

원통형 보행신호등 설치를 통한 시인성 개선 효과

Visibility Improvement Effect through Installation of Cylindrical Pedestrian Traffic Lights

이혜린¹, 정도영^{2*}

Hye-Rin Lee¹, Do-Young Jung^{2*}

요약

과도한 교통시설물은 도시 미관을 저해시키는 문제를 야기한다. 현재 대각선교차로에서 한 개의 지주에 2-3개 보행 신호등이 추가로 설치되어 도시 미관성이 저해되는 단점이 있다. 신규지주 신설 등 지속적인 교통안전 보조시설 추가로 인한 시설물 과다 설치 및 도로 위계에 비해 많은 시설물 설치와 기존 지주를 활용하기 위해 부적절한 위치에 보행 신호등을 설치하고 있어 도시 미관 및 경제성 문제를 야기하고 있다. 본 연구에서는 대각선 횡단보도에 적용가능한 원통형 보행신호등을 제시하고 신규 교통안전시설물의 안전한 보급을 위하여 시인성 개선 효과를 검증하였다. 기존 보행신호등의 문제점 개선을 위하여 3가지 타입의 시작품을 제작하였고, 현장 설치 이후 시선추진 분석기법을 적용하여 이용자들의 반응시간을 분석하였다. 분석결과 보행자 및 운전자 모두 보행신호를 인식하는데 걸리는 시간이 약 15-30% 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 야간 시간대보다 낮시간에 효과가 더 큰 것을 확인하였다. 결과를 종합하면, 교차로 교통사고의 원인은 시인성 불량과 신호 인식에 필요한 인지시간 과대로 인해 보행자를 신속하게 인지하지 못하기 때문에 발생하며, 본 연구에서 제시한 원통형 보행 신호기는 360도에 가까운 인식범위를 제공하여, 보행자 및 운전자의 보행신호 인지범위를 증가시키고, 그에 비례한 인지시간을 감소시킬 수 있다

핵심어 : 보행신호기, 시인성 분석, 교통안전시설, 원통형, 교차로 교통사고

Abstract

Excessive traffic facilities cause problems that impair the aesthetics of the city. Currently, at diagonal intersections, 2-3 additional pedestrian traffic lights are installed on one support, which has the disadvantage of impairing the aesthetics of the city. Due to the continuous addition of traffic safety auxiliary facilities such as the establishment of new supports, excessive installation of facilities, installation of more facilities compared to the road hierarchy, and installation of pedestrian traffic lights in inappropriate locations to utilize existing supports are causing problems with urban aesthetics and economic feasibility. In this study, a cylindrical pedestrian traffic light applicable to diagonal crosswalks was presented and the effect of improving visibility was verified for the safe distribution of new traffic safety facilities. To improve the

1 Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul-si, Korea [Graduate Student]
e-mail: hyerin1103@naver.com

2 Department of Highway and Transportation Research, KICT, Gyeonggi-do, Korea [Principal Researcher]
e-mail: jdy@kict.re.kr (Corresponding author)

* 본 연구는 국토교통부의 지원으로 수행되었음(과제번호 20240266-004).

Received(April 5, 2024), Review Result(1st: April 23, 2024), Accepted(June 7, 2024), Published(June 30, 2024)



© 2024 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

problems of existing pedestrian traffic lights, three types of prototypes were produced, and after field installation, eye tracking analysis techniques were applied to analyze users' reaction times. As a result of the analysis, it was found that the time it takes for both pedestrians and drivers to recognize walking signals was reduced by about 15 to 30%, and the effect was especially confirmed to be greater during the day than at night. Summarizing the results, the cause of traffic accidents at intersections is the inability to quickly recognize pedestrians due to poor visibility and excessive recognition time required for signal recognition, and the cylindrical pedestrian signal presented in this study has a recognition range close to 360 degrees. By providing, it is possible to increase the recognition range of walking signals for pedestrians and drivers and reduce the corresponding recognition time.

