

경제성을 고려한 비도시 지역 교통안전 시설물의 개발과 분석

김기남¹, 이용준¹, 이동열¹, 조중연², 이민재*
¹충남대학교 토목공학과, ²유니콘스(주)

Development and Analysis of Non-Urban region Traffic Safety Facilities Considering Economics

Ki-Nam Kim¹, Yong-Jun Lee¹, Dong-Yeol Lee¹, Choong-Yuen Cho², Min-Jae Lee^{*}

¹Department of Civil Engineering, Chungnam National University

²R&D Division, Unicons CO.,Ltd

요약 본 연구에서는 국내 지역 비도시 지역의 교통사고 저감을 위해 충청권을 대상으로 관련 문헌 검토와 TAAS(Traffic Accident Analysis System)자료를 활용하여 비도시 지역의 인구특성 및 사고유형을 통하여 지역특성에 맞는 교통안전기술을 개발하였다. 비도시 지역의 교통인구의 보행자 특성에 맞게 개발된 노건용 인식등은 지역특성사 인도가 아닌 길가장자리로 통행이 많은 지역주민들의 교통안전 향상을 위한 교통안전시설물로서 야간 또는 새벽에 통행시 운전자에게 보행자의 시인성을 향상시켜주며 교통안전시설물이며, 보행자 건널목 인식등은 야간 횡단보도 횡단시 운전자에게 횡단중이란 앞서 인지시켜 주어 횡단보도 통행시 보행자의 안정감을 향상시키는 교통안전시설물이다 또한, 기존 시설물인 신호등 및 가로등과 같은 빛 공해에 의한 농작물 피해를 최소화하며, 차량, 농기계와 같은 충돌과손의 문제점을 보완하였다. 기존 시설물인 가로등과 신호등의 사례와 타기술을 비교하여 절감비용을 공사비 및 유지관리비용으로 분석하여, 본 연구에서 개발한 기술의 비용적인 측면에서 효율성을 입증하였다. 현재 본 연구에서 개발한 교통 안전시설물의 적용성과 효과성을 위해 비도시 지역을 기반으로 테스트베드를 구축하여 현재 평가 중에 있으며, 향후 연구를 통해 지속적인 자료의 수집과 분석을 통해 개발된 경제성 분석 및 환경 영향에 맞춤형 적정기술로 개선 될 수 있을 것으로 기대되며, 본 연구에서 개발된 교통안전시설물을 통해 우리나라 교통안전수준의 향상과 비도시 지역의 교통안전이 향상되기를 기대한다.

Abstract In this study, traffic safety technology was developed for rural areas by reviewing the relevant literature and data from the Traffic Accident Analysis System for the Chungcheong region. The goal is to reduce traffic accidents in small regional cities and rural areas in Korea. A road shoulder recognition light was developed to fit the pedestrian characteristics of the people using transportation in rural areas. It also minimizes damage to crops due to light pollution from traffic lights and street lights, and it supplements problems of damage from collision with vehicles and agricultural machines. The efficiency of the technology developed in this study was verified by comparing and analyzing the number of traffic accidents and the saved cost before and after its installation. A test bed was established based on rural areas and is being evaluated for its applicability and effectiveness. It is expected that the reliability of such facilities could be improved through continuous studies, data collection, and analysis.

Keywords : Economic analysis, Sensing technology, TAAS(traffic accident analysis system), Traffic safety facility, Vulnerable pedestrian

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 연구과제로 수행되었음(18TBIP-C125411-02)

*Corresponding Author : Min-Jae Lee (Chungnam National Univ.)

Tel: +82-42-821-5677 email: lmjcm@cnu.ac.kr

Received October 10, 2017

Revised (1st December 26, 2017, 2nd January 2, 2018)

Accepted January 5, 2018

Published January 31, 2018

1. 서론

도로 교통사고는 인적, 물적 요인은 물론 환경적 요인을 포함 한 다양한 원인에 의해 발생하며 실제 교통사고에서는 이러한 요인들이 복합적으로 작용함으로써 개인의 생명 및 재산의 손실뿐만 아니라 사회적인 직·간접 비용이 발생하게 되므로 이에 대한 체계적인 접근과 함께 효율적으로 대응할 수 있는 방안이 필요하다. 2016년 전국적으로 220,917건의 교통사고가 발생하여 4,292명이 사망하고 331,720명이 부상을 당하였으며, 이를 1일 평균 교통사고 현황으로 환산하면 하루에 604건의 교통사고가 발생하여 약 12명이 사망하고 906명이 부상을 당하는 것으로 나타났다[1]

교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, 이하 TAAS)분석 결과[2]한국의 교통안전 수준은 자동차 1만대 당 사고율이 2.0명(2014년 기준)으로 노르웨이 0.4명, 영국 0.5명, 일본 0.5명에 비해 4배 이상 높게 나타났다. 또한, 인구 10만명당 교통사고 사망자수는 9.4명으로 이는 앞선 나라들과 비교할 경우 많게는 3배 이상의 차이를 보였으며, 이 중 한국의 보행 중 교통사고율이 차지하는 비중이 다른 OECD 가입국가와 비교할 때 높은 것으로 나타나 이에 대한 대책이 필요할 것으로 나타났다[Table 1].

