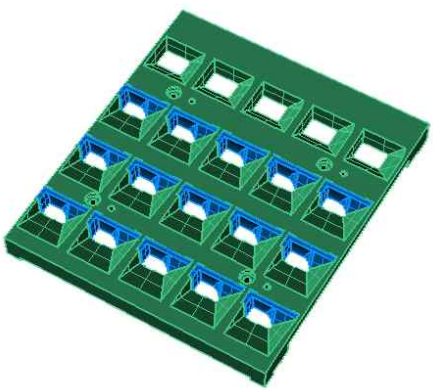
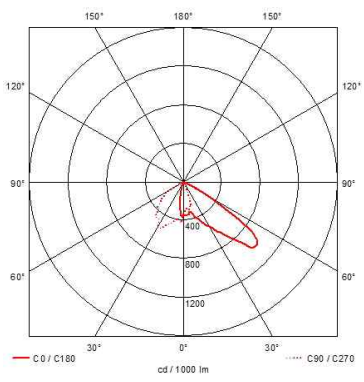
<표 2-89> B TYPE 반사판 빛의 진행

전방 투사	후방 투사
	
	
횡단보도 영역 조사	보행자 대기지역 조사

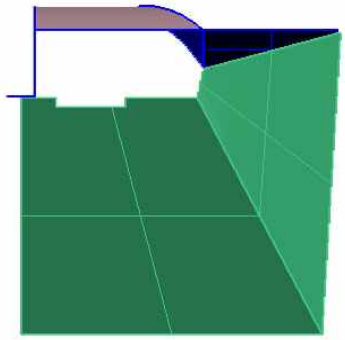
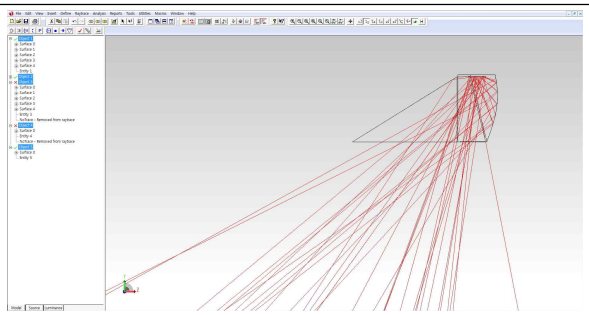
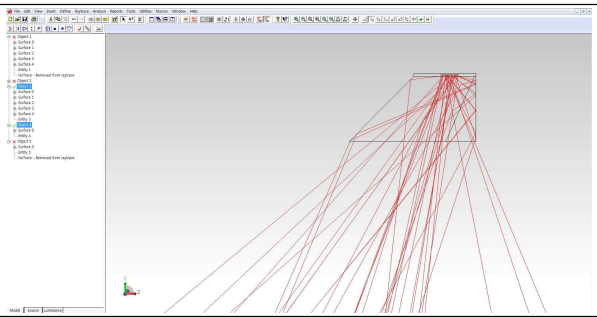
② B TYPE : 무조명 구간

무조명 구간은 주변에 가로등 및 빛의 영향이 없는 장소로 현장조사 결과, 무조명 구간에서 횡단보도 주변으로 주택가 및 농경지가 위치하는 경우가 많았으며, 보행로 폭이 좁아 보행자 대기지역을 비추되 후사광을 최소화한 반사판 타입을 개발하였다.

<표 2-90> B TYPE 반사판 설계형상과 배광이미지

B TYPE 반사판		
설계형상		배광이미지
		

<표 2-91> B TYPE 반사판 빛의 진행

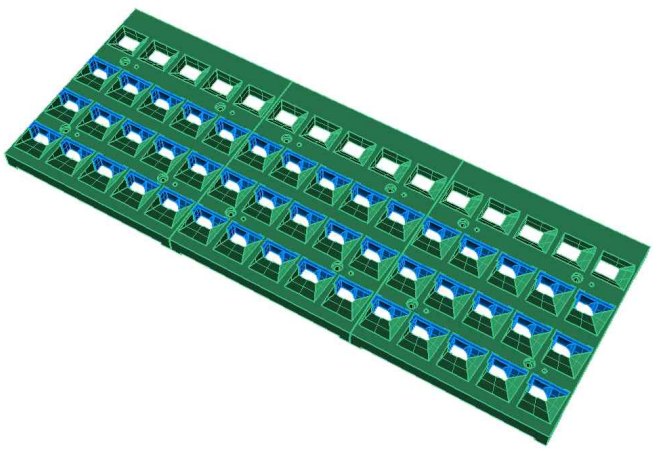
전방 투사	후방 투사
	
	
횡단보도 영역 조사	보행자 대기지역 조사

○ 횡단보도 조명 반사판 구조

① 횡단보도 조명 반사판 모듈 구조

총 3개의 반사판 모듈이 횡단보도 조명 1개를 구성하였으며, 용량 및 구성에 따라 모듈 구조 변경이 가능하다.

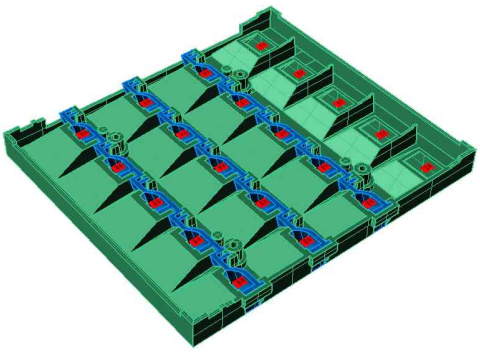
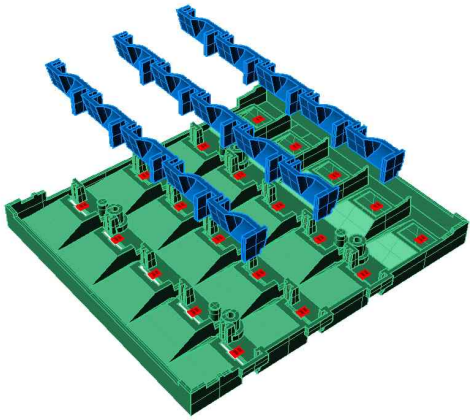
<표 2-92> 반사판 모듈 구조

반사판 모듈(1EA)	반사판 모듈(3EA)
	

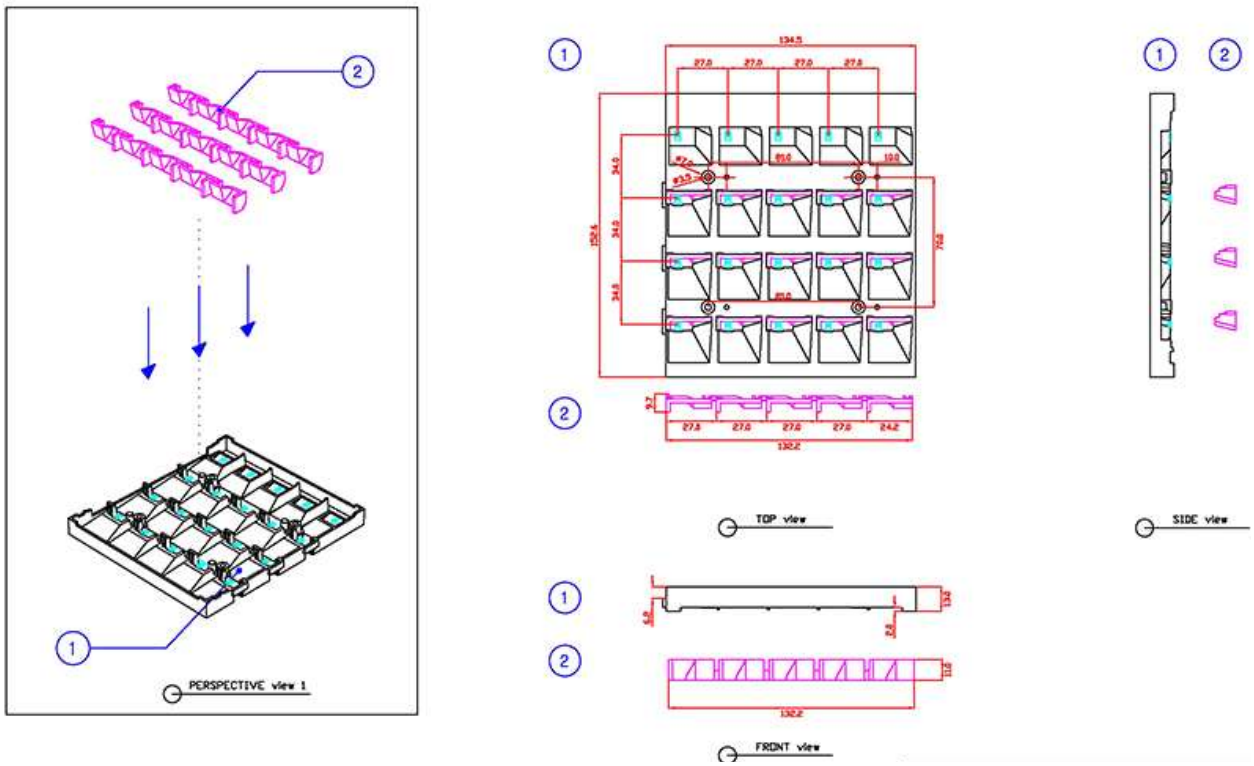
② 횡단보도 조명 반사판 모듈 구조

구조적으로 LED가 들어가는 반사판 안쪽 면에 반사물질이 잘 증착되지 않아 효율이 저하되는 문제점 발생하였다. 따라서, 증착 및 제작공정의 용이성을 고려하여 메인 반사판에서 보조 반사판을 삽입하는 분리형 구조로 진행하였다.

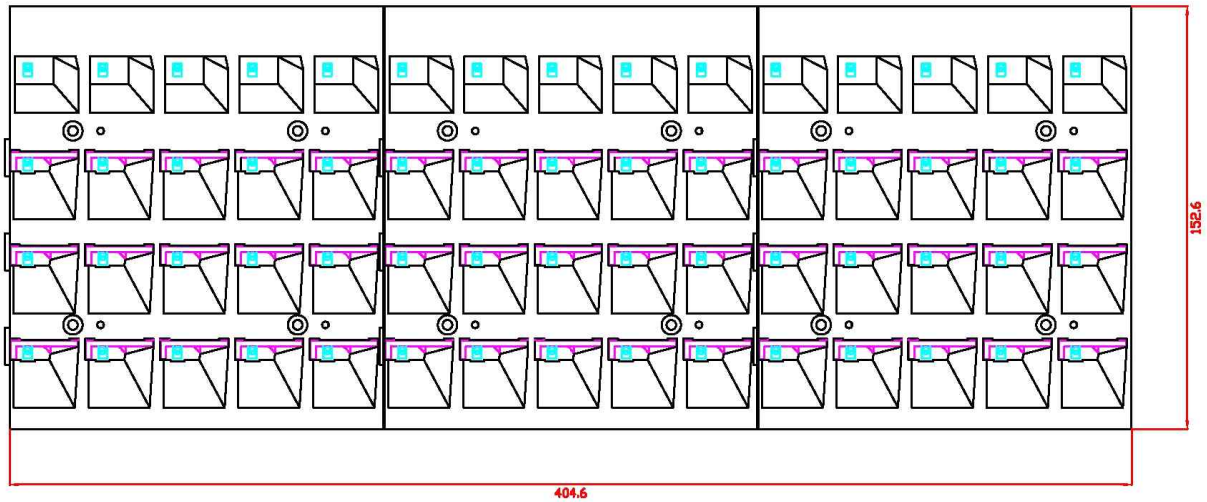
<표 2-93> 반사판 착탈식 구조

분리 전	분리 후
	

(3) 횡단보도 등기구 광학설계 시작품 제작



<그림 2-31> 최종 LED 횡단보도 조명등 반사판 시작품 도면



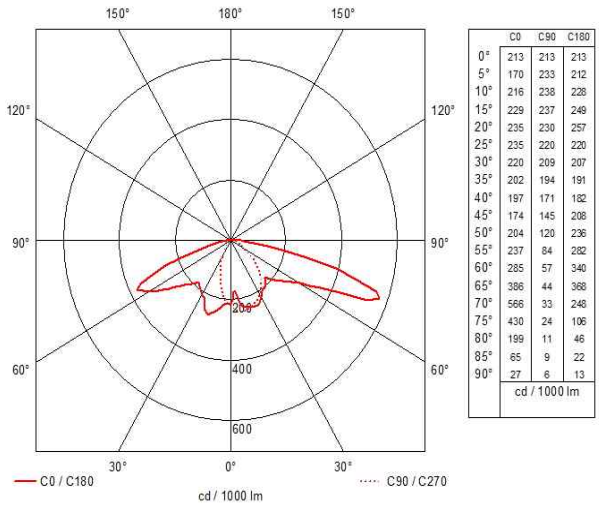
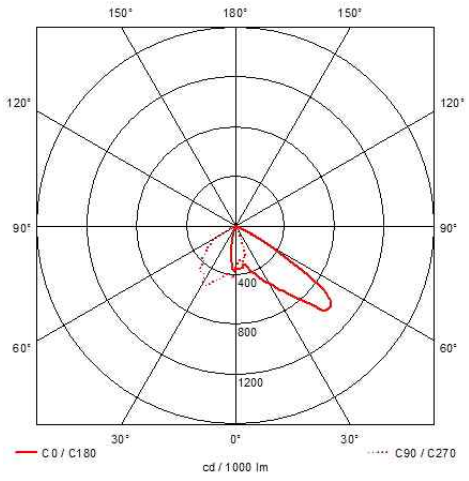
<그림 2-32> 최종 LED 횡단보도 조명등 반사판 모듈 예상도

(3) 시뮬레이션 검토

○ 시뮬레이션 검토 개요

조명시뮬레이션 프로그램인 DIALux 4.12를 이용하여 2, 4차선을 연속 조명 유무에 따라 횡단보도 조도값을 산출하여, 설계기준 만족 여부를 검토하였다.

<표 2-94> 시뮬레이션 적용 조명기구 사양

도로 조명	횡단보도 조명
	
도로에 일반적으로 적용되는 배트윙 배광 4차선: NH 250W / 2차선: NH 150W	횡단보도 조명으로 최적화시킨 비대칭 배광 LED 60W(5,338lm)

	C0	C90	C180
0°	213	213	213
5°	170	233	212
10°	216	238	226
15°	229	237	249
20°	235	230	257
25°	235	220	220
30°	220	209	207
35°	202	194	191
40°	197	171	182
45°	174	145	208
50°	204	120	236
55°	237	84	282
60°	285	57	340
65°	386	44	368
70°	566	33	248
75°	430	24	106
80°	199	11	46
85°	65	9	22
90°	27	6	13

cd / 1000 lm

○ 설계기준

국토교통부 도로안전시설 설치 및 관리 지침 -조명시설 편- (2014.2 개정)

5.3 횡단보도의 조명 설치

연속조명의 도로조명등급이 M3-M5등급이고, 연속조명만으로 표 5.2 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명을 추가 설치한다.

횡단보도 조명기구는 컷오프 배광방식을 사용한다.

무조명구간은 주변의 밝기를 고려하여 설치위치를 정한다.

< 횡단보도 조명기준>

조명 구간		연직면 조도(lx)	
		최대	최소
연속조명구간	상업지역	30	4
	주거지역/공업지역	20	4
	기타지역	15	4
무조명 구간		-	4

주1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름

주2) 횡단보도 전체를 비추기 위해 수평면조도는 6 lx 이상

※ 「도로안전시설 설치 및 관리지침(예규)」 개정 전까지 아래의 설명을 따른다.

【설 명】

1) 조명설치

도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 아래의 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명시설을 추가로 설치한다.

횡단보도 조명의 평균 연직면 조도는 연속조명 구간에서 상업지역 20~30 lx, 주거·공업지역 15~20 lx, 기타지역 10~15 lx가 되도록 하며, 무조명 구간에서 30 lx 이하가 되도록 한다. 이때 모든 측정지점에서 횡단보도 조명의 최소 연직면 조도는 연속조명 구간에서 4 lx 이상, 무조명 구간에서 2 lx 이상을 만족해야 한다.

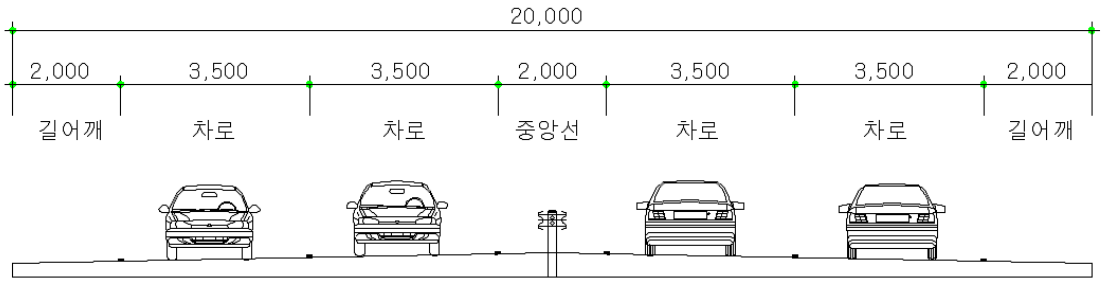
횡단보도를 통과할 때 발생하는 명순응(明順應) 문제가 발생할 수 있으므로 횡단보도 중심에만 집중적으로 조명하는 것은 바람직하지 않다. 이에 횡단보도의 수평면조도는 최소 6 lx 이상을 만족해야 한다.

<그림 2-33> 국토교통부 도로안전시설 설치 및 관리 지침 -조명시설 편- (2014.2 개정)

○ 무조명 구간 시뮬레이션

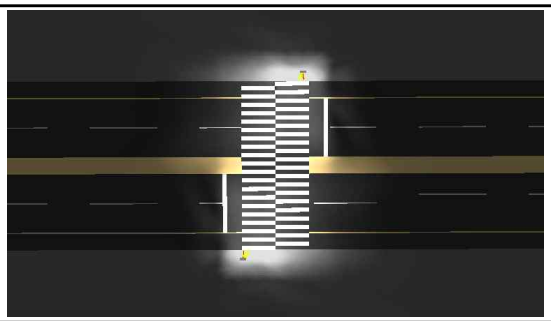
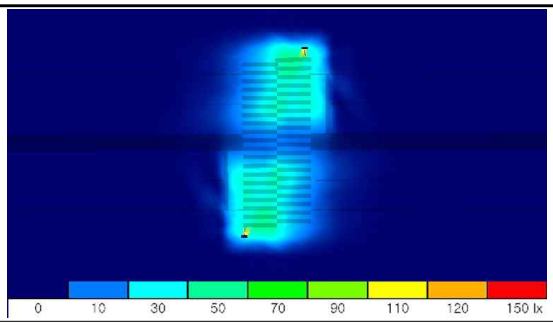
① 4차로 무조명 구간 시뮬레이션

4차로 도로 표준횡단면을 기준으로 4차로 무조명 구간에 횡단보도 조명을 LED 60W(5,338lm), 높이 6m로 2개 설치하였을 때, 기준을 만족하였다.



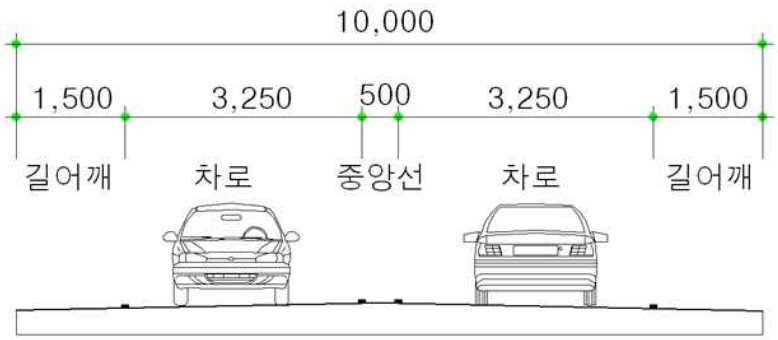
<그림 2-34> 4차로 도로 표준횡단면

<표 2-95> 4차로 무조명 구간 시뮬레이션

횡단면도 폭 20m / 횡단보도 폭 8m	
	
H:6m / 5,338lm	
수평면조도 평균: 20lx 최소: 7.44lx / 연직면조도 평균: 14lx 최소: 2.01lx	

② 2차로 무조명 구간 시뮬레이션

2차로 도로 표준횡단면을 기준으로 2차로 무조명 구간에 횡단보도 조명 LED 60W 2개를 설치하거나, 1개 설치시 용량을 높여 설치하였을 때, 기준을 만족하였다.



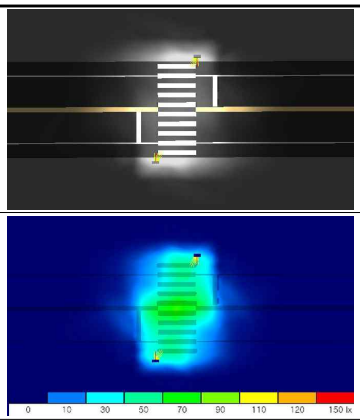
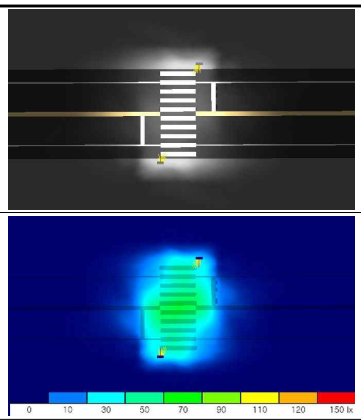
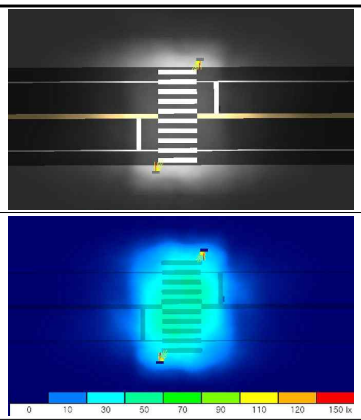
<그림 2-35> 2차로 도로 표준횡단면

(출처: 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설 국토해양부, 2009)

- 2차로 무조명 구간 횡단보도 조명 시뮬레이션 - 횡단보도 조명 2개 설치 시

2차로 도로 표준횡단면을 기준으로 횡단보도 조명 2개 설치 시, 디밍하여 광속값을 낮추고 설치높이를 조절하면 기준조도를 만족하였다.

<표 2-96> 2차로 무조명 구간 시뮬레이션 - 횡단보도 조명 2개 설치

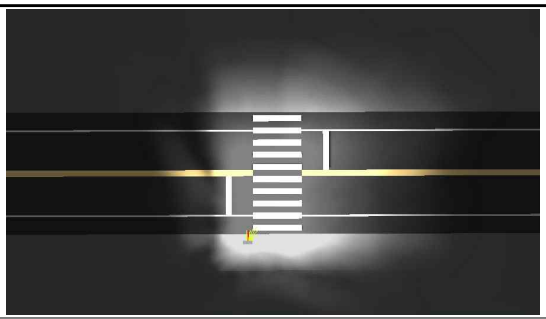
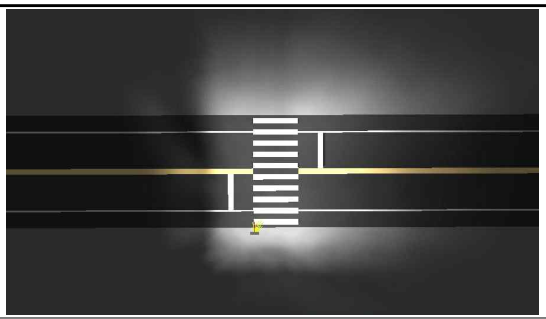
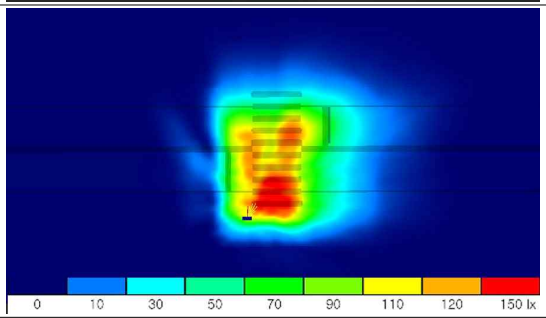
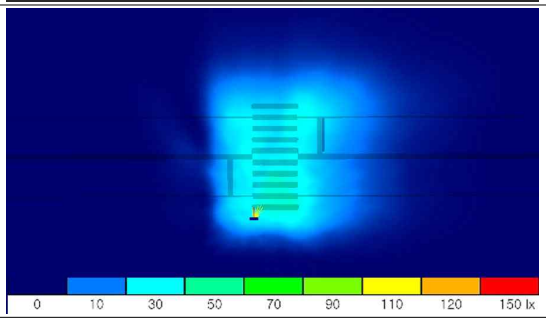
H:4.5m / 3,000lm	H:5m / 3,030lm	H:6m / 3,000lm
		
수평면조도 평균:41lx 최소:16lx 연직면조도 평균:21lx 최소:**2.09**lx	수평면조도 평균:36lx 최소:17lx 연직면조도 평균:18lx 최소:**2.07**lx	수평면조도 평균:27lx 최소:18lx 연직면조도 평균:12lx 최소:**2.25**lx

* 2차로 횡단보도 폭 4m

- 2차로 무조명 구간 횡단보도 조명 시뮬레이션 - 횡단보도 조명 1개 설치 시, 용량 높임

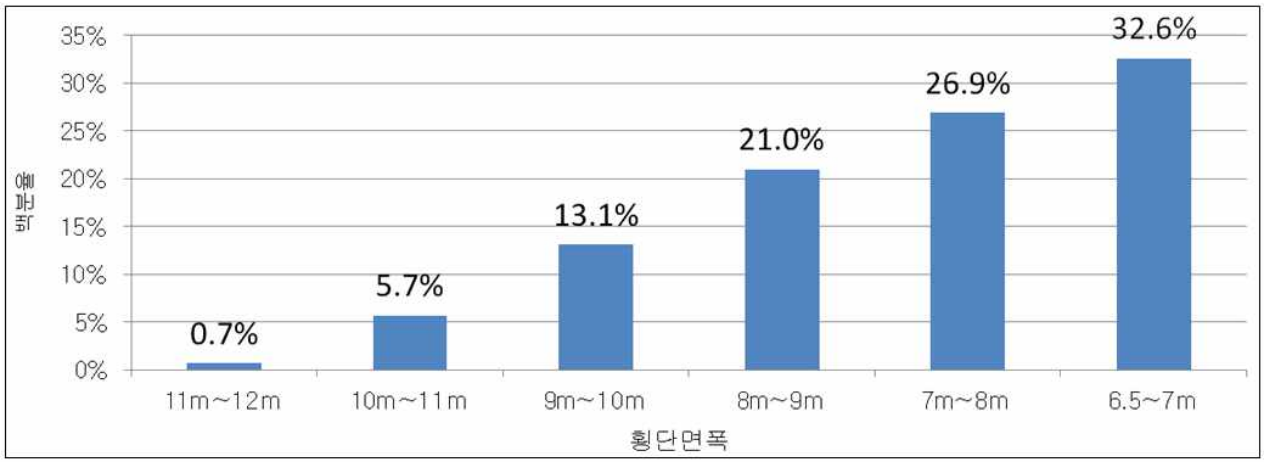
2차로 도로 표준횡단면에서 횡단보도 조명 1개를 설치하되 광속값 또는 설치높이를 높이면 기준(수평면조도 최소 6lx 이상, 연직면 조도 2lx 이상)을 만족하였다.

<표 2-97> 2차로 무조명 구간 시뮬레이션 - 횡단보도 조명 1개 설치, 용량 높임

H:6m / 17,450lm	H:8m / 7,450lm
	
	
수평면조도 평균:79lx 최소:13lx 연직면조도 평균:35lx 최소:**2.00**lx	수평면조도 평균:26lx 최소:17lx 연직면조도 평균:7.66lx 최소:**2.00**lx

- 2차로 무조명 구간 횡단보도 조명 시뮬레이션 - 횡단면 폭 8m일 경우, 횡단보도 조명 1개 설치 시

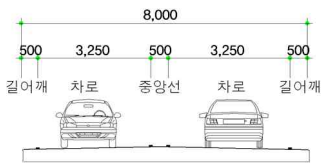
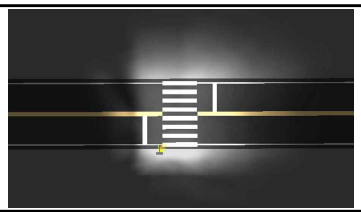
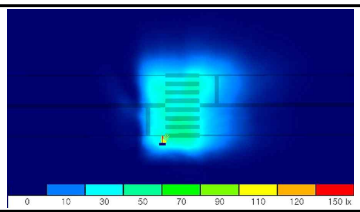
2차로 횡단면 폭원별 비율에서 횡단면이 9m이상인 경우가 19.5%로 비율이 낮았다.



<그림 2-36> 2차로 도로 횡단면 폭원별 비율

따라서, 횡단면 폭 8m일 경우를 시뮬레이션 검토한 결과, LED 60W(5,338lm), 높이 6m에서 1개 설치하였을 때, 기준을 만족하였다.

<표 2-98> 2차로 무조명 구간 시뮬레이션 - 횡단면도 8m일 경우, 횡단보도 조명 1개 설치

횡단면도 폭 8m / 횡단보도 폭 4m		
		
H:6m / 5,338lm		
수평면조도 평균:29lx 최소:16lx / 연직면조도 평균:13lx 최소:2.07lx		

- 소론

시뮬레이션 결과 횡단면 폭이 8m 이하일 경우에는 횡단보도 조명 1개를 설치하면 기준조도를 만족하였다. 표준 횡단면도와 같이 길어깨 폭이 넓을 경우에는 무조명 구간임을 고려하여 횡단보도 조명 1개를 설치하여 광속값 및 설치높이를 높이는 것보다 횡단보도 조명 2개를 설치하여 광속값 및 설치높이를 조정하여 기준을 만족하도록 하는 것을 권장한다.

○ 연속조명 구간 시뮬레이션

횡단보도 조명 없이 도로조명만 설치되어있을 때 횡단보도 조명 기준 만족여부를 시뮬레이션 검토를 통해 알아보고자 하였다.

가로등은 일반적으로 지방부도로에서 많이 쓰이는 배광을 적용하였으며 2, 4차로로 나누어 2차로는 150W, 4차로는 250W수준으로 설정하였다. 도로조명 등급인 M2, M3, M4, M5등급에 맞추어 가로등을 배열하였으며 도로조명 등급별 기준값은 <표 2-99>와 같다.

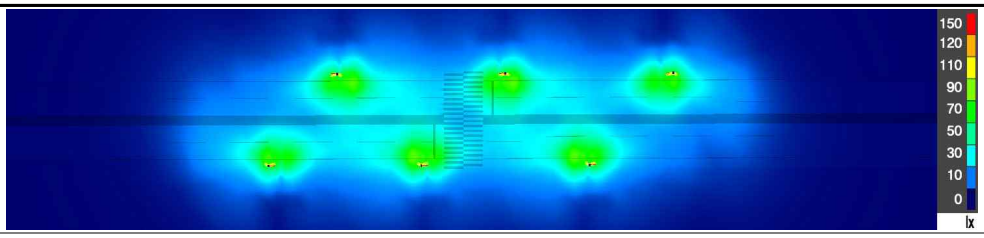
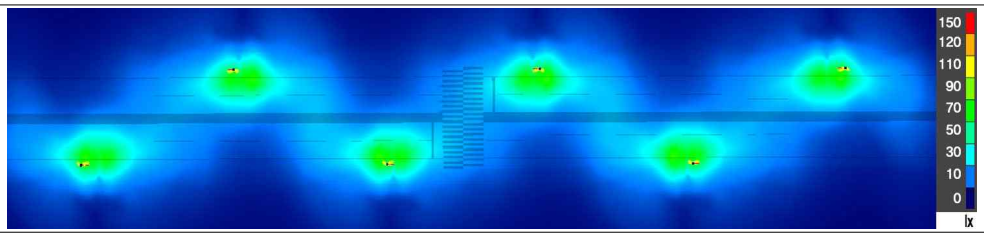
<표 2-99> 도로조명 기준 - KS A 3701:2007

도로조명 등급	평균노면 휘도(최소) Lavg(cd/㎡)	휘도 균제도(최소)		TI(%) (최대)
		Uo	Ul	
M1	2.0	0.4	0.7	10
M2	1.5	0.4	0.7	10
M3	1.0	0.4	0.5	10
M4	0.75	0.4	-	15
M5	0.5	0.4	-	15

① 4차로 연속조명 구간 시뮬레이션

M3·M4·M5 등급을 만족할 경우, 횡단보도 조명을 별도로 추가 설치하지 않아도 된다.

<표 2-100> 4차로 연속조명 구간 시뮬레이션

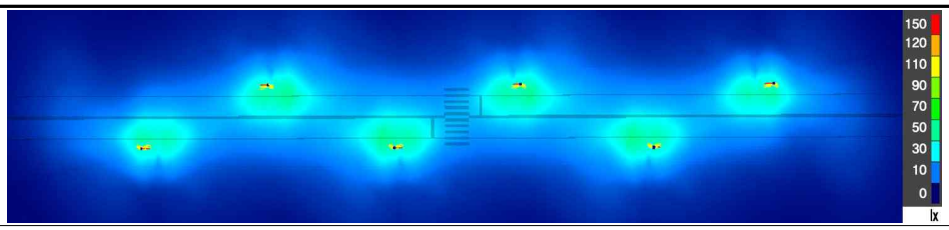
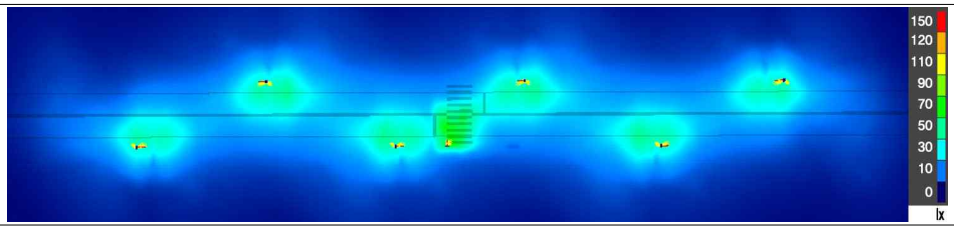
M3	 수평면조도 평균: 23lx, 최소: 15lx 연직면조도 평균: 23lx, 최소: 8.21lx
M4 · M5	 수평면조도 평균: 13lx, 최소: 8.24lx 연직면조도 평균: 20lx, 최소: 6.05lx

* M4 · M5등급 기준을 만족하도록 가로등을 배열하였을 때, 균제도 확보로 배열 동일

② 2차로 연속조명 구간 시뮬레이션

M3 등급에서 상업지역(연직면 평균 20~30 lx)을 만족하기 위해서는 횡단보도 조명 1개를 추가 설치하되, 광속값 및 설치높이를 조절하여 연직면 평균조도 30 lx 이상 초과하지 않도록 하여야 하였다.

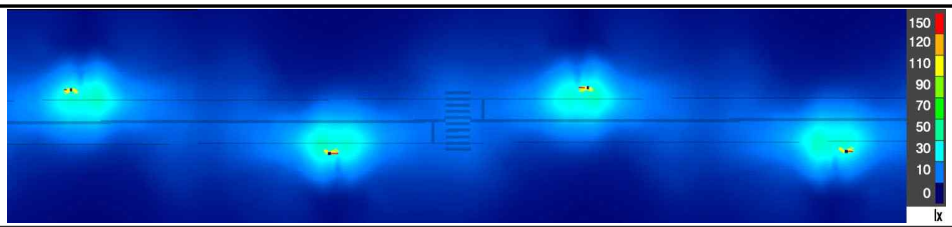
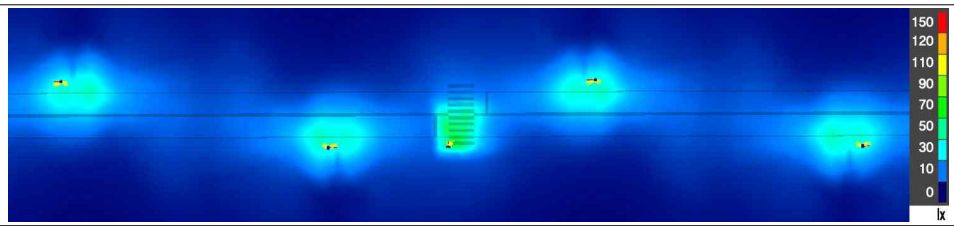
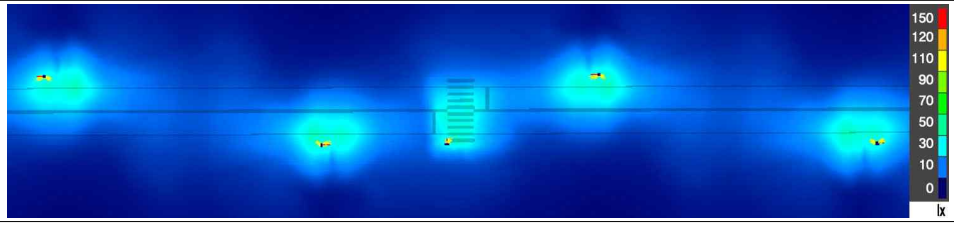
<표 2-101> 2차로 연속조명 구간 시뮬레이션 (M3 등급)

M3 등급	 수평면조도 평균: 14lx, 최소: 10lx / 연직면조도 평균: 15lx, 최소: 7.07lx
횡단보도 조명 H:4.5M/ 3,000lm	 수평면조도 평균: 33lx, 최소: 10lx / 연직면조도 평균: 26lx, 최소: 7.29lx

M4·M5 등급에서 상업지역(연직면 평균 20~30lx)을 만족하기 위해서는 횡단보도 조명 1개를 추가 설치하되, 광속값 및 설치 높이를 조절하여 연직면 평균조도 30 lx 이상 초과하지 않도록 하여야 한다.

M4·M5 등급에서 주거·공업지역(연직면 평균 15~20lx)을 만족하기 위해서는 횡단보도 조명 1개를 추가 설치하되, 광속값 및 설치 높이를 조절하여 연직면 평균조도 20lx 이상 초과하지 않도록 하여야 한다.

<표 2-102> 2차로 연속조명 구간 시뮬레이션 (M4·M5 등급)

M4 · M5 등급	 수평면조도 평균: 8.30lx, 최소: 7.49lx / 연직면조도 평균: 13lx, 최소: 10lx
상업	 횡단보도 조명 H: 4.5M/ 3,000lm 수평면조도 평균: 27lx, 최소: 7.74lx / 연직면조도 평균: 23lx, 최소: 11lx
주거 공업	 횡단보도 조명 H: 6M/ 3,000lm 수평면조도 평균: 22lx, 최소: 9.67lx / 연직면조도 평균: 19lx, 최소: 11lx

나. 오프로드 테스트

(1) 측정개요

○ 측정 목적

본 연구는 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발로 횡단보도에서 보행자의 보임의 조건을 조사 분석하여 횡단보도 조명기준을 보완하였다. 이에, 개발된 횡단보도 조명기구가 보완하려는 횡단보도 조명기준을 만족하는지 여부를 판단하기 위하여 본 측정을 계획하였다.

○ 측정 일반사항

① 측정장소

- 인천시 중구 운북동 영종도 운북 경제자유구역내의 직선도로 횡단보도
- 기반시설이 갖추어진 상태이며 주변에 빛(光) 영향 적음
- 도로는 4차선으로 미개통 도로



<그림 2-37> 운북지역 주 · 야간 현장사진

② 도로제원

<표 2-103> 운북지역 도로제원

통행 방식	왕복 4차선
차로 폭	14m
도로 표면	바닥: 아스팔트

(2) 측정계획

○ 측정일시

- 2013년 10월 15일(화) ~ 18일(금): 총 4일

○ 측정장비

<표 2-104> 측정장비

휘도 측정	조도 측정
	
TECHNOTEAM LMK Mobile Advanced (삼각대 포함)	MINOLTA T-10A x 1ea
거리측정	워킹미터 / 50M줄자 / 8M줄자 / 레이저 거리측정기
안전용품	라바콘/ 안전조끼 / 경광봉 / 장갑 / 무전기
기타	방진복 / 청테잎 / 스프레이 / 기록표

○ 측정기준

① 횡단보도 조명설치 기준(안)

<표 2-105> 횡단보도 조명설치 기준(안)

기존 기준 국토교통부「도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 조명시설 편」2012.11					보완 기준: 국외기준, 현장조사 결과				
용도 지역	수평면 평균조도(lx)		수평면 최소조도(lx)		연직면 조도(lx)		글레어 광도 cd(1000lm당)		유효 범위
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	평균	최소	평균	최소	
상업지역	60	40	24	16	30	4	10 이하	30 이하	횡단보도 전후방 최소50m내 수평면 평균 조도 5lx, 균제도 0.4
주거지역 공업지역	30	20	12	8	15~20	4			
기타지역	15	10	6	4	10~15	4			

단, 다음과 같은 경우는 예외로 함

① 도로조명등급이 M2등급 이상이면 횡단보도 조명을 설치하지 않아도 됨

② 도로조명에 의하여 연직면조도가 평균 30lx 이상이고, 최소 4lx 이상이면 횡단보도 조명을 설치하지 않아도 됨

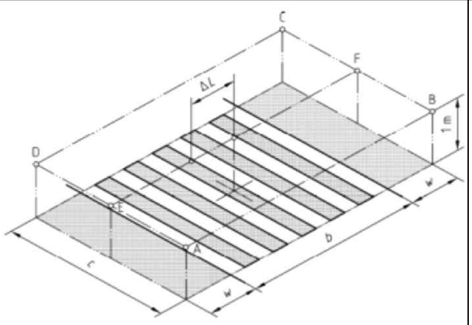
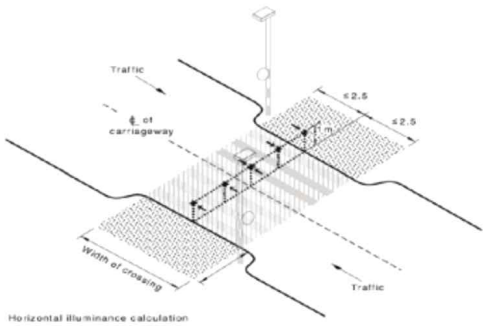
③ 무조명구간의 경우에는 다음 기준을 따름

<표 2-106> 횡단보도 조명설치 기준(안) <무조명 구간>

용도 지역	수평면 평균조도 (lx)		수평면 최소조도 (lx)		연직면 조도 (lx)		글레어 광도 cd(1000lm당)		유효 범위	배경휘도	
	아스팔트 포장	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	평균	최소	연직각 90도	연직각 80도		밝은 경우	어두운 경우
무조명구간 (모든지역)	10	7	4	3	-	-	10 이하	30 이하	횡단보도 전후방 최소50내 수평면 평균조도 5lx, 균제도 0.4	보행자 배경을 밝히는 방식	보행자 자신을 밝히는 방식

② 연직면 조도 측정법 검토

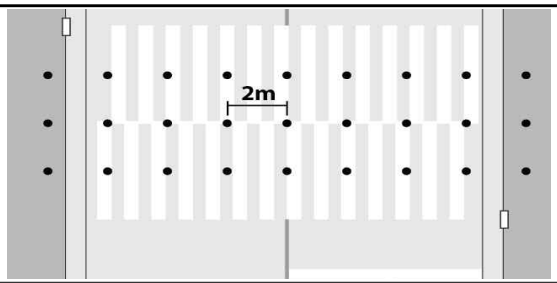
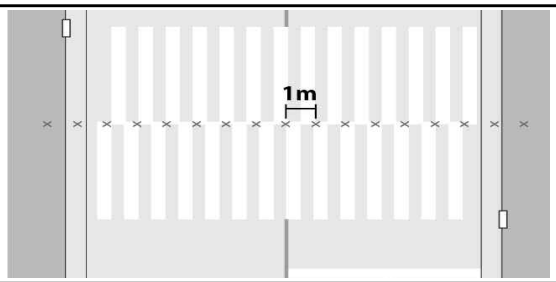
<표 2-107> 연직면 조도 측정법 검토

	독일(DIN67523-2:2010)	호주/뉴질랜드(AS/NZS 1158.4:2009)
측정법	 Legende b Fahrbahnbreite bzw. Fahrstreifenbreite c Breite des Fußgängerüberwegs w Tiefe der Wartefläche Bild 1 — Bewertungsfeld	 FIGURE 3.4 LOCATIONS AT WHICH THE POINT VERTICAL AND SURROUND ILLUMINANCE REQUIREMENT APPLY
검토결과	• 연직면조도 측정방법은 국내기준에 없어 당초 독일 기준으로 측정기준을 마련하였으나 1차 자문결과 측정점 완화 요청이 있었음 • 현재 횡단보도조명 기준 개정중으로 연직면조도 측정법은 독일과 뉴질랜드 기준을 참고로 간소화 하여 측정하였음 (기준개정에 따라 변동 예상)	

○ 측정방법

① 조도측정

<표 2-108> 조도측정 방법

수평면 조도측정	연직면 조도측정
	
측정기준: 국토해양부 도로안전시설설치 및 관리지침 제2편 조명시설	측정기준: 독일공업규격(DIN 67523-2) 및 뉴질랜드(AS/NZS 1158.4:2009) 참조
	
횡단보도의 중심축과 중앙선이 만나는 지점을 기준으로 가로와 세로가 각각 2m인 격자점을 관측지점으로 선정 **측정간격: 2m**	**측정간격: 1m / 측정높이: 1m**

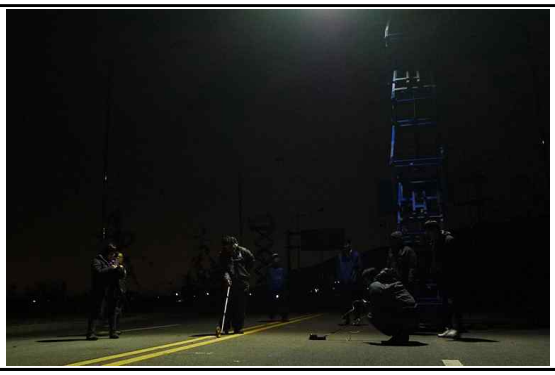
② 노면휘도·장애물 인식 측정

<표 2-109> 노면휘도·장애물 인식 측정방법

노면휘도 측정	장애물인식 측정
	
정지시거 75m / 110m	횡단보도 60m 전방

③ 횡단보도 조명 전사광 및 후사광 검토

<표 2-110> 횡단보도 조명 전사광 및 후사광 검토

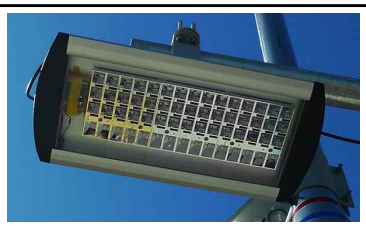
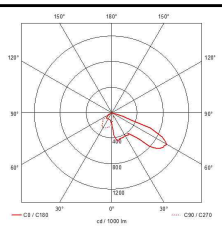
횡단보도 조명 전방 및 후방(후사광) 측정	
	

○ 측정 등기구

① 횡단보도 조명

- LED 60W(5,338lm), 4면 비대칭 배광
- 리프트 높이 조절로 등기구 높이 변경 가능

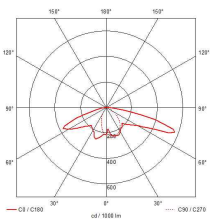
<표 2-111> 횡단보도 조명 기구이미지 및 배광곡선

기구이미지	배광곡선	설치이미지
		

② 가로등

- 일반적으로 도로에 많이 쓰이는 배트윙 배광을 가진 기구 선정
- 측정조건이 바뀔 때 램프만 교체(NH 250W, NH 150W, MH 250W, MH 175W)

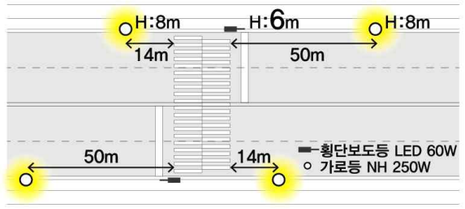
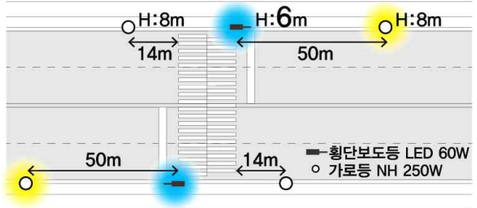
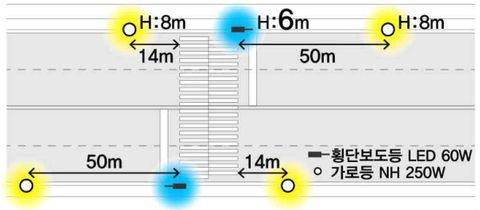
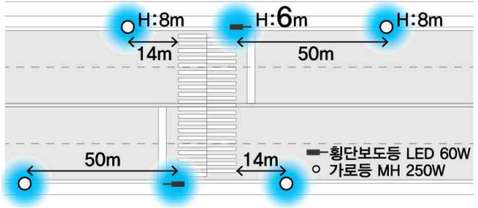
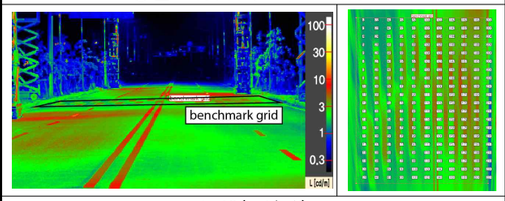
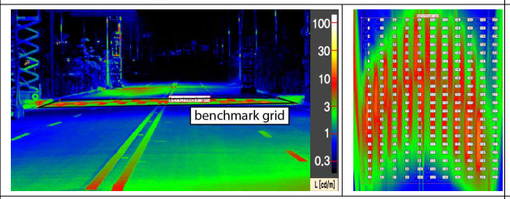
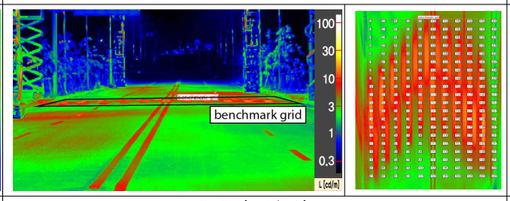
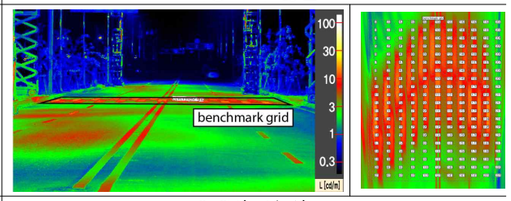
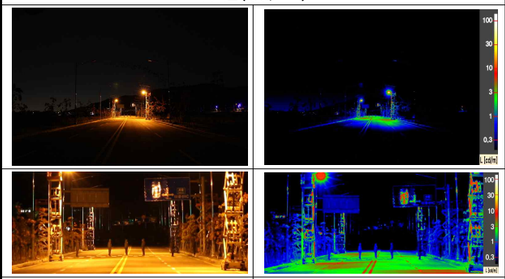
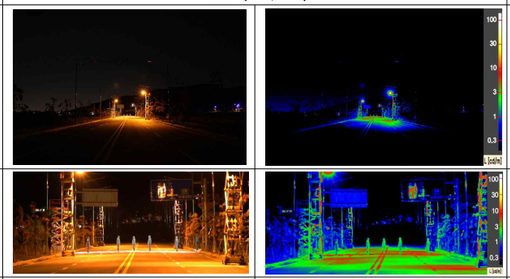
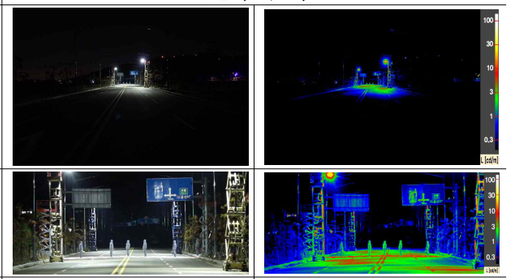
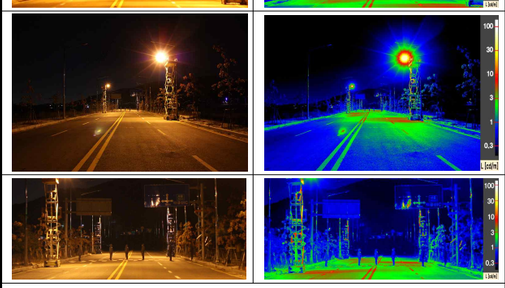
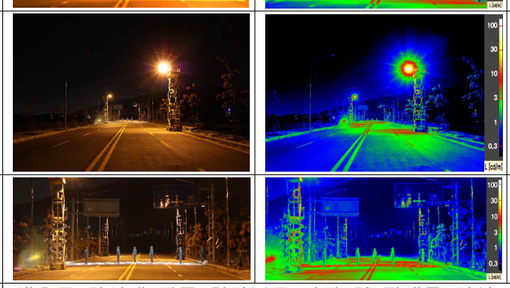
<표 2-112> 가로등 기구이미지 및 배광곡선

기구이미지	배광곡선	설치이미지
		

(3) 측정결과

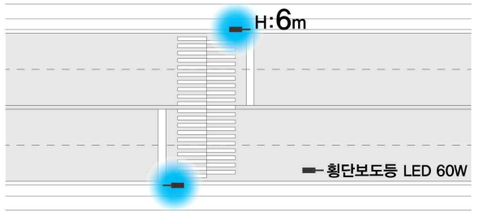
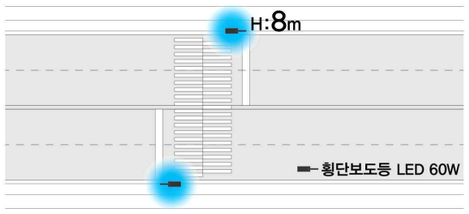
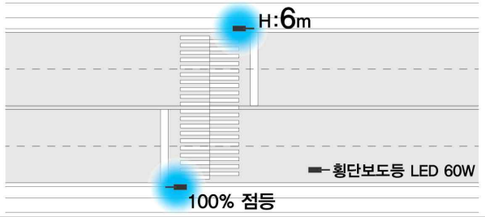
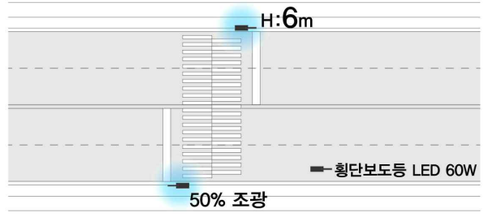
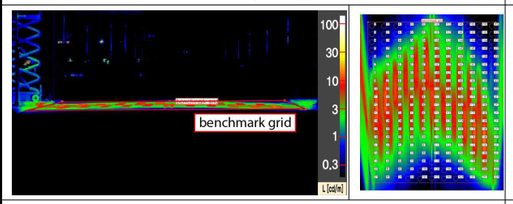
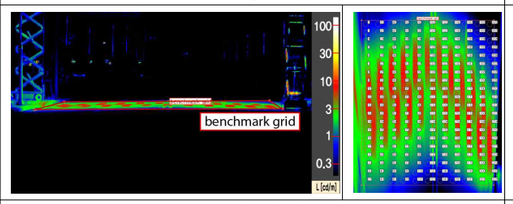
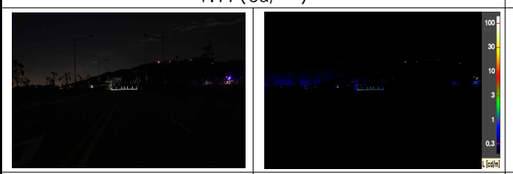
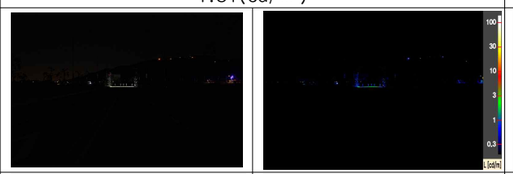
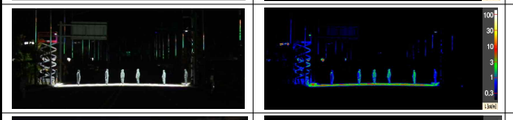
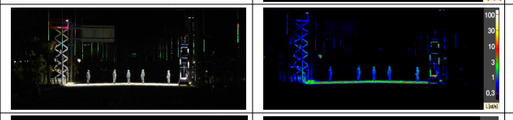
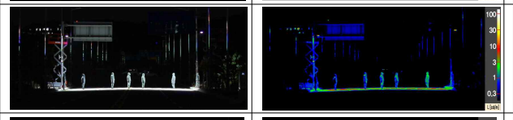
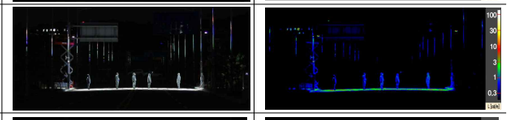
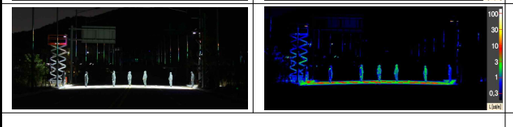
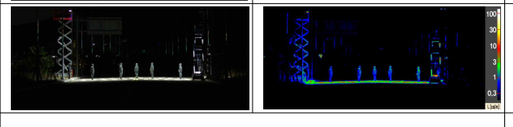
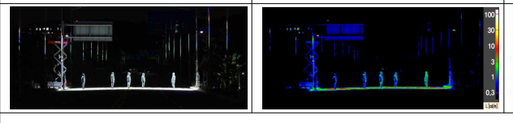
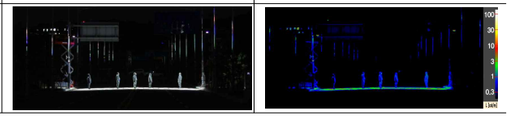
○ 4차선 측정결과

<표 2-113> 4차선 측정결과

	❶ 가로등(NH) 4EA H:8m	❷ 횡단보도 조명 2EA H:6m / 가로등(NH) 2EA H:8m	❸ 횡단보도 조명 2EA H:6m / 가로등(NH) 4EA H:8m	❹ 횡단보도 조명 2EA H:6m / 가로등(MH) 4EA H:8m
측정조건				
수평면조도	평균: 9.16 / 최소: 5.81	평균: 32.55 / 최소: 6.57	평균: 41.23 / 최소: 12.85	측정하지 않음
연직면조도	평균: 13.11 / 최소: 4.84	평균: 17.92 / 최소: 2.23	평균: 31.52 / 최소: 14.21	측정하지 않음
노면휘도측정				
평균노면휘도	1.42(cd/㎡)	2.23(cd/㎡)	3.37(cd/㎡)	3.27(cd/㎡)
장애물인식측정 110m				
장애물인식측정 75m				
측정결과	- 횡단보도조명 없이 보조조명(가로등)만으로 최소 연직면조도가 4.84lx로 목표조도(4lx) 만족 - 노면의 밝은 배경 대비 보행자가 어두운 실루엣으로 보이는 Negative contrast로 보행자 인식	- 횡단보도 전방 50m지점에 보조조명(가로등)을 설치하였으나, 최소연직면조도가 2.23x로 목표조도(4lx) 만족하지 못함 - 횡단보도와 보조조명(가로등) 사이에 어두운 구간 발생	**색온도 차이에 따른 횡단보도 인지 및 장애물 인식 측정** - 연속조명(가로등)의 광원이 나트륨 램프(2,000K)일 때, 횡단보도 조명(5,000K)과 색온도 차이로 횡단보도 인지가 쉬움 - 연속조명(가로등)의 광원이 메탈 램프(4,500K)일 때, 횡단보도 조명(5,000K)과 색온도가 유사하여 횡단보도 인지는 나트륨 램프(연속조명)보다 떨어짐	

* 연직면조도 기준은 독일공업규격(DIN 67523-2) 및 호주/뉴질랜드(AS/NZS 1158.4:2009)을 참고함 * 측정데이터는 보수율 0.7을 적용하였음 * 등설치 조건: 가로등 NH 250W(25,000lm) / 횡단보도 조명 LED 60W(5,338lm)