Keyword : walking signal, visibility analysis, traffic safety facility, cylindrical, intersection traffic accident

1. 서론

2023년 경찰청, 행정안전부 등은 ‘교통사고 사망자 감소대책 점검 회의’를 진행하여 정부차원에서 교차로 내 우회전 신호등을 확대 설치하고 ‘보행자 우선도로’를 확대하는 등의 보행 교통사고 감소대책을 발표하였다. 상기 대책은 2027년까지 약 3,000명 수준의 교통사고 사망자 수를 2020년 대비 50% 수준으로 낮추는 것을 목표로 하고 있다. 대표적인 교통안전시설물 확충 방안으로 교차로의 모든 방향에 녹색 보행신호를 표시하는 대각선 횡단보도에 대하여 확대하고자 하고 있다. 경찰청은 횡단 중 보행자 사망사고가 최근 3년 사이 29.2%(2018년 862명→2021년 513명) 줄어든 반면, 우회전 차량 보행자 사망사고는 23.5%(2018년 51명→2021년 77명) 증가에 따라 교차로 우회전 사고를 줄이기 위해 교차로에 대각선 횡단보도와 동시보행신호 운영을 확대하고 있는 추세이다. 도로교통공단에서는 2018년 연구를 통해 대각선 횡단보도를 설치할 경우 교통사고가 최대 9.4% 감소할 수 있으며, 어린이 보호구역에 설치할 경우 그 효과가 더 크다고 발표하였다.

교차로 내 보행자 안전을 위해 대각선 횡단보도가 확대 설치되고 있으나, 대각선 횡단보도에 대한 물리적 시설물에 대한 개선은 이루어지지 않고 있는 실정으로 우회전 차량이 통과 중 보행신호가 녹색으로 변경되어 횡단보도 내 점유하여 보행자의 편의 및 안전을 저하시키고 있는 상황이다. 따라서 대각선 횡단보도를 중심으로 보행안전을 확보하기 위해서는 대각선 횡단보도 확대 설치와 더불어 보행신호등 및 운영에 대한 개선이 요구되는 시점이다.

과거 우회전 전용신호등을 설치하여 운전자 측면의 시인성을 개선한 연구 등이 존재하지만, 운전자측면의 정보제공만 가능하여 보행자 및 운전자 모두에게 보행신호 여부를 제공하는 어려운 부분이 존재한다 [1].

또한, 과도한 교통시설물은 도시 미관을 저해시키는 문제를 야기한다 [2]. 현재 대각선교차로에서 한 개의 지주에 2-3개 보행 신호등이 추가로 설치되어 도시 미관성이 저해되는 단점이 있다. 신규지주 신설 등 지속적인 교통안전 보조시설 추가로 인한 시설물 과다 설치 및 도로 위계에 비해 많은 시설물 설치와 기존 지주를 활용하기 위해 부적절한 위치에 보행 신호등을 설치하고 있어 도시 미관 및 경제성 문제를 야기하고 있다.

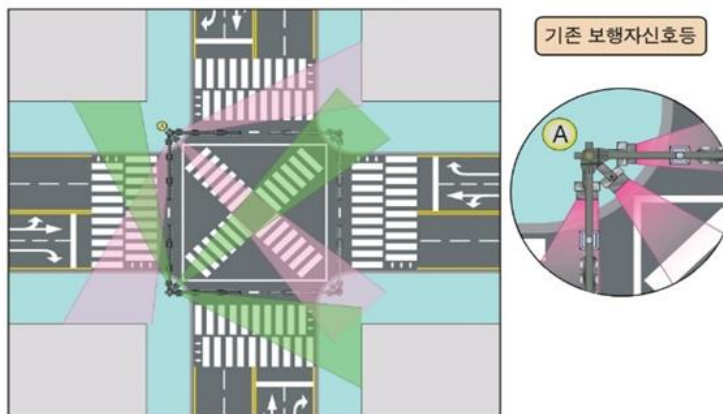
기하구조별 보행신호등 설치각도에 따라 보행자 및 차량의 시거제약이 발생하고 있는 실정으로 교통안전 시설 측면에서 대각선횡단보도 내 보행신호등 추가 설치에 대한 적정성에 대한 문제가 제기되고 있다.