Table 1. Comparison of number of deaths from traffic accidents between Korea and OECD members

Classification	Number of deaths per 10,000 vehicles	Number of deaths per 100,000 people	Component ratio of pedestrian deaths from traffic accidents
Korea	2.0	9.4	40.1%
U.K.	0.5	2.9	25.0%
Germany	0.6	4.2	15.7%
U.S.A	1.2	10.2	15.0%
France	0.8	5.3	14.7%
Australia	0.7	4.9	13.0%
Sweden	0.5	2.8	19.3%
Japan	0.5	3.8	36.2%
OECD average	1.1	2.4	19.5%

이와 같이 비교적 선진화된 다른 나라들과 비교했을 때 우리나라의 교통안전에 대한 수준은 낮은 편으로 Fig. 1과 같이 도심으로부터 농·어촌과 같은 비도심 지

역으로 갈수록 교통안전시설물이나 교통안전에 대한 인식은 더욱 열악한 것으로 나타났다. 따라서 교통안전 수준의 제고를 위해 비도심 지역의 특징은 물론 교통사고 특성을 반영한 교통안전시설물이 필요할 것으로 판단된다.

비도심 지역의 교통안전 수준의 향상과 유지를 위해서는 보행자 및 운전자는 물론 도로를 유지관리 하는 관리자의 인식의 향상과 함께 안전을 보조 할 수 있는 교통안전시설물의 개발과 활용이 필요하다.

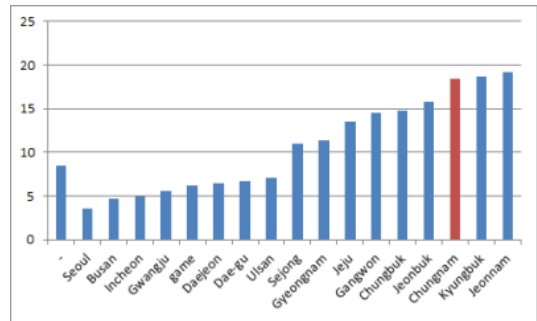


Fig. 1. Number of deaths per 100,000

이에 본 연구에서는 비도심 지역의 특성을 고려한 교통안전 시설물을 제안하고자 한다. 이를 통해 비도심 지역의 특성을 고려한 교통안전시설물의 적용성을 고찰하고 궁극적으로는 각 지역의 특성을 반영한 교통안전시설물의 적용과 활용을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.



Fig. 2. Research process and methodology

본 연구를 위해 [Fig. 2]와 같이 선행연구동향을 고찰하고, 비도심 지역의 특성과 교통사고 현황을 조사·분석하였다. 또한 비도심 지역의 특성을 반영하기 위해 본

연구에서는 그 대상을 지방도에 한정하여 대상지역의 교통안전시설물에 대한 평가를 실시하고 이를 바탕으로 개선된 교통안전시설물을 제안하여 설문과 테스트베드 적용을 통해 적용성과 활용성에 대한 적합성을 검증하였다.

2. 문헌고찰

현재 국내외 교통안전시설물에 대한 연구는 공공관리 주체는 물론 민간영역에서도 활발하게 이루어지고 있다. 미국에서는 연방 도로관리청에서 지방부 도로에 대하여 "Local and Rural Road Safety Program"을 이용해 안전과 관련하여 지침을 만들었으며, 농촌주민들이 자동차로부터 보다 더 안전할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 또한, 미국연방도로관리청에서는 고령운전자의 특성을 고려한 도로설계 지침을 제안하고, 고령운전자의 운전 편의성 및 사고예방을 위하여 "Older Driver Highway Design Handbook"을 개발하여 고령 운전자의 편리하고 안전한 도로이용을 위한 기하구조 및 교통운영기법을 제시하였다. 미국의 고령자들에 대한 교통정책은 교육부(ED), 보건복지부(HHS), 노동부(DOL), 교통부(DOT), 보훈처(VA) 등 관련 업무에 따라 각 부처에서 담당하며, 관련 법령은 고령자법, 연계육상교통 효율법, 교통형평법, 연방대중교통법 등 이 있다.

일본에서는 '90년대 이후 국토 교통성을 중심으로 장애인과 고령자의 교통안전을 위한 교통 인프라 확충과 개선에 관한 정책들이 실시되었으며, 이와 관련하여 심신장애인대책기본법(1970), 고령자장애인을 위한 특정 건물건설촉진법(1994), 고령자장애인 등의 대중교통수단이용원활화 촉진법(2000)을 제정하여 운영하고 있다. 또한, 일본의 고령자 교통정책은 크게 보행자, 자전거 이용자, 운전자로 분류하여 시행되고 있으며, 조명시설 및 교통환경정비를 통하여 교통안전예방과 편의성을 위해 노력하고 있다. 한편, 국내 교통안전 선행 연구들을 살펴보면, 우리나라에서는 교통특성 및 사회 경제 지표와 기하구조특성을 토대로 교통사고에 영향을 주는 요인을 분석하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

홍두표(2000)는 도로조명의 설치 및 개선이 가장 효과적인 야간 교통사고 방지대책이라고 발표하였다. 가로등에 대한 설치효과 분석 결과, 평균 22.2%의 야간 교통사고가 감소하였다, 또한 횡단보도안전표시등에 대한 설