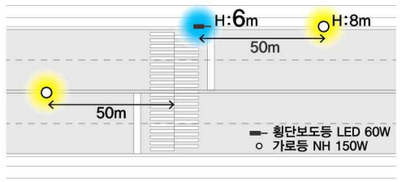
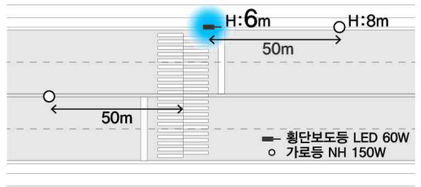
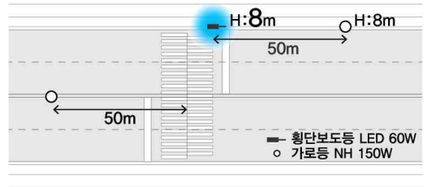
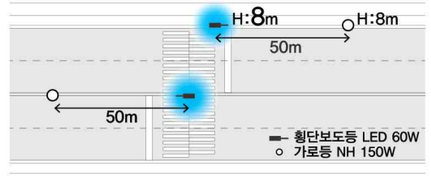
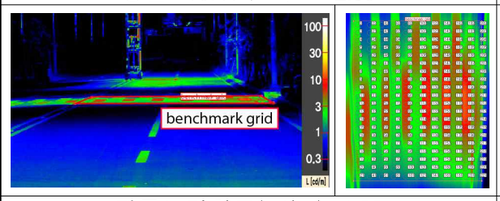
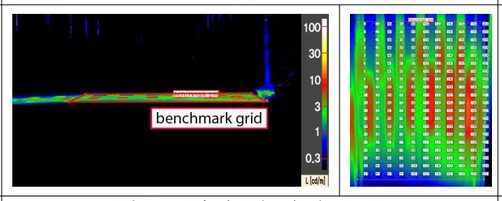
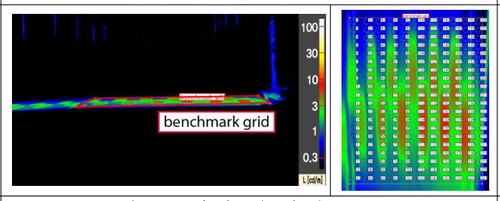
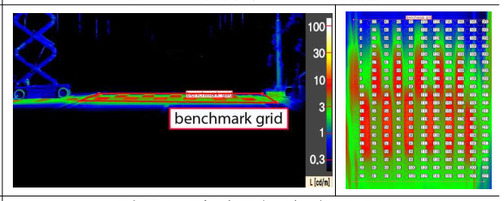
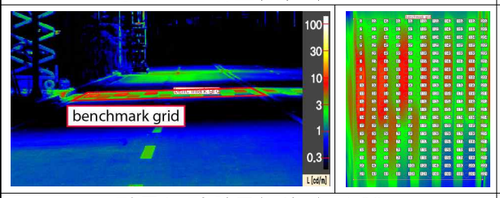
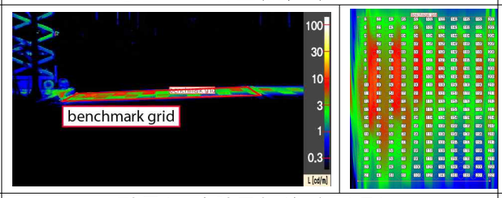
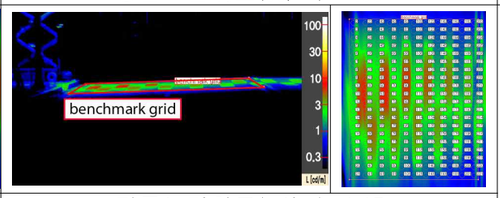
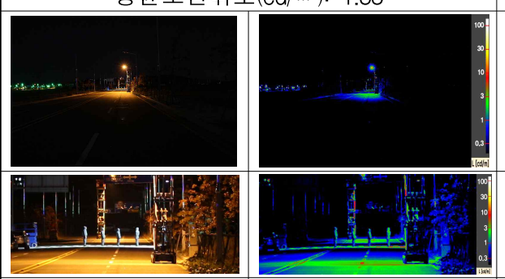
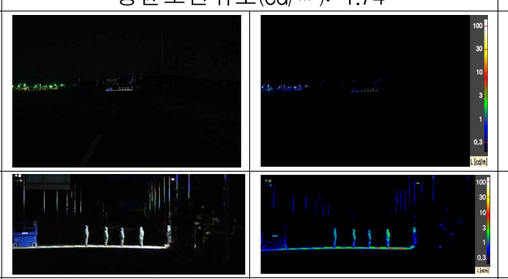
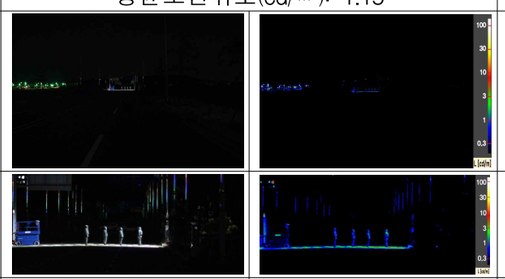
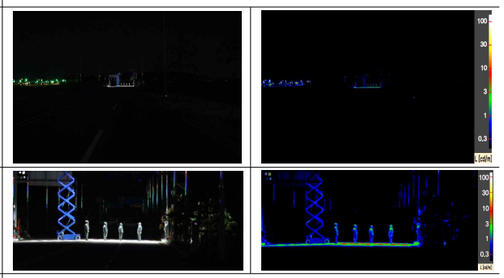
<표 2-114> 4차선 측정결과

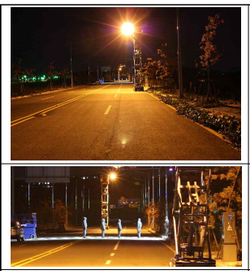
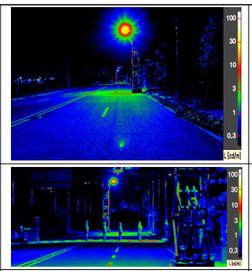
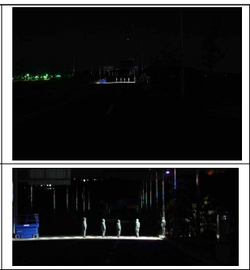
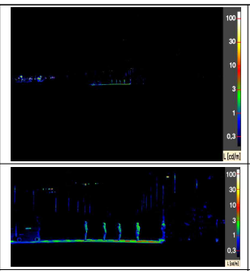
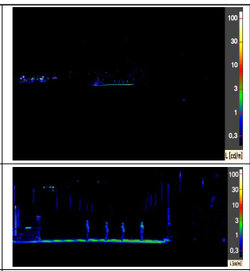
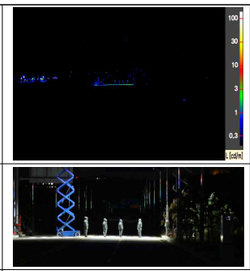
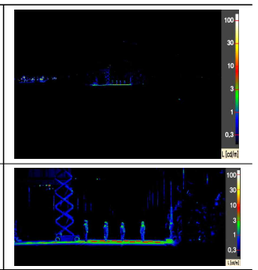
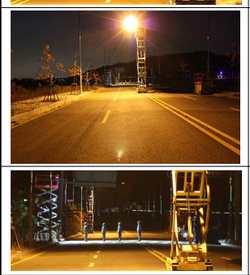
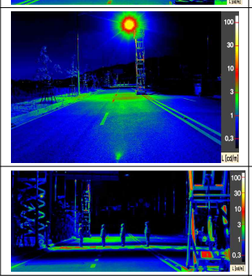
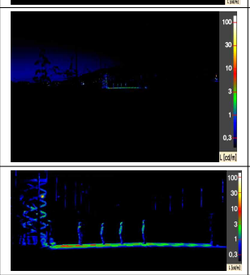
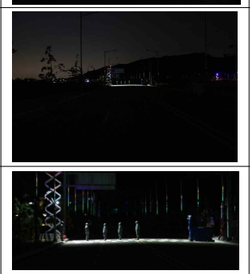
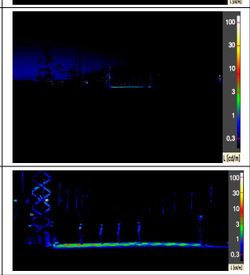
		❺ 횡단보도 조명 2EA H:6m	❻ 횡단보도 조명 2EA H:8m	❼ 횡단보도 조명 2EA H:6M 100% 점등	❽ 횡단보도 조명 2EA H:6M 50% 조광
측정조건					
수평면조도		평균: 32.47 / 최소: 6.48	평균: 26.74 / 최소: 10.84	-	-
연직면조도		평균: 17.84 / 최소: 1.76	평균: 12.67 / 최소: 4.38	평균: 17.84 / 최소: 1.76	-
노면휘도				-	-
		1.77(cd/㎡)	1.51(cd/㎡)	-	-
장애물인식측정	110m				
					
	75m				
					
측정결과		- 횡단보도조명 높이 6m 2EA 설치 시 최소 연직면조도가 1.76x로 목표조도(4lx) 만족하지 못함	- 횡단보도조명 높이 8m 2EA 설치 시 최소 연직면조도가 4.38lx로 목표조도(4lx) 만족	**횡단보도 조명 100%점등, 50%조광 장애물인식 측정** - 횡단보도 조명 높이 6m 2EA 설치 시, 100% 점등시에도 최소 연직면조도가 목표조도(4lx)를 만족하지 못하였으며, 50% 조광시 차선 중앙의 장애물 인지에는 어려움이 없으나 보행자 대기지역에 있는 장애물은 100%점등시보다 인지가 떨어짐	

* ❼번, ❽번 측정은 횡단보도 조명 100%, 50%점등하였을 때 장애물인식의 차이를 보기 위한 것으로 조도 및 휘도는 측정하지 않음

○ 2차선 측정결과

<표 2-115> 2차선 측정결과

			❶ 횡단보도 조명 1EA H:6m 전후방 50M 가로등(NH) 2EA H:8m	❷ 횡단보도 조명 1EA H:6m	❸ 횡단보도 조명 1EA H:8m	❹ 횡단보도 조명 2EA H:8m
측정조건						
수평면조도			평균: 26.50 / 최소: 15.22	평균: 26.18 / 최소: 15.68	평균: 17.96 / 최소: 10.75	평균: 35.40 / 최소: 20.72
연직면조도			평균: 10.41 / 최소: 2.39	평균: 11.13 / 최소: 2.03	평균: 5.07 / 최소: 1.52	평균: 10.68 / 최소: 6.02
노면휘도	설치방향		 평균노면휘도(cd/㎡): 1.80	 평균노면휘도(cd/㎡): 1.60	 평균노면휘도(cd/㎡): 1.09	 평균노면휘도(cd/㎡): 1.61
	설치반대방향		 평균노면휘도(cd/㎡): 1.83	 평균노면휘도(cd/㎡): 1.74	 평균노면휘도(cd/㎡): 1.15	-
장애물인식측정	정지시거 110m	설치방향				
		설치반대방향				-

장애물인식측정	정지시거 75m	설치방향							 
		설치반대방향							-
측정결과			- 횡단보도 조명 1EA와 전방 50m에 보조 조명(가로등) 설치 시 최소연직면조도가 2.39lx로 목표조도(4lx) 만족하지 못함 - 횡단보도와 보조조명(가로등) 사이에 어두운 구간 발생		- 횡단보도조명 높이 6m, 1EA 설치 시 최소 연직면조도는 2.03lx로 목표조도(4lx) 만족하지 못함		- 횡단보도조명 높이 8m, 1EA 설치 시 최소 연직면조도는 1.52lx로 목표조도 (4lx) 만족하지 못함		- 횡단보도조명 높이 8m, 2EA 설치 시 최소 연직면조도는 6.02lx로 목표조도 (4lx) 만족

* 2차선 ❹번 측정은 횡단보도를 중심으로 대칭으로 조명기구가 배열되므로 설계반대방향은 측정하지 않음

○ 전사광 및 후사광 측정결과

개발된 횡단보도 전용 조명기구의 전·후방을 2m 간격마다 조도를 측정한 결과, 높이 6m의 경우 전방 24m(0.18lx), 후방 14m(0.15lx) / 높이 8m의 경우 전방 32m(0.15lx), 후방 18m(0.15lx)까지 빛이 조사됨. 측정값은 다음과 같다.

① 횡단보도 조명 H:6m 전후방 조도 측정

<표 2-116> 횡단보도 조명 높이 6m 설치 시 전후방 조도 측정값

횡단보도 방향(전방)						후사광(후방)				
10m	8m	6m	4m	2m		2m	4m	6m	8m	10m
14.42	23.17	19.91	35.98	49.35		10.81	7.19	4.16	1.46	0.53
20m	18m	16m	14m	12m		12m	14m	16m	18m	20m
0.95	2.20	4.41	6.79	8.96		0.18	0.15	0.14	0.13	0.13
30m	28m	26m	24m	22m	0m ←14.75(lx)→	22m	24m	26m	28m	30m
-	0.13	0.13	0.18	0.40		-	-	-	-	-
40m	38m	36m	34m	32m		32m	34m	36m	38m	40m
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

② 횡단보도 조명 H:8m 전・후방 조도 측정

<표 2-117> 횡단보도 조명 높이 8m 설치 시 전・후방 조도 측정값

횡단보도 방향(전방)						후사광(후방)				
10m	8m	6m	4m	2m		2m	4m	6m	8m	10m
13.79	12.18	14.21	21.70	28.91		7.31	5.38	4.01	2.67	1.15
20m	18m	16m	14m	12m		12m	14m	16m	18m	20m
2.63	3.68	4.96	7.07	10.15		0.75	0.33	0.16	0.15	0.15
30m	28m	26m	24m	22m	0m ←9.42(lx)→	22m	24m	26m	28m	30m
0.19	0.29	0.57	0.99	1.72		-	-	-	-	-
40m	38m	36m	34m	32m		32m	34m	36m	38m	40m
-	-	-	0.14	0.15		-	-	-	-	-

(4) 결론

횡단보도 조명기구 시제작품으로 양방향 4차선과 2차선 도로 오프로드 테스트 측정 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다,

○ 양방향 4차선의 경우 목표조도(최소연직면조도 4lx)를 만족하면 횡단보도조명을 별도로 설치하지 않아도 된다.

횡단보도 전후방 최소 50m내 도로조명의 최소등급 M5수준인 수평면 평균 조도 5lx, 균제도 0.4를 만족할 수 있도록 가로등을 배치하였을 때, 횡단보도와 보행자 대기지역의 최소연직면조도가 4.84lx로 목표조도(최소연직면조도 4lx)를 만족하였다.

○ 양방향 4차선 도로에서 무조명구간일 경우, 횡단보도조명 2EA만 설치하여도 된다.

양방향 4차선 무조명구간에서 횡단보도조명 2EA를 높이 8m로 설치했을 때, 최소연직면조도가 4.38lx로 목표조도(최소연직면조도 4lx)를 만족한다.

○ 양방향 2차선 무조명구간에서는 횡단보도조명을 1개 설치하는 것을 권장하며 최소 연직면조도는 2lx를 제안한다. (KS A 3701:2007 보행자에 대한 도로조명의 기준-교통량이 적은 도로 적용)

양방향 2차선에서 횡단보도 조명 1EA, 설치높이 6m에서 최소연직면조도는 2.03lx, 8m로 높였을 경우 1.52lx로 6m일 때 더 유리하였으며, 최소연직면조도는 목표조도 4lx를 만족하지 못하였으나, 2차선도로에서 횡단보도조명을 2개이상 설치하는 것은 과다밝기 제공으로 순응문제 및 빛공해 유발 우려가 있다. 2차선 도로 무조명구간에서 연직면 최소조도를 4lx이상으로 할 경우 수평면조도가 기준이상으로 과도하게 높게 제공될 수 있어 경제성, 유지관리성, 안전성을 고려하여 최소연직면조도 기준을 완화하는 것이 바람직하다고 본다.

○ 횡단보도 전후 연속조명이 없는 경우 보조조명을 추가하지 않아도 된다.

국토해양부 도로지침 도로안전시설 설치 및 관리지침 -조명시설-에서 “양방향 4차로 이상의 연속조명이 없는 경우 횡단보도로부터 50m 전방에 인근지역에 설치된 동일한 보조조명을 추가로 설치한다.”고 되어 있다. 결과 횡단보도조명의 배광이 우수하고, 연속조명이 없는 무조명구간의 조명을 당초기준의 밝기보다 낮게 설정한다면, 순응에 대한 우려는 없다고 판단되므로 보조조명은 추가되지 않아도 된다고 본다.

○ 횡단보도 조명과 연속조명은 색온도를 달리하여 광원을 설치하는 것이 인지도를 높일 수 있다.

횡단보도조명의 색온도(5,000K)에서 연속조명 색온도를 4,500K와 2,000K으로 다르게 하여 횡단보도 인지

및 장애물 인식을 측정한 결과, 어두운 배경과 밝은 장애물 대비로 장애물 인지에는 어려움이 없었으나, 횡단보도조명이 연속조명과 색온도를 달리하였을 때 횡단보도 인지도가 높았다.

○ **당초 독일기준(DIN67523-2:2010) 및 현장검토 결과에 따라 보행자 대기 지역을 밝히기 위해 후사광을 적용하였다.**

개발된 횡단보도 전용 조명기구의 전·후방을 2m간격마다 조도를 측정한 결과(높이 6m의 경우 전방 14m(6.79lx), 후방 4m(7.19lx) / 높이 8m의 경우 전방 14m(7.07lx), 후방 4m(5.38lx))보행자대기지역의 밝기가 과다하게 측정되었음(시뮬레이션결과를 초과하였음) 그러므로 시제작품의 부분 수정이 필요하다.

<표 2-118> 오프로드 테스트 결론

	4차로 이상	2차로 이하
연속조명구간	• 최소연직면 4lx만족시 추가조명 없어도 됨 • 연속조명과 색온도 구분 유리	• 최소연직면 4lx만족시 추가조명 없어도 됨 • 연속조명과 색온도 구분 유리
무조명구간	• 횡단보도조명 2EA 설치 • 최소연직면 4lx • 보조조명 없음	• 횡단보도조명 1EA 설치 • 최소연직면 2lx • 보조조명 없음

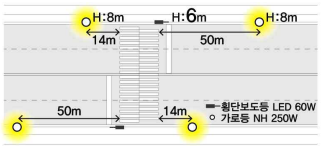
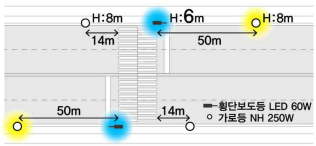
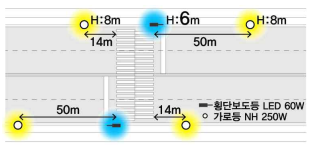
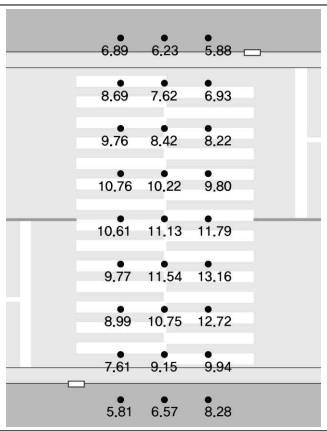
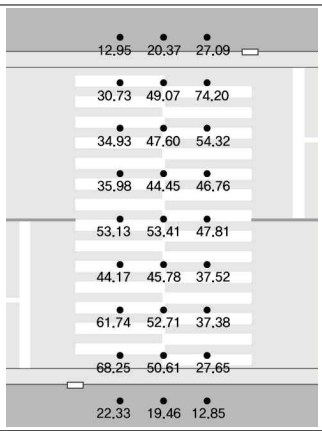
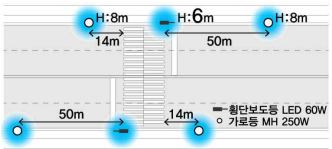
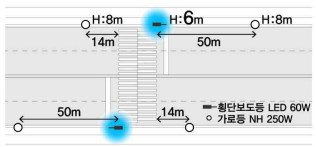
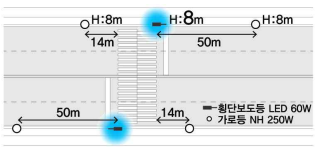
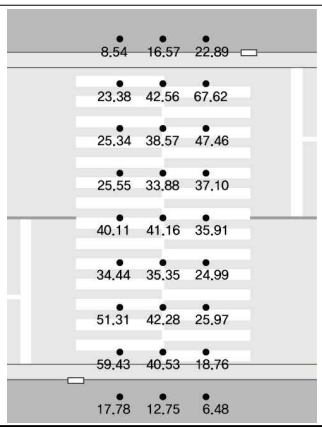
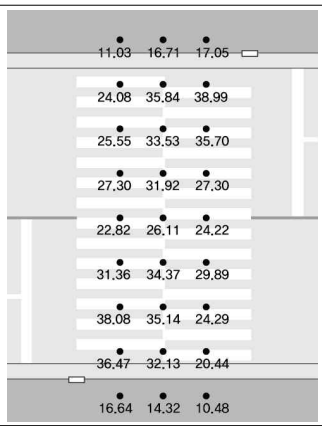
국내의 횡단보도 조명기준은 국토교통부의 도로안전시설 설치 및 관리지침에 명시되어 있으나 수평면 조도에 대한 규정만 있고 장애물 시인에 필요한 연직면조도에 대한 규정이 없어 제품개발에 어려움이 있었다. 이에 국외기준 중 연직면조도에 대한 세부규정이 있는 독일기준(DIN67523-2:2010)을 적용하여 횡단보도조명기구를 개발하였으나 1차년도 성과물에 대한 1차 자문결과 측정법의 간소화를 요구한 바, 연직면조도 측정법을 일부 수정하여 오프로드 테스트를 하였다. 현재 국토교통부에서는 횡단보도조명 기준과 관련하여 개정 중에 있어 횡단보도조명 측정법에 따라 개발된 횡단보도조명기구에 대한 수정·보완이 필요할 것으로 판단된다.

(5) 부록

○ 4차선 측정결과

① 수평면 조도 측정결과

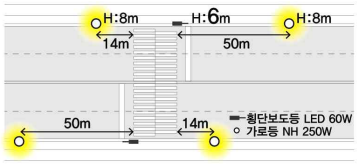
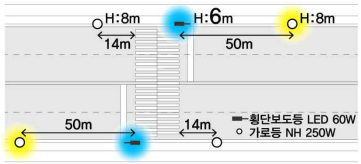
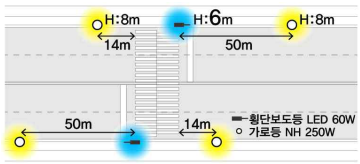
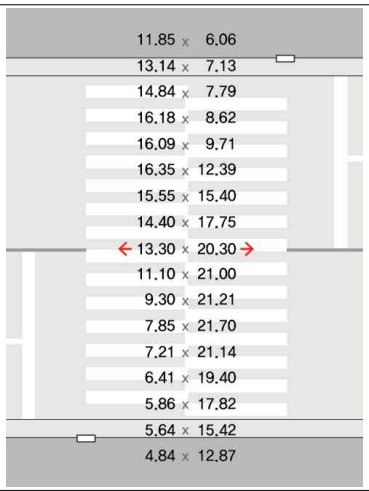
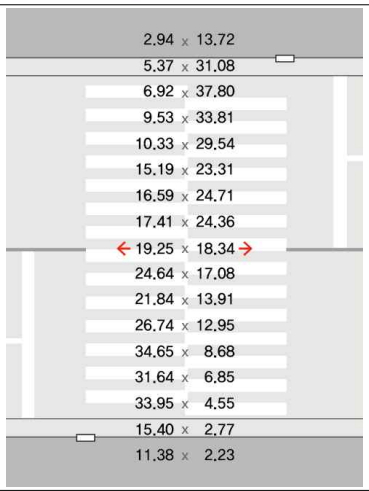
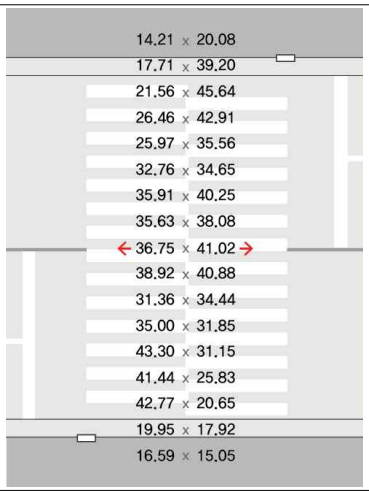
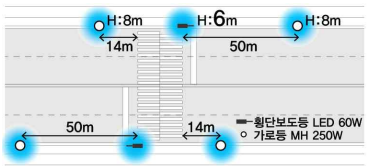
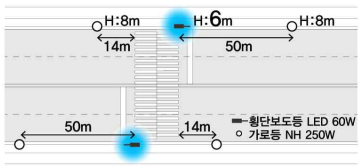
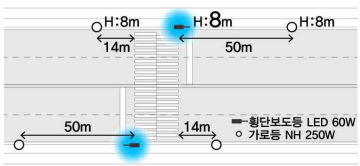
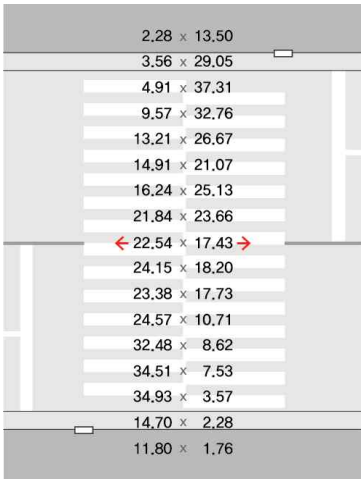
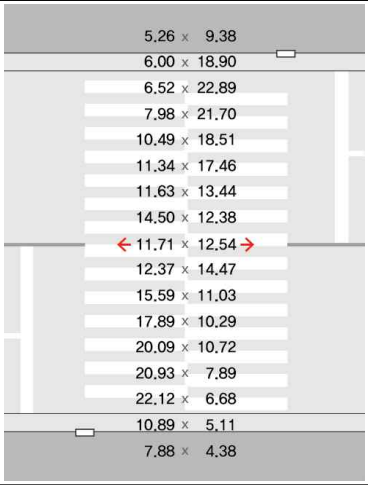
<표 2-119> 4차선 수평면 조도 측정결과

❶ 가로등(NH) 4EA H:8M ON	❷ 가로등(NH) 2EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON	❸ 가로등(NH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON
		
		
평균: 9.16/최소: 5.81(lx)	평균: 32.55/최소: 6.57(lx)	평균: 41.23/최소: 12.85(lx)
❹ 가로등(MH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON	❺ 횡단보도 조명 2EA H:6M ON	❻ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON
		
측정하지 않음		
측정하지 않음	평균: 32.47/최소: 6.48(lx)	평균: 26.74/최소: 10.84(lx)

* ❹번 측정은 ❸번 측정과 색온도 차이(나트륨 램프, 메탈램프)에 따른 횡단보도 및 장애물 인지에 대한 영향을 검토하기 위한 실험으로 장애물인식 측정만 한다.

② 연직면 조도 측정결과

<표 2-120> 4차선 연직면 조도 측정결과

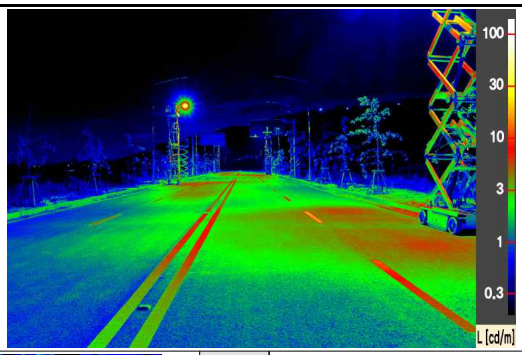
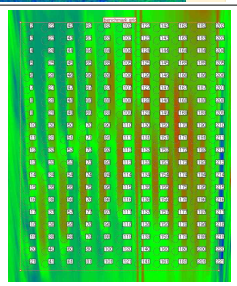
❶ 가로등(NH) 4EA H:8M ON	❷ 가로등(NH) 2EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON	❸ 가로등(NH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON
		
		
평균: 13.11/최소: 4.84(lx)	평균: 17.92/최소: 2.23(lx)	평균: 31.52/최소: 14.21(lx)
❹ 가로등(MH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON	**❺ 횡단보도 조명 2EA H:6M ON**	**❻ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON**
		
측정하지 않음		
측정하지 않음	평균: 17.84/최소: 1.76(lx)	평균: 12.67/최소: 4.38(lx)

* ❹번 측정은 ❸번 측정과 색온도 차이(나트륨 램프, 메탈램프)에 따른 횡단보도 및 장애물 인지에 대 한 영향을 검토하기 위한 실험으로 장애물인식 측정만 한다.

③ 노면휘도 측정결과

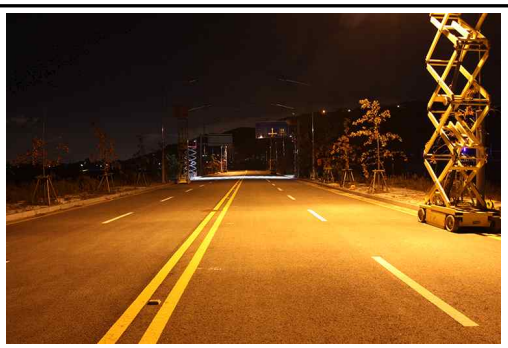
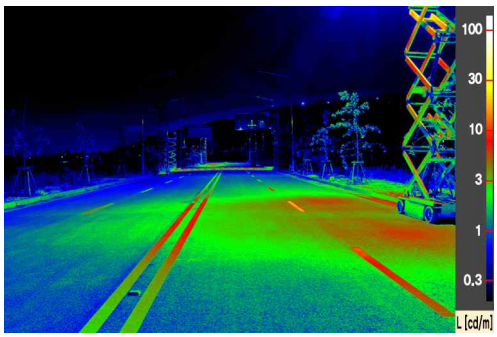
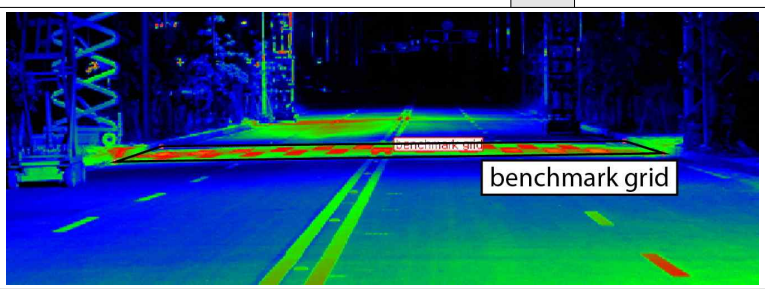
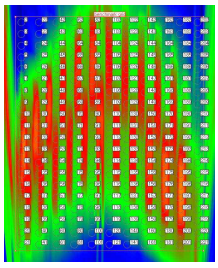
- 측정조건: 가로등(NH) 4EA H:8M ON ❶

<표 2-121> 4차선 노면휘도 측정결과 ❶

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균 노면휘도(cd/㎡): 1.42			

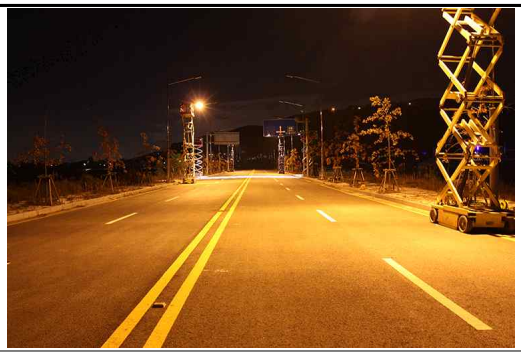
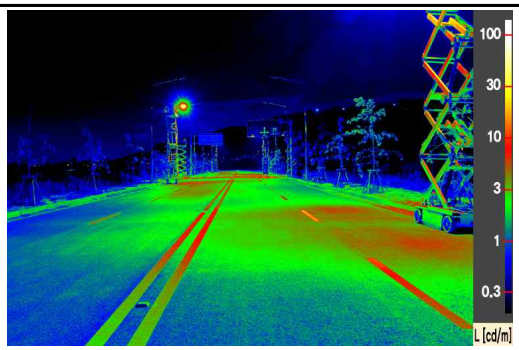
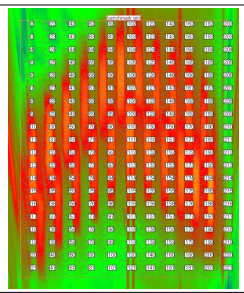
- 측정조건: 가로등(NH) 2EA H:8M ON+ 횡단보도 조명 2EA H:6M ON ❷

<표 2-122> 4차선 노면휘도 측정결과 ❷

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 2.23			

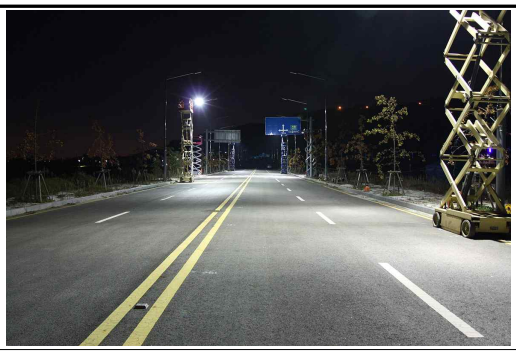
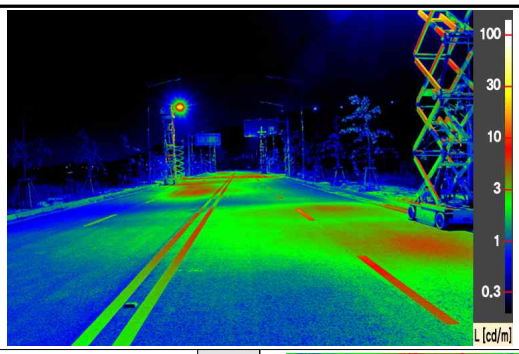
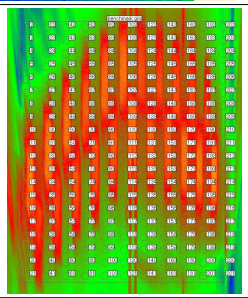
- 측정조건 : 가로등(NH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON ❸

<표 2-123> 4차선 노면휘도 측정결과 ❸

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 3.37			

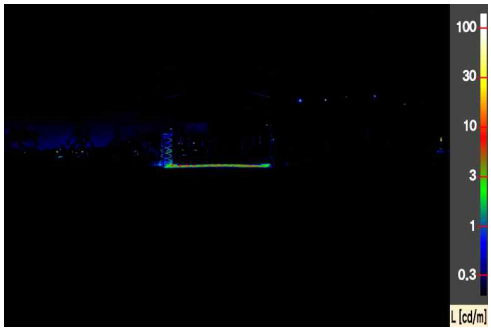
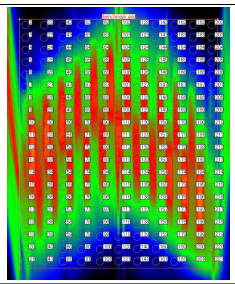
- 측정조건 : 가로등(MH) 4EA H:8M ON + 횡단보도 조명 2EA H:6M ON ❹

<표 2-124> 4차선 노면휘도 측정결과 ❹

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 3.27			

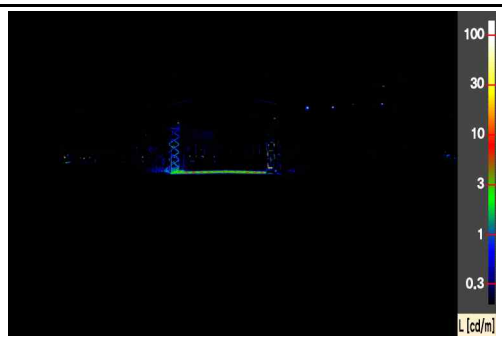
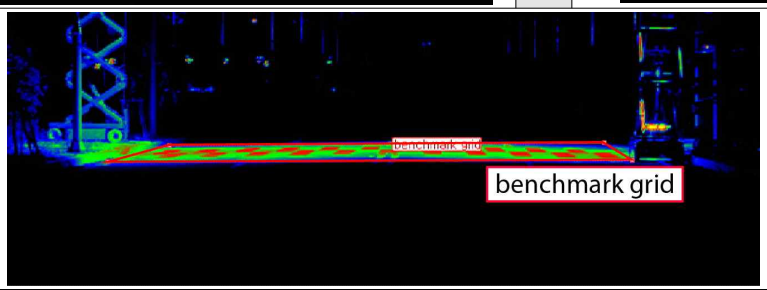
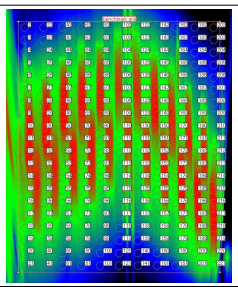
- 측정조건 : 횡단보도 조명 2EA H:6M ON ❺

<표 2-125> 4차선 노면휘도 측정결과 ❺

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 1.77			

- 측정조건 : 횡단보도 조명 2EA H:8M ON ❻

<표 2-126> 4차선 노면휘도 측정결과 ❻

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 1.51			

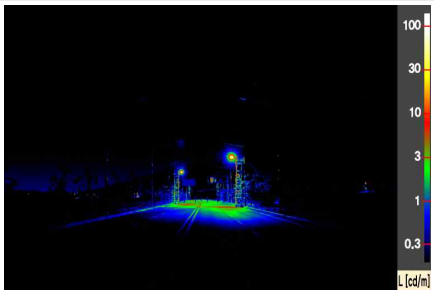
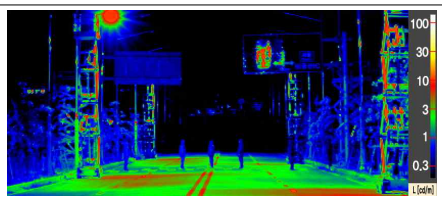
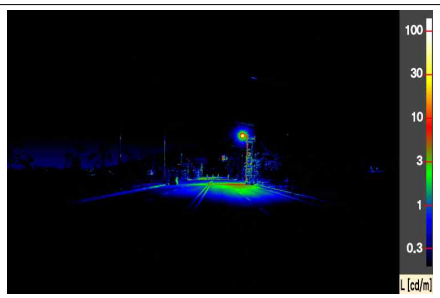
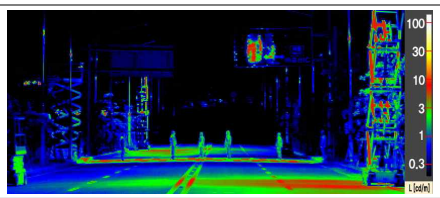
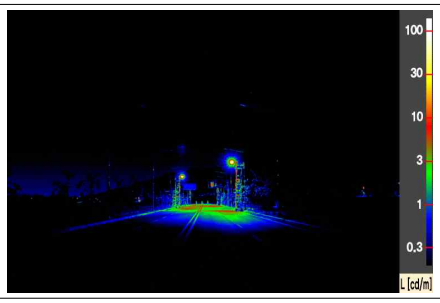
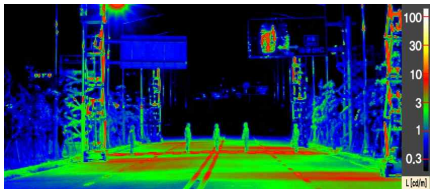
4차선은 횡단보도 부근의 가로등 배열을 횡단보도를 중심으로 좌우 동일한 거리에 대칭으로 설치하였기 때문에 노면휘도(60m), 장애물인식 측정(75m, 110m)은 설계방향에서만 측정하였다.

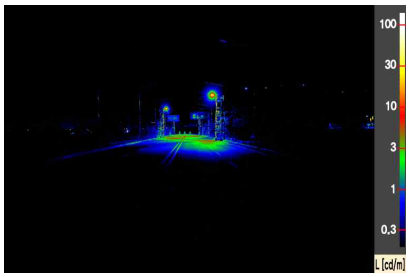
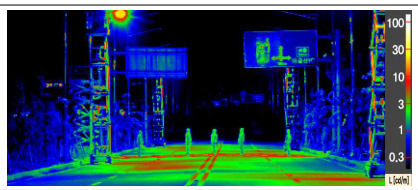
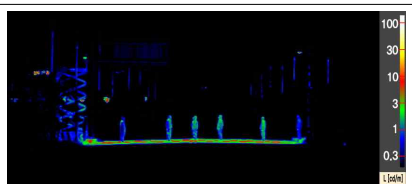
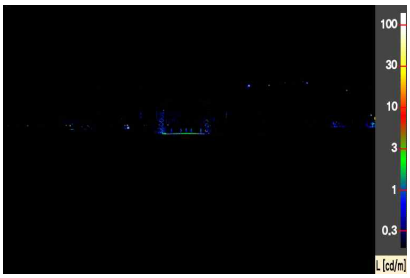
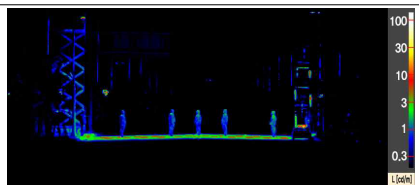
횡단보도가 도로에 있는 시설로서 연속된 도로와의 휘도대비를 검토하고자 하였다.

노면휘도의 경우 조망 거리에 따라 노면반사율, 횡단보도 표시선의 반사율 등의 변수로 인해 그 값이 변동될 수 있으므로 정량화하기 어려운 단점을 가지고 있다.

④ 장애물인식 측정결과 - 정지시거 110m

<표 2-127> 4차선 장애물인식 측정결과(정지시거 110m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
❶ 가로등(NH) 4EA H:8M ON		
		
❷ 가로등(NH) 2EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❸ 가로등(NH) 4EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		

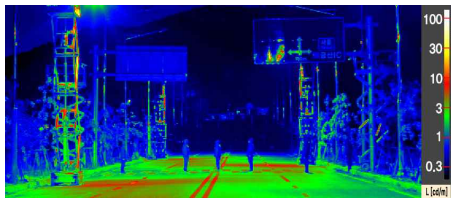
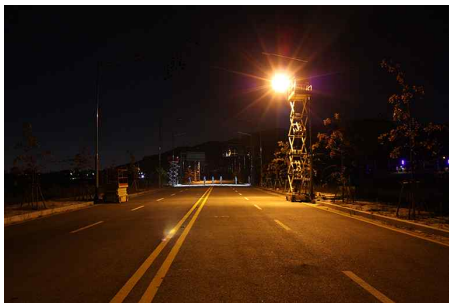
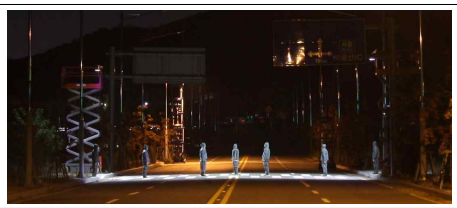
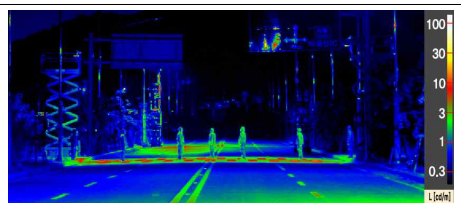
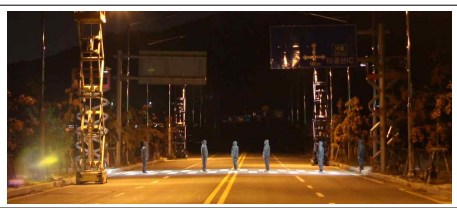
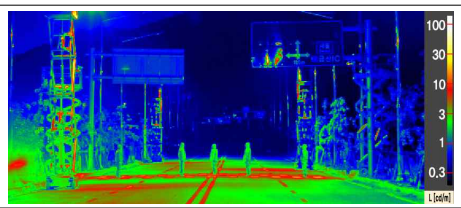
❹ 가로등(MH) 4EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❺ 횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❻ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON		
		

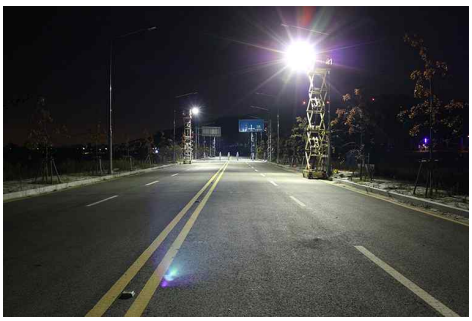
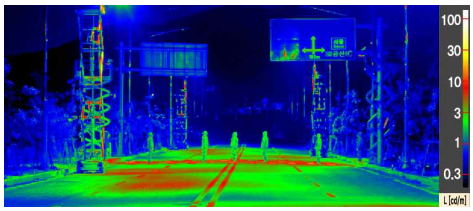
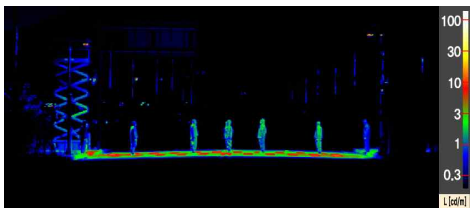
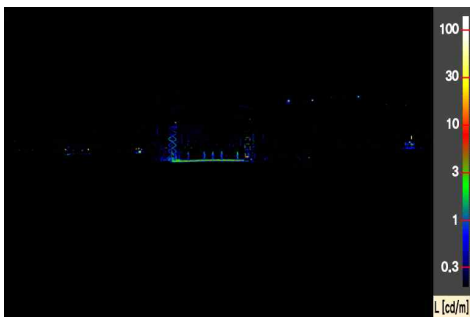
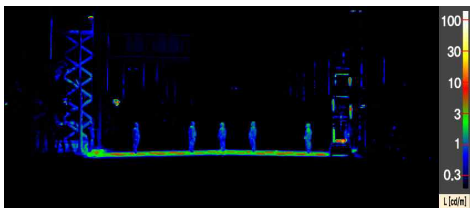
측정지점은 정지시거 75m(설계속도 60km/h)와 정지시거 110m(설계속도 80km/h) 지점에서 측정하였다. 도로노면과 색상이 비슷한 회색의복을 입음으로써 장애물 인지가 어려운 최악의 상황을 만들고자 하였다.

측정 장소의 특성상 배경휘도가 낮아 횡단보도 주행방향 전방에 횡단보도 조명이 설치되는 것이 장애물 인지에 유리하였다.

④ 장애물인식 측정결과 - 정지시거 75m

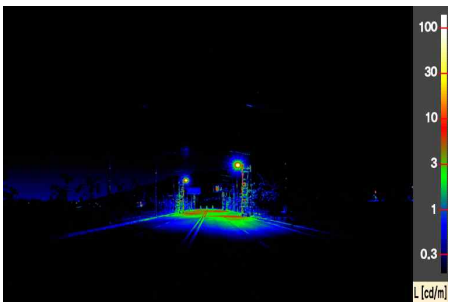
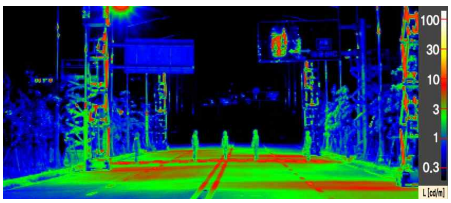
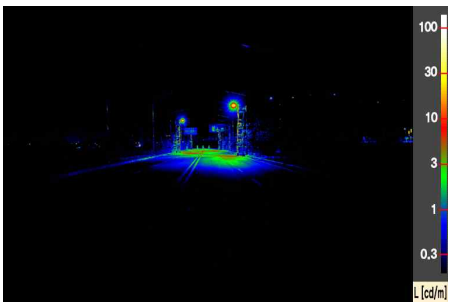
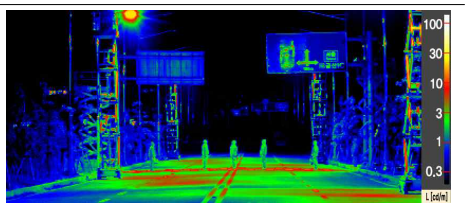
<표 2-128> 4차선 장애물인식 측정결과(정지시거 75m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
❶ 가로등(NH) 4EA H:8M ON		
		
❷ 가로등(NH) 2EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❸ 가로등(NH) 4EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		

측정조건	야간광환경	휘도분포도
❹ 가로등(MH) 4EA H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❺ 횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
❻ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON		
		

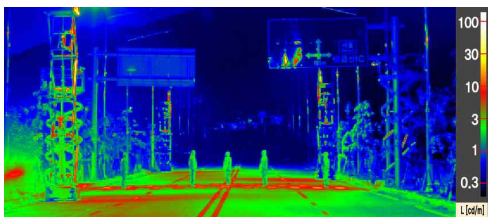
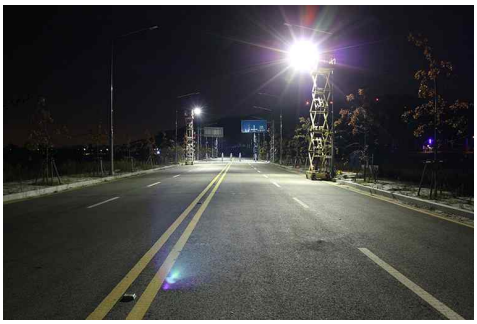
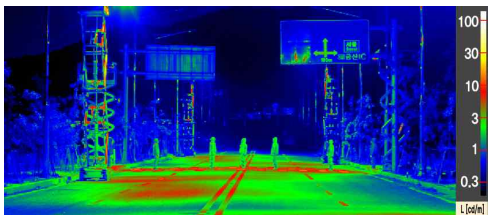
⑤ 색온도에 따른 횡단보도 인지 및 장애물인식 측정결과 - 정지시거 110m

<표 2-129> 색온도에 따른 횡단보도 인지 및 장애물인식 측정결과(정지시거 110m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
가로등 4EA(NH) H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
가로등 4EA(MH) H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		

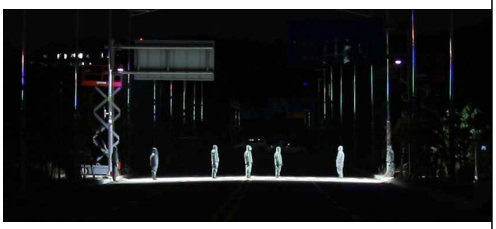
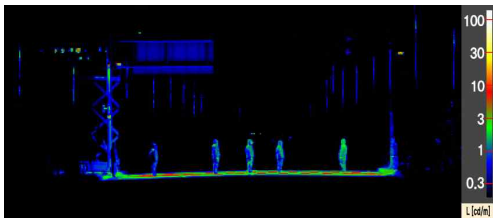
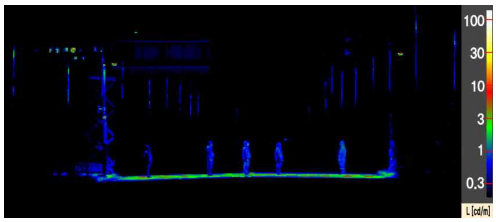
⑤ 색온도에 따른 횡단보도 인지 및 장애물인식 측정결과 - 정지시거 75m

<표 2-130> 색온도에 따른 횡단보도 인지 및 장애물인식 측정결과(정지시거 75m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
가로등 4EA(**NH**) H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		
가로등 4EA(**MH**) H:8M ON +횡단보도 조명 2EA H:6M ON		
		

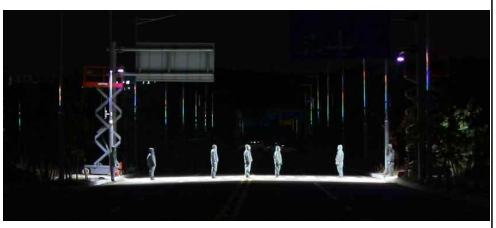
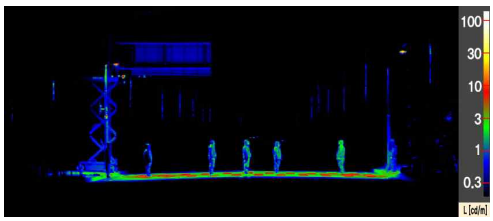
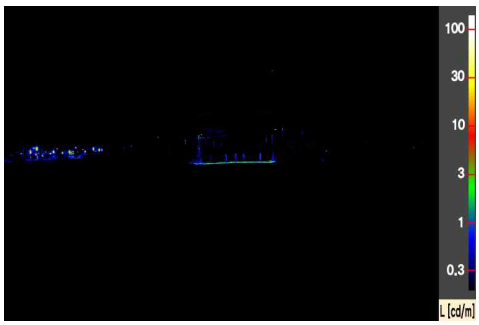
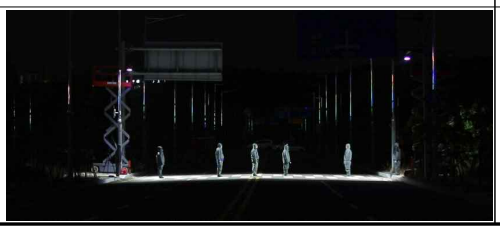
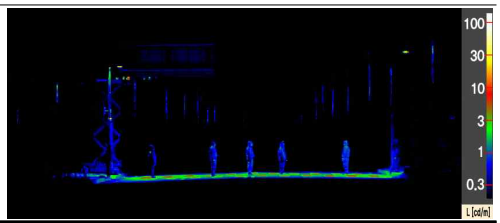
⑥ 횡단보도 조명 100% 점등, 50% 점등 장애물인식 측정결과 - 정지시거 110m

<표 2-131> 횡단보도 조명 100% 점등, 50% 점등 장애물인식 측정결과(정지시거 110m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
횡단보도 조명 2EA H:6M ON **100%** 점등		
		
횡단보도 조명 2EA H:6M ON **50%** 점등		
		

⑥ 횡단보도 조명 100% 점등, 50% 점등 장애물인식 측정결과 - 정지시거 75m

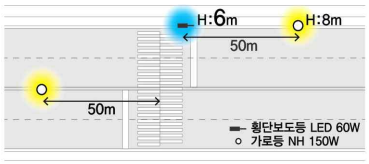
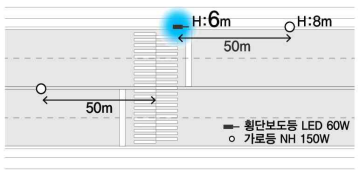
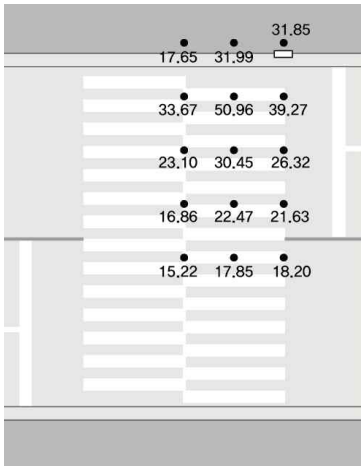
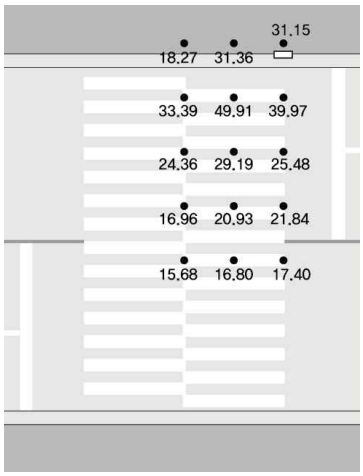
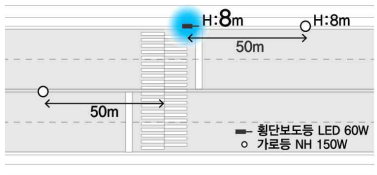
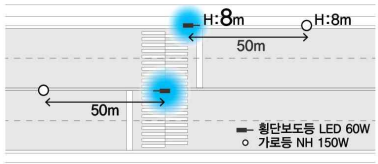
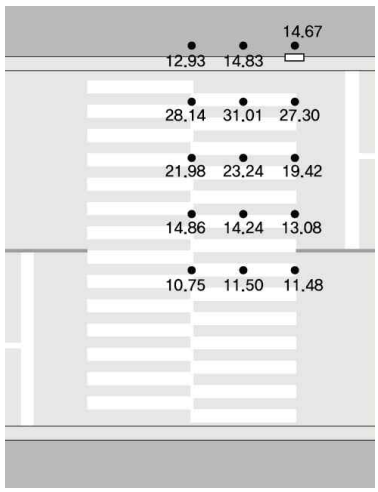
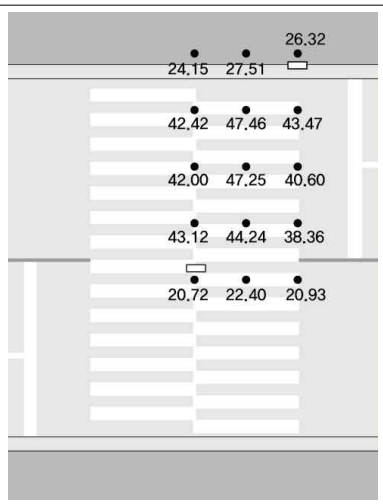
<표 2-132> 횡단보도 조명 100% 점등, 50% 점등 장애물인식 측정결과(정지시거 75m)

측정조건	야간광환경	휘도분포도
횡단보도 조명 2EA H:6M ON **100%** 점등		
		
횡단보도 조명 2EA H:6M ON **50%** 점등		
		

○ 2차선 측정결과

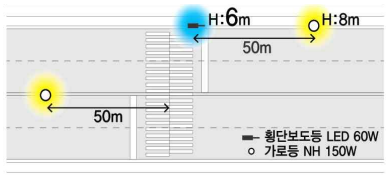
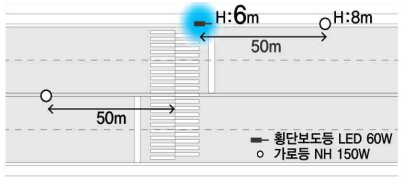
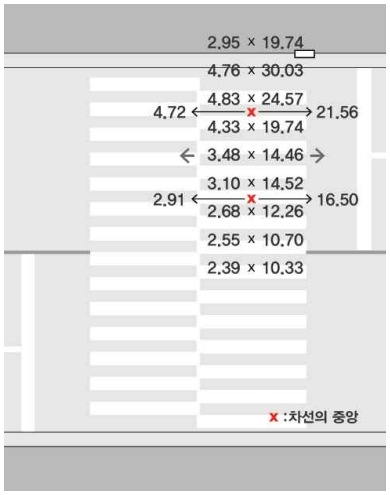
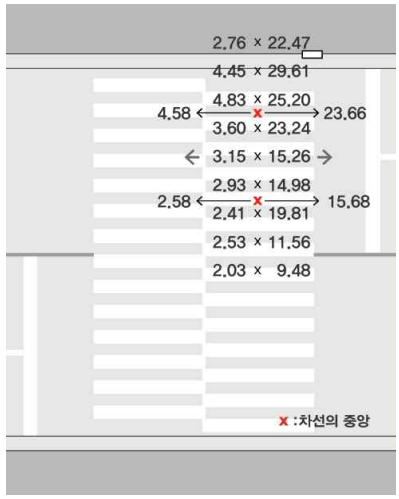
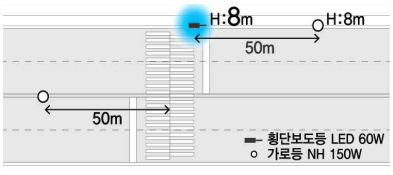
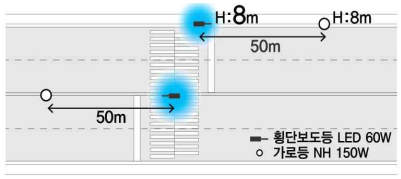
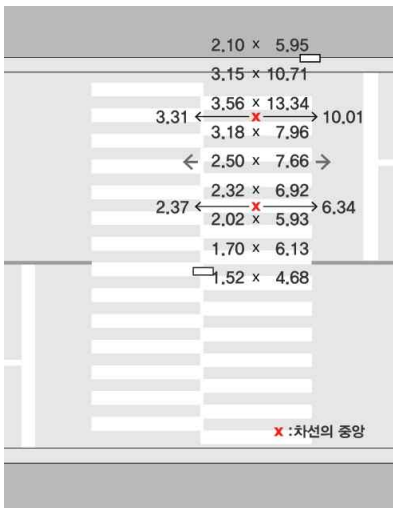
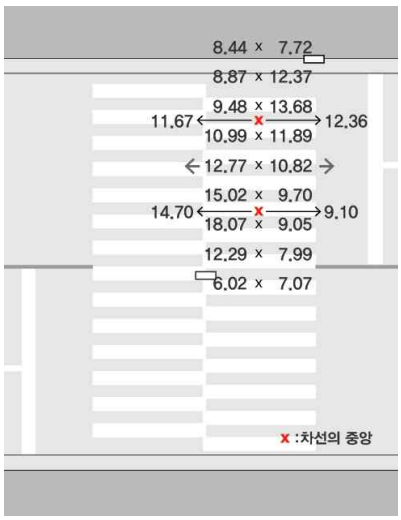
① 수평면 조도 측정결과

<표 2-133> 2차선 수평면 조도 측정결과

❶ 가로등(NH) 2EA H:8M ON +횡단보도 조명 1EA H:6M ON	❷ 횡단보도 조명 1EA H:6M ON
	
	
평균: 26.50/최소: 15.22(lx)	평균: 26.18/최소: 15.68(lx)
❸ 횡단보도 조명 1EA H:8M ON	❹ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON
	
	
평균: 17.96/최소: 10.75(lx)	평균: 35.40/최소: 20.72(lx)

② 연직면 조도 측정결과

<표 2-134> 2차선 연직면 조도 측정결과

❶ 가로등(NH) 2EA H:8M ON +횡단보도 조명 1EA H:6M ON	❷ 횡단보도 조명 1EA H:6M ON
	
	
평균: 10.41/최소: 2.39(lx)	평균: 11.13/최소: 2.03(lx)
❸ 횡단보도 조명 1EA H:8M ON	❹ 횡단보도 조명 2EA H:8M ON
	
	
평균: 5.07/최소: 1.52(lx)	평균: 10.68/최소: 6.02(lx)

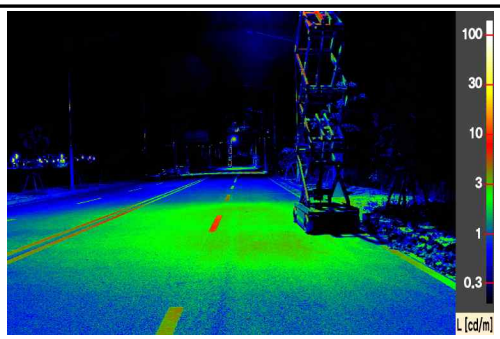
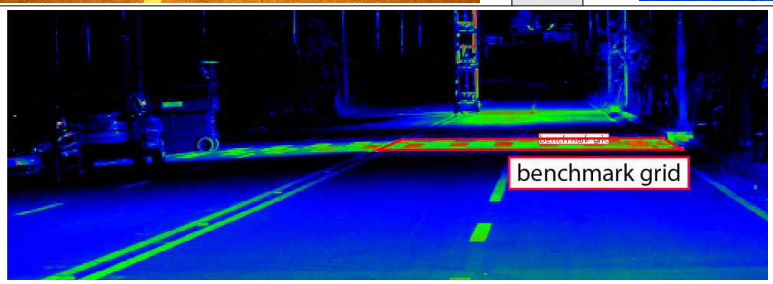
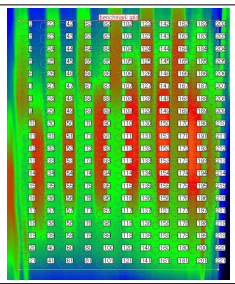
* X지점은 차선 중앙의 장애물 위치로 평균·최소 연직면조도 계산시에는 측정값을 제외한다.