이에 본 연구에서는 대각선 횡단보도에 적용가능한 원통형 보행신호등을 제시하고 신규 교통안전시설물의 안전한 보급을 위하여 시인성 개선 효과를 검증하고자 한다.

2. 대각선 횡단보도 전용 원통형 보행신호등 개발

2.1 기존 교차로 내 보행신호등 문제점 분석

기존 대각선 횡단보도 보행 신호등은 설치 지점 정면에서 보행자들이 볼 수 있도록 하는 보행자 신호등 특성상 대각선 횡단보도 교차로에서 추가적인 보행자 신호등 설치가 이루어지고 있으나 정형적인 교차로에서는 시거제약의 문제가 미비하나 기형적인 교차로에서 대각선 횡단보도 보행 신호등 시 시거제약 문제가 발생하고 있다. 더불어 우회전 차량 운전자가 보행 신호등을 확인하기 위해 주행 방향이 아닌 다른 방향의 보행 신호등을 보게 되어 다음 [그림 1]과 같이 보행자 충돌 사고 위험성이 높다



[그림 1] 기존 보행신호등의 시거문제

[Fig. 2] Sight distance problems with existing pedestrian traffic lights

한 개의 지주에 2-3개 보행 신호등이 추가로 설치되어 도시 미관성이 저해되는 단점과 신규지주 신설 등 지속적인 교통안전 보조시설 추가로 인한 시설물 과다 설치 및 도로 위계에 비해 많은 시설물 설치와 기존 지주를 활용하기 위해 부적절한 위치에 보행 신호등을 설치하고 있어 다음 [그림 2]와 같이 도시 미관을 저해되고 있다.

또한, 대각선 횡단보도에 기존 보행 신호등으로 설치 시 최소 12개, 최대 20개까지 늘어나고 있으며, 보행자 신호등 외 우회전 신호등 추가 설치로 설치비용 증가 및 보행자의 비정형 교차로 내 보행자의 시거확보를 위해 지주 추가 신설 등 기타 부대비용의 문제가 발생하고 있다.



[그림 2] 대각선 횡단보도 도시 미관 문제
 [Fig. 2] Urban aesthetic issues with diagonal crosswalks

2.2 원통형 보행신호등 설계

원통형 보행신호등 시작품은 3D, CAD로 설계하였으며, 실제 제작에서의 오차를 최소화하기 위해 Rendering 작업을 통해 원통형 보행신호등을 구성하였다. 구성에 있어서는 보행자, 운전자, 운전자 측면의 기존 보행 신호등의 문제점 검토, 대각선 횡단보도에서의 기존 보행 신호등 운영 문제점 분석 및 요구사항 정의, 대각선 횡단보도 기능 요구사항 정의, 이용자(보행자, 운전자), 운영기관 요구사항 등 다양한 요구를 반영한 원통형 보행 신호등 시작품 개요를 다음 [표 1]과 같이 분류하였다.

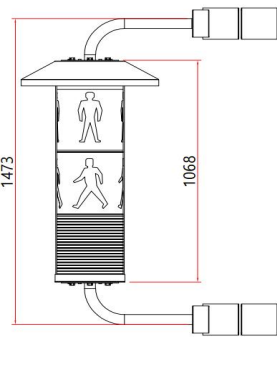

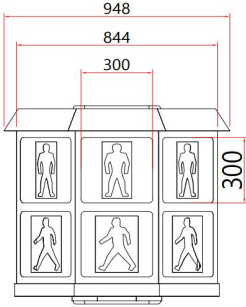

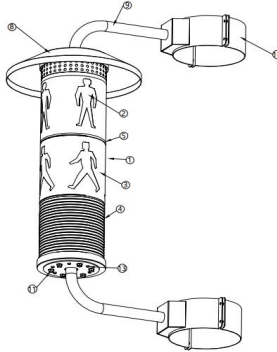
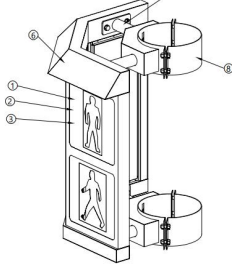