치효과 분석에서는 설치 후 전체 야간 교통사고의 36.4%, 보행자 사고의 87.5%가 감소된 것으로 나타났다[3]. 김학성(2007)은 보행자 횡단보도 교통사고를 감소 시키기 위한 목적으로 일련의 조명장치를 횡단보도의 측면에 설치하여 보행신호 작동 시 설치된 조명장치가 횡단보도에 접근하는 차량을 향해 점멸 및 빛을 발산하여 운전자의 시인성을 확보함으로써 보행자를 인지하는 횡단보도 안전시스템을 개발하였다[4]. 오성훈(2014)은 주행 중인 차량의 진입과 보행 중인 보행자를 감지하여 감지 신호에 따라 보안등의 점멸 및 점멸 작동 속도를 제어함으로써 운전자에게 보행 중인 보행자가 있음을 인지시키고 보행자에게는 주행 중인 차량을 인지시켜 보행자 및 차량사고의 예방을 위한 안전시설물을 개발하였다[5].

유사시설물인 LED안전유도블록시설(박대영, 2014)은 야간에 보행자 교통사고가 잦은 지점에 LED안전유도블록을 설치하여 도로조명개선 효과를 분석하였다. 횡단보도진입로인 보행자대기구간에 보행선 개념으로 업라이트조명방식인 LED안전유도블록을 설치하여 효과를 분석한 결과, LED를 설치한 지점에서 야간 교통사고의 발생건수가 감소하였다[6].

도로교통공단(2016)은 영등포구 신길동 등 3개 구간의 무단횡단금지시설 설치 전·후 단순사고 건수법을 활용한 효과분석 결과, 사상자가 1.89명에서 0.67명으로 64.6% 감소했다고 분석하였다[7].

또한, 농촌지역은 집중형 투광기와 같은 시설물은 적합하지 못하다. 실제로 집중형 투광기나 가로등이 보행자 및 차량 운행에 도움을 주지만, 농작물 재배에는 악영향을 주는 빛 공해로 지적되고 있다.

‘서울시 빛 공해 환경영향 평가 및 측정·조사 기술용역종합 보고서(2014)’[8]에 경기지역에서 제기된 빛 공해 민원 894건 중 48.7%인 435건이 농작물 피해 관련 민원인 것으로 나타났다. 벼는 낮보다 밤이 길어야 하는 단일식물이어서 가로등과 같은 집중형 투광기시설에 노출이 되면 추수시기 지연되며, 수확량 또한 [Table 2]와 같이 감소하는 것으로 분석되고 있다. 또한, ‘중앙환경분쟁조정위원회’는 인공조명에 의한 빛 공해와 통풍방해로 인한 농작물 피해 배상액 산정기준을 마련하고 2016년 9월 8일부터 시행하여 그간 전문가 의견에만 의존하던 빛 공해로 인한 농작물 피해에 대해 객관적이고 보다 합리적인 피해구제를 실현하게 되었다[9].

Table 2. Influence of Crop Yield

ClassifiCation	2.0 Lx		2.1~4.0 Lx		4.1~6.0 Lx		6.1~10 Lx	
	crop yield	crop yield rate	crop yield	crop yield rate	crop yield	crop yield rate	crop yield	crop yield rate
Rice	647	100	6187	96	601	93	544	84
Perilla	83	100	55	67	29	35	9	11
Bean	183	100	149	81	113	62	105	57
Barley	587	100	493	84	429	73	364	62
Wheat	657	100	571	88	502	77	410	63

국내외의 교통안전시설과 관련된 연구문헌은 대부분 보행자의 안전에 대한 중요성을 강조하고 있으며, 교통안전시설의 설치를 통해 교통사고 감소 및 보행자의 안전을 확보할 수 있는 기본시설로 제시하고 있다. 그러나 비도심 지역에서는 보행자 및 운전자의 교통안전에 위한 시인성의 확보는 물론 야간 조명으로 인한 농작물 피해, 농기구 등의 장비사용과 제설작업시의 파손 등을 고려해야 하므로 이에 대한 대책이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 비도심 지역에 적용될 교통안전시설물은 제설작업 중 손실 및 파손의 영향이 없으며, 가로등과 같은 집중투광기가 아닌 농작물의 피해가 없는 교통안전 시설물로써 위와 같은 시설물의 문제점을 보완하여 개발하였다.

3. 교통사고 특성을 고려한 교통안전기술 개발

3.1 대상지역의 교통사고 특성 분석

대상지역의 교통사고 특성을 분석하기 위하여 교통사고 분석시스템을 활용하여 충청권 7개 비도심 지역의 2016년 교통사고 발생건수를 분석하였고 각 연령별 사고 건수를 분석하였다. 또한, 비도심 지역의 사고유형 및 보행자와 차량유형별 사고를 분석하였다. 충청권 비도심 지역의 교통사고 발생건수 및 사망자는 [Table 3]과 같이 청양군이 10만명 당 589.12건, 사망자 10만명 당 39.68명으로 충청권 지역에서 교통사고 및 사망율이 가장 높은 것으로 나타났다[Fig. 3].