③ 노면휘도 측정결과

2차선의 경우 조명배열이 횡단보도를 중심으로 대칭이 아니므로 설계방향과 설계반대방향 모두 측정하였다.

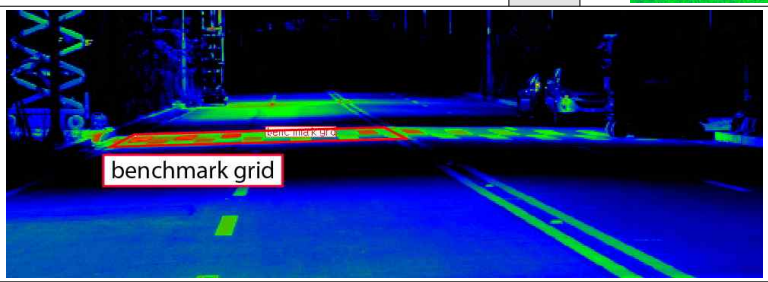
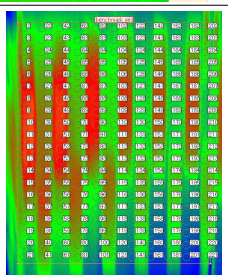
- 측정조건: 가로등(NH) 2EA H:8M ON + 횡단보도 조명 1EA H:6M ON ❶

<표 2-135> 2차선 노면휘도 측정결과 ❶ 설치방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	

평균노면휘도(cd/㎡): 1.80

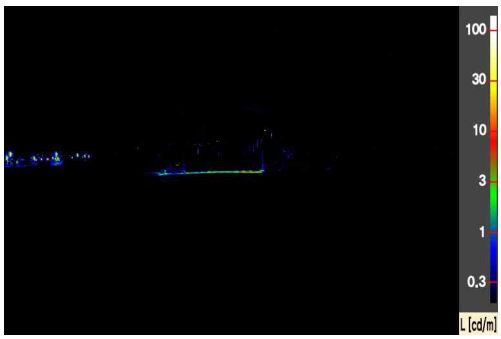
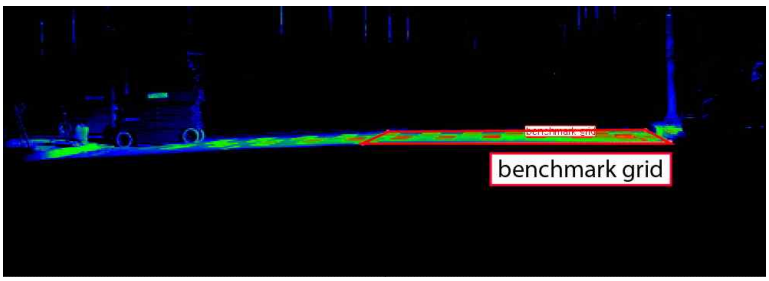
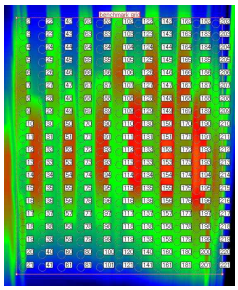
<표 2-188> 2차선 노면휘도 측정결과 ❶ 설치반대방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	

평균노면휘도(cd/㎡): 1.83

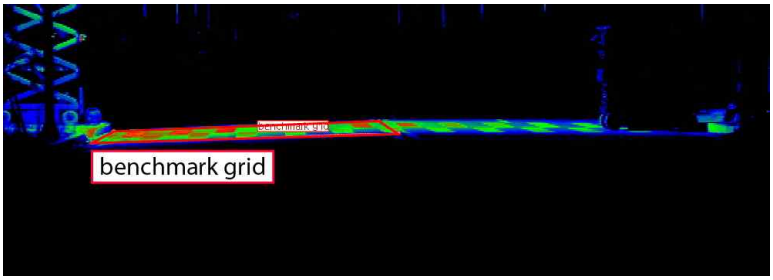
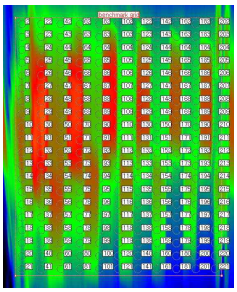
- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:6M ON ❷

<표 2-136> 2차선 노면휘도 측정결과 ❷ 설치방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	

평균노면휘도(cd/㎡): 1.60

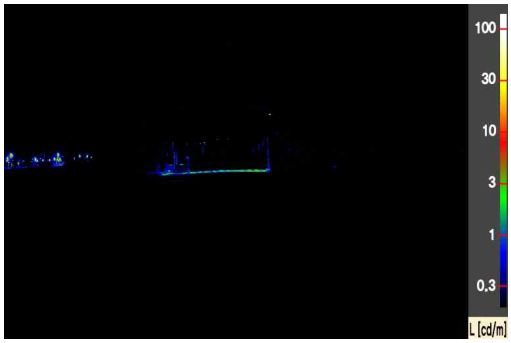
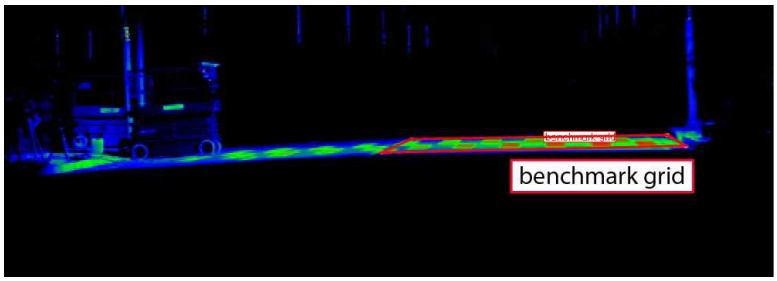
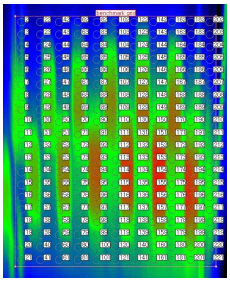
<표 2-190> 2차선 노면휘도 측정결과 ❷ 설치반대방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	

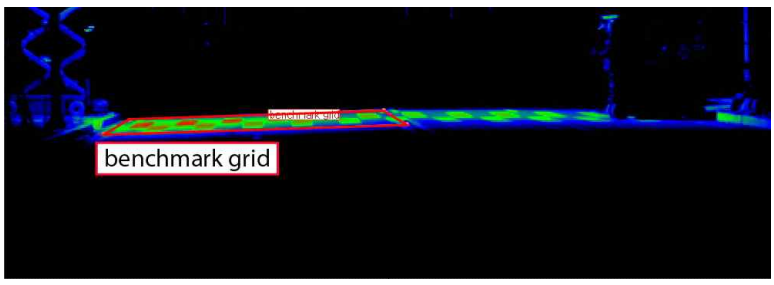
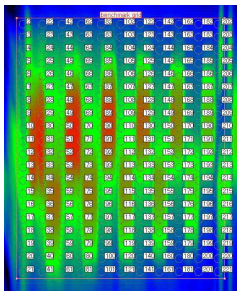
평균노면휘도(cd/㎡): 1.74

- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:8M ON ❸

<표 2-137> 2차선 노면휘도 측정결과 ❸ 설치방향

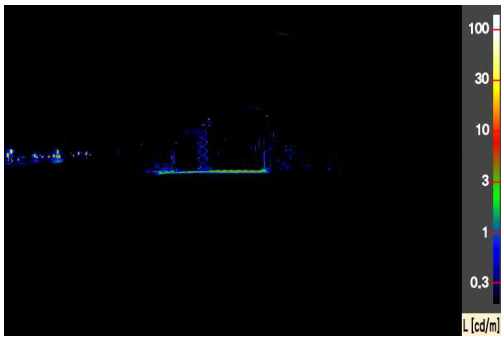
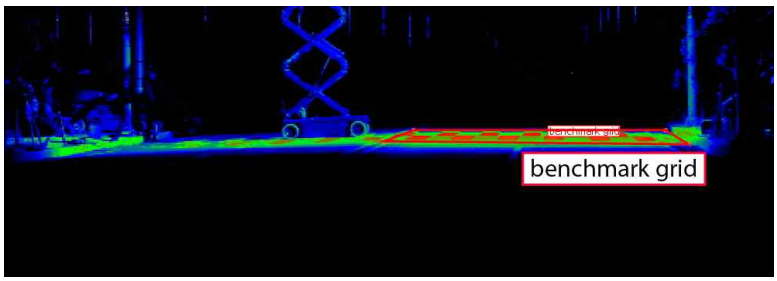
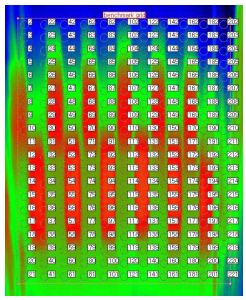
야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 1.09			

<표 2-138> 2차선 노면휘도 측정결과 ❸ 설치반대방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 1.15			

- 측정조건: 횡단보도 조명 2EA H:8M ON ❹

<표 2-139> 2차선 노면휘도 측정결과 ❹ 설치방향

야간광환경		휘도분포도	
측정영역		측정그리드	
평균노면휘도(cd/㎡): 1.61			

* 2차선 ❹번 측정은 횡단보도를 중심으로 대칭으로 조명기구가 배열되므로 설계반대방향은 측정하지 않았다.

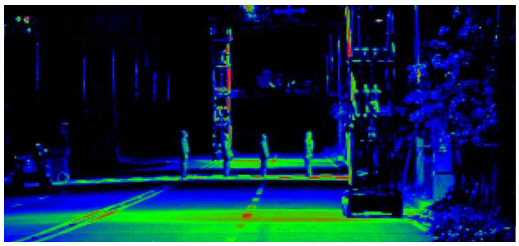
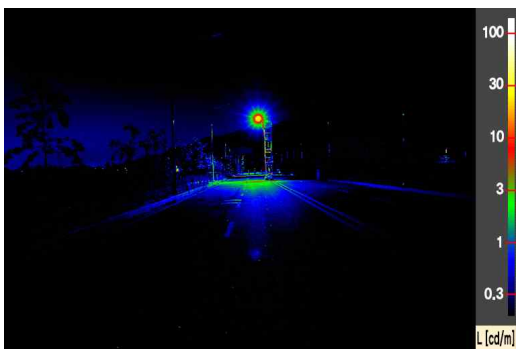
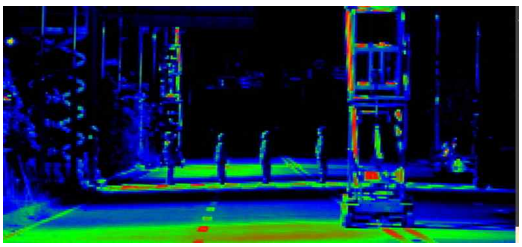
③ 장애물 인식 측정결과

- 측정지점은 정지시거 75m(설계속도 60km/h)와 정지시거 110m(설계속도 80km/h) 지점에서 측정하였다.
- 도로노면과 색상이 비슷한 회색의복을 입음으로써 장애물 인지가 어려운 최악의 상황을 만들고자 하였다.
- 측정장소의 특성상 배경휘도가 낮아 횡단보도 주행방향 전방에 횡단보도 조명이 설치되는 것이 장애물 인지에 유리하다.
- 측정조건 ❹(횡단보도 조명 2EA H:8M ON)는 조명배열이 횡단보도를 기준으로 대칭이므로 설계방향에서만 측정하였다.

○ 정지시거 110m

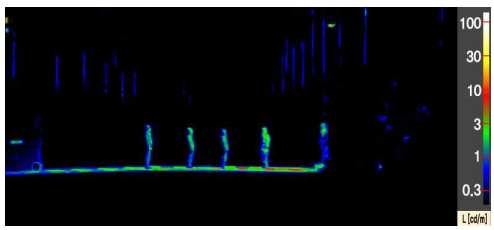
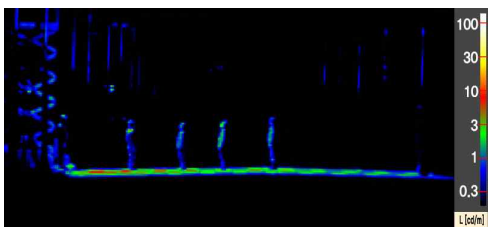
- 측정조건: 가로등(NH) 2EA H:8m ON + 횡단보도 조명 1EA H:6m ON ❶

<표 2-140> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❶

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

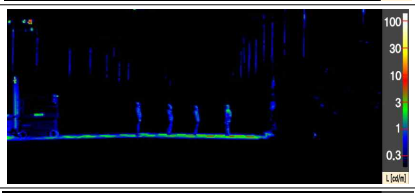
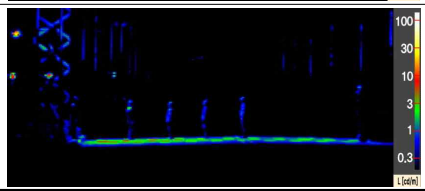
- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:6M ON ❷

<표 2-141> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❷

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

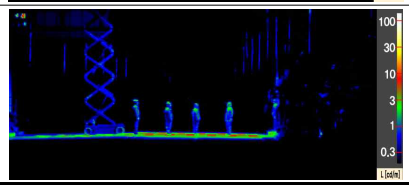
- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:8M ON ❸

<표 2-142> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❸

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

- 측정조건: 횡단보도 조명 2EA H:8M ON ❹

<표 2-143> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❹

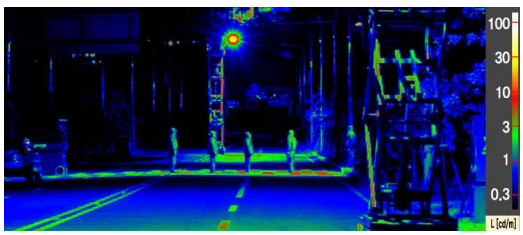
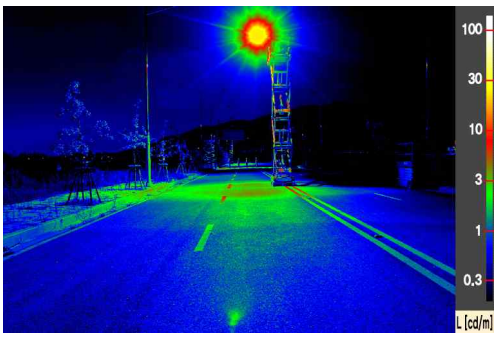
측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		

* 2차선 ❹번 측정은 횡단보도를 중심으로 대칭으로 조명기구가 배열되므로 설계반대방향은 측정하지 않았다.

○ 정지시거 75m

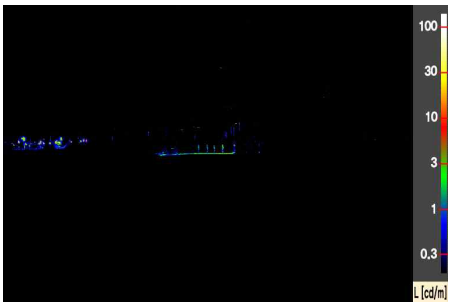
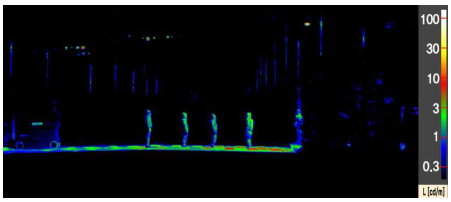
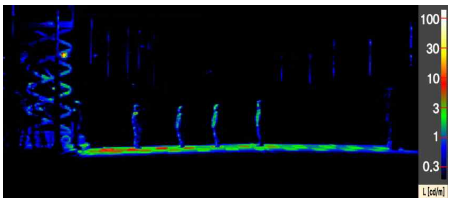
- 측정조건: 가로등(NH) 2EA H:8m ON + 횡단보도 조명 1EA H:6m ON ❶

<표 2-144> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❶

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

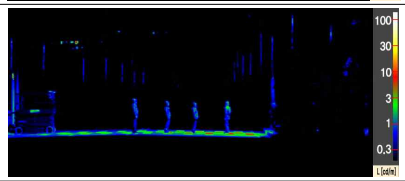
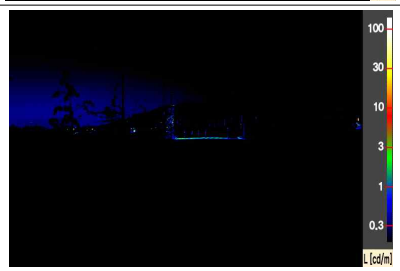
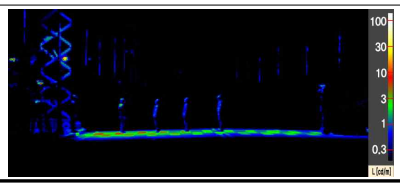
- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:6M ON ❷

<표 2-145> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❷

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

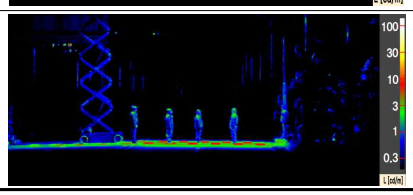
- 측정조건: 횡단보도 조명 1EA H:8M ON ❸

<표 2-146> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❸

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		
설치 반대 방향		
		

- 측정조건: 횡단보도 조명 2EA H:8M ON ❹

<표 2-147> 2차선 장애물 인식 측정결과 ❹

측정조건	야간광환경	휘도분포도
설치 방향		
		

* 2차선 ❹번 측정은 횡단보도를 중심으로 대칭으로 조명기구가 배열되므로 설계반대방향은 측정하지 않았다.

3.3 횡단보도 조명시스템 개발

가. Stand alone 방식의 횡단보도 조명기구 디자인 개발

(1) 자료 수집

○ 국내·외 횡단보도 조명기구 조사

설치방식에 따라 매입형, 볼라드형, 블록형, 부착형, 등주형 등이 있으며 국내에 설치되고 있는 횡단보도 조명기구는 주변 가로시설물(신호등, 가로등)에 부착되는 투광기 형태로 고전력의 낮은 수명으로 글레어 현상이 심하고 미관이 좋지 않다.



<그림 2-38> 횡단보도 조명기구 타입별 분류

○ 횡단보도 조명기구 설치환경 조사

국도 17호선 횡단보도 현장조사 결과, 취락지가 있거나 버스정류장 부근에 횡단보도가 있으며 조명기구가 설치되어 있었으며 횡단보도 주변에 조명이 없는 장소는 약 10% 정도였다.

<표 2-148> 국도 17호선 현장조사 결과

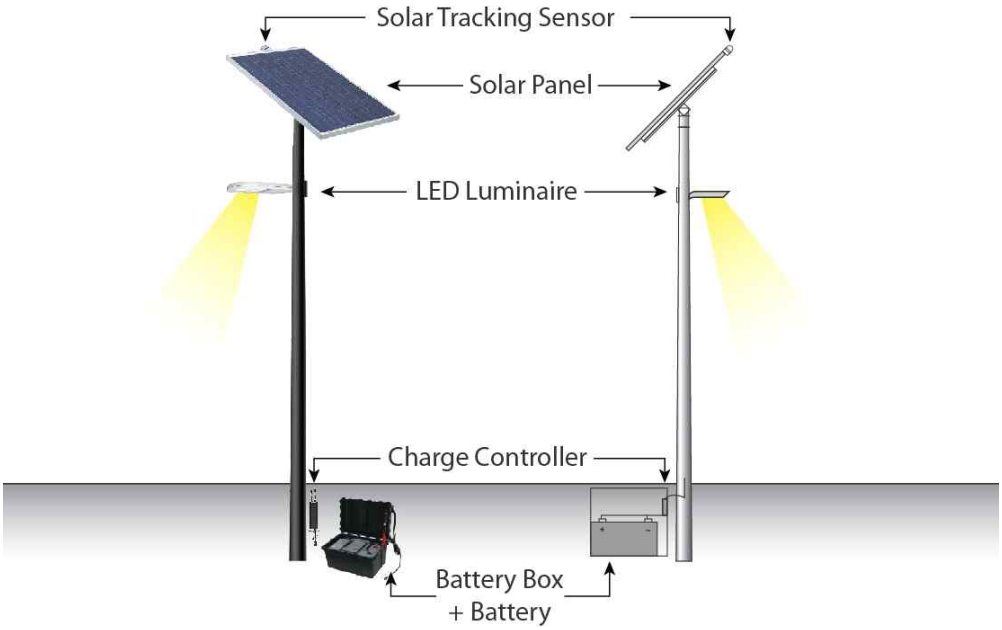
횡단보도 조명기구 설치	가로등 또는 보안등	무(無)조명
		

○ 지방부도로 횡단보도 조명의 필요성

지방부 도로는 무조명 구간이 대부분으로 횡단보도 주변으로 조명이 설치되어 있지 않아 사망사고가 많은 위험구간이다. 이러한 위험구간에 횡단보도 조명기구를 설치하고자 하여도 전원 공급을 위한 전기 가설 공사로 인하여 초기비용에 따른 부담이 크다. 따라서, 전원공급이 어려운 지방부 도로에 태양광을 이용하여 독립형으로 설치가 가능한 Stand alone 방식의 횡단보도 조명기구 개발을 위한 디자인을 제안하고자 한다.

○ 태양광 가로등

전원공급이 불가능한 장소에 횡단보도 조명기구가 설치되는 경우, 전기가설 비용을 절감하고 설치 시공이 편리한 태양광 기술을 횡단보도 조명기구에 적용하고자 한다. 태양광 가로등은 솔라 판넬, LED 램프, 배터리, 컨트롤러 태양광 추적센서·추적기로 구성된다.



<그림 2-39> 태양광 가로등 구성요소

○ 솔라 판넬 설치 위치

솔라 판넬을 상단 꼭대기에 설치하여 에너지 효율 최대화하고, 솔라 모듈의 세로방향 설치로 좁은 면적에서도 설치가 가능하다(주변 경관과의 조화).

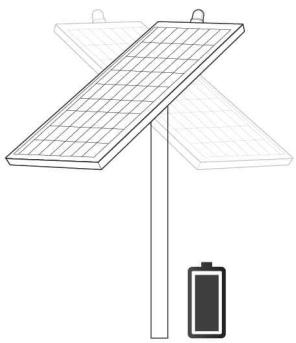
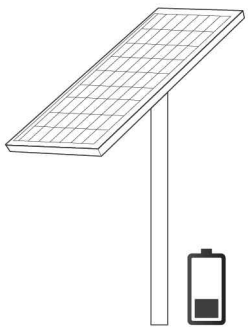
<표 2-149> 솔라 판넬 설치 위치

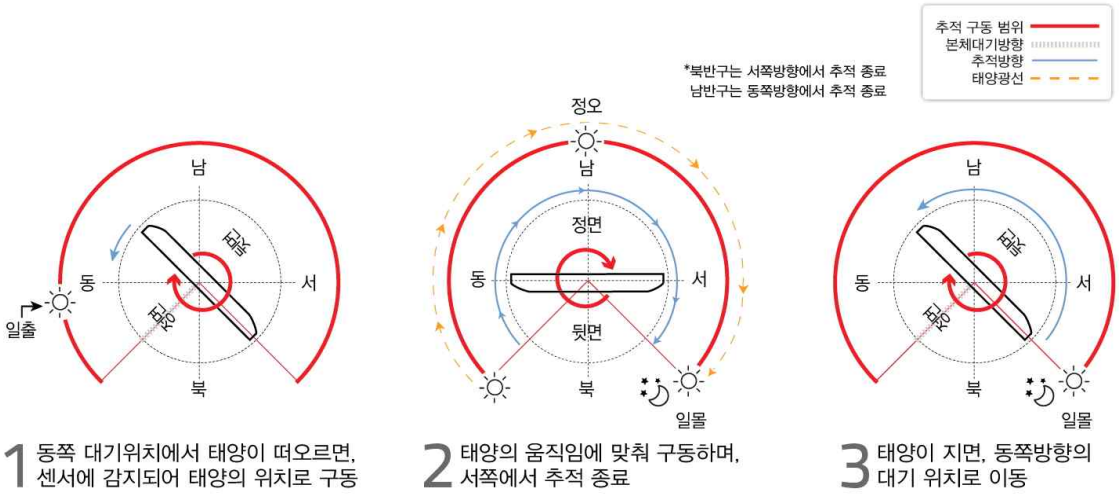
헤드 상단 설치	등주 표면 부착
	
가로등 상단 꼭대기에 직사각형의 솔라 판넬을 설치하는 경우로, 에너지 효율성은 높으나 주간에 솔라 판넬이 크게 인지되므로 외관 디자인은 한계성이 있음	등주 표면에 솔라 판넬을 부착하여, 조명 상단에 설치하는 것보다 심미적으로 우수하나 태양의 위치 변화에 따라 에너지 효율적인 면에서 한계가 있을 수 있음

○ 태양광 추적 시스템

추적센서가 태양의 방위각 또는 고도각을 실시간으로 검출하여 일출에서 일몰까지 실시간으로 추적하는 태양광 발전시스템으로 태양광 발전효율을 150%이상 높일 수 있으며 좁은 장소에서도 설치가 용이하다.

<표 2-150> 태양광 추적 시스템

추적형	고정형
	
추적장치 Tracking system **150%**	고정형 남방위 고도 30° **100%**

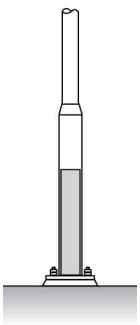
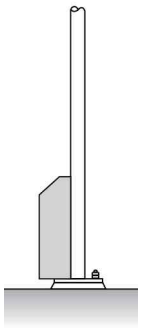
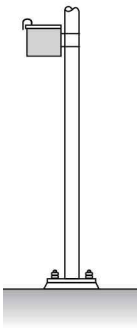
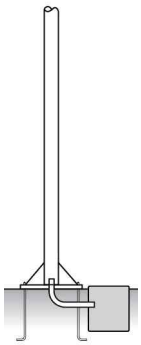


<그림 2-40> 태양광 추적 시스템 동작 순서

○ 배터리 설치방식

태양광 가로등에 배터리를 설치하는 다양한 방식이 있으나, 주변 환경과의 조화 및 설치비용 절감을 위하여 배터리를 등주 하단에 빌트인(Built-in)하는 방식으로 디자인을 진행하였다.

<표 2-151> 배터리 부착방식

등주 빌트인	등주 하단 부착	등주 상단 부착	지중 매입
			
빌트인(Built-in) 방식으로 미관상 보기 좋으나, 등주 하단 두께가 두꺼워짐	설치가 용이하나, 접근이 쉬워 파손위험이 있음	파손위험은 적으나, 헤드 및 솔라판넬과 같이 상단에 있어 미관상 좋지 않음	설치비용 증가

(2) 디자인 방향

○ 디자인 키워드 분석



<그림 2-41> 디자인 키워드 분석

○ 이미지 스케일

기존 횡단보도 조명으로 많이 쓰인 투광기 대신, 기능성 및 주변 환경과의 조화를 고려한 제품이 출시되고 있는 추세이다.



<그림 2-42> 이미지 스케일

○ Stand alone 방식의 횡단보도 조명기구 개발목표

현재 시설되고 있는 횡단보도 조명기구의 기능적 문제 해결 및 조명기구의 도시미관 저해요소 최소화를 위한 기구 개발로 기존의 횡단보도용 조명기구를 대체하고자 한다. 배광 설계는 조명기구의 외함에 영향을 미칠 수 있는 요소로 컴팩트한 디자인 도출을 위해 최소한의 규격으로 기능을 만족할 수 있도록 한다. 또한, 에너지 절약 및 저탄소 녹색성장의 친환경 정책 구현을 위한 정부시책에 따라 LED광원을 적용하고, 전원공급이 불가능한 장소에 전기가설에 따른 초기비용 부담을 최소화하기 위해 태양광을 이용한 독립형 횡단보도 조명기구를 개발하고자 한다.

○ 디자인 메인 컨셉

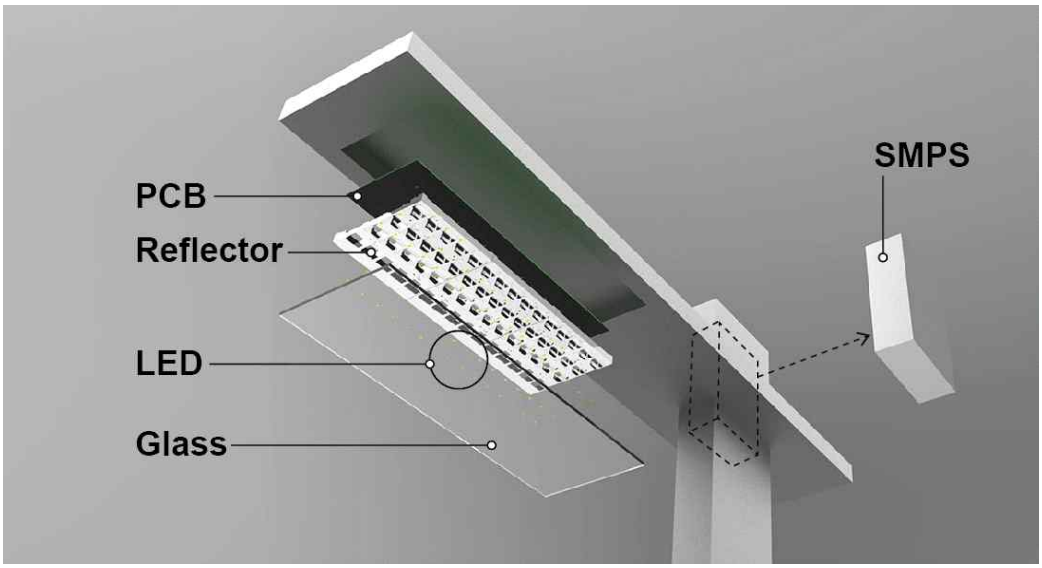
횡단보도 보행자 및 운전자의 안전을 보호하는 횡단보도 조명의 의미가 조형적으로 디자인에 표현될 수 있도록 이와 유사한 키워드를 나열하고 이미지를 분석하였으며, 횡단보도 조명기구 디자인의 조형적 키워드는 '안전, 신뢰, 단단함, 심플' 이다.



<그림 2-43> 디자인 메인 컨셉 이미지

(3) 디자인 개발

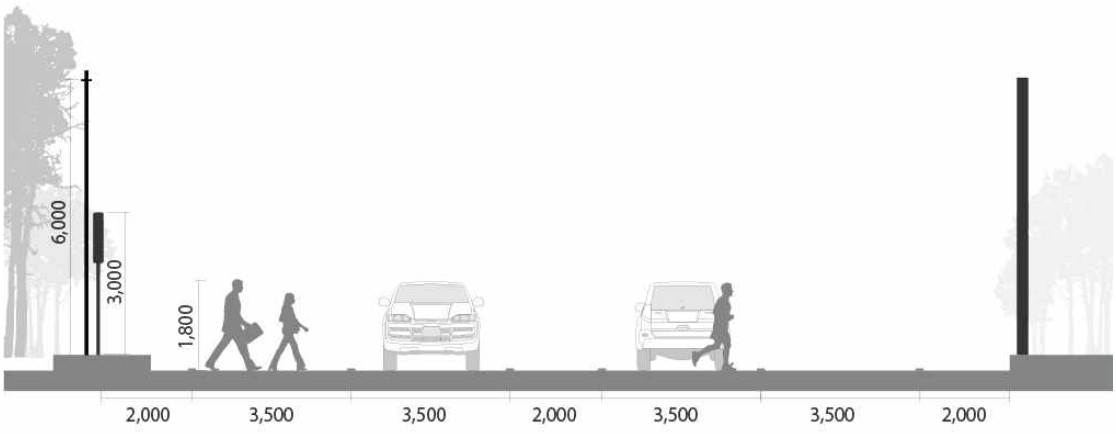
○ 횡단보도 조명기구 기본 구조



<그림 2-44> 횡단보도 조명기구 기본 구조

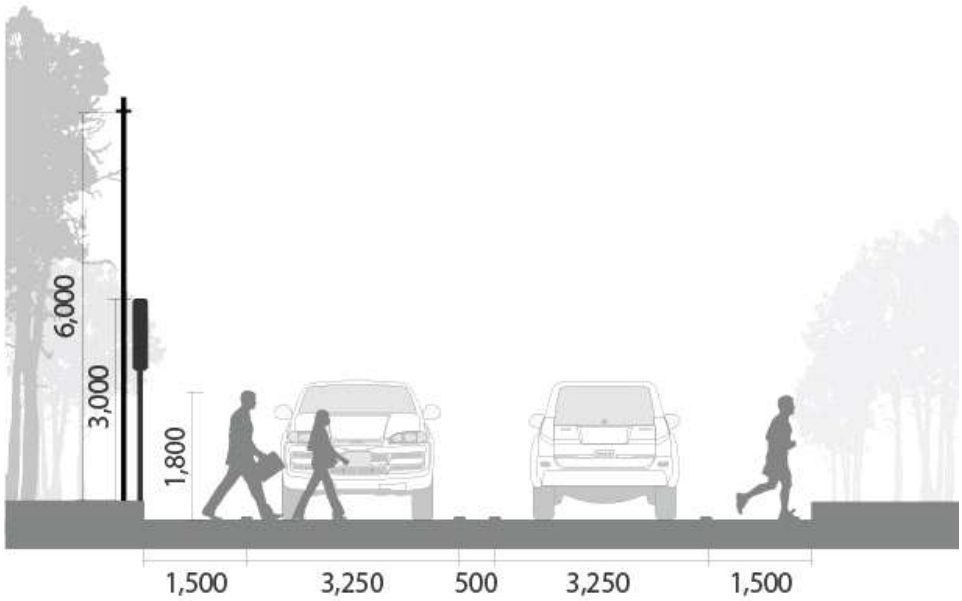
○ 횡단보도 조명기구 설치장소 규격

① 4차선 표준 횡단면도



<그림 2-45> 4차선 표준 횡단면도

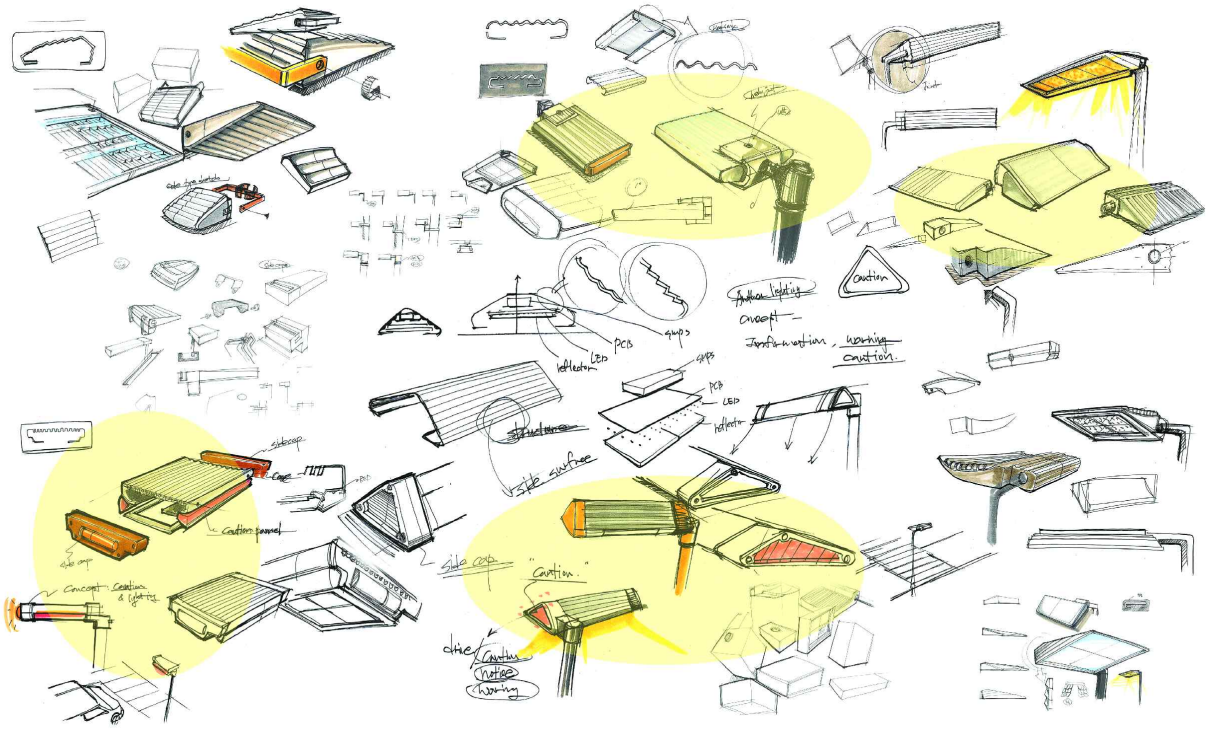
② 2차선 표준 횡단면도



<그림 2-46> 2차선 표준 횡단면도

○ 아이디어 스케치

헤드와 등주의 결합 구조 및 주변 환경과의 조화를 고려한 다양한 스케치 작업을 통해 아이디어를 구체화시켰다.



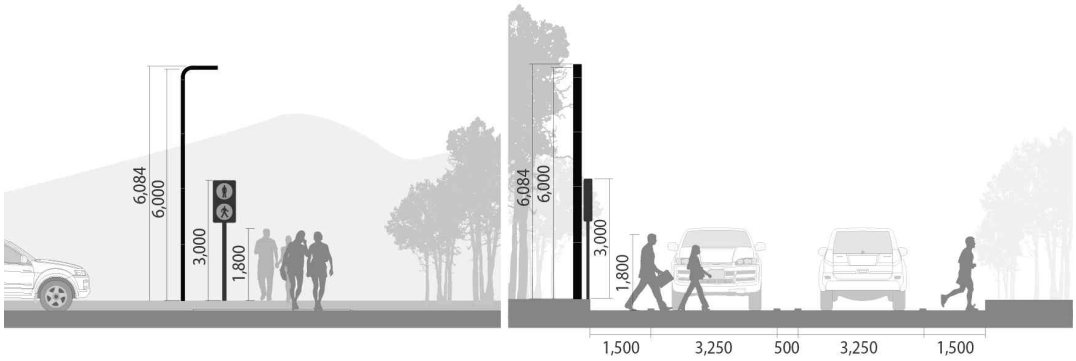
<그림 2-47> 아이디어 스케치

○ 디자인(안)

① A TYPE

헤드와 등주를 일체화시켜 최대한 심플하면서 주변 환경에 자연스럽게 묻어나도록 디자인하였다.

- A TYPE 이미지 스케일



<그림 2-48> A TYPE 이미지 스케일

- A TYPE 주·야간 적용 예시



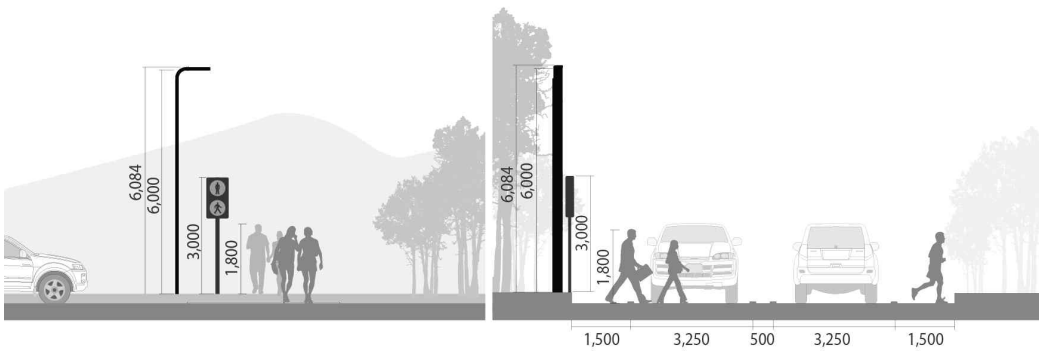
<주간> <야간>

<그림 2-49> A TYPE 주 · 야간 적용 예시

② B TYPE

A TYPE과 유사하게 헤드와 등주를 일체화시키면서, 연결부분에 단을 주어 디자인 포인트를 주었다.

- B TYPE 이미지 스케일

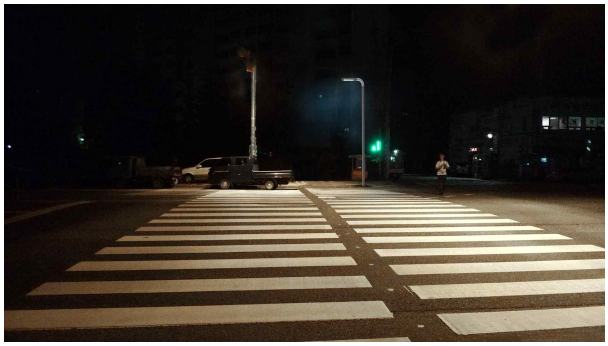


<그림 2-50> B TYPE 이미지 스케일

- B TYPE 주·야간 적용 예시



<주간>



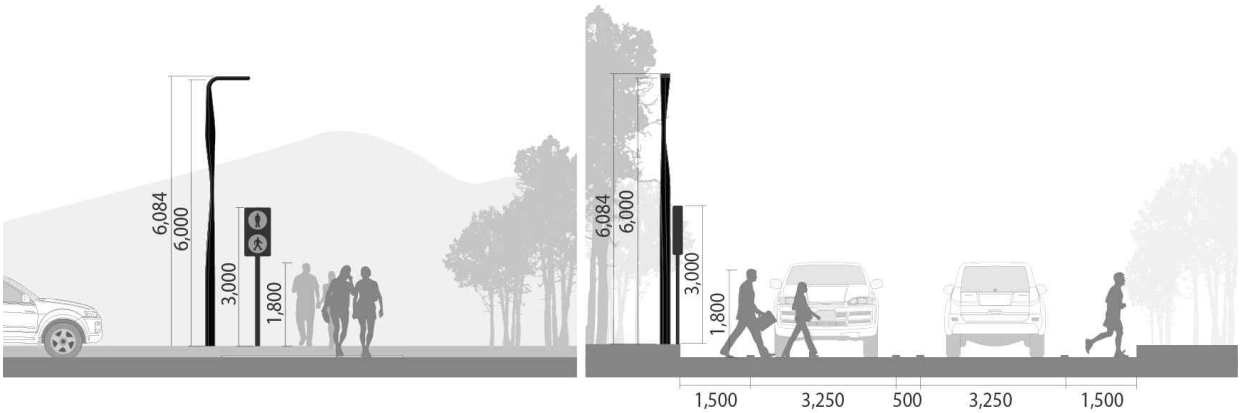
<야간>

<그림 2-51> B TYPE 주 · 야간 적용 예시

③ C TYPE

물결 형태의 유선형 디자인을 등주에 적용하여 세련미를 더하였다.

- C TYPE 이미지 스케일

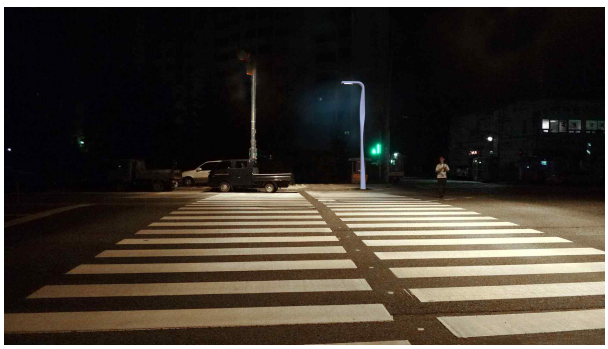


<그림 2-52> C TYPE 이미지 스케일

- C TYPE 주·야간 적용 예시



<주간>



<야간

<그림 2-53> C TYPE 주 · 야간 적용 예시

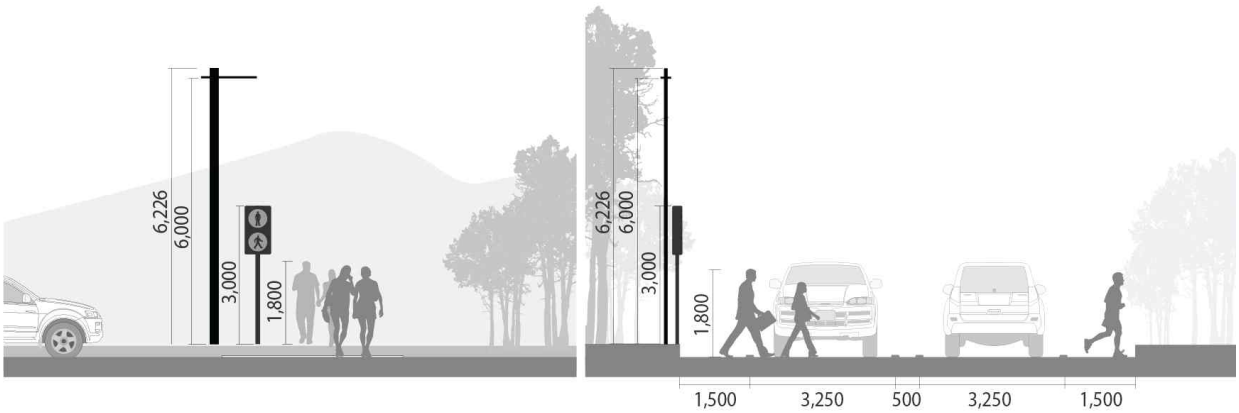
④ 최종(안)

직선을 사용하여 견고한 느낌이 들 수 있도록 하였으며, 헤드와 등주의 연결 부분에서 안전하고 견고함을 느낄 수 있도록 하였다.



<그림 2-54> 횡단보도 조명기구 디자인 최종(안)

- 최종(안) 이미지 스케일



<그림 2-55> 횡단보도 조명기구 최종(안) : 이미지 스케일

- 최종(안) 주·야간 적용 예시

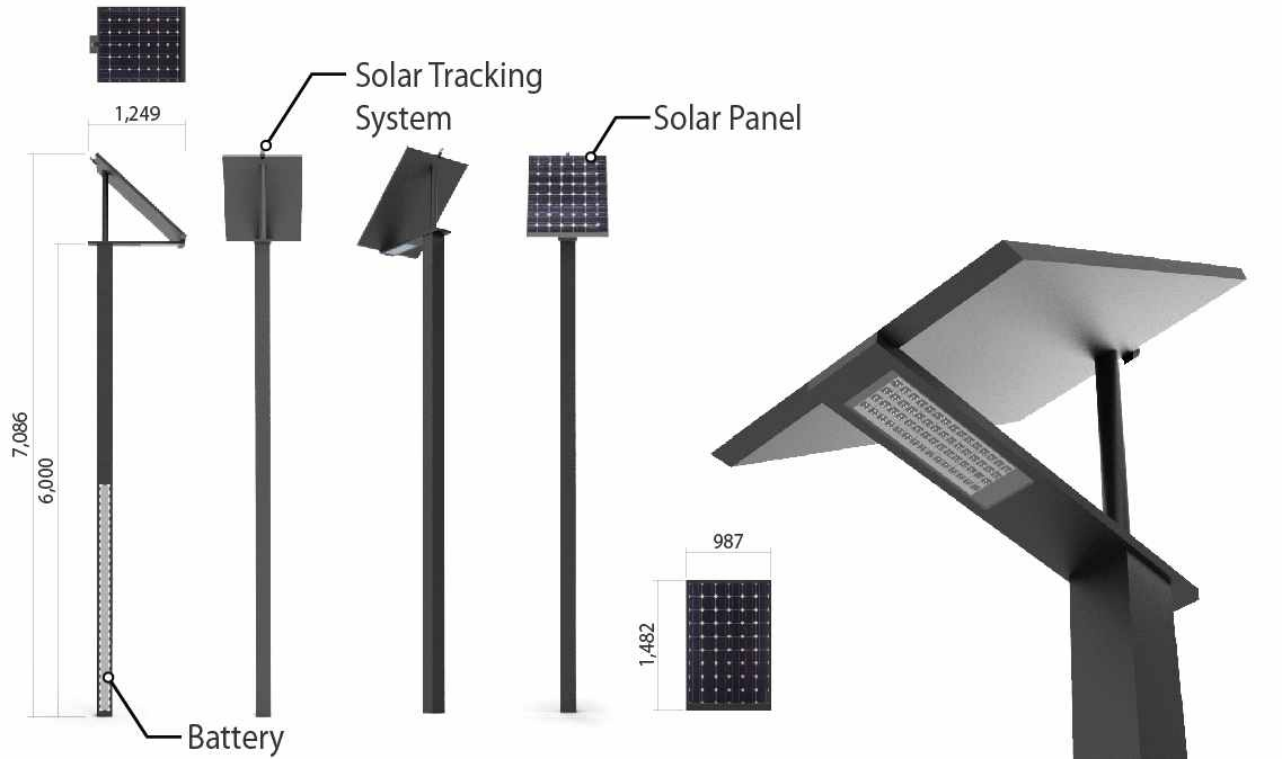


<주간> <야간

<그림 2-56> 횡단보도 조명기구 최종(안) : 주 · 야간 적용 예시

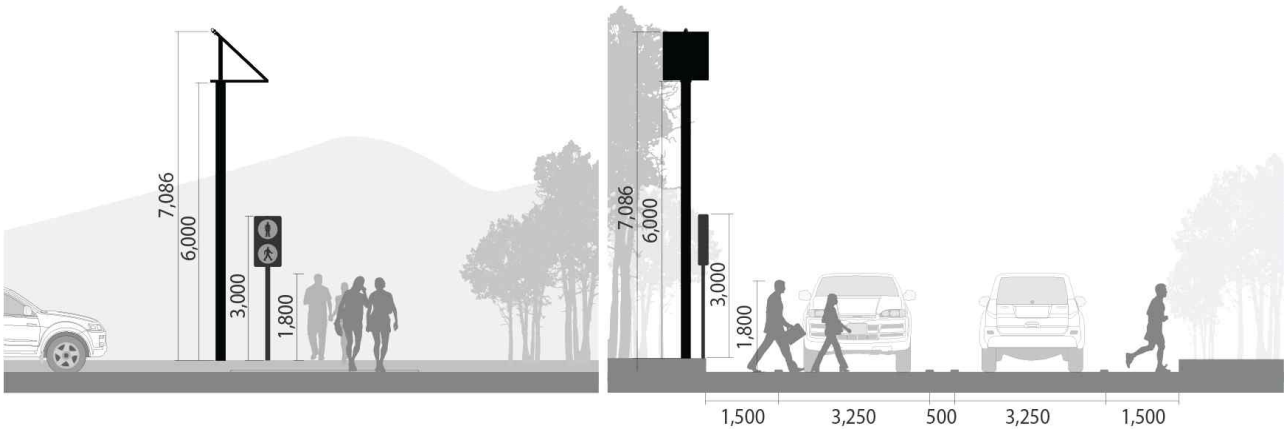
⑤ 최종안(솔라 판넬 적용)

횡단보도 보행자 및 운전자 시점에서 솔라 판넬의 직사각형 구조와 횡단보도 조명기구가 일체화되어 보이도록 디자인하였다.



<그림 2-57> 횡단보도 조명기구 최종(안) : 솔라 판넬 적용

- 최종안(솔라 판넬 적용) 이미지 스케일



<그림 2-58> 횡단보도 조명기구 최종(안) : 솔라 판넬 적용 이미지 스케일

- 최종(안) 주·야간 적용 예시(솔라 판넬 적용)



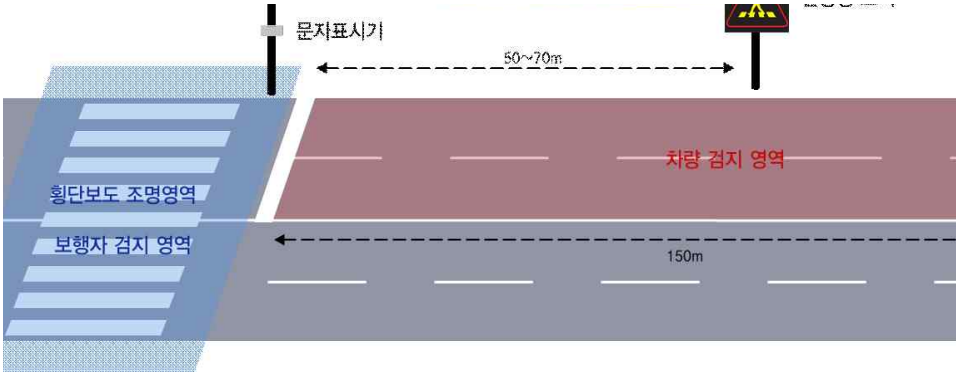
<주간> <야간>

<그림 2-59> 최종안(솔라 판넬 적용) 주 · 야간 적용 예시

나. 시스템 개요 및 구성

본 시스템은 차량과 보행자가 없을 경우 LED횡단보도등을 기본밝기로 점등하며, 차량과 보행자가 검지되면 최대밝기로 점등되고, 문자와 음성을 통해 보행자에게 차량 접근을 경고하여 안전하게 도로를 횡단하게 하는 것이 기본 동작 모드이다.

레이더검지기를 이용하여 횡단보도 전방 50~200m 구간에 차량이 검지되면 차량속도에 따라 발광형 표지를 점등 및 점멸 제어하여 차량의 감속 및 안전운전을 유도하였다. 또한, 횡단보도에 차량과 보행자가 검지되거나 보행 교통신호등의 녹색신호가 검지되면 LED 횡단보도등의 디밍제어를 실시하며 차량검지시 음성 및 문자 출력을 제어하였다.

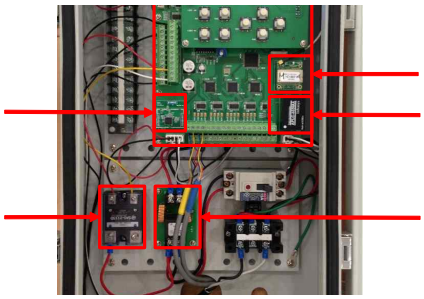


<그림 2-60> 횡단보도 조명시스템 개념도

횡단보도 조명시스템 구성은 컨트롤러(스피커 내장), LED횡단보도등, 문자표시부, 레이더검지기, 전방경고표지, 반대차로 연계부, 보행신호 검출부 등으로 구성된다. 컨트롤러에는 주변장치 제어 및 통신을 위한 각종통신모듈과 보행자에게 주의 및 경고방송을 위한 스피커, 주야간 판단을 위한 조도센서, GPS모듈이 내장되어 있다.

<그림 2-61> 횡단보도 조명시스템 구성

횡단보도 조명시스템 제어모드에는 고정, 레이더, 교통신호, 레이더 및 교통신호 제어가 있다. 조도값이나 GPS시간이 설정 값에 만족하면 야간으로 판단하고 LED 횡단보도등을 점등하며 차량이나 보행자가 없을 경우 기본밝기(default 50%)를 유지하며 차량이나 보행자 검지시 최대밝기(default 100%)로 점등된다.



<그림 2-62> 멀티입력디밍컨트롤러

다. LED횡단보도등 시제품 제작

① LED횡단보도등 시제품 제작

1차년도의 광학계의 설계에 따라 2차년도에서는 광학계의 핵심부품인 반사판의 시제품 제작을 수행하였다. LED 횡단보도등의 제작절차는 첫째, 광학장치인 반사판을 제작하고, 둘째, 정전류회로가 포함된 LED모듈을 설계 및 제작하고 마지막으로 외함 설계 및 제작을 수행하였다.

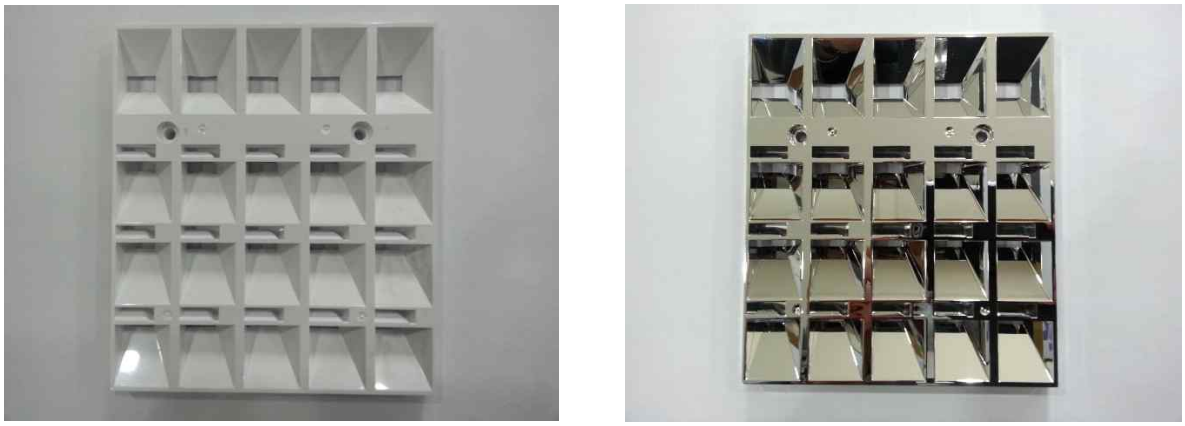
광학계 제작
- 목업 반사판제작 및 진공증착 - 1차 배광시험 - 반사판제작 및 진공증착
↓
LED모듈
- 정전류모듈 설계 및 제작 - LED모듈 설계 및 제작 - 전기적 시험
↓
외함 제작
- 도면 제작 - 압출, 다이캐스팅, 실리콘 금형제작 - 아노다이징 및 조립

<그림 2-63> LED 횡단보도등 시제품 제작절차

○ 광학계

LED조명에서 광학계를 제작할 때 일반적으로 반사판 및 2차 렌즈를 사용하며 2차 렌즈는 일반적인 배광과 제작하기 편하기 때문에 많이 사용되고 있으나 횡단보도에 고르고 일정하게 빛을 배광하려면

반사판을 사용하는 것이 바람직하므로 본 연구의 1차년도에서 반사판을 설계하였다. 제작순서는 먼저 설계대로 반사판의 목업을 제작하고, 1차 배광시험을 한 후 광학설계와 일치하는지 판단하여 반사판 금형을 제작하였다. 여기서 배광시험을 하기 전에 반사판은 반사판 반사효율을 높이기 위해 진공증착이라는 작업공정을 거쳐야 하며 진공증착이 잘 되면 반사효율이 높아 광효율이 좋아진다.

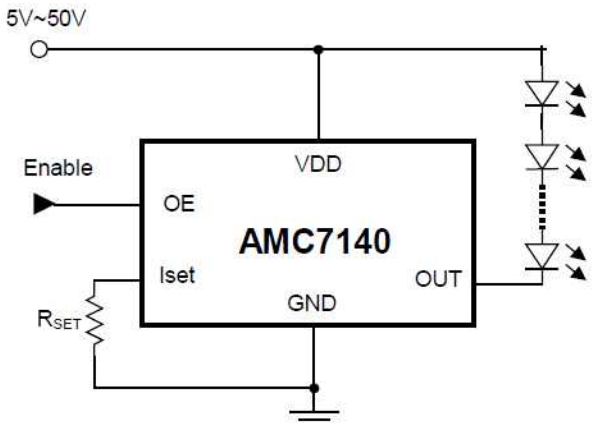


반사판 사출물(Polycarbonate) 반사판 진공증착

<그림 2-64> 반사판 시제품

○ LED모듈

LED모듈 설계는 횡단보도에 비춰지는 총광량에 따라 LED 수량을 정하고, LED모듈의 전압과 전류를 결정하였다. 본 연구에서는 정전류 방식으로 구동 회로를 설계했으며, 설계에 따라 LED모듈 PCB 제작하였다. 여기서 고려해야 할 것은 방열능력에 따라 전류를 선택해야 한다. 방열능력이 우수하면 LED에 전류를 높게 공급하고, 방열이 좋지 않으면 전류를 최소로 공급해야 LED가 손상되지 않고 일정한 빛을 발산한다. 결과적으로는 LED 전류를 460mA로 정했고 LED수량은 60개, 정전류 회로에 연결되는 LED의 수량은 직렬 15개, 정전류 회로 4개로 구성하였다.



<그림 2-65> 정전류회로-AMC7140 DATASHEET

정전류 회로에서 LED소자에 460mA의 전류를 일정하게 공급하기 위해 아래의 식으로 연산하여 저항

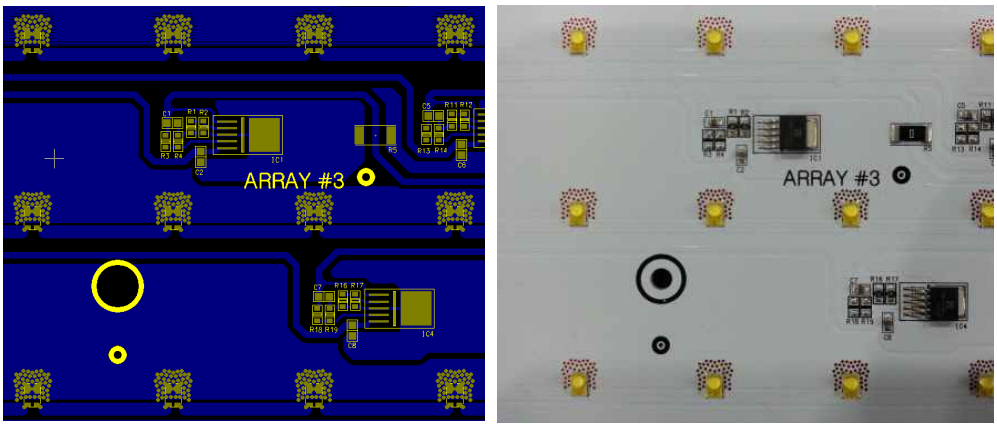
1,337옴을 결정하였다.

$$I_{out} = 500 \times I_{set} \quad , \quad I_{set} = \frac{1.23\,V}{R_{set}}$$

$$R_{set} = \frac{1.23}{I_{out}} \times 500$$

그러므로 $$R_{set} = \frac{1.23}{0.46} \times 500 = 1{,}337\Omega$$

정전류 회로를 LED모듈에 포함하고 LED의 방열을 고려한 PCB 설계 및 제작하였으며 LED소자 60개를 사용하였으며, LED소자에 460mA를 공급하였을 때 LED모듈의 소비전력은 80.2W로 측정되었다.