[표 1] 원통형보행신호등 시작품 개요

[Table 1] Overview of prototypes of cylindrical pedestrian traffic lights

구분		내용
TYPE-1	원통형보행신호등	360° 방면에서 보행등 표출
TYPE-2	원통형보행신호등 (후면가림막처리)	270° 전면에서 보행등 표출
TYPE-3	다면형 신호등	180° 전면에서 보행등 표출

또한, 설계, 시작품 3D 설계(안)을 활용한 전문가 검토 사항 반영 등 현장에서 설치 가능한 원통형 보행신호등 TYPE 1~ 3의 제품을 [표 2]와 같이 제작하였다.

[표 2] 원통형보행신호등 설계 디자인
 [Table 2] Design of cylindrical pedestrian traffic lights

<p>TYPE-1</p>			
<p>TYPE-2</p>			
<p>TYPE-3</p>			

3. 원통형 보행신호등 시인성 개선 효과 분석

3.1 시인성 분석 실험 방법

도로교통적인 측면에서 객체를 확인할 수 있는 시인성이 높아질수록 상황에 반응할 수 있는 반응시간이 줄어들게 되어 안전성을 향상시킬 수 있다. 고정된 시설물인 경우 휘도를 측정하여 시인성을 확인하는 방법을 사용한다 [3]. 하지만, 사람을 대상으로 한 경우 사람의 눈동자 움직임을 추적하여 반응속도를 확인하는 eye-tracking 분석방법을 사용하고 있다 [4]. eye-tracking 분석방법은 교통 분야에서도 접목되어 안전시설물의 설치효과를 분석한 사례가 있다 [5]. 그 외에도 항해 등 운전자들의 집중도 분석 등에서 다양하게 활용 중이다 [6].

본 연구에서도 운전자 및 보행자의 시인성 분석을 위하여 eye-tracking 분석방법을 적용하였으며, 제작한 시작품 3종을 실제 횡단보도에 다음 [그림 3]과 같이 설치하여 실험을 진행하였다.



[그림 3] 원통형 보행신호등 시작품의 현장 설치

[Fig. 3] On-site installation of prototype cylindrical pedestrian traffic lights

원통형 보행신호등 TYPE-1,2,3에 대하여 보행자 운전자 측면을 고려한 주간 및 야간 현장테스트를 진행하였다. 현장설치방법은 교차로 3개 방향에 3개 시작품 각기 설치하였으며, 실험 시나리오는 보행자측면에서는 보행대기공간과 횡단보도 보행시의 보행신호 인식 가능 여부 판단하고, 운전자측면에서는 교차로 접근 후 우회전시 보행신호 인식 가능 여부를 판단하였다.

피실험자 10인에 대하여 eye-tracking 안경을 장착 후 횡단보도 접근 시 다음 [그림 4]와 같이 피실험자가 주시하고 있는 객체가 원형으로 표시되며 이를 실시간으로 분석하여, 신호등 주시여부와 반응시간을 도출하였다.



[그림 4] 운전자, 보행자 측면의 eye-tracking 현장 실험
[Fig. 4] Field experiment with eye-tracking for drivers and pedestrians

3.2 보행신호 주간 반응시간 분석 결과

주간 시간대에 보행신호등의 녹색으로 점화했을 때 운전자 및 보행자의 주간 반응속도를 분석하였다. 다음 [표 3]과 같이 기존 보행신호등과 TYPE-1,2,3를 비교하였을 때 원통형 보행신호등을 설치시의 반응속도 감소 효과는 Type 2이 기존 보행신호등 대비 0.36초 감소한 36.8%의 효과를 나타냈으며, Type 1도 0.32초 감소하여 비슷한 효과를 보였다.