Table 3. Chungnam traffic accident analysis

(Unit: Number of traffic accident per 100,000)

ClassifiCation	Number of occurrences	Number of deaths	Injured
Buyeo-gun	403.85	23.35	546.7
Geumsan-gun	456.59	21.24	690.19
Hongseong-gun	487.00	23.50	698.46
Yesan-gun	507.85	20.78	819.48
Taeon-gun	533.64	40.81	828.72
Seocheon-gun	572.43	33.97	991.98
Cheongyang-gun	589.12	39.68	1,053.08

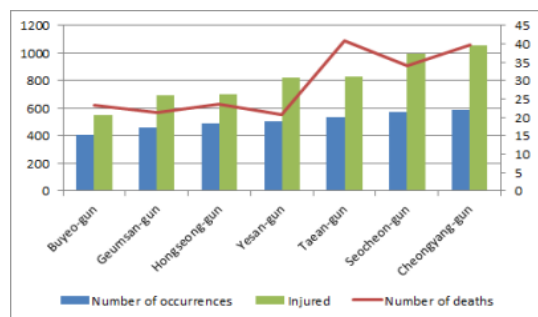


Fig. 3. Chungnam traffic accident analysis

충청권의 비도심 지역들의 각 연령별 구성비를 분석한 결과, [Table 4]와 같이 65세 이상의 구성비가 가장 높았으며 각 지역의 65세 이상 구성비는 전체 평균은 25.8%이며, 이중 청양군은 30.09%로 서천군은 29.30% 순으로 나타났다.

또한, 충청권 비도심 지역의 사고특성 분석을 위해 각 연령별 보행자와 차량간의 사고를 각 연령별 사고비율로 조사한 결과, [Fig. 4]와 같이 65세 이상 고령자의 사고 비율이 36%로 가장 높은 것으로 분석되었고 61~64세 연령층이 19% 순으로 분석되었다.

Table 4. Chungnam Elderly Population Ratio

ClassifiCation	Total population	65 years old	Composition ratio
Buyeo-gun	91,866	19,306	21.02
Geumsan-gun	84,919	20,480	24.12
Hongseong-gun	71,754	19,532	27.22
Yesan-gun	62,574	15,221	24.32
Taeon-gun	57,713	16,911	29.30
Seocheon-gun	55,166	13,670	24.78
Cheongyang-gun	32,248	9,704	30.09

이를 통해 충청권의 비도심 지역들의 65세 고령자의 사고유형을 분석하였다. 사고유형으로는 보행자 의 횡단 보도 횡단중, 차도 통행중, 길 가장자리 통행중, 보도 통행 중으로 보행자와 차량간의 교통사고를 분석하였다. 분석결과, [Fig.5]와 같이 65세 이상의 고령자 보행시 횡단보도를 횡단할 때 교통사고가 평균 71.0%로 가장 높았으며, 길 가장자리 구역을 통행시 평균 18.3%순으로 나타났다. 이는 비도심 특성상 야간에 신호등의 및 지역특성상 농작물피해를 줄이기 위하여 가로등의 점멸로 인하여 운전자들에게 보행자의 시인성이 떨어지기 때문이다.

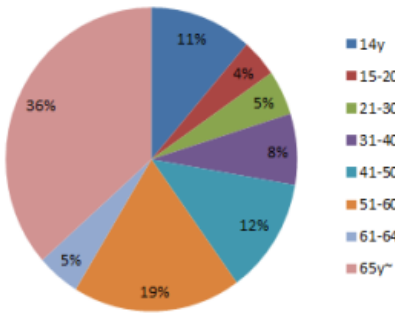


Fig. 4. Percentage of Traffic Accidents by Age of Chungnam

충청권 비도심 지역의 유형별 교통사고 분석 결과, 65세 이상의 고령자들의 통행사고가 많이 나타나는 것으로 분석되었으며, 65세 이상 고령자들의 교통사고분석결과 주요 사고유형으로는 ‘횡단보도 횡단시’(71.0%)와 ‘길 가장자리 통행시’(18.3%)가 높게 나타나, 비도심 지역의 교통사고의 비중이 높은 65세 이상 고령자 보행특성을 고려한 교통안전시설물의 필요성을 확인하게 되었다.

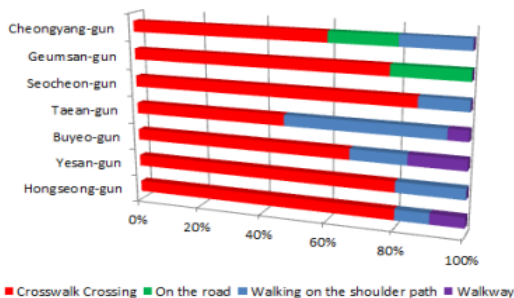


Fig. 5. Types of pedestrian accidents over 65 years old in Chungnam

3.2 교통안전시설물의 개발

충청권 비도심 지역의 유형별 교통사고 분석 결과, 65세 이상 고령자들의 교통사고가 빈번하였으며, 특히 ‘횡단보도 횡단시’(71.0%)와 ‘길가장자리 통행시’(18.3%)가 높게 나타났다.

본 연구에서 개발한 교통안전시설물은 비도심 지역의 교통사고 특성의 적정기술로써 비도심 지역주민의 안전을 향상시킬 수 있는 기술이다.