PCB-ARTWORK LED모듈

<그림 2-66> LED모듈

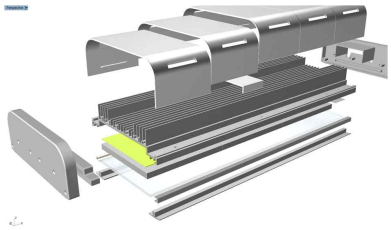
○ 외함

LED 횡단보도등은 도로 안전 시설물이므로 공공디자인이 필요하다. 여기에는 물리적 기능뿐만 아니라 시각적 환경도 고려해야 하며, 도로의 가로환경과 경제성도 고려하고, 단순한 디자인 및 색채를 고려해야 한다. LED 횡단보도등의 외함은 물리적 기능과 디자인을 고려하여 제작하였으며, 물리적인 기능에는 방열, 방수, 방진, 진동 등이 있고, 설치하기 편해야 한다. 또한 외함 부품별 제작방법이 다르다. 방열판과 렌즈 커버는 알루미늄 압출, 사이드 커버는 알루미늄 다이캐스팅, 방수를 위해 가스켓의 원료는 실리콘을 사용했으며 반사판은 폴리카보네이트, 렌즈는 강화유리를 사용하였다.

LED 횡단보도등의 형태는 전원장치를 내장한 독립형 모델과 전원장치를 철주 내부에 조립된 철주일체형 모델로 제작



외함 디자인

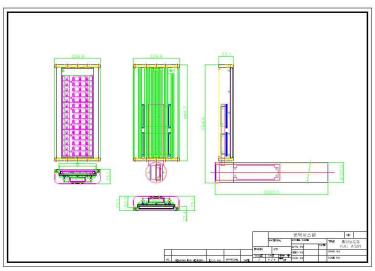


외함 분해도

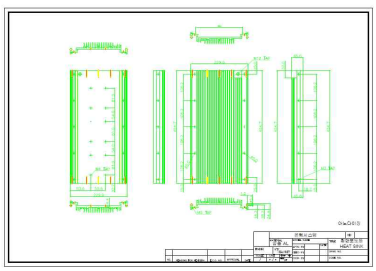


외함/철주 일체형

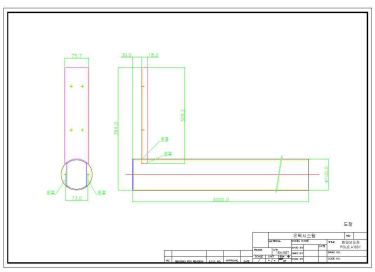
<그림 2-67> LED 횡단보도등 외함 디자인 설계



외함 기구설계



방열판 기구설계

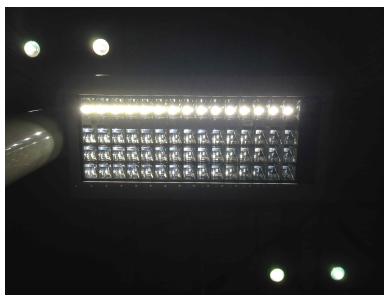


철주 기구설계

<그림 2-68> LED횡단보도등 외함 기구 설계



외함 조립



조명등 점등



외함/철주 조립사진

<그림 2-69> LED횡단보도등 사진

② 방열 실험 및 수명 연산

○ 온도 실험 방법

- 목표

· LED횡단보도등 각 부위별 온도측정

· LED소자 CASE 포인트에서 방열판 외부까지의 열저항 계산

· LED소자 CASE 포인트에서 외부까지의 열저항 계산

· 실험모델별 열저항 비교

· LED소자 접합온도 및 수명 연산

- 실험장비

· 4CH 온도계 : GT309(K-type thermocoupler)

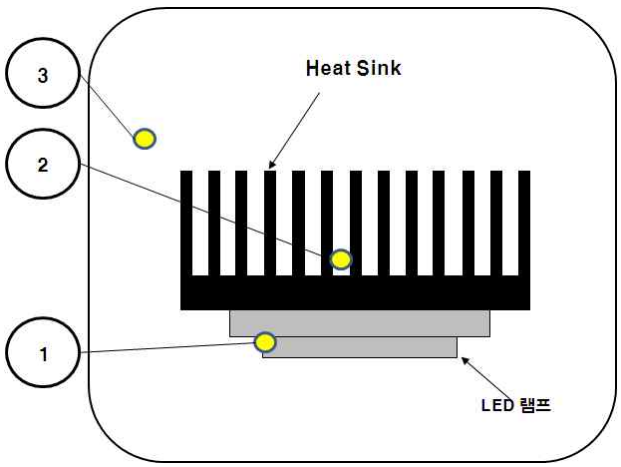
- 실험모델

· LED횡단보도등(70W)

- 채널별 온도센서(thermocoupler)

· 방열판의 온도센서 위치는 <표 2-152>와 같음

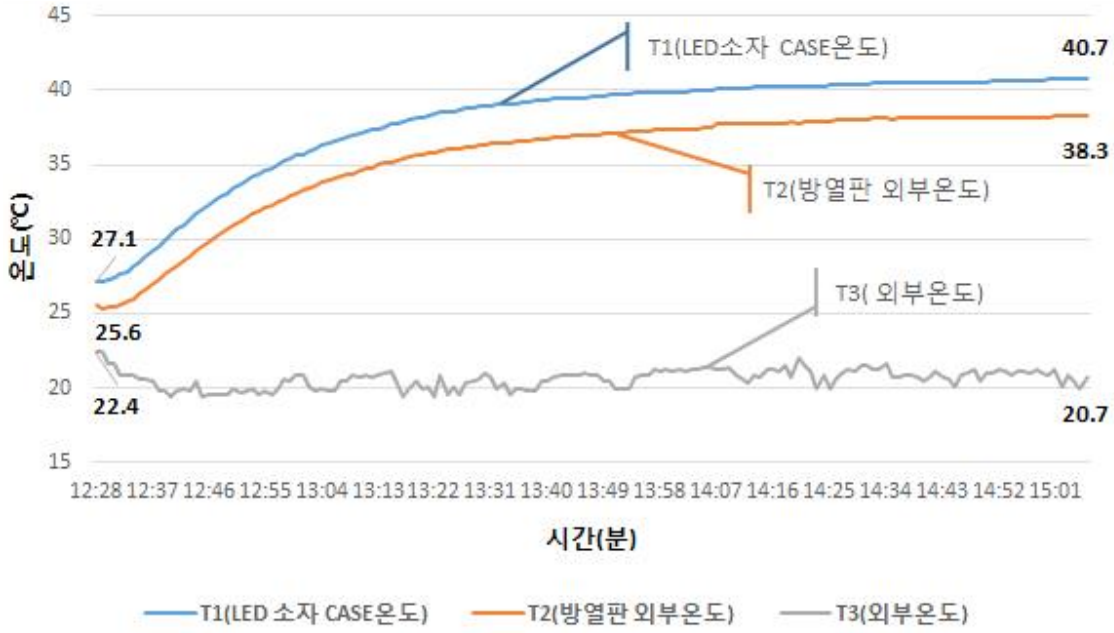
<표 2-152> 채널별 온도센서 위치

- 1CH(T_c) : LED소자 CASE 온도 - 2CH(T_h) : 방열판 외부온도 - 3CH(T_a) : 외부온도	

○ 공냉식 방열판 실험 결과



<그림 2-70> 공냉식 방열판 실험 사진



<그림 2-71>채널별 온도 실험그래프

<표 2-153> 온도 실험데이터

채널번호	센서위치	최종온도(℃)
1CH(T_c)	LED소자 CASE 온도	40.7
2CH(T_h)	방열판 외부온도	38.3
3CH(T_a)	외부온도	20.7

LED 횡단보도등의 LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 열저항은 다음 식으로 정의할 수 있다.

$$R_{ch} = \frac{T_c - T_h}{Q}$$

$$Q = 58.8\,W,\quad T_c = 40.7℃,\quad T_h = 38.3℃$$

$$R_{ch} = \frac{40.7 - 38.3}{58.8} = 0.0408[℃/W]$$

여기서 Q는 LED소자에 인가된 POWER이며, LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 총 열저항은 0.0408[℃/W]이며 LED소자 CASE에서 외부 공기까지의 열저항은 다음 식으로 정의할 수 있다.

$$R_{ca} = \frac{T_c - T_a}{Q}$$

$$Q = 58.8\,W, \quad T_c = 40.7℃, \quad T_a = 20.7℃$$

$$R_{ca} = \frac{40.7 - 20.7}{58.8} = 0.34[℃/W]$$

LED소자 CASE에서 외부 공기까지의 총 열저항은 0.34[℃/W]로 측정되었다.

○ LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 열저항 비교

<표 2-154> LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 열저항 비교

구분	1차년도 연구결과	LED횡단보도등
총 열저항(R_{ch})	0.053[℃/W]	0.0408[℃/W]
목표	1차년도 연구결과 대비 15% 열저항 개선	
결과	23.02% 열저항 개선	

LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 열저항은 1차년도 연구결과 대비 23.02% 개선되었다.

○ LED소자 CASE에서 외부 공기까지의 열저항 비교

<표 2-155> LED소자 CASE에서 방열판 외부까지의 열저항 비교

구분	1차년도 연구결과	LED횡단보도등
총 열저항(R_{ca})	0.839[℃/W]	0.34[℃/W]
목표	1차년도 연구결과 대비 15% 열저항 개선	
결과	59.48% 열저항 개선	

LED소자 CASE에서 외부 공기까지의 열저항은 1차년도 연구결과 대비 59.48% 개선되었다.

○ LED 수명연산(T_j 온도 : LED소자 접합온도이며 수명에 영향이 있음)

- T_j 온도(℃) : T_1+(9×LED소자전압×LED소자전류)

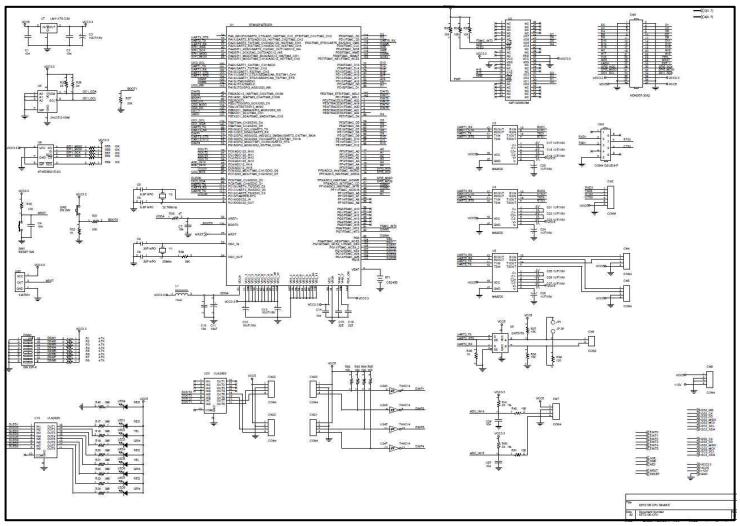
41.8+(9 × 2.8 × 0.35)=50.62℃

온도시험 결과 T_j 온도가 50.62℃이므로 수명이 6만 시간 이상이다(필립스 루미레즈는 LED의 T_j 온도가 125℃ 이하이면 수명이 6만 시간이고, T_j 온도가 낮을수록 신뢰성이 좋고 수명이 연장됨).

라. 시스템 시제품 제작

① 컨트롤러

횡단보도 조명시스템의 컨트롤러는 다양한 입출력과 통신을 위해 MCU는 ST Microelectronics의 STM32F427ZGT6을 사용하였고 컨트롤러에 사용된 MCU는 최첨단 ARM® CortexTM-M 코어의 고성능과 최대 사이즈의 플래시 메모리 스토리지 및 추가 SRAM 을 결합할 수 있고 추가 통신 포트, 보안성 향상 및 최상의 전력 소비를 구현하여 배터리 수명을 최대화할 수 있다.



컨트롤러 제어부 회로도



컨트롤러 보드

<그림 2-72> 컨트롤러 회로도 및 보드

통신포트는 RS232통신 7개, RS485통신 2개, 전력선통신(Power Line Communication) 1개, 지그비(Zigbee)통신 1개, 블루투스(Bluetooth)통신 1개로 설계·제작하였다.

② 레이더검지기 검지보드

횡단보도의 차대사람 교통사고는 차량의 과속과 보행자의 부주의 및 대응력이 부족하므로 횡단보도의 접근 차량 유무 및 다차선의 차량을 검지해야 하며, 접근 차량의 속도를 검출하여 과속여부 판단기능 필요하다.

횡단보도 조명시스템에서는 비매설형의 검지센서가 요구되며, 검지기의 가격과 설치비용도 적어야 하고 유지보수와 기상환경 변화에 영향이 없어야 한다. 본 시스템에서 요구되는 검지기의 요구조건은 차량검지, 설치, 경제성, 기상환경이며, 이러한 모든 조건에 우수한 레이더검지기를 선정했다. 레이더검지기의 주파수는 K밴드의 24.125GHz이며 CW방식을 사용했고 측정거리는 150m로 나타났다.

도플러 주파수 fd는 물체가 접근할 경우에는 정(+)이고, 멀어질 때는 부(-)가 되고 차의 진행 방향과 마이크로파 빔이 이루는 각도를 θ라 하고 음속을 C, 송신주파수를 fo, 반사파의 주파수를 fr, 도플러주파수를 fd라 하면 물체가 움직이는 속도 v는 다음과 같다.

$$f_r - f_o = f_d = (2V\cos\theta f)/C, \quad v = \frac{Cf_d}{2\cos\theta f_o}$$



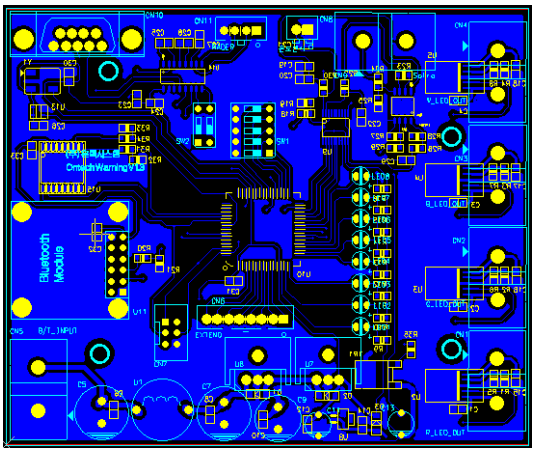
<그림 2-73> 레이더 검지기 모니터링 프로그램

레이더검지기의 다양한 모드를 설정하기 위해 모니터링 프로그램을 설계하였으며 주요 특징은 여러 개의 레이더검지기를 연결하여 모니터링을 할 수 있고, 검출감도, 최소검출속도, 최대검출속도, 알람검출속도를 설정과 소형차량과 중형차량의 경계값을 현장에 따라 설정을 변경할 수 있으며, 설치 각도와 높이를 설정하여 오차를 보정할 수 있다.

도플러 효과의 속도 산출식에서 설치각도가 변수이기 때문에 도로 노변이나 도로 철주에 설치하여 사용하는 검지기의 특성 상 설치각도를 고려해야 한다. 검출 감도는 설정값의 조정에 따라 작은 물체의 움직임도 검출할 수 있고, 최소검출속도는 10㎞/h, 최대검출속도는 185㎞/h로 설정하였다.

검지보드는 레이더센서에서 나오는 신호를 속도로 변환하여 조명시스템과 전방경고표지에 전송하며. 또한 레이더센서의 여러 가지 모드를 설정할 수 있고, 차량 존재 유·무 및 속도 데이터를 저장할 수 있다. 검지보드는 제어부, 저장부, 통신부, 전원부로 구성되며, 제어부는 일반 프로세서보다 약 4배 빠른 8BIT MCU인 ATMEGA128L로 설계하였고, 저장부는 차량 유무 및 속도 데이터를 약 3개월 저장할 수 있는 플래시 메모리 S25F128P로 설계하였으며, 통신부는 컴퓨터와 통신하기 위한 RS232와 조명시스템에게 데이터 제공을 위한 블루투스통신 모듈을 내장하였다. 그리고 전원부는 DC 5V와 DC 3.3V를 사용할 수

있게 구성하였으며. 대부분의 부품은 도로 환경에 적용하기 위해 산업용(-40℃~+85℃)부품으로 선정하여 설계하였다.



PCB[9]-ARTWORK



검지보드 H/W

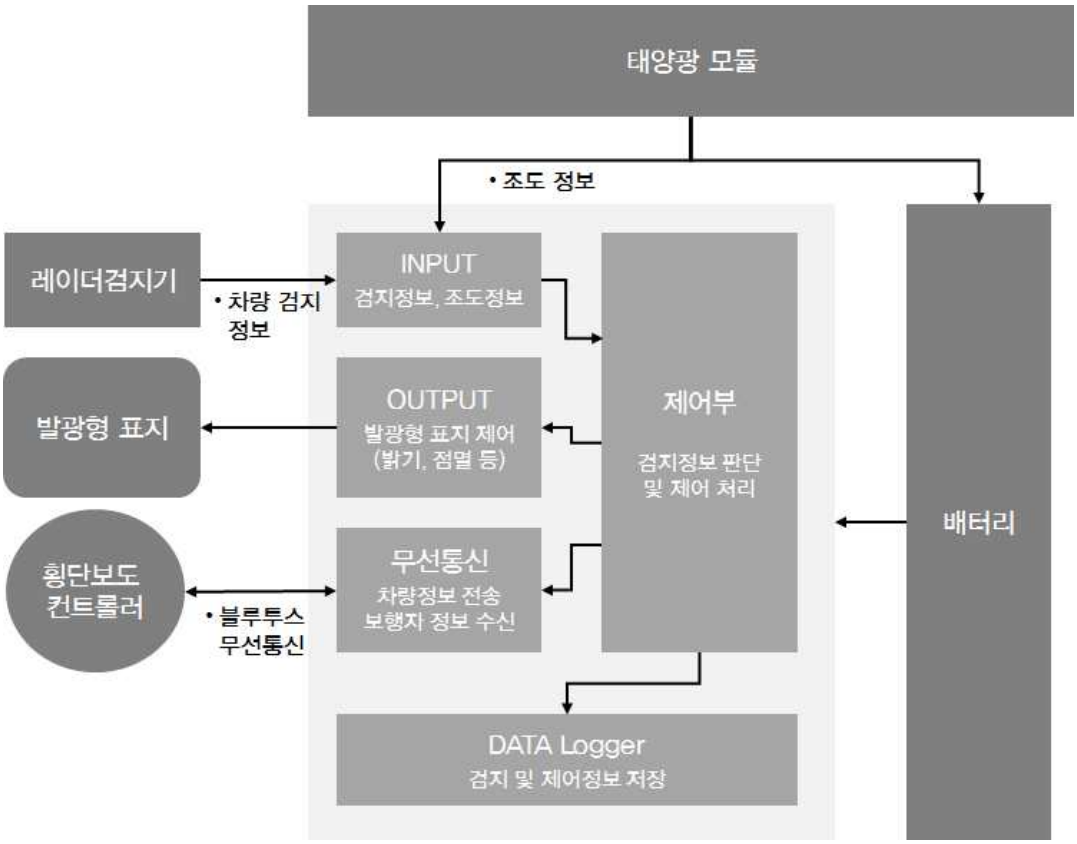
<그림 2-74> 검지보드

③ 전방경고표지

횡단보도 전방경고표지는 태양광모듈(Solar Module), 태양광모듈에서 생산된 전력을 저장하는 축전지와 과충전/과방전 보호회로가 있는 제어부, 레이더검지기, 검지보드, 발광형 광섬유 표지판의 광원으로 사용되는 광원유니트, 발광형 광섬유 표지판 정보를 표현하는 광섬유 다발과 광섬유홀더, 횡단보도 조명시스템과 통신을 할 수 있는 블루투스 통신모듈 등으로 <그림 2-75>와 같이 구성되어 있다.

기존의 발광/조명 표지판은 상대적으로 높은 소비전력, 단수명, 낮은 발광 품질 및 광효율 등의 문제가 있지만, 전방경고표지의 발광형 광섬유 표지는 DC 12V의 저전압 구동 방식과 광섬유를 적용한 광효율 최적 설계 구조로 전기적 안정성과 동시에 가시도가 높은 특성을 나타낸다. 또한 차량검지기와 차량검지 데이터의 저장기능, 그리고 실시간으로 차량검지 데이터를 무선으로 전송할 수 있는 블루투스 통신모듈이 내장되어 있다.

9) PCB(Print Circuit Board) : 인쇄회로기판



<그림 2-75> 전방경고표지 구성도

광섬유를 통과한 빛은 전반사 조건에 의해 누적된 전반사 특성으로 인하여 직진성이 높다. 따라서 광섬유를 통과한 빛은 발광각 60°내에 유효 광량이 집중되어 원거리에서도 시인성과 판독성이 우수하다. 차량운전자에게 눈부심으로 인한 잔상효과도 감소되고 800개의 광섬유로 구성된 광섬유 다발에 LED 광원이 동시에 조사되므로 휘도균일도가 매우 높다. 따라서 표지의 부분 소등 현상이 없어서 왜곡된 정보전달의 우려가 없다. 전방경고표지의 주요 사양은 다음과 같다.

- 동작온도 : -34℃ ~ +74℃
- 크기 : 1,000 × 1,000(mm)
- 차량검지기 : 레이더 방식
- 사용전원 : DC 12V
- 표지 : LED 18개 구동, 광섬유 800개 다발
- 무선통신 사양 : 2.4GHz, 블루투스

전방경고표지의 동작은 <그림 2-76>과 같이 낮에는 소등되어 일반표지와 같고 밤에는 점등되어 시인성과 판독성이 일반표지에 비해 우수하다. 또한 차량이 검지되면 발광표지를 점멸하여 차량운전자에게 주의를 주고, 과속 차량이 검지되면 발광표지를 매우 빠르게 점멸하여 차량운전자에게 경고를 주어 감속 유도



주간 동작　　야간 동작

<그림 2-76> 전방경고표지 동작방법

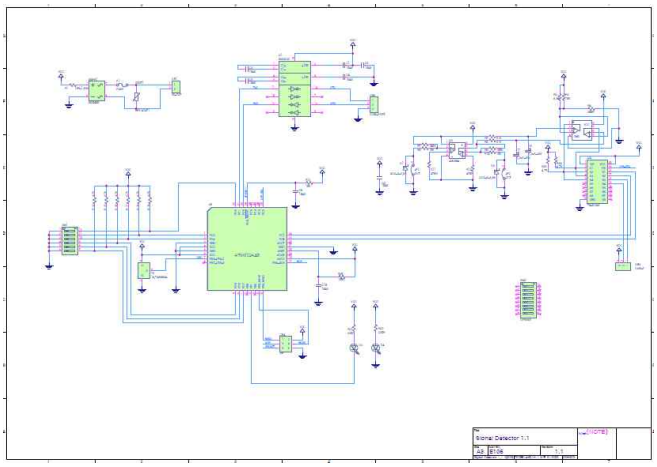
④ 표출부

횡단보도 조명시스템의 표출부는 문자과 음성 두 가지가 있다. 횡단보도에 차량이 접근할 때 보행자에게 “차량접근중입니다. 주의하십시오!”와 “과속차량접근중입니다. 주의하십시오!” 라고 문자와 음성으로 경고한다. 또한 음성부의 오디오코덱[10](audio codec)은 Wolfson Microelectronics사의 WM8731를 사용했으며, 음성파일은 16kHz, 16bit로 녹음하여 필요시 출력한다. WM8731의 출력은 이어폰으로 들을 수 있는 작은 음성이므로 횡단보도의 보행자에게 전달하는 음성은 ST Microelectronics사의 TDA1905를 사용하여 증폭했고, 4옴 10W 스피커를 사용하였다.

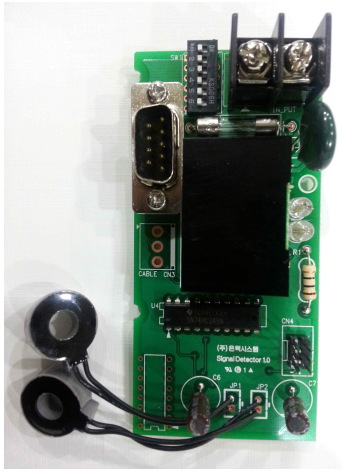
⑤ 보행신호 검출부(교통신호기 연계·연동기술 개발)

횡단보도에 교통신호제어기와 교통신호등이 설치되었을 경우 보행적색과 보행녹색 신호를 검출하면 보행신호등과 연계하여 LED횡단보도등의 빛을 조정하여 사용하였다. 하지만 교통신호제어기 및 보행신호등과 직접 연결하여 신호를 검출하는 것은 경찰청에서 금지하고 있으므로 다른 방법으로 접근하였다. 즉, 보행신호등의 등기선에 전류센서 CT(current transformer)를 사용하여 간접적으로 보행신호를 검출하는 기술을 개발하였다. 보행신호등이 점등되면 등기선에 전류가 흐른다. 그러면 전류센서 CT의 자속변화가 일어나고 이런 미세한 신호를 증폭하여 디지털신호로 변환한다. 그리고 직렬통신 RS232 또는 TTL신호로 컨트롤러에 신호를 전송한다.

10) 오디오코덱(Audio Codec) : 디지털 오디오를 압축 및 해제하는 컴퓨터 프로그램



회로도

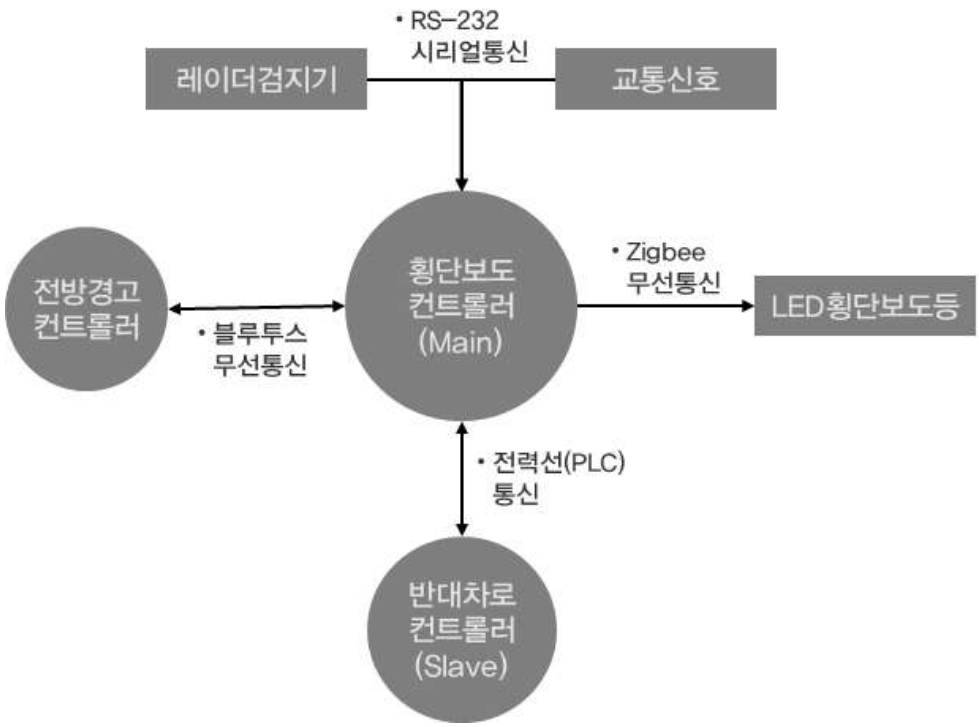


보드

<그림 2-77> 보행 신호검출부 회로도 및 보드

⑥ 시스템 통신체계

횡단보도 조명시스템의 통신체계 구성은 시스템간의 요구되는 사양에 따라 최적의 통신방식을 사용하였다. 현재 무선통신의 경우 블루투스, 지그비 등이 있으며 블루투스는 단순한 네트워크 구성을 통해 신속하고 정확한 통신이 요구되는 분야에 사용되고 있으며, 지그비는 복잡한 네트워크 구성이 가능하여 N:N통신 구성과 저전력, 저속의 통신이 필요한 분야에 사용된다.



<그림 2-78> 조명시스템 통신체계

유선통신의 경우 현재 RS-232를 가장 많이 사용되고 있으며, RS-485는 RS-232의 단점인 통신거리와 노이즈를 개선하여 사용되고 있고, 전력선통신(PLC)의 경우 홈네트워크 분야로 연구가 많이 진행되고 있고 전선 한 개에 전원과 통신을 같이 활용할 수 있는 장점이 있다.

전방경고표지에서 검지된 차량정보는 횡단보도 조명시스템에 신속히 전달하고 보행자에게 경고해야 하므로 두 컨트롤러간의 빠른 통신 속도와 태양광 전원을 사용함으로 소비전력이 낮은 블루투스 통신을 사용하였다.

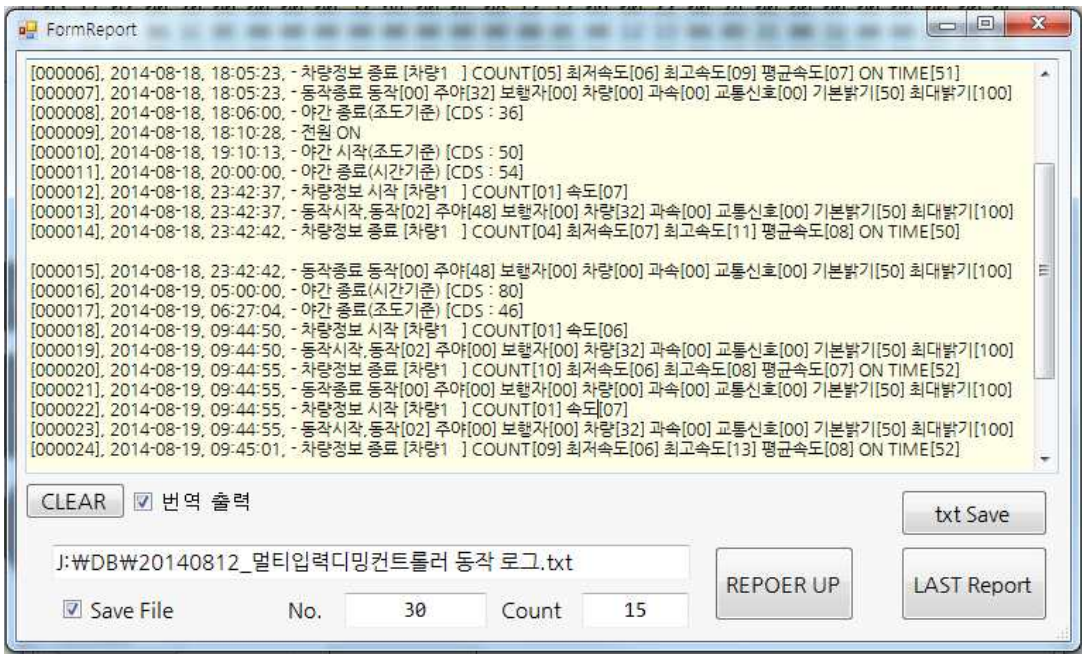
LED 횡단보도등과의 통신은 1:1, 1:N, N:N등 다양한 통신구성이 가능하고 주간에는 LED횡단보도등을 소등하므로 소비전력을 최소화하는 Sleep기능이 있는 지그비 통신을 사용하였다. 반대차로 컨트롤러 연계는 도로를 횡단하여 통신이 되고 전원선외 별도의 통신선로가 설치가 어려우므로 전원선을 이용하는 PLC통신을 사용하였다.

마. 멀티입력 디밍컨트롤러 작동 정확도

○ 컨트롤러 작동 정확도 실험 방법

멀티입력 디밍컨트롤러의 작동 정확도 분석은 횡단보도 조명시스템의 컨트롤러를 현장에 설치하여 동작로그를 수집 및 분석을 통해 수행하였다.

조도센서 및 시간에 따른 야간 시작과 종료 기록의 데이터와 설정된 DB와 비교하여 정확도를 판단하였다. 또한, 레이더검지기의 차량정보 시작과 종료 로그 정보를 분석하여 정확도를 판단하였으며 출력(LED 횡단보도등 및 음성, 문자)의 동작시작과 종료 로그 정보를 분석하여 정확도를 판단하였다.



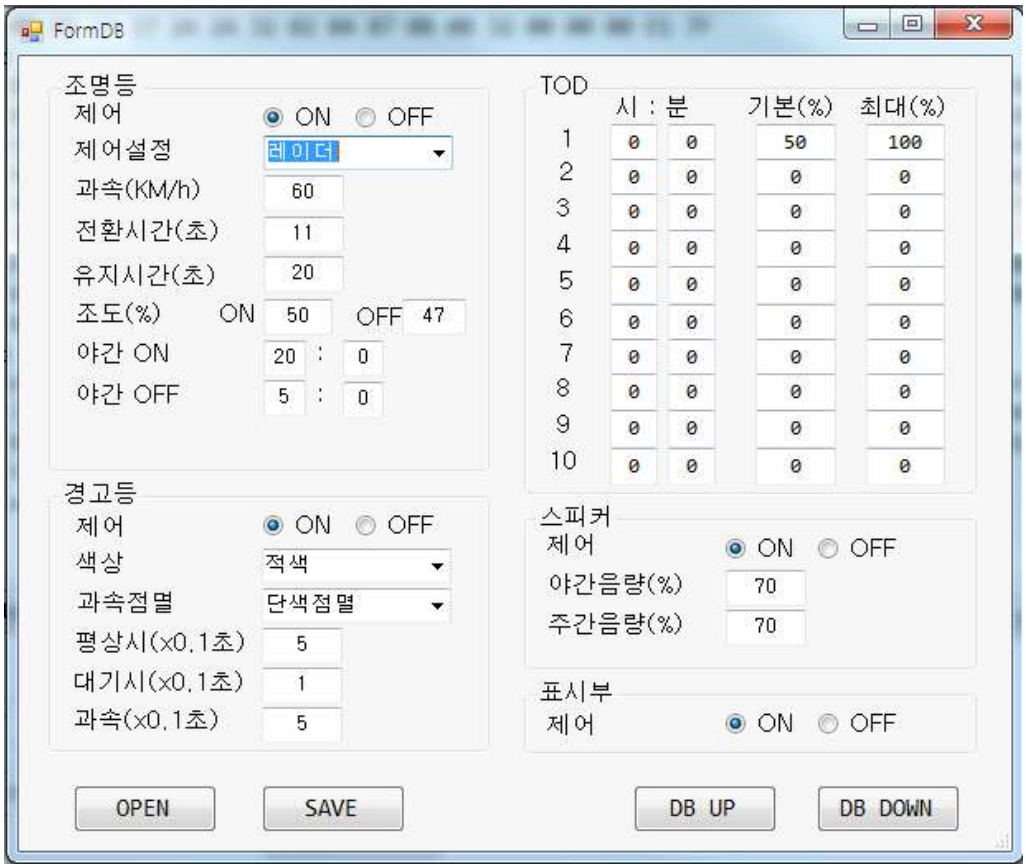
<그림 2-79> 멀티입력 디밍컨트롤러 로그 분석

○ 컨트롤러 작동 정확도 실험 날짜

- 왕복2차로 횡단보도(무명2교)
- 실험 기간 : 2014. 08. 12 ~ 08. 13(2일간)

○ 컨트롤러 DB설정

- 제어방법 : 레이더 제어모드
- 레이더검지기 : 2개 설치(양방향)
- LED횡단보도등 기본밝기 : 50%
- LED횡단보도등 최대밝기 : 100%
- 야간 시작 : 조도 - 50% 이상, 시간 - 20:00
- 야간 종료 : 조도 - 47% 이하, 시간 - 05:00



<그림 2-80> 멀티입력 디밍컨트롤러 DB설정

○ 컨트롤러 작동 정확도 실험 결과

<표 2-156> 컨트롤러 작동 정확도 시험 데이터

구분	DB설정	1일차	2일차	정확도
야간시작(조도)	50% 이상	19:36:19(52 %)	19:22:34(52 %)	100 %
야간종료(조도)	47% 이하	05:48:11(46 %)	05:55:14(46 %)	
야간시작(시간)	20:00	20:00:00(75 %)	20:00:00(75 %)	100 %
야간종료(시간)	05:00	05:00:00(79 %)	05:00:00(79 %)	

컨트롤러의 수집된 자료 기록을 분석한 결과 조도에 의한 야간 시작과 종료의 경우 설정된 DB값에 의해 작동하였으며, 시간에 의한 야간시작과 종료의 경우에도 설정된 DB에 의해 100% 동작하였다.

<표 2-157> 컨트롤러 작동 정확도 시험 데이터(1일차)

구분	야간 (00:00 ~ 05:48)	주간 (05:49 ~ 19:36)	야간 (19:37 ~ 00:00)	총계	정확도
레이더 검지 시작	352	2542	700	3594	100 %
레이더 검지 종료	352	2541	701	3594	
동작 시작	328	1692	543	2563	100 %
동작 종료	328	1691	544	2563	
동작 중 레이더 검지 시작 종료 횟수	24	850	157	1031	

1일차 레이더 검지 시작횟수는 주간 2,542회, 야간 1,052회로 총 3,594회 발생하였으며, 검지 종료횟수는 주간 2,541회, 야간 1,053회로 총 3,594회 발생하여 레이더 검지 시작과 종료횟수가 일치하였고, 출력 동작시작 횟수는 주간 1,692회, 야간 871회로 총 2,563회 발생하였으며, 동작종료 횟수는 주간 1,691회, 야간 872회로 총 2,563회 발생하여 출력 동작 시작과 종료 횟수가 일치하였다. 동작 중 레이더검지 시작, 종료 횟수는 1,031회로 레이더 검지횟수와 출력 동작 횟수의 차이인 1,031회와 일치함으로 레이더검지에 의한 출력동작 정확도는 100%로 나타났다.

<표 2-158> 컨트롤러 작동 정확도 시험 데이터(2일차)

구분	야간 (00:00 ~ 05:55)	주간 (05:56 ~ 19:22)	야간 (19:23 ~ 00:00)	총계	정확도
레이더 검지 시작	350	2483	724	3557	100 %
레이더 검지 종료	349	2483	725	3557	
동작 시작	330	1651	541	2522	100 %
동작 종료	329	1651	542	2522	
동작 중 레이더 검지 시작 종료 횟수	20	832	183	1035	

2일차 레이더 검지 시작횟수는 주간 2,483회, 야간 1,074회로 총 3,557회 발생하였으며, 검지 종료횟수는 주간 2,483회, 야간 1,074회로 총 3,557회 발생하여 레이더 검지 시작과 종료횟수가 일치하였고, 출력 동작시작 횟수는 주간 1,651회, 야간 871회로 총 2,522회 발생하였으며, 동작종료 횟수는 주간 1,651회, 야간 871회로 총 2,522회 발생하여 출력 동작 시작과 종료 횟수가 일치하였다. 동작 중 레이더검지 시작, 종료 횟수는 1,035회로 레이더 검지횟수와 출력 동작 횟수의 차이인 1,035회와 일치함으로 레이더검지에 의한 출력동작 정확도는 100%로 나타났다.

<표 2-159> 멀티입력 디밍컨트롤러 작동 정확도 결과

구분	1일차	2일차
레이더검지 정확도(%)	100 %	100 %
동작 정확도(%)	100 %	100 %
야간판단 정확도(%)	100 %	
목표	멀티입력 디밍컨트롤러 작동 정확도 100%	
결과	멀티입력 디밍컨트롤러 작동 정확도 100%	

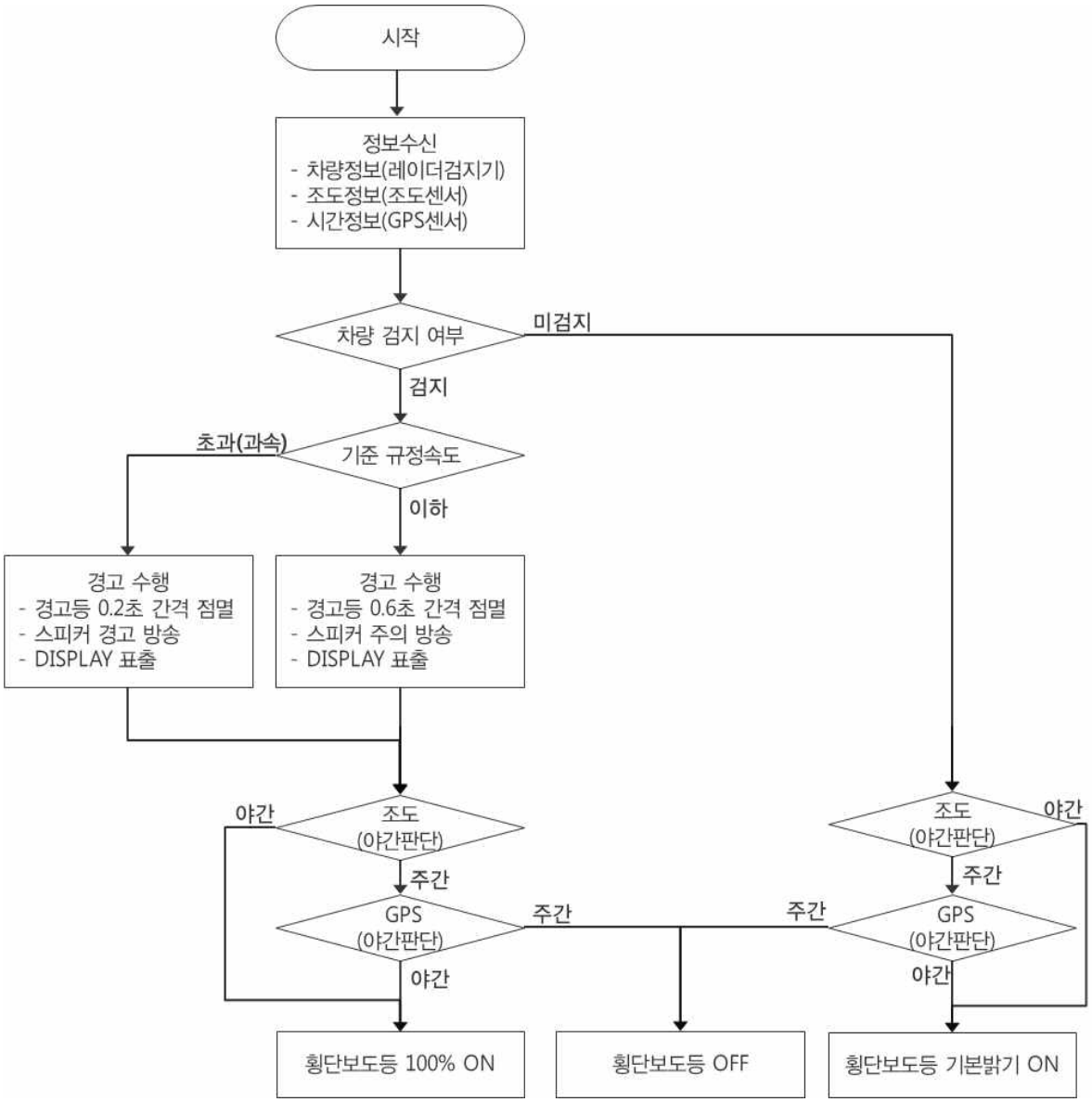
컨트롤러의 작동 정확도 시험 결과 레이더 검지 정확도와 출력 동작 정확도가 100%이며 야간판단에 대한 정확도 역시 100%로 나타나 멀티입력 디밍 컨트롤러의 작동 정확도는 100%로 나타났다.

바. 시스템 제어 알고리즘 개발

① 차량인지 제어 알고리즘

레이더 검지기를 통해 차량을 검지하면 차량의 속도와 제한속도를 비교하여 과속차량과 정속차량을

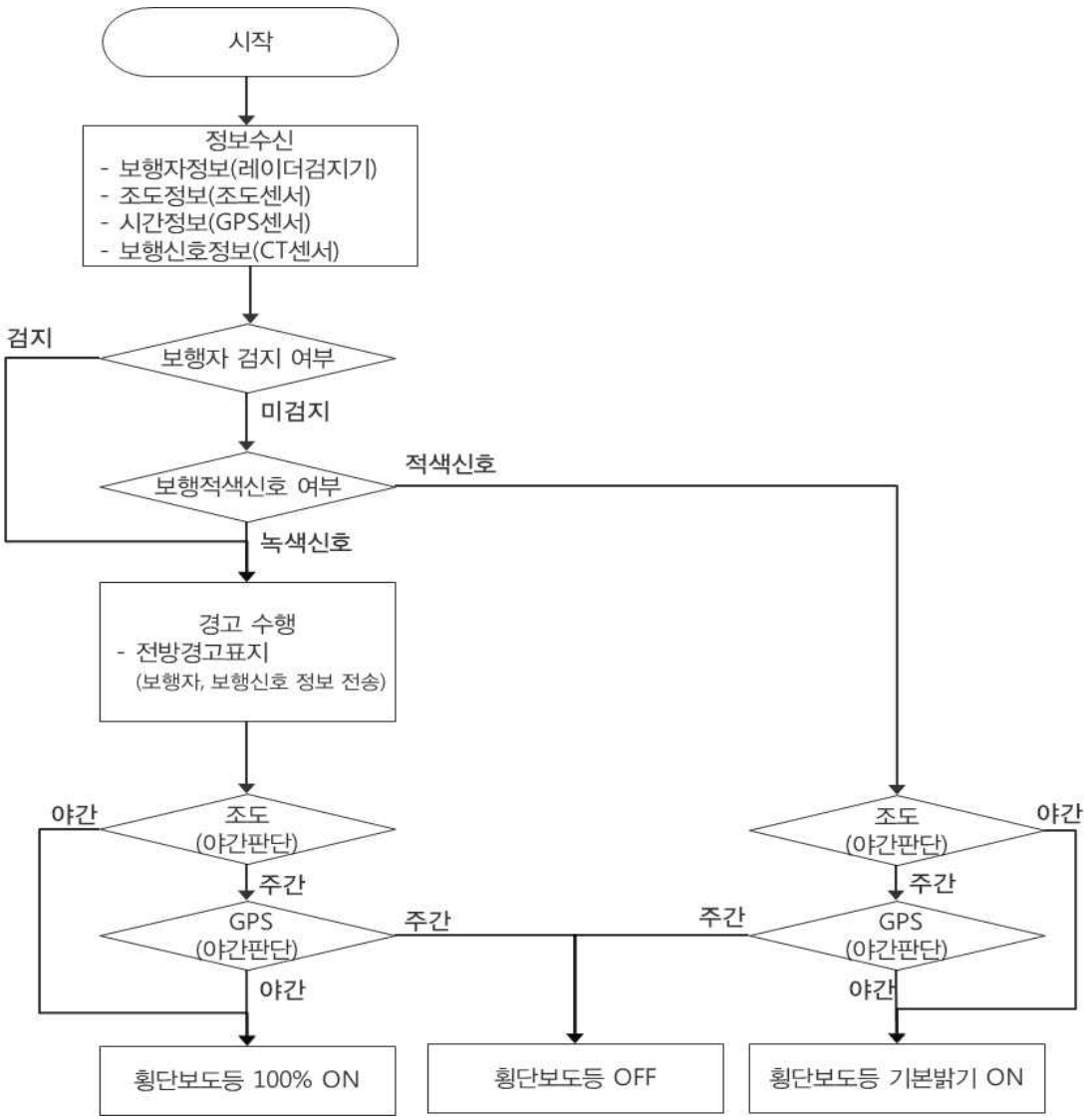
판단하며, 정속차량 판단시 보행자에게 문자와 스피커를 통해 시청각적으로 주의를 주며, 과속차량 판단시 경고를 표출한다. 또한, GPS시간과 조도값을 설정된 값과 비교하여 야간 판단시 LED 횡단보도등 디밍제어 알고리즘을 통해 LED 횡단보도등을 최대밝기(default 100%)로 점등된다.



<그림 2-81> 차량인지 제어 알고리즘

② 보행자 및 교통신호 제어 알고리즘

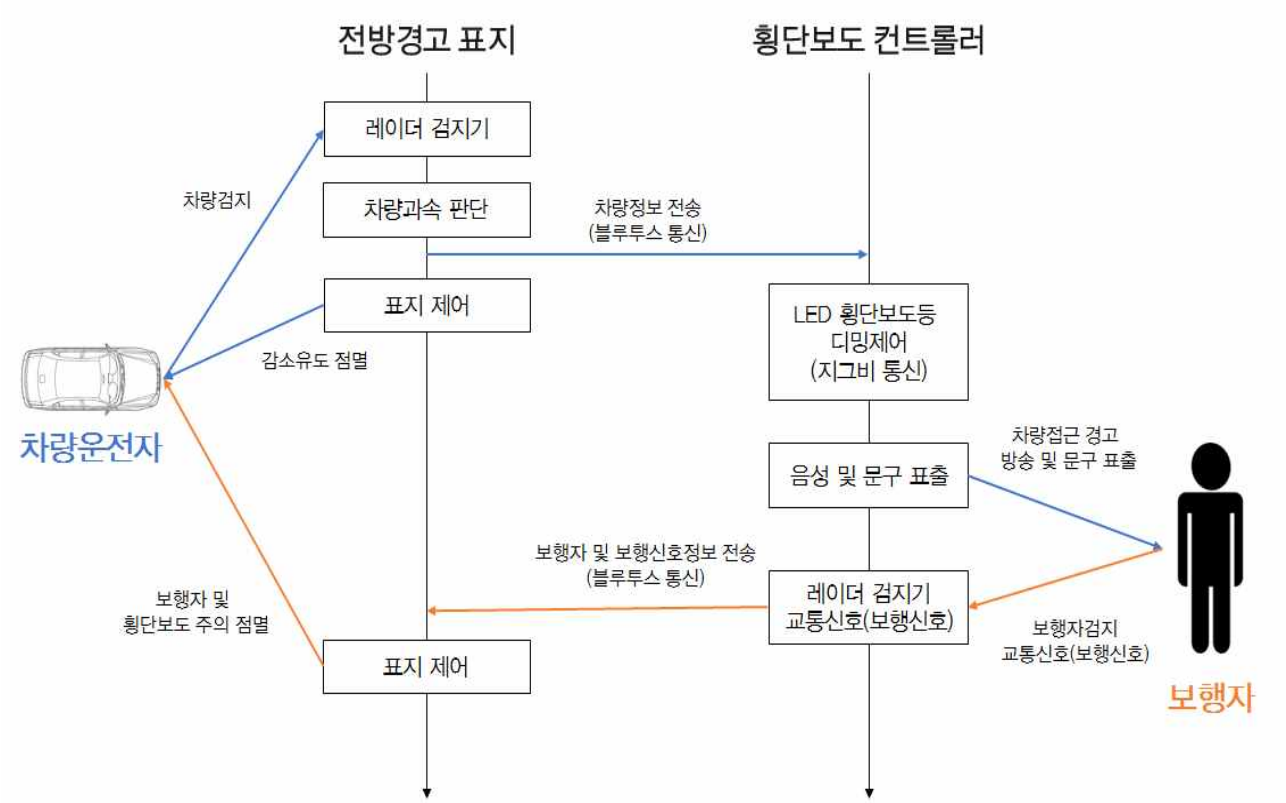
레이더 검지기를 통해 보행자가 검지되거나 보행신호등의 신호를 검출하여 보행녹색이 점등되면 해당 정보를 전방경고표지에 전송하여 차량운전자에게 점멸을 통해 경고하며 GPS시간과 조도값을 설정된 값과 비교하여 야간 판단시 LED 횡단보도등 디밍제어 알고리즘을 통해 LED 횡단보도등을 최대밝기(default 100%)로 점등한다.



<그림 2-82> 보행자 및 교통신호 제어 알고리즘

③ 운전자 및 보행자 연계기술 개발

전방경고표지 및 횡단보도 컨트롤러의 레이더검지기에서 차량정보가 검지가 되면 보행자에게 차량접근 주의 방송 및 문구를 표출하고 과속차량이면 과속차량 접근 경고 방송을 실시하고, 전방경고표지는 차량 감속을 위해 점멸한다. 또한, 횡단보도 컨트롤러의 레이더 검지기에 보행자가 검지되거나 교통신호 검출부에서 보행녹색신호 검출시 해당 정보를 전방경고표지에 전송하고 전방경고표지는 보행자 및 횡단보도 주의 점멸을 실시하여 차량운전자의 주의를 환기시킨다.



<그림 2-83> 운전자 및 보행자 연계 기술 흐름도

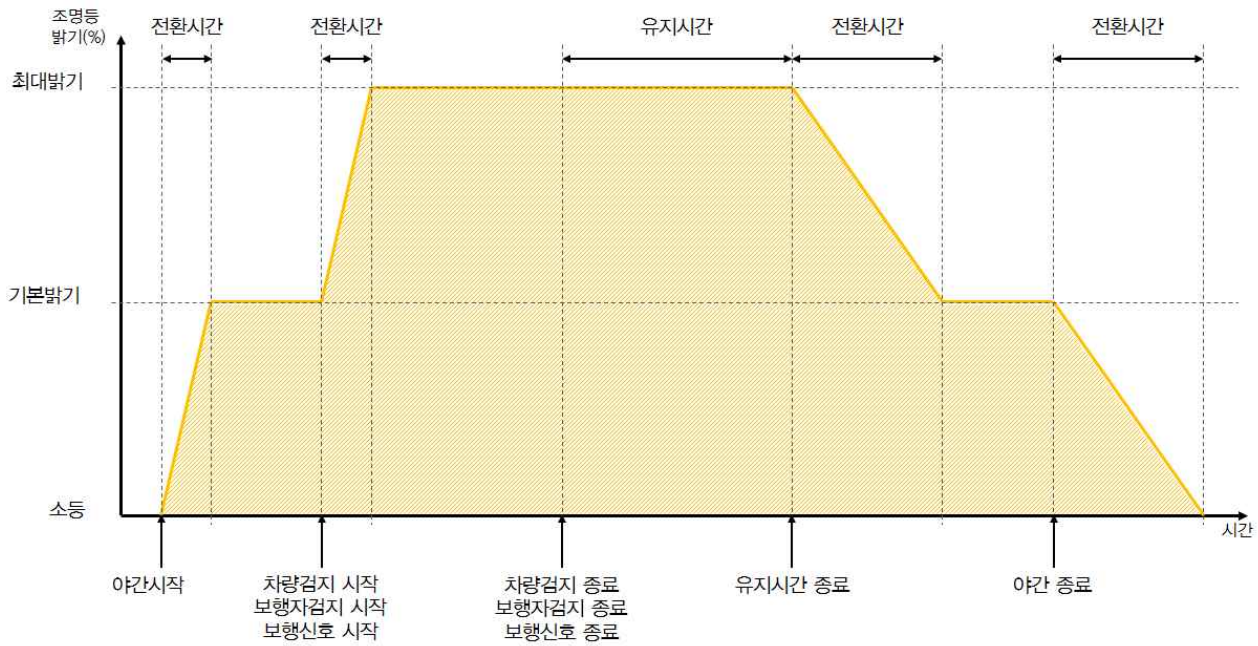
④ LED횡단보도등 디밍제어 알고리즘

LED횡단보도등 디밍제어 알고리즘은 디밍제어를 통해 조명등의 밝기 레벨을 이용하여 운전자와 보행자에게 주의를 상기시키고, 필요할 때에만 밝게 비춰 빛공해 방지 및 에너지를 절약한다.

야간에 차량이나 보행자, 보행녹색신호가 없을 경우 DB에 설정된 기본밝기로 점등되며, 차량이 접근하거나 보행자, 보행녹색신호가 입력될 경우 최대밝기로 점등하여 운전자의 횡단보도 및 보행자 시인성을 개선시킨다.

디밍 제어 방식은 Linear방식을 사용하여 밝기가 변하게 되면 전환시간을 두어 서서히 전환되도록 하여 급격한 밝기 변화로 인한 눈부심이나 순응 문제를 최소화 시킨다.

- 또한, 차량이나 보행자, 보행녹색신호로 인해 최대밝기로 전환될 경우 해당 검지가 종료되더라도 유지시간을 두어 잦은 밝기 변화로 인한 혼란을 최소화시킨다.



<그림 2-84> LED횡단보도등 디밍제어 알고리즘

4. 온로드 테스트 베드 구축 및 효과 평가

4.1 온로드 테스트 베드 구축지 특성

횡단보도 조명시스템의 정확한 효과평가를 위해 지방부도로의 다양한 교통상황 및 도로상황을 고려하였고, 이러한 온도르 테스트 베드 구축지를 선정하기 위하여 다음과 같은 조건을 고려하였다.

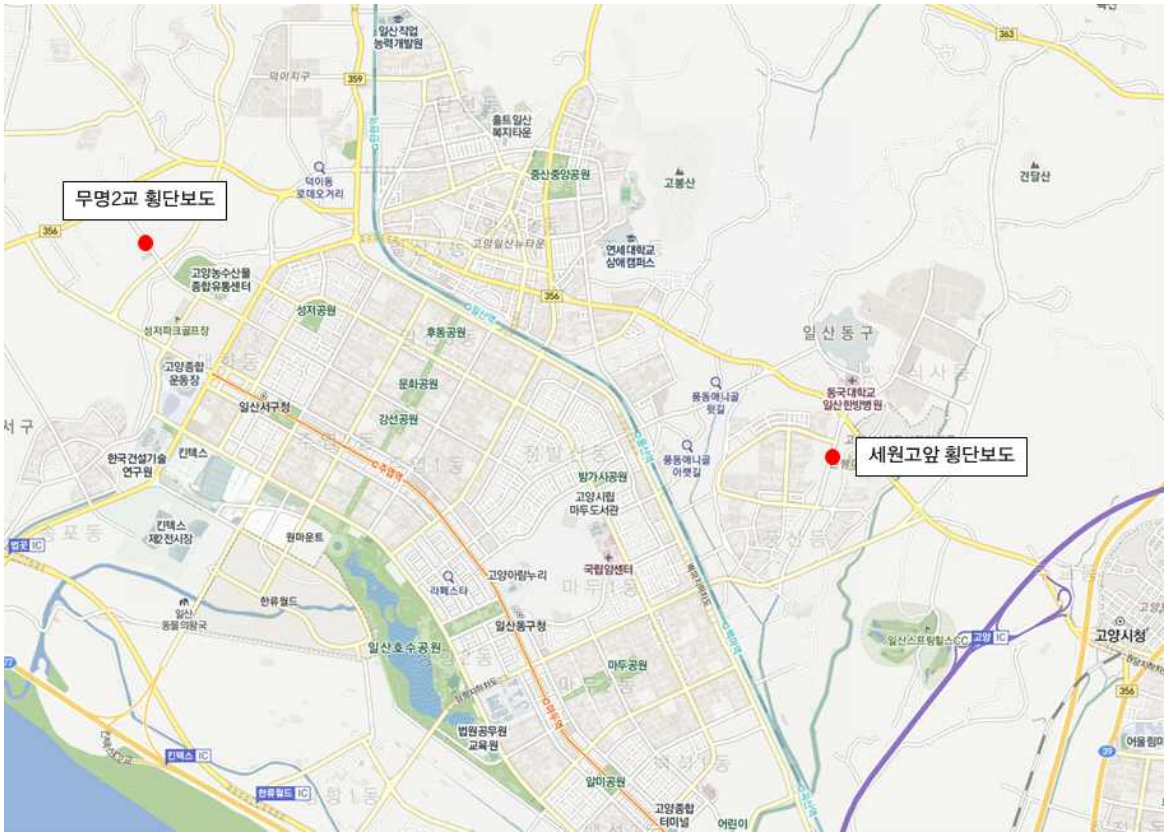
- 대상도로 : 왕복 2차선, 왕복 4차선
- 교통신호여부 : 무신호구간, 신호구간
- 도로선형 : 평면 및 종단경사(± 3% 이내)가 없는 직선도로

이러한 조건에 만족하는 구축지점은 경기도 고양시에 위치한 양방향 4차로 및 2차로 도로를 선정하였다. 선정된 지점들에 대한 특성은 <표 2-160>과 같으며, 세원고등학교 앞 횡단보도는 고양시 위치한 왕복4차로 도로의 횡단보도이고, 교통신호등이 운영되고 있으며 제한속도는 70 ㎞/h이다.

무명교 횡단보도 역시 고양시에 위치한 양방향 2차로 도로의 횡단보도이고, 교통신호등이 운영되지 않고 있으며 제한속도는 60 ㎞/h이다. 세원고등학교 앞 횡단보도는 등하교시간에 보행자 교통량이 많고, 이는 무명교는 주변에 농경지가 존재하여 보행자 교통량이 비교적 적다.