[표 3] 보행신호 주간 반응시간 분석 결과

[Table 3] Daytime reaction time analysis results for each pedestrian traffic light

구분		기존 보행신호등	Type 1	Type 2	Type 3
Sample mean		0.98	0.66	0.62	0.83
95% confidence interval of mean	Lower limit	0.94	0.43	0.53	0.80
	Upper limit	1.02	0.71	0.77	0.86
Median		0.99	0.67	0.61	0.83
Variance		0.06	0.06	0.04	0.03
Standard Deviation		0.17	0.18	0.14	0.13
Normality verification	Shapiro-Wilk <i>p</i> value	0.001	0.001	0.010	0.004
	Kolmogorov-Smirnov <i>p</i> value	0.005	0.001	0.049	0.029

Type1과 2는 후면부 차광 외에는 보행자 및 운전자 시점에서 차이가 없기 때문에 이를 종합할 경우 0.3초의 반응속도 감소효과를 나타낸다고 판단할 수 있다. 3면으로 설치한 Type 3의 경우 Type 1과 2와 비교했을 때 큰 효과를 나타내지 못하였는데, 이는 보행자 측면에서는 180° 보행신호 인지성능이 우수하였으나 차량 측면에서 횡단보도 접근 시 기존 보행신호등과의 차이점을 나타내지 못했다. 보행신호등이 보행자 쪽으로만 설치되어 나타낸 결과이다.

통계적 검증에서도 원통형 보행신호등 Type 1과 2의 주간 반응시간 감소가 유의확률 0.05 이하로 나타나 모두 효과가 나타난 것으로 증명되었다.

3.3 보행신호 반응시간 분석 결과

야간 시간대의 보행신호등이 녹색으로 점화했을 때 운전자 및 보행자의 주간 반응속도를 분석한 결과, 다음 [표 4]와 같이 기존 보행신호등과 TYPE-1,2,3를 비교하였을 때 원통형 보행신호등을 설치시의 반응속도 감소 효과는 Type 1이 기존 보행신호등 대비 0.15초 감소한 20.9%의 효과를 나타냈으며, Type 2도 0.13초 감소하여 비슷한 효과를 보였다. 앞서 언급한 바와 같이 Type1과 2는 후면부 차광 외에는 보행자 및 운전자 시점에서 차이가 없기 때문에 이를 종합할 경우 0.14초의 반응속도 감소효과를 나타낸다고 판단할 수 있다. 주간 실험과 동일하게 3면으로 설치한 Type 3의 경우 Type 1과 2와 비교했을 때 큰 효과를 나타내지 못하였다.

주간 실험 대비 야간 실험에서 원통형 신호등의 효과가 낮게 나타난 것은 주위 환경이 어두워 신호등의 시인성이 증가하였고, 기존 신호등의 인지반응시간 자체가 낮아져 감소효과가 상대적으로 낮게 나타났다. 도시부와 같이 주변 환경이 밝은 지역의 경우 주간실험과 유사한 실험결과가 나타날 수 있기 때문에 향후 실험환경을 변경하여 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단된다.

통계적 검증에서도 주간실험과 동일하게 원통형 보행신호등 Type 1과 2의 주간 반응시간 감소가 유의확률 0.05 이하로 나타나 모두 효과가 나타난 것으로 증명되었다.

[표 4] 보행신호 야간 반응시간 분석 결과

[Table 4] Nighttime reaction time analysis results for each pedestrian traffic light

구분		기존 보행신호등	Type 1	Type 2	Type 3
Sample mean		0.72	0.57	0.59	0.69
95% confidence interval of mean	Lower limit	0.69	0.51	0.54	0.58
	Upper limit	0.75	0.63	0.66	0.74
Median		0.75	0.56	0.58	0.68
Variance		0.04	0.04	0.05	0.02
Standard Deviation		0.14	0.12	0.09	0.11
Normality verification	Shapiro-Wilk <i>p</i> value	0.000	0.004	0.006	0.000
	Kolmogorov-Smirnov <i>p</i> value	0.003	0.012	0.022	0.004

4. 결론

기존 기술 대비 안전성, 경제성, 예술성 측면의 비교우위를 가진 새로운 “원통형 보행 신호등”을 개발하였다. 국내에서는 4지 교차로 기준 12~30개의 신호등을 설치 운영 중이며, 국외에서는 신호등 추가 설치 외에도 대각선 횡단보도 표지를 설치하여 경제성 및 도시 미관이 저하되는 문제가 있다. 세계 최초로 원통형 신호등을 개발하여 기존 신호등의 비효율성을 해소하고, 인식범위 증가 및 인식시간 감소로 보행교통사고를 감소시킬 것이다.