보행자 건널목 인식등은 비도심 지역의 보행자의 횡단보도 횡단 교통사고를 예방하기 위한 센서 및 경고등 시스템으로서, 양측의 인도사이에 설치되어 있는 라인 센서가 보행자의 횡단보도 횡단 시 보행자를 인지하여 횡단보도 양 옆에 설치되어있는 운전자 경고등 및 라인 레이저를 통해서 보행자가 횡단보도를 안전하게 건널 수 있도록 도와주는 교통안전기술이다. 실제 비도심 지역에서는 교통량이 적음으로 인하여 차량 통행속도가 매우 빠르나, 많은 횡단보도에서 신호기가 미작동 되거나 점멸되어 횡단 시 안전에 대한 위험요인이 많았다. [Fig. 6]과 같이 센서가 보행자를 인지하여 경고등 및 라인레이저를 통해 운전자에게 보행자 시인성을 높여 보행자의 안전성을 확보하며, 태양광을 이용한 자생형 기술로 유지보수의 편의성을 증가 시켰다.



Fig. 6. Rural road safety facility 1

교통약자 노견용 인식등은 비도심 지역의 특성을 반영한 길 가장자리 보행시 교통사고를 예방할 수 있는 기술로써 안전시설 및 조명시설이 부족한 비도심 지역에 보행자가 도로를 보행 시 보행자감지 센서를 이용하여 점등용 백색 LED와 적색 LED를 통해 운전자가 보행자를 인지할 수 있는 기술이다[Fig. 7]. 실제 비도심 지역의 길 가장자리는 가로등 시설이 부족하며, 농작물 피해로 인하여 가로등의 운용 및 설치를 꺼려한다. 또한 도로

는 보도 폭이 좁아 보행자의 안전을 위협한다. 이로 인해 운전자의 야간 운행시 보행자를 인지하지 못했을 경우 교통사고 발생의 원인이며, 교통약자 노견용 인식등은 비도심 지역의 보행특성을 반영한 교통안전 및 농작물 피해를 최소화하는 적정기술이다.



Fig. 7. Rural road safety facility 2

4. 개선된 교통안전시설물의 적용

4.1 설문조사를 통한 교통안전시설물 개선

본 연구는 선행연구에서 진행되었던 1차 테스트베드 [10]를 통하여 테스트베드 지역주민들에게 실제 보행자 건널목 인식등 및 노견용 인식등에 대해 주민만족도 조사를 실시하였다. 설문조사는 2016년 11월에 진행되었으며, 실제 교통안전시설물이 설치된 지역주민들에게 실시하였다.

[Fig. 8]과 같이 시설물 설치로 인한 안전성 개선 효과를 묻는 질문에 보행자 교통사고에 대하여 효과가 '매우 크다'라는 응답자가 63%로 가장 많은 것으로 나타났으며, '크다'(25%), '보통'(5%) 순으로 나타났고, 심리적 안정감 향상 효과는 '매우 크다'라는 질문에 53%, '크다'(33%)순으로 조사 되었다. 농기계 교통사고에 대해 55.3%의 응답자가 '그렇다'라고 응답하여 가장 많은 것으로 나타났으며, 두 번째가 '매우 그렇다'(29.4%), 세 번째가 '보통'(13.6%)인 것으로 나타났다. 또한 불편이나 피해, 시설물로 인한 교통사고 유발가능성에 대해서 전혀 없는 것으로 응답하여 테스트베드 인근 주민들에게 교통안전 개선과 안정감을 향상 시켰으며, 전반적으로 적용된 시설물에 대해서 만족도 높음을 확인하였다. 그

러나, 테스트베드 모니터링을 통해 얻어진 개선점으로는 노견용 인식등의 내구성과 보행자 건널목 인식등의 블라드로 인한 안전사고 유발 가능성과, 차량 운전자가 교통약자 노견용 인식등과 보행자 건널목 인식등의 레이저 신호 및 LED를 인식하는데 다소 시인성이 떨어질 수 있다는 평가로 개선점이 도출되었다. 설문조사 결과를 종합해 보면, 현재 교통안전 시설물에 대한 만족도에 대해 대다수의 응답자가 '매우 크다'로 응답하여 만족도가 매우 높았지만, 모니터링 결과 운전자의 시인성, 노견용 인식등의 내구성 및 블라드에 대한 안전사고 유발 가능성이 도출되었다.

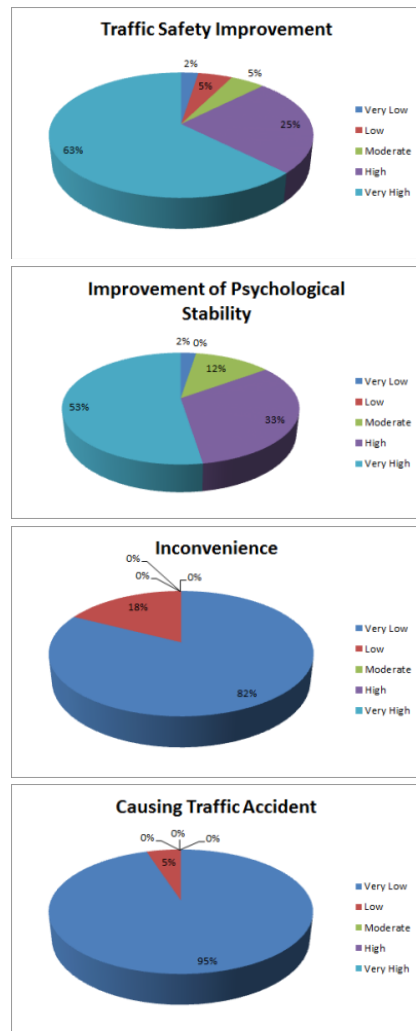


Fig. 8. Rural road safety facility

4.2 개선된 교통안전시설물 적용

보행자 건널목 인식등은 비도심 지역의 보행자의 횡단보도 횡단 교통사고를 예방하기 위한 센서 및 경고등 시스템으로서, 모니터링을 통하여 개선점인 운전자의 시인성 증대를 위해 도로표시기와 LED전광판을 추가 설치하여 센서가 보행자를 인지하여 LED전광판 및 도로표시기를 통해 운전자에게 보행자 시인성을 높여 보행자의 안전성을 더욱 확보하였다.