<표 2-160> 온로드 테스트 베드 구축지점 특성

구분	세원고 앞	무명2교
차로	왕복 4차선	왕복 2차선
차로폭	3.1 m	3.1 m
갓길폭	0.5 m	0.5 m
종단경사	±3% 이내	±3% 이내
제한속도	70 ㎞/h	60 ㎞/h
교통량	9,000대/일	4,300대/일
교통신호	유	무
보행자대기지역	5 m, 5.4 m	1.7 m
보행자통행량	많음	적음



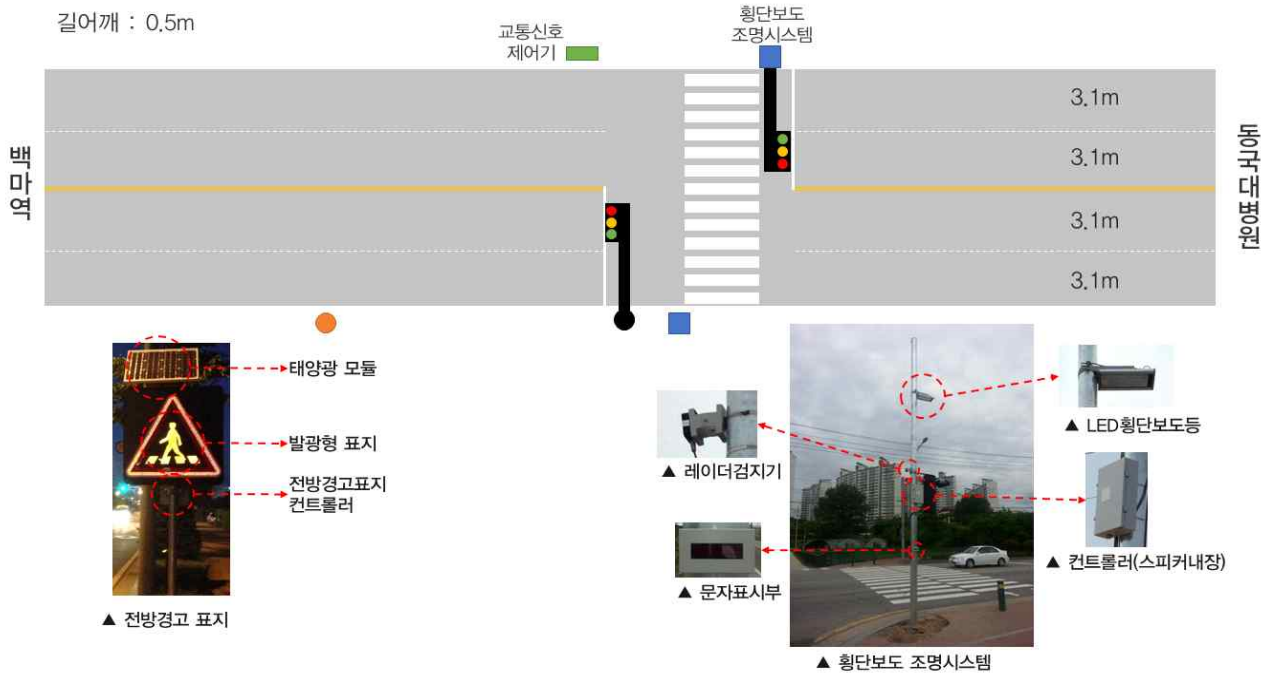
<그림 2-85> 온로드 테스트 베드 구축 지점 위치

4.2 온로드 테스트 베드 구축

○ 세원고등학교 앞(양방향 4차로 도로)

양방향 4차로 도로는 고양시 풍동 소재 세원고등학교 앞 횡단보도로서 주거지역에 위치하고 있으며 일 교통량 9,000대로서 제한속도 70kph, 차로 폭 14.3m, 보도는 각각 5.4m, 5.0m로 구성되어 있다.

횡단보도 조명시스템은 <그림 2-86>과 같이 구축하였으며 레이더+교통신호 제어모드로 설정하였으며 야간시작 판단기준은 조도 50%이상이나 20시 이후로 설정하였고, 야간종료 기준은 조도 47%이하이고 05시 이후로 설정하였다. 전방경고표지는 횡단보도 전방 70m위치에 설치하였다.



<그림 2-86> 세원고등학교 앞 횡단보도 조명시스템 설치도

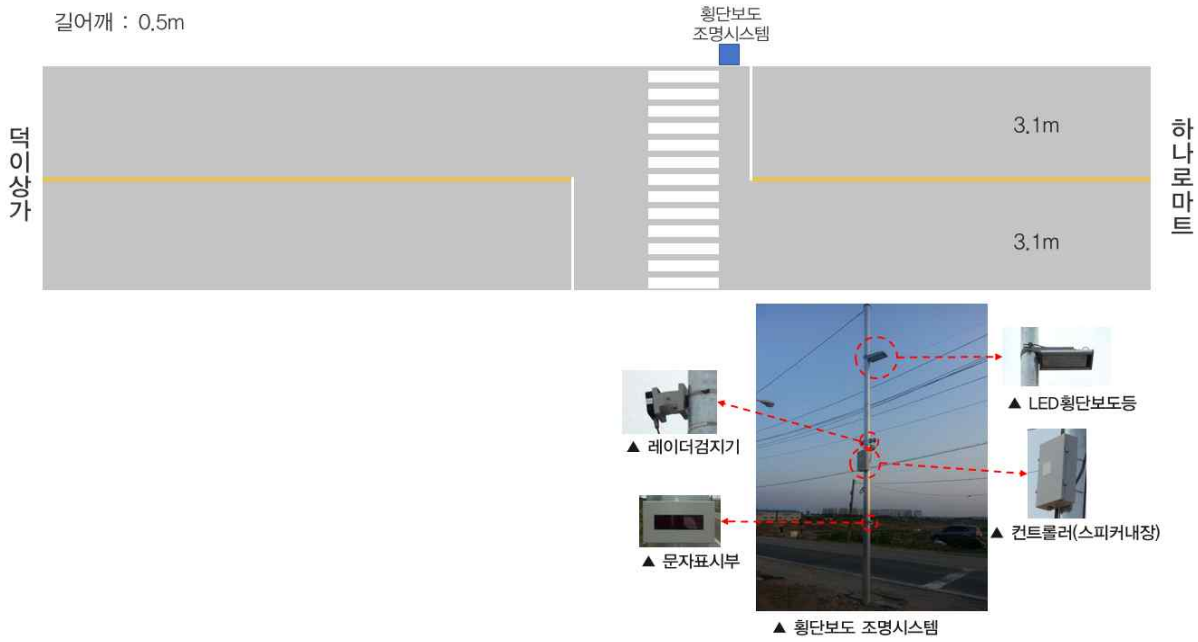
<그림 2-87> 온로드 테스트 베드 구축지역(세원고등학교 앞) 횡단보도 전경

<그림 2-88> 온로드 테스트 베드 구축지역(세원고등학교 앞) 도로 횡단면 구성도

○ 무명교 앞(양방향 2차로 도로)

양방향 2차로 도로는 고양시 송포동에 위치한 무명교 앞 횡단보도로서 주거지역에 위치하고 있으며 일 교통량 4,300대, 제한속도 60kph, 차로 폭 6.9m, 보도는 각각 1.7m, 0.5m로 구성되어 있다.

무명2교 횡단보도 조명시스템은 <그림 2-89>와 같이 구축하였으며 레이더 제어모드로 설정하였으며 야간시작과 종료기준은 세원고 앞과 동일하게 설정하였다. 전방경고표지는 덕이상가 방향의 횡단보도 전방 60m위치에 설치하였다.



<그림 2-89> 무명2교 횡단보도 조명시스템 설치도

<그림 2-90> 온로드 테스트 베드 구축지역(무명교 앞) 횡단보도 전경

<그림 2-91> 온로드 테스트 베드 구축지역(무명교 앞) 도로 횡단면 구성도

4.3 횡단보도 조명시스템 효과 평가

가. 효과 평가 개요

온로드 테스트베드 효과 평가는 광환경 측면과 교통 안전 측면으로 구분하여 각각의 효과 평가 척도를 산정하였다. 우선 광환경 측면은 관련 기준 만족 여부를 확인하였고 교통 안전 측면은 조명 구간 및 무조명 구간에 대하여 횡단보도 조명 설치 전·후별 주행속도, 보행자 행태 등을 평가하여 안전성 향상도를 확인하였다. 또한, 횡단보도 조명 설치 전·후별 운전자가 전방 사물을 인지하는 거리를 측정하여 도로 설계시 사용되는 정지시거 만족 여부를 확인하였다.

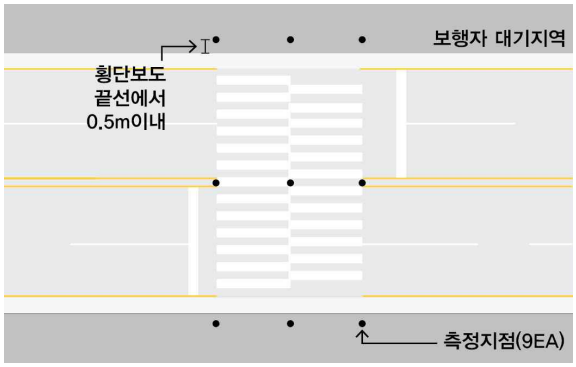
- **효과 평가 1** : 연구개발 최종성과물(횡단보도 조명)에 대한 온로드 테스트를 실시하여 관련 기준 만족 여부 확인
- **효과 평가 2** : 횡단보도 조명 시스템 설치 전·후별 주행속도, 보행자 행태의 평가를 통한 안전성 향상도 확인
- **효과 평가 3** : 차량감응형 LED 횡단보도등의 디밍제어시 에너지 전력소비량을 측정하여 100% 광출력의 점등대비 에너지 절감 확인

나. 효과 평가 1(광환경 분석 : 관련 기준 만족 여부 확인)

(1) 측정 방법 및 관련 기준

측정기준 : 도로안전시설 설치 및 관리 지침 ; 제2편 조명시설(국토교통부, 2014, 2)

<표 2-161> 온로드 테스트 베드 광환경 측정 방법

수평면 조도측정	연직면 조도측정
	
횡단보도 중심에서 중심점 및 각 끝점, 횡단보도 끝선에서 0.5m 이내 중심점 및 각 끝점 총 9포인트 측정	1m 높이에서 횡단보도 중심점, 각 차로중심점 및 횡단보도 끝선에서 0.5m 이내 중심점(대기지역) 측정

<표 2-162>는 횡단보도 조명설치 기준을 나타낸 것으로 본 온로드 테스트 베드 구간은 연속조명구간 중 주거지역/공업지역(세원고등학교 앞)과 무조명 구간(무명교 앞)의 기준에 각각 만족해야 한다.

<표 2-162> 횡단보도 조명설치 기준

조명 구간		연직면 조도(lx)	
		평균	최소
연속 조명 구간	상업지역	20~30	4
	주거지역/공업지역	**15~20**	**4**
	기타지역	10~15	4
무조명 구간		**30이하**	**2**

주1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름
주2) 횡단보도 전체를 비추기 위해 수평면조도는 6 lx 이상

(2) 세원고등학교 앞 횡단보도 측정 결과

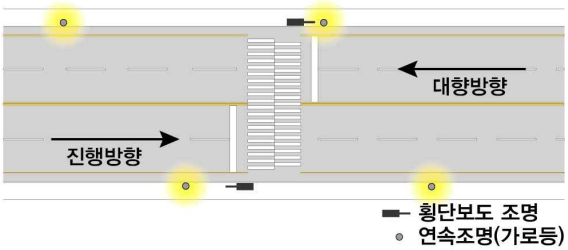
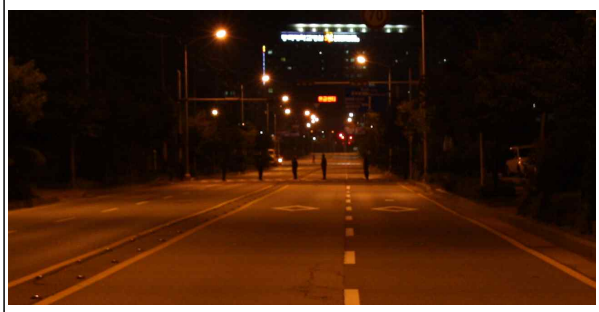
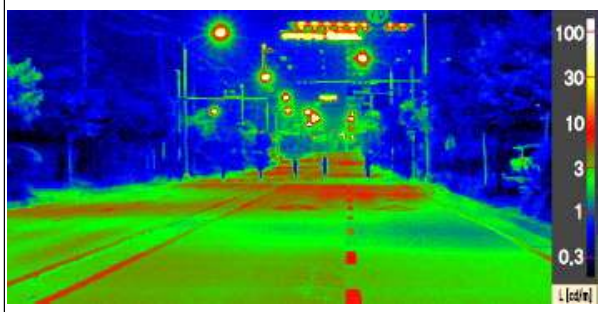
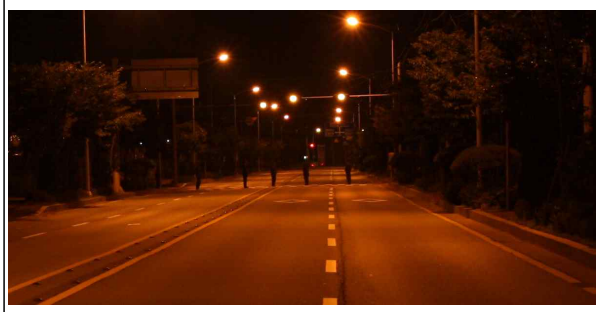
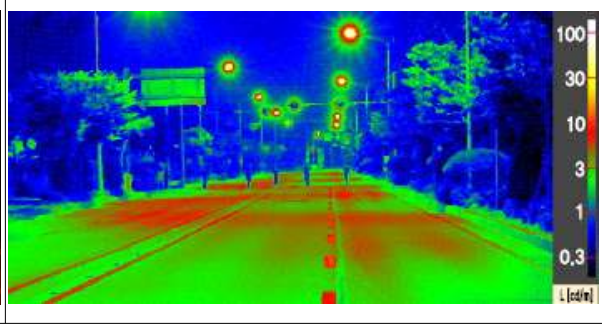
○ 조도 측정 결과

세원고등학교 앞 횡단보도가 위치한 4차로 도로의 가로등은 지그재그 배열(64m 간격)로 설치된 연속조명 구간이며 주변에 아파트 단지가 위치해 있어 주거지역/공업지역으로 분류할 수 있다.

횡단보도 조명설치 기준에 의거하여 연속조명구간 중 주거지역/공업지역의 연직면조도는 평균 15~20lx, 최소 4lx를 만족해야 한다.

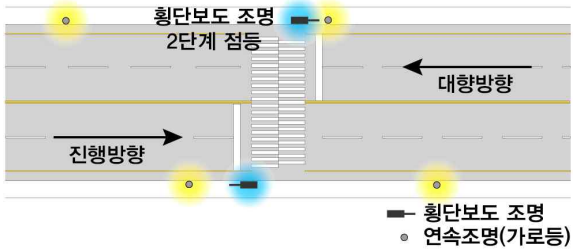
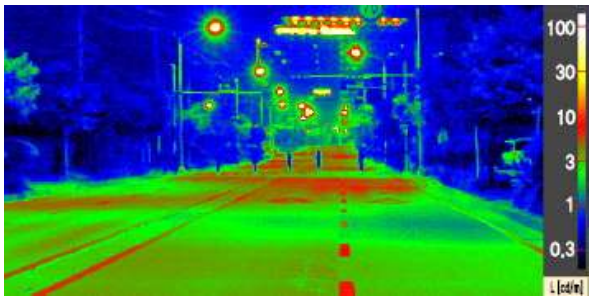
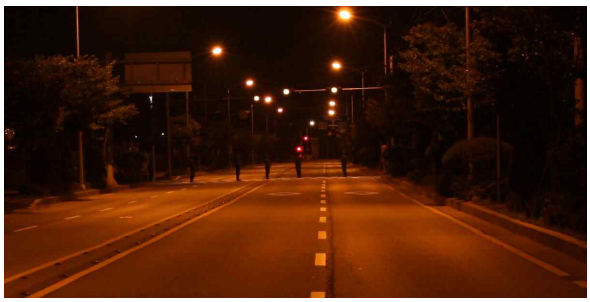
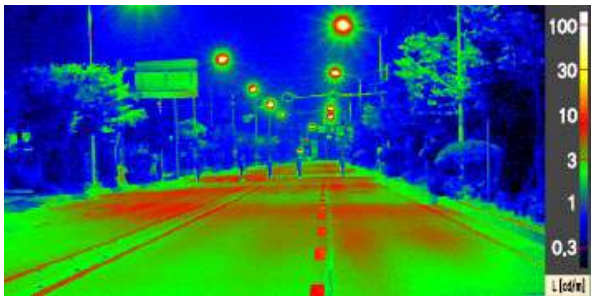
횡단보도 조명을 소등한 상태에서의 조도 측정 결과, 연직면조도는 평균 13.31lx, 최소 4.70lx로 기준에 만족하지 않는 결과가 나타났다.

<표 2-163> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(세원고등학교 앞) - 횡단보도 조명 소등

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 23.44lx, 최소: 9.10lx
연직면조도 평균: 13.31lx, 최소: 4.70lx</td><td colspan="2">기준 불만족</td></tr>
</table>

횡단보도 조명을 점등(2단계)한 상태에서의 조도 측정 결과, 연직면조도는 평균 17.20lx, 최소 5.20lx로 기준에 만족하는 결과가 나타났다.

<표 2-164> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(세원고등학교 앞) - 횡단보도 조명 2단계 점등

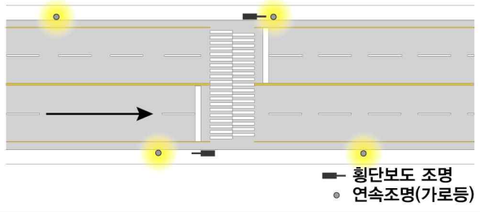
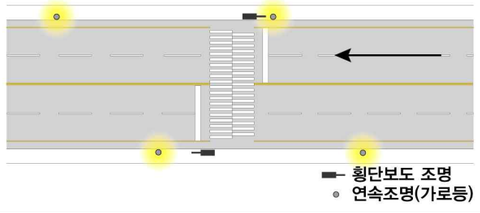
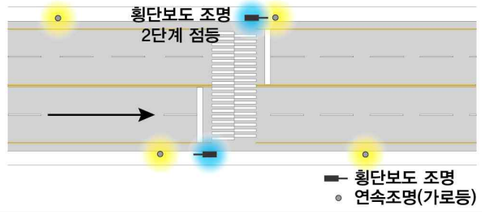
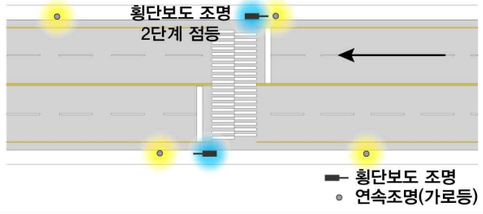
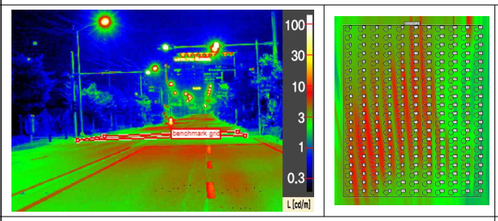
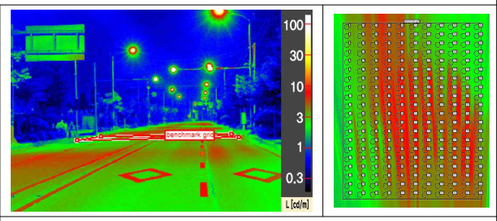
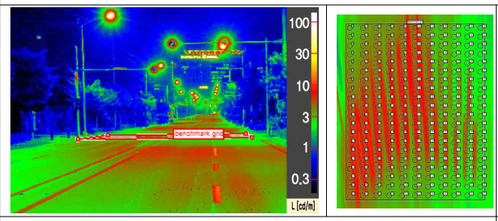
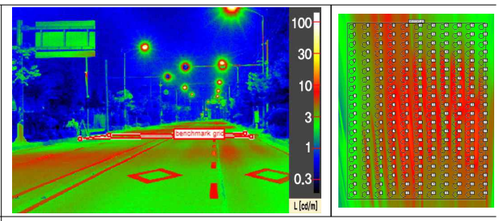
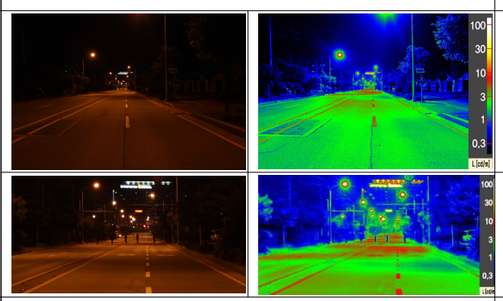
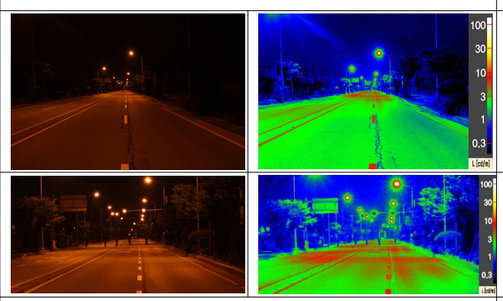
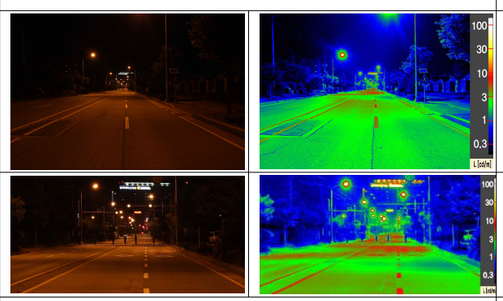
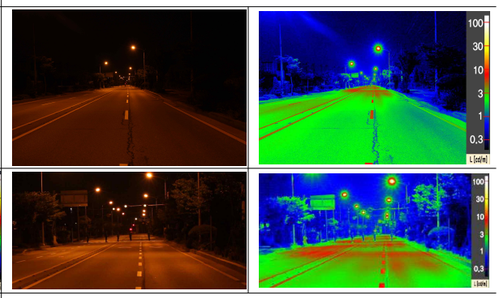
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 28.50lx / 최소: 14.10lx
연직면조도 평균: 17.20lx / 최소: 5.20lx</td><td colspan="2">기준 만족</td></tr>
</table>

○ 측정 결론(종합)

횡단보도 조명 미설치시, 평균 연직면 조도가 13.31lx로 연속조명(가로등) 만으로 목표조도(15~20lx) 불만족하지만 횡단보도 조명을 2단계(총 10단계) 점등시 평균 연직면 조도는 17.20lx(목표조도 15~20lx), 최소 연직면 조도는 5.20lx(목표조도 4lx)로 목표조도를 만족하는 결과가 나타났다.

연속조명 구간은 도로조명에 의해 횡단보도에 미치는 영향을 먼저 측정한 후 기준만족 여부에 따라 횡단보도 조명을 추가 설치하도록 하며, 이 때 기준값을 초과하지 않도록 하는 것이 중요하다.

<표 2-165> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(세원고등학교 앞)

	횡단보도 조명 소등		횡단보도 조명 2단계 점등	
	진행방향	대향방향	진행방향	대향방향
측정조건				
수평면 조도	평균: 23.44 / 최소: 9.10		평균: 28.50 / 최소: 14.10	
연직면 조도	평균: 13.31/ 최소: 4.70		평균: 17.20 / 최소: 5.20	
노면 휘도				
평균노면휘도	2.880(cd/㎡)	3.437(cd/㎡)	3.549(cd/㎡)	4.050(cd/㎡)
장애물 인식 95m				
측정결과	기준 불만족	기준 불만족	기준 만족	기준 만족

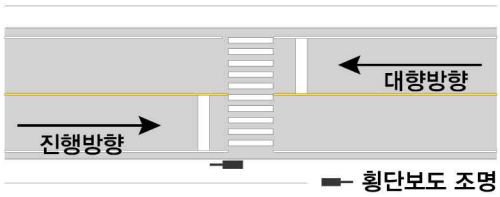
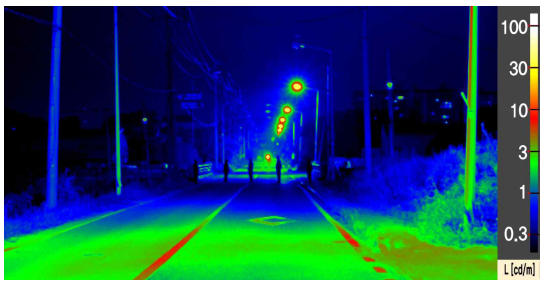
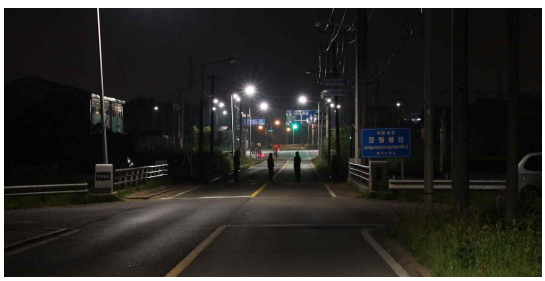
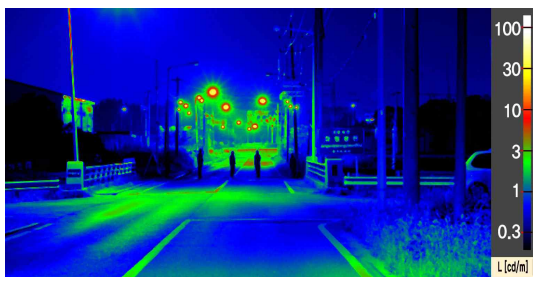
(3) 무명교 앞 횡단보도 측정 결과

○ 조도 측정 결과

무명교 앞 횡단보도가 위치한 2차로 도로는 무조명 구간으로 횡단보도 조명설치 기준에 의거하여 연직면조도는 평균 30lx 이하, 최소 2lx를 만족해야 한다.

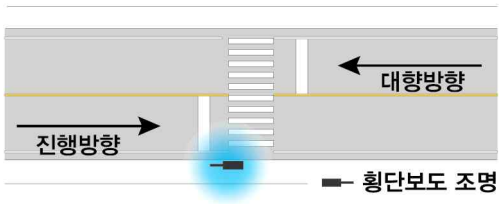
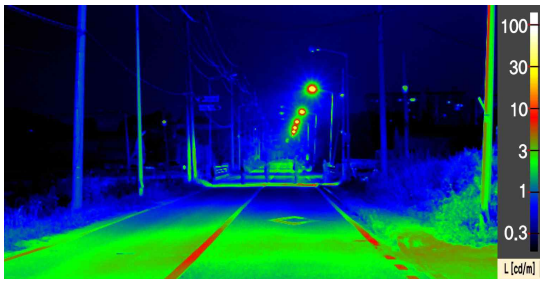
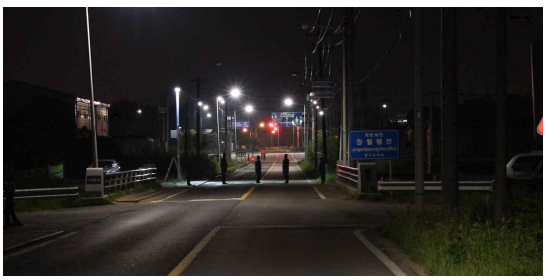
횡단보도 조명을 소등한 상태에서의 조도 측정 결과, 연직면조도는 평균 1.31lx, 최소 0.69lx로 기준에 만족하지 않는 결과가 나타났다.

<표 2-166> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(무명교) - 횡단보도 조명 소등

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 2.27lx / 최소: 0.28lx
연직면조도 평균: 1.31lx / 최소: 0.69lx</td><td>기준 불만족</td></tr>
</table>

횡단보도 조명을 점등한 상태에서의 조도 측정 결과, 연직면조도는 평균 17.25lx, 최소 2.20lx로 기준에 만족하는 결과가 나타났다.

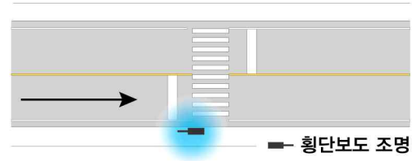
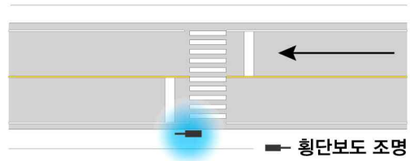
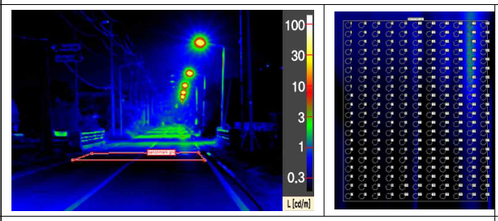
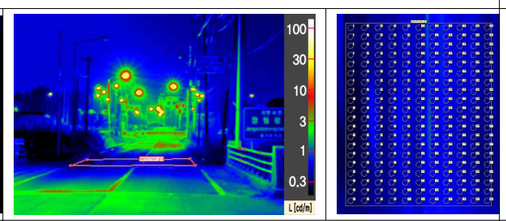
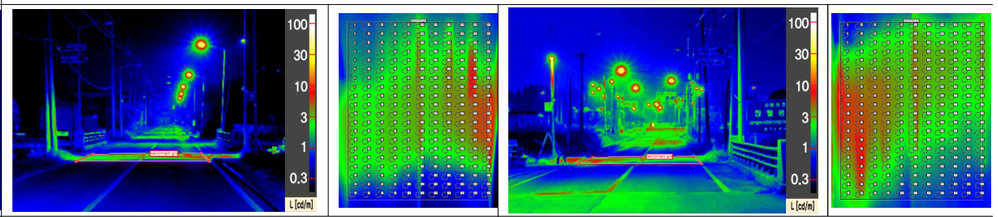
<표 2-167> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(무명교) - 횡단보도 조명 점등

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 28.29lx / 최소: 9.7lx
연직면조도 평균: 17.25lx / 최소: 2.20lx</td><td>기준 만족</td></tr>
</table>

○ 측정 결론(종합)

주변에 가로등이 없는 무조명구간으로 횡단보도조명 미설치시, 최소연직면조도가 0.69lx로 목표조도(2lx)를 만족하지 못하지만 횡단보도조명 1EA 설치시, 최소연직면조도는 2.20lx로 목표조도(2lx)를 만족하는 결과가 나타났다. 무조명 구간은 횡단보도 조명을 설치하여 기준값을 만족시키도록 한다.

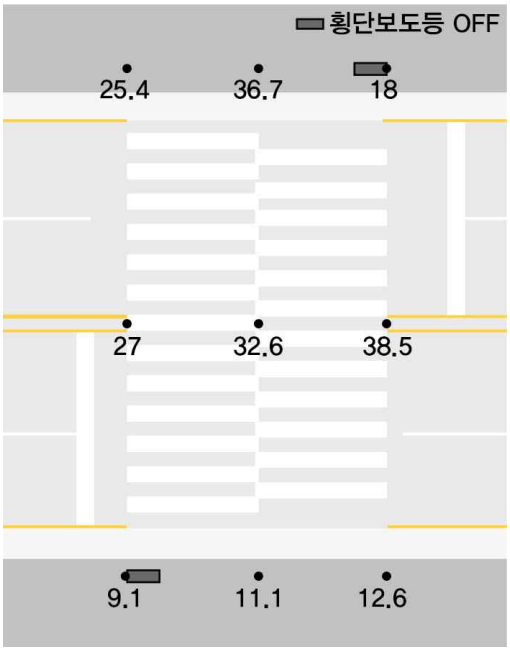
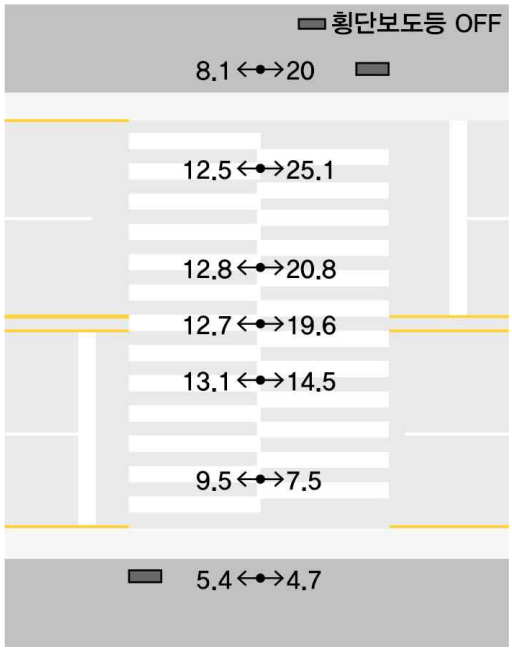
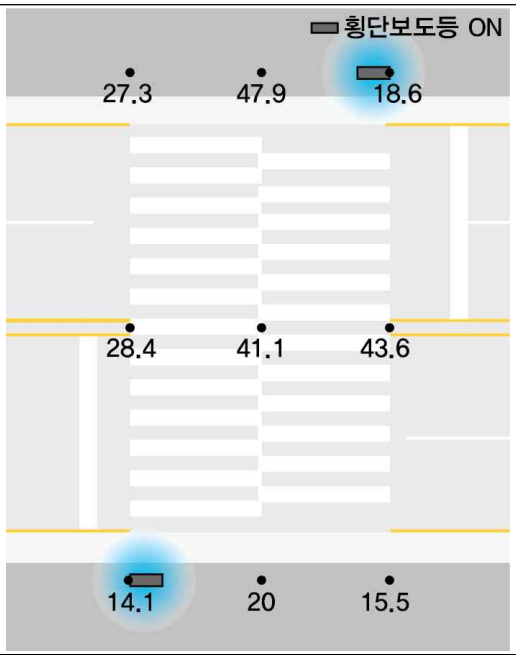
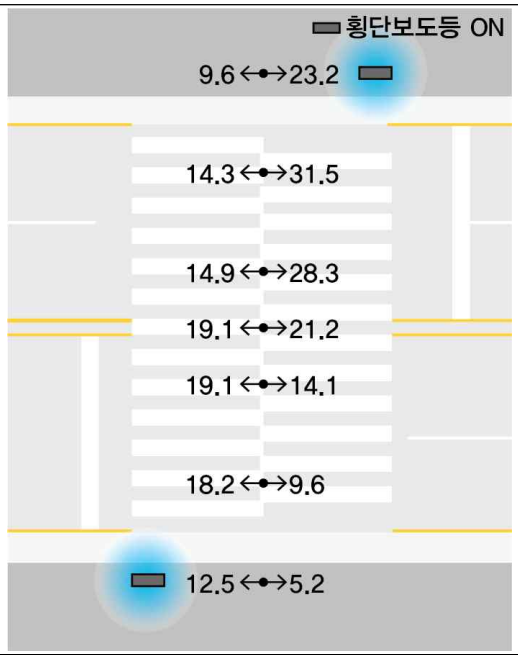
<표 2-168> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(무명교)

	횡단보도 조명 소등		횡단보도 조명 점등	
	진행방향	대향방향	진행방향	대향방향
측정조건				
수평면 조도	평균: 2.27 / 최소: 0.28		평균: 28.29 / 최소: 9.7	
연직면 조도	평균: 1.31 / 최소: 0.69		평균: 17.25 / 최소: 2.20	
노면 휘도				
평균노면휘도	0.008(cd/㎡)	0.269(cd/㎡)	1.828(cd/㎡)	2.166(cd/㎡)
장애물 인식 75m				
측정결과	기준 불만족	기준 불만족	기준 만족	기준 만족

(4) 부록

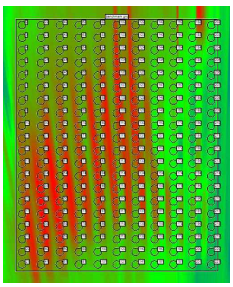
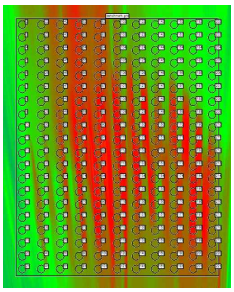
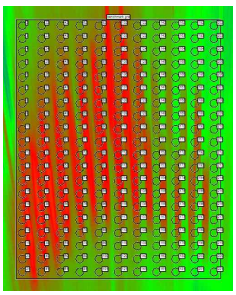
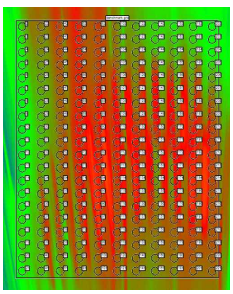
○ 세원고등학교 앞 횡단보도 조도 측정결과

<표 2-169> 세원고등학교 앞 횡단보도 조도 측정결과

횡단보도 조명 OFF	
수평면 조도	연직면 조도
	
평균: 23.44 / 최소: 9.10	평균: 13.31/ 최소: 4.70
횡단보도 조명 2단계 ON	
수평면 조도	연직면 조도
	
평균: 28.50 / 최소: 14.10	평균: 17.20 / 최소: 5.20

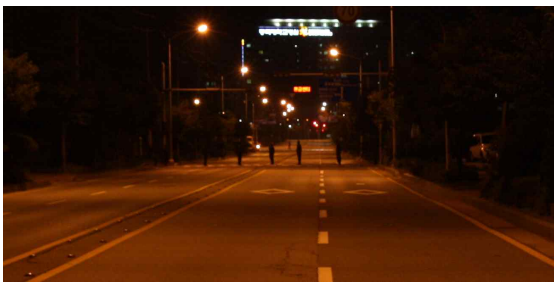
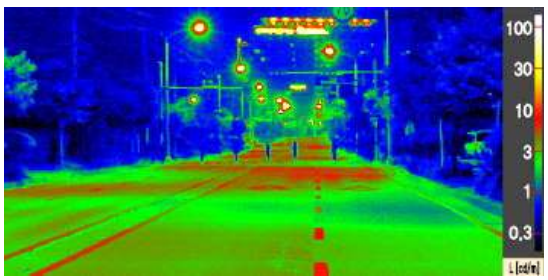
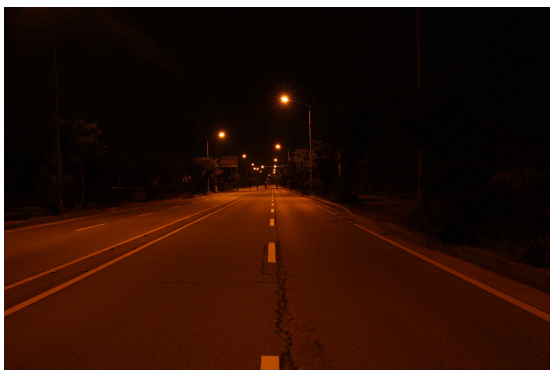
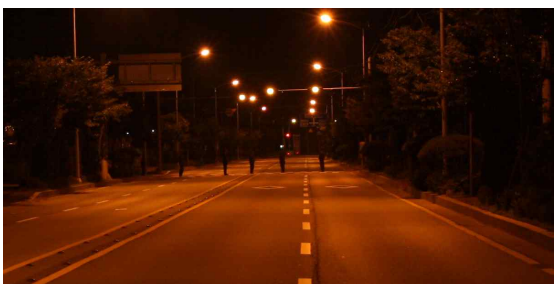
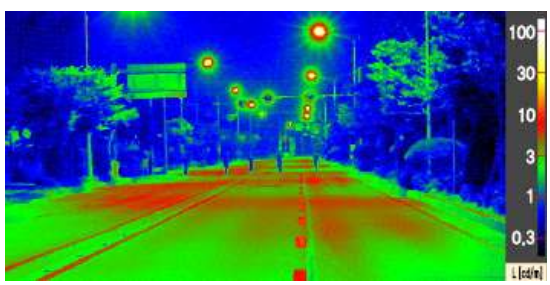
○ 세원고등학교 앞 횡단보도 노면휘도 측정결과

<표 2-170> 세원고등학교 앞 횡단보도 노면휘도 측정결과

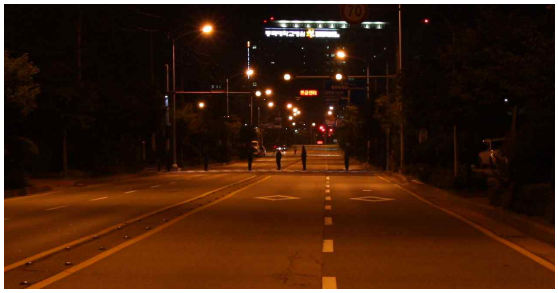
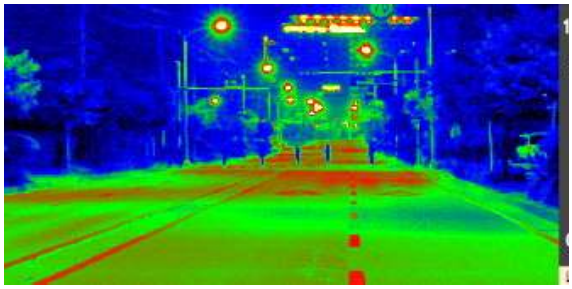
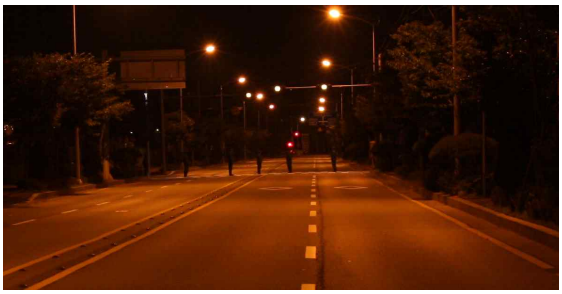
		야간광환경	휘도분포도	측정그리드
OFF	진행방향			
				2.880(cd/㎡)
	대향방향			
				3.437(cd/㎡)
ON	진행방향			
				3.549(cd/㎡)
	대향방향			
				4.050(cd/㎡)

○ 세원고등학교 앞 횡단보도 장애물 인식 측정결과(정지시거 95m)

<표 2-171> 장애물 인식 측정결과

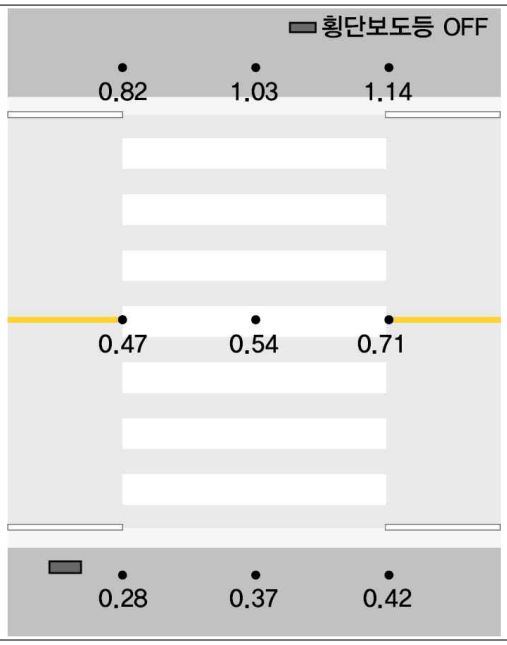
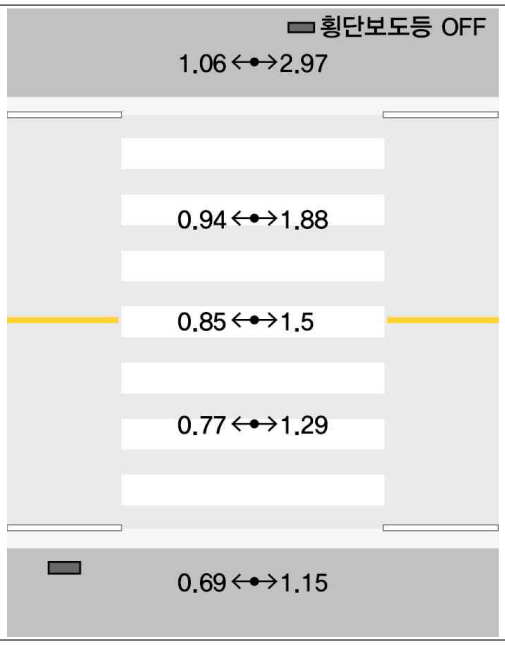
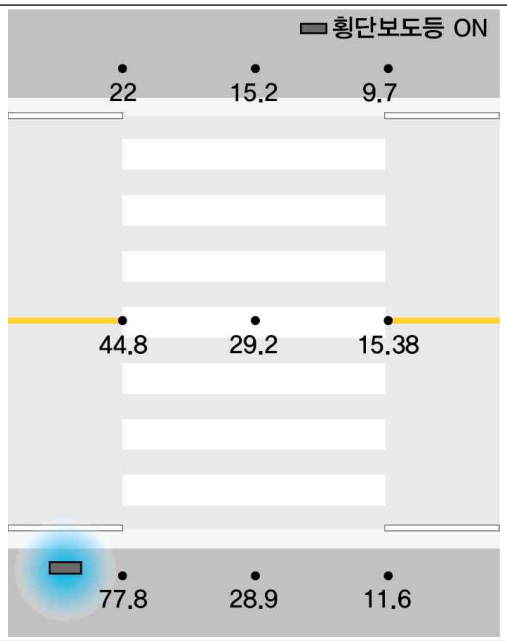
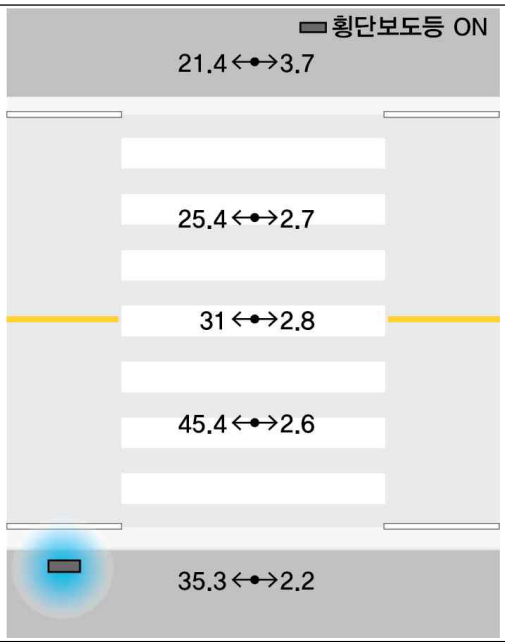
		야간광환경	휘도분포도
횡단보도조명 OFF	진행방향		
			
	대향방향		
			

<표 2-172> 세원고등학교 앞 횡단보도장애물 인식 측정결과

		야간광환경	휘도분포도
횡단보도조명 ON	진행방향		
			
	대향방향		
			

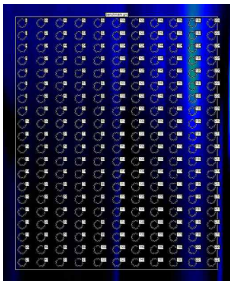
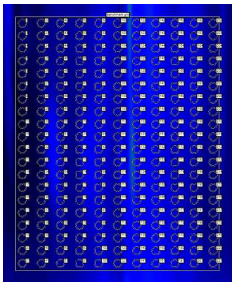
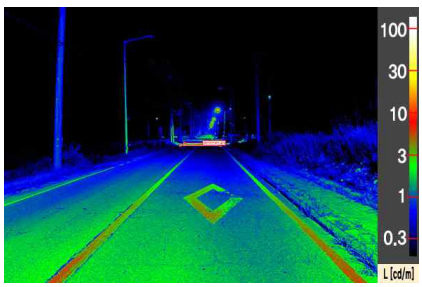
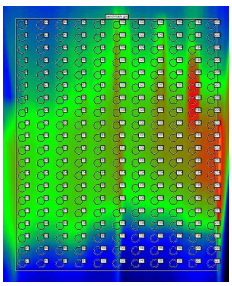
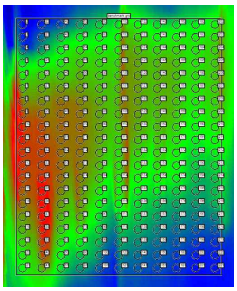
○ 무명교 앞 횡단보도 조도 측정결과

<표 2-173> 무명교 앞 횡단보도 2차선 조도 측정결과

횡단보도 조명 OFF	
수평면 조도	연직면 조도
	
평균: 2.27 / 최소: 0.28	평균: 1.31 / 최소: 0.69
횡단보도 조명 ON	
수평면 조도	연직면 조도
	
평균: 28.29 / 최소: 9.7	평균: 17.25 / 최소: 2.20

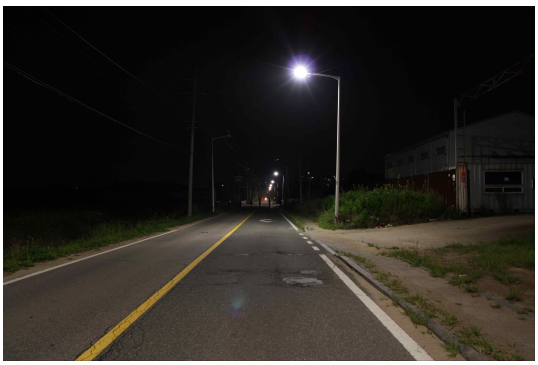
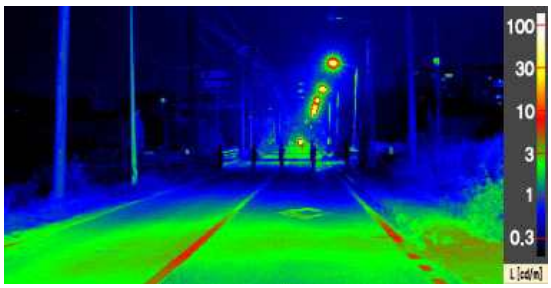
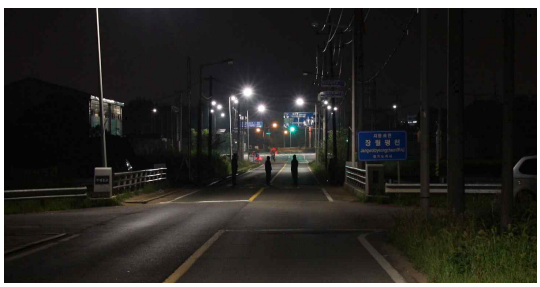
○ 세원고등학교 앞 횡단보도 노면휘도 측정결과

<표 2-174> 무명교 앞 횡단보도 노면휘도 측정결과

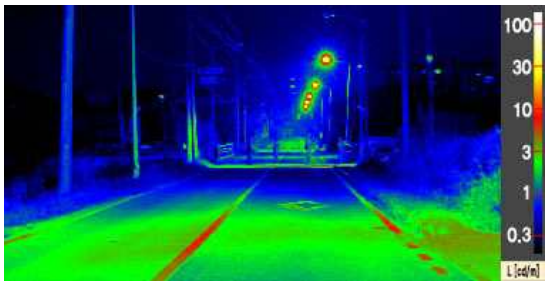
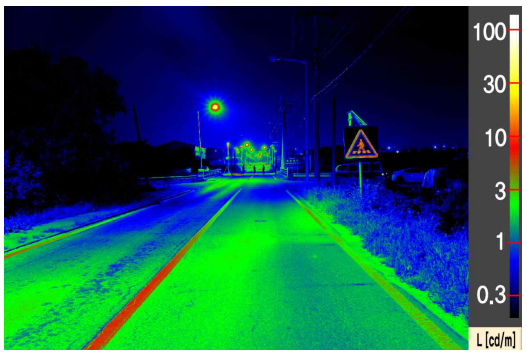
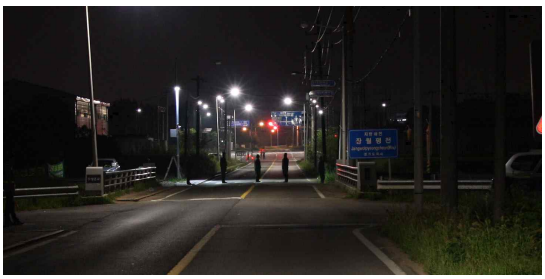
		야간광환경	휘도분포도	측정그리드
OFF	진행방향			 0.008(cd/㎡)
	대향방향			 0.269(cd/㎡)
ON	진행방향			 1.828(cd/㎡)
	대향방향			 2.166(cd/㎡)

○ 무명교 앞 횡단보도 장애물 인식 측정결과(정지시거 75m)

<표 2-175> 무명교 앞 횡단보도 장애물 인식 측정결과

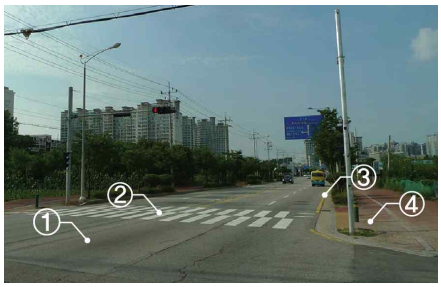
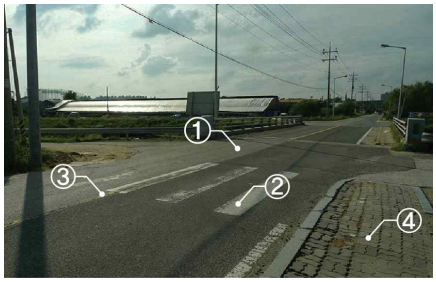
		야간광환경	휘도분포도
횡단보도조명 OFF	진행방향		
			
	대향방향		
			

<표 2-176> 무명교 앞 횡단보도 장애물 인식 측정결과

		야간광환경	휘도분포도
횡단보도조명 ON	진행방향		
			
	대향방향		
			

○ 반사율 측정결과

<표 2-177> 반사율 측정결과

	세원고등학교 앞 횡단보도	무명교 앞 횡단보도
		
① 도로노면(Dark Gray)	11.54	7.17
② 횡단보도선(White)	50.91	37.37
③ 차선(Yellow)	33.88	33.79
④ 보행자 대기지역	6.15	15.77

다. 효과 평가 2(주행속도)

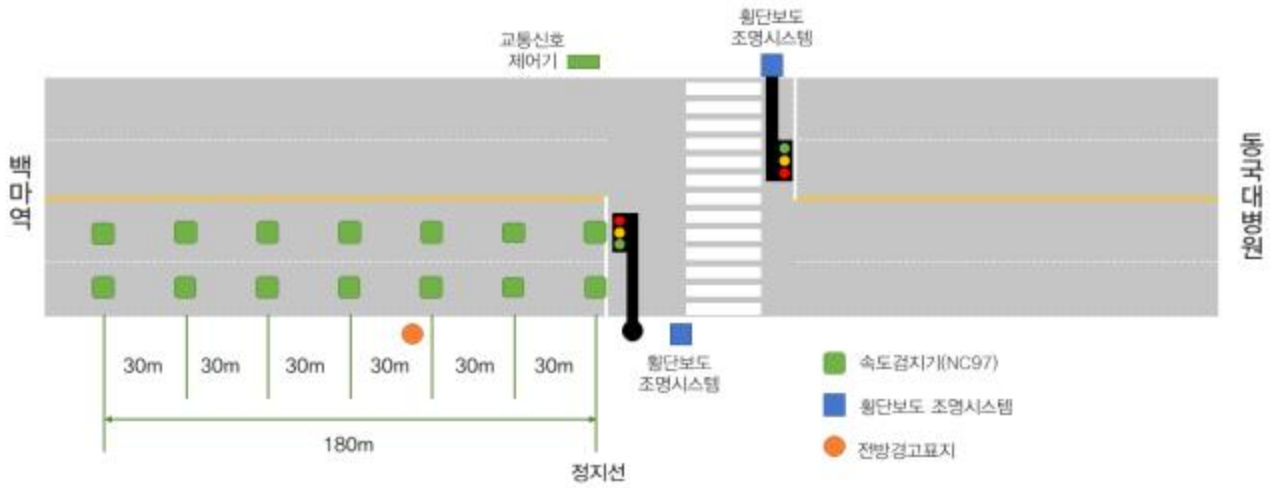
(1) 개요

횡단보도에서 교통사고 발생시 차량의 주행속도가 높으면 보행자의 부상심각도가 증가한다. 그러므로 횡단보도 보행자의 안전을 확보하기 위해서는 차량감속이 필수적이다. 특히 지방부 도로는 교통량은 적지만 주행속도가 높고, 야간 시거 불량, 그리고 보행자의 부주의로 인해 사고치사율이 높다. 그러므로 횡단보도 조명시스템 설치 전·후의 주행속도를 비교하여 차량감속효과를 평가한다.

(2) 실험 방법

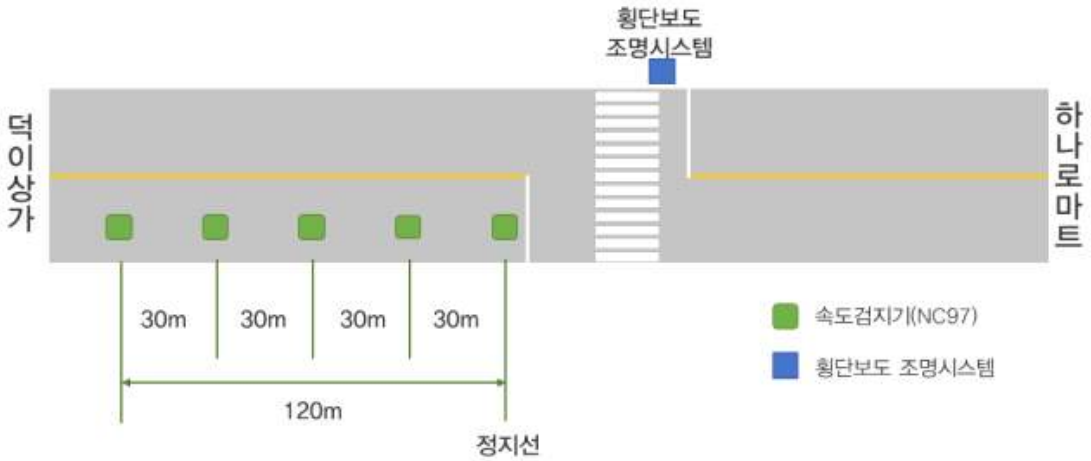
횡단보도 조명시스템이 설치된 횡단보도 전방의 도로구간 내에 중요 지점별 속도를 측정하기 위하여 횡단보도 정지선 전방 120m 또는 180m부터 정지선까지 5~7개소의 지점에 30m 간격으로 일정하게 속도검지기(NC97)를 설치하고 횡단보도를 통과하는 개별 차량의 속도를 측정하였다. 측정된 속도자료에서 85%-tile 속도를 산출하여 시스템의 설치 전·후를 비교하였다.

세원고앞 횡단보도에 설치된 속도검지기는 <그림 2-92>와 같이 왕복 4차선의 횡단보도를 기점으로 차량검지기를 횡단보도 정지선 전방 180m부터 30m간격으로 설치하였다.



<그림 2-92> 세원고등학교 앞 횡단보도 속도검지기 설치위치

무명2교 횡단보도에 설치된 속도검지기 <그림 2-93>과 같이 왕복 2차선의 횡단보도를 기점으로 차량 검지기를 횡단보도 정지선 전방 120m부터 30m간격으로 설치하였다.



<그림 2-93> 무명교 앞 횡단보도 속도검지기 설치위치

(3) 실험 결과

① 세원고등학교 앞 횡단보도

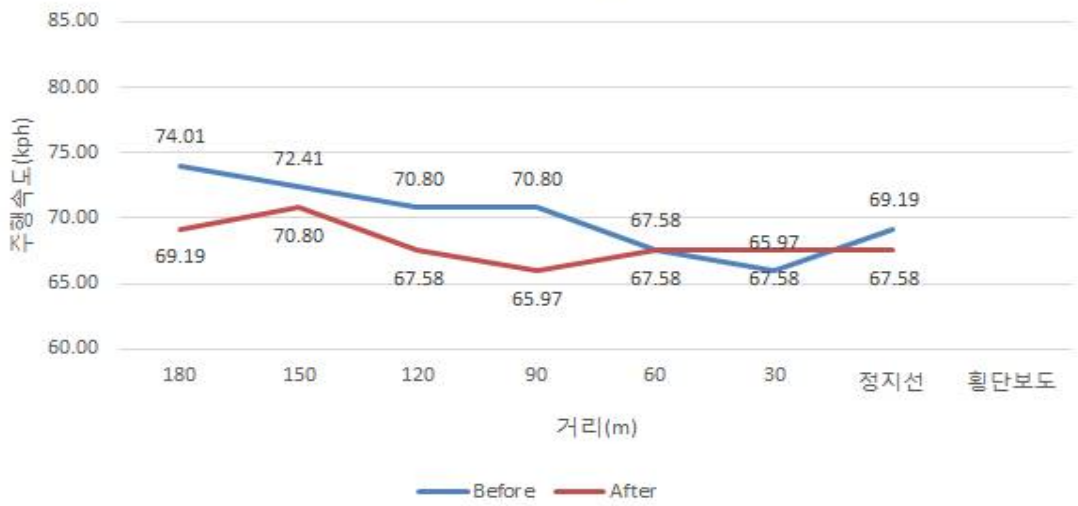
세원고등학교 앞 횡단보도를 통과하는 차량의 주행속도를 분석한 결과 주간에는 <표 2-178>과 같이 평균 주행속도가 70.11㎞/h에서 68.04㎞/h로 2.07㎞/h감소하였고, 야간에는 <표 2-179>와 같이 평균 주행속도가 75.39㎞/h에서 71.99㎞/h로 3.4㎞/h감소하였다.