또한, 직관적 형태로 도로이용자들의 시인성 뿐만 아니라 도시 미관상의 우수성을 확보하였다. 기타 개발된 우회전 영상 제공 기술 및 바닥형 보행신호등 대비 설치 비용 및 유지관리가 용이하여 기술경쟁력을 확보하였다.

기술적으로도 교차로 시인성 향상을 통해 교차로 내 보행신호 인지범위 30% 증가된다. 교차로 교통사고의 원인은 시인성 불량과 신호 인식에 필요한 인지시간 과대로 인해 보행자를 신속하게 인지하지 못하기 때문에 발생하며, 원통형 보행 신호기는 360도에 가까운 인식범위를 제공하여, 보행자 및 운전자의 보행신호 인지범위를 증가시키고, 그에 비례한 인지시간을 감소시킬 수 있다.

그 외 신규 디자인 적용을 통한 도시 미관 향상 외에도 신호기 단순화로 인한 시각 공해를 감소시키고 이용자 시인성 및 가독성을 향상 효과가 있다.

교통안전 신기술의 현장적용 가속화 및 국내외 시장 활성화에 이바지하여, 교통안전시설의 개발 및 사업화 기간을 단축시켜 국내외 시장경쟁력이 있는 도입단계 기술들의 발전을 촉진할 것이며, 보행안전관련 국내외적 기술 우위 확보로 우리나라 안전기술의 우수성을 입증할 수 있다. 보행자 인식, 음향안내 기술과의 병합을 통해 보행안전 통합시스템으로의 발전 역할이 기대된다.

경제적 파급효과 측면에서, 기존 제품 대비 1개소당 설치비 20% 감소 및 유지관리 비용 75% 감소가 가능하며, 약 100만원 정도의 신호등 3개를 원통형 보행 신호등 1개로 교체함으로써 인한 설치비용이 예상된다. 초기 설치비용 외에도 공용주기 10년 기준의 유지관리 비용을 1/3으로 감소시켜 지속적인 경제적 절감 효과를 기대한다.

References

- [1] N. S. Lee, Y. Ch. Kim, J. B. Lim, Y. Ch. Kim, "Right-Turn Vehicle Supplementary Signal Improvement at Intersections", *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 33, no. 5 October 2015, pp. 441-448. doi: 10.7470/jkst.2015.33.5.441.
- [2] W. S. Han, G. Y. Gho, N. W. Heo, "A Study on the Downsizing Design for the Standard Traffic Signal Controller's Cabinet", *Traffic Safety Research*, vol. 29, June 2010, pp. 91-120, doi: 10.22940/TSR.2023.42.2.3.
- [3] H. K. Kim, J. H. Jung, D. Ch. Han, D. Y. Jung, "Standard Test Method for the Performance of Gaze Guidance Facilities in a Rainfall Environment", *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, vol. 11, no. 6, December 2022, pp. 609-618, doi: 10.29056/jncist.2022.12.04.
- [4] J. Leonardo, A. Dickerson, Q. Wu, "A comparison of night hazard detection between younger and older drivers under driving simulation and real-world conditions", *Occupational therapy in health care*, vol. 38, no. 1, February 2024, pp. 59-77, doi: 10.1080/07380577.2023.2232034.
- [5] S. K. Joo, D. H. Kim, H. M. Moon, H. M. Choi, "Analysis of the Effect of Yellow Carpet Installation according to Driving Behavior with Eye Tracking Data", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 22, no. 5, October 2023, pp. 43-52, doi: 10.12815/kits.2023.22.5.43.
- [6] J. U. Jung, M. Jung, S. J. Lee, "Ship Navigation Simulation Test for Area-of-Interest Analysis using Eye Tracker", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 19, no. 10, October 2018, pp. 2019-2026, doi: 10.9728/dcs.2018.19.10.2019.