Fig. 9. Improved rural road safety facility 1

교통약자 노건용 인식등은 비도심 지역의 특성을 반영한 길 가장자리 통행시 교통사고를 예방할 수 있는 기술로써 모니터링을 통한 개선점으로 내구성을 확보하였으며, 설치 환경을 고려하여 태양광판과 일체형 모델과 태양광 포스트를 설치하여 전력수급을 원활히 할 수 있는 모델로 개선하였다.



Fig. 10. Improved rural road safety facility 2

5. 교통안전시설물의 비용효과 분석

5.1 개선된 교통안전시설물의 비용 산정

본 연구에서 적용한 시인성 교통안전시설물의 생애주기비용을 산정하여 기존 교통안전시설물인 신호등과 가로등 및 유사시설을 비교 산정하였다. 유지관리비 절감(유지관리비용, 전기세)시 교통안전시설의 공용기간은 교통안전공학[11]이 제시한 신호등 및 가로등의 공용기간인 20년으로 산정하였으며, 한국개발연구원 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침이 제시한 할인율 5.5%를 적용하였다.

본 연구에서 개발된 교통안전시설물들은 공사비의 경우 재료비 및 제작/설계/시공비로 구성하였으며, 기존 시설물은 조달청 나라장터 제품 및 공사단가[12]를 2015년 12월 기준으로 산정하였다. 보행자 건널목 인식등의 공사비는 4개 지역의 신호등 설치비용의 평균비용으로 산정하였으며, 신호등과 비교 하였을 때 14,984,116원으로 보행자 건널목 인식등이 비용측면에서 많은 비용이 절감되는 것으로 산정되었다. 또한, 유지관리비는 공용기간 동안의 조명교체비용으로 산정하였다(Table 5-6).

Table 5. Construction and maintenance cost 1

Classification		Construction(KRW)
Traffic signal	1	21,007,200
	2	20,603,265
	3	40,550,000
	4	29,776,000
Average		27,984,116
New safety facility 2		13,000,000
Total		14,984,116

Table 6. Construction and maintenance cost 1

(Unit : KRW, KRW/20year)

Classification	Traffic signal	New safety facility 1	Difference
Construction	27,984,116	13,000,000	14,984,116
Maintenance/20y	16,687,519	15,006,000	1,681,519
Total	44,671,635	28,006,000	16,665,635

산정결과, 신호등 대비 보행자 건널목 인식등은 1,681,519원/20년의 유지관리비를 절감할 수 있는 것으로 산정되었으며, 공사비 포함 16,665,635원 절감되는 것으로 신호등에 비하여 높은 비용적인 측면에서 절감효과가 높은 것으로 분석되었다[Fig. 11].

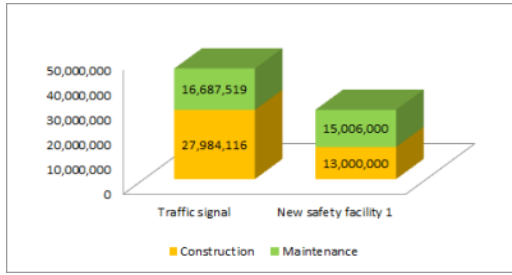


Fig. 11. Construction Cost and Maintenance Cost

유지관리비는 전기료 및 유지보수비로 구분하였다 [14]. 단, 공사비의 경우 기존의 가로등 1개소를 인식등 3개소로 대체하여 산정하였다. 비용 산정결과, 공사비의 경우 4개 지역의 설치비용을 평균으로 분석하여 [Table 7]과 같이 가로등 1개소 대비 노건용 인식등 3개소가 2,973,591원의 공사비를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

Table 7. Construction cost

Classification		Construction(KRW)
Street light	1	5,621,527
	2	3,990,411
	3	3,916,942
	4	5,565,482
Average		4,773,590
New safety facility 2		1,800,000
Total		2,973,591

유지관리비의 경우 조명 교체비용을 고려하였으며, 그 결과 가로등 1개소 대비 노건용 인식등은 조명교체비용으로 472,426원으로 높았지만, 전기세를 장기간 고려했을 때 925,334원/20년의 절감되는 것으로 산정되어 가로등에 비해서 효율이 높은 것으로 확인되었다. 또한, 공사비 및 유지관리비의 총 절감금액은 공용기간 20년 기준으로 3,898,925원으로 절감되는 것으로 분석되어 장기적인 측면으로 가로등에 비하여 노건용 인식등의 비용 절감 효과가 높은 것으로 분석되었다[Table 8][Fig. 12].