<표 2-178> 세원고등학교 앞 횡단보도 지점별 85%-tile 주행속도(주간)

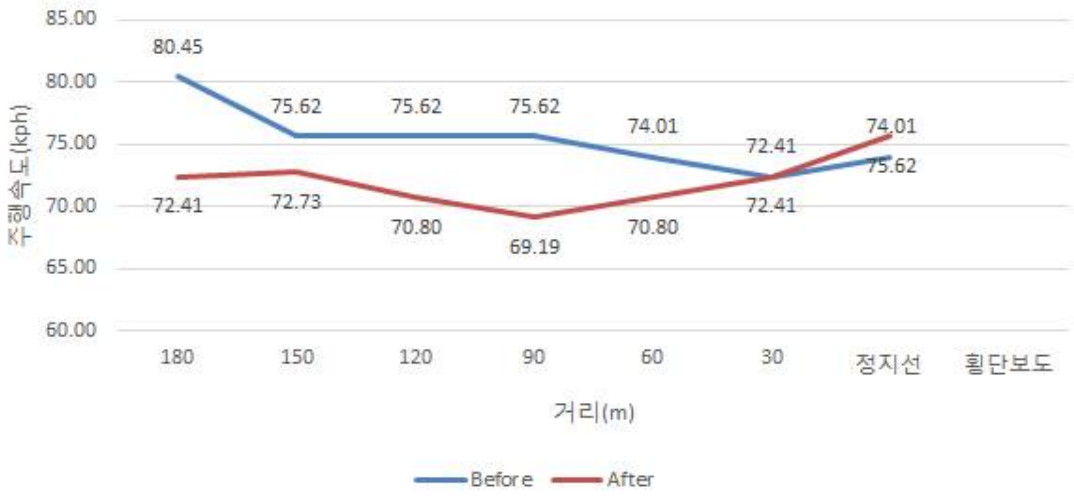
구분 \ 설치위치(m)	180	150	120	90	60	30	정지선	평균
사전	74.01	72.41	70.80	70.80	67.58	65.97	69.19	70.11
사후	69.19	70.80	67.58	65.97	67.58	67.58	67.58	68.04
변화	-4.83	-1.61	-3.22	-4.83	0.00	1.61	-1.61	-2.07

<표 2-179> 세원고등학교 앞 횡단보도 지점별 85%-tile 주행속도(야간)

구분 \ 설치위치(m)	180	150	120	90	60	30	정지선	평균
사전	80.45	75.62	75.62	75.62	74.01	72.41	74.01	75.39
사후	72.41	72.73	70.80	69.19	70.80	72.41	75.62	71.99
변화	-8.05	-2.90	-4.83	-6.44	-3.22	0.00	1.61	-3.40



<그림 2-94> 세원고등학교 앞 횡단보도 85%-tile 주행속도(주간)



<그림 2-95> 세원고등학교 앞 횡단보도 85%-tile 주행속도(야간)

횡단보도 조명시스템의 설치 전·후의 횡단보도를 통과하는 차량의 지점별 주행속도를 주·야간을 비교한 결과, 주간 및 야간 모두 평균속도가 감소되는 것이 관측되었으나, 야간의 통행속도 감속이 보다 큰 것으로 분석되었다. 특히 180m에서 60m사이의 주행속도가 시스템 설치 후 약 2.9~8.05㎞/h 감소한 것으로 나타났다.

② 무명교 횡단보도

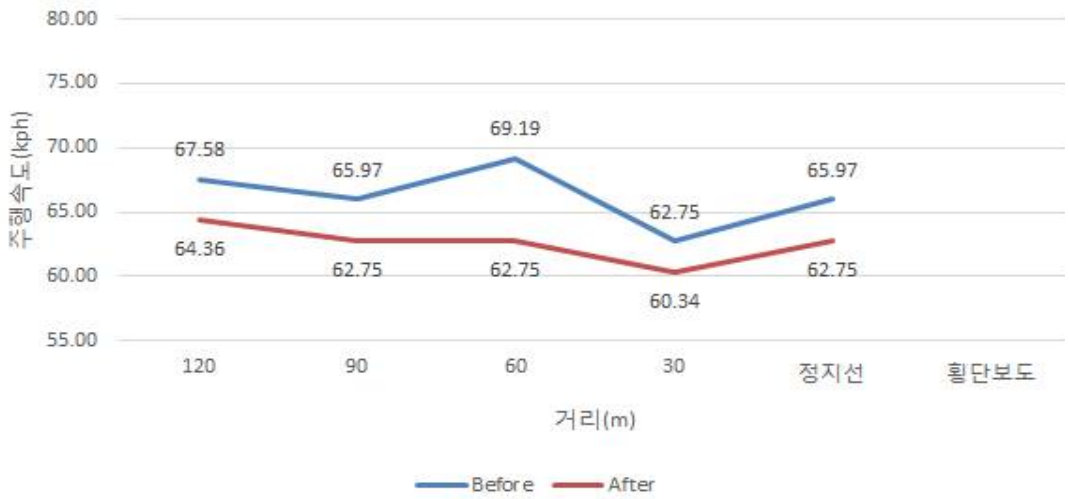
세원고등학교 앞 횡단보도를 통과하는 차량의 주행속도를 분석한 결과 주간에는 <표 2-180>과 같이 평균 주행속도가 66.29㎞/h에서 62.59㎞/h로 3.70㎞/h감소하였으며, 야간에는 <표 2-181>과 같이 평균 주행속도가 70.89㎞/h에서 65.0㎞/h로 5.89㎞/h감소하였다.

<표 2-180> 무명교 지점별 85%-tile 주행속도(주간)

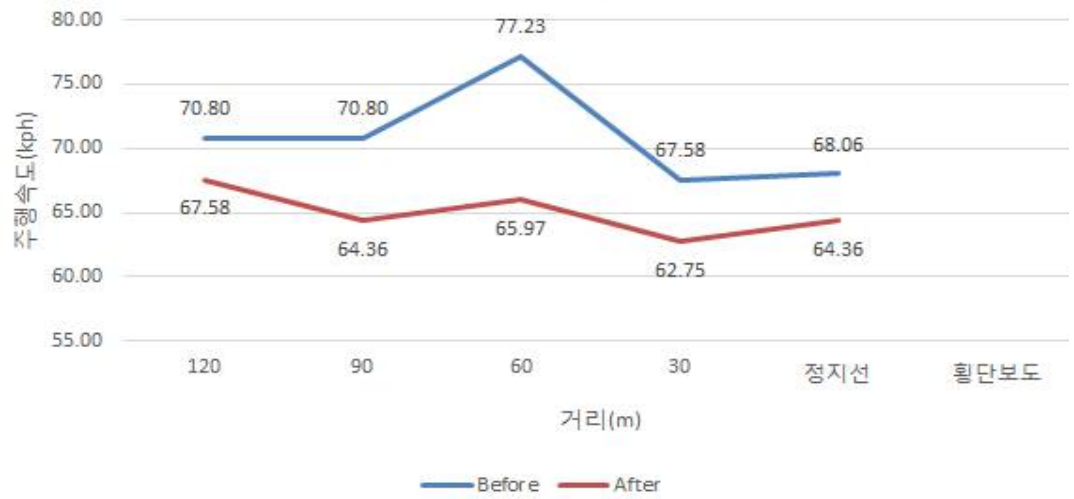
구분 \ 설치위치(m)	120	90	60	30	정지선	평균
사전	67.58	65.97	69.19	62.75	65.97	66.29
사후	64.36	62.75	62.75	60.34	62.75	62.59
변화	-3.22	-3.22	-6.44	-2.41	-3.22	-3.70

<표 2-181> 무명교 지점별 85%-tile 주행속도(야간)

구분 \ 설치위치(m)	120	90	60	30	정지선	평균
사전	70.80	70.80	77.23	67.58	68.06	70.89
사후	67.58	64.36	65.97	62.75	64.36	65.00
변화	-3.22	-6.44	-11.26	-4.83	-3.70	-5.89



<그림 2-96> 무명교 횡단보도 85%-tile 주행속도(주간)



<그림 2-97> 무명2교 횡단보도 85%-tile 주행속도(야간)

횡단보도 조명시스템의 설치 전·후의 횡단보도를 통과하는 차량의 지점별 주행속도를 주·야간을 비교한 결과, 주간 및 야간 모두 평균속도가 감소되는 것이 관측되었으나, 야간의 통행속도 감속이 보다 큰

것으로 분석되었다. 특히 60m지점에서 주행속도가 시스템 설치 후 11.26㎞/h 감소한 것으로 나타났다. LED 횡단보도등으로 인해 횡단보도 및 보행자의 시인성 개선과 전방경고표지의 설치로 인해 차량운전자가 주의하여 속도를 감속한 것으로 판단된다.

③ 결론

횡단보도 조명시스템의 설치전·후의 주행속도를 조사한 결과 주야간 모두 주행속도가 감소한 것으로 나타났으며, 특히 야간의 경우 횡단보도 조명시스템 설치 후 약 3~6%정도 감소한 것으로 나타나 시스템으로 인해 차량감속이 이루어진 것을 확인하였다.

라. 효과평가3(보행자 행태 분석)

(1) 개요

횡단보도를 통행하는 보행자의 행태를 살펴보면 횡단보도 주위를 살피지 않고 친구와 잡담을 하거나 휴대폰 통화를 하면서 횡단보도를 이용하는 경우가 많이 나타나 횡단보도에서의 잠재적 사고 발생가능성은 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. 그러므로 본 연구에서는 횡단보도 조명시스템의 설치 전·후의 보행자의 행태분석을 통해 안전의식을 평가한다.

(2) 실험 방법

횡단보도를 통행하는 보행자의 행태는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 횡단전 또는 횡단중에 좌·우를 보는 빈도를 조사하였으며, 횡단보도에서 좌·우를 보지 않는 행위는 매우 위험하고 보행자의 신체적 기능저하와 무관심 등이 결합하여 나타나는 행위이다. 실험 방법으로는 횡단보도에 디지털 캠코더(‘GoPro사의 HERO3+)를 이용하여 영상정보를 수집하였다. 그리고 1차적으로 수집된 영상자료를 분석하여 산출하였다.

① 횡단보도 조명시스템 설치 전

- 조사기간(주간) : 5월 22일(07:00~09:00, 12:00~14:00, 17:00~19:00)
- 조사기간(야간) : 4월 18일 ~ 4월 19일(19:30~23:00)
- 조사장소 : 세원고 앞 횡단보도

② 횡단보도 조명시스템 설치 후

- 조사기간(주간) : 5월 23일(07:00~09:00, 12:00~14:00, 17:00~19:00)
- 조사기간(야간) : 5월 23일 ~ 5월 24일(19:30~23:00)
- 조사장소 : 세원고 앞 횡단보도

(3) 실험 결과

① 횡단보도 조명시스템 설치전·후 주간실험 결과

횡단보도 조명시스템의 설치전 주간에는 세원고 앞 횡단보도를 건너는 보행자의 행태정보를 오전 첨두, 비첨두, 오후 첨두 별로 2시간씩 총 6시간을 조사하였다(<표 2-182>).

<표 2-182> 세원고 앞 보행자 행태 분석결과(시스템 설치전, 주간)

구분	시간대	보행자수	보행자 행태 (횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도)	비율[11](%)
아침	07~09시	299	74	24.7
점심	12~14시	9	6	66.7
저녁	17~19시	32	15	46.9
합계	총 6시간	340	95	27.9

시스템 설치전의 조사기간중 횡단보도를 건너는 총 보행자수는 340명이고, 이 중 횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도는 95명으로 조사되었다.

횡단보도 조명시스템의 설치후 주간에는 세원고 앞 횡단보도를 건너는 보행자의 행태정보를 오전첨두, 비첨두, 오후첨두 별로 2시간씩 총 6시간을 조사하였다. 결과는 <표4 2-183>과 같다.

<표 2-183> 세원고 앞 보행자 행태 분석결과(시스템 설치후, 주간)

구분	시간대	보행자수	보행자 행태 (횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도)	비율(%)
아침	07~09시	285	158	55.4
점심	12~14시	10	10	100
저녁	17~19시	50	49	98
합계	총 6시간	345	217	62.9

시스템 설치후의 조사기간 중 횡단보도를 건너는 총 보행자수는 345명이고, 이 중 횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도는 217명으로 조사되었다.

② 횡단보도 조명시스템 설치전·후 야간실험 결과

횡단보도 조명시스템의 설치 전 야간에는 세원고 앞 횡단보도를 건너는 보행자의 행태정보를 금요일, 토요일 별로 3.5시간씩 총 7시간을 조사하였다. 결과는 <표 2-184>와 같다.

11) 여기서 비율은 각 인자를 총 보행자수로 나눈 백분율

<표 2-184> 세원고 앞 보행자 행태 분석결과(시스템 설치전, 야간)

구분	시간대	보행자수	보행자 행태 (횡단전 또는 횡단중 좌 · 우를 보는 빈도)	비율(%)
4월 18일(금)	19:30~23:00	79	22	27.8
4월 19일(토)	19:30~23:00	32	18	56.3
합계	총 7시간	111	40	36.0

시스템 설치전의 조사기간중 횡단보도를 건너는 총 보행자수는 111명이고, 이 중 횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도는 40명으로 조사되었다.

횡단보도 조명시스템의 설치후 야간에는 세원고 앞 횡단보도를 건너는 보행자의 행태정보를 금요일, 토요일 별로 3.5시간씩 총 7시간을 조사하였다. 결과는 <표 2-185>와 같다.

<표 2-185> 세원고 앞 보행자 행태 분석결과(시스템 설치후, 야간)

구분	시간대	보행자수	보행자 행태 (횡단전 또는 횡단중 좌 · 우를 보는 빈도)	비율(%)
5월 23일(금)	19:30~23:00	73	34	46.5
5월 24일(토)	19:30~23:00	53	40	75.4
합계	총 7시간	126	74	58.7

시스템 설치후의 조사기간중 횡단보도를 건너는 총 보행자수는 111명이고, 이 중 횡단전 또는 횡단중 좌·우를 보는 빈도는 40명으로 조사되었다.

③결론

횡단보도 조명시스템의 설치전·후의 보행자 행태를 조사한 결과 주간에는 횡단 전 또는 횡단 중 좌·우를 보는 빈도의 비율이 설치 전 27.9%에서 설치 후 62.9%로 개선되었고, 야간에는 설치전 36%에서 58.7%로 개선되었다. 횡단보도 조명시스템의 설치 후 보행자의 안전의식이 향상된 것을 확인하였고 보행자 행태에 긍정적인 영향을 주어 보행자의 안전을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

마. 효과 평가 4(사물인식 거리 분석 : 최소정지시거 확보 여부 확인)

(1) 개요

주·야간을 막론하고 도로 설계기준상에 제시된 정지시거는 운전자에게 확보되어야 주행 안전성을 보장할 수 있다. 조명이 없는 구간에서 야간 운전자는 자동차 전조등이 유일한 전방 시거 확보 수단이지만 그 조사 길이가 안전상 필요한 시거보다 짧을 경우에는 야간 안전문제가 발생할 수 있다. 또한, 조명이 있는 구간이라 할지라도 조명 설치 간격이나 그 밝기가 해당 도로 조명 등급에 미치지 못할 경우에서 안전문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 실험의 목적은 횡단보도 조명 시스템 설치 전·후 효과 평가이며 조명 조건별(횡단보도 조명설치 전·후, 도로 조명 on/off 등) 전방의 운전자가 횡단보도 내 보행자를 인식할 수 있는 거리를 D-GPS[12]를 이용하여 측정하였다.

(2) 실험 및 데이터 분석 방법

도로조명 조건 및 주행속도별 보행자 인식 거리 측정(주행속도 60kph), 4차로 도로(세원고등학교 앞) 및 2차로 도로(무명교 앞)에 대한 주·야간 조명 조건별 사물인식거리를 측정하였다. 세원고등학교 앞 4차로 도로는 도로 조명구간이며 무명교 앞 횡단보도는 도로 조명이 있으나 소등된 상태로 무조명구간으로 간주하였다. 실험을 위한 보행자는 안전상 마네킹을 이용하였으며 마네킹의 크기는 최소 보임의 조건을 규명하기 위하여 어린이(110cm)를 도로 양방향 길어깨 및 보도에 위치시켜 실험 실시하였다.

<표 2-186> 실험 조건

주/야간	조명 조건	
주간	-	-
야간	세원고등학교(도로조명 on)	횡단보도 조명 on
		횡단보도조명 off
	무명교(도로조명 off)	횡단보도 조명 on
		횡단보도 조명 off

데이터 분석은 보행자 인식거리 측정 후, 인지반응시간 산정 식을 이용하여 해당 주행속도에 따라 운전자가 보행자를 인식할 수 있는 거리가 정지시거를 확보하는가의 여부를 평균, 85%-tile, 50%-tile, 15%-tile로 세분화하였다.

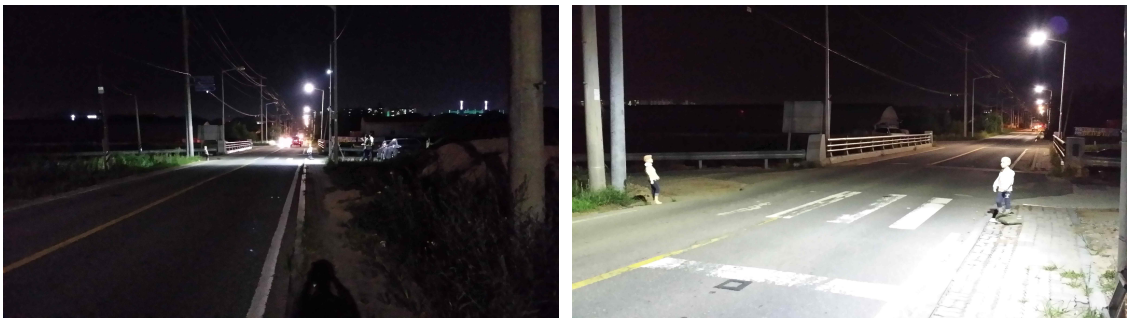
12) Differential-Global Positioning System

(3) 현장 전경

세원고등학교 앞 횡단보도는 4차로 도로로서 도로 조명이 설치·운용되고 있는 구간이며 무명교 앞 횡단보도는 2차로 도로로서 도로 조명이 설치되어 있으나 소등된 상태로 운용되고 있다.



<그림 2-92> 세원고등학교 앞 횡단보도 실험 전경



<그림 2-98> 무명교 앞 횡단보도 실험 전경

(4) 실험 결과

○ 세원고등학교 앞

야간 주행(70kph) 중 전방 사물 인지 거리 측정 결과를 알아보기 위하여 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명), 야간(가로등) 조건별로 실시하였다. 사물 인지 거리는 평균, 85%-tile, 50%-tile, 15%-tile 값을 구하였으며 그 결과는 <표 2>와 같다(조건별 n=60).

사물 인지 거리 평균, 85%-tile, 50%-tile, 15%-tile 모두 야간(가로등+횡단보도 조명), 주간, 야간(가로등)의 순서로 나타났다. 해당 도로의 제한속도 70kph를 감안할 때 필요한 최소정지시거는 95m이며, 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명)의 조건에서 모두 최소정지시거를 만족하여 야간 주행 안전에 문제가 발생하지 않을 것으로 판단된다. 하지만 야간 가로등만 점등했을 경우에는 사물 인지 거리가 73.8m로 최소정지시거 보다 21.2m 짧게 나타나 야간 주행시 전방 보행자 인지 거리가 부족하여 교통 안전상 문제가 발생할 수 있다.

<표 2-187> 조명 조건별 사물 인지 거리(m)

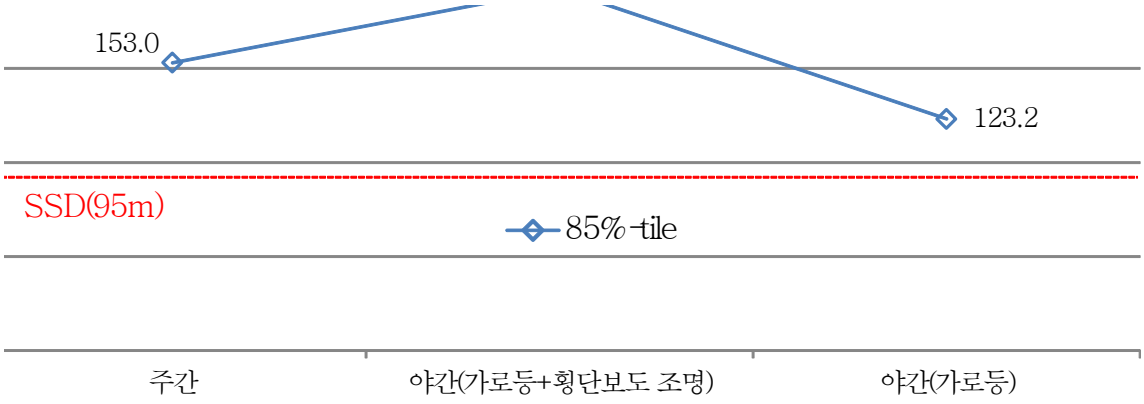
조명 조건 / 분석 항목	주간	야간(가로등+횡단보도 조명)	야간(가로등)
평균	122.3	146.1	97.0
85%-tile	153.0	192.2	123.2
50%-tile	118.1	138.6	95.5
15%-tile	95.2	115.9	73.8

<그림 2-99> ~ <그림 2-101>은 세원고등학교 앞 횡단보도에 대한 사물 인식거리와 최소정지시거를 나타낸 것이다. 주간의 평균 사물 인지거리는 122.3m, 야간(가로등+횡단보도 조명) 148.1m, 야간(가로등) 97.0m로 가로등과 횡단보도 조명이 점등된 상태가 가장 긴 사물 인지 거리로 나타났다. 주간에 비하여 야간(가로등+횡단보도 조명)의 사물 인지 거리가 긴 것은 사물 인식 사에 있어서 주간에 비하여 야간에 횡단보도 조명이 있는 경우가 색상 대비가 더 좋기 때문인 것으로 판단된다. 평균 사물 인식 거리는 도로 설계기준에서 제시하고 있는 최소정지시거(95m에 대하여 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명), 야간(가로등) 모두 만족하는 것으로 나타났다.

SSD(95m)

<그림 2-99> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(average, 세원고)

85%-tile 사물 인식 거리는 도로 설계기준에서 제시하고 있는 최소정지시거(95m에 대하여 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명), 야간(가로등) 모두 만족하는 것으로 나타났다.



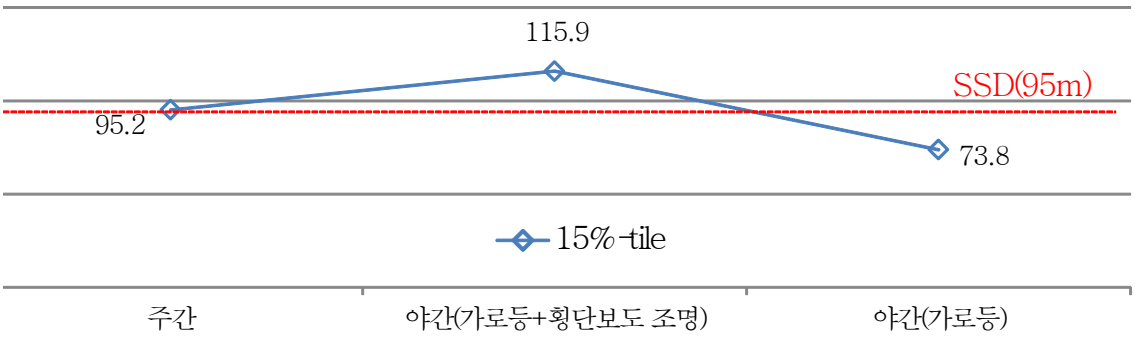
<그림 2-100> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(85%-tile, 세원고)

50%-tile 사물 인식 거리는 도로 설계기준에서 제시하고 있는 최소정지시거(95m)에 대하여 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명), 야간(가로등) 모두 만족하는 것으로 나타났다.

SSD(95m)

<그림 2-101> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(50%-tile, 세원고)

안전을 고려하여 하위 15%-tile에 대한 최소정지지거 확보 여부 분석한 결과, 주간 및 야간(가로등+횡단보도 조명)의 경우에는 최소정지시거를 확보하지만 야간에 가로등만 점등했을 경우에는 최소정지시거 95m보다 짧은 73.8m에서 전방 사물을 인식하는 것으로 분석되었다. 이는 야간에 가로등만 점등했을 때 전방 보행자 등을 인식하는 거리가 짧아 사고로 이어질 가능성이 높다고 할 수 있다.



<그림 2-102> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(15%-tile, 세원고)

○ 무명교 앞

야간 주행(60kph) 중 전방 사물 인지 거리 측정 결과를 알아보기 위하여 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명), 야간(가로등) 조건별로 실시하였다. 사물 인지 거리는 평균, 85%-tile, 50%-tile, 15%-tile 값을 분석하였으며 그 결과는 <표 3>과 같다(조건별 n=60).

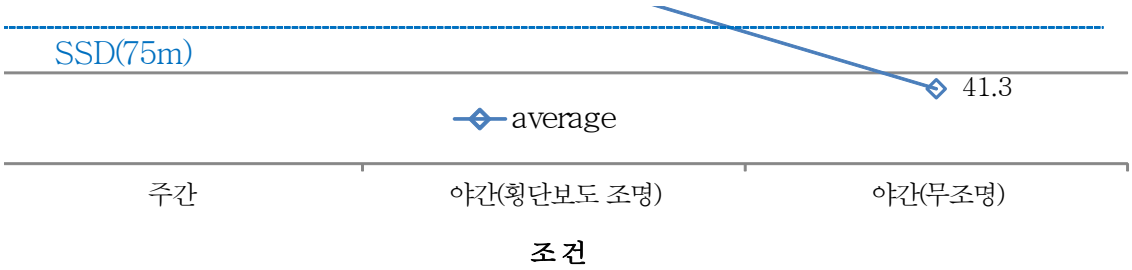
사물 인지 거리 평균, 85%-tile, 50%-tile, 15%-tile 모두 야간(가로등+횡단보도 조명) > 주간 > 야간(가로등)의 순서로 나타났다. 해당 도로의 제한속도 60kph를 감안할 때 필요한 최소정지시거는 75m이며, 주간, 야간(가로등+횡단보도 조명)의 조건에서 모두 최소정지시거를 만족하여 야간 주행 안전에 문제가 발생하지 않을 것으로 판단된다. 하지만 야간 가로등만 점등했을 경우에는 사물 인지 거리가 73.8m로 최소정지시거 보다 50.4m 짧게 나타나 야간 주행시 전방 보행자 인지 거리가 부족하여 교통 안전상 문제가 발생할 수 있다.

<표 2-188> 조명 조건별 사물 인지 거리(m)

조명 조건 / 분석 항목	주간	야간(횡단보도 조명)	야간(무조명)
평균	132.2	111.4	41.3
85%-tile	154.5	143.0	63.9
50%-tile	134.6	110.0	35.8
15%-tile	104.7	76.8	24.6

<그림 2-103> ~ <그림 2-105>는 무명교 앞 횡단보도에 대한 사물 인지 거리와 운전자가 전방 사물을 나타낸 것이다. 운전자가 전방 사물을 인지하는 거리는 주간, 야간(횡단보도 조명), 야간(무조명)의 순서로 나타났으며 야간 무조명의 경우, 운전자가 전방 사물을 인지할 수 있는 유일한 수단이 자동차 전조

등이며 전조등이 비추는 길이의 한계로 인하여 다른 경우에 비하여 사물 인지 거리가 많이 짧은 것이 특징이다. 운전자의 평균 인지 거리는 주간, 최소정지시거를 확보하지 못하는 것으로 나타났다.



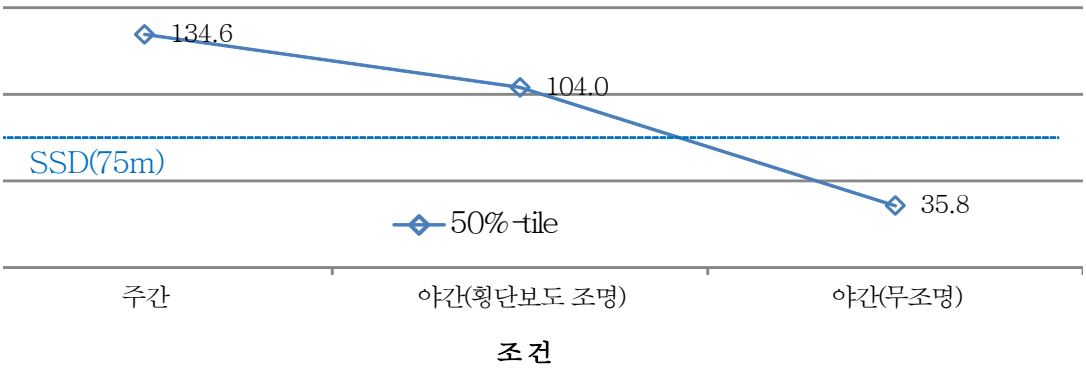
<그림 2-103> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(average, 무명교)

85%-tile 사물 인식 거리는 도로 설계기준에서 제시하고 있는 최소정지시거(75m)에 대하여 주간 및 야간(가로등+횡단보도 조명)의 경우에는 만족하지만 야간 무조명 구간에서는 최소정지시거보다 약 11.1m 부족한 사물 인식 거리를 나타내었다.

SSD(75m)

<그림 2-104> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(85%-tile, 무명교)

50%-tile 사물 인식 거리는 도로 설계기준에서 제시하고 있는 최소정지시거(75m)에 대하여 주간 및 야간(가로등+횡단보도 조명)의 경우에는 만족하지만 야간 무조명 구간에서는 최소정지시거보다 약 39.2m 부족한 사물 인식 거리를 나타내었다.



<그림 2-105> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(50%-tile, 무명교)

안전을 고려하여 하위 15%-tile에 대한 최소정지지거 확보 여부 분석한 결과, 주간 및 야간(가로등+횡단보도 조명)의 경우에는 최소정지시거를 확보하지만 야간에 가로등만 점등했을 경우에는 최소정지시거 75m보다 짧은 24.6m에서 전방 사물을 인식하는 것으로 분석되었다. 이는 야간 무조명구간에서 전방 보행자 등을 인식하는 거리가 짧아 사고로 이어질 가능성이 높다고 할 수 있다. 이와 같이 무조명 구간에서의 전방 시거 확보의 어려움은 야간 주행 안전상 문제가 발생할 수 있기 때문에 기존 도로 조명 방식이 아닌 최소 보임의 조건을 규명하고 그에 맞는 조명시설(최소 조명, Minimal Lighting)을 배치하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

SSD(75m)

<그림 2-106> 조명 조건별 사물 인식 거리와 최소정지시거(15%-tile, 무명교)

바. 효과평가4(에너지 효율성 평가)

(1) 개요

우리나라의 최근 전력부족 사태는 고유가와 기후 변화 문제에서 대두되어 왔고 국가기관과 공공기관 시설물의 에너지절약이 필요하다. 국토교통부는 '도로안전시설 설치 및 관리지침'에서 도로조명의 조광제

어를 권장하여 에너지를 절약하는 노력을 하고 있다. 횡단보도 조명시스템에서 야간에 LED횡단보도등을 항시 점등하는 시스템과 횡단보도에 접근하는 차량을 검지하여 조광제어를 하여 시스템의 에너지 효율을 평가한다.

(2) 실험 방법

LED횡단보도등에 디지털 전력량계를 연결하여 항시 점등과 차량 감응 조광제어에 의한 소비전력량을 측정하여 비교한다. 야간 항시 점등은 100% 광출력으로 항상 점등하며, 차량 감응 제어에 의한 LED횡단보도등의 조광제어는 야간 평상시에는 50%의 광출력으로 점등하고, 횡단보도에 접근하는 차량을 검지하면 100%의 광출력으로 점등한다.

① LED횡단보도등 항시 점등

- 조사일 : 2014년 7월 1일(화) ~ 7월 4일(금)
- 조사장소 : 무명2교 앞 횡단보도
- 조사방법 : LED횡단보도등의 야간 소비전력량 측정

② LED횡단보도등 차량 감응 제어

- 조사일 : 2014년 7월 8일(화) ~ 7월 11일(금)
- 조사장소 : 무명2교 앞 횡단보도
- 조사방법 : LED횡단보도등의 야간 소비전력량 측정

(3) 실험 결과

<표 2-189> 소비전력량 실험 결과

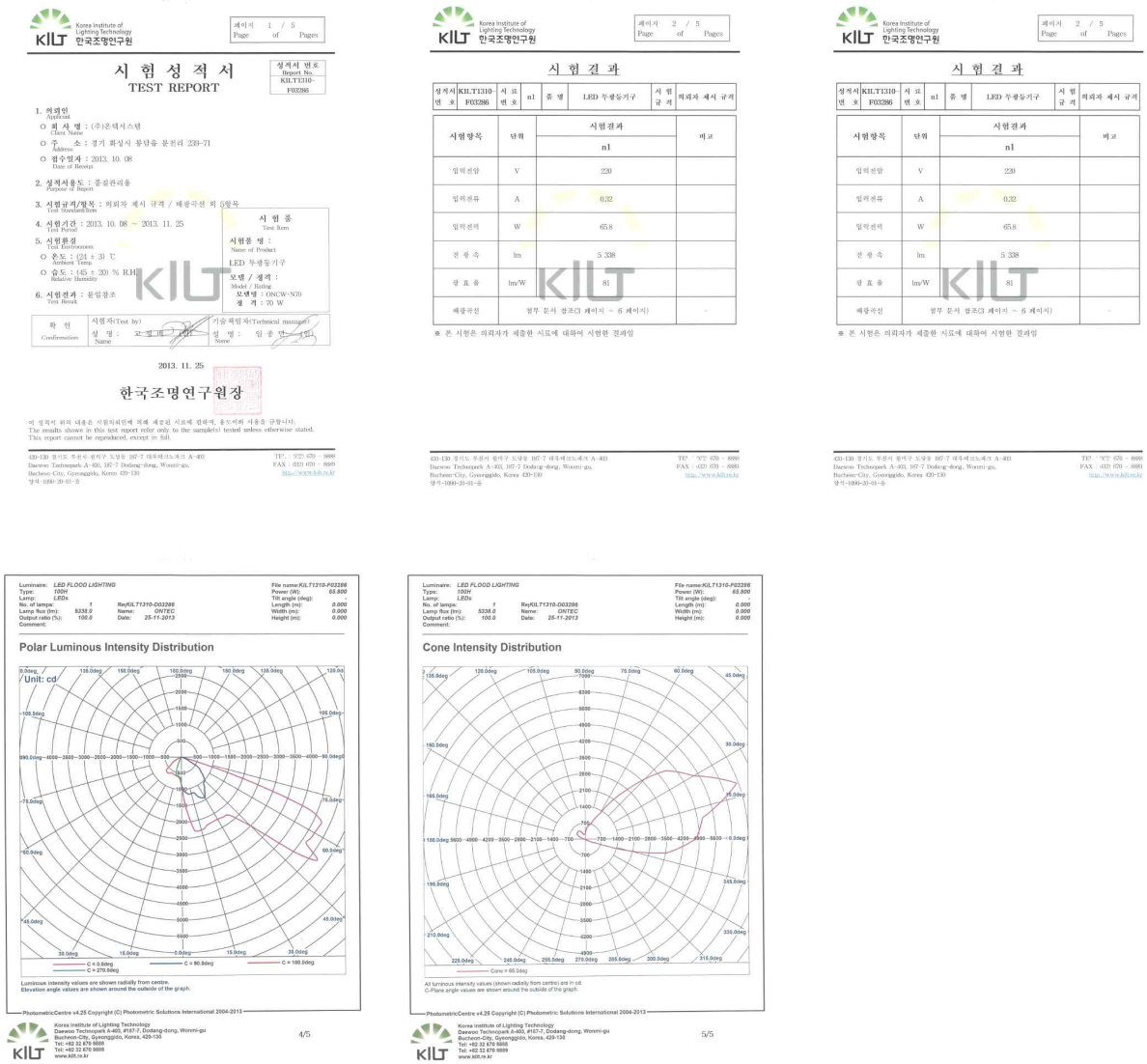
구분	7월1일(화) ~ 7월4일(금) 야간 항시 100% 광출력 점등	7월8일(화) ~ 7월11일(금) 야간 차량 감응 조광제어 점등
소비전력량	3.2 [kwh]	2.2 [kwh]
목표	100% 광출력 점등 대비 30% 에너지 절약	
결과	31.3% 에너지 절약	

무명2교 앞 횡단보도 조명시스템의 소비전력을 측정한 결과 야간에 항시 100% 광출력으로 점등하는 LED 횡단보도등의 소비전력량은 3.2[kwh]이며, 횡단보도에 접근하는 차량을 감응하여 조광제어를 하는 LED 횡단보도등의 소비전력량은 2.2[kwh]이다. 그러므로 차량을 감응하여 조광제어를 하는 횡단보도 조명시스템은 기존 100% 광출력으로 점등하는 시스템보다 31.25% 에너지를 절약하는 것을 알 수 있다.

사. 신뢰성 평가

① 광학시험

- 시험규격 : LED 횡단보도등 광학성능(배광곡선 외)
- 시험기관 : 한국조명연구원
- 시험기간 : 2013. 10. 08 ~ 2013. 11. 25
- 시험성적서



시 험 성 적 서
TEST REPORT

성적서 번호 Report No. KILT1310-F03286

1. 의뢰인 Applicant
○ 회 사 명 : (주)온텍시스템 Client Name
○ 주 소 : 경기 화성시 봉담읍 분천리 220-71 Address
○ 접수일자 : 2013. 10. 08 Date of Receipt
2. 성적서용도 : 품질관리용 Purpose of Report
3. 시험규격/항목 : 의뢰자 제시 규격 / 배광곡선 외 5항목 Test Standard/Item
4. 시험기간 : 2013. 10. 08 ~ 2013. 11. 25 Test Period
5. 시험환경 Test Environment
○ 온도 : (24 ± 3) ℃ Ambient Temp.
○ 습도 : (45 ± 20) % R.H Relative Humidity
6. 시험결과 : 붙임참조 Test Result

시 험 품 Test Item
시험품 명 : Name of Product
LED 투광등기구
모델 / 정격 : Model / Rating
모델명 : ONCW-N70
정 격 : 70 W

확 인 Confirmation
시험자(Test by) 성 명 : Name
기술책임자(Technical manager) 성 명 : None

2013. 11. 25

한국조명연구원장

시 험 결 과

성적서번호	KILT1310-F03286	시료번호	n1	품명	LED 투광등기구	시험규격	의뢰자 제시 규격

시험항목	단위	시험결과	비고
		n1	
입력전압	V	220	
입력전류	A	0.32	
입력전력	W	65.8	
전 광 속	lm	5 338	
광 효 율	lm/W	81	
배광곡선	첨부 문서 참조(3 페이지 ~ 6 페이지)		-

※ 본 시험은 의뢰자가 제출한 시료에 대하여 시험한 결과임

시 험 결 과

성적서번호	KILT1310-F03286	시료번호	n1	품명	LED 투광등기구	시험규격	의뢰자 제시 규격

시험항목	단위	시험결과	비고
		n1	
입력전압	V	220	
입력전류	A	0.32	
입력전력	W	65.8	
전 광 속	lm	5 338	
광 효 율	lm/W	81	
배광곡선	첨부 문서 참조(3 페이지 ~ 6 페이지)		-

※ 본 시험은 의뢰자가 제출한 시료에 대하여 시험한 결과임

Polar Luminous Intensity Distribution

Unit: cd

Cone Intensity Distribution

<그림 2-107> LED횡단보도등 광학성능 시험성적서

② 국가통합인증마크(KC) 인증 시험

○ LED 횡단보도등 전기용품 안전인증 시험

- 시험규격 : 전기용품 안전인증 기준
- 시험기관 : 한국화학융합시험연구원
- 시험기간 : 2014. 07. 14 ~ 2014. 09월말 예정
- 전기용품 안전인증 시험 접수증

예비신청접수증

상담자	송현희	안전인증	신규	□ 완결
연락처	031)679-9544	강제		□ 보완

고 객 명	온텍시스템(주)	가접수번호	AC2014070652	
업 체 명	온텍시스템(주)	접수 일자	2014/07/14	
품 명	일반조명기구(투광조명기구)	모 델 명	ONCW-90-V1	
정 격	220 V~, 60 Hz, 90 W (1.4 W × 60 EA)	수 량	1	
파생모델명		수 수 료 (부가세 포함)	2,115,190	□ 납입 ☑ 미납
시료 처리	직접회수			

1. 본 신청 건은 우리 원이 인증 프로그램을 진행하는데 필요한 구비서류 또는 요건에 미비하여 우선 가접수된 상태로 인증 평가 진행이 되지 않음을 알려드리오며, 이점 양해를 구합니다.

2. 이후 인증 평가 진행은 신청인께서 붙임의 "인증신청보완확인서"에 기록된 보완사항이 보완된 경우 진행하게 되오니, 조속한 시일내에 보완하여 주시기를 요청합니다.

3. 보완 후 신청 제품의 인증처리 절차는 이면의 처리 절차도를 참조하시기바랍니다.

4. 기타 인증 평가와 인증 절차에 대한 최신 정보, 인증 요구사항 및 인증신청자 또는 인증제품 제조자의 권리와 의무에 대한 상세한 내용은 우리 연구원 홈페이지를 참조하시기 바랍니다.(www.ktr.or.kr)

5. 신청에 따른 수수료 납입은 다음 계좌로 하여 주십시오.
   - 시험진행에 따른 필요시료및 서류는 신속히 제출하여 주시기 바라며, 시험중 시료가 손상될 수 있으며, 정상적인 업무과정에서 발생된 시료손상은 책임지지 않습니다.

   - 입금 은행명 : 외환은행
   - 계좌번호 : 224-22-03605-2
   - 예금자 명 : 한국화학융합시험연구원 용인

※ 입금자 명의는 필히 회사명으로 입금하여 주시고, 저희에게 입금여부를 꼭 연락하여 주시기 바랍니다. 이는 경우에 따라 입금여부가 확인되지 않아 업무진행에 차질이 발생할 수도 있음을 예방하고자 함이오니 양지하여 주시기 바랍니다.
(입금확인 : 정다영 031-679-9607)

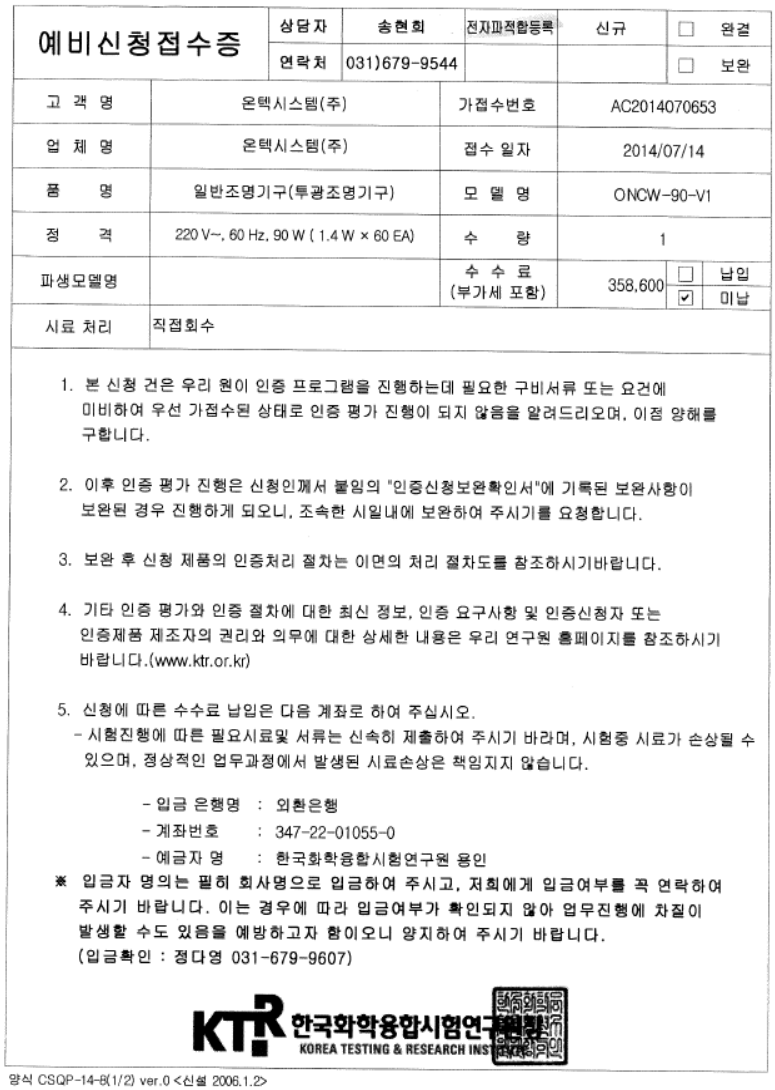
KTR 한국화학융합시험연구원 KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

양식 CSQP-14-8(1/2) ver.0 <신설 2006.1.2>

<그림 2-108> 전기용품 안전인증 시험 접수증

○ LED횡단보도등 전자파 적합 시험

- 시험규격 : 전자파 적합 시험 기준
- 시험기관 : 한국화학융합시험연구원
- 시험기간 : 2014. 07. 14 ~ 2014. 09월말 예정
- 전자파 적합 시험 접수증



예비신청접수증	상담자	송현희	전자파적합등록	신규	□ 완결
	연락처	031)679-9544			□ 보완

고 객 명	온텍시스템(주)	가접수번호	AC2014070653
업 체 명	온텍시스템(주)	접수 일자	2014/07/14
품 명	일반조명기구(투광조명기구)	모 델 명	ONCW-90-V1
정 격	220 V~, 60 Hz, 90 W (1.4 W × 60 EA)	수 량	1
파생모델명		수 수 료 (부가세 포함)	358,600 □ 납입 ☑ 미납
시료 처리	직접회수		

1. 본 신청 건은 우리 원이 인증 프로그램을 진행하는데 필요한 구비서류 또는 요건에 미비하여 우선 가접수된 상태로 인증 평가 진행이 되지 않음을 알려드리오며, 이점 양해를 구합니다.

2. 이후 인증 평가 진행은 신청인께서 불임의 "인증신청보완확인서"에 기록된 보완사항이 보완된 경우 진행하게 되오니, 조속한 시일내에 보완하여 주시기를 요청합니다.

3. 보완 후 신청 제품의 인증처리 절차는 이면의 처리 절차도를 참조하시기바랍니다.

4. 기타 인증 평가와 인증 절차에 대한 최신 정보, 인증 요구사항 및 인증신청자 또는 인증제품 제조자의 권리와 의무에 대한 상세한 내용은 우리 연구원 홈페이지를 참조하시기 바랍니다.(www.ktr.or.kr)

5. 신청에 따른 수수료 납입은 다음 계좌로 하여 주십시오.
   - 시험진행에 따른 필요시료및 서류는 신속히 제출하여 주시기 바라며, 시험중 시료가 손상될 수 있으며, 정상적인 업무과정에서 발생된 시료손상은 책임지지 않습니다.

   - 입금 은행명 : 외환은행
   - 계좌번호 : 347-22-01055-0
   - 예금자 명 : 한국화학융합시험연구원 용인

※ 입금자 명의는 필히 회사명으로 입금하여 주시고, 저희에게 입금여부를 꼭 연락하여 주시기 바랍니다. 이는 경우에 따라 입금여부가 확인되지 않아 업무진행에 차질이 발생할 수도 있음을 예방하고자 함이오니 양지하여 주시기 바랍니다.
(입금확인 : 정다영 031-679-9607)

KTR 한국화학융합시험연구원 KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

양식 CSQP-14-8(1/2) ver.0 <신설 2006.1.2>

<그림 2-109> 전자파 적합 시험 접수증

③ 고효율에너지기자재(E마크) 인증 시험

○ 방수방진(IP)시험, 환경시험, 전기적시험, 내구성시험

- 시험규격 : 고효율에너지기자재 인증기준
- 시험기관 : 한국조명연구원
- 시험기간 : 2014. 08. 11 ~ 2014. 11월 예정
- 시험의뢰서

한국조명기술연구소 1의 1페이지

시 험 의 뢰 서

의뢰일자	2014-08-07	접수일자	2014-08-11	접수번호	KILT1408-D02913

신청인	회사명	(주)온텍시스템	대표자	박은숙
	주소	445-894) 경기 화성시 봉담읍 동산재길 35-18		
	공장주소	경기 화성시 봉담읍 동산재길 35-18		
	사업자등록번호 (주민등록번호)	215-86-20164	신청인	조충호
	TEL.	031-291-3994	FAX.	031-291-3997
	E-MAIL	cho4842@lycos.co.kr		
시험의뢰상세정보	시험명	고효율에너지기자재제품인증		
	용도	제출용(에너지관리공단)		
	지정규격	고효율 에너지기자재 기준		
	시험후 사후처리	회수		
시료정보	제품명	LED 투광등기구	품목수	1
	모델번호	ONCW-N90-V1		
	제품규격	220V, 60Hz	종류수	1
	점격		시료수	5
	시험항목	고효율에너지기자재 인증기준 시험	항목수	20
시험세부요구사항			접수확인	2014-08-11

시험담당자	김진선	시험완료예정일	
시험수수료 (VAT포함)	₩2,265,340	시험완료일	
	입금확인 2014-08-11		
시험결과			
비고			

타제조사제품	회사명	(주)온텍시스템	대표자	박은숙
	주소	경기도 화성시 봉담읍 동산재길 35-18		
	사업자등록번호 (주민등록번호)	215-86-20164		
	TEL.	031-291-3994	FAX.	031-291-3997

인쇄 바로 하기

※ 시험,교정시 유의사항
○ 접수된 기기를 찾으러 오실 때에는 시험,교정완료 여부를 확인하시기 바랍니다.
접수된 기기에 대해 당 연구원 취급 부주의 및 결과 오류에 의한 물적 손실 발생 시 당연구원 고객보호절차에 따라
배상을 요구할 수 있습니다.(단, 인수 시간 경과에 따 른 기기 기능 및 성능 변화, 고객이 요구한 운송 업체 이용에
따른 기기의 손실 발생 분에 대해서는 책임을 지지 않습니다.)
○ 시험,교정이 완료된 기기는 완료 통보일로부터 30일 이내에 인수하여야 하고,
인수하지 않을 경우 인수 의사가 없는 것으로 간주하여 자체 폐기 처리하오니 유의하시기 바랍니다.

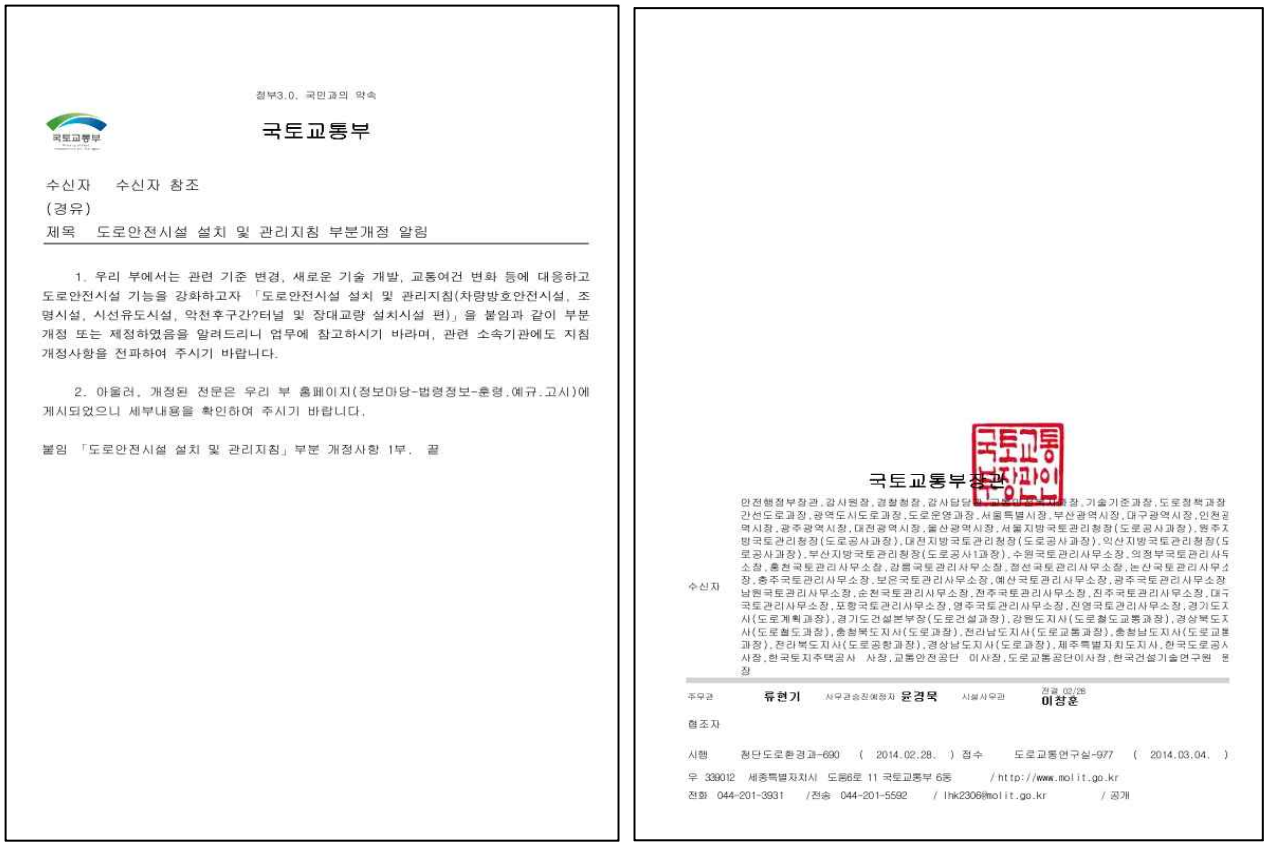
<그림 2-110> 고효율에너지기자재 시험의뢰서

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

1. 국가 기준 반영

1.1 도로안전시설 설치 및 관리지침 ; 조명시설 편

본 과제에서 제안한 횡단보도 조명 설치 기준(안)은 연구진 자체 자문회의와 국토교통부 자문 및 심의를 거쳐 도로 안전시설 설치 및 관리지침(국토교통부, 2014. 02)의 조명시설 편에 반영되었다(<그림 > 참조).



정부3.0, 국민과의 약속

국토교통부

수신자 수신자 참조
(경유)
제목 도로안전시설 설치 및 관리지침 부분개정 알림

1. 우리 부에서는 관련 기준 변경, 새로운 기술 개발, 교통여건 변화 등에 대응하고 도로안전시설 기능을 강화하고자 「도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호안전시설, 조명시설, 시선유도시설, 악천후구간?터널 및 장대교량 설치시설 편)」을 붙임과 같이 부분 개정 또는 제정하였음을 알려드리니 업무에 참고하시기 바라며, 관련 소속기관에도 지침 개정사항을 전파하여 주시기 바랍니다.

2. 아울러, 개정된 전문은 우리 부 홈페이지(정보마당-법령정보-훈령,예규,고시)에 게시되었으니 세부내용을 확인하여 주시기 바랍니다.

붙임 「도로안전시설 설치 및 관리지침」 부분 개정사항 1부. 끝

국토교통부장관

수신자 안전행정부장관, 감사원장, 경찰청장, 감사담당관, 기획조정실장, 기술기준과장, 도로정책과장, 간선도로과장, 광역도시도로과장, 도로운영과장, 서울특별시장, 부산광역시장, 대구광역시장, 인천광역시장, 광주광역시장, 대전광역시장, 울산광역시장, 세종지방국토관리청장(도로공사과장), 원주지방국토관리청장(도로공사과장), 대전지방국토관리청장(도로공사과장), 익산지방국토관리청장(도로공사과장), 부산지방국토관리청장(도로공사1과장), 수원국토관리사무소장, 의정부국토관리사무소장, 홍천국토관리사무소장, 강릉국토관리사무소장, 정선국토관리사무소장, 논산국토관리사무소장, 충주국토관리사무소장, 보은국토관리사무소장, 예산국토관리사무소장, 광주국토관리사무소장, 남원국토관리사무소장, 순천국토관리사무소장, 전주국토관리사무소장, 진주국토관리사무소장, 대구국토관리사무소장, 포항국토관리사무소장, 영주국토관리사무소장, 진영국토관리사무소장, 경기도지사(도로계획과장), 경기도건설본부장(도로건설과장), 강원도지사(도로협도교통과장), 경상북도지사(도로협도과장), 충청북도지사(도로과장), 전라남도지사(도로교통과장), 충청남도지사(도로교통과장), 전라북도지사(도로공항과장), 경상남도지사(도로과장), 제주특별자치도지사, 한국도로공사사장, 한국토지주택공사 사장, 교통안전공단 이사장, 도로교통공단이사장, 한국건설기술연구원 원장

주무관 류현기 사무관승진예정자 윤경묵 시설사무관 이창훈

협조자

시행 첨단도로환경과-690 (2014.02.28.) 접수 도로교통연구실-977 (2014.03.04.)

우 339012 세종특별자치시 도움6로 11 국토교통부 6동 / http://www.molit.go.kr

전화 044-201-3931 /전송 044-201-5592 / lhk2306@molit.go.kr / 공개

<그림 3-1> 지침 개정 알림 공문(국토교통부)

1.2 개정 지침 신구대조표

도로안전시설 설치 및 관리지침

신구대비표

- 조명시설 -

(2014. 02)

국토교통부

제2편 조명시설 편

도로안전시설 설치 및 관리지침 조명시설 편 2012	2014. 개정(안)	개정사유 및 근거
5.3 횡단보도의 조명 설치 횡단보도 부근의 조명기구 배열은 횡단보도를 중심으로 하며 좌우 동일한 거리가 되도록 설치한다. 연속 조명기구만으로 표 5.2의 횡단보도 조명기준을 만족할 경우 추가적인 조명기구를 설치할 필요가 없으나 이 기준을 만족시키지 못할 경우 횡단보도를 위한 추가적인 조명시설을 설치한다. <표 5.2> 횡단보도 조명기준 용도지역 / 수평면 평균조도 (lx) 아스팔트 포장 / 콘크리트 포장 / 수평면 최소조도 (lx) 아스팔트 포장 / 콘크리트 포장 상업지역 60 40 24 16 주거지역, 공업지역 30 20 12 8 기타지역 15 10 6 4 주: 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름 【설 명】 1) 조명설치 도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 표 5.2의 횡단보도 조명기준을 만족하더라도 추가 조명시설을 설치할 것을 권장한다. 단, 횡단보도에 추가 조명시설을 설치할 경우 횡단보도의 수평면 평균조도값은 연속조명의 수평면 평균조도값의 3배보다 작아야 한다. 횡단보도에 추가적인 조명시설을 설치할 경우 연속조명과 연색성을 달리하여 운전자로 하여금 전방에 횡단보도의 존재를 쉽게 인지할 수 있는 광원을 설치하도록 권장한다.	5. 국부 조명 5.3 횡단보도의 조명 설치 연속조명의 도로조명등급이 M3-M5등급이고, 연속조명만으로 표 5.2 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명을 추가 설치한다. 횡단보도 조명기구는 컷오프 배광방식을 사용한다. 무조명구간은 주변의 밝기를 고려하여 설치위치를 정한다. <표 5.2> 횡단보도 조명기준 조명 구간 / 평균면 조도(lx) 최대 / 최소 연속조명 구간 / 상업지역 30 4 연속조명 구간 / 주거지역/공업지역 20 4 연속조명 구간 / 기타지역 15 4 무조명 구간 - 4 주 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름 주 2) 횡단보도 전체를 비추기 위해 수평면조도는 6 lx이상 ※ 도로안전시설 설치 및 관리지침(예규) 개정 전까지 아래의 설명을 따른다. 【설 명】 1) 조명설치 도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 아래의 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명시설을 추가로 설치한다. 횡단보도 조명의 평균 연직면 조도는 연속조명 구간에서 상업지역 20~30 lx, 주거·공업지역 10~20 lx, 기타지역 10~15 lx가 되도록 하며, 무조명구간에서 30 lx 이하가 되도록 한다. 이때 모든 측정지점에서 횡단보도 조명의 최소 연직면 조도는 연속조명 구간에서 4 lx 이상, 무조명 구간에서 2 lx 이상을 만족해야 한다. 횡단보도를 통과할 때 발생하는 멍순응(明順應) 문제가 발생할 수 있으므로 횡단보도 중심에만 집중적으로 조명하는 것은 바람직하지 않다. 이에 횡단보도의 수평면조도는 최소 6 lx 이상을 만족해야 한다. 횡단보도 조명시설은 연속조명과 색온도를 달리하여 운전자로 하여금 전방에 횡단보도의 존재를 쉽게 인지할 수 있는 광원을 설치하도록 권장한다.	지침(예규)가 개정되기 전까지 설명을 따르도록 추가 수평면평균조도의 3배이하 기준은 삭제 최신의 연구결과를 반영한 횡단보도 조명의 밝기 기준 횡단보도 조명은 수평명조도가 최소 6lx이상 되도록 설치 용어수정 : 연색성→색온도 (광원 색의 절대온도 표현)

<table>
<tr><th>도로안전시설 설치 및 관리지침 조명시설 편 2012</th><th>2014. 개정(안)</th><th>개정사유 및 근거</th></tr>
<tr><td>

5.3 횡단보도의 조명 설치

횡단보도 부근의 조명기구 배열은 횡단보도를 중심으로 하여 좌우 동일한 거리가 되도록 설치한다.

연속 조명기구만으로 표 5.2의 횡단보도 조명기준을 만족할 경우 추가적인 조명기구를 설치할 필요가 없으나 이 기준을 만족시키지 못할 경우 횡단보도를 위한 추가적인 조명시설을 설치한다.

<표 5.2> 횡단보도 조명기준

<table>
<tr><th rowspan="2">용도지역</th><th colspan="2">수평면 평균조도 (lx)</th><th colspan="2">수평면 최소조도 (lx)</th></tr>
<tr><th>아스팔트 포장</th><th>콘크리트 포장</th><th>아스팔트 포장</th><th>콘크리트 포장</th></tr>
<tr><td>상업지역</td><td>60</td><td>40</td><td>24</td><td>16</td></tr>
<tr><td>주거지역, 공업지역</td><td>30</td><td>20</td><td>12</td><td>8</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>15</td><td>10</td><td>6</td><td>4</td></tr>
</table>

주: 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름

【설 명】

1) 조명설치

도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 표 5.2의 횡단보도 조명기준을 만족하더라도 추가 조명시설을 설치할 것을 권장한다. 단, 횡단보도에 추가 조명시설을 설치할 경우 횡단보도의 수평면 평균조도값은 연속조명의 수평면 평균조도값의 3배보다 작아야 한다.

횡단보도에 추가적인 조명시설을 설치할 경우 연속조명과 연색성을 달리하여 운전자로 하여금 전방에 횡단보도의 존재를 쉽게 인지할 수 있는 광원을 설치하도록 권장한다.