Table 8. Maintenance cost

(Unit : KRW, KRW/20year)			
Classification	Street light	New safety facility 2	Difference
Construction	4,773,591	1,800,000	2,973,591
Maintenance/20y	3,033,494	2,108,160	925,334
Electric charge/20y	1,397,760	0	1,397,760
Total	7,807,085	3,908,160	3,898,925

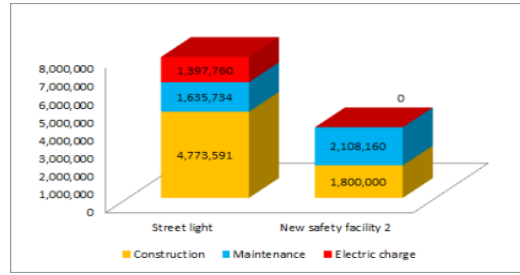


Fig. 12. Construction Cost and Maintenance Cost

또한, 타 기술과의 유지관리 및 공사비용 산정결과 [Table 9]와 같이 LED표지병 3개소와 공사비용 비교산정 시 본 연구에서 개발된 노건용 인식등이 90,191원 비용적 측면에서 효율적으로 분석되었으며, 유지관리비는 576,961원 절감할 수 있는 것으로 산정되었으며, 공용기간 20년 기준으로 타 기술과의 장기적인 비용측면에서 효율이 높은 것으로 분석되었다.

Table 9. Construction and Maintenance cost

(Unit : KRW, KRW/20year)		
Classification	LED Raised pavement marker	New safety facility 2
Construction	690,191	600,000
Electric charge/20y	24,981	0
Maintenance/20y	2,660,140	2,108,160
Total	3,375,312	2,708,160

5.2 교통안전시설물의 빛공해 비용 산정기준

기존의 시인성 교통안전시설물들은 조명의 부적절한 사용으로 인해 과도한 빛 또는 비추고자 하는 조명영역 밖으로 누출되어 국민건강 및 생태계에 피해를 줄뿐만 아니라 에너지 낭비 및 쾌적한 야간 활동 등을 저해할 수 있다. 이에 2016년 ‘인공조명에 의한 빛 공해 방지법’이 시행됨으로써 ‘빛 공해로 인한 농작물 피해배상 기준이 제정’ 되었다.

Table 10. Yield reduction rate and value decrease rate by crops

Classification	Yield reduction rate(%) [2.1 ~ 20.0 lx]	value decrease rate(%)
Rice	4 ~ 21%	3.2 ~ 17.7
Sesame	8 ~ 40%	5.4 ~ 14.4
Perilla	33 ~ 98%	4.9 ~ 37.5
Bean	1 ~ 43%	5.3 ~ 45.0
Barley	5 ~ 38%	4.6 ~ 21.7

통상적으로 야간 조도 2.0 lx를 기준으로 농작물 피해 여부를 결정하는데, 2.0 lx이하일 때는 농작물 피해 영향

이 없고, 2.1 lx 이상일 때는 조도의 크기에 따라 [Table 10]과 같이 수확량이 감소하게 된다.

도로변에 설치된 가로등 높이 10m, 250w 나트륨 램프를 기준으로 했을 시 20lx의 조도가 발생한다. 이때 빛의 영향을 많이 받는 ‘들깨’는 98%의 수확량이 감소하고, 37.5%의 가치 하락율이 발생하며, 빛의 영향을 적게 받는 ‘벼’는 21%의 수확량과 17.7%의 가치 하락율이 발생한다. 반면, 본 연구에서 개발된 교통안전시설물은 가로등과 같은 공간조명과 같은 불필요한 조명과 침입광 같은 빛 공해가 발생하지 않으며 운전자의 시인성을 향상 시키는 광원만을 집중 시키는 교통안전시설물로 빛 공해로 인하여 농작물에 미치는 영향이 없음을 주민의견 수렴에서 확인 되었으며 [Fig. 13]과 같이 비교 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 날로 심해지는 빛 공해와 비도심 지역특성상 가로등에 의한 농작물 피해를 최소화 할 수 있는 비도심 지역에 지역 특성에 맞는 적정 교통안전기술이며, 태양광 자생형 기술로써 전력소모가 없고, 센싱 기술을 통하여 가로등, 공간조명과 같은 장시간의 에너지 소모가 없는 비도심 지역 맞춤형 적정기술이다.

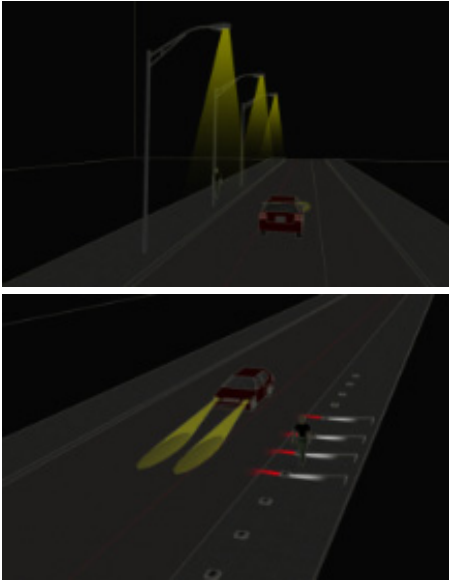


Fig. 13. Street light and New safety facility

6. 결론 및 방안

본 연구에서는 비도심 지역의 교통안전수준의 향상을

위해 지역 특성에 맞는 교통안전기술을 제안한 연구이다. 교통안전 시설물은 비도심 지역특성에 맞는 적정기술로 개발되었으며, 유지관리 및 유지비용에 용이한 자생형 기술로 개발되었다.