</td><td>

5. 국부 조명

5.3 횡단보도의 조명 설치

연속조명의 도로조명등급이 M3-M5등급이고, 연속조명만으로 표 5.2 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명을 추가 설치한다.

횡단보도 조명기구는 컷오프 배광방식을 사용한다.

무조명구간은 주변의 밝기를 고려하여 설치위치를 정한다.

<표 5.2> 횡단보도 조명기준

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">조명 구간</th><th colspan="2">수평면 조도(lx)</th></tr>
<tr><th>최대</th><th>최소</th></tr>
<tr><td rowspan="3">연속조명 구간</td><td>상업지역</td><td>30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>-</td><td>4</td></tr>
</table>

주: 1) 용도지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따름
주: 2) 횡단보도 전체를 비추기 위해 수평면조도는 6 lx이상

※ 도로안전시설 설치 및 관리지침(예규) 개정 전까지 아래의 설명을 따른다.

【설 명】

1) 조명설치

도로의 기하구조가 복잡하여 운전자의 대처능력이 떨어지거나 야간에 충분한 시거가 확보되지 않는 지역에 설치된 횡단보도에는 아래의 횡단보도 조명기준을 만족하지 못할 경우 횡단보도 조명시설을 추가로 설치한다.

횡단보도 조명의 평균 연직면 조도는 연속조명 구간에서 상업지역 20~30 lx, 주거·공업지역 10~20 lx, 기타지역 10~15 lx가 되도록 하며, 무조명구간에서 30 lx 이하가 되도록 한다. 이때 모든 측정지점에서 횡단보도 조명의 최소 연직면 조도는 연속조명 구간에서 4 lx 이상, 무조명 구간에서 2 lx 이상을 만족해야 한다.

횡단보도를 통과할 때 발생하는 명순응(明順應) 문제가 발생할 수 있으므로 횡단보도 중심에만 집중적으로 조명하는 것은 바람직하지 않다. 이에 횡단보도의 수평면조도는 최소 6 lx 이상을 만족해야 한다.

횡단보도 조명시설은 연속조명과 색온도를 달리하여 운전자로 하여금 전방에 횡단보도의 존재를 쉽게 인지할 수 있는 광원을 설치하도록 권장한다.

</td><td>

지침(예규)가 개정되기 전까지 설명을 따르도록 추가

수평면평균조도의 3배이하 기준은 삭제

최신의 연구결과를 반영한 횡단보도 조명의 밝기 기준

횡단보도 조명은 수평명조도가 최소 6lx이상 되도록 설치

용어수정 : 연색성→색온도 (광원 색의 절대온도 표현)

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>도로안전시설 설치 및 관리지침 조명시설 편 2012</th><th>2014. 개정(안)</th><th>개정사유 및 근거</th></tr>
<tr><td>

횡단보도에 추가로 설치되는 조명은 차량의 진행방향에서 횡단보도 이전에 설치하고 배광을 횡단보도방향으로 치우치도록 함으로써 운전자의 눈부심을 최소화하고 보행자를 식별하기에 유리하도록 하고, 원칙적으로 컷오프 배광방식을 사용하여 조명시설의 빛이 횡단보도 및 보행자 대기지역에 집중되도록 한다.

횡단보도 전방 50m 지점의 조도 관측값이 5lx 미만이면 운전자가 횡단보도를 통과할 때 발생하는 명순응(明順應) 문제가 발생하지 않도록 인근 지역의 연속조명과 동일한 보조조명을 횡단보도 전방 50m 지점에 설치한다.

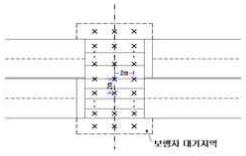
횡단보도 상에 조명시설을 추가로 배치할 경우 그 부근의 교통신호기, 도로표지 등의 안전시설물의 설치효과를 떨어뜨리지 않도록 주의하며, 주변 여건을 고려하여 조명시설과 교통신호기, 도로표지 등이 일체화가 가능한 경우 통합하여 설치할 것을 권장한다.

횡단보도의 안전도를 향상하기 위하여 안전표시등과 같은 부가적인 안전시설물을 추가로 설치할 것을 권장한다. 기타 횡단보도 조명기구의 설치 및 관리에 관련된 사항은 「도로안전시설 설치 및 관리 지침」의 조명시설 편의 연속조명의 설치 및 관리 지침을 준용한다.

2) 수평조도의 측정

일반적으로 조도를 측정할 때는 연직조도를 측정하는 것이 원칙이나 실제 도로상에서 측정방법을 간소화하고 일관성 있는 조명기준을 마련하고자 수평조도를 횡단보도의 조명기준으로 한다. 도로상의 횡단보도와 보도의 보행자 대기지역을 포함한 지역을 횡단보도 조명시설 영향권으로 설정하고, 조명시설의 영향권 내에서 수평조도를 측정한다.

횡단보도에서 수평조도를 측정할 때는 그림 5.8과 같이 횡단보도의 중심축과 중앙선이 만나는 지점을 기준으로 가로와 세로가 각각 2m인 격자점을 관측지점으로 선정한다. 양방향의 보행자 대기지역에 각각 3개의 관측값이 포함되도록 한다. 차량으로부터 발산되는 전조등의 영향을 배제하고 측정한다.



<그림 5.8> 조도관측 지점 예시도

</td><td>

횡단보도 조명기구는 컷오프 배광방식을 사용한다. 운전자의 눈부심을 최소화하기 위해 램프광속 1,000루멘 당 광도(cd/1,000lm)는 연직각 90° 에서 25 cd 이하, 연직각 80° 에서 100 cd 이하로 제한한다.

횡단보도 설치조명은 무조명구간에서 배경휘도가 높은 방향은 보행자 배경을 밝히는 방식, 반대로 배경휘도가 낮은 방향은 보행자 몸체를 밝히는 방식을 적용하도록 설치위치를 결정한다.

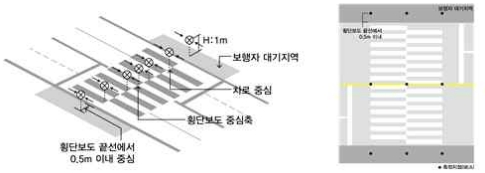
횡단보도 조명시설은 그 부근의 교통신호기, 도로표지 등의 안전시설물의 설치효과를 떨어뜨리지 않도록 주의하며, 주변여건을 고려하여 조명시설과 교통신호기, 도로표지 등이 일체화가 가능한 경우 통합하여 설치할 수 있다.

횡단보도의 안전도를 향상하기 위하여 안전표시등과 같은 부가적인 안전시설물을 추가로 설치할 것을 권장한다. 기타 횡단보도 조명기구의 설치 및 관리에 관련된 사항은 연속조명의 설치 및 관리 지침을 준용한다.

2) 조도 측정

도로상의 횡단보도와 보도의 보행자 대기지역을 포함한 지역을 횡단보도 조명시설 영향권으로 설정하고, 조명시설의 영향권 내에서 연직면조도와 수평면조도를 측정한다.

횡단보도에서 조도를 측정할 때는 그림 5.8과 같이 연직면조도는 횡단보도 중심축과 중앙선이 만나는 지점을 기준으로 각 차로별 차로중심의 높이 1m에서 도로 양방향으로 조도를 측정한다. 또한 수평면조도는 횡단보도의 외측의 9지점을 관측지점으로 선정하며 측정한다. 양방향의 보행자 대기지역은 횡단보도 끝선에서 0.5m이내의 점을 측정한다. 이때 차량으로부터 발산되는 전조등의 영향을 배제하고 측정한다.



(a)연직면조도 측정방법 (b)수평면조도 측정방법

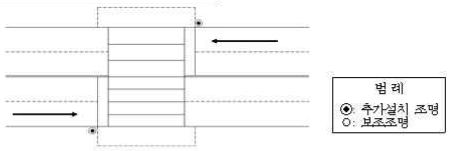
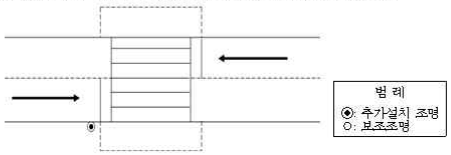
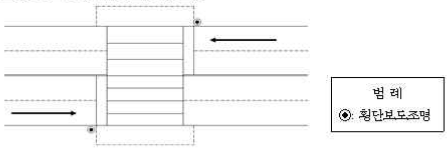
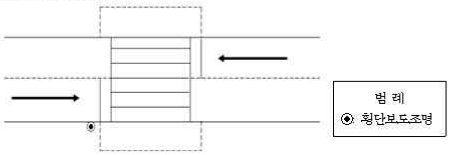
<그림 5.8> 조도관측 지점 예시도

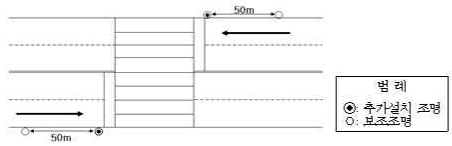
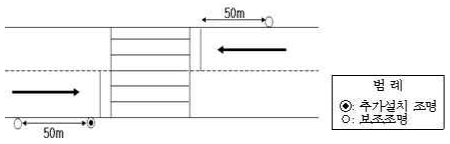
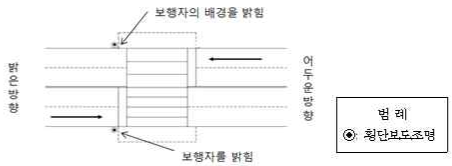
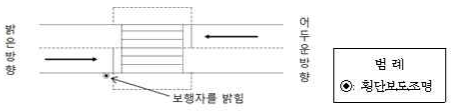
</td><td>

4.4 조명기구의 컷오프형기구와 동일한 내용임

횡단보도 연직면 조도측정방법 추가하고, 수평면조도 측정지침 수를 줄임

</td></tr>
</table>

도로안전시설 설치 및 관리지침 조명시설 편 2012	2014, 개정(안)	개정사유 및 근거
3) 횡단보도 조명시설 설치 "예시" 횡단보도에 추가로 조명이 설치될 경우 차로수에 따라 4가지 유형으로 구분하여 설치한다. 그림 5.9과 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 설치되어 전방 50m 이전 지점에서 관측한 조도값이 5lx 이상 확보되는 경우 차량의 진행 방향별로 1개의 추가 조명시설을 설치하고 보조조명시설은 설치하지 않는다.  <그림 5.9> 양방향 4차로 이상이며 연속조명이 있는 경우 그림 5.11의 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 설치되어 전방 50m 이전 지점에서 관측한 조도값이 5lx 이상 확보되는 경우는 1개의 추가 조명시설을 설치한다.  <그림 5.11> 양방향 3차로 이하이며 연속조명이 있는 경우 그림 5.10와 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 없는 경우 횡단보도에 차량의 진행방향별로 1개의 조명시설이 필요하고 명순응(明順應) 문제가 발생하지 않도록 각 방향별로 횡단보도로부터 50m 전방에 인근지역에 설치된 연속조명과 동일한 보조조명을 추가로 설치한다.	**3) 횡단보도 조명시설 설치 "예시"** 횡단보도조명을 설치할 경우 도로폭과 연속조명 설치여부에 따라 4가지 유형으로 구분하여 설치한다. 그림 5.9와 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 설치되어 있는 경우 차량의 진행 방향별로 횡단보도 조명시설을 설치한다.  <그림 5.9> 양방향 4차로 이상이며 연속조명이 있는 경우 그림 5.10과 같이 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 설치되어 있는 경우는 1개의 횡단보도 조명시설을 설치한다.  <그림 5.10> 양방향 3차로 이하이며 연속조명이 있는 경우 그림 5.11과 같이 양방향 4차로 이상이고 연속조명이 없는 경우, 주변이 밝은 방향에 횡단보도 조명을 설치하여 보행자의 배경을 밝힌다. 그러나 운전자가 바라보는 양방향이 모두 어두운 경우, 그림 5.9와 같이 횡단보도 조명을 보행자를 밝히는 방식으로 설치한다.	

도로안전시설 설치 및 관리지침 조명시설 편 2012	2014, 개정(안)	개정사유 및 근거
 <그림 5.10> 양방향 4차로 이상이며 연속조명이 없는 경우 그림 5.12와 같이 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 없는 경우 횡단보도에 1개의 조명시설이 필요하고 명순응 (明順應) 문제가 발생하지 않도록 각 방향별로 횡단보도로부터 50m 전방에 인근지역에 설치된 연속조명과 동일한 보조조명을 추가로 설치한다.  <그림 5.12> 양방향 3차로 이하이며 연속조명이 없는 경우	 <그림 5.11> 양방향 4차로 이상이며 연속조명이 없는 경우 그림 5.12와 같이 양방향 3차로 이하이고 연속조명이 없는 경우 밝은 방향 쪽에 횡단보도에 1개의 횡단보도 조명시설을 설치한다.  <그림 5.12> 양방향 3차로 이하이며 연속조명이 없는 경우	

2. 국가 기준에 부합하는 횡단보도 조명 개발

2.1 횡단보도 조명

가. 등기구 특징

- 틸트가 필요 없는 4면 비대칭 배광 적용(프로빔 방식)
- 수평 및 연직면 조도 확보로 보행자 인식 극대화
- 운전자 및 보행자에게 눈부심 최소화
- 슬림형 디자인으로 미관 수려
- LED 광원 사용으로 에너지 절약형
- 적절한 빛을 비추어서 빛공해 및 글레어 현상 방지

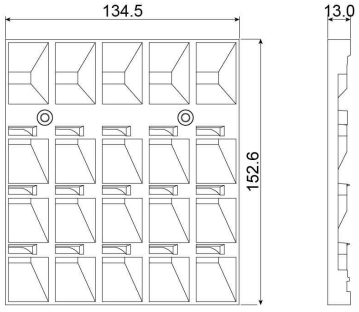
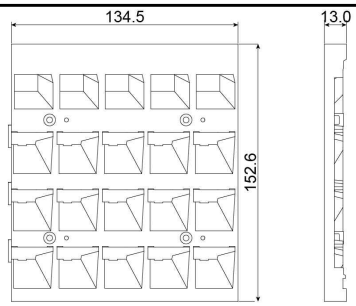
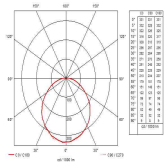
<표 3-1> 횡단보도 조명등 사양

정격	AC 90V ~ 250V
소비전력	70W
동작온도	-30 ~ 70℃
방수등급	IP65이상
수명	50,000시간 이상
광효율	85lm/W

나. 반사판 및 등기구 형상

(1) 반사판 형상 : 프로빔 형태로서 차로 및 보도 각각 배광

<표 3-2> 반사판 형상 및 LED 사양

반사판 형태		배광	
A TYPE	B TYPE		
			
		PHILIPS LUXEON R 빔각: 120° 소비전력: 1w	

(2) 등기구 형상 및 배광



<그림 3-2> 횡단보도 등기구 형상

2.2 시뮬레이션 검토 결과

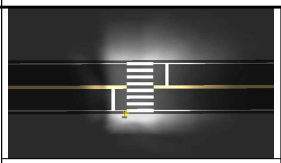
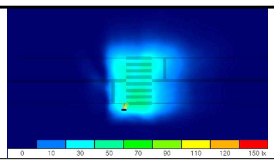
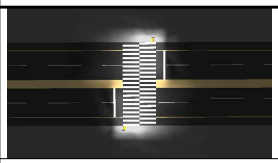
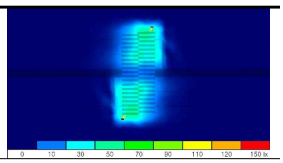
설계 배광을 이용하여 성능 시뮬레이션 결과, 2차로 및 4차로 도로 모두 관련 기준에 만족하는 결과를 얻었다.

<표 3-3> 조명 설치 기준

조명구간	연직면 조도(lx)		
	평균		최소
연속 조명구간	상업지역	20~30	4
	주거지역/공업지역	15~20	4
	기타지역	10~15	4
무조명 구간	30이하		2

* 횡단보도 전체를 비추기 위해 수평면조도는 6 lx이상

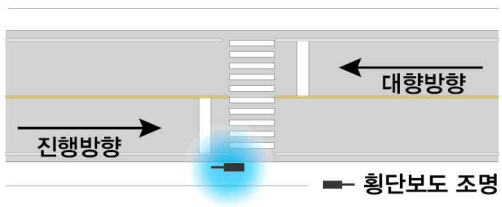
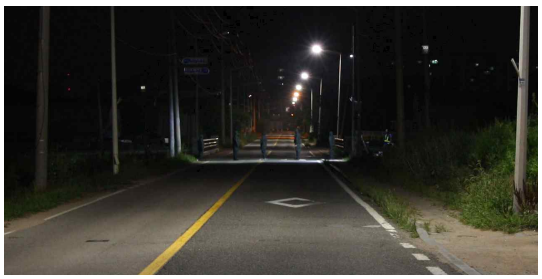
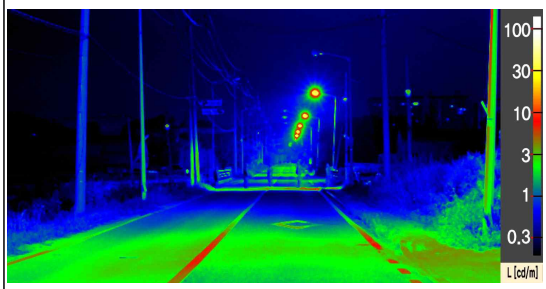
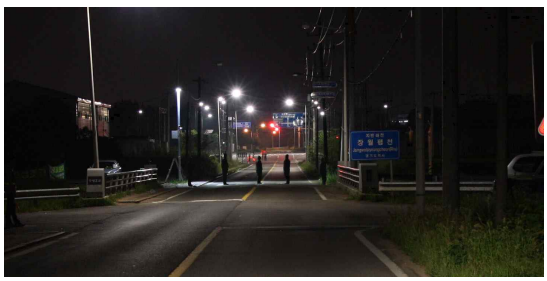
<표 3-4> 2,4차선 무조명 구간 시뮬레이션 검토 결과

	2차선				4차선			
								
	수평면 조도(lx)		연직면 조도(lx)		수평면 조도(lx)		연직면 조도(lx)	
기준값	-	60이상	30이하	20이상	-	60이상	30이하	20이상
설계값	29	16	13	2.07	20	7.44	14	2.01
만족여부	-	만족	만족	만족	-	만족	만족	만족

2.3 현장 측정 검토 결과(기준 만족 여부 확인)

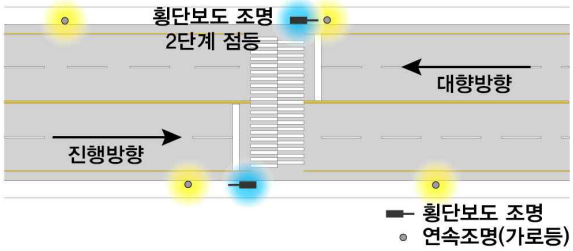
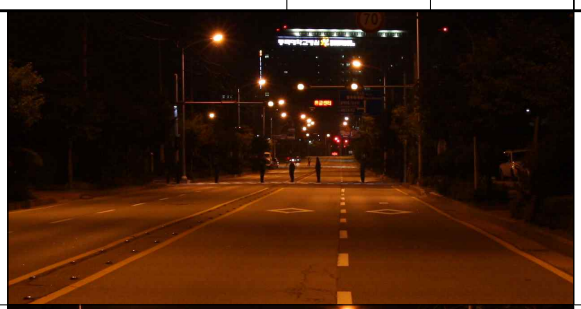
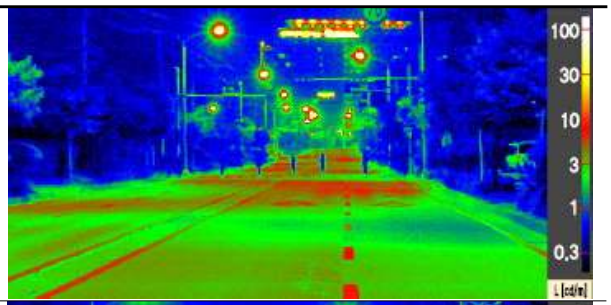
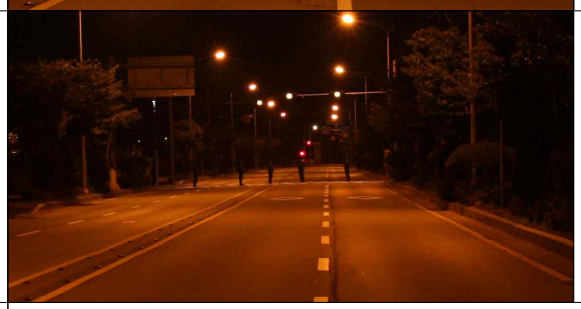
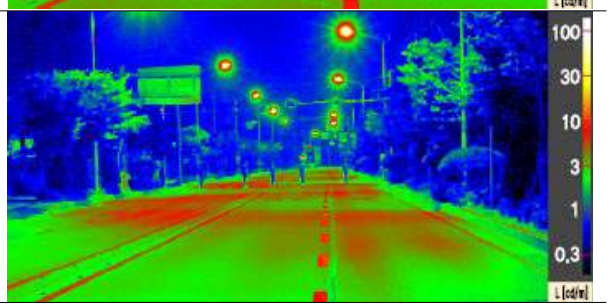
가. 2차로 도로

<표3-5> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(무명 2교) - 횡단보도 조명 점등

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 28.29lx / 최소: 9.7lx
연직면조도 평균: 17.25lx / 최소: 2.20lx</td><td>기준 만족</td></tr>
</table>

나. 4차로 도로

<표 3-6> 온로드 테스트 베드 효과 평가 결과(세원고등학교 앞) - 횡단보도 조명 점등

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">조명구간</td><td colspan="2">연직면 조도(lx)</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>최소</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
조명구간</td><td>상업지역</td><td>20~30</td><td>4</td></tr>
<tr><td>주거지역/공업지역</td><td>15~20</td><td>4</td></tr>
<tr><td>기타지역</td><td>10~15</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">무조명 구간</td><td>30이하</td><td>2</td></tr>
<tr><td>진행
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>대향
방향</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>측정
결과</td><td colspan="2">수평면조도 평균: 28.50lx / 최소: 14.10lx
연직면조도 평균: 17.20lx / 최소: 5.20lx</td><td colspan="2">기준 만족</td></tr>
</table>

3. 정량적 성과

3.1 학술 및 지재권 성과

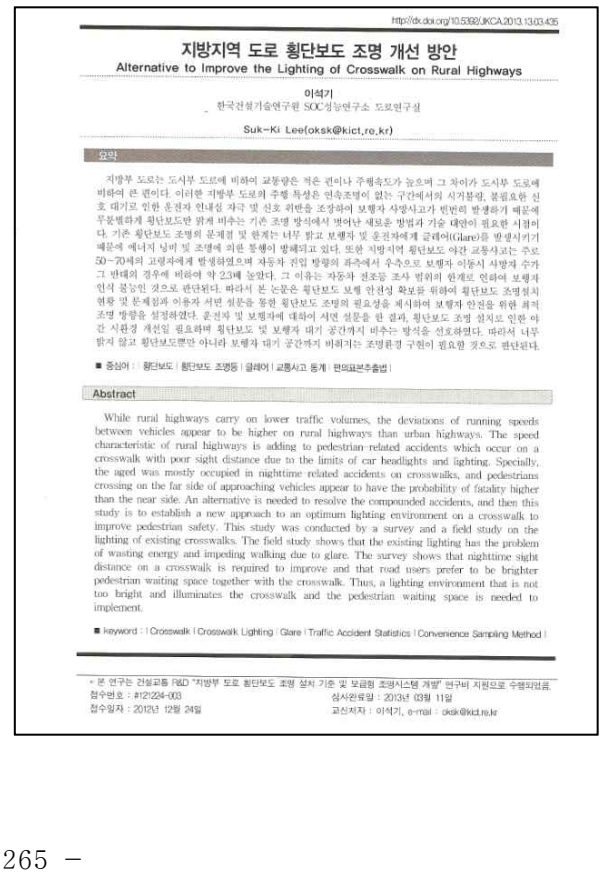
가. 학술 성과

<표 3-7> 학술 성과

연번	논문명	학회지명
1	지방지역 도로 횡단보도 조명 개선 방안	한국콘텐츠학회
2	지방부도로 횡단보도의 시인성 향상을 위한 조명환경에 관한 연구	한국조명전기설비학회
3	Evaluation of Operation and Safety for School Zone Application of Ulaanbaatar 46th School Using Microscopic Traffic Simulation Model	ICCC2014 국제학술대회 논문집
4	Estimation of PIEV (Perception-Identification-Emotion-Volition) on Unlit Highway by Driving Simulator	ICCC2014 국제학술대회 논문집
5	연동형 반감응 신호제어 시스템 적용을 위한 모의실험 검증	대한토목학회 논문집
6	횡단보도의 시인성 향상을 위한 기준검토 및 검증 테스트를 통한 보완기준(안) 연구	한국조명전기설비학회

○ 지방지역 도로 횡단보도 조명 개선 방안


한국콘텐츠학회논문지
Journal of the Korea Contents Association


http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.03.435

지방지역 도로 횡단보도 조명 개선 방안
Alternative to Improve the Lighting of Crosswalk on Rural Highways

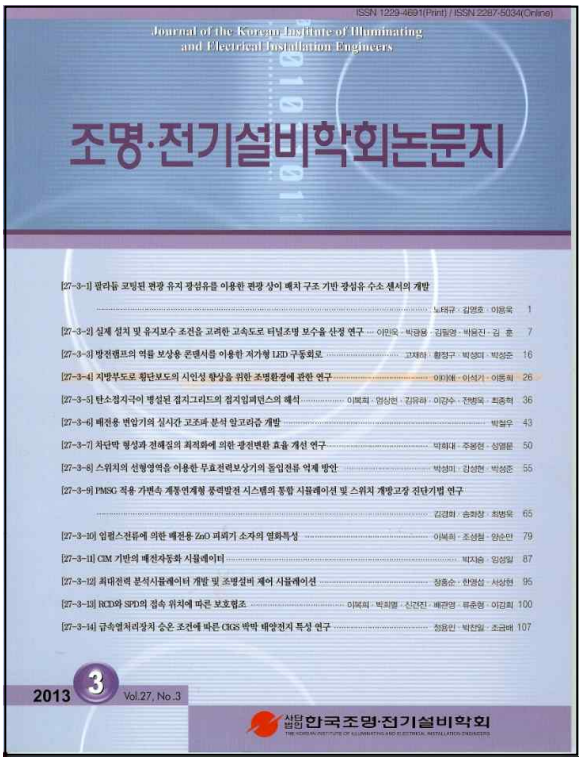
이석기
한국건설기술연구원 SOC성능연구소 도로연구실

Suk-Ki Lee(oksk@kict.re.kr)

요약

Abstract

○ 지방부도로 횡단보도의 시인성 향상을 위한 조명환경에 관한 연구


ISSN 1229-4691(Print) / ISSN 2287-5034(Online)

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers

조명·전기설비학회논문지

[27-3-1] 팔라듐 코팅된 편광 유지 광섬유를 이용한 편광 상이 배치 구조 기반 광섬유 수소 센서의 개발 ..... 노태규 · 김경호 · 이윤욱 1

[27-3-2] 설계 설치 및 유지보수 조건을 고려한 고속도로 터널조명 보수율 산정 연구 ..... 이민욱 · 박관용 · 김철영 · 박동진 · 김 훈 7

[27-3-3] 방전램프의 역률 보상을 콘덴서를 이용한 저가형 LED 구동회로 ..... 고재하 · 황정구 · 박성미 · 박성준 16

[27-3-4] 지방부도로 횡단보도의 시인성 향상을 위한 조명환경에 관한 연구 ..... 이미애 · 이석기 · 이동희 26

[27-3-5] 탄소섬지극이 병설된 접지그리드의 접지임피던스의 해석 ..... 이복희 · 엄상헌 · 김유하 · 이강수 · 전병욱 · 최종혁 36

[27-3-6] 배전용 변압기의 실시간 고조파 분석 알고리즘 개발 ..... 박철우 43

[27-3-7] 자단막 형성과 전해질의 최적화에 의한 광전변환 효율 개선 연구 ..... 박하대 · 주봉철 · 성열문 50

[27-3-8] 스위치의 선형영역을 이용한 무효전력보상기의 동일전류 억제 방안 ..... 박성미 · 김성현 · 박성준 55

[27-3-9] PMSG 적용 가변속 계통연계형 풍력발전 시스템의 통합 시뮬레이션 및 스위칭 계방고장 진단기법 연구 ..... 김경화 · 송화창 · 최병욱 65

[27-3-10] 임펄스전류에 의한 배전용 ZnO 피뢰기 소자의 열화특성 ..... 이복희 · 조성철 · 양순단 79

[27-3-11] CIM 기반의 배전자동화 시뮬레이터 ..... 박지승 · 임성일 87

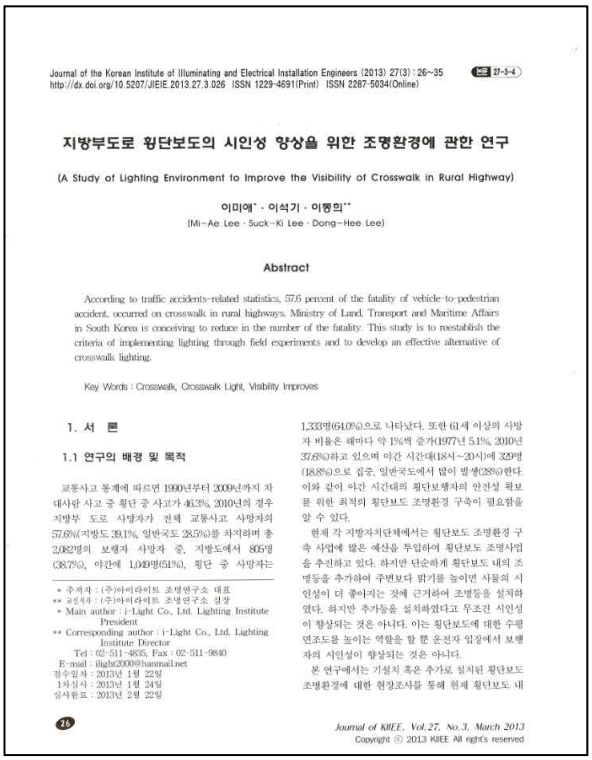
[27-3-12] 최대전력 분석시뮬레이터 개발 및 조명설비 제어 시뮬레이션 ..... 정홍순 · 한경섭 · 서상현 95

[27-3-13] RCD와 SPD의 접속 위치에 따른 보호협조 ..... 이복희 · 박희열 · 신건진 · 배광명 · 류준형 · 이강희 100

[27-3-14] 급속열처리장치 승온 조건에 따른 CIGS 박막 배양전지 특성 연구 ..... 정용민 · 박찬일 · 조금배 107

2013 3 Vol.27, No.3

한국조명·전기설비학회


Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2013) 27(3) : 26~35
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2013.27.3.026 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)

지방부도로 횡단보도의 시인성 향상을 위한 조명환경에 관한 연구

(A Study of Lighting Environment to Improve the Visibility of Crosswalk in Rural Highway)

이미애* · 이석기 · 이동희**
(Mi-Ae Lee · Suck-Ki Lee · Dong-Hee Lee)

Abstract

According to traffic accidents-related statistics, 57.6 percent of the fatality of vehicle-to-pedestrian accident, occurred on crosswalk in rural highways. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs in South Korea is conceiving to reduce in the number of the fatality. This study is to reestablish the criteria of implementing lighting through field experiments and to develop an effective alternative of crosswalk lighting.

Key Words : Crosswalk, Crosswalk Light, Visibility Improves

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통사고 통계에 따르면 1990년부터 2009년까지 차대사람 사고 중 횡단 중 사고가 46.3%, 2010년의 경우 지방부 도로 사망자가 전체 교통사고 사망자의 57.6%(지방도 39.1%, 일반국도 28.5%)를 차지하며 총 2,082명의 보행자 사망자 중, 지방도에서 805명(38.7%), 야간에 1,049명(51%), 횡단 중 사망자는 1,333명(64.0%)으로 나타났다. 또한 61세 이상의 사망자 비율은 해마다 약 1%씩 증가(1977년 5.1%, 2010년 37.6%)하고 있으며 야간 시간대(18시~20시)에 358명(18.8%)으로 집중, 일반국도에서 많이 발생(28%)한다. 이와 같이 야간 시간대의 횡단보행자의 안전성 확보를 위한 최적의 횡단보도 조명환경 구축이 필요함을 알 수 있다.

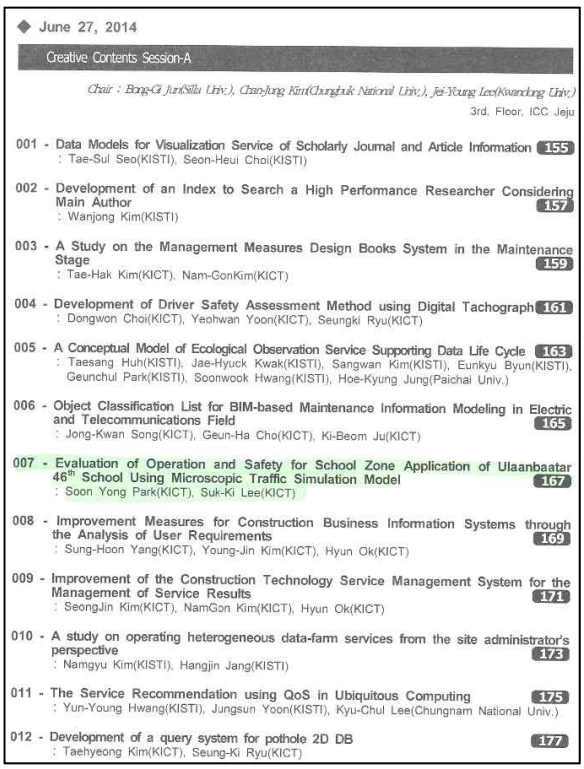
현재 각 지방자치단체에서는 횡단보도 조명환경 구축 사업에 많은 예산을 투입하여 횡단보도 조명사업을 추진하고 있다. 하지만 단순하게 횡단보도 내의 조명등을 추가하여 주변보다 밝기를 높이면 사물의 시인성이 더 좋아지는 것에 근거하여 조명등을 설치하였다. 하지만 추가등을 설치하였다고 무조건 시인성이 향상되는 것은 아니다. 이는 횡단보도에 대한 수평면조도를 높이는 역할을 할 뿐 운전자 입장에서 보행자의 시인성이 향상되는 것은 아니다.

본 연구에서는 기설치 혹은 추가로 설치된 횡단보도 조명환경에 대한 현장조사를 통해 현재 횡단보도 내

* 주저자 : (주)아이라이트 조명연구소 대표
** 교신저자 : (주)아이라이트 조명연구소 상무
* Main author : i-Light Co., Ltd. Lighting Institute President
** Corresponding author : i-Light Co., Ltd. Lighting Institute Director
Tel : 02-511-4835, Fax : 02-511-9840
E-mail : ilight2000@hanmail.net
접수일자 : 2013년 1월 22일
1차심사 : 2013년 1월 24일
심사완료 : 2013년 2월 22일

Journal of KIIEE, Vol.27, No.3, March 2013
Copyright © 2013 KIIEE All right's reserved

○ Evaluation of Operation and Safety for School Zone Application of Ulaanbaatar 46th School Using Microscopic Traffic Simulation Model


◆ June 27, 2014

Creative Contents Session-A

Chair : Bong-Gi Jun(Silla Univ.), Chan-Jung Kim(Chungbuk National Univ.), Jei-Young Lee(Kwandong Univ.)

3rd. Floor, ICC Jeju

001 - Data Models for Visualization Service of Scholarly Journal and Article Information 155
: Tae-Sul Seo(KISTI), Seon-Heui Choi(KISTI)

002 - Development of an Index to Search a High Performance Researcher Considering Main Author 157
: Wanjong Kim(KISTI)

003 - A Study on the Management Measures Design Books System in the Maintenance Stage 159
: Tae-Hak Kim(KICT), Nam-GonKim(KICT)

004 - Development of Driver Safety Assessment Method using Digital Tachograph 161
: Dongwon Choi(KICT), Yeohwan Yoon(KICT), Seungki Ryu(KICT)

005 - A Conceptual Model of Ecological Observation Service Supporting Data Life Cycle 163
: Taesang Huh(KISTI), Jae-Hyuck Kwak(KISTI), Sangwan Kim(KISTI), Eunkyu Byun(KISTI), Geunchul Park(KISTI), Soonwook Hwang(KISTI), Hoe-Kyung Jung(Paichai Univ.)

006 - Object Classification List for BIM-based Maintenance Information Modeling in Electric and Telecommunications Field 165
: Jong-Kwan Song(KICT), Geun-Ha Cho(KICT), Ki-Beom Ju(KICT)

007 - Evaluation of Operation and Safety for School Zone Application of Ulaanbaatar 46th School Using Microscopic Traffic Simulation Model 167
: Soon Yong Park(KICT), Suk-Ki Lee(KICT)

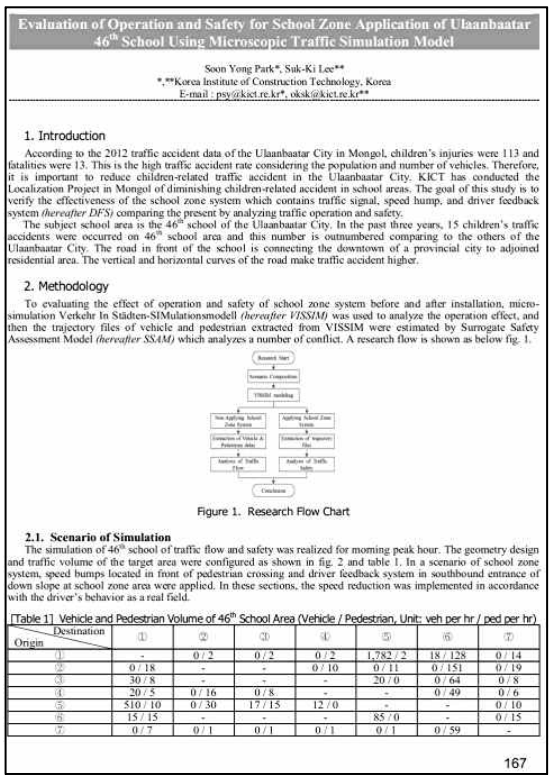
008 - Improvement Measures for Construction Business Information Systems through the Analysis of User Requirements 169
: Sung-Hoon Yang(KICT), Young-Jin Kim(KICT), Hyun Ok(KICT)

009 - Improvement of the Construction Technology Service Management System for the Management of Service Results 171
: SeongJin Kim(KICT), NamGon Kim(KICT), Hyun Ok(KICT)

010 - A study on operating heterogeneous data-farm services from the site administrator's perspective 173
: Namgyu Kim(KISTI), Hangjin Jang(KISTI)

011 - The Service Recommendation using QoS in Ubiquitous Computing 175
: Yun-Young Hwang(KISTI), Jungsun Yoon(KISTI), Kyu-Chul Lee(Chungnam National Univ.)

012 - Development of a query system for pothole 2D DB 177
: Taehyeong Kim(KICT), Seung-Ki Ryu(KICT)


Evaluation of Operation and Safety for School Zone Application of Ulaanbaatar 46th School Using Microscopic Traffic Simulation Model

Soon Yong Park*, Suk-Ki Lee**
*,**Korea Institute of Construction Technology, Korea
E-mail : psy@kict.re.kr*, oksk@kict.re.kr**

1. Introduction

According to the 2012 traffic accident data of the Ulaanbaatar City in Mongol, children's injuries were 113 and fatalities were 13. This is the high traffic accident rate considering the population and number of vehicles. Therefore, it is important to reduce children-related traffic accident in the Ulaanbaatar City. KICT has conducted the Localization Project in Mongol of diminishing children-related accident in school areas. The goal of this study is to verify the effectiveness of the school zone system which contains traffic signal, speed hump, and driver feedback system *(hereafter DFS)* comparing the present by analyzing traffic operation and safety.

The subject school area is the 46th school of the Ulaanbaatar City. In the past three years, 15 children's traffic accidents were occurred on 46th school area and this number is outnumbered comparing to the others of the Ulaanbaatar City. The road in front of the school is connecting the downtown of a provincial city to adjoined residential area. The vertical and horizontal curves of the road make traffic accident higher.

2. Methodology

To evaluating the effect of operation and safety of school zone system before and after installation, micro-simulation Verkehr In Städten-SIMulationsmodell *(hereafter VISSIM)* was used to analyze the operation effect, and then the trajectory files of vehicle and pedestrian extracted from VISSIM were estimated by Surrogate Safety Assessment Model *(hereafter SSAM)* which analyzes a number of conflict. A research flow is shown as below fig. 1.

Figure 1. Research Flow Chart

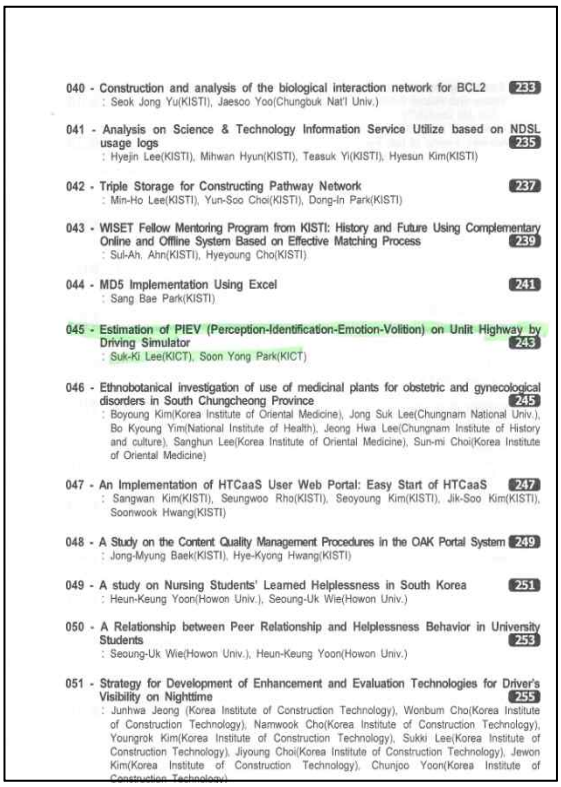
2.1. Scenario of Simulation

The simulation of 46th school of traffic flow and safety was realized for morning peak hour. The geometry design and traffic volume of the target area were configured as shown in fig. 2 and table 1. In a scenario of school zone system, speed bumps located in front of pedestrian crossing and driver feedback system in southbound entrance of down slope at school zone area were applied. In these sections, the speed reduction was implemented in accordance with the driver's behavior as a real field.

[Table 1] Vehicle and Pedestrian Volume of 46th School Area (Vehicle / Pedestrian, Unit: veh per hr / ped per hr)

Origin \ Destination	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
①	-	0 / 2	0 / 2	0 / 2	1,782 / 2	18 / 128	0 / 14
②	0 / 18	-	-	0 / 10	0 / 11	0 / 151	0 / 19
③	30 / 8	-	-	-	20 / 0	0 / 64	0 / 8
④	20 / 5	0 / 16	0 / 8	-	-	0 / 49	0 / 6
⑤	510 / 10	0 / 30	17 / 15	12 / 0	-	-	0 / 10
⑥	15 / 15	-	-	-	85 / 0	-	0 / 15
⑦	0 / 7	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 59	-

○ Estimation of PIEV (Perception−Identification−Emotion−Volition) on Unlit Highway by Driving Simulator



040 - Construction and analysis of the biological interaction network for BCL2 233
: Seok Jong Yu(KISTI), Jaesoo Yoo(Chungbuk Nat'l Univ.)

041 - Analysis on Science & Technology Information Service Utilize based on NDSL usage logs 235
: Hyejin Lee(KISTI), Mihwan Hyun(KISTI), Teasuk Yi(KISTI), Hyesun Kim(KISTI)

042 - Triple Storage for Constructing Pathway Network 237
: Min-Ho Lee(KISTI), Yun-Soo Choi(KISTI), Dong-In Park(KISTI)

043 - WISET Fellow Mentoring Program from KISTI: History and Future Using Complementary Online and Offline System Based on Effective Matching Process 239
: Sul-Ah. Ahn(KISTI), Hyeyoung Cho(KISTI)

044 - MD5 Implementation Using Excel 241
: Sang Bae Park(KISTI)

045 - Estimation of PIEV (Perception-Identification-Emotion-Volition) on Unlit Highway by Driving Simulator 243
: Suk-Ki Lee(KICT), Soon Yong Park(KICT)

046 - Ethnobotanical investigation of use of medicinal plants for obstetric and gynecological disorders in South Chungcheong Province 245
: Boyoung Kim(Korea Institute of Oriental Medicine), Jong Suk Lee(Chungnam National Univ.), Bo Kyoung Yim(National Institute of Health), Jeong Hwa Lee(Chungnam Institute of History and culture), Sanghun Lee(Korea Institute of Oriental Medicine), Sun-mi Choi(Korea Institute of Oriental Medicine)

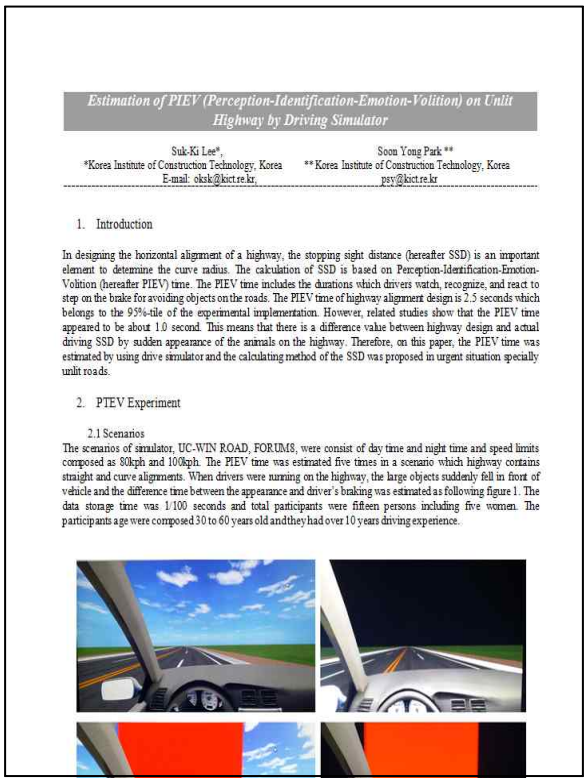
047 - An Implementation of HTCaaS User Web Portal: Easy Start of HTCaaS 247
: Sangwan Kim(KISTI), Seungwoo Rho(KISTI), Seoyoung Kim(KISTI), Jik-Soo Kim(KISTI), Soonwook Hwang(KISTI)

048 - A Study on the Content Quality Management Procedures in the OAK Portal System 249
: Jong-Myung Baek(KISTI), Hye-Kyong Hwang(KISTI)

049 - A study on Nursing Students' Learned Helplessness in South Korea 251
: Heun-Keung Yoon(Howon Univ.), Seoung-Uk Wie(Howon Univ.)

050 - A Relationship between Peer Relationship and Helplessness Behavior in University Students 253
: Seoung-Uk Wie(Howon Univ.), Heun-Keung Yoon(Howon Univ.)

051 - Strategy for Development of Enhancement and Evaluation Technologies for Driver's Visibility on Nighttime 255
: Junhwa Jeong (Korea Institute of Construction Technology), Wonbum Cho(Korea Institute of Construction Technology), Namwook Cho(Korea Institute of Construction Technology), Youngrok Kim(Korea Institute of Construction Technology), Sukki Lee(Korea Institute of Construction Technology), Jiyoung Choi(Korea Institute of Construction Technology), Jewon Kim(Korea Institute of Construction Technology), Chunjoo Yoon(Korea Institute of Construction Technology)



Estimation of PIEV (Perception-Identification-Emotion-Volition) on Unlit Highway by Driving Simulator

Suk-Ki Lee*, Soon Yong Park**
*Korea Institute of Construction Technology, Korea **Korea Institute of Construction Technology, Korea
E-mail: oksk@kict.re.kr, psy@kict.re.kr

1. Introduction

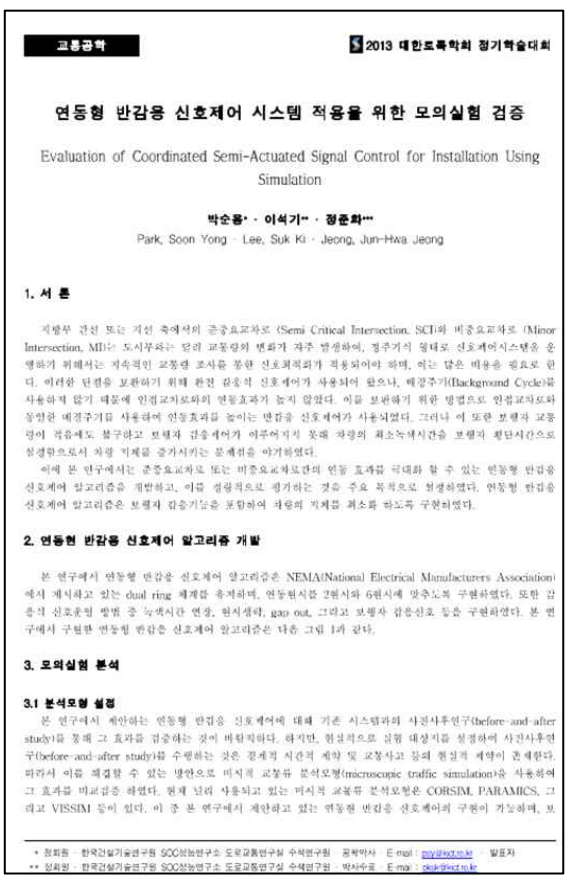
In designing the horizontal alignment of a highway, the stopping sight distance (hereafter SSD) is an important element to determine the curve radius. The calculation of SSD is based on Perception-Identification-Emotion-Volition (hereafter PIEV) time. The PIEV time includes the durations which drivers watch, recognize, and react to step on the brake for avoiding objects on the roads. The PIEV time of highway alignment design is 2.5 seconds which belongs to the 95%-tile of the experimental implementation. However, related studies show that the PIEV time appeared to be about 1.0 second. This means that there is a difference value between highway design and actual driving SSD by sudden appearance of the animals on the highway. Therefore, on this paper, the PIEV time was estimated by using drive simulator and the calculating method of the SSD was proposed in urgent situation specially unlit roads.

2. PIEV Experiment

2.1 Scenarios

The scenarios of simulator, UC-WIN ROAD, FORUMS, were consist of day time and night time and speed limits composed as 80kph and 100kph. The PIEV time was estimated five times in a scenario which highway contains straight and curve alignments. When drivers were running on the highway, the large objects suddenly fell in front of vehicle and the difference time between the appearance and driver's braking was estimated as following figure 1. The data storage time was 1/100 seconds and total participants were fifteen persons including five women. The participants age were composed 30 to 60 years old and they had over 10 years driving experience.

○ 연동형 반감응 신호제어 시스템 적용을 위한 모의실험 검증



교통공학 2013 대한토목학회 정기학술대회

연동형 반감응 신호제어 시스템 적용을 위한 모의실험 검증

Evaluation of Coordinated Semi-Actuated Signal Control for Installation Using Simulation

박순용* · 이석기** · 정준화***
Park, Soon Yong · Lee, Suk Ki · Jeong, Jun-Hwa

1. 서 론

지방부 간선 또는 지선 축에서의 준주요교차로 (Semi Critical Intersection, SCI)와 비주요교차로 (Minor Intersection, MI)는 도시부와는 달리 교통량의 변화가 자주 발생하여, 정주기식 형태로 신호제어시스템을 운영하기 위해서는 지속적인 교통량 조사를 통한 신호최적화가 적용되어야 하며, 이는 많은 비용을 필요로 한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 완전 감응식 신호제어가 사용되어 왔으나, 배경주기(Background Cycle)를 사용하지 않기 때문에 인접교차로와의 연동효과가 높지 않았다. 이를 보완하기 위한 방법으로 인접교차로와 동일한 배경주기를 사용하여 연동효과를 높이는 반감응 신호제어가 사용되었다. 그러나 이 또한 보행자 교통량이 적음에도 불구하고 보행자 감응제어가 이루어지지 못해 차량의 최소녹색시간을 보행자 횡단시간으로 설정함으로서 차량 지체를 증가시키는 문제점을 야기하였다.

이에 본 연구에서는 준주요교차로 또는 비주요교차로간의 연동 효과를 극대화 할 수 있는 연동형 반감응 신호제어 알고리즘을 개발하고, 이를 성능척도로 평가하는 것을 주요 목적으로 설정하였다. 연동형 반감응 신호제어 알고리즘은 보행자 감응기능을 포함하여 차량의 지체를 최소화 하도록 구현하였다.

2. 연동형 반감응 신호제어 알고리즘 개발

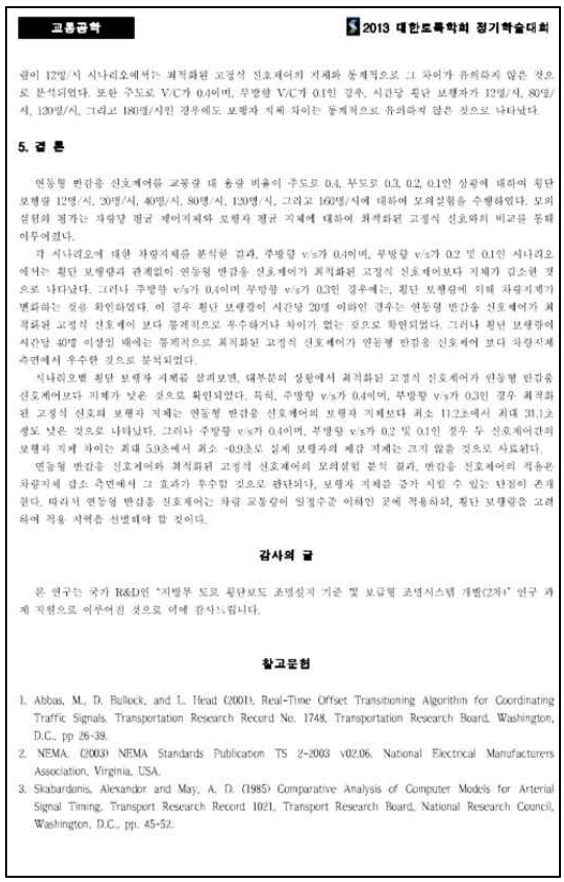
본 연구에서 연동형 반감응 신호제어 알고리즘은 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)에서 제시하고 있는 dual ring 체계를 축적하여, 연동현시를 2현시와 6현시에 맞추도록 구현하였다. 또한 감응식 신호운영 방법 중 녹색시간 연장, 현시생략, gap out, 그리고 보행자 감응신호 등을 구현하였다. 본 연구에서 구현한 연동형 반감응 신호제어 알고리즘은 다음 그림 1과 같다.

3. 모의실험 분석

3.1 분석모형 설정

본 연구에서 제안하는 연동형 반감응 신호제어에 대해 기존 시스템과의 사전사후연구(before-and-after study)를 통해 그 효과를 검증하는 것이 바람직하다. 하지만, 현실적으로 실험 대상지를 설정하여 사전사후연구(before-and-after study)를 수행하는 것은 결제적 시간적 제약 및 교통사고 등의 현실적 제약이 존재한다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방안으로 미시적 교통류 분석모형(microscopic traffic simulation)을 사용하여 그 효과를 비교검증 하였다. 현재 널리 사용되고 있는 미시적 교통류 분석모형은 CORSIM, PARAMICS, 그리고 VISSIM 등이 있다. 이 중 본 연구에서 제안하고 있는 연동형 반감응 신호제어의 구현이 가능하며, 보

* 정회원 · 한국건설기술연구원 SOC성능연구소 도로교통연구실 수석연구원 · 공학박사 · E-mail : psy@kict.re.kr · 발표자
** 정회원 · 한국건설기술연구원 SOC성능연구소 도로교통연구실 수석연구원 · 박사수료 · E-mail : oksk@kict.re.kr



교통공학 2013 대한토목학회 정기학술대회

량이 12명/시 시나리오에서는 최적화된 고정식 신호제어의 지체와 통계적으로 그 차이가 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 또한 주도로 V/C가 0.4이며, 부방향 V/C가 0.1인 경우, 시간당 횡단 보행자가 12명/시, 80명/시, 120명/시, 그리고 180명/시인 경우에도 보행자 지체 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

5. 결 론

연동형 반감응 신호제어를 교통량 대 용량 비율이 주도로 0.4, 부도로 0.3, 0.2, 0.1인 상황에 대하여 횡단 보행량 12명/시, 30명/시, 40명/시, 80명/시, 120명/시, 그리고 160명/시에 대하여 모의실험을 수행하였다. 모의실험의 평가는 차량당 평균 제어지체와 보행자 평균 지체에 대하여 최적화된 고정식 신호와의 비교를 통해 이루어졌다.

각 시나리오에 대한 차량지체를 분석한 결과, 주방향 v/s가 0.4이며, 부방향 v/s가 0.2 및 0.1인 시나리오에서는 횡단 보행량과 관계없이 연동형 반감응 신호제어가 최적화된 고정식 신호제어보다 지체가 감소한 것으로 나타났다. 그러나 주방향 v/s가 0.4이며 부방향 v/s가 0.3인 경우에는, 횡단 보행량에 의해 차량지체가 변화하는 것을 확인하였다. 이 경우 횡단 보행량이 시간당 20명 이하인 경우는 연동형 반감응 신호제어가 최적화된 고정식 신호제어 보다 통계적으로 우수하거나 차이가 없는 것으로 확인되었다. 그러나 횡단 보행량이 시간당 40명 이상인 때에는 통계적으로 최적화된 고정식 신호제어가 연동형 반감응 신호제어 보다 차량지체 측면에서 우수한 것으로 분석되었다.

시나리오별 횡단 보행자 지체를 살펴보면, 대부분의 상황에서 최적화된 고정식 신호제어가 연동형 반감응 신호제어보다 지체가 낮은 것으로 확인되었다. 특히, 주방향 v/s가 0.4이며, 부방향 v/s가 0.3인 경우 최적화된 고정식 신호의 보행자 지체는 연동형 반감응 신호제어의 보행자 지체보다 최소 11.2초에서 최대 31.1초 정도 낮은 것으로 나타났다. 그러나 주방향 v/s가 0.4이며, 부방향 v/s가 0.2 및 0.1인 경우 두 신호제어간의 보행자 지체 차이는 최대 5.9초에서 최소 -0.9초로 실제 보행자의 체감 지체는 크지 않을 것으로 사료된다.

연동형 반감응 신호제어와 최적화된 고정식 신호제어의 모의실험 분석 결과, 반감응 신호제어의 적용은 차량지체 감소 측면에서 그 효과가 우수할 것으로 판단되나, 보행자 지체를 증가 시킬 수 있는 단점이 존재한다. 따라서 연동형 반감응 신호제어는 차량 교통량이 일정수준 이하인 곳에 적용하되, 횡단 보행량을 고려하여 적용 지역을 선별해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국가 R&D인 "지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발(2차)" 연구 과제 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Abbas, M., D. Bullock, and L. Head (2001). Real-Time Offset Transitioning Algorithm for Coordinating Traffic Signals. Transportation Research Record No. 1748, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp 26-39.
2. NEMA. (2003) NEMA Standards Publication TS 2-2003 v02.06. National Electrical Manufacturers Association, Virginia, USA.
3. Skabardonis, Alexandor and May, A. D. (1985) Comparative Analysis of Computer Models for Arterial Signal Timing. Transport Research Record 1021, Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 45-52.