본 연구에서 개발한 교통안전시설물은 가로등과 신호기 및 기존 유사시설물 사례를 통하여 공사비용 및 유지관리비용을 비교하여 절감비용을 산정하였다. 비교결과, 공사비 및 유지관리비용은 가로등 및 신호기에 비하여 경제성이 우수 하였으며, 타 기술과의 비용측면에서도 효율이 높음을 알 수 있었다. 보행자 통행량이 적은 비도심 지역에 기존에 설치된 가로등과 같은 공간조명 시설들에 비하여 장기간 운용하는 것이 아니라 인체 감지 센싱 기술을 통하여 작동하는 방식이며, 태양광 전지판을 이용한 자생형 기술이기 때문에 에너지 효율에서도 기존기술들과의 큰 효율을 보였다. 또한, 빛 공해로 인한 농작물에 영향을 줄 수 있는 피해를 가로등과 같은 공간조명시설에 비하여 최소화한 비도심 지역특성에 맞는 맞춤형 적정기술임을 제안하였다.

본 연구에서 개발한 교통 안전시설물의 적용과 효과 검증을 위해 비도심 지역을 기반으로 테스트베드를 구축하여 지속적으로 평가 중에 있으며, 기존 시설 및 타 기술과의 비용효율적인 측면에서만 비교를 하였으나, 향후 지속적인 모니터링을 통하여 장기간 데이터축적 및 유지관리를 통해 지역 환경 및 운전자행태를 분석하여 경제성 분석 및 지역 환경에 맞는 맞춤형 적정기술로 진행하고자 한다.

또한, 비도심 지역에 적용함으로써 보행자의 안전 향상과 교통사고 비용을 효율적으로 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017 Traffic Safety Annual Report. p.1-5, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017.
- [2] Korea Road Traffic Authority. TAAS(Traffic Accident Analysis System) [Internet]:<http://taas.koroad.or.kr/> (accessed Dec. 15, 2017)
- [3] H. S. Kim, “Advanced Crosswalk safety system development report”, Dongnam Health University, pp.34-2, 2007.
- [4] S. H. Oh, “security light for pedestrian safety”, Chongbuk National University, pp. 8-25, 2014.
- [5] D. P. Hong, “Prevention Program for night traffic accidents”, Road Traffic Authority, 2000.

[6] Korea Transportation Safety Authority: "A Study on the Measures to Improve Traffic Safety Considering the Characteristics of the Elderly", 2016.

[7] D. Y. Park, G. G. Yoo, W. S. Choi, "Effects of LED Safety Induction Block on Crosswalk Accident", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 15, no. 7, pp. 4634-4643, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.7.4634>

[8] J. T. Kim, Final Report on Environmental Impact Assessment and Measurement Investigation of Light Pollution in Seoul. pp. 45-576, Seoul Metropolitan Government, 2014.

[9] Ministry of Environment. Central Environment Committee. [Internet] <http://www.me.go.kr/home/web/main.do> (accessed Dec. 15, 2017)

[10] C. Y. Cho, Y. S. Kim, M. J. Lee "Design and Application of Traffic Safety Technology in Chungcheong" *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 4 pp. 264-272, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.4.264>

[11] K. U. Do, H. S. Kim, K. H. Kim, H. J. Jo "Traffic safety engineering" CHEONG MOON GAK, pp. 451-498, 2013

[12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017 Traffic Safety Annual Report Final.(2017), Ministry of Land, Infrastructure and Transport, pp. 13-77, 2017.

김기남(Ki-Nam Kim) [정회원]



- 2010년 2월 : 한밭대학교 도시공학과(교통공학석사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 충남대학교 토목공학과(박사과정)

<관심분야>
자산관리 및 리스크관리

이용준(Yong-Jun Lee) [정회원]



- 2013년 2월 : 한밭대학교 도시공학과(교통공학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 충남대학교 토목공학과(박사과정)

<관심분야>
자산관리 및 리스크관리

이동열(Dong-Yeol Lee) [정회원]



- 2010년 2월 : 충남대학교 토목공학과(토목공학석사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 충남대학교 토목공학과(박사과정)

<관심분야>
건설안전, 리스크관리

조중연(Choong-Yuen Cho) [정회원]



- 2006년 2월 : 한양대학교 토목공학과(공학사)
- 2008년 2월 : 한양대학교 공학대학원 토목구조(공학석사)
- 2006년 8월 ~ 현재 : 유니콘스(주) 대표이사

<관심분야>
토목, 교통안전, 유지관리, 건설관리, 자산관리

이민재(Min-Jae Lee) [정회원]



- 2000년 12월 : 위스콘신대학교(건설관리학석사)
- 2002년 12월 : 위스콘신대학교(건설관리학박사)
- 2003년 3월 ~ 2003년 12월 : 위스콘신대학교 강사 및 연구원
- 2004년 2월 ~ 현재 : 충남대학교 토목공학과 교수

<관심분야>
건설관리, SOC 자산관리