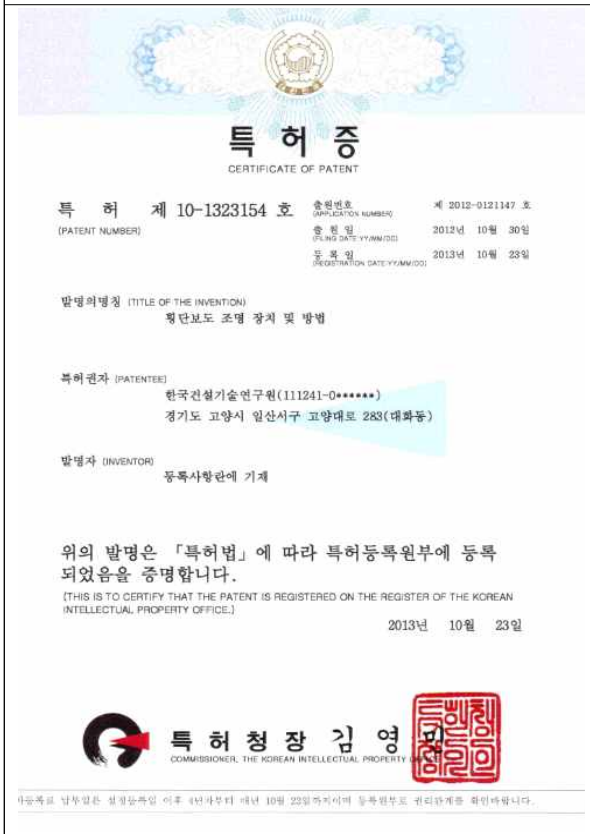
○ 횡단보도의 시인성 향상을 위한 기준검토 및 검증 테스트를 통한 보완기준(안) 연구
– 2014. 08월 게재 확정(한국조명전기설비학회)

나. 지재권 성과

<표 3-8> 지재권 성과

유형	특허명칭	등록번호	등록일	출원인
특허	횡단보도 조명장치 및 방법	10-1323154	2013.12.03	한국건설기술연구원
특허	횡단보도 조명장치 및 방법	10-1338916	2013.10.23	한국건설기술연구원
특허	횡단보도 조명등 및 횡단보도 조명등의 설치 방법	10-1307372	2013.09.05	한국건설기술연구원
특허	횡단보도 안전시스템 및 그의 작동방법	10-1408029	2014.06.10	㈜온텍시스템
특허	횡단보도 조명장치	10-1407346	2014.06.09	㈜온텍시스템
특허	횡단보도 조명장치용 반사갓	출원번호 10-2014-0049720	출원일자 2014.04.25	㈜아이라이트
디자인	LED횡단보도등	30-2014-0037843	2014.08.01	㈜온텍시스템
S/W	LED(엘이디) 횡단보도조명등 제어 프로그램	C-2012-028170	2012.12.26	㈜온텍시스템

○ 횡단보도 조명장치 및 방법



특 허 증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1323154 호 (PATENT NUMBER)
출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2012-0121147 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2012년 10월 30일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 10월 23일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
횡단보도 조명 장치 및 방법

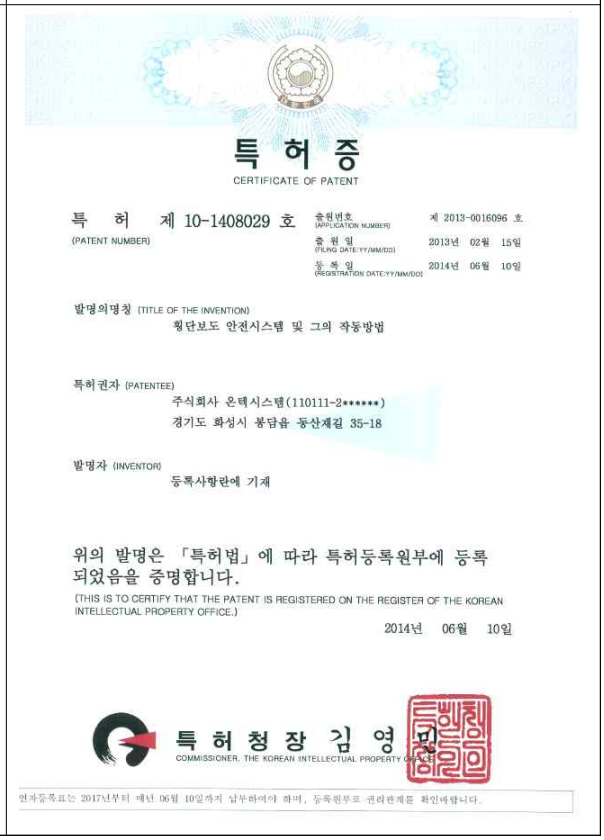
특허권자 (PATENTEE)
한국건설기술연구원(111241-0******)
경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)
2013년 10월 23일

특허청장 김 영 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

○ 횡단보도 안전시스템 및 그의 작동방법



특 허 증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1408029 호 (PATENT NUMBER)
출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0016096 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 02월 15일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 06월 10일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
횡단보도 안전시스템 및 그의 작동방법

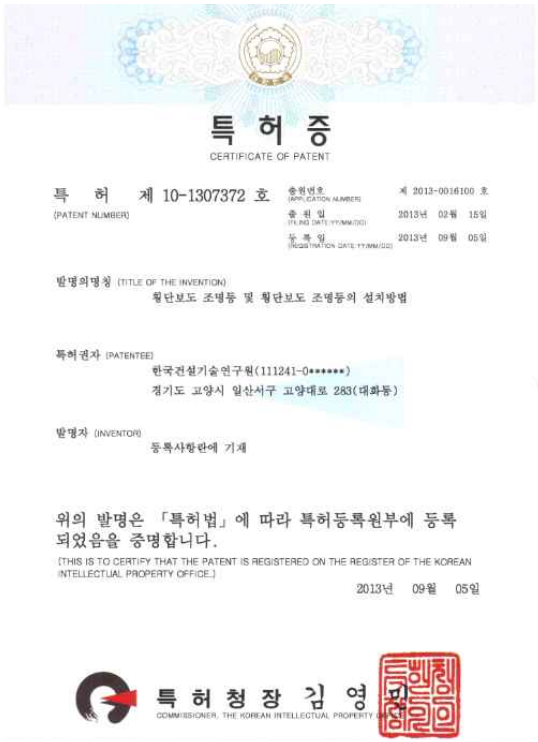
특허권자 (PATENTEE)
주식회사 온텍시스템(110111-2******)
경기도 화성시 봉담읍 동산제길 35-18

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)
2014년 06월 10일

특허청장 김 영 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

○ 횡단보도 조명등 및 횡단보도 조명등의 설치 방법



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1307372 호 (PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0016100 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 02월 15일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 09월 05일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

횡단보도 조명등 및 횡단보도 조명등의 설치방법

특허권자 (PATENTEE)

한국건설기술연구원(111241-0******)

경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 09월 05일

특허청장 김 영 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

○ 횡단보도 안전시스템 및 그의 작동방법



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1408029 호 (PATENT NUMBER)

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

횡단보도 안전시스템 및 그의 작동방법

특허권자 (PATENTEE)

주식회사 온텍시스템([110111-2******])

경기도 화성시 봉담읍 동산재길 35-18

발명자 (INVENTOR)

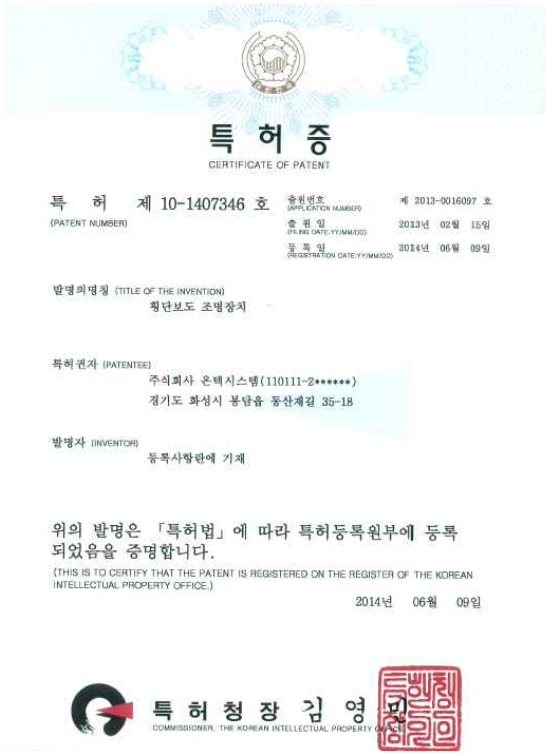
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 06월 10일

○ 횡단보도 조명장치



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1407346 호 (PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0016097 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 02월 15일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 06월 09일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

횡단보도 조명장치

특허권자 (PATENTEE)

주식회사 온텍시스템(110111-2******)

경기도 화성시 봉담읍 동산재길 35-18

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

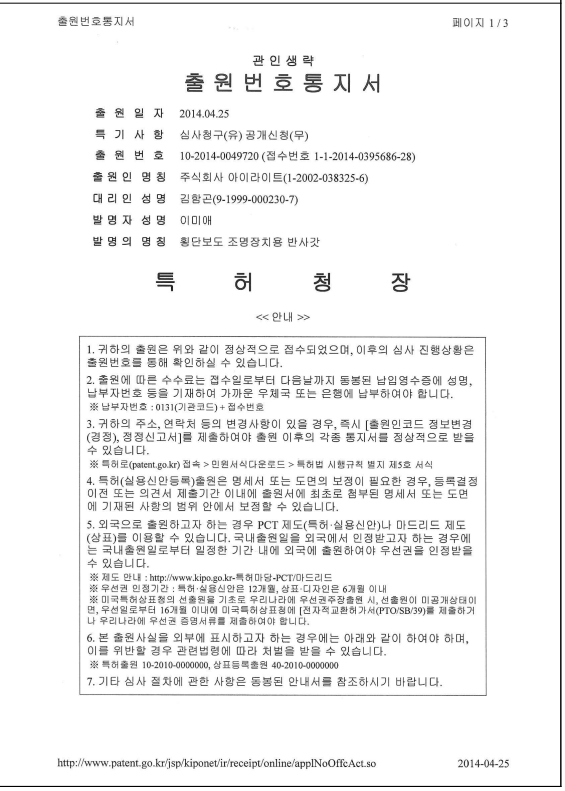
위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 06월 09일

특허청장 김 영 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

○ 횡단보도 조명장치용 반사갓



출원번호통지서 페이지 1 / 3

관인생략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2014.04.25

특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)

출 원 번 호 10-2014-0049720 (접수번호 1-1-2014-0395686-28)

출원인 명칭 주식회사 아이라이트(1-2002-038325-6)

대 리 인 성 명 김황곤(9-1999-000230-7)

발 명 자 성 명 이미애

발 명 의 명 칭 횡단보도 조명장치용 반사갓

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

http://www.patent.go.kr/jsp/kiponet/ir/receipt/online/applNoOffcAct.so 2014-04-25

○ LED 횡단보도등	○ LED(엘이디) 횡단보도조명등 제어 프로그램
2014-08-01 【서지사항】 【서류명】 디자인등록출원서 【출원구분】 디자인심사등록출원 【출원인】 【명칭】 주식회사 온텍시스템 【출원인코드】 1-2002-030091-2 【대리인】 【명칭】 특허법인대한 【대리인코드】 9-2010-100001-4 【지정된변리사】 장호진 【포괄위임등록번호】 2013-011473-2 【1디자인, 복수디자인 여부】 1디자인 【물품류】 제26류 【디자인의 대상이 되는 물품】 LED횡단보도등 【단독디자인, 유사디자인 여부】 단독디자인 【창작자】 【성명】 조중호 【성명의 영문표기】 Cho Jung Ho 【주민등록번호】 710730-1XXXXXX 【우편번호】 435-753 【주소】 경기도 군포시 수리산로 102 (산본동, 설악아파트) 852-1302호 11-1	제 C-2012-028170 호 프 로 그 램 등 록 증 1. 프로그램의 제호 LED(엘이디) 횡단보도조명등 제어 프로그램 (명칭) 2. 저작자 성명 (주)온텍시스템 (법인명) 경기 성남시 중원구 상대원동 3. 생년월일 110111-2428567 (법인등록번호) 4. 창작연월일 2012년10월18일 5. 공표연월일 - 6. 등록사항 저작자 : (주)온텍시스템, 창작 : 2012.10.18 7. 등록연월일 2012년12월26일 「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다. 2012년 12월 27일 한국저작권위원회

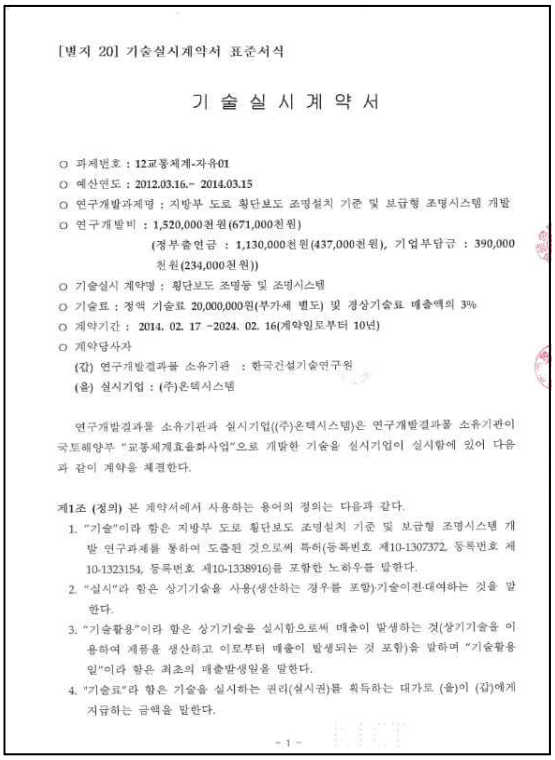
3.2 기술 실시 및 현장 적용

가. 기술 실시

<표 3-9> 기술 시시 현황

계약명	실시기업명	계약체결일	징수일자	징수금액 (천원)	계약 유형
횡단보도 조명등 및 조명시스템	㈜온텍시스템	2014.02	2014.02	20,000	혼합 (경상 : 매출액의 3%)
	㈜아이라이트	2014.02	2014.12	10,000	혼합 (경상 : 매출액의 4%)
	㈜재영비즈	2014.08	2014.10	30,000	혼합 (경상 : 매출액의 2%)

○ ㈜온텍시스템



[별지 20] 기술실시계약서 표준서식

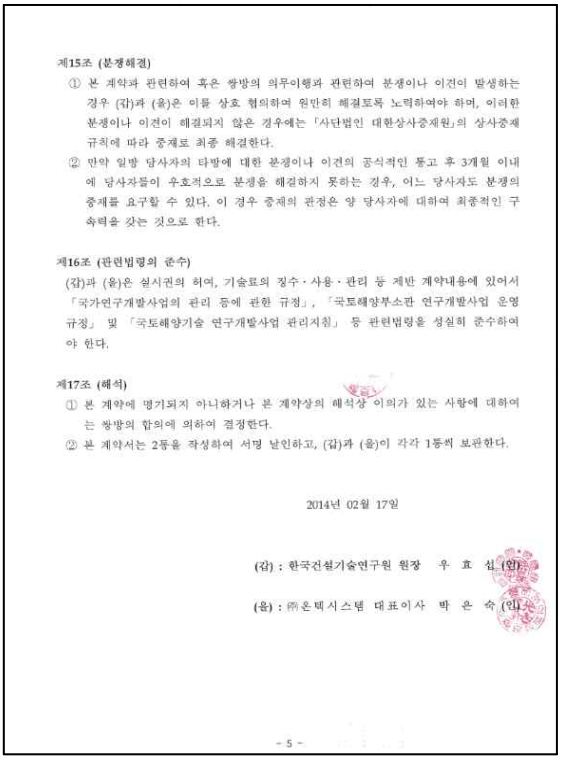
기 술 실 시 계 약 서

○ 과제번호 : 12교통체계-자유01
○ 예산연도 : 2012.03.16.~ 2014.03.15
○ 연구개발과제명 : 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발
○ 연구개발비 : 1,520,000천원(671,000천원)
(정부출연금 : 1,130,000천원(437,000천원), 기업부담금 : 390,000천원(234,000천원))
○ 기술실시 계약명 : 횡단보도 조명등 및 조명시스템
○ 기술료 : 정액 기술료 20,000,000원(부가세 별도) 및 경상기술료 매출액의 3%
○ 계약기간 : 2014. 02. 17 ~2024. 02. 16(계약일로부터 10년)
○ 계약당사자
(갑) 연구개발결과물 소유기관 : 한국건설기술연구원
(을) 실시기업 : (주)온텍시스템

연구개발결과물 소유기관과 실시기업((주)온텍시스템)은 연구개발결과물 소유기관이 국토해양부 "교통체계효율화사업"으로 개발한 기술을 실시기업이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
1. "기술"이라 함은 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 연구과제를 통하여 도출된 것으로써 특허(등록번호 제10-1307372, 등록번호 제10-1323154, 등록번호 제10-1338916)를 포함한 노하우를 말한다.
2. "실시"라 함은 상기기술을 사용(생산하는 경우를 포함)·기술이전·대여하는 것을 말한다.
3. "기술활용"이라 함은 상기기술을 실시함으로써 매출이 발생하는 것(상기기술을 이용하여 제품을 생산하고 이로부터 매출이 발생되는 것 포함)을 말하며 "기술활용일"이라 함은 최초의 매출발생일을 말한다.
4. "기술료"라 함은 기술을 실시하는 권리(실시권)를 획득하는 대가로 (을)이 (갑)에게 지급하는 금액을 말한다.

- 1 -



제15조 (분쟁해결)
① 본 계약과 관련하여 혹은 쌍방의 의무이행과 관련하여 분쟁이나 이견이 발생하는 경우 (갑)과 (을)은 이를 상호 협의하여 원만히 해결토록 노력하여야 하며, 이러한 분쟁이나 이견이 해결되지 않은 경우에는 「사단법인 대한상사중재원」의 상사중재 규칙에 따라 중재로 최종 해결한다.
② 만약 일방 당사자의 타방에 대한 분쟁이나 이견의 공식적인 통고 후 3개월 이내에 당사자들이 우호적으로 분쟁을 해결하지 못하는 경우, 어느 당사자도 분쟁의 중재를 요구할 수 있다. 이 경우 중재의 판정은 양 당사자에 대하여 최종적인 구속력을 갖는 것으로 한다.

제16조 (관련법령의 준수)
(갑)과 (을)은 실시권의 허여, 기술료의 징수·사용·관리 등 제반 계약내용에 있어서 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」, 「국토해양부소관 연구개발사업 운영규정」 및 「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 등 관련법령을 성실히 준수하여야 한다.

제17조 (해석)
① 본 계약에 명기되지 아니하거나 본 계약상의 해석상 이의가 있는 사항에 대하여는 쌍방의 합의에 의하여 결정한다.
② 본 계약서는 2통을 작성하여 서명 날인하고, (갑)과 (을)이 각각 1통씩 보관한다.

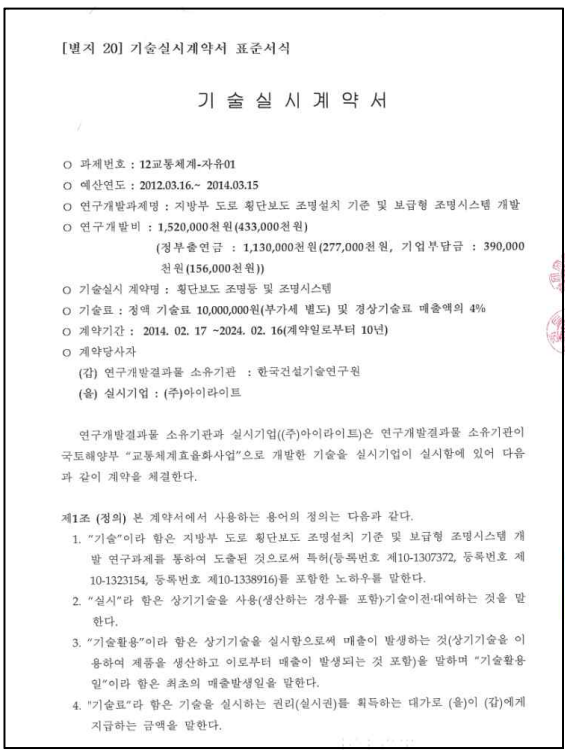
2014년 02월 17일

(갑) : 한국건설기술연구원 원장 우 효 섭 (인)

(을) : ㈜온텍시스템 대표이사 박 은 숙 (인)

- 5 -

○ ㈜아이라이트



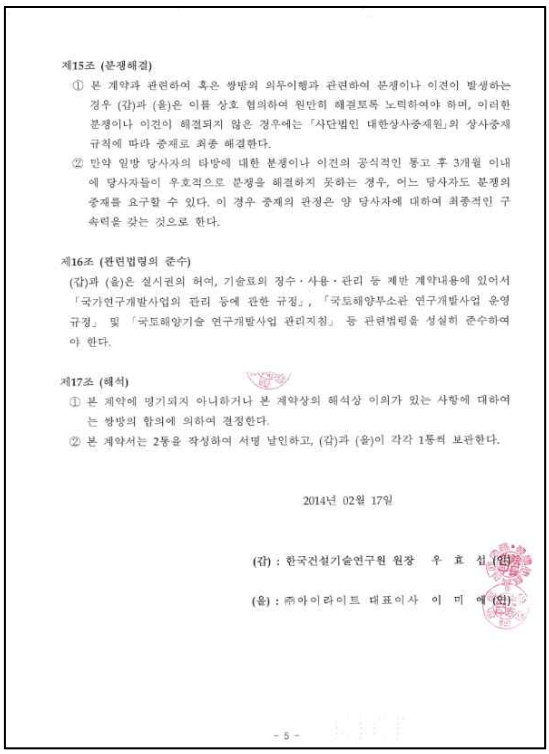
[별지 20] 기술실시계약서 표준서식

기 술 실 시 계 약 서

○ 과제번호 : 12교통체계-자유01
○ 예산연도 : 2012.03.16.~ 2014.03.15
○ 연구개발과제명 : 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발
○ 연구개발비 : 1,520,000천원(433,000천원)
(정부출연금 : 1,130,000천원(277,000천원, 기업부담금 : 390,000천원(156,000천원))
○ 기술실시 계약명 : 횡단보도 조명등 및 조명시스템
○ 기술료 : 정액 기술료 10,000,000원(부가세 별도) 및 경상기술료 매출액의 4%
○ 계약기간 : 2014. 02. 17 ~2024. 02. 16(계약일로부터 10년)
○ 계약당사자
(갑) 연구개발결과물 소유기관 : 한국건설기술연구원
(을) 실시기업 : (주)아이라이트

연구개발결과물 소유기관과 실시기업((주)아이라이트)은 연구개발결과물 소유기관이 국토해양부 "교통체계효율화사업"으로 개발한 기술을 실시기업이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
1. "기술"이라 함은 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 연구과제를 통하여 도출된 것으로써 특허(등록번호 제10-1307372, 등록번호 제10-1323154, 등록번호 제10-1338916)를 포함한 노하우를 말한다.
2. "실시"라 함은 상기기술을 사용(생산하는 경우를 포함)·기술이전·대여하는 것을 말한다.
3. "기술활용"이라 함은 상기기술을 실시함으로써 매출이 발생하는 것(상기기술을 이용하여 제품을 생산하고 이로부터 매출이 발생되는 것 포함)을 말하며 "기술활용일"이라 함은 최초의 매출발생일을 말한다.
4. "기술료"라 함은 기술을 실시하는 권리(실시권)를 획득하는 대가로 (을)이 (갑)에게 지급하는 금액을 말한다.



제15조 (분쟁해결)
① 본 계약과 관련하여 혹은 쌍방의 의무이행과 관련하여 분쟁이나 이견이 발생하는 경우 (갑)과 (을)은 이를 상호 협의하여 원만히 해결토록 노력하여야 하며, 이러한 분쟁이나 이견이 해결되지 않은 경우에는 「사단법인 대한상사중재원」의 상사중재 규칙에 따라 중재로 최종 해결한다.
② 만약 일방 당사자의 타방에 대한 분쟁이나 이견의 공식적인 통고 후 3개월 이내에 당사자들이 우호적으로 분쟁을 해결하지 못하는 경우, 어느 당사자도 분쟁의 중재를 요구할 수 있다. 이 경우 중재의 판정은 양 당사자에 대하여 최종적인 구속력을 갖는 것으로 한다.

제16조 (관련법령의 준수)
(갑)과 (을)은 실시권의 허여, 기술료의 징수·사용·관리 등 제반 계약내용에 있어서 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」, 「국토해양부소관 연구개발사업 운영규정」 및 「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 등 관련법령을 성실히 준수하여야 한다.

제17조 (해석)
① 본 계약에 명기되지 아니하거나 본 계약상의 해석상 이의가 있는 사항에 대하여는 쌍방의 합의에 의하여 결정한다.
② 본 계약서는 2통을 작성하여 서명 날인하고, (갑)과 (을)이 각각 1통씩 보관한다.

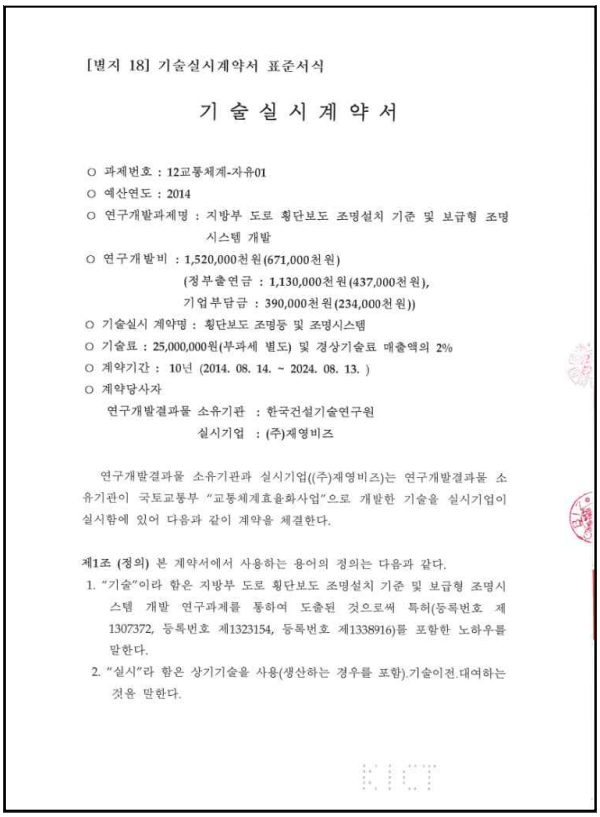
2014년 02월 17일

(갑) : 한국건설기술연구원 원장 우 효 섭 (인)

(을) : ㈜아이라이트 대표이사 이 미 예 (인)

- 5 -

○ ㈜재영비즈



[별지 18] 기술실시계약서 표준서식

기 술 실 시 계 약 서

○ 과제번호 : 12교통체계-자유01
○ 예산연도 : 2014
○ 연구개발과제명 : 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명 시스템 개발
○ 연구개발비 : 1,520,000천원(671,000천원)
(정부출연금 : 1,130,000천원(437,000천원),
기업부담금 : 390,000천원(234,000천원))
○ 기술실시 계약명 : 횡단보도 조명등 및 조명시스템
○ 기술료 : 25,000,000원(부과세 별도) 및 경상기술료 매출액의 2%
○ 계약기간 : 10년 (2014. 08. 14. ~ 2024. 08. 13.)
○ 계약당사자
연구개발결과물 소유기관 : 한국건설기술연구원
실시기업 : (주)재영비즈

연구개발결과물 소유기관과 실시기업((주)재영비즈)는 연구개발결과물 소유기관이 국토교통부 "교통체계효율화사업"으로 개발한 기술을 실시기업이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
1. "기술"이라 함은 지방부 도로 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템 개발 연구과제를 통하여 도출된 것으로써 특허(등록번호 제1307372, 등록번호 제1323154, 등록번호 제1338916)를 포함한 노하우를 말한다.
2. "실시"라 함은 상기기술을 사용(생산하는 경우를 포함).기술이전.대여하는 것을 말한다.

제13조 (명칭사용)
실시기업은 본 계약과 관련하여 취득한 정보 및 연구개발결과물 소유기관이 실시기업에게 제공한 보고서나 문서의 일부 또는 전부에 대한 그 원본이나 복제, 복사물을 연구개발결과물 소유기관의 동의 없이 광고, 판매 촉진, 기타 선전의 목적 및 쟁송상의 자료로 사용할 수 없으며, 또한 상기의 목적으로 "주관연구기관(국토교통부 포함)"의 명칭을 암시하거나 사용하여서는 아니된다.

제14조 (권리양도의 제한)
연구개발결과물 소유기관과 실시기업은 특약이 없는 한 상대방의 동의 없이 기술실시 과정에서 취득되는 제반 권리를 제3자에게 제공하거나 양도할 수 없다.

제15조 (분쟁해결)
본 계약과 관련하여 혹은 쌍방의 의무이행과 관련하여 분쟁이나 이견이 발생하는 경우 연구개발결과물 소유기관과 실시기업은 이를 상호 협의하여 원만히 해결토록 노력하여야 하며, 이러한 분쟁이나 이견이 해결되지 않아 소송을 제기하는 경우 의정부지방법원 고양지원을 관할법원으로 한다.

제16조 (관련법령의 준수)
연구개발결과물 소유기관과 실시기업은 실시권의 허여, 기술료의 징수·사용·관리 등 제반 계약내용에 있어서 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」, 「국토교통부소관 연구개발사업 운영규정」 및 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 등 관련법령을 성실히 준수하여야 한다.

제17조 (해석)
① 본 계약에 명기되지 아니하거나 본 계약상의 해석상 이의가 있는 사항에 대하여는 쌍방의 합의에 의하여 결정한다.
② 본 계약서는 2통을 작성하여 서명 날인하고, 연구개발결과물 소유기관과 실시기업이 각각 1통씩 보관한다.

2014년 08월 14일

연구개발결과물 소유기관 : 한국건설기술연구원 원장 우 효 섭 (인)

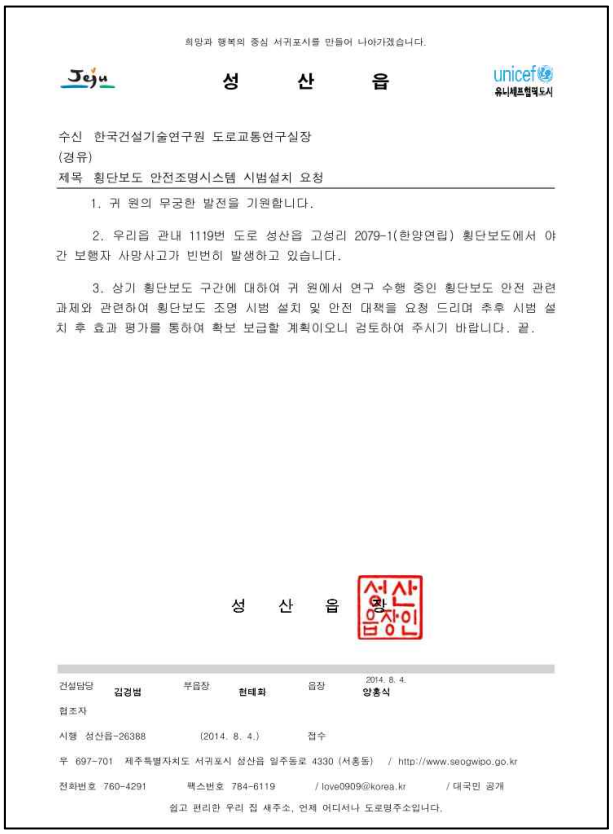
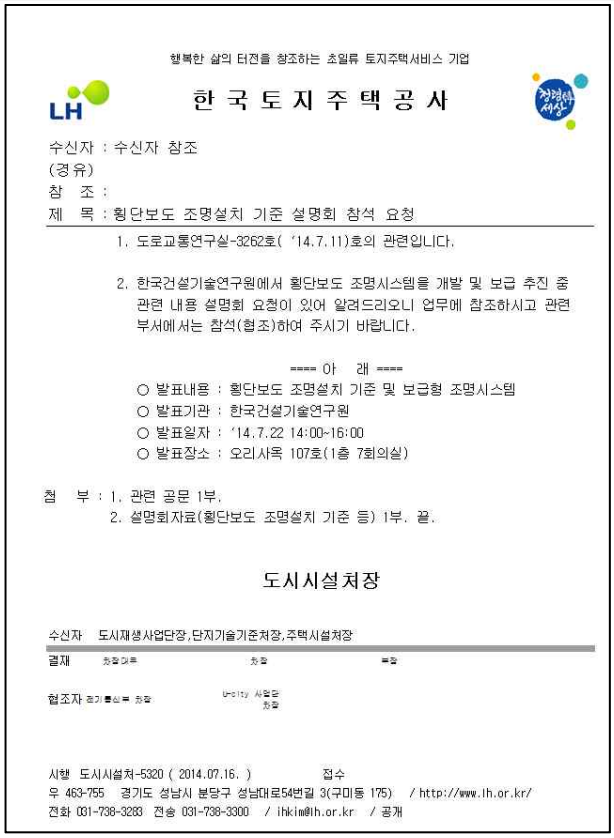
실시기업 : (주)재영비즈 대표이사 구 경 모 (인)

나. 현장 적용 및 실용화 : 총 4건(고양시 2건, 제주 성산 1건, 향남지구 1건)

(1) 현장 적용

<표 3-10> 현장 적용 실적

적용 현장	적용 유형	적용 수량	설치 내용
고양시 풍동 세원고 앞 횡단보도	온로드 테스트베드 시범설치(4차로 도로)	1 set	횡단보도 조명등 및 조명 시스템
고양시 송포동 무명2교 앞 횡단보도	온로드 테스트베드 시범설치(2차로 도로)	1 set	횡단보도 조명등 및 조명 시스템
제주시 성산읍 고성리 한양연립 앞 횡단보도	수요처 시범설치 요청	1 set	횡단보도 조명등 및 조명시스템
LH 공사 향남지구	수요처 시범설치 요청	1 set	횡단보도 조명

- 제주시 성산읍사무소 요청 공문	- 성과 확산을 위한 수요처 대응 (LH공사 본사 발표, '14.7.22)
	
<그림 3-3> 현장 적용(제주시 성산읍)	<그림 3-4> 수요처 기술 설명회(LH공사 본사)

희망과 행복의 중심 서귀포시를 만들어 나아가겠습니다.

성 산 읍

unicef 유니세프협력도시

수신 한국건설기술연구원 도로교통연구실장
(경유)
제목 횡단보도 안전조명시스템 시범설치 요청

1. 귀 원의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 우리읍 관내 1119번 도로 성산읍 고성리 2079-1(한양연립) 횡단보도에서 야간 보행자 사망사고가 빈번히 발생하고 있습니다.

3. 상기 횡단보도 구간에 대하여 귀 원에서 연구 수행 중인 횡단보도 안전 관련 과제와 관련하여 횡단보도 조명 시범 설치 및 안전 대책을 요청 드리며 추후 시범 설치 후 효과 평가를 통하여 확보 보급할 계획이오니 검토하여 주시기 바랍니다. 끝.

성 산 읍 성산읍장인

건설담당 김경범 부읍장 현태화 읍장 양홍식 2014. 8. 4.
협조자

시행 성산읍-26388 (2014. 8. 4.) 접수

우 697-701 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 일주동로 4330 (서홍동) / http://www.seogwipo.go.kr
전화번호 760-4291 팩스번호 784-6119 / love0909@korea.kr / 대국민 공개

쉽고 편리한 우리 집 새주소, 언제 어디서나 도로명주소입니다.

행복한 삶의 터전을 창조하는 초일류 토지주택서비스 기업

한 국 토 지 주 택 공 사

수신자 : 수신자 참조
(경유)
참 조 :
제 목 : 횡단보도 조명설치 기준 설명회 참석 요청

1. 도로교통연구실-3262호('14.7.11)호의 관련입니다.

2. 한국건설기술연구원에서 횡단보도 조명시스템을 개발 및 보급 추진 중 관련 내용 설명회 요청이 있어 알려드리오니 업무에 참조하시고 관련 부서에서는 참석(협조)하여 주시기 바랍니다.

==== 아 래 ====

○ 발표내용 : 횡단보도 조명설치 기준 및 보급형 조명시스템
○ 발표기관 : 한국건설기술연구원
○ 발표일자 : '14.7.22 14:00~16:00
○ 발표장소 : 오리사옥 107호(1층 7회의실)

첨 부 : 1. 관련 공문 1부.
2. 설명회자료(횡단보도 조명설치 기준 등) 1부. 끝.

도시시설처장

수신자 도시재생사업단장,단지기술기준처장,주택시설처장

결재 처장전결 처장 부장

협조자 관리통신부 처장 사업관리 처장

시행 도시시설처-5320 (2014.07.16.) 접수
우 463-755 경기도 성남시 분당구 성남대로54번길 3(구미동 175) / http://www.lh.or.kr/
전화 031-738-3283 전송 031-738-3300 / ihkim@lh.or.kr / 공개

(2) 사업화/실용화

<표 3-11> 사업화 실적

사업화명	사업화내용	업체명	사업자 등록번호	매출액(천원)	매출발생년도
몽골 스쿨존 안전 대책 마련	횡단보도 조명등 납품	㈜온텍시스템	215-86-20164	4,000	2014

제4장 연구목표 달성 및 효과

1. 연구개발 최종목표 달성도

<표 4-1> 1차년도 연구성과 및 달성 여부

핵심 성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		1차년도(2012~2013) 질적성과 검증 기준				달성 여부
				질적목표(측정방법)	검증 방법	목표수준		
						목표치	달성치	
1	횡단보도 조명시스템 개념 및 기초 설계	1-1	횡단보도 조명기준 타당성 분석 결과	횡단보도 조명기준 개정을 위한 근거자료 도출	국내학술지 게재 여부	1건	1건	100%
			횡단보도 조명 유형환경 분석	횡단보도 시인성 향상을 위한 조명환경 도출	국내학술지 게재 여부	1건	1건	100%
2	횡단보도 조명시스템 방열기술 기초 설계	2-1	국내·외 등기구 방열기술 분석	방열기술 조사 및 분석	보고서	1건	1건	100%
		2-2	자연순환방열 시스템	- 열저항 20% 개선 - 방열판 면적 20% 축소	단위 테스트 결과	20% 20%	- 열저항 25 개선 - 방열판 면적 20% 축소	100%
3	종합분석에 따른 횡단보도 조명시설 기준개발	3-1	횡단보도 조명시설 기준(안) 개발	횡단보도 조명시설 기준(안) 도출	보고서	1건	기준(안) 도출	100%
4	멀티라이팅이 가능한 횡단보도 조명시스템 개발	4-1	횡단보도 등기구 광학 설계	배광 유형 분석	보고서	1건	1건	100%
		4-2	횡단보도 등기구 구조와 적용 개념도	횡단보도 등기구 외함과 폴구조 개념 설계도(2D)	보고서	1건	1건	100%
5	횡단보도 조명시스템 제어기술 개발	5-1	교통신호기 연계·연동 기술	알고리즘 판단 정확도 90% 이상	단위 테스트 결과	100%	100%	100%

<표 4-2> 2차년도 연구성과 및 달성 여부

핵심 성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		2차년도(2013~2014) 질적성과 검증 기준				달성 여부
				질적목표(측정방법)	검증 방법	목표수준		
						목표치	달성치	
1	멀티라이팅이 가능한 횡단보도 조명시스템 개발	1-1	멀티라이팅 광학설계	광학설계 정확도 80%	단위 테스트 결과	80%	100%	달성
2	횡단보도 조명시스템 방열기술 및 제어기술 개발	2-1	LED횡단보도조명 등기구 외함 설계 및 제작	열저항 15% 향상	단위 테스트 결과	15%	59%	달성
		2-2	멀티입력디밍 컨트롤러	멀티입력디밍 컨트롤러 작동 정확도	단위 테스트 결과	100%	100%	달성
3	Off-Road Test를 통한 광환경 측정 및 평가	3-1	광환경 측정 및 평가	광환경 측정	단위 테스트 결과 (기준 부합성)	70%	100%	달성
		3-2	시인성 평가	보행자 보임조건 비교평가 (기존 대비)	단위 테스트 결과	1건	1건	달성
4	테스트베드 구축(On-Road Test) 및 평가	4-1	횡단보도 조명시스템 구축	테스트베드 구축 건수	기본 가동 여부	1건	4건	초과 달성
		4-2	광환경 측정 및 평가	광환경 측정	단위 테스트 결과	기준 만족 여부	기준 만족	달성
		4-3	에너지 효율성 평가	에너지 절감 30% (기존 대비)	단위 테스트 결과	30%	31.3%	달성
5	설치 기준 및 표준화, 기술사업화	5-1	설치기준 표준화	도로안전시설 설치 및 관리지침 개정 및 KS(안)	관련 기준	2건	- 1건 완료 - 1건 진행	부분 달성
		5-2	기술사업화	기술실시계약 체결	계약서	2건	3건	초과 달성

2. 연구개발 성과의 기술적 효과분석

본 과제의 최종성과물은 횡단보도 보행자가 잘 보이는 조건을 감안한 기준과 그에 알맞은 측정방법을 제시하였다. 또한, 관련 기준에 만족하는 횡단보도 조명등 및 조명 시스템을 개발하여 야간 보행자 교통

안전성 향상을 도모하였다. <표 4-3>은 최종 성과물의 최적 목표성능과 목표 수준을 나타낸 것으로 연구 계획시 설정한 목표치 대비 달성 정도는 우수한 것으로 판단된다.

<표 4-3> 최종 성과물의 최적 목표성능과 목표 수준

단위 성과물	최적목표성능	목표 수준	
		목표치	달성치
광환경 측정 및 평가	관련 기준 만족	만족	만족
교통신호 연계 · 연동기술	알고리즘 정확도	90% 이상	100%
멀티라이팅 광학설계	멀티라이팅이 가능한 광학설계	80% 이상	80%
LED 횡단보도조명 등기구 외함설계 및 제작	열저항 개선	15%이상	59%
멀티입력 디밍 컨트롤러	멀티입력 디밍 콘트롤러 작동 정확도	100%	100%
에너지 효율성 평가	기존 대비 에너지 절감 개선	30%	31.3%

관련 기준을 만족하는 횡단보도 조명등 광환경 측정 및 평가는 온로드 테스트 베드에서 수행되었으며 본 연구개발 성과 결과를 객관적으로 증빙할 수 있는 지표이다. 또한, 최종 개발된 횡단보도 조명등은 수차례의 광학 시뮬레이션, 오프로드 및 온로드 테스트를 거쳐 수정・보완된 결과물이다.

교통신호 연계· 연동기술의 알고리즘 정확도 실험은 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 CASE별로 진행하였으며, CASE별 정확도를 종합하여 결과를 도출하였다.

LED 횡단보도조명 등기구의 방열실험은 공인기관에서 검교정을 받은 온도센서를 이용하여 진행하였으며, 1차년도 방열실험의 열저항 결과 대비 2차년도 방열실험의 열저항을 비교한 데이터이다.

멀티입력 디밍컨트롤러 작동 정확도 실험은 테스트베드에서 직접 진행하였으며, 현장에서 동작되는 로그데이터를 분석하여 결과를 도출하였다.

에너지 효율성 평가는 테스트베드에서 직접 진행하였으며, 야간에 LED횡단보도등을 100%로 점등한 소비전력량과 차량을 검지했을 경우 100%로 점등한 소비전력량(야간 평상시 50%로 점등)을 비교하여 결과를 도출하였다.

3. 연구개발 성과의 경제적 효과분석(시장창출, 고용창출 등)

3.1 시장 현황 및 규모

<표 4-4> 2013년도 횡단보도 조명등 사업

순번	수요기관	사업명칭	예산금액(원)	비고
1	경기도	횡단보도조명등설치	1,244,000,000	
2	충청북도	횡단보도조명등설치	234,767,000	
3	경상북도	횡단보도조명등설치	161,200,000	
4	경상남도	횡단보도조명등설치	494,000,000	
5	전라북도	횡단보도조명등설치	715,719,000	
6	전라남도	횡단보도조명등설치	199,676,000	
	합 계		3,049,362,000	

<표 4-5> 2013년도 교통안전시설 정비 및 확충사업

순번	수요기관	사업명칭	예산금액 (원)	비고
1	경기도	교통안전시설정비 및 확충사업	4,388,000,000	
2	경상북도	교통안전시설정비 및 확충사업	897,840,000	
3	경상남도	교통안전시설정비 및 확충사업	680,600,000	
	합 계		5,966,440,000	

<표 4-6> 2013년도 횡단보도 조명등 설치 총비

순번	사업명칭	예산금액 (원)	비고
1	횡단보도 조명등 사업	3,049,362,000	
2	교통안전시설정비 및 확충사업(경기도, 경상도)	1,193,288,000	교통안전시설정비 및 확충사업비의 20% 적용
3	교통안전시설정비 및 확충사업 추정(서울, 충청, 제주, 광역시, 공기업 및 건설사)	8,485,300,000	추정
	합 계	12,727,950,000	

※ 2014년도 횡단보도 조명등 총예산 : 13,364,347,500원(2013년 예산의 5% 증가율 가정)

3.2 기술 활용에 따른 매출 규모

<표 4-7> 기술 활용에 따른 매출 규모(예상)

구분	시장규모(예측, 백만원)	점유율(예측)	매출규모(예측)
2014년	13,364	9%	1,203
2015년	14,033	13%	1,824
2016년	14,734	17%	2,505
2017년	15,471	21%	3,249
2018년	16,244	25%	4,061
2019년	17,057	29%	4,946
2020년	17,910	33%	5,910
2021년	18,805	37%	6,958
2022년	19,745	41%	8,096
2023년 (기술실시계약 종료)	20,732	45%	9,330
합 계	168,095	-	48,081

3.3 기술료 총액

연구개발 예산 규모는 전체 연구기간(2012.03.16.~2014.08.15.)에서 소요된 비용으로 1,520백만원으로 산정된다. 이 중에서 정부출연금 비율(1,130백만원/1,520백만원)은 74.3%로 계산된다. 기술료는 정액금 3,000백만원을 납부하고 2014년부터 발생하는 매출액의 3%(온텍시스템) 및 4%(아이라이트)를 징수하여 2023년 까지 기술료 총액은 1,472백만원으로 예상할 수 있다. 기술개발에 투입된 정부출연금 대비 1.3배의 경제적 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

<표 4-8> 예상 기술료 총액

구분	정부출연금(백만원)	기업부담금(백만원)	합계(백만원)
과제 예산	1,130(74.3%)	390(25.7%)	1,520(100%)
본 기술개발에 투입된 금액	1,130(74.3%)	390(25.7%)	1,520(100%)
기술료 징수금액	-		1,442
고정기술료	-		30
합 계	-		1,472

3.4 매출대비 기술료 징수 계획

<표 4-9> 매출대비 기술료 징수 계획

구분	매출		기술료	
	일자	매출액	일자	징수금액
1차(정액)	-	-	2014.03.31	30
2차(경상, 매출발생시)	2014년	1,203	2014.06.31	36
3차(경상, 매출발생시)	2015년	1,824	2015.06.31	55
4차(경상, 매출발생시)	2016년	2,505	2016.06.31	75
5차(경상, 매출발생시)	2017년	3,249	2017.06.31	97
6차(경상, 매출발생시)	2018년	4,061	2018.06.31	122
7차(경상, 매출발생시)	2019년	4,946	2019.06.31	148
8차(경상, 매출발생시)	2020년	5,910	2020.06.31	177
9차(경상, 매출발생시)	2021년	6,958	2021.06.31	209
10차(경상, 매출발생시)	2022년	8,096	2022.06.31	243
11차(경상, 매출발생시)	2023년	9,330	2023.06.31	280
계		48,082		1,472

4. 연구개발 성과의 정책적 효과분석

4.1 제7차교통안전기본계획(국토해양부 등, 2012～2016)

가. 수립 배경

(1) 교통안전은 생명과 직결되는 최고의 가치이며, 국민의 전반적인 삶의 질 향상을 위해 미래를 대비한 교통안전대책 마련 필요

(2) 도로교통사고 사망자수의 감소('00년 대비 약 50% 감소), 철도・항공 분야 안전도 선진국 수준 진입, 영해내 사고 감소 등의 성과 창출

나. 추진 전략별 교통안전 대책

(1) 주요 추진 전략은 총 5개로서 다음과 같음

- 교통이용자 행태개선, 안전한 교통인프라 구축, 스마트 교통수단 운행, 안전관리 시스템 강화, 비상대응체계 고도화

(2) 추진 전략 모두 국민의 안전과 관련된 대책이며 이 중 교통이용자 행태 개선과 관련하여 어린이 통학 안전성 확보, 고령운전자 교통안전 대책 강화, 교통안전, 보행 홍보·교육의 다각화가 주요 대책으로 설정되었음

(3) 안전한 교통인프라 구축과 관련하여 보행자 교통사고 사망자수를 2,082명(2012년)에서 800명 이하로 감소시키는 것을 목표로 설정하였음

(4) 추진 내용 중 보행우선구역, 보행환경개선지구의 지정·운영 확대 등을 통한 보행 특화거리 조성

(5) LED 등을 이용한 횡단보도 조명시설 설치를 통한 야간 횡단시 보행자 교통사고 예방을 목적으로 함

(6) 상기와 같이 보행자와 관련하여 횡단보도 조명시설의 보급이 예상되기 때문에 보행자 및 운전자에게 최적의 배광 조건을 찾고 특히, 보행자의 시인성이 증진될 수 있는 기준 및 등기구 개발이 필수적으로 필요함

4.2 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본 계획(국토해양부)

가. 수립 배경

(1) 교통사고 사망자 중 보행자 사고는 '05년 전체 교통사고의 38.5%인 2,457명으로 보행자 사고가 차지하는 비율이 높으며, OECD 국가들과 비교할 때도 2~3배 높은 실정임

- 도로횡단 중 사망자가 전체 보행자 사망자의 48%이고, 이 중 13.9%는 횡단하는 도중에 사망하였으며, 주간 보다 야간에 2배 이상 많은 사망자가 발생하고 있음
- 이러한 배경에서 횡단보행자 사고를 줄이고 보행자의 통행 안전을 확보하기 위하여 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본계획(안)을 수립하여 사업을 시행하고 있음

(2) 차량과 보행자간의 상충 사고를 예방하기 위하여 범국가적인 기본 계획을 수립하고 있음

나. 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준

(1) 1단계 5년간(2008~2012) 사업에서 수행되어진 횡단보도 조명시설 설치 우선순위

기준은 다음과 같음

- 1, 2순위 : 어린이 보호구역 인접 횡단보도, 통학로로 이용되는 횡단보도
- 3순위 : 1, 2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 설치의 시급성이 높은 지역
- 4순위 : 1, 2순위 제외지역으로 사고의 빈도수가 년 1회 이상으로 설치의 시급성이 낮은 지역

(2) 기존 우선순위는 1, 2순위가 어린이 보호구역 인접 횡단보도 등으로 설정되었지만 조명이 켜지는 야간에 어린이 통학이 거의 없기 때문에 그 우선순위는 후 순위로 설정함이 바람직함

(3) 설문조사와 현장 조명환경 측정 및 시뮬레이션 검토 결과 무조명구간이 가장 위험한 것으로 도출되어 2단계 사업시 우선 검토

(4) 따라서, 본 연구진에서는 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준(안)을 <표 4-10>과 같이 제시하여 2단계 사업 추진시 참조하도록 제안하였음

<표 4-10> 횡단보도 조명시설 설치 우선순위 기준(안) : 2단계

1순위	2순위	3순위	4순위
조명 유·무	**사고 발생 및 민원**	**보행자 특성 및 보행 통행량**	**교통 관제시설 유·무**
1.1 지방지역 도로 중 무조명구간 (연속/국부 조명이 없는 구간)	2.1 횡단보도 포함 주변 사고 다발 구간(야간 사망사고 1건/년 이상)	3.1 해당 노선 인접 버스정류장 또는 취락지	4.1 보행자 신호등 미설치
1.2 지방지역 도로 중 국부조명만 있는 경우	2.2 민원	3.2 전체 보행자 통행량 중 고령자 또는 어린이 통행이 50% 이상	4.2 점멸 신호 운영
1.3 도시지역 도로 중 연속조명이 설치되어 있지만 횡단보도 시인 불량	-	-	4.3 횡단보도 교통 신호등이있는 경우

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

1. 연구성과 향후 활용 방안

1.1 기술실시 계획

본 과제의 결과물은 연구과제 종료 전 3개 민간 기업에 기술이전이 되었으며 국가 기준에 만족하는 횡단보도 조명등의 확대 보급을 위하여 추가적인 통상 실시 계획을 가지고 있다.

1.2 사업화 추진 방안

○ 본 연구의 성과물인 횡단보도 조명시설에 대한 기준 및 세부적인 설치지침 마련으로 조명기준에 미달하는 지역에는 설치지침에 따라 조속한 조명시설 확충이 이루어질 것이며, 다양하게 설치되어 있는 현재의 횡단보도 조명시설물의 정비가 이루어질 수 있을 것으로 예상

○ 횡단보도 멀티라이팅의 표준(안) 마련으로 조명시설이 미흡한 지역, 야간 교통사고가 빈번히 발생하는 지역, 야간 보행자 교통사고가 일어날 가능성이 높은 지역 등 횡단보도 조명시설 확충이 필요한 지방부 도로구간에 우선적으로 설치됨으로써 횡단보도에서의 교통사고 감소 기대

○ 횡단보도를 차로수(또는 도로의 폭원) 및 주위 조명시설의 여건에 따라 유형별로 분류하고 그 유형에 따른 조명시설의 설치방안 등을 발전해 나간다면 횡단보도 조명시설 뿐만 아니라 교차로 조명시설과 연계되어 새로운 안전지향형 횡단보도 조명 시스템이 마련될 것으로 예상

○ 등기구 공통 기능요구사항은 국가기준(지침 등)에 반영하는 형식으로 범용화 : 국가 기준에 본 연구성과물(제품)의 시방을 그대로 적용하는 것은 특혜 문제, 개발제품 자체의 기술권을 해제하는 것도 R&D 취지에 맞지 않기 때문에 개발 결과를 바탕으로 국가 공통기준을 제시하고 누구나 기준에 부합하는 등기구 개발 및 설치 가능

○ 연구 최종성과물의 실용화를 위하여 현행 공공기술 실용화 체계 하에서의 성과 활용 전략은 다음과 같음



<그림 4-1> 건설교통R&D 성과물의 실용화 체계에서 성과활용 전략

○ 최종 성과물 중 기술 기준/표준화 관련은 국토해양부, 횡단보도 등기구 및 조명시스템은 도로관리청(지자체)가 주요 수요처가 될 것으로 예상

<표 5-1> 최종성과물 및 기술 수요처

주요 연구목표	최종성과물	기술수요처
횡단보도 적정 조명 설치 기준 정립	- 횡단보도 조명시설물 - 횡단보도 조명기준	- 국토해양부 - 한국표준협회
보급형 횡단보도 조명등 및 조명시스템	- LED횡단보도 조명등 - 멀티 입력 디밍컨트롤러	- 도로관리청(지자체)/건설사 - 택지개발공기업

2. 기대 효과

2.1 기술적 측면

○ 본 연구를 통한 멀티라이팅 시스템은 횡단보도의 시인성을 향상시켜 횡단보도라는 것을 운전자에게 확실하게 인식시키고, 시각적으로 차량의 감속을 유도하며, 횡단을 하는 보행자나 대기하고 있는 보행자의 정보를 제공하여 주목성을 높임으로써 횡단보도에서 과속 및 부주의로 인한 교통사고를 방지할 수 있을 것으로 기대

○ 횡단보도 조명시설의 설치 우선순위가 높은 지역을 선정하여 조명시설을 확충하고 설치지침을 지속적으로 보완할 필요가 있으며, 확충된 조명시설의 효과를 분석한 후 장기 기본계획을 수립하여 시설을 확대해 나감으로서 교통안전성 향상 기대

○ 지방부 도로 횡단보도 환경에 대한 면밀한 시험과 분석으로 최적의 방식과 형태를 개발함으로서 이를 실용화 가능시점에서 횡단보도 조명설계에 적극 반영함과 동시에 여타 도로 조명에의 응용이 가능할 것으로 판단

2.2 경제·산업적 측면

○ 전체 교통사고 20여만 건(경찰청, 2010) 중, 횡단 중 사망자수는 약 1,333명으로 추정되며, 본 시스템 설치 후 약 20%의 사망자 수를 줄 일 수 있다면 연간 사망사고 비용 약 1,086억원을 줄일 수 있음(1인당 사망사고 비용 4억 746만원, 2008년 교통사고 추정비용(한국교통연구원))

○ 차대사람 사고는 후진국형 사고로 차대사람 사고의 비율이 높다는 것은 그만큼 보행자 보호의식이 낮다는 것을 의미하며 차대사람 사고 유형중 많은 비율을 차지하는 횡단보도 사고율을 줄임으로써 안전한 도로 이미지 제고 기대

3. 관련 후속연구개발의 전망

○ 본 연구는 횡단보도 조명 등기구 설치 위치, 배광 구조, 설치 기준 항목 등을 제시하였으며 고효율 저가의 보급형 횡단보도 조명 등기구 개발을 목표로 하였음

○ 위의 연구 노하우를 바탕으로 도로 조명(연속조명, 국부조명)에서의 최적 배광을 위한 설치 간격, 높이 등에 관한 기준을 추후 연구개발을 통하여 마련할 수 있을 것으로 판단

○ 또한 추가 조명시설을 설치하지 않고 최소의 조명환경을 구현하여 운전자 시인성이 확보될 수 있는 도로 시설로 발전시킬 수 있을 것으로 판단

참고문헌

[1] 건설교통부 (2006), 국도상 횡단보도 조명시설 설치 기본계획 수립 연구-최종보고서

[2] 국토교통부 (2011), 보행교통 실태조사 및 개선지표 수립연구

[3] 국토교통부 (2014), 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 조명시설편

[4] 김재영, "도로조명 실태 및 설계기준에 관한 연구", 서울산업대학교 석사학위논문, 2005

[5] 남두희 (2005), 회귀형속도제어기법을 통한 속도관리기법과 효과, 대한토목학회논문집 D, Vol.25 No.3.

[6] 도로교통공단 (2013), 교통사고 통계분석

[7] 도로교통공단 (2011), 2011년판 교통사고 요인분석 보고서 발간, e-TAC NEWS, 제10호(통권 제73호)

[8] 박제진, 박주천, 하태준 (2008), 횡단보도 조명시설의 설치효과에 관한 연구, 대한교통학회지, Vol.26, No.2.

[9] 박태훈, 박제진, 박주천, 하태준 (2007), 횡단보도 조명시설의 설치효과에 관한 연구, 제57회 대한교통학회 학술대회논문집, 2007.11.

[10] 박주천, "교통사고 방지를 위한 안전시설 설치효과 분석", 전남대학교 산업대학원 석사학위 논문,2007

[11] 산업자원부 KS A 3701, "도로조명기준", 2007.

[12] 유형균 (2010), 횡단보도 조명환경 측정에 관한 연구, 강원대학교 산업대학원 석사 논문

[13] 이창모, 이민욱, 김훈 (2009), 횡단보도 조명의 위치에 따른 운전자의 보행자 인식 해석, 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, 2009.5.

[14] 일본도로협회 도로조명시설설치기준·동해설.

[15] 한국교통연구원, "국도상의 횡단보도 조명시설물 설치기준(안)", 2006.

[16] AS/NZS 1158.4:2009, "Lighting for roads and public spaces - Lighting of pedestrian

[17] Basile, O., Persia, L., and Usami, D. (2010), A Methodology to Assess Pedestrian Crossing Safety, European Transport Research Review, Vol.2, pp. 129~137.

[18] Bullough, J., Rea, M., and Zhang, X. (2012), Evaluation of Visual Performance from Pedestrian Crosswalk Lighting, Proceedings of the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[19] CIE 115:2010, "Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic".

[20] CIE 136:2000. "Guide to the Lighting of Urban Areas".

[21] DIN 5044 "Stationary traffic Lighting -Street Lighting for Automobile Traffic Part 1 : General Requirements and Recommendations".

[22] DIN 67523-1 : 2010, "Lighting of pedestrian crossings (sign 293 StVO)

[23] DIN 67523-2 : 2010, "Lighting of pedestrian crossings (sign 293 StVO) with

additional lighting - Part 2: Calculation and measurement".

[24] EN 13201 : 2010, "Road Lighting".

[25] Gandhi, T. and Trivedi, M. (2007), Pedestrian Protection Systems: Issues, Survey, and Challenges, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 8, No. 3, pp. 413~430.

[26] Garder, P. (2004), The Impact of Speed and Other Variables on Pedestrian Safety in Maine, Accident Analysis and Prevention, Vol. 36, pp. 533~542.

[27] Hakkert, A., Gitelman, V., and Ben-Shabat, E. (2002), An Evaluation of Crosswalk Warning Systems: Effects on Pedestrian and Vehicle Behaviour, Transportation Research Part F, Vol.5, pp. 275~292.

[28] Hong-bo, Q. and Hao, H. (2010), The Applications and Methods of Pedestrian Automated Detection, 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, Changsha City, China,

[29] John D. bullough, Xin Zhang, Nicholas P. Skinner, Mark S. Rea, "Design and Evaluation of Effective Crosswalk Illumination", New Jersey Department ofTransportation Bureau of Research and U.S Department of Transportation Federal Highway Administration, 2009.

[30] Kothuri, S., Clifton, K., and Monsere, C. (2014), Insights into Pedestrian Attitudes and Perceptions of Delay, Safety, and Crossing Decisions at Signalized, Proceedings of the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[31] Kourtellis. A., Lin, P., and Gawade, M. (2013), Measuring Unsafe Pedestrian Behavior Using Observational Data, Proceedings of the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[32] Nambisan, S., Pulugurtha, S., Vasudevan, V., Dangeti, M., and Virupaksha, V. (2009), Effectiveness of Automatic Pedestrian Detection Device and Smart Lighting for Pedestrian Safety, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2140, pp. 27~34.

[33] Narisada, Kohel, Scheruder, Duco, "Light Pollution Handbook", Springer, 2004, pp.116.

[34] Pulugurtha, S., Vasudevan, V., Nambisan, S., and Dangeti, M. (2012), Evaluating the Effectiveness of Infrastructure-based Countermeasures on Pedestrian Safety,

Proceedings of the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[35] Rosen, E., Stigson, H., and Sander, U. (2011), Literature Review of Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed, Accident Analysis and Prevention, Vol.43, pp.25~33.

[36] Sichelschmidt, S., Roehder, M., Berns, K. (2010), Pedestrian Crossing Detecting as a part of an Urban Pedestrian Safety System, Proceedings of the 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, San Diego, USA.

[37] Suzuki, S., Raksincharoensak, P., Shimizu, I., Nagai, M., and Adomat, R. (2010), Sensor Fusion-Based Pedestrian Collision Warning System with Crosswalk Detection, Proceedings of the 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, San Diego, USA.

[38] Tefft, B. (2013), Impact speed and a pedestrian's risk of severe injury or death, Accident Analysis and Prevention, Vol. 50, pp. 871~878.

[39] Van Derlofske, J., Boyce, P., and Gilson, C. (2003), Evaluation of In-Pavement, Flashing Warning Lights on Pedestrian Crosswalk Safety, International Municipal Signal Association Journal, Vol. 41, No. 3, pp. 54-61.

[40] Vasudevan, V., Pulugurtha, S., Nambisan, S., and Dangeti, M. (2011), Effectiveness of Signal-Based Countermeasures on Pedestrian Safety: Findings from a Pilot Study, Proceedings of the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[41] WHO (2013), Pedestrian Safety: A Road Safety Manual for Decision-makers and Practitioners

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.